

資 料

人間主体の知的情報技術 に関する調査研究Ⅲ

平成 12 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



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

人間主体の知的情報技術調査ワーキンググループ

主 査	奥乃 博	東京理科大学 理工学部 情報科学科 教授
委 員	大須賀 昭彦	(株) 東芝 研究開発センター コンピュータ・ネットワーク ラボラトリー 主任研究員
委 員	加藤 俊一	中央大学 理工学部経営システム工学科 教授
委 員	國藤 進	北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科 教授
委 員	児島 宏明	電子技術総合研究所 知能情報部 主任研究官
委 員	杉本 重男	図書館情報大学 図書館情報学部 教授
委 員	長尾 確	日本アイ・ビー・エム(株) 東京基礎研究所 特別研究員
委 員	宮田 一乗	東京工芸大学 芸術学部 助教授
委 員	山名 早人	電子技術総合研究所 情報アーキテクチャ部 主任研究官
委 員	横田 実	日本電気(株) C&C メディア研究所 主任研究員
幹 事	北畠 重信	(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
幹 事	小林 茂	(財) 日本情報処理開発協会 先端情報技術研究所 技術調査部 主任研究員

人間主体の知的情報技術に関する調査研究Ⅲ

目 次

1 総論

1.1	調査ワーキンググループの活動方針	1
1.2	調査の概要	2
1.2.1	調査方針	2
1.2.2	調査対象	2
1.3	調査活動の方針	4
1.4	調査結果の要約	6
1.5	調査結果の概要	8
1.5.1	ナレッジマネジメントと情報技術	8
1.5.2	音声認識技術の動向と今後の展開	9
1.5.3	セマンティック・トランスコーディング： アノテーションに基づくオンラインコンテンツの新しい利用法	9
1.5.4	デジタル映像に関わる動向	10
1.5.5	Web データ収集の現状と課題	10
1.5.6	知的文書インタフェース	10
1.5.7	デジタル図書館（電子図書館、Digital Library）	11
1.5.8	感性メディア技術の現状と今後の課題	12
1.5.9	情報収集・連携エージェント技術	12

2 米国の研究開発動向

2.1	はじめに	15
2.2	HPCC 研究開発計画	16
2.3	HPCC における HuCS 領域の研究開発	19
2.4	NSF 関連の HuCS 研究開発	22
2.4.1	NSF の組織と研究助成プログラム	24
2.4.2	KDI (Knowledge & Distributed Intelligence) と KN (Knowledge Networking)	28
2.4.3	STIMULATE (Speech, Text, Image, and Multimedia Advanced Technology Effort)	31
2.4.4	デジタルライブラリ・イニシアチブ・フェーズ 2	34
2.4.5	バーチャル・ロサンゼルス	47
2.4.6	ロボットによる外科手術	50

2.4.7	ユニバーサル・アクセス	54
2.4.8	Web アクセシビリティ・イニシアチブ	57
2.4.9	その他のテーマ（スペイン語インタフェース）	58
2.5	他省庁関連の HuCS 研究開発	58
2.5.1	DARPA 関連のテーマ	59
2.5.2	DOE 関連のテーマ	60
2.5.3	NLM 関連のテーマ	61
2.6	おわりに	65

3 研究開発の新しい展開と内外の動向

3.1	ナレッジマネジメントと情報技術	67
3.1.1	はじめに	67
3.1.2	ナレッジマネジメント	67
3.1.3	情報技術による支援	68
3.1.4	実践事例報告	69
3.1.5	日米ナレッジマネジメント格差解消の方策	71
3.1.6	日米の情報技術格差の根源	72
3.2	音声認識技術の動向と今後の展開	76
3.2.1	音声認識技術の現状	76
3.2.2	音声認識の今後の方向	77
3.2.3	音声技術の方向性	82
3.3	セマンティック・トランスコーディング： アノテーションに基づくオンラインコンテンツの新しい利用法	84
3.3.1	はじめに	84
3.3.2	アノテーション	87
3.3.3	セマンティック・トランスコーディング	97
3.3.4	おわりに	107
3.4	デジタル映像に関わる動向	110
3.4.1	デジタル映像の歴史	110
3.4.2	デジタル映像産業の現状	116
3.4.3	デジタル映像産業の発展のために	119
3.4.4	あとがき	120
3.5	Web データ収集の現状と課題	121
3.5.1	インターネットと WWW の発展	121
3.5.2	WWW 情報検索サービスの動向と WWW サーバから発信されるデータ量	122

3.5.3	Web ページ収集と問題点	123
3.5.4	分散型 WWW ロボットによる収集実験	124
3.5.5	世界における分散型 WWW ロボットの研究状況	127
3.5.6	Web データ収集の今後の方向性	129
3.6	知的文書インタフェース	131
3.6.1	電子的な紙を必要とする社会背景	131
3.6.2	電子ブックへの期待	132
3.6.3	現状のディスプレイの問題点	134
3.6.4	電子インク技術の台頭	135
3.6.5	ビットから再びアトムへ	137
3.6.6	今後の電紙研究への取り組み方	138
3.7	デジタル図書館（電子図書館、Digital Library）	141
3.7.1	背景	141
3.7.2	デジタル図書館のための情報技術の研究開発	142
3.7.3	メタデータ	144
3.7.4	考察	145
3.7.5	まとめ	149
3.8	感性メディア技術の現状と今後の課題	155
3.8.1	はじめに	155
3.8.2	感性メディア技術	155
3.8.3	感性メディア技術の今後の展開	171
3.9	情報収集・連携エージェント技術	175
3.9.1	インターネットにおける情報収集とエージェント	175
3.9.2	WWW 情報検索・収集エージェント	176
3.9.3	ドライバー情報支援エージェント	178
3.9.4	ヒューマンナビゲーションエージェント	179
3.9.5	環境情報収集・連携エージェント	181
3.9.6	プラント情報連携エージェント	183

付属資料

付属資料 1	海外調査報告（欧州）	187
付属資料 2	海外調査報告（米国）	205
付属資料 3	Blue Book 2000 HuCS 研究開発テーマ	220
付属資料 4	HuCS 研究開発テーマ vs. 助成エージェンシー	233

1 総 論

1.1 調査ワーキンググループの活動方針

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

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

しかしながら、このように人々を取り巻く情報環境が豊かさを増すと同時に複雑にもなり、その結果、利用者はその情報環境の全容を理解することが困難になってきている。さらに、望む情報を得るためのコンピュータの操作も、実際には宣伝文句ほど容易ではなく、ますます複雑になっていき、習得が難しくなっているという状況も一方では生じている。このように、情報技術を取り巻く状況は大きく変わってきており、新たなニーズに応え、課題を解決するために、従来の情報処理の理論や技術を超えた技術革新が求められている。

この機会を機敏に捉え情報処理技術のイノベーションの進展する方向を見定め、それに向かって適切な研究開発投資を行うことが、日本の将来の情報産業を発展させる鍵となる。このような観点から、前々年度のネットワーク及び AI 関連新技術に関する調査研究で、インターネットに代表される開放型ネットワークに関連する新技術、および、知的なユーザインタフェースを目指す 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てきた。

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

1.2 調査の概要

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

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

1.2.1 調査方針

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

1.2.2 調査対象

技術分野を下記の3つの技術を軸として整理してみる。

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

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

おおよその調査対象となると考えられる研究分野について以下にリストアップする。こ

これらの分野、研究テーマの実現上の問題点、利点、社会的インパクト、研究開発投資額、期間などを分析する。

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

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

- ・高齢者介護
- ・その他の公共サービス

(6) その他

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

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

1.3 調査活動の方針

昨年度は、本活動の3年目の区切り（最初の1年目のテーマは「ネットワークとAI」、次の2年間のテーマが「人間主体の知的情報技術」）としてとりまとめを行い、下記のような特徴を指摘し、その特徴がさまざまな分野で見られるかについて調査結果を報告した。

1. 企業のみならず官庁も意思決定に情報処理技術を活用し始めたこと。
2. WWWのような半構造化データが飛躍的に増えたこと。
3. テキストデータだけでなく、静止画像に加えて、動画画像や音声などがインターネットで公開され始めたこと。
4. モバイルコンピューティングによって、情報サービスがいつでも、どこでも、誰でも、が強く意識され始めたこと。
5. エージェント技術が実用システムに応用され始めたこと。

今年度からは、次のステップとして、「今後、わが国における中長期的研究への国の支援はどのような分野、もしくは、テーマに重点をおくべきか」を提言することを最終目的として活動を行う。

本活動は、「わが国の情報技術研究開発のあり方」の一環として別途予定している『わが国が研究開発支援すべき重点技術分野』の検討における、『少し先を見たテーマ／分野』のマップ作成の技術的裏付けとなる議論となることを想定している。したがって、各委員が研究を進める上で調べていると想定される関連研究・動向調査などを生かして、その分野／テーマの研究開発の政府支援の有効性・方向性を議論する。さらに、その成果を『研究開発支援すべき重点技術分野』のマップに反映することによって、その分野のプロジェクト提案が非常にやりやすくなるというメリットが期待される。

方針

具体的な議論の第一ステップとしては、次のようなことを検討する。すなわち、中長期的な研究は、将来の産業に技術シーズとなるようなものが望ましく、米国の「HPCC 計画や最近発表された IT スクエアド計画」をベースとして、わが国として、重要と思われる分野やテーマを選択し、それらの研究や技術内容の特徴や水準の日米の相違の分析を行う。つまり、各委員と委員会事務局は、以下のような方針で調査に望むこととする。

1. 各委員は、専門として取り組んでいる分野、あるいは、興味のある分野について、研究内容や技術内容の現状あるいは予測される将来の状況について、日米の比較を行う。そして、当該分野に対して、わが国は、国策としてどのような取り組みをしたらよいかについて議論を行う。
2. 先端情報技術研究所技術調査部は、米国 HPCC 計画や IT スクエアド計画の中身や進捗情報に関して調査を行い、関連する技術資料などの情報提供を各委員に行う。また、最初の委員会で、委員会幹事より、HPCC Blue Book 1999 などの資料を元に米国の HPCC プロジェクト等の進捗概要を報告する。

本ワーキンググループの活動経緯は下記の通りである。

海外調査	9/21～ 10/3	奥乃主査、北畠、小林、「CSCWD'99 参加」、および 英国・仏国調査
第 1 回会合	11/9	活動内容討議 北畠 「米国政府支援の人間中心システム研究開発動向」
第 2 回会合	12/3	児島委員 「音声認識研究の動向と今後の展開」

		宮田委員	「デジタル映像とコンピュータの歩み」
第3回会合	1/14	國藤委員	「ナレッジマネジメント技術の現状と課題」
		加藤委員	「感性情報処理の現状と課題」
		杉本委員	「デジタルライブラリの現状と将来」
第4回会合	1/28	長尾委員	「セマンティック・トランスコーディング： アノテーションに基づく Web ドキュメントの 新しい利用法」
		山名委員	「Web データ収集の現状と課題」
第5回会合	3/3	横田委員	「Back to the Future『紙と鉛筆』へのこだわり」
		大須賀委員	「ネットワークエージェント技術の現状と課題」
海外調査	3/3～ 3/11	横田委員	米国調査（MIT Media lab., 他）

1.4 調査結果の要約

本 WG の調査活動を通じて、次のような特徴が明らかになってきた。

- (1) コンテンツの高度利用を促進するために、情報提供側が提供すべきコンテンツに対してより正確な情報を付加するための枠組が重要であるという方向性がより明確になってきた。そのような枠組として、本調査活動では、次の3点に取り組んだ。

- 1) アノテーションの利用
- 2) メタデータ
- 3) デジタル映像技術

オリジナルの情報に、より正確に記述できるように付加情報としての「アノテーション」を与える。アノテーションは、テキストデータだけでなく、画像、音声、映像など各種マルチメディアデータにも付加できるので、検索、翻訳、要約、メディア間の統合などにも使用できる。「メタデータ」は、文献に対する書誌情報に対応するデジタル文献に対する書誌情報であり、メタデータを付加することにより、アノテーションと同様の効果が期待できる。デジタル映像においても、映像検索を効率化、高度化するため同種のデータの付加が検討されている。

- (2) 情報収集や情報検索の高速化や高度化のための技術開発で、競争が激化している。本調査活動では、以下のような2点について取り組んだ。

- 1) 分散処理による Web ページの収集
- 2) エージェント技術による情報収集とサービス連携

Web の検索エンジンや分類ページでは、提示されるリンクが実体のない宙ぶらりの場合が少なからずあり、いかに高速に効率良く世の中にあるページを収集するかが重要な課題である。集中してページを収集しようとする、ネットワークの負荷がボトルネックとなる。このようなボトルネックを分散収集システムで回避する技術は、不可欠である。また、収集した情報はすぐに適切な処理をすることが通常は必要であり、そのためにエージェント技術を使用して他のエージェントとの仲介を行ったり、連携をすることが不可欠である。

- (3) 組織が保有するナレッジ（知）を創造し、共有し、再利用するプロセスを情報処理技術を活用して高速化し、効率化する「ナレッジマネジメント」が新たなビジネス展開法として不可欠である。特に、ナレッジには明示知の他に暗黙知があり、両者がなくてはビジネスへの展開はできない。この暗黙知については、日本が一早く注目し、その重要性を訴えてきたものであり、それが海外で注目を浴びて、情報処理技術と統合されてナレッジマネジメントとして提案されている。
- (4) 情報提示に当たっては、いかに自然に利用者に情報を提示するかが利用者拡大へのキーワードであり、そのために従来にない技術の開発が不可欠である。また、情報入力についても、自然なインタフェースが重要である。本調査活動では、以下のような3点について取り組んだ。

- 1) 電子インク
- 2) 感性情報処理
- 3) 自然な音声発話の認識

次期の検討課題

- (1) メタデータを含めて、各種アノテーション間の相互変換、互換性、さらには、標準化が重要な課題となろう。また、各アノテーションに対応したツール群をモジュー

ル化し、「プラグ&プレイ」とできるような枠組が必要となろう。

- (2) ナレッジマネジメントのための人工知能技術、情報処理技術は特に新規の技術開発が必要と言うよりは、従来の技術を実世界の問題に適用するための「イネーブリングテクノロジー」の開発が不可欠となろう。わが国の産官学の一般的な認識としては、人工知能技術はすでに終わった技術としてとられているようであるが、さまざまな情報技術の背後にある重要な課題である。トイ問題ではなく、実世界に適用できる頑健性のある「イネーブリングテクノロジー」への期待が高まっている。
- (3) 情報提示技術については、本報告書で取り上げた、紙にこだわった電子インクのような技術、感性を援用した技術だけではない。また、情報入力技術についても、言い淀みや言い直しを許容する音声認識システムだけではない。より自然な入出力インタフェースについては、膨大な数の研究開発が行われている。個別技術の調査だけでなく、システムとしてのインタフェース技術についても調査をする必要があろう。ただし、これは本調査 WG というよりは、新たに独立したワーキンググループを設置して取り組む必要があろう。

1.5 調査結果の概要

調査報告では、下記の点に留意をした。

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

各委員の報告の概要を以下に示す。詳細は、第3章で詳しく述べる。

1.5.1 ナレッジマネジメントと情報技術 --- 國藤 委員

ナレッジマネジメントとは、企業の営存の価値を高めるようなナレッジを、強力な情報技術の助けを借りながら、ナレッジワーカーがナレッジを創造、共有、再利用するプロセスを高速化、効率化するマネジメントのことである。ナレッジマネジメントは一般に「人、

組織文化、プロセス、技術、知識」の5つの視点から分析されることが多い。本節では、ナレッジマネジメントによる知識創造企業のサーベイ結果を踏まえて、人工知能技術を含む情報技術がどのようにナレッジマネジメントに貢献できるかについて、遅れている日本の情報技術、組織文化の中で、どのように実際に問題を解決していくかの克服法を述べる。これにより、21世紀日本の知識産業を創出する情報ビジネス展開法が提言される。

1.5.2 音声認識技術の動向と今後の展開 --- 児島 委員

音声認識の分野は、統計的認識手法の確立と、計算機の処理性能の向上により、一般ユーザも含めて、応用システムの普及が急速に進んでいる。現在は、それも一段落しつつあり、今後の新たな方向性を探る段階にあると言える。

本稿では、統計的手法の枠組みの問題点を検討し、音声認識の研究および応用の今後の方向性について、現在の認識方式を用いてそれを発展させていく場合と、新たな認識方式を開発する場合とに分けて展望する。

また、システムに音声を使うことの利便性の本質が、「気軽な対話による意思の疎通」にあるととらえ、それを実現するための課題と、大局的な方向性について述べる。

1.5.3 セマンティック・トランスコーディング：アノテーションに基づく オンラインコンテンツの新しい利用法 --- 長尾 委員

WWW上に、より上位の構造を構築する手法を紹介する。その上位構造はWebの情報に新たな利用法と価値を与えるものである。具体的には、Webドキュメントの任意のエレメントにアノテーションと呼ばれる付加情報を付与する仕組みを導入し、そのドキュメントへのリクエストに対してアノテーションを考慮して加工した結果を返すプロキシを実現した。この場合のコンテンツ加工（一般にトランスコーディングと呼ばれる）は、アノテーションに基づくドキュメントの意味的内容を考慮したものなのでセマンティック・トランスコーディングと呼ばれる。アノテーションには、大きく分けて、文章の言語構造を付与する言語的アノテーション、イメージやリンクなどのエレメントに対するコメントアノテーション、ビデオなどのマルチメディアデータの意味的構造に関するマルチメディアアノテーションがある。コメントアノテーションには文章の他にリンクやイメージを含めることもでき、文章の場合はやはりその言語構造がXML形式のタグとして埋め込まれている。

セマンティック・トランスコーディングの具体例として、ビデオや音声などのマルチメディアデータを含むドキュメントの要約、翻訳、音声化、視覚化などがある。また、アノ

テーションのその他の利用法には、自然言語による内容検索や、関連するコンテンツの検索と要約、さらに知識発見がある。

1.5.4 デジタル映像に関わる動向 --- 宮田 委員

デジタル映像の歴史は、まさにコンピュータの発展と共にあったと言え、コンピュータの処理能力の向上に従い、コンピュータグラフィックスで作りに出される映像もますますきれいになり、現実感を増してきている。本報告では、始めに、CG とコンピュータの歴史および特撮映画との関係について、10 年区切りで述べる。つづいて、デジタル映像産業の現状について、デジタル映像技術の応用領域や米国との比較に重点を置いて述べ、CG の最近の研究動向について簡単に触れる。最後に、デジタル映像産業の将来について述べる。

1.5.5 Web データ収集の現状と課題 --- 山名 委員

WWW サーバ上のデータを例として取り上げ大規模なデータを高速に収集する手法の現状と今後の課題を明らかにする。WWW サーバ数は毎年ほぼ倍々で増加し続けており、今後もこの傾向が続くと考えられる。WWW サーバの増加に伴って、Web ページも指数関数的に増大しており、2000 年 1 月現在では、約 17.8 億ページと予測される。このように、WWW はインターネットの一般市民への浸透に伴って急速に広まっており、WWW を通して世界中に分散するデータを巨大データベースとして活用できれば、その経済的効果は莫大なものになると推測される。しかし、現存の最大の検索サービスでも約 3 億ページの収集に留まる。このような WWW 空間の巨大データに対する索引付けを行うためには、従来のように、一カ所からだけではなく、インターネット上の複数カ所から協調して高速にデータを収集するという新しいインフラ整備が必要になる。さらに、これまでのような「検索を 1 カ所で実現する」という考え方から、「検索自体も分散させる」という新しい発想と研究が重要となる。

1.5.6 知的文書インタフェース --- 横田 委員

電子化の急進により全ての情報をコンピュータで閲覧せざるを得ない状況になりつつある。電子書籍も出版コストの観点から期待されている。一方、コンピュータディスプレイは長い文章を読むのに相変わらず向いていない。紙の利用は増加の一途である。解決策

の一つとして電子インク技術が注目されている。電子的な紙は人間と電子世界をつなぐ重要なメディアであり、その実現は創造性の向上や活字文化の再生の鍵となろう。

1.5.7 デジタル図書館（電子図書館、Digital Library） --- 杉本委員

デジタル図書館に関する研究開発の現状について述べる。また、インターネットやデジタル図書館上での情報アクセスと利用において重要な役割を果たすメタデータについて述べる。さらに、この領域における研究開発の重要性について筆者の観点から述べる。

1990年代に入って、WWWやMosaicに代表される情報提供とアクセスのためのソフトウェアと使いやすいブラウザの登場によりインターネットが爆発的に広がった。そうした背景に加えて、国家情報基盤(National Information Infrastructure)や、それに続くG7による世界情報基盤(Global Information Infrastructure)構想の中でデジタル図書館が重要な応用分野として位置づけられ、その後、新しい情報技術の研究開発と図書館の両方の分野でデジタル図書館に関するさまざまな活動、プロジェクトが進められてきている。

研究助成プログラムとしてはアメリカで進められているNSF他の国の機関による共同助成によるDigital Library Initiative(1994年から1998年までの第1フェーズ(DLI-1)と、1998年から、第2フェーズ(DLI-2))が最も著名なものであろう。NSFでは大学学部レベルの教育のためにデジタルコンテンツとその利用環境を整備するためのプログラム(NSDL)も進めている。イギリスでは1995年からElectronic Library Program(eLib)がJISCの下で進められてきている。また、EUでは科学技術研究を進める5th Frameworkの中のInformation Societies Technologyプログラムにおいてこの分野に関する助成が行われている。

図書館においてはアメリカ議会図書館や英国図書館に代表される国立図書館や、カリフォルニア大学、ミシガン大学などの大規模大学図書館を中心に、各図書館の特色を反映したデジタルコンテンツ提供への取組みが進められてきている。我が国においても、学術審議会から出された建議を背景に国立大学図書館での取組みや国立国会図書館での電子図書館機能への取組みが活発である。

こうした研究開発における重要な点は、計算機だけ、コンテンツだけという技術ではなく、計算機とコンテンツ、情報、利用者にまたがる技術の研究開発が要求されること、ネットワークに対応する新しい社会システムを支える情報技術が要求されることであろう。たとえば、コンテンツは長生きできなければならないが、一方で計算機ハードウェア・ソフトウェアは一般に短命である。こうしたギャップを埋める技術はデジタル図書館のために求められる技術の例であろう。

デジタル図書館にとって、ネットワーク上でいかに効率よく、また利用者にとって適切かつ有用な情報資源を見つけ出し、アクセスし、利用するかということは基本的な要求

である。これには適切に構成されたメタデータ、すなわち「データに関するデータ」が重要な役割を持っている。WWW 上での情報資源発見を目的として草の根的に作り上げられてきた Dublin Core Metadata Element Set や WWW コンソーシアム(W3C) で進められている Resource Description Framework などはデジタル図書館に関する重要な話題の一つである。また、いろいろな分野でメタデータの開発が進んでおり、将来はそれらを組み合わせてネットワーク上で利用できること、細粒度の情報資源に対してもメタデータを必要とすること、メタデータサービス間で相互利用が可能になること、また長期に渡って利用できるようにすることなどの重要性が増すと考えられる。

1.5.8 感性メディア技術の現状と今後の課題 --- 加藤委員

人間中心の情報環境で扱う情報には、従来の情報環境が扱っていた論理的・記号的情報だけでなく、人間の感性に訴える情緒的な情報、および、五感に直接感じることができる物理的な情報を含める必要がある。感性メディア技術とは、このような情報の内、人間の感受性、嗜好性等を対象とした情報技術である。具体的な研究開発事例としてヒューマンメディアプロジェクトを取り上げ、感性メディア技術の到達点を分析・評価した。

物理・生理・心理・認知の各レベルを想定した感性の階層的モデル、個別のメディアごとに各レベルの情報を対応づける感性の分析法は、基本的な枠組みが確立し、研究開発の手法として定着しつつある。

一方、感性をシステムに教示する際の利用者の心理的な負担をどう軽減するかというヒューマンファクタの方法論、異なった感覚のチャネルを統合して知覚する感性のマルチモーダル性のモデル化、知覚と創出を統合するような感性の相互作用性のモデル化は、今後の重要な課題である。

1.5.9 情報収集・連携エージェント技術 --- 大須賀委員

インターネット技術の普及により、さまざまな種類の情報がさまざまな場所から発信され、さまざまな利用者がさまざまな場所からそれらの情報を利用するという状況が生じている。情報を利用する目的も、これまでの娯楽中心のものから、ビジネス、行政、教育、医療、福祉、防災のための利用へと広がりを見せている。しかし、このように多種多様で膨大な量の情報がネットワーク上に広域に分散し、その内容や構成が日々変化し続けるといった状況においては、一般の利用者が必要な情報をネットワークから探し出すのは困難となっている。このため、インターネット上から必要に応じて必要な情報を収集したり、インターネット上のサービスを連携させる情報収集・連携エージェントの重要性が増して

いる。情報収集・連携エージェントは、情報提供側のエージェント、利用者側のエージェント、仲介エージェントなどから構成される。情報提供側のエージェントはどのような情報がどこで提供されているかを管理し、利用者側のエージェントは利用者がいつどのような情報を必要とするかを管理する。仲介エージェントは情報提供側のエージェントと利用者側のエージェントの間を効率よく仲介する。ここでは、ネットワーク上における高度な情報利用技術として、情報収集・連携エージェントの事例を紹介する。

2 米国の研究開発動向

2.1 はじめに

米国では、連邦政府の情報技術関連研究開発を HPCC 研究開発プログラムとして推進している。これは、1991 年に成立した HPC 法と HPCC 計画が、それ以前の研究も継承しつつ体系立てることにより現在に至る流れの起点となった。HPC 法が失効した 96 年には、HPCC 計画の成功を受けて、その後継の CIC 研究開発計画が開始され、この時点で現在の 5 つの研究開発コンポーネントエリア（後述。①HECC、②LSN、③HCS、④HuCS、⑤ETHR）からなる枠組みが形作られた。この枠組みの研究開発計画は、現在、再び HPCC 研究開発プログラムと呼ばれており、NGI 計画等も、この枠組みの中に含めて扱われている。

また、2000 年度には、情報技術の長期的基礎研究への投資を大幅増加すべきという PITAC（大統領情報技術諮問委員会）の勧告を受けて提案された「21 世紀情報技術研究（IT²）」イニシアチブが IT R&D と名称を変えて承認され、プログラムのプロジェクト提案公募が開始されている。PITAC は、1999 年のレポートにおいて「米国政府の情報技術研究投資が深刻に不足している」とし、「長期のハイリスク研究に対するファンディング無しには、情報技術の米国の優位が脅かされる」と指摘した。その提言に基づいた動きである。米大統領は、2001 年度の情報技術研究開発予算要求においても、2000 年度に引き続き基礎研究重視の方針を打ち出し、さらなる増額要求を行っている。

この基礎研究重視の風潮の中で、基礎研究でマルチ・エージェンシーの活動を主導する NSF に、特に大きな予算増額が行われている。2001 年度予算要求では、省庁間で最大の増額（+\$223M）要求であった。これは、NSF 自体の歴史においても、NSF 発足後のこれまでの 50 年間で最大の増額値の 2 倍を超える増額要求である。これは、NSF が他の省庁と異なり、（医学を除く）科学・エンジニアリング、および教育の全範囲をカバーする基礎研究・教育をミッションとし、ハイリスクの長期的基礎研究への継続的投資に対する障害が少なく、責任を持って戦略や方針を思い通りに素直に実装しやすいことによる。

そこで今回は NSF 関連の HuCS 領域の研究開発に特に焦点を当て、それをサポートするのに関係する NSF の組織としくみ、及び HPCC Blue Book 2000 でとりあげられている NSF 関連の、最近成果の出つつある研究開発テーマ（助成プログラムや助成プロジェクト）についての調査に重点を置いた。他の省庁については幾つかの特に目立ったもののみを紹介するにとどめ、残りは付属資料 3 に Blue Book 2000 の内容を紹介する。

2.2 HPCC 研究開発計画

HPCC 研究開発計画の概要として、プログラムコンポーネントエリア（要素領域）と HPCC 研究開発計画組織について、簡単に説明する。

（１）５つのプログラムコンポーネントエリア（要素領域）

HPCC 研究開発計画は、以下の 5 つの要素領域 (PCA, Program Component Area) から構成されている。

- ・ HECC (High End Computing and Computation) ハイエンド・コンピューティング
- ・ LSN (Large Scale Networking) 大規模ネットワーク (NGI を含む)
- ・ HCS (High Confidence Systems) 高信頼システム
- ・ HuCS (Human Centered Systems) 人間中心システム
- ・ ETHR (Education, Training, and Human Resources) 教育訓練、人的資源

（２）HPCC 研究開発プログラムの計画・執行組織

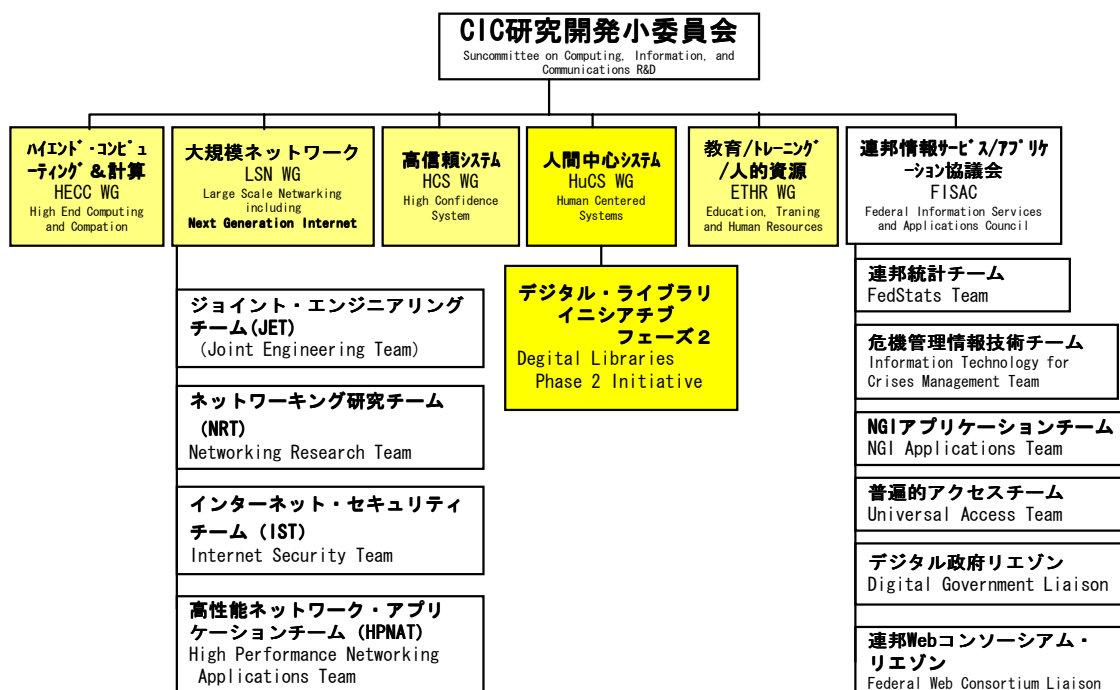


図 2.2.1 HPCC 研究開発プログラムの計画・執行組織 — CIC 研究開発小委員会と 5 つの WG 等

HPCC 研究開発プログラムは、CIC（コンピュータ情報通信）研究開発小委員会（Subcommittee on Computing, Information, and Communications (CIC) R&D）が計画、予算獲得・執行、レビューを行う。この小委員会は、HPCC 研究開発計画に参会している 12 のエージェンシーの代表と OMB、OSTP の代表で構成されており、5 つの研究開発コンポーネントエリア（Program Component Areas）に対応する 5 つのワーキンググループと幾つかのサブグループを持つ。

連邦政府サービス／アプリケーション協議会（FISAC、Federal Information Services and Applications Council、最先端情報技術の研究開発成果を連邦政府の情報システムとサービスへ適用する手助けを行う）もこの小委員会に報告を行う。

HPCC 研究開発計画に参会している 12 のエージェンシーは通りである。

- ・ AHCPR : Agency for Health Care Policy and Research
[保険社会福祉省 (Department of Health and Human Services)]
- ・ DARPA : 米国防省高等研究計画局 (Defense Advanced Research Projects Agency)
[国防省 (Department of Defense)]
- ・ DOE : エネルギー省 (Department of Energy)
- ・ ED : 教育省 (Department of Education)
- ・ EPA : 米国環境保護庁 (Environmental Protection Agency)
- ・ NASA : 米国航空宇宙局 (National Aeronautics and Space Administration)
- ・ NIH : 米国国立衛生研究所 (National Institutes of Health)
[保険社会福祉省 (Department of Health and Human Services)]
- ・ NIST : 米国国立標準技術院 (National Institute of Standards and Technology)
[商務省 (Department of Commerce)]
- ・ NOAA : 米国海洋大気局 (National Oceanic and Atmospheric Administration)
[商務省 (Department of Commerce)]
- ・ NSA : 米国国家安全保障局 (National Security Agency) [国防省 (Department of Defense)]
- ・ NSF : 全米科学財団 (National Science Foundation)
- ・ VA : 復員軍人省 (Department of Veterans Affairs)

(3) その他の政府組織との関係

最小限の関係組織のみ記述する。

CIC 研究開発小委員会は、NSTC（国家科学技術委員会、National Science and Technology Council）の技術委員会（CT）の監督下にある。NSTC は、連邦政府の科学技術投資のための国家目標確立を目的としており、研究開発戦略と予算提案を準備し、科学技術の各目標達成を支援する。1993 年 11 月にクリントン大統領の行政命令によって設立された。目標達成の為に、NSTC は 5 つの委員会を設立しており、その中で HPCC 計画に関係するのは、技術委員会である。

技術委員会（CT、Committee on Technology）は、連邦政府の技術研究開発の総合的

な生産性・有効性を増大させるために、NSTC に助言・支援を行う。連邦政府の技術研究開発部門と各省庁・機関の上級代表から構成され、省庁間にまたがる重要国策案件の調整を行い、バランスのとれた技術研究開発プログラムを計画する公式機関である。研究開発投資をより効率化するために技術パートナーシップを促進し、OSTP（科学技術政策局）とOMB（Office of Management and Budget）のディレクターに対して、総合的な技術政策、研究開発計画、予算の方向付けと指針を提供する。

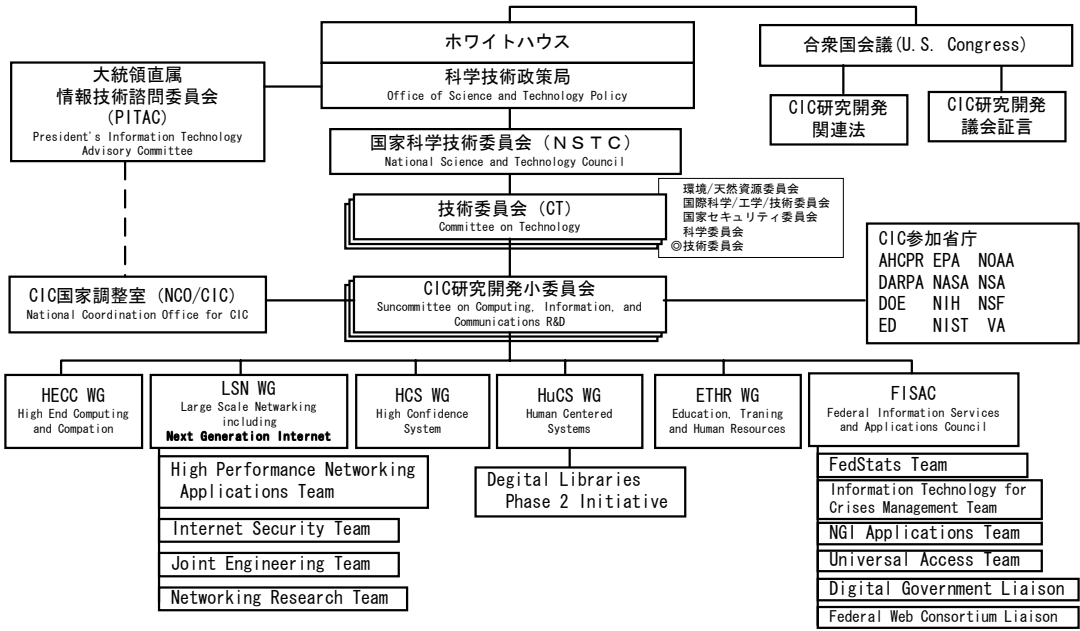


図 2.2-2 HPCC 研究開発計画に関連する政府組織

2.3 HPCC における HuCS 領域の研究開発

(1) HuCS : 人間中心システム (Human Centered System)

HuCS の研究開発の目的は、「人間」、「コンピュータ・システム」、「情報リソース」の間のより効果的、透過的な連携を可能にして、コンピュータ・システムと通信ネットワークを、みんなが手軽に便利に使えるようにすることである。そのため、特に以下の点に焦点を当てた技術開発を実施する。

- ① 大量、多様なコンテンツを扱う世界規模の情報システムを作成・利用する能力の向上を図る。
- ② 人々がコンピュータを利用する上での有効性と快適性を増大させる。
- ③ 社会のすべての人々に、コンピュータを利用可能にする。
- ④ センサーや移動体が人間に適応 (順応) する環境を作り、その結果、仕事がより早く効果的に遂行できるようにする。

(2) HuCS の研究開発の焦点

HPCC 研究開発計画の 1999 年、2000 年度の研究開発テーマの概要が Blue Book 2000 に紹介されている。これを省庁別に分類して示した表を付属資料 4 に示す。NSF および幾つかの省庁に関連する主要研究テーマについては、本章の後半で説明し、残りのテーマについては、付属資料 3 で説明する。

2000 年度の研究開発の焦点と、それに特に関連する研究開発テーマは以下の通りである。①から⑥は、いずれも基盤的な重要項目であり、各研究開発テーマは、通常、それらの複数のものを利用したり、複数のものに関係しているが、最も強調されている研究開発目的という観点から対応付けている。挙げられている項目は、レベルはまちまちであり、個別の要素技術も総合的技術も含まれている。

① 知識リポジトリ、情報エージェント、デジタルライブラリ

複雑なデータベースからデータ、イメージを収集、処理、分析、要約し、提示するための機能の向上を図る。

例：デジタルライブラリ・イニシアチブ・フェーズ 2 (DLI2)、戦場認識 (DARPA の Text、Radio、Video and Speech プログラム)、Visible Human プロジェクト、統一医学用語システム、etc.

② マルチモーダル・ヒューマン-コンピュータ・インタフェース

音声認識ツール、オーディオ・インタフェース、視覚&触覚（タッチ・センス）デバイス等の研究により、人々が、身体的障害、教育、文化などにかかわらず、視覚、音、タッチやジェスチャでコンピュータとの対話を可能にする。

例：STIMULATE、ユニバーサル・アクセス、米国障害者リハビリテーション研究所、Web アクセシビリティ・イニシアティブ、etc.

③ 多国語技術（Multilingual technology）

外国語文献および音声-to-音声の翻訳、解釈、理解の機能を向上させる。また、国境を越えた共同作業の支援機能も含む。

例：スペイン語インタフェース、DLI2 中の国際デジタルライブラリ共同研究プログラム、etc.

④ 可視化、仮想現実感、3-D イメージ・ツール

シミュレーションや問題解決環境において人間の知覚と理解を増進する。

例：バーチャル・ロサンゼルス、医療手順をシミュレートするためのバーチャルリアリティ技術、ロボットによる外科手術、NASA の「ソフトウェア・メス」とバーチャルリアリティ・ツール、NASA のコンピュータ化された乳癌診断ツール、共同作業と製造のための可視化とバーチャルリアリティ、バーチャルワールド、etc.

⑤ 共同実験室（共同研究所、共同工場）、協同作業支援技術

知識共有、グループ意志決定、リモート機器の制御、および大規模な分散システムにおけるデータ共有を容易にする。

例：製造アプリケーションのためのシステム統合 (SIM)、MMC 共同実験室、生体臨床医学共同実験室、共同作業環境のための電子ノートブック、etc.

⑥ データ・コレクションと注釈付け (annotation)

どんどん増大するデータ・コンテンツや、従来ブラックボックスでしか扱っていなかったようなマルチメディア・データに、意味、注釈、制御情報などの情報を付与し、アクセスの容易化やアプリケーションでの高度の活用を可能にする。

例：DLI2、etc.

2.4 NSF 関連の HuCS 研究開発

(1) NSF の HuCS (人間中心システム) 関連テーマ

HPCC Blue Book 2000 で取り上げられている NSF 関連の研究テーマは以下の通りである。

- ①知識と分散知性 (KDI) --- NSF 全体のクロスカッティング・プログラム。
- ②知識ネットワーク (KN) --- 上記の KDI の、人間中心システム関連テーマ部分。
- ③STIMULATE --- NSF が主導するマルチエージェンシー・プログラム。
- ④デジタルライブラリ・イニシアチブ・フェーズ 2 (DLI2)
--- NSF が主導するマルチエージェンシー・プログラム。
- ⑤バーチャル・ロサンゼルス --- NSF の助成を受けた UCLA のプロジェクト。
- ⑥ロボットによる外科手術 --- NSF の Engineering Research Program の助成。
- ⑦ユニバーサル・アクセス --- NSF の IIS 部門のプログラム。
- ⑧Web アクセシビリティ・イニシアチブ
--- NSF 他の助成を受けた W3C のイニシアチブ。
- ⑨スペイン語インタフェース --- NSF の助成を受けたプロジェクト。

これらは、テーマとして同列に述べられているが、いろいろなレベルのものが混在している。たとえば、KDI (①) は、学際的な課題解決を狙った NSF 全体の助成プログラム (Crosscutting Program) である。その中の人間中心システム (HuCS) 関連の領域に当たる部分が KN (②) である。また、STIMULATE (③) や DLI2 (④) は、マルチエージェンシーの助成プログラムであり、NSF では、人間中心システム (HuCS) の分野を扱う部門 (IIS: The Division of Information and Intelligent Systems) が担当している。これらは、助成プログラムなので、この中で、公募により多くのプロジェクトが助成を受けている。一方、バーチャル・ロサンゼルス (⑤) やスペイン語インタフェースは、NSF が助成するプロジェクトである、など。

また、Blue Book 2000 の公開後に始まった助成プログラムとして、IT²に直接対応する NSF 全体のプログラム (Crosscutting Program) である ITR (Information Technology Research) があり、2000 年度からプロジェクト公募が始まっている。

NSF の研究開発支援プログラムには、提案方法によって、以下の 2 種類がある。

①Solicited Proposals

②Unsolicited Proposals

Solicited Proposals は、NSF が特定のミッションを担うために、目的、内容を明確に規定して、プロジェクト提案を公募するものであり、上記の KDI、STIMULATE、DLI2、Universal Access などがそれにあたる。一方、Unsolicited Proposals は、特に研究

テーマや公募の締切の指定は無く、広範な基礎研究を支援することに主眼を置いている。

表 2.4-1 コンピュータ、情報科学技術・工学の全プログラム

(Directorate of Computer and Information Science and Engineering)

No	担当 部門	Title	日本語タイトル
1	ACIR	Advanced Computational Research (ACR)	先進的コンピューテーショナル研究
2	ANIR	Advanced Networking Infrastructure (ANI)	先進的ネットワーキング基盤
3	EIA★	CISE Advanced Distributed Resources for Experiments (CADRE)	実験の為に CISE の先進的分散資源
4	EIA	CISE Educational Innovation	CISE の教育革新
5	EIA	CISE Minority Institutions Infrastructure	CISE のマイノリティの公共施設基盤
6	EIA	CISE Postdoctoral Research Associates	CISE ポスドク研究連合
7	EIA	CISE Research Infrastructure	CISE 研究基盤
8	EIA	Collaborative Research on Learning Technologies	学習技術に関する共同研究
9	★	Combined Research-Curriculum Development	共同研究カリキュラムの開発
10	C-CR	Communications (COM)	通信 (コミュニケーション)
11	IIS	Computation and Social Systems (CSS)	コンピューテーションと社会システム
12	C-CR	Computer Systems Architecture (CSA)	コンピュータシステム・アーキテクチャ
13	C-CR	Design Automation (DA)	デザイン・オートメーション
14	EIA★	Digital Government	デジタル政府
15	EIA★	Experimental Partnerships	実験的なパートナーシップ
16	IIS	Human Computer Interaction (HCI)	人間-コンピュータ間対話
17	IIS	Information and Data Management (IDM)	情報とデータの管理
18	EIA	Instrumentation Grants for Research in CISE	CISE における研究のためのグラント編成
19	EIA	Integrative Graduate Education and Research Training (IGERT)	大学卒業生の統合的な教育研究トレーニング
20	★	International Networking	インターナショナル・ネットワーキング
21	★	Internet Technologies	インターネット技術
22	IIS	Knowledge and Cognitive Systems	知識と認知システム
23	★	Large Scientific and Software Data Set Visualization	巨大な科学及びソフトウェアのデータセット可視化
24	EIA	Major Research Instrumentation (MRI)	主要研究の編成
25	ANIR	Networking Research	ネットワーキング研究
26	★	Next Generation Software	次世代ソフトウェア
27	EIA	NSF-CONACyT Collaborative Research Opportunities	NFS とメキシコの CONACyT による共同研究機会
28	EIA★	NSF - CNPq Collaborative Research Opportunities	NFS とブラジルの CNPq による共同研究機会
29	C-CR	Numeric, Symbolic and Geometric Computation (NSGC)	数値計算、記号計算及び幾何学計算
30	C-CR	Operating Systems and Compilers (OSC)	オペレーティングシステムとコンパイラ
31	ACIR	Partnerships for Advanced Computational Infrastructure (PACI)	先端的計算基盤のためのパートナーシップ
32	EIA	Professional Opportunities for Women in Research and Education (POWRE)	研究・教育における女性のための専門家となる機会
33	EIA	Research Experiences for Undergraduates (REU)	大学在学生の研究体験
34	IIS	Robotics and Human Augmentation (RHA)	ロボティクスと人間能力付加
35	C-CR	Signal Processing Systems (SPS)	信号処理システム
36	C-CR	Software Engineering and Languages (SEL)	ソフトウェア工学と言語
37	ANRI	Special Projects in Networking	ネットワーキングにおける特別プロジェクト
38	EIA	Special Projects (EIA)	特別プロジェクト (EIA)
39	IIS	Special Projects (IIS)	特別プロジェクト (IIS)
40	★	Terascale Computing System	テラスケール・コンピューティング
41	C-CR	Theory of Computing (ToC)	コンピューティング理論

注) ★印は CISE 組織変更 [1] 後に追加されたプログラム。

NSF では、情報技術全般の重要な研究を網羅的するよう、組織として情報技術の重要分野に対応した部門を置き、網羅的なプログラムを準備している（表 2.4-1）。これについては、まず、NSF の組織を説明した上で説明する。

NSF における研究開発支援やプログラスマネージャ（or プログラムディレクター）の役割の概要等については、弊所の H10 年度報告書「わが国が行う情報技術研究開発のあり方に関する調査研究（その 3）」付属資料 4 の「第 1 章 NSF における研究開発支援」を参照頂きたい。また、本年度報告書「わが国が行う情報技術研究開発のあり方に関する調査研究（その 4）」の第 I 編第 3 章「米国の国家プロジェクトにおける大学・国研の独立性と権限」では、デジタルライブラリ・イニシアチブにおけるプログラスマネージャの役割の具体事例を示している。ここでは、情報技術研究開発、特に人間中心システムに関連する部分を説明する。

2.4.1 NSF の組織と研究助成プログラム

下図 2.4-1 に NSF の組織の概要を示す。

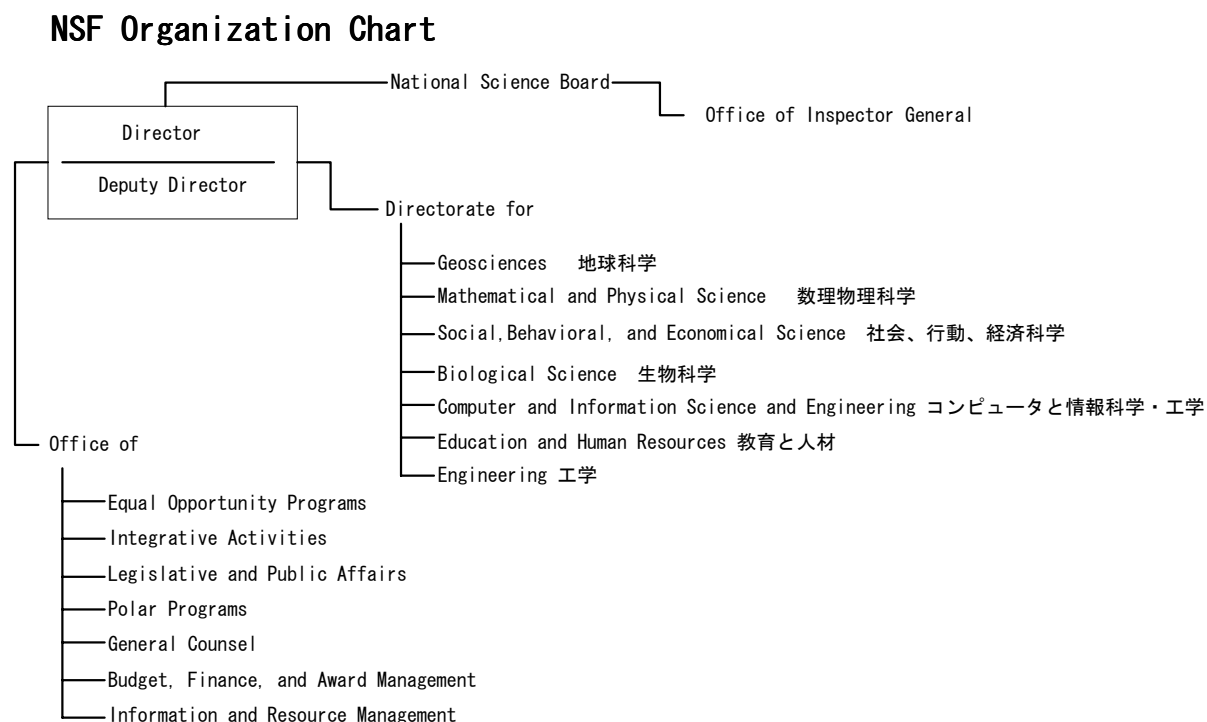


図 2.4-1 NSF の組織

情報技術の研究開発助成は、Directorate of Computer and Information Science and Engineering (CISE) が担当している。

CISE は以下の 5 つの部門 (division) から構成され、それらの内の 3 つ (C-CR、IIS、EIA) は、主として研究にフォーカスしており、他の 2 つ (ACIR、ANIR) は、インフラと研究機能を結合させている。

5 つの部門の役割の概要を以下に示す。人間中心システム (HuCS) は IIS 部門の担当である。

①コンピュータ通信研究部門

(C-CR、The Division of Computer-Communications Research)

C-CR は、以下の研究を支援する。設計自動化 (design automation)、コンピュータシステム・アーキテクチャ (computer systems architecture)、ソフトウェア工学と言語 (software engineering and languages)、OS とコンパイラ (operating systems and compilers)、計算理論 (computing theory)、数値・記号・幾何計算 (numeric, symbolic, and geometric computation)、通信 (communications)、及び信号処理 (signal processing)。この部門はまた、以下の多分野にまたがる研究にも資金提供する；並列・分散コンピューティングを含む計算機科学・工学 (computer science and engineering, including parallel and distributed computing)、システム・セキュリティと信頼性 (system security and reliability)、アルゴリズム応用 (applied algorithms)、及び問題解決環境 (problem-solving environments)。

②情報と知的システム部門

(IIS、The Division of Information and Intelligent Systems)

データの生成・蓄積・組織化を改善する研究をサポートするヒューマン-コンピュータ・インタラクションを専門に研究する。ユニバーサル・アクセス (Universal Access)、ヒューマン言語技術、知識のモデル化、科学的「共同実験室」、ロボティクス、コンピュータ・ビジョン、データ・マイニング、データベース・アクセス技術、及び組み込み型インテリジェント・システムなどに影響する (affecting) 要素を含んだ研究を行う。IIS はまた、学際的な活動や、たとえばデジタル・ライブラリ・イニシアチブ、STIMULATE (Speech, Text, Image, and Multimedia Advanced Technology

Effort)のような、エージェンシーにまたがる活動もサポートする。

③実験的・統合的活動部門

(EIA、The Division of Experimental and Integrative Activities)

EIA は、CISE 全ディビジョン (division) 及び NSF の全理事会 (directorate) にまたがる研究を進める (promote)。その役割は、実験的なコンピュータ通信研究を進める (advance) ことである。さまざまな種々異なった才能を蓄積し、国際プロジェクトを運営し、そして、重要な CISE 横断の問題を分析する。

④先端的な計算インフラストラクチャ及び研究部門

(ACIR、The Division of Advanced Computational Infrastructure and Research)

ACIR は、情報技術研究を指揮し、PACI (Partnerships for Advanced Computational Infrastructure) を通して、米国の科学コミュニティに対してハイエンド・コンピューティングを提供する。

⑤先端的なネットワーク・インフラストラクチャ及び研究部門

(ANIR、The Division of Advanced Networking Infrastructure and Research)

ANIR は、ネットワーク研究 (Networking Research) 及び、ネットワーク研究における特別プロジェクト (Special Projects in Networking Research) の2つのプログラムを監督する。これらは、GII (global information infrastructure) に関する基礎研究をサポートする。また、先端ネットワーク・インフラストラクチャ・プログラムは、実験的な先端ネットワークを開発し、研究・教育の幅広いサポートに、それらの使用を可能にする。

これらの部門が、それぞれ表 2.4-1 に示すプログラムを担当している。多くのプログラムは、CISE が現在の 5 部門の構成に編成された時点で既に担当部門 (division) に割り振られている[1]。担当部門の欄に★印がついているのは、その後に追加された比較的新しいプログラムである。

また、多くの専門分野にまたがる学際的テーマに対しては、NSF 全体レベルのプログラム (Crosscutting Program、クロスカッティング・プログラム) が実施される。

人間中心システムにも関係の深いクロスカッティング・プログラムとしては、以下の2つがある。

- ①ITR (Information Technology Research)
- ②KDI (Knowledge and Distributed Intelligence)

人間中心システム (HuCS) を担当する IIS 部門に属するプログラムは、2000 年 3 月現在では以下の 6 個となっている。

- ①Computation and Social Systems (CSS、コンピューテーションと社会システム)
- ②Human Computer Interaction (HCI、ヒューマン-コンピュータ・インタラクション)
- ③Information and Data Management (IDM、情報とデータの管理)
- ④Knowledge and Cognitive Systems (KCS、知識と認知システム)
- ⑤Robotics and Human Augmentation (RHA、ロボティクスと人間能力増大)
- ⑥Special Projects (IIS) (IIS 特別プロジェクト (具体的には Digital Library Initiative 関係))

IIS 部門では、これにクロスカッティングの ITR プログラムを含めた 7 つのプログラムのそれぞれに対して、一人のプログラム・マネージャ (あるいはプログラム・ディレクタ) が担当しており、現在、7 人のプログラム・マネージャ (プログラム・ディレクタ) がいる。

Blue Book 2000 でテーマ名として取り上げられている KDI、STIMULATE、ユニバーサル・アクセスといった助成プログラムは、特定のミッションを持って、より内容を明確に規定したものであり、表には名前が現れないが、例えば STIMULATE は Human Computer Interaction プログラムとして進められ、ユニバーサル・アクセスは、Human-Computer Interaction (HCI) プログラムと Knowledge and Cognitive Systems (KCS) プログラムの合同により行われている。

以下の章では、具体的に個別の NSF 研究テーマの内容について説明する。

参考

- [1] NSF の Directorate of CASE の組織構成再編時の “Dear Collection” 文書
<http://www.interact.nsf.gov/cise/html.nsf/Pages/10746C57A55BC0328525667F005859A1>
(注意：作成日は不明だが、更新日がつい最近になっている。理由は不明。)

- [2] NSF の CISE 部門のプログラム
<http://www.interact.nsf.gov/cise/descriptions.nsf/description?openView&Count=500>

- [3] NSF のクロスカッティング・プログラム
<http://www.nsf.gov/home/crssprgm/>

- [4] NSF の CISE の組織
<http://128.150.4.105/orange.cfm?key=49>

2.4.2 KDI (Knowledge & Distributed Intelligence) と KN (Knowledge Networking)

(1) 知識と分散知性 (KDI、Knowledge & Distributed Intelligence)

コンピュータ・パワーとインターネット接続性の進歩は、発見、学習、およびコミュニケーションの過程を変容させ、人々と組織の関係を再構成しつつある。これらの進歩は、膨大な量の知識と情報への迅速で効率的なアクセスを提供することによって、より複雑なシステムを広く研究して学習と知性の理解を増大させることが可能となる空前の機会を作り出している。KDI プログラムは、この機会の利用を促し技術的革新と社会への技術適用を加速することを目的としている。

KDI は、多くの専門分野にまたがる NSF の財団全体のプログラム (Crosscutting Program) である。KDI プログラム全体では、1998 年に 40 件、1999 年に 31 件のプロジェクトが採択されている。(KDI ホームページのプロジェクト・リストより。)

補足：1999 年 2 月の PITAC (大統領情報技術諮問委員会) レポート「Information Technology Research : Investing in Our Future」に以下のような記述があり、助成プログラムの公募における倍率が非常に高いことがわかる。「たとえば、NSF が支援している KDI の公募では、わずか 75 件のプロジェクトしか助成が認められないことが発表されていても、高い関心を示す問い合わせが 1100 件を超え、850 件を超える提案の応募があった。」

KDI 研究により次のような点が期待されている。

- ☐ 深遠な科学的発見
- ☐ 科学における生産性、結果のタイムリーさ、および品質の向上
- ☐ より大きな複雑さ・規模・構造の問題を扱う能力の増大
- ☐ 新しい発見を行うための新たな科学・技術コミュニティの生成
- ☐ より豊富な学習ツール・技術・環境の開発、および、これらのリソースとツールへのより一般的アクセス (universal access、誰でもアクセス可能にする為の技術) の開発による科学技術教育の向上
- ☐ 学習のプロセスと結果についての理解の向上
- ☐ 自然のシステムや人工システムにおける分散知性の基本的プロセスのより完全な理解
- ☐ 情報を収集しアクセスする増強された能力の法的・倫理的・社会的な意味の理解
- ☐ 新たな理解と技術革新を社会に伝える能力の向上
- ☐ 膨大な蓄積データを利用するための、統計によるデータ選別、データ視覚化、データマイニング、および検索向けデータ組織化などの進歩
- ☐ 現実世界におけるいろいろなタイプの不確実性を表現・計算・評価する手法の改善

1999 年度の KDI は、

- ・知識ネットワーク (Knowledge Networking (KN))、
- ・学習と知性システム (Learning & Intelligent Systems (LIS))、および
- ・新しいコンピューティングの挑戦 (New Computational Challenges (NCC))

の 3 つに焦点を当てており、HuCS の研究開発は主として KN に関して行われた。LIS は、HCPP の「ETHR」に、NCC は同じく「HECC」に対応する。

(2) 知識ネットワーク (KN、Knowledge Networking)

KN の活動の目標は、

- 1) 分散システムの中で知識が生成されて、対話が行われ、評価され、価値を得るまでの基本的な過程を理解すること、及び
- 2) 知識の生成と利用、協調計算、および遠隔通信の、技術的・社会的・教育的・経済的な性能を向上させること、

にある。

KN は、次世代の通信ネットワーク、関連情報リポジトリ、協調作業技術、および、新しくより安全な方法で知識を収集・生成・分配・使用・評価するための知識管理技術を開発し利用するために、多くの専門分野からなる研究をサポートしている。その活動には、知識ネットワークにおける人間、行動、社会、倫理の面に関する研究が含まれている。

KDI の助成プロジェクトは一括して扱われており、その中から人間中心システム (HuCS) を扱う IIS 部門担当のものを抽出してみると、1998 年度に 6 件、1999 年度に 4 件採択されており、それぞれ 2001 年半ばから 2002 年半ば頃に終了する予定である。

表 2.4-2 IIS 部門担当の 98 年度 KDI 助成プロジェクト（6 件）

採択番号 (Award Number) タイトル (Title)	開始 終了	助成 Type 総額(見込)	NSF プログラム	研究組織
① 9873005 KDI: Networked Engineering ネットワーク化されたエンジニアリング	10-01-98 09-30-01	Standard Grant \$1,200,000	KDI/KN	Drexel University
② 9872849 → 9996088 KDI: Segmental and Prosodic Optical Phonetics for Human and Machine Speech Processing 人間と機械の音声処理のための音節と音韻律の視 覚的音声学	10-01-98 09-30-01	Standard Grant \$1,410,000	HCI (HUMAN COMPUTER INTER)	U of Cal Los Angeles ↓ House Ear Inst
③ 9872996 KDI: Multidisciplinary Collaboration 多くの専門分野による共同研究	01-01-99 12-31-01	Standard Grant \$1,300,000	CSS (COMPUTATION & SOCIAL SYSTEMS)	Carnegie Mellon University
④ 9873009 KDI: Universal Information Access: Translingual Retrieval, Summarization, Tracking, Detection and Validation ユニバーサル情報アクセス: 言語を越えた検索、要 約作成、追跡、検出、および検証	10-01-98 09-30-01	Standard Grant \$1,981,973	HCI (HUMAN COMPUTER INTER)	Carnegie Mellon University
⑤ 9872995 KDI: Multimodal Collaboration Across Wired and Wireless Networks 有線ネットワークと無線ネットワークにまたがっ た多様式の協同作業	10-01-98 09-30-01	Standard Grant \$2,196,006	HCI (HUMAN COMPUTER INTER)	Rutgers Univ
⑥ 9873156 KDI: A Distributed Cognition Approach To Designing Digital Work Materials For Collaborative Workplaces 共同作業場のためのデジタル作業資料の設計へ の分散認識アプローチ	07-01-99 06-30-02	Continuing Grant \$1,600,000	CSS (COMPUTATION & SOCIAL SYSTEMS)	U of Cal San Diego

注) Award Abstract : 「<http://www.nsf.gov/cgi-bin/showaward?award=xxxxxxx>」 (xxxxxxx は Award Number)

注) Standard Grant は、期間と金額をあらかじめ明確にして助成を行い、原則的には助成の追加延長は行わ
ない。Continuing Grant は、初期期間の成果による支援の継続の可能性を残しておく。

表 2.4-3 IIS 部門担当の 99 年度 KDI 助成プロジェクト（4 件）

採択番号 (Award Number) タイトル (Title)	開始 終了	助成 Type 総額(見込)	NSF プログラム	研究組織
① 9980166 KDI: 3D Knowledge: Acquisition, Representation and Analysis in a Distributed Environment 3次元知識: 分散環境における獲得、表現、及び分析	09-01-99 08-31-02	Standard Grant \$2,100,000	KDI-COMPET ITION	Arizona State University
② 9980109 KDI: Co-evolution of Knowledge Networks and 21st Century Organizational Forms: Computational Modeling and Empirical Testing 知識ネットワークの協調進化と 21 世紀組織形態: 計算 モデル化と実験に基づくテスト	09-01-99 08-31-02	Standard Grant \$1,500,000	KDI-COMPET ITION	U of Ill
③ 9980013 KDI: The Importance of Shared Visual Environments for Collaborative Tasks 協調作業のための共有ビジュアル環境の重要性	09-01-99 08-31-02	Standard Grant \$1,500,000	KDI-COMPET ITION	Carnegie Mellon University
④ 9979860 KDI: Automated Design and Discovery of Novel Pharmaceuticals using Semi-Supervised Learning in Large Molecular Databases 大きな分子データベースにおいて半管理学習を用いた 新薬の自動設計と発見	09-01-99 08-31-02	Standard Grant \$1,200,000	KDI-COMPET ITION	Rensselaer Polytech Inst

注) Award Abstract : 「<http://www.nsf.gov/cgi-bin/showaward?award=xxxxxxx>」 (xxxxxxx は Award Number)

参考

- [1] KDI ホームページ : KNOWLEDGE AND DISTRIBUTED INTELLIGENCE (KDI).
<http://www.ehr.nsf.gov/kdi/>
- [2] NSF PROSPECTUS “KNOWLEDGE AND DISTRIBUTED INTELLIGENCE (KDI)”
<http://www.scd.ucar.edu/info/KDI/KDIprospectus.html>
- [3] KDI - Workshop On Distributed Heterogeneous Knowledge Networks
<http://www.scd.ucar.edu/info/KDI/>
- [4] KDI - Workshop On Knowledge Networking Processes
<http://www.lrsm.upenn.edu/lrsm/KNP.html>
- [5] KN - Workshop On HUMAN DIMENSION of KNOWLEDGE NETWORKING
<http://alexandria.sdc.ucsb.edu/workshops/NSF/>
- [6] Knowledge Networking (Abstract)
<http://www.scd.ucar.edu/info/FORMS/KNP1-6.html>

2.4.3 STIMULATE

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

STIMULATE は、人間とコンピュータとの対話を改善しようとするマルチエージェンシー (NSF、DARPA、NSA) の活動である。ジェスチャ、表情、筆跡、イメージ、ビデオなどの多様な言語や様式を使用して、新たな革新的なコンピュータ・インターフェイスを開発することに焦点を置いている。STIMULATE は、身体に障害を持つ人、文盲の人、そして、その他のコンピュータ・キーボードを使えないような人達はもとより、非常に大量のデータを処理しなければならない人なら誰に対しても、非常に大きなインパクトを与える潜在力を持っている。

STIMULATE は、15 の助成プロジェクトが採択され 1997 年 3 月より開始している。ほとんどのプロジェクトが、今丁度、終了の時期に来ているが、一部を除いて Continuing Grant となっており、継続して助成が行われる可能性もある。

助成プロジェクトのテーマ例：

- ・テレビ、ラジオ、及び新聞解説のためのフィルター。これは、ユーザに迅速に概要

を提供する。

- 機械翻訳プログラム
- 「ヒューマノイド」コンピュータ。これは顔の表情やジェスチャー、音声のイントネーションも含めて、ヒューマン・コミュニケーションを理解するだろう。
- その他に、音声認識、手書き文字認識、及び、ビデオの索引付けと検索などがある。

表 2.4-4 STIMULATE の助成プログラム (15 件)

助成番号 (Award Number) タイトル (Title)	開始 終了	Grantタイプ 総額 (予測)	研究組織
① 9618731 STIMULATE: A Hierarchical Framework for Speech Recognition and Understanding 音声の認識と理解のための階層的フレームワーク	03-01-97 02-28-01	Continuing Grant \$710,543	MIT
② 9619126 STIMULATE: Multimodal Access to Spatial Data 空間データへのマルチモーダル・アクセス	03-01-97 02-29-00	Continuing Grant \$748,424	SRI Internatio nal
③ 9618848 STIMULATE: Human-Computer Communication and Collaboration 人間-コンピュータ間のコミュニケーションと協同作業	03-01-97 02-29-00	Continuing Grant \$795,900	Harvard University
④ 9619114 STIMULATE: Video Scene Segmentation and Classification Using Motion Information モーション情報を用いたビデオ・シーンのセグメント化と分類	03-01-97 02-29-00	Continuing Grant \$538,520	Polytechni c Univ of NY
⑤ 9618941 STIMULATE: Generalized Example-Based Machine Translation 一般化された事例ベースの機械翻訳	03-01-97 02-29-00	Continuing Grant \$723,304	Carnegie Mellon University
⑥ 9618926 STIMULATE: Modeling Structure in Speech above the Segment for Spontaneous Speech Recognition 自然音声の認識のための音節より上の音声構造のモデリング	03-01-97 02-29-00	Continuing Grant \$458,070	Boston University
⑦ 9619124 STIMULATE: An Environment for Illustrated Briefing and Follow-up Search Over Live Multimedia Information 図解による概況説明と生のマルチメディア情報に対する継続調査のための環境	03-01-97 02-29-00	Continuing Grant \$732,056	Columbia University
⑧ 9618939 STIMULATE: A Unified Framework for Multimodal Conversational Behaviors in Interactive Humanoid Agents 対話型ヒューマノイド・エージェントにおける多様式の対話の振る舞いのための統一フレームワーク	03-01-97 02-29-00	Continuing Grant \$725,226	MIT
⑨ 9618854 STIMULATE: Synergistic Multimodal Communication in Collaborative Multiuser Environments マルチユーザ協調作業環境における共働マルチモーダル・コミュニケーション	03-01-97 02-29-00	Continuing Grant \$778,440	Rutgers Univ
⑩ 9618797 STIMULATE: Generating Coherent Summaries of On-Line Documents: Combining Statistical and Symbolic Techniques オンライン文書の筋の通った要約の作成: 統計的技術と記号的技術の結合	03-01-97 02-29-00	Standard Grant \$438,878	Columbia University
⑪ 9619117 STIMULATE: Multimodal Indexing, Retrieval, and Browsing: Combining Content-Based Image Retrieval with Text Retrieval 多様式 (マルチモーダル) の索引付け、検索、およびブラウジング: コンテンツ・ベースのイメージ検索をテキスト検索と結びつける	03-01-97 02-29-00	Continuing Grant \$769,111	U of Massachuse tts Amherst
⑫ 9618874 STIMULATE: Exploiting Nonlocal and Syntactic Word Relationships in Language Models for Conversational Speech Recognition 会話音声認識のための言語モデルにおける非局所的かつ構文的な単語間関係の開発	03-01-97 02-29-00	Standard Grant \$749,994	Johns Hopkins University
⑬ 9618838 STIMULATE: Tools for Lexicon Building 用語辞書構築のためのツール	03-01-97 02-29-00	Continuing Grant \$757,039	Internatio nl CompSci Inst
⑭ 9619921 STIMULATE: Modeling and Automatic Labeling of Hidden Word-Level Events in Spontaneous Speech 自然音声における省略された単語のレベルの事項のモデル化と自動ラベル付け	03-01-97 02-29-00	Continuing Grant \$769,968	SRI Internatio nal
⑮ 9618887 STIMULATE: Gesture, Speech and Gaze in Discourse Management 会話管理におけるジェスチャー、音声、および凝視	03-01-97 02-29-00	Continuing Grant \$748,379	U of Illinois Chicago

注) Award Abstract : <http://www.nsf.gov/cgi-bin/showaward?award=xxxxxxx> (xxxxxxx は Award Number)

注) このすべてのプロジェクトは HCI プログラム (Human-Computer Interaction Program) として扱われている。

参考

[1] NSF News “Can Computers Communicate Like People Do?”

