

AI白書

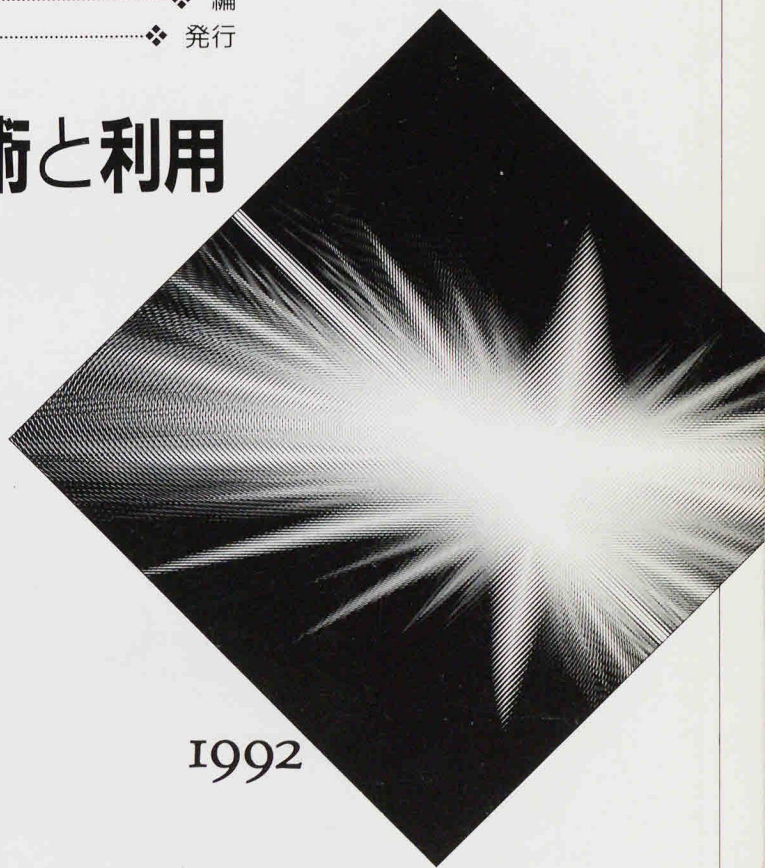
通商産業省機械情報産業局電子政策課.....❖ 監修

❖ ICOT-JIPDEC AIセンター.....❖ 編

財団法人日本情報処理開発協会.....❖ 発行

人工知能の技術と利用

1992



1992年「AI白書」正誤表

訂正箇所	誤	正
3頁右段下から6行目	インタフェースと共に共、	インタフェースと共に、
5頁左段下から5行目	と排反的な要求である。 要求である。この解決には単に両者の妥協点を探るといった姑息な方法では済まない。人工知能システムは～	と排反的な要求である。この解決には単に両者の妥協点を探るといった姑息な方法では済まない。人工知能システムは～
7頁右段上から22行目	共通の問題とされる比率も～	共通の問題とされる比率も～
11頁左段上から14行目	人間社会における近代化が急速に進んだ。	人間社会における近代化が急速に進んだ。
11頁右段上 19行目から32行目	(1)の知識の処理であった。～ (2)、(3)、(4)の知識を適切に～	ここにでる(1)、(2)、(3)、(4)は第1編第1部2.2(4p)に出る(1)、(2)、(3)、(4)に対応します。
15頁左段上から29行目	題解決の <u>い</u> ちつの考え方と思われる。～	題解決のひとつの考え方と思われる。～
21頁右段下から5行目	知識ベース	知識ベース
32頁右段下から8行目	<u>シミレーション</u>	シミュレーション
37頁左段上から3行目	常に効果があった」51.4%、「まあ効果があった」38.1%であり、両者を合わせると89.5%に達する。	常に効果があった」54.1%、「まあ効果があった」38.1%であり、両者を合わせると92.2%に達する。
16頁図表Ⅱ-1-23 上から2つ目の数値	43.7% (113件)	47.3% (113件)
276頁図表Ⅳ-3-2	後期：トータルシステム開発 (10年間)	後期：トータルシステム開発 (4年間)
281頁左段上から4行目	としており、㈱AI言語研究所 (AIR:AI Language Research Institute, Ltd.) によって実施されている。	とし、㈱AI言語研究所 (AIR:AI Language Research Institute, Ltd.) によって実施された。
281頁左段上から11行目	の作成を行う。	の作成を行った。
281頁左段上から14行目	語処理系を研究開発する。	語処理系を研究開発した。
281頁左段上から16行目	評価を行う。	評価を行った。
281頁左段上から18行目	理系の改良・拡張にフィードバックする。	理系の改良・拡張にフィードバックした。
281頁左段下から1行目	統合開発環境の研究等を行う。	統合開発環境の研究等を行った。
281頁右段上から3行目	4.3 試験研究の <u>現状</u>	4.3 試験研究の結果
281頁右段上から15行目	ドバックされる。	ドバックされた。
283頁左段上から9行目	調査を実施する予定である。	調査を実施した。

AI白書

通商産業省機械情報産業局電子政策課

❖ 監修

❖ ICOT-JIPDEC AIセンター

❖ 編

財団法人日本情報処理開発協会

❖ 発行

人工知能の技術と利用



1992

序

近年、人工知能（AI:Artificial Intelligence）分野において、ファジィやニューラルネットワークなど新しいパラダイムが提唱され、また、知識処理技術においても、新しい推論技術や知識獲得技術の研究が進められ、さらに大規模な知識ベース構築の必要性が認識されております。

このような状況を反映して、AI関連の学会や研究会などの活動が活発化しており、AI技術の基礎研究と応用研究はますます進んでおります。AIの実用化については、コンピュータユーザの約25%が何らかのAIシステムを導入しており、特にエキスパートシステムの利用は、導入システムの約30%が実用システムとして稼働しております。しかしながら最近、AIという言葉そのものはビジネスの場で使用される機会が少なくなり、AI産業も当初期待していたようには進展してはいない状況にあります。その理由としては、AIに対する期待が過大であったこと、AIツールの機能がまだ不十分であることなどもありますが、一方、AIを各種アプリケーションの知的化技術として捉え、従来システムの一部にAI的手法による機能をインテグレーションしたり、エキスパートシステムのプロトタイピングの開発手法を新しいソフトウェア開発技術の一環として捉えるなど、もはやAIを特別視せず、従来技術に自然に溶け込んだ存在として認識するようになったということが挙げられます。

このような傾向は、AIの実用化の一つの側面であり、今後さらにシステムを知的にレベルアップする技術としてはAIは必須であり、経営戦略上も重要性が高まるものと思われます。

このような状況を踏まえて、ICOT-JIPDEC AIセンターでは、「AI動向調査委員会（委員長 大須賀節雄 東京大学先端科学技術研究センター・センター長）」を設置してAIの技術と利用動向を毎年継続して調査しております。同調査の成果は、追加編集の上、「AI白書」として発刊し、広くご利用いただいております。

今回発刊いたします「AI白書1992-人工知能の技術と利用」は、前回の継続調査として、ユーザのAI導入利用状況とAI技術動向を包括的に捉える全体動向、および、ハイライトテーマとして大規模知識ベース（VLKB: Very Large Knowledgebase）技術の研究開発動向、さらにAI関連施策や標準化、AI人材育成、海外動向などを取り上げております。

AIおよび各種の知的システムに関心を持たれる研究者・技術者・管理者・調査企画担当者など広い読者の方々にご利用いただける白書であると考えております。

最後に、本書を取りまとめるにあたりご尽力いただきました大須賀委員長をはじめとする委員会委員各位、ならびに、原稿執筆・資料提供などにご協力いただきました関係各位に、深甚なる感謝の意を表する次第であります。

財団法人 日本情報処理開発協会
会 長 影 山 衛 司

委員会名簿

AI 動向調査委員会 (敬称略、順不同)

委員 長	大須賀 節雄	東京大学先端科学技術研究センター教授
委 員	栗田 昭平	評論家・中央大学経済学部講師
〃	古川 康一	(財)新世代コンピュータ技術開発機構・研究所研究担当次長
〃	高橋 三雄	筑波大学大学院経営システム科学専攻教授
〃	横井 俊夫	(株)日本電子化辞書研究所 研究所長
〃	武井 欣二	東京都立航空工業高等専門学校 教授 (前(株)東芝 総合研究所情報システム研究所主任研究員)
〃	岩下 安男	(財)金融情報システムセンター 安全対策部長
〃	山本 欣子	(財)日本情報処理開発協会 常務理事
オブザーバ	古谷 毅	通商産業省大臣官房情報管理課 課長補佐 (前通商産業省機械情報産業局電子政策課課長補佐)
〃	宇治 浩明	通商産業省機械情報産業局電子政策課技術係長
〃	原 弘	(財)新世代コンピュータ技術開発機構・調査国際部長

AI 技術専門委員会 (敬称略、順不同)

委員 長	横井 俊夫	(株)日本電子化辞書研究所 研究所長
委 員	内田 裕士	(株)富士通研究所 情報処理研究部門言語研究部長
〃	小山 照夫	学術情報センター研究開発部 助教授
〃	武井 欣二	東京都立航空工業高等専門学校 教授 (前(株)東芝 総合研究所情報システム研究所主任研究員)
〃	田中 克己	神戸大学工学部計測工学科助教授
〃	田中 裕一	(財)新世代コンピュータ技術開発機構・研究所第6研究室長
〃	寺野 隆雄	筑波大学大学院経営システム科学専攻助教授
〃	西尾章治郎	大阪大学情報処理教育センター助教授
〃	藤沢 浩道	(株)日立製作所 中央研究所主任研究員
〃	牧野 武則	東邦大学理学部情報科学科助教授
〃	松尾 文碩	九州大学工学部電気工学科教授
〃	松本 裕治	京都大学工学部電気工学第二教室助教授

AI 利用専門委員会

(敬称略、順不同)

委員長	高橋 三雄	筑波大学大学院経営システム科学専攻教授
委員	真田 英彦	大阪大学経済学部教授
〃	岩下 安男	(財)金融情報システムセンター 安全対策部長
〃	江原 淳	専修大学商学部助教授
〃	一瀬 益夫	東京経済大学経営学部助教授
〃	藤田 昌弘	(財)関西情報センター システム部長
〃	風田川 禎男	(株)西武情報センター取締役企画室長
特別委員	空閑 茂起	シャープ(株)技術本部情報技術開発センター第2開発部長
〃	玉川 雅浩	ヤマトシステム開発(株)技術研究室長
〃	美濃 順亮	花王(株)文理科学研究所長

AI技術分析ワーキンググループ

(敬称略、順不同)

主 査	横井 俊夫	(株)日本電子化辞書研究所 研究所長
委 員	武井 欣二	東京都立航空工業高等専門学校 教授 (前(株)東芝 総合研究所情報システム研究所主任研究員)
〃	牧野 武則	東邦大学理学部情報科学科助教授
〃	平井 吉光	(財)日本情報処理開発協会 AI・ファジィ振興センター 調査課長

AI 利用アンケート・ワーキンググループ

(敬称略、順不同)

主 査	江原 淳	専修大学商学部助教授
委 員	真田 英彦	大阪大学経済学部教授
〃	岩下 安男	(財)金融情報システムセンター 安全対策部長
〃	一瀬 益夫	東京経済大学経営学部助教授

執筆協力

(敬称略、順不同)

井田 昌之	青山学院大学情報科学研究センター 助教授
江村 潤郎	(財)日本情報処理開発協会 中央情報教育研究所
木本 芳樹	日本経済新聞社データバンク局情報システム部次長
実近 憲昭	(株)エーアイ言語研究所 研究所長

事務局

市川 隆	(財)日本情報処理開発協会 AI・ファジィ振興センター所長
平井 吉光	(財)日本情報処理開発協会 AI・ファジィ振興センター調査課長
茂呂 知明	(財)日本情報処理開発協会 AI・ファジィ振興センター調査課主任部員

第Ⅰ編 総論

第1部AI技術の新段階—システム化へ向けて

1 はじめに	2
2 人工知能に何が要求されているか？	3
2.1 コンピュータと人間の関係	3
2.2 問題の多様性の要因	4
3 人工知能技術の全体像と研究の現状	5
3.1 要素技術	8
3.2 システム化技術	9
4 汎用人工知能システムへ向けて	10
4.1 問題解決の方法論—モデル化方式	10
4.2 モデル化方式における知識表現言語と推論	11
5 結び—新しい技術には新しい研究・開発の方法を	12

第2部AIの現状と展望

1 AI利用の現状と展望	14
1.1 AI利用の現状	14
1.2 産業社会におけるAI利用ビジョン	16
2 AI技術の現状と展望	18
2.1 AI技術の現状と動向	18
2.2 AI技術の展開	20

第Ⅱ編わが国AI利用の動向

第1部AIシステムの利用状況

1 AI導入利用の状況	25
1.1 AI導入の状況	25
1.2 産業別導入状況	25
1.3 事業所規模別導入状況	26
1.4 個別AIシステムの導入状況	27
1.5 個別AIシステムの今後の利用意向	27
1.6 未導入事業所のAIシステム導入意向	28
2 個別AIシステムの利用状況	29
2.1 AIシステム全般	29
2.1.1 AI要員	29
2.1.2 投資費用とその内訳	30
2.2 AI開発運用環境	30
2.2.1 AI用言語およびツール	30
2.2.2 使用マシン	31
2.3 エキスパートシステム	32

2.3.1	エキスパートシステムの利用	32
2.3.2	適用業務と対象領域	32
2.3.3	開発目的と期待効果	33
2.3.4	システムの開発環境	34
2.3.5	システム実用化以降の状況	35
2.3.6	エキスパートシステムの評価	37
2.3.7	開発体制	37
2.3.8	外部機関の利用	37
2.3.9	導入実用化の問題点	37
2.3.10	開発導入のための投資額	38
2.3.11	その他の自由コメント	39
2.4	機械翻訳システム	40
2.4.1	利用概況	40
2.4.2	利用分野	41
2.4.3	問題点と今後の見通し	41
2.5	知能ロボット	42
2.5.1	利用概況	42
2.5.2	利用分野	42
2.5.3	問題点と今後の見通し	42
2.6	自動プログラミングシステム	42
2.6.1	利用概況	42
2.6.2	利用分野	43
2.6.3	利用マシンおよび利用状況	43
2.6.4	問題点	43
2.7	画像理解システム	44
2.7.1	利用概況	44
2.7.2	利用分野	44
2.7.3	利用マシンおよび利用状況	44
2.7.4	問題点および今後の見通し	44
2.8	音声理解システム	45
2.8.1	利用概況	45
2.8.2	利用分野	45
2.8.3	利用状況	45
2.8.4	問題点と今後の見通し	45
2.9	自然言語理解システム	45
2.9.1	利用概況	46
2.9.2	利用分野	46
2.9.3	利用マシンおよび利用状況	46

2.9.4 問題点と今後の見通し	46
2.10 ファジィシステム	47
2.10.1 利用概況	47
2.10.2 利用分野	47
2.10.3 利用状況	47
2.10.4 今後の見通し	48
2.11 ニューロシステム	48
2.11.1 利用概況	48
2.11.2 利用分野	48
2.11.3 利用状況	48
2.11.4 今後の見通し	48
2.12 その他のAIシステム	49
2.12.1 利用概況	49
2.12.2 利用分野	49
2.12.3 利用マシンおよび利用状況	49
3 AIシステムの今後	49
3.1 エキスパートシステム	49
3.2 機械翻訳システム	50
3.3 知能ロボット	50
3.4 自動プログラミング	51
3.5 画像理解システム	51
3.6 音声理解システム	52
3.7 自然言語理解システム	52
3.8 ファジィシステム	52
3.9 ニューロシステム	53
3.10 AI普及の方策に関する自由コメント	54
第2部 各業界におけるAI利用ビジョン	
1 はじめに	57
2 各業界におけるAI利用ビジョン	57
2.1 電機業界	57
2.1.1 環境変化	57
2.1.2 業界の特徴	59
2.1.3 AIの潜在的利用可能性	62
2.1.4 AIによる新サービス・新製品	64
2.1.5 電機業界のAI利用ビジョン	67
2.2 化学業界	68
2.2.1 環境変化	68
2.2.2 業界の特徴	70

2.2.3 AIの潜在的利用可能性	72
2.2.4 AIによる新サービス・新製品	74
2.2.5 化学業界のAI利用ビジョン	77
2.3 運輸業界	78
2.3.1 環境変化	78
2.3.2 業界の特徴	79
2.3.3 AIの潜在的利用可能性	80
2.3.4 AIによる新サービス	83
2.3.5 運輸業界のAI利用ビジョン	83
2.4 流通業界	85
2.4.1 環境変化	85
2.4.2 業界の特徴	86
2.4.3 AIの潜在的利用可能性	87
2.4.4 AIによる新サービス	92
2.4.5 流通業界のAI利用ビジョン	93
3 産業社会におけるAI利用ビジョン	93
3.1 産業界が直面する環境変化とAIへの期待	93
3.2 ニーズから見たAI利用の展開	95
3.3 AI利用促進の戦略	97
3.4 AI利用ビジョン	97
3.4.1 流通業	98
3.4.2 造船業	100
3.4.3 運輸業	102

第Ⅲ編 AI技術の動向

第1部 全体動向

1 AI技術の全体像	106
1.1 AI基礎技術	106
1.2 AI基盤技術	106
1.3 AI応用技術	106
1.4 AI実現技術	107
2 基調動向	108
3 個別動向	110
3.1 AI応用技術	110
3.1.1 エキスパートシステム	110
3.1.2 機械翻訳システム	110
3.2 AI基礎技術	111
3.2.1 知識表現・推論技術	112

3.2.2 問題解決技術	114
3.2.3 学習技術の動向	115
3.3 AI基盤技術	119
3.3.1 自然言語処理技術	119
3.3.2 音声・画像処理技術	120
3.4 AI実現技術	122
3.4.1 AIシステムのアーキテクチャ	122
3.4.2 エキスパートシステムのシステム化技術	124
4 今後の展望ー大規模知識ベースを目指してー	127
第2部 ハイライト技術ー大規模知識ベースー	
はじめに	129
1 背景	129
1.1 技術的背景	129
1.2 社会的背景	133
2 大規模データベースの現状と動向	136
2.1 大規模データベースの事例	137
2.2 大規模データベースの現状での問題と将来への課題	150
3 大規模知識ベースの現状	153
3.1 Cyc	153
3.2 電子化辞書	159
3.3 その他の大規模知識ベース	162
3.4 大規模知識ベースへのアプローチ	163
4 応用システムにおける知識ベースの現状と動向	164
4.1 エキスパートシステムでの動き	165
4.2 その他の知識システムでの動向	167
4.2.1 CASEシステム	167
5 要素技術の動向	175
5.1 文書処理技術	175
5.1.1 機械翻訳技術	175
5.1.2 文書作成技術	177
5.1.3 文書要約技術	180
5.1.4 文書蓄積・検索技術	181
5.2 データベース技術	184
5.2.1 知識ベースとしてのデータベース	185
5.2.2 大規模知識ベースの実装化技術としてのデータベース	187
5.2.3 マルチメディアデータベース技術	192
5.3 知識処理技術	198
5.3.1 基本技術	198

5.3.2 大規模化技術	206
5.4 ハイパーメディア技術	212
5.4.1 マインドツールとしてのハイパーメディア	212
5.4.2 情報表現・伝達メディアとしてのハイパーメディア	213
5.4.3 情報の組織化技術としてのハイパーメディア	214
5.5 高性能マシン技術	217
5.5.1 データベース・マシン技術	217
5.5.2 知識処理マシン技術	220
5.6 標準化・オープン化	224
5.6.1 データベースの標準化	224
5.6.2 知識表現の標準化	226
5.6.3 文書処理における標準化	227
6 波及効果と利用	228
6.1 波及効果	228
6.2 応用システム	229
7 大規模知識ベースの構築をめざして	234

第Ⅳ編 環境・基盤整備状況

第1部 標準化とガイドライン

1 Lispの標準化	238
1.1 CLtL2の出版	238
1.2 CLtL2の構成	238
1.3 型の扱いと型階層の変更	240
1.4 コンディションシステムの導入	242
2 CommonESP	245
2.1 CommonESPの背景	245
2.2 CESPの特徴	246
2.2.1 言語仕様としての特徴	246
2.2.2 処理系としての特徴	248
2.3 CESPの評価	252
2.4 CESPの今後	252
3 エキスパートシステム評価ガイドラインの開発	253
3.1 調査研究の概要	253
3.2 実運用型エキスパートシステム	255
3.3 エキスパートシステム開発のライフサイクルモデル	256
3.4 ガイドラインの構成と評価体系	256
3.5 ガイドラインの利用方法	258
3.6 まとめ	259

第2部 人材育成

1 AI人材育成教育に関する調査の目的と概要	260
2 AI教育コース実施企業のAI業務の概要	260
3 メーカーにおけるAI関連教育の実態	261
4 ソフトウェア開発・販売会社におけるAI関連教育の実態	270
5 「その他」の会社でのAI関連教育の実態	270
6 AI人材育成教育の課題と展望	271

第3部 通商産業省のAI関連施策の概要

1 AI関連施策の推進	274
2 第五世代コンピュータ・プロジェクト	274
2.1 第五世代コンピュータ	274
2.2 プロジェクトの概要	275
2.3 プロトタイプ・システムの概要	275
2.4 国際研究交流	276
2.5 国際共同研究	277
3 電子化辞書プロジェクト	278
3.1 電子化辞書	278
3.2 プロジェクトの概要と現状	278
4 高機能AIシステム記述用言語プロジェクト	280
4.1 高機能AIシステム記述用言語CommonESP	280
4.2 プロジェクト概要	281
4.3 試験研究の現状	281
5 ファジィ理論の工学的応用プロジェクト	281
6 新情報処理技術に関する総合的調査研究	282
7 AIの普及啓蒙活動	283
7.1 ICOT-JIPDEC AIセンター	283
7.2 AIセンター事業の概要	283

第V編 海外の動向

第1部 米国

1 概要	286
2 連邦政府におけるAI応用	286
2.1 カーネギーメロン大学の自律惑星上対象物識別ロボット	286
2.2 DARPAのSCP計画	287
3 民間におけるAI利用	288
3.1 米国のエキスパートシステム市場	288

第2部 欧州

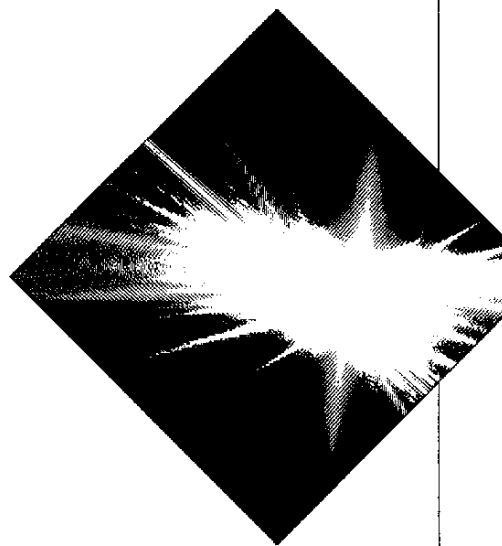
1 イギリス	290

2	フランス	291
3	ドイツ	292
4	欧州共同体（EC）	293

資料編

1	'90、'91年のAI関連活動	298
2	わが国の主要AI関連機関	308
3	AI利用動向調査集計表	318

第 I 編 総 論



第1部 AI技術の新段階 — システム化へ向けて

科学技術の多くの分野は萌芽期、体系化の時期、成熟期の過程を経る。

人工知能（AI：Artificial Intelligence）も同様である。各段階で研究アプローチが変わらねばならない。AIはこれまで主として要素技術の研究を進めてきたが、ようやく萌芽期を経て体系化の時代に入ろうとしている。従ってこれからの研究方法も変らねばならない。もちろん体系化の時代になっても萌芽的研究が終了するわけではなく、その重要性は維持されるが、新しくシステム化のための技術開発が必要になる。これには研究者に広い視野が要求される。システム化が成功して初めて成熟期を迎え、大きな成果が期待されるようになる。

1 はじめに

これまでのすべての科学技術が辿ってきたものと同じ歴史の経過を人工知能も歩んでいる。それは萌芽的な時代を経て体系化の時代に入り、成熟期を迎えて終結するという、いわば人間の一生に似た過程である。多くの場合、萌芽期は混沌の時期であり、研究者にとっては将来の姿が見通せないため、いわば手探りで暗闇の中を進むようにして新しいものを見いだしてゆかねばならない。将来が見えないため、たまたま見いだされた小さな発見が直ちに大きな利用価値を持つかのごとき錯覚も生じかねない。このような例はこれまでの人工知能研究の歴史の中に幾度となく見られる。しかしこのような知見が蓄積されてゆくにつれ、おぼろげながら分野の全体像が現れ、体系化の時代に入る。この時期は、得られた知

見の相互関連を明らかにすることによって体系化を進めるとともに、周辺分野との関係を明らかにしてAI分野のアイデンティティを明確にしてゆく時期である。この過程を経て分野の基本が確定し、成熟期を迎え、その結果としてさまざまな成果がもたらされる。

人工知能は今ようやく萌芽期から体系化の時期を迎えようとしている。この意味で現在は人工知能研究の一つの転換期にあるともいえる。萌芽期と体系化の時期では研究のアプローチも異なってくるからである。この違いは要素研究に加えシステム研究が重要な役割を担うという形で現れる。ここで要素研究とはシステムを構成する要素技術の研究である。その研究アプローチは狭い範囲の純粋な現象あるいは概念を、他の諸概念から切り離して追求し明らかにしてゆくものであり、これまで知識表現、推論、学習、探索などの人工知能の基礎概念とされたものから、自然言語処理・理解、画像処理・理解、定理証明など本来はより総合的に進められるべき研究も、実際には要素研究に近い形で行われてきた。体系化の時期のシステム研究は、これらの要素技術を有機的に統合することによって実世界で真に意義のある人工知能システム像を確立することが目標であり、その実現のために不足している要素技術あるいは要素技術を関連づけるために必要となる新技術を開発するものである。これには要素技術に関する知識、システム化の技術から、想定されたシステム像と周辺分野との関連に到る広範な知見を必要とする。人工知能は、現在、世界的趨勢として、萌芽的研究の時代からシステム化の時代への移行が開始されたといえる。それは例えば大規模知識ベース開発が研究者の関心と呼ぶといった形で現われている。

しかし、大規模知識ベースといえども将来の人工知能システムの一部であって、これにより全体としての人工知能システム像が確立されるわけではない。将来の人工知能にとって最も重要かつ困難なのは大規模知識ベースを効果的に利用できる人工知能システム像を確立し、そのシステム構成を明らかにしてゆくことであるが、これは未解決のままに残されている。本稿ではこのような立場から主として人工知能の将来について概観する。

2 人工知能に何が要求されているか？

人工知能システム像を確立するには、要素技術からいかにしてシステムの内部構造を構成するかという面と、外部の周辺分野との関連あるいは社会における人工知能のアイデンティティーをいかなる形で達成してゆくかの両面を見通しておかなければならない。この両面は相互に依存関係にあるが、どちらを主とするかによって、既知要素技術に基づいていかなるシステムが実現できるかを考えるボトムアップのアプローチと、周辺に対して最も大きな影響を与えることのできるシステムはいかなるものかというところから開始して、その実現のためにいかなる要素技術が必要であるかという発想に基づくトップダウンのアプローチがある。実用性の高いシステム像を築き上げるとしたら後者のアプローチを取ることが必要である。

一方、人工知能にはコンピュータ科学としての側面と、認知科学的側面があるといわれてきた。前者は最終的には知的機能を備えたコンピュータを実現することが目的であり、後者は機械という目を通して知的機能の考察をより深く行うことによって人間自体の理解の一助にしようとするものである。システム化の議論は主として前者の立場で行うものであり、本稿でもこれに限定する。この立場で人工知能

システム像を考察するとき、周辺分野との関連と同時に、従来のコンピュータ技術との関連を明らかにしてゆくが必要になる。改めて言うまでもないが、人工知能とこれまでのコンピュータ分野で培われてきた技術は異質である筈はなく人工知能はコンピュータ技術の一発展形態と考えるのが妥当である。したがって人工知能システムを考える際には、従来技術につけ加わる部分は何かを明確にすること、それによって人工知能システム内で従来の技術および情報リソースを完全に活用するための条件を明らかにすることが不可欠である。この節ではこれらの点に重点を置いて考察する。

2.1 コンピュータと人間の関係

従来のコンピュータ利用では、知的な問題解決の部分は人間に、数値的な処理の部分は機械にという切り分けが前提とされていた。しかし今後、このような単純な役割分担が成り立たなくなってゆく。今日でも設計問題など、問題解決の中で知的な処理を要する部分が増え、支援率を高めるためにも機械の知能化が必要になってきている。必要とされているのは、問題解決に際して、より高いレベルで人を支援することのできる新しい高機能かつ汎用システムの概念である。

これが利用者が心に抱く人工知能システムの形態である。利用者はコンピュータに対し、問題解決の出来だけ多くの部分を受け持ってくれることを期待している。ただし、問題自体は人間の側から発生するので、問題の提起から解の生成までのどこかの点で、人から機械への問題の伝達が行われねばならない。どの段階で、どの様にこの伝達を行うかの問題はマンマシンインタフェースと共に、情報処理機械の仕組みに関わる大問題である。問題解決過程に適切な切れ目があれば、そこを人と機械の分担の境とすれば良い。この選定が適切でないと両者間で情報のやり取りが錯綜し、円滑な協力が保証されない。このような境界としては、それを境に問題解決の過程が異質

な部分に転換するような箇所、情報の表現あるいは操作が変化するような所があれば望ましい。

この議論は昨年の「AI白書」の総論第1部にも触れられていることであるが、以下の議論に密接に関わるので、一部の重複をお許し頂きそれを参照しながら議論を進める。問題解決の過程と、この全体の手順の中で、機械がどの段階から関与できるかを示したものが図表 I-1-1 である。Aは従来のコンピュータの方式であり、その成功した一つと言える。それは問題解決過程の中で解を求める段階が終了し、その数値を求める段階に入る箇所である。この場合、実問題と機械の間に解答手順として人間によって与えられるプログラムが介在するので、コンピュータとしてはプログラミング言語を構文的に忠実に実行する機構となっていれば良い。この方式においては実際に問題の多様性に対応しているのは人間である。これがコンピュータ設計を容易にしていた。しかし、この段階は問題解決のかかなり下流に位置するため、コンピュータがカバーできる範囲は大きなものになり得ず、また問題の伝達のためにプログラミングという新たな操作が必要になる。人工知能システムの目的は現実の問題を直接受け入れ、それを解決することであり、それはこれより上流で人と機械の境界を見いだすことである。この可能性はBで示した問題表現の後である。問題の表現とその解決は異なった操作だからである。人工知能に要求される

のはこれを実現することである。なお、特殊な環境、例えば宇宙空間で作業するロボットの制御用人工知能などでは人間が介存せず、人工知能コンピュータがセンサーを通して直接外界と接するCのような場合もある。ここでは最も普通のBの場合に話題を限定する。

実世界においてはさまざまな問題が発生する。AとBとの最も大きな違いは、Aにおいてはコンピュータは実際の問題とは直接接触せず、必ず問題ごとにその問題をコンピュータ向きに整理する人間が介在しているのに対し、Bではそのような中間の人間無しで問題を解決することが前提になっていることである。Bのような汎用的な人工知能システムを開発するために生じる問題の中で最も本質的と考えられるのは、固定的な機構のコンピュータによってどのように現実の問題の多様性に対処するかの問題である。問題の多様性に対応しようとしたらその要因を探る必要がある。

2.2 問題の多様性の要因

多様性を生じる要因としては以下のものがある。

- (1) 対象分野-問題やその解決のための知識の表現
- (2) 問題の型-対象の表現中の未知量の求め方の相違
- (3) 問題の規模-問題解決に関わる情報量
- (4) 問題解決の時間制約
- (5) その他

図表 I-1-1 問題解決における人と機械の分担

問題解決の動機	問題の表現—問題の理解		問題の解決—解答の作成	解答の提示の動機
A	(プログラミング)		現行コンピュータ	
B (ヒューマンインタフェース)		新しい可能性 (人間—機械系)		
C (センサー)	新しい可能性 (自動化システム)			

対象分野が異なると問題そのものや問題解決に関わる情報が異なり、当然、問題解決法も異なってくる。問題の多様性を生じる第一の要因がこれである。もし、問題の表現と問題解決法の表現を分離することができて、しかも分野によらず共通の問題解決の基本方式が存在し、それを前もってコンピュータに与えておくことができるならば、分野ごとの知識をそこに付け加えることによって問題が表現される。すなわち同一のシステムで知識ベースを入れ換えるのみで、分野の多様性に対応することができる。この思想を実現しようとしたのがエキスパートシステムシェルであったが、これまでの方式が(1)の部分のみを見て、他の部分をなおぎりにしていたため余りに単純であり、適用範囲に自ずから制約がある。

同じ分野の対象を扱っていても、その表現のうち何が未知量であるかによって問題の型が異なってくる。基本的には決定型問題と非決定型問題に分かれる。問題解決の基本方式としてはこの両方を適切に表現する方式であることが望ましい。問題規模が大きくなると、問題解決のための情報処理量が大きくなって、一人の人間の能力を超す。したがって処理単位が適切な大きさになるまで問題を分割することは問題解決にとって本質的機能である。この分割法自体が問題解決の方法論に関わる重要な技術であり、問題解決過程の設計が必要かつ可能になる [OHS 91]。しかもこの設計に際し、問題自身の表現とその解決のための知識を与える部分とは切り離して行うことができる。問題解決が人間・機械系として行われるとしたら、コンピュータもこの単位で問題を分割することが望ましい。したがってこの分割問題は協調分散型エキスパートシステムの問題でもある。

時間制約は人工知能の特徴である柔軟性や成長性と排反的な要求である。

要求である。この解決には単に両者の妥協点を探るといった姑息な方法では済まない。人工知能システムはこれらを考慮し、対応がとれるようなものであらねばならない。

3 人工知能技術の全体像と研究の現状

以上は周辺の応用分野から見たときの人工知能への課題であり、当然人工知能技術が解決してゆくべきものである。そのためにはこれらの課題を分析し、より具体的な目標設定を行う必要がある。このように設定される目標を達成するにはさまざまな技術開発が必要になる。これまでそれらが要素技術として開発されてきたが、エキスパートシステムを始めとしてその中のいくつかのものがクローズアップされ、あたかもそれが人工知能のすべてであるかのように周辺では受け取られてきた。しかし、上記のように、人間が行うすべての活動を支援する技術は多様な要素技術を含む総合技術として初めて成り立つものであり、これまでたまたま実現可能となっただけの技術でこと足るほど単純なものではない。これからの人工知能研究者には未開発の部分を補い、総合技術として全体で人工知能としてのアイデンティティーを確立する努力が望まれる。そのために、最近になって人工知能技術の全体像を作ること、すなわち必要な要素技術とそれらの相互関係によって人工知能技術の体系を表わそうとする試みがなされるようになってきた。これは、これからの人工知能開発の方向を見定める上で有用である。このような試みのうち、ここでは本書第Ⅲ編第1部第1章で用いられている図表Ⅲ-1-1を引用しながら議論を進める。それを再掲したのが図表Ⅰ-1-2である。

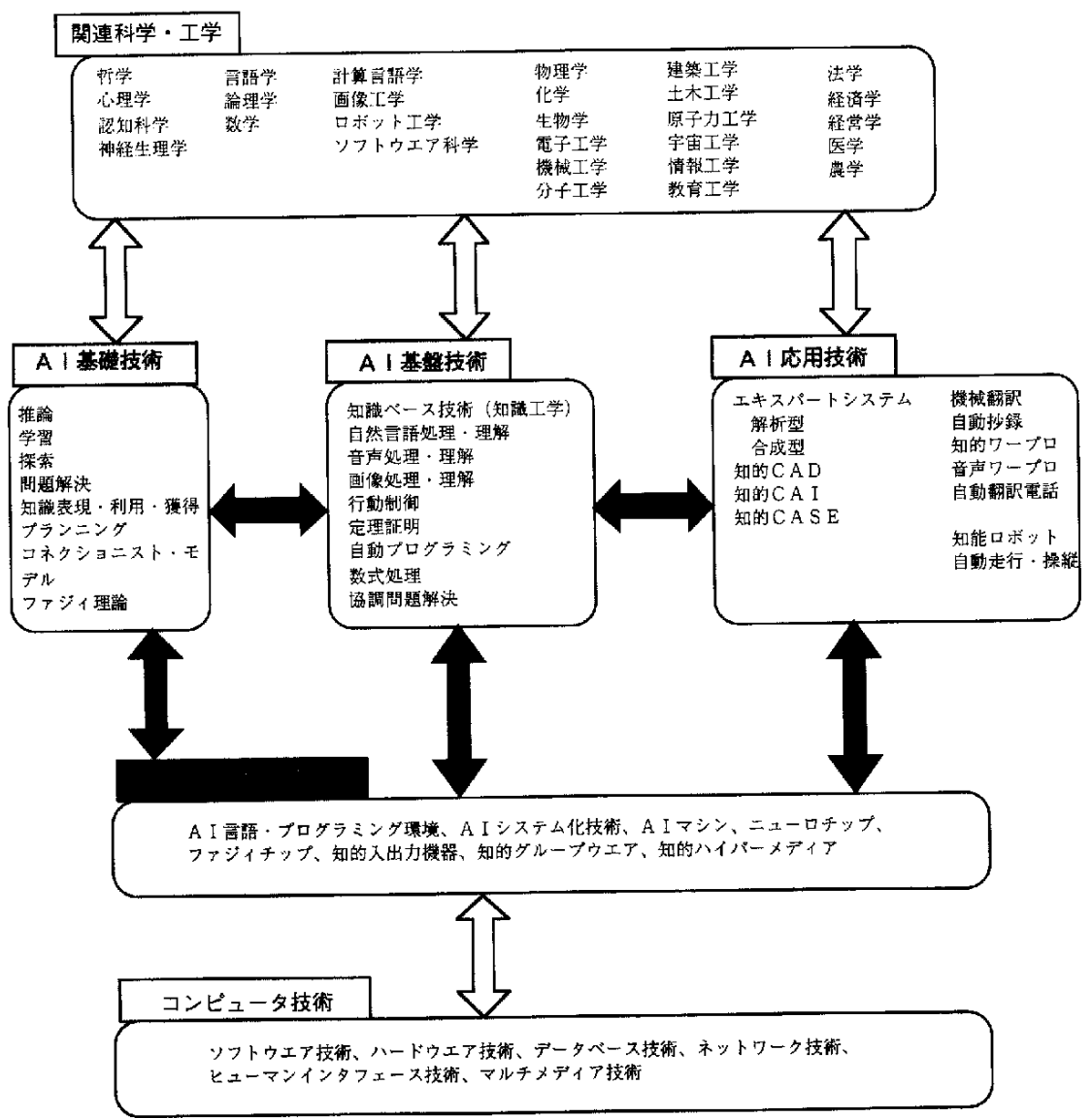
このように一覧表にしてみると、要素技術に関しては程度の差はあれ、人工知能の分野で万遍なく関心が向けられていることが判る。ものによってはすでにかなり高度のレベルに達しているものもある。この意味で人工知能は確実に進歩している。ただし、このようなまとめ方の通例として、個々の要素技術は容易にリストアップされるが、それらの間の関係、すなわち総合化、あるいは統合化の部分が必ずしも

十分に表されないという点には留意する必要がある。すでに述べたように統合化こそが次の目標となるべき重要課題である。これには要素技術をいかに関連付け、機能統合の観点からシステム化を実現するかという問題と、いかにして問題領域ごとの知識をより普遍的な知識のもとで集大成して大規模知識ベースを構築するかの問題がある。

機能統合はシステム化技術の問題であるが、利用

する立場を無視してこれを進めることはできない。この点は従来のコンピュータ技術の発想と最も異なる点である。従来、コンピュータ利用に際しては、必ず間にプログラマーが介在した。したがって問題がいかに複雑であっても、プログラマーが利用可能なシステムの機能に合わせて実問題をコンピュータ向きに展開するのが伝統的方式であった。このことは問題解決にはまずプログラムを書くという段階が

図表 1-1-2 人工知能技術の全体像



必然であるとする現行コンピュータの原理そのものに起因している。そこではシステム化は実問題の一般的な性質などとは直接関わりなく行われてきた。すなわち、これまでのシステム化は、ハードウェア技術の親展に応じて行われ、人間がプログラムを作することを前提にしてそのプログラミングをし易くすることが目的であり、新しく開発された技術を逐次的にシステムに組み込むという形でボトムアップに行われてきた。プログラムは実問題をこのように時代と共に変化するシステムに結び付けるものであるから、本来機械依存であった。これに対し、実問題との関連でいえば、人工知能はこのような中間のプログラミング無しで問題解決を可能にすることを目標にしている。したがってここでのシステム化は問題解決に直接関与することを目的として行われねばならない。そのためには問題そのものをよく知る必要がある。前節の議論はこのための第一歩であった。またこれが可能であるためには問題解決に際して必要とされる機能及び機能間の関連が、要素技術から構築されるシステムの論理構成とマッチしたものでなければならない。逆にシステム化技術はこれを保証する形で進められねばならない。より端的に言えば、従来のボトムアップのアプローチに対してトップダウンアプローチによってシステムの設計をする必要がある。同じシステム設計という表現を用いてはいるが、この両者はシステム設計の方法論が基本的に異なるものである。

なお、統合化に基づくこのようなアプローチは、問題の多様性に拘らず、標準的な問題解決法が存在することを前提とする。もしそのようなものがなく、問題ごとに固有の問題解決法を定めるほかないとしたら、従来のプログラミングによる方法しかなく、人工知能研究そのものが無意味になってしまう。また、もし標準的な問題解決法が無いとしたら、人間でも一部の特に優れた人を除き問題解決法の修得は困難であり、今日のような文明の発達を見ることは無かったであろう。問題解決の基本的な方法論は存在

し、人間は教育によってそれを学ぶことができる。近代科学教育はそうにして行われてきたし、現代文明社会が存在することがその間接的な証明になっている。

教育が可能であることは、その多くを言語によって表現することができること、したがって、コンピュータ化の対象とすることが可能であることを意味する。より厳密にいうなら、個々の問題ごとにその解決法を問題解決の時点ですべて表現する必要はなく、問題の発生以前にその少なくとも一部を定めておくことは可能である。この部分を予め知識として与えておくことによって、問題ごとにそれを与える必要はなくなり、処理は自動化する。本来、知識表現はできる限りこれを可能にするように定められるべきものである。もちろんすべての情報を前もって与えておくことができるわけではない。問題に固有の部分もあり、それはマンマシンコミュニケーションによって補わねばならない。この割合は問題に依存して定まる。標準化できる方法論は何かを知ることが、実問題を知ることである。

さらに詳しく言えば、問題はいくつかの領域に分類され、同じ分野内では共通の問題される比率も高い。このような理由から、これまで、問題の領域ごとに知識ベースを作るという傾向が強かった。しかし、問題の発生はこのような既存分野内で必ず発生するという保証はないし、分野を越えた共通の方法論もある。したがって、狭い分野内の知識を集めたシステムではすぐに限界に達してしまう。このようなことから、近年、より大規模な知識ベースを構築しようという試みがなされるようになった[LENAT 90b]。しかし、このような大規模知識ベースは機能統合を可能にするシステム化が行われて初めて効果を発揮するものであることに留意する必要がある。なぜなら、それがなければ大規模知識ベースも結局は利用できないからである。

このように人工知能の研究は問題の存在が比較的容易に理解できる部分から始まって、次第に、理解

がしにくい見落とされがちだった本質的な部分に近づいてきた。例えば、自然言語処理や定理証明、あるいは分野を限定したエキスパートシステムなど、1970年から1980年代にかけて積極的に研究開発が進められたものは（解決法の難易とは別に）問題としては認識しやすい。しかし、今日、指摘されているのは、現実問題に対したときのこれらの成果の脆さである。これらの研究開発の経験を通し、またその限界のブレークスルーを求める努力の過程でもう少し問題解決という行為の内部に踏み込んでいった結果、最近、大規模知識ベースへの関心が急速に高まってきた。これは問題解決において、領域の壁を越えて知識を集積することが不可欠であることが認識されてきたことを意味する。しかし、知識はそれを適切に利用したときに初めて価値を生じる。大規模知識ベースを使いこなすためには、まず問題解決という情報処理のメカニズムを定式化し、それと対応するように知識の動的な構造化を可能にすることや、全体の動作を適切に制御することなどが必要である。これを理解することによって、ようやく機能の統合化の必要性が理解され、その方式への見通しが得られるようになる。この逆に、このような最深部の技術が確立されない限り、表面的に現れている問題は（存在は容易に理解できても）解決は困難である。このように考えるなら、人工知能システム開発の手順は実世界の問題の分析から始めてトップダウンに図表 I-1-3 のようになされるべきであると

図表 I-1-3 AIシステム化の手順

- 1) 多種問題の集積と問題の分析
- 2) 問題解決方法の確立と必要機能抽出
- 3) 必要機能を満たす要素技術と、基本的問題解決手順の確立ならびに基本的問題解決手順内での要素技術の配置の決定
- 4) 問題解決手順に対応するシステム論理構造の設計
- 5) 各要素技術とシステム論理構造のコンピュータ技術による実現

いえよう。

上記のことを念頭において、人工知能研究の現状を見てみよう。紙幅の都合で個々の研究状況に立ち入ることは避け、一般的な傾向のみを記す。

3.1 要素技術

図表 I-1-2 で AI 関連の技術を中段の 2 レベルの諸技術とするなら、純粋に要素技術とされるのは AI 基礎技術である。AI 応用技術は AI システム技術が確立されて初めて目的が達成されるので、理想的には AI システム技術の確立後に開発に着手するのが望ましいものである。AI 基盤技術と AI コンピュータ技術は要素技術とシステム化技術の中間にあって、この両方を考慮しつつ技術開発が進められることが望ましいものであるが、システム化技術が未だ十分に進展していない状況のもとで今日行われている研究の多くは要素技術的な性格が強い。各基盤技術は要素技術を前提として進められるという性格から、要素技術よりは複合的な技術ではあるが、個々の技術は比較的独立性の強い技術であるという意味では要素技術に近い。この意味で図表 I-1-2 においても要素技術に含めているし、以下でもそのように扱う。ただし基盤技術の中でも、知識工学技術や自動プログラミング等はシステム化の傾向の強いものであり、他のものとは性格が異なる。同様に、AI コンピュータ技術はコンピュータ技術を前提として開発されるものであるという性格から、現行のコンピュータ技術よりは複合的な技術であり、本来、AI 基盤技術以上にシステム機能統合を前提として開発が進められるべきものであるが、現状では上述のような統合化のステップは踏んでいない。

要素技術といってもシステム化技術と無関係に進めて良いというわけではない。図表 I-1-2 に示されているようなレベルの要素技術は実際にはかなり応用依存の面を持っている。たとえば、人工知能において最も基本的な概念とされるのは知識表現であることは人工知能研究の初期から言われてきたし、さ

さまざまな知識表現が提案されてきたが、今なおこれは未解決の問題とされている。この理由の一つは知識表現がすべての機能の根底にある基本概念であるだけに、それを決めるのが難しいということであるが、もう一つ、従来提案されてきた多くの知識表現は応用上不十分であるという理由で失格とされてきた経過からも明らかなように、もはや応用を無視しては要素技術といえども成り立たないのである。

もう少し個別に見てみよう。人工知能の要素問題として代表的なものが上記の知識表現と推論及び探索であろう。知識表現は本質的には人工知能研究の初期に提案されたものと変わらず述語論理、フレームなどが用いられている。しかしながら、これによって知識表現の基本は現在のものでも十分であると断定することはできない。上述したように、現在のところ実問題に耐える人工知能システムは実現していないので、その原因の一つに知識表現に関わっていないとは言い切れない。人工知能システム像に基づいて知識表現が考慮されていないことが、強力な人工知能システムが実現していない理由でもあり、知識表現が変わらない理由でもあるといえるのである。

知識表現自体は変わらないが、その使い方は変わってきた。顕著なのはさまざまな推論が提唱されてきたことと、一つのシステムに性質の異なる知識表現たとえば述語とフレームを備え、それぞれの特徴を活かして問題の多様性に対処しようとしていることである。推論に関する研究は近年一つの流行のような趣すら示しているが、内容を見ると、これにも2種類の系統がある。一つは認知科学的な立場で、人間の思考に近い推論を論理的な道具建てでコンピュータによって実現しようとするもので、記号処理に基づく帰納推論や類推、発見的推論、暗黙推論、非単調推論、サーカムスクリプションなどがある[AI自書 91]。これらは基礎研究として行われているので、中には類推のように実現の可能性が高く、応用側からも強く実現が望まれているものもあるが、多くは実用化には遠いし、実現の可能性に疑問

に思えるものもある。例えば、非単調推論の枠組は後に述べる試行錯誤を含む一般問題解決手順の全体と同様のものであり、この意味で問題解決手順を論理の枠組みで表現しようとするのに近いが、単純な問題はともかく、モデルが複雑になると問題の複雑さに論理の表現力が追従できるか疑問である。

もう一つの傾向はシステム化あるいは実用問題向きの推論方式である。従来は推論のメカニズム自体に焦点が当てられてきたが、推論を問題解決の手段と考えるなら、より実用的な知識の利用機構としての推論が考えられる。このようなアプローチとしてメモリベース推論や事例ベース推論 [DARP 88] など、大量情報の処理を前提とした推論が登場してきた。これらは並列処理のような、コンピュータのハードウェアとの関連で議論されるような性質のもので、実用性を重んじた方式と言える。

このような純粋な理論からより実用的な方式への移行は推論のみでなく他の要素技術にも見られる。例えば自然言語処理の分野では、従来言語学の流れを汲んで言語構造を形式化して分析するという方法が主体であったが、最近、実用性の立場から言語の利用形態に関する知識や言語の表現対象である世界に関する知識を利用して言語理解を進めることが必要であるという動きが強くなってきた。学習においても従来の記号処理による限定された世界内での学習から、最近データベース内の大量のデータから知識を抽出するような、より実用的な傾向が出ている。これらはそれぞれの分野で従来の成果を一層発展させるため、あるいはゆきづまりを打開する試みとしてシステム化ないしは実用化の方向を指向し始めているいくつかの例であるが、それぞれの目標が異なるといったことにならないようにするためには早急に人工知能システム像を確立する必要がある。

3.2 システム化技術

人工知能は従来進められてきた要素技術のみでは実用性が乏しいという認識は最近特に強まってお

り、この打開策としてシステム化の傾向が現れている [LENAT 90a]。そのはしりとも言えるものが大規模知識ベースに対する関心の強さである。これにはたとえばわが国電子化辞書の開発やアメリカの Cyc などがある。

もちろん大規模知識ベースはシステム化そのものではない。システム化はこのような大規模知識ベースを使いこなし、それによって大規模問題を解決することのできるシステムの構築の問題であり、大規模知識ベースはその対象に過ぎないからである。しかし、従来のように、要素技術で事足りるという考え方を脱したことは大きな進歩であり、また、大規模知識ベースの開発は必然的にそれを有効に利用するシステムの開発を促す。理想のシステム化はこれからの問題であるが、このような認識が一般化してきたことが新しい段階に進んだことの現れであり、今後急速にこのような研究が進展するであろう。

4 汎用人工知能システムへ向けて

このように最近の人工知能は体系化あるいは実用化の面を強く打ち出しているが、これまで、実用化というと必ず専用化と結び付けられてきたのに対しあくまで汎用化を狙ったものである。専用システム化かあるいは汎用システムかという問題は人工知能研究の初期から議論されてきた。多くの場合、汎用システムを目指して始まった議論が、十分な機能を発揮しないという理由で専用化の主張が現れてくるというのが従来繰り返されてきたパターンである。このことは、見方を変えれば専用化は一種の妥協であり、本来の目的は、もしそれが可能であるならば汎用システムにあることは確かである。以下でもこの立場で考察を進める。機械が扱えるのは明示的に表現された問題に限られる。問題の多様性に対応するにはそのすべてを明示的に表現することが前提で

ある。2.2に多様性をもたらすいくつかの要因を示したが、現実の問題はこれら諸要因の組合せによって多様性が生じるので、この実現は、第一にこれら要因およびその組み合わせの一般的な表現が可能か否か、第二にこれら諸要因を同一の言語で表現できるか（そのような言語を設計できるか）に関わってくる。汎用性を保証するには、広い範囲の実問題に適用される汎用の問題解決手法を見だし、問題の特殊性を用いなくて定義された言語で書かれた問題を、問題の特殊性に関わらない一般的な処理系で処理することが保証されねばならない。言語設計はこのような指針のもとで行うべきである。

4.1 問題解決の方法論-モデル化方式

問題解決の一般的な方法論は存在するのだろうか？ 人間はこれまで様々な分野で問題解決のための知識を発見し、開発し、蓄積してきた。これまでのコンピュータ技術ではこれらの知識を直接利用することができなかったため、この知識を持った人間が実問題とコンピュータの間に介在してきた。この人達はそれぞれの分野の専門家であった。この人達は実際には専門知識を使うのみでなく、これらの知識の使い方の知識も実際には駆使している。すなわち問題解決には、問題に直接に関わる知識と同時に、問題領域に直接関わらない問題解決知識がある。後者はたとえば問題分野の知識をいかに利用すれば効率的に問題を解くことができるかに関する知識である。問題の多様性に応じて知識も多様化するが、多様化するのとは主として後者の知識である。問題の多様性に関する前記諸要因のうち、第1項は前者の知識に関わるが、他は後者の知識に関わる。多くの場合、後者の知識が処理可能な問題の範囲と、その問題解決が成功するか否かに大きく関与する。問題解決にあたる専門家を比較したとき、各専門分野の知識はすべて異なるが、専門知識を利用する方式や知識利用の方略に関する知識は共通といってよい。つきつめていえばこの方式は科学的方法論そのもので

ある。これは未知の現象に対して説明仮説を作り、それから予想される結果が観察された事実と適合するか否かによって仮説を修正するというものである。あるいはある機能要求を満たす「物」を創成するとき、まず仮のモデルを作り、それが要求された機能を持つようになるまでモデルを修正してゆく、というように書き直せば設計の様な非決定型問題の解法でもある。大規模問題や時間制約下での問題解決方略もこれと同様、制御知識の一種であり、分野によらず共通といってよい。

このような問題解決の方法論が意識されるようになったのは近代に入って以後であり、これを明示的に表現するようになって、人間社会における近代化が急速に進んだ。少し複雑な問題になると人間の場合でもできる限りこの方式を表現し、その手順を忠実に実行することの方が経験的に処理するよりも早く正しい結果に到達するからである。また複数の人間が問題解決に関わる場合、すべての関係者が時々刻々と変化する状況を正しく認識し、常に共通の理解を保証する上で、問題そのものと、解決過程において変化する状況を正しく表現することは不可欠である。

このように問題とその解決手順を明示的に表現するために用いられてきたのがモデル化技術である。モデル化方式は単にコミュニケーションの目的のみでなく、明示的に表現されたモデルに対し、前もって準備されたモデル変換規則を適用することによって解を導くことができるので、問題解決法を定式化でき、それによって問題解決法自体を伝達し、教育することができる。

この人間の問題解決機能のモデルあるいは方略の全体を明示的に表現し、かつその表現形式に基づいて処理機能を機械的に実現すれば、自律的に問題解決を行うコンピュータが実現されることになる。今日、人間でもこれ以外に定式化される方法論は持っていない。将来、これに変わる何らかの方法が見いだされるかも知れないが、現状においてはこの方式

を実現することが、最も確実にコンピュータの能力を増大する唯一の方法といえることができるであろう。結論的に言うなら、問題を発生させる対象を忠実に表現したモデルとその変換規則を明示的に表現し、さらにその変換規則の適用の制御をも含めて知識化して蓄え、問題解決に利用するもので、これをモデル化方式と呼んでおく [OHS 89]。人工知能は数理的表現のみでなく記号表現による論理的処理を可能にし、これによって問題および科学的方法論の過程そのものを表現することができる。結果的にモデル化方式に基づく自律的問題解決システムの実現を可能にする。これが現行コンピュータと人工知能コンピュータの本質的な相違である。

4.2 モデル化方式における知識表現言語と推論

エキスパートシステムが実現してきたのは問題領域に関わる問題解決知識を形式的に表現して問題解決に利用する技術であり、多様性の諸要因のうち、(1)の知識の処理であった。この重要性は手続きとは異なる新しい言語、いわゆる宣言型言語と、その処理系である推論の組み合わせによって、従来とは異なる情報の処理が可能であることを示した点にある。しかしエキスパートシステムが実現したのはこの新しい方式がもたらすと期待される効果のごく一部に過ぎない。それは記号処理の範囲で、いわゆる浅い知識を中心に扱うシステムであり、従来、多くの分野で研究され、蓄積されてきた問題解決法を利用できるものではなかった。このためあまり大きな効果を発揮できなかった。重要な点は問題解決の戦略自身を記述し、処理する能力である。もしこれら問題解決の手法および知識の使い方に関する(2)、(3)、(4)の知識を適切に(明示的に)表現し、機械的に実現することができたなら、問題の多様性に対応する人工知能システムを実現することが十分に期待できるのである。これには宣言的な言語と推論という基本機能が重要であることに変わりはないが、同時に戦略の記述を可能にするため、アーキテ

クチュア面でも配慮が必要である。前述のように問題を規定する諸条件の中で、問題解決過程はモデル化方式によって定型化できる部分が多い。この基本形をコンピュータの中に準備しておき、細部を人が指定することによって個々の問題ごとの解決過程を定めることができるようなシステムとすることができる。ここで重要なことは、問題の表現と問題解決過程の表現は別個に行うことができることで、これは従来の問題の記述は問題解決過程の一つを手続き的に表すプログラムによって行われていたのとは大きく異なる点である。ユーザは問題解決法にとらわれずに宣言的な問題の記述が可能であり、以後の処理はコンピュータが行う。したがってユーザにとって記述が容易になるだけでなく、知識ベースシステムを柔軟性、成長性共に高いものとするために重要なことである。なぜならこの方式によってのみ、情報の付加、削除、変更が可能になるからである。この性質は創造的な仕事、例えば設計の支援には欠かせない。これによって試行錯誤が可能になり、また新しい知識の付加、古い知識の整理によって、システムを外界の変化に適応可能にするからである [OHS90]。

これを実現するには少なくとも

- 1) モデルの表現
- 2) モデル変換則の表現
- 3) モデルの処理を中心とした問題解決プロセスの表現

が可能でなければならない。これらの表現は同一のレベルにはない。モデル変換規則は、「モデル表現1をモデル表現2に変える」のように、規則の表現の中にモデル表現を含んでいる。また、問題解決プロセスはモデル変換規則の適用を制御するもので、その表現は当然モデル変換規則を含まねばならない。このように2) は1) の上位表現、3) は2) の上位表現になる。このことを考慮して知識表現言語と推論系およびシステムアーキテクチャを定めねばならない。

5 結び — 新しい技術には新しい研究・開発の方法を

実問題の多様性と直面し、かつ汎用性を保つ人工知能システムの実現が容易ではないことはエキスパートシステムが汎用ツールから出発したにもかかわらず、ドメインシェルとして専用化の方向に向かう傾向を見ても明らかである。しかしこれが必然的方向であるわけではない。今のエキスパートシステムならびに人工知能研究のある部分の研究は必ずしも人工知能が備えている潜在力を引き出すものになってるとは言えないのである。新しい技術にはそれに適した新しい研究の方法論があり、それを見いだすことが不可欠になる。一般論として、研究対象が新しくなるとき、対象の変化のみを見て研究のアプローチへの配慮が欠ける傾向がある。その結果、古い技術のもとで確立されてきた研究方法がそのまま踏襲され、進歩を鈍化させることになる。現在の人工知能研究にはそれが当てはまらなると言い切れるであろうか。しかしこれは研究者の問題であり、人工知能自体が将来の基盤技術になるだけの潜在力を秘めていることに変わりはない。これからの研究はその潜在力を引き出すことを心がけるべきであろう。

<参考文献>

- [AI白書90] AI白書—人工知能の技術と利用、通商産業省機械情報産業局電子政策課監修、(財)日本情報処理開発協会,1990.
- [LENAT90a] Lenat, D. B., Guha, R. V.:Building Large Knowledge-Based Systems, Addison-Wesley, 1990.
- [LENAT90b] Lenat, D. B., et. al:Cyc:Toward Programs with Common Sense, Comm. ACM, Vol. 33, No. 8, pp. 30-49, 1990.
- [DARPA 88] Proceeding of a Workshop on Case-Based Reasoning, DARPA, 1988.
- [OHS89] Ohsuga, S.:Toward Intelligent CAD Systems,

Computer Aided Design, Vol. 21, No. 5, 1989, pp. 315-337.

[OHS90] Ohsuga, S.:Framework of Knowledge-Based Systems, Knowledge-Based Systems, Vol. 13, No. 4, 1990, pp. 204-214.

[OHS91] Ohsuga, S.:How can Knowledge Based System Solve Large Scale Problems-Decomposition and Distribution of Problem Solving, Proc, 4th International Conf. on Human-Computer Interaction, Stuttgart, 1991 (to appear).

第2部 AIの現状と展望

本編は、人工知能（AI：Artificial Intelligence）に関する利用動向と技術動向の調査結果から得られた知見をまとめたものであり、単なる要約ではなく方向性・展望を示したものとなっている。利用と技術の動向の詳細については、第Ⅱ編および第Ⅲ編に述べられている。

1 AI利用の現状と展望

AI利用動向調査は、AIユーザに対する利用状況アンケート調査と四つの業種（電機、化学、運輸、流通）の企業に対するヒアリングに基づく産業界のAI利用ビジョン調査から成っている。ここでは、おのおの調査から得られた知見をまとめ、AI利用の現状と展望を示すこととする。

1.1 AI利用の現状

(1) 情報化の量から質への転換

情報化の進展にともなって、企業活動、社会生活のすみずみまでコンピュータの利用が深耕し、さらに、パソコン、ワークステーションの低廉化に伴って、情報化の量的拡大に一層の拍車がかかろうとしている。パーソナルコンピュータ、ワークステーションの普及はとりもおさず就業者、生活者、学生、子供のすべてにコンピュータが行きわたる社会を形成しつつあり、将来、量的な面では充足の域に達するであろう。

量的な充足は、個人が日常行っている問題解決や意思決定などの情報化ニーズをクローズアップさせ、さらに、構造化された数値データの集まりとし

てのデータベースの構築を促し、これを記号的に観るための支援ニーズを発生させ、質的な充足への期待の高まりとなってわれわれに新たな課題を提起するであろう。

(2) 属人的情報の重要性和AIへの期待

情報化の量的な充足に伴って、今後の情報化の主眼は、組織的情報が支配的であったシステムに、属人的情報をいかに融合させて、質的な面の充足を図っていくかにシフトしていくであろう。ここで言う、組織的情報とは、企業あるいは社会において、組織・個人にとって共通的に必要となる情報であって、企業活動や個人の日常業務、社会生活のインフラストラクチャともなるべき情報である。例えば、金融情報システムの世界では、勘定系システムで扱っている預金や為替データ、情報系システムの企業財務データや顧客管理情報、資金証券系システムの債券、株などの相場情報などが組織的情報である。

一方、属人的情報とは、個人が永年の業務活動、専門的活動や社会的活動から得た知識と経験と勘などからなる情報であって、一般的には、個人の頭の中や、個人資料、技術資料、マニュアルなどの形で保存されている。技術資料やマニュアルなどは、共有の情報とするため知識の継承が可能となる形で記号化されたものと見なされるので、組織的情報といえるかも知れない。

このような属人的情報の情報化という観点からは、属人すなわち個人を支援する情報化の質的な面の充足が、今後は重要な課題となってくる。アンケートの自由コメントでは、AIの普及のためには、実用性を重視し、専門家の知識体系を充分調査し、対象業務の将来展開（変化要素）も含めてシステムを作成する必要がある。あるいは、業務を充分知らな

いでエキスパートシステムを作成してもプロトタイプで終わってしまうのではなかろうか（電気機器）との意見が出ている。

しかし、これまでの情報化は、フォンノイマン型のコンピュータの制約から、数値処理、データ処理、文書処理を中心とする情報化が主体であり、量的な拡大が図られたとしても、新しいパラダイムが導入されない限り、質的な充足のためには不十分である。したがって、個人すなわち人間を対象とする認知科学、大脳生理学、知識工学などの学問の集成であるAIに期待がもたれるのである。

(3) 問題解決の一技法として使われるAI

第五世代コンピュータプロジェクトも大詰めの段階を迎え、高度な知識情報処理への一つの架け橋が提供されようとしている。しかし、現実的には、アンケートの自由コメントでも指摘があるように、AIシステムが完全に人に取って代わることは、数十年以上のスパンが必要と考えられる。現在の問題の根本は、AIの技術を知らない人々が、過大または過小評価をしていることに原因がある（精密機器）。AIの研究というだけで、現場からかなり反発がある。AIは人の代わりに、とてもなれるものではなくアシスタントにすぎない。それを現場の人に理解してもらう努力が必要である（運輸）など、現状のAIの到達レベルは確かにその理想像に比較するとほど遠いとする意見があるが、その現実をよく知った上で上手に使えば良いとの意見もある。

具体的には、AIは、エンジニアリングにおける問題解決のいちつの考え方と思われる。特にソフトウェアの世界では一つの技法と考えられる。今後は、従来型システム開発（メインフレームからワークステーション、パソコンを含めて）の中で、一つのサブシステムあるいは一つの機能やプログラムを実現するのにAIが使われていくと思われる。また、このような実際の業務のシステム化に貢献することが、AIの普及につながるのではないかと（ソフトウェア開発）。また、エキスパートシステムは、もはや特別の技術

ではなく言語の一つとして使いこなせなければならない（保険）などの声が聞かれる。

(4) パラダイム・インテグレーションの時代へ

AIの応用分野の中で最も開発が進んでいるエキスパートシステムでは、製造業を中心として、アンケート結果からも分かるように、計画・シミュレーションや生産計画、要員計画などの計画型問題や、電子回路のレイアウトや配線などの設計型問題など、いわゆる合成型問題で実用化の報告例が増えている。この理由は、従来の数値計画手法や、設計手法の適用に当たって、数学的なモデルをベースとする理論だけでは解決できない点を、人間が経験と状況判断を加味して解決していた部分があり、そこにAIパラダイムを適用する必然性が存在したからだと考えられる。

製造業など人手不足が深刻になっている産業では、ますます労働力確保が困難な時代を迎える中で、貴重な若手労働力を早期に実践力として育成するためには、AIの開発、導入は不可欠である（食品）。従来から雇用の安定確保が前提で自動化・合理化を進めてきており、AIの普及もその延長線上で考えている（鉄鋼）。AIの普及は（特にコンピュータを活用する職場環境は）、今後の中小企業（3K企業）の人手不足、人材不足の解消に役立ってくると考える（機械）との声が大きく、広義のCIMの普及が喫緊の課題となっている。すなわち、従来の販売、物流や経理、財務といった組織的情報と、生産管理、製造管理といった属人的色彩の強い情報とのインテグレーションが重要なファクターとなっている。そのための一つのコンポーネントとしてAIが加わることによって、人手を介さない一貫したトータルな情報の流れが確保され、いわゆる戦略情報システム（SIS）が構築されることになる。

このような事例から分かる重要なポイントは、属人的情報の処理においては、OR、数値科学、システム工学などが提供している数々の数値処理的パラダイムと、AIのような記号処理的パラダイムとの融合

が、情報化の質的向上の点で特に大切であることだ。

AIは人間の経験と勘などの情報を扱うパラダイムとして、他の数値処理的パラダイムと一体となって、既存の情報システムにインテグレーションされ、新たな付加価値を生んでいくであろう。その意味で、今後の情報化の質的充足をもたらす重要な要素の一つは、パラダイム・インテグレーションであると言えるのではないだろうか。

1.2 産業社会におけるAI利用ビジョン

産業社会におけるAI利用の可能性は無限にある。しかし、いざ具体的に利用方法を考えようとすると、日進月歩のAI技術の進歩が把握しきれないために、AI利用の可能性の限界を正確に予測することは極めて難しい。

このようなAI利用の展望を探るために、電機業界、化学業界、運輸業界、流通業界の代表的数社を訪問し、ヒアリング調査を行った。ヒアリングは、まずAI利用という観点から見た、業界を取りまく環境変化と解決を迫られている課題を聞き取ることから始められた。

全業界に共通して強く意識されている環境変化は、労働環境の変化である。産業界全体に人手不足が根強く意識されている。その原因としては、まず、人口構成比率の変化による高齢化社会の到来があげられる。これによる労働力の不足は慢性的なもので、どの業種も避けて通れない。特に若者の不足から、新しい分野の専門家の不足が深刻化すると考えられている。労働時間の短縮化とそれによる新しいサービス需要の発生からの人手不足、また3K（きつい、汚い、危険）業種からの若者離れなどによる業種間の極端な労働力アンバランスも見られる。現在の若年労働層に見られるこの傾向は、近年の好景気を背景に顕在化したが、慢性的労働力不足を背景に今後も続くと考えられる。

これらの原因による人手不足に対し、従来から行われていた機械化による省力化がさらに押し進めら

れる必要があるが、そのためには機械のインテリジェンス化が求められ、AIに期待が寄せられている。その他、AIに関連する人手不足対策として、女性、高齢者、外国人の労働力の活用が考えられている。これらの労働力活用のためには職場環境の整備が必要であり、そのためAI技術による力仕事の軽減、ソフトなインタフェース等の職場環境の改良に期待が寄せられている。

次に指摘されたのは、消費者マインドの変化によるニーズの多様化である。商品ライフサイクルの短縮化に対応するため、高付加価値製品へのシフト、多品種少量生産から変種変量受注生産へと商品在庫を減らす努力が続けられてきており、これに対応すべく、運輸も、多頻度少量配送、ジャストインタイム物流などへの取り組みが行われてきている。全体的にいえることは、経済活動のサイクルが加速してきているということである。スケール・メリット、スコープ・メリットからリンケージ・メリットへのシフトが起こっているともいえる。

生産者が製品を製造し、運輸業者がそれを運び、流通業者が消費者に売るという基本的な流れ（プロダクトアウト）から、注文生産になってこの流れに順序の逆転が起こっている（マーケットイン）。かつては、それぞれの内部で、大量生産や大量輸送、大量買い付けなどでコストダウンを図ってきた。さらに消費者の好みにいち早く適応するための多品種少量生産も実現してきた。最近では、流れをできるだけ円滑に速くすることで、ライフサイクルの短縮化に対応しながら在庫をなくしコストダウンを行うようになってきている。すなわち、リンケージ・メリットの追求である。このためには全体の流れを視野に納めておかねばならないため、例えば流通業が、多頻度少量配送、ジャストインタイム物流などの実現をめざし、運輸業の部分にまで手を伸ばすなど、各業界が他業種の領域に相互浸透しつつある。

このような業際化の現象は、高度に発達した情報通信技術の利用によって可能になったと考えられる

が、更なる発展が国際化にも求められている。特に言葉のインタフェース技術には期待が寄せられている。国際化による異言語間の翻訳問題のみならず、同一言語においても異分野間でのコミュニケーションには言葉のインタフェースの問題が発生する。AIはこのような問題を解決するための中心技術であるとして期待されている。

永年にわたる経験と訓練によって得られた知識が、後継者がいないために消えてゆくことはよくある。人手不足などの影響により、今後も、深刻な専門家不足というこの傾向は続くものだと考えられる。そのため、世代を越えた知識伝承のための技術が望まれる。これには知識ベースなどのAI技術が直接的に関連すると考えられる。また一般的にも権力の源泉が、軍事力や経済力から知識力へとシフトしつつあることも指摘されてきている。

情報システム構築の社会基盤となる通信ネットワークは、世界的規模で合意された標準化に従って、現在着実にISDNとして整備されつつある。またゴミ問題に象徴される環境保全や、大店法の運用緩和をはじめ流通・金融・物流などすべての業界にみられる規制緩和の波は、無視し得ない変化である。さらにコンピュータの能力・信頼性の飛躍的向上やダウンサイジングを含め、技術の変化が及ぼす影響は極めて大きなものがある。

次いでヒヤリング調査は、各業界ごとに代表的な業務フローを調べ、それを業務の特徴に合わせて縦軸に取り、横軸には利用されると想定されるAI技術・可能な投資額・利用着手年・EDP費用中のAI費用の比率などを取り、クロスインパクト表を作成する形で続けられ、その過程で、AIの潜在的利用可能性、AI利用が期待される新市場などを探ろうと試みた。

業務の特徴についての質疑応答は業務フローの図を用いて行われた。AIの潜在的可能性としては、最も期待できる分野・業務とその理由について、最も期待し得ない分野・業務とその理由、AIへの投資状

況などについて質疑応答がなされた。AIによる新市場に関しては、AIユーザとして外部からの調達する面と、ベンダーとしてどのような新製品、新サービスを考えているかについて調整した。

AI利用は主に専門家の不足を補うこと、ノウハウの共有化を目的とし、現在コンピュータ化されている部分にAIを適用し、より知的な、操作性のよい、機能性能を出してゆく方法で、もしくは、現在コンピュータ化が不可能と考えられている業務にAIを適用していく方法でなされ、将来的には人間の創造活動、感覚等をコンピュータに取り込む方向に向かうと思われる。

各業界ごとに得られたAI利用の具体的応用例を、現状および将来の実現可能性に分け、さらにその利用のされ方として知識の共有範囲を考慮して分類してみると、AIの利用を促進するためのとるべき基本的戦略が見えてくる。

全体的にはAI技術の応用は産業のすべての局面で現れる。しかしながら、そこには二つの重要な応用場面があることが観察される。低価格で容易に手に入れられ、価格が下がると大量の個数がでて普及すると考えられるシステムと、個数は必要としないが、公共性が高く、社会的需要のあるシステムである。それらは情報処理システムの変革の歴史的流れに現れる重要局面にも対応している。

情報処理システムは、基幹業務を中心としたEDP化をセンターにおいて集中処理する形態から、ユーザ情報が正確に得られ必要な処理がリアルタイムで可能な分散処理の形態へと、コンピュータの小型化・低価格化に伴って着実に変化しつつある。一方、情報処理センターは、知識やデータを共用するための共同施設としての役割へと姿を変えつつある。

低価格で容易に手に入れられ、価格が下がると大量の個数がでて普及すると考えられるシステムは、普及段階のAI技術であり、情報処理システムの発展段階でのEUC (End User Computing) の段階に対応している。ヒヤリングでしばしば要望のあった500

万円以下のシステム価格は一つの目安になる。この種のニーズは、普及がシステムの利用価値を一層増しさらに普及していく、いわゆるネットワークの外部効果による爆発的普及が起これと考えられる。このような場面を意識して、コスト低下を第一義に考えることがAI発展の有力な戦略の一つとなると思われる。ヒヤリングから、明白にこの段階が消費者から望まれ、開発者からも強く意識し期待されていることが感じられた。エキスパートシステムの具体的実現例は多くがこの範囲に入る。

一方、個数は必要としないが、公共性が高く、社会的需要のあるシステムの開発テーマも重視されていることを今回の調査の結果から得た。したがって、AI発展のもう一つの戦略の柱が、知識共有を目指す公共性の高い巨大システム技術としてのAI研究を、次代のための基礎的研究開発の中に登場させ、今後積極的に推進していくことにあると考えられる。この段階では、国家レベルの支援はもちろん、学界・産業界の協同研究が強く必要とされていることも紛れもない事実であるといえるだろう。

もう一点見逃してはならない重要な視点として、AIに関する知識の普及の重要性がある。AIは人によって千差万別の受け取られ方をしているのが現状であり、そのことが利用の促進を阻害していることがしばしば指摘されたからである。共有の知識基盤に立った活動が、正しい利用方向を作り出すには不可欠であり、そのための施策が今こそ望まれている時期であると思われる。

2 AI技術の現状と展望

2.1 AI技術の現状と動向

基本的にAI技術の現状をどう見るべきかを基調となるコンピュータ技術の動向と重ね合わせて概観する。コンピュータ技術はAI技術の基底を形作りその

動向の正確な把握はAI技術の現状と展望を見るうえで不可欠である。

2.1.1 基本的な現状認識

AI技術の現状認識を要約すると、ほぼ次の5点によって特徴づけることができる。

①着実な定着

当初の期待ほどではなかったにしろAI技術は、個別ながら技術としての一応の輪隔を見せ、いくつかのものについては実用技術としての評価も定まってきた。実際には、そのような技術の多くは、従来からのコンピュータ技術の中に融合したり、埋もれたりしてさほど目立たなくなっているが、これも定着の一つの姿である。随所で取り組まれたエキスパートシステムもそう手軽なものでないことは明らかとはなったが、対象の選定が適切であり相応の努力が払われたものに関しては、現場で十分に活用されるまでに育てられた。そして、エキスパートシステムもソフトウェアシステムの一つであるとの観点から、環境整備等の努力が始まりつつある。日本のAI技術を際立たせた機械翻訳も、日本語ワープロに次ぐ戦略商品との期待ははずれたものの、一応の実用システムとしての姿を整えるまでにはなった。翻訳家との連携を含め、やはり利用・普及の環境整備への努力が始まっている。

②難しさの再認識

できそうに思えたものは、何とか実現できたが、難しそうに思えたものはやはり難しいものであった。人間の知能現象解明や機能実現の難しさが切実に実感された。AI技術はそう安直な技術ではない。その多くは大テーマ、難テーマであり、十年ほどで完結する技術ではない。相当腹をくくった取り組みが必要である。最近までのAIブームは、過去何十年にわたる研究努力の蓄積が昨今の急激なコンピュータ技術の進歩で花咲いただけであるとの見方もある。ブームは去るもの。次なる飛躍には、対応する次なる蓄積努力がいるというものである。思えば、人間の知的機能の枢要な部分が、そう簡単にコンピ

ユータ上に実現し得ると思う方が無理というものである。難テーマには、難テーマとしての心構えと重装備が必要である。

③出揃いつつある道具立て

難課題の解決には、新たな妙手をいうのがごく通常のアプローチである。そして、さまざまな理論、モデル、メカニズム、パラダイムが提案され適用が試みられてきた。そして、現在、そのような道具立ての大どころはほぼ出揃いつつあるという状態になった。最近の話題であるニューロコンピューティングでさえも未知の部分はまだ多くあるものの道具立てとしての大よその性格は見えてきたようである。そして、それぞれの道具立てにはそれぞれ役割があること、局面ごとに主従の役割分担があることも明らかになってきた。したがって、今は新たな妙手を探し回るより、対象に重点をおくべき時期になった。適切な対象を選び出揃いつつある道具立てを適切に組み合わせて使い切る、道具は道具であると見切るアプローチの方が実りある時期にきたようである。

④一層大きくなる役割

コンピュータを高機能にする技術としてAI技術に代わるものがあるわけではない。コンピュータ技術は限りなくダウンサイジング化を進め、ついには、コンピュータ産業構造不況論までが説かれるようになった。このままでは、コンピュータの高性能化、低廉化は産業の基盤を崩すまでに進みつつあることが現実となった。そこでコンピュータの高性能化、高付加価値化への努力が必須のものとなったのである。AIブームは去ったが、むしろAI技術に対する期待は、より大きくなってきたのである。

⑤新たな発展へのスタート

AI技術は、次なる新たな発展を目指して着実な努力を開始すべき時期にきた。そのための条件は十分に整いつつある。この条件を生かしきるには、今までの経験にいたずらに拘ることなく、広い視野でAI技術をとらえ直すことが必須であろう。

2.1.2 コンピュータ技術の動向

コンピュータ技術の動向が、AI技術の重要性につながる経緯について述べる。

①加速されるダウンサイジング化、オープン化

DRAMやRISCチップに代表されるデバイス類の高集積化、高性能化、そして低廉化は急速な勢いでコンピュータのダウンサイジング化を押し進めつつある。コンピュータネットワーク利用の日常化、かつてない程オープンなシステムであるUNIXの普及はコンピュータシステムのあらゆる側面でのオープン化を現実のものにしはじめている。

現在、これによってもたらされた諸現象は、コンピュータ技術や産業の第二の創成期ともいべき状況をもたらしつつある。これは、コンピュータ技術がいまだに豊かな成長力を有していることを示し、技術としての大きさを実証するものである。と同時に、コンピュータ技術がいまだ発展途上にあることを実感させるものであり、この激変に適切な対処を怠った者は、いままで得ていたステータスも一瞬にして失いかねないという危険さを予感させるものである。

②アプリケーションの時代へ

システムプログラムがプロセッサの処理時間の多くを消費し、メモリの多くを占有していた時代には情報処理技術の中ではコンピュータそのものの技術が主役であった。ハードウェアに関する技術やオペレーティングシステムやコンパイラ等のシステムプログラムに関する技術が主目標であった。そして、その成果として今や、豊かな有りあまる程の処理能力や記憶容量が提供されるようになった。これからは、その有りあまるものをいかに有効に生かすかが主題となるのである。コンピュータは安定した道具となり、それを使っていかに有益な機能をわれわれに提供させるかの技術が次の目標となる。すなわち、多様なアプリケーション技術である。アプリケーションの時代、ユーザの時代、情報そのものの時代になったのである。

③危惧されはじめたコンピュータ産業の体質

絶え間ない技術革新への努力がダウンサイジング化とオープン化をもたらしい過剰気味のコンピューティングパワーが供給されるようになった。ユーザにとってはこの上なく有難いこの話もコンピュータ・メーカにとっては産業の根幹を揺るがせかねない事態を招きつつある。ますます安くなり、ますます過剰となるコンピュータは、努力すればする程コンピュータ産業が自らの産業規模を縮小せざるをえないというジレンマを生み出した。しかも、企業間の激しすぎる技術開発競争は投資の回収を終えることなく次の開発へと進まざるをえないという悪循環を生み、この事態を一層悪化させている。

過剰なコンピューティングパワーを有効に消費し、有用な機能に転化させる技術、コンピュータ・アプリケーションを高度化し、高付加価値化するための技術、すなわち高度なAI技術がこの事態の解決には不可欠となる。しかも、情報に関連するあらゆる産業が融合しはじめるという別の新事態の上にこのAI技術を適切に位置付ける視点が要求されている。

2.2 AI技術の展開

これからのAI技術の展開を、技術を見る基本的な視点と、展開の基軸を形作る流れから点描する。

2.2.1 基本的な視点

技術をながめる際の原点となる基本的な視点を列挙する。

①知能現象の広大さの自覚

人間の知能現象は宇宙の進化が到達した大自然現象である。その広大無辺さを十分に自覚すべきである。知能現象は万人のごく身近にあるだけに、現在のAI技術の及ばぬ様がひどく目立つ。しかし、物理現象の世界に対して人類が達成してきた技術成果に比べてみても、知能現象の世界に対して現在手にしている技術成果はそれ程悲観すべきものではない。対象とする知能現象を正確に切り出し、その一片一片に対峙するという心構えが大切である。もちろん、時機を得たならばより大きなものを対象に大

飛躍も試みるべきである。その時には、それにふさわしい重装備が必須となろう。

②総合的な見取図と各技術の正確な位置付け

手にしている個々の技術を総合的な展望の中に正確に位置付けねばならない。今や展望は全体的な配置と長い時間の流れの中で精度高く描けるようになっている。それぞれの個別技術に対しては、新しい展開を追うと同時に総合的な学問の体系、技術の体系へとまとめ上げる努力が重要である。

他の技術との関連については、特にコンピュータ技術との連携、連続性の維持が重要であろう。現在のコンピュータ技術がここまでできたのは、それだけの妥当性があるからである。コンピュータ技術を十分に消化しきった上に、はじめてAI技術が成り立つ。

③基調となる記号主義

AI技術が頓挫ぎみなのは、記号処理技術や記号主義的な見方の限界からではない。現在の技術や見方が十分に成熟したものではないからである。AI技術の基調は、コンピュータ技術との整合性からすれば今後も記号処理、記号主義が中心となろう。大量記号、大規模記号構造に対応する技術の研究開発が今後の大きな課題である。

2.2.2 基軸となる流れ

これからのAI技術展開の基本軸を列挙する。

①やはり知識、知識の生態

情報をデータやプログラムではなく、知識という観点でとらえた新鮮さは今も変わらない。知識工学も若干先走りの傾向にはあったものの、AI技術の基底を形作るのは今も知識処理技術であろう。そして、この知識処理に体系的に、本格的に取り組むのはまさにこれからである。

従来の取り組みでは知識表現言語や知識ベースシステムのように、処理のための道具だてや知識の入れ物の技術開発がほとんどを占めていた。これらも続けていかなければならないが、これから重点を置くべきは知識そのものに関する技術開発である。大規模な知識を作り上げるための技術開発であり、知

識の生態に即して作り上げられる知識の高機能な利用技術の開発である。

知識は本来多様である。多様さこそが知識の本質的なあり様である。この多様さをまとめて扱う単一の原理などはまずは無い。多様さを多様さとして扱うことである。対象とする知識を正確に切り出し、適切に分析し、その内部構造を明らかにし、それに合致する知識処理技術を目指すことが肝要となる。

②人間とコンピュータの複合体としての知識処理システム

知識は多様である。それは広がりにおいても深さにおいてもである。知識処理の主眼は、コンピュータに知識を理解させることにある。しかし、この理解の度合いに多様さがあり、どう見切るかが問題となる。また、人間が理解する程にはコンピュータの理解度を高めるのはとりあえずは不可能でもある。コンピュータのこの知識理解の不完全さと曖昧さが知識処理システムの脆弱さの原因となる。この克服のためにはマン・マシン系という考え方をさらに進めて、知識処理システムを人間とコンピュータの複合体とする見方が不可欠となる。また、そのためにも何をもって知識とするのか、広く納得される枠組みを決めなければならない。人間が永く利用してきた情報の表現メディア、自然言語、形式言語、図形言語、画像、音響、これらで陽にまとまりのあるものとして表現された情報を知識の第一次の定義とする。これにより、知識は誰もが客観的に観察し、分析しうる対象となる。

③重要な大規模さ、大規模知識処理技術

知識活動における人間とコンピュータの共同作業には歴然とした役割分担がある。たとえAI技術が進歩したとしても単純な知識を大量に、高速に、信頼度高く処理するというコンピュータの役割にかわりがあるわけではない。AIシステムの有用性は、たとえ単純な知識に対してにしろ、人間でははるかに及ばない量と速さと正確さに関するコンピュータの能力から生まれるのである。

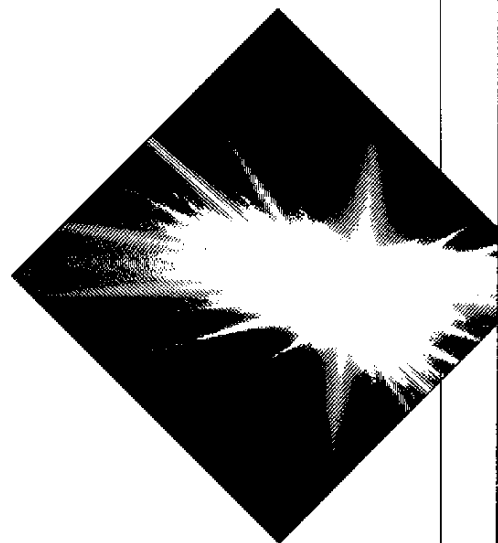
知識処理もトイ・プロブレムの時代は終わった。実世界の問題を相手にする時代となった。この時、大きな問題となるのが大量の知識をどう手に入れるかである。大量知識に関する諸技術、すなわち、大量知識を作る技術、大量知識の獲得技術である。

知識処理や知能処理を目的とした並列コンピュータ、超並列コンピュータの開発はいまだにかなりの話題を集めている。しかし、これらを用いて処理すべき大規模な知識が無いことが大きなネックになりつつある。そして、大規模知識の技術には、今までに無い新しい知識処理技術の研究開発が必要なのである。

④頑健な技術と斬新な技術

技術は積上げができるようになってはじめて本格的に成長しはじめる。安定して使い切れる技術を確認し、それを土台に新しい技術を積上げる。頑健な技術と斬新な技術の適切な取合わせが重要になる。大規模な知識に関する技術については、ひとときこの取合わせが大きな役割を果たす。知識ベースシステムに関する技術や基本的な自然言語処理に関する技術は、頑健な技術として使い切れるものでなければならない。その上に知識獲得の斬新な技術、知識ベースの自己組織化の斬新な技術が積上げられる。

第Ⅱ編 わが国AI利用の動向



AI利用動向アンケート調査方法の概要

第1部のデータはすべてアンケート調査の集計結果に基づくものである。以下にアンケート調査方法の概要を紹介しておく。

〔調査目的〕 財団法人新世代コンピュータ技術開発機構（ICOTという）と財団法人日本情報処理開発協会（JIPDECという）が共同で組織している「ICOT-JIPDEC AIセンター」は、わが国におけるAIの普及振興を図り高度情報化社会の形成に資するため、産業界のAI利用の現状と将来動向を調査した。

〔調査対象〕 調査対象は、コンピュータ利用事業所6,266（以下、コンピュータユーザという）、およびAIセンター登録会員929（以下、AIセンター会員という）の合計7,195事業所とした。コンピュータ利用事業所は、「コンピュータユーザー調査年報（日本経営科学研究所発行）」所載の事業所から産業別にサンプル数を定め等比で無作為に抽出した。

〔調査方法〕 今回の調査（1990年調査）では2種類の調査票を同時に郵送した。一つは「コンピュータ高度利用に関する調査票」（調査票1）であり、AIの導入状況と潜在需要を導き出すためのアンケートである。他の一つは個別AIシステムの利用動向を知るための「人工知能（AI）の利用に関する調査票」（調査票2）である。これらの回収結果に基づき集計分析を行った。なお、1989年調査では、調査票1を発送し回収した後、AI導入済みと回答した者を対象に調査票2を発送している。

〔調査時期〕 調査票1、調査票2とも1990年11月。

〔有効回答数〕 集計分析の対象とした回答票数は、1,970事業所（回答率27.4%）。内訳は図表II-1-1「AI導入・未導入事業所数」に示すとおりである。

〔産業分類について〕 この調査では次の産業分類で集計分析を行った。

基礎資材産業……鉱業、ガラス・土石製品、化学工業、石油製品・ゴム製品、鉄鋼、非鉄金属・金属製品
 加工組立産業……機械・精密機器、電気機器、輸送用機器
 生活関連産業……水産・食品、繊維・紙・パルプ、その他製造
 公共サービス関連……建設、電力・ガス、運輸・倉庫・不動産
 商業金融関連……商業、金融、保険・証券
 教育公務関連……官庁・政府機関、地方自治体、学校・研究所・病院
 情報処理産業……コンピュータメーカー、計算サービス・ソフトウェア、出版・報道
 そ の 他……組合・諸団体

図表II-1-1 AI導入・未導入事業所数

調査年	項 目	発送数	有効回答	導入事業所数	未導入事業所数
1990年	合 計	7,195	1,970	499 (25.3%)	1,471 (74.7%)
	コンピュータユーザ	6,266	1,604	232 (14.5%)	1,372 (85.5%)
	AIセンター会員	929	366	267 (73.0%)	99 (27.0%)
1989年	合 計	7,084	1,844	697 (37.8%)	1,147 (62.2%)
	コンピュータユーザ	6,238	1,449	379 (26.2%)	1,070 (73.8%)
	AIセンター会員	846	396	318 (80.5%)	77 (19.5%)
1988年	合 計	4,891	1,480	305 (20.6%)	1,175 (79.4%)

第1部 AIシステムの利用状況

1 AI導入利用の状況

本章は、アンケート調査票1の「コンピュータ高度利用に関する調査」をまとめたものである。ただし、AIセンター会員のサンプルはもともとAI導入意識の高いユーザであり、統計的な観点から導入利用の状況を論ずる場合には特異データとなるので、本章での分析は、コンピュータユーザの調査結果に基づいている。

1.1 AI導入の状況

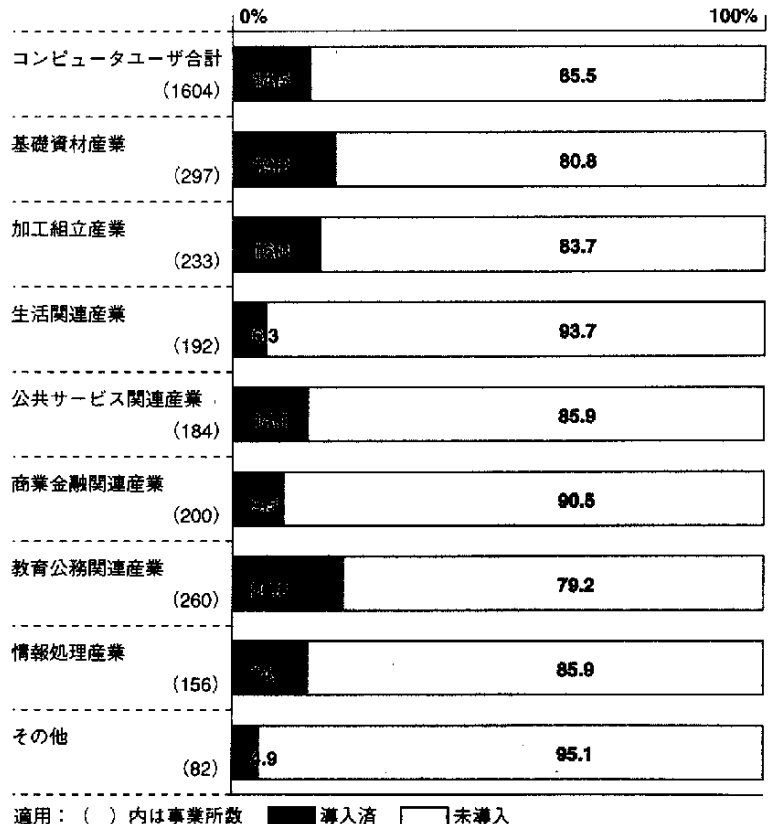
わが国におけるAIシステムの導入状況は図表Ⅱ-1-1に示すとおりであり、コンピュータユーザのAI導入率は14.5%（1,604事業所のうち232が導入と回答）である。1989年調査の導入率26.2%と比較して11.7%の減少となっている。今回の調査では調査票2の回収率を向上させるため、調査票1と2を同時に発送したが、このアンケート発送方法の差が昨年との導入率の差に出ているものと思われる。なお、AIセンター会員の導入率は73.0%（昨年は80.5%）で、コンピュータユーザとAIセンター会員の両者を合わせた合計は25.3%であり、1989年調査の37.8%および1988年調査の20.6%と比較してみると、この数字のうえ

からは今回の数値は、妥当な値と考えられないこともない。

1.2 産業別導入状況

コンピュータユーザの産業別AIシステムの導入状況は、図表Ⅱ-1-2に示すとおりである。これによれば、教育公務関連が導入率では第1位（20.8%）であり学校・研究所の存在が効いているようだ。昨年は、公共サービス関連が第1位で47.7%であったが今年は14.1%に低下している。これは、昨年に比べ公共サ

図表Ⅱ-1-2 コンピュータユーザの産業別導入状況



第II編 わが国AI利用の動向

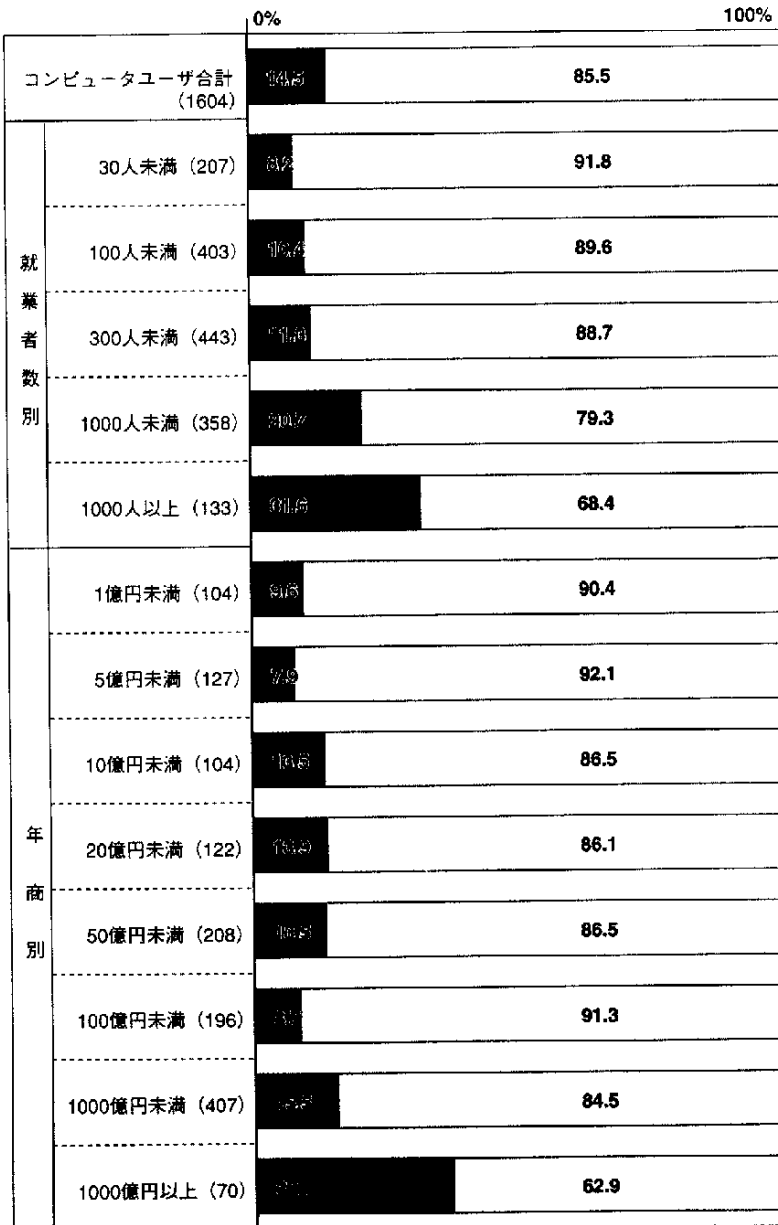
ービス関連でのアンケート回収数が、88件から184件に増加していることも起因しているものと思われる。第2位は昨年と同じく基礎資材産業の19.2%であり、鉄鋼、石油製品・ゴム製品業、化学工業などの業界での導入が高い。以下、加工組立産業が16.3%、情

報処理産業、公共サービス関連がそれぞれ14.1%（主に官庁・政府機関や建設業）となっている。

産業別分類を業種レベルで比較してみると、第1位は保険・証券の40.9%、次に学校・研究所・病院の39.2%、以下鉄鋼35.1%、コンピュータメーカ35.0%、

電力・ガス30.4%、官庁・政府機関26.2%、ソフトウェア・計算センター19.5%、建設19.2%などと続く。一方、導入率の低い業種は、運輸・倉庫・不動産、金融が各4.8%、組合・諸団体4.9%、地方公共団体4.9%、水産・食品5.7%などとなっている。

図表 II-1-3 コンピュータユーザの規模別AI導入状況（1990年）



適用：（ ）内は回答事業所数 ■ 導入済 □ 未導入

1.3 事業所規模別導入状況

コンピュータユーザにおける就業者規模別によるAIシステム導入状況は、図表 II-1-3に示すとおりである。AIを導入している事業所は、就業者数が300人までは10%前後と大差はないが、それ以上のところでは、就業者規模が大きいところほど導入率が高いという特徴を示している。300人規模以上の事業所では、導入率が20%を越えており、1,000人以上の事業所では、30%を超える高い導入率となっている。

コンピュータユーザの年商別AIシステム導入状況も、図表 II-1-3に示すとおりである。AI導入済事業所は、年商が1,000億円未満のところでは8~15%の範囲にあり、規模が大きくなるにつれて導入率も高くな

る傾向がある。1,000億円以上を越える事業所では37.1%とやはり年商の規模が大きいところほど導入率が高いことが分かる。

1.4 個別AIシステムの導入状況

コンピュータユーザの個別AIシステムの導入状況は、図表Ⅱ-1-4に示すとおりである。これによると1,604事業所のうち、AI向き言語を導入利用しているのは8.7%（139事業所）で、産業別では、教育公務関連が16.9%、基礎資材産業10.4%、加工組立産業9.4%と高い。エキスパートシステム用ツール（ESツール）は9.0%（144事業所）で、産業別では、基礎資材産業が15.2%、教育公務関連11.5%と高い。エキスパートシステム（ES）は7.5%（120事業所）で、基礎資材産業だけが13.5%と10%を越えている。機械翻訳システムは3.4%（55事業所）で、教育公務関連だけが10.4%と10%を越えている。知能ロボットは1.1%（17事業所）と全産業にわたって導入率は低い。自動プログラミングシステムは3.1%（50事業所）で、加工組立産業が6.4%と高い。その他、画像理解システムは1.9%（30事業所）、音声理解システムは1.0%（16事業所）、自然言語理解システムは0.4%（7事業所）、その他AIシステムは0.5%（8事業所）であり、産業別として特筆すべき点はない。

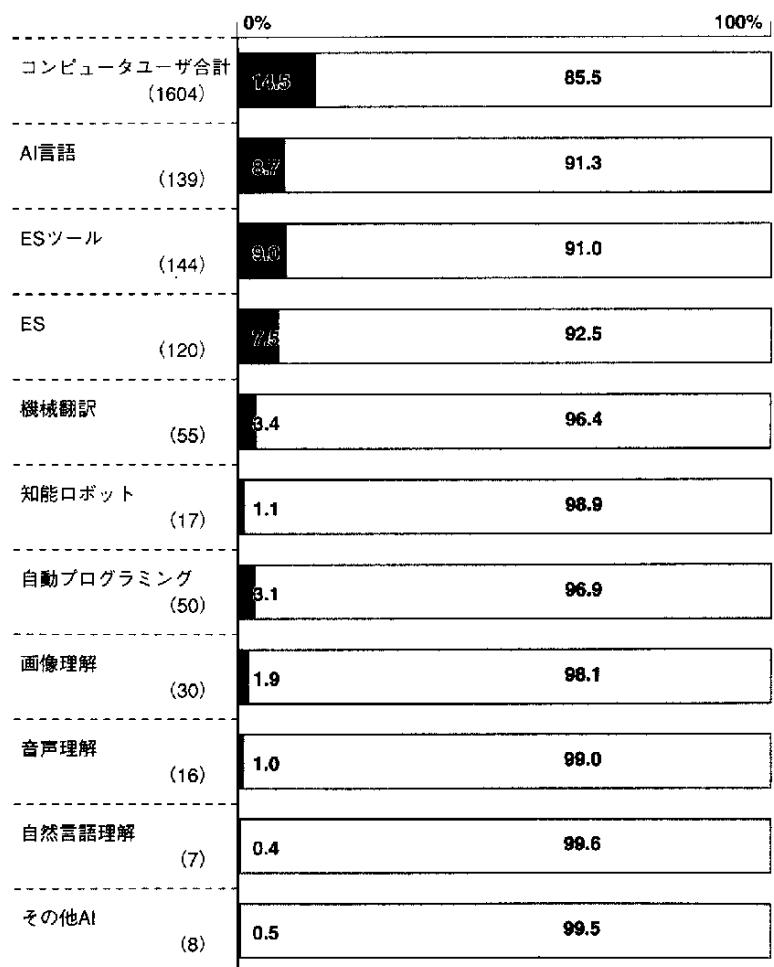
1.5 個別AIシステムの今後の利用意向

今後の個別AIシステムの利用意向は、資料編調査票1の質問Ⅱ-4に示すAIシステムについて産業分類別に集計した。また、20%を超える高い利用の意向があるものを中心に適用業務の分析を行った結果は以下ようになった。

1.5.1 エキスパートシステム

①全般的には、ソフトウェア開発（30.9%）や経営戦略（28.0%）、計画・シミュレーション（26.8%）などの業務への利用意向が高い結果となっており

図表Ⅱ-1-4 コンピュータユーザAIシステム別導入状況（1990年）



適用：（ ）内は導入事業所数 ■ 導入済 □ 未導入

り、より複雑な問題解決に対するニーズの強さがあるかがわれ、戦略的情報システムの実現に向けてエキスパートシステムへの期待が高まっているとの見方もできる。

②基礎資材産業では20%を超えるものが9件あり、利用意向の比較的高い産業であるといえよう。その内容は、製造分野に関連するものが圧倒的である。内訳は第1位が生産管理の45.1%であり、以下、工程管理38.7%、計画・シミュレーション38.0%、経営戦略26.9%などが続いている。

③加工組立産業では20%を超えるものが15件もあり、最も、利用意向の強い産業となっている。その内容は、基礎資材産業と同様、製造分野に関連するものが圧倒的であるが、設計分野の意向も高いほか、経営戦略や財務処理、企業診断、資金運用、顧客管理など事務分野向けのニーズも多数出ているのが特徴である。内訳は第1位が生産管理の43.8%であり、以下、計画・シミュレーション42.9%、工程管理39.5%、経営戦略36.9%、ソフトウェア開発32.2%、自動設計29.2%などが続いている。

④生活関連産業でも20%を超えるものが10件あり、利用意向の比較的高い産業であるといえよう。その内容は、製造分野に関連するものが多いが、物流分野や事務分野の意向も高い。内訳は、第1位は生産管理の43.8%、以下、経営戦略38.0%、物流管理34.9%、計画・シミュレーション32.3%、工程管理31.3%などが続いている。

⑤公共サービス産業では前の三つの産業と利用意向の傾向が異なっており、第1位は計画・シミュレーションが29.7%、以下、工程管理28.7%、自動設計27.7%、経営戦略、データベース検索、ネットワーク設計・管理ともに23.8%と続いている。

⑥商業金融関連産業でも20%を超えるものが9件あり、利用意向の比較的高い産業であるといえよう。内容としては、金融の自由化を反映して資金運用が第1位で56.0%、以下、企業診断54.0%、経営戦略44.0%、顧客管理43.5%、窓口相談39.5%、財務処理

32.5%、データベースサービス27.5%などが続いている。

⑦教育公務関連産業は、AI導入率の高さとは裏腹に、選択枝がマッチしないためか利用意向は低く、ソフトウェア開発が27.3%、財務処理が21.9%である。

⑧情報処理産業では、産業自体の必然性からソフトウェア開発が第1位で47.4%、以下、経営戦略33.3%、財務処理27.6%、顧客管理24.4%、人材育成20.5%と続いている。

1.5.2 知能ロボット

基礎資材産業や加工組立産業における生産ライン（30%強）や製品検査（20%弱）の分野でのニーズや、加工組立産業の高度組立加工18.0%、公共サービス関連の土木建設作業31.7%に対する利用意向が高い。

1.5.3 画像理解システム

基礎資材産業では製品検査（21.5%）に、加工組立産業では図面の読み取り（23.2%）、製品検査（21.9%）、部品の自動装着（20.6%）に、公共サービス関連では図面の読み取り（35.6%）、画像データ検索（21.8%）に、商業金融関連では印鑑照合（39.5%）、教育公務関連では画像データ検索（21.5%）にそれぞれ利用の意向がみられる。

1.5.4 その他のシステム

音声理解システムでは、どの産業においても音声入力ワープロの利用意向が20%を超えている。また、20%には満たないが、音声操作も比較的高い。

機械翻訳システムについては、加工組立産業の意向が高く、マニュアルや特許等技術文献へのニーズが高い。全産業的には、20%には満たないが、マニュアル、ビジネス文書への利用意向が高い。

自然言語理解システムでは、データベース検索に対する利用意向がほとんどの産業で20%を超えている。

1.6 未導入事業所のAIシステム導入意向

前出の図表II-1-1に示すように、コンピュータユーザのうちAIを導入している事業所の割合は、14.5%

(232事業所)で、残り85.5%(1370事業所)が未導入であった。

これらの未導入事業所に対し、今後のAIシステム導入意向について調査した結果、図表II-1-5に示すように、導入時期が異なるもののAIシステムの導入意向を有する事業所の割合は、30%~50%とかなり高かった。また、5年後以降に導入すると答えたものが多かった。最も導入意向の高いのは、自動プログラミングシステムの50.1%で、導入する気はないとの回答を上回っている。次に、エキスパートシステムが47.4%あり、これと合わせて、エキスパートシステム用ツールの導入意向を持っているものも42.7%となっており、関心の高さを示している。以下、AI向き言語36.9%、音声理解システム36.5%、画像理解システム35.7%、自然言語理解システム32.4%、知能ロボット28.5%、機械翻訳システム28.4%の割合となっている。

2 個別AIシステムの利用状況

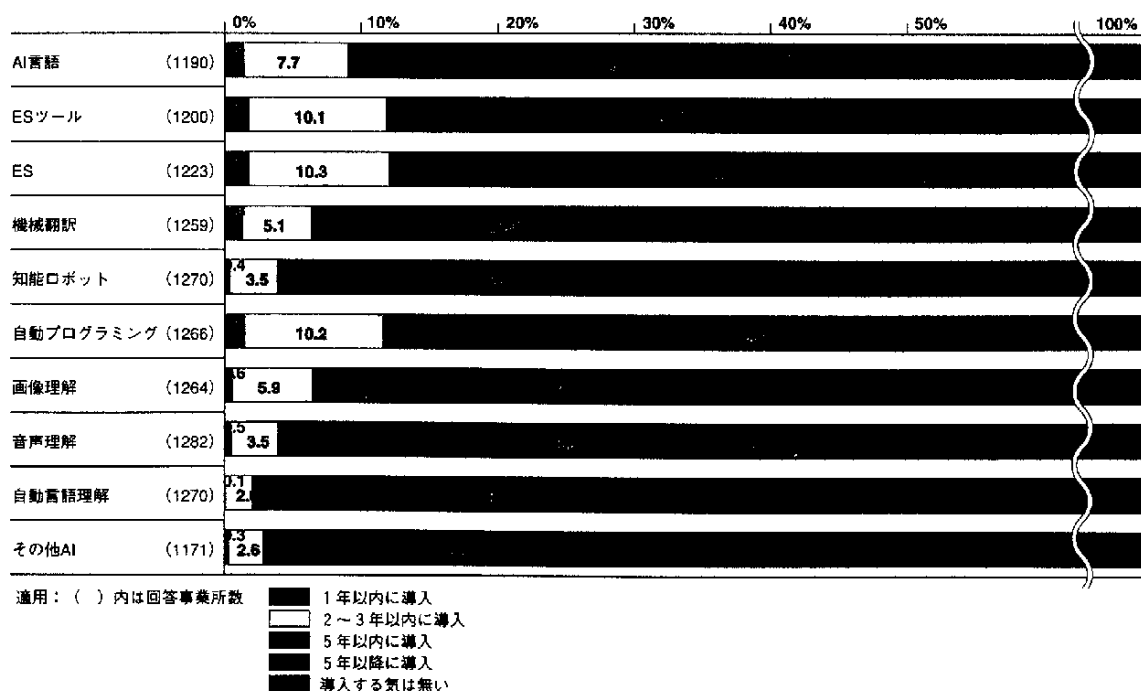
本章は、アンケート調査票2の「人工知能(AI)の利用に関する調査」をまとめたものである。調査票2の回答者は、調査票1ですでにAIを導入済みの事業所が対象であり、コンピュータユーザでは93.1%の、AIセンター会員では95.1%のアンケート回答率となっている。本章では、特に断わらない限りコンピュータユーザとAIセンター会員のデータを合計したもので分析している。

2.1 AIシステム全般

2.1.1 AI要員

コンピュータユーザの現時点でのソフトウェア開発要員は図表II-1-6に示すとおり、1社平均51.8人

図表II-1-5 未導入コンピュータユーザのAIシステム別導入意向(1990年)



図表II-1-6 コンピュータユーザの
ソフトウェア開発要員（1990年）

	現 在	2-3年後	5年後
ソフトウェア開発要員	約51.8人	約51.9人	約71.6人
うちAIシステム開発要員計	約1.9人	約3.3人	約5.2人
うち知識エンジニア（専任）	約0.3人	約0.7人	約1.3人
知識エンジニア（SEと兼任）	約1.4人	約2.1人	約3.1人
その他（プログラマ等）	約1.9人	約2.9人	約4.2人

図表II-1-7 コンピュータユーザのAI投資額（1990年）

	平均年間投資額	今後の5年間合計
1. ハードウェア	約540万円	約1,760万円
2. ソフトウェア		
a. ツール・言語などの購入費	約200万円	約550万円
b. 内部人件費	約480万円	約1,850万円
c. 外注費	約380万円	約1,480万円
3. 教育・訓練		
AIシステム開発要員	約60万円	約210万円
うち知識エンジニア	約30万円	約60万円
4. その他	約60万円	約310万円
合 計	約1,720万円	約6,160万円

（昨年66.1人）であり、そのうち1.9人（3.7%）がAIシステム開発に携わっている。ソフトウェア開発要員を最も多く擁しているのは、商業金融関連産業で平均133.1人、次に、加工組立産業93.2人、情報処理産業79.2人、基礎資材産業47.1人と続く。AIシステム開発要員は、情報処理産業が最も多く平均4.9人を擁する。次に基礎資材産業が2.5人、公共サービス関連産業が2.0人と続く。その結果、基礎資材産業では20人に1人が、公共サービス関連では、10人に1人がAIシステムの開発に従事している計算になる。

エキスパートシステム開発の専門家である知識エンジニアについては平均1.7人であり、そのうち0.3人が専任の知識エンジニアである。AIシステムの開発はSEとの兼任者を中心に進められていることが分かる。

5年後には、AIシステム開発要員は5.2人と増え、ソフトウェア開発要員の7.2%となる見込みである。知識エンジニアは4.4人と2倍以上に増え、専任者も1.3人まで増える。

2.1.2 投資費用とその内訳

コンピュータユーザの1990年度における年間コンピュータ投資額平均（回答172事業所）は9億8千万円であり、AI投資額平均（回答216事業所）は1,720万円（図表II-1-7）と、コンピュータ投資額の1.7%がAI投資額であった。

コンピュータ投資額の高い産業は、商業金融関連が第1位で23.7億円、以下、情報処理の12.1億円、基礎資材11.5億円、加工組立10.5億円、公共サービス7億円、教育公務4.5億円、生活関連2.8億円と続く。コンピュータユーザの投資額は、1～5億円の間に平均的な山を持っているが、50億円以上の投資を行っている事業所が10社ある。

AI投資の面でも、第1位は商業金融関連が平均3,600万円と高く、次に、基礎資材の2,400万円、公共サービスの1,700万円が続いている。コンピュ

ータユーザの大半（57.4%）は100万円未満の投資しか行っていないが、9.7%は2,000～5,000万円の投資を、7.9%は5,000万～1億円の投資を行っている。2～5億円の積極的な投資を行ったと答えた産業は、商業金融関連の2事業所、基礎資材、教育公務の各1事業所となっている。

図表II-1-7に示すように、1990年のAI投資額1,720万円のうち31.4%がハードウェアへの投資であり、次いで内部人件費27.9%、外注費22.1%、ツール・言語11.6%、AI要員人材育成費3.5%、その他3.5%となっている。外注費が内部人件費に比べて少ない。これは従来のシステム開発と比べて、AI開発の内製率の高さを物語っている。

今後の5年間の投資見込みでは、AI投資額平均が6,160万円、そのうち、ハードウェアやツール・言語への投資額はそれぞれ28.6%、8.9%と減少し、代わって、内部人件費が30.1%、外注費が24.0%と増える傾向をみせている。

2.2 AI開発運用環境

2.2.1 AI用言語およびツール

AIシステムのシステム開発を支援するAI言語およびツールの所有状況は、図表II-1-8に示すとおりである。回答事業所のAI言語およびツールの平均保有

は7.1本となっている。このうち市販の言語・ツールは2.2種類、自社で開発したものは0.4種類となっている。

使用している言語の種類としてはLISP系が33.1%、Prolog系が21.3%、C言語系が19.8%となっており、オブジェクト指向系が11.0%である。

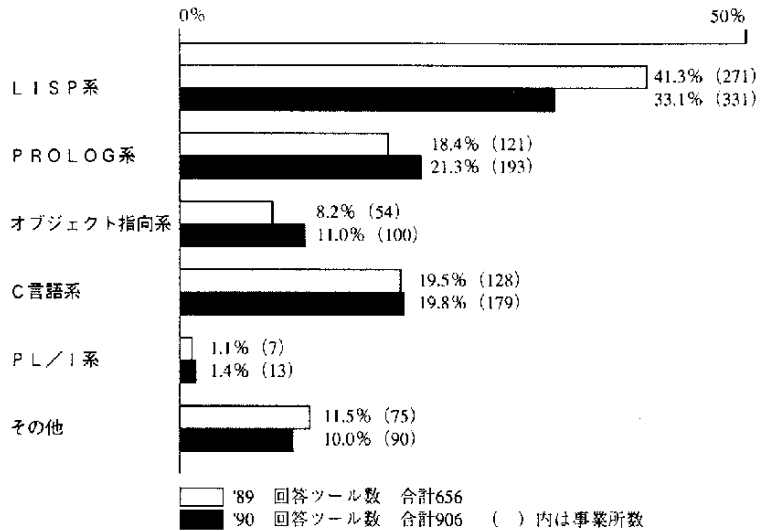
言語およびツールの導入目的(複数回答)は、システム開発が28.6%、研修・勉強用が28.4%、実用システム稼働用が23.9%、試用のために20.5%などとなっている。

言語・ツールの利用状況は、試験的に利用とするものが37.4%、本格的に利用が37.1%、あまり使っていないが25.6%となっている。

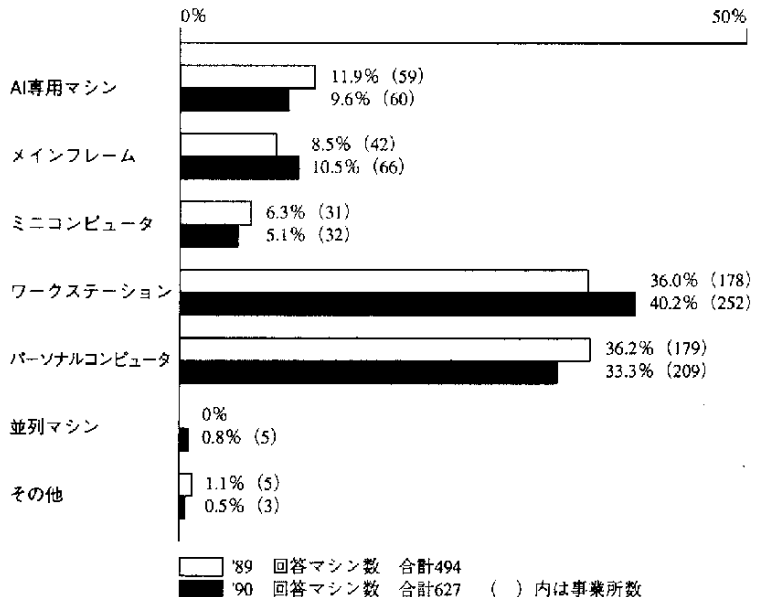
2.2.2 使用マシン

AIを導入している事業所の使用しているマシンは、図表II-19に示すとおりである。ワークステーション40.2%、パーソナルコンピュータ33.3%、メインフレーム10.5%の利用、AI専用マシンは9.6%である。ミニコンピュータは5.1%と少ない。

図表II-1-8 AI言語及びツールの保有状況(1990年)



図表II-1-9 使用マシン(1990年)



2.3 エキスパートシステム

エキスパートシステムの定義は次のとおりである。エキスパートシステムとは、知識ベースと推論機構および知識ベース管理機構とから構成されており、ある特定の分野の専門家の知識に基づいて構築された知識ベースを推論機構が解釈し推論することによって、ユーザの問題解決を行うためのシステムである。

2.3.1 エキスパートシステムの利用

AI導入済み事業所390のうち、エキスパートシステムを開発中・稼働中であると回答した事業所は253事業所929システム（平均3.7システム）である。前回（1989年調査）の163事業所668システム（平均4.1システム）に比べ、平均システム数で0.4ポイント下がっている。

産業別にみると、1事業所あたりの平均システム数が高い産業は公共サービス関連5.6システム、加工組立産業5.0システムであり、低い産業は商業金融関連2.1システム、教育公務関連2.3システムである。

システムの利用状況については、実用システムとして稼働中29.1% 270システムであり、また、フィールドテスト中13.9% 129システム、プロトタイプとして評価改良中20.9% 194システムである。これらを実

用化途上のシステムと考えると、63.8% 593システムが実用を目的としたシステムといえる。1989年調査（実用システムとして稼働中29.3%、フィールドテスト中13.0%、プロトタイプとして評価改良中20.5%）と比べると、ほぼ同様の結果となっている（図表II-1-10）。

産業別利用状況は、「実用システムとして稼働中」の割合が高い産業は商業金融関連48.6%、生活関連産業39.3%、基礎資材産業38.4%であり、低い産業は教育公務関連14.3%となっている。次に、「あまり使っていない」という割合は7.9%（73システム）であるが、1989年調査の5.4%（36システム）よりも増えている。その中でも公共サービス関連16.8%、教育公務関連15.6%と高くなっている。また、情報処理産業は他産業に比べ「プロトタイプとしての評価改良中」+「デモ・実験のみに利用している」システムの割合が高い（46.9%、平均33.6%）。

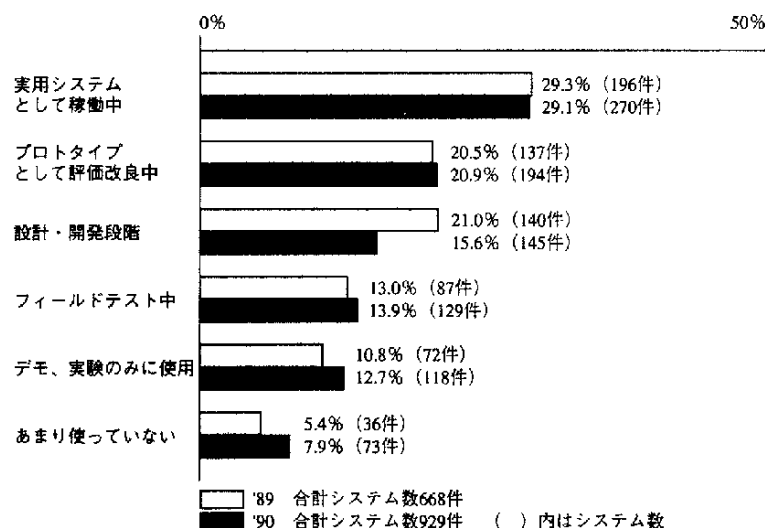
2.3.2 適用業務と対象領域

本項以降は、各事業所ごとに主なエキスパートシステム5システム以内について、詳しく記述していただいた回答をまとめたものである。

適用業務のうち、多くあげられたのは計画・シミュレーション17.2% 82件、故障診断13.4%64件、生産管理7.3% 35件、プラント操業・管理5.5% 26件、自動設計5.0% 24件、生産ライン操業管理4.2% 20件と続いている。前回（1989年）に比べ故障診断と計画・シミュレーションの順位が逆転しており、計画・シミュレーション業務分野のシステム化が進んでいる様子がわかる。

産業別に特徴を分析すると、基礎資材産業では計画・シミュレーション29.2%、生産管理17.0%、生産ライン操業・管理12.3%、生活関連産業では計画・シミュレー

図表II-1-10 エキスパートシステムの利用状況（1990年）

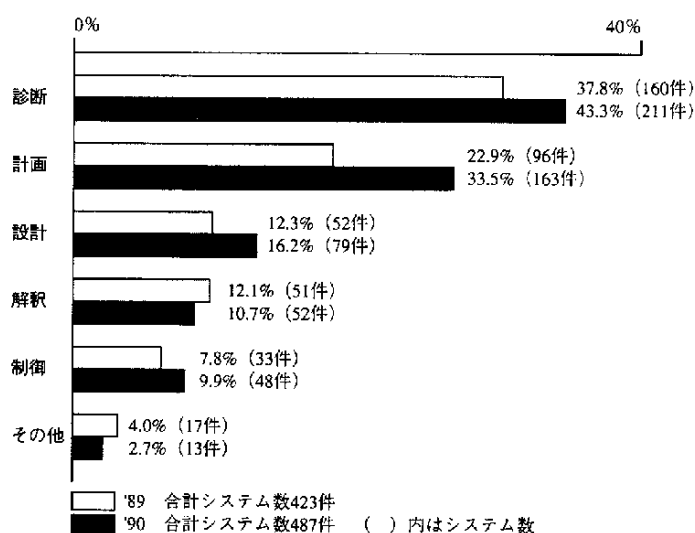


ション22.7%、製品開発支援18.6%、生産管理13.6%、生産ライン操業・管理12.3%が特筆すべき数値を示している。

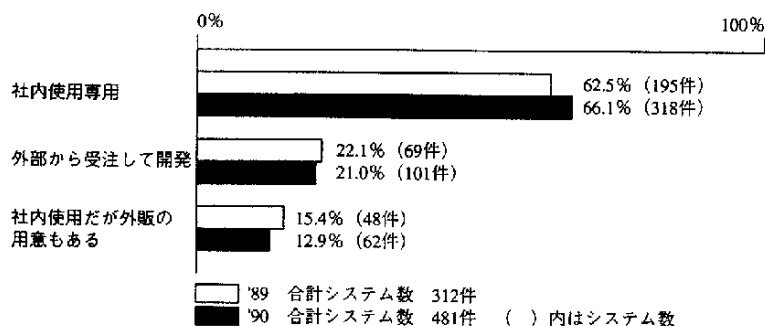
加工組立産業のエキスパートシステム適用業務は、故障診断23.3%、自動設計10.7%、製品開発支援7.8%、計画・シミュレーション7.8%である。商業金融関連は、契約・医務・損害査定17.9%、資金運用14.3%、窓口相談7.1%であり、情報処理産業はすべての適用業務にわたり広くエキスパートシステムを構築している。

次に、エキスパートシステムの技術的評価のための対象領域別分類に対する回答は図表Ⅱ-1-11のとおりである。

図表Ⅱ-1-11 エキスパートシステムの対象領域（1990年）



図表Ⅱ-1-12 エキスパートシステム開発目的の用途（1990年）



りである。これによると診断型43.3%、計画型33.5%、設計型16.2%、解釈型10.7%、制御型9.9%、その他2.7%の順であり、前回調査（1989年）と順位は変わっていない。しかし、計画型の伸び率が大きいこと（22.9%から33.5%）が注目に値する。一般的には、「計画型」+「設計型」を「合成型」と呼んでおり、この合成型の伸び率は35.2%から49.7%と大きく伸びていることがわかる。産業別に分析すると、基礎資材産業は計画型56.2%が多く、次いで診断型23.8%である。加工組立産業は診断型50.9%、設計型21.3%となっている。生活関連産業は計画型34.8%、診断型30.4%、制御型13.0%と続くのが特徴的である。

商業金融関連ではほとんどが診断型71.4%である。

2.3.3 開発目的と期待効果

エキスパートシステムの開発目的の用途は図表Ⅱ-1-12のとおりである。社内使用専用が66.1%を占めており、これは前回調査（1989年）の62.5%より高い。次に外部から受注して開発21.0%、社内使用だが外販の用意もある12.9%と続く。前回調査時はそれぞれ22.1%、15.4%である。

産業別に分析すると、基礎資材産業と生活関連産業の社内使用専用の割合がそれぞれ93.2%、91.3%で、ほとんど社内使用専用となっている。加工組立産業は「社内使用だが外販の用意がある」が21.9%で情報処理産業の13.8%を上回っている。「外部から受注して開発」は情報処理産業が61.5%と高い。

次に、エキスパートシステムの導入による期待効果は、図表Ⅱ-1-13に示すとおりである。ここ数年「専門家の仕事量の削減」、「業

務の質の向上」、「業務の質の均質化」の順位は変わらない。またその割合の変化も、年度ごとには若干の変化はあるものの全体的にはあまり変わっていない。エキスパートシステム導入による期待効果として「専門家の仕事量の削減」、「業務の質の向上」、「業務の質の均質化」は普遍的なものといえよう。

産業別に分析すると、「専門家の数の削減」については加工組立産業が高い数値を示しており、「専

門家の育成」については生活関連産業、商業金融関連が高い数値を示している。また「業務の質の向上」については基礎資材産業が高い数値を示しており、「ES技術の習得」については生活関連産業、教育公務関連が特に高い値を示している。

2.3.4 システムの開発環境

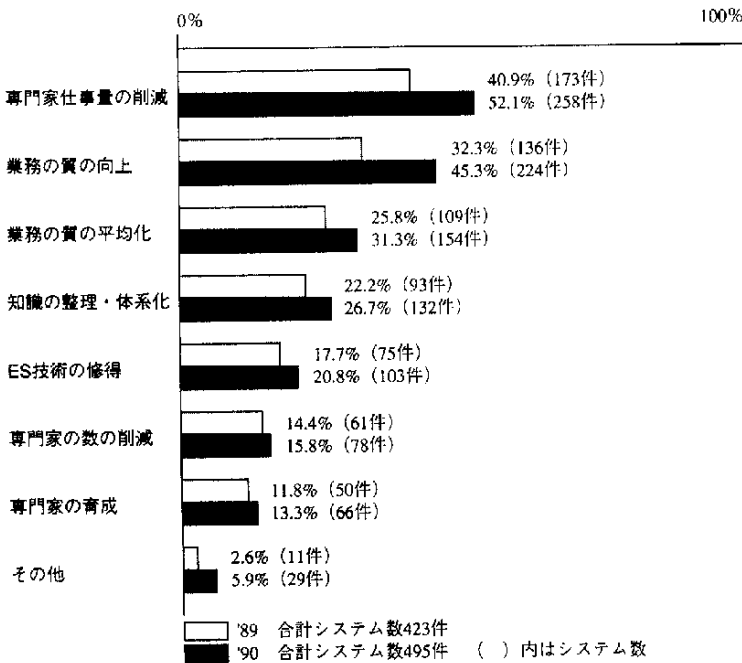
システムの開発に使用したエキスパートシステム構築支援ツールについては図表Ⅱ-1-14に示すとおり、「市販のものを使用」が70.3%と大半を占め、「自社

開発」20.0%、「使用していない」8.9%と続く。これは前回調査（1989年）とあまり変化していない。

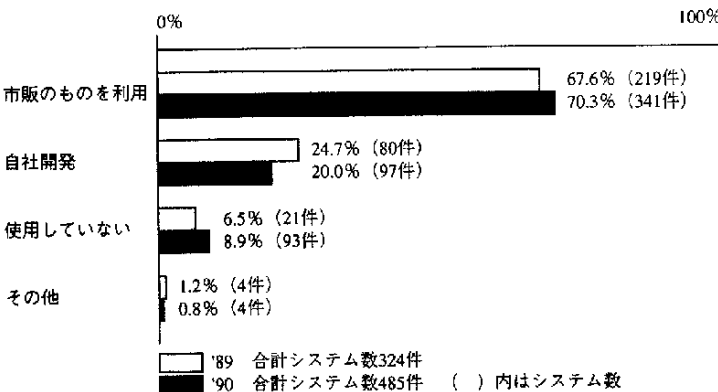
産業別に分析すると、加工組立産業の「自社開発」割合が47.3%と突出している。また、教育公務関連の「自社開発」+「使用していない」の合計割合が39.2%と高い。

エキスパートシステム開発に使用している言語については、図表Ⅱ-1-15に示すとおりである。Lisp系が34.8%、C言語系が33.6%と使用割合が高い。前回にはLisp系が41.6%、C言語系が29.9%であり、今回はLisp系が減少し、C言語系が増加している。これは、実用を考慮して開発をする場合、汎用性、処理速度、移植性、経済性の観点からC言語系が有利であるためと考えられる。さらに、後述する開発マシン環境ではパーソナルコンピュータやワークステーションの割合が高く、C言語系がこのような環境下では最も実用的な処理系であることも大きな要因であろう。また、Prolog系の言語の使用が前回の11.7%から今回15.1%へ

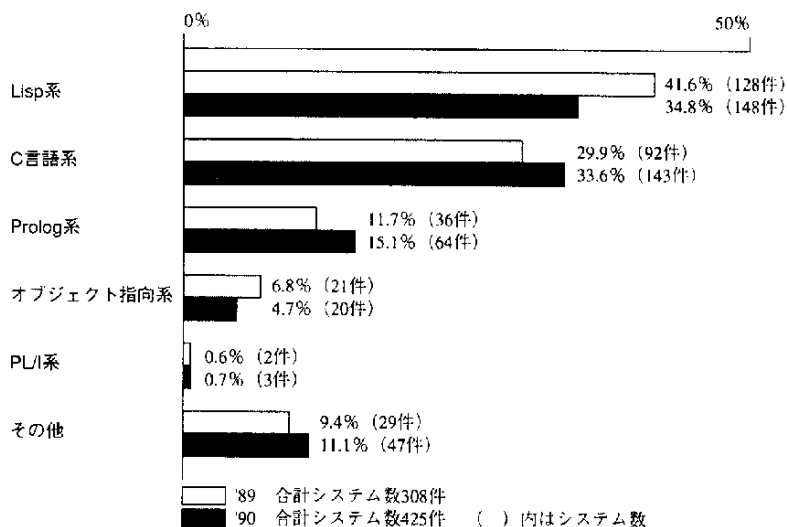
図表Ⅱ-1-13 エキスパートシステム導入による期待効果（1990年）



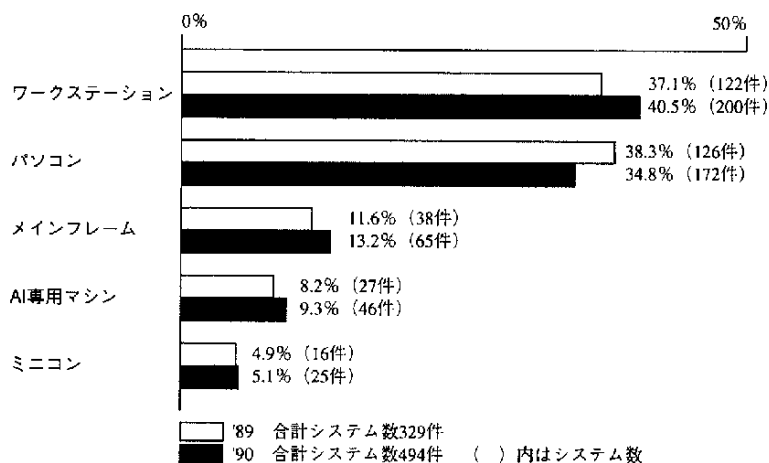
図表Ⅱ-1-14 エキスパートシステム開発用使用ツール（1990年）



図表 II-1-15 エキスパートシステム開発用使用言語 (1990年)



図表 II-1-16 エキスパートシステム開発用マシン (1990年)



と増加しているのは、Prolog系のプロトタイピングおよび変更の容易性などが評価されていると考えられる。

産業別に分析したときに特記すべきことは、商業金融関連と教育公務関連のProlog系の使用割合が高く、それぞれ36.4%、30.0%と平均15.1%を大きく上回っていることがあげられる。この要因は、商業金融関連においてシェアの高いメインフレームの製品系列にPrologが採用されていること、教育公務関連では、やはり学校・研究所がこの分類に属することなどであろう。また、公共サービス関連でその他(の言語)の割合が20.0%(平均11.1%)と高いことも特徴である。

開発用マシン環境について(図表II-1-16)は、ワークステーションが40.5%、パソコンが34.8%と両者合わせて75.3%を占めている。

産業別に分析すると、メインフレームの割合が高いのは基礎資材産業19.8%、公共サービス関連17.2%である。また、ワークステーションとパソコンの比率を比べると、ワークステーションの比率がより高い産業は、基礎資材産業、加工組立産業、教育公務関連、情報処理産業であり、教育公務関連が特に高い(51.0%)。パソコンの比率が高い産業は商業金融関連、生活関連産業、公共サービス関連であり、商業金融関連が特に高い(58.6%)。

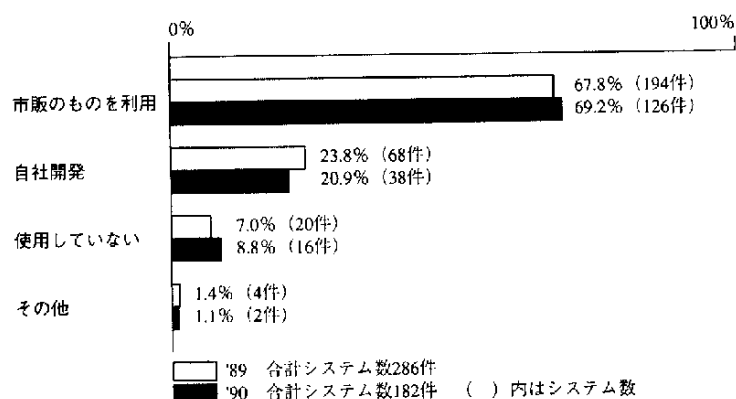
2.3.5 システム実用化以降の状況

実稼働段階でのエキスパートシステムで使用され

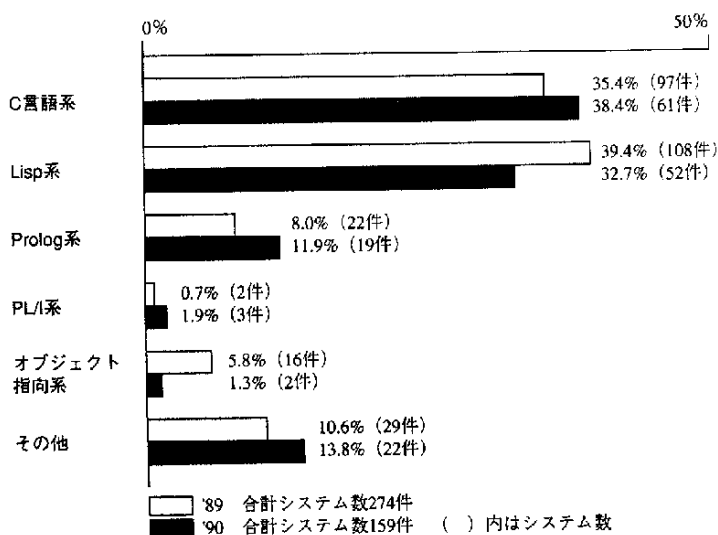
ている構築支援ツールについては図表II-1-17に示すとおりである。「市販のものを使用」が69.2%であり、「自社開発」20.0%、「使用していない」8.8%と続き、これも前回の調査とあまり変化がない。

次に、使用している言語は図表II-1-18に示すとおり、Lisp系が32.7%、C言語系が38.4%となっている。これは、開発段階ではLisp系が34.8%、C言語系が33.6%であったことを考えると、実用段階ではC言語系がより利用される実態がわかる。また、オブジェクト指向系言語は前回調査の5.8%から1.3%に急激に

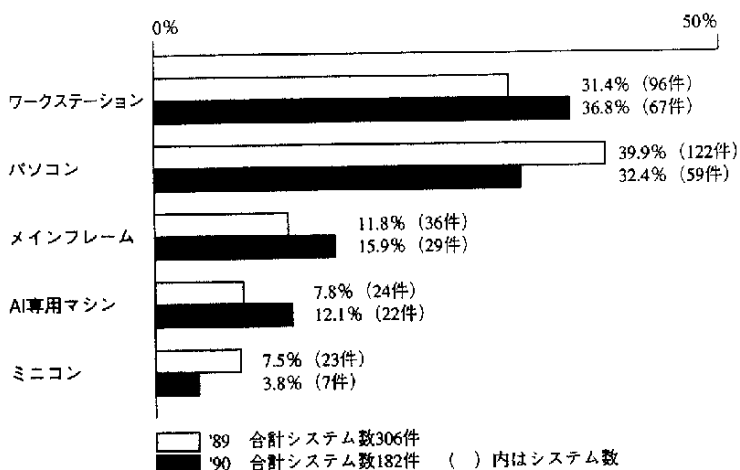
図表II-1-17 実稼働エキスパートシステムの使用ツール（1990年）



図表II-1-18 実稼働エキスパートシステムの使用言語（1990年）



図表II-1-19 エキスパートシステム実稼働マシン（1990年）



減少している。

Prolog系言語は商業金融関連と教育公務関連がそれぞれ36.4%、30.0%と平均15.1%を大きく上回って高かったものが、教育公務関連は平均並みになり（16.7%、平均11.9%）、商業金融関連は割合は高いものの（30.0%）、Lisp系（30.0%）、C言語系（30.0%）と同等になっている（ちなみに開発時はLisp系27.3%、C言語系18.2%）。

エキスパートシステムの実稼働用マシン環境については図表II-1-19に示すとおりである。ワークステーションが36.8%、パソコンが32.4%と両者合わせて69.2%を占めている。開発用マシンがワークステーションが40.5%、パソコンが34.8%であったことを考えると、ワークステーションやパソコンは開発環境イコール実稼働環境であるといえよう。前回調査と比べると、パソコンが若干割合を減らし、ワークステーションが若干割合を増やしている。近年の傾向としては1987年から1989年に両者大幅に割合を増やしたあとは、実稼働環境としてのワークステーションは着実に伸びており、パソコンは減少気味である。開発環境時に比べ割合が高いものは、AI専用マシン（9.3%から12.1%）やメインフレーム（13.2%から15.9%）である。

2.3.6 エキスパートシステムの評価

実稼働中のエキスパートシステムの評価は、「非常に効果があった」51.4%、「まあ効果があった」38.1%であり、両者を合わせると89.5%に達する。これは前回調査時の結果とほとんど変わらない結果である（図表Ⅱ-1-20）。

2.3.7 開発体制

エキスパートシステムの開発体制については図表Ⅱ-1-21に示すように、専門家、知識エンジニア（KE）、情報処理部門の3者が協力するケースが一番多く37.7%、専門家と知識エンジニアが協力するケースが19.9%など、前回調査とほとんど変わらない

内容となっている。あえて違いを指摘するとすれば、専門家主体で開発する割合が減少した点（11.2%から6.4%）である。

産業別にみると、基礎資材産業で「専門家が参画して情報処理部門が実施」の割合が47.3%（平均25.4%）と高いこと、商業金融関連で「専門家、知識エンジニア、情報処理部門の3者が協力して実施」の割合が72.2%（平均37.7%）と高いこと、教育公務関連で「情報処理部門が主体となって実施」の割合が23.1%（平均8.9%）と高いことがあげられる。

2.3.8 外部機関の利用

エキスパートシステムを効率的に開発するために外部機関を利用する方法が採用される。

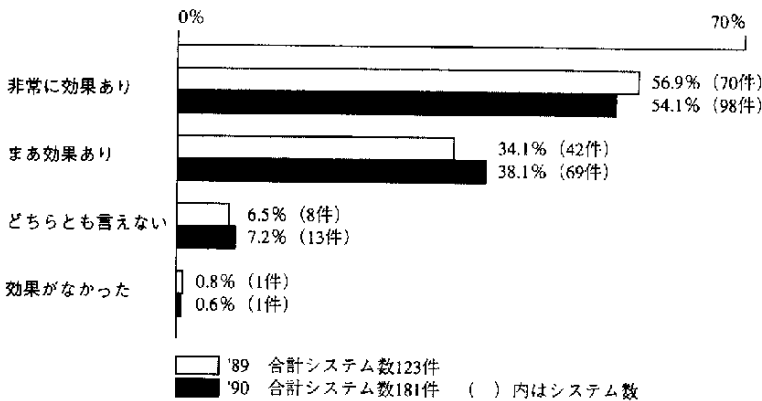
図表Ⅱ-1-22に示すとおり利用したい外部機関のうち、第1位としてあがっているものがソフトウェアハウスで40.4%、次にはコンピュータメーカー39.2%と続いている。前回調査時に比べると全体的傾向としては、研究機関の利用が減少している点（大学・公的研究機関は34.8%から23.3%へ、民間研究機関は15.5%から12.1%へ）、「利用しない」と回答した事業所が14.2%から20.0%と増えている点が注目される。

