

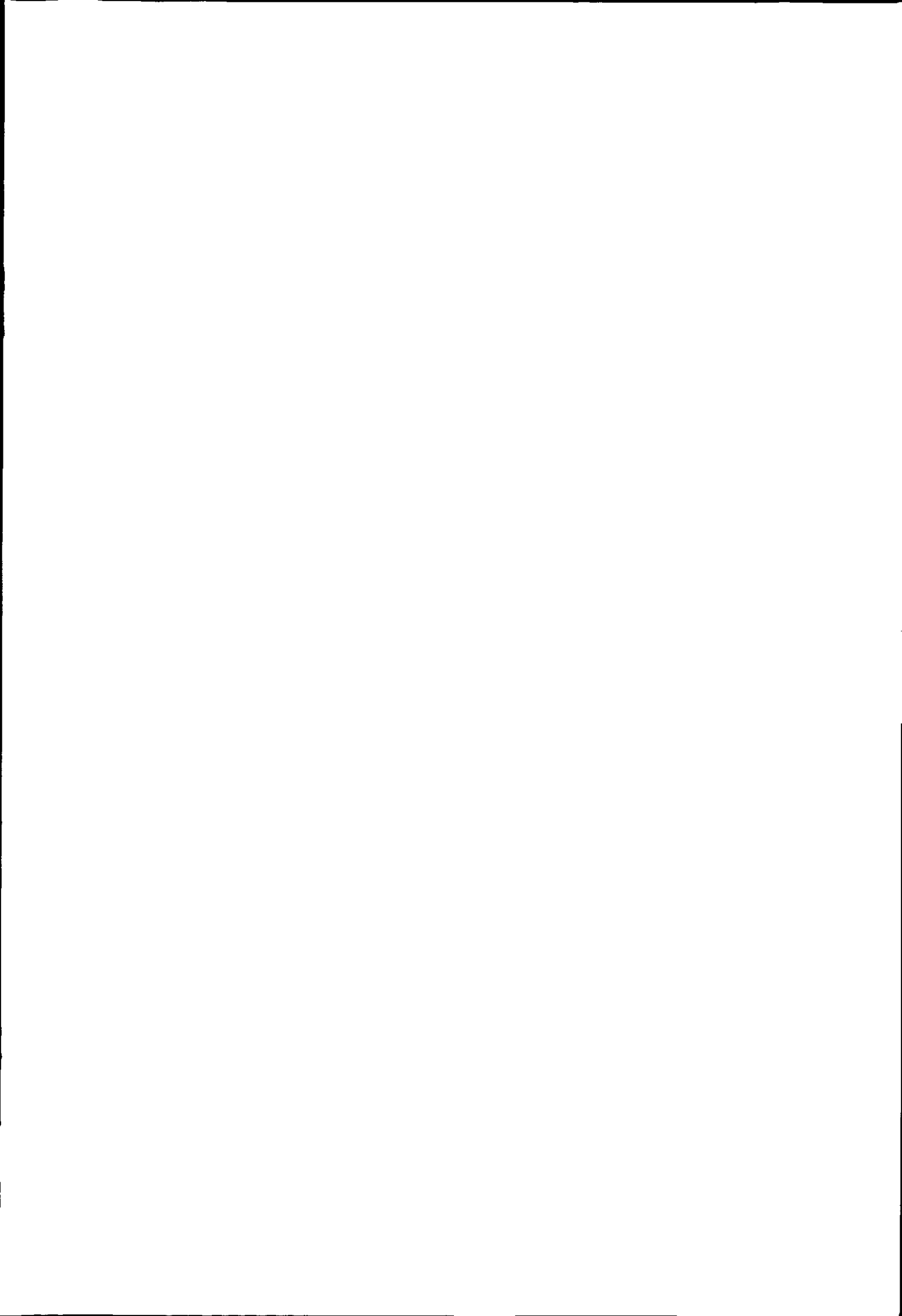
02 A 001

平成2年度
人工知能の技術と市場の動向に関する
調査研究報告書

平成3年3月



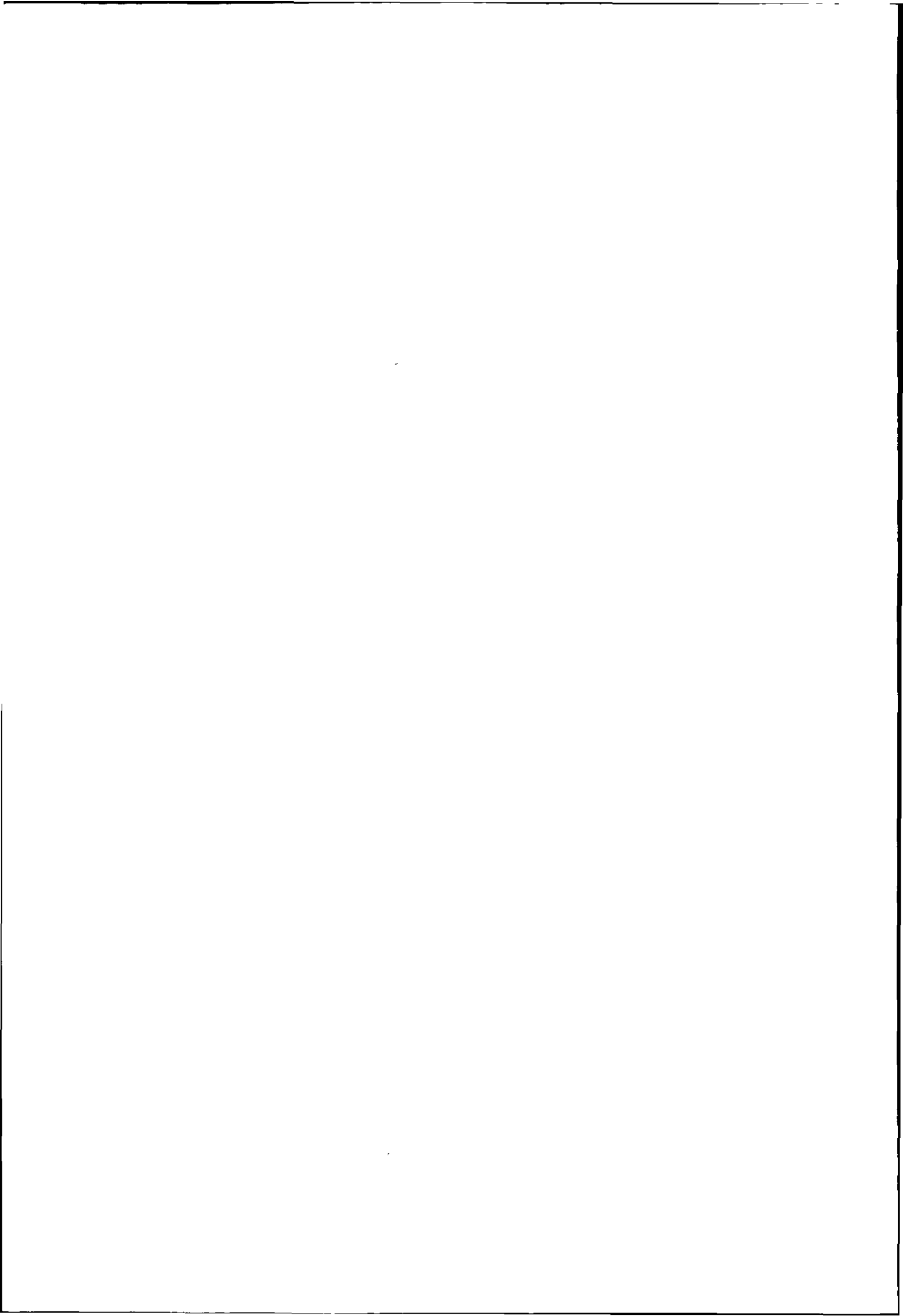
財団法人 日本情報処理開発協会



この報告書は、日本自転車振興会から競輪収益の一部である機械工業振興資金の補助を受けて平成2年度に実施した「人工知能の技術と市場の動向に関する調査研究」の成果の一部をまとめたものであります。

平成2年度

人工知能の技術と市場の動向に関する
調査研究報告書



はじめに

近年、新しい情報技術の一つとして人工知能(Artificial Intelligence AI) 技術に対する期待が高まっております。

とくに、1982年度から10年計画で通商産業省が世界に先駆けて開始した「第五世代コンピュータ開発プロジェクト」は、AIへの適用を目指した新しいコンセプトに基づく並列推論コンピュータを開発するものです。その後欧米諸国の政府は、わが国における同プロジェクトの刺激を受けて、それぞれAI関連プロジェクトを発足させております。

一方、米国においては、永年のAI技術の研究成果を製品化し販売するAI産業が誕生し、この影響を受けて、わが国でもAI関連のビジネスを行う企業が約100社に達しております。また現在、多様な産業分野において、AI技術を応用した知識情報システムやエキスパートシステムの導入がすすめられております。

このような動向の中で、当協会は、第五世代コンピュータの研究開発を実施している財団法人新世代コンピュータ技術開発機構（通称ICOT）と共同で、昭和61年4月に通商産業省のご指導のもとに「ICOT JIPDEC AIセンター」を発足させました。同AIセンターは、AI技術の普及振興事業を行うことを目的とし、その一環として、昭和62年3月に「AIビジョン総合委員会（委員長 渡辺茂東京都立科学技術大学学長）」がとりまとめた10年後（1995年）のAI需要予測を発表しました。その後、このAIビジョンに対する実情の動向を追跡調査することは極めて重要であるとの認識のもとに、継続調査として、「人工知能の技術と市場の動向に関する調査研究」を実施いたしました。

本調査研究報告書は、その成果をまとめたものであり、広くAIに関心を有する方々に利用され、情報処理の高度化に資することになれば幸いです。

最後に、本調査研究に当たって、ご協力いただいた委員はしめ関係各位に感謝の意を表する次第であります。

平成3年3月

財団法人日本情報処理開発協会

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	(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 昭夫	学術情報センター研究開発部 助教授
〃	武井 欣二	(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講師
〃	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開発室長
〃	王川 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 (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振興センター調査課長

AI利用ヒジョン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

事務局

市川 隆 (財)日本情報処理開発協会 AI振興センター所長
平井 吉光 (財)日本情報処理開発協会 AI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振興センター主任部員

目次

はじめに

第I編 総論

第1部 AI利用の現状と展望	1
1 AI利用の現状	1
2 産業社会におけるAI利用ビジョン	3
第2部 AI技術の現状と展望	7
1 AI技術の現状と動向	7
2 AI技術の展開	9

第II編 わか国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	14
11 AI導入の状況	14
12 産業別導入状況	14
13 事業所規模別導入状況	15
14 個別AIシステムの導入状況	17
15 個別AIシステムの今後の利用意向	18
16 未導入事業所のAIシステム導入意向	19
2 個別AIシステムの利用状況	21
21 AIシステム全般	21
211 AI要員	21
212 投資費用とその内訳	21
22 AI開発運用環境	22
221 AI言語及びツール	22
222 AI用マンシ	24
23 エキスパートシステム	24
231 エキスパートシステムの利用	24
232 適用業務と対象領域	26
233 開発目的と期待効果	26
234 システムの開発環境	28
235 システム実用化以降の状況	30
236 エキスパートシステムの評価	32

237	開発体制	32
238	外部機関の利用	32
239	導入実用化の問題点	32
2310	開発導入のための投資額	34
2311	その他の自由コメント	34
24	機械翻訳システム	37
25	知能ロボット	40
26	自動プログラミングシステム	40
27	画像理解システム	42
28	音声理解システム	45
29	自然言語理解システム	47
210	ファジィシステム	49
211	ニューロンシステム	50
212	その他のAIシステム	51
3	AIシステムの今後	52
第2部 各業界におけるAI利用ビジョン		
1	はじめに	62
2	各業界におけるAI利用ビジョン	62
21	電機業界	62
211	環境変化	62
212	業界の特徴	65
213	AIの潜在的利用可能性	69
214	AIによる新サービス 新製品	72
215	電機業界のAI利用ビジョン	76
22	化学業界	78
221	環境変化	78
222	業界の特徴	82
223	AIの潜在的利用可能性	83
2231	研究開発分野におけるAIの潜在的利用可能性	83
2232	生産活動分野におけるAIの潜在的利用可能性	84
2233	その他の分野におけるAIの潜在的利用可能性	85
2234	AIに対する投資意欲と投資計画	85
224	AIによる新サービス 新製品	85
2241	研究開発におけるAI	86
2242	生産活動におけるAI	86

2243	その他におけるAI	89
225	化学業界のAI利用ビジョン	89
23	運輸業界	90
231	環境変化	90
2311	労働力不足の進行	90
2312	多品種少量 高頻度物流	91
2313	物流事業規制の見直し	91
2314	国際化の進展	93
2315	地球環境の保全	93
232	運輸業界の特徴	93
2321	労働集約的産業	93
2322	請負業務か中心	93
2323	中小企業か大半	94
233	AIの潜在的利用可能性	94
2331	典型的業務の流れ	94
2332	運輸業でのAI利用の現状	94
2333	運輸業界での利用例	94
2334	運輸業でのAI利用の可能性	95
234	AIによる新サービス	97
2341	運輸業におけるサービスの現状	97
2342	AI利用による新サービスセンター構想	97
235	運輸業界のAI利用ビジョン	97
2351	オープンシステムの実現	99
2352	共同利用センター構想	99
24	流通業界	100
241	環境変化	100
242	業界の特徴	104
243	AIの潜在的利用可能性	106
244	AIによる新サービス	108
245	流通業界のAI利用ビジョン	109
3	産業社会におけるAI利用ビジョン	110
31	産業界が直面する環境変化とAIへの期待	110
32	ニーズから見たAI利用の展開	112
33	AI利用促進の戦略	113
34	AI利用ビジョン	115

第III編 AI技術の動向

第1部 全体動向

1 AI技術の全体像	125
2 基調動向	127
3 個別動向	129
3.1 AI応用技術	129
3.2 AI基礎及び基盤技術	132
4 今後の展望 大規模知識ベースを目指して	139

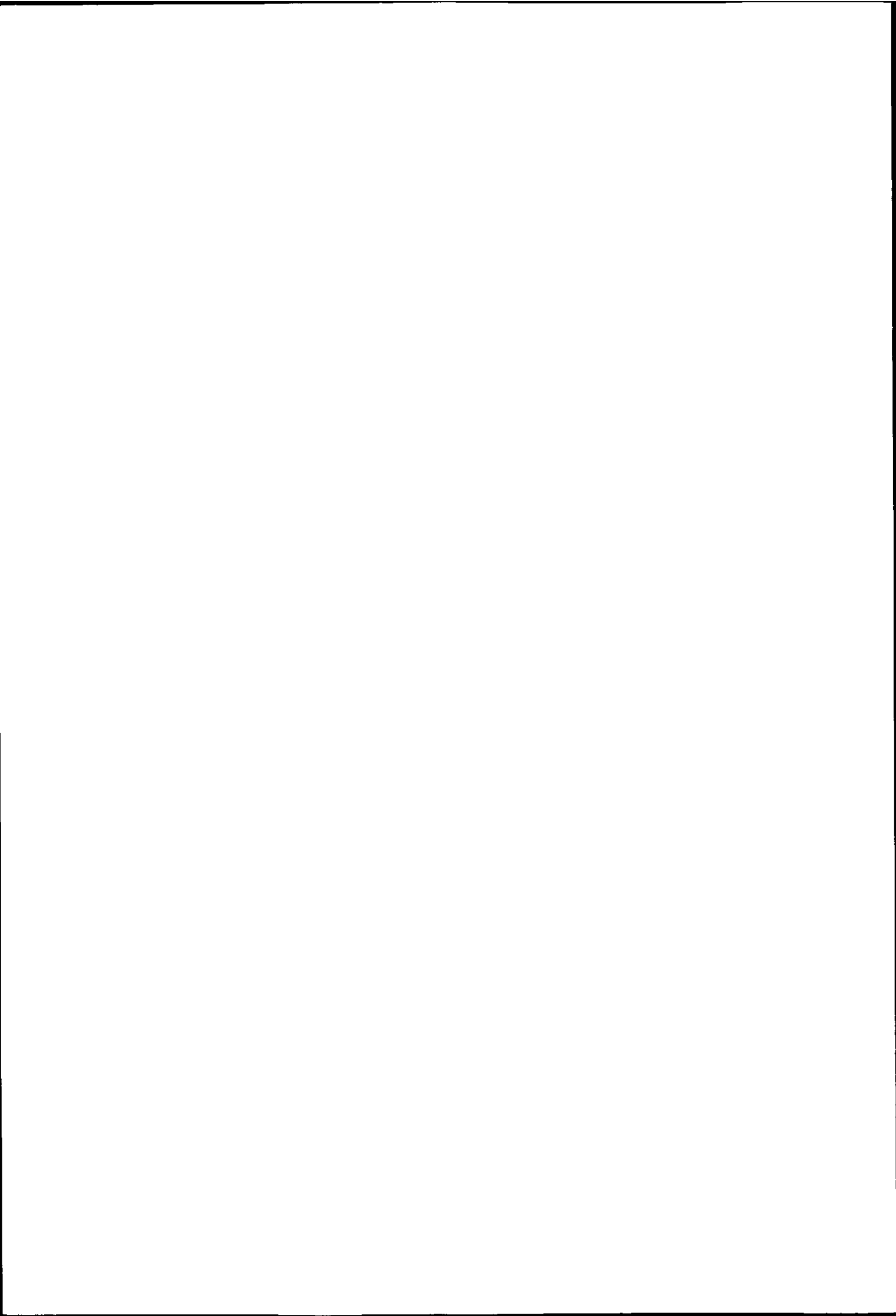
第2部 ハイライト技術-大規模知識ベース-

1 はしめに	142
2 背景	142
2.1 技術的背景	142
2.2 社会的背景	147
3 大規模データベースの現状と動向	152
3.1 大規模データベースの事例	154
3.1.1 特許庁の特許データベース	154
3.1.2 日本科学技術センターの科学技術文献サービス	158
3.1.3 学術情報センターのNACSIS-IR	162
3.1.4 日本経済新聞社の日経NEEDSデータベース	166
3.2 大規模データベースの現状での問題と将来への課題	175
4 大規模知識ベースの現状	180
4.1 CYC	180
4.2 電子化辞書、言語データベース	190
4.3 その他の大規模知識ベース	193
4.4 大規模知識ベースの課題とアプローチ	195
5 応用システムにおける知識ベースの現状と動向	197
5.1 エキスパートシステムでの動き	198
5.1.1 ‘深い知識’の利用	198
5.1.2 知識ベースの融合	199
5.1.3 知識獲得の効率化 容易化	200
5.2 その他の知的システムでの動向	201
5.2.1 CASEシステム	201
5.2.2 自然言語処理システム	202
5.2.3 図形 画像システム	203

524	音声理解システム 音楽情報処理システム	205
6	要素技術の動向	209
61	文書処理技術	209
611	文書翻訳技術	209
612	文書作成技術	213
613	文書要約技術	217
614	文書検索技術	218
62	データベース技術	221
621	知識ベースとしてのデータベース技術	222
622	実装化技術としてのデータベース技術	226
623	マルチメディア データベース技術	232
63	知識処理技術	239
631	基本技術	241
632	大規模化技術	250
64	ハイパーメディア技術	259
641	マインドノールとしてのハイパーメディア	259
642	情報表現 伝達メディアとしてのハイパーメディア	260
643	情報の組織化技術としてのハイパーメディア	263
65	高性能マシン技術	266
651	大規模データベース向マシン	266
652	システム管理向マシン	267
653	テキスト処理向マシン	268
654	知識処理向マシン	270
655	ニューラル コンピュータの適用可能性	274
66	標準化 オープン化	276
661	データベースの標準化	276
662	知識表現の標準化	279
663	文書処理における標準化	280
7	波及効果と応用	282
71	波及効果	282
72	応用システム	284
8	展望	290
資料 AI利用動向アンケート調査表		295

第I編 総論

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編及び第III編に述べられている。



第1部 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4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、各々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. 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なおさず就業者、生活者、学生、子供の全てにコンピュータが行き渡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ヘースの構築を促し、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我々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於て、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

で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）との意見がでている。

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とと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い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一つの考え方と思われる。とく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（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さなければならない（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（3 K企業）の人手不足、人材不足の解消に役だってくると考える（機械）との声が大きく、広義のCIMの普及が緊喫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、数理学、システム工学などが提供している数々の数値处理的パラダイムと、AIのような記号处理的パラダイムとの融合か、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、他の数値处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。

2. 産業社会におけるAI利用ヒジョン

産業社会におけるAI利用の可能性は無限にある。しかし、いさ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きわめて難しい。

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挙げられる。これによる労働力の不足は慢性的なもので、と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か、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、例えば流通業か、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、後継者か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か、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、各業界毎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ユーザー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ている。

各業界毎に得られた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へての局面で現れる。しかしながら、そこには2つの重要な応用場面があることか観察される。低価格で容易に手にいれられ、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か、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、ユーザー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、価格が下か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、普及か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か起こると考えられる。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かAI発展の有力な戦略の一つとなつて思われる。ヒヤリングから、明白にこの段階か消費者から望まれ、開発者からも強く意識し期待されていることか感しられた。エキスパートシステムの具体的実現例は多くかこの範囲に入る。

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。したかつて、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かある。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。

第2部 AI技術の現状と展望

1. AI技術の現状と動向

AI技術の現状を概観する。AI技術の基底となるコンピュータ技術の動向についてもふれる。AI技術の現状と展望を観るには、それと密接な関連を持つコンピュータ技術の正確な把握が必要である。

1.1 基本的な現状認識

AI技術の現状認識の基本的なものを順に列挙する。

○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かとはなかったか、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かった。翻訳家との連携を含め、やはり環境整備への努力が始まっている。

○難しさの再認識

出来そうに思えたものは、なんとか実現してきたか、難しそうに思えたものはやはり難しいものであった。人間の知能現象解析や機能実現の難しさか切実に実感された。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か、そう簡単にコンピュータ上に実現しようと思うほう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。

○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、その様な道具立ての大と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、適切な対象を選び出揃いつつある道具立てを適切に組合せて使い切るアプローチの方が実りある時期にきたようである。

○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か現実となった。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ブームは去ったか、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。

○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。そのための条件を十分に整いつつある。どのような心構えでどの方向に向かうべきかは、2節に記述する。

12 コンピュータ技術の動向

○加速されるダウンサイジング化、オープン化

パソコン、ワークステーションの大幅な性能向上に伴い、汎用機、特に中小型の汎用機から、ワークステーション、パソコンへのダウンサイジングが始まっている。又、ワークステーションのオープン化と強力なネットワーク機能は、業務の分散処理を押し進めている。

このダウンサイジングと分散化は、企業におけるピラミッド型の組織体制からネットワーク型への展開、運用コストの低減努力などと相俟って、急速に浸透している。逆に、このことは、情報処理技術に対し、ダウンサイジング化とオープン化への研究開発を加速している。

○アプリケーションの時代へ

今、情報処理技術はアプリケーションの時代となっている。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し、さまざまなアプリケーション技術の研究開発に役頭できるようになったのである。

とはいえ、個別のアプリケーションをばらばらに並へたてるのではアプリケーションの時代とは言えぬのであろう。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も方向付けることになる。

○危惧されはしめたコンピュータ産業の体質

ここ数年のコンピュータ産業の発達是非常にめざましい。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既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益々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くだろうし、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を検討しなければならない。

2. AI技術の展開

2.1 基本的な視点

○知能現象の広さの自覚

基本的な心構えとして、知能現象の広大無辺さを十分自覚すべきである。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。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、そうすることへの十分な自覚が必要である。

○総合的な見取図と個別技術の正確な位置付け

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。コンピュータ技術が現在ここまでできたのはそれだけのことがあるからである。

○基調となる記号主義

人工知能における記号処理、より具体的には記号処理技術の限界が言われ、ニューラルネットワークなどが提案されたことがあった。しかし、その役割も小さく限定されたものとして評価されるようになっている。そして記号処理の役割の大きさか再認識され、それに基づいて人工知能技術を飛躍させようとする試みか強く求められている。

2.2 基軸となる流れ

○やはり知識、知識の生態

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しなければならない。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、強力な技術が開発される。知識の生態系を形成するような技術開発が望まれている。

○人間とコンピュータの複合体としての知識システム

ハイパーメディアの出現は、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。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パーソナルな形で獲得したのである。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。

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か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り、人間とコンピュータとが、一体となった複合体としての知識システムを形成するのである。

○重要な大規模さ、大量処理技術

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様々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。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も急激に低下し、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。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我が国においてさえ、手に負えぬほと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。

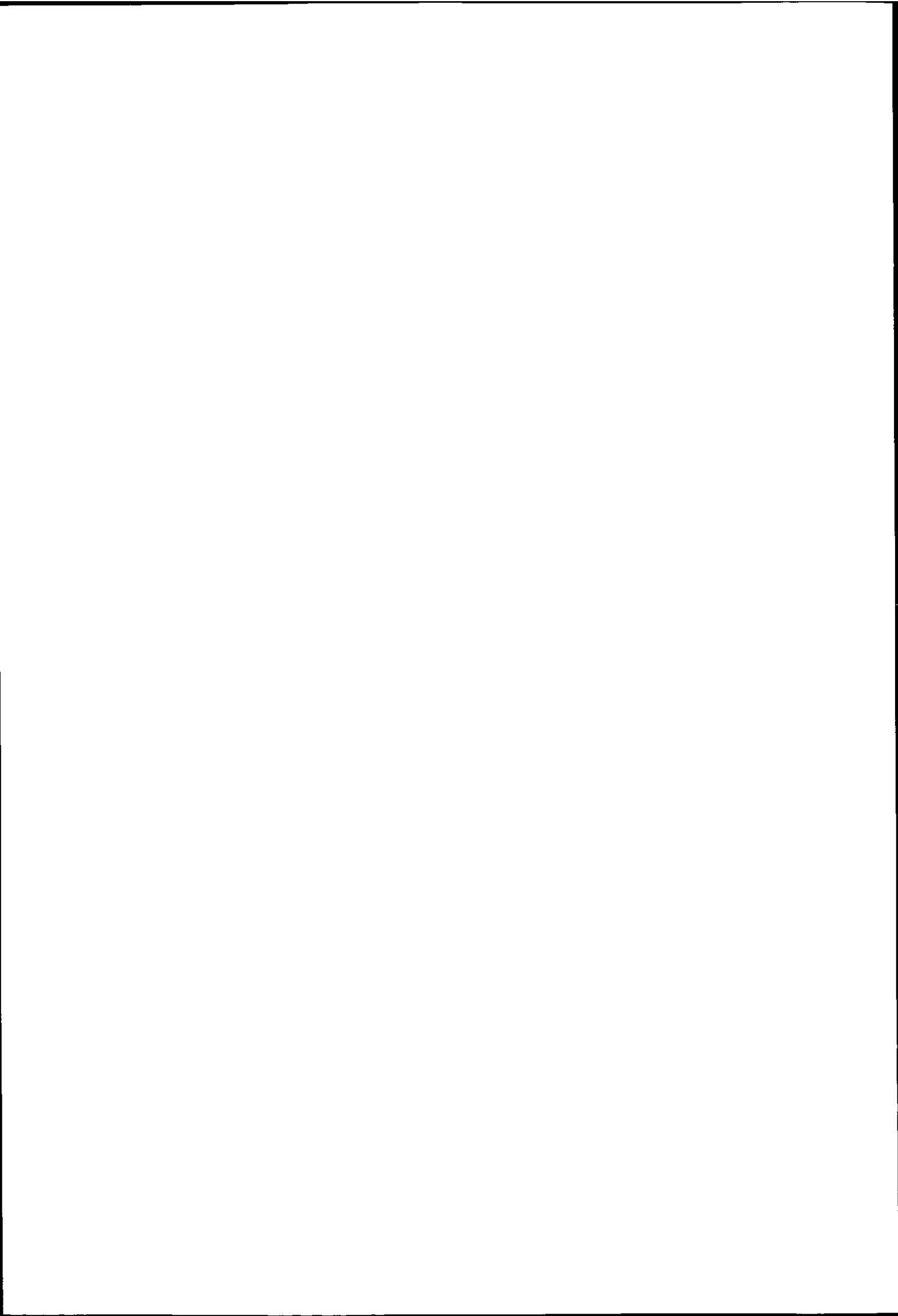
このような情報爆発に体する根本的な解決手段として、これまでの大規模データベース、大規模情報検索を、より高度により知的にする大量な情報を対象とする大規模処理技術の確立が急務である。

○頑健な技術と斬新な技術

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もつ力の源泉か、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、再利用の困難性、汎用性の欠如、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。

このような知的システムの前進を阻む「知識の脆弱」を打開するためには、結局のところ知識に頼らざるをえない。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、それを解く鍵を従来例をみたことのない「頑健」で「斬新」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。

第II編 わか国AI利用の動向



第1部 AIシステムの利用状況

AI利用動向アンケート調査方法の概要

第1部のデータは全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）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1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なった。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 11 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なった。

基礎食料産業	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 ハルブ、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	電子計算機メーカー、情報処理、ソフトウェア、出版 報道
その他	組合 諸団体

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

わか国におけるAIシステムの導入状況は図表Ⅱ-11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か導入と回答）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を同時に発送したか、このアンケート発送方法の差か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併せた合計は25.3%であり、1989年調査の37.8%及び1988年調査の20.6%と比較してみると、この数字の上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-12に示すとおりである。これによれば、教育公務関連か導入率では第1位（20.8%）であり学校・研究所の存在か効いているようだ。昨年は、公共サービス関連か第1位で47.7%であったか今年は14.1%に低下している。これは、昨年に比へ公共サービス関連でのアンケート回収数か、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位は昨年と同しく基礎資材産業の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か高い。以下、加工組立産業か16.3%、情報処理産業、公共サービス関連かそれぞれ14.1%（主に官庁・政府機関や建設業）となっている。

図表Ⅱ-11 AI導入・未導入事業所数

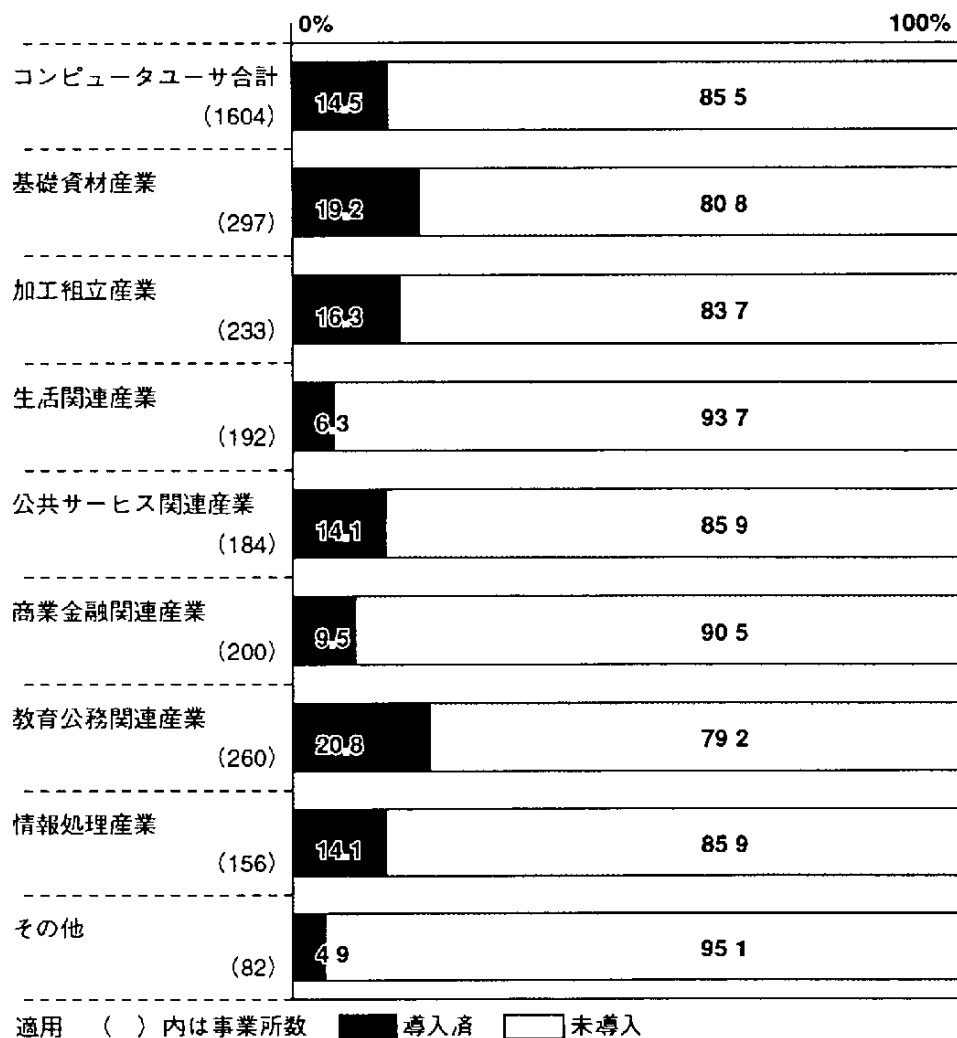
調査年	項目	発送数	有効回答	導入事業所数	未導入事業所数
1990年	合計	7,195	1,970	499 (25.3%)	1,471 (74.7%)
	コンピュータユーザ	6,266	1,604	232 (14.5%)	1,372 (85.5%)
	AIセンター会員	929	366	267 (73.0%)	99 (27.0%)
1989年	合計	7,084	1,844	697 (37.8%)	1,147 (62.2%)
	コンピュータユーザ	6,238	1,449	379 (26.2%)	1,070 (73.8%)
	AIセンター会員	846	396	318 (80.5%)	77 (19.5%)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

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%、ソフトウェア開発 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。

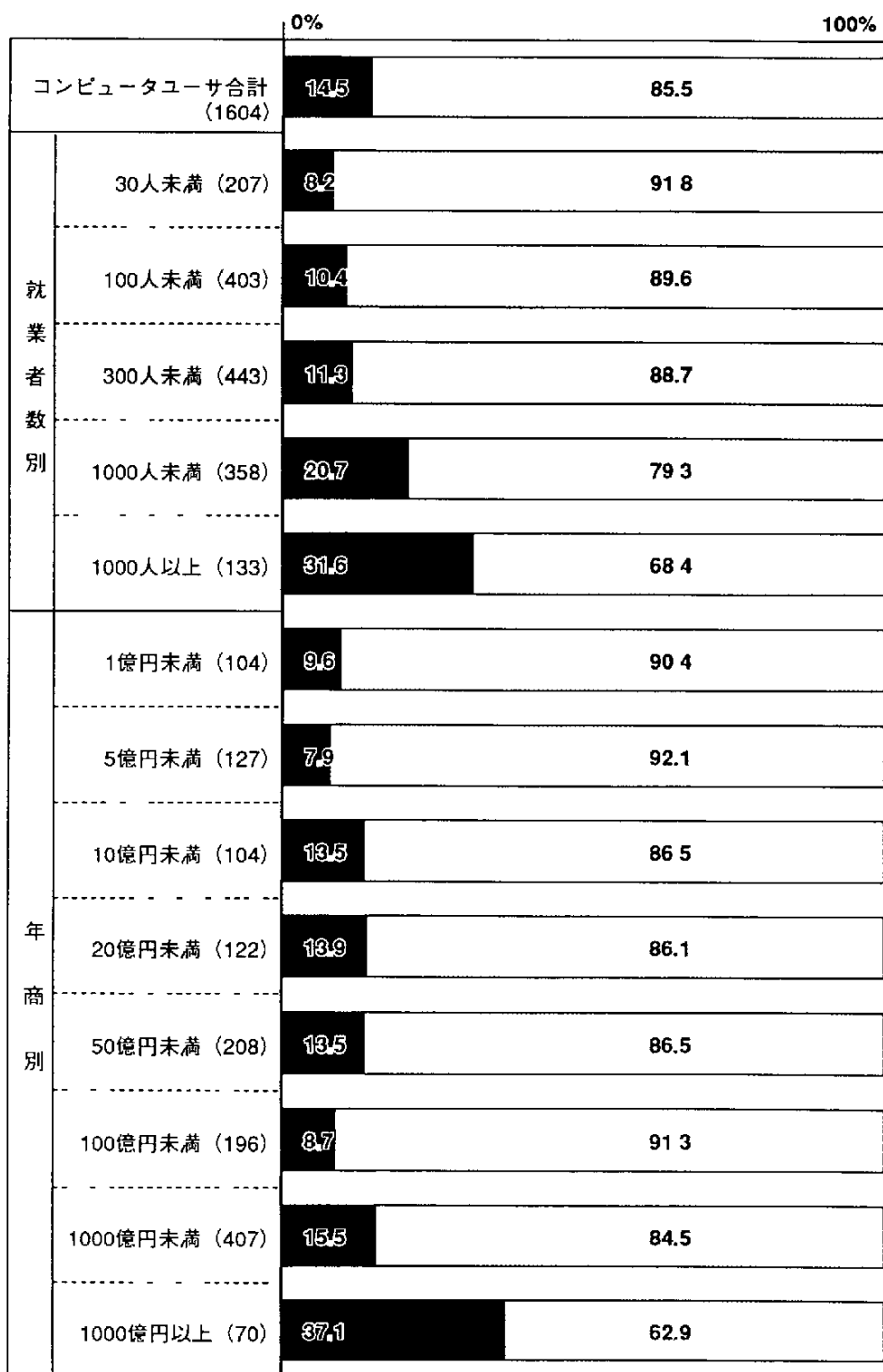
1.3 事業所規模別導入状況

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

図表Ⅱ.1.2 コンピュータユーザの産業別導入状況（1990年）



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

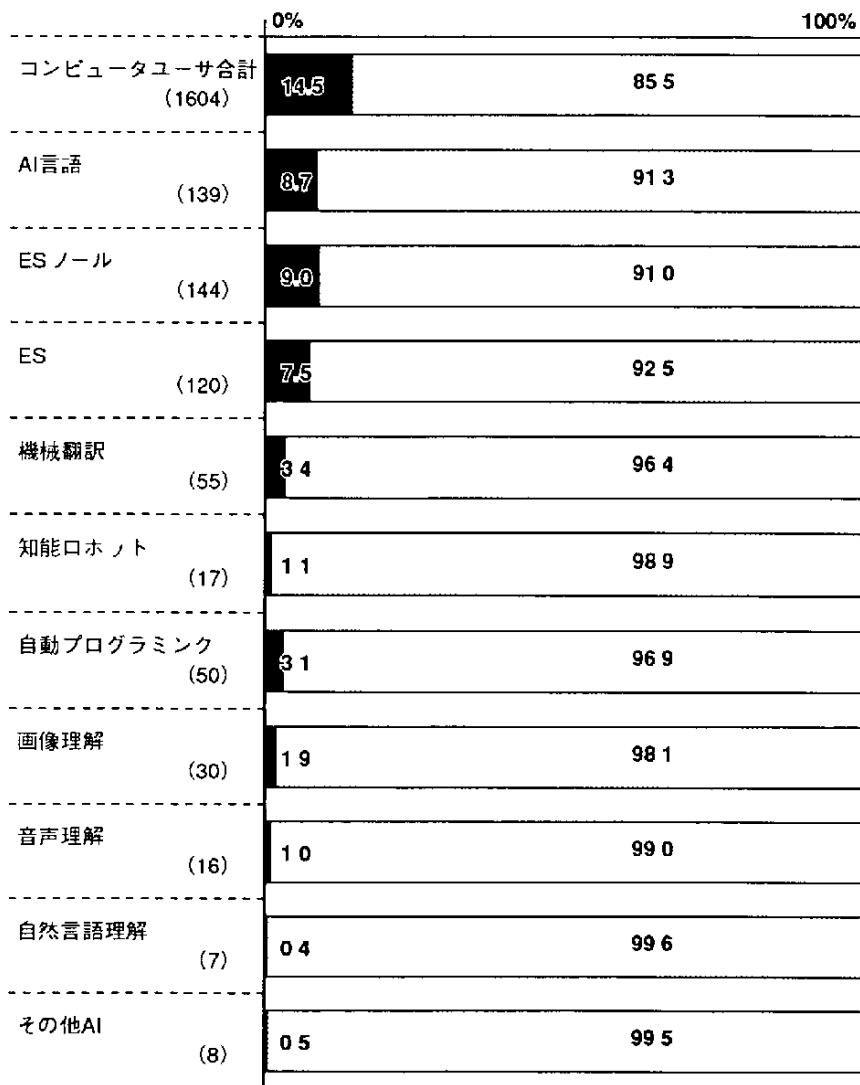
入率となっている。

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1000億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。1000億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

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

ール（ESソール）は90%（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Ⅱ4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のようになった。

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、より複雑な問題解決に対するニーズの強さかうかがわれ、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か、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か、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3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%などか続いている。

(7) 教育公務関連産業は、AI導入率の高さとは裏腹に、選択枝がマンネリ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。

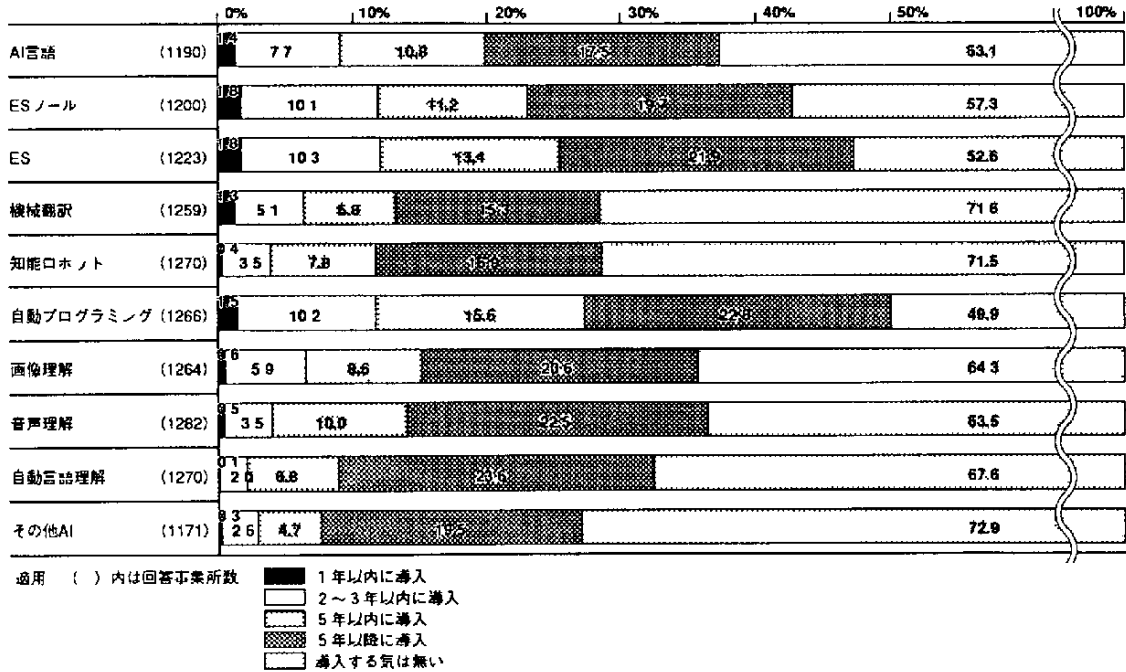
自然言語理解システムでは、データベース検索に対する利用意向が殆んどどの産業で20%を超えている。

1.6 未導入事業所のAIシステム導入意向

前出の図表Ⅱ-11に示すように、コンピュータユーザの内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-15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も多かった。最も導入意向の高いの

図表II-15 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-26 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-17 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
		b 内部人件費	約480万円
		c 外注費	約380万円
3	教育 訓練	AIシステム開発要員	約60万円
		うち知識エンジニア	約30万円
4	その他	約60万円	約310万円
合計		約1,720万円	約6,160万円

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、これと併せて、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（昨年は66.1人）であり、その内19人（37%）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か分かる。

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、1～5億円の間には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年度の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%と増える傾向を見せている。

2.2 AI開発運用環境

2.2.1 AI用言語及びツール

AIシステムのシステム開発を支援するAI言語及びツールの所有本数は、コンピュータユーザの方が平均87本とAIセンター会員の59本を上回っている。両者を合わせた平均は71本となっている。このうち市販の言語・ツールは22種類、自社で開発したものは04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37.9%、Prolog系が22.1%、C言語系が20.5%となっており、オブジェクト指向系が11.4%である。

言語及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%、試用のためが20.5%などとなっている。

また、AI用言語およびツールかどのようなシステムの開発に用いられているかについては、圧倒的にエキスパートシステム（82.1%）との答えが多かった。言語系と応用システムの関係では、どの言語系ともエキスパートシステムに利用されるケースが多いが、Prolog系やLISP系は、自然言語理解システムの開発にも用いられていることか分かる（図表Ⅱ-1.8）。

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%、余り使っていないが25.6%となっている。言語系でこの傾向を分析すると、C言語系やLISP系は本格的に利用しているとの回答が多いが、Prolog系は試験的に利用、あるいは余り使っていないとする回答が多い。

図表II-1-8 AI用言語・ツールの応用システム（上段：事業所数 下段：比率%）

	回答事業所数	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システム	画像処理システム	音声理解システム	自然言語理解システム	その他AIシステム	無回答
合計	895 100.0	735 82.1	22 2.5	9 1.0	31 3.5	19 2.1	12 1.3	44 4.9	114 12.7	1010 -
Lisp系	313 100.0	265 84.7	3 1.0	2 0.6	6 1.9	6 1.9	3 1.0	17 5.4	35 11.2	18 -
Prolog系	183 100.0	140 76.5	5 2.7	3 1.6	6 3.3	4 2.2	4 2.2	21 11.5	37 20.2	10 -
オブジェクト指向系	97 100.0	77 79.4	5 5.2	2 2.1	7 7.2	3 3.1	3 3.1	7 7.2	17 17.5	3 -
C言語系	177 100.0	159 89.8	3 1.7	1 0.6	6 3.4	4 2.3	1 0.6	4 2.3	16 9.0	2 -
PL/I系	12 100.0	11 91.7	-	-	-	-	-	-	1 8.3	1 -
その他	88 100.0	65 73.9	7 8.0	3 3.4	9 10.2	4 4.5	3 3.4	1 1.1	11 12.5	2 -

図表II-1-9 AI用マシンの応用システム（上段：事業所数 下段：比率%）

	回答事業所数	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システム	画像処理システム	音声理解システム	自然言語理解システム	その他AIシステム	無回答
合計	611 100.0	499 81.7	18 2.9	5 0.8	15 2.5	23 3.8	8 1.3	35 5.7	83 13.6	484 -
AI専用マシン	60 100.0	48 80.0	2 3.3	-	2 3.3	-	-	7 11.7	7 11.7	-
メインフレーム	57 100.0	46 80.7	5 8.8	-	2 3.5	1 1.8	1 1.8	2 3.5	8 14.0	9 -
ミニコン	28 100.0	23 82.1	1 3.6	-	-	2 7.1	-	2 7.1	5 17.9	4 -
ワークステーション	239 100.0	190 79.5	5 2.1	5 2.1	6 2.5	14 5.9	4 1.7	18 7.5	33 13.8	13 -
パソコン	199 100.0	171 85.9	3 1.5	-	2 1.0	5 2.5	1 0.5	5 2.5	26 13.1	10 -
並列処理マシン	4 100.0	1 25.0	1 25.0	-	1 25.0	-	2 50.0	-	2 50.0	1 -
その他	3 100.0	-	-	-	2 66.7	1 33.3	-	-	-	-

2.2.2 AI用マシン

AIシステムの開発運用に使用するマシンの台数は、コンピュータユーザが平均1.9台、AIセンター会員が5.5台で、両者を合わせた平均は3.9台となっている。

利用されているマシンの種類は、コンピュータユーザでは、ワークステーション33.5%、パーソナルコンピュータ32.2%、汎用機は18.9%の利用。ミニコンピュータは5.7%と少ない。これに対しAIセンター会員では、ワークステーション(44.0%)、パーソナルコンピュータ(34.0%)の順に多く、次にAI専用マシン(10.3%)が用いられ、汎用機(5.8%)はミニコンピュータ並(4.8%)である。両者を通し、並列処理マシンを利用しているのは5事業所である。

マシンの使用目的は、ワークステーションやAI専用マシンの場合、システム開発や運用に使われるケースが多い。

AI用マシンの利用される応用システムは、マシンの種類によらずエキスパートシステムが多く、また、ワークステーションは、自然言語理解や、画像理解、機械翻訳にも使われている(図表II-1-9)。

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及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

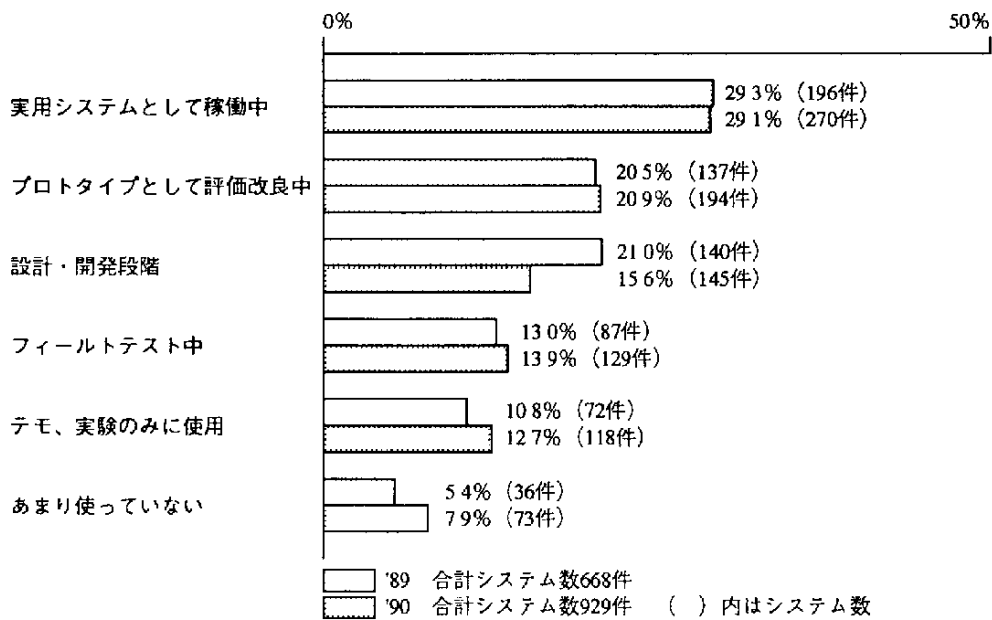
AI導入済み事業所390の内、エキスパートシステムを開発中・稼働中であると回答した事業所は253事業所929システム(平均3.7システム)である。前回(1989年調査)の163事業所668システム(平均4.1システム)に比べ、平均システム数で0.4ポイント下がっている。