<http://www.nsf.gov/od/lpa/news/press/pr9714.htm#attachment>

2.4.4 デジタルライブラリ・イニシアティブ・フェーズ2

(DLI2 or DLI Phase2 : Digital Libraries Initiative, Phase 2)

連邦政府によってサポートされたデジタルライブラリ研究 (DLI Phase1、1995～1998) の成功に基づき、デジタル革命の進展を支援する目的で、DLI Phase 2 が展開されている。

DLI は、Phase 1、Phase 2 とともにマルチエージェンシー・プログラムとして実施され、NSF では IIS 部門 (The Division of Information and Intelligent Systems) の Special Project (IIS) プログラムとして扱われている。

A. DLI Phase1

1995 年 (会計年度) に始められた最初のデジタルライブラリ・イニシアティブは、4 年間のプログラムであり 1998 年に終了した (Phase1)。その目標は、いろいろな電子化フォームに蓄えられたさまざまなタイプの情報とコンテンツを含むグローバルに分散された知識資源を収集、格納、整理、使用方法を進歩させることであった。

これは、NSF、DARPA、NASA の共同助成により、6 つの大学のプロジェクトが実施された。各プロジェクトが異なった分野を指向し、プロジェクト間交流や、テストベッドによるコンテンツや技術の評価も行われ、一つの新しい DL システムが作り上げられたというものではないが、コンテンツ、情報技術、利用者 (および利用環境、制度) の総合的な面からの研究の必要性に関する広い理解を得られ、非常に肯定的に評価された。

いろいろな分野 (コンピュータ、通信、出版) の企業が関心を示して協力し、結果的には政府からの助成と企業支援の割合が 50 : 50 にもなっている (例えば、Stanford 大学では、15 企業より支援を受けた)。また、その成果から、直接または間接的に様々な検索エンジン関連企業が起業し、産業活性化の意味でも非常な成功を収めたといえる。

表 2.4-5 DLI Phase1 の6つの助成プロジェクト

	Award Number Title	最終更新	開始 終了	助成タイプ 総額(予想)	研究機関
1	9411306 The Stanford Integrated Digital Library Project スタンフォード統合デジタルライブラリ・プロジェクト	03-13-98	09-01-94 08-31-99	Cooperative Agreement \$4,516,573	Stanford University
2	9411318 Building the Interspace: Digital Library Infrastructure for a University Engineering Community インタースペースの構築:大学のエンジニアリング・コミュニティのためのデジタルライブラリ・インフラストラクチャ	09-21-99	09-01-94 08-31-00	Cooperative Agreement \$4,674,232	U of Ill Urbana-Champaign
3	9411287 The University of Michigan Digital Libraries Research Proposal ミシガン大学デジタルライブラリ研究提案	08-20-98	09-01-94 08-31-00	Cooperative Agreement \$4,357,199	University of Michigan
4	9411330 The Alexandria Project: Towards a Distributed Digital Library with Comprehensive Services for Images and Spatially Referenced Information アレクサンドリア・プロジェクト:イメージと空間的に参照される情報のための包括的サービスを持つ分散デジタルライブラリに向けて	07-15-98	09-01-94 08-31-99	Cooperative Agreement \$4,394,188	U of Cal Santa Barbara
5	9411334 The Environmental Electronic Library: A Prototype of a Scalable, Intelligent, Distributed Electronic Library 環境電子ライブラリ:スケーラブルで知的な分散電子ライブラリのプロトタイプ	07-16-98	09-01-94 08-31-98	Cooperative Agreement \$4,021,998	U of Cal Berkeley
6	9411299 Informedia: Integrated Speech, Image and Language Understanding for Creation and Exploration of Digital Video Libraries インフォメディア:デジタルビデオライブラリの生成と探索の為に統合化された音声、イメージ及び言語の理解	08-14-98	09-01-94 02-29-00	Cooperative Agreement \$6,000,000	Carnegie Mellon University

注意: DLI Phase 1 は 1998 年で終了したが、上の表から、ほとんどのプロジェクトは、1999~2000 年まで延長して継続して助成を受けていることがわかる。

B. DLI Phase2

B.1 助成機関と協力機関

現在、フェーズ2では助成機関も増え、さらに国立公文書・記録管理局（NARA）、スミソニアン協会（SI）、美術館・図書館業務研究所（IMLS）等の協力も得て、マルチエージェンシーのプログラムとして活動が行われている。

● 助成機関（と対応プログラム、又は対応部門）

- ① NSF (National Science Foundation、全米科学財団) [http://www.nsf.gov/DigitalLibrariesInitiative\(SpecialProject\(IIS\)\)](http://www.nsf.gov/DigitalLibrariesInitiative(SpecialProject(IIS)))
<http://www.interact.nsf.gov/cise/descriptions.nsf/30ff6e7ea7d05a0d85256659004c0237/60968e12ff1f03d6852565d90059a9b0?OpenDocument>
- ② DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency、国防高等研究計画局)
Information Technology Office <http://www.darpa.mil/http://www.darpa.mil/ito/>
- ③ NLM (National Library of Medicine、国立医学図書館)
Extramural Programs <http://www.nlm.nih.gov/http://www.nlm.nih.gov/ep/http://www.loc.gov/http://lcweb2.loc.gov/ammem/dli2/>
- ④ LOC (Library of Congress、議会図書館)
Digital Library Initiatives <http://www.neh.gov/http://www.neh.gov/html/guidelin/dli2.html>
- ⑤ NEH (National Endowment for the Humanities、人文基金) <http://www.nasa.gov/http://www.fbi.gov/>
- ⑥ NASA (National Aeronautics & Space Administration、米国航空宇宙局)
- ⑦ FBI (Federal Bureau of Investigation)

● 協力機関

- ① NARA (National Archives and Records Administration、国立公文書・記録管理局)
<http://www.nara.gov/>
- ② SI (Smithsonian Institution、スミソニアン協会)
<http://www.si.edu/>
- ③ IMLS (Institute of Museum and Library Services、美術館・図書館業務研究所)
<http://www.imls.fed.us/>

B.2 目的と概要 (Overview)

DLI Phase2 は、次世代のデジタルライブラリ開発のための基礎研究における指導的地位の確立を目指すものである。グローバルに分散したネットワーク化された情報源の利用と利便性を向上させ、既存及び新規のコミュニティの、革新的なアプリケーション領域への進出・活動を活発化させることを目的としている。

デジタルライブラリは知的なインフラを提供するので、このイニシアチブでは、教育、エンジニアリングと設計、地球科学と宇宙科学、生物科学、地理学、経済学、

そして芸術と人文科学のような領域において、次世代の実用的なシステムを創造するために必要な協力関係の締結促進にも目を向けている。

この計画は、情報の生成、アクセス、利用から蓄積、保存に至るまでのデジタルライブラリの全ライフサイクルを対象とする。例えば、研究、教育、商取引、防衛、保健サービスやレクリエーションといったような人間の活動領域において、新しいデジタルライブラリが持つ、長期的視点での、社会的、行動学のおよび経済的な意味と効果をよりよく理解するための研究は、このイニシアチブの重要な部分の一つである。

B.3 中心となる分野 (Focus areas)

DL では次の分野に重点を置いている。

- ☐ 人間中心の研究
- ☐ コンテンツとコレクションに基づく研究
- ☐ システム中心の研究

研究課題としては、以下のようなものが、現在の DL プロジェクトに含まれている。

- ・ 知的ユーザインタフェース
- ・ 共同作業技術とツール
- ・ さまざまな情報の発見、探査、検索、操作、および表現能力に導く手法、アルゴリズム、およびソフトウェア
- ・ 効率的なデータの獲得、表現、保存、および蓄積
- ・ メタデータ
- ・ コンテンツとコレクションの相互運用性(interoperability)
- ・ デジタル・コレクションの作成と利用に関連する社会的、経済的、法的問題を解決する技術、手法、および処理方法
- ・ インテリジェント・エージェント
- ・ 最先端のマルチメディア情報獲得、表現、およびデジタル化の方法
- ・ 複雑な情報のアクセス、解析、および共同作業のサポートが可能な新しい情報化環境のためのオープンなネットワーク化されたアーキテクチャ

B.4 NSF の Special Project (IIS) プログラムの Awards 概要分析

DLI は NSF では IIS 部門の担当する Special Project (IIS) として実施されているので、具体的にどのようなプロジェクトが行われているかを網羅的に調べるために、NSF の Award プロジェクト・データベース (NSF の Award Abstract 検索画面) から該当する助成の内訳を分析してみた。その結果、助成対象は表 2.4-5 に示した DLI 1 のプロジェクトに加え、おおよそ以下のように分類された。

- ① 一般の DLI2 研究開発助成プロジェクト
 - ② 大学生教育関連 (Undergraduate Emphasis) の DLI2 助成プロジェクト
 - ③ DLI2 エージェンシー間共同プロジェクト
(助成タイプが Interagency Agreement のもの。1 プロジェクトのみ。)
 - ④ 国際デジタルライブラリ (DL) 共同研究プログラムの助成プロジェクト (後述)
 - ⑤ DL 助成プロジェクト公募関連の NSF 業務外注 (と思われる)
DLI2 及び国際 DL の助成プロジェクト公募に対するプロポーザルの処理とデータエントリの外部発注 (助成タイプ : BOA / Task Order)
 - ⑥ ワークショップ、コンファレンス、ミーティングへの助成
- これらについて、以降の節で順次説明する。

B.4.1 一般の DLI2 助成プロジェクト (Undergraduate Emphasis 以外)

表 2.4-6 の 001~021 のプロジェクトは、DLI2 ホームページ[1]にある「DLI2 Funded Projects」一覧にあるプロジェクトと一致する。さらに 022 も、内容からこの分類に入ると判断される。表内の順番は、001~021 までを DLI2 Funded Projects の一覧に合わせてある (大学名のアルファベット順)。

表 2.4-6 一般のDLI2 助成プロジェクト (Undergraduate Emphasis 以外)

	Award Number Title	開始 終了	助成タイプ 総額(予想)	研究機関
001	9817473 DLI-Phase 2: High-Performance Digital Library Classification Systems: From Information Retrieval to Knowledge Management ハイパーパフォーマンス・デジタルライブラリ分類システム: 情報検索から知識管理まで	05-01-99 04-30-02	Continuing Grant \$499,998	U of Arizona アリゾナ大学
002	9817353 DLI-Phase 2: Re-inventing Scholarly Information Dissemination and Use 学究的情報の流布・普及と利用の再発明	04-01-99 03-31-04	Cooperative Agreement \$5,000,000	U of Cal Berkeley カリフォルニア大学 バークレー校
003	9874771 A Multi-media Digital Library of Folk Literature 民族文学のマルチメディア・デジタルライブラリ	07-01-99 06-30-02	Continuing Grant \$495,317	U of Cal Davis カリフォルニア大学 デービス校
004	9817432 DLI Phase 2: Alexandria Digital Earth Prototype アレクサンドリア・デジタルアース・プロトタイプ	09-01-99 08-31-04	Cooperative Agreement \$5,400,000	U of Cal Santa Barbara カリフォルニア大学 サンタバーバラ校
005	9817496 DLI Phase 2: Informedia-II: Integrated Video Information Extraction and Synthesis for Adaptive Presentation and Summarization from Distributed Libraries インフォメディア-II: 分散ライブラリからの適応的なプレゼンテーションと要約化のための統合化されたビデオ情報の抽出と合成	05-01-99 04-30-03	Cooperative Agreement \$4,000,000	Carnegie Mellon University カーネギーメロン大学
006	Simplifying Integrative Layout and Video Editing and Reuse (IIS-9817527 : NSF に Award Abstract 記述が存在しない) 簡単化された対話的なレイアウトとビデオ編集と再利用			Carnegie Mellon University カーネギーメロン大学
007	9817434 DLI-Phase 2: A Patient Care Digital Library: Personalized Retrieval Summarization of Multimedia Information 患者の看護のデジタルライブラリ: マルチメディア情報の個人向け検索要約	09-01-99 08-31-04	Cooperative Agreement \$5,002,375	Columbia University コロンビア大学
008	9817416 DLI-2: Security and Reliability in Component-based Digital Libraries コンポーネント・ベースのデジタルライブラリにおけるセキュリティと信頼性	05-01-99 04-30-03	Cooperative Agreement \$2,268,608	Cornell University-Endowed コーネル大学
009	9874747 DLI-Phase 2: An Operational Social Science Digital Data Library オペレーショナルな社会科学のデジタルライブラリ	07-01-99 06-30-02	Continuing Grant \$1,800,000	Harvard University ハーバード大学
010	9817572 DLI-Phase 2: A Distributed Information Filtering System for Digital Libraries デジタルライブラリのための分散情報フィルタリング・システム	06-15-99 05-31-02	Continuing Grant \$315,387	Indiana U Bloomington インディアナ大学
011	9817430 DLI-2: Digital Workflow Management: The Lester S. Levy Digitized Collection of Sheet Music, Phase Two デジタル・ワークフロー管理: Lester S. Levy のデジタル化された楽譜のコレクション	04-15-99 03-31-02	Continuing Grant \$529,951	Johns Hopkins University ジョンズホプキンス大学

012	9817483 The Digital Atheneum: New techniques for restoring, searching, and editing humanities collections デジタル図書室 (or デジタル・アテネ神殿): 人文科学コレクションの復旧、検索、及び編集	03-15-99 02-28-02	Standard Grant \$499,924	U of Kentucky Res Fdn ケンタッキー大学
013	9817485 DLI-2: A National Gallery of the Spoken Word 話し言葉の国民ギャラリー	09-01-99 08-31-04	Cooperative Agreement \$3,599,989	Michigan State University ミシガン州立大学
014	9817492 Tracking Footprints Through an Information Space: Leveraging the Document Selections of Expert Problem Solvers 情報空間の足跡追跡: 専門の問題解決者のドキュメント選択をテコ入れする	01-01-99 12-31-01	Continuing Grant \$649,997	Oregon Health Sciences U オレゴン保健科学大学
015	9817444 DLI Phase-2: DATA PROVENANCE データの起源	06-01-99 05-31-02	Continuing Grant \$504,988	U of Pennsylvania ペンシルバニア大学
016	9817518 DLI- Phase 2: A Software and Data Library for Experiments, Simulations, and Archiving 実験、シミュレーション、及びアーカイビングのためのソフトウェアとデータのライブラリ	04-01-99 03-31-03	Standard Grant \$1,199,215	U of SC Columbia サウスカロライナ大学
017	9817799 DLI-Phase 2: Stanford InterLib Technologies スタンフォード InterLib テクノロジー	04-01-99 03-31-04	Cooperative Agreement \$4,297,585	Stanford University スタンフォード大学
018	9817511 Image Filtering for Secure Distribution of Medical Information 医学情報の安全な配給のためのイメージ・フィルタリング	01-01-99 12-31-01	Standard Grant \$519,594	Stanford University スタンフォード大学
019	9874781 DLI-Phase 2: A Digital Library of Vertebrate Morphology, Using High-Resolution X-ray CT 高解像度のX線CTを用いた、脊椎形態学のデジタルライブラリ	06-01-99 05-31-02	Continuing Grant \$499,964	U of Texas Austin テキサス大学
020	9817484 DLI-Phase 2: A Digital Library for the Humanities 人文科学のためのデジタルライブラリ	06-15-99 05-31-04	Continuing Grant \$2,758,400	Tufts University タフツ大学
021	9874759 Automatic Reference Librarians for the World Wide Web World Wide Web 用の自動の参照図書館司書機能	01-01-99 12-31-01	Continuing Grant \$598,110	U of Washington ワシントン大学
022	9907296 SGER: Making Web Publishing Irreversible SGER: Web 出版を逆行不可にする (訳注: 購読したインスタンスが失われないようにする仕組み)	09-01-99 02-28-01	Standard Grant \$50,000	Stanford University スタンフォード大学

注意: 006 は、DLI2 ホームページの「DLI2 Funded Projects 一覧」に現れるが、NSF の Award Abstract が存在しないので、プロジェクトと組織の名前だけ載せた。(DLI2 Funded Projects : <http://www.dli2.nsf.gov/projects.html>)

これらの内、以下のものが、Blue Book 2000 に紹介されている。

●NSF Award Number : 9817492 (表 2.4-6 No.014)

情報空間の足跡追跡：専門の問題解決者のドキュメント選択をてこ入れする

Oregon Graduate Institute of Science and Technology では、問題解決者が大規模で複雑な情報空間の中で、冗長な情報や無関係な情報に心をなやますことなく、必要な情報を見つけ出すことの支援に取り組んでいる。この研究は、ヘルスケアに焦点を当てたものである。患者の医療記録は、長期間にわたって、異なる目的のために多数のヘルスケア専門家によって作られており、一般的には、大きく複雑で地理的に分散されたドキュメントの集まりである。このアプローチでは、専門家が問題を解決したり、その情報を別の人のために利用する場合に、専門家が使用した情報を捕捉して追跡する。この研究は、情報を探す内科医の振る舞いに注目する医者と、規則正しく構成された情報を抽出・利用するコンピュータ科学者からなる、複数の専門分野にまたがるチームによって行われている。

●NSF Award Number : 9817511 (表 2.4-6 No.18)

信頼できるイメージの普及(TID: Trusted Image Dissemination)

(注: Award Title は、"Image Filtering for Secure Distribution of Medical Information")

最近のコンピューティングは、イメージ情報の利用を非常に容易にしたので、テキストだけでなくイメージをフィルタリングすることも不可欠になってきている。セキュリティやプライバシーの保護をマルチメディア・データベースにまで広げることを可能にするために、スタンフォード大学では、マルチメディア・ドキュメントのコンテンツをチェックする従来の方法を補うイメージ・フィルタリング機能を提供するTID 技術を研究している。TID は、患者の電子記録に含まれるイメージ内の情報を制限あるいは選別して、セキュリティやプライバシーの侵害を避けるために使用される予定である。TID 研究の作業は、以下のことに焦点を置いている。

- ・ 医学イメージ・データベースを検索するための既存のウェーブレット・ベースのアルゴリズムのさらなる開発、および、マルチメディア医学データベースからデジタル・イメージと関連テキスト情報を検索するための技術の開発。
- ・ 検索したイメージからのテキスト情報抽出。
- ・ デジタル医学イメージを自動的に編集するための技術開発、および、同一と

見なされる情報を省略するためにイメージを手動で編集するためのツールの採用や開発。

- ・医学イメージのプライバシーを保護するための規則を定義し、セキュリティ・メディエータに実装すること。
- ・セキュリティ・メディエータに Web 顧客用インターフェイスを開発すること。

●NSF Award Number : 9874759 (表 2.4-6 No.021)

ワールド ワイド Web(World Wide Web)用の自動参照の図書館司書機能

ワシントン大学では、人々が Web から高品質の情報を効率的に検索するのを助けるために、より強力な自動参照ツールを開発している。その主要な目標は、複雑な話題については限られた理解だけしか想定しないが、情報をどこからどうやって見つければよいかについての洗練された理解に基づく「参照インテリジェンス」を有するソフトウェア・エージェントを創り出すことにある。この参照インテリジェンスは、図書館司書の人間による参照をエミュレートする。(人間の)図書館司書は、通常、問い合わせられた話題(例えば、計算流体力学)の専門家ではないが、その(流体力学の国際ジャーナルのような)話題についての関連リソースを識別することにおいては専門家である。

B.4.2 大学生教育関連 (Undergraduate Emphasis) DLI2 助成プロジェクト

DLI2 ホームページ[1]の「DLI2 Funded Projects」一覧が、一般プロジェクトと大学生教育関連 (Undergraduate Emphasis) プロジェクトを区別しているので、それにならって、ここでも両者を区別した。表 2.4-7 の 1~6 のプロジェクトは、DLI2 ホームページの Undergraduate Emphasis のプロジェクトと一致する。さらに 7 も、内容からこの分類に入ると判断される。

B.4.3 DLI2 エージェンシー間共同プロジェクト

上記のプロジェクト群の他に、助成タイプが、「Interagency Agreement」のものが、1 プロジェクトのみ存在した (表 2.4-8)。

表 2.4-7 DL12 助成プロジェクト (Undergraduate Emphasis)

	Award Number Title	開始 終了	助成タイプ 総額(予想)	研究機関
1	9817406 Using the National Engineering Education Delivery System as the Foundation for Building a Test-Bed Digital Library for Science, Mathematics, Engineering and Technology Education 科学、数学、工学、技術の教育のためのテストベッド・デジタルライブラリ構築の基盤として米国工学教育デリバリ・システムを使う	10-01-98 09-30-99	Standard Grant \$200,000	U of Cal Berkeley カリフォルニア大学バークレー校
2	9979967 DLI-Phase2: Columbia Earthscape: A Model for a Sustainable Online Educational Resource in Earth Sciences コロンビアの地球風景:地球科学における支持できるオンライン教育リソース	12-01-99 11-30-02	Standard Grant \$581,068	Columbia University コロンビア大学
3	9980130 DLI-Phase 2: Research on a Digital Library for Graphics and Visualization Education グラフィックスとビジュアライゼーションのためのデジタルライブラリに関する研究	10-01-99 09-30-02	Continuing Grant \$330,278	Ga State U Res Fdn, Inc. ジョージア州立大学
4	9909086 DLI-Phase 2: Digital Libraries for Children 子供のためのデジタルライブラリ	10-01-99 12-31-02	Continuing Grant \$613,437	U of MD メリーランド大学
5	9816026 Planning Grant for the Use of Digital Libraries in Undergraduate Learning in Science 大学生の科学学習におけるデジタルライブラリ利用のための計画グラント	10-01-98 09-30-99	Standard Grant \$80,355	Old Dominion Research Fdn オールドドミニオン大学
6	9816644 Virtual Skeletons in Three Dimensions: The Digital Library as a Platform for Studying Web-Anatomical Form and Function 3次元の仮想骨格:Webで解剖学的な形と機能を勉強するためのプラットフォームとしてのデジタルライブラリ	10-01-98 09-30-00	Continuing Grant \$287,147	U of Texas Austin テキサス大学オースチン
7	9980116 DLI-Phase 2: Developing a Prototype National Digital Library for Science, Mathematics, Engineering and Technology Education SEMETE の米国デジタルライブラリのプロトタイプの開発	10-01-99 09-30-01	Standard Grant \$399,999	U of Cal Berkeley カリフォルニア大学バークレー校

表 2.4-8 DL12 Inter-Agency プロジェクト

Award Number Title	開始 終了	助成タイプ 総額(予想)	研究機関
9910763 Visible Human Project Atlas of the Head and Neck, and Visible Human Project Computer Imaging Tools ビジブルヒューマン・プロジェクトの頭と首のアトラス、及び、ビジブルヒューマン・プロジェクトのコンピュータ・イメージング・ツール	08-01-99 07-31-00	Interagency Agreement \$300,000	National Library of Medicine NLM (国立医学図書館)

このプロジェクトは、HPCC Blue book 2000 にある以下の説明に対応する。

●医学情報科学 (Medical Informatics)

2000 年度に、NLM は、医学情報科学 (Medical Informatics) における DL 研究に助

成を行うが、これには、ヘルスケア消費者に役立つプロジェクトが含まれている。統一医学用語システム（UMLS：Unified Medical Language System）の知識ソースとビジブル・ヒューマン（Visible Human）データセットは、DLI Phase2 プロジェクトにおける利用とテストのために、NLM によって利用可能にされる。

「統一医学用語システム」、「ビジブル・ヒューマン・データセット」については、2.5 章「他省庁関連の HuCS 研究開発」で説明する。

B.4.4 国際デジタルライブラリ（DL）共同研究プログラムの助成プロジェクト

重複する作業を避け、断片化されたデジタル・システムの開発を防ぎ、世界中の科学的な知識と学術的なデータの生産的な交流を奨励するために、NSF は、1999 年度から、国際デジタルライブラリ共同研究（International Digital Libraries Collaborative Research）プログラムの支援を行っている。このプログラムは、複数の言語・様式・メディアおよび複数の社会的・組織的コンテキストで利用できる情報システムの作成への貢献が期待される。

このプログラムの目標は、場所や言語、形式の違いに無関係に、ユーザが容易にデジタル・コレクションにアクセスできるようにすること、及び、研究、教育、商業における幅広い利用を可能にすることである。

グローバルな情報環境には、次のような研究が必要である。

- ◆ 分散し個別に管理されているデータベース間で、以下の目的の長期的な相互運用性を保証する手法と標準：
 - ・ 多種の情報の先端的な検索、
 - ・ 世界規模の自己組織化データベースとデータマイニング、
 - ・ ドメイン固有のコンテンツの組織化と保存。
- ◆ 本質的に地域的な情報の、リンクされた互換性のあるデータベースの開発。
そのようなものとしては、地理情報、植物情報、農業情報、人口統計情報、および経済データなどのデータベースがあげられる。
- ◆ 世界市場での知的財産保護のための技術。

表 2.4-9 インターナショナル・プロジェクト

	Award Number Title	開始 終了	助成タイプ 総額(予想)	研究機関
1	9905955 DLI-International: Metadata for Resource Discovery of Multimedia Digital Objects マルチメディア・デジタルオブジェクトの 資源発見のためのメタデータ	10-01-99 09-30-02	Continuing Grant \$240,000	Cornell University-Endowed コーネル大学
2	9907892 DLI-International: Integrating and Navigating Eprint Archives through Citation-Linking 引用リンクを通して Eprint アーカイブを統合 しナビゲートする	10-01-99 09-30-02	Continuing Grant \$291,650	Cornell University-Endowed コーネル大学
3	9975164 DLI-INTERNATIONAL: Cross-Domain Resource Discovery: Integrated Discovery and Use of Textual, Numeric, and Spatial Data 領域に跨る資源発見: テキスト、数値、及び 空間データの統合的な発見と利用	10-01-99 09-30-02	Continuing Grant \$306,004	U of Cal Berkeley カリフォルニア大学 バークレー校
4	9905842 DLI-INTERNATIONAL: Online Music - Recognition and Searching オンラインミュージック認識と検索	09-15-99 08-31-02	Continuing Grant \$494,149	U of Massachusetts Amherst マサチューセッツ 大学
5	9906025 DLI-INTERNATIONAL: IMesh Toolkit IMesh ツールキット	10-01-99 09-30-02	Continuing Grant \$480,166	U of Wisconsin Madison ウイスコンシン大学
6	9901650 Planning Grant: International Collaboration on Cross-Language Information Retrieval 計画グラント: 言語に跨る情報検索に関する 国際協力	12-15-98 05-31-99	Standard Grant \$5,080	Carnegie Mellon University カーネギーメロン 大学

米国と他国との研究者間・研究組織間の長期的な持続した関係を育てるために、NSF は、複数国、複数チームによるプロジェクトへの米国参加に資金援助を行う。

研究領域としては、次のものが含まれる。

- ・多言語情報システム、多言語間情報検索システム、言語翻訳、および言語教育ソフトウェア。
- ・音、データ、イメージ、マルチメディア、ソフトウェア、およびその他の形式のコンテンツを含む、多国籍のデジタルライブラリ。
- ・極端に大きな世界規模のコレクションのための相互運用性とスケーラビリティ技術。
- ・メタデータ(データに関するデータ)技術とツール。

- ・場所（ロケーション）に大きく関連する情報システム（地球空間に関する、環境の、生物学的な、歴史に関する、および、その他の情報システム）。
- ・デジタル学術情報の保存と蓄積。これは、長期的な情報資産の管理のための技術と手順を含む。
- ・デジタルライブラリの社会的局面と、異文化間にまたがるコンテキストの研究。
- ・教育技術における全てのレベルでのデジタルライブラリ利用。
- ・経済と著作権の問題。これには、認証、支払い、権利形式、信用、および公正な利用の問題も含まれる。
- ・電子出版と学術的コミュニケーションの技術。これには、共同研究所、オンライン・リポジトリ、および、科学的知識の配布のための新方式も含まれる。

B. 4.5 DL 助成プロジェクト公募関連の NSF 業務外注

これは、NSF 側の DLI2 の 1999 年度、2000 年度のプロジェクト提案公募、及び、インターナショナル・デジタルライブラリ共同研究イニシアチブのためのプロジェクト提案公募に際しての、プロポーザル処理とデータエントリ支援を、外部に発注した費用に関するものと思われる。

Award Abstract にも、タイトルと同程度の情報しか記述されていない。

表 2.4-10 BOA/Task Order

	Award Number Title	開始 終了	助成タイプ 総額(予想)	機関
1	9819272 Proposal Processing and Data Entry Support for the Digital Libraries Initiative-Phase 2 DLI2 プログラムのためのプロポーザル処理とデータエントリ支援	08-28-98 06-30-99	BOA/Task Order \$10,000	Allied Technology Group
2	9911741 Proposal Processing and Data Entry Support for the Digital Libraries Initiative-Phase 2 Program DLI2 プログラムのためのプロポーザル処理とデータエントリ支援	08-27-99 05-31-00	BOA/Task Order \$15,000	Allied Technology Group
3	9907093 Proposal Processing and Data Entry Support for the International Digital Libraries Collaborative Research Initiative インターナショナル・デジタルライブラリ共同研究イニシアチブのためのプロポーザル処理とデータエントリ支援	02-23-99 10-29-99	BOA/Task Order \$8,000	Allied Technology Group

B.4.6 ワークショップ、コンファレンス、ミーティングへの助成（表 2.4-11）

これはワークショップ、コンファレンス、ミーティングに関する費用の助成である。

表 2.4-11 ワークショップ、コンファレンス、ミーティングへの助成

	Award Number Title	開始 終了	助成タイプ 総額(予想)	発起人
1	9907293 NSF/ISTEC/CONACyT Digital Library Workshop NSF/ISTEC/CONACyT デジタルライブラリ・ワークショップ	03-15-99 08-31-99	Standard Grant \$19,563	University of New Mexico ニューメキシコ 大学
3	9814034 Conference on the History of Science Information Systems 科学情報システムの歴史に関するコンファ レンス	11-15-98 10-31-00	Standard Grant \$48,815	Chemical Heritage Foundation
4	9909123 EPSCoR Digital Library Meeting Proposal EPSCoR デジタルライブラリ・ミーティング提案	07-01-99 12-31-99	Standard Grant \$63,640	Carnegie Mellon University カーネギーメロン 大学
5	9809669 Workshop on Shape Computation 形状計算に関するワークショップ	08-15-98 07-31-99	Standard Grant \$30,465	MIT
6	9912077 Orphans of the Storm: Saving Orphan Films in the Digital Age あらしの孤児：孤児の映画をデジタル年代に保管 する (standard workshop award)	09-15-99 12-31-99	Standard Grant \$35,070	U of SC Columbia コロンビア大学

参考

- [1] DLI Phase2 ホームページ : <http://www.dli2.nsf.gov/>
 [2] DLI Phase1 ホームページ : <http://www.dli2.nsf.gov/dlione/>

2.4.5 バーチャル・ロサンゼルス

(1) バーチャル・ロサンゼルス (Virtual Los Angeles)

- 大規模な都市環境に対するリアルタイムの視覚化システム

NSF の助成を受けた UCLA の都市シミュレーション・チームの研究者達は、「バーチャル・ロサンゼルス」を開発してきた。これは、長期にわたる都市シミュレーション・プロジェクトで、カスタム・シミュレーション・ソフトウェアとリアルタイム・データベース技術とを、効率的なモデル化手法と組み合わせたものである。

シミュレーションは、街路レベルの画像と 3 次元構造、都市工学の地図、内部的に

生成した草木ライブラリ、およびいろいろなサイト訪問と、ロサンゼルスの中の写真からなっている。壁の落書きや窓のサインのレベルまで正確で、「バーチャル・ロサンゼルス」は、きわめて濃密な都市環境のリアリスティックな3次元視覚モデルである。データは、4,000平方マイル以上がカバーされている。ユーザーは、バーチャル都市の中を飛んだり歩いたりすることができ、木や街のサインやそのほかビジュアルな目印も全部揃っている。

NSFの支援するこのUCLAのプロジェクトの目標は、土木工学、都市デザイン、および都市計画の問題解決を支援することにある。「バーチャル・ロサンゼルス」のデータベースは、長期にわたるプロジェクトで、実世界の土木工学、都市デザイン、および都市計画などの多くの問題の対応に役立てるために使用できる。このプロジェクトには、ロサンゼルス地区全体のリアルタイムのバーチャル・モデルを表示する「バーチャルワールド・データサーバ(Virtual World Data Server)」の開発が残されている。研究者は、3次元の車内ナビゲーション・システム、ヘリコプターの飛行訓練システム、その他の輸送および交通の管理ツールを含むアプリケーションにも取り組んでいる。ロサンゼルス消防局やその他の緊急対策チームは、緊急対応の目的にこれらのツールを利用するであろう。たとえば、隣接しているビルが利用可能な救出設備が届く高さよりも高いか低いかを調べることもできる。

(2) バーチャルワールド・データサーバ (Virtual World Data Server)

「Virtual World Data Server」プロジェクトは、NSFのIIS部門の「INFORMATION & DATA MANAGEMENT」プログラムにより助成されている(表2.4-12)。

表 2.4-12

助成番号(Award Number) タイトル(Title)	Latest Amendment	開始 終了	助成タイプ 総額(予測)	研究機関
① 9527178 MDC: The Virtual World Data Server	09-14-99	09-15-95 08-31-00	Continuing Grant \$1,370,000	UCLA

「Virtual World Data Server」は、巨大仮想環境のシミュレーションに使うことを目的としたマルチユーザ・分散・リアルタイムのデータサーバである。このシステムの最重要部分はリアルタイム・ストレージサーバ(RTSS、Real-Time Storage Server)である。RTSSは、空間的に分散した膨大な量のヘテロジニアスなデータ(1テラバイ

ト超)を効率的に格納・検索できるように設計されている。RTSSは、高速ATM(high speed asynchronous transfer mode) 接続を通して複数の対話型リアルタイム・シミュレーションと通信する。それは、現在のビューイング位置がどこで、ビューアーがどちらを向いているかを決定するために、各アクティブなシミュレーションとの間に双方向リンクを確立する。RTSSは、どの3次元情報が必要かの決定を行い、その情報をディスクから最適化されたやりかたで検索し、それをそのシミュレーションにジャスト・イン・タイムで配給する。

RTSSは、先端的な3次元ビジュアル・シミュレーション・システムによって補完される。

これらの2つのシステムが一緒になって、都市計画、医学、緊急応答、物理学、建築学、及び都市デザインなどを含む（が、これらに限定されない）さまざまな要求のきついアプリケーションをサポートすることができる。

このシステムは、都市が計画され、科学や医学の実験が可視化される方法を、劇的に改善することを約束する。それは、コミュニティのメンバーや、興味を持った市民が、政策や計画における決定のインパクトを理解し評価することを可能にし、科学者が、今日可能なよりも100倍以上大きなデータセットの可視化を可能にする能力を提供する。

（3）バーチャルワールド・データサーバのサブ・プロジェクトの構成

Virtual World Data Server プロジェクトは、以下のサブ・プロジェクトで構成されている。

●サーバ：

- ① RIO ストレージ・システム (The RIO Storage System)
- ② クラスタ型 RIO サーバ (The Clustered RIO Server)
- ③ 3次元マルチメディア・ストレージサーバのためのネットワーク・トラフィック解析とモデリング (Network Traffic Analysis, Prediction and Modeling for 3D Multimedia Storage Server)
- ④ マルチメディア・ストレージサーバのための階層的な QoS とスケジューリング (Hierarchical Quality of Service and Scheduling for Multimedia Storage

Server)

- ⑤ 写真のように現実感のある 3 次元対話型ビジュアルシミュレーションモデルのためのリアルタイム伝送システム (A Real-Time Transmission System for Photo-realistic 3D Interactive Visual Simulation Models)

●クライアント・アプリケーション:

- ① 大規模都市環境のためのリアルタイム・ビジュアライゼーション (可視化) システム (A Real-Time Visualization System for Large Scale Urban Environments)
- ② 医学のバーチャルリアリティ・システムにおける大規模で時間に依存して流れるデータセットの科学的ビジュアライゼーション (可視化) (Scientific Visualization of Large Time-Dependent Flow Datasets in Medical VR System)
- ③ リアルタイムの物理学データのビジュアライゼーション (可視化) システム (Real-Time Physics Data Visualization System)

参考

- [1] NSF News 「NSF Grant Brings "Virtual Worlds" to Life」

<http://www.nsf.gov/od/lpa/news/press/99/pr9938.htm>

注意:

上記のホームページからは、「For more information, see: <http://mml.cs.ucla.edu/>」とリンクが張られている。しかし、このリンク先は 2000 年 3 月末の時点までは、UCLA の「The Virtual World Data Server」プロジェクトのホームページであったが、それ以降、「UCLA Data Mining Laboratory」のホームページに変わっている。

以前のホームページからは、DEMO (movies) へのリンクがあり、動画のデモを見ることができたが、そのページは現時点ではまだ存在する。

(<http://www.aud.ucla.edu/movies/jepson/>)

2.4.6 ロボットによる外科手術 (Robotic Surgery)

(1) Robotic Surgery

NFS の支援により、Johns Hopkins 大学ではコンピュータ統合手術 (CIS、Computer-Integrated Surgery) という、急速に拡大しつつある分野に焦点を当てた研究を行っている。ここでは、計算機と工学技術の進歩が、伝統的な外科手術の限界を

克服するのを助けている。CIS システムはより正確にかつより影響範囲を小さく外科手術を計画・実行できるように外科医の能力を拡大することによって、外科手術の費用の軽減という大きな国民ニーズに対応するとともに、臨床結果の改善、及び効率的ヘルスケア提供の改善を行う。

1998 年 11 月号の“Scientific American”は、次のように述べている。「病院の技術における次の変化は、数年以内にテレビ ドラマをあまりおもしろくないものにするかもしれませんが、しかし、手術室を、患者にとってより健康的な場所になるのを助けるはずです。手術台の周りに集められた緊張している人々に代わって、静かなロボットが 1 インチに満たない長さの切り口を通して、切開や縫合をしているかもしれません。手術をしている外科医は、患者の実際のイメージを問題の正確な位置を示す最新の診断イメージと結合するバーチャル・リアリティ・ヘッドセットを通して、体の深部を見つめながら、コンソールの所に座っているでしょう。外科医は、切開する前に、サイバー空間で手術の予行演習さえも、しているかもしれません。外科ツールを制御するマニピュレータは、最も小さな、最も正確な動きが可能となるでしょう。ですから、外科医の手がどんなに震えても大丈夫です。」

(2) Johns Hopkins 大学のコンピュータ総合外科手術のための

エンジニアリング研究センター

(Engineering Research Center for Computer-Integrated Surgical

Systems and Technology (CISST) at Johns Hopkins University)

ロボット外科手術の進歩を促すために、NSF は、コンピュータ統合外科手術のシステムと技術 (Computer-Integrated Surgery Systems and Technologies) の新しいエンジニアリング研究センター (Engineering Research Center) を設立した。この共同プロジェクトは Johns Hopkins 大学が主導し、Johns Hopkins School of Medicine、Johns Hopkins Applied Physics Laboratory、MIT Project on Image Guided Surgery、Surgical Planning Group at Harvard University Brigham and Women Hospital、およびカーネギーメロン大学 (Carnegie Mellon University) とその系列の Shadyside Hospital が関与している。センターは、コンピュータ科学とロボットの専門家、電気、機械、生体臨床医学の技術者、および、放射線学、神経外科、泌尿器科、整形外科、および眼科などの分野を専門とする医師を集めている。

CISST は、新世代のコンピュータ統合外科手術システムを開発し、医者が正確な外科手術を行うのを助けるシステムと装置を作る為に、先端的なイメージ処理、ロボティクス、コンピュータ及び生体臨床医学のエンジニアリング技術を活用する。

このプログラムに協力している病院は、CISST に、臨床環境とコンピュータ支援外科手術システムの洗練化のための実際的な専門知識を提供する。目標は、患者の看護を改善する一方で、ヘルスケア費用を低減することである。このセンターは、エンジニアリングの学生と医学生の両方の教育にインパクトを与えるであろう。

NSF の助成を受けた研究プロジェクトには以下のものが含まれる。

◇John Hopkins 大学：

- ・神経外科手術や微小部の手術用のロボットの安定したハンド補助、
- ・腹腔鏡による外科手術時の支持・監視のためのロボット・カメラと器具、
- ・極小範囲を攻めるガン治療のための pattern placement therapy の処置計画と自動化、
- ・hip replacement surgery のための次世代 RoboDoc システム用のイメージ処理技術、
- ・腎臓手術のための経皮針の挿入 (percutaneous needle insertion) の自動化、
- ・整形外科と頭蓋顔面処置のためのモデル化と機器トラッキング。

◇MIT：

- ・患者の体内の解剖学的モデル化のための医用スキュンの利用。

◇カーネギーメロン大学：

- ・hip implant のソケット部のより正確な計画・位置決めを助ける HipNav のコンピュータ・ベースの外科手術支援。

この研究の目標は、以下のような目的の一連のシステムを開発することである。

- ・体内の非常に小さな構造を大きく切開することなしに手術できるように人間の能力を拡大する、
- ・外科医の監視の下で、「ロボット実習医」として外科手術の決まりきった定型的流れの作業を補助する、
- ・手術前の患者固有のデータに基づいて、外科医が手術計画を予行演習し最適化するのを助ける、

- ・ 外科医が遠隔地で行われる処置手順を支援することを可能にする。

（３）補足：エンジニアリング研究センター（Engineering Research Center）について

1999 年度に NSF は、Georgia, Hawaii, Maryland, South Carolina, Virginia の 5 つの新しいエンジニアリング研究センター（ERC）の設立に \$10M を投資した。5 つの新センターは、細胞組織工学（tissue engineering）、コンピュータ支援外科手術、工業材料のコンピュータ・モデリングと可視化、パワー・エレクトロニクス、海洋生物生産物（marine bioproducts）などの分野を開拓する。

NSF のエンジニアリング・アシスタント・ディレクター Eugene Wong 氏は次のように述べている。「研究は知識を拡大するので、工学・科学の古典的な分野間の知覚される境界は、不明瞭になりはじめている。ERC（エンジニアリング・リサーチ・センター）は、エンジニアリング技術のフロンティアを拡大するだけでなく、それらは、次世代のエンジニアリングのリーダーを準備するものである。」

5 つの新しい各センターは、産業界、州政府、及びパートナーの大学からの支援を受け、NSF からは初年度、\$2M を受け取る。NSF は 5 年間センターを支援し、その後はサポート契約（support agreement）の更新が必要となる。NSF は 1985 年以来、全国的に 34 の ERC を設立してきた。

NSF は、研究とエンジニアリングにおいて政府、産業界、及び大学の間のパートナーシップを育てる為に、ERC プログラムを作った。これらのパートナーシップの目的は、世界経済における米国産業の地位を強化することである。ERC パートナーシップは、勃興しつつある技術の進展を阻みかねない重要な研究課題の解決に有効に働く。ERC は先端技術の開発を行うので、リーダーシップとチームを起こすスキルにおいて実地的な経験を有する次世代のエンジニアの準備も行うことになる。

表 2.4-13 5つの新 Engineering Research Center

	ERC	at	Core partner	industrial partners
1	Research Center for the Engineering of Living Tissues	Georgia Institute of Technology	Emory University School of Medicine.	Advanced Tissue Sciences, Baxter Healthcare, Johnson & Johnson, Proctor & Gamble, Sulzer CarboMedics, AtheroGenics, and others.
2	Engineering Research Center for Computer-Integrated Surgical Systems and Technology (CISST)	Johns Hopkins University	Carnegie Mellon University, Massachusetts Institute of Technology, Brigham & Women's Hospital (Boston) and Johns Hopkins Hospital (Baltimore).	AT&T, Circon Corporation, Elekta Instruments, Inc., Hewlett-Packard Company, Lockheed Martin Corporation, Mitsubishi Electronic Information Technology Center America, Inc., MRJ Technology Solutions, and others.
3	Center for Advanced Engineering Fibers and Films (CAEFF)	Clemson University	Massachusetts Institute of Technology	3M, Amoco Performance Products, Clark-Schwebel, Dow, DuPont, PPG, Shell, Owens Corning, and others
4	Center for Power Electronics Systems (C-PES)	Virginia Polytechnic Institute	University of Wisconsin-Madison, Rensselaer Polytechnic Institute, the North Carolina A&T State University, and the University of Puerto Rico at Mayaguez	Ford Research Laboratory, GM Advanced Technology Vehicles, National Semiconductor, Texas Instruments, Inc., Intel Corporation, Motorola, Inc., and others.
5	The Marine Bioproducts Engineering Center (MarBEC)	the University of Hawaii	University of California-Berkeley	Eastman Chemical Company, Aquasearch Inc., Aquatic Farms, Cyanotech Corporation, Genencor International, Hawaiian Electric Company, Monsanto Company, Precision Systems Science Co., and others.

参考

[1] NSF News “NSF Invests \$10 Million in New Engineering Research Centers”

<http://www.nsf.gov/od/lpa/news/press/pr9873.htm>

2.4.7 ユニバーサル・アクセス

(Universal Access : すべての人々によるアクセス)

1999 年度に NSF は、個人が効率的で分かりやすい方法で情報を発見、処理、使用するのを支援する目的で、多年度にわたる Universal Access の研究を開始した。これは、IIS 部門の Human-Computer Interaction (HCI) プログラムと Knowledge and Cognitive Systems (KCS) プログラムの合同で指揮される。

この universal access に焦点を置いた HCI/KCS 研究の主要な目的は、身体上の障害を持った人達に、第一級の市民として、現出しつつある情報社会に参加することを可能にする能力を与えることにある。しかしそれ以上にこの研究の焦点は、コンピュータ技術を発展させて、国民が多様式の（マルチモーダルな）情報の共有を通して、自然に苦痛なくコミュニケーション出来るようにすることにある。しっかりと固く結ばれた「国家家族」のメンバーとして、彼らの生活をより豊かにかつ生産的にするために、全ての国民がコンピューティングのパワーを充分に使いこなすために必要な技術を保持することができるようになることで、国民全体に利益を与えることができる。

これらの目標を達成するために、NSF は次のような新しいモデルとアーキテクチャを開発する。それらは、

- ・ インターフェイスの利便性と速度を改善し、
- ・ 互換形式（cross-modal）の入出力をサポートするためマルチメディア情報の意味（semantic）構造を定義し、
- ・ 身体障害者の大きなコミュニティの特定の要求の解決のために特定のソリューションを提供する。

さらに、アクセスを提供する試みの成功度を評価するために実験的な研究を行う。

研究課題には、

- ・ 従来型デスクトップ・インターフェイスの代替案、
 - ・ 聴覚障害を持つユーザーのための、聴覚情報へのテキスト形式によるアクセス、
 - ・ 運動障害を持つユーザーのための新しい入出力技術、および
 - ・ 視覚障害を持つユーザーのためのグラフィック情報への大規模な触知アクセス
- などが含まれている。

表 2. 4-14 UNIVERSAL ACCESS の採択プロジェクト

	助成番号 (Award Number) タイトル (Title)	開始 終了	助成タイプ 総額 (予測)	研究機関
1	9978025 Modeling Pronunciation Variation for Universal Access to Speech Understanding 音声理解へのユニバーサル・アクセスの為の発音のバリエーションのモデル化	09-15-99 08-31-02	Continuing grant \$503, 956	U of Colorado Boulder
2	9978566 Universal Access for the Partially Sighted Using Scanned Retinal Displays スキャンによる網膜ディスプレイを用いた、弱視者の為のユニバーサル・アクセス	09-15-99 08-31-02	Continuing Grant \$439, 341	U of Washington
3	9978021 Investigating Multi-Modality Tutoring: Toward Computer-Based Written English Support for Deaf Children 多様式の自習教育の研究：耳の聞こえない子供のためのコンピュータ・ベースのWritten Englishのサポート	08-15-99 07-31-02	Continuing Grant \$447, 224	University of Delaware
4	9978183 Animated Icons as an Assistant During Interaction Between a Graphical User Interface and the Legally Blind/Partially Sighted GUIと盲目／弱視者との間の対話のアシスタントとしてのアニメーテッド・アイコン	08-15-99 07-31-02	Continuing Grant \$158, 138	Arizona State University
5	9910607 Using Speech Recognition to Enhance Communication Capabilities for Individuals with Disabilities 身体障害者のコミュニケーション能力を増すための音声認識利用	09-01-99 08-31-02	Continuing Grant \$456, 284	U of MD Baltimore County
6	9910738 SGER: ASL Synthesizer SGER: ASLシンセサイザー	09-15-99 08-31-00	Standard Grant \$99, 998	Stanford University
7	9906340 CONACyT: Speech Driven Facial Animation CONACyT: 会話音声に呼応した顔アニメーション	09-01-99 08-31-01	Standard Grant \$209, 287	Wright State University
8	9875658 CAREER: Rendering Algorithms for Tactile and Haptic Display of Multidimensional Data 多次元データの、触知・タッチ型ディスプレイの為のレンダリング・アルゴリズム	09-01-99 08-31-03	Continuing Grant \$300, 000	University of Delaware

参考

[1] Universal Access に注意を喚起するレター (NSF)

<http://www.interact.nsf.gov/CISE/html.nsf/html/access?OpenDocument>

2.4.8 Web アクセシビリティ・イニシアティブ

(WAI : Web Accessibility Initiative)

WWW コンソーシアム(W3C : The World Wide Web Consortium)は、新しいインターネット技術が物理的制約に関係なく確実にすべての個人に利用可能となるようにするために、WAI を実施することによって、世界中の組織と協力している。NSF、教育省のNIDRR (the Department of Education's National Institute on Disability and Rehabilitation Research)、IBM と Lotus Development 社、Microsoft 社、NCR 社、および欧州委員会第 13 一般理事会 (European Commission Directorate Generale XIII) 管轄の TIDE Programme の後援で、WAI は、Web アクセシビリティに関する技術、ガイドライン、ツール、教育普及、および研究開発の 5 つの領域の作業をコーディネートしている。

技術の領域では、WAI は、HTML のコーディングやスタイルシート、マルチメディア、グラフィックス、移動体アクセス、およびその他のデータ・フォーマットとプロトコルなどの問題を扱っている。研究者達は、ブラウザのアクセシビリティ・ガイドライン、オーサリング・ツールやコンテンツ・ツール、および、評価、修復、プロキシ変換等のためのツールも開発している。プログラム事務局は、WAI の技術的な活動を促進し、産業界、障害者組織、連邦政府、研究組織を含む Web アクセシビリティへの関与者間のパートナーシップのコーディネートも行っている。

参考

- [1] Web Accessibility に関連する NSF 文書

“Expert to Address Web Accessibility for Persons with Disabilities”

<http://www.nsf.gov/od/lpa/news/media/ma9733.htm>

“NSF Effort to Increase Access to the Web by People with Disabilities”

<http://www.nsf.gov/od/lpa/news/press/pr9764.htm>

- [2] W3C の WAI (Web Accessibility Initiative)

<http://www.w3.org/WAI/Activity.html>

- [3] Accessible Web Design のためのガイドラインへのリンク等

<http://www.nsf.gov/oirm/web/access.htm>

2.4.9 その他のテーマ（スペイン語インターフェイス）

Blue Book 2000 では、NSF 関連では、さらに以下のテーマが説明されている。

● スペイン語インターフェイス

情報化社会が出現する中で、スペイン語を話している人たちをサポートするため、Oregon Graduate Institute の Center for Spoken Language Understanding (CSLU) と Universidad de las Americas Puebla の研究者達は、(NSF、DARPA、Office of Naval Research (ONR)、Fonix 社、およびインテル社 (Intel) の共同出資を受けて) 人間とコンピュータの対話のための話し言葉ツールキット (spoken language toolkit) のスペイン語バージョンに関して共同作業を行った。

CSLU の音声ツールキット (CSL Speech Toolkit) は、話し言葉システムの研究、開発、および教育のための包括的なソフトウェア環境である。これは音声認識、音声合成、顔アニメーション、及び話者認識を統合しており、デスクトップや電話ベースの会話アプリケーションの素早く容易な開発を可能にするオーサリングと解析のツールを備えている。このソフトウェアは、非営利組織の研究・教育の目的では無料で利用できる。

スペイン語の CSLU 音声ツールキット (CSLU Speech Toolkit) は、スペイン語の音声認識と合成機能を取り入れられており、教授陣、スタッフ、学生がスペイン語の話し言葉システムを開発して、メキシコでコースを教える際に、音声技術のインフラ、研究、システム開発、教育における作業を加速することができる。

補足：

これに関する NSF の Award Abstract は、表 2.4-15 のものが見つかるが、これは 1998 年 9 月終了となっている。

表 2.4-15

	助成番号 (Award Number) タイトル (Title)	開始 終了	助成タイプ 総額 (予測)	研究機関
1	9614217 CONACyT: Advancing Human Language Technology in Mexico and the United States Through Collaborative Research on Spoken Language Systems	10-01-96 09-30-98	Continuing grant \$190,197	Oregon Graduate Institute

2.5 他省庁関連の HuCS 研究開発

ここでは、その他の省庁による HuCS 関連研究を、幾つか紹介する。

2.5.1 DARPA 関連のテーマ

(1) 戦場認識 (Battlefield awareness)

戦場認識の研究開発は、DARPA Text、Radio、Video、and Speech (TRVS) プログラムの一部として実施されている。画像から情報を抽出し、ニュース放送を理解し、さまざまなデータ・ソースからの情報を統合する技術を開発する。

研究者達は、次のような自動化されたニュース情報処理技術の開発、デモ、評価を行っている。

- ・ いろいろな話者、話題、そして 85 パーセントの信頼性での混乱 (distracton) を持つ放送情報源からのデータの構造を調べ、自動的にデータの索引を作る。
- ・ 90 パーセントの精度でさまざまな媒体から事実を抽出する。また、単語の誤り率 20 パーセント以下で、話し言葉を文字に置き換える。
- ・ 複数言語のラジオとテレビのニュースの音声部分を文字に置き換える。1999 年度は、中国語とスペイン語の 2 ヶ国語を目標として、誤り率を 35 パーセント以下とする。

抽出された情報との効果的な対話が可能となるように、さまざまな TRVS 入力からコンテンツを抽出するための、プラグ・アンド・プレイのフレームワークを開発中である。

DARPA の長期目標は、話し言葉の会話を傍受して、敵のソースからの情報を得るために自動的にデータを処理することである。解析アルゴリズムでデータを処理することによって、軍は敵の計画に関する重要な事実を抽出して、敵の意図を推論することができる。

(2) 移動自律ロボット・ソフトウェア (MARS : Mobile Autonomous Robot Software)

DARPA は、移動自律ロボット・ソフトウェア (MARS : Mobile Autonomous Robot Software) の研究開発に資金を提供している。

この研究は、移動ロボットが、無人軍事システムの、現実的な動的で組織立っていない作業環境において、安全で信頼性高いリアルタイム操作のようなタスクが遂行できるようにするためのものである。これらのタスクには、プラットフォームの移動性、ナビゲーション、障害回避、ペイロード・オペレーション (航空機・宇宙船等の搭載機器操作)、および人間のオペレータの介在を必要としない人間とロボットの対話などがある。

MARS の技術は、偵察、監視と標的取得、地雷撤去や爆弾処理、物理的な安全保護、物資補給支援作業などの領域に役立つ。

このソフトウェアを使ったロボットは、次のような能力を示す。

- ・ 再プログラム可能な目標指向の振る舞い。これは人間が提供する記号的情報を利用。
- ・ センサーを介した反射的な振る舞い。これは、複雑で不確実かつ動的な環境において安定した動きとなる。
- ・ 学習機能を含む、高度の適応性。
- ・ 人間に近接して、安全で確実に動作する能力。

MARS は、次のものを含む、自律移動システム用の再利用可能なソフトウェアを開発する。

- ・ ロボットに（記号を介在した）熟考的制御と（センサーを介在した）反射的制御を統合させるソフトウェア・フレームワーク。
- ・ 予知不可能な環境でロボットがよりよく機能できるように、人手のコーディングのプログラムと自動学習機能によるコーディングの両方を取り入れたソフトウェア構成。

2.5.2 DOE 関連のテーマ

(1) 材料ミクロ物性共同実験室 (MMC 共同実験室)

(MMC : Materials Microcharacterization Collaboratory)

DOE の材料ミクロ物性共同実験室 (MMC : Materials Microcharacterization Collaboratory) は、全国の6つのDOEユーザー施設の機器をリンクしたものであり、科学者や研究者が、最先端のツールにリモートからアクセスして、金属、セラミック、合金の原子や分子レベルの構造と構成を研究することができるようにしたものである。

DOE の他の研究所や大学の科学者は、Lawrence Berkeley National Laboratory の National Center for Electron Microscopy にある2台の電子顕微鏡をインターネットからリアルタイムに操作することができる。

たとえば、アルミニウムと鉛の合金をリモートから、Kratos EM-1500 トランスミッション電子顕微鏡を使用して相転移の観測をしながら、鉛の融点まで熱することができる。この Kratos EM-1500 は、米国で利用できる最高の加速電圧を使用しており、4 オングストロームの分解能をもっている (1 オングストロームは、1 ミリメートルの1千万分の1。ほとんどの原子の距離はおよそ2 オングストローム)。

この共同実験室は、国中の物性研究者達が、はんだ付け、溶接、蝋付けなどの生成工程を、よりよく理解するのを助けている。このデモの独自性は、オンライン解析のための高性能計算能力を装置のそばにもたらし、その解析を閉ループ制御のために使うことによって、インターネットの向こうの顕微鏡を用いた動的なリアルタイムの実験が行えることにある。

(2) 共同作業環境のための電子ノートブック

(Electronic Notebooks for collaborative environments)

DOE は共同作業環境で使用される電子ノートブック (Electric Notebooks) に関する研究開発を続けている。これらの電子ノートブックは、相互運用性 (interoperability)、複数の技術の統合、異機種のコピュータ通信システムの使用を必要とし、リモートの器具を使用する実験を記録、共有する研究者に、共同作業における科学的な調査やエンジニアリング設計のための媒体として提供される。

ノートブックが、発明の特許記録等に使われる場合には、不当なアクセスを検出するために、セキュリティ技術も必要である。今後の研究開発では、使いやすさ、プライバシー、セキュリティ、および複数のノートブックへのアクセスを調整するツールに重点が置かれる計画である。

2.5.3 NLM 関連のテーマ

(1) 統一医学用語システム (UMLS : Unified Medical Language System)

インターネットを經由して文献目録や、全文テキスト、および実データ等を提供するコンピュータ化されたデータベース・リソースの数が急激に増加してゆく中で、データベース間で異なる、面倒なアクセス・プロトコルや検索言語のせいで、ユーザーが必要な情報の場所をつきとめて処理するのは、往々にして難しくなっている。生体臨床医学においては、異なった電子ファイル中で使用されている生体臨床医学用語が不統一であることが、開業医や研究者が、生体臨床医学文献、臨床記録、医学データベースや専門家知識ベースのような情報源から生体臨床医学情報を検索してまとめる上で、妨げとなっている。

異なった自動化システムごとに、関連情報が異なった方法で分類されているが、NLM は、これを補うために長期プロジェクトで、統一医学用語システム (UMLS : Unified Medical Language System) を開発している。知的エージェントの仲介によるゲートウェイが、ユーザーに、単一ポイントからの情報アクセスの機能を提供する。これによって、ユーザーは、複数の情報源に精通する必要がなくなる。

NLM の研究者達は、自動的な情報源選択のための新機能、および NLM の Web サイトとその検索サービス Internet Grateful Med (IGM)、PubMed、および TOXNET を經由して利用可能な、複数のデータベースからの情報を検索、ソートするための新機能を開発し配布し続けている。NLM は、健康に関する専門家、研究者、および一般のためにアクセスを容易にすることに焦点を当て、2000 年度の計画には、「UMLS 知識ソースの利用」と「複数のマルチメディア情報ソースのコンピュータベース患者記録システムへの統合」の研究開発が含まれている。

参考

- [1] 2000 UMLS Documentation
<http://www.nlm.nih.gov/research/umls/UMLSDOC.HTML>
- [2] Fact Sheet, "Unified Modeling Language"
<http://www.nlm.nih.gov/pubs/factsheets/umls.html>
- [3] Fact Sheet, "UMLS Knowledge Source Server"
<http://www.nlm.nih.gov/pubs/factsheets/umlskss.html>
- [4] Fact Sheet, "UMLS Semantic Network"
<http://www.nlm.nih.gov/pubs/factsheets/umlssemn.html>

(2) Medline Plus

NLM は、Medline Plus という普通の病気や症状に関する情報をもったインターネット・サイトや、医学ライブラリで使用される Web サイトへのリンク、医学辞書、および参照ツールを開発してきた。Medline Plus の開発者は、現在、生体臨床医学情報と参照情報をパッケージ化している。これは、医学の知識やバックグラウンドのない人達にも役にたつものである。

Medline Plus は、エイズ、癌、糖尿病、飲食機能の異状、パーキンソン病、喫煙、および結核を含むおよそ 50 の健康に関する話題の情報を含んでいる。NLM は、Medline Plus の適用範囲をおよそ 400 の健康に関連する話題にまで増やしつつある。そして、207 の公的図書館からの支援を受けて、サイトをさらにユーザーが親しみやすいものにしている。