産業別にさらに分析すると、加工組立産業、教育公務関連で「利用は考えていない」と回答した割合が高くそれぞれ30.8%、25.0%となっている。逆に基礎資材産業、商業金融関連はそれぞれ10.6%、11.1%と低い。

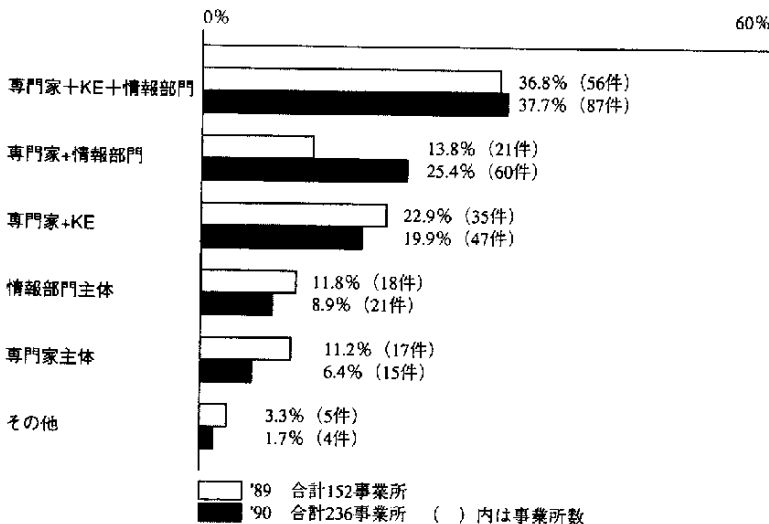
2.3.9 導入実用化の問題点

エキスパートシステムの導入・実用化において、事業所が抱えている問題点は図表Ⅱ-1-23のとおり

図表Ⅱ-1-20 実稼働エキスパートシステムの評価（1990年）



図表Ⅱ-1-21 エキスパートシステムに開発体制（1990年）



である。

「知識獲得に障害がある」が47.3%、「開発者がメンテナンスまで関わらざるを得ない」が38.5%、「知識エンジニアが不足である」が36.0%となっているが、前回調査時に比べ2位と3位が入れ替わっている。割合としては全体的にはそれほど変わらないが、年々実用化されているシステムが増えるに従って、メン

テナンスの問題が顕在化しているのではないだろうか。その裏付けとしては、基礎資材産業、生活関連産業、商業金融関連では「開発者がメンテナンスまで関わらざるを得ない」がトップにあがっている。

2.3.10 開発導入のための投資額

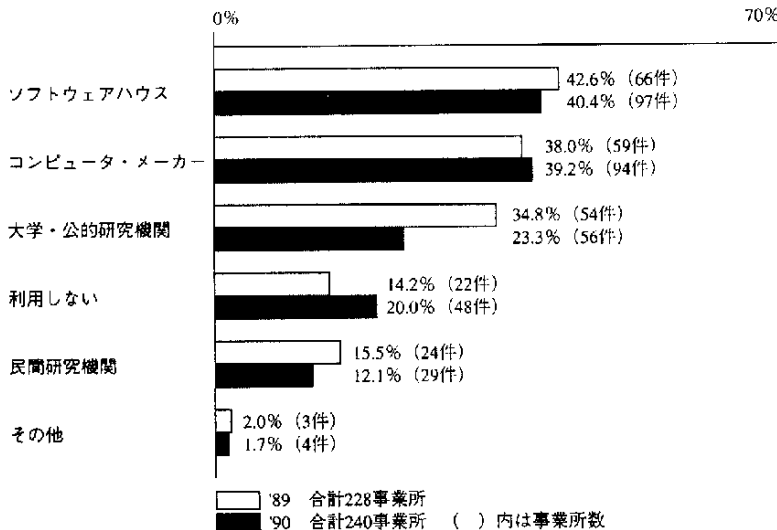
図表Ⅱ-1-24はエキスパートシステムに対する1990年における年間投資額を集計したものである。投資

額分布の山は二つある。一つは投資額500万以上1億円未満の山であり全事業所の64.4%に達する。前回調査時は投資額500万以上1億円未満の投資額帯は57.1%であったので、今回調査では7.3ポイントの上昇である。もう一つは100万円未満の山で、割合は10.6%と少ないが明確な山を作っている。つまり、エキスパートシステム開発を行う際に数千万円を投資する企業がある反面、100万円程度しか投資していない事業所も10社に1社程度ある。特に教育公務関連は100万円未満の事業所が20.8%に達する。

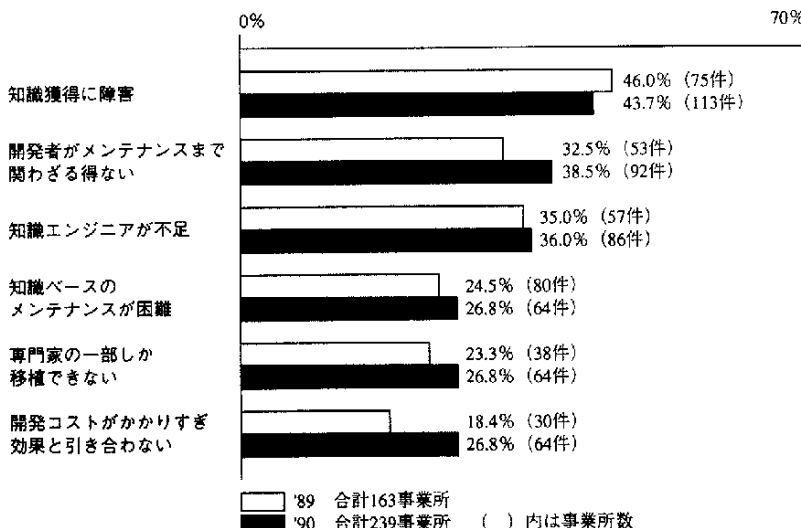
図表Ⅱ-1-25はエキスパートシステムに対する今後5年間の投資額を集計したものである。ほとんどの企業が1千万円以上5億円未満であり合計73.2%に達する。前回調査時は同投資額帯が68.9%であったので、傾向としてはそれほど変わらない。

産業別に分析したときの特記事項としては、基礎資材産業や加工組立産業で、今後5

図表Ⅱ-1-22 エキスパートシステム開発における利用外部機関（1990年）



図表Ⅱ-1-23 エキスパートシステム導入・実用化の問題点（1990年）

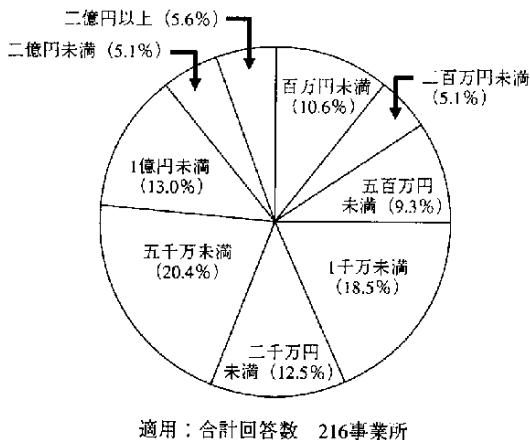


年間で投資額20億円以上500億円未満という大型投資をすると回答した事業所が、全206事業所中7事業所もあった（他産業は0件）。逆に商業金融関連や教育公務関連では今後5年間で投資額500万円未満という企業がそれぞれ20.0%、28.6%ある（他産業は2%から7%程度）など産業によって投資規模にかなり差があるといえる。

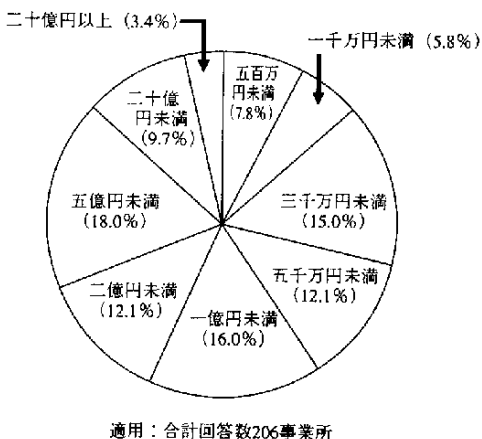
2.3.11 その他の自由コメント

将来のエキスパートシステムの利用について、自由記述形式で回答した120事業所の記述内容を要約した結果は以下に示すとおりである。

図表 II-1-24 エキスパートシステムの年間投資額（1990年）



図表 II-1-25 エキスパートシステム 今後5年間の投資額（1990年）



(1) 適用分野・対象分野に関するもの

- ・計画型ES、スケジューリングシステム、生産計画の計画立案（22件）
- ・プラントの自動制御、異常予測、監視（11件）
- ・設計支援エキスパートシステム（10件）
- ・FA、CIM分野、CAD/CAMへの応用（9件）
- ・量産電子機器の故障診断（9件）
- ・自動プログラミング、プログラム作成支援（7件）
- ・ソフトウェア開発の全工程に対する支援実務業務（6件）
- ・CAIへの応用（5件）
- ・知的領域（3件）
- ・システム管理（3件）
- ・自然言語処理、認識、合成（3件）
- ・ネットワーク管理（3件）
- ・行政窓口相談（3件）

(2) 開発戦略、目的に関連するもの

- ・既存の情報処理技術の中に融合させる形で利用（12件）
- ・既存の情報処理技術の中に融合させ、可能な領域の問題のみ利用してゆく（電機）
- ・生産部門や管理部門をサポートするもの（鉄鋼）
- ・仕事量の割に人員が少ない業務分野へ応用する（重機）
- ・ESは全分野で増加の方向（機械）
- ・現在のシステムを他部門へ応用する（化学）
- ・今後もエキスパートシステムの受託を中心とする展開を行う（情報処理）
- ・各担当者がハンディパソコンを持って現場で処理するようなシステム（窯業）
- ・人材の高齢化、不足に対処する（非鉄金属）
- ・納期短縮のために利用（非鉄金属）
- ・過去のノウハウの蓄積（非鉄金属）
- ・他社との価格競争、原価低減のために利用（非鉄金属）
- ・ユーザ自身が（専門家自身が）身近な問題について構築・運用する小規模なシステム（薬品）

- ・従来システムの不得意な分野に適用(情報処理)
- ・市販ツールの利用を検討をしたい(鉄鋼)
- ・利用に当たり、作業支援の範囲を限定する(精密)
- ・専門知識を持った部署に集中していた業務を、現場化、分散化させ顧客サービス向上に役立たせる(生保)
- ・リスクマネジメントシステムを中心にシステム化が行われる(生保)
- ・経営戦略等(サービス)

(3) システム化促進に関するもの

- ・メンテナンスが簡単なシステムあるいはサポート体制が万全なシステムが必要(鉄鋼)
- ・特定領域を決定し、浅く広くではなく、狭くて深いものでなくては実用化できない(事務機)
- ・事務部門のエキスパートシステム化が遅れている(情報処理)

(4) 将来の見通しに関するもの

- ・従来システム化が困難であった知的領域や、一般の情報処理システムの高機能化に幅広く展開される(情報処理)
- ・さまざまなアプリケーションシステムの一部に利用される(建設)
- ・コンピュータシステム構築のための当り前の技術として広く使用される(鉄鋼)
- ・エキスパートシステムのネットワークができる(電機)
- ・AIを特別視する時代は過ぎた。きちんと評価する時代にきている(鉄鋼)
- ・すべての人が何らかの形で利用するようになる(エンジニアリング)
- ・あまり実用化は期待しないが、エキスパートシステムに関する研究は継続(機械)
- ・工場の人エキスパートシステムに置き換わり、人はもっと高度な業務へ従事(化学)
- ・現在試用中の事務分野のシステムが実用に耐えられなければ見込みがない(教育)
- ・(エキスパートシステムにより)人間が迅速に

意思決定でき、戦略的業務に従事できるようになる(化学)

- ・研究・技術部門の極く一部の人により急速に開発が進むと考えているが、本格的利用は相当遅れ5~7年先になると思う(精密)
- ・拡大の方向(生保)
- ・実用化には今後10年程度必要(医療)

2.4 機械翻訳システム

2.4.1 利用概況

機械翻訳システムは、コンピュータの出現とともに研究開発が行われ、1960年代中頃から1970年代以降に欧米、日本で研究開発が盛んに進められた。特に80年代以降には意味論を含めた概念モデルをコンピュータ内に構築して翻訳する方式がとられはじめ、単純な状況下であれば自動翻訳が可能になりつつある。近年では、国際化と情報化が進む社会の要請とビジネスチャンスの両面から、システム開発がかなり進んでおり、製品の発表も活発である。最近、パソコン通信の大手ネットワークのいくつかが自動翻訳サービスを始めており、個人利用も進みつつある。

本調査では機械翻訳システムを「コンピュータを用いて、ある自然言語(例えば日本語)で書かれた文書を他の自然言語(例えば英語)に翻訳するシステム」とした。

今回の調査で回答341事業所のうち、機械翻訳システムを導入しているところは、図表Ⅱ-1-26に示すとおり50事業所(14.7%)58システムとなっている。これは、1988年の37事業所(13%)44システム、1989年の31事業所(10.7%)52システムと比較してみると、導入事業所数が大きく広がり、導入数が着実に伸びていることを示している。

機械翻訳システムを今後導入利用予定している事業所は78事業所(22.9%)である。1988年64事業所(23%)、1989年46事業所(15.9%)という推移からみて、一昨年前の水準に回復している。

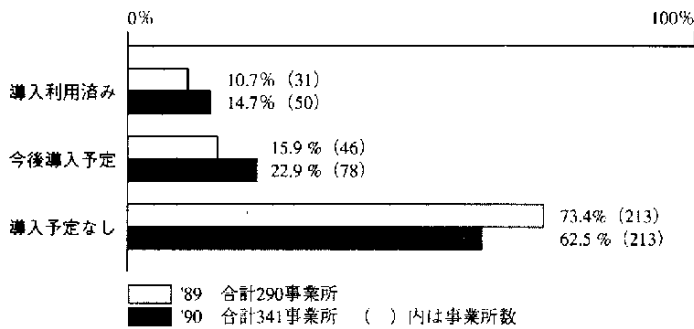
機械翻訳システム導入事業所を産業別にみると、

教育・公務、加工組立、情報処理といった産業が多く、昨年大きな比率を占めていた基礎資材産業の比率が低下している。導入利用予定では、加工組立、公共サービス関連といった産業が多い。既導入の機械翻訳システムの翻訳対象言語は、日本語から英語、

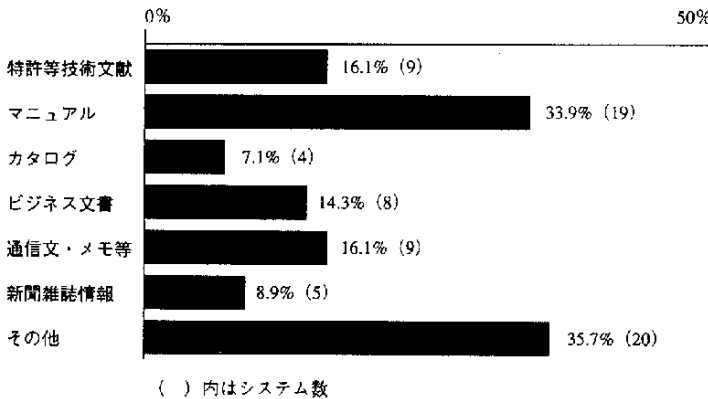
もしくは英語から日本語への翻訳システムが大部分であり、英→日と日→英の割合はほぼ同じである。

また、稼働しているコンピュータは、他の応用システムとは異なりメインフレームが48.3%と一番多く、次に、ワークステーション(31.0%)、パソコン(24.1%)と続く。

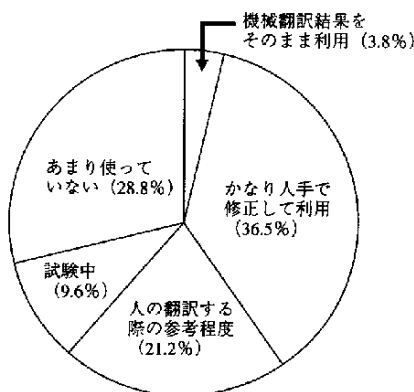
図表 II-1-26 機械翻訳システムの導入状況(1990年)



図表 II-1-27 機械翻訳システムの利用分野(1990年)



図表 II-1-28 機械翻訳システムの利用形態(1990年)



2.4.2 利用分野

機械翻訳システムの利用分野は図表 II-1-27に示すようにマニュアルが33.9%、特許等技術文献16.1%、通信文・メモ等16.1%となっている。ビジネス文書への利用は相対的に低下した。図表 II-1-28に利用形態を示した。昨年に比べて実験中が9.6%に低下し、人が翻訳する際の参考程度の使用は21.2%、かなり人手で修正しての利用は36.5%に達している。機械翻訳システムがまがりなりにも実用に供されていることを示している。

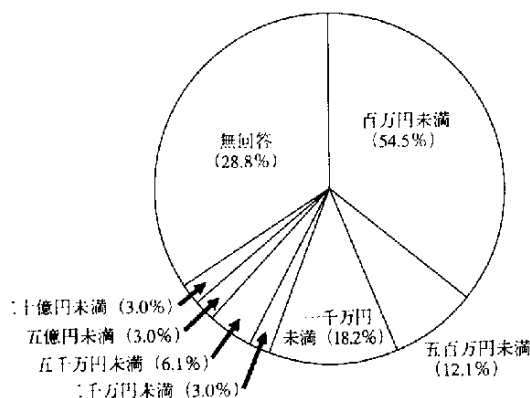
2.4.3 問題点と今後の見通し

機械翻訳システムの問題点として、全体の68.9%が翻訳精度の低さを、37.8%が原文入力に手間がかかると指摘しており、辞書の開発・維持・メンテナンスが大変である、担当要員が不足していると続いている。本格的な実用にはシステムの性能向上が課題となっていることに変わりはないが、辞書の開発・維持・メンテナンスよりも原文入力の手間の方が当面直面する問題だと認識されている。

人間が翻訳するような完全な機械翻訳システムは当分先になるものと考えられるが、第一次的な粗訳を代替させることにより、翻訳者の支援システムとしての実用化が進みつつある。

機械翻訳システムに対する今年度の

図表II-1-29 機械翻訳システムの
年間投資額（1990年）



投資額は図表II-1-29に示すとおり、1,000万円未満というのが回答事業所の84.8%を占めるが、多いところでは5億円～20億円にものぼる。

2.5 知能ロボット

2.5.1 利用概況

現在、産業界で広く実用化されている産業用ロボットの多くは単純作業用であるが、知能ロボットは、より高度な知的機能を備え、複雑で柔軟な動作を行う。保持している機能は、運動機能の他に視覚・触覚・聴覚等の感覚機能、学習・記憶・連想・推論等の思考機能などである。これらの機能により、ロボット周囲の環境認識、物体認識、人間との情報交換を高度に行うことができる。

本調査における知能ロボットは「ロボットの中で、特に、高度のセンサー機能、推論機能、自律的な行動能力などを持つもの」と定義した。

調査の結果は、AIシステムを導入している回答395事業所のうち、知能ロボットを導入しているものは15事業所（3.8%）と、漸増しているが極めて低い。これは、回答部門に工場部門が少ないのも要因と思われる。今後導入・利用予定希望については、98事業所（24.8%）で、基礎資材産業と加工組立産業の合計で54事業所を占めている。

知能ロボットの利用が生産系の産業という特定分野に依然として多いことを示しているが、公共サービス関連および教育公務関連で導入意欲が現れていることから、製造業のみならず他の産業分野にも知能ロボット的なシステムの利用が広がり始めたといえるだろう。

2.5.2 利用分野

知能ロボットの利用分野の内訳は、導入15事業所のうち、高度組立加工が7件、精密検査が2件、が主である。その他の利用は極限作業、野外作業、補修点検、自動知能機械である。

2.5.3 問題点と今後の見通し

知能ロボットを導入する上での問題点について、最も多かったのは能力・機能不足が10件、続いて価格が7件、保守の負担と信頼性が各6件であった。安全性を問題視する傾向は昨年に比べ低下している。

一方、知能ロボットに対する今年度の投資額は、百万円未満から5億円まで、かなりのばらつきがある。

知識工学その他の技術を利用したロボットの知能化により、極限作業用の高度ロボットが期待されている。その実現のためには、周囲の環境に対する知識ベースの保持、学習、推論、問題解決、遠隔制御等の技術発展が必要とされる。

2.6 自動プログラミングシステム

2.6.1 利用概況

今日、コンピュータシステムの需要にソフト開発が追いつかないというソフトウェア危機が叫ばれている。その問題を解決し、要求仕様からシステム実現までの工期を短縮する技術として自動プログラミングシステムが注目されており、領域を問わず完全なプログラム生成が可能なシステムを目標として、各種技術が研究されている。

本調査では自動プログラミングシステムを「既存のプログラムモジュールを目的に合わせて再利用したり、仕様書の内容を理解するなどして、プログラ

ム自動作成を支援するシステム」と定義している。

自動プログラミングシステムの導入状況は、回答405事業所のうち56事業所（13.8%）であり、産業別に見れば、加工組立産業13件、基礎資材産業11件と、製造業分野で多く利用されている。また、自動プログラミングシステムを今後導入・利用する予定としているものは、173事業所（42.7%）であり、産業別に見れば、加工組立産業に次いで情報処理産業での導入意欲が高い。ただし、回答事業所が考えている自動プログラミングシステムには、第4世代言語、統合化ビジネスパッケージ、CASEなど、知識ベースを必ずしも利用しないシステムも含まれており、すべてがAIの範疇にあるものとは言い切れない。

2.6.2 利用分野

自動プログラミングシステムの考え方のレベルについては、図表Ⅱ-1-30に示すとおり、回答総数53件のうち、CASEが29件（54.7%）と、半数を占める。以下、プログラムジェネレータ18件（34.0%）、第4世代言語12件（22.6%）と続いている。このようにAIシステムとは言い切れないものが多いが、知識ベース型プログラミングシステムも11件（20.8%）ある。

ほとんどがソフトウェア開発かOAシステム構築

に利用されているが、経営戦略に応用している例も1件あった。

2.6.3 利用マシンおよび利用状況

自動プログラミングシステムに利用されているコンピュータの種類は、機械翻訳と同じように、回答総数65件のうち、メインフレームが30件（46.2%）と、半数近くを占める。以下、ワークステーション27件（41.5%）、パソコン12件（18.5%）と続いている。

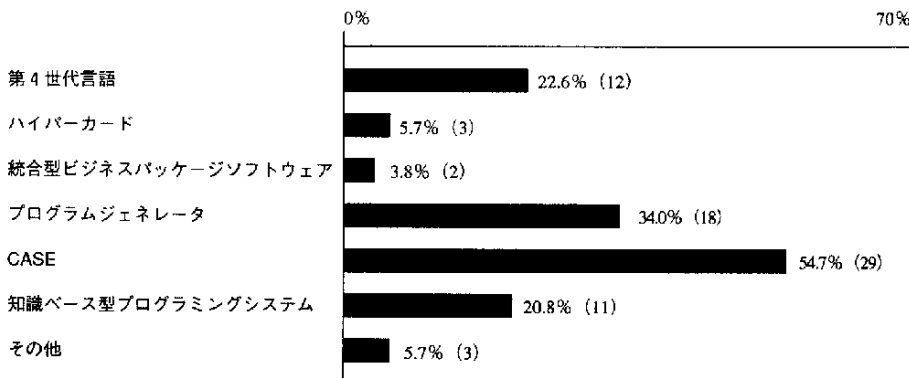
また、自動プログラミングシステムの利用状況は、回答総数63件のうち、実用システムとして稼働している場合が36件（57.1%）、評価テスト中の場合が27件（42.9%）であり、実用と試用が半数ずつという状況である。

2.6.4 問題点

自動プログラミングシステムの問題点として、

- ・下流CASEツールは十分使用に耐えるが、上流CASEツールの効果がはっきりせず、両者の統合がなされていない、
 - ・プログラムジェネレータの機能が不足している、
 - ・操作性やマンマシン・インタフェースが悪い、
 - ・使用にあたって制約が多すぎる、
- 等があげられている。

図表Ⅱ-1-30 自動プログラミングシステムの考え方のレベル（1990年）



適用：合計回答数 53事業所（複数回答可）

（ ）内は事業所数

2.7 画像理解システム

2.7.1 利用概況

画像処理に関する研究開発は、文字認識や印鑑照合等のパターンマッチングや、衛星画像、医療画像等の解析、生産工程での製品管理等の分野で進められてきた。近年、認識対象に関する知識（形状、構造、等）を活用してパターンマッチングを行うAI技術が研究開発されている。画像理解システムは、ランドサットやスポット、シーサット等の衛星画像や航空写真の解析等で実用化が進みつつあるほか、生産系の産業分野では製品検査や金属材料の特性解析、医療分野では医療写真の解析による治療支援等でも実用化の段階に入った。また、自動走行ロボットの視覚部分としての高度利用を目指した研究等が進められている。

本調査では画像理解システムを「入力された画像情報から、対象物が何であるかを理解できるシステム」と定義している。

画像理解システムの導入状況は、図表Ⅱ-1-31に示すとおり、回答403事業所のうち画像理解システムを導入利用しているものは、45事業所（11.2%）である。1989年の31事業所（10.5%）と比較して増加している。今後導入利用を予定しているものは、154事業所（38.2%）である。これも1989年の99事業所（33.4%）に比べて増加している。

産業別にみると、加工組立産業、基礎資材産業、教育公務関連の導入済が33事業所と、7割近くを占

めている。

2.7.2 利用分野

画像理解システムの主な利用分野は部品・製品の不良（キズなど）の検出システム、次いで手書き図面入力システム、手書き文字認識システムである。その他に、医療画像解析、ロボットビジョン、製品・物体認識、位置認識、画像切り出しなどがある。

2.7.3 利用マシンおよび利用状況

画像理解システムに利用されているコンピュータの種類は、回答数52件（複数回答）のうち、パソコンとワークステーションで33件で63.5%を占める。以下、ミニコン7件13.5%、並列処理マシン5件9.6%と続く。

導入済の51システムの利用段階別状況は、稼働中が26システム51.0%、テスト中が25システム49.0%である。実用システムとして稼働しているものが過半数を越えた。

2.7.4 問題点および今後の見通し

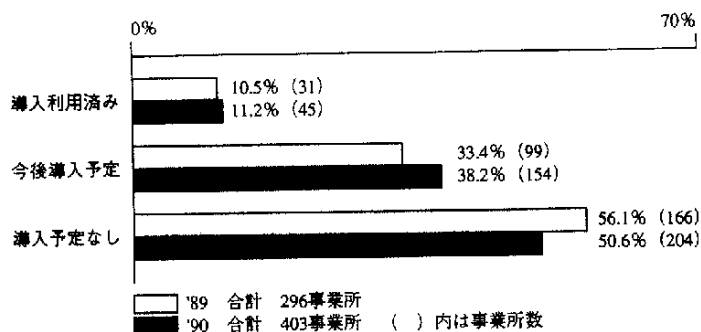
現在利用中の画像理解システムの問題点として指摘された主なものは、

- ・並列処理マシンを利用したいが、コストが見合わない。
 - ・線画の自動認識が難しい、
 - ・キズの大きさは判定できるが、深さが判定できない、
 - ・キズの種類を判別できない、
 - ・認識力や認識速度がまだ貧弱である、
- 等であった。

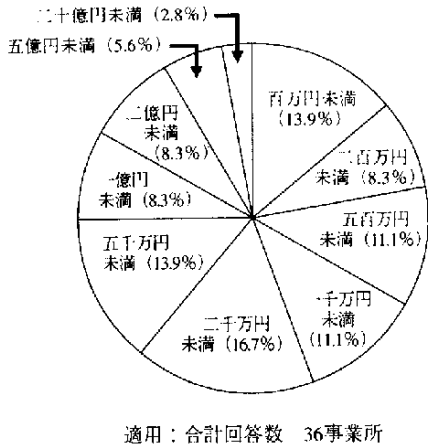
画像認識はすでに実用化実績を積んでおり、問題点のレベルも細かく実際的になってきていることがわかる。

画像理解システムに対する今年度の投資額は図表Ⅱ-1-32に示すとおり、5億円未満というのが回答事業所の97.2%を占めるが、商業金融関連産業に10億円以上の投資を行っている事業所がある。保険契約書の申込書入力に利用されており、今後はまずペーパーレス関連で

図表Ⅱ-1-31 画像理解システムの導入状況（1990年）



図表Ⅱ-1-32 画像理解システムの年間投資額（1990年）



投資額が増える可能性がある。

画像認識システムの方向は、簡単なものの認識という試用段階を終えて、次第に、複雑で状況に依存するようなものの認識に移っていくであろう。

2.8 音声理解システム

2.8.1 利用概況

音声理解システムは、1971年の米国防総省高等研究計画局（DARPA）のシステム開発を端緒としており、ハードウェアの進歩とともに近年急速に発達しつつあるシステムである。音声理解の特徴は、音声波形以外から得られる言語情報（構文情報、意味情報、一般常識）を利用する点にある。具体的には、電話を利用した簡単な自動応答システム、機械操作

命令システム、音声ワードプロセッサとして実現されつつある。システムの機能としては、人間の日常会話のような連続した音声を認識し、音声で表現された文章内容を理解する高度なシステムから、音声ワードプロセッサのように単に音声で表現された文章をコンピュータ上で文章化するシステムなどにわたっている。

今回の調査では音声理解システムを「音声情報を分析しその内容を理解できるシステム」と定義している。

音声理解システムの導入状況は、図表Ⅱ-1-33に示すとおり、回答396事業所のうち、導入利用していると答えたものは16事業所（4.0%）である。また今後導入予定は138事業所（34.8%）で、加工組立産業37事業所、公共サービス関連産業27事業所が多く、特に公共サービス関連産業での導入意欲が高まっている。

2.8.2 利用分野

音声理解システムを導入している事業所の利用分野を列挙すると以下のようである。

- ・情報機器入出力のインタフェース（10件）
- ・運転・制御（4件）
- ・電話自動ダイアリング（1件）

情報機器に対するキーボード入力を音声に変えていこうという現実的な動きがあることがわかる。

2.8.3 利用状況

導入済の16システムの利用段階別状況は、稼働中が

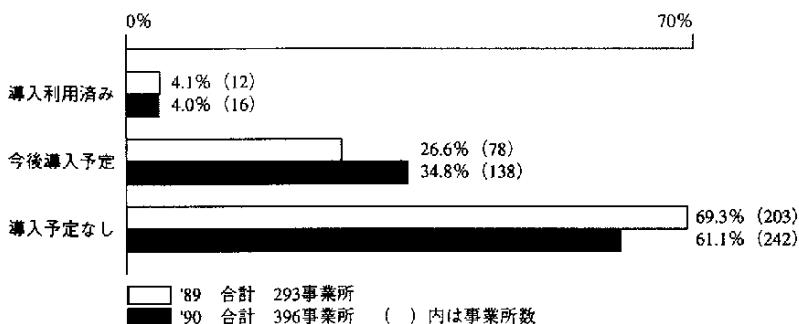
5システム31.3%、テスト中が11システム68.8%である。

2.8.4 問題点と今後の見通し

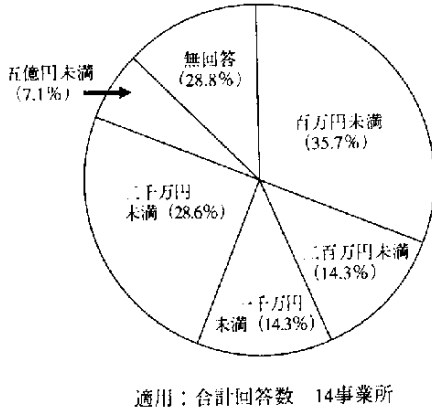
音声理解システムの導入事業所が指摘する問題点は以下のようである。

- ・特定話者のための音声登録が必要であり、不特定多数の音声を認識することが困難である。

図表Ⅱ-1-33 音声理解システムの導入状況（1990年）



図表II-1-34 音声理解システムの
年間投資額（1990年）



- ・性能が低い。
- ・ユーザインタフェースが貧弱である。
- ・特定領域にしか適用できない。
- ・雑音に弱い。
- ・手動よりも効率が悪い。

このうち、雑音については、基礎資材産業において、騒音下の音声認識が研究されている。

音声理解システムに対する今年度の投資額は図表II-1-34に示すとおり、2,000万円未満というのが回答事業所の92.9%を占めるが、教育公務関連産業に2億円以上の投資を行っている製造業の研究所がある。ここでは音声インタフェースについての研究を行っている。

音声理解システムについては、情報機器への入出力の高度化というレベルと、音声理解能力自体の高度化というレベルの二つがあり、応用と研究の双方で発展していくものと考えられる。

2.9 自然言語理解システム

2.9.1 利用概況

自然言語理解システムの要素技術である自然言語処理は、1950年代の機械翻訳から始まったが、意味解析の要素

を含まなかったために、一時期大きな頓挫を迎えた。その後、エール大学のシャンクらが研究を進め、物語に関する質問に答えるシステムや、ニュース内容を通信社のスタイルで要約し、文章を生成するシステム等を開発し関心が高まってきた。

本調査では、自然言語理解システムを「日常使用されている自然言語を構文的・意味的に理解するシステム」と定義した。

自然言語理解システムの導入状況は、図表II-1-35に示すとおり、回答396事業所のうち、導入利用しているのは17事業所（4.3%）である。1989年の9事業所（3.1%）より増加している。

2.9.2 利用分野

導入利用されている事業所における自然言語理解システムの適用分野の主なものは、

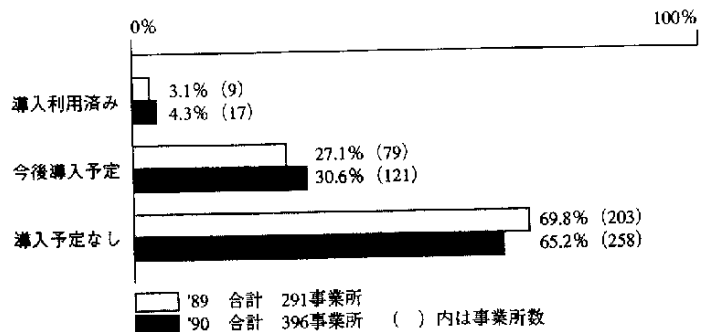
- ・DB検索（5件）、
- ・文章からのキーワード抽出（3件）、
- ・機械に対する命令理解（3件）、
- ・知的自動編集（2件）、
- ・記事要約（1件）、

等である。

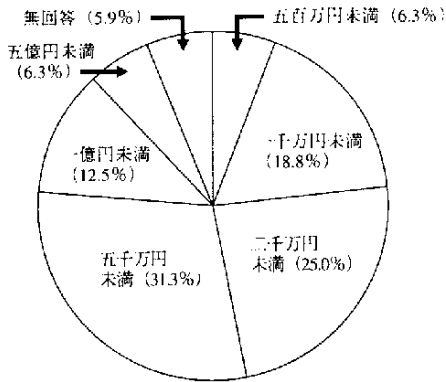
2.9.3 利用マシンおよび利用状況

導入利用されている自然言語理解システムに使用されているコンピュータは、ワークステーションが12件（重複回答あり、他も同様）、AI専用マシンが4件、メインフレームが3件、ミニコンおよびパソコンが各2件である。上に述べたように、現在、実用

図表II-1-35 自然言語理解システムの導入状況



図表Ⅱ-1-36 自然言語理解システムの年間投資額（1990年）



適用：合計回答数 16事業所

システムにはワークステーションが使用されている。

導入済の216システムの利用段階別状況は、稼働中が6システム28.6%、テスト中が15システム71.4%である。導入は行っているが、未だ評価テスト中の段階である。

2.9.4 問題点と今後の見通し

導入利用されている自然言語理解システムにおける問題点として、次のような点が指摘された。

- ・ 知的編集システムでは、画像処理能力も併せて高度なものを提供してほしい。
- ・ 入力方法に音声等が利用できないか。
- ・ 辞書や知識が大規模になるとマシンパワーが足りなくなる。

自然言語理解システムはその性格上、機械翻訳システム、文字認識システム、音声理解システムと結びつくことが不可欠なシステムであり、ユーザもその問題に直面しはじめた段階であるといえる。

自然言語理解システムに対する今年度の投資額は図表Ⅱ-1-36に示すとおり、200万円から5億円までばらついている。投資をしている事業所のうち、情報処理産業に属するものが8事業所と多い。

自然言語理解は現在の人工知能研究

課題の中でも最も困難なものと考えられており、能力の高いプログラムでも、処理できる分野は非常に狭い。限られた領域での成果が期待される。

2.10 ファジィシステム

2.10.1 利用概況

人間の「あいまい」な主観的判断をアルゴリズムとして記述して取り込むことのできるファジィシステムについて、近年、研究が進み、実用化の段階に入ってきている。ファジィ理論自体はカリフォルニア大学のザデー教授が唱えた集合論の拡張であり、ある集合に含まれる度合をメンバーシップ関数で表現することによって、主観や属性の定量的な表現を可能とするものである。

本調査では、ファジィシステムを「あいまいさを数量化し、定量的に取り扱う理論（ファジィ理論）を応用した手法またはシステム」と定義した。ただし、家電製品等に組み込まれたものは対象外とした。

ファジィシステムの導入状況は、回答407事業所のうち64事業所（15.7%）である。産業別では、加工組立産業が24件と最も多い（図表Ⅱ-1-37）。

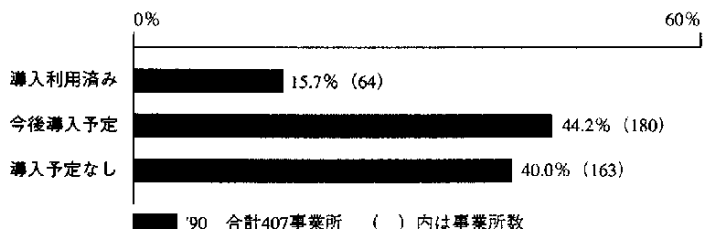
2.10.2 利用分野

導入利用されている32事業所でのファジィシステムの適用分野は、エキスパートシステムが21件（65.6%）を占めている。

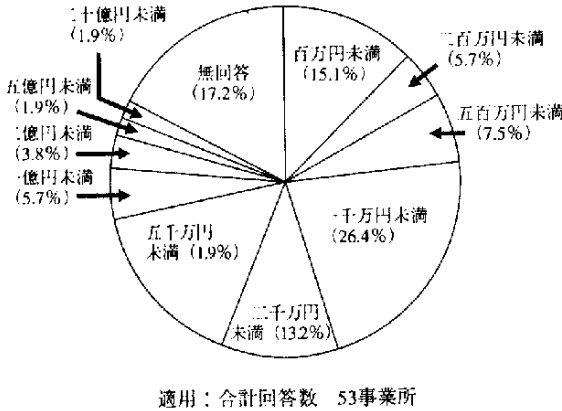
ファジィシステムの実際の応用分野は、主なもので以下の4分野に分かれている。

診断型エキスパートシステム：故障診断（7件）、ダム管理等

図表Ⅱ-1-37 ファジィシステムの導入状況（1990年）



図表II-1-38 ファジィシステムの年間投資額（1990年）



設計型エキスパートシステム：品質設計、計画立案、システム開発予測等

制御：プラント制御（23件）、自動運転（4件）、機械制御（2件）等

画像認識：地形照合（2件）、文字図形認識（2件）等

2.10.3 利用状況

エキスパートシステムにファジィを応用した例では、導入済の21システムの利用段階別状況のうち、稼働中が8システム38.1%、テスト中が13システム61.9%である。ファジィの応用が進んでいるエキスパートシステムの分野でも、半数以上が評価テスト中の段階である。

2.10.4 今後の見通し

ファジィシステムに対する1990年の投資額は図表II-1-38に示すとおり、5,000万円以下のものが回答事業所の86.8%を占める。加工組立産業、基礎資材産業で投資が進んでいる。

あいまいな情報を処理するファジィシステムと、従来型の情報処理を行うシステムとが統合されて、実用的な知能システムが実現されることが期待されている。

2.11 ニューロシステム

2.11.1 利用概況

ニューラルネットワーク（脳の神経細胞のネットワーク）のコンピュータシステムへの応用は、ローゼンブラットの開発したパーセプトロン以後、1970年代には研究が衰退していたが、ラメルハートらによるコネクショニスト・モデルの提唱以来、再び関心が高まっている。

本調査では、ニューロシステムを「人間の脳の神経回路網をモデル化したニューラルネットワークにより、情報を処理する手法またはシステム」と定義した。

ニューロシステムの導入状況は、図表II-1-39に示すとおり回答407事業所のうち46事業所（11.3%）である。産業別では、加工組立産業が18件と最も多く、教育公務関連産業10件が続いている。ニューロシステムを今後導入・利用予定しているのは175事業所（43.0%）であり、加工組立産業や情報処理産業に導入意欲が強い。

2.11.2 利用分野

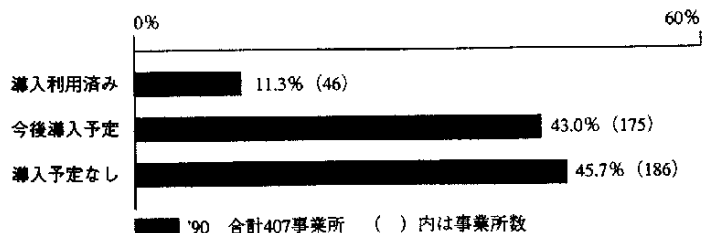
導入利用されている23事業所でのニューロシステムの適用分野は、エキスパートシステムが11件（47.8%）、次いで画像理解システムが5件（21.7%）となっている。

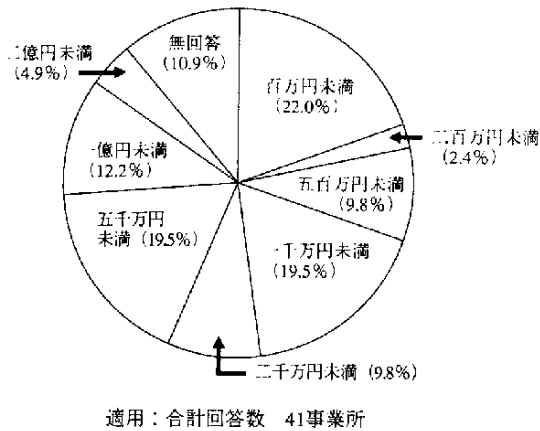
実際の主な利用分野は、異常診断エキスパートシステム、機械制御、文字読み取り、パターン判別、画像識別、音声認識、予測、等である。

2.11.3 利用状況

導入済のシステムの利用段階別状況のうち、稼働中のものは2システムのみである。具体的には波形パターン分類システム、機械制御システムである。

図表II-1-39 ニューロシステムの導入状況



図表II-1-40 ニューロシステムの
年間投資額（1990年）

ニューロシステムについてはほとんど試用段階であり、実用稼働の本格化にはまだまだ時間がかかると考えられる。

2.11.4 今後の見通し

ニューロシステムに対する今年度の投資額は図表II-1-40に示すとおり、100万円未満から億円単位のものまで、ばらつきがある。産業別にみると、加工組立産業の投資額が比較的大きい。

音声処理、自然言語処理、画像認識など認識技術および制御技術への応用分野で、ソフトウェア・シミュレータによる実験から、専用ハードウェアの開発へと応用段階が進んできている。また、ニューロシステムの技術は、汎用超並列技術と光コンピュータ技術とともに、新情報処理技術のテーマとして国家的に取り組まれている。

図表II-1-41 AIシステムの試験使用開始時期（1990年）

AIシステム	回答事業所数 (100%)	現在使用中	1年以内	3年以内	5年以内	10年以内	10年以上
エキスパートシステム	369	58.3%	11.9%	16.5%	7.3%	3.3%	2.7%
機械翻訳システム	313	17.3%	8.6%	22.4%	20.4%	15.0%	16.3%
知能ロボット	286	5.6%	3.8%	14.7%	25.2%	20.6%	30.1%
自動プログラミング	325	11.1%	2.5%	29.8%	32.0%	13.8%	10.8%
画像理解システム	310	10.3%	6.8%	26.1%	25.8%	19.0%	11.9%
音声理解システム	295	5.4%	4.4%	23.4%	27.8%	20.0%	19.0%
自然言語理解システム	297	4.7%	4.7%	15.8%	25.3%	22.9%	26.6%
ファジイシステム	309	12.3%	12.0%	23.3%	18.1%	14.9%	19.2%
ニューロシステム	249	7.2%	6.0%	20.5%	24.9%	16.1%	25.3%
その他AIシステム	314	19.4%	14.6%	25.5%	17.2%	12.1%	11.1%

2.12 その他のAIシステム

2.12.1 利用概況

本調査では、その他のAIシステムを「知的CAI、知的CAD等を想定する」として調査した。

導入状況は、回答394事業所のうち導入利用しているのは21事業所（5.3%）である。情報処理産業、加工組立産業、教育公務関連産業等にみられる。

2.12.2 利用分野

回答のあった30システムのうち、教育・知的CAI関係が10システムと最も多く、次いで知的CADが3システム、知的ヘルプと自動設計が2システムずつであった。その他、原子炉自動運転、ソフトウェア保守、JCL自動作成に利用されている。

2.12.3 利用マシンおよび利用状況

使用されているコンピュータは、ワークステーションが11件、パソコンが9件で、両方で全体の95.3%を占める。AI専用マシンも4件使用されている。導入済の21システムの利用段階別状況は、稼働中が8システム38.1%、テスト中が13システム61.9%である。

3 AIシステムの今後

わが国におけるAI技術の利用は、エキスパートシステムを主体としてここ数年の間に産業社会にさまざまな分野で進んできた。今後のAIシステムの普及の見通しについて、AIシステム導入の事業所を対象

に「試験使用開始時期」

（図表II-1-41）、「本格使

用開始時期」（図表II-1-

42）、「5年後普及度」（図

表II-1-43）をエキスパート

システム、機械翻訳シス

テム、知能ロボット、自動

プログラミング、画像理解

システム、音声理解シス

第II編 わが国AI利用の動向

自然言語理解システム、ファジイシステム、ニューロシステムについてそれぞれ調査した。各項別に回答の有無があり、回答数は若干の変動があるが、概ね250件～350件の回答を得ている。

3.1 エキスパートシステム

エキスパートシステムについては、すでに現時点が本格的な使用開始時期にあると見ているものが35.1%であり、前回調査より10.1%増加している。1年以内と見るものが9.7%となっている。一方、現時点ではまだ試験的な段階であると見ているものが58.3%と約半分を占めていることも事実である。このように普及見通しについての評価が分かれているのがエキスパートシステムの現状であるが、3年以内に本格的な普及時期が訪れると67.9%がみている（図表Ⅱ-1-44）。

5年後の普及度については、かなり普及するが45.0%、やや普及するが34.2%と予測している。業種別

に分析すると全業種を通してそれほど顕著な傾向の違いはみられない。特記事項としては、ほとんどの業種でかなり普及する（平均45.0%）の割合が一番大きいのにに対して公共サービス関連でかなり普及する（31.8%）とやや普及する（40.9%、平均34.2%）と逆転していること、教育公務関連で「ほとんど普及しない」＋「全く普及しないの割合」が15.0%と高いこと（平均5.1%）があげられる。

3.2 機械翻訳システム

機械翻訳システムについては、試験使用が3年以内に開始されると見ているものが22.4%であり、本格使用開始はそれから2年遅れの5年以内と見ているものが23.6%である（図表Ⅱ-1-45）。

5年後の普及度となると、かなり普及する21.5%および、やや普及する30.7%で両者合わせて52.2%が普及の見通しを持っている。これは前回調査時より約10ポイントも高い。業種別に分析すると、加工組立

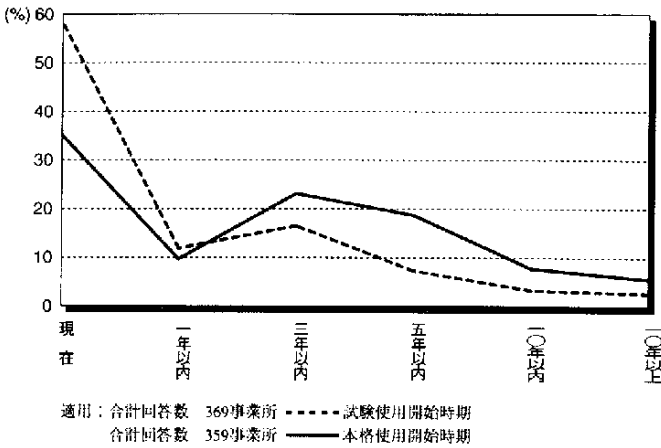
図表Ⅱ-1-42 AIシステムの本格使用開始時期（1990年）

AIシステム	回答事業所数 (100%)	現在使用中	1年以内	3年以内	5年以内	10年以内	10年以上
エキスパートシステム	359	35.1%	9.7%	23.1%	18.7%	7.8%	5.6%
機械翻訳システム	301	7.3%	3.7%	14.3%	23.6%	24.6%	26.6%
知能ロボット	273	4.4%	0.7%	8.1%	16.5%	28.2%	42.1%
自動プログラミング	309	4.9%	1.6%	13.6%	30.7%	29.8%	19.4%
画像理解システム	302	6.6%	3.0%	12.3%	27.5%	28.1%	22.5%
音声理解システム	286	2.1%	0.3%	11.2%	26.6%	30.1%	29.7%
自然言語理解システム	282	1.1%	2.1%	10.3%	18.1%	27.7%	40.8%
ファジイシステム	294	3.4%	4.4%	17.0%	23.1%	23.8%	28.2%
ニューロシステム	243	3.7%	2.9%	15.6%	22.6%	23.9%	31.3%
その他AIシステム	305	9.8%	8.5%	21.3%	23.6%	18.7%	18.0%

図表Ⅱ-1-43 AIシステムの5年後の普及度（1990年）

AIシステム	回答事業所数 (100%)	普及する			普及しない	
		かなり 普及する	やや 普及する	どちらとも いえない	ほとんど 普及しない	全く 普及しない
エキスパートシステム	389	45.0%	34.2%	15.7%	3.3%	1.8%
機械翻訳システム	335	21.5%	30.7%	30.7%	11.6%	5.7%
知能ロボット	317	15.1%	27.4%	32.5%	15.1%	9.8%
自動プログラミング	342	20.5%	35.4%	28.4%	11.1%	4.7%
画像理解システム	339	20.1%	34.2%	30.4%	11.5%	3.8%
音声理解システム	328	15.2%	29.9%	34.5%	14.3%	6.1%
自然言語理解システム	324	12.3%	19.8%	35.5%	23.5%	9.0%
ファジイシステム	337	18.1%	28.8%	33.2%	13.9%	5.9%
ニューロシステム	237	12.8%	22.7%	45.4%	11.7%	7.3%
その他AIシステム	342	31.6%	32.5%	24.6%	7.3%	4.1%

図表Ⅱ-1-44 エキスパートシステム使用開始時期予測（1990年）



産業65.8%、情報処理産業61.5%が普及すると見通している割合が高い（平均52.3%）。反対に生活関連産業では普及しないとみている割合が52.9%（平均24.9%）と高い。

3.3 知能ロボット

知能ロボットについては、試験的な使用が3年から5年以内に始まり（25.2%）、5年から10年以内に本格的な使用が進む（20.6%）となっているものの、実用までに10年以上かかる（30.1%）との見方も多い。この傾向は前回調査時とほとんど変わっていない（図表Ⅱ-1-46）。

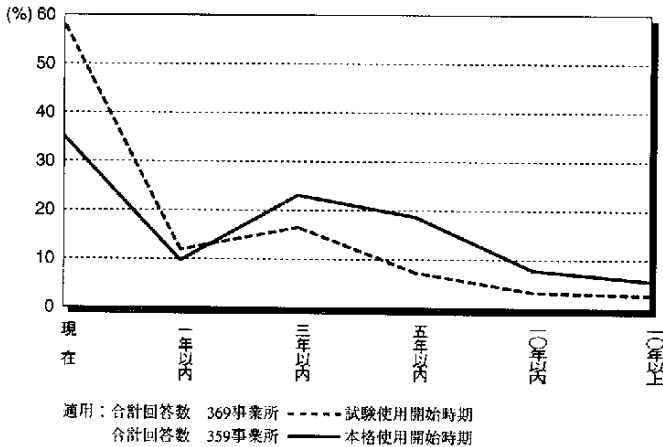
5年後の普及見通しについては、42.5%が普及するとみている。これは前回調査時（28.1%）よりもかなり高い数値を示している。業種別に分析すると、ほとんどの業種が50%近くが普及するとみているものの、商業金融関連では18.8%と低く、逆に50.1%が普及しないとみている（平均21.5%）。

3.4 自動プログラミング

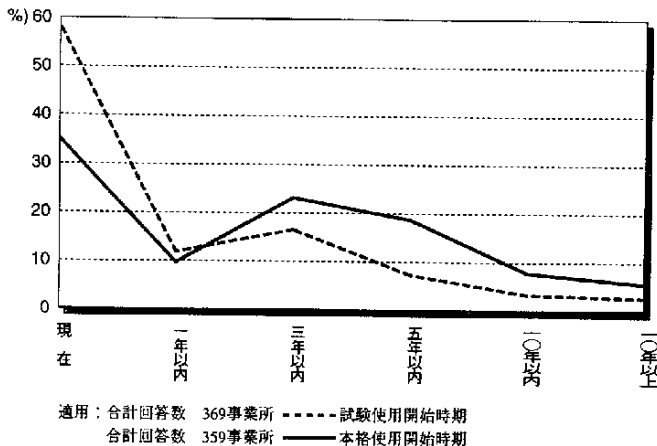
自動プログラミングシステムについては、試験使用開始時期が3年以内と見ているものが29.8%で、前回調査時（20.7%）よりも増えている。しかし、本格使用開始時期は10年以内とするものが29.8%、5年以内とするものが30.7%、さらに10年以上かかるとするものが19.4%であり、前回調査時と比べ5年以内とするものが約10ポイント増加（前回19.5%）しているものの、傾向としてはまったく予測が分散している（図表Ⅱ-1-47）。

5年後の普及度については、55.9%が普及すると回答しており、前回調査時35.

図表Ⅱ-1-45 機械翻訳システム使用開始時期予測（1990年）



図表Ⅱ-1-46 知能ロボット使用開始時期予測（1990年）

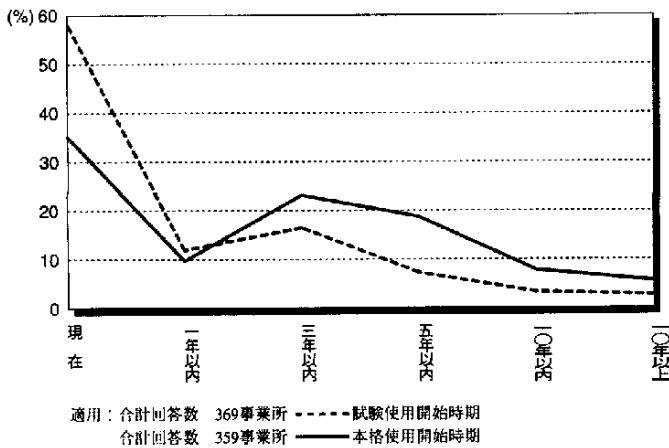


9%よりもかなり高い数値を示している。業種別に分析すると、普及すると見る割合が、商業金融関連で72.2%、情報処理産業で67.1%と特に高い。

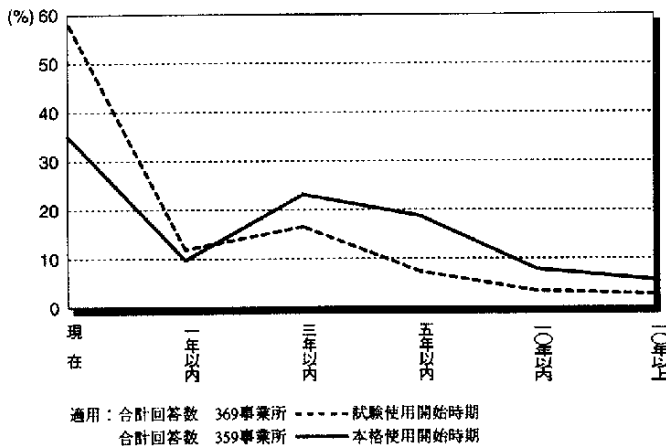
3.5 画像理解システム

画像理解システムについては、試験使用開始時期が3年以内とするものが26.1%（前回調査時17.7%）、および5年以内とするものが25.8%（前回調査時17.4%）となっている。本格使用開始時期についても5年以内とするものが27.5%（前回調査時14.9%）、10年以内が28.1%（前回調査時18.0%）、さらに10年以上かかるとするものが22.5%（前回調査時17.7%）と見方が分かれている（図表II-148）。

図表II-147 自動プログラミングシステム使用開始時期予測（1990年）



図表II-148 画像理解システム使用開始時期予測（1990年）



5年後の普及見通しは、普及するとするものが54.3%、普及しないが15.3%と回答している。これは、前回調査時よりも普及すると見ているものが約10ポイント高いが、全体としてそれほど変化はない。業種別に分析すると生活関連産業の普及すると見る割合が27.8%と特に低い。

3.6 音声理解システム

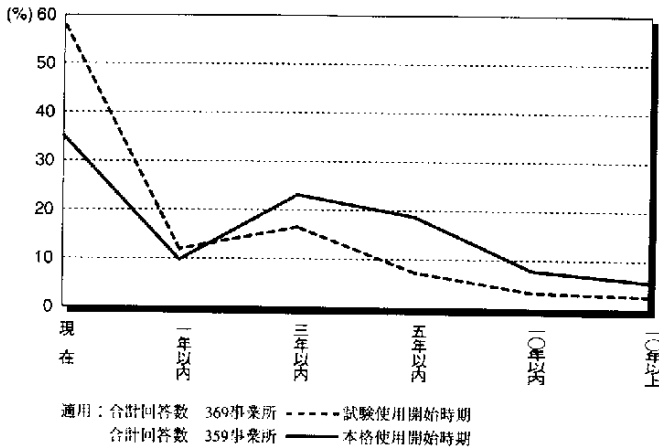
音声理解システムについては、試験使用開始時期が5年以内とするものが27.8%、3年以内が23.4%となっている。本格使用開始時期については、10年以上かかるとみるものが29.7%と比率が高く、5年以内が26.6%、10年以内が30.1%とみられており、実用には長い期間を要するとの見方が示されている（図表II-149）。

5年後の普及見通しについては、普及するとみているものが45.1%と前回調査時32.6%に比べ10ポイント以上も高い。普及しないとみている割合は、20.4%と前回調査時18.3%とあまり変わらない。業種別に分析すると商業金融関連で普及するとみる割合が61.1%で他の業種に比べて高く、生活関連産業では11.8%と非常に低い。この生活関連産業では普及しないとみている割合は47.0%に達している。

3.7 自然言語理解システム

自然言語理解システムについては、試験使用開始時期が10年以上とするものが26.6%と最も多く、3年以内15.8%、5年以内25.3%、10年以内22.9%と見方が分かれているものの、全体としては試験使用開始までかなり時間を要するとみているようだ。また本格使用開始時期については、1年以内2.1%、3年以内10.3%、5年以内18.1%、10年以内27.7%、10年以上40.8%とほぼ直線的に割合が伸びており、実用化が

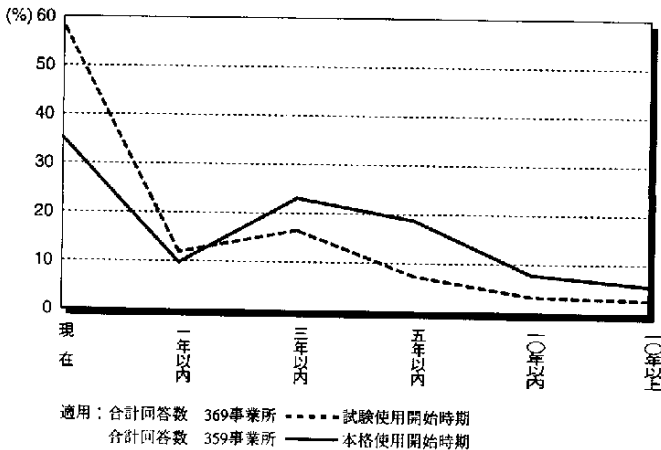
図表 II-1-49 音声理解システム使用開始時期予測 (1990年)



困難だとみている様子がわかる。この傾向は前回調査時とまったく同様である (図表 II-1-50)。

5年後の普及度については、普及するとみるものが32.1%と機械翻訳システムなど、他のAIシステム (概ね45%から55%) に比べると最も低い。業種別に分析すると情報処理産業が普及するとみている割合が40.3%と高く、生活関連産業11.8%、基礎資材産業18.3%と特に低い。生活関連産業については76.4%が普及しないとみている。

図表 II-1-50 自然言語理解システム使用開始時期予測 (1990年)



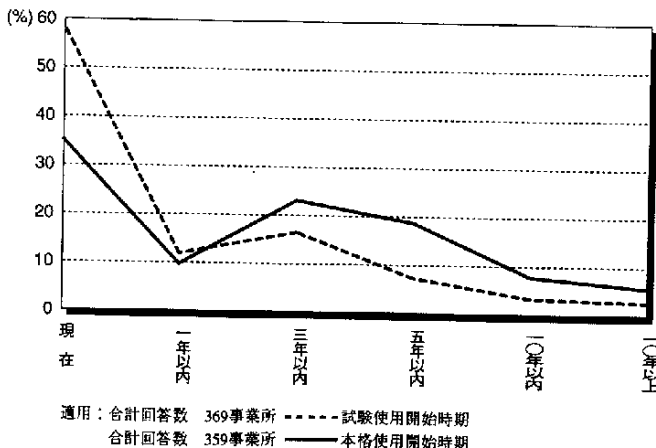
3.8 ファジィシステム

ファジィシステムとニューロシステムについては、前回調査から普及見通しについての調査を始めた。

ファジィシステムについては、試験使用を現在しているという回答が12.3%であり前回調査時10.3%より若干増えている。試験使用開始時期が3年以内とするものが23.3%と一番多い。本格使用開始時期は10年以上とする回答が28.2%と一番多く、10年以内が23.8%、5年以内23.1%と続いている。これにより、試験使用開始は3年以内ぐらいに始めるが、本格使用開始までは長い時間を要すると見通されていることがわかる (図表 II-1-51)。

ところが、5年後の普及度の見通しについてみると、46.9%が5年後に普及するとみていることがわかる。これは前回調査時47.0%とほとんど変化がない。また普及しないとみている割合は19.8%で前回調査時8.9%より増えている。業種別に分析すると、普及するとみている割合が高い業種は、商業金融関連55.6%、基礎資材産業52.9%、教育公務関連51.7%であ

図表 II-1-51 ファジィシステム使用開始時期予測 (1990年)



り、低い業種は生活関連産業22.2%である。生活関連産業については、普及しないとみている割合が55.6%（平均19.8%）と高い。

3.9 ニューロシステム

ニューロシステムについては試験使用を現在しているという回答が7.2%であり前回調査時5.5%より若干増えている。試験使用開始時期が5年以内に開始する24.9%、3年以内に開始する20.0%となっているが、10年以上25.3%の割合も多く、取り組みに関しての見通しは分かれていることがわかる。本格使用開始時期については3年以内15.6%、5年以内22.6%、10年以内23.9%、10年以上31.3%と実用までにより時間を要するとの見方が段々高い割合を示している。これは前回調査時と同様の結果となっている（図表II-1-52）。

5年後の普及度の見通しについては、普及するとみる割合が35.5%であり、これは他のAIシステム（概ね45%から55%）に比べると、自然言語理解システム32.1%に次いで低い値である。普及しないとみる割合は19.0%である。業種別に分析すると、普及するとみている割合が高い業種は、商業金融関連46.6%、加工組立産業44.0%であり、低い業種は生活関連産業23.1%、基礎資材産業28.5%、公共サービス

関連29.0%である。生活関連産業については53.9%が普及しないとみている。

3.10 AI普及の方策に関する自由コメント

今後のAIの普及について、その条件、要望なども含め、AIの今後の展望について自由なコメントを回答者から求めた。回答は122件と多数寄せられたが、これらは大別して次のような7グループに分けられた。

(1) 技術の進展がなお一層必要であるとするもの（48件）

・ハードウェアの高速化、低廉化、ツールの使いやすさ、低廉化（19件）

①コンピュータのスピードがもっと速く、OSやツールを含めたソフトウェア環境がもっと使いやすくなること。（コンピュータメーカ）

②より一般的な言語で、かつ知識整理が容易に可能となるツールが作成されることが普及のための条件になると考える。（金融）

③開発ツールの使い易さが向上するとか、ドメインシェルが充実するなど、まず、実用システム作成が容易でないと、エキスパートシステムすら思ったほど普及しないと考える。（鉄鋼）

・知識獲得、学習機能の充実（18件）

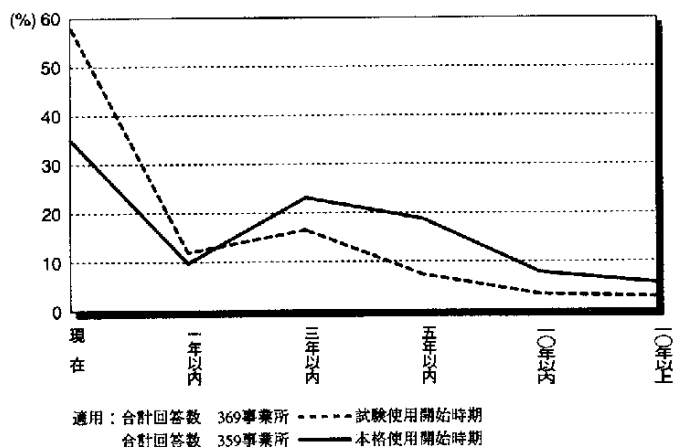
①本質的な問題は常識あるいは巨大DBがないことである。この実現のための研究を行い、ブレイクスルーしないと、AIに未来はないと思う。（ソフトウェア開発）

②特定領域だけでなく周辺知識、一般常識を持った知識ベースが必要と思う。（精密機器）

③学習機能がネックである。知識ベースのメンテナンスが不用となれば、使い勝手がよくなる。（鉄鋼）

④基本的に人間と同等の性能を有しなくては普及しないと。そういう意味

図表II-1-52 ニューロシステム使用開始時期予測（1990年）



で社会に認知されるまでにはまだまだ時間がかかるのではなからうか。(機械)

・ユーザインタフェースの充実(6件)

①利用者が使用しているシステムを意識しないような(例えば、ワープロを使うような感じ)システムができれば相当普及すると思う。(化学工業)

・知識ベースの構築、メンテナンス機能の充実(5件)

①メンテナンスを効率よく行うためには、ユーザー部門で知識ベースなどの変更が、簡単に行えることが必須で、この機能ができたかなり普及する。(非鉄金属)

(2) ソフトウェア技法の一つとして使いこなすべきとするもの(24件)

①エキスパートシステムは、もはや特別の技術ではなく言語の一つとして使いこなさなければならない。(保険)

②今後はエキスパートシステムと呼ばなくとも、すべてのシステムにエキスパートシステムの要素が入っていき、やがては「エキスパートシステム」という言葉は死語になってしまうのではないか。(ソフトウェア開発)

(3) AIに対する正しい認識の普及啓蒙が必要とするもの(17件)

①AIシステムが完全に人に取って代わることは、数十年以上のスパンが必要と考えられる。現在の問題の根本は、AIの技術を知らない人々が過大または過小評価をしていることに原因がある。業界紙(誌)や一般紙(誌)を使って啓蒙することが必須。(精密機器)

②AIの特徴、効果の定量的評価が困難なため、従来型システムとの比較が必ず起こり、これが普及を妨げている。(化学工業)

③AIの研究と言うだけで、現場からかなり反発がある。AIは人の代わりに、とてもなれるものではなく、アシスタントに過ぎない。それを現場

の人に理解してもらう努力が必要。(運輸)

(4) 人手不足への対応、知識の承継手段としてぜひ必要とするもの(16件)

①ますます労働力確保が困難な時代を迎える中で、貴重な若手労働力を早期に実践力として育成するためには、AIの開発、導入は不可欠である。(食品)

②従来から雇用の安定確保が前提で自動化、合理化を進めてきており、AIの普及もその延長線上で考えている。(鉄鋼)

③AIの普及は(特にコンピュータを活用する職場環境は)、今後の中小企業(3K企業)の人手不足、人材不足の解消に役立ってくると考える。(機械)

(5) 要員育成、開発体制の整備が重要とするもの(8件)

①AIの導入により、いままでシステム化が困難であった適用業務の開発、ソフトウェア開発ロードの軽減が可能となり、これからの普及に比例して、より一層の効果が期待できる。しかしこのためには、開発体制、開発方法の確立が必要であり、特にKE等の要員育成は急務であると思料する。(保険)

②大学での基礎的教育を強化すべき。大学だけでなく、企業でも高度のソフトウェア教育を強化すべき。企業での地道で長期的取り組みが必要。(ソフトウェア開発)

③実用性を重視し、専門家の知識体系を十分調査し、対象業務の将来展開(変化要素)も含めてシステムを作成する必要がある。業務を十分知らないでエキスパートシステムを作成してもプロトタイプで終わってしまうのではなからうか。(電気機器)

(6) 雇用不安を引き起こすかも知れないと懸念を示すもの(5件)

①方向性を間違えると人類の破滅につながると思う。(機械)

(7) 法制度の確立や標準化が必要とするもの(4件)

①AIの普及により、知的所有権(著作権)の考え方がより難しくなっていくのではないかと思う。(建設)

②分野によって普及の速さに違いが出るが、全般的にAIは社会のさまざまな局面で利用されていくと思う。普及のためには、技術の進歩以外に関連する法律の整備(責任の明確化など)が必要である。(保険)

③AI普及のためには、言語およびツールの規格化が早急に必要。(輸送用機器)

第2部 各業界におけるAI利用ビジョン

1 はじめに

ここでは、産業界におけるAI利用ビジョン（将来の利用展望）を描こうと試みた、その成果について報告する。

調査方法は、モノが生産され物流・流通を経て消費者に渡る過程を想定して、4業種（電機、化学、運輸、流通）を選定し、各々2～3社に訪問ヒアリングを実施。また同時に、各業界の典型的業務フローおよびその中における問題解決にAI技術による知的支援の可能性を探るクロスインパクト表を作成し、その結果を分析することにより、各業界の環境変化、特徴、AIの潜在的利用可能性、AIによる新サービス・新製品、そして各業界のAI利用ビジョンを描こうとするものである。

さらに、以上の分析結果をもとに、産業社会全体におけるAIの利用展望（ビジョン）をさまざまな角度から検討し、最後にシナリオライティング法によりAIによる知的支援が普及している姿を描いてまとめとしている。

このような試みを何度か繰り返すことにより、より正確なAI利用ビジョンが描けるものと思われる。

図表Ⅱ-2-1 電機業界の主要生産品目

電子機器品目	製 品 例
民生用電子機器	カラーTV、VTRなどの映像機器、テープレコーダステレオなどの音声機器
産業用電子機器	電話機、無線通信機などの通信機器 コンピュータなどの電子応用装置、 電子計測器、事務用機器
電子部品	受動部品、機能部品などの一般電子部品 電子管や半導体素子などの 能動部品、液晶素子

2 各業界におけるAI利用ビジョン

2.1 電機業界

2.1.1 環境変化

2.1.1.1 経営環境の変化

日本経済は4年以上にわたって、円高メリットを享受し、内需主導で着実な成長を続けて来た。しかし、平成3年度の日本の実質成長率は、民間設備投資の陰り、米国の景気後退、中東戦争などの影響により調整局面に入り、3.5～3.8%程度の上昇にとどまる見通しである。個人消費は今のところ、金利高、原油高、株安のトリプルパンチの影響を受けておらず、平成2年度に比べやや鈍化するものの経済成長の下支えの要因になる。これらの状況下で、平成2年の電機業界（電子産業）は、不透明感が残るものの、23兆8,907億円、6.1%の成長を続けるという見通しが出ている。このうち、輸出は10兆8,638億円、前年比6.8%増、輸入は同13.2%増の2兆3,135億円、内需は6.6%増の15兆3,403億円になる見通しである。輸出の伸びは鈍るが、内需主導で依然高い成長が期待されている [Asami 90]。

電機業界の主な生産品は、図表Ⅱ-2-1に示すように民生用電子機器、産業用電子機器、電子部品の三つから成り立っている。

平成3年の民生電子機器の国内生産は4兆1,986億円、対前年比3.9%増が見込まれている。昨年は、前年比2.3%増に過ぎなかったもので、明るい側面を迎えている。その主な原因は、カメラ一体型VTR、BSチューナ内蔵VTR・テレビ、ビデオディスクプレーヤ、液晶テレビなどへの期待による。

一方、平成3年の産業用電子機器の国内生産は、11兆236億円、前年比6.9%増が予想されている。これまで成長を支えてきたコンピュータに陰りがみられる。

電子部品の平成3年の国内生産は8兆2588億円、対前年比6.3%増の成長が見込まれる。昨年度の同1.7%と比べると大幅な伸びで産業用電子機器と共に電子産業を牽引する役割を担うことが期待されている[Fukita 91]。

2.1.1.2 ユーザ環境の変化

80年代後半まで電子機器、特に民生用電子機器の需要を支えてきたのは、個性化、多様化の波であった。消費者はそれまでの、大量生産による画一的なモノでは満足せず、本質的な性能、機能は変わらないが外観、ネーミングやブランドを重視するようになった。ところが、80年代の終わり頃には、消費マインドに変化が起り、より本質的な機能、性能を求めるようになっていった。電子産業界は、高付加価値商品を世に出し、消費者の要望に応じてきた。

昨年頃からの新しい流れとして、生活、様式に変化を起こし、生活を本質的に革新する生活創造型商品という新たなパラダイムが出現しだした。これは、高付加価値商品の流れにのったものであるが、差別化のほかに消費者に夢のある生活を提供しようとするものである。生活創造型商品は、商品の役割や用途による差別化であり、ソフトウェアとハードウェアが融合することにより生み出される新しいハードウェア、すなわちニューハード[Ishii 98]が重要な役割を担っている。ニューハードにより、家庭の情報化、個人中心のテレエグジステンス、市場即応性などが実現される。ソニーがCBSレコーズ、コロムビアピクチャを買収したり、松下電器がMCAの経営に乗り出したことは、ハードとソフトウェアの融合の現象の具体的な現れと見ることができよう。

生活創造型、高付加価値商品では機能・性能、アメニティが購入動機の大きなウエイトを占めている。そのため、売れ筋商品が特定メーカーの特定機

種に集中し、それ以外の機種が必要が伸びない、まだら現象と呼ばれる事態が発生していることも特徴にあげることができる。

2.1.1.3 社会環境の変化

グローバリゼーションの進展、地球を規模としたエコロジの嵐[Yokota 90]の出現を変化の特徴にあげることができる。グローバリゼーションの進展の一因には、海外製品の輸入拡大や貿易のインバランスの解消という狙いがある。カラーテレビの場合、1988年には海外生産台数が国内生産台数を抜き、1989年には一層その傾向に拍車がかかっている。大手の家電AVメーカーは1993年頃をめどに民生用電子機器の海外生産売上高の50%を海外生産で賄う計画である。海外生産の目的は1970年代、1985年代と比べ大きく変わっている。70年代は、低い労働賃金を求め、また通商問題を回避するための東南アジアなどでの生産が主であった。85年代は、円高対策が主な目的であった。最近の海外生産は消費地での生産に主眼がおかれているのが特徴である。

一方、先進諸国を中心に地球環境問題が大きくクローズアップされてきている。従来の環境問題イコール公害問題という図式から、生態系全体を考慮したエコロジが注目されるようになってきた。最近の環境問題は、すべての人が加害者で、すべての人が被害者であるという特徴があり、一つの企業や国だけで問題解決を図ることはできない。これらの具体的な動きはOA用の再生紙を利用する企業や自治体の増加である。背景には、ゴミ問題、森林の枯渇の問題、ひいては地球の温暖化等の問題がある。プリンタや複写機の普及に伴って紙の使用量は、1989年で80万トン弱になっている。この消費が環境問題に波及し、再生用紙の利用運動に発展した。電機業界もこの運動に参加するところが多く、再生紙対応のOA機器が出現するようになってきている。ただし、再生紙や古紙の利用はコスト高や機密漏洩の問題を含んでおり、今後徐々に浸透していくものと思われる。

一方、家電製品の廃棄問題が法制化される動きが

出てきている。最近の家電製品は大型化され廃棄が難しくなっている。20%以上の市町村は、廃棄された大型家電商品の収集を拒否する事態になっている。このような状況を反映して家電商品に廃棄のし易さの程度を表示することが法制化される。電機業界は、今後、分解し易い、破碎し易いなどの廃棄後のことも考慮した商品設計、材料の選択を迫られることになるであろう。

2.1.1.4 技術環境の変化

上のエコロジと同じような状況が技術環境にも現れてきている。すなわち、個々の技術だけでは良い商品が作れないという状況である。このために、複数の技術を融合し、新しい技術を作る研究開発が進んでいる。

グローバルゼーションは技術の分野でも進展し、海外に研究所を建設したり、海外の大学や研究機関との共同研究・開発が一層進んでいる。世界の研究開発のリソースは限られているので、海外の企業との提携や協調も進む傾向にある。

スーパー技術は今後も電機業界の成長を支える大きな財産となる。高度情報化社会を構築するための基盤となる超大容量、超高速、超高密度の超LSI、マイクロマシンなどの極限技術が今後ますます重要視される傾向にある。

超伝導などの新機能素子や分散並列コンピュータの研究開発は引き続き強力に行われている。

また、ワークステーションの進展やインフラストラクチャの整備に伴い、広帯域ISDN、移動体通信など通信絡みの技術が目立ってきている。

液晶ディスプレイ、マルチメディア、HDTV、画像圧縮など今後の映像技術、ヒューマンインタフェース技術も研究開発が盛んに行われている。

これらは、技術指向に基づき、数年先の商品化を目指した研究開発であるが、社会情勢の変化に技術開発を余儀なくされているものも出てきている。その一つは、上であげたエコロジに関する技術で、地球に優しい、人に優しい技術である。もう一つは、

信頼性の技術である。これまでの機能性能に加え、部分的に壊れても機能を維持したり、自己修復をしたりするような信頼性が重要視される傾向にあり、今後そのための研究開発が必要になっていく。

2.1.2 業界の特徴

2.1.2.1 一般的な特徴

電機業界の特徴は、産業のコメと言われる半導体技術を駆使し、社会生活の利便性、快適性を創造しているところにある。業界全体で1991年の国内生産は6.2%の成長が見込まれ、日本の経済成長率の倍程度の伸張が期待される高成長業界である。特に、情報関連の分野では年率2桁の成長が続き、鉄鋼、機械、造船など他分野からの参入も増え一層企業間の競争が激化している。製造業種の中では他業種に比べ若年労働者の構成比率が高い。

電機業界が直面している共通の課題には以下のようなものをあげることができる。

- ①多品種少量生産への対応
- ②リードタイムの短縮
- ③エンジニアリングサービスの強化
- ④人手不足の解消
- ⑤組織の簡素化

①の多品種少量生産への対応への要因として、商品寿命の短命化、ユーザーの多様化、パーソナル化等をあげることができる。例えば、パソコンやワープロなどのように従来ビジネス分野のみで使用されていたものが、個人や家庭で使用されるようになったため、ビジネス用のものと、個人使用を目的としたものの両方の生産が必要になるなどである。生活創造を引き起こすような商品では、商品の機能性能に特徴があり、専門化しているので、特定の企業、特定のユーザを対象とした特化システムが増加する傾向にあり、多品種少量生産の傾向が増加している。社会の変動が激しく、グローバルゼーションが進展する中で、新しい装置や機能などが次々に求められ多品種少量生産に拍車がかかっている。

また、電子部品の生産やそれを使用したシステム

を生産するような会社では数十万種商品を扱う必要のあるところもあり、フレキシブルなFA、CIMの対応が迫られている。

②のリードタイムとは顧客の注文から納入までの時間差を指す。リードタイムの短縮は電機業界に限らず製造メーカー共通の課題である。リードタイムを短縮するための方策として、

- ・情報の流れの改善
- ・工場での生産の改善
- ・物流の改善

などが必要とされている。戦略情報システムSIS [マティアス89、日経産業 90]、CIM [CIM 88] はこのリードタイム短縮を求めた情報化システムである。SISはコンピュータとネットワークを利用した情報システムである。今までの情報システムとの違いは、単に企業内部での合理化や効率化だけでなく積極的に外部に向けてコンピュータとネットワークを利用し、顧客獲得のために利用している点である。企業優位を実現するためのツールとして各社が利用を始めている。例えば、営業店に端末を置き、そこからの注文が翌日には工場のスケジュールに組み込まれるなどがすでに実現している。工場の生産の改善は、生産ラインの自動化に始まったが、ラインの自動化はロボットの開発で一段落の状態である。ジャストインタイムがますます強く要求される製造業においては、指定された納期を守るためにFA機器をフル操業しているだけでは限界がある。すなわち受注から生産、出荷までを一貫生産するCIMが必要になる。電機業界のあるメーカーでは、自社内のFAにとどまらず、下請けや、部品メーカーと情報ネットワークを張り、部品の供給から生産、出荷までを管理運営しようとしているところも現われている。

あるメーカーでは、経営情報がいつでも見られる端末を管理職以上に一人1台ずつ配置したり、また、あるメーカーでは社内ネットワークシステムの端末が一人1台、あるいはグループに1台配置され、ペー

パレスOAとともに、戦略情報システムの一翼を担う役割を演じるようになっていく。

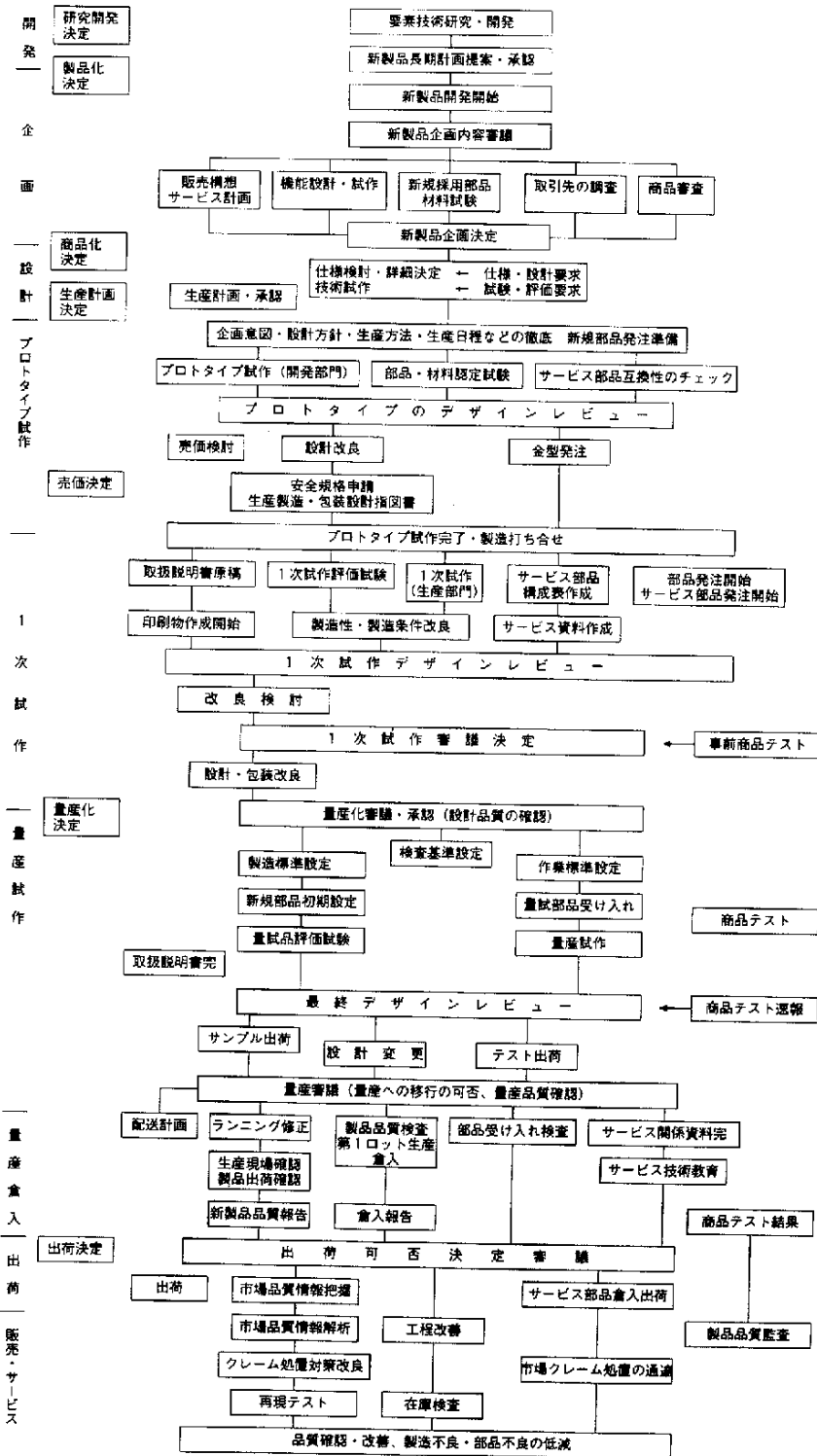
物流の改善では、全国各地に分散した物流センターの集約・再編成へ乗り出すメーカーが現れてきている。家電業界などは、取り扱い商品が6千種類を越えるメーカーも多く、注文を受けても納品が遅れる場合があった。物流センターの統合とVANによる情報の管理により注文があり次第納入する体制と、在庫切れや2重在庫などの弊害を解消することが可能になりつつある。電機業界はSISやCIMを構築するための製品を生産し、各社に販売する推進者の側にあるので自ら実践に乗り出しているところが多い。

③のエンジニアリングサービスの強化とは、SIS、CIMへの対応が遅れている中小企業などへのエンジニアリングサービスのことである。サービスの目的は二つある。一つは、大企業に比べて遅れている中小企業のSIS、CIM化を促進することである。もう一つは、大企業と中小企業を含めた、大規模なSIS、CIM化を実現し、生産、サービスなどを効率化することである。企業間にコンピュータ化の差がある場合は、導入したSIS、CIMがうまく機能しない。大企業に比べその数が圧倒的に多い中小企業のSIS、CIM化は、生産、サービスの向上に大きな影響がある。したがってSIS、CIMで実績のある大企業が、中小企業にSIS、CIM化や総合的なシステム構築のコンサルタントを行いながら、総合ネットワーク化を実現する必要性が生じている。

④の人材の面では、数年来の製造業離れが昨年のバブル経済の破綻で見直され、今後、幾分好転していくことが期待される。しかし、電機業界は業績が好調だけに慢性的に人手不足に陥っている。輸出の比率が大きいことから、海外との交流も盛んで、海外エンジニアを増員する傾向が出てきている。

⑤の組織の簡素化は、従来の事業部制、部課制を廃止し、階層の少ない組織構造を実現することを意味している。簡素化された組織では、事業部は、機能や共通の市場を単位に分割される。フラットな組

図表II-2-2 電機業界の典型的な業務フロー



組織がうまく機能している企業は、組織変革が活発で人事交流が盛んであるという特徴がある。そのためには、共通の知識ベースが整備され、知識の共有化が進むというインフラが実現されている必要がある。

2.1.2.2 業界の代表的な業務フロー

電機業界の代表的な業務のフローを図表II-2-2に示す。本業界の製品は、高度な技術を用いたいわゆるハイテク商品に属するものが多い。そのため、大きな事業に結びつくカテゴリーの商品では通常、5年から10年程度の要素技術の研究が必要になる。そこでは、関連する技術の進展具合や社会の動向、ニーズなどをもとにいかに要素技術を選択するかが重要な課題となる。

要素技術の研究が進むと具体的な商品イメージを持った開発が始まる。開発の期間は商品にもよるが、通常3年から5年があてられる。

研究開発を通じ、要素技術が確立されてきた段階で、社会のニーズ、関連技術などを総合的に判断し製品の企画の提案がなされる。その時点で新製品の開発が開始される。

企画が終わると販売計画、機能設計などの具体的な製品の設計の準備が行われる。それが終わると新製品の企画決定になる。その時点で商品化が決定される。

次に、仕様の詳細化が進み、生産計画が決定される。以下試作を2度繰返し、続いて量産試作を終えた後、量産に入る。

それ以降は商品の出荷、サービスであり、これらの結果が再び次の商品計画に反映される。図から分かるように技術が高度化しているため、3度のデザインレビューを行い、またその他にも各種の検査を行い製品品質の確保を目指しているところに特徴が現れている。企画から商品出荷までの期間は通常1～2年であり、商品寿命の短命化に伴い、最近はこの期間が短縮化される傾向にある。短縮化を実現するために、共通要素を作り多機種化へ対応する、研究・開発・プロトタイプの試作を同一フェーズで行

う、効率的な開発マシンの利用、SIS化、CIM化による生産、流通時間の短縮などが代表的な方法として取られている。

2.1.3 AIの潜在的利用可能性

代表的な電機業界数社へのインタビューを通じて、電機業界のAIの潜在的利用の可能性を調査した。インタビューに当たって、AIを従来のように推論機能や知識ベースを持ったエキスパートシステムに限定することなく、新しい機能、サービスなどを創造する便利で、使い易さを実現するための技術と位置付けた。

図表II-2-2のフローの各項目を詳細化したのが図表II-2-3である。AI適用可能な業務、AIの利用目的、AIへの投資額、AI化の時期、AIの入り込む余地の4点から調査の結果を分析した。

2.1.3.1 AIの適用可能な業務

第1部のアンケート調査の結果が示すようにエキスパートシステムを代表とするAIを現在、実用化している企業は年々増加している〔日経AI 91〕。実用に向けたテストを行っているシステムも多い。電機業界はエキスパートシステムを開発し、他業界に販

図表II-2-3 電機業界の典型的な業務内容

作業項目	作業内容
研究開発	研究開発テーマの策定、検討、試作、評価、研究開発管理
企画	外部動向調査、新規商品企画、提案、販売サービス計画
商品開発	概念、機能、詳細設計、検討、評価プロジェクト管理
プロトタイプ	プロトタイプ試作、評価、部品材料選定試験金型、包装設計、発注
売価決定	商品戦略、需要、競合品の調査、分析予測販売戦略、計画
一次試作	一次試作、評価、部品発注管理
量産試作	量産試作、評価、検査規律、作業標準の策定
倉入れ	サンプルテスト、出荷、評価、分析、倉入れ配送計画、管理、部品受け入れ検査
生産計画	MRP（資材所要量計画）、製造工程計画、機械制御
出荷	商品テスト、在庫管理、配送管理
販売	PSI管理、販売情報収集、分析セールス戦略策定、ルート、人的資源配分
サービス	クレーム情報処理、対策、テスト、工程改善需要予測、在庫検査、エンジニアリングサービス

売する立場にあるので、他の業界で開発されたエキスパートシステムにもかかわりを持っている場合が多い。ここでは、電機業界内で利用されているという観点から、現在、実用化あるいは開発されているエキスパートシステム、AIツールを調べた。その代表例をあげると、以下のようになる。

1) 設計支援システム

レンズ設計支援システム
デジタルフィルター設計支援システム
プリント基板設計システム
IC論理回路設計システム
耐静電気設計診断用システム
電源設計システム
空調機自動設計システム
複写機設計支援システム

2) 生産支援システム

制御機器生産計画システム
成形部品生産計画システム
生産日程作成支援システム

3) その他の応用システム

ネットワーク故障診断システム
モード解析知識教授システム
コンピュータトラブル回復支援システム
ソフトウェア開発工程計画書作成支援システム

マニュアル作成支援システム

コンピュータジョブスケジューリングシステム

VTR故障診断システム

4) AIツール

エキスパートシェル
ファジィ推論汎用シェル

すなわち、これから、電機業界の製造業務の中核であり、すでにコンピュータ支援の素地のある設計、計画、診断のプロセスにAIを適用しより効率化を目指している姿が浮かぶ。

今後AIが普及していくためには、現在コンピュータ化されている部分にAIを適用し、より知的な、操作性のよい機能、性能を出していく方法と、現在コンピュータ化が不可能と思われる業務にAIを適用していく方法とが考えられる。現在、すでにEDP化されており、かつユーザがそのEDP化に満足している場合は、近い将来においてAIが適用される可能性は少ない。創造活動のような現在のAIでは実現不可能な業務もまた、近い将来、AI適用の可能性は少ない。しかし、この分野の業務はAIの応用の分野として今後最も重要になることが予想できる。図表Ⅱ-2-3の作業内容をAIの適用可能性の観点から分類したのが、図表Ⅱ-2-4である。この図からわかるように仕様や基準の策定、感性等を総合した評価など

図表Ⅱ-2-4 AI適用の可能性のある業務

AI適用の可能性	適用業務
A. 現在EDP化済み ほぼ満足	研究開発管理、企画時における販売・サービス計画、商品開発時におけるプロジェクト管理、プロトタイプ作成時における部品材料認定試験、金型・包装設計・発注、出荷時における在庫管理、発送管理、販売時におけるPSI管理、一次試作時における部品発注管理
B. EDP化はされているが改良の余地あり	研究開発の検討・試作・評価、商品の概念、機能、詳細設計提案、商品開発時における概念、機能、詳細設計、プロトタイプの試作評価、生産計画製造時における機械制御、出荷時における商品テスト、販売時における情報収集分析、ルート・人的資源配分、一次試作時の試作・評価、量産試作時の試作・評価、倉入れ時のサンプルテスト・出荷評価・分析
C. 今後AIが使いそう	研究開発テーマの策定、企画時における外部動向調査、新規商品企画・提案、売価決定時における需要・競合品の調査、分析、予測
D. AIの適用は当面不可能	研究開発時におけるアイデアの想起、設計仕様の検討、試作時におけるデザインレビュー、検査基準の策定、サービス時におけるクレーム情報処理・対策

人間の持つ創造性に根差す業務を除けば、今後AIが入り込む余地のある業務は多い。また、現在EDP化が進みほぼ満足と答えられた業務の中にも、源流管理が進み新たな要求が出てきたり、より最適な解を、早い時間で出すなどの要求が出てきた時点でAIの支援の必要のある業務に変貌する可能性のあるものが多い。先に述べた電機業界の共通課題との関係でこれらの適用業務を見ていくと、課題①～③は図表Ⅱ-2-4のB欄、C欄に含まれる業務であることが分かる。これらは既存システムへ

AIを部分的に導入することで実現され、比較的近い将来に実現される可能性が高い。④～⑤は図表II-24のC欄、D欄に含まれる業務が多い。これらの業務では、新しいAI技術やインフラストラクチャの整備などAI普及のための技術が必要で普及するまで時間がかかることが予想される。

2.1.3.2 AIの利用目的

電機業界におけるAIの利用目的の多くは、専門家の不足を補うものである。従来のOAやFAが目指したような人手不足の解消や人員削減は、FAが浸透したことと、好景気の長期化によりほとんどなくなってきている。消費マインドが生活創造型商品を望む方向にシフトしている今日、商品の機能性能に一段の飛躍が望まれており、企業は新製品の開発に重点を移している。そのため、研究開発を推進する専門家が多数必要になっている。さらに、製造業離れで若い優秀な技術者がつかまえていくようになっており、専門家の不足は深刻になっている。特に、成長分野といわれている情報処理関連のソフトウェア技術者、コンピュータエンジニアは大幅に不足しており、ソフトウェアクライシスを招いている。この解消のために、第五世代コンピュータやAIが持てはやされてきた。

もう一つのAIの大きな利用目的はノウハウの共有である。共有化には二つの目的がある。一つは、専門家の不足とも相通じる。すなわち、ノウハウを保有した専門家が数少なくなり、退職したり、他の企業へ移動したりしてノウハウが断絶するのを避けるのが目的である。もう一つは、OA化や分散化、ネットワーク化が進み、個々人の持っているノウハウをコンピュータで管理し、幅広く利用することを目的とするものである。

教育、人材の育成を目的とした利用は数少ない。これは、多くの場合、上の二つの利用を通じて実現することができるためと考えることができる。

2.1.3.3 AIにかかる経費

AIにかかる経費は、会社の規模にも影響される。経営的效果があればいくらかでも経費をかけることが

できるという大手電機メーカーもあるくらいである。一般的な傾向としては、グループ単位、部課単位の分散システムをネットワークを介して利用しようとする方向にある。この場合、パソコンやWSがAIシステムの中心になり1システム500万円以下という要望が強い。分散型のシステムのサーバーマシンやデータベース、知識ベースを大量に必要とする設計、シミュレーション、テスト関連のシステムでは5000万円程度までの経費を認める場合が多い。事業部単位や全社展開をするシステムでは2億円程度が見込まれている。

2.1.3.4 AIの実現時期

工程管理、プロジェクト管理、設計へは何らかの形でAIが取り込まれ、すでに、実用化されている場合が多い。ニューロやファジィを利用したエアコン、掃除機、洗濯機、電子レンジなども多数出回っている。電機業界の典型的業務の中へは、すでに何らかの形でコンピュータの適用が始まっており、AIによる機能、性能の向上を目指す業務では、AIの適用時期として、2年以内をあげるところが多い。このような業務は、無理にAIの手法に頼ることなく、既存のコンピュータ技術の延長として、AIがあげられており、徐々に浸透していく様相を呈している。一方、AIにより新たにコンピュータ化に着手しなければならない業務では5年以内、あるいはまれに10年以内があげられている。

2.1.3.5 AIの入り込む余地

今までのようにAIが全面に出て、AIのみでシステムを作ろうとする考え方はなくなっている。AIはあくまで、従来のシステムの中に組み込まれ、知的部分のみを受け持つという考え方が浸透してきている。したがって、AIの既存システムへ入り込む割合は全体の10～30%という業務が多い。創造活動を支援する業務では50%以上のAI支援が必要とされる。

2.1.4 AIによる新サービス・新製品

潜在的利用可能性の項で述べたようにAIを広い意味で定義する。インタビューの結果、近い将来、あ

るいは、ある程度の期間は要するが次のようなAI利用による新サービス、新製品像が浮かび上がった。

2.1.4.1 ビジネス分野におけるAI利用新サービス・新製品

電機業界で近い将来AIが使われる可能性のある業務は図表Ⅱ-24の中のA欄、B欄に現れたものである。これらの業務で共通にあげられた新サービス・新製品には次のようなものがある。

- ①知的SIS、CIM
- ②知的設計支援システム
- ③高速・高精度評価支援システム
- ④知的サービス支援ツール
- ⑤企画・調査・分析支援システム
- ⑥予測・シミュレーションシステム

①の知的SIS、CIMは現在進められている自動生産、管理システムを、インタフェースを向上してより使い易いものにするとともに、ユーザニーズ、部品メーカーなどを含めて源流における情報の管理・設計を徹底しようとするものである。企業規模の大小にかかわらず知識ベースの共有化、利用などの基盤技術としてAIに期待がかかっている。

②の知的設計支援システムは、現在すでに実用化されているCAD、知的CADにAIを埋め込むことにより、新しい機能・性能を導き出そうとするものである。例えば、AIの導入により、

- i) 仕様変更に伴う関連仕様の指摘、自動変更、
 - ii) 再利用、信頼性などの新規制約条件の設定、
 - iii) 過去（類似）の設計事例・設計モデルの利用、
- などの機能が期待されている。

③の高速・高精度評価支援システムは、品質、設計・試作時などの各種の評価を高速・高精度に行うものである。このような評価には現在でもコンピュータが利用されているがAIにより、次のような機能・システムが期待されている。

- i) 類似評価事例、失敗事例、改善事例の利用（AIによる推論）
- ii) ソフトによるシミュレーション（実機による

テストの短縮）

- iii) 信頼性の予測、評価シミュレーションのガイダンス

- iv) 関連する基準、法などの見落としの防止

- v) 出来上がったソフトウェアから要求仕様を提示

④の知的サービス支援ツールの基本になるツールとして、現在、ノート型・ブック型、電子手帳などの携帯型のツールが普及している。AIの適用により、

- i) 最適な人・時間配分の支援、
- ii) 最適なセールス、配送ルートの設定、
- iii) セールス・サービスノウハウの共通化、再利用化、
- iv) セールス効果予測、

などの機能が期待されている。

⑤の企画支援ツールで今後AIに期待されるのは、討論を効率化し、コンセンサスを取るための、

- i) 会議用資料作成システム

（変更が多いので、一つの変更に応じて全資料が統一的に連動して変更できる）

- ii) 議事録を簡単に作成するシステム

- iii) プレゼンテーションシステム

（分かり易い、説得のあるプレゼンテーション用資料を作成できる）

- iv) 製品比較表作成支援システム

（商品の分類クラスわけや、マップを作成できる）

などの機能・システムである。

また、知的所有権が今後ますます重要視されていく傾向にあり、特許の促進や出願のための支援機能として次のようなシステムがAIに期待されている。

- v) 翻訳機

（対訳によりクレーム内容の把握が早くなり迅速な対応が可能）

- vi) 特許作成用アイデアプロセッサ

- vii) 特許マップ作成システム

- viii) 電子出願支援システム

（特許用要約文作成など）

⑥の予測・シミュレーションの機能は各種の業務

で需要が高い。AIの導入により期待されている予測・シミュレーション機能、システムとして次をあげることができる。

- i) サービス予測・シミュレーションシステム
(サービスパーツの需要予測、今後の動向のシミュレーション、新規サービスの予測など)
- ii) ソフトウェアシミュレータ
(各種のソフトウェアの動作のシミュレーション)
- iii) 統合CADシミュレータ
(CADと連動した構造、熱、耐久性などのシミュレーション)
- iv) 市場・生産販売予測システム
(市場動向の予測に基づいた生産、販売のシミュレーション、販売体制を変えた場合の損益のシミュレーションなど)。

次に遠い将来のビジネス分野で期待されるAI利用新サービス・新製品について述べる。これらは、図表Ⅱ-2-4のD欄に分類される業務で将来的に発生することが考えられる。この欄の業務に要求される機能は、人間の創造活動、感覚等を総合した判断などあり、現在のAIの技術では実現が不可能とされている。ただし、今後、これらの業務はますます重要視される傾向にあるので、AI技術のレベルアップにより、知的支援機能としてコンピュータに取り込まれることが期待されている。遠い将来のAIによる新サービス機能・システムとして以下をあげることができる。

①知的内容検索システム

(欲しい情報を簡単なキーワードや内容で検索し、利用する)

②アイデアプロセッサ

(アイデアの想起、似通っている項目の共通化、想起した簡単な文章から目的に応じた詳細な文章を生成する)

③自動設計システム

(設計仕様の提示や簡単な要求仕様の入力により、最適な設計を行う)

④自動分析・評価システム

(検査基準方法などを提示、支援する)

⑤デザインレビュー支援システム

⑥プロトコル解析、最適システム化システム

(機器間のプロトコルを解析し、通信可能なようにプロトコルの差異を吸収する。資源の配分、通信経路の最適選択を支援する)

⑦メディア間変換システム

(言語、音声、イメージ間の相互変換、翻訳、通訳などの言語の差異を吸収する)

これらは、知的なエージェントとして独立に使用されるとともに、エージェンシーにより統合化され、総合的に複雑な業務に適用されていくことになるであろう。

2.1.4.2 ホーム分野におけるAI利用新サービス・

新製品

ホーム分野では一時のエアコン、TVなどの冠AI商品から冠ニューロ、ファジィの時代へ移行している。今後家庭の情報化が進む中でAIの適用による新サービス・新製品として次のようなものがあげられる。

①ヒューマンインタフェースツール

(もっと使い易いワードプロセッサ、パーソナルコンピュータ、簡便な手書き入力、OCRなどの装置が望まれている。また、言語障壁を解消する翻訳機能、通訳機能もこの範疇としてとらえることができる)

②画像・音声編集システム

(家庭のイベント化が進む中で興味のある部分、関連のある部分を中心に画像、音声などを総合的に編集する)

③情報のフィルタリング

(パソコン通信、FAXなどの普及に伴って必要のない情報が家庭に送られる可能性が高くなる。欲しい情報のみをユーザが指定、選択できる機能が望まれている)

④シミュレーション

(ゲーム機などにおいて臨場感のある画像、操

作のシミュレーション機能が望まれている)

⑤全自動家電

(物体理解、音声理解、言語理解能力や判断力を持つ家事ロボットが望まれている。ホームオートメーションを行うための総合ホーム管理機能などもこの範疇に入れられる)。

以上をまとめると、AIに期待される共通機能として次の七つをあげることができる。

a) 知的検索・再利用機能

(各種データベース、知識ベースの蓄積が進む中で、過去の事例や類似事例をAIで検索し、利用する。また、不必要な情報はフィルタリングし、取り込まないあるいは見えないようにする)

b) 関連事項の提示、変更機能

(商品の開発、販売には各種の変更が伴うが、一つの変更が他に波及することが多い。因果関係などの知識を基に、関連する変更部分を提示、あるいは変更する)

c) 予測・シミュレーション機能

(各作業を予測、シミュレーションによって効率化する。また、イメージ情報、人工現実感などの感覚をシミュレートする)

d) コミュニケーション、コーディネート機能

(マップを作ったり、分かり易いプレゼンテーション資料を作成するなど、コミュニケーションやコーディネートを促進する。翻訳、通訳など言語の障壁を解消する。通信ネットワークにおいて最適経路、蓄積手段を選択し、結合手段を提供する)

e) 源流管理機能

(商品化までの作業の流れの中で源流の作業の最適管理・設計・評価・分析ができる)

f) ヒューマンインタフェース機能

(高度な機能・性能を素人でも簡単に使いこなせるようにする。メディアの変換によるユーザ指向の表現ができる)

g) 画像・音声編集機能

(ワードプロセッサなみにイメージ情報・音声情報を自由に編集できる)

2.1.5 電機業界のAI利用ビジョン

以上を総合して電機業界のAI利用ビジョンをまとめると以下になる。

1) 既存システムの知的レベルアップツール

AIのみでシステムを構築しようとする考えはほぼなくなったと見てよい。AIが既存システムの中に組み入れられ、ユーザインタフェースを向上させたり、判断・評価を支援したり、シミュレーションを行ったりなど、各種の知的なレベルアップを行うという考え方が一般的である。このような技術は、AIでなくても実現可能なものも含まれる。AIと既存技術の境目が不明確な状態で、AIが各種の機器に組み込まれ実用化されていくことが予想される。これらは刻々と実現され、近い将来AI化が可能と判断された多数の業務の中に浸透していくと考えられる。このような漸進的なAIの利用が真の人工知能を実現するという考え方もある。例えば、AI用の特別なマシンでなく電子手帳の発展形に人工知能の将来を夢見る人もいる [Hagitani 91]。

このAIの利用の代表的なものは知的SIS、CIMである。独立に行われてきた生産、販売、物流の効率化をより密接に結合し、SIS、CIMとして統合化するのが最近の傾向である。SIS、CIMにAIを適用する場面は前項の通り各種が考えられるがより源流にさかのぼった予測・シミュレーション機能などはその代表である。

2) パーソナルAIツール

従来のAIシステムは専用マシンや独立したマシンの上で稼働するものが多かった。ある場合には、大型マシンにAI機能、知識ベースを持たせ、パソコンなどの端末からオンラインで利用する方法が取られてきた。インタビューの結果によると、低価格のWS、パソコン、電子手帳などにAI機能を載せ、デスクでの処理だけでなく、移動中や、出先などからもユーザの欲する情報を自由に入力・加工・利用

する形態が浮かび上がってきた。また、ネットワークが発展する中で、各個人に分散化した知識・ノウハウを協調的に利用しようとする方向性もうかがえる。パーソナル化、分散・協調作業へのAIの利用も期待の大きい分野である。

3) 家庭の情報化支援ツール

第3のAIの利用の場面は家庭においてである。今後家庭の情報化、家庭生活のイベント化が進むと、AIの支援による機器とのヒューマンインタフェースの向上、情報整理・編集などの機能が普及していくと予想される。

4) 創造活動支援

これは従来AI利用の多くの局面を代表するものであった。しかし、各種のエキスパートシステムが作成され、評価されると現在のAI技術では、実現不可能なことが段々わかってきた。そして再び、高次推論、自然言語理解、画像理解などの基礎研究が必要なことも分かってきた。一挙にこれらの技術が進展することは不可能であるので、分野などのある程度限定しながら社会のニーズにマッチする利用方法を考えていく必要がある。また、この分野の業務には、AI普及のためのインフラストラクチャの整備や普及技術が要求されるため、ゆっくりとした進展が予想される。これら創造活動支援の実現をAI利用のロマンとして掲げ、地道な研究・開発、インフラストラクチャ整備が引き続き行われることが必要である。

<参考文献>

[Asami 90] 浅見直樹他“日本電子産業展望（上、下）”日経エレクトロニクス、NO.512 PP.111～1475、NO.513 PP.129～147（1990）。

[Fukita 91] 吹田二郎“転換期の民生電子産業”電子、1991.2 PP.2～3。

[Ishii 88] 石井威望“ニューハード革命”PHP、1988。

[Yokota 90] 横田英史“エレクトロニクスにもエコロジの嵐”日経エレクトロニクス、NO 508 PP.109

～133（1990）。

[マティアス 89] マティアス・ジャーク編“戦略情報システムの構築法”啓学出版、1989。

[日経産業 90] 日経産業新聞編“SIS最前線”日本経済新聞社、1990。

[CIM 88] CIM研究グループ“生産革命CIM”工業調査会、1988。

[日経AI 91] 日本のエキスパートシステムを総ざらいする、日経AI別冊、1991冬号。

[Ogitani 91] 荻谷 昌己“情報処理の30年後の夢をかけといわれても”情報処理、VOL.32No.1 PP.30～32（1991）。

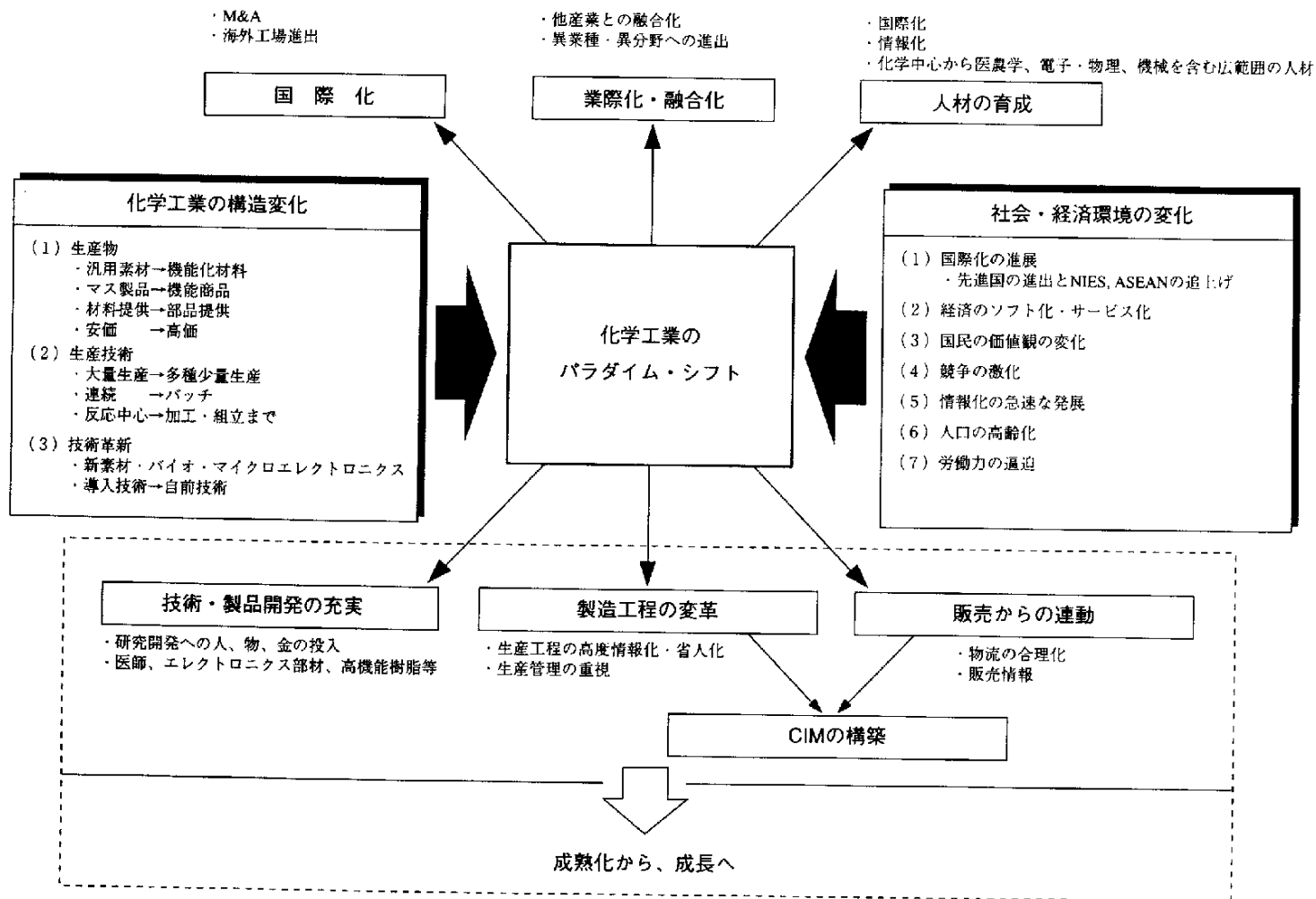
2.2 化学業界

2.2.1 環境変化

過去、実質国民総生産の伸びに対して、国内貨物輸送トン数あるいは全エネルギー消費量の伸びは並行して追従の関係にあったものが、オイルショック後実質国民総生産の着実な伸びに対して、後二者の伸びが停滞し両者の関係に乖離がみられるようになった。このことは「モノの充足」による豊かな生活水準の到達や、エレクトロニクスを中心とした技術革新による高度情報化社会の到来などがもたらした「モノ」離れによる経済のサービス化の進展、重厚長大から軽薄短小への産業構造の変化を示すものである。

また、技術革新による輸送機能の高速化や情報インフラストラクチャの整備などから地球規模で同時性をもって情報の共有化が可能となり、何事も一企業、一国家の出来事ではとどまり得なくなった。いわゆるボーダレス経済、グローバリゼーションの芽生えである。物理的距離が意味をなさなくなった今日では、従来の部分（階層的組織）最適化の積み上げによる経営ではなく、部分（ローカル）の特徴を生かしながらより開かれたグローバルな最適化が要求されるようになり、組織の改組を含めた企業体質のリストラクチャリングが進められている。ここに

図表II-2-5 化学業界のパラダイム・シフト [小林 90]



情報システムはキー・テクノロジーとなっている。

こうした成熟型経済のもとで企業は存続をかけた対応を求められ、従来のプロダクトアウト（造ったモノを売る）からマーケットイン（売れるモノを造る）への転換が叫ばれるようになった。また、「モノの充足」と高度情報化社会の到来は、商品のソフト化（感性化、個性化、商品ライフサイクルの短期化、多品種化）を進める結果となり、マーケットの動向に研究開発と生産活動が連動する必要性が出てきた。そのために、生産は少品種多量から多品種少量さらには変種変量受注生産への対応を迫られ、従来のバッチ処理的な発想から連続化あるいはリアルタイム的な発想への転換を余儀なくされている。もはや今日では、従来の大きなタンク、大きな反応槽、在庫などに代表されるスケールメリットが連続生産、無在庫などによるリンケージメリットにとって変わらなくてはならないことを示している。このことは、また質的にもタイミングにおいてもオペレーションのレベルから経営企画にわたる全社機能において的確な情報がないと生産がかなわないことを示している。

また、化学業界に限ったことではないが、労働時間の短縮、労働人口の減少、高齢化、価値観の変化などが労働環境の問題としてあり、特に生産部門では現在の半分以上の要員で運用しなくてはならなくなるであろうと考えられている。また、それに伴って熟練工の養成の問題が浮上してくる。現在、製造業は競争力や固定費の削減のために一層の省力化（自動化）を進めている。このことは労働力対策にも対応しているが、自動化は一方で人間の“設備”や“モノ造り”に対する経験や実感をなくしてしまい、次第に“モノ造り”からの乖離が背反事象として浮かび上がる。果たして“モノ造り”を知らない世代が“モノ造り”の伝承に当たれるのであろうか。杞憂であろうか。そのために、徹底した自動化の一方で、徹底した手作りプラントを残す対策をとることもある。このあたりに、エキスパートシステムへの期待と不安が共存する。

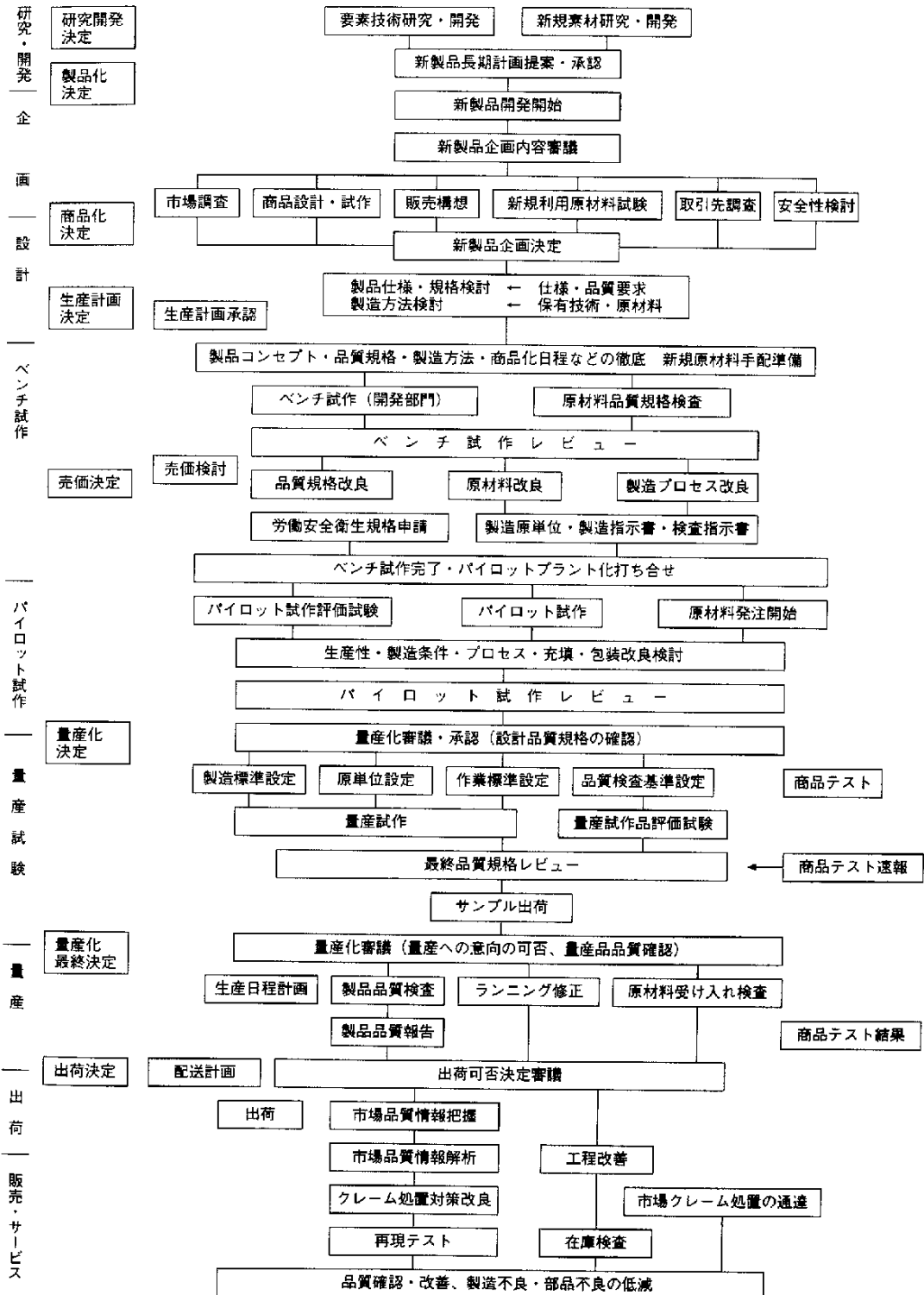
物質文明からの反省の一つに地球的課題と製造物責任（Product Liability）の問題が発生している。資源の枯渇と環境保全は正しく人間の叡知が問われていると考えることができる。今日では、技術分野が先鋭化した結果、真の問題解決やこれからの研究開発には科学と技術の融合が必要であると言われている。現実には学問のインタフェースに相互理解の障壁があって、ここでも知識ベースが解決の糸口となり得るであろう〔美濃 90-1〕。

2.2.2 業界の特徴

化学工業とは、主に化学的な、必要に応じて物理的なプロセスを使って所望の材料物質に変化・加工することによって得る製品を販売する産業といえようが、わが国の近代化学工業は19世紀末に外国からの技術導入によって始まり、幾多の試練を経て今日に到っている。しかし、欧米の巨大化学企業に比べると、工場の設備近代化については遜色がないか、むしろ日本の方が進んでいる面もあるが、企業の規模の点で、売上高、研究費などで大差があり、基礎研究を始めとする企業基盤の強化に努め、ボーダレス経済あるいはグローバリゼーションへの対応に迫られている。

今日の化学業界は複合産業化が進み本来の枠組で論ずることが難しくなっている。一般には、石油化学のエネルギーやナフサ原料、ソーダなどの無機原料、有機原料、プラスチックや電子材料などに代表される新素材・原料の供給産業としての立場と医薬品、日雑品、建材、農業、繊維、食品などに代表される最終製品の製造メーカとしての立場があり、少品種多量生産型の数10円/Kgの安いコモディティ（バルク）原料から少量生産型の1000円/Kg以上のスペシャリティ（ファイン）の原料を対象とする幅の広い産業である。いずれの企業においても生き残りのために、多角化や原料から製品へのパーティカル・インテグレーションを進め、さらに技術革新の進展に伴う研究開発費の増大からも、グローバリゼーションを進めざるを得ない状況にある。素材供

図表II-2-6 化学産業における典型的な業務フロー



給産業としての今日の化学工業は、自動車産業、エレクトロニクス産業、航空宇宙産業、住宅産業を始めとするあらゆる産業の基盤産業としての役割を担っている。

したがって、化学産業の基盤は研究開発におかれ、各社新製品開発に鎬を削っている。売上高に占める研究開発費は医薬品を除いて3～5%とエレクトロニクス産業に比べて高くはないが、年々増加を見ており新製品開発に懸けた意欲がうかがわれ、①ソフト化、②システム化、③技術融合、を軸に技術革新が進められている。

一般に化学物質は化学反応によって作られ、気体・液体・固体あるいは溶液を含むが、その扱う形態は、本来「形」が機能しない流れる物質（液体、粉粒体）で、したがってパイプラインを走らせることが可能で、設備もその特徴を持ったものとなるし、物流もタンクローリやドラムなどとその特徴をみることができる。一方の高分子材料は「形」が機能する材料で、その原料の流れる物質としての特徴と加工産業的な特徴を持つ。そうした視点から化学工業は他の産業とはその様相がまったく異なる。そうした状況にあって、パイプレス、タンクレス、設備のコンパクト化、高速化、無人化などを始めとするコンピュータ技術の中核とするプロセス革新が進められている。

また、これからの新製品の開発は従来の研究開発→生産→マーケティングというバトンタッチ型のリニアマネージメントではなく、R&Dと生産とマーケティングが一体となったダイナミックマネージメントで進めなくてはならなくなっている。

図表Ⅱ-2-6に示した化学工業（プロセス産業）における典型的な業務の流れに見るように、加工組立産業に比べて生分解性や慢性毒性、アレルギー性などの生体・環境安全性や労働安全衛生法などの規制を受けること、部品が原材料となり、そのための設備開発はベンチ、パイロット、本設備と順を踏むことになる。また、その原材料は常に新規化学物質が

対象となることから、その安全性と共に化学物質の物性推算が必要となる。

2.2.3 AIの潜在的利用可能性

化学業界の特徴やおかれた環境は、必然的にFA、OA化、さらにはCIM、SISなどシステム化への対応を求められており、専門家システムとしてのAIへの期待は大きく、その潜在需要は大きなものがあり、開発・運用システムも少なくない。最近是一部で非経験的な理論計算法も確立されてきているが、化学の世界は関係するパラメータが多く本来定性的経験的要素の多い分野でエキスパート・システムへの期待は少なくない。

図表Ⅱ-2-7に示す部門区分とそれぞれの業務について、AIに対する利用可能性を探ってみたい。当然、企業によってあるいは業態によってEDP化あるいはAIに対する意識は異なるし、またAIに何を期待する

図表Ⅱ-2-7 各部門におけるおもな業務

部門	おもな業務
研究・開発	情報収集・分析、研究・開発テーマ策定、研究開発進捗管理、試作・評価 アイデア想起・確認、知的所有権管理
企画	技術動向調査・分析、ユーザーニーズ調査・分析 業界動向調査・分析、保有技術調査・分析 新規商品企画・提案、販売・サービス計画
設計	品質企画設定、商品コンセプト検討 商品機能検討、製造プロセス検討、安全性評価
生産管理	取引先調査、原材料品質調査、 原材料管理・予測、プロセス情報管理 設備管理、日程管理
ベンチ試作	ベンチ試作、原材料認定試験 ベンチ試作レビュー、生産・充填・包装指示
売価決定	商品戦略、機能・品質規格の策定 他社競合品調査分析、販売戦略・計画 原価構成見積り、需要予測
パイロット試作	パイロット試作、試作レビュー パイロット試作評価試験、原材料発注・管理
量産化試作	検査調査の策定・評価、製造・作業標準の策定 原材料受入れ調査、量産化試作レビュー
量産	サンプル・テスト出荷評価分析、量産移行の判定 量産品の品質確認、配送計画策定 原材料在庫管理、原材料価格管理
出荷	商品テスト、製品出荷検査、出荷可否判定 在庫管理、配送管理
販売	売れ筋情報収集分析、他社情報収集分析 セールス戦略策定、ルートの資源配分
サービス	市場品質情報収集分析、クレーム処理対策 工程改善提案、需要予測・在庫管理 再現テスト分析、品質検査手法改良

かによってもその位置づけが異なる。ここでは、一般論として、より高度に知識をシステム化することによって何らかの効果が期待できるか、否かを基準に判断した。

2.2.3.1 研究開発分野におけるAIの潜在的利用可能性

研究・開発は定型業務ではないことからのその管理部門のEDP化は先進企業を除いて一般に遅れているといえよう。専門知識による判断が必要であるが、その判断は一義的なものであってはならないところに難しさがある。当然、人手不足の対象とはならないが、ケースバイケースであり、技術革新の激しい今日にあって、おかれた時代の背景によってもその判断は異なる。一般に基礎研究はその管理はより難しく、開発研究はスケジュールや投資効果などを管理しなくてはならないが、基礎研究に比べては管理しやすい傾向がある。

一方、化学の研究開発において中核となる分子設計や反応設計の分野では、最近、量子化学や分子力場法、分子動力学法などの非経験的理論計算法が確立してきたが、実際の有用物質あるいはその状態の計算には膨大な記憶容量や長大な計算時間を要することや、すべてが理論計算で決定論的に決められるわけではないことなどからより効率を求めて、また一般に未だ経験的要素の大きい分野では効率とノウハウの共有を求めて、AIに対する期待は大きいが現状のコンピュータ能力やAIの枠組では難しいと言わざるを得ない。

また、調合や配合などの成分の組合せ最適化あるいは製剤化も非線形現象であることから、経験によることが多く、エキスパートシステム（ケースベースシステム）に期待する分野であるが、①蓄積されることの少ないネガティブデータの多いこと、②知識の整理・体系化が遅れていること（顕在化した知識が少ない）、③シーズやニーズによらない構成則の確立が難しいことなどを含めてドメイン知識の体系化とAI技術、特に設計問題の進歩を待たざるを得ない面がある。とはいえ、試行錯誤の多い分野だけに

AI化への取り組み意欲は大きく、多くのプロトタイプングがなされている。現状では大きなAIシステムを狙うより、各論的な狭い範囲の問題解決が対象となる。

一方、企画の分野ではEDP化も進んでいるが、知識の支援が必要であり、人手不足もあって、パソコンレベルでのAIシステム化の構築が望まれている。

設計部門〔仁井田87〕ではほとんどの企業で設計計算は100%、業務のシステム化も進んでいる企業もあるが、残された部分は悪構造なタスクが多い。プロセス設計におけるAIの基本的な役割は、設計業務に携わる技術者が行う各種の意志決定への支援である。AIはより複雑化する設計業務、短縮化される設計期間、削減される設計費用、必要とする専門家不足などの諸問題に対処する要素技術となろう。

いずれにせよ、コンピュータ利用の先進分野でもあることから、従来システムとAIシステムとの融合が前提条件とならなければならない。

技術分野での技術移転は主に特許によってなされるが、現実には特許だけでは、十分ではなく一般にノウハウの供与がなされて技術移転が完結する。ここで無体財産としてのノウハウがAIでシステム化されると技術移転・技術の共有化が一層進むことが期待され、産業形態に大きな影響を及ぼす可能性がある〔美濃90-2〕。

2.2.3.2 生産活動分野におけるAIの潜在的利用可能性〔山崎87〕

化学業界のおかれた環境もあって、その体質改善、競争力強化の立場からもCIM化あるいはSIS化が進められる中において生産部門はその渦中にある。ただ、化学工業におけるCIM化の概念も必ずしも確立されているわけではなく、各社それぞれの立場から試行錯誤が行われている。一方で自動化・無人化を進める中で悪構造の多い熟練工に依存する領域のシステム化が課題となってきた。

この分野での基本的な問題は、人手不足と人員の削減、専門家不足である。また、需要構造からの要

請で多品種少量あるいは変種変量生産への対応が求められ、必然的にシステム化を推進せざるを得ない状況にある。

生産管理の部門では生産スケジューリング、タンクの運用計画、入出在庫管理、配送計画など、従来のORの数値計画では、非線形性の問題や実時間内での解が得られないなどの原因でエキスパートに依存していた問題がある。

機器診断と予防保全の分野では、異常時における正確、迅速な状況認識と異常原因の推論、的確な対応はプラントの保全上非常に大切で、物理・化学の理論に基づく定量性のあるセンシング技術と「深い知識」に経験知識を組み合わせることによって有用なAIシステムの開発が期待される。音の振動解析による回転機器の故障予知や各種プラントの異常時対応システムなど、特に古い設備対応に意味を持つてくるであろう。

プロセス制御については時定数の長い系については、オペレータの経験知識を使った制御が可能となり得る。また、デジタル制御においても熟練オペレータによるパラメータのチューニングが必要となる場合があり、対象プラント数が多い場合に有効であろう。

その他、オンラインマニュアル化やマニュアルの機械翻訳などもAIに期待される業務である。また、経験的に熟練工に依存してきた金型の作成など未だ経験に頼るしか方策のない業務が少なくない。いずれの場合も、判断の必要な自動化を対象とするものでありAI技術への期待を示すものでもある。

また、知識ベースシステムは事故模擬運転の運転訓練用シミュレータとしての用途も期待されている。

2.2.3.3 その他の分野におけるAIの潜在的利用可能性

OAや販売・マーケティングの分野でもシステム化が進められているが、この分野では人間の判断が必須でありAIへの期待が大きい。無体財産であるサービスはその①質的向上（専門知識の伝達）、②均質化（業務の質の均質化）、③ストック（専門知識

の体系化・蓄積・資産化）が難しく、AIに対する期待の大きい対象である。特に化学産業では特殊な専門知識を扱うことから、データベースの検索支援、トラブルシューティング支援など各種コンサルテーション・システムが考えられる。

すべての分野に共通の問題であるが、マンマシン・インタフェースの改善にAIが果たすべき役割が多い。

2.2.3.4 AIに対する投資意欲と投資計画

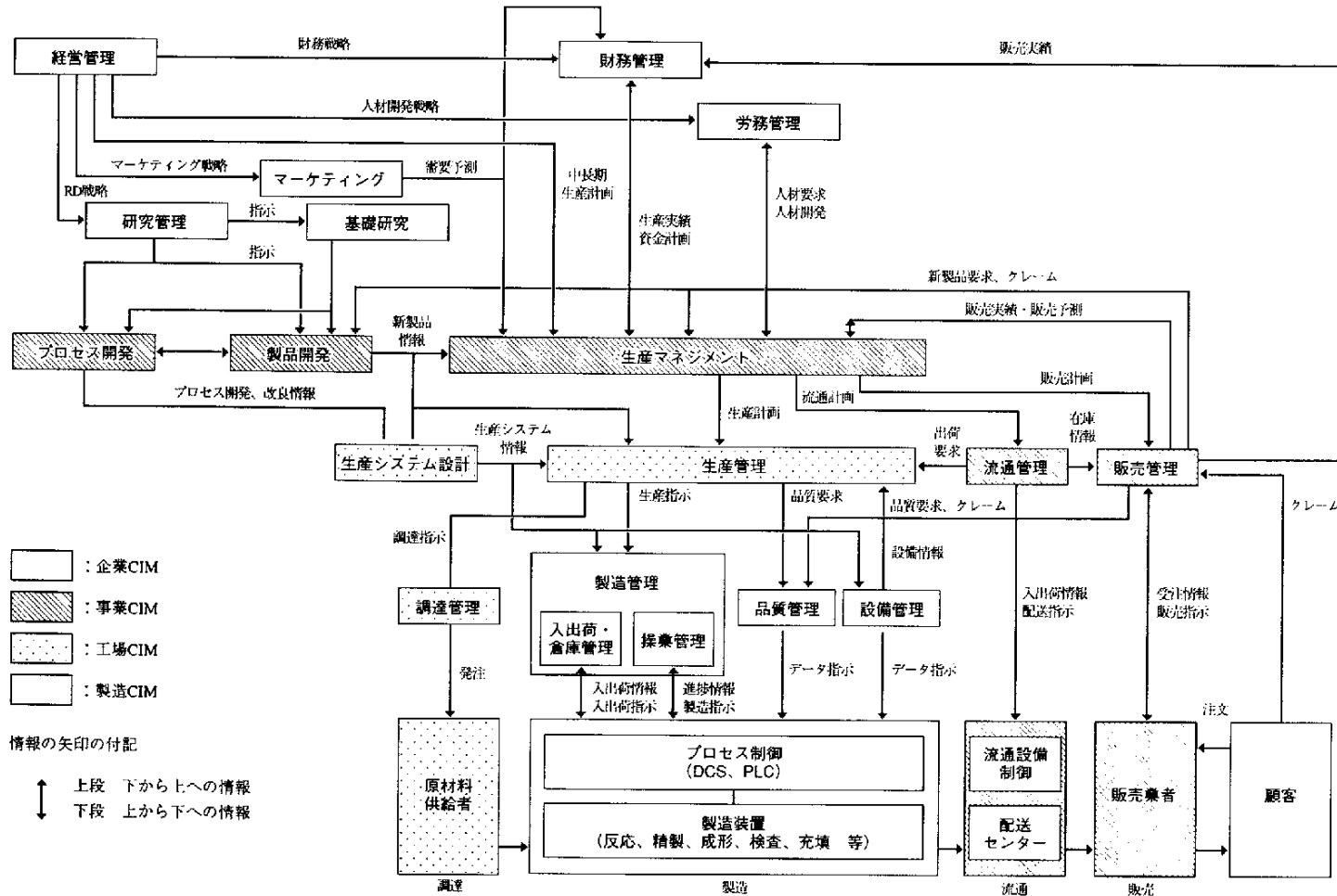
当初、AI開発への投資は、開発リスクを含めて少なくないとの認識からROIを十分に検討すべきであると考えられていた。しかし、今日ではエキスパートシステムについては開発ツールの整備や基礎知識の習得から、特にパソコンやワークステーションレベルでの開発が進んだこともあって、システム化への取り組みに積極性が見られるようになった。

したがって、エキスパートシステムの規模をその投資金額からみると、ほとんどが500万円以下となり分散・小規模システムであるが、一部、製造プロセス検討、安全性評価、パイロット試作などの投資金額の大きいタスクについては統合、大規模システムとなり、5千万円以下の投資が見込まれている。また、その着手時期についても、1年以内、大きなシステムで2年以内と大きな開発意欲が見られる。企業によっては、さらに多くの投資・開発期間を計画しているところもあるが、結果として何を期待するかで異なってくるし、従来システムとの関係によっても異なる。

2.2.4 AIによる新サービス・新製品

研究開発から各種製造プロセスや製品の設計・デザイン、保守管理あるいはOA、販売サービス、マーケティングに至る多くの分野にAI技術が導入されつつある。化学工業へのAIの応用は、他分野と比較してもかなりのスピードで進んでおり、試行的なものばかりでなく実用化に達したシステムも少なくない。研究開発における科学技術庁の科学技術振興調整費による化学物質設計等支援システム、生産活動

図表II-2-8 化学工業のビジネス体系とCIM化（小林 90）



における通産省資源エネルギー庁石油産業活性化センターの石油精製知的操業システムなどの大型プロジェクトから各社独自の開発など幅広くエキスパートシステムを中心に開発が行われている。

いずれにせよ、大規模システムと多くの小規模システムに二極分化している。また、商品化の可能性の大きい分野も少なくない。

2.2.4.1 研究開発におけるAI

化学の分野におけるエキスパートシステムの開発はAIの歴史でもある。Feigenbaumによる化学構造式同定システムDENDRAL (1965)、Coreyによる有機化合物の合成設計システムLHASA (1969) などがその嚆矢となる業績であるからである。また、日本でも科学技術庁の科学技術振興調整費による「化学物質設計等支援のための知識ベースシステムに関する研究」(第1期:昭和61~63年度、および第2期:平成元~2年)がある〔科学技術庁科学技術振興局91〕。官・学・産(NTT、花王など)で推進され、内容においても規模においても特記すべきプロジェクトである。分子設計と反応設計とからなり、分子設計は東大・大須賀研のKAUSと豊橋技科大・佐々木らによるTUTORS〔佐々木89〕を知識処理の基本システムとして、候補構造の発生(豊橋技科大・高橋、京大・藤田)からLog P(京大・西岡)、分子計算特性(花王)、毒性(国立衛試・中舘)、発癌性(国立衛試・神沼)、生体内動態(北里大・森口)などの予測システムによるスクリーニングを通して標的分子構造を推論するシステムで、一方、反応設計はNTTのKBMSを基本システムとして合成経路探索(筑波大・藤原、化技研・小野)、不均一系触媒反応(愛知工大・鬼頭)、基礎化学(関学大・岡田)、反応理論(名大・早川)、合成理論(金材技研・山崎、東大・牧島)などの知識ベースからなる反応設計のトータルシステムである。また、高分子材料設計支援システムについては、三菱総合研究所によるEXPOD〔和田88〕、東農工大・安川らによるANALOGS〔川原87〕などがある。その他の研究開発部門における

AIに、フェライト材料の設計やトラブルシューティングを支援する総合シミュレータ(富士電気化学)、シリコンゴムの生ゴム配合計算エキスパートシステム(東芝シリコン)などが開発されている。また、研究管理の分野で、三菱化成は研究開発のスケジューリング管理システムや研究開発テーマの選択システムの検討を進めている。この分野でも判断の重みづけや経験の反映が必要でエキスパートシステムの対象となる。すでに、商品化の動きも一部に見られる。

2.2.4.2 生産活動におけるAI

〔化学工業におけるAIの応用WG89〕

通産省資源エネルギー庁の石油産業活性化センターの「石油精製知的操業システムの研究開発」が石油精製業14社の参画で進められている。実用システム化は各社独自に当たり、オンライン・リアルタイム制御、多品種対応と合理化のための生産計画立案システム(コスモ石油、東亜燃料工業、出光興産など)、プラント運転支援システム(コスモ石油、出光興産、日本石油精製、東北石油など)、海洋油田用プラットフォームの選定支援システム(石油公団)などが開発され試作、一部は実用に供されている。

また、ファジィシステム〔井上91〕やニューロシステムは制御の分野を中心に実用化が進められている。

①分析型(診断型)エキスパートシステム

純粋製造プラント運転支援システム(三菱化成)、ボイラー燃焼診断システム(三菱化成〔布川90〕)、センサーベース化学プラント診断システム(住友化学)、芳香族蒸留装置オンライン異常診断システム(出光石油化学)、受電・配電・発電設備異常診断システム(出光石油化学)、合成樹脂重合プラント異常診断システム(旭化成情報システム)、半導体工場向けガス監視システム(日本酸素)、半導体工場危険度評価システム(日本酸素)、石油化学プラントの溶接施工コンサルテーション・システム(日揮)、プロセス・プラント建設各種法例コンサルテーション・システム(日揮)、エンジニアリング・プラステックの選定支援(東レ)、射出成形不良対策支

援システム（東レ）、プラント緊急停止対策コンサルティング・システム（東亜合成工業）、射出成形支援システム（旭化成工業）、硫酸化プラント異常診断システム（花王）、水処理プラント運転支援（三菱電機）などたくさんの報告が見られるが実用化されているシステムは半数以下である。

制御についてもプロセスの非定常状態に対処する目的でセメントキルンの制御（秩父セメント〔中川87〕）などが報告され、その有効性が認められている。

②合成型（計画型、設計型）エキスパートシステム

最も精力的に開発が進められているのは、スケジューリング・システム〔関根90〕である。生産計画（花王、三菱化成、住友化学工業、積水化学工業、日本ゼオン、日本合成ゴム、呉羽化学工業、昭和電工、東ソ、日本触媒工業、味の素など）、染料選定（住友化学工業）、住宅生産依頼図面から必要ユニット選出（積水化学工業）、板どり（三菱化成）などが報告されているが、システム規模も大きくて実用化システムが多い。このことは、①製品の多様化による生産品種の増大、②原材料の種類の増加や管理負荷の増大、③製品の高付加価値化に伴う製造工程の複雑化、④在庫の削減、⑤効果が明白、などの理由によるものと考えられ、特に、スケジューリン