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。

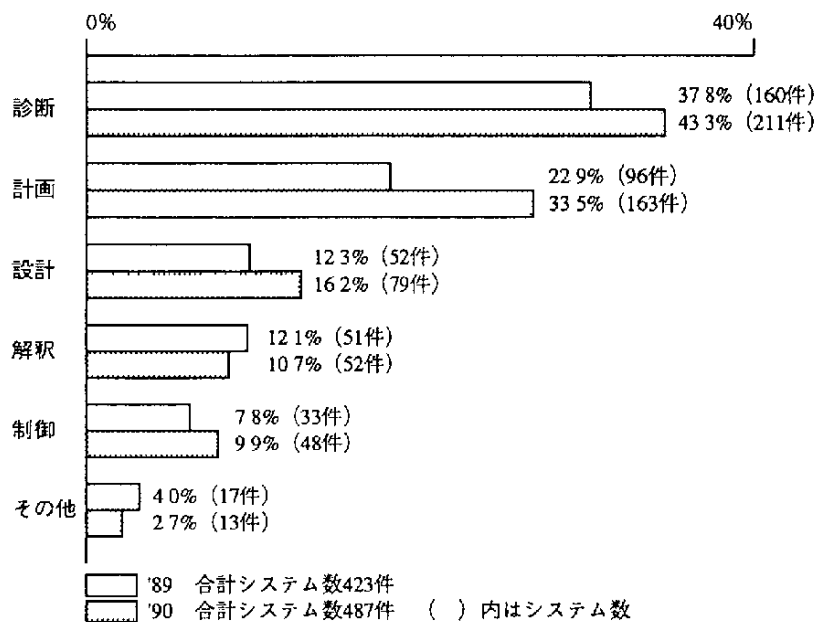
システムの利用状況については、実用システムとして稼働中29.1%270システムであり、また、フィールドテスト中13.9%129システム、プロトタイプとして評価改良中20.9%194システムである。これらを実用化途上のシステムと考えると、63.8%593システムが実用を目的としたシステムと言える。1989年調査(実用システムとして稼働中29.3%、フィールドテスト中13.0%、プロトタイプとして評価改良中20.5%)と比べると、ほぼ同様の結果となっている(図表II-1-10)。

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%で、学校・研究所が含まれるためか他産業に比べかなり低い値となっている。次に、「余り使っていない」という割合は

図表II-1-10 エキスパートシステムの利用状況（1990年）



図表II-1-11 エキスパートシステムの対象領域（1990年）



全産業平均73システム（7.9%）と低い値であるが、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へ「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%）。これは、情報処理産業がエキスパートシステムを構築利用するよりも、他産業にエキスパートシステムの開発パワーを提供している産業であるためと考えられる。

2.3.2 適用業務と対象領域

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

適用業務のうち、多く挙げられたのは計画 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）に比へ故障診断と計画 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かわかる。

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。

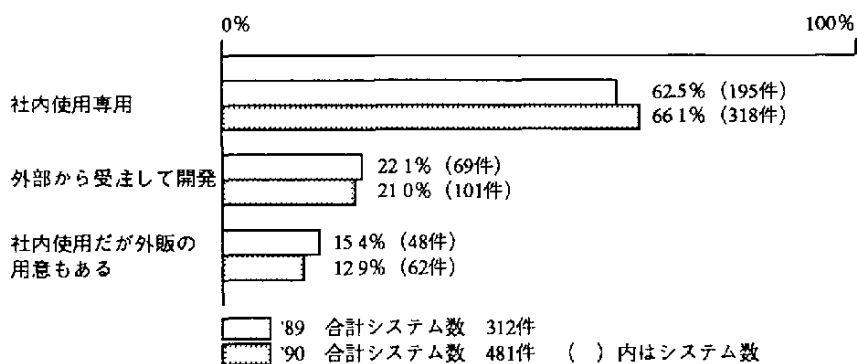
加工組立産業のエキスパートシステム適用業務は、故障診断23.3%、自動設計10.7%、製品開発支援7.8%、計画 シミュレーション7.8%である。商業金融関連は、契約 医務 損害査定17.9%、資金運用14.3%、窓口相談7.1%であり、情報処理産業は全ての適用業務にわたり広くエキスパートシステムを構築している。

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。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%）が注目される。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かわかる。産業別に分析すると、基礎資材産業は計画型56.2%が多く、ついで診断型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。

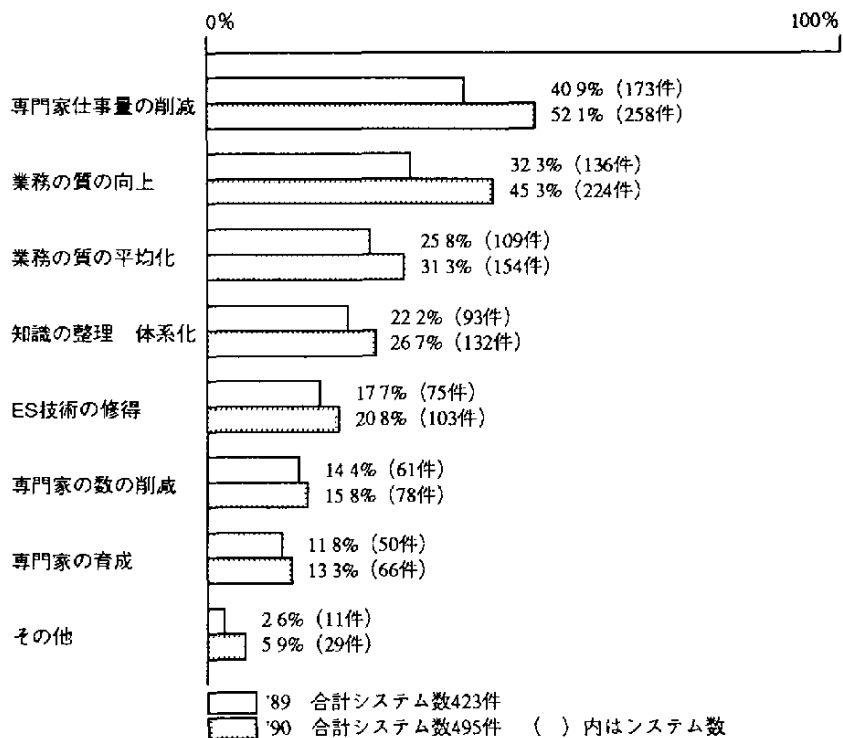
2.3.3 開発目的と期待効果

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。

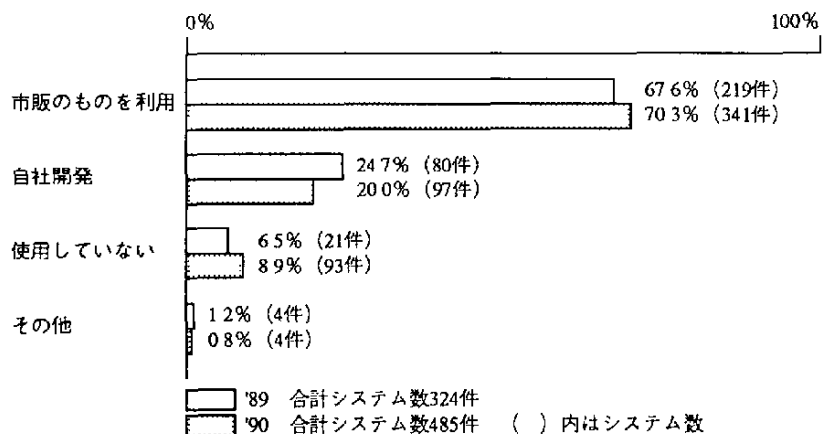
図表II-1-12 エキスパートシステム開発目的の用途（1990年）



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）



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、年度毎には若干の変化はあるものの全体的には余り変わっていない。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。

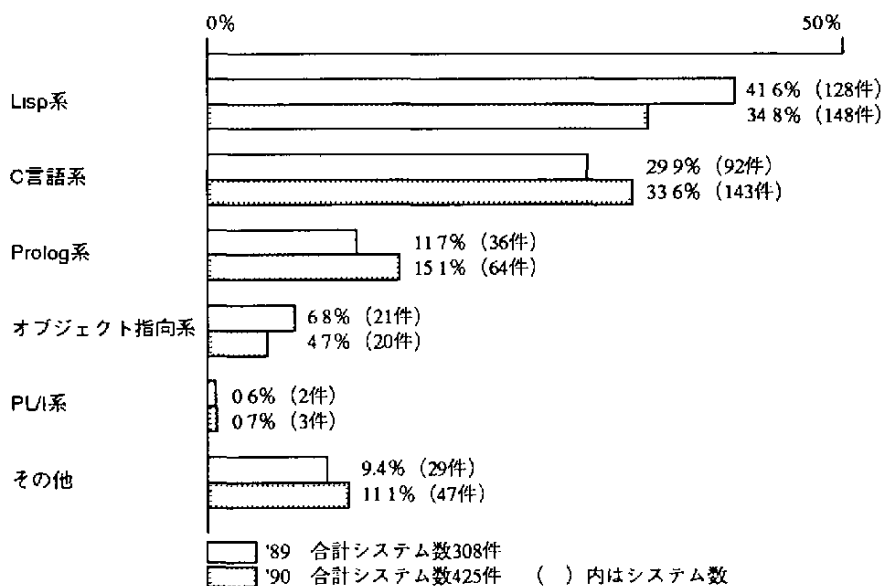
エキスパートシステム開発に使用している言語については、図表Ⅱ-1-15に示すとおりである。Lisp系が34.8%、C言語系が33.6%と使用割合が高い。前回にはLisp系が41.6%、C言語系が29.9%であり、今回はLisp系が減少し、C言語系が増加している。これは、実用を考慮して開発をする場合、汎用性、処理速度、移植性、経済性の観点からC言語系が有利であるため考えられる。さらに、後述する開発マシン環境でパーソナルコンピュータやワークステーションの割合が高く、C言語系がこのような環境下では最も実用的な処理系であることも大きな要因であろう。

産業別に分析した時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挙げられる。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。

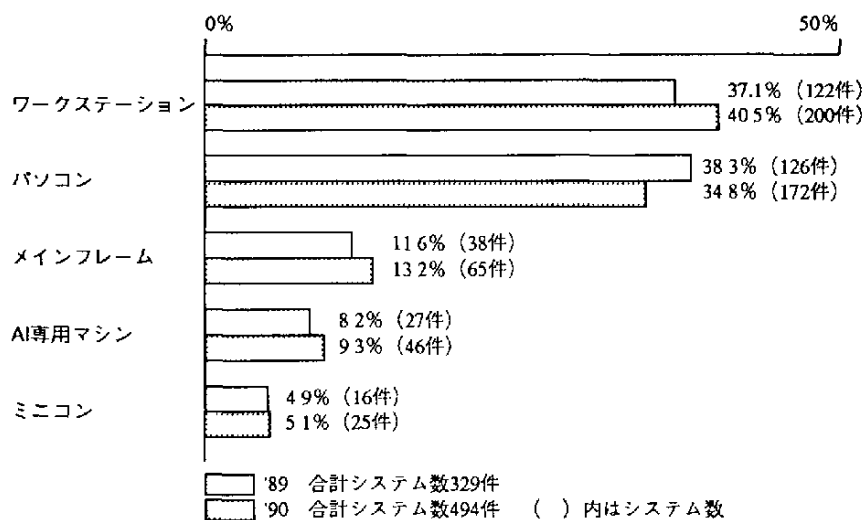
開発用マシン環境について（図表Ⅱ-1-16）は、ワークステーションが40.5%、パソコンが34.8%と両者合わせて75.3%を占めている。

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

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)



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

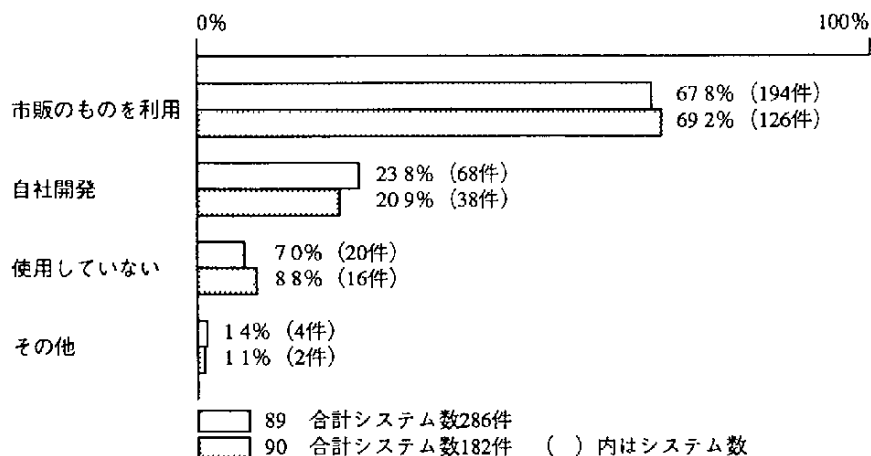
実稼働段階でのエキスパートシステムで使用されている構築支援ツールについては図表Ⅱ-1-17に示すとおりである。「市販のものを使用」が69.2%であり、「自社開発」20.0%、「使用していない」8.8%と続き、これも前回の調査とあまり変化がない。

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%に急激に減少していることが注目に値する。

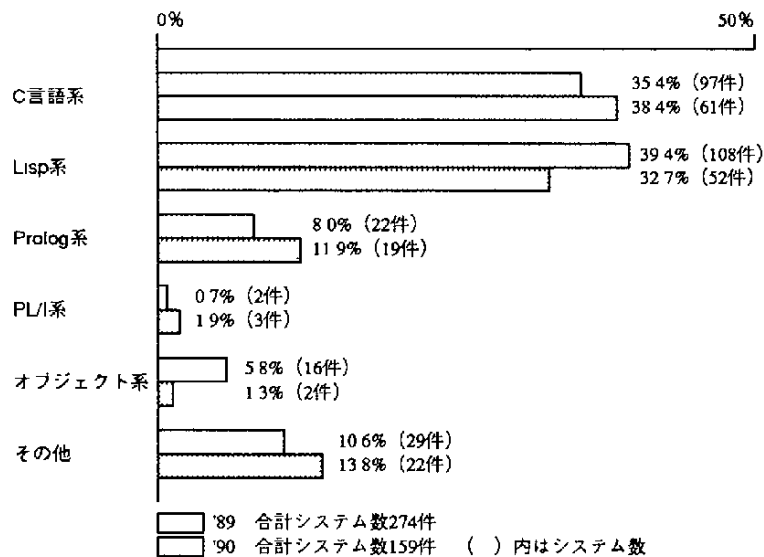
Prolog系言語は商業金融関連と教育公務関連がそれぞれ36.4%、30.0%と平均15.1%を大きく上回って高かったものか、教育公務関連は平均並になり（16.7%、平均11.9%）、商業金融関連は割合は高いものの（30.0%）、Lisp系（30.0%）、C言語系（30.0%）と同等になっている（ちなみに開発時はLisp系27.3%、C言語系18.2%）。

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

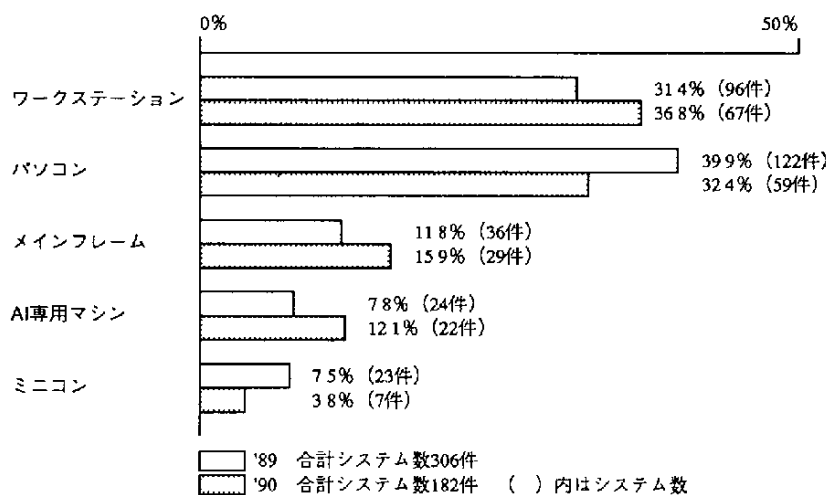
図表Ⅱ-1-17 実稼働エキスパートシステムの使用ノール（1990年）



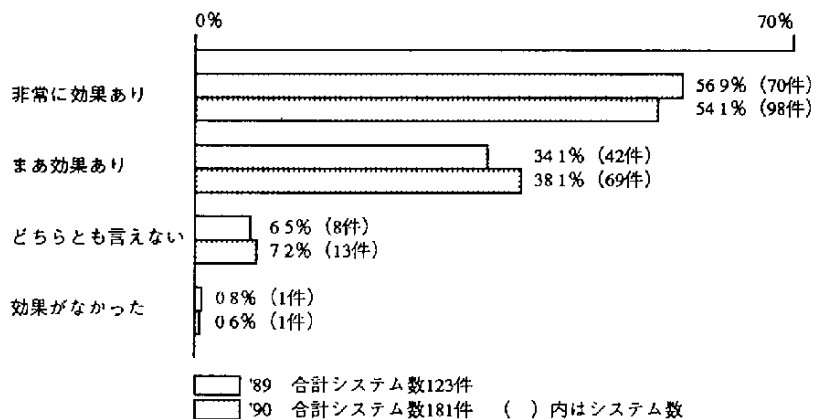
図表II-1-18 実稼働エキスパートシステムの使用言語 (1990年)



図表II-1-19 エキスパートシステム実稼働用マシン



図表II-1-20 実稼働エキスパートシステムに対する評価



ソコンは減少気味である。これは、開発マシン環境とは異なった傾向を示している。

開発環境時に比へ割合が高いものは、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。

236 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）。

237 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「専門家か参画して情報処理部門か実施」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「情報処理部門か主体となって実施」の割合が23.1%（平均8.9%）と高いことが挙げられる。

238 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位として挙がっているものは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。

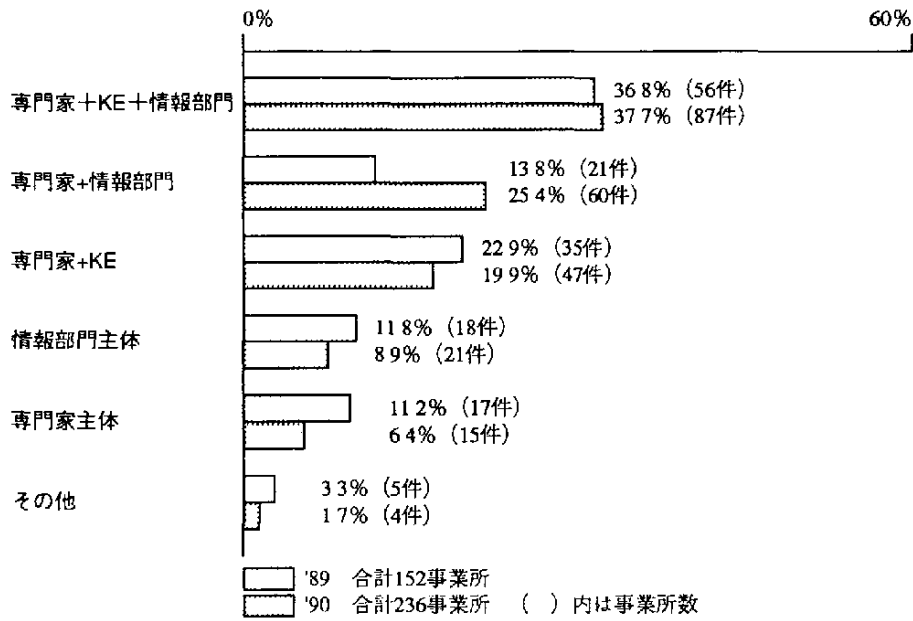
産業別にさらに分析すると、加工組立産業、教育公務関連で「利用は考えていない」と回答した割合が高くそれぞれ30.8%、25.0%となっている。逆に基礎資材産業、商業金融関連はそれぞれ10.6%、11.1%と低い。

239 導入実用化の問題点

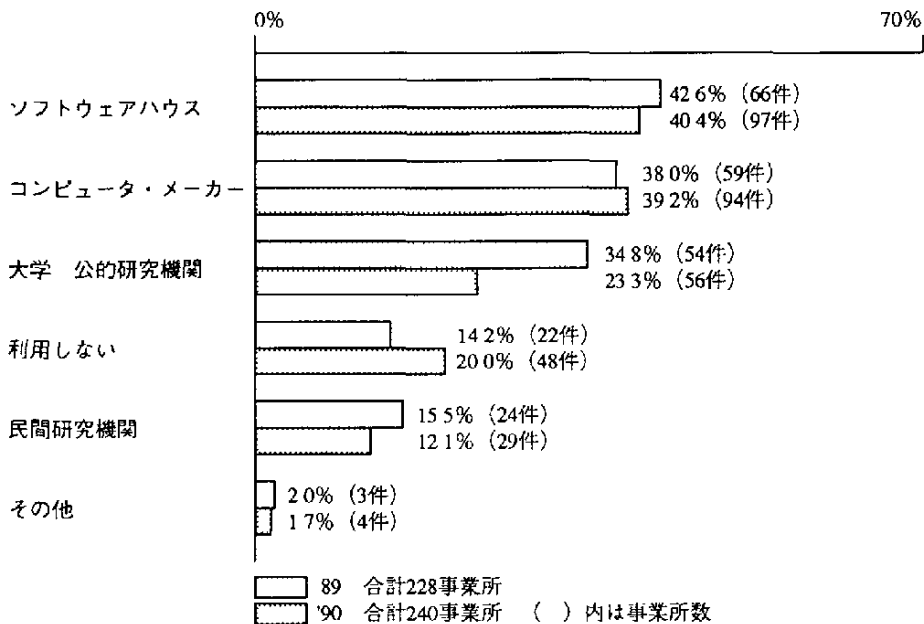
エキスパートシステムの導入 実用化において、事業所が抱えている問題点は図表Ⅱ-1-23のとおりである。

「知識獲得に障害がある」が47.3%、「開発者かメンテナンスまで関わらざるを得ない」が38

図表II-1-21 エキスパートシステムの開発体制（1990年）



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）



5%、「知識エンジニアが不足である」が36.0%となっているが、前回調査時に比へ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したがって、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」がトップに挙げられている。

2.3.10 開発導入のための投資額

図表Ⅱ-124はエキスパートシステムに対する1990年度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2つある。1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-125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。

産業別に分析した時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。

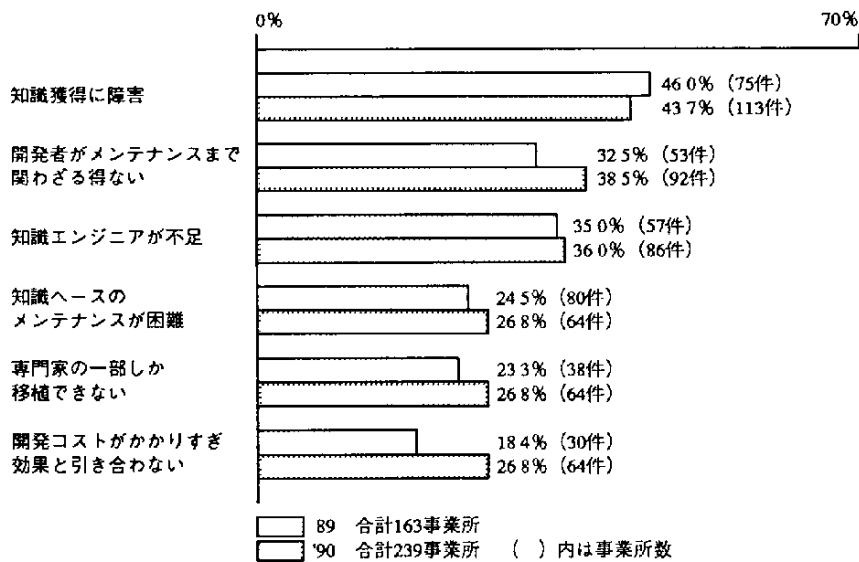
2.3.11 その他の自由コメント

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。

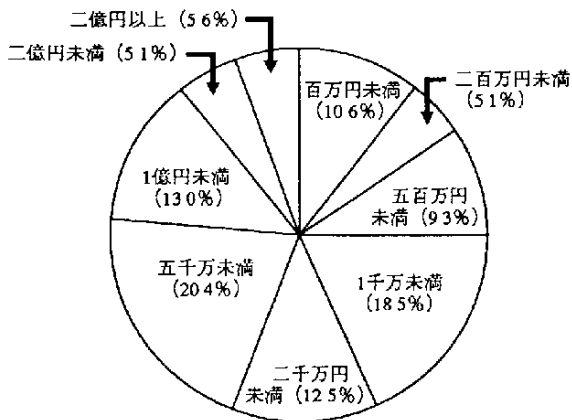
(1) 適用分野 対象分野に関するもの

- 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）

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)

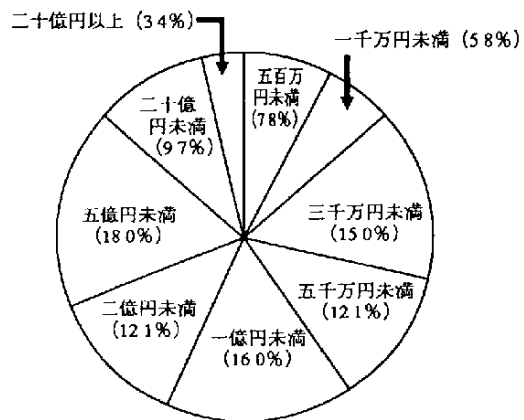


図表II-1-24 エキスパートシステムの年間投資額 (1990年)



適用：合計回答数 216事業所

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)



適用 合計回答数206事業所

・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）

全分野に対して増加の方向。（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）

各担当者かハンディパソコンをもって現場で処理するようなシステム。（塗業）

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）

ユーザ自身か（専門家自身か）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）

市販の検討をしたい。（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）

様々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かできる。(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)

・全ての人か何らかの形で利用する様になる。(エン지니어リング)

余り実用化は期待しないか、エキスパートシステムに関する研究は継続。(機械)

工場の人か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か実用に耐えられなければ見込みかない。(教育)

(エキスパートシステムにより)人間か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か、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)

24 機械翻訳システム

241 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なわれ、1960年代中頃から1970年代以降に欧米、日本で研究開発がさかんに進められた。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かとられはじめ、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、製品の発表も活発なAI応用の分野である。最近、パソコン通信の大手ネットワークのいくつかか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-126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、導入事業所数か大きく広がり、導入数か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か多く、昨年大きな比率を占めていた基礎資材産業の比率か低下している。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。

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。昨年に比へて実験中が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。

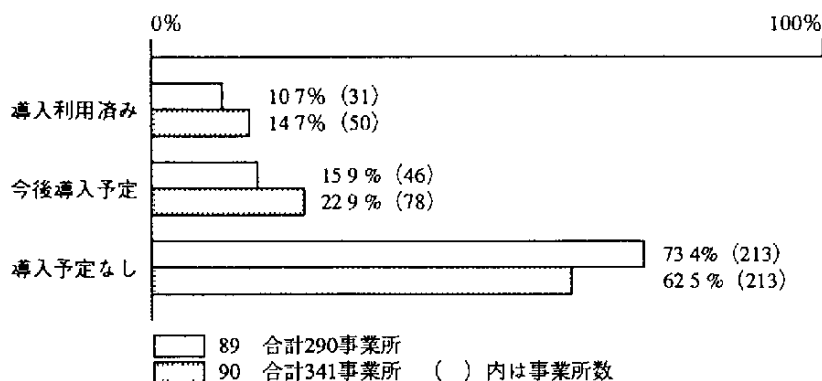
2.4.3 問題点と今後の見通し

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ことと指摘しており、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。

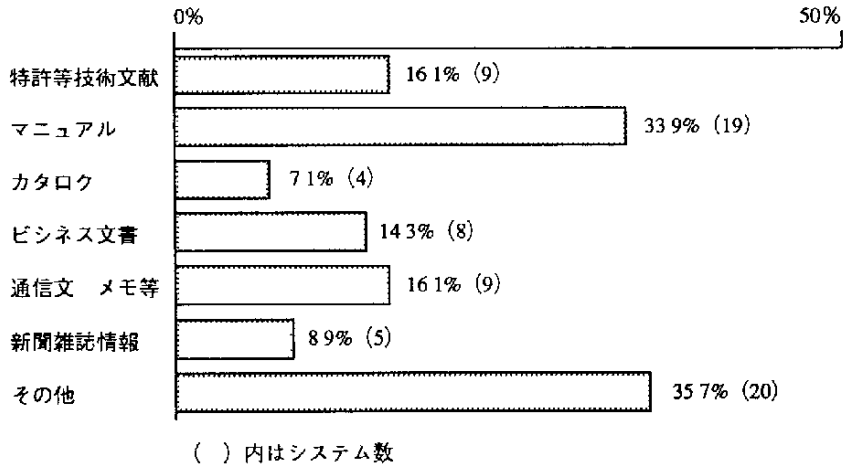
人間が翻訳するような完全な機械翻訳システムは当分先になるものと考えられるか、第一次的な粗訳を代替させることにより、翻訳者の支援システムとしての実用化が進みつつある。

機械翻訳システムに対する今年度の投資額は図表Ⅱ-1-29に示すとおり、1000万円未満というのか回答事業所の84.8%を占めるか、多いところでは5億円～20億円にもものぼる。

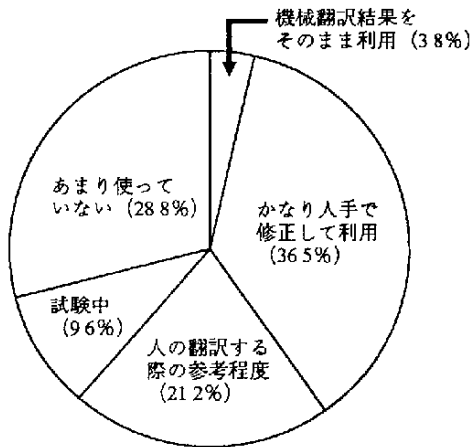
図表Ⅱ-1-26 機械翻訳システムの導入状況（1990年）



図表II-1-27 機械翻訳システムの利用分野（1990年）

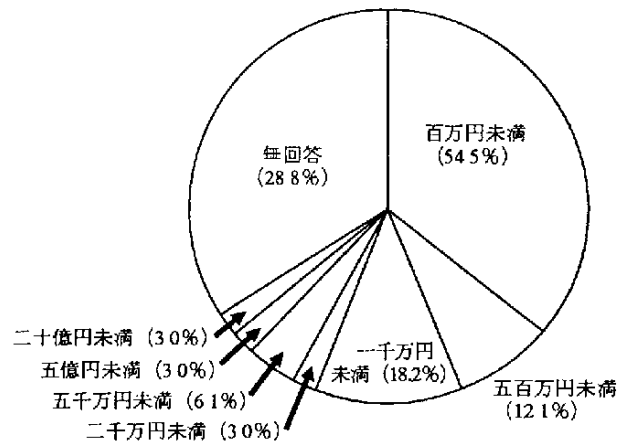


図表II-1-28 機械翻訳システムの利用形態（1990年）



適用・合計回答数 52事業所

図表II-1-29 機械翻訳システムの年間投資額（1990年）



適用 合計回答数 33事業所

25 知能ロボット

251 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か、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の的なシステムの利用が広がり始めたと言えるだろう。

252 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。

253 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比へ低下している。

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。

26 自動プログラミングシステム

261 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

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。

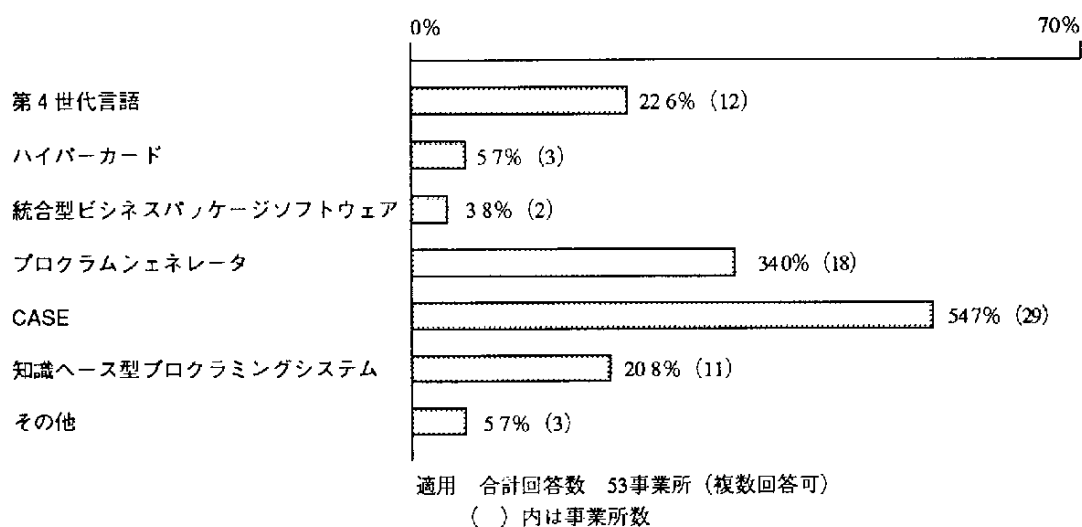
本調査では自動プログラミングシステムを「既存のプログラムモジュールを目的に合わせて再利用したり、仕様書の内容を理解するなどして、プログラム自動作成を支援するシステム」と定義している。

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、加工組立産業について情報処理産業での導入意欲が高い。但し、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に示す通り、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か、知識ベース型プログラミングシステムも11件（20.8%）ある。

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）



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。

263 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。

264 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か、上流CASEツールの効果かはっきりせず、両者の統合かなされていない。

- ・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。

等が挙げられている。

27 画像理解システム

271 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-131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。

272 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。

273 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。

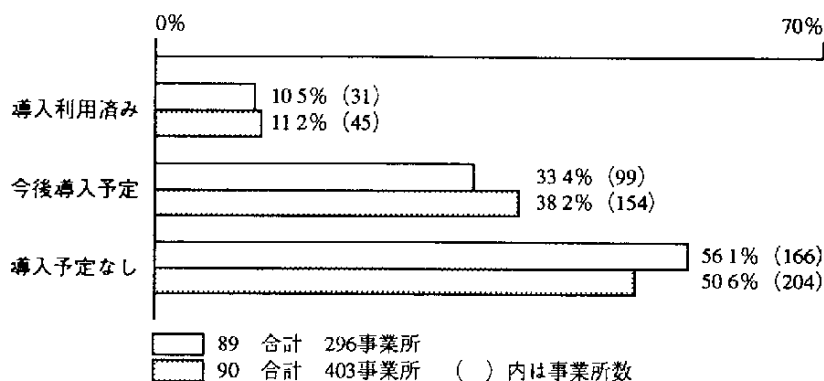
導入済の51システムの利用段階別状況は、稼働中が26システム51.0%、テスト中が25システム49.0%である。実用システムとして稼働しているものが過半数を越えた。

274 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か、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か、深さか判定できない。
- ・キズの種類を判別できない。
- ・認識力や認識速度がまた貧弱である。

図表II-1-31 画像理解システムの導入状況（1990年）



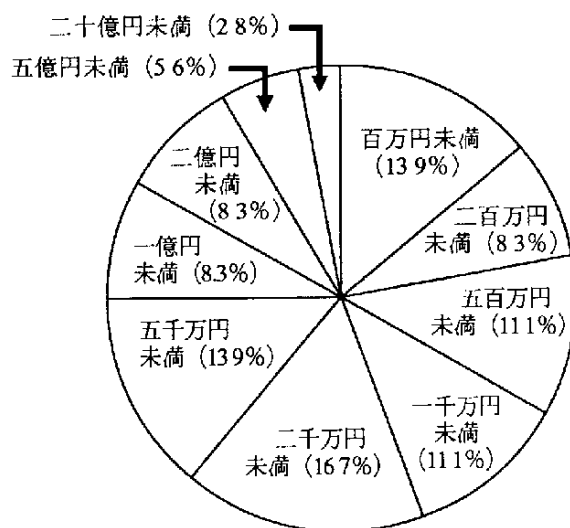
等であった。

画像認識は既に実用化実績を積んでおり、問題点のレベルも細かく实际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投資額が増える可能性がある。

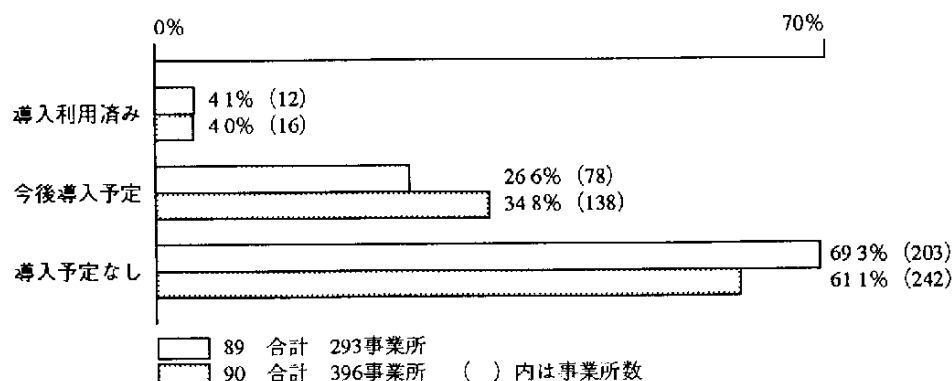
画像認識システムの方角は、簡単なものの認識という試用段階を終えて、次第に、複雑で状況に依存するようなものの認識に移っていくであろう。

図表II-1-32 画像理解システムの年間投資額（1990年）



適用・合計回答数 36事業所

図表II-1-33 音声理解システムの導入状況（1990年）



28 音声理解システム

281 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事業所合わせて64事業所で4割以上を占め、公共サービス関連産業での導入意欲が高まっている。

282 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かわかる。

283 利用状況

導入済の16システムの利用段階別状況は、稼働中か5システム31.3%、テスト中か11システム68.8%である。

284 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か困難である。

・ 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。

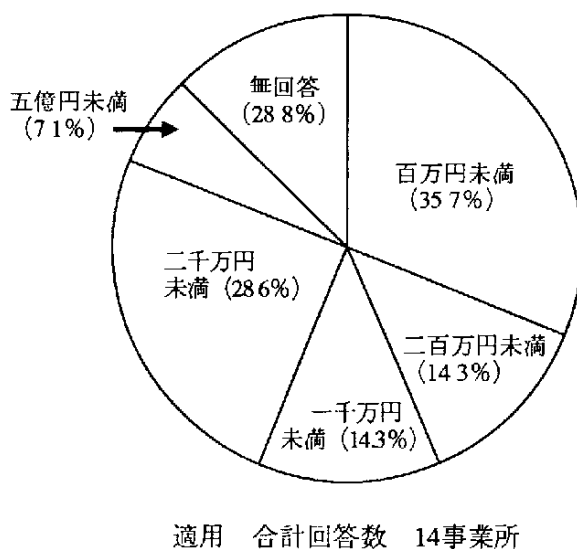
- ・雑音に弱い。
- ・手動よりも効率が悪い。

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。

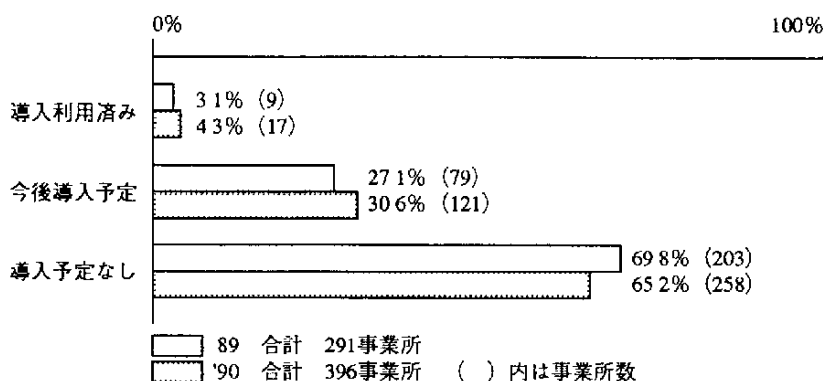
音声理解システムに対する今年度の投資額は図表II-1-34に示すとおり、2,000万円未満というのか回答事業所の92.9%を占めるが、教育公務関連産業に2億円以上の投資を行っている製造業の研究所がある。ここでは音声インタフェースについての研究を行っている。

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2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。

図表II-1-34 音声理解システムの年間投資額（1990年）



図表II-1-35 自然言語理解システムの導入状況（1990年）



29 自然言語理解システム

291 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ラから研究を進め、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。

292 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。

293 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7.1%である。導入は行っているか、未だ評価テスト中の段階である。

294 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。

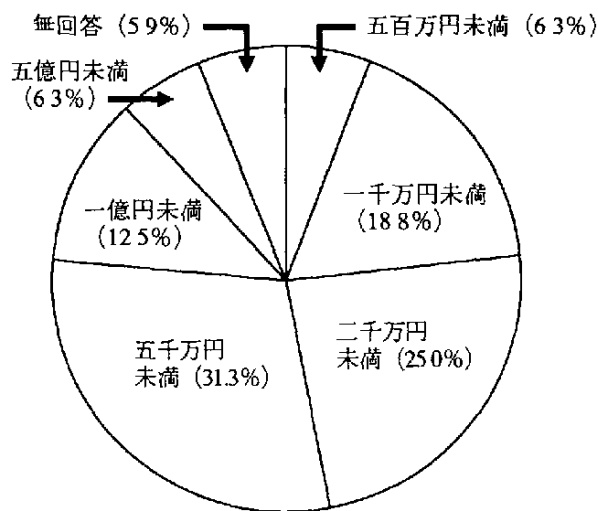
自然言語理解システムはその性格上、機械翻訳システム、文字認識システム、音声理解システム

と結びつくことが不可欠なシステムであり、ユーザーもその問題に直面しはしめた段階であると言える。

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。

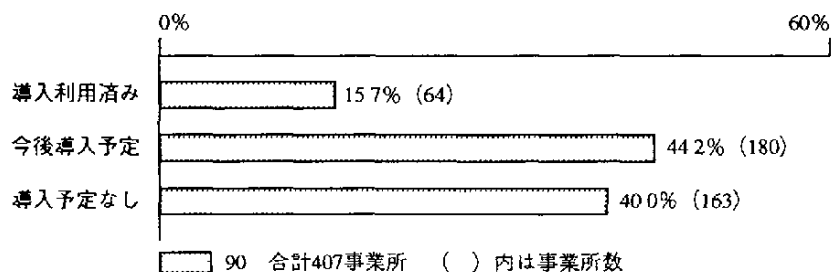
自然言語理解は現在の人工知能研究課題の中でも最も困難なものと考えられており、能力の高いプログラムでも、処理できる分野は非常に狭い。限られた領域での成果が期待される。

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

図表II-1-37 ファジンシステムの導入状況（1990年）



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サデーが唱えた集合論の拡張であり、或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。

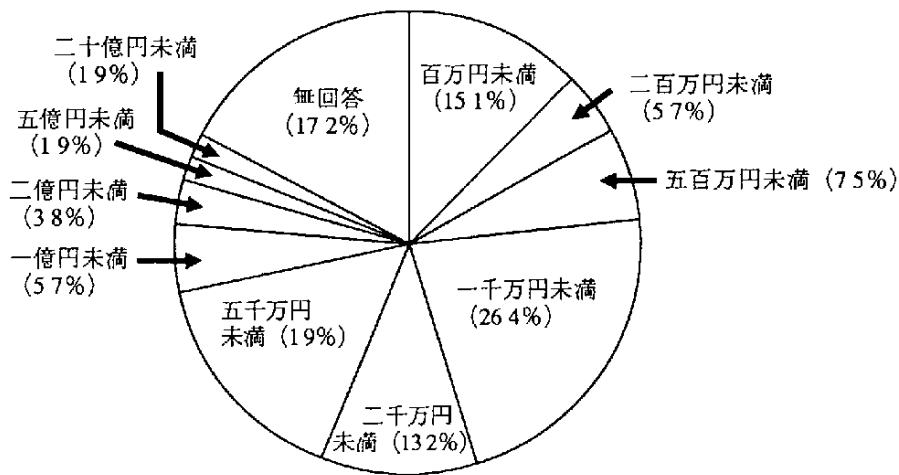
<診断型エキスパートシステム> 故障診断（7件）、ダム管理等

<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

図表Ⅱ-1-38 ファジィシステムの年間投資額（1990年）



適用・合計回答数 53事業所

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今年度の投資額は図表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デジタル・コンピュータシステムとか統合されて、実用的な知能システムが実現されることか期待されている。

2.11 ニューロシステム

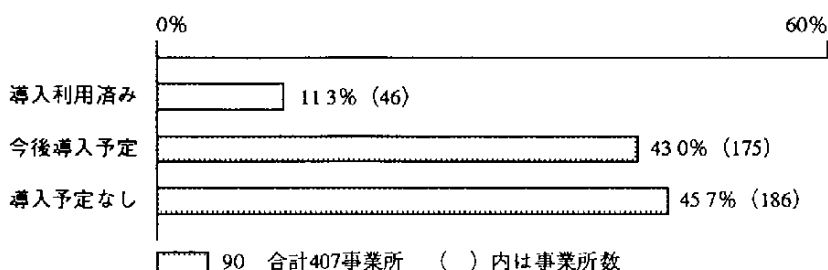
2.11.1 利用概況

ニューロとはニューラルネットワーク（脳の神経細胞のネットワーク）を意味しており、ニューロコンピュータシステムとは、脳の神経回路網を模倣したモデルによって情報処理を行おうとするシステムである。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、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。（図表Ⅱ-1-39）

図表Ⅱ-1-39 ニューロシステムの導入状況（1990年）



2112 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%)、つ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。

2113 利用状況

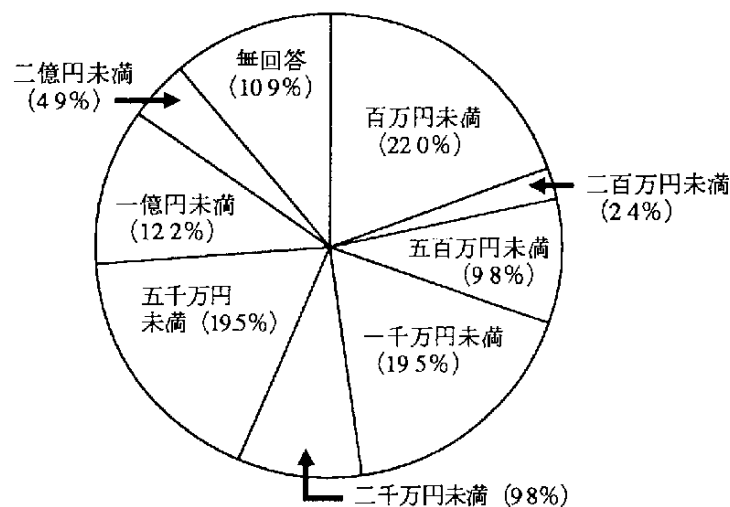
導入済のシステムの利用段階別状況のうち、稼働中のものは2システムのみである。具体的には波形パターン分類システム、機械制御システムである。ニューロシステムについてはほとんど試用段階であり、実用稼働の本格化にはまだまだ時間がかかると考えられる。

2114 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-1-40 ニューロシステムの年間投資額 (1990年)



適用、合計回答数 41事業所

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、両者で全体の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様々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、音声理解システム、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みているものが58.3%と約半分を占めている事も事実である。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かエキスパートシステムの現状であるか、3年以内に本格的な普及時期が訪れると67.9%かみている。（図表Ⅱ-1-44）

5年後の普及度については、かなり普及するか45.0%、やや普及するか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見られない。特記事項としては、ほ

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%

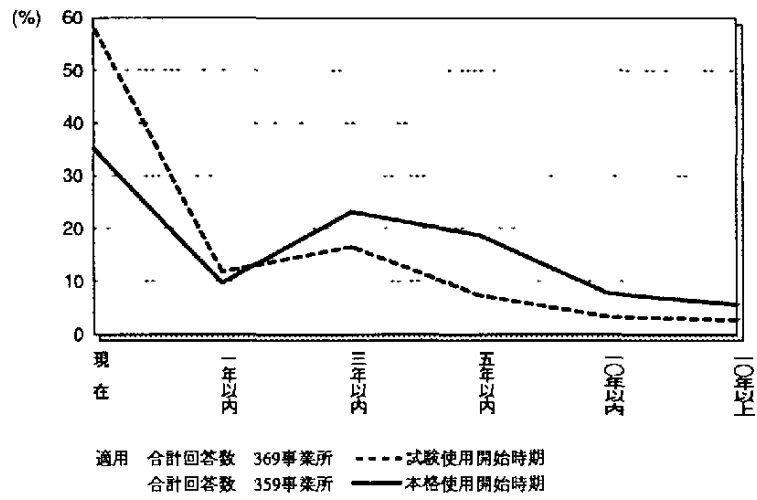
図表II-1-42 AIシステムの本格使用開始時期 (1990年)

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%

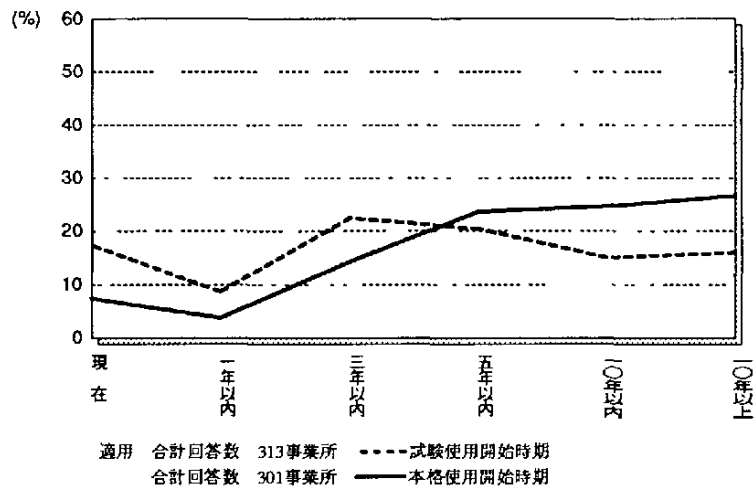
図表II-1-43 AIシステムの5年後の普及度 (1990年)