参考

- [1] Medline Plus は、次のページで利用可能である。
<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/dictionaries.html>
- [2] <http://www.asahi-net.or.jp/~bd9y-ktu/mfind.html> にある、「インターネット上の医学情報の探し方」(原著は、http://www.mednet.org.uk/mednet/find_med.html の、Frank Norman, National Institute for Medical Research, による Ways to find medical information on the Internet) には、「3. 医学データベース検索」に以下の記述がある。

「Medline (米国立医学図書館 National Library of Medicine が提供しています) は、長年コンピュータ経由で入手できてきました。今では幾つかの異なるメドラインへのアクセス方法があり、フリー・有料・アクセス解放・制限あるもの; 基礎的なもの・専門的なもの。多くの大学や病院図書館が、協会を経て (www や特別な利用者用プログラムを使って) メドラインへのネットワーク化されたアクセスを提供し、これが大変効果的なメドラインへのアクセス方法となっています。この方法が取れないなら、フリーのメドライン サービスが有効ですが、検索項目に制限があります。メドラインのインデックス化の強力さに十分アクセスするにはインターフェースが単純で、題名で効果的にメドラインを検索するのは難しいものです。米国立医学図書館は、WWW 経由で二つのフリー・アクセスのメドライン版を提供しています: [PubMed](#) と [Internet Grateful Med](#) (IGM) です。この二つについての [詳しい情報](#) が入手できます。PubMed は大変有用で「関連記録」という

特色を提供し、一方 IGM はより効果的な検索インターフェースを持っています。[BioMedNet](#)からも、いいバージョンが入手できます。このサービスを受けるには登録が必要ですが、無料です。BioMedNet 版は作品の評価があり、また“関連記録”という特色を持っています。幾つかの商業的なサービスも、強力な検索インターフェースでメドラインを提供しています。広く使われている二つのサービスが [OVID](#) と [SilverPlatter](#) から得られます—より詳しい情報は会社に直接問合わせなければなりません（しかし既にそこからアクセスできる場合は、まず近くの図書館に尋ねることです）。メドライン版の比較が、OMNI の [Medline on the Internet](#) ページから得られます。」

[3] 「Medline 日本語ゲートウェイ」, <http://www.healthy.pair.com/>

(3) Visible Human プロジェクト

新しいコンピュータベースの技術は、従来の 2 次元の生物学イメージを、ユーザーが見、回転させ、裏返して調べることができる動的な 3 次元イメージに変えることを可能にした。Visible Human プロジェクトの一部として、NLM は、コンピュータ断層エックス線撮影 (CT) と磁気共鳴 (MR) イメージのための医学イメージ・システムと高度なコンピューティングと通信技術を統合することによって、人間の解剖学的構造のデジタル画像ライブラリを構築して評価している。NLM は、そのような大規模なデータセットを格納するための圧縮技術と、より速くそれらをインターネットの上で伝送するための通信技術の両方を研究している。

この進行中のプロジェクトにおける NLM の 1999 年度の活動には、

- ・ 男性と女性の解剖学的な構造を区分して、ラベル付けする作業、
- ・ Visible Human イメージのファイル・フォーマットからの胸部部を米国 3 次元イメージファイル・フォーマットに変換する作業、
- ・ 視覚化サブシステムを工業用イメージレンダリング・ソフトウェアと結びつける実験、
- ・ 疫学的また一般的な生体臨床医学調査のためのプラットフォームに依存しない放射線図の開発、および
- ・ テキストとエックス線イメージのデータベースからの情報を構築し、統計的に分析するツールを開発すること

が含まれている。

2000 年度の計画には、

- ・ インターネットの上で 3 次元ファイル・フォーマットを含む Visible Human の解剖学的なデータベースのベータテスト、および
- ・ 生体臨床医学調査のためのオンラインの Java ベースのプラットフォームに依存しない放射線図の開発の完成

が含まれている。

参考

- [1] The Visible Human Project Homepage
http://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible_human.html
- [2] Visible Human Dataset 日本（東京）ミラーサイト
<http://www.umin.ac.jp/vhp/indexjpn.htm>

2.6 おわりに

本章では、最近の米国政府のハイリスクの長期的基礎研究重視の動きを考慮して、HPCC Blue Book 2000 でとりあげられている研究テーマについて、特に NSF 関連の HuCS 領域の研究開発に焦点を当てて、調査を行った。「21 世紀情報技術 (IT²)」イニシアチブの ITR (Information Technology Research) プログラムについては、まだ助成プロジェクトが確定・公表されておらず、今回は、特別に章を設けて取り上げることはしなかった。

ITR では、\$500K 超の大プロジェクト提案と、\$500K 以下の小プロジェクト提案に分けて公募が行われており、フル・プロポーザルの締め切りは以下のようになっている。

●\$500K 超 : 2000 年 4 月 17 日

●\$500K 以下 : 2000 年 2 月 14 日

2000 年度の助成予測額は、\$35M~\$105M 予定されており、その上限に近い場合と下限に近い場合のそれぞれについて、助成プロジェクトの構成比率が想定されているので、助成件数を推定してみると以下ようになる。

●もし下限に近い時、(例 \$36M)

約 1/6 (= \$6M) ----- 約 \$2M-\$3M/Year (約 2~3 億円/年・件) 約 2~3 件

約 2/6 (= \$12M) ----- 約 \$1M/Yr (約 1 億円/年・件) 約 12 件

約 3/6 (= \$18M) ----- 約 \$150K/Yr (約 1500 万円/年・件) 約 120 件

●もし上限に近いとき、(例 : \$102M)

約 30 % (約 \$31M) --- 約 \$2M-\$4M/Yr 約 8 件~約 15 件

約 40 % (約 \$40M) --- 約 \$1M/Yr 約 40 件

約 30 % (約 \$31M) --- 約 \$150K/Yr 約 200 件

やはり ITR と同様に NSF 全体のクロスカッティング・プログラムであった KDI (Knowledge and Distributed Intelligence) が 1998 年度に 40 件、1999 年度に 31 件であったのと比較すると、特に上限に近い場合には、かなりのプロジェクト数の増加になることがわかる。

米国の研究開発支援について、学ぶべき点の一つは、助成機関の側が、重点的に研究開発すべき分野に対応した組織構造とそれに属する助成プログラムを持ち、研究のすぐれた専門家であるプログラム・マネージャが、その分野のプロジェクトを継続的に見ていくことであろう。各プロジェクトの成果や経験が、他のプロジェクトの選択や運営にも反映され蓄積されてゆくと、それにより、ビジョンがいつそう明確化、洗練化されていくと思われる。さらに、ワークショップによって、多くの専門家、多くの関連専門領域の研究者とのディスカッションにより、学際的な研究、より実践的で先進的な研究への方向付けを行うということが、うまく行われているように見える。

3. 研究開発の新しい展開と内外の動向

3.1 ナレッジマネジメントと情報技術

3.1.1 はじめに

ナレッジマネジメントとは、企業の営存（経営・存在）の価値を高めるようなナレッジをナレッジワーカーが強力な情報技術の助けを借りながら、ナレッジを創造・共有・再利用するプロセスを高速化、効率化するマネジメントのことである。ナレッジマネジメントは一般に「人、組織文化、プロセス、技術、知識」の5つの視点から分析されることが多い。本節では、ナレッジマネジメントによる知識創造企業の実態を踏まえて、AI 技術を含む情報技術がどのようにナレッジマネジメントに貢献できるか、北陸先端科学技術大学院大学（JAIST）での実践事例の紹介を含む 21 世紀知識産業を創出する情報技術ビジネス展開について提言する。最後に、日米の情報技術格差の根源に関する私見を披露して、今後のナレッジマネジメント格差解消の縁としたい。

3.1.2 ナレッジマネジメント

近年、知識に関する組織論と情報技術が融合し、知識の創造・共有・再利用に関する情報技術活用のあり方、技術開発の方向性に新たな展開が見られ、ナレッジマネジメント^(1, 7, 8, 12, 13, 14, 19)と称する一大研究領域が勃興してきた。ナレッジマネジメントは野中郁次郎の一連の著作^(16, 17, 18)を端緒とし、トーマスH. ダペンポートの組織論研究⁽¹⁴⁾をベースとして、実践的情報技術が根づいている欧米を中心に進展してきた。

野中は名著「知識創造企業」⁽¹⁷⁾で、マイケル・ポライニの暗黙知の理論に着目し、形式知と暗黙知の知識変換プロセスを共同化、表出化、連結化、内面化という4つのプロセスからなるモデルを用いて、知識創造のプロセスを明らかにした。更にこのモデルと「場」、「知的資産」の三者をバランスさせ、活性化させる役割としての「知のリーダーシップ」⁽¹⁴⁾の重要性を喚起している。これに対して、ダペンポート⁽¹⁴⁾はナレッジマネジメントのフレームワークとして、「人、組織文化、プロセス、技術、知識」の5項組をあげている。彼はナレッジマネジメントを支える五つの主要概念として暗黙知と形式知、コード化戦略と個人化戦略、知識マーケット、実践の場、無形資産を指摘し、ナレッジマネジメントを実践するプロジェクトのタイプ分類を試みている。

3.1.3 情報技術による支援

1980 年代のクライアント・サーバシステムの導入、グループウェアの普及、インターネットやイントラネットのインフラとしての導入・普及促進を経て、1990 年代になってモバイル端末の普及、データウェアハウスの設立、サプライチェーンマネジメントの登場といった情報技術をナレッジマネジメントに導入し成功した事例の報告が相次いで起こった。情報技術としてはグループウェア技術、データベース技術、マルチメディア技術を中心に各種マイニング技術、情報フィルタリング技術、アウトラインプロセッサ技術が活用されている。すなわちインターネット上に、知識を取り扱うための知的技術が実装され、人間中心のユーザインタフェースを備えた情報システムによるナレッジマネジメントが期待されている。

この動きを受け、新しいナレッジマネジメントソフトの販売、ソリューションサービスやコンサルティングサービスの登場、付随する教育・訓練・調査・出版業界の胎動が起こり、新たにナレッジマネジメント市場が形成されるようになってきた。最新の調査によると、米国では 1999 年での市場規模予測はほぼ 50 億ドルと言われている。

情報処理業界と密接に関連するナレッジマネジメントソフトの販売に眼を転じると、いくつかの注目すべきソフトウェア⁽⁹⁾ が登壇してきた。データウェアテクノロジー社の Knowledge Management Suit、ロータス社の Lotus Notes/Domino R5.0、マイクロソフト社の Microsoft Site Server 3.0 が注目されている。国産ソフトとしては、NEC の StarKnowledge、三谷産業の SELF システム、NTT データ通信の Knowledge Server がある。具体的事例として最も整備されているのは、アーサーアンダーセン社の Microsoft SiteServer 3.0 上に構築された KnowledgeSpace であろう。

〔関連 WWW サイト⁽⁹⁾〕

IBM <http://www.trl.ibm.co.jp/projects/s7000/pgindex/kmgt.htm>

NEC <http://www.sw.nec.co.jp/Star/SK/>

NTT データ通信 <http://www.knowhowbank.com/OpenText>

<http://www2.canotec.co.jp/solution/PRODUCTS/LL/INDEX.HTM>

アーサーアンダーセン <http://www.knowledgespace.com/index.htm>

コンパック <http://www.compaq.co.jp/press/press235.html>

ジャストシステム <http://www.justsystem.co.jp/cb/>

マイクロソフト <http://www.microsoft.com/japan/backoffice/siteserver/>

ロータス <http://www.lotus.co.jp/>

日本総研 <http://www.jri.co.jp/pro-eng/kwh/chisiki/workshop97/sld001.htm>

3.1.4 実践事例報告

日本初めての国立大学院大学の教授になって、8年経った。この間、新設の情報科学センター長を6年勤め、知識科学研究科の創設スタッフに加わり、1999年4月から情報科学研究科教授から知識科学研究科教授に移籍した。国立の研究機関特有のコラボレーションに関する諸問題に直面しながら、民間企業の研究所に18年間いた経験を生かし、それら諸問題の解決に奔走してきた。ここでは、そのなかでナレッジマネジメントおよび情報技術に密接に関連する話題を取り上げたい。

①JAIST 情報環境を利用したサービスシステム

JAIST では、教職員・院生を含め一人一台のワークステーションあるいはパーソナルコンピュータの情報環境がインフラストラクチャとして提供されている。この情報環境を活かすべく最初はボランティア・グループ中心に各種のサービスシステムが開発されてきた。ホームページの整備、修士論文・博士論文等の公開、広報部門による JAIST ニュースの発行はいうに及ばず、学生による授業評価システム、セミナー室等の予約システム、就職指導システム等のユニークなサービスシステムが定着している。

②シャトルバスの開通

金沢と小松の間という「地の不利」のせいで、JAIST の足回りは非常に悪い。金沢市内からの路線バスは朝夕一便の状態であった。講演者も最初の半年間、車の免許を持っていなかったので、毎夜タクシー帰還の有様であった。そこで当然、教職員・学生から路線バスの整備の号令が起こるのだが、いつまで経っても埒があかない。山の中の大学院大学で人数が少ないのが災いして、地元の行政機関が運動するも、採算が合わないとバス会社は動かない。事務局の主要メンバもやりたいという意向は持っていることをうすうす確認したが、「前例がない」というお役所主義で躊躇していた。そこで1994年の秋にインフォーマルに何が問題かを私なりに分析したところ、財源の問題と交通事故時の対策の問題が主要な課題と分かった。たまたま当時の研究科長から材料科学研究科の某教授を紹介された。彼の話だと材料科学系では、実験での事故を想定し学生全員、掛け捨て保険に入っていることが分かった。そこで保険屋さんに会った所、「次年度の4月から通学路も保険の対象になる」という吉報を聞いた（このナレッジのもつ重要性に気づいた）。そこで財源は教官の校費負担、関係者全員掛け捨て保険に入るという名案が浮かび、総務部長・会計課長・副学長・学長とミドルアップダウンにキーパーソンを説得した。その後、紆余曲折の説得工作があったが、その詳細は紙数の関係で省略する。現在、本学の本予算の中で地元の鶴木駅と JAIST の間をピストン往復するシャトルバスが、土日も含み無事運行している。すなわち結果的に教官の校費負担は0で運用している。

③研究費執行管理システムの研究開発と全学利用

1995 年 9 月末の卒業式打ち上げパーティで事務局長、会計課長と雑談していた。このとき「常に予算残の分かる研究費執行管理システムがあるといいね」という話をしていた、研究科長と図書館長も多いに賛同した。1995 年 10 月の教授会で、私が出席していなかったのにも係わらず「情報科学センターに上記システムを作ってもらおう」という決議がなされてしまった。酒の席での発言が自分自身に振りかかってきた。そこで私とセンターの敷田助手は事務局側の全面協力を経て、本学の伝票管理ワークフローの実態を調査した。

企業では当然の如くやっているサポート業務なので、最初は既存のグループウェア、例えばワークフロー管理システムを導入すればいいと気楽に考えていた。ところが極めて恵まれた情報環境と言われる本学でも、それでは実現が困難と判断した。その理由の第一は教職員のそれぞれが自分の好きなメーカーのパソコン等を利用しているということであり、大学という組織は極めてヘテロなハード、ソフト混在文化ということを認識させられた。結果的に、全員の使えるツールは電子メール（今なら WWW）のみということが分かった。しかも国立機関特有の会計検査院の会計検査に耐え得るシステムにするために、各種の工夫が必要と分かった。

そこで敷田が同年 12 月末までに第-1 版を試作、2-3 の教官がこれを試行し、デバッグ・改良し、1996 年 4 月より第 0 版を情報科学研究科全体で運用し、評判が良いので順次、材料科学研究科、知識科学研究科と全学で使用ということになった訳である。このシステムの詳細は文献^(10, 11)を参照していただくとして、日本特有の「ハンコ」行政や会計検査に耐え得るような伝票の特注、ドットインパクトプリンターの使用、相見積り書の添付等の工夫を行った。既存のワークフロー管理システムは全ての情報が電子的なビットに変換されてインターネット上を流れているという業務フロー改革を前提に構築されている。我々のシステムは国の制度等により、電子化することの出来ない実世界上の業務フローの存在を認め、これに合わせて実世界指向のワークフロー管理システムを構築^(10, 11)したことに、その特徴がある。勿論、その WWW 版も試作⁽⁵⁾した。結果的に、土日や深夜も、出張先や自宅からも出張伝票・注文伝票の依頼ができ、極めて便利な研究費執行管理システムとして定着している。

④WWW アウェアネスシステム

ネットワーク上の分散環境会議に変えた途端、対面環境の会議では当たり前の各種情報の伝達がアウェア（知覚）されなくなる。電子メール、WWW、グループウェア、マルチメディアグループウェアのどれを使おうと、所詮、視覚と聴覚のみに訴えることになり、触覚、嗅覚等の情報のアウェアネスも失われてしまう。また視覚情報においても誰が誰をみているか、彼らが今何をしているか、誰の回りに誰がいるかといった各種の情報が欠落してしまう。WWW 上のブラウジング作業において、誰が同じホームページをみているか、そのホームページのどこを見ているか、そしてそれを見て感じたことを赤ペンで表示できる

ような仕掛けを提供するのが、富士通北陸システムズと我々で共同開発した Web アウェアネス表示環境 WebCoordinate⁽¹⁵⁾である。このシステムの有効性は遠隔レビュー等で確認⁽²⁰⁾され、現在地元の大学での本格運用を目指して、教育システムとしてチューニング中である。

⑤WWW 探索アウェアネス

WWW 上で複数の人間で協力しあってブラウジングしようとしたとする。その際、我々は既存の WWW 環境では、複数の人間が探索しているという行動の把握、しかも他者がどの辺りの WWW 空間を探索しているかの実態を認識できない。そこで、共同して WWW 空間を探索するのに有用な URL 表示の可視化とそこでの視点のリアルタイム表示を行い、ブラウジングを協調して行う行為を WWW 探索アウェアネス（あるいはコラボレーションブラウジング）と呼ぶ。WWW 探索アウェアネス情報を提供するシステムを坂本が試作⁽²¹⁾した結果、他人の存在、動作をある程度予測でき、他ユーザとの円滑なコミュニケーションを促進し、一人では見つけられないホームページを多数見つけ出せることを実証した。ホームページ間の位置関係の空間配置は、リンクのジャングルを探索する際の手掛かり情報を提供する。納豆ビューの探索モードでの改良版とも言える。

⑥カンバセーションアウェアネス

インターネット上でテキストベース・コミュニケーションを行う割合は圧倒的に多いが、その際仲間同志のコミュニケーション過程のリアルタイムでの実態を分析表示する社会性指向ツールはほとんど存在しない。実世界における社会的コミュニケーションと同様な誰が話者で、誰が聴者なのか、誰が誰々に対して発話しているのか、聴者は誰に対して発話を返したか、誰が特定のキーワードに関して特に発話頻度が高いか、あるいは発話したのかといった発話状況をリアルタイムに表示することで、カンバセーションアウェアネスの提供を試みた。これらのメタ情報をリング上の空間配置状況としてリアルタイムに表示するシステムを、伊藤が構築⁽²⁾した。その結果、カンバセーションアウェアネス表示機能のない通常のグループメールに比べて、メッセージ総数や平均文字数で、それぞれ 50% や 71% の増加が見られた。また対話関係の成立率の 18% の上昇や対話継続回数の 46% の増加も見られた。特に、継続的対話関係の支援において、本システムが極めて有効であることが実証された。

3.1.5 日米ナレッジマネジメント格差解消の方策

ナレッジマネジメントに関する調査、我々の組織内でのナレッジマネジメント実践事例を通じて、幾つかの教訓を得た。それらを箇条書きすると、つぎのようになる。

- ①組織ダイナミックスの機微を察して、意思決定のキーパーソンを説得することが重要である。トップダウンでもボトムアップでもないミドルアップダウンの意思決定が、日本の組織では特に求められている。
- ②組織内部の仕事のやり方の実態を正視してから、システムの設計に入る。その際、早急に変えられない制約は無理に変えず、実世界指向の組織文化に合わせたシステム設計が望まれる。「実相観入の精神」で、問題の本質を掴み、問題解決に役立つナレッジを発見することが大切である。
- ③電脳文化の熟成の程度に合わせ、最も多くの人々が使用している情報環境の周辺に経営資源を投入することが必要である。「昔電子メール、今 WWW、さて将来は…」というところであろうか。
- ④往々にしてメールを読まない年配の人がその組織のキーパーソンであることがありえる。これらの例外的人々を救済する自動転送メールシステムの導入も不可欠である。
- ⑤テキスト化できない情報を口頭で残す必要がある場合がある。そのような情報は無理に形式知化、テキスト化する必要はない。それにより、そのような情報をもっている人々の存在価値が高まる。
- ⑥ノウハウは出来る限り自然言語で良いからテキスト化し、前例(=事例)として残す。それにより組織の構成員が転勤・転職しても、業務に必要な組織知を残すことができる。組織知をアウェアさす情報共有、知識共用システム⁽⁴⁾の研究開発が急激に進展している。ナレッジマネジメントソフトの標準機能である XML 上の情報共有、知識共有ツールを活用して、分社化等に伴うコーポレイツ・アルツハイマーを防ぐ必要がある。
- ⑦価値観の異なる人々をコーディネートし、オフィスの知的生産性を向上さすツールの研究開発⁽⁶⁾が求められている。我々は既に感度分析を利用した意思決定の生産性を数倍向上さす合意形成支援グループウェアの研究開発⁽³⁾に成功している。

3.1.6 日米の情報技術格差の根源

1980 年代の日本企業の奢りを横目に睨みながら、ゴア副大統領の情報通信ハイウェイ計画、クリントン大統領の新千年紀に向けての情報技術フロンティア計画等を通して、米国は 1990 年代に入って情報技術を駆使したインフラ構築と企業革新を徹底的に成し遂げた。

米国と日本の景気の動向に端的に示されているように、米国は様々の組織のインフラの整備等を通して、インターネットを中心とするグローバリゼーションを成し遂げ、極めて効率的なもうかる組織を世界市場相手に構築した。こうして日米の景気構造は逆転し、日本は産業構造の情報技術遅れの現状に四苦八苦している。

このことはナレッジマネジメント市場においても同様である、ナレッジマネジメントは当初から形式知中心のコード化戦略と呼ばれるものと、暗黙知中心の個人化戦略と呼ばれるものが存在した。欧米は前者に秀でており、日本は後者に秀でていることは歴史の教訓であるが、急激な情報技術化、インターネット化、グローバリゼーション化が欧米に味方したのは、衆目の一致するところであろう。企業のリストラ、ビジネスプロセスリエンジニアリング、M&A に代表される組織革新を経て、欧米企業は過激なまでに変身した。その結果、組織のフラット化、効率化が起こり、短期での企業利益は向上したが、人の移動が激しくなり、それぞれの組織のコアコンピタンスを担っている知識人が流出した。ここに新たなコーポレイツ・アルツハイマーという知の流出現象が起こった。そこで再び野中の知識創造企業が注目され、野中は「ナレッジマネジメントの父」と称されだしたのである。

一般に日本の情報技術が遅れた理由として、次のような理由が知られている。

- 1) インフラの整備の遅れ：ラスト 1 mile 問題に象徴されるように、日本のネットワークインフラストラクチャの整備は、アメリカより 10 年近く遅れている。米国ゴア副大統領の光データハイウェイ構想のような魅力的なインフラストラクチャ整備が国家プロジェクトとして必要である。
- 2) タイプ入力文化の未成熟：タイプ入力文化が未成熟で、ネットワークの血流に必要なデータの蓄積が欧米に比べて圧倒的に少ない。ブラインドタッチ教育、英語教育を含めてやすべきことは余りに多い。
- 3) 通信回線の回線使用料のコスト高：東京ー金沢間の回線使用料を NTT と ATT とで比較すると、諸経費を含め 10 倍高い。例えばビデオ 1 本を転送するのに 4000 円かかるが、アメリカでは Bideo on Demand がこの 1/10、すなわち 400 円で済む。この日米の回線コストの解消問題は政治の力を借りても解決すべきである。
- 4) ナレッジにコストをかける意識の欠如：日本は伝統的にハードに対してはお金を払うが、ソフトやノウハウといったナレッジに対してはお金を払いたがらない。この意識が知的財産権意識の欠如につながり、大きな国家的損失を生み出しつつある。
- 5) 企業文化のグローバリゼーション遅れ：世界的なグローバリゼーションの中で、世界的な産業の棲み分けが起こりつつある。日本全体の産業構造のリストラを含む賃金体系や雇用体系の早急な整備が望まれている。
- 6) 競争のない談合体質の問題：国内の関連企業が談合しあい、公平な競争を妨げている業界がある。金融、建築業界などのように国際的に競争力のない業界は、多いに

反省し、インターネットによる国際入札、競争入札を標準とすべきである。

- 7) 規制緩和の問題：国の会計制度や各種規制が国際的な競争入札を妨げている局面がある。国際的なグローバリゼーションに適した制度に変えるべきである。ハンコ行政、根回し行政の長短を見極め、インターネット時代に則した参画型の行政制度に改正すべきである。

参考文献

- [1] アーサーアンダーセン・ビジネスコンサルティング編：図解ナレッジマネジメント、東洋経済新報社、1999.
- [2] 伊藤禎宣、國藤 進：カンバセーションウェアネス支援：カンバセーション状況の視覚化による新たなコミュニケーションツールの提案、人工知能学会第 39 回人工知能基礎論研究会、東京電機大学、人工知能学会研究会資料 SIG-FAI-9903, pp. 87-92, 1999 年 11 月 26 日.
- [3] 加藤直孝、國藤 進：異なる評価構造を持つ参加者間の合意形成支援法の提案と実装、情報処理学会論文誌、Vol. 39, No. 10, pp. 2927- 2936, 1998 年 10 月.
- [4] 門脇千恵、爰川知宏、山上俊彦、杉田恵三、國藤 進：情報取得ウェアネスによる組織情報の共有促進、人工知能学会誌、Vol. 14, No. 1, pp. 111-121, 1999 年 1 月号.
- [5] 木村緒理恵、敷田幹文、國藤 進：実世界ワークフロー管理システムの実現に関する研究、情報処理学会 DiCoMo 論文集、pp. 527-532、1997.
- [6] 國藤 進：オフィスにおける知的生産性向上のための知識創造方法論と知識創造支援ツール、人工知能学会誌、Vol. 14, No. 1, pp. 50-57, Jan. 1999.
- [7] 黒瀬邦夫：富士通のナレッジマネジメント、ダイヤモンド社、1998.
- [8] ビル・ゲイツ：思考スピードの経営、日本経済新聞社、1999.
- [9] 斎藤主税：ナレッジマネジメントにおける情報技術の動向、北陸先端科学技術大学院大学國藤研究室セミナーレポート、1999 年 9 月 13 日.
- [10] 敷田幹文：研究費執行管理システムの使い方、北陸先端科学技術大学院大学内部資料、1996.
- [11] M. Shikida, C. Kadowaki and S. Kunifuji: Towards a Real-world Oriented Workflow System -Based on Practical Experiments for Three Years-, Proceedings of KES' 99, Adelaide, pp. 46-49, 31 August, 1999.
- [12] 専門図書館、特集：ナレッジ・マネジメント、pp. 1-25, No. 176, 1999-II.
- [13] 情報の科学と技術、特集＝ナレッジ・マネジメント、pp. 429-463, Vol. 49, No. 9, 1999.
- [14] Diamond Harvard Business: 「特集」ナレッジ・マネジメント、1999 年 9 月号.
- [15] 中川健一、國藤 進：ウェアネス支援に基づくリアルタイムな WWW コラボレーション環境の構築、情報処理学会論文誌、Vol. 39, No. 10, pp. 2820-2827, 1998 年 10 月.

- [16] 野中郁次郎：知識創造の経営、日本経済新聞社、1990.
- [17] I. Nonaka and H. Takeuchi: The Knowledge-Creating Company, OxfordUniversity Press, 1995.
- [18] 野中郁次郎編著：俊敏な知識創造経営、ダイヤモンド社、1997.
- [19] 野村総合研究所：経営を可視化するナレッジマネジメント、野村総合研究所広報部、1999.
- [20] 藤田充典、中川健一、國藤 進：共有 WWW による遠隔レビュー作業の効果に関する考察、情報処理学会主催、DICOM'99 シンポジウム、pp. 501-506, 1999 年 6 月.
- [21] 坂本竜基、國藤 進：コラボレーションブラウジング：WWW アウェアネスを利用した新しいブラウジング方式の提案、人工知能学会第 10 回“AI シンポジウム'99”、早稲田大学国際会議場、人工知能学会資料 SIG-J-9901, pp. 97-102, 1999 年 12 月 18 日.

3.2 音声認識技術の動向と今後の展開

本稿では、音声認識の現状を概観し、今後の展開の方向と可能性について検討する。

3.2.1 音声認識技術の現状

3.2.1.1 現状の位置付け

図 3.2-1 は、近年の音声認識の手法および応用の進展を、概念的・主観的に表したものである。基本的な技術や手法に関しては、1970 年代に、DP（動的計画法）などを中心に、ひとつの山を形成し、1990 年前後に、HMM（隠れマルコフモデル）を中心として、次の山を形成した。応用に関しては、技術・手法の確立からしばらくして、ピークを迎えると考えられるが、それ以外にも、計算機の処理性能（記憶容量や処理速度）の進歩による影響が大きい。特に最近の音声認識製品の一般への普及は、パーソナルコンピュータの高性能化を抜きには語れない。しかし現在は、そのような応用が一段落しつつある時期と見ることができ、今後の新たな方向性を探る段階にあると言えよう。

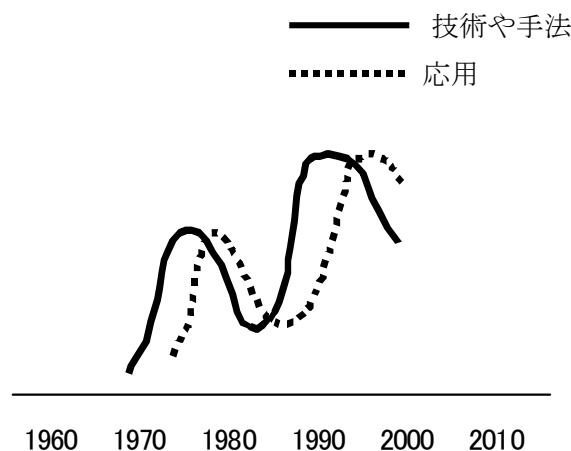


図 3.2-1 音声認識の進展

3.2.1.2 確立されている手法

次に、現在確立されている音声認識手法の概要を述べる。現在主流となっている統計的音声認識の枠組みは、以下のように定式化される。

$$w = \operatorname{argmax}_w P(w|x) = \operatorname{argmax}_w P(x|w) \cdot P(w)$$

このとき、 $P(x|w)$ を音響モデルに、 $P(w)$ を言語モデル対応させることにより、認識スコア

は、「音響モデルの尤度 + 言語モデルの尤度」で表されることになる。通常、音響モデルには、音素を単位とする HMM を単語辞書に基づいて連結したものが用いられる。言語モデルは、範囲の限定された小さいタスクでは、構文的文法やネットワーク文法などが用いられるが、ディクテーションなどの大語彙タスクでは、そのような文法を記述することが事実上不可能であるため、連鎖統計モデルが用いられる。連鎖統計モデルは、n-gram と呼ばれ、n 個の単語の並びが出現する確率を統計的に求めたものである。

3.2.1.3 現在の手法の問題点

今後の展開の方向性を探るための材料として、このような統計的枠組みの問題点を検討してみる。

統計的手法のベースとなるモデルは、マルコフモデルにしても連鎖モデルにしても、シンプルなものである。しかし、枠組みはシンプルではあるが、パラメータを増やすことにより、モデルの精度を容易に向上させることができる。例えば、マルコフモデルの状態数や出力分布の混合数を増やしたり、前後の音素を考慮して音素モデルの種類を増やす、また、連鎖モデルの連鎖数を増やすなどにより、モデルの精度が上がる。ただし、パラメータが多くなると、それに応じて、学習用のサンプルが大量に必要なことになる。このような枠組みは、近年のように計算機の処理能力が飛躍的に伸びる状況では、たいへん都合がよい。すなわち、演算速度が上がれば、それに応じてモデルのパラメータを増やすことができ、記憶装置の容量が増えれば、学習用サンプルを増やすことができる。

しかし、このような性質は、利点であると同時に限界でもある。上記のようなサイクルを繰り返していても、認識対象と似たものが、学習用サンプルに含まれていなければ、認識率は改善されない。例えば、想定外の声質や想定外のノイズ環境があれば、それを学習用サンプルとして取り込んで、また学習することになるが、その後もまたミスマッチが生じる可能性が解消されることはない。

このような循環的な構造から脱却する枠組みを見出すことが、今後のブレークスルーとなると考えられる。

3.2.2 音声認識の今後の方向

音声認識の研究および応用の今後の方向について、現在の認識方式を用いる場合と、新たな認識方式を開発する場合に分けて検討する。

3.2.2.1 既存の認識方法の応用

現在の音声認識の性能は、ノイズの少ないはっきりした発声で、内容が言語モデルにある程度適合していれば、大語彙のディクテーションでも 90%以上の認識率が得られまでに

なっている。人間には遥かに及ばないが、この程度の性能に限っても、応用できる範囲はかなり広いと考えられる。しかし、パソコン用のディクテーションソフトが広く普及¹、試用程度に使われる機会は増えたと見られるが、継続的に実務に使われている例は多いとは言えない。その原因を検討し、現在の認識方式の延長で、応用を広げる可能性を探る。

3.2.2.1.1 ユーザーインターフェースの改良

現在の認識エンジンをそのまま用いるとした場合に、第一に改良の余地があるのは、ユーザーインターフェースであろう。その際に、GUI におけるアイコンやメニューの選択の代替として設計するか、新たなインターフェースの枠組みを生み出すかが問われる。

また、音声認識対応アプリケーションの開発を容易にするために、API の設計や標準化が重要になる。API としては、Microsoft が SAPI (Speech API) を提案している。

ハードウェアに目を向けると、入出力用デバイスとして、現在は、安定した認識性能を得られやすいことから、ヘッドセット（マイク付きヘッドホン）が用いられることが多いが、ユーザーにとっては、装置を身につけずに済めばそのほうが気軽である。そのために、マイクロホンアレーを用いて、特定の方向に指向性を集中し、複数話者の分離や S / N を向上させるための研究が続けられている。逆に、目標物の無いところに向かって話すより、電話器のような対象がある方が話しやすい、ということもあるかもしれない。オフィス等では、話し声が漏れないような、防音機構付きのデバイスがあれば有用であろう。このように、心理および機能の両面からの研究開発が必要である。

音声認識が受け入れられにくい理由のひとつとして、使用している状況が自然でない、という点が挙げられる。機械やマイクに向かって話す、という状況は、本人にとっても周囲の人々にとっても違和感が残る。これを解消するためには、人間に話している状況に、できる限り近づけることが望ましい。すなわち、話す対象を、マイクではなく、顔を持った人形のようなものや、画面中の CG による仮想的な人物とすることが考えられる。また、相手が適切な反応を返すことも重要である。たとえば、ディクテーションソフトでも、ユーザーが一方向的に文章を話すという状況は、人間相手とすれば、かなり不自然な状況なので、相槌や合いの手などの反応があると、自然さが改善される可能性がある。また、そのような対話が、ユーザーにとって楽しいものとなるように、シナリオとしての構成力が問われる。

機械からの反応は、音声だけでなく、画像やその他さまざまなデバイスを利用して、マルチモーダルな統合的設計を行うことが望ましい。逆方向も同様で、音声認識だけでなく、視線や表情やジェスチャーの認識など、他の技術との融合が重要であることは言うまでもない。

¹ IBM の ViaVoice の 1999 年の売上げは、国内で 100 万本を超えたと発表されている。

3.2.2.1.2 認識性能のチューニング

現在の音声認識手法の延長であっても、認識性能の改善の余地は多く残されており、研究が続けられている。

処理の高速化や装置の小型化は、ハードウェアの進歩に負うところが大きいですが、プログラムの効率化も重要である。例えば、携帯電話に組込む認識プログラムは、ワークステーション上のものとは異なる規準で、プログラムを設計する必要がある。街頭や車内など多様な環境で利用できるようにするためには、ノイズ対策は重要である。その手法としては、スペクトル・サブトラクションや HMM 分解・合成などがあり、改良のための研究が進められている。話者の違いや、発話のゆらぎに対応するために、話者適応化の手法も、各種提案され、不特定話者認識システムの限界を補っている。

このような、チューニングを効率良く行うためには、研究開発用ツールの充実が重要である。例えば、無料で配布されているものとして、OGI (Oregon Graduate Institute) のものやエジンバラ大のもの、言語モデル用として、CMU・ケンブリッジ大のものなどがある。また、日本でも IPA のプロジェクトで、日本語ディクテーション基本ソフトウェアとして配布している。HMM のプログラム群としては、HTK が広く使われている²。また、IBM やマイクロソフトが、それぞれ SDK として各種ツールを配布している。

認識精度を向上させるためには、学習用の音声・言語データベース（コーパス）を、できる限り大量かつ多様に収集する必要がある。従来から、それぞれの研究組織で独自に収集が進められていたが、それらを取りまとめ、効率的に収集および配布できるようにするための組織が設立されている。このような組織として、米国で LDC (Linguistic Data Consortium) が、欧州で ELRA (European Language Resources Association) が活動しており、最近日本でも、GSK (言語資源共有機構) が設立された。

3.2.2.1.3 認識対象の拡大

従来の認識システムは、特定の 1 種類の言語の話者を対象としたものがほとんどであったが、実際の利用者の多様性を考えると、多言語を同時に認識できるようなシステムが望ましい。統計的手法の枠組み自体は、言語に依存しない普遍的なものなので、各言語用の音声サンプルを用意し、その音韻体系がわかれば、同様の手法で各言語用システムを構築できる。それらをひとつの認識システムとするための手法としては、これまでも、音素モデルの集合を統合するものや、各言語用のシステムの出力結果を尤度に応じて選択するものなどが提案されている。また、OGI では多言語用に特化した音声データベースを収集・整備している。さらに、話者の多様化・流動化は、単一言語内における多言語化を増大させていくと考えられる。このため、多言語をひとつのシステムで選択的に認識するだけでなく、今後は、多言語が混合した音声を認識できるような技術も必要になる。そのために、

² HTK はケンブリッジ大で開発され、その後商用ソフトとして売られていたが、最近マイクロソフトが買い取り、研究用には無償で配布する方針をアナウンスしている。

音声学における IPA（国際音声アルファベット）に相当するような、万国共通の音声認識用単位系の構築を目指す研究も行われている[1]。

他にも、これまでほとんど扱われてこなかった認識対象として、方言、老人、子供、発声器官に障害のある話者などがあり、研究の展開が期待される。

3.2.2.1.4 自然言語処理技術の改良

音声の処理に直接関連する部分（音響モデル）の性能だけでなく、言語モデルを含めた自然言語処理技術の向上が、総合的な認識性能に重要な影響を与えることは明らかである。特に、真の意味での自然な対話を実現するためには、機械による正確な意味理解が理想である。しかし、現在実現可能な技術としての連鎖統計モデルから、次の段階に踏み出すことは容易ではない。現在試みられている次の展開としては、統計モデルと文法的モデルとを統合する研究などがある。また、現在の手法に基づく場合、言語モデルの改良による効果よりも、音響モデルの改良による効果の方が遥かに大きい、との報告[2]もある。

3.2.2.1.5 新規アプリケーションの開拓

新たなアプリケーションの開拓も精力的に進められているが、かつて誰も想像しなかったような新奇なものは、そうあるものではない。しかし、これまで技術的に困難だったものが、可能になっていくことは多い。

処理装置の小型化技術が進むことにより、携帯電話や PDA に組み込み可能になり、ウェアラブルパソコンが現実味を帯びてきた。Ubiquitous Computing を実現する上でも、重要な要素となるだろう。また、大語彙認識性能の向上により、音声翻訳（自動通訳）装置も、次第に実用に近づきつつある。しかし、SF にあるように、ロボットと自然に対話できるようになるには、やはり、意味理解がボトルネックになり、実現はかなり先になると思われる。

現在、音声認識が一般ユーザーに最も受け入れられているのは、ゲームソフトや玩具の分野であろう。多少の誤認識や意味処理の曖昧さがあっても、影響が少ないという点で、現在の技術水準にマッチしたと言える。しかし、使い勝手さえ良ければ、音声認識は使って楽しいものであるということが実証されたという意味は大きい。それに対して、ディクテーションソフトでは、90%を超える認識率であれば、はじめは驚くほど高い認識精度と感じるが、いざ実用的に使うとすると不満が出るのかもしれない。

産業的な意味で最も影響が大きいのは、各種の家電に標準的に組み込まれるようになる事であろう。そのためには、認識精度やユーザーインターフェースの改良の他にも、小型化や標準化など多くの課題が残されている。

3.2.2.2 新たな認識・学習手法の開発

ここでは、新たな認識手法を開発する方向での展開を探る。

3.2.2.2.1 新たな音響モデル

音響モデルとして、HMM を超えるような枠組みを生み出すことが、次の大きな進歩にとって最も重要な課題である。別のモデルとしては、従来からニューラルネットの研究があり、HMM と組み合わせたハイブリッド型なども試みられてきたが、通常の HMM を大きく超えるような成果は得られていない。HMM の状態内の表現能力を上げたり、限られた学習用サンプルから妥当な最適化が行われるようにするための HMM の改良は、数多く提案されているが、いずれもブレークスルーにつながるまでには至っていない。

3.2.2.2.2 新たな学習アルゴリズム

前章で指摘した HMM の問題点も含めて、現在の用いられている統計的手法の持つ本質的な問題のひとつは、入力音声の尤度を全体的に均一に最適化する点にあると考えられる。すなわち、音声が存在する部分も無音部分も、言語的に重要な部分も重要でない部分も、均等に扱われる。重要な部分を集中的に識別するような枠組みができれば、ブレークスルーになる可能性がある。すでに提案されている識別誤り最小化学習や相互情報量最大化学習なども、このような方向性の例と言える。

また、機械学習や知識獲得などの AI 的手法や Genetic Algorithm を採り入れる方向も重要になる可能性がある。特に、計算機の容量の増大により、大量のサンプルをそのまま保持して照合するような、事例ベース的な手法が、今後有望になるかもしれない。時系列音声データの中から、言語情報を抽出するという意味では、データマイニング的な視点で見ることができよう。また、音声認識を複雑系としてとらえ、綿密な処理ができれば、現在の統計的手法のような、単純なモデルを大量のデータで学習させるような枠組みに対するアンチテーゼとなり得るかもしれない。

3.2.2.2.3 様々な環境への対応

ノイズ対策や、複数話者・移動話者への対応のための新たな手法としては、マイクロホンアレーを用いたものの他にも、独立成分分析（ICA）に基づく音源分離手法などが注目されている。

また、音声だけでなく、音の環境を全体として認識・理解しようとする Auditory Scene Analysis の研究も新たな流れとなっており、音声認識にも有益な影響を与えると思われる。

3.2.2.2.4 非音韻的情報の利用

イントネーション、テンポ、リズムなどの非言語的情報やアクセント情報などを利用して、音声認識の精度を補強しようとする試みは、従来から行われてきたが、大きな精度向上には至っていない。また、このような情報から、話者の感情や意図などを抽出して、対話システムなどに利用しようとする研究も行われてきた。しかし、十分な認識精度が得られないことや、正解の判定などの性能評価が難しいことなどから、困難な課題であると言える。

3.2.3 音声技術の方向性

最後に、音声技術の大局的な方向性を探るために、実現可能性は横に置き、理想論を展開してみたい。

3.2.3.1 音声の利便性の本質

ここでは、「音声を使うことの利便性の本質は何か？」ということを理想論として問い直してみる。それをあえて一言でまとめるなら、「気軽な対話による意思の疎通」にあると考える。これは、次のような2つの要素を含んでいる。

- 1) 制約が少ないこと。
- 2) 人間を相手にしているかのように使えること。

1) は、文法的制約、身体的制約、場所的制約などを含む。文法的制約が少ないためには、例えば曖昧な会話文を許容する必要がある。身体的制約が少ないためには、例えば手ぶらで使える必要がある。場所的制約が少ないためには、Mobile Computing、Ubiquitous Computing といった技術が進展する必要がある。

2) は、ユーザーインターフェースとしての操作対象を、人間のアナロジーで捉えられることを意味する。人間相手のような気楽なインタラクションの過程の中で、目的が達成され、情報が交換され、さらには、楽しさや安らぎが得られる、というのが理想的である。

3.2.3.2 本質的な課題

これらを実現するためには、多くの困難な本質的課題がある。まず、人間並みの音声認識性能や環境に対する頑健性を実現すること、そして、それも含めて、人間並みの知的能力が実現されなければならない。それには、人間並みの知能や常識を持ち、真の意味理解が可能になることが必要であり、そのためには、人間並みの学習能力および適応能力が必要になる。

そのための方向性は、人間のシミュレーションに向かうと思われる。そのひとつは、従来から続けられている認知科学的アプローチであり、もうひとつは、近年の医療計測技術の進歩により、研究が盛んになってきている生理学的アプローチである。後者は、音声では、発声機構や聴覚機構のシミュレーションにあたる。米国における Visible Human Project も、これに関連した流れと言える。いずれのアプローチも、現在の時点では、実現は非常に困難であるが、いずれブレークスルーが見出されることを期待したい。

参考文献

- [1] K. Tanaka and H. Kojima “Between -word distance calculation in a symbolic domain and its applications to speech recognition,” Information Sciences 123 (2000).
- [2] 中川聖一:「音声認識研究の動向」、電子情報通信学会論文誌 Vol. J83-DII No. 2 (2000).
- [3] 小川英光 編著:「パターン認識・理解の新たな展開」、電子情報通信学会 (1994).
- [4] 「音声の知的処理に関する調査研究」、日本情報処理開発協会 (1992, 1993).
- [5] 「OA 機器の標準化に関する調査研究報告」、日本電子工業振興協会 (1992 - 1999).

3.3 セマンティック・トランスコーディング:

アノテーションに基づくオンラインコンテンツの新しい利用法

本稿では、WWW上に、より上位の構造を構築する手法を紹介する。その上位構造はWeb の情報に新たな利用法と価値を与えるものである。具体的には、Webドキュメントの任意のエレメントにアノテーションと呼ばれる付加情報を付与する仕組みを導入し、そのドキュメントへのリクエストに対してアノテーションを考慮して加工した結果を返すプロキシを実現した。この場合のコンテンツ加工（一般にトランスコーディングと呼ばれる）は、アノテーションに基づくドキュメントの意味的内容を考慮したものなのでセマンティック・トランスコーディングと呼ばれる。アノテーションには、大きく分けて、文章の言語構造を付与する言語的アノテーション、イメージやリンクなどのエレメントに対するコメントアノテーション、ビデオなどのマルチメディアデータの意味的構造に関するマルチメディアアノテーションがある。コメントアノテーションには文章の他にリンクやイメージを含めることもでき、文章の場合はやはりその言語構造がXML 形式のタグとして埋め込まれている。セマンティック・トランスコーディングの具体例として、ビデオや音声などのマルチメディアデータを含むドキュメントの要約、翻訳、音声化、視覚化などがある。また、アノテーションのその他の利用法には、自然言語による内容検索や、関連するコンテンツの検索と要約、さらに知識発見がある。

3.3.1 はじめに

WWW (World Wide Web, 以下 Web) のようなオンラインドキュメントの作成と公開あるいは共有化のシステムは、新しいスタイルのドキュメントのあり方を示したという点において革新的だと言える。しかしながら、それらのドキュメントの内容を機械的に処理することは依然として非常に困難である。その理由としては以下の点が挙げられる。

1. HTML (HyperText Markup Language) はドキュメントの表現については規定しているが、その内容に関してはほとんど何も規定していない。
2. ハイパーテキストはドキュメント間のネットワーク構造を記述できるが、それは必ずしもドキュメントの内容を理解する手助けにはならない。
3. ドキュメントの著者は一般にその読者のことを考慮して著作してはいないし、著者と読者の間に立って吟味・調整する役割の人間も通常はいない。

つまり、Web は自由度の高いメディアであることは疑いないが、読者にとって必ずしも親切になっていないばかりか、深い内容の機械的な処理に適しているわけでもない、と考

えられる。

そこで、われわれは、機械的な処理を前提としたドキュメントの再利用を支援する仕組みを開発し、それに基づくさまざまな応用例を実現し、将来的には、Web をさらに拡張した、ドキュメント利用の統合的プラットフォームを広く一般に普及させることを考えている。

その最初のステップとして、原著者を含む多くの人間がドキュメントの内容に関する補足的情報を付加できるような枠組み、および、その情報を加味して、ドキュメントを読者に適した形に加工する仕組みを開発している。

3.3.1.1 Web 上のさらなる構造

従来の Web は一枚の平面上に存在するグラフとして捉えることができる。われわれは、Web を平面から立体に拡張する手法を提案する。それは、外部アノテーション（各々のコンテンツの外部に存在するアノテーション）によって実現できる。

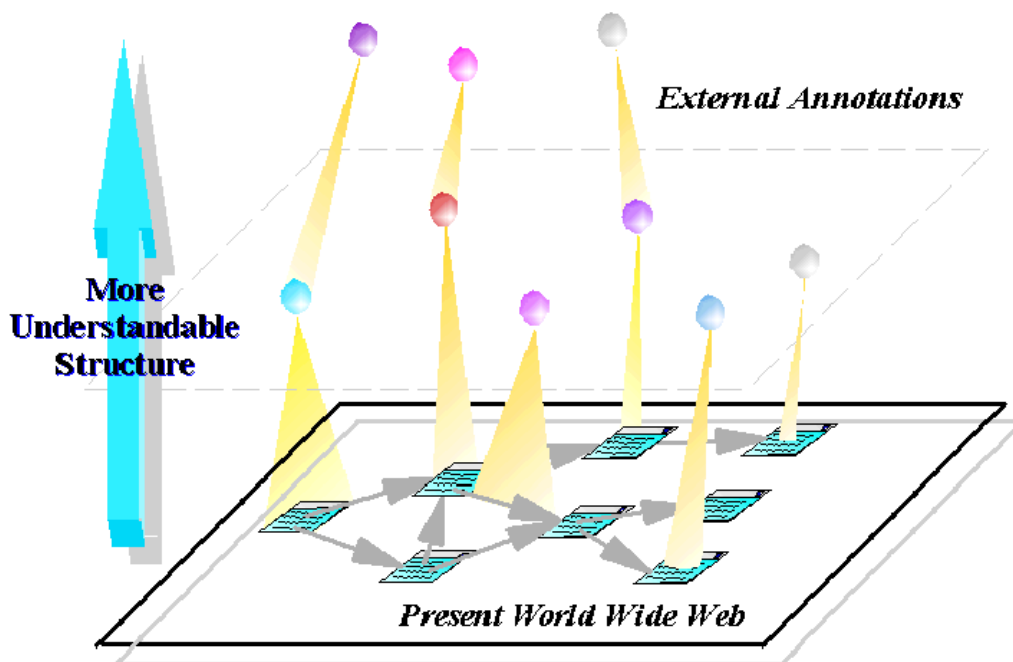


図 3.3-1 WWW 上に構築される上位構造

図 3.3-1 はわれわれのイメージする Web の上位構造を表している。

Web の上位構造とは、コンテンツに対するメタコンテンツ、さらにそのメタコンテンツに対するメタコンテンツという具合に、Web をより立体的に捉える構造である。ここでは、そのようなメタコンテンツを外部アノテーション（以下では、単にアノテーションと表記する）として一般化する。よく知られているアノテーションの例は、外部リンクである。

これは、XML (eXtensibleMarkup Language) の仕様の中で議論されていることであるが、まだ実装されていないこともあり、現在の Web のアーキテクチャの上でどのように実現されるのかわかっていない[16]。アノテーションのその他のよくある例は、コンテンツに対するコメントや評価などの、著者以外の人による、そのコンテンツの読者に対するメッセージである。

これはもちろん無制限に許可することはできないかも知れないが、コンテンツを理解する上での重要な手がかりになる。たとえば、視覚障害のある人にとって、内容記述のないイメージは理解不能であるが、第三者が付けたコメントを読み上げることによって、イメージの理解が可能になる場合がある。

アノテーションを作成し、公開することが容易になれば、Web の表現力は大きく拡張され、その利用価値は飛躍的に向上するものと思われる。

3.3.1.2 コンテンツ適応

アノテーションは、コンテンツの表現力を向上すると同時に、その利用法において重要な役割を果たす。その一つが、コンテンツ適応（コンテンツをユーザーの都合に合わせてカスタマイズすること）である。一般に、テキストを他の言語に翻訳するとか、適切な量に要約するとか、音声で読み上げるなど、コンテンツを加工して提示することをトランスコーディングと呼んで、盛んに研究が行われている。あるいは、コンテンツの配信の途中で、イメージの解像度を低くしたり、サイズを縮小するなどして、サーバーからバンド幅の狭いクライアントへの伝達効率を上げようとするのもトランスコーディングの一種である[3]。したがって、コンテンツ適応とは、ユーザーの使用するデバイスやネットワークの環境、さらに個人のプロファイルなどのコンテキストを考慮してトランスコーディングを行なうことであると言える。しかし、柔軟なトランスコーディングはより深いコンテンツの解析を必要とし、解析が失敗すれば、その結果として生成されるものはオリジナルのコンテンツの理解をさまたげるものになってしまう。われわれは、アノテーションがコンテンツの内容理解を促進するものと位置付け、それを利用したトランスコーディングの枠組みを実現した。それをセマンティック・トランスコーディングと呼ぶ[8]。

セマンティック・トランスコーディングは、基本的にテキストコンテンツの処理を中心としたものであるが、その手法はビデオやイメージなどの非テキストコンテンツの加工にも応用され、マルチメディアデータを含む一般的なドキュメントに適用できる。

セマンティック・トランスコーディングのシステム構成は図 3.3-2 のようになる。

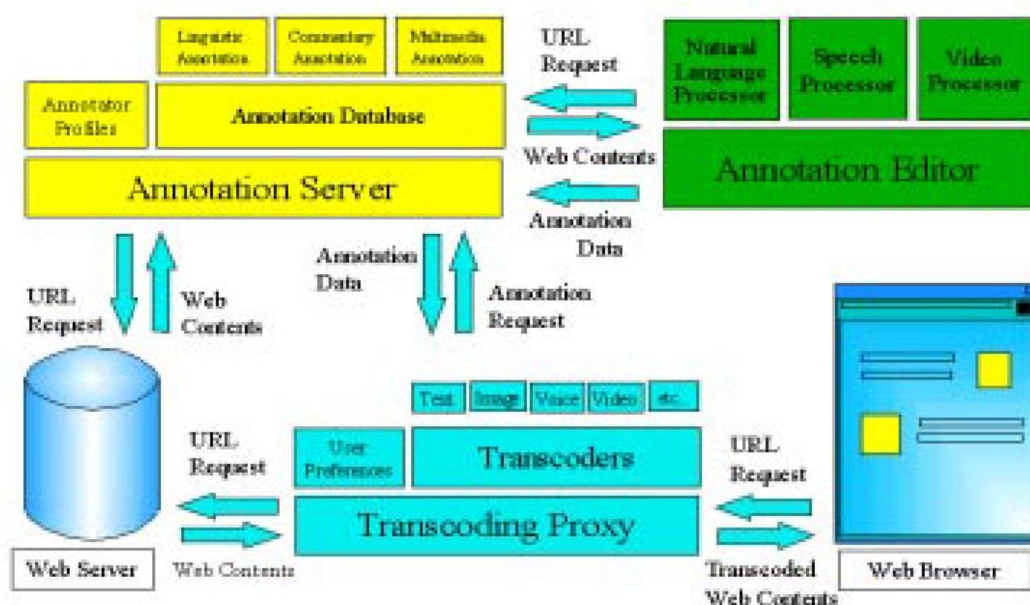


図 3.3-2 セマンティック・トランスコーディングの構成

3.3.1.3 知識発見

コンテンツ適応以外のアノテーションの利用法として知識発見がある。これは、アノテーションを含む大量の Web コンテンツから、機械的に何らかの発見をさせようとするものである。従来の検索エンジンのように、キーワードから複数の Web ページを検索するのではなく、ユーザーのある要求を満たすような情報を複数のコンテンツを合成して作り出すのである。たとえば、IBM の製品に関する一年分の Web 情報から、IBM のその一年の製品戦略に関するサマリーを生成する、ということが実現できる。

現在のところ、アノテーションに基づいて、内容的に類似するコンテンツを収集し、それぞれのサマリーを含む一つのドキュメントを生成する程度のことが可能になっている。知識発見に関しては、まだまだ多くの研究が必要であるが、アノテーションによって大きく促進されることは間違いない。

3.3.2 アノテーション

アノテーションは、コンテンツに対するメタコンテンツであり、XML 形式のデータとして表現される。もちろん、アノテーションに対するアノテーションも考えられるが、これはまだ実現されていない。われわれは任意の HTML ドキュメントの任意のエレメントにアノテーションの XML データを関連付ける仕組みを開発した。具体的には、XPointer を用いて

HTML エlementを指定し、アノテーションデータのファイル名を関連付けるテーブルを用意する。

この場合のアノテーションは大きく分けて 3 種類に分類される。一つは、テキストに言語的情報を付与するもので、言語的アノテーションと呼ばれる。二つ目は、ドキュメント内の任意のElementに注釈を付けるもので、コメントアノテーションと呼ぶ。三つ目は、ビデオなどのマルチメディアデータにその内容に関する構造を付与するもので、マルチメディアアノテーションと呼ばれる。

3.3.2.1 アノテーションの作成と管理

アノテーションの作成と管理のために、われわれはクライアントサイドのアノテーションエディターとアノテーションサーバーを開発した。

アノテーション環境は図 3.3-3 のようになっている。

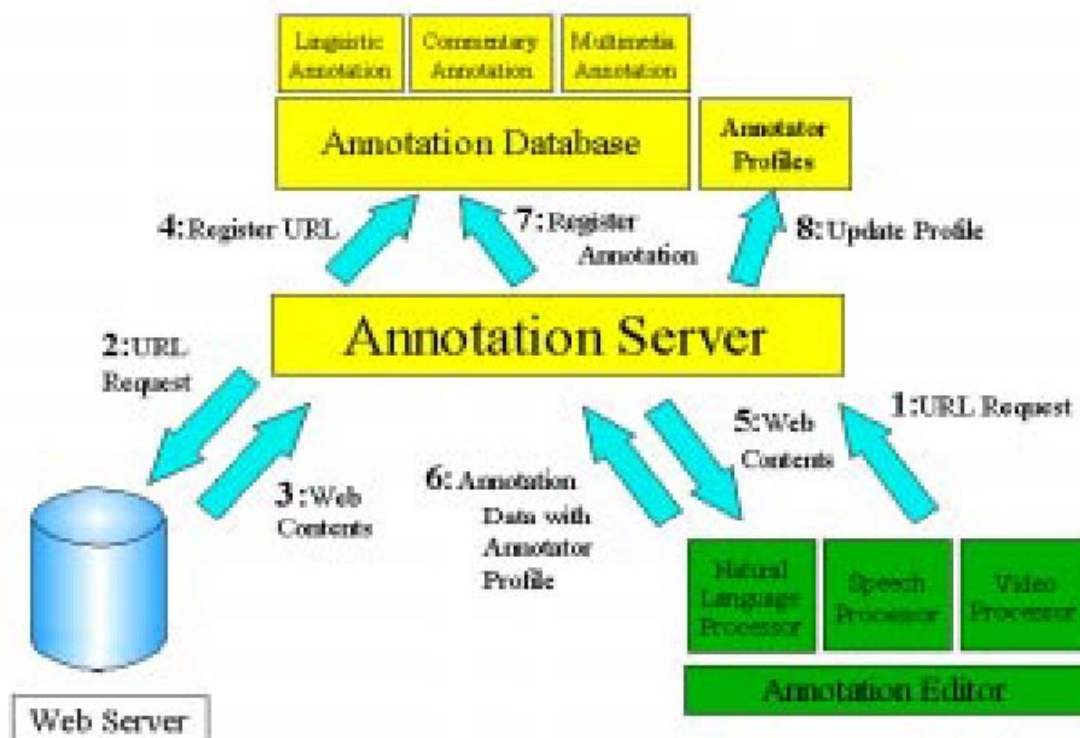


図 3.3-3 アノテーション環境

たとえば、HTML ファイルの場合、次のようなプロセスでアノテーションが作成され、管理される。

1. アノテーターと呼ばれるユーザーはエディターを起動して、対象となるドキュメントの URL を入力する。

2. アノテーションサーバーはエディターから URL を受け取ると、Web サーバーに問い合わせる。
3. アノテーションサーバーは Web サーバーからドキュメントを受け取る。
4. アノテーションサーバーはドキュメントのハッシュ値を計算すると、その値と URL をデータベースに登録する。
5. サーバーは、ドキュメントをエディターに送る。
6. ユーザーはエディターを使ってアノテーションを作成すると、それを自分のプロフィール情報（名前と専門分野など）と共にアノテーションサーバーに送信する。
7. サーバーは受け取ったアノテーションデータを URL と関連付けてデータベースに登録する。
8. サーバーは同時にアノテーターのプロファイル情報を更新する。

3.3.2.2 アノテーションエディター

アノテーションエディターは Java アプリケーションとして実装されており、アノテーションサーバーと通信できるようになっている。

アノテーションエディターは以下の機能を持っている。

1. URL を用いてアノテーションの対象となるドキュメントをサーバーに登録する。
2. Web ブラウザーと連動して、ドキュメントの任意の要素を選択できる。
3. XML 形式のアノテーションデータを生成し、サーバーに伝達する。
4. コンテンツが更新されたときに、以前に作成したアノテーションを再利用できる。

図 3.3-4 はアノテーションエディターと Web ブラウザーの画面例である。

エディターの左側のウィンドウは、HTML ファイルの内部構造を示している。Web ブラウザー上で任意の HTML 要素を選択すると、その部分のテキストがエディターに渡され、エディターの右側のウィンドウに表示される。選択された部分には自動的に XPointer と呼ばれる要素の ID が付与される。

このエディターを用いて、ユーザーは言語構造（構文や意味に関する構造）をテキストに関連付けたり、ドキュメント内の任意の要素にコメントを付けたりすることができる。言語構造は、まず自動的に生成されるが、その構造に曖昧さが含まれる場合は、それをインタラクティブに解消することができる。言語構造を修正するために、自動的に解析された構造をわかりやすく表示するための工夫を行なっている。

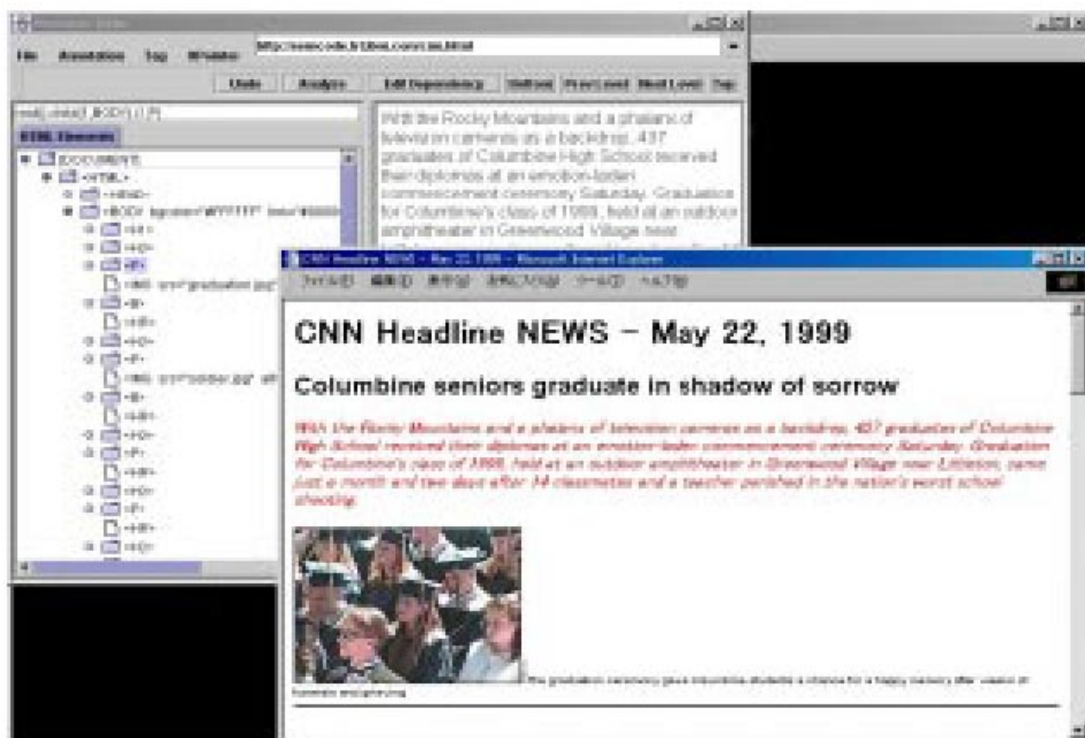


図 3.3-4 アノテーションエディターの画面例

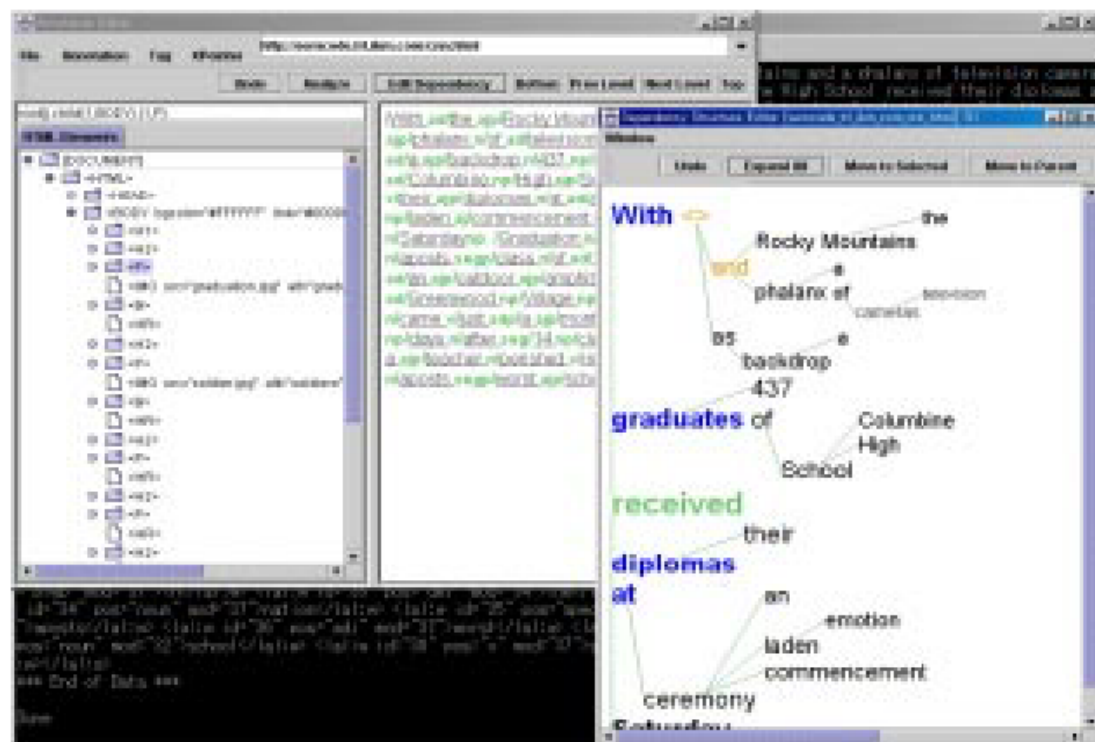


図 3.3-5 言語的アノテーションの修正画面

言語的アノテーションは図 3.3-5 の右下に表示されている画面上の操作によって修正できる。

3.3.2.3 アノテーションサーバー

アノテーションサーバーは、任意のアノテーターからのアノテーションデータを受け付け、アノテーターごとに区別して保存する。また、アノテーションサーバーはアノテーションデータに含まれる URL を調べて、URL の示すドキュメントのハッシュ値を覚えておく。これは、あとでトランスコーディングのときに、同じ URL でリクエストされたドキュメントとアノテーションを作成したドキュメントの間の差分を検出するときに利用される。これには DOM (Document Object Model) ハッシュと呼ばれる手法が利用される[6]。これは、ハッシュ値を計算する対象を文字列ではなく、ドキュメントの内部構造に関して行なうもので、どの HTML エLEMENT が更新されたかを知ることができる。