グは商品化の可能性の大きい分野である。

2.2.4.3 その他におけるAI

人事情報の知的検索システム（積水化学工業）、ワイン選定（サントリー）などが報告されているが、取り組みの遅れている分野でもある。これからに期待される分野である。

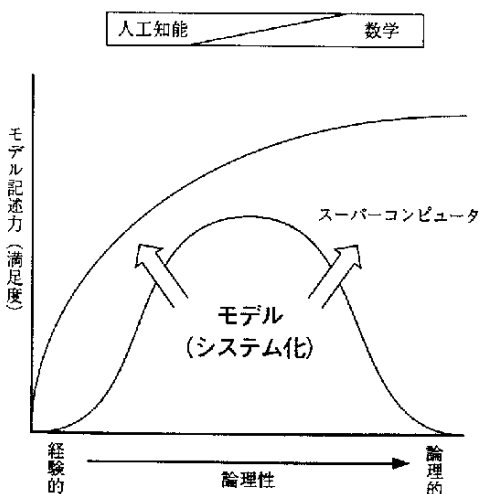
2.2.5 化学業界のAI利用ビジョン

企業における技術革新は「知識を造る」↔「技術を造る」↔「商品を造る」↔「マーケットを造る」=「事業を造る」のサイクルの中にある。情報の共有化と最適化を意味するグローバリゼーションを唱う今日にあって、研究の成果は直ちに、しかも最適に製品化されることが必須で、さらにサービスの高度化が求められている。

図表Ⅱ-2-9に示すように、系のモデル記述力は経験的な説明から論理性が高くなるにつれて、高くなると考えられる。しかし、現実にはシステム化された領域はその一部で、特に経験的要素の多い部分と論理性の高い部分は、取り残されている。今後、前者はAIによって、後者は数理科学とスーパーコンピュータ（シミュレーション）によって埋められることが期待される。また、シミュレーションにしても演算速度の高速化は一方でモデリングが迅速になることを意味し、人間が関与せざるを得ないモデリングについては理論や事実に基づいた経験や知識が前提となり、知識ベースの整備が必要となろう。また、現実の設計問題になると解（探索）空間は実質無限となり、評価のためのシミュレーション系と連携された知識ベース・システムの開発も重要になってくるであろう。

その他、CIMの構築における各種判断や診断のエキスパートシステム、生産過程における検定のための画像理解・音声理解、匂いの検出など従来システムでボトルネックとなっていたタスクのAI化によって、従来システムの統合が進められるであろう。そのほか、知能ロボット、機械翻訳、自動プログラミングなどが挙げられる。

図表Ⅱ-2-9 モデル記述力



いずれにせよ、高度技術化・情報化社会を管理し、享受するのは人間そのものである。そうした意味で、常にヒューマンインタフェースが問題となりAI技術がシステムの要とならなくてはならない。幸い化学業界はAIの取り組みについて積極的な立場にあることから、将来の展望に期待したい。

<参考文献>

[美濃 90-1] 美濃順亮、成熟市場における技術の役割、日本造船学会誌、735、549 (1990)。

[小林 90] 小林信武、化学・装置産業のCIMにおけるソフトウェアの利用、化学工学、54 (5)、311 (1990)。

[仁井田 87] 仁井田和男、梅田富雄、プロセス設計におけるAI技術の活用、化学工学、51 (10)、724 (1987)。

[美濃 90-2] 美濃順亮、エキスパートシステムの市場動向、日経コンピュータ、1990.1.29、p.120。

[山崎 87] 山崎 博、プラントの運転管理とAI技術、化学工学、51 (10)、729 (1987)。

[科学技術庁科学技術振興局 91] 科学技術庁科学技術振興局：「分子設計・反応設計支援のための知識ベースシステム研究成果発表会」講演予稿集、1991。

[佐々木 89] 佐々木慎一、“Computer Chemistry”を拓く、人工知能学会誌、4 (3)、240、(1989)。

[和田 88] 和田 仁、吉光 宏、安田英典、内内正、高分子材料設計支援システムの検討、三菱総合研究所所報、No.15、16 (1988)。

[川原 87] 川原淳次、藤井良彦、後藤教彰、安川民男、岡崎廉次、第10回情報化学討論会講演要旨集 (1987)。

[化学工業におけるAIの応用WG 89] 化学工業におけるAIの応用ワーキングG編：“化学工業におけるAIの応用技術の現状と将来”、化学工学テクニカルレポートNo.19、化学工学会1028専門委員会、1989。

[井上 91] 井上由文、美濃順亮、ファジ理論に基づく感性の数量化、フラグランスジャーナル、No. 1、36 (1991)。

[布川 90] J. Calandranis, G. Stephanopoulos, and S. Nunokawa, DiAD-KIT/BOILER : ON-LINE PERFORMANCE MONITORING AND DIAGNOSIS, Chemical Engineering Progress, January, 60 (1990)。

[関根 90] 関根史磨、竹中 孝、本田成吾、江原裕幸、新井成人、美濃順亮、専門家モデルに基づく生産スケジューリング・システム、人工知能学会誌、5 (2)、194 (1990)。

[中川 87] 中川東一郎、セメントキルンの制御システム、化学工学、51、751 (1987)。

2.3 運輸業界

2.3.1 環境変化

(1) 労働力不足の進行

わが国の労働力人口は、1990年代後半以降、その伸びが鈍化すると見られているが運輸業界においては、運転手を中心に著しい労働者不足状態になっており、輸送需要に満足に対応できていないのが現状である。

今後の予測でも、労働者需給が改善される見込みは少なく、労働条件等の面で劣りがちなトラック運送事業者においては、環境の改善を図らなければ、ますます人手不足が進行していく。特に若年労働者の確保は、3K（きつい、汚い、危険）のイメージが運輸業界には強く、さらに困難になると思われる。

社団法人東京都トラック協会の調査によると、トラック運転手は企業の規模に関係なく不足しており、事業者当たり平均不足数は6.9人で、平均不足割合は15.6%にも達している。

さらに、近年の好景気に伴う輸送需要の増加は、交通環境の悪化による輸送効率の低下と共に、より一層の運転手不足に拍車をかけている。

(2) 多品種少量・高頻度物流

社会の成熟化が進むにつれて、モノ離れ現象が一般化しており、生活様式や嗜好が多様化、個性化してきた。このような社会の変化に対応するため、製

造業界では「重厚長大」型から「軽薄短小」型へとその構造を変化させ、多種多様の新製品や少量梱包の商品を市場に投入してきた。

他方、流通業界では売上高を伸ばすために、POS端末を利用し、売れ筋・死に筋商品の早期発見、仕入れ数量の小口化および商品数の増加を行ってきた。その結果、製造業と流通業間の製品輸送は、多品種少量・小口高頻度化し、運輸業界に対する要求もより厳しいものになってきている。

運輸業界においては、このような流通環境の変化に対応していくため、早朝・夜間の輸送や、自動仕分け機等の物流機器の投入が行われているが、昨今の労働力不足の厳しい環境の中で、需要に対応できないばかりか、物流コストの押し上げによる商品価格の高騰まで招いている。

(3) 物流事業規制の見直し

昭和63年度10月、運輸政策審議会物流部会がトラック事業規制について、免許制から許可制への移行、運送取扱事業の横断的・統合的制度的創設等を骨子とする「トラック事業及び複合一貫輸送に係る事業規制の在り方に関する意見」をとりまとめた。

このような動きに対して、運輸省は「貨物自動車運送事業法」および「貨物運送取扱事業法」を国会に提出し、平成元年12月に成立させ、平成2年12月1日から施行された。

国会の審議において、運送事業法については、運輸業界の内部環境の改善を図るため、計画的かつ着実な監査の実施による事業の適正化、労働時間の短縮、労働力の確保、過積載・過労運転防止のため必要な環境整備等が指摘されている。また取扱事業法においては実運送事業者へのダンピングの強要の防止、計画的かつ着実な監査の実施等による事業の適正化が指摘されている。

この物流2法の改正により、運輸事業が免許制から許可制に変わり、新規事業者の運輸業への参入も容易になる。ただ、社会的な使命として荷主へのサービスと安全な輸送を行うことがあるので、安全性

が認可の条件として重要視される。

(4) 国際化の進展

ここ数年のわが国の産業構造の変化、企業の海外進出・現地生産等、貿易環境は急速に変化している。この結果、製品・原材料の輸出入だけでなく、国際間の人の流れもかつてないほど活発化している。それに伴い、宅配便・引っ越しなどの消費者関連商品も国際化している。

日本発着の国際航空輸送量は、好景気による所得水準の向上、余暇時間の増加もあり、近年順調に伸びている。平成元年度では、輸出貨物が対前年度比10.0%増の47万トン、輸入貨物が同12.1%増の114万トンとなっている。また、出国日本人数も、対前年比14.7%と引き続き大幅に増加して966万人となり、8年連続して史上最高を記録している。

(5) 地球環境の保全

先進工業国を中心とする経済活動水準の高度化は、化石燃料の大量消費、科学物質の排出、森林の減少を通じて地球環境に大きな影響を与えてきた。

運輸業においても、幹線貨物輸送を石油燃料を大量に消費するトラック輸送から、鉄道・海運へと転換するモータリシフトの推進、共同輸配送と情報システムの整備による輸送効率の向上を図っているが、増加する需要に対応できていないのが現状である。

2.3.2 業界の特徴

(1) 労働集約的産業

運輸業では、経常費用に占める人件費の割合を他産業と比較しても、トラック事業で42%、タクシー事業においては76%と全産業平均7.3%の5倍から10倍になっており、典型的な労働集約型の産業である。トラック業やタクシー業では、一台の車両に一人の運転手が必要であり、輸送需要が伸びれば車両だけでなく運転手も同じ人数だけ必要になり、抜本的な省力化が困難である。さらに、最近のニーズの多様化に対応するために、きめ細かいサービスを拡充してきており、この点もより一層の労働力を必要としてきている。

(2) 請負業務が中心

運輸サービスの多くは、企業活動と深く結びついており、景気に非常に左右されやすい体質である。この数年の内需指導型の経済成長は、国内貨物輸送量の伸び率を実質GNPの伸び率を上回らせた。これは、前回の景気拡張期（昭和58、59年度）以前の傾向と異なっている。これは、内需の方が国内配送等の国内輸送を誘発する割合が大きいこともあるが、産業全体への波及効果が高いといえる。

このように他産業の影響を受けやすい体質から逃れるため、一般消費者対象の宅配便などへとサービスを拡げているが、業界内の系列化も含めて請負的性格は依然強いものがある。

(3) 中小企業が大半

車両台数で規模を判定すると、100台以上の車両を保有しているのは、会社数で1.8%しかなく、500

台以上となると同0.1%しかない。また、従業員で判定すると、100人以上の会社数は3%、1000人以上となると0.1%しかない。

このように、中小企業が業界の大半を占めることから、下請け的要素が強いため、時間外労働などの増加などにより、離職率も高くより一層の労働力不足を招いている。

2.3.3 AIの潜在的利用可能性

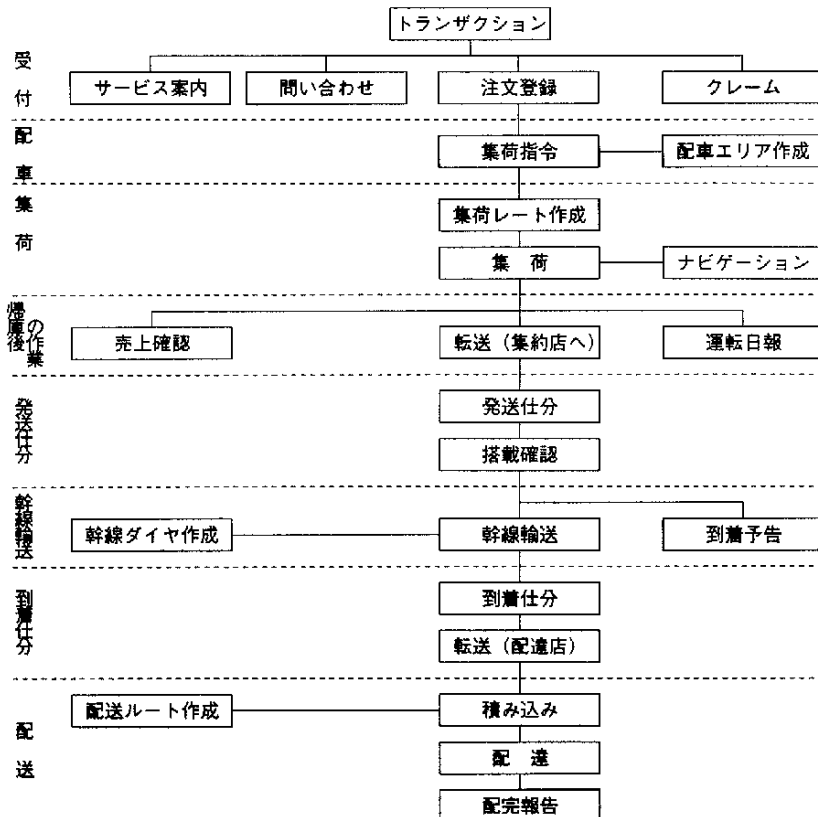
(1) 典型的業務のフロー

運輸業界の典型的業務フローと、大手トラック業者へのヒアリングの中でのAI利用可能性についてまとめた（図表II-2-10、11）。

(2) 運輸業でのAI利用の現状

大手トラック業者にヒアリングした結果、現時点でAI利用の実用例はほとんどなく、また、具体的にAI利用を計画している企業もないようである。しか

図表II-2-10 運輸業の業務フロー



しながら、運輸業界においては、業態変革を模索している企業が多く、AIに関しても、その一手段にならないかという期待がかけられている。

AI利用の方向性としては、すべての問題に適用できるとは考えておらず、専門的な問題に特化して利用していく考え方が多いようである。すなわち、始めから大規模なシステムとして計画するのではなく、小規模なシステムを構築し、それを発展させて標準化し、全社的に利用していく考えである。

(3) 運輸業界でのAI利用例

専門誌等で発表されているAI利用の実例は、数えるほどであるが、その代表例を紹介することにする。

①航空ダイヤ編成システム [日経AI 89夏]

A社では、航空ダイヤ編成システム「ASKA (Aircraft Scheduling system by Knowledge engineering of A)」を1988年から本格稼働させている。

ASKAは航空会社のフライト・スケジュール作成を支援する計画型エキスパートシステムである。対話型で作業を支援するCADシステムと連動して、運行スケジュールや乗務員の乗務パターンを自動作

成する。ASKAは、航空ダイヤの組み合わせを約5万行のLispで作成してある。

②航空運行乗務員スケジュール編成システム

[日経AI 90春]

B社では、運行乗務員スケジュール編成システム「COSMOS (Clue Operation & Schedule Management Online System) / AI」を1990年から運用開始している。

COSMOS / AIの目的は、機長・副操縦士・航空機関士の1ヶ月分の運行スケジュールを作成することである。同システムは、ルール数3万、フレーム数3千、開発言語であるLispのプログラム・ステップ数20万という、計画型エキスパートシステムである。

③その他 (試作システムを含む)

コンテナ輸送管理システム、鉄道車両故障処置支援システム、航空機の荷物積み付け支援システム等いくつかのAI利用のシステムが作られている。

(4) 運輸業でのAI利用の可能性

運輸業、特にトラック運送業におけるAI利用の可能性を、大手トラック業者のヒアリングの中から、探って見ることにする。

①配送計画作成システム

(エキスパートシステム)

顧客からの受注情報から配送計画を作成する試みは、古くから行われている。米国においては、商品化されているものもあるが、多くは配車係のシミュレーション計算を、対話型でサポートするタイプのもので、AI利用になっているものは少ないようである。しかしながら、従来のレポート形式のインタフェースから、地図情報DBを利用したグラフィック形式のインタフェースを持つものへと変化してきており、操作性の向上の面では目をみはるものがある。

AI利用の試みは、すでに数社で試みられているが、日本の交通事情や住所

図表 II-2-11 典型的業務フローとAI利用の可能性

業務名	業務内容	AI支援の内容	具体的なAI利用例
営業	受注受付 サービス案内 貨物の問い合わせ 苦情	専門家不足 ノウハウの共有	電話による自動受付
配車	配車エリア・ルート 作成 集荷指令	人手不足 専門家不足 ノウハウの共有	MCA無線と連動の集荷指令システム
集荷	ナビゲーション 集荷作業	人手不足 人員削減	車両測位システム
帰庫後の作業	売上計上 転送 (集荷センターへの輸送) 運転日報作成	人手不足	車両の自動診断
発送仕分け	発送仕分け 搭載確認	人手不足 人員削減	文字認識技術と自動仕分け機の連動
幹線輸送	ダイヤ作成 幹線輸送 到着予告	専門家不足 ノウハウ共有	ダイヤ作成
到着	到着仕分け 転送 (集配センターから配達店への輸送)	人手不足 人員削減	文字認識技術と自動仕分け機の連動
配達	積み付け 配達 配達完了報告	人手不足 人員削減	形状認識技術と自動積み込み装置の連動 配達ルートの作成

の複雑さもあり、実用化までには、まだ時間がかかりそうである。図表II-2-12に配送計画の簡単な手順をのせる。

②通関情報サービス（エキスパートシステム）

国際化が進展している現在、輸出入の問題は、一部の業者だけのものではなくなっている。国際宅配便が普及し、個人でも海外の商品を通信販売で輸入することは、珍しくなくなっている。しかしながら、国際間の取引は小なりといえども、貿易に当たるわけであるから、いろいろなトラブルが発生しているのが現実である。このような諸問題を、荷物の受付時に解決しようと試みているのが、通関情報システムでのAI利用である。

外国にいる家族や知人に、日本の品物を送ってあげたいと思うのが人情である。ところがいざ、海外に品物を送ろうとすると、いろいろやっかいな事項が多すぎる。例えば、インボイスの問題がある。インボイスには、送る物の商品内容と価格を記載しなければならないが、もちろん英語で記入しなければいけない。海外の住所を書くのに精一杯の人に、商品名を書かせること自体に無理があるし、地方独特の固有名詞を英訳することは、かなり馴れた人でも難しいものである。

現在、試作中のシステムでは、自然言語処理にAI利用を考えており、「みかん」と入力すると「果実」と変換して、DB検索を行ったり、新しくDBに記憶する学習機能を持たせようとしている。

③作業教育（知的CAI）

運輸業における作業教育は、OJT中心のものであり、高度化したPOSターミナルの操作方法などを含めると、ますます長期化する方向にある。教育はOJT中心であるために、教育中はベテランの運転手がマンツーマンでつかなければならないが、新人が多くなると作業効率が非常に落ちてしまう。また、教官（先輩）により、質・内容が異なりひどい場合には、教育が実施されないこともある。さらに、夏・冬の繁忙期には、大量のパート、アルバイトがオペレー

図表II-2-12 配送計画の手順

第1ステップ（データ・ルールの獲得）

- ①受注ファイルより注文データもらう
- ②受注内容の確認・修正
- ③稼働可能な車量を指定
- ④制限事項（配送距離・時間）の指定

第2ステップ（推論）

- ①注文を作業単位に分割
- ②輸送コストを最小にするように、注文を作業単位に割り当てる
- ③複数の作業単位を組立て全体計画へ
- ④終了後、運転手の割当を行う

ションを行うため、短期間での教育が必要になる。

現在、コンピュータを利用した教育システムを利用している運輸会社があるが、その欠点として、①高齢者の利用が困難である、②学習レベルに合わせた作業教育ができない、などの問題点があげられる。このような、欠点を知的CAI技術で補完できれば、熟練運転手不足で悩んでいる運輸業界にとっては、福音となると思われる。

④ナビゲーションシステム（人工知能車）

大都市における車両の混雑や、配達先の不在率の増加を考えると、集荷時の最適車両の選択やナビゲーションシステムの整備は、これからの運輸業に不可欠なものと考えられる。

現在、宅配便会社やタクシー会社では業務用無線、またはMCA無線等を利用して配車業務を行っているが、その実態は地域単位に車両を割り付けたり、早く応答した車両を配車するシステムになっている。実際に最適な車両が配車されているかの評価はされていない。需要と供給のアンバランスから、利用者は何時間も待たされるケースを見ると何らかのAI利用によるシステムの改善が必要である。

この問題でネックとなるのが、現時点で車両がどこを走行しているか、リアルタイムに把握する点である。これを解決すると考えられるのが、衛星通信を利用した移動体通信である。米国ではすでに商用化されており、日本でも実験の段階に入っている。一方、運輸省も移動体通信を計画している。平成9年度中に「運輸省多目的衛星」を打ち上げる計画で

ある。この衛星には、気象・海象観測、航空管制、搜索救助、航空・海上・陸上移動体通信、測位の諸機能を持たせようとしている。

これらの試みに対応させて車両を、ナビゲーションシステムや車間距離を検知して危険を知らせる安全技術を組み込んだ人工知能車にすることにより、輸送効率の向上と運転手の作業を軽減させ、運輸業を魅力ある職場にすることが重要である。

2.3.4 AIによる新サービス

大手トラック業者での、ヒアリングでは具体的な新サービスの計画を聞くことができなかったが、運輸業界の課題から新サービスの方向性を検討することにする。

(1) 運輸業におけるサービスの現状

運輸業におけるサービスとは、いかに、早く・安く・安全に荷主の商品を届けるかということであったが、最近、JIT（Just In Time）物流の傾向が強まり、何時に到着するかの子報システムや、何時に届けたのかを知らせる到着案内サービス等の情報サービスにまで、そのサービス分野が広がってきた。

しかしながら、消費者が運輸業のサービスを受けようすると、宅配便などの一部のサービスを除くと、料金が不明瞭であったり、いつ商品が届くか分からなかったり、良いサービスを提供しているとは言い難いのが現実である。運輸業はサービス業であるという認識を早く徹底しなければ競争に生き残れない。

(2) AI利用による新サービスセンター構想

旅行業では総合案内窓口にいけば、旅行に関する

すべてのサービスを受け付けているが、運輸業では、航空便を利用しようとする、航空貨物の取扱営業所に、引越しなら引越しの営業所というように、従来の免許行政どおりの営業所に行かなければならない。このため、受けようとするサービスを利用者が決めなければならず、サービス品目が多様化してきた現在、最適なサービスを受けるためにユーザーはかなりの知識を要求される。特に、海外に品物を送ったり、大きな貨物を送るような場合はやっかいである。例えば、レジャーに使うカヌーを別荘まで送る場合を想定してほしい。縦・横・高さ・重量から、梱包の方法まで指定されてしまい、またいつ着くかも保証されないし、料金もすぐには計算されないであろう。

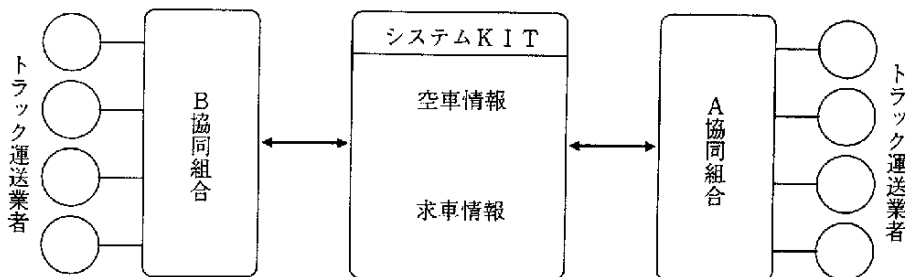
このようなニーズに対して、総合貨物サービスセンターが考えられる。例えば、消費者は、送りたい品物と概算のサイズ・重量をパソコン通信を通じてアクセスしてくれば、センターシステムで最適輸送手段・ルート・期間・運賃等を自動的に推論し、回答する。運輸業サイドでも、ベテランのサービス員が不要になるし、利用者サイドも気兼ねなく、利用できる。また、音声認識技術が発達してくれば、電話による応答が可能になり、高齢者でも違和感なく利用できるだろう。

2.3.5 運輸業界のAI利用ビジョン

運輸白書によると、運輸業の取り組むべき課題として、

①魅力ある職場づくり、

図表II-2-13 「システムKIT」のイメージ



②高齢者と女子の活用、

③効率化・省力化の推進、

の3点があげられるが、これらの改善はどれも困難な課題である。運輸業の職場環境は3K問題を筆頭に、一部の企業を除くと、魅力ある職場と呼ぶには程遠いものである。これには施設の問題も大きな問題であるが、作業そのものの機械化・自動化が他の産業に比べるとかなり遅れている。運輸業が請負的性格が強く、作業の標準化が困難であるという面もあるが、荷主側との一貫した作業・情報体制を推進し、荷主側とのパートナーシップを確立することにより、従来の力関係ではなく、正しいコストの把握によるビジネス展開が必要である。この点を解決しなければ、需要と供給のアンバランスから、物流コストの引き上げだけでなく、経済成長の制約要因にまでなりかねない。

(1) オープンシステムの実現

情報システムの世界ではオープン化が叫ばれているが、現在作られている情報システムの多くはハードウェア別に作成されポータビリティが欠けているものがほとんどであり、ソフトウェアの流通面から見てもマーケット自体を小さなものとしている。運輸業界においても、今後の対応として物流の共同化、作業の標準化による効率向上が大きな課題であり、これをサポートする情報システムにおいても、製造業-物流業-流通業間の一貫したネットワーク体制を作り、市場の拡大を図り、効率的な輸送を行うことが必要である。

現在、実用化されている運輸業のAIシステムの多くは付加価値の高い航空事業に関するものであり、次いで鉄道事業などの基盤事業のものが続いている。このよう

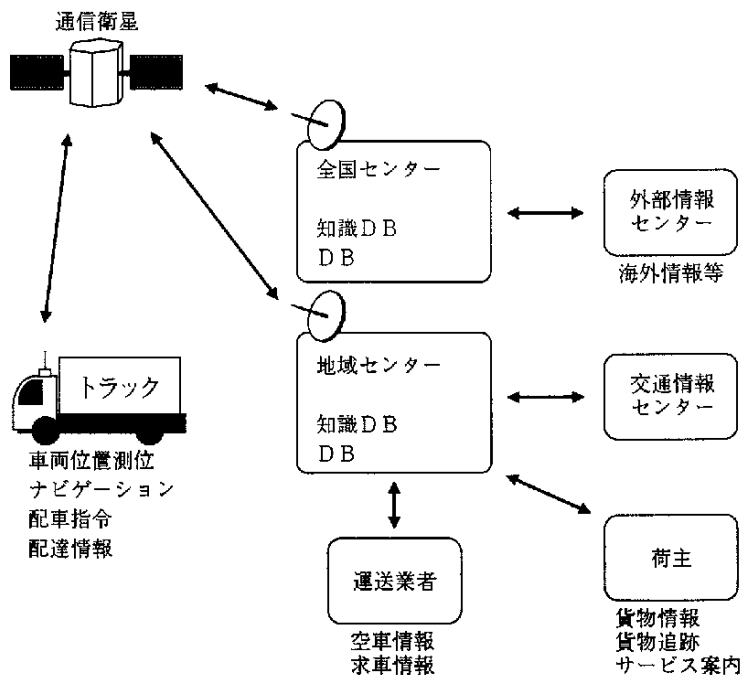
な業態のなかで、AI利用を考えると小規模なAI利用のシステムの実績を積み重ね、現場業務（エンドユーザ）の使用に耐えるように操作性の向上を行い、それを商品化し広く普及する必要がある。このため、オープンシステムの基盤の上にAIシステムを構築していく動きが活発化してこよう。

(2) 共同利用センター構想〔流通設計90・12〕

現在、トラック運送業者の全国団体である全日本トラック協会と共同組合の集まりである日本貨物運送共同組合連合会が小規模のトラック事業者の構造改善を目的に、システム「KIT」と呼ぶ情報網の試験運用を始めている。このシステムでは空車情報、求車情報を電子掲示板に掲示して、トラックの運用効率の向上を目的としている。現状では空車と求車のアンバランスの問題があるが、運輸業の将来ビジョンとしては、たいへん興味ある取り組みである（図表Ⅱ-2-13）。

この共同情報網を押し進めて、トラック業者だけのクローズしたシステムではなく、荷主や外部の情報

図表Ⅱ-2-14 運輸業における協同利用情報センターイメージ



報提供者ともネットワーク化された共同利用情報センター構想が考えられている。

この構想では、全国規模での情報交換と地域別の情報交換の機能を分散化し、地域の交通情報センターと情報交換を行うことにより、現時点での最適なナビゲーションや配送計画を行うことを可能にしている。また、荷主側としても運輸業者とネットワーク化されているために、貨物情報や空車情報を直接確認できるため、最適な輸送計画の作成、自社貨物の追跡等が容易になる。また、運送情報をEDI化することにより、事務の省力化を図れるため、産業界全体のメリットも大きい。

このシステムの中で誰でもが使えるように、AI技術をファームウェア化していく部分と、他社との差別化にAI技術を利用し、戦略的情報システムへと展開していく部分に別れていくだろう（図表Ⅱ-2-14）。

<参考文献>

〔運輸白書 H2〕平成2年度版 運輸白書、運輸省編
 〔日経AI 89夏〕日経AI別冊 1989夏号、日経BP社
 〔日経AI 90春〕日経AI別冊 1990春号、日経BP社
 〔流通設計 90・12〕流通設計 1990年12月号、輸送経済新聞社

2.4 流通業界

2.4.1 環境変化

流通業は消費者とのインタフェースであり、さまざまな環境変化の影響を直接受けることの多い変化の激しい産業である。また、さまざまな企業を結び付けて市場成果を得るネットワーク業という性格もあるため、産業社会の変化の影響も直接反映されざるを得ない。さらに、資本の回転が速く、相対的に参入障壁が低いことから、業態開発や新規の流通チャネル構築も活発であり、長期的な見通しを持ちにくい産業の一つである。

そのような流通業界において、現在強く意識されている外部環境の変化には、以下のようなものがあ

げられよう。

（1）社会の情報化

さまざまな企業（将来的には消費者まで）がネットワークを介して取引や情報交換を行うことになると、流通チャネルのリーダーシップをめぐる再編が活発になり、また機械可読型で取引データ等が残ることから、その処理能力が直接問われることになる。少なくとも、地域密着型流通業と全国の情報を持ったメーカーという情報の偏在を前提とした構図は崩れざるを得ないであろうし、限界費用の低い情報は効率的迂回を可能とすることから、情報を武器に既存の流通業を新たに結びつけていく流通ネットワークの新たなオルガナイザーも出現しつつある。

同じような業態で同じような商品を取り扱っていたとしても、その背後にあるシステムと流通インフラは着実に変化しつつあるのである。

（2）国際化

1985年9月のプラザ合意の時点で2割台であったわが国の製品輸入比率（輸入に占める製品の比率）は、現在では5割を越えている。この間の2倍近い円高は確実に市場を変えつつあるのであり、資本の調達や運用（多くの流通業は上場後、海外で資金調達している）など金融面の国際化に続いて、商品自体の海外調達（グローバル・マーチャントダイジング）だけでなくショッピングセンターなどのコンセプトや運用ノウハウや人材も含めて国際化が進行しつつある。売るべき製品自体が情報化して製品も売り方も変化しつつある中で、米国の「カテゴリー・キラー」（商品カテゴリーを絞りこんだ専門量販店）の日本進出など流通企業自体も国際化していくものと思われる。（日本の大手流通業は、東南アジアにすでにかなり進出しつつある。）

（3）高齢化

人口構成の成熟化は、流通業にとっては市場の変化というよりももっと直接的に人材の調達に影響する。流通業の多くは労働市場において限界的な存在であること、労働生産性が上がりにくいこと等から

例えば大手スーパーマーケットでは労働時間の6割、人数の8割程度をパートタイムに頼っている。これを支えた女性のM字型年齢別就労率と団塊の世代の主婦と学生アルバイトのいずれもが、今後どうなるか分からないのである。

1989年度の出生は120万人であった。これは1989年度の高卒進学者数に相当する。今後、これまでの高卒の就労者数に匹敵する労働力が徐々に消えていくのであり、流通業がその影響を最も受ける産業の一つであることは論を持たないであろう。中高年の活用、結婚退職者の再雇用等にとどまらず、労働生産性を上げるさまざまな試みがあらゆる手段を使ってなされていくであろう。

(4) サービス化と製品のソフト化

1世帯当たり人員が3.0人を切った今日、家計は効用そのもの（サービス）や加工済・ソフト負荷済の財（ソフト化製品）を求めざるを得ない。かつてのようにシンプルな財を家計内で多様に手を加えていた時代は過去のものとなった。このことは、流通業にとっては価格以外のさまざまな需給調整技術（マイクロ・マーケティング）がより重要になることを意味している。多様な製品をどのように消費者に提示するか、その調達と在庫管理は、そもそもどのような製品ラインを取り揃えるべきか、ピークロードをどのように平準化すべきか等々課題は尽きない。これらの膨大で専門的な意思決定を、流通業は何らかのシステム・ソリューションを中心として行わざるを得ないのである。

(5) 規制緩和

大店法の運用緩和だけでなく、金融や物流まで含めたデ・レギュレーションは、流通業にさまざまな事業機会を与えるだけでなく、流通業・金融業・物流業・サービス業といった分け方自体を無意味とするような業際的な競争を促進する。何らかの規制は障壁を発生させるが、それが撤廃・緩和されるときにより消費者利益につながる流通ネットワークを提案できるのは必ずしも既存流通業者とは限らないかも

しれない。このようなときに、自らの経験の少ない分野での経営資源はM&Aで調達する動きが当然考えられるが、それだけでなくさまざまなAIシステム等で専門家不足を補うことは十分に考えられよう。

2.4.2 業界の特徴

流通業界というのは一つの業界ではない。さまざまな業態によって、経営資源も抱えている課題も異なるだけでなく、流通チャネルの性格によって果たしている機能が異なるのである。例えば、自動車、家電製品など垂直的に系列化された流通チャネルでは、メーカーやその販売会社が流通機能の多くを担っている。機能を分析し、そこでのAIのフィージビリティを考察するとしたら、流通機能に着目する必要がある、流通企業はその一部を担っていると考えた方がよい。これを最もよく表現しているのはコンピュータメーカーの市場分類であり、そこでは「流通」は流通業だけでなく消費者パッケージ商品（Consumer Packaged Goods）のメーカーも含む概念となっている。

流通業の機能としては、図表Ⅱ-2-15の表側のように多様な意思決定とオペレーションを行っているが、最大の特徴は、それが単一企業のみで担われているのではなくさまざまな取引先との協働で達成されていることにある。継続的取引によって安定した成果を得るのが通常であるが、この部分が先に述べた環境変化によって再編を迫られているわけである。

その中で、すでに方向が明確になっているのは物流システムの部分であり、物流システムの合理化、生産から販売までの無在庫で柔軟な物流を実現するためのシステム・ソリューションという方向はすべての流通業にとって共通の課題となっている。

このような「効率化」が先行しているため、「効果」を狙った高度なシステムは現在までのところエピソード的に語られているにすぎない。その理由は、多くの流通企業において先に解決すべき課題があるからである。流通業の多くは急成長し、情報システムをつぎはぎで作ってきた。業務システムのシステ

ムインテグレーションが先行しなければ、「情報系」やAIなど高度なシステムによる効果も現実化しにくいのである。また、ヒアリング調査等によると、コンビニエンス・ストアなどでのフランチャイズ制度では、資本のつながりのない相手に対し統一したオペレーションを保証するため、受発注システムだけでなく商品情報や分析結果などを優れたユーザインタフェースで提供する情報系が欠かせないが、レギュラーチェーンでは社員であるため情報系よりも先に人間系のレベルアップの努力が必要であるとされている。

多くの流通業では、補充発注・配送・検品・値付・品出し・販売というマーチャンダイジングサイクルを正確に無駄なく回していくことができていないので、トータルなシステム化以前にこのオペレーションのレベルを上げ、次いでそれをシステム化し、統合し、それらの「あたりまえのこと」が十分できるようになってからAIなどに取り組みたいという意向のようである。

もちろん、知的システムによって当初から高レベルなシステムを導入していくことも理論的にはあり得るが、流通業にとってはそれらの効果も実績も見えない段階で踏み切るわけにはいかないのであろう。現に、自動発注などを真っ先に手がけたところは「失敗している」と認識されているのである。

量販小売業に限定していえば、少ない人員と多様・多量の業務、そこに持込まれたEDIとPOSシステムによる混乱、データ洪水のなかで基幹的な業務システムの再構築と統合——というあたりが現状であり、課題であろう。したがって、AIをトータルに検討している部門は存在しないといえる。

また、業務が多様であるということは、潜在的にはAIのフロンティアも広いということでもあり、図表Ⅱ-2-15に見るようにさまざまなレベルでの知的なコンピュータ支援が考えられる。流通業がカードを発行すれば与信管理等でカード会社と同じ課題をかかえるし、出店計画があればデベロッパーと同じ課

題を、物流拠点を持てば物流業と同じ課題をかかえるわけである。部分的にせよAI化すべき領域は多いこともこの業界の特徴である。

また、メーカーや卸売業の営業部門も、流通機能の多くを担っている。資金流・情報流・商流（取引の流れ）に関して、彼らの果たしている役割は大きい。現在、コンサルティングセールスを伴う営業マンの多くがハンドヘルドパソコン、無線パソコン等を持たされつつあるが、この傾向はあらゆる営業部門に拡大するものと思われる。営業システムの生産性を上げ、質的にもレベルアップしていく途は、情報の共有化とリアルタイム化、優れたノウハウ等知識の共有化、それらを内蔵した機器による営業支援という方向にしかないからである。

社内情報とするための営業用データ端末としてだけでなく、取引先の経営分析から売場提案、情報提供、プレゼンテーションマシンとして携帯パソコンは位置づけられてくるであろう。これもそのかなりの部分がAI的でなければならぬと思われる。優秀な営業マンが属人的に行っていた提案やサービスの中で、コンピュータに置き換え可能な部分は置き換えて組織知能を向上させるということである。

このように、AI市場という観点からみると、多様で幅広いAIニーズがありながら、優先順位づけや位置づけ自体がなされていないためにAI化が遅れ、予算的にも考慮されていないというのがこの業界の特徴であるといえよう。また、地域的に拠点が分散しているだけでなく、資本的にも別の組織でも情報の共有化や活用が必要となることから、ネットワークDSS、ネットワークエキスパートシステムといった面も必要とされるのがこの業界である。さらに付言すれば、資本回転が速く、短期的な意思決定が多いため、長期的なシステム投資ができにくかったのも特徴であったが、この点を改めつつある企業がいくつか出てきている。

2.4.3 AIの潜在的利用可能性

図表Ⅱ-2-15の業務上の意思決定の流れに沿ってみ

図表II-2-15 流通業におけるAIニーズ

判断：意志決定の局面		Q1.作業実態				Q4.AI技術の助けが必要か												
		・人手のみ		・何らかのコンピュータ支援あり		・必要なし		・必要あり					Q6.何故必要ですか					
								Q5.人間のどの部分の支援ですか										
		Q2.コンピュータ支援必要		Q3.何か問題がある				知識による判断	目による判断	音による判断	言葉による判断	その他の感覚	器官による判断	人手不足	人員削減	専門課不足	ノウハウの共有	教育・育成
		あり ↓ Q4へ	なし	あり ↓ Q4へ	なし													
製品計画 (商品)	戦略策定		○															
	戦略的製品計画		○															
感性 (本部)	研究開発	○					○	○								○	○	○
	製品アイデア	○					○	○				○				○	○	
業態計画 実態→生活態 (本部)	ブランド策定	○					○	○								○	○	
	情報収集・評価	○					○							○		○		
市場調査 (本部)	コンセプト作成	○					○									○		
	テスト店出店	○					○									○		
市場調査 (本部)	損益評価			○			○									○		
	文献・資料検索	○					○	○						○		○	○	
市場調査 (本部)	一次データ収集			○			○	○		○				○		○	○	
	データ分析・報告			○			○									○	○	○
市場導入計画 (本部)	市場実験			○			○							○		○	○	
	内部情報の活用			○			○							○			○	○
出店政策 出店スペース (本部)	新製品予測	○					○	○								○	○	
	追跡と製品修正			○			○									○	○	
チャネル管理 メーカーの チャンネルコントロール (本部)	市場反応の分析			○			○	○								○	○	
	目標設定			○			○									○		
物的流通 (本部)	予算分配			○			○									○	○	
	エリア分析・立地モデル				○													
チャネル管理 メーカーの チャンネルコントロール (本部)	店舗設計				○													
	診断・経営分析				○													
物的流通 (本部)	チャネル選択		○															
	流通計画		○															
販売政策 (本部)	生販計画(商販)		○															
	契約管理				○													
販売政策 (本部)	リポート等の管理				○													
	施設計画	○					○	○								○		○
販売政策 (本部)	輸送計画			○			○							○		○	○	○
	保管・荷役管理			○			○							○				○
販売政策 (本部)	包装	○						○				○	○					
	加工			○				○				○	○					
販売政策 (本部)	情報伝達				○													
	市場動向分析				○													
販売政策 (本部)	顧客分析			○			○									○	○	○
	7071747474・生産性分析			○			○	○						○		○	○	○
販売政策 (本部)	改装計画			○			○	○								○		

図表II-2-15 流通業におけるAIニーズ（つづき）

判断：意志決定の局面		Q1.作業実態				Q4.AI技術の助けが必要か													
		・人手のみ		・何らかのコンピュータ支援あり		・必要なし		・必要あり								Q6.何故必要ですか			
		Q2.コンピュータ支援必要		Q3.何か問題がある				Q5.人間のどの部分の支援ですか											
		あり ↓ Q4へ	なし	あり ↓ Q4へ	なし			知識による判断	目による判断	音による判断	言葉による判断	その他の感覚	器官による判断	人手不足	人員削減	専門課不足	ノウハウの共有	教育・育成	
販売計画 メーカーの戦略	新商品導入				○														
	売場コンセプト		○																
	マーチャндаイジング		○																
	棚割計画	○					○	○						○		○	○	○	
(本部・店舗)	特売計画			○			○							○			○	○	
広告	コミュニケーション計画		?																
	媒体計画	○					○							○		○	○	○	
	表現計画	○						○	○	○				○		○	○	○	
	効果測定			○			○							○		○	○		
販売促進 チラシ効果？	パブリシティ（広報）		?																
	セールスプロモーション計画			○				○						○				○	
	S P実施管理	○						○				○		○					
	広告計画			○			○							○				○	
顧客情報管理	取引先情報の収集			○			○									○	○	○	
	与信管理			○			○									○	○	○	
	データベース管理			○			○									○			
	分析・活用			○			○						○		○	○	○		
販売拠点(店舗・営業所等)の管理 (店舗)	人員スケジューリング			○			○								○				
	生産性分析・評価			○			○								○	○	○	○	
	施設の管理			○			○	○				○		○	○				
人的販売	セールスマン管理		○																
	行動管理		○			○													
	分析・評価			○			○							○			○		
	教育	○					○							○		○		○	
(店舗)	セールスエンジニア管理		○																
販売活動	在庫・発注			○			○	○				○	○	○				○	
	検品・納品			○			○	○						○					
	加工・仕分	○												○					
	陳列・値付			○									○	○					
	販売			○			○	○	○	○		○	○						
	処分・返品				○														
	請求・回収				○														
	債権管理				○														
(店舗)																			
価格 (本部)	価格決定			○															
	取引条件			○															
	契約管理																		
アフターサービス (本部)	巡回・点検（配車管理）			○			○							○					
	修理・補充				○														
	サブライ				○														
	保証・クレーム処理				○														

ていこう。

(1) 製品計画、業態計画、市場調査など長期的なプランニングの局面のほとんどすべてで、専門家不足のため知識による判断を支援したいという潜在的ニーズがある。この領域においては現在までに次のようなAIシステムのプロトタイプが開発されている。

- ・画像DBを含むマルチメディア検索システム
- ・POSデータから報告書を自動作成するシステム
- ・出店計画のシュミレーションシステム

(単に引力モデルを動かすだけでなく、改装や競合店販促も加味して)

- ・自由回答のアンケートを自動的にコーディングするシステム
- ・対話式アンケート調査機器において、回答パターンにより自動的に質問項目を調整するシステム(ポジショニング分析、コンジョイント分析、AHPなど)

この領域での意思決定は要因が多く、定性的な変数も多いことから、経営科学的なモデルを採用する以前に、①大量の数量データを要約するシステム、②マルチメディアデータベースを知的に管理するシステム、③外部データベース等でのサーチャーにあたる機能のシステム化—など、外部・内部の情報・データと意思決定者とのインタフェースを改善することがAIに期待されている。④次いで、このレベルの意思決定は共同作業や会議が多いことから、会議支援システムをはじめとしたCSCWの具体化が期待される。

(2) 市場導入計画・チャネル管理の領域では、AIのイメージは不明確となる。この領域は、製品を変えて反復される領域であり、過去のデータと現在のデータをもとに、予算配分などの決定を行うという「モデル」の領域である。テストマーケティングモデル、新製品予測モデルなど、数量的なモデルが米国では通常業務として使用されているが、日本ではほとんど使われていない。この領域においてAIに

期待されるのは、それらモデルのインタフェースの役割であろう。データとモデルのハンドリングには多くの専門的知識が必要であるが、日本の流通業にはほとんどそのような専門家はいない。「AI化したモデル」でなければ普及が困難であるともいえるのである。

また、規範的なモデル化が困難な部分も少なくないことから、例えばブランド別の売価と陳列とチラシ広告のパターンから特売の成果をニューラルネットワークで予測する試み等も始まっている。

(3) 物流の領域では、人手不足から包装・加工といった部分で目や手を支援することが期待されている。特に生鮮食品等では画像認識に基づいた商品管理が考えられるが、まだ応用例はないと思われる。

(4) 販売政策・販売計画では、売場スペースを商品に割り当てたり、消費者行動に合ったゾーニングとレイアウトに商品群を対応させたりといったデータ分析結果の具体化が行われる。このような数字と判断が対応している領域ではAI化が行われやすく、以下のようなシステムがすでに作成されている。

- ・フロアレイアウト検討・作成システム(知的CAD)
- ・売場生産性、商品カテゴリー生産性分析・診断システム
- ・プラングラム(スキマティック、棚割計画のこと)作成システム
- ・売上予測システム

この中で、プラングラム作成システムは広く普及しているが、(主としてメーカーが非価格競争手段として開発・導入した)小売業で日常的に使用されているところは少ないが、米国ではほとんどすべての量販小売業で何らかの形で使われているのを見ても今後の普及が期待される。

(5) 広告・販売促進の領域では、流通業者だけでなくCPGメーカーまでプランニングを広告代理店に依存してきたが、効果測定を自ら手がけ、主体的にプランニングしたいという意向はどこも持ってい

る。ここでも、広告モデル、販売促進効果モデルなど、モデルの問題になり、データベースとMDSS（マーケティング意思決定支援システム）を持つ広告代理店が最適媒体選択、出稿計画作成等を行ってきた。流通業では、POSデータなどによって効果測定をする試みが始まっている。

販売促進（SP）では大手代理店が存在しないこと、売上げと直接関連することからSP手段について何らかの反応関数を推定し、予算配分や計画修正に役立てることを経験的に自社で行っている。この部分では以下のようなシステムが作られてきた。

- ・エンド陳列（特別陳列）計画作成システム
- ・SP向き商品ミックスの作成支援システム
- ・売価決定支援システム
- ・（地域小売間競争での競合店売価も入力して）
SPによる競争を支援するシステム

広告表現など質的な部分も徐々にシステム化されるであろうが、流通業としてはそれよりもSPの計画と実施をシステムで解決したいという要求を持っており、今後が期待される。

（6）顧客情報管理では、基本的なデータベースマーケティング（過去の購買履歴に基づいて将来の購買確率を予測し、アクションをかける）がほとんどの流通業で実現していないことから、先のSIの一つの課題となっている。システム化の集中投資の一つの領域でもあるので、AIはそのインタフェースとして当面位置づけられるであろう。与信管理など、流通業が金融機能の一部に進出すれば金融業のノウハウとエキスパートシステムが必要になるのはもちろんであるが。

（7）販売拠点管理でAI化の可能性の高いのは、機器などの情報のアラームへの変換（モニタリング専任者が不在であり、無人時も含め、専門管理者へ連絡するシステムが必要である）とワークスケジュールのシステム化である。流通業では従業員の勤怠管理等が重要であるため（時間、雇用形態が多様）、カードをいち早く採用するなどこの領域で

は比較的受け入れられやすい。ワークスケジュールはORでも易しくない領域であり、実用的なシステムが期待される。

一部のチェーンストアやコンビニエンスストアではあるが、上述の二つのシステムは実用的に使われている。

（8）人的販売、販売活動では、作業支援環境をシステム上どう作るかという点が期待されており、量販小売業では発注支援システムが最大の課題となっている。自動発注システム、半自動発注システム、発注端末に商品情報等を表示するシステム等々が試みられている。これらは業種別にまったく異なってくるのはもちろんであるが、オペレーション時に情報提供する仕組みは、帳票やユーザインタフェースのメンタルモデルなど基礎研究が必要と思われる。発注だけでなく、仕分けや品出し、陳列など多くの店内作業はIE的検討すらほとんどなされていない中で人手不足に直面しており、何らかのSA（ストア・オートメーション）システムに組み込まれてAIは使われていくと思われる。

また、チェーンストアでは人材教育も大きな課題であり、教育支援系でもAI化が考えられるものが少なくない。ただし流通業は本来的に「ハイタッチ」を重視するので、マルチメディアの活用などが前提となろう。将来的には、消費者との接客業務にはさまざまな相談型エキスパートシステムが可能であることから、潜在的にニーズが最も大きい領域である。

以上のように、流通業の機能の多くはシステムに依存するようになっており、その一部のAI化や、AIによるシステム化領域の拡大が期待できる。その中で、早急にAI支援が求められるのは（4）、（6）、（7）、（8）といった管理的、業務的意思決定やオペレーションの部分であろう。

流通業はEDI化、POS化によって単品管理が中心となりつつある。データとしては、図表Ⅱ-2-16の表側のすべてのレベルでデータが存在するのである。そのデータ資源をどのように活用するかという点

で、帳票に加工すればあとは人間系に委ねるという現状から、人間系の知識の一部もシステム側で引き受ける図表II-2-16のようなAI的ツールへと、徐々に移行すると思われる。専門家不足と人手不足が流通業の常であるからである。

2.4.4 AIによる新サービス

数年前まで、米国のシアーズ社（当時世界最大の小売業）は流通企業リストラクチャリングの一つのモデルであった。自社ブランド中心の独自マーチャンダイジングによる店舗運営に加えて、金融、保険、車関連サービス等サービス販売を幅広く手がけ、利益の半分近くをそこから得ていた。（今日ではかなり問題を抱えている。）

このように、流通業の多くは店舗小売業であり、何らかの「拠点」の必要な対顧客サービス業へは進出可能である。金融業、保険業は対顧客で訪問販売が中心であるが、それは流通業に少ない。この「拠点型サービス販売」が比較優位を持つすべてのサービスに、流通業は進出することができる。拠点（店舗）数を誇るコンビニエンスストアが、POSシステムを活用して電気料金の収受やカタログ販売を始め

たが、旅行代理店、チケットショップ、レンタルの取継など、各種サービス販売に乗り出すのは時間の問題であろう。

そこにおいて、パート労働を中心とした流通業はそれら専門サービスを教育や訓練をベースとして販売することは困難であり、基本的にはシステムに依存するしかない。ユーザインタフェース、ヘルプ機能、付帯情報サービス、提案機能など、そのシステムはAI的であればあるほど効果が期待できる。また、接客技術、コンサルティング技術、陳列の提案技術をエキスパートシステム等で補えば、他業種でも流通業の機能を取り込んでいくことも可能である。ギフト提案システム、AIソムリエなど実用化されているものも少なくない。

これらは一例である。今後の対顧客サービス（小売業は小売サービスを付加する産業である）向上や新規サービスの多くを人手の問題からシステムに依存せざるを得ないのが流通業であり、AI的システムの役割は極めて大きいと言わざるを得ない。相談係エキスパートシステム一つをとってみても顧客窓口の数だけ可能なのである。

図表II-2-16 流通業務と支援システム

ソフト化レベル データレベル	診断 (問題の発見)	分析 (解の発見)	提案 (回答の作成)	運用 (業務化)
業 態	コンセプト評価	立地シミュレーション		
出 店		エリア分析	店舗設計	経営分析
販売政策	生産性分析 顧客分析	レイアウト分析	改装計画	
M D	データ要約システム (カバーストーリー)			MDアセスメントシステム プランogramシミュレーション
S P	カテゴリー診断 サブカテゴリー診断			アイテム・ツール選択・シミュレーション SP計画
店 舗	店舗診断・改装提案			LSP (作業割当て)
フロア	カテゴリーP/L			
ゾ ー ン				
売 場	売場診断		プランogram	発注支援
特設売場	エンド診断	エンド作成		
カテゴリー				MDアセスメント
ブランド・アイテム	ブランド診断	実価ミックス作成	SP計画	MDサイクルの単品管理

2.4.5 流通業界のAI利用ビジョン

そのように可能性を秘めた流通業におけるAIであるが、取り組みは活発ではない。システムインテグレーション(SI)を先行させざるを得ないからである。

そこでまず必要となるのは、米国のような業種別SIサービスである。流通業は他業種よりもコンサルティングに慣れているだけでなく、パッケージの一括導入も多く、情報システムの外注率も高く、外部サービスを受け入れる体質がある。

SIサービス会社(会計事務所であれ、ソフトハウスであれ、ハードメーカーであれ)が、流通業の個別業務について専門的知識を獲得しSIパッケージを構築できる力をつけた時、流通業は大きな市場となるだけでなく、その多くがAI的にならざるを得ないと思われる。

また、中小小売業を中心にして、発注や店舗運営などで業務代行サービスが定着しつつあるが、AIを利用した高度な代行サービス業が出現すればさらに分担関係が明確となろう。

普及自体を目的とした場合、「市場」を使った方が時間的には速い。パッケージメディアがネットワークメディアに先行するのと同じ理由である。数の多い流通業に対しては、単機能、専用機を安価に提供することで普及が可能である。例えば、天気予報を入力すると客数や売上予測ができるソフトが売れているが、同じようにワークスケジューリング(LSP: Labour Scheduling Programと呼ばれる)やプラノグラムや売価決定や特売商品選択など目的を絞ったAIの専用ソフトが出れば普及すると思われる。

流通業におけるAIビジョンを考える時、流通業をフィールドとした知識やノウハウを実験し、システム化するための場がほとんどないことが常にネックになる。大手流通業以外はAIとはほとんど遠い現状で、コンピュータメーカーやソフトハウスは流通業の実情とノウハウを持たず、誰も推進主体がないのである。高度なサービスを安価に提供するために流通業のAI化は避けて通れない課題であり、そのため

の推進主体として業種別専門SI会社の育成などの手段や、パッケージ化されたAI商品の販売など、これまでのAI市場とは異なる対応が求められているのである。

3 産業社会におけるAI利用ビジョン

3.1 産業界が直面する環境変化とAIへの期待

産業界が直面している問題のうち、AI技術の適用が積極的にその解消につながるとされる環境変化を、産業界が重視していると思われる順に論じてみる。

3.1.1 労働環境の変化

産業界全体に人手不足が根強く意識されている。その原因としては、まず、人口構成比率の変化による高齢化社会の到来があげられる。これによる労働力の不足は慢性的なもので、どの業種も避けて通れない。特に若者の不足から、新しい分野の専門家の不足が深刻化すると考えられる。次いで、労働時間の短縮化とそれによる新しいサービス需要の発生からの人手不足が考えられる。これらは、3K(きつい、汚い、危険)業種からの若者離れを生み、業種による極端なアンバランスが見られるようになる。現在の若年労働層に見られるこの傾向は、近年の好景気を背景に顕在化したが、慢性的労働力不足を背景に今後も続くと考えられる。

これらの原因による人手不足に対し、従来から行われていた機械化による省力化がさらに押し進められる傾向がある。一層の機械化推進のためには機械のインテリジェンス化が必要で、AIに期待が寄せられている。その他、AIに関連する人手不足対策として、女性、高齢者、外国人の労働力の活用が考えられている。これらの労働力活用のためには職場環境の整備が必要であり、そのためAI技術による力仕事の軽減、ソフトなインタフェース等の職場環境の改

善に期待が寄せられている。

3.1.2 ニーズの多様化

消費者マインドの変化によるニーズの多様化は著しい。商品ライフサイクルの短縮に対応するため、製造においては、高付加価値製品へと主力製品がシフトし、多品種少量生産から変種変量受注生産へと向かわざるを得ない。流通においては、商品在庫を減らす努力が続けられてきており、これに対応すべく、運輸も、多頻度少量配送、JUST-IN-TIME物流などへの取り組みが行われてきている。

全体的にいえることは、経済活動のサイクルが加速してきているということである。スケール・メリット、スコープ・メリットからリンケージ・メリットへのシフトが起こっているともいえる。生産者が製品を製造し、運輸業者がそれを選び、流通業者が消費者に売るという基本的な流れがある（プロダクトアウト）が、注文生産になればこの流れにも順序の逆転が起こる（マーケットイン）。かつては、それぞれの内部で、大量生産や大量輸送、大量買い付けなどでコストダウンを図ってきた。また消費者の好みにいち早く適応するための多品種少量生産も実現してきた。局所的な最適化といってもいい。最近では、流れをできるだけ円滑に速くすることで、ライフサイクルの短縮に対応しながら在庫をなくしコストダウンを行うようになってきている。すなわち、リンケージ・メリットの追求である。このためには全体の流れを視野に納めておかねばならない。例えば流通業が、多頻度少量配送、ジャストインタイム物流などの実現を目指し、運輸業の部分にまで手を伸ばすなど、各業界が他業種の領域に相互浸透しつつあるのはそういう流れに沿ったものであると考えられる。さらに消費の好みも、感性的、マルチ的、創造的な方向に向かっている。

3.1.3 ボーダーレス化（国際化、業際化、学際化）

さまざまな局面でボーダーレス現象が発生している。人、物、金、情報は国境を越えて流通するようになり、その勢いは増大する一方である。業種の垣

根も曖昧なものとなり、従来異業種だと考えられてきた企業が参入することは珍しくない。メタ科学化の傾向は著しく、従来の学問的区分は意味をなさなくなり、学際的なトピックが重視されつつある。

このような現象は情報通信技術の発展に起因するものと考えられるが、さらなる発展が逆に現象面から求められている。特に言葉のインタフェース技術には期待が寄せられている。国際化による異言語間の翻訳問題のみならず、同一言語においても異分野間でのコミュニケーションには言葉のインタフェースの問題が発生する。AIはこのような問題を解決するための中心技術であると考えられる。

3.1.4 知識伝承の不安、情報社会の実現

長年にわたる経験と訓練によって得られた知識が、後継者がいないために消えてゆくことはよくある。人手不足などの影響により、今後も、深刻な専門家不足というこの傾向は続くものだと考えられる。そのため、世代を越えた知識伝承のための技術（知識の獲得、伝達、教育）が望まれる。これには知識ベースなどのAI技術が直接的に関連すると考えられる。

近年のGNPの伸びとエネルギー消費量の伸びとを観測してみると、その乖離が表面化し始めている。これは、情報がGNPの伸びを支えているためで、情報化社会の到来を裏付けるものと考えられている。この変化を加速するための技術として、AIが期待されつつある。

また一般的にも権力の源泉が、軍事力や経済力から知識力へとシフトしつつあることも指摘されてきている。

3.1.5 その他の変化

情報システム構築の社会基盤となる通信ネットワークは、世界的規模で合意された標準化に従って、現在着実にISDNとして整備されつつある。

またゴミ問題に象徴される環境保全や、大店法の運用緩和を初め流通・金融・物流などすべての業界にみられる規制緩和の波は、無視し得ない変化である。

さらにコンピュータの能力・信頼性の飛躍的向上やダウンサイジングを含め、技術の変化が及ぼす影響は極めて大きなものがある。

3.2 ニーズから見たAI利用の展開

各業界のヒアリングから今後望まれるAI像の整理を試みている。期待されるAIの傾向および実現性を明示するため、知識共有範囲と技術レベルの二つの観点から分類し、マトリクスに表現した。縦軸は、知識共有範囲を示し、スタンドアローンで活用される分散小規模システム、管理運用が一元化された大規模共有システムを広範囲の利用者が使用する場合、およびその中間に当たる中規模システムを中規模数のグループメンバーで共有する場合の三つに分類した。分散小規模システムは、ユーザによるチューニングが行われるEUC (End User Computing) が想定され、中規模システムは複数人の共同作業を円滑にするグループウェアが想定される。大規模共有システムは、分散と統合を実現するTIS (Total Information System) が想定される。横軸の技術レベルは従来技術、先端技術に2分類した。従来技術は文字どおり現存する技術の応用または延長線上で比較的近年中に実現できると思われるシステムを想定した。先端技術はシステムの中核的技術が未完成で、研究段階の技術を含むものである。実現のめども5年以上はかかり、国家的支援も正当化されるシステムを想定した。

整理の結果は(図表Ⅱ-2-17)のとおりである。1の欄には分散小規模システムで近年中に実現されると思われるシステムが並べられている。コストも500万円以下で手に入るものという前提である。例えば、ここにあげられている知的設計支援システムはCAD/CAMにAIを組み込んだもので仕様変更に伴う関連仕様の指摘、自動変更などの機能を持つことを想定している。このようなシステムは製品別に専門化され、スタンドアローンで利用され、しかも比較的小規模な知識ベースとルールの応用で実現が可能

なものと考えている。その他のシステムを補足的に説明すると、ワープロはAIを組み込んだ知的ワープロで、誤字、脱字の指摘や前後関係を考慮した漢字自動変換などの機能を持つものを想定した。高速高精度評価システムは類似評価事例、失敗事例、改善事例による推論機能や、関連する規準・法の見落としを防ぐ機能などを持つものを想定した。知的サービス支援ツールは最適な人・時間配分の決定を支援する携帯型のものを想定した。また、企画支援ツールは資料作成、プレゼンテーションなどの機能を持つシステムを想定している。この欄には、明示的には現れていないが、多くのエキスパートシステムも含まれる。エキスパートシステムは、AIの中で実用化に向けた研究に着手された時期が一番早い。したがって、知識獲得などに困難はあるものの、5年以内には解決され、多くのものが実用化されると思われる。

2の欄には、1と同じ分散小規模システムでありながら、技術的な困難から実現の時期が遠いと考えられるシステムが並べられている。例えば、機械翻訳は、実用化に向けた研究に着手された時期は比較的早い。だが、技術的困難はしばらくクリアできず、マニュアル翻訳などの分野を制限したもの以外には、実用化のめどもは十分に立たないと思われる。また自動プログラミング・画像理解・音声理解を必要とするシステムは実用化に向けた研究には、しばらく着手されない。だが、一旦着手されると、比較的早い時期に実用化されると思われる。自動設計システムは設計仕様の提示や簡単な要求仕様の入力により、最適な設計を行うものを想定している。このようなシステムの実現には、人間の創造活動、感覚等、総合した判断機能を実現する必要がある、技術的な解決のめどもは立っていない。この欄に含まれるその他のシステムを補足的に説明すると、自動分析評価システムは、検査基準・方法などを提示する機能を持つシステムを想定している。ヒューマンインタフェースツールは、言語障害対応の音声入力や

会話機能を持つシステムを想定している。

3の欄にはグループウェアと呼ばれるシステムが含まれている。現在開発中のものを含め、近年中に優れたシステムが大量に市場に出回ると考えられている。

4の欄にはグループウェアを発展させたシステムが並べられている。例えば、アイデアプロセッサはブレインストーミングでのグルーピングやアイランド間の関係付けなどを自動的に行う機能を持つシステムを想定している。これも2の欄のシステムと同様に、人間の創造活動、感覚等、総合した判断機能を実現する必要がある。

5の欄には大規模共有システムで比較的技術的困難が少ないシステムが含まれる。図書検索システム

は、全国の図書館に存在する図書が、ネットワークのどこからでも、多種多様な検索方法で検索できる機能を想定している。銀行間為替処理システムは金融ネットワーク上の事故、犯罪の対策および処理を自動的に行う機能を想定している。

6の欄には大規模共有システムで、実現のめどが十分には立っていないものが含まれる。例えば、大規模知識ベースは、開発に巨大なコストがかかり、演算にも時間がかかりすぎる。演算時間を充分短縮するための技術開発のめどは立っていない。この他にも巨大さからくるさまざまな問題の解決が必要で、当分は国家的な支援が要請されているものである。また電子化辞書は、意味ネットワークを含むもので、高度な意味解釈を可能とするものを想定している。

図表 II-2-17 AI利用システムの分類

技術レベル 知識共有範囲	従来技術	先端技術
分散小規模システム (EUC)	1 エキスパートシステム プロトタイプ マルチメディア ワープロ 知的設計支援システム 高速高精度評価支援システム 知的サービス支援ツール 企画、調査、分析、診断支援システム 予測、シミュレーションシステム 電子手帳 運転訓練シミュレーター 荷物積みつけ支援システム 事故予防、保安支援システム 作業教育支援システム データベース検索支援 報告書作成支援システム	2 自動プログラミング 機械翻訳 自動設計システム 自動分析評価システム 企画提案システム ヒューマンインターフェースツール 画像音声編集システム 全自動家電 画像処理による商品管理支援システム 画像処理による事故防止、保安システム
中規模システム (グループウェア)	3 会議支援 スケジュール管理 共同文章推敲	4 アイデアプロセッサ マルチメディア会議 メディア間変換システム 情報フィルタリング 翻訳電話 臨場感通信
大規模統合システム (TIS)	5 クレジット オーソライゼーション 図書館文献検索システム プロセス制御 計画作成システム 通関情報サービス 異常時対応支援システム オンラインマニュアル	6 電子辞書 大規模KB 知的内容検索 マルチメディアデータベース知的管理システム

3.3 AI利用促進の戦略

AI技術の応用は産業のすべての局面で現れる。しかしながら前節の表をよく注意してみるとそこには二つの重要な応用場面があることが観察される。それは表の左上1と右下6である。それらは情報処理システムの変革の歴史的流れに現れる重要局面にも対応している。

情報処理システムは、基幹業務を中心としたEDP化を、センターにおいて集中処理する形態から、ユーザ情報が正確に得られ、必要な処理がリアルタイムで可能な分散処理の形態へと、コンピュータの小型化・低価格化と共に着実に変化しつつある。一方、センターは、知識やデータを共用するための共同施設としての役割へと姿を変えつつある。

図表Ⅱ-2-17を、座標を変えてもう一度見てみる。今度は横軸にシステムが市場にでる個数をとる。縦軸にはシステム一個当たりの価格をとってみる。経済学でよく用いられる需要供給曲線に用いられる座標系である。この上に図表Ⅱ-2-17を射影して考えると、ちょうど縦横の座標を取り替えたようになる

(図表Ⅱ-2-18)。技術が成熟すると小型化しかつ価格は急速に安価になるのが半導体技術では常識であるが、AI技術も例外ではあり得ないと考えられる。システムの性質から、図表Ⅱ-2-18では右下1に対応する図表Ⅱ-2-17の左上1は、低価格で容易に手に入られるため、価格が下がると大量の個数が出て普

及すると考えられる。これが普及段階のAI技術であり、情報処理システムの発展段階でのEUC (End User Computing) の段階に対応している。ヒヤリング調査でしばしば要望の出た500万円以下のシステム価格は一つの目安になる。この種のニーズは、普及がシステムの利用価値を一層増しさらに普及していく、いわゆるネットワークの外部効果による爆発的普及の起こることが考えられる。このような場面を意識して、コスト低下を第一義に考えることがAI発展の有力な戦略の一つとなると思われる。ヒヤリングで得られたニーズは、明白にこの段階が消費者から望まれ、開発者からも強く意識し期待されていることが感じられた。そうは言っても、一足飛びにこのような段階を実現できるわけではない。技術が十分成熟していない段階、あるいはまったくの研究段階にあるシステムは、高価で個数も出ないからである。

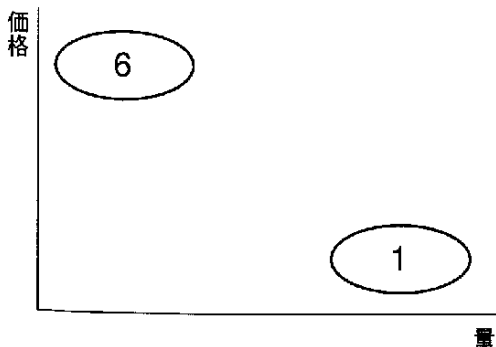
個数は必要としないが、公共性が高く、社会的需要のあるシステムもある。特に大規模なシステムは多くはこの範疇に入る。この段階の研究開発は一度は必ず通り抜けねばならない。AIニーズの今回の調査の結果は、まだこの種の開発テーマも数多いことを当然のことながら明白に示している。図表Ⅱ-2-17の右下6の欄、図表Ⅱ-2-18の左上6の島である。したがって、AI発展のもう一つの戦略の柱は、知識共有を目指す公共性の高い巨大システム技術としてのAI研究を、次代のための基礎的研究開発の中に登場させ、今後積極的に推進していくことにある。この段階では、国家の支援はもちろん、学界・産業界の協同研究が強く必要とされていることも紛れもない事実であるといえるだろう。

3.4 AI利用ビジョン

上述のようにAI利用イメージをニーズ面から把握するためヒヤリングを行った。これにAI技術シーズ面の可能性を考慮し、AI利用のイメージを近未来のシナリオとして描く試みを行った。

社会はどのような姿に変貌し、どのようにAIがそ

図表Ⅱ-2-18 AIニーズの島



の社会に組み込まれているのだろうか。以下では流通業を通じて発注され、製造業で生産され、運輸業を経て消費者に届けられると考えて、それぞれの業界がどのような変貌を遂げているかをシナリオで描いてみた。シナリオ1~3に示すこれらのシナリオは、各業界でのインタビューの際に浮かび上がった理想像をまとめあげる形で作成された。

3.4.1 流通業

現代の日本に最も求められているのは、アイデアや文化を海外に発信する工夫であると思われる。戦略的には、ファッションやデザインのような、経済に直結した分野から始めるのが無難である。日本にはすでに世界的デザイナーや芸術家は多数集まっている。彼らの独創的アイデアは、国内では法的規制の壁にぶつかり、海外へは言葉や習慣の違いが壁となって伝わりにくい。法律の解釈が素人でもできる

シナリオ1 流通業

このたび青山にオープンした、ボルチエ・ログハウスに行ってきました。フランスの超過激デザイナー、ボルチエが従来の流通機構への反逆として導入したもので、電話ボックス位の大きさの個室に入ると、正面にメガネと電話の付いた、ボタンのたくさん並んだボックスが置かれています。

まずメガネをかけると、前のボックスに取り付けられたセンサで撮影された、あなたの3次元の全身像が見えます。さて、シャツを買ってみることにしましょうか。シャツのボタンを押します。すると、3次元映像のあなたのシャツが真っ白になり、ボルチエのロゴが浮かび上がります。

スタート・ボタンを押すと、ボルチエのデザインしたシャツが白黒映像で現れます。気に入ったデザインがあれば、ストック・ボタンを押して下さい。そのデザイン案は、内蔵のコンピュータ

にストックされます。マニュアル・ボタンを押せば、そのデザインを自分の好みに合わせて手直しする、という裏ワザも可能です。迷った場合は、電話に向かって、アドバイザーを呼び出しましょう。ボルチエがライセンスを与えたファッション・アドバイザーが、モニターを見ながら、適切なアドバイスをしてくれます。エンド・ボタンを押せば、デザインの選定は終わり、次に彩色に移ります。

再びスタート・ボタンを押すと、ストックに蓄えられたデザイン案がまた映し出されます。ボルチエが提案する色彩が次々と映し出されます。気に入ったらストック・ボタンを押しましょう。もう一歩進んで人ならば、マニュアル・ペイント・モードを選択して、ボックスの下に置かれたクレヨンで色を塗り、ボルチエに挑戦してみる

ようになる支援システムや、言葉や習慣の違いを越えた解釈システムがあれば、国際的広がりや、学際的業際的な多様な発展をすることができる。人と機械のインタフェースの改善は、AIに期待される最大の課題である。

流通業のシナリオ1で必要な技術は、臨場感のある高精細な3次元カラー画像と、それを素人でも自由に扱い得る高度な会話的ヒューマン・インタフェースである。立体人物像に任意の衣服をうまく着せ

るにも知的画像処理技術を必要とすることは間違いない。また画像検索、特に感性を理解した検索は重要である。ファッションアドバイザーとの会話を違和感のないものにするための視線合わせ等の技術も不可欠である。ネットワークを通じたクレジットカードの信用調査や、それと連動した銀行の決裁行為なども本当に信頼度高く実行するためには、AI利用による認証機能による裏付けが求められている。

のもいかがでしょうか。ファッション・アドバイザーにも相談してみましょう。優秀作はボルチエ・ブランドに加えられ、デザイン料も支払われるそうです。エンド・ボタンを押せば、次は発注です。

スタート・ボタンを押すと、これまでストックしておいたデザインのシャツがすべて現れます。見比べて選びましょう。見比べすぎてわからんようにならないように。気に入ったら発注ボタンを押して下さい。買物が終われば、クレジット・カードをボックスに差し込みます。これで、明日にはあなたの元にシャツが届くはずですよ。もちろん、あなたのサイズはセンサが測定していますのでご心配なく。

ボルチエ氏インタビュー「私は、この消費社会の中でオートクチュールを復活させたいと思っ

た。オートクチュールの原点は対話であり、私は私のブランドを愛するすべての人との対話を行いたいのだ」「プティックは土地に食われつつある。1平方メートルの売り場に展示してある私の作品と、その下の1平方メートルの土地ではどちらが高価であろうか。私は、私の生み出した作品すべてを皆様に見ていただきたい。しかし、これまでのプティックではすべての私の作品をお目にかけるのは不可能だ。通信販売も考えてはみたが、それでは買物の楽しみを味わっていただくことができない。このシステムにより、まったく新しい楽しみが生み出されたと私は考える」「さて、皆さん。感性と技術との出会いに酔っていただきましょう」プーラボ。

3.4.2 製造業

ISDNや高品質テレビなどの通信技術の分野では、日本は世界をリードしているが、世界に情報を発信するという意味では、残念ながら遅れを取っている。国際化は、地球規模に広がった経済にとっては当然のことだが、それを阻む要因がいくつかある。

大きな壁の一つが言葉の違いを含む複数人間間の意見の一致を阻む多くの困難さである。グループウェア研究はこれに対応したものである。

非定型業務のサポートシステムは重要な課題である。シナリオ2では特に電子会議を取り上げている。電子会議の実現には超高速画像処理技術、音声認識技術、マルチメディア通信技術、自動翻訳技術、人工現実感技術などが必要になるものと考えられる。例えば、このシナリオ2では会議への出席形態が2種類述べられている。ダミーによる出席とリアルタイムでの出席である。ダミーによる出席では、実際に本人は出席していないが、画像は他の参加者に送ら

シナリオ2 製造業

電器メーカー勤務のN女史の一日は昨夜のダミーの活動確認と今日のスケジュール確認から始まる。昨夜、ダミーは消費者団体の主催した“まけておくんなはれ電子会議”と電器業界連合会の主催した“儲りまっか、ぼちぼちでんな電子会議”に出席していた。コーヒーを片手にコンソールに向い、「今朝はフミヤでお願い」と呟いた。するとディスプレイに若い男が現れ「おはよう久仁子。よく眠れたかい。消費者・は・A-00・が・5万円・は・高い・と・言って・た。M下電器・が・新しい・冷蔵庫・の・発売・に・踏み切る・か・も・知れ・ない。消費者会議・で・は・山田さんが、連合会・で・は・ハワード・が・挨拶・して・きた。」とたどたどしい口調で報告した。N女史は引続きコンソールに向かって「スケジュール」と言った。ディスプレイはスケジュールを表示した。山のような仕事がスケジュールリングされていた。それを見たN女史はコンソールに向い「今日はあんまり働きたくなーい。」と言った。

するとスケジュールがどんどん消えてゆき、最後に営業店の視察と新製品企画会議の予定が残った。「こんなところかな」と呟いたN女史はコーヒーを飲み終えると足早にオフィスを出た。

営業店にたどり着くとちょうどエンジニアが無線機の設置をしていた。「何してるの？」N女史が尋ねた。「この営業店の販売エリアが広がったので無線のポートを交換しているんですよ。」エンジニアは答えた。機械に弱いN女史は部屋の無線機につながれた機械を指してさらに尋ねた。「これって何するの？」「営業の人たちが各々持っている端末からの情報をCIM系とインフォメーション系に内容を判別するコンピュータですよ。CIM系はリアルタイムで工場のコンピュータに伝達されてラインのスケジュールに組み込まれて、インフォメーション系はネットワーク内のDB/KBに蓄えられ、さらにこのコンピュータで必要なことを推論するんですよ。他にも営業のルート指定や状況に応じた売り込み方などのセル

れており、簡単な受け答えと、内容の記録ができることを想定している。このためには動画像作成、会話への対応、内容抽出、記録などの機能が前提となる。またダミーからの報告のためにも動画像作成、情報フィルター、音声合成の機能が必要となる。リアルタイムでの会議では知的CAD、人工現実感、自動翻訳の発展に期待しており、身振り手振りなどの感覚的な言語での入力、架空立体オブジェの作成、音声入出力による自動翻訳などを想定している。ま

た、どちらの形態による会議出席であれ、ヒューマンインタフェースは重要で、特に会話に障害を来さない程度にまで処理速度を高める必要がある。

他には、CIMの入力方法の多様化、成長型DB/KB、統合エキスパートシステムなどがこのシナリオで想定されている。

ス情報を発信するんですよ。」エンジニアは答えた。そうこうしているうちに営業店の担当がやって来たので彼女は仕事に取りかかった。

監査項目を手際よく処理し、オフィスに戻ったN女史は早速コンソールに向かって「何かあった？」と尋ねた。今度は画面指定を特にしなかったため環境フィルムがディスプレイに映し出され、「部長がお叱りを」と答えた。「バカボンのパパでお願い」。すると環境フィルムを流していた画面が「ちゃんちゃんちゃーん ちゃ ちゃんちゃんちゃん」というBGMと共にバカボンのパパが画面に現れた。「こにゃにゃちわー！バカボンのパパなのだ。最近・君・の・リアルタイム・で・の・会議・の・出席・が・少なーいのだ。ダミー・で・の・出席・は・暫く・禁止・する・のだ。これでいいのだ！」。

新製品企画会議にダミーを立てるつもりだったN女史はムッとしながらも会議に出席することにした。一人用の会議ボックスに入ってコードを指定するとニューヨークのホール氏と中国の王氏がまるで同一会議室に居るかのように映し出され

た。何やら二人はすでに何かを話し合ってる。N女史は翻訳機（雑談に対しまだ改良の余地がある）のチャンネルを日本語に合わせ、会話に加わることにした。「すると鍵から飛び込んで自殺した叔父さんの遺産の空気は彼の息子さんになったのかい。やあ久仁子、では始めるかい」「今日の議題はA-22のデザインの改良だ。ではデザインの改良から始めるかい。」ホール氏がコンソールの操作をすると視覚上では三人の真ん中あたりにA-22が姿を現した。「まずは消費者の意見をこれに加味してみるよ。」するとみるみるうちにA-22の形が変わっていった。「さてどなたかご意見は？」ホール氏は尋ねた。「この辺をもうちょっとスーとした感じにした方がいいと思うわ」N女史は答えた。するとA-22の形が再び変化した。「ちょっと回転させてみるよ。」王氏はそう言うともA-22に軽くふれては回転を始めさせた。その後、二三の改良が行われ、デザインは落ち着いた。

会議を終えたN女史は帰宅の途についたのだが、途中の商店街を通る際の彼女の目付きの鋭さは主婦以外の何物でもなかった。

3.4.3 運輸業

各家庭から引き出すマーケティング情報は、運輸会社の視点から必要なものだけではない。配達する荷物を製品として作っている企業の視点から、必要と思われる情報も収集している。運輸会社としては、そのようなマーケティング情報の提供も営業項目の一つとしているわけである。つまり、運輸業も、単にものを運ぶだけでなく、情報産業としての側面を持ちつつあるということがいえるだろう。

1977年に始まり、その後急成長を続けてきた宅配

便業も、社会的要因である運転手不足から、曲がり角を迎えた。取扱い個数も郵便小包の3倍以上にまで伸び需要はさらに伸びているにもかかわらずである。若者が3Kを嫌い、人を集めることができなくなったためである。格好よい職場を演出することは、今後の絶対条件である。高度な情報機器武装によって醸し出される知的雰囲気は、仕事の効率を上げる以上に若者を引き付ける効果をもたらす。さらに女性化・高齢化の波を乗り切るには、ロボットの利用によって力仕事のイメージも払拭する必要がある

シナリオ3 運輸業

「おはよう、マリー！ 今日頼むわよ」

かつて夜に走っていた、大型トラックによる幹線輸送はほとんどトラックごと運ぶ鉄道に切り替えられている。今では鉄道のない近距離道路だけ走ればよく、その分、労働条件は改善された。荷物の送り先別仕分けは機械が行う。これは、それぞれの荷物に貼られた伝票のバーコードを、機械が視認し、配送エリア別に振り分けていく。その先には配送トラックが待機している。積み込む前には、最適配送ルートが設計されている。さらにこれを基に、トラックへの最適な積み込み方が設計される。最も円滑に荷物をおろせるような積み込み方である。つまり、配送ルートの順番に荷物をおろせる積み込み方である。これらの設計は、かつてはベテランが勘と経験に頼って行っていたわけであるが、現在はトラック内蔵のコンピュータが取り仕切っている。積み込み方が決定すると、そのデータは、積み込みを行うロボットに送られ、配送トラックへの積み込みが自動的にな

される。昔はこの作業にかなりの時間と労力を要したもののだが、今はもはや人手を煩わせることはない。

配送トラックへの積み込みが完了すれば、その旨を知らせるサインがトラックのコンピュータに伝達される。トラックのコンピュータはこれを受けて貨物扉を開め、エンジンを起動させ、ついでに乗降用のドアまで開けてくれる。むろん、このとき、同時に配送ルートのデータも送られる。エンジンの燃焼もコンピュータの制御により、完全燃焼状態に保たれ、有毒物質の発生は低レベルに押さえられている。

そして、ようやく人間の登場となる。運転席に乗り込むと、トラックのコンピュータは、「おはよう！ 久仁子。今日も仲よくね。」などと優しい声でねぎらいの言葉をかけてくれたりする。

運転席右上には小型精細ディスプレイが装備されており、状況に応じて、必要な情報を画面表示してくれる。現在は、配送ルートが、このトラッ

う。また、シナリオ3にも出てくる最適積み込み計算を可能にするためには、荷姿の標準化などの規格の標準化を推進することも必要である。

上記の条件が仮に100%実現されたとしても、道路容量の限界などから、トラックを主体とする現在の形態は2000年には完全にパンクすることが予想されるため、今後の輸送体系が、鉄道、船舶、航空を含む相互協力的・総合的なものに発展せざるを得ない。これを実現するには、高度な情報ネットワークとスケジューリング能力が要求されるのは当然であ

り、ここにAIの活躍する場面がある。さらに、共同集荷、共同配送センターの設置などの共同化は、帰便の活用や輸送ルートの重複回避によって、輸送効率の大幅な向上をもたらすことが期待されるが、これを可能にするためにも、強力なネットワークとAIによる知的なスケジューリング能力を得て初めて可能となる。

クの位置を示す記号とともに表示されている。それを見て、久仁子は首をかしげた。どう考えても最短距離の配送ルートとは思えないのである。「何でこんなに遠回りするの？」

コンピュータ・マリーは説明にかかる。「はい。現在999号線は20キロに渡る渋滞なの。そのため、この配送ルートは、999号線を避けて設計されているの。」「ふうん、なるほど。」

久仁子はうなずいて、トラックをスタートさせた。小型精細ディスプレイの表示は、最初の配達先までの配送ルートに切り替わっている。

ところで久仁子は入社したばかりなので、この辺の道の様子がいま一つ把握しきれていない。表示されている配送ルートを見ると、次に、ある交差点を左に曲がらねばならないということがわかる。ところが、いま走っている道は交差点がいくつかあり、うっかり違う交差点を曲がってしまうかもしれない。あらかじめ確認がしたい。そこでコンピュータに尋ねる。「ところで、次に曲がる交差点はどんなところ？」

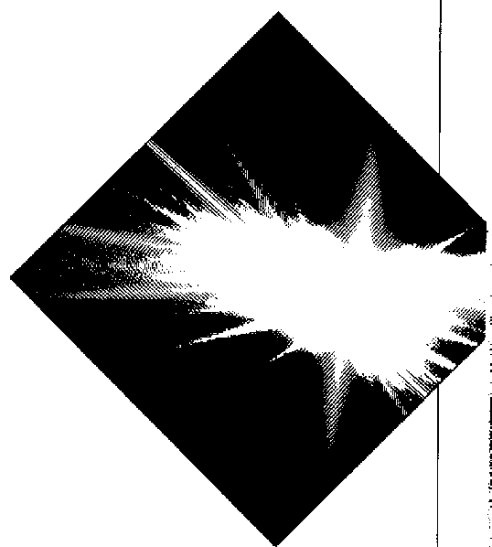
すかさずディスプレイの表示が切り替わり、当該交差点の風景の映像が表示される。ついで

に曲がる方向も矢印で表示される。あとは、ディスプレイの映像と、実際の風景を見比べていけば、曲がり損ねることもあるまい。

このように、ドライバーが、担当地域の地理に少々不案内でも、コンピュータがさまざまな情報を提供してリードしてくれるため、滞りなく、荷物の配達ができる。

配送トラックのドライバーたるもの、いくら入社したてとはいえ、担当エリアの道路状況がよくわからないのは、けしからんではないかと言う人もいるかもしれない。だが、現代のドライバーの任務は、車の運転、荷物の配達に重点があるのではない。宅配ドライバーは、各家庭に赴き、直接顧客と接するわけであるから、単なる運転手ではなく、むしろ、セールスウーマンとして捉えられ、各家庭からマーケティング情報を引き出してくる能力の方に重点がおかれている。そえゆえ、教育もそちらに比重がかかっている。道路状況などはあらかじめ知っている必要はないと見なされている。そんなものは、各車両に登載されたコンピュータが逐次教えてくれるからである。

第Ⅲ編 AI技術の動向



第1部 全体動向

1 AI技術の全体像

AI技術の全体像をどのように描くのかについては、それぞれに議論のあるところであるが、おおよそ誰もが納得しうるものが描ける時期にはきたようである。その全体像を昨年の白書のAIの全体像のマップに最近の動向を加味して整理し、図表Ⅲ-1-1に示す。技術としてのまとまりを考慮し、AI技術の対象領域は通常言われているよりもかなり広いものになっている。AI技術の本来からの役割からして、この位の領域を考慮の方が技術の本質を見渡せると考えたからである。

AI技術を大きく、AI基礎技術、AI基盤技術、AI応用技術、AI実現技術の四つに分ける。この四つの技術はそれぞれの役割を持ち、本質的にその重要性は対等である。AI実現技術はコンピュータ技術と、AI基礎・基盤・応用技術は関連する科学・工学とそれぞれに密接な連携を持っている。またこれらの技術は具体的な社会・経済活動などと実際には深くかわり合うが、この全体像ではそれらの活動に関連する工学に代表させ省略してある。

1.1 AI基礎技術

人間の知能の基本機能である推論する、学習する、探索する、知識を表現・利用・獲得する、プランを立てるなどを極力一般的に適応できる技術としてまとめあげたものである。また、それらの機能を新しい理論やモデルで体系立てようと試みる技術も含まれる。コネクショニスト・モデル(ニューロコンピューティング)やファジィ理論による推論等である。

これらの技術は、人間の知能や頭脳を直接研究対象にする哲学や心理学、そして神経生理学などと深いかわりを持つ。また、言語学、論理学、数学のような情報を最も一般的に扱う諸学とも深くかわっている。

1.2 AI基盤技術

人間が用いている基本的な知識表現のメディアを処理・理解する知的機能に関する技術である。メディアとしては、自然言語、音声(言語)、画像・図形、論理式、プログラム言語、代数式、さらに行動・行為が含まれる。これらのメディアによって人間の知能現象が客観的に観測し、分析し、実験しうるものになる。したがって、この技術は一般性と強力さからしてAI技術全体の根幹となるものである。

さらにこの技術には、知識を統合的に扱うための知識ベース技術、すなわち知識の表現・獲得を具体的に実現する技術が含まれる。これらの技術を総合的に扱うものとしては知識工学をあげることができる。

AI基盤技術はAI基礎技術をより実効的なものにし、また、それぞれのメディアを研究対象にする科学や工学と緊密な関連を持つ。

1.3 AI応用技術

人間の具体的な知的機能、すなわちさまざまな専門分野における技能を対象にし、実用化も加味したシステム開発に結び付く技術である。診断する、設計する、計画する、教育する、翻訳する、運転するなどの多様な技能を対象にするが、何に対するものなのか、例えば何を設計するのかの適切な「何」を定めることがことのほか重要である。

AI応用技術の多くは非常に広義にとったエキスパー

トシステムの範疇にくられる。しかし、今までの蓄積も大きくその対象の特性にかかわる部分が大きいものは、独立した技術名が与えられている。知的CAD、知的CAI、知的CASEなどは、それらの例である。さらに、自然言語、音声応用システムやビジョン、ロボティクス関連技術がある。

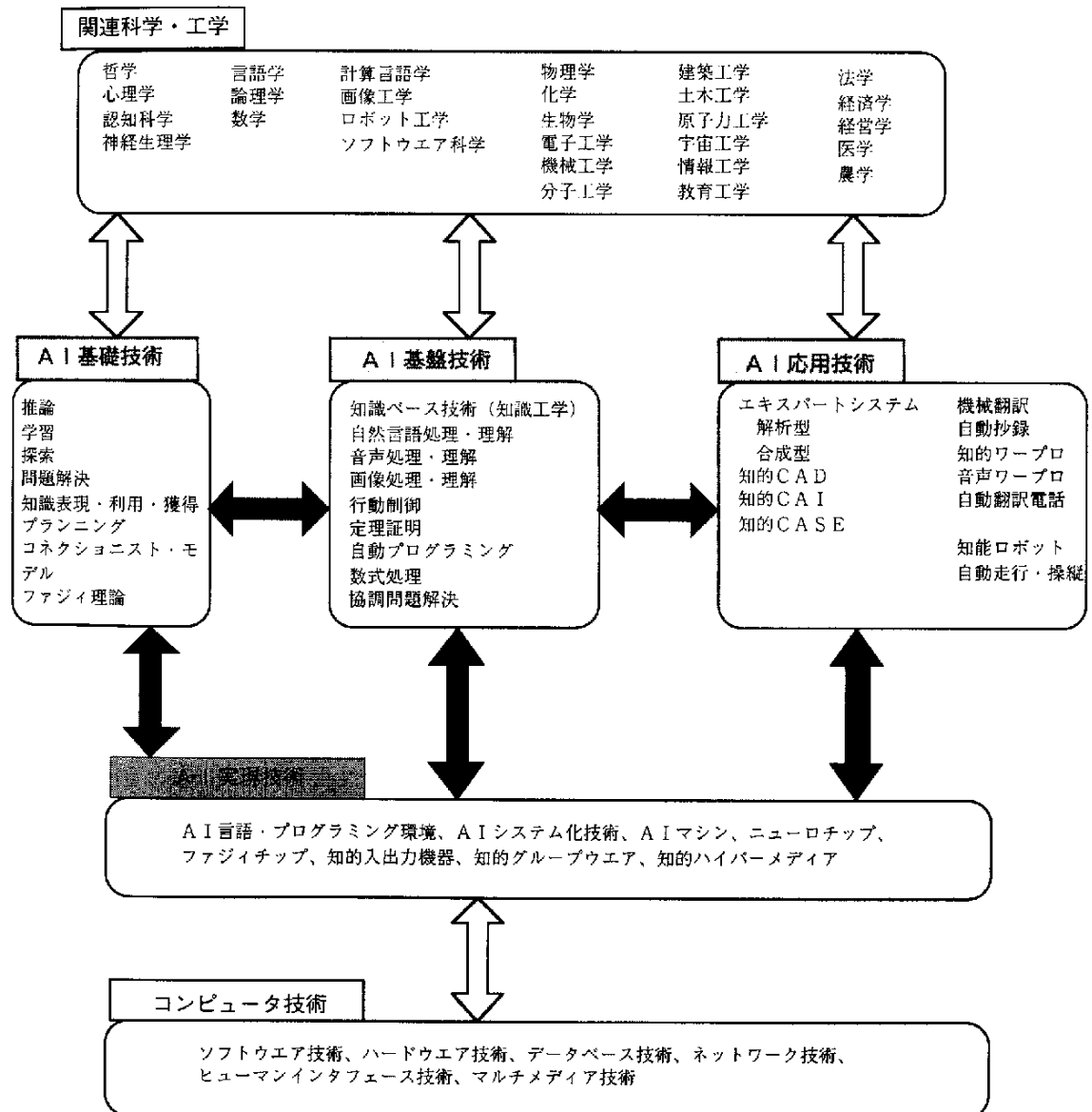
AI応用技術はAI基盤技術を大きな構成要素として

成り立っている。また、理学、工学の諸分野、医学、農学、そして社会科学、人文科学の諸学のように、広範囲な学術、技術に関連を持っている。

1.4 AI 実現技術

AI技術とコンピュータ技術の接点に生まれた技術で、AIをシステムとして実現するための技術である。

図表III-1-1 AI 技術の全体像



コンピュータ技術をよりAI向けにしたものであるが、AI技術の情報処理技術としての一般性に立てばコンピュータ技術をAI技術の視点から体系立てるものとの見方もできる。

AI実現技術としては、AI向きプログラム言語とそのプログラミング環境およびAIマシンが代表技術である。AIマシンは、推論マシン、知識ベースマシンという機能面からの区別、逐次型マシン、(超)並列マシンというアーキテクチャ上の区別などによって類別される。また、AI向きハードウェアとしては、ニューロチップやファジィチップなどの特定機能のチップやそれを用いた特殊AIコンピュータもある。さらに高機能OCR、画像処理プロセッサ、音声処理プロセッサなどのようにAI向きの入出力機器を構成するためのハードウェア技術もある。

この他、グループワークを支援する知的グループウェアや、情報表現の新しいメディアを提供する知的ハイパーメディアに関する技術も含まれる。

AI実現技術は、それぞれのAI技術と直接関連し合うが、AI基礎技術やAI基盤技術のようなより一般的な技術との結び付きが強い。AI技術はコンピュータ技術の素直な発展の姿であるとの見方に立てば、AI実現技術は次の世代のコンピュータ技術を形作るものと考えることができる。

2 基調動向

AI技術の全体動向の中で最近顕著と感じられる基調となる動向として以下のような点が指摘できる。

①着実な定着

当初の期待ほどではなかったにしろAI技術は個別的ながら技術としての一応の輪郭を見せ、いくつかのものについては実用技術としての評価も定まってきた。実際には、そのような技術の多くは、従来からのコンピュータ技術の中に融合したり埋

もれたりしてさほど目立たなくなっているが、これも定着の一つの姿であろう。随所で取組まれたエキスパートシステムもそう手軽なものではないことは明らかとはなったが、対象の選定が適切であり相応の努力が払われたものに関しては現場で十分に活用されるまでに育てられた。そして、エキスパートシステムもソフトウェアシステムの一つであるとの観点から、環境整備等の努力が始まりつつある。日本のAI技術を際立たせた機械翻訳も、日本語ワープロに次ぐ戦略商品との思惑は外れたものの、一応の実用システムとしての姿を整えるまでにはなった。翻訳家との連携を含め、利用・普及への努力が始まっている。

②難しさの再確認

できそうに思えたものは何とか実現できたが、難しそうに思えたものはやはり多くが残っている。人間の知能現象の解明や工学的実現の難しさが切実に実感された。AI技術はそう安直な技術ではない。大テーマ、難テーマは5年や10年で完結する技術ではない。相当腹をくくった取組みが必要である。最近のAIブームは、過去何十年かにわたる研究努力の蓄積が昨今の急激なコンピュータ技術の進歩で花咲いただけとの見方もある。次なる飛躍には、対応する次なる蓄積努力がいるというものである。思えば、人間の複雑な知的機能を、そう簡単にコンピュータ上に実現しようと思う方が無理というものである。難テーマは、難テーマとしての心構えと重装備が必要である。

③出揃いつつある道具立て

さまざまな理論、モデル、メカニズム、パラダイムが提案され適用が試みられ、現在それらの道具立てはほぼ出揃ったという状態になった。最近の話題であるニューロコンピュータでさえも、未知の部分はまだ多くあるものの道具立てとしてのおおよその性格は見えてきたようである。そして、それぞれの道具立てにはそれぞれの役割があること、局面ごとに主従の役割分担があることも明ら

かになってきた。難しい課題の解決には、新たな妙手をというのがごく通常のアプローチではあるが、むしろ現在は、新たな妙手を探し回るより、出揃いつつある道具立てを一層磨き上げ適切に組み合わせるアプローチの方がより実りある時期にきたようである。

④一層大きくなる役割

コンピュータを高機能にする技術として、AI技術に替わるものがあるわけではない。コンピュータ技術は限りなくダウンサイジング化を進め、ついには、コンピュータ産業構造不況論までが説かれるようになった。このままでは、コンピュータの高性能化、低廉化は産業の基盤を崩すまでに進みつつあることが現実となったのである。そこで、十分なハードウェアの能力を活かし、AI技術を用いてコンピュータ・アプリケーションを高機能化し、高付加価値化する努力が必須のものとなった。AIブームは去ったが、むしろAI技術に対する期待はより大きくなってきたのである。

⑤新たな発展へのスタート

AI技術は、次なる新たな発展を目指して着実な努力を開始すべき時期にきた。そのための諸条件も整いつつある。どのような心構えでどの方向にスタートすべきかの選択を誤らぬことが重要であろう。

物理現象の世界に対して人類が達成してきた技術と比べてみても、知能現象の世界に対して現在手にした技術はそれほど悲観すべきものではない。しかしながら知能現象の広大無辺さを十分自覚すべきであり、改めて知能の一片一片に対峙するという心構えが大切であろう。もちろん、大飛躍を試みることも重要である。その時には、それにふさわしい適切な装備が必要となる。

現在手にしている技術に対しては、個別の技術を正確に総合的な展望の中に適切に位置付けなければならない。展望は全体的な配置と長期間の時間的な流れの中で精度高く描きうるはずである。その中で、

それぞれの個別技術を統合的な学問の体系、技術へとまとめ上げていかねばならない。

他の技術との関連についていえば、特にコンピュータ技術との連携、連続性の維持が重要である。コンピュータ技術は、これからも大いに変化し発展していくが、この技術が現在ここまでできたのはそれだけの妥当性があったことを再認識すべきである。AI技術においても同時にその妥当性を明確化せねばならない。

今後、AI技術は、ますます広範囲のものになっていくであろうが、今、どこに焦点を合わせるべきかは重要な判断である。いずれにしろ、やはり知識は重要である。知識工学における詰め不足の議論はあくとしても、コンピュータに専門家の知識を持たせるという設定は今も新鮮である。

問題は知識をどのようなものとして扱うかの基本的な観点であろう。知識をすべて、コンピュータに獲得させるという従来の観点は、知識の本質に即して改めるべきである。たとえ専門分野を限ってもコンピュータに移さねばならぬ知識は膨大である。むしろ、問題は知識の構造さえ確定できぬということである。そこで、ここは視点を変え、コンピュータと人間との複合体、すなわち、知識システムにそのユーザを含め、両者を一体と見てそれに対して知識を表現し利用させ、獲得させるとすべきである。その時の役割分担は、人間は高度な判断を行い、コンピュータは、大量の知識を非常に高速に信頼度高く処理するということである。

知識システムがコンピュータと人間との複合体であるならば、知識の表現は両者にとって馴染み深いものでなければならない。知識表現のメディアとして、いわゆる従来の知識表現方法だけでなく、広く、人間どうしの知識交換に用いてきたメディアを含めて考えることが重要になってきている。そして現在そのためのさまざまな技術的環境が整いつつある。

いずれにせよ実世界の問題を対象とするには、質的にも多様な、大量の知識が必要不可欠である。今後の課題の中心は、いまだ十分に分析され、整理さ

れていない大量の知識を効果的に獲得し、未踏の新たな問題解決に有効に活かすことができる頑健な大規模知識処理技術の確立であろう。

3 個別動向

3.1 AI 応用技術

代表事例として、エキスパートシステムと機械翻訳システムをとりあげ、最近の動向を概観する。

3.1.1 エキスパートシステム

これまでの調査によれば、80年代におけるAI応用の研究開発努力は主としてエキスパートシステムに向けられ、その実用化に期待が集まっていた。わが国では、1982～3年のAIブームに始まり、これまでに数千にも及ぶエキスパートシステムが開発されてきた。しかし、そのうち実用に供されたのは数百程度と言われている。また実用化されたシステムでも、その管理・維持が円滑に運営されているケースは少ない。

しかしながら、ICOT-JIPDEC AIセンターのAI利用調査によれば、システム開発側では、エキスパートシステム技術は、一時の目新しい特殊技術ではなく、システム構築のための情報処理技術の一部として確実に浸透している。

しかし、未だにユーザ側のニーズと現実に提供されているエキスパートシステム技術とギャップは大きく、その溝を埋めるために、現在以下のような技術開発が行われている。

(1) 知識資産の相互利用

企業が蓄積してきた知識を相互に利用するため、共通の知識表現、複数知識ベースの融合化技術などの研究開発がなされている。このような活動の例に、米国のCarnegie Group Inc.が中心となり、DEC、TIなどの4社が参加し、実施しているIMKAプロジェクト(第III編第2部3.1参照)がある。

(2) 共用・大規模知識ベース

通常の世界で成り立つ万人が共通に持っている常識としての大量の知識をコンピュータに蓄積し、その知識ベースを各種の応用知識ベースのための共通ベースとして用いる。この実現により、これまで個別で狭い範囲の問題にしか適用できなかったエキスパートシステムの脆弱さを克服することを狙っている。MCCにおけるCycプロジェクト(第III編第2部3.1参照)がその一例である。

(3) 知識表現の標準化

エキスパートシステムの普及にともなって、知識ベースの相互利用、再利用が大きな課題となる。この流通に当たり必要となる知識表現の標準化に関する活動が始まっている。エキスパートシェル(IMKAプロジェクト)、知識表現言語(IEEEのワーキンググループ)、語彙の標準化(ISO、国会図書館などではシソーラス)などの活動が開始されている。

(4) 知識獲得の容易化

エキスパートシステム開発の最大のボトルネックは知識獲得である。当初はインタビュー手法で行われていたが、最近では、テキスト解析、事例に基づく推論(case-based reasoning)などの研究が行われ、知識獲得を容易に行うための努力がなされている。

一方、データベースのデータを転用し、知識ベースに利用する試みもなされている。関係データベースを命題論理や述語論理の形式の知識に変換し知識ベースを構築したり、あらかじめ用意した知識抽出ルールを用いてデータベースから診断用の知識を抽出するものなどがある。

現状における知識ベースは、そのほとんどが限られた範囲の問題解決に特化されたものであり、汎用性、再利用性に欠ける。また、ドメインに関する理解が欠如しているため柔軟な問題解決ができないなどの本質的な問題があり、これらの解決に向けて知識ベースの新たな研究開発が期待される。

3.1.2 機械翻訳システム

機械翻訳システムは、現在日本では15以上の機関からユーザに提供されており、実用目的で使用され

ている。本格的に用いられている稼働システムは数100セットに達し、通信回線、VANによるサービスもなされている。そのような中で、すでに淘汰も始まっておりより優れたシステムの提供が望まれている。

機械翻訳システムの実用化が進む中で、1991年7月に、機械翻訳協会(理事長:長尾真京都大学教授)が設立され、機械翻訳システムを開発している側とユーザが情報や意見を交換する場が用意された。ユーザの利用経験がシステム開発側に反映され、実用的な機械翻訳システムの開発を促進すると期待されている。

海外でも機械翻訳システムに対する関心はここ1年で再び高くなっている。ECの7カ国共同で機械翻訳システムを開発しようとしていたEUROTRAプロジェクトは、数年前からほとんど活動を停止していたが、来年から新たな目標を設定し、再び開始されることになった。米国でも機械翻訳システムの現状を調査する米国国立科学財団(NSF)の視察団が日本を訪れ、日米による機械翻訳システム開発の協力について議論がされた。また1990年7月には、ドイツで第2回のMTサミット国際会議が開催された。また同年11月には大磯で電子化辞書に関する国際ワークショップが開催され、東京で同年11月にはアジア諸国と日本の多言語機械翻訳システムプロジェクト(MMTプロジェクト)を中心とした国際会議が開催された。これらの国際会議では、機械翻訳システムの開発では各国言語の解析生成は各国で行うべきものであることが認識され、国際協力の主要テーマとして議論がなされた。今や1967年のALPACレポートで失われた機械翻訳システムに対する機運は、世界的な広がりの中で、再び高揚してきている。その中で翻訳システム開発の経験が豊かな日本の果たす役割は以前に増して大きくなっている。

機械翻訳が対象とする自然言語現象は多岐にわたる。現在の機械翻訳システムは文単位の翻訳に制限し、その制限のなかで実用的なシステムの構築を図っている。高品質な翻訳を行うには、文の意味理解

の精密化はもちろんだが、文間にわたった解析、文脈の理解が必要である。現在文脈理解に対して精力的な研究開発が行われている。概念依存モデルのスキプト、状況意味論、そのほかの理論をもとに文脈のさまざまな現象が説明されようとしている。しかし、これらの成果が実用レベルに達するには、さらなるコンピュータの高性能化と文脈を扱えるだけの十分な知識の集積が必要である。

機械翻訳システムの開発は、解析・生成規則、語彙辞書や知識ベースなどの言語資源の集積が本質である。すでに、国内では、日本電子化辞書研究所の電子化辞書プロジェクトが語彙辞書の開発を完了し、概念辞書(知識ベース)の開発を順調に進めている。MMTプロジェクトでのアジア諸言語との機械翻訳システム開発でもEDR辞書を基本に辞書開発がなされている。

機械翻訳システムは、国際協力による地球規模での研究開発と新たな技術研究基盤の整備によって、新たな段階に入りつつある。

3.2 AI 基礎技術

「将来の発展に向けて、新しい基礎作りが静かに、しかし、力強く進められている」AI関係の学会での見聞や学会誌に発表される論文などからの印象を総合すると、ほぼこんなところに落ち着きそうである。エキスパートシステムの行き詰まり状態の打開、ニューラルネット・アプローチからのインパクト、そして目覚ましい高性能化を続けるコンピュータ技術などを踏切板にして、次の跳躍への助走に入ったというのが、AI技術の最近の状況である。いまこそ、AIの基礎を議論すべき時といえそうである。

実際、米国AI学会の論文誌Artificial Intelligenceは、本年最初の3号分を合冊して、特集「Foundations of AI」を組んでいる。そこでは、「論理重視はAIにとって正しい取り組み方向なのかどうか」、「分散AIの考え方」、「明示的な知識表現は本当の知能に不必要なばかりでなく、AIの実現に妨げになる」、「常識に

迫る知識ベースは可能かどうか、また、そのあり方は、「万能的な知能システムは実現可能か」、といった問題が議論されている。

もちろん、こうした議論は、AI研究の最も先鋭的な部分での出来事であり、多くの研究者はこの論争に決着がつくのを待つまでもなく、それぞれの判断においてより具体的なレベルでの方向を見定め、地道に研究を続けているのが実態である。しかし、そうした地道な研究においても、何らかの発想の転換が必要という認識は高く、新しいアプローチの提案が相次いでいる。そうした提案の中から特に注目すべきものを選んで、簡単に紹介することにする。

3.2.1 知識表現・推論技術

高度情報化社会における戦略的な資源として、知識の重要性に対する社会的な認識は急速に高まっている。現在、知識を活用するための手段としては、エキスパートシステムが最も頼りになるものであるが、それはいま知識獲得の難しさなど、知識ベースを巡っての問題で行き詰まりの状態にある。この行き詰まりに対する打開策として期待されるのが、大規模知識ベースの構築である。

なぜ大規模知識ベースなのか、その理由は大きくみて二つにまとめられる。その一つは、これまでのエキスパートシステムでは、知識ベースが問題ごとに専用の特殊化され、個別的、細分的に開発されてきた。そのため、知識ベースの適用範囲は狭くなり、また、寿命も短く、修正も難しいなどから、全体として開発負担が過大になり、一般には受け入れ難いものになってきていた。これを避けるには、知識ベースをもっと汎用化して、多くの応用で共用できる永続的な知識ベースとする方向、すなわち、大規模知識ベースの構築を目指す必要がある。もう一つの理由は、知識ベース問題の本質が、結局、コンピュータ自身が知識をどこまで深く理解して活用できるかという能力にかかっており、そのためには人間が共通に持つ知識、すなわち、常識に相当する膨大な内容を持つ大規模な知識ベースが不可欠という

ものである。

このような大規模知識ベース構築の動きは、すでにいくつかのプロジェクトとして具体的な活動が展開される段階にきており、その中間成果についての報告がいくつか公表され始めている。そして、それらの活動を通じて、以前には特に注意を呼ばなかったような問題が明るみに出され、その結果、知識表現・推論技術のあり方に大きな見直しと、新次元の導入が要求される状況になっている。それらの動きの中から主なものを拾うと次のようになる。

①手続き的表現から宣言的表現へ：特定の応用での効率や便利さよりも、汎用性、共用性、変更容易性などが重視されることになると、基本的な知識表現形式としては宣言的な形式のものが有力になってくる。特に、一階述語論理の系列に属するものの利用が多くなっている。しかし、一般性と同時に、実装上の便利さが重視される場合には、フレーム表現が選ばれている。対象指向型の考え方が急速に広まっていることと、フレーム表現はそれとの整合性がよいことから、この傾向は今後ますます強まっていくものと予想される。

②一般性と処理効率のための二重化構造：知識表現の一般性を重視することは、それを特定のアプリケーションに用いたとき、そこでの特殊事情を利用して処理の効率化を図るのを困難にすることになる。これを解決する方法として注目されるのが、J.マッカーシーらによって1969年に提案されている、AI問題における認識論的レベルと発見的レベルの分離という考え方である。この区別は、簡単に言えば、プログラミングでいう"what"と"how"の別に相当するものであり、認識論的レベルにおいては、もともとなる事実から目標に到達できる戦略があることが明らかにできれば十分であるのに対して、発見的レベルでは、その戦略を具体的に見つけて示す必要があるのである。したがって、一般性は認識論的レベルで考えた方が容易ということになる。

この考え方は、米MCC社で進行中のCycプロジェクト（第Ⅲ編第2部3.1参照）で実際に採用され、そこでの知識表現言語は、ユーザが使うための言語（EL）と内部で使うための言語（HL）とに二重化されている。ELは一階述語論理言語を拡張したものであり、HLは何種類もの専用の知識表現形式と20種以上の高速推論手続きで構成された、一種のハイブリッド言語となっている。ELとHLの間にはトランスレータがあり、必要に応じて相互変換ができるようになっている。

- ③メモリベース推論：人間が問題を解くときのやり方を考えてみると、基本的なルールを使って一步一步推論を組み立てることは少なく、過去に同種の問題を解いた経験を記憶から呼び起こして使うことによって、効率的に解を得ていることが多い。このように、過去の類似状況からの想起に基づく推論のやり方が、メモリベース推論である。この推論に用いられるメモリは、単純化していうと、問題の状況に最も似た項目を探すため、メモリの全内容について類似度を一挙に計算して、最良のものを選り出せる機能を持つものである。このような機能は、最近注目を集めているコネクション・マシンのような超並列マシンを用いて実現できる。従来のルールベース推論が逐次型マシンに適したものであるのに対して、メモリベース推論は並列マシン向きである。

この推論方式によれば、エキスパートシステムの的な動作をするシステムが、それほど広範なハンドコーディングを必要とせずに実現でき、しかも、その行動の理由説明が容易に得られる。また、データベースへのノイズの混入に強く、経験事例の追加、削除、更新は容易である。

- ④事例ベース推論：与えられた問題に類似した、過去の経験を直接利用して問題の解決に導く推論であるという点では、前述のメモリベース推論と同じであるが、こちらはメモリの並列サーチを前提にしていないところに特徴がある。そのため、超

並列マシンがそれほど普及していない現状での実際的アプローチとして、いま強い関心を集めているものである。この推論では、網羅的でフラットなメモリ探索に代わって、事例の分類体系に基づく構造化が必要になり、追加や更新の自由度は失われる。それにもかかわらずこの方式が注目されるのは、次のような利点が期待できるからである。

- 知識獲得の容易化：専門家から経験的知識を体系的に獲得することは容易でないが、事例はエピソードとして記憶されているので、獲得が容易である。

- 探索負荷の緩和：計画や設計などの合成型問題は組み合わせ問題を内包しているため、最適解の探索が大きな負荷となるが、事例の選別力を利用するとそれを緩和できる可能性がある。

- 事例が優先する問題領域：裁判などの分野のように、事例が優先する問題領域が相当にある。

この推論には、最適解を逃す可能性や事例間の整合性維持が困難であるなどの欠点がある。

- ⑤不完全な知識の取扱い：完全な知識が期待できるのは、問題を極端に限定するか、数学のように理想化を行った世界でしか期待できないことである。したがって、大規模知識ベースなどを考える場合には、扱う知識に何らかの不完全さが含まれている可能性があることを前提にして、知識表現と推論の仕組みを用意する必要がある。

こうした仕組みとしては、非単調論理、極小限定（サーカムスクリプション）、暗黙（デフォルト）論理、仮説推論、TMS（真理維持システム）、条件論理など数多くの提案がなされている。しかし、これらの多くは理論的な興味を主にして展開されているため、必ずしも実際的な応用に適する形になってはいない。この問題の再検討に当たっては不完全な知識が生まれる原因が、人間の本質的な有界性にあることに注意する必要がある。すなわち、次の事実に即して考えることが必要である。

- 覚知（awareness）の欠如：pが完全には覚知

されていない概念であるとしたら、その人はpについて知っているとか、知らないとかいうことはできない。

○人間は能力的に限定されている：人間は自分の持つ知識から導かれる論理的な結果を出せるような計算能力には恵まれていない。

○人は必ずしも関係するルールを知っているとは限らない：方程式の両辺から同じ値を引いてもよいことを知らないために、 $x + a = b$ を満足するxの値を求められない生徒がいてもおかしくない。

○人は同時にすべての問題に焦点を合わせることはできない：したがって、われわれが"aはpを信じている"という場合は、より正確には、ある心の枠組み（pを包含する問題にaが意識を集中している状態）において、aはpを信じている状況にあるというべきことになる。

⑥オントロジー（存在論）：大規模知識ベースが、広い対象世界を一般的な見方で捉えようとするものであるとすれば、個々の特定された状況において、それがわれわれの認識によってどう捉えられるかという、いわゆる認識論的なアプローチでは不十分であって、その世界には何が存在しえて、その存在が他の存在とどのように関係づけられ、全体としてどのような構造を持つのかといった存在論の立場からの見方が必要になる〔田中 89〕。この意味からすると、従来のAI研究は認識論的アプローチに片寄り勝ちであったということが出来る。AIの本格的な発展のためには、このバランスの回復が必要である。

存在論的アプローチでのキーとなるのは、存在の分類体系（カテゴリー）と述語である。しかし、このカテゴリーの概念そのものが大きく変わろうとしているのが現状である。このような存在論的な立場からの問題は次の数年間、知識表現における最重要で、最も話題となることの多いものの一つとなることが指摘されている。上流モデル（常

識的知識の大階層における最上部、図表Ⅲ-2-8 Cycフレーム階層を参照）どう構成するか、異なる人同士が作った部分をどう統合するか、改訂をどう統制するか、などが重要な論点であり、オントロジーの自動生成も研究課題になりそうである〔Brachman 90〕。

3.2.2 問題解決技術

1990年夏、待望久しきM. ミンスキー著「心の社会」の安西教授の日本語訳が刊行になり、人工知能学会全国大会の会場で偶来合わせたミンスキー教授によって、即席のサイン会が行われた。この著書におけるミンスキーの基本的な主張は、“知能は単一の実体として成立するものではなく、心の中に存在する多数の‘エージェント’の協調の結果として現われるものである”というものである。ここでエージェントというのは、多くの種類の基本的なプロセスであって、それ自体だけで理解できるほどに単純なものである。したがって、個々のエージェントには知能は認められないが、多数のエージェント同士の相互作用によって、知的な現象が生み出される可能性が期待されるようなものである。

これを補足して、ミンスキーは別のところで〔Minsky 91〕、次のような説明を行っている。“人の頭脳が極めて多種の機能を持つのは、多くの異なる種類の知識表現や推論方法、その他のメカニズムの特性をうまく活用することによるのである。われわれが事を行うのに、ある部分に不都合があっても別のやり方で成し遂げられるのは、まさに、この多様性があることによるのである。”そして、この主張の根拠として、広汎な多種多様の生物学的、発達学的、行動学的、心理学的な知見をあげている。

もし、われわれが問題解決機能を知能の働きの一つとみるのであれば、その具体化はエージェントの集まりによるものでなければならないことになる。ここに、問題解決の新しいあり方、すなわち、異なる機能を持った多数のエージェントが互いに協調して、ある問題の解決に当たる、いわゆる協調型問題

解決の構図が生まれる。しかし、このミンスキーの構図には極めて抽象的なスケッチがあるだけで、具体的に展開するための手掛かりが与えられていないため、それに実体を与えようとする試みは、直接的という意味ではまだ存在していない。しかし、その潜在的な影響力が無視できないものであることは、同書に対して寄せられた数多くの書評（代表的なものとして [AI 91]）や論文での引用（例えば [Waltz 90]）などを見ても明らかである。

当面、ミンスキーの構図による知能の実現が困難であるにしても、「三人寄れば文珠の智恵」という言葉があるように、複数のエージェントが相互作用を行うことによって、個別には実現できないような知的機能を実現できる可能性は現在でも迫及できるものである。特に、最近のコンピュータネットワークの発展は、この相互作用を必然のものとする動きというべきである。「心の社会」日本語訳と時を同じくして発行された人工知能学会誌の特集「分散人工知能」は、このアプローチの技術的な内容を詳しく取り上げたものである [人工知能学会 90]。

分散人工知能は、複数の知的エージェントからなるシステムによる知的活動を対象とする研究分野で、その中心課題は、それぞれが自律的に活動する複数の知的エージェントが、互いにコミュニケーションすることによって自主的に協調しながら、一つの問題を合理的に解決するための条件や枠組みを明らかにすることである。特に知能ということを意識しないときは（したくない立場では）、（協調）分散問題解決ということもある。分散人工知能では、これまで多くのアプローチ、多くの方法論が競合して研究が進められてきたため、さまざまな概念が交差していて、総括的な説明が難しい。ただ、注意する必要があることは、単なる並列アーキテクチャや並列型言語の議論とは区別しなければならないことである。

分散人工知能での主要な関心事は、与えられた問題とリソースをどのように分割して各エージェントに割当てるか、エージェント間のコミュニケーション

をどうするか、エージェント間の協調と整合性をどのようにして実現するか、各エージェントが相手のエージェントや処理の動きを把握するためにどのようなモデル化をすればよいのか、エージェント間の知識や目的の食い違いがどのように察知され、解決されるのか、こうしたことを具体化するための技術と方法は、といった問題であり、人間同士による共同作業の場合での基本問題と共通のものである。最近話題のCSCW（Computer-Supported Cooperative Works）は、まさに、分散人工知能とグループ活動論との交点をなす研究課題なのである。

<参考文献>

[AI 91] Book Reviews & Response, Artificial Intelligence, Vol.40, No.3, 1991.

[Brachman 90] Brachman, R. J., The Future of Knowledge Representation, Proc. of AAAI'90, July 1990.

[Minsky 91] Minsky, M., Society of Mind: a response to four reviews, Artificial Intelligence 48, 1991.

[Minsky 86] Minsky, M., The Society of Mind, Simon & Schuster, 1986.

[Waltz 90] Waltz, D. L., Massively Parallel AI, Proc. of AAAI'90, July 1990.

[人工知能学会 90] 人工知能学会、特集「分散人工知能」、人工知能学会誌、Vol.5 No.4, July 1990.

[小林 91] 小林重信、事例ベース推論の研究課題、情報処理学会研究報告、人工知能75、March 1991.

[田中 89] 田中博、定性推論とオントロジ——低盛衰豚の基礎的原理、刈監修 定性推論（共立出版）1989.

3.2.3 学習技術の動向

ここでは、学習技術の最近の話題をいくつか取り上げる。

（1）シンボリックな推論エンジンの統合

人間の問題解決・推論の3パターンである演繹・帰納・発想をシンボリックにコンピュータを用いて処理しようとするとき、図表Ⅲ-1-2に見られるよう

に、融合原理、モデル推論、類似性に基づく学習が推論エンジン実現のキー概念となる。何故なら、それらは演繹・帰納・発想に基づく推論エンジンを実現する際の基本的なアルゴリズムを、既存のコンピュータの中で実現可能な形式で明確に提示しているからである。融合原理、モデル推論、類似性に基づく学習の相対概念が、それぞれ融合原理の逆原理、仮説推論、説明に基づく学習である。それらは既存

のコンピュータのなかで明確に実現可能であるが、図表Ⅲ-1-2に見られるように、それぞれ帰納と発想、発想と演繹、演繹と帰納を統合する推論エンジン実現のキー概念となっていることも興味深い。

(2) 仮説推論とアブダクション

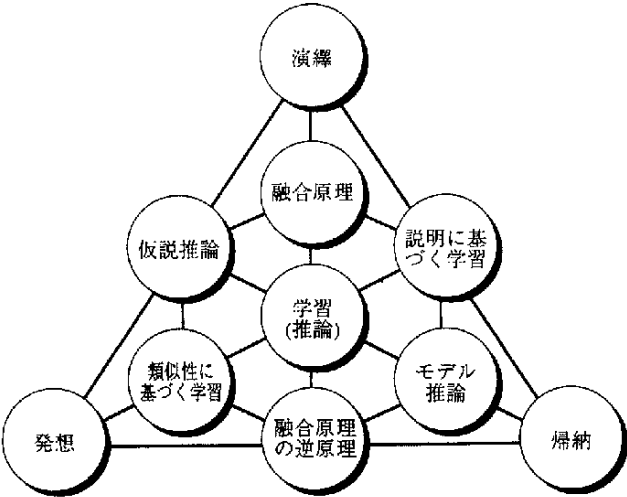
発想に基づく推論はアブダクション（発想推論）に関する一連の考察を経て、仮説推論研究として定著した。仮説推論に関する現在の関心は、その不完全な知識の扱いや非単調推論との関連を明らかにすることである。仮説推論では等号の導入も重要であり、R.Goebel [Goebel 91] は、仮説推論のフレームワークを変えず、「等号に関する理論」形成を行うことで、類推システムが実現できることを示した。これとは別に、仮説推論研究で取り扱っている知識表現のクラスをホーン論理に制限し、その形式的意味論をアブダクションの理論として確立しつつあるKowalski研究室 [Eshghi 88, Kakas 89] の研究動向が注目される。このような研究の流れの中で、非単調推論に対する統一理論が生まれつつある。

談話理解において、コンテキストに対する評価関数において、あるセンテンスを証明するとき、その評価関数を最小化するアブダクション・エンジンの研究が注目される。本研究に関連し、Hobbsや橋田 [Hasida 90] は自然言語の意味解釈の選択にアブダクションという考えを利用している。このようなアブダクションを評価関数として利用する研究は、演繹・帰納・発想を統一的に説明できる理論体系を出現させるであろう。

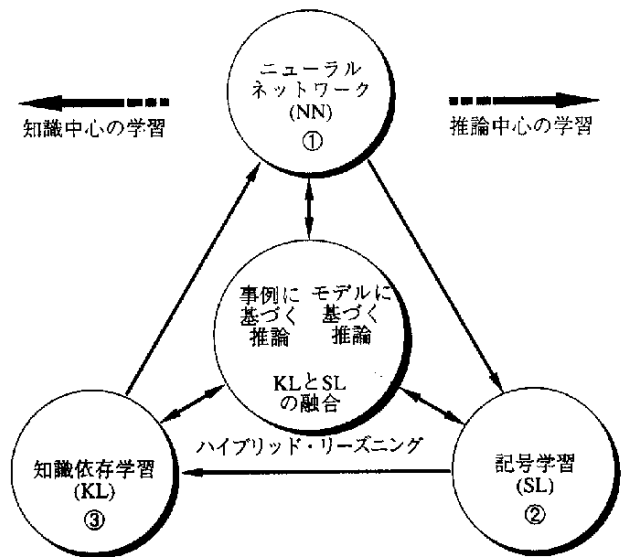
(3) 事例に基づく推論

近年、事例に基づく推論 (Case-Based Reasoning) [Nakamura 89, Kobayashi 91] が注目されている。これは、経験的知識がルールベースとして知識表現できないような対象領域において、過去の成功・失敗の事例をデー

図表Ⅲ-1-2 演繹・帰納・発想推論の関連



図表Ⅲ-1-3 学習研究のパラダイムシフト



データベースとしてメモリ化しておき、それを直接利用して問題解決をするような推論のことである。事例に基づく推論は対象領域が開いており、世界モデルが不十分かつ不完全、健全性に対する解析や証明ができない場合に有効である。事例に基づく推論のアイデアは簡単で、過去の成功事例はそのまま使い、過去の失敗事例は同じ過ちを繰り返さない、ことを基本とする。その推論の枠組みは①事例の定義、②事例の特徴付け、③事例の検索、④事例の変更、⑤事例の修復、⑥事例の記憶、⑦事例の獲得、⑧適用失敗事例に基づく特徴付けの修正、⑨事例の一般化、といったプロセスからなる。事例に基づく推論では、②と③のプロセスで類似性に基づく推論を活用している。

事例に基づく推論はルールベース・アプローチでなく、メモリベース・アプローチの重要性を喚起している。また、それは大規模な成功・失敗の事例ベースを必要としており、大規模知識ベース・プロジェクトの必要性を喚起している。また、小林 [Kobayashi 91] の事例に基づく推論を徹底的に突き詰め、整理・体系化していくと、説明に基づく推論の枠組みに到達したという指摘は大変興味深い。

(4) 説明に基づく学習

学習問題を統一的に扱う見方として、説明に基づく学習 (Explanation-Based Learning) [Yamada 88, 91, Yamamura 91] が注目されている。説明に基づく学習では、学習すべき概念を目標概念、学習対象に関する知識を領域理論、学習結果の満たすべき基準を操作性規範 (Operationality criterion) と呼ぶ。そして、一つの正例を与えると、正例が目標概念の具体例であることを説明する証明木を構成し、これを一般化することにより操作性規範を満足する手続きを生成する。説明に基づく学習は、説明可能性概念を満足するための証明木を一般化する学習とみなすことができる。一般化の過程で、帰納的一般化を行うので、知識ベースの洗練化手法とみなすこともできる。

説明に基づく学習は、VLSIの回路設計見習いシステムLEAPに採用されたことから分かるように、合成型問題における基本的接近法として有用である。何故なら、設計とは機能的な仕様を、説明可能性概念を満足する証明木に基づき、操作可能な手続きに変換することに他ならないからである。現在、説明に基づく学習と部分計算、類推、定性的推論、知識コンパイル、制約プログラミング等の関連が次々に明らかになっており、今後の学習研究をリードする一つの着眼点であることは間違いない。

(5) 新しい知識処理技術との融合

コンピュータによる学習研究は、図表Ⅲ-13に見られるように、①ニューラルネットワーク (Neural Network:NN)、②記号学習 (Symbolic Learning:SL)、③知識依存学習 (Knowledge-dependent Learning:KL) という三つのパラダイムを経て発展してきた。図表Ⅲ-13の右半分は推論中心の学習であり、左半分は知識中心の学習である。推論のコストに比べて、メモリのコストがどんどん安くなっているため、従来の推論中心の学習研究から豊富なメモリ (知覚) を利用した学習研究へのある種のパラダイムシフトが起こりつつある。

図表Ⅲ-13の中心部に見られように、①～③それぞれの長短を見極めて、それぞれの長所のみをうまく融合するハイブリッドリーズニングの方式研究が現在、盛んに行われつつある。具体的には、②と③を組み合わせるシステム統合する研究が重点的に行われているが、③と①のハイブリッド研究である事例に基づく学習や、①と②のハイブリッド研究であるモデルに基づく学習に多大の関心が払われている。このような研究開発は新しい知識処理技術が登場すると、既存技術との干渉という形態で起こる。そこで、新知識処理技術の長短を見極め、いかにしてそれぞれの技術の長所を融合したシステムを構築するかが問われている。図表Ⅲ-14に年代別の学習関連研究の推移を示す。

図表 III-1-4 「学習」関連研究の推移

	1950年代以前	1960年代	1970年代	1980年代	1990年代以降の展開
ニューラルネットワーク (NN)	パーセプトロン (Rosenblatt 58) バンデモニウム (Selfridge 59)	ミンスキー批判 (Minsky 69) 判別関数 (Nilsson 65) 進化的学習 (Fogel 66)	適応制御システム (Tsytkin 72) 神経回路網モデル (Amari 78) オオコグニロン (Fukushima 75) 遺伝的アルゴリズム (Holland 75)	PDP (McClelland 87) ホップフィールド・モデル (Hopfield 86) 誤差逆伝播学習 (Rumelhart 86) ボルツマンマシン (Ackley 85)	視覚情報処理、ロボット、制御への応用 <u>遺伝的アルゴリズムの応用</u> カオス、フラクタルの応用 ハイブリッドリレーズニング
知識依存学習 (KL)			Meta-DENDRAL (Buchanan 78)	AM, EURISKO (Lenat 82, 83) CYCプロジェクト (Lenat 86) <u>電子化知識ベース (Kawata 87)</u>	ヒューリスティックスの学習 <u>大規模知識ベース (Yokoi 90)</u>
記号学習 (SL)			AQVAL プログラム (Michalski 75) ID3 (Quinlan 79)	構成的帰納法 (Langley 80) <u>自動クラスタリング</u> (Cheeseman 88)	記号学習と知識依存学習の融合
演繹推論	アリストテレス形而上学 三段論法	融合原理 (Robinson 65)	閉世界仮説 (Reiter 78) <u>TMS (Doyle 79)</u>	暗黙知 (Polanyi 80) 暗黙推論、非単調推論 常識推論 (McCarthy 80, Lifschitz 85) ATMS (de Kleer 86) 定数推論 (Bobrow 84)	高次推論への適用 常識推論の知識コンパイル 深い知識と浅い知識の融合
帰納推論	ポパーの推測と反証 (Popper 59)	極限としての同定 (Gold 67)	帰納推論の数学理論 (Blum 75) 一般化 (Plotkin 70)	モデル推論アルゴリズム (Shapiro 81, 82) 説明に基づく学習 (Mitchell 86) 融合原理の逆原理 (Muggleton 88) 帰納推論と計算量 (Valiant 84) 学習プロトコル (Laird 89) 雑音のある世界での学習 (Angluin 88)	例からのエディタ、デバッグ 各種推論能力の形式化統合 説明に基づく学習と類似性に基づく学習の融合 多項式時間アルゴリズム オラクルの改良 雑音下での自動クラスタリング ニューラルネットワークとの結合
発想推論	パースのアブダクション (Peirce 1839-1914)		<u>経験的学習 (Langley 79)</u> ARCHプログラム (Winston 75)	仮説推論 (Poole 85) アブダクション (Stickel 88, Hobbs 89, Eshghi 88, Kakas 89) 類推 (Winston 80) 構造写像 (Gentner 80, Fahrenhaimer) 類推システム (Haraguchi 86) 事例に基づく学習 (DARPA 88)	発想支援システムへの展開 科学的発見システム <u>自然言語の解題生成 (Hasida 90)</u> 発想的思考支援技術 収束的思考支援技術 内容検索、意味検索 等価変換推論への適用 不完全情報への適用 (不完全問題の解決) <u>メモリーベースト・アーキテクチャ</u>
学習研究支援環境	Lisp	<u>ファジィ (Zadeh 65)</u>	Prolog 部分計算 関係データベース	CP, PARLOG, GHC リフレクション (Smith 84) 制約プログラミング (Jaffer 86) <u>グループウェア (Stefik 87)</u> ハイパーテキスト オブジェクト指向 エージェント指向 (IPA 89)	並列推論マシン <u>マルチメディア・グループウェア</u> ハイパーメディア 協調型エージェント指向

(注：下線のあるものはAI白書 1991からの更新部分。)

【推論能力の拡大】の軸

<参考文献>

[AI 89] ICOT - JIPDEC AIセンター編：人工知能の技術と利用－AI白書－、日本情報処理開発協会、1989年12月。

[AI 91] ICOT - JIPDEC AIセンター編：人工知能の技術と利用－AI白書－、コンピュータ・エージ社、1991年3月。

[Eshghi 88] Eshghi, K. and Kowalski, R.A.: Abduction Compared with Negation as Failure, Proc. of the 6th ICLP, Lisbon, June 1989.

[Goebel 91] Goebel, R.: A Sketch of Analogical Reasoning based on Hypothetical Reasoning, Lecture of IAS - SIS, April 1991.

[Hasida 90] 橋田浩一：エネルギー最小化法による記号的推論の制御、日本認知科学会第7回大会発表論文集、九州工大、1990年7月。

[Kakas 89] Kakas, A.C. and Mancarella, P.: Anomalous Models and Abduction, Proc. of 2nd Int. Sympo. on AI, Monterrey, Oct. 1989.

[Kobayashi 91] 小林重信：事例ベース推論の動向、人工知能学会全国大会（第5回）チュートリアル講演テキストTrack C、pp.39 - 57, 1991年6月。

[Nakamura 89] 中村孝太郎、小林重信：事例ベース推論の対話型モデルとその機械調整支援への適用、人工知能学会誌、Vol.4 No.6, pp.704-713, 1989年11月。

[Sugeno 83] 菅野道夫：あいまい理論（I-IV）、計測と制御、Vol.11-6, 1983.

[Yamada 88] 山田誠二、辻三郎、安部憲広：直接解決可能性に基づく一般化：DSBG-操作可能なSOLVABLE観念の定義づけ、人工知能学会誌、Vol.3 No.6, pp.783-791, 1988年11月。

[Yamada 91] 山田誠二：説明に基づく学習入門、人工知能学会全国大会（第5回）チュートリアル講演テキストTrack C、pp.21-37, 1991年6月。

[Yamamura 91] 山村雅幸、小林重信：拡張EBLに基づく問題解決マクロテーブルの獲得、人工知能学会誌、Vol.6 No.1, pp.72-83, 1991年1月。

3.3 AI 基盤技術

基礎の間直しが行われるときは、基盤のレベルにおいてもそのよって立つ原座標の再構築が水面下で進行するときである。この状況は基盤の上層部にしか目の届かない部外者からみれば、一見技術的な停滞と映るかも知れない。自然言語処理などの現状は、まさにこの典型例と言えるかも知れない。しかし、次世代の基盤技術を目指す努力は、水中深くで営々と続けられているのである。以下ではその一端を覗いてみることにしたい。

3.3.1 自然言語処理技術

1990年夏に、ヘルシンキで開催された第13回計算言語学国際会議COLING-90への参加報告 [長尾 91] を読むと、自然言語処理の最近の状況を知ることができる。それによると、発表全体を通して技術的にいって革新的といえるようなものは見当たらず、小規模なモデルを対象にして理論展開をするというのではなく、多くの事例に立った実際的な問題を扱うという傾向が出ているということである。そして、その例として、既存の辞書やテキスト・データベースを処理して、それらから広い適用範囲を持った知識を抽出するという試みがいくつか報告されたことが指摘されている。しかし、この試みをさらに先に進めて、それで得られた知識をどのような問題にどう適用し、どのような効果が得られたかという検討を行っているものは少ないようである。このように、最近の自然言語処理の研究はまず、利用できる知識、特に、事例を中心にした知識を拡大していこうという動きが顕著になっているといえるようである。

この動きの内容を具体的にみると、言語そのものについての知識を拡大しようとするものと、言語の表現対象である世界についての知識を利用しようとするものに分かれている。

①言語知識の拡大：従来からの言語研究のあり方を見ても、そのアプローチには大きく分けて2種類がある。その一つは抽象論的アプローチというべきもので、言語構造を形成してモデルを作り、

それに基づいて言語現象を説明しようというものである。この代表例はチョムスキーによる生成文法のアプローチであるが、これは言語の形式的側面を明らかにするうえで大きな貢献があったものの、言語の運用的な側面については未着手のままで無力である。これは法則から現象に進むという意味でトップダウンのアプローチといえるものである。それに対して、もう一つのアプローチは極端にボトムアップ的であり、特例的な言語現象を取り上げて、その性質をこと細かに調べ上げるという採集的アプローチというべきものである。このやり方では、言語の体系的な構造を見出すことは難しく、したがって、自然言語処理に必要な知見を得ることは望めない。

最近になって、マンマシン・インタフェースのための自然言語処理が注目されるようになると、言語の運用的な側面についての知見の弱さがクローズアップされることになった。この弱さをカバーするために、真っ先になすべきことは、言語使用例の体系的かつ網羅的な収集である。言語の運用面、すなわち、言葉の具体的、実地的な使い方には、非常に多くの要因が関係している。文化や習慣など社会環境はもちろん、個人によっても異なり、また、狭い意味での文脈によっても変わる。したがって、“それを系統立てて進めるためには、さまざまな文脈を代表するのにふさわしい、多様性のある資料を大量に得ることが必要なのである” [Walker 89]。

- ②言語知識から世界知識へ：自然言語は、世界についてのコミュニケーションを行うためのツールとして存在するものである。したがって、自然言語を自由に使いこなすためには、言語に関する知識だけではなく、世界の事柄を理解しうる知識が必要である。これらの知識に不十分なところがあれば、コミュニケーションはそれだけ不完全なものになってしまう。これは人間同士の場合だけではなく、人と機械の間のコミュニケーションについても当てはまる。コンピュータも

含めて、機械にどのような自然言語処理能力が期待できるかを、それらに必要な知識との関係でまとめると図表III-15のようになる。

広範な言語知識や世界知識を扱うためには、人間の持つ常識的知識に近いものをコンピュータに持たせる必要がある。その試みに真正面から挑戦しているのが、前述したCycプロジェクト（第III編 第2部3-1 参照）である。

3.3.2 音声・画像処理技術

リンゼイおよびノーマンによると、人間が外界の事物や音声を認識する活動は、データ駆動型の処理と概念駆動型の処理の相互作用によって営まれているとみることができる。データ駆動型の処理は、感覚受容器が受け取った外界からの信号をイメージとしてまとめ、そのイメージを分析して特徴を抽出し、それらの特徴の組み合わせによってあるパターンの存在を認識するというボトムアップの処理である。他方、概念駆動型の処理は、いま経験中の事象に関する概念的な知識と、この状況の文脈において、その知識から推論的あるいは連想的に誘起されるある予測によって開始される。この予測は経験中の事象の次の段階やそれから派生するさまざまな変化についての情報を与えるものであり、その情報によってそれらに対応するための準備体制を整えさせるための信号が、システムの必要な細部の部署に発せられて、処理の細部が実現さ

図表III-1-5 自然言語処理能力と知識 [Peters 91]

言語・世界知識なし	言語知識のみ	言語・世界知識あり
電話	かな漢字変換	質問応答システム
隠れマルコフモデルによる音声認識	スペルチェッカ	内容ベース情報検索
	音声合成	完全自動・高品質機械翻訳
	文法チェッカ	通訳電話
	同義語検出	
	トランスファ方式機械翻訳	
発話の物理情報のみ	さらに言語情報も可	さらに内容情報も可

れていくことになる[中溝 84]。

このような二つの処理の相互作用は、限られたリソースを合目的に重点化して使うための戦略的なメカニズムとみることができ、人工知能につきまとう「組み合わせ的爆発」問題の解消に大いに役立つものである。しかし、従来からの音声・画像処理技術を見ると、そこでのアプローチは、もっぱらデータ駆動型の処理に狙いをおくもので、概念駆動型についてはほとんど視野の外という状況にあった。幸いなことに、ロボット視覚の研究者などを中心に、最近この見直しともいうべき動きが活発になってきている。

①受動的視覚から能動的視覚へ：従来の画像処理では、画像理解のためには、まず、受け取った信号をもとに、原像のコピーをマシン内部に完全に再現することが必要と考えた。しかし、人間は実際にはそんな手間のかかることはしていない。その証拠を図表Ⅲ-1-6で説明する。

いま、図の左上の絵(レービン：不意の訪問

者)をみせながら、三つの問：(a)"登場人物たちの年齢は?"(b)"来客の直前、家族たちは何をしていたか?"(c)"室内の人物たちと調度類の配置を暗記せよ!"を出したとする。そのときの、各問に対する回答者の視線の動きを示したのが、図中の(a)、(b)、(c)である。このうち、(c)が従来の画像処理での場合に近い。これら三つの視線の動きから、視覚が能動的に活動して、目的に合わせて処理の効率化を図っていることが明らかになる。

②能動的音声処理の可能性：音声理解に言語知識を利用する研究はかなり盛んであるが、生理学的な研究によって人間の聴覚ではもっと低いレベルから、能動的な処理が行われていることが明らかにされている。この事実は音声処理にもっと活用されてもよい。

<参考文献>

[長尾 91] 長尾確、第13回計算言語学国際会議に

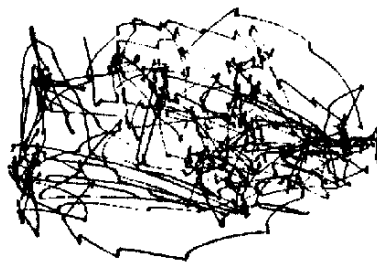
図表Ⅲ-1-6 課題と視線の動き [Ballard 91]



(a)



(b)



(c)

参加して、コンピュータソフトウェア>、Vol.8 No.2, March 1991.

[Ballard 91] Ballard, D. H., Animate Vision, Artificial Intelligence, Vol.48, No.1, February 1991.

[Peters 91] Peters S., Intelligent Language Processing, 人工知能学会誌, Vol.6, No.1, January 1991.

[中溝 84] 中溝幸夫他訳、リンゼイ、P. H. & ノーマン、D. A. 著、情報処理心理学入門2 [第2版] — 注意と記憶 — (サイエンス社)、1984.

[Walker 89] Walker, D. E., Developing Lexical Resources, Proceedings of the 5th Annual Conference of the UW Center for the New Oxford English Dictionary, P1-22, 1989.

