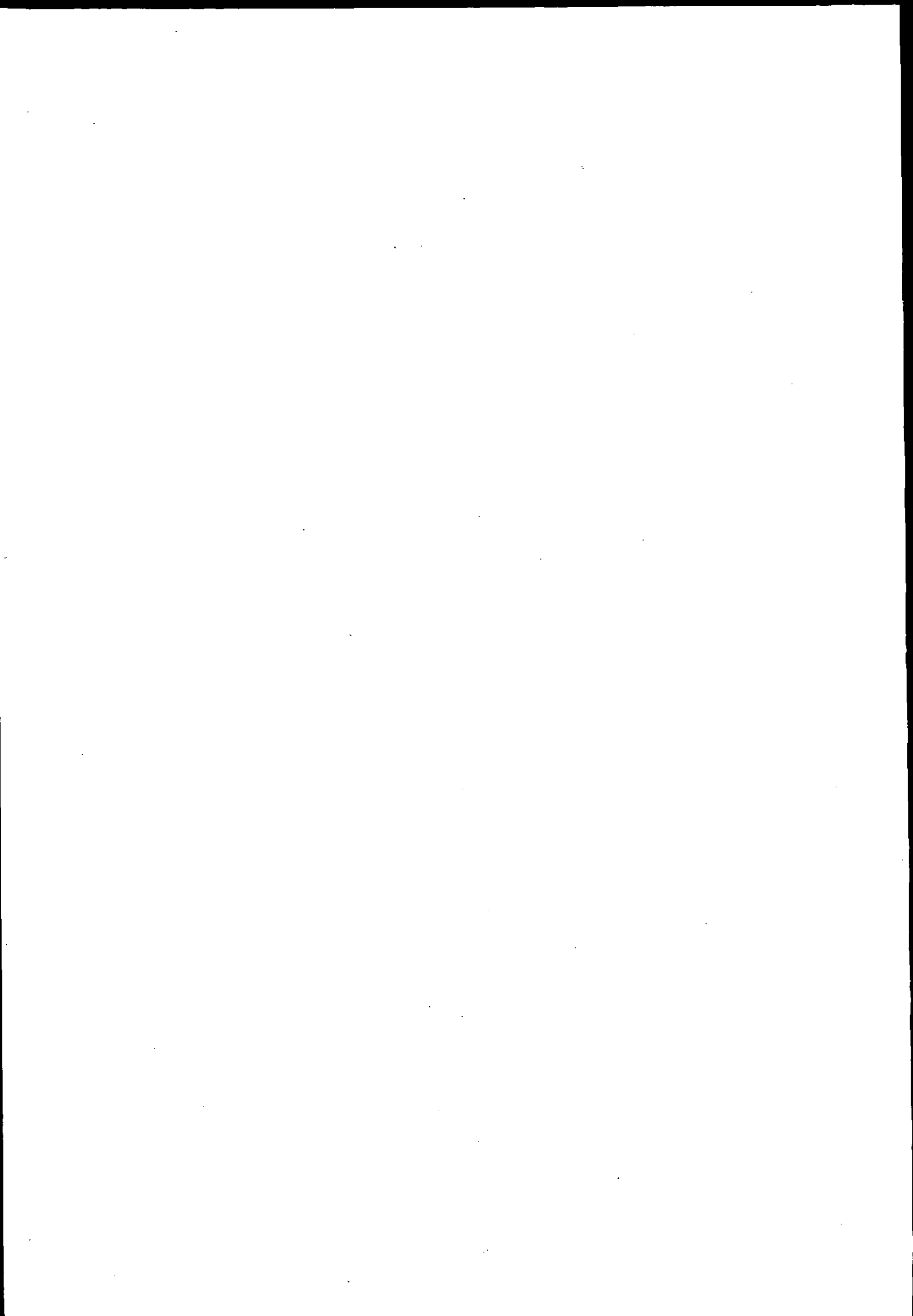


資 料

人間主体の知的情報技術に関する調査研究Ⅱ

平成11年3月

財団法人 日本情報処理開発協会
先端情報技術研究所





KEIRIN

00

この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

人間主体の知的情報技術調査ワーキンググループ

主 査 奥乃 博 科学技術振興事業団

北野共生システムプロジェクト 技術参事

委 員 大須賀 昭彦 (株) 東芝 研究開発センター S&S 研究所 研究主務

〃 加藤 俊一 中央大学 理工学部 経営システム工学科教授

電子技術総合研究所 知能システム部ラボリーダー

〃 國藤 進 北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 教授

〃 杉本 重雄 図書館情報大学 図書館情報学部 助教授

〃 田中 和世 電子技術総合研究所 総括主任研究官

〃 長尾 確 (株) ソニーコンピュータサイエンス研究所
リサーチャー

〃 森本 康彦 日本アイ・ビー・エム (株)
東京基礎研究所 副主任研究員

〃 山名 早人 電子技術総合研究所 情報アーキテクチャ部 主任研究官

〃 横田 実 日本電気 (株) C&C メディア研究所 主任研究員

幹 事 武田 浩一 (財) 日本情報処理開発協会

先端情報技術研究所 技術調査部主任研究員

〃 岡崎 文夫 (財) 日本情報処理開発協会

先端情報技術研究所 技術調査部主任研究員

人間主体の知的情報技術に関する調査研究Ⅱ

目 次

1. 総論	
1.1 調査ワーキンググループ設立の動機	1
1.2 調査の概要	2
1.2.1 調査方針	2
1.2.2 調査対象	2
1.3 調査活動の経緯	4
1.4 調査結果の要約	5
1.5 調査結果の概要	6
1.5.1 金融リスク管理と情報処理技術	7
1.5.2 音声処理応用システム・音声インタフェース	7
1.5.3 高機能ユーザインタフェースにおける予測技術の進展と課題	7
1.5.4 知的文書インタフェース	7
1.5.5 デジタル図書館の観点から	8
1.5.6 知的モバイルエージェント	8
1.5.7 モバイルコンピューティングとエージェント拡張現実感	8
1.5.8 知識創造プロセスとその支援環境	9
1.5.9 個人の可能性を広げる情報基盤 ―感性的な共同作業を支援する試み―	9
1.5.10 地球環境・人間社会共生基盤 Symbiotic Live Sphereの提案―2010年 N子の日―	9
1.5.11 分子生物情報分野での知的な情報処理	10
1.5.12 農林水産業における高度情報システムへの展望	10
1.5.13 法律分野における知的情報処理	10
2. 米国の研究開発動向	
2.1 はじめに	13
2.2 CIC研究開発計画	13
2.2.1 概要	13
2.2.2 プログラムコンポーネントエリア	14
2.2.3 CIC研究開発計画組織	17
2.3 CICのHuCS領域の研究開発	18
2.4 米国政府の今後の研究開発支援	22
2.4.1 大統領直属情報技術諮問委員会 (PITAC)	23
2.4.2 21世紀情報技術戦略 (IT ²)における知的情報技術	24
2.5 おわりに	28
3. 研究開発の新しい展開と社会へのインパクト	
3.1 金融リスク管理と情報処理技術	31
3.1.1 はじめに	31
3.1.2 データマイニング技術を利用したリスク管理事例	32

3.1.3	金融リスク管理とITビジネスの展望	39
3.1.4	むすび：「虎穴に入らずんば虎子を得ず」	42
3.2	音声処理応用システム・音声インタフェース	44
3.2.1	音声処理技術の応用領域	44
3.2.2	代表的な音声インタフェース応用システム	44
3.2.3	応用面からみた技術展開の方向	47
3.2.4	技術開発を促進するには	48
3.2.5	あとがき	50
3.3	高機能ユーザインタフェースにおける予測技術の進展と課題	52
3.3.1	因果関係/依存関係	53
3.3.2	予測技術/投機処理技術	54
3.3.3	IBM アルマデン研究所	54
3.3.4	本分野の課題	57
3.4	知的文書インタフェース	58
3.4.1	コンピュータが見えなくなる日	58
3.4.2	なぜ知的文書インタフェースなのか	59
3.4.3	知的なインタフェースとは？	60
3.4.4	研究動向	61
3.4.5	今後の研究の進め方	62
3.5	デジタル図書館の観点から	64
3.5.1	はじめに	64
3.5.2	デジタル図書館について	65
3.5.3	メタデータについて	69
3.5.4	おわりにー将来への課題	73
3.6	知的モバイルエージェント	76
3.6.1	概要	76
3.6.2	知的モバイルエージェントの要件	76
3.6.3	知的モバイルエージェントに関する国内外の状況	77
3.6.4	知的モバイルエージェントのシステム事例	80
3.6.5	知的モバイルエージェントのアプリケーション事例	82
3.6.6	知的モバイルエージェントの応用分野	86
3.6.7	知的モバイルエージェントの課題	87
3.7	モバイルコンピューティングとエージェント拡張現実感	90
3.7.1	はじめに	90
3.7.2	モバイルコンピューティングとエージェント	91
3.7.3	エージェント拡張現実感	92
3.7.4	エージェント拡張現実感の実例	96
3.7.5	おわりに	105
3.8	知識創造プロセスとその支援環境	108
3.8.1	知識創造プロセス	108
3.8.2	知識創造支援方法論	109
3.8.3	知識創造支援ツール	112
3.8.4	ナレッジマネジメントに向けて	115
3.9	個人の可能性を広げる情報基盤ー感性的な共同作業を支援する試みー	119

3.9.1	個人の可能性を広げる情報基盤の技術的ニーズ	119
3.9.2	工業デザインにおける技術的ニーズ・産業的ニーズ	121
3.9.3	工業デザイン支援システム「感性工房」	126
3.10	地球環境・人間社会共生基盤 Symbiotic Live Sphere の提案 — 2010年N子的一天 —	136
3.10.1	生活シーンにおける情報基盤ニーズ調査	136
3.10.2	「目に見えない情報化」へのパラダイムシフト	137
3.10.3	ライブシール Live Seal システムの提案	140
3.10.4	ライブシール Live Seal システムの実現イメージ — 2010年N子的一天 —	142

4. 外部講師講演概要

4.1	分子生物情報分野での知的な情報処理	157
4.1.1	遺伝子発現のシミュレータ	157
4.1.2	タンパク質折り畳みシミュレータ	160
4.1.3	ドッキングシミュレータ	162
4.1.4	生化学反応系シミュレータ	163
4.1.5	遺伝子発現系シミュレータ	165
4.1.6	細胞活動シミュレータ	165
4.1.7	分子生物情報分野における知的情報処理の今後	166
4.2	農林水産業における高度情報システムへの展望	168
4.2.1	はじめに	168
4.2.2	農業サイドから注目される情報科学技術	168
4.2.3	情報技術を利用した農業プロジェクト	170
4.2.4	増殖情報ベース生産支援システムにおける取り組み	172
4.3	法律分野における知的情報処理	176
4.3.1	はじめに	176
4.3.2	法律問題の特徴	176
4.3.3	法的推論システムの研究動向	179
4.3.4	ビジネスとしての法的推論システム	181
4.3.5	おわりに	181

付属資料 A. 海外調査報告

A.1	WACC' 99	183
A.1.1	概要	183
A.1.2	基調講演: Managing Processes in the Network Economy	184
A.1.3	チュートリアル: XML: Modeling Data and Metadata	187
A.1.4	参加したセッション一覧	187
A.2	カルフォルニア大学バークリー校	190
A.2.1	概要	190
A.2.2	Berkeley NOW プロジェクト	191
A.2.3	Millennium プロジェクト	191
A.2.4	Dan Ellis のプロジェクト	193
A.3	SAC' 99	194
A.3.1	概要	194
A.3.2	内容	194

1. 総論

1.1 調査ワーキンググループ設立の動機

この数年の間にパーソナルコンピュータやインターネットが急速に普及し、情報処理技術の分野に大きな変革の波が押し寄せてきている。これにともない、従来、コンピュータとは縁の無かった人々が新しい利用者層を形成しつつあり、インターネットなどの開放型ネットワークを通じたコンピュータの新しい利用方法や使いやすさへの要求はますます強くなってきている。

このような中で、従来は種々の制約のために実現困難であった電子図書館、電子商取引、遠隔医療診断などをはじめとしたさまざまなサービスが、現実味をもって取り上げられるようになってきている。これらのサービスは、開放型ネットワーク上に構築された情報環境の中で提供されるもので、これらが身近に提供されるようになれば、経済的効果も含め、社会に大きなインパクトを与えることは間違いないと思われる。また、情報サービスの内容も大きな広がりを見せるものと予想される。

しかしながら、このように人々を取り巻く情報環境が豊かさを増すと同時に複雑にもなり、その結果、利用者はその情報環境の全容を理解することが困難になってきている。さらに、望む情報を得るためのコンピュータの操作も、実際には宣伝文句ほど容易ではなく、ますます複雑になっていき、習得が難しくなっているという状況も一方では生じている。

このように、情報技術を取り巻く状況は大きく変わってきており、新たなニーズに応え、課題を解決するために、従来の情報処理の理論や技術を超えた技術革新が求められている。

この機会を機敏に捉え情報処理技術のイノベーションの進展する方向を見定め、それに向かって適切な研究開発投資を行うことが、日本の将来の情報産業を発展させる鍵となる。

このような観点から、前年度のネットワーク及びA I 関連新技術に関する調査研究で、インターネットに代表される開放型ネットワークに関連する新技術、および、知的なユーザインタフェースを目指すA I 技術を中心に、将来の情報産業の土台を生み出すと思われる基礎技術分野や重要と思われる研究テーマについて検討してきた。

今年度は、それらの研究テーマを「人間主体の知的情報技術」として包括的に捉え、わが国の強みを踏まえた上で、さらに具体的な目的を持った応用に切り込んで、そこにおける新技術やその実用化に関して調査する。また、その研究を効果的に進めるに必要なインフラストラクチャの整備やそのような研究開発投資の将来における社会への波及効果について調査する。

1.2 調査の概要

本ワーキンググループで調査対象として取り上げるべき人間主体の知的情報技術は整理すると下記の4つの軸になろう。

1. 計算機と通信ネットワークを通じて、人々が各種情報を容易に利用できるようにする技術
2. 人間の知的活動を増幅する技術
3. 使いやすさ、使い心地のよさを重視
4. 社会生活で幅広く利用できる情報環境を提供する技術

1.2.1 調査方針

- ・日本で国の研究プロジェクトを走らせる場合を想定し、研究テーマの新しい切り口を示して情報技術の研究シナリオを描く
- ・わが国が研究レベルにおいて米国などと互角のものをえらんで調査分析し、わが国の有するHCIS関連技術のどれを伸ばしていけばよいかを明らかにする
- ・潜在需要や需要シフトを捉え、研究を実施する動機を明確化する
- ・その技術がどのように役立つかをアプリケーションなどを示して明らかにし、社会への波及効果を分析する

1.2.2 調査対象

技術分野を下記の3つの技術を軸として整理してみる

- ・情報端末としてのコンピュータシステム（パソコン、モバイル端末など）
- ・インフラストラクチャとしてのネットワーク、およびデータ／情報／知識ベース
- ・マルチメディアを対象とするヒューマンインタフェースおよびAI技術

このワーキンググループでは主にこれらのミドルウェア層、および、ユーザインタフェース層を構成すると思われるソフトウェア技術、および関連する基礎技術に重点をおいて調査する予定である。

おおよその調査対象となると考えられる研究分野について以下にリストアップする。これらの分野、研究テーマの実現上の問題点、利点、社会的インパクト、研究開発投資額、期間などを分析する。

また、5 年から 10 年先における基礎技術の開発に注目し、現在、商品が出ている領域は除外し、将来における土台となる技術をリストアップしていく。

1. ネットワーク上の処理を含むデータベース技術
 - ・探索境界がオープンな分散データベース管理
 - ・情報リポジトリ
 - ・インターネット上の情報検索
 - ・情報フィルタリング
 - ・コンテンツ処理／意味理解
 - ・データマイニング
2. ネットワークを含めたコンピュータの新しい利用形態
 - ・エージェント指向コンピューティング
 - ・発想支援、知的創造支援環境
 - ・共同作業支援
3. マルチモーダル・インタフェース技術や関連 AI 技術
 - ・音声、図形、画像などのパターン認識処理や知識処理技術の利用
 - ・操作の簡単化のための AI 技術の利用
 - ・状況依存処理
 - ・仮想現実感
 - ・拡張現実感
 - ・感性情報処理
4. モバイル・コンピューティング等の新しいコンピュータ技術と利用
 - ・端末となるコンピュータとその機能（ユーザインタフェース）
 - ・ウェアラブルコンピュータ
 - ・ワイヤレス・ネットワーキング（媒体とプロトコル）
5. 社会サービスおよびそれを構成するに必要な情報処理技術
 - ・電子図書館
 - ・電子美術館
 - ・遠隔教育システム
 - ・遠隔医療診断システム
 - ・高齢者介護
 - ・その他の公共サービス
6. その他

本ワーキング・グループでは主にこれらのミドルウェア層、および、ユーザインタフェース層を構成すると思われるソフトウェア技術、及び関連する基礎技術に重点をおいて調査を行うこととした。つまり、ネットワーク技術の進展によりモバイル・コンピューティング等の技術は、近い将来に実現可能なものと仮定をおいて、調査を進めた。また、5～10年先における基礎技術の開発に注目し、現在、商品が出始めようとしている領域は除外し、将来の基盤技術あるいは、新しい技術の萌芽となるような技術あるいは研究テーマをリストアップするように心がけた。

上述したように、人工知能およびネットワークに関連する研究分野は、拡大し、発展している。このような状況においては、わが国の研究開発力がすべての分野において卓越することは不可能と言っても過言ではないであろう。したがって、分野を選別し、選別した分野に人材費用という資源を集中化するという戦略が重要となる。本調査ワーキンググループでは、そのような戦略をたてるための調査を主眼とした。

1.3 調査活動の経緯

昨年度の調査活動では、下記のような次期の検討課題を指摘した。

人間主体の知的情報技術の研究開発は、技術が先にあるシーズ指向ではなく、応用がまずあるというニーズ指向が重要であると考えられる。とくに、重要なのは、応用がその有効性を確認するためのプロトタイプシステムの開発ではなく、具体的な製品やサービスに結び付いていくような研究開発に重点をおくということである。

各省庁とも保有データベースの電子化と公開を検討しており、一部はすでに公開されている。中には、公開しても民間では使われないからという理由で公開の対象が省庁内あるいは省庁間だけのものもあろう。しかし、どのような情報であれ、公開されれば、それを活用する分野はあるはずである。

次期は、具体的なデータベースとしてどのようなものがあるかを調査し、それらがどのような応用に使用することができるのかを検討していくのが、適切かと考えられる。とくに、情報技術の育成に直接の関係がなかった省庁では、適切な研究者との連携がうまくとれない可能性がある。そのような場合への対応、たとえば、データベースの保有者やファンディング提供者と研究開発者との情報交換の場を作っていくことも重要であろう。

この指摘を受け、本年度の活動では、分子生物学、農林水産業、および、法律分野で研究を精力的に遂行されている情報処理研究者をお招きして、人間中心知的情報技術について、現状と課

題について報告をしていただいた。さらに、日頃の研究開発を通じて各委員が感じているこれからのネットワークと人工知能に関する問題意識や研究課題を持ち寄り、討論を行った。時間が限られているなかでの議論であり、また、関連する研究分野が多岐にわたるので、今期の調査では、深い問題の掘起こしというよりは、どのような問題があるのかを広く浅く調査することに重点を置いた。

本ワーキンググループの活動経緯は下記の通りである。

第1回会合	10/27	田中講師	「分子生物情報分野の知的な情報処理」
第2回会合	11/24	森本委員	「信用リスク管理と情報処理技術」
		田中委員	「音声処理技術と応用システムの現状と将来」
第3回会合	12/27	中川講師	「農林水産業における高度情報システムへの展望」
		新田講師	「法律分野における情報処理技術の利用」
第4回会合	1/25	大須賀委員	「モバイルエージェントについての取り組み」
		國藤委員	「内面化支援技術、共同化支援技術は存在するか」
		杉本委員	「メタデータについて」
		横田委員	「人間主体の情報処理技術について」
第5回会合	2/17	加藤委員	「ヒューマンメディア技術による感性的共同作業支援」「地球環境・人間社会共生基盤 -生活圏フロンティア」
		長尾委員	「マルチモバイルエージェントによるコミュニケーションの拡張」
		山名委員	「高機能ユーザインタフェースにおける予測技術の進展と課題」
海外調査	2/21～	奥乃主査、武田、岡崎	「WACC'99 参加」「SAC'99 参加」
	3/4	カリフォルニア大学コンピュータサイエンス学科訪問	

1.4 調査結果の要約

本WGの調査活動を通じて、次のような特徴が明らかになってきた。

1. 企業が意思決定に情報処理技術を活用し始めたこと。
2. 官公庁の情報公開、あるいは、これまでに蓄えられてきた情報のオンライン化により利用可能なデータが飛躍的に増えたこと。
3. それに伴い、膨大な情報を活用していく情報学 (Infomatics)、あるいは、計算学

(Computing) の必要性が認識し始めたこと。

4. モバイルコンピューティングによって、情報サービスがいつでも、どこでも、誰でも、が強く意識され始めたこと。
5. エージェント技術が実用システムに応用され始めたこと。

次期の検討課題

海外出張報告に記したように、科学技術は従来の「理学」(Science)、「工学」(Engineering)、という2極から、さらに「計算学」(Computing)を加えた3極に移行しつつある。米国では、計算物理学(Computational Physics)が発展した計算科学(Computing Science)、あるいは、金融工学(Computing Finance)という研究分野が創設されている。生物学では、計算生物学(Computational Biology)という計算を主体にした研究も行われていたが、統計的な処理が中心であり、膨大な生物学データを活用したシミュレーションではなかった。膨大な遺伝子データや代謝ネットワークの情報が利用可能になりつつあるので、計算生物科学(Computing Biology)の確立が望まれる。その意味で、農業の分野では、過去の膨大な農業データを基に、データマイニング技術を使用した知識発見の研究が始まっており、計算農業学(Computing Agriculture)の重要性が認識されて来ている。

情報処理技術を単なる道具として捉えるのではなく、より豊かな人間生活のための新しい学問領域として位置付け、既存の学会・教育・産業・官庁の組織を越えた「計算学」という新しい枠組を創設していくことが、重要であると考ええる。計算学という観点から、21世紀、あるいは、新しい千年記(Millennium)の産業をとらえていくと、新しい産業構造が浮かび上がってくるのではないであろうか。

1.5 調査結果の概要

調査報告では、下記の点に留意をした。

1. 特徴、利点、実現にあたっての問題点、実現時期、必要なインフラ、
2. 現在の研究状況、研究体制(産学協同、国際協同研究など)
3. 普及の条件、情報産業や社会への波及効果
4. 日米比較(技術力、市場の受け入れの容易さ、インフラなど)

各委員の報告の概要を以下に示す。詳細は、次章で詳しく述べる。

1.5.1 金融リスク管理と情報処理技術 ——森本委員

巨大ヘッジファンドの破綻、高度な数学を駆使した高額なデリバティブ取引の実態など、近年の金融問題に関連したニュースの幾つかははからずも「金融工学」という研究分野に脚光をあびせることとなった。

本報告では、筆者が経験した「金融リスク管理」の一つである信用リスク定量化問題を中心として、情報処理技術、とくにデータマイニング、機械学習技術が、この分野においてどのように応用され、今後どのような貢献が期待されるかを簡単に解説する。

1.5.2 音声処理応用システム・音声インタフェース ——田中委員

この 1、2 年の間にパソコン搭載の音声認識ソフトの発売、カーナビや携帯電話に音声認識機能が搭載されるなど音声インタフェースが民生品として広がりを見せており、世間的にも注目を集めている。

本報告では、音声処理応用システムとしての音声インタフェースを取り上げ、1)その代表的な応用用途、2)応用面から見た技術展開の方向・技術課題、3)技術や応用システムを進展させるためのインフラ整備や標準化の問題点、について日米欧などの研究開発動向を踏まえて述べる。

1.5.3 高機能ユーザインタフェースにおける予測技術の進展と課題 ——山名委員

近年のCPUパワーの飛躍的な増大に伴って、従来は計算そのものにCPUパワーが費やされてきたが、近年はユーザインタフェースにこのCPUパワーを費やすことが、新しいCPUパワーの使い方の一つとなりつつある。本発表では、特に、予測技術を用いたユーザインタフェースの現状をサーベイするとともに、どのような将来像が考えられるかを示す。

1.5.4 知的文書インタフェース ——横田委員

コンピュータも 21 世紀を目前にして、素晴らしいハイテク技術が生まれている一方で、旧態依然とした作業環境がなかなか改善されていないのが実態である。ユーザインタフェースに関する評価はある程度の数の利用者で実際に使ってこそ初めて実証できる。国の資金でこのような先端的なユーザ端末をまとめた数開発し、モデル地域のような場所で実験することが有効である(c.f. フランスのミニテルプロジェクト)。また、電子文書フォーマットに関しても、特定企業の戦略にとらわれず理想形を追求することは問題点を見つけて次のステップに進むために非常に重要である。

1.5.5 デジタル図書館の観点から ——杉本委員

1990年代に入って国際的な情報基盤の上の公共的応用分野として医療や教育とともに図書館が重要な分野であると認められ、各国でデジタル図書館（電子図書館、Digital Library）の研究開発が活発に進められてきた。

利用者は世界に広がるネットワークにおいて情報資源を探し、要求に合った資源を発見し、アクセスし、利用することになる。こうした利用者の行動を可能にするには目的に応じた何種類ものメタデータを適切に準備することが必要である。本報告では、メタデータについて簡単に説明し、さらにメタデータに要求される課題について述べる。

1.5.6 知的モバイルエージェント ——大須賀委員

インターネットに代表されるネットワークは、個人の趣味による利用から、ビジネス、教育、医療、公共サービスのための利用へと、急速にその範囲を拡大させている。また、新しいパーソナルメディアの出現はその利用形態を多様化させ、これまでにないサービスも次々と登場している。この延長上には、社会のしくみがネットワークの利用を前提に構築される高度情報化社会の到来が考えられる。このネットワークの世界においては、膨大な量の情報が広域に分散し、全体の構成やその上に提供されるサービスが日々変化し続けている。このため、ユーザのネットワーク利用を支援するソフトウェアにも、ネットワーク上を自由に移動したり、移動先の状況にあわせて自らの行動を柔軟に変化させながら、分散した資源を有効に活用するしくみが求められる。このような背景から、ネットワーク上における人間主体の知的情報技術として、知的モバイルエージェントへの期待が高まっている。

1.5.7 モバイルコンピューティングとエージェント拡張現実感 ——長尾委員

人々が計算環境を携帯することが可能になり、物理環境と計算環境が統合される機会とその必要性が高まっている。そこで、重要になってくるのが、環境を個人に適合させるための個人化（あるいは個人適応化、本稿では個人化で統一する）技術である。ソフトウェアエージェント技術は、状況を認識し、ユーザーの特性を学習し、その意図を伝達するシステムを構築するためのヒントを与えてくれる。一方、モバイルエージェントはネットワーク環境を個人化する有力な手段である。本稿では、モバイルコンピューティングにおけるエージェント技術の応用に関して、モバイルエージェントや拡張現実感の話題を絡めて解説する。

1.5.8 知識創造プロセスとその支援環境 ——國藤委員

知の伝達過程で暗黙知から形式知への変換を分節化（表出化）、形式知から形式知への変換を連結化、形式知から暗黙知への変換を内面化、暗黙知から暗黙知への変換を社会化（共同化）と呼んでいる。

本報告では、人間・コンピュータ複合体で内面化支援ツールや社会化支援ツールの実現に接近する研究開発シナリオを知識創造方法論として述べる。

1.5.9 個人の可能性を広げる情報基盤 ——感性的な共同作業を支援する試み—— 加藤委員

情報化は、近年のマルチメディア技術、ネットワーク技術、インタフェース技術を含む情報技術の急速な研究開発・実用化にもかかわらず、定型的業務・電話・電子メール・ウェブアクセス・ゲームなどの択一的な操作で十分な場面への導入にとどまっている。これは、ヒューマンインタフェース技術が未成熟なためである。

情報技術が社会の様々な場面に受け入れられ、広範な市場を形成するためには、次のような技術を実現する必要がある。

1. 利用者の主観特性を自律的にモデル化し、適応する技術
2. 利用者の主観特性に合わせて情報サービスを提供する技術
3. 知的活動を支援するための情報環境を提供する技術

我国の社会が健全な成長を続け、日本列島に住む人たちの生活が成り立っていくためには、以下のような産業的ニーズに答える必要がある。

1. 3つのCの融合による「情報産業」のグランドデザイン
2. 我国の情報発信力の強化
3. 多様な利用者への情報サービス

以上に示した技術ニーズ・産業ニーズは、「世論」としては必ずしも顕在化していないが、「生活感覚あるいは利用者感覚の言葉で、ニーズの先に広がる新しいライフスタイル・ビジネススタイルや、新しい市場を表現する」ことは、一つの試みとして意義がある。

1.5.10 地球環境・人間社会共生基盤 Symbiotic Live Sphere の提案

—2010 年 N 子の日— —加藤委員

本年度は、通産省工業技術院電子技術総合研究所の協力のもと、生活シーンにおける人間中心型情報技術に対するニーズの調査研究を進めた。調査研究は、若い世代のごく普通の市民が、ごく普通の日常生活の生活シーンの中で、漠然と感じている情報技術に対するニーズを、生活シーンの描写（エッセイ）と目に見えるイラストの形で具象化する。これにより、人間中心型情報技術に対する技術ニーズを分析すると共に、これに応える要素技術、基盤技術、社会基盤を明確にし、消費者・マーケットに受け入れられる「解」の例を考案することを目指す。本調査で想定する「ごく普通の市民」は、以下に示す立場から人間中心型情報技術に接する人々である。

1. 現在の社会で新しいブーム・マーケットを生み出す原動力となっている消費者層
2. 将来、高度情報化の基盤整備と同時に迎える高度高齢化社会を支える勤労者層
3. 社会生活を営む上で「弱者」の立場に置かれることが多い市民層

現在 20～30 歳代の女性は、このような 3 つの立場・性格を同時に合せ持っている。従って、本調査では女子高校生、女子大生や若い OL、主婦を主な被験者とした。

1.5.11 分子生物情報分野での知的な情報処理 —田中講師

情報科学と分子生物学の接点から生まれた学際的分野の代表のひとつとして分子生物情報分野を取り上げ、知的情報処理技術がどのように役立っているか、もしくは今後役に立つ可能性があるかを紹介する。分子生物情報学の目指す目標のひとつは、遺伝子から細胞活動までのトータルシミュレーションにあり、そのための要素技術として、自然言語解析、学習、知識表現などの情報技術が役立っていることを述べる。

1.5.12 農林水産業における高度情報システムへの展望 —中川講師

近年、経済のグローバル化が進んできており、農林水産業においてもその例外ではなくなってきた。このような環境において、情報技術を利用した新しい農業の動きがある。このような流れをかいつまんで説明し、将来の農業において情報科学技術がどのように取り入れられていくかについて述べる。

1.5.13 法律分野における知的情報処理 ——新田講師

電子商取引のようにコンピュータを介して契約業務が行われるようになると、量的に人間の契約事務だけでは限界が出てくるため、人間の事務を知的に補助するシステムは有用と考えられる。

法律家の代行をコンピュータが行う法的推論は、古くから人工知能研究の応用として試みられてきたが、このような試みは現在のところ実用にはなっていない。しかし、完全に自動的な法律エキスパートシステムではなく、上記のような人間の契約事務を知的に補助するシステムならば実用となる可能性は高いと考えられる。本節では、人間の契約事務を補助するシステムの実現に向けての諸問題について述べるとともに、ビジネスとしての法的推論の可能性について述べる。

2 米国の研究開発動向

2.1 はじめに

米国では、連邦政府の情報技術関連研究開発として、HPCC 計画とその後継である CIC 研究開発計画、そして、NGI 計画が実施されてきている。米国政府は、現在のインターネットの発展は 2~30 年前に行われた政府の投資の結果であると認識しており、今後もこの分野への投資を継続していくことで、更なる進歩をもたらすと考えている。

一方、並行して、1997 年度から大統領直属情報技術諮問委員会により、米国政府の実施しているこれらの研究開発計画の評価、検討が 2 年間に亘って進められてきており、21 世紀に向けて、情報技術関連研究開発をさらに強力に推進すべきであると報告している。これを受けて、米国政府は、21 世紀情報技術戦略 (IT²) を発表した。

以下では、まず CIC 研究開発計画全般、および CIC の Human Centered System 分野を中心にその目標と成果を述べたあと、21 世紀に向けた米国の今後の計画について、IT² をもとに概観する。

2.2 CIC 研究開発計画

2.2.1 概要

米国政府がこれまで行なってきた、計算機技術、通信技術、情報技術の研究開発によって、科学、工学の分野は比類ない進歩を遂げ、社会および人々に利益をもたらした。米国政府は、計算機システム、情報、通信分野における研究開発をさらに推進することによって、将来に亘り米国の産業競争力を維持し、市民に豊かな生活をもたらすことができると認識している。

米国連邦政府の CIC (計算、情報、通信) 研究開発計画は、大きな成功をおさめた HPCC (High Performance Computing and Communications) 計画を継承するもので、米国における計算機技術、情報技術、通信技術の研究開発を推進し、豊かな市民生活と米国経済の競争力を維持することを目標としている。研究開発には 12 の連邦省庁が参加しており、以下の技術項目に投資している。

- ・高性能コンピュータシステムの開発
- ・先進的機能を備えた地球規模のネットワーク技術

- ・ソフトウェア開発技術とアプリケーションソフトウェア
- ・信頼性と安全性の改善
- ・巨大分散知識リポジトリの管理およびアクセスの向上
- ・個人及びグループの両方の作業効率を高めるヒューマンインタフェース技術

なお、CIC 研究開発計画の活動については内部で調整が行われているが、CIC 計画に対する要求はますます増加し、過去 2 年間の間に見直しが行われてきている。現在のところ再編についての全容は不明だが、1999 年度の変更点については後述する。

2.2.2 プログラムコンポーネントエリア

CIC 研究開発計画は、1998 年度までは、以下の 5 つの部分領域 (PCA, Program Component Area) から構成されている。

- ・ HECC (High End Computing and Computation)
高性能計算分野
- ・ LSN (Large Scale Networking)
大規模ネットワーク (次世代インターネットイニシアティブを含む)
- ・ HCS (High Confidence Systems)
高信頼システム
- ・ HuCS (Human Centered Systems)
人間主導型システム
- ・ ETHR (Education, Training, and Human Resources)
教育訓練、人的資源

1999 年度については、CIC 研究開発計画は LSN と HECC への投資分だけが明らかになっている。大統領の 1999 年度予算案は、PCA のうち HECC と LSN のふたつについてのみ予算配分され、HCS、HuCS、ETHR についての予算配分は含まない。これによって、CIC 研究開発計画の 1999 年度予算総額は 1998 年度に比べて 20%ほど減少している。しかし、HECC と LSN だけを見ると逆に 20%ほど増加しており、この分野にさらに力を入れていこうとしていることがわかる。これが再編の第一段階にあたる。HCS、HuCS、ETHR の予算配分については現在のところ不明であるが、研究開発計画の再編には時間がかかるとみられており、HCS、HuCS、ETHR については、な

くなるのではなく、現在再編中であると考えられる。2000 年度大統領予算教書によれば、HPCC 関連の予算は、1998 年度は 12 億 1500 万ドル、1999 年度は 13 億 1400 万ドルと年々増加しており、HCS、HuCS、ETHR の予算もこの中から出されるものと推測される。

表 2-1 CIC 研究開発計画の予算 (単位 百万ドル)

	HECC	LSN	HCS	HuCS	ETHR	Total
1998 年度	462.16	255.20	33.18	280.32	38.64	1,069.50
1999 年度	541.43	319.47	-	-	-	860.90

以下に、各 PCA について述べる。

(1) HECC (High End Computing and Computation)

HECC の研究開発投資は、ハイエンドコンピューティングにおける米国の指導力の基盤を築き、産学官のアプリケーションと広範な社会的アプリケーションでのハイエンドコンピューティングの利用を促進するものである。研究対象は、複雑なシステムにおける物理的、化学的、生物学的モデリングおよびシミュレーション用のアルゴリズム、大量の情報を必要とする科学、工学のアプリケーション、および、量子コンピューティング、バイオコンピューティング、光コンピューティングなど今後長期にわたって情報分野の最先端となりうる先進的概念も含まれる。

(2) LSN (Large Scale Networking)

LSN の研究開発投資は、ネットワーク技術、サービス、性能の向上をとおして高性能通信分野における米国の技術的指導力を確保するものである。現在の重点は、大統領の NGI (Next Generation Internet) 計画におかれている。重要な研究開発領域は、将来の大規模ネットワークの設計と管理にむけたコンポーネントの開発とネットワーキング技術である。また、連邦政府の先進ネットワークの運用も含んでいる。

NGI の目標は以下のとおりである。

- ・差別型サービス (マルチキャストとオーディオ/ビデオを含む)、ネットワーク管理 (バンド幅の割り当てと共有を含む)、信頼性、堅牢性、セキュリティを含む先進のエンド・ツー・エンドのネットワーキング技術について研究開発を実施すること。

- ・先進の技術とサービスをシステム規模でテストし、先進アプリケーションを開発・テストするために、高性能ネットワーク・テストベッドを試作すること。テストベッドの1つは、少なくとも100のサイトを、現在のインターネットより100倍以上高速なエンド・ツー・エンド性能で接続する。このネットワークは、大学キャンパスや地域のネットワークの協力を得て連邦政府のネットワーク上に構築される。別のテストベッドは、10以上のサイトを、現在のインターネットより1,000倍以上高速なエンド・ツー・エンド性能で接続する。このネットワークは、DARPA（米国防総省高等研究計画局、Defense Advanced Research Projects Agency）の先進ネットワーク上に構築される。
- ・革命的なアプリケーションを開発すること。これらのアプリケーションは、共同作業技術、デジタル・ライブラリ、分散コンピューティング、プライバシーとセキュリティ、遠隔操作/シミュレーションなどのアプリケーション技術を含むほか、基礎科学、危機管理、教育、環境、連邦政府の情報サービス、保健医療、製造といった専門分野向けのアプリケーションも含む。

(3) HCS (High Confidence System)

HCSの研究開発投資は、情報サービスの高度の可用性、信頼性、回復性、保護、セキュリティの実現に必要な技術に注力する。これらの技術を使うシステムは、構成部品の故障や悪意による操作に対する耐性が高く、損傷や既に知られた脅威に対して適応や再構成によって対処するものとなる。アプリケーションには、銀行業務、法の執行、生命および安全にかかわるシステム、医療と健康管理、国家安全保障、発電送電システム、遠隔通信、運輸などがある。

(4) HuCS (Human Centered System)

HuCSの研究開発投資は、計算機システムと通信ネットワークのアクセスしやすさおよび使いやすさの向上をもたらすものである。科学者、技術者、教育者、学生、労働者、そして一般大衆はHuCS技術の潜在的な受益者である。このような技術には、共同研究室、知識リポジトリ、情報エージェント、マルチモーダル対話（音声、触覚、ジェスチャー認識など）を可能にするシステム、仮想現実環境などがある。また、Digital Libraries Phase II 計画が1998年度から開始された。

(5) ETHR (Education, training, and Human Resources)

ETHR の研究開発投資は、教育訓練技術を向上させるために、計算機と通信に関する研究を支援するものである。対象とする教育訓練には、K-12（幼稚園から第 12 学年（高 3）まで）、コミュニティカレッジ、工業学校、職業訓練校、大学および大学院、生涯学習などあらゆるレベルが含まれる。

2.2.3 CIC 研究開発計画組織

CIC 研究開発計画は、CIC 研究開発小委員会(Subcommittee on CIC R&D)が中心となって各研究開発計画の企画、予算策定、実行、レビューを行っているが、1998 年度に上部組織であるホワイトハウスの国家科学技術評議会 (NSTC、National Science and Technology Council) の委員会が再編、合理化された。

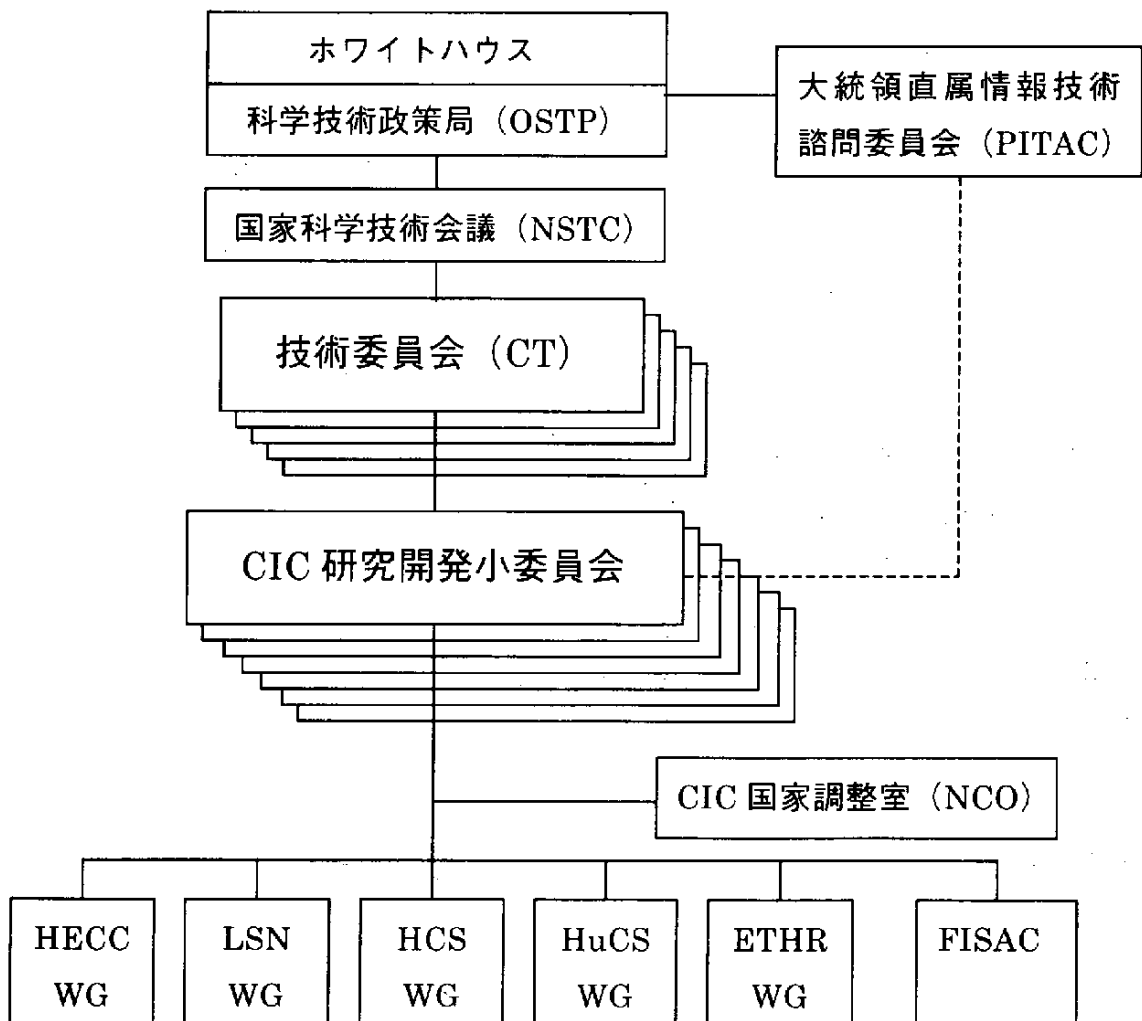


図 2-1 CIC 研究開発計画組織図

NSTC の委員会のうち、CTI(Committee on Technological Innovation)、CTRD(Committee on Transportation R&D)、および、これまで CIC 研究開発小委員会の上部委員会であった計算・情報・通信委員会 (CCIC、Committee on Computing, Information, and Communications) の 3 つが新設の技術委員会 CT(Committee on Technology)に改組された。

CT は、その下部委員会である CIC 研究開発小委員会を通して、12 の連邦省庁によって行われる研究開発計画を大学および産業界と調整する役割を持つ。CIC 研究開発小委員会は各 PCA に対応する 5 つのワーキンググループを有しており、5 つの研究開発計画を直接運営する、実効的な事務部門である。また、FISAC(Federal Information Services and Applications Council) は、CCIC の Applications Council を継承するもので、情報技術の研究開発コミュニティから、政府のアプリケーションおよび情報サービス業界への技術移転を促進するとともに、アプリケーション側から出てくる問題を情報技術の研究開発コミュニティに伝える役目をする。

2.3 CIC の HuCS 領域の研究開発

Human Centered System は、計算機システムと通信ネットワークを利用して、分散して情報を蓄積し、情報を維持管理するとともに、あらゆる利用者にとって使いやすいシステムを提供する技術である。HuCS 領域には以下の研究開発項目がある。

- ・ 共同研究室
- ・ データの収集・解析のための情報エージェント
- ・ 環境に適用される人間の認知と分散認知に関する学際的な研究
- ・ 情報のアクセス、管理、アプリケーションのための知識リポジトリ
- ・ 文書の翻訳・理解のための多言語技術
- ・ 人間とコンピュータ・システム間のマルチモーダルインタラクション
- ・ 情報のユニバーサルアクセス
- ・ 仮想現実環境
- ・ 可視化システムとツール/マルチモーダルプレゼンテーション

1998、1999 年度の主なテーマを以下に挙げる。

(1) デジタル・ライブラリ・プロジェクト (電子図書館プロジェクト)

デジタル・ライブラリ・プロジェクト (Digital libraries Initiative) は 1998 年に終了したが、引き続いてデジタル・ライブラリ・プロジェクトのフェーズ II (DLI2) が開始された。DLI2 は 1998 年から 4 年間の予定で行われる。助成機関もいままでの NSF、NASA、DARPA のほか、新たに医学図書館 (NLM、National Library of Medicine)、議会図書館 (LoC、Library of Congress)、人文基金 (NEH、National Endowment for Humanities) も加わり、助成金も増額される。

この計画の目標は、基礎研究での指導的地位を確立すること、ネットワークで接続され地球全体に分散した情報リソースの有用性を向上すること、革新的アプリケーションへの関心を高めることである。この計画は、技術的スコープを更に広げ、人間的、社会的な側面を重視しており、相互運用性、電子情報のライフサイクル、計算、情報、通信の各技術とニーズとの擦りあわせ、新しいタイプのコンテンツとコレクションに重点が置かれている。

デジタル・ライブラリは知的インフラストラクチャとして利用できるため、この計画は、教育、エンジニアリングと設計、地球科学と宇宙科学、生命科学、地理学、経済学、芸術と人文科学の分野で、次世代の実用的システムを創出するために必要となる提携を促進することになる。この計画は、情報の生成、アクセス、利用から、蓄積と保存に至るデジタル・ライブラリの全ライフ・サイクルを対象にする。

デジタル・ライブラリ・フェーズ II の計画を次に示す。

- ・有望なデジタル・ライブラリ分野における研究とテストベッドを選択的に利用し拡張する。
- ・デジタル・コンテンツおよびコレクションの開発・管理・アクセスを加速する。
- ・既存のユーザコミュニティとあらゆる教育レベルの人々を含む新しいユーザコミュニティの両方にデジタル・ライブラリが役に立つような新しい機能と機会を創出する。
- ・さまざまな社会的・組織的コンテキストにおける人間とデジタル・ライブラリの間のインタラクションの研究を促進する。

(2) KDI (Knowledge and Distributed Intelligence)

NSF の KDI (Knowledge and Distributed Intelligence) は、膨大な量の知識と情報に対し迅速で効率的なアクセスを実現したり、これまでより格段に複雑なシステムを研究したり、生物や人工的システムが持つ学習能力や知能に関するわれわれの理解を深める

ために NSF が組織全体で取り組んでいるテーマである。KDI の KN (Knowledge Networking) 研究は、現在の分散情報アクセス環境から、対話式に知識を生成、利用する新しい技術への進化を促進する。この進化を通して、学際的なコミュニティが作られ、データの共有と知識の構築を行い、従来の各専門技術の境界内だけで探究されてきた複雑な問題に対処できるようになる。

(3) 人間可視化プロジェクト (Visible Human Project)

このプロジェクトは人間の解剖学上の構造をデジタルイメージで蓄積するライブラリの構築、評価を行うものである。1998 年度と 1999 年度に NLM は、男性と女性の解剖図を収集した 55 ギガバイトのデジタル画像ライブラリの開発と評価を継続する。このようなライブラリに表現されている解剖学的構造を完全に利用し理解するためには、高性能のコンピューティング技術と通信技術を、CT (コンピュータ断層撮影) 画像や MR (磁気共鳴) 画像などの医療画像システムに使われている技術と統合することが必要である。このライブラリを効率の良いレンダリング・アルゴリズムと組み合わせると、研究者や保健医療提供者、学生、一般の人々向けの新しい教育ツールになる。NLM は大学や業界と一緒に、このような電子画像を表現、伝達するために、共同利用が可能な方法の開発を促進している。

これらのデータ・セットにアクセスする 900 を超える非営利的ライセンス契約が、産学官の組織によって締結された。これらのデータ・セットを使うアプリケーションには、

- ・全教育レベルを対象にしたマルチメディア教材、
- ・手術シミュレータを含む仮想現実プログラム、
- ・手術や放射線治療の計画作成、放射線吸収 (radiation absorption)、エルゴメトリクス (ergometrics)、衝突試験 (crash testing) などのモデリング・アプリケーション

などがある。

(4) 仮想現実

アルゴンヌ国立研究所で開発されたメディア・サーバ Voyager は、スケーラブルでマルチストリーム、マルチメディアの記録、再生を研究者が実験できるようにする。共同体験を記録し再生する能力は、遠隔没入環境の開発にとって非常に重要である。将来の拡張により、仮想現実ベースの遠隔没入体験の収集と再生も可能になる。

同じくアルゴンヌ国立研究所で開発された ManyWorlds は、共有仮想現実環境を構築するためのスケーラブルなプロトタイプ・システムである。ManyWorlds は、複数のユーザや複数の場所の間で共有可能な大規模遠隔没入システムの構築に必要な通信サービスや共有サービスを提供するシステムで、遠隔没入の際の人間の反応に関する問題を調べるための実験手段として使われている。ManyWorlds が提供する環境では、ユーザはデータ調査や、コンピュータによるシミュレーションの対話型の舵取り、共同モデル作成、離れた装置へのアクセスについて互いに協力できる。

(5) 電子ノートブックプロジェクト (Electronic Notebook Project)

電子ノートブックは、アイデアやデータ、実験結果、研究計画などを共有するために、共同研究室の科学者たちによって使われ始めている。DOE の電子ノートブックプロジェクトの目標は、複数のプラットフォームでの使用も共同使用も可能な、使いやすく安全なノートブックのために、モジュール式で拡張可能なアーキテクチャを設計することである。DOE の電子ノートブックは、最高 25 年間アーカイブに保存しておける法的拘束力のある記録であることを要求される。このノートブックは、スケッチやテキスト、方程式、画像、グラフなどのデータ・タイプの入力と表示のためのコンポーネントを共有し、認証や公証などのサービス用のツールを提供する。

(6) STIMULATE (Speech, Text, Image, and Multimedia Advanced Technology Effort)

STIMULATE は、人間が行うマルチモーダルコミュニケーションの理解に関する基礎研究とコンピュータ技術への応用を支援する。この活動は、情報技術の発展を加速するために行われており、複数の政府機関が協力し、NSF、NSA、DARPA の研究者が参加している。複数の言語と複数のモダリティ（テキストや画像、ビデオ、ジェスチャー、顔の表情、筆跡などの人間が使うコミュニケーション手段）による人間のコミュニケーションを理解するための新しい方向性の研究開発を支援する。

(7) 共同研究室

共同研究室は、研究チームの個々のメンバが地理的、時間的に離れていても協力しながら効果的に作業を遂行することのできる仮想的な研究室である。この共同研究室によって、研究者は大規模なモデリングやシミュレーションを実施したり、適切な情報にアクセスしたり、数少ない高額な設備や装置に対するアクセスを共有しそれらを遠隔操作したり、仮想環境の内部で作業して科学データの視覚化と実験の設定、制御を行ったりす

ることができる。

DARPA の Intelligent Collaboration and Visualization 計画や、国立共同研究室に向けた DOE の DOE2000 計画のような計画では、連邦政府機関が協力して新しい共同作業技術やプロトタイプ・ツールの開発とこれらのプロトタイプの適用と評価を実施している。1998 年度には、ネットワーキングやソフトウェア工学、分散システムに関する研究を統合することによって開発されたツールが、政府と民間の独立組織に提供され、DOE が運営するいくつかの科学共同研究室で利用されるようになる。

このほかの研究開発項目には以下のようなものがある。^{注1}

- ・アクティブ視覚化（ニューヨーク大学）

人間に眼の動的な機能（網膜中心部の解像度が高く、眼球運動などにより周辺部の視力の低下を補償している。）の研究をもとに、同様の機構で画像をとりあつかうもの。画像の伝送にバンド幅を小さくできる。

- ・音声技術

気象情報問合せシステム Jupiter 計画、軍の意思決定者に複数情報源、複数メディアの情報ナビゲーションツール開発活動 Speech Recognition Technology Integration Effort、Command Center of the Future などがある。

- ・保険医療データ

NLM は MEDLARS (Medical Literature Analysis and Retrieval System) を構築した。これは、NLM の膨大な生物医学情報と保険関連情報に迅速にアクセスできる。

- ・SIMA (Systems Integration for Manufacturing Applications)

製造アプリケーション用の情報インタフェースの開発とテスト、および、これらの作業を支援する技術に対して NIST が支援している。

2.4 米国政府の今後の研究開発支援

米国では、国民的情報基盤の構築を国家戦略として、NII (National Information Infrastructure) 構想を打ち出し、それを実現する具体的な情報技術の研究開発計画である

^{注1} <http://www.ccic.gov/pubs/blue99/hucs.html>

HPCC (High Performance Computing and Communications) 計画を 1991 年から 1996 年まで進めていた。HPCC 計画は、米国連邦政府の情報技術研究開発の中心的な計画であったが、多くの優れた成果をあげ、情報インフラストラクチャ構築の推進力となったという評価を受けた。そのため、1997 年からは、計画および運営組織の構成が整理され、前述の CIC (Computing, Information, and Communication) 研究開発計画が HPCC のあとを引き継ぎ、5 年間の計画で資金援助が行なわれている。

さらに、米国では 21 世紀に向けて情報技術の研究開発をよりいっそう強化するために、大統領直属の諮問委員会を設置して、これまで行われてきた連邦政府の情報技術研究開発支援を評価し、今後の情報技術への取り組み方について検討を行ってきた。この諮問委員会は 1999 年 2 月に最終報告を提出し、これをもとに、クリントン大統領とゴア副大統領から 21 世紀情報技術戦略が提案された。

ここでは、これをもとに、ネットワークおよび知的ソフトウェアに関する支援の方向性について概観する。

2.4.1 大統領直属情報技術諮問委員会 (PITAC)

CIC 研究開発計画開始後の 1997 年 2 月、大統領令により、高性能計算、通信、情報技術および次世代インターネットに関する大統領直属諮問委員会 (PAC, Presidential Advisory Committee on High Performance Computing and Communications, Information Technology, and the Next Generation Internet) が設置され、21 世紀において米国の繁栄のために肝要である情報技術の開発と利用を加速するために行政機関の活動を支援するよう要請された。

この諮問委員会は現在、大統領直属情報技術諮問委員会 (PITAC, President's Information Technology Advisory Committee) に名称が変更されているが、科学技術政策局 (OSTP) を通じて 国家科学技術評議会 (NSTC) に助言を与えるものである。委員会のメンバーは著名な研究者と産業界のリーダーであり、大学、通信ネットワーク産業、計算機製造業、娯楽産業、ソフトウェア産業、遠距離通信産業、および、図書館や医療などアプリケーションを利用する分野を代表している。共同議長は、ライス大学のケン・ケネディとサン・マイクロシステムズのビル・ジョイである。

この諮問委員会では、高性能計算および通信 (HPCC) プログラムの実行の経過、次世代インターネットイニシアティブ (NGI) の計画立案と実行の経過、HPCC プログラムの改善の必要性、HPCC プログラムのコンポーネント間のバランス、HPCC 研究開発が先端的計算、通信技術およびアプリケーションの分野で米国の指導的地位確保に貢献しているどうか、について評価検討

し、1998年8月に中間報告、1999年2月に最終報告[1]を出している。最終報告の要旨を簡単にまとめると以下のとおりである。

報告の要旨

連邦政府の情報技術研究開発計画を検討してみた結果、リスクの高い長期的な技術よりも即効性のある短期的な効果を期待したものが多く、現在の情報技術開発は、当局の任務を補う付帯業務として実施されているに過ぎない。社会インフラを支える複雑なシステムを致命的な破壊から保護したり、われわれの基本的な要求を満たしたりするためには、全く新しい視点から大規模な研究開発を実施する必要があるが、現在の連邦政府の計画では不十分である。

21世紀に向けた情報技術関連の研究開発プログラムを組織していく中心的な機関の設立が理想的であるが、連邦政府は革新的技術の研究を支援する新しい管理システムとともに情報技術関連の研究を維持、強化していく方向で2000年度の予算を編成する必要がある。

連邦政府は、基礎研究と応用研究の両方を積極的に支援すべきであり、重点研究開発分野としての以下の項目を推奨する。

- ・ソフトウェア
- ・スケーラブル情報インフラストラクチャ
- ・ハイエンドコンピューティング

2.4.2 21世紀情報技術戦略（IT²）における知的情報技術

前述のPITACの報告を受けて、21世紀情報技術戦略（IT²、Information Technology for The Twenty-First Century）[2]が米国政府から提案された^{注1}。

この計画では、重点項目として以下の3つの活動を支援するとしている。

- ・長期的情報技術研究
- ・科学、工学および国家のための先端的コンピューティング
- ・情報革命の経済的および社会的影響の研究

^{注1} 概要については「わが国が行う情報技術研究開発のあり方に関する調査研究（その3）」の5章を参照のこと。

計画では、2000 年度予算で情報技術研究開発投資をこれまでの HPCC 予算とは別枠で 28%、3 億 6600 万ドル増額することを提案している。関連省庁は、NSF、DoD、DoE、NASA、NIH、NOAA、である。計画の特に大きな特徴は、ハイリスクで長期の基礎研究を重視しており、これに対して大きな予算が割かれている。投資の約 60%は、大学関連の研究開発に支援される。このことは、今後とも米国が産業競争力を維持し、米国市民にとって重要な問題に対処していくためには、情報技術が非常に重要であり、特に長期的な研究が発展の活力のもとであることを米国政府が強く認識することになったことの現われといえる。

このように、新しい計画はこれまで行われてきた HPCC や CIC に比べると基礎研究にシフトする内容になっているが、計画の中にも触れられているように、この計画は HPCC 計画や NGI 計画を含む情報通信分野での過去、現在の計画を土台としているとされており、単純な基礎研究シフトではないことに注意する必要がある。すなわち、これまでの研究開発支援をとおして、研究開発を実用化にうまく結び付けるさまざまな仕組みやインフラストラクチャが培われてきた、ということが基礎研究を成功させる要因となると考えられるのである。

この計画で取り上げられている基礎的情報技術研究は、計算機科学および工学が直面している問題に対する長期にわたるハイリスクの研究を支援するものである。以下の 4 つの研究開発分野に重点がおかれる。

- ・ソフトウェア
- ・ヒューマン・コンピュータ・インタラクションと情報管理
- ・スケーラブル情報インフラストラクチャ
- ・ハイエンドコンピューティング

これらの研究開発項目は、計算機システムや情報システムを使いやすくし、信頼性、生産性を高める方法に関する重要な研究課題を長期的に探究するものである。これらの中には、難しい課題への挑戦的な内容も含まれている。以下、長期的な基礎情報技術研究で指摘されている各項目のうち、本調査研究で行っている人間主体の知的情報技術に関連すると思われる、ソフトウェア、ヒューマン・コンピュータ・インタラクションと情報管理、スケーラブル情報インフラストラクチャの概要について述べる。