アノテーションサーバーはアノテーター、URL、XPointer、DOM ハッシュ値のテーブルを作ってデータベースに登録する。後で説明するように、トランスコーディングプロキシがアノテーションサーバーにリクエストをするときに、URL が送られた場合は、その URL に関するアノテーションデータ (アノテーターの名前と XPointer、そして言語的あるいはコメントアノテーションを含むファイル) が返される。もし、アノテーター名でリクエストされた場合は、そのアノテーターによるすべてのアノテーションデータが返される。

さらに、われわれはドキュメントの原著者がアノテーションを制御する方法を開発している。原著者が自分のドキュメントに対する一切のアノテーションを許可しない場合、ドキュメント内にアノテーションを許可しないという記述を入れることによって、アノテーションサーバーがそれを認識し、アノテーションエディターからの要求がきても拒否するような仕組みになっている。

3.3.2.4 言語的アノテーション

言語的アノテーションは、ドキュメント内テキストELEMENT (<H*>, <P>, , , <DL> など) の文章の意味構造に関するアノテーションである。それは、語間の係り受け、代名詞の指示対象、多義語の意味など、かなり細かい情報を含む。このタイプのアノテーションは、ドキュメントの内容理解に大きく貢献し、テキストのトランスコーディング以外にも、たとえば、内容検索や知識発見などに利用される。

言語的アノテーションは、具体的には XML 形式のタグファイルである。タグセットには、電総研の橋田らの提唱する GDA (Global Document Annotation) [2] のものを採用している。GDA は多言語間に共通な意味的・語用論的タグをドキュメントに付与することにより、その機械的な内容理解を可能にし、ドキュメントの検索・要約・翻訳を実用的なレベルで実現するとともに、ドキュメントの作成・公開(共有化)・再利用を考慮した統合的なプラットフォームを構築して、世界的に普及させようという、壮大なプロジェクトである。わ

れわれのセマンティック・トランスコーディング・プロジェクトは GDA を現在の Web のアーキテクチャ上で利用可能にし、さまざまなサービスと連動させることによって、GDA の思想をより具体的な形で浸透させようとする試みの一つと位置付けられる。

GDA では以下のことを目的としている。

1. タグを用いた機械翻訳、情報検索、要約、質問応答、知識発見などを実用化する。
2. それによってタグ付けのメリットを生じさせ、多くのユーザーが自分のファイルにタグを付けるように仕向け、タグを普及させる。
3. タグによって構造化されたデータを自然言語処理、人工知能、言語学などの研究に利用する。

うまいタグの標準を作って普及させれば、機械にも人間にも理解可能な知識ベースが世界規模で自己増殖し、自然言語処理や AI の技術が爆発的に実用化されて一般ユーザーが恩恵を受けるのみならず、研究コミュニティにとっては基礎研究のための大量かつ良質のデータが手に入るだろう。意味や常識があと 100 年ぐらいいは機械でまともに扱えないとすれば、そんな機械でもそれなりに活躍できる環境を整えてやる必要がある。GDA はその環境を整えることにより社会的ニーズに答えながら基礎研究をも進展させようという計画である。

GDA タグ付きドキュメントは、たとえば以下のようなものである。

<su><adp rel="loc"><adp rel="pos"> 人間の</adp><np sense="0f2e4c"> 細胞</np> には、
</adp><np syn="p"><np><vp><adp><adp><npsense="0f74e9"> 自動車</np> で い え ば
</adp><adp rel="iob"> アクセルに</adp> 当たり、</adp><adp rel="obj"><np id="a1"
sense="3be2c7"> がん</np> を</adp><adp rel="gra">ど ん ど ん</adp> 増殖する</vp><n>
「<namepid="a2"><np eq="a1" sense="3be2c7"> がん</np><n id="a3" sense="3bf4d0"> 遺
伝子</n></namep> 」 </n></np> と、<np><adp><np rel="pos" sense="107ab3"> ブレーキ
</np> 役 の</adp><n> 「<namep id="a4"><np eq="a1"rel="obj" sense="3be2c7"> がん
</np><nsense="10d244 3cf57c"> 抑 制 </n><n eq="a3"sense="3bf4d0"> 遺 伝 子
</n></namep> 」 </n>6.</np></np> が あ る 。 </su><su><adp rel="cnd"><adp
rel="sbj"><np><adp rel="pos"><np eq="a2 a4" sense="0face2"> 双方</np> の</adp> バ
ランス</np>が</adp> 取れていれば</adp> 問題はない。</su>

これらは統語構造を表わしており、各エレメント（タグで囲まれた部分）は統語的構成素である。ここで、<su> は一文の範囲を表し、<n>, <np>, <vp>, <adp>, <namep> は、それぞれ名詞、名詞句、動詞句、形容詞句/ 形容動詞句（前置詞句、後置詞句を含む）、固有名詞句を表す。syn="p" は等位構造（たとえば上の「～がん遺伝子と～がん抑制遺伝子」）

を表わす。等位構造の定義は、係り受け関係を共有するということである。特に何も指定がない場合は、たとえば、`<np><adp rel="x">A</adp><n>B</n> </np>` は A が B に依存関係があることを表す。また、`rel="x"` は`<adp>`エレメントの関係属性を表している。また、`sense="＊"`は語義属性を表している（属性値としては、たとえばEDR 単語辞書[5] の概念識別子が利用できる。また、一語が複数の語義を持つ場合は、属性値が複数になる）。

一般に GDA ドキュメントの構造は図 3.3-6 のようになる。

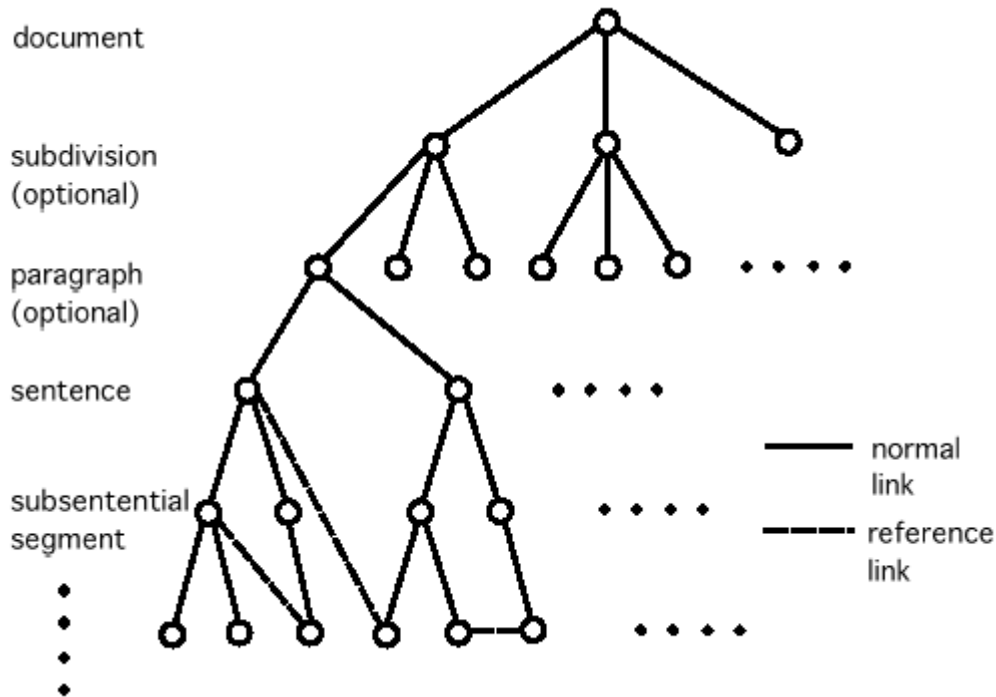


図 3.3-6 GDA ドキュメントの構造

つまり、GDA ドキュメントはネットワーク構造を成しており、そのリンクには、タグの入れ子構造によって定義される関係と参照関係の 2 種類がある。

また、GDA のタグ集合は 10 項目以上からなるが、さしあたり、そのうちで自動タグ付け作業が比較的大変だと思われる、統語構造、文法・意味関係、語義、照応、修辞関係という 5 項目だけを扱っている。GDA タグセットの詳細については、<http://www.etl.go.jp/etl/nl/gda/>を参照のこと。

文法機能（主語、目的語、間接目的語）、主題役割（動作主、被動作者、受益者など）、および修辞関係（理由、結果など）は関係属性によって表示する。関係属性は `rel="＊"` という形で表される。主語、目的語、および間接目的語の主題役割の判断は難しいことが多いので、文法機能（`sbj`、`obj`、`iob`）を用いる。

属性の内、`id="＊"` は ID 属性を示す。ID 属性はそのエレメントのユニークな識別子である。また、先行詞の ID 属性の値を照応詞の `eq` 属性の値にすることにより、照応（*anaphora*）

や共参照 (coreference) を表示する。たとえば、上の例で、「双方のバランスが取れていれば問題はない。」の「双方」は「がん遺伝子」と「がん抑制遺伝子」を指し示すことが、属性 eq="a2 a4" によって表示されている。

照応詞がいわゆるゼロ代名詞 (省略) の場合には、関係属性の値を属性名として用い、値を先行詞の ID 属性の値とする。いわゆる必須格 (主語、目的語、間接目的語など、述語が表現する事象の内部構造を記述する補語) に相当するゼロ代名詞は必ず補うようにする。手段や理由などの任意格要素は補わなくても構わない。

このようなタグ付けは多くの労力を要すると思われるが、アノテーションエディターにいくつかの自然言語処理モジュール (統語・意味解析、照応解析など) を統合することによって、極力人間の負担を減らせるように工夫している。人間がインタラクティブに解析した部分は、事例として次の機会に再利用されるので、それによって解析の精度が少しずつ上がっていくことになる。解析の精度が上がれば、それだけ人間の負担が減るので、将来的にはタグ付けのコストは十分に少なくなるだろう。

言語的アノテーションは今のところ自動要約と翻訳および音声合成に使われている。最も単純で有効な例は、固有名詞や専門用語に関するもので、これらの意味や読みがアノテーションされていれば、その理解や音声読み上げに大いに役に立つ。また、言語的アノテーションによって機械翻訳の精度を飛躍的に向上させることも可能である。

3.3.2.5 コメントアノテーション

主に非テキストエレメント (、<TABLE> など) に対する任意のコメントを含むアノテーションである。コメントは文章だけでなく、イメージやリンクなども含むことができる。コメント文はやはり GDA による統語・意味構造に関するタグを含んでいる。このタイプのアノテーションはトランスコーディングの結果、ドキュメント上にポップアップする形で表示される。

図 3.3-7 は Web ドキュメント上にコメントをポップアップした様子を表している。

たとえば、イメージにその内容を記述した文章をアノテーションとして関連付けた場合、ドキュメントを音声化して提示するときに、コメントの部分を読み上げることによって、視覚障害者によるイメージの内容理解に貢献することができる。その他にも、コメントアノテーションを利用することによって、非テキストコンテンツの検索を容易にすることができる。

もちろん、コメントアノテーションはテキストエレメントにも付与することができる。たとえば、単語のスペルミスや誤字脱字が含まれるコンテンツに対して、該当する部分に、正確なスペルなどを含む情報を補足することができる。ただし、テキストに対するコメントは言語的アノテーションに含まれる形で記述することもできる。この種のアノテーションはトランスコーディングのときに補足された情報でオリジナルのテキストを置き換えることにも利用できる。

さらに、ハイパーリンクに対してコメントを加えることもできる。これは、リンクをたどる前にリンク先の情報を簡単に紹介するという役割を果たすことができる。もしリンク先のコンテンツに言語的アノテーションが存在すれば、その要約を作成して注釈とすることによって、各リンクに自動的にアノテーションを付けることが可能になる。

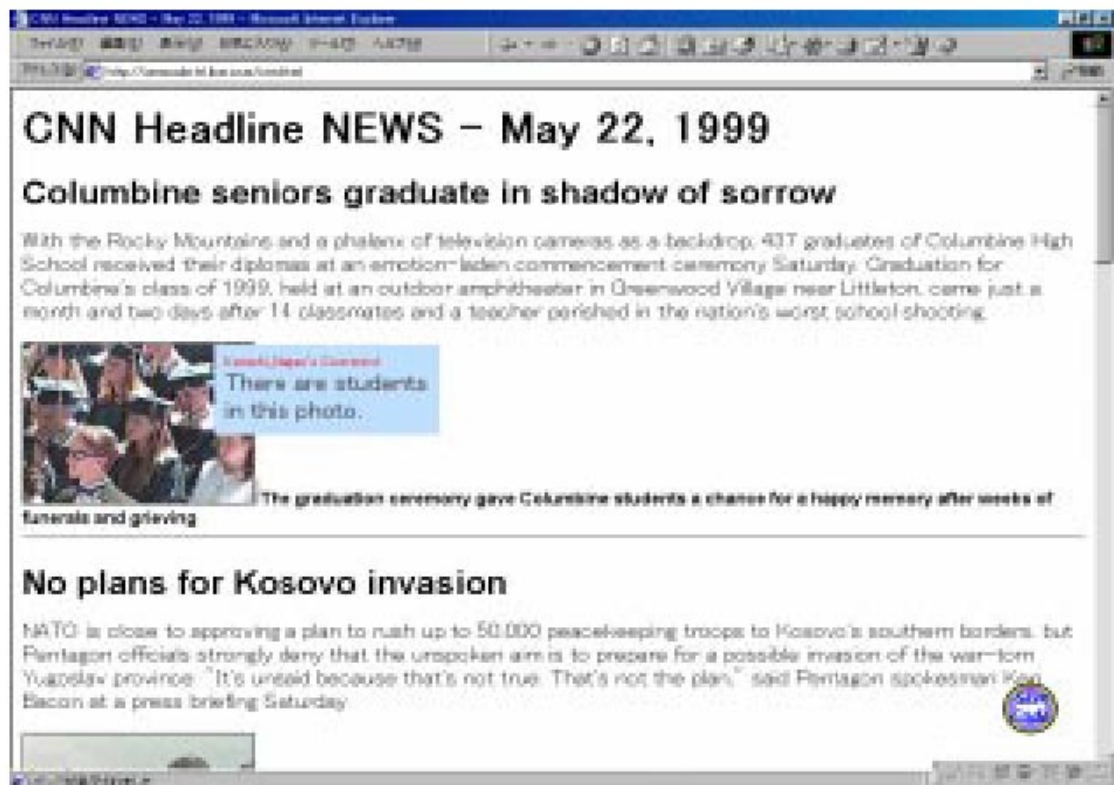


図 3.3-7 コメントのポップアップ

コメントアノテーションは以前から研究が行なわれている。それは、ドキュメントを共有するグループが、ドキュメントに関する補足情報を効果的に共有するために、コメントを管理するサーバーと、ドキュメントにコメントを加えて加工するプロキシを用意するというものである[10, 11]。基本的には、われわれの枠組みもこれと同様である。ただし、コメントを付与する単位がドキュメント全体ではなく、任意の HTML エレメントに対して行なえるようになっている。また、われわれの枠組みにおいてコメントはそれを読む人間のためというより、そのドキュメントを機械が理解して適切にトランスコードするための手段として捉えている。

3.3.2.6 マルチメディアアノテーション

われわれのアノテーション手法はビデオなどのマルチメディアデータにも適用できる。ビデオは今後インターネットの主要な情報リソースになっていくと思われる。それは、テレビが新聞よりも多くのアテンションを集められるように、動画像の持つ魅力はテキストやイメージの持つそれよりも一般に大きいからである。さらに、最近ではテレビをハードディスクに録画したり、ビデオカメラがテープではなくディスクに映像を記録できるようになってきたため、デジタル化された映像を容易に作成・入手できるようになってきたためである。このようにオンライン情報におけるビデオの割合が増えるにしたがって、それを検索したり、要約したりする技術の必要性が高まってくるのは明らかである。

われわれはビデオの内容を表すテキストを自動的に生成して、半自動的にビデオアノテーションを作成するシステムを開発した。このシステムは同時にビデオのシーンの変わり目を認識して、シーンに関するタグ付けを支援する。

図 3.3-8 はビデオアノテーションエディターの画面例である。

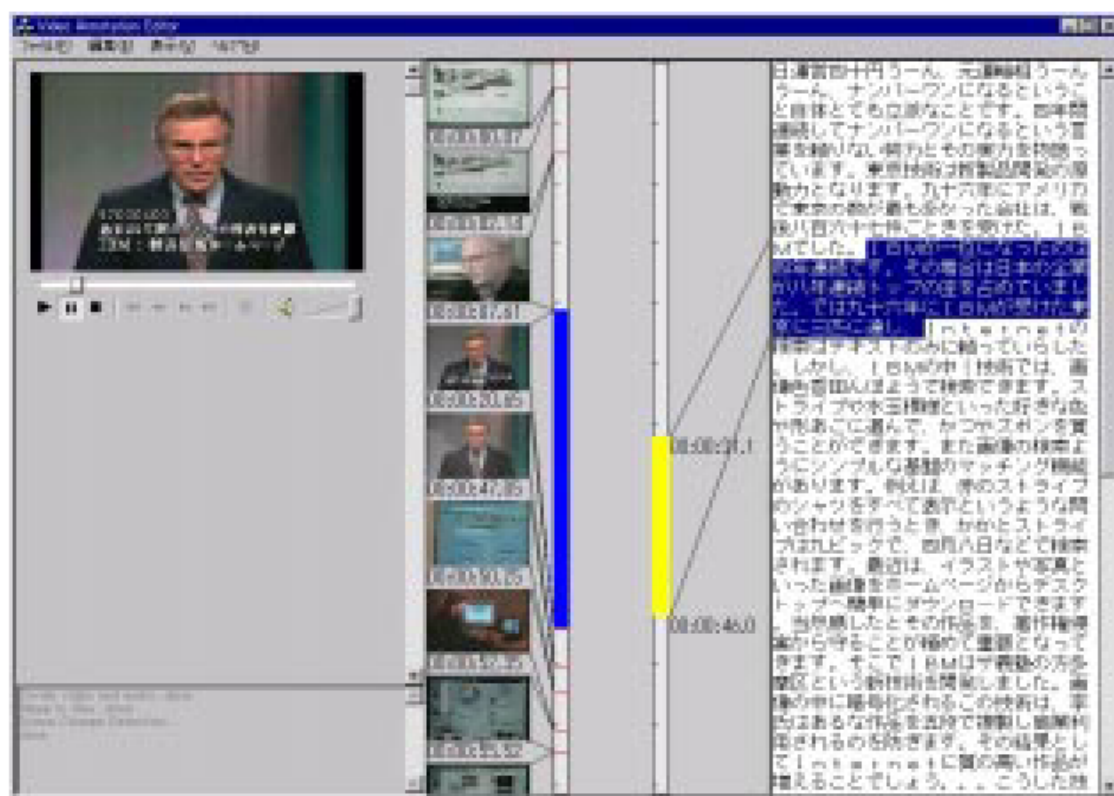


図 3.3-8 ビデオアノテーションエディターの画面例

もちろん、ビデオに関してはこれ以外にもさまざまな試みがなされている。その一つが現在規格の策定が進められている MPEG-7 である[7]。MPEG-7 は ISO/IEC に属する Moving Picture Experts Group (MPEG) によって標準化活動が行なわれている新しい規格で、マル

チメディアコンテンツ記述という新しい仕様を含んでいる。このコンテンツ記述はわれわれのアノテーションと同様にビデオデータに直接含まれないデータ（いわゆるメタデータ）によって検索や要約を容易にする仕組みを設けよう、ということである。さらに、ビデオを再生するデバイスのスペックに応じて、画像の解像度を変えたり、色情報を減らしたり、音声の帯域を制限したりすることも考慮されている。さらに、オブジェクトレベルの記述というのがあり、シーンに登場する人物や物や場所などの情報も付け加えることが可能になるそうである。ただし、参加しているさまざまな企業の思惑が密接に関わってくるので（標準化活動というのはどれもだいたいそうであるが）、仕様が確定するにはまだ多くの時間を必要とし、実際に利用可能になるのはずいぶん先の話になりそうである。

MPEG-7 の仕様が固まるのを待ってから作業を始めるのでは遅いので、われわれはまずさまざまな試みを行なって、タイミングを見て MPEG-7 の規格と統合するつもりである。

われわれのビデオアノテーションは、自動的にシーンの検出を行ない、それらのシーンとやはり自動的に生成されたテキストの関連付けを行なって、さらに人や物などのフレーム内のオブジェクトに名前を付けていく、という形で行なわれる。それぞれのプロセスでは、ユーザー（アノテーター）が自由に介入して、インタラクティブに変更・修正が行なわれる。ビデオへのアノテーションは、いわゆるビデオの編集に比べて複雑な情報処理を含むため、人間の行なう部分も多少複雑になるが、自動処理の精度も徐々に上がっていくと思われるので、将来は編集ではなくアノテーションによってビデオを再利用する形式が一般的になると思われる。

3.3.3 セマンティック・トランスコーディング

セマンティック・トランスコーディングは前節で述べたアノテーションを用いたトランスコーディングであり、ユーザー情報を用いたコンテンツ適応の機能を有する。まず、基本的なメカニズムを紹介する。

トランスコーディングを行なう複数のモジュール（トランスコーダーと呼ばれる）は、HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) プロキシ上で機能するプラグインとして実装されている。トランスコーダーを制御する HTTP プロキシをトランスコーディングプロキシと呼ぶ。

図 3.3-9 はこのプロキシを含むトランスコーディング環境を表している。トランスコーディングにおける情報の流れは次のようになる。

1. トランスコーディングプロキシはクライアントの Web ブラウザーから URL とクライアント ID を受け取る。

2. プロキシはWeb サーバーに URL の示すドキュメントをリクエストする。
3. プロキシはドキュメントを受け取ると、そのハッシュ値を計算する。
4. プロキシは同時にアノテーションサーバーに URL に関連するアノテーションデータを要求する。
5. もしアノテーションデータが見つかったら、アノテーションサーバーはそのデータをプロキシに送信する。
6. プロキシはデータを受け取ると、それに含まれるハッシュ値と先ほど計算した値とを比較する。
7. 同時にプロキシはクライアント ID に基づいてユーザー情報を検索する。ユーザー情報が見つからない場合は、ユーザーから与えられるまでデフォルトのセッティングを用いる。
8. ハッシュ値が照合したら、アノテーションデータとユーザー情報に基づいて適切なトランスコーダーを起動して、トランスコーディングを実行する。
9. プロキシは加工されたコンテンツをユーザーのWeb ブラウザーに送信する。

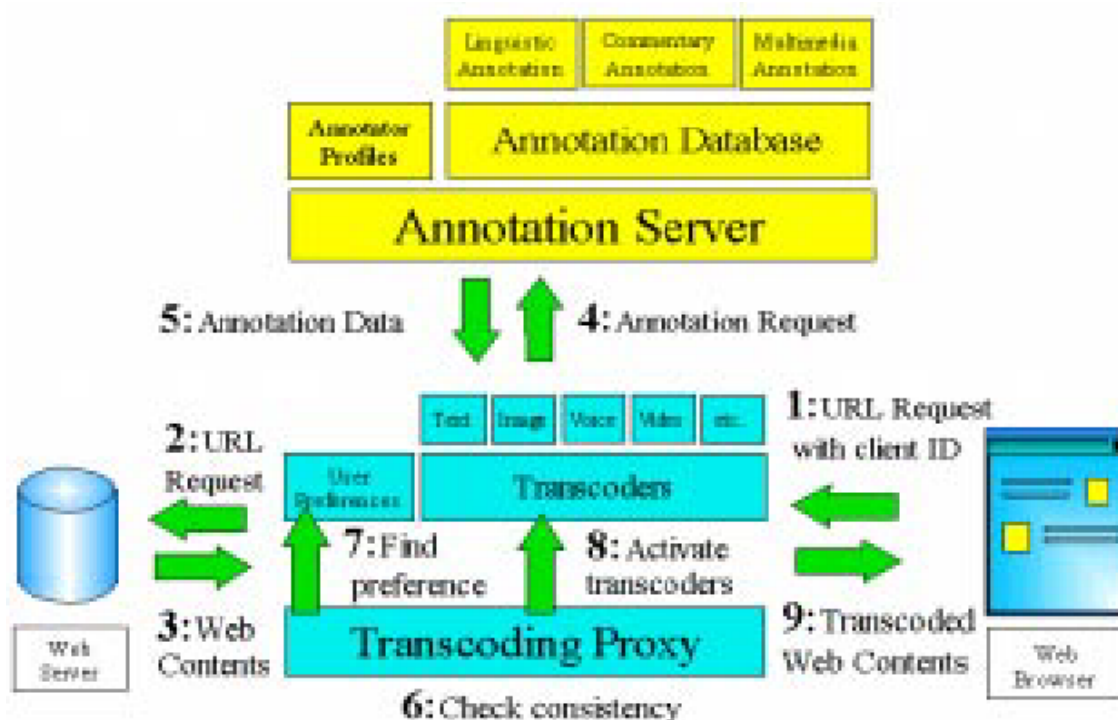


図 3.3-9 トランスコーディング環境

以下で、トランスコーディングプロキシと各種のトランスコーディングについて解説する。

3.3.3.1 トランスコーディングプロキシ

今回我々は、セマンティック・トランスコーディングを行うためのプロキシ実装環境として、IBM の WBI (Web Intermediaries) を使用した[4]。これは IBM の Web サイト alphaWorks からダウンロードできる (<http://www.alphaworks.ibm.com/>)。WBI は、プログラマブルな HTTP プロキシであり、通常のプロキシとしての機能の他に、ユーザー毎のアクセス制御や、プロキシに流れるデータの加工を容易に行える API (Application Programming Interface) を提供する。

この WBI を利用したトランスコーディングプロキシは、主要な機能として以下の3つを行う。

1. 個人情報の管理
2. アノテーションデータの収集と管理
3. トランスコーダーの起動と結果の統合

1. 個人情報の管理:我々は、ユーザーの特定にCookieを用いた。個人情報を管理するIDを、Cookieデータとしてユーザーに渡すことにより、ユーザーのアクセスポイントによらないユーザーの特定が行なえる。

しかし、既存のブラウザーは、Cookieをセットしたサーバーに対して、そのCookieを渡すものであり、プロキシのCookie利用は考えられていない。通常、プロキシがユーザーを識別する方法は、ホスト名とIPアドレス（これらをクライアントIDと呼ぶ）によってのみである。

そこで、ユーザーが個人情報をセットした時に、Cookie情報（ユーザーID）と個人情報に関連付け、一方、アクセスポイントの変化ごとにクライアントIDとCookie情報（ユーザーID）に関連付け直すことでユーザーの特定を行なう。つまり、通常のプロキシとして動くときは、クライアントID（ホスト名+IPアドレス）→Cookie情報（ユーザーID）→個人情報という流れで、クライアントIDから個人情報を引き出し、アクセスポイントが変化したときは、プロキシをサーバーとしてアクセスすることで、Cookie情報を取得し、クライアントIDとCookie情報（ユーザーID）に関連付け直す。

2. アノテーションデータの収集と管理:トランスコーディングプロキシは、アノテーションサーバーと通信して、アノテーションデータを入手する。アノテーションサーバーは複数存在するので、それぞれのサーバーの管理するアノテーションデータのインデックスを定期的につけておき、ユーザーからリクエストがあったときに、どのアノテーションサーバーからデータを入手すべきかを判断するときに役立てている。

3. トランスコーダーの起動と結果の統合:そして、もちろん、プロキシの最も重要な役割は、個人情報とアノテーションデータに基づいてコンテンツを加工することである。こ

れは、必要なトランスコーダーを起動し、その結果を統合することによって行なわれる。

現在のところ、テキスト、イメージ、音声、ビデオのトランスコーダーが開発されている。これらのトランスコーダーは直列あるいは並列に結合され、複合的なトランスコーディングが実現される。たとえば、ドキュメントを要約後に翻訳して、さらに音声化するなどの一連の処理が、ユーザーの要求に従って実行される。

トランスコーディングプロキシは、ユーザーからリクエストを受けるとアノテーションサーバーから適切なアノテーションデータを取得して利用する。このとき、ユーザーのプリファレンス情報（すでに登録されている場合もあるが、リクエストと共に送られてくる場合もある）にアノテーターが指定されている場合は、そのアノテーターのアノテーションを優先する。ただし、指定されたアノテーターのアノテーションが要求されたドキュメントに付与されていない場合は、他のアノテーターのアノテーションを使うこともある。もちろん、ユーザーはアノテーターの制限を付けないこともできる。その場合、コメントアノテーションはアノテーションサーバーにあるものをすべて付与することができる。ただし、言語的アノテーションはコンフリクトする場合があるので注意が必要である。現在では、コンフリクトした場合は、最初に見つかったアノテーションのみを使うことにしている。

3.3.3.2 テキストトランスコーディング

テキストトランスコーディングは言語的アノテーションを用いたテキストの加工である。現在のところ、テキスト要約と翻訳が実現されている。要約に関しては、筆者らが以前に発表した GDA に基づく要約[9] の手法を用いている。

図 3.3-10 は Web ドキュメントの要約例である。

一般に、要約には深い意味処理と多くの背景知識が必要である。しかし、これまでの研究の多くは表層的な手がかりやドキュメントの持つ何らかのスタイルに関するヒューリスティックスを用いるものであった。

たとえば、文の重要性を判断するのに使われる特徴素としては、文の長さ、キーワードの出現回数、時制、文のタイプ（たとえば、事実（～である）、推測（～だろう）、主張（～べきだ）など）、修辞関係（たとえば、理由、例示など）、文頭からの位置、文末からの位置などがある。これらの大部分は、特に深い処理を行わなくても、ある程度抽出できるものであり、それゆえ、これに基づく処理は非常にロバストである。

また、これまでの要約システム（たとえば、渡辺のもの[14]）は、上記の特徴に基づいて計算された文の重要性の高いものを順に選択し、元の文章における文の出現順に並べるという手法を用いているものが多い。

確かに、これらは現在の技術をもって実用的なシステムを作ることに成功している。しかしながら、どれほどのヒューリスティックスをもってしても、要約の品質の向上はすぐには限界にきてしまうだろう。いずれにしても、内容に基づく処理は必須であろう。

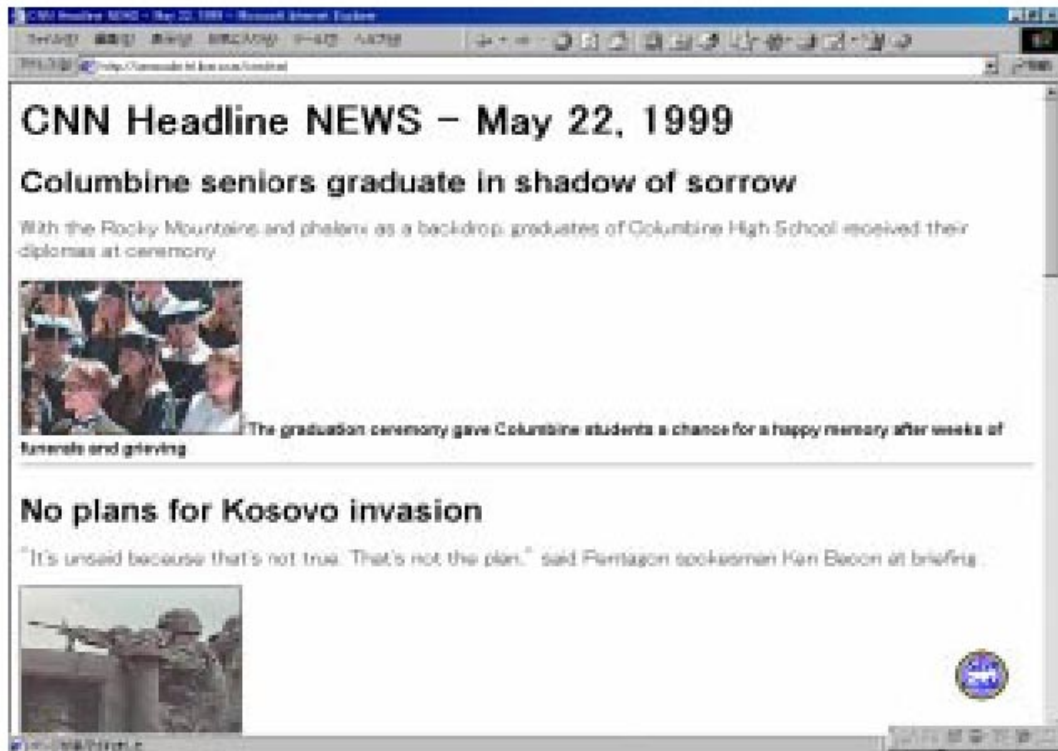


図 3.3-10 Web ドキュメントの要約例

ここでは、GDA タグから得られる、文の構成要素の重要度（活性値）を用いた要約を提案する。この手法は、ドキュメントのドメインやスタイルに関するヒューリスティックスを用いていないため、GDA タグの付いたものならどのようなドキュメントにも適用可能であり、また、文より細かい単位で重要度を計算しているため、一文をさらに短くすることも可能である。

要約のアルゴリズムは以下のようにになっている。

1. 照応（共参照）表現とその先行詞の間で活性値が等しくなり、それ以外では活性値が減衰するように活性拡散を実行する。
2. 活性拡散が終了した時点で、平均活性値の大きい順に文を選択する。
3. 選択された文の必須要素を抽出する。必須要素になりうるのは、以下のエレメントとする。
 - ・エレメントの主辞(head)
 - ・sbj、obj、iob、pos（所有）、cnt（内容）、cau（原因）、cnd（条件）、sbm（主題）の関係属性を持つエレメント
 - ・等位構造（syn="p"を持つエレメント）が必須要素の場合は、それに直接含まれるエレメント

4. 文の必須要素をつなげて文の骨格を生成し、要約に加える。照応表現の先行詞が要約に含まれない場合は照応表現を先行詞で置き換える。
5. 要約が指定された分量に達したときは終了する。まだ余裕がある場合は、次に活性値の高い文と省略したエレメントの活性値を比較して、高い方を要約に加える。

現在のところ、単語の語義属性と一部の関係属性以外の意味表現に関するタグが決まっていなため、意味表現からの文生成は行なっていない。将来は、そのようなことも可能になり、読者の要求に従ってパラフレーズなどを行なうこともできるようになるだろう。

また、要約はそれを行なう人間の知識によっても変わってくるが、それを読む人間の興味などによっても変わってくるべきであろう。システムの情報処理を特定の個人に適応させることをパーソナライゼーション（個人化）という。GDA タグを用いた要約は、内容に基づく一般的な手法によるものなので、個人の興味や嗜好のようなパーソナライゼーションのための情報を取り入れれば、その個人に特化した要約を行なうことができる。つまり、読み手が知りたい内容を含むように要約を生成することができるのである。

そのための手段として、以下のことを実現している。

- ・ 要約を開始する時点で、任意のキーワードを入力できる。
要約システムは、キーワードと関連するドキュメント中の単語を重要語として処理する。重要語を含むエレメントは初期活性値をかなり大きくした上で活性拡散を行なう。
- ・ 要約システムがユーザーの興味を学習できる。
これは情報検索やフィルタリングなどを含む一般のシステムのパーソナライゼーションにも関連することである。これを実現するために、ユーザーの行動履歴を保持してユーザーモデリングを行ない、ユーザーが好んで読むドキュメントの傾向を把握するメカニズムを開発している。これによって、要約システムは特にユーザーからの入力がなくとも、そのユーザーに特化した要約を生成することができる。

テキストトランスコーディングのその他の例は言語翻訳である。現在、英語と日本語間の翻訳システムをトランスコーダーとして実現するプロジェクトが進行中である。さらに多くの言語の翻訳システムがトランスコーダーとして実現され、われわれのシステムに統合される予定である。近い将来、Web コンテンツを母国語でしか表現していない人々が、トランスコーディングによってさまざまな言語圏の人々に情報発信できるようになる。

図 3.3-11 は Web ドキュメントの翻訳例である。英日翻訳においては、日本アイ・ビー・エムが開発・販売している「翻訳の王様」の翻訳エンジンをアノテーションを考慮するように拡張したものを用いている。翻訳で用いる言語的アノテーションは IBM 東京基礎研究所の渡辺の設計によるもので、LAL (Linguistic Annotation Language) と呼ばれている [15]。

翻訳トランスコーディングでは、アノテーションデータを GDA から LAL へ自動的にコンバートしてから翻訳エンジンに渡している。



図 3.3-11 Web ドキュメントの翻訳例

翻訳の失敗の多くの部分は、語間の係り受け解析の失敗や、多義語の訳語選択の失敗によるものなので、係り受けや語義を明示化したアノテーションによって、翻訳精度のかなりの改善が見込まれている。ドキュメントの著者はトランスコーディングによって誤解が生じるのを防ぐために、積極的にアノテーションを奨励することになると思われる。

また、当然ながら要約と翻訳を組み合わせたトランスコーディングも可能である。さらに、読者の理解度に合わせて、専門的な表現をより一般的な表現に書き換えてよりわかりやすい文章にする、パラフレーズ・トランスコーディングについても研究を進めている。

3.3.3.3 イメージトランスコーディング

イメージトランスコーディングはユーザーの使用するデバイスなどの環境に合わせてドキュメントに含まれる画像のサイズや解像度を変化させる処理である。変換されたイメージは必ずオリジナルイメージへのリンクを含むようにしている。そのため、元のサイズや解像度で見たいときは、単にその画像をクリックすれば良い（ただし、元の画像がすでにリンクを含んでいるときはこの限りではない）。

イメージトランスコーディングはテキストトランスコーディングの要約と併用して、コンテンツの表示面積を縮小してユーザーの用いるデバイスの画面サイズに適合させることができる。

図 3.3-12 はイメージを縮小した例である。右下のウィンドウは設定を変更するためのもので、要約の分量やアノテーターの指定などもここで設定できる。

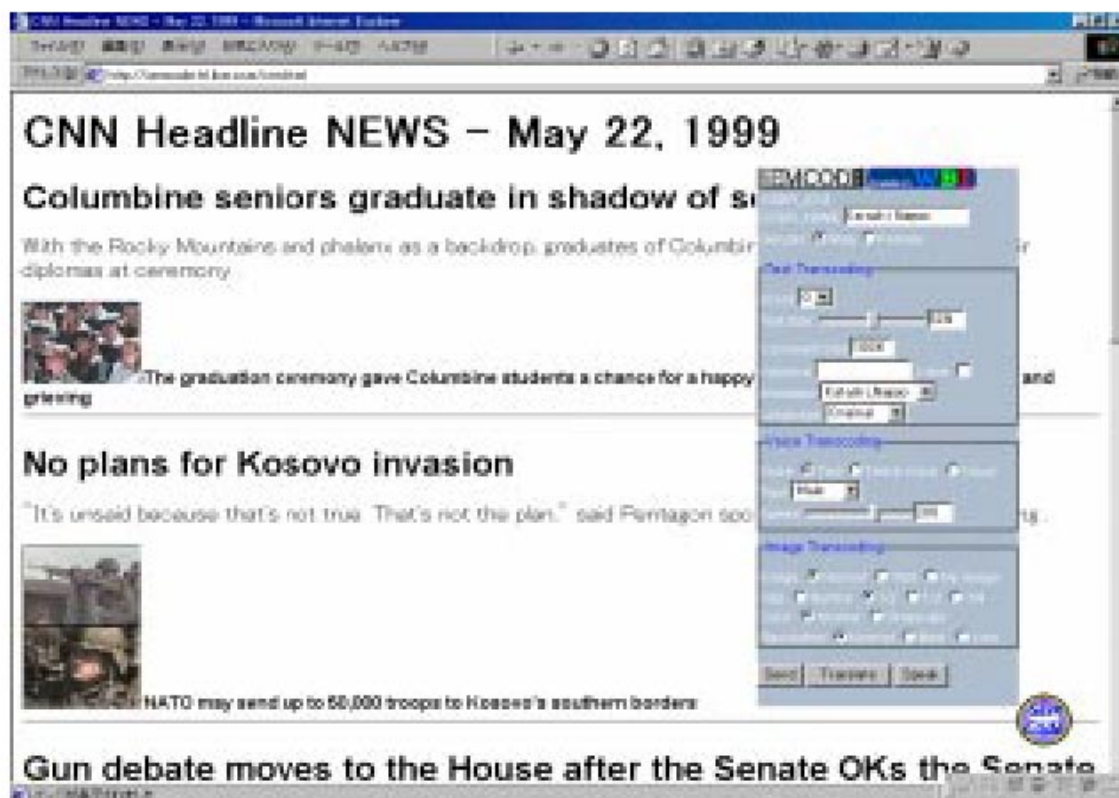


図 3.3-12 イメージトランスコーディングの例と設定ウィンドウ

3.3.3.4 音声トランスコーディング

音声トランスコーディングとは、コンテンツを音声化するトランスコーディングである。これには2種類のやり方が考えられる。一つはトランスコーディングプロキシが音声データを作成して配信するやり方で、クライアントが音声合成機能を持たない場合に有効である。たとえば、携帯電話からWebをアクセスするときに使えるだろう。最近ではMP3 (MPEG-1 Audio Layer3) のデコーダーが内蔵された携帯電話が発売されるようになったので、音声トランスコーディングはますます盛んになるであろう。

もう一つの音声トランスコーディングは、クライアントが音声合成システムを利用していることを前提に、音声合成に適したドキュメントに加工して配信するやり方である。前者は後者によって生成されたドキュメントをプロキシ側で音声合成を行なった結果と考えられるので、どちらのやり方もほぼ同じプロセスを必要とする。

音声合成に適したドキュメントは、イメージに対するコメントアノテーションを利用してイメージ部分の説明をテキストとして含んだり、固有名詞など辞書にない語を正しく読むために言語的アノテーションによる語の読み情報を含むことができる。また、読み上げ時に適切にポーズを置くために、正しいフレーズの切れ目に関する情報を用いることもできる。

図 3.3-13 は音声トランスコーディングを行なったドキュメントの例である。アノテーションを含む部分の最後にスピーカアイコンが挿入されている。これをクリックするとその部分の音声再生される。

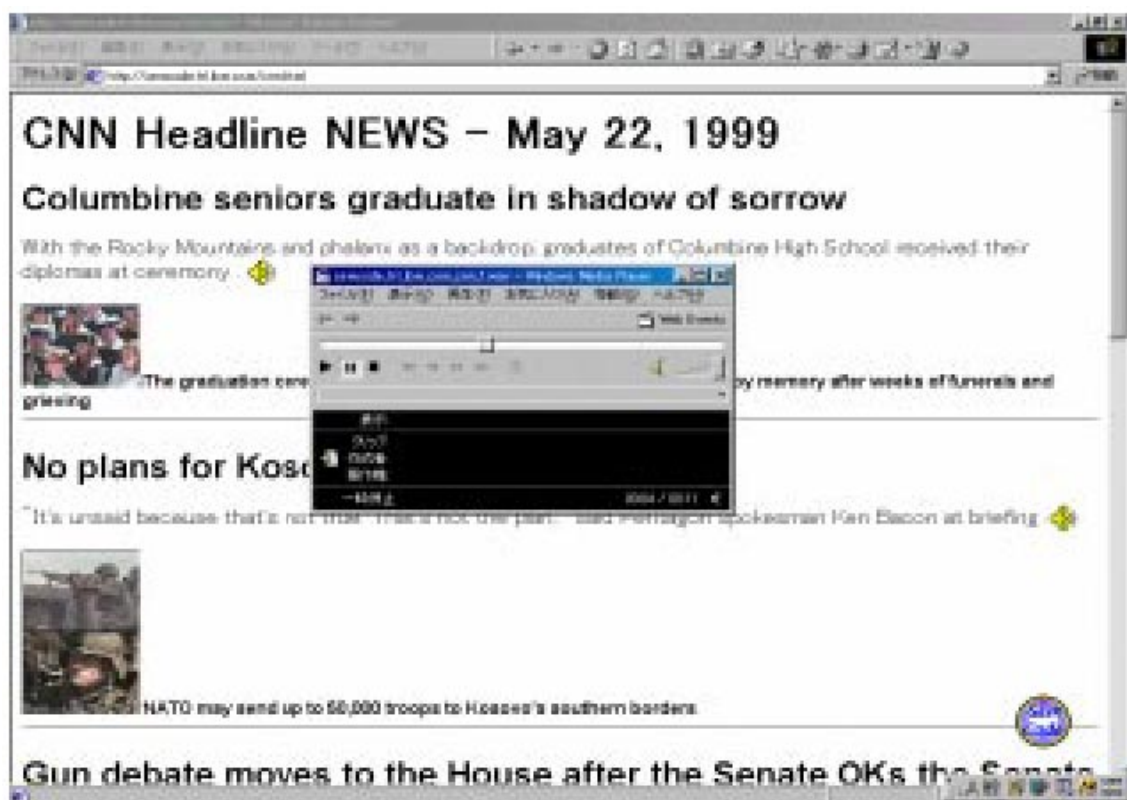


図 3.3-13 音声トランスコーディングの例

3.3.3.5 ビデオトランスコーディング

ビデオトランスコーディングはビデオアノテーションを利用したトランスコーディングである。ビデオアノテーションはビデオに含まれる音声のトランスクリプト（書き起こし文書）に統語・意味構造のタグを含めたもの、シーン切り替えのタイムコード、シーンごとのキーフレーム（イメージ）、ビデオ内オブジェクトの名前とその出現位置（時間と座標）などを含めたものである。

ビデオトランスコーディングには、ビデオの要約、ビデオからテキストとイメージの集合への変換、ビデオの翻訳、ビデオからテキストのみへの変換などが含まれる。それらに

ついて簡単に説明する。

ビデオの要約は、まずビデオのトランスクリプトを要約して、その要約に対応するビデオシーンを抽出することによって行われる。これは、トランスクリプトが対応する音声の出現するタイムコードを含んでいるため、そのタイムコードを含むシーンを選択することで要約できる。

図 3.3-14 は要約機能付きのビデオプレイヤーの画面例である。ビデオ画面の下にあるスライダーバーの濃い色の部分が要約に相当する。また、右のウィンドウには、シーンのタグ構造と、要約に含まれるシーン（チェックされているもの）が表示されている。



図 3.3-14 要約機能付きビデオプレイヤーの画面例

ビデオからテキストとイメージへの変換は、もう一つの種類のビデオトランスコーディングである。もし、クライアントのデバイスがビデオを再生することができない場合、ユーザーはビデオのコンテンツにまったくアクセスできなくなってしまう。その場合、ビデオトランスコーダーはそれぞれのシーンを代表するイメージとそれぞれのシーンの内容を表すテキストを含めたドキュメントを作成してユーザーに提示することができる。また、生成されたドキュメントをテキストトランスコーダーを用いて要約あるいは翻訳することもできる。

ビデオの翻訳は、テキストおよび音声トランスコーディングとの組み合わせで行なわれる。まず、トランスクリプトを翻訳し、その結果を音声合成に適した形に変換する。ビデオの再生と音声合成を同期させることによって、他の言語のビデオを作成することができる。この部分は、まだ実現されていないが、近い将来にわれわれのビデオプレイヤーに統合される予定である。

ビデオの要約はテキストの要約と同様に盛んに研究されている。古くは CMU の Infomedia があり、ビデオに含まれるさまざまな属性を自動抽出して、より重要な部分を選択している[13]。たとえば、ビデオに現れる文字情報、人の顔、シーンの変わり目、クローズドキャプションと呼ばれる字幕情報などを利用して、あらかじめリストアップされた重要な固有名詞の出現頻度や、TF*IDF 法と呼ばれる情報検索の手法を用いてキーワードの重要度を計算し、そのキーワードの現れるシーンをつなぎ合わせて要約とする。

また、IBM アルマデン研究所の CueVideo はビデオのキーフレームを並べて表示して、人間がどれかを選択すると、その部分のビデオを再生することによって、人間がビデオ全体を見る手間を減らしている[1]。また、音声のみを再生して、画像は静止画をシーンが変わるごとに変化させることによって、ダウンロードする情報の容量を少なくする工夫もなされている。このとき音声の再生スピードを変化させることによって、早口にしたり、ゆっくり聞き取りやすくすることもできる。CueVideo はディスタンスラーニングと呼ばれる遠隔教育におけるビデオの利用に焦点を当てて研究が進められており、教育に使われるビデオを効果的に見せるためのさまざまな手段が開発されている。たとえば、ある講義のビデオとその講義の資料(PowerPoint などのスライドファイル)を自動的にリンクして、再生時に連動させることもできる。また、ビデオのシーンを検索するのに、任意の単語やフレーズを入力すると、音声認識を利用してその言葉を含む部分を抽出してリストアップし、そのうちのどれかを選択するとその部分を再生する、という通常のテキスト検索と同様のことがビデオに対して行なえる。

同じく IBM ワトソン研究所の開発した VideoZoom は、ビデオの画像の解像度を動的に変化させ、荒い画像のビデオから徐々に鮮明にしていったり、荒い画像のビデオをまずダウンロードして、細かく見たいところのみについて差分の情報を追加していくことができる[12]。これも、ネットワークやデバイスの制約に依存して、ビデオコンテンツを加工するトランスコーディングの一種と言える。

これらのビデオトランスコーディングはアノテーションを用いないので、一度実装すれば利用するのは簡単であるが、ビデオをさまざまな形で再利用するには問題がある。われわれはビデオが今後重要な情報ソースになることを確信しているので、要約やフィルタリングに限定されない、さまざまな再利用を可能にする枠組みをできるだけ早めに用意しておきたいと考えている。また、将来 MPEG-7 のようなアノテーションの標準的フレームワークが確立した場合にも、われわれの仕組みは容易にコンバートして利用可能である。

3.3.4 おわりに

われわれの次なるターゲットは大量な Web コンテンツからの知識発見である。アノテーションはそれぞれのドキュメントから重要な部分を抽出するのに大いに役に立つ。また、

たとえば、あるアノテーターがいくつかのドキュメントにコメントを付与しているとして、そのアノテーターがある分野のエキスパートであるとする、機械は自動的にその人のアノテートしているドキュメントをかき集めて、それぞれの要約をまとめた一つのドキュメントを作成することができる。これは、ある特定の分野を概観するのに有益であると思われる。

マルチメディアデータを含む Web コンテンツの効率的な検索もターゲットの一つである。この場合の検索の質問には単なるキーワードではなく、音声あるいはテキストの自然言語文を用いることができる。

近い将来に、人々は Web から情報を得るために、検索エンジンを用いるのではなく、知識発見エンジンを用いて、ハイパーリンクを集めた大量のリストの代わりに、短時間で容易に理解できるように個人化された情報のサマリーを読むことができるようになるだろう。それは来るべき情報の洪水から自分自身を守る最良の方法になると思われる。しばらくは、多少の労力を人間に強いるかも知れないが、目標のために努力をしない人が充足感を得ることがないように、オンラインコンテンツを人類共有の知識とするために一丸となって努力をすることがなければ、人々は今後も無限に拡張していく情報の圧迫から自分自身を解放することができないだろう。

謝辞

セマンティック・トランスコーディング・プロジェクトは筆者と慶応大 SFC の学生との共同研究である。参加者の細谷真吾氏、川喜田佑介氏、有賀征爾氏、白井良成氏に感謝します。また、ビデオアノテーションエディターの音声認識部については、IBM 東京基礎研究所の西村雅史氏と伊東伸泰氏、言語解析と翻訳トランスコーダーについては、同研究所の渡辺日出雄氏、アノテーションエディターの HTML 解析部については、同研究所の近藤豪氏、音声トランスコーダーについては、同研究所の鳥原信一氏に協力していただきました。さらに、言語的アノテーションに関しては、GDA プロジェクトと連携して行なわれています。プロジェクトリーダーの電総研の橋田浩一氏には、常に議論の相手をしていただいています。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- [1] A. Amir, S. Srinivasan, D. Ponceleon, and D. Petkovic. CueVideo: Automated indexing of video for searching and browsing. In Proceedings of SI-GIR'99. 1999.
- [2] Koiti Hasida et al. Global Document Annotation.
<http://www.etl.go.jp/etl/nl/gda/>.
- [3] Masahiro Hori et al. Annotation-based Web Content Transcoding. In Proceedings of the Ninth International WWW Conference (to appear). 2000.

- [4] IBM Almaden Research Center. Web Intermediaries (WBI).
<http://www.almaden.ibm.com/cs/wsi/>.
- [5] Japan Electronic Dictionary Research Institute. Electronic Dictionary.
http://www.iiijnet.or.jp/edr/J_index.html.
- [6] Hiroshi Maruyama, Kent Tamura, and Naohiko Uramoto. XML and Java: Developing Web applications. Addison-Wesley, 1999.
- [7] Moving Picture Experts Group (MPEG). MPEG-7 Context and Objectives.
<http://drogo.cselt.stet.it/mpeg/standards/mpeg-7/mpeg-7.htm>.
- [8] Katashi Nagao et al. Semantic Transcoding: Making the World Wide Web more understandable and reusable by external annotations. TRL Research Report. IBM Tokyo Research Laboratory, 2000.
- [9] Katashi Nagao and Koiti Hasida. Automatic text summarization based on the Global Document Annotation. In Proceedings of COLING-ACL'98. 1998.
- [10] Martin Roscheisen, Christian Mogensen, and Terry Winograd. Shared Web annotations as a platform for third-party value-added information providers: Architecture, protocols, and usage examples. Technical Report CSDTR/DLTR. Computer Science Department, Stanford University, 1995.
- [11] Matthew A. Schickler, Murray S. Mazer, and Charles Brooks. Pan-browser support for annotations and other meta-information on the World Wide Web. Computer Networks and ISDN Systems. Vol. 28, 1996.
- [12] John R. Smith. VideoZoom: Spatio-temporal video browser. IEEE Trans. Multimedia. Vol. 1, No. 2, pp. 157-171, 1999.
- [13] Michael A. Smith and Takeo Kanade. Video skimming for quick browsing based on audio and image characterization. Technical Report CMU-CS-95-186. School of Computer Science, Carnegie Mellon University, 1995.
- [14] Hideo Watanabe. A method for abstracting newspaper articles by using surface clues. In Proceedings of the Sixteenth International Conference on Computational Linguistics (COLING-96), pp. 974-979, 1996.
- [15] Hideo Watanabe. Linguistic Annotation Language: The markup language for assisting NLP programs. TRL Research Report RT0334. IBM Tokyo Research Laboratory, 1999.
- [16] World Wide Web Consortium. Extensible Markup Language.
<http://www.w3.org/TR/PR-xml-971208>.