3.4 AI実現技術

AI実現技術は、AIに具体的な実在としての姿かたちを与える技術ということができる。この中で最も基本的なものは、AIシステムの骨組みを与え、システムとして構築する技術である。そこで、ここではAIシステム化技術に焦点を合わせその動向につき概説する。

3.4.1 AIシステムのアーキテクチャ

(1) 相互作用レベル

1980年の第1回米人工知能学会(AAAI)大会において、初代会長のA.ニューウェルは、情報処理システムにおける知的機能のあり方を明確化して、コンピュータの概念的な階層構造の最上層に“知識レベル”の層を導入した。以来10年、1990年にボストンで開催されたAAAI '90においては、この故事を意識した会長D.ボブrowは、新しいAIの展開方向として“相互作用レベル”の概念を導入することを提案した(図表III-1-7参照)。

これまでの人工知能のモデルでは、一人の人間の内部で行われる活動をいかに捉えるかに主眼を置いてきた。しかし、人間は単独で行動す

るだけでなく、他人との共同活動も重要な行動形式であり、その場合の知的な条件は個別行動のときとは異なる。また、最近のようにコンピュータを利用した活動が多くなると、それを取り込んだモデル化が必要になる。このような背景から、知能モデルの中に相互作用に関する次元を導入する必要が指摘されるようになってきている。すなわち、問題解決技術の項に述べた「マルチエージェント」が、本格的に展開されるべき環境条件を整備しようというものである。

ボブrowは、現段階ではこの相互作用レベルに、ニューウェルが知識レベルに与えたような定式化を行うことは無理としたが、将来の情報処理システムはAIエージェント、人間・機械システム、センサー・システム、コンピュータ・ソフトウェアなどのエージェントからなるネットワーク的な組織体になるものとして、このような組織体が成立しうするための要件を次のように列挙した。

- ①共通基盤と共用言語(語彙)
- ②エージェント間でのインピーダンス・マッチング
- ③リソース管理
- ④目標/行動の調整
- ⑤作業慣行との統合化

ここで、②のインピーダンス・マッチングというのは、例えば、異言語を話す人々の間には通訳という媒介役が必要であるように、異なる概念体系を共存させるための仲介機能のあり方を問うものである。③のリソース管理は、エージェントに仕事を割り付け、仕事に資源を配分するものである。この機

図表III-1-7 情報処理システムの階層構造

知識レベル		相互作用レベル	
記号レベル	システム・レベル	記号レベル	システム・レベル
レジスタ転送レベル		レジスタ転送レベル	
論理機能レベル		論理機能レベル	
電子回路レベル		電子回路レベル	
(1980年版)		(1990年版)	

能を実現するものとして、われわれは一種の市場原理というべきものを持っているが、B.ヒューバーマンが示したように、プロセッサの数が大きくなると、たとえ需要が安定していても、資源の使用にはカオス的な変化が生ずることがある。また、階層化が進むと、遅れによる非効率化が始まり、システムは振動現象を見せるようになり、果ては、大混乱が起きることにもなる。こうした場合、階層間にある種のリンクを張ることによって収束を図ることができる。

なおボブrowは、AIが目指すべき方向は、automatingではなくてinformatingであることを強調して、講演を結んだ。

(2) 包含アーキテクチャ(subsumption architecture)

知能ロボットのように、受容器と効果器を持ち、外界との間で知的な相互作用を行うシステムのモデルとしては、従来、図表Ⅲ-1-8に示すような要素機能がシリアルに接続された構成のものが用いられてきた。知能のような複雑な機能を扱う場合には、“分割して統治せよ”の原則から、それをいくつかの要素機能に分割して研究するのは極めて自然なアプローチである。

また、知能の働きが意識的に行われるものであるとすれば、各要素機能による処理の進行がシリアルであるのも当然と言えそうである。

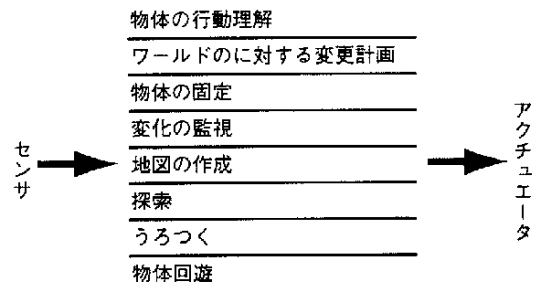
しかし、知能をこのような要素機能に分けて考えてよいという保証はどこにあるのだろうか。もちろん、人間の知的活動の中には、プランニングなど各要素機能に対応するものが認められることは事実であるが、だからといって、外部情報の受容→外界への行動という活動が、それらの場合と同じ仕組みで

処理されているという証拠はまだ見つかっていない。逆に、低次元の活動においては、上記のような過程を踏んでいるとは理解しにくいケースも見られるのである。また、研究戦略としてみた場合にも、要素機能を個別に研究する結果、要素機能同士の相互作用のあり方で多くの問題が出るという難点がある。例えば、要素機能間のインタフェースのために明示的な知識表現が要求されるが、それは要素機能の仕様を硬直化させることになり、環境や作業内容の変化への柔軟な対応を困難にすることになる。

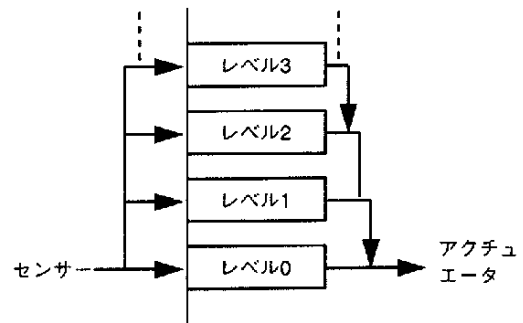
この問題点に対する反省に立って、MITのR.ブルークスは包含アーキテクチャと呼ばれる新しいシステム構築原理を提案している [Brooks 86]。これは図表Ⅲ-1-9のように、タスク遂行のモジュールを低次の行動のものから高次のものへと次々に行動システムを積上げていくというものである。

このアーキテクチャに基づくシステムの開発は、

図表Ⅲ-1-9 包含アーキテクチャ [長谷川 91]

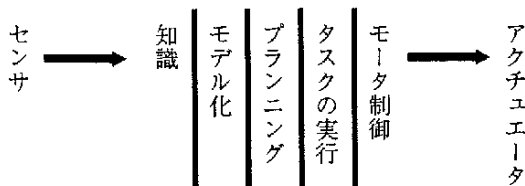


a. 包含アーキテクチャにおけるシステムの分割



b. 包含アーキテクチャの層構造

図表Ⅲ-1-8 旧モデル



例えば、まず、反射的な行動レベルの自律システムを作って完成させ、次にその上に知覚—行動レベルのシステムを作って載せる。このとき、システム全体としての制御は、下位のシステムが働いても上位のシステムが働き出すと、それによって下位の効果は抑えられてしまい、上位の働きがなくなると再び下位のものが有効になる、という形で成立するようになっている。

ブルークスの主張によると、このような構成をとることによって、明示的な知識表現を用いなくても高度な知的システムが実現可能とされている。しかし、上層の高度な行動レベルの実現が本当にこのような形に単純化できるかどうかは、なお、検討を要する問題として残されている。

<参考文献>

[長谷川 91] 長谷川勉ほか、知能行動のための情報処理、日本ロボット学会誌、Vol.9.No.1, February 1991.

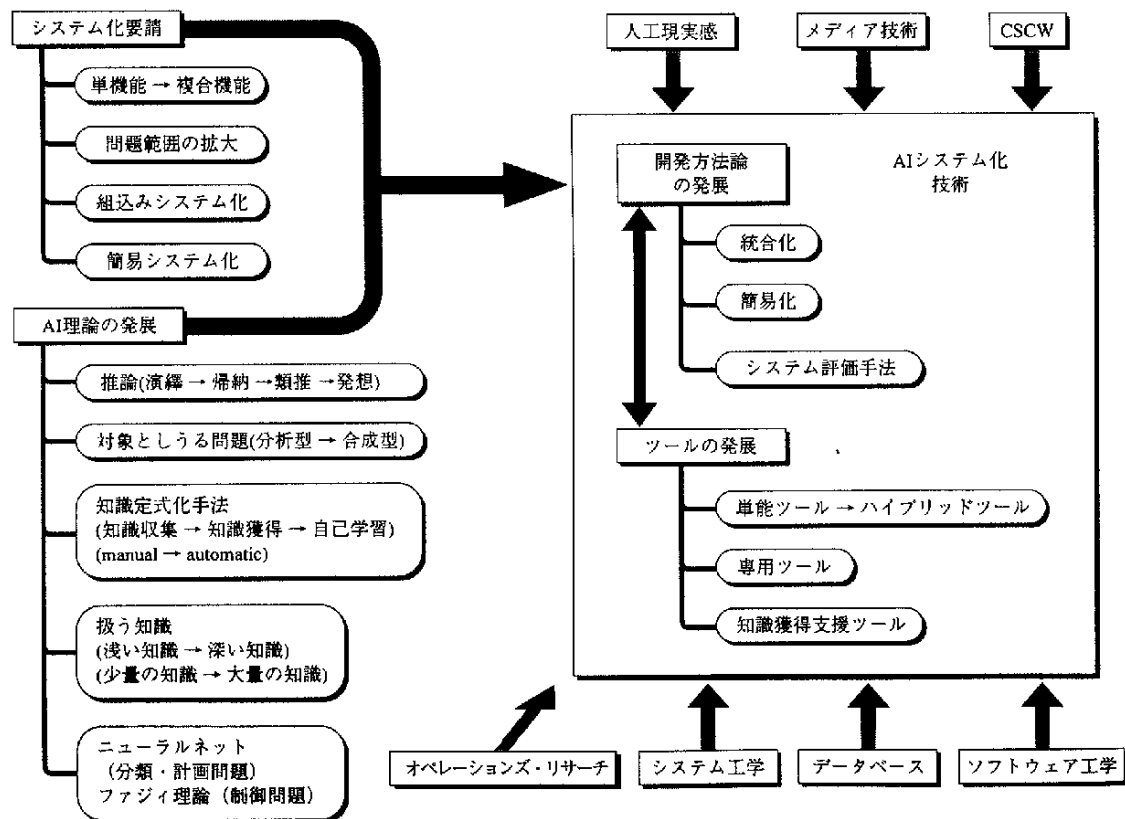
[Brooks 86] Brooks, R. A., A Robust Layered Control System for a Mobil Robot, IEEE J. of Robotics and Automation, RA-2, April 1986.

3.4.2 エキスパートシステムのシステム化技術

(1) システム化技術の全体像について

エキスパートシステム (ES) のシステム化技術の全体像は、図表Ⅲ-1-10のようにまとめられる。基本的には、利用者が望むシステム化要請とAI理論の発展とに支えられて、現在のAIシステム化技術は成立している。これには、開発方法論の発展とツールの

図表Ⅲ-1-10 ESのシステム化技術の全体像



発展とが車の両輪として存在する。さらに、これは、人工現実感 (Virtual Reality, Artificial Reality)、メディア技術、CSCW (Computer Supported Cooperative Work) などの最近のコンピュータ技術の影響を受け、また、オペレーションズリサーチ、システム工学、データベース、ソフトウェア工学などの従来から存在する問題解決技術、コンピュータ利用技術との関連性も深い。

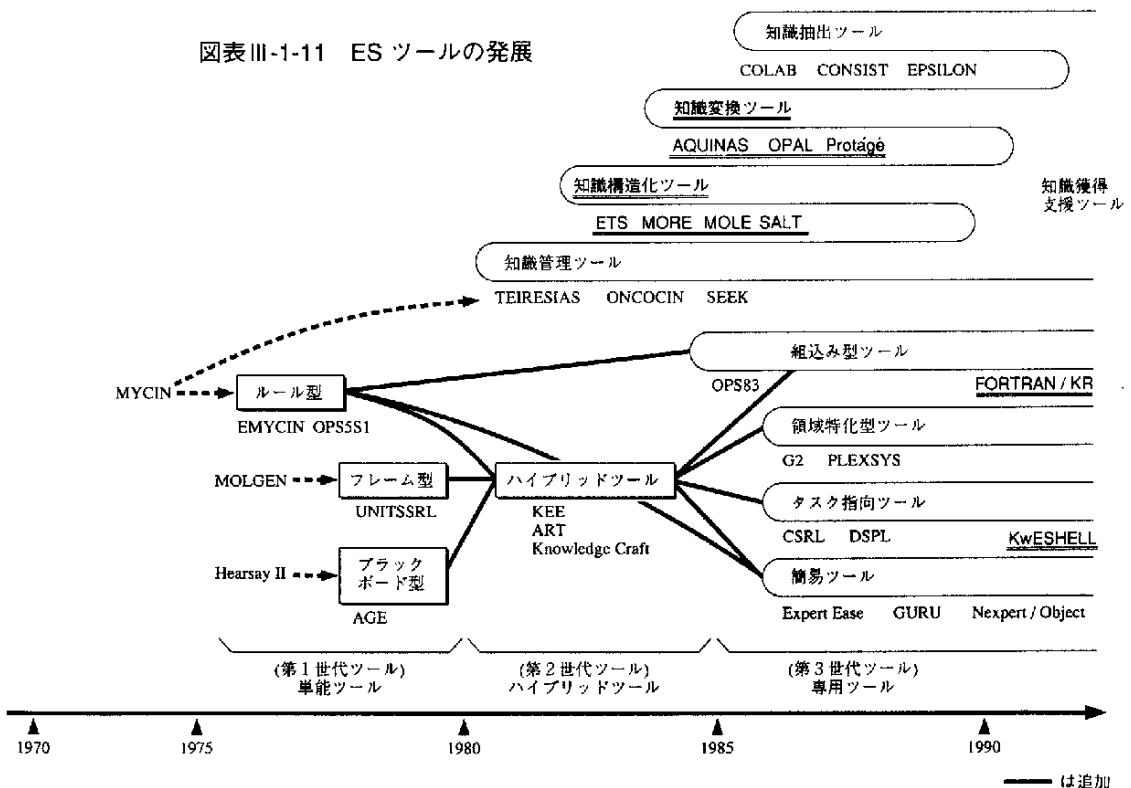
前年度のAI白書 [AI白書 91] に比較すると、関連技術として、図には、人工現実感、オペレーションズリサーチの項目を加えた。前者は新しいインタフェース技術として、AIシステムに大きな影響を与える可能性が強いこと [服部 91]、[AI 91-1]、後者については、特に、設計・計画などの合成型問題において、最適解・準最適解を妥当な計算時間内に得るためには、数理計画法などの理論を援用する必要性が高まってきたことによる [AI 91-3]。また、開

発方法論に関連して、エキスパートシステムの評価手法に関する調査研究も行われていることは注目に値する [JIPDEC 91]。

AI理論の発展については、推論に関連する項目を、演繹・帰納・類推・発想の四つに整理して示した。これは、三つの理由による。第1は、帰納的な推論・学習に関連して、MDL (Minimal Description Length) 規準 (最小記述長規準) [AI 91-2] などの計算量的な学習理論の研究が進展してきたことである。第2は、類推をその理論的な原理とする事例ベース推論 (Case Based Reasoning) を利用したAIシステムの数が増加していることによる [ICOT 90]、[小林 91]。第3は、生物の進化を模倣した発見的な探索手法である遺伝子アルゴリズム (Genetic Algorithm) が主に非線形最適化問題への適用において注目を集めはじめたことによる。

また、AI理論については、昨年度は記述しなかつ

図表Ⅲ-1-11 ES ツールの発展



た、ニューラルネット・ファジィ理論を加えた。ここ数年、ニューラルネットは、後向き伝播法（Back Propagation）を用いた分類問題への適用、ならびにホップフィールド・ネットワーク（Hopfield Network）を用いた計画問題への適用が中心であり、ファジィ理論については、ファジィルールを用いた制御問題への適用が中心であった。最近、これらの非記号的な理論・手法を融合して扱う試みが増加している〔高木90〕ために、この項目を追加することとした。

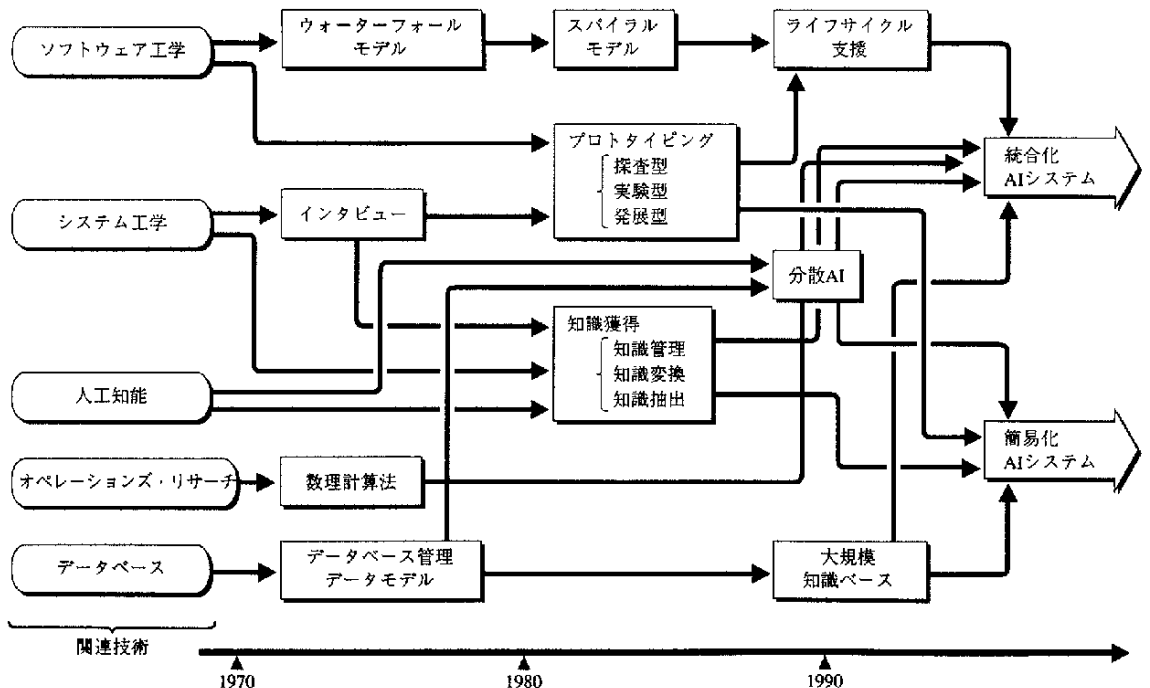
（2）ESツールの発展について

ESツールの発展の経緯は図表Ⅲ-1-12のようにまとめられる。ツールには、その前身として、特定のエキスパートシステムを持つものが多い。第1世代のツールは、単一の知識表現・推論手法をサポートした。これら第1世代のツールに対し、複数の知識表現をサポートする第2世代ツールが開発されるようになった。これらはハイブリッドツールと呼ばれる。これらの特徴としては、当初から商品として設計開発されていること、高価なLispマシンやワークステーション上で稼

働すること、利用者インタフェース、特に開発者インタフェースが充実していることなどがあげられる。1985年以後は、ESツールはさらに分化し、対象分野や対象タスク、利用者レベルなど、さまざまな面からの専用化が進んでいる。これらの専用ツールを総称して第3世代ツールと呼ぼう。それらは、従来型システムに組み込んで利用することを前提とし、推論の高速実行を特徴とする組み込み型ツール、対象とする業務に対する知識をあらかじめ保持し、特定分野の問題解決の効率化を図る領域特化型ツール、ジェネリックタスク（generic tasks）の概念をサポートするタスク指向型ツール、人工知能の概念について詳しくないユーザを対象とする機能の限られた簡易型ツールなどに分類することができる。

これらの動向は、前年度とほとんど変わりはない。図中で、大きな修正を施した部分は、知識獲得作業を実態に合わせて、知識抽出・知識変換・知識構造化・知識管理という四つに分類して、対応する知識獲得支援ツールを整理しなおしたことにある〔小林

図表Ⅲ-1-12 開発方法論の発展



1990]。図表に現れない動向としては、わが国のコンピュータメーカー、ツールベンダーの間で、タスク指向ツール、組み込み型ツールという意味でのESツールが数多く発表されたこと、ならびに各社の提供するツールに合わせた形で、さまざまなシステム開発方法論が製品として発表されたことである。その例として、図には、FORTRANに組み込んだESシステムの実現を容易にする組み込み型ツールFORTRAN / ER、ならびに応用システムのタスクに応じてさまざまな部品の提供を可能とするタスク指向ツール群KwESHELLを示した [AI91-3]。

(3) 開発方法論について

従来のAIシステムは、実行可能な解を適当な処理時間で求める目的に使われることが多かったが、最近では、それに加えて最適性・実時間性が要求される場合が多くなってきている [AI 1991-4]。その場合には、発見的方法を重視する従来のAI手法のみでは不十分となる。図表Ⅲ-1-12で追加した、オペレーションズ・リサーチ、および、それにつながる数理計画法の項目は、特に、計画型・設計型の問題において、統合化システムの解の精度と処理速度の向上に重要となってきている。

<参考文献>

[AI 白書 91] ICOT-JIPDEC AIセンター (編) : AI白書-人工知能の技術と利用.1991.

[AI 91-1] 人工知能学会全国大会 (第5回) 論文集: 特別セッション: Visual Interface.pp.61-76,1991.

[AI 91-2] 人工知能学会全国大会 (第5回) 論文集: 特別セッション: 学習理論への新しい視覚: MDLとその周辺.pp.77-96,1991.

[AI 91-3] 人工知能学会全国大会 (第5回) 論文集: 特別セッション: エキスパートシステム構築方法論 (支援システム) .pp.97-116,1991.

[AI 1991-4] 人工知能学会誌: 特集: AIの理論と現実.Vol.6, No.6, 1990.

[Goldberg 88] Goldberg.D.E.: Genetic Algorithms

in Search. Optimization & Machine Learning Addison-Wesley, 1989.

[服部 91] 服部桂: 人工現実感の世界、工業調査会、1991.

[ICOT 90] ICOT KSA/KARサブワーキンググループ報告書: 事例ベース推論の研究動向に関する報告書、1990.

[JIPDEC 91] 日本情報処理開発協会: エキスパートシステム評価ガイドラインの研究報告書、02R-001, 1991.

[小林 91] 小林重信、寺野隆雄 (編著): 知識システムハンドブック、オーム社、1990.

[小林 91] 小林重信、中村孝太郎: 新しい問題解決方式として実用化が期待される事例ベース推論、日経AI別冊、1991春号.pp.40-49, 1991.

[日経AI 91] 日経AI別冊: 特集: AIツールの再点検.1991春号、1991.

[高木 90] 高木英行: あいまいさと知識情報処理.システム/制御/情報.Vol.34, No.5, pp.263-273, 1990.

4 今後の展望 大規模知識ベースを目指して

AIの応用技術は、エキスパートシステムと機械翻訳システムを中心に、すでに市場で実用目的に用いられており、CAI、CAD、CASEの分野でも部分的に導入が進められつつある。また機械翻訳システムの開発で培われたAI技術はさらの高度な要約などの文書処理の高機能化を進めつつある。

それらの応用技術を支えるAI基盤技術においても、オントロジカルな大規模な知識ベースの研究開発、意味理解を目的としたロバストな自然言語処理、5000語程度の音声認識、人間の認知をもとにした画像認識といった技術がこの数年進歩を見せている。一方、AI基礎技術では、定性推論やメモリベース推

論、事例ベース推論が注目され、問題解決や機械翻訳に適用しその能力の検証が行われつつある。AI基礎技術の中で最も重要でかつ困難な学習に関しては大きな進展は見られないが、大規模な知識ベースの開発は、こうした知識学習・獲得の研究の基盤を提供し、今後発展が期待される。

AIの応用、基盤、基礎技術を支えるAI実現技術については、第五世代コンピュータプロジェクトにおいて、1000台処理装置からなる並列推論マシンの実現が始まっている、ニューロチップやファジィチップの開発、それらを用いたニューロコンピュータやファジィコンピュータの開発も計画されている。新たな情報処理を目指し、超並列マシンと柔軟な論理を提唱した新情報技術システムプロジェクトの提案もなされている。

このように最近のAI関連技術の動向は、エキスパートシステムや機械翻訳システムの市場での定着、ニューロやファジィのような新たな理論や方式に基づいたAI基礎技術の拡大と、AI実現技術の整備、そして新たなAI応用技術の研究開発へと多角的に進展している。しかし一方で、エキスパートシステムや機械翻訳システムの脆弱さが、知識の一般性、常識に関する知識の欠如によるものであることが認識され、今後のAI技術の発展において、以上に述べたAI関連技術のほかに、知識そのものに対する研究、広範な知識の集積が鍵となると指摘されている。AIの本質は知識であり、知識を処理する立場からコンピュータ技術、基盤技術を再構築していく必要がある。

すでに、こうした認識の上に立ち、日本と米国で共用性の高い知識ベースの開発が開始されている。日本のEDRプロジェクトでは自然言語処理のための知識ベースを、米国のCycプロジェクトでは述語論理でさまざまな知識を記述し構造化するオントロジカルな知識ベースの開発が行われている。それらの成果の効用は2、3年のうちに明らかになるだろう。

次の段階は、そうした知識ベースの成果を踏まえた、より一般性のある大量の知識を構造化した大規模知識ベースの研究開発に向かう。大規模知識ベ

ースは、自然言語や図形、音声といった多様なメディアで知識が表現されたドキュメント、ドキュメントの意味内容を形式化した知識の集合、すなわち事例ベース推論やメモリベース推論での事例の集合、そしてそれらの知識を抽象化し構造化した大規模な知識ベースである。

最近のAIに関連する技術開発の状況は、すでに大規模知識ベース開発の基盤の一部であると見る事ができる。例えば、知的ハイパーメディア技術は、多様なメディアのドキュメントの管理技術であり、自然言語理解、画像理解、音声理解技術はドキュメントからの知識を抽出し大規模知識ベースを構築する基盤技術である。また、AIコンピュータ技術は、大規模で多大の推論を必要とする大規模知識ベースを支える技術を提供する。

大規模知識ベースの研究開発は、このように、AI関連技術のほとんどの技術に関係する。さらに大規模知識ベースは大規模でかつ多様な知識を扱うために、それぞれの技術に対してより高度な理解・処理を要求する。とりわけ知識ベース技術、自然言語理解、音声・画像理解技術については、大規模知識ベースを構築するうえで、より高性能な技術が必要であり、またそうした技術開発自体にも大規模知識ベースが必要である。すなわち、大規模知識ベースを構築するにはほとんどすべてのAI基盤技術が必要であり、また大規模知識ベースの発展がそうしたAI基盤技術を研究開発する基盤となる。そしてさらに、大規模知識ベースは、将来のAI応用に向けて、AI実現技術がどうあるべきかを方向づける。その研究開発は、大規模な知識ベースを元にした多様な探索、推論方法、強力な知識獲得・学習機能などのAI基礎技術の研究開発を促進するとともに機械翻訳、エキスパートシステムなどさまざまなAI応用技術の研究開発の基盤を提供する。

第2部 ハイライト技術 — 大規模知識ベース —

はじめに

AI技術の現状と動向を総合的に分析することによって、次なる飛躍に向けての最重要の研究開発課題として“大規模知識ベース”なるテーマが浮かび上がる。実質的には、緒についたところともいえるべき知識処理技術を本格的に体系的なものに育て上げるためのテーマである。

もちろん、あちこちに関連する話題が散見されるようになったとはいえ、先進的なテーマの常としていわゆるコンセンサスなるものができ上がっているわけではない。知識処理の従来型のアプローチや世評となっているアプローチは、知識の処理の仕組みからのものである。すなわち、ロジックプログラミングにしても、最近のニューロコンピューティング、ファジィ推論にしてもしかりである。もちろん、これらの重要性を損なうものではないが、今、求められているのは、知識の処理の仕組みからのアプローチではなく知識そのもの、知識の構造からのアプローチである。すなわち、中身としての大規模知識ベースである。このようにアプローチの方向が異なるだけに本テーマは、現在のところそれほど理解されやすいというものではない。しかし、立ち返って眺めてみれば、誰もがその必要性を納得するのが、大規模知識ベースである。

そこで、ハイライト技術として次項以降に取り上げた大規模知識ベースの説明は、広く多角的な観点から、その全像を描くことを試みる。第1章では技術的、社会的背景、第2章では手掛かりとなる大規模なデータベースの現状と動向、第3章では大規模知識ベースの代表事例と分析、第4章では各種応用システムにおける知識ベースの現状と動向、第5章

では大規模知識ベースの要素となる諸技術の動向、第6章では波及効果と応用の形態、第7章では具体的なイメージとしてまとめた提言をそれぞれ述べる。大規模知識ベースが羅列される出来上がった技術ではなく、まさにこれからの課題であるため、このようなスタイルを取った。

1 背景

1.1 技術的背景

(1) 情報処理の機器の技術から情報そのものの技術へ

現在、情報処理の技術が大きく変化し、成長するきざしが見えはじめてきた。そのきざしの第一は情報処理の機器の技術から情報そのものの技術へと大きく重点が移ってきたことである。今までは、プログラム言語やシステムソフトウェアやコンピュータハードウェアの高機能化、高性能化という情報処理の機器ないしは仕組みの側からの課題が技術開発の中心であった。そして、現在、努力が実りかなりの成果が得られた段階になっている。しかしながら、成果が達成されるテンポが落ちはじめたこと、得られた成果の中には、実情に合わないものがあることが指摘されはじめたことなど、情報処理の機器の側からのアプローチに限界が見えはじめた。

この得られた成果を活用し、情報処理技術全体をもう一段飛躍させるためには情報そのものの側からの課題を技術開発の中心にすべきであることが明らかとなってきた。処理の対象となる情報を体系的に把握し、それを的確に分析し、規則性を取り出し、

そして、それらに基づいて処理のメカニズムを構成する。これが情報そのものの側からのアプローチである。

人工知能技術も、人工知能の一般的な仕組みを追うアプローチの限界が指摘され、それぞれの知能現象の領域を正確に定め、領域内の現象を分析し、それに立脚した仕組みを作り出さねばならぬことが示唆はじめられている。ソフトウェア技術においても、新しいプログラミングパラダイムやプログラム言語に関する努力が一段落し、プログラミングの対象となる領域をどうとらえるかという技術が重要であることが認識されはじめている。また、自然言語処理技術においても、一般的な理論や仕組みを中心に置き、それに合う言語現象を追及する時代から、客観的な言語データを多量に収集し、分析し、それに立脚した仕組みを実現しようという時代になってきている。

情報や知識自体がいかなる性質、構造、働きを持っているのかを精密に分析、体系づけること、すなわち情報の生態学、知識の生態学という観点こそが、今後の情報処理技術発展のためには不可欠である。

(2) コンピュータが人間と同じ情報表現メディアをコンピュータを使い易くするというニーズの高まりに伴ってヒューマンインタフェース技術がひととき重要視されるようになってきている。さらには、ヒューマンインタフェースからシステム全体の構成を見直そうという観点も生まれてきている。

もう一つの最近の動向としてハイパーテキスト、ハイパーメディアがある。この技術に対する評価は、まだ定まらぬところが多いが、ヒューマンインタフェースを高度化する共通の枠組として、紙メディアにかわる電子メディアの登場として、また、各種メディアを統合化した新メディアの登場として評価されているというところであろう。

しかしながら、これらの動向はヒューマンインタフェースの重要性を指摘する役割を越え、今、新たな視点を生み出しつつある。それは、コンピュータ

の情報表現メディアが人間の情報表現メディアと同じものになるという視点である。

人間の情報表現メディアは古くから使い慣れていた自然言語や各種の形式言語や図形・画像や音声などである。一方、コンピュータの情報表現メディアはプログラム言語やデータベース言語や知識表現言語である。この表現メディアの違いを埋める努力がヒューマンインタフェース技術であった。すなわちコンピュータの情報は、あくまで、プログラム言語等のコンピュータ用の言語で表現されたものであり、その一部を人間に理解し易くするために人間用の表現メディアに表現し直すというのが従来のヒューマンインタフェースの発想である。そして、今、求められている発想の転換はこの考え方を逆転することである。

ハイパーメディア、ハイパーテキストの出現はコンピュータが人間の情報表現メディアで情報を扱えるようになったことを具体的に示しているのである。同じ情報を表現するのに、表現メディアを人間と同じものにすることによってコンピュータは内部では桁を越えるデータ量を扱わねばならない。しかし、今やコンピュータはそのデータ量の増大に耐えうるだけの処理能力、記憶容量、ディスプレイ表示能力を獲得したのである。そしてコンピュータ上の情報も自然言語や各種形式言語や図形・画像や音声で表現されるようになった。

しかし、コンピュータはこれらの情報を人間と同じように理解しているわけではない。その情報の一部をコンピュータに理解できるように表現し直すための言語がプログラム言語等の表現メディアである。インタフェースはプログラム言語やデータベース言語や知識表現言語に位置を移すことになる。すなわち、インタフェースはヒューマンインタフェースからコンピュータインタフェースにかわることになる。

この発想の転換は以下の三つの代表例に示されるように多くの利点を生み出す。

①これまで個別にしか機能しなかった人間用の表現メディアは、コンピュータ上に移ることによって、一体化・統合化・融合化して機能し、新しいメディア機能を提供するようになる。この機能は高品位テレビの普及など、今後の情報処理機器の進展によって急速に加速されていく。

②ソフトウェアの概念が大きく拡大されソフトウェアの生産性向上に関して新しい観点が生まれる。プログラムやデータベースだけがソフトウェアではなく、自然言語で書かれた文章、図形・画像情報、音声情報、すべてを含めてソフトウェアとなる。それには、新しいソフトウェアセンス、新しいソフトウェア開発技術、新しい人材が要求される。これは、ソフトウェアの領域が拡大したのであるから当然である。しかし、重要なことはそれが今までのソフトウェア生産活動に単に負担を増すということではないということである。書物、映画、ビデオ画像、録音音楽等々、コンピュータよりはるかに永い歴史を持つ蓄積がそれらの開発のための人材を含めて動員されるからである。また、人間用のメディアで表現された情報をそのまま持ち込めなかったから、やむをえずプログラム言語で書き替えなければならなかったという類のプログラムがかなりある。同じ情報なら、プログラム言語でソフト化するより人間用のメディアでソフト化した方がはるかに生産性は高くなる。

③情報の表現範囲の適切な切り口を与える。人工知能における問題点として情報の部分性が議論される。例えば、ある知識ベースを作ろうとしたとき、関連する全知識を議論することは不可能であるから適切な範囲と深さで切り出すことになる。ところがこの範囲と深さがいたって不明確なものになるというのが、情報の部分性の問題点である。これは人間どうしのコミュニケーションのときにも起こる。しかし、人間は永い経験の中で、伝えたい内容と伝えたい相手と伝える環境からどのようなドキュメントを作れば過不足なく情報伝達で

きるかという頃合いを定めてきた。このドキュメントに情報の切り出しの基準を求めることができる。ドキュメントを土台とした知識ベースシステムこそが情報の部分性の問題への最も確実で現実的な解を与えてくれる。

(3) 巨大情報技術への切実なる期待

巨大情報、巨大情報処理技術の必要性が切実なものと感じられるようになり、それに向けての研究開発へのさまざまな気運が高まってきている。

パーソナル化とネットワーク化によりコンピュータは、ますます軽便なものになりつつある。機器の軽便化は、扱う情報に対しては巨大集積化をもたらす。そして、あちらこちらで手持ちの技術ではもはや対応しきれぬまでに巨大集積化が進みつつある。この情報の肥大化を放置するならば必要な情報を取り出す効率が急激に低下し、不必要な情報が蔓延する事態に早晚行きつくことになる。

データベースも、かつては、データ作成にも経費がかかり、蓄積するファイル機器も高価であった。しかし、今や、様相は大きく変わってきている。コンピュータ利用の日常化により、随所で大量のデータがコンピュータ入力されるようになり、日本語ワープロの普及はこれを急激に加速している。ファイル機器も安価で大容量の固定ヘッド磁気ディスクや光ディスクが大量に出回るようになり、テラバイトを単位に計られる超大容量の装置も各所で利用されるようになった。

そして、今や、データベース整備に関しては米国より遅れているといわれているわが国においてさえ、手に負えぬほどにデータベースが巨大化しつつある所が散見されるようになった。データベース検索の専門家を養成する程度の対策では応じきれぬ事態に早晚なることは明らかである。データベースの仕組みそのものに抜本的な対策が不可欠の事態になってきたのである。さらに、これから本格化するデータの多様化、マルチメディア化の動向も、データベースの仕組みの再検討を強く迫りつつある。

そして、大規模データベース、大規模情報検索をより高度により知的にする技術が巨大情報技術、巨大情報処理技術の核となる。

(4) アプリケーション技術の共通基盤の確立

今、情報処理技術はアプリケーションの時代となった。コンピュータはある段階の成熟期を迎え安定したコンピューティング・パワーを供給できるようになった。ユーザ、すなわちアプリケーション側は、コンピュータを安心して利用できる道具とみなさざるまざまなアプリケーション技術の研究開発に没頭できるようになったのである。これもコンピュータの進歩の自然な成り行きである。

とはいえ、個別のアプリケーションをばらばらに並べたてたのではアプリケーションの時代とはいえぬのであろう。共通の技術基盤を確保し、アプリケーション技術が情報処理技術全体を先導する姿を作りあげねばならない。また、この共通基盤が次なるコンピュータ技術そのものの展開を方向づけることにもなる。

コンピュータを今までのようにプログラム言語等の形式言語で表現された情報を処理するマシンとする見方から人間と同じ情報表現メディアで表現された情報を処理するマシンとする見方がこの共通基盤の基礎となる。さらに、人間と同じ情報表現メディアによる知識処理の技術が共通の技術基盤となる。

(5) 知識処理、自然言語処理技術の確立と定着化

知識処理、自然言語処理の技術は今後の情報処理技術全般を律するものである。その意義づけのもとに第五世代コンピュータプロジェクトが国家プロジェクトとして、また、機械翻訳が国家プロジェクトと一連のメーカの技術開発プロジェクトとして、ここ十年にわたって進められてきた。それぞれかなりの成果を得たものの、明らかに本来の目的に沿っての技術の確立には、もう一段の努力が不可欠であることが明らかとなった。この努力を、もし怠れば、今までの成果を大きく損なうことになる。

第五世代コンピュータは、ロジック・プログラミ

ングによる記号処理技術、知識処理基礎技術とそれらの処理を高速・大容量に処理するための並列処理コンピュータを成果としてまとめつつある。これらの成果を改良・拡張し、実効ある技術に育てるためには本格的な知識処理への適用、特に並列処理コンピュータを生かす大量知識処理への適用が不可欠である。ロジック・プログラミングによる記号処理技術が本格的に利用され、この効用を具体的に発揮するのは、すべてこれからである。

それに比べ機械翻訳はより実用性の高いものに育ってきている。しかし、あくまでもある段階のレベルに達しただけであり、その技術の奥の深さからして、今後とも永く広範囲の研究開発の努力が続けられねばならない。機械翻訳技術が育てようとしている頑健な自然言語処理技術、意味処理技術は大規模知識ベースの中心技術となる。また、最も単純な大規模知識ベースである電子化辞書は、これからの機械翻訳の新たな展開の基盤となる。

さらに、最近の話題となっているニューロ・コンピューティングの技術も、記号処理の近似計算技術として見れば、大規模情報検索に大きな役割を果たしてくれるであろう。

(6) 次世代コンピュータのシステムアーキテクチャの基本技術

21世紀に向けてのコンピュータのシステムアーキテクチャを規定する枠組は次のようになる。処理要素となるパーソナルコンピュータを規定するものは、知的ハイパーメディアである。コミュニケーション要素となるネットワーク機能を規定するものは知的グループウェアである。そして、情報蓄積要素となる情報ベース機能を規定するものは、マルチメディア知的情報ベースである。これら知的ハイパーメディア、知的グループウェア、マルチメディア知的情報ベースを文字通り知的なものとして実現する基本的技術としての役割を大規模知識ベース、およびその技術が担うことになる。

1.2 社会的背景

大規模知識ベースは、自然言語や図形、画像などの多様なメディアで表現された大量の文書をその意味内容にわたって扱う大規模知識処理技術を用いて、機械翻訳や文書要約などの高品質な言語処理システムや多様な問題解決を行う知的な情報システムの実現を可能とする。

大規模知識ベースの研究開発は、人工知能を始めとする情報処理のほとんどの分野、言語学や心理学、さらには社会学や経済学、法学等の人文科学の分野の研究と関連する。したがって、大規模知識ベースに蓄積される各学問分野の知識は、それ自体が将来に向けた社会資源の蓄積である。

全産業で情報化が加速されており、情報化に伴って産業構造の変化が起きている。円滑で健全な産業構造の変革に対処するより高能力な情報処理の基盤の構築が急がれている。もはや情報処理の基礎技術、基盤技術はある産業のものでも、ある国のものでもない。多大なコストと労力、リスクを要する基礎技術の育成には、国際、学際、業際の三際の協力が必要であり、また三際でそれらの技術や資源を共有してより有効となる。特に国際的には、大規模知識ベースの知識や文書自体が、国際的な情報交流の資源となり、地球規模で知識を共有する情報システムの基盤を提供する。大規模知識ベースは、まさにテクノグローバリゼーションの中核であり、例えばその国際的な研究開発プロジェクトは、国際技術協力の最適な対象と考えられる。

図表Ⅲ-2-1に大規模知識ベースの位置づけを示す。

(1) 国際協力

技術や情報の寡占が何を引き起こすかは近年の技術摩擦にかかわる係争を見るまでもなく明らかである。今や、環境問題を始めとして経済、産業を地球規模で考えなければ世界の矛盾を解決できないことが明白になってきた。そのような問題意識が政治や経済だけではなく情報処理の世界においても顕在化している。

国際間での科学技術情報の流通の円滑化は、科学技術の発展を促進するだけではなく、国際間で情報をオープン化し共有することによって新たな国際的な産業構造を作りだす。また開発途上国への技術移転を促進する。世界で共有される大規模知識ベースは国際間での情報の流通をサポートする基盤を提供し、そのためにも国際間での研究開発の共同、協力が必要である。

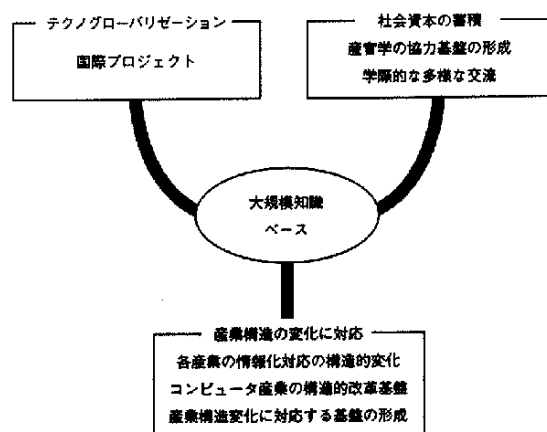
このような、大規模研究開発プロジェクトの大きな役割の一つは、地球規模の問題の解決であり、必然的に国際協力として位置づけられなければならない。

(2) 学際的な多様な交流基盤

情報や知識に関する研究は、元来、言語学や心理学を始めとする人文科学、社会科学の分野でなされていた。コンピュータ科学は、そうした分野での研究の対象を自然科学からとらえ直すといった側面も持っている。自然言語理解や問題解決の研究は、機械翻訳システムやエキスパートシステムを始めとする応用システムの開発に支えられて進歩しており、それらの技術は、情報や知識の本質をコンピュータによって分析することも可能にしてきた。

コンピュータ科学からの言語や知識の分析は、他の分野での研究の促進に寄与するはずであり、また

図表Ⅲ-2-1 大規模知識ベースの位置づけ



言語学や心理学での研究の進展はコンピュータ科学の発展に寄与する。もちろん人文、社会科学での研究とコンピュータ科学では目的とするところもアプローチも異なる。しかし対象とする現象は同じであり、知識や情報そのものの現象を通して交流が図れる。

コンピュータ科学の中でも、自然言語処理とデータベース、そして、知識処理の専門家の間にはギャップがある。しかし情報や知識を扱うという点では目的は共通しており、ギャップは情報に対する観点が異なる点にある。情報や知識に関する研究を有機的に進めるためにも技術交流の基盤の形成が要請される。

また、学際的な交流の基盤になるのは、情報、知識、言語に関する膨大な資源であり、その上でなされる研究成果である。この分野での研究が自然科学として位置づけられるには、研究成果の再現性を保障することが極めて重要である。情報や知識、言語に関する大規模知識ベースは、学際的な研究交流のためにも必須である。

さらに経済や法律などの社会科学、機械や建築などの工学分野への大規模知識ベースの適用は、知識の蓄積、利用という本来の知識ベースの目的を促進する。

すなわち、大規模知識ベースは、学際的な幅広い分野にわたって、知識という学問資源の蓄積を行うための枠組を与える。

(3) 産官学の恒常的な協力基盤の形成

欧米の研究開発機関と比べ日本の機関の研究開発が際だって異なっているのは基礎技術の研究から応用技術の研究開発までの連続性である。そうした研究開発の連続性が国際的な競争力をもたらしてきた。最近では基礎技術から応用技術開発までのサイクルがますます短縮する傾向にあり、基礎技術の育成の重要性がますます増大している。

情報システムの大規模化に伴い、基礎技術といえども、規模がますます大きくなりつつあり、基礎技術の資源の継続性も重要になりつつある。また研究

ツールや資源の共同利用や研究成果の共用は、研究対象が大規模化すると共に、さらに重要になりつつある。

大規模知識ベースに関する研究は、人間の認知過程に関する研究から応用システムの開発まで、基礎研究から応用まで極めて幅広い。またその波及効果も多岐にわたる。実行に当たっては、それらの研究を遂行する人材の確保とこの分野での研究者の育成が必要で、そのことから研究交流の基盤が整備されなければならない。

産官学共同のプロジェクトが基礎技術の育成を目指して各国で模索されつつある。それらの成果については今後待つところが多いが、陽に陰に、産業界の活性化と、大学等の研究機関の活性化を促している。

(4) 各種産業における情報化対応の構造的変化

近年の情報処理技術の発展は、それまでどちらかというところの当たらないところで集積されてきた情報を一躍、付加価値の高いものにした。そして、それらの情報が経済の流動性の促進だけではなく、産業構造、社会構造の変化をもたらしつつある。

それまでの情報の流通の担い手であった出版産業やマスコミ産業においても、大量の情報を即時に処理するために情報の電子化が進んでおり、電子出版に向けて出版形態が変化しつつある。そしてこの電子化によって、人手不足に起因する構造的な問題の解決が急がれている。また一旦電子化された情報は、それ自体もデータベースとして利用価値が高いことが認識され始めており、一部のマスコミ産業では、集積されたデータベースを用いてさまざまな情報サービスを始めている。これらの分野においても、今までのブロードキャスティングによる情報の配布から、顧客の要求に応じた肌理の細かい情報サービスに移行しつつある。

金融関係産業では、以前から情報処理の重要性が認識されており、コンピュータの導入も最も早い段階から行われてきた。ロイター経済ネットワークは、

世界の金融界を24時間不休の市場にしてきた。そのために経済予測の重要さはますます増大したその即時性も要求されており、スーパーコンピュータの導入も進んでいる。金融関連産業はもはやコンピュータによる情報処理能力によって成り立っているといつて過言ではない。より迅速で的確な情報処理を行うことで、健全な経済の発展を支えることが金融関連産業の目的である。金融情報は、非常に多岐にわたり、数字情報だけではなく、ドキュメントや電文等さまざまな形態の情報が存在する。そのために大量でかつ多様な情報を処理する能力を持ったシステムが望まれている。

製造業では、多様化する顧客のニーズに応えるために、その分析がなされている。また、少量多品種生産の傾向がますます進んでおり、それに 대응することができる自動化された生産ラインの構築が行われている。これらを経済的にかつ迅速に実行するために、設計ノウハウや生産資源等の再利用を効率良く行うことが進められている。建設業界でのファシリティマネジメントやフレキシブルオフィスも、同様である。こうした産業では、企業内の多様な部門間だけでなく関係する企業間でも、知識や情報を共有することがますます重要になっており、またその情報の増大に伴う問題を解決することも急がれている。

大規模知識ベースが目的とする知識の集積と高度な言語処理や、知識処理の提供は、各種産業に顕著に現われているこうした情報に起因する構造的な変化に対応するものである。

(5) コンピュータ産業の構造的改革基盤

コンピュータ産業では、以上のような各産業における変化に情報処理の立場から対応することが差し迫った課題として認識されており、戦略的情報システム(SIS)の動きが顕著になっている。こうした動きでは、各業種での業務の分析を通して同業種や業種間でのソフトウェアの共有を図り、より高付加価値のソフトウェアシステムを構築する方向にある。一般に形式化が困難な経営ノウハウや業務の分

析を伴うシステムの構築は、単にプログラムを作成することから業務の知識の形式化へと情報システム構築の性格を変えようとしている。

一方、コンピュータ産業の発達は依然としてめざましい。しかしこのめざましい発達がそれを産み出したコンピュータ産業自体の構造的変革をもたらしつつある。今まで多大の利益をコンピュータ産業にもたらしていた汎用コンピュータの出荷はすでに頭打ちの状態にある。爆発的に増加しているのはワークステーションやパーソナルコンピュータである。これらのコンピュータはますます高性能にそして低価格になっており、コンピュータ産業の収益を圧迫しつつある。さらに問題なのはこれらのコンピュータのライフサイクルがあまりに短いことである。新製品の開発のサイクルが短くなってくると共に、その開発経費の回収がなされないままに新たな製品を送り出さなければならない事態も予測されている。この傾向は今後も引き続きであろうし、その傾向を認めたくえてコンピュータ産業の構造的改革が検討されつつある。

高付加価値技術の開発は、もはや産業の米になりつつあるコンピュータの利用分野を拡大すると共に、さらに高性能で大規模なコンピュータシステムの需要を喚起することを目的としている。逆に、今までコンピュータの処理能力がボトルネックであったために実現できなかった処理機能の提供がコンピュータの性能の向上と共に可能になりつつある。例えば日本語ワードプロセッサの普及によって一般化した自然言語処理は、さらに機械翻訳システム、文書推敲システムなど大容量のメモリと大量のCPU時間を必要とするさらに付加価値の高い技術開発を促進しつつあり、高性能のコンピュータの需要を開拓しつつある。こうした高付加価値技術の開発には、また多大の開発コストと時間が必要である。一方、高付加価値技術の提供が製品の差別化の鍵であり、それぞれの企業が競い合ってさらに優れた技術を開発していく。いま、各企業の競争原理に基づく高付

加価値技術の開発の必要性和それに要する莫大な開発のコストと人的資源のジレンマが指摘されている。

技術開発競争は必然である。しかし、過度の競争は産業自体を衰退させる。また高付加価値技術の開発は技術の寡占の危険性を含んでおり、自由な技術開発を阻害する可能性がある。したがって、技術開発競争の調整と技術のオープン化は、コンピュータ産業の健全な発展にとって鍵となると考えられる。

大規模知識ベースの研究開発は、重要でかつ極めて基礎的な研究から、膨大な人的資源を必要とする知識ベースの開発まで多岐にわたる。こうした研究開発の成果を共有することによって、さらに付加価値の高い製品の開発がなされる。また、大規模知識ベースの応用のほとんどは、際限のないコンピュータパワーを要求する。高性能なコンピュータに対する要求は、さらに高性能なコンピュータの開発を促進する。

(6) 産業構造の変化に対応する基盤技術

経済機構の高度化に伴って産業構造の変化に対応するために全産業の情報化はますます重要になりつつある。もはやある業界だけで情報が完結することは稀であり、他の産業構造の変化が他の産業の構造にも関係する。そうした産業の情報化を支えるコンピュータ産業はなおさらである。

産業界が産業を創造していた時代から、顧客のニーズが産業を創造する時代に移行している。そして産業界の関係が輻輳する現在、ますます情報を制することが重要になり、またそうならなければ円滑な経済、社会活動が維持できなくなりつつある。

より高度な情報処理能力が要請されているが、その実現には次のような大きな課題がある。

- ①データベースなどの大量の形式化された情報を共有する分散された巨大な情報管理システムの構築。
- ②コンピュータにとって扱うことが困難であった自然言語情報や図形情報といった人間を対象にするドキュメント情報の処理。

大規模知識ベースはこれらの課題を解決することを目的としており、ドキュメントを記述している自然言語や図形の理解技術の確立と大規模情報の管理技術の確立によって解決される。大規模でかつ多様な情報をコンピュータが扱えるようになると、処理対象となる情報の領域は格段に広くなり、全産業における情報化に革命的な変化をもたらす。

ドキュメントおよびそれに記述された知識を蓄積した大規模知識ベースは、自然言語などの人間に向けて記述されたドキュメントを理解し知識を抽出することと、それらの知識自体が知識やドキュメントを検索することに用いられる。したがって、知識ベースにはすべての語彙の知識が記述され、それによって表現された知識が対象になるために必然的に大規模になる。

大規模知識ベースは、多様な情報をコンピュータで処理するだけではなく、産業内、産業間での情報の共有も目的とする。大規模知識ベース内の抽象化された知識は分野を越えて共通であり、共通の知識が分散された知識ベース、情報システムを共有する役割を果たす。

全産業の情報化を支える共通の基盤の一つは、巨大でかつ多様な情報を処理し管理する大規模知識ベースである。

2 大規模データベースの現状と動向

大規模知識ベースのあり方を検討するに際して、その前提として以下の項目について、その現状と動向を把握する必要がある。

- (1) 大規模データベース：膨大な情報を扱っているシステムの問題を理解するため。
- (2) 知識ベース：エキスパートシステムを中心とする知識ベースの問題を把握するため。
- (3) 要素技術：大規模データベース実現に向けて

の要素技術の可能性を探るため。

まず、大規模データベースに焦点を当て、膨大な情報を扱ううえでの現実の問題を分析する。

高度情報化社会において、その基盤となる情報は、発生とともに即時に収集蓄積され、公衆のアクセスを容易にし、平等に提供されなければならない。そのキーとなる情報の蓄積提供を行うのが、大規模データベースである。その特徴を列挙すれば、以下のようことが言えるであろう。

- 検索対象となるデータが、膨大であり、現状では、1,000万件を越えるデータが蓄積されている。
- 刻々発生する情報を収集し、対象となる分野の必要となる情報を網羅している。
- 複数のデータベースに分けて蓄積し、各データは、異なる基準で収集されている。
- 一次情報が何らかの形で提供されている。一次情報には、特殊文字（発音記号、古代文字、下つき文字、ルビなど）、数式・化学式、図、写真、表などが含まれる。
- オンラインでの利用が主である。
- 各データは、蓄積しているソフトウェアに依存している。

このような特徴を持つ大規模データベースには、以下のようなものが現在開発され、提供されている。

○ 科学技術情報（文献）

JICSTのJOIS、学術情報センターのNACSIS-IRサービス、DIALOG等

○ 科学技術情報（特許）

特許庁の特許データベース

○ 新聞・ニュース情報

日本経済新聞社の日経NEEDSデータベース、Dow Jones News、平和情報センターのHINET等

○ その他（企業情報など）

帝国データバンクのCOSMOS、日本経済新聞社のNEEDSデータベース、東京商工リサーチのTRS-BIGS等

ここでは、各分野の代表例として、JICSTの

JOIS、学術情報センターのNACSIS-IRサービス、特許庁の特許データベース、複合型データベースの日経データベースを取り上げ、システムの目的、歴史、概要、ドキュメントの表現形態と処理内容、将来への課題を概観する。

最後にこれらの事例に基づき、大規模データベースの問題点と将来への課題を整理するとともに、解決方法の検討をする。

2.1 大規模データベースの事例

2.1.1 特許庁の特許データベース

（1）概要

<目的>

特許庁では、特許、実用新案、意匠、商標などの出願案件について、審査等の処理を行っている。しかし、特許情報が非常に多くなったこと（平成元年度では、特許・実用新案54万件、意匠4.8万件、商標17.4万件）、内容が複雑かつ高度になったことから、この審査業務が複雑化し、審査期間が長くなる恐れがでてきた。このため、特許庁は、1984年から、ペーパーレス計画をスタートさせ、特許情報に関する大規模データベースの構築を開始した。このシステムの目的は、工業所有権の審査期間の短縮、工業所有権情報サービスの拡充、事務処理の効率化、国際的な工業所有権情報交換等の協力の推進に役立てるためである。特に諸外国との特許情報の交換に力を注いでいる。

<歴史>

1964年 特許業務の自動化のためコンピュータ導入

1972年 （コンピュータによる漢字処理の実現）

1984年 ペーパーレス計画（V1）の準備・試行期間

}

1986年 ・特許分類をベースに公報データの入力作業及び、多観点ターム（Fターム）による機械検索実用化（材料、構造、組成物、用途など）

・特許公報をイメージデータとして光デ

・ディスク（現在5.2GB/枚）に蓄積（明治時代の第1号特許から）

・CD-ROMによる特許公報の提供（MS-Windows V3.0の利用）

1990年 ・電子出願の受付開始

（ ） ・検索システムの機能アップ

・JA810によるFタームシステムのオンライン特許情報サービス開始

1991年 ・判決、審決を検索するJタームシステムとのリンク

・意匠公報を検索するDターム、商標を検索するTタームの開発

・オンライン閲覧システムの実用化予定

（2）ドキュメント

<ドキュメントの形態と表現メディア>

1. 電子出願：特許出願書類

自然言語、表、数式、化学式、図面（特許・実用新案54万件/年、意匠4.8万件/年、商標17.4万件/年）

2. Fターム検索システム：特許・実用新案

光ディスク500枚

3. Dターム検索システム：意匠

4. Tターム検索システム：商標

5. Jターム検索システム：審決・判決結果

6. 総合資料データベース：特許公報

600万件、光ディスク2,000枚

<ドキュメントの処理>

①蓄積

Fターム、については、データ解析者（185人の専門家と2,000人のパートタイム）がドキュメントを解析する。フリーワードも付与し、検索に利用する。一次情報は、光ディスク（5.2GB/枚）に格納している。

②検索

- ・IPC、Fタームのコード、フリーワード、出願人、発明の名称などによる検索ができる。
- ・フリーワードは完全一致、前方一致、後方一致の検索ができる。

・1画面に図面情報と他の画面に説明文等の対比できる2画面を利用し、2種のデータを見開きで表示できる。

・引例として採用できる文献にしおりを付与したり、メモ用のワードをオンラインで付与できる。

③表示・印刷

・特許情報には、Fタームコード、フリーワード、審査官のメモが追加。

④翻訳

・欧・米・日の三極統合で、データ交換のために、フロントページのアブストラクトを人手により、英文に翻訳している。将来は、自動翻訳を是非とも実現したい。

⑤転送

・特許庁のホストコンピュータと申請者の端末をISDN、DDX-Pなどで結び、データ転送を行う。

・この他、FDや書類による特許出願も並行して実施している。

（3）システムの概要

・ハードウェア構成

Fターム検索システムおよび、総合資料データベース照会システムを実現するハードウェア構成は、図表Ⅲ-2-2を参照。

・ソフトウェア構成

Fターム検索システムはソフトウェアシステム上検索の部分とイメージ転送の部分との二つに分けられる。

・検索

各種検索キーを基に検索する部分であるが、ファイル管理としてはソフトウェア・エー・ジー社の汎用DBMS ADABASを採用し、Fタームサーチマスタファイルを作成し、これをTSSで実施している。検索に関するソフトウェアはすべてCOBOLを使用したアプリケーションプログラムで実現している。

・イメージ転送

イメージデータ管理については日立製作所のBIGを採用し、ファイル管理および端末（ワークステ

ーション)へのデータ転送を行っている。

このイメージ転送は検索とは別のセッションで実施され、端末側はマルチセッションをサポートしている。

(4) 外部提供・公表データ

・基本的にすべての情報は公開する方向である。

(5) 将来への課題、見通し

特許庁では1990年12月1日から電子出願と称し、特許、実用新案についてオンライン、FDによる出願を実施した。書面による出願についてもすべて電子化されることになる。これにより、特許庁に出願される特許、実用新案のすべての情報は入口の時点ですべて電子情報となる。

この電子情報フォーマットには文字情報についてはコードデータで、図面等の情報についてはイメージデータ(二値情報)で保持するミクストモードデータ形式を採用した。

これらの出願に関する特許情報(公報等)は当然今のような紙ではなく、電子情報で提供することを考えている。また、その場合そのフォーマットについてもミクストモードデータ形式で作成されることになる。特許公報のCD-ROM化を行い、MS-Windows上で利用できるようにすることも検討中で

ある。また、全国ネットワークで弁理士事務所にミックスモード端末を設置し、オンラインでFターム検索ができるようにする。

今後これらミクストモードデータで作成された特許情報が先行文献として検索対象になり、審査すべき情報もすべて電子情報となった後は、人工知能等の情報処理システムの高度化と相まって特許情報検索システムではなく、特許審査システムが考えられるようになるものと思われる。

さらに、国際的な情報交流を円滑に実施していくために、特許情報の機械翻訳の実現にも、積極的に取り組んでいく。

2.1.2 日本科学技術情報センターの

科学技術文献サービス

(1) 概要

<目的>

国内外の科学技術文献(年間64万件)を対象に、データベースを作成し、情報を迅速かつ的確に提供することを目的とする。

①総合的なオンラインサービスJOISの推進

・日本語テキスト処理およびJICSTデータベースの有効活用に重点をおいた文献検索システム。

・シーソラス辞書に基づく用語、および日本語化合物辞書を利用した化学物質名称での索引による付加価値づけ。

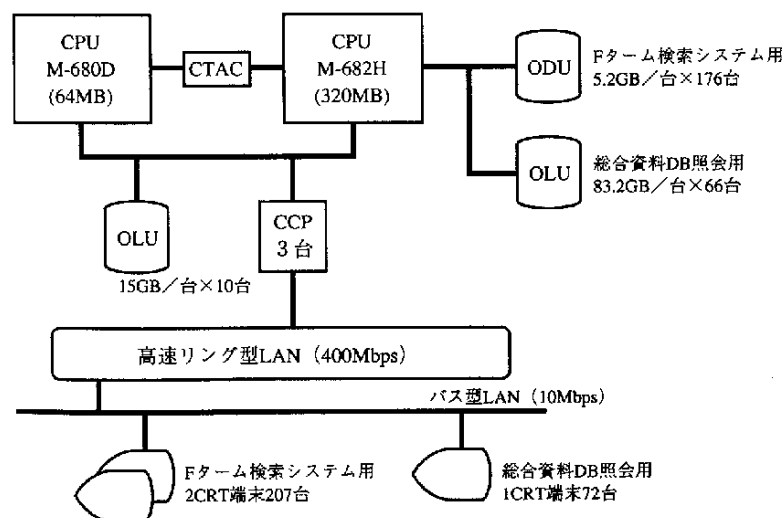
・国名および言語コードについてISO規格を取り入れるとともに、著者名とその所属機関名に関するオーソリティファイルを整備し、データ項目の記述の標準化に対応。

・物質に関するファクトデータベースシステムの整備。

②データベース作成工程のシステム化

・文献情報の網羅性・速報性を

図表III-2-2 特許データベースのハードウェア構成



より高めるための、データベース作成工程の流れの整理と、工程のシステマ的管理の推進。

- ・文献の抄録文の校閲、主題分析および索引の品質向上のための抄録・索引作成支援システムの開発。

- ・収録記事の信頼性のための、入力データのチェック機能、および記事の誤記修正。

③一次資料（文献の原報）の提供サービス

- ・文献検索サービスから一次資料を注文する「オンラインオーダー」と複写物の作成工程の連動。
- ・「電子化された一次資料サービス」については、将来の検討課題となっている。

<歴史>

1961年 第1期：金属工学関係の文献の選及検索
 の実用化研究

1967年 第2期：大型コンピュータ導入と科学技術文献速報の編集の機械化等

1973年 第3期：2期システムの見直し、JOIS-I等の新システムの構築、磁気ディスクの活用

1978年 第4期：JOIS-IIの開発着手
 漢字オンラインシステムとバッチ検索システムの統合システムの構築と高速化、大型化

1986年 第5期：JOIS-IIIの開発着手
 物質に関するファクトデータベース (JOIS-F) のサービス開始
 CAS、FIZ-K、JICSTの3者によるSTNシステムのサービス開始

1990年 JOIS-IIIのサービス開始

(2) ドキュメント

<ドキュメントの形態と表現メディア>

一次情報：文献（紙）・・・自然言語、表、図、写真、数式、化学式など

抄録（日本語）・・・・・・・自然言語、数式、化学式など（64万件／年、全2,000万件）

抄録（英訳）・・・・・・・自然言語、数式、化学式など（8万件／年）

<ドキュメントの処理>

①入力

- ・原本を基に人手により作成した抄録、キーワード（統制語とフリーターム）、書誌情報などを付けた後、キーイン入力し、MTに入れる。

- ・キーワード付けについては、人手および標題・抄録はキーワード自動抽出システムを利用。現在、索引支援システムを開発中。

- ・現在、6,000人（内2,000人が中心的に実施）が抄録作成協力者として携わっている。

- ・シソーラス（4万語）の更新は3年に1回行っている。

②蓄積

- ・上記で作成されたMTをディスクにデータベースとして格納する。

- ・一次情報は、コストおよび著作権の問題があり、蓄積していない。

- ・文字種は、JIS第1水準にとどめている。これは、第2水準になると漢字ふりがなの作成、フリータームの抽出等の処理に使用する辞書容量がふくれあがるからである。

- ・フリータームから統制語を自動的に生成するFT-CT自然語辞書作成システムを利用。

③検索

- ・統制語、フリーターム両方による検索ができる。将来は関連語同義語の変換辞書（100万語以上になるだろう）も入れる予定。用語の位置関係（近接演算子を用いて）でも検索できる。

④翻訳

- ・人手により抄録を英訳して、キーイン入力し、MTに入れる。

- ・日本語抄録から英語抄録を自動的に作成する機械翻訳を試行中。

- ・統制語については、日本語を英語に對訳する辞書（對訳辞書）で変換している。

情報の作成・提供の全体の流れを図表Ⅲ-2-3に示す。

(3) システムの概要

図表Ⅲ-24にシステムの構成を示す。

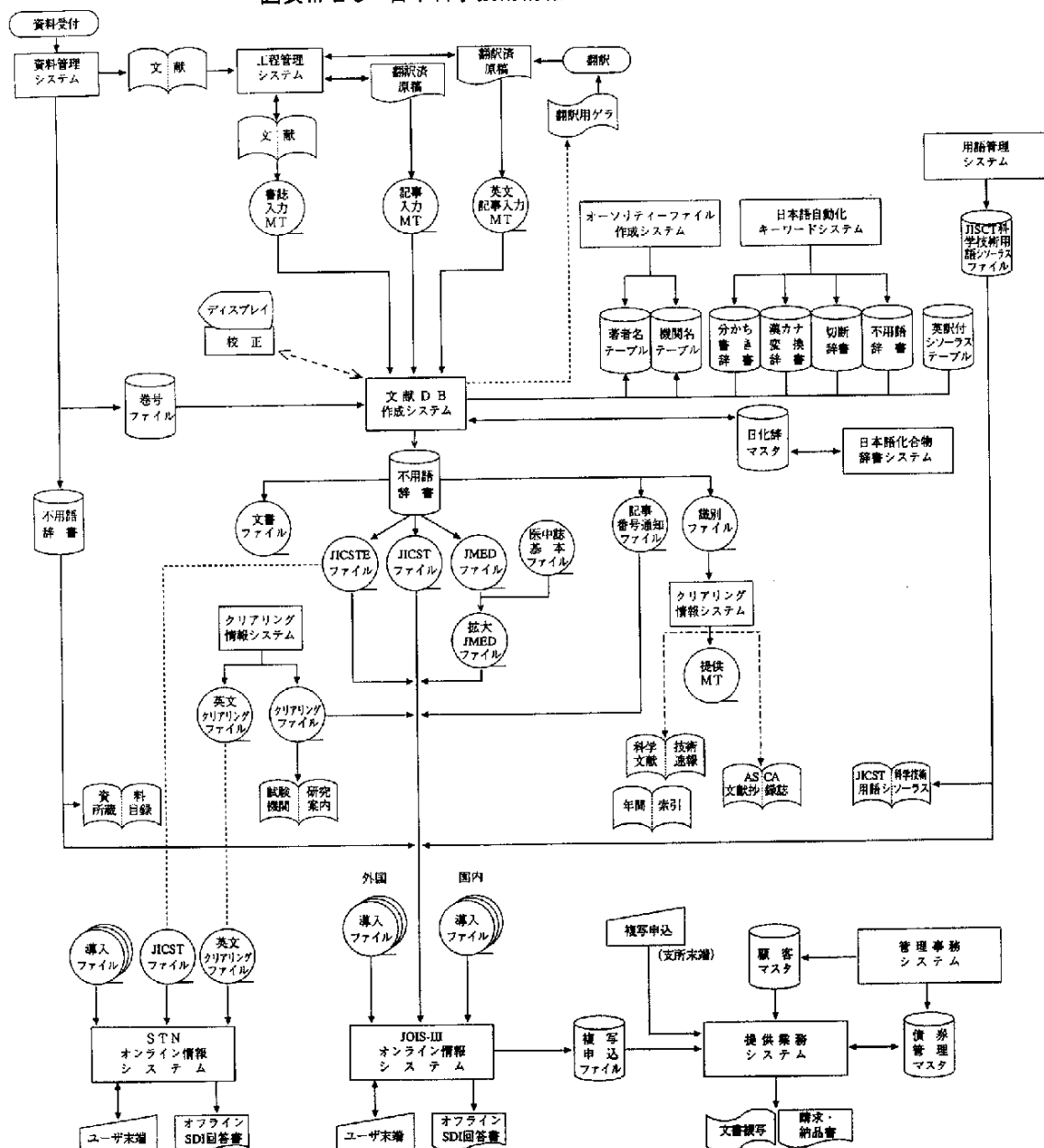
(4) 外部提供・公表データ

- ・ 有料で情報をオンライン、バッチの両形態で提供している。
- ・ 一次情報は、コピーサービスを実施している。

(5) 将来への課題、見通し

JICSTは、当初海外文献を中心とした文献データベースのサービスを実施していたが、次第に国内文献のウエイトが高くなり、最近では、政府関係機関などで発行する報告書（グレー文献）の取り扱いにも積極的である。今後は、文献情報に限らず、ジャ

図表Ⅲ-2-3 日本科学技術情報センターでの科学技術文献情報の作成・提供



ーナル情報の取り込み、さらには、著者と直結した文献情報の収集と読者へのフルテキストでの提供なども期待されている。

2.1.3 学術情報センターのNACSIS-IR

(1) 概要

<目的>

日本国内の大学等研究者等に対して、学術研究の推進に当たって必要となる、各種情報のオンライン

による迅速な提供を目的とする。現在NACSIS-IRで提供されるデータベースには、次の種類のものがある。

①文献情報データベース

外部機関で作成された索引・抄録データベース、学術情報センターが独自に編集するデータベース、大学等の研究者が作成し、学術情報センターに提供されるデータベースが含まれる。

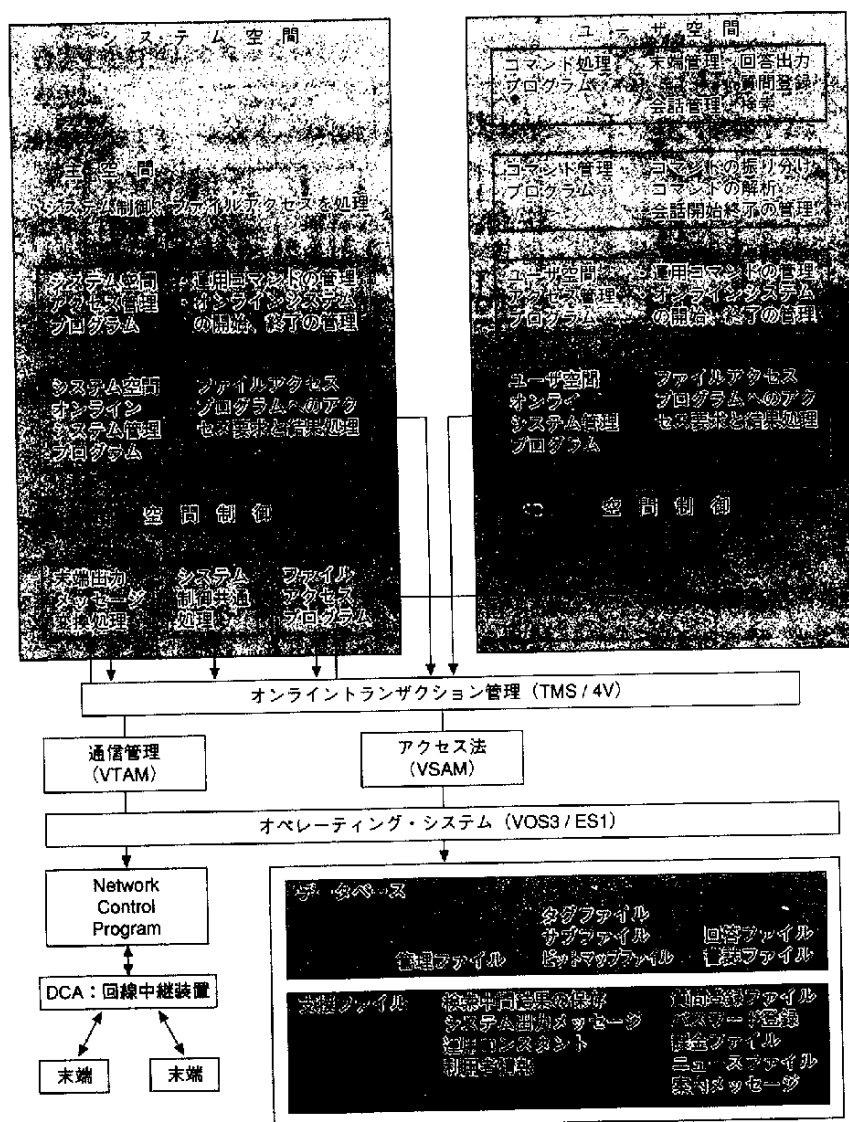
②目録・所在データベース

各種図書に関する機械可読目録および、学術情報センターが別途行っている大学図書館目録・所在情報サービスシステムから得られる、書籍・雑誌の目録および所蔵に関するデータベース。

③その他

国内の大学計算センターでサービスされているデータベース、あるいは大学等で作成されているデータベースに関する情報を提供するデータベース・ディレクトリ、国内の研究者に関する情報を提供する研究者ディレクトリ、現行法令に関するデータベースが含まれる。また、大学等の研究者が作成し、学術情報センターに提供するファクト関連データベースのサービスも予定している。

図表III-2-4 JOISの構成



<歴史>

- 1973 東京大学図書館学研究センター発足
 - 1982 学術雑誌総合目録データベース検索サービス開始
 - 1983 東京大学文献情報センター（学内共同研究施設）設置
 - 1984 東京大学文献情報センター（全国共同利用機関）改組
 - 1986 学術情報センター設置
 - 1986 文部省科学研究費補助金成果概要データベース、学位論文索引データベース、データベース・ディレクトリ作成開始
 - 1987 学会発表関連データベース作成開始
 - 1988 学会誌論文関連データベース作成開始
研究者ディレクトリデータベース作成
 - 1989 データベース・ディレクトリ調査
 - 1990 研究者等作成データベース受け入れ開始
- （2）ドキュメント

以下では学術情報センター内でデータベース作成が行われているデータベースについて述べる。

<ドキュメントの形態と表現メディア>

①文献関係

抄録関連のデータベースについては、著者に作成を依頼し、担当機関（学会等）で内容のチェックされた入力データシート（自然言語による抄録、著者付加キーワードを含む）が主体となる。全文関連のデータベースについては、紙に書かれた文献（自然言語、図・表、写真、数式化学式など）に加え、CTS（computerized type-setting）データも、併せて提供を受けている。

②目録・所在関係

学術情報センターの大学図書館目録・所在サービスシステムのデータベースから必要な情報を抽出・編集している。

<ドキュメントの処理>

①入力

・データシートで提供されるものについては、書式

上のチェックを行った後、項目別にパンチ入力しMTを作成する。CTSの形で提供されるものについては、テキストファイルに変換した後、表題、著者、所属、キーワード、索引、本文などのタグを付加した形で、MTを作成する。図・表や数式、化学式等を含むものでは、一次情報（雑誌のページ）をスキャナにかけ、画像情報を光ディスク上に作成するとともに、テキストデータ中にリンク情報を付与する。

・キーワードとしては、基本的には著者付加キーワードを利用し、補助的な手段としてKWICを利用している。用語辞書を参照しながら、表題、抄録、本文などからキーワードを自動抽出している。用語辞書は平板な構造となっており、シソーラス形式とはなっていない。

②蓄積

- ・上記で作成されたMTは、磁気ディスク上にインバーテッド・インデックス付きのファイルとして格納される。
- ・画像情報は、集合光ディスク装置、または磁気ディスク装置上に格納される。

③検索

- ・著者付与キーワードおよびKWICによる検索を行う。KWICについては、プリフィックス指定により、どの項目から切り出したものであるかを指定することができる。キーワードの指定は、全角かな・漢字、半角かな、ローマ字、英単語のいずれでも行える。
- ・二次検索機能として、一次検索で生成された文献集合の間の集合演算、あるいは文献集合の中から、特定の項目内に任意の文字列が存在するかどうかをスキャンする機能が用意されている。
- ・画像ファイルとして蓄積されたデータは、データIDを指定し、ファクシミリ（当面G3のみ）の電話番号を指定することにより、画像出力が可能となっている。

④翻訳

当面のところ、翻訳は行っていない。抄録関連のデータシート作成に当たっては、表題、キーワードについては英文・和文を併記するよう求めている。また、英文抄録の付加も認めており、学会によっては英文抄録の付加

を強く進めているところもある。全文関連についても、英文抄録が存在する場合にはそのまま入力している。

(3) システムの概要

<ハードウェア概要>

学術情報センターのシステムは、データベース作成・情報検索サービス以外に、図書館目録・所在サービスなども行っている。システム構成の概要を図表Ⅲ-25に示す。

<ソフトウェア構成>

- ・情報検索システム自体は、日立製作所の汎用情報検索システムORIONを中心に、ユーザインターフェースを付加した形式となっている。
- ・データベース編集作業には、平和情報センター提供のBRIDEを主として用いている。
- ・KWIC抽出は、平和情報センターのHAPPINESSを利用し、同時に読みの付加も行っている。

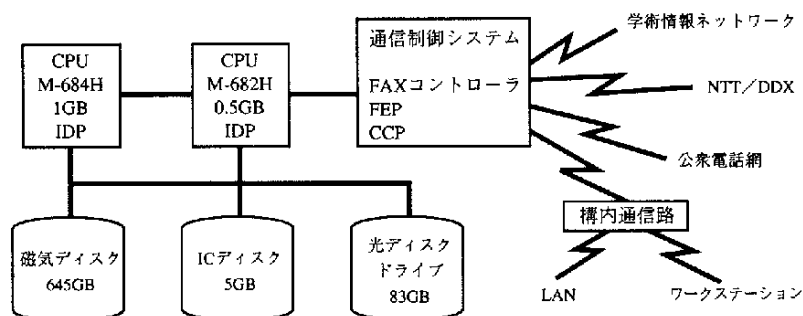
(4) 外部提供・公表データ

機関の性格からしてオンラインサービスの提供先は、基本的には大学および研究者等に限定される。ただし、データベース作成にあたって協力を仰いだ学会等に対しては、関連データベースに限り、オンラインサービスの利用を認めている。また、学会発表・論文関連のデータベースについては、MTの形で提供することは考えられる。

(5) 将来への課題、見通し

- ・ユーザインターフェースの改善

図表Ⅲ-25 NACSISシステム構成



より自然な形で、より強力な検索を可能とするユーザインターフェースの改善が望まれる。また、専門用語の整理や、知的辞書（シソーラス）等の整備も重要な課題と考えられる。

・データベースと印刷物との同時作成

現在CTSの形で、一部印刷物との情報共有を図っているが、SGML等、標準文書フォーマットの採用により、情報の共有度を高める方式を検討している。

・新しい型のデータベースサービスへの対応

全文データベース、ファクトデータベースなど、単なる検索だけでなく、データ処理までが要求されるデータベースへのニーズが高まっており、これらのデータベースサービスのための環境整備が必要となる。

・抄録データベースと一次情報との連携

文献検索では、論文の所在を知るだけでなく、一次情報に迅速にアクセスすることも必要となる。このためには一次情報を電子的に管理・配布するシステムが有効と考えられる。上記の新しい型のデータベースとも関連して、マルチメディア情報の管理のための、新しいデータモデルの開発等が必要である。

2.1.4 日本経済新聞社の日経NEEDSデータベース

(1) 概要

<目的>

NEEDS (Nikkei Economic Electronics Databank

System) は日経の取材網とデータ収集ネットワークを通じて蓄積された記事、数値データベースを顧客サービスや新聞製作に供するためのシステムである。

<歴史>

- 1967年 社長室に電子計算機部を新設。データバンク構想に着手。
- 1970年 NEEDS発足。日経財務データファイル、株価ファイルなどを磁気テープで提供開始。
- 1972年 オンライン数値情報サービス「NEEDS-TS」の提供開始。
- 1975年 データバンク局発足。
- 1978年 日経シソーラス作成。
- 1981年 オンライン記事情報サービス「NEEDS-IR」の提供開始。
- 1984年 パソコンを端末とするオンライン数値・記事情報サービス。
「日経テレコン」の提供開始。
- 1984年 データファイル転送サービス「NEEDS-BULK」の提供開始。
- 1985年 世界ネットワーク「NEEDS-NET」の敷設。
- 1988年 記事イメージ情報サービスの提供開始。
- 1988年 LED表示装置向けのリアルタイム・ニュースサービス。
「日経ニュースライン」の提供開始。

(2) ドキュメント

<ドキュメントの形態と表現メディア>

データベース化する前の形態は以下のとおり。

①新聞・雑誌・辞書情報

日本経済新聞社が発行する新聞については、新聞製作システムで作成された文字、写真、図などを含む磁気ディスクファイル。

他社が発行する新聞、雑誌、辞書については文字を含む磁気テープまたは磁気ディスクファイル。フロッピーディスクや印刷物の場合もある。一次情報には文字、写真、図、数式、化学式などが含まれる。

②数値情報 (リアルタイム情報)

東京証券取引所などの取引所、銀行からオンライン・リアルタイムで文字情報を一部は圧縮されたデータとして受信。

③数値情報 (非リアルタイム情報)

印刷物および一部の官庁統計や他の情報サービス会社から購入するデータのように磁気テープ、磁気ディスクファイル化されているものがある。文字情報。

<ドキュメントの処理>

①入力

a 新聞・雑誌・辞書情報

日経シソーラス (統制キーワード辞書) は1978年以來、6回の改定が行われている。統制キーワードは約15,000語。

キーワードは以下の8カテゴリーに分類されている。(語数は1991年2月1日現在)

- ・会社キーワード(165,409語)／・業界キーワード(423語)／・団体キーワード(71,895語)／
- ・項目キーワード(6,711語)／・人名キーワード(129,240語)／・地域キーワード(432語)／
- ・品目キーワード(7,869語)／・補助キーワード(128,526語)

他に、単語辞書(45,000語)、同義語辞書(636語、1,371同義語)がある。

キーワード付けはキーワード自動抽出システムによるが、人手による修正も行っている。磁気ディスクファイル、磁気テープからデータベースに投入される。印刷物、フロッピーディスクの場合はパンチ入力や媒体変換により標準形式の磁気テープに変換された後で投入される。

b. 数値情報 (リアルタイム情報)

オンライン・リアルタイムで受信された情報は解析・加工された後に、直ちにデータベースに投入される。

c. 数値情報 (非リアルタイム情報)

磁気ディスクファイル、磁気テープからデータベースに投入される。

印刷物の場合は専用の入力システムでパソコンから投入される。

②蓄積

一次情報のまま保存することはない。

記事、雑誌、数値情報は著作権の問題があったり、あまりに膨大で蓄積できない場合を除いては、基本的にヒストリカル情報として蓄積する。

③检索

記事、雑誌などの情報はシソーラス、各種キーワード、同義語辞書を利用した検索ができる。論理式の指定が可能。

数値情報は会社、会社グループ、項目、項目グループ、地域、地域グループなどを指定して検索できる。算術式の指定が可能。

ヒストリカル・データの場合はいずれも期間の指定ができる。

数値情報において同じ項目に複数の機種でデータが存在する場合は、機種を指定できる。

④表示

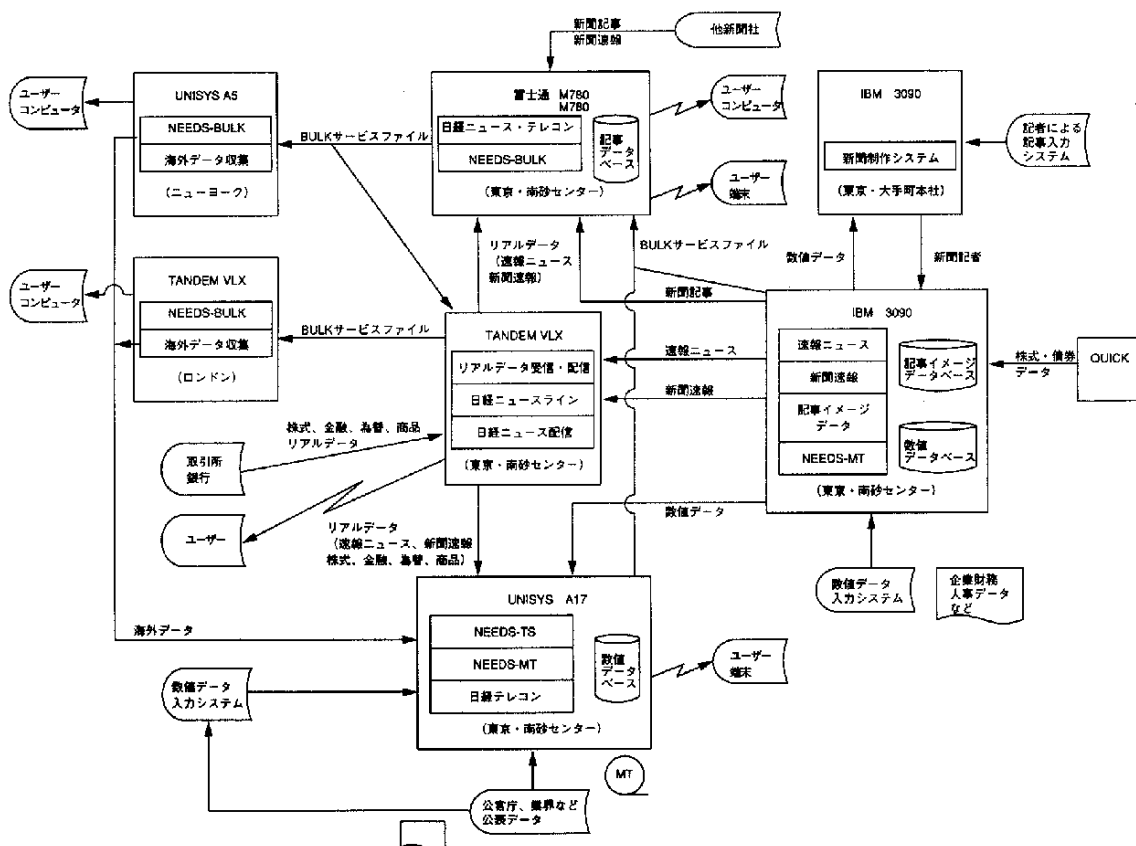
日経テレコンでは一部のメニューを除いて、表示形式は決まっている。

NEEDSTSでは利用者が表示形式を指定できる。文字や図形を端末機（主にパソコン）のディスプレイやプリンター、プロッターに表示する。一部の情報はFAXに出力できる。

⑤翻訳

英文速報ニュースは日本経済新聞記者が取材した
ニュースを日経国際ニュースセンターが翻訳して

図表Ⅲ-2-6 日経NEEDSシステム概要



即時に入力し、オンラインで提供している。

証券記事については自動翻訳システムを試験的に利用している。

(3) システムの概要

<ハードウェア構成>

日経の専用回線網であるNEEDS-NETはNEEDS-TS、日経テレコンなどで利用され、ユーザは以下の内外の最寄りの日経ノードに公衆回線から接続できる。

国内34カ所：札幌、仙台、新潟、富山、金沢、長野、宇都宮、大宮、水戸、千葉、東京、甲府、横浜、川崎、静岡、浜松、岐阜、名古屋、四日市、奈良、京都、大阪、神戸、宇部、広島、岡山、徳島、高松、松山、北九州、福岡、熊本、鹿児島、那覇

海外7カ所：ニューヨーク、ワシントン、ロサンゼルス、ロンドン、チューリッヒ、香港、シンガポール

ホスト・コンピュータのハードウェア構成は、図表Ⅲ-26を参照。

<ソフトウェア構成>

①NEEDS-TS

端末機（パソコン、市販の通信ソフトウェア）から公衆回線、DDXなどのネットワーク経由で日経のホスト・コンピュータに接続し、数値データベースの検索、表・グラフ作成、データ加工、ランキング、スクリーニング、統計解析、モデル推定、シミュレーション、予測などを行うことができる定量分析型のサービス。

②日経テレコン

端末機（パソコン、専用ソフトウェアまたは市販の通信ソフトウェア）から公衆回線、DDXなどのネットワーク経由で日経のホスト・コンピュータに接続し、記事・数値データベースを簡単な操作で検索、表・グラフ作成、データ加工などを行うことができる情報検索・表示を中心としたサービス。リアルタイムで記事、数値データを表示することもできる。日経テレコンには以下のようなサービス・パッケージがある。

- (a) 日経ニュース・テレコン
- (b) 日経テレコン・総合版
- (c) 日経テレコン・経営情報
- (d) 日経テレコン・地域情報
- (e) 日経テレコン・POS情報
- (f) 日経テレコン・産業・技術情報
- (g) 日経テレコン・投資データ伝送
- (h) Japan News & Retrieval
- (i) Japan Financial News & Data

③NEEDS-BULK

数値データベースから作成された最新の株式・債券、財務、金融、主要経済指標、産業、貿易、商品データファイルなどを、日経のホスト・コンピュータからユーザのコンピュータにDDX回線交換網を経由して、一括ファイル転送（全銀協手順）するサービス。

④NEEDS-MT

数値データベースから作成された過日分を含む株式・債券、財務、地域、POSデータファイルなどを、磁気テープの形態でユーザの社内データベース用に提供するサービス。

⑤日経ニュースライン、日経ニュース配信

日経ニュースラインは日経ホスト・コンピュータから24時間リアルタイムに送信されてくるニュースと株式・為替・金利などの数値データをLED表示装置に出力するサービス。ビルの壁面のような屋外に設置する大型表示装置をはじめ中型、小型表示装置もある。

日経ニュース配信は日経ホスト・コンピュータから24時間リアルタイムにユーザのコンピュータにニュースを配信するサービス。

(4) 外部提供・公表データ

<記事データベース>

①記事データ

キーワード検索可能な収録紙誌は以下のとおり。
（収録期間は紙誌により異なる）

国内新聞20紙：日本経済新聞、日経産業新聞、日

経流通新聞、日経金融新聞、朝日新聞、毎日新聞、読売新聞、西日本新聞、静岡新聞、南日本新聞、日刊工業新聞、住宅新報、鉄鋼新聞、日刊木材新聞、日本証券新聞、日本農業新聞、電気新聞、日刊建設工業新聞、交通新聞、日刊スポーツ

NHKニュース

国内英字新聞3紙、国内雑誌1誌（エコノミスト）、国内ニューズレター11誌

海外新聞1紙（STRAITS TIMES シンガポール）

海外雑誌1誌（FAR EASTERN ECONOMIC REVIEW 香港）

②記事イメージ・データ（画像データ）

日本経済新聞、日経産業新聞からコンピュータによる記事切り抜きを行い、磁気ディスクや光ディスク上に記事イメージ・データベースを作成し、FAXでサービス。

③速報ニュース

日経の24時間リアルタイム・ニュース（邦文約1,200件／日、英文約500件／日）。

日経テレコン、日経ニュースライン、日経ニュース配信で提供。

証券記事は機械翻訳システムで日本語から英語に翻訳している。

④新聞速報

日本経済新聞、日経産業新聞、日経流通新聞、日経金融新聞、朝日新聞夕刊、毎日新聞、日本証券新聞、THE JAPAN TIMES

<数値データベース>

①国内・数値データ

a. 企業情報

企業基本情報（全国有力企業の代表者名、所在地、電話番号、事業内容、売上構成など）

上場会社本決算・中間決算・連結決算データ（全国の上場会社、決算後3カ月で更新）

非上場有力会社有証・営報データ（有価証券報告書、営業報告書）

銀行、証券、損害保険会社本決算データ（全国銀行、相互銀行、証券会社、損保会社）

上場会社財務速報、業績予想データ（速報は決算発表時）

興銀・金融機関別借入金データ（長・短期別借入れ先別借入れ金データ）

b. 市場情報

株式・債券データ（上場銘柄、店頭銘柄）

先物、オプションデータ（株価指数・債券の先物とオプション）

資本市場、証券市場指標データ（日経平均株価、三市場信用取引現在高、指標データ）

企業ファイナンスデータ（上場会社の増資、減資、転換社債情報など資金調達の内容）

株式投資分析データ（日本株、米国株投資におけるリスク、リターン情報など）

商品市況データ（主要商品市況の価格、需給データ）

c. 金融経済

為替・金利日次データ（国内外の為替・金利データ 約2,000系列）

金融データ

d. マーケティング

POSデータ（150店舗から食品・家庭用品など約500,000アイテム）

e. エネルギー経済

石油、電気、ガス、原子力などのエネルギー財別需給、価格データなど約5,800系列

f. 産業

産業データ（生産動態統計、工業統計表・産業編、各種業界統計など 約200,000系列）

産業連関表（日経独自推計の延長表、政府基本表・付帯表、接続産業連関表）

g. 地域

地域主要経済指標（約3,400市町村の面積、人口、住宅・地価など 約1,500項目）

地域経済・金融（都道府県、地域ブロック別の

産業、金融、地方財政など 約700項目)

建設統計(地域別の建設工事受注、建設着工、住宅着工など 約800項目)

地域産業連関表(通産省「地域内産業連関表」「地域間産業連関表」)

h. マクロ経済

マクロ主要経済指標(国民所得統計、生産活動、企業経営、金融・財政、貿易、国際収支、労働、物価、消費など国内主要経済統計 約14,300系列)

生産・出荷・在庫(通産省「主要製品 生産・出荷・在庫実績」約2,500系列)

法人企業統計(大蔵省「法人企業統計季報」約7,500系列)

貿易統計(大蔵省「日本貿易月表」約277,500系列)

消費統計(総務庁「家計調査」「消費者物価指数」約12,800系列)

物価統計(日銀「物価指数月報」約7,700系列)

規模別主要経済指標(日銀「企業短観」などから企業規模別経済統計 約4,200系列)

②海外・数値データ

a. 企業情報

アジア企業基本(中国 12,000社、韓国 1,800社、東南アジア 5 カ国と香港 600社、アジア諸国の日本の出資企業1,000社の社名、住所、業績など)

S&P Compustat(米国、カナダの主要企業の財務データ 約6,000社)

Extel Exshare(欧州20カ国の主要企業の財務データ 約3,000社)

b. 市場情報

Extel Exshare(欧州主要国の国債、ユーロ債、ニューヨーク上場株式など価格、属性情報 約25,000銘柄)

DRI商品データ(米国、カナダ、英国の主要先物商品、現物商品)

c. 金融経済

IMF IFS(IMF加盟国の金融統計、物価、国民所得など 約17,000系列)

DRI金融・為替データ(米国・欧州市場の金利、為替、マネーサプライ)

d. マクロ経済

CITIBASE(米国の国民所得、生産活動などの主要経済統計など 約6,800系列)

DRI米国経済(米国の国民所得、国際収支などの主要経済統計 約1,500系列)

OECD主要経済指標(先進25カ国のGNP、物価、金利、為替など約3,500系列)

OECD国民所得統計(米国、英国、仏国など13カ国のGNP構成項目内訳など)

世銀・対外債統計(発展途上105カ国の債務残高、元本償還、利払い額など)

中国経済指標(主要経済統計 約20,200系列)

<その他のデータベース>

人事データ(全国主要企業の役員と部長級以上の管理職と中央省庁・政府関係機関の幹部職員等の氏名、役職名、勤務先、自宅住所、生年月日、学歴など)

日経の図書・辞典、平凡社世界大百科事典、現代用語の基礎知識、東販書籍情報、三省堂ニューセンチュリー英和辞典、三省堂新クラウン和英辞典、現代人名情報事典、家庭の医学、データベース台帳、日経新製品ファイル、NTTタウンページ、レストランガイド、ぴあ、ホテル・旅館情報、国内フライトガイド、ふるさと特産品情報、気象情報、賃貸住宅情報など。

(5) 将来への課題

<記事データベース>

①国内外の紙誌を増やすことによるグローバル化、総合化の推進。

②データベース検索の高速化。

③自然言語による検索(音声も含む)などのデータベースとのインタフェースの改善。

④検索された記事群からの要約情報の取得。

⑤記事の意味解析による文中に現れないキーワードの自動付与。

⑥日本語記事情報の他国語への機械翻訳。

＜数値データベース＞

①経済のグローバル化、ボーダーレス化への対応。

②先物、オプションなどの新種のデータの格納形式。

③大規模データベース化への対応。

④統計データの格納形式の改善（統計データベース）。

⑤データの意味情報の管理。

＜その他＞

①記事、数値データベースを相互補完的に利用することによる情報の取得。

②画像データベース。

2.2 大規模データベースの現状での問題と

将来への課題

大規模データベースを運営している機関におけるドキュメント処理において、抱えている問題を以下のような、ドキュメントの一連の処理の流れに沿って整理し、それぞれの解決の方向を探ってみる。

2.2.1 ドキュメントの入力

ドキュメントの入力段階の問題は、一次情報（紙）をマシンリーダブルにする作業が困難など、一次情報の入力に関するものが中心である。

一方、抄録で、文献情報を提供している機関では、いかにコンパクトに内容を表現するかが、問題となっている。作成された抄録の品質の向上が課題である。

一次情報の入力の問題には、スキャナとOCRによるドキュメントの自動入力など、ドキュメントリーダ技術が有効である。さらに、著者に直接、電子情報を作成してもらい、システムにそのまま入力する方法も考えられる。すでに、特許庁では、電子出願を採用しており、入力の問題をかなり解消している。

ドキュメント（自然言語）の品質を向上するためのドキュメント推敲技術も、抄録の品質の向上などには、有力である。ドキュメント推敲技術は、入力

されたドキュメントの表現、内容の適否を判定し、より適切な表現、内容に変換する技術で、自動的に推敲するものと、半自動で（人手が介入して）行うものがある。

ドキュメントの入力問題には、以上のほか、ドキュメントをどう計算機上で表現するかという、表現様式（SGML, ODAなど）や、表現言語（PostScript, DSSSLなど）の検討も極めて重要な課題である。

2.2.2 ドキュメントの蓄積・検索

ドキュメントの蓄積・検索段階では、次のような問題を抱えている。

（1）ドキュメントの蓄積に関する問題

①複数のデータベースに分かれ統一的な管理ができない。

②データの分類コードが収集データによりさまざまであり、その関連がとれない。

③データの分類基準の更新が困難。

④キーワード付の作業が労働集約的であり、整合性が保てない。

⑤データを管理するための情報量が一次情報より、はるかに多くなる。

（2）ドキュメントの検索に関する問題

①異なるソフトウェア上のデータを利用できない。

②レスポンス・タイムにムラがある。

③欲しい情報がヒットしない。

④あいまいな情報による検索ができない。

⑤過去の利用履歴を再現できない。

⑥バッチ的利用のみで、インタラクティブな利用が困難。

⑦異なる目的ごとに収集されたデータを総合的に利用できない。

⑧データを分類しているコード（キーワード含む）が膨大であり、理解が困難。更新情報も把握できない。

⑨更新中のデータベースの検索結果の整合性がとれない。

⑩受身的利用のみで、書き込み、編集などの能動

的な利用ができない。

ドキュメント蓄積検索技術は、ドキュメントを格納し、要求に合わせて検索できるようにする技術である。章、節、段落といった文の階層構造や図、表、それらに含まれる文字列、イメージ等の図表の構造を論理的および物理的構造が分かるように格納し、更新ができるようにする技術、テキストの保全のための各種技術を含む。上記の問題を解決するためには、以下のような蓄積技術および検索技術の実現が必要となろう。

(3) 蓄積技術への要求

- ①統合化されたデータベースの構築
- ②分散データベースの構築
- ③データ分類の標準化
- ④自動分類
- ⑤転置索引
- ⑥インデックス作成支援システム（統制語）
- ⑦自動インデクシングシステム ・非統制語
・統制語
- ⑧利用者ごとの情報プールの管理
- ⑨概念インデックス/クラスタリング
- ⑩ロイター、JUNETなどの刻々発生するコントロールされない情報（データベースサービスのデータのように）の自動的な取り組み管理機能

(4) 検索技術への要求

- ①ソフトウェアから独立したデータベースの構築
- ②オープンなハイパードキュメントの構築
- ③連想に基づく検索機能
- ④類推検索
- ⑤あいまい検索
- ⑥ブラウジング機能（グラフィック・ブラウジングを含む）とそのための自動リンク機能
- ⑦過去の履歴に基づく検索（マクロ・コマンド機能を含む）
- ⑧概念ネットワークの表示とそれに基づく検索
- ⑨Annotation, linkingなどの能動的利用の実現
- ⑩ロイター、JUNETなどのコントロールされて

いない情報の選択機能

⑪利用者ガイダンス機能

以上の機能を実現するためには、データベース技術、情報検索システムでの情報管理技術、ハイパーテキスト技術などの研究開発が必要になる。

ハイパーテキスト技術は、テキスト間の情報の相互関係を管理する技術である。図を参照する文と図の関係、参照ドキュメントと参照されるドキュメント間の関係、引用と引用文の関係等を管理する。

情報検索技術は、ドキュメントに含まれている情報をキーワード、自然言語などによって検索する技術である。自然言語を解析し、検索内容を把握する技術、およびその内容からキーワードの組み合わせを生成する技術も含まれる。

伝統的な情報検索技術（キーワード等による、Bollean演算子を用いた一括サーチ）に対し、近年さまざまな改良が加えられている。特に、類似検索、自動インデクシング、辞書による類語検索、そしてブラウジング機能などを取り入れたものなど、膨大な情報の中から、必要となる情報を正確に探し出す工夫がいろいろ行われている。

情報検索技術では、伝統的な検索手法の他、参照関係などのブラウジング機能、物事概念を階層的に整理した概念辞書をベースとしたブラウジング機能の開発が行われている。また、シソーラスや概念辞書と各ドキュメントとの関連づけを行うインデクシングの自動化は、大量ドキュメントの格納・検索には、必要不可欠の技術である。

その他、問合せ内容、ドキュメントベース内の文章の意味表現を照合させ、その類似性を求める意味処理を含んだ検索技術などの研究開発も期待されている。

2.2.3 ドキュメントの表示

ドキュメント表現・表示における問題としては、以下のようなものをあげることができる。

- (1) 特殊文字、数式・化学式、図・写真・表などの表現が困難。

(2) データを見るだけで、それを基に編集や、実行（プログラム・リストの場合など）ができない。

(3) 動画・音声データなどの時間要素が入るものの表現が困難。

これらの問題を解決する手段としては、以下のようないことが要請される。

(1) 特殊文字表記法（言語）の統一（TeX, PostScript等）

(2) 図・写真（TIFF, PostScript等）の表示方法の統一

(3) 他アプリケーションとのリンクと実行機能

(4) 静止画、動画、音声データなどの時間制御機能

(5) 楽しくなる（気持ちのいい）インタフェース

(6) 検索結果の要約・表示

このような機能の実現には、現状の技術としては、ウィンドウ技術、ドキュメント印刷技術を取り入れることができよう。

ウィンドウ技術は、文、図、表等のドキュメント構成要素をレイアウトし、ディスプレイ上に表示する技術である。マルチウィンドウ関連技術、立体視化・アニメーション技術を含む。

ウィンドウ技術については、ワークステーションのスクリーン上に、アイコン、ウィンドウを自動的に設計して配置する対話型のユーザインタフェース設計システム：グラフィカル・ユーザインタフェース（GUI）がこの分野の代表システムである。

ウィンドウ技術は、テキスト、図表、イメージ、動画などのメディアを取り扱うだけでなく、表示されたメディア・オブジェクトと、それが持つ動的情報（プログラム等）とリンクさせることにより、情報をアクティブに扱えるようになる。

さらに、そのオブジェクトを組み合わせることにより、新たな情報を処理するメカニズムが合成できる。

このようなウィンドウ技術は、これまでのコンピュータ・システムのイメージを一新させるものと期

待されている。

ドキュメント印刷技術は、ドキュメントを印刷する技術である。多様なドキュメント編集に対応するフォントを作成・変換する技術、図、写真などの印刷技術を含む。ドキュメント印刷技術は、電子出版システム、デスクトップ・パブリッシング（DTP）などの製品として、数多く提供されている。

このドキュメント表示技術の基盤として、マルチメディアの情報表現の標準化という大きな課題を解決しなければ、本格的な普及には進展しない。現在では、PostScript（Adobe System, Inc.）、Interpress（Xerox Corp.）、GIF（CompuServe）、TIFF（Aldus & Microsoft）、CDFF（ソニー）などさまざまな表現形式があり、相互の利用が困難となっている。

2.2.4 ドキュメントの要約

ドキュメント要約での、問題には以下のようなものがある。

(1) 労働集約的な要約（抄録）作成。

(2) 要約の品質が一定でない。

以上の問題に対応するためには、現在、以下のようなシステムの研究開発が行われている。

(1) 要約支援システム（推敲システムなど）

(2) 自動要約システム

ドキュメント要約技術は、ドキュメントの意味内容を種々の観点から要約する技術である。ドキュメントの意味表現から、与えられた観点到に沿った情報を抽出し、それをまとめ、その結果から要約文を生成する技術が含まれる。自動インデックス技術も、要約技術の一種とみることができる。要約技術は、ドキュメント処理の中でも極めて実現が難しい技術である。

ドキュメント要約システムは、原データを解析し、重要性の高い箇所、キーとなる情報を取り出してきて、読み手に簡潔に文意を伝えるものである。これは、多量な情報を一目で内容を伝えるとともに、ドキュメント要約技術は、大量情報の知的インデックス機能にもなる。断片的なインデックスによる情報

の格納・検索ではなく、センテンスによる検索が可能となる。その意味で、今後の情報検索の重要な研究課題である。

2.2.5 ドキュメントの翻訳

ドキュメント翻訳での問題には以下のようなものがある。

- (1) 労働集約的な翻訳。
- (2) 翻訳の品質が一定でない。

以上の問題に対応するために、現在以下のようなシステムの研究開発が行われている。

- (1) 翻訳支援システム
- (2) 自動翻訳システム

ドキュメント翻訳技術は、ドキュメントの内容がある自然言語から、他の自然言語に翻訳する（例えば、日本語から英語へ）技術である。

大規模データベースの開発では、諸外国との関係が極めて重要であり、この情報交流のためには、翻訳は欠かせない技術である。現在、いくつかの機械翻訳システムが開発されているが、実用に供するには、まだ多くの努力が必要である。

3 大規模知識ベースの現状

大規模知識ベースの必要性に対する認識は、エキスパートシステムに関して説明したような状況から、この2、3年の間に急速に高まってきたが、大規模知識ベースがどのようなものであるべきかについては、議論そのものがまったく未熟であり、特に規範とすべき体系的な考え方があるわけではない。現在、具体的な検討の手がかりを与えてくれそうなものとしては、以下に述べる若干のシステムがある。これらがどこまで本当の手本となりうるものであるかについてはまだ疑問の点が多いが、いずれも大きな試みとして価値がある。

3.1 Cyc

コンピュータシステムに、常識を持たせるためには、人間同志のコミュニケーションでは、通常伝える必要のない情報を明確に記述し操作する必要が生ずる。伝達する必要のない情報を精密に記述しなければならないことは、常識をコンピュータシステムで扱う場合の本質的な問題点の一つである。この問題に対する人工知能からの接近法には、従来の論理学を拡張して常識をうまく取扱えるようにしようとする常識推論の研究（例えば [Davis 90]）と、人間がすでに自然言語で記述した常識的な知識をコンピュータ上に蓄積してしまおうという研究とが存在する。

Cyc ("サイク"と読む)は、後者の立場からの研究である。すなわち、Cycは、万人が共通に持つという意味での常識的な知識を大量にコンピュータ上に蓄積し、大規模知識ベースを実現する計画である [Lenat 90-a]、[Lenat 90-b]、[Guha 90-b]。これは、アメリカのMCC (Microelectronics and Computer technology Corp.)で、Lenat, D.が中心となって開発を進めているプロジェクトで、1984年から1994年にわたり、200人/年の労力を予定して、現在開発作業が進行している。

3.1.1 Cycプロジェクトに対するLenat, D.の

基本的な考え方

Lenatは、数学における発見を扱うAM [Davis 82] や、その後継システムで、ヒューリスティクスの発見を扱うEurisko [Lenat 82] などの、高度な学習システムの開発で以前から有名である。これらシステムの中心となる概念は、発見による学習 (Learning by Discovery) である。実際にAMは、初等整数論の定理をいくつか(再)発見したし、Euriskoは、ある種のゲームにおいて、人間の思いつきにくくかつ有効な戦略を発見した。しかし、これらのシステムは、発見による学習を重ねるにつれ、その学習能力は低下するという、多くの人工知能システムに共通の欠点を有していた。人間ならば、学習が進むにつれて、新しい概念に対する学習能力も

向上するが、それは機械では不可能だったのである。

Lenat は、このような従来の学習研究に対する限界を打破するために、「常識」を備えた大規模知識ベース開発という道を選んだ。

現在の知識ベースシステムに共通の問題点としては、ごく狭い範囲の問題についてしか性能を発揮できず、それを少しでもはずれるとまったく役に立たなくなってしまう。これに対し、LenatとFeigenbaumとによる「知識の境界」というタイトルがついた論文 [Lenat 91] では、以下の3点に基づいて議論を展開している。①このようなシステムの脆弱さを克服するには大量の幅広い知識を蓄積するほかはない

(The Knowledge Principle; 知識重視原理); ②真に知的なシステムを実現するには、人手による投入・自然言語によるインタラクション・発見による自律的な学習の3段階が必要であり、この最初の段階をまず開始すべきである (The Breadth Principle; 知識範囲の拡大原理); ③知能についてはまだほとんど分かっていないが、それを知るには困難な問題に対して高い性能を示すシステムを実現することである (The Empirical Inquiry Hypothesis; 実践的調査仮説)。そして、知能の本質はマクスウェルの方程式のように少数のエレガントな方程式では表現できないと彼等は主張する。

Cycプロジェクトは、機械による学習を開始するための種となる知識を整備する第1段階に相当する。これは、従来の人工知能研究が、避けていた知識の量に関する問題に正面から挑戦するもので、知識を重視するという知識工学の考え方を究極まで推し進めたものと考えることができる。

現在の人工知能技術が提供できる知識表現では、常識を表現するには多種多様な概念が必要に見える。しかし、そのための基本概念数は本質的に少ないはずであり、知識量が増加するにつれて基本概念の数は収束する。したがって、大域的に利用できる基本的な概念を明確に定義しておきさえすれば、それと他の知識とを関連させることで大規模な知識ベ

ースを容易に構築することが可能である。この成果は、自然言語理解、機械学習などに使うことができる。これには、困難な仕事(知識を手で知識ベース化すること)が必要で、数百万以上の項目の入力が必要である。しかし、これは、人手でできる範囲にあり、一度は遂行しなければならない性質の作業である。

Lenat は、Cycの初期段階では、基本的な概念のソースとして百科事典を使うことを宣言していた [Lenat 86]。しかし、現在では、計算機分野、アパレル分野、法律、化学の4分野について知識の記述を独立に進めている。百科事典を諦めた理由は、知識を形式化するには、その内容に関する膨大な知識が知識投入者 (Cyclistという) の側に必要となり、客観的な作業が困難になったためと言われている。

3.1.2 Cycの構成

Cycは、知識ベース本体 (Cyc Knowledge Base)、知識ベース編集・検索用のツール・環境、知識表現言語CycLから成る。

Cyc知識ベースは、当初、小規模な人工知能研究者のチームによって作成作業がなされ、時間、空間、信念、因果性、物質、知的行動、心と体など、表現するのが困難な知識の表現方法に関する研究が行われた。この結果、約400種類の基本的なスロットが定義されている。1989年初めから、残りの知識ベース構築に向けて、コピー・編集手続きによる知識投入作業が開始され、同時に、自然言語理解の研究者たちが、Cycと対話的な作業を行うシステムの開発を開始した [Barnett 90]。人間中心の知識投入作業は、知識量が増加するにつれて、徐々に、相互依存的なものに変化していく。知識投入の機能としては、記号的なスプレッドシートともいえるべきUE (Unit Editor) というフレームエディタと、フレーム情報を部屋に展開するようなグラフィックエディタMUE (MUseum room Editor) がある。UE/MUEはCyc知識ベースのフロントエンドであり、この上での操作は、CycL言語に変換される。さらに、最近の報

告によると、人間—機械間の協調作業をより円滑に進めることができるように、HITS Knowledge Editor (HKE) が開発されている [Terveen 90]。ただし、HKEは、最近のグループウェアの概念（例えば [AI白書 91] を参照）からみると機能的に不十分で、複数の知識投入者の作業を支援するものではない。

3.1.3 Cycの知識表現言語と知識ベース

Cycの知識表現言語 (CycL) とCyc知識ベースの構造を図表Ⅲ-2-7に示す。

図表Ⅲ-2-7から分かるとおり、CycLには、Epistemological Level (EL; 認識レベル) とHeuristic Level (HL; 実践レベル) の二つの側面がある。ELは利用者がCycとの対話を行うレベルであり、明確で単純なセマンティクスを持つように設計されている。これは、基本的には、拡張された1階述語論理言語である。ELは、利用者からみると、フレーム表現 (frame representation)、ならびに述語論理 (predicate calculus) による制約ベース (constraint-based) の知識表現言語である。フレーム (ユニット) のスロットに述語論理式が記述される。一般には、述語論理ベースの言語の方が記述力は大きい、推論を高速化するにはフレームの方が都合が良い。

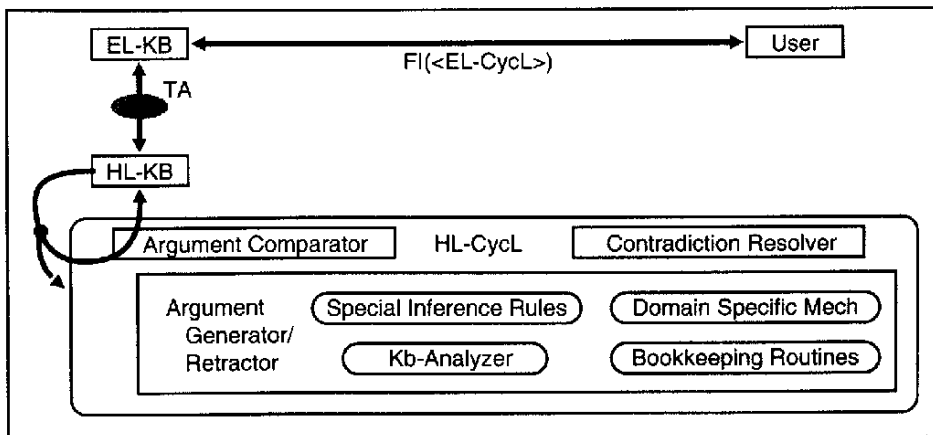
フレームには、現実世界の情報を表わすのに用いるNormal Unitsと、スロット型 (slot type) を表現

するSlot Units、メタレベルの情報を与えるSee Units、修正を行うSlot Entry Detailsがある。CycLの推論には次のようなものが含まれる。すなわち、継承 (inheritance)、自動分類、逆リンクの管理、定義関係の管理、従属関係の管理、変更を伴うさまざまなスロットの管理、デーモン (demon) の起動、制約条件のチェック、述語論理式の利用、アジェンダ (agenda) に基づく最良優先探索、構造的な類似性の発見・利用、複数の制約の収集合成、準閉世界仮説 (closed world assumption) に基づく推測、これらの推論を行うための真実維持機能、などである。

HLは推論処理を高速化するためのもので、Cyc知識ベースの内部表現は、すべてHLで記述される。図表Ⅲ-2-7中、Argument Generator/Retractorが通常の意味での証明器であり、知識をコンパイルした結果得られる推論ルール (Special Inference Rules)、時間・空間等に関する推論を高速化する領域依存推論機構 (Domain Specific Mechanisms)、知識ベースの整合性を分析する機能 (KB-Analyzer)、知識ベース管理機能 (Bookkeeping Routines) など知識の生成・削除に携わる機能から構成される。

Argument Comparatorは複数のArgument (証明に相当する) を比較し、与えられた述語の真偽を決定する機能である。Contradiction Resolverは矛盾を解消するための一種の真実維持機能である。

図表Ⅲ-2-7 CycLとCyc知識ベースの関係 [Guha 90a]



HLとELを結ぶ機能インタフェースはTell and Ask (TA) と呼ばれる。これには、以下の六つが存在する：

- (1) Tell: statementの知識ベースへの宣言
- (2) Unassert: statementの知識ベース中での非公理化
- (3) Deny: statementの知識ベース中での非true化
- (4) Justify: statementに知識ベースの述語で argumentを与える
- (5) Ask: statementにtrue/falseの2値を与える
- (6) Bundle: 上の5つの組合せをmacroとして実行する

CycLは、ELにおいて、真/偽の2値をとるのに対し、HLでは、真/デフォルト真/不明/デフォルト偽/偽の五つの値を持つ。TAはこれらの値を互に変換する機能を提供する。このデフォルト推論を高速に行うために、CycLでは、複数の公理を導入している [Guha 90-a]。例えば、Argument

Argument Axiomの記述

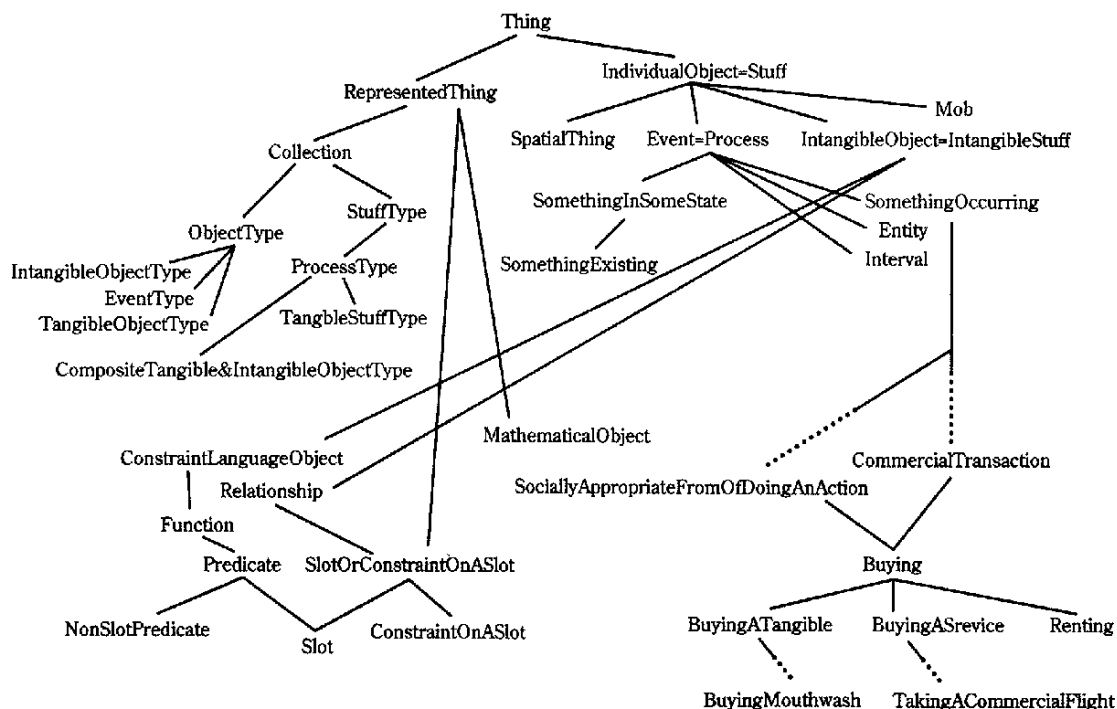
$$\begin{aligned}
 &(\forall (a1, 'p) (\text{argumentFor } (a1, 'p) \wedge \neg \text{invalidArg } (a1) \wedge \\
 &(\forall (a2) (\text{argumentFor } (a2, ' \neg p) \\
 &\supset (\text{invalidArg } (a2) \vee \text{preferred } (a1, a2))))) \\
 &\supset \text{True } ('p))
 \end{aligned}$$

Axiomは上のように記述され、「命題PがBelievableであるとは、それに対するArgumentが存在し、それがinvalidでなく、かつ、 $\sim P$ に対するinvalidなpreferred argumentが存在しないことである」と定義される。

また、因果律の成立については、非常にきつい条件を付与している。

Cycにおけるフレーム階層の一部は図表III-2-8のように表現される。Lenat, D.は、このようなフレーム階層によって、Cycのオントロジー (Ontology; 存在論) が決定されるとしている。しかし、現在の知識表現技術の限界もあり、オントロジーを定めるた

図表III-2-8 Cycのフレーム階層 [Guha 90a]



めには、時間概念を点集合と間隔の両方で表現するなど、直観と反するようなさまざまな決定も必要となっている。ここでは、基本的にフレームとして表現する価値のあるものは独立に表現するという方針が取られている。この意味では、Cycプロジェクトは、常識のコンピュータ化を正面に掲げてはいるものの、本質的には、認知科学というよりも工学の立場からの研究と言える。

3.1.4 Cycの現状と今後

Cycの現状は [Lenat 90b] によると次のとおりである。現在のところ40名の知識投入者が作業に従事している。1990年なかばの時点で200万個くらいの知識の基本項目が5万ユニット程度にまとめられている。これは、当初予定した基本項目（400万個）の約半分に当たる。しかし、この量は、推論処理において知識が能力を発揮するために必要な量に比べるとまだ不十分である。十分な類推を行わせるには、知識ベースの知識量の2乗の手間がかかるので、類推能力としては、非常に弱い。しかし、開発は予定どおり進行している。当初の見込では、成功の確率は10%くらいだったのだが、今はそれが60%くらいになってきている。Cycの試用バージョンは、米国においては、DEC社、Stanford大学、CMUなどに配布されている。DEC社では、XCON（コンピュータ機器構成設計を行う有名なエキスパートシステム）の前処理における顧客の計算機サイズのアドバイスに試用されている。Stanford大学では、Feigenbaum等によるエンジニアリング知識ベース開発にCycLが用いられる予定であったが、現在は状況が少し変化している。CMUでは、自然言語処理への使用が検討された。

[Lenat 90-a] によると、今後の予定は次のとおりである。①Cycを使って一つのエキスパートシステムを作り、従来のやり方よりも優れていることを示す。②同じ問題を扱うエキスパートシステムをCycを使って二つ別々に作り、互いの知識が共有されていることを示す。③Cycと英語による意思伝達

を行う。これによって、Cycがチューリングテストに合格することを示す。④この結果に基づいて、2度と人手で知識を入力するCycのようなプロジェクトを実施する必要のないこと、すなわち、Cycが自動的に学び始めることを示す。⑤Cycが発見による学習をできるようになっていることを示す。⑥Cycを標準的な実在の知識ベースと位置付け、各種のプロジェクトに利用する。

この記述は非常に壮大であるが、より新しい [Lenat 90-b]、[Guha 90-b] によると、少し、トーンが落ちており、①Cycに対するGoodな状況として、大規模知識ベースに関して新たな知見を得て、次世代の知識表現言語開発、知識操作手続き開発に対する動機付けを行うこと、②Betterな状況として次世代人工知能システムにCycが積極的に使われること、③Bestな状況として、最初の人工知能エージェントになること、が目標とされている。

3.1.5 Cycへの批判について

Cycは、現在進行中の大規模知識ベース開発プロジェクトの中で、最も進行度が早い。しかし、一方ではCycプロジェクトには批判も多い。それらは、コンピュータ上の知識が本当に力を持つてしまうことに対する根源的な批判と、人工知能研究方法論として、Cyc流の大規模知識ベース開発が妥当ではないとする批判との二つにわけることができる。

[Locke 90] では、「常識」を厳密に定め、しかも、それをコンピュータ上で共通に利用できることによって、一般人がCycなしでは何も評価できなくなる世界が出現することへの危惧（おおげさに言えば民主主義への危惧）を表明している。Lenatのこれに対する反論は次の2点にまとめられる。①Cycの行う推論は、一意の真実を導くものではなく、さまざまな解を示すことで人間の理解を助ける性格を持つ。②MCCで遂行しているプロジェクトはすべて民間のものであり、政府の権威が成果物に影響を与えるものではない。

Smithは、「フクロウと電子化百科事典」と題する

論文 [Smith 91] で、第2の立場から、広範囲にわたってCycを批判している。ただし、この内容は1987年に最初に概要が発表された論文 [Lenat 91-a] に従っているために、今日の視点からは少し古い。Cycのような大規模知識ベースの開発に実際には従事していない立場からの批判なので、いささか理論的な人工知能の理想を追及しすぎている点が見受けられる。しかし、大規模知識ベースに対する批判として、Smithの意見には傾聴に値する面も多い。その批判のうち、理論的・技術的なもののいくつかは、Cycが実際に稼働しはじめると比較的早い時期に、その妥当性が明らかになる性質のものである。一方、社会的な問題については十年から数十年にわたる分析が必要なものもあり、その妥当性については、今後の長期にわたる分析が必要となる。

Smithの意見は、Cycに対する、人工知能理論からの検討や表現上の仮説が不十分であるという点に集約できよう。

Smithの批判に対して、Lenatは別の論文を発表して反論している [Lenat 91-b]。まず、LenatはSmithの批判の多くが、Cycの論文のいわんとするところを読み違えたために生じていると反論し、Smithが、知的なエージェントを実現するという理想とその第1歩としてのCycプロジェクトの位置付けを誤解していることを強調している。また、Smithの立場は、Cycの仮定を不適切なものであるというだけで、"適切な"人工知能パラダイムが何なのかを明示していない点であいまいなものとしている。

両者のディベートは、大規模知識ベースに関する考察を深める上で有用である。一方、現在の人工知能理論・技術を総動員しても、彼等が理想とする十分な能力を備えた大規模知識ベースを開発することは、かなり難しいということを再認識させた。

3.1.6 大規模知識ベース計画とCyc

Cycは、今後わが国の大規模知識ベース計画においても参考に資するべき点が多い。例えば、大規模知識ベース開発には、膨大な人手による作業が実際

に必要であること、知識表現技術・推論技術にも工夫が必要であることなど、これまで、漠然と語られてきた大規模知識ベース開発の要件が、Cyc開発の過程で立証されつつある。しかし、一方では、Cycは、次の点において、大規模知識ベースとしては不十分であり、今後、大規模知識ベース計画を進める上では、これらの課題について十分な考察を行っておく必要がある。

①知識ベースの規模と範囲の問題

200人／年の労力を要するプロジェクトは、人工知能分野においては、確かに非常に大規模なものである。しかし、現在の複雑なオンラインシステム開発の手間は、少なくともこれより二桁は多い。また、Cycの対象とする分野も、共通に利用する知識ベースとしては不十分であり、その利用目的も明確とは言えない。大規模知識ベースを実質的なものとするためには、システムの利用目的を明確にした上で、規模・範囲の両面においてはるかに大きな目標を設定する必要がある。

②システムの複雑さの問題

現在、人工知能理論が提供できる知識表現・推論技術は、小規模な問題についてはある程度有用であるが、常識的な知識を表現し利用するためには不十分である。しかるに、Cycでは、これらの複雑かつ精緻な表現・技術を知識投入の手段として直接的に利用している。これは、通常のAIツールが提供する機能よりもはるかに複雑なものである。そのため、Cycでは、知識と推論方式とが分離されず全体の見通しが悪い。これは、さまざまな問題に大規模知識ベースを利用しようという当初の狙いに反するものである。

③知識ベースの配布と維持管理の問題

Lenatは、Cycが完成すれば、これはさまざまな問題で利用可能であると主張しているが、現在の状況を見る限り、Cycプロジェクトはアドホックな方式で進行しており、プロジェクト管理に対するソフトウェア工学的な考察はなされていない。こ

のような状況では、現在開発中のシステムが完成したとしても、その配布にあたっては、ただちに維持管理の困難に直面することとなろう。

＜参考文献＞

- [AI白書 91] ICOT-JIPDEC AI センター編：AI白書：人工知能の技術と利用.1991.
- [Davis 82] Davis,R., Lenat, D.B.: Knowledge-Based Expert Systems in Artificial Intelligence. McGraw-Hill, 1982.
- [Davis 90] Davis,E.: Representations of Common-sense Knowledge. Morgan-Kaufmann, 1990.
- [Lenat 82] Lenat, D.B.: The Nature of Heuristics. Artificial Intelligence, Vol. 19, No. 2, pp. 189-249, 1982.
- [Lenat 86] Lenat, D. B., Prakash, M., Shepherd, M.: CYC: Using Common Sense Knowledge to Overcome Brittleness and Knowledge Acquisition Bottlenecks. AI Magazine, Vol. 7, No. 4, pp. 65-85, 1986.
- [Lenat 90-a] Lenat, D.B., Guha, R.V.: Building Large Knowledge-Based Systems. Addison-Wesley, 1990.
- [Lenat 90-b] Lenat, D.B.,et. al: Cyc: Toward Programs with Common Sense.Comm. ACM, Vol.33, No.8, pp.30-49, 1990.
- [Lenat 90-c] Lenat, D.B.: A Reply to "Common Knowledge..." IEEE Expert, Vol. 5, No. 6, pp. 73-74, 1990.
- [Lenat 91-a] Lenat, D. B., Feigenbaum, E. A.: On the Thresholds of Knowledge. Artificial Intelligence, Vol. 47 (Special Volume: Foundations of Artificial Intelligence, pp. 185-230, 1991.
- [Lenat 91-b] Lenat, D. B., Feigenbaum, E. A.: Reply to Brian Smith. Artificial Intelligence, Vol. 47 (Special Volume: Foundations of Artificial Intelligence, pp. 231-250, 1991.
- [Locke 90] Locke, C.: Common Knowledge or Superior Ignorance? IEEE Expert, Vol. 5, No. 6, pp. 70-72, 1990.

[Barnett 90] Barnett, J.: Knowledge and Natural Language Processing. Comm. ACM, Vol.33, No.8, pp. 50-71, 1990.

[Guha 90-a] Guha, R.V.: The Representation of Defaults in Cyc. Proc. AAAI'90, pp.608-614.

[Guha 90-b] Guha, R.V.Lenat: Cyc: A Mid-Term Report. AI Magazine, Vol.11, No.3, pp.32-59, 1990.

[Smith 91] Smith, B.C.: The Owl and the Electric Encyclopedia. Artificial Intelligence, Vol. 47 (Special Volume: Foundations of Artificial Intelligence, pp. 251-288, 1991.

[Terveen 90] Terveen, L.G., Wroblewski,D.A.: A Collaborative Interface for Editing Large Knowledge Bases. Proc. AAAI'90, pp. 491-496, 1990.

3.2 電子化辞書

言語に関する知識素を大規模に集積しつつある、日本電子化辞書研究所のEDR電子化辞書について述べる。電子化辞書は諸外国でも試みが始まろうとしているが、その土台となる言語データの集積に関しては各国にかなりの蓄積があり、しかもさらに活発化しつつある。また、国際的な協調への動きも始まっている。

3.2.1 EDR電子化辞書の構造

EDR電子化辞書は単語辞書、概念辞書、共起辞書、対訳辞書の4種類の辞書から構成されている（図表Ⅲ-2-9）。

単語辞書は、語彙の違いによって基本語辞書、専門用語辞書に分けられる。基本語辞書は、言語の違いによって各々20万語の語彙を持つ日本語基本語辞書と英語基本語辞書に分けられる。専門用語辞書は情報処理分野のもので、語彙の違いによって各々10万語の語彙を持つ日本語専門用語辞書と英語専門用語辞書に分けられる。単語辞書は、文の構文構造を把握するための手掛かりになる文法的特性およびその単語が表す概念を記述したものである。

概念辞書は、単語辞書で定義された40万の概念についての知識が記述され、情報の種類によって、概念体系と概念記述に分けられる。概念辞書は単語辞書に記述されている概念をコンピュータが理解するために必要なものである。人間はあらかじめ頭の中にある知識をもとにして文章を理解する。コンピュータも人間と同じように知識を持っていなければ文章を理解することはできない。概念辞書はこのような知識をコンピュータに与えるためのものである。

共起辞書は、言語ごとに作成され、各々30万語についての日本語共起辞書と英語共起辞書から構成される。共起辞書は言葉の言い回しに関する情報を記述したものである。これはある事柄をコンピュータが自然言語で表現しようとしたときに適切な単語を選ぶために使用される。

対訳辞書は、言語対の違いによって、各々30万語の日英対訳辞書と英日対訳辞書から構成される。対訳辞書は、日本語と英語の単語見出し間の対応関係の情報を与える。

EDR電子化辞書を構成する単語辞書、概念辞書、共起辞書、対訳辞書は、相互に関連し合った構造になっている。電子化辞書は、単語項目、概念項目、共起項目、対訳項目の4種類の要素データから構成されている。最も基本的な要素データが単語項目で、

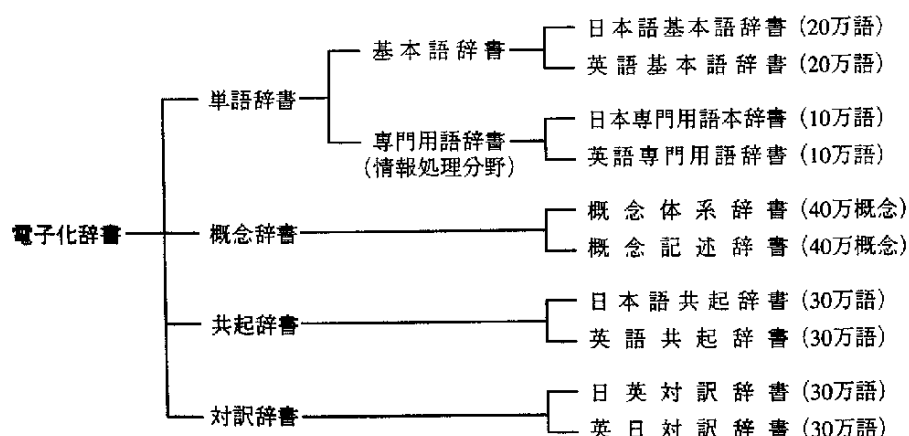
表層的な単語の表現である単語見出し、単語の文法的特性を表す文法情報、単語が種々の文脈の中で表す概念を示す概念見出しから構成されている。他の要素データは単語項目で定義された単語見出しや概念見出し間の関係を記述したものである。概念項目は概念見出し間の可能な関係を概念関係子によって定義したものである。共起項目は単語見出し間のあらゆる可能な共起関係を共起関係子によって定義したものである。対訳項目は言語の異なる単語見出し間の対訳関係を定義したものである。図表Ⅲ-2-10に単語項目、概念項目、共起項目、対訳項目の関係を示す。

3.2.2 大規模知識ベースとしてのEDR電子化辞書

電子化辞書は、大規模知識ベース研究開発の大きな土台となると同時に、それ自身も代表的大規模知識ベースである。大規模知識ベースと電子化辞書のかかり合いを整理すると次の3点になる。

第1は、何をにおいても電子化辞書自身が、大規模知識ベースの代表例であるということである。電子化辞書は言葉に関する常識を大規模に集めた知識ベースである。人間は、文章中に意味の不明な単語に出会った時、辞書を引きその意味を確定する。辞書には、ごく短い語義文や簡単な用例が記載されているだけである。そこで人間は、頭脳の中に蓄えてい

図表Ⅲ-2-9 EDR電子化辞書の体系



る大量の知識を使い複雑な推論を行い、単語の意味を見つけだす。人間用の辞書は人間の持つ多量の常識と強力な推論能力を前提にしたものである。一方、コンピュータは、このような常識も推論能力も持ち合わせていない。したがって、電子化辞書は、このような常識や推論能力の最少限度のものをコンピュータに与えるものである。人間の持つ多量の常識と強力な推論能力の共通の基盤となる言葉の表層的な意味に関する常識ベースを構成するのが電子化辞書である。

第2は、電子化辞書を開発し、改良・拡張していくために考案される方法論やシステムは、大規模知識ベースのための方法論やシステムの研究開発に非常に参考になる知見を与えてくれるということである。電子化辞書は、基本的には、辞書データの作成と電子化辞書システムによる半自動的な改良・拡張の二つのフェーズを経て整備されていく。辞書データ作成のフェーズでは、コンピュータも利用されるが、主に人間の作業者の手作業が主力になる。ただ

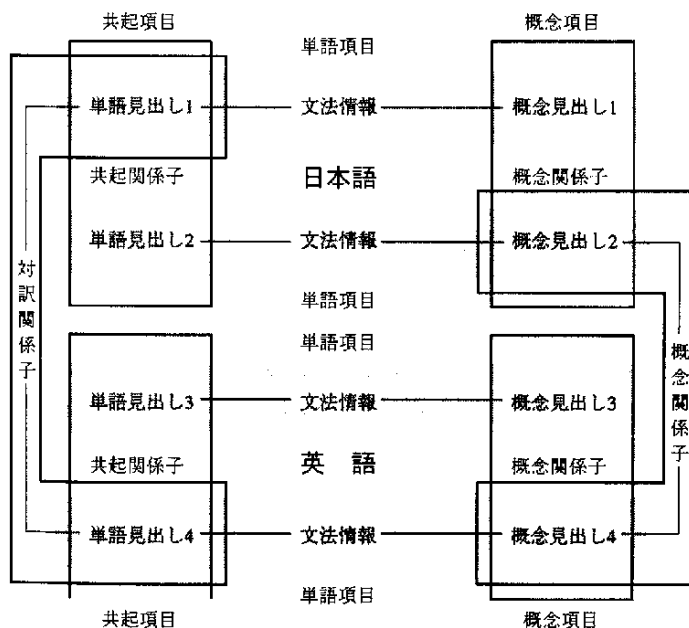
し、多人数の作業から極力均質な作業結果を得るためには、工夫されたワークシートの活用や、システム的な作業管理の開発が必要である。半自動的な改良・拡張のフェーズでは、コンピュータ上の電子化辞書システムが、大きな威力を発揮することになる。多量のテキストデータを解析し、未登録語を発見したり、単語の文法属性の検証・推定を行ったり、さらに概念体系の整合性を検査したりすることが電子化辞書システムによって極力自動化されて行われる。この電子化辞書システムは、自身が最高の自然言語処理システムであり、人工知能システムである。大規模知識ベース自体が、知識データの作成と大規模知識ベースシステムによる自己組織的な改良・拡張の二つのフェーズを経て成長していく。知識データ作成と辞書データ作成、大規模知識ベースシステムと電子化辞書システム、それぞれに間には、非常に多くの類似性がある。

第3は、電子化辞書を利用してはじめて実現される高度で丈夫な(robust)自然言語処理技術が、大規模知識ベース構築の最も重要な基本技術となるということである。テキストの意味理解と内容の要約、多量のテキストの蓄積と検索、これらに関し高度で強力な機能を持ったシステムが大規模知識ベースシステムの中核となる。そして、このシステムは電子化辞書による丈夫な自然言語処理機能によって達成される。

<参考文献>

- [河田 87]「大規模自然言語処理用電子化辞書の開発」河田 勉他、(社)情報処理学会、第34回全国大会、1987。
[横井 90]「大規模知識ベース研究開発の構想と課題」横井俊夫、(社)情報処理学会、アドバンスト・データベース・シンポジウム、1990。

図表III-2-10 電子化辞書の各項目の関係



3.3 その他の大規模知識ベース

3.3.1 IMKAプロジェクト

動きの激しい社会の中で活動する企業などの組織体にとっては、必要な意志決定の頻度とその重要性は高まる一方である。その意志決定において、専門担当者が内蔵している知識は決定的な役割を果たす。まさに知識は組織体にとっての最重要の資産の一つになっている。それにもかかわらず、その資産の管理のあり方については、エキスパートシステムによって局所的な合理化がなされ始めたばかりであり、もっと長期的な広い視野に立った検討が必要である。現在の知識ベースシステムにおけるボトルネックの一つは、知識獲得にあるとされているが、その問題点の本質がそれらのシステムの実現におけるアプローチが極めて個別的で特殊化されたものであるため、担当者が代わると手出しができなくなる、適用条件が少しでも代わると使えなくなる、知識の転用がきかないなどといった現象に帰着する面が多いことが明らかになっている。

IMKA (Initiative for Managing Knowledge Assets) プロジェクトは、この問題の解決の鍵を「知識ベース実装手法の標準化」に見出した米国有力企業5社（カーネギー・グループ、DEC、フォード、TI、USウェスト）が、技術、要求仕様、資金を出し合って知識の獲得、表現、蓄積、管理のための標準的な枠組み作りに取り組んでいるものである。その技術は、①強い知識表現力、②大規模知識ベースでの高性能、③異機種ネットワーク上での統合化／分散化機能とされている。そして、強い知識表現力を実現する方式として、基本的にフレーム表現を取り、フレームをリンクするためのリンク機能、イベント駆動プログラミングのためのデーモン機能、インヘリタンス機能、コンテキスト機能、メタ知識機能、フレーム・ルール統合機能、動的に知識表現を調整するためのフレーム関数、スロット関数などの機能が工夫されている。また実装にはCおよびC++が用いられている。なお、その成果は有料でオープン化

する方針が取られており、第1版の機能仕様が1990年7月に発表されている。

3.3.2 エンジニアリング大規模知識ベース

非常に限定された専門領域の知識だけに頼り、その外に出るとまったくの無知で一歩領域を出ると役立たずになるという、第1世代エキスパートシステムの欠点に正面から挑戦するプロジェクトであり、E.ファイゲンバウム教授を中心とする米スタンフォード大学知識システム研究所のメンバーによって提案されているものである。

第1世代エキスパートシステムの欠点を克服するためのポイントは、プログラムに与えられる知識の幅を広げ、その表現形態をより一般的なものにすることであり、そのためには知識表現と推論機能における進歩が必要である。

プロジェクトでは、対象領域を多種類の困難なタスクに取り、それらに必要な汎用の科学ならびに工学的知識をいかに扱うべきかの課題に取り組むことになっている。ここで対象となる知識には、十分に検討が尽くされて整備され、強い理論的基盤を持つものも多い、いわゆる教科書的知識と、設計に組み込まれている前提条件や裏付け理由といった定式化は不十分であるが、非常に貴重である知識がある。プロジェクトが主眼をおく知識は、製品化された装置について、その構造と、それらがどのようにどんな理由によって動作するのかを説明する知識である。物理ならびに工学分野における知識と推論の諸手法からなる包括的な体系をコンピュータで利用できる形態に開発することがプロジェクトの目的である。

具体的には、基礎的、一般的な知識を集大成したCEKB (Comprehensive Engineering Knowledge Base) が開発される。これは、設計対象物をモデリングするための技法の開発を支援し、促進するための資源となるものである。汎用の装置モデルは、さまざまな推論的タスク、例えば、どのように動作するか、なぜそう動作するのか、なぜそう動作するように設計されているのか、かつての誤動作の原因が何だっ

たかと考えられるのか、再設計するとしたらどのようにすればよいのか、といったことを説明するタスクに必要な知識を表現したものなのである。このようなモデルを用いてシミュレーションを行うのを支援する機能を用意するのも、プロジェクトの課題とされている。

3.3.3 辞書資源開発

言語学、計算言語学、人工知能、言語心理学、認知科学、そして情報技術の各分野においては、辞書への関心が急速に高まっている。これらの分野では、かつては辞書編集者や語義学者だけの専門であった事柄についての探究が活発に行われつつある。その理由としては、現在中心となっている言語理論では辞書が中心的な役割を持つように位置付けられる傾向が強いこと、計算機による言語処理モデルでは辞書情報が中心的な構成要素となっていることなどがあげられる。また、言語ビジネスが盛んになったこともその背景にあると考えられる。

このような辞書への関心は、必然的に辞書のもとになるテキスト・データの集大成を要求する動きとなり、それがそれらを利用した言語現象の研究を促進し、そこからさらに大規模化への要求が出るという形で、大規模テキストベースへの期待が白熱化している。その具体的な動きとしては、ACL（米国計算言語学会）によるACLデータ収集構想、IBMワトソン研究所のR.Byrdの提案による辞書研究コンソーシアムなどがある。

<参考文献>

[日経AI 91] 日経AI (1991.10.7) : 次世代知識処理ソフトウェアとして登場した「IMKA Phase 2」.