(1) ソフトウェア

PITAC が最も高い優先度を与えた項目である。小さいシステムから巨大なシステムまで、

経済、社会はソフトウェアに依存しており、われわれの開発能力を超えるソフトウェアへの要求が出てきている。そればかりではなく、現在開発されているソフトウェアは脆弱で、信頼性に欠け、設計、試験、保守、アップグレードしにくい。2000 年問題などがその例である。

生産性が高く、高信頼で有用なソフトウェアの開発を支援すべき分野がいくつかある。

- ・ソフトウェア工学

複雑なソフトウェアの生産性、信頼性を向上させるために重要である。高信頼で、保守しやすく、電話網、電力網、金融市場、医療機器、航空管制システムなど核となるシステムを開発するために利用できる複雑なソフトウェアを開発する新手法が必要である。

- ・エンドユーザプログラミング

プログラミングの素養のないユーザでも、作業を遂行するために必要なプログラムを容易に作成できるようにする技術。スプレッドシートなどがその例。ほかに、知的テンプレート、特定分野向け言語、例示によるプログラミングの研究などがある。

- ・部品ベースソフトウェア開発

スクラッチからプログラムを書くのではなく、ソフトウェア部品を組み合わせるプログラムを組み上げる開発技法。必要なソフトウェア部品の検索容易化、組み上げたシステムが正しく動作するかの予測、電子的に流通するソフトウェア部品の市場の支援に向けた研究が必要。

- ・アクティブソフトウェア

たとえば、インターネットでダウンロードできるアプレットなどがアクティブソフトウェアのはしりである。将来、アクティブソフトウェアは、自分自身を更新したり、作業に必要な新機能を見つけて、必要なソフトウェアを安全にダウンロードできるようになると期待する。

- ・自律的ソフトウェア

この領域の研究成果は、知的ソフトウェアやロボットになる。「知的エージェント」は人間に代わってインターネットから情報の検索を行う。ロボットや Knowbot は予期していない変更にも適切に反応したり、人間や他のロボットと協調することができる。自動車は自

動運転したり衝突を回避することができる。ロボットは惑星や人間が行くには危険な場所を探検することができる。

(2) ヒューマン・コンピュータ・インタラクションと情報管理

・話し、聞き、人間の言葉を理解するコンピュータ

計算機を使いやすくするために、もっとよいヒューマンコンピュータインタフェースが必要である。

理想的には、現在の WIMP (ウィンドウ、アイコン、マウス、ポインタ) インタフェースに制限されずに、人々がコンピュータと会話できればよい。

研究に要求されるのは、コンピュータの音声をもっとわかりやすくなり、音声認識の精度が上がり、利用者の言ったことを確認したり明確にする質問を発することのできる能力を計算機に与えることである。この能力は、キーボードを使えない人々や障害を持つ人々に特に有用である。リアルタイムで言語の翻訳能力も同時に持たせる研究も必要である。

・情報の可視化

気象現象などの複雑な現象を目で見えるようにし、現象に対する理解を深めたり、大量のデータを操作できるようになる。

(3) スケーラブル情報インフラストラクチャ

インターネットが更に広がると、何十億ものユーザをサポートする必要がある。これらのユーザは音声、ビデオ、高速データを送受信し、旅行中にネットワークにアクセスし、人気のあるウェブサイトには多くのアクセスが集中するであろう。ビジネスや行政サービス、救急医療などもインターネットに依存するようになる。将来のインターネットは、何千万ものコンピュータを接続するだけでなく、何兆ものデバイスが接続される可能性がある。コンピュータは、センサ、ワイヤレスモデム、GPS 測位システム、あるいは実世界と関わるその他のデバイスと接続される。これらはみな 1 チップに納められ、日常使うものの中に組み込まれることになるだろう。

しかしながら、現在のインターネット技術はこのようなユーザ数やデバイス数の膨張に耐えられるようには設計されていない。新しい要求を支援するようインターネットを拡張するには情報分野の多くの領域で基礎研究が必要である。

・高度ネットワークシステム

ネットワークに接続できるデバイスの数は非常に多くなり、新しいアプリケーションが出てくる。たとえば、低価格無線センサは大気や水質汚染の情報をリアルタイムで知らせてくるため、環境監視能力と人災への対応が改善される。

情報インフラストラクチャの拡張性に対応できるコアテクノロジーとして、ネーミング、アドレスッシング、ネットワークコンフィギュレーション、安価なネットワークインタフェースの新しいメカニズムのような進歩が必要である。

・いつでもどこでも利用できる

無線技術の進歩によって、いつでもどこでも高速なネットワークを利用できるようになる。特に、高速無線ネットワークは、先端的通信サービスを郊外に展開するときのコスト上の不利益が低減するという利点がある。このことは、田園地域の経済発展に重要である。また、遠隔学習や遠隔医療などのサービスを郊外地域にも拡張することになる。

・ネットワークのモデリングとシミュレーション

将来のインターネットのような非常に複雑なネットワークを構築するには、ネットワークの振舞いをモデル化するよいツールが必要である。リアルタイムよりも高速のシミュレーションが、輻輳や機能停止を防止するためにも必要となる。

2.5 おわりに

HPCC 計画、それに引き続く CIC 研究開発計画、および、NGI 計画など、情報通信技術分野における 1990 年代の大規模な米国政府支援研究開発プロジェクトは、米国の経済的競争力の維持強化と米国市民の生活の向上という目標を掲げて、各省庁の任務に直結したアプリケーション主導の研究を中心に推進してきた。研究開発支援は個別のアプリケーション開発に留まるのではなく、たとえば人間可視化プロジェクトにみられるように、新しい技術やサービスを実用的なシステム規模で試験、評価するために不可欠な大規模データベースの整備や、新しいアプリケーションを開発、試験したりするためのテストベッドの試作もある。たとえば現在のインターネットは、継続した米国連邦政府の支援によってテストベッドが成長した姿と考えることができる。さらに、そのようなテストベッドの上で新しいアイデアを基にしたソフトウェアが実際に利用されることによって磨かれ、実用的なツールとして蓄積されてきた。

このように、個々のプロジェクトがそれぞれの目標にしたがって研究開発を行うだけに留まらず、その成果が次の研究開発に有機的につながるような継続した投資が行われてきた。そのような投資により、研究開発がますます推進され、米国市民にサービスを提供する政府機関の任務に貢献すると同時に、次の研究開発のプラットフォームとなる高速ネットワークやデジタルデータライブラリのような環境と、研究開発の成果が実用化されるための仕組みを構築してきたのだといえる。

大統領直属情報技術諮問委員会 (PITAC) の報告を受けて打ち出された 21 世紀情報技術戦略 (IT²) は、長期にわたる基礎的な研究開発、特にソフトウェアの基礎研究の推進が強調されている。これは単純な基礎研究シフトなのではなく、これまでの政府支援研究開発によって構築されてきた上記のような土台の上に、21 世紀に向けてさらに困難で大きな課題に挑戦する情報技術研究開発を推し進めようというものである。今後、米国政府支援の情報通信関連研究開発計画は再編が行われると考えられるが、米国の基礎的研究開発はさらに加速され、米国の目論見どおり、米国の技術、産業における指導的立場はゆるぎないものとなる可能性は高い。

一方、日本においても情報化の重要性が認識されてきており、情報関連の研究開発に対して国からの支援が金額の上からも増加しつつある。しかしながら日本では、それぞれのプロジェクトがそれぞれの目標を目指すに留まっているようであり、成果が別のアプリケーションの開発や次の研究のプラットフォームとなることを明確に謳っている研究開発支援計画は見当たらない。いくつもの技術を有機的に結び付けていき、社会にインパクトを与えるまでに成長させる国の研究開発支援は必ずしも十分でないように思われる。米国の独走ではなく、日本も応分の繁栄を望むならば、長期的なビジョンに立った計画の下に、個々の技術を組み合わせてアプリケーションを開発し技術の有用性を示していく実証的な研究開発と、将来をにらんだ個々の要素技術の基礎的な研究の両方に対し同時に効果的な支援をすることが不可欠である。

人間主体の知的情報技術は多くの人々が情報、知識の集積と活用するための技術であるとする、それが実用となるためには多くの情報が蓄積される必要がある。また、基礎的な研究にも大規模な情報ベースなどが必要になってきている。したがって、情報を処理可能な形で整備することは、実用化の視点からも基礎研究の視点からも重要である。現在、政府の情報公開法案が審議中であるが、これをさらに進めて、ネットワーク上で利用可能な情報として公開するようにすれば、情報技術研究開発のもうひとつの大きな支援となろう。

<参考文献>

- [1] President's Information Technology Advisory Committee Report to the President
Information Technology Research: Investing in Our Future, February 24, 1999
<http://www.ccic.gov/ac/report/>
- [2] Information Technology for the Twenty-First Century:
A Bold Investment in America's Future
<http://www.ccic.gov/it2/initiative.pdf>

3. 研究開発の新しい展開と社会へのインパクト

3.1 金融リスク管理と情報処理技術

3.1.1 はじめに

巨大ヘッジファンドの破綻、高度な数学を駆使した高額なデリバティブ取引の実態など、近年の金融問題に関連したニュースの幾つかははからずも「金融工学」という研究分野に脚光をあびせることとなった。日本におけるこの分野を研究対象とする学会のひとつであるJAFEE (The Japanese Association of Financial Econometrics and Engineering) のジャーナル(98年号「リスク管理と金融・証券投資戦略」森棟・刈屋編 東洋経済新報社刊)の巻頭言において、金融工学についての以下のような説明がなされている。「金融工学は、広い意味での金融資産価格の変動を分析対象とし、金融的意思決定の理論・分析手法・実証に関わる学問であり、ファイナンス理論、金融経済論、計量経済学、確率過程論、数理統計学、数理計画法、コンピュータサイエンス等多くの領域にまたがる学際的应用研究領域である。」「欧米では、金融工学は1973年にブラックとショールズが株式オプション理論を展開して以来、派生証券理論、ポートフォリオ理論・分析、アセット・アロケーション、アセット・ライアビリティ・マネジメント(ALM)、金融リスク管理論等を中心として急速に発展した。残念ながら日本の金融工学は、欧米に比べかなり遅れをとっている領域である。」

筆者の現在の専門分野はデータマイニングを中心としたデータ工学であるが、97年、98年をつうじて、IBMの金融リスク管理関連のプロジェクトに参画し、金融工学の一つの重要なテーマである「金融リスク管理」問題にデータ工学の専門家として触れてきた。本報告では、筆者が経験した「金融リスク管理」の一つである信用リスク定量化問題を中心として、情報処理技術、とくにデータマイニング、機械学習技術が、この分野においてどのように応用され、今後どのような貢献が期待されるかを簡単に解説する。金融工学分野においては、情報処理技術の貢献が期待される諸問題がまだ数多く存在し、今後もおおいに発展してゆく可能性が高い点を実感した。また、技術のみならず、制度上の問題点もいくつか存在している。もちろん金融工学と情報処理技術を達観して意見を述べることは、浅学であり、この分野での経験も少ない筆者の能力をはるかに超えているが、本報告では、できうるかぎり広い視点からの現状の分析、将来像、解決すべき問題点について触れている。尚、本報告は「人間主体の知的情報技術調査ワーキンググループ」の主旨に従い、本ワーキンググループの委員として筆者個人が信じることを述べたものであり、筆者の所属する組織の意見・見解を代表するものではありません。

3.1.2 データマイニング技術を利用したリスク管理事例

本節では、筆者が日本IBMにおいて97年より参加している「信用リスク定量化」に関するプロジェクトで実際にデータマイニング技術を応用した事例を中心に紹介する。このプロジェクトでは98年に「倒産確率算定システムIBMデフォルトメータ」という製品を発表している。また、実際にこの製品やプロジェクトでのノウハウはSIプロジェクトとして、各金融機関、各企業で応用されている。

3.1.2.1 信用リスク定量化問題への取り組み

近年、データベースから属性やデータ間に成り立つ法則(ルール)を発掘し、経営戦略を立案するうえで役に立つ法則をえる「データマイニング」と呼ばれる研究が盛んに行なわれ、その成果はあらゆる業界のデータ分析に応用されている。特に金融業界は、データ分析能力を、経営の死命を決することもある重要な技術として認識し、古くから多変量解析、シミュレーションなど様々なデータ分析技術を応用してきた。近年はデータマイニングも盛んに行われている。

管理したい、あるいは、分析したい金融リスクの一つに「信用リスク」と呼ばれるものがある。信用リスクとは「倒産」の危険性のことを示し、金融機関はいうまでもなく、あらゆる会社の財務部門や審査部門においては、取引先の倒産の危険性がどの程度あるのか知ることは、非常に重要かつ困難な課題である。

そんな課題に対する一つの取り組みとして、我々は、企業の財務データと債務の履行状況を含むデータベースから学習した決定木を利用し、企業の信用リスクを定量化するところを行なった。財務データのような数値中心のデータベースから知識をマイニングする場合、データ間の相関関係を考慮しなければならない。我々は決定木の判別ルールとして領域ルールを利用することで、この問題に対処した。

領域ルールは2次元、つまり2変量のデータ間に対する相関にしか対処していないが、ルールを視覚的に表現できデータ間の相関を理解しやすい。また、3変量以上を利用する従来の多変量解析の各手法に比べ計算時間が非常に短いといった利点がある。予測精度の面においても、実在する金融データによる実験で検証してみたところ、3変量以上を利用する線形およびロジット回帰モデルを使った多変量解析の手法や、ニューラルネットワークなどと比較して、ほぼ同等の結果を得ることができた。このような結果から、領域ルールを利用するデータマイニング手法は金融関連データのような数値属性中心のデータベースに対する分析手法として期待できる。

3.1.2.2 金融データにおける属性間の相関

金融業界で扱うデータの多くは財務諸表上の勘定科目などのような連続数値型データである。従って、金融業界で扱うデータベースには、属性の多くが連続数値型である、属性の数が多いと

いった特徴がある。多くの数値属性を持つデータベースでは数値間の相関関係を考慮する必要がある、金融データベースもその例外ではない。実際に、金融の分野では、そのデータ分析手法として、様々な多変量解析の手法が使われることが多い。それは、この分野で扱うデータ分析では、相関関係に対処する必要が強かったことを示している。

金融業界においても、データベースに潜む重要な法則を発見するデータマイニング技術に対する要求は高く、徐々に、データマイニングの応用事例も増え始めている。しかしながら、従来のデータマイニング技術では、多次元の数値データベースを扱う場合、数値間の相関関係にうまく対処できないといった問題があった。

例として、企業の財務データについて考える。企業の財務体質の善し悪しを測る、重要な比率の一つに、以下のように定義される“return on assets” (ROA) と呼ばれる比率がある。

$$ROA = \frac{\text{Operating Earnings}}{\text{Net Operating Assets}} \times 100\%$$

この比率の高い企業は財務体質上、良好な企業と判断される。この重要な比率は、企業の“Net Operating Assets”、および、“Operating Earnings” という二つの財務データ属性の比から求まるもので、この例からも財務分析には、複数の属性間の相関や比率などが欠かせないことがわかる。

今、図 3.1-1 に、上述の 2 つの財務データ属性と債務不履行を起こした企業、起こさなかった企業の関係を示す。図中の X 軸は“Net Operating Assets”を Y 軸が“Operating Earnings”を示し、この 2 次元平面上に債務不履行をおこさなかった企業を“o”として、債務不履行を起こした企業を“x”としてプロットした。

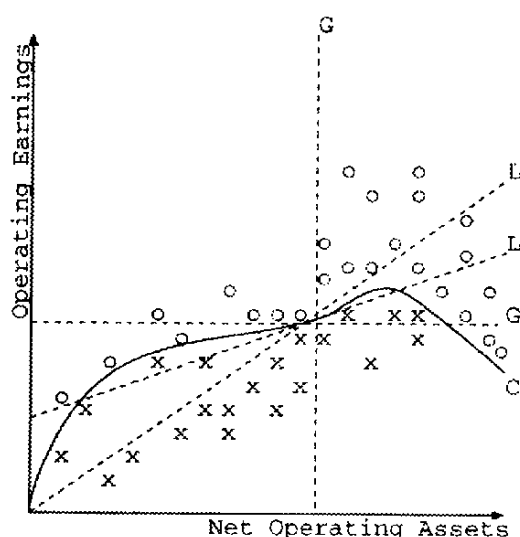


図 3.1-1 Rules for Correlated Data

債務不履行に関する分析を行ないたい場合、図中の○と×を、よりはっきりと分離する判別ルールがよいルールと考えられる。従来のデータマイニングシステムの多くは、ルールを求める際に、単一の数値データを使った図中のGで示されるような軸に平行な直線で表わされるような、ギロチンカットルールでデータを判別する。しかし、軸に平行な直線、あるいは長方形による判別では、図中の○と×をうまく分離することができない。

図中のLで示されるルールは線形相関を仮定した多変量解析の手法や、マルチバリエートテストと呼ばれる $\sum a_i A_i < c$ (ここで a_i ($i = 1, \dots, n$) および c は定数、 A_i はある属性 A_i の値を示す変数) のような式で表わされる線形ルールを利用できる一部のデータマイニングシステムで得られるものである。変数の相関関係が線形であった場合、これらの線形回帰的手法で充分よい判別ルールを得ることができる。しかし、実データに存在している相関のパターンにはあらゆる非線型の形が存在し、この手法で対処できるケースは限られている。

尚、上述の各企業のROAは、この平面上の原点と企業の点を結ぶ直線の傾きそのものである。この比率の重要性は広く認知され、かつ、いろいろな場面で利用されるため、企業情報のデータベースの一属性としてあらかじめ登録されているケースも多い。その場合、従来のギロチンカットでLに相当する判別性能を得ることも可能になるが、それはあらかじめ、重要な比率、つまり、ある注目する属性間の相関が、広く認知され、かつ、線形である場合に限られた場合であり、未知のルールを発見することに重点をおくデータマイニングへの要求を満たすことはない。

このデータに見られるように、企業の債務の履行状況の健全度は、“Net Operating Assets”、“Operating Earnings”の二つの属性の比率により、かなり、よく評価できるが、実際は、企業の“Net Operating Assets”の規模に応じて、その適切な比率は異なっている。つまり、図中のCのような、非線型の相関ルールを発見することが、財務分析上必要となっている。

3.1.2.3 領域ルールによる非線型相関の発見

データ間の相関に対処するための手法としては、線形回帰、ロジスティック回帰などの手法が使われることが多い。これらは、多変量にまたがる相関を、関数として表現できる反面、上述のように対応可能な相関の形式が限られている。また、カーネル密度関数などの非線型モデルはあらゆる相関に対処は可能ではあるが、多変量になった場合、関数で表わされたルールの意味を直感的に把握するのが難しくなってしまう。この場合、変数を絞りこめば、わかりやすいルールとなるが、多変量から2、3変量程度に絞り込む組み合わせは、膨大な数に登るため時間、空間両面のパフォーマンス面での問題も大きい。

我々の研究グループでは、数値データを使ったマイニング技術に焦点をおいた研究を進めておりその一つの成果として、2変量にまたがるルールとして、領域ルール的高速計算手法を開発している。そこで、判別ルールとして領域ルールを用いることで、2変量に対するあらゆる相関に対処した。この手法は、理解しやすく、かつ、高速に計算可能である。この手法自体は、2変量

以上の場合にも拡張可能であるが、その場合に増加する計算コスト、ルールの理解しやすさの問題、精度を維持するためのデータ量の確保が難しくなるなどの問題点を考慮し、現在は、2変量に限定して適用している。実際、実データを用いて実験してみたところ2変量でも、かなりよい成果が得られている。

2変量に対応する領域を考える場合、まず、2変量に対応する2次元平面を構成し、その平面を、ほぼデータ数が等しくなるよう各軸を離散化し、ピクセルグリッド化する。我々は、このように作られたグリッド上で最適なピクセルグリッド領域を計算する。しかし、任意の形の連続ピクセル領域の最適化はNP困難な問題として分類されるため、我々は領域の形にある程度の制約を持たせている。ただしその制約はあまり領域の表現力を損なうものではない。

企業の財務データでは属性の数が70以上にもおよぶ。これらの属性の中から領域を構成する平面を考える場合、約2500とおりに組み合わせが対象となる。どの平面が分析上重要であるかは、前もってわからないため、これらをすべて調べる必要がある。

以下の表は、自動生成したピクセルグリッドデータ上で、最適な x-monotone 領域（縦方向に連続）および rectilinear convex 領域（縦横方向に連続）を求めるのに要した計算時間（秒）を示す。実験は 66MHz の POWER2 チップと 256MB のメインメモリをもつ IBM RS/6000 ワークステーション上の AIX4.1 オペレーティングシステム環境上での実行時間を計測したものである。このように高速なアルゴリズムが開発されたために、多変量の財務データであっても、領域を利用したデータマイニングが可能となった。財務データに限らず金融関連のデータには多変量であるものが多いため、この手法は金融データ分析のあらゆる側面で応用することができる。

#pixel	X-monotone	Rectilinear
	time	time
10^2	0.05	0.07
20^2	0.22	0.64
30^2	0.50	2.30
40^2	0.83	5.41
50^2	1.60	11.0

3.1.2.4 財務データ分析の例

以下の表は 1992 年から 1996 年までの日本企業の財務内容を表わすデータベースである。このデータベースには“ID”（ID of a company），“Net Income / Sales,” “Equity Ratio” など 69 種類の数値属性と、その企業の債務の履行状況を示す“Default”という属性がある。債務履行状況の特徴づける判別ルールを求めるため、債務不履行を起こした“Default”属性値が“D”で示される 1036 件の企業データと、起こさなかった“N”で示される 1036 件の企業データを使い決定木を作成した。

ID	Net Income / Sales (%)	Equity Ratio (%)	...	Default
XXX	5.119	25.876	...	N
XXX	1.248	3.847	...	N
XXX	0.355	8.941	...	D
XXX	1.235	38.886	...	N
...	...	...	...	...
XXX	-0.096	4.111	...	D

図 3.1-2 はこのデータベースから発見された債務の履行状況を財務状態から判定するための最も重要な領域ルールを示す。69 個の数値属性からなる平面の取り方には 2300 通り以上の組み合わせがあるが、我々はこれらのすべての平面上で最適な領域を計算し、其中最適なものを探し出した。我々の利用する高速な領域算出アルゴリズムは、このような多次元データベースに対しても十分適応可能であった。図の領域は横軸を“EBIT / Sales”縦軸を“Equity Ratio”とし、全企業の集合“S”領域内の集合“S₁”と領域外の集合“S₂”とに以下のように分割している。

	No. of companies	No. of default	No. of non-default
S: All data	2072	1036	1036
S ₁ : Inside	969	797	172
S ₂ : Outside	1103	239	864

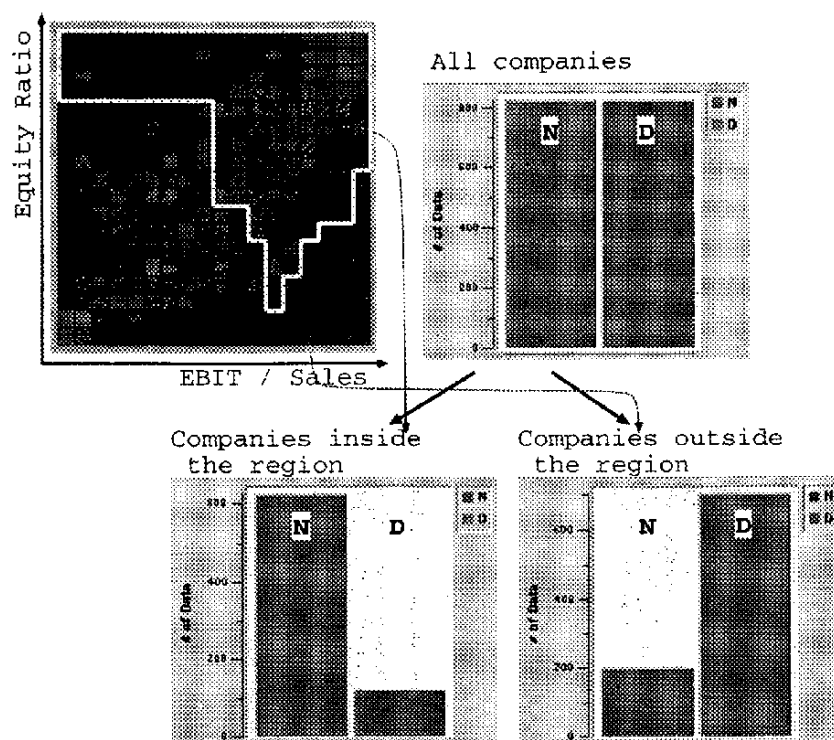


図 3.1-2 Rules for Analyzing Credit Risk

このような領域ルールをつかって企業の分類を繰り返し、図 3.1-3 のような決定木を作成した。図中の四角のノードは決定木の終端ノードであることを示し、終端ノードに属する企業のグループでは“N”と“D”の比率が十分に偏っている。このような決定木を使って、企業の財務内容から信用リスクを判定することが可能となる。実際のシステムでは、景気の状態なども加味し、個々の企業の財務内容から見た倒産確率は何%であるかを出力するが、その信用リスク定量化の具体的な手法についての詳述は本報告では省略する。

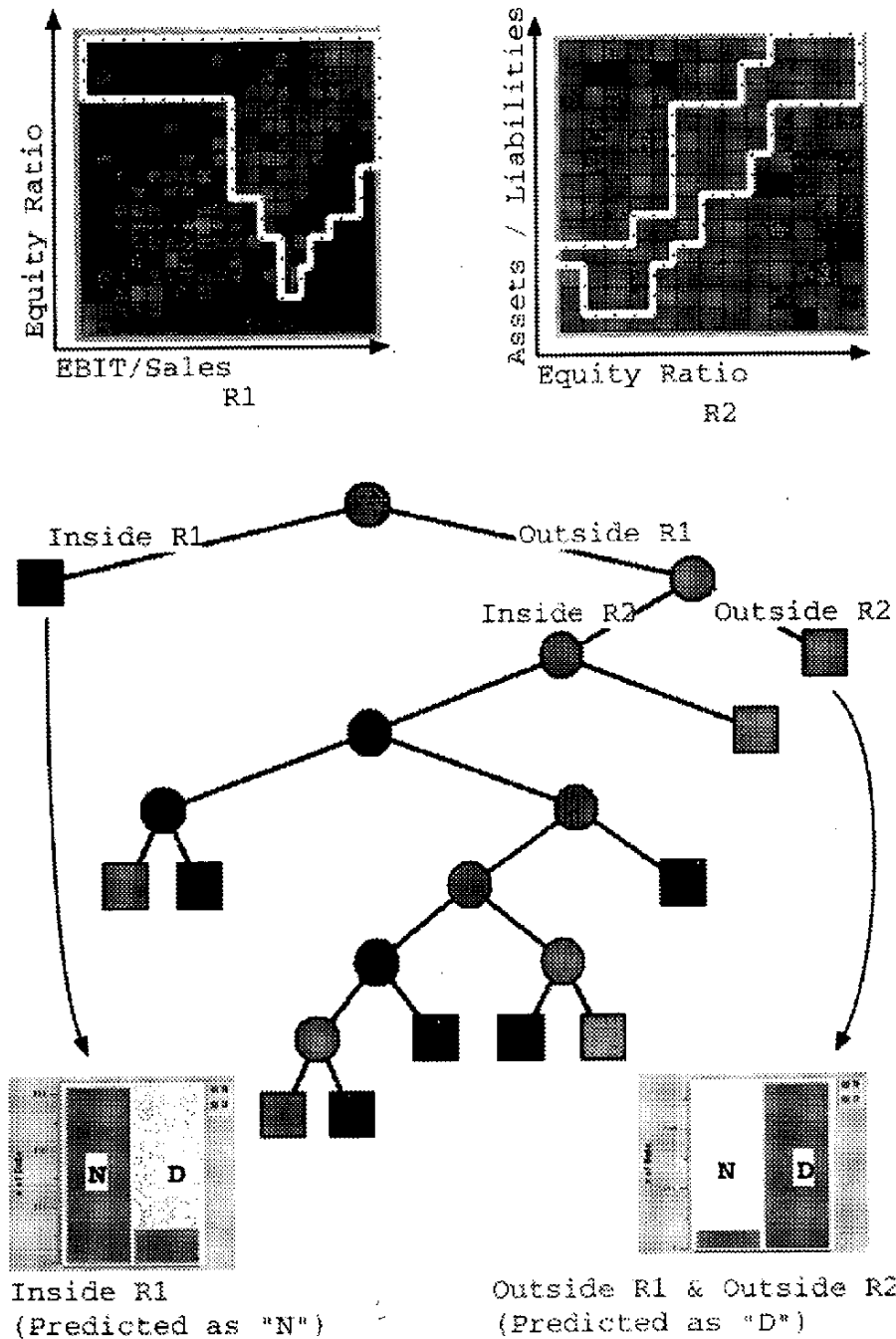


図 3.1-3 Decision Tree for Analyzing Credit Risk

3.1.2.5 市場データ分析の例

債務不履行を起こすか、起こさないかといった、範疇型の目的属性の判別ルール以外にも、金利、株価の変動などを目的属性としたルールに対する要求も高い。この場合、後述の市場リスク、スプレッドリスクに関連した問題への応用にもつながる。

以下の表は金、国債、各国通過の対ドルの相場値と、そのときの SP500 の値をデータベース化したものである。データベースは NY 市場における、1985 年最終週から 1993 年最初の週までの毎月曜における “BPS” (British poundsterling, i.e., US\$/pound), “GDM” (deutschmark, i.e., US\$/mark), “YEN” (Japanese yen, i.e., US\$/yen), “TB3M” (3-month Treasury bill yields), “TB30Y” (30-years Treasury bill yields), “GOLD” (US\$/ounce) の各相場値と、“SP500” (Standard and Poors index) のインデックス値を記録した 384 件のデータからなる。このデータベースから “SP500” インデックス値に影響を与える重要なルールを見つける。

BPS	GDM	YEN	TB3M	...	GOLD	SP500
1.443	.4074	.00498	7.02	...	326.00	210.88
1.446	.4080	.00495	7.04	...	339.45	205.96
1.437	.4048	.00494	7.13	...	357.25	208.43
1.404	.4087	.00498	7.17	...	355.25	206.43
...	...	...	...	...	...	...
1.568	.6338	.00907	2.91	...	357.50	442.31

図 3.1-4 は、このデータベースから発見された “SP500” の値に影響を及ぼす最も重要な領域ルールを示す。図の領域は横軸を “GDM” 縦軸を “GOLD” とし、全データ集合 “S” を領域内の集合 “S₁” と領域外の集合 “S₂” とに以下のように分割している。

	No. of data	SP500 mean	SP500 variance
All Data S	384	324	4431
Inside Region S ₁	157	391	1118
Outside Region S ₂	227	278	1489

このような領域ルールをつかって市場データの分類を繰り返し、図 3.1-5 のようなリグレーション木を作成した。決定木同様、図中の四角のノードはリグレーション木の終端ノードを示し、終端ノードに属するデータ集合では “SP500” の値の分散がかなり小さく、市場の状況に基づく “SP500” の値を予測することが可能となる。

例にあげた両データともに、実際に線形ではない形の領域ルールが最適なルールとして算出されている点が興味深い。

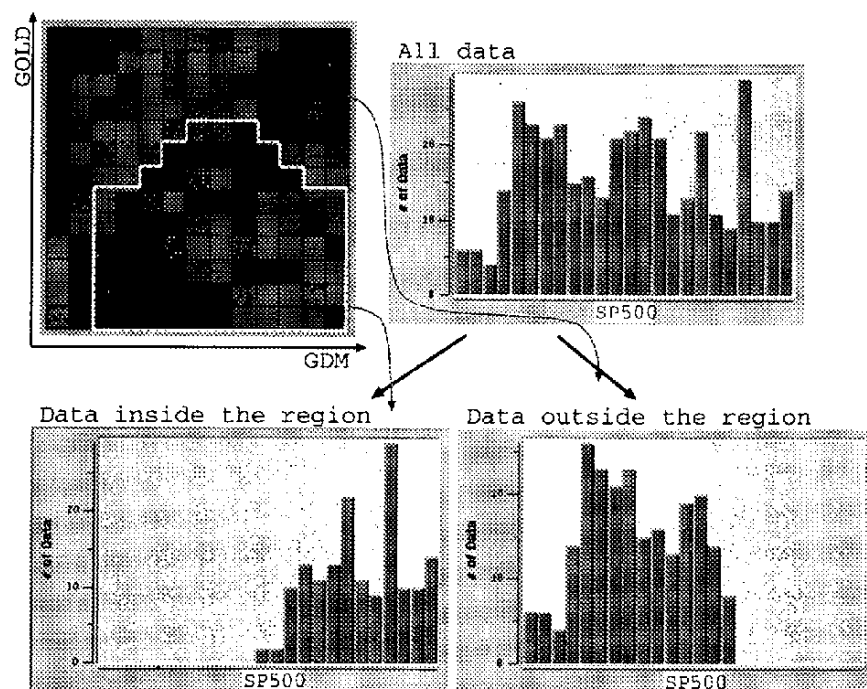


図 3.1-4 Rules for Analyzing the Market

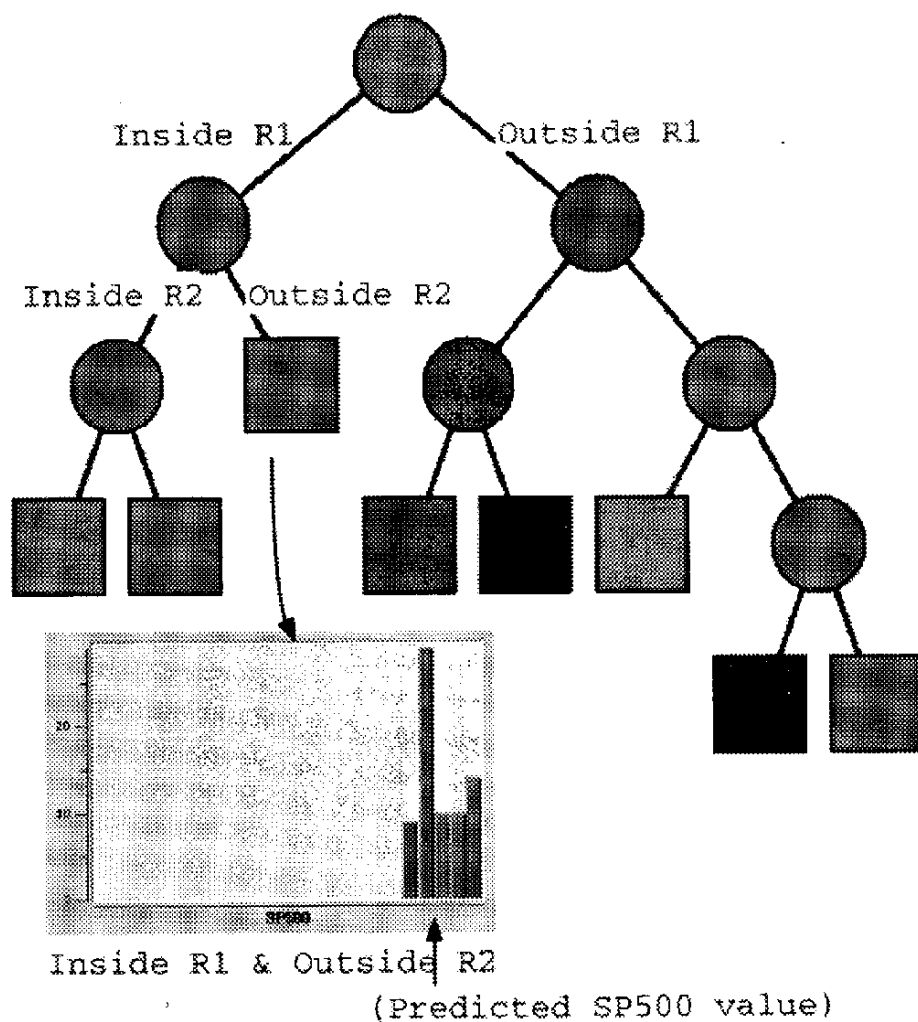
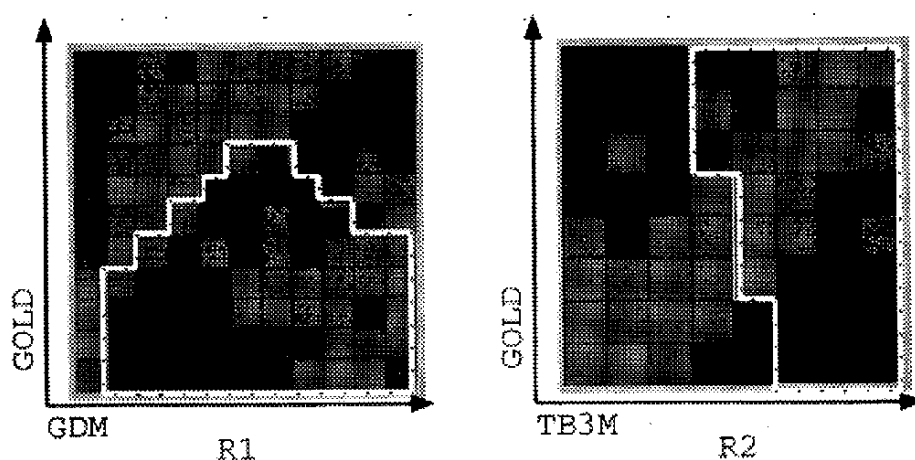
3.1.3 金融リスク管理とITビジネスの展望

将来の経済事象を考える時、それらのすべてにはなんらかの不確実性が存在している。例えば、現在保有している証券や貨幣などの金融資産は、市場における価格変動や、為替の変動にともない、その将来における価値を変えていくという不確実性をおびている。そうした不確実性を把握し、管理していく手法として、さまざまな金融リスク管理理論が提唱されている。

金融リスクは大別すると、信用リスクと市場リスクに分けられる。信用リスクは、前述のとおり、取引相手が義務をはたさないことから生じるリスクである。市場リスクは、売買に伴う価格リスク、市場金利の変動に伴う金利リスク、外国為替相場の為替変動に伴う為替リスクなどを総称したものである。金融リスク管理はこうしたリスクを正確に定量化し、自分のもつ資産、債務、偶発債務、デリバティブ取引の定量化されたリスクに応じて、適切な対策を考えることを目的としている。

3.1.3.1 信用リスク

信用リスク管理のためには、まず、取引相手の債務あるいは契約義務不履行の確率の正確な定量化、さらには、取引相手の被る市場リスクの定量化が不可欠である。そうした信用リスク定量化のためには取引相手の財務状態を把握し、それを正確に分析する技術が必要となる。



☒ 3.1-5 Regression Tree for Analyzing the Market

制度の面から見た場合、各企業は事業年度ごとに「貸借対照表」「損益計算書」などの財務諸表を商法・証券取引法などに従った様式で作成しなければならない。こうした情報は、投資家や、取引先に正しい情報を与える上で非常に重要な物である。ところが、現行の会計原則では、原資産（債権、株式、通貨、商品）に関する取引はオンバランス取引として貸借対照表に記載される一方、デリバティブ取引はオフバランス取引とよばれ、取引発生時に簿記による取引記載義務がない。デリバティブ以外にも、契約債務、偶発債務などのオフバランス取引が存在し、こうした情報の正確な把握なしには、正確な信用リスクの定量化は難しいと思われる。

一方、技術面から見た場合、我々はデータマイニング技術を駆使し、決定木を利用した判別を行なうというアプローチをとったが、他にも、カーネル密度関数などの多変量判別分析、ニューラルネットワーク、ジェネティックアルゴリズムなどを利用したアプローチも有効であると思われる。しかしながら、信用リスクに影響をおよぼす要因としてはバランスシート上のデータのみならず、為替などのマクロ要因もあり、実際はそれらが複雑に関連している。そうした、複雑な状況を正確に分析するには、さらなる研究が必要である。

3.1.3.2 市場リスク

市場リスク管理のためには、さまざまな金融資産やデリバティブについての、現在における正確な理論価値、および、将来における価値変動の予測が必要となる。

近年では、原資産のみならず、資産から派生した金融派生商品であるデリバティブの取引が盛んに行なわれている。後藤著「デリバティブ時価会計入門」中の資料によると、96年3月末現在で日本のデリバティブ取引の想定元本の規模は大手銀行分だけで1235兆円に達し、国民総生産の2.5倍、東京証券取引所株式時価総額の3.5倍となっている。同著に掲載されているBIS（国際決済銀行）95年12月発表の資料では、デリバティブ想定元本は世界合計で57兆ドル（うち日本の合計13兆ドル）、デリバティブ一日取引高は世界合計で1兆9730億ドル（うち日本合計5893億ドル）となっている（いずれも95年3月末のデータ）。

デリバティブには先物、スワップ、オプションがある。先物は「ある金融資産を、将来のある時点で決済する条件で、その価格と数量を現時点で約定する」取引で、小麦、大豆など商品を対象としたもの（商品先物）と、通貨、株式、株価指数など金融資産を対象としたもの（金融先物）がある。スワップは「取引の当事者双方が、それぞれ相手のもつ債務の履行義務を負う」交換取引のことをいう。たとえば、ある通貨の債務を別のある通貨の債務と交換する通貨スワップ、固定金利と変動金利などの金利の支払債務だけを交換する金利スワップなどがある。オプションはある期日（ヨーロピアン）または、ある期間内（アメリカン）に、あらかじめ決められた価格で金融資産を買う権利（コール）または、売る権利（プット）の取引ことをいう。

これらの取引は、本来は原資産のもつ市場リスクの回避手段として利用される。例えば、ある金融資産を将来に売る予定があるとする。売る時点での価格は市場リスクをもち、その価値は（と

きには大きく)変動する。このようなケースでわずかな額のプットオプションの権利金(オプションプレミアム)を支払って、将来、ある価格で売る権利を購入しておけば、その決められた価格以上で、資産を売ることができ、価値下落のリスクを回避できる。また、現在の時点で先物取引の約定を交わしておくという手段も考えられる。他方、こうしたデリバティブを利ざやをかせぐ手段としている投機家、投機家集団もいる。このような投機家は市場を活性化させる一方で、近年はそのような投機家の市場での行動を問題視する意見も多い。

市場リスク管理の必要性からデリバティブの理論価値・時価評価の手法が研究されている。とくにオプション価値の定量化理論は高度な数学知識を必要とする。理論面での研究以外でも、こうした時価評価には大規模な計算機シミュレーションが必要となるため、この分野の技術の発展も多いに期待されている。

3.1.3.3 リスク管理体制

リスク管理技術は理論面やシステム面でこれまでおおいなる発展をしているが、ノーベル経済学賞受賞者など金融界のそうそうたるメンバーを擁するLTCMが破綻の危機に瀕したように、リスク管理はまだ充分ではなく、より複雑な経済事象を広く、深く、正確に把握し、適切に対処していく形で発展していかなければならないと思われる。それとともに、より正確な情報開示と、金融システム安定化のための必要な規制の整備がともなわなければならないと感じる。

デリバティブの発展と、市場のグローバル化にともない、ひとつの企業、銀行、ファンドなどのリスク管理の不備は、世界的な金融危機(システムリスクの危機)をもたらす可能性をもつ。そのため金融リスクの管理は世界的な重要事項となっている。こうしたリスク管理体制には国際的銀行システムの健全化・安定化のためBIS規制や、G30というグループがまとめたデリバティブ取引のリスク管理への提言などがある。しかしながら、市場のグローバル化がすすんでいる今日では、制度としてのリスク管理体制は、日本に限らず、充分で有効であるとはいえない。

現在のところ、裕福で少数の限定された顧客の資産を運用するヘッジファンドは、金融当局の規制をあまりうけていない。この問題点は昨今のヘッジファンド危機のニュースとともに話題にのぼっている。

3.1.4 むすび:「虎穴に入らずんば虎子を得ず」

金融ビックバンにともなって、個人レベルの資産運用においてもブルベア型投資信託など数多くのハイリスク金融商品がおおく出回るようになってきた。こうしたリスク商品では、もちろん元本は保証されず、運用にともなうリスクはあくまで自己責任である。自己責任である以上は個人レベルで、そのリスクをきちんと把握しておく必要がある。しかしながら、個人レベルで運用

先のリスクを分析し、納得の上で投資をおこなうために必要な情報が現状では少ないと思われる。

現在、株式上場企業に開示が義務づけられている財務諸表でさえ、実際には粉飾されていたものもいくつか散見されていたように、数少ないリスクを定量化するのに必要な情報もあまり信頼できる物とはいいきれない。実際に我々の開発したデフォルトメータで予測できなかった倒産事例の中には、後日、粉飾決算が発覚したようなケースも存在したとのことである。投資家に対する正確な情報開示の制度の整備・確立が強く望まれる。

今後、リスク商品に投資する一般投資家は増加し、その市場規模も大きくなることが、予測されるが、一般投資家の多くは、金融の専門知識をもたない。そうした一般投資家のニーズに合わせて、開示されている分析可能なデータを分析するためのソフトウェア、投資コンサルティングビジネス、わかりやすい投資関連の情報誌などの関連ビジネスも成長して行くと思われる。情報開示の基盤作り、適切な一般投資家保護のための規制づくりなどでは関連当局のイニシアティブを期待する。

<参考文献>

- 森棟公夫，刈屋武昭編：「ジャフィージャナル1998：リスク管理と金融・証券投資戦略」，東洋経済新報社，1998。
- 森平爽一郎：「倒産確率の推定と信用リスク管理：展望」，In 森棟，刈屋編ジャフィージャナル1998，pp.3-35，東洋経済新報社，1998。
- 呉文二，島村高嘉：「金融読本」（第22版），東洋経済新報社，1998。
- 後藤公彦：「デリバティブ時価会計入門－投資決定とリスク管理」，日科技連，1997。
- 二宮祥一，田島玲，水田秀行：「金融リスク管理におけるIT最前線」，情報処理，vol.39，no.8，1998。
- Fukuda, T., Morimoto, Y., Morishita, S., and Tokuyama, T.: "Data Mining Using Two-Dimensional Optimized Association Rules: Scheme, Algorithms, and Visualization," In *Proceedings of the ACM SIGMOD Conference on Management of Data*, pp.13-23, 1996.
- Fukuda, T., Morimoto, Y., Morishita, S., and Tokuyama, T.: "Mining Optimized Association Rules for Numeric Attributes," In *Proceedings of the Fifteenth ACM SIGACT-SIGMOD-SIGART Symposium on Principles of Database Systems*, pp.182-191, 1996.
- Morimoto, Y., Fukuda, T., Morishita, S., and Tokuyama, T.: "Implementation and Evaluation of Decision Trees with Range and Region Splitting," *Constraint* 2(3/4): pp.401-427, 1997.
- Morimoto, Y., Ishii, H., and Morishita, S.: "Efficient Construction of Regression Trees with Range and Region Splitting," In *Proceedings of the 23rd VLDB Conference*, pp.166-175, 1997.

3.2 音声処理応用システム・音声インタフェース

3.2.1 音声処理技術の応用領域

この 1、2 年の間にパソコン搭載の音声認識ソフトの発売、カーナビや携帯電話に音声認識機能が搭載されるなど音声インタフェースが民生品として広がりを見せており、世間的にも注目を集めている。これはおよそ、この 30 年間にすぎ込まれた研究開発努力が実用品としてようやく実りつつあるということでもある。音声インタフェースは、システムの構成要素としては多くの場合マンマシンインタフェースの一部でしかないが、その技術要素は人間のもつ音声言語生成・知覚・認識理解と不可分であり、音声メディアのもつ内容をマンマシン間で交換する知的機能である。したがって、この意味では音声インタフェースという呼称は必ずしも適当ではないが、ここでは慣例的に使用する。

本章では、音声処理応用システムとしての音声インタフェースを取り上げ、1)その代表的な応用用途、2)応用面から見た技術展開の方向・技術課題、3)技術や応用システムを進展させるためのインフラ整備や標準化の問題点、について日米欧などの研究開発動向を踏まえて述べる。

音声情報処理技術には、音声符号化、音声加工、音声合成、音声認識、話者認識、音声対話処理などの分野が含まれる。これらの要素技術を内包する応用システムのうち、現在、もっとも市場が大きいのは携帯電話などに用いられている音声符号化技術である。また、音声加工（たとえば話速変換、話者のマスク化など）や音声合成技術も比較的単純な方式でも応用が可能であることから実用化が進んでいる。これに比べると、認識機能を伴う音声認識理解システムは誤りの少ないロバストなシステムの構築が難しく、実用的な応用は少なかった。とくに計算機の大容量化と高速処理が進むと生データを活かした抽象度の低い処理が採用されることが多くなり、高度な抽象化が必要な音声合成方式（音声規則合成）や音声認識は敬遠される傾向にある。たとえば、録音した文章例を符号化して大量に蓄積でき且つ高速な検索が可能であれば、規則合成音声を利用しなくてもかなりの範囲の音声出力機能をカバーできる。しかし、一方では、現代社会においては膨大なデータが何らかの文書的な形式で蓄積されており、また知識が言語的メディアを用いて表現されることが多い。これらの事実を考慮すると、有用なデータや知識を効率よく利用するためには規則合成技術や認識技術も必要不可欠な重要要素技術となる。ここでは、こうした抽象化度の高い音声認識機能を核とした音声インタフェースに焦点を当てる。

3.2.2 代表的な音声インタフェース応用システム

音声インタフェースを普及する原動力の 1 つが現在、急速に普及しつつある携帯性と移動性である。具体的には、インターネット、CTI(Computer-Telephony Integration)、高度交通情報シ

システムなどに代表されるシステムに組み込まれていくと予測される。また、音声インタフェースには他のモダリティと比較して、入力と並行して手足の自由を確保できる点、数百を超える多項目からの選択も可能であることなどの利点がある。しかし、一方では、安定でロバストな動作が難しいこと、機械側の状態がユーザに見え難く何が認識できるかなどの点でユーザが戸惑うこと、などユーザインタフェースとしての問題点がある。これらの問題も使用の蓄積によって徐々に解決されていくであろう。

音声インタフェースの具体的な用途としては、次のようなものが考えられる。すなわち、携帯電話・携帯端末、カーナビ、音声ワープロ（ディクテーション）、放送音声字幕化、情報検索・要約、音声案内・予約、コンサルテーション、ゲーム・教育システム、自動通訳、老人・障害者支援、セキュリティなどであり、その一部は既に実用化されている。これらをより基本的な機能システムとして捉えたと、下記のようなシステムとなる。以下に現状を概説する。

(1) 音声コマンド

音声応用システムとしては最も早くからある形態であり、物流制御などの産業用、音声ダイヤルなどの民生用に使用されてきた。今後も携帯端末・ネットワーク端末、家電製品など広い用途が期待される。基本形は、単語を単独で発声した音声、ないしは簡単な構文をもつ単語連鎖からなる音声である。語彙は、個々の用途に依存するので、数十語～数千語のシステムが存在する。しかし、ユーザインタフェースを向上させるには、さまざまな環境ノイズ、老人、子供など広範囲なユーザ、繋ぎ語や非音声的発話などに対処できる技術が要求され、必ずしも簡単ではない。多くの企業において製品開発が行われている。製品は、LSI チップ、ボード、PC 搭載ソフトなどの形で多数発売されている。

(2) 大語彙ディクテーション、音声ワープロ、放送音声字幕化

音声の文書化技術であり、現在、数万語の語彙を持つシステムが製品化され、(IBM、NEC などから) 発売されている。概ね単語(形態素)を単位としてスコアリングした認識率で、良質の発話音声について 90%前後の性能を示す。ディクテーションは、いうまでもなく文書(たとえば日本語のテキスト)としての正確さが必要とされるので、音声を音声記号へ変換する技術とは異なる。米国の IBM やドラゴンシステムズで早くから研究開発が行われていたが、DARPA が 1992 年頃から経済紙ウォールストリートジャーナルを対象にディクテーションのプロジェクトを実施し、参加機関の競争を促し、技術開発が急速に進んだ[1]。ディクテーションシステムの開発には、大量のテキスト言語データを統計処理する必要があり、日本ではこの部分の整備が遅れたため研究開発の遅れに繋がった。日本でも、1997 年度より大学・国立研究機関などが主体となり、2 万語規模の語彙をもつディクテーションのプロジェクトが IPA (情報処理振興事業協会) の下で実施されている[2]。その成果は一般に公開されている。最近では、放送音声を対象としたディクテーションのプロ

ジェクトが米国[3]、日本などで実施されている。

(3) 音声要約・検索

用途としては期待されるが、現在のところ、研究レベルの段階である。キーワードスポッティング技術と自然言語処理との結合により、音声メディアで記録されているデータの要約や検索が可能になると期待される。必ずしも音声認識を伴わなくても、音声自体の縮約処理ができれば、ユーザがその縮約された音声をチェックすることで、要約・検索を効率的に行うことができ、こうした観点からの音声信号処理技術も提案されている。

(4) 音声対話システム

ごく単純には、コマンド入力システムも音声対話システムと見ることもできるが、これらは、入力音声は単語発声ないしは非常に制約のきつい文であり、発話は前後の文脈と独立、ないしは、システム内部がもつ木構造で表わされた選択肢を選ぶという形式で対話が制御されていて、対話性の低いものであった。1980年代終盤から始まった音声対話システムは、発話者にある程度の言い回しの自由度を認めていて、また、その言語的意味構造の抽出に重点をおいており、オートマトンなどで対話が制御されている。具体的に扱われているタスクには、地理案内、フライト情報サービス・予約、内線電話案内、国際会議支援などがある。これらのタスクに含まれる語彙規模は、数百～3000語程度である。ユーザ（話者）がこれらの語彙を使用してできる会話は、文法的にも制限されているし、おおむね1文に相当する発話ごとにシステムが受け付けて、応答してくる。システムの多くは、音声入力に対して音声応答や文字、画像表示などで応答する。フライト情報サービスをタスクとする音声対話プロジェクト（ATIS: Air Travel Information Service）がDARPAの下で1990～1995頃に実施された[1]。その後、MITなどではこれを発展させた実用に近いシステムを発表している。国内でも内線電話取り次ぎなどのタスクを扱う実用システムが発売されている。ただし、いずれも広範囲に利用されているとは言い難い。

(5) 自動通訳システム

日本では外国語によるコミュニケーションを苦手とする人が多いので、自動通訳システムへの期待は高いものがある。むろん、音声認識、自動翻訳、音声合成というどの1つをとっても困難な技術を結合したもので、しかも実時間処理が必要となるので、現状では研究開発段階である。タスクはかなり限定されたものである。国内では、ATRにおいて自動通訳（音声翻訳）のプロジェクトが1987年より開始され、国際会議参加・ホテル予約をタスクとしており、最近のシステムの語彙は約7000語程度である[4]。また、EUでもVerbmobilと呼ぶ多言語間音声翻訳プロジェクトが実施されている[5]。

3.2.3 応用面からみた技術展開の方向

今後の社会情勢を考えると、音声インタフェースが組込まれた情報機器の将来形態としては次のような方向が重要要素となろう。

- a) パーソナル性
- b) 携帯性
- c) グローバル性
- d) 公共性
- e) 弱者・老人・障害者支援

パーソナル化には個人あるいは家庭内で使用される PC、あるいは家電、自動車、携帯端末などへ組み込みが考えられ、機能としては個人へのカスタマイズ（個人への適応、音声による感情・感性情報処理、個人認証）や耐環境性能向上（ソフト的かつハード的頑健性）などが必要な技術となる。個人への適応技術では統計的な手法が有効性を発揮しているが、これはとりもなおさず、適応のために大量の学習データが必要ということであり、効率的な方式が望まれる。

携帯化は、いわゆるウェアラブルコンピュータの概念に通じるものであるが、音声インタフェースはこのような状況ではもっとも有力なマンマシンインタフェースとして期待される。現在、既に携帯電話器に音声認識機能が搭載されているように、ハード的には小型携帯化も可能である。ただし、ウェアラブルという概念を実現するにはマイクロホンやスピーカを含むハードウェアや音響的信号処理がかなり難しくなる。（電話器は音声入出力に関してはその形態からこの問題を回避できている。）

グローバル化の方向性には、インターネットの普及により多言語、他人種（方言）などへの対応、また、蓄積されているデータベースへの音声でアクセスにする検索や要約、逆に入力された音声の要約蓄積などが考えられる。多言語や方言への適応においても、現時点では、統計的な手法のため大量の生データの収集が必要である。この結果、（高性能な）システム構築は事実上、先進国において多数を占める民族の言語に限られている。

公共性には、駅構内や劇場での券売機、病院や公的施設における補助装置、その他にも各種の情報案内や予約システムなどが考えられる。基本的に、特定の人へのチューニングはできず、また高い耐環境性能がハード的にもソフト的にも要求される。たとえば、システムに不慣れな人々を想定して未知語や非音声、非文法的発話への対処が重要となるし、ハード的にも壊れにくい装置である必要がある。

老人・障害者支援という用途は必要性からくる要求度は高いが、これまでのデジタル補聴器や食道発声補助装置などの開発に関与した筆者の経験からすると、難しい問題を多く含んでいる。安定な動作、連続的な変化、違和感のない操作性が望まれるので、時間遅れや非連続性のあるデジタル処理はなじまない部分がある。しかし、現時点では、データの収集解析もほとんど進ん

でないなので、まずは実際のデータを収集するところから始めるべきであろう。

以上をまとめると、およそ重要な技術課題は、(ノイズ、話者、発声などに対する) ロバストなシステムの構築、多言語処理や環境変化に対して大量の適応実サンプルを必要としない認識方式の開発、熟成されたヒューマンインタフェース、などであろう。もちろん、これらはプログラミング技術、ハードウェア性能、センサや無線通信など周辺技術の進歩にも大きく依存している。

3.2.4 技術開発を促進するには

技術開発を促進する最大の要因は一般的にはニーズの高まりであり、これによって資金、人などの資源が集中投入されることによる進歩が大きいであろう。ここでは、こうした一般論よりはむしろシーズ側からみた技術開発の促進について述べる。

(1) 研究開発プロジェクト

米国などでも音声インタフェースは必ずしも世の中のメジャーになるような利用のされ方はしていない。しかし、いわゆるベンチャー的企業は相当数あり、また IBM、AT&T、TI、マイクロソフト、アップルコンピュータなどの企業も開発に積極的である。音声認識応用システムの普及や関連技術のレベルは日本に比べ数年先を行っている。これは、必ずしも基本技術レベルに大差があるというわけではなく、むしろ音声・言語データの整備とこれらに基づいて性能評価を行った(つぶしの効いた)ソフトウェア蓄積の違いによるところが大きい。そしてこのような状況が生まれる原動力の1つが3.2.2節でも挙げた DARPA (Defense, Advanced Research Projects Agency) の下で行われた音声言語プロジェクト(1987~1994)であった。国の予算で先導されるプロジェクトが全体的な技術レベルの向上に貢献した例といえよう。

このプロジェクトには AT&T、TI、SRI、BBN、MIT、CMU、NIST など産学官が参加し、共通データベースの構築、性能評価法の確立、ソフトウェア流通などのベースを固めつつ、毎年ワークショップを開催し相互が競争的に性能比較を行った。(ワークショップには、IBM など参加している。) このプロジェクトが採用した方式は、ロジスティックスを重視する米国的な戦略の特徴をしめすもので、大量の音声・言語データベースとそれらのハンドリングが重要な役割を果たす音声認識システム研究開発にとっては強力なものであった。(もちろんこの方式にも批判はあり、評価は一長一短である。また音声情報処理研究の一部を扱っているに過ぎないともいえる。) ほぼ同時期に EU(EC)においても ESPRIT (I, II, III) プロジェクトの中で音声言語処理プロジェクトが実施された。

日本では 1987 年からの ATR プロジェクトなどがあるが、多数の企業、大学、研究機関などが共同の研究体制をとることはなかった。したがって、共通のデータベースの整備、評価法の確

立などが遅れ、研究開発の共通基盤が弱かった。電子協、JIPDEC、音響学会、情報処理学会などの下を利用したボランティア的活動はあったが、予算措置は殆ど無かった。このため新規手法の提案はあっても、その評価が定まらず、汎用ツールに発展するというような蓄積に欠けた。最近になって、こうした遅れを取り戻そうとするディクテーション関連のプロジェクトが IPA の下で実施されている[3]。ここでは、開発したソフトウェアを公開するという立場であり、国内の音声認識技術レベルの全体的な向上を目指している。音声処理は言語依存の部分がかかなり大きいので、その面では日本語音声を扱っているこのプロジェクトでも研究開発要素やノウハウの蓄積は大きいですが、基本的指針は上記の DARPA プロジェクトの後塵を拝している。

国の予算などを使用するプロジェクトを進めるに当たっては、開発ソフトウェアやデータベース、ノウハウをオープンにし、参加機関はもちろん、外部機関もこれを使用できるような体制をとることが望ましい。特にソフトウェアについてはこの点が重要である。

(2) 研究基盤整備

繰り返しになるが、音声認識システムは、標準パターンや文法知識などを知識ベースとして組込んでいて、これら进行处理するモジュールを幾つか組み合わせた構成になるので、単純なシステムとは言えない。高性能化を達成しようとする、研究開発には相当な資源（資金・人）を必要とする。したがって、研究の基盤となるデータベースや知識ベース、ソフトウェアツールが整備され、容易に入手可能であることが、多くの研究開発機関やベンチャー企業などが音声インタフェース研究に参入するための基本的要件である。

音声言語データベースを有料配布する機関として、米国には LDC(Linguistic Data Consortium)という組織があり、また EU には ELRA(European Language Resources Association)がある。日本にもこうした組織を作ろうとする動きはあるものの現在のところは実体のあるところまでは行っていない。また、新聞や放送関係が所有する著作物・音声データ等に関して、公開利用することにきわめて防御的であり、問題を一層困難にしている。国内にも、ATR や RWCP（新情報処理開発機構）などが刊行したものや先に述べたようなボランティア活動的な作業に依存したデータベースはあるが[6]、誰でもが入手可能なデータベースが相対的に少ない。

上記の組織やアジア・豪州などのメンバーを中心に、データベースや性能評価法の標準化に関する国際的な研究会(COCOSDA)も組織されている。ただし、この活動は毎年国際会議に付随してワークショップが開催されているが、現在のところあまり実効性はない。標準化の問題は、むしろマイクロソフト社の SAPI(Speech Application Interface)に代表されるデファクトスタンダードに対する日本（の企業など）の対応にある。日本側が日本語音声言語対応 API をどの程度主張できるかも今後の課題である。

3.2.5 あとがき

4 年ほど前（1995 年）に、音声研究者の間でなぜ音声認識応用システムが一般に普及しないのかという議論をメーリングリストならびに研究会で行ったことがある[7]。このときの議論で多くを占めた意見を列挙すると、認識性能が低い（技術的に）、発話がきつく制限されている、ロバストネスが不足、システムの透明性が低い、ヒューマンインタフェースが未熟、工夫が足りない、などであった。

当時と比べて、基本性能の向上、チップ性能の向上などによりカーナビ、携帯電話器などの民生用製品への装着も出てきた。また、PC 搭載ソフトも認識誤りがさして重要でない用途への応用に使用され始めている。しかし、上記の問題は大幅に改善されたわけではなく、応用装置自体も音声メインのインタフェースとなっているわけではない。需要的にみれば、おそらくゲームなどいわゆるエンターテインメントシステムに用いられたりする部分も大きいかもしれない。しかし、3.2.2 節では敢えてこうした応用には触れなかった。爆発的な需要は、予測できないところから生まれることも多いので、本章ではある程度、論理的に予測できる話に絞った。

<参考文献>

- [1] Proceedings Speech and Natural Language Workshop, Morgan Kaufman Publishers(1989~ 93).および Human Language Technology, Morgan Kaufman Publishers(93, 94).
- [2] 河原達也他：「日本語ディクテーション基本ソフトウェア（97 年度版）」、日本音響学会誌 55 巻 3 号、pp.175-180(1999-3).
- [3] Proc. DARPA broadcast news transcription and understanding workshop,
<http://www.nist.gov/speech/proc/darpa98/index>
- [4] Y. Yamazaki, "Toward cross-language global communications-challenging research for spontaneous speech translation," Proceedings of Telecom 95 Forum, pp.3-7 (1995).
- [5] T. Bub, W. Wahlster, A. Waibel, "VerbMobil: The combination of deep and shallow processing for spontaneous speech translation," Proc. ICASSP97, pp.71-74 (Apr. 1997).
- [6] 人文学と情報処理 No.12 「音声データベース」、勉誠社（1996-12）。
- [7] 嵯峨山茂樹：「音声認識技術実用への課題」、情報処理36巻11号、pp.27-33(1995-11).