3.4 デジタル映像に関わる動向

3.4.1 デジタル映像の歴史

デジタル映像の歴史は、まさにコンピュータの発展と共にあったと言え、コンピュータの処理能力の向上に従い、コンピュータグラフィックス（以下、CG）で作り出される映像もますますきれいになり、現実感を増してきている。そして、現在 CG の最も活躍している場といえば、映画の特撮シーンである。本章では、CG とコンピュータの歴史、および特撮映画との関係について、10 年区切りで述べていく。

3.4.1.1 1950 年代—黎明の時代

1945 年にアメリカのペンシルバニア大学で、真空管を 18000 本ほど使用した世界初のデジタルコンピュータ「ENIAC」が誕生した。その後、コンピュータが飛躍的な発展を遂げたきっかけになったのは、1947 年のトランジスタの発明であり、1955 年には最初のトランジスタ計算機 TRADIC が誕生した。トランジスタの発明以降、半導体は IC から LSI、VLSI へと進化し、その集積度は着実に上がっていく。

1950 年代のアメリカの国防計画 SAGE プロジェクトには、現在の CG の要素技術が数多く含まれており、例えばターゲットを映し出すための CRT や、ライトペンなどが挙げられる。CG の父と称される Sutherland が MIT の博士課程の研究にて、これら 2 つのデバイスを用いた対話的 CG システム、「SketchPad」を発表した（1963）ことが、CG の歴史の始まりと言われている。当時の計算機へのデータ入力はバッチ処理がほとんどで、SketchPad のように計算機に対話性を持たせることは画期的な考え方であった。また、対話的 CG という言葉が CAD と同義語のように使われ、その可能性に非常に注目が集められていた。

一方、怪獣などを登場させる特撮映画では、ストップモーションによる手法が主流であった。例えば、時代は少し古くなるが「キングコング」（1933）や、「シンドバッドの冒険」（1958）などが、その例として挙げられる。これらの特撮シーンでは、ミニチュアのキングコングや骸骨を 1 コマずつ少しだけ動かして撮影していき、動画を制作していった。コンピュータが映画の世界に入り込まない時代の、非常に根気のいる特撮技法である。

3.4.1.2 1960 年代—基礎技術確立の時代

1960 年代の前半までは、CG イコール CAD であり、CG とはコンピュータによる図形処理という 1 つの技術にすぎなかった。Sutherland は、1965 年の IFIP（国際情報処理連盟）の会議で「CG における 10 の未解決問題」という論文を発表し、CG の発展方向を示唆した。この問題は、CG の基礎技術の研究テーマになった。その後、CAD と CG はそれぞれ応用する分野に違いが現れ、次第に別個のものとして扱われるようになる。すなわち CAD は製造業で

のツールとなり、CG は放送や映画、娯楽などの分野でのツールとなっていたのである。ただし、この時代においては、CAD の活発な技術開発とは対照的に、CG の発展はさほど目立ってはいない。ラインプリンタに文字の濃淡を用いて人の似顔絵などを打ち出すコンピュータアートはあったが、現在のような CG の応用分野は確立されていなかった。一方、「CG における 10 の未解決問題」で提示された隠線消去の問題は、当時 XY プロッタやベクトルスキャン・ディスプレイが出力デバイスとして主流であったことと、CAD における不可欠な技術であったため、盛んに研究された。

映画のほうに目を向けてみると、1954 年は世界的に有名な「ゴジラ」がスクリーンに誕生した年である。特撮で有名な「円谷プロ」は、その後、1960 年代に数々の怪獣映画を生み出していった。1961 年にはザ・ピーナッツの唄で有名な「モスラ」が誕生し、1966 年には「ウルトラマン」がお茶の間に登場する。そして、「ウルトラマン」のような巨大なヒーローから、やがて等身大の変身するヒーロー「仮面ライダー」が誕生する。このように、この時代の日本の特撮は、着ぐるみ怪獣や着ぐるみ怪人が全盛であり、背中にファスナーが見えようが、怪獣の首にのぞき穴があろうが、ほとんど気にされることなく、やり過ごされていた。これらの怪獣映画も、30 年以上経った現在では CG を駆使して制作されている。

3.4.1.3 1970 年代—発展実用化の時代

1970 年代になると、CG の研究は急速に進んでいった。そのきっかけとなったのが、1968 年に Sutherland が Evans に誘われて Utah 大学に移ったことである。Utah 大学で Sutherland が目指したテーマは、より現実感のある 3 次元映像の生成法であった。これには、ディスプレイ、特に半導体の技術革新が大きく影響を及ぼしている。すなわち、従来のベクトルスキャン・ディスプレイに代わるラスタスキャン・ディスプレイが登場したことが、その後の CG 研究の大きな要因となった。これにより、面の塗りつぶしが可能になり、隠面消去と陰影付けが実現できるようになったのである。

Sutherland らは、フライトシミュレータを CG 研究の応用分野と想定していた。一方、ソ連がスプートニクを打ち上げたことにアメリカ政府は非常に危機感を感じており、すべての軍事分野へ惜しみなく研究費をつぎこんだ。CG はコンピュータのインターフェイス技術の研究として位置付けられており、実際に Utah 大学もアメリカ国防省の ARPA の援助を受けていた。このような指導者や資金などの環境面での充実が、Utah 大学に多くの研究者を引き付ける力となり、H. Gouraud (グーロシェーディング)、B. T. Phong (フォンシェーディング)、J. Clark (シリコングラフィックス社、Netscape 社創立)、J. Warnock (Adobe 社創立)、E. Catmull (Pixar 社設立)、J. Blinn (NASA での惑星の CG)、A. Kay (ダイナブック、Alto、Macintosh)、J. Kajiya (毛皮の表現) など、その後の CG 界をリードする人材が集まっていた。

この年代に研究された、より現実感のある 3 次元画像の生成技術としては、隠面消去、拡散反射面や鏡面反射面のシェーディングモデル、多面体近似された曲面を滑らかに陰影

付けするためのスムーズシェーディング、そしてテクスチャマッピングなどが挙げられ、今日の CG ではごく当たり前に使われている基礎技術となっている。中でも 1974 年に E. Catmull が考案した Z バッファ法は、現在ではビデオゲームなどのリアルタイム CG に応用されている。しかし、Utah 大学の研究グループの関心は、その後アニメーションの基礎研究に移行していき、スポンサである国防省と意見が対立し、1974 年に研究グループは解散してしまう。

Utah 大学の研究グループが解散した年に、ニューヨーク工科大学 (NYIT) に CG ラボが設立され、Utah 大学の多くの研究者がここに移った。1975 年には、E. Catmull が CG ラボの主任になり、アニメーションの研究を進めた。その後、Xerox PARC でペイントシステムの開発をしていた A. R. Smith も NYIT へ移り、アニメーションの研究が本格化され、テレビ番組の制作なども始められた。NYIT のアニメーション作品は、アメリカで開催される CG の国際会議である SIGGRAPH のビデオショーにて公開され、CG 映像の人気を高めた。この頃から、MAGI (1968)、Robert Abel and Associates (1971)、III (1972) などの CG 制作を行う会社が設立され始めた。

一方、1977 年に公開された「スターウォーズ」では、コンピュータが映画の世界で積極的に活用されている。それは、モーションコントロールカメラと呼ばれるコンピュータで制御されるカメラで、繰り返し撮影や素早いカメラ移動でのブレをなくすことを可能にした。この年代では、コンピュータは映画の前面に出ることなく、あくまで裏方としての映像制作のツールの役割を果たしていた。

3.4.1.4 1980 年代—ダウンサイジングの時代

この年代になると LSI の集積度の上昇に従ってメモリの価格が下がり、高嶺の花であったラスタスキャン・ディスプレイが急速に普及し始めた。一方では、マイクロプロセッサを使ったパーソナルコンピュータ（当時はマイコンと呼んでいた）が、一部のマニアの間でもてはやされるようになる。PET (Commodore 社、1977)、TRS-80 (TRS 社、1977)、Apple II (Apple 社、1977) の 3 機種がマイコン御三家と呼ばれていたが、その利用目的はあくまでも趣味の領域であった。その後、1981 年に IBM-PC が登場してから、一般ユーザも PC へ注目するようになる。IBM-PC の爆発的なヒットが呼び水となり、各社がこぞって PC 市場に参入してきたが、革命をもたらしたのは、GUI を取り入れた Apple 社の Lisa (1983) および Macintosh (1984) であった。

一方、ワークステーションは 1970 年代から Xerox の PARC にて研究されてきていたが、本格的に商品化が行われたのは、マイクロプロセッサの生産が軌道に乗ったこの年代であり、Apollo Domain (1980)、Xerox STAR (1981)、SUN-1 (1982) などが代表として挙げられる。また、1982 年には、CG 界のリーダー的存在であるシリコングラフィックス社が設立され、最初の 3 次元 CG ワークステーション「アイリス 1000」を開発している。

このように、CG の研究環境はメインフレームコンピュータから、ワークステーション、

PC へと次第にダウンサイジングしていった。それに伴い、テレビのコマーシャルや映画の特撮シーンにも CG が積極的に取り入れられるようになり、画像生成の技術もさらに高度なものが求められるようになる。この年代に研究されたテーマとしては、レイトレーシング、ラジオシティ法、フラクタル、ボリウムレンダリング、テクスチャの生成などがあげられ、いずれも生成される画像のリアリティを追求する技術である。

初めて映画へ本格的に CG を応用した作品は「トロン」(ウォルト・ディズニー、1982)であり、CG を利用したシーンは 15 分ほどであった。残念ながら、この映画は一般の人々の興味を引くほどではなかったが、CG の存在価値を知らせるという役割を果たした。その後、Cranston Csurí Production (1980)、Pacific Data Image (1984)、PIXAR (1986)、Rhythm & Hues などの CG プロダクションが次々と設立され、日本でも JCGL やトーヨーリンクスなどが設立された。

いくつかのプロダクションはその後消滅していったが、現在も生き残り、かつ CG 研究者の間でも一目置かれているのが PIXAR 社である。同社は、Apple 社の創設者 S. Jobs を会長に迎え、NYIT からルーカスフィルムに移った E. Catmull や A. Smith らが独立して創設した会社であり、高品質な CG 映像を作ることでも有名になった。PIXAR 社が、毎年夏に開催される SIGGRAPH のビデオショーにて上映した短編 CG アニメである、Luxo Jr. (1986)、Red's Dream (1987)、TinToy (1988)、Knick Knack (1989) などの作品は、CG プロダクションに多大な影響を与え、このうちの TinToy はアカデミー賞を受賞している。その後、ディズニーと協力して、全編 CG で作成した映画「Toy's Story」を発表した。

3.4.1.5 1990 年代—バブルの時代

1990 年代に入ると、マイクロソフトの WINDOWS が登場した事も手伝って、CG の制作環境は、一部のハイエンドシステムを除いて、ほとんど PC ベースの環境へと移行している。また、ネットワーク環境を駆使した、分散処理による制作のスループット向上も試みられている。

CG プロダクションが経営を維持するために従事した仕事は、テレビの CM 制作であった。1980 年代には斬新な CM が数多く作られ、お茶の間に次第に CG が浸透していく。その後、番組のタイトル作成や天気予報、選挙速報、災害や事故の解説など、CG の活躍の場は爆発的に拡大していった。そして、1990 年代には、CG はもう日常的なものとして人々のなかに溶け込んでいった。

一方映画に目を向けると、1980 年の後半から、特撮と言えば CG と言われるほどになっている。参考に、表 1 に CG の使われている映画のタイトル一覧を挙げておく。

現在の映画における CG の利用形態は、以下の 4 つに大きく分類される。

1) ノンリニア編集・デジタル合成用の CG

ハードディスクに記録された映像を編集したり、スタントマンをつるしたワイヤー

を消したり、いくつかのレイヤーに分けられた映像を合成したりする作業である。

「フォレスト・ガンプ」では、負傷した兵士の足を消したり、過去の人物と現代の俳優を合成するなどの数々のデジタル合成を成功させている。

2) 背景用の CG

再現の困難な自然現象を、CG でシミュレーションして作成する。例えば、竜巻や、津波、火事、火山の噴火など、最近流行の災害映画によく見られるシーンである。

3) キャラクター用の CG

着ぐるみ怪獣をデジタル怪獣に置き換えて仮想空間に配置し、実写との合成をする。または、何千人というエキストラを雇う費用を削減するため、数名のエキストラを複数コピーして配置し群集を表現する。また、調教の難しい動物を CG で表現し、しゃべらせたり笑わせたりする。

4) 大道具・小道具用の CG

飛来する宇宙船や建物、チャーターにお金のかかる軍用機やミサイルなどの、作品を盛り上げる道具たちを、CG で作成する。

以上のように、1990 年代はまさに CG バブルの時代であった。CG で表現できないものがあるとしたら、それは人間の頭の中で想像できないものであるとまで言われているが、一番困難なものは、実は一番身近にいる人間なのである。人間の肌の質感、表情の豊かさ、髪の毛の柔らかさ、複雑な身のこなし、どれをとっても未解決の問題として残されている。これが解決したら俳優は不要になるという意見を持つ人もいるが、それは考え過ぎである。人は人に感動するのである。CG はそれをバックアップする手段であるに過ぎない、あくまでも脇役なのである。

一方、アニメーション映画における CG の利用は、ディズニーの「美女と野獣」や「アラジン」、「バグズライフ」、スタジオジブリの「もののけ姫」や「となりの山田君」などで盛んに行われており、かなりの成功を収めている。今後、この分野における CG の利用は、確実に増えていくことだろう。

表 3.4-1 CG の使われている映画のタイトル (抜粋)

映画タイトル	公開年	CG の主な使用箇所	
ウェストワールド	1973	ロボットのガンマンからの視野をモザイクで表現	
未来世界	1976	クローン人間の生成過程	
トロン	1982	コンピュータ内の世界、バイク	
スタートレック 2 / カーンの逆襲	1982	ジェネシス計画 (炎に包まれる惑星)	
スターウォーズ / ジェダイの復讐	1983	デススターのワイヤーフレームモデル	
スターファイター	1984	宇宙船、惑星	
ヤングシャーロック/ピラミッドの謎	1985	スタンドグラスの騎士	
ウィロー	1988	モーフィングによる変身	
ロジャーラビット	1988	実写とアニメの融合	★
インディ・ジョーンズ / 最後の聖戦	1989	人間のミイラ化	
アビス	1989	知性をもつ海水 (先端部が顔に変形)	★
レッドオクトーバーを追え	1990	スクリーによる海水のかく乱、マリンスノー	
ダイハード 2	1990	マット合成	
トータルリコール	1990	X線セキュリティシステム	★
ロボコップ 2	1990	モニター内の顔	
プレデター 2	1990	エイリアンの表現	
ターミネーター 2	1991	液体金属 T1000	★
美女と野獣	1991	CG セットとセルアニメの融合	
アラジン	1992	マジックカーペット	
ジュラシックパーク	1993	恐竜	★
クリフハンガー	1993	転落シーンでのワイヤー除去	
トゥルーライズ	1994	ミサイルの発射	
マスク	1994	実写の顔をアニメーションのように変形	
フォレスト・ガンプ	1994	過去の人物との競演	★
ライオンキング	1994	ヌーの大群	
ベイブ	1995	しゃべる豚	★
アポロ 13	1995	アポロ 13 号打ち上げ	
ジュマンジ	1995	サルなどの動物の毛	
キャスパー	1995	半透明なオバケ	
トイストーリー	1995	全編 CG	
ミッションインポッシブル	1996	トンネル内のバーチャルセット	
インディペンデンスデイ	1996	飛来する UFO 群	★
ロストワールド	1997	恐竜	
もののけ姫	1997	ディダラボッチ、たたり神	
メインブラック	1997	各種クリーチャー	
フィフスエレメント	1997	エアカー	
タイタニック	1997	甲板上のバーチャルヒューマン	★
ディープインパクト	1998	惑星衝突による津波	
奇蹟の輝き	1998	油絵タッチの背景	★
マイティ・ジョーヤング	1999	ゴリラの毛の動き	
スターウォーズ・エピソード 1	1999	宇宙船、クリーチャーの戦闘など	
マトリックス	1999	弾丸をよけるシーンなど	
スチュアート・リトル	1999	リアルなネズミ	

★はアカデミー賞ビジュアルエフェクツ部門賞受賞作

3.4.2 デジタル映像産業の現状

本章では、デジタル映像産業の現状について、デジタル映像技術の応用領域や米国との比較に重点を置いて述べる。

3.4.2.1 デジタル映像技術の応用領域の拡大

デジタル映像技術の応用領域のなかで、第1章で振り返ったような映画における応用が一番華やかで、人目を引くものであることは明らかである。では、他の領域ではどのようなものが挙げられるであろうか、以下に各事項について簡単に触れる。いずれも映像的には地味ではあるが、大変重要な領域であることは間違いない。

3.4.2.1.1 見えないものを映像化する

物体から発せられた光が網膜に結像されて、我々は物体を見ている。したがって、ビル周囲での風の動きや、車体にかかる衝撃力、シリンダー内の燃料の流れなどは、直接見ることはできない。このような、人間の目では見ることでできないものをコンピュータ処理することにより映像化する技術を、ビジュアライゼーション（可視化）と呼んでいる。ビジュアライゼーションとは、例えば、衝撃力の強さを数段階に分けて色分けして表示するなど、数値データを映像化することである。この技術は、エンジニアリングの領域において、不可欠な技術となっている。

3.4.2.1.2 仮想空間の構築

仮想空間（VR）の構築には、デジタル映像の技術だけではなく、各種デバイスの技術的發展が不可欠である。仮想空間の構成要素は、人からの反応を受け取るセンサー、センサーに入力されたデータを解析し仮想空間内でのふるまいを計算するシミュレータ、シミュレータの結果を人へ出力するディスプレイの3要素がある。デジタル映像技術は、主に、シミュレータの結果を画像化し、ヘッドマウントディスプレイなどに出力する部分に応用されている。

仮想空間の構築は、人が介在するのが危険な場所（例えば事故の起きた原子力発電所内）での作業を遠隔操作したり、建築前の建物内部を検証するなどの応用が考えられる。

3.4.2.1.3 映像シミュレーション

映像シミュレーションとは、設計段階の建築物を建設予定地の実写画像に合成したり、整形手術後の想定形状を作成するなど、さまざまな検証をする目的で行われる、映像によるシミュレーションを指す。応用分野としては、前述の建築や医療分野だけではなく、戦場のシミュレーションや、再現の困難な事故（飛行機事故や列車事故など）の原因解明なども挙げられる。

3.4.2.2 アメリカとの比較

アメリカと日本におけるデジタル映像産業の比較をしてみると、アメリカは映画産業、日本はビデオゲーム産業が中心となっていることは自明である。

アメリカの映画産業は、現在ハリウッドが中心となっている。ハリウッドにおける映画制作は非常にシステマチックに行われており、ほとんどの映画会社では、「Movie Magic」という映画製作のマネジメントソフトウェアで、映画制作を管理している。このソフトウェアは、シナリオを指定すると、シーンの過不足を提示したり、予算を概算して俳優を選定するなどといった作業をしてくれる。ハリウッドでは、俳優や映画スタッフの能力や賃金などのデータベース化がかなり進んでおり、予算組みも非常にクリアにされている。このあたりが、いわゆるどんぶり勘定で運営されている日本の映画産業と一線を画している部分であろう。日本の映画産業の建て直しを考えた場合、予算管理の見直しから始めるべきであろう。

一方、ハリウッドの映画産業で働くスタッフの人件費の高騰などの理由から、21世紀には、主な映画会社がオーストラリアにスタジオを移転する計画が進行中である。この傾向は、日本のアニメ産業が、コスト削減のためアジアへ進出したことに、よく似ている。

デジタル映像で日本が世界的に勝っているのが、ビデオゲーム産業である。これには、任天堂やソニー、セガといった家庭用ゲーム機のハードウェアメーカーと、スクウェアやナムコ、コナミといったコンテンツメーカーの両輪が、うまく歩調を合わせて進んできたことが大きい。また、昨年では、任天堂のビデオゲームから登場した「ポケモン」が、日本だけでなく、アメリカの子供にも絶大な人気を得た。

全体的に見て、アメリカのデジタル映像技術の圧倒的な優位性は否定できないが、その理由としては、以下のようなことが考えられる。

(1) 映像産業の規模の違い

アメリカでは、娯楽としての映画の地位は確固たるものであり、映画産業の規模は日本のものとは比較にならない。したがって、最新の映像制作に用いられているデジタル映像技術の需要は高く、研究資金の面ばかりでなく、学生の就職先としても有望であるため、研究者およびクリエイタの裾野がひろい。

(2) CG教育の普及の高さ

(1) で述べたことに起因して、アメリカの大学における CG 教育の充実ぶりには目を見張るものがある。アメリカにおける CG のコースを持った大学はすでに 400 近くあるのに比べて、日本では CG の基礎を学べる大学は少なく、その大多数は工学部に設置されている。また、映像制作にかかわるクリエイタの育成機関は専門学校がほとんどであるが、最近では、芸術系の大学において CG の基礎から応用まで教育するコースを設置するところが増えてきており、工学系の知識を持ち合わせたクリエイタの育成が行われ始めている。

(3) 人材の流動性

デジタル映像の分野に限ったことではないが、経験豊富な研究者やクリエイタのいる

機関に、有能な人材が集中する傾向にある。また、デジタル映像の分野では、高性能な映像装置やコンピュータが要求されるので、企業からの援助を受け易い実績のある大学や成長企業に人材は集中する。アメリカでは、有能な研究者やクリエイターが容易にこのような組織に移籍するので、新技術が一気に開花することも珍しくない。日本でも、企業のみならず学術機関での人材の流動性を高くし、組織の活性化を早急に図るべきであろう。

3.4.2.3 CGの最新技術の動向

最近のCGの研究動向は、以前と比較して実用に直結した研究が目立ってきている。このことは、映像産業への技術応用の要求が高いことが大きな要因のひとつであろう。最近では、以下のような研究項目が注目されている。

(1) イメージベースモデリング&レンダリング

1995年に米国アップル社が発表したQuickTime VRの技術に端を発する、実写画像をもとにしたモデリングおよび画像生成法である。QuickTime VRでは、複数の視点の異なる2次元画像からパノラマ画像を作り、仮想空間内をウォークスルーしたり、3次元モデル化された商品をさまざまな視点から見る事が可能である。また、コンピュータビジョンの技術を応用して、複数枚の写真から建築物のような大きな物体を3次元モデル化する手法や、1枚の画像から奥行きのある擬似3次元空間を構築しフライスルーする手法などがある。映像コンテンツを制作する場合、すべての物体をモデリングするのは非常に手間のかかる作業であるため、実写画像から比較的容易に3次元モデルを構築できるこれらの手法は、今後大きな注目を浴びると予想される。

(2) ノンフォトリアリスティック・レンダリング

光学などの物理法則に基づいた現実感のある画像生成手法は、フォトリアリスティックレンダリングと呼ばれる。一方最近では、油絵や水彩画タッチ、ペンタッチの画像生成手法や、セルアニメーションをCG手法で実現する手法などが多数報告されており、これらの手法は前述のフォトリアリスティックレンダリングの反語として、ノン・フォトリアリスティックレンダリングと呼ばれる。一例として、「もののけ姫」では、手書きのセル画とCGで作成したキャラクター（タタリ神など）を違和感なく合成するために、CGキャラクターをセル画タッチに変換する手法が用いられている。

(3) サーフェイス簡略化

表示したい形状モデルを、画面に表示される大きさなどに応じて、モデルデータの精度を変化させる手法である。例えば、牛のモデルを画面に表示する場合、近くで

草を食べている牛は細かいモデルでないと不都合が生じるが、遠くで放牧されている牛はかなり粗い形状データで表現しても、見た目にはさほど影響はない。この手法は、例えば、インターネット上でのデータ配信や、リアルタイムでの形状データの表示など、CG の実用レベルで重要な技術である。

3.4.3 デジタル映像産業の発展のために

以上では、デジタル産業の歴史と現状について述べたが、つづいて、デジタル映像産業の将来について触れてみたい。

3.4.3.1 フルデジタル化へ向かう映像産業

デジタル化の波は映画産業にも及び始めている。フィルムを主メディアとした、現状の撮影から上映までのプロセスを、すべてデジタル化しようという試みがすでに始まっている。撮影に関しては、フィルム撮影が CCD カメラによるデジタルデータの記録に置き換わりつつある。撮影されたシーンの編集では、コンピュータによるノンリニア編集作業が数多くのプロダクションで行われている。また、特殊効果や映像合成では、CG 技術がすでに幅広く使われている。出来上がった映像作品は、圧縮、暗号化され、衛星通信や光ファイバーネットワークなどを介して、各劇場へと配信される。配信先では、受信したデータの解読、伸長処理が行われ、高解像度・高輝度のプロジェクタによりスクリーンへと投影される。

このようなフルデジタル化された映画では、映像の品質管理・維持、フィルムの複製作業に伴うコストの削減、配給費用の削減、海賊版の防止、世界同時封切り、劇場ごとの柔軟な上映スケジュールなど、制作者、興行者、観客すべてにとってメリットが数多くある。

3.4.3.2 日本のデジタル映像産業の将来

アメリカに大きく水をあけられている感の強いデジタル映像産業であるが、日本がどのような分野でアメリカに優位性を示すことができるであろうか。現状では、ビデオゲームの分野が最有力であるが、楽観視はできない。ソニーが「プレイステーション」（以下、PS）を全世界で 7000 万台以上販売し、後継機の「PS2」を先日（平成 12 年 3 月 4 日）発売したばかりである。PS2 に限らず、セガの「ドリームキャスト」などの家庭用ゲーム機は、単なるゲーム機という位置付けではなく、ネットワークの接続端末としても機能する。マイクロソフトは、この分野に乗り出すべく、「X-BOX」という名称の家庭用ゲーム機を発表した。このことにより、PC 向けのビデオゲームを作成している数多くのソフトウェアメーカーが、一気にこの市場に参入することは間違いなく、日本のゲームソフトメーカーとの混戦が予想される。

ビデオゲーム以外で今後期待される分野としては、WEB 上でのコンテンツ制作、デジタル放送に向けての映像制作、福祉への応用など挙げられる。WEB 上でのコンテンツ制作では、インターネット上での電子商取引の爆発的な拡大に伴い、商品のディスプレイや機能説明の映像などを、ネット上に電子的に展開していく必要がある。デジタル放送に向けての映像制作では、番組制作にかかるコスト削減の観点から、効率のよい映像コンテンツの制作、そのための映像素材のアーカイブなど、映像制作のためのインフラ技術の整備が必要となるであろう。また、高齢社会を迎える日本では、福祉への応用は無視できない。例えば、外出できない方のためにディスプレイ上で自由に鑑賞できる電子美術館や、リハビリテーション目的の映像コンテンツの制作、手話を仲立ちしてくれる CG キャラクタなど、今後の研究開発が期待される。

3.4.4 あとがき

デジタル映像に関わる動向と題して、デジタル映像の歴史とデジタル映像産業の現状、およびその将来像について述べてきた。

将来の日本の産業界はコンテンツ産業に負うところが多くなるであろうことは、いろいろなところで言われている。そのためには、技術の向上を推進するだけでは不十分で、ビデオゲームや CG アニメーションなど、コンテンツ制作に携わる人材の育成基盤の確立や地位の向上なくしては、日本の未来は明るくはない。コンテンツ産業におけるインターンシップ制度や、技術者とクリエイタとのコラボレーションの場の提供およびコンサルティング、クリエイタの著作権保護など、社会全体の仕組みを早急に整える必要がある。

3.5 Web データ収集の現状と課題

本節では、WWW サーバ上のデータを例として取り上げ大規模なデータを高速に収集する手法の現状と今後の課題を明らかにする。特に、WWW はインターネットの一般市民への浸透に伴って急速に広まっており、WWW を通して世界中に分散するデータを巨大データベースとして活用できれば、その経済的効果は莫大なものになると推測される。

3.5.1 インターネットとWWWの発展

インターネットに接続するコンピュータ台数（ホスト数）は、米国 Internet Software Consortium (<http://www.isc.org/>) が半年毎に公表しているデータによれば、2000 年 1 月現在で約 7200 万台である。また、英国 Netcraft 社(<http://www.netcraft.co.uk/>)が毎月公表しているデータによれば、WWW サーバ数は 2000 年 1 月現在で 995 万台であり、全ホストの約 14%が WWW サーバとして情報を発信していることになる。図 3.5-1 に半年毎のインターネット接続ホスト台数と WWW サーバ数の推移を示す。また、インターネットに接続するホスト数、ドメイン数、WWW サーバ数の毎年の増加率（前年比）を図 3.5-2 に示す。なお、ドメイン数は、edu, com, gov, mil, org, int, net で終わるドメインについては第二レベルで、それ以外のドメインは第三レベルで計算した。

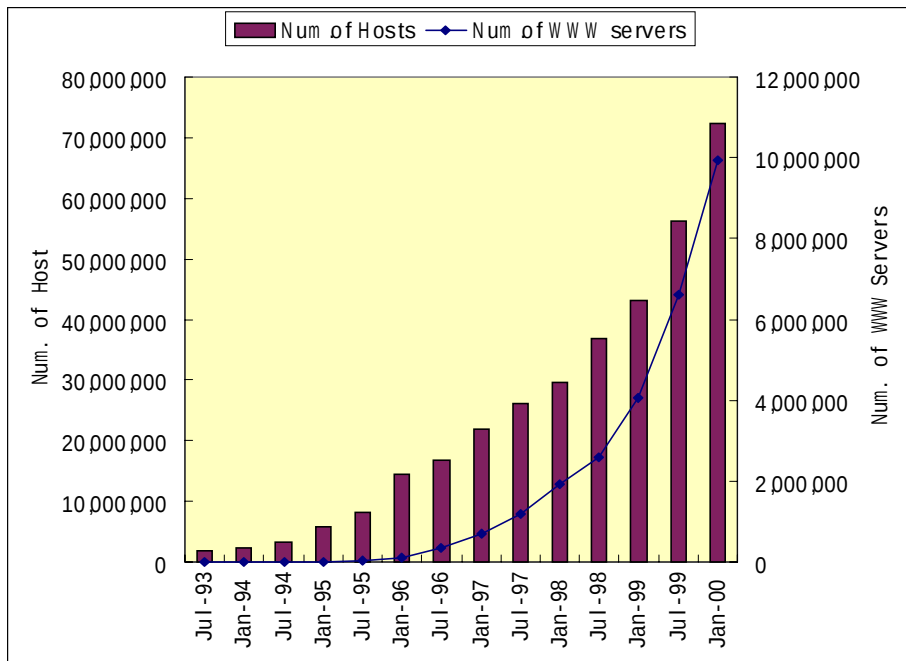


図 3.5-1 インターネットに接続するホスト数と WWW サーバ数の推移

(米国 Internet Software Consortium, 英国 Netcraft 社が公表するデータを元に作成)

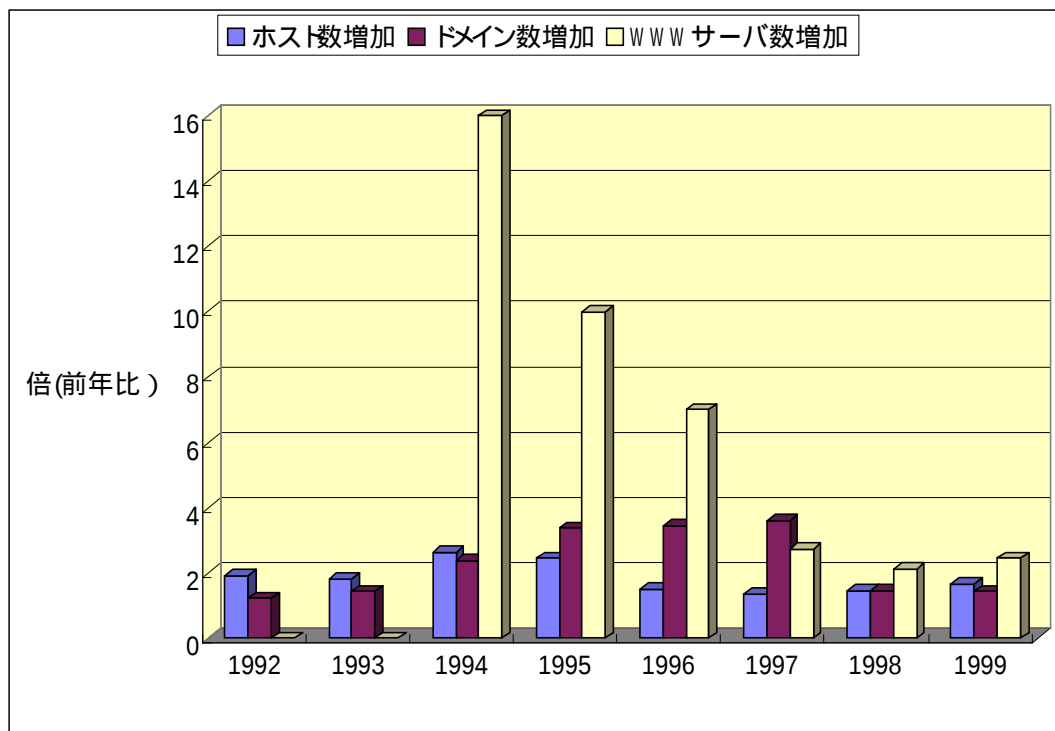


図 3.5-2 ホスト数, ドメイン数, WWWサーバ数の毎年の増加率

(米国 Internet Software Consortium, 英国 Netcraft 社が公表するデータを元に作成)

1994年にWWWサーバ数が急増したのは、この年にNetscapeのバージョン1の公開に伴って急激にユーザ層が広がり、それに伴ってデータを発信するWWWサーバ数が増加したためだと考えられる。その後、WWWサーバ数の増加率は減少したが、1998、1999年とほぼ前年比2倍で推移している。一方、ホスト数及びドメイン数の増加は1998年、1999年とほぼ前年比1.5倍で推移している。

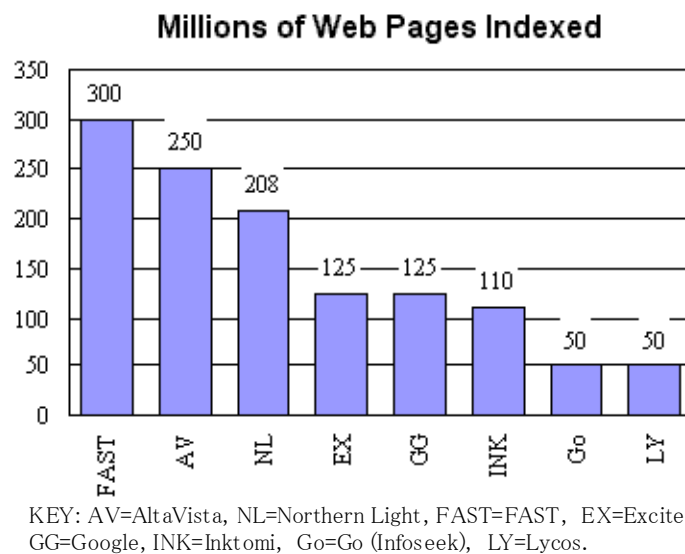
3.5.2 WWW情報検索サービスの動向とWWWサーバから発信されるデータ量

NEC北米研究所のSteve Lawrenceらの統計的調査によれば、1999年2月現在のWWWサーバから発信されるデータ量は約8億ページと推測される[1]。テキストファイルのみのデータ量は15TB（タグ部分を除けば6TB）であり、平均18.7KB/page、メタタグを持つページが1ページ以上存在しているサーバ数は全体の34.2%、XML（Dublin Core）を用いているのは全体の0.3%であるとの結果が得られている。これらの推定の詳細は文献[1]に詳しいが、全体のページ数推定は、複数の検索サービスに対して同じQueryを送り、得られた検索結果の重複度から統計処理し算出している。また、各ページの平均の大きさ等は、実際に2500のWWWサーバのデータを収集し算出している。

1999年2月時点でのWWWサーバ数は、英国Netcraft社の調査によれば430万台であり、

430 万台であり 2000 年 1 月にはこれが 956 万台になっていることから推測すると、2000 年 1 月現在での Web ページ数は全世界で 17.8 億程度となる。

図 3.5-3 に、2000 年 1 月現在での有名な WWW 情報検索サービスサイトが収集している Web ページ数（各社の公表値）を示す。これからわかるように、現在最も多くのページを収集している FAST(<http://www.alltheweb.com/>)でも、3 億ページ（全体の約 18%）にとどまる。一方、1997 年末時点での Web ページ数は 3.2 億、この時点で最も多くのページを収集していたのは AltaVista の 1.2 億ページであり、全体の約 38%をカバーしていた。このように、年々 Web ページ全体に対するカバー率は低下の一途をたどっている。



Original: <http://searchenginewatch.com/reports/sizes.html>
(2000.1.17現在)

図 3.5-3 WWW情報検索サービスが収集し検索対象としている Web ページ数

3.5.3 Web ページ収集と問題点

Web ページは、一般的には Web ロボットと呼ばれるプログラムを使って収集する。収集の開始点となる URL を Web ロボットに渡すことにより、Web ロボットは、その開始点となる URL から http プロトコルを用いて順次リンクをたどり Web ページを収集する。

公開されているデータ (<http://info.webcrawler.com/mak/projects/robots/active/html/>) によれば、2000 年 1 月現在での Web ロボットの種類は 218 である。また、電子技術総合研究所 (<http://www.etl.go.jp>) へのアクセスログを元に調査したところ、常に 20 を越える Web ロボットが WWW サーバのデータ収集を毎日行っていることが判明した。さらに、電子技術総合研究所に対してアクセスのある Web ロボットを調査 (1999 年 7 月 12 日～

18 日) したところ、全アクセスの 37%が Web ロボットによるものであった。WIDE が集計した統計(<http://www.wide.ad.jp/>)によれば、http プロトコルは、全プロトコルの 70%程度を占めているため、電子技術総合研究所の WWW サーバへのロボットのアクセスが平均的なものであると仮定すると、「インターネットの約 4 分の 1 は Web ロボットが利用している」と推測することができる。

このように、①20 を越える Web ロボットが同一の WWW サーバのデータを収集するのは無駄である点、②インターネットの約 4 分の 1 を Web ロボットが利用している点、③WWW 情報検索サービスがデータとして持つ Web のページのカバー率が低下している点を考え合わせると、複数の WWW 情報検索サービスを提供するサイトが、個別にデータを収集せず協力して高速に集めるための仕組みの構築が重要なポイントとなる。

3.5.4 分散型WWWロボットによる収集実験[2][3]

図 3.5-4 に示す早稲田大学、京都大学、慶応大学、北陸先端科学技術大学院大学、大阪府立大学、シャープ、日本 IBM、電子技術総合研究所を中心としたグループでは、IPA 独創的事業研究開発テーマ（平成 10～11 年度）において、分散型 WWW ロボットによる実験を行っている。

1. Univ. of Tokyo		20 Universities
2. National Center for Science Information System		4 ISPs
3. JAIST(Japan Advanced Institute of Science and Technology)		3 Companies
4. NAIST(National Institute of Science and Technology)		3 Internet Organizations
5. Institute of Industrial Science, Univ. of Tokyo		2 National Laboratories
6. Gifu Univ.		
7. AFFRC(Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council		
8. Sharp Corp.	21. Osaka Prefecture Univ.	
9. Kyoto Univ.	22. Netwave Shikoku Co.Ltd.	
10. Electrotechnical Laboratory	23. TRY Network International Co.Ltd.	
11. Keio Univ.	24. NORTH(Network Organization for Research and Technology in Hokkaido)	
12. Kansai Univ.	25. Tohoku Internet Association	
13. Tokushima Univ.	26. NSK Internet Service Co.Ltd.	
14. Iwate Univ.	27. Waseda Univ.	
15. Tokyo Institute of Technology	28. IBM Tokyo Research Center	
16. Yokohama National Univ.	29. Intio Internet Service Co.Ltd.	
17. NTT Optical Netwok Systems Laboratory	30. Kyusyu Univ.	
18. Tsukuba Univ.	31. Hiroshima Univ.	
19. Ryukyu Univ.	32. Tokai Internet Exchange	
20. Nanzan Univ.		

図 3.5-4 分散型WWWロボット実験参加者（2000 年 1 月現在）

実験では、「国内（jp ドメイン）の WWW サーバの全ページ（テキストのみ）を 24 時間以内に収集する」ことを目標としている。

分散型 WWW ロボットの構成を図 3.5-5 に示す。分散型 WWW ロボットは、図に示すように

大きく PRSM (Public Robot Server Manager) と PRS (Public Robot Server) の2つから構成され、プログラムは Java により記述されている。PRSM は、個々のロボットである PRS 全体を管理する。すなわち PRSM は、PRS に対して担当 WWW サーバの分配、各 WWW サーバと PRS 間のデータ転送速度計測の指示を出す。PRS は、PRSM からの指示に基づき、データ収集、データ転送速度計測を行い PRSM に報告すると共に、PRS で新規に発見された WWW サーバについても PRSM に報告する。このようにして、PRS は PRSM からの指示に基づき各々互いに重複しない WWW サーバを担当し Web ページを収集する。収集されたデータは、最終的に図中の Search Service Server (SSS) に再配布することにより、検索サービスのための索引作成などを行う。

分散型 WWW ロボットでは、PRS と WWW サーバ間のデータ転送速度が、全体の収集時間を決定する大きな要因となる。このため PRS の分担では、各 PRS について、 $\sum_{(PRS \text{ が担当する } PRS \text{ サーバ全てについて})} ((PRS \text{ が担当している } WWW \text{ サーバ } x \text{ の総データ量}) \div (PRS \text{ と } WWW \text{ サーバ } x \text{ 間のデータ転送速度}))$ を PRS のデータ転送コストと定義し、データ転送コストが全ての PRS で均一になるようにするためのアルゴリズムを開発している[4]。

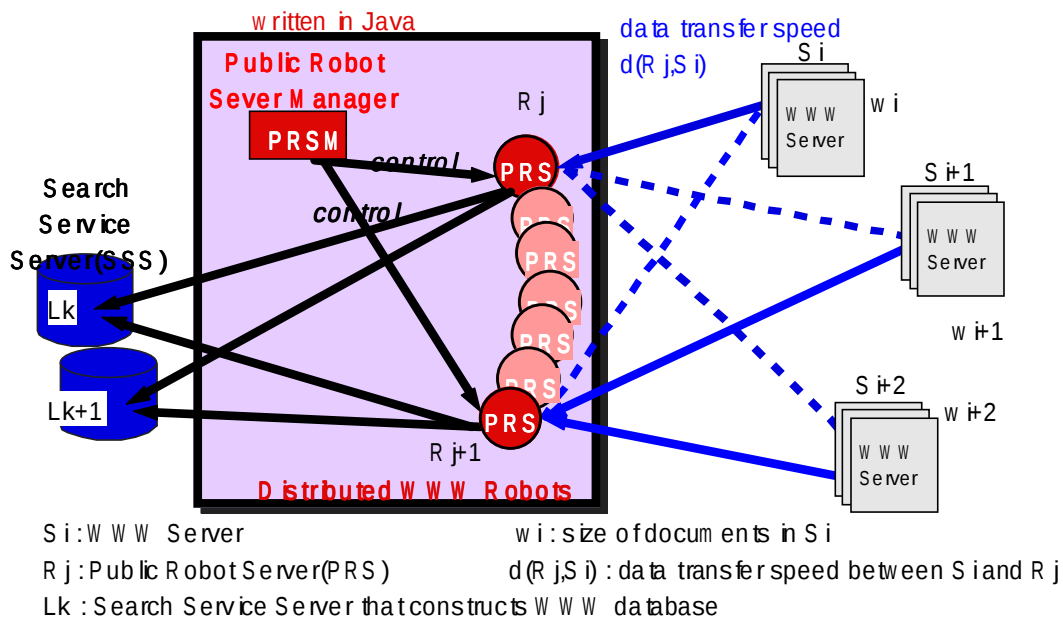


図 3.5-5 分散型WWWロボットの構成

予備実験では、7カ所（早稲田大学、慶応大学、京都大学、北陸先端科学技術大学院大学、大阪府立大学、シャープ、電子技術総合研究所）に PRS を設置し、103 の WWW サーバを対象にデータ収集を行った。データ収集は、インターネットに与える影響を小さくするために午前2時～午前8時の間に PRS³を動作させた。

³ 各 PRS では 100 スレッドを同時起動し異なる 100 個の WWW サーバに対して同時にアクセスを行った。

図 3.5-6 に、各 PRS が個別に収集した場合（個別収集）、担当 WWW サーバを負荷均等化アルゴリズムにより負荷を均等化させた場合（分散収集）、さらに負荷均等化アルゴリズムを使った場合の収集時間予測値（均等化予測値）、の 3 つの場合における収集時間（コスト）を示す。図に示すように、負荷均等化を行った分散収集を行うことで、7 分散時に 5.5 倍（慶応大学による単独収集を基準とした場合）～22 倍（電総研での単独収集を基準とした場合）の速度向上が得られた。

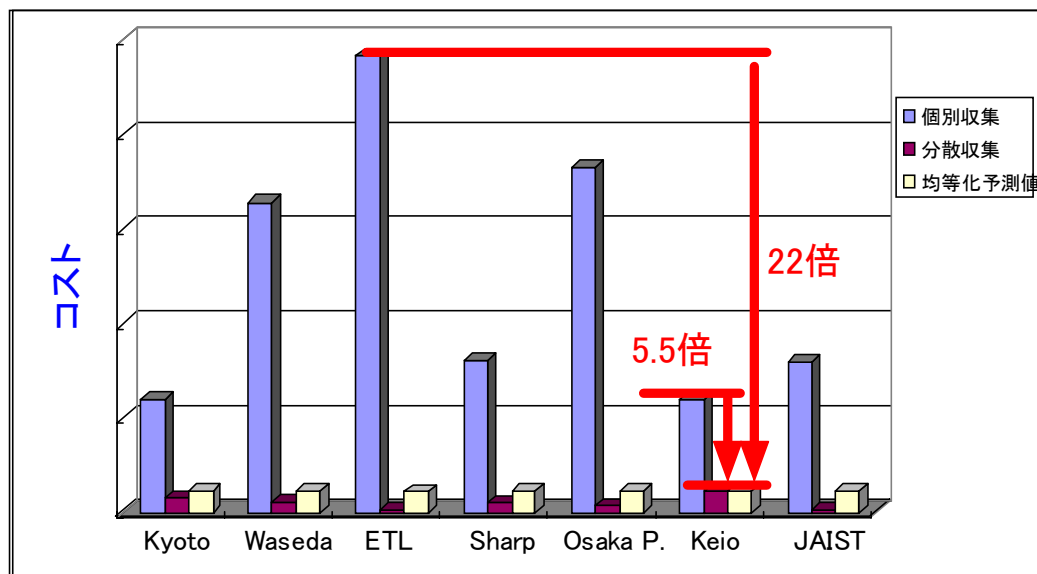
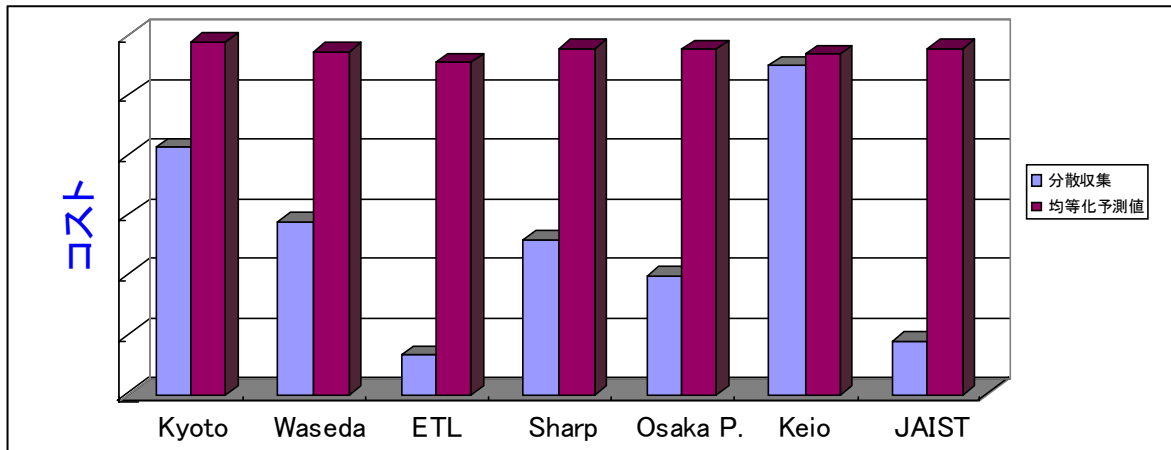


図 3.5-6 収集時間の比較（7 分散時）

一方、図 3.5-7 に示すように、負荷均等化アルゴリズムにより負荷を均等化させた場合の予測収集時間（コスト）と、実測値の間には 85% 程度の誤差が観測された。原因として考えられるのは①負荷均等化を行う際に用いた PRS～WWW サーバ間のデータ転送速度の値が祝前日の深夜の値を使った点と、②ネットワークあるいは WWW サーバの負荷の変動による点の 2 点である。前者については、さらに別の平日に収集実験を行うことにより、仮定が正しいことを検証した。すなわち、同じ平日であれば、実測値と計算値との誤差を 10% 程度に小さくできることを確認した。後者については、PRS 側のログを解析することにより、特定の WWW サーバに対して予測値と実測値が大きく異なる場合（最大 10 倍程度）があることが判明した。ただし、この原因が、ネットワークあるいは WWW サーバの何れにあるかについては現段階では特定できていない。

2000 年 2 月現在で、30 ヶ所に PRS を増やし jp ドメイン内の全 WWW サーバを対象に収集実験を継続しており、2000 年 4 月から実運用に入る予定である。実験に関する詳細は、<http://www.etl.go.jp/~yamana/DWR/> から手に入れることができる。



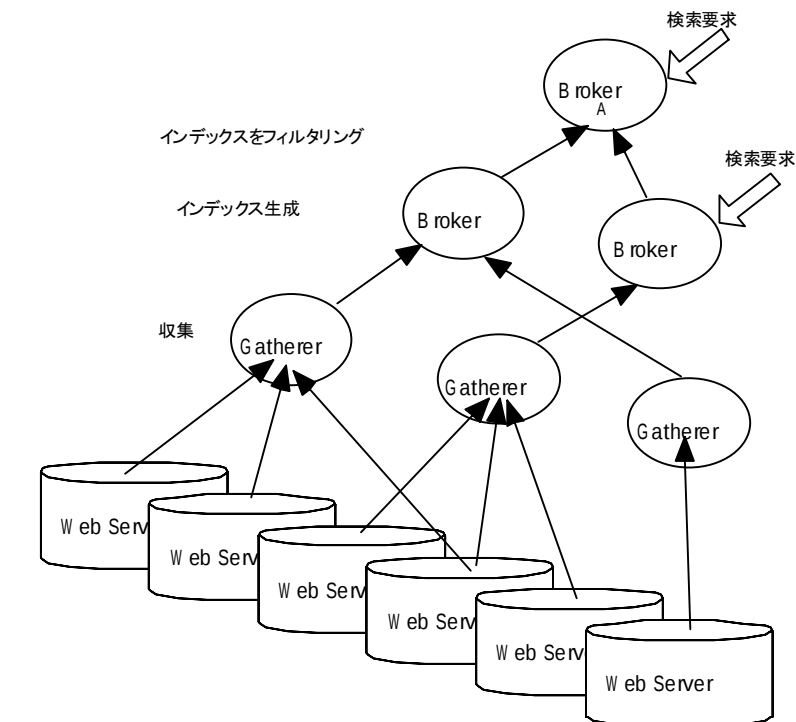
予測値と実測値とのズレ

図 3.5-7 予測値と実測値とのズレ

3.5.5 世界における分散型WWWロボットの研究状況

①Harvest[5]

Harvest (図 3.5-8) は、インターネットの将来や現状に関して技術的側面から研究を行う団体である IRTF (Internet Research Task Force) (<http://www.isi.edu/irtf/irtf.html>) の研究グループ (IRTF-RD) が中心となって、ARPA (Advanced Research Projects Agency (現 DARPA)) や NSF (National Science Foundation) のサポートを受け、1993 年～1996 年に行われた研究である。Harvest では、Gatherer と呼ぶ Web ロボットをネットワーク上の複数カ所に配置し分散収集をすることができる。また、Broker と呼ばれるインタフェースを用いることにより、複数の Gatherer が収集したデータに対する検索を実現している。しかし、Harvest では、Gatherer を各 WWW サーバ上に (あるいは同ドメイン内に) 配置し、ネットワーク上の負荷を軽減することを想定しているために、分散収集時の WWW サーバ割り当てに関する研究は行われなかった。このため、Gatherer が受け持つ WWW サーバ群は、静的に URL で指定することしかできず、分散を自動で行うための仕組みを持っていない点が残念である。なお、Harvest で開発された技術は、Netscape のカタログサーバーに利用されている。



Gathererは複数のWebServerのデータ収集を担当し(重複設定も可能)、収集したデータは、Brokerでインデックス化される。Broker-Aのように他のBrokerの上位にあるBrokerは、下位のBrokerからフィルタリングされたインデックスを受け取ることができる。検索はBrokerに対して行うことができる。

図 3.5-8 Harvest

②WebAnts [6]

WebAnts は、Texas Instruments からの資金を受け、1994 年～1995 年に John. R. R. Leavitt 氏（現在 Lycos）を中心にカーネギーメロン大学で行われたプロジェクトである。WebAnts は、複数のエージェント (Ant=蟻と呼んでいる) が協調して WWW サーバ群に対して索引付け (Indexing) と検索を行う機能を提供する。索引付けでは、各 Slave Ant が Master Ant に対して対象となる Web ページを収集してよいかどうかを尋ねる。Master Ant は、他の Slave Ant で収集していなければ、「収集開始の指示」を出す、既に他の Slave Ant で収集していれば「収集不要の指示」を出す。また、Master Ant 間では、どの Web ページが収集されているかという情報を共有している。このような仕組みによって、Web ページを分散収集する際の重複を避け、効率的な収集が可能となる。WebAnts の具体的な性能についての報告が無いため、性能評価できないが、1996 年 5 月に検索サービスサイトの Lycos に採用されて現在に至っている。

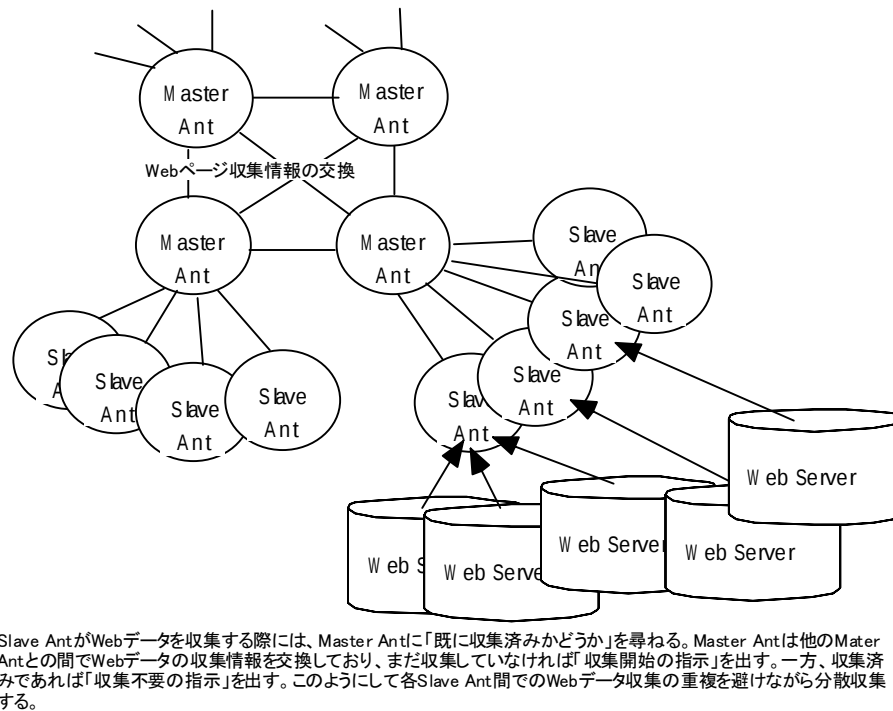


図 3.5-9 WebAnts

3.5.6 Web データ収集の今後の方向性

WWW サーバ数は毎年ほぼ倍々で増加し続けており、今後もこの傾向が続くと考えられる。このような WWW サーバの増加に伴って、Web ページも指数関数的に増大しており、2000 年 1 月現在では、約 17.8 億ページと予測される。このような WWW 空間の巨大データに対する索引付けを行うためには、これまで述べてきたように、一カ所からだけではなく、インターネット上の複数カ所から協調してデータを収集するという新しいインフラ整備が必要になる。さらに、これまでのような「検索を 1 カ所で実現する」という考え方から、「検索自体も分散させる」という新しい発想と研究が重要となることは間違いないであろう。

参考文献

- [1] S.Lawrence and C.L.Giles: “Accessibility of Information on the Web,” Nature, Vol. 400, pp. 107-109 (1999.7.8)
- [2] 山名早人(電総研), 田村健人(日本 IBM), 河野浩之(京大), 亀井聡(京大), 原田昌紀(東大), 西村英樹(シャープ), 浅井勇夫(府立大), 楠本博之(慶応大), 篠田陽一(北陸先端

- 大), 村岡洋一(早大) : “分散型 WWW ロボットによる WWW 情報収集”, データ工学ワークショップ DEWS98, No. 24 (1998. 3. 5-7)
- [3] Hayato YAMANA, Kent TAMURA, Hiroyuki KAWANO, Satoshi KAMEI, Masanori HARADA, Hideki NISHIMURA, Isao ASAI, Hiroyuki KUSUMOTO, Yoichi SHINODA and Yoichi MURAOKA: “ Experiments of Collecting WWW Information using Distributed WWW Robots”, Proc. of SIGIR’98, Melbourne, Australia, pp.379-380, (1998.8.24-28)
- [4] 森 英雄, 河野 浩之森: “実測データに基づく分散協調型 WWW データ収集アルゴリズムの性能評価”, 日本ソフトウェア科学会 Workshop on Internet Technology 1999 (1999. 8. 25-27)
- [5] C. M. Bowman, P. B. Danzig, D. R. Hardy, U. Manber, M. F. Schwartz: “The Harvest Information Discovery and Access System,” Computer Networks and ISDN Systems, Vol. 28, pp. 119-125 (1995)
- [6] WebAnts: <http://polarbear.eng.pgh.lycos.com/webants/>

3.6 知的文書インタフェース

3.6.1 電子的な紙を必要とする社会背景

(1) 情報電子化の急速な進展

WWW の出現により、それまで専門家にだけ利用されていたインターネットの利用普及が急速に進み、今日では新しい情報メディアとしてその地位を確立した。インターネットは単なるメディアの一つに留まらず、既存の通信メディアや放送メディアをも飲み込み、情報流通のための一大社会インフラとして普及することが期待されている。インターネットのこのような爆発的普及の原因は、情報が電子化されネットワークで配信されることにより計り知れないメリットを生み出すことが人々に理解されたからに他ならない。

後述する電子書籍や電子図書館もメリットが期待される適用例の一つである。普及にはまだ解決すべき課題があるものの、電子化の流れは止めようがないであろう。紙で読む方が良いか、電子化してパソコンで読むか、ディスプレイでは文章をじっくり読めない、薄くて軽い電子ブック端末が出現しないと電子化は普及しない、等々の議論がこれまでもあったが、状況は既に「紙」対「ディスプレイ」の議論から「パッケージ」対「ネットワーク」の議論に移っているという指摘がある[合庭 99]。即ち、出版社側はパッケージ（書籍）として販売するか、ネットワークからダウンロードしてもらかの選択を迫られつつある。新聞においても、既に原稿はコンピュータで作成されており、そのままネットワーク配信可能ならば印刷と配達に必要な膨大なコストが削減できると期待されている。

(2) 健常高齢者の急増

人口の高齢化は先進諸国共通の問題である。生活向上や医療技術の進歩で寿命が延びる一方で、少子化により若年層の人口が減っている。結果として、高齢者の占める比率は今後増加の一途であり、例えば我が国の場合、2025 年には人口の約半分、即ち二人に一人は 50 才以上という状況が予測されている[人口 00]。しかも 50 台、60 台はまだ健康に働ける世代である。しかしながら高齢化による肉体的な衰えは避けられず、細かい字は読めない、疲れるといった目に関する機能の劣化はコンピュータ作業でのハンディキャップになる。加えて、上述したように情報電子化が急速に進むために、日常業務を全てコンピュータで行わざるを得ない状況にある。長時間の作業にも疲れず、目に優しいディスプレイの実現は高齢者にとって必須となろう。ディスプレイを紙や印刷物に近づけることが望まれる。

(3) 紙資源の枯渇

オフィスでのコンピュータ利用が始まった当初は「ペーパーレスオフィス」の到来が期

待された。しかし、現実とはまったくその反対で、情報電子化に比例して紙の消費量は増大してしまった。理由は今のディスプレイでは「快適に読めない」からである。コンピュータディスプレイの解像度は一般に 72~100dpi と低く、紙の 300dpi 以上（グラビア印刷では数千 dpi）とは比べものにならないし、自己発光するために目が疲れ易い。また、高価で場所を取るディスプレイは通常 1 台しか利用できないし画面サイズも限られているので、1 ページを一度に眺められない、複数の文書を同時に読めないという制約がある。結果として紙へ一旦印刷して読むことが多くなる。最近は高性能プリンタが廉価に入手できるので、気軽に印刷する傾向に拍車をかけている。多くの場合、これらの印刷出力は 1 回読まれて不要になるもので、紙の無駄使いになっている。

出版その他も含めた紙の消費量は米国がトップで一人当たり年間 319kg、次いで日本が二位で 245kg。一方、人口が日本の 10 倍以上ある中国ではまだ日本の 1/10 程度しか消費されていない[林 98]。紙資源は石油のような天然資源とは異なり植林や紙の再利用で供給し続けることが可能であるが、中国やインド等が欧米並みに消費するようになるとその需給バランスは確実に破綻する。これを回避するためには紙に代わるメディアを創造する必要がある。

（４）活字文化の衰退

Web を探索すれば必要な情報が手に入るようになった反面、宿題をネットから入手した情報の切り貼りで済ませる学生が増えたとの報告がある。自分ではあまり考えないので、問題への理解力は落ちているようだ。ワープロや DTP を使うと内容より見た目を立派にすることに時間が取られることは多くの人が経験している。簡単に直せるため締め切り間際まで修正努力する羽目になり、却って手書きの時より時間をかけてしまう、という話も聞く。

「ワープロは軽い文章を大量生産するだけ」と、最近もある作家がワープロ決別宣言をした。小松左京氏はワープロ誕生時に真っ先に利用した一人だが、ワープロを捨てたのも早い。クラッカー追跡の顛末を書いて有名になった Stoll 氏は筆記用具の作品への影響についての個人実験で「ワープロソフトはとにかく文字数が稼げる、タイプライターに向った日はコンパクトで抑制の効いた文体になる、手書きの日は人との関わりや生い立ちについて書くことが多い」と述べている[Stoll197]。

3.6.2 電子ブックへの期待

（１）電子ブックの普及動向

電子ブック製品化の試みは古くからあるが、一方で小型ノートパソコンと競合し、もう一方で廉価・軽量の紙の本と競合するという難しい市場であるため、記憶容量と検索機能が活かせる電子辞書以外はこれまで成功していない。インターネットが普及したこともあり、米国では 2 年程前から再び電子ブックの商品化が活発になった。まだディスプレイ解

像度や大きさ重さに不満があるものの Rocket eBook や SoftBook がここ 1 年程善戦している。特に eBook はコンテンツもまだ 2000 冊と少ないが、本をネットワークから入手できる手軽さが定着しつつあるようだ。製品価格が下がったこと（安売り店では \$ 200 前後）もプラスに影響している模様[NewsWeek99]。

これらの動きと並行して、関連企業が Open eBook Initiative というコンソーシアムを作り、電子書籍コンテンツのファイル形式を策定した。これは XML をベースにしたもので、パソコン用の Reader ソフトがメンバ企業であるマイクロソフト社や Adobe 社から製品化される予定になっている。この業界標準作りには米国標準局 NIST(National Institute of Standards and Technology)のリーダーシップに依るところが大きい[OEBF00]。電子ブック各社はこれまで独自ファイル形式で製品化しているが、標準仕様を扱えるようになる予定。今後は世界に向けての普及拡大を狙っている。

日本でも、通産省の働きかけで出版社、電子機器メーカーによる電子書籍コンソーシアムが誕生し、昨年 11 月より実証実験が開始された。端末はシャープが開発した 170dpi という高精細反射型 LCD を搭載、コンテンツも 5000 冊でスタートと意欲的な取り組みである(図 3.6-1)。

試作機 500 台による実験は本年 3 月で終了したが、残念ながら活動は一旦打ち切りで今後の展開のメドはついていない。途中報告によると、端末の携帯性（大きくて重い）や消費電力（1～2 時間しかもたない）、書店でのダウンロードに手間と時間がかかる（数十分）という問題が指摘されており、目標設定が高すぎたように思われる。

電子書籍コンソーシアムではコンテンツを画像イメージ、即ちビットイメージファイルとして定義しており、テキスト検索など、コンピュータ処理が活かせないため将来展開には不安がある。一方、日本電子出版協会は XML ベースの規格 JapaX を策定。今後、米国の Open eBook 仕様との関係も含めて日本でも電子書籍標準化の議論が高まるであろう。

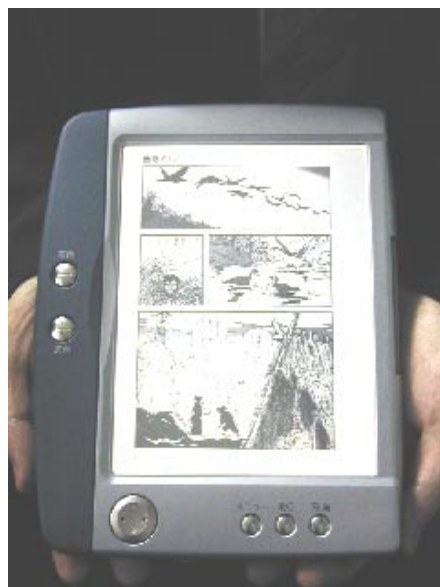


図 3.6 - 1 電子書籍リーダー[電本 99]

（２）本の電子化

電子ブックに何を期待するかは人によって、また国によって事情が異なるようだ[bit99]。ハリウッドに代表される映像文化が支配的な米国では、マルチメディア本のような動画やアニメ等、コンピュータの機能を活かした新しいメディアへの期待が強い。識字率が低いことも背景にありそうだ。一方、日本やアジア諸国ではまだ活字文化が根強く残っている。本来紙の本が望ましいのだが電子化せざるを得ない状況と言える。例えば、日本の出版状況（98年）によると、本の返品率40%、年6.5万冊の新刊本の大半が1年後に絶版という凄さである。出版社も書店も売れるベストセラー本しか扱いたがらないため、良書であっても発行部数の少ない本は益々敬遠されることになる。出版活動を健全に保つには電子化による流通／在庫コストの削減が不可欠となってくる。具体策の一つとして注目されているのが「プリントオンデマンド」で、出版社が顧客の注文を受けてから印刷するという方式である。しかし電子ブックが成功すれば印刷も不要になる。書籍の電子化は流通面でのメリットが明らかであり、あとは読取端末、特にディスプレイの問題になろう。

3.6.3 現状のディスプレイの問題点

10年程前にコンピュータ端末による疲労や障害が問題となったが（VDT 健康障害）、CRTディスプレイの解像度向上やリフレッシュレート的高速化／ノンインターレース化によるチラツキの低減等で現在はあまり問題視されることが少なくなった。普及し始めたLCDディスプレイではチラツキがほぼゼロに近い。そういう意味で、ディスプレイの目に対する影響についてははっきりした研究データは無いが、日常の体験としてパソコンで文章を読む時に目の疲れを感じるのは事実である。多くの人が読んだ気がしない、と紙に印刷してから読んでいる。電子メールをわざわざ紙に出力して読む人もいる。報告者は見にくさの主原因を自発光であること、解像度の低さによる文字輪郭のボケやにじみと推測し、紙指向端末研究の一環として反射型高精細（177dpi）LCDパネルを開発した[横田98]。

一方、コンピュータを使いこなすには、推論能力、空間的な記憶力、言語能力が必要といわれている[Landauer95]。表示インタフェースに関して言えば、常にページの一部しか見えない状況を思考力で補う必要がある。分厚い本からの拾い読みや、書類の山から目的の資料を見つけることは人間にとって容易であるが、1画面しかないコンピュータで同じことをやるのは難しい。全体の中での位置を常に頭の中で把握しておかなければならないためである。スクロールというのも昔の巻き物に後退したに過ぎない。大事な箇所を線を引いたりマークしたりする動作は人間にとって理解を助ける重要な行為であるが[Adler72]、コンピュータでは出来ないのが普通である。紙の持つ優れた点を活かしつつ、コンピュータ出力を表示できることが理想である。その一つの候補が次に述べる電子インク技術である。

3.6.4 電子インク技術の台頭

表面に塗布された微小粒子の色を変えることで情報表示を実現する新しい方式の研究が数年前から活発化し、あるものは実用レベルに達している。これらは顔料が光を反射するので視覚的に印刷物に近い。また印刷技術と同じような手法で製造できるために低コストで大きなサイズを実現できることが利点である。このような技術の総称としてここでは「電子インク技術」と呼ぶ。(最新情報は「付属資料2 海外調査報告(米国)」参照)

(1) EInk 社 Immedia

EInk 社は MIT で開発された電子インク技術を製品化するために設立されたベンチャー企業で、Immedia は商品名。電子インクの基本原理は、電気泳動方式として古くから研究されていた技術。2枚の電極の間に青色の染料を満たし、その中に白色の粒子を混ぜる。電界により白色粒子を表面に浮上させる（白く見える）、もしくは染料の底に沈める（青く見える）ことにより白／青2色を表示させるというもの。白色粒子が凝集してしまう、電極との相互作用で染料が退色する、電界に対して横方向に動いてしまう、などの欠点が克服できないうちに LCD 技術の台頭により注目されなくなった。電子インクとして復活した鍵はマイクロカプセル技術により染料と白色粒子を微小球体の中に閉じ込めたことである。これにより、白色粒子の相互作用を局所化でき、また電極との直接接触を回避することが可能となった（日本ではNOK(株)が電気泳動ディスプレイを微小区画に分割する改良研究を長年続けており、マイクロカプセルを利用するという MIT と全く同じアイデアに独自に到達していた)。

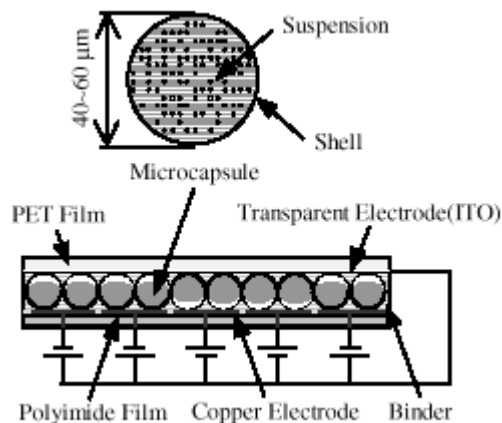


図 3.6-2 マイクロカプセルによる電気泳動ディスプレイの改良[NOK98]



図 3.6 - 3 EInk 社電子インク Immedia の展示例 (JCPenney) [Eink00]

駆動電極を微細化していけば細かい字を表示できるが（現時点で 100dpi）電極／配線コストが高くなり電子インクのメリットが薄れてしまう。Immedia はむしろ看板用の大型パネルを目指しており、最初の製品として 1 文字 7 cm 角で 1 行 16 文字、行数は 1 ～ 3 行、を基本パネルとしてサンプル出荷している。表示は今のところアルファベットのみで、例えば 0 を表示する時に角を丸くできるように電極パターンが分割してある（図 3.6-3）。

（２）Xerox PARC Gyricon

Xerox PARC でも電子的な紙 Gyricon を開発中である。実はこちらの方が研究歴は古く、MIT の電子インクのきっかけを作ったとされている。原理は半分白、半分黒に塗られた微小球体を電界によって回転させる、というもの。微小球体は透明なエラストマに包まれてシート状にされるが、エラストマとの間に僅かの隙間が作られ、そこにオイルが満たされているので自由に回転することができる。黒と白の半球は夫々反対の表面電荷を持つように設計され、外部から電界（現時点では±100V）をかけることにより白もしくは黒に反転させる。Gyricon も製法は比較的簡単で、大型シートを廉価に製造可能。駆動電極で挟めば Immedia と同じ使い方はできるが、Gyricon はむしろ再書き込み可能な紙を狙っており、ハンディな書き込み機の開発を並行して進めている。現時点の解像度は 100dpi 程度であるが、3 Mと提携して 300dpi で新聞紙の明るさの実現を目指している。

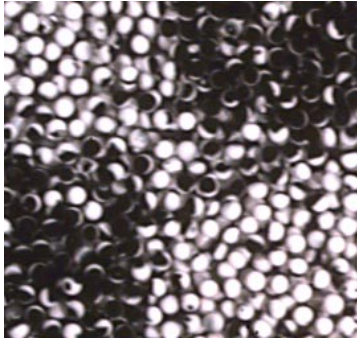


図 3.6 - 4 Gyricon 回転状況



図 3.6 - 5 Gyricon シート[Xerox00]

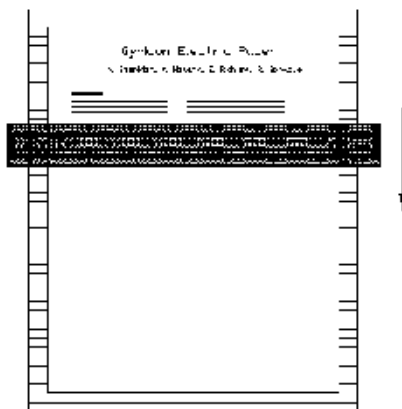


図 3.6 - 6 Gyricon ディスプレイ版（右）と紙版への書込みイメージ（左）[Xerox98]