[Feigenbaum 90] Feigenbaum, E. At al., Large Knowledge Bases for Engineering: The How Things Work Project of the Stanford Knowledge Systems. Proc. of the Symposium on Very Large Knowledge Bases (主催: (財) 京都高度技術研究所) 1990.

[Hockey 91] Hockey, S.: The -ACH-ACL-ALLC Text

Encoding Initiative: An Overview, 人文科学コンピューティングシンポジウム資料 (千葉大学文学部 土屋研究室) 1991.

[土屋 91] 土屋 俊: テキストデータベースの現状と展望、日本語学、Vol.10, No.8, 1991.

[日本語学 91] 特集 新しいデータ・新しい研究、日本語学、Vol.10, No.8, 1991.

3.4 大規模知識ベースへのアプローチ

大規模知識ベースのあり方は、それを何に役立てるかによって異なってくるはずである。知識の量はほとんど無限といってよいが、一方大規模知識ベースの実現に活用できるリソースにはかなり低いレベルで限界があり、効果的かつ効率的な構築が求められる。そこで、ここでは大規模知識ベースを有効に構築するに際しての留意点をまとめる。

(1) 対応する知識の明確化

例えばエキスパートシステムのための大規模知識ベースとして、どのような知識を知識ベース化すればよいのかを考えてみる。

- 1) あるドメインにおける常識、共通に使える知識
- 2) 利用目的から独立した知識
- 3) 一般性の高い知識

などがあげられる。より具体的には、

- 1) 知識コンパイラにおける深い知識
- 2) 定性的推論の中の定性的プロセス理論におけるプリミティブプロセスベース
- 3) 機械設計のためのJIS規格の部品ベース
- 4) CBR (事例ベース推論) のための設計例ベース
- 5) ソフトウェアCADのためのアルゴリズムベース

など、さまざまなものが考えられる。要するに知識とは何か、何を蓄えておけば何をするときによいような利点があるのかを明確にしておくことが重要である。一方、知識には、量、質 (一般性)、利用法の三つの指標がある。すべてを同時に追及することは極めて困難と予想される。例えば大規模化の可能性が保証されてさえいれば、量の優先度はそれほど

高くないと思われる[溝口90]。

(2) 知識の一般性の考察

知識の一般性には抽象性と汎用性の二つの要素が考えられる。ルールの形式で記述されていても、用いられている概念の抽象度が高ければ一般性は高い。一方、汎用性とは一つのものが異なった用途にも用いられることを意味しており、利用の形態に関する性質と言うことができる。Cycは抽象度の高さを強調しており、知識コンパイラの深い知識は抽象度だけではなく汎用性も主張するものである。

(3) 構築のアプローチ

知識ベースの構築にはトップダウン法とボトムアップ法の二つのアプローチが考えられる。

- ・トップダウン法は、タスクの性質を既知として浅い知識を生成することを念頭において深い知識を整理するもので、知識コンパイラの深い知識がその典型である。

- ・ボトムアップ法は、具体的なタスクを想定せずに、基本的と思われる知識を蓄積する方法である。

エキスパートシステムを対象に考えれば、トップダウン法の方が効率的であろう、しかし、必要であることが分かっているものだけを集めるというのは大規模知識ベースの思想に反するようにも思われる。実際には、トップダウン方式で、ある程度どのようなものが必要かを認識した後、ボトムアップ方式で時間と資金が許す限りの知識を収集するのが適当であろう。

(4) 記述の深さ

深い知識の深さは相対的である。すなわち用いるタスクによって深さは自在に変化する。例えば、電子回路の診断という同一の問題でも、配線幅がサブミクロンで量子効果を気にしなければならない回路の診断と、学生実験で使うフリップフロップの診断とでは必要な知識の深さはまったく異なる。したがって、ある程度のタスクを想定した効率的な知識の深さのレベル設定が必要となる。

(5) グレインサイズの大きさ

これも適切なサイズを決めることはタスクを離れては無意味と思われる。

(6) インデックス

知識が大量になればインデックスは本質的であるが、汎用性を要求されると、どのような要求にも対応できるインデックスを設定せねばならず、困難な問題となる。高速性と汎用性は一般にトレードオフの関係にある。

(7) 複数の人間による入力

Cycよりは状況はいいが、やはり複数の人間による知識の入力を行うことによる知識の均質性の低下を最低限に抑える方策は重要であろう。そのためにも知識の選定の基準や入力方針を明確に記述しなければならない。

(8) 知識の整合性

知識の矛盾、冗長性、整合性などの検証は一見重要であるように思われるが、大規模知識ベース全体の整合性の検証は現実的ではなく、プロジェクト全体を否定することにもつながりかねないので注意を要する。知識が無矛盾であることが望ましいことはいうまでもないが、それを達成するために失うことの方が大きいように思われる。必要最低限の、局所的な無矛盾や整合性の検証で抑えるべきであろう[溝口90]。

<参考文献>

[溝口90] 溝口理一郎：大規模知識ベースの動向と技術的課題、ASTEMシンポジウム予稿.1990.

4 応用システムにおける 知識ベースの現状と動向

大規模知識ベースは、広い応用に対し、ニュートラルな一般的なものでなければならない。そして、適切な手を加えれば、いかなる応用にも利用できる

ものでなければならない。したがって、さまざまな応用システムにおける具体的な知識ベースの現状と動向を分析しておくことが重要になる。

エキスパートシステムに代表されるような知識システムの持つ力の源泉が、そのシステムの保有する知識にあることは異論のないところである。しかし、この知識が原因となって、最近の知的システムの発展に黄色信号が出ているのは紛れもない事実である。エキスパートシステムの現状は、いわゆる「浅い知識」の限界からくる適応力の不足と、知識獲得の難しさによって、このままでは大きな進展が望めない状態になっている [日経AI 90]。

このような知的システムの前進を阻む「知識の壁」を打開するためには、結局のところやはり知識に頼らざるを得ない。それは知的な力の源泉を知識に求めることからの、当然の帰結である。これは一種の堂々めぐりであるが、それを解く鍵を大規模知識ベースを開発することの中に求めようとする動きが目立つようになっている [ASTEM 90]。

以下、この動きを中心にして、いくつかのタイプの知的システムについて、その知識ベースの現状と動向を追うことにする。

<参考文献>

[日経AI 90] 日経AI、日経AI別冊 春号、1990。

[ASTEM 90] ASTEMシンポジウム、大規模知識ベースに関するシンポジウム、1990.11。

4.1 エキスパートシステムでの動き

現在のエキスパートシステムは、非常に限定された範囲の仕事を高い専門的な能力で処理するように作られたものである。そのため、その知識ベースは表面的で個別的な事象をとらえて、特定の対応行動をとらせるための知識を集めたものになっており、守備範囲外の課題への対応能力はもちろん、範囲内であっても予期しない事態に対しては、その問題解決能力を期待することができなくなっている。また、

これらの知識は、多くが専門家の長年の経験によって得られたものであり、対象分野に新しい要素が導入されると、それに対応した見直しや修正を加えることが困難である場合が多く、ためにせっかく開発したものがすぐに使われなくなり放置されたままになるケースが多いという [ASTEM 90]。

こうした現在のエキスパートシステムの欠点は、「brittleness (脆さ)」と呼ばれているものであるが、それを克服するためには従来からの知識ベースのあり方を再検討する必要がある。その再検討の方向としては、次のようなアプローチが考えられている。

4.1.1 「深い知識」の活用

専門家は、未経験の事態に対処する場合、その分野に関して自分の持っている経験的知識を総動員するだけではなく、それらで解決できない部分は、一般的な原理に立ち戻って問題を考え直したり、あるいは他の事例での経験や知識を類推的、あるいは比喩的に利用したりして対応する。このような一般原理や類推・比喩的な知識のことを「深い知識」と呼び、前述の表面的で個別的な事象をとらえて、特定の対応行動に直接結びつける内容を持つ「浅い知識」と対比させている。

このような一般原理を中心にした深い知識には、例えば、①詳細な因果ネットワーク、②デバイスの構造および機能、③数学的シミュレーションモデル、④物理法則などがある。また、こうした深い知識と新しい事象の組合わせから、推論によってその事象に対処するためのルールを自動的に導出する手続きを用意しておく、「知識コンパイル」の方法が実現されつつある [山口 87]。

深い知識の活用で問題になることは、この活用自体に多くの知識の援用が必要なことであり、そのためには大規模な知識ベースを用意する必要が出ることである。例えば、ある機械系の故障診断を行う場合についてみると、それに必要な深い知識としては、①対象とする機械系のモデル、②その系に関係する物理原理、③深い推論を制御するための知識、④物

理状態を微分方程式や故障仮説に対応づけて解釈するための知識、などがあるとされている。これらをすべてコンピュータが使える形で知識ベース化するとすると、その規模は簡単には推定できないようなものになる。

<参考文献>

[山口 87] 山口ほか：深い知識に基づく知識コンパイラの基本設計 人工知能学会誌 Vol.2 No.3, 1987.

[ASTEM 90] ASTEM、大規模知識ベースに関するシンポジウム、1990.11

4.1.2 知識ベースの融合

エキスパートシステムに新しい機能を追加して、守備範囲を拡大したり、新しい事態への対応能力を持つことができるようにするためには、それらの拡張部分のために新しく必要となる知識を知識ベースに付加しなければならない。この場合、もし、拡張部分の知識がもとの知識ベースに対して異質のものであったとすると、この問題は異なる二つの知識ベースを融合 (fusion) する問題と同じものになる。これと類似の問題は、当然、データベースについてもありうるわけで、データベース融合問題として扱われている。しかし、知識ベースの場合は、知識がデータに比較して高度で豊富な情報内容を持ち、その表現形態も極めて多様であることから、その融合は高度な知的能力を必要とするものになる。

知識の多様性という点、従来はプロダクションシステム、意味ネットワーク、フレーム、述語論理といった表現形式の豊富さのみが意識されることが多かったが、知識融合の問題を突っ込んで検討すると、表現形式以前にその対象とする分野ないし世界をどのような概念的枠組みによってとらえるかというオントロジー (存在論) の問題が先行していることが分かってくる。知識表現は、世界にある状況を記述するためにいくつかの概念を結び付ける結び付け方

を定めるものであるのに対して、オントロジーはそれのもとになる概念のあり方そのものを定めるものである。同じ対象世界を扱っても、専門分野が異なるとそのとらえ方が違ってくることがある。知識ベースの融合にはこうした概念体系の差異を処理できるメカニズムが必要になる。このようなメカニズムは、人間の場合でいえば、ちょうど百科事典を読んで理解する能力に相当するものである。この能力をコンピュータ上に実現するとすれば、人間の持つ共通的な知識を集めた大規模な知識ベースが必要になる。これを実際に試みているのが前述のCycプロジェクトである [Lenat 90]。

<参考文献>

[Lenat 90] Lenat, D.B., Guha, R.V.: Building Large Knowledge-Based System. Addison-Wesley, 1990.

4.1.3 知識獲得の効率化・容易化

実際のレベルで見た場合、現在のエキスパートシステムが抱える最大のボトルネックは、知識ベースをいじるのにそれを作成した専門のエンジニアの手をわずらわす必要があることである。この問題点を克服するのには、知識獲得の作業が自動化ないし半自動化され、特定の専門家でなくても手が出せるようにする必要がある。このため、知識獲得の技法に関する研究開発が1970年代から精力的に続けられている。1970年代においては、分野の専門家とのインタビューによる知識抽出を定式化する研究が盛んであったが、1980年代にはレパートリ・グリッド法、行動モデリング、テキスト解析など特定の手法をコンピュータ支援によって半自動化する試みが活発に行われた。1990年代の動向として、これまでに開発されたツールや手法を広く集めて相補的な組み合わせを作り、それらを統合化して汎用的な知識獲得環境を構築する方向に進みつつある。

知識獲得を自動化するための研究は、いわゆる機械学習の枠組みの中で行われているが、現在の学習

研究はまだ人間の学習能力を十分に模擬できるところまでは進んでいない。従来の学習研究は類似性を手がかりにするもので、事前の知識をあてにせず、多数のデータ間の類似性を発見して一般化し、それから新しい概念表現を形成するというものであった。これは確かに基本的な学習方式であるには違いないが、あまり効率の良い方式ではなく、実際の必要には適合しない場合も多い。特に、上述のような狙いからすると、事前に応用領域についての知識を豊富に持っていることを前提するのが自然であり、しかもその方がはるかに効率的である。この考え方から、最近では説明ベース学習、すなわち、EBL (Explanation Based Learning) に関心が集まっている。これは事前に豊富な知識を与えておき、少数の例題から新しい知識を得させるものである。人間は知識が増えれば増えるほど学習が加速される。しかし、この効果が現れるようになるためには、基礎となる知識の量と質が一定の水準に達する必要がある。どんな質の知識をどれだけ集めればよいのか、これはそれ自身が非常に重要な研究課題であり、Cycプロジェクトのような大規模知識ベース開発からの知見が不可欠な問題である。

以上、知識の壁を抜くための三つのアプローチについて見てきたが、その説明から明らかなように、どれもが大規模知識ベースによりどこを求めていることになっているとはいえ、それぞれが必要とする知識ベースの内容は三種三様であり、その大規模さにも相当な差があることに注意する必要がある。こうした問題を詰めるのは今後の課題である。

<参考文献>

[溝口 90] 溝口理一郎：大規模知識ベースの動向と技術的課題、ASTEMシンポジウム予稿、1990。

4.2 その他の知識システムでの動向

4.2.1 CASEシステム

CASE (Computer Aided Software Engineering)は、

コンピュータ支援によってソフトウェア開発の能力と効率の向上を図ろうとする技術である。ソフトウェア開発は高度に知的な作業であり、そこにおける知識の役割の大きさについては、特に解説を加える必要はなさそうである。問題はどのような知識が、どのように使われて、あるいは、使われようとしているのかである。

90年代におけるCASEの課題は、次の三つであるとされている [McClure 90]。

- ・ 快適な開発環境
- ・ 技法ドライバ
- ・ 再利用可能な部品ライブラリ・システム

ここで、快適な開発環境というのは、システムがソフトウェア開発者にすぐれたユーザインタフェースを提供することを意味している。ユーザインタフェースの基本は、ユーザが少ない負担で、必要なことが自由に実現できることである。習得が楽で、使いやすく、機能の変更や拡張が容易であることなどがその要件とされている。そのためには、システム側に高度な理解力と適応力が要求されることになり、そこに知識と推論機能の出番がくることになる。

ソフトウェア開発に必須のインタフェースは、グラフィックスと言語である。そして、最近はこちらに加えて、協同作業を支援するための機能として、CSCW (Computer Supported Cooperative Works) が大きな注目を集めている。複雑な構造や属性を持つものを操作する場合には、それを図式化したり、形式化したりして視覚に訴えるのが有効である。いわゆるフローチャートはその典型例である。したがって、図式化された情報を蓄え、さまざまな操作を加える機能は、非常に重要である。

ソフトウェア開発に用いられる言語としては、プログラミング言語や仕様記述言語などの形式言語の他、ドキュメントの記述やユーザとの対話などのために、自然言語インタフェースを要望する声が強くなっている。本格的な自然言語処理のためには、自然言語理解の機能が必要である。それについては次

項4.2.2に説明があるので、ここでは省略する。

現在のCASEの方向は、統合型CASEと呼ばれているものである。それは、モデリングツール、設計ツール、生成／作成ツール、コード&テストツールなどソフトウェアのライフサイクルの各段階におけるツールが用意され、全工程が一貫して支援されるようになってきている。そして、リポジトリと呼ばれる情報ベースがあって、そこにソフトウェアシステムの開発工程に現れる仕様のな情報の一切を、一括的に蓄積・管理している。その内容は、システムの利用環境、構成、機能など概念モデルを示す図表などから、プログラム、ファイル、帳票、画面などのデータ属性やプロセス属性までに及んでいる。

このような統合型CASEを十分に使いこなすためには、高度の専門的な知識と経験が必要である。そのために用意されているエキスパートシステムが、2番目の課題である技法ドライバである。

ソフトウェア開発を合理化する方法の一つは、既存のプログラムをできるだけ再利用することである。これを組織的に行おうというのが、三つ目にあげられている再利用可能な部品ライブラリ・システムである。その具体例の一つがATTで開発されてい

る図表Ⅲ-2-11のシステムである。そこでは、単に、必要なプログラムを捜し出すだけではなく、それを理解し、手を加えて改良することもできるようになっている。これはリポジトリの存在を前提にしないものであるが、それを前提にすれば、当然、もっと本格的な再利用が可能になるはずである。

<参考文献>

[McClure 90] McClure C 著、三井銀総合研究所訳：CASEソフトウェア開発の自動化、日経BP社、1990。

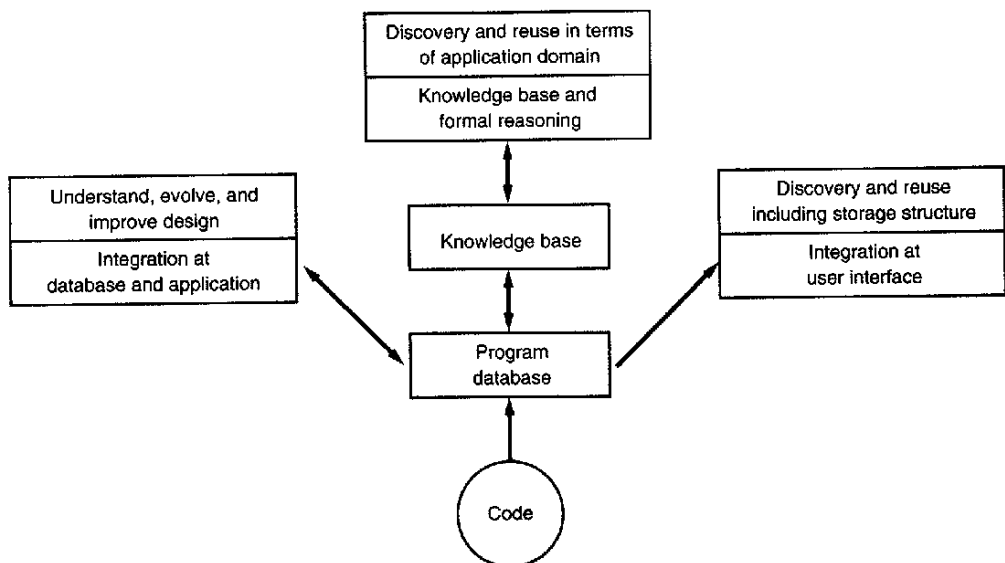
[Brachman 90] Brachman J.et al：Toward a Software Information System, AT&T Technical Journal 1990。

[情報処理 90] 情報処理学会：特集：CASE環境、情報処理、Vol.31, No8,1990。

4.2.2 自然言語処理システム

現在、自然言語処理のあり方は大きな転機にさしかかっているといえる。すなわち、従来の文法中心（syntactically-based）のシステムから、知識を使って意味を深くとらえようとする知識中心（knowledge-

図表Ⅲ-2-11 ソフトウェア情報システムの方角〔Brachman 90〕



based) のシステムへの転換である。文法中心のシステムでは深い処理を行わないので、効率の高いシステムを実現できるが、他方、自然言語の表現には本質的に曖昧性の問題が入ってくるので、高度な処理を実現するためにはどこかで知識中心アプローチの導入が必要になる。

人間は相手に情報を伝えるために言語表現を使うが、同じ言語表現がいつも同じ内容を表すとは限らない。むしろ、その時ごとに違っていると考えた方が正確であり、そうであるからこそ新しい表現を工夫しなくても、新しい情報を伝えることが可能なのである。

しかし、これは便利な仕組みであると同時に、それなりの欠点も持っている。同じ表現が複数の意味で使われる結果、場合によってはどちらの意味が正しいのか分からなくなることである。例えば、「はしが流された」という文では、「はし」の意味として、橋、端、箸などが考えられる。もし、この文が「台風ではしが流された」となっていれば、それを箸ととる人はいないはずであるが、橋か、端かを決めるためには、もっと詳しい文脈が必要になる。

このように、言語表現の曖昧性を解くためには、表現内外の言語的知識を使うほか、常識などによる非言語的知識も総動員しなければならない。しかし、これをコンピュータで実現しようとなると、一挙に人間並のレベルにもって行くのはなかなか難しい。そこで、漸進的なアプローチと急進的なアプローチの差がでることになる。以下に、この二つのアプローチの具体例をみていくことにする。

(1) 統合パーザ [劉 90]

従来の自然言語解析のやり方は、語彙解析、構文解析、意味解析を逐次的に進める方法をとってきた。これは、本来、一文ごとに意味が完結していることを前提にして考案されたものである。自然言語の曖昧性に対応するためには、多数の文をまとめて処理する多文解析が必要であるが、それを逐次型で進めると、各語、各文で生ずる曖昧さの組み合わせが爆

発的な規模に膨れ上がって動きがとれなくなる。

この問題を解決するために工夫されたのが統合パーザである。この方式では、語彙解析、構文解析、意味解析がそれぞれ並行的に進められ、それぞれの解析結果が即座に他の解析にも反映されて、“曖昧性の早期解消、無駄な処理の回避、解析の最も確からしい方向への誘導など” [劉 90] が実現されるようになっていく。

このシステムでは知識ベースとして、言語知識(辞書、構文規則など)の他に、対象世界に関する知識(そこでの用語の意味概念や意味概念間の関連など)、文脈情報が利用される。いま、このシステムに「かぎをかけてください」という文が与えられたとする。システムの理解している対象世界には、3種類の「かぎ」が存在している。すなわち、図書室の鍵、コピー室の鍵、そして会議室の鍵である。上の文の「かぎ」がこれらのうちのどれを指すかは、この文の情報だけでは分からない。この文に先行して、「本を探したいのですが」とあれば、人間であれば図書室の鍵を出すはずである。システムにこれができるようにするために、次のような知識が組み込まれている。

```

(図書室の鍵) —— 図書室 —— 資料 —— 本
                                   |
(コピー室の鍵) —— コピー室 —— コピー
(会議室の鍵) —— 会議室 —— 会議

```

このようなシステムの理解力をどこまで高めうるかは、システムがどれだけの知識を持ち、それをどれだけ活用しうるかにかかっている。

(2) MCCのKBNLシステム [Barnett 90]

言葉を理解するとき、われわれは言語表現として直接与えられたものの以外に、さまざまな知識を動員して使っている。しかし、それはまったく無意識のうちに行為れることが多いので、その事実には気が付いていない。実際、これまでの自然言語処理システムにおいては、単語の意味を定義する辞書と、単語と単語の組み合わせ方を定義する文法があれば、一

応のことはできるという見通しが基礎になっていたのである。

「雨が降っていますね。」と相手が言ったとき、表面的に理解すればそれは天候に関する事実確認である。しかし、相手の本当の意図は、「いま出かけたくない。」であったり、「傘を貸して欲しい。」であったりすることが多い。それを正しく理解できなければ、円滑なコミュニケーションは成立しない。これに必要な知識は、人間なら誰でも持っている常識である。

また、同じ言語表現が異なる意味を表したのとは逆に、異なる言語表現が同じ意味を表すこともある。例えば、「アランの誕生日は4月29日です。」と「アランは4月29日に生まれました。」は同じ内容の文であるにもかかわらず、言語表現としての構造は大きく隔たっている。したがって、これらの等価性を文法的に導くためには、特殊な道具立てが必要になる。それが望ましくないとすれば、それらの意味を深いレベルでとらえて処理することになる。

こうした問題を一般的に解決するためには、コンピュータに本格的な常識とそれらを使いこなすための多様な推論能力を持たせる必要があるが、それは現時点ではほとんど不可能に近いことである。しかし、手を拱いているだけでは進歩は得られない。あえて挑戦することによって活路を見出そうというのが、米国MCC社におけるCycプロジェクトである。

Cycについては前章に詳しく紹介されているので説明は省略するが、そこではCycLという知識表現言語によって大量の常識的な知識が蓄積されている。その知識を活用して本格的な自然言語処理システムを実現しようとしているのが、表題のKBNL (Knowledge-Based Natural Language) システムである。

このシステムでは、英語の文字列が双方向的にCycL表現に変換されるようになっているので、一方からみれば自然言語理解システムであり、他方からみれば自然言語生成システムとなる。その変換過程は次のようになっている。

英語文字列—単語列—構文的論理形式—知識ベース論理形式—CycL記述

ここで、構文的論理形式というのは、単語列を構文構造に分解して、それぞれの構文要素に主語、述語などの構文機能を割り付けたものである。また、知識ベース論理形式は、その言語表現の表す言語的な意味を完全に表現したもので、H.Kampらによる談話表現構造を利用して表現している。

<参考文献>

[劉 90] 劉、西田、堂下：統合パーザによる統合適自然言語解析、情報処理学会論文誌、Vol.31, No.9, 1990.

[Barnett 90] Barnett, J. et al : Knowledge and Natural Language Processing, CACM, Vol.33, No.8, 1990.

[Lenat 90] Lenat, D. et al : Cyc: Toward Programs With Common Sense, CACM, Vol.33, No.8, 1990.

4.2.3 図形・画像処理システム

現在の図形・画像処理の中心的な課題は、図形・画像の認識と理解である。このうち、認識は図形・画像中心の対象を認識するためのものである。一般に、図形・画像はアナログ情報として与えられているが、それをデジタル化してシステムに取り込み、ノイズや歪みを取り除いて整形し、必要な部分だけを取り出し（セグメンテーションという）、そこに見い出される特徴を抽出し、それらの特徴の組み合わせに基づいて、対象画像を分類して記号的な表現に変える操作がここでいう認識である。

他方、図形・画像の理解は、一つの場面（シーン）として与えられた図形・画像世界の中での対象物やそれらの間の関係を認識し、その存在の意味付けをするものである。図形・画像理解における処理の流れを示すと、一例として、図表Ⅲ-2-12のようになっている。

(1) モデルとしての知識

図形・画像処理システムにおける認識・理解は、

基本的には、対象とする図形・画像から抽出された特徴とシステムにあらかじめ与えられている対象物や対象世界のモデルを照合することによって行われる。システムに与えられているモデルは抽象化されたモデルであり、実際の照合においては、それに対象図形・画像から抽出された情報によって具体モデルに変えて使う。

このような抽象化モデルにはさまざまなものがあるが、その代表例として、3次元物体の形状モデルと対象物間の関係を表現するための関係モデルを紹介する。

① 3次元物体形状モデル

このモデルでポイントとなる特徴点は、“視点の移動や隠ぺいによる画像上での対象物の形状変化に、柔軟に対処でき、特徴との照合が容易であること”である [松山 90]。

物体形状のどのような性質に着目するかによって、次の3種類に分類されている。

体積指向モデル：物体の体積的な特徴・構造を記述しようというもの。

a. Constructive Solid Geometry：基本的な立体図形の組み合わせによって表現する。

b. 一般化円筒・円錐：円筒は、断面の円を直線に沿って並行移動してできるものであるが、一般化円筒は一般の2次元図形を曲線を軸として並行移動してできる。この要領で物体を表現する。

表面指向型モデル：物体表面の形状的特徴をとらえて記述するもの。

a. ワイヤフレームモデル

b. Winged Edge モデル

c. 拡張ガウス像

d. 平・曲面パッチモデル

見え方指向型モデル：多面体を各頂点を見おろす視点でとらえて記述するように、物体を多数の視点から見た場合の見え方を記号化して表現するもの。

a. 線画のラベル付け

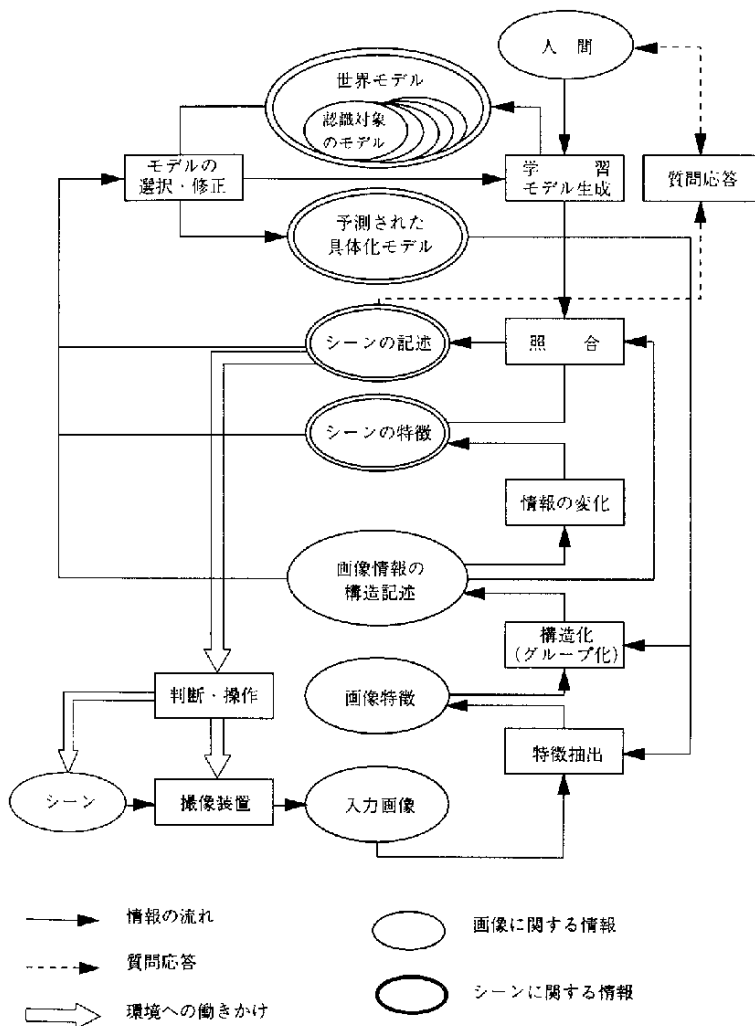
b. アスペクトグラフ

c. Property Sphere

② 関係モデル

対象物の間に成立する関係にはさまざまなものがある。どのような関係に着目するかは、それぞれの

図表Ⅲ-2-12 図形・画像理解の処理の流れ [松山 90]



システムの目的によって異なってくる。以下では共通性の高いものを選んで紹介する。

上位下位関係：多数の構成要素からなる複雑な対象を扱う場合には、適当な概念を導入して、その構造化を行う必要がある。この構造化においては、階層構造のような概念間の上位下位関係に注目することが重要である。特に、オブジェクト指向の考え方にに基づき、その関係に属性の継承が伴うときには、モデルの記述が簡潔になる効果大きい。

部分全体関係：対象世界や対象物の物的な構造に直結した上位下位関係と見ることができるものである。

解像度軸に沿った階層的記述：注意の集中化という観点からすると、全体としての森の特徴を記述するためのモデルと、木の集まりとして見た森の特徴を記述するためのモデルとは異なってくるはずである。このようなモデルの使い分けを適当に行うことは、システムの理解力を高めるために大切である。

類似差異関係：対象物の認識・理解においては、それに適合する可能性の高いモデルを選択してくることがキーになる。このため、モデル間に類似あるいは差異に基づく関係付けを行っておくと、このための選択の有力な手がかりとなる。

空間的關係：対象物同士がどのような空間的關係にあるかを知ることが、それらの機能的な関係や作用の範囲、性能などを推定するのに役立つことが多い。

(2) エキスパートビジョンにおける知識

エキスパートシステムの方法論や成果を積極的に活用して、高度な図形・画像処理を実現しようとするのがエキスパートビジョンの考え方である。これは、知識型ビジョンあるいは知識利用型ビジョンとも呼ばれている。

エキスパートシステムにおける知識の役割は、図形・画像の処理を巡って、それと知識がどのように

関係付けられるかによって、次の三つに大別して考えることができる。

①知識としての図形・画像

人間は図形・画像を単に見るだけの対象としてではなく、それから知識を引き出すための情報源としても活用している。その典型的な例は地図である。もともと、図形・画像をコンピュータによる理解の対象にしようとするのは、それから知識を得たいがためであることを考えれば、これは当然のことである。ただ、知識表現の一つとしてそのあり方、データベースや知識ベースと構成・管理する場合のあり方などについて、図形・画像に固有の問題が多く、今後の検討が必要なことに注意したい。

②図形・画像の認識・理解に用いられる知識

図形・画像の認識・理解において、どのような知識が、どのような役割で用いられているかは、前項の「モデルとしての知識」で述べたとおりである。

③図形・画像処理技術に関する知識

図形・画像処理は高度な専門知識を要する分野であり、そのために開発されている手法の蓄積は膨大である。現在の図形・画像処理技術はまだ十分とはいえないものの、“基本的な手法の体系化が進み、対象や目的をうまく選べばかなりの問題が解決レベルに達している” [田村 83]。

そのために、こうした手法群を活用するためのノウハウを知識ベース化して、エキスパートシステム化する試みがなされるようになってきている。このようなシステムで用いられている知識の内容は、次のとおりである [田村 90]。

- ・ 画像の状態および処理結果を評価するための知識
- ・ 適切な処理手法を選択するための知識：
- ・ 目的を達成する概略手順の知識
- ・ 状況に応じた詳細手順の知識
- ・ 個々の処理モジュールに関する知識

<参考文献>

[松山90] 松山隆司：4章 知識の利用と世界モデル、人工知能学会編：人工知能ハンドブック、オーム社、1990.

[田村83] 田村、坂上：画像処理エキスパートシステムのための3種の知識、信学技報、PRL83-49、1983.

[田村90] 田村秀行：5章 エキスパートビジョン、人工知能学会編：人工知能ハンドブック、オーム社、1990.

4.2.4 音声理解システム・音楽情報処理システム

(1) 音声理解システム

音声理解システムは、話し手の言ったことを正確に聴き取るため、音声の物理的な特性だけではなく、それから引き出される文法、意味、文脈などの言語的情報、さらには、イントネーションなどによるさまざまな感性的情報までも動員して、発話の同定を行うシステムである。

このような広範な情報を十分に活用するためには、それらの伝える内容を深く汲み取るための、大量の知識の備えが必要である。そこで問題になることは、どのような種類の知識を、どのような枠組みに基づいて用意し、運用するかということである。

音声理解システムには、文章単位の処理を行う大語彙連続音声認識システムとしての性格と、自然言語理解システムとしての性格がある。したがって、必要な知識の種類については、基本的にそれらのシステムと同じとみられるが、運用のあり方については大きく異なってくるはずである。その理由は、一つには、音声理解システムにおいては、リアルタイム性が要求されるケースが多いこと、二つには、音声認識システムと自然言語システムとが密接に相互作用して処理を進める必要があること、三つには、音声表現においては必ずしも正確な文法的表現が期待できないことである。

音声の不完全さと言語表現としての不完全さとい

う、二重の不完全さに対抗して、話者の意図したはずの正しい言語表現に到達することが、音声理解の最も重要な課題である。これらの不完全さを言語理解に用いられる種々の知識源（意味的、韻律的、語用論的など）を動員して、推測によってできる限りカバーしようとするものである。

この場合、利用できる知識はできるだけ広範に、できるだけ多いことが望ましい。しかし、音声理解技術の現状は大規模知識の利用については未熟であり、どのような知識をどのような枠組で導入すればよいか、という問題に即答できる段階には至っていない。現在は、音声理解にとって特に効果的に作用すると考えられる言語情報を、個別的に取り上げて具体化するという実験を積重ねているところである [溝口 90]。これらの実験を通して、やがて、音声理解のための大規模知識ベースのあり方が見えてくるものと期待される。

他方、音声認識そのものの範囲では、音声認識用大規模データベースの構築を期待する声が急速に強くなってきている。音声認識の今後10年間の課題は、人間と計算機との間の音声言語による自然な対話システムの実現であり、そのための対話の研究には対話を文字化したテキストデータベースと対話を音声化した音声データベースが不可欠とされている [速水 90]。このような音声・テキストデータベースの構築は、わが国ではまだ小規模のものが試みられているだけである。“大学や企業の研究者のボランティア活動では欧米の現状には追いつかず、国家的規模の早急な「音声言語データベース研究所」の設立が望まれる” [中川 90]。

<参考文献>

[溝口 90] 溝口理一郎他：音声理解における主題情報の役割とその利用、人工知能学会誌、Vol.3, No. 4, 1990.

[速水 90] 速水 悟：対話研究に必要なデータベースとはなにか？、電通学会第2種研究会「音声認

識研究—これからの10年」資料、1990。

[中川 90] 中川型一：音声認識・理解システムの評価とデータベース、電通学会誌、Vol.72, No.12, 1990。

(2) 音楽情報処理システム

音声理解が言葉として話された‘音’を対象とするのに対して、音楽情報処理は音楽とし発せられる‘音’を対象とするものである。そして、音声に音素、音韻、単語、句、文、文章などから階層構造があるように、音楽情報にも音楽、音符、楽句、楽節、楽章などの階層構造がある。また、言葉に文法があるように、音楽にもその構造のあり方を支配するルールをまとめた音楽論がある。

このような並行現象により、一見、音楽情報にも音声理解の場合と同じような議論ができそうであるが、実際には両者の間に本質的な違いがあつて、それが許されないものである。その違いというのは、音声の主な役割が記号による意味の伝達にあるのに対して、音楽情報の役割は主に感性的手段によって、芸術的な感興を聴く人の心に呼び起こすことにある。そのための、音楽情報では音の長さ、音色、音の陰影などといった個人差の極めて大きい要素が重要な役割を持っている。したがって、まったく同じ楽曲を演奏しても、演奏者が異なればそれぞれが異なる存在価値を持つことになる。また、同じ人の演奏であっても、そのときどきによって違った表情を持つことが多く、それぞれを別物として扱うべきものである。実際、レコードやCDなどでの取り扱いの状況はそのような形になっている。

また、分割化の許容範囲についても、音声と音楽情報とは事情が大きく異なっている。言語音声では一文単位でも十分に意味をなすのが普通であるが、音楽情報では単一のフレーズではほとんど無意味に近い。もちろん、シンセサイザやサンプリングキーボードなどでの合成用の音を用意する場合などは、別問題としての話である。

さらに、もう一つの相違点として、音楽情報については、人間の声だけではなく、楽器による音も扱う必要がある。これによって、扱うべき音の周波数範囲は大幅に広がることになる。

以上のような性格を持った音楽情報の利用のあり方を考えると、いわゆる著作権の問題が決定的な意味を持つことに気付く。音楽の演奏は、細かく切り刻んでしまつては意味を失うのである。そうであれば、コピーではない再利用はほとんど考えられないのである。この問題にどのような解決を与えるかによって、音楽情報データベースのあり方は大きく左右されるはずである。

現在の音楽情報処理の方向は、Computer-Generated-Musicであり、コンピュータに作曲をさせたり、編曲させたり、演奏させたり、あるいは採譜させたりというものである。したがって、著作権の問題はひとまず回避できている。この情報処理に用いられる知識やデータは、基本的な音に関する情報だけについてみても、そのサンプリングデータのような低レベルのものから、MIDI (Musical Instrument Digital Interface) 情報、イメージ・モチーフ・コード進行の情報、さらには、芸術的意図の表現のように極めて抽象的なものまでさまざまである。ここで、MIDI情報というのは、電子楽器や計算機を相互接続して、主に実演奏の情報を伝送する場合のインタフェース規格に関する情報である [江間88]。

こうした情報を駆使して自動演奏を行うシステムは、音楽専門家の真似をする一種のエキスパートシステムと見なすことができる。

<参考文献>

[江間88] 江間、加藤、鬼頭、“編曲支援エキスパートシステムの開発”、昭和63年度人工知能学会全国大会予稿集、1988。

5 要素技術の動向

大規模知識ベースは、その本格的な研究が始められてまだ日の浅い分野であり、まだ、その開発と利用のあり方については未知数の部分が多い。そこから発生してくる問題の大きさと複雑さは、大規模データベースで経験したものとは比較にならない規模と深さを持つものと予想される。これらに取組むためには、従来の知識、経験、技術の延長だけでは不十分であり、まったく新しい次元における技術の展開が必要になる可能性も考えられる。事実Cycプロジェクトの推進者達は、すでに知識工学を超えた「オントロジー工学」の構想を持ち始めていることが、その中間報告書からもうかがえる。しかし、何事にせよ、その具体化のためには現実存在する足場から出発せざるをえないことも事実である。

大規模知識ベースのあり方は、それが何のためにどのような知識を対象とするものであるかによって、大きく左右されることはいうまでもない。以下では、言語的メディアによって表現された知識を集大成して活用するための大規模知識ベースを想定して、その実現に必要な要素知識について検討する。ここで言語的メディアというのは、自然言語、形式言語、図形言語、画像、音響などを利用した、いわゆるマルチメディア的な意味でのドキュメントの作成、蓄積、検索、変換、要約、翻訳、伝達などを支援する技術、自動化する技術などを含むものとする。

5.1 文書処理技術

5.1.1 機械翻訳技術

この節では、機械翻訳技術の概要、および今後の展望について述べる。機械翻訳は自然言語処理および知識表現の諸技術の統合的な応用の場であり、また、大規模な語彙を持つ文書を扱わなければならない

点という点で困難な問題を多く抱えている。機械翻訳技術の動向については [情報処理 85]、[Slocum 85]、[Hutchins 86]、[Nirenburg 87]、[King 86]、[King 87] 等が参考となる。

(1) 機械翻訳方式

機械翻訳システムの最終的な目標は、人間の介入なしに全自動で任意の言語間の翻訳を行うシステムであるが、これは現実にも将来的にも見通しが立っていない。したがって、現実の機械翻訳システムは必然的に何らかの制約を受けることになる。現在の機械翻訳の研究および開発で用いられている方式は、翻訳の方式と目的の二つの観点から分類することができる。

① 翻訳の方式

翻訳の方式としては、次の三つに分類される。

1. 直接方式 (direct approach)
2. トランスファー方式 (transfer approach)
3. 中間言語方式 (interlingua approach または pivot approach)

直接方式では、原言語の解析および目標言語の生成が一体となって処理される。主に、辞書引きや簡単な構文解析のみを行い意味的な処理を行わない簡単なシステムとされる。しかし、原言語の解析の段階で意味処理を行い、同時に目標言語の訳語選択を行う融合方式 [田中 85] もこの方式に分類できる。

後者二つの方式は間接方式 (indirect approach) とも呼ばれ、原言語の解析と目標言語の生成およびその間の処理が独立の処理として行われる。原言語の解析結果の表現と目標言語の生成のための表現に共通の意味表現が用いられる場合を中間言語方式と呼び、解析結果および生成のための表現が原言語と目標言語に依存して存在し、それらの間の変換を行う方法をトランスファー方式と呼ぶ。

トランスファー方式では、原言語の解析によってその言語のために設計された表現が得られ、目標言語へ翻訳される前に目標言語の生成のための表現への変換が行われる。トランスファー方式の利点は、

それぞれの言語に応じたきめ細かな解析と生成が行えることであるが、あらゆる言語対に変換のための処理をプログラム化しなければならないため、多言語間翻訳のためには大変な労力を強いられることになる。現在の商用の機械翻訳システムのほとんどはトランスファー方式に基づいている。トランスファー方式の中にもどの程度の内部表現を設定するかによって多くの異なるレベルのシステムがあり得る。構文解析の結果として得られる構文解析木程度の表現しか利用していないシステムは構文トランスファー方式と呼ばれ、意味解析を行った結果の意味表現を用いるシステムは意味トランスファー方式と呼ばれる。中間言語方式はトランスファー方式の究極的なシステムと見ることもできる。

中間言語方式では、原言語と目標言語に依存しない普遍的な意味表現が設定される。中間言語方式の明らかな利点は、①個々の言語に依存する内部表現を考える必要がないこと、②任意の2言語間の変換処理を実行する必要がないこと、である。この方式では一つの言語についてそれを中間言語表現に変換する解析プログラムと中間言語表現からの生成プログラムを作るだけで多言語間翻訳を行うことが可能になる。一方、中間言語方式の欠点は、①多言語に共通の中間言語を設定すること自体が極めて困難であること、②原言語から中間言語への対応によって失われる意味が大きい可能性があること、③原言語の語彙の細かいニュアンスや構文上の語句の出現順序などの情報が失われてしまうこと、などである。

②システムの目的

システムの目的は次の三つに分けることができる。

1. 翻訳支援システム
2. 限定された前編集と後編集のみを必要とするシステム
3. 研究目的の全自動機械翻訳システム

機械によって翻訳を支援するシステムは、機械と人間の翻訳者の主従関係によって、機械支援による

人間翻訳 (Machine Assisted (Human) Translation) と人間の支援による機械翻訳 (Human Assisted Machine Translation) に分けることができる。これらのシステムでは計算機は一般用語と専門用語の辞書を持ち、辞書引きの結果を翻訳者に示す。また、語形の変形、数や性の一致および簡単な構文だけを考慮したラフな翻訳結果だけを行って、曖昧性や照応については人間に尋ねるシステムなどが構築されている。

限定された前編集もしくは後編集のみに人間の介入を認めるシステムの中で最も成功を納めているシステムはMuシステム [長尾 85] である。Muシステムはトランスファー方式に基づくシステムであるが、深い意味解析も行われている。例えば、名詞に関して約50の意味素性が階層構造の上に表現されており、動詞に対しても約30の深層格が設定されている。科学技術論文の梗概の翻訳を対象にしているが、実際の文例における翻訳実験において8割以上の文が満足のできる正確さで翻訳できたことが報告されている。Muシステムは現在JICSTで運用されている。

実用を目指した機械翻訳システムの多くは日本およびヨーロッパにおいて行われている。日本では大手の計算機メーカーをはじめとする多数の企業が商品化を行っている。欧州共同体では、多言語間翻訳を目指したEUROTRA計画が1982年より進められている。

一方、原言語の完全な理解を目指した全自動機械翻訳は当分の間は研究段階のままであろう。ここでは自然言語理解と知識表現におけるあらゆる問題が対象になる。

(2) 機械翻訳の今後

機械による自動翻訳の困難性は今日広く理解されているが、実用的な面からも強力な機械翻訳システムの出現が待ち望まれている。すなわち、翻訳のための文書が急増していること、専門分野の多様化により質の高い翻訳のできる翻訳者を確保するのが困

難であること、また、コストの問題や翻訳の即時性などがますます要求されてきていることなどがその理由である。

トランスファー方式による機械翻訳の研究はほとんどし尽くされた。今後は意味処理および文脈、語用論的処理の研究を機械翻訳に適用することが重要である。また、新しい翻訳手法として用例に基づく翻訳の研究が行われている [Sato 90]。

現実的な機械翻訳システムにとって重要な要素は翻訳の質と効率である。現在の技術によるそのためのアプローチとしては、機械援用による翻訳 (Machine Assisted Translation, MAT) が最も近道かも知れない。専門の技術的な文章を翻訳するのに最も原言語を理解しているのは翻訳者ではなく、その分野の専門家である。その専門家が目標言語をたとえ理解できなくても、原言語の理解をその専門家の協力を得て理解しそれを目標言語に翻訳するシステムは極めて有効であり得るし、同一文章を多言語に翻訳する場合には効率良いシステムでもある。また、ビジネスレターなどのような言語ごとに定型的文章が多用される応用分野では、原言語による文面から始めるのではなく、利用者とのインターアクションにより直接目標言語の文書を作成することも可能であり、有効なシステムであると考えられる。

<参考文献>

[情報処理 85] 大特集：機械翻訳, 情報処理, 26巻, 10号, 1985.

[Slocum 85] Slocum, J., "A Survey of Machine Translation: its History, Current Status, and Future Prospects," *Computational Linguistics*, Vol.11, No.1, pp. 1-17, 1985.

[Hutchins 86] Hutchins, W.J., *Machine Translation: Past, Present, Future*, Ellis Horwood, 1986.

[Nirenburg 87] Nirenburg, S. (ed.), *Machine Translation: Theoretical and Methodological Issues*, Cambridge University Press, 1987.

[King 86] King, M., "The Prospect of Machine Translation," in *Advances in Artificial Intelligence II*, Den du Boulay, et al (eds.), North-Holland, pp.437-448, 1986.

[King 87] King, M. (ed.), *Machine Translation Today: The State of The Art*, Edinburgh University Press, 1987.

[Obermeier 89] Obermeier, K.K., *Natural Language Processing Technologies in Artificial Intelligence*, Ellis Horwood, 1989.

[長尾 85] 長尾真他, 「科学技術庁機械翻訳プロジェクトの概要」, 情報処理, 26巻, 10巻, pp.1203-1213, 1985.

[田中 85] 田中穂積, 溝口文雄, 「意味処理を導入した機械翻訳について -融合方式-」, 情報処理, 26巻, 10巻, pp.1191-1196.

[Sato 90] Sato, S., "Memory Based Translation," *Proc. COLING-90*, 1990.

5.1.2 文書作成技術

文書の作成は、収集した情報などを基に思考した結果をまとめて、紙の上に表現することである。この文書を作る過程を支援するコンピュータシステム (ソフトウェア) には、テキストエディタ、ワードプロセッサ、デスクトップ・パブリッシングシステム (DTP: Desk-top Publishing System)、電算写植システム (CTS: Computer Typesetting System) などがある。これらのシステムは、現在のところ、テキスト、図表、写真 (ラスター画像)、数式などをコンピュータに入力し、美しく、また理解しやすく紙面上にレイアウトして、印刷出力することに重点が置かれている。

現在、文書作成システムは、テキストからマルチメディアへ、あるいは文字列という表層からその論理的な構造や意味を表す深層へ、さらには文書編集そのものの支援から文書作成過程全体の支援へと進化しつつある。例えば、文字列を編集するのみでは

なく、論理構造をも処理対象にする論理構造エディタが出現しつつある。あるいは、仮名文字列を入力する仮名漢字変換処理は、意味マーカをも取り入れた最適候補選択機能を持つようになりつつある。「アイディアプロセッサ」のシステム概念は、文書作成の全過程を支援することを狙っている。

また、CD-ROMなどの電子的メディアを用いた辞書・辞典、データベース、特許情報などの「電子出版」が始まっている。このようなコンピュータメディアによる電子出版は、これまで文書で蓄積してきた知識も含めて、コンピュータシステムに大量の情報・データを蓄積し、それを世の中の知識のベース（基地）にしていくような時代になりつつあることを示している。文書作成のためのソフトウェアツールや技術はこのようなコンピュータメディアシステムのオーサリングシステムやドキュメントブラウザとしても利用されていくことになる。

(1) 文書編集技術

テキストエディタは、ソフトウェア開発用にラインエディタから始まり、現在はスクリーンエディタが主流になっている。高度なものとしては、マクロ機能によって高次のコマンドをユーザが定義できたり、インデンテーションの自動設定や括弧の対応付けを行ってくれるEMACS、あるいはプログラミング言語の生成文法を利用して使い勝手を向上させた構文主導型エディタALOE [斉藤 84] などがある。

ワードプロセッサの基本技術はテキストエディタにあるが、日本語の場合は仮名漢字変換による日本語入力技術が重要である。仮名文字列に形態素解析を適用して自立語を切り出すことにより、ベタ書きの仮名文字列を漢字かな混じり文に自動変換することができる。自立語の切り出しや同音異義語にあいまい性がある。この問題を解決するために、出現頻度を用いる方法、適応的に学習していく方法、あるいは格文法と意味マーカを用いて多義性を解消する方法などがある。最近では、ニューラルネットワークを応用した最適変換手法も報告されている。

文書の編集には、整形処理(フォーマット)が欠かせない。表、数式、図などを個別の前処理プログラムで扱うことができるUNIXシステムのTroff [Ossanna 84]、文書のスタイル(様式)を定義したり、目次・相互参照・索引を自動作成することができるScribe [Reid 80]、あるいは数式表現に強いTeX [Knuth 84] などがある。これらは、文書要素の各種のスタイルをコマンドあるいは形式言語を用いて宣言的にソーステキスト中に記述しておいて、その情報を基に整形処理を行う。この方式はバッチ型と呼ばれる。対話的に画面上で編集・指定ができるWYSIWYG (What You See Is What You Get) 方式と異なり、大規模な文書の作成に適した方式である。ただし、文書の出来上がりは紙に出力してみないと分からないという欠点がある。

テキストの編集とともに、幾何学図形や数式のためのエディタも重要である。2次元的な相対位置関係を内部的に記述することができる。図形エディタは線分、曲線、面、文字をオブジェクトとして、画面上でマウスを用いて対話的な図形編集が可能である。図形のセマンティクスを扱うことはこれからの課題である。数式については、マクロ機能を用いた数式編集があるが、最近では対話的なエディタも市販されている。また、数式のセマンティクスを扱ういわゆる数式処理が可能である。

文書処理技術の別の動向は、文書の章、節、段落という論理構造をも処理対象にした論理構造型文書エディタが出現しつつあることである。文書の内容を記述する標準規約としてODA/ODIF (Office Document Architecture/Office Document Interchange Format) が制定されつつある。また、業界標準になりつつあるものとしてSGML (Standard Generalized Markup Language) [Price 88] がある。論理構造型文書エディタはこれらの表現形式の上で、文書を編集可能である。これらでは文書のクラスに対して共通論理構造を定義することができる。この中に適切な属性を定義しておくことにより、一々繰り返して

指示しなくても、所定の体裁で文書をレイアウトして印刷することができる。

これらの表現形式は、名称が示すとおり、交換形式の標準化の意味もある。さらに、電子出版において、コンピュータ上で文書を参照するときのブラウジング機能に対しても不可欠なものである。任意の章や節、あるいは図表に直接アクセスするには論理構造情報が有効である。したがって、ハイパーテキストとの関係も深い。

(2) 文書推敲技術

ワードプロセッサを用いる価値は、最初、文書の清書に見いだされたが、最近ではワードプロセッサは文章を練る手段、推敲する手段として愛用されている。紙と鉛筆とは異なり、単語の入れ替えや文章の複写・挿入・削除が自在に行えるため、文章を新たに書く際はキーワードをまず羅列して、それを順次文章に仕立て上げ、さらにはそれを推敲するということをよく行う。この意味では次に述べる発想支援とも関係する。

文書の推敲のための技術として代表的なものは、英文のスペルチェッカーである [伊藤 84]。接頭語と接尾語を切り取って語幹部を抽出して、辞書と照合する方法がある。誤りの多くはキーボードのタイプミスに因るものであるので、その誤りパターンとその確率を用いて正しいスペルの候補を検索して、表示する。ユーザはその中から正解を指示して修正することができる。

推敲のためのツールとしては、英文の主語と述語の複数・単数のチェック、文章の長さやフレーズの構成のチェックを行って、ユーザにとって読みやすい文章にするための喚起を促す支援ツールが出ている。日本語についても、「てにをは」や文章のスタイルに関して不適切なものを検知して、修正を促すシステムが試作されている。すべての不適切な部分を指摘することはできないが、ユーザに対して刺激を与えるという意味では有効であろう。これらはまだ技術的にも発展途上にある。

日本語については、頻発する仮名漢字変換の同義語選択の誤りをすべて見いだすツールは是非欲しいところであるが、今後の課題である。

(3) 発想支援技術

ワードプロセッサが文章を練る手段、推敲する手段として愛用されていることは先に述べたが、その意味ではすでに発想支援手段として用いられつつある。しかし、より積極的な意味での発想支援としては、そのプロセスを考察すると次のようなものが考えられる。

タイプ1: 断片的な情報を整理して蓄積できるツール

タイプ2: 欲しい情報を即座に検索したり、探し回ることができるツール

タイプ3: すでに表現されたアイディアを見て、理解するためのツール

タイプ4: 情報やアイディアの断片を整理したり、練ったりするためのツール

タイプ5: 得られた結論をその根拠とともに表現するためのツール

現在、発想支援ツールと見做されているアウトラインプロセッサや、KJ法をコンピュータ上で支援するシステムは、タイプ4に属す。断片的な情報をいろいろな観点から眺めたり、分類し直したりすることを支援する。

ハイパーテキスト・ハイパーメディア [ACM 88] は、タイプ3、タイプ5の双方に属す。現在は、これらは組織化された情報のブラウジング、ナビゲーションのためのツールとして見られているが、思考の結果を、根拠となるデータ・原資料とともに表現、蓄積するオーサリングシステムとして実現していくことが重要である。

また、タイプ1と2については、概念ネットワークを知識ベースとして用いた知的検索システムが研究されている [藤澤 88]。従来の情報検索システムとは違って、断片的あるいは不完全な情報でも意味ある形式で記憶・蓄積できるツールが求められてい

る。検索にあたっては、抽象的な検索要求からでも検索できるとともに、知識ベースの中身のブラウジングが容易であることも重要である。

(4) マンマシン・インタフェース技術

コンピュータとのグラフィカルな対話方式は文書処理の分野で進歩してきたといっても過言ではない。マルチウィンドウが扱え、マウスによって画面上のオブジェクトを直接的に操作できるいわゆる直接操作方式(Direct Manipulation)と、画面上に見えるものと印刷されるものがまったく一致するようなWYSIWYG(What You See Is What You Get)方式が概念的に重要であり、今日の常識になっている。また、並行する複数の処理の間を、モードを切り替えるという操作がなくても、自由に行き来できる「シームレス」という考え方も重要である。

一方、すべてを画面で直接指示しなければならないという対話型は、大規模な文書処理には向かないという欠点もある。先に述べたバッチ型とのうまい使い分けが必要である。

文書処理においては、入力の問題も大きく、パターン認識技術が期待されている。音声認識によるワープロ入力が一時、商品化されかけたが、これは技術的にはまだ研究が必要である。大量の既存文書を文字認識技術によりコード化することは現実的なニーズである。任意のフォント(オムニフォント)で印刷された自由書式の文書を読み取る技術が開発されつつあり、一部は商品化している。印刷の品質にもよるが、98%から99%の精度で読み取れる。認識結果に対して、言語的な後処理を行うことにより、英語の場合にはかなり認識精度を高められる。日本語の場合については、住所氏名などの限定語彙の名詞句については優れた単語照合技術が開発されている。特に手書漢字の認識後処理に用いられており、90%の生の認識率を99.7%に向上させることができています[Marukawa 90]。通常の制限のない日本語については、まだ研究段階にある。

<参考文献>

- [ACM 88] "Special Issue on Hypertext," Comm. ACM, Vol.31, No. 7, pp.816-895, 1988.
- [Knuth 84] D. E. Knuth, "The TEXbook," Addison-Wesley, 1984.
- [Marukawa 90] K. Marukawa, et al., "A High Speed Word Matching Algorithm for Handwritten Chinese Character Recognition," IAPR Workshop on Machine Vision Applications, MVA'90, pp.445-449, 1990.
- [Ossanna 84] J. F. Ossanna, "NROFF/TROFF User's Manual," UNIX User's Supplementary Documents, 4.3 BSD Computer Systems Research Group, UC Berkeley, 1984.
- [Price 88] L. A. Price, "Evolution of an SGML Application Generator," Proc. ACM Conf. Document Processing Systems," pp.51-60, 1988.
- [Reid 80] B. K. Reid and J. H. Walker, "Scribe Introductory User's Manual," Unilogic Ltd., 1980.
- [伊藤 84] 伊藤哲郎:「英文つづり誤りの訂正法」、情報処理、Vol. 25, No. 5, pp.471-479, 1984.
- [上林 90] 上林憲行:「文書エディタの現状と将来展望」、情報処理、Vol. 31, No. 11, pp.1535-1542, 1990.
- [斉藤 84] 斉藤信男:「Gandalfシステムにおける構文向きエディタaloe」、情報処理、Vol. 25, pp.820-825.
- [藤澤 88] 藤澤浩道、ほか:「情報整理ツールとしての知的ファイリングシステム」、昭和63年度電気・情報関連学会連合大会、32-3, pp.5-97~5-100, 1988.

5.1.3 文書要約技術

自然言語文書の要約技術は、表層的な単語処理による要約と意味処理による要約に分けることができる。表層的な要約では、単語の出現頻度、要約に関わる特徴的な表現、重要語として考えられるキーワードなどを抽出することによって要約が行われる。

一方、意味処理を行う要約では、文章が文脈を表現する何らかの意味表現に変換され、そこから要約が抽出される。この方法は、文脈の表現にスクリプトのような典型的な物語の進行を表す規則を事前に用意しておくかどうかによって、トップダウン的要約とボトムアップ的要約に分類できる。

表層的な要約では、単語の頻度解析によって重要な部分を決定し、要約は元の文書に含まれていた単語や文の抽出によって行われる。

トップダウン的な意味解析による要約では、事前に用意されたスクリプトやプランを用いて文書を解析し、それを元に要約の生成を行う。正しいスクリプトの選択を行うことができ、文書に現れる重要な語が特定できれば精度の高い要約を生成することが可能であるが、スクリプトやプランの正しい選択をいかに行うかというところに問題がある。また、トップダウン的アプローチの欠点は、システムが予測していなかったタイプの文書についてまったく非力であることである。

ボトムアップ的要約においては、重要性の定義が最大の問題である。これにはさまざまな手法が提案されているが、IF-THEN形の規則による方法や文章表現における参照の疎密性およびそれらの組み合わせが主に用いられる [Lehnert 84]、[Fum 85a]、[安原 89]。重要性の評価のアルゴリズム的な定義は困難であるため、さまざまなレベルの知識を同じように扱える規則に基づく方法が有効なのである。また読み手の目標を重要性の評価に勘案することも提案されている [Fum 85b]。

<参考文献>

[Lehnert 84] Lehnert, W.G., "Narrative Complexity Based on Summarization Algorithms," in Computational Models of Natural Language Processing, B.G. Bara and G. Guida (eds.), Elsevier Science Publishers, pp.247-259, 1984.

[Fum 85a] Fum, D., Guida, G. and Tasso, C.,

"Evaluating Importance: A Step towards Text Summarization," Proc. 9th IJCAI, pp.840-844, 1985.

[安原 89] 安原宏, 小松英二, 日比孝, 加藤安彦, 「要約支援システム COGITO」, 情報処理, Vol.30, No.10, pp.1258-1267, 1989.

[Fum 85b] Fum, D., Guida, G. and Tasso, C., "Tailoring Importance Evaluation to Reader's Goals: A Contribution to Descriptive Text Summarization," Proc. COLING-86, pp.256-259, 1985.

5.1.4 文書蓄積・検索技術

この節では情報検索 (IR) に関する技術のうち、自動インデキシングと全文検索技術の動向について述べる。IRは、一種の自然言語処理であるため、これらの技術には文書を記述する言語による相違がある。ここでは、わが国にとって重要である日本語文書および英語文書についての技術を対象とした。

(1) 自動インデキシング

インデキシング (indexing, 索引付け) とは、文書の内容を同定する能力を持つ索引語 (indexing term) を文書に付与することである。索引語の語彙については、シソーラスや用語集などから索引語を選ぶ統制語 (controlled term) 方式と語彙を統制しない自由語 (free term) 方式がある。英語の場合、索引語は一般に名詞句であるが、ほとんどのIRシステムでは、この句を構成する単一語をキーワードとして管理の単位としている。日本語文書では、索引語は名詞であるとして、索引語をキーワードと呼ぶが、日本語では単語の概念が明確ではなく、この場合の名詞というのは、短い文節を単語とみる立場では複合語である場合が多い。インデキシングをコンピュータによって自動的に行うことを自動インデキシング (automatic indexing) という。

英語については、1950年代のLuhnの先駆的研究以来、自動インデキシングの研究が盛んに行われてきた。それらは、統計的手法に基づくものが多いが、文脈自由句構造文法を用いて文書を解析した研究も

ある。しかし、大規模実用IRシステムで採用されている方法は、最も単純な不要語除去法である。これは、文書の内容を同定する能力がないと考えられているの語の集合をあらかじめ用意しておき、本文あるいは抄録に現われる語のうち、この集合に含まれない語をキーワードとするのである。この集合を不要表 (stop list) あるいは否定辞書 (negative dictionary) と呼び、その要素を不要語 (stop word) または機能語 (function word) と呼んでいる。

英語の共通機能語としては、250単語からなる Rijisbergen の否定辞書が有名であるが、Dialog のような大規模商用システムでは非常に少数の単語のみを不要語としている。実際、大規模実用IRシステムでは、本文あるいは抄録に出現する全延べ単語のうち、半数以上をキーワードになるようにしている。このように実用システムでは、主として自由語方式を取り、文書に現われるほとんどすべての(異なり)単語がキーワードである。英語の専門語は、ギリシャ語あるいはラテン語に基づく造語がある反面、平易な単語の句であることが多く、高頻度の平易な単語というだけで、不要語とするには危険がある。特に、科学技術文献の検索では、システムの利用者は検索漏れを恐れるのである。

自由語、統制語、いずれの方式にしても、検索システムの索引は単一語が見出しであるので、検索時の索引語はそれらの単一語から事後結合句 (post-coordinated clause) として、検索者によって作られる。文書データベース作成時に、インデкса (indexer) が検索語を名詞句として付与することがある。この句を事前結合句 (pre-coordinated clause) と呼ぶが、これは検索システムでは補助的な役割しか果たさない。

日本語の場合、特殊な情報システムを除けば、コンピュータで日本語文書が扱えるようになったのは、1970年代の末期以降のことであり、自動インデキシングへの要求は比較的最近のことである。現在、実用化されているのは、統制語方式であれ、自

由語方式であれ、基本的には不要語除去法である。しかし、日本語の場合、不要語除去の前に、漢字仮名混りべた書き文に形態素解析などの何らかの処理を施して、名詞を抽出する必要がある。こうして作られた索引語は、英語に対応させると、事前結合句に近い。

日本語の場合、事前結合句が検索に有効である。それは、索引語は漢字列や片仮名列であることが多く、これらには英語の名詞句のような構文的多様性がないことによる。また、専門語について言えば、英語の場合、'rod' は古代英語に語源を持つ平易な単語であるが、細菌学では '桿菌'、解剖学では '桿状体'、測量学では '測棒'、冶金学では '金属塊' を意味する。日本語では、このようなことがほとんどない。これは、IRのための自動インデキシングにとって、英語より有利な点である。一つの文書に対し、比較的少数の事前結合句的名詞をキーワードとして選んでも、英語の場合のように再現率が悪くならない。

現在の不要語除去法に基づく自動インデキシングの問題点は、むしろキーワードをあまりにも多く選びすぎることにあり、このことによって精度が悪化するのである。このため、不必要なキーワードを除去するための研究が行われている。また、キーワードが少数の事前結合句的名詞で済むためか、日本語文書の検索には統制語方式が使われる傾向が英語文書の場合より強い。

IRシステムでは、キーワードを見出し語とする索引を作る。この索引を転置索引という。各見出し語に対応する転置索引の内容は、そのキーワードに関連する文書の集合であり、これらの集合に対してブール演算を行うことができる。多くのIRシステムでは、転置索引の文書集合内に、キーワードの生起位置情報を持っていて、二つのキーワードが隣り合っているとか、3語離れているとかなど、複数のキーワード間の相対生起位置を検索条件に指定することができる。この検索のための集合演算が隣接演算 (adjacency operation) である。転置索引のための

キーワードを自動抽出することが自動インデキシングの目的である。

したがって、自動インデキシング法の評価は、それを使ったIRシステムの性能評価によって行われる。しかし、IRシステムの評価は難しく、特に大規模IRシステムの場合は、非常に困難である。このことがこれまで研究された複雑な自動インデキシング法が採用されない理由になっている。つまり、大規模IRシステムにおいて、単純な方法より明らかに優れていることが確認された方法がないのである。また、このことが自動インデキシングの研究を困難なものにしている。いずれにしても、転置索引とブール／隣接演算に基づくIRシステムでは、自動インデキシング法の改良によって、システムの性能向上を図るのには一定の限界があるように思われる。IRシステムの性能向上が目的であるならば、人工知能技法による文書理解に努力を傾けるべきであろう。この努力は、既存のIRシステムから文書に基づく知識ベースシステムへの道を開くことになろう。このような知識ベースの先駆的なものとして、米国SRIの肝炎知識ベース (Hepatitis Knowledge Base1) が知られている。これは、構造化テキストを用いた質問応答システムのために構築されたものである。

(2) 全文検索技術

IRシステムにおけるデータベースの情報は、書誌的事項を除けば抄録である場合が多い。しかし、最近、2次記憶やOCRなどの技術の発展により、抄録のような代用物ではなく、全文そのものをデータベースに持つことが可能になった。このような全文データベース (full-text database2) としては、判例、新聞記事、学術論文に関するものがあり、すでに検索サービスが行われている。

全文データベースの検索システムとしては、転置索引による従来のIRシステムが使われることが多い。システムによっては、全文検索のための機能強化が施されている。そのような強化機能として、条件を満たすパラグラフを表示する機能、キーワード

とその前後の語をKWIC形式で表示する機能、検索された全文を通覧する機能がある [学術 87]。

従来型IRシステムでは、隣接演算を転置索引で実現すると、転置索引の大きさは、ほぼ文書の量に比例する。隣接演算を行わない単純な転置索引でも文書量の平方根以上の量に比例する。このため、文書量の大きい全文データベースでは、転置索引のファイルがあまりにも大きくなりすぎるという問題がある。そこで、転置索引を使用しない検索システムが求められる場合がある。このようなシステムでは、検索条件を満たしているかどうかを判定するために、文書そのものの文字列を走査するのである。文字列を走査して、キーワードの生起位置を検出する機構は、パターン照合機械と呼ばれる。パターン照合機械のソフトウェアによる実現には、誰でも考えつく自明で素朴な方法があるが、効率的な方式として、Knuth-Morris-PrattやBoyer-Moore、Aho-Corasickのものが良く知られている。しかし、実際の英文に対しては、方式による差は、ほとんどないことが報告されている。例えば、2番目の方式は、最初の方式より理論的には高速であるのだが、実際には決定的な差はないのである。さらに、効率的な方式と素朴な方法の差もあまりないのである。日本語の場合、評価報告はないが、英語の場合と同様ではないかと思われる。つまり、巧妙に作られたソフトウェアよりも、単純なハードウェアの方が速いのである。したがって、テキストサーチによる検索システムでは、文字列照合回路を用いたものが主流になっている。文字列照合回路の方式には、現在も数種類があり、それらの中には100万字／秒以上の走査速度を持っているものもあるが、将来、さらに高機能・高速化が期待できる。

全文は、抄録と異なり、いくつかの章から構成され、章は節からなり、さらに節はパラグラフからなるというように、木構造の論理構造を持つ。この論理構造の記述には、SGMLやODAのような標準化の動きがある。論理構造の記述を持つ文書に対しては、

「キーワードAとBが同一節に現れ、その節の章の見出しにキーワードCをもつ文書を求めよ」といった検索が可能である。このような全文検索システムが学術情報センターで研究されている。

全文は、一般的に章・節などの論理構造を持っている。この論理構造を検索条件に組み込むためには、全文データベースのレコードがこの論理構造を反映した形式になっていなければならない。これを実現することは、書誌的事項と抄録のような単純な構造の情報を対象としてきたIRシステムの枠組みを超えている。そこで、SGMLなどを利用することが検討されている。SGMLは、印刷ために文書の論理構造をタグで指示する方式のISO規格である。

現在の全文データベースは、文書のうち文字で書かれたテキストの部分のみの情報を持つものがほとんどであり、図表、写真などを持っていても、それらは表示ができるだけである。図表、写真へのアクセスの問題は、今後の課題として残されている。

全文検索は、始まったばかりであり、全文検索技法としては、従来のIR技法の延長線上にあり、今のところ特に目新しいものはない。それは、全文検索の目的が従来のIRの延長線上にあるからであろう。全文データベースから知識の獲得を目的とするならば、従来のIR技法を延長したものではなく、AI技法に基づく技法の開発が必要である。

＜参考文献＞

[Hobbs 82] Hobbs,J.R.,
Walker,D.E.,and Amsler,R.A.:
Natural Language Access to
Structured Texts, Proc. 9th

Int'l Conf. on Computational Linguistics, pp.127-132.
1982.

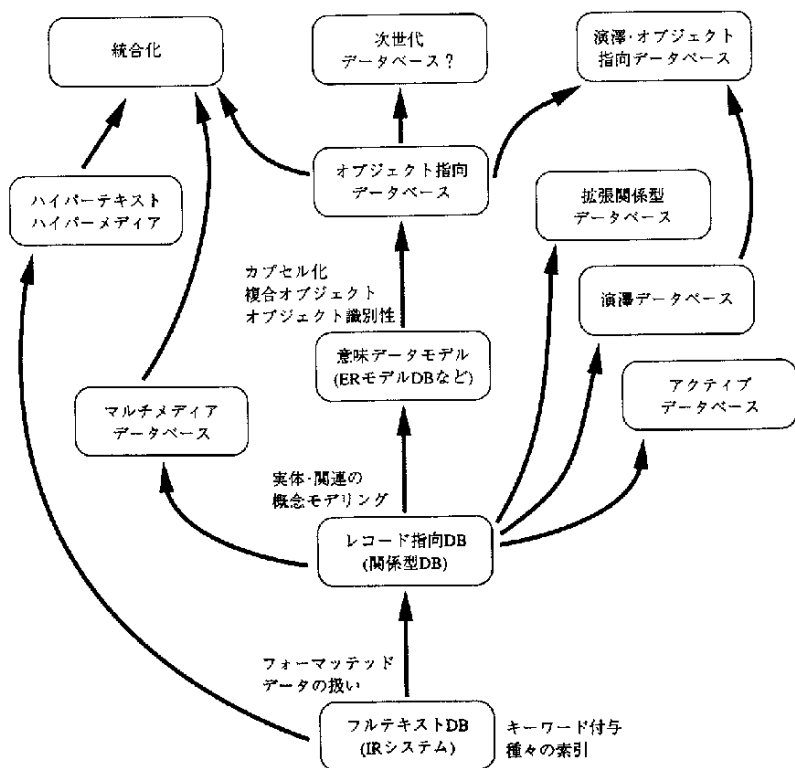
[Tenopir 84] Tenopir,C.: Full-Text Databases, ARIST, vol.19, 215-264, 1984.

[学術 87] 学術情報センター、全文データベースシステムに関する現状調査報告書、1987.

5.2 データベース技術

データベース技術の発展の大きな流れを構成するものとして、図表Ⅲ-2-13の中心部に示すように、「フルテキストデータベース」、「レコード指向データベース」、「意味データモデル」、「オブジェクト指向データベース」などの動きがある。「フルテキストデータベース（情報検索（IR）システム）」は、全文（フルテキスト）データベースにキーワードを付与し種々の索引技術を駆使して利用するもので、これに

図表Ⅲ-2-13 データベース技術の変遷



対して、「レコード指向型のデータベース」（例えば関係型データベース）は、レコードという形でデータをフォーマット化し、統一的なデータ定義・データ定義言語を提供するとともにデータベースという概念を定着させた。また「意味データモデル」は、実世界の实体や実体間の関連の概念モデルを構築することに主眼をおいたものであり、さらに、「オブジェクト指向データベース」は、データと手続きの一体化（カプセル化）や多様なデータ型（複合オブジェクト）やオブジェクト識別性（オブジェクトアイデンティティ）をサポートし、データベースの新しい応用に対処しようとするものである。

フルテキストデータベース中の互いに関連するテキスト間を非線形な形にリンクでつなぎ、ナビゲーションな形で関連情報を検索できるシステムとして、最近注目を集めている「ハイパーテキスト／ハイパーメディア」がある。また、文字・数値情報だけでなく、画像や音声などのマルチメディア情報を扱う「マルチメディアデータベース」はこれまで主に関係型データベースに基づいて開発されてきている。

一方、関係データベースから派生した重要なものとして、「演繹データベース」、「アクティブデータベース」、「拡張関係型データベース」などがある。「演繹データベース」は関係データベース上で演繹推論を行う機能を備えており、また、この分野の研究はデータベース研究のための強力な理論的枠組みをも提供している。

「アクティブデータベース」は、データベースの状態をシステムが監視し、ある状態になると、それをユーザに通知したり、あるアクションが起こると別のアクションを起動する機構（アラータやトリガー）をさらに発展させたものである。「拡張関係型データベース」は、主に、関係型データベースのモデル化能力や、新しい応用に必要となる機能を追加拡張したものである。

関係型データベースと比べて、さらに、高次の概念モデリング能力を持たせるために、「意味データ

モデル」がある。これは、実世界の实体や実体間の関連などを直接データベース上で表現するための構成子を豊富に備えているデータモデルの総称で、例えば、実体関連（ER）モデルはその代表的なものである。意味データモデルの流れを汲み、さらに、カプセル化などのオブジェクト指向プログラミング言語の成果を反映させたものが「オブジェクト指向データベース」である。

大規模知識ベースシステム構築に向けた、次世代のデータベースが何になるかは依然流動的であるが、オブジェクト指向データベースをさらに発展させたもの（例えば、空間的なオブジェクト、時間・履歴概念、不確実性などが扱えるもの）や、演繹データベースとオブジェクト指向データベースを融合させた「演繹オブジェクト指向データベース」などが有望と目される。また、オブジェクト指向データベース、マルチメディアデータベース、ハイパーテキスト／ハイパーメディアの統合化の試みも始まっている。

5.2.1 知識ベースとしてのデータベース

ここ数年、データベースと知識ベースの接点あるいは相違点に関する議論が多くなされている。Y. Freundlichは、それら二つの相違を図表Ⅲ-2-14のようにまとめている [Freundlich 90]。

この表からも明らかなように、データベースを知識ベース化するには、蓄積される情報として単に事実（ファクト）の集合だけでなく、その事実の集合を対象とした推論機構あるいは効率的な情報探索機構を実現するための知識（より具体的に言えば、ルールの集合）が必要である。この知識ベース化に関

図表Ⅲ-2-14 データベースと知識ベースの相違

比較項目	データベース	知識ベース
情報の収集者	事務作業員	専門家
利用目的	情報検索	多目的
情報の種類	事実の集合	より高度な情報(知識)
倫理的な要請	計算の理論	意味論的な解釈

する方法論としては、以下の三つが考えられる。

- ①データベースの表現形式を変換する方法。例えば、関係データベースのテーブルを命題・述語論理型知識の形式に変換したり、テーブルをフレームに変換する方法。
- ②データベースからの知識獲得用に開発された方法 [Piatetsky-Shapiro 91] を用いて知識を導出し、データベースに付加する方法。
- ③対象とするデータベースのデータから直接ではなく、何らかの方法で新たに得られた知識を付加する方法。

また、データベースのデータは、表現は明示的であるがセマンティックスは暗示的であるのに対し、知識ベースを用いて問題解決をするためには、そのセマンティックスは明示的でなければならない。

そこで、データベースと一応名付けられてはいるものの、以上で述べた知識ベースの要件を満たすシステムとして研究・開発が進んでいる、演繹データベースと演繹・オブジェクト指向データベースシステムについて概説する。

(1) 演繹データベース

演繹データベースとは、事実の集合を格納する外延データベースと、知識の集合を格納する内包データベースからなるシステムであり、特に最近、人工知能の分野における知識ベースの核としての機能を果たしている。外延データベースとしては、関係データベースが用いられることが多く、その意味で演繹データベースは、関係データベースを拡張したシステムと考えることができる。演繹データベースの研究は、もともと論理プログラミングの応用分野の一つとして、1970年代後半から盛んに行われてきた。構文論的な研究については、1970年代の後半から1980年代の初頭にJ.Minker、H.Gallaireらによって多くの成果が報告された [Gallaire 78]。近年になって、計算機の容量、速度が著しく増大したのに伴い、内外の第五世代コンピュータ関連プロジェクトを中心に、実際の演繹データベースシステムの実現のため

に、問い合わせ評価アルゴリズム、特に、再帰的な問い合わせの問題に多くの関心が払われるようになった。

関係データベースのように外延データベースだけからなるシステムでは、例えば、データの集合として「親子関係」のデータが記憶されている場合、すべての「先祖」関係を求める問い合わせのような表現は困難である。なぜなら、関係データベースの数学的基礎である関係代数を用いて、「先祖関係」を表現する式を記述するとその長さが無限になってしまうからである。ただし、既存のデータベースソフトウェアの中には、例えば、ORACLEの問い合わせ言語のように、一つの関係上に「親」と「子」の関係を持つ二つの属性がある場合には、ある値の「先祖」または「子孫」にあたるデータを求める手続きをサポートしているものもある。

一方、演繹データベースでは、外延データベースに格納される「親子関係」のデータ以外に、「ある人の親は、先祖である」、また、「ある人の親の先祖は、先祖である」という一般的なルールが内包データベースに格納される。これら外延、内包データベースをもとに、「ある人の先祖を求めよ」という問い合わせに答えることができる。単に先祖関係に留まらず、演繹データベースでは、より複雑な再帰構造で定義される関係についてのデータ検索が可能である。しかし、このようにルール自体が複雑になってきた場合、いかに効率良く問い合わせに答えるかが重要な問題となる。そこで、最近、与えられた問い合わせに含まれている明示的な情報（例えば、「太郎の先祖を求めよ」という問い合わせでは、「太郎」という具体的な人名）をもとに、ルールの再帰構造、事実のデータの構造を活用した評価法が多く提案されている [Miyazaki 90, Nishio 88]。

内包データベースに書かれるルールは、現実システムとしてはホーン節が多いが、最近、否定を含む表現、関数記号を含むようなルールに対する問い合わせ評価法に関する研究が活発である。

(2) 演繹・オブジェクト指向データベース

演繹データベースの長所としては、高い推論能力、(一階述語論理を元にした) 明確な形式的基礎などがあげられるが、基盤となるデータベースが関係型であることより、対象世界のモデル化能力の貧困さが指摘されている。一方、最近、研究・開発が盛んなオブジェクト指向データベースは、対象の実体(オブジェクト)を中心としたデータのモデル化を基本概念としており、高いモデル化能力、豊富な拡張性、応用への適応性を持つ。しかし、オブジェクト指向データベースの短所として、データモデルなどの基本概念に対するコンセンサスのなさ、低い推論能力、形式的基盤の貧困さなどが指摘されている。したがって、これら二つの先進的なデータベースの長所を統合したシステムが、次世代知的データベースの一つとして強く求められている [Yokota 90]。

このような動きの一部として、一階項に基づく演繹データベースをより望ましい方向に拡張するために、さまざまな提案がなされている。それらは、以下のように分類できる [Yokota 90]。

①論理的拡張

否定、選言、存在限量子、空値、確信度などの論理的要素の演繹データベースへの導入。

②カプセル的拡張

a. 構造的拡張

非正規関係、複合オブジェクトなどの構造データの導入。

b. 手続き的拡張

データと手続きのカプセル化

c. オブジェクト・アイデンティティの導入

識別子によるオブジェクトの直接的表現

③パラダイムの拡張

a. 制約パラダイム

オブジェクトを項にした制約論理型言語における導出および制約処理系による質問処理。

b. オブジェクト指向パラダイム

オブジェクト間のメッセージ・パッシングとオ

ブジェクトの内部処理による質問処理。

以上のような研究課題を主要なテーマとした第1回目の国際会議が、すでに1989年に京都で開催され、今後この分野の研究がますます活発化すると考えられる [Kim 89]。

5.2.2 大規模知識ベースの実装化技術としての

データベース

大規模知識ベースシステムの実装化のためのデータベース技術としては前述のように、近年、その研究開発がとみに活発化している「オブジェクト指向データベース」、データベースシステムを単なるデータの静的な倉庫番という役割から、より能動的・自律的な役割をも持たせようとする「アクティブデータベース」、そして、関係データベースにオブジェクト指向的な機能やアクティブ性を持たせるために種々の拡張を行った「拡張関係データベース」がある。これらはいずれも、大規模知識ベースの実装に必要となると考えられる、抽象データ型、高度なモデル化能力、継承機能、能動性や自律性などの機能を、データベースシステムの立場から提供することを狙っている。

(1) オブジェクト指向データベース管理システム

オブジェクト指向データベース管理システム (Object-Oriented Database Management System, OODBMS) については、図表Ⅲ-2-15に示すように、すでに数多くのシステムが開発され、ORION, Zeitgeistを除くものはすべて製品化されている。下表の説明にも述べているように、OODBMSは、プログラミング言語との関係が非常に密接であり、裏返して言う、ディスク中のデータベースに永続的に格納されたオブジェクトを操作・管理する機能を持った、プログラミング言語システム環境と位置づけることができる。

ここでは、特に、OODBMS [Bancilhon 88, Dittrich 86, Kim 89, Tanaka 88a, Tanaka 88b, Tanaka 91a, Tanaka 91b, Ullman 88, Yoshikawa 89, Zaniolo 86] が、従来の階層/ネットワーク/関係型データ

ベース管理システムとどのように異なっているかという観点から述べる。特に、その基本的な機能を、データ表現、データモデル、データ共有に関する機能に分類して、説明を試みる。詳細は[Tanaka 91b]を参照されたい。

①データ表現

従来のレコード指向のデータベースにおいては、情報の基本単位はレコードである。これに対して、オブジェクト指向データベースでは、情報の基本単位はオブジェクトである。レコードとオブジェクトとは、以下に述べるような点で大きく異なっている。

a. オブジェクト識別性とオブジェクト識別子による参照

オブジェクト識別性 (object identity) がサポートされているとは、実世界の实体 (オブジェクト) の存在を、属性値の集まりで表現するのではなく、このような属性値とは独立に表現できる能力が与えられていることである。通常、OODBMSでは、各オブジェクトには、これを一意に識別するためのオブジェクト識別子 (Object Identifier, OID) が与えられる。例えば、属性値がすべて同じであるような複数の実体があり、これらを区別したい場合には、異なるオブジェクト識別子を持つオブジェクトとし

て表現できる。

オブジェクトから別のオブジェクトを参照する場合には、このようなオブジェクト識別子を用いることで行える。例えば、属性値としてオブジェクト識別子を代入したり、オブジェクト識別子を要素とする配列オブジェクトや集合オブジェクトを作ることができる。従来のレコード指向のデータベースモデルでは、属性値には具体的な値 (文字、数値など) しか代入できないが、オブジェクト識別子やオブジェクト自身を属性の値とすることができるところが大きな特徴である。

b. 複合オブジェクト

従来のレコード指向のデータベース (関係型、階層型、ネットワーク型) では、応用プログラム上で扱っているデータ構造がどのようなものであれ、これをデータベースに格納したりデータベースからデータを読み込む場合には、いくつかのフィールドからなるレコードという形で行う。これに対して、OODBMSは、複合オブジェクト (complex object) をサポートしている。この基本的なアイデアは、単にレコード構造だけではなく、応用プログラムで出現するより多様なデータ構造 (例えば、配列や集合) をそのままの形でデータベース中に格納したり取

図表III-2-15 主なオブジェクト指向データベース管理システム

GemStone	Smalltalk-80ベースのOODBMS。米国Servio社。
ITASCA	CommonLispベースのOODBMS。ORIONの商用版。米国Itasca社。
O2	C, Basic, LispベースのOODBMS。フランスAltair。
O++	C++を拡張したOODBPL。米国AT&T。
Objectivity/DB	C++ベースのOODBMS。CADを重視。米国Objectivity社。
ObjectStore	C++ベースのOODBMS。米国Object Design社。
Ontos	C++ベースのOODBMS。米国Ontologic社。
ORION	CommonLispベースのOODBMS。米国MCC社が開発。
VRION	C++ベースのOODBMS。
Zeitgeist	米国TI社が開発したOODBMS。

り出せるようにするということである。複合オブジェクトを構成するための基本的な構成子としては、集合構成子、組（レコード）構成子、配列構成子、リスト構成子などがあり、これらの各構成子で形成されたデータや、いくつかの構成子をリストして組み合わせたより複雑な構造を有するデータを、そのままの形でデータベース中に格納したり、データベースから取り出せる。

c. カプセル化機能

カプセル化とは、オブジェクトの有する性質（データ）とそのオブジェクトに適用可能な操作を一体化することを表す。オブジェクトへの操作起動の要求は「メッセージ」と呼ばれる抽象化されたインタフェースを介して行う。応用プログラムの寿命を延ばすという目的から出てきた「データ独立」という概念を達成するために、従来のデータベースでは、データと応用プログラムの分離というアプローチを採用したが、これらを一体化し、かつ、オブジェクトの操作インタフェースを抽象化することで応用プログラムの高寿命化や部品化を図るというOODBMSのアプローチは、非常に興味深いものといえ、このアプローチの有効性の検証は今後の重要な課題であると考えられる。また、これによって、従来のデータベースでサポートされている「導出データ (derived data)」も実現できる。導出データとは、データベース中にそのデータが実際に格納されているのではなく、他のデータから計算で求められるデータのことである。例えば、オブジェクトが誕生日という属性を持っているとすると、この属性値から年齢 (age) を計算する操作 (メソッド) をプログラムで表現し一体化させておく。外部から見ると、このオブジェクトはageというメッセージに反応し、その年齢を返すオブジェクトとみなすことができる。ここで、注意が必要なのは、

オブジェクト内部にどのような属性が実際に定義されているかということは、オブジェクト指向データベースでは二義的なものになっているという点である。

d. オブジェクトの永続性

プログラムの終了とともに消滅するオブジェクトを一時的 (temporary) オブジェクトとか、非永続的 (non-persistent) オブジェクトと呼ぶ。これに対して、プログラムの終了とは関係なく、(データベース中に) 存続するオブジェクトのことを永続的／持続的 (persistent) オブジェクトという。多くのOODBMSでは、オブジェクトの永続性 (persistence) はその型 (オブジェクトの所属するクラス) とは独立であるという立場をとっている。すなわち、同一クラスに対して、永続的なオブジェクトと非永続的 (一時的) なオブジェクトが混在しても構わず、永続性は型に関係なくインスタンス単位で指定できる。このようにして定義された永続的なクラスのインスタンスはC++やSmalltalk-80などの通常のオブジェクトと同じように透過的に扱うことができる。

このような2次記憶上への永続的オブジェクトの格納の他に、OODBMSは、関連するオブジェクト群を近傍に配置しアクセスの高速化を図るクラスターリング機能、キャッシュ管理機能、索引などの高速アクセス機構などを提供する。

②データモデル

データモデルを構成する3大要素は、データベーススキーマ表現、操作系、そして、完全性制約である。ここではこの順にOODBMSの機能を述べる。

a. スキーマ表現

型／クラスのサポート

OODBMSでは、型 (type) やクラス (class) という概念によって、同種類のオブジェクトの属性の定義や、操作の仕様 (インタフェース) や、

操作（メソッド）のコード（実現, implementation）を記述する。型とクラスは微妙に異なり、型は、抽象データ型に対応し、複数のオブジェクトに共通の性質をまとめた概念で、主にコンパイル時のプログラムの正当性検査に有用なものである。クラスは、型と指定の仕方は同じだが、オブジェクトの動的な生成機能（object factory）や該当するインスタンスオブジェクト集合の保持機能（object warehouse）を司る、プログラムの実行時に有用な概念であるとの見方ができる。

型階層／クラス階層のサポート

型階層やクラス階層は、直観的には、型同士やクラス同士をis_a関係（汎化関連、generalization relationship）でつないだもので、属性定義やメソッドを上位クラス（型）から下位クラス（型）へと継承を行うための基本構造である。上位のクラス／型で定義されている操作の実現は、下位のクラス／型で再定義（overriding）されてもよい。また、操作名とそれに対応する実現部との結合は実行時に行われる（遅延束縛）機能が望ましいとされている。OODBMSではこのような型階層／クラス階層の記述が、データベースのスキーマ表現とみなされている。データベースのスキーマ表現が変更していくことを許す、いわゆるスキーマ進化やスキーマ変更の機能は、少数のOODBMS（ORION, ITASCA）でサポートされている。

b. 操作系

計算能力の完全性

従来のデータベース操作言語は、データベースへの定義・問合せ・更新などに特化した言語であり、プログラミング言語としては、一般のプログラミング言語に比べて、その表現能力は完全ではない。OODBMSでは、一般のプログラミング言語と同様の表現能力を持ち、かつ、データベース操作が行えるような言語、いわゆ

る、データベースプログラミング言語（Database Programming Language, DBPL）を提供している。

問合せ機能

従来の関係データベースシステムが、アドホックな問合せを記述したりするための言語SQLを提供したように、OODBMSも問合せ言語（query language）を、提供するものが多い。DBPLとは別途に問合せ言語を用意することについては議論がある。なぜならば、問合せ言語を別途用意することで、DBPLと問合せ言語との間に不整合性が生じるからである。しかし、DBPL自身の標準化に比べ、問合せ言語の標準化の方がより容易であることや、現在のDBPLの多くは手続き的で、データベース機能が依然貧弱であることなどから、各OODBMSとも宣言的な問合せ言語を提供しており、また、SQLのオブジェクト指向データベースへの拡張であるObject SQLの開発やその標準化にも注目が集まっている。

完全性制約

データを常に意味的に正しい状態に保つために、データが満たさねばならない規約を表現したものが完全性制約（integrity constraints）である。現状のOODBMSでは、属性の値として取り得る値の集合（定義域）を規定する完全性制約や、オブジェクト間の対応関係を規定する完全性制約を主にサポートしている。後者については、例えば、オブジェクト間の1対1対応や1対多対応関係を宣言しておけば、これをOODBMSが常に維持してくれる（ObjectStoreやVERSANTなど）。さらに、この種の完全性制約として著名なものとして、ORIONやITASCAの「コンポジットオブジェクト」の概念がある。これは、オブジェクトが複数のオブジェクトから参照してもよいかどうか、および、オブジェクト間の存在従属関係（親オブジェクトが削除されると子オブジェクトも削除されねばならな

といった制約)を表現するものである。

③データベースの共有性に関する機能

a. ビュー機能

オブジェクト指向データベースは、スキーマ構造は型階層やクラス階層に基づいており、自由度という点からは、従来の関係データベースに比べてより制限が強く、自由度も低いといっているであろう。これは、データの意味をより積極的にスキーマに反映させているためであり、そのため、オブジェクト指向データベースのスキーマやオブジェクトそのものを多様化、仮想化できるビュー (view) 機能はより重要であると同時に、その機能の実現は、より困難になる。現在のOODBMSでこの機能を提供しているものは存在しない。

b. 分散機能

現在、ほとんどのOODBMSは、分散型データベース管理機能を有している。さらに、ORION, ITASCA, VERSANTには、分散機能の一環として、共有/プライベートデータベースとチェックイン・チェックアウト機能を有している。これは、共有データベースと個人用データベースを統一的なクラス階層で表現し、各データベース間でのデータの移動をチェックイン/チェックアウト機能で実現するものである。

以上に述べてきたように、OODBMSは、従来の意味でのDBMSというよりも、プログラミング言語とDB機能が融合したソフトウェアシステムといえることができ、従来のデータモデル、データベース操作言語という枠を越えたものと認識する方がよいであろう。また、情報の基本単位であるオブジェクトは、従来のデータベースにおけるデータよりも粒度が様ではなく、能動的である点にも注意が必要である。

(2) アクティブデータベース

最近、オブジェクト指向データベースシステムの研究・開発が盛んになるに及んで、アクティブデー

タベースという言葉が議論の対象になっている [Dayal 89]。オブジェクト指向パラダイムを論じるには、オブジェクト識別性、複合オブジェクト、汎化階層、コンポジットオブジェクトなどのような静的な (データ構造的) 側面と動的な (メソッドの実行に関する) 側面に大きく分けることができる。特に、動的な側面に関しては、オブジェクトが外部からのメッセージとか、そのオブジェクトが置かれている状況に応じて自律的に反応する機能を考えることができ、アクティブデータベースとはそのような側面を強調した場合に用いる用語である。ただし、現在のところアクティブデータベースに関する統一的な定義は確立していない。

今までに、このようなアクティブ性がデータベースで実現されているとものとして、例えば、関係データベースの問い合わせ機能を拡張したトリガーあるいはアクターという概念がすでにある。これは、特定の条件が満たされるとデータベースへの処理 (質問言語で表現) が自動的に生成されることをいう。例えば、あるデータ (給与) を変えると、自動的に平均給与を計算する処理が行われ、平均給与が改訂される。

また、オブジェクト指向データベースのアドホックな質問機能を拡張するために、質問のひな形のオブジェクトを導入する方法も考えられている [Jungclas 90]。そのオブジェクトには、データベース全体に関する情報から問い合わせに最適に答える一般的な実行方法が格納されている。そこで、ある問い合わせが発せられるとこのオブジェクトを自動的に継承する形で質問処理のためのあるオブジェクト (プロセス) が生成され、質問処理がなされる。このような機構も質問最適化を自律的に行う意味でアクティブ性を持っていると考えることができる。

以上に述べたことより、アクティブデータベースとは、データベース管理システムの付加的な諸機能を自律的に実現する手段を備えたシステムと考えることもできる。

(3) 拡張関係データベース

関係データベースのモデル化能力の低さ、推論能力がないこと、アクティブ性の欠如などにより、新たなデータベースモデルとして、演繹データベース、オブジェクト指向データベース、演繹・オブジェクト指向データベースなどが相次いで提案されてきた。一方、これら新たなモデルで実装されてきた機能を、関係データベースモデルを拡張し、付加することで実現しようという研究・開発も行われてきた。例えば、関係データベースのタプル値としてテーブルをかけることを許し、複合オブジェクトの表現を可能にしたり、簡単なルール記述（ただし、データベースの一貫性をチェックするため用いられる）を書けるようにすることなどがあげられる。また、UNIX上の関係データベースとしてよく知られているINGRESの拡張モデルであるPOSTGRES [Stonebraker 86] では、アクティブデータベースにおけるトリガー機構としてalwaysという仕組みが準備されている。これにより、例えば、株価に関するデータに関しては、値の更新が起るたびにその更新値をユーザに知らせることが可能である。このPOSTGRESを開発したM. Stonebrakerは、オブジェクト指向データベースシステムが備えている主要な要件は、ほとんど関係データベースモデルを拡張することで実現できると明言している。

5.2.3 マルチメディアデータベース技術

大規模データベースや大規模知識ベースに格納される情報は、単なる数値データや文字データに限られず、画像、音声、図形、アニメーション、ビデオ画像などのマルチメディア情報など極めて多様な形態のデータになるものと予想される。実際、数値や文字情報では表現しにくい知識として、例えば、機械の組立作業方法や料理法などに関する知識は、単なる文字情報のみで表現するのでは不十分であり、音声を伴ったビデオ画像や図形による知識表現が必要となろう。このようなマルチメディア情報を格納し効果的に利用・管理できる仕組みを整える

ことは、大規模知識ベースシステム構築の観点からも極めて重要な研究課題と考えられる。ここでは、このための基礎的な技術として、マルチメディアデータベースシステム、ハイパーメディアとデータベースの統合技術、およびデータベースのマルチメディア型インタフェースに関して述べる。

(1) マルチメディアデータベースシステム

ハードウェアの長足の進歩により、コンピュータシステム上で種々のマルチメディア情報を扱うためのハードウェア機能としては、CPUの高速化の他にも、高解像度ビットマップディスプレイ、音声処理用デジタル信号プロセッサ、CD-ROM、動画像圧縮復元技術、光磁気ディスクなど、着々と整いつつある。一方、このようなマルチメディア情報を効果的に格納し、管理し、利用するソフトウェア技術は、ハードウェア技術の進歩に比べればその進歩は遅れていると言わざるを得ない。

マルチメディアデータベース管理システムに関する技術開発上の課題は、例えば、[Kambayashi 87]に述べられているように、

- ①データを基本単位に分割しにくいこと、
- ②データの操作が多様多様であること、
- ③データの定義域が多様多様であること、
- ④高水準のデータ変換を必要とすること、
- ⑤図形と文章など異種のデータの複合化が必要であること、
- ⑥データに対する意味制約 (semantic constraint) が多様であること、

などである。すなわち、従来の関係データベースのような「レコード指向」のデータベースモデルでは、データ表現の方式がレコードという画一的なものであるため、マルチメディア情報のようなその粒度が一様でないデータは、フィールドやレコードといった情報構造にマッチせず、このようなデータモデル自身に問題があるとされている（上記項目①に関連）。また、項目⑤は、5.2.2節の「オブジェクト指向データベース」の項で述べた、複合オブジェクト

の表現や、関連するオブジェクト間の巡航が、現状のデータベースシステムでは行いにくいということに該当している。項目②、③、④、⑥は、これまでのデータベースシステムが提供する操作機能が固定的で拡張性に乏しいというところから派生する問題であると考えられる。これは、従来のデータベースシステムが提供する操作言語に計算完全性がないことと、いわゆる抽象データ型の定義機能が貧弱であることに起因している。このため、粒度が一樣でないデータが扱え、さらに、多様な操作機能や意味制約機能を適宜追加できるという点から、拡張関係型データベースやオブジェクト指向データベースが、マルチメディアデータベースシステム構築の核技術になるとの認識が広まっている [Masunaga 87] [Kojima 87]。

図形・画像データを扱えるシステムや操作言語としては、[Kato 90] で網羅的なサーベイが行われている。その一部を要約して図表Ⅲ-2-16に示す。特に、本表の、PSQL [Roussopoulos 88]、QPE [Chang 80]、PICDMS [Joseph 88]、PostScript型DB [Tanaka 88c] などは関係データベースを拡張し抽象データ型機能を追加したものであり、Mohanらのシステム [Mohan 88] やCSIROのシステムはオブジェクト指向データベースに基づくものである。最後のTRADEMARK [Kato 89a]、IIDS [Chang 88]、ART MUSEUM [Kato 89b] などは、画像データベースに

特有の検索手法を提案している点が特徴的である。

また、マルチメディアデータベースの物理的な記憶構造に関しては、永田 [Nagata 89] が網羅的なサーベイを行っている。

(2) ハイパーメディアとデータベースの統合技術

ハイパーテキスト (Hypertext) あるいはハイパーメディア (Hypermedia) の技術動向に関しては、すでに [Conklin 87] [Tanaka 90a] [Tanaka 90b] 等のようなサーベイや、米国ACM学会の学会誌CACMのハイパーテキスト特集号 [ACM 89] がある。ハイパーテキストは、文書データやコンピュータ・プログラムなどの複数のテキスト情報を、種々の参照関係を表わすリンクによって非線形な形に関連づけたものである。このリンク機能を使用して情報を有機的につなぎ、芋づる式に関連する情報を対話的に引き出すことが可能となる。ハイパーメディアは、テキスト情報だけにとどまらず、音声、図形、アニメーション、ビデオなども含む。つまり、音声、図形、アニメーション、ビデオなどをリンクの端点に設定でき、これらがリンクをたどって得られた場合にはその内容を画面上で再生することができる。

ハイパーテキスト・ハイパーメディアが従来のデータベースシステムと顕著に異なるところは、次の2点にあると考えられる。

- ・データ値からのナビゲーション
- ・データ値へのオペレーションの付与

図表Ⅲ-2-16 主なマルチメディアデータベースシステム

PSQL	拡張関係型地理DB。地図のための抽象データ型を実現。
QPE	拡張関係型図形DB。図形データ例に基づく検索言語。
PICDMS	拡張関係型画像DB。画像の重ね合わせズームや機能をもつ。
PostScript型RDB	拡張関係型DB。PostScript型データの格納・操作機能を実現。
Mohan	オブジェクト指向型地図DB。地図オブジェクトのサポート。
豪州CSIRO	豪州国土地理院の地理DB。OODBMS Ontosを用いて開発。
TRADEMARK	電総研の画像DB。手書きによる略画検索が可能。
IIDS	アイコンの位置関係の例示による検索が可能な画像DB。
ART MUSEUM	電総研の絵画DB。略画検索および主観的検索が可能。

従来のデータベースシステムは、基本的には、データベースの論理構造（スキーマ、例えばテーブルの名前やカラムの名前等）を対象として種々の検索や更新操作を集散的に適用する。すなわち、所望のデータが満たすべき条件を書けば該当するデータ集合が検索される。これに対して、ハイパーテキストやハイパーメディアには、例えばある文章中の一つの具体的な単語の定義や関連情報を検索するには、その単語データ自身に対して定義や関連情報を引き出す操作を直接適用する。つまり、データの骨格的な構造に対してではなく、具体的なデータ値に対して次々と直接操作を適用していく点が大きく異なっている。これをここでは、「データ値からのナビゲーション」と呼んでいる。

次に、「データ値へのオペレーションの付与」とは、データ自身に、関連情報を引き出す操作が付与されているという意味であるが、関連情報は何も静的なデータである必要はない点に注意を要する。例えば、文書データ中にある、体操の「月面宙返り」という単語データをクリックすると、その場で月面宙返りの演技のビデオが再生されたり、また、より一般的なプログラムが起動されてもよい。例えば、Apple社のハイパーメディア構築ツールHyperCardでは、このような手続きを記述するための専用のプログラミング言語（スクリプト記述言語）HyperTalkが提供されている。このような考え方は「オブジェクト指向パラダイム」と極めて共通点が多い。

ハイパーテキスト・ハイパーメディアには、リンクに基づく種々の利点がある半面、従来より、非線形に関連づけられたテキストでは、リンクを辿っている間に現在の位置や方向の感覚を失いやすい、リンク先のテキストを複数個のウィンドウに同時に開くことができ、これを過度に用いるとユーザの認識限界を越えることがある、などの欠点が指摘されている。さらに、データベースの観点から考えると、次のような欠点を指摘できる。

①データベースシステムのように、ある条件を満た

すデータを一括して集散的に検索したり更新したりする機能が弱い。

②リンク情報の作成や、データの追加や変更に対するリンク情報の更新を、システムティックに行う方法が欠如している。

③複数のユーザでハイパーテキストを共有して利用したり作成するための機能が弱い。

これらの問題に対処するために、いくつかのシステムでは、従来のデータベースシステムが備えていた機能（マルチユーザアクセス機能、ノード・リンクへの属性値の付与、述語ベースの検索言語、ノードのバージョン管理、ビュー・フィルタリング機能など）を付与している。

例えば、米国ブラウン大学IRISで開発されたハイパーメディア構築ツールIntermedia [Meyrowitz 86, Smith 87, Apple 89] は、リンク情報の永続性のサポートや、マルチユーザ環境下での並行制御やアクセス制御を行うために関係型データベース管理システムIngresを用いたという報告がある。リンク情報は双方向リンクの形でwebデータベースとして格納される。また、Web Viewを用いてハイパーメディアのブラウジングやフィルタリングが可能である。

テクトロニクス社のNeptune [Delisle 86] は、Smalltalk-80によるユーザインタフェースとHAM (Hypertext Abstract Machine) というトランザクションサーバからなり、ノード・リンクへの属性値の付与、述語ベースの検索言語、ノードのバージョン管理、ネットワーク上での分散アクセス、マルチユーザアクセス、障害回復などのデータベース的な機能を有する。

Xerox社のNoteCards [Halasz 87] は、ユーザが新しいノード型を定義でき、ビデオ、アニメーション、グラフィックスなどのマルチメディア情報が扱え、手続き(Lispプログラム)を付与できること、などが特徴となっている。

米国Bellcore社のSuperBookとその改良版Mitey-Book [Egan 89] は、検索に関しては単純なキーワード

ード検索機能しか持たないが、ハイパーテキストのシステムティックな自動生成機能 (Troff, Scribe, Interleafなど文書整形・DTPソフトウェアで作成された文書を読み込み、ハイパーテキスト構造への自動変換、キーワード自動抽出・索引生成などが可能) を持つ。

ATR通信システム研究所で開発されたCOSMOSは、通信技術文書のハイパーテキスト構築ツールである [Shima 89]。SuperBookなどと同様に、文書整形ソフトウェアLaTeXで作成した文書を段落単位の基本データ構造に分割し、段落間の参照関係を解析し、段落間の「参照リンク」を自動生成できる。また、段落内のキーワードの自動抽出、キーワードの意味階層の設定、キーワードに基づく検索などが可能である。

リンクが直接的・固定的に張られるようなハイパーテキストでは、テキストの内容やその属性などが頻繁に更新されたり追加されたりする場合は、リンクの張り直しや追加などの手間が煩雑・複雑になる。すなわち、データの追加や変更に対するリンク情報の更新を、システムティックに行う方法が欠如していると考えられる。このことは、その内容が頻繁に変更されるハイパーテキストや大規模ハイパーテキストを構築する上では大きな障害になるものと考えられる。この問題に対処することを考慮して、リンクをオブジェクト指向データベースへのSQL質問の対で表現する、神戸大学のTextLinkシステム [Tanaka 91c] や、リンク先に関係データベースへのSQL質問を付与できる横河・ヒューレット・パッカートの電脳機 [Honda 89] がある。TextLinkシステムは文書データとリンク情報がそれぞれ独立して扱われており、また、リンクそのものが質問対であるため、データの追加・削除・変更に際してリンクの張り直しなどの手間が大きく軽減されている。現在、TextLinkシステムはVERSANT OODBMS上で稼働している。

また、大阪大学でプロトタイプモデルを開発中で

あるHarmonyは、オブジェクト指向の概念をハイパーテキストモデル上に展開することにより、マルチメディアに適した新たなモデルを構築することを目指したものである [Shimojo 91]。Harmonyでは、個々のマルチメディア情報をオブジェクトとして扱い、ハイパーテキストモデルに基づき、オブジェクト間にメッセージ交換で実現されるリンクが付与される。このリンクは、通常のハイパーテキストモデルにおけるリンクの概念より豊富なセマンティックスを持っており、オブジェクト間の表示の順序・同期といった関連を容易に表現することができる。特に、映像に現われる人物や図形の一部をもオブジェクトとして扱うサブオブジェクトの概念が導入されている。さらに、リンク情報をオブジェクトと独立して管理することで、複数の利用者が共通のマルチメディア情報を用いて、ハイパーテキストモデルによる独白の情報の組み合わせを作成する機構を提供している。このモデルにおいて、メディア情報、リンク情報などは、システムのサーバの役割を果たすオブジェクト指向データベースシステムで管理される。

(3) データベースのマルチメディア型インタフェース

現在、主にHyperCardなどを用いて、既存の関係データベースシステムに対するビジュアルなユーザインタフェースを作成するための構築ツールも商品として多く出てきている。ユーザインタフェース機能の優れたハイパーメディアをフロントエンドに位置づけることで、既存のデータベースの操作性を格段に向上させ、ホストデータベースからの検索結果を用いたビジュアルなプレゼンテーションなどが行える。このようなものとして、ORACLE社のOracle for Macintosh、TechGnosis社のSequeLink、Network Innovations社のCL/1 (DB2データベース用)、Hyper/DB-Library (Sybase SQLサーバー用) などが、DBMSに対するSQL質問の生成・転送、検索結果のレコードの処理などを、HyperCardのscript中に記述することができる。

SQL-Navigator [Sanada 90] は、Sybase関係DBMS用のユーザインタフェースであり、SQL質問や文書処理機能等を表の行・列・表全体の各々のレベルで付加でき、検索結果として得られた表の特定のフィールド値や行から次の操作が起動できる点が特徴的であり、「データ値からのナビゲーション」、「データ値へのオペレーションの付与」というハイパーメディアの特徴的な機能を関係データベースシステムのユーザインタフェースとして実現している。

<参考文献>

[ACM 89] Special Issue on Hypertext, Communications of the ACM, Vol.31, No.3, July.1988. (This issue is also published as a HyperCard Stack entitled: Hypertext on Hypertext by IRIS and ACM.)

[Apple 89] Apple Computer, Inc., IRIS Intermedia, 1989

[Bancilhon 88] Bancilhon, F., Object-Oriented Database Systems, Proc. 7th ACM PODS, pp.152-162, March 1988.

[Chang 80] Chang, S.K. and Fu, K.S., Query-by-Pictorial Example, IEEE Trans. on Software Engineering, Vol. SE-6, No.6, pp.519-524, 1980.

[Chang 88] Chang, S.K. et al., An Intelligent Image Database System, IEEE Trans. on Software Engineering, Vol. SE-14, No.5, pp.681-688, 1988.

[Conklin 87] Conklin, J., Hypertext: An Introduction and Survey, IEEE Computer Magazine, pp.17-41, Sept. 1987.

[Dayal 89] U. Dayal, "The Architecture of an Active Data Base Management System", Proceedings of the ACM International Conference on Management of Data, pp.215-224, 1989.

[Delisle 86] Delisle, N. and Schwartz, M., Neptune: A Hypertext System for CAD Applications, Proc. of ACM SIGMOD Int'l Conf. on Management of Data, pp.132-143, May 1986.

[Dittrich 86] Dittrich, K.R., Object-Oriented Database Systems: the Notion and the Issues (extended abstract), Proc. International Workshop on Object-oriented Database Systems, pp.2-4, Sept. 1986.

[Egan 89] Egan, D.E., Remede, J.R. et al., Formative Design-Evaluation of SuperBook, ACM Trans. on Information Systems, Vol.7, No.1, pp.30-57, Jan. 1989.

[Freundlich 90] Y. Freundlich, "Knowledge Bases and Databases: Converging Technologies, Diverging Interests, COMPUTER, Vol.23, No.11, pp.51-57, 1990.

[Gallaire 78] H. Gallaire and J. Minker, Logic and Databases, Plenum Press, pp.458, 1978.

[Halasz 87] Halasz, F.G., Moran, T.P. and Trigg, T.H., NoteCards in a Nutshell, Proc. of the ACM Conf. on Human Factors in Computing Systems, April 1987.

[Honda 89] 本田、佐久間、「電脳机：実用大規模ハイパーメディアシステムの課題」、電子情報通信学会データ工学研究会技術研究報告、DE89-29, pp.1-8, 1989年10月。

[Jungclaus 90] R. Jungclaus and G. Saake, "Using Active Objects for Query Processing", Proceedings of IFIP DS-4 Object Oriented Database Conference, pp.1-22, 1990.

[Joseph 88] Joseph, T. and Cardenas, A.F., PICQUERY: A High Level Query Language for Pictorial Database Management, IEEE Trans. on Software Engineering, Vol. SE-14, No.5, pp.630-638, 1988.

[Kambayashi 87] 上林、「マルチメディアデータベースの技術開発課題」、情報処理、Vol.28, No.6, pp.784-791, 1987年6月。

[Kato 89a] 加藤、下垣、藤村、「画像対話型商標・意匠データベース TRADEMARK」、信学論、D-II, Vol. J72-D-II, No.4, pp.535-544, 1989年。

[Kato 89b] 加藤、栗田、坂倉、「フルカラー絵画データベース ART MUSEUM -色彩感と略画による画像対話」、信学技報、IE88-118, pp.31-38, 1989年。

[Kato 90] 加藤、「画像データベースのヒューマンインタフェース」、システム／制御／情報、システム制御情報学会誌、Vol.34, No.8, pp.460-468, 1990年8月。

[Kim 89] Kim,W. and Lochovsky,F.H. ed., Object-Oriented Concepts, Databases, and Applications, ACM Press, 1989.

[Kim 90] W. Kim, J.-H. Nicolas, and S. Nishio, Deductive and Object-Oriented Databases, North-Holland, pp.607, 1990.

[Kojima 87] 小島、植村、「マルチメディアデータベースのためのデータモデリング」、情報処理、Vol.28, No.6, pp.685-693, 1987年6月。

[Masunaga 87] 増永、「マルチメディアデータベース総論」、情報処理、Vol.28, No.6, pp.671-684, 1987年6月。

[Meyrowitz 86] Meyrowitz,N., Intermedia: The Architecture and Construction of an Object-oriented Hypermedia System and Applications Framework, Proc. OOPSLA'86, pp.186-201, Sept. 1986.

[Miyazaki 90] 宮崎、世木、「演繹データベースの問合せ処理」、情報処理、31巻、2号、pp.216-224、1990。

[Mohan 88] Mohan,L. and Kashyap, R.L., An Object-oriented Knowledge Representation for Spatial Information, IEEE Trans. on Software Engineering, Vol.SE-14, No.5, pp.675-681, 1988.

[Nagata 89] 永田、「マルチメディアデータベースのファイル構造」、システム／制御／情報、システム制御情報学会誌、Vol.33, No.2, pp.67-74, 1989年。

[Nishio 88] 西尾、楠見、「演繹データベースにおける再帰的な問い合わせの評価法」、情報処理、29巻、3号、pp.240-255、1988。

[Piatetsky-Spiro 91] G. Piatetsky-Shapiro and W. Frawley, Knowledge Discovery in Databases, AAAI/MIT Press, 1991.

[Roussopoulos 88] Roussopoulos,N. et al., An Efficient Pictorial Database System for PSQL, IEEE Trans. on Software Engineering, Vol.SE-14, No.5, pp.

651-658, 1988.

[Sanada 89] Sanada,N. and Tanaka,K., Adding Methods to Relational Database Constructs, 電子情報通信学会データ工学研究会技術研究報告、DE90-25, pp.9-16, 1990年12月。

[Shima 89] 島、「通信技術文書体系化システム — COSMOS」、電子情報通信学会データ工学研究会技術研究報告、DE89-35, pp.49-56, 1989年10月。

[Shimojo 91] S. Shimojo, T. Matsuura, K. Fujikawa, S. Nishio, and H. Miyahara, "A New Hyperobject System Harmony: Its Design and Implementation", Proceedings of International Conference on Multimedia Information Systems '91, pp.243-257, 1991.

[Smith 87] Smith,K.E. and Zdonik,S.B., Intermedia: A Case Study of the Differences Between Relational and Object-Oriented Database Systems, Proc. OOPSLA'87, pp.452-465, Oct. 1987.

[Stonebraker 86] M. Stonebraker and L.A. Rowe, "The Design of Postgres", Proceedings of the ACM International Conference on Management of Data, pp. 340-355, 1986.

[Tanaka 88a] 田中、「オブジェクト指向データベース・システム — その背景と概念」、bit, 20巻、6号、pp.687-694、1988年。

[Tanaka 88b] 田中・吉川、「オブジェクト指向データベース・システム — 研究・開発の動向」、bit, 20巻、7号、pp.777-787、1988年。

[Tanaka 90a] 田中、堤、「最近のハイパーメディアの動向」、テレビジョン学会誌、Vol.44、No.8、pp.998-1007、1990年8月。

[Tanaka 90b] 田中、「ハイパーメディアとは何か」、Computer Today, No.38, pp.4-12、1990年7月。

[Tanaka 88c] Tanaka,K., Storing and Manipulating Multimedia Database Objects by PostScript and Relational Databases, Interoperable Information Systems ISIIS'88, Ohm-sha, pp.203-210, 1988.

[Tanaka 91a] 田中、「オブジェクト指向データベ

ース」、日本ソフトウェア科学会ウインターチュートリアル「オブジェクト指向 — オブジェクト指向選りすぐり —」、1991年2月。

[Tanaka 91b] 田中、「オブジェクト指向データベースの基礎概念」、情報処理学会誌、Vol.32、No.5、1991年5月号掲載予定

[Tanaka 91c] Tanaka,K., Nishikawa,N., Hirayama,S. and Nanba,K, Query Pairs As Hypertext Links, Proc. of the 7th IEEE Data Engineering Conference, Kobe, Japan, April 1991.

[Ullman 88] Ullman,J.D., Principles of Database and Knowledge-Base Systems, Vol.1, Computer Science Press, 1988.

[Yokota 90] 横田、西尾、「演繹・オブジェクト指向データベース」、情報処理、31巻、2号、pp.234-243、1990.

[Yoshikawa 89] 吉川、「オブジェクト指向データベース技術」、システム制御情報学会誌「システム／制御／情報」、33巻、3号、pp.135-142、1989年3月。

[Zaniolo 86] Zaniolo,C. et al., Object Oriented Database Systems and Knowledge Systems, in Expert Database Systems (L.Kerschberg ed.), pp.49-65, 1986.

5.3 知識処理技術

知識処理という用語が使われるようになったのは、Feigenbaum, E.が1977年に知識工学の概念を提案してからである。知識工学では、“知識は力である”というスローガンのもとに、エキスパートシステムをはじめ、さまざまな知識処理システムが開発されてきた。この過程で、知識を表現し操作するための技法として、意味ネットワーク；フレーム；論理；プロダクション・システムの諸概念が整備され、開発支援ツール化と問題解決のパラダイム化とが進行していった。これらは、現在では、オブジェクト指向プログラミング；論理プログラミング；ルールベースプログラミングの三つの概念にまとめられる。

また、数々の知識処理システムの開発経験の分析の結果、システムの類型に応じたタスクの概念が明確になり、開発支援ツールや開発方法論に反映されている。一方、専門家の断片的知識の利用によって、ある程度までは、高度なシステムの開発が容易にはなったものの、知識の獲得が困難な問題としてクローズアップしてきた。知識獲得問題は、古くから人工知能で研究がなされてきた学習技術と関連付けて考察され、さまざまな知識獲得支援ツールが開発された。

さらに、知識処理システムの大規模化・複雑化に伴って、開発方法論・プロジェクト管理にソフトウェア工学的な立場から考察が加えられ、エキスパートシステム特有の妥当性検査・検証技術や方法論の確立が望まれている。知識ベース管理の問題もこの延長線上に存在する。これらの技術を総合的に利用することで、大規模知識ベースが実現される。

これらの関連は図表Ⅲ-2-17のようにまとめられる。

5.3.1 基本技術

5.3.1.1 知識表現・推論技術

知識処理技術においては、知識表現と推論は技術の根幹をなす重要な課題である。以下では知識処理において用いられる代表的な知識表現をまず取りあげ、次いで表現された知識に基づくさまざまな推論について述べる。

(1) 知識表現

①知識の分類

知識表現は、一般には人間の取り扱う知識の一部を機械利用可能な形で記述する際に用いられる、表現のためのシンタックスを示している。現在知識表現の対象となる知識には、概念を表す語彙に関する知識と、諸概念の間に成立する関係を表す知識とがあると考えられる。語彙に関する知識は、一般には辞書と呼ばれる。

主として知識ベースシステムで、問題解決のために使用される知識として、対象領域の情報の構造に関する知識、および演繹推論関係に関する知

識をあげることができる。また、知識適用の方法を記述したり、知識獲得のための補助情報を記述したりする知識を、特にメタ知識と呼ぶこともある。これに対して、メタ知識によって記述される、問題解決のための知識をオブジェクト知識と呼ぶ。知識表現の観点からは、メタ知識はオブジェクト知識と同様のシンタックスを用いて記述されるのが原則となっている。

②辞書の知識の表現

これまで機械処理の対象とされてきた辞書知識としては、情報検索の補助として用いられる、語彙の表現する概念の間に成立する関係を定義したシソーラスと、自然言語処理において文法解析の目的で使用される、語彙の文法的機能を記述する辞書が主要なものである。

シソーラスでは主として概念間の階層関係が定義されており、broader term、narrower term、related term などの関係が用いられている。

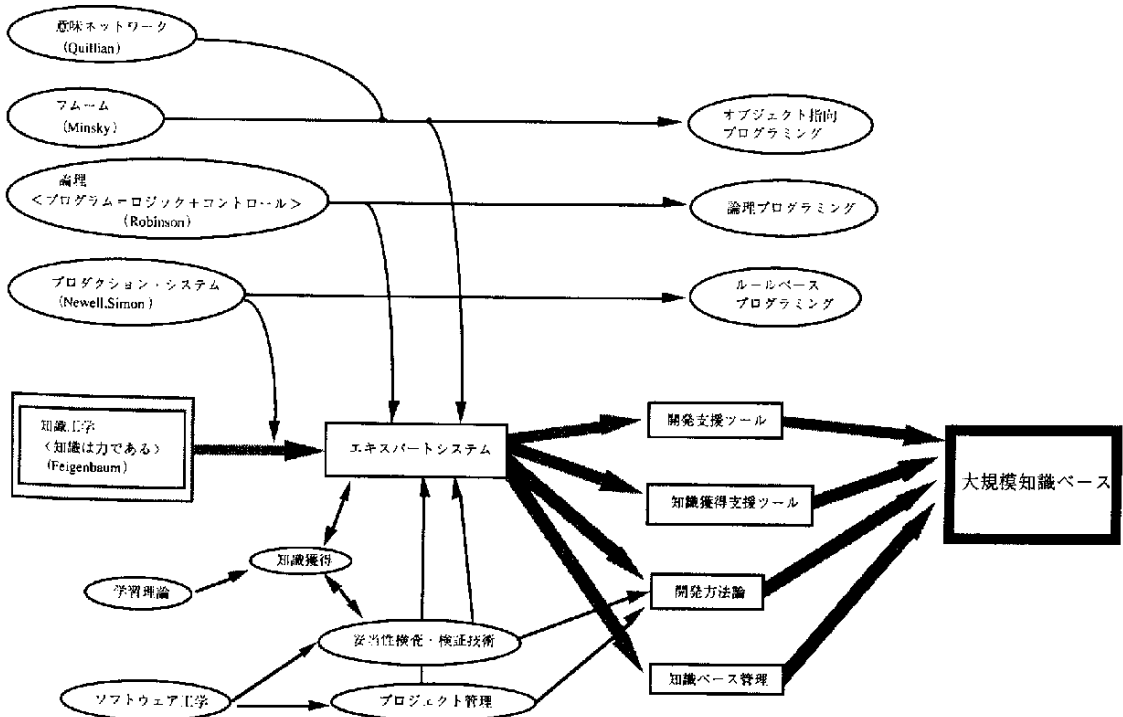
自然言語処理に用いられる辞書では、自然言語処理システムで用いている文法モデルに依存して、さまざまなものがあり、単に動詞・名詞などの簡単な語彙の種類だけを記述するものから、語彙に関する格構造や、意味的制約等を含むものまでがある。

辞書知識の記述に当たって採用されるシンタックスは、現在のところシステム依存する独自性の高いものが多く用いられているが、中にはDCG (Definite Clause Grammar) [Pere.80] のように、標準に近い取り扱いを受けているものもある。

③知識ベースシステムで用いられる知識表現

従来、知識表現という用語は主として知識ベースシステムにおいて用いられる知識記述のシンタックスを表わすものとして使用されてきた。知識ベースシステムで用いられる知識のうち、情報構造を記述するものとしては、当初ネットワークの形で表現された関係記述が提案され [Quil.68]、

図表 III-2-17 知識処理技術の全体像



後にフレーム [Mins.75] ないしはオブジェクトという形での表現が広く採用されるようになり、現在に至っている。また、演繹推論関係を記述するものとしては、ルールという形式が広く採用されてきた。一方で論理型言語の立場からは、両者を統合的に整合論理式で表現することが提案されている。以下にこれらの知識表現について概説する。

a. フレーム／オブジェクト

フレームないしはオブジェクトは、対象領域で取り扱われるさまざまな実体（ものごと＝オブジェクト）を中心に、その属性値をまとめあげる形で情報の相互関係を記述する枠組みである。一般的なネットワーク表現と比較した場合のフレームないしはオブジェクトの第一の特徴は、関係表現をフレーム、スロット、バリューという多属性記述の形式に統一した結果、対象世界の実体の記述に標準的な枠組みを与えたところにある。また、属性継承の概念の導入により、全体としての情報記述の量を減少させるとともに、対象とする実体を系統的に整理する手段を与えた点を第二の特徴と考えることができるであろう。第三の特徴として、表現される実体に関する局所的な処理を隠蔽された形で記述し、情報のモジュール性を高める付加手続きの採用および、メッセージ交換という形式による手続きの起動方式の採用をあげることができる。さらに、値に関する制約やデフォルト値の設定に見られるような、暗黙のうちに前提とされる情報を自然な形で記述する手段も与えている。フレームに代表される情報記述は、上記のような特徴を持つ反面、複数の実体の間の相互関係を記述する上では若干の弱点も見られる。フレーム表現で複数の対象の間の関係を記述する手段としては、一方の対象を表すフレームの特定のスロットの値として、関係づけられる対象のフレームIDを与える方式や、関係そのものを表現するフレームを特別に設けて、この関係フ

レームのスロットにその関係の下に管理されるべきフレームのIDを値として与える方法 [Grei.80] が代表的である。前者は部分－全体関係の記述にしばしば用いられるし、後者は格構造の記述などに用いられることがある。このような記述を用いることにより、多くの問題に対して適用可能な関係表現を得ることができるが、このような表現から、記述されている関係の直観的な理解を得ることは必ずしも容易ではない。この問題を解決するために、非正規関係の利用 [森田 90] などが試みられている。

b. ルール表現

ルールは、演繹推論関係を表現するために知識処理の初期から採用されてきた知識表現の枠組みであり、一般には条件部と結論部から成り立っている。ルールによる演繹推論関係を利用する知識処理の代表的なものに、プロダクションシステムがある。プロダクションシステムでは、対象とする領域において成立する事象を記録する作業記憶を持つが、ここで利用される代表的なルール条件部では、この作業記憶の内容が一定の条件を満足するかどうかを調べることが指定される。ルールの結論部は、任意の処理を指定するものであって良いが、最も多く用いられるのは、作業記憶の内容を変更する手続きである。プロダクションシステムで利用される作業記憶は、対象領域の現象を記述する十分な記述能力を持つことが要求されるが、近年のシステムでは、フレームないしはオブジェクトを利用するものが多くなっている。この場合、ルール条件部は、フレームのスロットが特定の値を持つかどうかを調べることが基本となる。現在ではフレーム、スロット、値のそれぞれに対して、変数を用いることを許すシステムが一般的である。

c. 述語論理

知識処理システムの基本は、対象領域のさまざまな関係定義と、定義された関係の上での演繹

推論にある。フレームやルールの枠組みを離れて、これらの情報を表現する枠組みとして、一階述語論理があげられる。特にホーン節に基づくPrologないしその拡張としての一群の論理型言語は、知識表現の枠組みとして広く利用されるようになってきている。多階の述語論理を取り扱わないのは、主として効率上の理由によるが、実際には多階の論理を取り扱うものであっても、有限性の下に一階述語論理に帰結できるものは、さまざまな形で利用されている。このような枠組みには多類論理や多層論理などが存在する。

d. その他の知識表現

以上は汎用性の高い知識表現の枠組みであるが、対象領域の特殊性に応じて、さまざまな知識表現が採用されることもある。例えば簡単な関係の記述では、平坦な構造を持つ関係表が用いられることもあるし、いわば粒度の大きいルールに相当するものとして、判定表形式の知識表現 [Ueno.80] が用いられることもある。これらの知識表現が採用される場合、その主たる目標は、知識を提供する人間にとってより自然な形で知識記述の枠組みを提供するところにある。実際に推論が行われる際には、フレーム＋ルールという形に変換されて利用されることも多い。

(2) 推論技術

知識処理システムでは、対象領域の知識が適当な枠組みで記述されたとして、次に、このような記述に基づいて実際の対象領域の問題を解決することが一つの課題となる。この問題を知識処理では一般に推論と呼んでいる。前節で述べた知識表現のそれぞれに対して、基本的な推論方法が提案されている。また、問題の性格に応じて、さまざまな推論制御の方法が開発されてきている。

①基本的推論

フレームシステムやプロダクションシステムの

初期の段階では、比較的単純な推論方式が採用された。フレームシステムにおける最も単純な推論は、メッセージ交換により、次々と付加手続きが起動されることにより、一定の処理を行う形態となる。この場合、処理自体は一般的な手続き型や関数型の言語で書かれた処理とほぼ等価なものと考えられる。

プロダクションシステムにおいては、認知・実行サイクルの繰り返しが基本的な推論プロセスを構成することとなる。代表的な認知・実行サイクルでは、作業記憶内容とルール条件部とのパターンマッチングにより、その時点で適用可能なルールの集合がまず生成され、そのルール集合の中から、一定の基準に従って選び出されたルールを適用するというプロセスを繰り返す。論理型言語では、証明すべき論理式に対してその証明系があらかじめ用意されており、与えられた整合論理式の真偽の判定が行われる過程そのものを基本的推論と考えることができるであろう。

②さまざまな推論技術

一般に問題が複雑となると、プロダクションシステムで採用される単純な認知・実行サイクルだけでは効率の良い推論の達成が困難となる。ここでは、推論の効率化と、推論実行の制御が問題となる。すなわち、基本的な推論操作をいかに効率よく実行するか、推論戦略をいかに実現するかが重要となる。

問題の性格によっては、最初に与えられたデータだけから結論を導くことができない場合もある。さらには、演繹推論によるよりも、与えられた状況に類似した過去の経験に学ぶ方が有力な場合も考えられる。これらのさまざまな状況に対応して、いくつかの推論技術が開発されてきている。

以下に、主要な知識表現における基本的な推論方法や、さまざまな推論の方式のうち代表的なものにつき概論する。

a. プロダクションシステムに見られる推論技術

認知・実行サイクルの高速化

一般に推論効率という観点からすると、プロダクションシステムにみられる認知・実行サイクルは効率の良い処理形態とは言えない。特に大規模な問題を取り扱う場合、認知サイクルにおいて極めて多数の作業記憶要素とルールを組み合わせてパターンマッチングを必要とする。この問題を解決する手法として提案されたのがRete-matchアルゴリズム [Forg.82]であり、作業記憶の変更に関連する部分のみについてパターンマッチが成立するかどうかを確認すれば良い方式が提案されている。現在では、ルールに基づく演繹推論を高速化するさまざまな方式が開発されている。

競合解消とヒューリスティックス

認知・実行サイクルにおいて、各時点で適用可能なルールの中からどのルールを選択し、適用するかに関する問題（競合解消=Conflict resolution）は推論を効率化する上でのもう一つの課題である。当面の問題を解決するという観点からは、ルールの価値は必ずしも等価でない。したがって可能であるならば、問題解決により貢献度の高いルールを優先的に適用した方が早く結論に到達できる可能性がある。このことは言い換えれば、演繹推論によって帰結されるさまざまな可能性のうち、望ましい結果になるべく早く到達する問題とも考えられ、ゲームプログラムで取りあげられた探索問題と関連づけることも可能である。このような問題に対する一般的な戦略として、最も最近得られた推論結果を利用するルールを優先する、条件部の複雑なルールを優先するなどが提案されてはいるが、実際には探索経路を常に最短化するアルゴリズムは存在しないのが通常であり、分野ごとのヒューリスティックスの利用が重要な課題となる。Teiresias [Davi.82] では、このようなヒューリスティックスを記述するためにルール形式

を採用しており、特にメタルールと呼ばれることがある。

問題分割と黑板モデル

一般に問題の規模がある程度大きくなると、問題をいくつかの部分に分解して解く方法が有用となる。ルールを演繹推論の知識表現に用いるシステムでは、部分問題ごとに関連するルールを、知識源と呼ばれる形にあらかじめグループ分けしておき、グループごとのルールの適用を制御する方法が取られることがある。このような方法を採用する代表的なものが黑板モデル [Erma.81] である。代表的な黑板モデルでは、各知識源が共通に参照・更新できる黑板が用意されている。黑板モデルの制御機構は、あらかじめ与えられた基準により、適用すべき知識源を一つだけ選択し、黑板を作業記憶とみなして、知識源に含まれるルールの適用を試みる。一つの知識源の適用が終了すると、制御機構はその適用結果を参照しながら、次に適用すべき知識源を決定するという形で推論が進められる。

b. 非単調推論・制約充足問題

問題によっては、既知の情報のみから直接に結論を導くだけでは不適当な問題がある。また、場合によっては、目標とする解の詳細がなく、単に解の充足すべき制約だけが記述されている問題を解く必要を生ずる場合もある。このような場合に適用されるのが、仮説推論ないしは非単調推論である。代表的な非単調推論では、推論の継続に必要な情報が不足している場合、そのような情報が偽であると明示的に示されていない限り、とりあえず情報が真であると仮定して推論を進めることが行われる。ここで、仮定された情報は必ずしも正しいことが保証されないため、推論が進むにつれて矛盾が検出されることがある。このような場合に矛盾を生じる可能性を持つ仮定は何であるかを推定し、修正を加えようとするのがTMS (Truth Maintenance

System) [Doyl.79] である。また、このような仮説を並列的に展開し、冗長な矛盾検出を省略しようとする枠組みとしてATMS (Assumption-based TMS) [deKl.86] が提案されている。その他、論理型言語からのアプローチとして、与えられた整合論理式の真偽に基づき、真である可能性が導出できる最小の論理式集合を求めようとするCircumscription [McCa.80] も、非単調推論に含めて考えることができる。

一定の制約だけが与えられて、制約を満足する解を求める問題は、一般に制約充足問題 (constraint satisfaction problem) [Lele.88] と呼ばれてきたが、この問題についても近年、論理型言語の枠組みのなかで定式化しようとする試み (constraint logic programming) が始まっている。制約充足問題の多くでは、仮説生成・検証が問題となる。また、実用規模のシステムでは、生成される仮説は一般に膨大なものとなり、効率の良い解の探索手段が必要とされる。

c. 定性推論

知識処理システムでは、一般に記号化された情報の操作が行われており、その意味ではほとんどの知識処理システムでは定性的な推論を行っているといえる。しかしながら、人工知能の分野で、特に「定性推論 (=Qualitative reasoning)」という用語を使う場合、従来は数値的に解を求めてきた一連の問題を、定性的な手法のみで解こうとする一連の推論技術を指している [情報処理学会 91]。

このような推論を用いる一つの例として、連立微分方程式で記述される系の挙動を調べ上げる問題がある。このような問題を定性的に解こうとする場合、問題とする各々の変数およびその微分値に対して基準となるいくつかの値 (landmark) を設定し、特定時点での系の状態が各 landmark に対してどのような関係にあるかに基づいて、次の時点での系の取り得る状態を予測

する手法が用いられる。一般には定性推論では、予測される系の状態は一意的には定まらず、相当程度膨大な解の候補となる状態空間の探索が要求される。

d. 事例ベース推論

最近注目を集めている推論形式の一つに、事例ベース推論 [DARPA.88] がある。特に分類型の問題では、現在問題としている事例と最も類似度の高い、過去に経験した事例が有益な情報を提供するという可能性が考えられる。そこで過去に経験した事例を事例ベースとして蓄積・管理しておき、この中から一定の基準に従って、現在の問題に最も近い事例を検索しようとするのが事例ベース推論である。一般にある程度以上複雑な問題では、まったく同一の事例に遭遇することはまれであるから、事例の間の類似度をどのように判定するかが大きな問題になる。ここでは情報構造や語彙を、階層関係を持った抽象度のレベルに従って整理することが一つの課題とされる。事例ベース推論は、知識獲得における類推問題や、説明による学習とも関連を持ち、近い将来重要な技術となることが予想されている。

5.3.1.2 知識獲得・学習技術

(1) 知識獲得

知識処理システムにおける最大の課題の一つが知識獲得の問題である。一般に知識処理システムは、知識が必ずしも完全でなくともある程度の機能を実現できる反面、システムの最終的機能は、正しい知識をいかに大量に蓄積できるかにかかっている。人間にとって、その知識を、目的に適した形で機械処理可能な表現に正しく変換する作業は必ずしも容易でない。そこで知識獲得の問題が大きな課題となる。以下に知識獲得の手法として提案されているいくつかの手法について述べる。

① 試行錯誤的手法

初期の知識処理システムでは、知識獲得はいわば

試行錯誤的に行われた。ここではいくつかのサンプルケースについて、推論結果の妥当性が判定され、結果に問題がある場合、それが知識ベースのどのような内容の不足ないし誤りによるものかを人間が調べ、発見した後にその修正を行うという方法が採用された。試行錯誤的知識獲得を支援する手段として、推論過程の説明などが試みられている。

②インタビューシステム

一般には試行錯誤的手法ははなはだ能率の悪いものであり、知識獲得の効率化のための手法がいくつか開発されてきた。このような知識獲得のためのツールは、基本的には知識提供者との間の対話を通じて行われるところから、インタビューシステム [溝口, 88] と呼ばれることもある。インタビューシステムには大きく分けて、誤った結果に基づいて誤り、ないしは不足の可能性のある知識ベースの部分を指摘するもの (Teiresias [Davi.82] 等)、部分問題 (タスク) の性格から、知識として導入する可能性のあるものを指摘するもの (CHECK [Nguy.87] 等)、目的を達成する上で必要と思われる知識を指摘するもの (MORE、MOLE等) がある。

インタビューシステムでは、対象領域に依存しないいくつかのインタビューの戦略が存在し得ることを暗黙のうちに前提としている。このような領域独立なインタビュー戦略の存在を陽に仮定し、汎用性のあるインタビューシステムを実現しようとする試みにI2Sがある。

③統計的手法の適用

同様にインタビューに基づく知識獲得支援であっても、ETSやAQUINASなどの知識獲得ツールでは、心理学のなかで発展してきたPersonal construct theoryの援用により、分類型の問題に対して、どのような要素の組み合わせが分類に関連しているかを明らかにしていく機能を提供している。また、判別分析を中心とする統計的手法やエントロピーの概念を導入し、分類問題の基本骨格を明らかにしようとする試みもみられる [溝口,88]。

④システム設計

知識処理システムでは、すでにプロトタイプが完成しており、ある程度定式化された知識表現に従って知識を獲得する問題の他に、そもそもの問題をどのように定式化し、知識表現と推論に関する基本方針を決定する問題がある。この問題に関しては、例えばKJ法の適用等がみられる。また、この問題に事例ベース推論を適用しようとする試みもある。

(2) 学習技術

以上のアプローチは、どちらかといえば実際のシステム構築の経験の中から導かれた手法であるが、問題の性格を理論的に把握しようとする試みに、以下のような一連の学習問題がある [Michaelski 86]。

①帰納推論

与えられた実際の事例に基づいて、現象の背景にある理論体系を推定しようとする試みは一般に帰納推論と呼ばれるが、このような学習システムを実際来实现した例としてはShapiroのModel inference systemをあげることができるであろう。帰納推論は、正解事例のみを与えて学習を行うタイプのものと、正解事例に加えて誤り事例も与えて学習を行うタイプのものがある。学習能力の面からすると、誤り事例を含む学習の方が能力が高いことが期待できるが、正解事例のみに基づく学習であっても、従来いわれてきたよりは高い学習能力を発揮する場合のあることが最近明らかにされている。

②類推

いずれにせよ、対象領域のモデルそのものを最初から構成しなければならない帰納推論の学習能力は一般にはあまり大きなものではない。そこで、対象世界の典型的な事例を与えて、これとの類推で他の事例を解釈することが試みられており、一般に類推と呼ばれている。類推問題では事例の情報構造をどこまで抽象化/汎化するか、出現する語彙の間の類似性をどのように評価するか等が問題とされるが、これらは事例ベース推論でも中心的な問題となっており、両者の間の関連が注目されている。

③説明に基づく学習

学習問題として、最近注目を集めているものの一つに説明による学習 (Explanation based learning)

[DeJong 86] がある。ここでは、内容的には正しいがそのままの形では適用できない知識が存在した場合、これを現実に応用可能な形式に変換することが目標とされる。説明による学習の一般的な定式化では、目標とする概念に加え、概念に該当する事例と領域知識を与えることによって、事例が確かに概念に該当することを示す説明構造が生成される。この説明構造のなかで、実際の問題に応用可能な範囲で抽象度の高い表現が得られるならば、それは目標概念に該当するかどうかを調べるための有力な知識となり得る。ここでは操作不可能な知識表現から、操作可能な知識表現が得られたこととなり、ある種の学習が行われたと考えることができる。

5.3.1.3 知識ベース管理技術

知識ベースがある程度以上の規模になると、知識ベース内容に不足や矛盾が存在しないように管理することが重要な課題となる [溝口.88]。知識処理システムの初期の段階から、演繹推論関係を記述する知識については、矛盾や冗長性の検出を行う試みがなされていた。ルールに関しては、同一のあるいは類似の条件部に対して、矛盾する結論や冗長な結論を導くルールが発見された場合、矛盾ないしは冗長性が存在する可能性を指摘する機能を備えたシステムがみられる。一階述語論理の範囲では、新しく論理式を追加しようとする場合、それが既存の内容と矛盾する、あるいは冗長であるかどうかは、明確に証明できるはずである。ただしこの場合、証明が完結するかどうかは必ずしも保証されないという問題もある。

問題に即して、不足している可能性のある知識を発見する手法は、インタビューシステムの多くに見られる手法であり、これらのシステムでは、ある意味での知識ベース管理手法が提供されているという見方も可能である。特にMOLEやAQUINASなどの

ツールでは、獲得された知識を実行可能な形式に変換する機能も提供している。また、知識提供者からみて自然な形の知識表現を、内部的に実行可能な表現に変換する手法も、ある意味では知識ベースの管理を容易にしていると言えるであろう。これらの場合にも、タスク概念の導入により、参照される知識の性格が限定され、部分問題の規模が制約されている場合、知識ベースの管理は一層容易なものとなると言えることができるであろう。

<参考文献>

- [Pere.80] Pereira,F.C. and et.al., Definite Clause Grammars for Language Analysis - A Survey of the Formalism and a Comparison with Augmented Transition Networks, *Artificial Intelligence*, vol.13, pp. 231-278, 1980.
- [Quil.68] Quillian,M.R., Semantic Memory, in *Semantic information processing*, ed. by Minsky,M., p227-270, MIT Press, 1968.
- [Mins.75] Minsky,M., A Framework for representing knowledge, in *The psychology of computer vision*, ed. by Winston,P, p211-277, McGraw-Hill, 1975.
- [Grei.80] Greiner,R, and Lenat,D., A representation language language, *Proc. 1st. AAAI*, p165-169, 1980.
- [森田.90] 森田幸伯他、Object Identity in QUIXOTE、情報処理学会・データベース/人工知能合同研究会資料、Nov. 1990.
- [Ueno.80] Ueno,H., and et. al., Design of a criteria-based rheumatology consulting system for a microcomputer, *Proc. MEDINFO'80*, 1980.
- [Forg.82] Forgy,C.L., RETE:A fast algorithm for the many pattern/manyobject pattern match problem, *Artificial Intelligence*, vol.19, pp.17-37,1982.
- [Davi.82] Davis,R, Teiresias: Applications of meta-level knowledge, in *Knowledge-Based Systems in Artificial Intelligence*, Davis,R, and Lenat,D., McGraw-Hill, 1982.