☆技術動向、製品化動向など：

B 1) 「音声の知的処理に関する調査研究」、日本情報処理開発協会刊（92 年 3 月、93 年 3 月）。

B 2) 「OA 機器の標準化に関する調査研究報告」、日本電子工業振興協会（92 年～98 年）。

☆学会、研究会等の論文誌、学術誌など：

日本音響学会誌。電子情報通信学会論文誌 A、DII 分冊

3. 研究開発の新しい展開と社会へのインパクト

IEEE Trans. Speech and Audio Processing, および Signal Processing Magazine.

電子情報通信学会音声研究会および情報処理学会音声言語情報処理研究会など。

Proceedings of ICASSP (毎年)、Proceedings of ICSLP- 90, 92, 94, 96, 98.

Proceedings of EUROSPEECH- 89, 91, 93, 95, 97

3.3 高機能ユーザインタフェースにおける予測技術の進展と課題

情報処理技術のさらなる高度化を追求していくにしたい、ありとあらゆる情報処理技術の根幹に、因果関係/依存関係という壁が立ちはだかっていることをより強く実感することができる。

例えば、一般的なプログラムを考えてみる。プログラム中には、条件分岐文が存在する。条件分岐文は、ある条件に従って、A という処理を実行するのか、B という処理を実行するのかを決定する制御文であり、条件分岐が確定するまでは、A も B も実行することができない。この因果関係/依存関係が、プログラム並列化における最大のネックとなっている。このように、「ある事象」と「別のある事象」との間には、因果関係/依存関係が存在し、因果関係/依存関係のために、プログラムであれば並列化ができない、という問題が生じている。このような、因果関係/依存関係に起因するさまざまな問題を克服するために、本節では、「予測技術」がどのような役割を果たすかについて検討すると共に、ユーザインタフェースにおける予測技術についての代表例を紹介する。

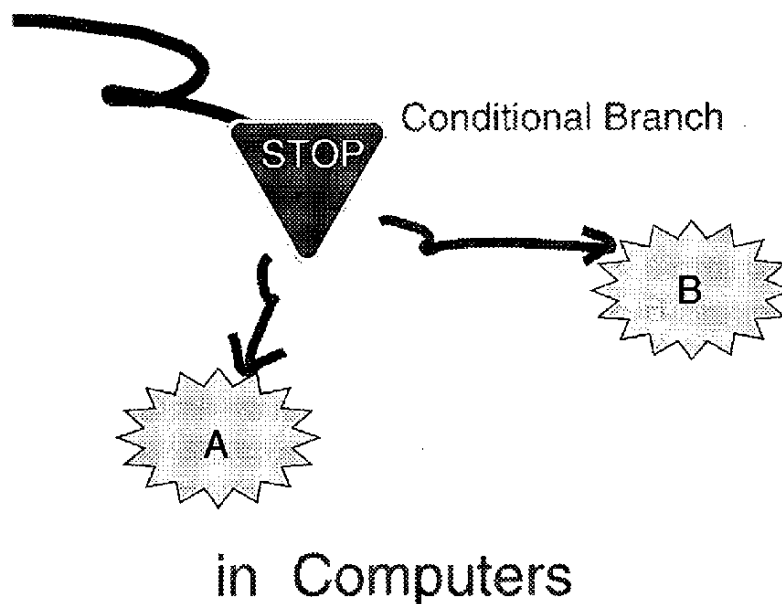


図 3.3-1 プログラムにおける依存関係

3.3.1 因果関係/依存関係

情報処理技術は、何らかの形のインタラクションの組合わせを対象として問題解決を行なっているとみなすことができる。例えばユーザ・インタフェースであれば、「人間と計算機とのインタラクション」である。

個々のインタラクションは、因果律に基づく逐次化/遅延等、様々なインタラクションのオーバヘッドを情報処理に持ち込む。その結果、ユーザインタフェースであれば、「すべてを明示的に指示しなければならない使い勝手の悪いユーザ・インタフェース」という問題が生じる。このような問題は、インタラクションの扱いの不十分さゆえに引き起こされていると考えることができる。

一方、我々の社会活動では、無数の構成員のあいだで、やはり多くの複雑なインタラクションが生じているにもかかわらず、人々は比較的独立に行動し、その結果、巨大な並列処理が大きな破綻もなく行なわれている。この違いはどこにあるのだろうか？

これまでの情報処理は、すべてのインタラクションを同等に重要な物としてあつかう、無数の厳格なインタラクションの体系化であった。これに対して、人間は、重要なインタラクションとそうでないインタラクションを適宜うまく使い分けている(図 3.3-2)。図に示すように、人間は、フルインタラクションで他人とコミュニケーションをせず、パーシャル(部分)インタラクションをしていると言える。

つまり、人間は予測に基づいて行動し、予測の容易な、いいかえると、情報量の少ないインタラクションを、インタラクションの内容の予測と、予測に基づいた投機的な行動に置きかえている。このようにして、重要性の低いインタラクションを除去することにより、インタラクションを適切に最小化しているのである。人間は、インタラクションを適切に最小化することにより

- ・インタラクションが少なければ、待たなくて良いので速くなる
- ・インタラクションが少なければ、余計な指示のやり取りがいらぬ

などの多くの利点を得ている。

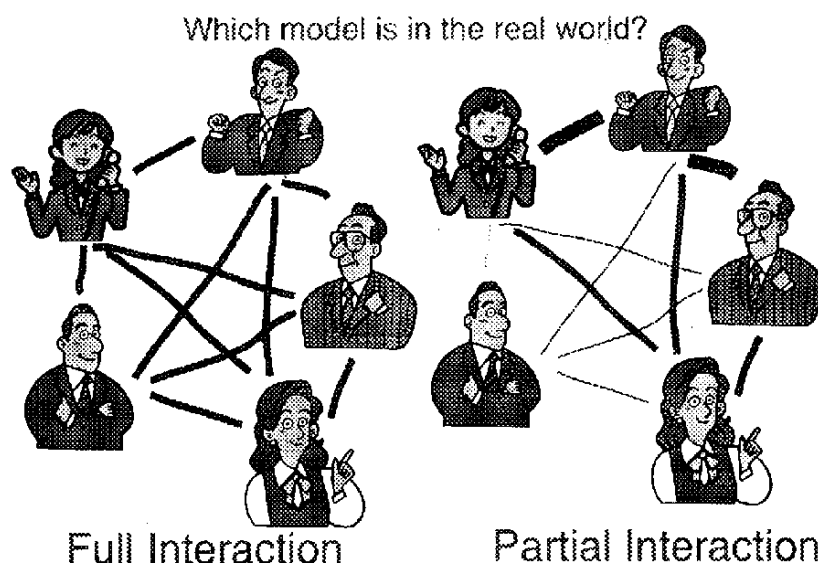


図 3.3-2 フルインタラクションとパーシャルインタラクション

3.3.2 予測技術/投機処理技術

一方、現在の情報処理技術においても、予測技術/投機処理技術の応用が始まろうとしている。マイクロプロセッサ技術/コンパイラ技術においては、分岐予測/投機実行などの技法が、並列性抽出のための技法として導入されようとしている。これらは、命令間ないしスレッド間のインタラクションを減らすことによって並列性を抽出していると考えられることができる。いっぽう、ユーザインタフェースの研究分野では、計算機側がユーザのインタラクションを予測し、不要なインタラクションを減らすことによって、より使いやすい計算機の実現が目指されている。

インタラクションの最小化という考え方は、高性能プロセッサアーキテクチャ/コンパイラ技術から、グローバルコンピューティング/高機能ユーザインタフェースにわたる、幅広い情報処理技術に適用可能な、一般性の高い重要な概念であると考えられることができ、これらの技術を大きく革新するための共通基盤技術となりうるものである。以下では、予測技術の、ユーザインタフェース分野での活用について代表例を紹介する。

3.3.3 IBM アルマデン研究所

本節では、IBM アルマデン研究所(<http://www.almaden.ibm.com/>)の例を紹介する。

IBM アルマデン研究所は、IBM が持つ 8 つの基礎研究所の一つであり 1986 年に米国サン・ホゼ

に設立された。現在約 700 名の研究者が在籍し、コンピュータサイエンスの基礎から応用研究 (Computer Science)、磁気及び光ディスク技術 (Storage)、物理物質科学技術/科学技術応用ソフトウェア (Science & Technology) の 3 領域で基礎研究を行っている。

CS (Computer Science) 領域では、「人と情報との結合」をミッションとする。CS 領域は、さらに、Cyberspace, Database Systems, Ease of Use, Foundations, Multimedia Systems, Storage Systems に分かれる。この中で、予測技術に基づいた各種研究を行っているのが、Ease of Use の部門である。

Ease of Use 部門は、ユーザインタフェースの新しいパラダイムの創出を狙う部門であり、人間工学を一貫して研究しつづける IBM フェローでもある Ted Selker がマネジャーを勤める。同氏は、ブラウン大学応用数学科を卒業。ニューヨーク市立大学で Ph.D を取得し、米国アタリ、ゼロックスの研究所を経て 1985 年に IBM ワトソン研究所に入社している。また、一般的には、IBM のノートパソコン ThinkPad に搭載されている TrackPoint (キーボードの B, N, G, H の真ん中に位置するマウスの代わりの機能を提供するポインタ) の開発者としても知られる。

Ease of Use 部門では、大きく SUITOR, TrackPoint, PAN, WBI のプロジェクトが現在走っている。

・TrackPoint

TrackPoint は、先にも紹介したように、IBM のノートパソコン ThinkPad に搭載されているマウスの代わりの機能を提供するポインタであり、既に実際の製品で利用されている技術である。また、この技術は、TrackPoint マウスで利用されたり、Tactile TrackPoint のように、ユーザに対して感覚を返して、例えばマウスの移動速度等へ応用するなどの開発が行われている。さらに、Two-Handed TrackPoint という興味深い研究もある。キーボード上の J, K, M と D, F, C の真ん中に、TrackPoint を置き、ユーザは、これら 2 つの TrackPoint を同時に使う。例えば、ドローイングツールで、右側の TrackPoint でオブジェクトをつかみ、左側の TrackPoint で、色を塗るなどの処理をすることが可能になる。

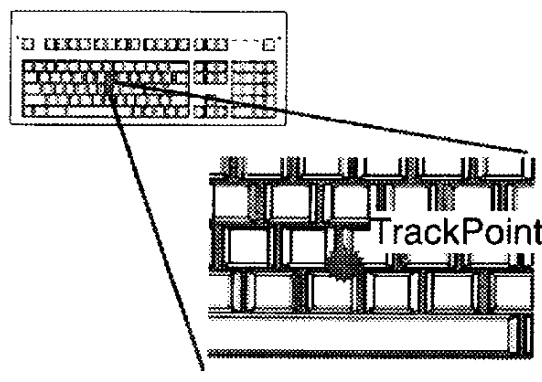


図 3.3-3 TrackPoint

・ SUITOR (<http://www.almaden.ibm.com/cs/blueeyes/suitor.html>)

SUITOR は、「Simple User Interest Tracker (シンプル・ユーザインタフェース・ティッカー)」の略で、目の動きをカメラで追い、そこからユーザの関心を把握して、必要な情報を出すシステムである。例えば、ユーザが Web をブラウズしているとすると、SUITOR は、そのユーザが Web ページのどこを読んでいるかを追跡することによって、そのページと同じトピックを持つ追加情報を自動的に探すのである。このように、人間がコンピュータに命令するのではなく、ユーザは、ただ普通にコンピュータを使えば、コンピュータの方で人間のその時点での興味に応じて色々とやってくれるインタフェースのことを「プロアクティブ (Proactive)」なインタフェースと呼ぶ。

・ PAN

PAN は、Personal Area Networks の略である。1996 年 11 月に発表された技術ではあるが、非常に興味深いものであり、現在も研究が進行中である。PAN は、人間が持つ伝導性を使って人間どうしが接触(握手程度)することでデータを送ってしまおうというものである。試作実験では、1nA (人間自身がもつ電流より小さい)を使い、2400bps のモデムの性能を達成している。理論的には、400Kbps 程度の性能達成が可能である。例えば、名刺交換が握手をするだけでできたり、公衆電話に触れるだけで自分の CALLING CARD 番号を自動で入力させたりできる。

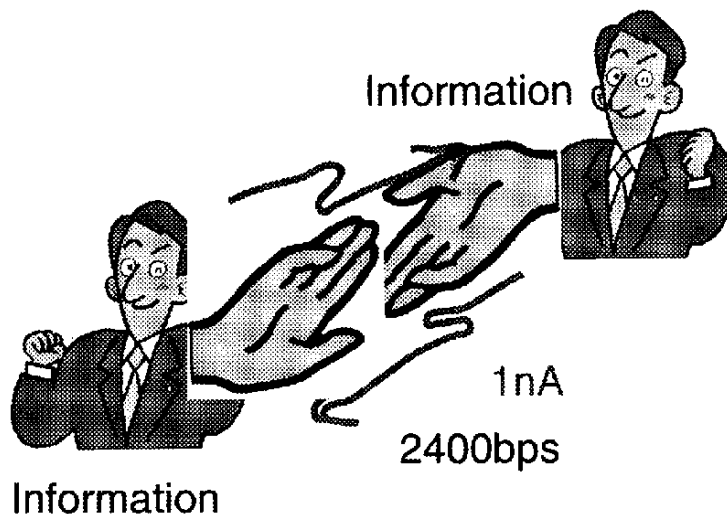


図 3.3-4 Personal Area Networks

・WBI (<http://www.almaden.ibm.com/cs/user/wbi/wbipaper.html>)

WBI は、Web Browser Intelligence の略である。Web Browser とアクセス先の Web Server の間に入り、ユーザに対してそのままの Web Server の情報を見せるのではなく、例えば、ユーザが興味を持っているリンクの色を変えたり、アクセススピードによって、色を変えたりすることができる。

このように、Ease of Use 部門では、「プロアクティブ」なインタフェース、「insitu-computing」等の基礎的研究を行っている。

プロアクティブなインタフェースとは、コンピュータの方で人間のその時点での興味に応じて色々とやってくれるインタフェースである。insitu-computing とは、in situation computing の略であり、人間がコンピュータにあわせて操作方法を変えるのではなく、「コンピュータが人間がやりたいことにあわせて変わる」ことを insitu-computing と呼ぶ。例えば、触れると壁にお気に入りの絵を映し出し、音楽を流してくれる「テーブル」などを示す。

3.3.4 本分野の課題

本節では、IBM アルマデン基礎研究所における研究を例にとりながら、高機能ユーザインタフェースにおける予測技術の進展について述べてきた。

これまで紹介してきた基礎研究課題の重要ポイントは、「人間が何をしたいのか」という点にある。これがわかるようになれば、上記のような技術開発も夢ではなく実際に利用され、役に立つ技術となることが予想される。

すなわち、ユーザインタフェースにおける予測技術研究では、

- ・人間の行動自身の研究
- ・予測アルゴリズムに基づいた試作・実験の繰り返し

が重要となると考えられる。

3.4 知的文書インタフェース

3.4.1 コンピュータが見えなくなる日

これまでの情報処理化はコンピュータにどう仕事をさせるか？ という専門家を対象としたコンピュータ利用技術を軸として発展してきた。ところがインターネットの普及とパソコンの台頭により、誰もがコンピュータを利用する、あるいは利用せざるを得ない時代に突入しつつある。

このようにコンピュータが日用品（Commodity）となる時代には、その利用インタフェースが非常に重要となる。逆に、誰もがコンピュータの持つ能力を享受するためには、簡単で自然に使えるインタフェースの確立が無ければ Commodity としての普及は難しい。

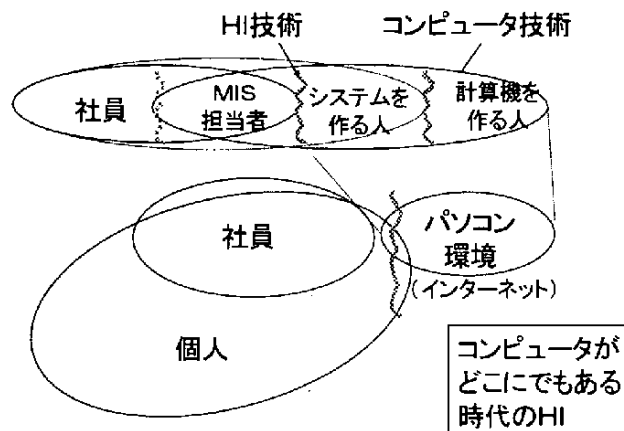


図 3.4 -1 コンピュータ利用環境の変化

勿論、これまでもにもコンピュータのヒューマンインタフェースは議論されてきているが、多くの場合は比較的専門家に向けた議論が中心であった。例えばコンピュータの利用者は SE 等のシステムを設計しプログラムを開発する人達が主であった。このような状況では、プログラミング言語から始まり、ソフトウェア開発やシステム構築のためのツールやユーザインタフェースが重要であった。また Xerox PARC で開発されアップルコンピュータで実用化された GUI (Graphical User Interface) も、基本的にはファイルやフォルダといったコンピュータ特有の概念を理解していないと使いこなせない。

しかしながら普通の人々がオフィスや家庭でパソコンを利用する際に必要なものはアプリケーションとして提供されている「機能」であって、コンピュータの操作法や動作原理ではない。技術の進歩とはまさにこのようなブラックボックス化に他ならない。車でも電子レンジでも、どれだけ高度な技術が使われていようが、利用者からは「走ること」、「温めること」という要求された機能が実現されればそれで良いのである。技術が未熟なほど面倒な操作が必要なのは歴史の示す通りである。コンピ

ュータは汎用であることが最大の特徴であるが、汎用であるがゆえに操作がわかりにくくなっている。

コンピュータも 21 世紀を目前にして、ようやくブラックボックス化される時代になってきたと言える。しかしながらその操作性や外観は旧態依然としており、残念ながら大衆の日用品になるまでに至っていない。本来ブラックボックス化して見えなくなるべきコンピュータが相変わらず自己主張しているのが実状である。これからのコンピュータは本やノート、文房具として我々の身の回りにさり気なく存在すべきである。

3.4.2 なぜ知的文書インタフェースなのか

さて、大衆化したコンピュータは何に使うべきであろうか？ 家庭へのパソコン普及率はインターネットブームで上昇したが、やや鈍化傾向にあるようだ。ブームに乗って買っては見たものの、ネットワークへの接続はそれほど簡単ではないし、電話代も高価であるため、埃をかぶっているパソコンも多いと思われる。インターネット以外ではワープロやお絵描きソフト等、単体アプリケーションしかない現状では結局、使い道がないのである。インターネットブームが示唆しているように、大衆化したコンピュータに期待されている機能は結局、人と人とのコミュニケーションであり、情報の共有である。そのための土台となる基本メディアが文書である。

実際、Web の情報も文書であり、電子メールも文書情報である。前者は HTML による記述が成功したが、より自由な記述を許すための XML に期待が集まっている。SGML に端を発するこれらのドキュメント記述言語はハイパーテキスト構造を実現するのに適しているがワープロで実現されるような印刷文書には及ばない。一方 Adobe 社の PDF (Portable Document Format) はもともとデスクトップパブリッシング用に開発された PostScript の後継言語であり印刷原稿を記述するのに適しており、Web 上で製品カタログ等の印刷品質が必要な情報を表示するのに活用されている。一方、電子メールに関してはテキストベースのプレーンな文書が一般的であるが、手書き情報や図を含むマルチメディア文書の利用が今後期待されている。メール関連ソフトの多くは既にそのような種々のデータ形式を扱うためのインタフェースである MIME プロトコルに準拠済みであるが、この機能はまだあまり活用されていない。理由の一端はパソコン側にあり、手書き情報や絵が簡単に扱えないためである。その結果、ちょっとしたメモを送りたい場合には FAX の方が簡単で早いということになってしまう。

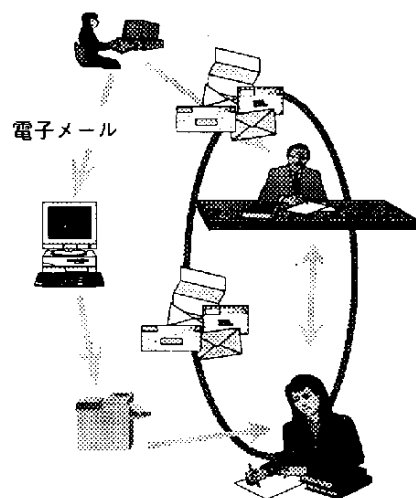
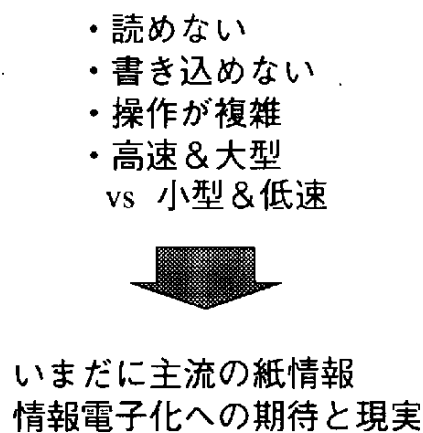


図 3.4 -2 パソコンの問題点

このように情報の電子化が進み、ネットワークが日常生活に不可欠のインフラになりつつあるにもかかわらず、現在のパソコンが紙と鉛筆のような手軽さ、簡単さを実現していないため、相変わらず紙ベースの情報処理が主流となっている。電子メールを「印刷して読む」ということもしばしば行われている。これからのコンピュータ利用では手書き情報、絵、写真を含むような文書を簡単に作成でき、且つ、それらをネットワークで自由自在に送れることが必要である。これを総称して知的文書インタフェースと呼ぼう。知的文書インタフェースの実現は、従来の紙ベースの世界とコンピュータによる電子の世界をシームレスに繋ぐことであり、本来の意味での高度情報化社会の実現に他ならない。

3.4.3 知的なインタフェースとは？

人間が行う高度な意味理解、推論等の機能が実現できれば、言い換えればコンピュータが人間と同じ知性を持てば知的なインタフェースの実現は当然可能であるが、そのような根本解決は当分不可能であろう。そこに至る段階として「気の利いたインタフェース」と「自然なインタフェース」の2つが考えられる。前者は人間のやろうとしている操作を理解し次の操作を提案するとか、間違いを自動的に訂正するなどに相当する。商用アプリケーション等でよく採用されているのが「直前の入力を覚えていて」方式である。例えばローマ字漢字変換や同じ数字を何度も入力する場合に役に立つ。しかしながら、いつも直前だけを記憶していると提案された候補をキャンセルする操作が煩わしくなる。言語翻訳や音声入力分野では単語間の繋がりを統計モデルに基づいて予測する更に高度な方式が採用されている。「気の利いたユーザインタフェース」の実現とは、ユーザが何をしようとしているか

の意図を抽出することであり、音声認識や画像認識とはほぼ同じ問題を解くことになる。例えば、ペン入力で文字の上に×を書いたら「削除」すべきか、そのまま×を書くのか、など書き手には意図が分かっている単純な場合でさえコンピュータ側がうまく認識できない問題が多い。むしろ認識技術をユーザインタフェースの場でもっと高めることが重要である。これはマルチモーダルインタフェースの研究と同じ方向になるが、音声コマンドのような単なる入力手段の多様化ではなく、人間の意図抽出という観点から取り組むべきであろう。

一方、「自然なインタフェース」とは、「人間にとって自然な操作」ということであり、操作のみならずシステムや入力装置の形状、それから受ける印象も含まれる。D. A. Norman の言うところの **Visibility** と **Mental Model** が重要になる [1]。例えばコンピュータ端末を薄く、紙のようにする [2] というのはメンタルモデルとして紙と鉛筆という非常にわかり易いモデルに持ちこもうとしている。また、ペン入力は「重要な個所をチェックする」という直接動作が自然に行える。(当たり前普及したマウスであるが、初めて触った人はマウスパッドの端まで移動したあと、どうして良いか戸惑うのが普通である。宙に持ち上げて元に戻すというメンタルモデルを我々は自然には持ち合わせていない) これまでマウスを前提とするユーザインタフェースが主流であったが、チェックする、線を引く等のペン入力操作を多用したユーザインタフェースの追求がもっと研究されるべきであろう。

コンピュータの出現により人間の知的作業の増幅が可能になったが、人間の入出力能力はなんら改善されていない。情報洪水の中で自分の考えをタイムリーに整理し発信していくためには、入出力能力の増幅が必須である。例えば昔は否定的であった視線入力カメラでは実用化されている。人間の何気ない動作からも情報を引き出すセンサ／認識技術の出現が待たれるところである。

3.4.4 研究動向

報告者は紙の持つ利点とコンピュータの持つ能力を融合する端末アーキテクチャを提案しているが [2]、同様の提案はヒューマンインタフェースでは国際的にトップの学会である CHI でも報告されている [3]。タイプライタ文化の欧米でもペン入力は幾度となくブームとなっており、アルファベット文化＝タイプライタではなく、ペンによる自由な書き込みや図の挿入などに潜在的な期待があることが分かる。また、自然なインタフェースとしてカードボックスのパラパラめくりや端末を捻るなどの本を扱うのと同じ操作を実現しようという試みもある [4]。複数のコンピュータ間での情報のやりとりを自然なインタフェースで実現するという **Pick&Drop** [5] も注目されている。

今後、このようなユーザインタフェースのアイデア提案は活発化すると期待される。

一方、電子ブックの試みも活発化しようとしている。単体での電子ブックは既に製品化されているが、文庫本との比較において「重い、大きい、電池が必要、文字が大きい」等のハンディがあり、必ずしも成功しているとは言い難い。しかしながら新刊本や希少本をネットワークでいつでも入手できるというインターネットの利点を活かした新しい電子ブックコンセプトに新たな期待が高まっている。

むしろ、インターネットで電子本を入手可能だが、今のパソコンでは読めない、もっと本を読むような感覚で読みたい、という発想からスタートしている点に注目すべきである。我国では通産省の支援を受けて出版業界と電機メーカーとの電子ブックコンソーシアムが昨年10月にスタートした[6]。米国でもいくつかの電子ブック端末が発表されている[7][8]。また、紙のようなディスプレイを目指した新しいデバイス研究が実用化の手前まで来ている[9]。

3.4.5 今後の研究の進め方

知的文書インタフェースの実現に際しては次の2つの問題がある。

- ・電子文書フォーマットの統一
- ・利用プラットフォームの普及

まず、文書フォーマットであるが、既に世の中にはワープロソフトや表計算ソフトなどが広く流布しており、夫々アプリケーション独自のフォーマットが使われている。インターネットではHTMLやXML等が標準的に使われているが、文書定義をするソースと表示イメージという2種類を扱う不便さがある。PostScript系の文書記述言語も同様に表示プログラムと実際の表示イメージに分離している。いずれの場合も表示イメージを直接保存したい場合にはビットマップ形式で扱う必要がある。またこれらの文書への上書きを実現するにはレイヤ構造の導入が必要となる。ActiveXはこのような異種アプリケーションで作成されたデータを相互に埋め込める枠組みを提供するものであるが、実体はアプリケーション呼び出しメカニズムに過ぎない。理想の姿は、一つの文書データに対して、様々なアプリケーションが働きかけることを可能にすることであろう。例えば、A社のワープロで作成した文書をB社のワープロで読み書きできれば、各自が自分の慣れているワープロで修正・加筆が可能となる。単純なテキストを扱うエディタや電子メールシステムは既にそのような「標準形式+好きなツール」の組み合わせで利用されている。電子文書も同様にユーザの好みを反映できる柔軟性が必要であり、特定ツールを強制するようなことがあってはならない。

第2の問題点として、利用可能なプラットフォームの欠如がある。ヒューマンインタフェース研究の成果はともすれば発想の「面白さ」だけが注目されて、実際に利用されずに終わることが多い。「瞬間芸」という指摘もある。技術情報が溢れている昨今では、似たような発想や夢を語る研究者は多いが、使えるレベルまでまとめる人は少ない。素晴らしいハイテク技術が生まれている一方で、旧態依然とした作業環境がなかなか改善されていないのが実態である。

このような事態が生ずる一つの理由は、量産型の産業構造と厳しい市場競争である。大量生産によってコストダウンしようとするれば自ずからヒット確実な商品に注力するのが当然であって、恩恵を受ける人が少ない物や初期投資がかかるものへの投資意欲がそがれている。それだけ企業の余力が無くなってきたと言える。こういう時期にこそ、国立の研究機関や国の支援が必要である。

例えば、ここで提案しているような紙のような端末などのパーソナル端末は薄くする、あるいは軽くするために高度な実装技術が必要であって、企業の先端技術を必要とするようなプラットフォームをビジネスプランを明確にせずに試作することは許されない。また、ユーザインタフェースに関する評価はある程度の数の利用者で実際に使ってこそ初めて実証できる。国の資金でこのような先端的なユーザ端末をまとめた数開発し、モデル地域のような場所で実験することが有効である (c.f. フランスのミニテルプロジェクト)。また、電子文書フォーマットに関しても、特定企業の戦略にとらわれず理想形を追求することは問題点を見つけて次のステップに進むために非常に重要である。電子文書をどう実現すべきかは、Web、電子メール、ワープロ等全てのアプリケーションに関わることであり、未来社会のインフラを決定する重要な要因となる。このような研究を国際社会に通じるデファクトスタンダードを生み出せていない日本企業において正当化するのは難しい。

米国はインターネットに国策として取り組み、大統領自らが電子メールや Web を利用して見せたのは記憶に新しい。21 世紀に向けてはこれまでの実用化重視路線を反省して、基礎研究に投資する方針を明確に打ち出している。我が国は天然資源が乏しいことから、知的財産を大切に育てることが古くから言われている割に、国・産・学での研究開発がうまく連携しているようには見えない。国への期待は経済状況の厳しい今こそ、将来の糧になる研究を育てることである。そのためには研究テーマの選択もさることながら、技術の流れがどうなるか、今後どのような社会を築くのか、その実現にどのような技術が必要になるか、についての見通し・シナリオ作りが最も重要である。本報告書が少しでも参考になれば幸いである。

<参考文献>

- [1] D.A. Norman, “誰のためのデザイン? (認知科学者のデザイン原論)”, 新躍社、1990
- [2] 横田他, “紙を目指した情報端末”, 情処 第 56 回全国大会、1B-02、March 1998
- [3] B.N. Schilit, et. al., “Beyond Paper: Supporting Active Reading with Free Form Digital Ink Annotations”, CHI98, April 1998
- [4] B.L. Harrison, et.al., “Squeeze Me, Hold Me, Tilt Me! An Exploration of Manipulative User Interfaces”, CHI98, April 1998
- [5] J. Rekimoto, “A Multiple Device Approach for Supporting Whiteboard-based Interactions”, CHI98, April 1998
- [6] 歌田, “電子書籍実験本の未来をひらくか”, 季刊 本とコンピュータ、No. 6、1998
- [7] <http://www.rocket-ebook.com>
- [8] <http://www.everybk.com>
- [9] P. Drzaic, et.al., “A Printed and Rollable Bistable Electronic Display”, SID 98 Digest, 1998

3.5 デジタル図書館の観点から

3.5.1 はじめに

インターネットに代表される情報基盤の発展は、我々の情報環境に大きな変化をもたらした。たとえば、電子マネーに代表される電子商取引(Electronic Commerce)の発展を促し、「もの」の取引にとどまらない様々な情報取引(Information Commerce)が進められている。こうした変化は利用者の情報アクセス行動に大きな変化をもたらし、図書館など情報の蓄積と提供の役割を担ってきた組織、出版社など情報の発信と流通を担ってきた組織に大きな影響を及ぼしている。

こうした背景の下、1990年代に入って国際的な情報基盤の上の公共的应用分野として医療や教育とともに図書館が重要な分野であると認められ、各国でデジタル図書館(電子図書館、Digital Library)の研究開発が活発に進められてきた。現在では、図書や雑誌のような冊子体の資料のみならず、地図や写真、絵画、レコード、映画、ビデオ映像など様々な資料を新しい情報技術を利用することでデジタル化し、ネットワークを介して提供・利用することができる。

情報技術研究の観点から見ると、デジタル図書館は、大量かつ多様な情報資源を、大量かつ多様な利用者に効率よく提供することが要求されるため、極めて先端的なかつ多様な情報技術が要求される分野である。また、電子ジャーナルや各種のデータベース等、有料で提供される情報へのアクセスを提供するため電子商取引と隣接する分野でもある。一方、有害情報や成人向け情報に関するアクセス制限、プライバシーの保護、知的財産権の保護、国境を越えた情報資源アクセスに関する様々な問題など、社会システムとしての取り組みが必要な分野でもある。

このようにデジタル図書館には様々な側面があり、立場によって見方が異なる。ここでは、デジタル図書館を「デジタル情報技術を用いて資料を表現、組織化、蓄積し、利用者に知識と情報の総合的な利用環境を提供する図書館ないしは図書館機能」と定義する[1]。以下、本稿ではデジタル図書館の概要を述べた後、それに関わるいくつかの課題を示す。また、今後、利用者は世界に広がるネットワークにおいて情報資源を探し、要求に合った資源を発見し、アクセスし、利用することになる。こうした利用者の行動を可能にするには目的に応じた何種類ものメタデータを適切に準備することが必要である。本稿では、メタデータについて簡単に説明し、さらにメタデータに要求される課題について述べる。

3.5.2 デジタル図書館について

デジタル図書館はデジタルコレクションだけでみると面白味はなく、また新しい情報技術だけで見ると中身の無いものになってしまう。デジタル図書館を理解するには、デジタルコレクション、新しい情報技術とその統合、大きな情報資源空間環境とそこでの利用者といったいろいろな立場から見る必要がある。

3.5.2.1 デジタル図書館とその関連領域の概観

下にデジタルコレクション、新しい情報技術、メタデータおよびその他のデジタル図書館に関する研究開発領域を簡単に示す。もちろんこれらは互いに無関係なものではなく、デジタルコレクションの蓄積の際に新しい情報技術を用いること、新しい情報技術の研究のために大規模なデジタルコレクションを利用することなどがなされている。

(1) デジタルコレクションの開発を中心とするデジタル図書館構築 (3.5.2.2 節参照。)

- ・ 貴重資料、歴史的資料など著作権に関する問題が少なく、かつ学術的、公共的な価値の高い資料のデジタル化、蓄積ならびに提供。
- ・ 一般的な商業的流通経路には乗りにくかった学位論文やテクニカルレポート、政府刊行物などの出版者自身（大学や政府組織等）あるいはその図書館による電子出版・デジタル化、蓄積ならびに提供。
- ・ 雑誌やデータベースなど商業出版される電子出版物の収集と提供。

(2) 新しい情報技術や情報環境の研究開発 (3.5.2.3 節参照。)

- ・ NSF 他による Digital Library Initiative(DLI)[2]に代表される、計算機科学を背景として新しい要素技術およびそれらの統合を目指す情報技術研究開発。
- ・ イギリスの eLib[3]のように図書館を基盤とする新しい図書館情報環境の研究開発。
- ・ 多言語・多文化指向のデジタル図書館技術のように国際間での協力を必要とする研究開発。

(3) インターネット上での情報資源へのアクセスと利用のためのメタデータ (3.5.2.4 節参照。)

- ・ インターネット上での情報流通を支えるいろいろな種類のメタデータの開発、たとえば Dublin Core Metadata Element Set (Dublin Core)[3]、DOI (Document Object Identifier)[4]、PICS (Platform for Internet Content Selection)[5]など。
- ・ 特定分野の情報資源の特徴や所在などのメタ情報を収集し、提供するサブジェクト・ゲートウェイ(Subject Gateway)。

(4) その他、デジタル図書館に関連する環境要素

デジタル化された資料のみならず冊子体資料などの非電子資料も統合的に利用でき、さらに情報発信の支援をも目指した図書館環境(Hybrid Library)の構築[7]、Digital Library Federation[8]に見られるような資料のデジタル化や利用を促進するためのデジタル図書館間協力など。

3.5.2.2 デジタルコレクションの開発を中心とするデジタル図書館構築

デジタル資料を収集・組織化・蓄積したものをデジタルコレクションと呼ぶ。デジタル資料には次のようなものがある。資料の種類やサービスの目的によって、蓄積、提供の方法は様々であり、資料の性質に応じた方法が採用される。

(1) 非デジタル媒体の資料をデジタル化したもの

印刷資料(図書、雑誌、会議録、パンフレットなど)、手書き資料(manuscript)、地図や航空写真、写真、ポスターや絵画、彫刻、工芸作品や博物館資料、レコード、映画やビデオ資料(アナログ媒体資料)、マイクロフィルムなど。

(2) はじめからデジタル媒体上に作成された資料

WWW 文書、ワードプロセサや電子出版用のソフトウェアで作られた電子資料、CD-ROM 等の媒体を用いて出版された電子出版物、書誌情報やファクトデータ等のデータベースなど。

研究者の間では早くからインターネットが情報基盤として利用されてきたため、インターネットでの学術情報の流通は広く行われてきた。たとえば、研究者自身による自著論文の発信や会議録の出版、Preprint の蓄積・提供のサービスなどが広く行われている。また、著作権に関する問題の少ない歴史的資料や研究者自身が著者であるといった背景もあるため、デジタル図書館への取り組みは学術資料に関するものが最も進んでおり、大学図書館や国立の中央図書館、資料館での取り組みが進んでいる。国立図書館では、貴重資料の保存とアクセス、政治行政資料の蓄積と流通などのデジタル図書館プロジェクトが進められている。また、納本制度や知的財産権とデジタル図書館との間の問題などへの取り組みもなされている。大学図書館に関しては、アメリカの大規模大学図書館を中心として早くからさまざまなプロジェクトが進められてきた。こうした活動の背景には、限られた予算の中で大量の資料を利用者に提供していくにはデジタル化による資料の共有や効率的なサービスが要求されること、利用者の情報アクセス活動のインターネット上への急激な広がりに対応し情報ア

アクセス支援の役割を果たしていかなければならないこと、情報格差の解消にデジタル図書館が有効と考えられること、さらに新たな知識・情報の創造と発信の支援機能が要求されることなどの点がある。

3.5.2.3 新しい情報技術や情報環境を指向した研究の推進

米国の NSF、NASA、ARPA の共同助成の下で 1994 年から 1998 年に渡って行われた DLI (フェーズ 1) が新しい情報技術を指向したデジタル図書館研究プロジェクトとしてもっとも著名なものであろう。1998 年から NSF、NASA、ARPA に加えて医学図書館(NLM)、議会図書館、人文基金(NEH)が新たに助成母体として参加し、4 ないし 5 年の計画で DLI フェーズ 2(DLI2)を進めている[9]。このほか、Knowledge and Distributed Intelligence (KDI)と呼ばれる DLI の隣接分野の研究助成も進められている。

イギリスでは、図書館に基盤を置き、高等教育環境におけるデジタル図書館機能の研究開発を目的とした eLib を進めている。ERCIM(European Research Consortium on Informatics and Mathematics)は DELOS ワーキンググループでデジタル図書館関連技術の研究推進を進めている[10]。また、EU では 1998 年から 2002 年の研究計画を決めた 5th Framework の研究プログラムにおいて、ネットワーク上での知識情報基盤、またより広い範囲の様々な活動を支える情報基盤の研究が進められることになっている[11]。

デジタル図書館のための新しい情報技術の研究には、多言語情報アクセスなど国際的視野での研究が重要である。NSF と ERCIM はデジタル図書館の研究戦略を議論するワーキンググループを設け、1)デジタル図書館システム間の相互利用性、2)メタデータ、3)知的財産および経済的諸問題、4)世界規模の分散デジタル図書館における情報資源発見、5)多言語情報アクセスの 5 トピックに関して議論を進めてきた[12]。また、NSF は DLI2 の中で国際間で組織された研究チームによるデジタル図書館研究助成プログラムを進めている。

国内では 1995 年から 2000 年春までの計画で進められている IPA と日本情報処理開発協会(JIPDEC)による次世代デジタル図書館システム開発プロジェクトがある。このプロジェクトでは参加 9 社によるいろいろな要素技術や国立国会図書館関西館のデジタル図書館システムのプロトタイプの研究開発を進めている[13]。

下にこうしたプロジェクトで研究開発が進められている主要な情報技術を列挙する。

(1) 情報アクセス支援

高機能情報検索技術、情報発見技術。文書の内容の抽出、抄録作成、分類、索引付けの自動化等、メタデータの自動作成技術。多言語情報アクセス技術。情報資源間の相互利用性

技術。

(2) コンテンツ処理

自然言語の内容理解や機械翻訳など自然言語技術。音声や画像など非テキストデータの内容理解や内容抽出技術。印刷物、電子出版物など文書の構造と内容理解の技術。

(3) ユーザインタフェース

情報の可視化による情報アクセス支援技術。利用者による情報アクセスや情報生産を支援するための共同作業支援技術。障害者向けの情報アクセス・情報生産支援技術。

(4) コンテンツ作成・保存

多様なコンテンツの編集・文書化技術。電子文書、デジタルデータの流通技術や長期間保存技術。

(5) 情報アクセスのための条件や制約の管理

知的財産権、Rating などに基づくアクセス制限技術。課金技術。プライバシーやコンテンツの保護などのセキュリティ技術。

3.5.2.4 ネットワーク上での情報アクセスの向上 - メタデータ

インターネットや電子図書館のような巨大な情報資源空間から、要求に応じて適切な情報資源を発見・利用できることが求められている。そのためには情報資源の特性を表した情報、すなわちメタデータが必要とされる[13]。メタデータはデータに関する（構造化された）データ (Structured Data about Data) と定義される。メタデータには、情報資源の名前や作者など従来目録や索引として作られてきたもの、利用条件など知的財産権に関わるもの、Rating など内容に基づくアクセス制限のためのものなど様々なものがある。

インターネット上には非常に多様な情報資源が提供され、多様な目的で利用されている。したがって、情報資源へのアクセス性や利用性を高めるにはそれぞれに適したメタデータが必要とされる。メタデータの例をいくつか示す。Dublin Core はインターネット上での情報資源の発見を目的として提案されたものである。INDECS では音楽作品などを含むさまざまな出版物の権利管理を行うためのメタデータの検討を進めてきている[14]。出版物の流通を進めるにはインターネット上で情報資源を長期に渡って安定して識別できることが必要である。出版業界を中心母体として組織されている International DOI foundation では出版物等をネットワーク上で一意に識別するための識別子を含む資源記述のメタデータの検討を進めている。WWW コンソーシアム(W3C)では Rating 情報を記述するためのメタデータ PICS の開発を進めている。このほかにも、個人の識別やプライバシーの保護に関するメタデータ、ビデオや映画のような情報資源のメタデータなど様々なメタデータが必要とされている。

インターネット上でのメタデータの流通には、メタデータを記述するための共通の枠組が必要とされる。W3C が開発を進めている Resource Description Framework (RDF)は、XML(eXtensible Markup Language)の上に多様なメタデータを表すための記述方法を与えることになる[16]。

インターネット上での情報資源への道案内役を果たすためサブジェクト・ゲートウェイ (Subject Gateway)と呼ばれるサービスの提供が進められている。これは社会科学、医学、図書館情報学といった分野毎の情報資源に関する情報を提供し、当該分野の情報アクセスを支援するものである。たとえば、イギリスの BUBL[17]はネットワーク上の情報資源に関する情報を提供してきた。EU における DESIRE やイギリスの ROADS プロジェクトではいろいろな分野のサブジェクトゲートウェイの構築、サブジェクトゲートウェイの構築や運営を支援するためのソフトウェアの開発などが進められている。

3.5.3 メタデータについて

3.5.3.1 メタデータの必要性の背景

筆者はここ数年デジタル図書館を活動分野としてきた。その中でも、最近ではメタデータに関心を持っている。メタデータはネットワーク上での様々な活動を支える重要な要素である。ここでは、デジタル図書館からの視点を基本にして、メタデータに関する私見を述べてみたい。なお、Dublin Core や RDF などの詳細については文献[18][19]等を参照されたい。

現在、インターネット上には非常に多数の情報資源があり、それら情報資源へのアクセス効率を高めるには情報資源に適したメタデータが必要である。図書館や博物館・美術館では所蔵資料の目録や索引といったメタデータが作られ、資料の管理やアクセスに利用されてきた。しかしながら、インターネット上の資源はあまりにも多様であるため従来の詳細に決められたメタデータの規則をそのまま適用することは困難である。たとえば、小説や論文のようなものもあれば学校や会社の案内、商品の紹介、個人のホームページ、また音楽やビデオ作品まである。また図書館や博物館の資料に限っても、たとえば本もあれば化石もあるといった具合に多様である。また、これまで利用者は図書館毎、あるいはデータベース毎に検索し、情報資源を探してきたが、将来はネットワーク上で（必ずしも図書館やデータベースを指定すること無く）情報資源にアクセスすることが要求される。

以上の点を考慮すると、多様な情報資源の記述に適用でき、かつ情報資源を作り出すいろいろな組織あるいは個人・グループが自律的に作ることができ、かつ相互利用性 (interoperability) を備えたメタデータが必要であることがわかる。従来の詳細に決められ

た目録規則ではこうした点に適合しないことは明らかである。そのため多様な資源に共通な性質の記述を指向したシンプルかつ柔軟な適用性を持つメタデータ基準が必要とされる。Dublin Core はこうした観点に基づきインターネット上の様々な情報資源の発見を目的として提案されたメタデータ基準である。

Dublin Core は一連のワークショップと公開のメーリングリストでの議論を基礎にして形作られてきた、いわば草の根メタデータである。Dublin Core を作り上げてきたコミュニティは図書館や博物館・美術館の人たちが中心となっているが、WWW 上でのメタデータという目的ということから WWW 分野を始め多彩な背景の人たちが Dublin Core の開発に貢献してきた。Dublin Core はインターネット上の文書のメタデータや Subject Gateway の開発のプロジェクトで実際に利用されている。また、インターネット上で直接提供されている資源に限らずより広い範囲の資源を、インターネットを利用して見つけ出すためのメタデータとして利用されようとしている。

一方、メタデータの役割は情報資源の発見だけではなく、たとえば以下のような機能を実現するためのメタデータが必要とされる。

- ・ 情報資源へのアクセス制御

- ライセンスに基づくアクセス制御、課金、プライバシーの保護など

- ・ 利用者や利用者環境に適合した情報アクセス機能の提供

- 成人向けコンテンツの評価 (Rating)、多様な利用者環境への対応など

- ・ 情報資源に関する長期に渡り安定した情報の提供

- デジタルオブジェクトの信頼できる識別子や目録の提供など

利用者は目的にあった情報資源を探し出し、それがアクセス可能か、また自身の環境で利用できるか調べ、必要であれば料金を支払ってその資源を利用する。したがってネットワーク環境において、それぞれのメタデータの目的に基づく利用ができるのみならず、異なる目的のメタデータ同士を組み合わせる利用できるようにしなければならない。この意味では Resource Description Framework(RDF)が果たす役割は大きいと考えられる。

3.5.3.2 メタデータへの要求

インターネット、デジタル図書館におけるメタデータへの要求の特徴的な点を下にいくつかあげる。

[多様なコミュニティによる情報発信と個別化した情報要求]

インターネットの大きな特徴のひとつは、職業的あるいは専門分野のコミュニティ、地域的コミュニティなど様々な異なるコミュニティによって提供され、利用される情報資源やサービス資源がひとつのネットワーク上でアクセス可能である点であろう。そのため、様々なコミュニティの資源が、コミュニティによることばや文化、習慣の違いをも越えて相互に利用できることが要求される。また、個々の利用者にとっては必ずしもネットワーク全体が関心の対象ではなく、ネットワークから自分の関心対象のコミュニティに属する資源を取り出すことが要求される。こうした要求に答えるには資源の内容（全文テキスト、画像、音声など）から適切に情報を抽出して作り出した索引や目録、辞書、シソーラスなどのメタデータが重要であることは明らかである。

[安定した情報源であること]

図書館の大きな役割の一つは資料を長期に渡って保存することである。したがって、デジタルコレクションを長期に渡って蓄積・保存することはデジタル図書館の基本的な役割の一つである。このことは、メタデータも長期に渡って蓄積され、生き続けなければならないことを意味する。ところが、時間と共にメタデータ基準も進化し、そこで用いられる表現方法も変化していくであろう。そのため、いわばメタデータにも世代が生じてくる。したがってメタデータの世代間のギャップを越えた利用性が要求されることになる。

[細粒度の情報要求]

従来の目録が冊子などを単位として作られてきたのに対し、ネットワーク上では細かなデータの単位で情報が必要になる。たとえば、従来は雑誌のタイトルを単位としてアクセス制御がなされてきたが、これからは論文単位、あるいは論文の中の図・表などを単位としてアクセス制御できる必要が生じる。また、たとえばビデオデータの場合も 1 本のビデオを単位とするのではなくシーン毎を単位とした検索やアクセス制御が必要とされる。

3.5.3.3 メタデータの観点からの課題

計算機科学の立場からは、目録や索引、抄録などの情報の自動作成（あるいは作成の自動化）は重要な問題として認められてきている。これらは今後も重要な重要な課題であり、かつ自然言語や音声、画像データのみならずマルチメディアデータや多言語データなどより広い範囲のデータに対して適用可能な技術が求められていくことになることは明白である。

筆者はこうした情報技術の重要性は疑えないと思う。一方、目録データや索引データそのものは実用面では重要ではあっても、計算機科学分野の研究対象としてそれほど注目されてきた領域ではないように思う。現在、WWW の発展やデジタル図書館が盛んに進められた

ことによってメタデータに関する研究開発、たとえば Dublin Core や Resource Description Framework (RDF) が注目されている。また、前に示したように NSF-EU が共同で進めた Digital Library 研究の戦略を考えるワーキンググループでもメタデータは重要な項目としてまとめられている[20]。メタデータは、それを支えるいろいろな技術と相互利用性のための広い範囲での協力が必要な分野であると思う。下にインターネットやデジタル図書館上での情報提供とアクセスに関する要求を示す。メタデータはこうした要求に答えるための重要な要素である。

- ・ 巨大な情報資源、サービス資源の空間における資源の提供、発見、アクセス、利用
- ・ 長期間に渡る安定した資源の提供と利用
- ・ 言語、文化、制度、世代をまたがる資源の提供と利用
- ・ 利用者個人、提供者個人の要求・条件にあった資源の提供と利用
- ・ 細かな粒度での提供資源のアクセスや利用

下記にメタデータに関していくつかの視点あるいは課題を並べたい。

- ・ メタデータは目的によって様々なものが作られなければならない。
- ・ ネットワーク上では目的別に作られたメタデータが互いに有機的に結ばれなければならない、相互利用性が要求される。(相互利用性は、マシンに全ての処理をさせる場合のみならず、人間が間に入るとしても大きな問題である。)
- ・ 図書館や博物館での目録や索引などはこれまでの長く利用され、多くの経験も積まれている。しかしながら、インターネット上あるいはデジタル図書館の資源に関しては今後の経験が必要とされるものである。
- ・ 知的財産権や Rating などのメタデータもこれからの研究開発が必要とされる。
- ・ 多様なメタデータをネットワーク上で本当に相互利用できるかどうかは今後の問題である。
- ・ 従来図書館や博物館では安定したメディアで作られた資源を対象にしてきたが、今後は電子メディアという不安定なメディアを用いて作られる資源を対象にしなければならない。ところがこれは次の要求と相反する。
- ・ 電子メディアについては、対象資源自身の変化に対してメタデータの変更をどのように追従させるか、対象資源とメタデータを矛盾なく長期間生かしつづけるかといった未解決の問題がある。

このようにネットワーク情報資源、サービス資源に対するメタデータをどのようにすればよいのかは今後の問題として残されていると考えられる。

3.5.4 おわりに — 将来への課題

インターネットの普及・発展と共に注目を浴びたデジタル図書館はまだ始まったばかりの分野であり、これから発展していく分野である。ここでは将来に向けての課題を述べたい。これらの課題は制度や運用方法、それらを支える情報技術や利用環境といった面から総合的に研究と開発が進められていかなければならない。デジタル図書館の発展には新しい情報技術の開発は不可欠である。その意味では現在の技術レベルで十分であるとは決して言えない。個々の要素の要素技術は言うまでもなく、それらを統合する技術が発展することも要求される。また、いかに新しい情報技術を流通させ、技術移転しやすくするかといった点も重要であると思われる。一方、デジタル図書館の発展には技術面だけではなく、社会制度など利用者を取り巻く環境も重要な役割を持っている。こうした観点から下記にいくつかの課題を列挙する。

(1) 保存とアクセス (preservation and access)

「保存とアクセス」はデジタル図書館の開発におけるキーワードといってよい。一方、単に資料をデジタル化し、ネットワークからアクセスできるようにするだけでは本当の意味でのアクセス性・利用性は向上しない。デジタルコレクションの利用性の評価は今後の問題として残されている。

(2) 資料のデジタル化の広がり、出版物の増加とそれへの対応

学術研究が進むにつれ学術分野はどんどん広がり、それにつれて学術出版物、特に科学技術分野での雑誌が増えていく。電子出版とデジタル図書館は資料の増大に対する問題を解決するための可能性を持っていると言われる。しかしながら、課金や複製の作成など著作権に関連するいろいろな問題が残されている。

(3) 出版と流通の形態と利用効果

WWW 上での出版には印刷時間がかからないので Preprint サービスのように時間的制約の厳しい出版物には有効である。一方、こうした環境は本当に利用効果があがっているのかまだ十分には分かっていない。

(4) 知的資産の保存と利用の継続性

デジタル図書館は将来に渡って資料を蓄積していくことで知的財産の保存とアクセスの両方を提供することができると期待されている。一方、長期間に渡って蓄積と利用の継続

を保証するための技術的課題が残されている。

(5) 電子出版物のアーカイブ

アーカイブは図書館の持つ重要な機能である。どのような資料を保存するかを決め、かつ系統的に保存し、アクセス性を保証しなければならない。電子出版物には利用環境に依存するものや、ハイパーテキストのように資料としてのまとまりが明確でないものがある。そのため、電子出版物のアーカイブ方法は今後の課題として残されている。

(6) 文化的問題・倫理的問題

暴力的あるいは性的な内容等、文化的、倫理的な観点から何らかの問題を持つ資料へのアクセスの制御はインターネットに共通の問題として認識されている。また、プライバシーの保護と言った問題もある。デジタル図書館の実現においても、こうした問題に対応するための技術の開発や社会的システムの整備が求められている。

(7) デジタル図書館間の相互利用性

デジタル図書館間で相互利用性が必要であることはいうまでもない。しかしながら、コレクションを横断的に探したり、アクセス条件を自動的に調整したりするような機能は今後の課題である。

(8) 知的財産権

知的財産権、著作権はデジタル図書館にとって最も基本的な問題である。現時点では、電子出版物やネットワーク上での出版・流通に関わる社会制度が十分に整っておらず、国内、国際間での整備を待たねばならない。また、法律の整備だけではなく、制度を実行するための情報技術の開発も求められている。

(9) デジタル図書館の経済モデル

知的財産権の問題にも関連するが、デジタル図書館の実現にはその経済モデルを考えなければならない。資料のデジタル化やデジタルコレクションの蓄積や維持にはコストがかかる。有料サービスに関する確立されたモデルはなく、資料の性質と形態、利用目的と方法など要素を考慮したモデルを構築していくことが求められている。

デジタル図書館に関する研究の特徴的な点は様々な要素を統合し、実際の情報資源、利用環境に適用することであろう。ネットワークのグローバル化によって必要性が増した多言語、多文化対応といった問題、大きな情報資源空間の中で個別化した情報アクセス要求を満たすことといった問題、進歩（変化）の激しい計算機技術を用いて長期間安定した情報資源の提供をすることといった点もこの分野の特徴であろう。メタデータはデジタル図書館を作り上げていく上でキーとなる要素であり、こうした特徴的な点がよく現れてくるところであると思える。こうした特徴を持つ分野の研究開発を進めていくには、情報技術からの視点