3.6.5 ビットから再びアトムへ

MIT の N. ネグロポンテは電子メディアの時代を予見してメディアラボを創設し、95年に全てのモノが電子化される「アトムからビットへ」の流れを Being Digital として著した。電子化のメリットは確かに非常に大きく、この流れは確実に浸透しつつある。しかしながら、電子化された情報を最後に取り扱うのは結局人間であるのも事実で、そのためには再びビットからアトムへの還元が必要となる。

我々は今、コンピュータのディスプレイという小さな画面一つで電子世界を覗くことを強いられている。これは水族館の大水槽に取り付けられた小窓を通して目の前を通り過ぎる魚だけを眺めているのに等しい。これからは情報家電の時代であり、全ての日用品がネットワークに接続されてアクセス可能になる。そこでは電子情報はむしろ目に見える日用品の形でアクセスされるべきである。Augmented Reality は人間の動作をカメラで認識したり机等に情報を投影することで我々が普段接しているモノを通じて電子世界とのインタフェースを取ろうという試みである。日本では実世界指向インタフェースと呼び変えて、よ

りその定義を明確化している。これを更に推し進めたのがメディアラボで提唱されている Tangible Media のコンセプト、即ち電子情報を「触れる」ものとして表現する試みである。電子的な紙（電紙）の実現とは、電子文書を Tangible にすることに他ならない。

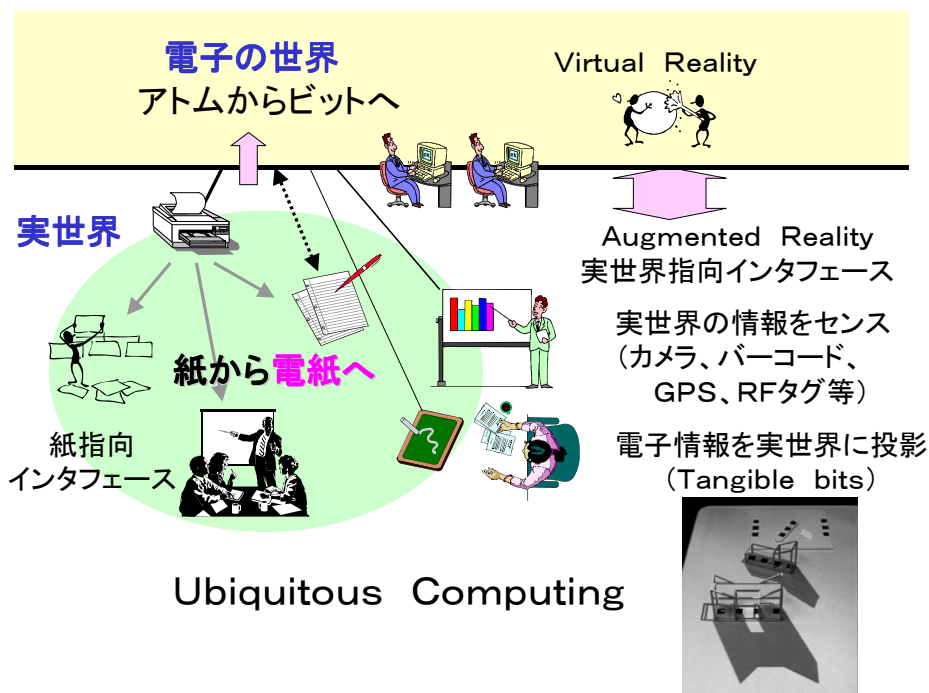


図 3.6 - 7 電子世界と実世界のシームレス接続

電紙によって、初めて我々は従来の紙と同様に、電子文書のページをめくったり、何枚も広げて眺めたり、その上に書き込みをしたりすることができる。階層構造のフォルダやディレクトリは論理的ではあっても普通の人には扱い難いものである。むしろ、フォルダが現実のキングファイルに対応して物理空間に置かれていることの方が遥かに扱い易いであろう。電紙の実現はそれを可能とする Tangible メディアの一つと言える。

3.6.6 今後の電紙研究への取り組み方

アイデアをまとめる時には紙と鉛筆が向いている。その理由は、書く作業が全く無意識に行えるために思考に集中できるからであろう。パソコンではキーを打つ事や、ローマ字漢字変換が思考を妨げる。イメージや相互関連を絵にしたいと思ったらお絵描きのために別のアプリを動かす必要もある。コンピュータの操作インタフェースは人間が無意識に操

作できる程簡単で、かつ文字や絵を含む多様な表現を可能とすべきである。また、聞きながらノートを取る、原書から書き写す、本に書き込みする、等我々が理解を深めるために経験的に用いている行為は、「ペンで書く」動作そのものが記憶を脳に定着させる働きを持っているように見える。「紙と鉛筆」の操作インタフェースの実現は智の源泉に関する重要なテーマと言える。

電子ブックに関して米国ではマルチメディアへの期待が高いようだが、紙を電子化しただけのテキストベースの電子ブックにも未来があると思う。活字ベースの書物は読み手が空想できる最大限の自由がある。TV ドラマや映画化された小説を見てしまうと、登場人物を始めとして全てがリアルになった分、視聴者の空想が入り込む余地はない。その後いくら原作を読んでも映像の記憶を消すことは難しい（報告者は *Great Gatsby* を読む度にロバート・レッドフォードの顔が浮かんでしまう）。面白い小説は装丁の立派なハードカバーだろうと安いペーパーバックだろうと面白さには少しも変わりがない。加えて、テキストはネットワークで配信する際も最も安上がりなメディアである。あとは心地良い読み易さを提供できるか否かにかかっている。それには電子インク技術が明るい未来を暗示している。

電子インク技術は日本の先端技術が活かせる分野である。半導体や LCD で培った微細電極技術があり、高分子フィルムや印刷技術を含むファインケミカル技術がある。これまでの成功例と同様、アイデアでは米国に先行されても実用化で追い越せる可能性は非常に高い。問題は新しい未知の市場に向って異業種の連携ができるか、ベンチャー精神が発揮できるか、にかかっている。

従来、日本企業は押しなべて保守的であり、誰かがやり始めて（殆ど米国）、うまく行くことが見えてから進出するのが常套手段であった。しかしながら技術進歩の早い今日ではこのようなローリスク／ローリターンのアプローチでは競争力が全く無くなってしまった。米国ベンチャーはハイリスク／ハイリターンで凌ぎを削っており、それがまた新しい技術や市場を生み出す良いサイクルを産み出している。我々も望ましい電子化社会の実現のために電紙の実現を目指そうではないか。活字文化の保存、あるいは新しい形での再生という視点では、国の政策に関する課題になろう。単なる便利さや効率だけを求めた代償として失われてしまった大事な慣習や文化がある。売れるモノが必ずしも健全はモノではない。市場原理に全てを委ねるのではなく、社会の「あるべき姿」は国策として提案・実行していく努力が必要である。我々の目標はコンピュータに振り回される情報化社会を構築することではなく、人間を「より人間らしく」するためのコンピュータシステムの実現を目指すべきである。

参考文献

- [合庭 99] 合庭淳、“デジタル知識社会の構図”、産業図書、1999
- [Adler72] M. J. Adler, et. al., “How to Read a Book”、Simon and Schuster、1972
- [bit99] “本の電子化を考える「オンライン版・本とコンピュータ」”、bit、31-4、1999

- [電本 99] <http://www.watch.impress.co.jp/internet/www/article/1999/0916/ebj.htm>
- [EInk00] <http://www.eink.com>
- [林 98] 林浩、“紙の神・蔡倫も悲嘆する中国紙事情”、本とコンピュータ、秋号、1998
- [人口 00] <http://www.ipss.go.jp>、国立社会保障・人口問題研究所
- [Landauer95] J.K. Landauer、“そのコンピュータが使えない理由”、アスキー出版、1997
- [NewsWeek99] “紙の本が消える日”、NewsWeek、12.22 号、1999
- [NOK98] E. Nakamura, et.al.、“Development of Electrophoretic Display Using Microcapsulated Suspension”、Proc. of SID98、1998
- [OEBF00] <http://www.openebook.org>
- [Stoll97] C. ストール、“インターネットはからっぽの洞窟”、草思社、1997
- [横田 98] 横田他、“紙を目指した情報端末”、情処、第 56 回全国大会、1B-02、1998
- [Xerox98] M.E. Howard, et.al.、“Gyricon Electric Paper”、Proc. of SID98、1998
- [Xerox00] <http://www.parc.xerox.com>

3.7 デジタル図書館（電子図書館、Digital Library）

1990年代、WWWに代表される情報提供とアクセスのためのソフトウェアに加え使いやすいブラウザの登場によりインターネットが爆発的に広がった。そうした背景に加えて、国家情報基盤（National Information Infrastructure）や、それに続くG7による世界情報基盤（Global Information Infrastructure）構想の中でデジタル図書館が重要な応用分野として位置づけられた。こうした背景の下、新しい情報技術を指向した計算機科学から図書館にまたがる分野でデジタル図書館に関するさまざまな活動、プロジェクトが進められてきている。

本稿では、デジタル図書館に関する研究開発の現状と、インターネットやデジタル図書館上での情報アクセスと利用において重要な役割を果たすメタデータについて述べる。さらに、この領域における研究開発の重要性について筆者の観点から考察する。

3.7.1 背景

1990年代、WWWに代表される情報提供とアクセスのためのソフトウェアと、Mosaicから始まった使いやすいブラウザの登場によりインターネットが爆発的に広がった。そうした背景に加えて、クリントン政権の発足に伴う国家情報基盤（National Information Infrastructure）と、それに続くG7による世界情報基盤（Global Information Infrastructure）構想の中でデジタル図書館が重要な応用分野のひとつとして位置づけられたことによってデジタル図書館（電子図書館、Digital Library, Electronic Library）が注目を浴びるようになった。こうした背景の下、計算機科学を中心とする新しい情報技術の研究開発から図書館現場におけるデジタル図書館の実現およびその利用までにまたがる広い分野で、デジタル図書館に関するさまざまな活動やプロジェクトが進められてきている。

デジタル図書館の研究開発は計算機科学を中心とする情報技術指向のものと、図書館現場を中心に進められる資料のデジタル化資料の提供を主とする実システム、実サービス開発指向のものに大別できる。図書館においてはアメリカ議会図書館や英国図書館に代表される国立図書館や、カリフォルニア大学、ミシガン大学などの大規模大学図書館を中心に、各図書館の特色を反映したデジタルコンテンツ提供への取組みが進められてきている。我が国においても、学術審議会から出された建議を背景に学術情報センターや国立大学図書館での取組みが活発である。また、国立国会図書館では、国際子ども図書館や2002年開館予定の関西館での電子図書館機能への取組みがなされている。図書館での取組みは、図書館自身によるデジタルコンテンツの作成と提供、第3者たとえば出版社によって提

供されるデジタルコンテンツの提供、デジタルコンテンツを含む様々な情報資源に関する情報の提供の3種に大別することができる。また、これに加えてインターネットやデジタル図書館の利用支援なども進められてきている。

本稿では、情報技術の研究開発の視点を中心に述べてみたい。まず、研究助成プログラムとしては1994年から1998年までアメリカで進められたNSF、NASA、DARPAの共同助成によるDigital Library Initiative（第1フェーズ、DLI-1と呼ばれる）がもっとも著名なものであろう。DLIは1998年から第2フェーズ（DLI-2）が始まり、規模を拡大して続けられている。NSFでは大学学部レベルの教育のためにデジタルコンテンツとその利用環境を整備するためのプログラム（NSDL）を進めている⁴。イギリスでは1995年からElectronic Library Program（eLib）がJISC⁵の下で進められてきている。また、EUでは科学技術研究を進める5th Frameworkの中のInformation Societies Technologyプログラムにおいてこの分野に関する助成が行われている。また、NSFは国際的な研究助成プログラムを進めており、中でもNSF-JISC、NSF-DFG⁶（ドイツ）との間では共同で研究助成が行われている。

ネットワークを介して、利用者にとって適切かつ有用な情報資源を効率よく見つけ出し、アクセスし、利用するということは、デジタル図書館にとっての基本的な要求である。これには適切に構成されたメタデータ、すなわち「データに関するデータ」が重要な役割を持っている。WWW上での情報資源発見を目的として草の根的に作り上げられてきたDublin Core Metadata Element SetやWWWコンソーシアム（W3C）で進められているResource Description Frameworkなどはデジタル図書館に関する重要な話題の一つである。筆者自身はメタデータに関心を持っており、本稿でも後に改めて触れる。

3.7.2 デジタル図書館のための情報技術の研究開発

DLI-1では、スタンフォード大学、カリフォルニア大学バークレー校、同サンタバーバラ校、イリノイ大学アーバナ・シャンペイン校、ミシガン大学、カーネギーメロン大学の6大学で進められたほぼ同規模の6つのプロジェクトに4年間で2300万ドルの助成が行われた。DLI-1の期間の半分以上が過ぎて1997年3月にサンタフェで開かれたワークショップで、フェーズ2ではどのように進めるべきかということが議論され、規模を拡大すること、100万ドル超の少数のプロジェクトとより多くの中小規模プロジェクトが提案された。DLI-2では、それまでの助成母体に加えて、議会図書館（LoC）、医学図書館（NLM）、人文基金（NEH）が参加することになり、さらにFBIも加わっている。また、公文書・記録管理局（NARA）

⁴ NSDL: National SMETE (Science, Mathematics, Engineering, and Technology Education) Digital Library とよばれているもの。高校以下の教育での利用も含めている。

⁵ JISC: Joint Information Systems Committee, イギリスにおける高等教育および研究のための情報システム環境とネットワーク基盤を提供するための公的組織

⁶ DFG: Deutsche Forschungsgemeinschaft, ドイツの学術的研究を助成する公的機関

やスミソニアン協会他も協力している。DLI-2 は 1998 年秋から開始されることになっていたが、実際に 1998 年秋に開始されたものは比較的小規模なもののみで、大規模プロジェクトは 1999 年になってから開始された。助成期間は大規模なもので 2004 年までの 5 年間である。付録 1 に DLI-2 で助成されているプロジェクトの一覧を示す。全部で 27 プロジェクトあり、その内の 6 プロジェクトは大学学部レベルの教育を指向したものである。

付録 1 に含まれる総額 100 万ドル以上の大規模プロジェクトの中で、スタンフォード大学、カーネギーメロン大学 (CMU)、カリフォルニア大学バークレー校 (UCB)、サンタバーバラ校 (UCSB) は DLI-1 でも助成されていたグループであり、内容的にも継続的色彩が強い。また、この内カリフォルニア州の 3 大学のプロジェクトは互いに協力関係を持つことを前提にしており、カリフォルニア大学の 9 キャンパスを結んで進められている California Digital Library 上で試用できるようにすることを予定している。ミシガン州立大学のプロジェクトは 20 世紀に記録されてきた様々な講演・演説の録音データの検索可能なオンラインリポジトリを構築する。コロンビア大学のプロジェクトは、個人利用者による利用を指向した医療情報の分散デジタル図書館を作り上げようというものである。コーネル大学のプロジェクトでは、信頼性、セキュリティ、保存性といったデジタル図書館を十分に頼りにできる完全なものにするための技術基盤を研究する。このように、人文科学、社会科学、自然科学・技術の広い分野をカバーしていることが理解できる。

NSF では科学・数学・工学および技術の大学学部レベル（ならびにそれ以下）の教育に利用できる情報資源開発や環境整備を目指した研究開発の助成 (NSDL) を進めている。NSDL では現在プロジェクトの募集が進められている。以上のほか、DLI の隣接領域として、NSF ではネットワーク上での知識共有や協調に関する研究を進める KDI (Knowledge and Distributed Intelligence) と呼ばれる研究助成プログラムを進めた。また現在、ITR (Information Technology Research) と呼ばれる大規模な情報技術研究プログラムがスタートしている。これは幅広い情報技術分野の研究の助成を進めるものである。DLI に比べてこうした研究助成の方がより大規模である。一方、研究助成母体の広がりからも理解できるように、DLI の特徴は計算機技術を背景とする研究組織とコンテンツを持つ研究組織、図書館や美術館・博物館間にまたがった研究を進めようとしている点にある。これは、単独の分野での研究では、技術のみ、コンテンツのみ、あるいはサービスのみになりがちであるのに対して、これらを結んだ研究としての役割が大きいといえる。

ヨーロッパでは、デジタル図書館に関連する情報技術開発助成プログラムとして、昨年より 5th Framework の中で Information Societies Technology (IST) がはじめられている。イギリスでは 1995 年より JISC によって研究助成プログラム eLib (Phase1, 2, 3) が続けてこられている。

我が国では、学術情報センターでの NACSIS-ELS や統合的な電子ジャーナル編集出版環境の開発等、デジタル図書館を指向した研究が進められてきている。また、1995 年から 2000 年までに渡って、(財) 日本情報処理協会 (JIPDEC) を中心次世代電子図書館システム研究

開発事業が進められてきた。この事業は次世代の電子図書館システムにおいて必要とされるいろいろな要素情報技術と、それらを統合化し、次世代電子図書館システムのプロトタイプとして実装、評価することを目的として進められたものである。しかしながら、欧米に見られるようなデジタル図書館を指向した情報技術の大きな研究開発助成のプログラムは行われていない。

3.7.3 メタデータ

3.7.3.1 メタデータの重要性

メタデータは簡単には「データに関するデータ」と定義される。目録や索引、抄録などは典型的なメタデータである。それ以外にも辞書やシソーラス、URL や ISBN 等の識別子、ビデオの内容に関する記述、著作権の記述等利用条件に関する記述、倫理面からの内容や利用条件等の記述、利用者の環境に関する記述などさまざまなものがある。

インターネットやデジタル図書館上での情報資源の利用を考えると、メタデータの重要性に容易に気がつく。たとえば、従来、利用者は特定のデータベースやサービスを介して必要な情報資源にアクセスしていた。ところが、ネットワーク上では特定の場所、特定のサービスということは必ずしも意味を持たず、ネットワーク上のどこかにある情報資源にアクセスし、サービスを受けることができればよい。しかも、当然のことではあるが、情報資源を探し出し、内容を吟味し、必要であれば料金を適切に支払うといった作業をすべてネットワーク上で行うことになる。また、情報資源が多様かつ大量であること、利用者と利用方法が多様であることを考えると、こうした作業を効率よく行えるようにするには多様なメタデータが必要であること、かつそれらがネットワーク上で有機的に組み合わせて利用できねばならないことに容易に気がつく。

こうした背景の下で、現在メタデータの開発が活発に進められている。たとえば、情報資源発見を目的として提案されている Dublin Core Metadata Element Set (通称 Dublin Core)、教育資料を対象に開発が進められている IMS、電子商取引指向の Indecs、ビデオデータに関する MPEG7、インターネット上で流通するコンテンツの倫理的内容記述を指向した PICS などがある。加えて、こうした様々なメタデータ記述方式を WWW 上で流通できるようにするための共通のメタデータ記述方式を与える Resource Description Framework (RDF) の開発も進められている。次節では、Dublin Core Metadata Element Set とその現状を簡単に解説する。

3.7.3.2 Dublin Core に関して

Dublin Core Metadata Element Set (通称 Dublin Core, 以下では DCMES と記す⁷⁾) はインターネットでの情報資源の記述と発見のための「コア・メタデータ」として提案されてきたものである。コア・メタデータとは様々な分野に共通の性質のみを定義したもので、従来の目録規則を適用することが困難なネットワーク情報資源に適用すること、図書館や美術館といったコミュニティの壁を越えたメタデータの相互利用性 (interoperability) を得ることを目的として提案されたものである。情報資源の効率よい発見のためにはインターネットやデジタル図書館の環境に適したコア・メタデータが必要であるとの理解から、現在、図書館や美術館・博物館のコミュニティを中心に DCMES の重要性が広く認められ、その利用も広がりつつある⁸⁾ (付録 2 に基本 15 エレメントの定義を示す)。

現在、DCMES の開発活動は米国の OCLC に活動の拠点を置き、ネットワーク上での議論を中心に進めている。基本エレメントの定義を終了し、現在、詳細なメタデータ記述を可能にするためのサブエレメントや統制語彙の指定形式等の定義を進めている (こうしたより詳細な記述内容を指定するための記述要素を総称して *qualifier* と呼んでいる⁹⁾)。こうした詳細な記述のための仕組みは、ある意味で「コア・メタデータ」の概念と矛盾するものであるが、より詳細で統制されたメタデータ記述と、かつ効率の良い検索にも重要な役割を演ずると考えられる。

これまでは Dublin Core そのものの定義に関する議論、たとえばエレメントや *qualifier* の定義が中心であったが、今後は実際の応用分野における問題に関する議論や Dublin Core の維持や修正等に関する議論が中心になっていく。現在、*qualifier* に関する議論が進められ、近い将来標準として推奨される *qualifier* セットが作られることになっている (本稿を執筆時点において、最初の *qualifier* セットの承認に関する投票が Usage committee で進められている)。

3.7.4 考察

3.7.4.1 デジタル図書館のための情報技術開発の観点から

当然のことではあるが、デジタル図書館 (DL) の実現には様々な要素情報技術を総合することが要求される。個別の要素技術について詳しく述べることはできないので、下に

⁷⁾ Dublin Core ということが、メタデータ記述のためのエレメントセットのことを意味する場合と、メタデータ記述規則の開発の活動全体を表す場合がある。混乱を避けるため、必要に応じて前者を DCMES と呼び、後者を Dublin Core Metadata Initiative (DCMI) と呼び、明確化している。

⁸⁾ Dublin Core に関する標準化は Simple Dublin Core に関して CEN (ヨーロッパ) や NISO (アメリカ) で進められている。実際には既にいろいろなところで利用が始められており、応用目的に応じた拡張 (応用に合った *qualifier* の導入やエレメントの追加) も現実にはなされている。

⁹⁾ *Qualifier* を一切含まない基本エレメントのみのものを Simple DC (あるいは DC Simple), *qualifier* を含むものを Qualified DC と呼んでいる。標準化機関で標準化が進められているのは Simple DC である。

研究プロジェクトから DL にとって特徴的な研究開発のための視点をいくつか列挙する。

- (1) 情報アクセス支援：高機能情報検索技術、情報発見技術。文書の内容の抽出、抄録作成、分類、索引等、メタデータの自動作成技術。多言語情報アクセス技術。情報資源間の相互利用性技術。
- (2) コンテンツ処理：自然言語の内容理解や機械翻訳など自然言語技術。音声や画像等非テキストデータの内容理解や内容抽出技術。印刷物、電子出版物など文書の構造と内容理解の技術。
- (3) ユーザインタフェース：情報の可視化による情報アクセス支援技術。利用者による情報アクセスや情報生産を支援するための共同作業支援技術。障害者向けの情報アクセス・情報生産支援技術。
- (4) コンテンツ作成・保存：多様なコンテンツの編集・文書化技術。電子文書、デジタルデータの流通技術や長期間保存技術。
- (5) 情報アクセスのための条件や制約の管理：知的財産権、Rating などに基づくアクセス制限技術。課金技術。プライバシーやコンテンツの保護などのセキュリティ技術。

このように並べてみると情報技術分野のほとんどすべてが含まれてしまう。この分野の国際会議等から中心的な話題を見てみると、情報資源の発見や情報資源へのナビゲーションのための技術、マルチメディア情報や多言語情報の検索技術といったものが挙げられる。一方、DLI 等のプロジェクトに見られる別の特徴は、開発した技術を実際にコンテンツと利用者に適用し評価するためのテストベッド構築を含めている点であろう。

1997-98 年に NSF と EU は共同でデジタル図書館に関する研究戦略の検討を進めた。ここでは (1) 高速高機能な情報検索、情報発見、(2) 相互利用性、(3) メタデータ、(4) 多言語情報アクセス、(5) 知的財産権や経済モデル、の 5 テーマに対してワーキンググループが作られた。これらはデジタル図書館の研究開発にとって重要かつ特徴的な領域を表していると言える。

3.7.4.2 メタデータの観点から

デジタル図書館の発展によって一次資料、いわゆるコンテンツへのアクセス性が良くなり、デジタル図書館というと、「ネットワーク経由でコンテンツを直接利用できるものにするもの」と一般的に理解されていると思われる。この理解は、もちろん間違っていないが、コンテンツへのアクセス性、コンテンツの利用性のためには適切なメタデータがなければならないことを忘れてはいけない。

デジタル図書館環境やインターネット環境では、情報資源の利用方法が従来の方法と大きく異なっていかなければならないことに注意しなければならない。異なる点を以下にいく

つか挙げてみる（表 3.7-1）。

表 3.7-1

	従来の図書館	デジタル図書館
情報資源 を探す入り口	場所に依存： 利用者が図書館にやってくる。あるいは、図書館毎に提供するオンライン目録(OPAC)で資料を探してからやってくる。基本的に、一時にはひとつの図書館しか使わない。	場所は無関係： ネットワーク上のどこかで見つければ良い。情報資源を見つけだすための情報の果たす役割が大きくなる。また、同時に複数のサービスにアクセスすることは普通であり、かつ利用者が複数のサービスを同時利用していることを意識するとは限らない。
情報資源 の粒度	大きい： 図書や雑誌、写真などの資料単位	小さい： 必要な情報を含むところのみ
利用者環境	均一： 図書館の閲覧室、貸し出し 図書館が用意する機器（マイクロフィルム、CD-ROM）	不均一： ネットワークを介してつながったいろんな端末機器、PC。資料を利用するためのソフトウェアの準備は利用者任せ。
利用者	均質： 図書館の種類、場所によってある程度決まる。来館者を見ながらの図書館員による対応が中心。	多様： 世界中からアクセスがある。年齢、関心分野も多様。遠隔地の利用者を対象にし、ソフトウェアによるレファレンスサービスも必要。デジタル図書館を利用した協調作業支援も重要な要素。
著作権管理	単純： 基本的には不要。（来館者を対象にオンライン利用しない物理的資源単位での管理。）	複雑： ネットワーク経由のアクセス、資料の多様性、不正コピー対策、有償利用資料対応など。

上の表からもわかるように、デジタル図書館では、情報資源の発見からアクセス、利用に至るいろんな場面で柔軟な機能を持つことが要求される。こうした機能を実現するには適切なメタデータを利用する必要があることは疑えない。一方、メタデータに関しては次のような問題がある。

- ・ **利用性**： 誰もが利用しやすいものでなければならない。すなわち、メタデータの定義が理解しやすいこと、正しいメタデータが作成しやすいこと、提供しやすいこと。
- ・ **相互利用性（Interoperability）**： 異なるメタデータ規則で作られたものであっても、それらを同時に利用できることが要求される。すなわち、複数種類のメタデータが同時に検索できること、外国語・多言語のメタデータが利用できること。
- ・ **適応性と安定性**： 新しいタイプの情報資源、新しいタイプのコミュニティが現れた場合に新しい基準に基づくメタデータを作ることができること、また新しいものが現れても既存のメタデータも続けて利用できること。

- ・ **品質**： 利用者の要求にあった水準の品質のメタデータを作ることができること。
- ・ **作成コスト**： メタデータの作成コストをできるだけ安価にする必要がある（メタデータの自動作成ツール、作成支援ツールの必要性）。
- ・ **維持管理**： ネットワーク上の情報資源は不安定なものも多くあるため、対象情報資源とそれに関するメタデータの間の矛盾が生じないように常に維持管理できなければならない。
- ・ **長期利用性**： 長い期間の間にはメタデータの規則や作成の規準が変化する。そうした変化に対応し、かつ長期間に渡って蓄積されたメタデータを利用しつづけられることが要求される。

3.7.4.3 デジタル図書館全体の観点から

デジタル図書館の研究開発全体を通して感じる点、要求される技術をいくつかあげたい。

- ・ **図書館におけるデジタル図書館**： 現場の図書館では今使える技術、あるいはもうすぐ使えるようになる技術を用いたデジタル図書館開発が進められている。そこでは「使われるデジタル図書館」をいかに作るかが最も大きな目標になっている。カリフォルニア大学やミシガン大学の例を見ると提供される電子的資料がかなりの量になってきている。図書館として頼られるには、ある程度以上の量を持つこと、利用者を考えたコレクションを持つこと、使いやすくするためのいろいろなサービスを提供することが求められていると言えよう。一方、現在の技術で十分であるというわけではなく、先に述べたような新しい技術開発が期待されている。そうした中でも、デジタル資料を長期に渡って保存する、ならびにアーカイブするための技術、デジタル図書館間の違いを超えて利用するための相互利用性に関する技術などは現場の視点から強く求められている技術と言えよう。
- ・ **コンテンツの種類は様々である**。そのため、それらの特色を考えて情報技術、サービス方法を選ばねばならない。その意味では、デジタル図書館を「十把ひとからげ」でどれも同じように考えることに意味があるとは思えない。得意分野がはっきりしている専門店のデジタル図書館が多数あれば良い。また、デジタル図書館では「資料を所蔵していること」と「資料を利用できること」とは同一ではない。従来の冊子体であれば図書館毎に所蔵する必要があるが、デジタル化資料の場合、物理的にいくつものコピーを作ることの意味はあまりない（mirroringやライセンス等の利用条件によってはコピーが必要となる場合はある）。そのため、デジタル図書館間の協調、Interoperabilityは強く求められ、それを支える技術も求められる。
- ・ DLI-2におけるカリフォルニア州の3大学のプロジェクトはCalifornia Digital Library

での応用を視野に入れている。デジタル図書館の場合、新しい技術と応用の場を組み合わせた研究開発が重要であると考えられる。また、デジタル図書館（およびそこで総合的に用いられる情報技術）の有用性、有効性の評価技術も求められている。

- ・「図書館」とだけとらえると視野が狭まってしまう。デジタル図書館のための情報技術の研究開発には、博物館、美術館、文書館といったすぐ隣り合う領域はもちろんのこと、教育や医療、Consumer Health といった領域、電子商取引（あるいは Information Commerce）といった隣接領域も視野に入れることが必要である。
- ・ネットワーク上での「良質で有用な」情報資源の発見を助けることはデジタル図書館にとって重要な役割である。その意味では、情報資源の発見を支援するためのサブジェクトゲートウェイサービスは重要な機能であると考えられる。一方、このサービスの基幹部分であるメタデータの作成・維持は人的努力のもとに行われている。これらをできるだけ自動化し、コストを小さくすることが望まれる。たとえば、サマリの作成や内容によるフィルタリング、多言語情報アクセス、メタデータの長期維持管理等の技術が求められる。また、国境、言語の違いを越えたサブジェクトゲートウェイ間の協調が求められており、そのための技術も必要とされる。

3.7.5 まとめ

図書館が提供するデジタル図書館（と呼ばれる）サービスは既に実際に始められている。しかしながら、それらはあるひとつの図書館が持つサービスの中のごく一部にすぎず、また、利用者が求める機能が実現されているとは考えられない。現在、実際に提供されているコンテンツは、従来型のメディア（印刷物、絵画や写真、オーディオ・ビデオなど）で作られた資料をデジタル化して提供しているものが中心である。一方、デジタルメディアの発展によって今後さらにいろいろな形態、内容のコンテンツが作り出されることは疑えない。利用者の環境がどんどん変化していくことも疑えない。たとえば、DLI-1 が始まったとき、Netscape Navigator や Internet Explorer は影も形もなかった。DLI-2 が始まったとき、携帯電話によるネットワークコミュニケーションはまだ普及していなかった。加えて、実際のデジタル図書館での経験から既存メディアの新しい利用方法も現れてくるであろう。

デジタル図書館においては、情報資源を扱い、情報資源へアクセスする直接的な技術だけではなく、情報資源の利用性を高める、あるいは情報資源を利用した人間の知的活動性を高めるという観点から、人間の知的活動を支えるための技術も要求される。

デジタル図書館分野は、多様な情報技術を多様かつ大量の情報資源に適用し、多様な

利用者にサービスすることが求められる分野である。また、新しい情報メディアの登場によって新しい利用方法が現れ、それに対応する新しい技術が要求される。このように、新しい情報技術をどんどん実際に応用していくこと、そこからのフィードバックを新たな技術開発に活かすことの求められる分野であると思われる。

参考資料

NSF のプロジェクト (DLI 他) について

- Digital Libraries Initiative phase-2, <http://www.dli2.nsf.gov/>
- Edward Fox, Digital Library Initiative (DLI) Projects, ASIS Bulletin, 1999. 11
- National SMETE Digital library (NSDL),
<http://www.ehr.nsf.gov/ehr/duel/programs/nsdl/>
- C. Dianne Martin, A Vision for a National SMETE Digital Library (NSDL), ISDL'99 論文集, pp. 48-50, 1999. 9
- Knowledge and Distributed Intelligence (KDI),
<http://www.ehr.nsf.gov/kdi/default.htm>
- Information Technology Research (ITR), <http://www.itr.nsf.gov/>

eLib, JISC について

- eLib Electronic Libraries Programme,
<http://ukoln.bath.ac.uk/services/elib/>
- Joint Information Systems Committee, <http://www.jisc.ac.uk/>

NSF-EU の DL 研究戦略ワーキンググループのレポート

- Schauble, P., Smeaton, A.F. (eds), Summary Report of the Series of Joint NSF-EU Working Groups on Future Directions for Digital Libraries Research,
<http://www.iei.pi.cnr.it/DELOS/NSF/Brussrep.htm>, 1998. 10

EU の 5th Framework について

- Information Society Technologies Programme,
<http://www.cordis.lu/ist/home.html>

図書館等におけるデジタル図書館について

- アメリカ議会図書館, <http://www.loc.gov/>
- 英国図書館, <http://www.bl.uk/>
- California Digital Library, <http://www.cdlib.org/>
- University of Michigan Library, <http://www.lib.umich.edu/>
- 次世代電子図書館システム研究開発事業, <http://www.dlib.jipdec.or.jp/>
- 国立国会図書館, <http://www.ndl.go.jp/>
- 学術情報センター, <http://www.nacsis.ac.jp/>
- 図書館情報大学附属図書館, <http://lib.ulis.ac.jp/>

メタデータおよびサブジェクトゲートウェイについて

- Dublin Core Metadata Initiative, <http://purl.org/dc/>
- INDECS (interoperability of data in e-commerce systems),
<http://www.indecs.org/>
- W3C metadata activity, <http://www.w3.org/Metadata/Activity.html>
- IMS, <http://www.imspj.org/>
- 特集メタデータ, 情報の科学と技術, 情報科学技術協会, Vol. 49, No. 1, 1999. 1
- 杉本重雄. Dublin Core に関する最近の話題から - 第7回 Dublin Core ワークショップほか, デジタル図書館 (ISSN 1340-7287), no. 17, pp. 32-36, 2000. 2
- Resource Discovery Network, <http://www.rdn.ac.uk/>

付録1： DL12で研究助成を受けたプロジェクト

参考資料 Edward Fox, Digital Library Initiative (DLI) Projects, ASIS Bulletin, 1999. 11より

「UE」と付けたものは学部教育指向のもの

機関・代表者	期 間 (年)	助成額 (千ドル)	題 目
スタンフォード大学・Wiederhold	3	520	医療診断や研究で利用されるイメージに関するプライバシーやセキュリティのためのイメージフィルタリング技術
アリゾナ大学・Chen	3	500	医学分野の大容量テキストデータの自動分類生成と人手によって作成された分類との間の自動統合化のためのアーキテクチャと関連技術
テキサス大学・Rowe	3	500	高精度 X 線 CT による脊椎の 3 次元イメージの提供
タフツ大学・Crane	5	2,760	人文科学分野において学際的に利用できる大規模デジタル図書館基盤の構築
ワシントン大学・Etzioni	2	600	WWW 上の情報資源のための自動化されたリファレンスツールの開発
カリフォルニア大学バークレー校・Wilensky	5	5,000	学術出版のモデルを捉え直して高度な情報の配布・提供のための技術を開発する。
コロンビア大学・McKeown	5	5,000	マルチメディアデータを含む医療情報のためのインターネット環境における個人向け情報アクセス技術の開発
コーネル大学・Lagoze	4	2,270	信頼性、安全性、保存性を提供するアーキテクチャを研究し、それに基づくプロトタイプを開発する。
ハーバード大学・Verba	3	1,800	社会科学分野の数値データを共同利用するための仮想データセンターの実現に向けた様々なツールや環境を構築する。
インディアナ大学・Palakal	3	310	個人向けに情報をフィルタリングし配布する知的システムの開発
ジョンスホプキンス大学・Choudury	3	530	演奏や高機能な検索による電子化した楽譜コレクションの利用性の向上
ケンタッキー大学・Seales	3	500	人文科学分野の貴重資料の補修のための照明技術、領域あるいはデータ依存の格納や高度な検索機能のための意味的モデルの開発
ミシガン州立大学・Kornbluh	5	3,600	記録音声(スピーチ)の検索可能なオンラインデータベースの開発
オレゴン保健科学大学・Gorman	3	650	専門家の情報アクセス過程を参考にした情報資源発見の支援機能の開発。保健管理分野を対象として行う。
ペンシルバニア大学・Buneman	3	500	データの生成・維持過程を扱うことをも含めた新しいデータモデルとその管理機構の開発。
サウスカロライナ大学・Willer	4	1,200	社会・経済学分野の実験、シミュレーションおよびアーカイブのためのソフトウェアとデータのライブラリの開発
スタンフォード大学・Garcia-Molina	5	4,300	不均一な情報とサービス、高性能なフィルタリング機能の不足、利用性に優れたインタフェースの欠如、商取引やプライバシー保護のための機能の欠如といったこれまでの DL における障害をできるだけ小さくするための技術開発

カーネギーメロン大学・Wactlar	4	4,000	DLI1 における Informedia Digital Video Library に引き続きビデオ資料の検索と情報発見のための技術を開発する。
カリフォルニア大学サンタバーバラ校・Smith	5	5,400	Digital Earth メタファーに基づき地理情報に関する様々なデータとそれを扱うサービスのための技術を開発する。
カーネギーメロン大学・Myers	3	450	Video 資料を対象とする使いやすいグラフィカルな編集ツール
カリフォルニア大学デービス校・Armistead	3	500	Judeo-Spanish の民話、物語、詩などのマルチメディアコレクションの構築
カリフォルニア大学バークレー校・Agogino	2	400	SMETE library のための利用者要求を評価するためのモデルとそれに基づくシステム仕様の開発等 (UE)
コロンビア大学・Wittenberg	3	580	地球科学分野の先端的な教育・研究資料等の配布・提供のためのモデルの開発 (UE)
ジョージア州立大学・Owen	3	330	グラフィックスと可視化技術の教育資料のコレクションとその利用モデル、利用者コミュニティの開発 (UE)
メリーランド大学・Druin	3	610	子供のための教育資料を提供するデジタル図書館のための情報アクセス支援のモデルと技法の開発 (UE)
テキサス大学・Kappelman	2	290	動物の骨格の 3 次元データを提供する library の実現 (UE)
オールドドミニオン大学・Maly	1	80	SMETE library に向けたツールやプロセスの開発 (UE)

付録2： Dublin Core の基本 15 エレメント

DC1.1 に基づく (<http://purl.org/dc/documents/doc-dces-19990702.htm>)

要素名	identifier	定義および説明
タイトル	Title	情報資源に与えられた名前。
作成者	Creator	情報資源の内容の作成に主たる責任を持つ実体。
主題およびキーワード	Subject	情報資源の内容のトピック。
内容記述	Description	情報資源の内容の記述。
公開者（出版者）	Publisher	情報資源を利用可能にすることに対して責任を持つ実体。
寄与者	Contributor	情報資源の内容への寄与に対して責任を持つ実体。
日付	Date	情報資源のライフサイクルにおける何らかの事象に対して関連付けられた日付。
資源タイプ	Type	情報資源の内容の性質もしくはジャンル。
形式	Format	物理的表現形式ないしデジタル形式での表現形式。
資源識別子	Identifier	与えられた環境において一意に定まる情報資源に対する参照。
情報源（出处）	Source	現在の情報資源が作り出される源になった情報資源への参照。
言語	Language	当該情報資源の内容の言語。
関係	Relation	関連情報資源への参照。
対象範囲（空間的・時間的）	Coverage	情報資源の内容が表す範囲あるいは領域。
権利管理	Rights	情報資源に含まれる、ないしは関わる権利に関する情報。

3.8 感性メディア技術の現状と今後の課題

3.8.1 はじめに

オフィスや家庭をはじめとして、人間が働き、学び、遊び、休息するさまざまな場面に情報化の波が押し寄せており、工業社会から情報化社会への移行が急速に進んでいる。情報システムについて考えるならば、いかなる立場、年齢、状況のユーザに対しても、情報洪水から守りながら、同時に、情報化社会における多様なサービスを享受可能とするユーザ主導型の柔軟なシステムが必要となってきた。従来の社会生活の常識があれば十分に扱えるような人間中心の情報環境の構築が、高度情報化により社会を真に豊かにするための条件である。このような情報環境が実現すれば、情報システムを適切に扱えない人が情報技術の進歩のみならず勤労の機会や社会的な豊かさから取り残されるといった問題（デジタルディバイド）の解決につながるであろう。

人間中心の情報環境を支える基盤技術として、筆者は感性メディア技術の基本コンセプトを提案し、情報処理技術の観点、データベース技術の観点、そしてこれからの産業として重要なコミュニケーション技術の観点から、基盤技術に求められる要件を分析し、自身でも研究開発に取り組んできた。

ここ数年間、ヒューマンメディア技術、感性工学など、感性メディア技術と密接に関連した人間主導型の情報技術への取り組みが活発になってきている。1996 年度より 5 年計画で進められている通産省工業技術院の産業科学技術研究開発プロジェクト「ヒューマンメディア」も最終年度を残すのみで、研究開発が佳境に入りつつある。また、1998 年度には日本感性工学会が日本学術会議第 5 部材料工学研連の下に組織され、韓国の感性科学会とも連携をとりながらアジア発の科学技術を展開しようと活動を開始した。

本章では、感性メディア技術の到達点をふまえつつ、具体的な研究開発事例としてヒューマンメディアプロジェクトを取り上げ、その成果と産業・国民生活への波及効果を分析・評価する。また、この分析・評価をふまえて、人間中心型情報技術の到達点と今後の課題をさぐる。

3.8.2 感性メディア技術

3.8.2.1 感性メディア技術とは

社会の高度情報化が急速に進み、人間を中心とした情報環境構築の必要性はますます高まっている。近年、コンピュータのハードウェアの性能向上は目を見張るものがあるが、その性能向上が、必ずしも人間中心の情報環境の構築には寄与していない。例えば、ヒュ

ーマンインタフェースの技術として、1980 年代にウィンドウ、アイコン、メニュー、マウスが連動する GUI（Graphical User Interface）が登場して十数年たつが、インタフェースはむしろ複雑化・ブラックボックス化しており、使い勝手は必ずしもよくなっていない。このような問題を放置するならば、社会の高度情報化や最近話題となっている高齢化の同時進行は、適切に情報システムを扱えないために情報サービスの恩恵にあずかれない人、いわゆる情報弱者を多く生み出し、新しい社会的格差（デジタルディバイド）を拡大することが懸念される。

人間を中心にした情報環境を構築するためには、

- ・利用者の経験や好みに合わせてシステムと対話できる、
- ・3 次元的な空間の広がりの中で臨場感豊かに直感的に情報を体感できる、
- ・人間が五感をフルに活用して心地よく情報環境で活動できる、

等を実現する必要がある。これによって、普通の人間にとって、扱える情報が飛躍的に増大し、高度化・複雑化している情報機器やシステムも扱いやすいものとなる。その結果、人間の創造的活動に寄与するものとなる。

人間中心の情報環境で扱う情報には、従来の情報環境が扱っていた論理的・記号的情報だけでなく、人間の感性に訴える情緒的な情報、および、五感に直接感じることができる物理的な情報を含める必要がある。感性メディア技術とは、このような情報の内、人間の感受性、嗜好性等を対象とした情報技術である。

ヒューマンメディア技術は、次の3つの観点からのマルチメディア技術・マルチモーダル技術の高度化と融合を目指すものである。

- ・感性メディア（感受性、嗜好性等の人間の感性を扱うメディア）
利用者の嗜好や主観的感性に適応させ利用、共有するための、マルチメディア情報のデータベース化技術、内容検索技術、提示技術。
- ・仮想メディア（五感を中心とした感覚等を扱うメディア）
仮想空間を用いて利用者のより良い理解と活用を可能とするための、マルチメディア情報の統合技術、仮想空間の構成・提示・共有・利用技術。
- ・知識メディア（人間の知識を能動的にサポートし増幅するメディア）
多様な文脈や背景のもとで人間に判りやすい意味を持った情報として解釈し共有するための、マルチメディア情報の生成・加工技術、データベース化技術、内容検索技術。

通産省工業技術院のヒューマンメディアプロジェクトは、感性メディア・仮想メディア・知識メディアを核とした新しいマルチメディア技術を、人間を中心として高度化し、融合

化する研究開発である。ヒューマンメディア情報環境の構築自体は、長期的視点にたった研究である。しかし、本プロジェクトは、その中で実問題を取りあげて短期的な成果をあげることにより、具体的なヒューマンメディアのイメージを明らかにすることを目指している。

3.8.2.2 感性工房 ー感性メディアの実問題ー

本章では、感性メディアの特性が特徴的に現れる実問題として「感性工房」の研究開発を取り上げて紹介する。感性工房（図 3.8-1）は、感性メディア技術に力点を置いた人間中心型の情報環境の一例である。

感性工房の開発成果の実用化イメージとしては、工業デザインに代表される知的、感性的、創造的な共同作業の工程（資料の収集・分析・整理、作業者間の意志疎通、デザインのプランニングなど）を支援する情報システムが想定される。工業デザイン支援として、感性的検索機能を有するマルチメディアデータベースの提供を可能とする。また、デザインに携わる作業者の言葉の使い方、着眼点、イメージしている形状等の相違を直感的かつ的確に提示し意志疎通の支援を可能とする。これらにより、デザイナーの作業負担の軽減を図る。

中期的には、消費者参加型の「一品種一生産」のイージーオーダーシステムへの展開、長期的には、マーケティングから商品企画・設計・発注・製造までの全工程を電子化するCALSの中核的なシステムとしての利用も考えられる。

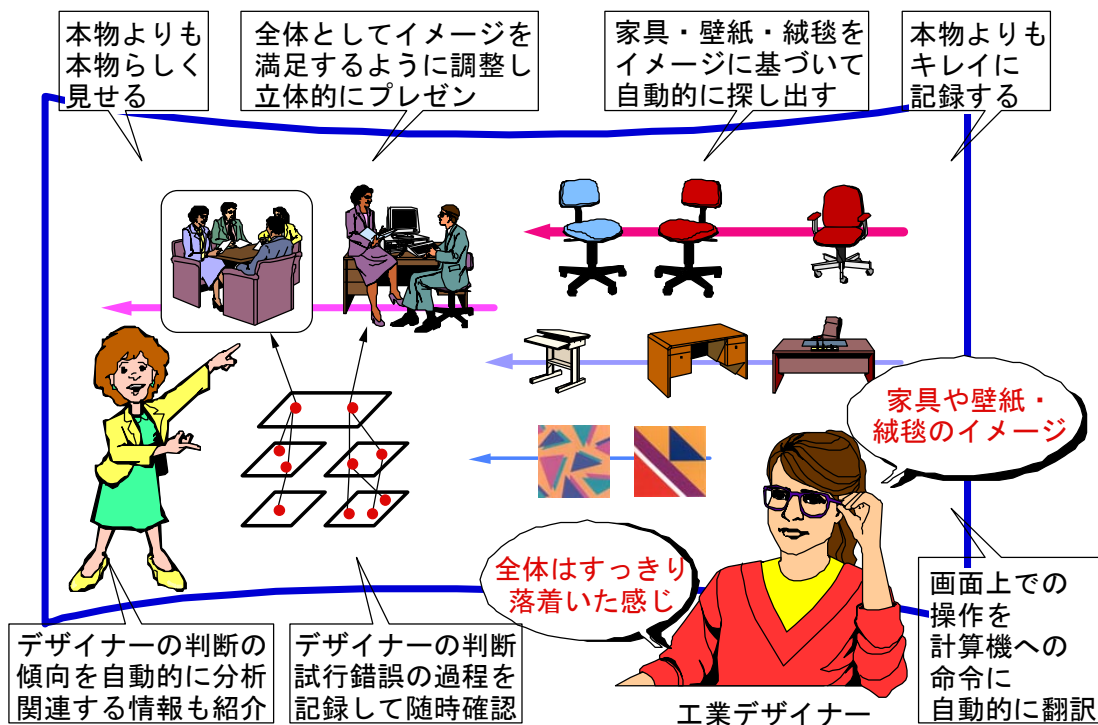


図 3.8-1 感性工房の実現イメージ

感性工房の成果は、直接的には、公共的な情報提供サービスや、カタログショッピングなどのインターネットビジネス、工業製品やアパレル製品の設計・デザインへの応用が考えられる。より広範には、教育産業、医療福祉産業、アミューズメント産業での商品企画と設計などの様々な場面への応用も可能と考えられる。

このような感性工房を実現するためには、マルチメディアデータの感性検索が可能な新しいデータベースの開発と、共同作業に適したヒューマンインタフェースの開発が必要である。

そのため、感性工房の研究開発では、データに対する主観的な解釈の分析から感性の工学的モデルを構築し、データと感性モデルを統合的に管理するための新しいデータベース構成技術を開発すると共に、感性モデルによる例示検索・類似検索・感性検索等の検索機能を開発している。また、これらの機能を直感的に利用し結果を把握できるようなヒューマンインタフェースの開発に着手している。図 3.8-2 に感性工房のシステム構成を示す。

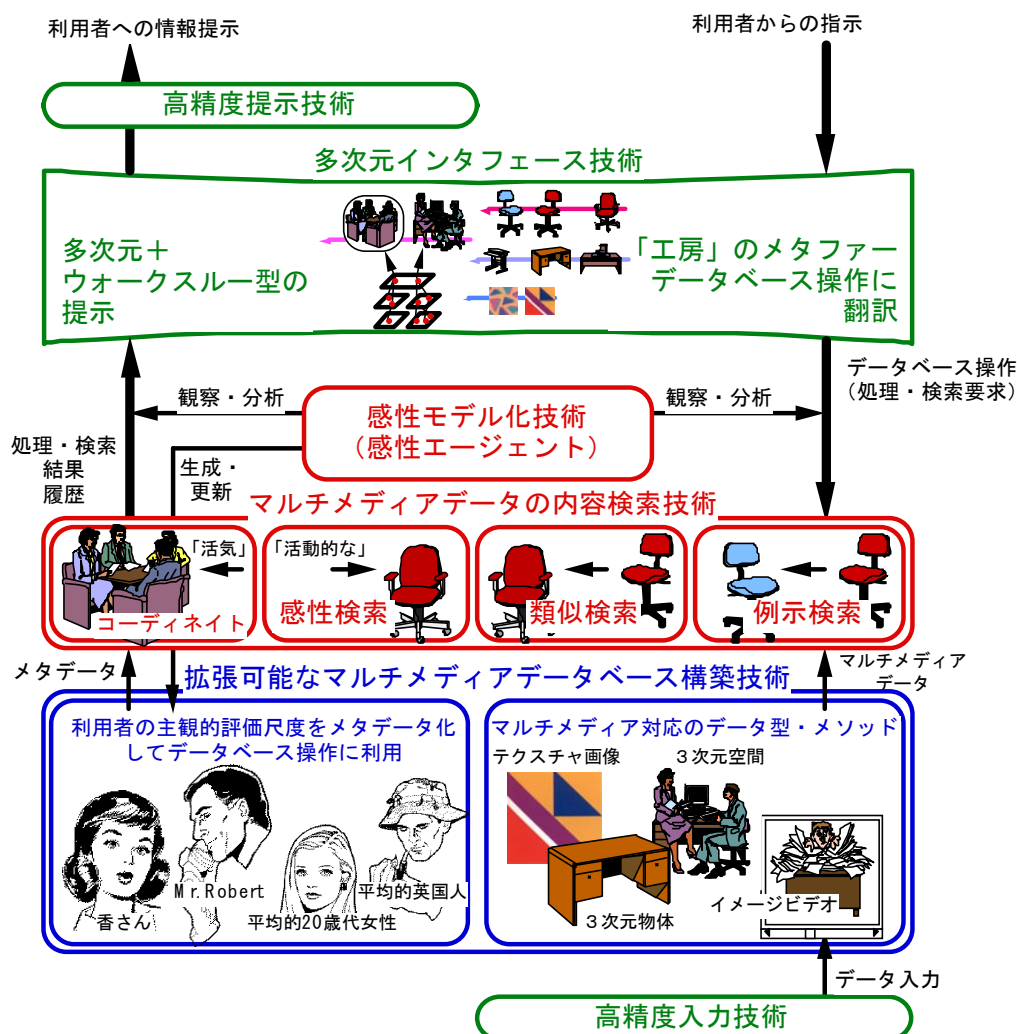


図 3.8-2 感性工房のシステム構成

3.8.2.3 感性メディア技術

「感性」というとえどころのない、しかし、物や情報に付加価値を与えるという点では非常に重要な概念が、情報技術の新しいキーコンセプトとなってきた。データベース技術は、本来、大量の情報をたくさんの人達で共有し、また、利用するために発達してきた。そして論理的なあいまい性のない、技術の枠組みが確立されてきた。しかし、データベースのコンテンツが、「人名・年齢・給料」などのいわゆる無味乾燥な文字・数値データから、受け手へのメッセージの伝達を目的とした「音声・音楽・写真・映像」などのマルチメディアデータに急速に拡大されてきた。そのため、データベース利用者の感性的な視点に適合するような、新しい技術の枠組みが必要となってきたのである。

3.8.2.3.1 感性メディア技術における「感性」

一人ひとりの顔が違うように、私たちは一人ひとり異なった感性を持っている。情報（文章であったり声であったり映像であったり、また、これらが組み合わされたマルチメディアメッセージであったりする）を受けて、どのように感じるか、どのように判断するか、そして、それをどのように人に伝えるのかに、それぞれの人の感性の違いが現れる。また、一人ひとりの人間ではなく、ある年齢層の人達（例えば「若い世代の人達」「団塊の世代」）や、共通の経験を持つ人達（例えば「帰国子女」「キャリアウーマン」）や、共通の趣味を持つ人達（例えば「ジャズ」「クラシック」）に感性の共通点を見出すこともできる。さらには、「日本文化」「英国文化」「フランス文化」のように、民族性・国民性の中に、感性の相違点を見出すこともできる。

日常語として用いられる「感性」は様々な文脈の中で様々な意味合いで使われる。はじめに、どの視点から「感性」を論じるのかを峻別する必要がある。

例えば、芸術・文化・人文科学における感性は、「感動する心、また、感動を生みださせる匠の技」である。作者は、作者の心の中にある「思い」を作品という形で適確に表現するために感性を活用し、鑑賞者は、鑑賞者自身の感性に基づいて、その作品から作者の「思い」を理解しようとし、あるいは、新たな解釈を与えようとする。このような意味での感性は、永遠に解明されえない人間の特質と言えよう。

しかしその一方で、生活産業・サービス産業の対象としての感性は、「消費者である個人の嗜好から、ある年齢層の人々の嗜好、さらには、貿易相手国の文化的な嗜好までを対象に、商品に付加価値を与えるもの」である。感性は、ビジネスに多大な影響を与えうる、商品を差別化する指標とも言える。このような意味での感性は、マーケティングにおける嗜好の分析・商品企画などの場面で、統計的な分析・処理の対象とされるようになってきた。

情報提供サービスなどの情報産業の対象としての感性は、「情報提供サービスの品質を表すメトリック」と考えられる。品質の良いサービスを提供するためには、利用者の主観的な意図を正確に理解し、これにマッチした情報処理を行う必要があるからである。

人間が外界の情報に対して主観的かつ直感的に示す価値判断や、取捨選択の際の評価尺度、また、人間がイメージする心象を具体的に形のあるものにして表現する際の表現の仕方に、人間の感性が反映されていると考えられる。利用者の主観的な意図を正確に理解し、必要な情報を適確に細大漏らさず提供するためには、このような利用者の感性をモデル化して情報提供サービスの情報処理の過程に適応的に組み込めるような仕組みが必要となる。感性は、これからの情報技術の基礎となる重要な概念の一つなのである。

感性を対象とした情報処理の目的を整理してみよう。

第一の目的は、人間が感性を発揮するのを支援することである。1970年代以降、電子回路や計算機を組み込んだ電子楽器・電子伴奏装置、種々の視覚効果を与えるレタッチ手法を用意した描画ソフトウェアのように、演奏や創作などの人間の感性的な行動を支援するシステムが開発され利用されてきている。このような人間の感性を強化する情報処理の仕組み（Kansei Amplifier, Enhanced Kansei）を用いることで、芸術家でなくても上手に曲を演奏・合奏したり、ビジュアルな作品を制作できる。ここで、感性を発揮し感性を理解する主体は人間である。人間にとっての使い易さ・楽しさ・満足感を提供することに、情報処理技術の主眼がある。

第二の目的は、人間の感性を理解するとともに、人間の感性にマッチした情報を提供することである。1980年代後半より、情報のマルチメディア化が急速に進み、また、1990年代からのインターネットの普及により情報機器や情報サービスの利用者層が大きく拡大した。これにより、直感的な情報機器の操作やコミュニケーションのニーズが高まってきている。このようなニーズに応えるために、1990年代後半より、人間（個人または複数人）が絵画や音楽などのコンテンツを主観的かつ直感的に解釈し評価する際や、絵画や音楽などのコンテンツを創作する際に示す感性的な特性を、統計的にモデル化し、感性的な状態を推定したり再現する試みが始まった。人間の持つ知能・知識の一部を計算機で代行する人工知能（Artificial Intelligence）に対して、人間の感性の一部を計算機でシミュレーションする人工感性（Artificial Kansei）といえる。人間の感性の構造を探るとともに、これを工学的に実現することが、人工感性の主眼である。

3.8.2.3.2 感性モデル化の枠組みの研究

感性のモデル化とは、一人ひとりの利用者（あるいは、年齢層が同じ利用者グループなどを対象とする場合もある）について、人間がイメージする心象と、外界の情報・コンテンツ・物との間の対応関係・相関関係を発見・解明して工学的に表現し、第三者によるシミュレーションを可能にすることである。

図 3.8-3 に、ヒューマンメディアプロジェクトで提案・開発されている感性の工学的なモデルの枠組みを示す。

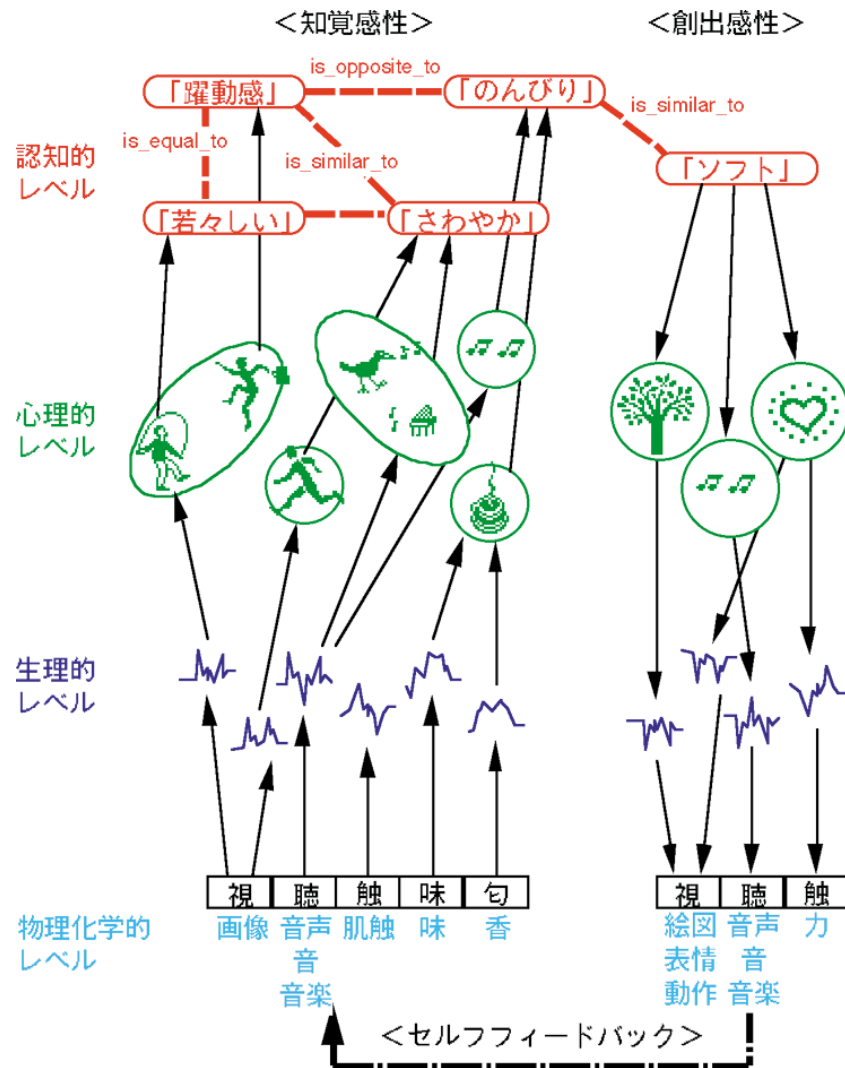


図 3.8-3 感性の構造の工学的モデル

(相互作用性, 階層性, マルチモーダル性が内在する)

ヒューマンメディアプロジェクトでは、1996 年度以来、種々の画像・3次元物体を対象に、「画像や物体の物理的客観的な特徴と、これを見た人間の主観的な評価との間の統計的な相関関係」に注目し、人間の初期視覚を模擬した特徴抽出法、部分的・断片的な教示からその人の主観的な評価の特性を推定する技術、相関関係を利用した感性検索法などの基本的な枠組みが開発された。

これにより、新たなコンテンツを対象に内容検索（例示検索・類似検索・感性検索）が可能なマルチメディアデータベースを構築するための、一般的枠組みが明らかになった。これらの成果は、国際的にも感性データベースの先駆的な研究として認識されている。

1986 年から電子技術総合研究所で試作されていた電子美術館 ART MUSEUM システムでの感性分析・感性検索のアイデアを拡張し、ヒューマンメディアプロジェクトでは、様々なフ

ルカラー写真（自然画像）やテクスチャ画像、都市景観画像などを対象に、画像の色彩と空間的な隣接関係に関する画像特徴と、主観的なイメージ語表現との統計的な相関関係を分析する仕組みを高度化した。具体的には、感性検索の試行毎に、追加学習を行うアルゴリズムを開発した。検索結果が主観評価に合わない場合、利用者は主観的な表現をシステムに教示する。システムは、その画像が既学習であれば、その画像に与えた主観的表現を置き換える。学習画像でない場合は、これを新たに学習画像に追加し、統合特徴空間を再構成する。

これにより、システムに登録した感性モデルを段階的に一人一人の利用者の主観的評価基準に適合化させることができると共に、評価基準の経時変化にも柔軟に対応させることができる。これは、平均的な利用者のモデルから、特定の利用者のモデルを利用者に負担無く構築するメカニズムとしても利用できる。

このアルゴリズムを実証するために、インターネット上で運用・評価実験が行われている。現在に至るまでインターネット上で、個々の利用者の感性モデルを構築し、主観的なイメージ語表現から画像を検索するシステムは、この研究以外には公開されていない。またこのシステムは、様々なプロフィールを持つ利用者の平均的な感性モデルを構築するためのデータ収集としても利用されている。

これらの研究を通じて、多数のイメージ語は比較的少数のイメージ語のクラスに分類できること、各イメージ語のクラスと特定の画像特徴量との相関関係が極めて良いこと、このような分類や相関関係は被験者（利用者）のプロファイルの違いによって変化することが明らかになった。

これらの仕組みにより、画像をキーに、類似した画像を検索する、例示検索・類似検索や、主観的なイメージ語をキーに、それに適した画像を検索する感性検索も、統一的な枠組みで実現されるようになった。さらにこのアイデアを応用すると、主観的なイメージ語を「媒介変数」とすることにより、あるメディアのコンテンツ（例：絵画）をキーとして与えられると、そのデータを表現するイメージ語の組合わせを推定し、次いで、それらのイメージ語にマッチする異なった種類のコンテンツのデータ（例：都市景観、テクスチャなど）を検索するような、複数のコンテンツにまたがったマルチメディアの類似検索や感性検索機能も実現できる。

3.8.2.3.3 3次元物体への対象の拡張

ヒューマンメディアプロジェクトでは、対象を2次元画像から3次元物体に拡張して、例示検索・類似検索のアルゴリズム開発も進められた（図3.8-4）。

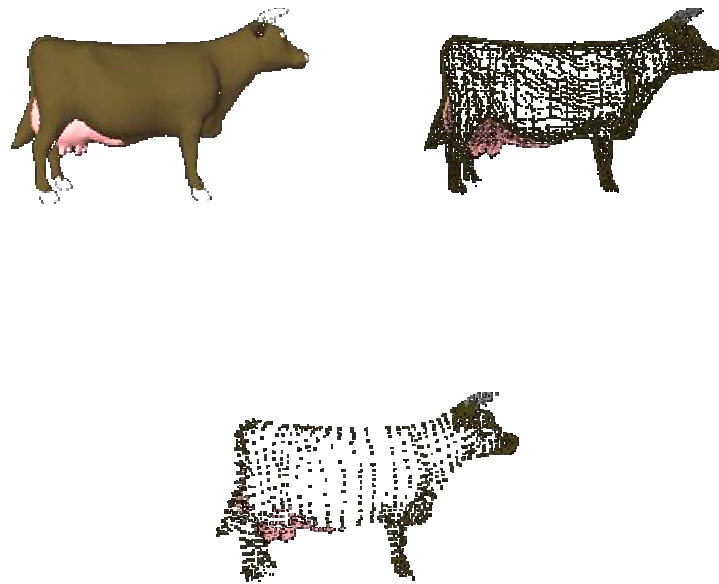


図 3.8-4 3次元物体モデルの表現法（面表示、ワイヤーフレーム表示、頂点表示）

物体を対象にした例示検索の要件を分析し、多面体近似した物体の頂点密度に注目した特徴量と、特徴空間上でのユークリッド距離を利用した例示検索法を考案した。また、インターネット上の VRML で記述された情報資源や、3次元 CAD で作成されたデータを有効に利用するために、三面図のどの面を正面にしても回転に対して不変な頂点密度の特徴量に取り組んでいる。多少の識別の能力は落ちるが、データの次元数を大幅に圧縮しつつ、実際上はそれほど精度の落ちない特徴量を開発した。

