ネットワーク及びAI関連新技術 に関する調査研究

平成9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 OO

この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

學図書

·		
	·	

ネットワーク及びAI関連新技術調査ワーキンググループ

主查 奥乃 博 日本電信電話(株) 基礎研究所情報科学研究部主幹研究員

委員 大沢 英一 (株)ソニーコンピュータサイエンス研究所 リサーチャー

大須賀昭彦 (株)東芝 研究開発センター システム・ソフトウェア生産技術研究所 研究主務

加藤 俊一 電子技術総合研究所 知能システム部対話システム研究室室長

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 重男 図書館情報大学 図書館情報学部助教授

武藤 佳恭 慶應義塾大学 環境情報学部教授

仲林 清 日本電信電話(株) 情報通信研究所主幹研究員

速水 悟 電子技術総合研究所 知能情報部主任研究官

宮崎 収兄 千葉工業大学 工学部情報工学科教授

横田 実 日本電気(株) C&C研究所ターミナルシステム研究部担当部長

幹事 山上 宣彦 (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

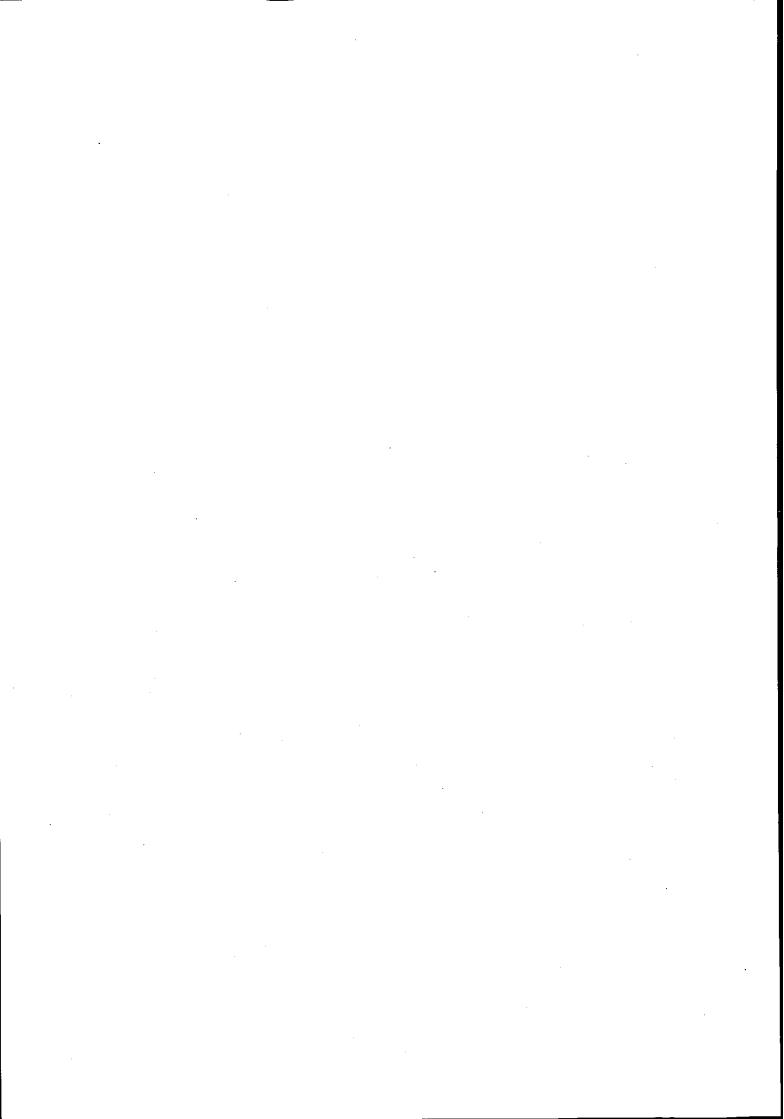
武田 浩一 (財)日本情報処理開発協会先端情報技術研究所技術調査部主任研究員

目 次

ı	恢安	
	1.1 調査	ワーキンググループ設立の動機・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
		の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
		活動の経緯・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	1.4 調査	結果の要約・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	1.4.1	発想支援グループウェア・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	1.4.2	ソフトウェアエージェントとマルチエージェントシステム ・・・・・・・・・・・・・
	1.4.3	ネットワークエージェント・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	1.4.4	ネットワークとデータベース・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	1.4.5	マルチモーダル対話システム
	1.4.6	知的文書インタフェース・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	1.4.7	人間主導のマルチメディア情報技術・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	1.4.8	ディジタル図書館(Digital Library)の研究と開発の状況・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	1.4.9	ネットワークと知的CAI ····································
	1.4.10	米国経済活性化のための政府の役割:CALS/EC/EDIの観点から・・・・・・・10
2	米国の間	研究開発動向 研究開発動向
2		が 元
		C計画とその成果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
		概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	2.2.2	研究成果概要······12
	2,2,3	今後の方向・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
		研究開発計画 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
	2.3.1	到達目標······
	2.3.1	CIC研究開発計画組織····································
		関連機関・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
		予算
		活動方針····································
		とHuCSの動向・・・・・・・2
		LSN ····································
		HuCS
		り に · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
	·	
3		望と課題
		支援グループウェア・・・・・・・・・・26
	3.1.1	概要 · · · · · · · · · 26

		3.1.2		
		3.1.3	日米比較・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	27
		3.1.4	我が国が取り組むべき課題・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	29
		3.1.5	今後に必要な調査・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	29
	3.2	ソフ	トウェアエージェントとマルチエージェントシステム・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	31
		3.2.1	分散人工知能からの発展・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	32
		3.2.2	マルチエージェントシステムの展開・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	34
		3.2.3	マルチエージェントシステムの将来・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	41
	3.3		トワークエージェント・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
		3.3.1	概要 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	45
		3.3.2	モバイルエージェントの利点・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	46
		3.3.3	実現にあたっての問題点・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
		3.3.4	日米の研究開発事例・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	48
		3.3.5	わが国として取り組むべき課題・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	50
•	3.4	ネッ	トワークとデータベース・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	54
		3.4.1	将来の情報産業の土台を生み出すと思われる重要な技術 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	54
		3.4.2	日米欧比較・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	55
		3.4.3	わが国として取り組むべき課題・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	57
		3.4.4	今後に必要な調査・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	58
	3.5	マル	チモーダル対話システム・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	59
		3.5.1	はじめに ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
		3.5.2	研究状況・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
		3.5.3	背景	61
		3.5.4	技術的特徴 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	61
		3.5.5	研究開発課題・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	63
	3.6	知的	文書インタフェース・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	66
		3.6.1	先端技術の大衆化・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	66
		3.6.2	現状の問題点と将来技術動向・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	66
		3.6.3	事例紹介:複合文書分散共有システム・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	69
		3.6.4	文書技術の課題・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	75
		3.6.5	国が支援する理由・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	77
	3.7	ディ	ジタル図書館(Digital Library)の研究と開発の状況・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	79
		3.7.1	はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	79
		3.7.2	ディジタル図書館に関する研究開発の全体像・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	79
		3.7.3	ディジタル図書館に関連する活動 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	85
		3.7.4	考察	
		3.7.5	おわりに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
	3.8	人間	主導のマルチメディア情報技術・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
		3.8.1	転換点に立つマルチメディア技術・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	89

	3.8.2 物理世界を対象とした人工知能技術・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	3.8.3 人間との相互作用を対象とした人工知能技術・・・・・・・・・・・・・・・・・・92
	3.8.4 ヒューマンメディア技術・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・93
	3.8.5 研究開発プロジェクトの進め方・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	3.9 ネットワークと知的CAI ······101
	3.9.1 コンピュータネットワークの教育利用 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	3.9.2 社会·技術背景······103
	3.9.3 今後の課題・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・104
	3.10 米国経済活性化のための政府の役割:CALS/EC/EDIの観点から・・・・・・・109
	3.10.1 はじめに・・・・・・・・・・109
	3.10.2 本文 · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
	3.10.3 結論 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
付	· 録
Α	第13回全米人工知能会議(AAAI-96)での動向
	A.1 はじめに
	A.2 AAAI-96······121
	A.2.1 インターネット情報収集 ······121
	A.2.2 制約充足問題における相転移 ······122
	A.2.3 人工知能チャレンジ問題 ······124
	A.3 おわりに · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
В	海外調査報告
	B.1 IUI'97 ······128
	B.1.1 概要······128
	B.1.2 内容······129
	B.2 スタンフォード大学 KSL······132
	B.3 スタンフォード大学 CSLI ······133
	B.3.1 概要133
	B.3.2 訪問先······133
	R A VYtrama



1 概 要

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、情報処理の世界では大規模な技術変革が次々と起こっている。大規模な 並列マシンが登場し、パソコンが家庭へ普及し、また、そのソフトウェアが充実しつつある。 この技術変革の速さは、メインフレームから、パソコン等をネットワークで結合した分散シ ステムへの移行を、もはや一昔前のことのように感じさせるほどである。

このような技術変革は、情報処理技術のパラダイム・シフトと総称されている。しかし、 パラダイム・シフトは、インターネットやイントラネットの急速な普及にともなって、単な る情報処理技術だけに留まらず、情報処理の技術基盤にも及ぶものとなった。

このようなパラダイム・シフトによって、従来の情報処理の理論や技術ではカバーしきれない技術分野が生じてきているだけでなく、さらに、ユーザ側からも、インターネットなどの利用においてコンピュータに新しい役割が求められいる。

例えば、データベース管理システムなどの従来のソフトウェアシステムは、基本的に閉じた、静的で、かつ、全体について既知である世界を前提としていた。これに対して、今後、情報処理技術の大きな応用の場となるインターネットでは、その境界は開いており、そこで提供されるデータや知識は日々更新され、かつ、不完全である。このようなオープン・システムに対する新しい理論を確立し、その処理技術を生み出すことが我々には求められている。

また、オフィス・アプリケーションにおいても、ネットワークで接続されている多くのパソコン上での協同作業を支援する CSCW(Computer-Supported Cooperative Work)や、持ち運び自由なパソコンをネットワークの一部として接続するモーバイルコンピューティングなどが、不可欠となっている。このような利用形態は、ハードウェア的には、容易に実現できる状況にあろう。しかし、端末となるパソコンを小型化し、さまざまな通信メディアにより接続したいという要求と、ユーザの求める使い易さという要求とは相反しているので、そのハードウェアの背後に備えるべきソフトウェアについては、研究すべき課題が数多く存在する。

このような情報処理の技術基盤のパラダイム・シフトによって、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や電子美術館、遠隔医療診断、遠隔教育システムなどを、 現実的な研究開発の対象として取り上げることが可能となった。

しかし、このように個人をとりまく情報環境が豊かになっていくと同時に複雑にもなり、 この結果、普通の人々は、その情報環境の全容を理解することが困難となってきている。さ らに、望む情報を得るためのコンピュータの操作も、実際にはメーカの宣伝文句ほどには容 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が生じている。 今後、情報インフラストラクチャを使いこなせるか否かという情報リテラシーが社会生活 上の基本能力の一つになろう。このことを勘案すると、人にやさしい(「優しい」と「易し い」という二重の意味で)インタフェースの提供が従来以上に重要な課題となる。したがっ て、文字や図形などのパターン認識や知識処理などのAI技術が、従来の専門家支援だけでは なく、一般ユーザの支援という異なった形で活用されることになろう。

従来の文字主体のマンマシン・インタフェースに代わり、音声や画像を併用したマルチモーダルインタフェースは、情報弱者を救うこのような技術の一つとなると考えられる。

以上のように、現在は、新旧の技術の交代の時期にあり、情報処理技術は渾沌とした状況 にあると考えられる。そして、それは、新たな情報処理のパラダイムが登場する前段階と考 えられる。

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。

本技術調査ワーキンググループでは、このような観点から、インターネットに代表されるネットワークに関連する新技術、および、AI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、リストアップする。また、その研究を効率的に進めるに必要なインフラ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ことを目的とする。

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技術分野を整理すると下記の3つの軸になろう。

- 1. 情報端末としてのコンピュータシステム (パソコン、モーバイル端末など)、
- 2. 通信インフラとしてのネットワーク、およびデータ/知識ベース、
- 3. マルチメディアを対象とするインタフェースおよびAI技術。

これら3つの軸の技術をさらにブレークダウンすると、調査対象となる以下のような研究 分野がリストアップできる。

モーバイル・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形態
 ・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)

- ・ワイヤレス・ネットワーキング(媒体とプロトコル)
- ・ネットワークOS(分散OS)やデータベース
- ・アプリケーション開発ツール
- 2. CSCW(協同作業支援)などの新しい利用形態。
 - ・エージェント指向コンピューティング
 - ・コラボレーション支援
 - ・発想支援(知識獲得・学習)
 - ・知識ベース
- 3. 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
 - ・オーサリング
 - ・コンテンツ処理/全文検索/意味理解
 - 情報フィルタリング/データマイニング
- 4. マルチ・モーダル・インタフェース技術や関連AI技術
 - ・操作の簡単化のためのAI技術の利用
 - ・音声、図形などのパターン認識処理や知識処理技術の利用
 - ・バーチャル・リアリティー
 - ・感性情報処理、状況依存処理
- 5. 社会サービスおよびそれを構成するの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、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ーバイル・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して、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や費用などの資源を集中化する戦略が重要となる。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

本ワーキンググループでは、まず、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、深い問題の掘り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	11/20	速水委員「音声処理とそのインタフェース」
第2回会合	12/19	仲林委員「コンピュータネットワークと知的CAI」
		國藤委員「発想支援システムの研究開発動向とその課題」
海外調査	1/6~	奥乃主査、事務局より山上、武田、「ACM IUI'97参加」
	1/15	スタンフォード大学調査
第3回会合	1/29	杉本委員「ディジタル図書館の研究と開発の状況について」
		大沢委員「ソフトウェアエージェント」
第4回会合	2/20	大須賀委員「ネットワークエージェント」
		宮崎委員「ネットワークとデータベース」
第5回会合	3/20	加藤委員「HCIの視点から見た人工知能研究」
•		横田委員「文書共有によるコラボレーション」

1.4 調査結果の要約

本ワーキンググループの調査で次に示す3つのキーワードが明らかになった。

1. 現実の仮想化 (Virtualized Reality)

CMU (Carnegie Mellon University)の金出教授が主張するように、現実とは遊離した仮想現実 (Virtual Reality) ではなく、現実の認識や理解を容易にするために特定の特徴を

強調した現実の仮想化 (Virtualized Reality) が、さまざまな分野での情報処理で重要にな ろう。現実の仮想化は、単なる情報の可視化ではなく、どのような特徴に注目するの か、どのように見せていくのかというプランニングなどが重要であるので、そこには AI技術が不可欠である。

- 2. 情報ゲートウェー (Information Gateway)

多様な情報が多様な方法で提供されており、しかも、提供されている情報が不定型であったり、一部の情報が欠落したり、誤りを含んでいたりと不完全であり、また、頻繁に更新されるという今までに経験したことのないオープンワールドである。そのような場所から情報を入手するためには知的な情報ゲートウェーが不可欠である。

3. 能動的情報 (Active Information)

膨大な情報をすべて処理する必要はなく、個人やグループが興味を持つ情報だけを 入手し、処理していくような枠組が不可欠である。画像処理では能動的ビジョンとい う研究分野が盛んであるが、音声・音響処理でもカクテルパーティ効果 といった今 後能動的な聴覚機能が重要となろう。

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。

ネットワーク上にAI関連技術を総結集した発想支援グループウェアを研究開発しようという気運が盛り上がっている。発想支援グループウェア研究は収束的思考支援グループウェア、発散的思考支援グループウェア、アイデア結晶化支援グループウェア、評価・検証支援グループウェアからなる。21世紀知識社会に対して、日本が世界に対して創造的科学技術立国するためにも、日本型組織の知的生産性向上支援ノウハウを、形式知のみならず暗黙知までも

^{- 首} パーティ会場のような騒がしい環境の中でも注意を向けた対象の音を聞き分けられること。

発想支援グループウェアとして、世界に対して情報発信する必要性を示す。

1.4.2 ソフトウェアエージェントとマルチエージェントシステム----大沢 英一 委員

近年エージェントという言葉を、雑誌、新聞、テレビといったマスコミを通じて、比較的よく耳にするようになってきている。これらは、パーソナルメディアおよびインターネットといった、次世代を担うテクノロジーに支えられた生活環境の中で、上手に人間の仕事を手伝ってくれるような「知的」ソフトウェアの代名詞として使われている。また、それらのソフトウェアエージェントを利用していく上で今後重要になると思われるマルチエージェントに関する基礎的研究が世界中の研究者により推進されている。

本報告では、ソフトウェアエージェントが従来のソフトウェアとどのような点において異なっているのかを概説し、研究の現状について紹介し、また今後の産業や社会への波及効果などについて述べる。

1.4.3 ネットワークエージェント----大須賀 昭彦 委員

ここでは、ネットワークの活用を主たる目的としたエージェントシステムのことをネットワークエージェントと定め、ネットワークエージェントの技術的特徴、内外の研究動向、今後取り組むべき課題について論じる。ネットワーク環境の普及により、情報サービスの可能性は無限に広がっている。しかし、一方では、情報の氾濫やアクセス手段の多様化が、逆に情報を活用しにくい状況を生じつつもある。こういった問題に対処する将来技術として、ネットワークエージェント技術が重要であると考えられる。ネットワークエージェントは、ネットワークの移動性、人間の代理人としての能力、エージェント同士の交渉もしくは相互に作用する能力などを持ち、きたるべきネットワーク社会において、人間に代わって情報を収集/活用する基盤技術として期待できる。

1.4.4 ネットワークとデータベース----宮崎 収兄 委員

ネットワーク環境におけるデータベース技術は分散データベースやオンラインデータベースなど長い歴史がある。インターネットの普及に伴い、データベース管理技術と情報検索技術の両分野にまたがる様な研究や、新しいメディアを扱うための研究が盛んになっている。新しい分野としては様々な情報源を統一的に扱ったり、大量のデータから知識を発見したりする研究などAI技術と関連の深いものが多い。これらの技術の現状をふまえ取り組むべき課

題を検討する。

1.4.5 マルチモーダル対話システム-----速水 悟 委員

マルチモーダル対話システムの研究状況について、最近の状況を中心に紹介する。これまで行われてきたさまざまな試みとともに、その技術的課題や実現にあたっての問題点などについて述べる。

1.4.6 知的文書インタフェース----横田 実 委員

情報伝達はまだまだ文書等の書かれたドキュメントが中心であり、ネットワークに接続された情報端末はアプリケーションというプログラムを実行するのではなくどこかにある文書を閲覧する道具になる。そこへのメモ書きやコメントを共有することで自然な共同作業が実現できる。コンピュータの物理的な形としては「紙」のような姿になる。また、これを更に使い易くしようとすれば各種の認識エンジンが必要となってくる(マルチモーダル)。

1.4.7 人間主導のマルチメディア情報技術-----加藤 俊一 委員

マルチメディアが大衆化してくると、それを利用し評価するのは専門家ではない、いわゆる「普通の人々」になり、「誰でもがやさしく使える」ことが要求される。そして、消費者にどんなサービスを提供するか、そのサービスを提供するにはどんな技術が必要かの観点から、研究開発課題とアプローチも変わる必要がある。

この節では、「人」に目を向けた技術として、知識メディア技術、仮想メディア技術、感性メディア技術などのヒューマンメディア技術について、その技術課題と波及効果について述べる。

1.4.8 ディジタル図書館(Digital Library)の研究と開発の状況――杉本 重雄 委員

現在世界でどのようなディジタル図書館研究開発プロジェクトが進められているか、プロジェクトの性質や目標の違いについて述べる。また、ディジタル図書館に関連する話題についても触れる。

1.4.9 ネットワークと知的CAI-----仲林 清 委員

ネットワーク技術・マルチメディア技術の進展により、これらを活用した、従来とは質的に異なる教育環境の出現が想定される。本稿では大規模高速ネットワーク環境での知的CAI技術について、予想される利用形態・実現に必要となる技術・普及の条件などを論じる。

1.4.10 米国経済活性化のための政府の役割:CALS/EC/EDIの観点から-------武藤 佳恭 委員

米国の NPR (National Performance Review)を中心に、各省庁・外郭団体からいろいろな知恵を出し合って経済活性化の工夫を実践・展開し、政府の役割という観点から取り組んでいるプロジェクトが多く存在する。ここでは、NPRで紹介されている15の常識ツールと成功例を示し、CALS/EC/EDI 情報戦略について述べ、今後予想される事態について触れる。

2 米国の研究開発動向

2.1 はじめに

米国では、国民的情報基盤の構築を国家戦略と定めて、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 HPCC (High Performance Computing and Communications) 計画を進めてきた。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となっており、この中には、本ワーキンググループで取り上げている研究開発テーマも多く含まれている。

HPCC 計画は1991年から5年間の予定で開始され、1996年には計画年限を迎えたが、優れた成果を多くあげたという評価を受け、計画継続の方向が打ち出された。1997年からは計画および運営組織の構成が整理され、新たに設けられた CIC (Computing, Information, and Communications) 研究開発計画が HPCC のあとを引き継ぐことになった。

ここでは、米国の研究開発動向について、HPCC 計画の成果と今後の計画、および、CIC 研究開発計画において本ワーキンググループに関係の深い研究領域を中心に概観する。

2.2 HPCC 計画とその成果

2.2.1 概要

米国連邦政府の HPCC 計画は、1991年に High Performance Computing Act(Public Law 102-194) が議会を通過したことを受けて、5年間の予定で開始された。計画の目的として、

- ・高度情報処理技術および通信技術の分野で米国の指導的地位を維持、拡大すること、
- ・情報技術の効果的な活用により、国家安全保障を強化し、雇用の拡大や経済発展を促進 するとともに、健康で教育の行き届いた市民生活の質の向上を図ること、

があげられている。情報技術は、米国の経済的競争力、国家安全保障、米国民全体の生活向 上のために不可欠なものであり、情報技術の発展を促進することは、世界における米国の指 導的地位を維持し、米国の技術的優位性を高めるものであるとされている。

当初、HPCC 計画は、グランドチャレンジ (Grand Challenges)と呼ばれる計算集約型アプリ

^担 http://www.hpcc.gov/blue97/index.html 参照

ケーションに適用可能な高性能計算機および通信技術の開発を目標としていた。その後、NTT の公表した「2015年ファイバー・ツー・ザ・ホーム構想」の影響を受けて、情報スーパーハイウェイという国民的情報インフラストラクチャの構築を情報戦略の前面に出し、1993年に NII 構想が打ち出されたのにともない拡大された経緯がある。このとき、ナショナルチャレンジ (National Challenges) と呼ばれる情報集約型アプリケーションを実現する、NIIの鍵となる技術の開発を目標とした計画が追加された。また、HPCS^{t2}、NREN^{t3}、ASTA^{t4}、IITA^{t5}、BRHR^{t5}の5つのコンポーネントプログラムで構成されることになった。

研究開発には12の連邦省庁が参加しており、基礎的な研究からアプリケーション開発まで 幅広い視点で資金援助が行われている。

2.2.2 研究成果概要

これまでの HPCC 計画の主要な成果を以下に示す。

・高性能計算システムは複雑な問題に対し、高精度で実用的な解を与えることができるようになった。たとえば、気象モデルは、計算能力と記憶容量の増加により、さらに詳細なモデルを採用できる。このため、気象学者は十分な精度で暴風雨やハリケーンを追跡し、十分信頼できる予報を行うことができるので、生命と財産を守るために必要な的確な避難計画を実施できるようになった。

また、拡張性のある並列計算が可能になった。今日では研究開発の対象として、新しい 部品技術、組み込み型システム、無線通信技術とともに、高性能を引き出すスケーラブル アーキテクチャに焦点が当てられている。

- ・大規模ネットワーク技術の進展は、規模、通信速度、情報の可用性の点で急激な向上を続けているインターネットの進化に手を貸した。今日の有線、光、無線の各方式を統合する 大規模ネットワーク技術の研究開発は、モーバイルコンピューティングのような新世代情報技術に対する爆発的な要求を満たすのに不可欠である。
- ・先進ソフトウェア技術の研究開発は、マイクロカーネルオペレーティングシステム、並列 プログラミング言語とそのコンパイラ、高性能科学技術計算ライブラリ、スケーラブル入 出力、並列計算システム用ソフトウェア開発ツールの進歩を促した。これらの技術により、 科学者は強力な並列システムを使って、連邦政府機関の任務を執行するアプリケーション 開発に注力することができる。

High Performance Computing Systems

^抱 National Research and Education Network

Advanced Software Technology and Algorithms

Information Infrastructure Technology and Applications

Basic Research and Human Resources

- ・ギガ FLOPS のハードウェア性能、Gbit/s のネットワーク技術、現象をモデル化する新しい計算科学の技法を組み合わせることにより、大規模高精度科学技術計算が、数千マイル離れたところに分散したヘテロジニアスな並列処理システムで実行可能になることを示した。これらの技術の統合により、連邦政府機関の任務に役立つような新しい知識を提供する科学技術共同研究の新しい形態が可能になりつつある。
- ・情報基盤を可能にする技術は、分散処理、信頼性、移動性、セキュリティとプライバシー、 分散アプリケーションを構築するツールに注力してきた。
- ・HPCC 計画が促進した教育プログラムは、学生に計算科学を教えるための新しい科学技術カリキュラムを教室にもたらした。計画は、すべての人々の利益となる新しい知識を見つけ出すことができるよう、新しい HPCC 技術を開発し利用する科学者を訓練する責を負ってきた。

2.2.3 今後の方向

HPCC 計画は1996年10月で5周年を迎え、当初の計画年限を満了した。この間、HPCC 計画は先端的情報処理および通信技術の長期研究および開発を促進するとともに、米国政府の参加省庁の業務にこれらの技術を適用してきた。また、高度情報処理および通信の分野で米国の指導的地位を拡大するよう適時修正され、これらの技術を開発するために必要となる一貫した視点を提供しつつ、変化する世の中のニーズに応じてきた。連邦政府機関のいたるところに、また、経済全体にわたり先端的情報技術が利用されるようになってきており、HPCC計画の大きな影響力を示している。

HPCC 計画は情報処理および通信技術の研究開発において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になったと評価されている。また、研究開発には12の連邦省庁が参加し、省庁連携により情報産業が省庁間を超えた広い分野において大きな影響を与えたと強く認識されている。このような評価を受けて、National Research Council のComputer Science and Telecommunication Board (CSTB)の1995年のレポート^申で、HPCC 計画継続の方向が打ち出された。そして2年間に亘り、産官学共同で研究開発計画を発展させるための企画立案が集中的に手がけられ、HPCC 計画の成果を元に、さらに5年間、計画を継続することが決定され、目標も拡大された。

この決定を受けて、HPCC 計画は、国家科学技術会議 (NSTC) の CCIC(Committee on Computing, Information, and Communications) の指揮のもとで生まれ変わることになった。新設の CIC(Computing, Information, and Communications) 研究開発計画は、21世紀の米国に安全

Evolving the High Performance Computing and Communications Initiatives to Support the Nation's Information Infrastructure, http://www.nap.edu/nap/hpcc/index.html 参照

で高水準の生活を提供するという目標のために重要な研究開発ニーズを扱う長期の省庁間連携に焦点を当てている。次節では、この CIC 研究開発計画について述べる。

2.3 CIC 研究開発計画

HPCC 計画の下に、米国連邦政府は高性能情報処理および通信技術の研究開発に対して国家的に注力してきた。そして、科学技術を支援し、困難な問題に対する革新的解決策を促進してきたことにより、米国の今日の指導的地位があると考えられている。さらに、この計画は米国の将来に対する投資の主要部分をなすとみなされている。このため、将来における米国の競争力の維持を考慮して、HPCC 研究開発は継続されることになった。しかし、計画の成功と、連邦政府機関の業務に占める情報技術の役割の増大の結果、情報処理および通信分野へのさらに広範な共同研究開発投資が必要となった。そこで、何度かの計画見直しで複雑になっていた計画および運営組織の構成が整理、拡大され、NTSC 傘下の CCIC のもとで1996年10月から5年間の CIC (Computing, Information, and Communications) 研究開発計画が実施されることになった。HPCC 計画で行われていた活動は、新設された CIC 研究開発計画の核となっている。

2.3.1 到達目標

米国政府の研究開発活動の主要な目標は、米国が世界のなかで実質的にリーダーであり続けるために、米国の大学、産業、政府が、最先端技術を容易に利用できるようにすることである。CIC 研究開発計画はこのための技術を開発、適用し、21世紀の米国に安全で高水準の生活をもたらすのに主導的な推進力となる。

研究開発計画は5つの部分領域から構成されており、これを PCA (Program Component Area) と呼ぶ。PCA の構成は、HPCC の元の5つの部分領域 (HPCS、NREN、ASTA、IITA、BRHR) から発展したものである。PCA は、整合性のある研究開発計画に参画している連邦 政府機関にとって、優先度の高い投資領域を表わしている。

以下に、各 PCA とその到達目標を示す。

· High End Computing and Computation (HECC)

HECC 研究開発の目標は、最先端ハードウェアとソフトウェアの革新、および、グランドチャレンジ級のアプリケーションを扱うために必要なモデリング、シミュレーション用のアルゴリズム、ソフトウェアに対する出資を通して、情報処理分野におけるアメリ

カの指導的地位を確保することである。

· Large Scale Networking (LSN)

LSN 研究開発の目標は通信分野における米国の指導的地位を確保することである。以下の項目に注力する。

- 高性能ネットワーク構成要素
- 一無線、光、移動体、有線通信の技術
- -大規模ネットワーク技術、管理、サービス
- ーネットワーク中心の情報処理向けシステムソフトウェアとプログラム開発環境

· High Confidence System (HCS)

HCS 研究開発の目標は、利用者に高水準のセキュリティ、プライバシー保護、データ保護、信頼性、情報サービスの回復性を提供する技術を開発することである。

· Human Centered System (HuCS)

HuCS 研究開発の目標は、共同研究室、分散したデータの格納庫から知識を提供する技術、マルチモーダル対話システム、仮想現実環境を通して、情報処理および通信をさらに利用しやすくすることである。

· Education, Training, and Human Resources (ETHR)

ETHR 研究開発の目標は新しい教育訓練技術の研究を支援することである。これには生涯学習、遠隔教育、カリキュラムの開発を支援する技術も含まれる。

2.3.2 CIC 研究開発計画組織

図2.3-1に、1996年度までの HPCC 計画の組織構成と1997年度からの CIC 研究開発計画の組織構成を対比させて示す。以前に比べて、組織が整理、強化されている。具体的には、ITTF (Information Infrastructure Task Force) との関与がなくなり、Federal Network Council と Application Council が新設された。また、以前の Committee on Information and Communications (CIC) は、Committee on Computing, Information, and Communications (CCIC) となり、格上げされて NTSC の九つある委員会のうちのひとつに位置づけられるようになった。

以下、各組織について簡単に説明する。

1. CCIC (Committee on Computing, Information, and Communications)

CCIC は省庁間を貫いた視点を持ち、省庁間を調整しつつ CIC 研究開発計画をまとめる機関である。予算配分において省庁間の調整を行う。

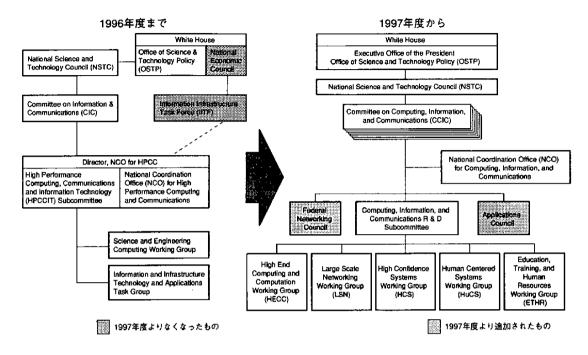


図2.3-1 CIC 研究開発計画組織

- 2. CIC 研究開発小委員会(Computing, Information, and Communications R & D Subcommittee) CIC 研究開発小委員会は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。12省庁を巻き込んで、各参画組織からの代表者からなる。以前の HPCCIT (High Performance Computing, Communication, and Information Technology) 小委員会に対応する。各研究開発計画の企画、予算策定、実行、レビューを行う。
- 3. NCO (National Coordination Office for Computing, Information, and Communications R & D) NCO は、CCIC の小委員会である CIC 研究開発小委員会を通して、12の参画省庁の活動を調整している。また、CCIC と連邦議会、州および地方議会、産業、大学、大衆に対して連絡役を務める。CCIC への技術的、事務的支援、および、後述のAC、FNCへの事務的支援を行う。

4. AC (Applications Council)

ACは、研究成果の早期アプリケーションにおいて複数省庁間の連携を促進し、連邦政府機関の任務に対して広く適用可能なプロジェクトに特に注力する。複数省庁に展開可能なアプリケーションの支援、パイロットプロジェクトの支援、国際的活動の支援を行う。

5. FNC (Federal Networking Council)

FNC は、各省庁の研究、教育、運営任務に合うようにネットワークで省庁間の共同作業を取り持つフォーラムとして機能する開発されたネットワーク技術の展開や、ネットワークの省庁間の調整を行う。

CIC 研究開発小委員会とその執行委員会は、計画立案、予算計上、実施、評価を調整する。毎月、会合が開かれ、情報交換、複数組織にまたがる計画、計画と予算案のレビューが行われる。タスクフォースが6つあり、PCA の開発に貢献する計画プロセスに参加する。小委員会は各 PCA にひとつずつ、HPCCIT ワーキンググループの活動を継承し発展させたワーキンググループを設置している。

2.3.3 関連機関

CIC研究開発計画に関連する各関係機関は次のとおりである。

- · AHCPR (Agency for Health Care Policy and Research, Department of Health and Human Services)
- · DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency, Department of Defense)
- · DOE (Department of Energy)
- · ED (Department of Education)
- · EPA (Environmental Protection Agency)
- NASA (National Aeronautics and Space Administration)
- · NIH (National Institutes of Health, Department of Health and Human Services)
- · NIST (National Institute of Standards and Technology, Department of Commerce)
- · NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, Department of Commerce)
- · NSA (National Security Agency, Department of Defense)
- · NSF (National Science Foundation)
- · VA (Department of Veterans Affairs)

2.3.4 予算

1996年度の HPCC 計画に参画した省庁の決算は、見積りで10億4300万ドルであった。それに対して1997年度の大統領要求は10億3800万ドルである。表2.3-1 および表2.3-2に1996年度決算と1997年度予算を示す。本ワーキンググループのテーマに近い LSN、HuCS には、比較的大きな予算がついている。

表2.3-1 1996年度決算 (単位:百万ドル)

Agency	HECC	LSN	HCS	HuCS	ETHR	TOTAL
DARPA	77.96	96.04	10.00	112.17	6.24	302.41
NSF	140.32	104.47	_	15.28	31.03	291.10
DOE	84.49	12.64	-7	8.56	4.00	1 09 .69
NASA	75.55	27.45	_	_	23.60	126.60
NIH	22.40	21.51	4.38	24.34	7.11	79.74
NSA	29.48	3.00	7.40	_	0.15	40.03
NIST	5.59	2.20	5.36	10.36		23.51
ED	-			11.40	17.53	28.93
VA	3.00	14.13	2.90	1.90	_	21.93
NOAA	3.30	2.70		0.50	_	6.50
EPA	8.70	-		0.60	0.08	9.38
AHCPR	_	_ '		3.20		3.20
TOTAL	450.79	284.14	30.04	188.31	89.74	1,043.02