だけではなく学際的な取り組みと実際的な環境での評価が必要であろう。

<参考文献>

- [1] 杉本重雄, 情報機器論 (新現代図書館学講座 16、田畑孝一編) 7章デジタル図書館, 東京書籍 pp.207-233
- [2] Digital Libraries Initiative Projects, http://www.cise.nsf.gov/iis/dli_home.html
- [3] eLib Electronic Libraries Programme, <http://ukoln.bath.ac.uk/services/elib/>
- [4] Dublin Core Metadata Initiative, <http://purl.org/dc/>
- [5] The Digital Object Identifier, <http://www.doi.org/>
- [6] Platform for Internet Content Selection (PICS), <http://www.w3.org/PICS/>
- [7] Rusbridge, C., Toward the Hybrid Library, July/August 1998, <http://www.dlib.org/dlib/july98/rusbridge/07rusbridge.html>
- [8] Digital Library Federation, <http://www.clir.org/diglib/dlhomepage.htm>
- [9] Digital Libraries Initiative Phase 2, <http://www.dli2.nsf.gov/>
- [10] ERCIM Digital Library Working Group, <http://www.iei.pi.cnr.it/DELOS/>
- [11] Information Society Technologies Programme, <http://www.cordis.lu/ist/home.html>
- [12] Schauble, P., Smeaton, A.F. (eds), Summary Report of the Series of Joint NSF-EU Working Groups on Future Directions for Digital Libraries Research, <http://www.iei.pi.cnr.it/DELOS/NSF/Brussrep.htm>, 1998.10
- [13] 次世代電子図書館システム研究開発事業, <http://www.dlib.jipdec.or.jp/>
- [14] 特集メタデータ, 情報の科学と技術, 情報科学技術協会, Vol.49, No.1, 1999.1
- [15] Rust, G., Metadata: The Right Approach, D-lib Magazine, July/August 1998, <http://www.dlib.org/dlib/july98/rust/07rust.html>
- [16] Resource Description Framework (RDF), <http://www.w3c.org/RDF/>
- [17] BUBL Information Service, <http://www.bubl.ac.uk/>
- [18] 杉本重雄, メタデータについて - Dublin Core を中心として, 情報の科学と技術, 情報科学技術協会, Vol.49, No.1, pp.3-10, 1999.1
- [19] 杉本重雄, Dublin Core Metadata Element Set について - 現在の状況と利用例, デジタル図書館 (ISSN 1340-7287), no.14, pp.3-18, 1999.3
- [20] EU-NSF Working Group on Metadata, Metadata for Digital Libraries: a Research Agenda, <http://www.ercim.org/publication/ws-proceedings/EU-NSF/Metadata.html>

3.6 知的モバイルエージェント

3.6.1 概要

インターネットに代表されるネットワークは、個人の趣味による利用から、ビジネス、教育、医療、公共サービスのための利用へと、急速にその範囲を拡大させている。また、新しいパーソナルメディアの出現はその利用形態を多様化させ、これまでにないサービスも次々と登場している。この延長上には、社会のしくみがネットワークの利用を前提に構築される高度情報化社会の到来が考えられる。このネットワークの世界においては、膨大な量の情報が広域に分散し、全体の構成やその上に提供されるサービスが日々変化し続けている。このため、ユーザのネットワーク利用を支援するソフトウェアにも、ネットワーク上を自由に移動したり、移動先の状況にあわせて自らの行動を柔軟に変化させながら、分散した資源を有効に活用するしくみが求められる。このような背景から、ネットワーク上における人間主体の知的情報技術として、知的モバイルエージェントへの期待が高まっている。

3.6.2 知的モバイルエージェントの要件

知的モバイルエージェントを人間主体の観点でネットワーク活用支援に向けた際の要件、つまり、今後の高度情報化社会に向けて、どのようなエージェントが求められているかを考察する。我々がネットワークを活用して行なう仕事は、主に遠隔地の情報収集やサービスの利用である。これらは、情報収集を行ないながら、その内容によって利用するサービスを決めるといったように、相互に影響し合っている。これを人手で行なうには、自分が必要とする情報/サービスが何であり、それはネットワーク上のどこに存在し、どうすれば入手/利用でき、どう組み合わせれば目的を満たすのかなどを明らかにする必要がある、大変な手間を要する作業となる。こういった作業を効果的に支援する知的エージェントに必要な能力は、次のようなものと考えられる。

- ・ 人間の要求を簡単な伝達で的確に把握する。
- ・ どこで何をすべきかを自ら考える。
- ・ ネットワーク上のどこにでもアクセスできる。
- ・ 個人の好みや過去の経験を熟知し、意思決定の際に活用する。
- ・ 真に必要とされるものを見分け、取捨選択する。
- ・ 各所の状況を把握し、状況に応じて適切に処理を変更する。
- ・ 周囲に迷惑をかけず、外部からの刺激に対しても頑健である。
- ・ 人間や他のエージェントと協力して効率的に仕事を進める。

表 3.6-1 国内外の代表的なモバイルエージェントシステム

	システム名	開発元
国 内	Flage	IPA
	Software Development Kit	日本 IBM
	Plangent	東芝
	Bee-gent	東芝
	April	富士通
	Kafka	富士通
	Concordia	三菱
	Mobidget	NEC
	MobileSpaces	お茶大
	PAF	慶大
海 外	Telescript	General Magic
	Odyssey	General Magic
	Voyager	Object Space
	Grasshopper	GMD, IKV++
	MOA	The Open Group
	Ara	Kaiserslautern 大

3.6.3 知的モバイルエージェントに関する国内外の状況

3.6.3.1 代表的なモバイルエージェントシステム

表 3.6-1 に、よく知られたモバイルエージェントシステムを示す。表からわかるように、多くの日本企業がモバイルエージェントシステムの研究開発に取り組んでいる。以下で代表的なシステムについて解説する。

Flage (Flexible agent) は、通産省プロジェクト「新ソフトウェア構造化モデル」において開発されたエージェントシステムである [6, 20]。実現されたモバイルエージェントシステムとしては世界的にみても先駆的であり、今日のモバイルエージェント開発の隆盛のきっかけとなった日本発の成果と言える。ネットワークの多様かつ頻繁な変化に適応できる柔軟なソフトウェアアーキテクチャの構築を研究開発の目的とし、これに応える仕組みとして「成長するエージェント」なる独自のコンセプトを展開した。実装面での技術としても、エージェントのメタ構造やフィールドを用いた協調計算など、現在のモバイルエージェントの研究に影響を与える成果を残している。

表 3.6-2 FIPA97 と FIPA98 仕様の検討項目

No.	FIPA97	FIPA98
1	Agent Management	Agent Management (拡張)
2	Agent Communication Language	
3	Agent/Software Integration	
4	Personal Travel Assistance	
5	Personal Assistant	
6	Audio-Visual Entertainment and Broadcasting	
7	Network Management and Provisioning	
9		Products Design and Manufacturing
8		Human/Agent Interaction
10		Agent Security
11		Agent Mobility
12		Ontology Service
13		FIPA 97 Developers' Guide

Java モバイルエージェントとしては、日本 IBM が開発した Aglets (Aglets Software Development Kit) が有名である [7, 16]。Aglets のエージェントが移動する際には、プログラムコードと内部変数値のみが移動先に転送され、実行状態までは送られない。このため、移動先ではそれまでの実行をそのまま継続することはできないが、これを補うために豊富なコールバックが用意されている。Aglets を用いてアプリケーションを開発する際には、コールバックを利用して実行継続に相当する処理を記述することになる。Aglets は実用性の高さからさまざまなアプリケーションに適用され、旅行検索システム「たび Can」などが現在も運用中である。

General Magic の Telescript は、モバイルエージェントの概念を実装した最初のシステムとして知られている [14]。Telescript は、「プレース」と呼ばれる非移動型プロセスと、「エージェント」と呼ばれる移動型プロセスとから構成される。エージェントはプレース間を移動するが、移動の際にはプログラムコードに加えて内部変数値、実行状態などが転送される。このため、単なるコード転送などとは異なり、エージェントは移動先でそれまでの実行を継続することができる。Telescript は実行環境や開発環境と共に提供されたが、現在はサポートされていない。

Odyssey は Telescript を開発した General Magic が提供する Java モバイルエージェントである [22]。Telescript のアーキテクチャをほぼ継承しているが、エージェントが Java のスレッドであり、移動には RMI が用いられるなど、Java の機能を活用して実装が行われている。Aglets と同様に移動先での実行継続はできないが、移動先でどのメソッドを起動するかを開発者がリスト形式で自由に指定できる。

Grasshopper は、GMD FOKUS の IMA (Intelligent Mobile Agents) センターで開発されたモバイルエージェントプラットフォームである [Web-Grasshopper](#)。IMA では、ネットワークインフラ TMN と Grasshopper を中心にさまざまなプロジェクトを展開しており、これまでも、警官の無線交信を支援するモバイルエージェントシステムなどが開発されている。また、IEEE、

MASIF、FIPA などの標準化活動にも積極的に関わり、Grasshopper も MASIF や FIPA に準拠したものとなっている。このシステムは、IMA で評価版を公開している他、IKV++からは製品版が販売されている。

3.6.3.2 エージェント技術の国際標準化動向

エージェント技術に関する標準化は欧米を中心に進められている。FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) は、MPEG や DAVIC の議長をつとめた CSELT の Chiariglione 氏が 1996 年 4 月に設立した非営利国際団体で、エージェント技術全般の標準化を目的に現在も活動が続けている。NHK、NTT、東芝、日立、松下、パイオニア、ビクター、IBM、GMD、HP など、日米欧の企業が参加し、奈良先端科学技術大学院大学の西田教授がフェローをつとめる [19]。これまでに、3 つのエージェント技術 (Agent Management, Agent Communication Language, Agent/Software Integration) と、4 つの代表的アプリケーション分野 (Personal Travel Assistance, Personal Assistant, Audio-Visual Entertainment and Broadcasting, Network Management and Provisioning) を定め、標準化検討を行った結果を FIPA97 仕様として 1997 年 12 月に公開。その後、Agent Management 拡張機能の検討、さらには新たな項目として Human/Agent Interaction, Agent Security, Agent Mobility, Ontology Service, FIPA 97 Developers' Guide などを検討した結果を FIPA98 仕様として 1998 年 12 月に公開している。FIPA で定めたエージェント通信言語 ACL (Agent Communication Language) などは多くのエージェントシステムに採用され始めている。

その他に、モバイルエージェントに的を絞った標準化活動として OMG (Object Management Group) の MASIF (Mobile Agent System Interoperability Facilities) が知られている [23]。1995 年に MAF (Mobile Agent Facility) として提案要求を開始したものが 1997 年 11 月に MASIF に名称変更となり、GMD FOKUS、IBM が中心に提案をまとめ、Crystaliz や General Magic、The Open Group などの支援の下で MASIF 仕様を発行。現在も WG 活動が続けている。MAF IDL として、MAF Agent System インタフェース (受信、生成、サスペンド、終了などのオペレーション) や MAFFinder インタフェース (エージェント、プレース、システムの登録、削除、配置を行なうネーミングサービス) などを規定している。また、米国企業 (IBM, Microsoft, AT&T, General Magic) 中心の Agent Society [15]、DAPPAKSE (Knowledge Sharing Effort) がベースとなった CoABS (Control of Agent-Based System) [18]、W3C における Web エージェントの検討 [25] なども行われている。

3.6.4 知的モバイルエージェントのシステム事例

3.6.4.1 分散協調エージェントフレームワーク Bee-gent

コンピュータネットワークの急速な普及に伴い、ネットワークを介した異種システム間の相互連携が大きな課題となっている。分散協調エージェントフレームワーク Bee-gent (Bonding and Encapsulation Enhancement Agent) は、レガシーシステムやデータベース、WWW サーバなどの各種アプリケーションをネットワークを介して柔軟に連携するためのフレームワークである。Bee-gent は、エージェントラッパーと呼ばれるモジュールと、仲介役となるモバイルエージェント群から構成される。エージェントラッパーが接続対象となるアプリケーションをエージェント化し、仲介エージェントがその間の調整役となって各システム間の連携を実現する。Bee-gent を用いることで、既存アプリケーションに変更を加えることなく、状況の変化に対応できる分散システムを構築できる。このため、企業内における効率的なエンタープライズモデルの確立や、企業間をまたがるサービスインフラの実現などへのビジネス応用が期待できる [3, 17]。

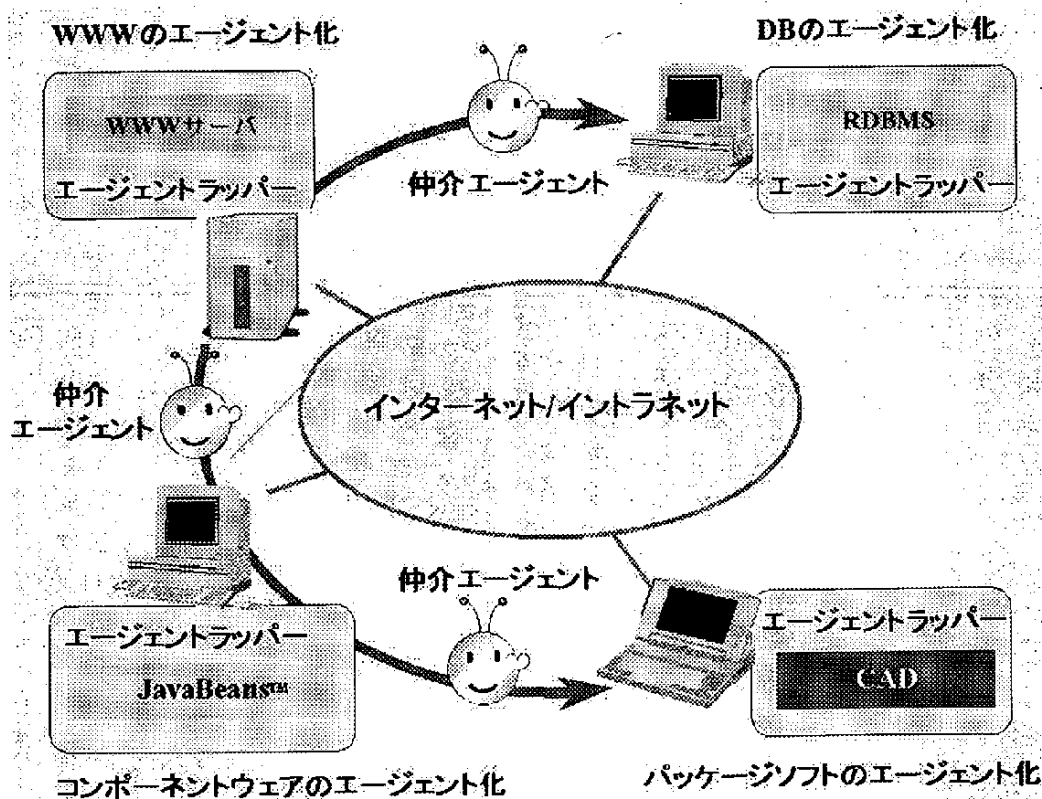


図 3.6-1 Bee-gent による分散システム構築例

従来の技術、例えば分散オブジェクトシステムなどでは、接続対象間のインターフェースを統一したり、データフォーマットを統一することで、相互に接続を行うところまでを実現している。しかし、接続した上で何をするのか、接続したものの同士をどのように調整して一貫したシステム動作を得るのか、といった点に関してはサポートが不十分である。したがって、分散システムの開発者はそういった「調整のためのロジック」を接続対象のシステム毎に組み込む必要がある。これに対して Bee-gent では、接続対象システム間の仲介役となるエージェントが存在し、相互の調整のために必要な手続きや情報を一元的に管理する。つまり、Bee-gent では、「調整のためのロジック」が個々の接続対象システムから切り離される。そして、仲介エージェントがいわば御用聞きのように、自らネットワーク上を移動してシステム毎のさまざまな要求に応える形で調整を行っていく。

接続対象となるシステムにはエージェントラッパーと呼ばれるモジュールを付加し、仲介エージェントとのインターフェースは XML/ACL を用いた会話ベースでやりとりする。XML/ACL とは、エージェント間の共通言語として FIPA が定める ACL (Agent Communication Language) を XML (eXtensible Mark-up Language) 上に実装したものである。XML/ACL を導入することで、システム毎に異なる接続インターフェースをラッパーレベルで統一できるとともに、XML によって他の通信言語との親和性も確保できる。このような構成により、システム構成の変更や拡張、またはビジネスロジックの変更に伴う処理手順の変更などが発生した際にも、仲介役となるエージェントを取り替えるだけで対応でき、既存システムを容易に接続するのみでなく、変更にも強いシステムを構築できる。

3.6.4.2 知的モバイルエージェント Plagent

知的モバイルエージェント Plagent (Planning Agent) は、プランニングという推論機構を持つモバイルエージェントが、目標達成の手段を自分で考えながら、ネットワーク上を自律的に動きまわって処理を行なう点に大きな特徴がある [9, 10, 11, 24]。ユーザからの要求を受けとった Plagent エージェントは以下のように行動する (図 3.6-2)。

- (1) どこで何をするかといった行動計画をプランニングによって立案する。
- (2) その行動計画に基づいて必要な情報やサービスのある場所まで移動する。
- (3) 移動先の情報やサービスを活用して処理を実行する。
- (4) 予期せぬ事態などによって計画の実行が失敗した場合、再プランニングによって状況に合った行動計画を作りなおす。
- (5) 新たな行動計画に基づいて移動と実行を行う。
- (6) 目標が達成されるまでこれらを繰り返し、最後にユーザのところへ戻って結果を報告する。

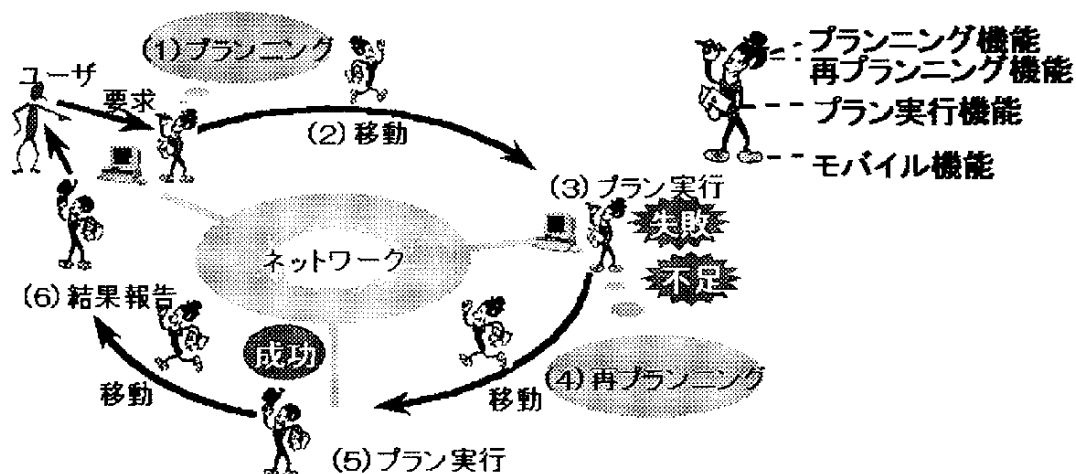


図 3.6-2 Plangent エージェントの動作概要

このような Plangent には多くの利点がある。例えば、ユーザが細かい作業手順を指示する必要がないこと、予期せぬネットワーク環境の変化に対してエージェントが柔軟に対処すること、個人の好みや過去の事例を学習してエージェントが成長することなどは大きな利点である。また、エージェントの移動時以外は通信回線が切断されてもよいため、今後増加する携帯機器向けソフトウェアとしても適した特性を持つ。

3.6.5 知的モバイルエージェントのアプリケーション事例

3.6.5.1 Bee-gent による製品環境情報システム

製品環境情報システムとは、製品の環境影響評価ツール群を実際の製品設計現場で活かすための運用システムを Bee-gent を適用して構築したものである。図 3.6-3 に示すように、ツール群と設計用の CAD ツールやプロジェクト管理ツール、あるいは、部品情報が含まれる各種データベース群を有機的に連携させて、設計中に CAD 画面から設計中の部分の環境影響値を調べるサービスなどを提供する。システム構成要素のエージェント化やサービスを実現する仲介エージェントにより、部品に関する情報がどこにも無ければ流用できる統計データを探したり、一部のシステムがダウンしていても代替となるアプリケーションを探すかサービスを縮小するなど、さまざまな柔軟性を実現する [17]。

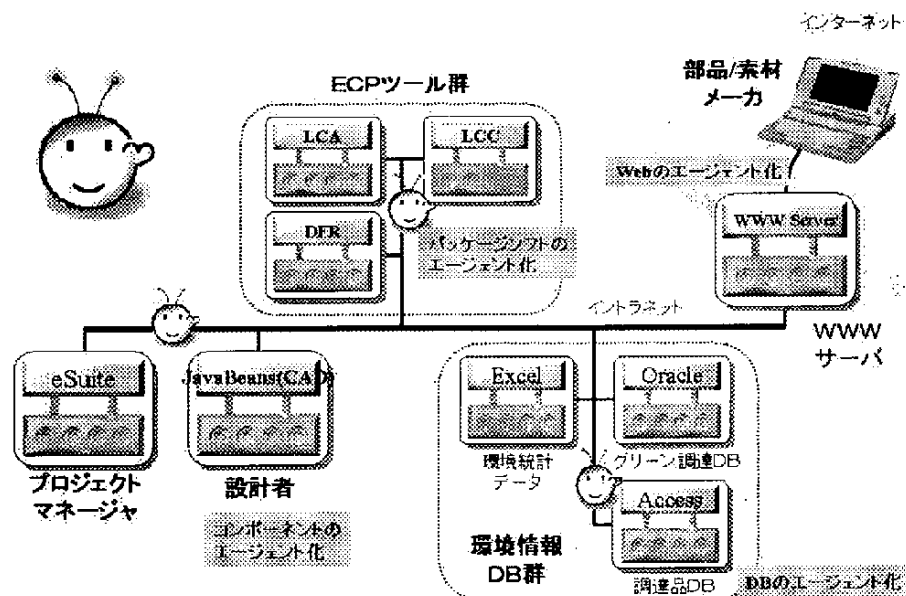


図 3.6-3 製品環境情報システム

3.6.5.2 μ Plangent による組込み機器向けモバイルエージェント

近年、制御用マイコンボードなどの組込み機器をネットワークに接続し、遠隔制御や管理を行なうことが多くなっている。ところが、例えば電力系統内の変電設備といった多数の機器を管理するような場合、特定の操作端末から各機器を管理する方式では、操作端末や特定の通信回線に負荷が集中したり、機器ごとの仕様の違いに操作端末側で対応する手間がかかったりといった問題が生じる。 μ Plangent は組込み機器上で動作する軽量の知的モバイルエージェントで、Plangent の改良版として開発されたものである。 μ Plangent を用いると、知的エージェントを情報系や制御系の種別を意識することなくネットワーク上で移動させ、組込み機器やコンピュータをシームレスにつないで各種処理を行なうことが可能となる。

知的エージェントを組込み機器で動作させる際の最大の課題は、エージェントの各機能を組込み機器の限られた資源でいかに動作させるかにある。 μ Plangent のエージェントは最初に小さなコア部分のみを機器上に移動させ、実行開始後に必要に応じてコードを引き寄せることで、資源の少なさに対処している。また、大規模な知識処理が必要となった場合は実行場所を他に移して計算を継続するなど、資源状況にあわせて柔軟に移動や実行を行なうように工夫されている[1]。このようなエージェントシステムには以下の利点が考えられる。

- ・広域に分散した機器を対象に人間の判断を必要とするような処理を自動化でき、大きな省力化が期待できる。予期せぬ異常事態が生じた際には、業務ノウハウに基づいてエージェントが適切な処置を講ずる。
- ・処理を開始したエージェントは操作端末と切断された状態で独立に処理を進めるため、操作

端末や特定の回線への負荷集中を回避できる。夜中に複数のエージェントを走らせ、翌日に結果を確認するといった運用も可能となる。

- ・電話回線などで結ばれた遠隔機器を操作する場合、エージェントを機器側に送り込んでローカルなプログラムとして実行することにより、通信による遅延を解消できる。また、移動時以外は通信回線を切断できるため、通信コストを低く抑えることも可能である。
- ・負荷のかかる計算を途中で他の機器へ移すことができるため、例えば組込み機器の資源不足を他のコンピュータで補うといったように、ネットワーク全体をひとつの計算資源として有効活用できる。
- ・処理に必要なプログラムがそのつど遠隔機器に送り込まれるため、機器側には最小限のプログラムを設置するだけでよい。万一プログラムに不具合が生じても、修正は操作端末において実行開始前のエージェントに対して 1 回のみ行えばよく、保守性の向上が期待できる。
- ・機器毎の仕様の違いや動作環境の違いなどは各機器の知識ベースで管理されるため、外部からはこれらの差異を意識しなくて済む。

μ Plangent は、各機器やコンピュータに設置されるプラットフォーム、それらの間を移動するモバイルエージェント、エージェントの動きを監視・制御するためのエージェントモニターなどから構成される。図 3.6-4 に、 μ Plangent プラットフォームの構成を示す。プラットフォームは 2 階層からなり、下位の MAP (Mobile Agent Platform) 層では知的処理を必要としないモバイルエージェントが実行される。上位の μ Plangent 層では、分野知識や業務ノウハウを格納した知識ベースが管理され、知的エージェントはここで実行される [1, 8]。現在、以下のアプリケーションが μ Plangent を用いて開発されている [5]。

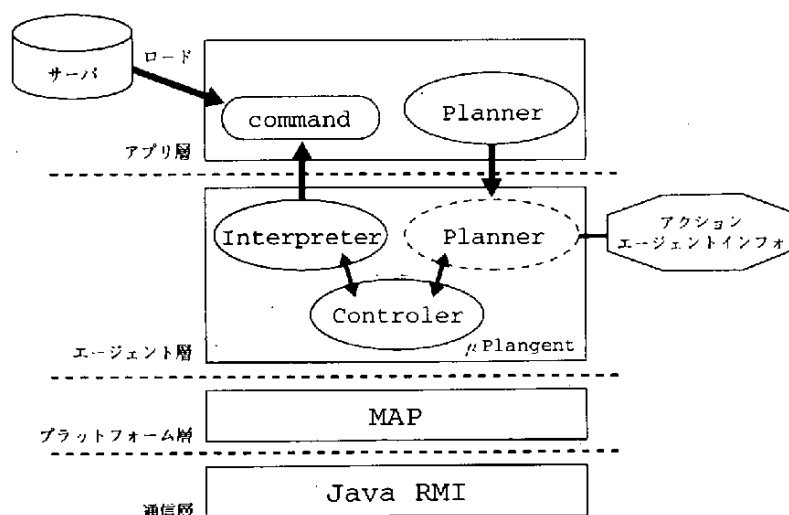


図 3.6-4 μ Plangent のシステムの構成

・巡視エージェント

エージェントが機器を巡回し、保守運用情報を取得する。機器の異常を検出した際には、回復処理の実施、関連情報の取得、操作員への通報などを状況に応じて適宜実施する。

・事故解析エージェント

系統に事故が発生した際に、関連機器の情報を収集し、整理/分析を行なった後にそれらの結果を操作員へ報告する。

3.6.5.3 Plangent によるドライバー情報支援システム

ドライバー情報支援エージェント InfoMirror は、自動車と情報センター、インターネット上の情報などを Plangent によって統合し、ドライバーにさまざまな情報を提供するシステムである。既にネットワークから情報を取得するタイプのカーナビゲーションシステムは存在するが、ドライバー情報支援エージェントは、ドライバーの好みやその場の状況に応じて必要となる情報を適切に判断し、ネットワーク上のさまざまな場所からそれらの情報を取得して提供する点に違いがある [2]。

InfoMirror では、エージェントが自動車やドライバーの状況を把握し、状況に合ったタイムリーな情報を提供する点が特徴となる。例えば、「この近くのガソリンスタンドを知りたい」といった場合はどの道をどちら向きに走っているのかといった情報が活用され、「着いたら食事をしたい」といった要求に対しては設定された目的地近辺のレストランが評判なども考慮した上で検索される。これがさらに進歩すると、ドライバーが仕事中かレジャー中か、一人で乗っているのか、同僚と乗っているのか、もしくは家族と共にいるのかといった状況までを考慮することが可能となる。目的が異なれば、同じ目的地までの道路を案内するにしても、早く着く経路を優先するか、景色のよい経路を優先するかなど、選択基準が変わってくる。また、エージェントはドライバーの好みや自動車の特性などを把握しており、種々の判断の際にそれらの特性を活用する。例えば、先のレストラン検索において数あるレストラン情報からドライバーの好みにあった候補を絞り込む際に、過去にいかなるレストランを選択してきたかの事例が活用される。また、特定のエリアで空き駐車場を探す際などには、自動車のサイズを考慮して入庫可能な駐車場のみが候補となる。これらの特徴によりエージェントに対する指示は大幅に簡略化されるので、音声入力による指示も可能となる。自動車を運転中のドライバーが行なえる操作は制限されるので、こういったユーザインタフェースは重要である。図 3.6-5 にドライバー情報支援エージェントの概要を示す。

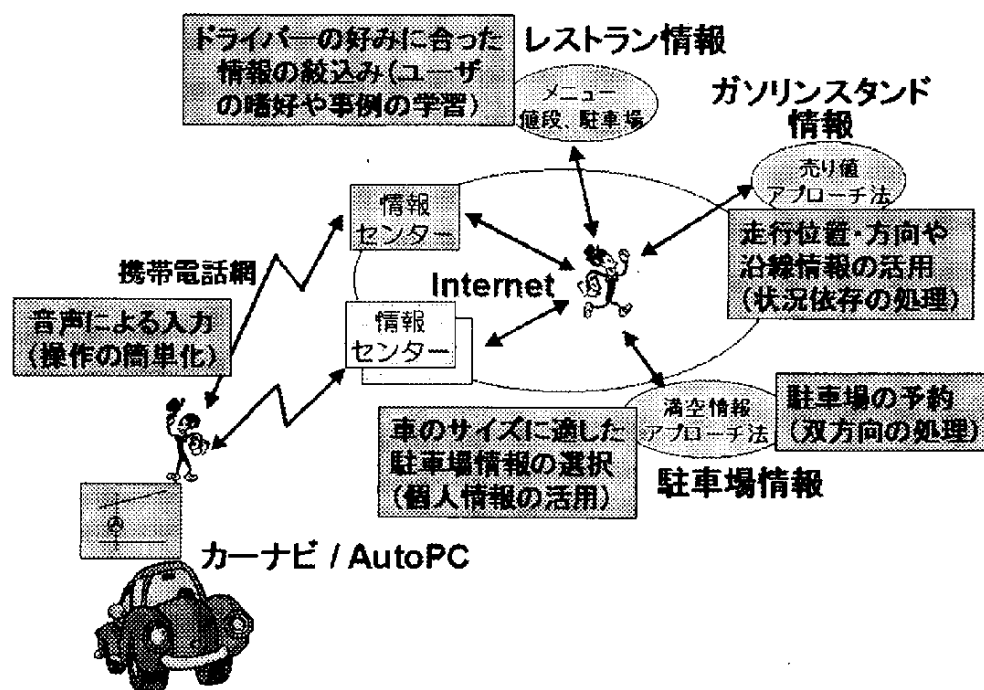


図 3.6-5 ドライバー情報支援エージェントの概要

3.6.6 知的モバイルエージェントの応用分野

知的モバイルエージェントがどのような分野へ展開できるかを以下でおおまかに整理する。

・個人情報支援

携帯端末やカーナビに対して情報支援を行なうシステムなどは、知的モバイルエージェントの特徴を生かしたアプリケーション例である。個人の好みを知るエージェントが、簡単な操作によってそのときどきの状況にあったタイムリーな情報支援を行なう。移動性による通信コストの低下、回線断に対する柔軟な対処、ネットワーク資源の有効活用も大きな魅力となる。ドライバー情報支援システム InfoMirror はこれに相当する。

・状況依存型ワークフロー処理

処理の流れが固定的でなく、収集した情報の内容やその時の状況、相手側の状態などに応じてその後の処理が決定し、処理の結果によってまた必要な情報が決まるといった複雑な依存関係を持つワークフロー処理にも知的モバイルエージェントが活用できる。状況にあわせて書類を持ち運ぶ帳票エージェントや会議スケジュールの調整を行うオフィスエージェントなどの事例がある。

- ・ネットワーク上の巡回処理

定期的にネットワークを巡回してマシンを保守・管理するシステムなど。ユーザの利用状況の監視やマシンの環境設定、ソフトウェアの自動インストールなどが可能となり、異常事態に対してもエージェントが柔軟に対応する。組込み機器向けモバイルエージェントを用いた巡視エージェントや事故解析エージェントは、この事例である。

- ・広域分散情報を扱う処理

形式の異なる分散データベースや大規模で内部構造の複雑なデータベースから情報を収集するシステム、異種環境にまたがるグループウェア処理、部門や会社をまたがる広域情報処理システムなど。エージェントが異なるシステムを柔軟につなぎ、情報やサービスを効果的に活用する。製品環境情報システムがこれに相当する。

3.6.7 知的モバイルエージェントの課題

本節の最後で、知的モバイルエージェントを実用化する上での課題を整理する。

- ・知識処理の高度化

知的モバイルエージェントの能力は、その知識処理能力に強く依存している。人間の要求の把握、行動の決定、個人の好みの把握、過去の経験の活用、対象の取捨選択、状況に応じた処理の変更などを効率的に行なう知識表現やプランニングのしくみが望まれる。このために、実用を意識した上での知識処理の高度化や学習技術の研究の推進が必要である。

- ・コミュニケーション方式の確立

知的エージェントがコミュニケーションするためには ACL (Agent Communication Language) を定めるだけでなく、アプリケーション分野毎の言葉を整理する必要がある、オントロジー (ontology) の導入も重要な課題となる。これらの技術によって、エージェントは他のエージェントや人間と協力し合って効率的に仕事を進めることができる。しかし、オントロジーの研究には地道で膨大な作業が伴い、また統一されたオントロジーが用いられなければ、コミュニケーションの効率は著しく低下する。こういった活動の支援は、国が取り組むべき課題と考えられる。

- ・セキュリティの保証

人間の代理人として仕事をするエージェントをどこまで信用するか、プライバシーをど

う保護するかなどは、エージェントを実用化する際の技術課題である。これについては、エージェントからの攻撃に対するホストの保護、ホストからの攻撃に対するエージェントの保護、エージェントからの攻撃に対するエージェントの保護、といった観点で議論が進められている。

・信頼性や安全性の確保

システムの制御などを行なうエージェントには安全・確実にタスクを遂行することが求められる。例えば、エージェントが訪問中のホストが突然ダウンした場合などでも、エージェントを確実に復元する機構が必要である。こういった機構を整備することにより、エージェントによるタスク遂行の確実性が増し、知的エージェントシステムの信頼性が向上する。

・開発方法論や支援環境の構築

アプリケーション開発者の立場で見たとき、エージェントはこれまでに扱ったことのない概念である。エージェントをいかにモデル化し、これを活用するシステムの機能や構成をいかに設計するかといった開発方法論や支援環境の整備が課題となる。

・相互運用性の検討

モバイルエージェントがネットワーク上を自由に移動してさまざまな仕事を行なうためには、プラットフォームの標準化、もしくは異種プラットフォーム間での相互運用性の確保、位置管理やセキュリティ方式の統一などが必要となる。前述の FIPA97、FIPA98 仕様や、OMG の MASIF 仕様などを踏まえたモバイルエージェントの相互運用方式の研究開発が今後重要となる。こういった技術の開発・普及は単独の企業で進められるものでなく、国の指導による共同開発・普及の活動が期待される。

<参考文献>

- [1] 長健太, 入江豊, 大須賀昭彦, 関口勝彦, 本位田真一 : 組込み機器向け移動エージェント(1) - μ Plangent : 知的処理の実現 -, 情報処理学会 第 58 回全国大会 (1999).
- [2] 加瀬直樹: ITS におけるエージェント技術, 情報処理学会研究報告, Vol.99, No. ITS-1 (1999), pp. 21-27.
- [3] 川村隆浩, 田原康之, 長谷川哲夫, 大須賀昭彦, 本位田真一 : 既存システムの柔軟な結合を可能にするエージェントフレームワーク Be-gent の提案, 電子情報通信学会技術研究報告, AI98-3 (1998).

- [4] Kiniry, J. and Zimmerman, D. : A Hands-on Look at Java Mobile Agents, *IEEE Internet Computing*, Vol. 1, No. 4 (1997), pp. 21-30.
- [5] 小泉善裕, 前田猛, 田中立二, 関口勝彦: 組み込み機器向け移動エージェント(3) 電力系統保護制御への応用 - 整定エージェントと解析エージェントの試作 -, 情報処理学会 第 58 回全国大会 (1999).
- [6] Kumeno, F., Ohsuga, A., and Honiden, S., Flage : A Programming Language for Adaptive Software, *IEICE Trans. Inf. & Syst.*, Vol. E81-D, No. 12, pp. 1394-1403 (1998).
- [7] Lange, D. B. and Oshima, M. : *Program and Deploying Java Mobile Agents with Aglets*, Addison-Wesley (1998).
- [8] 大村寿美, 武脇敏晃, 関口勝彦: 組み込み機器向け移動エージェント(2) - 移動エージェントプラットフォーム -, 情報処理学会 第 58 回全国大会 (1999).
- [9] Ohsuga, A., Nagai, Y., Irie, Y., Hattori, M., and Honiden, S. : PLANGENT : An Approach to Making Mobile Agents Intelligent, *IEEE Internet Computing*, Vol. 1, No. 4 (1997), pp. 50-57.
- [10] 大須賀昭彦, 入江豊, 加瀬直樹 : 知的ネットワークエージェントシステム Plangent, 東芝レビュー, Vol. 53, No. 8, pp. 11-14 (1998).
- [11] 大須賀昭彦: プランニングモバイルエージェント, *bit*, Vol. 31, No. 3, pp. 88-95 (1999).
- [12] Russell, S. and Norving, P. : *Artificial Intelligence A Modern Approach*, Prentice Hall (1995); 古川康一 (監訳), エージェントアプローチ 人工知能, 共立出版 (1997).
- [13] 山田誠二 : エージェントのプランニング, *人工知能学会誌*, Vol. 10, No. 5 (1995), pp. 677-682.
- [14] 山崎重一郎, 津田宏 (編訳) : *Telescript 言語入門*, アスキー出版局 (1996).
- [15] <http://www.agent.org/>
- [16] <http://www.tr1.ibm.co.jp/aglets/>
- [17] <http://www2.toshiba.co.jp/beegent/>
- [18] <http://www.arpa.mil/>
- [19] <http://drogo.cselt.stet.it/fipa/>
- [20] <http://www.ipa.go.jp/NEWSOFT/public/Flage/>
- [21] <http://www.ikv.de/products/grasshopper/>
- [22] <http://www.genmagic.com/technology/odyssey.html>
- [23] <http://www.omg.org/>
- [24] <http://www2.toshiba.co.jp/plangent/>
- [25] <http://www.w3.org/>

3.7 モバイルコンピューティングとエージェント拡張現実感

Keywords

Software/mobile agents, mobile computing, agent augmented reality

3.7.1 はじめに

人々が計算環境を携帯することが可能になり、物理環境と計算環境が統合される機会とその必要性が高まっている。そこで、重要になってくるのが、環境を個人に適合させるための個人化（あるいは個人適応化、本稿では個人化で統一する）技術である。ソフトウェアエージェント技術は、状況を認識し、ユーザーの特性を学習し、その意図を伝達するシステムを構築するためのヒントを与えてくれる。一方、モバイルエージェントはネットワーク環境を個人化する有力な手段である。

筆者は、モバイルコンピューティングやネットワーク技術とソフトウェア/モバイルエージェント技術を用いて、実世界と情報世界を密に統合し、人間の日常生活を支援する枠組みを研究している。その枠組みをエージェント拡張現実感 (agent augmented reality) と呼んでいる [8]。それは、エージェントの自律性や能動性を、実世界の認識や状況依存の情報処理に導入して、ユーザーの状況に依存した高度な情報サービスを提供しようという試みである。

そもそも拡張現実感 (augmented reality) とは、仮想現実感 (virtual reality) から派生した比較的新しい研究領域で、実世界の映像に仮想的な物体の映像を重ね合わせるという発想に由来している。ちなみに、同様のコンセプトを複合現実感 (mixed reality) と呼ぶ人も一部にいます。拡張現実感の研究は、透過型ディスプレイを用いて実世界の対象にコンピュータによる合成画像を重ね合わせることから始まっている [11]。

拡張現実感のアイデアは、より一般的な情報の重ね合わせ、あるいは、情報提示の同期による相互補完という方向に発展してきている。たとえば、カーナビゲーションのような形態である。

カーナビゲーションシステムは、実世界における現在位置と地図（情報世界）上の現在位置の間に常に関連を持たせ、現在位置とユーザーの目的に関連のある情報を提示することができる。このようなシステムは、実世界を情報的に拡張しているという意味で一種の拡張現実感と言える。

本稿では、モバイルコンピューティングにおけるエージェント技術の応用に関して、モバイルエージェントや拡張現実感の話題を絡めて解説する。

3.7.2 モバイルコンピューティングとエージェント

モバイルコンピューティング (mobile computing) は、携帯型コンピュータや無線ネットワークを含む分散コンピューティング環境を目指すアプローチである。それには、携帯型コンピュータや無線ネットワークに適した OS やネットワークプロトコル [12] の研究が含まれている。ここでは、モバイルコンピューティングのアプリケーションに焦点を当てて説明する。

ここで考えているモバイルコンピューティングのアプリケーションは、携帯型のシステムが実世界の状況認識を行ない、さらに無線ネットワークを通じて関連情報にアクセスするという形態が考えられる。Sony CSL のウォークナビ [15] はそのようなシステムの一例であり、携帯型のコンピュータが GPS や赤外線によりユーザーのいる環境を知り、移動体通信を使ってインターネット（主に World Wide Web）にアクセスし、ユーザーの位置に合った情報案内を行なうことができる。

この場合、携帯型システムに実装されたエージェントは、ユーザーとアプリケーションの橋渡しとして機能する。つまり、エージェントはユーザーの状況を認識し、その意図を推論し、要求を満たすためのアプリケーションを起動する。モバイルコンピューティングであることの利点は、ユーザーの実世界における文脈にエージェントを適応させることができることと、ユーザーを常に特定できるので個人情報を使ったカスタマイズ、つまり個人化ができることである。

ユーザーとその周囲の状況に常に注意を働かせているエージェントは、それ自身がネットワークを移動する必要はないし、分散的である必要もないので、モバイルエージェントではなく、AI 技術を用いたいわゆるソフトウェアエージェント [3, 14] として実現すべきだろう。ただし、分散されたアプリケーションとの連携をとるために、エージェント間コミュニケーションの機能は不可欠である。さらに、ヒューマンエージェントインタラクションのためのさまざまな工夫が必要である。

また、モバイルエージェントは分散された任意の情報環境を個人化する手段として用いることができる。つまり、個人情報を持ってさまざまな情報サーバーに移動し、サーバーから受けるすべてのサービスを特定の個人に合わせて加工してから、ユーザーに提供することができる。特に、情報環境と物理環境が連動している場合（たとえば、照明や空調の制御など）、このような機能はエージェントを派遣することではほぼ自動的に実現できるので、その利点は大きいと言える。

ここまでの話は、特定の個人のプロフィール情報と文脈情報を持ったエージェントが情報空間を移動して、その個人に合ったサービスを提供するというものであったが、コミュニティなど複数の人間の活動を支援するように拡張することができる。

ネットワーク社会におけるコミュニティ活動の支援は、今後さらに重要性が高まるとされる研究テーマである [4]。オンラインで行なわれるコミュニティ活動と実世界で行なわれる出会いや、コミュニケーションを密に連結させるためにも、エージェント拡張現実感は大いに貢献でき

と思われる。

この場合、複数のユーザーのそれぞれのモバイルエージェントが出会い、情報を交換し、それぞれのユーザーに有用な情報を伝達できるような仕組みが必要である。

このようなマルチモバイルエージェントシステムは、従来から研究が行われてきたマルチエージェントシステムとモバイルエージェントの特徴を併せ持つものである。すなわち、エージェントは移動能力を持つだけでなく、他のユーザーのエージェントとのコミュニケーション能力も持つ。この場合のコミュニケーションは一般のマルチエージェントシステムと同様に、ACL (Agent Communication Language) [2] を用いて行なう。

3.7.3 エージェント拡張現実感

エージェント拡張現実感とは、実世界を認識し、情報世界を移動するエージェントを基盤とした新しいネットワークコンピューティング環境を目指すアプローチである。

たとえば、電子メールの管理を行ったり、インターネット上の情報検索を行なうエージェントシステムは、すでにいくつか実現されている [7, 1]。しかし、それらの研究では、ユーザーの目的や意図を伝達する手法、つまりヒューマン・エージェント・インタラクションに関する手法には、まだ十分に注意が払われていないと思われる。筆者が以前に関与していた擬人化エージェントの研究では、人間同士が対面式のコミュニケーションにおいて用いるような言語的モダリティと非言語的モダリティを統合して、人間とエージェントとが円滑なコミュニケーションを行なえるようにする試みを行っていた [9]。しかし、擬人化のための技術が不十分なことや、考慮すべき心理学的・社会学的要因が多いために、まだまだ効率的な意図の伝達を扱うには至っていない状態である。

エージェントシステムに拡張現実感のアイデアとその技術を導入することによって、実世界状況を認識しユーザーの意図を暗黙的に理解して、情報世界を動き回って適切な情報を収集・加工するシステム、あるいは実世界状況に依存したタスクをユーザーに代わって遂行するシステムが考えられる。

このエージェントは、実世界認識という新たなモダリティを用いることによって、ユーザーの意図をより容易に認識することができるため、人間とのインタラクションを大きく改善できる可能性がある。

つまり、人間とエージェントが環境や状況を共有していることを暗黙的に理解できる場合には、言葉のようなあいまいな情報伝達手段が有効になると思われる。次に紹介する状況依存エージェントは、人間のいる状況、その人間の習慣・興味などを知った上で、言葉を理解する。人間はエージェントがそういったことを知ってくれていることを前提として、安心して言葉を使うだろう。

たとえば、このエージェントは、本や本棚といった対象物を認識するとそれに対して人間が聞いてくると思われる質問を想定して、そのための文脈を用意してから、人間の言葉を認識する。もし本を見ながら「この本の著者はどんな人？」などと聞いた場合には、「この本とはどの本のことですか？」などという余計な事を聞かずに適切に答えてくれるだろう。また、その人間の好みを知っていれば、その人に合った本を本棚が紹介してくれる、ということも実現できる。

3.7.3.1 状況依存エージェント

エージェント拡張現実感とは、人間が携帯型あるいは装着型のコンピュータを常に自分のそばに置いていることを前提としている。また、そのようなコンピュータには実環境の状況を認識するためのさまざまなセンサーが接続されている。

センサーからの情報に基づいてユーザーの状況認識を行なう携帯型/装着型コンピュータはカスタマーホストと呼ばれ、ユーザーの個人情報を管理して、その行動を観察するパーソナルプレースエージェントと呼ばれるエージェントが動作している。このプレースエージェントとは、General Magic 社の開発した Telescript [3] のプレースにエージェント機能を持たせたものである。したがって、プレースエージェントはモバイルエージェントと異なり移動はしない。パーソナルプレースエージェントは特別なプレースエージェントで、特に個人情報の利用とプライバシー保護の機能を持っている。

このカスタマーホストにエージェンシーホストと呼ばれるサーバーからモバイルエージェントの利用環境がダウンロードされる。ダウンロードはユーザーが意識することなく自動的に行なわれる。この環境にはサービスホストと呼ばれるリモートサーバーの情報やサービスホストにいる(パブリック)プレースエージェントとのプロトコル情報などが含まれる。ユーザーが要求をパーソナルプレースエージェントに伝え、自動的にモバイルエージェントが生成され、適切なサービスホストに転送される。モバイルエージェントは必要に応じて、複数のサービスホスト間を移動する。モバイルエージェントはどこにいても、それを生成したパーソナルプレースエージェントと通信ができるように設計されている。それによって、パーソナルプレースエージェントは、ユーザーの現在位置などの情報をモバイルエージェントに伝達することができる。モバイルエージェントは、移動先でユーザーのもともとの要求に合うように情報を加工するだけでなく、パーソナルプレースエージェントから伝達されたユーザーの状況に基づいて情報を再加工したり、新たなサービスホストに移動したりする。

もし無線ネットワークが作動しなくなり、モバイルエージェントとパーソナルプレースエージェントとの連結が切れてしまった場合は、作業の終了したモバイルエージェントは先ほどのエージェンシーホストに移動する。そして、ネットワークが回復するとカスタマーホストはエージェンシーホストに自動的に接続して、エージェントが呼び戻される。パーソナルプレースエージェントはユーザーの状況を観察し、適切なタイミングで、帰還したモバイルエージェントから得ら

れた情報を提示する。

図 3.7-1 は、ここで用いているモバイルエージェントの実行環境を示している。実装には、APSL (Agent Programming System and Language) [5] という Java を拡張した言語を用いている。

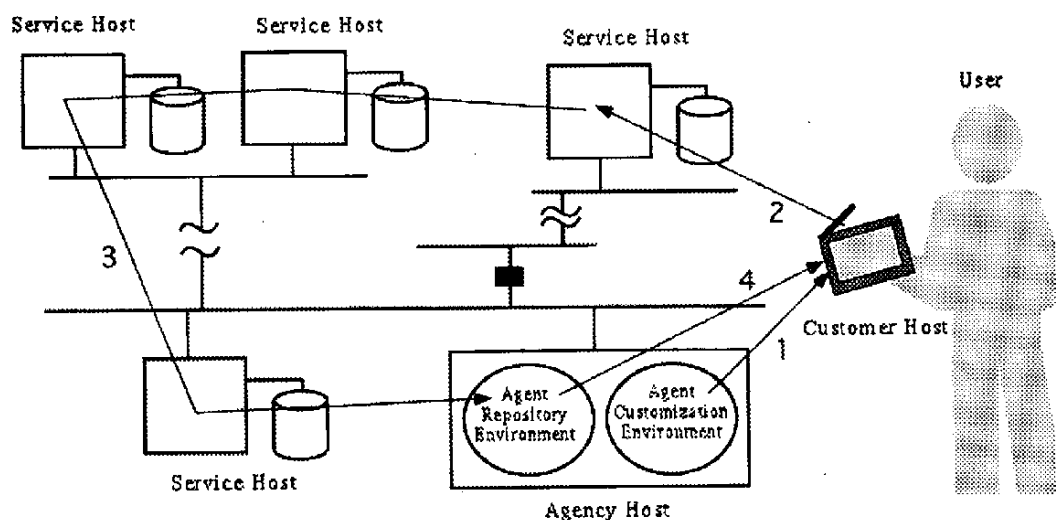


図 3.7-1 APSL 実行環境

ここでモバイルエージェントを使う理由は、そもそも無線ネットワークによる通信が不安定なため、常にネットワークに接続していただけないことが挙げられる。そこで、通信状態をユーザーが意識していなくてもよいように工夫する。そのため、従来、サーバーとクライアントのトランザクション処理を行なわなければならない部分を、内部状態と処理手続きを内包したエージェントを移動させて行なわせる。しかし、ユーザーはそのことを意識する必要は無く、ブレースエージェントはネットワークの接続状態を確認し、タイミングをはかってユーザーの要求をモバイルエージェントに託して転送する。あるエージェントが移動した後にユーザーの要求が変更されたり修正されたりした場合は、差分が少なければエージェント間通信によって、大きければその差分を持ったエージェントが以前に転送されたエージェントを追跡して情報を補足する。

また、モバイルエージェントを設計の基本に据えることによって、アプリケーションのモデルが簡単になり、コンテンツを拡張しやすくなると思われる。それは、情報を提供する側が常にユーザーを分類してコンテンツを区別するのではなく、ユーザーから派遣されたエージェントとコンテンツ提供側のエージェントのコミュニケーションによって動的に定まるように設計できるため、人間の手間を減らすことができるからである。

3.7.3.2 課題

ここでのエージェントの抱える課題はおおむね次のようになるだろう。

1. 情報世界と実世界の連結
2. 人間とのインタラクション
3. 他のエージェントとのコミュニケーション
4. 個人化のための学習
5. 個人化された情報処理
6. ユーザーのプライバシーの保護

1 に関しては、バーコードなどの ID や GPS による位置などを使って実世界の対象や状況特定し、それに何らかの形で情報世界へのアクセスポイントに関連づけることで一応対応できる。ただし、ID と情報内容が適切に対応づけられなければ意味が無いので、ID が無数に存在するようなときに破綻しないように、メンテナンスを効率良く行なう工夫が必要である。

2 に関しては、実世界認識が手がかりになって、人間の意図をより容易に認識できる可能性がある。ただし、状況が特定できたときに、どのようなインタラクションを行なうべきかは、タスクの性質や4の個人化も同時に考慮して設計すべきだろう。

3 に関しては、ユーザーの個人情報がエージェント間のコミュニケーションに有効に活かされる工夫や、6のプライバシーの保護を十分に考慮する必要がある。

4 は個人情報をどのように取得するかということである。これに関しては、ユーザーにプロフィールデータやスケジュールデータを事前に登録してもらうのがてっとりばやいが、それでは役に立たないこともある。ユーザーの繰り返される行動から何かを抽出したり、過去のインタラクションの履歴をうまく利用することも考えられる。強化学習や記憶に基づく学習などのメカニズムが利用できるかも知れないが、これは今後の課題である。

5 は4で獲得した個人情報をどのように利用するかということである。情報検索や情報フィルタリングへの応用が最も有望であり、研究事例もいくつかある。ただし、過去の研究は主に個人のプロフィールデータが事前に与えられた場合を扱っており、個人情報の獲得と合わせて議論すべきであろう。

最後の6は、これらの個人情報をエージェントが扱うことにより不都合が生じないための工夫の問題である。現在は、公開鍵暗号システムのような暗号化の技術が盛んに研究されているが、エージェントのような能動的なシステムを暗号や認証によって保護するだけでは不十分かも知れない。これらは、エージェントが日常的になればどんどん深刻化する問題であるから、できるだけ早急に柔軟で安全なアーキテクチャを考えるべきである。

3.7.4 エージェント拡張現実感の実例

以下で、筆者らの試作した、エージェント拡張現実感に基づくシステムをいくつか紹介する。最初の二つは個人の行動を支援するシステムで、後の二つはマルチモバイルエージェントに基づくコミュニティ活動の支援システムである。いずれも、試作段階であるが、近い将来に十分に利用可能になるであろうアイデアを多く含んでいる。

3.7.4.1 ShopNavi

たとえば、今日の料理の食材をスーパーマーケットに行って買う場合、物理的に見て選べるのだから情報は特に必要ない、ということはないだろう。一見同じようでも、産地が違ったり、味が違ったり、製造日が違うということがあるからである。もし、製造元からの情報があれば、より自分に合ったものを選択できるだろう。ただ、そういう情報はモノにうまく結びついていないと役に立たない。つまり、情報と現実のモノとの結びつきが肝心なのである。

また、買物というのは個人的な情報に強く依存している。その場合の個人情報には、何を食べたいかとか、いくらまでお金を使うか、などが含まれている。そのような個人情報と商品、店、製造元などの分散された情報を結び付けるために、エージェントの技術が役に立つ。状況依存エージェントは人間が今何を見ているか、何に興味があるのか、などを認識して情報を検索することができる。

エージェント拡張現実感に基づくこのシステムを ShopNavi と呼ぶ。ショップナビは、エージェントがユーザーの見ている方向や対象を認識して、店内と商品の情報案内を、音声、テキストとグラフィックスを用いて行なうシステムである。図 3.7-2 はこのシステムを使って、ある商品(牛肉)とインタラクションしようとしている様子を、図 3.7-3 はその商品から得られた調理例(すきやき)の情報が携帯型ディスプレイ上に表示された状態を示している。

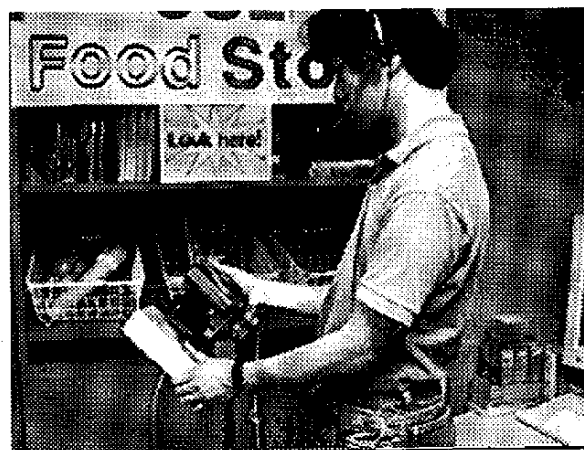


図 3.7-2 ShopNavi の使用風景



図 3.7-3 ShopNavi のディスプレイ

このシステムは、個人情報と店の情報と商品の情報を組み合わせてユーザーをサポートする。予算は個人情報であり、この上限をエージェントが常に意識してくれている。ちょっと高い肉を買おうとして予算をオーバーしそうになると注意してくれる。それでも買いたい場合は、エージェントに言って、個人情報を更新することができる。また、すきやきを作ろうと思ったら、家にはどんな材料が残っているかを調べてくれ、何を買えばいいのかを買物に行く前に教えてくれるだろう。また、店と情報をやりとりして、これこれのものが安いですよ、と言ってくれる。また、商品に付けられた ID から、エージェントがその商品を認識するとその店の管理する(パブリックな)データベース、あるいは、ネットワークを通して製造元のデータベースなどの情報世界にアクセスして情報を取ってくることができる。いずれ物理的なお金のやりとりも無くなるだろう。近い将来に通常の貨幣に取って代わると言われている、電子マネーあるいはデジタルキャッシュによって、知らない間に清算されているということも考えられる。

ShopNavi は、場所や見ている方向を認識するために 3 次元位置センサーを、また、対象を認識するために RF タグとその認識装置を利用している。RF (Radio Frequency) タグは電磁誘導方式のタグで、バーコードなどと違って ID が外から見えていなくても構わない。タグ用のセンサーが近づくだけで ID を読みとることができる。将来的には、このようなタグシステムは、一般に普及して、バーコードに取って代わるだろうと言われている。それによって、商品をカートにいれてゲートをくぐると、値段が集計されて電子マネーで自動的に支払われる、ということが可能になるだろう。このような、機械が容易に読み取れる方式の ID をモノに貼り付けるやり方は、実世界と情報世界をつなぐために十分に利用できる。

ShopNavi には複数のセンサーが使用されているため、携帯する部分とコンピュータ本体をつなぐケーブルがいくつか存在するのだが、将来的には無線を使うことになるだろう。さらに、処理のプログラムのほとんどの部分は、携帯システムの内部で実行されていなくても構わなくなる

だろう。携帯システムが行なうのは、たとえば、ユーザーの声をデジタル信号に変換し、声の信号やタグの信号などのセンサー情報と個人情報とをモバイルエージェントに託してネットワークに流し、ネットワークから得られた情報を単純なカスタマイズを行なって提示する、などの比較的負荷の軽い処理だけになると思われる。人間は、その程度のことができる小型で軽量のシステムを持ち歩けばよいようになるだろう。店内にいるときは店側のコンピュータおよびそれに接続されたコンピュータで大部分の情報処理をしてもらって、携帯型コンピュータはただその結果をユーザーに示せばよい、というような仕組みになると思われる。

3.7.4.2 HyperCampus

HyperCampus は、GPS (Global Positioning System)や赤外線によるビーコンの利用により、ユーザーの現在位置を認識し、さらに時間やそのユーザー個人に依存した情報を提供し、大学の活動や環境に関する興味と理解を深めようとするものである。

関連する研究に前述の Sony CSL のウォークナビ [15] や Georgia Tech の CyberGuide [6] がある。しかし、いずれのシステムにも個人化という視点が欠けている。HyperCampus では、情報システムが、物理的環境と連動していることだけでなく、ユーザー個人にも依存するように設計されている。

図 3.7-4 は HyperCampus の使用風景である。



図 3.7-4 HyperCampus の使用風景

HyperCampus のコンテンツは以下のものから成る。

1. 建物情報。たとえば、外観イメージ、フロアプラン、建築的特徴など。
2. 室内情報。たとえば、講義案内、活動風景、イベントスケジュール、研究室紹介など。

3. 施設情報。たとえば、食堂、生協、図書館、体育館などの施設に依存した情報。
4. 電子掲示板。キャンパス内の任意の場所に、特定のユーザーやグループ、そして有効期限を指定したメッセージを電子的に貼り付けることができる。指定されたユーザーがその場所に期限内に訪れると、エージェント経由で自動的にメッセージが伝達される仕組みになっているので、その状況でなければ意味をうまく伝えられないようなメッセージを送るのに有効である。
5. ユーザーの行動履歴。訪問した場所とアクセスした情報(の識別子)を時間順に並べたもの。
6. その他関連情報。教師のプロフィールや大学行事など。これらは状況に関わらず自由に呼び出せる。