AIシステム	回答事業所数 (100%)	普及する		どちらとも いえない	普及しない	
		かなり 普及する	やや 普及する		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%

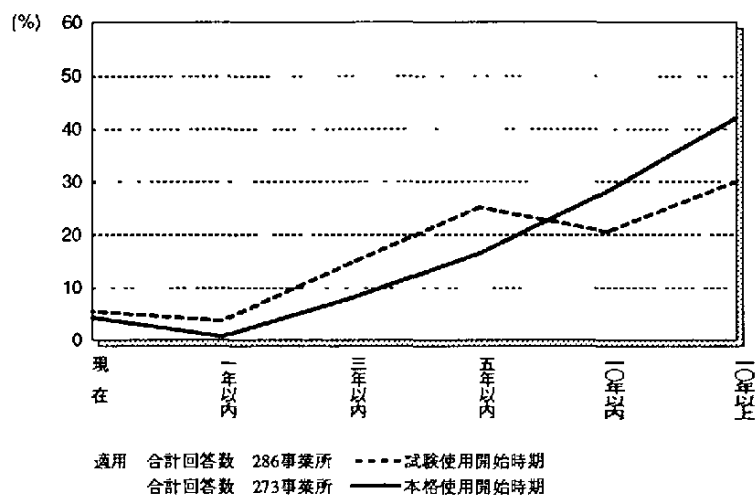
図表II-1-44 エキスパートシステム使用開始時期予測（1990年）



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 知能口ホット使用開始時期予測（1990年）



とんと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%）が挙げられる。

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みているものが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-145）

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見ている割合が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-146）

5年後の普及見通しについては、42.5%が普及すると見ている。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%近くが普及すると見ているものの、商業金融関連では18.8%と低く、逆に50.1%が普及しないと見ている（平均21.5%）

3.4 自動プログラミング

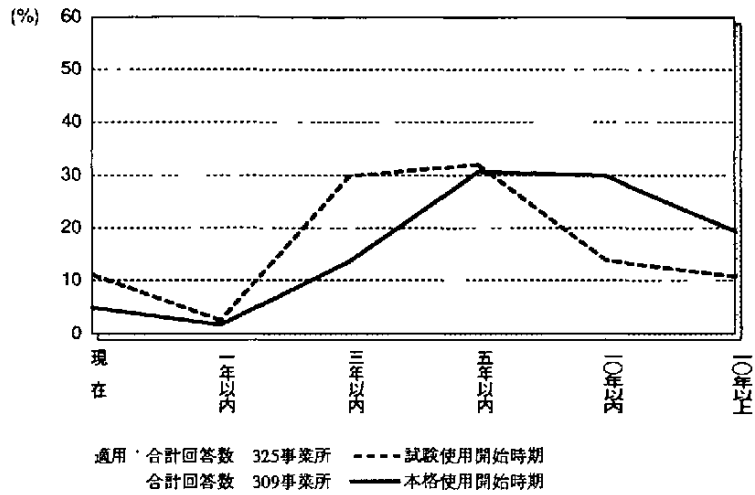
自動プログラミングシステムについては、試験使用開始時期が3年以内とみているものが29.8%で、前回調査時（20.7%）よりも増えている。しかし、本格使用開始時期は10年以内とするものが29.8%、5年以内とするものが30.7%、さらに10年以上かかるとするものが19.4%であり、前回調査時と比へ5年以内とするものが約10ポイント増加（前回19.5%）しているものの、傾向としては全く予測が分散している。（図表Ⅱ-147）

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35.9%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。

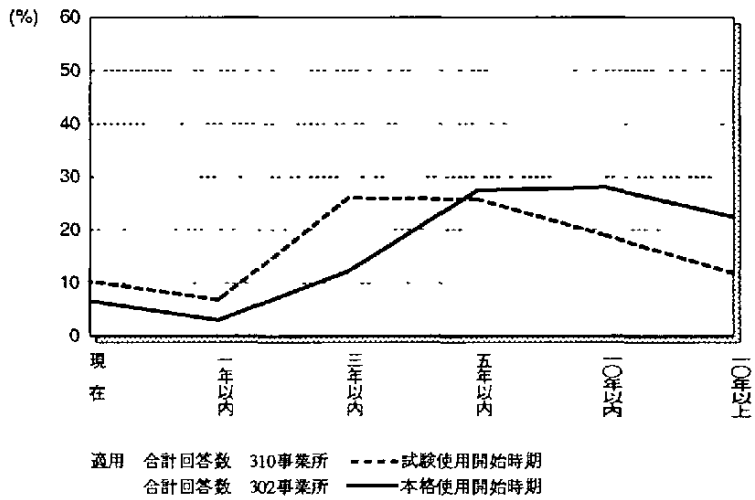
3.5 画像理解システム

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

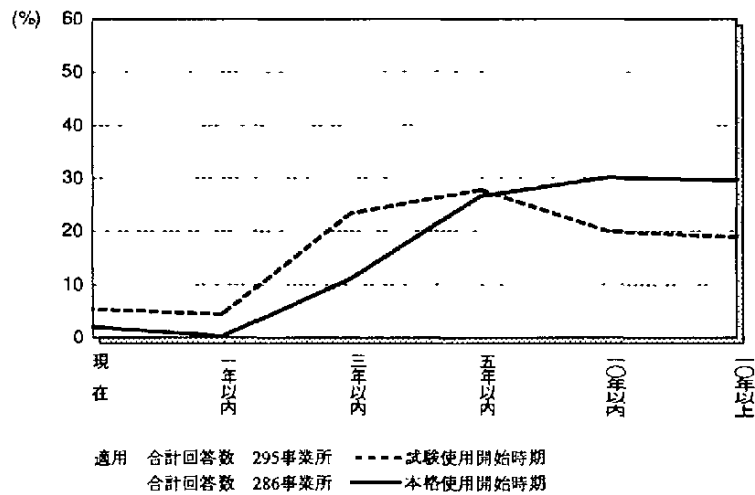
図表II-1-47 自動プログラミングシステム使用開始時期予測（1990年）



図表II-1-48 画像理解システム使用開始時期予測（1990年）



図表II-1-49 音声理解システム使用開始時期予測（1990年）



ついても5年以内とするものか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か22.5%（前回調査時17.7%）と見方が分かれている。（図表Ⅱ 148）

5年後の普及見通しは、普及するとするものか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みているものか約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みる割合が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年以内とするものか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%と見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、普及すると見ているものか45.1%と前回調査時32.6%に比へ10ポイント以上も高い。普及しないと見ている割合は、20.4%と前回調査時18.3%と余り変わらない。業種別に分析すると商業金融関連で普及すると見る割合が61.1%で他の業種に比へて高く、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見ている割合は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年以上とするものか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見ているようだ。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、実用化が困難だと見ている様子かわかる。この傾向は前回調査時と全く同様である。（図表Ⅱ 150）

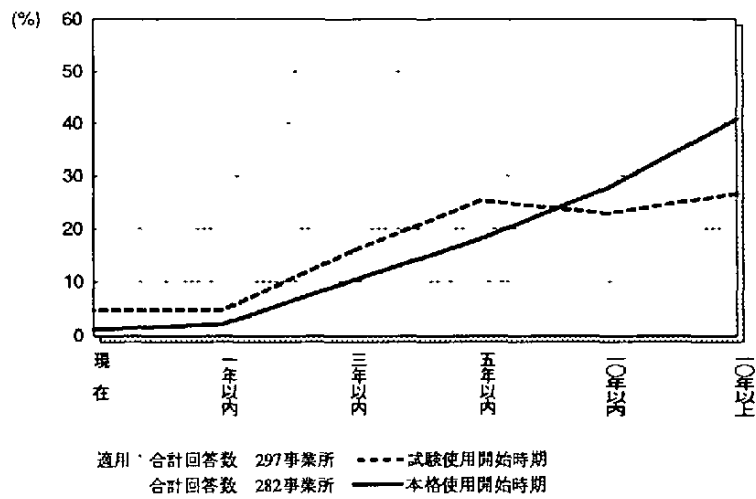
5年後の普及度については、普及するとみるものか32.1%と機械翻訳システムなどのAIシステム（概ね45%から55%）に比へると最も低い。業種別に分析すると情報処理産業が普及すると見ている割合が40.3%と高く、生活関連産業11.8%、基礎資材産業18.3%と特に低い。生活関連産業については76.4%が普及しないと見ている。

3.8 ファジィシステム

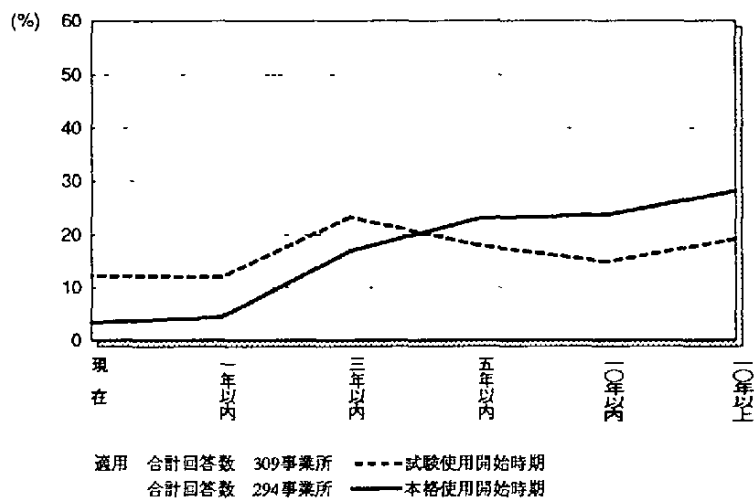
ファジィシステムとニューロンシステムについては、前回調査から普及見通しについての調査を始めた。

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

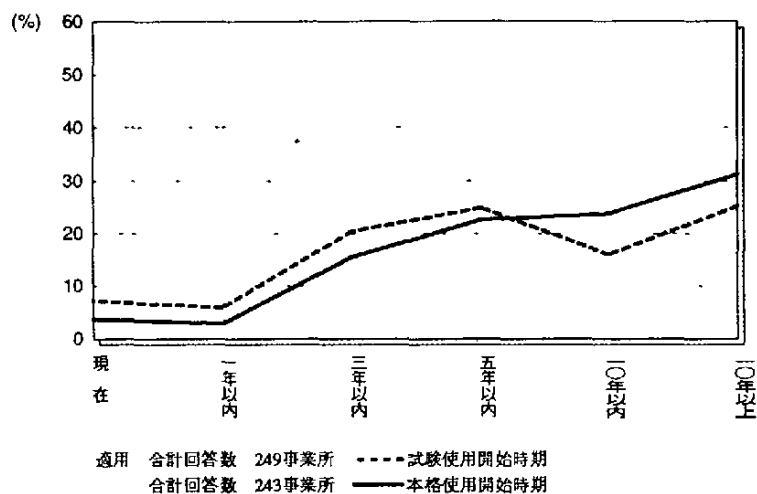
図表II-1-50 自然言語理解システム使用開始時期予測（1990年）



図表II-1-51 ファジシステム使用開始時期予測（1990年）



図表II-1-52 ニューロシステム使用開始時期予測（1990年）



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か、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かわかる。(図表Ⅱ 151)

ところが、5年後の普及度の見通しについて見ると、46.9%が5年後に普及すると見ていることかわかる。これは前回調査時47.0%とほとんど変化が無い。また普及しないと見ている割合は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、普及すると見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、普及しないと見ている割合が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 152)

5年後の普及度の見通しについては、普及すると見る割合が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%について低い値である。普及しないと見る割合は19.0%である。業種別に分析すると、普及すると見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) 技術の進展か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トかもっと速く、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か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が無いことである。この実現のための研究を行い、ブレークスルーしないと、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、一般常識をもった知識ベースが必要と思う。(精密機器)
- ③学習機能がネノクである。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ければ普及しないと思う。そういう意味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ろうか。(機械)

・ユーザインタフェースの充実 (6件)

- ①利用者か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、ユーザ部門で知識ベースなどの変更が、簡単にできることか必須で、この機能が出来たらかなり普及する。(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せなければならない。(保険)
- ②今後はエキスパートシステムと呼ばなくとも、全てのシステムにエキスパートシステム適要素が入っていき、やかては「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か必要とするもの (17件)

- ①AIシステムか完全に人に取って代わることは、数十年以上のスパンか必要と考えられる。現在の問題の根本は、AIの技術を知らない人々か過大または過小評価をしていることに原因かある。業界紙(誌)や一般紙(誌)を使って啓蒙することか必須。(精密機器)
- ②AIの特徴、効果の定量的評価か困難なため、従来型システムとの比較か必ずおこり、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かある。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か必要。(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か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か前提で自動化、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だってくると考える。(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、とくに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へき。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へき。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ろうか。(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方向性を間違うと人類の破滅につながると思います。(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か、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、言語及びノ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、モノか生産され物流 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及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）を様々な角度から検討し、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利用ビジョンを描けるものと思われる。

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%程度の上昇に止まる見通しである。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か出ている。このうち、

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、ステレオなどの音響機器
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

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 [1]。

電機業界の主な生産品は、図表II 21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3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。

2112 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、機能は変わらないか外観、ネーミングやブランドを重視するようになった。ところか、80年代の終わり頃には、消費マインドに変化が起こり、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来た。

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 [3] 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ズ、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、それ以外の機種の需要が伸びない、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上げることができる。

2113 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ンの嵐 [4] の出現を変化の特徴に上げることができる。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年頃をめぐって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来ている。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ーが注目されるようになって来た。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行くものと思われる。

一方、家電製品の廃棄問題が法制化される動きが出て来ている。最近の家電製品は大型化され廃棄が難しくなって来ている。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。

2114 技術環境の変化

上のエコロジーと同ような状況が技術環境にも現れて来ている。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、新しい技術をつくる研究開発が進んでいる。

グローバル化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注目され出して来ている。

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か、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でてきている。その一つは、上で上げたエコロジーに関する技術で、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。

212 業界の特徴

2121 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62%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へ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挙げることかできる。

- 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、ユーザニーズの多様化、パーソナル化等を挙げることかできる。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か、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、グローバル化が進展する中で、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 [5、6]、CIM [7]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。たとえば、営業店に端末をお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既に実現している。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にととまらず、下請けや、部品メーカーと情報ネットワークをはり、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。

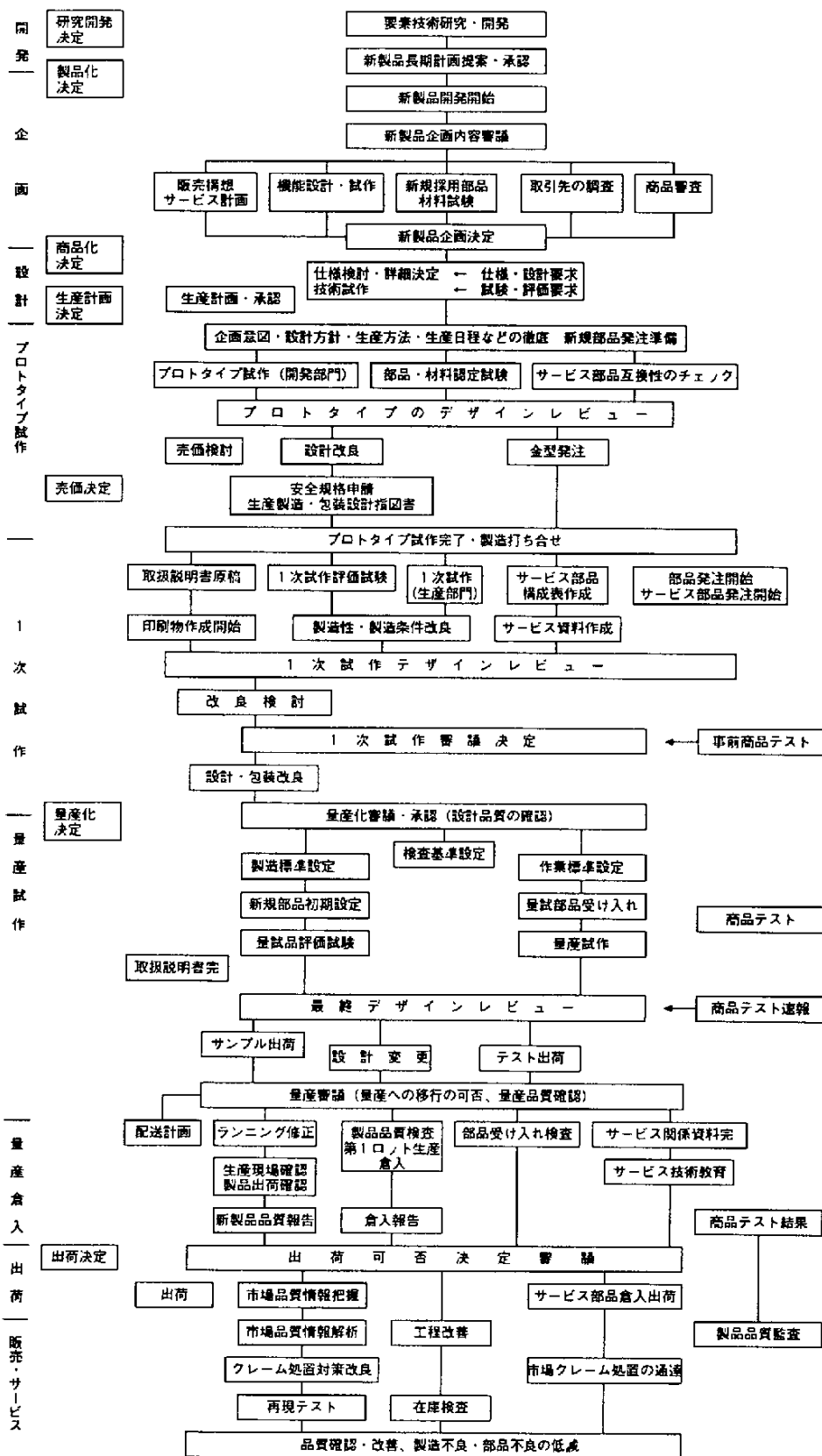
あるメーカーでは、経営情報がいつでも見られる端末を管理職以上に一人1台ずつ配置したり、また、あるメーカーでは社内ネットワークシステムの端末が一人1台、あるいはグループに1台配置され、ペーパーレスOAとともに、戦略情報システムの一翼を担う役割を演じるようになってきている。

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来ている。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か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2つある。一つは、大企業に比へ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、サービスなどの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。大企業に比へ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。従ってSIS、CIMで実績のある大企業か、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か昨年ハブ経済の破綻で見直され、今後、いくぶん好転して行くことか期待される。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

図表II-2-2 電機業界の典型的な業務フロー



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、大きな事業に結び付くカテゴリの商品では通常、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か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もった開発が始まる。開発の期間は商品にもよるか、通常3年から5年か当てられる。

研究開発を通し、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。

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	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	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
企画	外部動向調査 新規商品企画、提案 販売、サービス計画	生産計画 製造	MRP（資材所要量計画） 工程計画 機械制御
商品開発	概念、機能、詳細設計 検討、評価 プロジェクト管理	出荷	商品テスト 在庫管理 配送管理
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	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
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	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
量産試作	量産試作、評価 検査規律、作業標準の策定		

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度繰り返し、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。

213 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して、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も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-22のフローの各項目を詳細化したのが図表II-23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。

2131 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 [8]。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わりをも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。その代表例を挙げると、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

ファジー推論汎用シェル

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が普及して行くためには、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行く方法と、現在コンピュータ化が不可能と思われる業務にAIを適用して行く方法とか考えられる。現在、既に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又、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

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が使える	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

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-23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-24である。この図から分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人間のも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-24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。

2132 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無くなってきている。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も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なくなり、専門家の不足は深刻になっている。特に、成長分野と言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する。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、個々人のも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して実現することかできるためと考えることができる。

2133 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。

2134 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、既に、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、既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、徐々に浸透して行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年以内が挙げられている。

2135 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。従って、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。

214 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か次のようなAI利用による新サービス、新製品像が浮かび上がった。

2141 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-2-4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上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知的サービス支援ノール
- 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に期待かかっている。

②の知的設計支援システムは、現在既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ソ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、マノプを作成できる。

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行く傾向にあり、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か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) 特許マノプ作成システム

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上げることかできる。

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 24のD欄に分類される業務で将来的に発生することか考えられる。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か期待されている。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かできる。

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を入力により、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、エーゼ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行くことになるであろう。

2142 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、ファンイ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上げられる。

①ヒューマンインタフェースソール

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かできる。

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り込ま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7つを上げることかできる。

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か、一つの変更か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

マノプを作ったり、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、通訳と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。メテ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りにイメージ情報 音声情報を自由に編集できる。

215 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のようになる。

1) 既存システムの知的レベルアップソール

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良い。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物も含まれる。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行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行くと考えられる。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 [9]。

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か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伺える。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分かってきた。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。又、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ー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ー整備が引き続き行われることが必要である。

参考文献

- [1] 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 PP111~1475、NO 513 PP129~147 (1990)
- [2] 吹田 二郎 “転換期の民生電子産業” 電子 1991 2 PP2~3
- [3] 石井 威望 “ニューハード革命” PHP 1988
- [4] 横田 英史 “エレクトロニクスにもエコロンの嵐”日経エレクトロニクス NO 508 PP109~133 (1990)

- [5] 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
- [6] 日経産業新聞編 “SIS最前線” 日本経済新聞社 1990
- [7] CIM研究グループ “生産革命CIM” 工業調査会 1988
- [8] 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
- [9] 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 PP30～32 (1991)

2.2 化学業界

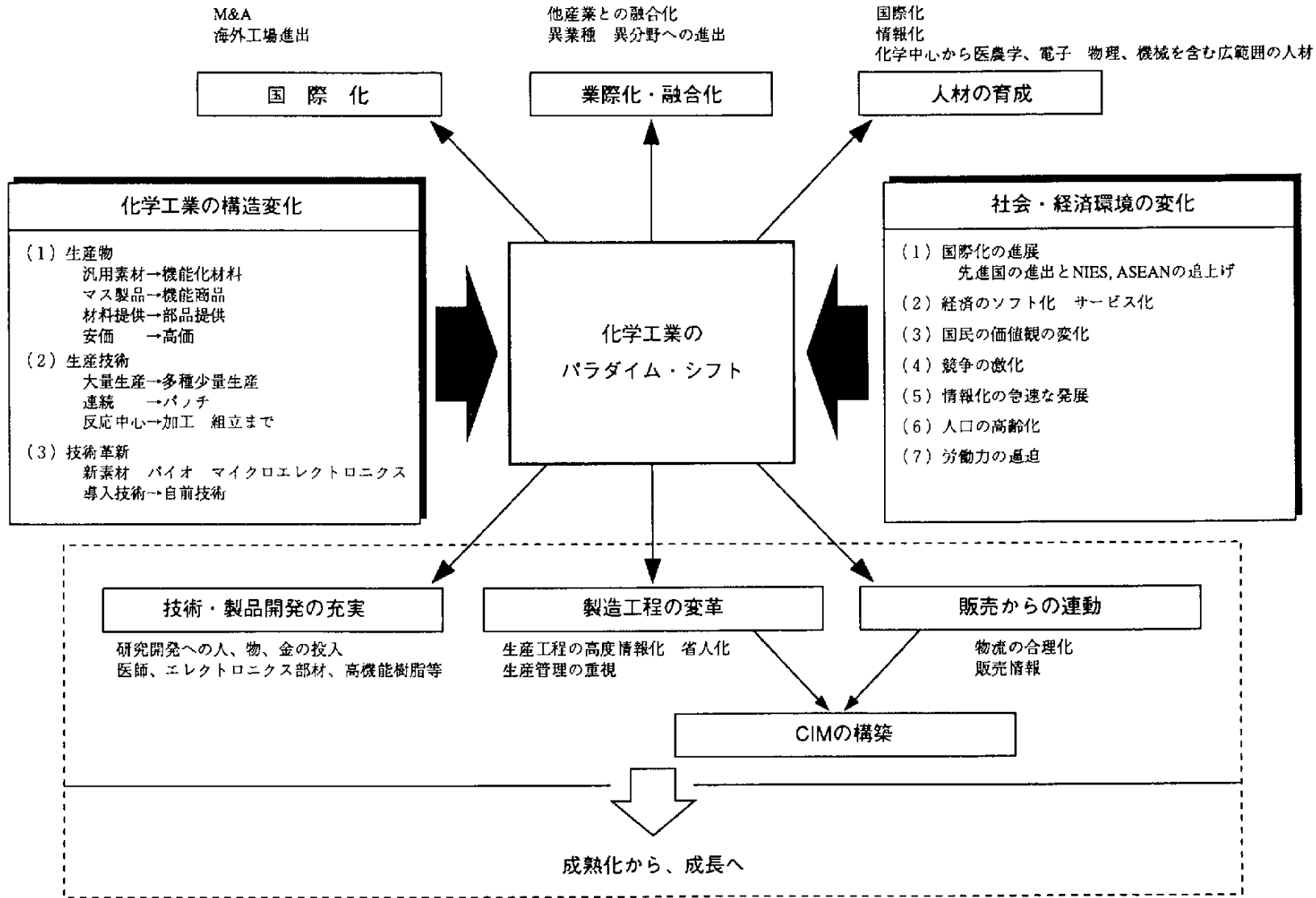
2.2.1 環境変化 [美濃90-1]

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か、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留まり得なくなった。所謂ボーダレス経済、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成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。

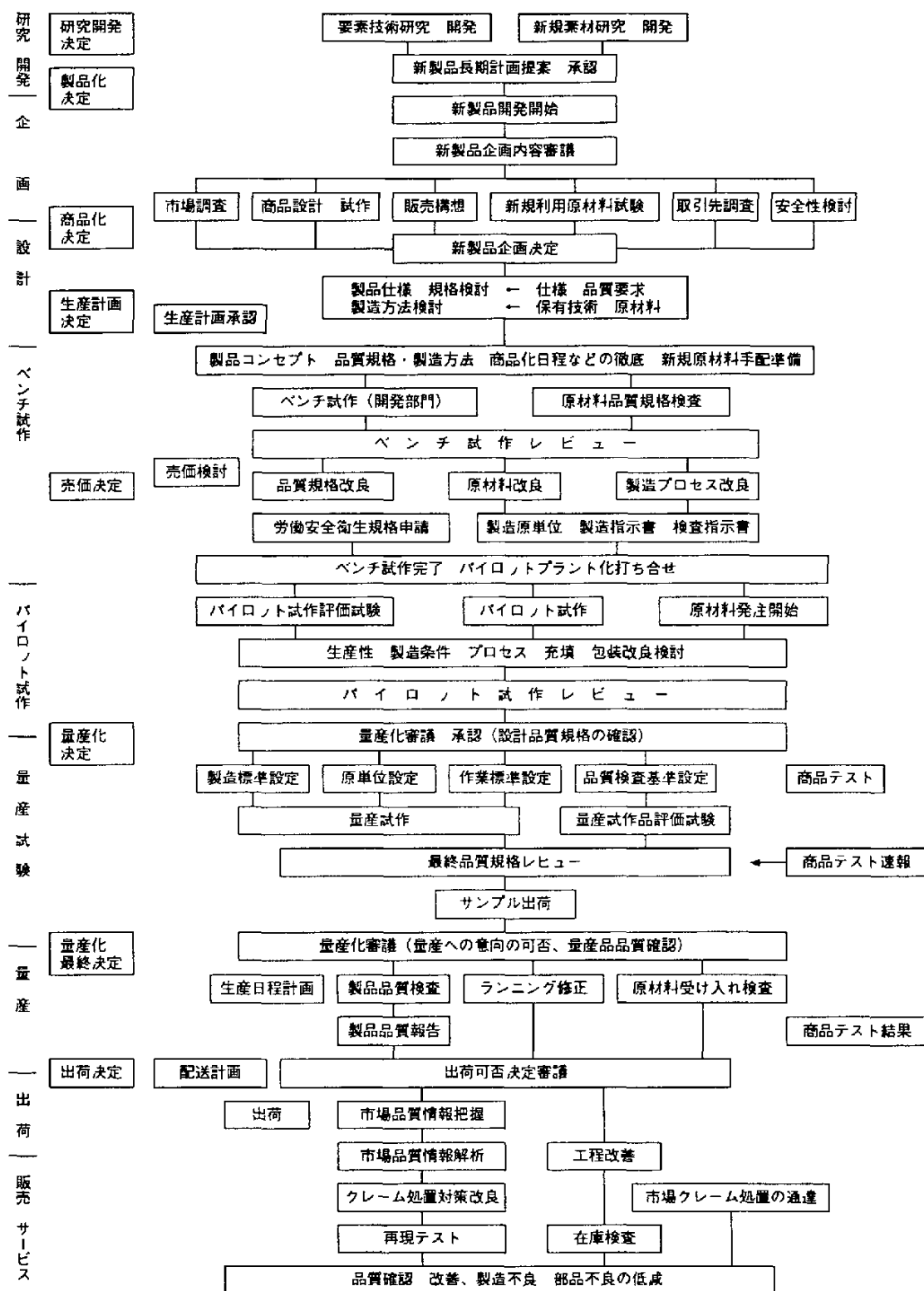
こうした成熟型経済のもとで企業は存続をかけた対応を求められ、従来のプロダクトアウト（造ったモノを売る）からマーケットイン（売れるモノを造る）への転換が叫ばれるようになった。また、「モノの充足」と高度情報化社会の到来は、商品のソフト化（感性化、個性化、商品ライフサイクルの短期化、多品種化）を進める結果となり、マーケットの動向に研究開発と生産活動が連動する必要性が出てきた。そのために、生産は少品種多量から多品種少量さらには変種変量受注生産への対応を迫られ、従来のバッチ処理的な発想から連続化あるいはリアルタイム的な発想への転換を余儀無くされている。最早今日では、従来の大きなタンク、大きな反応槽、在庫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クージュ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亘る全社機能において的確な情報が無いと生産が叶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



図表11-25 化学工業のパラダイム・シフト (小林 90)

図表II-2-6 化学産業における典型的な業務の流れ



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下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か、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無くしてしまい、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取るところもある。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か問われていると考えることができる。今日では、

図表II-2-7 各部門におけるおもな業務

部 門	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	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
企画	技術動向調査 分析 ユーザーズ調査 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	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
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	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 ルーツ人的資源配分
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	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
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		

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か解決の糸口となり得るであろう。

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言えようが、我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較べると、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みで論ずることか難しくなっている。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、農薬、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（ハルク）原料から少量生産型の1000円/Kg以上のスペシャリティ（ファイブ）の原料を対象とする幅の広い産業である。いづ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ハートイカル・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。

従って、化学産業の基盤は研究開発に置かれ、各社新製品開発に凌ぎを削っている。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伺われ、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か、その扱う形態は、本来「形」か機能しない流れる物質（液体、粉粒体）で、従ってパイプラインを走らせることか可能で、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」か機能する材料で、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全く異なる。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を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→マーケティングと言うハトントリ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-26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、加工組み立て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、部品か原材料となり、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、更には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。最近の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-27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言えよう。専門知識による判断が必要であるか、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か、ケースハイケースであり、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か、基礎研究に比へ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、全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か現状のコンピュータ能力やAIの枠組み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シーズやニーズに依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。とは言え、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為されている。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〕では殆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。

何れにせよ、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為されるが、現実には特許だけでは、充分ではなく一般にノウハウの供与が為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〕

化学業界の置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化が進められる中であって生産部門はその渦中にある。たが、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成ってきている。

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的数理計画では、非線形性の問題や実時間内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」に経験知識を組合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

意味を持ってくるであろう。

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全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。何れの場合も、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。

2233 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。

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

2234 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修得から、特にパソコンやワークステーションレヘ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。

従って、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、殆どか5百万円以下となり分散 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。

224 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。

何れにせよ、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。

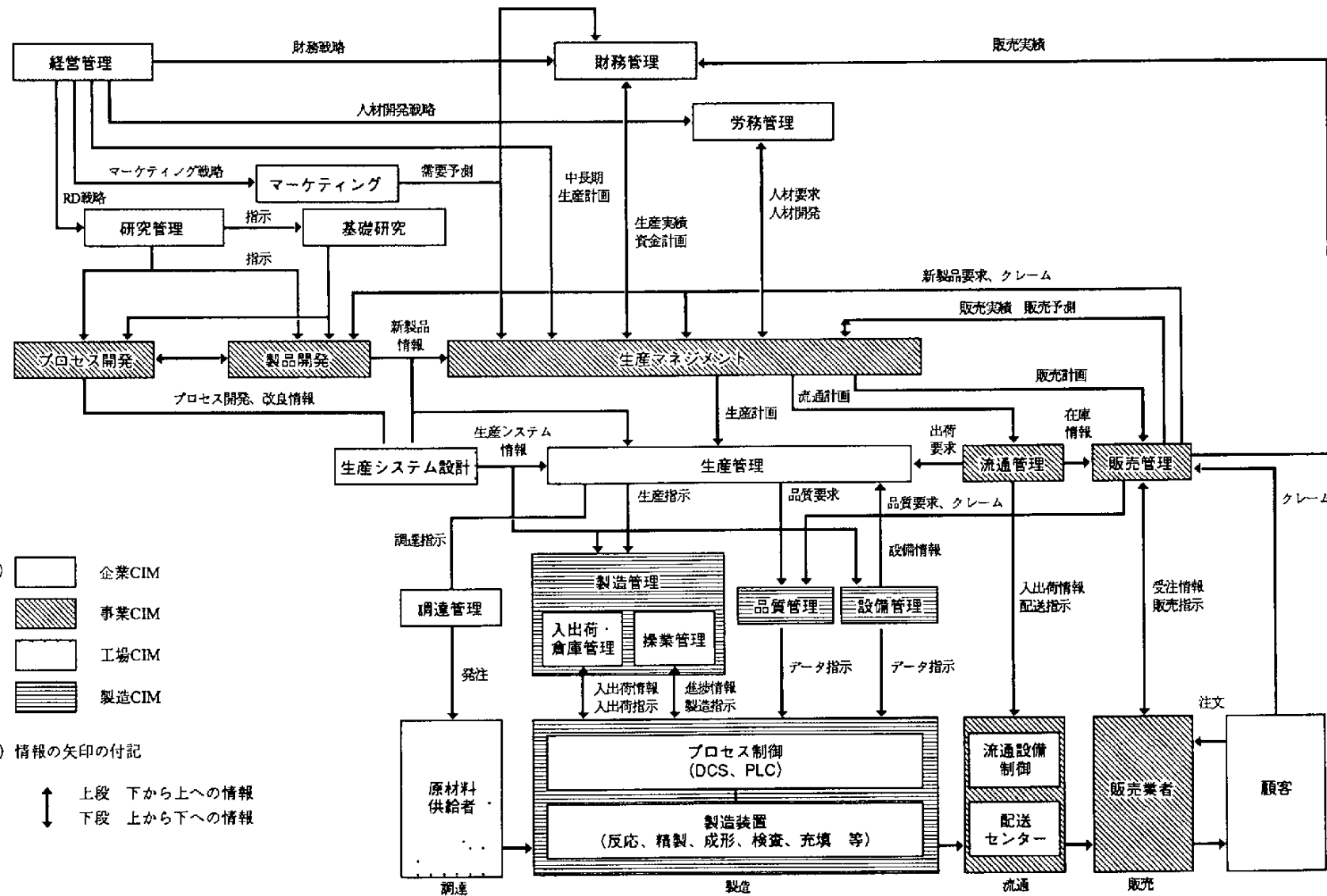
2.2.4.1 研究開発におけるAI

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」(第一期 昭和61～63年度、および第二期 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成り、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・中館)、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成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。既に、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

図表11-2-8 化学工業のビジネス体系とCIM化 [小林 90]



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）、海洋油田用プラン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。

22421 分析型（診断型）エキスパート システム

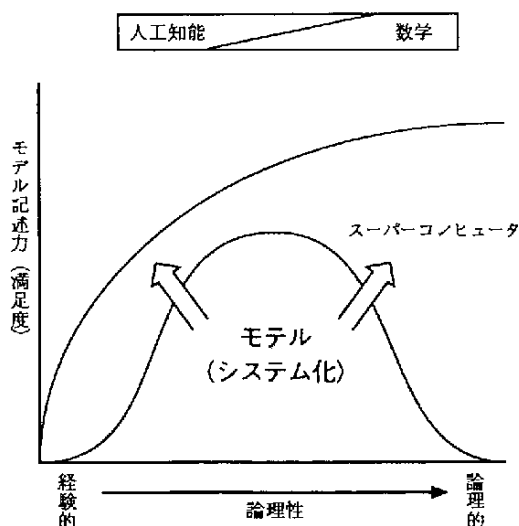
純粋製造プラント運転支援システム（三菱化成）、ボイラー燃焼診断システム（三菱化成〔布川90〕）、センサーベース化学プラント診断システム（住友化学）、芳香族蒸留装置オンライン異常診断システム（出光石油化学）、受電 配電 発電設備異常診断システム（出光石油化学）、合成樹脂重合プラント異常診断システム（旭化成情報システム）、半導体工場向けガス監視システム（日本酸素）、半導体工場危険度評価システム（日本酸素）、石油化学プラントの溶接施工コンサルテーション システム（日揮）、プロセス プラント建設各種法例コンサルテーション・システム（日揮）、エンジニアリング プラスチックの選定支援（東レ）、射出成形不良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

22422 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、

図表II-2-9 モデル記述力



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）、板とり（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。

2243 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。

225 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」 \leftrightarrow 「技術を造る」 \leftrightarrow 「商品を造る」 \leftrightarrow 「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か必須で、更にサービスの高度化か求められている。

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か高くなるにつれて、高くなると思われる。しかし、現実に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か期待される。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か律速になることを意味し、人間か関与せざるを得ないモデリングについては理論や事実か裏打ちされた経験か知識か前提となり、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の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か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。

何れにせよ、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 インタフェースか問題となりAI技術か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WG89] 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、ファシィ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)

23 運輸業界

231 環境変化〔運輸白書H2〕

2311 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、更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69人で、平均不足割合は15.6%にも達している。

更に、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。

2.3.12 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及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物になってきている。

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か、昨今の労働力不足の厳しい環境のなかで、需要に対応できないばかりか、物流コストの押上による商品価格の高騰まで招いている。

2.3.13 物流事業規制の見直し

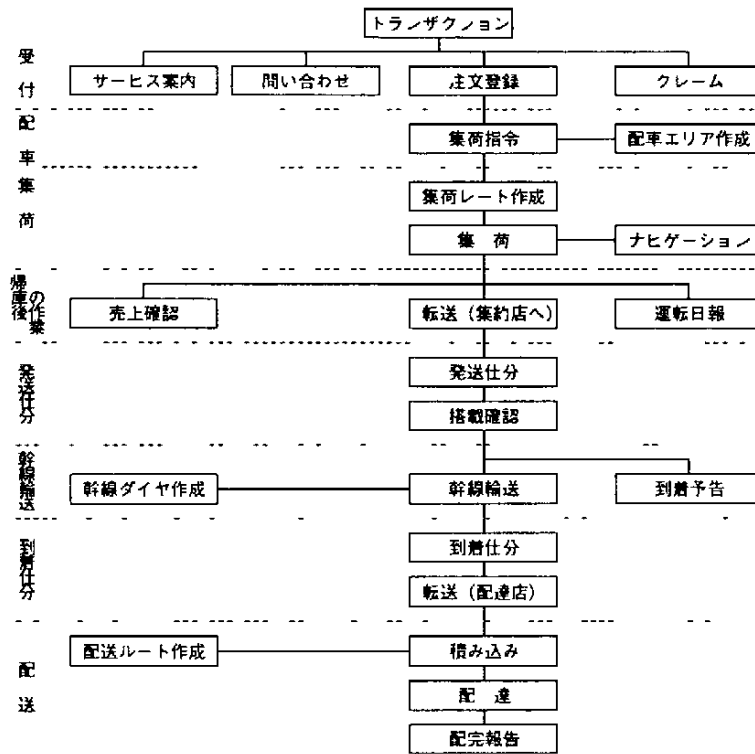
昭和63年度10月、運輸政策審議会物流部会がトラック事業規制について、免許制から許可制への移行、運送取扱事業の横断的 統合的制度の創設等を骨子とする「トラック事業及び複合一貫輸送に係る事業規制の在り方に関する意見」をとりまとめた。

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」及び「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計るため、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、

図表II-2-10 運輸業務の流れ



図表II-2-11 典型的業務の流れと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
受付	注文受付 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 ノウハウの共有	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 配達ルート作成

安全性が認可の条件として重要視される。

2314 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%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。

2315 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、森林の減少を通して地球環境の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ダルシフトの推進、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計っているか、増加する需要に対応できていないのか現状である。

232 運輸業界の特徴

2321 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。更に、最近のニーズの多様化に対応する為に、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。

2322 請負業務か中心

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の伸び率を上回らした。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か、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。

2323 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18%しかなく、500台以上のなると同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。

233 AIの潜在的利用可能性

2331 典型的業務の流れ

運輸業界の典型的業務の流れと、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-210) (図表II-211)

2332 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無く、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かけられている。

AI利用の方向性としては、全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。

2333 運輸業界での利用例

専門誌等で発表されているAI利用の実例は、数えるほどであるか、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AI89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AI90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幾つかのAI利用のシステムがつくられている。

2334 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、探ってみることにする。

(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、多くは配車係のシュミレーション計算を、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ーフェイスから、地図情報DBを利用したグラフィック形式のインターフェイ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の複雑さもあり、実用化までには、また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無くなっている。国際宅配が普及し、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か、通関情報システムでのAI利用である。

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をもらう
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 |
|---|

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。たとえば、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も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、長期化の方向である。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ず、新人が多くなると作業効率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、アルバイトかオペレーションを行うため、短期間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か、その欠点として、

①高齢者の利用が困難である。

②学習レベルにあ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おこなっているが、その実態は地域単位に車両の割り付けたり、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なんらかの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か、現時点で車両か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、捜索救助、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。

ここで使用される車両を、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事が重要である。

234 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。

2341 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つたが、最近、JIT (Just In Time) 物流の傾向が強まり、何時に到着するかの予報システムや、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とする、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。

2342 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、旅行に関する全てのサービスを受け付けているか、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、引っ越しなら引っ越しの営業所というふうに、従来の免許行政とう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、また何時つ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。

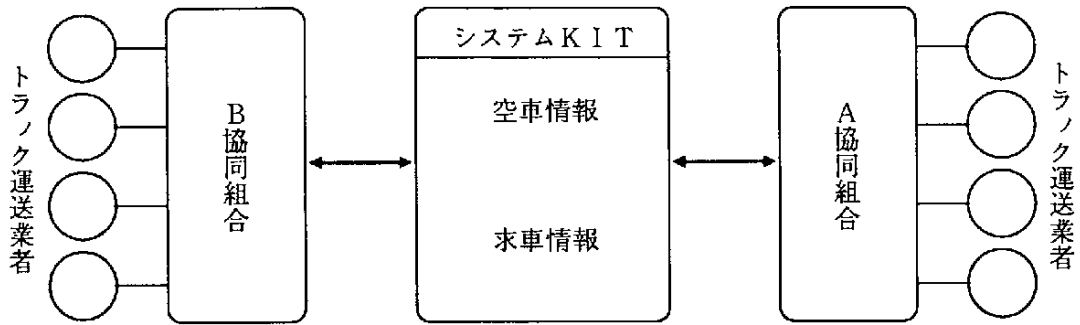
このようなニーズに対して、総合貨物サービスセンターが考えられる。例えば、消費者は、送りたい品物と概算のサイズ 重量をパソコン通信を通してアクセスしてくれれば、センターシステムで最適輸送手段 ルート・期間・運賃等を自動的に推論し、回答する。運輸業サイドでも、ベテランのサービス員が不要になるし、利用者サイドも気兼ねなく、利用できる。また、音声認識技術が発達してくれば、電話による応答が可能になり、高齢者でも違和感なく利用できるだろう。

235 運輸業界のAI利用ビジョン

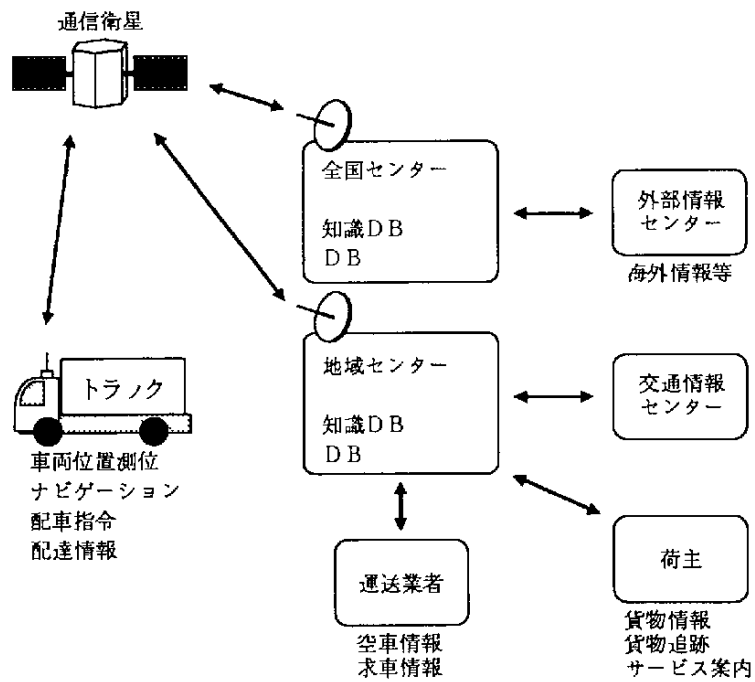
運輸白書によると、運輸業の取り組むべき課題として、

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



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



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か、作業そのものの機械化・自動化が他の産業から較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か、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。

2351 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かほとんどであり、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、市場の拡大を計り、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、ついで鉄道事業などの基盤事業のものか続いている。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。

2352 共同利用センター構想〔流通設計90・12〕

現在、トラノク運送業者の全国団体である全日本トラノ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ノ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はじめている。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、トラノ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-213）

この共同情報網を押し進めて、トラノク業者だけのクローズしたシステムではなく、荷主や外部の情報提供業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を考えた。

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、事務の省力化を計れるため、産業界全体のメリットも大きい。

このシステムの中でだれ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AI89夏] 日経AI別冊 1989夏号 日経BP社
- [日経AI90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、さまざまの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つ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。更に、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、既存の流通業を情報を武器に新たに結びつけていく流通ネットワークの新たなオルカナイサーも出現しつつある。

同じ様な業態で同じ様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ものであり、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 マーチャンドライジング）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」（商品カテゴリーをしぼ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、東南アジアに既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たと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たよっている。これを支えた女性のM字型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、今後とうなるか分からないのである。

昨年度の出生は120万人であった。これは昨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、流通業か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、労働生産性をあ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

一世帯当たり人員が30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そろえるべきか、ピークロットをと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な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。何らかの規制はレントを発生させるか、それか撤廃緩和される時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。このような時に、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か、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。

図表II-2-15 流通業における調査表

判断 意思決定の局面		Q1 作業実態				Q4 AI技術の助けが必要か															
		人手のみ		何らかの IT支援あり		必 要 な し	必要あり					Q6 何故必要ですか									
		Q2 IT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					器 官 に よ る 判 断	人 手 不 足	人 員 削 減	専 門 家 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		知 識 に よ る 判 断	目 に よ る 判 断	音 に よ る 判 断	言 業 に よ る 判 断	そ の 他 の 感 覚										
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 業態→生活態 (本部)	ブランド策定	○				○	○												○	○	
	情報収集 評価	○				○									○				○		
	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	○				○	○								○				○	○	
	一次データ収集			○		○	○		○						○				○	○	
	データ分析 報告			○		○													○	○	○
	市場実験			○		○									○				○	○	
市場導入計画 (本部)	内部情報の活用			○		○								○					○	○	
	新製品予測	○				○	○												○	○	
	追跡と製品修正			○		○													○	○	
	市場反応の分析			○		○	○												○	○	
	目標設定			○		○													○		
出店政策 出店スペース (本部)	予算分配			○		○													○	○	
	エリア分析 立地モデル			○																	
	店舗設計			○																	
チャネル管理 メーカーの マネージャー (本部)	診断 経営分析			○																	
	チャネル選択		○																		
	流通計画		○																		
	生販計画(商販)		○																		
物的流通 (本部)	契約管理			○																	
	リポート等の管理			○																	
	施設計画	○				○	○												○		○
	輸送計画			○		○									○				○	○	○
	保管 荷役管理			○		○									○				○		○
	包装	○						○					○		○						
販売政策 (本部)	加工			○				○					○		○						
	情報伝達			○																	
	市場動向分析			○																	
	顧客分析			○				○											○	○	○
販賣計画 (本部)	707V777 生産性分析			○		○	○							○					○	○	○
	改装計画			○		○	○												○		

図表II-2-15 流通業における調査表（つづき）

判断 意思決定の局面		Q1 作業実態				Q4 AI技術の助けが必要か																
		入手のみ		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					人手不足	人員削減	専門家不足	ノウハウの共有	教育育成						
		あり ↓ Q4へ	なし	あり ↓ Q4へ	なし		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					
販売計画	新商品導入				○																	
	メーカーの戦略	売場コンセプト		○																		
		マーチャンダイジング		○																		
(本部 店舗)	棚割計画	○				○	○						○		○	○	○	○				
	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	○					○	○	○				○		○	○	○					
	(本部)	効果測定			○		○						○		○	○						
販売促進	バブリノティ (広報)		?																			
チラン効果?	セルシオ計画			○		○	○						○								○	
	(本部)	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			○		○										○						
	(本部)	分析 活用			○		○						○		○	○	○					
販売拠点 (店舗)	人員スケジューリング			○		○							○									
営業所等)の管理 (店舗)	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)	セールスエンノニア管理		○																		
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				○																	
(店舗)	債権管理				○																	
価格	価格決定			○																		
	取引条件			○																		
	(本部)	契約管理																				
アフターサービス	巡回 点検 (配車管理)			○		○							○									
	修理 補充				○																	
	サプライ				○																	
	(本部)	保証 クレーム処理				○																

242 業界の特徴

流通業界というのは一つの業界ではない。さまざまの業態によって、経営資源もかか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。たとえば、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り、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、それか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、既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全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」をねら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、情報システムをつきはきでつくってきた。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、資本のつなか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かできていないので、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などにとりくみたい—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うるが、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ふみきるわけにはいかないのであろう。現に、自動発注などをまっさき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言えば、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言える。

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

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 (解答の作成)	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 (カバーストリー)	仮説 提案システム	プログラムシミュレーション	MDアセスメントシステム
S P	カテゴリー診断 サブカテゴリー診断	アイテム ノール選択 SPシミュレーション SP計画		SP実施管理
店 舗	店舗診断 改善提案			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		プログラム	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	売価ミノクス作成	SP計画	MDサイクルの単品管理