表2.3-2 1997年度予算要求 (単位:百万ドル)

Agency	HECC	LSN	HCS	HuCS	ETHR	TOTAL
DARPA	75.05	115.93	10.00	117.03	7.51	325.52
NSF	129.17	72.26	1.21	57.76	19.11	279.51
DOE	93.29	14.79	-	12.98	3.50	124.56
NASA	91.20	5.30	1.60	5.60	5.30	109.00
NIH	23.40	22.90	4.94	29.59	5.38	86.21
NSA	25.93	3.50	7.30	- [36.73
NIST	5.79	2.96	4.40	10.36	_	23.51
ED	_		_	11.40	6.61	18.01
VA	1.00	9.45	2.30	1.80	-	14.55
NOAA	6.30	2.70	_	0.50		9.50
EPA	6.58	_		0.60		7.18
AHCPR	_		_	4.20		4.20
TOTAL	437.21	264.69	31.15	252.62	52.81	1,038.48

2.3.5 活動方針

HPCC 計画は先端情報処理および通信技術分野で、アメリカの指導的地位をもたらす推進力となってきた。そして将来にわたって指導的地位を維持するためにも同分野におけるさらに広範な共同研究開発投資が必要になっている。このため、CIC 研究開発小委員会は研究開発計画に焦点を当て、幅広い項目を定めることとなった。CIC 研究開発計画は、HPCC 計画の強固な基礎の上に構築された先端情報処理および通信技術分野での長期の研究成果を反映している。CIC 研究開発計画は、HPCC 計画の5つの部分領域(HPCS、NREN、ASTA、

IITA、BRHR) から発展した5つの部分領域 (PCA) から構成されることになり、21世紀に向けて研究開発投資の舵とりを行う。

以下に、各 PCA (Program Component Area) の活動方針について述べる。

- HECC 高性能計算分野での米国の指導的地位の維持に注力する。投資はハードウェアおよびソフトウェアの最前線の革新的研究に対して集中的に行う。たとえば、高性能計算システムの記憶装置技術、新素子の実験、システムソフトウェア技術の開発、先進的シミュレーション技法、シミュレーションやモデリングのための高速高効率アルゴリズムなどである。さらに、HECC 研究はハードウェアレベルとソフトウェアレベルの両方で、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の先進的な概念の探究を支援する。ハイエンドでは分散型の学際的な計算集約型の科学技術アプリケーションを可能にする。スケーラブルシステムでは、これらの技術を職場、学校、家庭に効率的に展開できる。
- LSN 最先端のネットワーク技術とその利用を促進する研究開発を行い、通信分野でのアメリカの技術的優位性を確保する。これには先進的ネットワーク構成要素および大規模ネットワークのエンジニアリングと管理の技術を含んでいる。特に注力する領域は以下のとおりである。
 - 1. 無線、光、移動体、有線通信の技術とサービス
 - 2. 情報を個人、特定のグループ、または、ネットワーク全体に配布できるようにする ネットワークソフトウェア
 - 3. 効率的な開発とスケーラブルな分散アプリケーションを実行するソフトウェア
 - 4. エレクトロニックコマース、ディジタルライブラリ、健康管理のような分散型アプリケーション用ソフトウェア構成要素
 - 5. インフラストラクチャの支援とテストベッド
- HCS 利用者に高水準のセキュリティ、保護、信頼性、情報サービスの回復性を提供する。 このようなシステムはシステム故障および悪意ある侵入や破壊に対して抵抗力を持ち、 妨害に対して容易に適応または回復できる。これらのシステムは有線および無線の両方 の物理的構成要素を持ち、保持または送信するデータ、データを操作するソフトウェア を持っている。HCS 研究開発では、以下の項目に注力する。
 - 1. システムの信頼性(負荷、故障、侵入に対するネットワークの管理、緊急対応、ファイヤーウォール、安全な「飛び地」など)
 - 2. セキュリティとプライバシー(本人確認、アクセス制御、認証、暗号化や他のプライ

バシー保証技術、公開鍵インフラストラクチャ、安全な分散処理向け高信頼エージェントを含む)

3. 試験と評価

鍵となるアプリケーションには、国家安全保障、法の執行、生命および安全、個人の プライバシー、NII の重要な構成要素の保護がある。

- HuCS 情報処理システムと通信ネットワークをさらに使いやすくし、幅広い利用者層に使えるようにする。この利用者層には、科学者および技術者、教育者および学生、労働者、一般大衆が含まれる。このようなシステムを可能にする技術には、以下のようなものがある。
 - 「知識リポジトリ」と「情報エージェント」
 非常に多くのマルチメディアおよび複数情報源からの情報を管理、解析、表示する。
 - 2. 共同研究室 知識リポジトリへのアクセスを提供し、知識の共有、共同執筆、遠隔機械の制御を可 能にする。
 - マルチモーダル・ヒューマン・システム・インタラクション 音声、触覚、ジェスチャーの認識および合成などのインタラクションを可能にするシステム
 - 4. 仮想現実環境と応用 科学研究、健康管理、製造、訓練などへの応用
- ETHR ETHRの焦点は教育訓練技術にある。この教育訓練の目標は、下記の人材を育成することである。
 - 1. 高性能な情報処理、通信技術とそのアプリケーション分野における研究者および学生
 - 2. 21世紀の情報化時代において、競争、成功する技量をもつ市民

ETHRは、計算科学、計算機科学、情報科学もしくは工学のカリキュラム開発、研究 奨学金、奨学金の支給を含んでいる。学習技術に対する学際的研究の応用、情報ベー スの学習ツール、生涯学習、遠隔学習の研究も含んでいる。この PCA は、計画や研究 項目の展開についてCET(Committee on Education and Training)と密接に連携をとっている。 表2.3-3に各 PCA の1997年度活動テーマを示す。

表2.3-3 各PCAの1997年度の活動テーマ

HECC	LSN	HCS	HuCS	ETHR
Scalable systems, software, and environments	Multi-gigabit network testbeds including wireline, wireless, and mobile technologies	Infrastructure protocols for secure and reliable networks	Intelligent systems and software	Integration of research and education technologies
Uniform memory access systems with low latency and high bandwidth	Very high speed backbones for network, scientific, and engineering applications	High speed cryptography for information security in virtual laboratories	Knowledge acquisition, fusion, aggregation, and summarization tools	Lifelong and distance learning technologies
Integrated circuit simulation for microsystems	Network reconfiguration tools	Interoperability standards	Virtual environments with remote instruments	Teacher development tools
Distributed operating systems	Global grid communications and inter-network protocols	Secure interface protocols	Multi-modal communication, speech understanding	K-12 education cooperative agreements
Compilers, debuggers, program development environments	Network management, cost accounting and authentication	Network security and restorability	Collaboratories, tools for group authoring, remote control of instruments	Summer school in high performance computation
Algorithms and software for Grand Challenge scientific and engineering applications	Network-centric computation for National Challenge applications	Reliability and security for mobile computing environments	Graphical user interfaces for medical imaging and patient record systems	Research fellowships for science, engineering, and health professionals
Supercomputer centers and centers for advanced research on experimental systems	Data mining, integration, and visualization for scientific data	Telemedicine testbed networks, remote surgical procedures	Clinical decision support systems, patient records, visible human database	Health care information infrastructure
Advanced manufacturing design and processes	Optoelectronic and optical media	Authentication and verification procedures	Remote visualization of environmental data in digital libraries	Technologies for ubiquitous access to the World Wide Web
Superconducting components	Convergence of computing and communications	_	Automatic document translation	. -
Quantum and biological computing methods		_		_

2.4 LSN と HuCS の動向

この節では CIC 研究開発計画の PCA のうち LSN と HuCS についてやや詳しく述べる。これらの領域は、本ワーキンググループで取り上げたテーマに関係の深い研究領域である。

2.4.1 LSN

現在のネットワーク転送プロトコルは、異機種システム間のデータ転送を行うのに非常によくできている。この基本レベルのサービスに加えて上位の機能には、相互運用性が要求される。上位の機能としては、通信、計算、記憶を行う分散した構成要素へのアプリケーションの分割、配置、移動、および、実行に必要なシステム資源の割り当てがある。情報サーバ

とキャッシュがネットワーク上を他のホストシステムに移動していき、さまざまなサービス 負荷に適応するので、アプリケーションはその位置を知る必要がある。アプリケーションは、 マルチメディアオブジェクトのグローバルライブラリの位置を探し出し、そこにアクセスす る必要がある。多様な国毎の情報基盤が集まって、真の世界情報基盤になるにつれ、より信 頼性のある協調的認証、資源割り当て、課金のメカニズムが必要になる。

上位のオブジェクトサービスの構成要素は、高度に適応性があり、組み立てやすいように設計する必要がある。オブジェクトサービスの位置を調べ、登録したり、オブジェクトおよびサービス機能を認証したりするために、信頼度の高いメカニズムが必要である。特に、いくつものネットワークが相互接続された複雑な環境においてはそうである。任意のタスクを記述したり実行したりするためには、もっと高機能なスクリプトやエージェントサービスが必要である。マルチメディアドキュメントのようなディジタルオブジェクトを作成、公表、記録、普及、保護するためには、十分な上位支援サービスが必要である。オブジェクトの相互運用を保証するために、共通オブジェクトプロトコル、インタフェース、アダプタにより相互運用性を支援するという枠組みの他に、mediator や wrapper のような新しい技術が必要になっている。この研究には、非同期転送モード(ATM)や波長分割多重(WDM)の開発、実装も含まれている。

すばやく正確にいろいろな情報を解析するために、別々の格納媒体に物理的に分散した、 地理的にも分散しているマルチメディアオブジェクトのコレクション間の相互の関係付けを 即時に可能にする技術を開発する必要がある。これは、次世代のオブジェクト(データと計 算)検索、フィルタリング、インデキシング、ディジタルライブラリ技術を開発するのに必 要である。これらの技術は、個人に適合する情報空間を可能にするもので、以下のものが重 要である。

- ・科学解析環境
- ・遠隔機械 物理現象の遠隔計算モデル
- ・複雑なシステム、製品の設計および解析環境
- ・取引動向解析とフィルタリング

情報解析が情報の検索を扱うのに対し、情報仲介は情報の蓄積に関連している。情報仲介の技術は、新しい種類の情報オブジェクトを創作し、そのようなオブジェクトへのアクセスおよび利用に対し料金を請求することが容易になるように開発する必要がある。これには、共同執筆、オブジェクトの注記、発達しつつあるオブジェクト上での共同作業のためのツールが含まれる。仲介サービスの重要な形は、資料を付加価値ある要約にし、提供するために、ネットワーク上の注記付ナビゲーションパスを記録し、共有することである。

^{***} データセットに関する知識を用いて上位層のアプリケーションに対して情報を生成するソフトウェアモジュール。

^物 データを共通モデルに変換し、共通の問い合わせ言語機能を実現するソフトウェア。

2.4.2 HuCS

「知識リポジトリ」は小さなグループから一般大衆までの利用者にアクセスできるように作成されつつある巨大な電子データベースである。中身は、マルチメディア(テキスト、音声、画像、動画)、および、いろいろなデータベース管理ソフトウェアを使い、分散した異機種計算機システムの中にあるデータである。これらのデータベースを管理するツール、およびデータを解析しその結果を効率的に表示する「情報エージェント」に対する必要性が非常に大きい。解析技術には、文書の変換、理解がある。これらのデータおよび解析結果の表示に必要な技術には、視覚化、音声処理、触覚処理があり、個人の嗜好や必要性に基づいて、利用者が選択するという必要がある。利用者が情報と対話する技術には、仮想現実感、遠隔ロボティクスがある。

共同研究室は、地理的に離れたところにいる人々が、あたかも同じところにいるように一緒に仕事をし、遠隔資源を利用できるもので、知識リポジトリと情報エージェントを利用して構築される。また、マルチメディア情報作成技術(たとえば、共同執筆用ミドルウェア)や希少で高価な研究資源を研究者が机上からアクセスできる遠隔機器制御技術などの新技術が必要である。

今日のグラフィック・ユーザ・インタフェースは、よく訓練された健常者がデスクトップモニタとキーボードの前にすわっていることを前提に設計されているが、明日の多様な利用者たちにとっては、ユーザフレンドリなインタフェースが必要である。ユーザフレンドリなインタフェースとは、初心者や頻繁に使う人にとって、身体的能力、教育、文化にかかわらず使いやすいというだけではなく、熟練者にとっても強力で生産的なインタフェースである。ブライユ強化インタフェース(点字法)は、目の不自由な人々に必要であり、視線追跡技術は、タイプできない人々に使われる。このため、HuCS 技術では、音声認識および合成、表情、触覚、身振り手ぶりの認識を可能にする。人間主体のアプリケーション開発環境は、利用者が個々のニーズに合わせてサービスとアプリケーションを調整できるようになる。HuCS 研究における他の領域では、家電など家庭用器具や携帯型無線機器および手首装着型機器に組み込まれた組込み型計算機システムを支援するインタフェースがある。

仮想環境は革新的な知識表現および共同研究室の必要条件である。これは、ユーザの見る 周囲の光景が利用者の制御に応答して実時間で変化するように設計された、実世界や人工世 界のモデルで、計算機の生成する対話的な多次元モデルである。視点の制御は運動性奥行知 覚を誘発し、利用者は仮想環境の中の仮想オブジェクトを直接操作することで、仮想世界を 知覚し、対話的に変更できるようになる。知的な実時間応答および多次元の知覚情報により、 科学、医学、製造において複雑な作業を要する探究が容易になる。視覚、聴覚、触覚から得 られる高品質な知覚情報は、計算機システムによって生成され、特別なインタフェース機器 によって利用者に伝達される。これらの機器は、人が実世界とかかわるのと同じように、利用者が周りの世界とかかわっている感覚を提供する。それに加えて、これらの機器は意思決定能力を拡大する知能増幅器の役割をする。

仮想研究室は科学研究を容易にする仮想環境であり、大規模で複雑な多次元データの集まりの探究を三次元環境において対話的に行うことができる。これらのデータはモデリングまたはシミュレーション(たとえば、流体力学計算は空気や水の流れをモデル化している)で作り出されることもあるし、あるいは、実験データ(たとえば、実時間で研究者に観測結果を送るオンライン実験から)のこともある。あるいは、その両方のこともある。この対話的探究能力は、研究者の科学的現象観察能力および理解能力を非常に高める。

仮想環境は、より速くより効率的な学習を促進すると考えられる。特定の教育訓練(たとえば、フライトシミュレータ)向けに仮想世界を仕立てることで、複雑で高価な器材を入手したり設置したりせずに、その器材を使って訓練できる。また、訓練を受ける人を危険にさらすこともない。仮想研究室のインフラストラクチャは教育向けにも容易に再構成できる。

仮想環境の領域における HuCS 研究開発には、シミュレートされる環境、先端的モデリングとシミュレーション技術、仮想空間でのグループ共同作業も含まれる。特殊化された作業にふさわしい複雑な環境が自動的に構築できるように、仮想環境の設計を支援するエキスパートシステムも必要である。高品質ディスプレイ、および、できるかぎり高品質な力覚および触覚ディスプレイが必要である。拡張現実ベースのシステムは、非常に正確な追跡、および仮想環境を実世界に正確に整合させる方法が要求される。高度に携帯性があり着用可能な仮想環境システムは、現場での製品保守を支援するために開発されることになる。

知識表現、共同研究室、仮想環境で利用される視覚化システムとマルチモーダル表示ツールは HuCS の重要な技術である。特徴分類、動向解析の視覚化、複数情報源データの併合、複数分野からのデータの結合、情報源データと解析結果の統合的視覚化、盲人向け視覚化において前進が必要である。

遠隔医療の診察と治療により、患者および開業医は別の場所にいてもよく、患者は検査、診断、治療をいながらにして受けられる。このような活動で、画像および多様な医療器具(たとえば、磁気共鳴影像、エックス線、ソノグラム)からのデータは統合され、三次元環境の下で表示される。長期的には、遠隔操作の外科ロボットが手術に使われるかもしれない。たとえば、戦場のような、通常でない、困難な、あるいはタイムクリティカルな手術である。このような技術には現在の HuCS 技術を超える、相当な改良が必要である。これには、データ管理、遠隔器具の正確な登録、非常に正確な視覚、触覚、力覚ディスプレイ、および追跡システムが含まれる。

他のアプリケーション領域としては、非常事態管理、複数省庁の対話、産業競争と共同作業などがある。それぞれにおいて、人間主体のシステムは、多くの参加者を巻き込む非常に

2 米国の研究開発動向

複雑な状況の概観を情報豊かに提供することができる。HuCS 技術は、訓練、評価を目的として、これらのアプリケーションを模擬するために使うことができ、状況認識と意思決定向けに実際の状況を監視するために実時間入力を利用することができる。これらのアプリケーションも、作成および保守シミュレーション用の特別なオーサリングツールとシミュレーションを階層的な詳細事項に分割する能力を求めている。製品製造においては、たとえば、製品のトータルライフサイクルを支援し、設計、開発、試験、製造、訓練と利用、保守と修理を改善することになる。

2.5 おわりに

1995年の CSTB レポートでは、HPCC 計画の継続を打ち出すと同時に、いくつかの課題を挙げており、CIC 研究開発計画は、これに沿う形で、HPCC 計画のあとを受け、計画を整理、発展させ、再構成したものとなった。今後も大筋では HPCC の活動を継承しながら、高性能計算機、通信技術、情報基盤に絞って、整理、拡張されていくものと思われる。CIC 研究開発計画では、HPCC 計画と同様に、米国の経済的競争力の維持と米国民の生活の向上を目標とし、各省庁の任務に直結したアプリケーション主導の研究に焦点を当てている。一方で、CSTB レポートでは、ナショナルチャレンジに相当するアプリケーションを指向した将来投資と、基礎的研究開発の充実を挙げており、徐々にこの方向にシフトしていくと考えられる。

3 将来展望と課題

3.1 発想支援グループウェア

3.1.1 概要

日本が21世紀の知識社会「NONAKA90」をリードするには、個人およびグループの創造 性を支援する計算機技術の開発 -知識創造環境の構築- が必要である。人間の創造的思考 プロセスは発散的思考、収束的思考、アイデア結晶化、評価・検証からなる。最新の AI 技 術、ネットワーク技術、仮想現実感技術、マルチメディア技術等を用い、各々のフェーズで 働く発想支援グループウェアを構築する。これは従来のAI研究が押し進めてきた方向性(演 繹、帰納、発想、類推など、人間の推論メカニズムを有する計算機を構築するというもの) と補完関係にある。人間に似た推論メカニズムを有するという意味で計算機を知的にするの でなく、ユーザの創造性を触発するためにインタラクティブにユーザと情報のやりとりがで きる環境の構築という意味で、計算機を知的増幅器にすることを目指す。そのための基盤研 究として、発明・発見や創造的設計のプロセスで創造的思考がどのように誕生するか、人間 のもつ形式知や暗黙知が創造性の誕生に果たす役割は何か、などを認知科学的あるいは脳生 理学的に探究し、得られた知見を最大限に利用したネットワーク上の知的触媒としての発想 支援グループウェアを構築する必要がある。我々の日常生活の場あるいは創造的活動を生業 とする人の発明・発見活動の場を観察分析すると同時に、研究開発した発想支援グループウ ェアを研究開発マネジメント、コンカレントエンジニアリング、時代感性に即した商品開発、 創造的教育開発、SFX制作などの、日本が世界に対して遅れていると言われている領域での 支援システム構築にトライすることが期待される。

3.1.2 発想支援技術

来るべき21世紀は競争と集中の時代から、協調と分散の時代にシフトすると言われている。このような時代においては、異なる価値観の人々が時間・空間を越える創造的問題解決(調整)を行うための知的ツールである発想支援グループウェアの構築が期待される。21世紀のオフィスの生産性向上のためには、時間・空間を越える調整機能あるいは分散環境での協調問題解決機能をもつ発想支援グループウェアの導入が必要である。発想支援グループウェアの研究開発は、定量的・記号的な情報処理の世界から定性的・感性的な情報処理の世界に広

がりつつある。定性的情報処理の世界は顧客の不平・不満や潜在意識の顕在化、感性情報のキャッチ、ブレインストーミングによる問題意識の発掘、グループ意思決定、ソフトウェアの要求獲得、問題の定式化支援、自由きままな情報探索、戦略的マーケティング等の未来社会の設計に避けて通れない諸問題の解決に寄与しうると言える。発想支援グループウェアの構築は何らかの創造的問題解決活動、研究開発、知的生産活動、創造的マネジメント活動に携わっている人間にとって、コンピュータが誕生して以来の究極の夢であり、一朝一夕で実現しない究極の夢であることも、誰もが重々承知している。しかしながら、最近の情報処理技術の急激な発展に支えられ、人工知能技術、ネットワーク技術、マルチメディア技術、インタフェース技術、人工現実感技術等のエッセンスを駆使して、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の研究開発 [FUJITSU 91、JSAI93、KUNIFUJI92、KUNIFUJI93、SICE94、SICE95a、SICE95b、JSAI96、JSAI97]が、着実に前進しつつある。

人間の創造的問題解決プロセスのモデルには、川喜田二郎のW型問題解決学、ワラスの4段階説、パースの三分論モデル、およびブルーナー・市川亀久彌・デボノ・ヴェルトハイマー等の思考の二分論モデルがある。ここに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ことを念頭におき、「発散的思考、収束的思考、アイデア結晶化(狭義の発想)、評価・検証」からなるモデルを提案した。我々が発想支援システムと呼ぶのは、「発散的思考、収束的思考、アイデア結晶化」までの人間の創造的問題解決プロセスを支援するコンピュータシステムのことである。また我々が思考支援システムというのは、最後の評価・検証まで、すなわち「発散的思考、収束的思考、アイデア結晶化(狭義の発想)、評価・検証」までの創造的問題解決の全プロセスを支援するコンピュータシステムを構築することである。また創造活動において、創造者の置かれている環境とのインタラクションの重要性が様々な識者から指摘される。その意味で、最も広義の創造性支援システムは「思考支援システム+(創造的)環境」の構築として定義されよう。

3.1.3 日米比較

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感性情報処理、記号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、ここ数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の開催 [FUJITSU91、KUNIFUJI92、KUNIFUJI93、SICE94、SICE95a、SICE95b、JSAI96、JSAI97] や学会誌の特集 [JSAI93] がさ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た。発想支援グループウェアを構築しようとする場合、発想のアウトプットを直接生成するツールの構築は計算量の壁からいっても困難であり、発想のプロセスを支援するツールの構築とその知識システムや設計支援システムとの統合が有望である。

マイケル・ポライニは知識を形式知と暗黙知に分け、源泉知から変換知への変換過程を次のように分類している。形式知を形式知や暗黙知に変換する過程をそれぞれ連結、内面化と呼び、暗黙知を形式知や暗黙知に変換する過程をそれぞれ分節化、共同と呼んでいる。従来の計算機(あるいは人工知能)で生まれた技術はこのカテゴリーでは連結のための技術であり、ニューロネットワークの技術は内面化の技術の一つである。発想支援グループウェアの技術はこのカテゴリーでは、まさに分節化や共同を支援する技術であり、欧米においてはアウェアネス等の支援あるいは暗黙知の支援として研究が行われている。そこにおいては、マルチメディアグループウェア研究の一つとして、仮想現実感技術をも利用して、そこにその人が実際に存在するかのような、その人の持つ雰囲気、本音あるいは暗黙の気配が感性(あるいは暗黙知)として伝わる創発メディア環境をいかに構築するかが課題である。そのためにサイバースペース、バーチャルラボラトリ、バーチャルメトロポリタン等の様々なビッグプロジェクトが進行中である。

他方、日本においてはより方法論指向の強い小規模の研究開発グループが散在するだけで ある。

- 東大) 堀研究室:分節化をいかに支援するかから、頭の中にある曖昧模糊としたイメージを 二次元の空間配置として表示する Articulation Assistant を中心に、各種分節化支援シス テムを構築。
- 阪大) 宗森研究室:Mac 上に開発された初めての KJ 法支援グループウェア郡元を中心に、 学生を用いた各種評価実験がユニークである。
- 富士通研) 杉山グループ: SUN 上に構築された本格的な自動描画ツール D-Abductor の周辺に、連想キーワード提示機能、共有画面等の機能を付与した発散的思考支援、収束的思考支援の両機能をもつ創発メディア環境を構築。
- 北陸先端大) 國藤研究室:知識獲得の上流工程支援を目的に研究開発されたグループ意思決定支援システム GRAPE の上流工程に、データマイング機能やバネモデル等の各種発

散的思考支援、収束的思考支援の両機能を付与した体系的発想支援グループウェアの 研究開発を続行中。

北大) 田中研究室:Smalltalk のモデルビューコントローラをヒントに、全てのメディアを紙のパッドのメタファーで合成可能としたシンセティックメディア・システム Intelligent Pad を北大ベンチャーラボで産学共同開発中。

3.1.4 わが国が取り組むべき課題

わが国の人口一人当たりのノーベル賞受賞者数の少なさ、原理特許の輸出入比のアンバランス、あるいは独創的科学技術の発明・発見の少なさ等から、日本国民の独創性は乏しいという指摘が、多くの識者によってなされている。この指摘の裏返しとして、日本の組織、小集団組織、チームの生産性の良さも QC、TQ運動として知られている。すなわち、小集団やチームでの改善運動、企業での特許活動等に見られる小さな創造性の能力の高さでは優れていると言う指摘もある。また日本人の社会の一様性、排他性、日本の教育の画一性、平均主義が諸悪の根源であるとの分析もある。このような風土は明治維新以来の国家戦略に基づき形成され、「追いつき追い越す」目標(国家、企業等)が明確であり得た時代には国策にマッチした。しかしながら、日本の先端科学技術が世界のフロントランナーとなり、「追いつき追い越す」目標を喪失し、自ら独創的な規範を創造し、世界に対してデファクトスタンダードを投げかけなければいけないた現在においては、従来のような研究開発戦略に安穏とする訳にいかない。

21世紀知識社会に対して、日本が世界に対して創造的科学技術立国するためにも、日本型 組織の知的生産性向上支援ノウハウを見直すべきである。形式知のみならず暗黙知までも文 化として伝承する日本的ノウハウの良さをツール化し、協調と分散の21世紀にふさわしい知 識創造環境を、発想支援グループウェア体系として構築し、世界に対して日本が誇れるコラ ボレーションのノウハウを提供する歴史的必然性がある。

3.1.5 今後に必要な調査

著者らの調査によると、KJ法を中心とする収束的思考支援ツールの研究開発においては、 日本が優れているものが多いが、それ以外の発散的思考支援ツールにつながる研究開発のシ ーズや、アウェアネスや暗黙知を支援するグループウェアは圧倒的に欧米の方が優れている。 これらは日常的にデベートする文化と、常に根回しを要求される文化とのコミュニケーショ ン努力の差であろう。そこでアメリカ、イギリス、ドイツ等の CSCW あるいはグループウ エアの研究開発先行国の調査を行う必要がある。

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グループウェアである。我が国が協調と分散の時代である21世紀のリーディング国家になるには、新しい集団問題解決のツールである発想支援グループウェアの研究開発プロジェクトを、今直ぐにでも立ち上げなければならない。

<参考文献>

[NONAKA90] 野中郁次郎:知識創造の経営、日本経済新聞社(1990).

[FUJITSU91] 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).

[KUNIFUJI92] 國藤研究室主催:第一回「発想支援ツール」シンポジウム講演論文集、三 菱総合研究所 (1992).

[JSAI93] 特集「発想支援システム」、人工知能学会誌、vol.8, no.5, pp.551-618 (1993).

[KUNIFUJI93] 國藤研究室主催:第二回「発想支援ツール」シンポジウム講演論文集、富士通幕張シスラボ (1993).

[SICE94] 計測自動制御学会主催:第15回システム工学部会研究会「発想支援技術」 東京工業大学百年記念館 (1994).

[SICE95a] 計測自動制御学会主催:第17回システム工学部会研究会「発想支援ツール」 ハイテク交流センター (1995).

[SICE95b] 計測自動制御学会主催:第18回システム工学部会研究会「発想支援技術」 鹿児島大学 (1995).

[JSAI96] 人工知能学会・計測自動制御学会共催:合同研究会「AIシンポジウム'96 」 特集テーマ:発想支援システム、機械振興会館 (1996).

[JSAI97] 人工知能学会主催:1997年度人工知能学会全国大会・チュートリアル Track 2: オフィスの知的生産性を向上させる発想支援ツール、早稲田大学 (1997).

3.2 ソフトウェアエージェントとマルチエージェントシステム

近年エージェントという言葉を、雑誌、新聞、テレビといったマスコミを通じて、比較的良く耳にするようになってきている。これらは、パーソナルメディア及びインターネットといった、次世代を担うテクノロジーに支えられた生活環境の中で、上手に人間の仕事を手伝ってくれるような「知的」ソフトウェアの代名詞として使われている。しかしながら、現状におけるエージェントテクノロジーは、非常に未熟な段階にある。現在私たちが耳にするエージェントという言葉によって代表されるソフトウェアは、「知的」な側面よりも、ユーザインタフェースの改善やプロトコルと呼ばれる計算機間で使われる言葉の定義に重きを置いているのが実情である。

このような技術的側面は、これまでの計算機応用においても十分に重視されてきたものであり、取り立ててエージェントと呼ぶ必要性は感じられない。どのように「知的」であれば良いのか、ユーザーが本当に期待する「知的」ソフトウェアとは何なのか、ネットワーク環境に多くのエージェントがいるとどのような問題が生じるのか、また本当にそれは期待するような効果をもたらすものなのかなどといった本質的な問題に関しては、ほとんど議論されてきておらず、これからの研究に期待されるところが大きい。「エージェント」の時代は、インターネット及び携帯型端末などの技術基盤が普及しつつある今こそ、真の意味での始まりを向かえたところなのである。

ところで、通常エージェントと言われて、何を思い浮かべるだろうか。私たちが直ぐに思い浮かべることができるのは、旅行代理店 (travel agency)に代表されるように、「何かを代行してくれる者 (代理人)」という意味であろう。このように、ソフトウェアエージェントというのは、ユーザのさまざまな目標を代理人として達成してくれるソフトウェアのことであり、また、マルチエージェントシステムというのは、まさに人間に代わって何かをしてくれるソフトウェアの代理人の集まり (agency)である。

人間の場合と同じように、ソフトウェアエージェントにも、おのずと要求事項と満たすことのできる事項の間でのトレードオフが存在する。重要なことは、それぞれのシステムが満たさなければいけない事項を最大限に満足するようにエージェントの社会 (agency)を考えることである。例えば、実時間性を要求されるシステムにおいて、各エージェントがあまりわがまま勝手に動くようでは困ってしまう。このような場合には、エージェントを組織の体系の中にきっちり押し込めてしまうのも一つの方法かもしれない。また、各エージェントが最適な解を求められなくても、一定の与えられた時間内で最良の解を見つけるよう設定する必要もあるだろう。一方で、最近話題になっているようなパーソナルメディアにおいては、そ

れぞれのユーザーの趣味や個性を理解した上で、インターネット上に存在する別のエージェントたちと協調作業することが要請されるだろう。このような場合には、むしろ、エージェントのパーソナリティというものが重要なものになってくると考えられる。

3.2.1 分散人工知能からの発展

分散人工知能

マルチエージェントシステムの研究は、もともと分散人工知能の一つの分野として誕生してきた。分散人工知能という研究分野は、1980年代に入ってすぐ北米において誕生したが、そのもともとの研究対象の一つは、航空管制システムに代表されるように、局所的にしか管制能力を持たないシステムを、空間的に分散させたまま、複数統合することによって、より広い範囲をカバーできるようなシステムを構築しようというものである。

1980年初頭という時期は、計算機科学において、ネットワークによって結合された分散計算システムが、世の中に普及し始める時期にほぼ一致する。つまり、分散人工知能という研究分野は、計算機がより安く小型になることを見越して、当然のごとく成立してきたということができる。分散人工知能におけるエージェントは、どちらかというと、システムの一構成要素、分散システムでいうノードのような位置付けにあった。いいかえるとエージェントはシステムの部品あるいはモジュールの単位として捕えられていたといっても良いであろう。ここでの問題点は、モジュールをどのように結合させれば、効率的な仕事ができるか、あるいは、どのようなモジュールに分割すれば、よりうまく仕事ができるかといったようなことであり、そのような問題に対して、人工知能的な方法がどのように適用できるか、ということが主な研究の関心となっていた。

分散人工知能とマルチエージェントシステム

Alan Bond とLes Gassser が1988年にまとめた分散人工知能に関する代表的な論文集 [2] に書かれた巻頭言によると、「分散人工知能には大きく分けて分散問題解決とマルチエージェントシステムがある」、としている。分散問題解決は、システムが担う仕事の分割とエージェントに対する配分の問題、および分散しているエージェントの間の結合関係の問題を扱うものである。これらも結局は複数のエージェントを扱う研究であり、マルチエージェントシステムの一部という見方もできるだろう。今となっては、その方がむしろ一般的かもしれない。当時は分散人工知能という大きい枠があったので、Bondと Gassserはこの二つを区別したというのが実情であろう。

さて、分散人工知能において、これら二つの研究分野の大きな違いは、マルチエージェン

トシステムがエージェントを中心としてエージェントの社会を考える研究であるのに対し、分散問題解決は、特定の問題を解決するシステムがあったときに、その解決方法としてエージェントを利用することが中心課題であるという点である。ある意味では、分散問題解決の方が、より具体的な問題意識に基づく研究であるかもしれない。マルチエージェントシステムの方は、それに対してより一般的かつ抽象的な対象を相手にしてきた点で、具体性に乏しい点が大きな欠点であった。最近こうした傾向は少しずつ改善されてきているが、これからマルチエージェントシステムの研究を目指す研究者は、少なくともある程度の具体性を念頭において、研究を行うべきであろう。

組織としてのマルチエージェントシステム

BondとGasserによると、私たちが問題にしているマルチエージェントの研究分野は、少なくとも5つの範疇に分類できるとしている。計画立案、コミュニケーション、エージェントの能力、組織構造、及び他のエージェントのモデル化である。このような研究に関心を持つ研究者は、エージェントにより焦点を当てることにより、そのコミュニティとしてのシステムについて考えようとする立場を取っている。

分散人工知能以前の人工知能においては、単体として存在するエージェントの知性について考えようとしてきた。これに対して、マルチエージェントシステムの研究者は、「コミュニティの一員として」のエージェントの知性、つまり社会性というものに焦点を当て始めたのである。マルチエージェントシステムの研究における組織観は、初期の分散人工知能の研究に多く見られたように、閉じたシステム (closed systems)ではなく開かれたシステム (open systems)^はである。エージェントそのものに焦点が当たっているために、それが属する組織は複数に及ぶことも可能だし、一つの組織構成自身が変化しうるものである。このような組織観は、私たちが人間社会において普段実感しているコミュニティに近いものである。現実的に、私たちが日常生活で体験している経済原理をインターネットの世界に持ち込もうとする研究は、今や一つの大きな分野を形成する方向にある。