これにより、種々雑多に集められた物体データからなるデータベースに対しても、自動的に例示検索機能を実現できるようになった。

またこのメカニズムは、物体の外見的特徴から自動的に分類（例：イス、ソファ、机、テーブルなど）するので、データベースを分割し、検索時間を高速化するうえでも有効である。同時に、類似度学習のために代表的なサンプルを自動的に抽出する手法としても利用できる。図 3.8-5 に、ある「ひじ掛けイス」や「長イス」をキーとして、例示検索した例を示す。

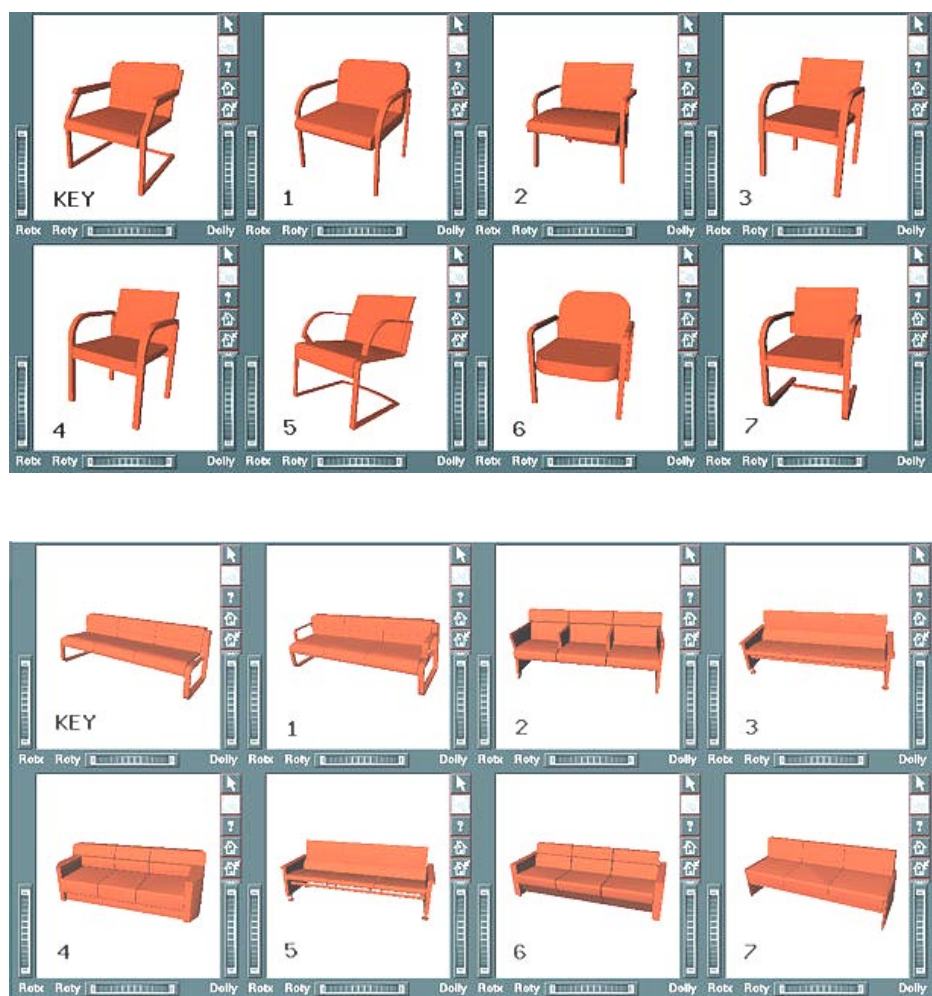


図 3.8-5 3次元物体の例示検索の例

個々の利用者が持つ主観的な類似度の基準を学習し類似検索に利用するために、代表的なサンプルの対に類似度を教示するためのインタフェースを試作すると共に、主成分分析・多次元尺度法を応用した主観的な類似度の学習法を考案した。これは、個々の利用者が、3次元物体のどの部分に注目して類似性を判断しているかをモデル化するものである。

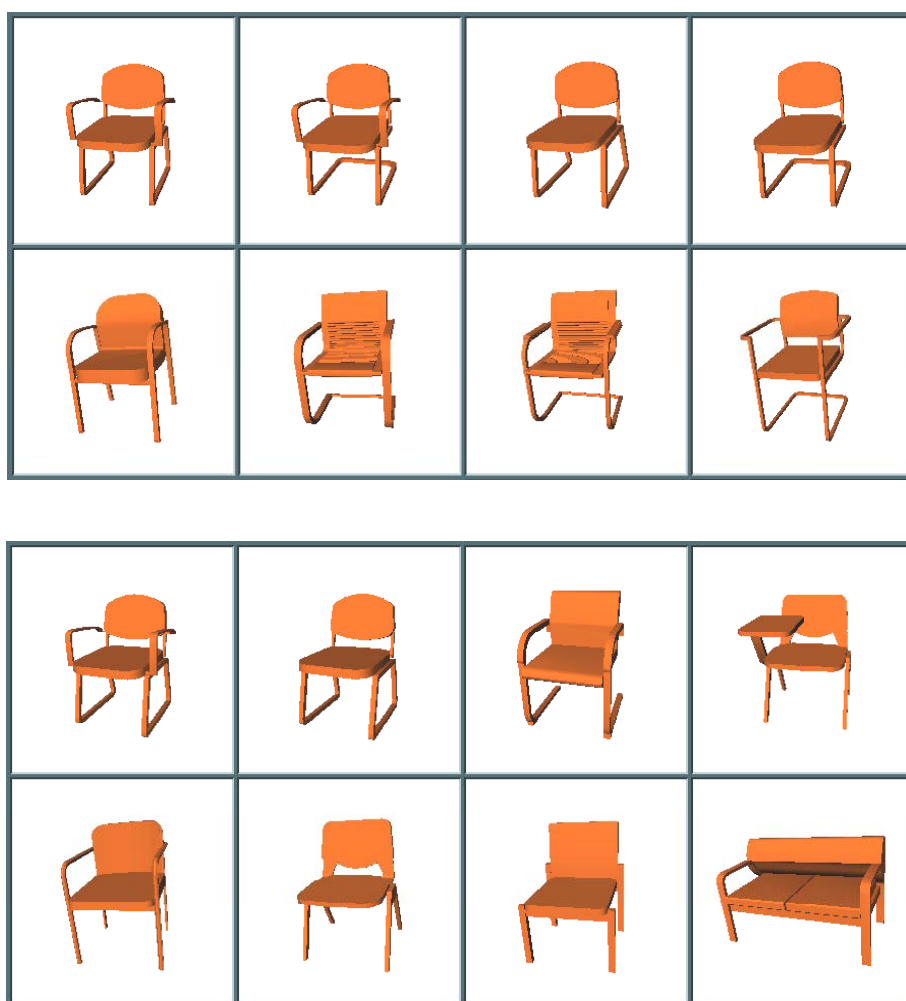


図 3.8-6 3次元物体モデルの類似検索
(二人の利用者のモデルで類似検索)

電子技術総合研究所の OGDEN では、データベースから選んだ 10% 程度の学習用サンプルの集合に対し、利用者は、各データ対に類似度を 10 段階評価で与えている（結果は、類似度行列として得られる）。多次元尺度法により主観特徴空間を構成する。図 3.8-6 は、各ウィンドウの左上のイスが例示した物体である。同じように物体（この場合はイス）を見ながらも、どのような部分、どのような特徴に注目して判断しているのかの違いが、両者の検索結果の違いに現れている。

このような 3 次元物体を対象とした例示検索・類似検索システムは、世界でも初めての試みであり、本研究に刺激され、例えばカナダ NRC でも、3 次元物体の例示検索システムの研究が行われるようになった。

3.8.2.4 仮想メディア技術

3.8.2.4.1 多次元インタフェース技術

バーチャルリアリティによって構成した仮想空間をヒューマンインタフェースに利用する観点としては、新しいインタフェース空間とメタファーの提供、および、インタフェースの多次元化が挙げられる。

前者に関しては残念ながら、ヒューマンメディアプロジェクトに限らず、見るべきものは少ない。メタファーの設計には、バーチャルリアリティ技術の開発のみならず、個々のアプリケーションに合わせて、利用者自身による評価も踏まえながら、情報技術・人間工学・デザイン工学などの各分野のアイデアを集成する必要がある。バーチャルリアリティ技術に関しては、種々の入出力デバイスの一部が利用可能になった段階であり、これから利用技術の積み重ねを進めていく必要がある。

後者（インタフェースの多次元化）に関しては、UNIX のファイルシステムや情報検索システムでの検索結果の多次元表示法などが、1990 年頃から主として欧米で試みられてきている。従来の「狭い視野」「一覧表」的な情報の提示の仕方から、種々のデータやデータ間の関係を広い範囲にわたって一覧性良く仮想空間上に配置する提示の仕方に移行しつつある。

ヒューマンメディアプロジェクトにおいても、仮想空間を利用した感性モデルの可視化技術が開発されている。これは、主観的な類似度が 3 次元空間上の距離に相当するように、仮想空間を自動的に構成するものである。これに基づき、印象語などの概念語間、家具などのコンテンツ間、概念語とコンテンツ間の関係を、デザイナー等の利用者が空間的・直感的に観察し、理解できるように 3 次元の仮想空間上に可視化して提示する手法が開発された。

これらの手法により、感性工房プロトタイプシステムの上で、デザイナーと顧客が、それぞれのイメージするものの違いやイメージ語の使い方の違いを、直感的に理解できるようになった。人間同士のコミュニケーション・相互理解を支援する手法として利用できる。

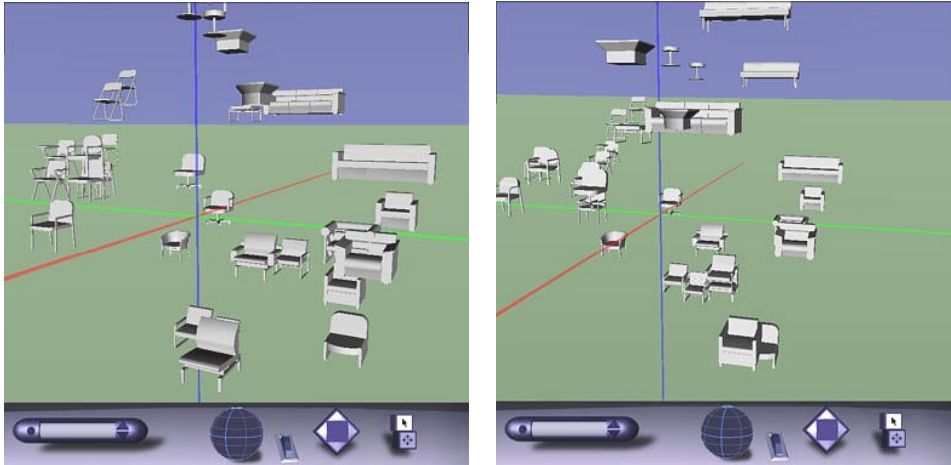


図 3.8-7 二人の利用者それぞれの感性モデルの可視化と着目点の違いの対比

図 3.8-7 に、3次元物体モデルに関する主観的な類似度のモデル（感性モデル）を可視化した例を示す。同じイスやソファを対象としながらも、どの部位のどのような特徴に注目して「類似・非類似」を判断しているかの違いを、他人が伺うことが出来る。このように、主観特徴空間は、感性の構造を可視化したり、人による感性の違いを対比させて理解する道具としても利用できる。

3.8.2.4.2 画像の高精度提示の基礎技術

マルチメディアデータベースの基盤技術の一つとして、明暗や色彩のコントラストの悪い画像を加工してデータベースに格納、あるいは、利用者に提供する技術が挙げられる。このような画像強調技術は、長い歴史を持ち、暗い目の画像や明るい目の画像など、それぞれの対象の性質に合わせて、目的別に、輝度や色調を補正するアルゴリズムが開発されていた。

電子技術総合研究所は、神経系における側抑制回路の工学的意味を解明し、マッハバンド・ハーミングリッド錯視・残像などの視覚生理現象を工学的に説明し、再現することに成功した。同時に、凸版印刷と共同で、このメカニズムに基づく、側抑制に基づくコントラスト改善による画像強調の自動的・適応的なアルゴリズムを開発した。

側抑制は ON-center 回路は明るさの強調、OFF-center 回路は暗さの強調の線形加算と考えることにより、背景の明るさ（暗さ）に適応的に輝度の変化を強調する変換回路を構成できる。この変換の曲線は逆 S 字型となり、人間の視細胞の S 字型応答特性として知られている性質（暗すぎても明るすぎても、輝度の変化を知覚できない。中くらいの明るさの場合のみ、輝度の変化を知覚できる。）を補正する役割を果たすことがわかった。信号の輝度と背景の輝度の差に合わせて自動的に強調の度合いを変化させると、ガンマ補正のようなヒューリスティックを用いることなく、完全に自動的に、与えられた画像に対して（準）最適なコントラスト強調画像を生成することができる（図 3.8-8、図 3.8-9 に考え方の概要

を示す)。

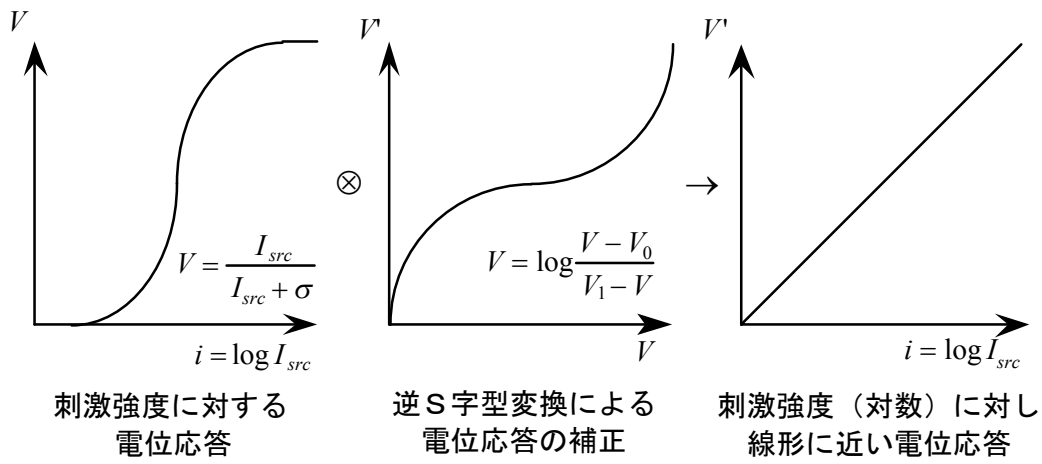


図 3.8-8 側抑制回路（逆S字型変換）の役割

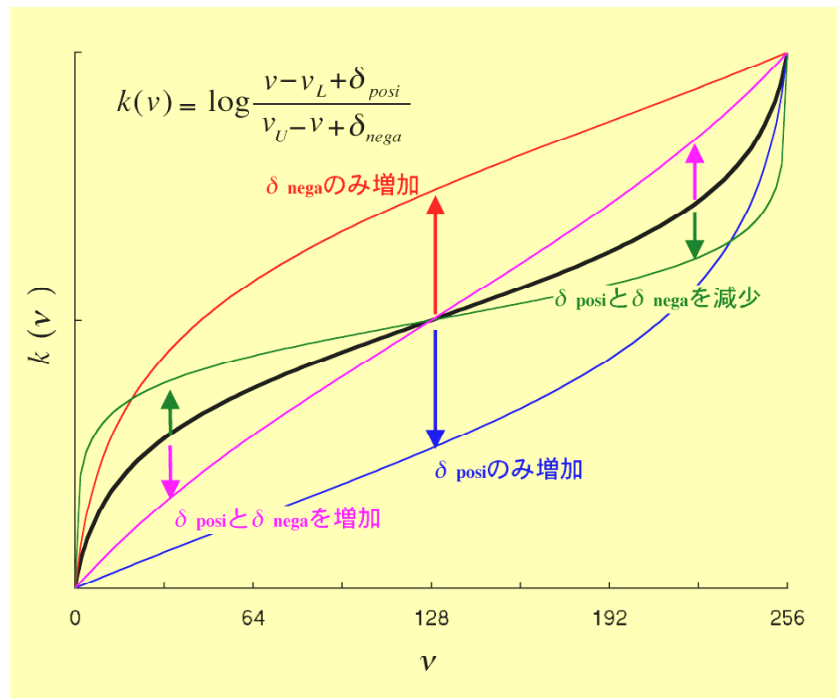


図 3.8-9 逆S字型変換の制御方式

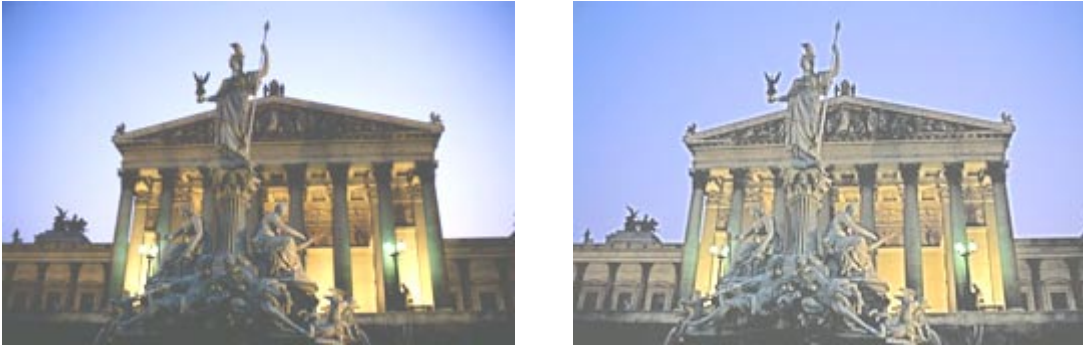


図 3.8-10 カラー画像のコントラスト改善例

原画像の色調を壊すことなく、明部・暗部でのコントラストを改善している。

従来の画像強調手法は、画像の輝度の分布などの統計的性質にのみ依拠していたため、不自然で違和感のある結果が得られることも多かった。また、輝度の対比を強調すれば色調が不自然になる場合が多かった。本手法は、生理学的にも裏付けのある画像強調手法としても有効であること、従って、どのような画像に対しても安定な結果を期待できる。本手法により、画像の内容によらずに、単一のメカニズム（＝並列処理ハードウェア化容易）で自動的・適応的に、かつ、違和感なく、輝度や色彩のコントラストを改善することが可能となった（図 3.8-10）。

3.8.2.5 知識メディア技術

人間中心型の情報システムでは、個々の利用者のもつ知識・興味や、主観的な感性などのモデルを、利用者に心理的な負担無く構築し、データベースなどの基盤的なシステムに組み込めるようにする必要がある。

ヒューマンメディアプロジェクトでは、データベースシステムのための知的かつ感性的なインタフェースを実現するメカニズムとして、複数のエージェントを利用した複合コンテンツ検索技術、及び、感性モデル構築・利用技術の研究を進めた。

インターネット対応のインタフェースエージェント技術として、利用者が単一のインタフェースを操作するだけで、複数のデータベースサーバーを統合的に利用できるような統合検索サービスの技術を開発した。インタフェースエージェントが、インターネット上の複数のデータベースシステムや検索エンジンの所在とその論理構造の違いを踏まえて、利用者からの検索質問を適切な形式に変換し、各データベースシステムや検索エンジンに発信する。これらからの表記形式の異なる回答を、内容レベルで統合整理して、利用者に回答する。これにより、利用者は、単一のインタフェースを操作するだけで、インターネット上の複数のサーチエンジンから、各サーバーのコンテンツ・内部仕様の違いを意識することなく統合的にコンテンツを検索できるようになった。このような技術の実証システムとして、インターネット上の図書購入システム Maxwell のプロトタイピングをした。これ

らの成果は、国際的にも注目され数十のサイトにダウンロードされて試用されている。

また、感性モデル構築・利用システム(K-DIME)として、ユーザインタフェース上でのグラフィックな操作を通して、風景写真などの自然画像に対する利用者の主観的な知覚過程の特徴(例:色彩特徴とイメージ語の対応関係)を半自動的にモデル化するマルチエージェントメカニズムを開発し、プロトタイピングした。

現在は、感性モデル化のエージェントとインタフェースエージェントの統合に着手している。Maxwell と K-DIME を統合することにより、インターネット上の複数のサーチエンジン(キャプション中のキーワードなどを手がかりに検索)に検索質問を平行して送り、検索された画像に対して、さらに、感性モデルを利用したフィルタリングを適用し、より利用者の感性にマッチした画像を検索するシステム K-DIME を試作し、インターネット上で公開している。(図 3.8-11)



図 3.8-11 マルチエージェントシステムを利用したインターネット上での画像検索

図 3.8-11 では、客観的なキーワード(Hawaii)を指定して複数の画像サーチエンジンを利用。この検索結果に対して、主観的なキーワード(fresh)を指定して、感性モデルに基づいて画像をフィルタリング。以上の過程を自動的に行った。一方、図 3.8-12 では、客観的なキーワード(Hawaii)を指定して画像サーチエンジンを利用した。もし、これに Fresh を客観的なキーワードとして加えると、意図する画像はほとんど検索できないことに注意されたい。



図 3.8-12 インターネット上での画像検索（参考）

3.8.3 感性メディア技術の今後の展開

感性情報処理技術のここ数年の進展を見ると、前節で紹介した感性の工学的なモデル化は、一つの集大成されたフレームワークと言って良いであろう。ヒューマンメディアプロジェクト以外にも、感性情報処理を取り込んだ試作システム、実システムが発表されているが、その違いは、対象とするコンテンツの違いによる特徴パラメータの設計法の違い、あるいは、統計的な学習を行う際の学習アルゴリズムの違いであって、基本的なアイデアは同じであると言える。

個別の種類のメディア、個別の種類のコンテンツを対象とした感性情報処理技術は、基礎研究の段階から、精度や効率が重視される応用研究・実用研究の段階に移行したと言える。

では、主要な問題は解決したのか？実は、基礎研究レベルでは、むしろ停滞の段階にあるのではないかと危惧もされる。本節でははじめに、感性メディア技術の研究開発が直面している問題点を整理し、次いで、未だに解決していない、しかし、応用研究・実用研究には不可欠な技術課題を以下に示す。

3.8.3.1 感性メディア技術の研究開発の問題点

1980年代の中期、いわゆる「人工知能ブーム」が起こり、演繹推論などの論理学、ニューラルネットワークなどの非線形学習など、知識の記述や、推論、学習のための種々のアルゴリズムが華々しく提案された。しかし、実用化という面ではオモチャの域を出ず、「強いAI、弱いAI」の議論とともに、研究は下火になった。

その背景には、「人間の知能」に関する知見が深まらないまま、「知能を模倣」する上での基本原理を確立できなかったこと、また、現実規模の複雑性を持ったアプリケーション〔実問題〕への取り組みが必ずしも十分ではなかったこと等がある。しかし、ブームの後の地味な研究の積み重ねで、エキスパートシステムなど数々の技術が実用化され、現実のシステムで利用されるようになってきた。

1990年代の中期、今度は「感性工学ブーム」が起こり、多変量解析、ニューラルネットワーク、カオス、遺伝的アルゴリズムなど、感性のモデル化や学習、シミュレーションのための種々のアルゴリズムが提案されるようになった。しかし、十年前に人工知能ブームがたどったのと同じように、研究としては下火に向かいつつあるのではないかと危惧される。

その背景には、「人間の感性」に関する知見が深まらないまま、「はじめにシーズ〔方法論〕ありき」で「感性を模倣」する上での基本原理を確立できていないこと、現実感性を必要とするキラーアプリケーション〔実問題〕を発見しえないでいること、また、現実規模の複雑性を持ったアプリケーション〔実問題〕への取り組みが必ずしも十分ではないこと等がある。今こそ、地に足のついた研究開発、産業や生活と結びついた研究開発が求められている。

- (a) 心理学の呪縛： 感性工学のオリジンの一つは心理学に求めることができる。心理学者、社会学者によって、因子分析やSD法などの手法を用いた、被験者のメンタリティのモデル化が行われてきた。情報技術の分野でも、伝統的な方法論を改良して利用されている。このようなアプローチでは、型にはめるべきモデル〔因子〕をあらかじめ「仮定」して、そこに観測されたデータを線形近似であてはめて説明しようとする点に難しさがある。分析者の先入観を避けるための工夫や、近似の精度を保証するための工夫が必要である。実際には、十分な配慮をしている分析事例・研究事例は少ない。
- (b) ブラックボックスの呪縛： 複雑な構造を持つと想像される人間の感性は、ニューラルネットワークなどの非線形学習の恰好の対象となっている。コネクションやフィードバックのかけ方を調整することで、さまざまな神経回路を模擬することもでき、様々な工夫を凝らしたアルゴリズムを開発できる。一方、模擬した結果の「工学的な必然性」を説明することは難しい。人間〔生物〕の神経回路を模擬しようとしながら、実は、感性における神経回路の役割に関する知見が乏しいため、妥当な裏付けが無い可能性もある。

- (c) 脳研究の呪縛： 脳は現在の科学のフロンティアの一つである。様々な部位の働きや、脳の構造から人間が行っている情報処理の過程を解明することはビッグチャレンジである。一方で、現状の知見から、感性情報処理に有益な方法論、アイデア、アルゴリズムが得られるかという「？」である。感性や知能の基礎研究として脳にアプローチすることと、複雑な実問題に機械の感性や機械の知能で応えられるものを開発することの間には、当分は埋まりそうにない大きなギャップがある。
- (d) 事例主義の呪縛： 感性工学の一つのオリジンは、企業での製品開発に求めることもできる。消費者に対するマーケティングや社内でのパネルによる試用テストの結果から改善すべき点を探り、具体的な製品の形に結びつける過程を効率良く進めるために、様々な分析法の組合わせ方に関するノウハウが積み上げられてきた。一つの企業内で継続してノウハウを蓄積できる場合には良いが、全く新しい製品設計、未知の分野への製品展開を行う場合には、「一からやり直し」となる点に問題がある。ノウハウの積み重ねから、一般則をどうやって導き出すかが、課題である。

3.8.3.2 感性メディア技術の課題

3.8.3.1.1 ヒューマンファクター

利用者の感性をシステムに教示するためには、主観的な基準そのものの数量化法を工夫するとともに、利用者に心理的な負担の少ない教示法を設計すべきである。

例えば、全ての（あるいは、かなりの数の）画像データの対に主観的な類似度を与えるのは、統計的な分析アルゴリズムの上からは正確さが期待できるが、実際には適用できない。利用者（＝被験者、回答者）が、それらの膨大なデータに対して、最初から最後まで矛盾無く同じ基準で回答し続けることなど不可能だからである。電子技術総合研究所のTRADEMARKやART MUSEUMでは、母集団（つまりデータベース全体）の画像データの画像特徴量の分布を調べ、少ない数で代表的な傾向がカバーされるように注意深く教示用のサンプルを選んでいる。

また、一時に大量の教示用のデータを得て分析するのではなく、利用者の主観に適合するまでの時間を多少犠牲にしても、心理的に負担の少ない方法で、教示データを収集するなどの工夫も必要である。例えば、利用者が毎回の検索でどのような事後評価をしたかなどの情報をログとして収集しておき、これがある程度たまったところで、分析に利用するなどが考えられよう。

このような技術課題のブレークスルーにより、きわめて簡便に、様々な利用者を対象に、様々な仕事の間・生活の間での情報サービスに、感性メディア技術を組み込むことができるようになり、人間中心型の情報環境が身近なものとなる。

3.8.3.1.2 マルチモーダルな相互作用

感性の工学的なモデルの枠組みでは、感性の構造のマルチモーダル性が指摘されているが、このようなマルチモーダル性に明示的に対応した感性のモデル化のアルゴリズムは、未だ、開発されていない。

例えば、動く物体を写したビデオなどを考えると、物体の形状、物体の質感、物体の動き、ビデオに付けられた BGM を、人間は同時に受容して、シーンを総合的に知覚していると考えられる。このような「形状」「質感」「動き」「音楽」の情報は、視聴覚のそれぞれ別々のチャンネルで受容され、最後まで独立に認知されるのではない。生理的レベル・心理的レベル・認知的レベルでは、相互に影響しあっているのである。視聴覚の個々のチャンネルでの統計的な分析をおこない、これを組み合わせるといふ、要素還元論的な手法では、感性のマルチモーダル性を解明することは難しい。

現時点の感性のモデル化の方法論では、これらの組み合わせをカバーする十分な数のサンプルを用意して、全体として分析するほかない。マルチモーダル性を陽に扱うことのできる感性のモデル化の方法論の確立が望まれる。

このような技術課題のブレークスルーにより、より複雑な対象（例：種々のオブジェクトから構成される都市環境、室内のインテリア、マルチメディアプレゼンテーションなど）の設計・コーディネーションが、トップダウン的に行えるようになる。人間の直感的な判断は、細かい分析の積み重ねではなく、全体イメージに対するトップダウン的な解釈から始まっていると考えられる。このような感性のマルチモーダリティ（すなわち、感性のコーディネーション）は、感性情報処理の概念そのものを特徴づける重要な課題である。

3.8.3.1.3 知覚感性と創出感性の相互作用

感性の工学的なモデルの枠組みでは、知覚感性と創出感性の相互作用も指摘されているが、このような感性の相互作用性に明示的に対応した感性のモデル化のアルゴリズムも、未だ、開発されていない。リアルタイム性の重視される音楽の演奏支援、ジャムセッション支援を題材に、音楽の分野で試みが始まっている段階である。

知覚過程と創出過程で、主観的なイメージや意図はどのように表現し、どのように構造化すればよいのか？ 研究はまだ緒についた段階である。ヒューマンインタフェース自身を知覚的、感性的にして、日々成長する（あるいは日々経験を積む）利用者と共に進化するインタフェースを構築する上で、大きなブレークスルーの求められる技術課題である。

3.9 情報収集・連携エージェント技術

インターネット技術の普及により、様々な種類の情報が様々な場所から発信され、様々な利用者が様々な形態でそれらの情報を利用するという状況が生じている。情報利用の目的も、これまでの娯楽中心のものから、ビジネス、行政、教育、医療、福祉、防災のための利用へと広がりを見せている。しかし、このように多種多様で膨大な量の情報がネットワーク上の広域に分散し、その内容や構成が日々変化し続けるといった状況の中で、一般の利用者が必要な情報をネットワークから探し出す作業は困難なものとなりつつある。このため、インターネット上から必要に応じて必要な情報を収集したり、インターネット上のサービスを連携させる情報収集・連携エージェントの重要性が増している。情報収集・連携エージェントは、利用者エージェント、情報提供エージェント、仲介エージェントなどから構成される。利用者エージェントは利用者がいつどのような情報を必要とするかを把握し、情報の利用や閲覧を支援する。情報提供エージェントは情報の所在を管理したり、利用者の要求に応じた情報の編集・加工を行なう。仲介エージェントは情報提供エージェントと利用者エージェントの間を効率よく仲介する。ここでは、ネットワーク上における高度な情報利用技術として、いろいろな分野の情報収集・連携エージェントの事例を紹介する。

3.9.1 インターネットにおける情報収集とエージェント

インターネット上における情報収集は、情報の発見、情報の編集、情報の閲覧、情報の統合、情報の流通などの要素からなる。情報の発見は利用者が必要とする情報の所在を探し出す過程である。情報の編集は情報提供側で利用者に合わせてコンテンツを変更する過程をいう。情報の閲覧はいわゆるブラウジングである。情報の統合は複数ヶ所で提供される情報を統合する過程である。また、情報の流通は必要な情報を提供者から利用者へ効率的に流す過程である。各過程において、利用者エージェント、情報提供エージェント、仲介エージェントに対して以下のような期待がある[4]。

- ・ **情報の発見**: 利用者エージェントが利用者の必要とする情報を把握し、利用者の代理人となってその所在を探す。
- ・ **情報の編集**: 情報提供エージェントが利用者のニーズ・好みに合わせて情報を動的に編集する。
- ・ **情報の閲覧**: 利用者エージェントが利用者のブラウジングを支援したり、インターネットへアクセスして情報を獲得する過程を代行する。
- ・ **情報の統合**: 仲介エージェントが複数提供者から提供される情報を利用者の条件に合わ

せて統合する。

- **情報の流通**: 仲介エージェントが情報提供者と利用者のマッチメイクを支援する。利用者側から適切な情報提供者を探し始める場合と、情報提供者側から適切な利用者へ情報を配信する場合とがある。

海外における情報収集・連携エージェントの研究開発事例には次のようなものがある。利用者エージェントの事例としては、ブラウジングの様子を観察しながら利用者の好みを学習して以降のアクセス先を推奨する Letizia[14, 22]、プロキシとして動作して同様の学習や推奨を行なう Webwatcher[1]などの知的ブラウザがある。情報提供エージェントの事例としては、サーバ側で音楽や映画情報についての利用者の嗜好を学習して以降の推奨を行なったり、類似の嗜好を持つ者のグループ化を支援する Firefly[15]などの知的サーバがある。仲介エージェントの事例には、複数のオンラインショッピングサイトを比較したり、サイトへのアクセス方法を学習する ShopBot[3]、売り手エージェントと買手エージェントのマッチメイクを支援する Kasbah[15]、マルチエージェントによって協調的な情報収集やマッチメイクを行なう CIG Searchbots[2]などがある。また、類似の嗜好を持つ利用者のグループ形成を支援する Yenta[25]、Cyber Yenta などの事例もある[24]。

以下では、国内における情報収集・連携エージェントの研究開発事例を紹介する。

3.9.2 WWW 情報検索・収集エージェント

インターネットの利用形態の多様化にともない、WWW 上の情報を効率的に検索するシステムの必要性が高まっている。現在主流の WWW 検索法は集中型であり、WWW ページの解析法やページ検索の優先順などはあらかじめ決めておかなければならないが、あらゆる状況に応じた検索方法を前もって用意することは事実上困難である。そこで、得たい情報を効率よく探し出すための仕組みや、様々な状況に柔軟に対応可能な検索アーキテクチャが重要となる。ここでは、これらの問題をエージェントによって解決した事例を紹介する。WWW 情報検索・収集エージェント Mobeet は、マルチエージェントフレームワーク Bee-gent[12, 21]を用いて実装されたエージェント応用システムである。利用者の検索毎にモバイルエージェントが生成され、このモバイルエージェントが利用目的に合わせて作成された解析プログラムと共に Web サーバーに移動して検索処理を行なう。モバイルエージェントが Web の検索を代行するため、検索中に通信回線を切断することが可能となり、検索要求した端末とは異なる端末で検索結果を受け取ることも可能となる[20]。図 3.9-1 に WWW 情報検索・収集エージェント Mobeet のシステムの構成を示す。このシステムは以下の要素から構成される。

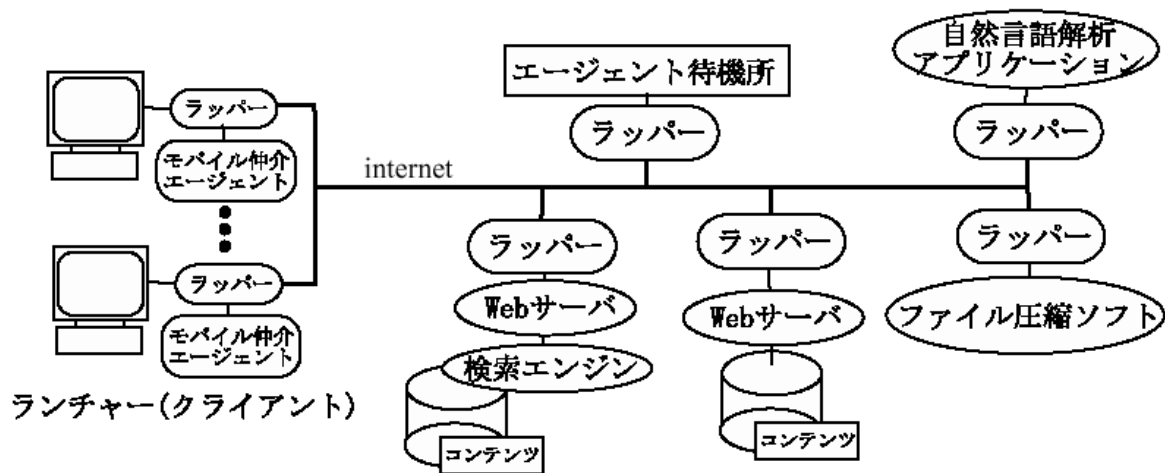


図 3.9-1 WWW 情報検索・収集エージェント Mobeet のシステム構成

- ・ **ランチャー部**: 利用者からの検索要求を受け、モバイルエージェントの生成、呼び戻し、およびコンテンツの閲覧を支援する利用者エージェント。
- ・ **検索エンジン部**: 利用者が指定した検索キーワードによって WWW 上のコンテンツをフィルタリングするために一般の検索エンジン呼び出す情報提供エージェント。
- ・ **Web サーバ部**: フィルタリングによって得られた情報を基に、実際のコンテンツを取得する情報提供エージェント。
- ・ **ファイル圧縮部**: 取得したコンテンツを圧縮する情報提供エージェント。
- ・ **自然言語解析部**: 利用者が自然言語で検索要求を出した場合、文章からキーワードを抽出する利用者エージェント。
- ・ **エージェント待機所**: 検索を終えた仲介エージェントを待機させる情報提供エージェント。
- ・ **モバイル仲介エージェント**: 検索要求と共に生成され、上記 6 種類のエージェント間を渡り歩いてユーザの要求を満たすコンテンツを検索する仲介エージェント。

このシステムを用いたサービス利用の流れは以下になる。

- ・ 検索要求ごとに一つの仲介エージェントが生成される。
- ・ 自然言語解析ソフトを用いて検索要求から検索キーワードを抽出する。
- ・ 検索エンジンの Web サーバを利用して情報をフィルタリングする。
- ・ その先のコンテンツを他の Web サーバから次々と取り出す。
- ・ 利用者からの呼び戻し要求があるまで待機し、要求を受けると、コンテンツを圧縮して利用者の端末に送り込む。

このシステムを利用すると、オフィスからエージェントに対して検索要求を送り、移動

中にモバイル端末からエージェントと対話してコンテンツ数を調整し、移動先で身近な端末からエージェントを呼び出して検索結果を受け取るといった利用が可能となる。

3.9.3 ドライバー情報支援エージェント

InfoMirror は知的ネットワークエージェント Plangent [6, 7, 8, 17, 23] をカーナビゲーションシステムに応用したシステムである [5, 10, 11]。最近のカーナビゲーションシステムは、VICS (Vehicle Information and Communication System) などと連動しており、単に地図表示やルートガイダンスを行なう機器から、ネットワークに接続してさまざまな道路交通情報を取得する車内情報端末に姿を変えつつある。このようなシステムでは、取得できる情報が豊富になる分、取得に要する操作は煩雑化していく。このため、運転中でも容易に操作できる利用者インタフェースの構築や、車の中で本当に必要となるコンテンツの獲得などが課題となる。

InfoMirror において、エージェントは自律的な判断や暗黙的な指示の補完などによって運転中におけるカーナビゲーションシステムの操作の煩わしさを排除し、試行錯誤を繰り返しながらネットワーク上を移動して利用者の求めている情報を探し出す。例えば、レストラン情報を検索している際には、運転者は駐車場の確保にまでは注意を払っていないかもしれないが、車で移動しているからには駐車スペースが必要なことは明らかである。エージェントは適当なレストランを見つけたら、近くの空いている駐車場も同時に検索することによって、運転者の操作を簡便化する。図 3.9-2 にドライバー情報支援エージェント InfoMirror のシステム構成を示し、図 3.9-3 に駐車場情報を表示した画面例を示す。

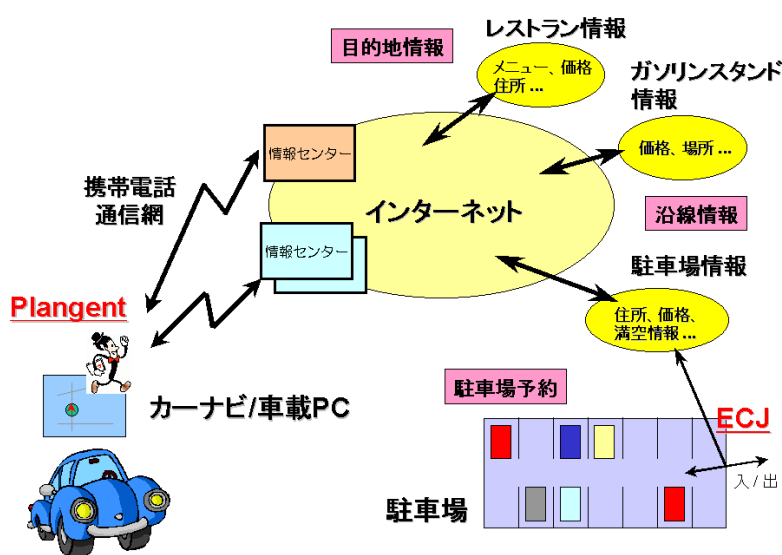


図 3.9-2 ドライバー情報支援エージェント InfoMirror の概要

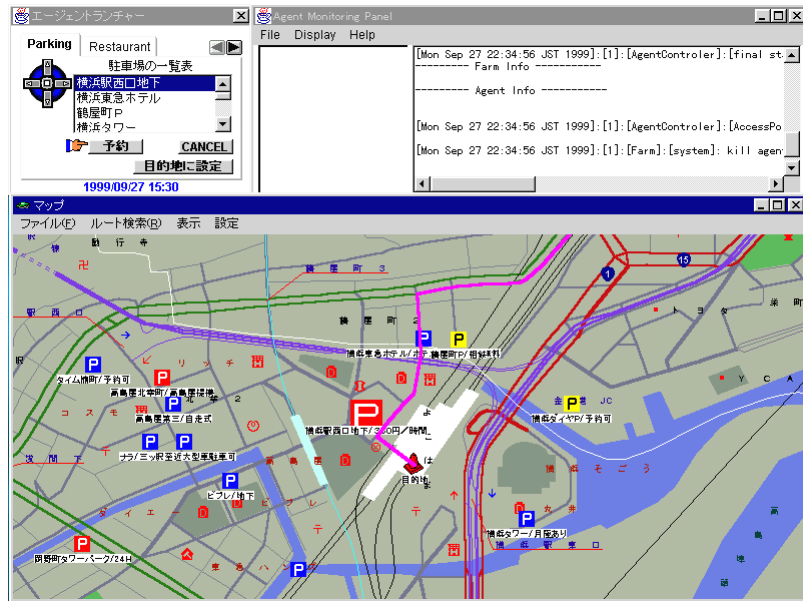


図 3.9-3 ドライバー情報支援エージェント InfoMirror の駐車場情報画面例

ドライバーが利用可能なサービスは多種多様であり、今後さらに新しいサービスが増える方向である。利用者の立場からは、それらのサービスを自分の都合に合わせて組み合わせたい場合が多い。サービス提供の立場では、他のサービスとの組み合わせを意識した機能やコンテンツの充実は煩わしいものであるし、次々と現れる新規サービスに適合させることはほとんど不可能である。この点 InfoMirror では、エージェントがサービス間のインタフェースを調整し、試行錯誤の柔軟さによって複数サービスの連携をはかることができるので、手間をかけずに利用者のニーズに応えることが可能となる。

また、今後のネットワークコンピューティングにおいては、家庭やオフィスの PC、モバイルコンピューティングで利用する PDA (Personal Digital Assistants)、街角に設置されるキオスク端末、車両における車載 PC など、利用者の操作するデバイスは様々なものになる。サービスの提供者が利用者端末の多様性を考慮したコンテンツ、すなわちユーザのビューまで考慮したコンテンツを作成するには限界がある。サービス提供者は本来のコンテンツのみに集中し、ビューは利用者端末側で調整するという形態が好ましいと考えられる。InfoMirror では、コンテンツとビューを別のものとして扱い、エージェントがこれらを統合するという考えを基本としている。

3.9.4 ヒューマンナビゲーションエージェント

「ゆがしまん」は知的ネットワークエージェント Plangent [6, 7, 8, 17, 23] をヒューマンナビゲーションに応用したシステムである [9]。ヒューマンナビゲーションとは、歩行中の利用者に現在位置や周辺情報を与えることで、移動や観光を支援するシステムである。ヒュ

ーマンナビゲーションシステムでは、多様な利用者のニーズを満たすため、利用者の欲する情報をネットワーク上から適切に抽出して提供する必要がある。また、携帯情報端末を介した情報提供の際には複雑な操作を不要とすることはもちろん、ときには利用者の操作が行なわれていない場合にもシステム側から情報提供を行なうことが求められる。

伊豆半島のほぼ中央、天城湯ヶ島町にて、Plangent を用いたエージェントゆがしまんを導入したヒューマンナビゲーションシステムの実証実験が実施されている。IPA（情報処理振興事業協会）による地域総合情報化支援システム整備事業 天城湯ヶ島町ヒューマン・ナビゲーションシステムの一環として行なわれたものである。天城湯ヶ島町はその温泉と景観から温泉療養に適しているとされ、古くは多くの文人が常宿としていた地でもある。実証実験システムでは、PDA およびキオスク端末を用いて、湯道と呼ばれる散策路を中心とする観光や温泉療養のための周辺案内および関連情報が提供される。このシステムの主な機能は次の三つである。

- ・ 地図及び現在位置の表示
- ・ 周辺情報および関連情報の表示
- ・ キャラクタによるガイド

ナビゲーションを行なう PDA としては小型のノートパソコンを用いている。また、地域情報センタと称する一室には情報提供を行なうためのサーバ群が稼動しており、PDA は付属の PHS から地域情報センタの PBX（構内交換機）を経由してネットワークに接続、情報の取得を行なう。この際、利用者の位置は PHS が交信しているアンテナにより特定される。ゆがしまんは Plangent を利用して構築した上で、さらに次の機能を備えている。

●利用者に応じた情報提供

あらかじめ登録された利用者情報に基づいて状況や利用者の好みに応じた情報を抽出して提供する。利用者情報は、年齢や性別などの個人情報や、文学に興味があるか否かなどの嗜好に関する特性により構成されている。一方でコンテンツには、提供すべき季節、時間、利用者の傾向などの属性を付加しており、利用者情報や状況との適合度を算出することにより利用者に合わせた情報提供を行なう。

●自発的情報提供

利用者の操作入力に応じて情報提供を行なうだけでなく、時間経過、状況の変化やユーザの操作状況に応じて、能動的に情報提供を行なう。ガイドキャラクタは、ツアーガイドとして利用者の位置に応じて時折出現して道案内や周辺情報の提供を行なうなど積極的な情報提供を行なう。



図 3.9-4 ヒューマンナビゲーションエージェント「ゆがしまん」の画面例

ゆがしまんはこれらの機能により、ネットワーク上から利用者の個人特性や状況に応じた情報を抽出して提供することを実現している。図 3.9-4 は、ゆがしまんのエージェントが利用者の要求を求めている画面の例である。

ゆがしまんは、伊豆天城湯ヶ島町において、World Wide Web 向けホームページを整備した上で、現地に設置されたキオスク端末や観光客に貸し出される PDA に向けて観光情報を提供する実証実験が 1999 年 8 月から実施されている。

3.9.5 環境情報収集・連携エージェント

2001 年に施行される家電リサイクル法に対応し、リサイクル・廃棄処理技術の開発と実施が検討されている。この中で、製品のライフサイクル全体にわたり、その環境情報を管理する情報システムの構築は優先的に取り組む課題とされている。このようなシステムの一つに、環境調和型製品 (ECP; Environmentally Conscious Products) 設計支援システムがある。これは、ライフサイクル全般を通じて地球環境に配慮した製品を製造・販売するための設計支援システムである。このような支援システムにおいては、既に使用されている設計支援ソフトウェアやデータベースを変更することなく、それらの上に新たな支援環境を構築することが望まれる。さらには、新規の支援ツールやデータベースが導入された際にも柔軟に対応可能であることが期待される。このため、既存もしくは新規のシステム及びデータベースをゆるやかに結合した柔軟な分散システムを構築する目的でエージェン

ト技術を適用する試みがある。

環境調和型製品設計支援システムとは、製品設計時に、その製品の材料・部品の調達、製品の製造、販売、使用、回収、解体、リサイクル、廃棄に至る製品の全ライフサイクルにわたる環境負荷を考慮するための支援システムである[13]。環境負荷とは、製品が環境に与える影響を数値化したものであり、例えばCO₂排出量やリサイクルのためのコストなどが環境負荷となる。図 3.9-5 に、マルチエージェントフレームワーク Bee-gent[12,21]を用いて構築された環境調和型製品設計支援システムの構成例を示す。このシステムは、環境影響度やリサイクル性を算出する ECP 設計支援パッケージ群(LCA; Life Cycle Assessment, DFR; Design For Recycle, LCC; Life Cycle Cost)、既存の CAD やプロジェクト管理ツールなどのアプリケーション群、部品情報などが格納されている各種データベース群、部品/素材メーカから環境情報を得るための WWW サーバなどから構成される。これらのアプリケーションやデータベースを連携して活用するためにマルチエージェント技術が適用される。

環境調和型製品設計支援システムが提供する代表的なサービスに、環境負荷情報の表示がある。設計中の製品に関する環境負荷情報を設計者に対して表示するというものである。例えば、設計者が CAD で設計中の製品の構成を入力した際には、CAD 上の利用者エージェントが環境負荷情報の収集を目的とする仲介エージェントを生成する。仲介エージェントは、製品環境データ、環境統計データ、調達部品データベースなどの情報提供エージェントから製品環境データを収集し、それを ECP 設計支援パッケージ群に渡して評価値を計算する。その結果を利用者エージェントに渡し、利用者エージェントは結果を設計者に表示する。プロジェクト管理者が事前に環境負荷の削減目標などをプロジェクト管理ツールに入力していれば、仲介エージェントはその情報も合わせて収集し、利用者エージェントは評価値と目標値を並べてよりわかりやすく結果を表示する。このシステムをエージェントによって構築することで、仲介エージェントが情報の不足に自律的に対処したり、データベース構成の変更や新規アプリケーションの追加にも情報提供エージェントの変更で容易に対応

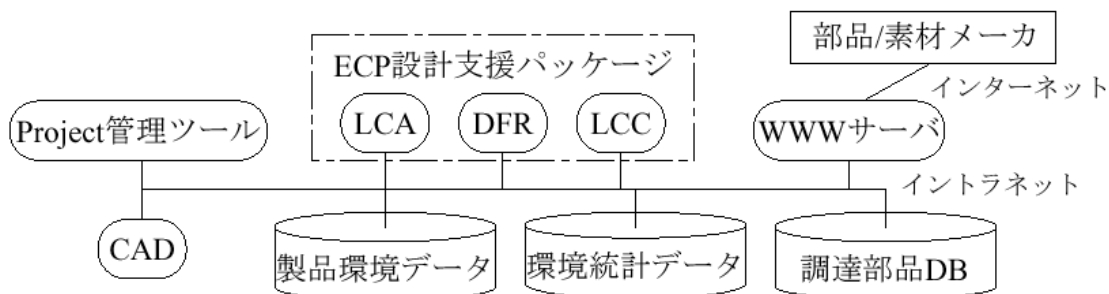


図 3.9-5 環境情報収集・連携エージェントのシステムの構成

できたり、さらに仲介エージェントの移動性を活用することで通信量を約 30%削減できるなどの利点が確認されている[19]。

3.9.6 プラント情報連携エージェント

プラント分野においても、従来の部門の枠を越えたシステム連携や、制御系・監視系といった固定的な系統の概念を越えた結合システムの実現が望まれている[18]。このためには、既存のシステムを活かしつつ、それらを連携させる技術が必要となる。また、システム構成の変更にも迅速に対処できることが求められる。このため、この分野においてもエージェント技術によって連携システムを構築する動きがある。ここでは、マルチエージェントフレームワーク Bee-gent[12, 21]を用いて構築された、プラント設備診断システムと計画保全システムの連携事例を紹介する。

設備診断システムはプラント内の機器に取りつけたセンサの信号（振動値や電圧など）を読み取って設備状態を常時監視する。設備の初期異常発生 of 早期発見や設備劣化の予測などを支援するために、FFT 解析やトレンド解析などによる診断機能も備えている。一方、計画保全システムは、保全業務（予防保全作業や故障修理作業など）の記録や保全業務の計画化を支援する。プラントの安全運転を維持する目的で、プラントの運転管理者と保全担当者は一般に異なる。このため、業務を支援する設備診断システムと計画保全システムも異なるシステムとして構築されていることが多い。両システムを連携させた新しいサービスには、例えば、設備診断サーバによるプラント機器の異常検出と、計画保全サーバに対する異常機器の保全依頼との連携がある。図 3.9-6 にプラント設備診断保全システムの構成を示す。このシステムは、設備診断サーバ、計画保全サーバ、Web サーバの 3 台から構成される。設備診断サーバと計画保全サーバには情報提供エージェントが配置され、Web サーバには利用者エージェントが配置される。利用者エージェントは、設備診断サーバと計画保全サーバのエージェントから得られた情報を運転担当者と保全担当者へ同時に提供する。

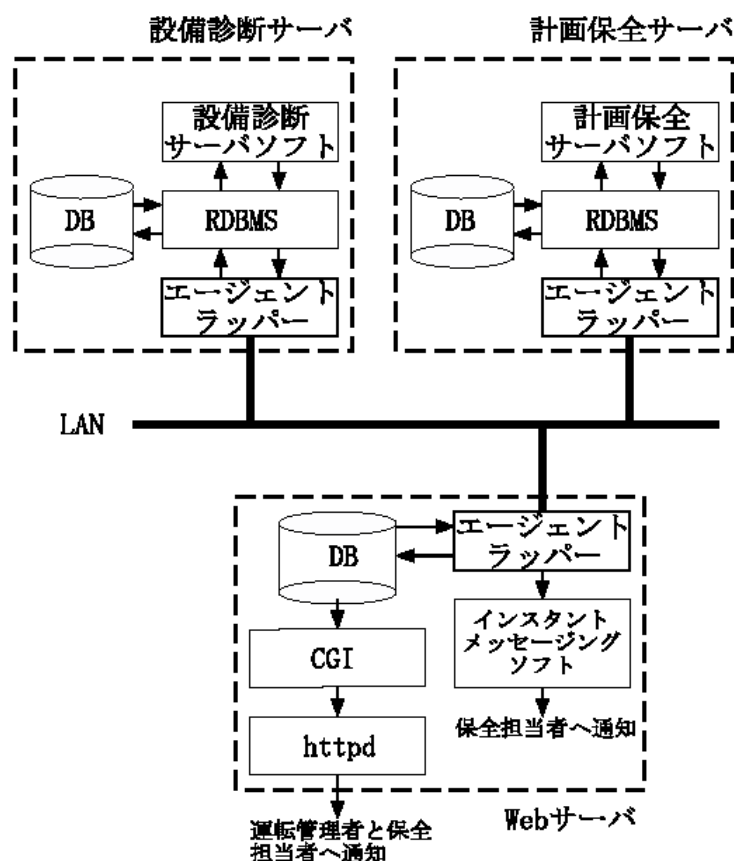


図 3.9-6 プラント情報連携エージェント設備診断保全システムの構成

設備診断システムと計画保全システム間の典型的な連携サービスは次のようなものとなる。設備診断サーバが異常と診断したプラント機器の保全依頼を計画保全システムへ登録する。そして、異常発生機器に関して、設備診断サーバが保有する解析データ（全測定点の数値、FFT 解析結果、トレンド解析結果）と、計画保全サーバが保有する保全情報（機器仕様、保全履歴）を取得する。こうして登録された保全依頼の内容と取得した情報を、運転管理者、保全担当者へ通知する。このサービスは、以下のようなエージェントの役割分担と連携によって実現される。

- ・ **設備診断サーバの情報提供エージェント**： データベースを監視し、異常機器を検出すると仲介エージェントを呼び出す。また、異常情報と解析データを検索し、検索結果を返す。
- ・ **計画保全サーバの情報提供エージェント**： 保全依頼の登録と保全情報の検索を行なう。
- ・ **Web サーバの利用者エージェント**： 各情報の登録と、担当者へのメッセージ送信を行なう。
- ・ **仲介エージェント**： 設備診断サーバのエージェントに対して異常情報と解析データの検索を依頼する。また、計画保全サーバのエージェントに対しては、異常発生機器に関する保全依頼の登録と、保全情報の検索を依頼する。Web サーバのエージェントに対し

ては、異常情報、解析データ、保全情報の登録と、担当者へのメッセージ送信を依頼する。

このようなシステムをエージェント技術によって構築した利点が以下のように報告されている[16]。

- **設計容易性:** これまで人手で行なっていた連携手続き（操作、手順）をそのままの流れに沿って、仲介エージェントの処理として記述できる。また、連携処理とローカル処理を分割することで、開発の見通しが立てやすく、メッセージ交換に基づいた、従来の分散システムの構築と比較して設計が容易となる。
- **保守性:** 連携処理とローカル処理を分割し、それぞれカプセル化できるので、データベースの接続手順の変更に対して、エージェントの修正は局所的な作業で済む。また、連携手順の変更に対しても、仲介エージェントの部分的な修正で対処できる。
- **拡張性:** 仲介エージェントと各エージェント間のインターフェースが共通化されるので、連携手続きやシステム構成要素の新規追加が容易となる。例えば、手動で登録された保全依頼を担当者に自動通知する新たな連携サービスを計画保全サーバに追加した事例では、それまでに開発したエージェントにはほとんど手を加える必要がなかった。

参考文献

- [1] Armstrong, R., Freitag, D., Joachims, T., and Mitchell, T.: Webwatcher: A learning apprentice for the world wide web, in the Symposium on Information Gathering from Heterogeneous, Distributed Environments, AAAI Press (1995).
- [2] Decker, K., Lesser, V., NagendraPrasad, M. V., and Wagner, T.: An Architecture for Multi-agent Cooperative Information Gathering, in CIKM Workshop on Intelligent Information Agents (1995).
- [3] Doorenbos, R., Etzioni, O., and Weld, D.: A Scalable Comparison -Shopping Agent for the World-Wide Web, in the 1st International Conference on Autonomous Agents, ACM Press (1997), pp. 39-48.
- [4] 服部文夫, 坂間保雄, 森原一郎: エージェント通信, オーム社 (1998), p. 164.
- [5] Hattori, M., Kase, N., Ohsuga, A., and Honiden, S.: Agent-Based Drivers' Information Assistance System, Computing Paradigms and Computational Intelligence, New Generation Computing, Vol.17, No. 8, (1999), pp. 359-367.
- [6] 本位田真一, 大須賀昭彦: オブジェクト指向からエージェント指向へ, ソフトバンク (1998).
- [7] 本位田真一: 動きはじめたモバイルエージェント, 情報処理, Vol. 39, No. 8, (1998), pp. 812-815.
- [8] 本位田真一, 飯島正, 大須賀昭彦: エージェント技術, ソフトウェアテクノロジー

- シリーズ 3, 共立出版 (1999).
- [9] 池谷直紀, 加瀬直樹, 大須賀昭彦: エージェント技術を適用したヒューマンナビゲーションシステム, 情報処理学会 ITS 研究会 (1999), pp. 99-ITS-3-97-104.
 - [10] 加瀬直樹: ITS におけるエージェント技術, 情報処理学会 高度道路交通システム研究グループ 研究報告, 情処研報, Vol. 99, No. ITS-1 (1999), pp. 21-27,
 - [11] Kase, N., Hattori, M., Ohsuga, A., and Honiden, S.: InfoMirror: Agent-based Information Assistance to Drivers, in International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC99), IEEE/IEEJ/JSAI (1999), pp. 734-739.
 - [12] 川村隆浩, 長谷川哲夫, 大須賀昭彦, 本位田真一: Bee-gent: 移動型仲介エージェントによる既存システムの柔軟な活用を目的としたマルチエージェントフレームワーク, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J82-D-I, No. 9, (1999), pp. 1165-1180.
 - [13] Kobayashi, H. et al.: A Framework of Eco-design Support, in Proc. of EcoDesign'99, IEEE (1999), pp. 680-684.
 - [14] Lieberman, H.: An Agent That Assists Web Browsing, in Proc. IJCAI '95 (1995), pp. 924-929.
 - [15] Maes, P., Guttman, R. H., and Moukas, A. G.: Agents That Buy and Sell, Comm. ACM, Vol. 42, No. 3, (1999), pp. 81-91.
 - [16] 長野伸一, 川村隆浩, 長谷川哲夫, 大須賀昭彦: マルチエージェントフレームワーク Bee-gent を利用した 備診断と計画保全の連携システム, 第 60 回 情報処理学会全国大会 (2000), pp. 3-249-250.
 - [17] Ohsuga, A., Nagai, Y., Irie, Y., Hattori, M., and Honiden, S.: PLANGENT: An Approach to Making Mobile Agents Intelligent, IEEE Internet Computing, Vol. 1, No. 4, (1997), pp. 50-57.
 - [18] 津久井良一ほか: 変革を遂げる電力系統監視制御・保護システム, 東芝レビュー, Vol. 54, No. 6, (1999).
 - [19] 吉岡信和, 川村隆浩, 長谷川哲夫, 大須賀昭彦, 春木和仁: マルチエージェントフレームワーク Bee-gent による環境 調和型製品設計支援システムの開発, 第 59 回 情報処理学会 全国大会 (1999), pp. 3-297-298.
 - [20] 吉岡信和, 川村隆浩, 長谷川哲夫, 大須賀昭彦: マルチエージェントフレームワーク Bee-gent による Web 検索システムの開発, 第 60 回 情報処理学会 全国大会 (2000), pp. 3-251-252.
 - [21] <http://www2.toshiba.co.jp/beegent/>.
 - [22] <http://lieber.www.media.mit.edu/people/lieber/Lieberary/Letizia/>.
 - [23] <http://www2.toshiba.co.jp/plangent/>.
 - [24] <http://agents.www.media.mit.edu/groups/agents/>.
 - [25] <http://foner.www.media.mit.edu/people/foner/yenta-brief.html>.

付属資料 1 海外調査報告（欧州）

「人間主体の知的情報技術」調査ワーキンググループ活動の一環として、欧州における研究開発の最新情報収集を目的に行なった海外調査について報告する。

- ・ 日 程： 1999 年 9 月 21 日(火) から 1999 年 10 月 3 日(日)
- ・ 調査員： 奥乃 博 主査、北畠 重信、小林 茂
- ・ 主な調査先： ① CLAS（英国ロンドン）
② NTT データ英国支店（英国ロンドン）
③ シェフィールド大学（英国シェフィールド）
④ SONY CSL パリ（仏国パリ）
⑤ CSCWD'99（仏国コンピエーニュ）

1. CLAS

(1) 概要

名称： COMPUTERS, LANGUAGE AND SPEECH
日時： 1999 年 9 月 22 日（木）から 9 月 23 日（金）
場所： The Royal Society, 6 Carlton House Terrace, London, SW1Y 5AG, UK.
（英国ロンドン）
主催： Royal Society/British Academy Discussion Meeting
主宰者： Karen Spärck Jones, Gerald Gazdar, and Roger Needham

これは言語および音声処理における、形式的理論と統計的データを統合するモデルに焦点を当てた会議である。情報技術の適用においては、すでに統計的手法が開発されているが、この会議では、これまでに学んだ教訓を評価して、将来の研究のためのニーズと方向性を探ることを目的としている。

(2) セッション一覧

1999 年 9 月 22 日

SESSION 1

Chairman: Roger Needham, Cambridge

10.00

Fernando Pereira, AT&T

Formal grammar and information theory: together again?