案やサービスの中で、コンピュータにおきかえ可能な部分はおきか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かなされていがないために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全てで、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なうという「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、たと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はしまっている。

(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か、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なわれる。このような数字と判断が対応している領域ではAI化が行なわれやすく、以下のようなシステムが既に作成されている。

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

プラノグラム (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、プラノグラム作成システムは広く普及しているか、(主としてメーカーか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か、米国ではほとんど全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か、効果測定を自ら手かけ、主体的にプランニングしたいという意向はともも持っている。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なってきた。流通業では、POSデータなどによって効果測定をする試みかはしまっている。

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なっている。この部分では以下のようなシステムがつくられてきた。

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か、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)か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、流通業か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、専門管理業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リング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。ワークスケジューリングは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、この2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とう作るかという点か期待されており、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。これらは業種別に全く異なってくるのはもちろんであるか、オペレーション時に情報提供するしくみは、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的検討すらほとんと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の相談型エキスパートシステムか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支援か求められるのは(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か中心となりつつある。データとしては、図表II-2-16の表側の全てのレベルでデータが存在するのである。そのデータ資源をと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ひきうける表2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。

244 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かかえている。)

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」が比較優位をもつ全てのサービスに、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か、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はじめたが、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、陳列の提案技術か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か流通業であり、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。

245 流通業の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であるか、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、発庄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更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。たとえば、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か、同じ様にワークスケジューリング(LSP Labour Scheduling Programと

よばれる)やプログラムや売価決定や特売商品選択など目的をしばったAI的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、誰も推進主体かないのである。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思われる環境変化を、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挙げられる。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用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のが、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良に期待がよせられている。

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、運輸業者がそれを運び、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）か、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。局部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めざし、運輸業の部分にまで手を伸ばすなど、各業界か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。さらに消費の好みか、感性的、マルチ的、創造的な方向に向かっている。

313 ポーダーレス化（国際化、業際化、学際化）

様々な局面でホ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、学際的なトピックス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か、更なる発展か逆に現象面から求められている。特に言葉のインター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ー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。

314 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、情報かGNPの伸びを支えているため、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か、軍事力や経済力から知識力へとソ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像の整理を試みしてみる。期待されるAIの傾向及び実現性を明示するため、知識共有範囲と技術レベルの2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3つに分類した。分散小規模システムは、ユーザー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。従来技術は文字と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。実現のめとも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)の通りである。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500万円以下で手にはいるものという前提である。例えば、ここに挙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もつものを想定した。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

現れていないか、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。従って、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の以外には、実用化のめと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を入力により、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り、技術的な解決のめとは立っていない。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。ヒューマンインターフェースソールは、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ふくまれる。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、犯罪の対策及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、実現のめとか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とは立っていない。この他にも巨大さからくる様々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。

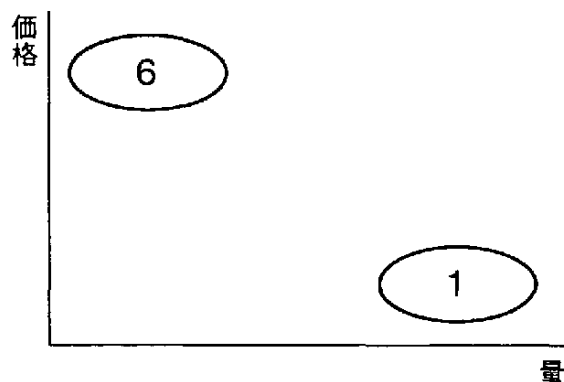
3.3 AI利用促進の戦略

AI技術の応用は産業のすへての局面で現れる。しかしながら前節の表をよく注意してみるとそこには2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。

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 運転訓練シュミレーター 荷物積みつけ支援システム 事故予防、保全支援システム 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ノール 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、保全システム
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ー マルチメディア会議 メディア問変換システム 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 クレンジット オンラインゼーション 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

図表II-2-18 AIニースの島



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、ユーザー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あ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、丁度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か、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いれられるため、価格が下がると大量の個数かですべ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でた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。ヒヤリングで得られたニーズは、明白にこの段階か消費者から望まれ、開発者からも強く意識し期待されていることか感しられた。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、あるいは全くの研究段階にあるシステムは、高価で個数もでないからである。

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はいる。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

インタビューの過程でしばしば経験したことは、AIに対するイメージか担当者によって余りにも大きく違うということであった。比較的AIに対する認識は深いと思われる人達ばかりであったにも関わらずである。このことは、各業界のAIイメージをニーズから明確にしようとしてもしよせんはニーズからの答しか得られないことを示している。本当のニーズを知るには多少不確実でも未来の姿を想像してみて、それをもとに考察してみる方法が妥当であると考えられる。社会はどのような

姿に変貌し、どのようにAIがそ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して発注され、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。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。

シナリオ1 流通業

この度青山にオープンした、ホルチエ ログハウスに行ってみました。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、ホタンの沢山並んだボックスが置かれています。

まずメガネを架けると、前のボックスに取り付けられたセンサーで撮影された、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、ストノク 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ノクされます。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りする、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。ボルチエから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、ストノ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。気に入ったらストノク・ボタンを押しましょう。もう一歩進んでる人ならば、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、ホルチエに挑戦してみ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。優秀作はホルチエ・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、これまでストノクしておいたデザインのシャツが全て現れます。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。もちろん、あなたのサイズはセンサーが測定していますのでご心配なく。

ホ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全ての人との対話を行いたいのだ」「ブ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全て

を皆様に見て頂きたい。しかし、これまでのブティノクでは全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か、それでは買物の楽しみを味わって頂くことかできない。このシステムにより、全く新しい楽しみか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頂きましょう」ブーラボー。

現代の日本にもっと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。日本には既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か壁となって伝わりにくい。法律の解釈が素人でもでき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事かできる。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。

最初のシナリオで必要な技術は、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事は間違いない。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。ネットワークを通したクレノノ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。

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、ほちほちでんな電子会議”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か現れ「おはよう久仁子。よく眠れたかい。消費者 は・A00・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・か 挨拶・して きた。」とたたと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。山のような仕事か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かとんとん消えてゆき、最後に営業店の視察と新製品企画会議の予定か残った。「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丁度エンジニアか無線機の設置をしていた。「何してるの？」N女史が尋ねた。「この営業店の販売テリトリーか広がったので無線のポートを交換しているんですよ。」エ

ンシニアは答えた。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更に尋ねた。「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、更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おぼさんの騙し方などのセール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掛かった。

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。「ハカホンのパパでお願い」。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と共にハカホンのパパか画面に現れた。「こにゃにゃちわー!ハカホンのパパなのた。最近・君・の・リアルタイム・での・会議の・出席・か 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たてるつもりだったN女史はムノ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ト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映し出された。何やら二人は既に何かを話し合ってる。N女史は翻訳機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まん中あたりに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。「さてとなたかご意見は?」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。」王氏はそう言うのと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から、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。

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か、世界に情報を発信すると言う意味では、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、それを阻む要因が幾つかある。

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。ここ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、ヒューマンインターフェースは重要で、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。

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、大型トラノクによる幹線輸送は殆どトラノ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ノクが待機している。積み込む前には、最適配送ルート的设计かなされている。更にこれを基に、トラノ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、かつてはベテランか勘と経験に頼って行っていたわけであるが、現在はトラノ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、配送トラノ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が、今はもはや人手を煩わせることはない。

配送トラノ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ノクのコンピュータに伝達される。トラノクのコンピュータはこれを受けて貨物扉を閉め、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、トラノ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、配送ルートか、このトラノ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。」

久仁子はずなずいて、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。ところか、いま走っている道は交差点かいくつもあり、うっかり違う交差点を曲かしてしまうかもしれない。あらかじめ確認かしたい。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、ドライハーか、担当地域の地理に少々不案内でも、コンピュータか様々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。

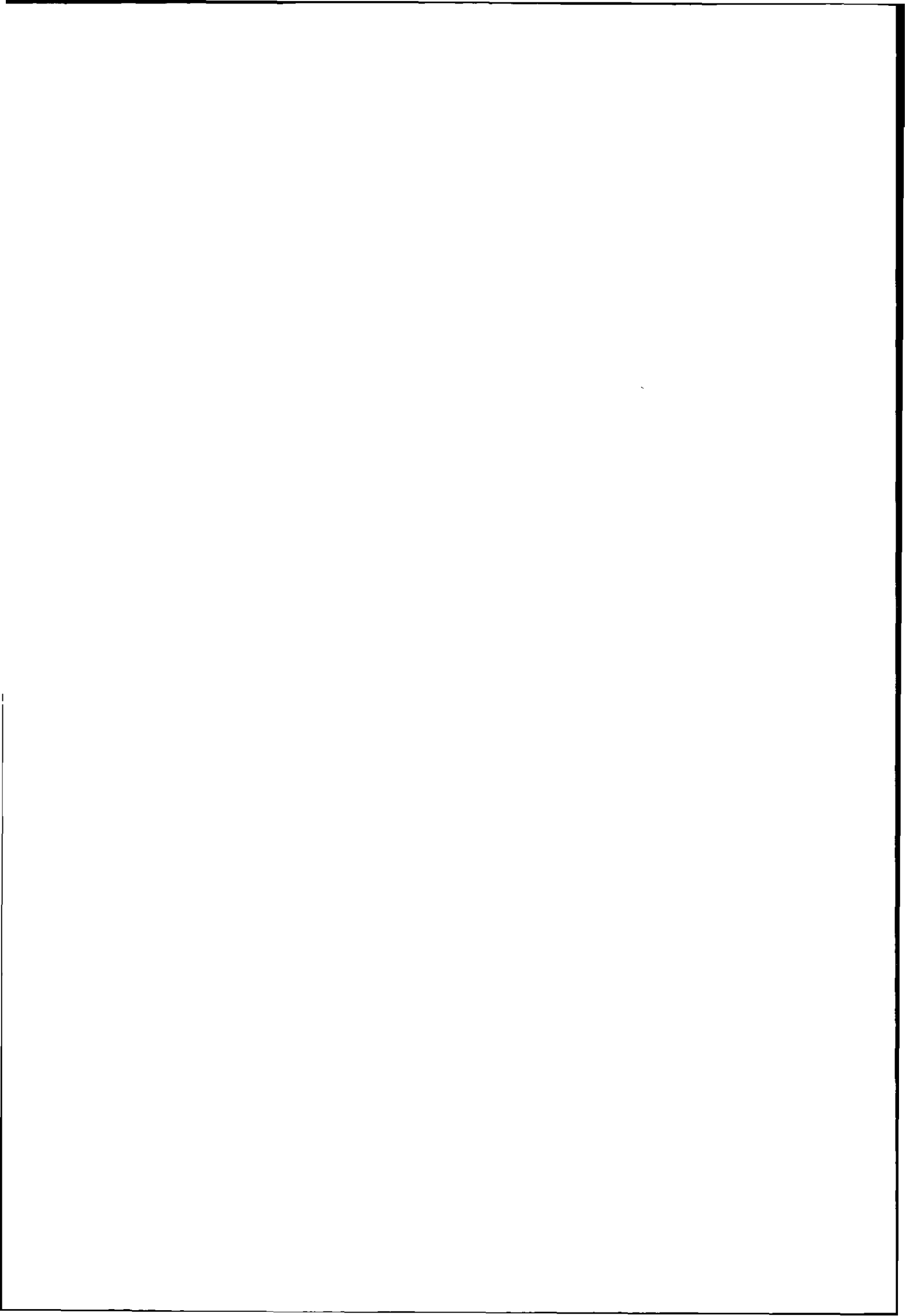
配送トラックのドライハーたるもの、いくら入社したてとはいえ、担当エリアの道路状況がよくわからないのは、けしからんではないかと言う人もいるかもしれない。たか、現代のドライハーの任務は、車の運転、荷物の配達に重点かあるのではない。宅配ドライハーは、各家庭に赴き、直接顧客と接するわけであるから、単なる運転手ではなく、むしろ、セールスウーマンとして捉えられ、各家庭からマーケティング情報を引出してくる能力の方に重点かおかれている。そえゆえ、教育もそちらに比重かかかっている。道路状況などはあらかじめ知っている必要はないと見なされている。そんなものは、各車両に搭載されたコンピュータか逐次教えてくれるからであ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

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。

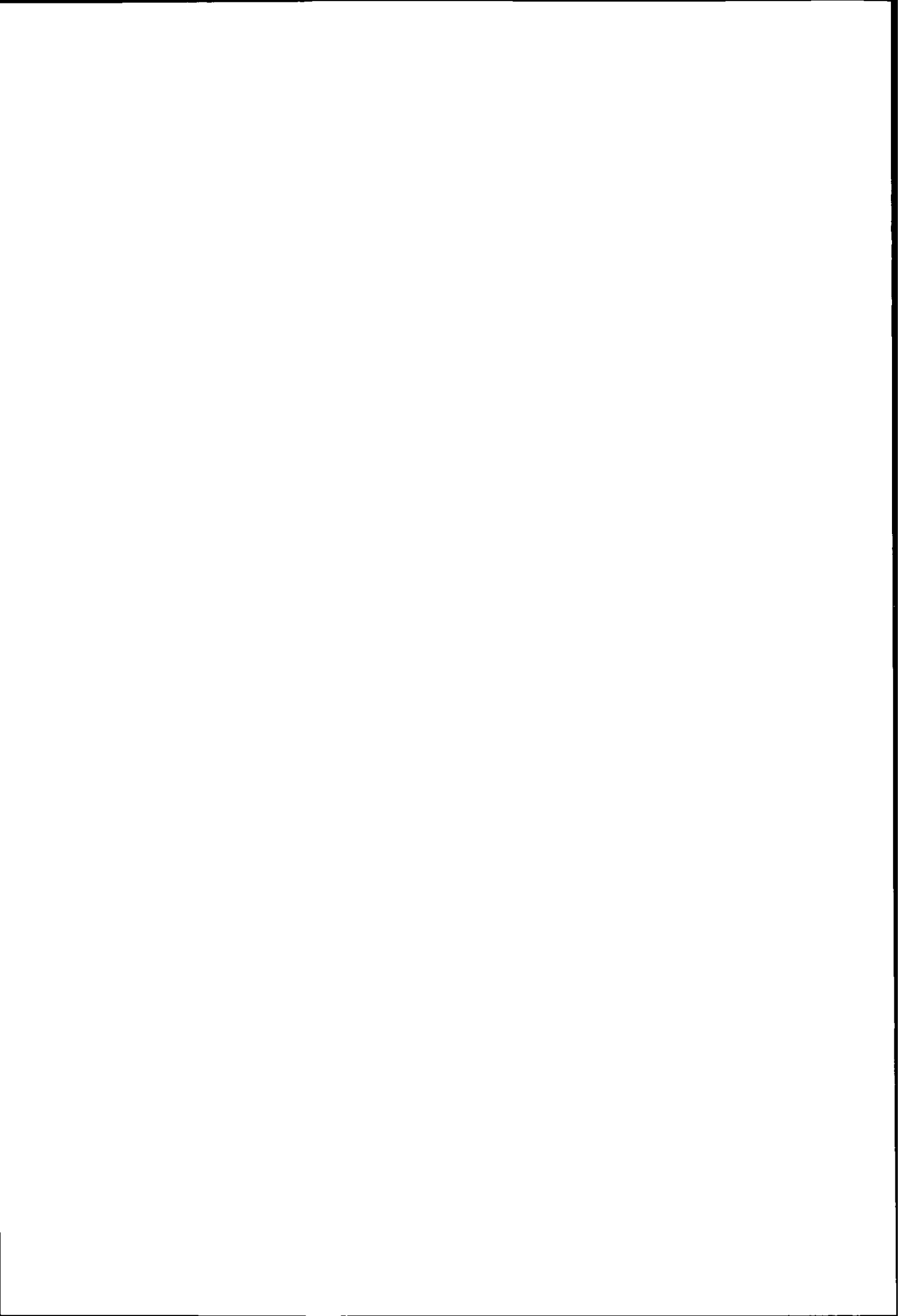
1977年に始まり、その後急成長を続けてきた宅配便業も、社会的要因である運転手不足から、曲がり角を迎えた。取扱い個数も郵便小包の3倍以上にまで伸び需要は更に伸びているにもかかわらずである。若者が3Kを嫌い、人を集めることかできなくなった為である。格好よい職場を演出することは、今後の絶対条件である。高度な情報機器武装によって醸し出される知的雰囲気は、仕事の効率を上げる以上に若者を引き付ける効果をもたらす。更に女性化 高齢化の波を乗り切るには、ロボットの利用によって力仕事のイメージも払拭する必要かあろう。また、シナリオにも出てくる最適積み込み計算を可能にするためには、荷姿の標準化などの規格の標準化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か予想されるため、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。更に、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か期待されるが、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。



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技術全体をどう捕らえるかについては、それぞれに議論のあるところである。AI技術の動向をどう見るかによって全体像にも若干の変化が生じる。昨年の白書のAIの全体像のマノブを動向を加味して改変したものを図1-1に示す。AIの領域についてもいろいろと議論があるか、ここでは、本白書の精神にのっとりかなり範囲を広げてある。以下に、図1-1にそって説明する。

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應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）やファシイ理論による推論等である。

これらの技術は、人間の知能、頭脳を直接研究対象にする哲学、心理学、神経生理学などや、諸学に共通の情報表現手段や仕組を対象に研究する学問と深い関連を持つ。

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。したかつて、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ヘース技術、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もできる。

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

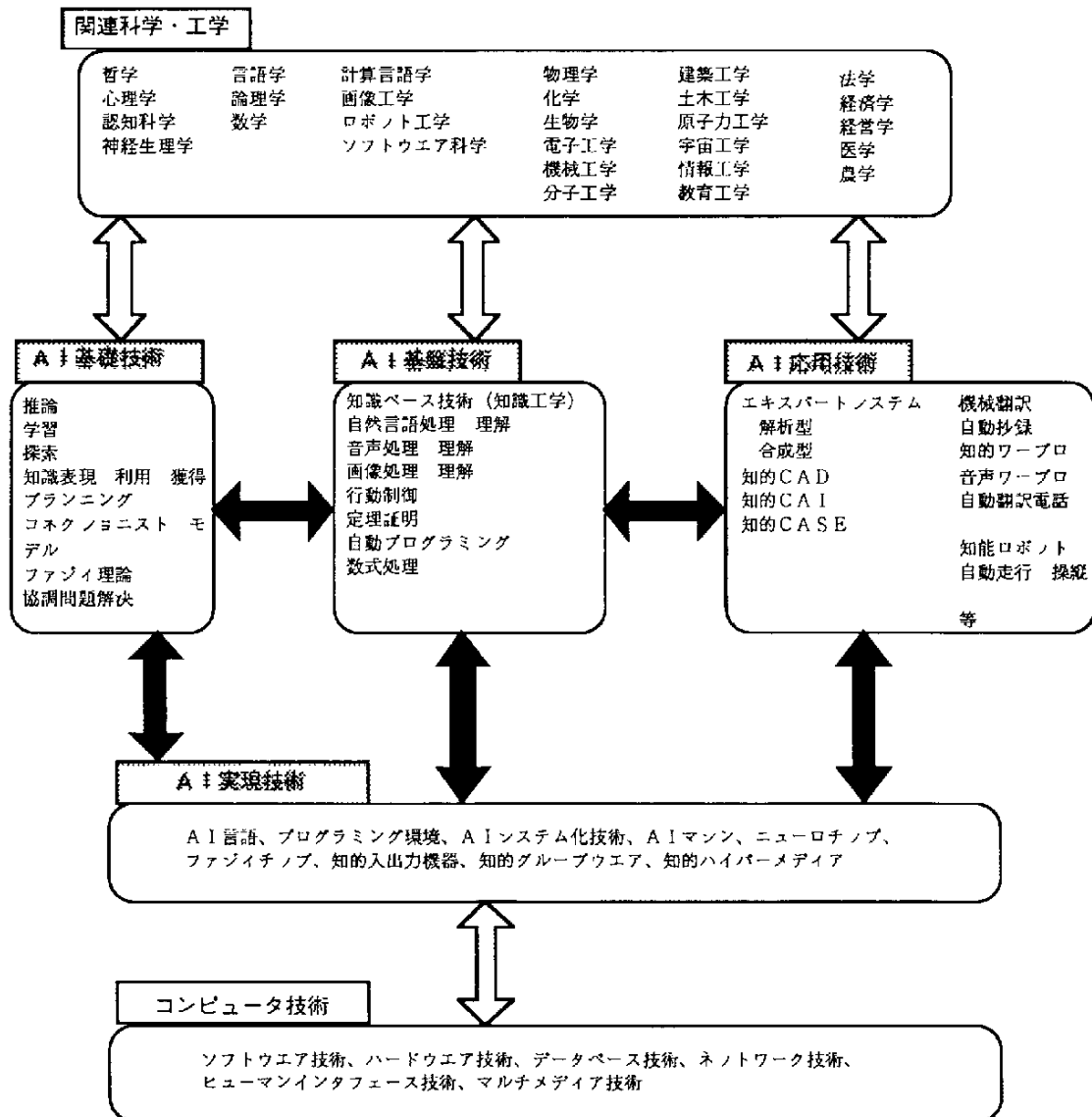
人間の具体的な知的機能、すなわちさまざまな専門分野における技能を対象にし、実用化も加味したシステム開発に結び付く技術である。診断する、設計する、計画する、教育する、翻訳する、運転するなどの多様な技能を対象にするか、何に対するものなのか、例えば何を設計するののかの適

切な「何」を定めることが事のほか重要である。

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多いものは、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、人文科学の諸学というように、広範囲の学術、技術に関連を持っている。

図1-1 AI技術の全体像



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。コンピュータ技術をよりAI向けにしたものであるか、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コンピュータ技術としては、AI向プログラム言語とそのプログラミング環境とAIマシンが代表技術である。AIマシンには、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シ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向きの人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か、AI基礎技術やAI基盤技術のように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られることかできる。

2. 基調動向

AI技術の全体動向で最近とみに顕著と感しられる基調となる動向を項目立てて列挙する。

○ 着実な定着

当初の期待ほどではなかったにしろAI技術は個別なか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見立たなくなっているか、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か、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、やはり環境整備への努力が始まっている。

○ 難しさの再確認

出来そうに思えたものは何とか実現できたか、難しそうに思えたものはやはり難しい。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。大テーマ、

難テーマは五年や十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たけとの見方もある。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、人間の知的機能の主要な部分は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。

○ 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か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ところ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かになってきた。したがって、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合わせるアプローチの方が実りある時期にきたようである。

○ 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か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実現となったのである。そこで、コンピュータの高機能、高付加価値化への努力が必須のものとなった。AIブームは去ったか、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。

○ 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。そのための条件も十分に整いつつある。どのような心構えでどの方向にスタートすべきかを述べ動向の基調をしめくくる。

知能現象の廣大無辺さを十分自覚すべきである。物理現象の世界に対して人類が達成してきた技術をと比べてみても、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。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、そうすることへの十分な自覚が必要である。

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。コンピュータ技術も、これから大いに変化し発展していくがこの技術がここまでできたのはそれだけのことがあるからである。

次にどの方向に向かうべきかを述べる。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か、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置くとしても、コンピュータに専門家の知識を持たせてという設定は今も新鮮である。

問題は知識をと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与える、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、問題は知識の境界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、エキスパートシステムとそのユーザ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。人間の知識は我々が日常用いているメディアによって表現される。

そして、その時人間とコンピュータの役割分担をとえば、コンピュータが得意とするのは単純な知識を非常に大量に高速に信頼度高く処理するということである。したかつて、知識ヘースの大規模さが大切な要因となってくる。

このようにして大量の知識を扱う頑健な知識処理技術の確立、知識ヘースの実現が最も妥当な方向付けということになる。

3. 個別動向

3.1 AI応用技術

(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応用は、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。我が国では、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。しかしユーザ側では、システムの有用さの反面、そのうち実用に供されたのは数百程度と言われている。また運良く実用化されたシステムも、その管理・維持が円滑に運営されていないケースが少なくない。

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、情報処理システム構築のための情報処理技術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共通知識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、知識ベースの流用、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。

(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セプトに達し、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臨まれている。

機械翻訳システムの実用化が進むなかで、1991年4月に、機械翻訳協会（理事長・長尾真京都大学教授）の設立が予定され、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年再び高くなっている。数年前からほとんど活動を停止していたECの7カ国協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、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、世界的な広がりのなかで、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様々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EDR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）の開発が順調になされている。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の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基礎及び基盤技術

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、つぎの跳躍への助走に入ったというのか、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研究のもっと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待つかでもなく、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か実態である。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あいついでいる。そうした提案の中からとくに注目すべきものを選んで、以下に簡単に紹介することにする。

(1) 知識表現 推論技術

情報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もっと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か、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と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もつ知識、すなわち、常識に相当する膨大な内容をも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、すでにくつ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が公表され始めている。そし

て、それらの活動を通して、以前にはとく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つぎのようになる。

- ・ 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か有力になってくる。とくに、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。

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か、J マノ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、簡単にいえば、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か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。したかつて、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、一種のハイブリット言語となっている。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。

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歩々々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、効率的に解をえていることか多い。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、問題の状況にもっと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季に計算して、最良のものを選び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。

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か、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なアプローチとして、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、事例の分類体系にもと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。それにも拘らずこの方式が注目されるのは、つぎのような利点か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か、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か、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などの欠点がある。

不完全な知識の取扱い、完全な知識か期待できるのは、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か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、つぎの事実に即して考えることか必要である。

—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 人間には自分のも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。

一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 の値を知らない生徒がいてもおかしくない。

一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 と信じている”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へきことになる。

オントロシー（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、“存在している世界をまず最初に視座におき、存在の体制の形式から事態の把握を行う”必要がある。”認識論か、われわれの認識一般の構造および認識の可能性の条件を考察する分野であるのに対し、存在論は存在の構造および存在の根拠や意味を問う学問分野である。”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かできる。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か現状である。”存在論の問題はつきの数年間、（知識表現における）最重要で、もっとも話題となることの多いものの一つとなろう。上流モデル（常識的知識の大階層における最上部）をどう構成するか、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、などか重要な論点である。オントロシーの自動生成も頻繁に議論されることになりそうである。”

(2) 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への参加報告を読むと、自然言語処理の最近の状況を知ることかできる。”会議全体の印象としては、テクニカルな点で新しいものは見当たらなかった。しかし、自然言語のような分野での革新的アイデアなどは、3年に一つでも出れば良い方なので、今回にそれかなくても、別に不思議はない。ただ、今回の発表では、きれいな理論に基づくToyではなく、よりPracticalなものを目指そうとする雰囲気か強く感じられた。例えば、既存の辞書やテキスト データベースから、広範囲をカバーできる知識を獲得しようというアプローチかいくつか提案されている。しかし、そのようにして獲得された知識を、どのように問題に適用し、どの程度の効果か得られるのかという点を明確に述べた論文は少なかった。”この引用から明らかなように、自然言語処理の研究は、利用できる知識の拡大に求める動きか強くなっている、ということかできる。

この動きを具体的にみると、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。

言語知識の拡大。従来からの言語の研究は、”言語構造の形式的モデルを分析する抽象的なアプローチか、あるいは、ある言語現象の特例を挙げて説明するとか、その特質について細かく検討するなどの具体的なアプローチのいずれかをとってきた。しかし、近年、自然言語処理でアプリケーション分野が浮上してくると、言語の分布的側面（註：網羅的な使用例）を無視することはもはや不可能なことかはっきりしてきた。人はそれぞれ、話し方も書き方も違う。人はまた、様々な種類の、多くの言語的素材を目にし、耳にする。その結果、言語の生態学（Ecology of Language：言語の独特な慣用法とそれが起きる文脈との関係）を研究する必要がある。それを系統立てて進めるためには、様々な文脈を代表するのに相応しい、多様性のある、大量の資料を得ることが必要である。”

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、機械にと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表3-1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、人間のもつ常識的知識に近いものをコンピュータにもたせる必要がある。その試みに真正面から挑戦しているのが、前述したCYCプロジェクトである。

表3-1 自然言語処理能力と知識

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

(3) 音声 画像処理技術

リンゼイ／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ホトムアノプの処理である。他方、概念駆動型の処理は、“現在経験している出来事についての一般的知識と、この知識から生み出される特定の期待から始まる。実際のところ、この期待は、（もし、言語的入力か期待されるなら）言語分析システムを活性化させることに始まって、期待される特定の入力の特徴検出器に準備体制をとらせ、システムの注意を特定の事象の細かい部分に向けさせることまで、あらゆるレベルの分析段階を誘導する。”

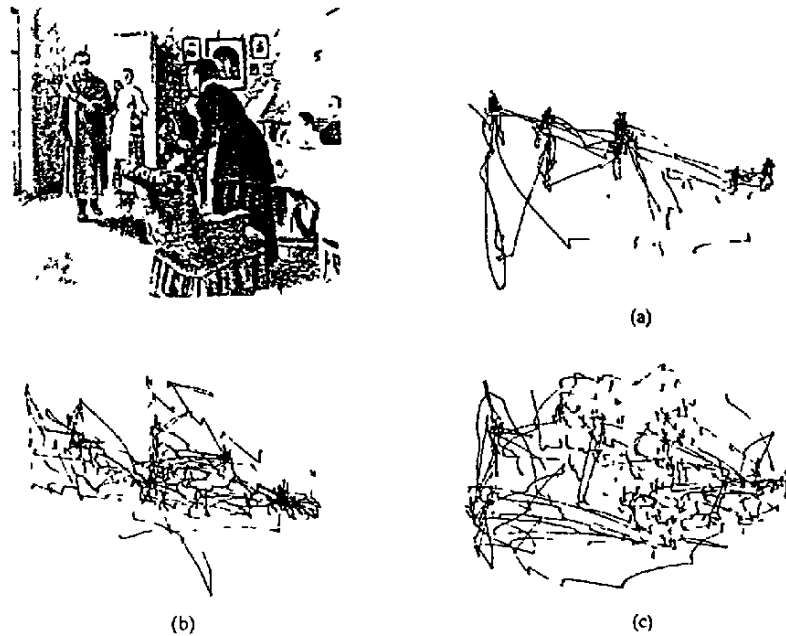
このような二つの処理の相互作用は、限られたリソースを合目的に重点化して使うための戦略的なメカニズムとみることができ、人工知能につきまとう「組み合わせ的爆発」問題の解消に大いに役立つものである。しかし、従来からの音声 画像処理技術を見ると、そこでのアプローチは、専らデータ駆動型の処理に狙いをおくもので、概念駆動型についてはほとんど視野の外という状況にあった。幸いなことに、ロボト視覚の研究者などを中心に、最近この見直しともいうべき動きが活発になってきている。

- ・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か必要と考えた。しかし、人間は実際にはそんな手間のかゝることはしていない。その証拠を図3-1で説明する。

いま、図の左上の絵（レーピン 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か、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。

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。

図3-1 課題と視線の動き



(4) AIシステム化技術

相互作用のレベル： これまでの人工知能のモデルでは、ひとり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おいてきた。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、それをと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。1990年の米国人工知能学会の会長講演において、D ホブロウは、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 ソフトウェアなどからなるエージェントの組織体ないしネットワークについての研究が重要であることを指摘した。そして、このような組織体で問題になる検討項目として、(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、を上げている。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、異なる概念体形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。ホブロウは最後にAIの目指すべき方向は“automation”ではなくて、“information”であると述べて講演を締括っている。

包含アーキテクチャ (subsumption architecture) 知覚から行動までを一貫したシステムのモデルとして用いられてきたのは、図3-2のようなものである。しかし、知能系のあり方はむしろ、低次の活動から高次の活動へと階層をなす図3-3のような構造をもつと理解すべきではないかという提案が、MITのRブルークスによってなされ大きな議論を呼んでいる。

図3-2 旧モデル

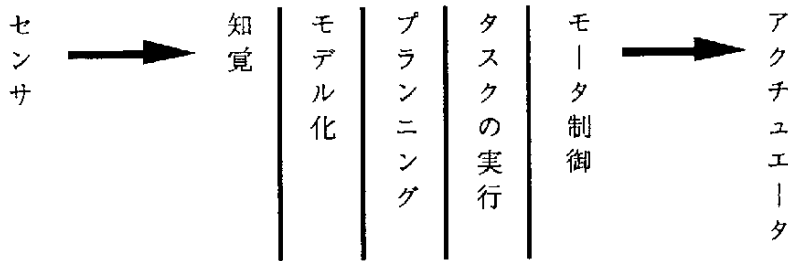
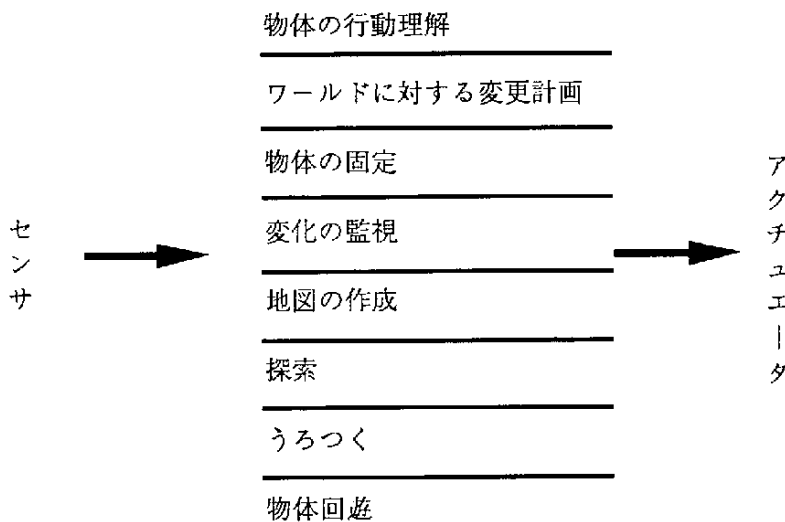


図3-3 新モデル (移動ロボット)



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して、すでに市場で実用目的に用いられており、CAI、CAD、CASEの分野で部分的に導入が進みつつある。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、オントロカルな大規模な知識ベースの研究開発、ロハストな意味理解を目的とした自然言語処理、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

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基礎技術の中でもっと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、(財)新世代コンピュータ技術開発機構では第五世代コンピュータプロジェクトとして、1000台規模の要素プロセッサをもつ並列推論マシンを実現しようとしている。ニューロチップやファシチップの開発、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、ニューロやファシィのような新たな理論や方式にもとづいた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に向いている。

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か認識され、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理解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様々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。それらの成果は2、3年のうちに明らかにされるだろう。

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トキュメント、ト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ことかできる。知的ハイパーメディア技術は、多様なメディアのトキュメントの管理技術であり、

大規模知識ベースは知的なハイパーメディア技術を開拓する。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り、AI実現技術は、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。更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、より高性能な技術開発が必要であり、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。即ち、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かそうしたAI基盤技術を研究開発する基盤となる。

大規模知識ベースは、将来のAI応用に向けて、AI実現技術かとうあるべきかを方向づける。

大規模知識ベースの研究開発は、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 学習機構などの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様々な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—

1. 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う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、あちこちで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出来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、ファジィ推論にてもしかりである。もちろん、これらの重要性をそこなうものではないか、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、現在のところそれ程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、誰もがその主要性を納得することか、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行い、その全像を描く試みを行う。第2章では技術的、社会的背景、第3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4章では大規模知識ベースの代表事例と分析、第5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6章では大規模知識ベースの要素となる諸技術の動向、第7章では波及効果と応用の形態、第8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。

2. 背景

2.1 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、成長するきさしか見えはしめてきた。そのきさ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、実情に合わぬものがあることか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か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を作り出さねばならぬことが示唆はしめられている。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とうとらえるかという技術が重要であることか認識されはしめている。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、体系付けること、すなわち情報の生態学、知識の生態学という観点こそか、今後の情報処理技術発展のためには不可欠である。

(2) コンピュータか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ともなってヒューマンインタフェース技術か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、また定まらぬ所が多いか、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か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き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かヒューマンインタフェース技術であった。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言うのが

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か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、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パーソナルな形で獲得したのである。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。

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かわることになる。

この発想の転換は以下の3つの代表例に示されるように多くの利点を生み出す。

(1) そ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等の普及など、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か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も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かかなりある。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か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時にも起こる。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

と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かできる。ドキュメントを土台とした知識ベースシステムこそか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様々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か急激に低下し、不必要な情報か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かかかり、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、随所で多量のデータか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か多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我が国においてさえ、手に負えぬほどにデータベースか巨大化しつつある所か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そのものに抜本的な対策か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の再検討を強くせまりつつある。

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か巨大情報技術、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しさまざまなアプリケーション技術の研究開発に役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へたてる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か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、この共通基盤か次なるコンピュータ技術そのものの展開も方向付けることになる。

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。その意義付けのもとに第5世代コンピュータプロジェクトか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そ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5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。

それに比へ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ただけであり、その技術の大きさからして、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は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、及びその技術かになうことになる。

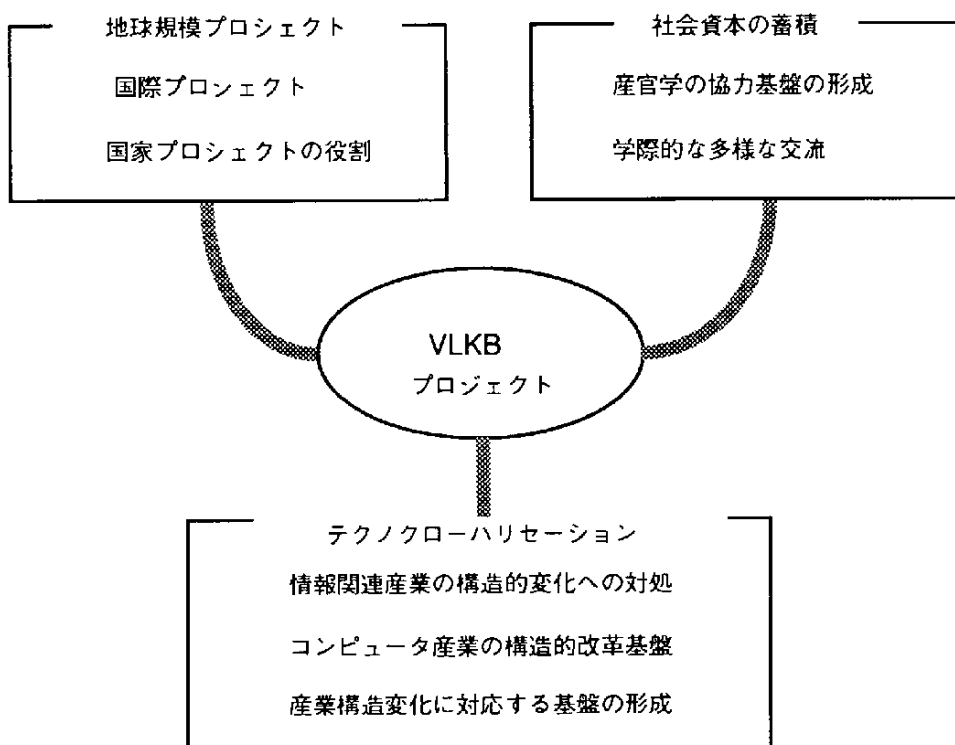
2 2 社会的背景

大規模知識ヘースは、様々なメディアで記述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図る。また大規模知識ベースは、大規模知識ヘースの知識や文書自体が、国際的な情報交流の資源であり、世界で共有されることによって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。

大規模知識ベースの研究開発は、自然言語や図形、画像などの多様なメディアを対象とし、大量の知識の処理を行うために、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。国際的、学際的、業際的協力によって、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。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、国際協力と国際間での知識の共有を行う基盤を提供する。(図2-1参照)

図2-1 大規模知識ヘースプロジェクトの位置づけ



(1) 国際協力

技術や情報の寡占か何を引き起こすかは近年の技術摩擦に係わる係争を見るまでもなく明らかである。今、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する。そのためにも国際間での研究開発の共同、協力が必要であるし、本質的である。

このように、大規模プロジェクトの役割のひとつは、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) 大規模プロジェクトの役割の変化

情報処理分野に於ける大規模プロジェクトの役割は、コンピュータ産業の成熟と共に変化しつつある。既にハードウェア技術については世界でトップの水準にある。個々のソフトウェア技術についても、独創的なソフトウェアか少ないとかソフトウェア業界の体質という問題はあるにしても、それらの解決は企業の努力に係わっている。

大規模プロジェクトは、個別の技術を育てることか役割であった時代は終わったといえよう。むしろ今後の情報関連産業、コンピュータ産業の動向をみきわめた上で全体をとのように方向づけるかか課題になっている。個々の技術ではなく技術を育む基盤作りか大規模プロジェクトの役割として期待されている。

全産業の情報化を支える基盤としての大規模知識ベースは、高度の情報処理と情報の共有を目指す。ドキュメント処理、知識処理、高品質の翻訳システムなど今後期待される付加価値の高い応用システムの開発の基盤となる知識資源を提供するだけではなく、多様な分野間での情報の共有も可能にする。

大規模知識ベースの研究開発は、今後の産業の情報化を支える基盤を形成するうえで重要な大規模プロジェクトとして位置づけられる。

(3) 情報関連産業の構造的変化

近年の情報関連産業の発展は、それまでと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。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か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様々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きめ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、以前から情報処理に重要さか認識されており、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益々増大しまたその即時性も要求されている。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か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様々な形態の情報か存在する。そのために大量でかつ多様な情報を処理する能力をもつたシステムか望まれている。

製造業では、多様化する顧客のニーズに答えるために、少量多品種生産の傾向かますます進んでおり、それに答えることかできる自動化された生産ラインの構築と顧客のニーズの分析がなされている。これらを経済的にかつ迅速に実行するためには、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か進められている。建設業界でのファンリティマネー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かますます重要になっており、またその情報の増大にともなう問題を解決することも急がれている。

コンピュータ産業では、以上のような産業における変化に情報処理の立場から対応することか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)やカスタムOSの動きが顕著になっている。こうした動きでは、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情報システム構築の性格を変えようとしている。

大規模知識ベースが目的とする産業をかハーする知識の集積と高度な言語処理、知識処理の提供は、情報処理関連産業に顕著に現われているこうした構造的な変化に対応するものである。

(4) コンピュータ産業の構造的改革基盤

ここ数年のコンピュータ産業の発達是非常にめざましい。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既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益々高性能

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くだろうし、その傾向を認めたくえで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為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とそれに要する莫大な開発のコストと人的資源のシ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。

(5) 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ともな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ながら、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

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。

ドキュメント及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。従って、知識ベースには全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である。

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にわたって共通であり、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ひとつは、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。

(6) 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へ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、基礎技術と言えども、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。また研究ノ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重要になりつつある。

大規模知識ベースの関する研究は、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。

(7) 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もっている。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に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ヘース、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か極めて重要である。情報や知識、言語に関する大規模知識ヘースは、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ヘースの適用は、知識の蓄積、利用という本来の知識ヘ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みを与える。

3. 大規模データヘースの現状と動向

大規模知識ベースのあり方を検討するに際して、膨大なデータ（情報）と、それを扱っているシステムの問題点を具体的に把握するために、大規模データヘースの現状と動向を分析することが重要である。いずれにしても、大規模知識は、大規模データか手掛かりとなって把握されるからである。

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、以下のようなことか言えるであろう。

- (1) 検索対象となるデータが、膨大であり、現状では、1000万件を越えるデータが蓄積されている。
- (2) 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。
- (3) 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。
- (4) 一次情報か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。
- (5) オンラインでの利用が主である。
- (6) 各データは、使用されているデータベースシステムに依存している。

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。

(1) 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

(2) 科学技術情報（特許）

特許庁の特許データベース

(3) 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

(4) 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NEEDSデータベースをとり上げ、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、大規模知識ベース検討の素材となるように、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。

事例は、以下の項目に沿って紹介されている。

- (1) 概要 システムの開発の目的及び、開発の歴史。
- (2) データ ドキュメント システムで取扱っているドキュメントの形態を表現メディア、ドキュメントの処理過程（蓄積、検索、表示、翻訳など）における特徴的な処理内容。
- (3) システムの概要 システムのハードウェア及び、ソフトウェアの構成。
- (4) 外部提供 公表データ：外部に対するデータの提供 公表に関する動向。
- (5) 将来への課題 見直し 今後のシステム開発の展望。

3.1 大規模データベースの事例

3.1.1 特許庁の特許データベース

(1) 概要

a 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（例えば平成元年度分では、特許 実用新案54万件、意匠48万件、商標174万件）、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かててきた。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、国際的な工業所有情報交換等の協力の推進に役立てるためである。とくに諸外国との特許情報の交換に力を注いでいる。

b 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 特許分類をヘ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ータとして光ディスク (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) データ ドキュメント

a 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48万件/年、
商標174万件/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2000枚

b 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人のパートタイマ)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

I P C、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、後方一致の検索かてきる。

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タームコート、フリーワード、審査官のメモか追加。

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すべく開発作業か始まっている。

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。

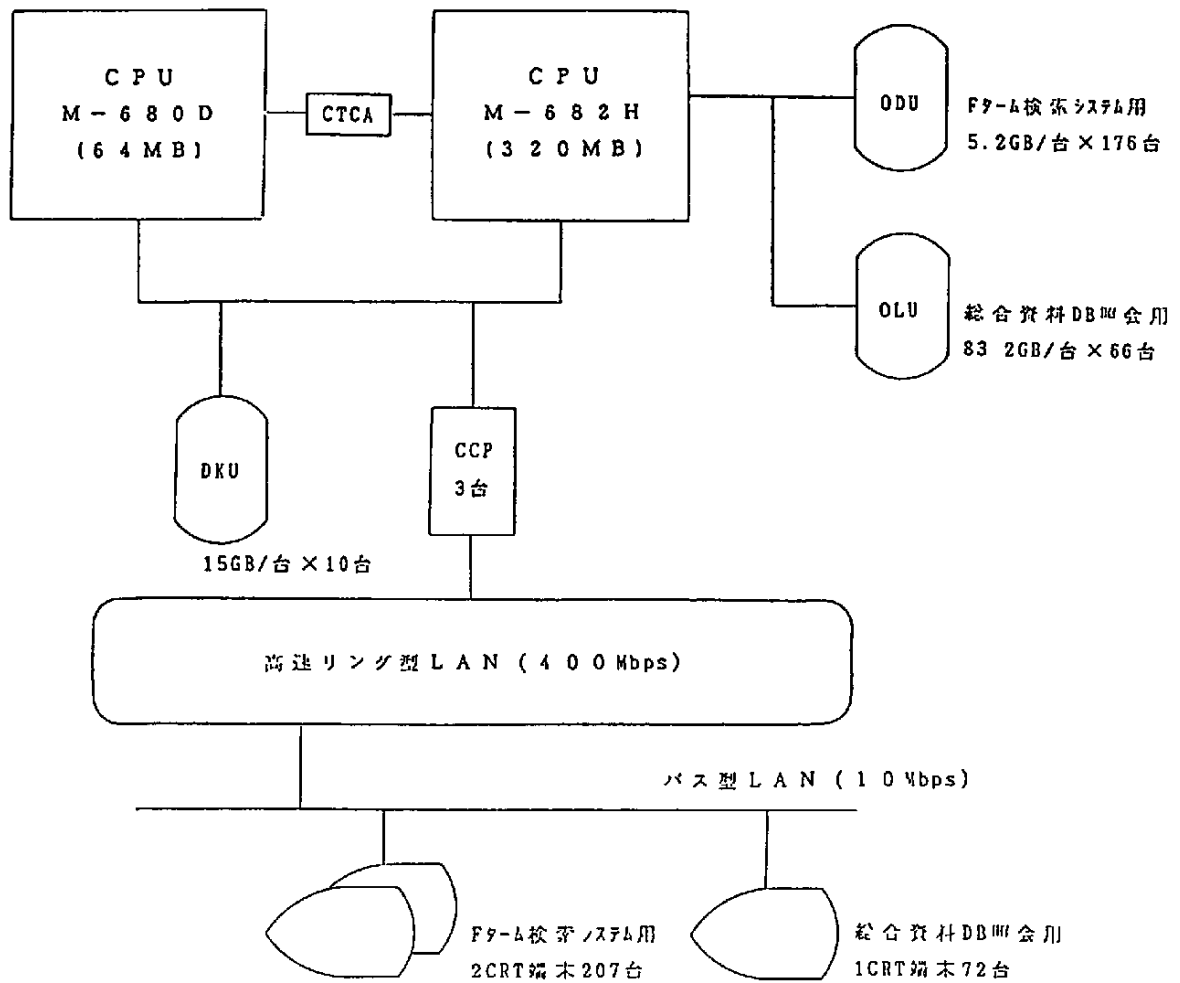
この他、F Dや書類による特許出願も並行して実施している。

(3) システムの概要

a ハードウェア構成

Fターム検索システム及び、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3 1-1 ハードウェア概略構成図を参照。

図3 1-1 特許データベースのハードウェア構成



b 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全て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、ファイル管理及び端末（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

基本的に全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全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、実用新案の全ての情報は入り口の時点で全て電子情報となる。

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CDROM化を行い、MS-Window上で利用できるようにすることも検討中である。又、全国ネットワークで弁理士事務所にミクスト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、審査すべき情報も全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、特許審査システムか考えられるようになるものと思われる。

更に、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る。

312 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

a 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、工程のシステムの管理の推進。

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。ただし、「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。

b 歴史

1961年 第1期 金属工学関係の文献の遡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、JOISI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ハノ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) データ ドキュメント

2.1 トキュメントの形態と表現メティア

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)

b トキュメントの処理

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)、書誌情報などをつけた後、パンチ入力し、MTに入れる。

キーワード付けについては、現在、索引支援システム、キーワード自動抽出システムを開発中。

現在、6,000人(内2,000人か中心的に実施)が抄録作成協力者として携わっている。

統制語のシソーラス(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をディスクにテータヘ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水準にととめている。これは、第2水準になると漢字ふりかなの作成、フリータームの抽出等の処理に使用する辞書容量かふくれあかるからである。