上述したようなシステムは、常に決まりきった仕事だけをこなしていれば良い組織構造とは異なるため、特定の仕事に関しては、非常に効率が悪くなってしまう可能性を秘めている。しかし、一方で、常に変化する要求に応じて、組織形態を変化させることができるという柔軟性を持っている。どちらの形態をより好ましいと見るかは、トレードオフの問題である。私たちはしかし、柔軟にエージェント間の関係を作り出すことができるマルチエージェントシステムの持つ性質は、インターネットの発達によって、私たち人間のパートナーとしてエージェントを考えた場合、よりその重要性を増すものと考えられる。Osawaは動的環境な環

たこれはOpen Systems Foundation (OSF) でいうところのオープンシステムではなく、Carl E. HewittとPeter de Jongが [5] の中で述べているようなものである。

境の変化に適応して組織を再編する手法を提案し、評価している [30] 。

3.2.2 マルチエージェントシステムの展開

3.2.2.1 マルチエージェントシステムにおける標準問題

分散人工知能はその誕生から既に15年の歳月が流れている。しかしながら、分散システムにおける、分散人工知能やマルチエージェントシステム研究の貢献を公平に評価しようとした時、少なくとも一つの大きな障壁が存在している。それは、先にあげたような応用分野が、比較的大きくて複雑なものであり、十分に一般化された問題領域がなかなか見当たらず、これまで開発されてきた解法、方法論の有効性、そして一般性をはかることが困難であり、しかも、追試が困難であるために議論がかみあわず、さまざまなモデルが提案されるが評価することが不可能になっている、といったことである。

これらの反省から、誰もが理解でき、類似の実験状況の設定が容易な「標準問題」が必要であるという認識が生まれつつある。標準問題と呼べるためには、その問題が十分に現実における一般的かつ重要な課題を表現しており、現実的に存在する諸問題を直接調べる代わりに、標準問題によって調査することが可能でなければならない。さらに、多くの研究者が、その問題に取り組むことによって、彼らの研究を比較検討がなされているようなものでなければならない。これまでの、分散人工知能あるいはマルチエージェントシステムの研究の歴史の中で、このような問題は、非常に限られている。標準問題と呼んで差し支えないようなものは「タイルワールド」、「追跡問題」、および「囚人のジレンマ」などであろう [10]。また、最近ロボットやソフトウェアエージェントのチームにサッカーの試合行なわせようという新しい試み(RoboCup [12])が提案されている。これなどは実時間マルチエージェントシステムの標準的な評価基盤 [11] となることが予想される。

タイルワールドは、PollackとRinguetteによって1990年に提案されたものであり、エージェントのアーキテクチャが、予測困難な動的環境において動作するエージェントにどのような影響を与えるかを考えるための問題である [9] 。追跡問題は、Rand CorporationのBendaらによって1985年に提案されたものであり、共通の大域目標を持つ複数エージェントの集団において目標を効率良く達成するためには、各エージェントが個々の局所的な戦略と大域目標達成のための戦略の関係を考えるための問題である [1] 。また、囚人のジレンマは、元々ゲーム理論において提案されたものであり、特にマルチエージェントシステム固有の問題ではないが、エージェント間の利害関係が完全には一致しないような状況におけるエージェントの行動パターンを調べるための問題である。

3.2.2.2 インターネットとマルチエージェントシステム

今やインターネットのようなコンピュータネットワーク発達によって、世界はいたるところ身近なものとして感じられるようになってきた。また、シャープのザウルス、ソニーのマジックリンク、HPのHP2000Xのように、計算機もより小型、軽量化し、持ち運ぶことが可能なモデム内臓型の高性能なパーソナルコンピュータが安価に手に入るようになってきた。こうした計算機を駆使することによって、私たちはより迅速に多くの情報を送りだしたり入手したりすることが可能になってきた。先頃の関西大震災においても、情報交換のメディアとして、携帯電話をモデムに接続したパーソナルコンピュータとコンピュータネットワークが、被災地において、被災民が必要とするより正確な情報を入手するために大活躍していた。また、私たちはWWW (World Wide Web)という情報源のネットワークから、NCSA MosaicやNetscape Navigatorといったインタフェースを介して、映像や音声などを含むような情報を容易に取り出すようなことができるようになってきている。

情報公害

一方で、情報公害ということも叫ばれ始めている。これは、情報が多すぎることによって、何が自分にとって重要な情報か見極めることが非常に困難になり、かつ本当に必要な情報を検索するためには多くの時間を必要とするという問題である。ある情報の本当の価値を見い出すことができなければ、情報量的には0に等しい。また、情報検索に多くの時間を費やすことは、実際にその情報を活用すべき仕事をする時間がなくなることであり、私たちは、このことによってある種のジレンマに陥ることになる。そのために一層多くのストレスを抱えることにもなりかねない。

私たちが本当に必要とする情報を取捨選択してくれるようなエージェント、または必要ならば、持ち主である人間に代わって世界中を駆け巡り、他のエージェントと情報交換を行うことによって、その持ち主にとって、本当に有益な情報を集めてくるようなエージェントは、情報公害を少しでも緩和するという意味でも、今後ますます重要な意味を持ってくるであろう。そのようなエージェントから構成されるマルチエージェントシステムでは、コミュニケーションやインタラクション、そして人間とエージェントの間のインタフェースに関する研究が重要な鍵を握ると考えられる。

エージェント間コミュニケーション

エージェントが共同で仕事を行ったり、有限の資源を分けあったりする場合には、エージェント間のコミュニケーションあるいはインタラクションが重要になる。このため、エージェント間で情報を伝達するためのプロトコルあるいは共通の言語を設定する必要がある。こ

のための技術として、KIF (Knowledge Interchange Format)やKQML (Knowledge Query and Manipulation Language)と呼ばれるものが知られている。これらは特定のタスクの遂行のためのエージェント間のコミュニケーションを形式的に定義したものになっている。

また、エージェントの行動する環境が複雑になり、エージェントの行為や推論もそれに合わせて複雑になると、エージェント間で伝達すべき情報内容も多様になってくるであろう。そのような場合に相手の意図を把握するためには、相手の信念などの心的状態を推論する必要が出てくる。つまり、相手のモデルを自分の内部に作る技術が必要になってくる。このことに関連して、プラン認識という技術が知られている。これは、相手の(言語行為を含む)行動から、相手が遂行しようとしているプランを推論し、それに基づいて相手の行動の裏にある意図を読み取ろうとする技術である。これは、さらにエージェントが知的になり、人間と会話するようになると必須の技術となる。

エージェントの設計・プログラミング環境

エージェント通信によって分散情報サービスを行う枠組みが提案されている。個人用の情報処理環境とネットワークをベースにしたメッセージ通信および分散処理を実現する枠組みとしてテレスクリプト(Telescript)と呼ばれる技術が開発されている [24]。この枠組みでは、リモートプログラミング(remote programming)と呼ばれる手法が採用されている。テレスクリプトでは、テレスクリプト言語と呼ばれるプログラミング言語を用いて記述されたプログラムをエージェントと呼び、これがプレース(place)と呼ばれる分散環境上の処理システム上を移動し、実行されることによって、さまざまな分散情報サービスが実現される。つまり、ある個人のエージェント(クライアントエージェント)がユーザプレースと呼ばれる処理環境からネットワークを介して、サービスプレースと呼ばれる、ある情報サービス用の処理環境に転送され、実行される。

テレスクリプトのようにある程度閉じた環境では、その設計手法は固定されてくるが、より大規模でオープンな環境になると、設計方法論が決まらず実用システムを開発するのが困難になる。単純なものから積み上げて大規模なものを作っていこうとするのは確実であるが、タスクが複雑になるにつれて設計も複雑になり、単調に積み上げていくのが困難になるのは目にみえている。設計の当初から、スケーラビリティのことを十分に考慮しておくことが肝要であろう。

汎用的なエージェント通信言語・共通オントロジー

エージェント通信のための言語やオントロジーを決定することは非常に重要である。ただ し、タスクが決まらないとそもそもどのような情報を交換すべきかが決まらない場合が多い。 タスクに依存しない言語やオントロジーを設計することは困難である。重要なのは、新しい タスクが与えられたときに、部分的に仕様を変更することで対処できるような柔軟性を持た せることである。純粋に汎用的なものを設計するのは不可能だろうが、柔軟性を持たせるや り方はいくつか考えられるだろう。

エージェントの信頼性・安全性

エージェントに権限を委譲してタスクを実行させる場合にどのくらい信頼できるか、また、エージェントが情報交換するときに、プライバシーが保護できるか、などの問題は深刻である。現在は、あらかじめ何らかの制限を与えることで対処しているが、制限を与えることが困難であったり、エージェントの行為が状況に大きく依存するときに、臨機応変に対処して欲しい場合などに、どのようにユーザのコントロールを維持していくかは今後も多くの研究を要するだろう。これは、人間とエージェントがどのように協調して社会を構成していくかという問題に絡んでくるだろう。

知識コミュニティ

奈良先端科学技術大学院大学の西田豊明らは知識コミュニティプロジェクトを推進している [26]。知識コミュニティ(knowledgeable community)とは、知識の創出・流通・共有・利用・体系化のための人間とエージェントの共同作業の枠組みである。この枠組みでは、知識メディアと呼ばれる人間とエージェントの両方及び相互のコミュニケーションで利用可能な知識のあり方や、ハイパーメディエータと呼ばれる人間やエージェントが知識メディアに基づいてコミュニケートするための媒介、そして既存の情報源をボトムアップに構造化していく新しいオントロジー開発方法論に焦点を当てている。

まとめると、マルチエージェントシステムはネットワーク社会のようなオープンシステムをよりインテリジェントにするための最も有望な手法である。依然としてさまざまな問題を内包しているのは事実であるが、着実に発展してきていると思われる。本節で解説したようなエージェントインタラクションに関する技術は、複数のエージェントが一つのシステムを構成するための最も基本的な技術であり、今後も多くの研究成果が発表されるだろう。また、さまざまな応用システムが考案され、われわれの日常生活に大きく関わってくるに違いない。

3.2.2.3 インタフェースエージェント

エージェントは、インターネット内に構築されるマルチエージェントの社会と人間の社会 との間を結ぶ役割も果たさなければならない。これまでのヒューマンインタフェースのよう な、どちらかというと一方的に、ユーザあるいはシステムが主導権を握るものとは異なり、 人間とコンピュータの間でインタラクションの主導権が必要に応じて移り変わるスタイルが重要になってきている。このような能動性のあるインタフェースは、インタフェースエージェントと呼ばれている。インタフェースエージェントの具体例には、電子メールの仕分けなどをユーザーの代わりに行ってくれるメールエージェントや、インターネットを通じてユーザーの必要な情報を取りに行ってくれるSoftbot (software robot)などがある [15]。Softbotは、インターネットにおけるさまざまなユーティリティ(ftp, telnet, mail, archie, gopher, netfindなど)を用いてユーザをサポートするエージェントである。また、MITのMaesらによって、電子メールの管理に関してユーザをサポートするエージェントMaximsが開発されている [19、17]。Maximsは、メールを消去するとか、あるフォルダにしまうなどのように、ユーザが行う行動を予測して、予測の確信度が高いときはそれを行い、ある関値より低い場合は、ユーザに確認をとる。

双方向的なインタラクションを考慮した場合、人間がインタフェースエージェントに自分の要求を伝えたり、エージェントが人間になんらかの結果を知らせるための、人間とエージェント間のインタラクションについて考える必要がある。もちろん、プログラミング言語や特別に設計されたグラフィカルインタフェースを用いて、エージェントに要求を伝達する場合も考えられるが、人間とエージェントのインタラクションの一つの理想的な形態は、人間同士の対面の会話スタイルであろう。つまり、人間が発信する言語的あるいは非言語的な情報 (ジェスチャや顔の表情など)をエージェントが受け付け、またエージェントもそれと同様の (つまり人間にとって自然な)形態で情報を伝達することである。このようなエージェントは、ある種の人格を持ったパートナーとして存在することができるだろう。

このようなインタフェースエージェントの一つの実現方法として擬人化エージェントとよばれるものがある。会話型インタフェースには、機械に向かって話しかけるというユーザの心理的抵抗感や、応答の遅れなどによって、ユーザがシステムの状態を把握できなくなるという問題が生じる。そこで、ビジュアルなモダリティを用いて、システムの状態をわかりやすくしたり、ユーザの発話を促進したりすることができる。

ユーザの心理的抵抗感を軽減する一つの手段として、システムの擬人化がある。Appleのマルチメディアデータベース検索システムGuidesでは擬人化された案内役のキャラクターが表情などを使って、ユーザとの対話を円滑にしている [14]。同様に、擬人化されたキャラクターの表情を使って、ユーザにシステムの状態を伝達するシステムに、東芝の開発したTOSBURG II [27]、電総研で試作されたアクティブ・インターフェース [16]、そして後述するSony CSLのTalkmanがある。これらのキャラクターをすべてエージェントと呼べるかどうかは疑問であるが、ユーザの発話などからその意図を認識し、適切な応答を生成するシステムと、キャラクターの表情や動作などの擬人的表現が統合されているシステムは、擬人

化エージェントと呼んで構わないだろう。

また、Sony CSLのTalkmanは、人間と自然なインタラクションを行うエージェントを目指して試作された、人間的な顔を持ち音声言語で対話するシステムである [22、23]。さらにSonyCSLでは、人間同士の会話に参加する社会的エージェントと呼ばれるシステムを開発している [21]。このエージェントはTalkmanと同様に顔を持ち、カメラの目と2人の人間の会話を聞き取る耳を持つ。エージェントが社会的であるためには、自発性と協調性を持って人間社会に参加する必要がある。そのため、エージェントは2人の会話の中に何らかの誤解や事実誤認が含まれていたときに、それを検出して適切なタイミングで人間に知らせることを試みる。誤解の検出は、2人のプランを別々に展開し、その展開の仕方の違いを調べることによって行なわれる。エージェントは、視覚を使って人間の体の動きを見たり、話の間合いを窺いながら、発話のタイミングを決めている。

エージェント社会と人間社会の接点としての、人間とエージェントとのインタラクションを、ここでは人間とエージェントが一緒になって作り出す社会におけるインタラクションとして考える。それを社会的インタラクション(social interaction)と呼ぶ。社会的インタラクションは「複数の人間と複数のエージェントを含む環境での多対多のインタラクション」であり、CSCWやネットワーク化された教育、コンピュータ・エンターテインメントなどの応用において自律エージェントの設計を考察するためのテストベッドとなるものである。

ここで、社会的とは、対等な権利と責任を持って社会に参加できることであると定義する。 対等に参加できるということは、他者と比べて参加する機会が特に制限されることがないと いうことである。ただし、自分だけの効用に従って行動することができないという社会的制 約も存在する。

また、自律性はエージェントの必要条件である。これは、動的な環境に適応するためには 自律的でなければならないからである。このとき、社会性を持たない自律エージェントは害 になる可能性がある。これは、自律エージェントが自分の効用だけに従い、社会的制約を考 慮しない場合は、他のエージェントにとって著しく不都合な行動を行う可能性があるという ことである。つまり、社会的であるとは、自分の分をわきまえて行動するということを含意 している。

最後に、これまでのヒューマンインタフェースの多くが、コンピュータ上に設計された情報世界における人間とコンピュータの対話をサポートしてきたものであったのに対し、人間が実世界において直面するさまざまな状況を認識して、その状況において有益な情報を提供して人間をサポートするようなインタフェースを、実世界指向インタフェース(real-world-oriented interface)と呼ぶ[25]。つまり、実世界指向とは、人間が日常的に直面する実世界の状況にコンピュータを適合させようというアイディアである。

コンピュータが小型化し、それを身に付けるなどして、常に携帯するようになると、人間が今どんな場所で何をしているのか、これから何をしようとしているのか、に依存して情報を提供してくれるシステムが望ましくなる [28]。

エージェント指向インタフェースに実世界指向のアイディアとその技術を統合することによって、実世界状況を認識しユーザ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検索するシステム、あるいは実世界状況に依存したタスクをユーザに代わって遂行するシステムが考えられる。これを、実世界エージェント(real world agent)と呼ぶ [29]。 実世界指向技術との統合による実世界エージェントは、情報世界が身近になりエージェントの必要性が高まってくることは疑いないことであるから、今後ますますこのような方向の研究が進むであろう。

3.2.2.4 エンターテインメントとマルチエージェントシステム

今後のマルチエージェントの研究にとって重要な応用となり得るものは、まだある。それは、マルチエージェントゲームのようなエンターテインメントに対する応用である。スウェーデンの王立研究所であるSICS (Swedish Institute of Computer Science) で開発されたDIVE (Distributed-Interactive Virtual Environment) というソフトウェアは、3次元共有空間を提供しており、私たちはその上で、グラフィカルインタフェースを利用してマルチユーザーアプリケーションを開発したり、実験することができる。

これはもちろん、マルチエージェントシステム研究だけのためのソフトウェアではないが、このような研究ツールを利用して、実際の空間とリンクしたマルチエージェントシステムの研究を行うのに適している。このようなシステムを利用すれば、マルチエージェントおよびマルチユーザ参加型のエンターテインメントシステムという具体的な対象に焦点を当てて、マルチエージェントシステムの研究ができることだろう。特に今や私たちの生活に深く入り込んでいるコンピュータゲームのような具体的な応用を素材として、エージェントのパーソナリティを議論し、その上で、エージェントのコミュニティを議論することは非常に有意義な研究となるに違いない。

CMUのJoseph Batesらのグループが推進しているOzプロジェクトは、エンターテインメント的な研究であるが、非常におもしろい試みをしているものとして注目できる。それは、アニメーションエージェントの単純な動きが、人間のエージェントに対する感情移入にどのような影響を与えるか、という問題を探るものである。

さらに、Stanford大学のBarbara Hays-Roth らは、Joseph Batesらが開発したアニメーションシステムを彼女たちの開発したエージェントアーキテクチャと融合することによって、エージェントの即興 (improvisation)が、子供の教育あるいは心理的発達に及ぼす影響を考察しよ

うとしている。BatesやHays-Rothらの研究は、エンターテインメントを単に「遊び」としてのみ位置づけるのではなく、心理学者ユング (Jung)の言うような人間の心に隠された「満たされない感情」に対する洞察も含めた上で、人間社会と機械文明の共生に、マルチエージェントアニメーションが、どのように貢献できるのかを探るという意味でも興味が持たれる研究である。

3.2.3 マルチエージェントシステムの将来

以下ではマルチエージェントシステムの基礎理論の発展、他の研究分野との関係といった た観点から、今後の展望について簡単に述べる。

3.2.3.1 協調アーキテクチャの適応進化

これまでのマルチエージェントシステムの研究を概観すると、2つの流れが支配的であると思われる。一つは、協調アーキテクチャの構築に関するシステム論であり、もう一つは、協調的行為のベースとなる知識と信念あるいは合理性に関する理論である。協調アーキテクチャの構築に関して常に関心を集めているのは、状況依存性と実時間(リアルタイム)性を向上させるための方法論である。理論的な問題としては、分散環境においては共有されるべき知識が完全ではないという前提の上で、特定のタスクに関してエージェントが共有すべき焦点などを、どのようにして局所的に決定すべきか、というような問題が重要なトピックスとして認識されつつある。

システム論、理論を問わず関心を集めはじめているのは、市場原理を導入したマルチエージェントシステムの構築である。ゲーム理論にもとづいた合理的エージェントの考えをさらに発展させて、「売り」と「買い」によってエージェント間の合意を導こうという考え方は、1980年代半ばに一時かなりホットな話題となっていたが、当時は技術的背景、特にインターネットなどのインフラストラクチャの整備が今ほど整っていなかったため、空論に終っていた。近年の急速なインターネットの普及やWWWマネージャなどインターフェースの充実によって、実用価値が急速に向上していることが、再びこのような方法論が脚光を浴びることとなった大きな要因になっている。

市場原理を用いたシステムでは、ゲーム理論、契約ネットプロトコル、経済理論などが基板技術となる。ここ数年は、このような方向でマルチエージェントシステムの基礎理論を構築し、かつアプリケーションを模索する研究が盛んに行われていくであろう。

このような背景の中、まだ実用的技術としては確立していなが、近い将来に間違いなく重要となってくる研究テーマの一つは、適応的な、もしくは進化的なシステムであろう。イン

ターネットの発達にともない、マルチエージェントアプリケーションの有用性は次第に高まるであろうと予測される。インターネットの中では、多くの設計者によって作られたエージェントが共存することになるだろう。しかも、インターネットでは、標準化委員会で長いこと検討した標準使用に則って新しいエージェントを構築するよりも、その利点を活かし、迅速に新しいアプリケーションを世の中に送りだし、自然淘汰的に良いアプリケーションが生き残っていくという形態が、多様なニーズに対応するためには好ましいと思われる。

そのような環境で動作するエージェントは、まさに適応型エージェントでなければならない。そうすると、必然的に本章でこれまで述べてきたような理由によって、進化的性質を持つマルチエージェントシステムを構築していかなければならなくなる。この分野に関しては、今後多くの実際のアプリケーションによって、その意義が問われていく必要があり、議論の余地がまだ多く残されている。また、従来的な技術とのトレードオフの問題も大いに検討されるべきであろう。それでもなお、これまでになかった新しいマルチエージェント応用のあり方を模索する上では、これらが非常に楽しみに分野であると思われる。

<参考文献>

- [1] M. Benda, V. Jagannathan, and R. Dodhiawalla. On optimal cooperation of knowledge sources. Technical Report Technical Report BCS-G2010-28, Boeing AI Center, 1985. Cited in Les Gasser and Nicolas Rouquette, Representing and Using Organizational Knowledge in Distributed AI Systems. Proceedings of the 1988 Workshop on Distributed Artificial Intelligence, May 1988.
- [2] Alan. H. Bond and Les Gasser, editors. Readings in Distributed Artificial Intelligence.Morgan Kaufmann Publishers, 1988.
- [3] Daniel Corkill, Kevin Gallagher, and Kelly Murray. GBB: General Blackboard Development System. In *Proceedings of AAAI-86*, pp. 1008 1014, 1986.
- [4] Lee Erman, Frederick Hayes-Roth, Victor Lesser, and D. Raj Reddy. The Hearsay-II Speech-Understanding System: Integrating Knowledge to Resolve Uncertainty.

 Computing Surveys, Vol. 12, No. 2, pp. 213 253, 1980.
- [5] C. Hewitt and P. de Jong. Open Systems. In M. L. Brodie, J. Mylopoulos, and J. W. Schmidt, editors, *On Conceptual Modeling*, pp. 147-164. Springer-Verlag, 1984.
- [6] Victor Lesser, editor. Proceedings of the First International Conference on Multi-Agent Systems. AAAI Press / The MIT Press, 1995.
- [7] Marvin Minsky. The Society of Mind. The MIT Press, 1986.
- [8] Chisato Numaoka. Introducing the Blind Hunger Dilemma: Agents' Properties and

- Performance. In Proceedings of the First International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS'95), pp. 290—296. AAAI Press / The MIT Press, 1995.
- [9] Martha E. Pollack and Maarc Ringuette. Introducing the Tileworld: Experimentally Evaluating Agent Architectures. In *Proceedings of AAAI-90*, pp. 183–189, 1990.
- [10] 大沢英一, 沼岡千里, 石田亨. 分散人工知能における小問題. コンピュータソフトウェア, Vol. 10, No. 3,, May 1993.
- [11] 大沢英一. マルチエージェント研究の標準問題としてのサッカー. 人工知能学会研究会資料(SIG-J-9502), December 1995. (AIシンポジウム'95).
- [12] Hiroaki Kitano, Minoru Asada, Yasuo Kuniyoshi, Itsuki Noda, and Ei-Ichi Osawa Robocup: The robot world cup initiative. In *Proceedings of IJCAI-95 Workshop on Entertainment and AI/Alife*, pp. 19—24, 1995.
- [13] Rodney A. Brooks. A robust layered control system for a mobile robot. *IEEE Journal of Robotics and Automation*, Vol. 2, No. 1, pp. 14-23, 1986.
- [14] Abbe Don, Tim Oren, and Brenda Laurel. Guides 3.0. In *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'91)*, pp. 447—448. ACM Press, 1991.
- [15] Oren Etzioni and Daniel Weld. A Softbot-based interface to the Internet. *Communications* of the ACM, Vol. 37, No. 7, pp. 72-76, 1994.
- [16] Osamu Hasegawa, Katunobu Itou, Takio Kurita, Satoru Hayamizu, Kazuyo Tanaka, Kazuhiko Yamamoto, and Nobuyuki Otsu. Active agent oriented multimodal interface system. In *Proceedings of the Fourteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-95)*. Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1995.
- [17] Yazdi Lashkari, Max Metral, and Pattie Maes. Collaborative interface agents. In Proceedings of the Twelfth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-94), pp. 444-449. The MIT Press, 1994.
- [18] Pattie Maes. Agents that reduce work and information overload. *Communications of the ACM*, Vol. 37, No. 7, pp. 30-40, 1994.
- [19] Pattie Maes and Robyn Kozierok. Learning interface agents. In *Proceedings of the Eleventh National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-93)*, pp. 459-465. The MIT Press, 1993.
- [20] Katashi Nagao and Jun Rekimoto. Agent augmented reality: A software agent meets the real world. In Proceedings of the Second International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS-96). The MIT Press, 1996.

- [21] 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.
- [22] Katashi Nagao and Akikazu Takeuchi. Speech dialogue with facial displays: Multimodal human-computer conversation. In *Proceedings of the 32nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL-94)*, pp. 102—109. Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1994.
- [23] Akikazu Takeuchi and Katashi Nagao. Communicative facial displays as a new conversational modality. In *Proceedings of the ACM/IFIP Conference on Human Factors in Computing Systems (INTERCHI'93)*, pp. 187 193. ACM Press, 1993.
- [24] Jim White. The foundation for the electronic marketplace. *General Magic White Paper*, 1994.
- [25] 小島啓二. 実世界指向インタフェースの研究動向. ビジュアルインタフェースの研究開発報告書, pp. 37-48. 日本情報処理開発協会, 1993.
- [26] 西田豊明. 情報スペース構築・共有・活用技術に関する研究. Technical report, 奈良 先端科学技術大学院大学, 1996.
- [27] 竹林洋一. 音声自由対話システム TOSBURG II ーユーザ中心のマルチモーダルインタフェースの実現に向けて 電子情報通信学会論文誌, Vol. J77-D-II, No. 8, pp. 1417-1428, 1994.
- [28] 暦本純一. Augmented Interaction: 状況認識に基づく新しいインタラクションスタイルの提案. 竹内彰一(編), インタラクティブシステムとソフトウェア Ⅱ, pp. 9-17. 近代科学社, 1994.
- [29] Katashi Nagao and Jun Rekimoto. Agent augmented reality: A software agent meets the real world. In *Proceedings of the Second International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS-96)*. The MIT Press, 1996.
- [30] Ei-Ichi Osawa. A Metalevel Coordination Strategy for Reactive Cooperative Planning. In Proceedings of the First International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS-95). The MIT Press, 1995.

3.3 ネットワークエージェント

本章では、モバイルエージェントを中心とするネットワークエージェント技術に焦点をあてる。ネットワークの急速な普及により、情報サービスの内容は今後大きな広がりをみせるものと予想される。しかし、現状のような、もしくは現状の延長線上にある支援ツールのサポートのみでは、ネットワークを介してアクセス可能な膨大な量の情報やサービスの活用が困難となる恐れがある。こういった問題に対して、ネットワークエージェント技術が有効であると考えられる。ネットワークエージェントとは、人間の代理人としてネットワーク上で機能するプログラムの総称で、人間に代わって必要な情報やサービスをさがしまわったり、状況に合わせて行動を柔軟に修正するなどの機能を有することから、ネットワーク活用の有効な手段として期待できる。

3.3.1 概要

ユーザがネットワークを活用して行う仕事は、多くの場合、各所に配置された情報の収集と、それらの情報を活用して行う何らかの作業である。現状において手作業でこれを行うためには、まず必要な情報が何であり、それはどこにあって、どうすれば入手でき、情報を活用するためのサービスはどこで受けることができ、それを受ける資格条件は何であり、いかにすればその条件を満足でき、どういった手順で実際にサービスを受けることができるか、などについて知った上で作業を行う必要がある。エージェント技術は、このような煩わしい手続きからユーザを開放する技術として期待できる。知的なエージェントは、ユーザの要求に応じて必要となる情報の収集方法やネットワーク上のサービスの活用方法を自分で見いだし(もしくは仲間から教わって)実行することができる。移動性を持ったエージェント(モバイルエージェント)の典型的な動きは以下のようになる。

- ・ユーザからの要求を受けとったエージェントがネットワークへ送りだされる。
- ・エージェントは必要な情報やサービスを求めてネットワーク内のコンピュータへ自律的 に移動する。
- ・獲得した情報やサービスの結果を受けて、さらなる情報やサービスを求め、他のコンピュータへの移動を繰り返す。
- ・さまざまなコンピュータ間を移動したエージェントは、収集した情報やサービスを受け た結果と共にユーザのコンピュータへ戻り、報告を行う。

3.3.2 モバイルエージェントの利点

このようにユーザのネットワーク活用を支援するエージェントが移動型であると、以下のような利点が生じる。

(1) 通信コストの削減

モバイルエージェントの利用においては、エージェントを送り出した後、結果が戻ってくるまでの間に通信回線を切断しておくことができる。他の多くのネットワーク利用法が通信回線を接続したままで作業を行うのに対し、この方法はエージェントが移動する短い時間の回線接続ですむため、通信コストを抑えることができる。これは、携帯電話などの通信コストの高い機器を使用する場合に特に大きな利点となる。

(2) ネットワークの利用性/信頼性向上

上記と類似の利点として、接続している通信回線の伝送速度が遅い場合などにも、中間的な情報はエージェントが処理し、結果のみを持って帰るモバイルエージェントの方式が有利となる。また、通信路が不安定な場合でも、エージェントが通信状態を確認しながら移動したり、場合によっては他の通信経路を用いて移動するなどして、ネットワーク全体としての信頼性を高めることができる。

(3) ネットワーク上の計算資源の活用

モバイルエージェントは資源の限られた計算機や過負荷状態の計算機上での作業を避けて、 資源に余裕のある計算機へ移動して作業を行うことができる。これによって、ネットワーク で接続された計算資源を有効かつ効率的に活用することが可能となる。

3.3.3 実現にあたっての問題点

モバイルエージェントの問題点としては以下のものが挙げられる。

(1) 知性の実現

人間の代理人としての役割を果たすのに必要な知性をいかに実装するかは大きな課題である。モバイルエージェントに求められる知性を整理すると以下のようになる。

- ・ユーザの要求を理解する能力。
- ・要求を満足するための行動計画を立てる能力。この行為は複雑であり、少なくとも以

下の要素を含む必要がある。

- -自分は何をすべきか。
- -そのためには、どういった情報やサービスを必要とするか、
- それを得るために、どこへ移動すればよいか、
- -移動先で、いかにふるまえばその情報やサービスを得られるか、
- ーそのための前提条件は何で、いかにそれらを満足できるか、
- ・立てた計画に基づいて実際にネットワーク上を移動して行動する能力。
- ・計画の際に予想した状況と実際の状況が異なる場合に、実状に合わせて計画をうまく 修正/変更する能力。

(2) セキュリティ

モバイルエージェントが開放型ネットワークの上で作業する場合には、さまざまな面での セキュリティを考慮しなければならない。セキュリティの保証が不十分であると、モバイル エージェントが訪問先の計算機に被害をもたらしたり、エージェントが持ち歩く情報が盗ま れて不正に利用される恐れが生じる。モバイルエージェントのセキュリティをいかに保証す るかは難しい問題であるが、以下の観点から議論されている。

・エージェントのセキュリティ

エージェントが持ち運ぶ情報や機能について、外部から盗まれたり、改ざんされることがないように防止する機能が必要である。また、商取引などにおいては、エージェントの複製を防止する機能も重要となる。現状では、暗号化、メッセージダイジェストなどの手段が考えられている。

・エージェントが訪れる計算機のセキュリティ

モバイルエージェントはネットワークに接続されたさまざまな計算機に移動して作業を行うため、エージェントを受け入れる計算機がエージェントによって攻撃されないことを保証するしくみが必要である。現状では、認証を用いて適格なエージェントであることを確認する他に、消費可能な資源の量に上限を設けたり、利用できるサービスを制限するなどの方法で防御する手段が考えられている。

(3) プラットフォームの普及

いくらネットワーク環境が広まっていっても、モバイルエージェントは移動や作業を行う ための基盤環境(プラットフォーム)が設置された計算機の間でしか行動できない。豊富な情 報やサービスの活用はエージェントを有効なものにするための絶対条件であり、いかにプラ ットフォームを普及させるかはエージェント技術が成功するための重要なポイントとなる。 これには、後述する標準化動向も大きくかかわってくる。

3.3.4 日米の研究開発事例

以下で日米の研究開発事例を紹介する。

(1) Flage (Field oriented Language for AGEnts)

Flageは、通産省産技室の産業科学技術研究開発制度による新ソフトウェア構造化モデル研究プロジェクトの活動の一環として、情報処理振興事業協会(IPA)によって開発がすすめられているエージェント言語とその処理系である。システムは、ソフトウェアの部品やその使用方法/使用条件などを蓄積したフィールドと、ネットワーク上を移動して部品の獲得・調整を行う実行主体であるエージェントから構成される。フィールドは一種のソフトウェア部品ライブラリィと見ることができ、エージェントはこのフィールドの間を移動しながら、目的に合ったソフトウェア部品をさがしまわる。適切なソフトウェア部品を見つけると、必要に応じて部品の調整を行い、その部品を獲得することで、自ら成長していく(図3.3-1)。このようなコンセプトに基づくエージェントシステムはまったく新しいもので、ネットワーク上に配置されたソフトウェア部品を組み合わせて目的のソフトウェアを合成する開発法や、運用中の予期せぬ事態や仕様の変更要求に柔軟に対処し得るシステムの構築などへの応用が期待されている [5]。

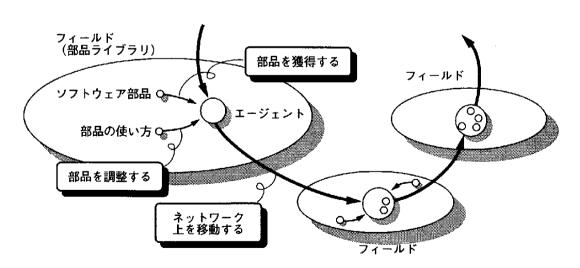


図3.3-1 Flageにおけるエージェントの成長

(2) Plangent (PLANning aGENT)

東芝が研究開発中のエージェントシステムPlangentでは、プランニング機能を有する知的なエージェントがネットワーク上を自律的に移動し、必要な情報を収集しながらユーザの作業を代行することができる。Plangentにおけるエージェントは、ユーザの要求を受けとると、それを満たすためにどこで何をすればよいかの計画(プラン)を立て、この計画に基づいて実際にネットワーク上を移動して作業を行う。何らかの事情によって当初のプラン通りの作業が行えない場合は、移動先の情報を用いて再プランニングを行い、ユーザの介入がなくても自らプランを修正して移動/実行を繰り返すことができる。これによってユーザの目的に合った結果が得られると、ユーザの元へ戻って結果を報告する(図3.3-2)。この種のエージェントシステムがネットワーク上に分散された情報の活用に有効であることが実験的に確認されている [4、10]。