HyperCampus では、ユーザーの現在位置を示すために、上が北を向いたキャンパス地図を表示し、GPS から得られた位置情報を基に、地図上の位置を計算して表示する(図 3.7-5)。また、エージェントは、あらかじめ取得した地図上の領域とネットワーク上の情報との対応表に基づいて関連情報にアクセスし、現在位置と連動して自動的に表示内容を切り替えることができる(図 3.7-6)。

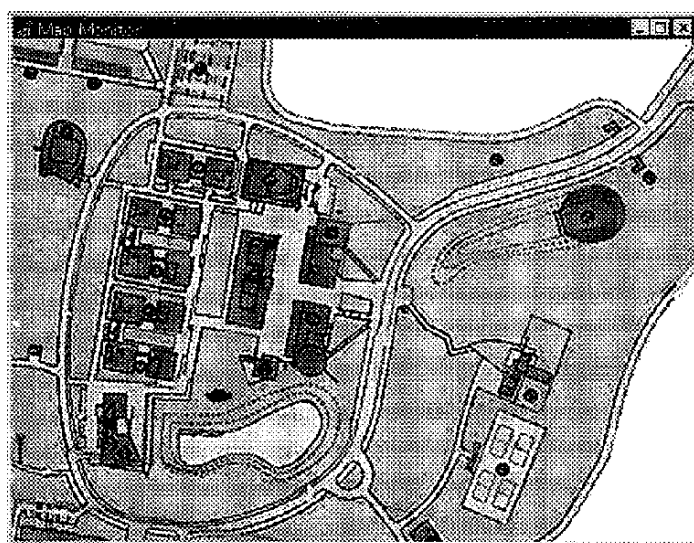


図 3.7-5 地図と現在位置

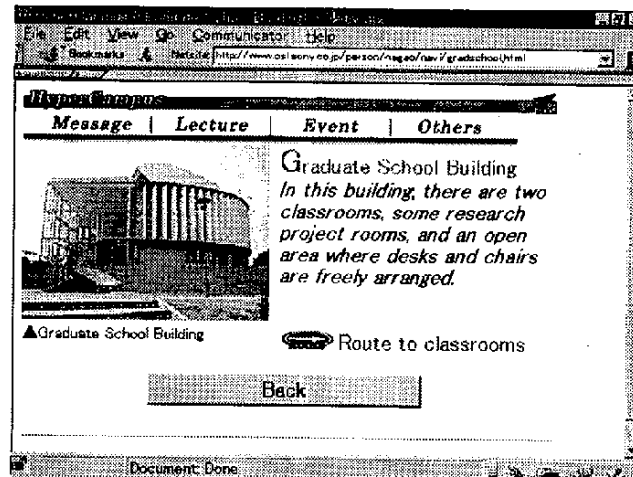


図 3.7-6 位置に関連した情報の例

さらに、大学内のいくつかの部屋の入口に赤外線リモコンを取り付けておき、ドアの開閉に応じて、リモコンのスイッチがオンオフされるようにしておく。赤外線信号は部屋の ID を表しており、GPS の場合と同様に、エージェントは部屋 ID と関連付けられた情報にアクセスし、ID が受信されると自動的に情報を表示する仕組みになっている。

エージェントは、現在位置を認識すると同時に現在時刻を参照するようになっており、位置が同じでも時間によって異なる情報内容を表示するようにしている。これは、たとえば、同じ教室が時間によって異なる目的(つまり、異なる講義)のために使われるためである。もちろん、その場所の異なる時間帯に関する情報もユーザーの要求に従って提供することができる。

また、HyperCampus に備わったモバイルエージェントは、キャンパス内のさまざまな場所に関連したサービスホストに、ユーザーの個人情報と要求を持って移動し、ユーザーがその場所に到着すると、ユーザーの要求に基づいて情報を処理した結果を自動的に返し、ユーザーのその場所における活動を支援することができる。図 3.7-7 は HyperCampus のシステム構成を表している。

実世界の場所とサービスホストのネットワークアドレスとの関係は HyperCampus 用のエージェント・ホストを通じて知ることができ、簡単な操作で、それぞれのサービスホストで処理すべきユーザーの要求を持ったエージェントを生成・派遣できる。

3.7.4.3 HyperDialog

HyperDialog は、ユーザー間の対面コミュニケーションを支援するシステムである。装着型コンピュータに実装されたエージェントは、ユーザーの室内における位置と方向を認識して、個人化されたモバイルエージェントに伝達する。複数のモバイルエージェントは、それぞれのユーザー間の物理的状況を伝達し合うことで、会話の準備としての動機付けを与える。

図 3.7-8 は HyperDialog を使用するユーザーの様子を示している。

3. 研究開発の新しい展開と社会へのインパクト

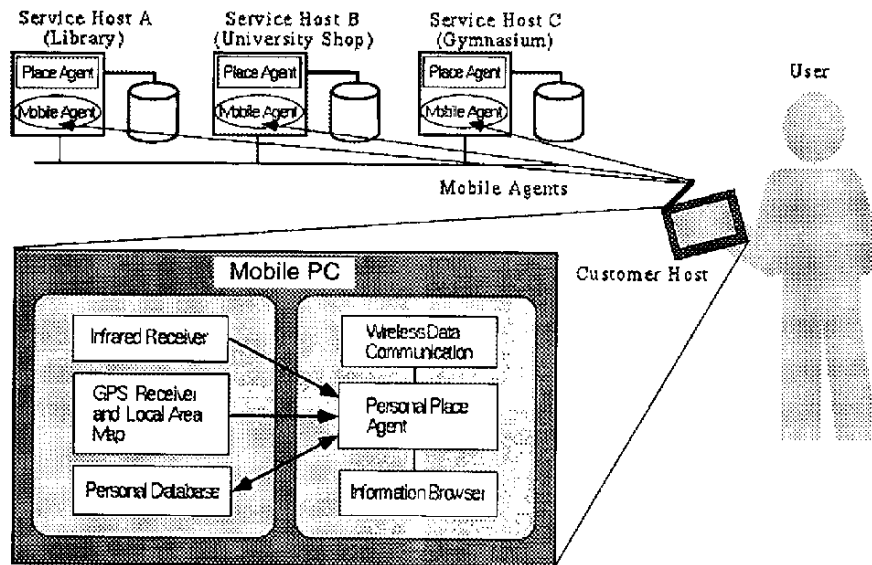


図 3.7-7 HyperCampus システム構成

HyperDialog によって、ユーザーは会話するきっかけを得るだけでなく、そのときに会った人の名前や電子メールアドレスなどの情報を電子的に得ることができ、記憶を想起したり、気の合った相手に再びコンタクトすることを容易にすることができる。

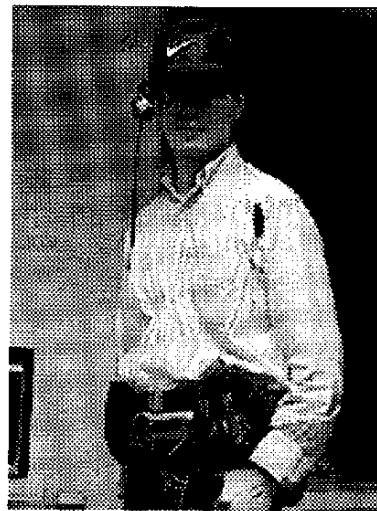


図 3.7-8 HyperDialog を使用するユーザー

(1) HyperDialog の実行例

HyperDialog を構成するエージェントは、たとえば以下のような活動を行なう。

1. パーソナルスペースエージェントはユーザーから個人情報を受け付け、モバイルエージェ

ントを生成して、情報を与える。

2. 個人情報を持ったモバイルエージェントがコミュニケーションサーバーと呼ばれるサービスホストに移動する。サーバーには（パブリック）プレースエージェントが常駐していて、移動してきたモバイルエージェントとコンタクトする。
3. サーバーに派遣されたモバイルエージェントは、サーバーに常駐する（パブリック）プレースエージェントに問い合わせ、他のユーザーの情報を獲得して自分のユーザーのパーソナルプレースエージェントに伝達する。
4. ユーザーのパーソナルプレースエージェントは、複数のユーザーの集まる会場内でユーザーの物理的状況を認識して、サーバーに移動したモバイルエージェントにその情報を伝達する。
5. 各ユーザーの状況を知る複数のモバイルエージェントが（パブリック）プレースエージェントを仲介に情報を交換して、各ユーザーの現在状況に関連した情報を、それぞれのユーザーのパーソナルプレースエージェントに伝達する。
6. ユーザーが他の参加者について詳しく知りたいときは、パーソナルプレースエージェントに要求する。パーソナルプレースエージェントはその要求をモバイルエージェントに伝達し、さらに、（パブリック）プレースエージェントに要求を提示する。（パブリック）プレースエージェントは、相手のモバイルエージェントを通じて、その相手のパーソナルプレースエージェントに要求を伝達する。
7. モバイルエージェントから要求を受けたパーソナルプレースエージェントはユーザーに確認を取ろうとする。
8. ユーザーの承認を受けると、パーソナルプレースエージェントはモバイルエージェントに、そのことを伝え、そのモバイルエージェントは、サーバーの（パブリック）プレースエージェントに要求された個人情報を伝達する。（パブリック）プレースエージェントは要求元のモバイルエージェントに受けとった個人情報を伝達する。その情報は、パーソナルプレースエージェントを通じて、ユーザーに伝達される。
9. もし、ユーザーの承諾が得られなかった場合は、相手のパーソナルプレースエージェントはその旨をモバイルエージェントに伝え、さらに、それを（パブリック）プレースエージェントに伝える。さらに要求元のモバイルエージェントに伝えられ、パーソナルプレースエージェント経由で要求を出したユーザーに伝えられる。
10. すべての作業が終了すると、サーバーに派遣されたモバイルエージェントは、ユーザーの行動履歴などのログ情報をパーソナルプレースエージェントに伝達してから、自動的に消滅する。

図 3.7-9 は HyperDialog のシステム構成を表している。

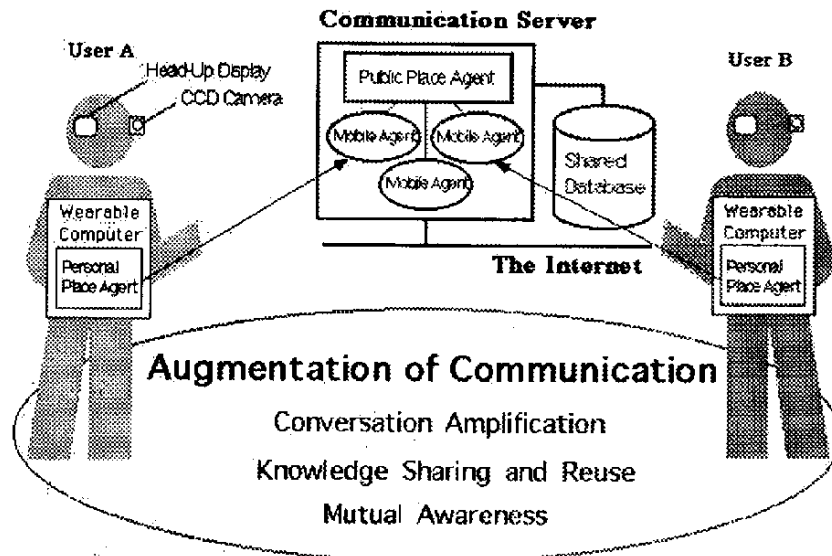


図 3.7-9 HyperDialog の構成

3.7.4.4 CommuniCarte

CommuniCarte は、実世界の部屋を情報的に拡張した新しい共同作業空間を提供する。これは、大型スクリーンに共有情報を表示して、参加者がそれぞれの提供する情報カード(カード形式の文書またはスライド)を個人用の(装着型モバイル)コンピュータを用いて操作できるようにしたものである。

図 3.7-10 は CommuniCarte の使用風景を示している。

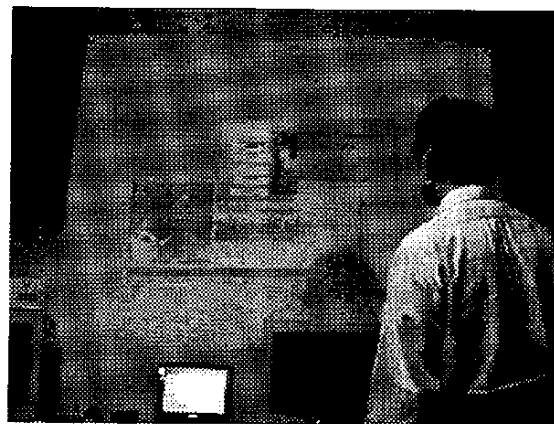


図 3.7-10 CommuniCarte の使用風景

スクリーンに表示された情報カードは、その提供者によって他の参加者の提供する情報カードと関連付けることができる。関連性は2つ以上の情報カードを連結するリンクによって表現され、

結果は情報カードを節点とするネットワークとして表示される。このネットワークはWeb 文書と互換性のあるハイパーテキストに加工され、共有サーバーに保存され、参加者が自由に利用できるだけでなく、後になって再び作業空間に呼び出して加工することができる。

画面に表示された情報カードの提供者が誰であるかを参加者が直感的に認識できるようにするために、実世界での人の位置に依存して、その人の提供した情報カードの表示位置や大きさが変化する仕組みを導入した。カードは人がスクリーンに近づくと自動的に大きくなり、それに伴って内容がより詳細になる。

また、提供された情報カードにはエージェントが付随しており、その情報の要約を動的に生成する。さらに、提供者以外の参加者にその情報カードの ID (と表題)を送信する。その ID は情報カードだけでなく提供者のプロフィールを呼び出すキーにもなる。これによって、参加者は情報を知るだけでなくお互いのことをよりよく知ることができるようになる。

このシステムの運営にはモデレーターとしての人間が必要であり、ミーティングの最初の情報カードを提供して参加者が提供すべき情報を選択するきっかけを与える。また、参加者に対して、提供された情報カードの差し替えを促したり、リンクの修正を要求したりできる。さらに、モデレーターは情報ネットワークの任意の個所にコメントを付けることができる。ミーティングが終了すると参加者はモデレーターに点数を付ける。その点数はそのモデレーターの評判に通じ、次回以降のミーティングに参加する場合の目安となる。

(1) CommuniCarte の特徴

CommuniCarte は以下のような特徴を持つシステムとして設計されている。

1. 実世界に立脚した新しい情報共有空間

参加者は自由に自分の情報を登録でき、他の参加者がそれを参照できる。他の参加者に関する個人情報、各参加者の装着型ディスプレイに表示される。

2. コミュニティの交流を支援するエージェント

ユーザーとともにいるエージェントは情報カードとその提供者の関係を記憶しており、ユーザーがカードを指定して、提供者の情報を要求すると、派遣されたユーザーのモバイルエージェントと提供者のモバイルエージェントがコミュニケーションして情報を取得し、ユーザーに提示する。これによって、カードを通じてユーザー同士が知り合い、話をするきっかけを作ることができる。

3. 情報の共同組織化

複数の参加者が情報を提供し合い、相談しながら情報間の関係をスクリーン上に定義していくことができる。情報間の関係には、直接の関係と間接の関係があり、直接の場合は普通のリンクとして、間接の場合は、途中にノードのあるリンクとして表現される。参加者は、間接リンクの途中のノードに自分の提供した情報を当てはめることができる。

(2) CommuniCarte の使用例

CommuniCarte の実行は以下ようになる。

1. モデレーターによって不特定多数の人に通知があり、ミーティングのテーマと会場が知らされる。
2. それを見た人は、参加を表明するために個人情報を持ったエージェントを指定されたサーバーに派遣する。
3. 会場に人が集まり、情報を提供するとスクリーンに表示される。情報とその提供者は見えない線で結ばれており、人が動くとその情報の位置や内容（の詳細度）が変化する。
4. ある参加者が提供した情報の ID と表題は、他の参加者のコンピュータに送信され、装着型ディスプレイに表示される。この情報は、メニューに加えられ、その情報を選択したり、その提供者の個人情報を呼び出すときに用いられる。
5. 各参加者は自分の提供した情報と他の情報との関連付けを行なう。この作業は何度でもやり直すことができる。
6. このような共同作業によって情報が整理されていく。
7. ミーティングが終了すると、作業の結果はサーバーに保存され、自由に取り出すことができる。この情報は次のミーティングで再利用されたり、参加者によって個人的に利用される。
8. 個人で利用する場合は、ハイパーテキストに変換して Web ブラウザーを使って見ることができる。

3.7.5 おわりに

以上、モバイルエージェントの応用に関する新しい方向性として、拡張現実感との統合によるエージェント拡張現実感について述べた。情報世界が拡大して人間の手に負えなくなり、エージェントのような自律的な情報処理代行システムの必要性が高まってくることは疑いないことであるし、情報世界と現実世界との間に多様な接点が生まれてくることは明らかなので、今後さらにこのような方向の研究が大いに進むであろう。

携帯型コンピュータはますます小型化し、さらに何らかの状況認識機能を持つことになるだろう。また、日常的な電子機器に埋め込まれて見えなくなったコンピュータが通信機能やユーザー毎のカスタマイズ機能を持つようになると思われる。このとき、携帯型と環境埋め込み型のコンピュータたちがエージェントの仲立ちによって相互に密に通信し合い、人間の生活をその状況に応じて支援することになるだろう。

そして、個人とともにいる状況依存エージェントは人間の心理的・生理的側面にも注意を働か

せるようになると思う。たとえば、将来、腕時計には血圧や脈拍を測る仕組みが内蔵され、靴には発汗量を検出する皮膚抵抗値の測定器、帽子には脳波の測定器などが付けられ、エージェントはそれらに基づき、ユーザーの心理状態を知ろうとするのである。たとえば、緊張しているとか、いらいらしているとか、落ち込んでいるとか、のような状態を感知すると、それを考慮して対応してくれるようになるだろう [10]。

また、エージェント拡張現実感とは人同士の結び付きを支援することにも貢献するだろう。たとえば、パーティなどの参加者の中で興味的一致する人をエージェントが情報世界において探しだし、ユーザーに知らせるのである。これによって、初対面の相手とも比較的楽に会話をすることができるようになると思う。また、電話で話そうと思ったときに、事前にエージェントに相手の都合(手が塞がっているとか、別の相手と話をしている最中だとか)をプライバシーを侵害しない程度に調べさせ、問題がなければ電話する、ということも可能になるだろう。エージェントはユーザーのプライバシーを守りつつ、他のエージェントからの問い合わせに答えて、必要に応じてユーザーの現在の状態を伝達するようになると思われる。

このように情報世界と人間を密につなぐエージェントによって、人間には新たな創造性が生まれ、人間同士には時間や空間を越えた強い絆が生まれると筆者は考えている。そのための準備を今から少しずつでも始めていくべきだろう。

<参考文献>

- [1] Oren Etzioni and Daniel Weld. A Softbot-based interface to the Internet. *Communications of the ACM*, Vol. 37, No. 7, pp. 72-76, 1994.
- [2] T. Finin, J. Weber, G. Wiederhold, M. Genesereth, R. Fritzson, D. McKay, J. McGuire, P. Pelavin, S. Shapiro, and C. Beck. Specification of the KQML agent-communication language. Technical Report EIT TR 92-04, Enterprise Integration Technologies, 1992.
- [3] Michael R. Genesereth and Steven P. Ketchpel. Software agents. *Communications of the ACM*, Vol. 37, No. 7, pp. 48-53, 1994.
- [4] Toru Ishida, editor. *Community Computing : Collaboration over Global Information Networks*. John Wiley & Sons, 1998.
- [5] Yasuharu Katsuno, Ken-ichi Murata, and Mario Tokoro. A java front-end approach for programming mobile agents. In *Proceedings of OOPSLA '97 Workshop on Java-based Paradigms for Mobile Agent Facilities*, 1997.
- [6] Sue Long, Dietmar Aust, Gregory D. Abowd, and Chris Atkeson. Cyberguide: Prototyping context-aware mobile applications. In *Proceedings of ACM CHI '96 Project Note*, 1996.
- [7] Pattie Maes. Agents that reduce work and information overload. *Communications of*

- the ACM*, Vol. 37, No. 7, pp. 30-40, 1994.
- [8] Katashi Nagao. Agent Augmented Reality : Agents integrate the real world with Cyberspace. In Toru Ishida, editor, *Community Computing: Collaboration over Global Information Networks*. John Wiley & Sons, 1998.
 - [9] Katashi Nagao and Akikazu Takeuchi. Social interaction: Multimodal conversation with social agents. In *Proceedings of the Twelfth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-94)*, pp. 22-28. The MIT Press, 1994.
 - [10] Rosalind W. Picard. Affective computing. Technical Report 321, MIT Media Laboratory, 1995.
 - [11] Ivan Sutherland. A head-mounted three-dimensional display. In *Proceedings of the Fall Joint Computer Conference*, pp. 757-764, 1968.
 - [12] Fumio Teraoka, Yasuhiko Yokote, and Mario Tokoro. A network architecture providing host migration transparency. In *Proceedings of ACM SIGCOMM'91*. ACM Press, 1991.
 - [13] Jim White. Telescript technology: Mobile agents. In Jeffrey Bradshaw, editor, *Software Agents*. AAAI Press, 1996.
 - [14] 西田豊明. ソフトウェアエージェント. 人工知能学会誌, Vol. 10, No. 5, pp. 704-711, 1995.
 - [15] 長尾確, 暦本純一, 伊藤純一郎, 早川由紀, 八木正紀, 安村通晃. ウォークナビ: ロケーションウェアなインタラクティブ情報案内システム. 田中二郎 (編), *インタラクティブシステムとソフトウェア III*, pp. 39-48. 近代科学社, 1995.

3.8 知識創造プロセスとその支援環境

3.8.1 知識創造プロセス

パース [米盛 81] によると、19 世紀までの二千年近くの間、学問の正当な方法論は演繹のみであった。しかしながら彼によって、帰納および発想の方法論が人間の問題解決・推論の方法論 [米盛 81, 國藤 87] の中に位置づけられた。同時にイギリス経験学派によって、20 世紀前半に帰納法の数理科学的基盤が創られた。また Kowalski 教授を中心とする論理プログラミング一派 [Kowalski79, Kakas92] によって、今日漸くアブダクション [國藤 87] の論理的基盤が整備され、それに基づくプログラミング言語 [Kakas92, 金井 97] も実装されるようになった。アメリカ・プラグマティズムの良き伝統を引き継ぐサイモン [サイモン 69, 89] を中心とする意思決定の科学も、問題の発見、代替案の生成、代替案の選択、過去の決定の再検討というプロセスで捉えており、発想・演繹・帰納というプラグマティズムの枠組みを越えている訳ではない。

ところが川喜田 [川喜田 67, 70a, 70b, 87]、野中 [野中 90] は上記の立場に飽き足らず、人間の問題解決・推論の後処理の局面にも焦点をあて、知の創造プロセスをそれぞれ W 型累積 KJ 法、知のスパイラル理論として展開した。ポラニー [ポラニー80] は名著「暗黙知の次元」の中で、知識を形式知と暗黙知に分類し、前者は人間の知識の総体から見ると氷山の水面上の部分しか過ぎないことを主張した。これを受け野中 [野中 90] は、知の伝達過程に注目し暗黙知から形式知への変換を分節化（表出化）、形式知から形式知への変換を連結化、形式知から暗黙知への変換を内面化、暗黙知から暗黙知への変換を社会化（共同化）と呼んだ。この立場によると、上記問題解決の発想のプロセスは分節化、演繹・帰納の立場は連結化のプロセスに相当する。内面化、社会化のプロセスは組織・社会においてはそれぞれ教育、実戦体験として組織的・社会的「知の伝承」プロセスの中に埋め込まれていると見ることができる（図 3.8-1）。

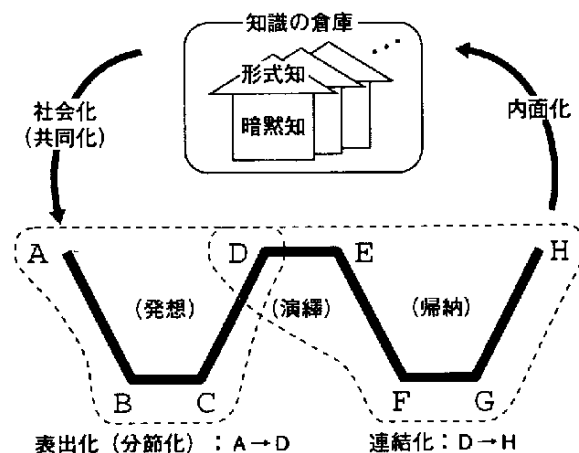


図 3.8-1 W型問題解決学と知識スパイラル

近年、情報革命、デジタル革命あるいは知識革命の進展により、上述の内面化、社会化の役割の重要性が見直されつつある。コンピュータを人間・グループ・組織・社会の問題解決・推論のための支援ツールと見る我々の立場からすると、発想支援ツールの研究〔國藤 98a, 98b〕はまさに分節化支援ツールの研究開発を志向しており、従来から行っているコンピュータシステムの研究は連結化支援ツールの研究開発に相当する。それでは、形式知を暗黙知に変換する内面化の過程、暗黙知を暗黙知のまま伝承する社会化の過程を支援するコンピュータシステムの研究開発は可能であろうか。本小論では、人間・コンピュータ複合体で内面化支援ツールや社会化支援ツール〔國藤 97〕の実現に接近する研究開発シナリオを知識創造方法論〔國藤 98c〕として述べる。

3.8.2 知識創造支援方法論

3.8.2.1 発想を促す分節化支援ツール

暗黙知を特徴付ける概念に、非言語知、包括的な知、経験知、身体知、共時的な知、アナログ的な知、主観的な知がある。また形式知を特徴付ける概念に、言語知、分析知、合理的知、時系列的な知、デジタル的な知、客観的な知〔ポラニー80, 野中 90〕がある。ポラニーは「暗黙知とは我々が語ることができるよりも多くのこと知っている」〔ポラニー80〕と言明しているように、暗黙知と形式知はそれぞれ氷山の水面下の部分と水面上の部分で抽象的に説明される。これを受け、野中〔野中 90〕は日米の組織風土の違いを明らかにし、日本的組織風土の長所をも顕在化した。

人間の持っている膨大な暗黙知から形式知を取り出す分節化のプロセスを支援する発想支援ツールを実現するには、筆者によって指摘されたように発散的思考、収束的思考、およびアイデア結晶化のプロセスを支援するツール〔國藤 93〕を構築する必要がある。例えば、拙研究室ではブレインストーミング支援ツール〔藤田 97〕、テキストマイニング〔野口 97〕やバネモデル〔高杉 96〕に基づく発散的思考支援ツール、および複数の図解の共通部や差異部を可視化表示〔女部田 96〕する収束的思考支援ツールの研究を行っている。

3.8.2.2 知の結合・検証のための連結化支援ツール

パースによればこのプロセスは演繹と帰納（仮説検証）からなる。発想支援ツールの使用によって創造されたアイデア（代替案）は演繹的な連結化支援ツールである各種の意思決定支援グループウェア〔加藤 97, 98〕によって、主観的かつ客観的にどのアイデア（代替案）を選択すべきかが決定される。さて問題は帰納的な連結化支援ツールの役割である。この段階の本質は「仮説検証」であり、発想支援ツールで生成された仮説としての知識表現のレベルによって、様々な仮説検証法〔米盛 81, 國藤 87, ポパー80〕が考えられる。我々はそれを説明可能性に基づく検

証、論理的証明に基づく検証、因果的説明に基づく検証、統計的予測・シミュレーションに基づく検証（図 3.8-2）、等に分類することができる。

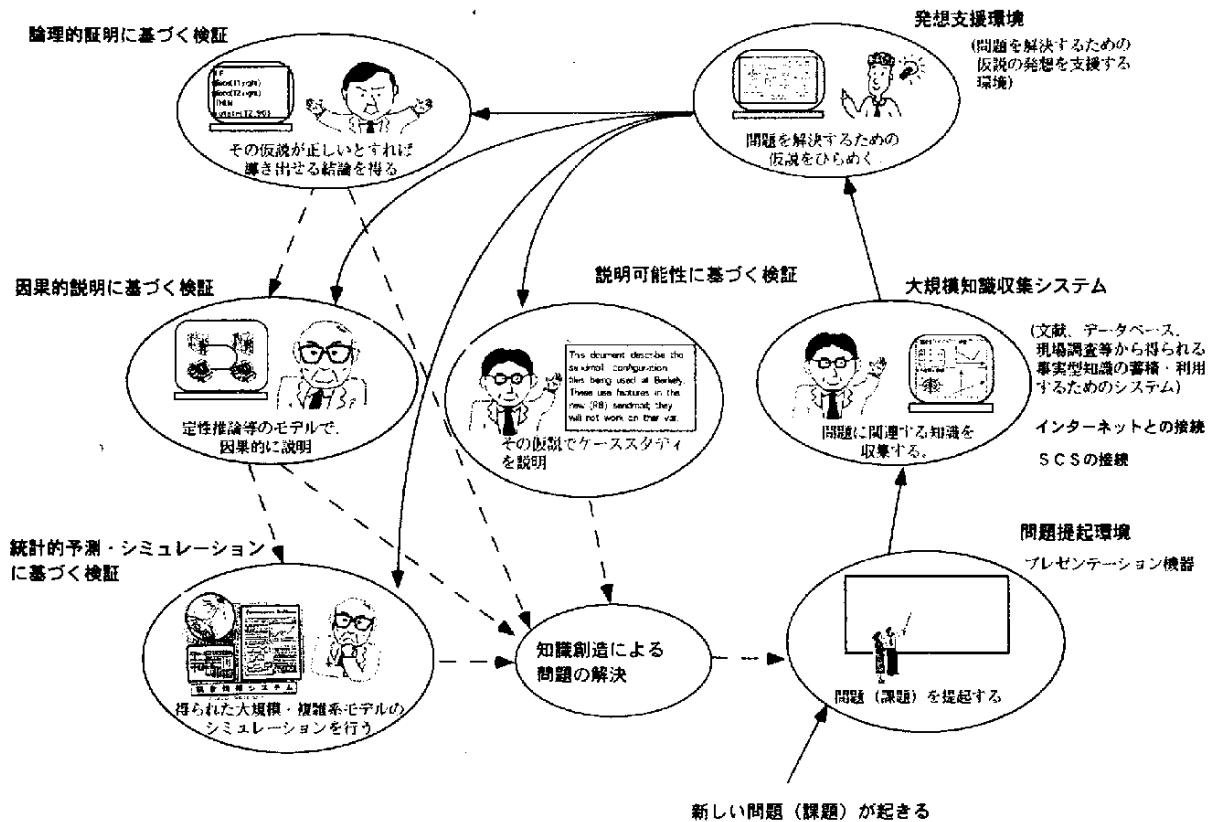


図 3.8-2 検証の諸相に注目した知識創造プロセス

3.8.2.3 知の整理・同化のための内面化支援ツール

内面化という知識変換モードでは、行動・実戦を通じた形式知の体得やシミュレーションや実験による形式知の身体知化が行われる。また社会化という知識変換モードでは、社内外の歩き回りによる暗黙知の獲得、暗黙知の蓄積・伝授・転移が行われる。ピアジェ心理学 [ピアジェ 72] でいうシェーマの同化プロセス、シェーマの調節プロセスを個人からグループ・組織・社会に展開したのが内面化、および社会化（共同化）である。このような内面化のプロセスを支援するツールを我々は内面化支援ツール、社会化のプロセスを支援するツールを社会化支援ツールと呼ぶことにする（図 3.8-3）。

		変換知	
		暗黙知	形式知
源泉知	暗黙知	共同化／社会化 支援ツール	表出化／分節化 支援ツール
	形式知	内面化支援ツール	連結化 支援ツール

図 3.8-3 知識スパイラル [野中 90] から見た知識創造支援ツール

形式知の暗黙知への変換は通常、教育やオンザジョブトレーニングを通じて行われるが、基本的に人間の頭脳という暗黙知の器への形式知の同化というプロセスで行われる。内面化による形式知の獲得は矛盾した知識も系統的に知識として吸収し、言語知のみならず視覚、聴覚、触覚、嗅覚からの「知」をも知識変換、知識同化していき、より深い知の体系となって身体知化される。従って、このようなプロセスをサポートするツールはアイコンタクト [石井 94] の取れる高品質のマルチメディア臨場感双方向通信システム [宮原 98a, 98b] 上で実現されるであろう。

3.8.2.4 知の伝承・調整のための社会化支援ツール

暗黙知から暗黙知への変換は通常、現場や顧客と共通体験する中で知識が伝達されていく。基本的にある人間から別の人間への暗黙知の伝承というプロセスで行われる。ここでの伝承のトリガーは暗黙知全体の矛盾の発生であり、この矛盾を感性として素早く気づく能力である。この気づきを支援するには、臨場感溢れる知識創造環境を提供し、存在そのもの、動作そのものを気づかせる各種アウェアネス環境 [山上 93, 門脇 98, 99]、あるいは、雰囲気、熱意、気を伝える臨場感溢れる知識創造環境を提供しなければならない。我々は既に知識アウェアネス [門脇 98]、WWWアウェアネス支援ツール [中川 98] を構築し、このような気づきを組織的に支援するツールを構築しつつある。また仮想空間内にオフィスに在勤しているかのようなアウェアネス情報を提供する試みも既に成されている。従って、このようなプロセスをサポートするツールは各種感覚からのセンサ情報をも自然に伝える高品質双方向臨場感通信環境、すなわち限りなきフェースツーフェースに近い知識創造環境として実現されるであろう。このような研究の一つとして注目される研究に MIT 石井のタンジブルメディア [石井 97, 石井 98] がある。

3.8.3 知識創造支援ツール

3.8.3.1 分節化支援ツールの実例

発想支援ツールや創造性支援システムの研究として、近年、日本を中心に米国や英国の先端的研究者がこの領域の研究開発を立ち上げている。

この分野は、コンピュータが人間の創造的な問題解決活動を支援する『発想支援システム』という一大研究領域として、その研究開発〔富士通研 91, 電子協 92, 國藤研 92, 94, 國藤 93, 計測自動 95a, 95b, 97, 人工知能 96〕が着実に前進しつつある。我々は発想支援システムの研究開発を行うにあたって、近い将来において実現可能なあらゆる技術を駆使して、人間の創造的問題解決プロセスを支援するシステム構築を念頭におき、人間の創造的思考が発散的思考のプロセスと収束的思考のプロセスからなることに注目した。それらの支援機能の実現をツール化したものが多いことから、我々は発想支援ツールを発散的思考支援ツール、収束的思考支援ツール、統合型思考支援ツールに分類した。人間の思考・発想のプロセスが、上記プロセスからなり、かつそれらにおいてアナログ情報処理、デジタル情報処理が相互に寄与していることに着目し、実際にそのようなシステム構築の事例・構想を、ここ十年間に渡って調査した。その結果、国内の代表的システムの研究者を一堂に会したシンポジウムが毎年開催〔富士通研 91, 電子協 92, 國藤研 92, 94, 國藤 93, 計測自動 95a, 95b, 97, 人工知能 96〕されるようになり、学会誌の特集〔國藤 93〕や関連国際会議〔Jain98〕の勃興、関連プロジェクトの興隆が見られるようになってきた。

その際最も興味深かったのは、日本においては（KJ 法を中心とするボトムアップ的な）収束的思考支援ツールに優れたものが多く、逆に欧米においては発散的思考支援ツールに斬新なものが多かったという事実である。ここ数年の研究開発動向を要約すると、『コンピュータの得意なことはコンピュータに、人間の得意なことは人間にまかす』工学的アプローチが最も将来性のある研究開発戦略であることを実証している。発想支援システムを構築しようとする場合、発想のアウトプットを生成するツールの構築は「計算量の壁」の問題から言っても原理的に困難であり、発想のプロセスを支援するツールの構築が生産的である。次のような発想支援システムが注目されている。

- ・ 発散的思考支援システム：Keyword Associator（富士通研）、Articulation Assistant 0/1（東大）、SCO/SC1（東大）、インスピレーション（アップル）、AIDE（ATR）、Wadaman（阪大）
- ・ 収束的思考支援システム：KJ-Editor（慶応大）、CONSIST（電力中研）、群元（阪大）、e-KJ 法（川喜田研）、Colab（Xerox Parc）、FISM（北大）、Grape（富士通研）、D-Abductor（富士通研）、D-Mergin（北陸先端大）、Group Navigator I/II（北陸先端大）
- ・ 統合型思考支援システム：Intelligent Pad（北大）、GrIPS（富士通研）、DEFACTO（電通）、

Pizza (富士通研)

このような先端的なツールを、オフィスの知的生産性向上に役立てようという試みが随所で行われ、実際意思決定の知的生産性が 3-5 倍上がったという報告 [加藤 97] がされている。コンピュータの究極の進化形態は、人間の知的生産のツールである発想支援システムである。あなたの企業が協調と分散の時代である 21 世紀のリーディングカンパニーになるには、新しい集団問題解決 (組織的意思決定) のツールである発想支援システムの活用に習熟しなければならない。

3.8.3.2 連結化支援ツールの実例

従来から理工学の世界ではあらゆる知識を 0,1 のデジタル情報に変換し、知識をあるデジタル情報化された知識表現から別のデジタル情報での知識表現に変換するプロセスの中で、仮説からの演繹、それに基づく仮説の検証を行っている。従って、伝統的な仮説からの推論、仮説の検証に関するツールは枚挙にいとまがないほど存在し、既存のコンピュータ技術はまさにデジタル情報上の形式知を変換する連結化支援ツールと言える。

3.8.3.3 内面化支援ツールの実例

内面化支援ツール、社会化支援ツールを構築する場合、W型 KJ 法でいう「知識の倉庫」(図 3.8-1) として何を前提としてツール化するかによって、その支援すべき機能が異なってくる。従来この「知識の倉庫」は個人の知識、小集団の知識、組織の知識、社会の知識として蓄積されてきた。紙という文明の利器の発明以来、形式知である文字が重宝され、暗黙知を格納可能な人間の頭脳のもつ潜在的な能力が徐々に軽視されるようになった。そこに計算機の登場とともに形式知の進化系であるデジタル情報が文字情報、音声情報、画像情報、そして手書き絵文字情報の領域を浸食するようになり、それとともに内面化支援ツール、社会化支援ツールの構築法も異なってきた。本論文では、デジタル情報として蓄積可能な形式知を人間という身体のある生物のもつ五感のもつアナログ情報として蓄積可能な暗黙知に変換するプロセスとしての内面化、社会化を支援するツール体系を考えることにする。

人間とコンピュータのインタフェース研究においては、如何にして対面環境に近いインタフェースを提供するかが研究課題のひとつである。標準的には高解像度、高音質の高品質 AV 機器を用いた双方向通信システムを開発すればいいと言われている。ところが「熱意、力強さ、誠実さ、自信等に関して、相手はどこで判定しているか」に関する心理学的実験によると、バーバル情報は高々7%、音声情報は 38%、ノンバーバル情報は 55%という実験結果が出ている。すなわち、音声・画像以外の情報がコミュニケーションにはおおいに寄与している。そこで双方向通信システムに対面環境に近い臨場感を付与する新しい環境を構築するには、どのようにするかが、次なる研究課題である。この方向に対して宮原は「未来映像音響創作と双方向臨場感通信を目的とした

高品位 Audio-Visual System の研究」を行い、いわゆるデジタル臭い音の原因が、時間伸び縮み歪みである [宮原 98a, 98b] ことを明らかにした。この結果は、高度感性情報の再生に「生演奏には所詮及ばない」という諦めを打破し、深刻さ、凄み、胸にしみ込む等の高度の感性に訴える音を再生する新世代オーディオの設計法を示唆しつつある。

3.8.3.4 社会化支援ツールの実例

我々はこの課題克服に対して、視線の一致、相手の存在や動作の気づき、情報の存在の気づきを配信できる各種アウェアネス環境の構築が社会化支援ツールを構築する第一歩であると考えた。そこでアウェアネスの分類から、社会化支援ツールへの接近を述べる。

- ・ ゲイズアウェアネス：石井の Clear Board の研究 [石井 94] は一貫してアイコンタクトの取れる情報環境を提供しようというものである。視線の一致の取れる情報環境の構築の研究は多い。
- ・ 遭遇アウェアネス：コミュニケーションの開始にきっかけを提供するというアウェアネス研究は松下に始まり、松浦 [松浦 94] や石田 [石田 98] の研究に引き継がれている。
- ・ 知識アウェアネス：山上 [山上 93] によって提唱され、組織に眠っている膨大な形式知である組織知の存在を気づかせるシステムへと発展したのが門脇の情報取得アウェアネス研究 [門脇 98] である。
- ・ WWW アウェアネス (図 3.8-4)：ネットワーク経由である Web のホームページを誰が見ているか、どこを見ているか、どのように注目しているかのアウェアネス情報をマシン、OS フリーで情報提供しようというのが、中川の WARP [中川 98] である。

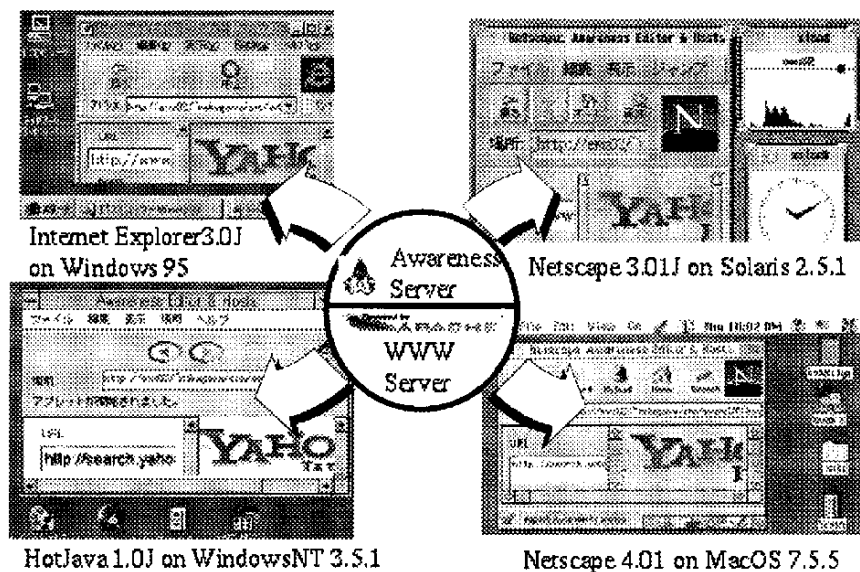


図 3.8-4 WWW アウェアネス [中川 98] より引用

双方向通信システムに対面環境とほぼ同等の臨場感を付与する新しい環境を構築するには、視覚と聴覚以外の感覚をも総動員して、その人の持っている気、オーラを伝える必要がある。デジタル情報中心の仮想空間が膨大に膨らみ、従来からある物理空間との距離が隔たりつつある現在、この問題を克服する手段を我々はもっているのだろうか。

デジタル情報の拡大とともに仮想世界と実世界のリアクションに関する研究が進展しつつある。ソニーの暦本 [暦本 98]、長尾 [長尾 98] の実世界指向インタフェースの研究で着目している拡張リアリティは、デジタルとフィジカルの融合したユーザインタフェース世界で、ここにおいては状況に基づくアウェアネスを提供しつつ、デジタル情報と身体知が交流し合う世界が構築されつつある。更に MIT の石井の提唱するタンジブルピッツ [石井 97, 98] を用いれば、視覚・聴覚のみならず触覚を通してデジタル情報と身体知との交流ができる。ここに、彼のタンジブルメディアのアイデアを拡張すれば触覚、嗅覚、味覚をも利用したその人の雰囲気、感触、気配をも配信できる社会化支援ツール構築の未来を感知しうるのは私だけであろうか。実際に形式知と暗黙知の織りなす未来型双方向通信システムを構築し、仮想世界を通しながら実体験した以上の参画意欲を喚起する社会化支援ツール構築の道のりは遠い。

3.8.4 ナレッジマネジメントに向けて

分節化、連結化、内面化、社会化という知識創造方法論に基づく新しいツール体系の方法論 [國藤 98a, 98b, 98c] を、知識創造スパイラルを支援する知識創造方法論として提案した。このような研究は最近、ナレッジマネジメントを支援するツールの研究として、世界各国でその萌芽的研究が行われつつある。今後の歴史的必然性を考えると、更に内面化支援ツール、社会化支援ツールの研究開発を行い、それらをナレッジマネジメントの支援技術として集大成する必要がある。

<参考文献>

- [電子協 92] 日本電子工業振興協会編：人間の思考支援シミュレーションシステム開発に関する調査研究報告書，日本電子工業振興協会，1992.
- [藤田 97] K. Fujita and S. Kunifuji: A Realization of a Reflection of Personal Information on Distributed Brainstorming Environment, Springer's LNCS 1274, pp.166-181, Mar. 1997.
- [富士通研 91] 富士通研究所国際情報社会科学研究所編：発想支援システムの構築に向けて，第7回国際研シンポジウム報告書，富士通国際研，1991.
- [石田 98] T. Ishida(Ed.): Community Computing - Collaboration over Global Information

- Networks -, John Wiley & Sons, 1998.
- [石井 94] 石井 裕: グループウェアのデザイン, 共立出版, 1994.
- [石井 97] H. Ishii and B. Ullmer: Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits, and Atoms, Proc. of CHI'97, Atlanta, ACM, pp. 234-241, Mar. 1997.
- [石井 98] 石井 裕: Tagible Bits: 情報の感触/情報の気配, 情報処理学, Vol.39 No.8, pp.745-751, 1998.
- [Jain98] L. C. Jain and R. K. Jain(Eds.): 2nd International Conference on Knowledge-based Intelligent Electronic Systems, IEEE, Vol.1, pp.359-434, April 1998.
- [人工知能 96] 人工知能学会・計測自動制御学会共催: AI シンポジウム'96: 発想支援システム, 機械振興会館, 1996 年 12 月 4-5 日.
- [門脇 98] 門脇千恵: 組織情報の共有過程分析に基づく情報共有促進支援法の研究, 北陸先端科学技術大学院大学学位論文, 平成 10 年 3 月.
- [門脇 99] 門脇千恵, 爰川知宏, 山上俊彦, 杉田恵三, 國藤 進: 情報取得アウェアネスによる組織情報の共有促進支援, 人工知能学会論文誌, Vol.14 No.1, Jan. 1999.
- [Kakas92] A. C. Kakas, R. A. Kowalski, and F. Toni: Abductive Logic Programming, Journal of Logic and Computation, Vol.2 No.6, pp.719-770, 1992.
- [金井 97] T. Kanai and S. Kunifuji: Extending Inductive Generalizations with Abduction, IJCAI'97 Workshop on Abduction and Induction, Nagoya Congress Hall, pp.25-30, Aug. 24, 1997.
- [加藤 97] 加藤直孝, 中條雅庸, 國藤 進: 合意形成プロセスを重視したグループ意思決定支援アシステムの開発, 情報処理学会論文誌, Vol.38 No.12, pp.2629-2639, 1997 年 9 月号.
- [加藤 98] 加藤直孝, 國藤 進: 異なる評価構造を持つ参加者間の合意形成支援法の提案と実装, 情報処理学会論文誌, Vol.39 No.10, 1998 年 10 月号.
- [川喜田 67] 川喜田二郎: 発想法, 中公新書, 1967.
- [川喜田 70a] 川喜田二郎: 続発想法, 中公新書, 1970.
- [川喜田 70b] 川喜田二郎, 牧島信一: 問題解決学 -KJ 法ワークブック, 講談社, 1970.
- [川喜田 87] 川喜田二郎: KJ 法, 中央公論社, 1987.
- [計測自動 95a] 計測自動制御学会主催: 第 17 回システム工学研究会「発想支援ツール」, ハイテク交流センター, 1995.
- [計測自動 95b] 計測自動制御学会主催: 第 18 回システム工学研究会「発想支援技術」, 鹿児島大学, 1995.
- [計測自動 97] 計測自動制御学会主催: 第 19 回システム工学研究会「発想支援システム」, 北陸先端大, 1997.

- [Kowalski79] R. A. Kowalski: Logic for Problem Solving, Elsevier North Holland, Inc., 1979.
- [國藤 87] 國藤 進: 仮説推論, 人工知能学会誌, Vol.2 No.1, pp.22-29, 1987 年 3 月号.
- [國藤 93] 國藤 進: 発想支援システムの研究開発動向とその課題, 人工知能学会誌, Vol.8 No.5, pp.16-23, 1993 年 9 月号.
- [國藤 97] 國藤 進: 発想支援グループウェア, ネットワーク及び AI 関連新技術に関する調査研究, 日本情報処理開発協会先端情報技術研究所, pp.26-30, 1997 年 3 月.
- [國藤 98a] 國藤 進: 知識創造プロセスとその支援環境, 人工知能学会誌, Vol.13 No.1, pp.26-27, 1998 年 1 月号.
- [國藤 98b] 國藤 進: 「知の大海」へ冒険の旅に, 月間アドバタイジング, pp.56-61, 1998 年 6 月号.
- [國藤 98c] 國藤 進: 知識創造支援ツール体系, 日本創造学会第 20 回研究大会論文集, 北里大学相模原校舎, 1998 年 11 月 1 日.
- [國藤研 92] 國藤研究室主催: 「発想支援ツール」シンポジウム, 三菱総研, 1992.
- [國藤研 94] 國藤研究室主催: 第 2 回「発想支援ツール」シンポジウム, 富士通幕張シスラボ, 1994.
- [松浦 94] 松浦宣彦, 岡田謙一, 松下 温: 仮想的な出会いを実現したインフォーマルコミュニケーション支援インタフェースの提案, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J77-D-II, No. 2, pp.388-396, 1994.
- [宮原 98a] M. Miyahara, T. Ino, S. Taniho, and R. Algazi: Important Factors to Convey High Order Sensation, IEICE Trans. CQ, Vol. E81-B, No. 11, Nov. 1998.
- [宮原 98b] M. Miyahara, K. Kotani, and R. Algazi: Objective Picture Quality Scale(PQS) for Image Coding, IEEE Trans. on Communications, Vol. COM-46, No. 9, Sep. 1998.
- [長尾 98] 長尾 確: モーバイルコンピューティングとエージェント, 第 12 回人工知能学会全国大会チュートリアル講演テキスト, 早稲田大学, 1998 年 6 月 16 日.
- [中川 98] 中川健一, 國藤 進: アウェアネス支援に基づくリアルタイムな WWW コラボレーション環境の構築, 情報処理学会論文誌, Vol.39 No.10, 1998 年 10 月号.
- [野口 97] 野口裕史, 國藤 進: データマイニング技術の発想支援ツールへの適用, 人工知能学会第 29 回人工知能基礎論研究会資料 SIG-FAI-9701, 広島市立大学, pp.36-41, 1997 年 6 月 6 日.
- [野中 90] 野中郁次郎: 知識創造の経営, 日本経済新聞社, 1990.
- [女部田 96] 女部田武史, 國藤 進: 複数の KJ 法図解の差異や共通部を可視化する試行支援システムの実現と評価, 人工知能学会・計測自動制御学会共催 AI シンポジウム'96 発想支援システム, pp.28-33, 1996 年 12 月 4 日.
- [ピアジェ 72] ピアジェ, J: 発生的認識論, 文庫クセジュ, 白水社, 1972.

- [ポラニー80] マイケル・ポラニー：暗黙知の次元－言語から非言語に－，紀伊国屋書店，1980.
- [ポパー80] カール・R. ポパー：推測と反駁，法政大学出版局，1980.
- [暦本 98] 暦本純一：デジタルとフィジカルの融合：実世界に展開するユーザインタフェース，第34回人工知能学会基礎論研究会招待講演，SIG-FAI-9802，pp.1-7，北陸先端科学技術大学院大学，1998年9月24日.
- [サイモン 69] H. A. サイモン：システムの科学，ダイヤモンド社，1969.
- [サイモン 89] H. A. サイモン：経営行動，ダイヤモンド社，1989.
- [高杉 96] 高杉耕一，國藤 進：ばねモデルを用いたアイデア触発システムの構築について，人工知能学会・計測自動制御学会共催 AI シンポジウム'96 発想支援システム，pp.34-39，1996年12月4日.
- [山上 93] 山上俊彦，関 良明：Knowledge-awareness 指向のノウハウ伝搬支援環境：CATFISH，情報処理学会 93-DPS-59-8，pp.57-64，1993.
- [米盛 81] 米盛裕二，パースの記号学，勁草書房，1981.