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。

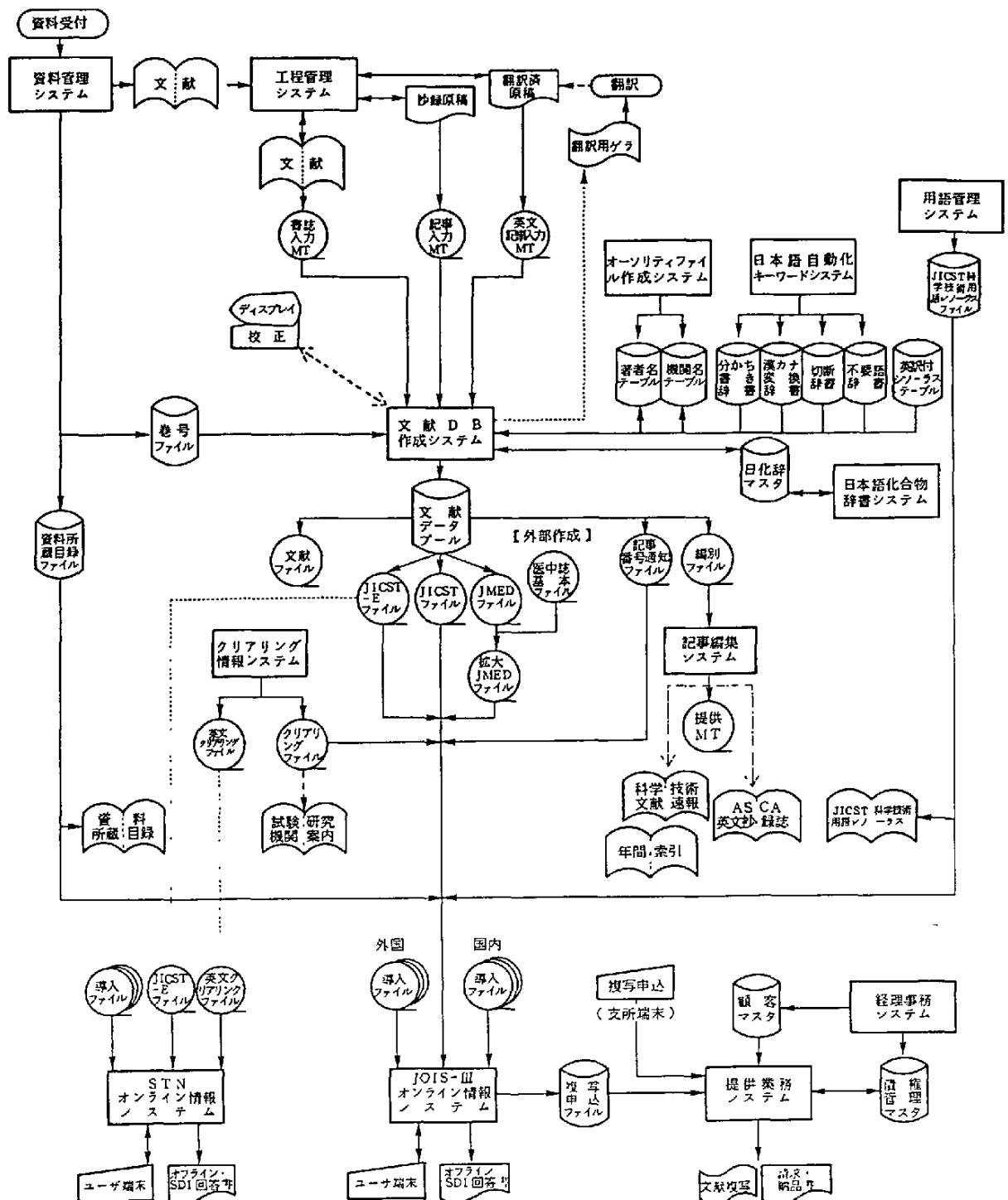
4 翻訳

人手により抄録を英訳して、パンチ入力し、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、日本語を英語に対訳する辞書（対訳辞書）で変換している。

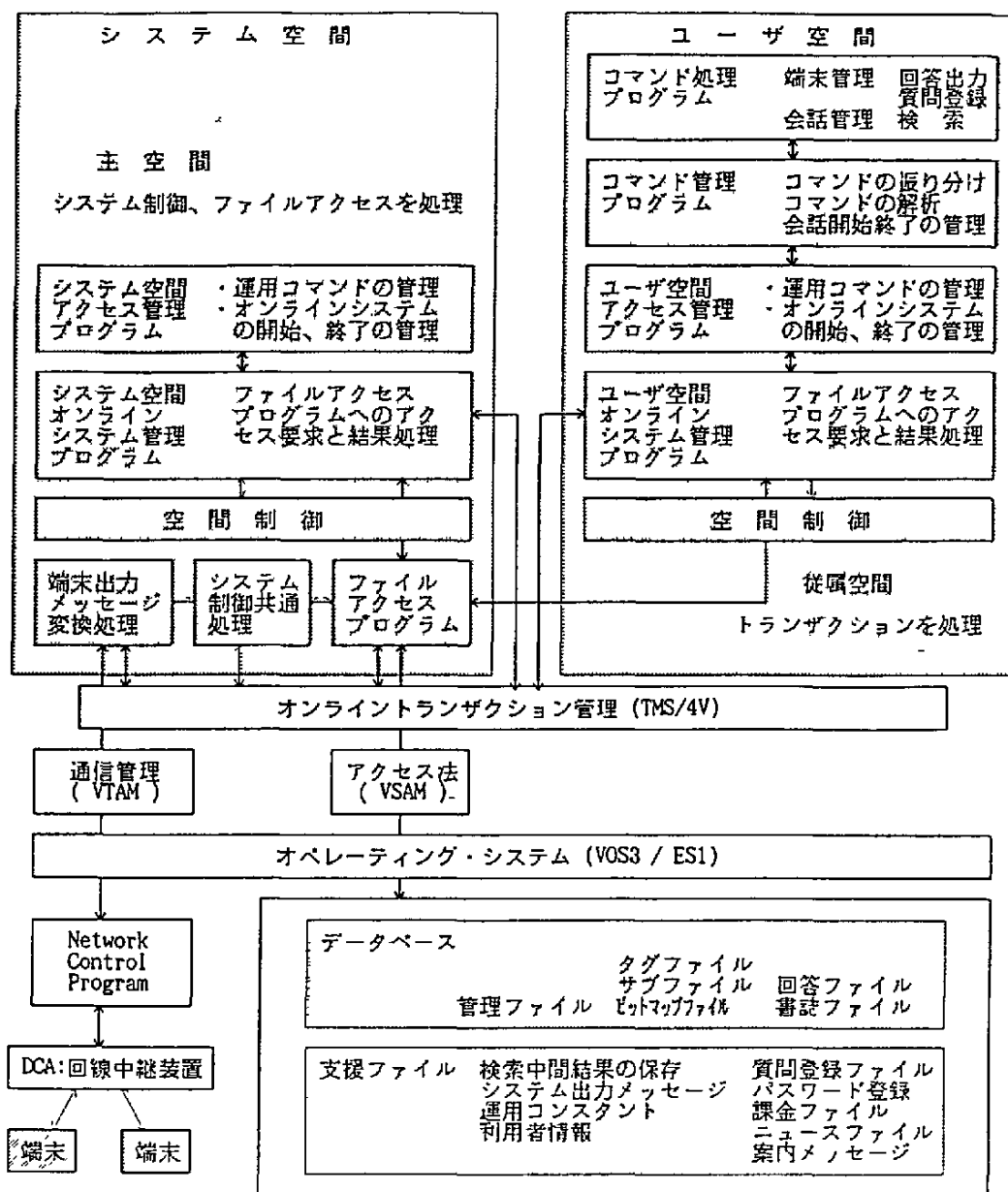
情報の作成・提供の全体の流れを図3.1-2に示す。

図3.1-2 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



(3) システムの概要

図31-3 JOISの構成



(4) 外部提供・公表データ

- ・有料で情報をオンライン、ハノ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

J I C S T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。

313 学術情報センターのNACSIS-IR

(1) 概要

a 目的

日本国内の大学等研究者等に対して、学術研究の推進にあたって必要となる、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。

b 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) データ 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。

a 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、あわ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。

b トキュメントの処理

(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）をスキヤナにかけ、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ハーテッド 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かできる。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

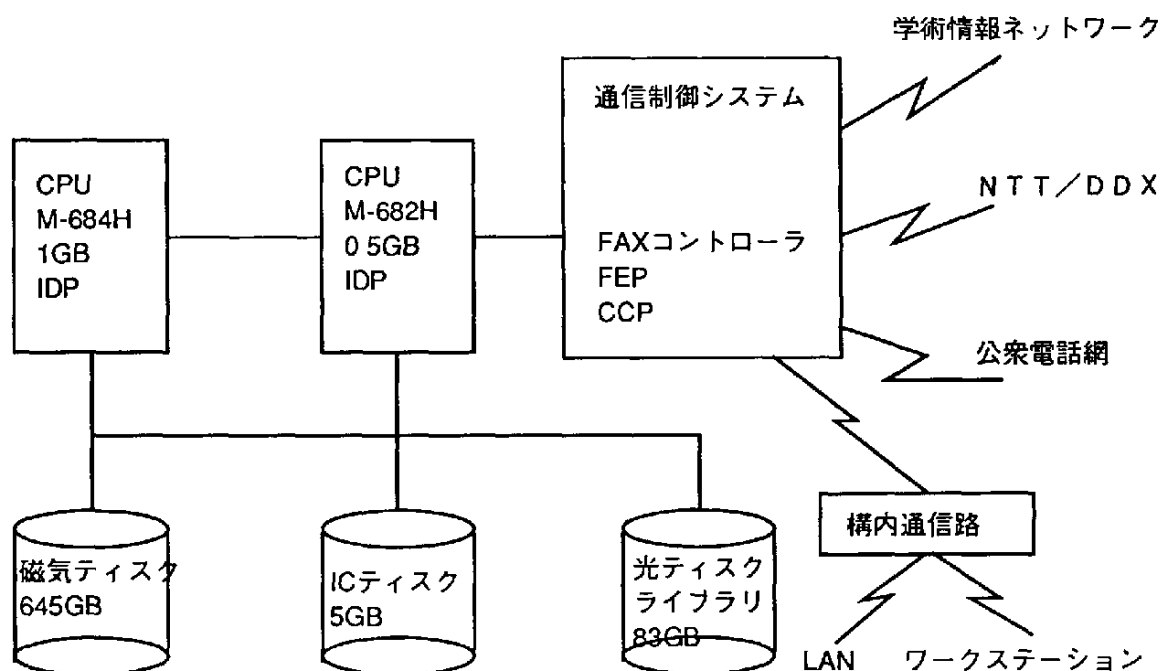
当面の所、翻訳は行っていない。抄録関連のデータシート作成にあたっては、表題、キーワードについては英文 和文を併記するよう求めている。また、英文抄録の付加も認めており、学会によっては英文抄録の付加を強く進めているところもある。全文関連についても、英文抄録が存在する場合にはそのまま入力している。

(3) システムの概要

a 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3 1-4に示す。

図31-4 NAC S I Sシステム構成



b 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、基本的には大学等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を考慮中である。

(5) 将来への課題、見通し

ユーザインターフェースの改善

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か、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はなく、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。

314 日本経済新聞社の日経NEEDSデータベース

(1) 概要

a 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して蓄積された記事、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。

b 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。

1915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) データ ドキュメント

a 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、化学式などか含まれる。

(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。

b ドキュメントの処理

1 入力

(1) 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年以来、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か、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。

(2) 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。

(3) 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しない。

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 検索

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かできる。論理式の指定か可能。

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。算術式の指定か可能。

ヒストリカル データの場合はいずれも期間の指定かできる。

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。

NEEDS-TSでは利用者か表示形式を指定できる、

文字や図形を端宋機（主にパソコン）のディスプレイやプリンター、プロクターに表示する。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か取材したニュースを日経国際ニュースセンターか翻訳して即時に入力し、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

a 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、ユーザは最寄りの日経ノート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3 1-5 日経NEEDSシステム概要図を参照。

b ソフトウェア構成

(1) NEEDS-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の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のできる情報検索・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 | (f) 日経テレコン・産業・技術情報 |
| (b) 日経テレコン・総合版 | (g) 日経テレコン・投資データ伝送 |
| (c) 日経テレコン・経営情報 | (h) Japan News & Retrieval |
| (d) 日経テレコン 地域情報 | (i) Japan Financial News & Data |
| (e) 日経テレコン POS情報 | |

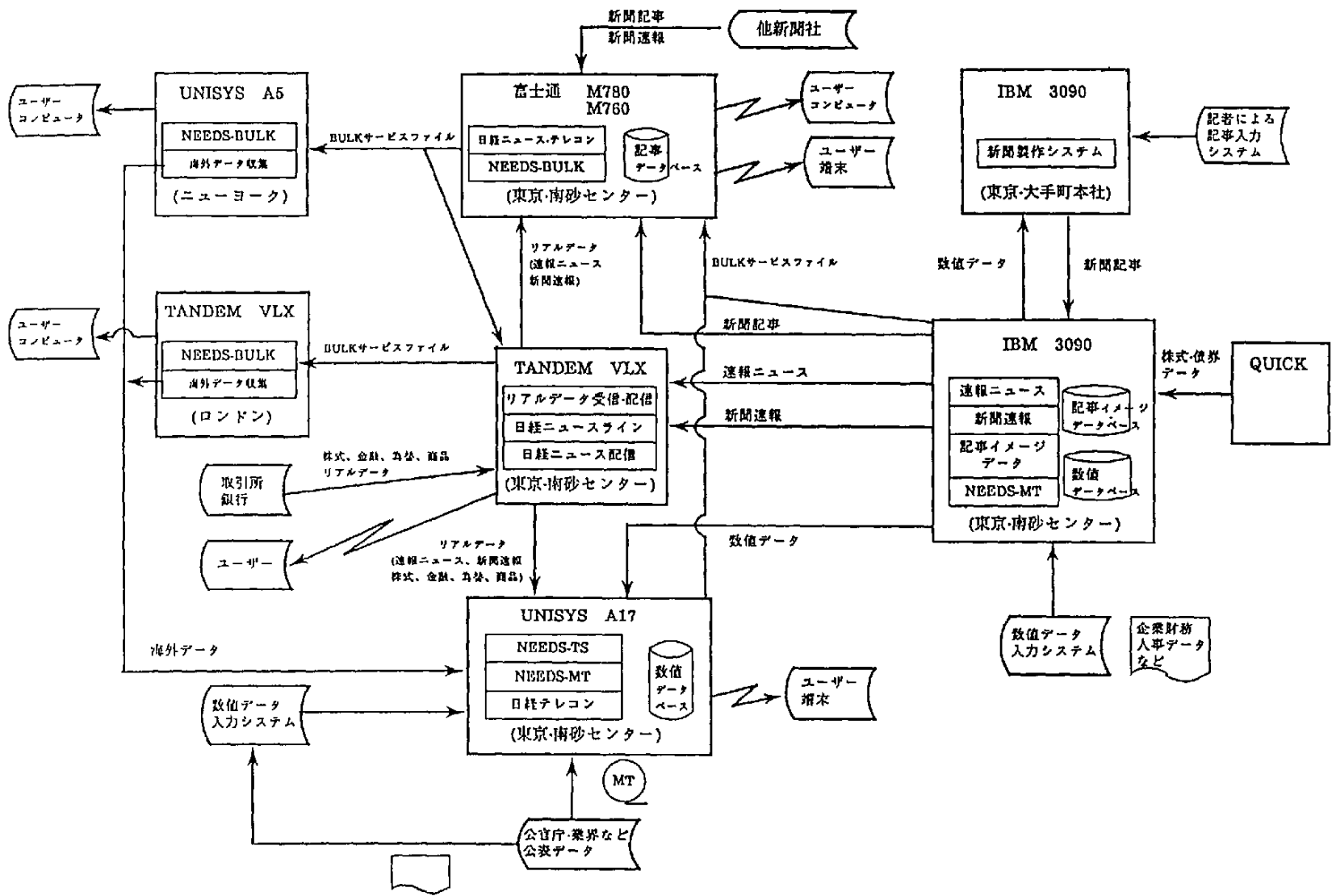


図3.1-5 日経NEEDSシステム概要図

(3) NEEDS-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DIX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。

(4) NEEDS-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

a 記事データベース

1 記事データベース

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 データベース（画像データベース）

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

b 数値データベース

1 国内 数値データベース

(1) 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 宮報データ（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）

(2) 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）

(3) 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

（マネーサプライ、金利、資金循環勘定、金融機関主要勘定 約14,000系列）

(4) 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）

(5) 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

(6) 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)

(7) 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」)

(8) 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 数値データヘース

(1) 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 Exstat (欧州20カ国の主要企業の財務データ 約3,000社)

(2) 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)

D R I 商品データ (米国、カナダ、英国の主要先物商品、現物商品)

(3) 金融経済

I M F I F S (IMF加盟国の金融統計、物価、国民所得など 約17,000系列)

D R I 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)

(4) 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)
- D R I 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)
- O E C D 主要経済指標 (先進25カ国のG N P、物価、金利、為替など 約3,500系列)
- O E C D 国民所得統計 (米国、英国、仏国など13カ国のG N P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)

c その他のデータヘース

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、データヘース台帳、日経新製品ファイル、N T T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

a 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) データヘース検索の高速化。
- (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。

b 数値データヘース

- (1) 経済のグローバル化、ノーターレス化への対応。
- (2) 先物、オプションなどの新種のデータの格納形式。
- (3) 大規模データヘース化への対応。
- (4) 統計データの格納形式の改善 (統計データヘース)。
- (5) データの意味情報の管理。

c その他

- (1) 記事、数値データヘースを相互補完的に利用することによる情報の取得。

(2) 画像データヘース。

3.2 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データ・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、データ・ドキュメント（以下では、単にドキュメントと省略する）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。

(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か中心である。

一方、抄録で、文献情報を提供している機関では、以下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（人手か介入して）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、表現様式（SGML, ODAなど）、表現言語（PostScript, DSSSLなど）の検討も極めて重要な課題である。

(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。

(a) 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様々であり、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) 利用者ごとのデータ管理が困難。

(d) 検索技術への要求

- (1) ソフトウェアから独立したデータヘースの構築
- (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
- (9) Annotation, 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、データヘース技術、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互いに関係を管理する技術である。図を参照とする文と図の関係、参照ドキュメントと参照されるドキュメント間の関係、引用と引用文等の関係を管理する。

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、及びその内容からキーワードの組合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、フル代数演算子を用いた一括サーチ）に対し、近年様々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。又、シソーラスや概念辞書と各ドキュメントとの関連付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、ドキュメントヘ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。

(3) ドキュメントの表示

ドキュメント表現・表示に於ける問題としては、以下のようなものを上げることができる。

- (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・リストなど）かできない。
- (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、それかもつ動的情報（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。

更に、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)、CDFD (???)など様々な表現形式があり、相互の利用が困難となっている。

(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かできる。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。

(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) 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をある自然言語から、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。

4. 大規模知識ベースの現状

エキスパートシステムなど知識処理システムの能力が、それかもち知識の量と質に依存することは以前から良く知られているところである。しかし、知能の発達が段階的に進み、ある段階から次の段階に移るためには、知識の量を一挙に持ち上げなければならない閾値が存在することに気付くようになったのは比較的最近のことである。エキスパートシステムが柔軟な適応能力をもち、知識獲得が多少とも自動化され、自然言語処理機能がまともなものになるためには、大規模知識ベースが不可欠との認識はこの二、三年の間に急速に広まった。学会ではパネル討論の題目とされ、それ専門の研究調査委員会が組織され、専門誌にも重点的に取上げられている。また、先見性のある研究開発機関のいくつかでは、数年前から実際に大規模知識ベースの開発に着手し、最近はその中間結果の公表も始まっている。さらに、新しいプロジェクトの提案も、わか国や米国と中心にして活発である。

現在進行中のプロジェクトとしては、コンピュータに高い理解力をもたせる目標として、そのために必要な基礎知識の集大成を目指している米国MCCのCYCプロジェクト、自然言語処理能力の飛躍を狙うわか国EDRによる電子化辞書プロジェクトの二つが有名である。これらはどちらも常識の水準に近い一般的な知識を対象とするものであるか、従来のエキスパートシステム向き知識ベースと同じように専門知識を中心としながら、それらの対象範囲と深さを拡張して広い応用に柔軟に対応できる共用的知識ベースの具体化を図るものとして、米国のDEC、Carnegie Groupe、TIなど有力5社によるIMKAプロジェクトや、Stanford大Feigenbaum教授らによる計画中のプロジェクトなどがある。以下、これらのプロジェクトについてその概要を紹介する。

4.1 CYC

コンピュータシステムに、常識を持たせるためには、普段(人間同志のコミュニケーションでは)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自体、情報処理以外の方法論では思いもよらない現象である。この点に常識をコンピュータシステムで扱う場合の本質的な難しさが存在する。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(たとえば、[Davis 90])と、人間かすて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か存在する。

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、万人が共通にも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 90a]、 [Lenat 90b]、 [Guha 90]。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。

(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か、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”というタイトルかついた論文[Lenat 91]で、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わかっていないか、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(実践的調査仮説, The Empirical Inquiry Hypothesis)。そして、知能の本質はマクスウェルの方程式のように小数のエlegantな方程式では表現できないと彼は主張する。

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られることかできる。

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。したかつて、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か可能である。この成果は、自然言語理解、機械学習などに使うことかできる。これには、困難な仕事（知識を人手で知識ベース化すること）か必要で、数百万以上の項目の入力か必要である。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、C y c 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か知識投入者(Cyclistという)の側に必要となり、客観的な作業か困難になったためといわれている。

(2) C y c の構成

C y c 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C y c Lから成る。

C y c 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かなされ、時間、空間、信念、因果性、物質、知的行動、心と体など、表現するのか困難な知識の表現方法に関する研究か行われた。この結果、約400種類の基本的なスロットか定義されている。1989年初めから、残りの知識ベース構築にむけて、コピー 編集手続きによる知識投入作業か開始され、同時に、自然言語理解の研究者たちか、C y c と対話的な作業を行うシステムの開発を開始した[Barnett 90]。当初は、人間中心の知識投入作業は、知識量か増加するにつれて、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言うべきU E (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M U E (M U seum room Editor)がある。U E / M U E はC y c 知識ベースのフロントエンドであり、この上での操作は、C y c L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かできるように、HITS Knowledge Editor (HKE)か開発されている[Terveen 90]。たたし、HKE は、最近のグループウェアの概念（たとえば、[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) 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4-1に示す。

図4-1 CycLとCyc知識ベースの関係 [Guha 90a]

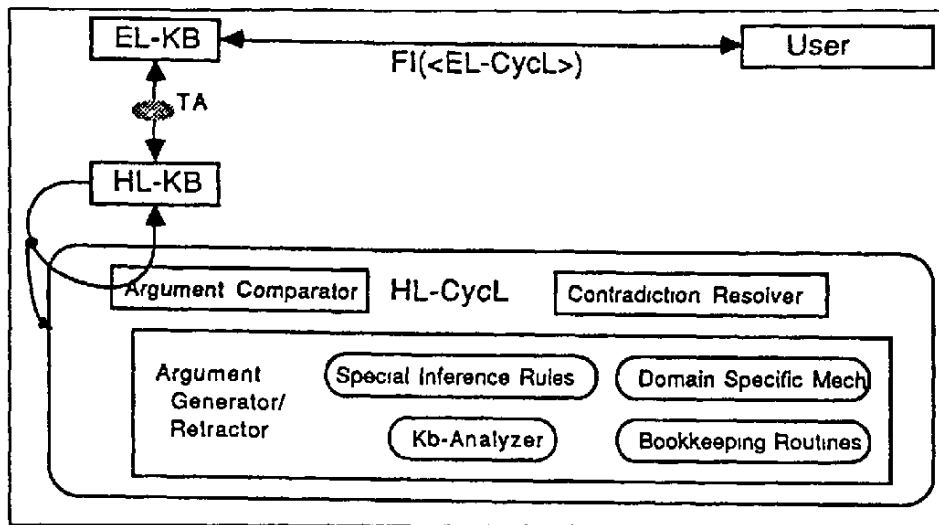


図4-1からわかるとおり、CycLには、Epistemological Level(EL; 認識レベル)とHeuristic Level(HL; 実践レベル)の2つの側面がある。ELは利用者かCycとの対話を行うレベルであり、明確で単純なセマンティクスを持つように設計されている。これは、基本的には、拡張された1階述語論理言語である。ELは、利用者からみると、フレーム表現(frame representation)、ならびに述語論理(predicate calculus)による制約ベース(constraint-based)の知識表現言語である。フレーム(ユニット)のスロットに述語論理式が記述される。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含まれる。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に真実維持機能も備えている。

HLは推論処理を高速化するためのもので、C y c 知識ベースの内部表現は、すべてHLで記述される。図4-1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)から構成される。これらは、知識ベースの知識の生成・削除にたずさわる。

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。

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6つが存在する。

- a) Tell . statementの知識ベースへの宣言
- b) Unassert statementの知識ベース中での非公理化
- c) Deny statementの知識ベース中での非true化
- d) Justify statementに知識ベースの述語でargumentを与える
- e) Ask statementにtrue/falseの2値を与える
- f) Bundle 上の5つの組合せをmacroとして実行する

C y c L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5つの値をもつ。TAはこれらの値を互い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、C y c Lでは、複数の公理を導入している[Guha 90a]。たとえば、Argument Axiom は以下のように記述され、“命題PかBelievableであるとは、それに対するArgumentが存在し、それか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。

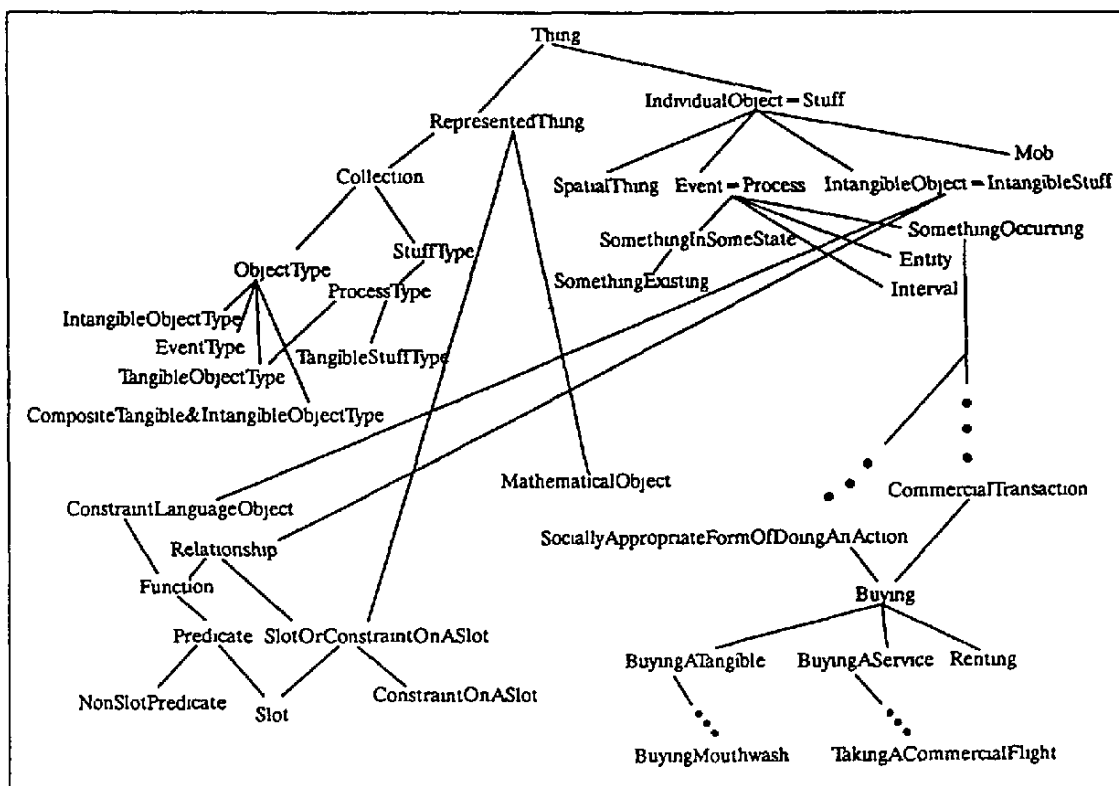
$$\begin{aligned}
 & (\forall (a1, 'p)(\text{argumentFor}(a1, 'p) \wedge \neg \text{invalidArg}(a1) \wedge \\
 & (\forall (a2)(\text{argumentFor}(a2, ' \neg p) \\
 & \quad \supset (\text{invalidArg}(a2) \vee \text{preferred}(a1, a2)))))) \\
 & \supset \text{True}(p))
 \end{aligned}$$

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。

C y cにおけるフレーム階層の一部は図4-2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、C y c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。

図4-2 Cycのフレーム階層 [Guha 90a]



(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)の約半分にあたる。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、開発は予定とおり進行している。当初の見込では、成功の確率は10%くらいだったのだが、今はそれか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ハ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 90a]によると、今後の予定は次のとおりである。①Cycを使ってひと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2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か、より新しい[Lenat 90b], [Guha 90b]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か、目標とされている。

(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、もっとも進行度が早い。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っ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2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。Cyc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。MCC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”と題する論文で[Smith 91]、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 91a]にしたかっているために、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。これらの批判のうち、理論的・技術的なもののいくつかは、Cycが実際に稼働しはし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。しかし、

その一方、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、C y c 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。そして、Lenat と Feigenbaum (以下 L & F と略す) か、議論の基礎において、3つの原理(上述した、知識重視原理、知識範囲の拡大原理、実践的調査仮説)を問題としている。

より詳細には、表4-1に示すように、以下の12項目について、論理(logic) ; L & F ; 埋め込み計算(embedded computation)の3つの立場から比較検討し、L & F の立場、C y c の仮説が妥当でないと主張する。いわく、①陽な表現による知識の記述にこたわりすぎている、②文脈・状況に依存して意味が変わることを考えていない、③使い方によって表現の意味するところか変化する状況を扱えない、④知識ベースの整合性に対して絶対的な依存性を重視していない；⑤単一の表現形式にこたわりすぎる；⑥知識の形態かすへて離散的なものに限られている；⑦表現を工夫することですへて解決できるとしている；⑧推論か処理の中心となりすぎている、⑨物事との関連や行為の結果に応じて推論結果を改定する必要性を無視している、⑩物理的な実現形態を軽視している；⑪知識の意味(semantics)をサポートしない、⑫計算機上での表現と知識ベース設計者との間に存在する差異を区別していない。

表4-1 12の基本的な疑問(箱は一致する部分を示す)

	Logic	L&F	EC
1. Primary focus on explicit representation?	yes	yes	no
2. Contextual (situated) content?	no	no	yes
3. Meaning dependent on use?	no	no	yes
4. Consistency mandated?	yes	no	no
5. Single representational scheme?	yes	yes	no
6. Entirely discrete (no continuity, images, ...)?	yes	yes	no
7. Representation captures all that matters?	yes	yes	no
8. Reasoning and inference central?	yes	yes	yes
9. Participation and action crucial?	no	no	yes
10. Physical embodiment important?	no	no	yes
11. Support for "original" semantics?	no	no	yes
12. Distinguish theorist's and agent's conceptual schemes?	no	no	yes

Smith の批判に対して、L & F は別の論文を発表して反論している [Lenat 91b]。まず、Lenat は Smith の批判の多くが、C y c の論文の言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 C y c 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、C y c 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。その上で、上の 1 2 の疑問について、Smith の誤解に基づく部分と Smith と根本的に意見の異なる部分とに分けて、順次、徹底的に反論を加えている。

たとえば、以下のような反論が続く。①については、表現技術として利用できるものを徹底してすべて利用することが必要であり、期間的にも常識知識ベースを開発するのに適切である、②については、自然言語のあいまいさをそのまま知識ベースに持込むのは不適切である、③については、知識ベースの知識にその使い方とは独立に意味を与えることが重要なこと、④については、人工知能における論理は本質的に非単調、すなわち、整合性を欠くものであること、⑤については、できるだけ少ない種類にはしようとしているか複数の表現形式を取入れていること、⑥については、離散的な記述は知識ベースに便利であり、しかもこれによって連続現象も十分近似できること、⑦については、各種の表現を用いなければシステムは実現できないこと；⑧については適切な推論を行えば望みの結果が出るのか重要なこと、⑨については、C y c では数百万の宣言的な知識に対して、数十種の推論手続きを用意し、数ステップの推論を行うことで、十分な類推ができること；⑩については、C y c 全体をグレイボックスと考え、必要に応じて、適切な類推によって答えを導くこと、⑪については、C y c の知識の意味はプログラムとして自律的な意味をもっていること、⑫については C y c を段階的に開発することで差異をなくそうとしていること。

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。しかし、L & F の立場からみると、現在の人工知能理論 技術を総動員しても、彼等が理想とすえ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の困難さかめだつ。また、Smith の立場からみると、これまでの人工知能研究で行われてきた Toy Problem でのコンパクトでエレガントな結果に立ち戻りたいという欲求か感しられる。

(6) 大規模知識ベースプロジェクトと C y c

C y c は、今後大規模知識ベースプロジェクトにおいても参考に資するべき点は多い。たとえば、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、C y c 開発の過程で立証されつつある。しかし、一方では、C y c 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、大規模知識ベースプロジェクトを進める上では、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とおしが悪い。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ねら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, D 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、現在の状況を見るかぎり、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、たたちに維持管理の困難に直面することとなるだろう。

参考文献

- 1 [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
- 2 [Davis 82] Davis, R., Lenat, D B Knowledge Based Expert Systems in Artificial Intelligence McGraw-Hill, 1982
- 3 [Davis 90] Davis, E Representations of Commonsense Knowledge Morgan Kaufmann, 1990
- 4 [Lenat 82] Lenat, D B The Nature of Heuristics Artificial Intelligence, Vol 19, No 2, pp 189-249, 1982
- 5 [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

6. [Lenat 90a] Lenat, D.B., Guha, R.V.. Building Large Knowledge-Based Systems Addison-Wesley, 1990
7. [Lenat 90b] Lenat, D B.,et. al Cyc: Toward Programs with Common Sense Comm ACM, Vol.33, No 8, pp.30-49, 1990
8. [Lenat 90c] Lenat, D B.: A Reply to "Common Knowledge.. " IEEE Expert, Vol. 5, No. 6, pp. 73-74, 1990.
9. [Lenat 91a] 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.
10. [Lenat 91b] Lenat, D. B., Feigenbaum, E. A.: Reply to Brian Smith. Artificial Intelligence, Vol. 47 (Special Volume Foundations of Artificial Intelligence, pp. 231-250, 1991.
11. [Locke 90] Locke, C.: Common Knowledge or Superior Ignorance? IEEE Expert, Vol. 5, No. 6, pp. 70-72, 1990.
12. [Barnett 90] Barnett, J : Knowledge and Natural Language Processing. Comm ACM, Vol.33, No.8, pp 50-71, 1990
13. [Guha 90a] Guha, R.V. The Representation of Defaults in Cyc. Proc AAAI'90, pp.608-614
14. [Guha 90b] Guha, R.V.Lenat. Cyc A Mid-Term Report AI Magazine, Vol.11, No 3, pp 32-59, 1990.
15. [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
16. [Terveen 90] Terveen, L.G., Wroblewski, D A A Collaborative Interface for Editing Large Knowledge Bases. Proc AAAI'90, pp. 491-496, 1990.

4.2 電子化辞書、言語データベース

言語に関する知識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。言語データベースについては代表例を上げ説明する。

4.2.1 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4-3)。

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10万語の語彙をも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様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。これはあることから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、単語の文法的な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4-4に単語項目、概念項目、共起項目、対訳項目の関係を示す。

図4-3 EDR電子化辞書の体系



4 2 2 大規模知識ベースとしてのEDR電子化辞書

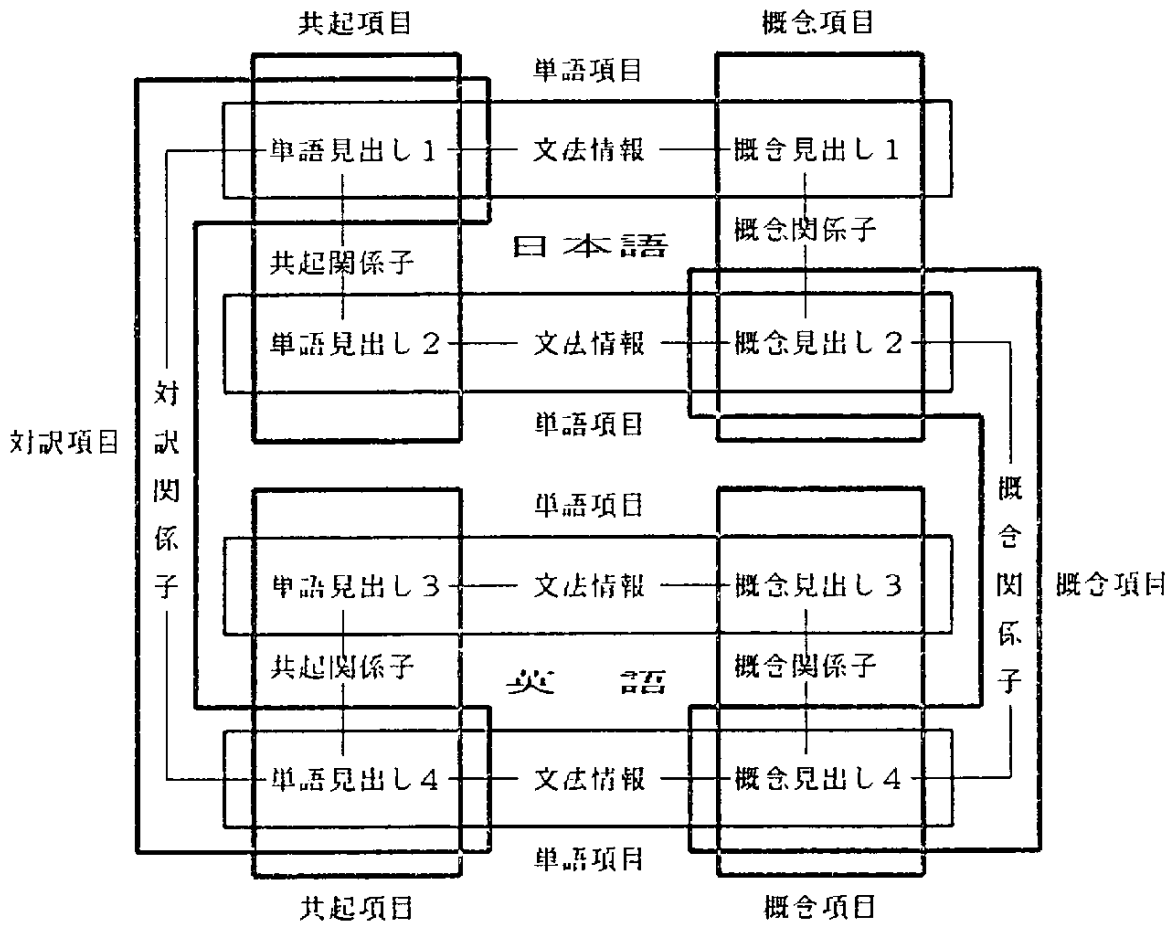
電子化辞書は、大規模知識ベース研究開発の大きな土台となると同時に、それ自身も代表的な大規模知識ベースである。大規模知識ベースと電子化辞書のかかり合いを整理すると次の3点になる。

第一は、何をおいても電子化辞書自身か、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た。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。したかつて、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か電子化辞書である。

第二は、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、大きくは、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2つのフェーズを経て整備されていく。辞書データの作成のフェーズでは、コンピュータも利用されるか、主に人間の作業者の手作業が主力になる。ただし、多人数の作業員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、自身か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。大規模知識ベースも大きく、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2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、それぞれの間には、非常に多くの類示性がある。

第三は、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。

図4-4 電子化辞書の各項目間の関係



4.3 その他の大規模知識ベース

4.3.1 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あつては、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、専門担当者か内蔵している知識の果たす役割もほとんど致命的というに近くなつてゐる。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つてゐる。それにも拘わらず、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つ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たつ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で特殊化されたものであるため、担当者か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か明らかになる。

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とり、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、スロット関数など機能が工夫されている。実装的にはCおよびC++が用いられている。

成果は有料でオープン化する方針かとられており、第1版の機能仕様は1990年7月に発表されている。

4.3.2 エンシ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步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. ファイゲンハ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、対象領域を重い内容をもつ多種類のタスクにとり、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、十分に検討がつくされて整備され、強い理論的基盤をもっていることも多い、いわゆる教科書的知識と設計に組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か、非常に貴重である知識とがある。プロジェクトの主眼をおく知識は、製品化された装置について、その構造と、それらかどのようにとんな理由によってそう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か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、たとえば、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か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。

4 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ているのである。この理由としては、現在の中心的な言語理論では辞書が中心的な役割をも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が上げられる。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、それか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。

4 4 大規模知識ベースの課題とアプローチ

大規模知識ベースのあり方は、それが何に役立つとす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く、逆に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るからである。

問題を具体的に考えるためにここではエキスパートシステムの場合を例にとると、つぎのような議論がある。

“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、何を知識ベース化すればよいのか？”これは大きな問題である。

- (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

という要求仕様か考えられる。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、さまざまなものか考えられる。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とどの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ろう。

知識の一般性には次の2つの要素が考えられる。

知識の抽象度

知識の汎用性

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か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することができる。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。

大規模知識ベースを考えると、

量、質（一般性）、利用法

の3つの指標か念頭に浮かぶか、全てを同時に追及することは極めて困難と予想される。筆者の考えでは、何を目的にして、どのような知識を知識ベース化するかか本質であって、量、すなわち大規模化の可能性が保証されてさえいれば、その優先度はそれほど高くないと思われる。[溝口90]

知識ベースの構築には次の2つのアプローチが考えられる。

(1) トップダウン

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かその典型。

(2) ボトムアップ

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。

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、必要であることが判っているものだけを集めると言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、ある程度とどのようなものか必要かを認識した後、ボトムアップ方式で時間と資金か許す限りの知識を収集するのが適当であろう。

大規模知識ベースを構築するに当たって、注意すべき点かいくつか挙げられる。

(1) 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、配線幅かサブミクロンで量子効果を気にしなければならぬ回路の診断と、学生実験で使うフリンプフロンプの診断とでは必要な知識の深さは全く異なる。従って、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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 複数の人間による入力

CYCよりは状況はいいか、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。

(5) 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か、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言うまでもないか、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

- 1 [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

5 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はなければならない。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。したかつて、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もつ力の源泉か、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、結局のところ知識に頼らざるをえない。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か、それを解く鍵を従来例をみたことのない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

- 1 [日経AI 90] 日経A I、日経A I別冊 春号、1990
- 2 [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

5 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の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象に対しては、その問題解決能力を期待することかできなくなっている。また、これらの知識は、多くは専門家の長年の経験によってえられたものであり、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、ために折角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)`とよばれているものであるか、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、つぎのようなアプローチが考えられている。

5 1 1 `深い知識`の活用

専門家は、未経験の事象に対処する場合、その分野に関して自分のもっている経験的知識を総動員するだけでなく、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`とよび、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もつ`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をとどのように具体化し、利用するかについてはさまざまの考え方がありうるが、前者については、たとえば、

(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) 数値的シミュレーションモデル、(4) 物理法則などがある。また、後者については、こうした深い知識と新しい事象の組み合わせから、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あることである。たとえば、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か使えるかたち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

- 1 [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
- 2 [ASTEM 90] ASTEM、大規模知識ベースに関するシンポジウム、1990 11

5 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もつことの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、拡張部分の知識か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、知識かデータに比較して高度で豊富な情報内容をもち、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とどのような概念的枠組みによって捉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か分かってくる。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つ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捉え方かちかってくることもある。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、人間のも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米国MCCによるCYCプロジェクトである。[Lenat 90]

参考文献

1 [Lenat 90] Lenat, D B, Guha, R V Building Large Knowledge-Based Systems Addison-Wesley, 1990

5 1 3 知識獲得の効率化 容易化

実際的なレベルでみた場合、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、知識ベースをいし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か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年代の動向としては、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つくり、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か、現在の学習研究はまた人間の学習を十分に模擬できるところまでは進んでいない。以下は、その証言の一つである。“学習の研究は、多数の訓練データ間の類似性に着目してデータを一般化することによって概念表現を獲得する方式に重点が置かれていた。言い換えれば、事前に用意される知識の量を極力抑えて、訓練データの数で勝負するという傾向があった。しかし、工学的な観点から見れば、事前に豊富な知識を与えることによって、より有効な知識を学習する方式の開発の方が有用である。一般に、人間は多くを知れば知るほど、より早く、より多くのことを学ぶことができるか、機械学習に人間と同様の学習をさせることの試みはなく、その可能性すら明らかでない。このことを実現するためには、コンピュータ自身に極めて大量の知識を与えておかなければならない。その意味で、全く新しい、しかも現実に有効な学習の研究を行うためには大規模知識ベースが不可欠となる。”

[溝口 90]

以上、知識の壁を抜くための三つのアプローチについてみてきたが、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ところを求めているとはいえ、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

1 [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

5 2 その他の知的システムでの動向

5 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。この技術の内容に立ち入るのは避けたいが（詳しくは[情報処理 90]参照）、その動向をまとめると図 5 2-1 のようになる。

図 5 2-1 CASE環境の歴史[情報処理 90]

	50年代	60年代	70年代	80年代	90年代
CASE環境	高級言語活用		方法論活用	ノール活用	知識活用
対象工程	プログラミング	設計	テスト	要求定義 管理	統合化
対象メディア	テキスト 表		図	マルチメディア	
ツール	アセンブラ コンパイラ	エディタ デバッガ	図形エディタ	知識エディタ 統合化ツール	
技法	モジュール化	抽象化 構造化プログラミング 構造化設計・分析		オブジェクト指向	
言語	マニシ語 FORTRAN COBOL	PL/I LISP	C PROLOG	C++ 4GL	
コンピュータ 利用環境	バッチ処理	TSS	分散処理	ワークステーション	

この図で注目すべきことは、“CASE環境の将来にとって重要なものは、「知識」である”という点である。ソフトウェアの品質向上のためのさまざまな工夫、ノウハウや高度なソフトウェアを実現するための構造、方式などの専門知識、など多岐にわたる「知識」を効果的に蓄積し活用することか今後重要となろう。（中略）技法によりソフトウェア生産の指針を与え、ツールにより生産性向上、品質向上の具体的な成果を達成したのち、技法やツールの高度化へと進展する。すなわち、専門化した高度な知識の活用により生産ノウハウの基礎 体系化が図られよう。CASE環境は「知識」を付加していくことで大きく成長し、成熟していくことか期待できる。[藤野 90]

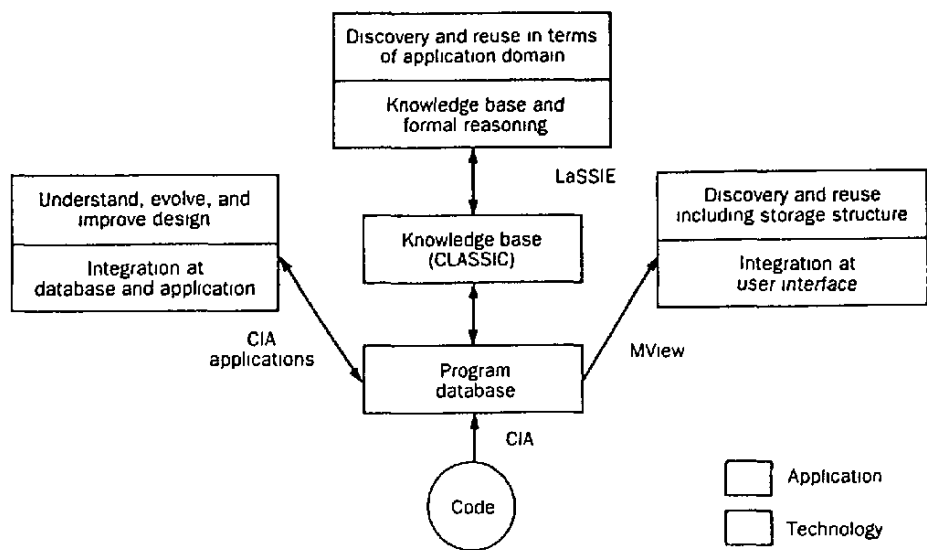
ソフトウェア開発を合理化する方法の一つは、既成のプログラムをできるだけ再利用することである。これを組織的に行う試みか現実のものとなっており、そこに具体的な知識活用の例かみられる（図 5 2 2 参照）。単に、必要なプログラムを捜し出すだけでなく、それを理解し、手を加えて改良することもできるようになっている。[Brachman 90]

参考文献

- 1 [情報処理 90] 情報処理、特集：CASE環境 Vol 31 No 8 1990
- 2 [藤野 90] 藤野喜一：1 CASE環境の概要、情報処理、特集：CASE環境 Vol 31 No 8 1990
3. [Brachman 90] Brachman J et al : Toward a Software Information System, AT&T Technical Journal, 1990

図 5 2-2 ソフトウェア情報システムの方向[Brachman 90]

Figure 1. Software information system directions. A program database is the foundation of research efforts. Two directions—LaSSIE and MView—are aimed at improving the process of “discovery” for software maintenance and reuse. A third direction—CIA—is aimed at understanding, evolving, and improving software designs.