[Erma.82] Erman,L.D., and et.al., The design and an example use of HEARSAY-III, Proc. IJCAI'81, p260-262, 1981.

[Doyl.79] Doyle,J., A truth maintenance system, Artificial Intelligence, vol.12, pp.231-272, 1979.

[deKl.86] de Kleer,J.,An assumption-based TMS, Artificial Intelligence, vol.28, pp.127-162, 1986.

[McCa.80] McCarthy,J., Circumscription: a form of non-monotonic logic, Artificial Intelligence, vol.13, pp. 27-39, 1980.

[Lele.88] Leler,W., Constraint Programming Languages - their specification and generation, Addison-Wesley, 1988.

[情処.91] 特集・定性推論の応用、情報処理、vol. 32, no.2, 1991.

[DARP.88] Proceedings of a workshop on case-based reasoning, DARPA, 1988.

[Nguy.87] Nguyen,T.A., and et.al., Knowledge base verification, AI magazine, p.69-75, Summer, 1987.

[溝口.88] 溝口理一郎、角所収、知識獲得支援システム、人工知能学会誌、vol.3, no.6, 1988.

[Mich.86] Michalewski,R.S., and et. al., Machine learning II, Morgan Kaufmann, 1986.

[DeJo.86] DeJong,G., and Moony,R., Explanation-Based learning: An alternative view, Machine Learning, vol.1, pp.145-176, 1986.

5.3.2 大規模化技術

知識処理技術を大規模化という視点から解説する。大規模知識ベースを開発・実用化するには、人工知能技術をやみくもに適用しただけではうまくいかない。真に有用な基本技術を見極めて、それを簡便な形で使えるようにすること、適切な概念のもとに基本技術を統合化し、開発ツールとして実現すること、システム化技術を開発方法論としてとりまとめること、ならびに、適切なハードウェアシステムを開発することが重要である。本節では、第1に、

大規模知識ベースを支える基本的な人工知能技術として、知識ベースの自己組織化や知識ベース管理と関連が深いTMS、ATMSと、最近、注目を集めている分散人工知能技術について述べる。第2に、大規模知識ベースを利用する応用システムの開発に有用な概念として、ジェネリックタスクに関連する研究と、知識獲得支援を含む大規模知識ベース開発ツールの研究を紹介する。第3に、システム化技術・開発方法論の動向を述べる。第4に、ICOTで開発中のKappaについて述べる。

(1) 大規模知識ベースの人工知能技術

大規模知識ベースでは、投入し、管理する知識の総量が人手で管理する限界を越えることが想定される。そのため、知識ベースの内容をシステムが自動的に維持・管理して、知識ベースの成長を促すような、自己組織化の機能が必要とされる。ただし、Cycプロジェクトの解説(例えば [Lenat 90])にもあるように、知識ベース全体の整合性を維持することは実際上不可能である。大規模知識ベース上で常識的知識を処理する際には、通常、非単調な推論が行われることとなる。このための技術・理論には、さまざまな推論方法 [Davis 90]、知識表現方法 [Brachman 90] があるが、複数の仮説を同時に維持でき、しかも高速に処理する技術としてATMS (Assumption-based Truth Maintenance; 仮説に基づく真実維持機能) [de Kleer 84] がある。ATMSは、命題がどのような文脈で成立するかを管理する知的データベースと考えることができる。すなわち、ATMSではデータベースは必ずしも無矛盾である必要はなく、複数の文脈での推論が可能となる [奥乃 91]。これによって、大規模知識ベース上で、時間的な変化を伴う推論や複数の視点からの推論、ならびに、局所的に矛盾のない知識ベース管理などの機能が実現できると期待される。

大規模知識ベースを実際に開発・利用する状況においては、それが1ヵ所で集中的に行われるとは考えにくい。分散された知識投入機能によって投入さ

れた知識が、中心となる基本的な大規模知識ベースに蓄積され、知識処理システムでの利用は、その必要部分を複写することでなされるのが自然である。このような状況のもとでは、分散人工知能の概念が重要となる。

分散人工知能の研究分野には、①一つの問題を解く場合において問題解決を並列に行うことで効率化を図る分散問題解決 (distributed problem solving) と②概念的・地理的に分散している計算要素であるエージェントが協調動作することで、それぞれのエージェントが目的を達成するマルチエージェントシステム (multi-agent system) とがある [沼岡 90]。大規模知識ベースにおける分散人工知能を考えると、各問題で利用するたびにそれぞれの場所において、知識ベースが整合的に管理され、成長していくことが望ましいので、上の②の意味での機能の実現が重要となる [石田 90]。これに関連する研究としては、オフィスでの作業のようにオープンな問題をなるべくそのまま扱おうとするオープンシステムの概念がある [Hewitt 86]。

(2) ジェネリックタスクと大規模知識ベース開発ツール

現在、発表されている専用ツール [AI白書 89] は、ほとんどが、診断、設計など、システムの扱うタスク面から必要な機能を整理したものである。個々の知識システムは、特定の対象領域において特定のタスクを扱うものとして実現される。本節では、まず対象領域を重視した大規模知識ベース開発ツールの研究例を示し、次いで、タスクを重視したアプローチを紹介する。

従来、例えば、大規模プラントは個別に設計されることが多く、設計情報をデータベースに蓄えても、それをさまざまな視点から利用することは難しかった。しかし、今後は、経済性の観点から、小規模な設備ばかりでなく、原子炉のような大規模設備に至るまで標準化の努力がなされることと考えられる。そのような場合、プラントに共通の情報と汎用のプ

ラント・モデルとを備えた深い知識を持つプロトタイプ知識ベースを開発しておけば、個々の業務のエキスパートシステム化に役立つものとなろう。これによって、各業務ごとに知識システムを開発することが容易になることが期待される。

このような方式は対象業務固有のモデルをあらかじめツールに組込むという意味で新しい方向を示している。PLEXSYS [Hashemi 89] は原子力分野を対象としたプロトタイプ知識ベースを提供するツールである。しかし、これは、原子力という大きな分野を対象としてはいるものの、ツールとしての規模は比較的小さい。原子力プラントの知識システム開発に必要な、大量の設計情報・領域モデルを備えているわけではない。

次に、ジェネリックタスクの概念を述べ、大規模知識ベースとの関連を議論する。[Clancy 85] は、多くの知識システムの特性を分析し、それが、共通の発見的分類法 (Heuristic Classification) という枠組みで把握できることを主張した。Clancyの分析が分類型問題に限られていたのに対し、[Chandrasekaran 86] では、代表的な問題解決タスクを6種類のジェネリックタスクに分類して示した。この考えの特徴は、特定の問題の解決をいくつかのジェネリックタスクの組み合わせによって実現しようとするものである [Breuker 89]。では、知識システムの知識レベルを以下の4種類に分類し、それを知識システムにおける知識獲得方法論KADS (Knowledge Acquisition and Documentation Structuring) として組織化した。

Domain Level: *Concepts, Relations & Structures, Facts*

Inference Level: *Meta-Classes, Knowledge Sources, Inference Structures*

Task Level: *Goals, Tasks*

Strategic Level: *Plans, Meta-rules*

Domain Levelは、タスクに依存しない領域の記述で、対象領域の概念・事実とそれらの間の (is-a などの) 関係を表現する。Inference Level では、いろ

いるな推論方法を定める概念として、問題、データ、中間仮説、解を表わすMeta-classesと、各メタクラス間の導出原理関係を記述するための、概念変更、概念生成、構造の操作などの基本演算子（Knowledge Sources）とを持つ。Task Levelでは、タスクを分類・抽象化した解釈モデルを持つ。これは、分類型問題に対して行われた〔Clancy 85〕の分析や、〔Chandrasekaran 86〕のジェネリックタスクの概念に近いものであるが、非常に綿密な体系となっている。Strategic Levelでは、問題解決に失敗した場合のタスク計画の変更などに必要な制御情報がまとめられている。

溝口等〔Mizoguchi 90〕、〔Tijerino 90〕が開発した知識獲得支援ツールは、いずれも、問題解決モデルをツールが保持しており、これを用いてインタビューをガイドするという枠組みで作られている。そのうち、知識システムを部品合成によって構築しようというアプローチから、MULTIS〔Tijerino 90〕が作られている。これは、ジェネリックタスクの概念を問題記述レベルと実行レベルとに明確に分離した点に意義がある（図表Ⅲ-2-18参照）。

では、次世代知識システムのイメージとして、図

表Ⅲ-2-19の提案がなされている〔小林 90〕。これによる問題解決は以下の手順で行われる。

- ①知識ベースを利用した演繹的推論が試みられる。演繹的推論が失敗したら②へ
- ②事例ベースを利用した事例ベース推論が試みられる。事例ベース推論が失敗したら③へ
- ③汎用問題解決器を利用した探索が試みられる。このとき、同時に機械学習機能がバックグラウンドジョブとして、常に走っており、事例ベースおよび知識ベースの推論は次の手順で行われる。

- ①汎用問題解決器による探索の履歴は、事例獲得機能によって解析され、その一部が事例ベースに登録される。
- ②事例ベースが更新されるごとに、それが知識獲得機能により解析され、一般化された知識が知識ベースに登録される。

このアーキテクチャのもとでは、知識システムの実行効率が自動的に改善されることとなり、広い範囲の問題に適用可能となる。

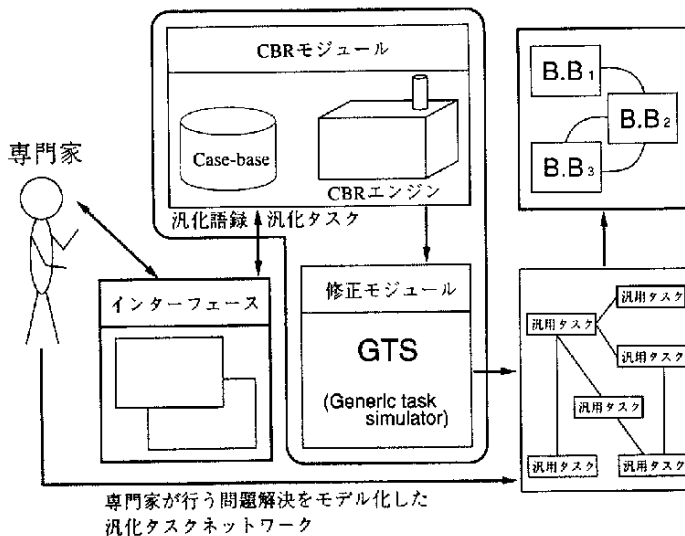
これらの研究は、大規模知識ベースの利用時に適切な知識ベースの使い方をガイドするための指針を与えている意味で重要である。また、大規模知識ベ

ースにおいては、これらの概念をも知識ベースの構成要素と考えると、その維持・管理・利用を可能とする枠組みを提供する必要がある〔寺野 90〕。

（3）システム化技術と開発方法論

これまで、知識処理システムはごく狭い分野の問題を経験則レベルで処理することで効果を上げてきたが、現実の問題ではその範囲で扱えるものは少ない。さらに、最近の事例を調査すると、システムとしての成功のキーポイントは、基礎となる人工知能理論・技術もさることながら、人工知能技術を問題解決システムのどの部分に適用し成果を上げるかというシステム化技術

図表Ⅲ-2-18 MULTISの構造〔Tijerino 90〕



にあることが分かる [AI白書 91]。大規模知識ベースの開発・利用に当たっても、システム化技術は重要である。

システム化技術は、まず、さまざまな人工知能理論に基づいてツールを開発し、これによってシステム開発の効率を改善しようという試みからはじまった。次いで、ツールをシステム開発にどのように生かすかという立場からシステム開発方法論の研究が開始された。現在では、この両者がお互いに影響しあって発展を続けている。また、システムの利用者の立場からは、プロトタイプシステムから実用システムへの発展が切実な要求となる。プロトタイプレベルのシステムを実用化するには、個別のシステムの機能を高度化させて利用者の高度な要求に答える方向と従来型システム・知識システムを問わず複数のシステムを統合化して全体の性能向上を図る方向の二つがある [AI白書 91]。大規模知識ベースはどちらの方向においても、知識処理システムのプロトタイプとして利用できるものである。

現在の知識処理システムの開発は、開発者個人の能力に依存する面が強い。しかし、今後、大規模知識ベースを利用して成される大規模知識処理システムの開発は、ソフトウェア工学的なプロトタイプング手法、さらには、システムのライフサイクル全般を支援する方法論に基づいていくことが期待される [JIPDEC 91]。これは、例えば、戦略的情報システム開発をAIの面からサポートするような大規模か

つ統合的なものである。このようなシステム開発には、従来型システムの開発、既存コンピュータ利用技術、さらには、意思決定支援システムに対する知識・経験を持つ知識技術者、もしくは、情報管理部門の存在が不可欠である。

<参考文献>

[AI白書 89] ICOT-JIPDEC AIセンター編：人工知能の技術と利用—AI白書—、日本情報処理開発協会、1989。

[AI白書 91] ICOT-JIPDEC AIセンター編：AI白書：人工知能の技術と利用、1991。

[石田 90] 石田亨：分散人工知能の技術と応用。人工知能学会誌，Vol.5, No.4, pp.441-448, 1990。

[JIPDEC 91] 日本情報処理開発協会：エキスパートシステム評価シンポジウム—エキスパートシステム評価ガイドラインの研究開発報告書—、1991。

[小林 90] 小林重信，寺野隆雄（編・著）：知識システムハンドブック，オーム社，1990。

[沼岡 90] 沼岡千里，所真理雄：分散人工知能とプログラミング言語。人工知能学会誌，Vol.5, No.4, pp.411-421, 1990。

[奥乃 91] 奥乃博：ATMSの高速化技法とその応用。人工知能学会誌，Vol.6, No.1, pp.24-37, 1991。

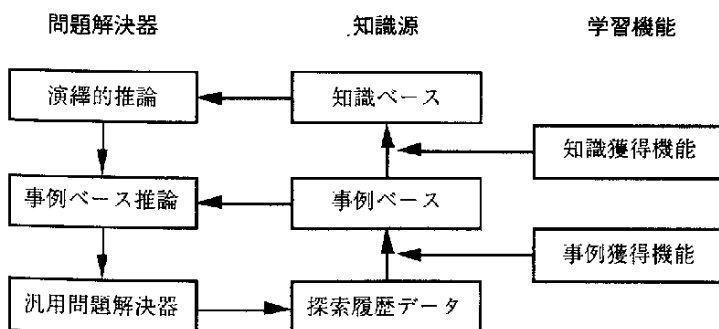
[寺野 90] 寺野隆雄：電力分野向けAIツールの実現にむけて。電気学会論文誌C，Vol.110-C, No.8, pp.455-462, 1990。

[Brachman 90] Brachman, R.J.: The Future of Knowledge Representation. Proc. AAAI'90, pp. 1082-1092, 1990。

[Breuker 89] Breuker, J., Wielinga, B.: Models of Expertise in Knowledge Acquisition, in Guida, G., Tasso, C. (eds.): Topics in Expert System Design. North-holland, 1989, pp. 265-295。

[Bylander 86] Bylander, T.C., and

図表III-2-19 汎用知識システムのアーキテクチャ [小林 90]



Mittal, S.: CSRL: A Language for Classi- factory Problem Solving and Uncertainty Handling. AI Magazine, Vol.7, No. 3, pp. 66-77,1986.

[Chandrasekaran 86] Chandrasekaran,B.: Generic Tasks in Knowledge-Based Reasoning: High-Level Building Blocks for Expert System Design. IEEE Expert, Vol.1, No.3, pp.23-30, 1986.

[Clancy 85] Clancy, W.J.: Heuristic Classification. Artificial Intelligence, Vol. 27, pp. 289-350, 1985.

[Davis 90] Davis, E.: Representations of Common-sense Knowledge, Morgan-Kaufmann, 1990.

[de Kleer 86] de Kleer, J.: An Assumption-Based Truth Maintenance System. Artificial Intelligence, Vol. 28, No. 2, pp. 127-162, 1986.

[Hashemi 89] Hashemi, S.: The Plant Expert System (PLEXSYS) Development Environment: System Description and User's Manual, Version 2. EPRI Report, NP-6410, 1989.

[Hewitt 86] Hewitt, C.: Offices are Open Systems. ACM Trans. on Office Information Systems, Vol. 4, No. 3, pp. 271-287, 1986.

[Lenat 90] Lenat, D.B., Guha,R.V.: Building Large Knowledge-Based Systems. Addison-Wesley, 1990.

[Mizoguchi 90] Mizoguchi,R., Matsuda, K, Nomura, Y.: ISAK: Interview System for Acquiring Design Knowledge - A New Architecture of Interview Systems Using Examples -. Proc. JKAW'90 (1st Japanese Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop) , pp.277-286, 1990.

[Tijerino 90] Tijerino,Y., Kitahashi,T, Mizoguchi, R.: A Task Analysis Interview System that Uses a Problem-Solving Model. Proc.JKAW'90 (1st Japanese Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop) , pp.331-344,1990.

(4) 第5世代プロジェクトのKappa

Kappaは第五世代コンピュータプロジェクトの一環として、ICOTで研究開発が進められているデー

タベース、知識ベースシステムである。

第五世代コンピュータプロジェクトが目指す知識情報処理においては、大規模で詳細な知識を蓄積するための知識ベースが必要であるが、そのためには従来のデータモデルに基づくデータベースでは不満足な点が多い。

Kappa (Knowledge APPLication-oriented Advanced Database and Knowledge Base Management System) は1985年から開発が始まり、逐次型推論マシンPSI上で動くシステムとして、1987年にKappa-Iが、1989年にKappa-IIが完成した。平成3年度中には、並列推論マシンPIM上で動くシステムとして、Kappa-Pが完成予定である。

①Kappaの設計思想

知識情報処理においては、それぞれの応用分野の知識ベースを簡単に構築し、利用することができなくてはならない。また、データと知識とを区別することは一般には困難であり、両方に区別なくアクセスできなくてはならない。これを満足するためのKappaの設計思想は以下のとおりである。知識ベースはデータベースの拡張になっていなければならない。システム全体は、データベース、知識ベース、ユーザインタフェースの三つの層からなる。データベース層のデータモデルは非正規関係モデルであり、semantic networkやclassification hierarchyもサポートする機能を有する。ルールや構造データを表現する項 (term) も一つのデータタイプとして扱われ、単一化やパタンマッチによって検索できる。データベース層においては、大量のデータに対する処理の効率性が求められる。さらに、多くの個人用ワークステーションで利用するためには、分散型である必要がある。知識ベース層を記述するために知識表現言語を利用し、演繹データベース、オブジェクト指向データベースの概念を取り入れる。ユーザインタフェース層では、グラフィック機能や構造エディタなどを提供する。

図表Ⅲ-2-20はKappaの構成であり、この図でDDは演繹データベース (deductive database) を、OODはオブジェクト指向データベース (object-oriented database) をそれぞれ表わす。

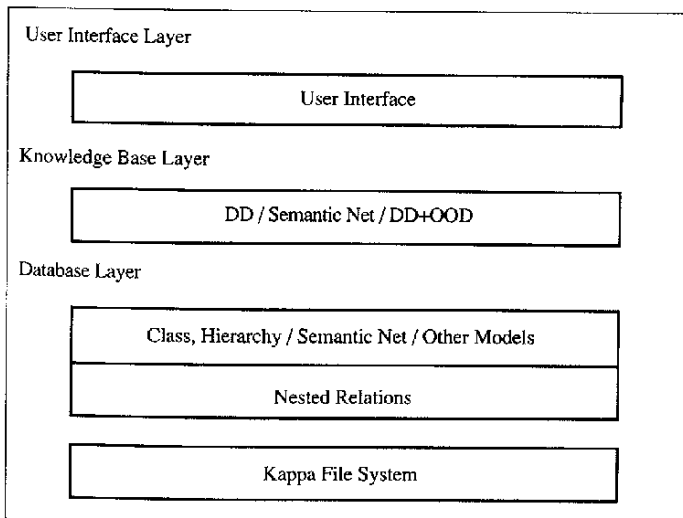
②非正規関係モデル

データベース層ではさまざまな種類の構造データを効率良く扱う必要がある。この要請を満足させるために、基礎となるデータモデルとして非正規関係モデルを選び、その上に他の種々のデータモデルを載せることにした。非正規関係モデルは、工学、事務、地理などのデータベースの新しい応用において、関係モデルよりも効率的であることが広く知られている。

非正規関係モデルにおいては、オブジェクトのような形の集合オブジェクトと素性名オブジェクトのような形のタプルオブジェクトを扱うことができる。第2の形は、いわゆるフレーム形式のデータを扱うのに便利である。

これは関係モデルの自然な拡張になっており、表現の上でも、また処理の面でも効率がよい。この拡張に従って、nest、unnest演算を含む関係代数もまた拡張することができる。

図表Ⅲ-2-20 Kappaの構成



③その他の機能

Kappaの実際のモデルには、実用上の理由から、これ以外の機能も入っている。それには、リスト、バッグなどのコンストラクターや、データタイプとしての項 (term)、また、それらを検索するための単一化やパターンマッチの演算などがあり、さらに制約論理型プログラミング言語を使用して、制約も記述することができる。

非正規関係モデルは、知識情報処理で多く用いられる複雑な構造データに対しては柔軟でかつ効率的であるが、エンティティー間の意味的な関係を表現することはできない。そこで、このために二つのデータモデルを追加している。

第1のものは、is-aやhas-aなどの関係からなるclassification hierarchyであり、第2のものはsemantic networkである。これらは自然言語における概念辞書や概念体系を表現するような目的のために用いることができる。データベース層では、階層やネットワークにおけるデータの取扱い、および単純な継承に関する操作だけをサポートしているが、それ以上の意味的な操作は、その上の知識ベース層が担当する。

さらに、ワークステーションという環境下での他の処理系との統合的な利用法を考慮して、テキストをデータタイプとして扱うことにより、エディタや他の通常のファイルインタフェースと組み合わせる利用ができるようになっている。また、項をデータタイプとして扱うことにより、複雑な構造を容易に表現できて便利であるが、そのためのsemanticsと演算は高価なものにつく。そこで、項として許される形式には多少の制限が付けられている。

④並列データベース管理システム Kappa-P

Kappa-Pは、KappaのDBMS機能を発展させたもので、並列DBMSの研究とい

う実験的な側面と、ICOTで開発中の並列推論マシンPIM (Parallel Inference Machine) の環境下での各種知識情報処理応用プログラムでの利用という実用的な側面とを併せ持つシステムである。機能的には、拡張関係代数を中心にした言語処理系、および並列処理のための分散データベース機能が拡充されている。また、処理面としては、PIM上の基本的な並列論理型言語KL1に適したプロセス指向の設計、および言語の各階層に対応した各層での並列処理が特徴である。具体的には次のようになる。

・非正規関係モデルの採用

応用との相性を考え、Kappa-IIのモデルを踏襲する。ただし、ユーザ記述言語はより高水準な拡張関係代数レベルの言語とする。

・問い合わせ処理のトランザクション単位での一括受け入れ

効率的な並列処理のため、問い合わせを大きな単位で一括して受け付ける。

・並列処理のための分散データベース機能

より一層の並列処理を目指すため、テーブルの水平分割/複製を行う。

・主記憶データベースのサポート

主記憶上の一時テーブルを2次記憶のテーブルの複製とする擬似主記憶データベースを採用する。

⑤Kappa-Pのシステム構成

Kappa-Pは独立したDBMSの集まりから構成され、そのうちのいくつかは、全体のテーブル情報を管理するサーバDBMSである。サーバ以外がローカルDBMSとなる。ユーザからの問い合わせは、インタフェースプロセスと呼ばれるDBMS外の部分で、ローカルDBMS間の通信量と並列度が考慮されて分割され、それぞれのローカルDBMSに渡される。

サーバDBMSは、あるテーブルがどのローカルDBMSに存在するかをインタフェースプロセスに知らせるという役割だけを持っている。また、ロ

ーカルDBMSは、自分の資源に対する処理と、その処理に関係する他ローカルDBMSとの通信だけを行う。

言語階層としては、ユーザ記述言語が最上位にあり、これがインタフェースプロセスで、拡張関係代数に変換される。これはさらに、テーブルの位置情報によって、部分関係代数列に分割される。ローカルDBMSに渡されるのは、この部分関係代数列であるが、これはさらに拡張関係代数処理のため、中間言語に変換される。最終的にこれが解釈・実行される際には、原始コマンドが発行されることになる。

5.4 ハイパーメディア技術

ハイパーメディアとは、コンピュータという新しいメディアを利用することにより、さまざまな情報の組織化に非線形構造を用いることを可能にした、情報の作成・蓄積・組織化・利用のためのシステムと定義できる。

ここでは、マインドツールとして研究されてきたハイパーメディアの生い立ちと、ハイパーメディアの最も特徴的な機能である、

- ①新しい情報表現・伝達メディアとしてのハイパーメディア
- ②大量情報を管理する情報組織化技術としてのハイパーメディア

の二つの側面について、その技術動向を分析し、大規模知識ベースとの関わりについて考察する。

5.4.1 マインドツールとしてのハイパーメディア

コンピュータを最も一般的に定義すれば、それは人類の知的活動を支援する道具であるといえることができる。「支援」には「代行」と「道具提供」との二つの形態があり得る。

例えば、設計支援では、設計自動化システム (DA: Design Automation System) と設計支援システム (CAD: Computer Aided Design System) の2種類のシステムが存在する。同様に、知的活動の支援シス

テムの開発においても、①知的活動の代行システムと②知的活動のツールシステムの二つの方向がある。

Xerox PARCを中心に始まったダイナミック・メディアの研究は、方向②の知的活動のツールシステムの開発を目指したものでマインドツール（思考の道具）とも呼ばれる。

ハイパーメディアの研究の歴史は、このマインドツールの研究の歴史でもある。その歴史は、1945年のV. Bushの論文“*As We May Think*”におけるMEMEXにまで遡ることができる。このシステム構想は、マイクロフィルムリーダをベースにしていることを除けば、今日のハイパーメディアシステムそのものである。D. C. Engelbartは、当時、ほとんど省みられることのなかったV. Bushの論文に大きな刺激を受け、1960年代初頭に「思考増幅器」の構想を立て、60年代後半にマインドツールのプロトタイプを開発している。Engelbartにより今日のマウス、電子メール、マルチウィンドウ、共有スクリーン、遠隔電子会議などの実現がはじめて行われた。同じ頃、T. H. Nelsonは、Xanadu（桃源郷）と呼ばれるハイパーメディアの構想を提案した。Xanaduは、地球規模の電子出版ネットワークで、あらゆる情報を自在に検索し利用することができ、その利用は自動的に課金される。執筆による新しい情報の生成も、このネットワーク上でなされ、他の文献を引用した場合、引用箇所のコピーは作られずに、オリジナルの引用箇所へのポインタのみがはられる。すべての出版がこのネットワーク上でなされることにより、蓄積されている情報の間に結合リンクのネットワークを形成し、自然に情報の組織化が促進される。

その後、これらの研究は、Xerox PARCでのパーソナルコンピュータとダイナミックメディアの研究へと引き継がれていった。当時Xerox PARCにいたA. Kayが“*Reactive Engine*”と“*Dynabook*”の構想を提案し、これらを実現するための基盤技術として、パーソナルコンピュータと対話型高水準言語の研究が始まり、AltoマシンとSmalltalkが開発された。この

頃、東海岸では、MITのN. Negroponteがメディアームの研究に取りかかっていた。Nelsonのハイパーメディアの構想はダイナミックメディアの考えを取り入れて、Xerox社のNoteCardsや、Apple社のHyperCard等のハイパーメディアシステムを生んでいる。

5.4.2 情報表現・伝達メディアとしての

ハイパーメディア

メディアは情報の伝達媒体である。メディアの役割は情報に種々の機能を付加することである。ハイパーメディアを単にマルチメディア情報の組織化に非線形連想構造を用いるシステムと定義するのではなく、種々の機能のメディアの統合環境を提供するシステムと定義する視点が重要である。このような立場では、種々のツールも情報に機能を付加するメディアと見なすことができる。

一般にあまり認識されていないようであるが、ハイパーメディアは、コンピュータを用いた情報管理と利用を行うシステムの中で、メディア自体の持つ意味を意識した設計が始めてなされたシステムである。ハイパーメディアでは、情報提示の単位として、テキストの書かれたカードやページといったメディアが必ず使用される。情報を提示するメディアの形態をこのように意識した設計は、従来のデータベースや情報検索システムには見られなかったものである。

メディアは情報の伝達媒体である。伝達の形態をより多様化したいとの人類のたゆまない希求心は、現在に至るまでに、種々の機能を持った多様なメディアを発達させてきた。

ダイナミック・メディア（ドキュメントそのものの陰にそのドキュメントを作成するためのツールなどの何らかの機能が付随しているオブジェクトをダイナミック・メディアという）に対して望まれる機能としては、以下のようなものがある。

①定義表示機能

ダイナミック・メディアの定義をディスプレイ上でビジュアルに行う機能

②リンク機能

ダイナミック・メディア間のリンク構造を定義し、リンクを辿るナビゲーションを可能にする機能

③組み合わせ合成機能

複数のダイナミック・メディアをディスプレイ上で組み合わせ、合成機能を持った新しいダイナミック・メディアを構成する機能

④管理・検索機能

種々のダイナミック・メディアを統括管理し、要求に応じて条件に適合したダイナミック・メディアのみを多数のダイナミック・メディアの中から検索する機能等

⑤配送機能

種々のダイナミックメディアをネットワークを介して他のワークステーションへ配送する機能

⑥メディア共有機能

種々のダイナミックメディアを複数の利用者がネットワークを介して共有する機能

⑦イベント共有機能

種々のダイナミックメディアに対する操作イベントを複数の利用者がネットワークを介して共有する機能

これらの機能の有無により、ダイナミック・メディアシステムを図表Ⅲ-2-21のように10種類に分類する。ハイパーメディア技術の研究開発は、今後分散ハイパーメディアキット管理システム(Distributed hypermedia kit management system)に向かって展開していくこととなる。

一方、CD-ROMやレーザーディスクなどのマルチメディアの記憶媒体の進歩により、従来は逐次読み出ししか許されなかった画像、音声、映像がランダムにアクセスできるようになり、ランダムにアクセスされた断片を順々に繋いで時間遅れなく再生することも技術的に可能になった。即時に、情報圧縮の技術も著しく進歩した。

このような技術の進歩を踏まえると、画像、音声、映像などの情報をオリジナルはそのままに保ちつつ、それらの断片情報へのアクセスの順序をプログ

ラムで変更することにより、あたかも自在に編集可能なメディアが存在しているかのように、利用者が直接編集できる仮想的メディアをコンピュータ・ディスプレイ上に実現することができる。

今後は、互いに関連を持つ異なるメディア情報をいかに自動的に結合するかが大きな課題となる。これらが時系列情報の場合には、お互いの同期を取る必要がある。

このようなメディアシステムの進展はヒューマンインタフェースの重要性を指摘する役割を越え、今、新たな視点を生み出しつつある。それは、コンピュータの情報表現メディアが人間の情報表現メディアと同じものになるという視点である。コンピュータは、マルチメディアゆえに発生する膨大なデータ量を克服するだけのデータ圧縮技術(ソフトウェアで、1/30程度、DVIなどのハードウェアを含めた技術を使えば、その数倍は圧縮ができる)、処理能力、記憶容量、ディスプレイ表示能力をパーソナルに利用可能な形で獲得したのである。

ハイパーメディア、ハイパーテキストの出現はコンピュータが人間と同様の情報表現メディアで情報を扱えるようになったことを具体的に示しているのである。

5.4.3 情報の組織化技術としてのハイパーメディア

現在、さまざまな文書(例えば、辞典、マニュアル、解説書などの文書)が世の中に流通し、多様な形で使われているが、今後はこれらの文書が電子化され、さらに情報化社会の進展とともに、ネットワークを介した形での普及、発展が考えられる。こうした電子化された文書量は膨大となり、その文書の維持管理、さらにはその効率的な利用法が重要な課題となる。そしてこれらの文書は、単に検索に利用できるのみではなく、体系化された知識として格納される必要がある。いうなれば電子化された文書の内容を理解し、その活用法を支援する技術が今後ますます重要になる。とりわけ、ハイパーメディアにおいては、膨大な電子化文書環境の中から、利用者

図表III-2-21 ダイナミック・メディアシステムの分類 [IJAIC 90]

メディア・システム \ 機能	定義・表示機能	リンク機能	組み合せ合成機能	管理・検索機能	配送機能	メディア共有機能	イベント機能
1. Presentation system	○						
2. Hypermedia system	○	○					
3. Media kit system	○		○				
4. Hypermedia kit system	○	○	○				
5. Multimedia DB	○		○				
6. Hypermedia kit management system	○	○	○	○			
7. Media mailing system	○				○		
8. Shared hypermedia system	○	○			○	○	
9. Event-sharing hypermedia system	○	○			○	○	○
10. Distributed hypermedia kit management system	○	○	○	○	○	○	○

の知りたいことを的確に検索するための主題の抽出、また読みたいところ、見たいところのみを要約して見せるなどの状況が今後頻繁に発生すると予想される。ここに、関連する箇所のリンクをたどるといふ従来の技術以上のより知的なハイパーメディア処理技術に対する期待が生じる。

特に、企業は、その活動に必要なさまざまな情報を大量に蓄えている。例えば、特許、設計図、仕様書、マニュアル、経理書類などその種類は多岐にわたり、また相互に複雑に関連している。それらをすべて有効に利用することができるかどうか組織の効率上極めて重要なテーマである。従来、重要な情報は、専用の情報処理システムの中に取り込まれて特別に管理されてきたが、その他の情報は一般のデータベースによる管理や、もっと悪い場合は単にファイルの集合として管理されてきた。ハイパーメディアがこのような問題への有力な解と目されていることは、Bush や Engelbart の基本的問題意識が情報過多に対する危機感に根ざしていたことを思い出すまでもない。T. Nelson の Xanadu が目指すような、

文書の出版と蓄積と利用のための統合環境を地球規模のネットワークシステムで支援し、この環境における利用者の知的活動によって、蓄積情報の組織化を図るという試みは、企業における前述の諸問題にも適用可能な考え方である。しかし、現在のハイパーメディア技術は、まだこれらの複雑に関連するドキュメントを自動的に組織化し、適切な情報を選択するような枠組みは、提供していない。

今後のハイパーメディア技術に求められる機能は、

①すでに大量に保有してい

るデータに自動的にリンクを張る機能

②AIなどを応用した強力な検索機能

③さまざまな編集に耐えるバージョン管理

④データの追加、削除などの操作に関する権威づけ機能

⑤ユーザのレベルに応じた可視制御

特に①は情報のハイパーメディア化をしようとした時に必ず最初に直面する問題である。リンキングは多分に労働集約的な面があり、大量情報を対象にそれを行う場合は何らかの支援ツール、または自動化技術が不可欠である。こうした問題はすでに大量のデータを保有している企業組織にとっては、重要な問題である。②も情報を戦略的に活用する上では非常に重要な機能である。検索機能が強力であればある程より多くの有用な情報を大量のデータの中から取り出すことができるわけでその意義は大きい。③もやはり、欠くことができない機能といえよう。開発過程における度重なるバージョンアップはきちんと整理して保存しておく必要がある。④、⑤は戦略情報に対する可能な操作の種類を組織内のポジシ

ョンなどにより制御するための機能であり、これもまた企業組織にとって、大きな問題である。

以下に、情報の組織化技術としてのハイパーメディアの将来について考察する。

将来のハイパーメディアは、さまざまな情報単位を相互に関連づけたネットワークであるハイパーメディアに、知識ベースの考え方を導入したシステムであると捉えることができよう。このような知識ベースに適した知識表現形式に「概念ネットワーク」がある。概念ネットワークは「概念」を表わすノードを意味的な関係リンクによって相互に関連づけたネットワークである。ノードは物理的な物や抽象的な概念を代表する。基本知識と個別知識を表現するこのような概念ネットワークに、さらにメディア情報のネットワークであるハイパーメディアを融合することはごく自然な考え方である。概念ネットワークは事物（概念）の上下関係（包摂関係）と部分全体関係による体系化がなされているため、知識ベースのブラウジング（あちこちを歩き回る感覚で見る）を分かりやすく実現することができる。従来の情報検索では、検索条件を入れるとそれに合致する情報だけが一方通行的なやり取りで示されたが、本来は、あちこちを見て回る感覚で情報を探す方法も重要である [Marchionini 88]。

以上のようなハイパーメディアの構想は、次に述べるような大規模知識ベースの思想に極めて合致した形態となる。

大規模知識ベースは、従来の「専門家システム」のためのプロダクションルールを集めた狭義の知識ベースを単に大規模化したものではない。「知識ベース」が真に役立つためには、コンピュータが理解できる形式で表現された知識のみではなく、大規模なメディア情報を持ち、全体として人間の専門家に役立つことが必要であることが議論されている。テキスト（文字列）、図形、表、写真、画像、音声などの一定の情報の塊を相互に関連付けたメディア情報を包含する。また、この情報の塊の大きさは、ど

のようであつてもよい。例えば、文字情報はある事実を表わす一文でもよいし、あることを解説した節（パラグラフ）でもよいし、あるいは章でもよい。さらに大きく捉えて文書全体を一つの情報塊としてもいいシステム形態をとる。

<参考文献>

- [Brachman 85] R. J. Brachman and J. G. Schmolze, "An Overview of the KL-ONE Knowledge Representation System," *Cognitive Science*, 9, 1985, pp.171-216.
- [Bush 45] Bush, V., *As We May Think*, *The Atlantic Monthly*, Vol.176, July 1945, 101-108.
- [CACM 89] CACM, 32 (7), Special Issue on Interactive Technology.
- [Davis 87] R. Davis, "Knowledge-Based Systems: The View in 1986," in W. E. Grimson and R. S. Patil (Ed.), *"AI in the 1980s and Beyond,"* Cambridge, Mass., MIT Press, 1987, pp.13-41.
- [Engelbart 63] Engelbart, D. C., and English, W. K., *A Research Center For Augmenting Human Intellect*, AFIPS Proceedings, Fall Joint Computer Conference, 1963.
- [Engelbart 73] Engelbart, D. C., Watson, R. W., and Norton, J. C., *The Augmentated Knowledge Workshop*, Proceedings of the National Computer Conference, 42, AFIPS Press, Reston 1973, 9-21.
- [Fujisawa 86] Fujisawa, H., et al., *A Personal Universal Filing System Based on the Concept-Relation Model*, Proc. 1st Int. Conf Expert Database Systems, 1986, 31-44.
- [Gibson 79] Gibson, J. J., *The Ecological Approach to Visual Perception*, Houghton Mifflin Comp. Boston, 1979.
- [Greif 88] Greif, L. (ed.), *Computer-Supported Cooperative Work: A Book of Readings*, Morgan Kaufmann, 1988.
- [Halasz 88] Halasz, F. G., *Reflections on NoteCards: Seven Issues for the Next Generation of Hypermedia*

Systems, CACM, 20, 1988.

[Kay 77] Kay, A. and Goldberg, A., Personal Dynamic Media, IEEE Computer, 10 (3), March 1977, 31-42

[Marchionini 88] G. Marchionini and B. Shneiderman, "Finding Facts vs. Browsing Knowledge in Hypertext Systems," Computer, Vol. 21, No. 1, Jan. 1988, pp.70-80.

[McLuhan 64] McLuhan, M., Understanding Media: The Extension of Man, McGraw-Hill, 1964. (「メディア論」、栗原裕他訳、みみず書房)

[Nelson 65] Nelson, T. H. A File Structure for the Complex, the Changing, and the Intermediate, Proc. of the ACM National Conference, 1965, 84-100.

[Nelson 81] Nelson, T. H., Literary Machined Swathmore, PA, 1981.

[Quillian 68] M. R. Quillian, "Semantic Memory," in M. Minsky (Ed.), "Semantic Information Processing," Cambridge, Mass., MIT Press, 1968, pp.227-270.

[Tanaka 85] Tanaka, Y. and Takahashi, K., Transmedia Machine, in A. K. Sood, A.H. Qureshi (eds.), NATO ASI Series, Vol. F24: Database Machines, Springer-Verlag, 1985, 459-471.

[Yankelovich 88] Yankelovich, N., Haan, B. and Meyrowitz, N., Intermedia: The Concept and the Construction of a Seamless Information Environment, IEEE Computer, Jan., 1988.

[IJAIC 90] ICOT-JIPDEC AI センター編、知的ハイパーテキストに関する調査研究、(財)日本情報処理開発協会発行、578pages, 1990.

5.5 高性能マシン技術

大規模知識ベースに必要な機能としては、大量の知識を収集・蓄積・管理・利用するためのデータベース的機能と、知識獲得・テキスト処理・知識検索などのための知識処理機能とがある。これらの機能を実現するためには、扱うべき情報量の大きさ、情報形式の非定型性、処理内容の複雑さなどからみて、

高度な並列処理技術を用いた高性能マシンの投入が必要と判断される。以下では、大規模知識ベースへの適用という視点からみた、データベース・マシン技術ならびに知識処理マシン技術の現状と将来動向について概観する。

5.5.1 データベース・マシン技術

(1) 大規模データベース向マシン

現在、本格的なデータベース・マシン (DBM) の展開が進められているのは、いずれも関係型データベースを対象にしたものである。データベースに対する並列処理の考え方には、均一構造のマルチプロセッサを用いた負荷分散型と、データベース処理のための特定機能 (例えばソート機能、ハッシュ機能など) を高速に処理する複数の専用の要素プロセッサを組み合わせる機能分散型がある。

負荷分散型DBMの多くは、通常のマルチプロセッサ技術を使って実現されており、LANによる疎結合型マルチプロセッサ形式のものと、共有メモリによる密結合型マルチプロセッサ形式のものとがある。疎結合型の例としては、Teradata社のDBC/1012を初めとして、MCCのBUBBA、Wisconsin大のGAMMA、東京大学のFDSなどがある。これら疎結合型の狙いの特徴として、データベースを分散化することにより、I/Oバンド幅のボトルネックを緩和するという考え方がある。密結合型は現在最も注目されているものであり、Sequent社のSYMMETRYマシンや、Enore社のMULTIMAXマシン上に、市販の関係型データベースシステムであるOracleやIngressなどを載せたものがその例である。この中で特に目立つものは、代表的なハイパーキューブ・マシンであるNCUBE2にOracleを移植したものである。

ここで注意しておきたいことは、これらのDBMの実現に用いられている密結合型マルチプロセッサ・システムがいずれもMIMD方式のものであることである。しかし、これはSIMD方式にまったくチャンスがないということではなく、タプル数の多い場合のジョイン演算などに有効であることが、代表

的なSIMDマシンであるコネクション・マシンCM-2を用いた実験で確かめられている。

(2) システム管理向マシン

図表Ⅲ-2-22は、①→②→③という推移、すなわち、データの独立性が強くなるに従って、処理の負担がアプリケーション・プログラム側からデータベース側に移っていくことになる。データベースから知識ベースへの動きはデータ独立性を大幅に増すものである。それだけシステム管理の役割も大きくなるわけである。

ここでいうシステム管理とは、図表Ⅲ-2-22の②のケースにおける“データ更新プログラム”あるいは③のケースにおける“データ更新／参照ロジック”などの機能に相当するような内容の仕事を目指す。トランザクション処理で問題になるように、データへの並行的なアクセスでは競合が発生する。これを解決するのはシステム管理の責任である。また、データへのアクセスに関しては、機密保護の問題がある。その他、何かの障害が起きたときの手当も必要になる。これらもシステム管理の仕事である。さらに、システムが効率よく稼働するためには、システム全体のリソースをダイナミックに管理することが必要で

ある。こうした管理を完全に行うには一貫した管理が必要であり、したがって、システム管理は集中化しなければならないという考え方が有力である。

システム管理には多様な処理が含まれ、その負担も大きいことから、データベース・システムの管理にはメインフレームの機能ならびに性能が必要であり、現在のメインフレームは将来データベース・サーバとして生き残るという見方をする人が多い。しかし、これが本当に正しい考え方かどうかは、なお検討を要する問題である。

(3) テキスト処理向マシン

われわれの取り扱うべき知識の多くは、テキストの形態をとるものである。したがって、それらの処理に必要な機能は必ずしも一般向きのものでなくともよく、テキスト処理に重点化することが考えられる。テキスト処理に必要な機能の中で、最も使用頻度の高いものはテキスト検索機能である。

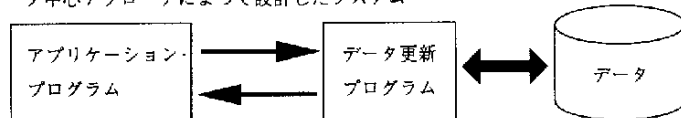
テキスト検索には、これまでキーワードや分類コードによるものが用いられてきたが、文書量の急速な増加という近年の状況に直面して、その限界が明らかになりつつある。すなわち、従来からのインデックス方式を使った情報検索システムでは、文書量

図表Ⅲ-2-22 オブジェクト指向におけるプログラムとデータの関係

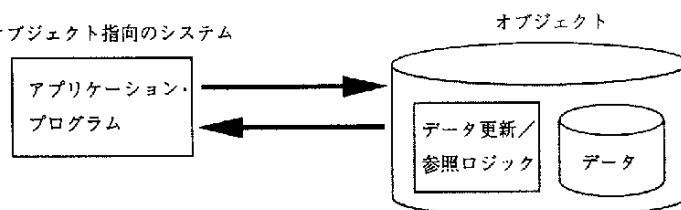
①従来のアプリケーション・システム



②データ中心アプローチによって設計したシステム



③オブジェクト指向のシステム



の増大に伴ってインデキシング作業の負担が過大になること、キーワードの選択が微妙になって専門知識が必要になるため一般ユーザには扱いきれなくなることなどが問題となっている。また、大規模文書データベースにおける絞り込みの難しさ、内容変化の激しい技術文献データベースにおける検索精度の低下なども大きな問題となってきている。

このような問題意識を背景にして、インデックス方式に代わるものとして注目を集めてきたのが、“自由な言語による検索を目的としたフルテキストサーチ（自由語全文検索）方式”である。このフルテキストサーチを実現するためには、蓄積ファイルからテキストデータを高速に読み出す技術と、このテキスト中に対象とする語列を高速に探し出す技術が不可欠である。この技術を実体化するためのアプローチとしては、現在のところ、専用マシンを作るものと、汎用的な超並列マシンを利用するものとが実現されている。

専用マシンによるアプローチでの代表例は、日立中央研究所で開発されたTSM-I [加藤 90]である。このマシンでは、文書の本文を高速にスキャンしサーチするために、テキストデータを高速にアクセスできる並列駆動型の磁気ディスク装置を開発すると共に、指定された言葉だけでなく、その同義語や異表記語を含めて一括して高速に検索できる多重文字列照合プロセッサが開発されている。さらに、検索

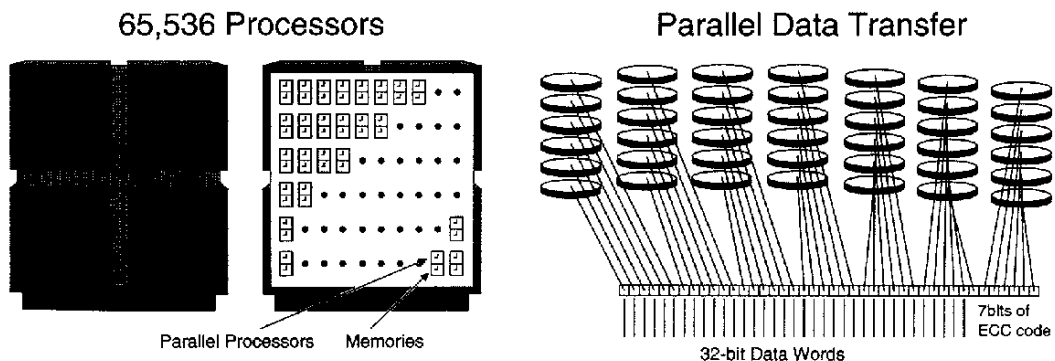
時間を実用領域に持ち込むために、サーチ速度を等価的に加速するサロゲート方式に基づく階層型のプリサーチ方式が工夫されている。この他、これに比較的近いアプローチをとっているものに、米オハイオ州立大で開発されているHYTREM (hybrid text-retrieval machine) がある。

汎用超並列マシンを用いた例としては、米Thinking Machine社のコネクション・マシンCM-2によるものが代表的である [Waltz 90] (図表Ⅲ-2-23)。CM-2はビット並列のSIMD方式のマシンで、最大で65,536個の1ビットプロセッサ（メモリ32KB）をハイパーキューブ方式で結合している。ディスク装置はData Vaultと呼ばれ、並列データ転送と高信頼性の工夫が巧みに織り込まれている。

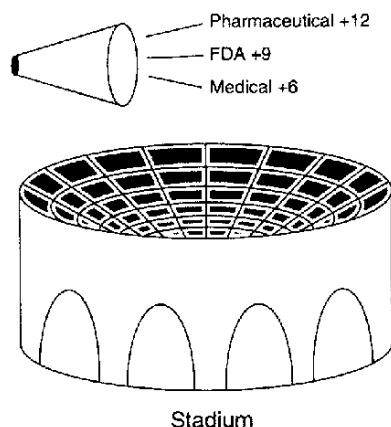
検索の対象になる文書は、情報圧縮の処理が行われた後、各プロセッサのローカルメモリに分散配置される。検索は1960年代に提案された“relevance feedback”方式によっている。それによると、検索は重み付けされた検索語が各プロセッサにブロードキャストされ、それぞれのプロセッサは自分の担当する文書について、検索語を受け取るたびにそれがヒットするかどうかを調べ、ヒットしたときには重みの値を得点として加算していく (図表Ⅲ-2-24)。

検索語が全部流され終わると、上位の得点をした原文が利用者の指示によって順番に提示される。検索はこれだけで終わらず、提示された文書の中に関

図表Ⅲ-2-23 CM-2の概要 [Waltz 90]



Data Parallelism Searching All The Documents At Once



図表III-2-24 超並列マシンによる
テキスト検索 [Waltz 90]

DowQuest (Dow Jones)

Commercial Service

- * on-line since January 1989
- * ~45,000 subscribers
- * ~300 sources for documents
- * "Database of the Year" award, Online, 1989

Hardware

- * two 32K processor CM-2, 256MB memory each
- * two Data Vaults, 5GB each
- * one 32K: "on-line and dribble update of database"
- * other 32K: "hot backup" and permanent database update

performance

- * 170 msec search time (100 terms)
- * 99.9+ % queries handled in <1.5sec. including front end time
- * 800MB text, compressed 3.3:1

心のある部分を見つけた場合には、その部分をシステムに指定すると、そこに含まれる主要語を検索語として再び先のような検索が行われる。利用者はこれを必要なだけ繰り返せばよい。この方式の特徴は、ソフトウェア的な工夫だけによって高性能のテキスト処理マシンを実現した点にある。これは経済情報 (Dow Jones) の検索に応用されて、広く実用されている。

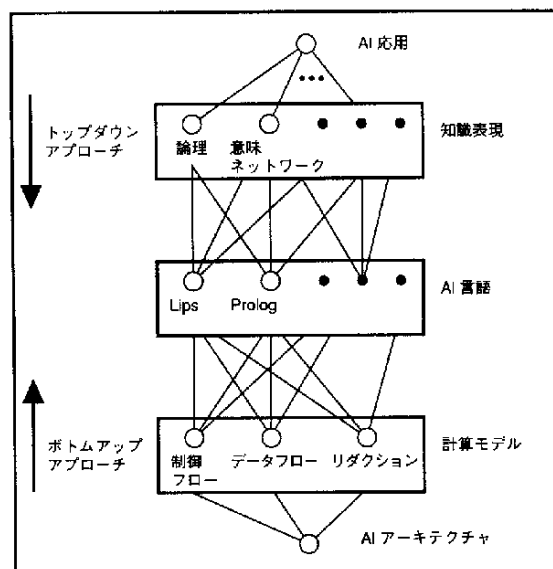
5.5.2 知識処理マシン技術

(1) 知識処理向マシン

人工知能の研究そのものが一種の見直し期にある現在、知識処理向マシンについて特に新しい動きは見られず、現状レベルの知識処理に関しては、最近高性能化の著しいワークステーションをいかに活用するかが世の中の関心事であるように見受けられる。事実、昨年の米国AI学会 (AAAI) においては、第一レベルの目次には、AIマシンあるいはAIアーキテクチャという項目は見当たらなくなっている。

しかし、1980年代にはAIマシンの研究開発は非常に活発に行われ、多くの成果を上げている。その概要は文献 [Hwang 87] に詳しい。そこに紹介されているマシンの全容は、図表III-2-27～図表III-2-29に示されているとおりである。図表III-2-25と図表III-2-26は、そこでの分類の枠組みを説明したものである。

図表III-2-25 AIアーキテクチャへのアプローチ



これらのマシンのうちの大部分のものは、何らかの形で並列処理構造を持つものであるが、1,000台以上の要素プロセッサを持つ、いわゆる超並列マシンも数多く含まれている。大規模知識ベース・システムでは、さまざまな規模の、さまざまな機能が必要とする処理が行われるので、上記のマシンのいずれにも番がありうるが、その中で特に主役としての活躍が期待されるのは、わが国の第五世代プロジェクトで開発中の並列推論マシンPIMである。

PIMマシンの基本的な性格は、次の2点に要約できる。

- ・並列論理型プログラミング言語GHCをベースにした言語指向アーキテクチャ

- ・密結合と疎結合の2階層結合構造を持つMIMDマシン

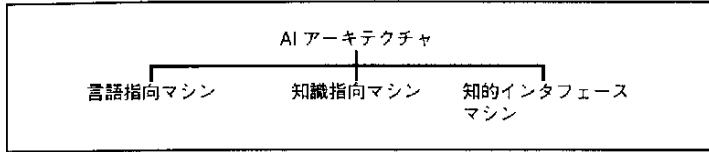
GHC (Guarded Horn Clauses) は、Prolog系の言語であり、他の並列論理型言語と同様にガードのメカニズムを導入して並列実行に対応している。PIMの各プロセッサは、WAM (Prolog実行用に設定された抽象マシン機械語) レベルの中間言語KL1-Bを受け付けるようになっている。PIMの実際のプログラミング言語はGHCそのものではなく、GHCのガードに制限をつけたうえ、実行管理、資源管理、優先順位、負荷分散指定のための機能を強化した言語KL1である。KL1からKL1-Bへの変換にはコンパイラが用意されている。

PIMのMIMD構造には複数の方式が用意されているが、そのうちのひとつPIM/pの構成は図表Ⅲ-2-30のようにになっている。すなわち、8台のRISC型のプロセッサをメモリ共有方式で密結合してクラスタを構成し、そのクラスタを2次元ハイパーキューブ状に疎結合するようになっている。共有メモリの容量はクラスタ当たり256MBである。

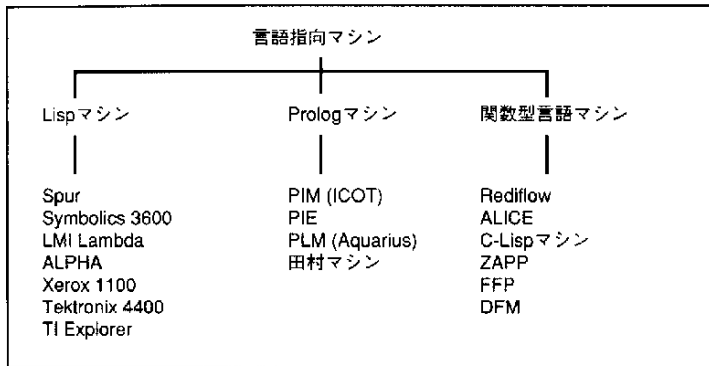
図表Ⅲ-2-31はPIMを用いたシステムの構成例である。PIMは他の超並列マシンと異なって、個々の要素プロセッサの性能が高いので、別建てのホスト・マシンを必要としない点に特徴の一つがある。プログラム開発やファイル管理なども本体上での並列処理の対象とされている。

PIMのオペレーティングシステムはPIMOSである。先に述べたように、実行管理、資源管理などプロセス単位で行われるシステム管理機能はKL1に

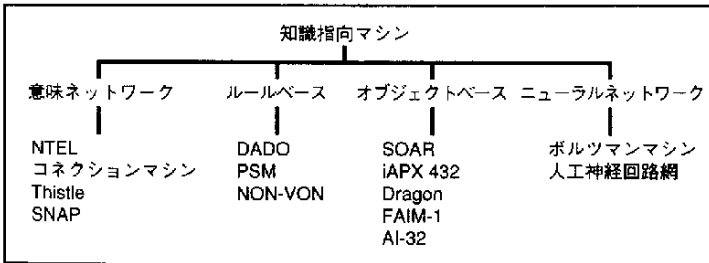
図表Ⅲ-2-26 AIマシンの基本分類



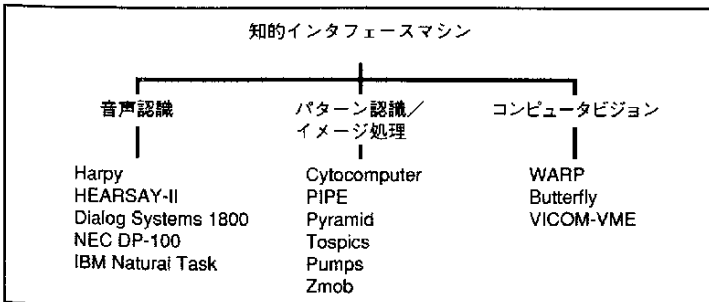
図表Ⅲ-2-27 言語指向AIマシン



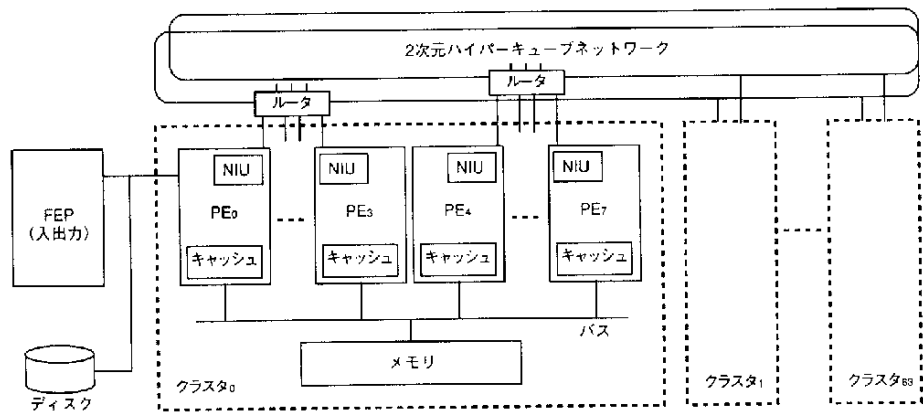
図表Ⅲ-2-28 知識指向AIマシン



図表Ⅲ-2-29 知的インタフェース・マシン

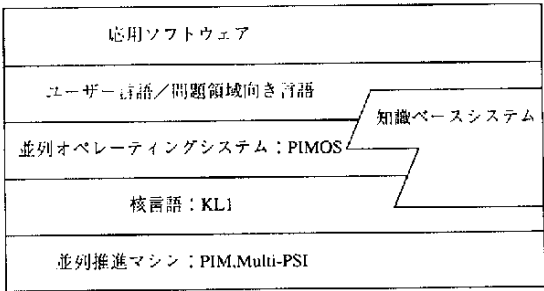


図表Ⅲ-2-30 PIM/pの構成



PE：要素プロセッサ、FEP：フロントエンドプロセッサ、NIU：ネットワークインタフェース・ユニット

図表Ⅲ-2-31 第五世代コンピュータ・プロトタイプ・システムの構成



組み込まれているので、PIMOSの担当するのはそれより上層の機能で、ユーザタスクの管理、入出力資源の管理、プログラムコードの管理、シェル機能を始めとするユーティリティ、コンパイラやトレーサなどのプログラム開発環境、各種ライブラリなどである。PIMOSもKL1で記述されている。

データベース管理システムを含む知識ベース管理システムも、PIMとほぼ同じ層に位置付けられている。このシステムの設計に際しては、第五世代プロジェクトでの代表的な知識処理応用として重点的に研究が進められている、自然言語処理システムと証明検証システムからの要求をガイドラインとして取り入れた。これらの応用システムから抽出したデータ／知識構造の特徴をまとめると図表Ⅲ-2-32のよう

になる。このような要件を考慮して知識ベース管理システムKBMSの基本的枠組みは、次のように設定されている。

- ①知識ベースはデータベースの機能を含むべきで、それをデータベースの拡張として位置付ける。
- ②システムを、データベース層、知識ベース層、ユーザ・インタフェース層の三つの層から構成する。応用に応じて各層を使い分けることが可能である。

データベース層：基礎となるデータモデルとして非正規関係モデルを採用し、意味ネットワークや分類階層などを非正規関係モデル上につくる。

知識ベース：演繹+オブジェクト指向データベースの枠組みに基づく知識表現言語を設計し、その実験的な実装を行う。

ユーザ・インタフェース層：簡単に利用できるインタフェースの実験的な実装を行う。例えば、構造データの操作ツールや半自動設計ツール、構造エディタを利用したメタデータ保守ツールなどである [横田 90]。

- (2) ニューラル・コンピュータの適用可能性
ニューラル・コンピュータの応用については、すでに実用レベルの実績が報告される段階にきてお

り、ニューラル・ネットワーク開発ツールの売れ行きもなかなか好調のようである。しかし、こうした応用の試みは、組織的に体系付けられて進められているという状況ではなく、したがって、頼りになる開発方法論などは当然存在していない。このような状況から判断すると、ニューラル・ネットワークの本格的な活用にはまだかなりの時間がかかりそうであり、当面の大規模知識ベースの開発に際して、特に記号処理的なアプローチの転換を検討しなければならないようなケースは、極めてまれと考えられる。

現在、ニューラル・ネットワークに適した応用と考えられているものは、パターン認識、分類問題、最適化問題などと、正確な定量化が困難であったりして、通常の知識獲得手法が適用できない場合の学習である。反対に、適さないと考えられているものは、数学的正確さや高い精度が必要な問題、時間的に変動するデータを取り込んで解析する問題など、演繹や段階的なロジックを必要とする応用である。

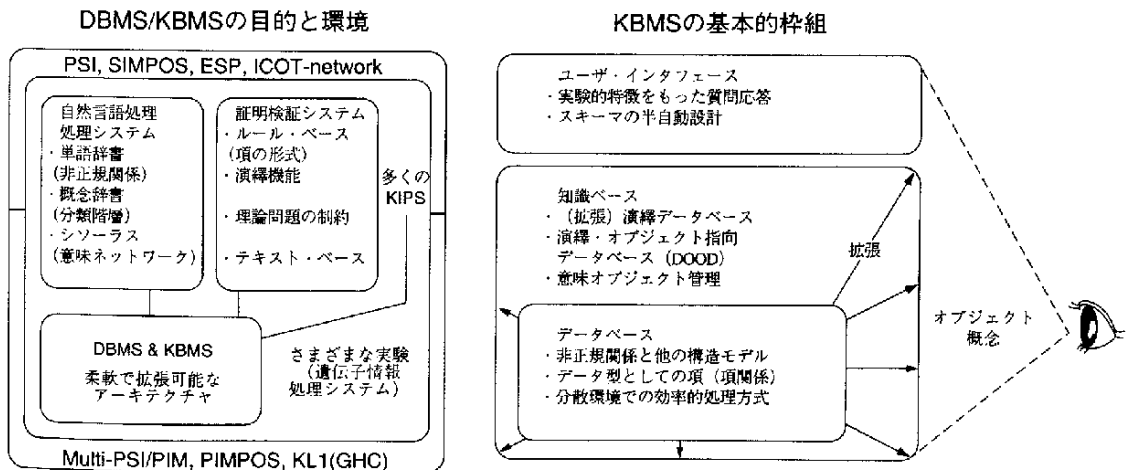
最近の情報処理におけるマルチメディア化の動向から考えると、文字認識、図形画像認識、音声認識などの機能は、大規模知識ベースでも必須のものとなることが予想される。もし、これらへの対応に遅れをとるようなことがあると、それがボトルネック

となって、システムの有効性が大きく損なわれることにもなりかねない。低レベルの認識にはニューラル・ネットワークの活躍が期待されており、上記の意味からその実用化が特に注目されるのである。また、知識の蓄積・管理に関しては、分類や最適化の問題が発生する局面がありそうで、そこでの活用も考えられる。

現在の知識処理は、ほとんどが記号処理の枠組みの中で展開されている。知識は記号を段階的に組み合わせた構造体として表現され、推論などの機能はこれらの記号と構造に依存する操作として具体化されている。このような知識処理に対して、ニューラル・ネットワークのアプローチがどのような意味を持っているか。これは、目下、研究者の間で白熱した論争が続けられている問題であり、何らかの結論が出るまでにはかなりの研究を積む必要があるであろう。したがって、現状では、そうした研究をみきわめながらも、実世界の仕事は既成の記号処理の枠組みに従って進まざるを得ない、というところである [Hinton 90]。

参考までに現在の論争の要点を紹介すると、その論点は二つあって、その一つは知識処理にとって記号的アプローチが本質的かどうか、というものであ

図表III-2-32 PIM KBMS



る。この議論は内容的にみると、人間がものを考えるときに何らかの言語を必要とするかどうかの議論に近いものである。この議論で注目されることは、ニューラル・ネットワーク研究者の間にも記号処理を本質的とする者が少なくないことである。この立場では、記号処理をニューラル・ネットワークでシミュレートするという考え方で知識処理にアプローチするわけである。実は、このニューラル・ネットワークで効率的にシミュレートするという点が第二の論点であって、任意に与えられる知識処理の問題に対してそういうニューラル・ネットワークが容易に見つかるものとしてよいかどうかで議論が分かれるのである。

ここでもう一つ注意しておきたいことは、記号的表現を本質的としない立場でも、それが直ちに記号的アプローチの存在意義を全面的に否定してしまうことにはならず、それを一種のシミュレーションとみることができることである。マシンを利用する限りでは、どちらも結局はシミュレーションの域を出られないのかもしれない。

<参考文献>

[Hinton 90] G. Hinton, Preface to the Special Issue on Connectionist Symbol Processing, Artificial Intelligence, Vol.46, No.1-2, 1990.

[Hwang 87] K. Hwang, J. Ghosh, R. Chowkwanyun, Computer Architectures for Artificial Intelligence Processing, Computer, Vol. 20, No. 1, 1987.

[Waltz 90] D. Waltz, Massively Parallel Text Processing,

[加藤 89] 加藤寛次ほか、全文検索用テキストサーチャマシンの開発、電子情報通信学会技術報告 (DE89-38), Vol. 89, No. 260, 1989.

[横田 90] 横田一正、第五世代コンピュータの知識ベース・システム、委員会資料、1990.

5.6 標準化・オープン化

5.6.1 データベースの標準化

ここでは、大規模知識ベース構築のための実装化技術の有力候補と考えられる、オブジェクト指向データベースシステム (Object-Oriented Database System, OODB System) に関する標準化活動について述べる。特に、OODBの標準化に関連する活動を行っている組織として、OMG、OODBTG、CFIを取り上げ、その活動状況などを説明する。

(1) OMG (Object Management Group)

OMGは主としてオブジェクト指向ソフトウェアに関するベンダーを中心とした国際的なコンソーシアムであり、オブジェクト管理に関して、用語統一・参照モデルの構築、応用プログラムインタフェースの作成、分散オブジェクト管理、オブジェクト指向データベースへのインタフェースの作成、その他の共通的なサービスの仕様決定などを目的として1989年にスタートした [Soley 90]。

(2) OODBTG (Object-Oriented Database Task Group)

OODBTG (オブジェクト指向データベース・タスク・グループ) は1989年1月に設立された団体で、ANSI/SPARCのX3標準化委員会 (情報処理システムに関する標準化委員会) に対するアドバイザリーグループの一つであるDBSSG (Database system Study Group) の要請により、オブジェクトデータベースシステムの標準化の候補となる項目を決定するための調査活動を行っている。OODBTGの最終技術レポートは1991年にDBSSGに提出される予定で、この内容にはX3標準化委員会がオブジェクト指向データベースシステムの標準化活動をどのように行うかに関する勧告が含まれる予定である。

1990年5月にニュージャージー州のアトランティックシティにおいて開催された第1回ワークショップと、1990年10月にカナダのオタワ市で開催された第2回ワークショップ [OODBTG 90] の内容を考慮して最終技術レポートが作成される。さらに、

OODBTGは、現在、オブジェクトデータベース管理システムに関する参照モデルおよびサーベイを作成中である [DBSSG/OODBTG 90]。

(3) グループの活動

OODBの標準化に関しては、米国Texas Instruments社が精力的に、次のような各種の参照モデルを作成している。

①OODBの応用プログラムインタフェースに関するStrawman参照モデル [Perz 90]

応用プログラムとOODBMSとの間のインタフェースを次の三つのレベルに分類し、これに基づく参照モデルを提案している。

- a. システム・インタフェース：システムやトランザクションの開始／終了など
- b. オブジェクト・インタフェース：オブジェクトの割り付け／解放、参照変数への代入／比較、永続性の指定、オブジェクトの更新やフェッチ
- c. 付加的な諸機能：拡張型トランザクション（入れ子型など）、オブジェクトのグループ化、メモリへの常駐性の指定、前バージョンの取り出し、オブジェクトのロック、オブジェクトの命名など

これに基づき、GemStone, Iris, ObjectStore, VERSANT, ODE, Ontos, ORION, Postgres, および Zeitgeist (TI社で作成) などのOODBMSの機能比較を行っている。

②OODBにおけるトランザクション処理のためのStrawman参照モデル [OODBTG 90B]

トランザクション処理方式として、従来はserializable executionに加えて、non-serializable execution（従来のread/write conflictに関する直列性を問題にしないやり方）が重要であるとし、長期間（long-duration）トランザクションを含め、トランザクション処理に関する基本機能を27項目挙げ、10のOODBMS（AvalonC++, GemStone, Objectivity/DB, ObjectStone, Ontos, ORION, C2, Postgres, VERSANT, Zeitgeist）に対して対照比較

を行っている。

③オブジェクト質問言語のためのStrawman参照モデル [Blakely 90]

オブジェクト指向データベースに対する問い合わせ（検索質問）を記述するための言語Object SQLが持つべき機能について整理を行っており、単なる集合的操作機能以上のものが必要であるとして、望ましい機能の提案も行っている。

④オブジェクトの変更管理のためのStrawman参照モデル [Joseph 90]

主に、オブジェクトのバージョン（版）管理を行うための種々の機能を整理している。これには、現在得られているOODBMSの他に、UNIXなどのファイルシステム・ベースのバージョン管理機能なども含まれている。

(4) CAD Framework Initiative (CFI)

CADの種々のツールの共存、および相互運用可能性（interoperability）を可能とするような、Design Automationのフレームワークの構築を目標として1988年2月に設立された組織がCFIである。現在モトローラ社のA. Graham氏をpresidentとし、日米欧約20社（WSメーカー、CADメーカーなど）が参加している。

アーキテクチャ、設計方法論、設計データ管理、設計表現、ツール間通信、ユーザインタフェース、システム環境に関する技術委員会があり、1990年6月に開催されたDA Conferenceで、CFIのユーザ・ゴール・目的に関する文書を発表している。

特に、CFI Storage managerに関するグループは、ユーザ（AT&T、モトローラ、TI、UBC）と主なOODBMSベンダから構成されており、三つの文書を作成済または作成中である。これは、①ゴールと要件に関する文書配布書 [CFI 90a]、②機能仕様書（作業用ドラフト）、③インタフェース仕様書 [Design 90]（1991年のDA Conferenceで発表予定）である。基本概念は、構造的なオブジェクトであるdata entity、リンク、composite object、コンテナ、

language binding (c++)、オブジェクト指向モデリングである。

＜参考文献＞

[Soley 90] Soley, R. M., Object Management Architecture Guide (Revision 1.0), OMG TC Document 90.9.1 (draft), Sept. 1990.

[OODBTG 90] OODBTG, Proceedings of the 2nd OODBTG Workshop, Ottawa, Canada, Oct. 1990.

[DBSSG/OODBTG 90] DBSSG/OODBTG, A Reference Model for Object Data Management, May, 1990.

[Perez 90] Perez, E., A Strawman Reference Model for an Application Program Interface, Proc. of the 2nd OODBTG Workshop, Oct. 1990.

[OODBTG 90] A Strawman Reference Model for Transaction Processing in Object-Oriented Databases, Proc. of the 2nd OODBTG Workshop, Oct. 1990.

[Blakely 90] Blakely, J. A., Thompson, C. W. and Alashqur, A. M., Strawman Reference Model for Object Query Languages, TI Technical Report, 1990.

[Joseph 90] Joseph, J., Shadowens, M. and Chen, J., Strawman Reference Model for Change Management of Objects, TI Technical Report, 1990.

[Design 90] Design Data Management Technical Subcommittee (CFI), Storage Manager Goals and Requirements (Ver.0.6), August 1990.

[Design 90] Design Data Management Technical Subcommittee (CFI), CFI Storage Management Procedural Interface Specification (Ver.0.3), No.102, Sept. 1990.

5.6.2 知識表現の標準化

知識処理システムの普及に伴い大規模な知識ベースの流通が大きな課題となる。このような知識の流通にあたって、知識表現の標準化は避けることのできない課題であるといえる。現在知識表現の標準化

としては、システムの移植性の観点から、エキスパートシェルの標準化が検討されている。しかしながら、今後、大規模知識ベースの構築や、その多目的利用のためには、知識の内容にまで立ち入った標準化が必要とされるであろう。この問題については、検討が開始された段階であると考えられる。

(1) エキスパートシェルの標準化

知識表現の標準化に関して、考え得るアプローチの一つは、いわゆるエキスパートシェルと呼ばれる開発環境自体を標準化することである [Warn. 87]。これはプログラミング言語の標準化に準じたものであると考えることができるであろう。現在の多くのエキスパートシェルが、フレーム+ルールを標準としていることを考えるならば、このような標準化は不可能ではないと考えられる。ここではフレーム・ルール記述シンタックスの標準化、付加手続き記述シンタックスの標準化の他に、確信度などの曖昧性尺度の取り扱い、推論に関するさまざまなオプションとその選択方法などが標準化される必要がある。

(2) 知識記述方法の標準化 [Lena.90] [Feig.90]

現在いくつかの機関で、大規模知識ベースの構築が実際に試みられている。このような大規模システムの構築にあたっては、当然のことながら複数の人間による知識ベースの構築が進められることになる。そこで少なくともこれらの人間の間では、知識記述に統一がとれるだけの、知識記述方法の標準化が必要となり、これらのシステム構築にあたって、いくつかの提案が行われている。現在行われている試みが、広い範囲に適用できる一般性を持つかどうかは、今後の検討を待たなければならないが、将来の標準化の準備が始まっているということではできであろう。

(3) 語彙の標準化

知識の共有や再利用を行う場合、知識記述に用いられる語彙の標準化も大きな課題となる。特に関係を記述する語彙については、シソーラスに相当する

語彙の間の相互関係を整理するとともに、関係語彙が参照する対象のクラスがどのようなものであるかを整理する必要がある。

<参考文献>

[Warn.87] Warn,K., Expert system shell standardization - The controversy, Proc. IEEE National Aerospace and Electronics Conference, pp.1384-1387, 1987

[Lena.90] Lenat,D.B., and Guha,R.V., Building Large Knowledge-Based Systems - Representation and interface in Cyc project, Addison-Wesley, 1990

[Feig.90] Feigenbaum,E., and et.al., Large Knowledge bases for engineering:The how things work project of the Stanford Knowledge Systems Laboratory, Knowledge Systems Laboratory, Stanford University

5.6.3 文書処理における標準化

ここでは、主に、文書のレイアウト処理と論理構造処理に関連する標準化動向について概説する。標準化も含めて、デスクトップパブリッシングに関しては、最近、情報処理学会誌で特集号が組まれており、詳細は文献 [中川 90] などを参照されたい。

文書アーキテクチャに関する標準化活動の主なものは、異なる文書処理システム、異なるOA機器、異なる印刷システムなどの間の文書交換などを目的として、ODAなどのオフィス文書のための) 標準化活動と、SGMLなどの印刷・出版関係の文書のアーキテクチャに関する標準化活動が行われている。

(1) ODA

主に、オフィス文書の交換などのための標準化として、オフィス文書の定義やそのインタフェースを定めた、ISOのODA (Office Document Architecture, ISO8613) と、CCITTのODA (Open Document Architecture) がある [村山 90]。ODAでは、文書の論理構造とレイアウト構造の各々に関して、その表現形式を固定的な形で定めており、この両者の間

でマッピングを行う方法を与えている。異なる文書処理システム間の文書交換を行うためにODAを用いた例として、米国のEXPRESSプロジェクトが著名である [Rosenberg 88]。

(2) SGML (Standard Generalizes Markup Language)

ISOによって定められた、文書の論理構造を記述するための言語である [Bryan 88] [IOS 86] [山川 90]。文書中のテキストにタグ付け (マークアップ) を行うことで、その論理構造を記述するもので、このような言語を通常マークアップ言語と呼んでいる。SGMLでマークアップされた項目の形や意味を記述する言語がDSSSL (Document Style Semantics and Specification Language) であり、現在、審議中である [村山 90]。SGMLは、文書の論理構造を記述するために、文書中に出現する種々のタグ間の構造を記述したり、新たにタグを定義できる機能を備えており、文書原稿とともに構造定義情報をあわせて送ることにより、文書の交換が行える。

欧米におけるSGMLの実用化例としては、ECのFORMEX (Formalized Exchange of Electronic Documents) システムや米国防総省のCALS (Computer-aided Acquisition and Logistic Support) プログラムなどがある [Barron 89]。

(3) SPDL (Standard Page Description Language)

最終的にプリンタ等に文書を出力するイメージを記述する言語であり、これも現在審議中である。事実上の標準に最も近い位置にあるのが、Adobe社のPostScript言語 [石田 88] であると考えられている。PostScriptは、スタックに基づく記述言語で、PostScriptで書かれた文書情報を適宜作業用のスタックに読み込んでインタープリティブに解釈・実行することで出力を行う。単なる文章のフォントやレイアウトの制御のみならず、図形や画像も扱える、汎用のプログラミング言語である。現在は、そのインタープリタをレーザプリンタに内蔵するものと、ワークステーション内でインタープリタソフトウェアを

実行するものなどがある。また、最近では、単なるプリンタへの出力だけでなく、ビットマップディスプレイ装置への出力にもPostScriptを採用しているものがある。例えば、Sun Micro Systems社のウィンドウシステムNeWSや、NeXT社のワークステーションで採用されているDisplay PostScriptがこれにあたる。

<参考文献>

[中川 90] 中川編、「特集：デスクトップパブリッシング」、情報処理、Vol.31, No.11, 1990年11月

[村山 90] 村山、「DTPの現状と動向」、情報処理、Vol.31, No.11, pp.1483-1494, 1990年11月

[Rosenberg 88] Rosenberg, J., Sherman, M. S., Marks, A. and Giuffrida, F., Translating Among Processable Multi-media Document Formats Using ODA, Proc. of ACM Conf. on Document Processing Systems, pp.61-69, 1988.

[Bryan 88] Bryan, M., SGML An Author's Guide, Addison-Wesley, 1988.

[IOS 86] IOS 8879, Information Processing-Text and Office Systems-Standard Generalized Markup Language (SGML), 1986.

[山川 90] 山川、川端、田村、「OA業界から見たDTP」、情報処理、Vol.31, No.11, pp.1508-1517, 1990年11月.

[Barron 89] Barron, D., Why use SGML?, Electronic Publishing, Vol.2, No.1, pp.3-24, 1989.

[石田 88] 石田監修、松村訳、Adobe Systems著、「PostScriptリファレンスマニュアル」、アスキー出版局、1988年.

6 波及効果と利用

大規模知識ベース、およびその技術がもたらす効果と利用について説明する。

効果は社会的な波及効果に重点を置き、技術的な波及効果については、応用システムの事例をあげることでかえることにする。

6.1 波及効果

大規模知識ベースの研究開発と構築によって大きく次の二つが達成される。

- ①高度で実効的な知識処理技術の確立と定着。
- ②知識ライブラリネットワークという知識交流、知識共有のための効果的な基盤の形成。

①に関しては、この知識処理技術が次節に詳述するような数々の応用システムに適用され、これらのシステムが、社会的に大きな波及効果を生むことになる。ここでは、②の知識ライブラリネットワークがどのような波及効果をもたらすかに注目する。

図表Ⅲ-2-33に示すように、各国の知識ライブラリネットワークが相互に結ばれて国際知識ライブラリネットワークを形成し、国際的な知識交流、共有に確固とした基盤が生まれる。

国際的な知識の交信は機械翻訳機能によって支援され、言語障壁を越えた活発な交流が行われる。

国内知識ライブラリネットワーク（図表Ⅲ-2-34）は、多数の大規模知識ベースが、階層的にネットワーク化された分散知識ライブラリを形成する。

個人用のものから国家レベルでサービスされるものまでを、階層化、分散化することにより、効率的な生成と利用、そして保護の仕組が作られる。

この知識ライブラリネットワークに上に繰広げられるさまざまな知識交流の形態が、社会的な波及効果の具体的な姿となる。例えば、

- ・ 国際的な開かれた研究所、

- ・国際技術情報交流センター、
- ・国際環境情報センター、
- ・国際ネットワーク大学、etc.

これらにより、知識の適切な交流、共有がなされ、知識摩擦の解消、知識格差の是正、有用な知識生産の促進、適正な知識競争の場の提供等がなされることになる。

6.2 応用システム

今後の情報処理の主要な応用領域となる次の六つの分野について、大規模知識ベース技術の応用システムのイメージを描き、さまざまな局面で、その利用が図られることを展望する。

- ①ドキュメンテーションシステム
 - ②会議・打合せシステム
 - ③設計・製造支援システム
 - ④プランニングシステム
 - ⑤アメニティ・サービスシステム
 - ⑥電子図書館・電子博物館システム
- (1) ドキュメンテーションシステム

各種文書（伝票、パンフレット、マニュアル、契約書、特許文書、論文等）の一連の処理過程において、作成、管理、提示、再利用を総合的に支援するシステムである。

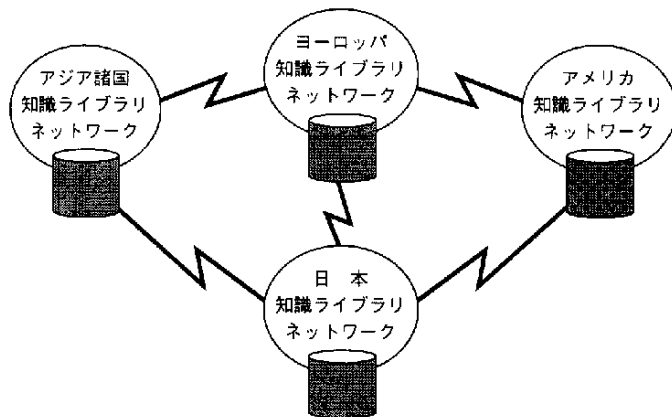
その一例として、大規模知識ベースを利用したデスクトップ概念プロセッサのイメージを描いてみる

（図表Ⅲ-2-35参照）。

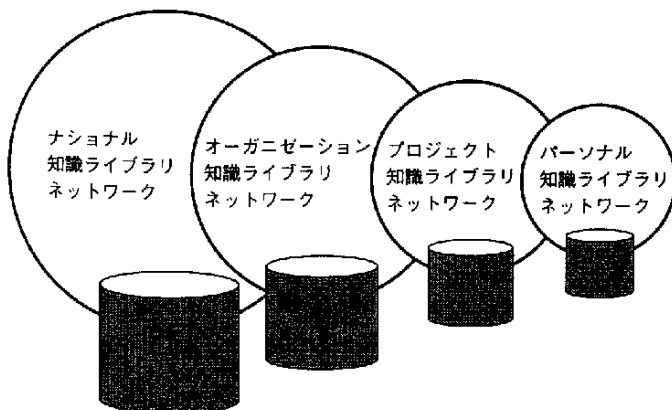
例えば以下のような機能を持つ。

- ①ドキュメントの作成／管理／利用の各過程を総合的に支援する。
- ②著者の発想を支援するため、KJ法などに基づいた問題解決手法をサポートしている。
- ③執筆に関連する各種文献（極めて多方面にわたる分野）を収集／整理し、提示する。調べた結果は要約されるとともに、発想過程に簡単に取り込むことができる。
- ④ランダムに作成された情報をさまざまな視点から、分析できる。
- ⑤この視点変更によって、ドキュメントをダイナミックに構成できるとともに、著者の新たな発想を支援する。
- ⑥マルチメディア情報を扱うことができ、文章化ウィンドウ中で、編集できる。このウィンドウでは、マルチメディア情報の時空間制御を行うことができる。
- ⑦作成されたドキュメントは、知識オブジェクトとして、大規模知識ベースに自動的に登録される。

図表Ⅲ-2-33 国際知識ライブラリネットワーク



図表Ⅲ-2-34 国内知識ライブラリネットワーク



(2) 会議・打合せシステム

Colab/Media Room (Xerox PARC)、gIBIS (MCC)などを始めとする電子会議におけるブレーンストーミング、各種問題解決手法(KJ法、NM法など)、グループDSSなどを支援するシステムである。

その一例として、大規模知識ベースを利用した電子会議システムのイメージを描いてみる(図表Ⅲ-236参照)。

例えば以下のような機能を持つ。

- ①複数のメンバーによる会議において、非同期での討論の支援が可能である。
- ②レポートをまとめるような場合には、最新の情報を瞬時に収集し、概念別に分類整理する。
- ③議論の中でた疑問点、問題点については、解答の表示や、関連情報の表示を行う。
- ④議論の流れは、システムにより適切に管理され、かつ関連情報とリンクされる。議論の進行、結論に至った過程などが明確になるとともに、後での確認が容易になる。この結果は議事録として、自動的に保存される。
- ⑤プレゼンテーションに当たっては、グラフの表

示など、システム側で、最適な表示形態が選択される。

(3) 設計・製造支援システム

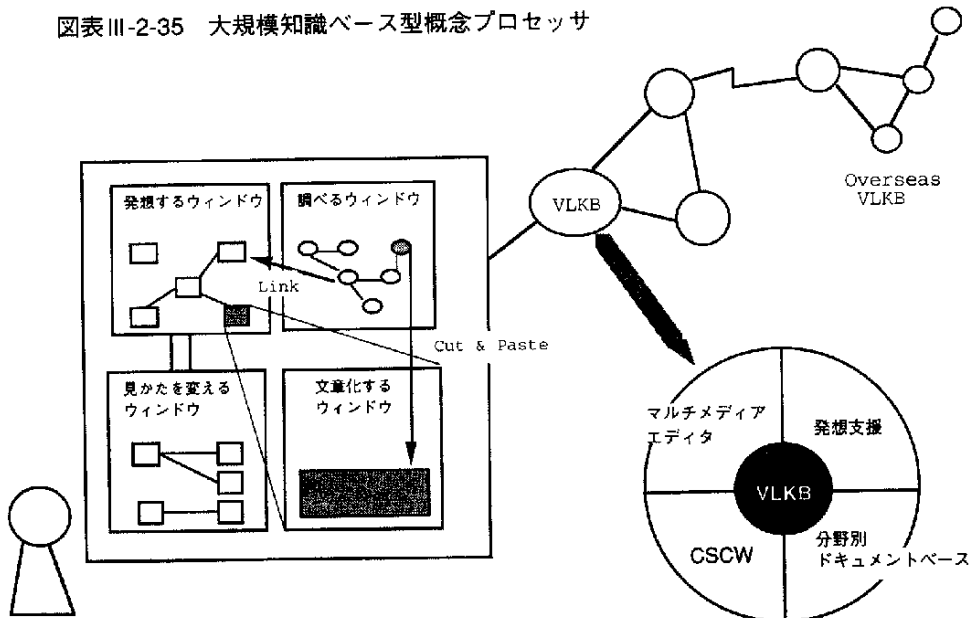
CAD、CIM、CASEなど設計・製造における過去の事例を総合的に蓄積・管理し、図面、設計などの設計知識を共有し、再利用を図るシステムである。

その一例として、大規模知識ベースを利用したソフトウェア・ファクトリのイメージを描いてみる(図表Ⅲ-237参照)。

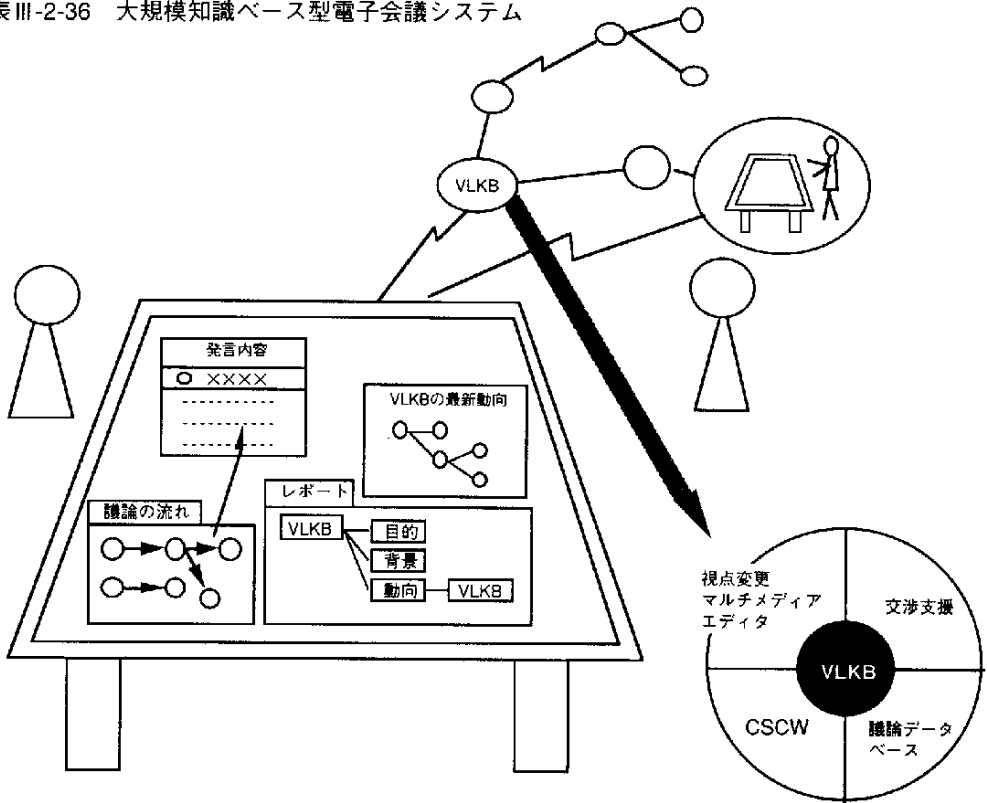
例えば以下のような機能を持つ。

- ①ソフトウェア仕様書に基づき、システムが既存知識オブジェクトから、該当するものを選択する。該当するものがないときは、類似のものを、それもない場合は、作成に必要なとなるソフトウェアプリミティブを表示する。
- ②作成者は、プリミティブの組み合わせ、編集作業によって、新しい知識オブジェクトを作り、既存のオブジェクトと組み合わせで要求されるソフトウェアを作る。
- ③ソフトウェア作成は、複数による協調作業をサポートし、各メンバーの修正は、自動的に、他

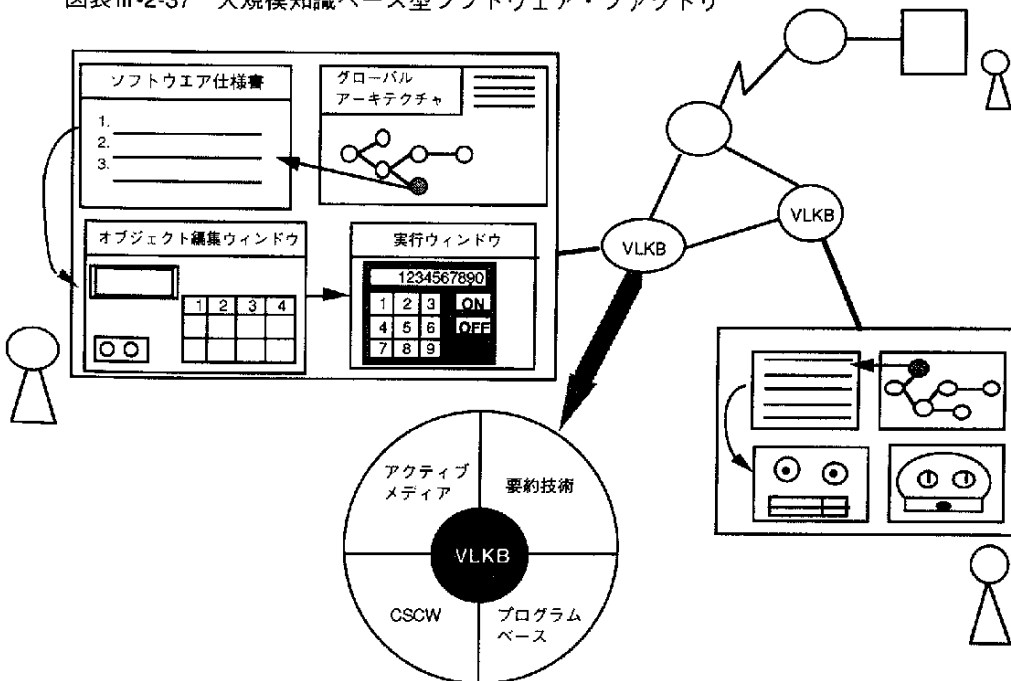
図表Ⅲ-235 大規模知識ベース型概念プロセッサ



図表III-2-36 大規模知識ベース型電子会議システム



図表III-2-37 大規模知識ベース型ソフトウェア・ファクトリ



のメンバーに知らされる。各ディスプレイには、Public Windowがあり、各サイトの実行状況や、ソフトウェアオブジェクトの問い合わせ、ソフトウェアのリンクテスト、等が実施できる。

- ④ここで作成されたソフトウェアは、自動的に、大規模知識ベースに登録され、他の利用に供される。

(4) プランニングシステム

スケジューリング、コンサルテーション、戦略情報システム (SIS)、新しい見方/考え方など企画全般についての支援、情報を要約して伝えるための支援システムである。

その一例として、大規模知識ベースを利用した知的SISのイメージを描いてみる (図表Ⅲ-2-38参照)。

例えば以下のような機能を持つ。

- ①最新情報を多方面から収集し (各種統計、世界動向ニュース、ローカルニュース)、企業戦略のための情報を提供する。例えば、マーケティング

戦略においては、マクロマーケティングの情報から、アンケートや店頭調査などのマイクロマーケティングの情報を即座に収集し、さまざまな視点から解析する。さらには、分析結果を元にある程度の意味処理を用いたコンサルティングを行う。

- ②情報は、適切な要約が行われて表示されるとともに、各種のデータ解析手法や、シミュレーションモデルが用意されている。

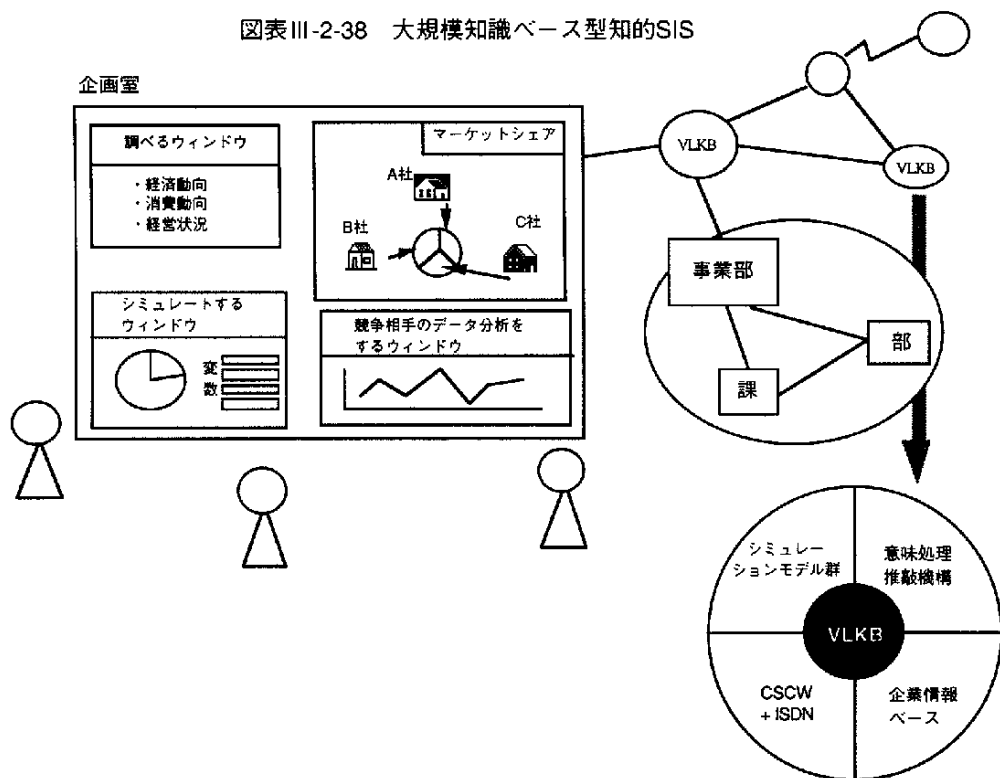
- ③企業情報は、全社的な情報、事業部、部、課、個人などの階層的な単位での取り扱いもできる。また、セキュリティも確保されている。

(5) アメニティ・サービスシステム

ゲームソフト、音楽、絵画などを自由に楽しむための圧縮、編集、表示などの支援システムである。

その一例として、大規模知識ベースを利用したゲームソフトのイメージを描いてみる (図表Ⅲ-2-39参照)。

図表Ⅲ-2-38 大規模知識ベース型知的SIS



例えば以下のような機能を持つ。

- ①利用者は、さまざまなゲームの中から、遊びたいゲームについて、あいまいなリクエストにより、候補ゲームを選ぶことができる。各ゲームには、内容紹介用のデモが入っている。
- ②対戦型ゲームであれば、ネットワーク上にアクセスしている利用者に、参加希望を聞いて集めることができる。希望者がいない場合でも、システムが仮想のオブジェクトを生成して、利用者は、ゲームを楽しむことができる。
- ③ゲームは、大規模知識ベースに登録されているシナリオに基づいて、制御されるが、柔軟なコントロールになっている。
- ④ゲームは、3次元の仮想空間内で行われるが、時間制御機構により、過去へのタイムスリップが可能である。

(6) 電子図書館、電子博物館システム

Mercuryプロジェクト(米国CMUとOCLCとの共同プロジェクト)、Scorpioプロジェクト(米国議会図

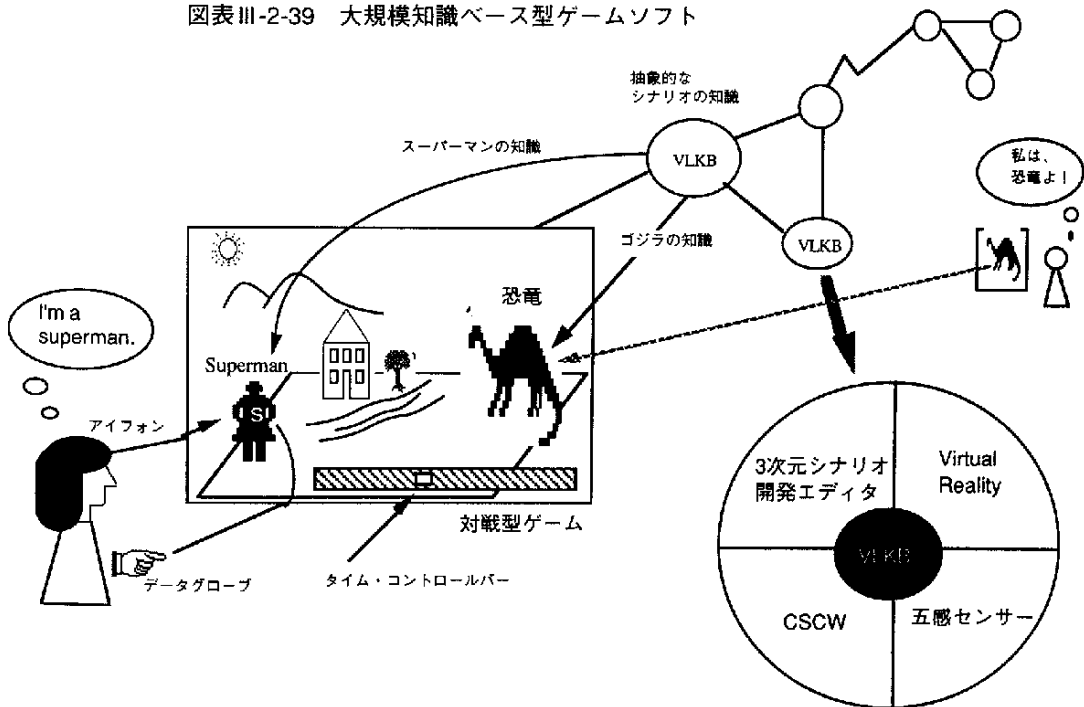
書館)、学術情報センターなどの電子図書館構想を支援するシステム。

その一例として、大規模知識ベースを利用した電子図書館のイメージを描いてみる(図表Ⅲ-2-40参照)。

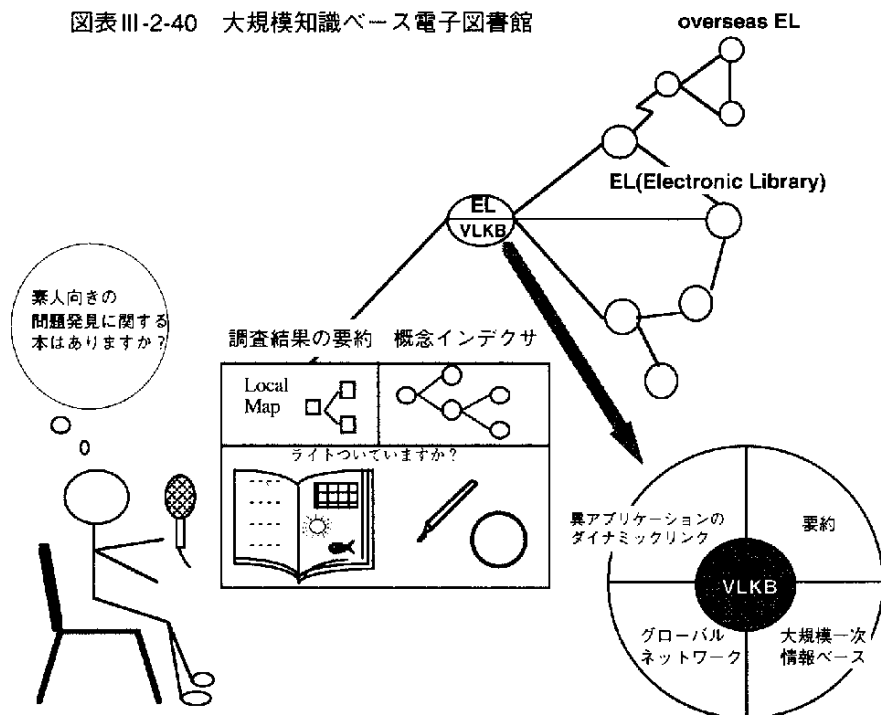
例えば以下のような機能を持つ。

- ①利用者は、自然言語によるあいまいな表現で、システムに問い合わせることができる。
- ②システムは、あいまいな情報に基づき、関連する概念インデックスの表示を行い、利用者に、より具体的な情報の選択を要求する。
- ③システムは、ネットワークの中から、調べた結果を要約して表示する。
- ④この調べた結果を、自由にブラウジングして、読んだり、見たりすることができる。
- ⑤利用者は、自分の感想、コメントを読んだものに対して付けられる。
- ⑥教育者は、電子図書館を使って、既存のライブラリを編集し、自分のオリジナリティを入れ、

図表Ⅲ-2-39 大規模知識ベース型ゲームソフト



図表III-2-40 大規模知識ベース電子図書館



教材、テキストなどを作成できる。ただし、著作物の使用については、利用の旨の表示と、利用料金の支払いが必要となる。

7 大規模知識ベースの構築をめざして

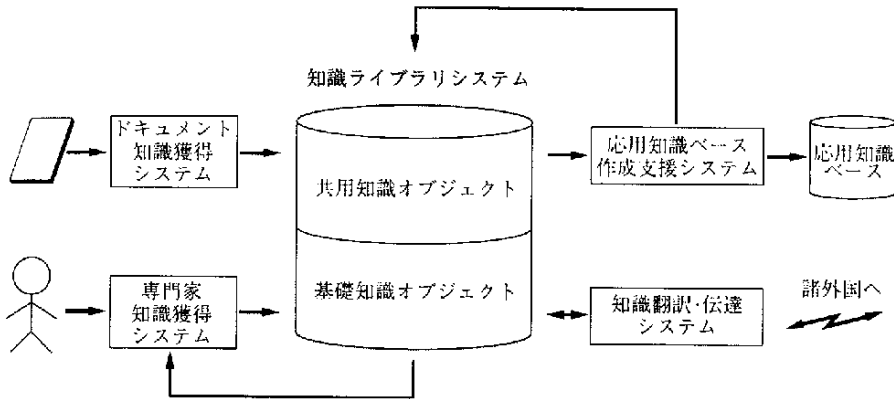
最後に大規模知識ベースを構築するにあたって持つべき基本理念を以下にまとめる。まずその目的は、「多様な知識利用に柔軟に応じうる大規模知識ベース（大規模な共用知識ベース）を構築し、知識処理技術の実効的な基礎・基盤の確立を行う。

大量の知識を収集・獲得するための技術、大量の知識を体系的な知識ベースとして自己組織的に構成するための技術、知識の世界的な交流と共有化を進めるために知識を翻訳し伝達するための技術、さまざまな知識利用の要求に応じ適切な応用知識ベースの作成を支援するための技術、そして、すべての応

用の共通基盤となる基礎知識ベース、これらの研究開発を行う。」ことである。

知識は陽に表現され客観的に観察しうるもののみを対象にする。知識を表現する言語・メディアを知識表現メディアと呼ぶ。それには、自然言語、形式言語、図形言語、画像、音響という手にしうるものすべてを考慮する。自然言語には、日本語のみならず、英語を始めとする諸外国語が含まれる。形式言語には、数式、論理式、プログラム言語等の人工言語が含まれる。人工知能における狭義の知識表現メディアである知識表現言語もこれに含まれる。図形言語には、建築設計図法、電子回路設計図法などの図・表を主とする表現メディアが含まれる。画像には、静止画像、動画像、アニメーション等が含まれる。音響には音声（言語）、音楽、一般音が含まれる。これら多様な知識表現メディアは、表現の汎用性と記号化能力によって役割が割り振られる。したがって、人間の側から見たときの主役は自然言語であり、コンピュータ側から見たときの主役は知識表

図表Ⅲ-2-41 大規模知識ベースの概念図



現言語である。

知識、すなわちまとまりのある体系的な情報を知識表現メディアで表現、記述したものを知識ドキュメントと呼ぶ。知識を客観的に観察しうるものとして対象化したものがこの知識ドキュメントである。知識ドキュメントの作成、蓄積、検索、変換、要約、翻訳、伝達を支援、自動化する技術が大規模知識ベースを構成する。このとき、知識ベースの内部で知識を扱う基本単位を知識オブジェクトと呼ぶ。知識ドキュメントに蓄積、検索のための知識を付与し、構造化したものが知識オブジェクトである。

すなわち大規模知識ベースは、知識、知識表現メディア、知識ドキュメント、知識オブジェクトというキーワードでつづられる。なお図表Ⅲ-2-41は大規模知識ベースの概念図である。

以下に大規模知識ベースの情勢にあたって認識すべき特性を列挙する。

(1) 人間とコンピュータの共生系としての知識理解系

知識表現メディアの中で現在コンピュータに完全に理解可能なものはいわゆる、知識表現言語と呼ばれる形式言語だけである。すべての知識ドキュメントの内容を完全にこの知識表現言語で表現した知識ドキュメントに変換することができれば、すべての知識をコンピュータが理解したことになる。しかし、

これは不可能である。時が経つにつれ、少しずつコンピュータが理解可能な知識が増えてはいくが、知識は本質的に人間のみが理解しうるものである。したがって、人間とコンピュータがそれぞれの特性を生かしつつ共生する系として知識の理解系が構成されるという観点をあらゆる部分に徹底させる。

(2) 多形質な知識

それぞれの知識表現メディアはそれぞれが対象とする知識を正確に、効率良く表現する。それぞれの知識表現メディアには、それぞれの役割がある。したがって、あるメディアで表現され知識を他のメディアの知識に変換するにしても、すべての知識内容を対象にすることは不可能であり、目的、観点を限った部分知識を対象にしうるだけである。知識はそれぞれに、適切な知識表現メディアで表現されたオリジナルなもの、それをさまざまな目的・観点に基づき変換したものなどが相互に関連付けられ共存し知識全体を形作る。知識は本質的に多形質である。

(3) 成長能力を持つ知識ベース

知識ドキュメントは、最初是一个の知識オブジェクトとして知識ベースに蓄えられ、利用される。その内部の知識構造が明らかにされるにつれ、それに対応した多数の知識オブジェクトが作られ、より詳細化された知識として蓄えられ、利用されるようになる。この詳細化は漸進的に進められる。また、知

識ドキュメントは目的や観点に沿って変換されるが、利用されるにつれ、さまざまな目的や観点に対応した多数の知識オブジェクトが作成され、蓄積されるようになる。知識ベースは、細胞分裂を繰り返し徐々に成長していく。

(4) 大量知識処理

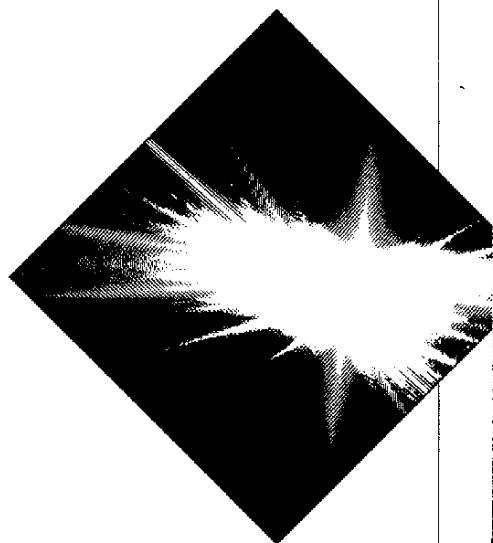
領域に限ったとしても知識現象は複雑、多様である。そして、知識ベースは、この知識現象をあるレベルにしるほは覆いつくす程の包括力を持たねば本来の役には立たない。

知識ベースは本質的に大規模である。したがって、知識ベースに関連するすべての技術、知識ベースそのものの構造、構築していく手順、すべてにわたって大量の知識ドキュメント、大量の知識オブジェクトを対象にするものでなければならない。このため利用可能と思われる既存技術も大幅な見直しが必要となる。

(5) 知識の生態に即した技術

知識ドキュメントの作成、蓄積、検索、変換、要約、翻訳、伝達にかかわるさまざまな知識処理技術を知識の生態に即して研究開発する。知識一般論では不可能であったり、ごく貧弱な技術であったりするものが、それぞれの領域の知識の特性・構造を観察、分析、体系化することによって、強力な技術に育ってゆく。そして、重要なことは、この大規模知識ベースそのものが、知識の生態系を形成することになることである。

第Ⅳ編 環境・基盤整備状況



第1部 標準化とガイドライン

1 Lispの標準化

AI白書1991においては、AI言語の一つであるLispについて、その歴史と導入過程およびCommon Lispの標準化経緯を解説した。

現在まだCommon Lisp仕様の最終決定は行われていないが、それへの1ステップとして1991年5月にCLtL2 (Common Lisp: the Language 2nd edition) が刊行されたのを機に、その概要を紹介する。

1.1 CLtL2の出版

Common Lisp仕様を具体的に定義した書物として最初にあらわれたものは1984年夏のCLtL1 (Common Lisp: the Language 1st edition) である。この後、CLtL1の改良と明確化を主要な作業項目としてANSI X3J13委員会が発足した。このX3J13は、1986年より具体的な活動を始め、ANSI Common Lisp原案の作成を進めている。1989年にドラフトの草案として最初のものが作られ、さらにそれが1990年秋にドラフトとしてまとめられ、そして現在は1991年春の版ができている。これらのドラフトは約200項目に上るX3J13での議決事項を反映しているが、一方で、CLtL1を通してCommon Lispを知っているが、X3J13委員会の活動プロセスを知らないものにとっては、多数の変更に対する討論（議決は約200だが、提案はその3倍程度はある）の中で、現在の仕様案、そして最終的なANSI Common Lisp原案の概要をフォローするのが難しくなってきた。しかも、X3J13でまとめている文書は、CLtL1とはまったく異なったスタイルと章だてをとっているため、比較をしな

がら調べるのは難しい。

こうした点から、「CLtL1からANSI Common Lispへ行く中間にある飛石」として、CLtL2 (Common Lisp: the Language 2nd edition) が1990年5月に初版と同じくGuy L.Steele Jr.を著者としてDigital Pressより出版された。その邦訳書は1991年6月に共立出版より出版された（井田昌之翻訳監修「Common Lisp」）。

CLtL2では、CLtL1をベースとして、X3J13での修正点が組み入れられ、それらの間の対比がわかりやすく配置されている。また、X3J13での議決および著者らによる新機能導入提案等を記述した部分が付け加えられている。

1.2 CLtL2の構成

上述したようにCLtL2は、CLtL1の改訂と同時に新機能の追加がある。その中で最も大きなものは、CLOS (Common Lisp Object System) の採用であろう。これにより、Common Lispはオブジェクト指向言語としての性格を持つようになったといえる。次に大きな新機能はコンディションシステムの採用である。これによりエラーなどの例外的状況の処理を体系的に行えるようになった。同時にデバグとの連動方法がはっきりし、型やクラスの扱いの中に例外状態の処理を統合できるようになった。X3J13で追加を認めた新機能はこのCLOSとコンディションシステムの二つに加えて、ループ機能がある。

また、プリティプリント機能が本文として、シリーズという概念とジェネレータ・ギャザラという仕様が著者の意向により付録として付けられている。全体のページ数は本文971ページである。

CLtL2の構成を、章のタイトルとその要旨の組と

して図表IV-1-1に示す。全体で29章および三つの付録（付録A、B、C）により構成されている。1章から25章まではCLtL1にあった部分である。26章から29章までと付録はCLtL2で新設されたものである。また、最後にX3J13での議決事項の表が、関連している本文中への索引を付してつけられている。初版からあった部分でも、半分以上新規の文章・図が入れられているのは、8、9、12、13、25章である。お

おまかに言って既存の部分に対しては5分の1程度が修正された計算になる。

以下に、CLtL2における多数の新機能のうち、1.3で基本となる型階層の変更を述べ、1.4にコンディションシステムを取りあげて説明し、1.5に新機能・修正点の概要をまとめる。（CLOSについてはAI白書1991に概略的位置づけがあるのでここでは省略する。）

図表IV-1-1 CLtL2の構成

章番号	タイトル	内容
第1章	序	目的、表記法などの記述を含む序
第2章	データ型	CLtL2で規定しているデータ型
第3章	スコープとエクステンツ	変数、関数等の有効範囲について
第4章	型指定子	プログラム中での型の指定方法
第5章	プログラムの構造	基本的なプログラムを書き表す構文則等
第6章	述語	真理値を値とする関数である述語のすべて
第7章	制御構造	代入、汎変数、関数実行、変数束縛構造、条件付き実行、ブロック、繰り返し、マッピング、prog、多値、非局所的脱出
第8章	マクロ	マクロ定義、展開、分配、環境
第9章	宣言	宣言
第10章	シンボル	シンボルの概念、構造
第11章	パッケージ	パッケージの概念、関連する規則
第12章	数	数の扱い、多数の関数
第13章	文字	文字の処理、概念
第14章	列	列（リストとベクタ）の概念とその上での操作
第15章	リスト	リストの概念と操作
第16章	ハッシュ表	ハッシュ表の概念と操作、make-hash-table,....
第17章	配列	配列の概念と操作、make-array,....
第18章	文字列	文字列の概念と操作、"..."
第19章	構造体	構造体の概念と操作、defstruct,....
第20章	エバリュエータ	評価、トップレベルループ
第21章	ストリーム	標準ストリーム、ストリームの生成
第22章	入出力	Lispオブジェクトの印字表現、リーダの解析、リードテーブル、入力関数、出力関数、format
第23章	ファイルシステムインタフェース	ファイル名とパス名、ディレクトリ、ワイルドカード論理パス名、ファイルに対する操作
第24章	エラー	エラーに関する旧仕様と基本的な概念
第25章	さまざまな機能	コンパイラ、デバッグツール、環境照会
第26章	ループ機能	loop、さまざまなキーワードによる繰り返し機能
第27章	プリティプリント機能	プリティプリント制御変数とそれによる動的制御
第28章	Common Lisp Object System（新設）	defclass, defmethod, make-instance,....CLOSオブジェクト指向機能
第29章	コンディション（新設）	例外状態（コンディション）の通知と処理をベースにした機構
付録A	シリーズ（新設）	列のような操作で、関数的だが繰り返し型の効率を得る概念と機構
付録B	ジェネレータとギャザラ（新設）	ジェネレータ（一般化された入力ストリーム）とギャザラ（一般化された出力ストリーム）
付録C	バッククォート（新設）	バッククォートを用いる逆引用符構文の処理のプログラム例とその説明

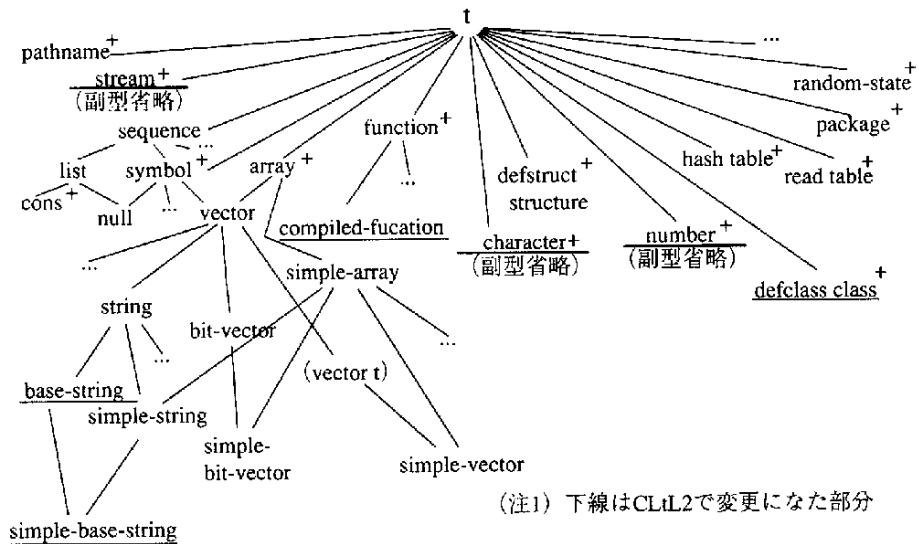
1.3 型の扱いと型階層の変更

CLtL2は、図表IV-1-2に示す型階層を持っている。下線を付した部分に変更・新設した部分である。主な変更点を以下に示す。

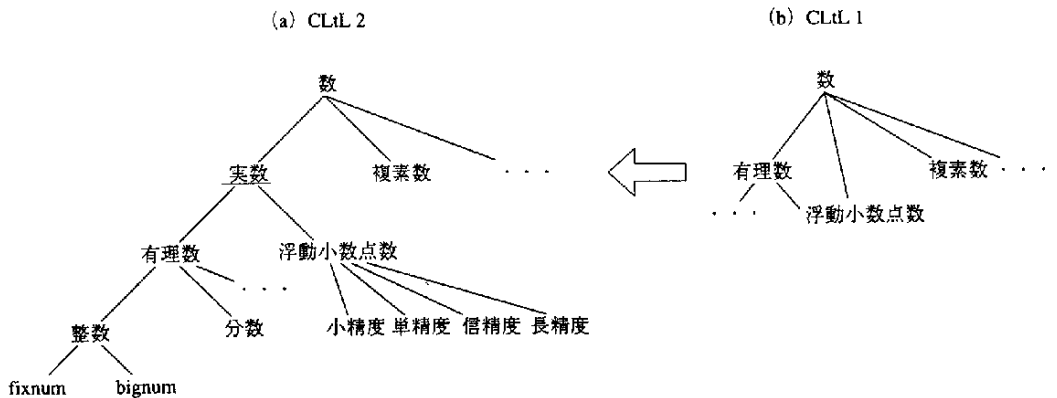
- (a) 数型：real（実数）型が導入された（図表IV-1-3）。これによりnumberはcomplexとrealからなるものとして扱うようになった。また、以前の仕様では明確にされていなかったfixnumの語長は16ビット以上とすることを定めた。fixnumはその処理

系が最も高速に処理できる表現を指しているが、これによりfixnum整数と宣言した変数に対してポータブルな応用プログラムが例えば10000までの値を代入できることが保証された。（従来からの処理系製作の技法では、直接fixnumに対してハードウェアで表現できる1語を割り当てるだけでなく、ポインタの中に即値として割り当てるといった手法があるが、その場合でも16ビットを割り付ける必要がある。）

図表IV-1-2 CLtL2の型階層



図表IV-1-3 数型の変更



(b) CLOSによるクラスの型との統合： CLOS機能により、クラスの定義、あるクラスに属するインスタンスの生成、総称関数とよぶポリモフィズムをもつメソッド定義とメソッド結合、クラスやメソッドの継承などの機能が提供されている。このCLOSの基本として既存の型をクラスとして見なすこと、作成したクラスを型としても扱えることなどが入っている。

(c) 文字の副型（図表IV-1-4）： character型の副型であったstring-charはなくなった。これは後述する文字列の仕様変更に伴うものである。一方、処理系が基礎とする文字セットをあらわすbase-character型が導入された。base-character型でないcharacter型の文字を呼ぶ副型としてextended-character型が導入された。base-characterをstandard-char（空白文字、改行文字および94字）としてもよいし、また、2バイト（以上）を占める文字セットに対応させてもよい。

(d) 文字の属性の変更： 文字の属性はcode属性だけが標準となった。従来
の仕様にあったbits,font属性は「処理系定義とする」という表現により、実質上削除され、他の表現方法を許すこととした。これは、bits,font属性は数値で識別する方法であるが、実際の使用に適合せず、例えばSymbolicsはstyleという属性を用い、Unix系の処理系では主にX-windowの扱いを考えた表記を導入したりしている現実への対応である。

(e) 文字列の副型： base-string（base-characterだけからなる）の導入。文字列の要素として、従来の定義

ではbitsおよびfont属性がゼロのもの、すなわちstring-char型の文字だけが許されていた。マルチフォントの文字列や文字サイズの異なる文字を要素とする文字列を許すために、string型の定義が変更され、stringはstring-charの文字からなるのではなく広くcharacter文字の並びとして定義された。

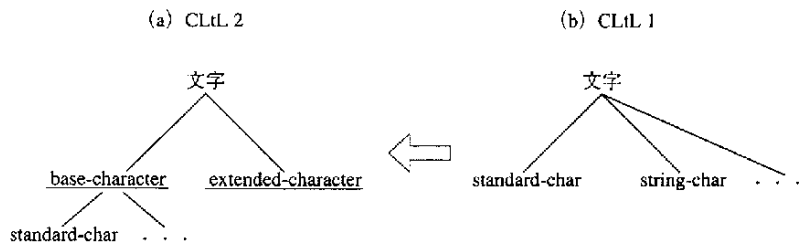
(f) ストリームの副型： 以下のものが定められた（図表IV-1-5）。

broadcast-stream, concatenated-stream, echo-stream, synonym-stream, string-stream, file-stream, two-way-stream.