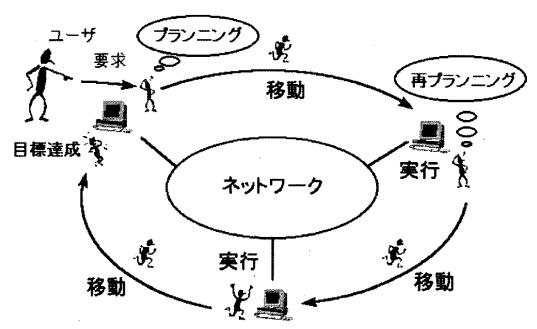


図3.3-2 Plangentにおけるエージェントの動作概要

(3) Aglets Workbench

Aglets WorkbenchはIBMが研究開発を続けているモバイルエージェントのためのフレームワークである。プログラマはJavaのクラスライブラリィとして提供される抽象クラスを継承することにより、プラットフォーム独立で、ネットワーク上を移動しながら実行されるエージェントプログラムを容易に作成することができる。AgletsのエージェントはAgletContextという環境上で実行される。また、エージェントの生成、削除、その他の制御のためのビジュアルな環境としてTahitiも用意されており、インターネット上を動き回るエージェントの制御を比較的簡単に行うことができる[7、16]。

(4) Telescript

TelescriptはGeneral Magic社が開発したモバイルエージェント記述のための専用言語である。Telescriptでは、プレースと呼ばれる非移動プロセスがネットワークの各所に分散しており、エージェントはgo命令によってこのプレース間を移動する。移動の際にはエージェントの実行コードと実行状態とが送られ、移動先では実行状態を復元してからコードが実行されるので、ネットワーク上を移動しながらの継続的な処理が実現できる。言語の実行環境であるTelescript Engineの他にTabrizと呼ばれる開発環境があり、WebからTelescriptを操作するための機能やTelescriptプロセスからHTTPリクエストを行うための機能がライブラリとして提供される[11、12、15]。

(5) OAA (Open Agent Architecture)

SRIインタナーショナルが研究開発をすすめているOAAは、モバイルエージェントシステムではないが、オープン・エージェント・アーキテクチャとしての優れた機能を持っている。基本機能としては、黒板モデルに基づくエージェント間通信、実行委託、データ指示実行、推論、プランニング(プロトタイプにおいては実装されていない)などを持つ。特に、エージェント間通信言語(ICL)と分散型黒板モデルに基づくエージェント間通信での高い透過性は大きな特徴となる。また、マルチモーダルなユーザインタフェースによるタスク委託の円滑化もOAAの特徴と言える [1、18]。

(6) その他の事例

その他の研究開発事例としては、プランニング機構を有するSoftbotを用いてインターネットの利用を支援するInternet Softbot [2] や、ネットワーク上のメッセージパッシングやマルチプロセス、リモート・エバリュエーションなどの機能を有する記号処理言語April [8]、また製品レベルでは、モバイルコンピューティングを支援するOracle Mobile Agentsや、Javaによるモバイルエージェント開発を支援するCyberAgentなどがある。

3.3.5 わが国として取り組むべき課題

以下で、わが国として取り組むべき課題について考察する。

(1) 技術標準化の推進

広域なネットワークを活動の場とするモバイルエージェントシステムにおいては、移動可能な範囲の拡大、利用可能な情報やサービスの確保が重要であることは既に述べた。種々の

システムにおけるエージェントの動作メカニズムや外部とのインタフェースが標準化されると、AシステムのエージェントがBシステムのプラットフォームへ移動して情報/サービスを利用したり、その逆が行われたり、相互の乗り入れが可能となってエージェントの利便性が大きく向上する。この種の標準化作業は、ネットワーク環境が急速に変化している中で、将来の方向性を見定めた強いリーダシップの下ですすめるべきものである。標準化の対象としては、エージェントの生成、移動、実行、削除、位置管理、セキュリティなどといったエージェントの管理方式や、エージェント同士もしくはエージェントと人間のコミュニケーション方式、エージェントと既存ソフトウェアとのインタフェースなどが挙げられる。海外では以下のような標準化団体が既に活動を始めている。

FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents)

FIPAは、MPEG-2などで実績のあるCSELTのDr. Chiariglione氏が議長をつとめる非営利団体で、エージェント技術全般に対する標準化を目的として活動している。1996年に発足して以来、日米欧の多くの企業が法人会員として参加しており、97年10月には標準化仕様(第1版)を発行する予定である [14]。

· OMG (Object Management Group)

OMGの Common Facility PTFが発行した提案要求3(PTF3)に、1995年からモバイルエージェント機能(Moile Agent Facilities)が盛り込まれ、規格化の議論が行われている。これまでにIBMが中心となる合同提案などが検討された [17]。

Agent Society

Agent Society は、米国企業が中心となって、インターネット上のエージェント技術に的を絞り、システム開発、研究開発、標準化、ワーキンググループ/国際会議などの運営を行っている。IBMやMicrosoftなどの市場に影響力を持つ企業が参加している [13]。

(2) 大規模アプリケーション構築実験の実施

将来の高度情報化社会におけるエージェント技術の有効性を実証するためには、比較的大規模なアプリケーションを開発し、実験評価を行うプロジェクトが有効と思われる。全国(もしくは海外を含む)規模での実験環境を構築し、大学企業を問わず有志が参加して種々のエージェントの構築、情報/サービスの提供などをこの環境の上に展開する。このための通信インフラの整備、プラットフォームの設置、参加ルールの制定などはトップダウンに行うべ

きものであるが、それ以降の運用・展開・拡張などについては参加側が主体となってボトム アップにすすめていくことが望ましい。種々のアプリケーションに対しては、情報やサービ スを提供する立場、エージェントを利用する立場、エージェントの管理的側面やセキュリティ、性能、効率など、さまざまな観点での公平な評価を運用中から行う。評価結果がおもわ しくないものは淘汰するなどのフィードバックを設け、技術の進展を促進するのも一案であ る。

(3) 基礎研究の推進

アプリケーション構築の実験などにより、エージェントシステムの特徴的な機能に関する研究開発はすすんでいくものと思われる。しかし、通信インフラ技術、セキュリティ技術、エージェントの知性に関する研究、エージェントを前提とするソフトウェアのアーキテクチャの研究といった重要な項目に関する基礎研究は、公的な機関が中心となって着実にすすめるべきものであると考えられる。

<参考文献>

- [1] Cohen, P. R., Cheyer, A. J., Wang, M., and Beg, S. C.: An Open Agent Architecture, in *Proc. AAAISpring Symposium* (1994), pp. 1–8.
- [2] Etzioni, O. and Weld, D.: A Softbot Based Interface to the Internet, *CACM*, Vol. 37, No. 7 (1994), pp. 72-76.
- [3] 服部文夫:ネットワークエージェントによる情報収集と流通,情報処理学会誌, Vol. 38, No. 1 (1997), pp. 30-35.
- [4] 服部正典, 田原康之, 大須賀昭彦, 本位田真一: Plangent II: インテリジェント・ネットワークエージェント 分散環境におけるコンポーネントの検索/獲得問題への適用, ソフトウェア工学の基礎 III, 近代科学社 (1996), pp.194 197.
- [5] 本位田真一,田原康之,粂野文洋,大須賀昭彦:エージェント指向言語 Flage,情報処理振興事業協会,第12回技術発表会(1993),pp. 101-111.
- [6] 飯田一郎, 西ヶ谷岳:モーバイルエージェントとネットワーク, 情報処理学会誌, Vol. 38, No. 1 (1997), pp.17-23.
- [7] Lange, D. B. and Chang, D. T.: IBM Aglets Workbench, White Paper (1996).
- [8] McCabe, F. G. and Clark, K. L.: April Agent PRocess Interaction Language, *Intelligent Agents*, LNAI 890, Springer-Verlag (1995), pp. 324—340.
- [9] 西田豊明: ネットワーク社会とエージェント, 情報処理学会誌, Vol. 38, No. 1 (1997), pp. 10-15.

- [10] Tahara, Y., Hattori, M., Ohsuga, A., Nagai, Y., Irie, Y., and Honiden, S.: Plangent An Intelligent Multiagent System for Network Computing, in *Proc. 2nd International Conference on Multi-Agent Systems*, AAAI Press (1996), pp. 460—460.
- [11] White, J.: Telescript technology: An introduction to the language, *General Magic White Paper*, General Magic (1995).
- [12] 山崎重一郎, 津田宏(編訳): Telescript言語入門, アスキー出版局 (1996), p. 398.
- [13] http://www.agent.org.
- [14] http://drogo.cselt.stet.it/fipa/
- [15] http://www.genmagic.com/Telescript/
- [16] http://www.trl.ibm.co.jp/aglets/index-j.html
- [17] http://www.omg.org
- [18] http://www.ai.sri.com/oaa/
- [19] http://www.cs.umbc.edu/agents/

3.4 ネットワークとデータベース

3.4.1 将来の情報産業の土台を生み出すと思われる重要な技術

ネットワーク環境におけるデータベース技術は分散データベースやオンラインデータベースなど長い歴史がある。分散データベースはコンピュータネットワークに接続された複数のサイトにデータベースを分散配置し、処理効率の向上や障害対策などを図ったシステムである。分散データベース機能はすでに多くの商用データベース管理システムで実装されている。分散データベースを発展させたシステムとしては複数の異なったデータベースを管理するマルチデータベース、異機種分散データベース、連邦データベースなどとよばれるシステムがあり技術的には一定の水準に達している。オンラインデータベースはネットワークを利用した情報検索システムであり、文献情報検索や各種の情報提供サービスとして利用されている。データベース管理と情報検索の両分野は共通事項も多いが、利用形態が異なるため別々の研究分野と考えられる場合が多かった。また、データベースの更新を高速で行う必要がある応用に向けたシステムはオンライントランザクション処理システムと呼ばれ別の分野として扱われることも多い。また、電子図書館はデータベースと密接に関連しているが、これについては別項で詳説される予定である。

最近のインターネットの普及に伴い、データベース管理技術と情報検索技術の両分野にまたがるような研究や、新しいメディアを扱うための研究が盛んになっている。新しい分野としてはさまざまな情報源を統一的に扱ったり、大量のデータから知識を発見したりする研究などAI技術と関連の深いものが多い。一般の情報処理技術者や利用者の間で話題となった分野としてはマルチメディアデータベース、データウェアハウス、データマイニングなどがある。また、ウェブデータベースという呼び方をする場合が有るように WWW も広い意味でのデータベースと考えることができる。従って、最近は WWW やそのブラウザなどの関連ツールを踏まえた研究開発が盛んになっている。ネットワークとデータベースに関連する最近の話題には以下のものがある。

- ・インターネットとデータベース
- ・イントラネットとデータベース
- ・異種情報資源の統合利用
- ・開放系での問合せ機能
- ・情報源間の交渉/協調機能(またはエージェントデータベース)
- ・情報源からのデータマイニング/知識発見

· CSCW のためのデータベース

これら以外ではマルチメディアデータの扱いが引き続きデータベース分野の重要課題となっているので、ネットワーク関連の研究でも重要である。

上記のテーマの最初の2つ、すなわちインターネットまたはイントラネットとデータベースに関してはWWWブラウザからのデータベース検索やウェッブ検索サーバなどがすでに実用化されている。しかし、これらの機能は比較的単純なレベルにとどまっており、各種情報資源の有効利用や、データベース機能をインターネット環境で十分に発揮するような形態とはなっていない。これらの問題は次の2項目、すなわち異種情報資源の統合利用と開放系での問合せ機能の研究開発課題となっている。異種情報資源の統合利用ではDBMSで管理される構造化データや、ウェブやSGML文書などの非構造データを統合的なインタフェース、例えば問合せ言語で利用可能とすることが主な課題である。このテーマはさまざまな角度から研究されているが、インターネット環境での種々の情報の有効利用を行うためには不可欠な課題である。開放系での問合せ機能では従来のマルチデータベースのようにあらかじめ定められたサイトだけでなく、任意のサイトへの自由な問合せを実現することを課題としている。問合せ機能では属性などの構造情報が利用でき必要情報だけを送ることを指示できるので、WWWでのキーワード検索より精度の高い検索が可能である。

情報源の交渉/協調機能は各種の高度なデータベース応用のためにデータベースなどの情報源に知的な処理を導入するアプローチである。データマイニング/知識発見では大量のデータの中から意味のある情報をどのようにして得るかが課題である。汎用的な方法も各種研究されているが、ドメインによって方法を使い分けたり、ドメイン知識を用いる方法が有効である。重要なデータほど企業秘密とされる傾向があるため、重要な研究内容が必ずしも発表されない場合が有る。CSCWのためのデータベースは重要なテーマであるが、CSCW研究の一環として作業環境や作業手順との関連を重視する必要があり、リポジトリのように独自の領域として成長していくと思われる。

3.4.2 日米欧比較

米国の情報技術に関しては本研究所で昨年度調査を行った[1]。研究開発分野は5つに大分類され情報管理はその1つとなっている。情報管理分野には情報管理システム、データベース設計と管理、検索言語、等が含まれる。この分野では90年代に入って、政府の出資を受けることが難しくなっている(本調査によれば情報技術分野の資金の内情報管理分野の割合はあまり大きくなく減少傾向にあると推測されている)。その中で比較的ホットなのはイン

ターネットとの関連の部分である。具体的には「分散マルチメディアデータベース」と「マルチメディア情報検索」がある。

分散マルチメディアデータベースはHPCCのデジタル・ライブラリ・プログラムの中で取り上げられている。このプログラムでは分散した各種の情報をネットワークでどこからでもアクセス可能とすることが課題であり、あらゆる情報が対象となる [1] 。これは前節で異種情報資源の統合利用と述べたテーマに対応している。従って、図書館の電子化を主な課題とする日本の電子図書館プロジェクトと比較して対象領域が広いように思われる。ただし、個々のテーマでは図書館への応用を意識したものが多い。また、米国ではもう一つの流れとして公共/大学図書館を中心に行われているデジタルライブラリ研究があり日本のものに近い。

マルチメディア情報検索ではマルチメディア情報の検索や表示が主な課題である。マルチメディア情報の扱いは以前から情報管理/データベースの重要な課題であるが、最近のマルチメディア技術の発達によりますます重要になってきた。本委員会でも電子美術館やヒューマンメディア技術などでマルチメディア情報の検索の重要性が議論された。

欧州の研究開発プログラムの代表である ESPRIT では情報技術分野はソフトウェア技術、 部品とサブシステム技術、マルチメディアシステムの3つに大分類されている [2、3]。ソフトウェア技術は4つのテーマに分類され小分類として34のタスクがあるが、10のタスクが テーマ3の「分散システムとデータベース技術」に属している。これらのタスクを以下にあげる。

- · Modeling and development of distributed systems
- · Interoperability
- · Distributed systems management
- · Middleware and architectures
- · Information infrastructure
- · Highly performant DDBMS
- · Future integrated DBSs
- · Extension of DBMSs functionalities
- · Environments for DBS applications
- · Intuitive access to information

なお、上記の内 Information infrastructure は Work Programme-1994にはなく、1996の改版で タスク34として追加されたものである。また、大分類のマルチメディアシステムには12のタ スクがあり、Multimedia storage and retrieval のようにデータベースと関連の深いタスクが含まれている。このようにEspritではデータベースは分散システムやマルチメディアシステムと密接に関連する分野と位置づけられ研究が行われている。

日本ではかつてインターオペラブル・データベースの研究開発プロジェクトがあったが、これは技術的には分散/マルチデータベースに対応するテーマであった。また、第5世代コンピュータプロジェクトにおける知識ベースの研究開発は知識処理とデータベースの統合を目指すアプローチを取っていた。最近ではいくつかの電子図書館プロジェクトがある。しかし、電子図書館プロジェクトには大学のデータベース研究者はあまり参加していない。

大学関連では平成8年度から科学技術研究費重点領域研究として「メディア統合及び環境 統合のための高機能データベースシステムの研究開発」(略称:高度データベース)が開始され た。ここでは「高度応用のための情報ベースモデルとその実現技術」、「マルチメディア情 報ベース技術」、「分散発展型データベースシステム技術」、「協調能動型データベースシ ステム技術」の4班で研究が行われており、前節で述べた研究テーマの大部分に関連する研 究開発が行われている。これらの研究の中には電子図書館に有用な技術もかなりあると思わ れるが、図書館への応用を目指した研究は明示的には行われていない。

3.4.3 わが国として取り組むべき課題

ネットワークとデータベースに関連するわが国の研究開発は産業界を含んだものとしては電子図書館プロジェクトが関連するが、それ以外にはいくつかのプロジェクトで副次的に取り上げられている程度である。それに対し米国ではディジタル・ライブラリ・プログラムが日本の電子図書館プロジェクトと比較し広い視野で情報資源の問題を捉えているのをはじめ、情報管理が情報関連の5大分野の1つに位置づけられるなどかなりの政府資金が投入されている。また、欧州のEspritでもデータベース技術が情報技術の中でも重要な技術の1つとして位置づけられている。情報管理/データベース技術は情報インフラの重要な構成要素であり、情報産業の振興のためにより積極的な取り組みが望ましい。

本分野のプログラムを新たに考える場合、情報管理やデータベース一般をテーマとする案ともう少し焦点を絞った形にする案の両者が考えられる。一般的なテーマでのプログラムとする場合はEspritと同様に主な技術課題といくつかの応用をあげ総合的な研究開発を行う。しかし、このようなプログラムは情報技術一般に関するプログラムができてその一環として実施するのでなければ困難かもしれない。これに対しより明確な目標を掲げたプログラムの方が実現が容易な可能性がある。このようなプログラムの候補としては「情報資源統合」があげられる。

情報資源統合では国内外のさまざまな情報資源をネットワークを利用して統一的に利用する環境を実現することを目標とする。ここで情報資源統合は前記の「異種情報資源の統合利用」であげた課題だけでなく、関連の課題も含むより広い意味で使用する。また、各種情報資源の管理技術も対象とする。さらに電子図書館とは別のテーマではあるが、電子図書館もその応用の一部と位置づけることにより、シーズとニーズのバランスの取れた研究開発を行う。電子図書館は技術的には(分散)マルチメディアデータベースの一種と考えることができる。従来の電子図書館プロジェクトではデータベース研究開発との連携があまりとられていない(参加企業内では連携が取られている場合がある)。情報資源統合というより広い視点のテーマの一部に位置づけることにより、電子図書館に関しても新しい観点の導入などが期待でき、データベース研究者にも大きな応用分野に取り組むモチベーションを与えることができると思われる。なお、日本語の図書館という用語と比較し英語のLibraryはsubroutine library などより広い意味で使うことができるので、図書館というよりカタカナでライブラリと書いた方が良いかもしれない。また、情報資源統合というテーマの応用は電子図書館に限定されず、より広く産業への適用が期待できる。

3.4.4 今後に必要な調査

- ・米国のディジタル・ライブラリ・プロジェクトでデータベース管理技術がどのように 位置づけられているか。
- ・日本の電子図書館関連プロジェクトとデータベース研究との関連。
- 情報資源統合の技術開発の産業への貢献

<参考文献>

- [1] 日本情報処理開発協会先端情報技術研究所、米国の先端情報技術に関する調査研 。 究、1997年6月
- [2] Esprit Information Package, Part I: Genaral Information, Dec. 1996
- [3] Esprit Information Package, the 1996 Esprit Work Programme, Dec. 1996

3.5 マルチモーダル対話システム

3.5.1 はじめに

本稿では、マルチモーダル対話システムの研究状況について、最近のものを中心に紹介する。これまでに行われてきたさまざまな試みとともに、その技術的な課題や実現にあたっての問題点などについて述べたい。本稿では、人間と多様な情報のやりとりを対話的に行う人工的なシステムを「マルチモーダル対話システム」と呼ぶが、人間とコンピュータとのインタフェースとしての視点から、「マルチモーダルインタフェース」と呼ばれることも多い。

マルチモーダルインタフェースの定義として、 [長尾96] では次のように述べられている。 「直接操作の基本となるグラフィックスや、言葉を表示する音声やテキストなどの複数 のコミュニケーションチャンネルが同時に、相互補完的に利用でき、言葉や行為のモダ リティを働かせてインタラクションができるようなシステムは、マルチモーダルインタ フェースと呼ばれています。|

「モダリティ」というのは、情報伝達において用いる認知的手法あるいは様式のことである。この場合に、単にコンピュータとのインタラクションの手段として複数のメディアやチャンネルが利用できるというだけでなく、有機的に統合されることが重要である。

少しわかりやすい例としては、音声、身振り、表情などの複数の情報伝達様式を組み合わせて、人間との情報のやりとりを対話的に行うものがあるが、概念としては、かなり幅広いものである。

3.5.2 研究状況

これまで、マルチモーダル対話システムに関するさまざまな提案や研究開発が行われてきた[長尾 96, 田村 95, 黒川 94]。具体的には、

- ・音声認識とセンサー、マウス、タッチパネルなどとの統合、
- ・身振りや表情の認識と合成、
 - ・画像による読唇と音声認識の統合、
 - ・顔認識による人物識別と音声対話の統合、
 - ・CG (擬人化) エージェントと音声対話の統合、

などが主として取り上げられてきた。多様な情報伝達様式を有機的に統合した対話システムが理想的なものであるが、多くのものは、アイデア段階、研究開発の初歩的段階にとどまっている。

マルチモーダル対話システムの研究にはさまざまな要素がある。紙面がある程度限られているので、いくつかの研究の事例を以下に紹介するが、これ以外にもさまざまな研究が行われている。

まずあげられるのは、音声認識と磁気センサーによる指さしを組み合わせた "Put That There" である [Bolt 80]。これは巨大なスクリーンに向かってすわり、ある対象物を指さして "Put That"と言い、次に別の点を指さして、"There"と言うと、その対象物が移動するというものである。

Human Reader [末永 92] は、視覚による頭部と手指の検出を行って、人間の状況を理解し、音声認識との統合を行うものである。スクリーンの前に座った利用者の顔および手指の動作を正面、側面および上面に設置した3台の小型テレビカメラでとらえ、実時間画像処理を行うとともに音声コマンドの認識も行う。また CG による顔画像の合成と音声合成との統合も行っている。

TOSBURG II [竹林 94] は、ハンバーガーショップでの注文システムを想定して、ワードスポッティングをベースとする音声認識によって自由な話し言葉による音声対話を目指すものである。アニメーション、合成音、応答文テキストによる応答生成を行っている。音声応答キャンセル機能を組み込み、システムからの音声応答をさえぎった音声入力を可能としている。

Talkman [Nagao94] は、人間と自然なインタラクションを行うエージェントを目指して試作された、人間的な顔と表情を持ち、音声言語で対話するシステムである。連続音声認識技術による音声対話と、3次元的な顔のグラフィックスによる多様な表情のリアルタイム生成を行う擬人化エージェントのプロトタイプである。

電総研では、システムに、人間の行動や発話を見聞きし、また自らも発話や行動によって人間に情報を伝える能力を持たせることを目指して、音声認識、音声合成、画像認識、画像合成を統合したマルチモーダル対話システムの研究開発を進めている [Hasegawa 95]。このシステムの特徴は、第一に、画像による人物識別と音声対話を組み合わせることで、識別された人物の名前を、システム側から呼んで話しかけるという「自発性」を実現したことである。また複数の人物を識別することで、第三者への伝言機能を実現している。さらに3次元的な顔のグラフィックスにおいて、ユーザとの視線の一致を行うようになっている。

また Mr. Bengo [新田 96] は論争を支援する知識ベースシステムに、顔認識、表情合成、音声認識、音声合成、WWWブラウザなどのモジュールを統合したマルチモーダル実験システムである。

身振りや表情の認識については、昨年には、顔とジェスチャーの自動認識について、第2回の国際会議 [FG 96] が開催されており、近年、研究が活発化している。たとえば RWC

つくば研究センターでは、人間の身振りに対して連続 DP 法を用いたスポッティング認識を 行い、ジェスチャー認識を行っている「高橋 94」。

画像認識による読唇と音声認識の統合については、音声認識にとって典型的な情報統合の例である。画像認識手法には、モデルを設定して特徴量を求めるもの、主成分分析などによって画像の全体から特徴をもとめるものなど、さまざまなものがある。目標の設定は、例えば騒音中の音声認識性能を向上させるという比較的わかりやすいものである。人間と機械によるspeechreadingについては、一昨年、NATOのワークショップが開催されている[Stork 96]。

3.5.3 背景

こうした研究の背景としては、現在、普通に使われているコンピュータシステムのインタフェースを超えて、実世界と相互作用できるような人工物やその人工物のためのインタフェースの実現を目指そうという流れがある。アプリケーションとしてのイメージも、これまでのいわゆる計算機ソフトというイメージから、電子秘書や情報執事といった、自律的な実体のイメージをもったものが指向されるようになってきている。

人間の行動や発話を見聞きし、また自らも発話や行動によって人間に情報を伝える能力を システムに持たせたいと考えると、そこで対象としなければならない情報の内容や、情報を 伝えるためのメディアや伝達様式は、従来のものとは、大きく異なってくることが予想され る。

対象となる情報の内容は、より日常的で、生活に密着し、より人間的なものとなるだろう。 ちょっとした情報を相互に伝えあい、共有しあうことになるだろう。数値やテキストから音 声や動画像の連続的なメディアに伝達媒体が変化するのも、そこで伝えたい内容が、文字で 表わされるようなものだけから、たとえば、微妙なニュアンスや感情といったものにまで広 がる可能性があるからであると考えられる。

3.5.4 技術的特徵

マルチモーダル対話システムの研究にはさまざまな要素がある。大きく分類すると、情報 統合、ノンバーバルコミュニケーション、対話性の3つの側面がある。

これらは相互に関係もしているが、技術的にはそれぞれがある種の研究領域を形成しており、それぞれに固有の題材、問題意識、方法論の元に研究が行われてきているように思われる。

(1) 情報統合

情報統合というのは、音声や画像などの種々の情報を統合的に処理することである。組み合わせる情報の種類や、統合の仕方によって、さまざまな情報統合が考えられる。たとえば、音声認識と画像認識を統合することで、これまで単独では得られなかった認識性能を達成するというのは、わかりやすい例である。画像認識による読唇との統合によって、騒音中の音声認識性能を向上させるというのは、情報統合によってある特定の情報伝達機能の性能を向上させることの例である。

また "Put That There" の場合には、指示語のさす対象物は、音声だけでは特定できず、指示動作との統合によってはじめて曖昧性を解消することができる。

複数の情報伝達様式の統合による新しい機能の実現というのも、その技術的な特徴である。 たとえば、画像認識による人物識別と音声合成の統合によって、システムから話しかけると いう「自発性」を実現したり、人物識別と音声対話の統合によって、第三者への伝言機能を 実現したりするというのが、この例である。

ここで注意すべきことは、入力(認識)の統合だけでなく、出力(合成)についても情報統合の対象であることである。たとえば音声認識を行う際に、擬人化エージェントによる表情の表出によって、認識結果についてのシステムの状態(認識結果についての確信の程度など)を示すということも、情報統合の一例である。

(2) ノンバーバルコミュニケーション

ノンバーバルコミュニケーション(あるいはノンバーバルインタフェース)というのは、言葉によらない対話という意味で、身振り、表情、視線、韻律などを用いた情報伝達のことである。

コニュニケーションに用いられる音声と画像情報は、まず、その多様性に特徴がある。人間が、人間同士のコミュニケーションにおいて、自らの体を用いて生成でき、また認識(理解)できるものは、発話であり、身振りや表情である。

身振りと言っても、さまざまな動作がある。表情についても、幸福、悲しみ、恐怖、嫌悪、怒り、驚きの基本6表情だけでなく、対話において出現するものには実にさまざまなものがある [Ekman 75、黒川 94]。例えば、CG (擬人化) エージェントが顔だけを持つ場合と、腕と体を持って仮想空間内で行動する場合では、伝達の対象となる情報の内容の種類は、後者の場合が、格段に多いことが予想される。

またこれらの情報は、それ自身がある種の意味内容を伝達するだけでなく、しばしば、対 話の制御に使用される。音声対話において、韻律は、発話権の授受やタイミングを制御する という役割を持っている。身振りや表情にも、対話において同様の役割がある。 韻律や身振りなどは、対話の制御という点では、対話の意味内容や特徴的な表層の言語表現に対して補助的に働く。したがって、対話の制御のための情報伝達としては、その現象が必ず起こるわけではない。また、非常に微妙なものであり、パターン認識の対象として難しいという性質がある。この性質は、認識を難しくするだけでなく、その前段階の学習も難しくするという点に注意が必要である。

(3) 対話性

自然言語(テキスト)による対話システムや音声による対話システムには、それぞれ固有の 技術的特徴と研究課題があるが、マルチモーダル対話システムにおける対話性というのは、 情報統合やノンバーバルコミュニケーションの両方にも関係する技術的特徴である。

たとえば、マウスなどのポインティングデバイスと音声認識の統合を行うような場合、マウスで指示された項目に音声認識の対象となる語彙を絞って音声認識を行うことによって、音声認識性能を向上させることが考えられる。これは対話の文脈を特定する手段として、情報統合を利用するものである。

また、あいづちやうなずきなどを利用して、対話の時間的な側面を制御する新しい情報伝達様式によって、より生き生きとした、円滑な対話を実現することが考えられる。人間にとって、多様な内容を扱える対話や、自由なタイミングの対話が可能となることは、重要である。

3.5.5 研究開発課題

これらの技術的特徴をもったマルチモーダル対話システムの実現に向けて、わが国として も関連する領域における研究開発を支援する必要があるものと考えられる。

このうち研究開発課題として、とくに重要、かつ緊急性が高いものは、「情報統合技術」 と、「学習・自己組織化技術」である。

情報統合技術は、マルチモーダル対話システムにおいて、音声や画像などを用いた多様な情報伝達様式を統合する技術である。情報統合によって、ある特定の情報伝達機能の性能を向上させたり、統合による新しい機能の実現を目指すものである。

このために、音声認識、音声合成、画像認識、画像合成などの個別的なパターン処理技術の向上も必要であるが、情報統合技術はこれら個別的な技術の融合領域、あるいは境界領域であり、個別の技術に対しても情報統合のわく組みからの新しい視点や価値観の導入がより重要である。

さらに、現在のコンピュータシステムを超えて、実世界と相互作用できるようなより高度

なマルチモーダル対話システムを実現するためには、学習・自己組織化技術がより重要となる。

ノンバーバルコミュニケーションや対話性についての技術的特徴のところでも述べたように、実世界と相互作用できるような人工物や、そのインタフェースの実現のためには、その対象の多様性が大きいということが問題である。カテゴリーが決まっていても、多様性が大きいために、その認識や合成を行うことが難しい。また、明確なカテゴリーが存在しなかったり、その役割が明確でなかったりするという点が、重要なポイントである。

たとえば、音声認識においては、話者変動、語彙の増加、環境音などによる認識性能の低下というよく知られた問題以外にも、自由なタイミングでの音声対話が難しいことや、1つのタスクで動作するシステムを他のタスクに移植することが難しいといった問題がある。また身振りなどの動画像認識においては、認識実験の対象とされているカテゴリー数がまだ少ないということの他に、カテゴリーの決定自身が難しい。

こうした多様性が大きく、明確なカテゴリーが存在せず、また役割が明確でないような性質の現象を扱っていくためには、カテゴリー間の識別性能を高めるという、通常のパターン認識手法の高度化だけでなく、学習・自己組織化という側面で、教える手間を減らし、言葉では教えにくいことを教えられるようにし、また、対話における状況と内容の関係を教えられるようにすることが求められる。

<参考文献>

[長尾 96] 長尾確:インタラクティブな環境をつくる、共立出版 (1996).

[田村 95] 田村秀行、池田克夫(編):知能情報メディア、総研出版 (1995).

[黒川 94] 黒川隆夫: ノンバーバルインタフェース、オーム社 (1994).

[Bolt 80] Bolt, R. A.: Put-that-there: Voice and gesture at the graphics interface, ACM Computer Graphics, Vol.14, No.3, pp.262-270 (1980).

[末永92] 末永、間瀬、福本、渡部: Human Reader: 人物像と音声による知的インタフェース、電子情報通信学会論文誌, D-II, Vol. J75-D-II, No.2, pp.190-202 (1992).

[竹林 94] 竹林洋一:音声自由対話システム TOSBURG II -ユーザ中心のマルチモーダルインタフェースの実現に向けて-、電子情報通信学会論文誌, D-II, Vol. J77-D-II, No.8, pp.1417-1428 (1994).

[Nagao 94] Nagao, K., Takeuchi, A.: Speech dialogue with facial displays: Multimodal human-computer conversation, Proc. ACL-94, pp.102-109 (1994).