5 2 2 自然言語処理システム

自然言語処理でただちに連想する知識ベースは、辞書であり、その必要性についてはここに改めて議論するまでもなさそうである。ただ、辞書の一部はデータベースとしてみた方がよいのかもしれないし、必要な知識がすべて辞書のかたちをとるのがよいかどうかとも検討を要するところである。

(1) 機械翻訳システム

“機械翻訳はすべて辞書の中に盛り込まれた情報をもとにしておこなわれる。機械翻訳における辞書の役割は次のようなものである。

- (1) 形態素解析および形態素生成のための情報を与える。
- (2) 構文解析および構文生成のための情報を与える。

- (3) 意味 文脈解析のための情報を与える。
- (4) 言い回しに関する情報を与える。
- (5) 対訳語に関する情報を与える。

上記の役割のすべてが一つの辞書によって与えられるわけではなく、一般には、形態素レベルの情報および構文レベルの情報は単語辞書としてまとめられ、意味レベルの情報は知識ベースとしてまとめられる。対訳語に関する情報は、ダイレクト方式やトランスファ方式の機械翻訳システムでは単語辞書の中に盛り込まれ、中間言語方式の機械翻訳システムでは知識ベースに盛り込まれている。” [内田 89]

参考文献

- 1 [内田 89] 内田裕士 機械翻訳と電子化辞書、人工知能学会誌 Vol 4, No 6, 1989

(2) 自然言語理解システム

”人間の言語使用は実にさまざまな知識を受けて発現している。このさまざまな知識の中から計算機処理に必要でかつ有効な部分を、計算機処理可能な表現形の上に切り出してくることが、自然言語理解システムの実現の基礎と言える。(中略)

- (1) 語彙知識 (中略)
- (2) 形態形に関する知識 (中略)
- (3) 統語知識 (中略)
- (4) 意味知識 (中略)
- (5) 運用知識 (中略)

語用論的意味、つまり、コミュニケーションなどの言語運用の現場において、語や文が実際にもつ情報効果を、命題の意味から導出するのに必要な知識。(中略)

(6) 言語外知識

言語を使用する人間か、現実世界の中で生活するために必要な知識のうちで、上記には含まれないもののすべてを網羅する知識である。(以下略)” [新田 90]

参考文献

- 1 [新田 90] 新田義彦 知識表現と自然言語理解、人工知能学会誌 Vol 5, No 1, 1990

5 2 3 図形 画像システム

”図 5 2 3 の図式を実行する手法の蓄積は実に膨大なものである。(中略) ユーザ側からみたとき、蓄積された手法群を活用するための支援環境が要求されるのは必然であり、そのための試みの一つが画像処理エキスパートシステムである。たとえば、ユーザがやりたいこと (=ゴール) と

対象の性質 (=知識) を適当なキーワードやメニューで入力すると、そのゴールを達成できそうな手法をシステムが見つめてくれる。(図 5.2-4 参照) このような支援ツールなしには今後の手法の蓄積と活用は難しいであろう。[島脇 90]

参考文献

1. [島脇 90] 島脇、白井：手法からみたコンピュータビジョンの動向、情報処理 Vol 30, No.9, 1990

図 5.2-3 2次元画像理解 (左) および3次元理解の枠組み[島脇 90]

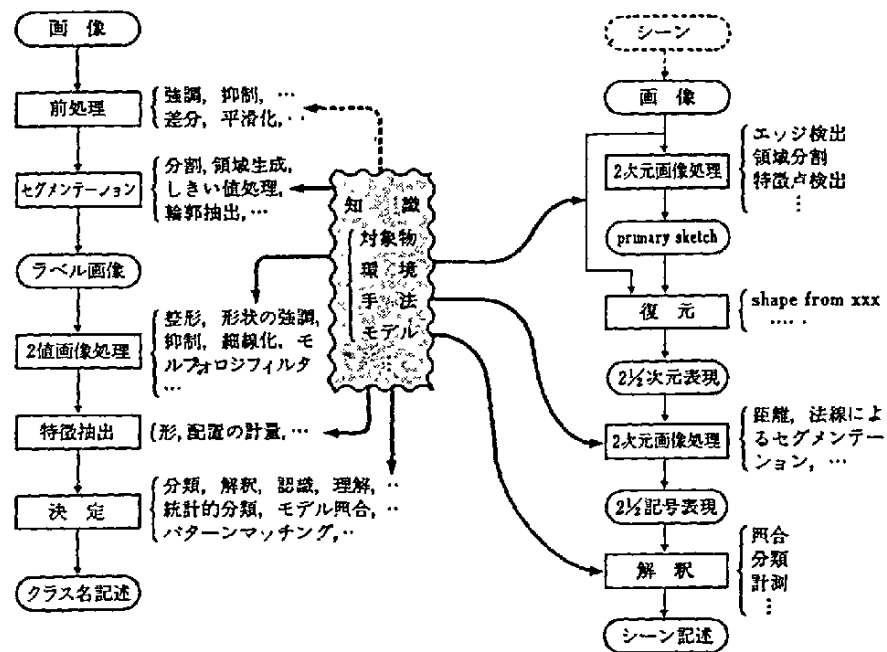
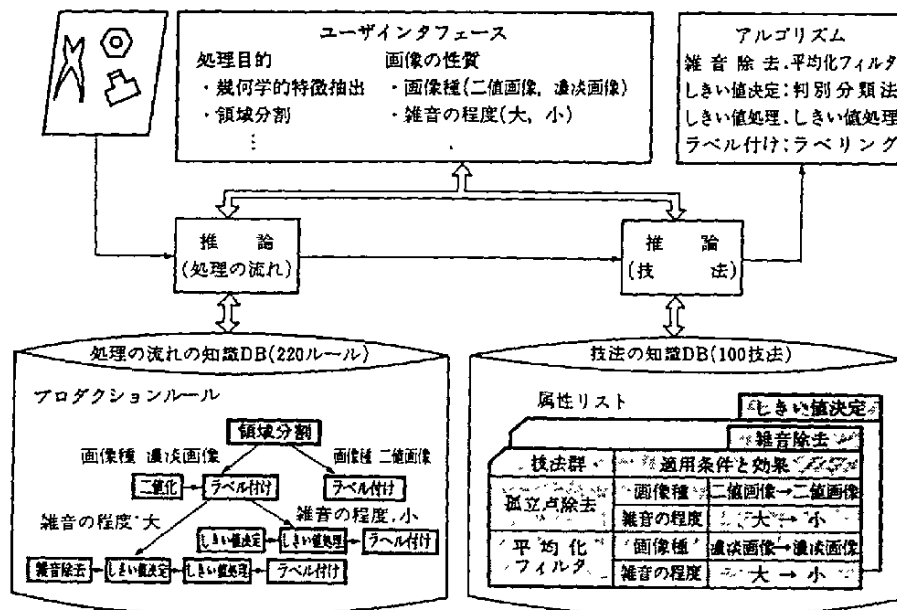


図 5.2-4 画像処理アルゴリズムの知識ベース化の例[島脇 90]



5 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

”連続音声認識を行うためには、音声情報だけではなく発話の構文情報や意味、文脈などのさまざまな情報を総動員しなければならないことは周知のとおりである。ここで問題となるのは、どの範囲の知識をとどのような枠組みの下で導入するかである。有効な知識の選定とその利用は知識処理の課題としても大変興味深いものとなっているか、音声理解システムにおいては、本質的な意味を持っている。” [溝口 90]

音声理解に必要な知識のうち、構文・意味・文脈などに関するものは、一応、自然言語理解でのものと共通と考えられるので、ここで再論することはしない。しかし、この部分についても、音声理解固有のニーズがあり、具体的な知識ベースのあり方が異なってくる可能性は無視しえない。

”音声認識研究のこれからの10年間を考えると、そのねらいとすべき目標は何であろうか？それはやはり人間と計算機の間での自然な会話であり、音声言語による対話システムの構築であろう。このような対話の研究にまず必要となるのは、研究の対象となる対話についてのデータベースである。(中略)対話の言語現象と音声との関連を調べる場合には、テキストだけでなく、実際の対話を音声化したものが必要となる。

つまり、対話研究には、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必要である。” [速水 90]

”音声認識研究は、1960年代は電子計算機の導入、1970年代はDPマッピング法と線形予測分析法の開発、1980年代は隠れマルコフモデルと言語確率モデルとの導入と共に発展してきた。1990年代は隠れマルコフモデルとニューラルネットワークの包含、大規模音声テキストデータベースが鍵になる。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」の設定が望まれる。” [中川 90]

参考文献

- 1 [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
- 2 [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
- 3 [中川 90] 中川聖一 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

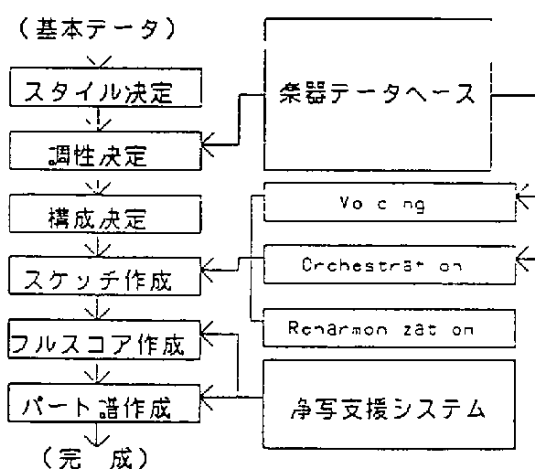
一口に音楽情報処理といっても、その処理の内容は、作曲に関するもの、編曲に関するもの、演奏に関するもの、採譜に関するものなどさまざまである。また、その処理で用いられる知識やデー

タについても、基本になる音に関する情報だけをとっても、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などのように高度に抽象的なレベルのものまで多種多様である。

ここでは、簡単のために編曲の場合 [江間 88] を例にとって、どのような知識や知識表現が用いられているかについて紹介することにする。

単に編曲といっても、対象となる音楽のジャンルや楽器編成などによって、その作業内容は大きく異なる。ここでは、主にOrchestration (楽器の割り当て) が必要になるものを対象としている。この編曲作業の基本フローを図5 2 5に示す。

図5 2 5 編曲作業の流れ[江間 88]



編曲すべき曲の原譜なるものは、メロディにCmやG7といったコードネームをつけたものかほとんどである。その処理のためには、まず使用したい楽器を選び (楽器編成の決定)、その楽器の最も有効な音域にそってキー (調) を決めることが重要な作業である。ここでは、必要ならば移調 (Transpose) をおこない、また、元のコード進行を別のもの書き換える (Reharmonization)。そして対象となる楽器編成に応じて必要な部分の音の肉付け (Voicing) を行い、最後に各楽器に音を割り当てていく (Orchestration)。

編曲においても、データに関する知識と、その処理に関する知識とが必要になる。音楽データの表現にはいろいろな方法が考えられるか、編曲の場合には、入力データならひに出力データとも基本的に五線譜で済むため、楽譜をそのまま記号に置き換えた形式を採用している。

処理に関する知識には、大別すると6種類の知識があり、それらは次のようなものである。

1) 楽器に関する知識

楽器としては、木管楽器、金管楽器、弦楽器、打楽器などが使用される。したがって、それぞれの楽器の名称、音域、音色、表現力、特徴などは、編曲の基本である。フレームにより記述したこの知識例を以下に示す。

frame trumpet

superframe	金管楽器
transposition	長2度高く
completeRange	3オクターブ目のEから5オクターブ目のB b
limitRange	3オクターブ目のB bから5オクターブ目のF
japaneseName	トランペット
englishName	trumpet
germanName	'Ventiltrompete'
frenchName	trompette
italianName	tromba

2) 和音の基本的な構造に関する知識

音楽一般において、和音を考慮することは不可欠である。和音取り扱いに必要な基本的知識、たとえば音程 (Interval)に関する知識や和音の機能に関する知識がある。

3) 楽典に関する知識

主に発想記号 (アクセント、スラーなど) と発想標語 (espressivo, appassionatoなど) を考慮に入れる。発想記号は楽譜の表現に不可欠なものであり、発想標語はある局面でのOrchestrationやVoicingに重要なヒントを与えるものである。

4) Reharmonizationに関する知識

これは、あるメロディにいったんHarmonize (和声付け) されたコード進行を、理論にもとづいて変えることがあり、例えば次のようなものである。

I F II m7-V7-I がある

THEN Iの代わりにIII m7を、V7の代わりにIV dimを使うことかできる。

I F Iが1小節以上続く部分がある

THEN I-II m7-III m7を使うことができる

5) Voicingに関する知識

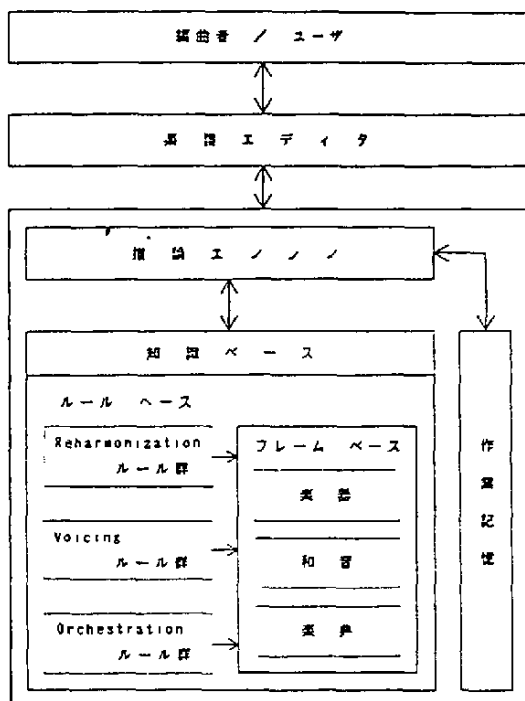
メロディとコードが与えられたとき、そのハーモニー内でメロディに対して音を配置して何声かの重音とすることであり、次のような知識がある。

- ・メロディの下へコードトーンのみでVoicingする。ただし、コードトーンでない音に対してはすぐ下のコードトーンは省いてVoicingする。
- ・IIIm7 や IIIIm7 などの Major 7th コードがついている場合でも、サウンドの構成上 6th コードにかえてもよい。

6) Orchestrationに関する知識

ある楽想あるいは楽曲を管弦楽化する方法のことであり、これには特に定式化された規則というものは存在しないといってよい。すなわち、楽器の組み合わせは無数に存在し、管弦楽法では禁則といわれているような組み合わせでも、特殊な効果を狙っている場合はもはや禁則ではなくなるからである。したがって、この知識はそのほとんどか経験的規則の形をとることになる。

図 5 2-6 システム構成[江間 88]



これらの知識のうち、1) から 3) は階層性を有する概念などの表現が中心であるため、知識表現としては宣言的知識に適するフレーム表現を使用している。それに対して、4) から 6) の知識は手続き的であり、また、知識の追加、変更、削除など行われる可能性がおおきい。そこで知識の編集が比較的容易なプロダクション・システムを利用している。

参考文献

1 [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

6. 要素技術の動向

大規模知識ベースは、その本格的な研究開発が始められてまだ日の浅い分野であり、その開発と利用のあり方については未知数の部分が大きき。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比較にならない規模と深さをもつものと予想される。これらに取組むためには、従来に知識、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"オントロシー工学"の構想をもち始めていることが、その中間報告書からもうかがわれる。しかし、何事にせよ、その具体化のためには現実に存在する足場から出発せざるをえないこと事実である。

大規模知識ベースのあり方は、それか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トキュメントの作成、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。

6 1 文書処理技術

6 1 1 文書翻訳技術

この節では、機械翻訳技術の概要、代表的システム、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]等を参照のこと。

(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か、これは現実にも将来的にも見通しが立っていない。従って、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、その目的と方法の二つの観点から分類することかできる。システムの方式としては、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か、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そ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本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。中間言語方式の朗かな利点は、(1)個々の言語に依存する内部表現を考える必要かないこと、(2)任意の2言語間の変換処理を実行する必要かないこと、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。

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

機械援用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、機械援用による人間翻訳(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訪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。

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) 機械翻訳システム

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。

(3) 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益々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毎に定型的な文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、利用者とのインタラ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

- 1 [情報処理 85] 情報処理学会、大特集：機械翻訳、情報処理、26巻、10号、1985
- 2 [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
- 3 [Hutchins 86] Hutchins, WJ, Machine Translation Past, Present, Future, Ellis Horwood, 1986
- 4 [Nirenburg 87] Nirenburg, S (ed), Machine Translation Theoretical and Methodological Issues, Cambridge University Press, 1987
- 5 [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
- 6 [King 87] King, M (ed), Machine Translation Today The State of The Art, Edinburgh University Press, 1987
- 7 [Obermeier 89] Obermeier, K K, Natural Language Processing Technologies in Artificial Intelligence, Ellis Horwood, 1989
- 8 [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

9 [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, 1985

10 [Sato 90] Sato, S., "Memory Based Translation," Proc COLING 90, 1990

6 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、平仮名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ろう。

(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、インテン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、ヘ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かできる。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、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（フォーマティング）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かできる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かできる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。この方式はハノチ型と呼ばれる。対話的に画面上で編集・指定かできるWYSIWIG (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かできる。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か可能である。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かあるか、最近是对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か可能である。

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か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) か制定されつつある。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]かある。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かできる。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かできる。

これらの表現形式は、名称か示すとおり、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か有効である。したかつて、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 削除か自在に行えるため、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

述へ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。ユーザはそこから正解を指示して修正することかできる。

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。これらはまた技術的にも発展途上にある。

日本語については、類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か、今後の課題である。

(3) 発想支援技術

ワー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か考えられる。

- 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、探し回ることかできるツール
- タイプ3 すでに表現されたアイデアを見て、理解するためのツール
- タイプ4 情報やアイデ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。断片的な情報を色々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か重要である。

また、タイプ1 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。マルチウインドウが扱え、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全く一致するような 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。先に述べたパノ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か一時、商品化されかけたか、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%に向上させることかできている [Marukawa90]。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

- 1 [ACM 88] "Special Issue on Hypertext," Comm ACM, Vol 31, No 7, pp 816-895, 1988
- 2 [Knuth 84] D E Knuth, "The TEXbook," Addison-Wesley, 1984
- 3 [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
- 4 [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
- 5 [Price 88] L A Price, "Evolution of an SGML Application Generator," Proc ACM Conf Document Processing Systems," pp 51-60, 1988
- 6 [Reid 80] B K Reid and J H Walker, "Scribe Introductory User's Manual," Unilogic Ltd, 1980
- 7 [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
- 8 [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

9 [齊藤 84] 齊藤信男 「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

10 [藤澤 88] 藤澤浩道、ほか 「情報整理ノ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、323、pp 5-97~5-100、1988

6 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、文章か文脈を表現する何な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容易しておくかどうかによって、トノプダウン的要約とホ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、要約はもと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。

トノ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か、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、トノ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。

ホ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。これには様々な手法が提案されているか、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合せが主に用いられる [Lehnert 84], [Fum 85a], [安原 89]。規則に基づく方法が有効なのは、様々なレベルの知識を同しように扱えること、また、重要性の評価のアルゴリズム的な定義が困難だからである。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

1 [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

2 [Fum 85a] Fum, D, Guida, G and Tasso, C, "Evaluating Importance: A Step towards Text Summarization," Proc 9th IJCAI, pp 840-844, 1985

3 [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

4 [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

6 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、我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もつ索引語 (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か、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か、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Rijsbergen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するようにしている。このように実用システムでは、主として自由語方式をとり、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

語とするのには危険がある。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か見出しであるので、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、検索者によってつくられる。文書データベース作成時に、インデクサ(indexer)が検索語を名詞句として付与することかある。この句を事前結合句(pre coordinated clause)と呼ぶか、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、漢字仮名混りへた書き文に形態素解析などのなんらかの処理を施して、名詞を抽出する必要かある。こうしてつくられた索引語は、英語に対応させると、事前結合句に近い。

日本語の場合、事前結合句か検索に有効である。それは、索引語は漢字列や片仮名列であることか多く、これらには英語の名詞句のような構文的多様性かないことによる。また、専門語についていえば、英語の場合、'rod'は古代英語に語源をもつ平易な単語であるか、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、このようなことかほとんどない。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、英語のように再現率か悪くならない。

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であり、このことかよって精度か悪化する。このため、不必要なキーワードを除去する研究か行われている。また、キーワードか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か使われる傾向か英語文書の場合より強い。

自動インデキシングの目的は、IRのためのキーワードを自動抽出することである。IRシステムでは、転置索引に各キーワードに関連する文書集合を置き、これらの集合に対するブール演算と隣接演算(adjacency operation)よって検索を行う。したかって、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、非常に困難である。このことかこれまで研究されたより複雑な自動インデキシング法か採用されない理由かになっている。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か確認された方法かないのである。また、このことか自動

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。これは、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る。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 Base)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。

(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ことが多い。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も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 database)としては、判例、新聞記事、学術論文に関するものもあり、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。このようなIRシステムに対する全文データベース向けの機能強化に米国BRSのPRINT HITSコマンドがある。これを使えば、比較的簡単に条件を満たすすべてのパラグラフを表示することかできる。

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か、効率的な方式として、Knuth Morris PrattやBoyer Moore、Aho Corasickのものがある。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。更に、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、評価報告はないか、英語の場合と同様ではないかと思われる。つまり、最も巧妙につく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。従って、テキストサーチによる検索システムは、文字列照合回路を用いたものか主流になっている。文字列照合回路の方式は、現在も数種類があり、100万字/秒以上の速度をもっているか、将来、更に高機能 高速化が期待できる。

全文は、一般的に章 節などの論理構造をもっている。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 I R 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か検討されている。SGML は、印刷の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もつものがほとんどであり、図表、写真などをもっているが、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 I R 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 I R 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 I R 技法を延長したものではなく、A I 技法に基づく技法の開発が必要である。

参考文献

- 1 [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
- 2 [Tenopir 84] Tenopir, C Full-Text Databases, ARIST, vol 19, 215-264 1984 6 2 データベース技術

6 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 6 2-1 の中心部に示すように、フルテキスト (全文) 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「フルテキストデータベース (情報検索 (IR) システム)」、これに対して、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、いわゆる「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)、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「意味データモデル」、さらに、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「オブジェクト指向データベース」が挙げられる。

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もと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もたせるために、「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か何になるかは依然流動的であるか、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、不確実性などか扱えるもの）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」などか有望と目される。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。

6 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表6 2-1のようにまとめている[Freundlich 90]。

表6 2-1 テ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）
理論的な要請	計算の理論	意味論的な解釈

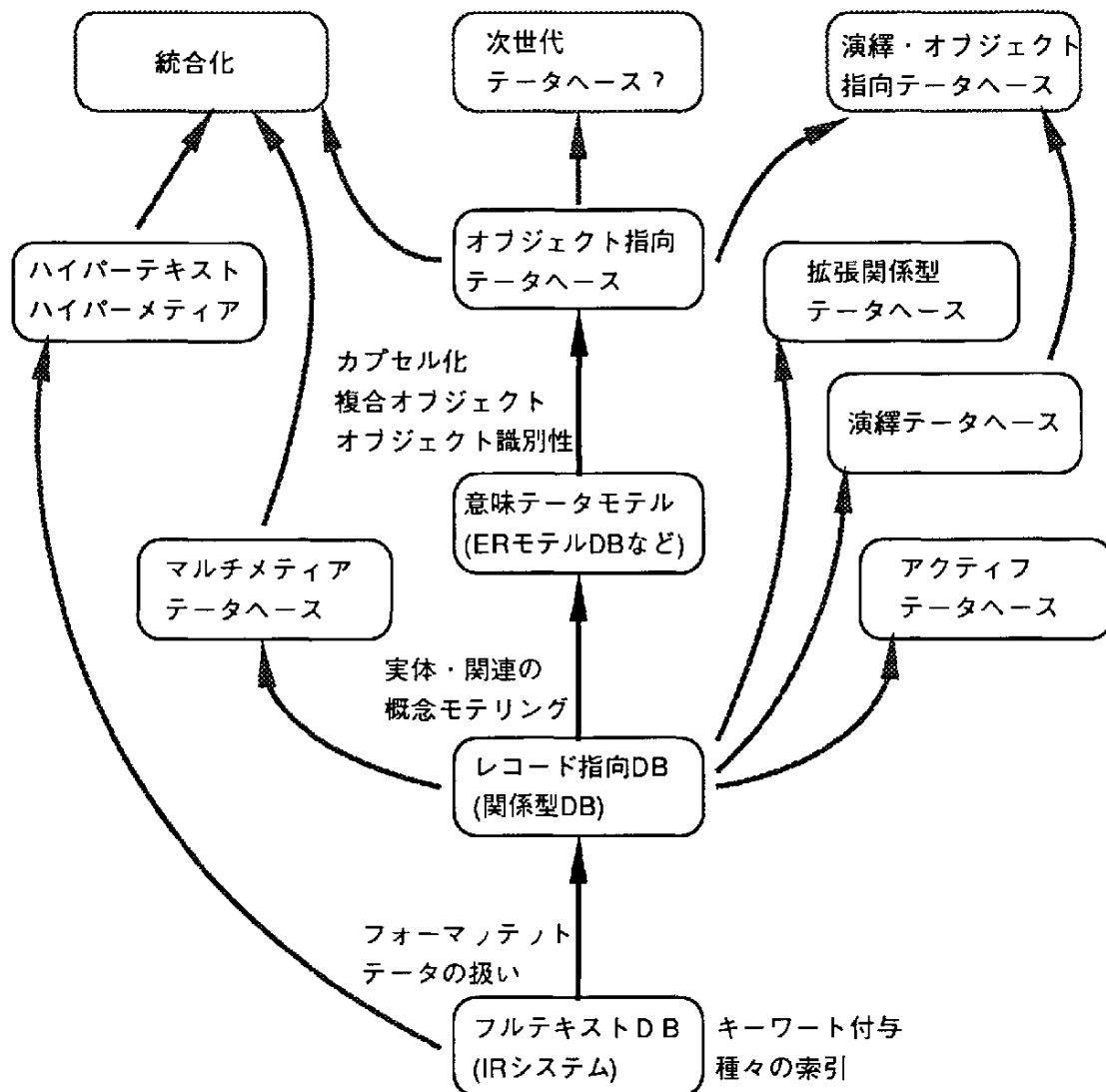
この表からも明らかなように、データベースを知識ベース化するには、蓄積される情報として単に事実（ファクト）の集合だけでなく、その事実の集合を対象とした推論機構あるいは効率的な情報探索機構を実現するための知識（より具体的に言えば、ルールの集合）が必要である。この知識ベース化に関する方法論としては、以下の三つが考えられる。

(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。

図6 2-1 データベース技術の変遷



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もない、内外の第五世代コンピュータ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陽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なかには、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”の関係をも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、(一階述語論理を基にした)明確な形式的基礎などがあげられるか、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、応用への適応性をもつ。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。したかつて、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か、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) (計算)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、既に1989年に京都で開催され、今後この分野の研究が益々活発化すると考えられる[Kim 89]。

6 2 2 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、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も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ねらっており、現在データベースの分野で最も活発に開発・研究が行われている分野である。

(1) オブジェクト指向データベース

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、表 6 2-2 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、裏返して言うと、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かできる。

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。

表 6 2-2 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
O ₂	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。
VERSANT	C++ベースのOODBMS。
Zeitgeist	米国TI社が開発したOODBMS。

(a) データ表現

従来のレコード指向のDB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、OODB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-1) 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、実世界の実体(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も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DBモデルでは、属性値には具体的な値(文字、数値など)しか代入できないか、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。

(a-2) 複合オブジェクト

従来のレコード指向のDB(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かどのようなものであれ、これをDBに格納したりDB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DB中に格納したり取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ネ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DB中に格納したり、DBから取り出せる。

(a-3) 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「メソージ」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か、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DB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、DB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というメソッドに反応し、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と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、OODBMSでは二義的なものになっているという点である。

(a-4)オブジェクトの永続性(persistence)

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、(DB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。

(b)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。

(b-1)スキーマ表現

(b-1-1)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)のコート(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

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。

(b 1-2) 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、型とうしやクラスどうしをis_a関係(汎化関連、generalization relationship)でつないたもので、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)機能か望ましいとされている。OODBMSではこのような型階層／クラス階層の記述か、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-2) 操作系

(b-2-1) 計算能力の完全性

従来のDB操作言語は、DB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、DB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。

(b-2-2) 問合せ機能

従来の関係データベースシステムか、アトホクな問い合わ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OODB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。

(b-2-3) 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、オブジェクトか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いといった制約)を表現するものである。

(c) データベースの共有性に関する機能

(c-1) ビュー機能

OODB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良いであろう。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、OODB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。

(c 2) 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DBとチェクイン チェクアウト機能を有している。これは、共有DBと個人用DBを統一的なクラス階層で表現し、各DB間でのデータの移動をチェクイン/チェ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うことかでき、従来のデータモデル、DB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DBにおけるデータよりも粒度が一様ではなく、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およんで、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かできる。特に、動的な側面に関しては、オブジェクトか外部からのメッセジとか、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

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ラターという概念が既にある。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トホノ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も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。しかし、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クするため用いられる）を書けるようにすることなどあげられる。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、値の更新が起こ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。

6 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、ビデオ動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、音声をともなったビデオ動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、高解像度ピントマネジディスプレイ、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いわざるを得ない。

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) データの操作が多種多様であること、
- (3) データの定義域が多種多様であること、
- (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、6.2.2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、粒度が一様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表3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。

表6 2-3 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。画像の重ね合わせやズーム機能をもつ。
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ら	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。

(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、これらから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かできる。

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

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合的に適用する。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1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か、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、つぎのような欠点を指摘できる。

(a) 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合的に検索したり更新したりする機能が弱い。

(b) 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。

(c) 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、述語ヘースの検索言語、ノートのバージョン管理、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フラウシ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ハからなり、ノード リンクへの属性値の付与、述語ヘースの検索言語、ノートのバージョン管理、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あつかえ、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MiteyBook[Egan 89]は、検索に関しては単純なキーワ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[Shuma 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。即ち、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ビューレノトパソコンのパソコン[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クスをもっており、オブジェクト間の表示の順序・同期といった関連を用意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自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、システムのサーハ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を行える。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)などがあり、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中に記述することかできる。

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か特徴的であり、「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

1. [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.)
2. [Apple 89] Apple Computer, Inc., IRIS Intermedia, 1989
3. [Bancilhon 88] Bancilhon, F., Object-Oriented Database Systems, Proc. 7th ACM PODS, pp.152-162, March 1988.
4. [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.
5. [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.
6. [Conklin 87] Conklin, J., Hypertext: An Introduction and Survey, IEEE Computer Magazine, pp.17-41, Sept. 1987.
7. [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.
8. [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.
9. [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.
10. [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.
11. [Freundlich 90] Y. Freundlich, "Knowledge Bases and Databases: Converging Technologies, Diverging Interests, COMPUTER, Vol.23, No.11, pp.51-57, 1990.
12. [Gallaire 78] H. Gallaire and J. Minker, Logic and Databases, Plenum Press, pp.458, 1978.
13. [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.
14. [Honda 89] 本田、佐久間、「電腦機：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。
15. [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.
16. [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.
17. [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。
18. [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

- 19 [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.
20. [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.
21. [Kim 89] Kim,W and Lochovsky,FH. ed , Object-Oriented Concepts, Databases, and Applications, ACM Press, 1989.
22. [Kim 90] W. Kim, J.-H. Nicolas, and S. Nishio, Deductive and Object-Oriented Databases, North-Holland, pp.607, 1990.
- 23 [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
- 24 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
25. [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.
- 26 [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
- 27 [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
- 28 [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.
29. [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.
- 30 [Piatetsky-Spapiro 91] G Piatetsky-Shapiro and W Frawley, Knowledge Discovery in Databases, AAAI/MIT Press, 1991.
- 31 [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
- 32 [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
- 33 [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
34. [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.

- 35 [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.
- 36 [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.
- 37 [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
- 38 [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
- 39 [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
- 40 [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
- 41 [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.
- 42 [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
- 43 [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
- 44 [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
- 45 [Ullman 88] Ullman, J.D., Principles of Database and Knowledge-Base Systems, Vol 1, Computer Science Press, 1988
- 46 [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
- 47 [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
- 48 [Zaniolo 86] Zaniolo, C. et al., Object Oriented Database Systems and Knowledge Systems, in Expert Database Systems (L Kerschberg ed.), pp 49-65, 1986

6.3 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

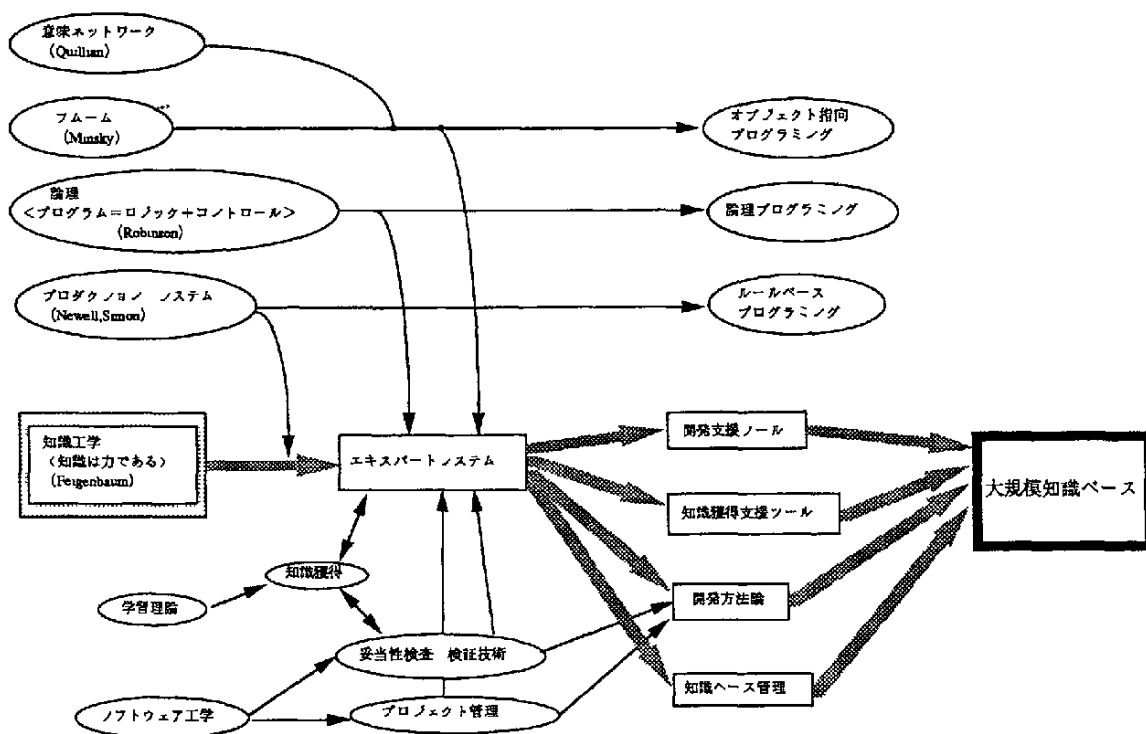
操作するための技法として、意味ネットワーク；フレーム；論理；プロダクション・システムの諸概念が整備され、開発支援ツール化と問題解決のパラダイム化とか進行していった。これらは、現在では、オブジェクト指向プログラミング；論理プログラミング；ルールベースプログラミングの3つの概念にまとめられる。

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か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・複雑化にともなって、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6 3-1のようにまとめられる。

図6 3-1 知識処理技術の全体像



6 3 1 基本技術

6 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、つ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) 知識表現技術

a 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ノクスを示している。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ることができる。語彙に関する知識は、一般には辞書と呼ばれる。また、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挙げることもできる。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ノクスを用いて記述されるのか原則となっている。

(1) 辞書的知識

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。一方で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。辞書知識の記述にあたって採用されるシンタノクスは、現在の所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)[Pereira 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。

(2) 知識ベースシステムで用いられる知識

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ノクスを表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内、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 [Quillian

68]、後にフレーム[Mims 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。以下ではこれらの知識表現について概説した後、関連するいくつかの知識表現について簡単に述べる。

b 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かできるであろう。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ぺいされた形で記述し、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挙げることかできる。さらに、値に関する制約やデフォルト値の設定にみられるような、暗黙の内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みられる。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 [Greiner 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かある。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か、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]などか試みられている。

c 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もつが、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か一定の条件を満足するかどうかを調へることか指定される。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か要求されるか、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か多くなっている。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へることか基本となる。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。

d 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、一階述語論理か挙げられる。特にホーン節に基づくPrologないしその拡張としての一階の論理型言語は、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か、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。

f 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か、対象領域の特殊性に応じて、さまざまな知識表現か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]か用いられることもある。これらの知識表現か採用される場合、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であり、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、対象領域の知識か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か一つの課題となる。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か開発されてきている。以下では、主要な知識表現における基本的な推論方法について述べた後、さまざまな推論の方式について述べる。

a 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、比較的単純な推論形式か採用さ

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か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予め用意されており、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。

b 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。このような状況における代表的な問題は、推論の効率化と、推論実行の制御である。ここでは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問題となる。

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か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。

(1) プロダクションシステムに見られる推論技術

(a) 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いえない。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の組み合わせについ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[Forgy 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。

(b) 競合解消とヒューリスティクス

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問題である。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。従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内、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か、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クスの利用が重要な課題となる。TEIRESIAS [Davis 82]では、このようなヒューリスティ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。

(c) 問題分割と黒板モデル

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予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黒板モデル [Erman 81]である。代表的な黒板モデルでは、各知識源が共通に参照更新できる黒板が用意されている。黒板モデルの制御機構は、予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、黒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から、次ぎ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。

(2) 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十分な問題がある。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もある。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 Truth maintenance system [Doyle 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 [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 [McCarthy 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[Leleer 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。

(3) 定性推論[情報処理学会 91]

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。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。

(4) 事例ベース推論[DARPA 88]

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か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。

6 3 1 2 知識獲得 学習技術

(1) 知識獲得技術

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。人間に取って、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。以下では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。

a 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、それか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。

b インタビューシステム[溝口 88]

一般には試行錯誤的手法ははなはた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して行われる所から、インタビューシステム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 [Davis 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 [Nguyen 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内に前提としている。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 (Intelligent Interview System) がある。

c 統計的手法の適用[溝口 88]

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か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。

d システム設計

知識処理システムでは、既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[Michaelski 86]

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か、問題の性格を理論的に把握しようとする試みに、一連の学習問題がある。

a 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に実現した例としてはShapiroのModel inference systemを挙げることかできるであろう。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で、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もある。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か期待できるか、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か最近明らかにされている。

b 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か試みられており、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とどこまで抽象化／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か問題とされるか、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、両者の間の関連か注目されている。

c 説明に基づく学習[DeJong 86]

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)がある。ここでは、内容的には正しいかそのままの形では適用できない知識が存在した場合、これを現実に適用可能な形式に変換することか目標とされる。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か生成される。この説明構造のなかで、実際の問題に適用可能な範囲で抽象度の高い表現か得られるならば、それは目標概念に該当するかどうかを調へ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か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かできる。

6 3 1 3 知識ベース管理技術[溝口 88]

知識ベースか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か存在しないように管理することが重要な課題となる。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かみられる。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。たまたしこの場合、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みられる手法であり、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いえるであろう。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いうことができよう。

参考文献

- 1 [Pereira 80] Pereira, F C and et al, Definite Clause Grammers for Language Analysis - A Survey of the Formalism and a Comparison wrth Augmented Transition Networks, Artificial Intelligence, vol 13, pp 231-278, 1980
- 2 [Quillian 68] Quillian, M R, Semantic Memory, in Semantic information processing, ed by Minsky, M, p227-270, MIT Press, 1968
- 3 [Minsky 75] Minsky, M, A Framework for represeenting knowledge, in The psychology of computer vision, ed by Winston,P, p211-277, McGraw-Hill, 1975
- 4 [Greiner 80] Greiner, R, and Lenat, D, A representation language language, Proc 1st AAI, p165-169, 1980
- 5 [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
- 6 [Ueno 80] Ueno, H, and et al, Design of a criteria-based rheumatology consultating system for a microcomputer, Proc MEDINFO'80, 1980
- 7 [Forgy 82] Forgy, C L, RETE A fast algorithm for the many pattern/manyobject pattern mach problem, Artificial Intelligence, vol 19, pp 17 37, 1982
- 8 [Davis 82] Davis, R, Teiresias Applications of meta-level knowledge, in Knowledge Based Systems in Artificial Intelligence, Davis,R, and Lenat,D, McGraw Hill, 1982
- 9 [Erman 82] Erman, L D, and et al, The design and an example use of HEARSAY-III, Proc

IJCAI'81, p260-262, 1981

- 10 [Doyle 79] Doyle, J, A truth maintenance system, *Artificial Intelligence*, vol 12, pp 231-272, 1979
- 11 [de Kleer 86] de Kleer, J, An assumption-based TMS, *Artificial Intelligence*, vol 28, pp 127-162, 1986
- 12 [McCarthy, 80] McCarthy, J, Circumscription a form of non-monotonic logic, *Artificial Intelligence*, vol 13, pp 27-39, 1980
- 13 [Leler 88] Leler, W, *Constraint Programming Languages - their specification and generation*, Addison-Wesley, 1988
- 14 [情報処理学会 91] 特集・定性推論の応用、情報処理、vol 32、no 2、1991
- 15 [DARPA 88] DARPA, *Proceedings of a workshop on case-based reasoning*, DARPA workshop, 1988
- 16 [Nguyen 87] Nguyen, T.A., and et al, Knowledge base verification, *AI magazine*, p 69-75, Summer, 1987
- 17 [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
- 18 [Michaelski 86] Michaelski, R S, and et al, *Machine learning II*, Morgan Kaufmann, 1986
- 19 [DeJong 86] DeJong, G, and Moony, R, Explanation-Based learning An alternative view, *Machine Learning*, vol 1, pp 145-176, 1986

6 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を述べる。特に、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の動向と、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、シェネリノ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大前提である。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（たとえば

[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A T M S (Assumption based Truth Maintenance, 仮説に基づく真実維持機能) [de Kleer 84]がある。A T M S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、A T M Sではデータベースは必ずしも無矛盾である必要はなく、これによって複数の文脈での推論が可能となる[奥乃 1991]。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、ならひに、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。

V L K B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) 1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はかる分散問題解決(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[A I 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、ついで、タスクを重視したアプローチを紹介する。

従来、たとえば、大規模プラントは個別に設計されることか多く、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も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か期待される。

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み込むという意味で新しい方向を示している。PLEXYS [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不可欠な、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、以下では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、それか、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合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、いろいろ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)とをもつ。Task Levelでは、タスクを分類 抽象化した解釈モデルをもつ。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6.3-2参照)。

[小林 90]では、次世代知識システムのイメージとして、図6 3-3の提案がなされている。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。

図6 3-2 MULTICSの構造[Tijerino 90]

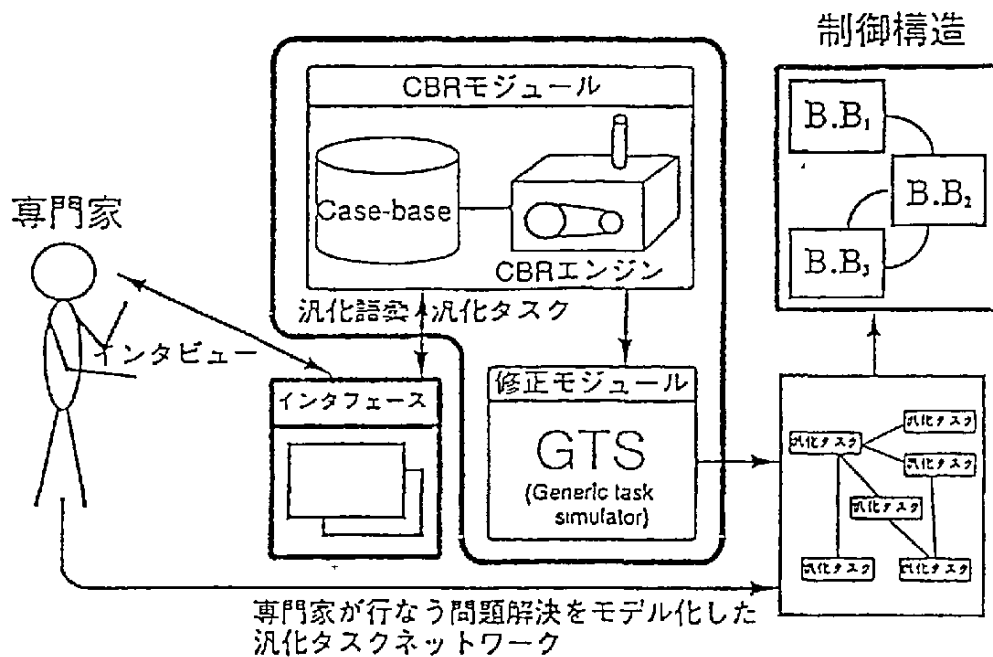
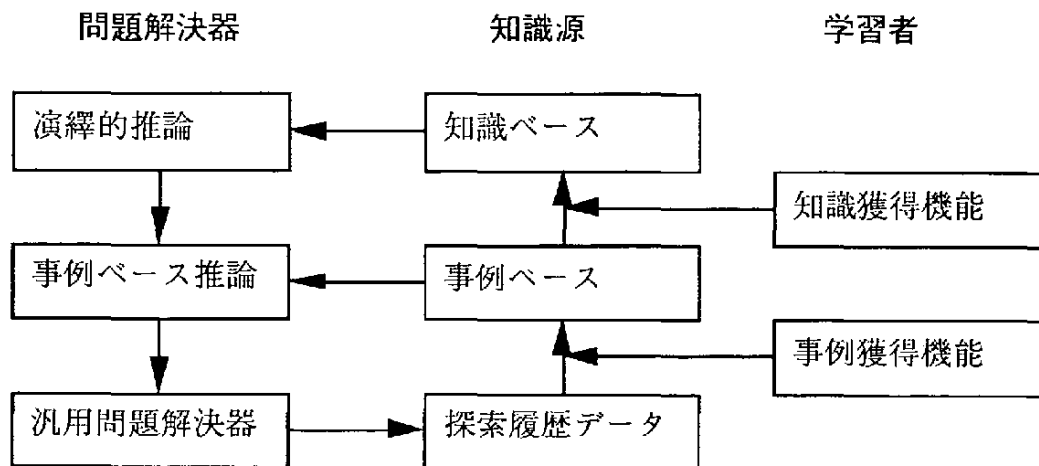


図6 3-3 汎用知識システムのアーキテクチャ[小林 90]



(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も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 1990]。

(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か、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にあることかわかる[A I 白書 91]。大規模知識ベースの開発 利用にあたっては、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。ついで、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、この両者がおたかひ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はかる方向の2つかある[A I 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A I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

1. [A I 白書 89] ICOT-JIPDEC AIセンター編：人工知能の技術と利用－A I 白書－，日本情報処理開発協会，1989.
2. [A I 白書 91] ICOT-JIPDEC AIセンター編：A I 白書：人工知能の技術と利用．1991.
3. [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.
4. [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.
5. [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.
6. [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.
7. [奥乃 91] 奥乃博：A T M S 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.
8. [寺野 90] 寺野隆雄：電力分野向けA I 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
9. [Brachman 190] Brachman, R.J. The Future of Knowledge Representation. Proc AAAI'90, pp. 1082-1092, 1990
10. [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.
11. [Bylander 86] Bylander, T.C., and Mittal, S.: CSRL: A Language for Classifactory Problem Solving and Uncertainty Handling AI Magazine, Vol.7, No. 3, pp 66-77, 1986
12. [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.
13. [Clancy 85] Clancy, W.J.: Heuristic Classification. Artificial Intelligence, Vol. 27, pp. 289-350, 1985
14. [Davis 90] Davis, E.: Representations of Commonsense Knowledge, Morgan-Kaufmann, 1990.
15. [de Kleer 86] de Kleer, J. An Assumption-Based Truth Maintenance System. Artificial Intelligence, Vol. 28, No. 2, pp 127-162, 1986
16. [Hashemi 89] Hashemi, S. The Plant Expert System (PLEXSYS) Development Environment: System Description and User's Manual, Version 2 EPRI Report, NP-6410, 1989
17. [Hewitt 86] Hewitt, C.. Offices are Open Systems ACM Trans on Office Information Systems, Vol. 4, No. 3, pp. 271-287, 1986
18. [Lenat 90] Lenat, D.B., Guha, R.V.. Building Large Knowledge-Based Systems Addison-Wesley, 1990.
19. [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

20 [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。

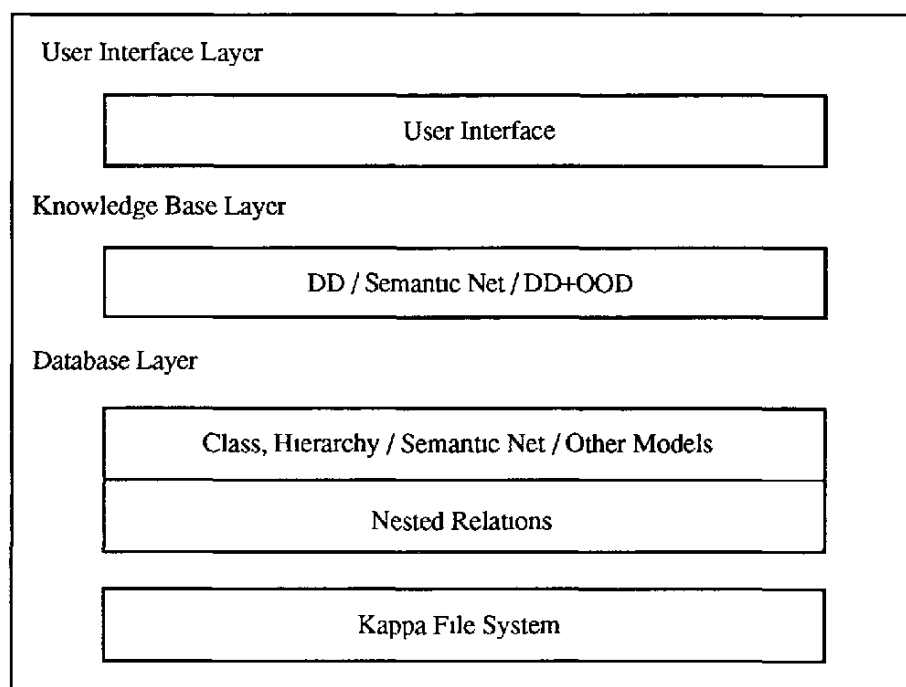
a Kappaの設計思想

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3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、単一化やパター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 6 3 - 4 Kappaの構成



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)をそれぞれ表す。

b 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。

c 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ン照会の演算などがあり、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2つのデータモデルを追加している。

第1のものは、ISA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て利用すること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か、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つけられている。

d 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。具体的にはつきのようなになる

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。

e Kappa-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、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。

6 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、様々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2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。

6 4 1 マインドツールとしてのハイパーメディア

コンピュータをもっと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うことかできる。「支援」には「代行」と「道具提供」との2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2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。同じころ、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かでき、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トのみがはられる。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 Negrponteがメティアル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。

6 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か重要である。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かできる。

M McLuhanは「メディア論」において、「メディアはメソージである」との命題を提示した[McLuhan 64]。彼はこのことを次のように説明している。

「電気速度と全体的視野が得られる以前には、「メディアはメソージである」ということは明らかでなかった。この絵は何について描いたものかとか人かよく尋ねたように、メソージは「内容」であるかのごとく見えた。けれども、この曲は何についての曲か、この家あるいは服は何についての家あるいは服か、などと尋ねてみようとは、人は思ってもみなかった。このようなものの場合、人々は全体のパターンについて、統一体としての形式と機能について、ある程度の認識をも

っていたのだ。しかし、電気の時代になるや、この構造と構成についての全体的な観念が非常に優勢になり、教育理論もその問題を取り上げるにいたった。」

McLuhanの高弟である] カルキンは、

「人は皆、メディアを見ないでその内容だけを見ている。しかし実はメディアの形式、構造、働きが最も重要なメッセージなのであり、注目すべきはメディアの内容より、メディアそのものなのである」