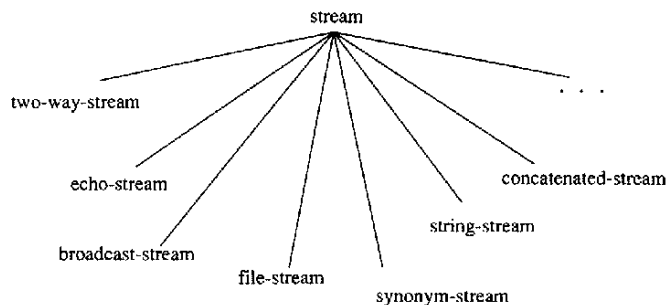
(g) コンディション型の導入（図表IV-1-6）：

後述するコンディションシステムにおいて使用される「コンディション」を表わすオブジェクトに対して型（とクラス）の概念が導入され、整理された。これにより、「コンディション」の処理の統一的な扱いが可能となった。また、システム既定の型が定められた。

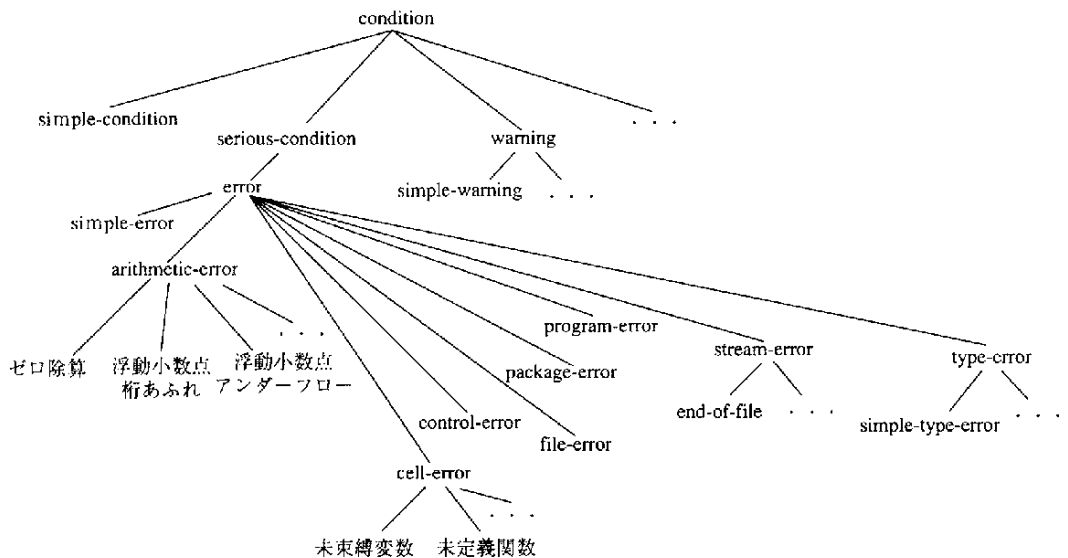
図表IV-1-4文字型の変更



図表IV-1-5ストリーム型



図表IV-1-6コンディション型



1.4 コンディションシステムの導入

1.4.1 概要

プログラムの開発中および実行中には予期しない状態になることがある。その原因としては、プログラムの誤りの場合もあれば、入出力装置等からのシグナル、あるいはオーバーフローなどのハードウェア的な例外状態に関連するものなどがある。

また、Lispはインクリメンタルな使用（初期開発時ならびに最終的な完成プログラムおよびプログラム断片の解釈実行と段階的なコンパイラの使用）に実質的な特徴があり、この結果、コンパイラが出すエラーおよび利用者プログラムが意図的に知らせるエラーなどがさまざまな段階を通して混在してあらわれ得る。例えば実アプリケーション実行中にコンパイラを呼び出すようなシステム形態もよくみられる。これは、特にCLOS（オブジェクトシステム）を使って新しいクラス・インスタンスの生成変更がある場合などに生じ得る。

一般的には、いわゆるエラー状態や例外状態がおきた場合などへの対応は、

- 1) 特定の値を返す、

- 2) 特定の変数の値を変更・設定する、
- 3) ある関数を呼ぶ、
- 4) 特定の「アドレス」へ飛ぶ、
- 5) 実行停止して、デバッガに入る、

などの処置をするように約束することが多い。これらの共通的に見られる対処方法の仕組みを定義できるようにしたものがコンディションシステムであるといえる。このコンディションシステムによりさまざまな例外的な状態に対する対応を統一的にまとめることができ、利用者プログラム中で指定できるようになった。

CLL2に入れられ、X3J13においても1988年6月に採用が決まっているコンディションシステムは、Kent M. Pitman氏（Symbolics社）により原案が書かれまとめられてきたものである。このコンディションシステムは、もともとのMITのLispマシンでのエラーシステムの経験をもとに新たにつくられたNES（New Error System by D. Andre, B. Greenberg, M. McMahon, D. Moon, D. Weinreb）が基になっている。NESはSymbolics社のLispマシンに移植された。またそれを基にR.M. Stallmanは（LMI, MIT, TIなど）他

のLispマシン用書き直した。コンディションシステムの仕様はこれらの過去の蓄積の上に新たに書き直されたものである。なおNESの開発にはPL/Iのコンディションシステムが大きく影響を与えているといわれている。

1.4.2 基本的な仕組みの考え方

コンディションシステムの仕組みの概略は、例外的な状態の発生と対処を次の3つの段階に分けて考えることから始まる。

- 1) 例外状態 (コンディション) を知らせること。
- 2) 通知されたコンディションを処理するために、それを処理するのに適したルーチン (ハンドラ) を探し出し、それに制御を渡す。
- 3) ハンドラが実行される。もしくは対応するハンドラがない場合には既定の処置としてデバuggが呼び出される (error, cerrorによる場合など) などの状態が起こる。

そして、これらに関連する仕組みとして、処理するコンディションの種類を拡張する、あるいはハンドラの新設・変更などのための道具が準備されている。

1.4.3 コンディションとCLOSの融合

コンディション型はCLOSのクラスであり、各コンディションの実体はそのインスタンスであり、型の間には階層的な継承関係が定義される。新たなコンディション型を定義するためにdefine-conditionというCLOSのdefclassを便利にしたインタフェースを持つ。図表IV-1-6はコンディション型 (クラス) の継承関係をも示す。図表IV-1-6の型間の関係を以下に示す。

```
condition > {simple-condition, serious-condition,
warning,...}
serious-condition >
{error, storage-condition,...}
warning > {simple-warning,...}
error > {simple-error,
arithmetic-error, cell-error, control-error, file-error,
package-error, program-error, stream-error, type-
error,...}
```

```
arithmetic-error > {ゼロ除算、浮動小数点あふれ、浮
動小数点アンダーフロー,...}
cell-error > {未束縛変数、未定義関数,...}
stream-error > {end-of-file,...}
type-error > {simple-type-error,...}
```

1.4.4 リスタート (再起動)

図表IV-1-7に示すように、プログラム実行時にエラーがおき、(そして処置するハンドラがなく)、デバuggに入った場合に、デバuggは処理系既定の処置方法 (単にLispリスナトップレベルに戻る) に加えて対処方法を定義しておき、それらの間で一つの処置を利用者に選択され進めることができる。例えばエラーとならないような別の値を与えるように指示したいときには、未定義の関数に対してそこでそのソースプログラムの作成を選択させたりすることができる。このためいくつかの関数が用意されているが、restart-caseがその中でよく使われそうなものである。

1.5 CLtL2での変更・新設点のまとめ

CLtL2での変更、新設点のまとめを以下に示す。

(1) 第1章から第7章まででの変更点

第1章序、第2章データ型、第3章スコープとエ

図表IV-1-7 コンディション利用例

```
Lisp> (defun factorial (x)
      (cond ((not (typep x 'integer))
              (error "S is not a valid argument to FACTORIAL." x))
            ((minusp x)
              (let ((x-magnitude (- x)))
                (corror "Compute -(-D!) instead."
                       "(-D)! is not defined." x-magnitude)
                (- (factorial x-magnitude))))
            ((zerop x) 1)
            (t (* x (factorial (- x 1))))))
      => FACTORIAL
Lisp> (factorial -3)
Error: (-3)! is not define.
To continue, type :CONTINUE followed by an option number:
1: Compute -(-3)! instead.
2: Return to Lisp Toplevel.
Debug> :continue 1
=> -6
```

クステント、第4章型指定子、第5章プログラムの構造、第6章述語、第7章制御構造に対しては、次の項目が主な変更・新設点である。

- ① readtable-caseの導入
- ② シンボル、コンスは関数ではない。(coerceして関数にできる。)
- ③ 型階層の変更(前述)
- ④ 細かな点
 - (a) int-charの削除とそれに伴う整数から文字への変換機能の削除
 - (b) type-ofの定義の強化とclass-ofとの関連づけ
 - (c) (defun (setf fn) ...) が可能。合わせて、setfでは(setf fn)関数を呼び出す。
 - (d) eval-whenの変更
 - (e) load-time-value特殊形式の導入
 - (f) compiler-letの削除
- (2) 第8章マクロでの変更・新設点
 - ・ destructuring-bindの新設、
 - ・ コンパイラマクロ機能(define-compiler-macro)の新設、
 - ・ 環境情報の取得(variable-information,function-information,declaration-information,augment-environment,define-declaration,parse-macro)
- (3) 第9章 宣言での変更・新設点
 - ・ declaim (ファイルコンパイラ中で有効なproclaim)、
 - ・ dynamic-extent宣言、
 - ・ declare optimizeに対するdebugクオリティの新設
- (4) 第10章 シンボル：特になし。
- (5) 第11章 パッケージでの変更・新設点
 - ・ 組み込みパッケージ名の変更(user→common-lisp-user (nicknameはcl-user)、lisp→common-lisp (nicknameはcl)、systemという名前のパッケージがなくなるとよい)
 - ・ in-packageがマクロになった(この結果、ファイルコンパイラ中でそれが処理される)

- ・ delete-packageの新設
 - ・ defpackageの新設
 - ・ モジュール概念の削除(その結果、provide、requireがなくなる)
- (6) 第12章 数：特になし。
 - (7) 第13章 文字での変更・新設点
 - ・ bits, font属性が標準外へ。
 - (8) 第14章 列での変更・新設点
 - ・ map-intoの追加(mapの破壊版)
 - (9) 第15章 リストでの変更・新設点
 - ・ lastの拡張(おわりのn個を取る)
 - (10) 第16章 ハッシュ表での変更・新設点
 - ・ with-hash-table-iterator (ハッシュ表の要素を順に取り出す)の新設
 - ・ ハッシュ表の情報を調べる方法の追加
 - (11) 第17章 配列での変更・新設点
 - ・ row-major-aref (多次元配列を一次元的にアクセス)
 - (12) 第18章 文字列での変更・新設点
 - ・ stringの定義の変更(string-charがなくなった。)、(string-charはbits, font属性がゼロの文字であった。)
 - ・ make-stringへの:element-typeの追加
 - (13) 第19章 構造体：特になし。
 - (14) 第20章 エバリュエータ：特になし。
 - (15) 第21章 ストリーム
 - ・ streamの副型の追加(上述)
 - (16) 第22章 入出力
 - ・ readtable-case (リーダの大文字小文字制御) #、(ロード時eval)の削除
 - ・ *read-eval* (リード時eval)による#の制御、
 - ・ *print-readably*による印字表現の読み戻し可能性の制御
 - ・ prin-unreadable-object (#<...>) format指示子にいくつかの追加(pprint関連が主)
 - (17) 第23章 ファイルシステムインタフェース
 - ・ パス名解釈の明確な指示

- ・相対パス (:relative) か絶対パス (:absolute) の指定
 - ・論理パス名の新設 (Symbolics型) (シンボルはパス名の代わりに使えない)
 - ・file-stream-lengthの新設 (ストリームに出すときのサイズを知る)
- (18) 第24章 エラー：全面的に29章の内容で置き換えられる。
- (19) 第25章 さまざまな機能
- ・load-time-valueの新設
 - ・コンパイラによる診断メッセージ
 - ・コンパイル環境などの定義
- (20) その他の新設

第26章ループ機能、第27章プリティブリント機能、第28章Common Lisp Oobject System、第29章コンディション、付録Aシリーズ、付録B ジェネレータとギャザラ、付録Cバッククォートこれらはすべて新設。内容については省略。

2. Common ESP

2.1 Common ESPの背景

Common ESP (略称CESP) は、第五世代コンピュータプロジェクトの成果である高水準知識処理言語、ESP (Extended Self-contained Prolog) [Chikayama 1984] をベースとして、開発された言語である。

CESPはESPの言語仕様を基本的にそのまま受け継いでおり、オブジェクト指向論理型言語として特徴づけられる。論理型言語として、代表的なものは、Prologであり、ESPまたはCEPSにおける論理型言語も基本的には、Prologである。Prologは、バックトラック機能とユニフィケーション機能を基本制御機能として内蔵、また、述語論理に基礎をおく宣言的表現形式により、AI言語としての評価を十分得てい

る言語である。しかし、元来、Prologには、モジュール化機能が欠如しており、ますます大規模化する傾向にあるAIシステムを記述するには重大な欠陥となっていることも事実である。そのため、現在、ISO (国際標準化機構) のProlog標準化会議では、モジュール化機能を入れる方向で進められているし [実近1989]、また、すでにモジュール化機能を組み込んだ処理系もいくつかある。

一方、ESPあるいはCESPはPrologにオブジェクト指向機能を導入することで、その機能の一部であるモジュール化機能を自然な形で実現している。本来、オブジェクト指向の考え方は、人工知能とソフトウェア工学の双方の分野から生まれてきた概念が融合したものであるが、この思想に基づいて作られたSmalltalkなどで、その有用性が認められ、今や単に市民権を得ただけではなく、構造化プログラミングに替わるパラダイムとして、近年ますます注目を浴びつつある。このように、オブジェクト指向は単なるモジュール化機能を超える機能であり、ISOの標準化会議 (1988年9~10月、西独) でもモジュール化機能を持つPrologとしてESPを日本案として提案したが、翌1989年4月の同バリ会議では残念ながら時期尚早ということで採用されるに至らなかった。

次に、CESPとESPの違いを見ると、その最大の相違点は、ESPが、高水準な言語機能を最大限の性能で引き出すために設計された専用マシンPSI (Personal Sequential Inference machine) [近山1988] で動作するのに対し、CESPは一般の汎用計算機 (特にUNIX系ワークステーション) 上で使用可能なことである。このことは、言語の基盤性を考慮したとき、普及という観点から大きな意味を持つてくる。事実CESPが、ESPがすでに存在するにもかかわらず、新たなプロジェクトとして取り上げられた最大の理由でもある。

この研究開発を目的として、1988年3月に、(株)AI言語研究所 (略称AIR) が設立された。これは、基盤技術研究促進センターと民間企業11社の共同出資

によっている。CESPプロジェクトの研究開発期間は1988年から1992年までの4年間である。開発は、1988年に暫定版、1989年に基本仕様版、1990、1991年にフルセット仕様版と3段階に分けて行われた。

- ・暫定版：CESPプロジェクトの実現性とネックになる問題点の早急な洗い出しを主眼として、CESPシステムとしての必要最小限の仕様のもとでの動作の確認を目的としている。
- ・基本仕様版：暫定版で得られた知見に基づき、最終段階のフルセット仕様版の骨格となる版を作成する。基本的な言語仕様としては、最終版に近いものとなる。移植性、動作性能に関して実用レベルとして設けた水準をクリアする。
- ・フルセット仕様版：基本仕様版をベースとし、移植性能、実行性能について、一層の充実を図ると共に、プログラム開発環境、ユーザインタフェース等を拡充する。

以上のようなスケジュールで開発を進めてきたが、1990年秋頃から、すでに開発済みの基本仕様版、次のフルセット仕様版と、最終版ではないが一応実用に耐え得るものとして、完成度を調べるため、営利を目的としない条件のもとに、現在一般配布を行っている。

2.2 CESPの特徴

2.2.1 言語仕様としての特徴

前節で述べたように、CESPはESPの言語仕様を継承し、オブジェクト指向機能と論理型言語を融合した言語となっている。融合の仕方は、基礎言語としての論理型言語を構造化する手段としてオブジェクト指向の概念を適用することである。すなわち、プログラムはオブジェクトの集合からなり、また各オブジェクトはホーン節の集合からなるという構造を持つ。プログラムの実行は、オブジェクト間のメッセージ通信を行いながら、各オブジェクトの状態を変えるという形で進められる。ここで、メッセージは、一つの述語であり、メッセージを実行するこ

とは、メッセージを定理と見なし、これを定義するホーン節集合の表す公理系のもとで定理を証明することと解釈できる [近山1990]。

さらに、オブジェクト間の継承関係やメッセージ通信などの仕方についても、さまざまな設計の仕方がありうるが、CESPでは、処理系実装時にあまり効率を落すような仕様は含めない方針を徹底した。

(1) オブジェクト指向としての特徴 [中澤1991]

CESP言語パラダイムのもう一つの柱はオブジェクト指向である。この概念は、解決すべき問題領域において、思考の単位としての「知識」を切り出して来て、これをオブジェクトとして扱い、オブジェクトの属性、オブジェクト間のさまざまな関係を明かにして、問題に構造を導入し、考えやすくするための方法論である。CESPでは、オブジェクトはクラスと呼ばれ、CESPプログラムは一般に、いくつかのクラスからなる形式で書かれる。

ここで、クラス定義の型を示す。

```
class <クラス名> has
  nature <継承クラス宣言>
    <クラススロット/メソッド定義>
  instance
    <インスタンススロット/メソッド定義>
  local
    <ローカル述語定義>
end.
```

クラスの内部は（一定のフォーマットで）Prolog風言語で書かれている。

クラスは型として定義されるが（クラスオブジェクト）、その状態を定めるスロット値が定まったとき初めて具体化し、これはインスタンスと呼ばれる。インスタンスは一般にプログラム実行時に動的に作られる。このオブジェクトの動的性質は、単なるモジュール化には見られない性質である。

クラスオブジェクトの属性としては、その状態や性質を表す状態変数（スロット）の他に、そのクラスで定義されるある処理（メソッド）がある。メソ

ッドの定義はローカル述語で行われる。あるクラスAで定義されたメソッドMを別なクラスBで、利用したいときは、クラスAに依頼することで行われる（メソッドコール）。このときクラスBにはメソッドMがどのようなローカル定義がされているのか見えない、いわゆる情報隠蔽がなされている。

スロットに対しても情報隠蔽の考えから、外部クラスからでも参照、更新が可能なスロット（attribute）とクラス内だけで可能なもの（component）が用意されている。

CESPでは、クラス間で属性を引き継ぐための継承機能として、多重継承を採用している。これは複数の親クラスからの属性の継承を可能にする。継承の仕方に関してはさまざまなバリエーションがあるが、CESPでは、継承クラスが表す公理群の合併集合と解釈し、親クラスと子クラスが同一名称のメソッドを持つ場合、一定の順序でどちらも実行可能となる。

もちろん、このようなデフォルトな継承順序を変更したい場合もありうるので、いくつかの変更機能も用意されている。

(2) 論理型言語としての特徴 [中澤1991]

論理型言語とは、述語論理による「知識」表現能力が着目され、言語として発展したものである。従来の手続き型言語では、プログラムは問題を解く手順を記述したものである。これに対し、論理型言語では、原理的な言い方をすれば、問題の意味や解の条件を宣言的に表現するだけでよい。そして問題を解く手順は、この言語特有の実行制御機能に任される。

CESPの論理型機能は、基本的には、論理型言語として代表的なprologと同じである。prologの実行制御機能は、導出原理に基づく推論であり、「ユニフィケーション」と呼ばれる、一種の記号パターンマッチング機能と「バックトラッキング」と呼ばれる非決定手続き機能によって実現されている。CESPではこの基本機能に加えて、さらに効率のよ

い制御を行うため、いくつかの実行制御機能の拡張を行った。代表的なものを示す。

- ・大域脱出機能：prologでは、通常のバックトラッキングによるプログラムの流れを変更する機能としては、カットがあるが、その制御範囲は局所的である。そこで、例外的な事象が生じて、大幅にジャンプしたいような場合に有効となる、catch & throw 機能を用意した。これは、脱出の必要性が生じた部分の実行を停止し、処理の準備のあるレベルまで一気に戻る機能である。カットと異なり、戻り先を明示できる。

- ・例外処理：prologにおけるfail（失敗）は、あくまで通常の実行で生じることであり、本当のエラー（例えば、整数演算オーバーフロー）はfailとは区別して、処理することが望ましい。CESPでは、このような例外（エラー）状況を14種類あげた。例外発生時には、例外処理環境に通知され、システムで標準的に用意された例外処理を実行する。しかし、この処理をユーザが定義することも可能であり、ユーザ定義のある場合はシステム定義処理に優先して行われる。

(3) その他の拡張機能

- ・他言語インタフェース機能 [伊藤1990]：ESPになくCESPに新たに付加された機能の一つである。他言語（現在C、Fortran）によるプログラムを呼んだり（call out）、あるいは呼ばれたり（call in）することが可能となる。この機能の意義は、以下のようないくつかの観点から生まれてくる。

言語の機能分担：CESPはAI的な思考の記述に適し、Fortranは数値計算向きで、C言語はアセンブラ的なきめの細かい記述に適するというように、言語にはそれぞれ、最も得意とする守備範囲がある。解決すべき問題が大規模化すると、そのなかには、さまざまな要素が含まれるのが普通であり、これを単一の言語で開発することは、効率が悪い。

プログラム資産共有：既存の言語で開発された優

れたソフトがツールとして提供されているような場合、これを異なる言語のソフトからでも利用できる機能は、ソフトの生産性を高めるうえで重要である。

プロトタイプ開発：CESPは開発の過程で試行錯誤を繰り返すAI的なソフト開発を短期で仕上げることに威力を持つ。そのオブジェクト指向機能により、モジュール性が良いため、一旦CESPで仕上げたプログラムを見直し、効率の悪いモジュールを切り出し、これをそれに適した他言語で書き直すことも可能となる。

- ・他言語インタフェースクラス：CESPのオブジェクト指向性を生かしてクラス単位にインタフェースを取ることにして、そのために設けたクラスである。この中で、CESPのメソッドとして呼び出す他言語ルーチンの宣言、他言語ルーチンから呼び出すCESPのメソッドの定義、データ変換などの規則を定義した他言語バンクの宣言などが行われる。
- ・マクロ展開機能 [近山 90]：ソースプログラム（の一部）を人間にとって分かりやすい表現で書き換えることを許す機能であり、コンパイル時に元に戻す。特にPrologは、従来型の手続き型言語では普及しているマクロ記法を持たないため、例えば、数式を直接書くようなこともできなかった。CESPではこれを改善して、数式記述等標準的なものは、システムマクロとして提供し、この他にユーザが定義可能なマクロ機能を持たせた。マクロ展開の対象は、クラス全体、述語定義節、項など広範囲に扱える。またマクロ定義は、単なる置き換え機能だけでなく、特定の記述機能も持つ。このようなマクロ定義は、マクロバンクと呼ばれる、クラス定義に似た形式で行われ、継承機能なども持つ。
- ・豊富なデータ構造 [中澤 89]：通常のprologの持つデータ型は、変数、アトム、整数、浮動小数点、構造体データ（リスト、ファンクタ）などである。CESPではこの他に、オブジェクト

を表現する構造体として副作用のあるデータ型を用意している。副作用のある構造体をインピュア構造体と呼び、オブジェクトの他にも、インピュアベクタ、インピュアストリングなどがある。ここで副作用のあるデータとは、破壊代入が可能なデータをいう。これに対して従来のprologでは、破壊代入の概念がなく、データはすべてピュアつまり副作用なしである。一般に変数がピュアなデータ値に（ユニフィケーションで）設定されると、後はバックトラックで開放されるまでその値は保持される。逆にバックトラックにかかわらず保持しようとしてもできない。そのため、オブジェクトの状態を保持する機能を持つスロット（オブジェクト状態変数）にはインピュアなデータのみが許される。

ただし、ピュアデータでもフローズンタームと呼ばれる凍結型に変換して代入可能とする用意はしてある（図表IV-1-8）。

2.2.2 処理系としての特徴

一般に言語が高級化し、人間に親しみやすくなるにつれ、処理系の作業内容は複雑化し、作業量も増大する。CESPも、高度の知識表現機能を追求しているため、処理系は重くなりがちである。CESP処理系の問題を、実行管理（コンパイル環境）プログラム管理、プログラム開発環境の三つに分けて説明しよう。

(1) 実行管理（コンパイル環境 [佐藤 91]）

CESPプロジェクトの一つの目的は、

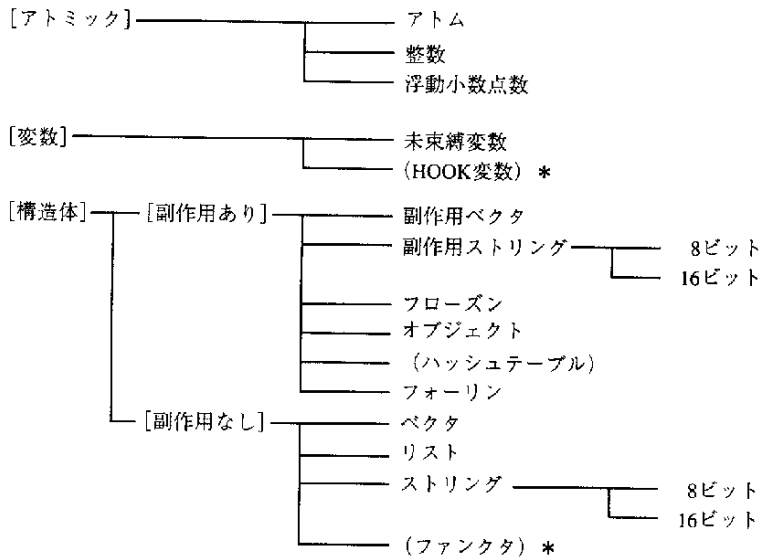
- ・一般の汎用マシンへの移植が容易である、
 - ・実用的言語として高水準の性能を確保する、
- という二つの、一般に互いに相反する要求を満たす処理系を作ることである。性能を高めるには言語仕様を、実際のハードウェアに最も近い言語（機械語）に、なるべく少ないコード量で変換することである。
- このとき、変換作業（コンパイル）の容易さ、作業量も当然問題となる。一般にコード生成量を少なくしようすると、それだけコンパイルの作業は複

雑化し、また、異なる機械語ごとにコンパイラを作ることになれば、移植性は最悪となる。現在、prolog系の言語で行われているコンパイラ方式はWAM (Warren Abstract Machine) と呼ばれる仮想機械言語に翻訳し、その後、それをシミュレート実行するか (エミュレート方式)、またはさらに実際の機械語に変換する方式 (機械語生成方式) が取られている。

ESPでは、WAMを実際の機械語とする専用機を作ることで、高性能を得ている。一方CESPでは、エミュレータ方式と機械語生成方式の両方を作成した。CESPでは、まず、開発が比較的容易で移植性の高いエミュレータ方式で、暫定版を開発し、その後、高速実行可能な機械語生成方式を採用した (基本仕様版、フルセット仕様版)。ただし、採用した機械語生成方式は、移植性を考慮したもので、

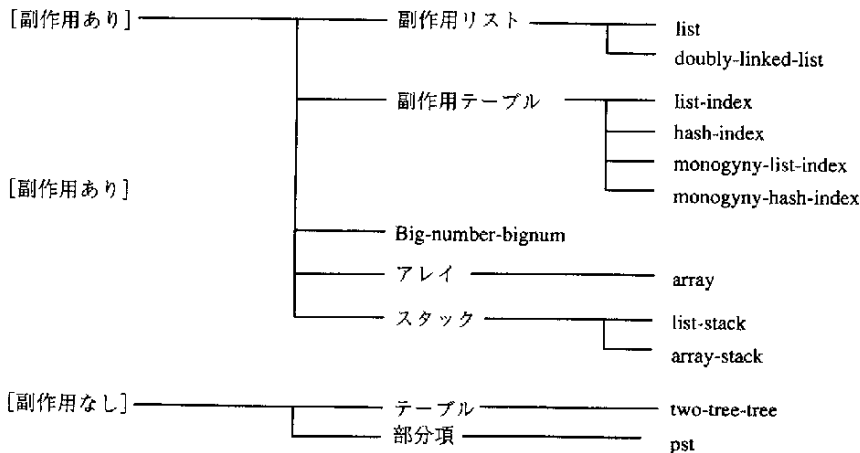
図表IV-1-8 CESPデータ構造

(1) 基本データ型



* (...) : ユーザには見えないデータタイプ

(2) 拡張データ型



CESPソースコードを、WAMに変換したのち、これをさらに、低レベルの仮想マシン語（LIR）に変換し機械語とのギャップをなるべく縮める。そして最後に、LIRコードを個別の機械語に落とす。

ここで、異なる機械語ごとに機械語ジェネレータ（CG）を設計するのではなく、機械語ジェネレータジェネレータ（CGG）方式を採用し、対象とする機械語固有の情報を記述ファイル（MD）にまとめ、CGGとMDよりCGを自動生成することを行っている。（図表IV-1-9）現在、このCGG方式により、MC68000系、SPARCへの移植が行われ、方式の妥当性が検証された。

(2) プログラム管理

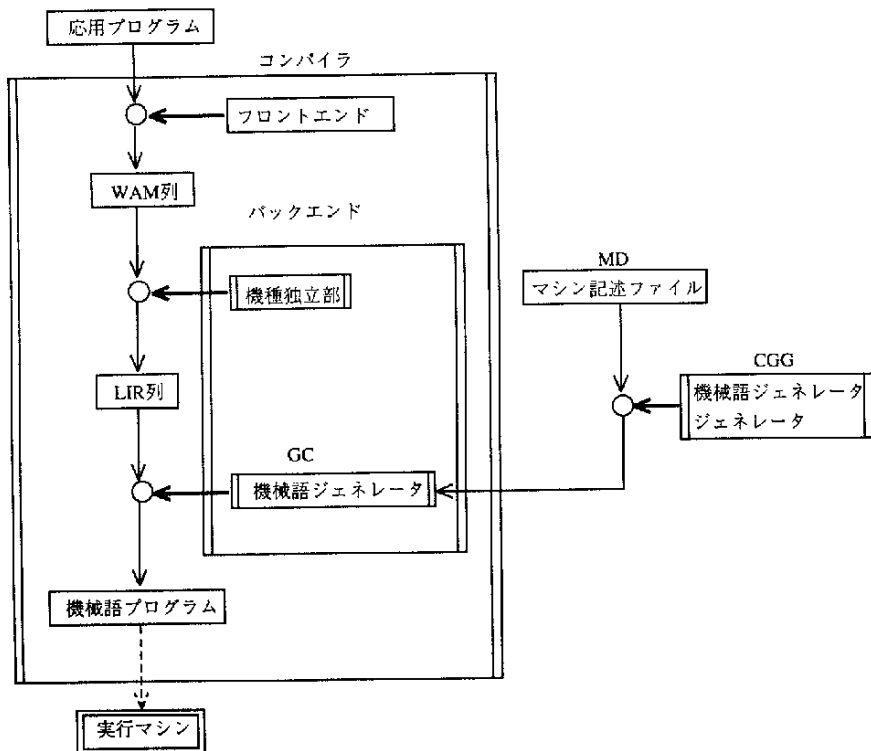
CESPプログラムの登録、検索、削除という、基本的な管理を行う。CESPプログラムは、コンパイラによって継承解析などの処理をした結果がクラス

単位でライブラリに登録される。登録したクラスは、当然後で利用されるが、その管理は「クラス管理」が行う。クラス管理はライブラリアンと呼ばれるインタフェースを通して行われる。特徴的な機能としては、プログラムの一部を修正したときなど、複雑な継承関係の自動解析をして、再コンパイルする自動コンパイル機能やユーザが必要とするクラスだけのシステム構成を可能とする、システムコーディネータ機能などがある。これは、特に重くなりがちなシステムのシェイプアップに役立つ。

(3) プログラム開発環境 [内田 91]

言語がその能力を発揮するためには、単に知識表現能力が優れているだけでは不十分で、人間とのインタフェースを含めた開発環境の整備が不可欠である。

図表IV-1-9 機械語ジェネレータ、機械語ジェネレータジェネレータ



・ Emacsエディタ環境

プログラム開発はエディット→コンパイル→実行のサイクルを繰り返して行われるが、これを対話的にスムーズに行うために、GNU Emacsエディタをベースとして、プログラム開発環境を構成した。本来このEmacsは、単なるエディタではなく、ユーザ固有のプログラミング環境をカスタマイズできるツール群を備えている。そこでEmacsプロセスから起動するプロセスの一つとしてCESP処理系を組み込み、CESP処理系の実行時には、Emacsと通信できる構成とした。エディタ以外の機能として、ソースレベルデバッガ機能、オンラインマニュアル機能などを備えている。

・ Xウィンドウシステム

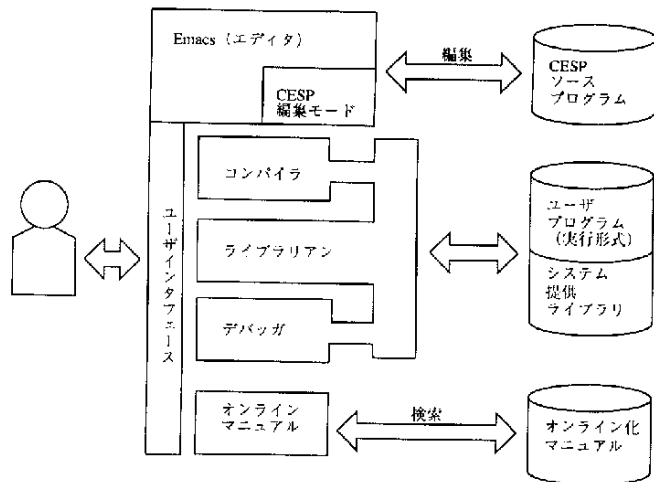
CESPでは、プログラム開発時のインタフェースとして、上述したEmacsベースのものを基本としているが、世の中の多くのシステムがウィンドウを活用しているのも事実である。ウィンドウはヒューマンインタフェースの一部として特に出力時に大きな効果を発揮する。そこで、CESPシステムでも、ウィンドウ機能を備えることにした。業界標準の声も聞かれるXウィンドウを採用している。ただし、XとCESPのつながりがオブジェクト化してあるため他のウィンドウシステムに替えることも比較的容易である。最初、XウィンドウのR3版で組み込んだが、その後R4版が世の中に普及しているということで現在これに切り替えているが、1991年の秋にはR5

が出されるというし、最終的にはR6が標準になるであろうという噂もある。このように、業界標準とてはいうもののかなり流動的で、移植性をモットーとするCESPとしては、あまり、凝りたくない方針である。

・ 豊富なライブラリ

プログラム開発上必要となる各種のユーティリティがメソッドの形で、ライブラリとして登録してある。入出力用（標準入出力、ファイル操作、ウィンドウインタフェース等）と、データ操作（拡張データ型操作、シンボライザ機能、文字操作）の2種類を用意している。

図表IV-1-10 EmacsベースのCESP開発環境



図表IV-1-11 CESP V3.0の性能

動作環境	実行性能	メモリ性能 (CESP本体+スタック領域)
機種：SPARC station 2 主記憶：32MB CPU：SPARC (40MHz) MIPS値：28.5 (公称) OS：SunOS4.1.1	<エミュレータ版> Reverse-30 21 8Queen-all 28 Append-100 22 <マシン語生成版> Reverse-30 310 (14) 8Queen-all 272 (9) Append-100 253 (11) 単位：KLIPS (括弧内は対TE比)	<エミュレータ版> 3.8+7.2=11.0 (MB) <マシン語生成版> 13.1+7.2=20.3 (MB)

2.3 CESPの評価

(1) CESP性能(速度・メモリ)

AIRでは現在CESPの開発環境として、SUNワークステーションをターゲットマシンとしている。

速度性能およびメモリ性能をそれぞれ図表Ⅳ-1-11に示す。測定は、フルセット仕様版Version3.0について行った。なおこの測定では、Prolog機能に関するテストしかしていないが、オブジェクト指向機能(メソッド呼び出し、スロットアクセスなど)についても、Prolog機能とそれほど変わらない。ただし、仮想メモリ方式を採用しているので、主記憶のサイズが十分でないと補助記憶とのスワップが頻発に生じて速度性能を下げることになる。

(2) 実証評価プログラムによる評価 [山本 90]

開発した言語の機能や使いやすさについて評価を客観的に行うことは、なかなか難しい問題であり、確立した方法はないといってよい。AIRでは、下に挙げる四つのAI応用プログラムを実際に作成することにより、実証評価を行うことにした。これらは、すべて10Kバイト以上のサイズを持つ。CESP評価のためにはある程度の規模以上のプログラム開発でないと、真の評価が期待できない。なぜなら、1Kバイト以下のプログラムでは、C言語などの低レベル言語で十分であり、その方がむしろ性能も良くなるからである。

- ・自然言語処理用ツール
- ・回路部品検索支援システム
- ・漢方薬処方支援システム
- ・UNIXコンサルテーションシステム

この他にも、大阪大学との共同研究で、最先端のエキスパートシステム研究としての「知識コンパイラ」をCESPで開発し満足すべき評価を得ている。

2.4 CESPの今後

(1) 性能向上

ハードウェアの進歩の速度は依然として衰えず、特に、パソコン、ワークステーションの性能向上は

目ざましいものがある。開発当初、高水準言語のため、重いと感じられたCESPも、数年も経たないうちに、実用レベルに達し、近い将来に、現在の専用機上のESPと比べても遜色のないレベルになることが予測される。現在エミュレート実行版と機械語生成版の間に5倍以上の速度性能差があるが、メモリ性能は半分以下であり、さらにエミュレート方式の移植性の良さを考慮すると将来はエミュレート方式で十分となる可能性もある。

一方、単にハードウェアの進歩に頼るだけでなく、性能向上のための最適化処理の研究も現在積極的に進めている。

(2) 機能向上

現段階のCESPの言語仕様で、すでに必要な機能は備えているものと考えられ、さらにあれこれと雑多な機能を追加することは、言語性能を損ないかえって使いにくい言語にする恐れがある。しかし、将来CESPの限界と考えられるものは、これからも研究を続けていくべきであろう。それらのいくつかのうち、項目のみ列举すると、マルチプロセッサ対応の強化、永続性オブジェクトの導入、データベースインタフェースの導入などがあげられる。また、プログラミング開発機能についても、実際のユーザからの使用経験からの評価を取り入れながら、本当に使いやすいものにしていく必要がある。

<参考文献>

[Chikayama1984] Chikayama,T:Unique Features of ESP,Proceedings of FGCS'84,ICOT,1984

[近山1988] 近山:オブジェクト指向言語によるOSの開発例、情報処理、vol 29,No.4,1988

[中澤1991] 中澤、近山:オブジェクト指向論理型言語、情報処理、vol 32,No.6,1991

[近山1990] 近山、中澤、他:ESPerへの道、bit、vol 22,No.1-12,共立出版,1990

[中澤1989] 中澤、実近:論理型言語とオブジェクト指向言語の融合、INAP'89論文集、1989

[伊藤1990] 伊藤：CommonESPにおける他言語インタフェースの実際、INAP'90論文集、1990

[実近1989] 実近：プロログ国際標準化の動きとESP、AIセンターだよりNo.12,1989

[山本1990] 山本：CommonESPの実証評価、AIセンターだよりNo.15,1990

[脇1990] 脇、溝口：知識コンパイラに基づくKCII-DST-CESPによる実現、AIセンターだよりNo.18,1991

[内田1991] 内田、中澤：オブジェクト指向論理型言語CommonESPのプログラミング環境、AIセンターだよりNo.19,1991

[佐藤1991] 佐藤、高橋、他：Portable Mapping of Common ESP to Conventional Architectures、情報処理第61回記号処理研究会,1991

3 エキスパートシステム評価ガイドラインの開発

最近、エキスパートシステムの普及につれ、ルール・フレームなどの典型的な人工知能手法の利用法を整理し、開発方法論としてシステム開発の現場で利用できるように整備していく動きが、ツール提供各社や大規模エキスパートシステムユーザの間で活発になってきている。しかし、その一方では、十分な問題解決能力を持ちながらも、フィールドテストを経て、実現化の段階に達したエキスパートシステムの数には意外に少ない。この理由としては、さまざまなものが考えられるが、その一つは、開発中、あるいは、完成したシステムを客観的な基準で評価するための方法・基準が確立されていないことにある。特に、エキスパートシステム開発方法論と組み合わせた評価方法の整備が急務である。

このような現状認識のもとに、(財)日本情報処理開発協会では、1988年度から、エキスパートシステム

評価のフレームワークの確立を目指して、調査研究を行ってきた。これは、現時点では、標準化という面は、不十分なレベルにあるが、この種の調査研究活動としては、わが国では初めてのものである。本節では、大規模なエキスパートシステム開発・運用のライフサイクルを通じて適用可能な、エキスパートシステム評価ガイドラインについて概要を報告する。本ガイドラインは、350項目に及ぶチェックリストを中心としたもので、これには、エキスパートシステム開発・運用時に評価すべき重要な項目がすべて網羅されている [JIPDEC 1991]、[Terano 1992]。このガイドラインの基礎となる諸概念について知識工学的視点・ソフトウェア工学的視点から解説を行う。

3.1 調査研究の概要

上述した調査研究の目的は、「できるだけ広い範囲のエキスパートシステムの開発・運用時に、評価基準として使用できる一般的なガイドラインを開発すること」であり、そのために以下のような活動方針をとった。また活動の経緯は図表IV-1-12のようにまとめられる。

- (1) エキスパートシステム評価技術の現状を分析し、知識工学的立場・ソフトウェア工学的立場から、その統合化を指向する。
- (2) エキスパートシステム評価手法の事例分析を実施する。
- (3) エキスパートシステム評価のガイドラインを提案する。
 - (3-1) エキスパートシステム評価のための包括的なチェックリストの作成
 - (3-2) チェックリストの利用方法の提案
 - (3-3) 評価ガイドライン自身の事例による評価

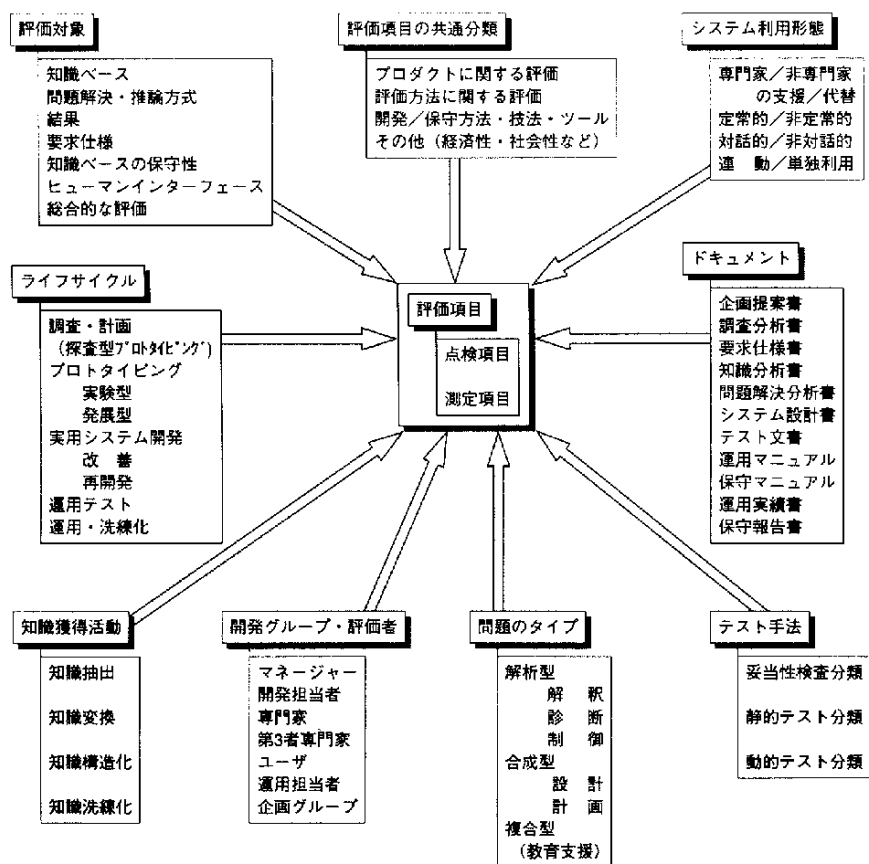
一般にシステムを評価する場合の視点としては、社会的な視点、経済的な視点、技術的な視点の三つが存在する。これら三つの視点を総合しなければ、開発中あるいは、完成したシステムの評価を厳密な意味で実施することはできない。社会的な視点とし

て、例えば、利用者が知識ベースの知識基準として納得できるのか、信用がおけるのかなどの問題がある。経済的な視点としてはエキスパートシステムがどれだけの利益を生み出すのか、開発の費用効果をどう判断するのかなどの問題が生ずる。しかしながらガイドラインでは第3の人工知能技術から直接派生する技術的な諸問題を主な検討の対象としている。これは、技術的な視点からのエキスパートシステム評価手法が定まっていない現状においては、まず、これを評価ガイドラインとしてまとめることが重要と考えたからである。

技術的な視点に注目すると、エキスパートシステムの評価の問題は、特にシステムのVerification（検証）とValidation（妥当性検査）（以下V&Vと呼ぶ）、

ならびに、V&Vを行う手段としてのテスト（Testing）が中心となる〔Deutsch 1982〕。これを総称して「評価」という用語を用いることにする。検証とは、システムの内的な正しさを保証する作業、すなわち、システム開発時に生ずるエラーをなくす作業を指し、開発工程において正しくシステムを構築するための確認作業である。妥当性検査とは、完成したシステムが（陽には表現しにくい）ユーザの真の要求の目的を満たしているかを確認する作業である。すなわち、妥当性検査では、システムは正確に要求が反映しているか（正確性）、ユーザにとり有用なものであるといえるのか（有用性）が重要となる。そして、正確性、有用性を確認するためには、通常要求仕様の達成状況を評価することとなる。

図表IV-1-12 評価ガイドラインの構成



しかし、エキスパートシステムを対象とする限りにおいて、われわれは、ここでジレンマに陥らざるを得ない。エキスパートシステムを含む知識システム技術は、もともと悪構造・悪定義な対象に対するアプローチとして発展してきた手法であり、仕様が不明確であるとの前提に開発に踏み切る場合が多いからである。したがって、エキスパートシステム評価ガイドラインを提案しようとするれば、対象とするエキスパートシステムの性質・開発方法・ライフサイクルなどの諸概念を明確にする必要が生ずる。研究調査活動の大部分はそのための作業に費やされた。その結果として、V&V技術、テスト手法、ライフサイクルモデル、知識獲得活動、エキスパートシステムの型などさまざまな観点から利用が可能な、チェックリストベースのエキスパートシステム評価ガイドラインを提案することができた。

3.2 実運用型エキスパートシステム

エキスパートシステムあるいは、知識システムとは、通常以下のようなシステムとして定義される。すなわち、“通常人間の知性を用いなければ解けないような特定分野の問題を解決するのに、専門家の

知識をコンピュータに組み込んで、人間に代わってあるいは人間を支援して問題解決を行うことを目的とした計算機システムである”（例えば、[Hayes-Roth 1983]）。このような定義のもとでは、エキスパートシステムの評価は、専門家の知識との比較によってのみ成り立つものとなる。

それに対し、実環境において運用されるエキスパートシステムでは、問題解決能力が重要となる。そこで、われわれは、以下の性質を満足するようなコンピュータシステムを、実運用型エキスパートシステム（Operational ES）と呼ぶことにする。

- ・人工知能技術をシステム実現の技術的な基盤とすること。
- ・利用者の問題解決に対する要求に対応して開発されるシステムであること。
- ・利用者（専門家／非専門家）にとって、問題解決の支援または代替を行う能力を持つこと。

本ガイドラインでは実運用型エキスパートシステムを評価対象とする。実運用型エキスパートシステムは、ユーザの機能要件、性能要件等のニーズを充分満足させることを目標とする。一方、エキスパートシステムの問題解決能力の実務的観点でシステム

の開発を行うというケースも存在し、これを研究開発型エキスパートシステム（Exploring ES）と呼ぶことにする。本報告では、研究開発型エキスパートシステムは評価という概念にそぐわないので、その対象としない。

現状では、実運用型エキスパートシステムの多くは、知識ベースと推論機構とを備えた、いわゆる知識ベースシステムである。しかし、以下の議論であきらかになるように、ここで提案する評価ガイドラインは、知識ベースシステムに限らず、ファジィやニューラルネットを利用するシステムについても一部適用可能なものである。

図表IV-1-13 本研究委員会における調査研究活動のあらまし

(1986年-1989年： ICOT-JIPDEC AIセンターにおける知的情報処理システム調査研究委員会にて、知識システムの開発方法論・知識システム構築ツールの比較分析・知識技術者育成ガイドラインの調査・研究ならびに代表的な知識システムの事例分析を実施。 [Kobayashi 1990])
1988年度： エキスパートシステム評価ガイドラインに対するフィージビリティスタディの実施。 [JIPDEC 1989]
1989年度： ・V&V理論・技術に対する現状分析・調査 ・代表的なエキスパートシステムに対する評価手法の事例調査・分析 ・エキスパートシステム評価ガイドラインの中間報告 [Terano 1989]、[JIPDEC 1990]、 [Terano 1990]
1990年度： ・エキスパートシステム評価ガイドラインの提案 ・チェックリストの作成と事例に基づく評価 ・V&V理論・技術に対する現状分析・調査 [JIPDEC 1991]

また、一般に、エキスパートシステムは実用システムに近づけば近づくほど、従来型システムとの統合化が重要となる。それに対して、本報告で述べる評価ガイドラインは、議論の発散を避けるために、とりあえず、エキスパートシステムとして作られている部分のみを評価対象とする。従来型システムとして最初から作られている部分については、（確立した手法はないものの）従来型の評価手法が適用可能と考えられる。ただし、実運用システムでは、開発の最終段階において人工知能手法をすてて従来手法で再開発されるケースもある。このガイドラインでは、このような立場から最終的に作りなおされたシステムも実運用型エキスパートシステムと考えて、同じ評価手法を適用するものとする。

3.3 エキスパートシステム開発の

ライフサイクルモデル

われわれは、プロトタイピングに基づくフェーズ

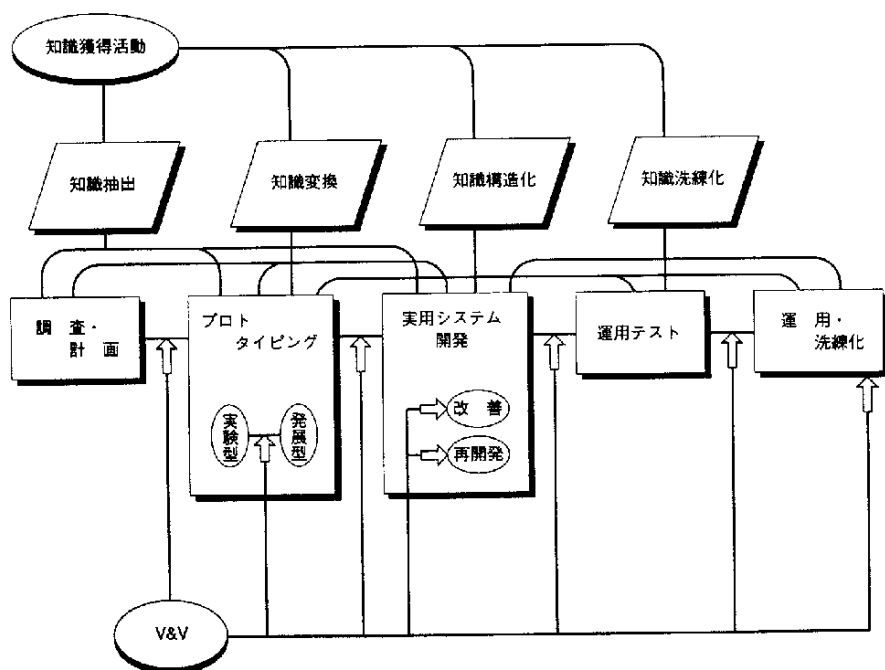
ドアプローチによってライフサイクルモデルを構成することとした。この考えの元では、開発当初においてシステムとしての本質的な要求を定義し、システムを徐々に成長させていく各フェーズで、段階的に要求仕様を明確化していくアプローチを採用する。そして、各フェーズが終了するごとに、直前の段階で定義された要求仕様に対するV&Vが実施され、次のフェーズへむけての仕様が決定する。このような立場から整理した、エキスパートシステム開発のライフサイクルを、知識獲得活動・評価活動と関連づけて、図表IV-1-14に示す。

3.4 ガイドラインの構成と評価体系

本ガイドラインの評価体系の構成を図表IV-1-12に示す。

図表IV-1-12のうち、ライフサイクル、知識獲得活動についてはすでに考察したので、以下では残りの部分について説明を行う。

図表IV-1-14 知識獲得活動と開発フェーズ・V&Vの関係



(1) 評価対象

われわれは、主に技術的な観点からエキスパートシステム自体を評価することとしているが、その場合の評価の対象は、基本的に計算機システムの考え方により、①システム要求に関連する部分、②その

結果、およびその処理の仕方（これをエキスパートシステムの枠に組み合せて、③知識ベース、④問題解決・推論機構、⑤マンマシンインタフェースに分類する）、⑥保守の問題、および⑦システム全体にかかわる問題に大きく7つに分類する。7つの評価対

象をさらにブレイクダウンした項目を「評価項目」と呼ぶ。

図表IV-1-15に評価項目を示す。

各評価項目は、以下のようにして、共通の4種類に分類できる。

まず、プロダクトに関する評価（結果系、P）と要因に関する評価（要因系、O）の3つに大きく分類される。要因系は、さらに、評価方法そのものを評価する場合（E）と方法論・技法・ツールの評価の場合（M）とに分けられる。各評価項目はさらに、点検項目と測定項目という次元で分類される。点検項目3/4項目とは、システムを構築する前のデザインレビューの際、または構築後評価をする際に、定性的に確認チェックするとき用いる。測定項目（22項目）とは、知識ベース規模や推論速度など、実際に定量的に測定が出来る評価項目のことである。

(2) ドキュメント

実運用エキスパートシステムにおいては、通常のソフトウェアと同様に各開発段階でのドキュメントが必要となる。エキスパートシステム、特有のものとしては知識分析と問題解決分析書とがある。

(3) テスト

エキスパートシステムのテスト手法にはさまざまなものが存在するが、ここでは、妥当性を検査する方法による

図表IV-1-15 評価項目

評価対象	分類	評 価 項 目
1.知識ベースの妥当性評価	P	1-1 知識ベースの正当性評価 1-2 知識ベースの完備性評価 1-3 知識ベースの一貫性評価
		1-4 経験的知識を正当化する方法とその確認
		1-5 知識表現の選択と適切さの確認 1-6 知識獲得方法の選択と適切さの確認
	E	2-1 推論処理の妥当性評価 2-2 推論時間の妥当性評価
		2-3 推論手法の選択と適切さの確認 2-4 不確実情報に対する処理技法の適切さの確認 2-5 学習機能の適切さの確認
		3-1 正解の評価 3-2 解の網羅性評価 3-3 解の最適正評価
2.問題解決・推論方式の妥当性評価	P	3-4 解の評価方法の適切さの確認
		4-1 要求仕様内容に対する評価 4-2 要求す要に対する達成度評価 4-3 要求仕様設定手段の確認
		5-1 変更箇所発見の容易性評価 5-2 知識ベースの理解性評価 5-3 変更箇所の局所性評価 5-4 知識ベースの統一性評価
3.結果の妥当性評価	E	5-5 品質安定性の確認方法の確認 5-6 保守マニュアルの整備状況の確認 5-7 保守用ツールの整備状況の確認
		6-1 利用時のインタフェース評価 6-2 保守時のインタフェース評価
		7-1 テーマ選定の妥当性評価 7-2 利用者の満足度評価 7-3 統合性の評価 7-4 成長可能性の評価 7-5 開発/保守用ドキュメントの評価
4.要求仕様に対する達成度評価	M	7-6 開発方法の適切さの確認 7-7 ツール・言語選択の適切さの確認
		7-8 システム開発の生産性評価 7-9 システムのコストパフォーマンス評価 7-10 セキュリティ対策の評価
5.知識ベースの保守性評価	O	
6.ヒューマンインタフェースの妥当性評価	P	
7.システムの総合評価	M	

(注) 分類は次のとおり。

P	結果系	プロダクトに関する評価
E	要因系	評価方法に関する評価
M		開発/保守方法・技術・ツールに関する評価
O	その他	経済性、社会性に関する評価

分類7種（内容的妥当性テスト、基準に基づく妥当性テスト、構成概念的妥当性テスト、表面的妥当性テスト、未来予測的妥当性テスト、併存的妥当性テスト、過去予測的妥当性テスト）と、テスト対象を実行するか否かによるテスト方法の分類（静的テストと動的テスト）とに分類し、代表的な手法を網羅的に述べる。

（4）システムの利用形態

エキスパートシステムに対する要求はその利用形態によって異なる。そこで、専門家／非専門家の作業の支援／代替、システムを定常的に利用するか否か、対話的に利用するか非対話的な利用か、他システムと連動して利用されるか単独システムとして利用されるかという、4つの次元から、システム利用形態の分析を行った。

（5）開発グループ・評価者

エキスパートシステムの開発グループのメンバー・評価者を次のように分類する。

- ①マネージャ：システム開発に責任をもち、次のフェーズへ進むか否か決断を行う。
- ②開発担当者：知識技術者。主としてデザインレビューや、ウォークスルーを行う。
- ③専門家：対象システムの知識提供者である。
- ④第3者専門家：当該分野の専門家ではあるが知識提供者とは異なる。
- ⑤ユーザ：専門支援システムでは、ユーザは専門家で、専門家の代行システムでは、ユーザは非専門家である。
- ⑥運用担当者：実用システムの管理・運用を行い、システムの変更の責任を担う。
- ⑦企画グループ：企画グループは、システム開発に先立ち、システムの調査・計画を行うグループである。

（6）問題のタイプ

エキスパートシステムの適用範囲は広いので、そのタイプの違いによって評価手法が異なることには、十分に考えられる。そこで、本ガイドラインは、

[kobayashi 1990] など、さまざまな文献で提案されている標準的な分類方法にしたがって、エキスパートシステムのタイプを分類し、各タイプごとに重要な評価項目について考察を行った。

3.5 ガイドラインの利用方法

本ガイドラインの利用者は、エキスパートシステムの開発にたずさわる開発担当者もしくはプロジェクト管理担当者を想定した。このような担当者レベルの技術者・管理者こそ、エキスパートシステムのV&Vの概念を明確に理解することが重要である。また、ガイドラインを利用することによって、より品質の高いシステムを実現する義務を負っている。さらに、この想定利用者は、（必ずしもエキスパートシステムに限らない）ソフトウェア開発プロジェクトの経験を持ち、かつ、人工知能の基礎概念についてひととおりの知識を持つことを仮定している。

また、ガイドラインの利用時期としては、システムの調査・計画が終了した時点、もしくは、対象システムに対する探索型プロトタイピングの作業が終了した時点以降を想定している。そして、ライフサイクルにしたがって、実運用システムが完成し、運用・保守にはいるまで、各フェーズごとに利用できるものを目指した。

ここで提案した評価項目は大規模かつ包括的なもので、これに含まれる項目のすべてについて、厳密な評価を実施することは、時間的にもコスト的にも現実的でない。したがって、利用にあたっては、特に効果が高いと思われる視点を予め検討しておく必要がある。評価項目の抽出に当たっては、図表IV-1-3に示したように、ライフサイクル別、評価者別、ドキュメント別、利用形態別、問題のタイプ別など利用目的に応じた、さまざまな分類体系を準備している。推薦できるのは以下のような方法である。①特に着目したい視点を選択し、②対応する評価項目を抽出する。さらに③関連の深い点検項目および測定項目について評価を行う。

3.6 まとめ

本調査研究の主要な成果は次の5点にまとめられる。

- (1) 実際に運用されるエキスパートシステムの性質や、開発のライフサイクルまでを考慮に入れた、評価ガイドラインを提案したこと。
- (2) エキスパートシステム開発・運用時に評価すべき重要な項目をすべて網羅した評価のためのチェックリストを作成し、その利用方法を取りまとめたこと。
- (3) チェックリストを、点検項目・測定項目に分類してそれぞれ詳細な説明を加えるとともに、それに、ライフサイクル・評価対象・評価分類・テスト手法・システム利用形態・対象とする問題のタイプ・開発グループ・知識獲得活動の8つの視点から分析を加え、使いやすい体系に整理したこと。
- (4) エキスパートシステム評価に関する代表的な理論・手法について広く調査研究を行い、重要な文献をリストにまとめ上げたこと。
- (5) 具体的なエキスパートシステム開発事例に本ガイドラインを適用して、その有用性の評価を行ったこと。

エキスパートシステムの評価手法、あるいはV&V手法の研究は、まだ始まったばかりであり、技術的にも未熟な点が多い、[O'Keefe 89] [Culbert 90]。本報告で示した評価のガイドラインも、網羅的かつ大規模なものだけに、実際の適用においては、改善の余地は多い。すなわち、本報告書の内容は、あくまで一般的な意味でのガイドラインであり、本ガイドラインの利用にあたっては、各自が、自らの問題に応じて各項目の内容を吟味し、項目を取捨選択して自分の問題に合わせていく必要がある。

<参考文献>

[Culbert 90] Culbert, C. (ed.): Special Issue: Verification and Validation of Knowledge-Based Systems. Expert

Systems with Applications, Vol. 1, No.3, 1990.

[Deutsch 82] Deutsch, M.S.: Software Verification and Validation-Realistic Project Approaches. Prentice-Hall, 1982.

[Hayes-Roth 83] Hayes-Roth, F., Waterman, D.A., Lenat, B. (eds.): Building Expert Systems. Addison-Wesley, 1983.

[JIPDEC 89] 日本情報処理開発協会：エキスパートシステム評価に関する研究開発、1989.

[JIPDEC 90] 日本情報処理開発協会：エキスパートシステム評価のガイドラインの研究開発報告書。01-R003, 1990.

[JIPDEC 91] 日本情報処理開発協会：エキスパートシステム評価シンポジウム—エキスパートシステム評価ガイドラインの研究開発報告書、1991.

[Kobayashi 90] 小林重信、寺野隆雄（編）：知識システムハンドブック、オーム社、1990.

[O'Keefe 89] O'Keefe, R.M., O'Leary, D.E.: The Verification and Validation of Expert Systems. 11th IJCAI Tutorial, MP4, 1989.

[Terano 89] Terano, T., Kobayashi, S.: Problem Analyses, Tool Evaluation, and Verification & Validation Study: Three Steps for Knowledge-Based Systems Development Methodology. IJCAI-89 Workshop on VV&T of Knowledge-Based Systems, 1989.

[Terano 90] Terano, T., Kongoji, H., Kaji, K., Yamamoto, K.: Developing a Guideline for Expert System Evaluation—a Midterm Report. Proc. PRICAI-90, pp. 164-169, 1990.

[Terano 92] 寺野隆雄（編著）：エキスパートシステムの評価ガイドライン、オーム社、（準備中、1992年発刊予定）。

第2部 人材育成

1 AI人材育成教育に関する調査の目的と概要

(1) 調査の目的

AIセンターでは、AI技術の普及振興活動の一環としてAIシステムの普及にとって重要なポイントであるAI人材育成教育を取り上げ紹介すべく調査を実施した。

本調査の目的は、メーカーやソフトウェア開発等の情報関連企業がユーザおよび外部一般人を対象に実施しているAI関連の教育コースについて、その内容や実施状況などの実態を調査・把握することである。

(2) 調査項目の概要

当調査では、回答会社の概要と実施されている教育コース全般にわたる内容、および教育コースごとの詳細内容の二つに分けて実態把握をすることにした。これらの調査項目の概要は以下の通りである。

回答会社の概要と教育コース全般

①会社概要：会社名、住所、従業員数、主要な製品・サービス、AI業務の概要

②AI関連教育コース：教育コース名、コース分類、定期開催か不定期開催か、受講期間、受講料
教育コースごとの詳細内容

教育コースごとの詳細内容に関しては、1990年度実施分について、以下の項目を調査した。

①教育コースの概要：コース名、期間・料金、定期／不定期と開催時期、教育対象者（職種）

②教育内容：到達目標（学習目標）、担当講師（人数、所属部門）

③教育プログラム（日程表）

④実績：コース開設年月、開催クラス本数、受講者総数、受講者の特徴

⑤本コースの評価

⑥今後の展開（予定）

⑦本コース受講者のAIに対する考え、要望

(3) 調査方法および調査対象会社

調査は、アンケート調査による方法を中心に行った。また、教育コースの案内書やパンフレットが入手できたものに関しては、それも調査分析に用いた。なお、不明部分については、電話による補足調査も行った。

アンケート調査表は、図表IV-2-1に示すように、メーカー13社、AIソフト関連・販売会社11社、その他4社の合計28社に送付し、回答があったのは、14社である。この14社のうちAI関連の教育コースを実施しているのは10社である。

2 AI教育コース実施企業のAI業務の概要

AI関連の教育コースを実施していると回答した10社のうちの半数がメーカー、4社がソフトウェア開

図表IV-2-1 アンケート調査表の回答状況
(1991年3月)

送付先会社区分	送付先 件数	回答状況		
		コース有	コース無	無回答
メーカー	13	5	1	7
AIソフト開発・販売会社	11	4	1	6
その他	4	1	2	1
合計	28	10	4	14

発・販売会社、残り1社がその他の企業（シンクタンク）である。

メーカー5社のうち4社はAI関連ハードウェアの開発および販売を行っており、また10社すべてがAIツールの開発・販売・教育サポートを行っている（図表IV-2-2）。

3 メーカーにおけるAI関連教育の実態

（1）教育コースの概要

メーカー5社におけるAI関連教育コースの概要をまとめたのが、図表IV-2-3である。

図表IV-2-2 回答会社のAI業務の概要

区分	会社名	AI業務の概要
メーカー	A社	①AI各分野での実用化をめざしての研究。 ②AI実用化のための、エキスパートシステム関連ツール、言語（LISP、Prolog）、及び機械翻訳システムの開発・製造・販売。 ③エキスパートシステム構築のための構築技法の確立と顧客の開発を支援する体制及び顧客教育体制の整備提供。
	B社	①コンサルティング業務： エキスパートシステム開発の各段階で、ユーザの要求に応じて対応。 ②KEサポート業務： エキスパートシステムの開発方法、体制、スケジュール、知識の整理、表現まで含めたサポートを行う。 ③トータルシステムサポート業務： エキスパートシステムを他のシステムと組み合わせた、トータルシステム構築をサポートする。
	C社	「KAS知識情報システム」により、既存のシステムと知識処理を融合し、情報処理システムをより高度化するための「製品」「サービス」「研究」を統合的に提供する。 ①KSA製品： KSAツール（エキスパートシェル、アプリケーションシェル、ニューロシミュレータ等） KSAアプリケーション（自動英日翻訳機ATLAS等） ②KSAサービス： KSAトレーニングサービス（AI関連教育等） KSAテクニカルセンタ（コンサルティング等） ES/SDEM（エキスパートシステム構築技法） ③研究／開発： ニューロコンピュータ／知能ロボット／音声、図形、画像理解／知識獲得、知識表現／並列処理／協調動作／KSAフォーラム
	D社	・Gensym / G2の販売およびサポート、システムインテグレーション
	E社	・教育およびサポート
ソフト開発・販売	a社	①エキスパートシェル「創玄」「大創玄」およびユーティリティソフトの開発・販売 ②「創玄」「大創玄」を利用したエキスパートシステムの設計・開発に関する受託 ③各種スクールやコンサルテーションの実施 ④関連書籍の発行・販売
	b社	①AI製品の開発・販売 ②ES開発全般 ③AIツール開発（ES構築ツール、知識獲得ツールなど） ④その他AI関連の研究開発
	c社	①ツール販売（KEE、XPT-II、NDS） ②アプリケーション開発
	d社	①IF / Prolog：ハイクオリティPrologシステム ②IF / Prolog：ROM化されたIF / Prolog ③IF / Tutorial：知識工学教育講座 ④IF / Rprojects：知識工学に関するコンサルティング及び共同開発
その他	M社	①エキスパートシステム構築用ツールZEUS-II販売 ②問題解決指向型システム設計方法論SOLOMON販売 ③その他受託調査および開発

コース内容を分類してみると、①(AI一般)と②(エキスパートシステム)に関するものがほとんどである。唯一の例外として、C社の「ニューロコンピュータ概説」がある。

定期開催か不定期開催か(定/不)は、大半が定期である。C社の「KE養成プログラミング」コースとE社の3コースが不定期開催である。しかも、これら4コースの受講料はいずれも個別相談である。なお、C社には自習書ないしは自己学習コースが5種類ある。

受講期間は、1日間から4日間であり、1日当たり1万円程度の受講料のものが多くある。ただし、C社の「ESHELL/Xの適用」コース1日当たり2万2千円以上であり、D社の「G2基本コース」と「GSIコース」は1日当たり4万円である。なお、無料コースは、A社の「エキスパートシステムの構築と活用」コース、C社の「パソコンによるAI入門」コースの2種類である。

受講対象者は、プログラマ、システムエンジニア、ナレッジエンジニアの3者が中心である。ただしA社の「エキスパートシステムの構築と活用」コースは管理者を対象としている。また、ナレッジエンジニアだけを対象にしたコースには、E社の「LISP/Prolog」コースと「DG/ZEUS II」コースがある。

到達目標(学習目標)と担当講師(人数/部門)は図表IV-2-3に示したとおりである。教育部門の専任インストラクタが担当するコースが多いが、管理者対象のコースや「エキスパートシステムの構築」コースになると、関連部門の協力のもとで開催している。なお、D社だけは、AIサポートグループが担当している。

コース開設年月は、A、Cの2社しか回答されなかった。両社とも1987年3月以降にすべてのコースが開設されている。AI関連教育コースの開設の歴史は、まだ4年位と短い。

(2) 教育プログラム

回答メーカー5社のうち「講習会の案内書」(日程表を含む)を提出してもらえたのは、AとCの2社であった。

A社の案内書では、各コースの紹介の中にそれぞれ日程表(教育プログラム)が示されている。そのうち、AI関連教育の8種類のコースの日程表を一覧表にまとめたのが図表IV-2-4である。エキスパートシステムの主力製品であるES/KERNEL関連のコースを中心に8コースがそろえられている。それぞれのコースに実演、演習、プロトタイプ作成実習、マシン実習、操作実習あるいはコーディング等が適度に組み入れられている。一方的な講義に終わらない、学習効果の上がるコース内容にするための配慮のあがみられる。

C社の案内書には教育プログラム(日程表)は示されていない。各コースの概要(期間、対象、前提知識、目標等)だけが掲載されている。AI関連教育のうち座学コース5種類のコースの概要を示したのが図表IV-2-5である。C社では座学コース以外に、自学自習コースとして自習書コース2種類と自己学習コース3種類を提供している(図表IV-2-3)。注目すべきは自己学習コースで、マルチメディア教材を駆使した学習形態を採っていることである。マルチメディア教材は、学習手引、自習書、VTR、CAL(Computer Assisted Learning)、サンプル集などで構成されている。VTRや自習書などで修得した知識をシミュレーション型のCALを使った体験学習を通じて実践的な能力を高めるといった工夫がされている。

(3) 1990年度教育コース開催実績

1990年度教育コースの開催実績は、A、C、Dの3社から回答があった。それらを、図表IV-2-3のクラス本数欄と受講者総数欄に示している。

A社の8コースの年間総クラス本数は64本であり、全クラスの受講者合計は749人に上る。無料コースである「エキスパートシステムの構築と活用」は、

1クラス当たり平均40人程度の受講者数である。一方、有料コースの場合は平均5～10人である。

C社が開催している4コースの年間総クラス本数は35本で、全クラスの受講者総数は435人である。クラス当たりの平均受講者数は、「ESHELL/Xの適用」コースが20人弱、「ESHELL/FM使用法」コースが15人弱といった適度な人数である。一方、無料コースである「パソコンによるAI入門」は1クラス当たり平均10人強であり、比較的に少人数になっている。なお、C社では自習書方式と自己学習方式のコースを合わせて5種類提供していることは前に述べたが、このうち自習書は年間384冊払出しているの、この冊数分の学習者がいると考えてよい。自己学習方式は年間105セット払出している。これは、1セットで5名まで学習できるようになっているので、525名の学習者が想定できる。したがって、自習教材で約900人が学習したとみなすことができる。

D社の3コースの年間総クラス本数は27本である。また、年間受講者合計は約110人である。1クラス当たりの平均受講者数は、3人強から5人でありかなり少人数のクラス運営になっている。

(4) コースに対する評価と今後の展開

AI教育コースに対する評価と今後の展開に関する設問については、A、C、Dの3社から回答があった。

A社が開設しているコースの評価と今後の展開(予定)は、図表IV-2-4に示したとおりである。いずれのコースでもほぼ満足すべき評価が示されている。とりわけ、「エキスパートシステムの構築」、「ES/KERNEL使用法」、「ES/PROMOTE・TOOL使用法」のコースでは実践面・実用面を積極的に評価している。

一方、今後の展開については、「ES/KERNEL使用法(基礎)」コース以外では、実習や演習を強化したり開発事例の組み込みとか最新動向や新製品の出荷に合わせた内容にするなど、コースの改善と充実に取り組む姿勢がみられる。

C社が開催している4コースの評価と今後の展開

(予定)は、図表IV-2-5に示したとおりである。コースの評価は、「KE養成トレーニング」を除いて、受講者のコメントに基づいている。それぞれ満足すべきコメントが示されている。また、今後の展開については、「パソコンによるAI入門」はコースの内容の充実を図る予定であるが、他の3コースは現状のまま実施する予定であるとしている。C社が提供している5種類の自習書コースと自己学習コースのうち「ニューロコンピュータ概説(自習書)」は、「1991年3月より提供開始のため、まだ評価が得られていない」との回答である。他の4種類に関しては、学習者の理解度が高いとか役立っているとの評価がなされている。一方、今後の展開については、「UTILISPプログラミング(自己学習)」、「GCLISPプログラミング(自己学習)」、「エキスパートシステム構築技法(自己学習)」の3コースで「現在のところ、改版の予定はない」としている。自習書の2コースでは、次のような今後の予定が示されている。

- ・「人工知能入門」：ニューロコンピュータ、ファジィ、オブジェクト指向等の最新の内容を含めた最新版を5月に提供予定。
- ・「ニューロコンピュータ概説」：1991年度下期にVTR教材を提供する予定。

D社が開設している3種類のコースの評価と今後の予定は次に示すとおりである。

- ①「G2入門コース」に対する評価は「実際に知識ベースの開発を体験できるため、他の汎用シェルとの比較ができる」としている。一方、今後の展開は「定期開講(毎月1回)決定」と回答している。
- ②「G2基本コース」に対する評価は「4日間のコース受講後、ほとんどのユーザでアプリケーションを開発している」とのことである。一方、今後の展開としては「“G2上級コース”を1991年度より開講」と回答している。
- ③「GSIコース」に対する評価は「外部システムとのインタフェースの概要を理解して、オンライン

注1=分類

1: AI一般 2: エキスパートシステム

3: エキスパートシステム以外のAI(機械翻訳、ニューロ、ファジィ等、

4: 分野特化AI(機械設備、化学工業、電力関連、金融関連、

図表Ⅳ-2-3 メーカーにおけるAI関連教育コースの概要(1)

会社名	AI関連教育コース名	分類 注1	定/不	受講期間 (日数)	受講料 (円)	対象者 注2	到達目標 (学習目標)
A社	エキスパートシステムの構築と活用	1、2	定	1	無 料	4	組織としての情報システムを確立するためのAI・エキスパートシステムを、基本からその構築、実戦的な展開を含め、広汎な知識を提供する。
	エキスパートシステムの構築	2	定	4	52,000/人	1 2 3	知識処理の技法およびツールの使用法を、ES/KERNELを例として修得し、エキスパートシステム構築に必要な手順、技法を習得する。
	ES/KERNELの使用法(基礎)	2	定	3	30,000/人	1 2 3	エキスパートシステムの概念、ES/KERNEL機能構成を理解し、ES/KERNELによるエキスパートシステムの基本的な作成方法を習得する。
	ES/KERNELの使用法(上級)	2	定	4	40,000/人	1 2 3	ES/KERNELのプログラミング技法、画面作成、多段階協調型推論、ファジィ推論、カスタマイズドエディタ等応用的な機能を習得する。
	ES/PROMOTE・TOOL使用法	2	定	2	20,000/人	1、2 3、5*	エキスパートシステムの概念、ES/PROMOTEおよびES/TOOLの機能構成を理解し、これらを使用したエキスパートシステムの作成方法を習得する。
	LISPプログラミング	1	定	4	40,000/人	1、2 3	LISPの文法を理解し、基本的なプログラミングを作成できるようになること。
	PROLOGプログラミング基礎	1	定	3	30,000/人	1	PROLOGの文法の基礎的な知識を理解し、基礎的なプログラミングの作成方法を習得する。
	PROLOGプログラミング上級	1	定	3	30,000/人	1	プロダクションシステムの制御と戦略を理解し、これに基づくプログラムの作成方法を習得すること。
B社	SIMPOS/ESP操作	1	定	3	30,000/人	1 3	1. SIMPOS IIの基本操作ができる。 2. 簡単なESPプログラム開発ができる。
	ESPアドバイス	1	定	3	30,000/人		
	EXTKERNEL II入門	2	定	3	30,000/人		
	EXTKERNEL II応用	2	定	3	30,000/人		
C社	パソコンによるAI入門	1	定	1	無 料	1、2 3、4 5	①AIの概要の理解 ②エキスパートシステムの概要の理解 ③ニューロコンピュータの概要の理解
	人工知能入門	1	自習書	20時間	3,000/人	1、2 3、4 5	①AIの概要の理解 ②エキスパートシステムの概要の理解
	UTILISPプログラミング(自己学習)	1	自己学習	20時間	325,000/5人	1、2 3	①LISPの概要の理解 ②UTILISPによるプログラミング技術の習得
	GCLISPプログラミング(自己学習)	1	自己学習	20時間	325,000/5人	1、2 3	①LISPの概要の理解 ②GCLISPによるプログラミング技術の習得
	ESHELL/Xの適用	2	定	4	89,000/人	1、2 3	①ESHELL/Xの機能概要の理解 ②ESHELL/Xによる知識ベース構築方法の理解
	ESHELL/FM使用法	2	定	3	38,000/人	1、2 3	①ESHELL/FMの機能概要の理解 ②ESHELL/FMによる知識ベース構築方法の理解
	エキスパートシステム構築技法(自己学習)	2	自己学習	30時間	420,000/5人	1、2 3	①エキスパートシステム化の条件の理解 ②エキスパートシステムの構築手順の理解 ③エキスパートシステムの開発工程の作業内容の理解
	KE養成トレーニング	2	不	個別相談	個別相談	1、2 3	顧客の実テーマをベースにした、エキスパートシステム構築技術の習得
	ニューロコンピュータ概説(自習書)	3	自習書	10時間	9,700/人	1、2 3、4 5	①ニューロコンピュータの概要、特徴の理解 ②ニューロコンピュータの学習の仕組みの理解 ③ニューロシステムの開発方法の概要の理解
	G2入門コース	2	定	1	20,000/人	1、2 3、4 5	リアルタイム・エキスパートシステムG2の理解。実際に小さな知識ベースを作ることによってG2の機能を体験。
D社	G2基礎コース	2	定	4	160,000/人	1、2 3、4 5、6	G2の基本的概念と知識ベースを作るための基本知識の習得。
	GSIコース	2	定	3	120,000/人	1、2 3、4 5、6	GSIを使って外部システムとのインターフェースを構築する方法を学ぶ。
E社	AI入門	1	不	2	個別	6 (初心者)	AI概要の理解
	LISP/Prolog	1	不	4	個別	3	各言語の習得
	DG/ZEUS II	2	不	3	個別	3	ES DG/ZEUS IIの操作習得

注2=対象者

1: プログラマ 2: システムエンジニア (SE) 3: ナレッジエンジニア (KE)

4: 管理者 5: 特定分野専門家 6: その他

S当講師 (人数/部門)	コース開設 年月	クラス本数	受講者総数	備 考
8人: システム開発研究所、情報システム開発本部 システム技術統括部、ソフトウェア開発本部 AI設計部、コンピュータ事業部 教育センター部	1987年 3月	6本	236人	5* エキスパートシステムの開 発を行うエンドユーザ対象
5人: 情報システム開発本部、ソフトウェア開発本部 システム技術統括部、AI設計部 教育センター部	1987年 9月	4本	36人	
6人: コンピュータ事業部 教育センター部	1987年 3月	23本	230人	
5人: コンピュータ事業部 教育センター部	1989年 5月	16本	130人	
2人: コンピュータ事業部 教育センター部	1991年 3月	1本	5人	
4人: コンピュータ事業部 教育センター部	1987年 5月	4本	22人	
3人: コンピュータ事業部 教育センタ部	1987年 2月	6回/年	60人	
3人: コンピュータ事業部 教育センタ部	1989年 11月	4回/年	40人	
5人: 教育事業部、教育部、九州システムエンジニアリング、 システム管理部、大分ソフトウェアラボラトリ、 第2システム部	1989年 6月	21本	225人	教材払出し冊数
	1987年 8月		384冊	
	1990年 8月		36セット	
	1990年 8月		25セット	
3人: 教育事業部、教育部、九州システムエンジニアリング、 システム管理部	1988年 2月	6本	119人	自己学習教材セット数
3人: 教育事業部、教育部、九州システムエンジニアリング、 システム管理部	1987年 3月	6本	88人	
	1990年 8月		44セット	
3人: 教育事業部、教育部、九州システムエンジニアリング、 システム管理部	1989年 6月	2本	3人 (2社)	
	1991年 3月			
4人: AIサポートグループ	1988年 4月	5本	20人	
4人: AIサポートグループ	1988年 4月	16本	約70人	
2人: AIサポートグループ	1988年 4月	6本	約20人	
1人: 教育センター	1986年 4月			KE初心者対象
1人: 教育センター	1986年4月			
1人: 教育センター	1986年4月			

図表IV-2-4 A社の教育プログラムおよびコースの評価と今後の展開(1)

コース名	教育プログラム		本コースの評価	今後の展開(予定)
	日程	内容		
エキスパートシステムの構築と活用	第1日目	1.エキスパートシステムの実用化動向とA社の対応 2.システムAIと構築技法の充実 3.エキスパートシステム構築のためのミドルソフトウェアツールのご紹介 4.A社エキスパートシステム製品の実演と紹介 5.エキスパートシステム顧客構築事例のご紹介	・マネジメントセミナーということでコンパクトにまとめており、全般的に判り易く有益であるとの評価が多い。	・エキスパートシステムの最新動向とA社の対応を提供する。
エキスパートシステムの構築	第1日目	1.知識システムの動向と活用 2.エキスパートシステム構築標準手順(ESGUIDE) 3.並列型エキスパートシステムの構築技法	・ES/KERNELを使用したエキスパートシステムの具体的な構築手順、構築上の問題とその対策などをとり入れており、実践的であるとの評価が多い。	・タイプ別(診断、計画)の構築技法についても、ドメインシェルの新製品出荷に合わせてとり入れてゆく予定。
	第2日目	1.知識の収集と分析 2.演習		
	第3日目	1.演習(続き) 2.演習発表 3.プロトタイプ作成実習		
	第4日目	1.プロトタイプ作成実習(続き) 2.事例紹介		
ES/KERNEL 使用法(基礎)	第1日目	1.エキスパートシステム概要 2.ES/KERNEL機能構成	・学習目標である「エキスパートシステムの基本的作成方法」をほぼ習得できたとするアンケート回答が9割以上を占めている。	・現状内容で継続実施予定。
	第2日目	1.ES/KERNELプログラミング 2.ES/KERNELの操作		
	第3日目	1.操作実習		
ES/KERNEL 使用法(上級)	第1日目	1.ES/KERNELの適用 2.プログラミング技法 3.外部インタフェース	・ES/KERNELを使って実用的なエキスパートシステムを開発するために必要なプログラミング、画面作成などの応用的な知識を得ることができたとする評価が多い。	・実際の開発に直接参考になるような実習を多くとり入れていきたい。
	第2日目	1.画面作成 2.操作実習		
	第3日目	1.ファジィ推論 2.操作実習		
	第4日目	1.多階層協調型推論 2.カスタマイズドエディタの作成 3.操作実習		
ES/PROMOTE ・TOOL使用法	第1日目	1.エキスパートシステム概要 2.ES/TOOL/W-RJ解説 3.マシン実習	・「SEやKEの支援を受けなくても、ES/PROMOTE、ES/TOOLを使用すれば、エキスパートシステムを直接構築可能なことが実習を通じて実感できた」との感想が代表的である。	・受講者の要望をとり入れながら開発事例の紹介および演習時間を増やすなどの充実を図る。
	第2日目	1.ES/PROMOTE/W-DIAG解説 2.マシン実習		
LISP プログラミング	第1日目	1.LISP概要 2.記号処理の基本操作 3.基本関数と入出力	・受講者の8割強が、受講目標完全達成(5段階アンケートの5)又はほぼ達成(5段階アンケートの4)の回答をしており、概ね目的を達成していると評価している。	・オブジェクト指向LIS(CLOS)についてマシン実用とシステム例を追加し、充実させる。
	第2日目	1.関数の定義と適用 2.属性と配列 3.プログラム例(1)		
	第3日目	1.実行環境 2.演習、マシン実習		
	第4日目	1.プログラム例(2) 2.Common LISPの特徴 3.オブジェクト指向機能とは 4.演習、マシン実習		
PROLOG プログラミング 基礎	第1日目	1.PROLOG概要 2.PROLOG文法 3.リスト処理	・PROLOGのプログラミングの基本が理解できたとの評価が多い。	・インテリジェントCAI(ICAI)のための前提知識を提供して当コースの上級編に参加されるように対応する。
	第2日目	1.入出力と組込み述語		
	第3日目	1.マシン実習 2.簡単な例題のコーディング		
PROLOG プログラミング 上級	第1日目	1.推論パターンの分類、探索型推論のアルゴリズム、同プログラム例の解説	・PROLOGプログラミングが広く深く理解できたとの評価が多い。	・かなりまとまった例題(ICAIなど)の完全なコーディングとその背景にあるAIの考え方を中心に説明してゆきたい。
	第2日目	1.プロダクションシステムの考え方と同プログラム例の解説 2.C言語、RDBとのインタフェース、プロセス間通信などの解説		
	第3日目	1.マシン実習 2.例題のコーディングとデバッグ		

図表IV-2-5 C社のコース概要およびコースの評価と今後の展開(1)

コース名	コースの概要	コースの評価	今後の展開
パソコンによるAI入門	概要: AIの全体像を歴史、出現背景、適用分野を中心に説明する。また、人工知能の応用システムの中のエキスパートシステムに的を絞り、システムの概要や仕組みなどについてVTR、デモを交えて紹介する。 期間: 1日 対象: エキスパートシステムの導入を検討している人、又はエキスパートシステムの構築に携わる。 前提知識: 特に必要ない。 目標: 本コース終了後、次の事項ができることを目標とする。 1. AIの概要を理解する。 2. エキスパートシステムの概要を理解する。 3. エキスパートシステムの構築で用いられる知識表現の概要を理解する。 4. ニューロコンピュータの概要を理解する。	講義、VTR、パソコンによるデモ等のマルチメディアを活用することにより、以下のような評価が得られた。 ・ AIについて分かりやすく理解できた。 ・ AIシステムの実行過程が目で見えて分かる。	最新情報を含め、コース内容の充実を図る予定。
ESHELL/Xの適用	概要: ESHELL/Xを用いたエキスパートシステムの構築について、モデルケースの構築を通して説明する。ESHELL/Xの実習は、FMGシリーズ上でUTILISPを使用して行う。 期間: 4日 対象: ホスト、Gシリーズ用のエキスパートシステム構築支援ツールESHELL/Xを使用してエキスパートシステムを構築するEDP部門の人。 前提知識: 以下の事項を満足していること。 1. LISPの評価について説明できる。 2. LISPの基本関数を用いてプログラムを作成できる。 3. 繰り返し処理を行うプログラムを作成できる。 4. 入出力処理を行うプログラムを作成できる。 目標: 本コース終了後、次の事項ができることを目標とする。 1. ESHELL/Xの構成と機能概要を説明する。 2. エキスパートシステムの構築手順を説明する。 3. ESHELL/X上に知識オブジェクトを定義する。 4. ESHELL/X上にルール集合を定義する。 5. ESHELL/X上に黑板(RB)を定義する。 6. エキスパートシステムの検証及び修正を行う。	受講者のコメント ・ 基礎知識を習得する早道である。 ・ ESHELL/SBで化学プラントのエキスパートシステム構築に取り組むので大変参考になった。 ・ 基本的な推論の流れが理解でき、今後も役立つと思う。	当面現状のまま実施の予定。
ESHELL/FM使用法	概要: ESHELL/FMを用いたエキスパートシステムの構築方法をモデルケースの構築を通して説明する。 期間: 3日 対象: パソコン用のエキスパートシステム構築支援ツールESHELL/FMを使用してエキスパートシステムを構築する人。 前提知識: 以下の事項を満足していること。 1. LISPの処理(評価)について説明できる。 2. LISPの基本関数を用いてプログラムを作成できる。 3. 繰り返し処理を行うプログラムを作成できる。 4. 入出力処理を行うプログラムを作成できる。 目標: 本コース終了後、次の事項ができることを目標とする。 1. ESHELL/FMの構成と機能概要を説明する。 2. ESHELL/FM上に知識ベースを定義する。 3. エキスパートシステムの検証及び修正を行う。	受講者のコメント ・ 今後計画型システムを構築する予定であり、実際のプログラミングを体験できたことは非常に有益であった。 ・ エキスパートシステムの基本的な考え方の説明が大変よかった。 ・ 説明だけでは漠然としていたものが、実習によって整理できたと思う。 ・ 業務でのES開発が始まったので、大変勉強になった。	当面、現状のまま実施する予定。
KE養成トレーニング	概要: 受講者の持参した構築テーマを基に、エキスパートシステムの構築作業を実験する。またエキスパートシステムの設計は当社の標準技法であるES/SDEMに基づいて行う。 対象: これからエキスパートシステムの構築を担当する方で実際の開発テーマを持参できる人。 前提知識: 以下の事項を満足していること。 1. 人工知能の概要が説明できること。 2. LISPを用いてプログラミングができる。 3. エキスパートシステム構築ツールの使用経験がある。 4. ES/SDEMの概要が説明できる。 目標: 本コース終了後、次の事項ができることを目標とする。 1. ES/SDEMの作業工程に従いエキスパートシステムの構築作業を行う。 2. ES/SDEMを適用し、開発テーマの設計、及びドキュメント作成を行う。 3. 2のドキュメントを基に、GCLISP、ESHELL/FM又は、UTILISP/ESHELL/Xを用いてプロトタイプシステムを構築する。	顧客テーマを基に、エキスパートシステムの構築スキルを身につけるコースである。合宿等も設け、密接な教育サポートを実施しており、受講者の大幅なスキルアップを実現できている。また、顧客の実テーマを扱うことにより理解度が増し、さらに教育で作成したプロトタイプシステムが、実務家のプロトタイプになるというメリットがある。	今後も顧客の要望に応じて、随時開催する予定。

図表Ⅳ-2-6 ソフトウェア開発・販売およびその他の会社におけるAI関連教育コースの概要(1)

会社名	AI関連教育コース名	分類 注1	定/不	受講期間 (日数)	受講料 (円)	対象者 注2	到達目標 (学習目標)
a社	創玄 初級コース	2	定	半日4h	5,000/人	6*1	「創玄」の知識表現方法と推論機構を理解し、簡単な知識ベース（後向き推論使用）の作成・実行・デバックができる。
	創玄 基礎コース	2	定	1	10,000/人	6*1	「創玄」の知識表現方法と推論機構を1分理解し、ユーティリティの利用を含む簡単な知識ベース（後向き推論使用）の作成・実行・デバックができる。
	大創玄 初級コース	2	定	1	10,000/人	6*2	「大創玄」の複数の知識表現方法と推論機構を理解し、簡単な知識ベース（論理型推論、フレーム使用）の作成・実行・デバックができる。
	大創玄 基礎コース	2	定	2	30,000/人	6*2	「大創玄」の複数の知識表現方法と推論機構を理解し、ユーティリティの利用を含む簡単な知識ベース（論理型推論、前向き推論、フレーム使用）の作成・実行・デバックができる。
b社	Gold Works 5daysコース	2	不	5	120,000/人	1, 2 3	Gold WorksによるES構築技法の習得
c社	KEE 5日間コース	2	不	5	500,000/人		
	XPT 1日コース	2	不	1	30,000/人	6*3	ESツール（XPT）の紹介
	XPT 3日間コース	2	不	3	400,000/社 1社2名内	6*4	ESツール（XPT-II）を使えるようになる
	NDS 2日間コース	3	不	2	300,000/社 1社4名内	6*5	ニューロソフト（NDS）を使えるようになる
d社	(IF/tutorial) E/PP 基礎・Prolog	1	定	3	270,000/人	1	Prologの基礎知識習得—Prologの使い方、開発の進め方、論理型プログラミングの概念と理解、適用範囲の理解、Prologの利点と欠点。
	(IF/tutorial) S/PP 専門・Prolog	1	定	4	360,000/人	1, 2	Prologの高度知識の取得—高度なプログラミング技法、メタプログラミング、知識記述、推論方法理解、他言語接続
	(IF/tutorial) M/PP 管理職・Prolog	1	定	1	100,000/人	1, 4	経済の視点からPrologの概念を学ぶ—生産技術、CASE、論理型プログラミングの概念・考え方、適用範囲の理解、プロジェクト管理 etc.
	(IF/tutorial) E/KE 基礎・知識工学	2	定	3	270,000/人	1, 2 3	知識工学の基礎を学習—ESの概念、適用範囲、知識表現推論方式、プログラミング
	(IF/tutorial) S/KE 専門・知識工学	2	定	4	360,000/人	2, 3	知識工学の技法の習得—事務用システム、プラント制御用システム、知識獲得、システム実現方法、品質管理
	(IF/tutorial) M/KE 管理職・知識工学	2	定	1	100,000/人	2, 3 4	経済の視点から知識工学の概念を学ぶ—業務用ESの現状と分類、生産技術、CASE、データと知識はどう違うか、知識に基づくシステムの考え方シェルスVS言語 etc.
	(IF/tutorial) S/PR 専門・IF/PROmLOG	1	定	4	360,000/人	1, 2 3	IF/PROmLOGの使い方の学習—リアルタイムプロセス制御用プログラミング、センサーとの接続、システム統合化、システム環境の使い方、ROMへの書き出し etc.
	(IF/tutorial) M/PR 管理職・IF/PROmLOG	1	定	1	100,000/人	1, 2 3, 4	IF/PROmLOGの設計—開発の進め方、論理型プログラミングの概念の理解・考え方・事実 etc.
M社	SOLOMON	1	不	6	400,000/人	1, 2 3	問題の特徴を分析することによって問題の定義を行い、それに応じた解法を見いだす技術を身につける。

S担当講師（人数／部門）	コース開設 年月	クラス本数	受講者総数	備 考
1人： AI営業課ESサポート係	1989年 10月	30本	約90人	*1：創玄上での エキスパートシステム 構築者
1人： AI営業課ESサポート係	1990年 4月	12本	約50人	
1人： AI営業課ESサポート部	1989年 10月	30本	約90人	*2：大創玄上での エキスパートシステム 構築者
1人： AI営業課ESサポート部	1990年 4月	12本	約50人	
1人： パーソナルシステム販売部	1990年 6月	1本	4人	
	1989年8月			
1人： AI・UNIX事業部	1989年8月			*3：対象者不特定
2～3人： AI・UNIX事業部	1989年8月			*4：ユーザ側のシステム 管理者
2人： AI・UNIX事業部	1989年8月			*5：C言語理解者を 対象とする
	1987年1月	3本		受講者特徴：開発者
	1987年1月	2本		受講者特徴：開発者
	1987年1月	3本		
	1987年1月	3本		
	1987年1月	3本		
	1987年1月	3本		
	1987年1月	2本		
	1987年1月	3本		
4人	1989年9月			

データを取り込みながら推論を行うエキスパートシステムが構築できるようになる」とのことである。一方、今後の展開は「応用GSIコースの開講」としている。

4 ソフトウェア開発・販売会社におけるAI関連教育の実態

(1) 教育コースの概要

ソフトウェア開発・販売会社4社におけるAI関連教育コースの概要をまとめたのが、図表IV-2-6である。

コース分類は、メーカーの場合と同様、エキスパートシステムが大半であり、それ以外は、c社が開催している「NDSコース」だけである。また、a社とb社は定期開催であるが、残り2社は不定期開催である。

受講期間は、0.5日間から5日間にわたっている。受講料は、企業によって大幅な差がみられる。a社は、メーカー並で1日当り1万円から1万5千円、b社は1日当り2万4千円、c社は1日当り3万円から10万円、d社は1日当り7万円から10万円である。

受講対象者と到達目標（学習目標）は、図表IV-2-6に示したとおりである。担当講師は、1～3人でメーカーの開催コースほど人数は多くはない。

(2) 教育プログラム

教育プログラム（ないしは日程表）は、c社の「NDSコース（2日間）」以外は呈示されなかった。その日程表を図表IV-2-7に示しておく。

開催コースのパンフレットなどによっても「何を、どのような順序で、どのような手法を用いて、どの程度の時間をかけて行う」といった具体的な教育プログラム（教育カリキュラム）は不明確であった。

(3) 1990年度の教育コース開催実績

1990年度における教育コース開催実績は、図表IV-2-6のクラス本数欄および受講者総数欄に示したとおりである。

a社は、それぞれのコースを月1回以上の頻度で実施している。しかし、クラス当りの受講者数となると3人から4人強程度と少ない。b社は1回だけの開催であるが、これも4人である。d社は、クラス本数は表2-6のとおり総数22本であるが、受講者総数は不明である。

(4) コースに対する評価と今後の展開

実施コースに対する評価や今後の展開（予定）に関しては、a、bの2社から回答が寄せられた。

a社のコース評価と今後の展開および受講者のコメントをコース毎にまとめたのが図表IV-2-8である。いずれのコースもそれぞれ前向きな評価がなされている。特にエキスパートシステム構築ツール「大創玄」に関する2コースは受講者からみた評価であり、コース提供の意義がかなり汲みとれる。今後の展開予定については、具体事例の紹介や実習・演習の強化などコースの質的充実の取り組み姿勢がうかがわれる。一方、受講者のコメントも、修得した知識・技法の積極的活用への意欲と、さらなる知識・技術の向上欲求が示されている。

b社が提供している「Gold Works 5days コース」に関しては、「Gold WorksによるES構築技法という点では十分に深い理解が得られている」と評価し、当面は現状維持で運営すると回答している。

5 「その他」の会社でのAI関連教育の実態

(1) 教育コースの概要

「その他」の企業は1社であり回答が寄せられた教育コースは、M社の「SOLOMON」コースだけであった。

SOLOMON (SOlution-Oriented systems design Methodology based ON knowledge) は問題解決指向型システム方法論であり、システムエンジニアやナ

レッジエンジニアを対象にしたものである。SOLOMONセミナーのパンフレットによると「システム・エンジニア(SE)は単なるソフトウェア製作者ではなく、システム開発の依頼者であるユーザーの抱える問題を分析し、その本質をとらえ、効率的に解決するソリューション・プロバイダー(Solution Provider:問題解決技術者)としての能力が要請されるようになっていきます。SOLOMONはソリューション・プロバイダーに求められる技術ならびに技法を実際の現場で実践できるようにまとめた方法論であります」と紹介している。

SOLOMONは、図表IV-2-9に示しているように、SOLOMON/PDとSOLOMON/PSの二つのフェーズから構成されている。SOLOMON/PD(Problem Defining Phase)は、一般的な問題発見、問題分析、ならびに問題定義を行うための指針を提供する。一方、SOLOMON/PS(Problem Solving Phase)は、SOLOMON/PDで定義された問題のうち、システムに依存するものについて、実際に解決するためのプロセスと指針を提供する。SOLOMONは、「問題解決」という視点からシステム工学技術と知識工学技術を体系的にまとめたカリキュラムであり、講義とグループ討議によるケーススタディを組み合わせた実践的な教育を展開するように工夫されている。

(2) コースの今後の展開

SOLOMONの今後の展開については、「さらに内容を充実させつつ、今後とも本コースを提供する予定」との回答がされている。

6 AI人材育成教育の課題と展望

これまでみてきたように、AI関連教育はかなり広く実施されている。ただし、その大半のコースはAIツールの紹介や使用法、プログラム言語のコースである。しかし、AIシステムの構築は、構築支援ツ

ルや言語の知識を修得すれば事足りるといったものではない。また、顧客はツールの使用法以上に問題のソリューションの方法を求めている。業務をエキスパートシステムのようなアプリケーションとして開発していくためには、問題解決の仕組みを具体化する必要がある。この作業がシステム化にとっては最も重要であり、かつ最も困難な仕事でもある。したがって、このことに焦点を絞った教育こそが不可欠である。今回の調査でこの面での要求を満たすものとしては、「SOLOMON」コースとメーカーC社の「KE養成トレーニング」コースがある。今後は各社ともこの種の教育を充実していく必要がある。また、メーカーA社の「エキスパートシステムの構築」や同じくC社の「エキスパートシステム構築技法」のようなコースの開設も望まれる。ただし、この種のコースを開発するためには、「ES/GUIDE」や「ES/SDM」のような構築方法論を確立することが先決である。

AIに対するニーズも変化してきている。以前はスタンドアロン型で利用する閉じたエキスパートシステムが主流であった。しかし、現在はエキスパートシステムと既存の情報システムとを自然な形で融合させることで、基幹業務システムに知識処理を組み込んだシステムAIの方向が強まっている。このようなニーズに応えるためには、在来システムとの連携の技法や在来システムとの切り分けの手法等の充実したコースを提供していく必要がある。また、これらを踏まえた演習や実習、具体的事例等をふんだんに組み入れたコース内容の強化が望まれる。

今回の実態調査からみる限り、提供コースが盛状を極めていると思われるものは少ない。大半が10名以内の受講者である。もちろんコースの目標を十分達成することを狙いに定員を絞っているコースもあると思われる。しかし、この程度の受講人数ではAI技術者の人口を拡大していくにはとうてい十分とはいいがたい。また、AIシステムやAIツールの普及促進に大きな貢献を期待することもできない。一方、

前述したように基幹業務システムとの融合を図っていくためには一般のシステムエンジニアにもAI技術者の一端を担ってもらう必要がある。このような要請に応えるためには、もっともっと受講者の増大を図る配慮が肝要である。顧客ニーズにふさわしいコース内容の提供やコースの品質保証は言うまでもなく、教育コースのPRの工夫が望まれる。今回入手

できたコース・パンフレットや案内書の多くは余りに素っ気なく、受講したいという気をそそるものではなかった。

もっと魅力あるコースの案内やパンフレットにする気配りが望まれる。「コースを終了したらいかなることができるようになるか」を具体化した学習目標、「いかなる内容をどのような順序と時間配分でどのような教育手法を用いて指導するか」を明確にした教育プログラム(カリキュラム)は案内書等に必ず組み入れてほしい。顧客がひと目見て受講したいという気をそそるようなものにすることが大切である。

AI技術者の拡大という観点からすると、“必要な人が、何時でも、必要な時に、居ながらにして、手軽に学習できる”自学習用教材の提供が望まれる。この点では、メーカーC社のマルチメディア教材が参考になる。この種の教材がもっともっと提供される必要がある。C社のように個別のメディアを組み合わせてセット教材にする方法もよいが、今後はマルチメディアパソコンを活用したマルチメディア統合教材の開発を志向することも重要である。

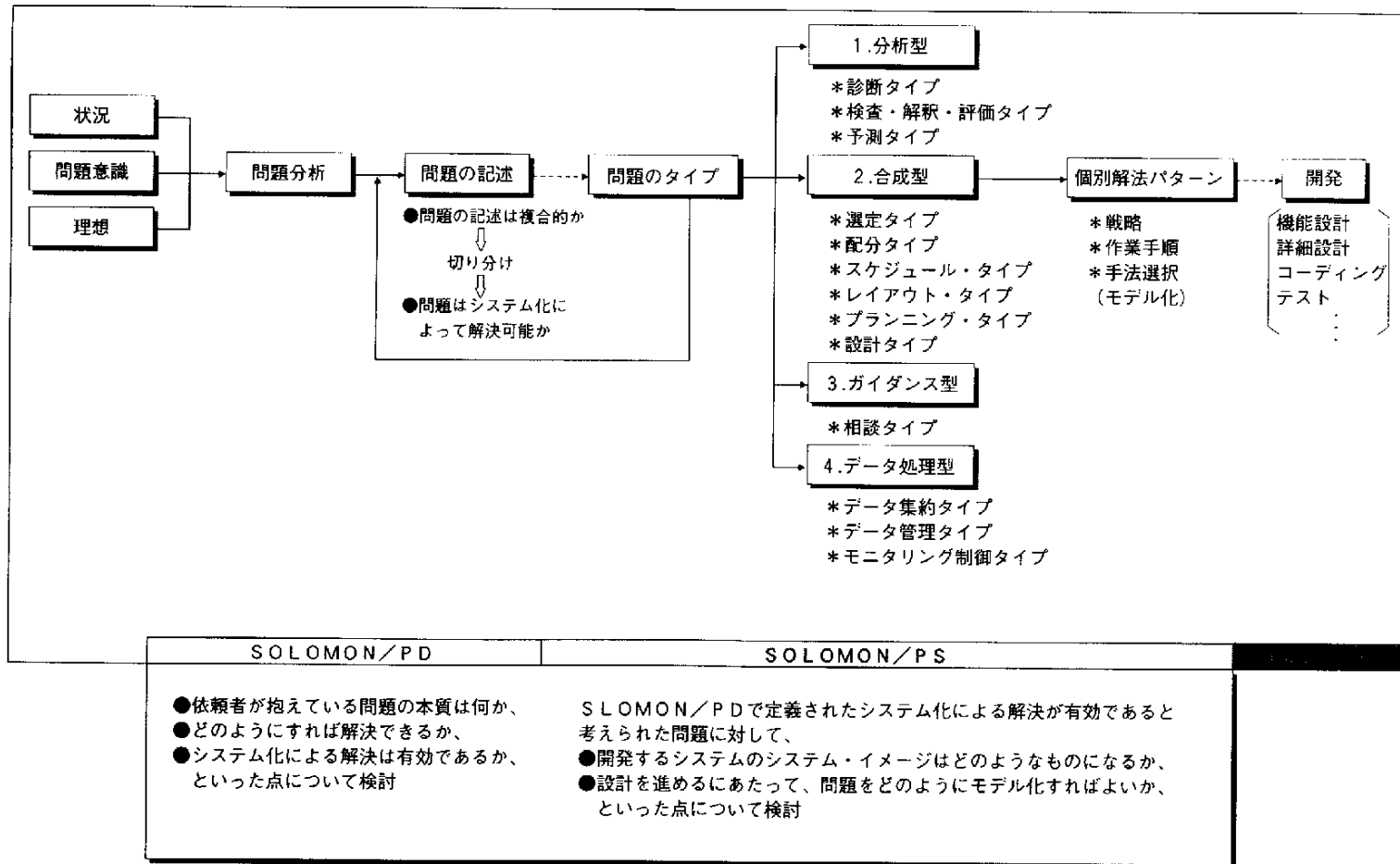
図表Ⅳ-2-7 c社「NDS 2日間」コースの日程表

1日目	- ニューラルネットワークについて - パターン認識について - NDSの特徴 - RCEネットワークの理論 - NLSの原理 - 学習理論 - マルチユニット、マルチレベル - ユーザ定義関数 - NDS操作実習 - NDSの使い方 - NDSの各種パラメータの設定 - 診断情報の見方について - プログラミング実習 - NDSを使用する上で最低限必要なこと
2日目	- NDSライブラリ - NDSライブラリの説明 - サンプルプログラムの説明 - プログラミング実習

図表Ⅳ-2-8 a社のコース評価と今後の展開および受講者のコメント

コース名	コースの評価	今後の展開(予定)	受講者のコメント
創玄 初級 コース	エキスパートシステムの基本についての理解が進み、診断型・選択型システム作成のための動機づけとなっている。	「創玄」「大創玄」を使用したエキスパートシステムアプリケーションの具体事例の紹介を導入する。	- とりあえず知識ベースが作成できそうである。 - 今後のステップアップを希望する。
創玄 初級 コース	エキスパートシステムと既存システムとのリンクの可能性について理解ができ、診断型・選択型のエキスパートシステムの構築が推進されている。	「創玄」「大創玄」を使用したエキスパートシステムアプリケーションの具体事例の紹介を導入する。 - ユーティリティソフトの使用方法的実習を強化する。	- 既存システムとのリンクを実現したい。 - 色々な推論方法について知りたい。 - 診断型・選択型システムは実現できそうである。
大創玄 初級 コース	- 複数の知識表現と複数の推論エンジンとを装備したハイブリット型エキスパートシステム「大創玄」の全体像が理解できた。 - 診断型・選択型システムはもとより、計画型・設計型システムに対しても実現のためのヒントが取得できた。	「創玄」「大創玄」を使用したエキスパートシステムアプリケーションの具体事例の紹介を導入する。 - 演習時間を増やし充実させる。	- 既存システムとのリンクが必要である。 - 具体的な知識ベース作成に際して、「大創玄」の豊富な機能の使い分けや組み合わせのノウハウを獲得したい。
大創玄 初級 コース	- 複数の知識表現と複数の推論エンジンを装備したハイブリット型エキスパートシステム「大創玄」の全体像が十分に理解できた。 - 既存システムとのリンクも実現したエキスパートシステムを診断型・選択型の分野だけでなく、計画型・設計型の分野のまで作成できそうである。	「創玄」「大創玄」を使用したエキスパートシステムアプリケーションの具体事例の紹介を導入する。 - ユーティリティの利用を含む演習時間を充実させる。 - エキスパートのタイプ別に特化したステップアップ・コースを新設する。	「大創玄」は実用的なエキスパートシステムの構築に当たって十分有効なツールである。 - 豊富な機能を使い分けるテクニック、ノウハウをもっと知りたい。 - エキスパートシステムのタイプ別にシステム構築技法を講習してほしい。

図表Ⅳ-2-9 SOLOMONの構成



第3部 通商産業省のAI関連施策の概要

1 AI 関連施策の推進

AIは、高度情報化社会を実現するための基盤となる技術であるが、広く社会の中で適用されるには、まだ多くの研究課題、技術開発課題等が存在する。このため、通商産業省としても、基礎的な研究開発プロジェクトの推進を中心として、多面的な施策を展開し、AI技術の発展や利用の促進を図っているところである。

本章においては、これらの施策のうち主要なものを紹介する。

研究開発の代表的なものが、「第五世代コンピュータ・プロジェクト」である。知識情報処理を実現するために必要なコンピュータとして、第五世代コンピュータを開発するものであり、昭和57年度から約10年の計画で進めている。また、これに関連するものとして、「電子化辞書プロジェクト」および「高機能AIシステム記述用言語プロジェクト」がある。両者はいずれも、基盤技術研究促進センターからの出資事業として、株式会社を設立し、研究開発を推進している。

また、2年前には、言葉の意味に含まれるような「あいまいさ」を持つ情報を処理するものとして、ファジィに関する研究を行う技術研究組合が設立され、研究開発を推進している。

さらに、研究開発以外のものとして、AIに関する調査研究・普及啓蒙があるが、これについては、(財)新世代コンピュータ技術開発機構と(財)日本情報処理開発協会が共同で設置した「ICOT-JIPDEC AIセンター」の活動として実施している。

そのほか、通商産業省として、従来のコンピュータが不得意な、人間の脳が行っているような高度かつ多彩な情報処理技術の実現を目指した、新情報処理技術に関する調査研究を2年かけて実施してきた。平成3年度には、新情報処理技術の研究開発の進め方についてのフィージビリティ調査を、国際共同研究を前提として行うこととしている。

それでは、以上の主要なプロジェクトの具体的な内容の紹介に移る。

2 第五世代コンピュータ・プロジェクト

2.1 第五世代コンピュータ

従来のコンピュータは、使用素子によって世代が分類されてきた。第1世代が真空管、第2世代がトランジスタ、第3世代がIC、第3.5世代がLSI、第4世代がVLSIという具合である。ところが、これらはすべてノイマン型コンピュータと呼ばれるもので、基本的には、処理の手順を手続き型言語によってプログラムに書き下ろし、これを逐次に行うことにより、求める機能を実現するものである。

ところが、これからの社会のコンピュータに対するニーズは、人間の知的活動に深くかかわる機能を実現することにあると考えられるが、人間の知的活動は非常に複雑であるため、従来のコンピュータのように処理の手続きを書き下ろすことは不可能に近い。

第五世代コンピュータは、高度情報社会の中でユーザが求める知的な機能を実現するための、これまでのノイマン型コンピュータとはまったく異なるア

ーキテクチャを持つ並列処理型マシンであり、知的対話機能や知識ベースを用いた推論機能を持つ知識情報処理指向のコンピュータである（図表IV-3-1参照）。

2.2 プロジェクトの概要

第五世代コンピュータ・プロジェクトは、1990年代の高度情報化社会のニーズに対応するため、意思決定、設計、計画等の人間の知的活動を支援・代行するための情報処理である「知識情報処理」に最適な、革新的コンピュータを世界に先駆けて研究開発することを目的として、スタートしたものである。

このプロジェクトは通商産業省の情報化政策の一環として推進されているものであり、(財)新世代コンピュータ技術開発機構（ICOT：Institute for New Generation Computer Technology）に委託する形で実施されている。

研究開発は、全体の研究期間を前期（1982～84年度）、中期（1985～88年度）、後期（1989～92年度）に分けて進められており、現在は後期計画の最終段

階を迎えている（図表IV-3-2参照）。

前期では、世界初のパーソナルタイプの逐次推論コンピュータPSIなどのハードウェアと逐次論理型言語ESP、世界初の論理形言語による本格的オペレーティング・システムであるSIMPOSを研究開発した。

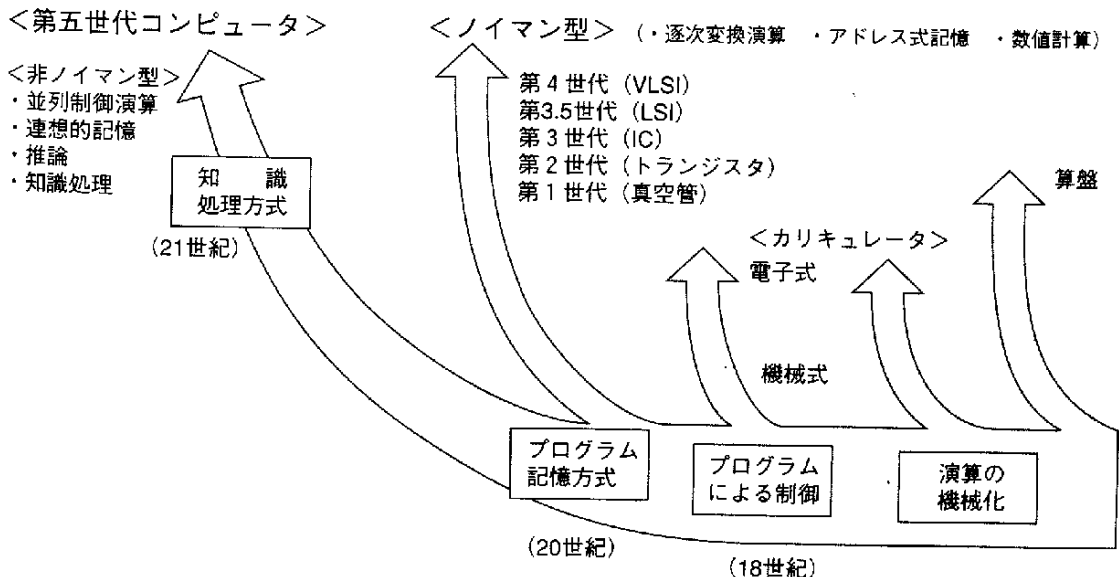
中期では、世界初の並列推論実験機マルチPSI、並列論理型言語KL1、並列推論制御ソフトウェアPIMOS、知識ベース管理システムKappa、簡単な文章・談話を理解する談話理解実験システムDUALS等が研究開発された。

2.3 プロトタイプ・システムの概要

後期においてはこれまでの研究成果を統合し、第五世代コンピュータ・プロトタイプ・システムを開発することとしている。以下、その概要を説明する。

- ①1,000台規模の並列推論機能を持つ、プロトタイプ・ハードウェア・システム
- ②ハードウェアの並列推論制御と知識ベース管理を行う基本ソフトウェア（OS）ならびにそのユーティリティ群である知識プログラミング・システム

図表IV-3-1 第五世代コンピュータの位置づけ



ムからなる、プロトタイプ基礎ソフトウェア・システム

- ③第五世代コンピュータのアプリケーションともいふべき、プロトタイプ基本応用システム
図表Ⅳ-3-3にプロトタイプ・システムの概要を示す。
研究開発は順調に進捗しており、第五世代コンピュータのプロトタイプ・ハードウェアである、PIM（Parallel Inference Machine：並列推論マシン）、プロトタイプ基礎ソフトウェア・システム等の試作と評価を進めている。

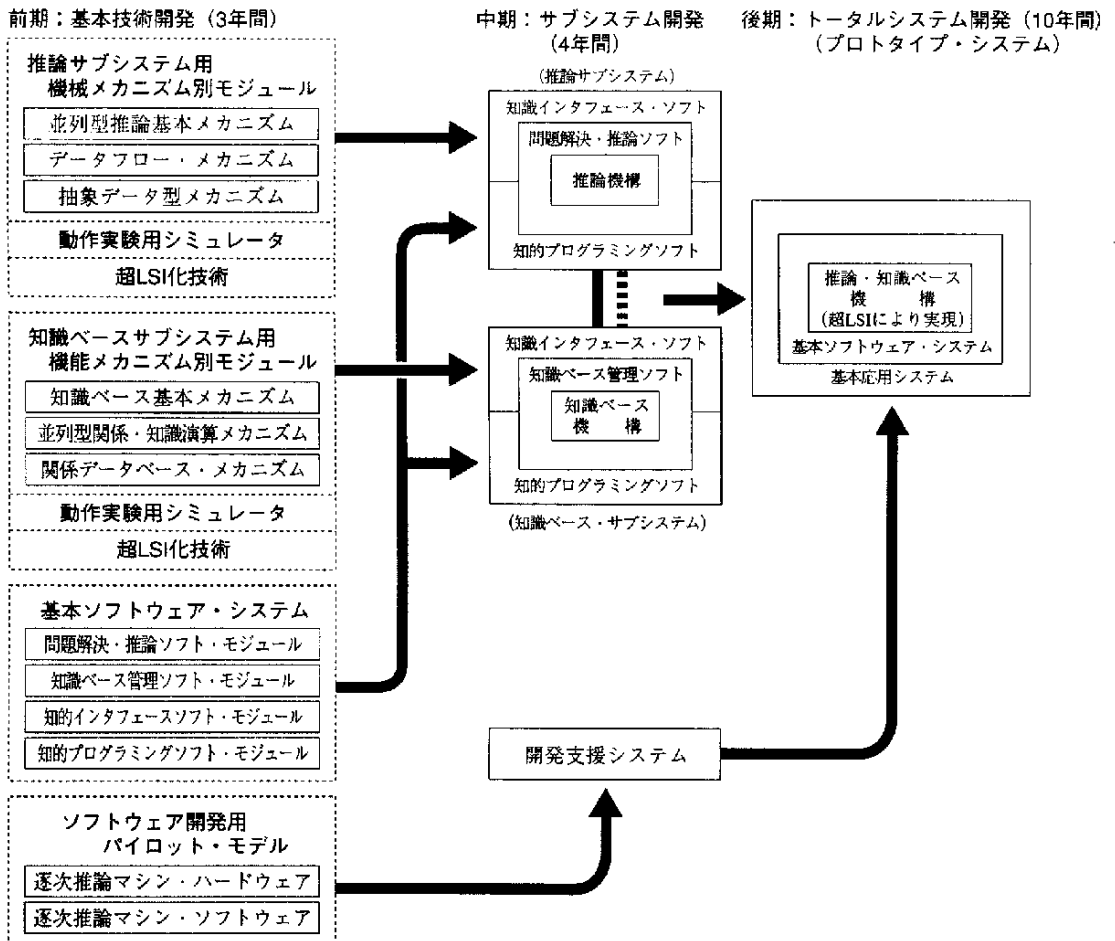
2.4 国際研究交流

本プロジェクトが対象とするような先端的基礎研究分野では、広く内外における研究交流を行い、国際的見地から研究を進めていく必要がある。そこで、当プロジェクトでは開始当初から国際研究交流に重点を置き、研究員の受入れ、シンポジウムの開催等幅広い施策を展開してきた。以下、その主なものを紹介する。

①長期派遣研究員の受入れ

本プロジェクトの成果を世界に公表し、世界レベ

図表Ⅳ-3-2 第五世代コンピュータの開発ステップ



ルでの研究開発の進展に寄与することを目的として、現在、米国立科学財団（NSF）、仏国立自動化情報研究所（INRIA）、英国貿易産業省（DTI）とICOTとの間で、研究員の受入れなどに関する覚書が締結されている。

②国際会議の開催

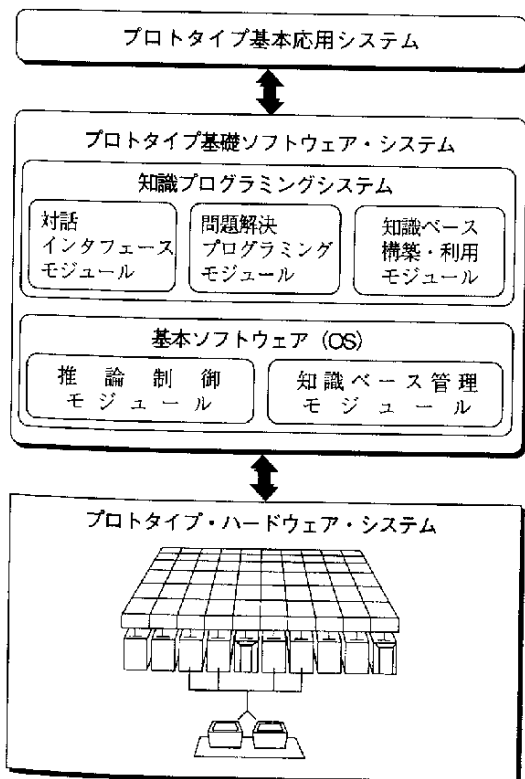
プロジェクトの開始直前および、前期、中期の最終年度の計3回、第五世代コンピュータ国際会議（FGCS）を開催してきた。これは、研究開発成果を広く内外の研究者に披露し、討議を行うために開催しているものである。平成4年、第4回国際会議を開催する。

③海外研究者の招へい

海外の第一線研究員を平均1カ月ICOTに招へいし、研究討議による研究交流を行っている。

④AIシンポジウムの開催

図表Ⅳ-3-3 五世代コンピュータ・プロトタイプ



欧米のAI先進国と、最前線の研究状況に関する情報交換を行うため、AIシンポジウムを開催している。過去、フランス、米国、スウェーデンの各国と定期的に開催してきており、1989年度からは新たに英国、イタリアともワークショップを設けた。

2.5 国際共同研究

本プロジェクトでは、海外の研究機関にロジック・プログラミング開発環境を提供（PSIの貸与とマルチPSIの遠隔利用）し、相手機関がその上で行う応用プログラムの開発経験を本プロジェクトの研究開発にフィードバックすることを目的として、1990年度から国際共同研究を行っている。

共同研究の成果は、公開（論文の発表など）することを基本原則としている。現在、PSIを設置して共同研究を進めているのは、以下の4機関である。

①米国アルゴンヌ国立研究所（ANL）

シカゴ郊外に位置する、エネルギー省管轄の研究所。共同研究のテーマは、遺伝子情報処理（DNAの解析や遺伝子データベースの構築法等）および並列定理証明システムである。

②スウェーデン国立研究所（SICS）

ストックホルム郊外に位置する、スウェーデン技術開発庁（STU）と民間企業の共同出資により設立された研究所。共同研究のテーマは並列論理型言語システム、CADシステムおよび制約論理プログラミングである。

③米国国立衛生研究所（NIH）

ワシントンに位置する、厚生省管轄の研究所。共同研究のテーマは蛋白質の構造解析である。

④米国ローレンス・バークレー研究所（LBL）

サンフランシスコ郊外に位置する、エネルギー省管轄の研究所。共同研究のテーマは遺伝子情報処理である。

3 電子化辞書プロジェクト

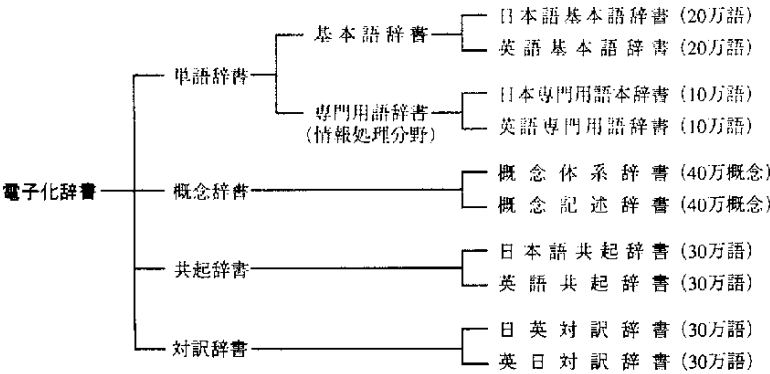
3.1 電子化辞書

人工知能分野の応用技術の中で、人間が日常使用する言葉をコンピュータに理解させ処理させる自然言語処理技術の開発は必須のものとなってきた。このため、研究開発の共通基盤となる大規模で高品質な自然言語処理用データベース、すなわち電子化辞書が必要不可欠となる。このような背景の下、

(株)日本電子化辞書研究所 (EDR: Japan Electronic Dictionary Research Institute, Ltd.) が設立され、電子化辞書の研究開発を推進している。

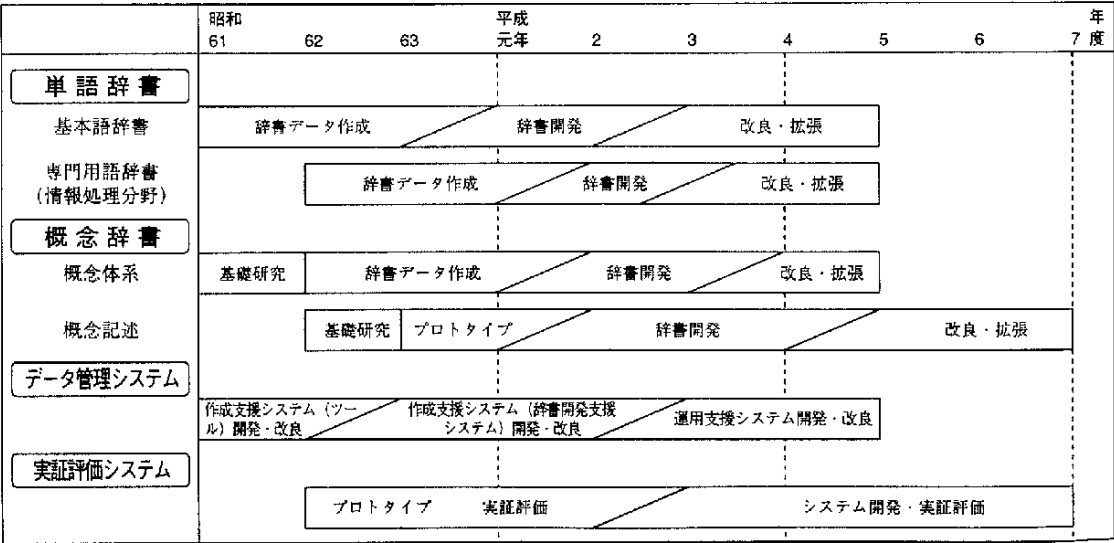
EDR電子化辞書は大きく4種類の辞書から構成される。文の構造を把握するために単語の文法的特性とその単語が表す概念を定義する「単語辞書」、単語が表す概念をコンピュータが理解できるように概念間に成り立つ関係を記述する「概念辞書」、文を生成する時に適切な単語を選べるように単語間の共起関係を記述する「共起辞書」、日本語と英語の単語間の対応関係を記述した「対訳辞書」である (図表Ⅳ-3-4参照)。

図表Ⅳ-3-4 EDR電子化辞書の構成



3.2 プロジェクトの概要と現状
プロジェクトは昭和61年4月にスタートした。平成7年3月までの予定である。研究開発テーマは、大きく、単語辞書、概念辞書、データ管理システム、実証評価システムの四つに区分されている (図Ⅳ-3-5参照)。

図表Ⅳ-3-5 EDR電子化辞書の研究開発スケジュール



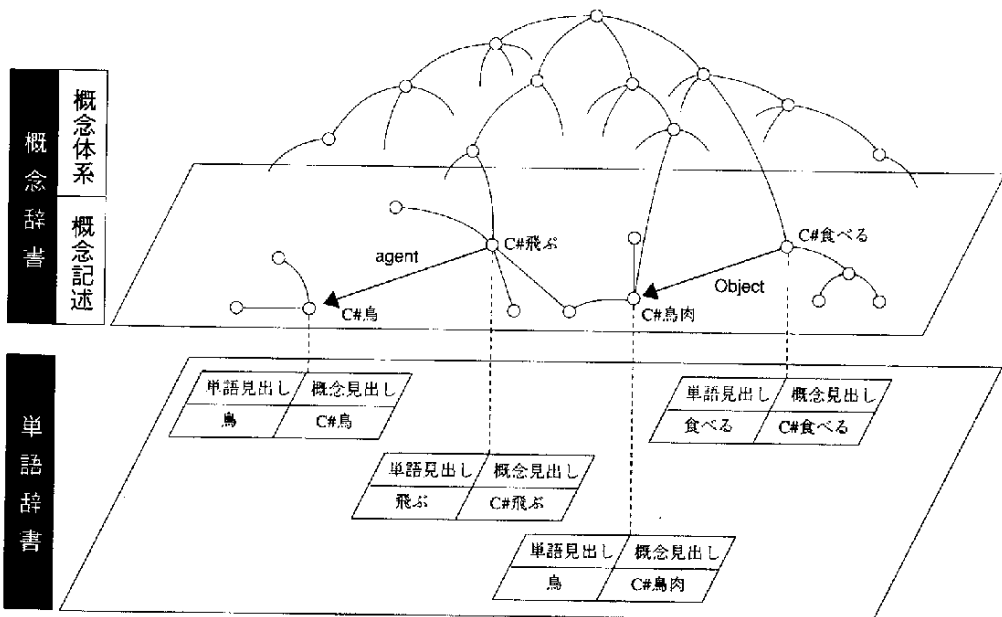
単語辞書については、日常接する文書の範囲をほぼ網羅すると考えられる日英各20万語の基本語辞書、および情報処理分野の日英各10万語の専門用語辞書の開発を行う計画である。これまで、辞書開発に関する基礎研究と出版社を通じての辞書データ作成およびそれに基づく本格的な辞書開発がほぼ完了し、さらに改良・拡張を進めることにより単語辞書第2版が完成している。辞書の改良・拡張は、大量の用例文を分析し、それによる検証結果を反映することによって行われる。

概念辞書は、EDR電子化辞書独自のもので、本格的な意味処理のために使用されるものである。現在、概念体系辞書と概念記述辞書の開発が進められている。各単語は一般に複数の意味を持つことから、単語が表す概念は単語の数よりも多く、日本語、英語それぞれとりあえず40万前後の概念見出しが設定されている。引き続き、それらの間で等価なものを一

つにまとめる統合化の作業が進行中であり、最終的には日英合わせて40万概念に集約される見込みである。概念体系辞書は、概念の上位・下位関係を体系的に規定するもので、上位から下位への属性継承を利用して概念記述の量を削減することを狙っている。概念記述辞書は、各概念の間に成立する格関係、因果関係等の関係によって概念を記述するもので、大量の用例文の分析データに基づいて作成される。(図表IV3-7参照)。

EDR電子化辞書の言語は、日本語と英語、分野は基本語と情報処理専門用語を対象としているが、辞書の仕様、開発の方法は、広く他の言語にも、また他の専門用語にも適用できる一般的なものである。このようにEDR電子化辞書の仕様に基づく各種辞書の開発を促進するために、概念見出し等をリストアップした辞書インタフェースを1991年2月より公開している。

図表IV3-7 EDR電子化辞書の構成



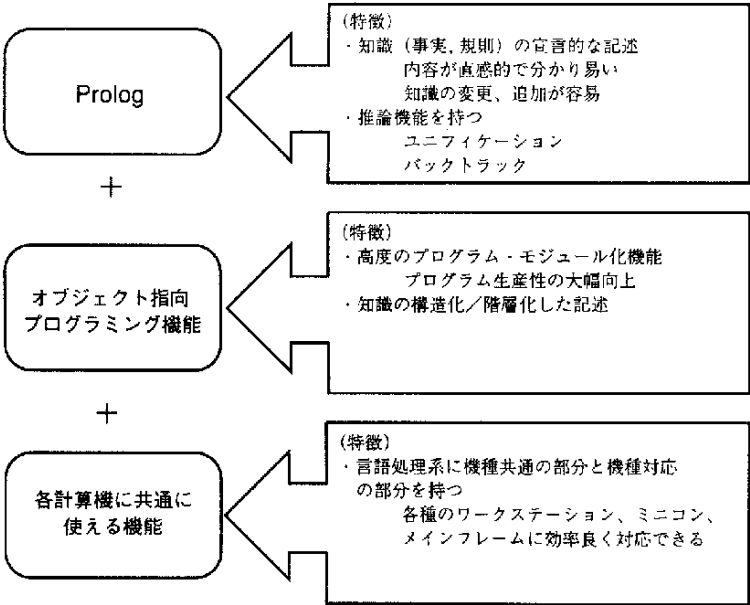
4. 高機能AIシステム記述用言語プロジェクト

4.1 高機能AIシステム記述用言語CommonESP

第五世代コンピュータ・プロジェクトで開発された逐次論理型言語ESP (Extended Self-contained Prolog) は、推論機能を有する論理型言語であるPrologに、オブジェクト指向プログラミング機能等を付加し、エキスパートシステムやシステム・プログラム等の記述にも適した、AIシステム記述用言語

(AI言語)である。
しかし、ESPはこのような優れた特徴を有しているものの、逐次型推論コンピュータPSI (Personal Sequential Inference Machine) 上でしか動作しないという制約があった。
そこで、このESPをベースとしてさらに高機能化を図り、汎用ワークステーション、ミニコンピュータ、メインフレーム等の上でも動作可能な、高機能AIシステム記述用言語Common ESPを試験研究することとした。図表Ⅳ-3-8に Common ESPの特徴を示す。

図表Ⅳ-3-8 Common ESPの特徴



Common ESPと他言語の記述能力の比較

項 目	手続型言語 FORTRAN, C 等	Lisp	Prolog	Common ESP
エキスパートシステム	△	○	○	◎
知的データベース	△	○	○	◎
自然言語処理	△	○	◎	◎
ロ ボ ッ ト	○	○	○	◎

4.2 プロジェクト概要

本プロジェクトは1988年3月から4年1カ月をかけて、以下の各テーマについて試験研究を行うこととしており、(株)AI言語研究所(AIR: AI Language Research Institute, Ltd.)によって実施されている。

① Common ESP言語仕様および言語処理系

(a) Common ESP言語仕様

ESPを参考にしながら、新規パラダイムの導入、ライブラリの拡充等により、ESPの機能を包含しつつより高度化したCommon ESPの言語仕様の作成を行う。

(b) Common ESP言語処理系

上記の言語仕様に基づいた、Common ESPの言語処理系を研究開発する。

② 実証評価

評価用ソフトウェアを試作し、評価を行う。

評価結果は、Common ESP言語仕様および言語処理系の改良・拡張にフィードバックする。

③ Common ESP最適処理系

Common ESPの一層の高機能化、実行の高速化のため、最適化アルゴリズムの研究、知識を表現するためのより高度なパラダイムの考案とCommon ESPへの導入、AIシステム向け次世代ソフトウェア統合開発環境の研究等を行う。

図表IV-3-6に各テーマごとの試験研究計画を示す。

4.3 試験研究の現状

1988年度には、移植性の高いエミュレータ方式を採用した暫定版、1989年度は実行速度の速いマシン語生成方式による基本仕様版の開発を行い、平成2年度はオンラインドキュメント、他言語インタフェースやXウィンドウ対応等の開発環境を備えたフルセット仕様版の開発を行った。

また、実証評価の一環として、Common ESP言語処理系を、研究開発目的で利用する場合に限って試験的に大学・研究所などに提供することを1990年度から開始した。そこで得られる評価結果、意見などは、Common ESP言語処理系の改良・拡張にフィードバックされる。

5 ファジィ理論の工学的応用プロジェクト

「あいまいさ」を持つ情報を処理するものとして、ファジィ理論の応用が注目されているが、そのファジィ理論の工学的応用を図るために必要な技術の確立を目標に、1989年、技術研究組合同国際ファジィ工

図表IV-3-6 Common ESP試験研究計画

(テーマ名) AIシステム記述用言語の高度化に関する試験研究

サブテーマ及び小項目	昭和62年度	昭和63年度	平成元年度	平成2年度	平成3年度
1. Common ESP言語仕様及び言語処理系					
(1)言語仕様		一次試作 [暫定版]	二次試作 [基本仕様版]	三次試作 [フルセット仕様版]	改良・評価 [試作最終版]
(2)言語処理系		一次試作 [暫定版]	二次試作 [基本仕様版]	三次試作 [フルセット仕様版]	改良・評価 [試作最終版]
2. 実証評価		一次試作・評価		二次試作・評価	三次試作・評価
3. Common ESP最適処理系		基本最適処理系研究		高度最適処理系研究	

学研究所（LIFE：Laboratory for International Fuzzy Engineering Research）が設立された。

この研究所の設立には、コンピュータ・メーカーはもちろん、自動車、鉄鋼等のメーカーやソフトハウス、証券会社等、幅広い業種から49社もの企業が参加しており、このことから、ファジィについての関心の高さと、応用分野の広さが窺える。研究期間は約6年間、研究開発費総額は現時点で約50億円が見込まれており、ファジィに関し、基礎研究（理論面での研究）、基礎技術開発（開発環境の整備）および実証評価的な研究（応用システムの試作、評価）を行っていくこととしている。これらの研究については、大学等との連携や諸外国の研究機関との研究交流を図りながら推進している。

研究のメインテーマは、ヒューマンフレンドリーシステムである。もう少し具体的にいうと、人間とシステムとのコミュニケーションと、機械の知能化である。これらの研究は三つのグループからなり、それぞれ3プロジェクト、計九つのプロジェクトにより行われている。

第1のグループは、意思決定支援である。意思決定プロセスにおけるあいまい情報の処理を行うための方法論を構築し、実証評価する。知能システムによる作業のサポートを指向した以下の三つのプロジェクトにおいて、それぞれのシステムを実現する過程で得られる情報処理機構が研究成果となる。

- ①意思決定支援システム
- ②プラント運転支援
- ③プロセスのファジィ制御

第2のグループは、知能ロボットである。自律移動ロボットにおける画像認識、言語理解、プランニングにおけるファジィ知識処理のためのフレームワークを提唱し、実証評価する。プロジェクトは、

- ①言語指示の理解
- ②視覚情報の理解
- ③知的行動意思決定

の三つである。

第3のグループは、ファジィコンピューティングである。ファジィエキスパートシステム、ファジィ連想記憶システム等、知識処理ツールの研究開発およびハードを含めたファジィコンピュータのコンセプト作りと実システムの研究試作を行う。プロジェクトは、

- ①ファジィ連想記憶システム
- ②ファジィエキスパートシステム構築支援ツール
- ③ファジィコンピュータ

の三つである。

6 新情報処理技術に関する総合的調査研究

通商産業省では、21世紀の高度情報社会の実現に向けてわが国が世界と共に取り組んでいくべき新しい情報処理技術の体系を取りまとめることを目的に、新情報処理技術に関する総合的な調査研究を1989年度から実施、1991年3月に最終報告書を取りまとめた。

従来の情報処理技術は、人間の多面的な情報処理能力の中から論理的な情報処理の側面を取り出して、逐次直列型の情報処理技術として機械化したものであり、主にハードウェア技術の進歩によって、ある面においては人間をはるかに上回る能力を持つに至っているが、その反面、あいまいあるいは不完全な情報の取り扱いが困難など、いくつかの問題点を持っているため、今後の社会的ニーズに十分応えることはできない。

新情報処理技術としては、単に従来の情報処理技術を高速化するのではなく、従来の論理的な情報処理技術に新たに直感的な情報処理技術を統合化することによりこのような問題点を克服し、情報処理の新しいパラダイムに基づく、より人間に近い、高度で柔軟な情報処理の実現を図るべきである。

1991年3月13、14日には、「新情報処理技術国際シンポジウム'91」を開催、調査研究の成果を広く内外に発表するとともに、国内外からの著名な研究者による新情報関連分野に関する招待講演等を行った。

1991年度には、2年間の調査研究の成果を受けて、どのような研究開発プログラムとしていくことが望ましいか、どのような国際協調が可能か等についてのフィージビリティ調査を実施する予定である。

7 AIの普及啓蒙活動

7.1 ICOT-JIPDEC AIセンター

AIの利用の中では、エキスパート・システムの分野が最も進んでおり、試験的なものも含め盛んに導入されるようになってきたが、開発手法が確立していないなどの普及阻害要因も多い。このため、1986年3月、(財)新世代コンピュータ技術開発機構(ICOT)と(財)日本情報処理開発協会(JIPDEC)によりICOT-JIPDEC AIセンターが共同設置され、AI技術の調査研究・普及啓蒙事業を展開している。

7.2 AIセンター事業の概要

①AI動向調査

わが国におけるAI市場および技術の動向について、経年的に調査研究しており、その一部を1987年に「AIビジョン」として取りまとめた。また、年度ごとの調査研究を分析し、「AI白書」として1989年度から発行している。

②AIオープンハウスの運営

内外の代表的AIツール(ハード、ソフト)を集中展示する公共的な共同利用センターとして「AIオープンハウス」を1987年12月に開設し、一般の利用に供している。

③普及啓蒙事業

AIの基礎技術やシステムについて、より幅広い層から理解してもらうため、技術講演会や、AIツールの説明会等を開催している。

④第五世代コンピュータのアプリケーションに関する調査研究

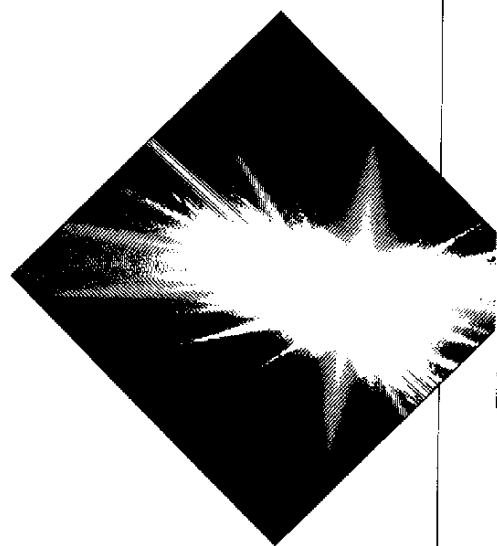
第五世代コンピュータ・プロジェクトで開発されたPSI(逐次推論マシン)の機能評価を各研究機関に委託して行っている。

また、論理型プログラミングの利用についても委託調査研究を行っている。

⑤機関誌の発行

AIの利用動向を紹介する「AIセンターだより」を発行している。

第V編 海外の動向



第1部 米国

1 概要

米国におけるAIの研究の流れは、DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency=国防省高等研究計画局)と大学を対象に研究補助金を交付しているNSF (National Science Foundation=国立科学財団)、個別民間企業によるコンソーシアム(代表的例はMCC)あるいは自社の社内研究の三つの流れがあるが、予算のうえから最も強力にAI基礎研究開発を推進しているのは、1984会計年度から向こう10年間に10億ドルを投資するSCP (Strategic Computing Program=戦略計算計画)を進めているDARPAである。

またAI研究そのものではないが、間接的にAI技術開発を必要とするプロジェクトとしてNASAの宇宙計画とSDIプロジェクトがある。

NASAは宇宙ステーションを打ち上げ、そこで宇宙飛行士が新素材をつくり人体の神秘を解明し、また月と火星に有人宇宙船を送る計画を1984年に発表した。が、予想外にコストがかさむ(当初見積の80億ドルが1,000億ドル以上に上昇し、すでに46億ドルを使った)ことと、議会による1992会計年度における20億ドルもの大幅予算削減への動きがあり、宇宙ステーション計画は存否の瀬戸際に立たされている。しかも、もし同計画が残るとしても予算削減方針は結果的に他の計画へ波及し、火星への有人宇宙船打ち上げ計画の存立が危ぶまれている。宇宙ステーション計画はカナダ、欧州、日本にも協力を呼びかけている国際計画なので、すでに宇宙ステーション・モジュールの開発にとりかかっている諸国にも

影響が及ぶ。また地球の温暖化を監視しようと試みるNASAの新プロジェクトは不承認になる可能性がある。

一方、1982年にレーガン政権が打ち出したSDIプロジェクトもソ連の民主化と米国政府の緊縮財政のためにダウンサイジングされたGPALS (Global Protection Against Limited Strikes) 計画に修正された。レーガンのスター・ウォーズ・プロジェクトの総コストは1兆ドルを軽く越えるとされたが、GPALSは今後15年間に1,200億ドル程度の支出で済むとされる。しかし、議会はこれも予算削減の対象にし、ブッシュ政権の1992会計年度における要求額である50億ドルを17億ドルもカットした。

2 連邦政府におけるAI応用

2.1 カーネギーメロン大学の自律惑星上対象物識別ロボット

カーネギーメロン大学のロボット研究所では人間の監督なしに惑星探検を行う完全自律ロボットを開発中であるが、その概要が1990年4月に開かれた米国オプティカル・エンジニアリング国際学会コンファレンスで「戸外情景における対象物を識別する赤外線カメラを備えた自律ロボット」と題して論文発表された [Caillas90]。

これは図表V-1-1のように6本脚の完全自律ロボット (Ambler=「ゆっくり歩く者」と名づけられた)で、最初はたぶん火星への着地を想定しその物質を収集することを使命とする。このためには未知の地理的に多様な地域を歩きまわらなければならない

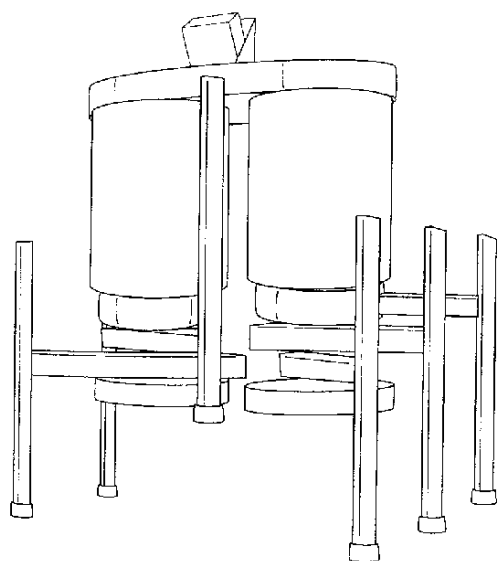
い。多様な地域を巡回するために、アンブラーは地形の幾何学的表現を組み立てるレーザー・レンジ・ファインダーを備えている。アンブラーはでこぼこでゴツゴツした地形の表面の歩きやすい通路を決定しなければならない。地形の幾何表現は、アンブラーの頭部についているレーザー・レンジ・ファインダーから送られるレンジ・データで組み立てられるエレベーション・マップとして与えられる。

しかし、それだけでは安全な通路かどうかを確認することにはならない。スリップしやすいとか、柔らかいか、固いかというような土壌の属性についての情報をキャッチして分析する必要がある。同研究所は、物質のサーマル・イナーシャを計算するためのサーマル・イメージング・モデルを開発した。

サーマル・イナーシャは、物質の温度特性を説明する物理的属性である。サーマル・イナーシャが高ければ高いほど、物質と環境の間のエネルギー交換は遅くなる現象を観察することにした。その関係は

$I = (K \rho C_p)^{1/2}$ (ただし K は conductivity, ρ は density, C_p は specific heat) のように表される。

図表V-1-1 自律惑星上対象物識別ロボット



2.2 DARPAのSCP計画

SCPは1984会計年度に10年計画として着手、①ALV (Autonomous Land Vehicle=自律地上走行車)、②Pilot Associate (戦闘機パイロット電子支援システム)、③Naval Carrier Battle Group Battle Management System (海軍航空母艦戦闘グループ戦闘管理システム)を開発することにした。各システムの内容は次のとおりである。

- ①ALV=ある指定された地点から他の指定された地点へ自律的に走行する。その場合、デジタル信号の形式で記憶された地形データから最初の通路を計画し、複数のセンサーから入ってくる情報をもとに走行プランを更新し、感知したデータとあらかじめ記憶されている地形データとの間のあいまい部分を明確化し、走行手段として標識の予測、確認をする機能を持つ自律走行ロボットである。
- ②パイロット・アソシエイト=パイロットを低次元の雑用から開放し、戦術および戦略目的遂行に集中できるように援助する、コンピュータ組み込みの戦闘機パイロット電子支援システムである。
- ③戦闘管理システム=海軍航空母艦戦闘グループのための戦闘管理支援システムである。敵の行動意図を予測する仮説を生成し、それらの誘因となる確率に優先順位をつけ、その理由を説明できる。海上、空中、海中戦闘の敵の隊形、自軍の配置、電子交戦環境、攻撃計画、気象予測など、戦闘の詳細状況を表示する能力を持つ。

以上のシステムを実現するには、①多数のエキスパートシステムの搭載が必要なうえ、戦闘という高雑音、悪環境のもとでの自然言語(談話)理解能力が要求される。例えば戦闘管理システムは、約20,000ルールの分散エキスパートシステムが多数必要だし、パイロット・アソシエイトは、少なくとも当該航空機自体とパイロット、通信、当該航空機の使命、戦術と戦略、地理、敵防衛、敵機、航空支援、友好

軍という、9種類のエキスパートシステムの開発が必要であると目標性能が設定された。これらのシステムを処理するハードウェアは非常にコンパクト、軽量で、処理性能が10~100GIPSの超高速並列コンピュータの開発が必要ということで、DARPAは九つの並列コンピュータ開発サブプロジェクトを計画の前期中に大学と民間企業に発注し、その第一次成果が現在、商業化並列コンピュータとして世界市場に出回っている。例えばThinking Machines社のコネクション・マシンや、BBN社のバタフライ、インテル社のiPSCなどのスケーラブルな並列コンピュータは、中間成果が商業化へ技術移転された産物である。

DARPAの目標は、1990年代の半ばまでにテラ・オペレーションをサポートする大規模な並列コンピュータ・システムの設計と、コンポーネント技術を通じて性能向上を図ることである。

例えばThinking Machines社は、究極的には100万個のプロセッサ・チップをつないだ超並列コンピュータを開発することになっているが、接続するプロセッサの数が10万個を越えるにつれてワイヤ相互接続方式の限界に突き当たる。そこでオプティカル（光）・ファイバーによる接続が導入されることになり、エレクトロニクスとオプトエレクトロニクス技術の混合物であるオプティカル・リンクがハネウェル社によって開発された。1988会計年度後期には1.28ギガ・ビット/秒のこのボード・ツー・ボード・リンクを装着し、1989年度にデモンストレーションを行うことになっていた。このオプティカル・リンクによって、Thinking Machines社は、現在、商業化されているコネクション・マシンの3倍規模のシステムが実現できるとみている。

また、インテル社はカリフォルニア工科大学と共同開発したTouchstone DELTAマシンを1990年11月のIEEEコンファレンスで発表した。これは512個の

i80486とi80386^注を同大学が設計したカスタム・メッシュ・ルーチング・チップでメッシュ接続したマシンで、ピーク性能は32ギガFLOPSを達成したという。さらにインテル社は次世代マシンとして、2,048個のプロセッサ構成の超並列コンピュータSIGMAを開発中である。目標性能は150ギガFLOPSで、1991年遅くにはデモンストレーションにこぎつけるといっている。Touchstone DELTAは米国の14の著名な研究機関からなるコンソーシアム（Concurrent Supercomputing Consortium）が買い取り、同大学に設置された。

このようにDARPAのSCPから多くの並列コンピュータが実用化され、ここ数年には第2世代の商業化マシンが登場する見通しである。

3 民間におけるAI利用

3.1 米国のエキスパートシステム市場

インテリコプ社のKEEやテクノレッジ社のABE（A Better Environment）といった著名なエキスパートシステム構築ツールもSCPの知識ベース・システム開発援助の結果生まれたシステムである。しかし、軍事目的からすると複雑な要求仕様を満足するまでにいたっていない。つまり①スケーラビリティ、②リアルタイム性能、③信頼性、④統合のための方法論の能力、などが不足しているとDARPAは指摘している。

しかし、日本ではエキスパートシステム自体はまだ内部使用の段階を出ないのに対して、米国では1988年以来急速にコマーシャル市場が形成され、不特定多数ユーザーをターゲットとしたエキスパート・システムがかなり流通している。88年まで流通が低調だった理由は、①既存システムへの統合性の欠如、②他のシステムへの移植性の欠如、③設置済

（注）i80486、i80386はいずれもインテル社の32ビットCISC（Complex Instruction Set Computer）チップである。

みのソフトウェアとの互換性の欠如、④プライス/パフォーマンスがよい、などにあった。

オートメーション・リサーチ・コーポレーション社の推定によれば、1989年末現在、販売されている「オフ・ザ・シェルフ・エキスパートシステム」^(注)は、約1,000システム（種類）に達し、それらの設置稼動額は2,400万ドルにのぼる。ユーザーは自動車産業が22.5%、エレクトロニクス産業が14.0%、化学産業が12.5%、航空宇宙産業が11.5%、食品産業が9.0%、機械産業が7.0%、その他が16.5%となっている。オフ・ザ・シェルフ・エキスパートシステム・ベンダーの5強とそれらのマーケット・シェアは、ゲンシム社（Gensym 18.2%）、カーネギー・グループ（16.4%）、インテリコプ社（10.9%）、インファレンス社（10.1%）、AIT社（8.8%）である。

一方、ザ・リレーヤー・グループ（The Relayer Group）の推定によれば、コマーシャル市場におけるエキスパートシステムの応用領域分布は、国防・政府35%、製造・生産15%、金融18%、運輸6%、診断・保守18%、小売5%、その他3%となっている。小売業での利用は最近までゼロに近かったが、急激に立ち上がったという。小売業のアプリケーションは、フロア・ショップでの売り上げ向上、店員の適材適所の配置、最年少者の扱い、セールス・テクニックなどで、ベンダーは小売業者自身である。すなわち、自社の経営ノウハウをパッケージ・モジュール化し、その上に個別の小売業者が自社の個別情報を構築できるシステムを売り出している。例えば、全米にチョコレート・クッキー・チェーンをもつMrs.Fields社や、ロサンゼルスで百貨店チェーンを営むThe Broadway社（Carter Hawley Hale Stores社の子会社）などがベンダーである。

<参考文献>

[BW91a] Business Week, "A Disaster for NASA—or A

Blessing?" June 3, 1991

[BW91b] Business Week, "Instead of Star Wars, Little Star Wars?" July 1, 1991

[Caillas90] Autonomous robot using infrared thermal camera to discriminate objects in outdoor scene; by C. Caillas, The Robot Institute, Carnegie Mellon University, p.p.801-812, Applications of Artificial intelligence VIII, Mohan M.Trivtsdi, Editor, SPIE1293, 1990

[DARPA88] Strategic Computing—Fourth Annual Report; DARPA, November 1988

[EB90] Electronic Business, "Artificial Intelligence Finds Work in Manufacturing"; February 5, 1990

[Datamation90] Datamation, "Experts at Retail"; April 1, 1990

(注) オフ・ザ・シェルフとは棚から持ってきて、すぐに使えるの意。

第2部 欧州

欧州のAI技術開発活動は、情報技術が欧州統合の強力なインフラストラクチャになると位置づけ、情報技術研究開発のなかの一つとしてAI研究開発を織り込んでいるのが特徴である。

1 イギリス

イギリスは欧州のなかで、独立した情報技術研究開発計画を推進してきた唯一の国で、1984年から進めてきた5年計画のアルベイ計画のもとに456の企業、277の学界組織が協力して、113の大学単独プロジェクト、198の産学協同プロジェクトが進められた。これらのプロジェクトから多くの成果が得られ、次のシステムへ向かって開発努力が行われつつある。

1989年以後は、アルベイ計画より小規模なIEATP (Information Engineering Advanced Technology Programme=情報工学高度技術計画) に転換し、主として従来、大学にインセンティブを与えてきたSERC (Science and Engineering Research Council=科学工学研究評議会) と貿易産業省がIEATPを共同管理することになった。このために産業界、大学、政府、地方自治体の代表からなるITAB (Information Technology Advisory Board=情報技術諮問委員会) が組織された。IEATPでは後述するECのESPRIT計画よりもさらに基礎的なアカデミックな研究を行い、それより実用化に近い前競争的研究 (precompetitive research and development) についてはEC統合をにらんで第2次ESPRIT計画に深く参加することを決め、5年間に2億ポンドを拠出することになった。アルベイ計画から出てきた成果の一つとして多様

な並列コンピュータがある。すなわち段階的に1,000プロセッサ構成程度まで拡張できるスケラブルな並列コンピュータのプロトタイプである。貿易産業省はこれらの並列コンピュータが設置された大学のセンターを全国並列コンピュータ・センター網として民間に開放し、熱心に技術移転を図っている。同省はこのほかに基本的な並列処理能力を持つ18の情報技術センターを管理していて、小規模な並列処理ニーズを持つ中小企業に開放している。このように大がかりな啓蒙体制を敷いている国はイギリスだけである。