[Hasegawa 95] Hasegawa, O., Itou, K., Kurita, T., Hayamizu, S., Tanaka, K., Yamamoto, K.,

3 将来展望と課題

- Otsu, N.: Active agent oriented multimodalinterface system, IJCAI-95, pp.82-87 (1995).
- [新田 96] 新田、長谷川、秋葉、神島、栗田、速水、伊藤、石塚、土肥、奥村:論 争支援のマルチモーダル実験システム、ヒューマンインタフェース, 69-6, pp.39-46 (1996).
- [高橋 94] 高橋、関、小島、岡:ジェスチャー動画像のスポッティング認識、電子情報通信学会論文誌, D-II, Vol. J77-D-II, No.8, pp.1552-1561 (1994).
- [FG 96] Proceedings of the Second International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (1996).
- [Stork 96] Stork, D. G., Hennecke, M. E.(ed): Speechreading by humans and machines, NATO ASI Series, Springer (1996).
- [Ekman 75] Ekman, P. and Friesen, W.V.: Unmasking the face, Prentice-Hall (1975) [工藤 訳、表情分析入門、誠信書房]

3.6 知的文書インタフェース

3.6.1 先端技術の大衆化

コンピュータ技術は社会のあらゆる分野での情報化に必須の重要基盤技術であり、「高度情報化社会」を目指してその技術開発推進はこれまで我が国の重要な政策課題であった。例えば通産省大型プロジェクトや第五世代コンピュータ研究開発プロジェクトはわが国の先端コンピュータ技術研究開発の牽引力であった。同様に欧米諸国でも政府の援助で多くの新しい技術が開発されてきた。インターネットがもともと米国における軍事コンピュータ間通信のために DARPA の資金で研究開発されたものであることもその一例である。

このような開発努力の上に今日の高性能パソコンの出現とインターネットに代表されるコンピュータネットワークの普及が成り立っていると言える。特にコンピュータの価格/性能比の向上は著しく、車に例えると「ベンツが数千円で買えるようになったのに等しい」と言われている。今や、大衆が使用するコンピュータは企業の価格競争の対象となり、もはや国のすることは無くなったかのように見える。国の支援は先端技術をさらに押し進める、例えば超並列マシンの研究などに必要と一般には考えられている。

本当にそうであろうか?高性能のコンピュータを普通の人が気軽に使えるようになった今 こそ「本当に使い易い」コンピュータが期待されているのではないだろうか?大勢の人が使 う技術程その社会的影響力は測りしれない。

現在のパソコンは形も内部アーキテクチャも昔のコンピュータから基本的に何ら変わっていない。たとえノート型と呼ばれようとも相変わらず周辺装置をぶらさげたスタンドアロン指向であり、ソフトに関してもOSと個々のアプリケーションソフトを熟知していないと使いこなせない旧態依然とした使い難いコンピュータのままである。このような状況ではマルチメディアやインターネットも社会の一部にしか浸透しないであろう。21世紀に豊かな国であるためには社会の隅々まで情報化を普及させることが必要であり、それはすなわち裾野ユーザへのコンピュータの利用促進に他ならない。

3.6.2 現状の問題点と将来技術動向

技術の進歩によりコンピュータやネットワークという先端技術が誰にでも手の届く存在に なってきたが、決して使い易くなっているわけではない。

(1) 相変わらず紙をベースとした企業活動

パソコンや携帯端末が普及したといっても企業内部の情報処理や企業間取り引きの多くは相変わらず紙に印刷された文書をベースとして行われている。電子メールによる情報交換の効率アップや www をベースとしたイントラネットの活用がはやりつつあるが、社会全体で見るとまだ一部での利用と言わざるを得ない。また、本格的に現行の書類にとって代わるにはパソコンでの文書の扱いはまだ制約が多く、複雑過ぎる。

そうは言っても、情報の電子化が着実に進んでいることも事実である。理由は情報はひと たび電子化されると、ネットワークにより一瞬にして遠隔地に送ることができ、また様々な 加工/分析が可能となるという、紙では到底実現できない便利さが生まれるからである。

インターネットの出現により情報の電子化は急速に押し進められることになった。WWW により突如として誰もが簡単にアクセスできる広大な情報空間が現出し、各種の新しい情報 サービスが台頭しつつある。紙のチラシを配るよりも廉価なコストで何百万人という人に広告することが可能となった。例えば電子新聞もこのような新しい電子情報サービスの一例であるが、紙の新聞の単なる電子化から一歩進んで、個人の興味に合わせて記事を掲載できるパーソナライズ技術が実用化されようとしている(図3.6-1)。

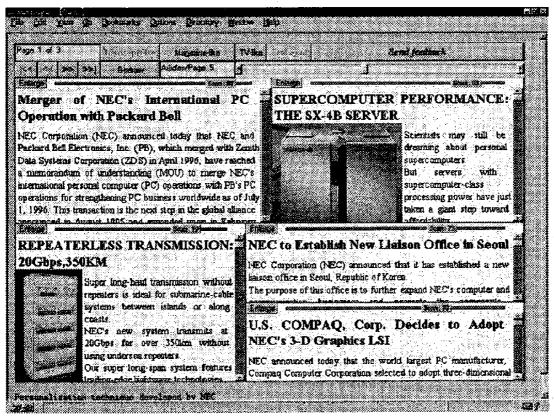


図3.6-1 パーソナル電子新聞

同様に電子図書館やディジタルライブラリを構築する動きも活発である。これによりどのような山奥に住んでいようとも国会図書館の蔵書にアクセスできる時代が近づいている。

しかしながらこれらの電子情報を「読む」ためのパソコンは存在しない^他。現行のパソコンモニタはテレビの発想で作られており、眺めるには良いが文書を読むには適していない。表示解像度も100dpi前後であり、印刷品質として最低限と言われている300dpiには遥かに及ばない。

情報電子化を促進するなら同時に紙の品質を実現する新しいディスプレイの開発がなければ片手落ちである。

(2) 分散から再び集中へ

パソコンの普及やダウンサイジングの流行により、メインフレームで集中管理されていた情報が個人の手元や担当部署で処理できるようになってきた。メインフレーム+ダム端末からくる使い難いインタフェースやMIS 本部に牛耳られた自由のきかない情報システムを押しつけられていたエンドユーザにとっては、新たな自由を獲得したことになる。

しかしながら企業活動の本質が情報管理/情報交換にある以上、分散されたパソコン上の情報がネットワークで流通しなければ価値がない。その実現には実は多くのノウハウが必要であり、安易なダウンサイジングやクライアント/サーバ化が破綻しているのは周知のごとくである。また個人のパソコンが増えるに従ってマシン管理、いわゆるシステムアドミニストレーション工数が急増しているのが実情である。コンピュータの利用技術は進歩したが、コンピュータシステムそのものは本質的に変わっておらず、ネットワーク管理やマシン管理には相変わらず専門の知識が必要とされる。

結局インターネットの普及によりパーソナル化による分散化と共通サーバ化のトレードオフの再考が求められている。

(3) 情報アクセス端末への期待

情報のサーバ化が進むと必然的にユーザのパソコンはネットワーク経由でのサーバアクセスの道具になって行く。スタンドアロンのコンピュータである必要はなく情報アクセスのためのビューワーであれば良い。

ワークステーションの世界では早い段階から X Window System によるアプリケーションの遠隔実行が可能であったため、ウィンドウシステムだけを実行する上記ビューワーコンセプトの X 端末が商品化されている。しかしながら自分の端末が「コンピュータではない」ことに心理的な抵抗があったようで期待したほどは市場が伸びなかった。当時はワークステ

一一唯一の先駆的な試みは NeXT マシンであり Adobeと一緒に開発したDisplayPostScriptと高精細 CRT モニタにより真の WYSIWYG の実現を試みた。

ーション全勢の時代であり、利用者の多くがコンピュータの専門家であったことは X 端末 にとって不幸であった。

一方、スタンドアロンで使われることが主だったパソコンには X Window System のようなクライアント/サーバ型のウィンドウシステムが存在せず、手元のパソコンから他のパソコン上のアプリケーションを遠隔実行することはできなかった。しかし、パソコンもLANに接続されるのが普通になった今日ではアプリケーションとウィンドウシステムとの間のインタフェースを横取りして別のマシンのウィンドウシステムに転送するリモートアクセスコントロールソフト [2] が普及してきた。さらに Windows を X Window のようなクライアント/サーバに分離する Intelligent Console Architecture [3] の提案やWebブラウザのプラグインとしてJavaで記述された非常に軽いウィンドウインタフェースを組み込む方法などが提案されている [4] 。自宅から会社のコンピュータにアクセスして仕事をするという新しいライフスタイルが浸透しつつあり、会社のパソコンを自宅で、あたかも会社にいるがごとく利用できることが要求されていることからも、今後この流れはますます重要になると予想される。

ネットワークコンピュータはパソコンの単純化とそれによる低コスト化(500ドルパソコン)を目論んだもので、アプリケーションをJavaのアプレットとして必要に応じて持ってくるというコンセプトで登場した。ビューワーコンセプトに徹しているわけではなく、アプリケーションの動作環境は通常のパソコンと変わらないため「制約が多いだけ」という批判もあり、今のところパソコンとの差別化に成功しているとは言い難い。

ネットワークコンピュータはしばしば Web 端末とも呼ばれ、WWW へのアクセスに特化した端末を指すのに使われることもある。Web 端末は WWW で提供される情報サービスに対する「ビューワー」という位置づけが明確であり、これからの情報社会における基盤商品になる可能性を持っている。しかしながら、WWW の情報発信は今のところ HTML によって記述されており、通常のワープロで作成される文書のようには細かいレイアウト指定ができないという問題がある。パソコンが情報アクセスの道具になればなるほど前述のごとく文書操作が重要になってくる。

3.6.3 事例紹介:複合文書分散共有システム

このような背景から報告者等はユーザインタフェースに特化した端末による文書の共有、 それによるコラボレーション技術の研究を進めている。基本となるのは考え方はオブジェクト(アプリケーション)の GUI を分離し共有するというShaped Object Model [5] [6] である。

1) Shaped Object Model

基本的なアイデアはオブジェクトのユーザインタフェース(GUI)とそれによって起動される本処理の分離である。さらに GUI 部をスクリプト言語で記述することにより安全で柔軟な共有を実現できることが特徴である。

以降、本モデルでは GUI 部をオブジェクトの「シェイプ」、本体部を「ボディ」と呼ぶ ことにする。シェイプとボディはネットワークで常に結合されており、この通信チャネルで メッセージを相互にやり取りしながら処理を進めることで、あたかも完全なオブジェクトが リモート端末で動いているかのように見える(図3.6-2)。

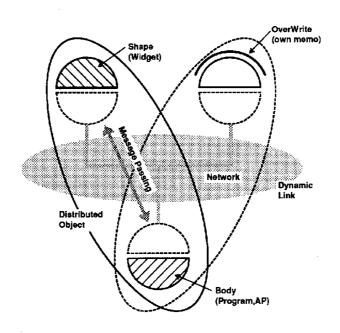


図3.6-2 Shaped Object Model

オブジェクトは遠隔マシンからアクセスされるとシェイプを返送する。シェイプは糸のついた凧のように通信路を伸ばしながら遠隔マシンへ辿りつく。シェイプは遠隔マシン上で解釈実行されてウイジェットとなり、オブジェクトの GUI そのものを具現化する。ボタンが押されたり、文字が入力されると、対応するウイジェットがイベントをメッセージとして送り、ボディ側で必要な処理が行われる。

2) 本モデルの利点

本モデルの利点の一つは GUI の生成や制御がかなり利用者側のマシンにオフロードできることである。例えば、ボタンが押された場合に「ボタンが引っ込む」という3D効果はサーバ側ではなく、利用者側のマシンでローカルに処理すれば良い。すなわち、ユーザインタフェースに関わるきめ細かい応対を分散させることができる。しかもこの GUI はサーバ側から転送されるのであらかじめユーザのマシンに組み込んでおく必要がない。

もう一つの利点はこのような形でボディを共有し、シェイプを分散させることにより、自由度の高い分散共有が実現できることである。共有しているオブジェクトの GUI は各マシンで独立に動作しており個々のユーザはオブジェクトに対して勝手な操作をすることができる。それにより同じオブジェクの違う場所を見ることが可能となる。一方、各ユーザからのイベントは一つのボディで管理されているので、操作結果は全員でリアルタイムに共有可能である。

さらに、ボタンの位置の変更や上書きのような個々のユーザによるカスタマイズもある範囲で許すことができる。勿論、全員が同じ画面を見ることも可能であり、分散プレゼンテーションの実現にも有効である。

このように本モデルは、オブジェクトの操作に対してはユーザごとの独立性を許しながら、 一貫性を保った共有が実現できる点が特徴である。

3) スクリプトインタフェース

またシェイプの記述にスクリプトを用いることにより以下のメリットがある。

柔軟性 テキストベースのスクリプト記述を読み込んでインクリメンタルにオブジェクトの外観を変更可能である。

互換性 ワークステーション、PC、携帯端末などのヘテロジニアスな環境に対して、高いレベルでインタフェースをとることによりプラットフォーム依存を軽減できる。

安全性 シェイプの実行とは、もともと存在しなかったコードが他のマシンから転送されてきて実行されるということであり、ワームと同じメカニズムを必要としている。 インタプリタ言語なら入力は ASCII テキストであり、ユーザ側のインタプリタが危険なコマンド(例えば remove など)を解釈しないようにガードをかけることができる。

4) 実現のためのソフトウェアアーキテクチャ

スクリプト記述によるShaped Object Modelの実現には図3.6-3に示すようなソフトウェアアーキテクチャが必要である。

キーとなるコンポネントは以下の3つである。

1. オブジェクトエンジン・

オブジェクトエンジンとは、スクリプトで記述されているオブジェクト(シェイプ&ボディ)を実体のあるプロセスとして動かすものであり、メッセージの送信/受信機能を持

ったインタプリタで構成されている。

オブジェクトエンジンはあらかじめプロセスとして起動されており、ネットワークを介 してスクリプトストリームを入力するとシェイプもしくはボディに変身する。

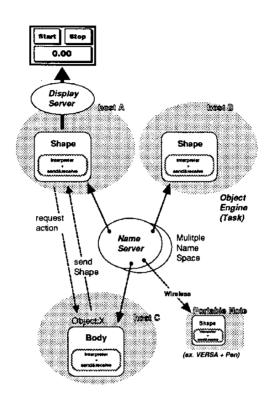


図3.6-3 ソフトウェアアーキテクチャ

2. ディスプレイサーバ

実際の画面表示を行うサーバであり、従来のウインンドウシステムに相当する。ただし、本モデルでは「ウインドウ」という概念は存在する必要はなく、従来のウインドウシステムよりもっと簡素化された、ウイジェットを表示するシンプルな機能があればよい。

3. グローバルネームサーバ

遠隔マシンから共有オブジェクトにアクセスするためには、目的オブジェクトの所在を 知る手段が必要となる。このためにオブジェクト名とオブジェクトID (ポインタ)の対を管 理するネームサーバが必要となる。

最もシンプルなネームサーバは単一名前空間を提供するものであるが、プロジェクトや グループごとに自由に名前を定義したいので、ここでは LAN/WAN を通じて多重名前空 間を提供するグローバルネームサーバを考える。名前を特定の名前空間に閉じることはプロテクションの一手段でもある。

5) プロトタイプ試作

本モデルを検証するのにTcl/Tkスクリプト言語とMachマイクロカーネルを利用した。

Tcl/Tk [7] は X 用のウイジェットをインタプリティブに簡単に作成できることを特徴とするツールで、本モデルでの「シェイプをスクリプト言語で記述する」という目的に合致している。

一方、シェイプとボディは各々プロセスとして実行されねばならないこと、しかもボディはネットワークを介して複数のシェイプとメッセージのやりとりができなければならないこと、からMach [8] の提供するメッセージによるプロセス間通信機能を利用することにした。

Machではプロセス間通信が全てメッセージ転送によって行われるが、その受け取り口はポートという概念で実現されている。ポートはタスクにつながれた入力ホースのようなもので、複製して別のタスクに渡すことにより、複数タスクからのメッセージを受信することが可能になる。ポートがネットワーク透明であることもMachの優れた特徴であり、これにより遠隔ホスト上のプロセスにも、あたかもローカルなプロセスと同じインタフェースでメッセージを送ることが可能である。このようなMachのプロセス間通信機構は本モデルでのメッセージ通信に必要な機能をほぼ満たしている。

図3.6-4はShaped Objectにより会議開催通知を実現した例である。

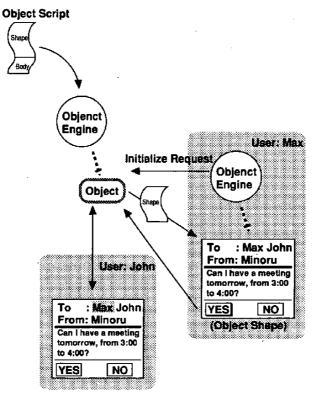


図3.6-4 会議開催通知への応用例

まず、オブジェクトエンジンを起動し、会議開催通知のスクリプトを入力するとそれが開催通知を一括管理するサーバオブジェクトとして振舞う。

一方、スクリプトのシェイプ部分は出席予定者に送付され、各自のマシン上で開催通知のイメージを表示する。ボディとシェイプは2本のポートで結合されており、ユーザが出席ボタンを押下するとボディ側に「出席」の情報が伝達される。ボディの受信ポートは複数ユーザに共有されている。ボディは出欠等の情報を受け取ると、名前部分の背景色を変えるなどのウイジェットの属性を変更するために必要なスクリプトを全シェイプにブロードキャストし、これにより出席予定者全員が、誰が開催通知を見たか、誰が出席するのか、を知ることができる。また、ユーザが開催通知を開く度に最新のスクリプトが転送されるので、常に最新情報を表示することができる。

6) 文書共有への拡張

Tcl/Tkで作られるウィジェットベースの GUI は例に挙げた会議開催通知のような定型文書やチケット予約のような情報サービスの実現には適しているが、普通の文書を扱うには単純なテキストウィジェットでは無理があり、やはりワープロ機能が必要となる。一方、HTMLはスクリプトによる文書表示を可能としているがワープロがサポートするきめ細かいレイアウトを実現できない。このような文書表示/操作の立場からはOpenDocやOLE2に代表される複合文書のアプローチが有望である。

複合文書はこれまでのアプリケーション中心から文書中心のユーザインターフェースを実現する。複合文書は異なるアプケーションで作成されたテキスト、図、表、動画などをひとつのページにまとめることができ、ユーザが特定のコンポーネントをアクセスするとそれを作成したアプリケーションが自動的に起動され、必要な編集操作が可能となるものである。

このような文書操作をShaped Object Modelで考えると、文書がシェイプに、ワープロがボディに相当すると見なせる [9] [10]。すなわち文字の追加/削除のような文書への入力操作はシェイプで扱われ、イベントとしてボディに送られてから実際の編集作業が行われることになる(遠隔サーバによる編集は既に、例えばEmacsをリモートの X Window端末から利用するというようなLAN環境で実際に行われている)。さらに、複合文書ではユーザの入力がどのコンポーネントに対してなされているかを決めるためにシェイプ側にも文書構成の情報(シェル機能)を持つ必要がある。複合文書の各コンポーネントが一つのウィジェットに相当していると考えてもよい。このような表示/イベント操作の観点から文書中心インタフェースとは

- ・従来のウィンドウシステム → 複合文書
- ・従来のウィンドウマネージャ → 複合文書シェル

という新しいアーキテクチャへの移行と見なすことができる。

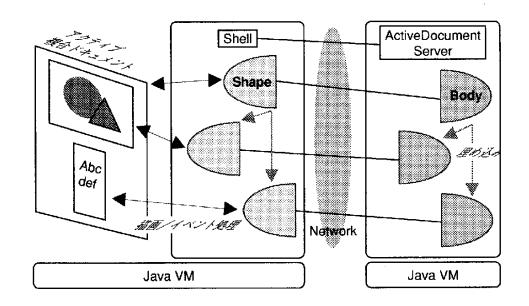


図3.6-5 複合文書の分散共有メカニズム

まとめると複合文書の分散共有のためには複合文書シェル、文書を構成するコンポーネントがそれぞれ GUI が分離されて端末で動くことになる(図3.6-5)。現在、アイデア検証のためJava を用いてプロトタイプを試作中である。

3.6.4 文書技術の課題

情報ビューワーとしての端末コンセプト、文書表示のための複合文書技術を深めていくといくつかの課題にぶつかる。

1) ポータブルドキュメント

PostScript やその後継である PDF は高品位の印刷品質の実現とプリンタに依存しないデータ表現からポータブルなドキュメント、すなわちどこででも印刷可能な出力形式として普及している。しかしながら、これらの技術は全て「紙への印刷」を目標としておりそれを直接編集することは考慮されていない。すなわち編集は表示イメージに対してではなく、インタプリタの入力となるソース記述に対して行われる。

一方、ワープロソフトは印刷イメージを画面に表示して直接編集可能であるがワープロごとに独自のデータ構造を持ち、互いに互換性がないのが普通である。従って、受け取り手はその文書の作成に使用されたのと同じワープロソフトを持っていないと見ることができない。このように文書の交換が日常業務の基本であるにもかかわらず、コンピュータ上での文書の交換は自由にはいかない。実際には使用するワープロや表計算ソフトを特定メーカーのものに限定するという現実的手段が取られているが、これでは技術の健全な発展は望めない。また、市販ワープロソフトはユーザからの多様な要求に応えるために年々複雑/多機能化の

そもそも文書作成はビジネスの基本である。「ビジネス文書の書き方」は習うとしても「紙にどうやって字を書くか」について改めて勉強している暇はない。「文書作成」という行為は情報発信の最も基本形であり、そういう観点からワープロソフトがいかに重要な位置を占めているかを我々はもっと認識すべきであろう。

ワープロを使いこなすことが企業人として習得すべき必須技術の一つとしてやむ得ないとしても、情報交換の基本である文書は誰がどんなツールで作成しようとも自分の慣れているワープロで直接編集できるべきである。そのためにはワープロに共通する中間的なデータ表現が必要となる。これにはワープロ固有の拡張機能(例えば作表機能など)をどこで実現するかという課題がある。共通機能にしようと思えば誰もが納得する範囲に制約せざるを得ないし、便利な機能を実現しようとすればするほど共通機能としての統一が難しくなる。また、WWW での標準記述言語である HTML がどこまで進化するか、複合文書技術との融合も気になるところである。

2) 手書き文字認識からユーザの意図の理解へ

一途であり、かえって使い難くなっている。

ワープロをもっと簡単化しようと思えば、普段人間が「紙と鉛筆」で行っている自然な操作に近付くことが必要である。この実現にはより高度な手書き文字認識技術が必要となる。例えば入力枠を使わない位置/大きさ自由の文字入力や、文字と図形の自動判別などである。ユーザはいちいち入力モードを切替えたりしたくない。システムがユーザの意図を汲んで自動的に対応すべきである。

もう少し飛躍して捉えれば、ペン入力とはコンピュータの網膜への直接書き込みに他ならない。人間が描くストロークを「見る」ことにより「ユーザが何をしようとしているのか?」というユーザの意図を理解することが最終的には必要となる。それには音声や画像等の別メディアも駆使する必要があり、いわゆるマルチモーダル対話技術の確立が必要となる。

そしてこれら手書き文字、音声、画像の認識は結局入力信号の表面的な分析のみでは限界があり、最終的には「文脈理解」という人工知能の積年の課題に再び挑戦することを要求し

ている。

3.6.5 国が支援する理由

本稿が対象としている一般ユーザ向けのコンピュータ環境に関して、企業間の健全なる技術競争により技術革新、新市場が創造されることが基本であることは論を待たない。特に製品の成否を決定する標準化はユーザの選択に任せるべきであり、国が押しつけるものであってはならない。

しかしながら、パソコン市場が一部の米国企業による寡占状態にあることも事実である。厳しい競争のなかで利益を出し企業を存続するためには、技術よりビジネスが優先されるのが当然ではあるが、結果として新しい技術が育たない現状が作り出されてしまった。Apple の創業者であり NeXT で高い先見性を見せたSteven Jobsも「この10年は何も革新がない。Intellectual Boaring」と嘆いている。一企業の力では新しい流れを作る事が非常に困難になりつつある。本稿で述べたような文書中心システムは古くて新しいエディタの問題の再考であり、さらに突き詰めていけば再び AI 研究への挑戦を必要としている。このような技術課題を市場原理の元に研究開発できるとは思えない。このような状況を打開し、将来技術の開発を促進することは重要な課題であり、新しい技術創造による国際貢献にもつながる。

具体的な支援方法であるが、基本は個々の研究者/技術者の競争であるから国が民間を束ねるような従来方式は望ましくないであろう。むしろベンチャー的な芽を育てることが期待される。例えば小規模研究チームを構成してオフィスを構えるなど、企業や大学の枠からはみ出すような制度も必要であろう。

米国における技術革新がベンチャー企業により牽引されていることは周知の事実であるが、コンポーネントウェアの実現を狙ったTaligent社、エージェントソフトをいち早く実現した General Magic社、複合文書技術 OpenDocを開発したCIラボ等の存在は改めて米国の将来技術を創造する活力がまだ健在であることを思い知らされた。ビジネスとしては成功していないし、当初から成功は難しいと予想される中でもこれらの企業に夢を託した投資家の存在とそれによって蓄積されたノウハウの将来価値は大きいと言わざるを得ない。

<参考文献>

- [1] 坂上、神場、古関、パーソナル電子新聞 ANATAGONOMY の開発と評価、インタラクティブシステムとソフトウェアIV、日本ソフトウェア科学会 WISS'96論文集、pp.21-30, December 1996
- [2] リモートコントロールソフト、日経バイト、December 1996

- [3] Citrix Systems Inc. ICA Technical Paper. http://www.citrix.com/icatech1.htm, March 1996
- [4] K.R. Wood, etc. Global Teleporting with Java: Toward Ubiquitous Personalized Computing. IEEE Computer, February 1997
- [5] 横田、 "Shaped Object による情報の分散共有"、情処マルチメディア通信と分散 処理研究会 95-DPS-73, pp.69-74, December 1995
- [6] 横田、"Multimedia User Interface Terminal based on Shaped Object Model", Proc. of IPSJ Multimeida Japan 96, pp.249-254, March 1996
- [7] J. Ousterhout, "Tcl: An Embedded Command Language", Proc. of Winter USENIX Conf., January 1990
- [8] R. Rashid, et.al., "Mach: A New Kernel Foundation for UNIX Development", Proc. of Summer USENIX Conf., July 1986
- [9] 羽根、河村、横田、"分散共有アクティブドキュメントの実現方式"、情処、第 53回全国大会、3J-6, September 1996
- [10] 羽根、河村、横田、"情報端末のための複合ドキュメント分散共有方式"、情処、 第52回全国大会、2F-5, March 1996

3.7 ディジタル図書館(Digital Library)の研究と開発の状況

3.7.1 はじめに

ディジタル図書館は、さまざまな情報技術を利用し、ディジタル化されたさまざまなデータや図書・資料のコレクションを提供する環境である。図書館には公共図書館、大学図書館、専門図書館、保存図書館等異なる役割のものがあり、図書館は資料を収集・組織化し、蓄積するとともに、自身でも情報アクセスのための情報(メタデータ、2次情報)を作っている。こうした点はディジタル図書館においても同様であり、ディジタル図書館は、コンピュータとネットワークによってディジタル化された環境でさまざまな情報資源(1次情報、メタデータ、図書館員)を利用者に提供する。

ここではディジタル図書館という語を Digital Library の訳として用いている。同様な意味で Electronic Library、Virtual Library という語が使われている。これらは、それぞれ電子図書館、仮想図書館と訳されるのが一般的である。Digital Library という語は1990年代に入ってアメリカを中心として用いられ始めた語で、現在では米国議会図書館の National Digital Library Program や NSF/ARPA/NASA の Digital Library Initiative 等を始めとして、Digital Library という語が最も一般的に利用されている。Electronic Library という語は以前から広く利用されてきた語であるが、逆に使い古された感がしなくもない。Virtual Library という語はネットワーク上に仮想的に作られる図書館といった意味でよく用いられる。ここでは、これらの語は全て同じ意味ととらえ、ディジタル図書館という語を用いる。

ディジタル図書館で扱う1次情報は図書や雑誌文献、写真や地図、オーディオビジュアル 資料など多様である。また、2次情報は従来の図書館システム以上に整備する必要がある。 コレクションの形成から利用に至る過程でさまざまな情報技術が必要であること、そこで利 用される情報技術は蓄積される情報の種類や利用者の特性に依存する。このように、ディジ タル図書館を実現するにはさまざまな情報資料を扱い、かつ多様な利用者を満足させるため の情報技術を総合する必要があることは言うまでもない。

本稿では、アメリカを中心として、ディジタル図書館の研究と開発およびそれに関連する 話題について述べる。

3.7.2 ディジタル図書館に関する研究開発の全体像

3.7.2.1 概要

アメリカでは議会図書館(Library of Congress)や各大学図書館で活発にディジタル図書館

(Digital Library)の研究・開発が進められている。

議会図書館では National Digital Library Program (NDLP)と呼ばれる資料を電子化して蓄積提供するディジタル図書館プロジェクトが進められている。大学では大学図書館を中心として、図書館情報学や計算機科学関連の研究者と協力しながら、さまざまな分野の資料の電子化と提供が進められている。大学には多様な分野の研究者、学生がいるので、さまざまな分野の電子化資料の提供を進めるとともに、従来の資料と電子化資料を統合的・総合的に利用するための図書館の環境整備が進められている。このようにして構築される新しい図書館環境は、インターネットを介して外界とも直接つながっているので、資料を探し情報を得るという場であるのみならず、そこで創造した情報を発信するための場としても利用できるように考えられている。

アメリカでは議会図書館や大学図書館を中心として、資料のディジタル化を中心とする多くのディジタル図書館プロジェクトが進められている。また、1995年5月には議会図書館や主要な大学図書館が中心となって、より広くディジタル資料の収集と利用を進めることを目的として National Digital Library Federation を形成した。こうした活動を通して、ディジタル図書館に図書館間の協力を進め、研究者や学生のためのより良い情報アクセス環境の実現を目指すと共に、大きなコストの下に作られた電子化資料の共同利用を進めようとしている。

1994年から4年計画で始まった NSF/NASA/ARPA の共同助成により後述の6大学で進められているディジタル図書館研究プロジェクト(Digital Library Initiative)では、ディジタル図書館のための新しい情報技術の研究開発が進められている。この研究プロジェクトは、後述するように、各プロジェクトが異なった分野を指向し、大学内にとどまらず出版社や情報関連企業、政府関連機関、公共図書館等いくつもの機関と協力しながら研究を進めている。

ヨーロッパでは各国の国立図書館での資料のディジタル化プログラム、ERCIM (European Research Consortium on Informatics and Mathematics) による研究プログラム、De Montfort 大学 (イギリス)等の大学規模のディジタル図書館、ディジタル図書館や情報ネットワークの推進を図るためのイギリスの eLib など、さまざまな活動が進められている。

アジア太平洋地域でも、オーストラリアやシンガポールなど活発な活動を進めている。わが国でも国立国会図書館と IPA によるパイロット電子図書館プロジェクト、学術情報センターによる電子図書館プロジェクト(NACSIS-ELS)、奈良先端大による大学規模のプロジェクト等があり、ディジタル化した資料の蓄積と提供を進めている。また、JIPDECによる次世代電子図書館システム研究開発プロジェクトでは、次世代電子図書館のための情報技術の研究開発を進めている。

3.7.2.2 国立図書館におけるディジタル図書館プロジェクト

国立図書館は各国のさまざまな図書館の要であり、保存図書館として働いているので非常に多数の蔵書を持ち、多くの貴重資料を所蔵している。国立図書館において進められているプロジェクトの場合、著作権に関する問題がなく、かつ資料の保存性とアクセス性の両方を高めることができるため、貴重資料のディジタル化から始めているところが多い。また、ディジタル図書館が G7 で GII(Global Information Infrastructure)上の重要課題として認められたことから、国立図書館間の協力も進めようとしている。

米国議会図書館では1990年代に入って National Digital Library Program(NDLP)と呼ばれる大規模な資料の電子化プロジェクトを始め、現在では多くの資料が WWWを介して利用できるようになっている。NDLP には法令や議事録等の議会関係の資料を提供するTHOMAS、国際的な協力の下に法律資料を提供する GLIN (Global Legal Information Network)、歴史的資料を集めた American Memory といった分野ごとのプロジェクトがある。

わが国の国立国会図書館では情報処理振興事業協会(IPA)と協力してパイロット電子図書館プロジェクトを進め、貴重資料から現代の週刊誌までを含む多様な資料の電子化を進めた。また同館は子供電子図書館プロジェクトも進め明治期の児童書の電子化等を進めている。

フランス国立図書館では、新しい図書館に移転するにあたり、資料のディジタル化を進めている。ディジタル化の対象となる資料は図書、写真や絵画、オーディオ情報などさまざまであり、1997年までに10万件の図書、30万枚の写真、1000時間分の録音資料のディジタル化を計画している。

3.7.2.3 大学図書館での活動

(1) ディジタルコレクションの構築と利用

大学では、市販の CD-ROMやオンラインデータベース以外にキャンパスLANとインターネットを利用した、新しい形態のサービスの提供が進められている。当然のことではあるが、大学はさまざまな研究分野をカバーしているので、大学図書館では人文科学、社会科学、自然科学・技術、芸術、医学等多様な分野のディジタルコレクションが構築されている。

[学術論文の提供] 1980年代の終わり頃に、カーネギーメロン大学図書館では、キャンパスLANを利用して、科学技術分野の雑誌記事を検索し、検索した文献を利用者端末上で読むことのできる環境を提供するMercuryプロジェクトが進められた。'90年代に入り、Elsevier Science 社の提供する科学技術分野の学術雑誌の電子化データを利用して、大学が雑誌記事の検索・閲覧環境を作り上げるというTULIP (The University Licensing Project) が進められ、ミシガン大学やカリフォルニア大学等9大学でシステムの開発が進められた。同

じころ、Spriger-Verlag社の医学関係学術雑誌を、AT & T社が開発した検索・閲覧システムである RightPages に載せた RedSage システムの実験がカリフォルニア大学サンフランシスコ校(UCSF)図書館で進められた。

[電子テキストの提供] 人文科学分野では、テキストそのものが研究対象となるため、高品質でかつ信頼性の高い電子テキストが必要とされてきた。そのため、いくつもの大学図書館に電子テキストセンターが置かれ、電子テキストの作成、購入、蓄積、提供といった業務を担っている。電子テキストは原資料の文書としての構成を忠実に反映する高品質なものである必要があり、かつ作成した電子テキストは長期間利用できるよう特定のハードウェアやソフトウェアに依存しない形式で蓄積する必要がある。そのため、SGML(Standard Generalized Markup Language)が広く利用されている。

[大規模な雑誌電子化プロジェクト — JSTOR] Mellon 財団からの助成の下にミシガン大学において進められた JSTOR (Journal Storage) プロジェクトは、同大学が TULIP のために開発したソフトウェアを基礎にして、社会科学分野の主要な雑誌を今世紀初頭に出版されたものから最近のものまで全てを電子化して提供することを目的として始められた。現在、それをさらに発展させ哲学や社会学、数学などの分野の雑誌にまでコレクションの範囲を広げている。ディジタルコレクションの開発にはコストがかかるが、構築したコレクションの大学間での共有を進めることで、各図書館が個別に冊子体のコレクションを持ち続けることのさまざまなコストを軽減し、かつ研究者に豊富なコレクションを空間的距離を越えて提供することを目的として事業が進められている。

[芸術分野での電子化資料の利用 — MESL] MESL (Museum Education Site Licensing program)は、Getty 財団の助成の下に進められているネットワーク環境における芸術作品の教育のための情報技術の開発と利用の推進を目的としているプロジェクトで、いくつかの美術館や図書館が所蔵する絵画等の芸術作品のディジタルイメージのコレクションを作成し、これをミシガン大学等の7大学に提供している。

[大学間共同の歴史資料電子化プロジェクト — Making of America] Making of America はコーネル大学とミシガン大学が共同で進めているプロジェクトで、19世紀のアメリカで出版された一般の雑誌や単行本、個人の日記や記録なども含め、19世紀のアメリカの歴史に関する図書・資料のディジタル化を進めている。

(2) 大学におけるディジタル図書館環境 - ミシガン大学を例として

米国の主要な大学図書館ではディジタルコレクションを整備するとともに、Netscape 等の誰もが持っているツールを利用してディジタルコレクションにアクセスできるよう情報環境の整備も進めている。ヨーロッパでもオランダの Tilburg 大学やイギリスの De Montfort 大学では、電子化資料を指向した図書館環境の構築を進めている。わが国では、奈良先端大が自然科学系の大学院大学であるという特徴を活かして電子化した資料を主とする図書館を実現している。また、1996年7月に学術審議会の出した「大学図書館における電子図書館的機能の充実・強化について」の建議によって各大学図書館での電子図書館的機能に対する取り組みが進むと考えられる。

図書館には非常に広範囲な分野の資料が蓄積されてきた。そのため、単一の分野、あるいは特定の出版社の雑誌だけがディジタル化されても利用者が得られるメリットは多くない。 ここではミシガン大学を例として大学における総合的なディジタル図書館(環境)への取り組みについて示す。

ミシガン大学では、図書館を中心として大学全体のディジタルコレクションと情報アクセス環境の整備を進める Digital Library program を進めてきた。前述のTULIPやJSTOR, MESL, Making of America のほか、人文科学分野の電子テキストの蓄積と提供を進めている HTI (Humanities Text Initiative) 等、多くの分野をカバーする。また、ミシガン大学はNSF/ NASA / ARPA のディジタル図書館研究プロジェクトの一つであり、先進的なディジタル図書館システムの研究も進めている。このように、大学全体のディジタル情報環境が進化すると、図書館自身が提供する情報以外にも多くの情報が大学から発信され、大学内外からの情報アクセス要求が高まる。そのため、図書館には大学全体の Information Gateway としての役割も期待されている。

ミシガン大学では1996年に Media Union と呼ぶ新しい図書館を開館した。Media Union は工学部や芸術系の学部が置かれている北部キャンパスに設置されたもので、そこには従来の図書館と同様な開架式書架と閲覧机が置かれたエリアのすぐ近くに、ネットワーク端末(パーソナルコンピュータ)を多数備えた閲覧机が置かれ、利用者は備え付けの端末や個人のパソコンを使ってネットワークに接続することができる。また、コンピュータグラフィックスや仮想現実感(Virtual Reality)のための高性能のコンピュータ、さらにダンススタジオやオーディオスタジオなども用意されている。Media Union は図書や資料の置き場としての図書館ではなく、そこに用意される多様な情報資源とメディアを使って情報を獲得し、かつ創造した情報を発信するための環境としての場を提供することを期待されている。

3.7.2.4 ディジタル図書館研究プロジェクト

1994年秋に発表されたNSF他による下記の6大学への研究助成の決定は、国家情報基盤 (National Information Infrastructure, NII)上のディジタル図書館のための新しい情報技術と図書館像を作りだす研究プロジェクトとして非常に注目された。この研究助成プログラムでは、計算機科学、図書館情報学他の複数の分野からの研究者が参加することと、大量のデータを持つ機関(出版社、政府機関、図書館等)との共同プロジェクトを進めていることが特徴的である。また、これらは将来の大規模なシステムのための実験台(testbed)の構築を目指している。

- 1. カーネギーメロン大学(CMU): Informedia Interactive On-line Video Digital Library.
 画像認識、音声認識、自然言語理解等の技術を総合し、放送局から提供されるビデオ
 映像を対話的に検索と視聴ができるシステムを作り上げる。
- 2. ミシガン大学(University of Michigan): The University of Michigan Digital Library (UMDL). 宇宙・地球科学分野の多様な資料を、高校生から研究者まで幅広く多様な利用者に合わせて提供することを目的としている。
- 3. イリノイ大学アーバナ・シャンペイン校(UIUC): Interspace.