と論じている。彼はまた、

「メディアはそれを使う人間の知覚習慣を変える。内容と係わりなく、メディア自体が中に入っていく。（中略）メディアは内容を伝える過程においても人々の感覚に働きかける。（中略）事実メディアは、心の窓を開いたり、閉じたりする」

と説明している[カルキン]。

これらに述べられていることは、

- 1 情報の伝達は何らかのメディアを介してなされ、
 - 2 メディアは伝達内容に何らかの意図や意味を付加している
- ということである。

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、現在にいたるまでに、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（ト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、

- (1) 表示機能
- (2) 直接定義機能

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

- (3) 参照リンク機能

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

(4) 直接操作機能

ディスプレイ上のダイナミック・メディアをマウスを用いて直接操作する機能

(5) 直接合成機能

複数のダイナミック・メディアをディスプレイ上で組合せ、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

(6) 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

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表6-4-1のように7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。

表6-4-1 ダイナミック・メディアシステムの分類

メディア システム	1	2	3	4	5	6	7
presentation system	○						
hypermedia system	○	○					
media kit system	○		○				
hypermedia kit system	○	○	○				
multimedia DB	○		○				
hypermedia kit management system	○	○	○	○			
media mailing system	○				○		
shared hypermedia system	○	○			○	○	
event-sharing hypermedia system	○	○			○	○	○
distributed hypermedia kit management system	○	○	○	○	○	○	○

1 定義・表示機能 2 リンク機能 3 組合せ合成機能 4 管理・検索機能
5 配送機能 6 メディア共有機能 7 イベント共有機能

一方、CD-ROMやレーザ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。同時に、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、利用者か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かできる。

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大きな課題となる。これらか時系列情報の場合には、お互いの同期を取る必要かある。

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。

6 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(たとえば、辞典、マニュアル、解説書などの文書)か世の中に流通し、多様な形で使われているか、今後はこれらの文書か電子化され、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、発展か考えられる。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か重要な課題となる。その場合は、単なる文書の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。いく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か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か今後頻繁に発生すると予想される。ここに、従来の関連する箇所のリンクをたどる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か生じる。

特に、企業は、その活動に必要な様々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渡り、また相互に複雑に関連している。それらをすへて有効に利用することかできるかとうかか組織の効率上極めて重要なテーマである。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か、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。ハイパーメディアか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仕組みは、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
- (2) AI技術などを応用した強力な検索機能
- (3) 様々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。リンク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) もやはり企業にとって、欠くことか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、様々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かなされているため、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こと）を分かりやすく実現することかできる。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か一方通行的なやり取りで示されたか、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、つぎ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、どのようであってもよい。例えば、文字情報はある事実を表す一文でもよいし、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よいシステム形態をとる。

参考文献

1. [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
2. [Bush 45] Bush, V., *As We May Think*, *The Atlantic Monthly*, Vol.176, July 1945, 101-108.
3. [CACM 89] *CACM*, 32 (7), Special Issue on Interactive Technology.
4. [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
5. [Engelbart 63] Engelbart, D. C., and English, W. K., *A Research Center For Augmenting Human Intellect*, AFIPS Proceedings, Fall Joint Computer Conference, 1963
6. [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.
7. [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.
8. [Gibson 79] Gibson, J. J., *The Ecological Approach to Visual Perception*, Houghton Mifflin Comp. Boston, 1979
9. [Greif 88] Greif, I. (ed.), *Computer-Supported Cooperative Work A Book of Readings*, Morgan Kaufmann, 1988
10. [Halasz 88] Halasz, F. G., *Reflections on NoteCards, Seven Issues for the Next Generation of Hypermedia Systems*, *CACM*, 20, 1988.
11. [Kay 77] Kay, A. and Goldberg, A., *Personal Dynamic Media*, *IEEE Computer*, 10(3), March 1977, 31-42
12. [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

- 13 [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)
- 14 [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
- 15 [Nelson 81] Nelson, T H , Literary Machined Swathmore, PA, 1981
- 16 [Quillian 68] M R Quillian, "Semantic Memory," in M Minsky (Ed), "Semantic Information Processing," Cambridge, Mass , MIT Press, 1968, pp 227-270
- 17 [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
- 18 [Yankelovich 88] Yankelovich, N , Haan, B, and Meyrowitz, N , Intermedia The Concept and the Construction of a Seamless Information Environment, IEEE Computer, Jan , 1988
- 19 [カルキン] カルキン、J, 「マクルーハン理論とは何か」、マクルーハン編 「マクルーハン理論」大前正臣他訳、サイマル出版会。
- 20 [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

6 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。

本節の構成はつぎのとおりである。

データベース・マシン技術	大規模データベース向マシン
	システム管理向マシン
知識処理マシン技術	テキスト処理向マシン
	知識処理向マシン
	ニューラル コンピュータの適用可能性

6 5 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、DB処理のための特定機能（たとえばソート機能、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BU BBA、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、DBを分散化することにより、I/Oハンド幅のボトルネックを緩和するという考え方がある。密結合型は現在もっと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DBシステムであるOracleやIngressなどをのせたものかその例である。この中でとくにめだつものは、代表的なハイパーキューブ・マシンであるNCUBE 2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かいずれも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。

6.5.2 システム管理向マシン

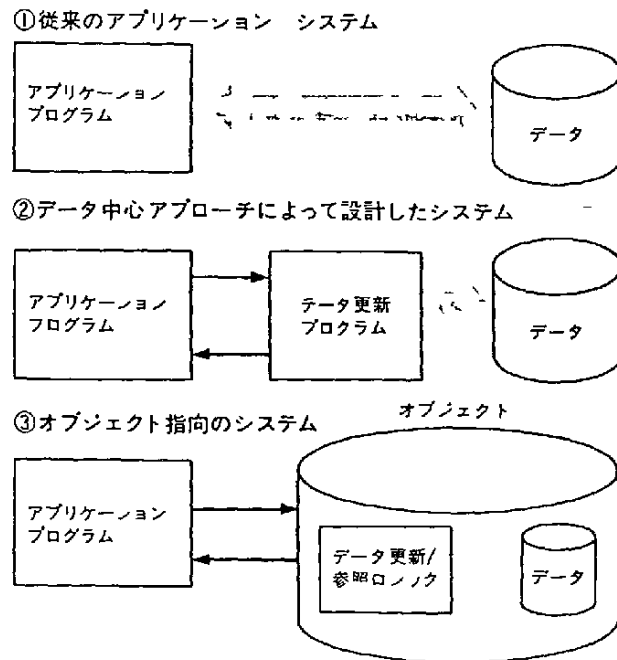
ここでいうシステム管理とは、図6.5-1の②のケースにおける“データ更新プログラム”あるいは③のケースにおける“データ更新/参照ログ”などの機能に相当するような内容の仕事を目指す。トランザクション処理で問題になるように、データへの並行的なアクセスでは競合が発生する。これを解決するのはシステム管理の責任である。また、データへのアクセスに関しては、機密保護の問題がある。その他、何かの障害が起きたときの手当も必要になる。これらもシステム管理の仕事である。さらに、システムが効率よく稼働するためには、システム全体のリソースをダイナミックに管理することが必要である。こうした管理を完全に行うには一貫した管理が必要であり、したかつて、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、その負荷も大きいことから、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。

ついでに、図6.5-1についてひとこと付言すると、①→②→③という推移に示されるように、いわゆる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ため、それだけシステム管理の役割も大きくなるわけである。

図 6 5-1 オブジェクト指向の世界では、プログラムとデータの関係が従来と変わる



6 5 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てもよく、テキスト処理に重点化することか考えられる。テキスト処理に必要な機能の中で、もっとも使用頻度の高いものはテキスト検索機能である。

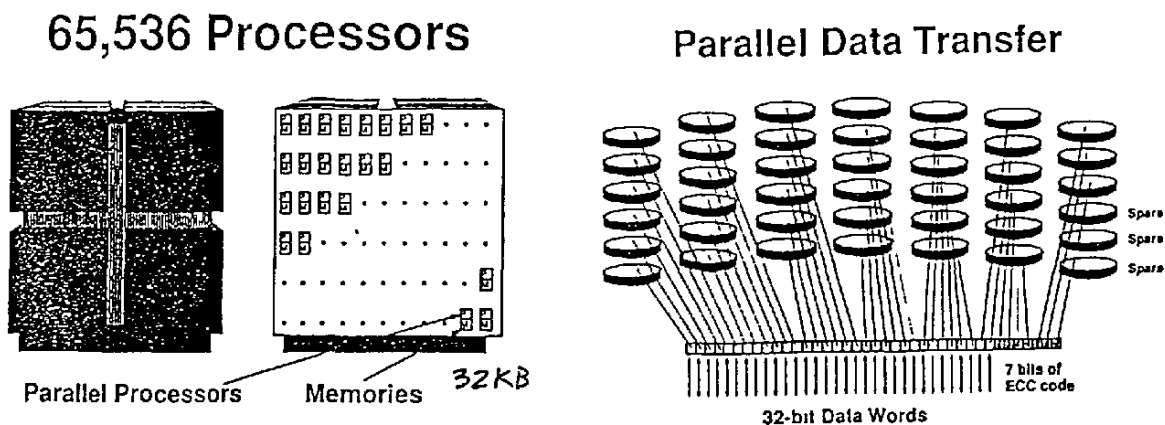
テキスト検索には、これまでキーワードや分類コードによるものか用いられてきたが、文書量の急速な増加という近年の状況に直面して、その限界が明らかになりつつある。すなわち、'これまでのインデックス方式に基づく情報検索システムでは、登録文書数が増大するとインデキシング作業が膨大になったり、キーワードの選択に専門的な知識が要求されるため一般のユーザでは操作が困難であるということか問題となってきた。また、文書データベースが大規模化してくると十分な絞り込みができなくなるということや、技術文献データベースでのめまぐるしい変遷に起因する検索精度の低下なども大きな問題となってきた。' [加藤 90]

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、テキストデータを蓄積ファイルから高速に読み出し、このなかから所望の言葉を高速に探し出す技術が必要となる。' [加藤 90] 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のが実現されている。

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’ [加藤 90] されている。‘更に、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’ [加藤 90] 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] CM-2はピント並列のSIMD方式のマシンで、最大で65,536個の1ピントプロセッサ(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化の工夫が巧みに織り込まれている。

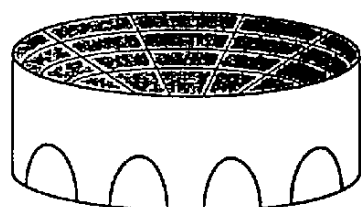
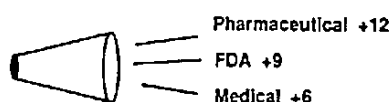
図6 5-2 CM-2の概要



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'60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 6 5-3 超並列マシンによるテキスト検索

Data Parallelism
Searching All The Documents At Once



Stadium

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 DataVaults, 5 GB 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 <1.5 sec, including front end time
- * 800 MB text, compressed 3:3:1

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、広く実用化されている。

6 5 4 知識処理向マシン

人工知能の研究そのものか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 A I 学会 (A A A I) においては、第一レベルの目次には、A I マシンあるいは A I 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、80年代には A I 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 6 5-6 ~ 図 6 5-8 に示されているとおりである。図 6 5-4 と図 6 5-5 は、そこでの分類の枠組みを説明したものである。

図 6.5-4 AIアーキテクチャへのアプローチ

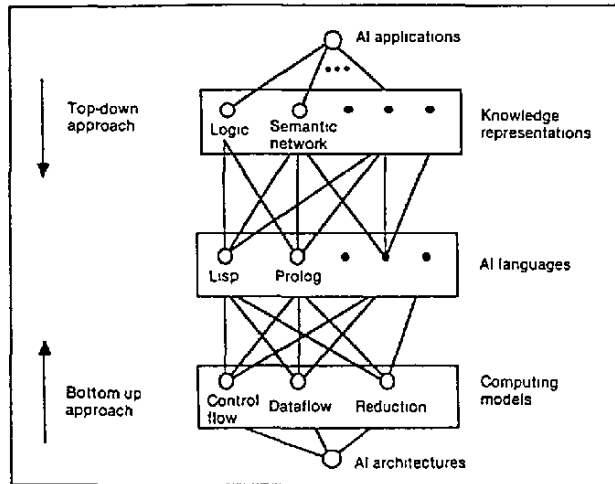


図 6.5-5 AIマシンの基本分類

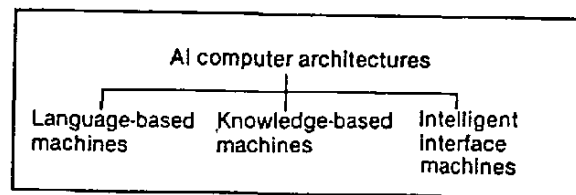


図 6.5-6 言語指向AIマシン

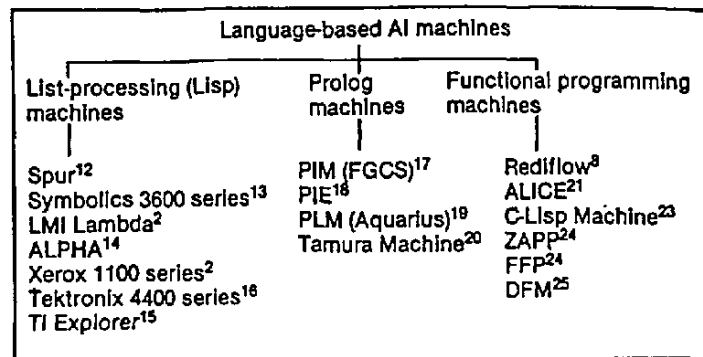


図 6.5-7 知識指向AIマシン

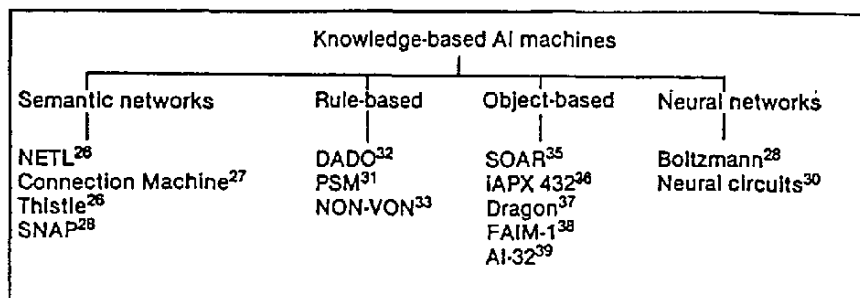
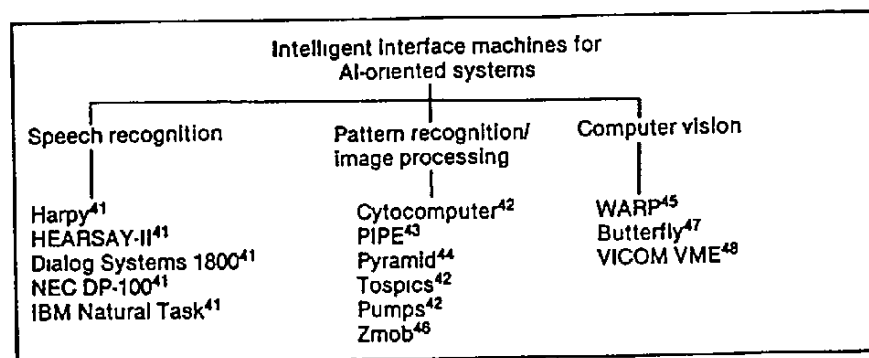


図 6 5-8 知的インタフェース・マシン



これらのマシンのうちの大部分のものは、何らかの形での並列処理構造をもつものであるが、1, 0 0 0 台以上の要素プロセッサをもつ、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、さまざまの規模の、さまざまの機能を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出番がありうるか、その中でとく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 P I M である。

P I M マシンの基本的な性格は、つぎの 2 点に要約できる。

並列論理型プログラミング言語 G H C 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 階層結合構造をもつ M I M D マシン

G H C (Guarded Horn Clauses) はその名前からも明らかなように、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。P I M の各プロセッサは、W A M (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 K L 1 - B を受け付けるようになっている。P I M の実際のプログラミング言語は G H C そのものではなく、G H C 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 K L 1 である。K L 1 から K L 1 - B への変換にはコンパイラが用意されている。

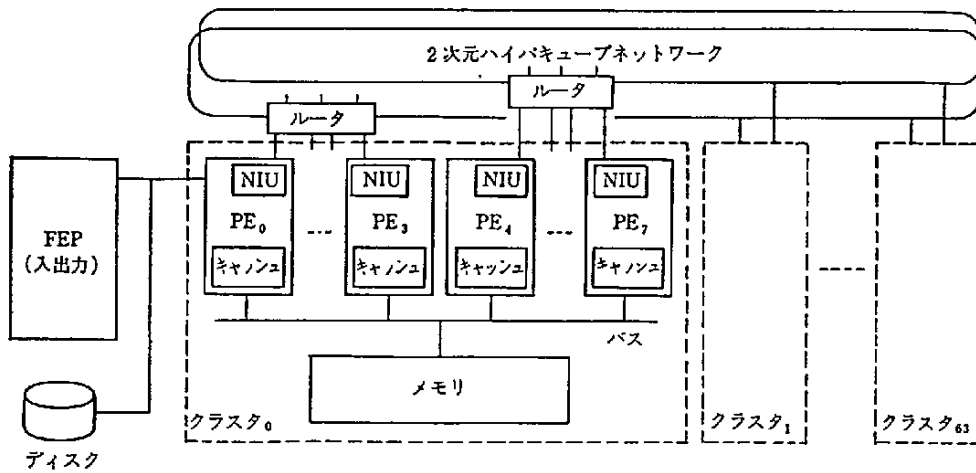
P I M の M I M D 構造には複数の方式が用意されているが、そのうちのひとつ P I M / p の構成は図 6 5-9 のようになっている。すなわち、8 台の R I S C 型のプロセッサをメモリ共有方式で密結合してクラスタを構成し、そのクラスタを 2 次元ハイパーキューブ状に疎結合するようになっている。共有メモリの容量はクラスタ当たり 2 5 6 M B である。

図 6 5-1 0 は P I M を用いたシステムの構成例である。P I M 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ため、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。

P I M のオペレーティングシステムは P I M O S 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 K L 1 に組み込まれているので、P I M O S 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

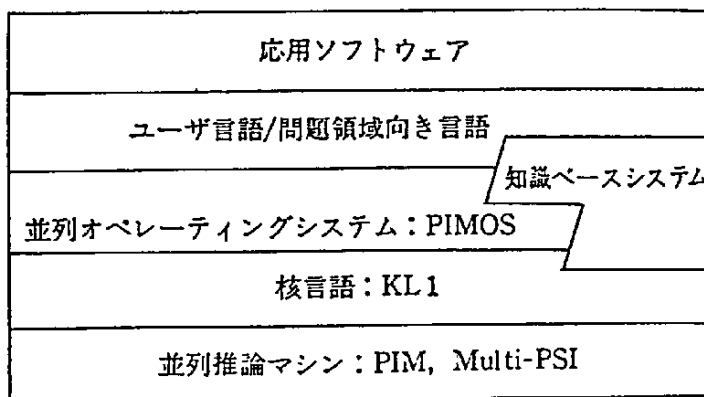
境、各種ライブラリなどである。PIMOSもKL1で記述されている。

図6 5-9 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

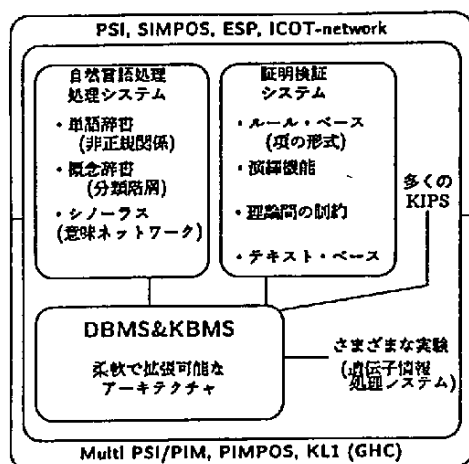
図6 5-10 第五世代コンピュータ・プロトタイプ・システムの構成



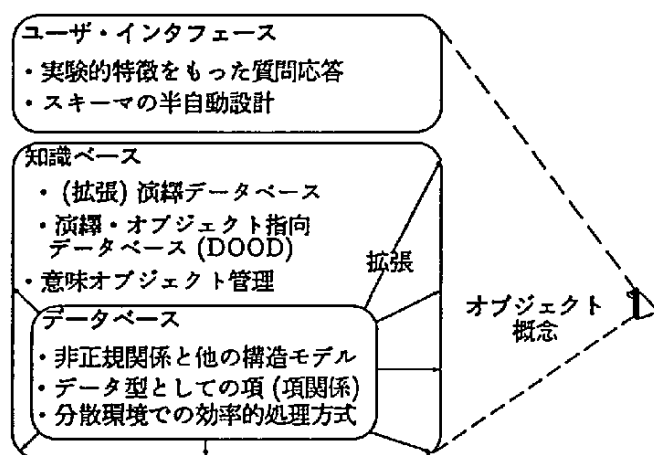
データベース管理システムを含む知識ベース管理システムも、PIMとほぼ同じ層に位置付けられている。このシステムの設計に際しては、第五世代プロジェクトでの代表的な知識処理応用として重点的に研究が進められている、自然言語処理システムと証明検証システムからの要求をガイドラインとして取り入れた。これらの応用システムから抽出したデータ/知識構造の特徴をまとめると図6 5-11のようになる。このような要件を考慮して知識ベース管理システムKBMSの基本的枠組みは、つぎのように設定されている。

図6 5-11 PIM KBMS

DBMS/KBMSの目的と環境



KBMSの基本的枠組



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。

システムをつぎの三つの層から構成する。データベース層、知識ベース層、ユーザ・インタフェース層。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。たとえば、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]

6 5 5 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にはなく、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 ネットの本格的な活用にはまた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、とくに記号处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、数式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か予想される。もし、これらへの対応に遅れをとるようなことかあると、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 ネットの活躍が期待されており、上記の意味からその実用化かとくに注目される場所である。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もありそうで、そこでの活用も考えられる。

現在の知識処理は、ほとんどか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 ネットのアプローチかどのような意味をもっているか。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りそうである。したかつて、現状では、そうした研究をウォッチしなからも、実世界の仕事は既成の記号処理の枠組みにしたかつて進まざるをえない、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か本質的かとうか、というものである。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と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。しつは、このニューラル ネットで効率的にシミュレートするという点か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・ネットか容易に見付つかるものとしてよいかと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かできることである。マシンを利用する限りでは、と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

- 1 [Hinton 90]G Hinton, Preface to the Special Issue on Connectionist Symbol Processing, Artificial Intelligence, Vol 46, No 1-2, 1990
- 2 [Hwang 87]K Hwang, J Ghosh, R Chowkwanyun, Computer Architectures for Artificial Intelligence Processing, Computer, Vol 20, No 1, 1987
- 3 [Waltz 90]D Waltz, Massively Parallel Text Processing,
- 4 [加藤 89]加藤寛次ほか、全文検索用テキストサーチマシンの開発、電子情報通信学会技術報告 (DE89-38), Vol 89, No 260, 1989
- 5 [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

6 6 標準化・オープン化

知識ベースは局所的なコンセンサスに基づいた知識表現を用いてシステムが構築されてきた。しかし、大規模な知識ベースの開発や広範な分野での応用のためには、知識のオープン化が必須であることが認識されつつある。知識の蓄積、再利用、共同開発を進めるための知識のオープン化へのアプローチの一つは、知識表現の標準化である。ここでは、オブジェクト指向データベース、知識ベースでの知識表現の標準化の動き、そしてドキュメントそのものの標準化の活動を紹介する。

6 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をとりあげ、その活動状況などを説明する。

6 6 1 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[Saley 90]。

6 6 1 2 OODBTG (Object Oriented Database Task Group)

DBTGT (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 90a]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及びサーベイを作成中である[DBSSG/OODBTG 90]。

6 6 1 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。

(1) OODB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[Perez 90]

応用プログラムとOODBMSとの間のインタフェースを次の3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。

- (1) 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)
- (2) 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)
- (3) 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、オブジェクトのロギング、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, 及びZeitgeist (TI社で作成)の機能比較を行っている。

(2) OODB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がも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。

6 6 1 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、CADメーカな
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、3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[CFI 90b](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

- 1 [Soley 90] Soley, R M, Object Management Architecture Guide (Revision 1 0), OMG TC Document 90 9 1 (draft), Sept 1990
- 2 [OODBTG 90] OODBTG, Proceedings of the 2nd OODBTG Workshop, Ottawa, Canada, Oct 1990
- 3 [DBSSG/OODBTG 90] DBSSG/OODBTG, A Reference Model for Object Data Management, May 1990
- 4 [Perez 90] Perez, E, A Strawman Reference Model for an Application Program Interface, Proc of the 2nd OODBTG Workshop, Oct 1990
- 5 [OODBTG 90b] OODBTG, A Strawman Reference Model for Transaction Processing in Object-Oriented Databases, Proc of the 2nd OODBTG Workshop,, Oct 1990
- 6 [Blakely 90] Blakely, J A, Thompson, C W and Alashqur, A M, Strawman Reference Model for

Object Query Languages, TI Technical Report, 1990

7 [Joseph 90] Joseph, J, Shadowens, M and Chen, J, Strawman Reference Model for Change Management of Objects, TI Technical Report, 1990

8 [CFI 90a] Design Data Management Technical Subcommittee (CFI), Storage Manager Goals and Requirements (Ver 0 6), August 1990

9 [CFI 90b] Design Data Management Technical Subcommittee (CFI), CFI Storage Management Procedural Interface Specification (Ver 0 3), No 102, Sept 1990

6 6 2 知識表現の標準化

知識処理システムの普及にともない、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[Lenat 90] [Feigenbaum 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、知識記述に統一かとれるための、知識記述方法の標準化が必要となるのであり、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か、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よう。

(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か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

- 1 [Warn 87] Warn, K, Expert system shell standardization - The controversy, Proc IEEE National Aerospace and Electronics Conference, pp 1384-1387, 1987
- 2 [Lenat 90] Lenat, D B, and Guha, R V, Building Large Knowledge-Based Systems - Representation and interface in Cyc project, Addison-Wesley, 1990
- 3 [Feigenbaum 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

6 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[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。

6 6 3 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]。

6 6 3 2 SGML (Standard Generalizes Markup Language)

IOS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[Bryam 88, ICS 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、あら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) システムや米国国防総省のCAL S (Computer-aided Acquisition and Logistic Support) プログラムなどがある[Barron 89]。

6 6 3 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

- 1 [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 11
- 2 [村山 90] 村山、「DTPの現状と動向」、情報処理、Vol 31, No.11, pp.1483-1494, 1990 11
- 3 [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
4. [Bryan 88] Bryan, M., SGML An Author's Guide, Addison-Wesley, 1988
5. [IOS 86] IOS 8879, Information Processing-Text and Office Systems-Standard Generalized Markup Language (SGML), 1986
- 6 [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 11
- 7 [Barron 89] Barron D, Why use SGML?, Electronic Publishing, Vol 2, No 1, pp 3-24, 1989
- 8 [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

7. 波及効果と応用

大規模知識ベース、およびその技術がもたらす効果と応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。

7.1 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2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かどのような波及効果をもたらすかに注目する。

各国の知識ライブラリネットワークは結ばれて国際知識ライブラリネットワーク（図7-1）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7-2）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、そして保護の仕組みが作られる。

この知識ライブラリネットワークの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設定等がなされることになる。

図7-1 国際知識ライブラリネットワーク

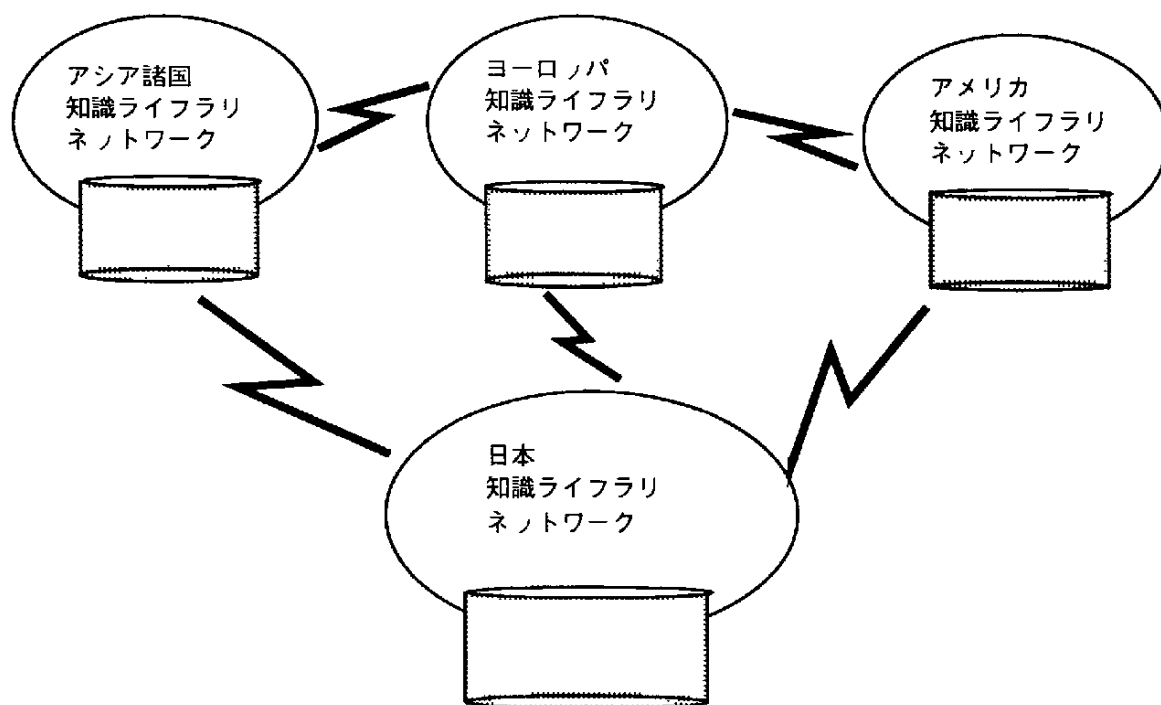
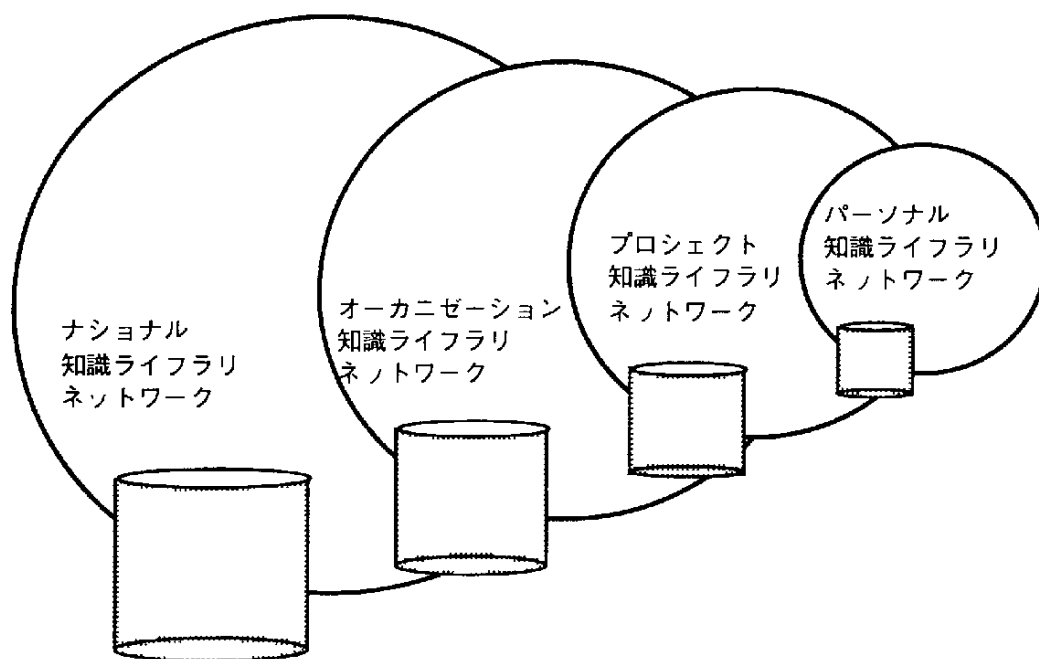


図7-2 国内知識ライブラリネットワーク



7 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6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、様々な局面で、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概念プロセッサのイメージを描いてみる。

(デスクトップ概念プロセッサ)

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。

著者の発想を支援するため、KJ法などに基ついた問題解決手法をサポートしている。

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かできる。

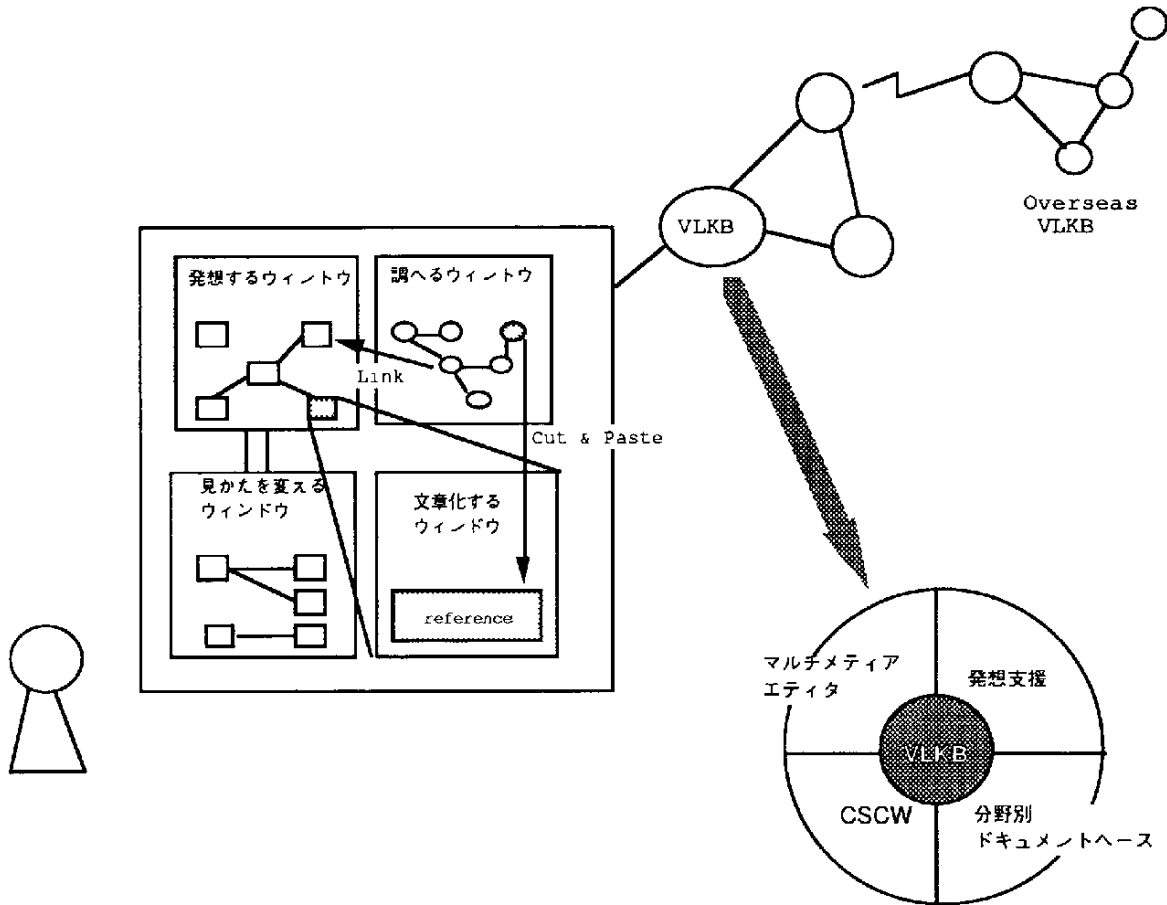
・ランダムに作成された情報を様々な視点から、分析できる。

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。

マルチメディア情報を扱うことかでき、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かできる。

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7-3 大規模知識ベース型概念プロセッサ



(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ンストリーミング、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。

(電子会議システム)

複数のメンバーによる会議において、主に非同期での討論の支援を行う。

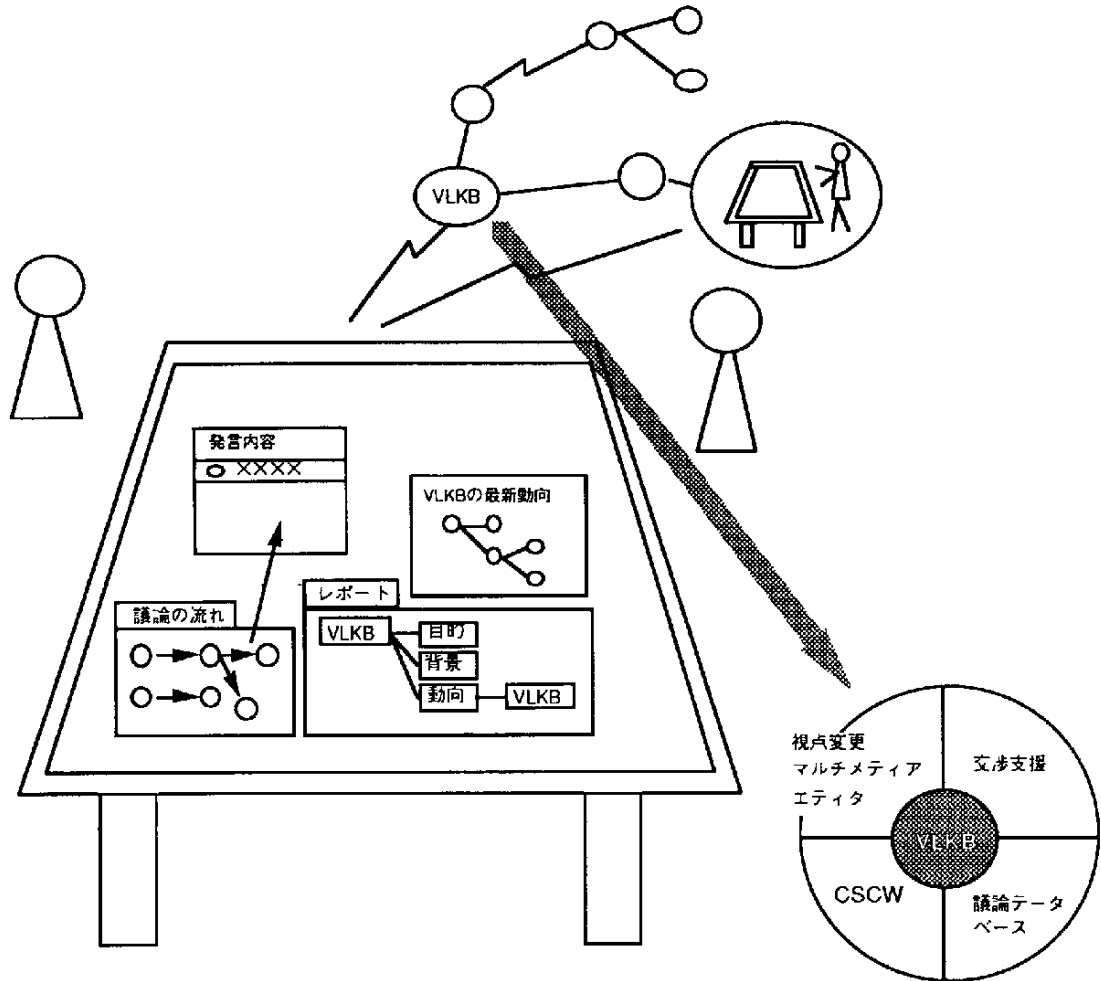
レポートをまとめようとするときなどでは、最新の情報を瞬時に収集し、概念別に分類整理する。

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。

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。この結果を議事録として、自動的に保存される。

プレゼンテーションに当たっては、グラフの表示など、システムの方で、最適な表示形態が選択される。

図7-4 大規模知識ベース型電子会議システム



(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。

(ソフトウェア ファクトリ)

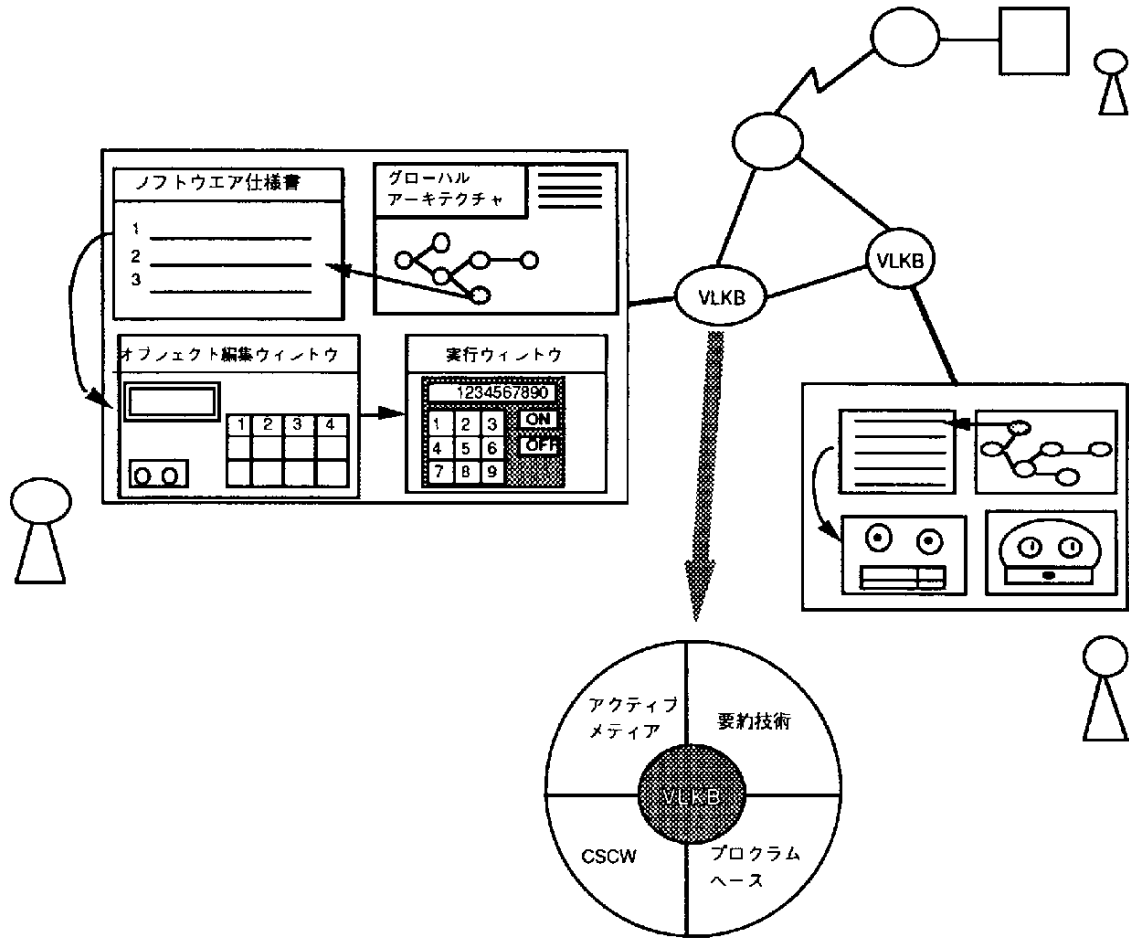
ソフトウェア仕様書に基づき、システムが既存知識オブジェクトから、該当するものを選択する。該当するものがないときは、類似のものを、それもない場合は、作成に必要となるソフトウェアプリミティブを表示する。

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て要求されるソフトウェアを作る。

- 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。

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。

図7-5 大規模知識ベース型ソフトウェア・ファクトリ



(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。

(知的SIS)

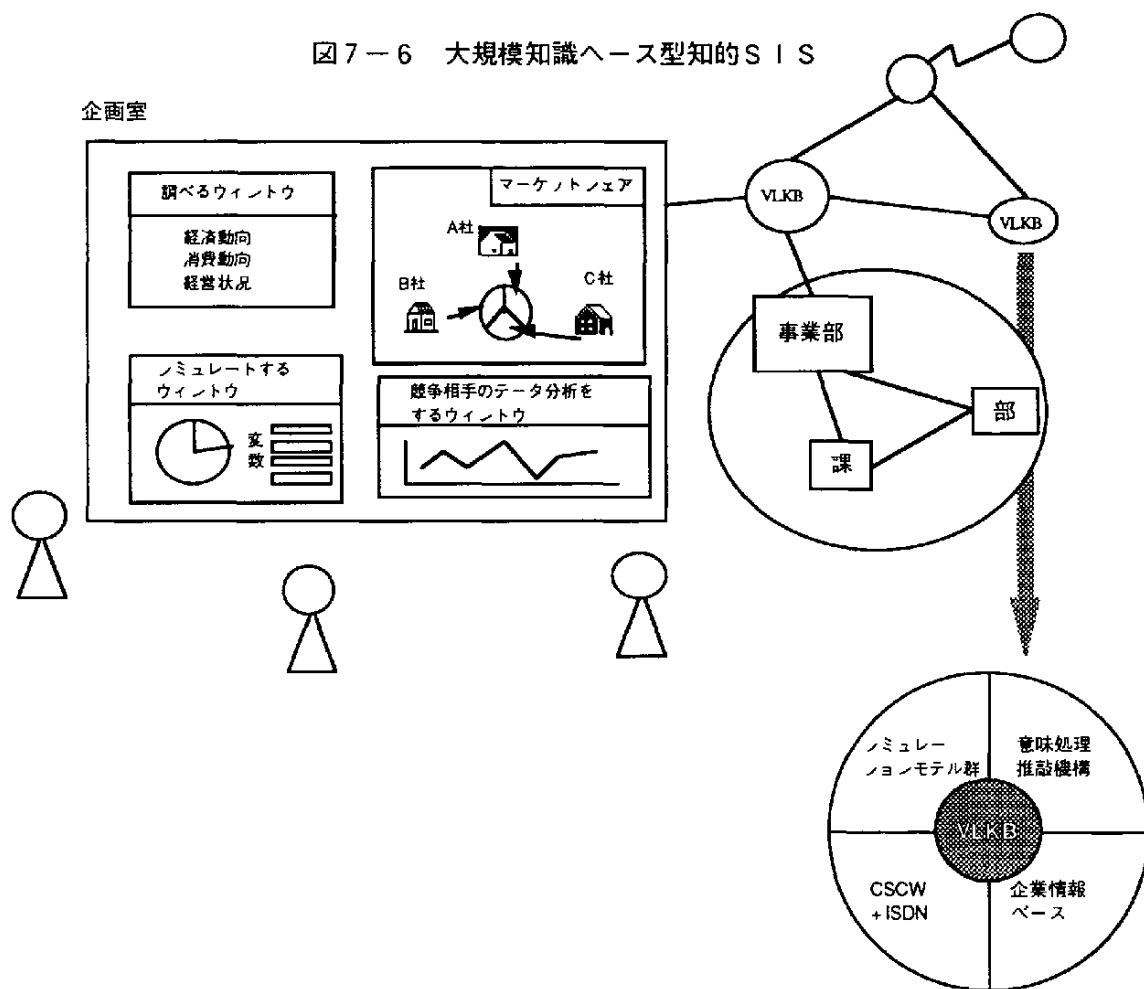
最新情報を多方面から収集し(各種統計、世界動向ニュース、ローカルニュース)、企業戦略のための情報を提供する。例えば、マーケティング戦略においては、マクロマーケティングの情報から、アンケートや店頭調査などのマイクロマーケティングの情報を即座に収集し、様々な視点から解析する。更には、分析結果を基にある程度の意味処理を用いたコンサルティングを行う。

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。

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。又、セキュリティも確保されている。

図7-6 大規模知識ベース型的SIS



(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。

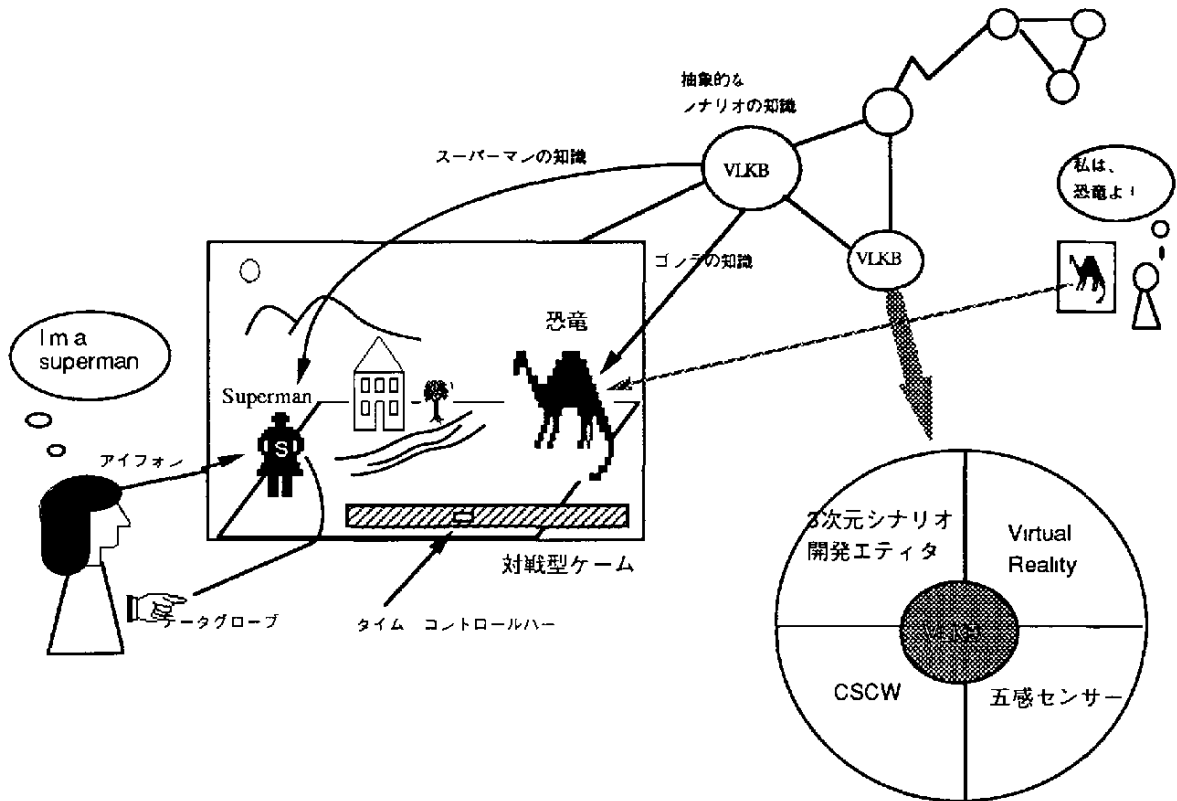
(ゲームソフト)