3.9 個人の可能性を広げる情報基盤

— 感性的な共同作業を支援する試み —

3.9.1 個人の可能性を広げる情報基盤の技術的ニーズ

3.9.1.1 技術的ニーズ

情報化は、近年のマルチメディア技術、ネットワーク技術、インタフェース技術を含む情報技術の急速な研究開発・実用化にもかかわらず、定型的業務・電話・電子メール・ウェブアクセス・ゲームなどの択一的な操作で十分な場面への導入にとどまっている。これは、以下のような点でヒューマンインタフェース技術が未成熟なためである。

- (a) 万人向けの操作インタフェースを指向したため、対話方式が画一的なだけでなく、提供するサービスや情報の形態までが画一的である。
- (b) 択一的な操作では不十分な、複雑な業務や用途では、利用者は高度な「コンピュータリテラシ」「ネットワークリテラシ」を持たなければならない。
- (c) 知識・能力・嗜好・判断基準など、利用者の主観的な特性を十分に生かせる技術が、まだ開発段階である。

情報技術が社会の様々な場面に受け入れられ、広範な市場を形成するためには、次のような技術を実現する必要がある。

(1) 利用者の主観特性を自律的にモデル化し、適応する技術

マルチメディア情報を主観的に判断・解釈し、表現・伝達する過程を、自律的・能動的にモデル化し、また、これに適応する技術。

(2) 利用者の主観特性に合わせて情報サービスを提供する技術

一人ひとりの主観的特性に基づいて検索要求を理解し、適切な情報サービスを提供する技術(感性検索)。

(3) 知的活動を支援するための情報環境を提供する技術

定型的なビジネス向けのデスクトップメタファー(Windowsなどの2次元空間)や、やや複雑なタスク向きのルームメタファー(VRMLで作られる3次元空間)を構成する技術。また、創造的な仕事の分野では、一人ひとりの主観的特性に適応して、思考や処理の履歴を多様に提示する工房メタファー(多次元空間)を構成する技術。

3.9.1.2 産業的ニーズ

2015年には我国の人口構成の高齢化と少子化がどの国よりも急速に進み、約4人に1人が65歳以上の高齢者となる。同時に地球環境の面からは、二酸化炭素の排出量の規制なども厳しくする必要があり、モノやエネルギーの大量生産、大量消費は、許されなくなると考えられる。

我国の社会が健全な成長を続け、日本列島に住む人たちの生活が成り立っていくためには、以下のような産業的ニーズに答える必要がある。

(a) 3つのCの融合による「情報産業」のグランドデザイン

情報産業全体が大きな市場を形成して高い収益を上げ続けるためには、個々の要素技術の開発だけでは不十分である。コンピュータ (Computer) 産業、コミュニケーション (Communication) 産業、コンテンツ (Content) 産業の融合化や、業際的な技術・サービスのグランドデザインが必要である。

(b) 我国の情報発信力の強化

我国は、情報の圧倒的な「輸入超過」国である。ここで、海外（特に米国）から入る情報は、マルチメディアコンテンツ（1次情報）やコンテンツへのアクセス情報（2次情報）のみならず、情報提供技術そのものが「業界標準」の名で導入され、実質上「USスタンダード」化が急速に進んでいる。

(c) 多様な利用者への情報サービス

非専門家向け、非ビジネスマン向け（子供、高齢者を含む）、非英語圏向け等の情報サービスを展開するためには、多様な利用者向けのコンテンツ創作、コンテンツの蓄積・提供、そして、インタフェースの技術が必須である。（また、そうならないければ、情報産業の市場規模は拡大しない。）

3.9.1.3 生活感覚・利用者感覚からのニーズの表現

以上に示した技術ニーズ・産業ニーズは、「世論」としては必ずしも顕在化していない。非専門家の利用者層には、「難しい情報技術」に対する期待感がないこと、我国の産業界では日々の業務や業務のための技術開発に追われて、新しい市場を育てながら事業展開する余裕がないこと等が、その背景にあると考えられる。このような閉塞状態を打破するために、「生活感覚あるいは利用者感覚の言葉で、ニーズの先に広がる新しいライフスタイル・ビジネススタイルや、新しい市場を表現する」ことは、一つの試みとして意義がある。

「個人の可能性を広げる情報基盤技術」とは、一人ひとりの利用者の主観的・直感的な情

報の判断・解釈の仕方や情報の表現・伝達の仕方にマッチした情報機器・情報サービスを提供するための基盤技術である。これは次のような技術にブレークダウンして表現することができる。

- (a) 「欲しいと思う情報」「自分に役立つと思われる情報」を、情報洪水の中から確実にピックアップできる技術。
- (b) 「この情報を欲しいと思っている人」「この情報が役立つであろう人」を、見つけだして、的確に送り届ける技術。
- (c) 「アルファベット」「キーボード」を使わずに、「こんな」「感じ」で情報機器を使いこなせるようにする技術（以心伝心）。
- (d) 「利用者・消費者の感性を理解する」技術。
- (e) 「利用者・消費者の感性に受け入れられるものをつくる」技術。

以下の節では、個人の可能性を広げる情報基盤技術の具体例として、コンテンツ生産で非常に重要な「工業デザイン」の共同作業を題材に、どのような技術が必要であり、また、どのような技術的なアプローチでそれが実現されうるかを、紹介する。

3.9.2 工業デザインにおける技術的ニーズ・産業的ニーズ

工業生産の過程を「工業デザイン」という視点に立って整理すると、消費財などの工業製品を購入して消費する立場（消費者）、工業製品のデザインを発注する立場（クライアント、デザインマネージャ）、そして、デザインを受注して具体的な設計を行う立場（デザイナー）に分類することができる。本稿では、デザイナー、デザインクライアント、さらに消費者も加えた、トータルな工業デザインの過程を支援する情報基盤技術を考察する。

インテリア関係の工業デザイナーのデザイン作業では、顧客（あるいは想定する顧客層）の嗜好を分析し、デザインコンセプトに基づいて、デザイナー自身のデザイン方向性を明らかにすると共に、既存の種々のデザイン事例を広範に調査、収集、参考にしつつ、連想等により、新しいデザインを創り出している。さらにデザイン作品に様々な部材や家具を最適に組み合わせたり、デザイン自体も変更して、顧客の意図を満足させなければならない。また、顧客にデザイン・コーディネート過程やその結果を説得力のある形でプレゼンテーションしなければならない。このような工業デザイナーの仕事には様々な技術課題（顧客の嗜好を分析する技術等）が存在する。本研究では、まずデザイン作業工程の主だったプロセスをピックアップし、それぞれのプロセスの機能と問題点を整理した。

3.9.2.1 デザインプロセス

工業デザインの過程（デザインプロセス）を整理してみよう。

(1) 受注

デザイナーは、クライアントから渡されたデザインコンセプト（主にイメージ語で表現される）を受けて、どのようなデザインを創作するか、アイディアを練ることから始める。（受注生産の場合、クライアントは消費者に相当する。大量生産の場合、クライアントは工業デザインの上流の部門、例えば、マーケティング部門に相当する。）

(2) 資料の収集とイメージ作り

デザイナーが言葉によるデザインコンセプトを渡された時点では、具体的なデザインは明確には決まっていない。デザイナーは、デザインの参考となる多種多様な情報（デザインの事例など）を収集し、これら資料を様々な視点から整理する。この作業を通じて、そのデザイン対象製品の環境や人間との関わり（どんな状況に置かれ、どんな風に使用されるのか）を想定した製品イメージ作りを行う。

(3) イメージの視覚化・具象化

次に、デザイナーは、漠然とした製品イメージを視覚化・具体化する。漠然と思い描いたデザインイメージを目に見えるメディアに記録して、自ら確認するために具体的にはアイディアスケッチという方法が採られる。

(4) 造形

アイディアスケッチでデザインイメージが収束すると、そのデザインイメージをより具象化するために、造形作業に取りかかる。この工程はレンダリングともいわれる。実際にはモックアップが作成されることもある。最近ではコンピュータを用いてレンダリングする人も増えてきている。

(5) デザイン提案

次に、造形作業で作成された作品（以後、デザインモデルと呼ぶ）をクライアントに提案する。具体的にはプレゼンテーションという形で行われ、デザイナーはデザインモデルの様々な優位性をクライアントにアピールし、好印象を与える演出も必要な技術となる。

3.9.2.2 工業デザインプロセスの問題点とニーズ

我々は「オフィスとオフィス家具のトータルデザイン」を例題に、デザインプロセスのプロトコル解析を実施し、通常のデザイン過程における問題点を分析すると共に、個人の可能性を広げる情報基盤技術がどのようにこれらの問題点を解決できるかを検討した。

(1) 各過程の所要時間

各過程の平均的な時間比率を表3.9-1に示す。

表3.9-1より、造形（レンダリング）や資料収集、プレゼンテーション作成に、全工程の80%以上の時間を費やしていることがわかる。一方、デザインプロセスで最も重要で、デザインの品質に大きく影響する、デザインアイデアの作成・収束を行っているイメージマップやアイデアスケッチの過程には、十分な時間をかけられていない。このことより、実際のデザインプロセスでは、アイデアの整理や収束といった知的創造的活動より、知的な単純作業に多くの時間が費やされているといえる。

このような知的単純作業に時間を費やさざるを得ないのは、資料収集（すなわち、マルチメディア情報の取捨選択）、レンダリング（3次元グラフィックスによる描画）、プレゼンテーション作成（3次元仮想空間の作成）のそれぞれに、「感性・センス」と呼ばれる、デザイナーの経験・評価・技能に基づく主観的な情報処理が必要なためである。従って、「デザイナーの感性を理解する」技術、「欲しいと思う情報」「自分に役立つと思われる情報」を情報洪水の中から確実にピックアップできる技術、「消費者の感性に受け入れられるものをつくる」技術が実現されれば、工業デザインの生産性を大幅に高められると共に、品質を向上させることも期待できる。

表3.9-1 デザインプロセスの各過程の所要時間比率

デザインプロセス	具体的な作業	割合(%)
受注	デザイン依頼	2.2
資料の収集とイメージ作り	資料収集	26.5
	イメージマップ作成	5.0
イメージの視覚化・具象化	アイデアスケッチ	11.6
造形	レンダリング	39.8
デザイン提案	プレゼンテーション	14.9

(2) デザイナー・クライアント・消費者に共通に必要な情報技術

工業デザインのデザインプロセスでのデザイナー・クライアント・消費者が共通に感じている問題点は、自分の頭の中で思い描いたデザインイメージを他の人に正確に伝えることや、そのデザインイメージを他の人と共有するということが大変困難であるという点である。

例えば、クライアントが、デザインコンセプトを正確にデザイナーに伝えることや、共同

作業中のデザイナー同士でも、正確にデザイン意図を共有することは難しく、どちらのケースも打ち合わせ等を何度も行い、デザインしたもの（スケッチ、モックアップ）を介して共通認識を行っている。さらに、消費者側のニーズなどは生産者側にはダイレクトかつ正確には伝わっていないため、結果的にニーズとミスマッチした製品も多いという問題が生じている。

このような問題を解決するには、それぞれの人々の主観的評価尺度をモデル化し、そのモデルを通して、マルチメディア対話をすることにより、デザインイメージを共有するということが考えられる。さらに利用者の入力デバイスやアプリケーションの画面の操作をモニターすることで、利用者の主観的評価尺度の特徴を抽出し、構築したモデルに自律的にフィードバックしていくことによりデザインイメージの共有の信頼性が高められよう。

- ・主観的評価尺度モデル化技術

複数間の人々の間でデザインイメージ（脳裏のイメージ）を共有する技術。またそれらを利用してマルチメディア対話する（コミュニケーション）技術。

- ・エージェント技術

日常の情報機器の利用を観察して、その利用者の知識や興味、感性に関する情報を自律的に抽出する技術。

(3) デザイナーに必要な情報技術

デザイナーには短時間に自分の欲する資料が集められるシステムや、アイデア発想のために、数多くの資料が閲覧できるようなシステムが望まれる。

さらに造形作業でも実サイズでの確認が困難という問題から、現状ではモックアップ等が作成されている。このモックアップの作成にも時間が非常にかかってしまう。仮想空間上に実サイズを提示することが可能になれば、修正・変更の対応、時短、モックアップの材料費軽減等の問題が解消されるであろう。

- ・印象語による検索技術

主観的な表現でデータベースを操作できる技術。

- ・マルチメディアデータベース技術

マルチメディアコンテンツを利用できるデータベースマネジメント技術。

- ・検索エージェント技術

人間の代わりに、情報内容を吟味して、インターネットやデータベースから情報を取り出す技術。

- ・仮想空間提示技術

仮想空間上に実サイズでかつスーパーリアリティで提示する技術。

(4) クライアントに必要な情報技術

クライアントが、デザインプロジェクトの工程を管理する場合、進捗状況を把握することが大変困難であり、その結果プロジェクト管理がしにくいという問題が発生している。

また、商品企画においても、実際に市場に出してみなければ消費者の反応はわからないという問題がある。

・プロジェクトマネジメント技術

デザインプロジェクトの進捗状況が直感的に把握できる技術。

・マルチメディアコンテンツの管理

利用者が、欲しいと思うマルチメディアコンテンツの情報を使いやすい形で提供できる技術。またはそれらを管理する技術。

・仮想マーケティング技術

仮想空間、感性モデル化技術等を利用して、仮想的に設計した商品に対する消費者の感性的な反応をシミュレーションする技術。

(5) 消費者に必要な情報技術

消費者参加型の工業デザインのシステムは現状では見出すことができない。もっと消費者が能動的に製品開発に関われるようなシステム（基盤技術）が必要とされている。

また、現在の買い物は、欲しいものは自分で探し、見つからない場合は、その商品に似たようなものを代わりに買う（妥協する）ということが実際には行われている。一番安い値段で商品を探し出してくれるような代行業（エージェント）システムがあると便利な技術であると思われる。

・買い物エージェント技術

欲しいと思う商品を、人間の代わりに最適な条件のもの探し出す技術。またその商品を決済する技術。

・オンラインオーダーメイドシステム

色やオプション（備品）、形態の注文以外にも、不必要な機能（ボタン）は装備しないとといったこともオーダーできるシステム。

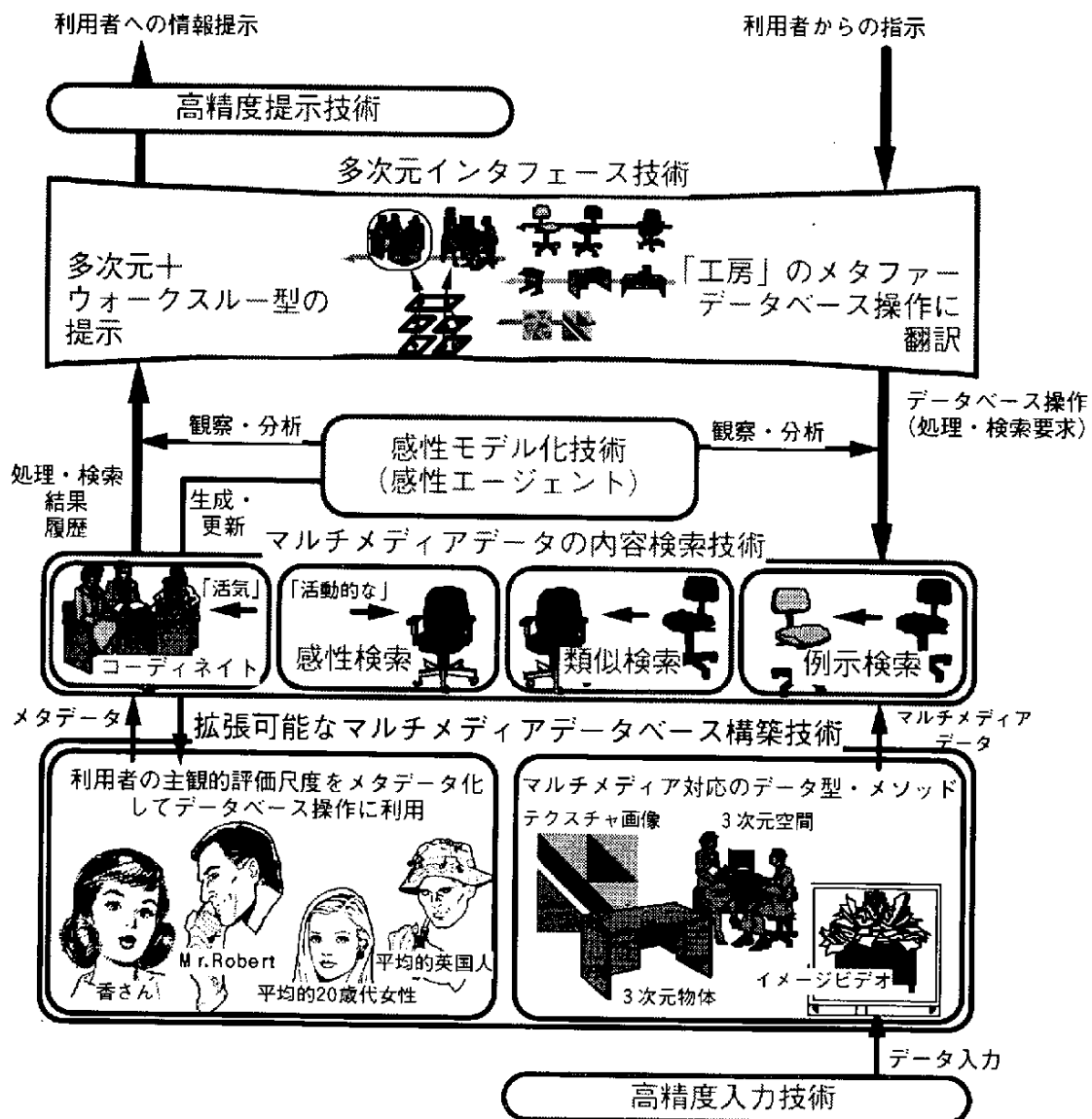
・仮想製品使用体験技術

仮想空間上等で購入前に実際に使用した感覚を体験できる技術。

3.9.3 工業デザイン支援システム「感性工房」

我々は感性エージェントとヒューマンメディアデータベース技術の実証プロトタイプとして、工業デザインプロセスを例題に、感性的な共同作業を伴う工業デザイン支援システム「感性工房」を開発している。ここではその概要を紹介しよう。

「感性工房」で研究開発を進めている感性メディア技術、仮想メディア技術、知識メディア技術などの各要素技術・システム化技術を図 3.9-1 に整理して示す。



3.9.3.1 「感性工房」の実現イメージ

「感性工房」は、2001 年のデザイン工房を想定したシステムである。このシステムを利用することで、利用者（＝デザイナー）は工業デザインの様々な過程を効率良く進めることができる。はじめに、顧客から「感性的な表現」でオフィス家具やオフィスのコーディネートの仕事を受注する。次いで、関連する資料を自動的に収集してこれを閲覧、イメージを膨らませながら、実際に適切な家具を選択したり、部品を組合せて設計する。このような家具を仮想空間上に構成したオフィスに配置してコーディネートすると共に、顧客にプレゼンテーションして結果の確認を求める。「感性工房」は創造的な活動の生産性を高めると共に、消費者参加型の商品設計・生産に道を開くものである。

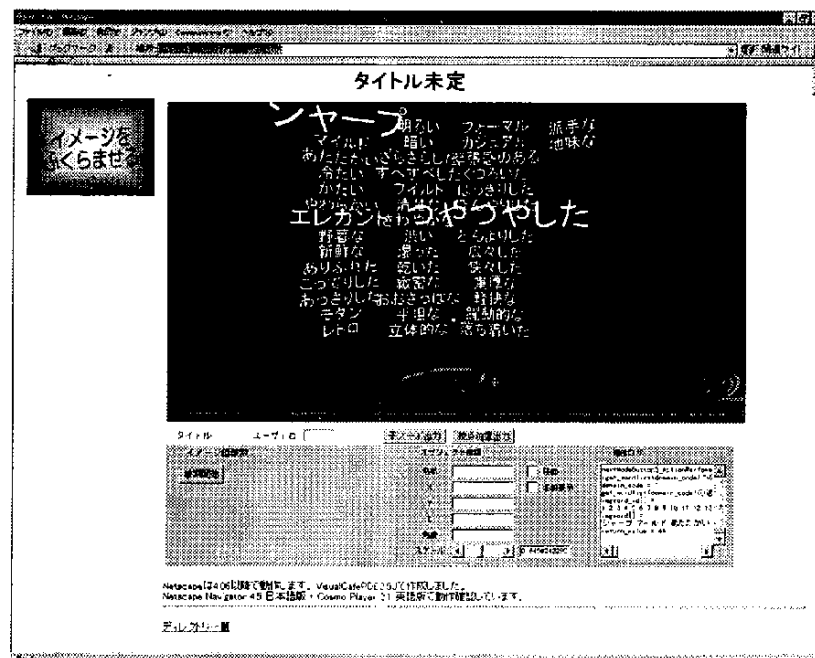


図 3.9-2 イメージ語の選択

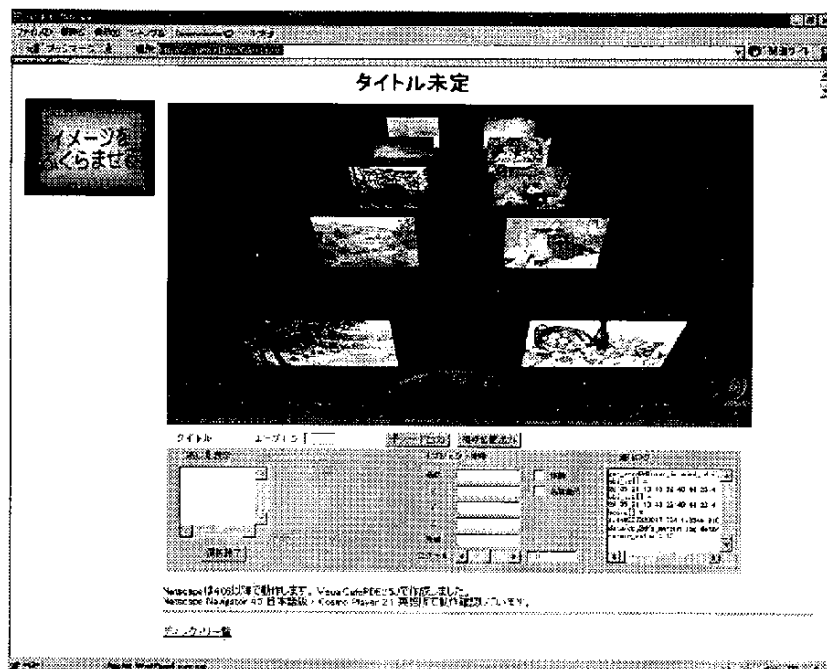


図 3.9-3 選択されたイメージ語にマッチする写真の感性検索結果
(デザイナーの感性モデルを利用)



図 3.9-4 収集した素材を分類・整理して、イメージを抽象化する (イメージアイコン化)

3. 研究開発の新しい展開と社会へのインパクト

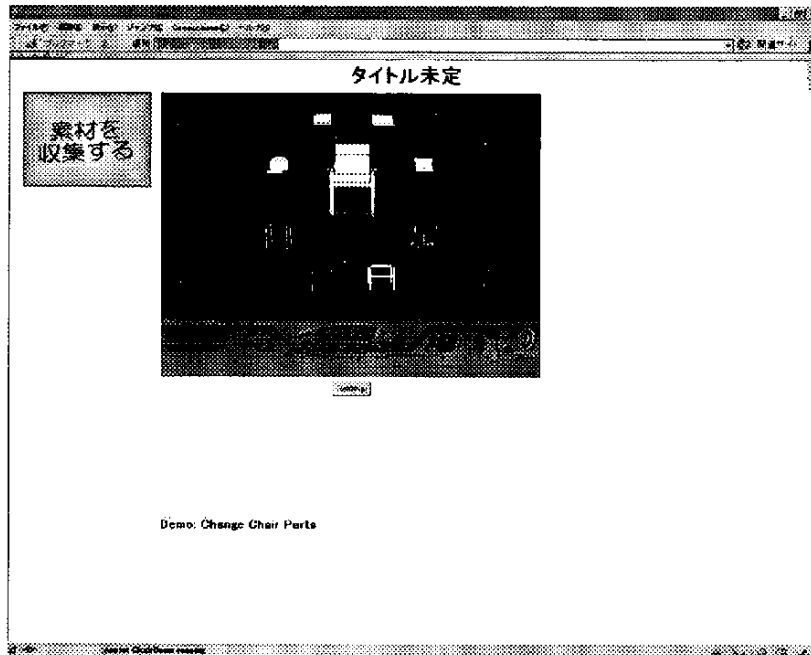


図 3.9-5 イスの部品を検索、組合せて、抽象的なアイデアのイメージを具体化

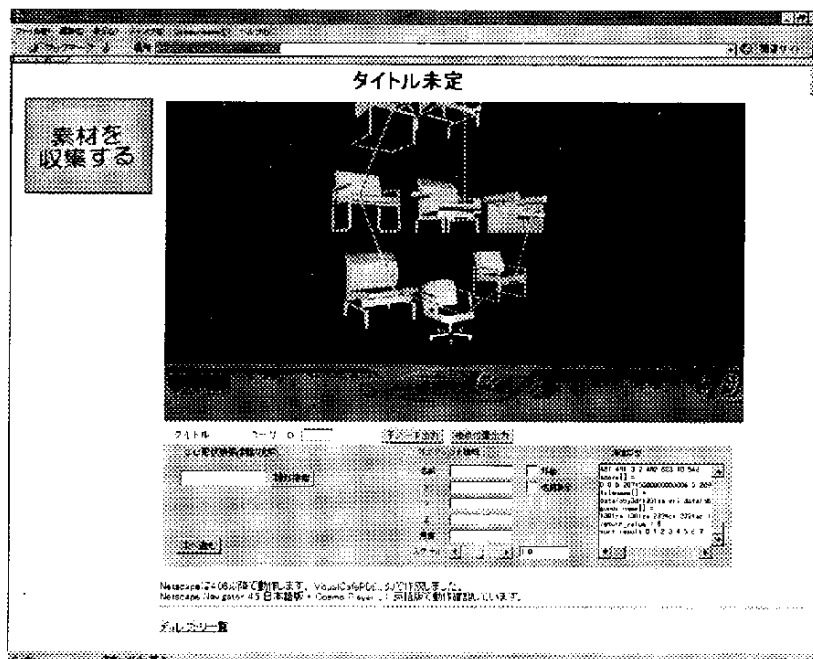


図 3.9-6 3次元デザインしたイスをキーとして類似検索を試みた結果

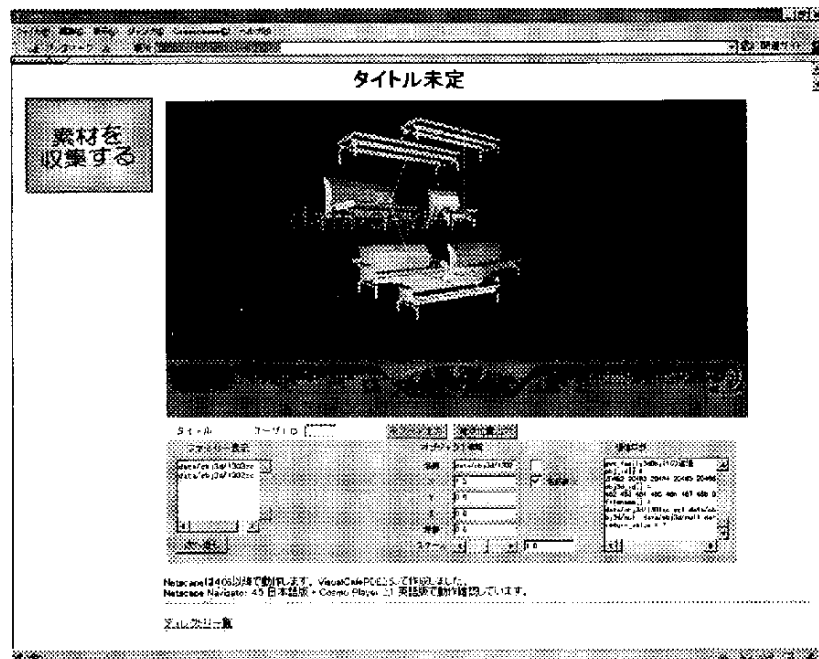


図 3.9-7 特定のイスに関して、シリーズ商品を検索
(マルチメディア検索と通常の索引による検索の融合)

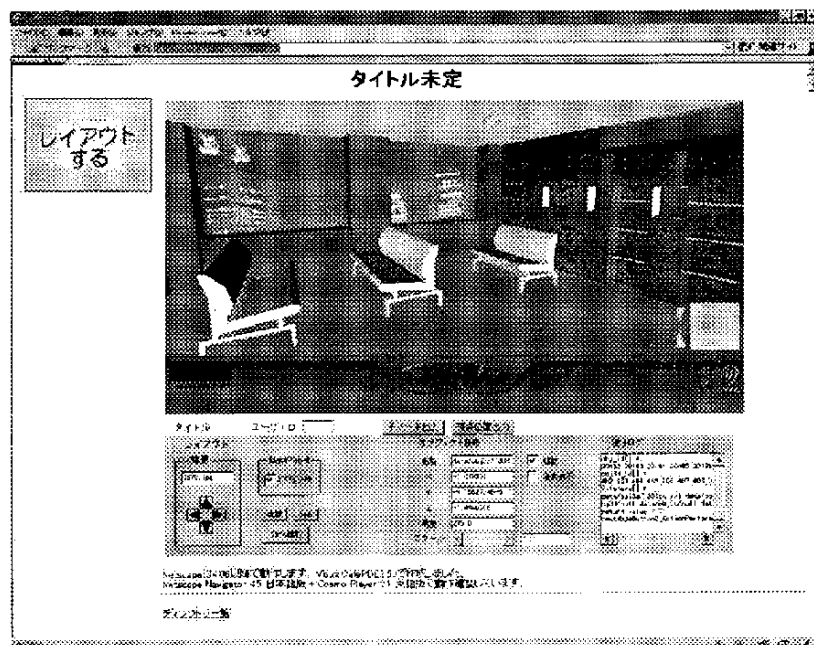


図 3.9-8 デザイン・検索した家具をアレンジして仮想的にオフィス空間を構成

3.9.3.2 感性工房の要素技術 ― 3次元物体の類似検索 ―

感性工房を構成する個々の要素技術の詳細は、前年度の報告書において詳述したので、ここでは、感性工房の例題であるオフィス家具のような3次元物体の類似検索技術に絞って紹介しよう。

(1) データベースを利用した物体類別

従来の文字、数値型のデータを対象としたデータベースの検索では、人間が物体を見て付与したキーワード情報を参照して物体を検索していた。しかし、キーワードのみでは検索したい物体を表現することが難しく、また物体にキーワードを付加する労力も無視できない。そのため、画像認識の技術を利用した物体検索が試みられてきた。しかし、このような手法では、物体のカテゴリーに特有の物体記述法を採用して検索を行うため、対象外の物体をキーとして検索することは難しい。

そこで本研究では、コンピュータグラフィックスやバーチャルリアリティ分野で広く採用されている物体のポリゴン(多面体)データを対象に、物体のカテゴリーに依存しない検索技術を開発した。検索ではポリゴンを構成している頂点の分布などの形状特徴に着目し、これを数量化することで、物体の分類、類別を可能にした。図 3.9-9 に示すような多様な物体を含むデータベースから、類似している物体の形状特徴を用いるだけで検索することができる。図 3.9-10 に形状特徴として頂点分布を利用した検索の結果を示す。図中左上のイスをキーとして例示検索すると、多様な物体を含むデータベースからイスだけを網羅的に検索することができた。

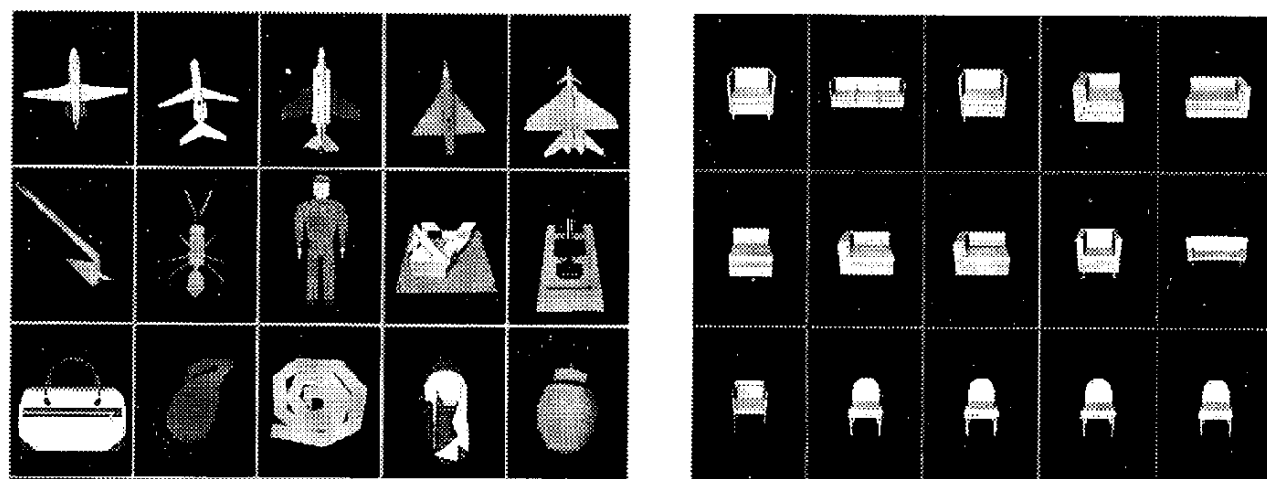


図 3.9-9 3次元物体データベースの一部

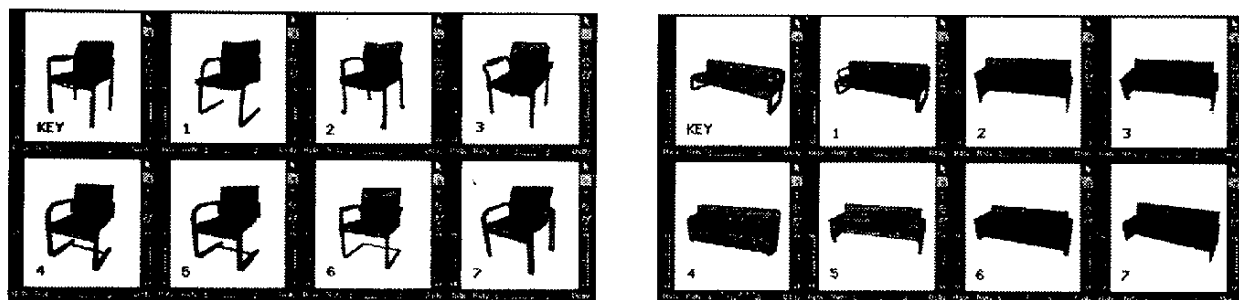


図 3.9-10 イスやソファの一つをキーとした例示検索の例

(2) デザインの支援 — 感性的な検索の利用 —

我々はデータベースから少数のサンプルとなる物体群を用いて、それらの主観的な類似度を教示するだけで、その利用者の着眼点、類別の仕方などの主観的な評価基準を構築する手法を開発した。ベースとなるアルゴリズムは、多次元尺度法、主成分分析と判別分析法を併用してる。(主観的な類似度を判断するときは、物体をいろいろな角度から観察して評価をしてもらっている。なお、現在は物体の形状のみを考慮している。)

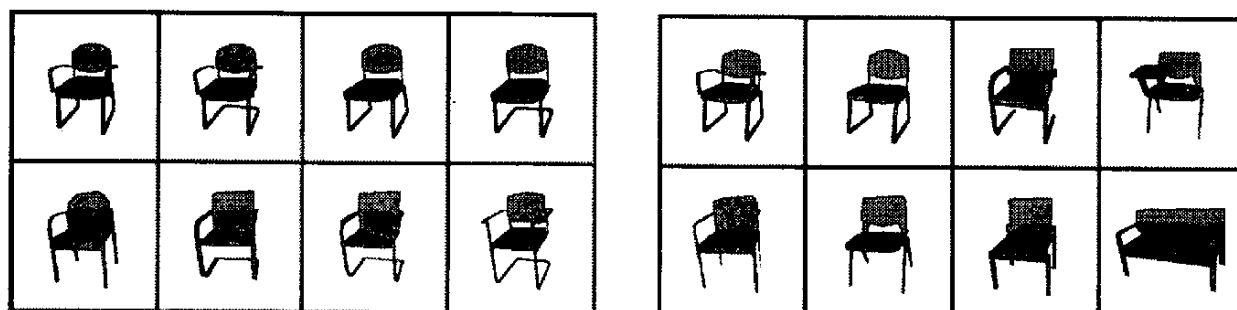


図 3.9-11 袖付きイスをキーとした類似検索

(それぞれの利用者の主観的な類似度モデルに基づいて検索)

図 3.9-11 は利用者ごとに構成した感性モデルを基に類似検索した結果である。同じ物体(図中の左上のイス)を例示し、それぞれの利用者の感性モデルに基づいて検索すると異なった検索結果が得られている。検索された物体や、その順序づけが異なっていることが観察される。もちろん、この結果はそれぞれの利用者にとって、自分の感性と適合した結果となっている。

検索手法の比較では全物体数 500 個のデータベースの中からランダムに物体を 15 個選んで

例示検索を行った。検索後、被験者に全てのデータベース物体を見てもらった。そして、検索結果の上位（5分の1の）物体が被験者の類似判断の基準に適合しているかどうか判断してもらった。各被験者の主観的な類似判断に基づく例示検索の結果は、物体の形状特徴だけを用いた検索よりも大幅に良い結果となっている。

(1) 感性的な特性の可視化による共同作業支援

我々のシステムでは、利用者の感性モデルを、図 3.9-12 のように3次元空間で表現することも可能である。この空間をウォークスルーすることによってデータベース中の物体のブラウジングを3次元的に行なうことも可能である。この空間では、主観的に類似している物体どうしが近くに、そうでない物体は離れて配置される。

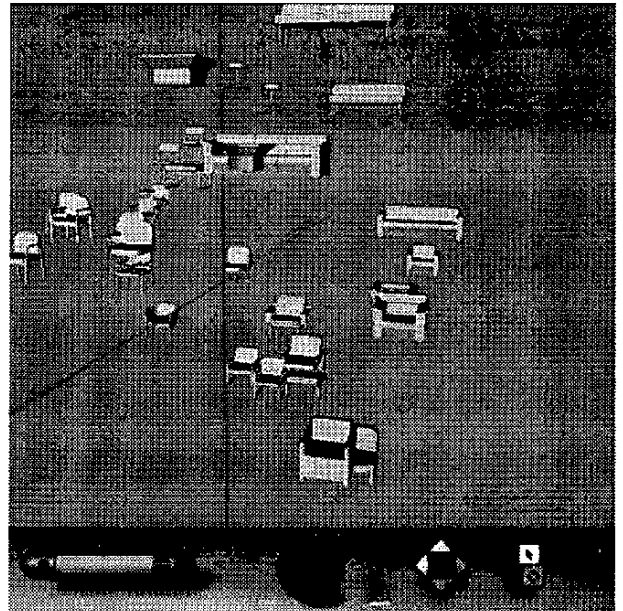
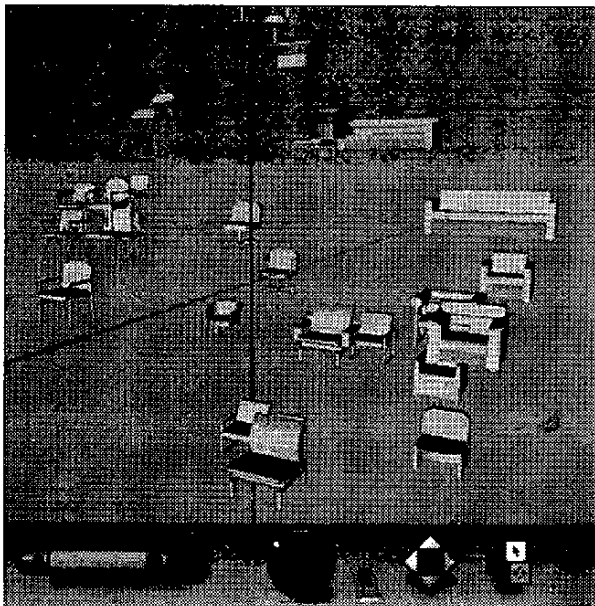


図 3.9-12 それぞれの利用者の主観的な類似度の3次元空間による可視化

それぞれの利用者の感性モデルを可視化した例を図 3.9-12 に示す。空間に配置されているイス・ソファの集合は同じであるが、左図と右図では、空間的な配置が異なっている。左の利用者は、イスやソファの足の形状に比重を置いた評価をしているのに対し、右の利用者は、背もたれの形状に比重を置いた評価をしていることがわかる。このように、複数の利用者の類似度に関する主観(判断基準)の違いを可視化することにより、お互いの微妙なニュアンスの違いなども直感的に理解することが可能となり、共同作業での意見のすり合わせもスムー

ズに行えるようになる。

(4) 応用技術と今後の展開

このような3次元物体の類似検索技術は、以下のような場面で重要性を増すと考えられる。

(a) 工業所有権の維持・管理

オフィス家具のような意匠権を伴う立体意匠や、マスコットオブジェのような商標権を伴う立体商標の維持・管理に、感性のモデル化技術や類似検索技術を利用する。

近年、3次元物体データに対する電子透かし技術も登場し始めている。しかし、2次元・3次元共に、データの改竄に弱く、違法コピーを発見しない限りは所有権を主張できない。インターネット上のサーチロボットと類似検索技術を利用すると、違法コピーされた物体や画像データはもとより、工業所有権を侵害する恐れのあるまぎらわしい物体や画像をも検出することができるようになる。工業所有権のデータベースは、国際的に相互接続されつつある。このような仕組みを利用することで、膨大なデータを相手にしながら、工業所有権の維持・管理が容易に行えるようになる。

(b) 3次元版のインターネットカタログショッピング

インターネット上のカタログショッピングが一般的になりつつある。現時点では、商品名の文字列や見本の写真を手がかりに、消費者は購入申し込みをしているが、将来は、3次元的な商品の表示を見ながらの購入申し込みに移行しよう。利用者は商品の形状や雰囲気をもよりリアルに実感することができるようになる。

同時に、複数社のインターネットカタログの中から所望の形状・色彩・雰囲気を備えた商品を探し出すには、消費者自身の感性のモデルに基づいた、類似検索・感性検索の仕組みが効果的である。

インタフェースエージェントが単一のユーザインタフェースを利用者に提供し、利用者からの命令（希望する商品の主観的な記述）を、各社のデータベースに適した質問形式に変換して自動的に配信し、回答を再び統合して、消費者に提示する。消費者は、自分の求める商品がどのデータベースに格納されているか（＝どの会社から提供されているか）、それぞれのデータベースに固有の利用形式などを知る必要なく、多様なインターネットカタログを利用できるようになる。

(c) 創造的な仕事の支援

オフィス家具の設計、オフィスコーディネート支援の例題のように、都市設計、建築設計、工業デザインといった創造的な仕事をする分野では感性的作業を支援するメカニズ

3. 研究開発の新しい展開と社会へのインパクト

ムが強く求められており、利用者の主観的な判断基準（感性）を自動的に学習し、主観的な基準の可視化を可能とするこの研究は、人にやさしい情報技術を実現する上で重要性をましていくと考えられる。

3.10 地球環境・人間社会共生基盤 Symbiotic Live Sphere の提案 — 2010 年 N 子の一日 —

3.10.1 生活シーンにおける情報基盤ニーズ調査

本年度は、通産省工業技術院電子技術総合研究所の協力のもと、生活シーンにおける人間中心型情報技術に対するニーズの調査研究を進めた。

調査研究は、若い世代のごく普通の市民が、ごく普通の日常生活の生活シーンの中で、漠然と感じている情報技術に対するニーズを、生活シーンの描写（エッセイ）と目に見えるイラストの形で具象化する。これにより、人間中心型情報技術に対する技術ニーズを分析すると共に、これに応える要素技術、基盤技術、社会基盤を明確にし、消費者・マーケットに受け入れられる「解」の例を考案することを目指す。

本調査で想定する「ごく普通の市民」は、以下に示す立場から人間中心型情報技術に接する人々である。

- (a) 現在の社会で新しいブーム・マーケットを生み出す原動力となっている消費者層、
- (b) 将来、高度情報化の基盤整備と同時に迎える高度高齢化社会を支える勤労者層、
- (c) 社会生活を営む上で「弱者」の立場に置かれることが多い市民層。

現在 20～30 歳代の女性は、このような 3 つの立場・性格を同時に合せ持っている。従って、本調査では女子高校生、女子大生や若い OL、主婦を主な被験者とした。また、対比のために、同世代の男性についても調査した。（計、二百数十名）

被験者には「何年先に実現する技術」などの制約を与えずに自由な発想で「自分がお金を使っても享受したい・利用したい」と考えるモノ・サービスを、出来るだけ具体的にイメージして、どんな時にどんなモノ・サービスをどう使うかを、エッセイ風にまとめて貰った。このエッセイをもとに、ある女性の一日の生活シーンの描写を作成し、また、そのイメージをグラフィックデザイナーと相談しつつイラスト化した。

ニーズに対する情報技術の開発・商品化が完了すべき時期は、被験者には明示的には示さなかったが、結果的には 5～10 年程度で利用可能になると考えられるものが多くなった。

3.10.2 「目に見えない情報化」へのパラダイムシフト

3.10.2.1 被験者の世代のメンタリティ

被験者の回答を観察すると、次の3つの特徴が共通していることがわかった。

- (a) 受け身： 自分が情報を積極的に収集し、自分の意志の下に判断をするのではなく、自分以外のモノ（サービス）に、自分にとって有用なアドバイス・アシストを期待している。エージェント的な技術に対する期待が大きく、拒否感は強くはないと思われる。
- (b) 利便性： 手間を省き、面倒を省き、時間を省くことに対する期待は大きい。一方、利便性によって余った時間で何をしたいのかは不明確である。目的・結果にのみ興味があって、プロセスを楽しむことは、非常に限られた場合だけのようである。
- (c) 等身大以下の技術： これらの技術が、身の回りのちょっとしたモノ・コトの中に、目に見えない様に入り込んでいることを期待している。同時に、人間を圧倒するスーパー技術・巨大技術として街や家庭に入ることには、拒否感があるようである。

これらの特徴に共通するキーワードは「のび太君とドラえもん」であると言えよう。

「のび太君とドラえもん」は藤子不二雄の描くコミックのキャラクターである。ドラえもんは、のび太君の子孫にあたる少年が、未来から送り込んだネコ型・少年サイズのロボットである。ドラえもんの仕事（ミッション）は、必ずしも優等生ではないのび太君が幸せな人生を送って、幸せな子孫を残すことが出来るように、向上心は持ちながらもすぐに挫けてしまうのび太君をサポートし育てることである。そのために、ドラえもんは、のび太君が困った状態になると、必ず「未来の道具」を取り出して助ける。また同時に、道具に頼りすぎることなく、自らの力で事態を切り開くような教訓を与えることもある。時に失敗もするドラえもんは、のび太君と同じ視線でのび太君に接しているのである。

被験者達の世代が最初に接したハイテクのイメージは、ドラえもんに代表される。被験者の回答に現れているのはドラえもん的な技術に対するニーズなのである。被験者達は自分自身を「のび太君」のように感じているのかもしれない。

次に、このような被験者の回答に内在する、社会基盤へのニーズ、および、情報技術へのニーズを考察しよう。

3.10.2.2 社会基盤へのニーズ — 地球環境・人間社会共生基盤 Symbiotic Live Sphere —

社会的な視点から回答を分析すると、共通するアイデアとして「共生(Symbiosis)」という概念が抽出できる。共生 Symbiosis とは、生物学・生態学の概念で、異種の生物が行動的・生理的な結びつきをもち、一所に生活している状態をいう。

人と人との関係では、自分一人が利益（利便）を独占するつもりはないが、他の人から傷つけられること（つまり、自分の価値観を否定されること等）には抵抗感がある。同時に、自分自身も人を傷つけない（つまり、価値観の多様性を認める等）とも考えている。一方で、社会福祉やボランティア活動等で、社会参加の重要性を認識しつつも、自分自身が参加・関与することには、必ずしも積極的ではない。自分は少しの努力を払うだけで、積極的に参加・関与したのと同じ効果が簡便に得られることを希望している。このような考え方を普遍化すれば、人間社会の中における人と人の共生を、社会的な基盤として求めていることがわかる。

人と地球環境との関係では、人間の産業活動・社会活動による地球環境の破壊に対する関心は強い。しかし、生活ゴミや産業廃棄物・温暖化・オゾンホール・省資源と省エネルギーなどで、地球環境の重要性を認識しつつも、自分自身が資源・エネルギーの消費を抑えて生活の質を下げるなどの、地球環境を守る努力に参加・関与することには、必ずしも積極的ではない。自分は少しの努力を払うだけで、積極的に参加・関与したのと同じ効果が簡便に得られることを希望している。このような考え方を普遍化すれば、地球環境と人間社会の共生をも社会的な基盤として求めていることがわかる。

「地球環境・人間社会共生基盤」とは、地球環境および人間社会の構成員たる一人ひとりの人間が、情報技術などのハイテク技術のサポートを日常生活の中で目に見えない形で受けながら、主観的にはわずかの努力を払うだけで容易に人と人との円滑な関係を築き発展させ、同時に、地球環境を守りつつ高水準の市民生活をおくれるようにするための社会的な基盤である。このような社会基盤の上で提供されるライフスタイルとその活動範囲を「共生型生活圏(Symbiotic Live Sphere)」と呼ぶことにする。

3.10.2.3 情報基盤へのニーズ

共生型生活圏(Symbiotic Live Sphere)を実現するためには、どのような情報技術が求められるかを考察しよう。

情報処理のシステム構成の歴史を振り返ると、1960年代以降の大型汎用コンピュータによる集中型情報システム、1980年代のコンピュータのダウンサイジングに伴うパソコンの高性能化と分散型情報システム、1990年代のインターネットによる情報システムの再統合つまり分散統合型情報システムへと発展してきた。1990年代後半からのモバイル型の情報システムは、2000年以降に本格化して、ウェアラブル型情報システム(wearable PC)と環境への埋め込み型情報システム(embedded, ubiquitous computing)に発展するであろう。では、その先に来る情報処理のシステム構成はどのようなものになるのだろうか？

20世紀最後の20年の情報処理システム（そして情報通信システム）のキーワードは「いつでも、どこでも、だれとでも(whenever, wherever and with whomever)」であった。時間と場所に制約されずに、情報処理・情報提供・情報通信等のサービスを楽しむようにすることが、基

本的目標であった。また、同時に進行したマルチメディア情報処理技術の発展によって、「どんな機器でも、どんなメディアでも」情報処理・情報提供・情報通信等のサービスを楽しむことができるようにすることも可能になりつつある。人の活動を目に見える形で情報化することにより、人そのものの情報化を図ることが基本的なパラダイムであったといえる。

現在では、モバイル技術とマルチメディア情報処理技術により、時間や場所、メディアの制約をほとんど受けずに、情報処理・情報提供・情報通信等のサービスを楽しむようになった。しかしそのためには、利用者は携帯端末を取り出し、どのような情報処理をし、どのような情報を探し、誰と連絡をするのかを明示的に教える必要がある。マルチメディア化されたユーザインタフェース(Graphical User Interface)上のメタファーを通して簡便に命令が出来るにしても、利用者は、日常生活を一時中断し、情報処理の中身を考え、膨大なデータベースの規模とデータの所在を考え、世界的な規模に広がったネットワークを考えながら、サービスを楽しむ必要があるのである。

情報機器の普及と情報リテラシー教育は重要な課題である。しかし、上述のパラダイムのもとでは、情報機器の有無や情報リテラシーの差がそのまま、情報化社会での生活の強者・弱者の差を生み出すことになる。「情報弱者」が新たに社会的弱者に加わる可能性があるのである。

被験者の回答の分析で示したように(3.10.2.1 節、3.10.2.2 節参照)、ごく普通の市民は、地球環境や社会参加の重要性を認識しつつも、自分自身が生活水準を落としたり、生活範囲を狭めることには拒否感がある。同時に、情報機器を駆使して資源・エネルギーの消費を抑えた高い生活水準を保ち続けること、広範な人間関係を保つことにも、必ずしも積極的ではない。自分は日常生活の範囲内で少しの努力を払うだけで、結果として積極的に参加・関与したのと同じ効果が簡便に得られることを希望している。

では、21 世紀最初の 20 年の基本的なパラダイムは何か? 「人間の生活圏そのものを情報化して、人の活動を、日常生活の延長上で、その時、その場所で、目に見えない形でサポートできるようにすること」が一つの解となろう。これはモノを情報化すること、つまり、生活圏の環境全てにある仕組みを埋め込んで、環境そのものの情報化を図ることである。

「人間の生活圏を情報化」するとは、形のあるあらゆる製品(例:衣類、家具、炊事道具、電化製品、車、運動具、文房具、遊具、農産物パッケージ、水産物パッケージ、家屋、ビル、道路等、但し、人間や生物は除く)にメモリ機能とセンサ機能を付加すると共に、生活圏のここかしこに、これらのメモリとセンサの情報を読み出すためのモニタ機能を配備することである。

買い物やゴミ捨て等の消費、炊事や洗濯等の家事、高齢者や体に障害のある人への介助、育児や子供へのしつけ、歩行や車の運転等の移動のような「日常生活の中で、ちょっとサポートが必要な場合」の大部分は、その時にその場所でそこにあるものを使って、その場の状況の中で直ちに解決すべき問題である。必ずしもマルチメディア化されたユーザインタフェース、世界的規模のデータベース、世界的規模のネットワークは必要としない。重要なことは、実世界での普通の

生活を中断することなく、その場の状況と必要なサポートの内容を生活圏そのものが理解して、その場にある情報と機器を使って、自分や人をサポートしてくれることである。

表 3.10-1 に、人の情報化からモノの情報化へのパラダイムシフトを対比させて示す。

表 3.10-1 人の情報化からモノの情報化へのパラダイムシフト

	人の情報化パラダイム (人間活動の情報化)	モノの情報化パラダイム (生活圏の情報化)
サービスの形態	目に見えるサービス いつでも どこでも だれとでも どんな機器でも どんなメディアでも “*-ever” “mobile”	目に見えないサービス この時に この場所で このモノと そこにある機器と (例：センサ・アクチュエータ) 限られた信号で “Live-” “embedded”
処理	メッセージ・命令の理解 (メタファ+ GUI)	状況・状態の理解 (実世界での普通の生活)
メモリ	世界的規模のデータベース	その場にある情報
接続	世界的規模のネットワーク	その場限りで

3.10.3 ライブシール Live Seal システムの提案

モノの情報化パラダイム（生活圏の情報化）で必要となる情報技術を考察しよう。ライブシール Live Seal システムを提案し、その技術的可能性・技術課題・生活シーンへの貢献とインパクトを検討する。

今日では、静電センサや磁気センサによって、商品コード ID 等を検出可能にするためのシールやタグが実用化されてきている。これらのシールやタグは、主として、商品の在庫管理や盗難防止に利用されている。ある程度の距離ならば、鞆や箱の中などに入れていても作動するので、非接触で操作できる点がバーコード等の画像型のシールやタグに比べて、用途が広い。このシールやタグが書換え・追記可能なメモリ機能とセンサ機能を持つと、どのような新しいサービスが可能になるだろうか？

ライブシール Live Seal は、静電誘導による読出し・書込み（あるいは追記）が可能なメモリ機能と、物理的あるいは化学的なセンサ機能を、薄膜・LSI 技術で一体化したライブチップ Live Chip を、製品に貼り付けられるようにシール状に加工したものである。

センサ機能としては、温度、湿度、圧力、気流、振動、曲げ、微弱電流等の物理的なセンサや、ph、ガス、汚れ等の化学的なセンサが考えられる。一つのライブチップの上に、必ずしも多種類のセンサが置かれる必要はない。

メモリ機能としては、現在、IC カードなどで利用されている静電誘導による読出し・書込み（あるいは追記）が可能なメモリを応用したものを想定している。製品コード、製造番号等の製品管理情報や、個々の製品の使い方、追加注文の仕方などのサービス情報の読出し専用情報の他、製品の使用履歴や消費者自身が書込むメモ情報、また、時々刻々のセンサの値も記録される（書込みあるいは追記）。これは、製品自身が、製品の取り扱い説明書や会社案内の他に、現在の製品の状態を情報として保持していることに相当する。

ライブシールモニタは、ある距離に近づいた（ライブシールを貼った）モノに対して、静電誘導等の仕組みによりライブチップのメモリとセンサの情報を読出す。携帯端末にモニタ機能を用意すれば、携帯端末を近づけるだけで、ライブシールを貼った製品の種々の情報を読取ることが出来る。また、ある場所の近傍にモニタが複数個配置されていれば、その瞬間、個々の製品（あるいは製品群）が、概略どのような位置関係にあり、どのような状態になっているかを、その「場所」が理解できるようになる。同時にその「場所」は、人やモノが必要としているサポートの内容も理解できるようになるのである。

ライブシールモニタとライブシールのコネクションは、読出し等の距離が限定されるため「その場限り」で構成される。その場所、そのモノに近づいた時だけコネクションが構成され、通信が行われる。逆に、その場所、そのモノから離れれば、コネクションは切れて無関係になり、通信は行われない。

形のあるあらゆる製品（例：衣類、家具、炊事道具、電化製品、車、運動具、文房具、遊具、農産物パッケージ、水産物パッケージ、家屋、ビル、道路等）にライブシールを貼ると共に、生活圏のここかしこに、十分な数だけのライブシールモニタを配備すれば、（人間と生物以外の）モノと環境を情報化することができる。ここで得られる情報は、製品出荷時に与えられる固定的な情報ではなく、その時々モノの状態、モノの位置関係、環・浸透させるためには、製造コスト・生産数・経済性などの産業的な裏付けが必要となる。

現在の IC カードのメモリチップ原価は、10 円～500 円程度と言われている。我国では IC カードの普及はこれからであるが、欧州では Smartcard の名称で、年間 10 億枚程度は生産されている。また、産業の米と呼ばれる DRAM は、実勢市場価格では数百円以下/1MB の程度で、一般家庭でも少なくとも数千個程度は直接・間接（種々の製品に組込みの形）に購入されていると考えられる。ライブシールの製造・販売に関する産業規模の予測には厳密な検討が必要であるが、概算でも DRAM 相当以上の市場規模が想定できよう。

3.10.4 ライブシールLive Seal システムの実現イメージ — 2010 年N子の一日 —

ライブシールシステムを導入することで、我々の生活シーンや社会がどのように変化するかを、2010 年頃のある若い主婦の一日をストーリーボードとイラストで表現することを試みてみよう。ストーリーボードが設定する 2010 年は、ライブチップとライブシールシステムを実現するのに必要な要素技術が、ほぼ実用化される頃と想定している。

(1) 主人公N子のプロフィール

N子は今年、35歳。大都市近郊のある地方都市の集合住宅に、同じ年の夫と幼稚園に通う子供の3人家族で暮らしている。

育児が少し楽になってきたので、最近、在宅でコンテンツクリエイタの仕事を始めた。週に1～2回程度、車と鉄道を乗り継いで会社や街中のサテライトオフィスに出かけて打合せ。これが良い気分転換にもなっている。

学生時代は歴史を勉強していたが、現在は、通信教育プログラムで2つの大学のコースに参加している。一方のコースは、コンテンツクリエイタに必要な知識や考え方、技能を学ぶため。もう一方のコースでは、歴史の勉強を今は趣味として続けている。仕事と同様に週に1～2回程度、教授のオフィスに出向いて指導を受けている。

長男長女の夫婦で、幸いなことにそろって両親は健在なので、介護の負担も今のところはない。ただ、田舎に住んでいるちょっと体の弱ってきた祖父母と、最近スキーで骨折してリハビリ中の叔母のことが少々気掛かりである。

趣味は、歴史の勉強以外には、車の運転と料理。もちろんファッションにもそれなりの関心がある。夫の趣味はサッカーとサッカーの観戦。自分も最近、面白さがわかってきた。

料理やお菓子作りは楽しいと思うが、それ以外の家事は苦手。買い物は週に2回くらい、近くのスーパーやコンビニで済ませることが多い。

ごみ問題・地球環境やボランティアにも関心があるが、といって、積極的な活動家ではない。自分に出来る範囲でと考えている程度である。省エネにも関心があるが、地球環境というよりは、光熱費を節約したいから。街中で見かける子供のしつけが出来ていないのには、頭に來ている。とはいえ、よその子に自分から声を出して注意する勇気はない。

(2) 朝の光景 一日の始まり

朝7時に起床。

快適な室温・湿度の保たれた部屋で目を覚ます。一昔前の家屋の流行は、高機密・高断熱による全室空調だった。今は、時々刻々変化する室内の気温・湿度・気流や、ベッド内の気温・湿度を、部屋自身がモニタして、大人・子供それぞれに最適な状態に調節してくれる。天井・壁・床やベッドの内外に何ヶ所も貼り付けた温度センサ・湿度センサ・気流センサ組込みのライブシー

ルを、室内に取り付けたライブシールモニタが1分毎にチェックして、エアコンを制御しているらしい。快適な上に、無駄にエネルギーを使わないので、省エネにもなり、経済的にもお得なのがうれしい。

昔ながらのレトロな目覚まし時計にも味があるが、私は爽かな音で起こしてくれる目覚し枕を愛用している。人間の睡眠には波があって、爽かに目覚めるタイミングがあるのだそうだ。枕に貼り付けられたライブシールのセンサが、脳波中の覚醒波を感知しているという。

でも、どんなに室内が快適になっても、快適に目覚めても、やっぱり朝は忙しい。

子供に声をかけつつ、朝食の用意に取り掛かる。母が若い頃は、冷蔵庫から冷凍食品を見つけ出して、電子レンジで「チン」していた。寒い冬の朝には、エアコンと電子レンジのおかげでよくブレーカーが落ちたそうだ。今では昨夜の内に、冷蔵庫が栄養のバランスも計算して朝食のメニューを提案しておいてくれる。解凍すべきものは夜の間に解凍しておいてくれる。これは、冷凍食品のパッケージに貼り付けたライブシールを冷蔵庫がモニタしているおかげらしい。ライブシールには、食品の成分・栄養・賞味期限の情報の他、その食品の時々刻々の温度も記録されているので、きめ細かな食品管理や、家族の健康を考えたメニューの提案もしてくれるのだ。

家族と朝食をとりながら、今日の予定を話し合う。研究に没頭すると時間を忘れる夫だが、今日は早く帰ってくるという。私は、午前中に電子出版社と仕事の打合せを済ませて、午後からは大学、ついでに叔母の様子も見てこよう。

幼稚園バスのお迎えだ。幼稚園のかわいい先生に挨拶をしたい夫は、いつも子供と同時に出勤する。夫は自宅近くにある某研究所のサテライトオフィスに徒歩通勤しているのだ。笑顔で二人を送り出す。

(3) 出勤途中の光景

朝食の後片付けをして、電子出版社との打合せのために、私も出かけることにしよう。家から最寄りの駅までは車で行くことにする。

白状するが、私はクルマをかつ飛ばすのが好きだ。今では全国に普及した交通システム ITS (Intelligent Transportation System) は、道案内だけではなく、人間の不注意による事故防止に役立っている。自動運転も可能になりつつあるという。これは素晴らしいことだ。運転の下手な夫には便利だろう。しかしそれでも私は、やっぱり自分の腕でクルマを操作したい。

家の近くのスクールゾーンでは、ITS に言われなくたって私も徐行する。お楽しみは広い通りに出てからだ。さあ、一気に(制限時速まで)加速。と、急に徐行モードに切り替わった。細い小道から、登校の児童が急に車道に飛び出してきたのだ！開発当初の ITS は、車と車、車と道路の間の制御ができていなかったそうだが、今では、人間と車、人間と道路の間の関係にも配慮してくれている。ガードレールや歩道の縁石の下にはライブシールモニタが一定間隔で埋め込まれていて、車道に飛び出しそうな動きをしているライブシール(三輪車や自転車、衣服、靴などに

貼り付けられている。当然、人間が乗っていたり着ていたりするわけだ）を感知すると、最寄を走っている車に信号を送って、自動的に徐行モードにしてくれるという。これなら夜間でも安心して車を運転できる。

それにしても無茶をする子供だ。昔だったら、町内の雷オヤジやオバサンが注意したんだろうけど、今では、叱ってくれる人もいなくなった。せめて、今のが危ない行為で迷惑行為であることを教えてやらなければ。子供の横を通りかかると、ガードレールが子供に注意・説教をしている！最近では、人から言われると、傷つきやすい子供が増えている。でも、ガードレールから注意されるんだったら、心理的なダメージも小さいのかな。「気をつけようね、ボク」とだけやさしく声をかけて通り過ぎる。こちらも小言を言うわけではないので、気が楽だ。

車を駅の駐車場に止めて、プラットホームに向かう。駐車場でも駅でも、チケットを買う必要もパスを取り出す必要もない。車に貼り付けたライブシールや、バッグの中にしまっている身分証に貼り付けたライブシールを、ゲートのライブシールモニタが感知して、乗った経路や駐車時間に見合った料金を、自動的に指定の銀行口座から引き落としてくれるのだ。

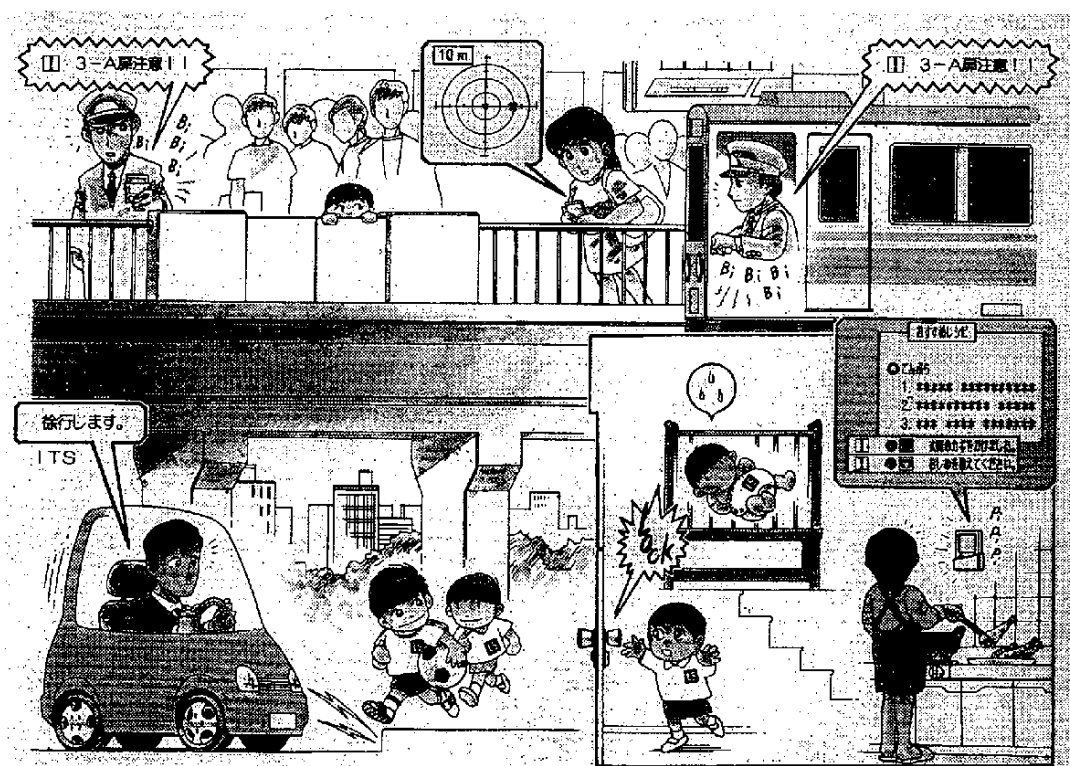


図 3.10-1 子供を見守る目

子供の周りのモノや環境が、子供の身に起こりうる危険を感知。事故が起こる前に未然に危険を回避するためのサービスが、家事や社会生活をサポートしている。

私のように、パーク&ライド(Park and Ride)の場合は、両方の料金が割引になるのもうれしい。ライブシールが標準化されているおかげで、サービスも総合的に行われている。昔はクレジットカード会員には特別割引などのサービスがあったそうだが、今ではあらゆる商品に特別割引・特別優待などのサービスがあたりまえになってきた。電車の乗車マイルに合わせてスーパーでのお買い物が安くなるとか、仕事を持った主婦にはありがたい。