エキスパートシステムについても、イギリスは米国に次いで最も知識と経験を積んだと、アルベイ計画の評価レポートは結論している。知識ベース利用システムの分野ではさまざまな地道な研究が進んだ。例えば次のような地道なシステム開発努力がある。

●自然言語処理

しっかり基礎ができていいる理論とよく組織化されているアーキテクチャをベースに、現在入手可能のものよりも強力な自然言語処理とインタフェースを提供することを目標に、ケンブリッジ大学が研究にあたったが、初期の研究では汎用のセマンティック (意味) 情報に基づきデータベース・アクセス・システムを構築し、広範なドメイン (分野) における適切な質問解釈を行うための推論能力を織り込むことに重点を置いた。次いでネットワーク知識ベースと推論プロセッサを記述し、初期システムのモジュラー構造を保存しつつ新しいインタフェースとして統合した。言語知識と非言語知識の両方と、アプリケーション依存情報の両方を特徴づけリンクする共通知識ベースを、サーバー中の意味選択リストラクションと代名詞解析のために用いた。この共通知識ベースは、すべてのドメイン

依存の処理の基にある。ドメイン知識の主要部分の獲得を自動化する可能性調査のデモンストレーションが成功裡に行われ、将来のよい足場を築くことができた。

●その他のシステム

ここでは詳述しないが、知識ベース利用システムの研究開発例をあげれば、沖合作業スケジューリング・システム、シミュレーションおよび戦術的決定支援システム（フライト・シミュレーター、海軍トレーナー、航空機コックピット用戦術決定支援システム）、検査技法へのエキスパートシステム応用、心臓学における診断のための知的モデル利用システム、法規表現のためのロジック、不確実性下の推論の研究、算術のための知的コンピュータ・チューター、ロジック・データ・デモンストレーター、自然言語と計画の結合の研究、重工業における知識ベース利用システムによる生産管理、知識ベース利用の計画および管理のためのアーキテクチャの研究、などがある。

なお、イギリスの第1次ESPRITへの参加率はプロジェクト数の71%に達し、さらに第2次ESPRITへの参加率は約80%となっているうえ、イギリス企業が各プロジェクトのメイン・コントラクターになって

いるケースが多い。したがってイギリスはESPRITに対する最大の寄与国ともいえる。

2 フランス

AIの研究も含めて、フランスの研究開発活動は政府主導型といっている。したがって国立研究機関または公共機関による産業への誘導、技術移転が盛んに行われている。

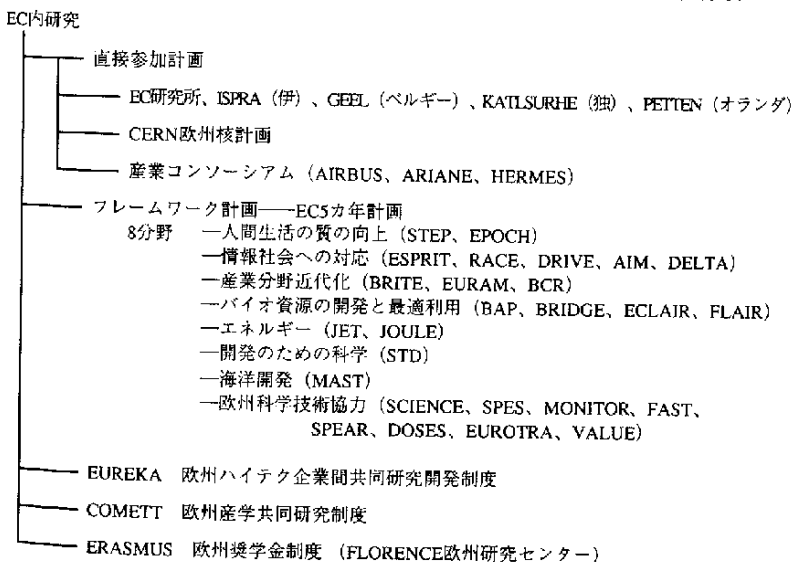
フランスの各省直轄の研究機関としては、研究技術省はCNRS（国立科学研究所）を持っているが、ほかに産業省と共管のINRIA（国立情報処理自動化研究所）をも持ち、かつANVAR（研究開発公社）、CSI（科学産業博物館）、AFME（フランス・エネルギー管理庁）を監督している。また、郵政電信電話省との共管ということで国立宇宙研究センターを監督し、さらにINSERM（国立衛生研究所）、IFREMER（フランス海洋研究開発センター）、ORSTOM（海外領土科学技術局）、CIRAD（農業研究国際開発セン

ター）、CEMAGREF（国立農林機械センター）、INFRETS（国立輸送交通安全研究所）、INED（国立民衆学研究所）、CEE（雇用問題研究所）を監督している。大学付属の研究所は文部省の管轄である。また、土木技術中央研究所は公共施設住宅省、フランス美術博物館中央研究所は文化省の監督下にある。

エレクトロニクスと情報技術は、11のナショナル・プロジェクトの重点開発分野となっている。フランスが参加している国際的研究プロジェクト

図表V-2-1 フランスが参加しているECの研究プロジェクト

（出所：「フランスの産業技術開発政策」、JETRO技術情報、1989年5月号）



トのうちEC内研究は図表V-2-1のとおりである。

EUREKAはフランスが米国のSDI計画に対抗するべく提唱し、それにEC諸国と他の欧州周辺国が同調して始まった、非軍事の市場で売られる先端技術製品にすぐ結びつく技術の開発を行う計画で、フランスは213のプロジェクトの48%に当たる102のプロジェクトに参加している(図表V-2-2参照)。情報技術は35プロジェクトが進められているが、フランスは43%に当たる15プロジェクトに参加している。

図表V-2-2 EUREKA計画分野別内訳

分 野	総 数	フランス参加プロジェクト
情報技術	35	15
製造技術・ロボット	46	26
新素材	21	10
運輸	11	5
環境	12	4
バイオテクノロジー	40	16
レーザー	13	7
エネルギー	10	6
通信技術	11	5
エレクトロニクス	14	8
合 計	213	102

3 ドイツ

ドイツ連邦共和国は企業自身の自主研究開発が盛んであるが、情報技術分野では州政府が熱心で、地場大企業と米国の多国籍企業を含む大企業の資金の支援を得た州と大企業のAI関連共同研究所が、1987年以来五つ設立された。連邦政府は情報技術を重視し、1968年にノルトライン・ヴェストファーレン州と共同出資の国立情報処理研究所GMDを設立した。GMDはデータベースなど、コンピュータ利用面から研究を始め、暫時研究分野を広げてきたが、現在はAI研究を含む1,400名の所員を擁する欧州有数の情報専門の研究所に成長した。

上述のGMD以外の五つのAI研究所は、次のとおりである。

●FAW (応用志向知識処理研究所)

FAW (Forschungsinstitut für Anwendungsorientierte Wissensverarbeitung) は、バーデンヴェルテンベルク州の発議に賛同して、ダイムラーベンツ、ヒューレット・パッカード、IBMドイッチュラント、マンネスマン・キンツレー、ニックスドルフ、ジーメンスが運用費と研究費を支援している研究所で、州政府が40%を、残りを企業が均等負担している。1987年に発足。研究所建屋をウルム大学構内に新たに建設した。

研究の重点は、移動職場環境も含む高度の職場環境を対象とするCIMとオフィス・オートメーション(OA)である。現在までに13のプロジェクトに着手している。OA環境では、分散異質知識源への知識ベース利用のためのアクセス(分散している経験の浅い臨時のユーザをサポートする)や、スケジューリングのためのDSSなどを研究開発している。

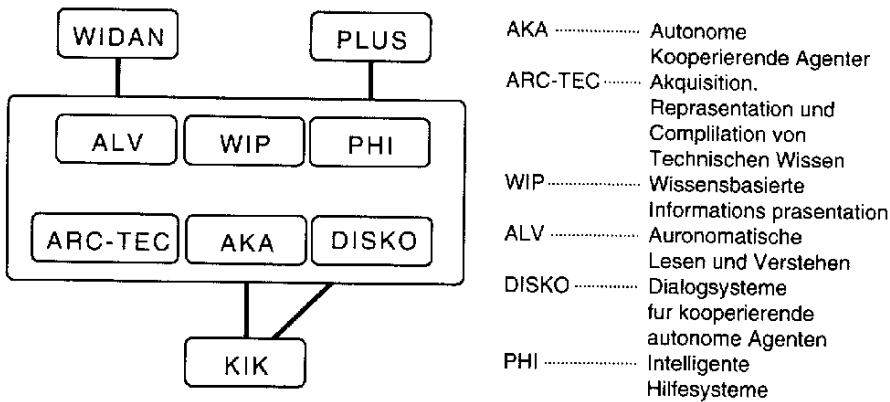
●DFKI (ドイツ人工知能研究所)

DFKI (Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH) は、フランクフルトから鉄道で約2時間南下したカイザースラウテルン市のカイザースラウテルン大学内に置かれたソフトウェア開発専門の研究所である。

ラインラントプファルツ州、ザールラント州、連邦政府技術省の音頭によって1988年7月に設立された。GMDを含む公共企業2社と民間企業9社(IBM、ジーメンス、ニックスドルフ、マンネスマン・キンツレー、フィリップス、クルップ・アトラスなど)が株主である。1989年現在、図表V-2-3に示したプロジェクトが進められていた。

図表V-2-3のなかのプロジェクトの内容を順に述べると、AKAIは、スタッフとセクレタリーが連携しながら仕事を進める際の意志決定過程を分解して知識表現し、推論を含めて能率化しようという試みである(3年計画)。ALVはドキュメントを読んで理解し、文章と図形をまじえた混成表現を生成するシステムで、応用領域としてはオフィス情報システム、

図表V-2-3 DFKIの諸プロジェクト



知的メール・保存システム、文書記録システムを考えている（3年計画）。ARC-TECは、テクニツシャンの専門知識を獲得、表現、編集するシステム（4年計画）、WIPは、オフィスにおける知的管理システムとエキスパート・システム、助手システムの三つの応用領域を考えているが、談話（スピーチ）、グラフィック、アニメーション、ジェスチャーの理解を狙っている（4年計画）。WIPは1990年に着手された。

KIKは、①チームウェア、②NESCO（Network Service and Communication Consultant）の二つの課題のもとに、ネットワーク利用法を助言するシステムである。DISKOは、AKAと連動するダイアログ・システム、PHIは知的助手システムである。

●その他のAI研究所

その他の三つの研究所は、Bavarian Research Center for knowledge-Based Research（ミュンヘン）、Joint Research Initiative "Applications of Artificial Intelligence"（ノルトハイム・ヴェストファーレン）、Laboratory for Artificial Intelligence（ハンブルク）であるが、まだ設立後日が浅く資料は入手できなかった。

なお、連邦政府の研究技術省は1990年後期に、旧東ドイツ地域の5州に研究開発の発議について旧西ドイツ地域と均等の機会を与えるガイドラインを発表している。

4 欧州共同体（EC）

ECが欧州の将来は情報技術の確立にかかっていると考え、ESPRIT、RACE、DELTA、DRIVE、AIMという五つの大規模な情報技術計画^(注)を進めていることはAI白書1991年版で述べたとおりである。なかでもESPRITは何百ものプロジェクトが走る壮大な計画で、AIのあらゆる局面が網羅されているといえる。

ESPRIT（European Strategic Programme for R&D in Information Technology= 情報技術研究開発のための欧州戦略計画）の目的は、①前競争的な研究開発活動に欧州企業を誘導し、かれらの間の協力関係を刺激し確立する、②基礎研究の場の提供、③諸標準への道をつける——の3点に置いているが、第1次ESPRITにおいては420の企業、大学または組織が参加し、3,000人の科学者やエンジニアが協力し、220

(注) RACE=Research and Development in Advanced Communications Technology in Europe
DELTA=Developing European Learning through Technical Advance
DRIVE=Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe
AIM=Advanced Informatics for Medicine

のプロジェクトに取り組んだ。

第1次ESPRITでは、①Information Processing Systems (IPS)、②Office and Business Systems (OBS)、③Computer Integrated Systems (CIM)の3分野のさまざまなシステムを構築するためのインフラストラクチャとなる要素技術を開発してきたが、第2次ESPRITでは、それらをメッシュしてシステム構築を仕上げる段階に入った。大方針は1993年1月1日の欧州統合に照準を合わせて、①第1次ESPRITで着手された戦略的領域の研究を続行する、②先進技術を確認し、それらをコスト・パフォーマンスの利益を狙って織り込む、③国際諸標準の作成に寄与する技術開発における努力を確認する、④特に域内中小企業の能力を発揮させ、そのニーズに応えることに重点を置いて情報技術部門への技術移転を促進することである。

1990年初頭におけるデータによれば、当時、IPS部門で137、OBS部門で87、CIM部門で74のプロジェクトが着手されていた。これらのシステムを稼働させるインフラストラクチャとなる先進的システムズ・アーキテクチャとして、ECは①マッシブリー・パラレル・アーキテクチャ（超並列アーキテクチャ）とそのツール群、②タイム・コンストレイント（時間制約の大きい）なアプリケーションのための記号処理と数値処理を統合したアーキテクチャ、③汎用MIMDマシン、④ニューラル・コンピューティング、⑤フォールト・トレラント・アーキテクチャ、などの開発に着手した。その内訳は、次のとおりである。

①マッシブリー・パラレル・アーキテクチャ

大規模アプリケーションのために最大10万個までの同質要素プロセッサ構成を目標にコスト・エフェクティブな統合ハードウェア/ソフトウェアを定義、開発、実験、評価する。

②タイム・コンストレイントなアプリケーションのための記号処理/数値処理混成システム

記号データと数値データの両方を処理できる各種のシステムを開発、実験、評価し、ベンチマーク・テストする。

③汎用MIMD (Multiple Instruction Multiple Datastream) コンピュータ

最大10万個の要素プロセッサ構成まで拡張可能な汎用システム・コンポーネントを開発するが、プロトタイプとしては1,000プロセッサ構成の高性能コンピュータを組み立てる。アプローチは密結合マルチプロセッシング・ノード・プロセッサと通信コンポーネントを設計する。大規模と小規模の両デモンストレーター用に同質プロセッサのマシンを開発する。

④ニューラル・コンピューティング

高度の要求を持つアプリケーションとタイム・コンストレイントなアプリケーションのためのプラットフォーム（ハードウェアとソフトウェアの両方）となるプロトタイプ・ニューラル・システムを開発する。従来のこの分野の開発努力は統合する。

⑤一般化可能なフォールト・トレラント・システム・アーキテクチャ

フォールト・トレラント・システムのための各種のアーキテクチャ・モデルを定義し、開発する。

以上の構想下に第2次ESPRITは進んでいるが、同計画の多くのプロジェクトにイギリスのアルバイ計画で得た成果が技術移転されつつある。例えば、ICL社がメイン・コントラクターとなって開発されたFLAGSHIPは、ESPRITのEDS (European Declarative System) に技術移転されている。EDS社はICL社がメイン・コントラクターとなり、フランスのグループ・ブル、ドイツのジーメンス社、以上の3社のAI共同基礎研究所ECRCのほか、スペイン、イタリア、スウェーデン、ポルトガル、ギリシャを加えた16の企業、大学、研究所が協力する大きなプロジェクトである。

第2次ESPRITの主要な目標の一つは、高性能で高

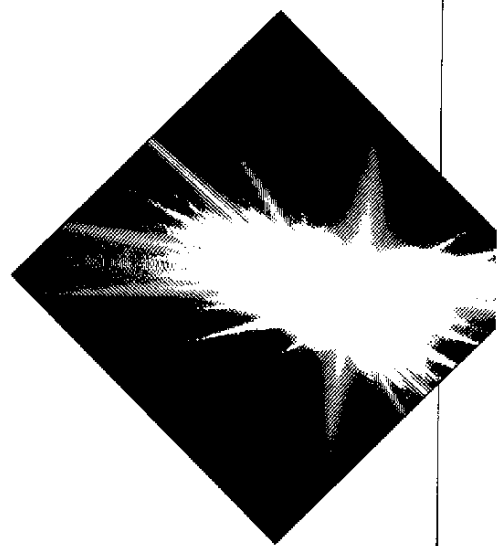
度に並列処理能力を持つデータベース・サーバーを開発することである。このデータベース・サーバーは、プログラマに拡張的な能力を提供する、SQL、LISP、PROLOGをサポートし、またUNIXマシンと専有権付きのコンピュータ^(注)の両方のホストコンピュータとして稼動する。アプリケーションは①高帯域データ蓄積のためのリレーショナル・データベース管理、②データベース・コプロセッサ、③第4世代言語のプロトタイプ的EDS記述、④EDSPROLOGの使用、⑤生医学およびヘルスケア・アプリケーションにおける大量の混成メディア・データの処理、⑥バンキング、ファイナンス、テレコミュニケーションを含むサービスおよび公益事業のためのエキスパートシステムなどがあげられている。

<参考文献>

- [DTI89] Joint Framework for Information Technology
—Annual Report 1989,DTI and SERC, October, 1989
- [JETRO89] 「フランスの産業技術開発政策」、
JETRO 技術情報、1989
- [FAW89] FAW Documentation "Annual Report 88/89
—Objectives,Projects,Organization", Summer ,FAW at
the University of Ulm, 1989
- [ESPRIT 89] 1989 ESPRIT Workprogramme;Commis-
sion of the European Community,Brussels 25 July 1989

(注) 専有権付きコンピュータとは、UNIXがOSを開放しているのに対し、OSの著作権を主張する閉鎖型のコンピュータを指す(例、IBM,DEC等)。プロプライエトリ。

資料編



資料1. '90, '91年のAI関連活動

年月	AI関連イベント	AI関連ニュース
1990年 1月	18-19日 ウィンターチュートリアル「ヒューマンインタフェースの最先端」 (日本ソフトウェア科学会、於：東京)	— 日新電機がパソコンPC9801用ファジィ・ボード発売。 — 横河ヒューレットパッカードがWS用「HP Common Lisp II」を発売。
	26日 第28回特別基金講演会「ファジィ理論と船舶運航システム」(日本船舶用機関学会、於：東京)	— 住商コンピュータが機械故障診断エキスパートシステム発売。 — 鹿島建設が自動椅子配列ロボット発売。 — NTTデータ通信が建設用総合プランニングCAD発売。 — シャープが英日機械翻訳システム「DUET E-J II」発売。
2月		— オムロンがUNIXワークステーション用のファジィ・ツール発売。
3月	9日 人工知能の技術と利用に関する講演会(日本情報処理開発協会、於：東京)	— ソニーが手書き入力「パームトップ」パソコン発表。
	12-13日 第11回知識・知能システムシンポジウム(計測自動制御学会、於：東京)	— ダイアロジックが音声処理用開発ツールを発売。
	13-16日 情報処理学会第40回全国大会(於：東京)	— ソニー・テクトロニクスが機械系CAEソフトを発売。
	18-21日 1990年電子情報通信学会春季全国大会(於：東京)	— エー・アイ・ソフトがES開発ツール「大創玄」用のユーティリティ発売 — 日本DECが電気設計CAD/CAEの統合ソフトを発売。
4月	19-20日 国際フロンティアシンポジウム「脳の思考機能へのアプローチ」(理化学研究所、於：東京)	— インタフェースジャパンがAI言語PrologのMS-DOS版を発売。 — 千代田化工がAIツール「Knowledge Network」発売。
5月	14-16日 KL1プログラミング・ワークショップ(ICOT、於：東京)	— 富士通がFortranベースのES開発支援ソフト「FORTRAN/KR」を発売。

年月	AI関連イベント	AI関連ニュース
5月 (つづき)	15日 知的コミュニケーション・シンポジウム(電気通信政策総合研究所、於：東京) 16-18日 千里国際ニューラルネットシンポジウム(SYNAPSE)(千里国際情報事業財団、於：大阪) 17-19日 並列処理シンポジウム(JSPP'90)(情報処理学会、於：つくば市) 25日 講習会「生物と脳の情報処理」(日本機械学会、於：東京)	— 日本電気がエンジニアリング・ワークステーション用日英/英日機械翻訳システムを発売。
6月	12-13日 第五世代コンピュータに関するシンポジウム(ICOT、於：東京) 14-15日 第5回知能移動ロボットシンポジウム(計測自動制御学会、於：東京) 28-29日 セミナー「ニューラル/ファジィの新しい展開を探る」(システム制御情報学会、於：大阪)	— 新世代コンピュータ技術開発機構(ICOT)が人間の遺伝子情報解析支援システムの開発へ。 — ICOTが推論マシン「マルチPSI」上の応用システム各種試作。 — 富士通が福祉相談エキスパートシステム発売。 — エー・アイ・ソフトがES開発システム「太創玄」用のC/BASICツール発売。
7月	2-4日 ロジックプログラミング・コンファレンス'90(ICOT、於：東京) 2-5日 AI'90/リスク&セキュリティ・マネジメント'90(日本経済新聞社、於：東京) 13日 講習会「ファジィOR」(日本ファジィ学会、於：大阪) 20-24日 ファジィ理論と神経ネットワークに関する国際会議(IIZUKA'90)(九州工業大学、於：福岡県飯塚市) 23-25日 人工知能学会全国大会(人工知能学会、於：東京)	— アドイン研究所がゲーム用ファジィ・ツールを発売。

年月	AI関連イベント		AI関連ニュース
8月			— 日本イメックスが米国製ファジィ推論チップを発売。 — カテナがパソコンMacintosh用の低価格な英日機械翻訳ソフトを発売。 — 富士通が計画型ESシェル「APSHELL/SCHEDS」を発売。
9月	4-6日	情報処理学会第41回全国大会（情報処理学会、於：仙台）	
	6-8日	第6回ファジィ・システムシンポジウム「知的システムの構築に向けて」（日本ファジィ学会、於：東京）	
	18-21日	第3回日米AIシンポジウム（ICOT、於：東京）	
10月	1-4日	1990年電子情報通信学会秋季全国大会（電子情報通信学会、於：広島）	— エヌ・アイ・エフがパソコン通信を使った日英機械翻訳サービスを開始。
	1-5日	情報処理学会創立30周年記念国際会議（Info Japan '90）（情報処理学会、於：東京）	— ブレイズがAIツール「脳力男386」と「脳力男386Planner」発売。
	6-9日	日本ソフトウェア科学会第7回大会（日本ソフトウェア科学会、於：東京）	— 沖電気工業が大阪ガス、オージー情報システムと共同開発したパソコン上の日英・英日双方向機械翻訳システム「PENSEE」を発売。
	8-10日	第1回計算論的学習理論国際ワークショップ（ALT'90）（九州大学、於：東京）	— オムロンが高速ファジィ・チップを発売。
	9-11日	マルチメディア国際会議'90（マルチメディア国際会議フォーラム、於：千葉）	— エー・アイ・ソフトがAIツール「大創玄」のUNIX版を発売。
	18-19日	第3回PROLOG産業応用シンポジウム（INAP'90）（INAP'90事務局、於：東京）	

年月	AI関連イベント	AI関連ニュース
10月 (つづき)	22-25日 データショウ'90 (日本電子工業振興協会、於：東京)	
	23-24日 第12回知能システムシンポジウム (計測自動制御学会、於：大阪)	
	25-26日 第1回知識獲得ワークショップ (JKAW'90) (大阪大学、於：京都)	
	29-31日 同 (於：埼玉県鳩山町)	
	30日 オータムチュートリアル「状況意味論」 (日本ソフトウェア科学会、	
11月	2日 会、於：東京)	
	5-6日 多言語機械翻訳国際シンポジウム (国際情報化協力センター、於：東京)	— エー・アイ・ソフトがワークステーション用のAIツール「大創玄NEWS」発売。
	8-9日 電子化辞書国際ワークショップ (日本電子化辞書研究所、於：神奈川県大磯)	— 機械翻訳システムの開発状況調査のため米国の視察団が来日。
	9日 人工知能学会設立記念講演会 (人工知能学会、於：東京)	— ランドコンピュータが知的CAI開発用ソフトを発売。
	14-16日 環太平洋人工知能国際会議 (PRICAI'90) (PRICAI'90事務局、於：名古屋)	
	18-20日 宇宙用人工知能・ロボット・オートメーション国際シンポジウム (iSAIRAS'90) (宇宙科学研究所、於：神戸)	
	26日 ファジィシステム研究所設立記念セミナー (ファジィシステム研究所、於：福岡)	
	28日 大規模知識ベースに関するシンポジウム (京都高度技術研究所、於：京都)	
	28-30日 マシンビジョン応用に関するIAPR国際ワークショップ (MVA'90) (東京大学、於：東京都国分寺)	

年月	AI関連イベント	AI関連ニュース
12月	4-7日 第3回コンピュータビジョン国際会議 (ICCV'90) (大阪大学、於：大阪) 10日 脳の高次機能、第1回シンポジウム (京都教育文化センター、於：京都)「脳とニューラルネット」	— 富士通や日本電気がパソコン通信を利用した機械翻訳サービスを開始。 — 住友金属工業が運輸配車計画作成エキスパートシステム「配車名人」発売。
1991年 1月	17-18日 1991情報学シンポジウム (情報処理学会、於：東京) 18日 ディベート：AIvsファジィvsニューロ (人工知能学会、於：東京)	— カテナが英日機械翻訳システム「The Translator」用のコンピュータ用語辞書を発売。 — 電通と日本コンピュータダイナミックスが「ファジィ多変量解析パッケージ・ソフトFMAP」発売。
2月	12-13日 ウィンターチュートリアル「オブジェクト指向」(日本ソフトウェア科学会、於：東京) 21日 平成2年度ORセミナー (日本オペレーションズリサーチ学会、於：東京) 27日 エキスパートシステム評価シンポジウム (日本情報処理開発協会、於：東京)	— ソディックがファジィ理論を応用した放電加工制御システム発売。 — 富士ゼロックス情報システムが各種ワークステーション、パソコン上で稼働するエキスパートシステム開発ツール「Humble」販売開始。 — AI言語研究所がProlog系AI言語「Common ESP」の言語仕様及び処理系を大学や民間研究機関40ヶ所に提供。
3月	6-8日 第7回オブジェクト指向計算ワークショップ (WOOC'91) (ICOT、於：箱根) 12-14日 情報処理学会第42回全国大会 (情報処理学会、於：東京) 13-14日 新情報技術国際シンポジウム'91 (NIPT'91) (日本情報処理開発協会、於：東京) 19-20日 第13回知能システムシンポジウム (計測自動制御学会、於：東京)	— 兵庫県西宮市がパソコン通信を用いた日英・英日機械翻訳サービスの提供開始。

年月	AI関連イベント	AI関連ニュース
3月 (つづき)	20日 神経回路学会第3回講習会(神経回路学会、於：東京)「神経回路モデルとその応用」	
	26-29日 1991年電子情報通信学会春季全国大会(電子情報通信学会、於：徳島)	
4月	10-11日 第17回デザインエンジニアリングコンファレンス(日本設計工学会、於：東京)	— 日本機械翻訳協会(JMAT)発足。 — 山種産業がノヴァの開発した英日機械翻訳システム「Transer/EJ100」を販売。
	15-17日 The Impact of Chaos on Science and Society (国際連合大学、於：東京)	— CSKが米国Nester社のニューロ・ツール「NDS-1000 Version 2.0」新版を発売。 — 新日本製鉄がCIM構築用パッケージAIツール「NSRAIS」発売。 — ノヴァが英日機械翻訳システム「Transer/EJ」第2版と「Transer/EJ-BJ」発売。
5月	14-16日 並列処理シンポジウム(JSP'91)(電子情報通信学会、於：神戸)	— 日本アイ・ビー・エムがオフコン用「ニューラル・ネットワーク・ユーティリティ/400」発売。
	28-30日 ヨーロッパ日本情報モデリングと知識ベースに関するセミナー(東京大学先端科学技術研究センター、於：東京)	— NTTデータ通信が福祉相談エキスパートシステム発売。 — 千代田化工建設がリアルタイム用AIツール「Knowledge Network」UNIX版発売。
	29-31日 Symposium on Neuralnetworks: Alliance and Perspective in Senri (SYNAPSE'91)(千里国際情報事業財団、於：大阪府千里)	— ファモテイクがAI応用のパソコンCADソフト「Ashlar Vellum」発売。 — 小野測器がパソコン用音(振動)認識ソフト「ニューラル認識ソフトウェアWS9100」発売。
6月	7-8日 ロボティクス・メカトロニクス講演会'91(日本機械学会、於：名古屋)「インテリジェントな機械システムの実現を目指して」	— ニチメンデータシステムが米国製ニューロ・シミュレーション・ソフト「Neural Works Professional II / PLUS」発売。 — フジミックがパソコン通信を利用した英日機械翻訳サービス開始。

年月	AI関連イベント	AI関連ニュース
6月 (つづき)	12-14日 第7回ファジィシステムシンポジウム (同・実行委員会、於：名古屋) 19-20日 第五世代コンピュータに関するシンポジウム (第9回) (ICOT、於：東京) 21日 電気四学会関西支部講演会 (電気四学会関西支部、於：大阪)「ファジィ応用」 25日 画像の処理・理解と応用システム講演会 (計測自動制御学会関西支部、於：大阪) 25-28日 1991年度人工知能学会全国大会 (人工知能学会、於：東京)	
7月	8-11日 ロジックプログラミング・コンファレンス (ICOT、於：東京) 8-11日 AI'91/リスク&セキュリティ・マネジメント'91 (日本経済新聞社、於：東京) 9-10日 人工現実感とテレイグジスタンス国際シンポジウム (日本経済新聞社、於：東京) 10日 人間の思考支援シミュレーションシステムに関する講演会 (日本電子工業振興協会、於：東京) 10-12日 第3回インテリジェントFAシンポジウム (システム制御情報学会、於：大阪) 19日 人工知能セミナー「エキスパートシステム実用化の課題と対策」 (人工知能学会、於：東京) 23-24日 次世代言語処理国際ワークショップ (ATR自動翻訳電話研究所、於：京都)	— ニチメンデータシステムがパソコンPC9801用AIツール「Xi Plus」販売開始。 — 日本と米国の両国政府は日米科学技術協力協定に基づきヒト・ゲノム解析等の共同プロジェクト推進で合意。

年月	AI関連イベント	AI関連ニュース
7月 (つづき)	26-27日 適応制御セミナー「ファジィへの 応用のために」(ファジィシステム 研究所、於：福岡)	
8月	1-2日 サマーチュートリアル「プログラ ムの意味論とプログラム変換」 (日本ソフトウェア科学会、於： 東京)	ー ビジネスデータサービスがファジィ応用 のネーミング支援ソフト「名付け親Var.3. 0」発売。
	20-21日 サマーチュートリアル「90年代の CASE」(日本ソフトウェア科学会、 於：東京)	
	26-28日 PC Seminar 13 on Expert System & AI Applications (東京大学、於： 箱根)	
9月	5-8日 1991年電子情報通信学会秋季全国 大会 (於：東京)	ー 機械翻訳国際連盟が発足。 ー ソフネックがAI言語「AZ-Prolog」のDOS エクステンダ版発売。 ー オムロンが組み込み用ファジィ推論チッ プ「FP-1000」発売。
	10-12日 平成3年電気・情報関連学会連合 大会 (於：東京)	
	12-13日 第3回ロボティクス・自動化シス テムシンポジウム (計測自動制御 学会、於：東京)	
	12-14日 国際シンポジウム「知能化計測と 制御」(AIMaC'91) (計測自動制 御学会、於：京都)	
	20-21日 ファジィシステム研究所セミナー 「情報をふるまいの中に記憶する カオス——そのアーキテクチャと メカニズム」 (於：福岡)	
	24-25日 同上 (於：東京)	
	24-26日 国際シンポジウム「コンピュータ ワールド'91」 (関西情報センタ ー、於：大阪)	
	25-28日 日本ソフトウェア科学会第8回大 会 (於：札幌)	

年月	AI関連イベント		AI関連ニュース
9月 (つづき)	27日	人工知能用言語CESP説明会（日本情報処理開発協会、於：東京）	
10月	19-22日	情報処理学会第43回全国大会（於：名古屋）	— インタフェイスコンピュータジャパンがIBM PC互換機用Prolog処理系「IF / Prolog」発売。
	22-23日	1991年PROLOG産業応用シンポジウム（INAP'91）（同・事務局、於：東京）	— 東芝がファジィ・チップ「T/FC150」およびファジィ、ボード、ファジィ、システム開発支援ツール発売。
	23-25日	計算論的学習理論ワークショップ（ALT'91）（九州工業大学、於：東京）	— カテナがパソコンMacintosh用の廉価版英日機械翻訳ソフト「The Translator - Mini」発売。
	25-26日	インテリジェントシステム・シンポジウム「ファジィ、AI、ニューラルネットワーク応用技術」（大阪工業大学、於：大阪）	— 日本インクラロジックが同社製ファジィチップ「FC110」搭載のファジィ・ボードを発売。
	29日	Common ESP成果発表会（AI言語研究所、於：東京）	
	29-31日	システム／知識システム／ニューラルネットワーク——合同シンポジウム（計測自動制御学会、於：岡山）	
11月	2-5日	国際ワークショップ「知能ロボット&システム」（IROS'91）（大阪大学、於：大阪）	— シャープがノート型ワークステーション上で稼働する英日機械翻訳システム「DUETQ」発売。
	8-9日	Fuzzy and Neural Systems, and Vehicle Applications '91（東京大学、於：東京）	— 高電社がパソコン対応日韓機械翻訳ソフト「Jソウル」発売。
	13-15日	国際ファジィ工学シンポジウム（IFES'91）（国際ファジィ工学研究所、於：横浜）	
	18-21日	新ソフトウェア構造化モデル国際シンポジウム&ワークショップ'91（IMSA '91）（於：18日東京、19-21日大磯）	

年月	AI関連イベント	AI関連ニュース
11月 (つづき)	25-27日 '91 FRIEND21国際シンポジウム (パーソナル情報環境協会、於： 東京)	
	30日 Prolog講習会 (日本Prolog協会、 於：東京)	
12月	1日	— 富士通がUNIXワークステーション用の日英 ／英日機械翻訳支援システム「ATLAS」 発売。
	5日 ニューロパラダイムの展望 (計測 自動制御学会、於：横浜)	— 日新電機がUNIX用ファジィ開発キット発 売。
	5-6日 AIシンポジウム'91 (人工知能学 会、於：東京)	— 日本IBMが日本語の話し言葉を認識・合 成するパソコン用アダプタ・カード発売。
	13-15日 神経回路学会第2回全国大会 (於：東京)	— 日商エレクトロニクスが安川電機の開発 した人工現実 (VR) 技術応用の遠隔視覚 操作システムを発売。

資料2 わが国の主要AI関連機関

(社) 人工知能学会 (JSAI) Japanese Society for Artificial Intelligence 住 所 〒162 東京都新宿区津久戸町4-7 OSビル402号室 電 話 03-5261-3401 代 表 者 会長 辻 三郎 (大阪大学教授) 設立時期 平成2年9月1日 (任意団体として 昭和61年7月24日設立)	目 的 人工知能に関する総合的な学問研究の促進を図り、会員相互間および関連学協会との交流の場を提供し、わが国のこの分野の学問および産業の進歩発展に貢献するとともに、国際的活動を通じて、世界のこの分野の進歩に貢献する。 AI関連の研究会・部署 人工知能基礎論研究会 ヒューマンインタフェースと 認知モデル研究会 知識ベースシステム研究会
日本ソフトウェア科学会 (J.S.T.) JAPAN SOCIETY FOR SOFTWARE SCIENCE AND TECHNOLOGY 住 所 〒105 東京都港区浜松町2-4-1 世界貿易センタービル7階 電 話 03-3436-4536 代 表 者 理事長 米田信夫 (東京大学理学部教授) 設立時期 昭和58年10月	目 的 計算機ソフトウェアにかかわる科学・技術の研究を盛んにし、またその普及を図り、関係諸部門とも協力して学術文化の向上発展に寄与すること。 AI関連の研究会・部署 知識プログラミング研究会 論理と自然言語研究会 数式処理研究会 オブジェクト指向 コンピューティング研究会 関数的プログラミング研究会 TeXユーザ・グループ プログラム合成/変換研究会 ソフトウェア研究会 (関西) ヒューマンインタフェース研究会 ソフトウェアプロセス研究会

(社)情報処理学会 (I.P.S.J.) INFORMATION PROCESSING SOCIETY OF JAPAN 住 所 〒106 東京都港区麻布台2-4-1 保科ビル3階 電 話 03-3505-0505 代 表 者 会長 萩原 宏 (龍谷大学) 設立時期 昭和35年4月22日	目 的 電子計算機を中心とした情報処理に関する学術技術の進歩発展を図り、会員相互および関連学協会との連絡研修の場となり、もって学術文化の発達に寄与する。 AI関連の研究会・部署 人工知能研究会 自然言語処理研究会 ヒューマンインタフェース研究会
(社)電子情報通信学会 (IEICE) THE INSTITUTE OF ELECTRONICS, INFORMATION AND COMMUNICATION ENGINEERS 住 所 〒105 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館2階 電 話 03-3433-6691 代 表 者 会長 岩崎昇三 (NTT) 設立時期 大正6年5月1日	目 的 電子工学および情報通信に関する学問、技術の調査、研究および知識の交換を行ない、もって学問、技術および関連事業の振興に寄与する。 AI関連の研究会・部署 言語理解とコミュニケーション研究会 人工知能と知識処理研究会 パターン認識・理解研究会 ニューロコンピューティング研究会 知能ソフトウェア工学研究会 (H4年4月～)

(社)計測自動制御学会 (S.I.C.E.) THE SOCIETY OF INSTRUMENT AND CONTROL ENGINEERS 住 所 〒113 東京都文京区本郷 1-35-28-303 電 話 03-3814-4121 代 表 者 会長 市川惇信 (国立環境研究所) 設立時期 昭和36年9月30日	目 的 計測自動制御に関する学術および技術 の進歩発達を図り、文化の向上並びに 産業の発展に寄与する。 AI関連の研究会・部署 - パターン計測部会 - 知能工学部会 - ヒューマン・インタフェース部会 - 生体・生理工学部会 - 自律分散システム部会 - ロボット工学部会 - ニューラルネットワーク部会
工業技術院電子技術総合研究所 (ETL) Electrotechnical Laboratory 住 所 〒305 茨城県つくば市梅園1-1-4 電 話 0298-54-5057~5061 代 表 者 所長 柏木 寛 設立時期 明治24年	目 的 エレクトロニクスの研究を基盤とし て、情報技術、エネルギー技術、標準 計測技術分野の研究を有機的に推進 し、科学・産業技術の振興に努める。 AI関連の研究会・部署 - 情報科学部・脳機能研究室 ・ 認知科学研究室 - 情報アーキテクチャ部 ・ 言語システム研究室 ・ 情報ベース研究室 - 知能情報部・推論研究室 ・ 自然言語研究室 ・ 音声研究室 ・ 画像研究室 - 知能システム部 ・ 視覚情報研究室 ・ 行動知能研究室 ・ 自律システム研究室 ・ 対話システム研究室

(財)新世代コンピュータ技術 開発機構 (ICOT) Institute for New Generation Computer Technology 住 所 〒108 東京都港区三田1-4-28 三田国際ビル 電 話 03-3456-2511 代 表 者 理事長 関澤 義 設立時期 昭和57年4月	目 的 新世代コンピュータ技術に関して、研究開発の推進、調査研究並びに普及の促進等を行なうことにより、情報技術の進展および情報関連産業の振興を図り、もって情報化社会の発展に寄与する。 AI関連の研究会・部署 研究所 (所長 渕 一博) 研究計画部 研究部 第一研究室～第七研究室
(株)日本電子化辞書研究所 (EDR) JAPAN ELECTRONIC DICTIONARY RESEARCH INSTITUTE, LTD. 住 所 〒108 東京都港区三田1-4-28 三田国際ビル・アネックス 電 話 03-3798-5521 代 表 者 代表取締役社長 大槻幹雄 設立時期 昭和61年4月26日	目 的 (1) コンピュータ・ソフトウェア (辞書の役割として利用可能なプログラムおよびデータベース) の研究並びに、これを利用したシステム研究 (2) 前項にかかわる工業所有権の実施許諾およびコンピュータ・プログラムを含むノウハウ (著作権を含む) の許諾 (3) 前各項に付帯関連する一切の業務 AI関連の研究会・部署 研究所 (所長 横井俊夫) 研究管理部 第一研究室～第八研究室

(株)AI言語研究所 (AIR) AI Language Reserch Institute, LTD. 住 所 〒105 東京都港区芝3-15-15 桜井ビル 電 話 03-3456-0391 代 表 者 代表取締役社長 大槻幹雄 設立時期 昭和63年3月29日	目 的 通商産業省の第五世代コンピュータプロジェクトを進めている(財)新世代コンピュータ技術開発機構(ICOT)により開発された先進的なAI言語ESP(Extended Self-contained Prolog)をさらに発展させ、コンピュータの機種を選ばず、汎用的、共通的に使用できる「Common ESP」を研究開発する。 AI関連の研究会・部署 研究所(所長 実近憲昭) 第一研究室～第三研究室
日本認知科学会 (JCSS) Japanese Cognitive Science Society 住 所 〒260 千葉県千葉市弥生町1-33 千葉大学文学部 行動科学科内 土屋研究室 電 話 0472-51-1111 内2305 代 表 者 会長 佐伯 胖(東京大学教授) 設立時期 昭和58年10月	目 的 認知科学の研究に携わる者の情報交換および討議を助成する。 AI関連の研究会・部署 学習と対話研究分科会 パターン認識と知覚モデル研究分科会 リプレゼンテーション&インタフェース研究分科会 基礎研究分科会

日本ファジィ学会 (STFT) Japan Society for Fuzzy Theory and Systems 住 所 〒231 神奈川県横浜市中区山下町 89番地1 シイベルヘグナービル3階 国際ファジィ工学研究所内 電 話 045-212-8253 代 表 者 会長 浅居喜代治 (大阪工業大学教授) 設立時期 1989年6月3日	目 的 広く曖昧さを扱う概念や種々の不確かさの様相に関する研究、および主観性などにかかわる曖昧さを対象とするファジィ理論の研究、並びに、それらの応用を目指すとともに、内外との交流を深める。 AI関連の研究会・部署 研究会 専門部会 姉妹学協会 国際ファジィシステム学会 (IFSA) 本部 IFSA日本支部
技術研究組合 国際ファジィ工学研究所(LIFE) Laboratory for International Fuzzy Engineering Research 住 所 〒231 神奈川県横浜市中区山下町 89番地1 シイベルヘグナービル4階 電 話 045-212-8211 代 表 者 理事長 谷井昭雄 設立時期 平成元年3月28日	目 的 ファジィ理論に関する基礎的な研究並びにその有効な利用研究を産・官(国立試験研究所等)・学(日本ファジィ学会、東京工業大学等)の連携のもとに総合的に推進し、かつ諸外国の研究機関との間で積極的に国際交流を図ることにより、高度な情報化社会の実現を目指す。 AI関連の部署 研究所(所長 寺野寿郎)

(株)エイ・ティ・アール自動翻訳電話 研究所 住 所 〒612-02 京都府相楽郡精華町 乾谷三平谷 電 話 07749-5-1311 代 表 者 代表取締役社長 樽松 明 設立時期 昭和61年 4 月	目 的 自動翻訳電話とは、言語が異なる外国の人とのコミュニケーションを言葉の違いを感じないでスムーズに行なおうとするものである。当研究所では、将来の夢の通信に向けて、自動翻訳電話のための要素技術について基礎研究を行なう。 AI関連の研究会・部署 音声認識・音声合成の研究 音声と言語とのインタフェースの研究 機械翻訳の研究
(株)エイ・ティ・アール視聴覚機構 研究所 住 所 〒612-02 京都府相楽郡精華町 乾谷三平谷 電 話 07749-5-1411 代 表 者 代表取締役社長 淀川英司 設立時期 昭和61年 4 月	目 的 パソコン、ワープロなど最近の情報通信機器の進歩には目ざましいものがあるが、使い勝手の面ではあまり進歩していない。問題はマンマシンインタフェースが人間の認知特性、行動特性と調和がよくとれていないところにある。当研究所では、理想的なインタフェースを実現するために人間の認知や行動のメカニズムの研究を行なう。 AI関連の研究会・部署 視覚機構の研究 認知・行動の研究 聴覚機構の研究

(株)エイ・ティ・アール通信システム 研究所 住 所 〒612-02 京都府相楽郡精華町 乾谷三平谷 電 話 07749-5-1211 代 表 者 代表取締役社長 寺島信義 設立時期 昭和61年4月	目 的 情報化が進み、電気通信への依存度が 高まるに伴って、より人間的な高度の 要求に対応でき、より人間的で使いや すい通信が必要となる。また、高度の 要求を満たす通信システムを迅速・柔 軟に実現できるとともに、より一層の 安全性が必要となる。当研究所では、 このような必要に対応できる「人間主 体」の知的な通信システムを目標に、 これを実現する基礎技術の確立を目指 した研究を進める。 AI関連の研究会・部署 臨場感通信の研究 非言語的インタフェースの研究 通信ソフトウェアの自動作成の研究 セキュリティの研究
神経回路学会 (JNNS) Japanese Neural Network Society 住 所 〒194 東京都町田市玉川学園 6-1-1 玉川大学工学部情報通信工学科 生体情報工学研究室内 塚田 稔 電 話 0427-28-3457 代 表 者 会長 福島邦彦 (大阪大学基礎工学部教授) 設立時期 平成元年7月21日	目 的 高次脳機能の解明をめざす工学・医 学・心理学などの分野の研究者およ び、その工学的応用を図ろうとする研 究者の学際的協力関係を推進し、学際 的情報の集積と提供、情報の交換、新 しい人材の養成、国際学会、会議への 協力等を行う。 AI関連の活動 英文学会誌「Neural Networks」の共 同編集、ニュースレターの発行 情報交換用パソコン通信の運用 講演会、セミナー、講習会、大会の開催

(財)人工知能研究振興財団 Artificial Intelligence Research Promotion Foundation (AIRPF) 住 所 〒461 愛知県名古屋市東区白壁 3-12-13 中産連ビル新館6階 電 話 052-932-8951 代 表 者 理事長 薦田 国雄 (東邦瓦斯) 設立時期 平成2年3月26日	目 的 人工知能の研究に対する助成、人工知能に関する講演会、シンポジウム、セミナーの開催等を行うことにより、人工知能に関する研究の振興を図り、もって産業技術の高度化及び我が国経済の健全な発展に寄与する。 AI関連の活動 AI研究に関する助成 講演会、シンポジウム、セミナー、研究会等の開催 AIに関する調査研究、情報の収集・提供、相談・指導
(財)国際AI財団 International Foundation for Artificial Intelligence (IFAI) 住 所 〒107 東京都港区元赤坂1-7-10 グランドメゾン元赤坂608 電 話 03-3403-9805 代 表 者 理事長 羽倉 信也 (株)第一勧業銀行) 設立時期 昭和63年6月20日	目 的 AIに関する国際交流、開発支援、調査研究普及啓発を行うことにより、わが国におけるAIの健全な発展を国際的観点から図るとともに、わが国経済社会の健全な情報化及び国際協調の実現に寄与することを目的とする。 AI関連の活動 AIに関する国際交流 AIに関する開発支援 AIに関する調査研究 AIに関する普及啓発

日本機械翻訳協会

Japan Association for

Machine Translation (JAMT)

住 所 〒107 東京都港区赤坂7-2-17-305

電 話 03-3479-4396

代 表 者 会長 長尾 真(京都大学工学部教授)

設立時期 平成3年4月17日

目 的 情報社会の中で機械翻訳に対する感心が高まりつつある現状を鑑み、機械翻訳システムの研究者、開発者、利用者がそれぞれの立場から情報交換、研究・討議の場を作り関連する内外の学協会とも交流を図ることにより、この分野における健全な発展と普及、更には国際社会への貢献を目指す。

AI関連の活動

研究会、後援会、討論会、講習会等の開催。機関誌他刊行物の発行。機械翻訳システム評価法・機械翻訳に適した文書表現法の作成。技術の調査、文献の収集と交換。学術的調査・研究の推進。機械翻訳国際連盟その他の関連学会、諸団体との協力活動等。

資料 3. AI利用動向調査集計表

3-1 AIシステム導入・未導入事業所数（1990年）

	第一次調査（AI導入状況）					
	発送数	有効回答数	有効回答率	AI導入事業所数	未導入事業所数	AI導入率
合 計	7195	1970	27.4%	499	1471	25.3%
コンピュータユーザー	6266	1604	25.6%	232	1392	14.5%
AIセンター会員	929	366	39.4%	267	99	73.0%

3-2 AI未導入コンピュータユーザーのAIシステム別導入意向（1990年）

	回答事業所数	導入する気はない	一年以内に導入	2～3年以内に導入	5年以内に導入	5年意向に導入	無回答
AI向き言語	1298 100.0	796 61.3	26 2.0	125 9.6	137 10.6	214 16.5	211 —
エキスパートシステム用ツール	1318 100.0	726 55.1	38 2.9	155 11.8	152 11.5	247 18.7	199 —
エキスパートシステム	1376 100.0	689 50.1	40 2.9	168 12.2	189 13.7	290 21.1	200 —
機械翻訳システム	1507 100.0	1036 68.7	36 2.4	91 6.0	116 7.7	228 15.1	248 —
知能ロボット	1540 100.0	1073 69.7	8 0.5	69 4.5	126 8.2	264 17.1	263 —
自動プログラミング	1535 100.0	722 47.0	27 1.8	190 12.4	258 16.8	238 22.0	232 —
画像理解システム	1521 100.0	921 60.6	17 1.1	125 8.2	153 10.1	305 20.1	256 —
音声理解システム	1549 100.0	937 60.5	9 0.6	90 5.8	169 10.9	344 22.2	258 —
自然言語理解システム	1539 100.0	986 64.1	7 0.5	56 3.6	125 8.1	365 23.7	271 —
その他のAIシステム	1375 100.0	971 70.6	12 0.9	46 3.3	76 5.5	270 19.6	354 —

3-3 AI導入事業所の現在ソフトウェア開発要員数(1990年)

	現在ソフトウェア 開発要員	AIシステム開発要員	知識エンジニア専任	知識エンジニア兼任	その他
合 計	421 43487 103.3	353 2367 6.7	208 500 2.4	285 856 3.0	233 1211 5.2
コンピュータユーザー	195 11190 57.4	145 421 2.9	85 68 0.8	122 304 2.5	103 400 3.9
AIセンター会員	226 32297 142.9	209 1946 9.3	123 432 3.5	162 552 3.4	131 811 6.2
基礎資料産業	70 3869 55.3	61 227 3.7	30 36 1.2	47 132 2.8	36 103 2.9
加工組立産業	93 17751 190.9	82 1061 12.9	57 247 4.3	70 274 3.9	64 519 8.1
生活関連産業	21 390 18.6	19 21 1.1	10 1 0.1	17 20 1.2	8 3 0.4
公共サービス関連	45 3523 78.3	37 164 4.4	24 31 1.3	35 97 2.8	30 110 3.7
商業金融関連	26 3145 121.0	18 47 2.6	11 13 1.2	14 25 1.8	9 18 2.0
教育公務関連	74 1709 23.1	53 314 5.9	29 60 2.1	32 54 1.7	36 129 3.6
情報処理産業	86 12996 151.1	77 529 6.9	43 108 2.5	63 247 3.9	45 326 7.2
その他	6 104 17.3	5 4 0.8	5 4 0.8	5 7 1.4	5 3 0.6

上段：回答事業所数

中段：合計要員数

下段：平均要員数

資料編

3-4 AI導入事業所の2～3年後ソフトウェア開発要員数(1990年)

ウェア開発要員	2～3年後ソフト 開発要員	AIシステム 専任	知識エンジニア 兼任	知識エンジニア	その他
合計	376 46242 123.0	322 3896 12.1	222 886 4.0	277 1272 4.6	230 1727 7.5
コンピュータ ユーザー	178 12761 71.7	138 717 5.2	87 157 1.8	125 449 3.6	101 626 6.2
AIセンター 会員	198 33481 169.1	184 3179 17.3	130 729 5.6	150 823 5.5	128 1101 8.6
基礎資材産業	63 3960 62.9	52 309 5.9	29 69 2.4	42 154 3.7	32 131 4.1
加工組立産業	88 16394 186.3	82 1999 24.4	62 410 6.6	72 444 6.2	61 710 11.6
生活関連産業	19 472 24.8	16 45 2.8	9 7 0.8	14 33 2.4	7 5 0.7
公共サービス 関連	39 4230 108.5	34 252 7.4	25 71 2.8	32 138 4.3	31 162 5.2
商業金融関連	22 2919 132.7	17 96 5.6	13 36 2.8	13 35 2.7	13 46 3.5
教育公務関連	62 1534 24.7	46 279 6.1	28 70 2.5	35 85 2.4	36 142 3.9
情報処理産業	78 16609 212.9	70 911 13.0	48 219 4.6	61 380 6.2	45 530 11.8
その他	5 124 24.8	5 5 1.0	5 4 0.8	5 3 0.6	3 1 0.3

上段：回答事業所数

中段：合計要員数

下段：平均要員数

3-5 AI導入事業所の5年後のソフトウェア開発要員数(1990年)

	5年後ソフト ウェア開発要員	AIシステム 開発要員	知識エンジニア 専任	知識エンジニア 兼任	その他
合計	364 63982 175.8	308 6599 21.4	216 1471 6.8	269 2102 7.8	227 2454 10.8
コンピュータ ユーザー	173 15467 89.4	131 1115 8.5	89 275 3.1	124 680 5.5	102 914 9.0
AIセンター会員	191 48515 254.0	177 5484 31.0	126 1196 9.5	146 1422 9.7	125 1540 12.3
基礎資材産業	60 4075 67.9	46 431 9.4	30 103 3.4	41 225 5.5	34 155 4.6
加工組立産業	86 23572 274.1	81 3542 43.7	61 699 11.5	72 813 11.3	59 965 16.4
生活関連産業	19 565 29.7	15 84 5.6	9 13 1.4	15 64 4.3	8 11 1.4
公共サービス関連	38 5318 139.9	32 383 12.0	23 108 4.7	32 191 6.0	30 246 8.2
商業金融関連	21 3418 162.8	16 159 9.9	12 55 4.6	12 44 3.7	12 65 5.4
教育公務関連	58 2073 35.7	43 472 11.0	26 98 3.8	32 113 3.5	34 178 5.2
情報処理産業	77 24757 321.5	70 1513 21.6	50 388 7.8	61 645 10.6	45 830 18.4
その他	5 204 40.8	5 15 3.0	5 7 1.4	5 7 1.4	5 4 0.8

上段：回答事業所数

中段：合計要員数

下段：平均要員数

3-6 産業別AIシステム保有数(1990年)

	エキスパートシステム	機械翻訳システム	画像理解システム	音声理解システム	自然言語理解システム	知能ロボット	その他のAIシステム	自動プログラミング	ファジイシステム	ニューロシステム
合 計	253 946 3.7	50 60 1.2	45 103 2.3	16 19 1.2	17 23 1.4	15 47 3.1	21 25 1.2	56 86 1.5	64 — —	46 — —
コンピュータユーザー	102 219 2.1	26 31 1.2	21 50 2.4	8 9 1.1	3 4 1.3	7 32 4.6	16 7 1.2	35 40 1.1	12 — —	8 — —
AIセンター会員	151 727 4.8	24 29 1.2	24 53 2.2	8 10 1.3	14 19 1.4	8 15 1.9	15 18 1.2	21 46 2.2	52 — —	38 — —
基礎資材産業	48 172 3.6	4 4 1.0	11 24 2.2	4 5 1.3	1 1 1.0	3 8 2.7	2 2 1.0	11 11 1.0	13 — —	8 — —
加工組立産業	55 276 5.0	10 20 2.0	12 30 2.5	4 4 1.0	3 6 2.0	5 8 1.6	5 9 1.8	13 36 2.8	24 — —	18 — —
生活関連産業	15 29 1.9	— — —	1 1 1.0	— — —	— — —	2 7 3.5	— — —	3 3 1.0	2 — —	2 — —
公共サービス関連	30 167 5.6	4 4 1.0	7 33 4.7	1 1 1.0	— — —	2 2 1.0	1 1 1.0	5 5 1.0	6 — —	— — —
商業金融関連	18 37 2.1	1 1 1.0	2 3 1.5	2 2 1.0	— — —	— — —	1 1 1.0	3 7 2.3	3 — —	— — —
教育公務関連	33 79 2.4	23 23 1.0	10 10 1.0	2 4 2.0	5 6 1.2	2 2 1.0	5 5 1.0	4 5 1.3	10 — —	10 — —
情報処理産業	53 185 3.5	5 5 1.0	2 2 1.0	2 2 1.0	8 10 1.3	1 20 20.0	7 7 1.0	17 19 1.1	6 — —	8 — —
その他	1 1 1.0	3 0 1.0	— — —	1 1 1.0	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —

上段：事業所数

中段：システム数

下段：事業所当たり平均保有システム数

3-7 導入AI向き言語の種類 (1990年)

	回答言語数	Lisp系	Prolog系	オブジェクト指向系	C言語系	PL/I系	その他	無回答
合計	874 100.0	331 37.9	193 22.1	100 11.4	179 20.5	13 1.5	90 10.3	1031 —
AIセンター会員	585 100.0	220 37.6	139 23.8	74 12.6	120 20.5	4 0.7	53 9.1	520 —
コンピュータユーザー	289 100.0	111 38.4	54 18.7	26 9.0	59 20.4	9 3.1	37 12.8	511 —
基礎資材産業	133 100.0	51 38.3	15 11.3	12 9.0	34 25.6	5 3.8	17 12.8	162 —
加工組立産業	207 100.0	80 38.6	42 20.3	18 8.7	59 28.5	2 1.0	19 9.2	223 —
生活関連産業	28 100.0	14 50.0	3 10.7	2 7.1	5 17.9	1 3.6	3 10.7	57 —
公共サービス関連	94 100.0	28 29.8	14 14.9	18 19.1	27 28.7	—	10 10.6	131 —
商業金融関連	33 100.0	11 33.3	11 33.3	7 21.2	6 18.2	—	2 6.1	72 —
教育公務関連	179 100.0	76 42.5	57 31.8	14 7.8	17 9.5	3 1.7	17 9.5	196 —
情報処理産業	198 100.0	70 35.4	51 25.8	29 14.6	31 15.7	1 0.5	22 11.1	182 —
その他	2 100.0	1 50.0	—	—	—	1 50.0	—	8 —

3-8 AI向き言語・ツール導入の目的 (1990年)

	回答言語・ツール数	研修・勉強用	試用のため	開発のため 自社使用システム	開発のため システム受注	稼働するため 実用システムとして	その他	無回答
合計	930 100.0	264 28.4	191 20.5	266 28.6	113 12.2	222 23.9	27 2.9	975 —
AIセンター会員	605 100.0	169 27.9	138 22.8	170 28.1	98 16.2	119 19.7	22 3.6	500 —
コンピュータユーザー	325 100.0	95 29.2	53 16.3	96 29.5	15 4.6	103 31.7	5 1.5	475 —
基礎資材産業	143 100.0	31 21.7	20 14.0	35 24.5	4 2.8	72 50.3	1 0.7	152 —
加工組立産業	209 100.0	41 19.6	43 20.6	71 34.0	33 15.8	66 31.6	3 1.4	221 —
生活関連産業	33 100.0	10 30.3	3 9.1	14 42.4	—	9 27.3	—	52 —
公共サービス関連	107 100.0	19 17.8	12 11.2	51 47.7	9 8.4	17 15.9	2 1.9	118 —
商業金融関連	35 100.0	6 17.1	6 17.1	10 28.6	4 11.4	17 48.6	—	70 —
教育公務関連	194 100.0	96 49.5	53 27.3	44 22.7	6 3.1	15 7.7	10 5.2	181 —
情報処理産業	208 100.0	60 28.8	54 26.0	41 19.7	57 27.4	26 12.5	11 5.3	172 —
その他	1 100.0	1 100.0	—	—	—	—	—	9 —

3-9 AI向き言語・ツールの利用状況

	回答言語ツール	本格的に利用	試験的に利用	余り使っていない	無回答
合計	923 100.0	342 37.1	345 37.4	236 25.6	982 —
AIセンター会員	606 100.0	240 39.6	221 36.5	145 23.9	499 —
コンピュータユーザー	317 100.0	102 32.2	124 39.1	91 28.7	483 —
基礎資材産業	142 100.0	69 48.6	43 30.3	30 21.1	153 —
加工組立産業	209 100.0	89 42.6	70 33.5	50 23.9	221 —
生活関連産業	33 100.0	10 30.3	9 27.3	14 42.4	52 —
公共サービス関連	106 100.0	35 33.0	53 50.0	18 17.0	119 —
商業金融関連	35 100.0	13 37.1	15 42.9	7 20.0	70 —
教育公務関連	189 100.0	44 23.3	82 43.4	63 33.3	186 —
情報処理産業	207 100.0	81 39.1	73 35.3	53 25.6	173 —
その他	2 100.0	1 50.0	— —	1 50.0	8 —

3-10 AI用マシン別導入状況（1990年）

	回答マシン数	AI専用マシン	メインフレーム	ミニコン	ワークステーション	パソコン	並列処理マシン	その他	無回答
合計	627 100.0	60 9.6	66 10.5	32 5.1	252 40.2	209 33.3	5 0.8	3 0.5	468 —
AIセンター会員	400 100.0	41 10.3	23 5.8	19 4.8	176 44.0	136 34.0	4 1.0	1 0.3	245 —
コンピュータユーザー	227 100.0	19 8.4	43 18.9	13 5.7	76 33.5	73 32.2	1 0.4	2 0.9	223 —
基礎資材産業	96 100.0	10 10.4	16 16.7	3 3.1	38 39.6	27 28.1	1 1.0	1 1.0	75 —
加工組立産業	145 100.0	17 11.7	10 6.9	9 6.2	59 40.7	49 33.8	1 0.7	— —	110 —
生活関連産業	26 100.0	3 11.5	1 3.8	2 7.7	14 53.8	6 23.1	— —	— —	28 —
公共サービス関連	67 100.0	5 7.5	6 9.0	2 3.0	25 37.3	27 40.3	1 1.5	1 1.5	47 —
商業金融関連	23 100.0	3 13.0	2 8.7	1 4.3	6 26.1	11 47.8	— —	— —	31 —
教育公務関連	121 100.0	7 5.8	19 15.7	8 6.6	46 38.0	40 33.1	— —	1 0.8	83 —
情報処理産業	147 100.0	15 10.2	11 7.5	7 4.8	64 43.5	48 32.7	2 1.4	— —	90 —
その他	2 100.0	— —	1 50.0	— —	— —	1 50.0	— —	— —	4 —

3-11 エキスパートシステムの適用業務 (1990年)

	システム数	プラント補修・点検	機械補修・点検	プラント異常予知	故障診断	電力系統事故判定	プラント操業・管理	生産ライン操業・管理	情報管理	工程管理	生産管理	資材管理	物流管理	顧客管理
合計	477 100.0	6 1.3	4 0.8	14 2.9	64 13.4	6 1.3	26 5.5	20 4.2	3 0.6	14 2.9	35 7.3	3 0.6	9 1.9	—
AIセンター会員	311 100.0	5 1.6	4 1.3	9 2.9	46 14.8	6 1.9	17 5.5	11 3.5	1 0.3	5 1.6	18 5.8	2 0.6	4 1.3	—
コンピュータユーザー	166 100.0	1 0.6	—	5 3.0	18 10.8	—	9 5.4	9 5.4	2 1.2	9 5.4	17 10.2	1 0.6	5 3.0	—
基礎資材産業	106 100.0	—	—	4 3.8	11 10.4	—	8 7.5	13 12.3	1 0.9	4 3.8	18 17.0	—	4 3.8	—
加工組立産業	103 100.0	2 1.9	2 1.9	3 2.9	24 23.3	2 1.9	7 6.8	1 1.0	—	2 1.9	6 5.8	2 1.9	1 1.0	—
生活関連産業	22 100.0	—	—	—	2 9.1	—	1 4.5	3 13.6	—	—	3 13.6	—	—	—
公共サービス関連	63 100.0	1 1.6	—	5 7.9	8 12.7	—	5 7.9	—	1 1.6	2 3.2	4 6.3	1 1.6	1 1.6	—
商業金融関連	28 100.0	—	—	—	1 3.6	—	1 3.6	—	—	—	—	—	—	—
教育公務関連	48 100.0	1 2.1	—	1 2.1	6 12.5	—	1 2.1	2 4.2	1 2.1	2 4.2	—	—	—	—
情報処理産業	107 100.0	2 1.9	2 1.9	1 0.9	12 11.2	4 3.7	3 2.8	1 0.9	—	4 3.7	4 3.7	—	3 2.8	—
その他	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

3-11 つづき

	計画・シミュレーション	運行ダイヤル編成	製品開発支援	自動設計	ネットワーク設計・管理	ソフトウェア開発	経営戦略	財務処理	人材育成	法律・判例	調査・企画	企業診断	資金運用	相場予測
合計	82 17.2	2 0.4	17 3.6	24 5.0	5 1.0	9 1.9	2 0.4	2 0.4	3 0.6	4 0.8	2 0.4	5 1.0	8 1.7	—
AIセンター会員	46 14.8	1 0.3	14 4.5	20 6.4	5 1.6	5 1.6	2 0.6	1 0.3	3 1.0	4 1.3	2 0.6	1 0.3	5 1.6	—
コンピュータユーザー	36 21.7	1 0.6	3 1.8	4 2.4	—	4 2.4	—	1 0.6	—	—	—	4 2.4	3 1.8	—
基礎資材産業	31 29.2	1 0.9	1 0.9	1 0.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
加工組立産業	8 7.8	1 1.0	8 7.8	11 10.7	2 1.9	2 1.9	—	—	—	—	—	—	1 1.0	—
生活関連産業	5 22.7	—	4 18.2	—	—	—	—	—	1 4.5	1 4.5	—	—	—	—
公共サービス関連	17 27.0	—	—	6 9.5	—	1 1.6	—	—	—	1 1.6	—	—	—	—
商業金融関連	1 3.6	—	—	1 3.6	—	1 3.6	—	—	—	1 3.6	—	3 10.7	4 14.3	—
教育公務関連	4 8.3	—	2 4.2	4 8.3	1 2.1	2 4.2	—	1 2.1	—	—	1 2.1	—	—	—
情報処理産業	16 15.0	—	2 1.9	1 0.9	2 1.9	3 2.8	2 1.9	1 0.9	2 1.9	1 0.9	1 0.9	2 1.9	3 2.8	—
その他	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

3-11 つづき

	窓口相談	クレジット オートソライズ	株式銘柄選択	契約・医務・損害査定	CAI	成績処理	学科選択・進路指導	時間割作成	医療診断支援	データベース 検索	データベース サービス	その他	無回答
合計	14 2.9	1 0.2	— —	6 1.3	8 1.7	— —	— —	3 0.6	7 1.5	9 1.9	— —	60 12.6	181 —
AIセンター会員	8 2.6	1 0.3	— —	1 0.3	7 2.3	— —	— —	3 1.0	4 1.3	5 1.6	— —	45 14.5	134 —
コンピュータユーザー	6 3.6	— —	— —	5 3.0	1 0.6	— —	— —	— —	3 1.8	4 2.4	— —	15 9.0	47 —
基礎資材産業	2 1.9	— —	— —	— —	1 0.9	— —	— —	1 0.9	— —	— —	— —	5 4.7	20 —
加工組立産業	— —	— —	— —	— —	3 2.9	— —	— —	— —	2 1.9	2 1.9	— —	11 10.7	55 —
生活関連産業	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	1 4.5	— —	1 4.5	6 —
公共サービス 関連	1 1.6	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	1 1.6	— —	8 12.7	26 —
商業金融関連	2 7.1	— —	— —	5 17.9	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	8 28.6	4 —
教育公務関連	2 4.2	— —	— —	— —	2 4.2	— —	— —	1 2.1	4 8.3	4 8.3	— —	6 12.5	26 —
情報処理産業	7 6.5	1 0.9	— —	1 0.9	2 1.9	— —	— —	1 0.9	1 0.9	1 0.9	— —	21 19.6	43 —
その他	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	1 —

3-12 エキスパートシステムの対象領域（1990年）

	システム 数	解 釈	診 断	設 計	計 画	制 御	そ の 他	無 回 答
合計	487 100.0	52 10.7	211 43.3	79 16.2	163 33.5	48 9.9	13 2.7	171 —
AIセンター会員	320 100.0	40 12.5	150 46.9	57 17.8	103 32.2	34 10.6	8 2.5	125 —
コンピュータユーザー	167 100.0	12 7.2	61 36.5	22 13.2	60 35.9	14 8.4	5 3.0	46 —
基礎資材産業	105 100.0	2 1.9	25 23.8	9 8.6	59 56.2	10 9.5	3 2.9	21 —
加工組立産業	108 100.0	11 10.2	55 50.9	23 21.3	26 24.1	16 14.8	3 2.8	50 —
生活関連産業	23 100.0	2 8.7	7 30.4	3 13.0	8 34.8	3 13.0	1 4.3	5 —
公共サービス関連	64 100.0	7 10.9	28 43.8	12 18.8	20 31.3	5 7.8	2 3.1	25 —
商業金融関連	28 100.0	— —	20 71.4	4 14.3	3 10.7	1 3.6	— —	4 —
教育公務関連	49 100.0	10 20.4	22 44.9	10 20.4	12 24.5	6 12.2	1 2.0	25 —
情報処理産業	109 100.0	20 18.3	53 48.6	18 16.5	35 32.1	7 6.4	3 2.8	41 —
その他	1 100.0	— —	1 100.0	— —	— —	— —	— —	— —

3-13 エキスパートシステムの開発目的 (1990年)

	システム数	社内使用専用	社内使用だが 外販の用意もある	外部から受注 して開発	無回答
合計	481 100.0	318 66.1	62 12.9	101 21.0	177 —
AIセンター会員	315 100.0	173 54.9	52 16.5	90 28.6	130 —
コンピュータユーザー	166 100.0	145 87.3	10 6.0	11 6.6	47 —
基礎資材産業	103 100.0	96 93.2	7 6.8	— —	23 —
加工組立産業	105 100.0	58 55.2	23 21.9	24 22.9	53 —
生活関連産業	23 100.0	21 91.3	2 8.7	— —	5 —
公共サービス関連	61 100.0	54 88.5	3 4.9	4 6.6	28 —
商業金融関連	29 100.0	24 82.8	5 17.2	— —	3 —
教育公務関連	50 100.0	37 74.0	7 14.0	6 12.0	24 —
情報処理産業	109 100.0	27 24.8	15 13.8	67 61.5	41 —
その他	1 100.0	1 100.0	— —	— —	— —

3-14 エキスパートシステム導入により目指す効果 (1990年)

	システム数	専門家の数の削減	専門家の仕事の削減	専門家の育成	業務の質の向上	業務の質の均質化	知識の整理体系化	E S 技術の取得	その他	無回答
合計	495 100.0	78 15.8	258 52.1	66 13.3	224 45.3	154 31.1	132 26.7	103 20.8	29 5.9	163 —
AIセンター会員	323 100.0	44 13.6	164 50.8	41 12.7	147 45.5	90 27.9	67 20.7	48 14.9	22 6.8	122 —
コンピュータユーザー	172 100.0	34 19.8	94 54.7	25 14.5	77 44.8	64 37.2	65 37.8	55 32.0	7 4.1	41 —
基礎資材産業	106 100.0	22 20.8	73 68.9	4 3.8	64 60.4	27 25.5	37 34.9	26 24.5	6 5.7	20 —
加工組立産業	111 100.0	22 19.8	53 47.7	14 12.6	52 46.8	35 31.5	28 25.2	15 13.5	9 8.1	47 —
生活関連産業	23 100.0	7 30.4	15 65.2	10 43.5	13 56.5	14 60.9	10 43.5	10 43.5	1 4.3	5 —
公共サービス関連	64 100.0	6 9.4	35 54.7	4 6.3	26 40.6	24 37.5	14 21.9	14 21.9	2 3.1	25 —
商業金融関連	29 100.0	6 20.7	14 48.3	10 34.5	13 44.8	15 51.7	6 20.7	6 20.7	1 3.4	3 —
教育公務関連	51 100.0	5 9.8	20 39.2	2 3.9	21 41.2	7 13.7	16 31.4	15 29.4	7 13.7	23 —
情報処理産業	110 100.0	10 9.1	48 43.6	22 20.0	35 31.8	32 29.1	20 18.2	17 15.5	3 2.7	40 —
その他	1 100.0	— —	— —	— —	— —	— —	1 100.0	— —	— —	— —

3-15 エキスパートシステムの開発利用段階（1990年）

	システム数	実用システムとして稼働中	フィールドテスト中	プロトタイプとして評価改良中	利用・実験のみに	設計・開発段階	あまり使っていない
合計	929 100.0	270 29.1	129 13.9	194 20.9	118 12.7	145 15.6	73 7.9
AIセンター会員	712 100.0	197 27.7	100 14.0	141 19.8	103 14.5	111 15.6	60 8.4
コンピュータユーザー	217 100.0	73 33.6	29 13.4	53 24.4	15 6.9	34 15.7	13 6.0
基礎資材産業	151 100.0	58 38.4	31 20.5	18 11.9	6 4.0	31 20.5	7 4.6
加工組立産業	276 100.0	73 26.4	56 20.3	59 21.4	37 13.4	29 10.5	22 8.0
生活関連産業	28 100.0	11 39.3	4 14.3	6 21.4	3 10.7	4 14.3	— —
公共サービス関連	167 100.0	56 33.5	9 5.4	28 16.8	23 13.8	23 13.8	28 16.8
商業金融関連	37 100.0	18 48.6	3 8.1	10 27.0	1 2.7	5 13.5	— —
教育公務関連	77 100.0	11 14.3	4 5.2	23 29.9	7 9.1	20 26.0	12 15.6
情報処理産業	192 100.0	43 22.4	22 11.5	49 25.5	41 21.4	33 17.2	4 2.1
その他	1 100.0	— —	— —	1 100.0	— —	— —	— —

3-16 エキスパートシステム開発用マシン（1990年）

	システム数	AI専用マシン	メインフレーム	ミニコン	ワークステーション	パソコン	並列処理マシン	その他	無回答
合計	494 100.0	46 9.3	65 13.2	25 5.1	200 40.5	172 34.8	1 0.2	8 1.6	164 —
AIセンター会員	323 100.0	31 9.6	34 10.5	13 4.0	136 42.1	119 36.8	1 0.3	7 2.2	122 —
コンピュータユーザー	171 100.0	15 8.8	31 18.1	12 7.0	64 37.4	53 31.0	— —	1 0.6	42 —
基礎資材産業	106 100.0	14 13.2	21 19.8	13 12.3	38 35.8	20 18.9	— —	— —	20 —
加工組立産業	111 100.0	14 12.6	13 11.7	5 4.5	49 44.1	32 28.8	— —	7 6.3	47 —
生活関連産業	23 100.0	3 13.0	1 4.3	1 4.3	9 39.1	10 43.5	— —	— —	5 —
公共サービス関連	64 100.0	5 7.8	11 17.2	1 1.6	21 32.8	29 45.3	— —	— —	25 —
商業金融関連	29 100.0	3 10.3	2 6.9	2 6.9	6 20.7	17 58.6	— —	1 3.4	3 —
教育公務関連	51 100.0	1 2.0	4 7.8	1 2.0	26 51.0	22 43.1	— —	— —	23 —
情報処理産業	109 100.0	6 5.5	13 11.9	2 1.8	51 46.8	41 37.6	1 0.9	— —	41 —
その他	1 100.0	— —	— —	— —	— —	1 100.0	— —	— —	— —

3-17 エキスパートシステム実稼働用マシン (1990年)

	システム数	AI専用マシン	メインフレーム	ミニコン	ワークステーション	パソコン	並列処理マシン	その他	無回答
合計	182 100.0	22 12.1	29 15.9	7 3.8	67 36.8	59 32.4	1 0.5	4 2.2	3 —
AIセンター会員	117 100.0	12 10.3	18 15.4	3 2.6	38 32.5	47 40.2	1 0.9	3 2.6	2 —
一般事業所	65 100.0	10 15.4	11 16.9	4 6.2	29 44.6	12 18.5	—	1 1.5	1 —
基礎資材産業	48 100.0	11 22.9	10 20.8	2 4.2	17 35.4	6 12.5	1 2.1	1 2.1	—
加工組立産業	46 100.0	6 13.0	9 19.6	2 4.3	17 37.0	13 28.3	—	3 6.5	2 —
生活関連産業	8 100.0	—	—	—	4 50.0	4 50.0	—	—	—
公共サービス関連	24 100.0	2 8.3	2 8.3	1 4.2	7 29.2	12 50.0	—	—	—
商業金融関連	12 100.0	3 25.0	1 8.3	1 8.3	3 25.0	6 50.0	—	—	1 —
教育公務関連	6 100.0	—	—	—	6 100.0	—	—	—	—
情報処理産業	38 100.0	—	7 18.4	1 2.6	13 34.2	18 47.4	—	—	—
その他	—	—	—	—	—	—	—	—	—

3-18 エキスパートシステムの利用状況 (1990年)

	システム数	稼働中 実用システムとして	フィールド テスト中	プロの評価 改訂タイプとして	デモ・ 実験のみに 利用	設計・ 開発段階	あまり使 っていない	無回答
合計	480 100.0	185 38.5	89 18.5	86 17.9	32 6.7	76 15.8	12 2.5	178 —
AIセンター会員	314 100.0	119 37.9	55 17.5	56 17.8	25 8.0	55 17.5	4 1.3	131 —
一般事業所	166 100.0	66 39.8	34 20.5	30 18.1	7 4.2	21 12.7	8 4.8	47 —
基礎資材産業	103 100.0	48 46.6	23 22.3	9 8.7	4 3.9	17 16.5	2 1.9	23 —
加工組立産業	108 100.0	48 44.4	20 18.5	16 14.8	8 7.4	15 13.9	1 0.9	50 —
生活関連産業	22 100.0	8 36.4	6 27.3	5 22.7	—	2 9.1	1 4.5	6 —
公共サービス関連	64 100.0	24 37.5	11 17.2	14 21.9	6 9.4	7 10.9	2 3.1	25 —
商業金融関連	29 100.0	13 44.8	6 20.7	6 20.7	—	4 13.8	—	3 —
教育公務関連	45 100.0	6 13.3	4 8.9	15 33.3	5 11.1	13 28.9	2 4.4	29 —
情報処理産業	108 100.0	38 35.2	19 17.6	20 18.5	9 8.3	18 16.7	4 3.7	42 —
その他	1 100.0	—	—	1 100.0	—	—	—	—

3-19 実用エキスパートシステムの評価（1990年）

	システム数	非常に効果があった	まあ効果があった	どちらともいえない	なかった あまり効果が	なかった ほとんど効果が	無回答
合計	181 100.0	98 54.1	69 38.1	13 7.2	1 0.6	— —	4 —
AIセンター会員	117 100.0	70 59.8	42 35.9	5 4.3	— —	— —	2 —
一般事業所	64 100.0	28 43.8	27 42.2	8 12.5	1 1.6	— —	2 —
基礎資材産業	48 100.0	26 54.2	18 37.5	4 8.3	— —	— —	— —
加工組立産業	46 100.0	27 58.7	16 34.8	3 6.5	— —	— —	2 —
生活関連産業	8 100.0	6 75.0	1 12.5	1 12.5	— —	— —	— —
公共サービス関連	24 100.0	14 58.3	10 41.7	— —	— —	— —	— —
商業金融関連	11 100.0	2 18.2	5 45.5	3 27.3	1 9.1	— —	2 —
教育公務関連	6 100.0	5 83.3	1 16.7	— —	— —	— —	— —
情報処理産業	38 100.0	18 47.4	18 47.4	2 5.3	— —	— —	— —
その他	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —

3-20 エキスパートシステム開発体制 (1990年)

	件数	情報処理部門が 専門家が参画して	KEが実施 専門家が参画して	理部門が協力して 専門家とKE情報処	専門家が主体となる	主体となる 情報処理部門が	その他	無回答
合計	236 100.0	60 25.4	47 19.9	89 37.7	15 6.4	21 8.9	4 1.7	17 —
AIセンター会員	140 100.0	27 19.3	36 25.7	54 38.6	10 7.1	11 7.9	2 1.4	11 —
一般事業所	96 100.0	33 34.4	11 11.5	35 36.5	5 5.2	10 10.4	2 2.1	6 —
基礎資材産業	46 100.0	22 47.8	6 13.0	16 34.8	— —	2 4.3	— —	2 —
加工組立産業	53 100.0	9 17.0	12 22.6	20 37.7	7 13.2	4 7.5	1 1.9	2 —
生活関連産業	14 100.0	5 35.7	2 14.3	4 28.6	1 7.1	2 14.3	— —	1 —
公共サービス関連	27 100.0	5 18.5	6 22.2	11 40.7	3 11.1	1 3.7	1 3.7	3 —
商業金融関連	18 100.0	2 11.1	2 11.1	13 72.2	— —	1 5.6	— —	— —
教育公務関連	26 100.0	5 19.2	3 11.5	8 30.8	2 7.7	6 23.1	2 7.7	7 —
情報処理産業	51 100.0	12 23.5	15 29.4	17 33.3	2 3.9	5 9.8	— —	2 —
その他	1 100.0	— —	1 100.0	— —	— —	— —	— —	— —

3-21 エキスパートシステム開発のために利用したい外部機関 (1990年)

	件数	大学・研究機関 その他公的	民間研修機関 専門家	コンピューター メーカー	ソフトウェア ハウス	その他	利用は考えていない	無回答
合計	240 100.0	56 23.3	29 12.1	94 39.2	97 40.4	4 1.7	48 20.0	13 —
AIセンター会員	147 100.0	44 29.9	19 12.9	42 28.6	59 40.1	2 1.4	36 24.5	4 —
一般事業所	93 100.0	12 12.9	10 10.8	52 55.9	38 40.9	2 2.2	12 12.9	9 —
基礎資材産業	47 100.0	8 17.0	1 2.1	33 70.2	20 42.6	1 2.1	5 10.6	1 —
加工組立産業	52 100.0	16 30.8	7 13.5	11 21.2	23 44.2	— —	16 30.8	3 —
生活関連産業	14 100.0	2 14.3	2 14.3	10 71.4	6 42.9	— —	2 14.3	1 —
公共サービス関連	28 100.0	2 7.1	4 14.3	10 35.7	17 60.7	— —	4 14.3	2 —
商業金融関連	18 100.0	3 16.7	2 11.1	6 33.3	9 50.0	— —	2 11.1	— —
教育公務関連	28 100.0	10 35.7	5 17.9	6 21.4	7 25.0	2 7.1	7 25.0	5 —
情報処理産業	52 100.0	15 28.8	8 15.4	18 34.6	14 26.9	1 1.9	12 23.1	1 —
その他	1 100.0	— —	— —	— —	1 100.0	— —	— —	— —

3-22 エキスパートシステム導入・実用化の問題（1990年）

	件数	現在で役に立たない 技術では能力不足	システム開発にコスト がかかり過ぎる	知識エンジニアが不足 である	適切な開発用ツールが ない	知識獲得に障害がある	ニーズのある適当な分 野が少ない	専門家の業務の一部し か移植できない	想定に対して開発工数 がかかりすぎる	機能の追加修正が困難 である	知識ベースのメンテナ ンスが困難	操作性が悪い	開発者がメンテナンス しにくい	その他
合計	239 100.0	49 20.5	64 26.8	86 36.0	34 14.2	113 47.3	21 8.8	64 26.8	60 25.1	33 13.8	64 26.8	20 8.4	92 38.5	12 5.0
AIセンター 会員	146 100.0	34 23.3	34 23.3	50 34.2	18 12.3	79 54.1	12 8.2	40 27.4	29 19.9	18 12.3	37 25.3	14 9.6	51 34.9	10 6.8
一般事業所	93 100.0	15 16.1	30 32.3	36 38.7	16 17.2	34 36.6	9 9.7	24 25.8	31 33.3	15 16.1	27 29.0	6 6.5	41 44.1	2 2.2
基礎資材産業	47 100.0	8 17.0	16 34.0	19 40.4	9 19.1	14 34.0	4 8.5	12 25.5	18 38.3	5 10.6	10 21.3	1 2.1	25 53.2	2 4.3
加工組立産業	52 100.0	11 21.2	6 11.5	17 32.7	5 9.6	35 67.3	5 9.6	17 32.7	11 21.2	5 9.6	15 28.8	5 9.6	21 40.4	3 5.8
生活関連産業	14 100.0	1 7.1	6 42.9	6 42.9	4 28.6	6 42.9	2 14.3	3 21.4	6 42.9	3 21.4	4 28.6	2 14.3	6 42.9	—
公共サービス 関連	27 100.0	5 18.5	11 40.7	9 33.3	6 22.2	11 40.7	4 14.8	8 29.6	4 14.8	4 14.8	8 29.6	2 7.4	8 29.6	—
商業金融関連	18 100.0	3 16.7	4 22.2	9 50.0	1 5.6	7 38.9	2 11.1	5 27.8	4 22.2	5 27.8	4 22.2	2 11.1	50.0	—
教育公務関連	29 100.0	8 27.6	8 27.6	6 20.7	5 17.2	14 48.3	1 3.4	8 27.6	5 17.2	1 3.4	5 17.2	3 10.3	8 27.6	4 13.8
情報処理産業	51 100.0	13 25.5	13 25.5	20 39.2	4 7.8	24 47.1	3 5.9	10 19.6	12 23.5	10 19.6	18 35.3	5 9.8	15 29.4	3 5.9
その他	1 100.0	—	—	—	—	—	—	1 100.0	—	—	—	—	—	—

3-23 エキスパートシステム開発・導入のための累積投資額（1990年）

	資金運用回答事業数	五百万円未満	一千万円未満	三千万円未満	五千万円未満	一億円未満	二億円未満	五億円未満	二十億円未満	百億円未満	五百億円未満	五百億円以上	無回答
合計	206 100.0	16 7.8	12 5.8	31 15.0	25 12.1	33 16.0	25 12.1	37 18.0	20 9.7	4 1.9	3 1.5	—	47 —
AIセンター会員	124 100.0	6 4.8	7 5.6	17 13.7	9 7.3	23 18.5	11 8.9	26 21.0	18 14.5	4 3.2	3 2.4	—	27 —
一般事業所	82 100.0	10 12.2	5 6.1	14 17.1	16 19.5	10 12.2	14 17.1	11 13.4	2 2.4	—	—	—	20 —
基礎資材産業	42 100.0	1 2.4	2 4.8	3 7.1	8 19.0	9 21.4	10 23.8	5 11.9	2 4.8	1 2.4	1 2.4	—	6 —
加工組立産業	46 100.0	2 4.3	4 8.7	5 10.9	6 13.0	6 13.0	2 4.3	9 19.6	7 15.2	3 6.5	2 4.3	—	9 —
生活関連産業	13 100.0	1 7.7	—	2 15.4	3 23.1	2 15.4	3 23.1	1 7.7	—	—	—	—	2 —
公共サービス関連	25 100.0	—	3 12.0	2 8.0	6 24.0	3 12.0	2 8.0	6 24.0	3 12.0	—	—	—	5 —
商業金融関連	15 100.0	3 20.0	—	2 13.3	—	2 13.3	2 13.3	4 26.7	2 13.3	—	—	—	3 —
教育公務関連	21 100.0	6 28.6	1 4.8	8 38.1	1 4.8	1 4.8	1 4.8	2 9.5	1 4.8	—	—	—	12 —
情報処理産業	43 100.0	3 7.0	2 4.7	9 20.9	1 2.3	9 20.9	5 11.6	10 23.3	4 9.3	—	—	—	10 —
その他	1 100.0	—	—	—	—	1 100.0	—	—	—	—	—	—	—

3-24 エキスパートシステム開発・導入のための1990年度投資額

	回答事業所数	百万円未満	二百万円未満	五百万円未満	一千万円未満	二千万円未満	五千万円未満	一億円未満	二億円未満	五億円未満	十億円未満	二十億円未満	三十億円以上	無回答
合計	216 100.0	23 10.6	11 5.1	20 9.3	40 18.5	27 12.5	44 20.4	28 13.0	11 5.1	6 2.8	4 1.9	2 0.9	— —	37 —
AIセンター会員	131 100.0	8 6.1	7 5.3	8 6.1	24 18.3	17 13.0	29 22.1	18 13.7	9 6.9	6 4.6	3 2.3	2 1.5	— —	20 —
コンピュータユーザー	85 100.0	15 17.6	4 4.7	12 14.1	16 18.8	10 11.8	15 17.6	10 11.8	2 2.4	— —	1 1.2	— —	— —	17 —
基礎資材産業	44 100.0	3 6.8	2 4.5	3 6.3	9 20.5	5 11.4	12 27.3	6 13.6	2 4.5	1 2.3	1 2.3	— —	— —	4 —
加工組立産業	49 100.0	7 14.3	2 4.1	2 4.1	9 18.4	3 6.1	9 18.4	7 14.3	4 8.2	3 6.1	1 2.0	2 4.1	— —	6 —
生活関連産業	13 100.0	1 7.7	1 7.7	1 7.7	3 23.1	2 15.4	2 15.4	3 23.1	— —	— —	— —	— —	— —	2 —
公共サービス関連	25 100.0	2 8.0	1 4.0	5 20.0	4 16.0	3 12.0	4 16.0	3 12.0	2 8.0	1 4.0	— —	— —	— —	5 —
商業金融関連	16 100.0	2 12.5	1 6.3	1 6.3	1 6.3	4 25.0	3 18.8	2 12.5	2 12.5	— —	— —	— —	— —	2 —
教育公務関連	24 100.0	5 20.8	1 4.2	6 25.0	3 12.5	3 12.5	3 12.5	1 4.2	— —	— —	2 8.3	— —	— —	9 —
情報処理産業	44 100.0	3 6.8	3 6.8	2 4.5	11 25.0	7 15.9	10 22.7	6 13.6	1 2.3	1 2.3	— —	— —	— —	9 —
その他	1 100.0	— —	— —	— —	— —	— —	1 100.0	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —

3-25 機械翻訳システムの導入状況（1990年）

	回答事業所数	導入・利用している	今後導入・利用予定	予定なし	無回答
合計	341 100.0	50 14.7	78 22.9	213 62.5	128 —
AIセンター会員	191 100.0	24 12.6	38 19.9	129 67.5	62 —
一般事業所	150 100.0	26 17.3	40 26.7	84 56.0	66 —
基礎資材産業	57 100.0	4 7.0	12 21.1	41 71.9	17 —
加工組立産業	76 100.0	10 13.2	28 36.8	38 50.0	26 —
生活関連産業	17 100.0	— —	4 23.5	13 76.5	5 —
公共サービス関連	33 100.0	4 12.1	11 33.3	18 54.5	17 —
商業金融関連	23 100.0	1 4.3	3 13.0	19 82.6	3 —
教育公務関連	61 100.0	23 37.7	10 16.4	28 45.9	33 —
情報処理産業	70 100.0	5 7.1	10 14.3	55 78.6	25 —
その他	4 100.0	3 75.0	— —	1 25.0	2 —

3-26 機械翻訳システムの1990年度投資額（1990年）

	回答事業所数	百万円未満	二百万円未満	五百万円未満	一千万円未満	二千万円未満	五千万円未満	一億円未満	二億円未満	五億円未満	十億円未満	二十億円未満	三十億円以上	無回答
合計	33 100.0	18 54.5	—	4 12.1	6 18.2	1 3.0	2 6.1	—	—	1 3.0	—	1 3.0	—	17 —
AIセンター会員	19 100.0	9 47.4	—	3 15.8	3 15.8	1 5.3	2 10.5	—	—	—	—	1 5.3	—	5 —
一般事業所	14 100.0	9 64.3	—	1 7.1	3 21.4	—	—	—	—	1 7.1	—	—	—	12 —
基礎資材産業	3 100.0	1 33.3	—	2 66.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 —
加工組立産業	7 100.0	—	—	1 14.3	2 28.6	1 14.3	1 14.3	—	—	1 14.3	—	1 14.3	—	3 —
生活関連産業	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
公共サービス関連	3 100.0	3 100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 —
商業金融関連	1 100.0	—	—	—	1 100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
教育公務関連	15 100.0	13 86.7	—	—	1 6.7	—	1 6.7	—	—	—	—	—	—	8 —
情報処理産業	2 100.0	1 50.0	—	—	1 50.0	—	—	—	—	—	—	—	—	3 —
その他	2 100.0	—	—	1 50.0	1 50.0	—	—	—	—	—	—	—	—	1 —

3-27 知能ロボットの導入状況（1990年）

	回答事業所数	導入・利用している	今後導入・利用予定	予定なし	無回答
合計	395 100.0	15 3.8	98 24.8	282 71.4	74 —
AIセンター会員	218 100.0	8 3.7	52 23.9	158 72.5	35 —
一般事業所	177 100.0	7 4.0	46 26.0	124 70.1	39 —
基礎資材産業	63 100.0	3 4.8	24 38.1	36 57.1	11 —
加工組立産業	86 100.0	5 5.8	30 34.9	51 59.3	16 —
生活関連産業	20 100.0	2 10.0	7 35.0	11 55.0	2 —
公共サービス関連	41 100.0	2 4.9	14 34.1	25 61.0	9 —
商業金融関連	23 100.0	—	2 8.7	21 91.3	3 —
教育公務関連	79 100.0	2 2.5	13 16.5	64 81.0	15 —
情報処理産業	78 100.0	1 1.3	8 10.3	69 88.5	17 —
その他	5 100.0	—	—	5 100.0	1 —

3-28 画像理解システムの導入状況（1990年）

	サンプル数	導入・利用している	今後導入・利用予定	予定なし	無回答
合計	328 100.0	31 9.5	99 30.2	166 50.6	32 —
一般サンプル	146 100.0	12 8.2	33 22.6	91 62.3	10 —
AIセンター会員	182 100.0	19 10.4	66 36.3	75 41.2	22 —
基礎資材産業	56 100.0	4 7.1	18 32.1	28 50.0	6 —
加工組立産業	62 100.0	7 11.3	21 33.9	25 40.3	9 —
生活関連産業	14 100.0	—	3 21.4	9 64.3	2 —
公共サービス関連	34 100.0	4 11.8	12 35.3	15 44.1	3 —
商業金融関連	28 100.0	2 7.1	7 25.0	19 67.9	— —
教育公務関連	54 100.0	8 14.8	15 27.8	26 48.1	5 —
情報処理産業	76 100.0	6 7.9	23 30.3	42 55.3	5 —
その他	4 100.0	—	—	2 50.0	2 —

3-29 画像理解システムの1990年度投資額

	回答事業所数	百万円未満	二百万円未満	五百万円未満	一千万円未満	二千万円未満	五千万円未満	一億円未満	二億円未満	五億円未満	十億円未満	二十億円未満	二十億円以上	無回答
合計	36 100.0	5 13.9	3 8.3	4 11.1	4 11.1	6 16.7	5 13.9	3 8.3	3 8.3	2 5.6	—	1 2.8	—	9 —
AIセンター会員	21 100.0	4 19.0	1 4.8	1 4.8	3 14.3	3 14.3	3 14.3	3 14.3	1 4.8	2 9.5	—	—	—	3 —
一般事業所	15 100.0	1 6.7	2 13.3	3 20.0	1 6.7	3 20.0	2 13.3	—	2 13.3	—	—	1 6.7	—	6 —
基礎資材産業	8 100.0	1 12.5	1 12.5	—	—	3 37.5	1 12.5	—	2 25.0	—	—	—	—	3 —
加工組立産業	10 100.0	—	—	1 10.0	1 10.0	2 20.0	2 20.0	1 10.0	1 10.0	2 20.0	—	—	—	2 —
生活関連産業	1 100.0	—	1 100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
公共サービス関連	6 100.0	1 16.7	—	1 16.7	1 16.7	—	1 16.7	2 33.3	—	—	—	—	—	1 —
商業金融関連	2 100.0	—	—	—	—	1 50.0	—	—	—	—	—	1 50.0	—	—
教育公務関連	8 100.0	3 37.5	1 12.5	1 12.5	2 25.0	—	1 12.5	—	—	—	—	—	—	2 —
情報処理産業	1 100.0	—	—	1 100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 —
その他	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

3-30 音声理解システムの導入状況（1990年）

	回答事業所数	導入・利用している	今後導入・利用予定	予定なし	無回答
合計	396 100.0	16 4.0	138 34.8	242 61.1	73 —
AIセンター会員	218 100.0	8 3.7	77 35.3	133 61.0	35 —
一般事業所	178 100.0	8 4.5	61 34.3	109 61.2	38 —
基礎資材産業	64 100.0	4 6.3	18 28.1	42 65.6	10 —
加工組立産業	85 100.0	4 4.7	37 43.5	44 51.8	17 —
生活関連産業	20 100.0	—	6 30.0	14 70.0	2 —
公共サービス関連	43 100.0	1 2.3	27 62.8	15 34.9	7 —
商業金融関連	23 100.0	2 8.7	5 21.7	16 69.6	3 —
教育公務関連	76 100.0	2 2.6	23 30.3	51 67.1	18 —
情報処理産業	80 100.0	2 2.5	21 26.3	57 71.3	15 —
その他	5 100.0	1 20.0	1 20.0	3 60.0	1 —

3-31 音声理解システムの1990年度投資額

	回答事業所数	百万円未満	二百万円未満	五百万円未満	一千万円未満	二千万円未満	五千万円未満	一億円未満	二億円未満	五億円未満	十億円未満	二十億円未満	二十億円以上	無回答
合計	14 100.0	5 35.7	2 14.3	—	2 14.3	4 28.6	—	—	—	1 7.1	—	—	—	2 —
AIセンター会員	8 100.0	3 37.5	1 12.5	—	1 12.5	2 25.0	—	—	—	1 12.5	—	—	—	—
一般事業所	6 100.0	2 33.3	1 16.7	—	1 16.7	2 33.3	—	—	—	—	—	—	—	2 —
基礎資材産業	4 100.0	1 25.0	1 25.0	—	—	2 50.0	—	—	—	—	—	—	—	—
加工組立産業	4 100.0	—	1 25.0	—	1 25.0	2 50.0	—	—	—	—	—	—	—	—
生活関連産業	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
公共サービス関連	1 100.0	1 100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
商業金融関連	1 100.0	1 100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 —
教育公務関連	2 100.0	1 50.0	—	—	—	—	—	—	—	1 50.0	—	—	—	—
情報処理産業	1 100.0	1 100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 —
その他	1 100.0	—	—	—	1 100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—

3-32 自然言語理解システムの導入状況 (1990年)

	回答事業所数	導入・利用している	今後導入・利用予定	予定なし	無回答
合計	396 100.0	17 4.3	121 30.6	258 65.2	73 —
AIセンター会員	219 100.0	14 6.4	72 32.9	133 60.7	34 —
一般事業所	177 100.0	3 1.7	49 27.7	125 70.6	39 —
基礎資材産業	64 100.0	1 1.6	16 25.0	47 73.4	10 —
加工組立産業	85 100.0	3 3.5	34 40.0	48 56.5	17 —
生活関連産業	20 100.0	—	6 30.0	14 70.0	2 —
公共サービス関連	42 100.0	—	20 47.6	22 52.4	8 —
商業金融関連	23 100.0	—	4 17.4	19 82.6	3 —
教育公務関連	77 100.0	5 6.5	20 26.0	52 67.5	17 —
情報処理産業	80 100.0	8 10.0	20 25.0	52 65.0	15 —
その他	5 100.0	—	1 20.0	4 80.0	1 —

3-33 自然言語理解システムの累積投資額 (1989年)

	回答事業所数	二十万円未満	五十万円未満	一億円未満	二億円未満	五億円未満	十億円未満	二十億円未満	二十億円以上	無回答
合計	16 100.0	8 50.1	5 31.3	2 12.5	—	1 6.3	—	—	—	1 —
AIセンター会員	13 100.0	5 38.5	5 38.5	2 15.4	—	1 7.7	—	—	—	1 —
一般事業所	3 100.0	3 100.0	—	—	—	—	—	—	—	—
基礎資材産業	1 100.0	1 100.0	—	—	—	—	—	—	—	—
加工組立産業	3 100.0	1 33.3	1 33.3	1 33.3	—	—	—	—	—	—
生活関連産業	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
公共サービス関連	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
商業金融関連	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
教育公務関連	4 100.0	2 50.0	1 25.0	—	—	1 25.0	—	—	—	1 —
情報処理産業	8 100.0	4 50.0	3 37.5	1 12.5	—	—	—	—	—	—
その他	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

3-34 その他のAIシステムの導入状況（1990年）

	回答事業所数	導入・利用している	今後導入・利用予定	予定なし	無回答
合計	394 100.0	21 5.3	187 47.5	186 47.2	75 —
AIセンター会員	219 100.0	15 6.8	108 49.3	96 43.8	34 —
一般事務所	175 100.0	6 3.4	79 45.1	90 51.4	41 —
基礎資材産業	63 100.0	2 3.2	31 49.2	30 47.6	11 —
加工組立産業	87 100.0	5 5.7	50 57.5	32 36.8	15 —
生活関連産業	18 100.0	— —	6 33.3	12 66.7	4 —
公共サービス関連	43 100.0	1 2.3	23 53.5	19 44.2	7 —
商業金融関連	23 100.0	1 4.3	6 26.1	16 69.6	3 —
教育公務関連	76 100.0	5 6.6	35 46.1	36 47.4	18 —
情報処理産業	79 100.0	7 8.9	35 44.3	37 46.8	16 —
その他	5 100.0	— —	1 20.0	4 80.0	1 —

3-35 エキスパートシステム試験使用開始時期(1990年)

	回答事業所数	現在使用中	1年以内	3年以内	5年以内	10年以内	10年以上後	無回答
合計	369 100.0	215 58.3	44 11.9	61 16.5	27 7.3	12 3.3	10 2.7	100 —
AIセンター会員	219 100.0	127 58.0	30 13.7	35 16.0	17 7.8	4 1.8	6 2.7	34 —
一般事業所	150 100.0	88 58.7	14 9.3	26 17.3	10 6.7	8 5.3	4 2.7	66 —
基礎資材産業	56 100.0	42 75.0	7 12.5	6 10.7	—	1 1.8	—	18 —
加工組立産業	89 100.0	47 52.8	18 20.2	15 16.9	6 6.7	1 1.1	2 2.2	13 —
生活関連産業	19 100.0	10 52.6	—	5 26.3	2 10.5	2 10.5	—	3 —
公共サービス関連	42 100.0	26 61.9	6 14.3	6 14.3	3 7.1	1 2.4	—	8 —
商業金融関連	22 100.0	17 77.3	1 4.5	2 9.1	2 9.1	—	—	4 —
教育公務関連	62 100.0	27 43.5	5 8.1	14 22.6	7 11.3	3 4.8	6 9.7	32 —
情報処理産業	78 100.0	46 59.0	7 9.0	13 16.7	7 9.0	3 3.8	2 2.6	17 —
その他	1 100.0	—	—	—	—	1 100.0	—	5 —

3-36 エキスパートシステム本格使用開始時期(1990年)

	回答事業所数	現在使用中	1年以内	3年以内	5年以内	10年以内	10年以上後	無回答
合計	359 100.0	126 35.1	35 9.7	83 23.1	67 18.7	28 7.8	20 5.6	110 —
AIセンター会員	213 100.0	81 38.0	19 8.9	49 23.0	40 18.8	12 5.6	12 5.6	40 —
一般事業所	146 100.0	45 30.8	16 11.0	34 23.3	27 18.5	16 11.0	8 5.5	70 —
基礎資材産業	59 100.0	28 47.5	12 20.3	12 20.3	6 10.2	—	1 1.7	15 —
加工組立産業	84 100.0	34 40.5	6 7.1	22 26.2	14 16.7	5 6.0	3 3.6	18 —
生活関連産業	20 100.0	9 45.0	1 5.0	3 15.0	4 20.0	2 10.0	1 5.0	2 —
公共サービス関連	42 100.0	15 35.7	2 4.8	15 35.7	5 11.9	4 9.5	1 2.4	8 —
商業金融関連	21 100.0	10 47.6	4 19.0	4 19.0	2 9.5	1 4.8	—	5 —
教育公務関連	59 100.0	7 11.9	3 5.1	11 18.6	21 35.6	8 13.6	9 15.3	35 —
情報処理産業	73 100.0	23 31.5	7 9.6	16 21.9	15 20.5	7 9.6	5 6.8	22 —
その他	1 100.0	—	—	—	—	1 100.0	—	5 —

3-37 機械翻訳システム試験使用開始時期（1990年）

	回答事業所数	現在使用中	1年以内	3年以内	5年以内	10年以内	10年以上後	無回答
合計	313 100.0	54 17.3	27 8.6	70 22.4	64 20.4	47 15.0	51 16.3	156 —
AIセンター会員	181 100.0	31 17.1	18 9.9	44 24.3	39 21.5	23 12.7	26 14.4	72 —
一般事業所	132 100.0	23 17.4	9 6.8	26 19.7	25 18.9	24 18.2	25 18.9	84 —
基礎資材産業	48 100.0	5 10.4	2 4.2	9 18.8	16 33.3	8 16.7	8 16.7	26 —
加工組立産業	73 100.0	11 15.1	14 19.2	28 38.4	6 8.2	9 12.3	5 6.8	29 —
生活関連産業	13 100.0	—	—	2 15.4	4 30.8	4 30.8	3 23.1	9 —
公共サービス関連	37 100.0	6 16.2	3 8.1	9 24.3	3 8.1	7 18.9	9 24.3	13 —
商業金融関連	18 100.0	1 5.6	1 5.6	3 16.7	5 27.8	5 27.8	3 16.7	8 —
教育公務関連	60 100.0	21 35.0	3 5.0	9 15.0	12 20.0	4 6.7	11 18.3	34 —
情報処理産業	62 100.0	9 14.5	4 6.5	10 16.1	18 29.0	9 14.5	12 19.4	33 —
その他	2 100.0	1 50.0	—	—	—	1 50.0	—	4 —

3-38 機械翻訳システム本格使用開始時期（1990年）

	回答事業所数	現在使用中	1年以内	3年以内	5年以内	10年以内	10年以上後	無回答
合計	301 100.0	22 7.3	11 3.7	43 14.3	71 23.6	74 24.6	80 26.6	168 —
AIセンター会員	176 100.0	12 6.8	8 4.5	24 13.6	49 27.8	41 23.3	42 23.9	77 —
一般事業所	125 100.0	10 8.0	3 2.4	19 15.2	22 17.6	33 26.4	38 30.4	91 —
基礎資材産業	44 100.0	1 2.3	—	1 2.3	12 27.3	17 38.6	13 29.5	30 —
加工組立産業	71 100.0	7 9.9	5 7.0	18 25.4	20 28.2	8 11.3	13 18.3	31 —
生活関連産業	13 100.0	—	—	—	4 30.8	4 30.8	5 38.5	9 —
公共サービス関連	35 100.0	2 5.7	1 2.9	7 20.0	5 14.3	7 20.0	13 37.1	15 —
商業金融関連	16 100.0	1 6.3	—	2 12.5	3 18.8	6 37.5	4 25.0	10 —
教育公務関連	59 100.0	6 10.2	3 5.1	9 15.3	11 18.6	13 22.0	17 28.8	35 —
情報処理産業	61 100.0	4 6.6	2 3.3	6 9.8	16 26.2	18 29.5	15 24.6	34 —
その他	2 100.0	1 50.0	—	—	—	1 50.0	—	4 —

3-39 知能ロボット試験使用開始時期（1990年）

	回答事業所数	現在使用中	1年以内	3年以内	5年以内	10年以内	10年以上後	無回答
合計	286 100.0	16 5.6	11 3.8	42 14.7	72 25.2	59 20.6	86 30.1	183 —
AIセンター会員	166 100.0	10 6.0	5 3.0	22 13.3	45 27.1	34 20.5	50 30.1	87 —
一般事業所	120 100.0	6 5.0	6 5.0	20 16.7	27 22.5	25 20.8	36 30.0	96 —
基礎資材産業	48 100.0	2 4.2	3 6.3	10 20.8	13 27.1	13 27.1	7 14.6	26 —
加工組立産業	70 100.0	5 7.1	6 8.6	15 21.4	18 25.7	10 14.3	16 22.9	32 —
生活関連産業	14 100.0	2 14.3	— —	2 14.3	5 35.7	4 28.6	1 7.1	8 —
公共サービス関連	33 100.0	2 6.1	1 3.0	3 9.1	10 30.3	9 27.3	8 24.2	17 —
商業金融関連	17 100.0	— —	— —	2 11.8	2 11.8	3 17.6	10 58.8	9 —
教育公務関連	53 100.0	5 9.4	1 1.9	5 9.4	17 32.1	6 11.3	19 35.8	41 —
情報処理産業	50 100.0	— —	— —	5 10.0	7 14.0	13 26.0	25 50.0	45 —
その他	1 100.0	— —	— —	— —	— —	1 100.0	— —	5 —

3-40 知能ロボット本格使用開始時期（1990年）

	回答事業所数	現在使用中	1年以内	3年以内	5年以内	10年以内	10年以上後	無回答
合計	273 100.0	12 4.4	2 0.7	22 8.1	45 16.5	77 28.2	115 42.1	196 —
AIセンター会員	161 100.0	7 4.3	1 0.6	11 6.8	24 14.9	50 31.1	68 42.2	92 —
一般事業所	112 100.0	5 4.5	1 0.9	11 9.8	21 18.8	27 24.1	47 42.0	104 —
基礎資材産業	47 100.0	3 6.4	1 2.1	3 6.4	12 25.5	14 29.8	14 29.8	27 —
加工組立産業	67 100.0	4 6.0	1 1.5	12 17.9	11 16.4	14 20.9	25 37.3	35 —
生活関連産業	14 100.0	2 14.3	— —	— —	5 35.7	5 35.7	2 14.3	8 —
公共サービス関連	33 100.0	1 3.0	— —	1 3.0	5 15.2	12 36.4	14 42.4	17 —
商業金融関連	13 100.0	— —	— —	1 7.7	1 7.7	2 15.4	9 69.2	13 —
教育公務関連	49 100.0	1 2.0	— —	4 8.2	5 10.2	17 34.7	22 44.9	45 —
情報処理産業	49 100.0	1 2.0	— —	1 2.0	6 12.2	12 24.5	29 59.2	46 —
その他	1 100.0	— —	— —	— —	— —	1 100.0	— —	5 —

3-41 自動プログラミングシステム試験使用開始時期（1990年）

	回答事業所数	現在使用中	1年以内	3年以内	5年以内	10年以内	10年以上後	無回答
合計	325 100.0	36 11.1	8 2.5	97 29.8	104 32.0	45 13.8	35 10.8	144 —
AIセンター会員	186 100.0	13 7.0	5 2.7	60 32.3	63 33.9	24 12.9	21 11.3	67 —
一般事業所	139 100.0	23 16.5	3 2.2	37 26.6	41 29.5	21 15.1	14 10.1	77 —
基礎資材産業	51 100.0	8 15.7	—	15 29.4	13 25.5	11 21.6	4 7.8	23 —
加工組立産業	78 100.0	10 12.8	4 5.1	28 35.9	25 32.1	3 6.4	6 7.7	24 —
生活関連産業	14 100.0	2 14.3	—	—	5 35.7	5 35.7	2 14.3	8 —
公共サービス関連	37 100.0	3 8.1	—	12 32.4	11 29.7	8 21.6	3 8.1	13 —
商業金融関連	19 100.0	1 5.3	—	7 36.8	8 42.1	2 10.5	1 5.3	7 —
教育公務関連	60 100.0	2 3.3	1 1.7	16 26.7	18 30.0	8 13.3	15 25.0	34 —
情報処理産業	65 100.0	10 15.4	3 4.6	19 29.2	23 35.4	6 9.2	4 6.2	30 —
その他	1 100.0	—	—	—	1 100.0	—	—	5 —

3-42 自動プログラミングシステム本格使用開始時期（1990年）

	回答事業所数	現在使用中	1年以内	3年以内	5年以内	10年以内	10年以上後	無回答
合計	309 100.0	15 4.9	5 1.6	42 13.6	95 30.7	92 29.8	60 19.4	160 —
AIセンター会員	178 100.0	3 1.7	2 1.1	25 14.0	57 32.0	58 32.6	33 18.5	75 —
一般事務所	131 100.0	12 9.2	3 2.3	17 13.0	38 29.0	34 26.0	27 20.6	85 —
基礎資材産業	50 100.0	3 6.0	1 2.0	3 6.0	20 40.0	15 30.0	8 16.0	24 —
加工組立産業	73 100.0	6 8.2	1 1.4	13 17.8	21 28.8	20 27.4	12 16.4	29 —
生活関連産業	14 100.0	—	1 7.1	1 7.1	3 21.4	6 42.9	3 21.4	8 —
公共サービス関連	35 100.0	1 2.9	1 2.9	4 11.4	14 40.0	8 22.9	7 20.0	15 —
商業金融関連	16 100.0	—	—	4 25.0	6 37.5	5 31.3	1 6.3	10 —
教育公務関連	57 100.0	1 1.8	—	4 7.0	12 21.1	19 33.3	21 36.8	37 —
情報処理産業	63 100.0	4 6.3	1 1.6	13 20.6	18 28.6	19 30.2	8 12.7	32 —
その他	1 100.0	—	—	—	1 100.0	—	—	5 —

3-43 画像理解システム試験使用開始時期（1990年）

	回答事業所数	現在使用中	1年以内	3年以内	5年以内	10年以内	10年以上後	無回答
合計	310 100.0	32 10.3	21 6.8	81 26.1	80 25.8	59 19.0	37 11.9	159 —
AIセンター会員	187 100.0	18 9.6	14 7.5	55 29.4	47 25.1	26 13.9	27 14.4	66 —
一般事業所	123 100.0	14 11.4	7 5.7	26 21.1	33 26.8	33 26.8	10 8.1	93 —
基礎資材産業	45 100.0	5 11.1	3 6.7	13 28.9	10 22.2	11 24.4	3 6.7	29 —
加工組立産業	73 100.0	6 8.2	7 9.6	21 28.8	22 30.1	10 13.7	7 9.6	29 —
生活関連産業	16 100.0	2 12.5	—	3 18.8	6 37.5	4 25.0	1 6.3	6 —
公共サービス関連	37 100.0	5 13.5	4 10.8	10 27.0	6 16.2	9 24.3	3 8.1	13 —
商業金融関連	20 100.0	1 5.0	—	6 30.0	9 45.0	2 10.0	2 10.0	6 —
教育公務関連	54 100.0	9 16.7	2 3.7	13 24.1	11 20.4	12 22.2	7 13.0	40 —
情報処理産業	64 100.0	4 6.3	5 7.8	15 23.4	16 25.0	10 15.6	14 21.9	31 —
その他	1 100.0	—	—	—	—	1 100.0	—	5 —

3-44 画像理解システム本格使用開始時期（1990年）

	回答事業所数	現在使用中	1年以内	3年以内	5年以内	10年以内	10年以上後	無回答
合計	302 100.0	20 6.6	9 3.0	37 12.3	83 27.5	85 28.1	68 22.5	167 —
AIセンター会員	184 100.0	8 4.3	6 3.3	26 14.1	56 30.4	44 23.9	44 23.9	69 —
一般事業所	118 100.0	12 10.2	3 2.5	11 9.3	27 22.9	41 34.7	24 20.3	98 —
基礎資材産業	45 100.0	5 11.1	2 4.4	3 6.7	14 31.1	13 28.9	8 17.8	29 —
加工組立産業	71 100.0	3 4.2	2 2.8	14 19.7	20 28.2	15 21.1	17 23.9	31 —
生活関連産業	16 100.0	1 6.3	1 6.3	1 6.3	3 18.8	8 50.0	2 12.5	6 —
公共サービス関連	36 100.0	4 11.1	1 2.8	4 11.1	12 33.3	7 19.4	8 22.2	14 —
商業金融関連	17 100.0	1 5.9	—	2 11.8	4 23.5	8 47.1	2 11.8	9 —
教育公務関連	54 100.0	5 9.3	3 5.6	5 9.3	11 20.4	18 33.3	12 22.2	40 —
情報処理産業	62 100.0	1 1.6	—	8 12.9	19 30.6	15 24.2	19 30.6	33 —
その他	1 100.0	—	—	—	—	1 100.0	—	5 —

3-45 音声理解システム試験使用開始時期（1990年）

	回答事業所数	現在使用中	1年以内	3年以内	5年以内	10年以内	10年以上後	無回答
合計	295 100.0	16 5.4	13 4.4	69 23.4	82 27.8	59 20.0	56 19.0	174 —
AIセンター会員	171 100.0	9 5.3	10 5.8	46 26.9	47 27.5	26 15.2	33 19.3	82 —
一般事業所	124 100.0	7 5.6	3 2.4	23 18.5	35 28.2	33 26.6	23 18.5	92 —
基礎資材産業	46 100.0	4 8.7	—	10 21.7	12 26.1	12 26.1	8 17.4	28 —
加工組立産業	68 100.0	4 5.9	6 8.8	18 26.5	20 29.4	12 17.6	8 11.8	34 —
生活関連産業	13 100.0	1 7.7	—	2 15.4	3 23.1	5 38.5	2 15.4	9 —
公共サービス関連	36 100.0	1 2.8	3 8.3	10 27.8	11 30.6	7 19.4	4 11.1	14 —
商業金融関連	18 100.0	2 11.1	—	5 27.8	6 33.3	2 11.1	3 16.7	8 —
教育公務関連	55 100.0	2 3.6	1 1.8	14 25.5	13 23.6	12 21.8	13 23.6	39 —
情報処理産業	58 100.0	1 1.7	3 5.2	10 17.2	17 29.3	9 15.5	18 31.0	37 —
その他	1 100.0	1 100.0	—	—	—	—	—	5 —

3-46 音声理解システム本格使用開始時期（1990年）

	回答事業所数	現在使用中	1年以内	3年以内	5年以内	10年以内	10年以上後	無回答
合計	286 100.0	6 2.1	1 0.3	32 11.2	76 26.6	86 30.1	85 29.7	183 —
AIセンター会員	170 100.0	2 1.2	—	21 12.4	48 28.2	54 31.8	45 26.5	83 —
一般事業所	116 100.0	4 3.4	1 0.9	11 9.5	28 24.1	32 27.6	40 34.5	100 —
基礎資材産業	44 100.0	2 4.5	—	1 2.3	15 34.1	9 20.5	17 38.6	30 —
加工組立産業	68 100.0	1 1.5	—	15 22.1	16 23.5	19 27.9	17 25.0	34 —
生活関連産業	13 100.0	—	—	2 15.4	1 7.7	7 53.8	3 23.1	9 —
公共サービス関連	36 100.0	—	1 2.8	5 13.9	11 30.6	12 33.3	7 19.4	14 —
商業金融関連	16 100.0	1 6.3	—	2 12.5	4 25.0	6 37.5	3 18.8	10 —
教育公務関連	51 100.0	—	—	6 11.8	12 23.5	16 31.4	17 33.3	43 —
情報処理産業	57 100.0	1 1.8	—	1 1.8	17 29.8	17 29.8	21 36.8	38 —
その他	1 100.0	1 100.0	—	—	—	—	—	5 —

3-47 自然言語理解システム試験使用開始時期（1990年）

	回答事業所数	現在使用中	1年以内	3年以内	5年以内	10年以内	10年以上後	無回答
合計	297 100.0	14 4.7	14 4.7	47 15.8	75 25.3	68 22.9	79 26.6	172 —
AIセンター会員	177 100.0	11 6.2	12 6.8	33 18.6	42 23.7	31 17.5	48 27.1	76 —
一般事業所	120 100.0	3 2.5	2 1.7	14 11.7	33 27.5	37 30.8	31 25.8	96 —
基礎資材産業	45 100.0	1 2.2	2 4.4	5 11.1	7 15.6	15 33.3	15 33.3	29 —
加工組立産業	71 100.0	5 7.0	4 5.6	15 21.1	17 23.9	17 23.9	13 18.3	31 —
生活関連産業	13 100.0	— —	— —	1 7.7	2 15.4	6 46.2	4 30.8	9 —
公共サービス関連	35 100.0	— —	3 8.6	5 14.3	12 34.3	7 20.0	8 22.9	15 —
商業金融関連	18 100.0	— —	— —	4 22.2	2 11.1	4 22.2	8 44.4	8 —
教育公務関連	57 100.0	4 7.0	2 3.5	11 19.3	16 28.1	8 14.0	16 28.1	37 —
情報処理産業	57 100.0	4 7.0	3 5.3	6 10.5	19 33.3	10 17.5	15 26.3	38 —
その他	1 100.0	— —	— —	— —	— —	1 100.0	— —	5 —

3-48 自然言語理解システム本格使用開始時期（1990年）

	回答事業所数	現在使用中	1年以内	3年以内	5年以内	10年以内	10年以上後	無回答
合計	282 100.0	3 1.1	6 2.1	29 10.3	51 18.1	78 27.7	115 40.8	187 —
AIセンター会員	172 100.0	3 1.7	6 3.5	22 12.8	31 18.0	41 23.8	69 40.1	81 —
一般事業所	110 100.0	— —	— —	7 6.4	20 18.2	37 33.6	46 41.8	106 —
基礎資材産業	43 100.0	— —	1 2.3	1 2.3	6 14.0	12 27.9	23 53.5	31 —
加工組立産業	67 100.0	2 3.0	2 3.0	8 11.9	17 25.4	13 19.4	25 37.3	35 —
生活関連産業	13 100.0	— —	— —	1 7.7	1 7.7	4 30.8	7 53.8	9 —
公共サービス関連	33 100.0	— —	— —	5 15.2	5 15.2	12 36.4	11 33.3	17 —
商業金融関連	16 100.0	— —	— —	2 12.5	3 18.8	3 18.8	8 50.0	10 —
教育公務関連	52 100.0	— —	1 1.9	8 15.4	6 11.5	18 34.6	19 36.5	42 —
情報処理産業	57 100.0	1 1.8	2 3.5	4 7.0	13 22.8	15 26.3	22 38.6	38 —
その他	1 100.0	— —	— —	— —	— —	1 100.0	— —	5 —

3-49 ファジシステム試験使用開始時期（1990年）

	回答事業所数	現在使用中	1年以内	3年以内	5年以内	10年以内	10年以上後	無回答
合計	309 100.0	38 12.3	37 12.0	72 23.3	56 18.1	46 14.9	60 19.4	160 —
AIセンター会員	187 100.0	30 16.0	30 16.0	49 26.2	28 15.0	20 10.7	30 16.0	66 —
一般事業所	122 100.0	8 6.6	7 5.7	23 18.9	28 23.0	26 21.3	30 24.6	94 —
基礎資材産業	49 100.0	8 16.3	5 10.2	11 22.4	8 16.3	9 18.4	8 16.3	25 —
加工組立産業	75 100.0	12 16.0	9 12.0	19 25.3	13 17.3	11 14.7	11 14.7	27 —
生活関連産業	13 100.0	1 7.7	—	2 15.4	2 15.4	5 38.5	3 23.1	9 —
公共サービス関連	37 100.0	1 2.7	10 27.0	9 24.3	4 10.8	6 16.2	7 18.9	13 —
商業金融関連	18 100.0	—	3 16.7	2 11.1	8 44.4	1 5.6	4 22.2	8 —
教育公務関連	57 100.0	10 17.5	4 7.0	15 26.3	9 15.8	5 8.8	14 24.6	37 —
情報処理産業	59 100.0	6 10.2	6 10.2	14 23.7	12 20.3	8 13.6	13 22.0	36 —
その他	1 100.0	—	—	—	—	1 100.0	—	5 —

3-50 ファジシステム本格使用開始時期（1990年）

	回答事業所数	現在使用中	1年以内	3年以内	5年以内	10年以内	10年以上後	無回答
合計	294 100.0	10 3.4	13 4.4	50 17.0	68 23.1	70 23.8	83 28.2	175 —
AIセンター会員	181 100.0	9 5.0	12 6.6	34 18.8	46 25.4	36 19.9	44 24.3	72 —
一般事業所	113 100.0	1 0.9	1 0.9	16 14.2	22 19.5	34 30.1	39 34.5	103 —
基礎資材産業	46 100.0	4 8.7	1 2.2	9 19.6	11 23.9	10 21.7	11 23.9	28 —
加工組立産業	74 100.0	5 6.8	4 5.4	11 14.9	20 27.0	15 20.3	19 25.7	28 —
生活関連産業	14 100.0	1 7.1	—	2 14.3	2 14.3	2 14.3	7 50.0	8 —
公共サービス関連	35 100.0	—	1 2.9	7 20.0	10 28.6	6 17.1	11 31.4	15 —
商業金融関連	15 100.0	—	1 6.7	2 13.3	3 20.0	6 40.0	3 20.0	11 —
教育公務関連	52 100.0	—	3 5.8	8 15.4	11 21.2	16 30.8	14 26.9	42 —
情報処理産業	57 100.0	—	3 5.3	11 19.3	11 19.3	14 24.6	18 31.6	38 —
その他	1 100.0	—	—	—	—	1 100.0	—	5 —

3-51 ニューロシステム試験使用開始時期（1990年）

	回答事業所数	現在使用中	1年以内	3年以内	5年以内	10年以内	10年以上後	無回答
合計	249 100.0	18 7.2	15 6.0	51 20.5	62 24.9	40 16.1	63 25.3	220 —
AIセンター会員	144 100.0	12 8.3	14 9.7	32 22.2	33 22.9	18 12.5	35 24.3	109 —
一般事業所	105 100.0	6 5.7	1 1.0	19 18.1	29 27.6	22 21.0	28 26.7	111 —
基礎資材産業	37 100.0	1 2.7	2 5.4	7 18.9	15 40.5	2 5.4	10 27.0	37 —
加工組立産業	58 100.0	5 8.6	7 12.1	11 19.0	17 29.3	11 19.0	7 12.1	44 —
生活関連産業	12 100.0	1 8.3	—	2 16.7	1 8.3	5 41.7	3 25.0	10 —
公共サービス関連	25 100.0	2 8.0	1 4.0	5 20.0	5 20.0	5 20.0	7 28.0	25 —
商業金融関連	14 100.0	—	—	3 21.4	3 21.4	2 14.3	6 42.9	12 —
教育公務関連	50 100.0	5 10.0	1 2.0	13 26.0	11 22.0	6 12.0	14 28.0	44 —
情報処理産業	52 100.0	4 7.7	4 7.7	10 19.2	10 19.2	8 15.4	16 30.8	43 —
その他	1 100.0	—	—	—	—	1 100.0	—	5 —

3-52 ニューロシステム本格使用開始時期（1990年）

	回答事業所数	現在使用中	1年以内	3年以内	5年以内	10年以内	10年以上後	無回答
合計	243 100.0	9 3.7	7 2.9	38 15.6	55 22.6	58 23.9	76 31.3	226 —
AIセンター会員	140 100.0	6 4.3	5 3.6	29 20.7	31 22.1	26 18.6	43 30.7	113 —
一般事業所	103 100.0	3 2.9	2 1.9	9 8.7	24 23.3	32 31.1	33 32.0	113 —
基礎資材産業	38 100.0	—	1 2.6	4 10.5	14 36.8	9 23.7	10 26.3	36 —
加工組立産業	58 100.0	4 6.9	4 6.9	10 17.2	11 19.0	15 25.9	14 24.1	44 —
生活関連産業	12 100.0	—	—	3 25.0	—	2 16.7	7 58.3	10 —
公共サービス関連	25 100.0	1 4.0	—	5 20.0	5 20.0	6 24.0	8 32.0	25 —
商業金融関連	13 100.0	1 7.7	—	1 7.7	4 30.8	1 7.7	6 46.2	13 —
教育公務関連	47 100.0	—	1 2.1	7 14.9	11 23.4	14 29.8	14 29.8	47 —
情報処理産業	49 100.0	3 6.1	1 2.0	8 16.3	10 20.4	10 20.4	17 34.7	46 —
その他	1 100.0	—	—	—	—	1 100.0	—	5 —

3-53 エキスパートシステム 5 年後の普及度 (1990年)

	回答事業所数	普及する かなりの程度	やや普及する	どちらでもない	普及しない ほとんど	全く普及しない	無回答
合計	389 100.0	175 45.0	133 34.2	61 15.7	13 3.3	7 1.8	80 —
AIセンター会員	229 100.0	114 49.8	72 31.4	33 14.4	7 3.1	3 1.3	24 —
一般事業所	160 100.0	61 38.1	61 38.1	28 17.5	6 3.8	4 2.5	56 —
基礎資材産業	61 100.0	33 54.1	23 37.7	4 6.6	1 1.6	—	13 —
加工組立産業	89 100.0	47 52.8	27 30.3	11 12.4	3 3.4	1 1.1	13 —
生活関連産業	21 100.0	8 38.1	6 28.6	6 28.6	1 4.8	—	1 —
公共サービス関連	44 100.0	14 31.8	18 40.9	9 20.5	3 6.8	—	6 —
商業金融関連	23 100.0	13 56.5	6 26.1	4 17.4	—	—	3 —
教育公務関連	67 100.0	23 34.3	21 31.3	13 19.4	4 6.0	6 9.0	27 —
情報処理産業	83 100.0	37 44.6	32 38.6	13 15.7	1 1.2	—	12 —
その他	1 100.0	—	—	1 100.0	—	—	5 —

3-54 機械翻訳システム 5 年後の普及度 (1990年)

	回答事業所数	普及する かなりの程度	やや普及する	どちらでもない	普及しない ほとんど	全く普及しない	無回答
合計	335 100.0	72 21.5	103 30.7	103 30.7	39 11.6	18 5.4	134 —
AIセンター会員	192 100.0	49 25.5	55 28.6	59 30.7	18 9.4	11 5.7	61 —
一般事業所	143 100.0	23 16.1	48 33.6	44 30.8	21 14.7	7 4.9	73 —
基礎資材産業	51 100.0	6 11.8	15 29.4	21 41.2	8 15.7	1 2.0	23 —
加工組立産業	76 100.0	30 39.5	20 26.3	16 21.1	7 9.2	3 3.9	26 —
生活関連産業	17 100.0	—	5 29.4	3 17.6	5 29.4	4 23.5	5 —
公共サービス関連	40 100.0	3 7.5	11 27.5	17 42.5	7 17.5	2 5.0	10 —
商業金融関連	18 100.0	6 33.3	2 11.1	7 38.9	3 16.7	—	8 —
教育公務関連	61 100.0	13 21.3	20 32.8	19 31.1	4 6.6	5 8.2	33 —
情報処理産業	70 100.0	13 18.6	30 42.9	19 27.1	5 7.1	3 4.3	25 —
その他	2 100.0	1 50.0	—	1 50.0	—	—	4 —

3-55 知能ロボット 5 年後の普及度 (1990年)

	回答事業 所数	普及する かなりの 程度	やや普及 する	どちら もない	普及し ない ほとんど	全く 普及 しない	無回 答
合計	317 100.0	48 15.1	87 27.4	103 32.5	48 15.1	31 9.8	152 —
AIセンター会員	182 100.0	29 15.9	45 24.7	62 34.1	29 15.9	17 9.3	71 —
一般事業所	135 100.0	19 14.1	42 31.1	41 30.4	19 14.1	14 10.4	81 —
基礎資材産業	53 100.0	12 22.6	15 28.3	18 34.0	7 13.2	1 1.9	21 —
加工組立産業	70 100.0	13 18.6	21 30.0	20 28.6	11 15.7	5 7.1	32 —
生活関連産業	17 100.0	3 17.6	7 41.2	4 23.5	2 11.8	1 5.9	5 —
公共サービス関連	37 100.0	2 5.4	9 24.3	18 48.6	6 16.2	2 5.4	13 —
商業金融関連	16 100.0	1 6.3	2 12.5	5 31.3	5 31.3	3 18.8	10 —
教育公務関連	58 100.0	6 10.3	18 31.0	16 27.6	9 15.5	9 15.5	36 —
情報処理産業	65 100.0	11 16.9	15 23.1	21 32.3	8 12.3	10 15.4	30 —
その他	1 100.0	— —	— —	1 100.0	— —	— —	5 —

3-56 自動プログラミングシステム 5 年後の普及度 (1990年)

	回答事業 所数	普及する かなりの 程度	やや普及 する	どちら もない	普及し ない ほとんど	全く 普及 しない	無回 答
合計	342 100.0	70 20.5	121 35.4	97 28.4	38 11.1	16 4.7	127 —
AIセンター会員	194 100.0	39 20.1	65 33.5	56 28.9	23 11.9	11 5.7	59 —
一般事業所	148 100.0	31 20.9	56 37.8	41 27.7	15 10.1	5 3.4	68 —
基礎資材産業	53 100.0	9 17.0	22 41.5	14 26.4	7 13.2	1 1.9	21 —
加工組立産業	80 100.0	20 25.0	24 30.0	25 31.3	11 13.8	— —	22 —
生活関連産業	17 100.0	2 11.8	5 29.4	7 41.2	1 5.9	2 11.8	5 —
公共サービス関連	42 100.0	4 9.5	14 33.3	17 40.5	4 9.5	3 7.1	8 —
商業金融関連	18 100.0	6 33.3	7 38.9	5 27.8	— —	— —	8 —
教育公務関連	61 100.0	10 16.4	20 32.8	13 21.3	10 16.4	8 13.1	33 —
情報処理産業	70 100.0	18 25.7	29 41.4	16 22.9	5 7.1	2 2.9	25 —
その他	1 100.0	1 100.0	— —	— —	— —	— —	5 —

3-57 画像理解システム5年後の普及度(1990年)

	回答事業所数	普及する かなりの程度	やや普及する	どちらでもない	普及しない ほとんどない	全く普及しない	無回答
合計	339 100.0	68 20.1	116 34.2	103 30.4	39 11.5	13 3.8	130 —
AIセンター会員	201 100.0	43 21.4	71 35.3	57 28.4	24 11.9	6 3.0	52 —
一般事業所	138 100.0	25 18.1	45 32.6	46 33.3	15 10.9	7 5.1	78 —
基礎資材産業	50 100.0	9 18.0	21 42.0	14 28.0	5 10.0	1 2.0	24 —
加工組立産業	77 100.0	15 19.5	28 36.4	19 24.7	12 15.6	3 3.9	25 —
生活関連産業	18 100.0	4 22.2	1 5.6	9 50.0	3 16.7	1 5.6	4 —
公共サービス関連	40 100.0	7 17.5	17 42.5	12 30.3	3 7.5	1 2.5	10 —
商業金融関連	19 100.0	6 31.6	5 26.3	6 31.6	2 10.5	—	7 —
教育公務関連	61 100.0	15 24.6	16 26.2	20 32.8	5 8.2	5 8.2	33 —
情報処理産業	73 100.0	12 16.4	28 38.4	22 30.1	9 12.3	2 2.7	22 —
その他	1 100.0	—	—	1 100.0	—	—	5 —

3-58 音声理解システム5年後の普及度(1990年)

	回答事業所数	普及する かなりの程度	やや普及する	どちらでもない	普及しない ほとんどない	全く普及しない	無回答
合計	328 100.0	50 15.2	98 29.9	113 34.5	47 14.3	20 6.1	141 —
AIセンター会員	190 100.0	32 16.8	53 27.9	69 36.3	24 12.6	12 6.3	63 —
一般事業所	138 100.0	18 13.0	45 32.6	44 31.9	23 16.7	8 5.8	78 —
基礎資材産業	50 100.0	7 14.0	13 26.0	18 36.0	11 22.0	1 2.0	24 —
加工組立産業	74 100.0	13 17.6	20 27.0	27 36.5	11 14.9	3 4.1	28 —
生活関連産業	17 100.0	2 11.8	—	7 41.2	5 29.4	3 17.6	5 —
公共サービス関連	40 100.0	6 15.0	16 40.0	13 32.5	2 5.0	3 7.5	10 —
商業金融関連	18 100.0	4 22.2	7 38.9	4 22.2	3 16.7	—	8 —
教育公務関連	60 100.0	8 13.3	21 35.0	21 35.0	2 3.3	8 13.3	34 —
情報処理産業	68 100.0	9 13.2	21 30.9	23 33.8	13 19.1	2 2.9	27 —
その他	1 100.0	1 100.0	—	—	—	—	5 —

3-59 自然言語理解システム 5 年後の普及度 (1990年)

	回答事業所数	か普及する の程度	やや普及する	どちらでもない	普及しない ほとんどない	全く普及しない	無回答
合計	324 100.0	40 12.3	64 19.8	115 35.5	76 23.5	29 9.0	145 —
AIセンター会員	190 100.0	32 16.8	36 18.9	63 33.2	39 20.5	20 10.5	63 —
一般事業所	134 100.0	8 6.0	28 20.9	52 38.8	37 27.6	9 6.7	82 —
基礎資材産業	49 100.0	3 6.1	6 12.2	17 34.7	21 42.9	2 4.1	25 —
加工組立産業	72 100.0	12 16.7	13 18.1	25 34.7	17 23.6	5 6.9	30 —
生活関連産業	17 100.0	2 11.8	—	2 11.8	9 52.9	4 23.5	5 —
公共サービス関連	40 100.0	4 10.0	8 20.0	18 45.0	5 12.5	5 12.5	10 —
商業金融関連	17 100.0	2 11.8	4 23.5	5 29.4	6 35.3	—	9 —
教育公務関連	61 100.0	7 11.5	15 24.6	25 41.0	5 8.2	9 14.8	33 —
情報処理産業	67 100.0	10 14.9	17 25.4	23 34.3	13 19.4	4 6.0	28 —
その他	1 100.0	—	1 100.0	—	—	—	5 —

3-60 ファジィシステム 5 年後の普及度 (1990年)

	回答事業所数	か普及する の程度	やや普及する	どちらでもない	普及しない ほとんどない	全く普及しない	無回答
合計	337 100.0	61 18.1	97 28.8	112 33.2	47 13.9	20 5.9	132 —
AIセンター会員	202 100.0	47 23.3	63 31.2	59 29.2	25 12.4	8 4.0	51 —
一般事業所	135 100.0	14 10.4	34 25.2	53 39.3	22 16.3	12 8.9	81 —
基礎資材産業	51 100.0	12 23.5	15 29.4	16 31.4	7 13.7	1 2.0	23 —
加工組立産業	78 100.0	17 21.8	20 25.6	24 30.8	13 16.7	4 5.1	24 —
生活関連産業	18 100.0	2 11.1	2 11.1	4 22.2	7 38.9	3 16.7	4 —
公共サービス関連	40 100.0	3 7.5	13 32.5	16 40.0	6 15.0	2 5.0	10 —
商業金融関連	18 100.0	3 16.7	7 38.9	7 38.9	1 5.6	—	8 —
教育公務関連	62 100.0	12 19.4	20 32.3	20 32.3	5 8.1	5 8.1	32 —
情報処理産業	69 100.0	12 17.4	20 29.0	24 34.8	8 11.6	5 7.2	26 —
その他	1 100.0	—	—	1 100.0	—	—	5 —

3-61 ニューロシステム5年後の普及度（1990年）

	同 答 事 業 所 数	か 普 及 す る の 程 度	やや 普 及 す る	ど い ち え な い も	普 及 し な い ほ と ん ど	全 く し な い 普 及	無 回 答
合計	273 100.0	35 12.8	62 22.7	124 45.4	32 11.7	20 7.3	196 —
AIセンター会員	155 100.0	25 16.1	37 23.9	66 42.6	15 9.7	12 7.7	98 —
・般事業所	118 100.0	10 8.5	25 21.2	58 49.2	17 14.4	8 6.8	98 —
基礎資材産業	42 100.0	3 7.1	9 21.4	21 50.0	8 19.0	1 2.4	32 —
加工組立産業	59 100.0	11 18.6	15 25.4	23 39.0	9 15.3	1 1.7	43 —
生活関連産業	13 100.0	1 7.7	2 15.4	3 23.1	4 30.8	3 23.1	9 —
公共サービス関連	31 100.0	1 3.2	8 25.8	17 54.8	2 6.5	3 9.7	19 —
商業金融関連	15 100.0	2 13.3	5 33.3	5 33.3	2 13.3	1 6.7	11 —
教育公務関連	54 100.0	8 14.8	11 20.4	25 46.3	5 9.3	5 9.3	40 —
情報処理産業	58 100.0	9 15.5	12 20.7	29 50.0	2 3.4	6 10.3	37 —
その他	1 100.0	— —	— —	1 100.0	— —	— —	5 —

ICOT-JIPDEC AIセンター概要

はじめに 日本情報処理開発協会（影山衛司会長、通称JIPDEC）および財団法人新世代コンピュータ技術開発機構（関澤義理事長、通称ICOT）は、昭和61年度から、コンピュータユーザ、関連業界等の参加をまって、「ICOT-JIPDEC AIセンター」を共同で組織し、人工知能（AI）関連技術の普及促進等の活動を行っています。

目的 AIセンターは、人工知能技術に関して、研究開発の促進、調査研究並びに普及の促進等を行なうことにより、情報関連技術の進歩および情報関連産業の振興を図り、高度情報化社会の発展に寄与することを目的としています。

- 事業
1. 人工知能のアプリケーションに関する調査研究
 - ①人工知能利用動向調査
 - ②人工知能技術動向調査
 2. 人工知能技術普及促進のための事業
 - ①人工知能関連情報の収集・整備
 - ②推論マシン等のAI開発用ツールの教材作成・普及
 - ③推論マシン等の操作セミナーの開催
 - ④AIツール説明会の開催
 - ⑤AI講演会の開催
 3. 会員登録等
 - ①登録会員の相互交流の促進に必要な登録会員名簿の作成
 - ②登録会員の主催するAI技術の普及・啓蒙事業に対する支援・協賛

連絡先 *入会その他のお問い合わせはAIセンターJIPDEC分室へ

AIセンターJIPDEC分室

財団法人日本情報処理開発協会

AI・ファジィ振興センター

105 東京都港区芝公園3丁目5番8号

機械振興会館地下1階

電話 03-3432-9390

FAX 03-3431-4324

AIセンターICOT分室

財団法人新世代コンピュータ技術開発機構

調査国際部

108 東京都港区三田1丁目4番28号

三田国際ビル21階

電話 03-3456-3195

FAX 03-3456-1618

AI白書1992

定価5,500円（本体価格5,340円）1992年5月30日 第1刷発行

監修 通商産業省機械情報産業局電子政策課

編集 ICOT-JIPDEC AIセンター

発行 財団法人 日本情報処理開発協会

〒105 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館内

電話 (03) 3432-9390

不許複製
禁無断転載

発売所 株式会社 コンピュータ・エージ社

〒100 東京都千代田区霞が関3-2-5 霞が関ビル30階

電話 (03) 3581-5201 ファックス (03) 3593-1860

万一乱丁・落丁がございましたら、お買い求め書店または発売所にてお取り替えいたします。

ISBN4-87566-111-8 C3060 P5500E



通商産業省機械情報産業局電子政策課.....❖ 監修

❖ ICOT-JIPDEC AIセンター.....❖ 編

財団法人日本情報処理開発協会.....❖ 発行

発売所

CA コンピュータ・エージ社 定価＝5500円(本体5340円)

ISBN4-87566-111-8 C3060 P5500E