利用者は、様々なゲームの中から、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。

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。

- ・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。
- ・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。

図7-7 大規模知識ベース型ゲームソフト



(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。

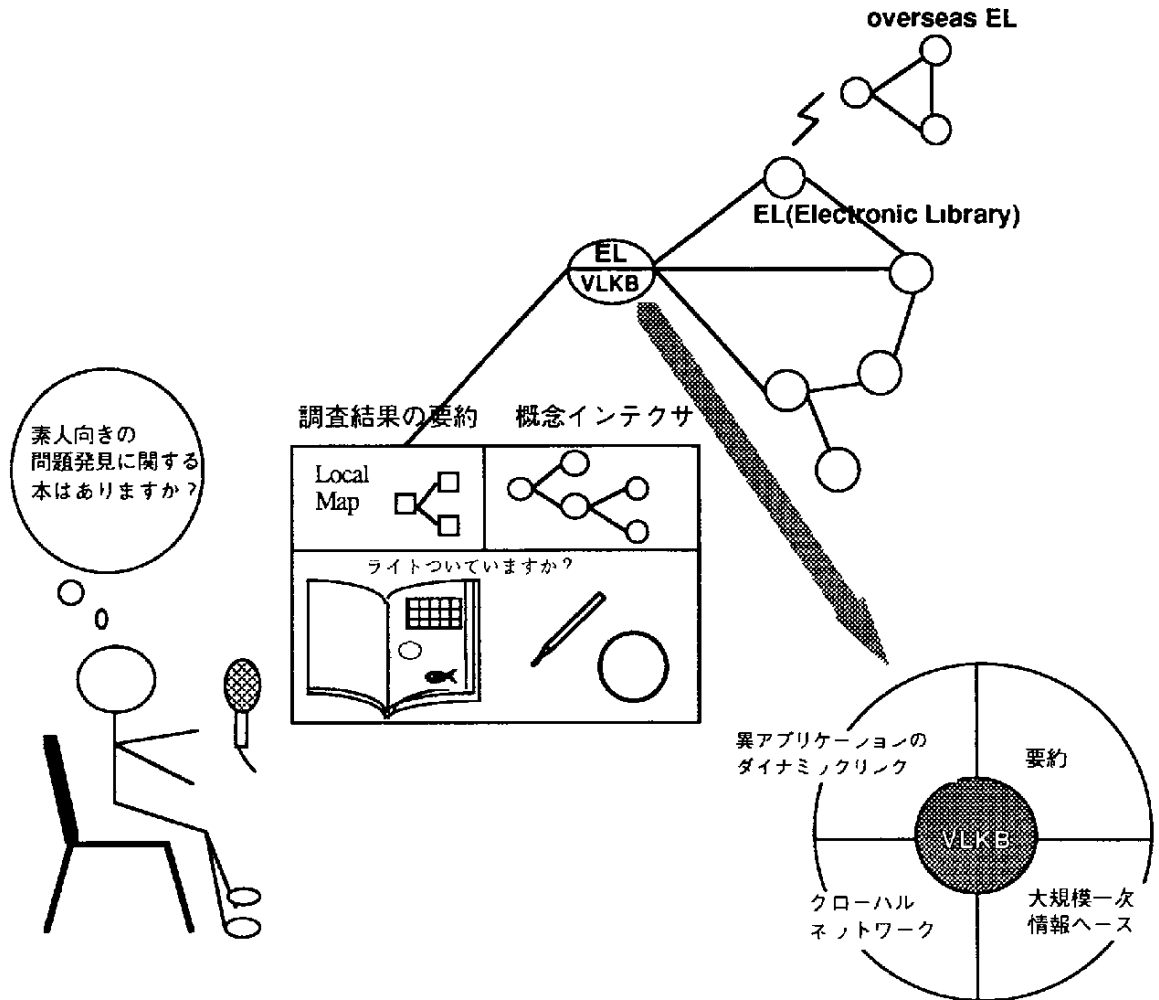
その一例として、大規模知識ベースを利用した電子図書館のイメージを描いてみる。

(電子図書館)

- ・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かできる。
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。
- ・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。
- ・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。
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。
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、

教材、テキストなどを作成できる。但し、著作物の使用については、利用の旨の表示と、利用料金の支払が必要となる。

図7-8 大規模知識ベース電子図書館



8. 提言：大規模知識ベース

本白書の作成と並行して、大規模知識ベースの具体的な研究開発計画の立案作業も行われた。2章から7章までは、その計画書の内容とほとんど同じものである。計画書の外の部分もなかなか示唆に富むもので興味深い。白書という正確上割愛した。しかし、そのさわりなりともを提言として含めることは、大規模知識ベースをより実感あるものにするとの配慮から本章を設けた。以下に計画書の目標部分を抜粋する。

“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。”

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。それとしては、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。したかつて、人間の側から見た時の主役は自然言語であり、コンピュータ側から見た時の主役は知識表現言語である。

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か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、サブシステムが大規模知識ベースを構成する。この時、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。

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大規模知識ベースの概念図を図8-1に示す。また、この大規模知識ベースは、次のような特性を持つ。

(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かできれば、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。時かたつにつれ、少しずつコンピュータが理解可能な知識がふえてはいくが知識は本質的に人間のみか理解しうるものである。したかつて、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。

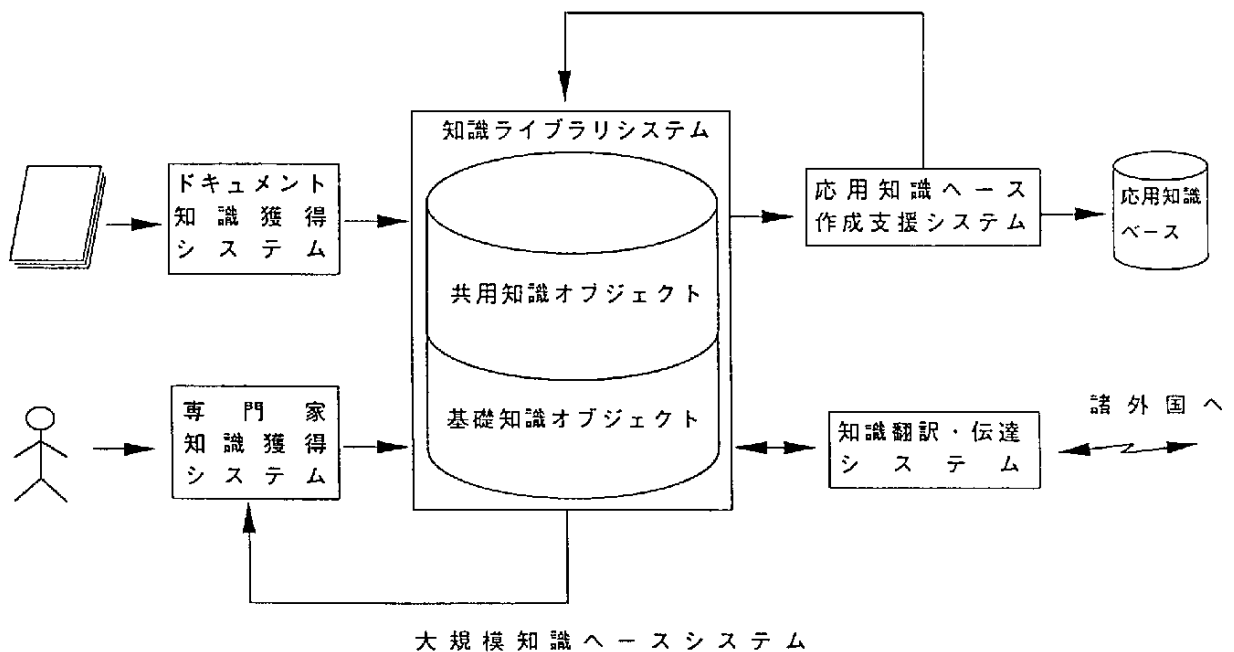
(2) 多形質な知識

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。したかつて、あるメディアで表現された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しては不可能であり、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そって変換されるか、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、細胞分裂を繰返し徐々に成長していく。

図8-1 大規模知識ベースの概念図



(4) 大量知識処理

領域を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ほ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。

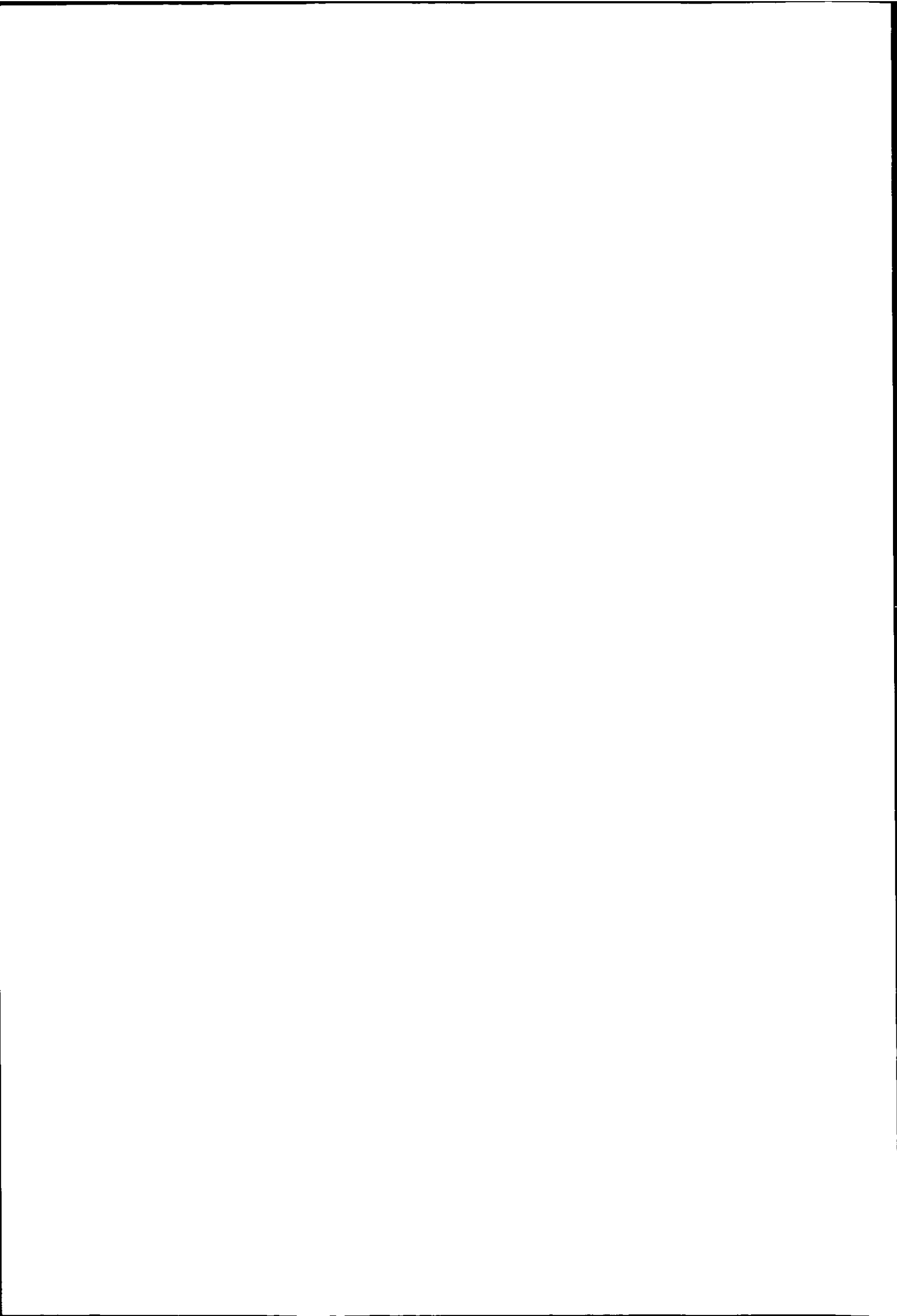
知識ベースは本質的に大規模である。したかつて、知識ベースに関連するすべての技術、知識ベースそのものの構造、構築していく手順、すべてにわたって大量の知識ドキュメント、大量の知識オブジェクトを対象にするものでなければならない。このため利用可能と思われる即存技術も大幅な見直しが必要となる。

(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か、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、強力な技術が開発される。そして、重要なことは、この大規模知識ベースそのものか、知識の生態系を形成することになることである。

資料

AI利用動向アンケート調査表



コンピューターの高度利用に関する調査

【 調 査 票 1 】

ICOT-JIPDEC
AIセンター

ご記入にあたってのお願い

1. この調査は各種産業におけるコンピューターの高度利用に関する今後の動向を把握するために実施しております。結果は統計的に処理いたしますので、ご回答頂いた方の氏名、会社名などが公表されることは絶対にありません。
2. 各質問に対するお答えは、選択肢のある場合はあてはまるものの番号を○で囲んで下さい。また、数値を記入して頂く質問もあります。
3. 数量などの確定数がわからないときは、およその数をご記入下さい。
4. このアンケート票は、貴社の他の事業所にもお願いしている場合があります。したがって、ご回答はあなたが所属される事業所の単位で把握できる範囲を対象にお考えの上、ご回答をお願いします。
5. お忙しい中大変恐縮ですが、ご記入が終わりましたら、同封の返信用封筒にて12月5日までにご返送下さい。

ご返送先 (株)リサーチ アンド ディベロプメント 担当：小暮
〒104 東京都中央区築地3-10-10
ナシコビル6F
☎ 03(545)1411 (代) FAX 03(545)6787

6. ご回答いただいた方には、後日、集計結果の要約をお送りします。
7. 本アンケートについて、ご不明な点がございましたら、下記にお問い合わせください。

お問い合わせ先 (財)日本情報処理開発協会 AI振興センター 担当：茂呂 もろ
☎ 03(432)9390 FAX 03(431)4324

ご回答くださる方の所属部署とお名前をご記入ください。

貴社名	_____
部署・役職	_____
お名前	_____
電話番号	_____
	内線 _____

財団法人 日本情報処理開発協会

1. 貴事業所の概要について

1-1. 貴事業所の就業者数は以下のどれに該当しますか。

1.	30人未満	4.	1千人未満	7.	1万人以上
2.	100人未満	5.	5千人未満		
3.	300人未満	6.	1万人未満		

1-2. では、貴社全体の就業者数は以下のどれに該当しますか。

1.	30人未満	4.	1千人未満	7.	1万人以上
2.	100人未満	5.	5千人未満		
3.	300人未満	6.	1万人未満		

1-3. 貴事業所の年商（または年間予算）は以下のどれに該当しますか。

1.	1億円未満	4.	20億円未満	7.	1千億円未満
2.	5億円未満	5.	50億円未満	8.	1千億円以上
3.	10億円未満	6.	100億円未満		

1-4. では貴社全体の年商（または年間予算）は以下のどれに該当しますか。

1.	10億円未満	4.	百億円未満	7.	5千億円未満
2.	20億円未満	5.	1千億円未満	8.	5千億円以上
3.	50億円未満	6.	3千億円未満		

1-5. あなたの所属する部署は次のどれに該当しますか。あてはまるものひとつだけに○印をおつけください。

1.	研究開発部門	5.	人事・人材開発・教育部門
2.	製造部門	6.	管理 企画部門
3.	営業部門	7.	その他
4.	情報サービス部門		(具体的に)

この欄は次ページ以降におたずねする各システムの説明文です。恐縮ですが、よくお読みの上、次ページにお進みください。なお、利用事例については、4ページに一覧として例示してありますので、ご理解の参考になさってください。

【AI向き言語】

従来の言語が数値情報を処理するのに適しているのに対し、AIの特徴である記号情報を扱うのに適した言語。Lisp、Prolog、Smalltalk-80などが代表的。

【エキスパートシステム用ツール】

エキスパートシステムを作成するための道具だてのこと。ツールという代わりに、シェルと呼ぶこともある。ESHELL、ES/KERNEL、GURU、創玄などが代表的。

【エキスパートシステム】

専門家の知識や経験を有効に使った高度なコンピューターシステムのこと。知識ベースと推論システム、ユーザーとのインターフェースで構成される。

【機械翻訳システム】

コンピューターを用いて翻訳作業を自動化または支援するシステム。

【知能ロボット】

センサーと判断機能を持った知的能力の高いロボット。

【自動プログラミングシステム】

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。

【画像理解システム】

画像情報をもとに、対象物か何かを認識または理解するシステム。

【音声理解システム】

人間の音声を理解し、文字または音声で応答するシステム。

【自然言語理解システム】

人間が日常使っている文字や言葉を理解し、それに応答するシステム。

II 高度システムの導入・利用状況

II-1. 貴事業所では次にあげるツールやシステムを開発または導入・利用されていますか。1～10それぞれのシステム ツールについてお答えください。

(目付開発・試用・プロトタイプは「導入」とお考えください)

II-2. (未導入のシステムについて) 今後開発・導入の計画はございますか。

	II-1 現在の開発・導入状況							
	導入・試用中	未導入	II-2. 今後の開発 導入意向					
			導入する 気はない	1年以内に 導入	2-3年以内に	5年以内に	5年以上に	
1. AI向き言語 (Lisp, Prolog等)	1	2	→	1	2	3	4	5
2. エキスパート システム用ツール	1	2	→	1	2	3	4	5
3. エキスパートシステム	1	2	→	1	2	3	4	5
4. 機械翻訳システム	1	2	→	1	2	3	4	5
5. 知能ロボット	1	2	→	1	2	3	4	5
6. 自動プログラミング システム	1	2	→	1	2	3	4	5
7. 画像理解システム	1	2	→	1	2	3	4	5
8. 音声理解システム	1	2	→	1	2	3	4	5
9. 自然言語理解システム	1	2	→	1	2	3	4	5
10. その他のAIシステム	1	2	→	1	2	3	4	5

↓
1～10のこの欄にひとつでも1に丸がついた方はお手数ですが、調査票2もご記入下さい

II-4. (全ての方がお答えください) 現在、人工知能を利用したシステムとして次にあげるようなものがあります。貴事業所で今後利用したいと思うものをいくつでも選んで○印をつけてください。すでに導入済みのものがあれば、それも含めてご記入ください。

分野	エキスパートシステム	知能ロボット	画像理解システム
基礎資材分野	1. プラント補修 点検 2. プラント操業・管理 3. 高炉異常予知	1. プラント補修・点検 2. 製品検査 3. 生産ライン	1. 製品の定性的検査 2. 資源探査 3. プラント診断 4. 図面の読み取り 5. 材料組織分析
製造分野	4. 操業管理 5. 機械補修 点検 6. 故障診断 7. 製品開発支援 8. 自動設計 9. 情報管理 10. 工程管理 11. データベース検索 12. 計画・シミュレーション 13. 生産管理 14. 資材管理	4. 消火作業 5. 無菌・無塵作業 6. 生産ライン 7. 各種検査 8. 高度加工組立 9. 極限作業 10. 土木建設作業 11. 送電線補修 12. 精密検査	6. ハイテク研究 7. 製品検査 8. リモートセンシング 9. 部品の照合 10. 人の識別 11. 部品の自動装着
財務・会計 金融分野	15. 企業診断 16. 資金運用 17. 相場予測 18. 窓口相談 19. データヘースサービス 20. クレジットオーソライズ 21. 株式銘柄選択 22. 契約・医務・損害査定		12. 印鑑照合 13. 帳票読み取り
ネットワーク 分野	23. 運行ダイヤ編成 24. 電力系統事故判定 25. ネットワーク設計・管理	14. 極限作業(原子炉等) 15. 補修・点検 16. 自動仕分け	14. 画像データ検索 15. 図面読み取り
サービス分野	26. 医療診断支援 27. C A I 28. 成績処理 29. 学科選択・進路指導 30. 時間割作成 31. ソフトウェア開発	17. 入院患者の介護・介助 18. 自動検査	16. 葉の外観検査 17. X線画像解析 18. 細胞・C I等解析 19. 印鑑・戸籍照合 20. 身体検査
全分野	32. 経営戦略 33. 財務処理 34. 人材育成 35. 法律・判例 36. 調査・企画 37. 顧客管理 38. 物流管理	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>【音声理解システム】</p> <p>1. 音声入力ワープロ</p> <p>2. 音声紹介</p> <p>3. 音声予約</p> <p>4. 音声操作</p> <p>【機械翻訳システム】</p> <p>1. マニュアル</p> <p>2. 新聞雑誌情報</p> <p>3. 特許等技術文献</p> <p>4. 通信文・メモ等</p> <p>5. ビジネス文書 (契約書等)</p> <p>6. カタログ</p> <p>【自然言語理解システム】</p> <p>1. 記事のキーワード付け</p> <p>2. 英会話教育</p> <p>3. 文書の自動要約・分類</p> <p>4. データベース検索</p> <p>5. ワープロ文章の添削</p> </div>	

こちらもお答え下さい。 →

II-5. 最後に、前ページの例にはないけれども、今後人工知能を利用したい業務がありましたら、なんでも結構ですから自由にお書きください。

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	
その他のAIシステム	

お忙しい中、ご協力ありがとうございました。

3ページでひとつでも「導入・試用中」と回答された事業所の方は、まことに恐縮ですが調査票2もご記入下さい。その上で調査票1と2を同封してご返送下さい。

それ以外の事業所の方は、この調査票のみご返送下さい。

コンピューターの高度利用に関する調査

【 調 査 票 2 】

ICOT-JIPDEC
AIセンター

ご記入にあたってのお願い

1. この調査は各種産業における、人工知能（AI）の利用に関する今後の動向を把握するために実施しております。結果は統計的に処理いたしますので、ご回答頂いた方の氏名、会社名などが公表されることは絶対にありません。
2. 各質問に対するお答えは、選択肢のある場合はあてはまるものの番号を○で囲んで下さい。また、数値を記入して頂く質問もあります。
3. 数量などの確定数がわからないときは、およその数をご記入下さい。
4. このアンケート票は、貴社の他の事業所にもお願いしている場合があります。したがって、ご回答はあなたが所属される事業所の単位で把握できる範囲を対象にお考えの上、ご回答をお願いします。
5. お忙しい中大変恐縮ですが、ご記入が終わりましたら、同封の返信用封筒にて12月5日までに調査票1を同封の上ご返送下さい。

ご返送先 (株)リサーチ・アンド・ディベロプメント 担当：小暮
〒104 東京都中央区築地3-10-10
ナシコビル6F
☎ 03(545)1411 (代) FAX 03(545)6787

6. ご回答いただいた方には、後日、集計結果の要約をお送りします。
7. 本アンケートについて、ご不明な点がございましたら、下記にお問い合わせください。

お問い合わせ先 (財)日本情報処理開発協会 AI振興センター 担当：茂呂
☎ 03(432)9390 FAX 03(431)4324

ご回答くださる方の所属部署とお名前をご記入ください。

貴社名	_____
部署・役職	_____
お名前	_____
電話番号	_____
	内線 _____

財団法人 日本情報処理開発協会

I. AIシステム全般について

I-1 貴事業所の現在のソフトウェア開発要員数と2～3年後・5年後の想定要員数をお答えください。要員の中には常時、貴事業所で就業している外部要員（外注・派遣）も含めてお考えください。

	現 在	2～3年後	5年後
ソフトウェア開発要員計	約 人	約 人	約 人
うちAIシステム開発要員計	約 人	約 人	約 人
うち知識エンジニア(専任)	約 人	約 人	約 人
知識エンジニア(SEと兼任)	約 人	約 人	約 人
その他(プログラマ等)	約 人	約 人	約 人

I-2 今年度のコンピューター関連費用は概算でどれほどになりますか。

約

--	--	--	--

 百万円

I-3 AI全体の投資額について以下にあげる項目別にはどのようになりますか。

		今 年 度	今後の5年間合計
1.	ハードウェア	約 万円	約 万円
2	ソフトウェア	a ツール・言語などの購入費	約 万円
		b. 内部人件費	約 万円
		c. 外注費	約 万円
3.	教育・訓練	AIシステム開発要員	約 万円
		うち知識エンジニア	約 万円
4.	その他	約 万円	約 万円
合 計		約 万円	約 万円

II. AI開発・運用環境について

II-1 導入・利用されている市販のAI用言語・ツールは何種類ございますか。

市販のもの 種類で → 総数 本

自社開発 種類

II-2 主にお使いのAI用言語・ツールについてお答えください。複数あれば、それぞれお答えください(5つまで)。

言語・ツール名	種類	導入目的	利用場面	利用状況
	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3
	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3
	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3
	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3
	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3

- 1. Lisp系
- 2. Prolog系
- 3. ワンツェ外指向系
- 4. C言語系
- 5. PL/I系
- 6. その他 (Fortran等)

- 1. 研修・勉強
- 2. 試用のため
- 3. 自社試用システム開発のため
- 4. システム受注開発のため
- 5. 実用システムとして稼働するため
- 6. その他

- 1. エキスパートシステム
- 2. 機械翻訳システム
- 3. 知能ロボット
- 4. 自動プログラミング
- 5. 画像理解
- 6. 音声理解
- 7. 自然言語理解
- 8. その他のAI

- 1. 本格的に利用
- 2. 試験的に利用
- 3. あまり使っていない

II-3 導入・利用されているAI用マシンの総台数は

台

II-4 主にお使いのAI用マシンについてお答えください。

分類	マシン名	導入目的	利用場面	利用状況
1 2 3 4 5 6 7		1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3
1 2 3 4 5 6 7		1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3
1 2 3 4 5 6 7		1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3

- 1. AI専用
- 2. メインフレーム
- 3. ミニコン
- 4. ワークステーション
- 5. パソコン
- 6. 並列処理マシン
- 7. その他

III. エキスパートシステム(ES)について

ES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、ユーザーの問題解決を行うためのシステム。

III-1 現在開発中あるいは実稼働中のエキスパートシステムはございますか。
(ある場合)そのシステム数をお答え下さい。

1. ある 2. ない	→ 総数 <input type="text"/> システム →	実用システムとして稼働中	システム
		フィールドテスト中	システム
		プロトタイプとしての評価・改良中	システム
		デモ・実験のみに利用	システム
		設計・開発段階	システム
		あまり使っていない	システム

7ページのIVにおすすみください

III-2 そのうちの代表的なシステムについて、以下の質問にお答えください。(5つまで)

	システム名またはシステムの内容	適用業務	対象領域
1			以下1の列に記入ください
2			以下2の列に記入ください
3			以下3の列に記入ください
4			以下4の列に記入ください
5			以下5の列に記入ください

各列へ

1. プラント補修・点検	11. 資材管理	21. 財務処理	31. 契約・医務・損害査定
2. 機械補修・点検	12. 物流管理	22. 人材育成	32. C A I
3. プラント異常予知	13. 顧客管理	23. 法律・判例	33. 成績処理
4. 故障診断	14. 計画・シミュレーション	24. 調査・企画	34. 学科選択・進路指導
5. 電力系統事故判定	15. 運行ダイヤ編成	25. 企業診断	35. 時間割作成
6. プラント操業・管理	16. 製品開発支援	26. 資金運用	36. 医療診断支援
7. 生産ライン操業 管理	17. 自動設計	27. 相場予測	37. データベース検索
8. 情報管理	18. ネットワーク設計・管理	28. 窓口相談	38. データベースサービス
9. 工程管理	19. ソフトウェア開発	29. クレジットアドバイザー	39. その他
10. 生産管理	20. 経営戦略	30. 株式銘柄選択	

		1	2	3	4	5
対象領域 (複数回答可)	1. 解釈	1	1	1	1	1
	2. 診断	2	2	2	2	2
	3. 設計	3	3	3	3	3
	4. 計画	4	4	4	4	4
	5. 制御	5	5	5	5	5
	6. その他 (具体的にお書きください)	6	6	6	6	6
		↓	↓	↓	↓	↓
		[]	[]	[]	[]	[]

		1	2	3	4	5
開発システムの目的	1. 社内使用専用 2. 社内使用か外販の用意もある 3. 外部から受注して開発	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3
システムの開発または導入の目指す効果(複数回答可)	1. 専門家の数の削減 2. 専門家の仕事の量の削減 3. 専門家の質の向上 4. 業務の質の均質化 5. 知識の整理・体系化 6. エキスパートシステム技術の習得 7. その他() 8. その他()	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4 5 6 7 8
使用ツール言語およびマシン	開発時					
	ツール	1. 市販のものを使用 2. 自社開発していない 3. 使用していない 4. その他	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
	言語	1. Lisp系 2. Prolog系 3. オブジェクト指向系 4. C言語系 5. PL/I系 6. その他	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6
	マシン	1. AI専用マシン 2. メインフレーム 3. ミニコンステーション 4. ワークステーション 5. パソコン 6. 並列処理マシン 7. その他	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5 6 7
利用状況	1. 実用システムとして稼働中 2. フォトライアウトとして稼働中 3. プロトタイプとして稼働中 4. デモ・実験段階 5. 設計・開発段階 6. あまり使っていない	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6

以下の質問は「実用システムとして稼働中」のシステムについてのみお答え下さい。
「実用システムとして稼働中」のシステムがない場合は、次ページのⅢ-3にお進み下さい。

		1	2	3	4	5
使用ツール言語およびマシン	実用システムとして稼働時					
	ツール	1. 市販のものを使用 2. 自社開発していない 3. 使用していない 4. その他	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
	言語	1. Lisp系 2. Prolog系 3. オブジェクト指向系 4. C言語系 5. PL/I系 6. その他	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6
	マシン	1. AI専用マシン 2. メインフレーム 3. ミニコンステーション 4. ワークステーション 5. パソコン 6. 並列処理マシン 7. その他	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5 6 7
評価	1. 非常に効果があった 2. 効果があった 3. 効果がなかった 4. ほとんど効果がなかった 5. ほとんど効果がなかった	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5

Ⅲ-3 開発体制としては次のどれにあたりますか。

- | |
|--|
| 1. 問題領域の専門家（ドメインエキスパート）の参画を得て、情報処理部門（システムエンジニアなど）が実施する |
| 2. 問題領域の専門家の参画を得て、知識エンジニア（KE）が担当する |
| 3. 問題領域の専門家と知識エンジニア、および情報処理部門（システムエンジニアなど）が協力して実施する |
| 4. 問題領域の専門家が主体となる |
| 5. 情報処理部門（システムエンジニアなど）が主体となる |
| 6. その他（) |

Ⅲ-4 外部機関の利用としては、次のどれを利用または期待していますか（複数回答可）

- | | | |
|---------------|---------------|--------------|
| 1. 大学や公的研究機関 | 3. コンピュータメーカー | 5. その他（) |
| 2. 民間研究機関／専門家 | 4. ソフトウェアハウス | 6. 利用は考えていない |

Ⅲ-5 エキスパートシステムの導入実用化の問題点は何でしょうか（複数回答可）

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| 1. 現在の技術では、エキスパートシステムとして能力が不足で役に立たない | 7. 専門家の業務の一部しか移植できないので効果があがらない |
| 2. エキスパートシステム開発にコストがかかりすぎ、効果と引合わない | 8. 当初の想定に対して開発工数がかかりすぎる |
| 3. 知識エンジニア（KE）が不足である | 9. 機能の追加、修正が困難である |
| 4. 適切な開発用ツールがない | 10. 知識ベースのメンテナンスが困難 |
| 5. 知識獲得に障害がある | 11. 操作性が悪い |
| 6. ニーズのある適切な分野がない | 12. 開発者がメンテナンスまで関わらなければいけない |
| | 13. その他（) |

Ⅲ-6 エキスパートシステムを開発・導入するための投資額（累積）として、人件費も含めてどのくらいの規模ですか。現在までと、今後の5年間の見通しについてお答え下さい。

Ⅲ-6-1 今年度の投資額

- | | | | |
|------------|--------------|----------|------------|
| 1. 100万円未満 | 4. 1,000万円未満 | 7. 1億円未満 | 10. 10億円未満 |
| 2. 200万円未満 | 5. 2,000万円未満 | 8. 2億円未満 | 11. 20億円未満 |
| 3. 500万円未満 | 6. 5,000万円未満 | 9. 5億円未満 | 12. 20億円以上 |

Ⅲ-6-2 今後の5年間合計

- | | | | |
|--------------|--------------|------------|-------------|
| 1. 500万円未満 | 4. 5,000万円未満 | 7. 5億円未満 | 10. 500億円未満 |
| 2. 1,000万円未満 | 5. 1億円未満 | 8. 20億円未満 | 11. 500億円以上 |
| 3. 3,000万円未満 | 6. 2億円未満 | 9. 100億円未満 | |

Ⅲ-7 将来のエキスパートシステムの貴事業所での利用状況を予測すれば、どのような方向が考えられますか。以下に自由にお答え下さい。

IV. 機械翻訳システムについて

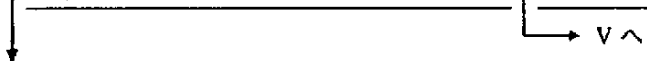
機械翻訳システムとは、コンピュータを用いて、ある自然言語（たとえば日本語）で書かれた文書を他の自然言語（たとえば英語）に翻訳するシステム。

IV-1 貴事業所の翻訳に関わると思われる総費用は、年間どのくらいですか。

約 万円/年

IV-2 現在、機械翻訳システムを導入・利用していますか。

1. 導入・利用している 2. 今後導入・利用予定 3. 予定なし



IV-3 機械翻訳で処理する翻訳量は全体の翻訳量の何%ですか。

約 %

IV-4 現在、導入・利用されている機械翻訳システムについて、製品名、利用分野などについて、それぞれお答えください。複数あればそれぞれについてお答えください。

導入・利用しているシステムの数 システム

製品名	利用分野	翻訳内容	使用マシン	利用の形態
	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 ()	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5
	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 ()	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5
	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 ()	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5

例：ATLAS I/II, BRAVIS,
HICATS/JE, シストラン, PIVOT,
東芝英日機械翻訳システム,
シャープ 英日機械翻訳システム

1. 日→英
2. 英→日
3. その他

1. AI専用
2. メインフレーム
3. ミニコン
4. リークステーション
5. パソコン
6. 並列処理マシン
7. その他

1. 翻訳結果をそのまま利用
2. かなり人手で修正して利用
3. 人が翻訳する際の参考程度
4. 試験中
5. あまり使っていない

1. 特許等技術文献 5. ビジネス文書(契約書等)
2. 統計等経済資料 6. 通信文・メモ等
3. マニュアル 7. 新聞 雑誌情報
4. カタログ 8. その他

IV-5 現在利用中のシステムの問題点をあげてください。(2つまで)

1. 辞書の開発・維持・メンテナンスが大変 4. 原文入力に手間がかかる
2. 翻訳時間がかかりすぎる 5. 担当要員が不足している
3. 翻訳精度が低い 6. その他

IV-6 今年度、機械翻訳システムを導入・運用するための投資額(累積)は、人件費も含めてどのくらいの規模ですか。

1. 100万円未満	4. 1,000万円未満	7. 1億円未満	10. 10億円未満
2. 200万円未満	5. 2,000万円未満	8. 2億円未満	11. 20億円未満
3. 500万円未満	6. 5,000万円未満	9. 5億円未満	12. 20億円以上

VI. 自動プログラミングシステムについて

自動プログラミングシステムとは、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。

VI-1 現在、自動プログラミングシステムを開発・導入されていますか。

1. 開発・導入している 2. 今後開発 導入予定 3. 予定なし

開発・導入しているシステムの数はいくつシステム

VI-2 貴事業所では、どのようなシステムをもって自動プログラミングシステムとお考えですか。次にあげるものの中からお選びください。

1. 第4世代言語
2. ハイパーカード
3. 統合型ビジネスパッケージソフトウェア（表計算、ワープロ、データベース、通信など）
4. プログラムジェネレーター
5. C A S E（Computer Aided Software Engineering）ツール
6. 知識ベース型プログラミングシステム
7. その他（具体的に： _____）

VI-3 現在、開発・導入されている自動プログラミングシステムについて、システム名、適用分野などについてそれぞれお答えください。複数あればそれぞれお答えください。

適用分野 (具体的に)	使用している 言語 ツール (具体的に)	使用マシン							開発利用状況	
		AI専用	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	実用システムとして稼働中	評価テスト中
		1	2	3	4	5	6	7	1	2
		1	2	3	4	5	6	7	1	2
		1	2	3	4	5	6	7	1	2

VI-4 今年度、自動プログラミングシステムを開発・導入するための投資額（累積）は、人件費も含めてどのくらいの規模ですか。

- | | | | |
|------------|--------------|----------|------------|
| 1. 100万円未満 | 4. 1,000万円未満 | 7. 1億円未満 | 10. 10億円未満 |
| 2. 200万円未満 | 5. 2,000万円未満 | 8. 2億円未満 | 11. 20億円未満 |
| 3. 500万円未満 | 6. 5,000万円未満 | 9. 5億円未満 | 12. 20億円以上 |

VI-5 現在お使いのシステムになにか問題点がございましたら、ご自由にお書きください。

VIII. 音声理解システムについて

音声理解システムとは、音声情報を分析しその内容を理解できるシステム。

VIII-1 現在、音声理解システムを開発・導入していますか。

1. 開発・導入している 2. 今後開発・導入予定 3. 予定なし

開発・導入しているシステムの数はいくつシステム

VIII-2 現在、開発・導入されている音声理解システムについて、システム名や適用分野などについて、それぞれお答えください。複数あればそれぞれお答えください。

適用分野（具体的に）	使用マシン							開発利用状況	
例：電話による商品注文システム 音声入力ワープロ	A I 専 用	メ イ ン フ レ ー ム	ミ ニ コ ン	ワ ー ク テ ー シ ヨ ン	パ ソ コ ン	並 列 処 理 マ シ ン	そ の 他	実 用 と し て 稼 働 中	評 価 テ ス ト 中
	1	2	3	4	5	6	7	1	2
	1	2	3	4	5	6	7	1	2
	1	2	3	4	5	6	7	1	2

VIII-3 今年度、音声理解システムを開発・導入するための投資額（累積）は、人件費も含めてどのくらいの規模ですか。

- | | | | |
|------------|--------------|----------|------------|
| 1. 100万円未満 | 4. 1,000万円未満 | 7. 1億円未満 | 10. 10億円未満 |
| 2. 200万円未満 | 5. 2,000万円未満 | 8. 2億円未満 | 11. 20億円未満 |
| 3. 500万円未満 | 6. 5,000万円未満 | 9. 5億円未満 | 12. 20億円以上 |

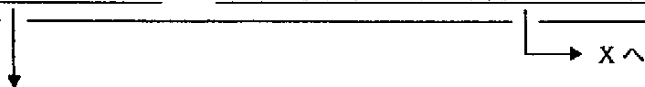
VIII-4 現在お使いのシステムになにか問題点がございましたら、ご自由にお書きください。

IX. 自然言語理解システムについて

自然言語理解システムとは、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

IX-1 現在、自然言語理解システムを開発・導入していますか。

1. 開発・導入している 2. 今後開発 導入予定 3. 予定なし



開発・導入しているシステムの数はいくつシステム

IX-2 現在、開発・導入されている自然言語理解システムについて、システム名や適用分野などについて、それぞれお答えください。複数あればそれぞれお答えください。

適用分野（具体的に）	使用マシン							開発利用状況	
	AI専用	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	実用システムとして稼働中	評価テスト中
例：データベース検索 文書の自動要約・分類									
	1	2	3	4	5	6	7	1	2
	1	2	3	4	5	6	7	1	2
	1	2	3	4	5	6	7	1	2

IX-3 今年度、自然言語理解システムを開発・導入するための投資額（累積）は、人件費も含めてどのくらいの規模ですか。

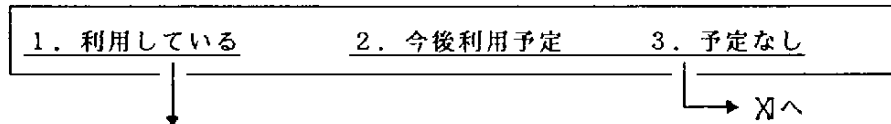
- | | | | |
|------------|--------------|----------|------------|
| 1. 100万円未満 | 4. 1,000万円未満 | 7. 1億円未満 | 10. 10億円未満 |
| 2. 200万円未満 | 5. 2,000万円未満 | 8. 2億円未満 | 11. 20億円未満 |
| 3. 500万円未満 | 6. 5,000万円未満 | 9. 5億円未満 | 12. 20億円以上 |

IX-4 現在お使いのシステムになにか問題点がございましたら、ご自由にお書きください。

X. ファジィシステムについて

ファジィシステムとは、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。
ただし、ここでは洗濯機、エアコン等の家電製品やカメラ等に組み込まれたものは対象としません。

X-1 現在、ファジィシステムを貴社システムに利用されていますか。



X-2 どの分野に利用されていますか。下にあげられたシステムの中でファジィシステムを利用しているものの番号に○をつけてください。また、利用の具体例と、利用状況もお答え下さい。

	適用分野	利用の具体例	開発利用状況	
			実用として稼働中	評価テスト中
1	エキスパートシステム		1	2
2	機械翻訳システム		1	2
3	知能ロボット		1	2
4	自動プログラミングシステム		1	2
5	画像理解システム		1	2
6	音声理解システム		1	2
7	自然言語理解システム		1	2
8	その他のシステム		1	2

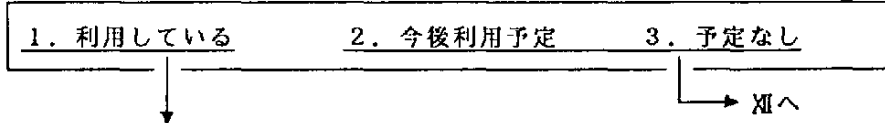
X-3 今年度、ファジィシステムを開発・導入するための投資額（累積）は、人件費も含めてどのくらいの規模ですか。

1. 100万円未満	4. 1,000万円未満	7. 1億円未満	10. 10億円未満
2. 200万円未満	5. 2,000万円未満	8. 2億円未満	11. 20億円未満
3. 500万円未満	6. 5,000万円未満	9. 5億円未満	12. 20億円以上

XI. ニューロシステムについて

ニューロシステムとは、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。

XI-1 現在、ニューロシステムを貴社システムに利用されていますか。



XI-2 どの分野に利用されていますか。下にあげられたシステムの中でニューロシステムを利用しているものの番号に○をつけてください。また、利用の具体例と、利用状況もお答え下さい。

	適用分野	利用の具体例	開発利用状況	
			実用とシステマ稼働中	評価テスト中
1	エキスパートシステム		1	2
2	機械翻訳システム		1	2
3	知能ロボット		1	2
4	自動プログラミングシステム		1	2
5	画像理解システム		1	2
6	音声理解システム		1	2
7	自然言語理解システム		1	2
8	その他のシステム		1	2

XI-3 今年度、ニューロシステムを開発・導入するための投資額（累積）は、人件費も含めてどのくらいの規模ですか。

1. 100万円未満	4. 1,000万円未満	7. 1億円未満	10. 10億円未満
2. 200万円未満	5. 2,000万円未満	8. 2億円未満	11. 20億円未満
3. 500万円未満	6. 5,000万円未満	9. 5億円未満	12. 20億円以上

XII. その他の A I システムについて

その他の A I システムとは、知的 C A I、知的 C A D 等を想定しています。

XII-1 現在、その他の A I システムを開発・導入されていますか。

1. 開発・導入している 2. 今後開発 導入予定 3. 予定なし

↓

開発・導入しているシステムの数はいくつシステム

→ XIIへ

XII-2 現在、開発・導入されているその他の A I システムについて、システム名、適用分野などについてそれぞれお答えください。複数あればそれぞれお答えください。

適用分野 (具体的に)	使用している 言語・ツール (具体的に)	使 用 マ シ ン							開発利用状況	
		A I 専 用	メ イ ン フ レ ー ム	ミ ニ コ ン	ワ ー ク テ ー シ ヨ ン	パ ソ コ ン	並 列 処 理 マ シ ン	そ の 他	実 用 と し て 稼 働 中	評 価 テ ス ト 中
		1	2	3	4	5	6	7	1	2
		1	2	3	4	5	6	7	1	2
		1	2	3	4	5	6	7	1	2

ⅩⅢ. A I システムの今後について

Ⅹ-1 以下に示すA Iシステムを貴事業所の業務に一般的に使用するのはいつごろからと考えられますか。試験使用の時期と、本格的実用化の時期の2つに分けてご記入ください。また御社が属する業界において、5年後にはどの程度普及すると思われるですか。

		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
		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 ミ ン グ シ ス テ ム プ ロ グ ラ 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	フ ィ ー シ シ ス テ ム	ニ ュー ロ シ ス テ ム	そ の 他 の A I シ ス テ ム
試験使用 開始時期	1. 現在使用中	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2. ~1年以内	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	3. ~3年以内	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	4. ~5年以内	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	5. ~10年以内	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	6. 10年~	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
本格使用 開始時期	1. 現在使用中	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2. ~1年以内	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	3. ~3年以内	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	4. ~5年以内	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	5. ~10年以内	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	6. 10年~	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5年後の 普及度	1. かなりの程度普及する	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2. やや普及する	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	3. どちらともいえない	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	4. ほとんど普及しない	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	5. 全く普及しない	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Ⅹ-2 今後のA Iの普及について、例えば雇用を圧迫する、人が機械に使われるといった社会的な問題を指摘する議論もありますし、ソフト化社会の中で大きな役割を担うとする意見もあります。普及のための条件、要望なども含めて、A Iの今後の展望につき、自由な御意見をお書きください。

最後に貴社の業種をお答え下さい。複数ある場合は売上高に占める割合が最も大きいものをひとつだけお選び下さい。

0111 穀類	2029 その他の化学工業製品	3021 鉱山・土木建設機械	6211 金融
0112 いも 豆類	無機化学基礎製品	3022 化学機械	6212 保険
0113 野菜	2031 石油化学基礎製品	3023 産業用ロボット	6411 不動産及び賃貸
0114 果実	2032 有機化学中間製品	3024 金属加工機械	6421 住宅賃貸料
0115 その他の食用作物	2033 合成ゴム	3029 その他の工業機械	7111 国有鉄道旅客
0116 非食用作物	2039 その他の有機化学基礎製品	特殊産業用機械	(除国電旅客)
0121 畜産	2041 合成樹脂	3031 その他の一般機械	7112 国有鉄道
0122 養蚕	2051 化学繊維	器具及び部品	(国電旅客)
0131 農業サービス	2061 医薬品	3032 一般機械修理	7113 地方鉄道・軌道
0211 育林	2071 石鹼 界面活性剤	3111 事務用機械	7121 道路旅客輸送
0212 素材	化粧品	3112 サービス用機器	7122 道路貨物輸送
0213 特用林産物	2072 塗料・印刷インキ	3211 民生用電気機械	7131 自家用旅客
(含狩猟業)	2073 写真感光材料	3311 電子計算機機器	自家自動車輸送
0311 海面漁業	2079 その他の化学最終製品	3331 通信機械	7141 外洋輸送
0312 内水面漁業	2111 石油製品	3341 電子応用素子	7142 沿海内水面輸送
0611 鉄鉱石	2121 石炭製品	3411 重電機器	7143 港湾運送
0612 非鉄金属鉱物	2211 プラスチック製品	3421 その他の電気機器	7151 航空輸送
0621 窯業原料鉱物	2311 タイヤ・チューブ	3431 電気機械部品	7161 倉庫
0622 砂利・砕石	2319 その他のゴム製品	3432 電気機械修理	7171 梱包
0629 その他の非金属鉱物	2411 革製履物	3511 乗用自動車	7179 その他の運輸付帯サービス
0711 石炭 亜炭	2412 なめし革 毛皮	3521 トラック ハス	7311 郵便
0721 原油	その他の革製品	3531 二輪自動車	7312 電気通信
0731 天然ガス	2511 板ガラス	3541 自動車部品	7319 その他の通信サービス
1111 と畜	安全ガラス	3551 自動車修理	7321 放送
1112 畜産食料品	2512 ガラス繊維 同製品	3661 船舶 同修理	8111 公務(中央)
1113 水産食料品	2519 その他のガラス製品	3621 鉄道車両 同修理	8112 公務(地方)
1114 製穀・製粉	2521 セメント	3622 航空機 同修理	8211 学校教育・研究
1115 農産食料品	2522 生コンクリート	3629 その他の輸送機械	8212 自家教育
1119 その他の食料品	2523 セメント製品	同修理	8213 社会教育
1121 酒類	2531 陶磁器	3711 光学機械	その他の教育
1129 その他の飲料	2599 その他の窯業・土石製品	3712 時計	8221 学術研究機関
1131 飼料・有機質肥料	2611 鉄 粗鋼	3719 その他の精密機械	8222 自家研究
1141 たばこ	2612 鉄屑	3911 玩具 運動用品	8311 医療 保健
1511 製糸・紡績	2621 熱間圧延鋼材	3919 その他の製造工業製品	8312 社会保障
1512 織物	2622 鋼管	4111 住宅新建築	8411 その他の公共サービス
1513 ニット製品	2623 冷延 めっき鋼材	4112 非住宅新建築	8511 広告
1514 染色整理	2631 鋳鍛造品	4121 建設補修	8512 調査・情報サービス
1519 その他の繊維工業製品	その他の鉄鋼製品	4131 公共事業	8513 事務用機械器具
1521 衣服	2711 非鉄金属製錬	4132 その他の土木建設	8514 貸自動車業
1522 身廻品	・精製	5111 電力	8519 その他の対事業所サービス
1529 その他の繊維既成品	2712 非鉄金属屑	5121 都市ガス	8611 娯楽サービス
1611 製材・合板・チップ	2721 電線 ケーブル	5122 熱供給業	8612 飲食店
1619 その他の木製品	2722 その他の非鉄金属製品	5211 水道	8613 旅館
1711 家具・装備品	2811 建設用金属製品	5212 廃棄物処理	その他の宿泊所
1811 パルプ	2812 建築用金属製品	6111 卸売	その他の
1812 洋紙 和紙	2891 暖房装置	6112 小売	対個人サービス
1813 その他の紙	2899 その他の金属製品		
1821 紙製容器	3011 原動機 ボイラー		
1829 その他の紙加工品	3012 運搬機械		
1911 出版 印刷	3013 冷凍庫		
2011 化学肥料	温湿調整装置		
2021 ソーダ工業製品	3019 その他の一般産業機械		

ご協力ありがとうございました。

— 禁無断転載 —

平成3年3月発行

発行所 財団法人 日本情報処理開発協会
東京都港区芝公園3丁目5番8号
機械振興会館内
電話 (03) 3432-9390

02 A 001