オフピーク通勤は定着しているはずなのに、やっぱり駅のホームは混んでいる。サテライトオフィスに向かう人達だろうか？結局、日本人は群れるのが好きなんだと思う。

子供連れのお母さんも結構見かける。小さな子供は興味のあるものを見つけると、我を忘れて駆け出すから、油断できない。ほら、あそこにお母さんの手を振り払って勝手に歩き出した子供がいる。お母さんは一瞬子供を見失ったが、ポケットから手帳サイズの携帯端末を取り出した。子供の場所をチェックするのだ。私も何度かお世話になった。母親の携帯端末は、自分の子供の着ている服、履いている靴に貼り付けてあるライブシールの識別番号を知っている。携帯端末は、駅のホームに一定間隔で埋め込まれたライブシールモニタと連動して、ライブシールがどこにあるか、ということは、自分の子供が駅のどこにいるかを調べられるのだ。この連動して探す仕組みは、その時だけのその場限りのリンクなので、個人の行動記録などのプライバシー情報は第三者には守られているという。

あ、危ない！あの子供がホームの乗降ドアの前にトコトコと歩いていった。もうすぐ電車が入ってくる！でも大丈夫。お母さんの携帯端末にアラートが鳴ると同時に、駅員さんも駆けつけて、やさしくアテンドしてくれる。駅員さんの携帯端末にも、誰か子供が乗降ドアの前に寄っている旨のアラートが鳴ったのだ。これもライブシールモニタが埋め込まれたホーム自身が、ホームの端でライブシールを感知して危険な状況を検出したために、保護者、駅員に状況を通報したのだ。このような仕組みは、いろいろな場所に用意されている。子供連れでも安心して歩けるようになった。もっともこの仕組み、夜には酔っ払ったお父さんを助ける役割も果たしているらしい。

さっきの子供、乗降ドアからやさしく注意されている。でもやっぱり、お母さんからの注意が一番身にしみるようだ。

最近、かなりの数のホームに乗降ドアがつくようになって、線路への転落事故や人身事故は少なくなった。でも万が一の場合にも、ホームの端でライブシールを感知して危険な状況を検出、駅員や列車と列車の運転手に状況を通報するという。

(4) 仕事の光景 サテライトオフィスや屋外での取材

私の仕事は、コンテンツクリエイター。ネットワーク上での電子的な出版物の執筆・取材・編集を行っている。内容としては、日本の伝統文化を様々な切り口から批評しつつ、外国に紹介している。この仕事は、在宅で家事や育児の合間にも出来るし、作り上げたという創造的な喜びがあるのがいい。クライアント（顧客）から喜んで貰えると（収入にも反映されるので）もっとうれ

しい。

仕事上、たまの出張は気分転換になるが、子供もいるのでそうは行けない。自宅や歩きながらも使える小型のテレビ電話も広まってきているが、遠隔地の仕事仲間との込み入った打合せには物足りない。

今日はサテライトオフィスを借りての打ち合わせだ。このビルは、もとは銀行の支店だったそう。個人用のライブシールを貼り付けた身分証が普及したおかげで、ホームバンキングも珍しくなくなった。その結果、かつては銀行や保険会社の支店だったビルが、次々とサテライトオフィスに改築されてきているという。

サテライトオフィスで提供されている、部屋全体が遠隔地の会議スペースとリンクした会議スペース、つまり、仮想的な共同の仕事部屋となるメディアスペースを私達はよく利用する。遠隔地の仕事の仲間と、映像素材や取材テープ、デジタル化した仏像のデータや、試作したコンテンツなど、同じ資料を見聞きしながら、相手の反応も見ながら打合せができるのだ。特に会議にクライアント（顧客）が加わる時には、これは重要だ。

サテライトオフィスには、共同利用向けに様々な最新の情報機器が用意されている。これに自分の身分証を差し込むと、ライブシールで本人を確認して、自分専用の情報機器に早変わりする。ネットワークを経由して、自分専用で整理・用意した情報にもアクセスできるのだ。でも身分証を抜いてしまえば、リンクが切れて、他の人はアクセスできない。情報も暗号化されているとかで、著作権のからむデリケートな仕事をしている私としては安心だ。コンテンツ系の仕事は、常に最新の情報機器を駆使して、最高のクオリティを求められる。在宅で仕事をするとはいえ、自宅に常に最新の情報機器をそろえておくのは、家計を圧迫してしまう。結局、共同利用のオフィスをいかに自分流に使うかが、ポイントだと思う。

私は取材のために、カメラやカムコーダーを使うことも多い。最近、著作権・肖像権が厳しくなっており、ちょっとした古寺や仏像、花器などの写真も勝手に使うわけにはいかない。昔は、権利の所有者を探しだして、コンタクトして、使用許諾を得るまでの交渉も大変だったと聞く。今では、古寺や仏像、花器などを撮ると、私のカメラやカムコーダーに内蔵の指向性のライブシールモニタが、これらに貼り付けられたライブシールを感知して、権利の所有者情報や利用の条件を自動的に読み出してくれる。さらに、手帳サイズの携帯端末を通じて、権利の所有者に、使用許諾の問い合わせを自動的に送ってくれる。この仕組みのおかげで、著作権・肖像権の無断利用は随分と減ったと聞く。

同時に、撮影した時の、場所、方角、時間、気温、状況も、周囲の被写体のライブシールから読み出して、記録してくれる。これは、私専用の取材データベースに移した後に、写真やビデオクリップを検索する時に利用している。

私の携帯端末やカメラやカムコーダーには、特殊なセンサがたくさん装備されているわけではない。周囲に配置されてあるライブシールやライブシールモニタとその場で交信することで、様々

なセンサやデータベースを装備した高性能情報機器に生まれ変わるのだ。もっともその場を離れてしまうと、普通の携帯端末やカメラやカムコーダーにもどってしまうが。

この仕組みを利用すると、カメラやカムコーダーで撮像されるエリアに見える衣類に貼られたライブシールを手がかりに、誰が撮像されるかを感知して、事前あるいは事後に、その人（人達）に撮影のことを連絡してくれるそうだ。撮る側・撮られる側、双方のプライバシーを守りながらこれを実現するために、「信頼のおける公共の機関」の設置が話題になっている。これは、女性の立場からすると、強い味方になってくれるかもしれない。ハイテク武装した痴漢・ストーカーが自分を狙っていることをいち早く察知できるし、女性の下着用のライブシールのついた衣類（つまり下着）は撮影できなくなるだろう。

サテライトオフィスでの打合せを終えてランチに仲間と出かける。外食が多くなると、栄養のバランスや塩分の取り過ぎ、ダイエットが心配だ。さあ、何を食べようか？手帳サイズの携帯端末を、カフェテリアのメニューサンプルに向けると、サンプルに貼り付けたライブシールの情報を読み取って、それぞれの料理の栄養・カロリー・調理法をチェックできる。どれが本日のお勧め料理か、また、カフェテリアの込み具合と料理の都合に従って、待ち時間も教えてくれる。私の携帯端末は、私が毎食どんなものを食べているか知っているので、栄養・カロリー・値段を総合的に判断して、アドバイスしてくれる。主体的に選んでいるのは自分だから、携帯端末からアドバイスを受けることには、あまり抵抗感はない。

そうだ、ついでにこのお勧めデザートレシピも、携帯端末に載せていこう。今週末に作ってみようかな？

(5) 大学での学び方

通信教育プログラムで学んでいる大学の教授のオフィスを訪れる。

私は2つの大学に在籍していることになっている。一方のコースは、コンテンツクリエイターに必要な知識や考え方、プレゼンテーションの技能や表現法を学ぶため。もう一方のコースでは、歴史の勉強を今は趣味として続けている。

知識の切り売りのような、一方通行的な授業は、すでにデータベース化されている。ネットワーク経由で、自宅で時間のあるときに受講（受信）すればいい。演習課題も自宅でこなして、電子メール等で提出する。

でも、考える訓練やアイデアを生み出す訓練は、マンツーマンでかつフェイスツーフェイスでないと無理だ。自習では、やっぱり身に付かない。

教授のオフィスにも、サテライトオフィスと同様に、様々な最新の情報機器が用意されている。これに自分の身分証を差し込むと、ライブシールで本人を確認して、自分専用の情報機器に早変わりする。ネットワークを経由して、自分専用で整理・用意した情報にもアクセスできるのだ。

これで、自分がこなした課題や、自分専用のデータベースにアクセスしながら、教授のアドバイスを仰ぐ。これこそ教育を受けているという実感がする。

(6) 高齢者のいる光景

大学で2時間みっちり指導を受けた後は、叔母の家に様子を見に行く。

普段は活発な叔母なのだが、最近、スキーで骨折してしまって、ちょっと外出が億劫になっているらしい。ハイテク好きの叔母はバーチャルスキーゲームでの練習も欠かさない。だから、転び方もうまい。普通だったら複雑骨折でもおかしくないですよとお医者さんは言っていた。

叔母を車イスに乗せて外出する。近くの美術館で、新進作家の陶芸展があるのだ。

昔は、歩道のあらゆる角をスロープにして段差をなくすことがバリアフリーだと言われていたらしい。でもあれは、健常者には歩きにくいし、目の不自由な人にも歩道の端がわからないと、不評だった。今では、縁石の脇の段差の部分に埋め込まれたアクチュエータが、車イス用のライブシールを感知すると、つまり、車イスを感知すると、自動的に作動して車イスの通りやすいスロープを作ってくれる。これで歩道も、横断歩道も随分と通行しやすくなった。路上への迷惑駐輪などは随分少なくなったが、それでも目の不自由な人にとって、健常者が気のつかない障害物も多いと聞く。携帯端末が、歩道やガードレールのライブシールモニタと連動して、音声でアシストしてくれるんだそうだ。

こういう仕組みは、駅のホーム（ホームと列車のギャップなど）にも取り入れられて、お年寄りや体の不自由な方達のスムーズな乗降や転落防止にも役立っている。

そういえば、田舎の祖父母はどうしているだろう？ここ2～3日は、連絡をしていない。でも便りのないのは良い便り。

祖父母が身に付けている衣服や腕時計にはライブシールが貼り付けてあり、家屋内にたくさん配置されたライブシールモニタが、家屋内での移動や、体温、血圧、脈拍を、分単位でチェックしてくれている。もし何らかの異常があったら、すぐに最寄りのお医者さんに連絡が行くと同時に、私達の携帯端末にも連絡が入る仕組みだ。

以前は、ネットワークにつながった電気ポットが、一日に何回か使われることで、無事を確認するサービスもあったとか。あるいは、監視カメラを家のあちこちに何台も置いて24時間監視するという案もあったらしい。でも、ポットは、何時間おきかのモニタしかできなかった。監視カメラには、心理的な抵抗が強い。それにセキュリティ会社だって、たくさんの家庭を監視カメラで24時間見続けるわけには行かない。ライブシールとライブシールモニタは、祖父母に何らかの異常があった時だけ、病院やセキュリティ会社、親戚に連絡してくれるので、プライバシー上も気にならない。

私たちの家と同様に、祖父母の居場所に合わせて、エアコンや床暖房がきめ細かくコントロールされるので、省エネにもなるし、高齢者の健康上も安心だ。

散歩好きの祖父は、寒い冬でも散歩を欠かさない。だんだん横着になってきているようだけど、玄関ドアのあたりに設置されたライブシールモニタが、室内や体温と外気の温度の差を感知して、もう一枚、上着を羽織ったり、帽子をかぶるように勧めてくれる。

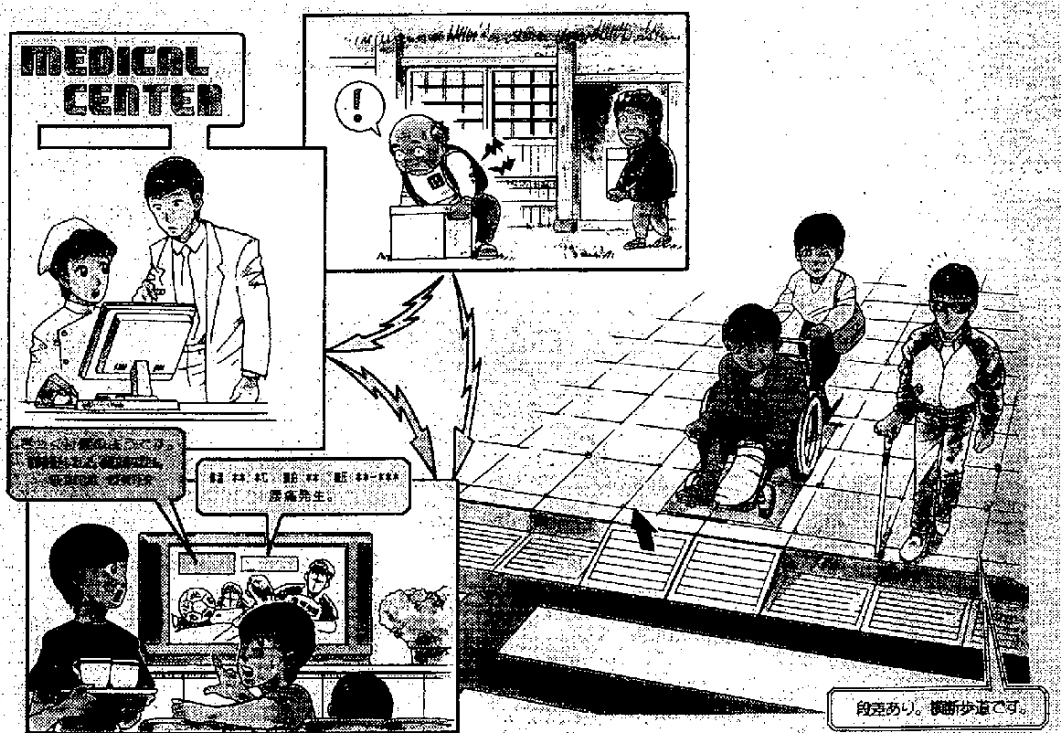


図 3.10-2 高齢者・体に障害のある人を見守る目

高齢者・体に障害のある人が、特別に情報機器のリテラシーを身に付ける必要はない。普段の生活を送るだけで、周りのモノや環境が、介助すべき事象を検知。重大な事態になる前に、直ちに介助のメカニズムを起動させる。

(7) 美術館の光景 語りかけるオブジェを介したコミュニケーション

こんなことを話しているうちに、美術館に着いた。

叔母のお気に入りの新進作家の作品はどこだろう？実は私も仕事柄、陶芸には詳しくなってきた。電子出版で紹介できるような作品はあるかしら？携帯端末を取り出して、館内の案内図の前に立つ。すると、叔母や私のお気に入りの作家のどんな作品がどの部屋に展示されているのか、私の携帯端末にイラスト入りで表示される。これは案内図に貼り付けられたライブシールに書き込まれている今回の展示案内の情報から、叔母や私の好みを知っている携帯端末が選択的に情報をピックアップしてくれているのだそうだ。

美術館のそぞろ歩きも好きなのだが、今日は、早速その展示室に向かうことにする。

最近は多くの美術館が収蔵品をデジタルサンプリングして、ネットワーク上で公開している。自宅の情報機器でもそこそこの画質で鑑賞することができるのだが、やっぱり、私は展示室の雰

囲気や光のあたり具合で微妙に色合いが変化して見える実物の空間が好きだ。

これはどういう作品なんだろう？携帯端末を近づける。作者のプロフィールはもとより、この作品のモチベーション、作品のポイントなどのメッセージが、作者自身によって語られる。これも作品の内側に貼り付けられたライブシールに書き込まれた情報を、ピックアップしてくれているからだ。

おや、作品自身が、こういう鑑賞の仕方をした人もいるよと、この企画展示が始まってからの来訪者の主な見方、特徴的な見方も、紹介してくれている。もともとの作者の意図とは違った観賞法をとる人が結構多いのは面白い。作者がいて、作品があって、鑑賞者がいて。それぞれの関わり合いが、全体として作品の幅を広げているのかな。私の仕事の参考にもなる。

(8) 夕方の光景 ショッピング

さあ、そろそろ夕方だ。幼稚園は5時半までは預かってくれる。お買い物を済ませてから、迎えに行こう。

車で家の近くのいつものスーパーの駐車場に乗りつける。このスーパーの駐車場は少し狭い。運転のうまい私は、機械に頼ったりはしないが、運転の下手な夫は、枠内停止用のアラームのお世話になりっぱなしだ。これは駐車枠に設置したライブシールモニタが、車の4隅に取り付けたライブシールの位置を検出しながら、ITSと連動して、うまく駐車できるようにハンドルの切り方を誘導してくれるというものだ。

我が家では、お米などの定番ものは買い置きが無くなりそうになれば自動的に、指定のブランドが宅配されることになっている。だから今日は、1週間分の生鮮食料品や、日用品、衣料品などの買い足しをしよう。

今日のお買い得品とか、新製品の紹介とかは、ライブシールに記録されているので、それぞれのパッケージに携帯端末を近づけるだけで説明が得られる。私は、家族の健康のためには、できれば無農薬野菜にしたいと思っている。携帯端末を近づけると、この野菜を作っている農家の人からのメッセージや、おいしい料理法を見ることも出来る。作り手の熱意・努力が感じられる商品は、それだけでも身近に感じられて信頼できる。食品の場合、とくにこれが大事なんだ。

生鮮食料品や日用品のパッケージを自分のカートに入れる。すると、カートに組み込まれたライブシールモニタが、買い物の管理をしてくれる。同時にその情報は、私の携帯端末もチェックしていて、その日の買い物の合計金額、適切な料理のレシピなどまで紹介される。私の携帯端末は、私だけでなく家族の嗜好や最近の食事のメニューも知っている。これを総合的に判断して、（もちろん予算オーバーしないように）自宅の冷蔵庫や戸棚の買い置き情報とも合わせて、買い方のアドバイスもしてくれるのだ。

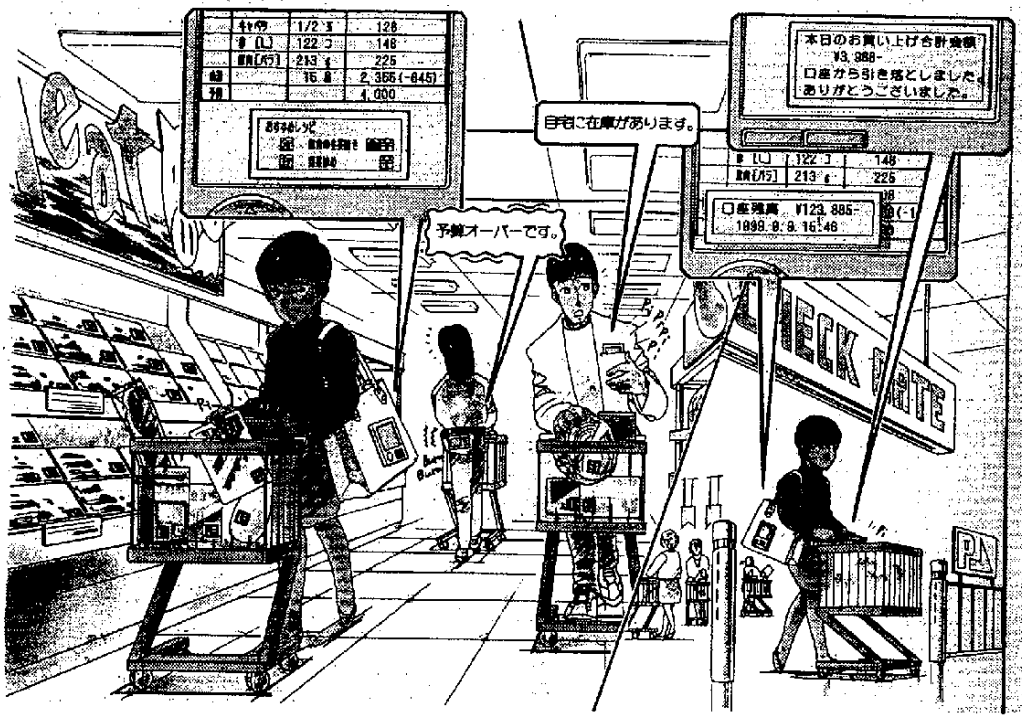


図 3.10-3 ショッピングの「新しい姿」

商品を手にとってカートに入れるという以外に、特殊な動作はなにもしていない。この当たり前の動作の背後で、自宅の在庫管理・購入アドバイス・家計管理や、電子商取引などのサービスが、生活をサポートしている。

あら、お隣の奥さん。世間話もしながらお買い物。今週末にみんなでお菓子を作ってちょっとしたティーパーティを開く話が盛り上がる。さっそく、今日のお昼に仕入れたお菓子のレシピを、私の携帯端末から、お隣の奥さんの携帯端末に転送してあげる。

お隣りの奥さんはリコーダーが趣味で、地元のサークルに入っているらしい。リコーダーの練習に参加してみないかと誘われた。実は、私もリコーダーにちょっと興味があったので、自分の身分証のライブシールに公開用の情報として登録しておいたのだ。そのメッセージを見つけてくれたらしい。一昔前なら、ネットワーク上の掲示版などにメッセージを公開しておくんだろうけど、誰に読まれるかもわからないので、私はプライベートなことにはあまり利用しない。自分の身分証のライブシールだったら、私の生活の範囲内で、顔見知りの人達の間で見て貰えるので、安心できる。

ハイテク化された街では、人間関係が希薄になるのかなと心配した時期もあった。しかし実際には、ハイテクが人間と人間との出会い・付き合いを演出することになり、人間関係は豊かになったような気がする。

そうだ、子供用に新しい上着でも買ってあげようかな。

子供は成長が早いから、買ったつもりでもすぐに衣服が小さくなる。といって、ご近所から戴いたお下がりばかり着せるのも気が引ける。我が家のタンスやクローゼットは、家族の誰がどんな服を持っているか、把握している。タンスやクローゼットに服を入れるだけで、衣服に貼り付けられたライブシールを検出して、新しい服かどうか、どの季節に向いた服かどうかまで、管理してくれるのだ。

子供が今着られる衣服のリストを携帯端末に呼び出しながら、それとコーディネートしやすい衣服を探してみよう。

あ、お母さん（＝私）用にも一着買ってしまうかな？独身時代にはTPOに合わせた服を、衝動買いしていたが、結婚して、子供も出来るとそうはいかない。でも、既に持っている服とのコーディネートアドバイスを受けながら、お洗濯のしやすさとかもチェックしながら買うのだから、これは衝動買いじゃないよね。もちろん店員さんもアドバイスしてくれるけど、彼女達は、私がどんな服を持っているかは知らないんだし。

必要なものをカートに入れたら、そのまま駐車場へ向かう。カートには何が入っているかは、既にスーパーにはわかっているので、レジの必要が無い。代金は自動的に指定の銀行口座から引き落とされる。

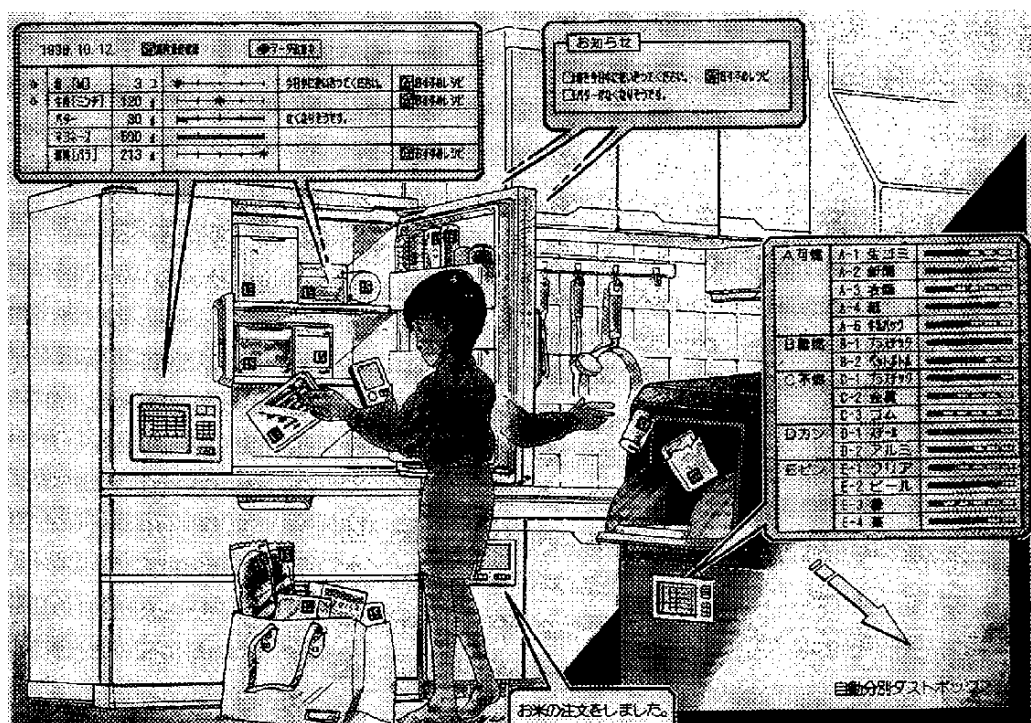


図 3.10-4 消費生活の「新しい姿」

食品や日用品を冷蔵庫や戸棚にしまうだけ。不用品はダストシュートに捨てるだけ。この当たり前の動作の背後で、消費生活をサポートするための鮮度管理・在庫管理・商品発注・メニュー提案・ゴミ資源の分別回収・環境保護などのサービスが活躍している。

家に帰ったら、買い込んだ食料品などを冷蔵庫や戸棚にしまう。冷蔵庫や戸棚は、各パッケージのライブシールを感知して、自動的に買い置き情報の管理をしてくれる。しかも、生鮮食品の場合、ライブシールのセンサを利用して、冷蔵庫は各食品の鮮度・温度・水分も時々刻々きめ細かくモニタしているのだ。だから、味が落ちないうちに賞味できるように、いろいろとお料理メニューのアドバイスをしてくれる。共働き家庭では、冷蔵庫や戸棚の食品を無駄にすることも多かったが、すっかり、無駄をしないようになった。

(9) 団らんの光景

子供を幼稚園に迎えに行く。やんちゃで決してじっとはしていない幼稚園の子供たちをお世話して下さる先生方には、頭が下がる。

その日の子供の様子をじっくりと伺いたいのだが、私も先生も夕食の支度があるからそうもいかない。おおよそその話を伺った後は、家に帰ってから子供に持たせたライブシールを貼り付けたカードを読み出す。幼稚園の遊具を使うと自動的に記録が書き込まれるのだ。もちろん先生も、気がついたことを電子的にライブシールにメモしておいてくれる。その日、どんな遊びをしたのか、どんなに良い子だったのかを見て、褒めてあげる。ライブシールのカードは、いわば、子供の成長を記したカルテだ。

さあ、夕飯は何にしようかな？ インスタント食品も便利だけれど、やっぱり手作りの料理が第一だと思う。実は、お料理やお菓子作りも趣味なのだ。我が家の冷蔵庫が、在庫の食品から適切なメニューを提案してくれる。また、ネットワークから、家族の好みに合うような新しいレシピなども取り寄せておいてくれる。今日は夫の帰りが早いというから、夫の好きなメニューをメインにしてみようかな。

レシピを見ながら、自分で適当にアレンジも加えながら、お料理開始。今では、調理台や調理器具にもライブシールとセンサがついている。だから、子供の世話に気をとられて、吹きこぼれや焦がすなんていうことは無くなった。

子供、子供と、あ、子供は今、何をしているんだろう？ 遊びたい盛りだから仕方がないが、最近、勝手に家を抜け出して公園に行こうとする。もう暗くなってきているのに。先程、戸締まり設定にしたのを思い出した。子供が玄関のドアや家の門に近づくと、子供の靴や衣服のライブシールを感知して、玄関や門に自動的にロックがかかるのだ。ちょっと安心して、再びお料理に取り掛かる。あ、夫も帰ってきた。

一家三人の夕食。時間に追われていた頃は、心に余裕がなくて自分の気に入らないことにはイライラとしていた。でも、今は、心もゆったりとして、家族の話が弾むようになった。幼稚園での出来事を記したライブシールのカードを夫婦一緒に見ながら、子供に話しかける。

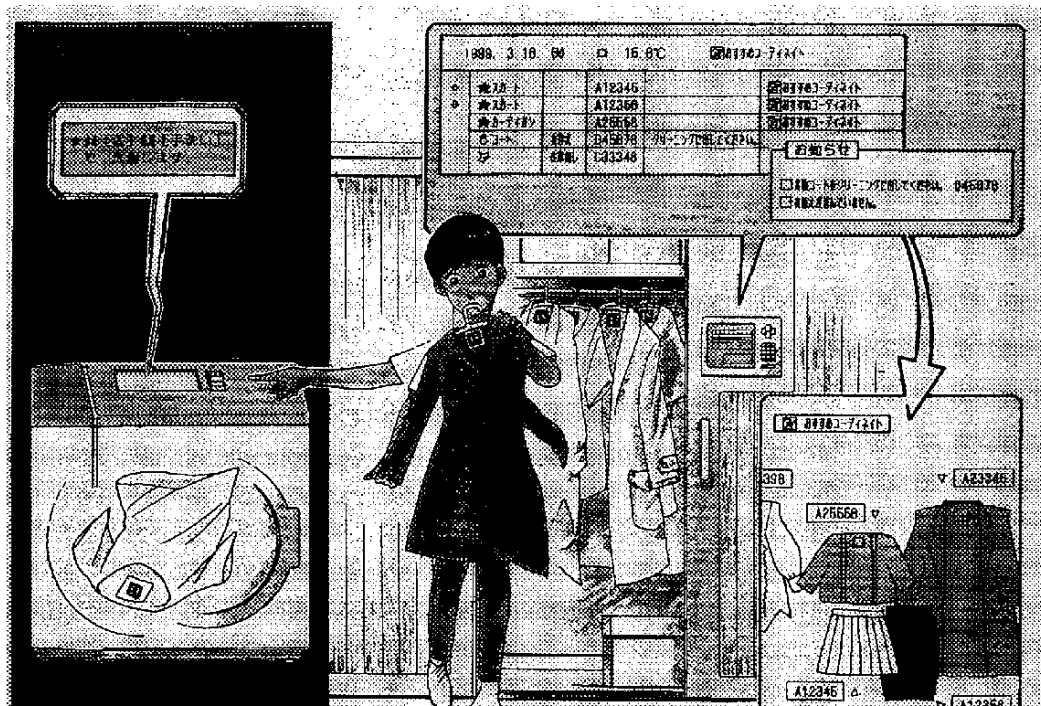


図 3.10-5 衣類の管理の「新しい姿」

衣類をクローゼットから取出し、また、洗濯物は洗濯機に投げ入れる。クローゼットや洗濯機自身が「電子の目」を持ち衣類を管理している。

食後。

家事は完全に分担という、結婚の時の約束は全くのウソ。結局、家事（掃除・洗濯・育児）は、主婦の仕事になってしまう。夫がやってくれるのは、皿洗いくらいなもの。これだって、汚れセンサー付きの皿洗い器に、ライブシールを貼り付けたお皿を入れるだけなんだけど。

明日はゴミの収集日だ。生鮮食料品や使用済みの日用品などのパッケージの包みを、無造作にダストシュートに放り込む。ダストシュートは、自動的にパッケージのライブシールを読み取って、その種類（従ってゴミの種類）を判断。燃えるゴミ、難燃物、不燃物、色ガラス等を分別して回収してくれる。これでゴミを無駄なく再資源化できるようになった。燃やすしかないゴミそのものを減量することも大事だが、資源ゴミを有効に回収してリサイクルに回すことも大事だと思う。この仕組みのおかげで、街は数十種類の分別回収を行っているんだそうだ。大ざっぱな性格の私でも、これなら十分にやっていける。さらに資源再利用のコストが改善されれば、数百種類の分別回収を行う計画もあると聞いた。

実はうっかり、ゴミの収集日じゃない時に捨てようとすることがある。こんな時、こっそりとだけアラームがなるのは恥ずかしい。自分たちの世代は、親からしつけをあまり受けずに育った。こんな所からでもしつけ直されれば、自分たちも、子供たちに良いしつけを出来るだろう。

3. 研究開発の新しい展開と社会へのインパクト

今日は、ワールドカップの試合がケーブルテレビで中継される。たいていの見たい番組は、放送センターのデータベースに収められており、見たい時に家庭に送られるようにはなってきた。しかしやっぱり、こんなビッグゲームは生中継で見たい。夫が早く帰ってきたのは、このためだったんだな。

昔は、一つの試合を十台くらいのカメラで放送していたらしい。今では、百台ものカメラが設置されて中継される。カメラマンの数が増えたわけではない。ライブシールは全選手の衣服や靴、ボールに貼り付けられている。グラウンドには等間隔にライブシールモニタが埋め込まれ、また、指向性の強いライブシールモニタによる自動追尾型のカメラが利用されるようになったのだ。もちろん、プロのカメラマン&ディレクターが、カメラを切り替えて送る放送も楽しめるが、各選手・ボールをさまざまな角度から自動的に追尾して送る映像にチャンネルを合わせる人も多い。ひいきの選手を見続けたり、ゴールの瞬間を迫力満点の角度からリプレイして見たり。このおかげで、私もだんだんとサッカーの面白さがわかってきたように思う。

こういう番組作りは、いろんなスポーツだけではなく、音楽（コンサート、オペラ、歌番組）、バレエ・演劇にも利用されている。近々、国会や議会中継にも使われるらしい。

さあ、試合も終わったし、子供をお風呂に入れて寝るとしよう。その日着ていたものを、洗濯機に放り込む。各衣服に貼り付けた、汚れセンサー付きのライブシールを見て、洗濯機自身が洗い方を調節してくれる。うっかり、ドライものと水洗いものを一緒にいれても大丈夫。適切な洗剤を組み合わせ、夜の間に洗っておいてくれるのだ。

パジャマに着替えてベッドに入る。もちろん、パジャマに貼り付けたライブシールの温度センサーがモニタされて、寝室内の温度・湿度を快適に保ってくれる。湯冷めの心配もない。今夜もぐっすりと眠ろう、オヤスミナサイ。

(*) ライブシール、ライブチップに関する諸アイデア、「2010 年N子の一〇日」の本文、イラスト等に関する諸権利は、加藤俊一（電総研、中央大学）に帰属します。無断利用にはご注意ください。

問合せ先： 〒305-8568 茨城県つくば市梅園1-1-4

電子技術総合研究所知能システム部ヒューマンメディアラボ

または、 〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27

中央大学理工学部経営システム工学科

4. 外部講師講演概要

4.1 分子生物情報分野での知的な情報処理（講師：三菱電機 田中秀俊氏）

分子生物情報分野で特に求められている情報処理技術は、さまざまなシミュレータの構築技術であろう。分子生物情報学の目指す目標のひとつは、染色体からの遺伝子発現を予測し、その遺伝子からタンパク質のアミノ酸配列を算出してその立体構造や機能を予測し、その機能がどのように他の機能と相互作用して細胞活動が行われるかを予測するという、いわゆるセントラルドグマから細胞活動までのトータルなシミュレーションにある。そのための要素技術として、例えば核酸配列やアミノ酸配列の解析に自然言語解析の技術、立体構造の予測や機能の予測には学習の技術、機能ネットワークの蓄積には知識表現の技術が役に立つと考えられる。本章では分子生物という分野で需要のあるシミュレーションを列举して、そこでどのようにこれら知的情報処理技術が役に立っているか、もしくは今後役に立つようになってきそうかについて、簡単に紹介する。

4.1.1 遺伝子発現のシミュレータ

4.1.1.1 遺伝子発現領域の予測

人間の遺伝情報、すなわち人間の細胞がどのようなタンパク質から構成されるかという情報は、染色体の核酸の並び（核酸配列と呼ばれる）で表される。遺伝情報からタンパク質が作られるときには、まずその核酸配列に特定の物体（RNA ポリメラーゼなど）がとりつき、配列上を一定区間滑って離れる。そのときこの物体は核酸配列をテープとする一種のチューリングマシンの役割を果たして、別の核酸配列を生成する。その核酸配列には、真核生物の場合さらに中に含まれたゴミ（イントロン）を捨てるという処理が挟まった後、また別のチューリングマシン（リボソームなど）がとりついて、配列上を一定区間滑って離れ、そのときアミノ酸配列を生成する。この生成されたアミノ酸配列が、折り畳まってある立体構造をとり、場合によっては複数の配列が合わさって、タンパク質になる。（図 4.1-1）

チューリングマシンは、ある特定の部分配列を見つけるとそこにとりつき、また別のある特定の部分配列の箇所で離れるようになっている。チューリングマシンが核酸配列やアミノ酸配列を生成する規則は単純で、前者の場合は1対1の変換であり、後者は特定の開始文字列（開始コドン）から終了文字列（終止コドン）までの、核酸3文字（3塩基）か

らアミノ酸1文字（1残基）への変換である。チューリングマシンのとおりつく箇所と離れる箇所の部分配列を発見し、その間で開始コドンから終止コドンまで3文字ずつ納まる一連の読み枠が見つかれば、アミノ酸配列生成部分の先頭と末尾、すなわち遺伝子発現領域が判明する。これにより、大量に解読された核酸配列を機械にかけて、どこが遺伝子発現領域なのかを精度よく予測できるようになる。

さらに、チューリングマシンがとりつく部分の周辺には別の物体（制御因子）がとりついて、チューリングマシンの結合のしやすさを加減したり、単に障害物となって結合を抑制したりする。この物体も、ある特定の部分配列を見つけてとりつくようになっている。制御因子の存在は後述の遺伝子発現シミュレータでも重要なポイントになるが、発現領域予測においても重要で、制御因子のとりつく配列のあるなしを考慮した予測によって精度向上が図られるようである。

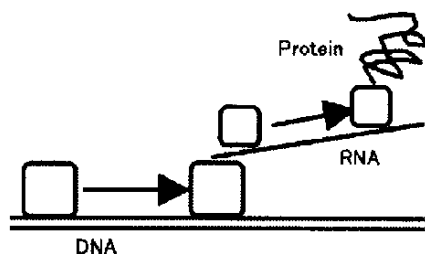


図 4.1-1 遺伝子の発現（略図）

4.1.1.2 隠れマルコフモデルによる発現領域予測

核酸配列は ACGT の4文字種で表現されるので、このような特定部分配列も4文字種からなる文字列で表される。この文字列の発見には、マルチプルアライメントと呼ばれる手法が用いられる。これは、例えば「とりつき」の発生しそうな部分を実験によって複数入手した後、ギャップを適当に入れてそれらを並べることによって、共通な文字列パターンを発見する手法である。図 4.1-2 に簡単な例を示す。図では、ACGT の文字列を縦に揃えることにより、AATAAA という共通のパターンが見えている。これをかつては当然人間が目で見えて並べていたが、動的計画法を用いて計算機で2つの文字列を並べる手法が確立されて以後、計算機によるマルチプルアライメントがさかんに研究されるようになった。以下は DNA でなく RNA 配列やタンパク質のアミノ酸配列を対象にしたものだが、3つ以上の文字列を並列計算機を用いて並べる技術 [1]、2つのマルチプルアライメント結果を並べる技術 [2]、A*アルゴリズムを用いる技術 [3,4] などがその代表例である。

```

GCGCCAATAAAATCGAAGC
CGGGCGAATAAAGCGGAGACACG
CGGAATAAAAGGCGGAGAGGC

```

→

```

GCG--C-C AATAAAAT-CG-AAAGC
-CGGGCG- AATAAA--GCGGA-G--AC-ACG
-CGG---- AATAAA-A-G-GC--G-GA-GA-GGC

```

図 4.1-2 マルチプルアライメント

このマルチプルアライメントが、隠れマルコフモデルと同等であることが示されたことをきっかけとして、隠れマルコフモデルによる共通配列解析やマルチプルアライメントの研究がさかんになった [5]。現状で入手可能な発現領域予測ツールの中にも、隠れマルコフモデルをベースとしたものがあり、優秀な成績をあげているようである [6,7,8]。隠れマルコフモデルとは、ある確率分布に従って文字を出力する状態をいくつか用意し、その状態間の遷移によって文字列を表現するモデルである。図 4.1-3 はマルチプルアライメント用の隠れマルコフモデルのモデル形状の例である。図中、丸や四角は状態を、線は左から右への向きの状態間遷移を表している、一致状態と削除状態は自己遷移ループを持つが、それは省略して記述している。このモデルでは、マルチプルアライメントにおけるギャップの挿入が削除状態と挿入状態とで表現され、それは図では四角で表現されている部分である。一致状態が共通パターンを表わす。

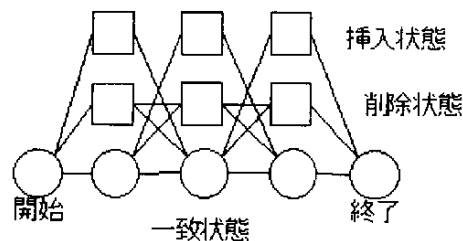


図 4.1-3 マルチプルアライメント用隠れマルコフモデルの例

4.1.1.3 確率的文法規則を用いた発現領域予測

先頭と末尾だけでなく、この物体のとりつき部分や、イントロンと呼ばれる遺伝子内のゴミ部分についても表現を試みたりすると、部分配列同士の相互の関係、つまり遺伝子の文法構造を考えるようになる。そこで仮定する文法クラスとしては、扱いやすい確率的文脈自由文法で納まるようにする研究がなされるようである [9]。このクラスに納まらない代表例としては、 x_yx_y で表わされるようなシュードノットと呼ばれる文法構造 (図 4.1-4 参照) や、 $x^n y^n z^n$ のような所定数の反復のある文法構造などがある [10]。

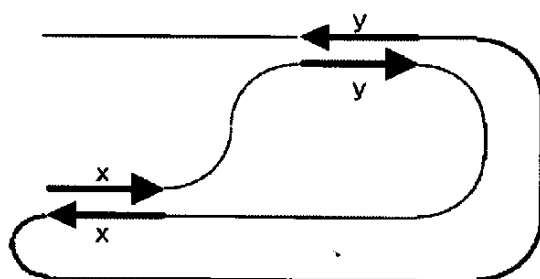


図 4.1-4 シュードノット構造

4.1.2 タンパク質折り畳みシミュレータ

4.1.2.1 タンパク質の立体構造予測

近年、核酸配列の解読が簡易化し、そのため遺伝子の核酸配列と、そこからほぼ一意に求まるアミノ酸配列の公開データが爆発的に増えている。しかし核酸配列に対応するアミノ酸配列が求まっても、その組成を持つタンパク質の機能はそこからは直接にはなかなか分らない。ただしタンパク質の機能は他のどのような物質と接触や結合が起こるかによってほとんどが決定されるので、立体構造がわかればその機能のかなりの部分が予測できると信じられている。よって、ヒモ状のアミノ酸配列が三次元的に折り畳まった形状を予測することが重要視されており、予測を競う国際的なコンテスト CASP [11] も隔年開催されている。このシミュレータの実現方法は大きく2通りあり、ひとつは分子動力学法によって力学モデルで算出してしまう方法、もうひとつは、配列が類似している構造既知タンパク質を参照する類似検索法である。後者は、かつては類似した配列断片を捜すだけの二次構造予測が主だったが、最近では3D-1D法やスレッディングと呼ばれる構造全体の類似検索が注目されている。

4.1.2.2 分子動力学法による予測

分子動力学法によるタンパク質折り畳みで取り扱う問題は、タンパク質分子だけでなく溶液分子を含めた多体問題である。よって、電気力や万有引力など各種の相互作用を見積もりながら、微小時間毎に分子の位置を計算していくアプローチがとられる。この方法をとると、現在最高水準の計算機でも数か月かけて数ナノ秒分の折り畳み計算ができる程度と言われ、数ミリ秒かかる折り畳みのシミュレーションには少なくとも百万倍高速な計算機が要求される。これは大規模並列計算機の応用分野として注目されており、例えばパーンズハットモデルと呼ばれる宇宙科学の分野で用いられる方法を応用した効率的計算法に関する研究などが著名である [12]。

4.1.2.3 類似検索による二次構造予測

二次構造予測は、構造と配列が既知のタンパク質を集めたデータベースにおいて、部分構造に二次構造と総称されるラベルが付されていて、そのラベルを構造未知の配列に正しく貼る予測である。二次構造のラベルでよく用いられるのは α 、 β 、L であり、それぞれ左巻き螺旋構造、シート構造やバレル構造、右巻き螺旋構造を表す。この場合はどれでもないものは無ラベルである。図 4.1-5 に示したタンパク質のリボン表示の例では、左上と右下の螺旋構造が α 構造、中央の紐の往復が β 構造である。これらのラベルは、観察結果を大まかに分類する用途には特に支障がないが、構造予測をしたい場合にはおおまか過ぎるので、構造予測のために二次構造を細かく分類する研究も行われている [13,14]。

二次構造予測には、PDB のような生のタンパク質立体構造データベースではなく、そのデータベースを加工した二次データベースであるタンパク質モチーフデータベース、例えば ProSite がよく用いられる [15]。これは特定の機能や構造を持つタンパク質にどのような配列パターンが含まれているかという情報をまとめたものである。昔はこの配列パターンを正規表現類似の形式で記録していた。例えば CytochromeC のモチーフ (の一部) は CxxCH という形式で表現される。これは、CytochromeC のアミノ酸配列には共通に適当な 2 残基挟んで Cysteine が 2 つ含まれ、その直後に Histidine がくるようなパターンが存在することを表している。しかし、xx の部分にも弱い確率的傾向があるので、それも表現しようとして、近年はマルチプルアライメントを数値化したプロファイルと呼ばれる表現方法を併用するようになった。このプロファイルは、隠れマルコフモデルと基本的には同じ表現形式と言える。

二次構造予測は ProSite のモチーフに自分で発見したモチーフを加え、未知配列とそのモチーフ群を突き合わせて、未知配列の断片とモチーフとの類似を見つけ出すことで行うのが一般的である。モチーフデータベースを隠れマルコフモデルの形式に変換して、生のデータからの学習の手間を軽減し精度を向上させる方法も考えられ、実際に核酸配列における遺伝子発現領域予測ではそのような研究がある [16]。二次構造は、当てやすい α 構造で 8 割、比較的遠い残基間での相互作用を伴うためやや見つけにくい β 構造でも 7 割弱、全体でも 7 割弱くらい当たるとというのが世間相場らしい。

二次構造予測での大きな問題は、データベースの品質にある。同じ配列に対し、 α 構造に 10 票、 β 構造に 2 票入ったからといって、単純な多数決で α 構造と決めてしまうのではなく、 α 構造に入った 10 票がどのような偏りを持った 10 票なのかを調査しなければならない。極端な例を挙げるなら、CytochromeC しかない偏ったデータベースからモチーフを抽出してそれを Hemoglobin に適用しても、いい予測は得られないだろう。



図 4.1-5 リボン表示によるタンパク質の例

4.1.2.4 類似検索による立体構造予測

データベースの既知構造に構造未知の配列を次々にあてはめてみて、最も良くあてはまる物を求める 3D-1D法という立体構造予測法が最近の注目を集めている。構造への配列のあてはめには、動的計画法などマルチプルアライメントとほぼ同じ手法が用いられる [17]。

3D-1D法の問題は、二次構造予測同様、データベースの偏りの解消にある。特に既知構造 1 本対未知構造 1 本であてはめると偏りが強いため、既知構造側に類似した複数本を用意しておき、未知構造側も配列データベースから類似配列を検索して複数本にして、両者をマルチプルアライメントするような方法をとると、偏りがある程度解消されて予測精度が向上するようである。この方式はちょうど、立体構造上は近隣で配列上は遠距離にあるような、従来のモチーフでは捕らえにくかった残基間の関係も隠れマルコフモデルのような確率過程的な表現に含めたことに相当すると考えられる。この点も 3D-1D法が優秀な理由のひとつと見られる。

4.1.3 ドッキングシミュレータ

タンパク質の機能は、他のどのような物質と接触や結合が起こるかによってほとんどが決定されるので、立体構造がわかればその機能のかなりの部分が予測できると信じられている。生体内には特定のタンパク質と結合する性質を持つリガンドと総称される物質群があり、主に情報伝達に用いられているらしい。ドッキングシミュレータは、そのような物質間の結合や接触が起こるかどうかを判定し、その形態を予測し、それによって例えばタンパク質のリガンドを検索したり、ある物質がリガンドかどうかを判定したりする機能を

提供するものである。

このシミュレータの実現方式には、まず前章で紹介した分子動力学による方法が挙げられる。しかしナノ秒の範囲までしか実用時間内に計算できないという現状では、結合寸前の状態を人為的に作り上げ、そこから結合がどう起こるかを観察するくらいにしか使えないようである。これも折り畳みシミュレーション同様に数百万倍の性能向上が期待される。一方、特徴を抽出して経験的な判定や予測を行う方法もある。例えばタンパク質の凹凸を解析し、最大マッチングを探索する問題に帰着するアプローチが考えられ、これに関しては「数理形態学」の技術を適用した凹凸解析の研究 [18]、遺伝的アルゴリズムを用いてドッキングの探索を行う分子設計支援ソフトウェア [19,20] などがある。

4.1.4 生化学反応系シミュレータ

4.1.4.1 生化学反応データベースの問合せ処理

現在 WWW 上で提供されている生化学反応データベースは数多いが、通常、情報の追加や修正はページ製作者が責任を持って慎重に行っているようである [21]。一方、生体内のさまざまな物質間の生化学反応の知識は、日夜増え続けている。そこで核酸配列の公共データベース GenBank やタンパク質の立体構造データベース PDB のように、実験結果を受け付けて拡大する公共データベースを用意したいという要求が発生する。生化学反応データベースの公共化に必要なのは、反応の要素としての物質の表現に関する技術と、反応シミュレータの構築技術であると考えられる。

4.1.4.2 物質や反応の表現方法

公共生化学データベースにおける物質や反応の表現方法については、いくつかの選択肢が考えられる。物質は名前で表現するか、それとも原子のネットワーク（化学構造）で表現するか、反応は関わる物質で表現するのか、識別子を別途つけるか。どれを選択するにしても、現状ではあまり簡単な表現にはなりそうになく、公共データベースの運用や普及の妨げになっていることは疑いない。

反応とは、教科書的には「ある物質の OH と別の物質の H と、酵素と適当なエネルギーとを与えると、そこを H_2O にするとともに両物質を結合させ、しかるべきエネルギーを発生する」などという格好をしている。この場合「OH を持つ物質」「H を持つ物質」などがデータベース上での物質の表現になる。このデータベースに基づいて、実際の物質の名称が与えられた時にこの反応に該当するかどうかを判断するには、その名称の物質が OH を持つかどうか、H を持つかどうかといった知識を蓄えたデータベースが別途必要に

なる。一方、実際の物質の分子構造が与えられた時にこの反応に該当するかどうかを判断するには、グラフの部分マッチングの仕組みが必要になる。

また、このような教科書的な反応記述ではなく、実験結果がデータベースに蓄積されている場合を考える。例えばカルボン酸 ($R1-COOH$) とアルコール ($R2-OH$) がエステル ($R1COOR2$) と水になるという反応が、さまざまなカルボン酸とアルコールの組合せについてデータベースに多数蓄積されており、そこに $R1$ 部分の複雑なカルボン酸の化学構造が示され、関わりそうな反応について問合せがあったとする。この問合せに答えたいなら、化学構造の類似性判定、つまりグラフ間の類似判定の仕組みが必要になる。

公共生化学反応データベースを構築する場合、教科書的な反応はできる限り事前に格納された上に、多数から寄せられた実験結果がいくつも格納された形で運用される。実験結果を適宜集めては教科書的な知識を付与する必要もある。修正を受け付ける必要も生じる。以上の点を考慮すると、削除や更新を受け付けず単調にデータが蓄積し、各データ (トランザクション) には最新データを得るためのタイムスタンプと信頼性を示すためのデータ登録者情報とを持つ、データウェアハウスのような構造が適していると思われる。

4.1.4.3 反応間の関係の表現方法

ある実験結果を説明するのがひとつの反応だけという例はむしろ稀で、ひとつの実験結果が一続きの反応を示唆することの方が多いただろう。また、複数の反応が関わって一続きの大きな反応を構成することもしばしばある。例えば平衡は向きの違う2つの反応の集まりと見なせる。その平衡がいくつか連なってエネルギーの流れや電子の流れを生み出すこともある。このような反応間の連結関係や概念的上下関係の記述方法が、またひとつの問題となる。

タンパク質の機能のデータベースを構築する試みとして、判明している部分的な代謝反応を演繹オブジェクト指向言語の枠組みで知識ベースに蓄積していき、質問に応じて部分的な代謝反応ネットワークを構築して提供する研究がかつて行われた [22]。そこでは物質間の関係と反応間の関係を同じ枠組みで記述できるようにしており、ある反応がその全体のネットワークの中でどこに位置するかを動的に提示する機能の実現を目標としていた。しかし実際の構築はそこごく一部のプロトタイプに留まった。

4.1.4.4 生化学反応シミュレータの自動構築

生化学反応データベースの問合せは、反応に関する質問か、物質の増減に関する質問だろう。前者は従来のデータベースや知識ベースの問合せ処理で対応可能だが、後者についてはシミュレータを構築する処理が必要になる。つまり、ある物質を増やしたり減らした

りしたら別の特定物質の量は一定時間内にどう変化するのか、という問合せに応じて、物質間の反応関係やそれら反応間の関係を記述したデータベースに基づき、2つの物質をつなぐ反応にはどのようなものがあるかを検索し、シミュレータを構築するのである。データベース上に問合せに応じて構築されるシミュレータ、あるいは未来に関する質問に答えるデータベースと言ってもよいが、これはデータベースの傾向に関する質問に答える技術、つまりデータマイニング [23] と呼ばれている技術の一種、もしくはその延長線上にある技術と言えるのかもしれない。

4.1.5 遺伝子発現系シミュレータ

染色体には多数の遺伝子が含まれている。各遺伝子にはその遺伝子の発現を制御する部分が付随しており、その部分の配列の差が発現の量に反映される。この部分配列による発現量制御は、制御因子と呼ばれる別のタンパク質が当該配列に結合することで行われることが多い。そのタンパク質の発現量制御には、また別のタンパク質が関係する。このように、遺伝子の発現には連鎖反動的な関係が存在する。よって前章の生化学反応系シミュレータ同様、部分的な知見を蓄積する公共遺伝子発現データベースの需要があり、遺伝子発現シミュレータの構築の需要がある。現在 WWW 上で提供されている遺伝子発現データベースは、生化学反応データベース同様、情報の追加や修正をページ製作者以外に開放している例は見当たらない [21]。遺伝子発現ネットワークはノードとなる遺伝子が文字列などによって比較的特定が容易であり、この点は生化学反応の表現に比べてやや扱いやすいと言えるが、それ以外の技術課題は生化学反応と同じと考えられる。

4.1.6 細胞活動シミュレータ

生化学反応系や遺伝子発現系といった機能のネットワークを中心に必要最小限の系を構築し、細胞の代謝や分裂に関するシミュレーションを行う研究が、慶応大学富田研の E-Cell プロジェクトにて行われている [24]。このプロジェクトは、単細胞バクテリアの生化学反応を丸ごとシミュレーションするもので、1997 年には 127 個の遺伝子を持った仮想細胞モデルを構築し、ISMB98 にも出展して賞を受けている。

4.1.7 分子生物情報分野における知的情報処理の今後

当該分野では、ゲノムの完読という「作業」がいくつかの生物で完了し、研究者は本来の「研究」である遺伝子やタンパク質の機能の探求に着手し始めている。当面注目されるのは、遺伝子発現領域の予測などに活用できる学習の技術、特に分類の技術で、それに続くのはシミュレータ構築に活用できる技術、回帰分析的な学習や関数最適化の技術だと考えている。一方で、大きな注目はされないかもしれないが不可欠なものとして、生化学反応の公共データベースを構築するための、おそらくさまざまな点の標準化と、その裏付けとなる知識表現やオントロジーの技術が重要になると考えている。

<参考文献>

- [1] 広沢他. 3次元ダイナミックプログラミングを活用した蛋白質のアライメントシステム. *Genome Informatics Workshop II*. pp.120-123. (1991).
- [2] Berger, M.P. and Munson, P.J. A Novel Randomized Iterative Strategy for Aligning Multiple Protein Sequences. *CABIOS* 7(4):479-484.
- [3] 十時他. アミノ酸配列のマルチプルアラインメントにおける反復改善過程の並列化とA*アルゴリズムの適用. 情報処理学会研究会論文誌. Vol.40 MPS No.2. (1999).
- [4] Kobayashi, H., and Imai, H. Improvement of the A* Algorithm for Multiple Sequence Alignment. *Genome Informatics 1998*. pp.120-130. (1998).
- [5] Tanaka, H., Asai, K., Ishikawa, M., and Konagaya, A. Hidden Markov Models and Iterative Aligners: Study of Their Equivalence and Possibilities. 1st Int. Conf. on Intelligent Systems for Molecular Biology. pp.395-401. (1993).
- [6] <http://genemark.biology.gatech.edu/GeneMark/>
- [7] Asai, K., Ueno, Y., and Yada, T. Recognition of Human Genes by Stochastic Parsing. Pacific Symposium on Biocomputing. (1998).
- [8] 矢田他. DNA 配列のモチーフパターンを表現する隠れマルコフモデルの生成. 情報処理学会論文誌 Vol. 37 No.6 (1996).
- [9] Grate, L. et al. RNA Modeling Using Gibbs Sampling and Stochastic Context Free Grammars. 2nd Int. Conf. on Intelligent Systems for Molecular Biology. pp.138-146. (1994).
- [10] Searls, D.B. The Computational Linguistics of Biological Sequences. In: Artificial Intelligence and Molecular Biology. AAAI Press. pp.47-120. (1993).
- [11] <http://PredictionCenter.llnl.gov/casp3/Casp3.html>

- [12] 斎藤他. 分子動力学法プログラム AMBER と Barnes-Hut tree code の並列化による高速化. 並列処理シンポジウム JSPP'98. pp.231-238. (1998).
- [13] 鬼塚他. 多次元分布の線形基底変換による圧縮表現の提案、及びタンパク質残基間相対位置分布への応用. 第 21 回 情報処理学会 数理モデル化と問題解決研究会. pp.37-42.(1998).
- [14] Matsuo, Y. A Systematic Analysis of Protein Folding Patterns. Master thesis, Department of Biophysics, Kyoto U. (1990).
- [15] <http://www.motif.genome.ad.jp/>
- [16] Asai, K., Yada, T., and Itou, K. Finding Genes by Hidden Markov Models with a Protein Motif Dictionary. Genome Informatics 1996. pp.88-97. (1996).
- [17] Akutsu, T. Protein Structure Alignment Using a Graph Matching Technique. Genome Informatics 1995. pp.1-8. (1995).
- [18] <http://bio.ics.kagoshima-u.ac.jp/~masatom/researchj.html>
- [19] <http://www.protein.osaka-u.ac.jp/csd/koshu.html>
- [20] <http://www.immd.co.jp/programs/programs-j.html>
- [21] <http://www.genome.ad.jp/kegg/>
- [22] Tanaka, H. Protein Function Database as a Deductive and Object-Oriented Database. Database and Expert Systems Applications 1991. pp.481-486. (1991).
- [23] Weiss, S. and Indurkha, N. Predictive Data Mining. Morgan Kaufmann. (1998).
- [24] <http://www.e-cell.org/>

4.2 農林水産業における高度情報システムへの展望

(講師：横浜国立大学 中川裕志氏)

4.2.1 はじめに

1994 年の農政審議会報告書「新たな国際環境に対応した農政の展開方向」によれば、国際競争に耐えるような農業の体質改善がうたわれている。このような環境のもとに 1995 年度に農林水産業における高度情報システム開発に関する調査委員会が組織され、情報技術を利用した将来の農業のあり方について議論され、報告書 [1] がまとめられた。さらに、この結果をうけて、1997 年度から一般別枠研究として「増殖情報ベースによる生産支援システム開発のための基盤研究」が農業研究センターなどを中心として発足し、研究活動が続けられている。以下では、このような流れをкаいつまんで説明し、将来の農業において情報科学技術がどのような取り入れられているかについて説明したい。