 IEEE 他の出版社と協力し、大量の科学技術分野の学術文献を非常に多数の利用者に提供する。雑誌論文を SGML(Standard Generalized Markup Language)に基づく全文データベースとして蓄積し、巨大なテキストデータの空間から所望の情報を導きだすシステムの構築を目指している。
- 4. カリフォルニア大学バークレイ校(UCB): Electronic Environmental Library. カリフォルニア州が持つ大量の環境情報に関する大規模データベースを構築する。航空写真、環境データ等を含む多様な情報を専門家から一般利用者までを含む多様な利用者に提供する環境を構築する。
- 5. スタンフォード大学: Stanford Integrated Digital Library Project.
 ネットワーク上に提供されるさまざまな情報を、仮想的なひとつの図書館として利用できるように環境を開発する。
- 6. カリフォルニア大学サンタバーバラ校(UCSB): Alexandria Digital Library. 地図や航空写真などの空間的・地理的な情報の相互利用性を高め、大規模データベー

スを構築することを目的とする。

3.7.2.5 公共図書館での活動

公共図書館のディジタル図書館に関連した活動は、現在のところ主として利用者のインターネットへのアクセスポイントとして働くことおよび情報アクセスの援助にある。例えば、カリフォルニア州では公共図書館を利用して州の情報へのアクセスを進めており、ミシガン州ではミシガン大学と協力して住民のための電子化した資料を提供する Michigan Electronic Library と呼ぶプロジェクトを進めている。

3.7.3 ディジタル図書館に関連する活動

3.7.3.1 National Digital Library Federation (NDLF)

1995年に議会図書館と有力な大学図書館が集まって NDLF を結成した¹¹。その目的は、研究者、学生、ならびに一般市民の誰もがアクセスすることができ、かつアメリカの知的・文化的財産の成り立ちと変遷を記録した電子化資料の収集と蓄積を協力して進めていくことである。

ディジタル化された資料は、内容、技術、利用方法や条件等、色々な面で異なるため、ディジタル化を進める機関の間の協力が不可欠である。NDLFでは、現時点での重要項目として以下の3点を中心に議論を進めようとしている。

- ・ディジタル情報の発見(Discovery)と検索(Retrieval)
- ・知的財産権と経済モデル
- ・ディジタル情報のアーカイブ

3.7.3.2 その他の活動

CNRI (Corporation for National Research Initiatives)

NII 上の新しい情報技術の研究開発計画の構想、計画、実行を進めることを目的として非 営利組織の CNRI ではディジタル図書館に関連したいろいろなプロジェクトの推進を支援し ている。例えば、計算機関連学科で出版される多数のテクニカルレポートを提供するプロジェクト(NCSTR)、ネットワーク上の文書に一意に決まる識別子を与える Handle システム他、

^地 現在の参加メンバー: The Library of Congress, The National Archives and Records Administration, The New York Public Library, the Commission on Preservation and Access, および以下の各大学図書館、University of California at Berkeley, Columbia, Cornell, Emory, Harvard, Michigan, Pennsylvania State, Princeton, Southern California, Stanford, Tennessee-Knoxville, Yale

いろいろなネットワーク、電子ディジタル図書館関連プロジェクトがある。また、CNRI で 出版している D-lib magazine はディジタル図書館に関する主要なオンラインジャーナルである。

Dublin Core Metadata Element Set

インターネット上に出版される非常に多数で多様な文書を効率良く検索、発見するには、ネットワーク上の文書に適した書誌情報(メタデータと呼ばれる)の記述方法とそれに基づく情報の組織化方法が重要である。OCLC (Online Computer Library Center)が中心となって、Dublin Core Metadata ElementSet (通称 Dublin Core)と呼ぶネットワーク上の文書のためのメタデータの標準の策定を進め、アメリカ・イギリス・オーストラリアを中心として実験が進められている。従来の書誌記述は複雑なため、Dublin Core は著者や編集者自身がメタデータを記述できるように基本的な項目(以下に示す15項目)を決めている。

Title

Subject and Keywords

Descriptor

Creator or Author

Publisher

Contributor

Date

Resource Type

Format

Resource Identifier

Relation

Source

Language

Coverage

Rights Management

Dublin Core の記述方法は現在も検討中であるが、SGML による定義に加えてインターネット上での情報発見の道具として利用できるよう HTML での記述方法の議論を進めている。

3.7.4 考察

ディジタル図書館の研究開発はアメリカを先頭に多くの国で活発な研究開発が進められている。これは、ディジタル図書館が NII(National Information Infrastructure)や GII 上での重要な応用と認められたことが大きな要因である。1993年に現われた Mosaic によってインターネットが「図書館のように使える」ということを我々に直観的に理解させてくれたことが最も大きな要因であるように思える。また、Mosaicとそれに続く Netscape Navigator 等によるWorld Wide Web (WWW) の爆発的な膨張はインターネットからの情報発見 (Information Discovery) という新しい分野を活発にさせたとも思える。NSF/ARPA/NASA の助成によるディジタル図書館研究プロジェクトの中でも情報発見は大きなテーマになっており、Dublin Core のようなメタデータに関する新しい動きも現われている。NSF 他の DLI は1998年には終了し、さらに大きな次のプロジェクトが始まる予定である。

本稿で示したように図書館に基盤を置くプロジェクトが多くあり、それらは NII の時代に相応しい情報資源へのアクセス環境を提供するという点では共通しているものの、その立場はさまざまである。例えば、大学図書館の場合、増え続ける資料への対処、図書館間協力による電子化資料の共有、利用者への距離によらない良好な情報アクセス手段の提供等の目的がある。また、文化的・社会的財産として電子化資料を長期間保存するというアーカイブの役割を持つ図書館にとっては、媒体変換に関する著作権、保存すべき資料の選択、装置に依存するという電子化資料の特性に合った保存の方法等、これから解決しなければならない問題も多くある。全般に共通する問題として、知的財産権・著作権、図書館における課金といった社会制度的な問題もあるが、これらは時間をかけて解決されていく問題であると思われる。

筆者がこれまでに興味深く感じたことを以下にあげたい。

- ・情報処理技術(情報を処理する入れ物の技術)と図書館分野で培われた情報管理技術(情報・コンテンツそのものに関する技術)の間のギャップ: ディジタル図書館の開発には両者の協力が欠かせない。DLIの各プロジェクトの参加メンバーを見ると両分野からの参加していることがよくわかる。
- ・情報技術者の必要性: 情報処理・管理の両技術にまたがった知識を持つ技術者・研究者が重要な役割を持つと思われる。例えば、Dublin Core メタデータはソフトウェアロボットによるデータ収集と情報検索に基づく情報発見(Information Discovery)を目的としている。一方、メタデータの議論には書誌データ、目録データの知識も必要とされる。

- · Deployment: DLI では作成した testbed を大学内や協力関係にある高校等で実際に利用する実験を行っている。これは技術面での問題を検討するためだけでなく、社会科学的観点からの利用者に関する研究(User Study)を行うことを目的としている。図書館という実際的な場を考えると、単に実験システムの試作に終わらないための重要な観点であると思われる。
- ・組織間の協力: NDLF に見られるようにコストをかけて作った資料の利用性を高める には、利用者を増やす環境作りをすることが重要である。
- ・電子化資料の利用性の評価: Mellon財団からの助成で進められている JSTOR や Virginia 大学図書館での Early American Fiction プロジェクトは電子化した資料が、実際にどのように利用されるのか、また利用を進めるにはどのような経済モデルを考えればよいのかを探る目的も持っている。こうしたプロジェクトから得られる実際的な評価はこれからのディジタル図書館の発展にとって重要であると思われる。

3.7.5 おわりに

本稿で示したように、研究主体のもの、ディジタルコレクションの開発主体のもの、あるいはインターネットへのアクセスポイントとして図書館を利用しようというものなど、ディジタル図書館に関するプロジェクトにはさまざまなものがある。また、CD-ROM 等を含む小規模なディジタルコレクションをディジタル図書館と呼ぶものから、インターネットはディジタル図書館であるとするものまでさまざまである。これらの間に共通して言えることは、メタデータと1次情報を統合した環境、すなわち資料を検索をしてその場で読むことのできる、いわば図書館のような環境をディジタル情報技術を利用して実現することを目指していることである。また、計算機科学分野で培われてきた情報処理技術(情報を処理する入れ物の技術)と図書館分野で培われた情報管理技術(情報・コンテンツそのものに関する技術)という、これまでは切り離されていた感もする両分野の融合が進み、入れ物と中身の両方を扱うという本来の意味での情報技術を発展させる場としてのディジタル図書館は重要な役割を持つと思える。

3.8 人間主導のマルチメディア情報技術

3.8.1 転換点に立つマルチメディア技術

マルチメディア技術および産業は、現在、どういう状態にあるのだろうか? マルチメディア関連のハイテク技術は、従来の製造業のセンス、つまり、装置を作って売って儲ける路線では、ビジネスになりにくくなってきている。

いわゆるマスコミの一般用語としての「マルチメディア」が社会に定着するはるか以前から、研究開発サイドには「マルチメディア技術」という用語も技術の実体も存在した。しかし、仮に「ポピュラーになる前のマルチメディア技術」と「ポピュラーになってからのマルチメディア技術」と分けて考えると、これからのマルチメディア技術・産業の方向が見えてくる。

「昔のマルチメディア技術」では、いわゆる画像処理、信号処理、音声処理等のプロが高度な情報処理技術等の「技」を誇って、新しい機能を追求していくという、専門的利用の為の技術の積み上げをやっていた。その頃は、「技術の動向」を左右する人達は、まさにプロの技術屋・専門家であった。

しかし、最近はどうか?現在は、文化人がオピニオンリーダーとしてメディアを語るようなってきた。現在のメディア技術を語り評価する規準(クライテリア)は、いわゆる「技術の高度さ」ではなく、「誰でもが使える技術」かどうかである。いわゆる「マス素人」と呼ばれる、世の中の大多数を占める「普通の人々」が使うための技術として、マルチメディア技術が位置づけられつつあるのである。

	「メディア」以前	「メディア」以後
時代的特徵	プロが高度な技を誇る。 → 技術の専門化	文化人が技術と社会を語る。 → 技術の大衆化
ニーズ	専門的用途のための技術	マス素人のための技術
シーズ	認識・理解の高度な技術	(1) サービス提供のための技術 & (2) サービス享受のための技術
ゴール	(1) 新しい応用事例の提起 (2) 与えられたタスクの解決	生活・仕事・社会を変える。
アプローチ	(1) 高機能化の戦い (2) 認識率の戦い	(1) 大衆的な技術 (2) 個別化・個人化
産業の形態	装置産業・部品産業の発想: 高機能な専用装置・部品を売って、 利益を得る。	情報サービスの発想: 大衆的な機器を多数・安価に提供し、 利用するサービスで利益を得る。

表3.8-1 「メディア」以前と「メディア」以後のマルチメディア技術

これは、マルチメディア技術やこれを利用した産業の形が大きく変わることを意味する。 従来のマルチメディア技術の出発点は、難しい環境(極限状況)における認識・理解の方式の 解明とそのシステム化に焦点を当てて、研究開発を進めていた。(技術のメトリックは、与 えられた環境・対象の複雑さと認識率・認識速度等であり、比較的、明快といえる。)しか し、これからのマルチメディア技術は、「普通の消費者に、どんな風にサービスを提供した らいいのか?」あるいは「消費者がそのサービスを享受しやすくするためには、どんな技術 がいるのか?」等、発想を転換した技術開発が求められているのである。(このような場合、 個々人の満足度のように、個別的かつ主観的で、また、一つの技術ではなく種々の技術を総 合したトータルなグランドデザインが必要となるため、技術のメトリックは必ずしも明確で はない。)当然、研究課題のゴールとそれへのアプローチも変わらなければならない。

しかし、わが国の産業界(特に、主要な半導体製造会社・コンピュータ関係の会社)の現状は、残念ながらまだ旧来のスタイルでビジネスを展開しようとしている傾向が強いのではないか? 例えば、各社が力を入れている画像の符号化チップ等は、開発が済むと同時にすごい勢いで市場に売れるけれども、その一方で、研究開発の投資に見合った(あるいは将来の研究開発費を見込めるような)コストの回収は難しくなっている。

今までの半導体産業・コンピュータ産業は、専用装置を作り、電子部品を売って、薄利多売で稼ぐという発想で頑張ってきました。今日、「日本は、もはやアメリカのキャッチアップのフェーズは終わり、フロントランナーに並んだ!」という考えが広くある。確かに、日本はフロントランナーになったが、同時に、韓国、台湾、シンガポール等も同様にフロントランナーに並びつつあるのである。したがって、わが国の産業界が高機能の信号処理装置を開発し、薄利多売ビジネスを展開しても、すぐに、もっと安い値段で新興国から同様の性能の商品が出てくる。つまり、継続的に安定した利益を上げることができない。すぐに次の装置・部品の開発に向けた投資を繰り返さなければならなくなっており、産業としてはペイさせることが難しくなった。

発想を転換してみよう。これからのマルチメディア技術として、マス素人から求められている技術は、「誰でもが使える技術であるということ」、そして、一見対立的であるが「目的・スタイル・好みなど、自分流にチューニングしたい」「これを可能とするような新しい視点の技術開発を行うこと」が求められているのではないか。

要約すると、これからのマルチメディア技術・産業に必要な観点は、いわゆる消費者の住んでいる場所で「売れるサービス、お金をとれるサービス、魅力的なサービス」等の技術と産業を育てていくことである。そして、そのための、技術的なサポートを今からやっておく必要があるのである。

3.8.2 物理世界を対象とした人工知能技術

従来のマルチメディア技術を人工知能技術との関連で捉え直してみよう。従来のマルチメディア技術は、「人間に学んでいる」と言われるが、実は、人間と全然関係の無い技術といえる。

例えば図3.8-1の例を考えよう。人間は花を見て「これは、少ししおれかかった向日葵だ。」と知覚する。この過程では、「向日葵」は「花」で総称されるオブジェクトクラスの中の一つのサブクラスであり、今、目の前にあるこの「しおれかけた向日葵」はその中の一つのインスタンスである、ということを、知識とパターンとを組合わせて理解していると考えられる。従来のマルチメディア技術は、そのようなメカニズムを計算機の上でシミュレーションするためには、どう実現するか?といういうのが、主要な目的であった。しかし、これは「火星に無人探査ロボットを飛ばして、人間に代わって、人間の居ないところで、ロボット自身に自律的に環境を判断させながら、あちこちを歩きまわらせて、探査させる類の技術」と言える。つまり、人間との関わりや、人間がその環境をどう認識するか(さらには主観的にどう解釈するか)、等とは直接、関係のない技術といえるのである

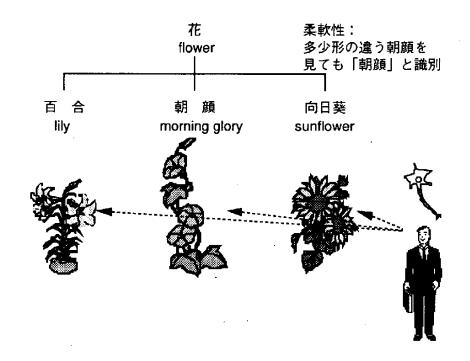


図3.8-1 物理世界を対象としたメディア技術

3.8.3 人間との相互作用を対象とした人工知能技術

一人一人のお客様(=マス素人の一人である利用者、消費者)の「顔」を見る必要のある、すなわち、一人一人の人間の特性や要求に適合したマルチメディアサービスを提供するためには、「人間はどのように知覚しているのか?」を、本当に問われることになる。この場合、今までのパターン認識技術とは違う、難しい問題が主要な課題となる。そこでは「感性」が、大事なキーワードとして出て来るのである。

例えば図3.8-2の例を考えよう。「百合の花」を見た時に、それぞれの人はどう思うだろうか? それぞれの人は、思った事をどのように人に伝えるだろうか?英国文化に憧れを持つ中年紳士、純日本的な感性を持った婦人、小学生の少女、それぞれに、知識のバックグラウンドも違う、どのように主観的に感じるかの知覚過程も異なる、さらに、それを誰かに向かってどう表現するかの表出過程にも、結構な違いが観察されるのが普通である。

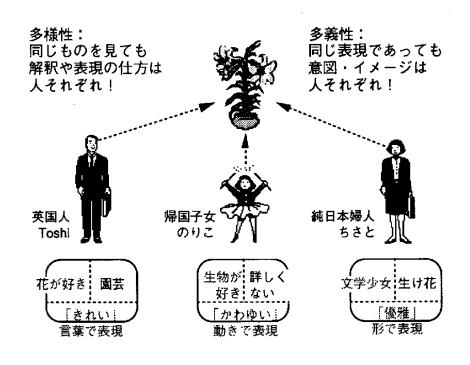


図3.8-2 人間の主観的特性を対象としたメディア技術

今まで(のマルチメディア技術・パターン認識技術)は、ここで(さまざまな利用者を)十把一絡げに(まとめてしまって、知覚の過程を)ブラックボックス化してモデル化して、それの機能の代行をするようなことを研究していた。けれども、一人一人の消費者にマッチするようなサービスを提供しようとするならば、「ある人は、こういう解釈をした。別の人は、少し違うことを言った。」のような違いは、どの

ように計量すれば情報処理の対象として工学的にとらえることができ、また情報処理できるのだろうか? 従来は実世界の「モノ」に目を向けた技術が研究開発できたが、ここに、「人」に目を向けた研究開発の必要性があるのである。

3.8.4 ヒューマンメディア技術

ヒューマンメディア技術は、人間主導という立場・方向性をもつマルチメディア技術の体系の総称であるが、現時点での主な要素技術としては、知識メディア技術、仮想メディア技術、感性メディア技術、およびそれらを融合・統合化したメディア技術から成る。

(1) 知識メディア技術

知識メディア技術は、対象とする実世界の知識、人間の日常的な常識の知識、個々人が持つ断片的な知識やアイデア等の情報を表現し、内容レベルでの共有化、知識の拡大、コミュニケーションを実現するためのメディア技術である。

知識メディア技術がカバーする課題は多いが、ここでは利用者や知識ドメインの個別性に 起因する課題を紹介しよう。

今日、インターネットを介して、従来、別々のサイトで個別に作られ整備されていたデータベースが相互に利用できるようになりつつある。非常にグローバルな規模での情報共有が期待されている。インターネット(あるいは分散データベースのリモートアクセス機構)が急速に整備・標準化されつつあり、「通信プロトコルレベル」では実現されつつある。しかし、実際には知識のドメインとオントロジーの整合性の問題があり難しい(図3.8-3)。

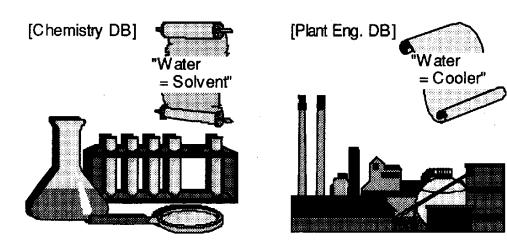


図3.8-3 知識メディア技術(知識とオントロジー整合の必要性

化学者の整備したデータベースは、化学の仕事上の文脈で用語・知識が体系化されており、例えば「水」は「溶媒」に位置付けられている。一方、プラントエンジニアの整備したデータベースは、プラントの仕事上の文脈で用語・知識が体系化されており、例えば「水」は「冷却材」に位置付けられている。このような文脈の違いを無視して、データベースを相互に接続したり、インターネット上で情報検索を試みても、ノイズに相当するデータの比率が非常に大きくなり、実際上は役に立たない。また、各利用者がこのような文脈の違いを意識しながらデータベースを操作することも、非常に難しい。このように、知識のドメインとオントロジーの整合性を自動的に取るようなメカニズムの実現が望まれる。

(2) 仮想メディア技術

仮想メディア技術は、対象とする実世界に働き掛け、また情報を獲得して、実世界を仮想 化する技術を核に、空間的に離れた人々の間でも実世界空間の共有を可能とし、またそのた めの臨場的な情報環境を提供する技術である。

仮想メディア技術の内、ここでは、さまざまな利用者に対するインタフェース空間の構成 技術に注目して、研究すべき課題を検討しよう(図3.8-4)。

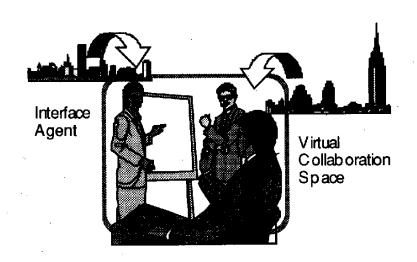


図3.8-4 仮想メディア技術(3次元空間メタファー)

近年、グラフィカルインタフェース技術の進歩により、パソコンを始めとする情報機器のユーザインタフェースは、人間の生活や活動する環境のメタファーで構成されてきている。最も典型的な例は「デスクトップメタファー」である。これは「机の上」「書類」という2次元空間で行うさまざまな処理に関わるオブジェクトや操作を、2次元的に配置したアイコンの操作により計算機上で実現しようとするものである。仮想メディア技術(バーチャルリ

アリティ技術)は、このメタファーを3次元空間に拡張する。「ルームメタファー」「ワークスペースメタファー」により、遠隔地の人々と同じ部屋で共同作業しているような空間的インタフェースを提供したり、あるソフトウェアをエージェント化して擬人的に仮想空間に登場させる等も、可能となろう。

さらに、共同作業の範囲を広げて考えよう。異なった職種(例:化学者、プラントエンジニア等)の人々が、共同で作業する場合、それぞれの専門家は、各自の専門にマッチしたメタファーで共同作業に参加する方が能率が良い。これを可能とするためには、各自に、各自に適応したメタファーを生成して提示すると共に、それぞれの利用者からの操作を通訳して矛盾無く共同作業に反映させるような技術が必要である。

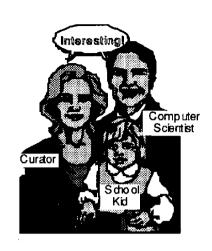
(3) 感性メディア技術

感性メディア技術は、個々人の美的感覚、情緒、ひらめき等の感性をモデル化して、いわば外在化し、共有あるいは再利用すると共に、さまざまな利用者それぞれに(感性的に)受け入れられ易い表現を生成するための技術である。

人間一人一人の顔が違うように、個々の利用者(あるいは利用者のグループ)は、情報を主観的・直感的に判断・解釈し、また、表現・伝達し、それぞれの個性を特徴付けている。

「感性とは、何か神秘的で、とうてい科学や工学ではとらえられないもの」という見方をする傾向が、一般の人々だけでなく、情報分野の研究者達にも見られる。あるいは、「感性とは、個人個人の主観によるので、とうてい客観的なとらえかたなどできず、感性を科学・技術の対象とするには相応しくない」という議論もある。どのような視点から「感性」を論じるのかを峻別する必要があろう。例えば、芸術・文化・人文科学における感性は、「『人間、この不思議な生き物』の源泉であり、永遠に解明され得ない人間の特質」とも言えよう。しかしその一方、生活産業・サービス産業の対象としての感性は、「消費者である個人個人の嗜好から、芸術・文化にまで及ぶ『付加価値』を与えるもの」即ち、ビジネスに多大な影響を与える要因である。さらに情報提供サービスなどの情報産業の対象としての感性を考えると、これは「利用者の価値判断や、情報処理の利用形態の『多様性』を特徴付けるもの」と、位置付けられる。感性は神秘ではなく、これからの情報技術を切り拓く、重要な概念となりうるのである。

現在の生理学・神経科学・心理学・認知科学の段階で、感性の構造や役割について、正確な定義を述べたり、その仕組みなどを明確に示すことは難しい。本稿では、情報技術における感性を、「情報の認識・行動の制御を高速に行うためのメカニズムの一つ、特に、情報の流れにバイアスを掛けて、情報を取捨選択・処理する規準」と考えよう。



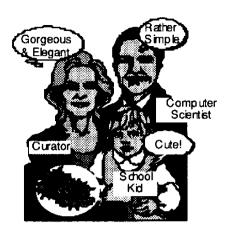


図3.8-5 感性メディア技術(情報の表出と知覚における主観性)

一人一人、知識のバックグラウンドも違う、どのように主観的に感じるかの知覚過程も異なる、さらに、それを誰かに向かってどう表現するかの表出過程も、違いが観察される。図 3.8-5の例では、感性的背景の異なる複数の人がたまたま同じ表現をしても、そのイメージする内容は同じではないし、同じものを見てもその主観的な解釈は同じではない。しかし、マス素人を主たる利用者とし、親和性の良い情報サービスを提供するためには、このような主観による違いに適応的に整合するメカニズムが必須となるのである。

(4) ヒューマンメディアの技術課題

以上のような問題意識に基づいて、ヒューマンメディア技術の確立のために必要な技術課題を、現状の技術の高度化、及び、新しい技術の構築の面から整理して表3.8-2に示す。

(5) ヒューマンメディア技術の波及効果

ヒューマンメディア情報環境によって構築される情報基盤が、わが国の諸産業や国民生活 にどのような効果を与えるかを、産業や国民生活のパラダイムの転換という視点から考えよ う。

「大量生産・大量消費」を前提とする産業構造はエコロジー等の観点から行き詰まりを見せつつあり、産業の新しいパラダイムを確立することが求められている。「大量生産・大量消費」から「小量生産・知的消費」へパラダイムを転換させるためには、消費者が「知恵に金を払う」商品(サービスも含めた商品)のデザイン・生産・流通・消費のパスが確立していることが必要である。

表3.8-2 ヒューマンメディア技術の要素技術と技術課題

要素技術	技術課題	背景となる技術
知識メディア	化、知識ベース構築、文脈理解内容検 索、知識共有・再利用) 知識メディア利用技術(応用分野向け問	キーワード抽出、会話処理・理解) 音声・音響処理(音声認識・生成、音声 対話理解、三次元音場定位) 画像・映像処理(画像・映像・3次元画 像メディアベース、実時間処理) 知識処理(知識獲得、オントロジー、要
仮想メディア	ヒューマンインタフェース (携帯型VR端 末、マルチモーダル表現技術)	出力インタフェース技術(視覚・聴覚・
感性メディア	感性認識・生成技術(表情・音声・ジェスチャー認識と合成) 感性メディア処理技術(マルチメディア &マルチモーダル統合技術、感性メディア変換) 感性情報のモデル化(マルチモーダル多感覚感性モデル) 感性適応化技術(感性整合)	知覚感性、技能感性) 感性情報記述(認知表現、言語表現、画 像・音響メディア表現) 人間計測技術(感性特徴の分析・計測)

ヒューマンメディア技術は、例えば、消費者の感性的なニーズにマッチするような商品(例:車、衣料、情報提供サービス等)を消費者と企業が対話しながらデザインし、その情報を即座に生産の現場に伝え、高感性商品・高付加価値商品の「一品種一生産」を支える技術となる。これは、省資源・省廃棄物など、エコロジーへの貢献も大きい。同時に、このような消費活動は、旧来の「浪費」的な消費生活から、精神的な豊かさの伴った消費生活(「知的消費」)への転換を実現するものである。

ヒューマンメディア技術は、個人の感性や知識等の有効利用に道を開く。例えば、非熟練勤労者が(熟練者の感性・知識をモデル化した)感性データベース参照して、高品質の商品やサービスのデザイン・生産を行ったり、また自身を訓練することもできよう。一方、センスの良い人・ユニークな着眼点の人など優れた能力を持つ人は、そのセンス・着眼点をモデル

化して「感性バンク」に登録することも考えられる。(従来の「人材バンク」が、個人の履歴書的な情報を登録するのみであるのに対して、「感性バンク」は、個人のセンスやものの見方のモデルを登録して、そのモデル自身を「働かせる」ものである。)これは、家庭内婦人、老人、身障者等の社会的弱者の社会参加に道を開く新しい勤労の形態にも発展しよう。

一方、ヒューマンメディア情報環境に登録・集積・アクセスされる種々の情報の権利を守るためには、新しい知的所有権の概念の確立と、情報の利用形態のルールが必要となろう。

3.8.5 研究開発プロジェクトの進め方

情報、特に色々な人が利用することを前提にしているようなソフトウェアシステムは、多様なコンセプトに基づき、多様なアプローチでさまざまにトライし、その中から自然淘汰的に優れたものが生き残るのが最近の傾向である。現在、世界を席捲しているUNIX、Macintosh、Windows 等の基本ソフトウェアは、いずれもこのような経過をたどって、広く使われる基盤技術となった。さらに、それら優秀なソフトウェアは、互いに他の利点を取り入れ、より優れたものに混血していくという形態も現われている。これにより、ソフトウェアシステムの進歩はハードウェアには無い競争形態を獲得し、その進化の早さも加速される傾向にある。

このような特徴をもつソフトウェアシステムに対し、通常の大型プロジェクトのように、 最初に大掛かりな長期計画を立て、一つだけの最適なシステム作りを目指したとしても、技 術や環境の急速な変化に対応し切れず、計画の終わり頃には無意味になるような危険があろ う。

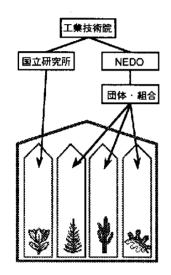
そもそもハードウェア開発のプロジェクトが、分析的、要素の積み上げで進められる理由は、特定のハードウェアの進歩を数少ない技術、数値目標(メトリックのある目標)に帰着できるからである。それを可能としているのは、対象とするハードウェアを作る物理的手段は最初から限定されており、その物理的構造の制約から、どのパラメータが目標達成に良好な感度をもつかを分析し、選ばれたパラメータの値を改善する努力を行う、というように筋道が物理的/物性的/構造的に与えられるというハードウェア特有の性格にあるといえよう。

これに対し、ソフトウェアシステムは、目標に対する物理的制約はほとんどない。どのような目標を設定するか、どのようなアプローチをとるか、どのような制約を想定するか等は、 ひとえに研究者や開発者のアイデアとセンスにかかっている。

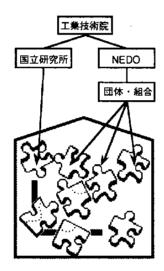
さらに、ヒューマンメディア技術等のこれからのメディア技術の従来技術との違いは、人間との接点である。人間の利用者にとって新規で有用な情報システムの研究開発を目標としているのであるから、利用者達からのフィードバックを取り入れながら進めることが効果的

である。その場合、最初から一つのシステム、一つのアプローチに絞ってしまったのでは、 ほとんどフィードバックする余地がなくなってしまうであろう。いくつかの類似のプロトタ イプシステム作成を並行して進め、その中から生まれてきたアイデアや比較的小さな単位の 技術要素を用いてさらに、次の世代のプロトタイプシステムを計画作成する、というような 進め方が効果的であろう。

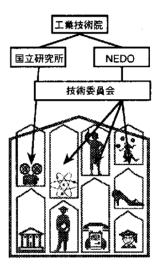
従来、国(通産省や工業技術院)が主導する研究開発制度には、図3.8-6に示すような、シーズ主導・技術主導のスタイルと開発目標主導のスタイルがある。



(a) 次世代型: シーズ(技術) 主導 技術で分けたサブテーマ 「双葉から若木まで」 長期(10年)間継続して研究 明後日の基盤技術の基礎を築く



(b) 大ブロ型: 開発目標主導 機能で分けたパート 各パートを組合せてシステム化 長期(10年)間継続して研究 今日の基盤技術を築く



(c) 新しいスキーム ミッション主導 目的・応用で分けたミニプロ ミニプロ群全体でミッション達成 中期 (3~5年) 間の集合 明日の基盤技術を築く

図3.8-6 技術開発のスキーム

シーズ主導・技術主導で、ある特定の技術を「双葉から若木まで」育てるもの、遠い将来を目標に置いた基礎寄りの研究開発は、技術で分けたサブテーマ(それぞれの双葉)をじっくりと育てるのには良い制度であるが、明日の基盤技術からは遠い、各双葉間の関係が希薄であるなどの問題点もある。一方、開発目標主導で、ある特定の大艦巨砲的システムを開発するもの、どちらかと言えば、ソフト開発よりもハード開発に適した制度で、開発目標を機能で分割して、各パートを研究開発し、「ジグソーパズル」のように各パートを組合せて一つのシステムを作る制度がある。これは、今日必要な基盤技術を築くための制度である一方で、先行的な研究が位置付けにくく、システム開発に勢力を注ぐが、システムや基盤技術を社会に定着させる努力が二次的になりがちである。

これからのメディア技術のように、さまざまな局面での人間と親和性の良い情報処理メカニズムとその基盤技術を研究開発するためには、情報基盤全体の将来像を視野に入れたグランドデザインと新しい研究開発のスキームが必要となろう。これは、いわばグランドデザインに基づいたミッション主導の研究開発のスタイルで、「明日の基盤」整備を主目標とした技術開発である。