4.2.2 農業サイドから注目される情報科学技術

科学技術会議諮問第 21 号『先端的基盤科学技術に関する研究開発基本計画について』に対する答申 (1994 年 12 月) では、重要研究開発課題として以下のものを挙げている。

1. 生物特有の性質

これは、自己組織性、ゆらぎ、個体差、時間的不可逆性、非平衡性、構成物質間の複雑なインタラクション、高温・高圧等の外的刺激に対する脆弱性などを意味する。これらを踏まえた技術の開発が望まれる。生物分野では多くの場合、現象が複雑すぎてきれいなモデルが作れない。それに関していかにいろいろな技術を導入して解決するかが課題であることは農業の研究者はよく理解している。

2. 実験結果の解析・体系化に用いられる科学技術

3. 情報収集を支える科学技術

たとえば、リモートセンシング、ネットワークを使って遠隔地の情報を収集する技術である。圃場 (田畑など) からどのようにその場のデータをサーバに送るかがまず重要である。次に、地理的に広い範囲から収集された情報を解析して次にとるべきアクションを理論的に決定していくことが大切になる。

4. 思考判断を支える科学技術

知的情報技術に関するものが有力視される。生物分野のようにモデル化がきれいにできな

いものに対してどのように対応するかが問題であるが、事例に基づく推論が有力だと考えられている。しかし、単に多くの事例を集めれば良いかというとそう簡単でもない。質のよい事例と、均質なデータが求められる。知的システムとしては、エキスパートシステムは使われているが十分ではない。何か次のモデル化のための技術を求めているようである。

5. 行動を支える科学技術

独創的な研究を進める上で、解決すべき問題・対象の複雑化・高度化に伴い、知識ベースを含む総合的な発想・設計の支援技術など、研究者の知的活動を支えるツールや先端的基盤技術の開発が必要である。

これらをみると知識処理に関連しそうなものが数多くリストアップされている。しかし、一方で、農林水産省の全研究者約 3000 人に対してアンケート調査を行ったところ、必ずしも知識処理的な技術へのニーズは高くない。実際、ネットワーク系の技術であるインターネット、WWW、電子会議、への要請が高く、ついで統計技術である多変量解析、時系列解析、検定、信頼性予測、統計処理パッケージ、ノンパラメトリック解析が要請される。その他には、画像、計測関係の技術の人氣が高い。人工知能や事例ベース、ニューロなどは比較的少数であった。ネットワーク系の技術はなんといっても即効性があり、目に見える形で役に立つ。さらに計測技術も農業の機械化においては必須のものである。これらに比べると、知識処理関連の技術は直接的応用に結び付けるのに、もう一歩工夫が必要であり、その方面の研究者には「役に立つ」ということをアピールする努力が必要だろう。この中で、NEC が開発した事例ベース検索システムをベースにした外来野草図鑑 [1] CD-ROM 版、は広く理解されるに至っており、特筆に値する。

さて、農林水産省の試験研究機関における情報関連研究としては以下のようなものが挙げられる。

1. 環境、資源関連

モデル化が中心である。とくに、マッピング手法、生体情報の計測、リモートセンシング、気象変動シミュレーション、資源量評価・物質循環モデル、生産量変動予測、景観評価などが行われている。

2. 生物工学、生物科学関連

ゲノム情報、分子モデリング、蛋白質の立体構造予測、進化・系統分類、生命現象解明のための情報解析アルゴリズム、人工生命が注目されている。

3. 総合農業関連

農業現場に情報技術を導入し、ネットワーク技術を生かして、生産者の意欲を刺激して意思決定をいかに支援するかが課題とされている。

しかし、一般的に生物、農業の分野は現象が複雑で、動員すべき知識も生物、気象、機械、市場、などと多岐にわたり、かつ、その土地毎のあるいは季節毎の個別性が高く、数値化や公式化が難しい。たとえば、作物の生育のモデル化などは難しく、ほとんど行われていない。害虫の発生予測モデルも難しい。本来、こういった個別性、多様性に対応する手法を情報科学技術の分野から提起していきたいところである。その中でも発展している研究分野としては、農業におけるフィールドからの情報収集があり、この目的で画像を利用することが検討されている。具体的には、画像による収量や味などの予測、たとえば、色を見ることによって味が分かる、糖度を調べる、あるいは超音波を利用して作物の中身を調べる、などがある。

もうひとつの問題として、農業関連のデータないしはデータベースは数多く存在するものの、データフォーマットなどの仕様や精度などの点で均質でなく、共有化が困難という問題がある。この状態に対して、統計パッケージの共通化や、それを促す簡易化が必要とされている。一方で、実際に個別性の高いデータを均質にしてしまうことに本当に意義があるのかという問いかけもありうる。このような問題は実際のところ農業に固有の問題ではなく、情報科学技術を実用にしようとしたときに必ず持ち上がる問題である。別の分野での研究者や技術者が、農業への応用にその知見を提供し協力するような体制が望ましい。

4.2.3 情報技術を利用した農業プロジェクト

ここでは、情報技術を利用した二つの農業プロジェクトについて説明する。

4.2.3.1 仮想営農環境

「仮想営農環境」は、1994 年 6 月に農業研究センター新研究領域ワーキンググループで南石氏が提案した一種のサーブスペースである。これは、技能修得タイムマシン、学際的応用指向研究のプラットフォーム、そして、パーソナル・デジタル・スペシャリストという少なくとも 3 の視点を持つものだが、ここでは主として技能修得タイムマシンとしての仮想営農環境について考える。

(1) 仮想営農環境による農業技術の習得

仮想営農環境はその技術習得の対象分野として、生産のサイクルが長いうえに不確実性も大きい環境下で、個人で多様な技能習得や意思決定が必要となる農業を想定している。たとえば、日本農業の中核をなすといわれる家族経営による稲作を考えて見よう。多くの地域では稲作は年 1 回しか行えないために、一生かけても個人ができる稲作の経験は、高々 50 回ぐらいである。そのうえ、気象条件は毎年変わりその変動を予見することは困難であるし、市場ニーズに応えるた

めに栽培特性が異なる新品種導入も必要であり、栽培技術一つをとっていても熟練することは容易ではない。また、欧米をはじめ各国で大勢をなす家族経営では、他産業の企業経営のような分業は困難で、栽培管理、機械の調整・修理、簿記・経営管理など多様な技術も1人で習得し、また、気象や経済動向などの知識をもつことも必要とされる。そこで、農業技術や経営管理を短期間で疑似的に体験できる「営農疑似体験シミュレータ」による研修も効果的である。仮想営農環境の一つの側面は、現実には長期間を要する技能習得を疑似的に短時間で可能にするタイムマシンとしての機能である。

このシミュレータには、営農のそれぞれの場面に応じて、a)播種、防除、収穫などの機械作業を各種条件下で体験できる全天候型農作業、b)肥培、防除、水管理などの栽培管理を各種気象条件下で疑似的に体験できる作物管理、c)作付計画、規模拡大、機械・施設投資などを各種経済環境下で疑似的に体験できる経営管理、の個別のシミュレータを含む。

(2) 仮想営農環境の技術課題

仮想営農環境を開発するためには以下のような技術課題を開発する必要がある。

- ・ 農業経営者の技術・知識獲得・学習過程の解明すること。これらを整備した知識ベースも開発しなければならない。
- ・ センシング技術（リアルタイムな情報の収集・管理）の開発。とりわけ、植物・家畜の生体情報や気象・土壌などの環境情報、農業機械・施設の稼働状況（農業機械の位置、作業日誌、作業効率など）、経営の内部情報（簿記、コスト、収益、販売、労務管理、農協データなど）、市場情報・POS データなどのリアルタイムな情報収集技術が必要となる。
- ・ 植物・家畜の生体情報（成長状態、病気）や気象・土壌などの動態予測、農業機械・施設稼働状況の認識・予測、経営内部情報の認識・予測、さらに、経済動向（市場、マクロ経済）、人間行動、社会動向の認識・予測を行うモデルベースの開発が必要になる。また、各モデルベースのエージェント化（自律性と協調性）も重要な課題である。
- ・ 判断・意思決定支援手法の開発を行う。具体的には不確実性、複雑性、非構造化、開放系に対応できる手法が必要となる。最適化、シミュレーション、GA、ファジィシステム、ニューラルネットワーク、AHPなどの応用技術も重要になる。また、農業経営者等に適したインタフェースのデザインの研究や多数の農業経営者間の協調・協力支援手法も必要になる。

農業は、生物現象や、気候、市場など多様かつ複雑な対象を扱うだけに上記の各開発課題も容易ではない。多様性を扱うために事例ベースが注目されているが、十分な事例の収集ができるかどうかは未知である。また、市場の情報などはインターネットやWWWの利用が有望である。

4.2.3.2 仮想共同経営

大規模な農家はスーパーマーケット、食品産業、外食産業と提携して作物を提供しているケースがあるが、日本に多い小規模の農家は必ずしもその枠の中には入っていない。そこで、農家と消費者を直結し、効率的な営農を目指すものとして、ネットワークを利用した情報発信と仮想共同経営が考えられる。たとえば、農家から生産物などの情報をウェブで提供したり、消費者のニーズを直接知って経営に反映させる。ネットワークによって共同経営を行うことは日本においては特に重要であると考えられる。なぜなら、日本は面積の割に土地が東西、南北に長いので気候的には場所によって違いが大きい。そこで、各地の農家がネットワークで連携することで、新しい形態で消費者に生産物を提供できるようになる。たとえば、各地で同じ作物を作るとすると、収穫時期がずれるので、同じ作物の旬な状態を産地直送することが長期間に亘って可能となる。このようなことは必ずしも空想ではなくなっている。なぜなら、先進的な生産者はウェブに発信するようになってきており、このような農家が相互に連携すれば仮想共同経営は実現可能性が高い。

このようなシステム実現へ向けての問題点を表 4.2-1 にまとめる。

ここで挙げられている技術課題をまとめると、地域的に分散した農家を束ねるという目的からもネットワーク技術の応用が重点になる。しかし、システムの質の高さを狙うコンサルタントや市況予測のような局面では知的処理も必要になるだろう。

4.2.4 増殖情報ベース生産支援システムにおける取り組み

1997 年度より農林省の一般別枠研究として「増殖情報ベースによる生産支援システム開発のための基礎研究」が発足し、6 年計画の 2 年めに入っている。「増殖」という耳なれない言葉は、「農業の現場からの情報がどんどん集まり、巨大な事例ベースを増殖的に構築していく」というイメージを表す。大学、農林水産省関連の研究所、企業など約 40 のグループが参加している [2]。以下、そのテーマについてまとめ、重要なトピックについて報告する。

テーマは 2 群に分かれ、ひとつは、(1)増殖情報ベース構築のための基盤技術の開発、もうひとつは(2)統合モデル構築自動化のための基盤技術の開発である。まず、(1)については、以下の 6 サブグループがある。

1. 画像による生育情報の収集システムの開発
2. 生産物情報の収集手法の開発
3. 生産現場情報の収集手法の開発
4. コンサルティング情報の収集手法の開発

5. 事例ベース等の情報ベース構築及び利用手法の開発

6. データマイニング等情報解析手法の開発

なお、1 から 4 は生育状況等現場発生情報の自動収集手法の開発とくくられる。

表 4.2-1 仮想共同経営実現のための技術的問題点 [1]

分散・異質・小規模の要素	協調可能性および対策等	必要なインターネット・システム
小規模な農地	不可避であるとする	
労働力	○年次計画による近隣農家間ないしは 1～2 週間程度の泊まり込みによる相互援農（賃金制導入）や計画的共同臨時雇用による労働生産性の向上と経費節減。○近傍農家間で多様な作付け体系実現による作業時期の非集中化。○作付け体系の異なる農家の集合。	◎スケジューリング・システム
農業資材（肥料、農薬、種子、ハウス材料、エネルギー等）	○年次計画による共同大量購入。適材適量、最小在庫による経費節減。○迅速な低価格小口輸送システム。○POS・ネットワーク接続された適当な代理店・商社	◎POS 注文・決済システム。◎農家間在庫融通システム。
農業機械	○年次計画による機械の移動が可能な範囲での共用、ハブ的な機械庫の設置、共同リース・レンタル、部品共有による投資減額・機械当生産性の向上。○近傍農家間で多様な作付け体系実現による作業時期の非集中化。	◎スケジューリング・システム。◎修理依頼システム
受注・出荷管理・物流ルート	○産直 Web や生消直結市場による多品目・少量・迅速なコンビニ的な生産物供給とマルチメディアを駆使した商品情報提供や消費者からのフィードバック情報受け入れシステム。○安全な決済システム。○POS 化された低価格小口輸送システム（宅配便）の大口契約	◎仮想八百屋受注・出荷システム◎宅配依頼、配達状況調査システム◎仮想競りシステム◎高速動画中継システム◎市況情報システム◎電子決済システム
作期・作物・品種・栽培方法	○広範な農家結集による多様性を利用した消費者へのアピールと供給安定性確保。○技術情報の共有による生産効率化・安定化。○年次計画；多様な品種・作物・出荷時期の調整。○長期計画；輪作体系による土壌保全・水管理・確保。○短期気象予測による応急対策。○各地の特徴に合わせた作期、作物等の選定。	◎栽培管理コンサルタントシステム◎気象予測システム
会計・決算・保険	○個別経営体維持したまま、個別会計を効率的に行うシステムの共同運営（税金、出荷管理、各種支払い等）による事務処理軽減や保険への共同加入による経費節減○安全性な決済システム	◎経営管理システム◎経営管理コンサルタントシステム◎電子決済システム

(2)については、以下の3グループがある。

1. 汎用性の高い要素モデルの開発
2. 要素モデル統合のための入出力データ規格化手法の開発
3. エージェント利用による要素モデルや増殖情報ベースの結合手法の開発

(1)に関しては、3次元計測システムの研究が多い。例えば、3次元曲線の長さを正確に計測するシステムなどが提案されている。しかし、かなり高度な技術であるため、実際の農家に使ってもらえるように普及するかどうかを疑問視するむきもある。完成度の点では、三重大大学の亀岡教授のシステムが高い。これは、JPEG や GIF の作物画像データからの形状、色彩情報と、分光分析データを解析するシステムがネットワーク経由で使えるように JAVA アプレットで開発されている [3]。NEC の島津秀雄氏らが中心に開発している事例ベースの構築・検索ツールも完成度が高い。このシステムは事例ベースというシンプルな構造の、しかし大量のデータを、収集、分類、検索するシステムであり、数年前より取り組んでいる外来野草図鑑以来、一貫した研究により完成度が高い。データマイニングのグループは情報処理の研究者が多く、我々のテキストからの数値情報抽出システム [4]、横浜国大の鈴木によるデータマイニングによる農業知識発見などがある。

(2)に関しては、モデル化ということもあり、統計パッケージの利用が多いが、ポータビリティを狙った JAVA によるシステム化、またデータベースのインタフェースとしては SQL を用いることが多い。また、エージェント技術としては KQML 言語の使用が試みられている。

総じて、情報処理技術への理解が深く、利用も水準が高い。しかし、現場の生産者とのギャップがまだかなり大きいのではないかという評価委員の声もある。情報技術が農業のような応用分野でどう使われるかは大変興味深いのであるが、情報科学の専門家が農業に転向するわけにもいかず、農業の研究者が情報科学の研究者に変身するわけにもいかない。筆者は同じような状況を、自然言語処理において、計算機科学者と言語学者の間で経験したが、やはり研究分野の個別性は壊すことができなかった。むしろ、役にたったのは形態素解析システムのようなパッケージソフト化と、コーパスのような標準データベース化であった。この点からすると、まだ、農業と情報の交流はこれからだ、という感がある。

<参考文献>

- [1] 農林水産技術協会, 1996, 農林水産業の高度情報システム
- [2] <http://zoushoku.narc.affrc.go.jp/>のRIB Project Outline に概要がある。
- [3] Y.Motonaga, et al.: Determination of the Standard Shape and Color of Agricultural Products, 4th International Conf. on Quality Control by Artificial Vision, pp.29-34, (1998)
- [4] Koichi Saito, Yoshihiro Iwai, Naoyoshi Tamura, Hiroshi Nakagawa, "Numerical Information Extraction from Newspaper's Articles", The 3rd International Workshop on Information Retrieval with Asian Languages (IRAL'98), 1998.10 Singapore, pp. 39 - 45

4.3 法律分野における知的情報処理（講師：東京工業大学 新田克己教授）

4.3.1 はじめに

法律とコンピュータには3種類の関わりがある。1つは、著作権や特許権などのように、コンピュータのハードやソフトの権利保護に関するものである。新しいハードやソフトを発明・著作をした者は、その発明を一定期間、独占する権利を持つ。この権利の獲得やライセンス契約などに法律が関わっている。これは純粋に法律的な問題である。

2番目は、法律の事務を補助するツールとしてコンピュータを利用するものである。例えば、判例や法令や契約文書データベースの検索、契約事務の管理などがこれにあたる。市販の判例データベースのCD-ROMは、ほとんどすべての法律事務所や大学の法学の研究室に置かれている。また、最近ではインターネットを使った商取引も一般的になってきている。このような電子商取引もコンピュータによる契約事務の一例である。

3番目が、法律家の代行をコンピュータが実行するものである。人工知能研究において、法律分野は最も古くから応用が試みられ、過去に多くのエキスパートシステム（法的推論システム）が開発されてきている。しかしながら、いまだに専門家の代行をできるシステムが開発されていない。それは、人工知能の技術が法律の問題を解くほど成熟していないこともあるが、それを使う人間の側にとっても、コンピュータに重要な問題をまかせることに対する不安感があるためでもある。そのため、法律エキスパートシステムの実用化は遠い将来のこととも思えることもあった。しかし、電子商取引のようにコンピュータを介して契約業務が行われるようになると、その過程でコンピュータによる法的問題のチェックが可能になってくるし、また、取引量が増えてくると人間による契約事務だけでは限界がでる。完全に自動的な法律エキスパートシステムでなくとも、人間の事務を知的に補助するシステムであるなら実現性は高いと思える。

本稿では、このような人間の契約事務を補助するシステムの実現に向けての諸問題を考察する。4.3.2節では、法律をコンピュータで処理する場合の一般的な問題を述べ、4.3.3節で法的推論システムの研究動向を述べ、4.3.4節でビジネスとしての法的推論システムの可能性について考察する。

4.3.2 法律問題の特徴

(1) 法令の解釈

まず、法律問題をコンピュータで自動化するのが困難な理由として、法令を簡単にルールベース化できないことを説明する。

法令は通常は抽象的な述語を用いて記述されている。そのため、法令を適用する場合に、事件にダイレクトに法令を当てはめることはできず、そこに現れる述語の意味を明確にすることが必要である。これが解釈である。法令は一般的に書かれているのに対して、法的判断は個別事情を考慮してなされる必要があり、一般ルールと個別事情をつなぐものが解釈である。例えば、公園に自動車が進入することを禁止する法令があるとする。怪我人が出たときに、公園に救急車が入ることはできるのだろうか。公園で自動車の展示会を行うことはできるのだろうか。このような問題に対処するには、一般論としての法令の本来の役割と、具体的な事情を考慮する必要性が明らかになる。

解釈を行うプロセスは、解釈生成と、解釈選択の2つからなる。解釈生成は、もとの法令の意味を詳細に定義したり、意味を拡張したり、意味を縮小したりして、新しいルールを生成するプロセスである。もちろん、あまりに大幅な拡張や縮小を行うと、もとの法令の意味を損ない、新たな立法を行うことになってしまうので、拡張や縮小の範囲は限定されている。生成された解釈によって、同じ事件であっても、結論が異なることになる。

そこで、どの解釈が妥当であるかを決定するのが、解釈選択のプロセスである。解釈選択の基準は、「その結論が妥当なものであるか」というものであるが、妥当性についての明確な定義はない。その法令の日本語としての意味を厳格に守るべきであるという立場もあるし、法令の制定当時の事情を考慮して制定者の意図を推測すべきであるという立場もあるし、その法令の制定された目的を基準にすべきである、という立場もある。実際には、「制定目的を考慮すべし」という立場が多く支持を得ているようではあるが、これ自身があいまいな基準であるし、事件ごとに違う立場を使い分けることも可能である。

このように見ると、法令を適用するプロセスは、客観的に定義できるものではなく、最終的には裁判官の個人的な価値判断に依存することになる。もちろん、裁判官は、裁判所で過去になされてきた価値判断との調和を保つように判断を行うから、個人の個性が極端に現れる判決は少ない。

次に妥当性を判断する場合の基準について考える。この基準となるのが、「法原則」と呼ばれるものであり、世の中をどのようにしたいかを定める一般的な原則を示したものである。例えば、「人は平等である」「個人の財産権は保護する」「故意でなくとも、過失で他人に損害を与えたときは、賠償する」「軽微な犯罪は罰しない」など、さまざまなものがある。これらは、実際に明文化された法令として規定されているものもあるが、法律家になる場合に訓練によって自然に習得されるものもある。

法令は、これらの原則を実現するように制定されるが、原則の中には矛盾するものも少なくない。例えば、「個人の権利を保護する」という原理と「公共の利益を保護する」という原理が対立することは、道路建設における立ち退き問題や、プライバシーを無視した過剰なニュース報道問題などに顕著に表れる。このような場合に、どちらの原則を重視するかによって、対立する法

令や対立する法解釈のいずれを選択するかが決まることになる。

(2) 論証と論理

前述したように、法令のルール化は容易でない。それにもかかわらず、裁判の記録（判決）を見ると、事件に対して、法令や解釈のルールを使って、論理的に結論が導かれるように書かれている。これを読むと、法律家はあたかもルールを演繹的に適用して結論を導いているように見える。しかしながら、解釈のところで述べたように、専門家はルールを機械的に適用しているのではなく、個々の事件についての特殊事情を考慮しながら妥当な解を求めようとしているのである。そのためには、初めは存在しなかった解釈をその事件に応じて生成することもあり、判決文に書かれている論理構造は、法律家の思考過程を正確に反映したものではない。しかしながら、判決文に書かれた論理展開は「～ならば～である」という論理式の連鎖で表せるものが多く、実際に論理的な記述は判決の内容を表す便利なツールである。

一方、法律学の分野においても、「論理的推論による法的推論のモデル化は妥当か」という議論が過去になされた。論理式における「真」は、法律における「妥当」とは対応しないし、そもそも法令は個別に解釈されるべきで、

$$\forall X P(X) \leftarrow Q(X)$$

のように全称記号がついた個別事情を考慮しないルールが存在していることについての疑問も出された。

そのため、法律家にとって、論理による法的推論のモデルは必ずしも賛同されたものではない。しかし、論理に近いものとして、Toulmin が提唱した論証のモデルについては法律家の間でも承認されている。Toulmin は、古来の多くの論証を分析し、論証は一般的に、Conclusion（結論）、Warrant（ルール）、Backing（ルールの裏付け）、Condition（条件）、Exception（例外）の5つの要素で構成できることを示した。例えば、「100 万円支払え」という Conclusion があるとき、それが正当であることの論証は、「物を購入したら代金を支払え」という Warrant と「100 万の物を購入した」という Condition が成立し、「購入物が破損していた」などの Exception がないことを示すことで成立する。「物を購入したら代金を支払え」というルールは、民法などの Backing によって保証される。

この中で、「なぜ、100 万の物を購入したと言えるのか」が問題となれば、「100 万の物を購入した」を新しい結論として、その結論を導いた Warrant や Condition などの論証を行えば良い。また、「なぜ、物を購入したら代金を支払わなくてはならないのか」が問題となれば、そのルールが有効であることの Warrant や Condition などの論証を行えば良い。このように、Toulmin は、5つの要素を1単位とした構造を積み重ねていくことによって全体の論証を組み立てていく。

このような論証構造は論理式による定理証明と類似しているかもしれないが、定理証明の場合

は、ルールの有効性については争えないのに対して、Toulmin の場合は、ルール自体も論証の対象となるという相違がある。法律の場合は、法令の有効範囲（時間や地域）や、その解釈の正当性も論証の対象となるので、Toulmin の論証構造は法律的な論証には非常に有効である。

4.3.3 法的推論システムの研究動向

(1) 全体の研究動向

法的推論システムの研究は、法令や事件や専門家のノウハウを論理式などのルールで記述し、演繹的な推論で、結論を求める方法が最も基礎的な方法である。過去に多くの法律エキスパートシステムがこの方法で開発されてきている。この方法の利点は、日本語に伴う構文上のあいまいさをなくし、法令のもつ論理構造を客観的に記述できる点にある。つまり、もとの法令は複雑な文章で書かれていることもあり、素人には文章の論理的な構造が理解できないことが多いが、これをいくつかの述語を用いて、形式的なルールの形で記述することで、論理を明確にすることができるのである。しかし、この方法は、法律上の重要な問題である述語の意味の確定（解釈）を扱っていない。すなわち、このようなシステムでは事実を入力する場合に、法的判断を必要とするのであり、事実を入力した時点ですでにシステムの必要性はなくなっている可能性すらある。例えば、前述の「公園に自動車を展示して良いか」という問題で、ルールが

$\forall X$ 禁止(X , 公園) $\leftarrow$ 自動車(X)

だとし、展示する車を

car#1

とすると、「展示する場合を許したい」ならば

自動車(car#1)

というデータを入力するわけにはいかない。そこで、「自動車」という述語は「走る自動車」の意味に限定して、ユーザは

自動車(car#1)

を入力しないことにしなければならない。これは、ユーザがデータ入力時点で法的判断を行っていることになる。

このような問題点をカバーするため、法令だけでなく、判例を利用した事例ベース推論による法的推論のモデリングもなされた。法律分野では過去の判決データが判例データベースに蓄積されており、「類似した事件には類似した結論がなされる」傾向にあるため、事例ベース推論は有効な手法になりうるからである。例えば、上記の「公園に自動車を展示する問題」で、過去に規則の例外が認められた事例があれば、その時の状況との類似性があれば、展示が認められる可能性がある。このように判例によるモデリングは、アメリカのような判例国を中心に行われた。し

かしながら、このような研究の多くは、過去の事件との類似判断を、意味ネットや命題表現の構文的な類似性によっていたため、類似判断は限定的であった。多くの状況が類似していても、1つの重要な事実が異なるために類似していないと判断されることは多い。そのため、これらのシステムでは、重要な事実には類似判断を行う場合に、重みをかけることで類似度をあげるようにしている。しかしながら、2つの状況の類似判断は、立場によって異なるはずであり、そもそも事前に重要なファクトを指摘することが法的判断を事前に行っているとも言えるのである。

重要なファクトを抽出するために、ニューラルネットや多変量解析の技法を用いるシステムも開発された。しかし、このようなシステムはまだ少数であり、現時点では評価は定まっていない。

最近の「法律と人工知能」のコミュニティは、情報検索や事例ベース推論の研究が中心であるが、法的論争と法律オントロジーへの関心も高まっている。法的論争は、「結論案の提示」「それに対する賛否の表明」「結論案への説明追加」などを当事者間で交換して、法廷論争をモデル化するものである。法的論争が着目されているのは、法律問題は客観的な解が出ない以上、自動的な法律の問題解決システムは不可能であると考え、むしろ、当事者同士が合意できる解は何か、合意できないならばその根本原因は何かを探る方向に研究がシフトしているからである。前述のToulminの論証構造をベースにした法的論争のモデルが多く提案されているが、多くは当事者が、納得したことについてはその時点で説明（論証）を打ち切り、双方が合意できないことのみ論証を継続することになっている。これは法理論にも、現実の民事裁判の手続きにも合致している。法的論争は複数参加者によるゲームの要素もあり、論争のプロトコルの選択や、論争の優劣判断や、戦略などの多くのテーマがある。

オントロジーに関しては、法律知識ベースの共有や再利用の観点から注目されている。権利や義務やファクトなどの法律の基礎概念の表現についての提案がなされているが国によって、基礎概念が異なることから、国際的な標準化はまだ困難である。

(2) わが国の研究

わが国における法的推論のプロジェクト研究としては、第5世代コンピュータプロジェクト(1982-1995)の後期における法的推論システム Helic-IIの開発と、文部省重点領域研究「法律エキスパートシステム」(1993-1998)における法律エキスパートシステムの開発がある。前者は、法令と判例を融合した法的論争システムであり、それを並列推論コンピュータの上で実現した。後者は、法的推論のモデルは論理式による演繹推論を中心とし、その前提のもとで、商取引に関する1つの法体系の完全なルールベース構築を行ったものである。推論システムの支援として、日本語インターフェースや法律オントロジー構築支援ツールなどのユーティリティソフトや、補助の推論システムとして、アブダクションと帰納を融合した論理型言語システムやファジイ推論システムや事例ベース推論システムが開発されたが、1つのシステムとして統合されてはいない。

この他に情報処理事業振興協会の公募プロジェクト「高度定理証明システムと法律への応用」

(1998)では、交渉支援インターフェースを持った定理証明システムが開発された。これは、相手とコンピュータネットワークを介して解釈ルール案を交換し、双方の合意が得られたルールを推論エンジンで利用するシステムである。法律家による評価実験がなされている。

4.3.4 ビジネスとしての法的推論システム

法的推論システムはビジネスとして成立しうるかを考察する。今までに述べてきたように、法的推論研究は、「あいまいな知識のルール化をしなければならない」「客観的に正しい答えがない」という一般的な問題点を課題としているため、法律以外の分野でも適用できる技術がある。特に、法的論争システムに見られるような交渉の仕組みは、マルチエージェント技術やグループウェア技術とも関連がある。そこで、純粋な法律エキスパートシステムの場合と、交渉支援システムの場合に分けて考える。

法律エキスパートシステムの場合は、潜在的に考えられるユーザは、裁判所や法律事務所のような裁判業務、企業の法務部のような契約業務、大学の法学部や司法試験受験塾や司法研修所のような教育・訓練、などの場である。エキスパートシステムに望まれているのは、判決予測機能ではなく、知的な文献・法令・判例検索機能である。

判決予測としての法律エキスパートシステムの潜在的なニーズは教育の場にある。大学や司法試験塾では実務的な事件を扱うのではなく、細かな事実認定を省略し、適度に抽象化された法律の事例問題を題材にしているため、事実認定よりも法的推論にかかる比重が大きいためである。

交渉支援システムの場合は、潜在的には、一般家庭を含む非常に多くの範囲のユーザが考えられる。例えば、法律事務所では、法令の解釈の案や事実認定の判断を相互に交換し、議論するツールとしての可能性がある。法学教育においては、教師と学生間の模擬裁判ツールとしての可能性がある。また、企業内の幅広い部門を電子的に統合した業務支援システムにおいて、部門間の交渉を支援するツールになりうる。また、膨大な顧客と電話で技術相談する可能性があるコンピュータ・サポート・コーナーにおいて、ユーザに対して推論システムと担当者が共同で対応し得る交渉支援ツールは有効である。

4.3.5 おわりに

法律の専門家のコンピュータに関する多くのニーズは文献・判例などの高度な検索システムにある。検索エンジンの研究は最近インターネット関連でも多くなされているが、法律業務に十分な技術とはなっていない。一方、判決予測としての法的推論システムは解釈があまり問題とな

らないような条文に関しては実用的になってきてはいるが、解釈を伴う条文に関しては、専門家が使うレベルに達するには課題が多い。そこで、本稿では、法律問題を自動的に解くことの難しさを説明し、最近の研究動向の1つとして、人間と推論システムが共同で相手と交渉するシステムの可能性について述べた。

付属資料

A 海外調査報告

本ワーキンググループの活動の一環として行った海外調査について報告する。

- ・ 日程： 1998 年 2 月 21 日（日） から 3 月 4 日（木）
- ・ 調査員： 奥乃 博 主査、武田 浩一、岡崎 文夫
- ・ 主な調査先： WACC'99（米国カリフォルニア州サンフランシスコ）、
カリフォルニア大学バークリー校コンピュータサイエンス学科
（米国カリフォルニア州バークリー）、
Franz 社（米国カリフォルニア州バークリー）、
SAC'99（米国テキサス州サンアントニオ）

A.1 WACC'99

A.1.1 概要

名称： Work Activities Coordination and Collaboration (WACC'99)
 日時： 1999 年 2 月 22 日（月） から 2 月 25 日（木）
 場所： Cathedral Hill Hotel（米国カリフォルニア州サンフランシスコ）
 主催： ACM SIGCHI, SIGGROUP, SIGMOD, SIGSOFT
 協賛： ISPA, TCDE

開催地であるサンフランシスコは、坂道を走るケーブルカー、ゴールデンゲートブリッジ、フィッシャーマンズウォーフなど観光の名所が多い、風光明媚な土地である。

会場となったホテルは、サンフランシスコの中心部をほぼ南北に走る Van Ness Street と東西に走る Geary Street の角に位置し交通の便の良いところであった。

ACM の SIG は今まで個々に活動してきたが、本会議は software engineering, human-computer interaction, databases, groupware の 4 つの SIG に跨る分野で新しいコミュニティを作ろうという意図で企画、開催されたものである。

従って、参加者や発表内容もバラエティが豊かで（別の言い方ではまとまりのない）、焦点

がはっきりしないと言う印象も受けた。

参加者は約 140 名で、日本からの参加者は我々を含め 7 名であった。

A.1.2 基調講演：Managing Processes in the Network Economy

(講演者：Thomas W. Malone, MIT Sloan School of Management)

講演者の Malone 教授は MIT Center for Coordination Science を創設し、現在その所長である。またグループウェアの先駆けとなった Information Lens の開発をしたことで有名である。

以下、基調講演の要点を記す。

Drucker の著作 "The Age of Social Transformation" を例にして今後の社会の変化をもたらす駆動力として以下のものを紹介

◆Driving forces for Change

- ・ Global markets and global competition
- ・ Increasingly rapid pace of change
- ・ New views of people
- ・ New Technology
 - Information Technology

社会変化に対応するに際し考慮すべき要素として

◆Some Possibility

- ・ Speed 例：Federal Express package delivery
- ・ Structure 例：Walmart
- ・ Process 例：Japanese auto product

をあげていた。

◆Organization in 20th Century

- 1900 Small, Local Business
- 1950 Large, Centralized corporation
- 2000 Delayering, Empowerment, Outsourcing Networked organizations

今後のエコノミーの姿として

◆The E-Lance(Electronic freeLance) Economy

- ・ 1-10 people per firm
少数の社員で
- ・ Temporary combinations for various projects
プロジェクトに応じてアウトソーシング
- ・ Examples
 - Making films
 - Construction

が普通になってくるであろう。

(講演の途中で標準的な平屋を 1 軒建てるのにどのくらいの時間があれば出来るかという質問を聴衆に投げかけ、サンディエゴで行われたコンテストのビデオを使うなどいろいろ工夫をしていた。このときのビデオでは、多くの建築関係業者が一丸となって取り組んだ結果完成までに要する時間はなんと 4 時間 18 分であったが、当然ながらこのようなやり方では全く経済的ではないとコメントであった。)

既にこのような形態で成功している企業の例として Nokia (通信分野 売り上げ 1 億 6 千万ドル、市場シェア 6%、従業員 5 名)、Topsy Tail (Haircare products 売り上げ 8 千万ドル、従業員 3 名、20 のアウトソーシング先)、イタリアのプラト近傍の繊維工業 (従業員 5 名以下の会社が 15000 社以上ある) をあげていた。

Internet が普及した理由として下記の点を上げていた

- ・ 誰でもが自由で
- ・ protocol に従えばシステムの中でどのような役割 (Service provider, Service User, Network provider) でも演じることが可能な
- ・ highly decentralized system

これからの組織を考える場合、Internet をモデルにした "decentralized connected" decision makers が出現してくるだろう。

今後の社会ではプロセスの考えが重要になって来て、Process design/execution, Structured/Unstructured process の観点で見て以下のような取り組みが必要となってくる。

◆ What kind of tools do we need?

- ・ Workflow
- ・ Process Modeling tool

- ・ On-line discussion
- ・ Best practice libraries(?)
- ・ Process Repository

◆Other things needed

- ・ Process interchange format
- ・ Process thinking
- ・ Process concepts

◆Analyzing the "deep structure" of business process

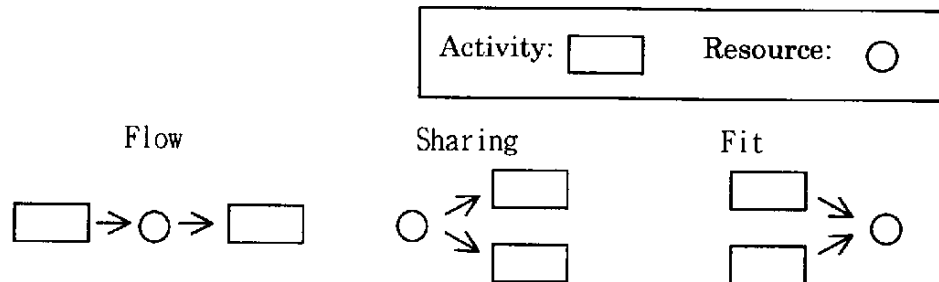
Step1 What are the goals?

Step2 What are the core activities?

Step3 What are the dependencies among these activities?

Step4 How can these dependencies be managed(i.e., coordinated)?

Flow, Sharing, Fit という概念を使って分析することを提唱していた。



System	Flow の例	Sharing の例	Fit の例
Centralized (従来の組織)	工程を事前に決定 自動車製造ライン	管理者がプロジェクト要 員を決める	Senior designer がプロ グラマに指示する
Decentralized (これからの組織)	建設 (Video の例)	Merck 社の例 Project Manager	Microsoft 社の例

A.1.3 チュートリアル：XML: Modeling Data and Metadata

(講師：Rohit Khare, UC Irvine)

参加者：17 名

CSCW (Computer Supported Cooperative Work) システムで重要な働きを演じる XML についての講義。

XML に関する最低限知っておくべき事柄として、以下の項目をあげていた。

- ・ The Evolution of XML
- ・ The Origin of (Document) Species
- ・ XML 1.0, Namespaces, XLink, and XSL
- ・ Capturing the State of Distributed Systems

講義の後半では、参加者が関心を持っているトピックスについての討議を行った。そのなかでかなり現実味を帯びた内容として実際の薬品のビジネスでサプライチェーンシステムの Process Definition を XML でどのように表現するかと言うことを取り上げていた。

このようになかなり現実的なテーマが参加者から提出されるほど XML に対する関心が高いことがうかがえた。

A.1.4 参加したセッション一覧

参加したセッションプログラムは次のものである。

Session 1

- ・ A Reference Model for Workflow Application Development Processes
Mathias Weske(Munster University), Thomas Goesmann(Fraunhofer ISST),
Roland Holten(Munster University), Rudiger Striemer (Fraunhofer ISST)
- ・ Systems Architecture: Product Designing and Social Engineering
Rebecca E. Grinter (Bell Labs, Lucent Technologies)
- ・ WIDE Workflow Development Methodology
L. Baresi, F. Casati (Politecnico di Milano), S. Castano (University of Milano), M.G.
Fugini, I. Mirbel, B. Pernici (Politecnico di Milano)

Session 2

- Panel: Practical Issues in Workflow Project Development

Chair: Ming-Chien Shan (Hewlett Packard Laboratories)

Panelists: Christoph Bussler (The Boeing Company), Dimitrios Georgakopoulos (MCC), Surendra Reddy (Oracle), Marc-Thomas Schmidt (IBM), Robert Mayberry (Hewlett Packard Laboratories)

Session 3A

- Virtual Enterprise Co-ordinator - Agreement-Driven Gateways for Cross-Organisational Workflow Management

Heiko Ludwig, Keith Whittingham (IBM Zurich Research Laboratory)

- Interoperability as a Means of Articulation Work

Carla Simone, Dario Giubbilei (University of Torino), Gloria Mark (GMD-FIT)

- Herbal-T, Enabling Integration, Interoperability, and Reusability of Internet Components

Israel Hilerio (i2 Technologies), Weidong Chen (Southern Methodist University)

Session 4

- Panel: Real World Issues in Developing and Deploying Groupware Products

Chair: Keith Swenson (MS2, Inc.)

Session 5A

- "Got COCA?" A New Perspective in Building Electronic Meeting Systems

Du Li, Zhenghao Wang, Richard R. Muntz (University of California, Los Angeles)

- Virtual Environments at Work: Ongoing use of MUDs in the Workplace

Elizabeth F. Churchill (FX Palo Alto Laboratory), Sara Bly (Sara Bly Consulting)

- The Effects of Narrow-bandwidth Multipoint Videoconferencing on Group Decision Making and Turn Distribution

Shinji Takao (NTT, Japan)

Session 6A

- Metaphorical Representation in Collaborative Software Engineering

James D. Herbsleb (Bell Labs, Lucent Technologies)

- WWAC: WinWin Abstraction Based Decision Coordination

Prasanta Bose, Zhou Xiaoqing (George Mason University)

- Coordinating Agent Activities in Knowledge Discovery Processes

David Jensen, Yulin Dong, Barbara Staudt Lerner, Eric K. McCall,
Leon J. Osterweil, Stanley M. Sutton, Jr., Alexander Wise (University of
Massachusetts, Amherst)

Session 7A

- Supporting the Writing of Reports in a Hierarchical Organization

Andreas Girgensohn (FX Palo Alto Laboratory)

- Information Sharing, Quality and Intermediation

Svetlana (Claire) Vishik, Andrew B. Whinston (University of Texas at Austin)

- SaveMe: A System for Archiving Electronic Documents Using Messaging Groupware

Stefan Berchtold, Alexandros Biliris, Euthimios Panagos (AT&T Labs Research)

Session 8

- Moksha: Exploring Ubiquity in Event Filtration-Control at the Multi-user Desktop

Rameshsharma Ramlohl, John Mariani (Lancaster University)

- The Design of an Interactive Online Help Desk in the Alexandria Digital Library

Robert Prince, Jianwen Su, Hong Tang, Yonggang Zhao (University of
California, Santa Barbara)

- Why do Electronic Conversations Seem Less Polite? The Costs and Benefits of Hedging

Susan E. Brennan (SUNY, Stony Brook), Justina O. Ohaeri (Lucent Technologies)

Session 9

- Panel: Towards a Research Agenda on Process Models

Chair: Giorgio De Michelis (University of Milan)

A.2 カルフォルニア大学バークリー校

- ・ 名 称 : Computer Science Department, University of California at Berkeley
- ・ 所在地 : Soda Hall, Berkeley, California, USA
- ・ 訪問日 : 1999 年 2 月 27 日 (金)
- ・ 面会者 : Matt Welsh 氏, Philip Boonadonna 氏, David Culler 氏 (リーダー)

Millennium プロジェクトミーティングにも参加

- ・ 名 称 : International Computer Science Institute, University of California at Berkeley
- ・ 所在地 : 1947 Center Street, Suite 600, Berkeley, California 94704, USA
- ・ 訪問日 : 1999 年 2 月 26 日 (木)
- ・ 面会者 : Dan Ellis 氏, Nelson Morgan 氏 (リーダー)

音声認識グループミーティングにも参加

A.2.1 概要

最近、PC クラスタとして、Beowulf (<http://www.beowulf.org/>) クラスタ計算機が、価格性能費の優れた並列コンピューティングシステムとして注目を浴びている。Beowulf クラスタの最初のシステムは、1994 年夏に CESDIS (Center of Excellence in Space Data and Information Sciences) で構築された。これは、NASA の Earth and space sciences プロジェクトのための 16 ノードクラスタである。これは、DX4 プロセッサを使い、10M bps の Ethernet (TCP/IP) を相互結合網として用いており、ソフトウェアは Linux である。並列化は、PVM (Parallel Virtual Machine) あるいは MPI (Message Passing Interface) を用いる。この成功によって、Beowulf クラスタは、世界中で構築が行われるようになった。実際、1997 年には、2 クラスタを統合した総計 199 ノードの P6 プロセッサが、PPM (Piece-wise Parabolic Method) の PVM バージョンで 10.1 Gflop/s の性能を出し、同じ週に CALTECH の 140 ノードクラスタが N 体問題で 10.9 Gflop/s の性能を出している。

Beowulf クラスタを分類すれば、MPP (超並列マシン) とワークステーションをネットワークで相互結合した NOW (Networks of Workstations) の中間に位置するということができる。MPP が Beowulf クラスタと異なる点は、その規模が大であり、さらに、相互結合網の遅延がはるかに小さいことである。一方、Beowulf クラスタが NOW と異なる点は、それほど顕著ではない。Beowulf クラスタでは、クラスタに属するノードはクラスタ専用であり、ネットワークも専用である。この結果、負荷分散やネットワークロードの制御が行いやすくなり、さらに、外部ネットワークから遮断されているので、セキュリティーの管理が簡単になる。さらに、

資源割当ても、複雑な資源割り当てや微細度の通信などはサポートされない単純な中央制御で行われる。

Beowulf クラスターの特徴は、市販の PC を使用して、公開されたソフトウェア (Extreme Linux) を使うことで、簡単に高性能のクラスターが構築できることである。実際、科学技術振興事業団 創造科学技術推進事業の北野共生システムプロジェクトでは、Pentium II 450MHz 256MB メモリをノードとし、と Fast Ethernet (100Base-TX) を相互結合網とした 32 ノードで構成される ERATO-1 を最近構築し、現在評価を行っている。数台の規模の Beowulf クラスターならば、新たに購入しなくても、古くなり使われていない PC を利用すれば簡単に構築できよう。

さて、背景説明が長くなったが、今回訪問をしたカルフォルニア大学バークリー校のコンピュータサイエンス学部は、これまでに BSD Unix、Franz Lisp、INGRES、Sparc チップなどを開発し、コンピュータサイエンスの研究で世界をリードしてきたトップの研究教育機関である。同学部では、Berkeley NOW プロジェクトの成功を受け、クラスターのクラスターである Millennium を構築し、さまざまな研究分野でスーパーコンピュータを活用していく Millennium プロジェクトを進めている。

A.2.2 Berkeley NOW プロジェクト

Berkeley NOW プロジェクトは、NOW (Network of Workstation) を一つの建物内での分散型スーパーコンピュータとして構築することを目標としていた。つまり、並列応用に対しては、MPP よりもは性能価格費のよいシステムを提供し、逐次型応用に対しては 1 台のワークステーションよりは高性能なシステムを提供しようというわけである。NOW の最終的な形態は、105 台の SUN Ultrasparc、32 台の SUN Sparcstation、8 プロセッサ SMP (Shared Memory Processor) の 4 台クラスター、35 台の Intel Pentium Pro、および 500 台の IBM ディスク装置、を Myrinet スイッチで接続していた。構築された NOW は、Datamation のディスクコピー・ベンチマークで最高速を達成した。さらに、Inktomi という Web サーチエンジンにも使われ、高性能を示したので Wiered Digital 社に買収され、HotBot としてサービスが提供されている。HotBot は、1997 年、98 年、99 年と Best search engine on the web としてさまざまな賞を受賞している。

A.2.3 Millennium プロジェクト

NOW プロジェクトは、言ってみれば学科単位のクラスターということができよう。それに対して、Millennium は、キャンパス内にあるさまざまなクラスターをクラスターとして統合するキャンパス規模での階層的な科学技術計算システムである。Millennium プロジェクトの背後思想は、理学 (Science) と工学 (Engineering) という従来の二分法的な概念ではなく、それら 2 つに計算学 (Computing) を加えた 3 本柱であらゆる学問分野をとらようとする。この 3 本柱という概念に立てば、従来の学問分野で必要とされた図書館と研究所の他に、計算設備が必要となる。

実際、本報告でも見てきたように情報処理技術が使われる分野は、科学技術計算だけではなく、金融、財政のモデル化を行う金融工学、あるいは、さまざまな分野でのデータベース処理に広がっており、計算パワーの需要が増大する一方である。

Millennium には、学内の 21 団体が参加しており、以下のようなプロジェクトが現在走っている。

1. バークリーマルチメディア研究センター (Berkeley Multimedia Research Center)
2. 化学
3. 土木
4. 計算天文学
5. 計算財政金融学 (金融工学)
6. デジタルライブラリ
7. 経済学
8. 地質学・地球物理
9. ハイパーフォーマンス計算学 (High Performance Computing)
10. インターネット級システム研究プロジェクト (Internet Scale Systems Research Project)
11. 数学
12. 機械工学
13. 米国航空システムシミュレーション (National Airspace Systems Simulation)
14. 米国エネルギー研究科学技術計算学 (National Energy Research Scientific Computing)
15. 複雑な製造オペレーションにおける最適化とシミュレーションのための並列計算学 (IEOR)
16. 脳腫瘍の中性子放射線療法のための患者対応の最適化と治療計画 (原子力工学科)
17. 物理学
18. Integrative Biology における生命史の再構築
19. 情報管理・システム学部 (School of Information Management and Systems)
20. システムアーキテクチャ
21. テクノロジーCAD

Beowulf のように TCP/IP スタック (ソフトウェア群) を使用すると、何階層ものプロトコル変換が行割れるので、応用プログラムの多様な資源割り当て要求に対応することが難しい。Millennium では、ユーザレベルから直接ネットワークハードウェアが制御できる zero-copy 通信ソフトウェアの開発がコンピュータサイエンスの 1 つの研究課題となっている。

ユーザレベルから直接ネットワークハードウェアを制御するインターフェースの設計として、仮想インターフェースアーキテクチャ (Virtual Interface Architecture, VIA) が提唱されている。クラスター内での通信の業界標準を設定するために、コンパック、インテル、マイクロソ

フトの三社が共同で VIA の標準化を進めている (<http://www.viarch.org/>)。Berkeley VIA プロジェクトでは、Millennium 用のクラスターネットワーク層として、VIA アーキテクチャを採用し、高性能の VIA 処理系を複数の OS やハードウェアに対して開発し、性能評価を通じて VIA の性能特徴項目を決定し、VIA の改良を行うことを目指している。現在、Gigabit スイッチである Myrinet のための通信ソフトウェアを Linux 用、Windows NT 用、Solaris 用に開発しており、無料で公開されている。Linux 版 VIA インターフェースを Linux の TCP/IP スタックと置き換えれば、Myrinet を使った Beowulf が構築できる。

Millennium はクラスターのクラスターであり、それを構成する各クラスターは、学内のさまざまな部局から提供される。Millennium の提供側と使用者側との間で、一種の経済活動が生じることになる。クラスター提供者が計算資源を「販売」し、クラスター使用者が計算資源を「購入」し、取り引きが成立するわけである。計算資源を仮想的な貨幣で取り引きするような経済活動は「計算経済」(computational economy)をとらえることができる。Millennium プロジェクトのコンピュータサイエンス学科のグループは、システム技術の設計と開発だけではなく、計算経済における計算資源の取引のモデル化と、その取引所の機構の設計と開発についても研究を行っている。

A.2.4 Dan Ellis のプロジェクト

Dan Ellis 氏は、MIT Media Lab で音一般を理解する Computational Auditory Scene Analysis の研究を行っており、博士号を取得した後、UCB の ICSI (International Computer Science Institute) に研究員として採用された。

ICSI は元々はドイツ政府の肝いりで設立されたコンピュータサイエンス研究所であるが、現在はドイツ政府の資金援助はなく、国内企業からの援助で運営されている。奥乃が訪問したのは、Speech Recognition グループである。同グループは、Nelson Morgan 主任研究員の下に運営されている。主たるテーマは、電話音声の音声認識である。出席したミーティングでは、subband に分けた音声認識についての最近の成果が報告された。使用している音声認識システムは MLP (Multi Lingual Processing) である。subband の定義は、人間の聴覚機能を観測した実験結果の報告を基に一番性能のよかったものを使用している。

音声認識システムの課題は、制限された帯域での入力への対応、多言語を統合的に扱うフレームワーク、ノイズ対策などを含めたロバストな認識システム、などが挙げられる。MLP は、同プロジェクトの最も重要な研究テーマとなっており、英語、フランス語、ポルトガル語の音声認識システムのデモを見せてもらった。このシステムは、入力される言語を指定すれば、対応する言語での認識を行う。音声認識技術には、隠れマルコフモデルを使用している。最近、フランス政府と MLP の応用を共同で研究開発するプロジェクトがスタートしたそうである。

A.3 SAC'99

A.3.1 概要

名称： 1999 ACM Symposium on Applied Computing (SAC'99)

日時： 1999年2月28日(日) から 3月2日(火)

場所： San Antonio Menger Hotel (米国テキサス州サンアントニオ)

主催： ACM SIGAda, SIGAPP, SIGBIO, SIGCUE

開催地であるサンアントニオは、この時期は非常に乾燥しており、2月はここ数年でも最も乾燥していたそうである。見渡す限り地平線が続くところだが、歴史的にメキシコの影響を強く受けており、有名な Alamo の砦がある。会場はダウンタウンの中心にある Menger Hotel という歴史のあるホテルであり、1859年の創業だそうである。Alamo の砦の遺構のとなりで、Alamo 広場を前にし、さらに反対側には巨大なショッピングセンターがあるという立地である。

本会議は ACM の SIGAPP(Applied Computing)、SIGAda、SIGCUE(Computer User in Education)、SIGBIO(Biomedical Computing)の共同主催で行われている会議で、情報処理分野の幅広い応用を扱っている。

会議は 4~5 セッションが並行して行われた。規模の割にパラレルセッションの数が多く、参加者が 20 人も満たないセッションもあったが、遺伝的アルゴリズム、モービルコンピューティングなどのセッションなどは盛況であった。そのかわり、かなり入りの悪いセッションもあり、多くの応用分野の人たちが集まっているのにもかかわらず、相互交流が少なくなっていまい、もったいないと感じた。

Conference Chair の話では全体の参加者は 140 名前後とのことである。たしかに基調講演はそのくらいの参加であった。また、日本からの発表は 5 件、日本からの参加者は我々を含め 9 名であった。

ヨーロッパからの参加者がかなり多く、次回はイタリアで開催されるとのことである。

A.3.2 内容

(1) 基調講演： "Computer Science: Its Achievements and Its Challenges"

(講演者：Edsger W. Dijkstra, University of Texas, Austin)

講演者は、構造化プログラミングの提唱をはじめとして計算機科学のさまざまな分野で多大な功績のある、かの有名なダイクストラ教授である。タイトルから、計算機科学のこれまでの成果

を振り返った後、今後の計算機科学の明るい未来に向けた提案があるのだろうと思っていたが、むしろ、研究開発の結果として商業的成功を求める最近の風潮から学問としての計算機科学の命運を心配しているというトーンであった。

はじめに、計算機科学 (Computer Science) は CS と略されるが、CS の内容についての各国の差についての話題があった。米国では、Computer Science であり、計算機を対象としているもので非数学的であるとのことであった。カナダでは、オペレーティングシステムの授業は就職に役に立たないということで、取りいれられない例があるということである。欧州は、Computing Science で計算そのものを対象とする科学であり、アジアは、Computer Society であるという落ちがついた。

講演の中心は計算機科学のこれまでの成果であるが、内容はプログラミング言語やモデルが中心であった。

1950 年代は、高級言語が現れた時期で、この時期に作られた最も古い代表的な高級言語として FORTRAN、LISP がある。これらは計算機科学に大きな貢献をしたといえる。計算機アーキテクチャではインデックスレジスタが配列のアクセスに貢献している。また、この時期に再帰の概念が登場している。

1960 年代は、Algol 60 なども登場し、計算機科学に飛躍的な進歩があった時期である。特に、再帰については、実装面についても大きな進歩があった。このほか、ブール型、ブロック構造の導入もこの時期である。

Guarded Command は、プログラムの性質を簡潔に示すためにダイクストラが提案したものであるが、現在では並行プログラミングにも応用されている。これは第五世代コンピュータの核言語 KL1 をはじめとする並列論理型言語にも採用されているものである。

1970 年代は、論理型プログラミング、並列プログラミングなどが現れてきた。並列プログラミングで重要な同期に関するセマフォもダイクストラの提案である。

質疑応答では、マイクロソフトの製品や Linux についてはどう考えるかという質問に対して、マイクロソフトも Linux も使ったことはない、意見はない。そのうえ、はやりの C、C++、Java も知らない。商業的成功と技術の良し悪しとは関係しないと、答え、米国流の実利主義を暗に批判しているようであった。

(2) 一般発表

並行セッションが多く、すべてのセッションには参加できなかったもので、いくつかのトピックだけを取り上げる。

Mobile Computing Systems and Applications のセッションでは、モバイルファイルシステムに関する発表が 2 件あった。いずれも、既存のシステムを変更せずにモバイルファイルシステム

ムの機能を追加するもので、実用上興味深い。ひとつは、Windows95 にバーチャルデバイスドライバを使ってファイルシステムの機能を拡張するものであった。もうひとつは、移動に関連するシステムサービスを扱うミドルウェアとして Generic System Services を構築し、それを使って MFS という NFS プロトコルコンパチブルのモバイルファイルシステムを作ったものであった。

モバイルコンピューティングの考古学応用の話題もあった。考古学では、たとえば現地調査で撮った写真などさまざまな情報を入力したり、その情報はどこで入力したものか、などの位置情報も重要となってくる。一般には、これらのデータを後で整理、分析することになるが、実時間でこれらの整理、分析できれば、調査の効率は飛躍的に上がる。このために開発された実時間考古学のモバイルサポートシステム RAMSES (Remote Archaeological Mobile Support Enhanced System) について報告された。

いつでもどこでもネットワークにアクセスでき、コンピューティングを行うために、モバイルエージェントを利用した発表もあった。位置独立なコミュニケーションをサポートするために、JAVA で書かれた MAGENTA (Mobile AGENT environment for distributed Applications) は、ネットワークアドレスが変わっても名前が変わらない名前付け法などをサポートしている。

モバイル環境における人と人とのコミュニケーション支援についての発表では、Environment-Mediated Communication (EMC) の概念が提案された。これは、単に携帯電話が計算機に置き換わった、計算機を媒介としたいいつでもどこでも可能な（すなわち、位置独立な）人と人とのコミュニケーション (CMC, Computer-Mediated Communication) とは逆に、コミュニケーションを物理的環境に関連付けて行うものである。物理的環境とは、たとえば、位置やそこにある物体などである。XEROX の PARCTAB などは EMC の例といえるとのことである。アプリケーションとしては、ある場所で発せられたメッセージが、その場所に来た人に伝えられる、ものにメッセージを添付する、などが考えられるとのことである。

Artificial Intelligence & Computational Logic のセッションでは、日本からの発表があり、OCR で読み込んだ日本文中の漢字の誤り検出と訂正についてであった。このようなアプリケーションは、座長の方が中国系のようなので興味を示していたが、漢字文化圏以外の人たちにはあまり興味がないようである。これからは中国との連携も重要になるだろう。漢字の誤りを検出するには、マルコフ確率を計算し、それが閾値以下となったら誤りとみなす方法を取っている。この方法では、誤り箇所が近いと相互に干渉して正しい箇所のマルコフ確率も低くなってしまう。それを解決するため、誤りが発見された場合、それをスキップして計算する方法が提案されていた。また、誤り訂正では、マルコフ確率の高いもののなかで形の似た字を選択する。

Parallel and Distributed Processing のセッションでは、応用分野ではなく、プロセッサアーキテクチャに関する発表があった。KUMA という名のこのアーキテクチャは、シングルスレッド Multithreaded アーキテクチャで、高スループットと機能ユニットの高利用率を目指し、8 個のスレッドを同時に実行できるものである。分岐予測や out-of-order 実行のメカニズムもある。また、

実装に非同期アーキテクチャを用いたことも特徴であった。

(3) セッション一覧

Genetic Algorithm 1, 2, 3, 4
Coordination Models, Languages and Applications 1, 2, 3
Artificial Intelligence 1, 2
Biomedical Computing
Computational Economics and Finance
Computer Graphics and Visualization
Computer and Telecommunication Network 1, 2
Mobile Computing Systems and Applications 1, 2, 3
Database Technology 1, 2
Computer Uses in Education
Fuzzy Applications 1, 2
Multimedia Systems 1, 2
Parallel and Distributed Processing 1, 2
PC Cluster Applications
Programming Languages
Scientific Computing 1, 2
Software Engineering and Management 1, 2
WWW Applications 1, 2

本書の全部あるいは一部を断りなく転載または複写（コピー）することは、
著作権・出版権の侵害となる場合がありますのでご注意下さい。

人間主体の知的情報技術に関する調査研究Ⅱ

© 平成 11 年 3 月発行

発行所 財団法人 日本情報処理開発協会

先端情報技術研究所

東京都港区芝 2 丁目 3 番 3 号

芝東京海上ビルディング 4 階

TEL(03)3456-2511