(i)ミッション主導:プロジェクトの基本方針を策定し、これに沿ったミニプロジェクトを公募する。ミニプロジェクトは、各提案の技術的内容と共に、グランドデザインの観点からも判断して採択し、ミニプロジェクト群全体でミッション(マルチメディア情報基盤整備)を達成する。要素技術の開発はミニプロジェクト中で実施する。

(ii) 目的・応用で分けたミニプロジェクト:

- (a) 各ミニプロジェクトは、例えば、FTTH時代の情報都市に必要な公共サービス/電子博物館/電子ニュース/遠隔会議/教育/知的デザイン生産/医療/発電所管理/防災計画/地方文化発信などのプロトタイプを開発する。ヒューマンメディア技術の要素技術である知識メディア技術・仮想メディア技術・感性メディア技術はそれぞれ適当な比重で組み合わせて、これら各ミニプロジェクトの中で、統合化を前提とした研究開発を実施する。各ミニプロジェクトの期間は3~5年間程度とする。また、若手研究者を積極的にリーダーに登用し、育成する。
- (b) 研究成果(ソフト/仕様)を公開してプロトタイプを社会でテスト運用し、技術移転を図ると共に、明日の基盤整備に活用する。「研究成果を公開する。大学の研究者等の第三者が、公開されたプロトタイプシステムを利用し、そのソフトウェアを改良して再び公開する。」というサイクルによって、ソフトウェア技術を向上させる。(米国ではこのサイクルが確立しており、多数の優秀なソフトウェアが生まれ、世界の市場を席捲している。)
- (c) 各ミニプロジェクトには、技術シーズを持つグループ、コンテンツを持つグループ、 ニーズ側のユーザグループが参加して研究開発を行う。これは、技術開発から技術 移転、市場育成までを結び付ける体制ができていることに相当する。(米国政府の 競争力回復・強化のための HPCC/ATP/TRP 等の諸プログラムは、各プロジェクト にこのようなフォーメーションを求めている。)
- (iii) **運営と評価:**専門家(技術分野及び社会文化分野)からなる技術委員会による運営と評価 を行う。

3.9 ネットワークと知的CAL

3.9.1 コンピュータネットワークの教育利用

教育におけるコンピュータネットワークの利用の形態と意義について整理する。教育にお ける伝統的なコミュニケーションの形態は大きく、

独習 図書館・美術館などの教材や自習用テキストを用いた学習。

講義 先生・講師から複数の生徒への知識付与を主体とした学習。

ゼミ 複数の生徒間での討議や実習を主体とした学習。

に分類できる。これらにコンピュータネットワークを適用する場合、コンピュータネットワークの持つ役割は以下のように整理できる。

1. 情報源/知識源として。

WWWなどをプラットフォームとする電子図書館、電子博物館による学習。

- 2. コミュニケーション環境として。
 - 一方向性の通信システムやTV会議システムを用いた遠隔講義や複数参加型のコミュニケーションツールによるゼミ。
- 3. 実験実習環境として。

コンピュータのアプリケーションプログラム自体を使った実習やシミュレーション環境による実験。

これらはそれぞれについて、コンピュータによる支援が考えられ、それによる付加価値と それを実現するための研究課題が存在する。

1. 情報源/知識源活用のための支援

電子図書館や電子博物館はそれ自体情報の構造化や検索といった研究課題を有するが、さらに、これらネットワーク上の大規模なデータの蓄積を教材として捉え、コンピュータによる学習支援の対象としよう、という考え方が存在する [3、4]。従来、独習を支援する技術としてCDROMベースのCAIシステムが活用されてきた。このようなCAIシステムをネットワーク上に展開することにより、単にマルチメディアデータの格納媒体がCDROMからネットワークになる、というだけではなく、

・ネットワーク上の「開いた」教材空間を活用し、学習者の主体的な意思による学習

をサポートする、

・学習中に生じた疑問について、学習者モデルに基づく学習目的や背景知識を活用して他の生徒や先生との議論を喚起・支援する、

といった、ネットワーク型学習環境独自の新たな機能の実現に向けた研究課題が生じる。

2. コミュニケーションにおける支援

単なる一方的な講義による知識の詰め込みではなく、生徒が自主的に参加し何かを「発見」する過程を通してより深い問題解決能力を習得させよう、という考え方は古くから存在する。ネットワーク上の遠隔コラボレーション教育環境においてこのような学習を行うためには、単なるTV会議システムだけではなく、各種の共有ツールや情報の構造化ツール、さらにこれらをどう使うかという教授法やカリキュラムの研究が重要となる[1]。さらにコミュニケーションをモデル化して計算機により円滑な学習を支援しよう、というCSCL(Computer Supported Collaborative Learning) [2] のアプローチがある。

3. 実験実習環境における支援

コンピュータシミュレーションの教育や訓練への応用は古くから行われている。これらが導入された直接の動機は、実物による実習では再現が難しかったり危険が伴う状況を体験させる(化学プラントの操作や航空機の操縦など)、あるいは、可視化や体験が不可能な環境を仮想体験させる(電磁気の可視化や宇宙探査など)といったものである。さらに、これらの環境を利用し、より積極的にコンピュータによる学習支援を行う方向として、操作可能な実験環境において学習者の主体的な発見的知識獲得を支援するという研究アプローチがある [8、9]。もともとこれらは閉じた学習環境内での個人学習を対象とした環境として研究されてきているが、上にあげた二つの項目と連動し、コンピュータネットワーク上で、「複数学習者による」「開いた環境での」発見的知識獲得を支援する、という方向が当然想定される。

これらの支援機能は個別の項目ではなく、ネットワーク上で統合された学習環境の中で提供されるべきものである。

3.9.2 社会·技術背景

3.9.2.1 社会背景

日本はもともと教育に熱心な国であり、(1)学校教育とそれに並立する塾・予備校などの教育産業、(2)専門技術習得や資格取得を目的とする通信教育・専門学校、(3)各企業が実施する企業内従業員教育、(4)国や地方自治体が中心に推進する生涯教育、などいろいろな切口のニーズが存在する。これらは、それぞれに教育対象や目的が大きく異なり、教育が実施される環境も様々であるがいずれの場合でもコンピュータネットワークの利用を想定することは可能である。通産省・文部省による100校プロジェクトやNTTのこねっとブランなどコンピュータネットワークを教育に活用しようという試みが始められ、現在、小学校では二人に1台、中高校では一人1台のコンピュータ教室を2000年までに各学校に設けるという文部省の施策が進行中である。大学レベルでは、全国の主要大学を超高速ネットワークで結んで各種教育利用実験を行うOnline University プロジェクトや、衛星を利用したスペースコラボレーションプロジェクトなどが存在する。また、インターネットを利用した教育ビジネスや社会人教育・生涯教育も現れてきており、企業ではイントラネットの普及に伴って、イントラネットの教育利用を検討・具体化し始めるケースが目立ってきている。このように日本ではコンピュータネットワークの教育利用に対するニーズは明確に存在し、具体的な動きも徐々に顕在化しているといえよう。

一方、これらの枠組の内容を支えるソフト面では日米での格差が目につく。例えば、企業内教育においては、米国では教育体系の設計を行うインストラクショナルシステムデザイナーがスペシャリストとしての地位を確立しているのに対し、日本ではサラリーマンのキャリアバスの一過程としてたまたま教育部門の担当になる場合が多い [10]。また、米国では教育工学・教育メディアという名の専攻過程を200近い大学が提供していて、年間の教育学博士号の取得者数は日本40人に対し、米国約7000人と圧倒的な差があり、コンピュータの教育利用に関する学術的な基盤に圧倒的な差があることが指摘されている [11]。以上の比較はひとつの側面に過ぎないが、コンピュータの教育利用がうわべのものにならないためには、枠組だけでなく内容の充実とそれを担える人材の育成が必要であろう。

3.9.2.2 技術背景

コンピュータネットワークの教育利用において、マルチメディアインフラ・ネットワークインフラの整備は必須である。過去において CAI システムの普及がいまひとつ進まなかったことの大きな要因の一つは、マルチメディア教材の作成に多大な労力が必要であり、さらに作成した教材を実行するために特殊なI/O装置を付加したコンピュータが必要だった点に

あった。現在では、高機能で使いやすいマルチメディアデータオーサリングツールが相次いで供給され、マルチメディアパソコンは当然のものとなりつつある。また、ActiveX などの技術により、それぞれの形式のマルチメディアデータをハンドリングするためのソフトウエア部品が格安ないし無償で提供され、データの互換性を心配せずにマルチメディア素材を自由に組み合わせられる環境が整ってきている。ネットワークを利用したコミュニケーションツールも低価格で使いやすいものが次々とでてきている。ネットワーク環境も 100Mbit/s クラスの LAN は当然になり、インターネット系も主要な幹線は 45Mbit/s の接続が増えてきている。コンピュータネットワークの教育利用の研究では、実践からのフィードバックは必須である。これを加速するために上記のようなインフラの整備は、まだ十分とはいえないが望ましい方向に進んでいるといえるだろう。

3.9.3 今後の課題

3.9.3.1 技術課題

コンピュータネットワークの教育利用を推進するための技術課題として、教材流通、学習 制御、オーサリングを取り上げる。

1. 教材流通

従来のCDROMをベースとしたCAIの環境では教材の流通・再利用を考えることは難しかった。しかし今日のインターネット環境では世界中のWWWサーバ上におかれたマルチメディア素材を教材として利活用することに技術的な困難は何もない。これをさらに進めると、CAI教材のロジックを含めた流通・再利用を実現する、という考え方が出てくる[4]。このような環境が実現されれば、教材作成者はWWWで自由にリンクを張るようにネットワーク上の教材部品を組み合わせて必要な教材を作成することができるであろう。また、学習時にネットワーク上の教材から教材へ自由に渡り歩き、ネットサーフィンをするのと同様に、システムのナビゲーションを受けながら学習することが可能となり、教材空間は無限の広がりを持つことになるであろう。

このような環境の実現のためにはシステムを構成する教材・学習者モデル・教授戦略の標準化・部品化、そして、用語を統一化するための辞書や知識・問題解決プロセスを記述するためのオントロジー [7] の構築が必要である。実際このような活動が IEEE のワーキンググループで以下の分科会に分かれて活発に進められている [6]。

- · Architecture and Reference Model
- · Learner Model

- · Dictionary
- · Task Model
- · Student/Institution Learning Agreements
- · Session Management
- · Tool/Agent Communication
- · Authoring Tools
- · Task Ontology

また、この領域については、ネットワークエージェントやデータベース分野の研究成果の活用を図る必要がある。

2. 学習制御

3.9.1で述べた3つの支援形態の発展のためには、知的学習制御技術の高度化が不可欠である。高度化の方向性は以下のように整理できる。

- ・システム主導型から学習者主導型へ システムが一方的に説明を呈示するのではなく、学習者の自主的な学習を支援する。
- ・問題解決型から問題発見型へ システムが呈示した問題解決目標に向かって単線的・演繹的に学習を進めるのではな く、多くの事例や経験からの帰納的な学習を支援する。
- ・独習型から共同参加型へ 個人学習では行えない、他の複数の学習者との協調・競合を通じての学習を支援する。

これらが目指すところは、表層的な知識の記憶にとどまらないより深い学習(deep leaming)を通じた問題解決能力や意思決定能力の育成の支援にある[2]。この領域は、CSCW・発想支援などと共通の技術基盤を有しており、研究成果の交流が求められる。

3. オーサリング

コンピュータが扱える形式の教材をどれだけ簡便に準備できるかがコンピュータによる教育支援の普及の鍵を握っている。前節で述べたようにマルチメディアデータそのもののオーサリング技術は近年飛躍的に進歩しており、素人にも簡単に非常に美しいマルチメディア素材の作成が可能になっている。

一方、システムに知的なふるまいを行わせるための教材ロジックのオーサリングには、 コンピュータソフトウエアの開発と同様の難しさがある。筆者らの従来の知的CAI教材作 成の経験から、教材オーサリングシステムは以下のような方向に進化するべきであると 考える。

- ・トップダウンの教材作成には「設計」のノウハウが要求されるため、専門的な熟練を 有するエキスパートでないと教材作成は不可能である。従って、インクリメンタルな、 あるいは、スパイラル型の教材開発を可能とするような方法論・開発ツールが必要で ある。
- ・教育の現場では、説明のために作成したOHPや演習問題などをCAI教材開発の出発点とすることが現実的な場合が多い。またビデオ教材や遠隔講義の素材を出発点とすることも考えられる。このような素材からCAI教材の構造を(半)自動生成する技術が望まれる。このためには、知識獲得技術やプログラム自動生成技術の適用可能性を検討する必要がある。

3.9.3.2 制度的課題

研究促進のための制度的な課題について述べる。

1. 標準化・共通プラットフォーム化による研究促進

従来、この分野のシステムは個別にスクラッチから作る形で行われており、研究成果やノウハウの共有化・蓄積が行われていなかった。特に教材や教授戦略・学習者モデルのモジュールはこの分野の研究を進める上でも実用的にも貴重な財産であるが、互換性などについては全く注意が払われていないのが実情である。従って前節で述べた IEEE などにおける標準化活動への参画は非常に重要である。また、産業界でもTBT(Technology Based Training)コンソーシアム設立の動きなど、訓練・教育における管理・運用系を含めてこの分野の技術を標準化していく動きが顕在化しつつある。インターネット技術の急速な進展と普及が TCP/IP をはじめとするオープンなスタンダードの存在に負うところが大であることからわかるように、研究の推進と成果の普及のためにはこれらの標準化動向に注目してプラットフォームの共通化を図っていく必要がある。

2. 専門家の育成

3.9.2で述べたように日本ではコンピュータやメディアを利用した教育に関する専門家が不足している。技術の健全な発展のためには、時流に乗って盲目的に技術を導入するのではなく、技術を使う側の専門家による適切な批評とフィードバックが必要で

ある。また、コンピュータネットワークの教育利用は一部の企業などを除くと、まだ 現場の教育者のボランティア的な努力で推進されている色合いが強い。現場の教育者 をハード面・ソフト面で先導できる専門家の育成と、情報教育関係の公的法人や県の 教育センターなどを経由した支援体制作りも重要であろう。

3. ネットワーク利用教育プロジェクトの企画

具体的なネットワーク利用教育プロジェクトの企画はノウハウの蓄積・研究課題へのフィードバックのために非常に重要である。3.9.2で述べたように日本でも国や公的機関が支援する教育プロジェクトが現れてきたが、米国の状況と比較して最も気がかりなのは、日本の場合どうしても入れものが先行してしまう点である。米国ではNASA などが具体的なプログラムを設定し、教師の訓練を含めての支援を行っている。先端的コンピュータ技術の適用・評価と普及・啓蒙の場として、公的機関による継続的な支援が望まれる。

4. 良質なコンテンツの提供

良質なコンテンツの蓄積はこの分野の発展の重要なポイントとなる。大学や博物館、 美術館などの公的機関における組織的なコンテンツの開発・体系化・提供が望まれる。 コンテンツの開発にあたってはオーサリング系、体系化・提供にあたってはデジタル ライブラリ・デジタルミュージアムなど他の分野との連携・研究成果の活用を図って いく必要がある。ゲームやテレビアニメなどのマルチメディアコンテンツに関しては 日本は世界トップクラスにあり、この領域の総合的な研究技術開発は日本が世界に貢献できる可能性のあるテーマと言えるのではないだろうか。

コンピュータ・コンピュータネットワークの教育応用の研究においては、計算機は人間が 使い人間の能力を高めるための手段である、という観点が不可欠である。AI技術がこの分野 で本当に必要とされているかどうかについてはいまだに議論がなされており [12] 、技術開 発を進める上で何が本当に求められているのかを十分吟味する必要がある。教育のあり方は、 従来の教室に閉じた環境で知識付与を目的とするものから、まさにネットワークを活用した 開いた環境で問題解決能力・創造的能力の養育を目指すものに変化していくと思われる。こ のような教育の方向を支援していくための研究開発が今後一層求められるであろう。

<参考文献>

- [1] CoVis Project Home Page, http://www.covis.nwu.edu/
- [2] D.R.Newman, "How can WWW-based groupware better support critical thinking in CSCL?," Proc. ERCIM workshop on CSCW and the Web, http://orgwis.gmd.de/projects/W4G/proceedings/wwwcscl.html
- [3] E.Schwarz, P.Brusilovsky, and G.Weber, "World-wide intelligent textbooks," Proc. ED-TELECOM 96, pp.302-307.
- [4] K.Nakabayashi, et. al., "A distributed Intelligent-CAI System on the World-Wide Web," Proc. ICCE 95, pp.214-221.
- [5] Adaptive Hypertext and Hypermedia Home Page, http://www.education.uts.edu.au/projects/ah/
- [6] J.Schoening, "IEEE P1484 Working and Study Groups— Developing Standards for Computer-Based Learning—," http://ww2.readadp.com/p1484/
- [7] R.Mizoguchi, et. al., "Task Ontology Design for Intelligent Educational/Training Systems," ITS'96 Workshop on Architectures and Methods for Designing Cost-Effective and Reusable ITSs, http://advlearn.lrdc.pitt.edu/its-arch/papers/mizoguchi.html
- [8] 大槻, "発見的学習とその支援環境," 人工知能学会誌, vol.8, 4, pp21-28.
- [9] 岡本, "教育とメディアと人工知能," 人工知能学会誌, vol.10, 3, pp361-367.
- [10] 小松, "企業内教育の評価法 アメリカと国内の実情," 教育システム情報学会企業 内教育研究部会報告, 1997/2.
- [11] 君島, "教育システム工学のサーベイ," 教育システム情報学会企業内教育研究部 会報告, 1997/2.
- [12] G.McCalla and D.Jonassen, "To Model or Not to Model: Is AI the Answer?," Proc. ICCE 95.

3.10 米国経済活性化のための政府の役割: CALS/EC/EDIの観点から

3.10.1 はじめに

米国の National Performance Review を中心に、各省庁・外郭団体からいろいろな知恵を出し合って経済活性化の工夫を実践・展開し、政府の役割という観点から取り組んでいるプロジェクトが多く存在する。ここでは、NPRで紹介されている15の常識ツールと成功例を示し、CALS/EC/EDI 情報戦略について述べ、今後予想される事態について触れる。

3.10.2 本文

日本では、NPR (http://www.npr.gov/) に関してほとんど報道されていないが、クリントン・ゴア政権でもっとも高く評価すべきものである。NPR は (works better and costs less) 政府を目標に1993年3月に作られた。クリントン・ゴア政権は11兆円の経費削減と人員削減(5年間に272900役職)と規制緩和とカスタマーサービスの標準化などの目標を掲げた。その目標の手助け機関が NPR である。103国会で NPR が第一フェーズで出した384の提案の中で4分の1を実行する34の立法が成立している。また、1995年までに6兆円の削減を実行したと報告している。さらに、毎年3兆円の経費削減を確認した。reinvention プログラムでは次の6つに力点をおいている。

- 1. パフォーマンス主体の組織に変える。(イギリスでサービスの向上と経費削減で成功している。)
- 2. 11省庁を中心に劇的にカスタマーサービスを改善させる。
- 3. 規制から目標を満たすために EPA や規制関連省庁とパートナーシップを組む。
- 4. 達成された実績主導のパートナーシップ補助金の成立。
- 5. 単一窓口の成立。
- 6. 公務員の知的体力強化とシニア役員人材の再活用。

1996年の NPR レポート 'The best kept secrets in government' は4つの秘密と題して、NPR の英知をまとめている。

- 1. 常識の活用、最初に登場するのが政府調達である。
- 2. 公務員は Wal-Mart の店員のように迅速丁寧に客に接する。
- 3. 企業と積極的にパートナーシップを組む。

4. コミュニティー(市や県など)とパートナーシップを組む。

現在までの知恵の結集は次に示す15の常識ツールとして要約される。

15の常識ツール:

Leadership

Developing Leaders

Changing Culture

Creating a Vision

Aligning People and Systems

Communication

Communicating Change

Giving Feedback

Listening to Customers, Stakeholders and Employees

Presenting Ideas

Customer Focus

Creating Definitions and Standards

Conducting Surveys

Analyzing Customer Needs and Expectations

Incorporating Customer Feedback

Creating One-stop Shopping

Communicating with the Customer

Developing Media Skills

Innovation and Learning

High-performing Organizations

Creating Continuous Learning Systems

Instilling Creativity

Utilizing Lessons-Learned

Building a Learning Organization

Cross-Training

Matching Learning with Workplace Requirements

Obtaining Waivers

Fostering Reinvention Laboratories

Organizational Design

Organizing around Customers

Delayering

Franchising

Integrating Product Teams

Organizational Design (cont.)

Privatizing
Consolidating Functions

Partnerships

Labor Unions and Management
Cross-Agency
Government and Industry
Agency and Stakeholders
City, State, and Local Governments
Communities

Financial Management

Budget and Planning Accounting and Financial Services Internal and Financial Management Controls Prioritization of Programs Cost/Benefit Analyses

Procurement and Acquisition

Streamlining Process
Aligning Procurement Expertise with Operations
Acquisition Reform
Using Smart Cards and Credit Cards

Strategic Planning and Performance Measurement

Building Performance Management Creating Performance Measures Utilizing Metrics and Definitions

Empowered Teams

Team Building
Redefining Management and Employee Roles
Negotiating Empowerment Boundaries
Delegating Authority and Responsibility
Rewarding and Recognizing Teams

New Technology

Information Strategic Planning Using the Internet

New Technology (cont.)

Electronic Information
Data Sharing
Electronic Commerce
LAN Applications

On-line Customer Access and Transactions Interactive Telecommunication

Re-engineering and Streamlining

Business Process Re-engineering

Re-engineering Organizations

Benchmarking

Best Practices

Quick Streamlining

Continuous Process Improvements

Customer Involvement

Human Resource Management

Changing Human Resources Roles

Effective Downsizing

Family-Friendly Worksite

Gain Sharing

Streamlining Human Resource Processes

Employee Assistance Programs

Reward and Recognition Programs

Legal Support

Alternate Dispute Resolution

De-Regulation

Changing Attorney Roles

Administrative Services

Space Utilization

Franchising

Printing Services

Transportation Services

Coordinated Agency Service Units

これらの細かい説明を読むよりも具体的に彼らの実行・展開を見るために、先ほど述べた 15の常識ツールを使った成功例を次に示す。

Common Sense Tools - Sample Success Stories

Communication The Dept. of Energy has undertaken a massive de-classification of most of its files to stimulate a spirit of trust and openness in the energy community. Using executive discretion and the cooperation of the National Security Agency and the Defense Dept., most DOE records can be freely accessed through DOE's website(www.doe.gov) and its OpenNet database.

Jim Solit 202-586-1400

The local Maine IRS Office, to reduce tax compliance burdens for restaurant owners and their employees, implemented a statewide education campaign of state and federal tax filing requirements and helpful hints to both parties. In a year, delinquent tax payments made to the IRS were cut in half. Dan Porter/ IRS 617/575-1765

Each day, every HUD employee when logging onto their workstation receives from Secretary Cisneros the HUD Focus, an electronic message providing Departmental information, re-enforcing the HUD vision, and highlighting success stories.

Charles Cogan 202/708-0120

charles_s._cogan@hud.gov

Customer Focus The Consumer Product Safety Commission replaced an antiquated phone answering service with a 24 hour multi-dimensional information service. Questions and product information can be received by phone, fax, and at its Internet address (www.cpsc.gov). Answers to product questions can be returned automatically through a menu driven system. Bilingual operators are available for each service mode.

Douglas Noble 301-504-0014

The Boston Office of the Environmental Protection Agency provides staff opportunities to move from behind their office desks to work directly with community groups engaged in cleaning up their neighborhoods.

George Hawkins 617/565-9125

The Bureau of Land Management, the Forest Service, and the State of Colorado have established a "one-stop" convenience store for outdoor enthusiasts requesting information about the State's natural resources and for seekers of permits for use of government lands.

Ken Smith/BLM Canon City, Colorado 719/269-8500

The Tucson Veterans Affairs Medical Center implemented a telephone information service to answer immediately any veteran questions or complaints concerning benefit eligibility and prescriptions. This targeted service reduced the workload of urgent care units by 40% improving the quality of emergency care and saving veterans long unnecessary waits.

William King, Jr. 520/670-5243

Innovation and Learning The Defense Logistics Agency has integrated Alternate Dispute Resolution techniques into its procurement and personnel processes. Employees have been trained as

mediators at each of their 200 facilities. At their website (www.dscc.dla.mil/doccr/adr/drafta1.html) employees and stakeholders are offered guides and best practices in dispute resolution.

Beth Lagana 614-692-3280

blagana@ogc.dla.mil

Treasury's Bureau of Alcohol, Tobacco, and Firearms has incorporated into its on-going, basic supervisory training a session covering the effective handling of the need-to-know of the general public and the building of skills to deal constructively with the media. Over 1000 frontline employees have participated in the training.

Harriet Bobo 202/927-9510

Re-Engineering and Streamlining The U.S. Geological Survey handles annually 3.4 million requests from customers for the 130,000 products they offer. By benchmarking and adopting best commercial practices, the agency has shortened delivery times to its customers from 60 days to 5 days or less, and at the same time was able to absorb a 15% staff reduction.

Wendy Hassibe 303-202-4617

wrhassibe@rmmcmail.cr.usgs.gov

The Federal Aviation Administration uses a digital voice recording system to streamline its acquisition process and to improve communication with its potential vendors. The streamlined process saved FAA several months in processing time and over \$750,000.

Dorothy Sirk 202/267-7895

The Small Business Administration has created a simplified, one page form for loan applications for those customers seeking \$100,000 or less. The Low-Doc program has shortened processing times from two weeks to an average of four days. Sixty percent of SBA's new loan approvals utilize the Low-Doc process.

Jim Van Wert 202/205-7024

Partnerships Using authorities permitted under the Intergovernmental Personnel Act, the St. Paul Office of the Internal Revenue Service and the State of Minnesota Revenue Office have developed formal agreements on job exchanges, training, quality assurance, automation, and audit procedures.

Clyde Thurston 612-290-4019

New Technology The Bureau of the Census has created a website on the Internet

(www.census.gov) where most of the Bureau's vast repository of demographic, economic, and business statistics can be accessed and obtained from anywhere in the world.

Alan Balutis (Commerce) 202-482-3490

Bureau of the Census 301-457-4100

The Internal Revenue Service in San Francisco automated paper forms used internally by employees and implemented an automated response system which can be triggered by a phone call. One of the internal processes which had taken over 6 hours to complete was reduced to less than a minute.

Marlena Wong 510/637-2900

Leadership Employees at the National Highway Transportation Safety Administration are issued "action passes" by Administrator, Ricardo Martinez. If a proposed action is consistent with the agency's mission, legal and ethical, good for the customer, an efficient use of resources, and something the employee is willing to take responsibility for, he/she is encouraged and empowered to take action.

NHTSA 202/366-0123

The Department of Energy encourages risk taking by issuing "forgiveness" cards. Employees receive assurance that management will support them when they innovate even when the outcome is not known.

Florence Blair 301/903-2790

florence.blair@em.doe.gov

Organizational Design The Red River Army Depot created self-managed, cross-organizational work teams to develop and implement specific customer initiatives. The new structure has increased productivity of the Deport by 700% and reduced customer costs by 20%.

Joe Ann Pippen 903/334-2523

Human Resource Development The Department of Transportation encourages its Bureaus to utilize alternate work site plans

NPR でも紹介され、経済の活性化に大活躍しているサイトを2つ紹介する。

http://www.uspto.gov/ パテントデータベース

http://cbdnet.gpo.gov/ 電子政府調達データベース

http://www.uspto.gov/は1976年からのパテントの全文検索を無料で行える。全文ファイルは1件につき3ドルで MS Word ファイルまたは Adobe PDF ファイルで入手できる。

次に示す1993年の大統領通達によって電子政府調達システムが出来上がった。 (http://cbdnet.gpo.gov/)

さらに、政府調達サービスを扱う企業とNFPO (not-for-profit-organization)の組織が新しくできた。

http://www.g2resources.com:80/

http://www.infmart.com:80/cc/cbdmain.htm

http://medoc.gdb.org:80/repos/cbd/cbd-intro.html

http://www.finance-commerce.com:80/

http://www.govcon.com/http://cos.gdb.org

http://pw2.netcom.com/~bizdata/index.html

http://www.ld.com/http://cbd.savvy.com/cbd/

http://www.mcaa.org:80/cbdnews.htm

http://www.sema4.com:80/library/manager/nwsau96c.htm

http://www.fcw.com:80/ref/cbd.htm

大統領通達:

Title:Presidential Memorandum, Streamlining Procurement Through EC

THE WHITE HOUSE WASHINGTON October 26, 1993

MEMORANDUM FOR THE HEADS OF EXECUTIVE DEPARTMENTS AND AGENCIES — THE PRESIDENT'S MANAGEMENT COUNCIL

Subject: Streamlining Procurement Through Electronic Commerce

The Federal Government spends \$200 billion annually buying goods and services. Unfortunately, the red tape and burdensome paperwork of the current procurement system increases costs, produces unnecessary delays, and reduces Federal workforce productivity. Moving to an electronic commerce system to simplify and streamline the purchasing process will promote customer service and cost-effectiveness. The electronic exchange of acquisition information between the private sector and the Federal Government also will increase competition by improving access to Federal contracting opportunities for the more than 300,000 vendors currently doing business with the Government, particularly small businesses, as well as many other vendors who find access to bidding opportunities difficult under the current system. For these reasons, I am committed to fundamentally altering and improving the way the Federal Government buys goods and services by ensuring that electronic commerce is implemented for appropriate Federal purchases as quickly as possible.

- 1. Objectives. The objectives of this electronic commerce initiative are to:
 - a. exchange procurement information such as solicitations, offers, contracts, purchase orders, invoices, payments, and other contractual documents electronically between the private sector and the Federal Government to the maximum extent practical;
 - b. provide businesses, including small, small disadvantaged, and women-owned businesses, with greater access to Federal procurement opportunities.
 - c. ensure that potential suppliers are provided simplified access to the Federal Government's

electronic commerce system;

- d. employ nationally and internationally recognized data formats that serve to broaden and ease the electronic interchange of data; and
- e. use agency and industry standards and networks to enable the Government and potential suppliers to exchange information and access Federal procurement data.
- 2. Implementation. The President's Management Council, in coordination with the Office of Federal Procurement Policy of the Office of Management and Budget, and in consultation with appropriate Federal agencies with applicable technical and functional expertise, as necessary, shall provide overall leadership, management oversight, and policy direction to implement electronic commerce in the executive branch through the following actions:
 - a. by March 1994, define the architecture for the Government-wide electronic commerce acquisition system and identify executive departments or agencies responsible for developing, implementing, operating, and maintaining the Federal electronic system;
 - b. by September 1994, establish an initial electronic commerce capability to enable the Federal Government and private vendors to electronically exchange standardized requests for quotations, quotes, purchase orders, and notice of awards and begin Government-wide implementation;
 - c. by July 1995, implement a full scale Federal electronic commerce system that expands initial capabilities to include electronic payments, document interchange, and supporting databases; and
 - d. by January 1997, complete Government-wide implementation of electronic commerce for appropriate Federal purchases, to the maximum extent possible.

This implementation schedule should be accelerated where practicable.

The head of each executive department or agency shall:

- a. ensure that budgetary resources are available, within approved budget levels, for electronic commerce implementation in each respective department or agency;
- b. assist the President's Management Council in implementing the electronic commerce system as quickly as possible in accordance with the schedules established herein; and
- c. designate one or more senior level employees to assist the President's Management Council and serve as a point of contact for the development and implementation of the Federal electronic commerce system within each respective department or agency.

3. No Private Rights Created This directive is for the internal management of the executive branch and does not create any right or benefit, substantive or procedural, enforceable by a party against the United States, its agencies or instrumentalities, its officers or employees, or any other person.

The Director of the Office of Management and Budget is authorized and directed to publish this memorandum in the Federal Register.

William J. Clinton

3.10.3 結論

米国は、規制緩和と政府の電子データベースサービスによって元気のよい新しい産業・企業が次々と現れてくるが、そのいくつかは消えていくであろう多産多死型社会である。現在の電話・通信事業者をも大きくゆさぶる規制緩和の親玉が FCC の NII/SUPERNet であろう。国民に電子サービスすることが、結局国の経費削減と経済の活性化に寄与することを、日本人は学ぶべきであろう。サイバー化または電子情報化の実行のスピードは21世紀に向けての国の命運を分ける重要なカギである。情報技術と同時に電子情報公開法は重要な役割を果たしている。情報公開こそが、真の政産官学の競争力を高める手段であることを実践しているのが米国である。日本版の NPR 常識ツールを構築・実行・評価する必要がある。

NII/SUPERNetについて

先日 FCC は無免許で通信できる5GHz帯(350 megahertz of spectrum at 5.15 – 5.35 GHz and 5.725 – 5.875 GHz) 100mW の許可を正式に出した。Apple社が提案したこのシステム(NII/SUPERNet)は現在の電話・インターネット・その他の通信分野に大きな影響を強く与える。FCC は新分野の創造と米国の製造業界の活性化と競争力強化に期待している。Apple社はパラボラアンテナを用いて100mWで10Kmから15Kmの距離で安定した25Mbpsの通信に成功している。通常のダイポールアンテナ無線方式と違って、パラボラアンテナ方式では point-to-point のビーム式で無線による混信がなく安価な NII の構築に適していると判断した。Benton 基金(http://www.benton.org/)と CPSR (http://www.cpsr.org/)は NII/SUPERNet を高く評価した。このような通信方式は日本でも必ず近い将来普及するだろう。

El SUPERNet: new high speed Shared Unlicensed PErsonal Radio Network

A 第13回全米人工知能会議 (AAAI-96) での動向

A.1 はじめに

第13回全米人工知能会議 (National Conference on Artificial Intelligence, AAAI-96)は、オレゴン州ポートランド市のオレゴン州会議センターにおいて8月4日から8月8日まで開催された。また、同じ会場で、8月5日より7日まで第8回人工知能の革新的応用会議(Innovative Applications of Artificial Intelligence, IAAI-96) が開催された。従来のIAAIの会議録は独立して発行されていたが、IAAI-96 では、AAAI-96 とより密接な連携を図るために、AAAI-96 会議録の付録として収められている。

さらに、AAAI-96に先だって同じ会場で、第2回知識発見とデータ発掘会議(International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, KDD-96) が8月2日から4日まで開催された。いずれの会議も全米人工知能学会(AAAI)の主催である。約1,500名の登録があり、うちAAAI-96 と IAAI-96のテクニカルセッションの参加者が1100名、KDD-96 参加者が450名、チュートリアル参加者が360名であった。

今年度のAAAI-96の参加者は、AAAI-94(シアトル)の約2,000名の参加者、IJCAI-95²⁴ (カナダ、モントリオール) の約2,300名と比べると大幅な参加者減となっている。この理由の1つは、多くの国際会議が、7月19日から8月4日までアトランタで開催された100周年記念オリンピックを避けて、その前後に集中したためである。例えば、第16回計算言語国際会議(COLING-96)は8月5日から9日、SIGGRAPH'96が8月4日から9日、ヨーロッパ人工知能会議(ECAI-96) が8月12日から16日に開催された。また、項書換技法と応用会議(RTA)、自動演繹会議(CADE)、コンピュータ支援検証会議(CAV)、コンピュータサイエンスにおける論理(LICS)という4つの会議から構成されるFLoC'96 (Federated Logic Conference)が7月27日から8月3日まで開催されている。

しかし、参加者が少なかった最大の理由は、AAAI-96では魅力ある会議のテーマ設定ができなかったということであろう。AAAI-94の時には従来にない全く新しいセッションを設定するなどの会議の活性化が図れたのに対して、AAAI-96ではそのような意気込みが余り感じられなかった。その意味で、多数の参加者を得られるかは、会議をどのように魅力的に構成できるかというプログラム委員会の力量にかかっていることが、如実に示されたと言えよう。

E IJCAIが北米で開催される時には、AAAI は休会となる。

A.2 AAAI-96

ペーパセッションには640件の論文が投稿され、3名の匿名査読での審査の結果、197件が 採録された。今年は前回よりも採録率 (AAAI-94 222/780, AAAI-93126/526) が高かった。付録 にセッション一覧を示す。括弧内は日本からの発表者である。会議録に収録された論文の概 要は、WWWページロから見ることができる。

AAAI-96 の最優秀論文は次の3件に与えられた。

- 1. "A Novel Application of Theory Refinement to Student Modeling", Paul T. Baffes (SciComp社), Raymond J. Mooney (テキサス大オースティン校),
- 2. "Pushing the Envelope: Planning, Propositional Logic, and Stochastic Search", Henry A. Kautz and Bart Selman (AT &T 研究所),
- 3. "Verification of Knowledge Bases Based on Containment Checking", Alon Y. Levy (AT &T 研究所), Marie-Christine Rousset (南パリ大).

招待講演が15件、パネルが1件行われた。また、併設のワークショップが13件、チュートリアルが11件開催された。

AAAI-96の特徴は3つあったと報告者はとらえている。

- 1. インターネットからの情報収集、
- 2. 制約充足問題における相転移、
- 3. AIチャレンジ問題。

以下、これら3点について簡単に報告する。

- A.2.1 インターネット情報収集

インターネットでさまざまな情報が提供されています。それを人工知能も含め計算機科学 という広いの観点から研究対象としてとらえるには、次の3つの方向が考えられる。

1. 情報収集をするインターネットエージェント。

"Moving Up the Information Food Chain: The MetaCrawler, Internet Softbot, and Web Shopbot" というタイトルで招待講演を行った Etzioni (ワシントン大) は、MetaCrawler の研究を通じて、単純な検索だけではなく、複数の検索エンジンを活用し、その情報を人工知能の技法を用いて統合するソフトボットの重要性を主張していた。

ttp://www.aaai.org/Publications/Press/Catalog/Proceedings/aaai96.html

http://www.jssst.or.jp/jssst/search-engine.html

2. データベースとしてのインターネット情報源。

インターネット情報源をデータベースとして見なし、情報検索をデータベース問合せで記述する。主な研究は2種類ある。AAAI-96あるいは人工知能研究としてで取り上げられているのは前者である。

・グローバル情報システムあるいは(演繹)データベースシステムとして論理による統一的な取り扱いを行う。このアプローチでは、ウェッブページなどの情報源にラッパーという皮をかぶせて、データベースシステムとしてのインターフェースを持たせている。

例えば、優秀論文賞を受賞し、また、チュートリアルを行った Levy (AT & T研究所) らが開発中のInformation Manifold では、ラッパーレベルでのデータベースの記述を description logic によって行い、データベース問合せの最適化を行い、同じウェッブページには1回しかアクセスしないようにしている。また、招待講演を行った Ullman (スタンフォード大) らが開発中の TSIMMIS では、メディテータというシステムにより、情報源へのアクセスを分配する手法を開発している。

- ・ウエッブ問い合わせ言語の開発。
- 3. 情報収集における自然言語処理、マルチメディア検索

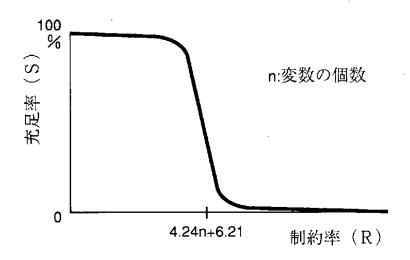
一般に、ウエップページはテキストで書かれていることが多いので、そこから抽出するための自然言語処理が研究されており、AAAI-96 でも発表があった。また、テキストだけでなく、画像検索についても Swain (シカゴ大) が "WebSeer: An Image Search Engine for the World Wide Web" という題で招待講演を行った。

A.2.2 制約充足問題における相転移

論理式を満足する変数の値の組を求める充足可能性問題は、3-SATに代表される。3-SATとは、3変数 (否定がついてもよい)の論理和からなる節 (clause)を制約式とすると、制約式の論理積で表現される論理式を充足する変数の0か1の値の組を求める問題である。3-SATの一般的な解法は、NP完全問題であることが知られている。NP完全というと難しい問題であると考えれられがちである。しかし、制約式の個数が変数の個数に比べて少ない過小制約状態では、充足解が多数存在するので、やさしい問題となる。逆に、制約式の個数が変数の個数に比べて非常に多い過剰制約状態でも、充足解が存在しないのでやはりやさしい問題となる。両者のやさしい問題の中間に充足解がごく少数存在するという本当に難しい問題領域が存在

する。

今、変数の個数 n に対する制約式の個数の比を制約率 (R)をとし、解空間 (2^n) に占める充足解の個数の比を充足率(S)とする。変数に1/2の確率で否定がつくランダム3-SATにおける制約率と充足率の関係は、図A.2-1に示したようになる。つまり、小さい制約率では充足率は100%であり、大きい制約率では充足率は0%となる。そして制約率が4.24m+6.21 あたりで充足率が100%から0%に急激に変化する。この変化を物理現象のアナロジーで「相転移」と呼ぶ。



図A.2-1 ランダム3-SAT問題における相転移

相転移での研究課題は、

- 1. 与えられた問題がやさしい問題なのか、難しい問題なのかを特徴づける指標、例えば、上記の制約率、の設計とその有効性の検証、
- 2. 相転移状態での詳細な解析を可能とする指標の設計とその有効性、
- 3. さまざまな制約充足問題解法のためのヒューリスティックスが有効である領域をうまく特徴づける指標。

などがあり、AAAI-96でもいくつかの報告が行われた。

A.2.3 人工知能チャレンジ問題

「人工知能チャレンジ問題」というパネルが開催された☆。このパネルでの問題意識は、 従来のような「効率的な推論方式」、「不確かさを許容する推論方式」といった具体性に欠 ける目標ではなく、Deep Blue のようにチェスのグランドマスターを目指すという具体的な 課題を取り上げ、その解決を通じて、人工知能研究を盛んにしていこうというものである。

上述した制約充足問題の研究で活躍するSelman (AT & T 研究所)がモデレータを務めた。以下、パネリストの主張を簡単に記す。服属アーキテクチャの提唱者である Brooks (MIT)は、8つのチャレンジ問題を提案している:生物システム、計算理論、進化システム、神経回路網再考、囲碁、音声理解、非音声理解、進化によるシステム構成法。Dean (ブラウン大)は、プランニングにおける理論と応用を統合することを提唱している。Horovitz (マイクロソフト研究所)は、不完全な知識を扱うために状況に応じた自律的な意思決定システムを提唱し、それをいくつかの部分問題に分割している。Mitchell(CMU)は、大きな飛躍をするために学習システムの応用を提唱した。Nilsson (スタンフォード大)は、柔軟でロバストなロボットの構築を提唱している。

このパネルでの議論を受け、今年夏に名古屋で開催される IJCAI-97 では「チャレンジ論文」を募集し、チャレンジ問題を設定し、新たな研究の飛躍を促進することになっている。 現在、IJCAI-97 で採録された9件のチャレンジ論文は、以下の通りである。

- · "The Predictive Toxicology Evaluation Challenge", King, Muggleton, Sternberg
- · "Adaptive Web Sites: an AI Challenge", Perkowitz, Etzioni
- · "Challenge: Where is the Impact of Bayesian Networks in Learning?", Friedman, Goldszmidt, Heckerman, Russell
- · "The RoboCup Synthetic Agents Challenge 97", 北野 宏明 (ソニーCSL), Veloso, Stone, Tambe, Coradeschi,大沢 英一 (ソニーCSL), 野田 五十樹, 松原 仁 (電総研), 浅田 実 (大阪大学).
- · "Understanding Three Simultaneous Speeches", 奥乃 博, 中谷 智広, 川端 豪 (NTT 基礎研究 所)
- · "Distributed Vision System: An Informative Infrastructure for Robot Navigation",石黑 浩 (京都大学工学部情報工学教室)
- · "Can we bridge refinement-based and SAT-based planning techniques?", Kambhampati
- · "Computational Challenges in Propositional Reasoning and Search", Selman, Kautz, McAllester
- · "Challenge: How IJCAI 1999 can Prove the Value of AI by using AI", Geller

^{**} 予稿集に掲載されたパネルの話題提供論文は、WWWページで公開されている。
http://www.research.microsoft.com/research/dtg/horvitz/seltext.htm

A.3 おわりに

本報告で概観したように、米国の人工知能研究は、演繹データベースとの融合をはかり、よりシステム的なものに研究対象を移したり、あるいは、具体的な問題に焦点を絞り研究資源を投入するというように、時代の要請に応えようとしている。言いかえると、マルチエージェント、インターネットエージェント、ユーザインターフェースなど日本でも従来から活発に研究されている分野がますます増えている。今後、新しい人工知能研究分野で、日本からの発表が増えることを期待したい。特に、本年8月には第15回人工知能国際会議 (IJCAI-97) が名古屋で開催され、新しい研究の芽が生まれると期待される。

AAAI-96 テクニカルセッション一覧表

エージェント (20件)

インターラクション (4), インターネット・エージェント (4), マルチエージェント学習 (4), マルチエージェント問題解決 (4), 交渉と提携 (4)

芸術とエンターテインメントにおけるAI

(4 内ビデオ 2)

制約充足 (32)

制約充足(4), データー貫性 (4), ゲーム木探索 (4), 相転移 (4), 探索制御 (4), 探索・学習 (4, 新保(京大)), ストカスティック探索 (8, 岩間(九大)), 時間推論 (4)

教育 (4)

情報検索と自然言語処理 (4)

知識コンパイル (4)

知識表現 (24)

抽象化 (4), 信念・信念修正 (4, 磯崎 (NTT)), 記述論理と確率的推論 (4), 知識ベース・ 文脈 (4), 非単調推論 (4, 房岡 (立命館大)), 行動についての推論 (4)

知識ベースシステム (4)

学習 (25)

事例ベース推論 (4, 島津 (NEC)), 決定木 (4), 発見 (4, 村田(東工大)), 効率化 (3), 基本的課題 (3), 帰納学習 (3), 知識ベース (4), プランニング (4), 強化学習 (4)

移動ロボット (8, 内ビデオ1)

モデルベース推論(12)

モデルベース推論 (4), 定性物理 (4), 空間推論・機能推論 (4)

自然言語 (8)

学習 (4), 意味・談話 (4)

知覚 (7)

知覚 (3, 奥乃(NTT)), 視覚 (4, 内 video 1)

プランニング (16)

環境 (4), 不確かさ処理 (4), 制約法・探索 (4), コスト・時間・SAT コンパイル (4) ルールベース推論・コネクショニズム (3)

不確かさ(8)

ベイズネットワーク (4), 基礎 (4)

⁴人名は、そのセッションでの日本からの発表者である。

KDD-96 テクニカルセッション一覧表

データ発掘と学習 (6)
データ発掘応用 (9, 津本 (東医歯大))
決定木とルール帰納 (4)
学習, 確率, グラフ・モデル (3)
ノイズや欠落データの下での発掘 (2)
パターン指向データ発掘 (2)
予測と誤差 (6)
データ発掘システムのスケーラビリティと拡張性 (3)
空間, テキスト, マルチメディアデータ発掘 (4)
大規模データベースの発掘システム (3)
ポスター (30, 鈴木 (東工大), 寺野 (筑波大))

招待講演 (2)

B 海外調查報告

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。 調査は1997年1月6日~1月15日に以下の3名で行った。

奥乃 博主査 (NTT 基礎研究所)

山上 宣彦 (先端情報技術研究所)

武田 浩一 (先端情報技術研究所)

今回の調査では、知的インターフェース関連の国際会議 IUI'97(International Conference on Intelligent User Interfaces) への参加、スタンフォード大学の2つの研究所 KSL (Knowledge Systems Laboratory)、CSLI(Center for the Study of Language and Information)の訪問、ベンチャー企業である VXtreme の訪問を行った。

B.1 IUI'97

B.1.1 概要

名称: 1997 International Conference on Intelligent User Interfaces

開催日:1997年1月6日(月)から1997年1月9日(木)

開催場所:Hilton At Walt Disney World Village (米国フロリダ州オーランド)

主催: ACM SIGART, SIGCHI

協賛: AAAI, British HCI Group

開催地であるフロリダ州オーランドは米国でも有数のリゾート地で、冬でも半袖でいられるほど暖かく、湖沼の多い美しいところである。ここは、有名なウォルト・ディズニー・ワールド・ビレッジのある場所でもあり、会議の行われたホテルもその広大な敷地の中にある。この会議は、その名のとおり知的ユーザインタフェースに関する国際会議で、ACM UIST (Annual Symposium on User Interface Software and Technology)の併設会議として1988年に始まり、2回目は1993年に開催された。今回は3回目である。このように比較的新しく不定期に開催されてきた会議であったが、今回から毎年開催されることになった。今回の主なトピックスは、モデルベースのインタフェース設計の研究に代表される、知識ベースの手法を利用したユーザインタフェースの設計と実装、および、知的エージェントの利用に代表されるような、インタフェース自身への知識ベースの利用であった。また、参加者数は150名弱で、そ

のうち日本人は我々を含めて8名であった。

B.1.2 内容

セッションの構成を以下に示す。

セッション構成:

講演1 "Why Are Intelligent User Interfaces Always a Year Away?"

(James Foley, A Mitsubishi Electric Research Laboratory)

論文1 Planning Based Approaches (3件)

ディベート Direct Manipulation vs. Interface Agent

論文2 Interface Agent (3件)

ポスターセッション(15件, うち日本3件)

論文3 Presentation Aids/Coordination (3件)

論文4 I/O support/Spatial Awareness (3件, うち日本1件)

パネル1 Computational Approaches To Interface Design: What Works, What Doesn't,

What Should, and What Might

論文5 Automation of Presentation (3件)

論文6 Application (2件)

パネル2 Compelling Intelligent User Interfaces: How Much AI is enough?

論文7 Web/Hypermedia (3件)

講演2 "What Makes an Intelligent User Interface Intelligent?"

(Doug Riecken, Lucent Technologies)

開会講演(講演1)で、James Foley (MERL)は、IUI (Intelligent User Interfaces)の技術移転を取り上げ、IUIに特有な技術移転と、genericな技術移転について報告を行った。ベンチャー活動などが活発で研究成果の移転がよく行われているとみられている米国でも、IUI 研究の産業界への移転は、研究者が考えているよりも長くかかっているという認識があることから取り上げられたと思われる。日本における情報産業低迷の原因のひとつは、技術移転がうまくいっていないことにあるという指摘もあり、われわれにとっても興味ある話題である。ユーザインタフェース(UI)の研究動向は、「ユーザがマシンに合わせる」第1段階、「設計時にマシンがユーザに合わせる」第2段階、そして最近は「実行時にマシンがユーザに合わせる」第3段階に変わりつつある。一時期、KISS (Keep It Simple Stupid)が設計モットーとしてもて

はやされたが、結局、「知的UIは知的でなければならない」という当たり前の考え方に戻ってきた。genericな技術移転とは、人による移転であり、人間関係・ネットワークの構築であり、そのために研究所のトップの理解、プロトタイプから製品化に要するコストを考慮しなければならないという報告が行われた。IUI 特有の移転の問題としては、UI をサポートするソフトウェアインフラストラクチャが適切ではなかったり、UIにあまりに多くのことを望みすぎているのではないかということが指摘された。また、有効性が示されているのは教育・訓練の分野だけであるので、今後、それ以外の分野で IUI の有効さを示すデモが必要であることが強調された。

MERL所長であるFoleyの言葉であることを考えると米国の企業研究所の運営方針の一端を 伺い知ることができる。なお、MERLは三菱本社からのコントロールは受けておらず、所長 の考えで運営しているとのことである。

本会議への参加は今回が初めてであるが、開会講演あるいはパネルを通じて、「実際のプロダクトに役に立つ技術を中心課題としなければならない」というIUIの置かれた立場が明確に伺えた。

ディベートでは、「直接操作 対 インタフェースエージェント」が取り上げられた。前者の演者として Ben Shneiderman (Maryland 大学)、後者の演者として Pattie Maes (MIT メディアラボ)が立った。直接操作派は、UI はユーザからその挙動が予測可能、制御可能なものであるべきで、判断は人間が行ない機械はそのサポートに徹すべきであると主張した。一方、インタフェースエージェント派は、たとえば未知の情報を手に入れるのにあまりに多くの作業を人間にさせるのは無駄が多いのであり、直接操作のメタファーはインタフェースエージェントによって強化されるものであると主張した。インタフェースエージェントは、直接操作に対峙する間接操作の代表と企画されたが、Maesはインタフェースエージェントが直接操作あるいはうまく設計されたインタフェースの代替案であるという主張は誤解であると述べ、ディベートとしては成立しなかった。当日の夜のレセプションで、Shneidermanからこの点を問い質したところ、エージェントは自然言語処理は不要、人間のメタファー(特に画面に顔が出る)は嫌い、とのコメントを得た。

パネル1は、「インタフェース設計のコンピュテーショナルアプローチ」について4人のパネリストから、それぞれの分野でのコンピュテーショナルアプローチを発表した。 Christopher Miller (Honeywell)は、実世界、実時間応用向けインテリジェント適応型情報システムおよび自動管理システムを構築する立場から、インタフェースの生成(generation)というよりはむしろ合成(composition)にコンピュテーショナルアプローチを利用することに賛成した。 Mark Maybury (MITRE)は、インタフェースには、設計、構築、利用のサイクルが重要であることを強調し、優れたツールと標準化の必要性を説いた。 Angel Puerta (Stanford Univ.)は、

これまで研究してきた Mecano、Mobi-Dなどの結果から、インタフェースの自動生成アプローチは適用範囲が狭く、むしろ、インタフェース設計に関連する知識の管理および設計上の決定を支援するツールが必要であると主張した。Kevin Corker (NASA)は、複数人の作業者と自動化システムにおける開発用フレームワークであるMIDASについて報告し、タスクベース設計の重要性を主張した。モデルベース設計は何をするかに焦点があり、タスクベース設計はできるかに焦点があるという説明は興味深かった。

パネル2は、「IUIにAI技術がどれだけ必要か」について4人のパネリストがポジションペーパを発表した。David Kurlander (Microsoft) は、AI-UI の研究課題として predictability、flexibility、speed、explaintabilityをあげ、ケーススタディーとして comic chat (Persona プロジェクト)を報告した。Henry Libermann (MITメディアラボ) は、例によるプログラミング、Latiza(Web 援助)、Zstep94などのこれまでの研究を通じて AI技術の重要性を強調した。Eric Horovitz (Microsoft) は、believable、natural、usable、usefulがユーザインタフェースの課題であるとし、ユーザモデリングとプラン認識に関するAI研究の重要性を主張した。これらの研究の難しさは、ユーザの要求やゴールが不完全なことであり、不完全データからの推論、音声や画像などとの統合などの研究が報告された。Larry Birnbaum (ILS)は、ユーザモデルではなくタスクモデルが重要であるとの立場から、cross application taskmodeling の重要性を主張した。このパネルの中で、マイクロソフトのWordの新しいバージョンに組み込まれたアシスタントツールの紹介があり、ここでも、研究成果を製品に組み込むことを最重視して研究していることを再認識させられた。

Doug Riecken (ルーセントテクノロジー) による閉会講演(講演2)は、開会講演での「知的 UIは知的でなければならない」という主張を受け、Intelligence はどこにあるのかを考察し、直接操作(Directmanipulation)、エンドユーザ・プログラミング(End-user programming)、エージェント(Agents)の三つの側面で構成されると結論を出した。なお、ここではIUIの4つの単純な経験則が報告された。

- 1. 「15%がATMを使用」定理、
- 2. 「ユーザが構わないことをする」定理、
- 3. 「12ボタン」定理、
- 4. 「ソニー・メタフォー」定理。

討論は、論文、講演、パネルどれも非常に活発であり、質問者が10人にもなるような講演 も少なくなかった。単一セッションのこじんまりした会議の利点がいかんなく発揮されてい たと思われる。

型元のベル研

B.2 スタンフォード大学 KSL

名称:Knowledge Systems Laboratory (知識システム研究所)

訪問日:1997年1月13日(月)

面会者:以下の4名

Yumi Iwasaki (Research Associate)

Bob Engelmore (Senior Research Scientist and Executive Director)

Adam Farquhar (Research Scientist)

James Rice (Programmer)

KSLは、スタンフォード大学計算機科学科に所属している、人工知能関連の研究所(所長は Fikes 教授)で、現在、HPP (Heuristic Programming Project) と SMI (Section on Medical Informatics) の2グループある。IUI'97 の co-chair を務めた Angel Puerta は SMI の Research Scientist である。Puertaは、モデルベースドユーザインタフェース開発環境の研究に従事している。HPPは、知識ベースの共有と再利用のための知識表現、デバイスのモデリングのための計算環境を中心に研究を行っている。

岩崎研究員より KSL の概要の説明を受けた。岩崎さんは従来、"How ThingsWork"という定性推論システムの研究を進めてきたが、諸般の事情で最近では、製品開発者に必要なデバイスモデリングとモデルベース推論機能の研究に従事し、航空宇宙学科のスタンフォード人工衛星システム研究所と共同でマイクロサテライトのモデリングに応用し、Web ベースの分散型共同開発用ツールである CDME (Collaborative Device Modeling Environment)を開発している。

次に、現在の HPP のメインテーマである "Knowledge Representation, Sharing and Reuse" プロジェクトの「情報ブローカ」について、Bob Engelmore副所長、Adam Farquhar 研究員、James Rice氏から説明を受けた。このプロジェクトは、知識ベースの共有と再利用のための知識表現法を研究しており、オントロジーのブラウズ、作成、編集、修正、利用するサーバ (Ontolingua Server)を開発している。このようなシステムを用い、調達などへの応用を検討中である。

オントロジーは、単一の機関で開発はできず、さまざまな機関で作成することが必要である。KSLでは、大学という立場を利用して、政府、軍、企業などのオントロジーを分散で開発し、その応用システムを開発しようとしていることに共同研究の進め方に興味を覚えた。また、オントロジーとは少し異なるが、EDRの電子化辞書の利用も可能ではないかと思われた。実際、KSLでも興味を持っている。

B.3 スタンフォード大学 CSLI

名称:Center for the Study of Language and Information (言語・情報研究センター)

訪問日:1997年1月13日(月)

B.3.1 概要

CSLI は、スタンフォード大学の独立研究所のひとつで、コンピュータ科学、言語学、論理学、心理学、哲学などの学問領域の境界を超えた交流を行い、相互に協力することで、新しい科学分野の研究を行なう場を提供することを目的としている。その分野とは、生物やコンピュータが情報をどのように獲得、処理、伝達するかを認知科学的に探ること、そして、人間と計算機との理想的なインタラクション環境を提供することである。体制的にも実質的にも外に開かれており、参加企業および国内外の研究者の絶え間ない研究交流がある。

B.3.2 訪問先

(1) Barbara Tvesky 教授

対象分野 心理学、認知科学分野

研究テーマ Spatial Thinking and Language

人間の空間認識と思考、メンタルモデル、言語について心理学、認知科学の立場から研究している。また、インタフェースの設計などにグラフィック表示などの空間的 視覚的媒体をどのように使えばよいかについて研究している。

(2) Archimedes プロジェクト

面会者 Neil Scott

J.B.Galan

対象分野 インタフェース

研究テーマ マルチモーダルインタフェースを利用した身体障害者向け情報機器環境 デモ 頭の動きと音声コマンドを使ったマウスの制御、およびプログラミング 環境(6000 語の音声単語を区別できる。音声認識には pentium 100MHz 使 用)

身体障害のある2名のプログラマがデモをしてくれた。けいわん症で腕の上がらなくなった方は、ノートパソコンが重いという話になり、山上研究員が持参したToshiba

Liberettoを見せた所、非常に好評であった。米国では販売していないので、是非、寄付をしてほしいとの要望が出された。関係各位の御尽力をお願いしたい。

(3) Peter 教授のプロジェクト

対象分野 自然言語処理

研究テーマ 構文と意味との関係、前方照応の構文的および意味的特質

デモ 新聞記事(日本語)検索システム(キーワードで関連する新聞の記事を拾ってくるもの)

(4) 佐藤理史客員研究員のプロジェクト

対象分野 自然言語処理

研究テーマ ネットワークニュースの自動ダイジェスティングと編集、パッケージ 化(QA-Pack)

ネットワークニュースの記事群からダイジェストを自動生成し、編集したうえ、FAQ (Frequently Asked Questions)として利用可能なように記事を分類した文書を自動的に作成するシステムである。佐藤理史客員研究員は、北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科から1997年1月までの予定でCSLIに滞在している。

B.4 VXtreme

名 称: VXtreme Inc.

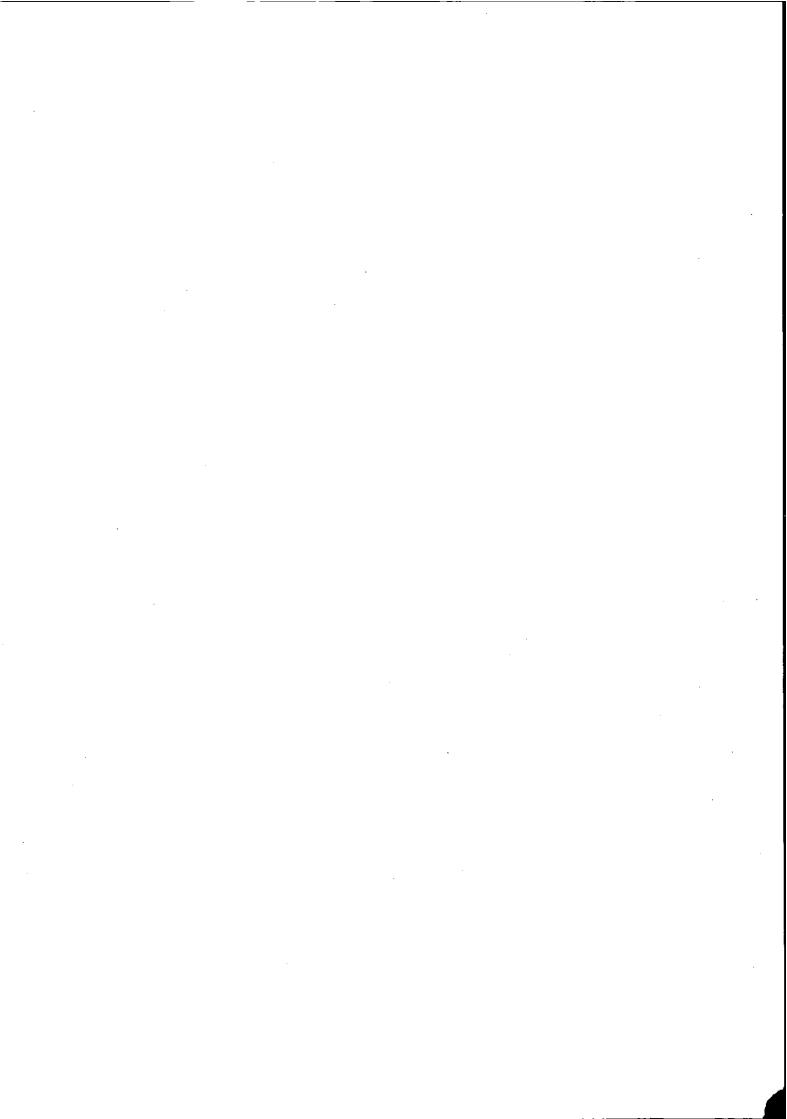
訪問日:1997年1月13日(月)

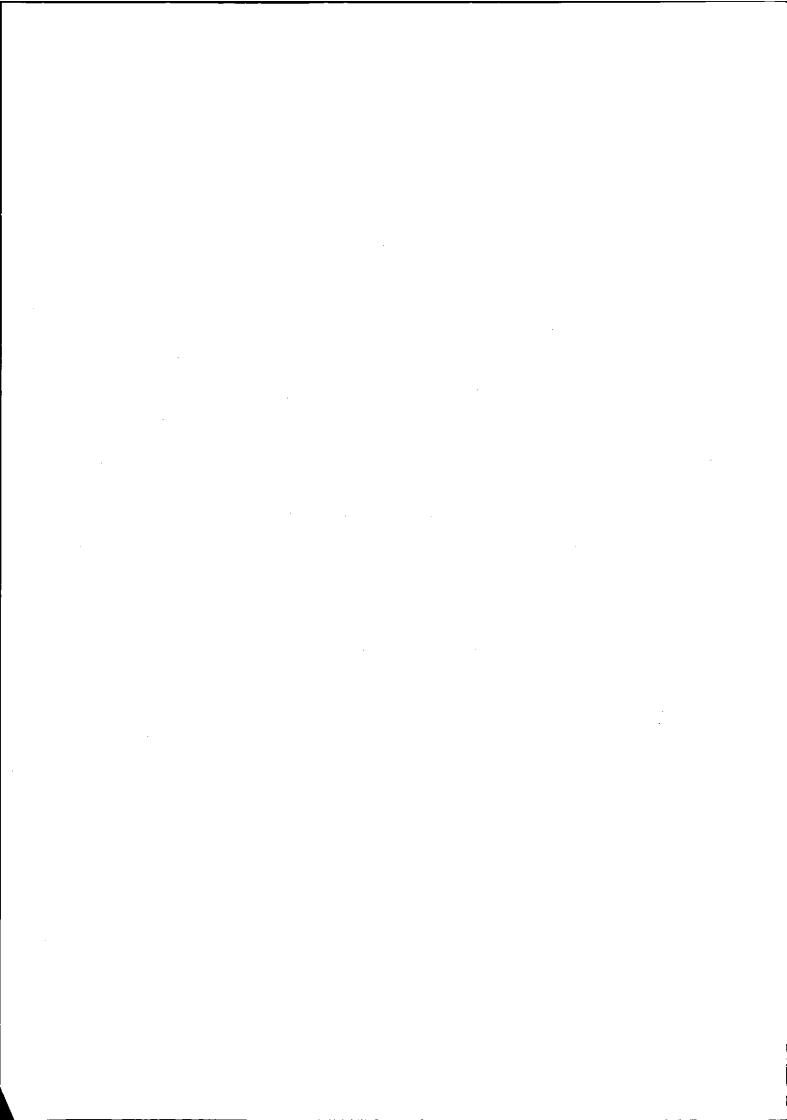
面会者:Anoop Gupta (Chief Scientist, Co-Founder, Sabbatical from Stanford)

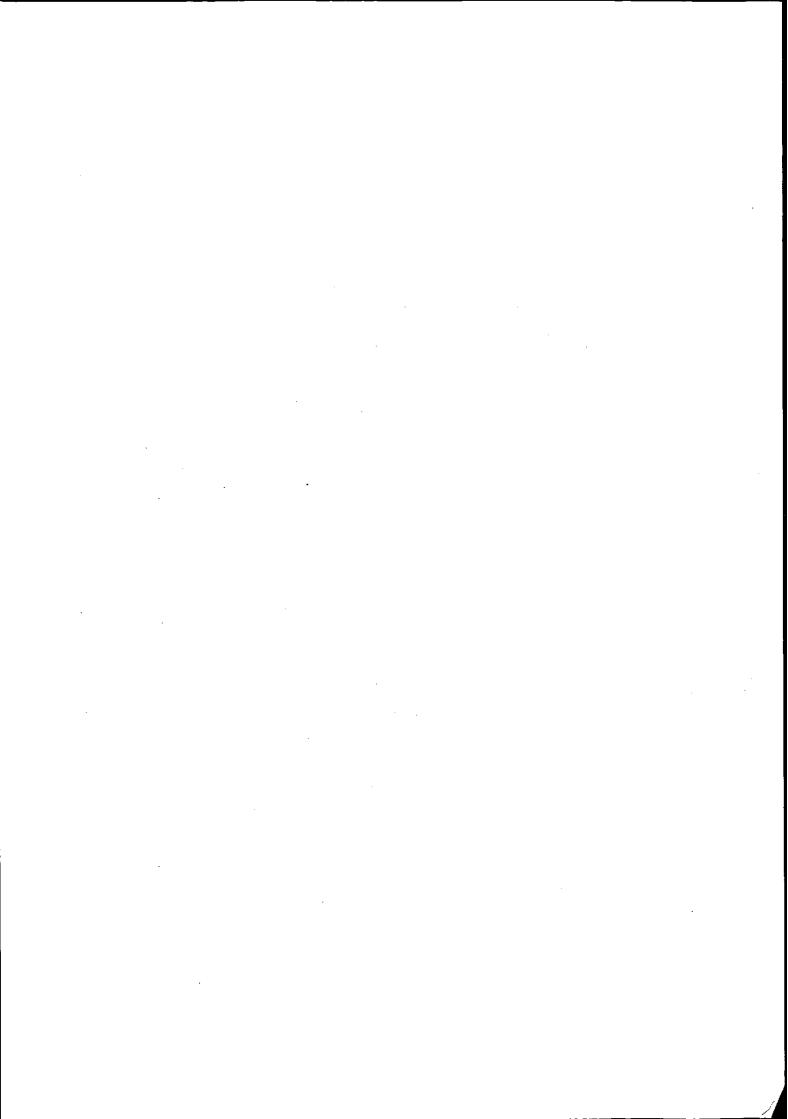
VXtremeは、1995年に設立されたベンチャー企業であり、インターネットを通じて高品質のビデオを提供するソフトウェアシステムの開発と販売を行っている。独自のプロトコルを使用して、電話線、ISDN、専用線、ATMなどさまざまな物理層に対しても実時間転送が保証できるようになっている。製品は、WebTheaterと呼ばれ、サーバ、クライアント、および、オーサリングツールが開発されている。ユーザは必要に応じて自分のブックマークをつけることができる。現在、スタンフォード大学の講義やCNNなどのニュースビデオが提供されている。ただし、セキュリティやアカウンティングについては、現在のバージョンでは考慮されていないので、対象となるユーザはイントラネットなどの社内ネットワークでのビデオサ

ーバであろう。

なお、VXtreme のオフィスは、元KSLがあった所にある。最近のシリコンバレーの盛況で、オフィススペースが逼迫しているので、KSL が Gates Building に移転した後に VXtremeが入ったとのことである。







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ください。

ネットワーク及びAI関連新技術に関する調査研究

© 平成 9 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2階 TEL (03) 3456-2511