SESSION 2

Chairman: Yorick Wilks, Sheffield

11.10

Julie Berndsen, UCD

Finite state models, event logics and statistics in speech recognition

11.50

Stephen Pulman, Cambridge

Statistical and logical reasoning in disambiguation

SESSION 3

Chairman: Mark Huckvale, UCL

14.00

Harald Baayen and Robert Schreuder, MPI Nijmegen

Towards a psycholinguistic computational model for morphological parsing

14.40

Yoshi Gotoh and Stephen Renals,

Information access from broadcast news

SESSION 4

Chairman: Stephen Isard, Edinburgh

15.50

Roni Rosenfeld, CMU

Incorporating linguistic theories of pronunciation variation into speech recognition models

16.30

Mari Ostendorf, Boston

Incorporating linguistic structure into statistical language models

1999 年 9 月 22 日

SESSION 5

Chairman: Eva Hajicova, Prague

10.00

Geoffrey Sampson, Sussex

The role of taxonomy in language engineering

SESSION 6

Chairman: Harold Somers, UMIST

11.10

Hiyan Alshawi and Shona Douglas, AT&T

Learning dependency transduction models from unannotated examples

11.50

Jon Oberlander and Chris Brew, Edinburgh

Stochastic text generation

SESSION 7

Chairman: Donia Scott, Brighton

14.40

Stephen Young, Cambridge

Probabilistic models in spoken dialogue systems

SESSION 8

Chairman: Geoffrey Leech, Lancaster

15.50

Paul Taylor, Edinburgh

Concept-to-peech synthesis by phonological structure matching

16.30

Kathleen McKeown and Shimei Pan, Columbia

Prosody modelling in concept-to-speech generation: methodological issues

2 NTT データ英国支店

- ・名 称：(株) NTT データ 英国支店
- ・所在地：City Tower, 40 Basinghall Street, London EC2V 5DE, UK
- ・訪問日：1999 年 9 月 22 日（水）
- ・面会者：菅野政孝氏

(1) 概要

支店長・菅野氏から、欧州の情報通信産業について総括的な話を聞かせて頂いた。以下、その要点を記す。

(2) 欧州通信産業はモバイルに強い

欧州の通信産業は、モバイルに強い。

イギリスでは特に、携帯電話が普及している。日本と異なる特色としては、小型軽量化よりも、電話機にカードを挿して話すプリペイド・カード方式が発達。課金に対する安心感が主要な理由かと思われる。

銀行などのカード類は、日本と違い磁気式ではなく IC カード式が先行して普及している。現在はセキュリティ対策が主だが、今後サービスの高度化も行なわれるだろう。

(3) インターネットは民族によって普及率に偏りがある

インターネット人口の比率には、国によって興味深い傾向がある。

概してラテン系諸国は日本（8%）と同程度かそれ以下だが、非ラテン系の諸国は高い傾向がある。特に北欧諸国は 30%以上と極めて高い。人口密度や冬に家の中で過ごす時間が長いなどの要因もあるかも知れないが、やはり国民性も関係していると思われる。

（注意）日本のインターネット人口は増加を続けているため、現在では上記の数値よりも大きくなっていると思われる。

(4) 英国のインターネット接続プロバイダー（ISP）の接続料無料サービス

少し前には ISP によるユーザ獲得のための無料パソコン配布が米国で話題になったが、最近、イギリスでは、ISP によるインターネット接続料金無料のサービスが始まっているという。これは、その ISP にインターネット接続が増えると、ユーザからその ISP のアクセス・ポイントへの電話量が増え、電話会社への電話料金収入が増えるので、イギリスでは電話アクセスの多いプロバイダに対して、その電話料金の利益の一部が電話会社からペイバックされる仕組みがあり、これを無料接続の基本コストにまわすことが可能になる。ISP は、顧客が増えれば、ポータル・サイトとしての価値も高まり広告収入が増えるし、電話会社からのペイバックも増える。そこで、より多くのユーザを獲得しようと頑張っているサービス競争をしているとのことだった。

(5) アイルランドが欧州外からの展開拠点として注目される

アイルランドは、IT に関して海外から注目されている。その理由として、

- ・人件費や環境などのコストが低く押さえられること
- ・技術者レベルが高いこと
- ・経済的な変動が小さく安定していること

などが挙げられる。 欧州外からの欧州展開の拠点として、今後重要度を増すと見られる。

(6) 欧州もプラットフォームはウインテル

パソコンのプラットフォームに関しては、Linux が欧州発祥ながら、日米と同様に今のところは Intel-Windows が主流である。その一番の理由としては、Windows で作成されたデータがやり取りされるために、結局みな Windows でなければならなくなってしまうことがあるのではないかと考えられる。

基本ソフトウェア類がブラックボックス化するのに伴い、研究開発がアプリ寄りになる傾向がある。

(7) 欧州の特徴的手法「SLA」

最近、欧州、特にイギリスで先行している特徴的な手法に、「SLA(Service Level Agreement)」がある。これは情報システムの運用などに関する最も大枠の仕様を、開発契

約時に定量的に明確にするためのもので、契約社会化の進んだ欧州ならではと言える。現状では 「仕様記述言語」等が開発される段階には到っていないが、形式化手法も徐々に整備されるだろう。

(8) その他

IT に直接の関係はないが、ロンドンの日本食レストランが苦境にあるという。ただ日本食レストランにも、ロンドン在住の日本人を狙ったものと、現地英国人を対象に定着したものがあり、閉店に追い込まれているのはほとんどが前者。これは日本の不況により、多くの日本企業が撤退したことの影響が大きいとのこと。

表面的な国際化のむろさを示す教訓を見ることができる。

3 シェフィールド大学

(1) 概要

- ・ 名 称 : The University of Sheffield
- ・ 所在地 : Regent Court, 211 Portobello Street, Sheffield S1 4Dp, UK
- ・ 訪問日 : 1999 年 9 月 24 日 (金)
- ・ 面会者 : Guy J Brown 氏、Martin Cooke 氏、Phil Green 氏他

シェフィールド大学は音声処理、特に CASA (Computational Auditory Scene Analysis) と呼ばれる技術領域に関する世界最大の拠点である。

始めに学内の研究者に対して、奥乃主査から現在の研究に関するプレゼンテーションを行なった後、いくつかの研究室を巡り、それぞれの研究内容を説明してもらった。関連する研究者が一カ所に集中することによって、各研究者が自分の位置づけを明確に意識し、相互にモチベーションを高め合っている印象を受けた。音声処理というと、日本ではまだ興味中心・研究段階の技術という認識を持たれる向きもあるが、ここでは最初の研究例のように極めて現実的な要求があり、技術も実用的なレベルに近づいている。

(2) 混合音声の分離

国防省の依頼により行なっている、軍事利用を目的とした音声分離技術。

混合音声を各要素に分離する手法としては、複数マイクで採音し、その方向情報を利用することが多いが、ここでは含まれる可能性が分かっている音情報に関する、周波数や周期性などの特性を、予備知識として利用しながら切り分けている。

プロトタイプを用いて、注目する 3～4 の音（とその他の雑音）にそれぞれ分離する実演をしてくれた。

(3) BBC 放送音声の認識

BBC から提供されている、最近何年かの放送を録音した CD をサンプル音源として、音声認識・テキストへの変換ソフトを開発している。これらの CD はざっと十数枚のセットで、音声認識・情報検索のコンテスト用に作成されたもの。

このコンテストに相当する日本版イベント（ただし新聞のテキストデータを用いた情報検索）「IREX」の成果発表会が本調査出発の直前にあったので、これと対比させて見る事ができた。

デモンストレーションでは、既に音声認識した結果がハードディスクにデータ化されていたが、認識・変換は、実際の音声に対しほぼリアルタイムで可能だという。

ここでは認識の他に、探したい記事を自然言語でキー入力すると、その意味内容に基づいて該当する記事を表示し、同時にもとの音声を再生するインタフェースが作られていて、我々も試すことができた。音声認識精度は極めて高いように思われ、明瞭な発音だけでなくインタビューを受ける一般者の口籠もった発音もきれいにテキスト化されていた。かえってアナウンサーが言い慣れているために早口になった「BBC」が「B・C」になっていたりするのが例外的な認識失敗として目に留まった。

(4) 情報欠落のある音声の認識

途切れ途切れのラジオ音声のような情報欠落のある音声や、複数ストリームの音声を与えられたときの認識に関する研究。

欠落やノイズへの対策は、音声認識の実用化には重要な技術であろう。

(5) CASA ツールキット

音声処理に関連して開発されている様々なソフトウェア（自動発話認識、音声の合成、各種解析、表示、etc.）をライブラリ化し、これらを部品として組み合わせることによって、目的の機能を持ったシステムを構築するのを支援するフレームワークの開発。

◆研究者から受けた印象

大学内の研究所を訪ね回り（次節で述べる研究所にも共通して）、感じたことが2点ある。

a. 個人の技術力や意識が充実している

「研究」がいわゆる職業的ではなく、研究者の主體的な観点から、何をどうモデル化し、それをどのようなアプローチで処理しようとしているのか、明快に整理されていることが感じられる。作られているシステムの完成度も、一方式の提案というレベルにとどまらず、最終的に実用的な解を提供しようとする強い意図が現われている。しかも、それらを1人あるいはごく小人数で淡々と作成している。情報通信分野でものを作るのには、まず各個人の技術力と意識、を感じさせる。「皆で協力し時間をかける中から」、という旧来の日本的取り組みでは競争できない。

b. 研究指向性が強い

技術や意識の質の高さにかかわらず、研究者は研究そのものに満足しているようで、それを用いて自分個人が事業的に成功しようといった野心的態度はあまり感じられなかった。

4 SONY CSL パリ

(1) 概要

- ・ 名 称 : Sony Computer Science Laboratory-Paris
- ・ 所在地 : 6, rue Amyot-75005 Paris, France
- ・ 訪問日 : 1999 年 9 月 27 日 (月)
- ・ 面会者 : Luc Steels 氏、Francois Pachet 氏、他

日本企業関連の研究所ではあるが、所長以下すべての所員を含め日本人はおらず、完全に現地に基盤を置いている。パリ市街地ながら、表通りからやや奥まった静かな地区の一

角にある。研究者は特定の製品を念頭に置くというより、技術開発そのものを楽しんでいるようで、いかにも研究所という雰囲気がある。いくつかの研究室を訪ね、研究内容に関する説明を聞いた。

(2) エージェント同士の対話学習

複数のエージェントが、丸や四角などの単純な図形で構成される世界をテレビカメラを通して認識し、その世界についての概念を学習する。さらに学習した概念について、エージェント間で対話するための言語を形成する。

概念の学習そのものは単純で、昔の素朴な AI の教科書がよく参照した、ウィンストンによる積み木世界での概念学習モデルのようなものと思われる。

研究の主な関心は、それよりも、知識の追加に伴う、エージェント間での言語の形成にある。エージェントは概念に、論理値を要素とする 2 次元配列を対応づける。配列の 2 つの座標軸は単語とカテゴリーを表わす。配列の単語軸は同じ概念に複数の単語が割り当てられる可能性に対応し、カテゴリー軸は、同じ概念が場面によって異なる側面から捉えられる（例えば馬は、動物であったり、乗り物であったりする）ことに対応している。2 つのエージェントが対話を通して、同じ概念に対し同じ配列を形成することによって、言語を共有できることになる。状況に応じて、概念を表わすのに適切な単語を用いることも可能になる。

(3) 人間の音声の合成

発話・リスニング・記憶の機能を備えた、エージェントの認知機能のインフラストラクチャー開発の一環として、音声・音楽合成を研究している。

デモンストレーションに用いられたソフトウェアは、テキストを読み上げる音声の合成に際して、パラメータを変えることによって、小さな子供・大人、男性・女性、興奮している・冷静などの感情などの違いを、声色やイントネーションに反映することができる。（余談ながら、このソフトウェアは LISP で記述されていた。既に多くのライブラリを持っていたので、これらを活用して効率を上げるため、とのこと。）

(4) 複数ソースからなる音のミキシング

いくつかの楽器の演奏音を混合して合奏の音を構成するシステム。楽器間の音量の比率

や楽器の方向など、様々な制約条件を設定しつつ、楽器や聴く人の位置を移動するといったことが、GUI で簡単にできる。原理として難しいことはないと思うが、それを実際に、簡単なインタフェースで使えるよう実現していることに応用上の重要性があるだろう。開発者は、ゲームに応用される可能性にも言及していた。新世代ゲーム機以降、視覚的表現の品質が格段に向上してくると、音声も、こうした技術で現実感を高める要求が出てくと予想される。

(5) 発話理解に伴う目の動きの実現

人間は、例えば話し手が「この図は・・・」と指差しながら説明するとき、言葉の意味を解析・理解してから指の位置に視線を向けるのではなく、先に視線を移動しつつ言葉を理解する。

これと同じように、音声情報と視覚情報を併用した認識において、話し言葉の理解フェーズをスキップし、発話と同時に視線を話題の対象に移動することができないか、という研究の紹介。

これから話される対象について、視覚側で素早く対応を開始することによって、より正確で効率の良い理解を実現したいという発想と思うがまだアイデアの段階のようだ。

◆研究者から受けた印象

研究所長の Steels 氏から「国の開発資金援助の制度をどう思うか」に関する意見を頂いた。氏は「間違いだらけだ」「例えば、何か研究の成果が出ると、すぐ研究者にビジネスを起こせという話になるが、そうすると研究はそこで停滞してしまう。出資者が研究サイドを理解すべく近づいてくるべきだ」と苦言を呈した。(その点で今の環境は研究に専念でき満足している、と補足した。) 純研究者的な立場からの意見であるが、製品化後の技術競争力の持続、あるいは有望な技術を発掘育成できる土壌の形成という観点からは、重要な問題提起も含んでいると思われる。

5 CSCWD' 99

(1) 概要

名称：4th International Workshop on

"Computer Supported Cooperative Work in Design(CSCWD)" '99

日時：1999 年 9 月 29 日（木）から 10 月 1 日（金）

場所：Centre de Recherches de Royallieu/

Universite de Technologie de Compiègne（仏コンピエーニュ）

主催：Universite de Technologie de Compiègne

ネットワークを通して流れてくる国際会議等の開催リストから抽出したものだが、詳細に関する事前情報は、Web 上などにもほとんどなかった。テーマと趣旨説明から推測し、計算機＋ネットワークの応用技術として注目すべき発表が期待され、また、どのような会議か押さえておく必要はあるとの判断から、参加の運びとなった。

現地で配布された名簿をみて驚いたのは、欧州での開催にもかかわらず、参加者の 6 ～ 7 割が中国関係者だったこと。しかも、海外の大学の在籍者等でなく、本土の研究者も多い。この会議は、今回の開催地にあるコンピエーニュ工科大学と中国科学院から General Chairs が出ていることを知って納得した。

会議そのものの歴史が浅い（4 回目）ためか、内容的には、研究初期段階の調査・考察報告や、CORBA あるいは Web を用いたアプリケーション試作を趣旨とした発表も多く目に付いた。また、主催者・発表者とも不慣れな部分があったらしく、直前になってのプログラム変更が相次ぐなど進行にはラフな面があった。

しかし参加者には、自分達が中心となって情報通信分野に 1 つの国際活動を立ち上げていくことに対する非常な誇りと意気込みが感じられた。ちょうど中国の建国 50 年と重なった最終日の 10 月 1 日には、最初のセッションに先立ち、国籍に関係なく会場全体が一体となって万歳三唱をするなど、独特な熱気があった。

人材が最重要である情報通信技術の分野に、豊富な人的資源を有する国や地域が次々と進出してくるのには、脅威が感じられる。CSCW は研究対象としてのみならず、これまで埋もれていた潜在能力を効率よく発現させる手段としても注目すべきテーマであると思われる。

Linux はフィンランドの技術者によって開発され、アイルランドの IONA 社は ORB 製品で有名であるが、前述の NTT データ・菅野氏の話からも、それらが突発的な現象でないことがうかがえる。そうした状況とも考え合わせ、情報産業、特にソフトウェア産業は従来の「工業先進国」という勢力図とは無関係に成長し始めていることへの認識を強めた。

会議の発表内容の傾向を見ると字義通りの、計算機支援による共同設計そのものの研究は比較的少なく、CAD、情報検索、ネットワーク利用のアプリケーション一般など、取り上げるテーマに関しては枠を大きく設けているようだ。

(2) セッション一覧

聴講したセッションは以下の通りである。(キャンセル等により並列セッションが1本化されたため、これが全て。)

September 29, 1999

Session 1: Applications 1

- A Simulation Distributed Cooperative Environment for Domotic Design
Bravo C, Redondo MA, Bravo J, Ortega M
- Computer-Aided Design for Car Designers
Bouchard Carole, Aoussat Ameziane
- The Routine Design for Automated Systems of Production:
Cooperation between Two Trades
Degre Yvon, Yvars Pierre-Alain, Frachet Jean-Paul

Session 2: Application 2

- A Structural Model of Human-Human Interaction Interface
Freg Jian, Lin Zongkai, Guo Yuchai
- Coordination Editor of Dispatch Geographical Information - DGISCoEdit
Zuo Ming, Wang Qianping, Hua Gang
- A Cooperative Simulation Approach to the Design and Evaluation of
Visual Interfaces in a Train Driving Cab
Zwolinski Peggy, Gouin Valerie, Sagot Jean-Claude

Session 3: Framework and requirements for CSCWD 1

- Building Communities Online
Klang Mathias, Olsson Stefan
- Ontologies as a backbone for knowledge management in
cooperative design
Barthes Jean-Paul
- Cooperative Work System Description Model Based on XYZ System
Deng Fang, Ma HuaDong, Li HuaiCheng

Session 4: Enabling Technologies 1

- A QoS Control Testbed for Enhanced Internet

Zhang Yaoxue, Cheng Zixue, Wang Xiaochun, Chen Hua,

Shoichi Noguchi

- The Research of Distributed and Cooperative Information Retrieval
on the World Wide Web

Wang Jicheng, Zou Tao, Yang Xiaojiang, Zhang Fuyan

- Assistance for Sensory Analysis of Products in Design
with the Automatic Indexing Methods in Full-Text

Lamrous Sid Ahmed, Trigano Philippe, Guenand Anne, Cayol Andre

- Knowledge Formation Through Discussions in Electronic Workspaces

Hawryzkiewicz, I.T., Rura-Polley, T., Baker, E.

- Integration of Heterogeneous Information Sources

in Electronic Commerce

Liu Yanmei, Song Hantao

- An Approach of Internet for Product Dispatching

Wang Qianping, Zuo Ming, Hua Gang

September 30, 1999

Session 5: Distance Learning

- First Results from Distance Learning Experiment in Algorithmic
Croizat Stephane, Trigano Philippe

- Effects of Distribution of Information on Group-Concept Learning

Fu Xiaolan, Tan Jing, Shi Meilin, Wu Shangguang,

Wan Xiao'ang, Yan Gonggu

- Artemis: Providing Live Course for Distant Learning

Tan Kun, Liou Shih-Ping, Pei Yunzhang, Liu Peiya,

Shi Yuanchun, Xu Guangyou

- Collaborative Engineering on ATM: A Case Study

Primet Pascale, Chalon Rene, Andre L

- CAD across Universities -- An International Collaborative

Mechanical Engineering Experiment

Qamhiyah Abir, Ramond Bruno

Session 6: Agents 1

- Java Computing in Distributed Multiagent Systems

Lei Yunqi, Zhao Minzhe, Lin Jian Yu

- Knowledge-Based Extension of Network Management Information Modules
Luo Junzhou, Jun Shen, Gu Guanqun

Session 7: Plenary Session 1

- Variations on a Virtual Design Studio
Mary Lou Maher

Session 8: Agents 2

- Study on the Model of Multi-Level and Multi-Group Cooperative Work
Based on Agent
Zheng QingHua, Li RenHou
- A Cooperative Design Approach in MADS
Liu Hong, Lin Zongkai
- A Negotiation Framework for the Establishment of Virtual Organizations
Rocha Ana Paola, Oliveira Eugenio
- May Agents Know When It's Time to Improve Their Skills?
Azevedo(de)Hilton, Scalabrin Edson

Session 9: Enabling Technologies 2

- News: A News Recommending Service for Cooperate Intranets
Fagrell Henrik Inira
- Navigating in NewsSpace
Forsberg Kerstin
- An Application of CSCW and Analysis in LMIS
Zhao Haixia, Liu Lu, Lin ZongKai

October 1, 1999

Session 10: Enabling Technologies 3

- Supporting Collaborative Information Sharing on Internet Using CORBA
and Java
Lang Bo, Li Weiqin
- On Scheduling Dynamic Problems on Distributed Memory Machines
Sun Shixin, Zheng Wenxue
- CSCW Services over DAVIC Intranets
Zhao M.Z., Tan R.A.H, Ho H.C.

- LCML: A Mark Up Language to Support Internet Banking of
International Trades
Ng Vincent, Young Gilbert, To Monica

Session 11: Frameworks 2, Applications 3

- An Approach to the Synthesis of Coordination in
Distributed Cooperative Applications
Drira Khalil, Berthomieu, B., Diaz, M.
- A Study of the Computer Supported Cooperative Work System for
Crane Design
Wang ShaoMei, Sun Guozheng, Jiang Guoren
- Impacts of PACS on Radiological Work
Lundberg Nina

Session 12: Plenary Session 2

- Simulation of Materials in Mechanical Design with
Concurrent Engineering
Jian Lu

(3) 主要な発表内容

上記中、いくつかの発表の概要を記す。

• **Variations on the Virtual Design Studio**

Mary Lou MAHER(University of Sidney)

仮想共同作業環境の構築において、デスクトップ中心だった従来の機能に対して、プロジェクトごとに仮想世界を構築するアプローチの提案。そこでは、プロジェクト固有の、空間・建物・通路・部屋などを自由に設計できる。その中に開発に関係するオブジェクトが置かれ、作業員自身も、移動先の仮想世界に表示される。これによって、共同作業員が互いに何をしているか知ることできる。

(補足) 通路や建物は、ポインタやメニューなどに比べて本質的な情報を附加しているわけではないが、実際の画面サンプルを見ると煩雑なデスクトップよりもはるかにストレスが小さい。最近、在宅勤務やモバイル環境の導入時に公私の境界が

曖昧になるモラルの問題が懸念されているというが、そのような精神的な節度に関しても、現実世界のメタファーは有効な解決の鍵になるかも知れない。

• **Simulation of Materials in Mechanical Design with Concurrent Engineering**
Jian Lu(Universite de Technologie de Troyes)

CAD システムを用いた機械設計において応力計算をするよく知られた手法は、表面形状を微少な三角形に分割近似する。その際、従来はくびれなどの曲面で分割が細かくなり、効率が落ちる問題があった。これを改善し、十分な精度を保ちながら、表面全体をほぼ一様な大きさの三角形に分割して計算する方法を開発した。

この研究に関しては、欧州各国のメーカに対して技術提供し、逆に研究資金の援助も受けている。

• **A Negotiation Framework for the Establishment of Virtual Organizations**
Rocha Ana Paola, Oliveira Eugenio(University of Porto)

電子商取引の発達により誕生した「仮想組織」の編成機構に関する研究。仮想組織は、ネットワーク上に必要な期間だけ発生存続し、店舗機能などを果たすもの。仮想組織の柔軟で機動的な特性を実現するため、マルチエージェントアーキテクチャによって自動的にパートナー選択する機構の、フレームワークを提案する。エージェントとしては、組織を構成するメンバに対応するものと、「マーケットエージェント」との2種類を用意する。マーケットエージェントは必要時に仮想組織に対応して生成され、要件に基づいてメンバへの呼びかけと選定を行ない、編成をコーディネートする。編成の過程で用いるネゴシエーションプロトコルは、複数の判断基準による評価と、分散制約解決を可能にしている。

• **Assistance for Sensory Analysis of Products in Design**
with the Automatic Indexing Methods in Full-Text
Lamrous Sid Ahmed, Trigano Philippe, Guenand Anne, Cayol Andre
(Universite de Technologie de Compiègne)

製品に対する感性的表現の解析を可能とする試み。技術の用途としては、たとえば自動車のドキュメントを探すときに、検索条件を自然言語で入力し、それに適合するものを自動選択するなど。基本的にはフルテキストのインデキシングの手法を使うが、同義語が使われたときに検索にかからない問題がある。この問題の解決のため、「同義語」（ここでは「置き換え可能な単語」ではなく「強い相互関連のある単語」と、緩く定義）を自動的に形成する。単語の関連性の判断は、(1)他の単語との共起性をベクトル化し、(2)ベクトルが似ている単語は関連が強いと判断する、2つのステップによる。これによって、計測可能な値と認識を表

わす言葉の間の対応を解析することが可能になる。

• **Computer Aided Design for Car Designers**

Bouchard Carole(Laboratory Engineering and Design of New Products)

従来のCADは「開発」フェーズの支援を主とするが、これよりも早い段階の、「設計」に近い支援をするツール、“Computer Aided Styling tools”を考える。典型的システムとして、動物のイメージを用いた自動車のデザイン支援環境をとりあげる。

通常、自動車のデザインは全くのゼロから発想が始まるのではなく、既存の形状、特に動物を参考に行っている場合が多い。そこで、データベースにさまざまな動物のイメージを格納し、それに連動したモーフィング機能を提供することによって、デザインを支援する。

• **Ontologies as a backbone for knowledge management in cooperative design**

Barthes Jean-Paul(Universite de Technologie de Compiègne)

企業全体としての知識管理・活用を目指す。きちんと規格化されたグローバルなシステムを前提したアプローチではなく、企業を、知識を局所的に生成管理する独立なグループの集まりと捉える。この場合、従来のように種々の知識表現手法（概念モデル、ハイパードキュメント、フルテキストインデキシング等）を用いるのは設計の一貫性の障害となるため、知識管理のバックボーンとしてオントロジーを用いるのが有効と考えられる。（過去の知識管理手法やオントロジーについて、問題点などを整理したという段階で、具体的提言には至っていない。）

6 付記

(1) 大英博物館見学

ロンドンでの空き時間に、急ぎ足ではあるが大英博物館を見学する機会があった。情報技術との連想で、いくつかの感想を持った。

膨大な情報をさまざまな視点から検索・整理する支援の必要、あるいは実物は1つしか存在せず、貴重な品々が世界中の各博物館に分散せざるを得ないことを実感し、電子図書館のようなシステムの有用性を再認識した。しかし、実際に博物館に行ってみるときの、実物の存在感や本物であるという感慨は、情報以上の作用力を持つ。また目にす

る角度、光線の具合、他の見学者の行動など、偶然の要素が理解や発想に影響する可能性も大きい。これらの要素は、電子情報システムにとっては困難な壁であるが、同時に、研究の余地を多く提供するものと思われる。

展示のレイアウトには、列挙や対比、原状の再現などさまざまな手法が見られ、多くの知識と工夫が陰の力となっていることをうかがわせた。一方、見る側にも見方のノウハウが必要である。一般の見学者でも、専門家の着眼点をアドバイスされたら、より興味深く観察できる場合もあるに違いない。電子的システムにおいても、情報の氾濫に伴い、この種の支援の価値はさらに高くなると予想される。

現代文明の代表的産物として、将来、ソフトウェアを博物館の展示対象としようとする、何をどう見せるか、難しく思われる。現在博物館に収まっている遺物も、正しくはそのものが重要というだけでなく、背景にあった文化や事実を伝える媒体なのだろうけれども、情報の量やウェイトの点で「情報化社会」は、歴史上かつてないフェーズの開始点なのかも知れない。

(2) コンピューニュー城見学

CSCWD のコンファレンスのオプションとして、コンピューニュー城の見学会が開催され、それに参加しておもしろい話があったので、述べておきたい。

コンピューニュー城はルイ 15 世が別荘として建てたものであり、フランス革命がなければベルサイユの次の宮廷になっていただろうといわれている。マリーアントワネットがこまごまと注文を付けた豪華な宮殿であるが、フランス革命が起こったため彼女自身が住むことはなかった。約半世紀後のナポレオン 3 世の時代に、ここで贅沢を尽くした生活が行われ、現在は博物館となっている。

見学でいろいろ見たものの中には、中国文化の影響もいくつか見られた。その中で、ただ一つだけ日本文化の影響というものが紹介された。それが何とゲームマシンであった（パチンコ台を少し大きくして横に寝かせたようなもの）。今の情報技術で、世界にほこれる日本の独創技術というと、すぐゲームソフトが連想されてしまうことを考えると、なかなかおもしろい。

付属資料 2 海外調査報告（米国）

本ワーキンググループ活動の一環として実施した海外調査について報告する。

- ・ 日程： 2000 年 3 月 5 日（日）から 3 月 11 日（土）
- ・ 調査員： 横田 実 委員
- ・ 主な調査先： ①EInk 社（ボストン）
 ②MIT メディアラボ（ボストン）
 ③NIST（ワシントン）
 ④富士ゼロックスパロアルト研究所（パロアルト）
 ⑤ゼロックスパロアルト研究所（パロアルト）
 ⑥ウォルトディズニーイマジニアリング（マウンテンビュー）

1. EInk 社

<訪問の目的>

EInk 社は MIT で開発された電子インク技術を基にして、研究開発に関わった研究者達が 1997 年に興したベンチャー会社。昨年はプロトタイプパネルを実際に JCPenney の売り場案内ポスターとして展示。世界で最初の電子インク製品をリリースしていることで注目を集めている。今回の訪問ではその完成度を確認すること、今後の製品／ビジネス展開について調査。

- <面会者>
- | | |
|-------------------|--|
| Dr. Paul Drzaic | (Director of Technology) |
| Dr. Daniel Button | (Senior Director Business Development) |

Dr. Drzaic はかつて PDLC の開発で良い技術がなかなか世間に認知されなかった体験がある。Dr. Button はデュボンやコーニングで働いた経歴の持ち主で、Immedia 製造のアウトソーシングに際しては化学製品の製造経験や人脈が活用されているとのこと。また、デュボン時代は日本に住んでいたこともあり日本語が分かる。

ノコギリ屋根の工場を改装したオフィスで、内部は広いフロアをパーティションで区切っただけの簡素な作り。卓球台とバスケットのゴールが置いてあるコーナーが若い雰囲気を感じさせる。ここに移ってまだ 1 ヶ月とのことで、工事中の個所も残っていた。

エントランスホールや受け付けに電子インクによるディスプレイパネル Immedia が掛け

である。見た目には実用的なレベルに達しているというのが第一印象である。報告者は1年前に同じ原理で作られたNOK（株）のサンプルを見せてもらったことがあり、それと比較するのは正確ではないが、学会発表では同程度だったと言われているので、この1年でかなり進歩したことは確かであろう。

背景色となる青は予想したよりも濃く、文字の白色とのコントラストはかなり良好である。普通のオフィスの天井蛍光灯環境でもかなり見やすい。視野角もほぼ180度でどこからでも良く見える。表示用電極は約2 dpiの精度であるが、単純な正方格子ではなくコーナー用に角を丸くしたパターン等も刻んでありアルファベット表示を少ない電極で綺麗に見せる工夫がされている。強度も考慮して若干厚め（約5 mm）に作られているが、展示パネルとしては違和感はない。展示品は電話ケーブル（RJ-11）で有線接続されていたが、ページャー内蔵版もあり、全米に広がる店舗の Immedia をセンタから無線で変更することが可能。

製品展開として次の3ステップを考えている。

- (1) 広告・ディスプレイ用低精度大型パネル（現製品 16文字×3行）
- (2) モバイル端末向け小型軽量高精細パネル
- (3) パブリッシング向け高精細パネル

究極のゴールは電子ブックを目指しているが、まず早期の製品化を狙っていることを強調。信頼性が低いと使ってもらえないので技術を先に進めるより手堅くステップを踏む方針。例えば、背景色を青ではなく黒にすることも実験室では既にできているが、まずは現状で確立された技術で製品化する。白黒版は1年以内に出せるとのこと。

当面の用途は宣伝用ポスターと割り切っているが、市場は大きい（\$6B）との読み。次のステップは携帯/PDA用。これも市場が大きいこと、高精細化に向けてのステップとして妥当であることが理由。電子ブックはその大型版として進める意向。モバイル用途では既にプラスチック LCD が製品化されており差別化が難しいのでは？という問いに対して、現状のLCDに不満を持つユーザはおり、「綺麗に見える」とか「屋外でも見易い」等のメリットで勝てる用途があるとのこと。

高精細化の見通しについては楽観的で、現状でも電極をちゃんとつくれば100dpiは実現可能（これはマイクロカプセル・サイズからの単純計算ではなく、実用レベルでの換算）。実験室では既に200dpiを達成しているそう。表示の切り替えは±40Vの電圧印加で行うが、変更時に直流で印加するので、今のところ消費電力は問題になってはいない。将来の高速化や高精細化には電極への印加電圧を小さくする必要があることは認めており、実験室では±15Vが実現できているとのこと。

競合他社の追従を防ぐために75件の特許を申請中（実際、後発の数社が既に同じレベルの技術を開発したのを知ってショックだったそう）。但し、18ヶ月の公示期間があるため

に成立したのはまだ1 ダース位とのこと。EInk 社は現時点で約 100 名弱の社員規模であるが PhD がゴロゴロしており、一つの製品開発にこれだけ投資していることに強みと自信を持っている。更に、投資会社の中にドイツの化学会社があり、非常に有効な技術サポートが得られているとのこと。

Immedia は文字数や表示方法が限られており、多様な顧客ニーズへの対応が気になるところであるが、EInk 社としては単なるデバイスを売るつもりではなく、システム、更にはサービスビジネスを目指している。つまりユーザの要望に合わせてカスタマイズしていくサービス、付加価値を商売にしたい模様。そういう理由からまだ米国以外にはビジネス展開していないが、パートナーを見つけて来年には世界で売りたいとのこと。例えば JCPenney でのトライアルはてっきり EInk 社が全て持ち出しで協力していると想像していたが、実際は月額 40~50 ドルの費用で請負っているようだ。

日本でも NOK (株) が既に同じ技術を保有しているが、EInk 社のように資金が集まる状況には程遠い。こういう違いがどこにあるかを知るためにベンチャー誕生の秘訣を知りたいと思ったが特別変わったことはないとかわされてしまった。しいて言えば、MIT で既にサンプルが稼動するところまでできており投資家にデモを見せることができたこと、ビジネスに強いハーバードの教授を巻き込んでビジネスプランを練ったこと、が成功した一因ではあるようだ。また、こういう提案に投資してくれるのは全米でもシリコンバレー、ボストン、オースチン (テキサス) 位で、やはりまだ特別とのこと。ただ、日本も含めたアジアへの売り込みの反応が米国以上に冷ややか (慎重) なのは確かなようだ。

LCD を初めとする既存ディスプレイ技術に対する EInk 技術の強みは、見やすさとガラスを使わないことによる薄い／軽い／フレキシブルな点にある。広く利用するには電極の高精細化がもう少し必要とを感じるが (日本語表示には特に必要)、完成度がかなり高いこと、特許化に力を入れているため簡単には真似ができない可能性が高い。やはり米国ベンチャーの力は侮れないという印象である。

2 MIT メディアラボ Tangible Media Group

<訪問の目的>

目に見えない電子情報を触れる (Tangible) 物理的な「モノ」として表現しようというコンセプトがヒューマンマシンインタフェースの新しい流れとして注目されている。訪問では実際に試作された成果を体感することと、コンセプトの発案者である石井教授に面会し研究の進め方について調査。

＜面会者＞ Prof. Hiroshi Ishii (Head, Tangible Media Group)

いくつか代表作のデモを見せて頂いた。これらはいずれもCHI等で発表済み且つ非常に有名なものであるため、実際に見る・触ることが訪問の目的である。

Urp

建物の影、風の流れなどが机の上に置かれた建物模型の位置に合わせて机の上に投影される。積み木で遊ぶように模型を動かすことで直感的に必要なシミュレーション結果を得ることができる。都市計画用CADのインタフェースとして考案されたものだが、UIとして非常に直感的で分かりやすい。すぐにでも実用になりそうな印象であるが、実際にCADシステムで利用するにはTVカメラでの入力では精度が不足とのこと。位置精度を高精度にしたバージョンを作り直す予定。建物の反射の影響も影に劣らず重要で、例えば高速道路を走る車のドライバにまぶしくないように設計することが要求される。デモでは反射光や高速道路（車が流れている）を机の上に写してみせてくれた。

報告者は論文を読んだ時点で、光の反射や屈折を子供に教えるシステムとしての魅力を感じたが、このシステムのアイデアは多くの分野に応用できるであろう。大きな机への表示、位置検出がもっと廉価で簡易に実現できることが望まれる。

InTouch

これは3本のローラーをネットワークで接続したもので、お互いの感触を伝えることができる。ローラーを自分で回すと同時に相手が回そうとする力も感じるができる、つまり入力と（相手からの）出力を同時に体験できることがキーポイントで、「触れ合い」を実現しようとしている。最終ゴールは恋人同士がバーチャル空間でお互いに手を握りあうことになりそうだ。指の動作がそのまま数字と対応するソロバンからヒントを得たとのこと。一見するとローラーが連結されているだけであるが、目指しているコンセプトは深遠。

Music Bottle

栓を取ると瓶の中に入っている音楽が流れ出てくる。これもヒントは醤油ビンだそうな。香水と同じで素敵な音楽はしゃれた瓶に入っているというイメージ。実際には栓が取られたことを感知するのに高度な技術が使われている。目に見えるためにかえって「瓶は場所をとるからなあ」とか思ってしまうのだが、勿論これはコンセプトの一形態に過ぎない。例えばダウンロードされたMP3音楽はコンピュータに大量に格納できてしまうので、何かビジュアルなものとの連携が必須となるであろう。瓶の代わりにレコードジャケットをめくることになるかもしれない。

このようにコンセプトを具体的に見せてくれるがゆえに、いろいろ感じたり疑問を持ったりすることになるが、それこそが石井教授の狙いである。新しいコンセプトの創出には「具体化して見せる」ことが必要。

Tangible や Ambient 等のネーミングの素晴らしさについて、思わず「日本人にとって良いキャッチフレーズを打ち出すのが難しい」と口走ってしまったが、言語の問題とオリジナリティについて分けるべきだと突っ込まれてしまった。我々はつい「英語の壁」を言い訳しがちだが、言葉の問題は簡単で広告関係のコンサルタント等に相談すればよい、本当の問題はオリジナリティをきちんと表現することへのコダワリであるとの指摘。そういう意味でネーミングには特に気を使っているとのこと。例えば、「マルチメディア」は今ではもう何も意味しなくなった言葉だそうだ。Augmented Reality という言葉も Virtual Reality の対語として出てきたものでかなり広い概念と理解していたが、石井教授に言わせると机の上に投影する手法を中心としたディスプレイのみを使う概念であり、Tangible の意味は含まれない、ということになる。

何で貢献するか？ 研究者は常に貢献を考えなければいけない。企業なら売上、大学なら新しい考え方・ものの見方を生み出すこと。石井教授としては GUI に代わる新しいメガネを生み出すことがゴール。そのために大事なのが目標設定。人工知能研究はもともと人間の思考が論理的でないにも関わらず、記号論理に基づくコンピュータで実現しようとするところに無理がある、VR も同様に人間の感覚が多様で敏感であるところを無視してバーチャルに見せようと努力しても限度がある、とか。もっとできるところから取り組んで成果を出しながら進めることが必要ではないか、手の届く低いところに成っている果実を取することは大事だとの意見。MIT も厳しい所だそうだ。

今後の活動について、Tangible Media 研究は当分、いろいろなアイデアを適用してパラダイムとして定着させたい、とのこと。いろんな人が参入してくれることは大歓迎。HI 研究について報告者は常々、アイデアが命ではあるが、ともすれば単に既存の技術を集めただけで技術的には大したことない、と見なされる傾向があると感じているが、これに対して、コンセプトにおける基礎研究、つまりコンセプト自身が有効かどうかを確認する研究フェーズが重要であるとの意見。特定領域を深く研究した古い世代の人には評価されないこともあるが、メディアラボ自体がそういう旧来の枠組みに収まらない研究を進めるためにあり、Tangible メディアもそういう醸造フェーズを経て認知され始めた。とにかくやって見せて批判してもらうことが大事で、それを恐れていては前進しないとの意見。

最後に米国から見て日本の研究レベルアップについてコメントを求めたところ、総論としてつぎの3点の指摘があった。

(1) 少ないリソースでの頑張り

日本の研究環境は結構恵まれているのでは？ お金も人もいない切羽詰まった状況でどう頑張るか、で真剣になり工夫も生まれる。石井教授もスポンサー獲得に努力しているとのことだが、それが研究提案をより説得力あるものになっている模様。

(2) オリジナリティへのコダワリ

欧米のアイデアを焼きなおしたような論文がある。また、海外での採録が難しいものは日本国内でのみ発表して済ませる傾向もありそうだ。自分のアイデアの持ち味は何か、何が新しいかを常に問い続けること。

(3) 成果を見せる努力

成果を具体的な形で示す。何で貢献するかを常に考える。叩かれてもよいからどんどん発表すべき。

研究者としての自分を育ててくれたのは日本であり、日本の研究者をエンカレッジする機会があれば手伝いたいとのこと。AITEC でも NSF 等における研究方向付け・評価方法を見習うべきとの議論があるが、例えば国としてそういう研究評価活動を設けるなら参加しても良いとの積極的な提案を頂いた。

メディアラボ所長ネグロポンテは全てが電子化される社会、Being Digital (アトムからビットへ) を提唱し、それは確かな流れになっている。しかしながら、ビットを最終的に扱うのは人間であり、サイバー空間と人間の接点では再びビットからアトムへの還元が必要である。Tangible bit とは正にこの変換に他ならない。Being Digital と Being Tangible の両方を打ち出したメディアラボのコンセプト提案力を感じる次第である。

3 NIST Electronic Book Project

<訪問の目的>

NIST は 1997 年より Electronic Book Project という活動を進めており、98 年、99 年と 2 回に渡って電子ブックフォーラムというワークショップを主催し、電子ブックに関わる人々（主に産業界）の意見交換の場を設けてきた。その結果として 1999 年に Open eBook Initiative という電子ブック共通フォーマットを決めるコンソーシアムが生まれ、それまでの経緯から、プロジェクトリーダーの Dr. McCrary がコンソーシアムの暫定議長に選出されている。Dr. McCrary に面会し、NIST の活動内容、(国の) 役割、電子ブックの今後について調査。

<面会者> Dr. Victor McCrary (Group Leader, Information Technology Laboratory)

Dr. McCrary のグループは 100 名程の規模であるが、そのうち 30 名程が電子ブックに関連して、アプリケーション／アーキテクチャ／ソフト開発／ディスプレイ評価の研究活動

を進めている。

一方、企業に対しては

- ・ 電子ブックファイル形式の標準化 Open eBook Forum (以降 OEBF と略)
- ・ 電子ブック実現に向けてワークショップ開催 eBook Workshop
- ・ 日本やヨーロッパとの連携・普及活動

という活動を進めており、日本では JEPA(電子書籍フォーマット JapaX を提案中の日本電子出版協会)のメンバになっているとのこと。MITI ともチャンネルがあるそうだ。

NIST の役割は中立的な立場で業界標準の作成を支援することであり、最終的に企業や消費者にメリットが出ることを目的としている。VHS の例を引き合いに出してニヤリとされてしまった。(当時も「企業間の競争で結局、最終的に損をするのは消費者だ」という批判があったと記憶している) NIST はあくまでも黒子であり、実際の仕様作成や開発は企業に委ねている。

実験室を一部案内してもらった。まず NIST で 2 年半前に開発した電子ブックソフト。HTML で記述されており、フォントの大きさを変えられるとか、2 ページの見開き表示、写真や動画をハイパーリンクで呼び出せる。扱えるのはテキストのみでこのソフトそのものは現時点では大したことはないが、これを開発していたところに Rocket eBook や Soft eBook など電子ブックを売り出す会社が出てきたので、仕様を標準化する必要を感じたとのこと。それが Workshop 開催のきっかけで、2 回の Workshop を通じて業界に仕様をまとめる気運が生まれた。

その結果できた最新の Open eBook 仕様に基づく表示例を見せてもらった。XML をベースにしており絵とテキストがかなり綺麗に配置されている。レイアウトもある程度扱え、記述能力に不満はないとのこと。ただパソコン上での表示は結構遅く、廉価に作られる電子ブック端末には負荷が大きいのでは、と懸念される。

一方、目の不自由な人用に点字ディスプレイや音声出力も研究しており、NIST としてはむしろこちらの方に力が入っている感じ。前者は特に普及を考えて廉価に実現する方法(例えばプラスチック製の点字ヘッドがリング状に回転する等)を研究している。必ずしも音声好まれるとは限らないようだ。

ディスプレイに関しては見やすさの評価基準を作るための分析作業に着手したとのこと。これまで TV ディスプレイとしての評価はあるが電子ブックのようなテキストや静止画の見やすさの基準、普及してきた LCD のような表示デバイス特有の見やすさ／性能に関して何も基準がない。これらについての評価指標を確立させ、アプリケーション毎に最適なディスプレイを開発できるようにということで、地道な活動を進めている。報告者自身も電子インクと LCD の目に対する優劣を明確にしたい、と考えていたところであり共感を覚えた。分析対象には 3D ディスプレイも含める計画とのこと。

電子ブックのための表示ソフトが MS から今春にリリースされることはアナウンスされて

いるがアドビ社も同様のソフトをリリースする模様。MS の Clear Type と同様の Cool Type という綺麗に見せる表示技術が開発されているとのこと。Dr. McCrary が見た感想では「両方とも同じようように綺麗」だったそうだ。NIST としては Reader ソフトに関しては関知しておらず、各企業が自由に製品を開発すればよいとの立場。

電子ブックの捉え方にはいろいろあり、紙の本をそのまま電子化するという立場もあるが、Dr. McCrary 自身は従来の本では無い、新しいメディアとしての本（例えばマルチメディアブック）と考えており、動画を視覚化の重要な要素と見ている。そういう観点から電子インク技術は当分先の技術であり、当面 LCD が優位との意見。

今後の活動としては、次世代の電子ブックシステムも考えていくが、まずは Open eBook 仕様を広めることに注力。特に電子図書館の活動との連携、世界へ向けたグローバル展開（多言語化）を進める予定で日本にも積極的に働きかける予定。日本からの Open eBook Initiative への参加も歓迎すると誘われた。4 月には日本へ出張し関連企業を訪問する計画とのこと。

ベンチャーが台頭する一方でこのような地道な活動があることに米国のバランス感覚を感じさせられる。

4 Walt Disney Imagineering (WDI)

<訪問の目的>

SmallTalk はオブジェクト指向という全く新しい概念に基づくプログラム言語として 70 年代に生まれ、80 年代初頭に SmallTalk-80 としてビットマップディスプレイを前提とした優れた GUI や仮想マシン等、数々の新しい概念を盛り込んだソフト環境として完成された。その後、オブジェクト指向概念は定着したが、プログラミング言語としては残念ながら広く普及するに至らなかった。しかしながら、当初の開発メンバである Alan Key や Dan Ingalls らが再び、ユーザインタフェース研究の道具として取り上げ、より柔軟でポータブルな処理系 Squeak としてオープン化していることが注目されている。どういう応用を目指しているのか、今後の研究方向について調査。

<面会者> John Maloney (Principal Technical Staff - Director)

当初はロサンゼルスにある WDI を訪問して Dr. Ingalls と面会することを計画していたが、彼はタホ湖近くのリゾート地に住みながら在宅勤務しているという（うらやましい）状況であることが判明。先方は訪問を歓迎してくれたが日程的に無理であるため、同様にパロアルトで在宅勤務している Maloney 氏が会ってくれることになった。自宅にお邪魔し

てデモを見せて頂いた。

Squeak で進めているのは

- ・ Computer による新しいメディアの創造（音楽やアニメ、動画）
- ・ どんなプラットフォームでも動かせるポータビリティの実現

特に子供達が使えるように小型のポータブルマシンで動くようコンパクトに作っている。一言で言えば Alan Key が 30 年前に提唱した Dynabook を正に実現しようとしている。

Squeak でいろいろな応用を試作しているが、これらが全てプロジェクトという概念でデスクトップに表示されている。見た目は書きかけの絵が全て見えているようなイメージでアプリケーションへのビジュアルインデックスといったところ。途中まで動かしたものはその新しいイメージで表示されており、単なるアイコンではなく実行途中を示すプロセス表示でもある。つまりファイルとかサスペンドされているタスクとかの概念を知らなくてもよい。Maloney 氏曰く、「Project は重要な概念である。Steve Jobs は SmallTalk の特徴を全て持って行ったが、Project だけは置いていった」。

デスクトップパブリッシング

1 頁に図とテキストを自由に組み合わせられる。図は位置や大きさが自由に変えられ、それに応じてテキストの回り込みが自動的に行われる。例として挿入されている図はサメが泳ぐアニメーションだった。どうやって作るかの質問で、次のお絵描きソフトのデモへ。

お絵書きソフト（アニメ）

バッタが草むらに隠れているアニメの作例。バッタと制御ボタンが連動しており、マウスでバッタを動かすと座標値が変化する。逆に数値を動かしてバッタを動かすこともできる。こういう直接操作と数値の対応から子供はアニメのプログラム方法を自然に覚える、との説明だが、ボタン（実は SmallTalk のメソッドに対応）の数は多く、操作法をマスターするのは難しそう。また、新しい動作（メソッド）を簡単に追加することができるが SmallTalk を知らないといけない。全体にまだ SmallTalk プログラマが遊べるレベルで、操作性については今後の課題と認めていた。別の例ではディズニーの映画から取ってきたライオンが草原を走るシーンを作る例。走る動きは 6 つの姿勢の組み合わせで作る。草原をジグザグと左右に走りながら遠去かる（それにつれて小さくなる）アニメが確かに簡単に作れる。

アニメの絵もビットイメージではなく、曲線の集まりで現しリアルタイム表示している。例えば、くまのプーさんが歩くシーンでは、プーさんを取りだして拡大しても非常に綺麗に表示されかつオブジェクトはコンパクトなままである。ビットイメージでは拡大するほどオブジェクトサイズが大きくなりかつジャギーで汚い。このように Squeak の良さを活か

したアプリケーションでは絵本から簡単にオブジェクトを取り出したり、変形して元に戻すなど、自由自在且つシームレス（アプリの切替が無い）にできるのが特徴。

映像と音楽のシンクロナイズ

音楽のスコアにそこで出したい絵のサムネイルを貼り付けると、そのシーンがそのタイミングで表示されるように合成される。つまり映像が短い場合はゆっくり表示、映像が長い場合は途中をスキップ。

ベートーベン第5の分析

楽曲の構造、第一主題、第二主題の現れ方など、を分かりやすく見せてくれる。例えば各楽器を打楽器に置き換えてリズムの変化を見せたり、和音のみを取りだしてマイナーな第一主題、メジャーな第二主題を対比して見せるなど。

StarLogo

単純な仕掛けで複雑な表現ができることを示す。たくさんのタートルを画面中心に集めてランダムに外に向かって走らせると円ができるとか、ある関数をあらわす直線／曲線を表示する。これを徐々に複雑化していくと淡い軌跡を残しながら動くタートル（見た目にはたくさんの流星が飛んでいるように見えて綺麗）、においに集まる性質を付け加えるとコロニーを作りだす、などいろいろな面白い動きを作りだすことができる。表示は結構早い。似た応用として単純な構造を変形（モルフィング）させていき昆虫のような形を作りだすことも見せてくれた。これらは複雑な構造が単純な繰り返しで表現できるというフラクタルや遺伝的変形の繰り返しを StarLogo で作成した Mitchel Resnick の本（“Turtles, Termites, and Traffic Jams”）を真似て作ったとのこと。

Java の使用も考えて数ヶ月調べたが SmallTlak の方が優れていることがわかったから、Squeak の開発を始めたとのこと。ユーザインタフェースというよりオムニ（全方位）インタフェースが目標。つまり全ての人向け。処理系をコンパクトに作っているのはポータビリティを考えているからで、子供が持つには PalmPilot やザウルス等の携帯端末程度が望ましい。ある意味で、ダイナブックをまさに実現しようとしている訳だが、いつも皆で「来年には」と言い合っているそう。

WDI はどこかで映画作りや子供の教育で役に立てばよいと考えており、特別な要求は無いそう。尤も Alan Key グループは特別待遇のようだが、Alan Key がグループリーダーとしていろいろなアイデアを出しながらかなり自由に活動している。しかしながら会社への貢献はグループの存続に関わるので何をすべきかはいつも議論しているとのこと。音楽・映像のシンクロナイズやアニメ作成ソフトはそういう配慮が働いている。

SmallTlak が良くできているのは事実であり、目指したゴールは今でも色褪せていない。

C++はオブジェクト指向言語ではあっても依然としてポインタを駆使した逐次型のプログラミング手法が利用されているのが事実であろう。(そういう観点からポインタを使えなくした Java は一つの前進と言える) 一方、ビジネスの観点からは Windows で動くことが大前提のため VisualBasic や VisualC++が選ばれる。このような世の中の流れに流されずに自分達の理想と考えるアプローチを貫いている Squeak 研究者達には敬意を表する。また、それを支える企業や余裕が今の米国にあることも見習うべきであろう。Squeak そのものは道具であって、最終目標は子供達が簡単に使えるメディアとしてのダイナブックの実現であり、それは正に人間中心のコンピュータを創造しようという挑戦である。

5 Fuji Xerox Palo Alto Research Laboratory

<訪問の目的>

Dr. Shilit のグループは数年前から手書き入力を活用したシステムや電子ノートに関連する研究を活発に発表している。この種の端末は期待されながらもビジネスにつながり難い苦労があり、その辺りも含めて現在の研究状況や今後の研究方針について調査。

<面会者> Dr. Bill Shilit (Staff Scientist)

FX PAL は Xerox PARC とつながった隣のブロックの建物群の中にあり、ブルーのカーペットで統一されたオフィスはセンスの良い、落ち着いた雰囲気にある。

2 年程前に開発したノート型端末 XLibris を見せてくれた。結構ぶ厚くて重い。これは CHI98 に投稿されたもので、プロトタイプを開発して既に終わったプロジェクトと思っていたが、現在製品化を考えながら改良を続けているとのこと。また、XLibris ソフトだけをタッチパネル付きノートパソコンに載せて使えるようにもしている。

使用例として訴訟における資料作成の例を見せてくれたが、膨大な判例データから必要な部分を引用しながら資料を作るのに効果的であるとのこと。例えば判例をいくつか選び、それを自分が主張したい順番に並べながら、手書きでポイントを書きこむ、という具合である。データベース検索機能や手書き入力のメリットがうまく活かされている。これは実際に弁護士を巻き込み、彼らが紙で行っている作業を XLibris で電子的に置き換えて見せ、使えるかを相談しながら進めているとのこと。

情報端末の研究には早い段階からユーザの評価を得ることが必要で、彼のグループでは使ってくれそうな人達にコンセプトを説明するなど、早くから想定ユーザとコンタクトしながら進めているようだ。上記の訴訟資料の例もその一例。製品化の提案時に既にユーザがいることが説得力になる。

ただ、ユーザの意見は本質をよく見極めないといけない。不満点を苦勞して改善しても結局満足しないことがある。例えばポータブル端末では「重いのは駄目」と良く言われるが、本当に必要な場合は重くても我慢して持ち歩いている。結局、利用者にとって「役に立つか」どうかにかかっている。

一方、本をそのまま電子的に置き換えただけの電子ブックの動向に対してはコンピュータの機能を殆ど利用しないことから、ややネガティブな見方をしている。やはりコンピュータの持つ機能をもっと利用して新しい使い方を提案してこそ利用者がお金を出す気になるとの意見。また、単機能端末はうんと安くなければパソコンとの競合で難しいとの意見。ただ、最近 GemStone 社が電子ブックの草分け的な NuboMedia 社と SoftBook 社を買収したそうで、電子ブックビジネスは着実に立ちあがろうとしているのだろう、との観測。

昨年の CHI99 では手書きメモを共有するシステムを発表しているが、これは UC. Berkeley からインターンで来た学生が提案して始まったプロジェクトとのこと。現在 UC. Berkeley で PalmPilot を使った利用実験を続けている。プロジェクトには当の学生の指導教授も含まれているのでそのクラスでは使わざるを得ない状況になっているようだ。システムは当面 PalmPilot に特化し XLibris とは分けて進める方針。多くを統合化して研究を進めようとする実装等に時間がかかりかえって思った成果が上がらない。むしろ、割り切ってポイントを絞った研究として進めるようだ。

70 年代～80 年代に革新的な成果を出して一躍世界に名を馳せた PARC も企業の研究所としての貢献が求められている模様。しかし、企業内研究所では成功しても見返りが少ないのに対して、ベンチャーは成功報酬がインセンティブになって短期間に開発するので競争は苦しい。同じお金を投資するなら社内の研究所ではなくベンチャーに投資した方がよほど効率がよく、企業内研究所の存続は難しいとの醒めた意見であった。かつての同僚など身近にベンチャー億万長者がいるので切実に感じているようである。

6 Xerox Palo Alto Research Center (Xerox PARC)

<訪問の目的>

Xerox でも Gyricon と呼ばれる電子インクの研究を進めており、EInk 社との先陣争いが話題になっている。Gyricon に関しては既に論文等で情報は入手していたので、実物を見て完成度を知ることと、実用化の見通しについて調査。

<面会者> Dr. Nicholas K. Sheridan

(Senior Research Fellow, Document Hardware Laboratory)

Dr. Sheridan は半分白・半分黒に塗り分けられた微小粒子を回転させて白黒 2 値表示する Gyricon を 70 年代に発明し、暫く研究したが一時中断。数年前から電紙の必要性が高まり再度プロジェクトを起こして現在に至るといふ電子インクの草分け的人物。MIT の電子インクも実は Dr. Sheridan の研究がきっかけになっている。EInk 社の Dr. Drzaic ととも友達だし、競争があることはお互いにプラスだ、と笑っていた。

Gyricon については新聞社が関心を持っているとのこと。新聞のコストは半分が印刷で、半分は配達にかかっているそうで、コストダウンには電子配布が不可欠との認識にある。Gyricon の現在のブライトネスは 20 数%であるが、新聞紙のブライトネスである 50%に上げる努力をしている。

試作されている Gyricon シートでは粒子が 4 層程になっているが、明るさを決めているのは一番表面にある第一層の粒子である。現状では粒子の間隔が広いために反射率が低い。隙間部分は第二層目の粒子が見えているが、一層目の粒子の影になったり粒子裏側の黒が写りこむなどでグレーになってしまう。50%に上げるために一層目の粒子を隙間無く密に並べる方法で解決しようとしている。提携している 3M がその技術を持っており近いうちに実現できるそうである。

また完全に白や黒に回転しきれない粒子が存在しており、これも反射率を下げる原因になっている。これは粒子が完全な球形ではなく、突起があつたりするために生じる。これも現在、解決に向けて努力中とのこと。

カラー化に向けては赤と白などの任意の 2 色を持つ粒子が既に試作されているが、色の劣化が早く長寿命化が課題とのこと。フルカラー化のアイデアも持っているがまだ当分先の課題であろう。

Gyricon の使い方としては電極で挟んで動的に表示を変化させるディスプレイとしての利用と、プリンタで書きこむ再書きこみ可能な紙としての利用の 2 通りある。実際に見せてもらったのはディスプレイタイプの試作であるが、EInk 社と同様、電極コストを下げるためにピクセル毎に駆動するのではなく、表示セグメントの形に電極を作り駆動している。白のブライトネスが新聞紙の半分とのことだが、結構明るく、新聞紙と同程度に感じる。ただ、100 dpi とのことだが粒子間隔が広いせいか粒子の回転ムラか、白／黒いずれの領域もザラザラした粒子の粗い感じがある。また、時々反転せずに前の表示が残る領域も見られた。

紙として利用する場合の書き込み（印刷）は Wand と呼ぶ書きこみヘッドを一行に並べた棒を紙の上で滑らせて書きこむ方式をとろうとしている（モックアップ外見はペン型スキャナとほぼ同じ）。但し、現時点で試作されている書きこみ機はまだかなり大きな箱である。書きこみヘッドについては、現状では直接シートに電極を接触させて電圧（±100V）を印加しているが、実用化に際しては Ionography という、高電圧により空気をイオン化して高速に紙にぶつける方式（これも Dr. Sheridan が 20 年前に発明した技術）により廉価に高精細の書きこみが可能とのこと。試作版のヘッド部分を見せてもらったが非常にコンパ

クトである。

シートそのものは厚さ 1 mm 程の柔らかいゴムシートのような感触で、色はグレー（初期状態は白黒状態がランダムに混じっているため）。製法が比較的簡単で大きなサイズが低コストで作れることから、ディスプレイとしてより電子新聞紙への適用は妥当であろう。見せてもらった表示品質ではもう一息という印象であるが、粒子密度の改善が期待通り進めばかなり紙に近づくことが予想される。ただ静電気（たとえば手）の影響等、解決すべき課題は残っているので実用化には今少し時間が必要と思われる。今後の成果に期待したい。

7 Xerox Palo Alto Research Center

<訪問の目的>

Xerox PARC では情報家電の時代をいち早く Ubiquitous Computing という概念で提案し 10 年程前から研究を進めている。名札サイズの ParcTab やノートサイズの ParcPad 等を使った実験は有名であるが、最近も本をめくる操作インタフェースや無線タグを使った電子情報と物理媒体とのリンク等の研究を進めている。Ubiquitous Computing の研究状況と今後の計画について調査。

<面会者> Dr. Roy Wan (Member of Research Staff, Computer Science Laboratory)

目標としているイメージをデモビデオで見せてくれたが、RFID タグを利用していろいろな情報（例えば壁に張ってあるポスターからの情報）を電子ノートに取りこんだり、必要な資料がワイヤレスで近くのプリンタに出力されるとか、まわりの日常環境がすべて電子的に接続されている世界の実現を目指している。RFID タグもかなり小さいものが製品化されており、TI からは紙のように薄いタイプ（但し 5 cm 角と面積は大きい）が 1 ドル以下で入手可能。SONY CSL が取り上げたバーコード方式よりは読み取り回路が単純で小型化が容易とのこと。

現在注力しているのは小型の Web サーバ BOX でいろいろな日用品を接続すること。試作版 Web サーバ BOX は小ぶりの弁当箱程の大きさで、68000 系の CPU に OS は VxWorks を搭載。将来はあらゆる日用品が情報発信するのでそのためにこういう箱が必要になる。もっと小型化していろいろな用途に応用してみる予定とのこと。応用実験なら今の試作版でも十分と思えるのだが、利用者が受容できる大きさとしてはまだ不満との意見。例えば ParcTab もバッジとして完成された形になっていたので誰でも利用できたとのこと。

Mark Weiser という稀代のリーダを失ってややトーンダウンしている印象を受けたが、次の展開への端境期のせいもあるだろう。これまで Ubiquitous Computing といえば端末や無線イ

ンフラ技術に注目されがちであったが、要素技術は既に整い、今後はそれを利用したアプリケーション、インターネット応用の開拓フェーズに入ったということであろう。

付属資料 3 Blue Book 2000 で取り上げられた HuCS 研究開発テーマ

<http://www.hpcc.gov/pubs/blue00/hucs.html>

- (1) 知識と分散知性・・・ (NSF、2. 4. 2 参照)
(KDI : Knowledge and Distributed Intelligence)
- (2) 知識ネットワーク (KN : Knowledge Networking)・・・ (NSF、2. 4. 2 参照)
- (3) STIMULATE・・・ (NSF、他. 2. 4. 3 参照)
(The Speech, Text, Image, and MULTimedia Advanced Technology Effort)



図 1 Rutgers 大学の「人間-コンピュータ・インターフェイス」の研究者は、ユニークな力フィードバック変換器を開発しました。これによって、外傷性の負傷から回復しつつある手足の段階的運動をコンピュータで制御したり監視したりすることができます。変換器は、手のグローブと足のブーツにぴったり合うように埋め込まれていて、きめられた持続時間、プログラムされた力と動きを負傷している手足に加えます。医療の専門家がリモートからコンピュータ・ネットワークを介してリハビリを監視します。そして、患者はコンピュータ化されたリハビリ運動のライブラリにアクセスができます。上の写真は、Rutgers 大学の力フィードバック・システムです。下の写真は、リモート・リハビリを行っている患者です。この研究は、NSF STIMULATE イニシアティブと障害者への対応 (Aid to Persons with Disabilities) プログラムのもとでサポートされています。

(4) デジタルライブラリ・イニシアティブ・フェーズ 2 …(NSF、他. 2.4.4 参照)
(DLI2 or DLI Phase2: Digital Library Initiative, Phase2)



図2 詩人であり彫刻家のウィリアム ブレーク (William Blake) のよく知られた詩の多くは、「彩色本」として著者によって個人出版されました。それは、ブレーク自身によって、たぶん彼の妻の助けも得て、彫り込まれ、手で着色されました。これらの版が数少なかったため、彼は実際は多くの読者に与えたかったのですが、ほとんどの人は彼の詩を見る機会がありませんでした。この問題こそ、いまデジタル・ライブラリ技術の対象となっているのです。ブレークの「彩色本」の多くのデジタル複製が、現在、ウィリアム ブレーク (William Blake) 書庫にあります。製作者によると、無料の Web サイトで、「きわめて異質で、広く分散されていて、しばしば厳しく制限される画像や文学の主要な芸術作品に統一してアクセスできる国際的公共のリソースと考えられる。この書庫 (Archive) は、版、カタログ、データベース、および学術的なツールを十分に検索可能なテキストとイメージを備えた書庫に統合したものである」とのことです。上のイメージは、1999 年 1 月号の「Magazine of Digital Library Research of D-Lib Magazine」で取り上げられました。これは、「Corporation for National Research Initiatives」によって製作されました。デジタル・ライブラリ イニシアティブ (Digital Libraries Initiative) を代表して、DARPA によって援助されています。

ウィリアム ブレーク (William Blake) の「The Book of Thel、コピー0、プレート1(詳細)」
Lessingi J. Rosenwald の収集、国会図書館、William Blake Archive
<<http://www.iath.virginia.edu/blake/>>のご好意による。
以上の許可を受けて使用しています。

(5) バーチャル・ロサンゼルス… (NSF、2.4.5 参照)

(“Virtual Los Angeles” : A realtime visualization System)

大規模な都市環境に対するリアルタイムの視覚化システム



図3 バーチャルなロサンゼルスダウンタウンの散歩。

この NSF サポートの UCLA のプロジェクトの目標は、土木工学、都市デザイン、および都市計画の問題解決を支援することにあります。

(6) 医療手順をシミュレートするためのバーチャル・リアリティ技術

(Virtual Reality Technology for simulating medical procedures)

医療手順では、多量のデータを視覚化する機能がしばしば重要になります。臨床治療では、体の中の深い部分を見る機能 - 脳などはとくに - によって、外科手術またはその他の治療法の実施が最小の患者の苦しみでうまく行えるか否かを判断することができます。これらの基本的な要求は、リアルタイムのデータの実際的な視覚化を可能とするバーチャル・リアリティ技術によって次第に解決されつつあります。NIH/NCRR の研究者は、バーチャル・リアリティ技術を利用して、手術やその他の医療手順をシミュレートし、また、原子顕微鏡のような高分解能機器とインターフェイスを取ります。彼らはまた、外科の共同作業を構築し、評価します。このことによって、リモート・ユーザーは、基礎研究のための科学機器、分子レベルの視覚化、および外科や放射線処理計画のような治療法介入への高速アクセスが可能になります。

1999 年度、NCRR は、イメージにガイドされた神経外科手術をサポートするために、拡大された現実性（バーチャル・リアリティの一形式）の研究を主導し、広範な技術研究開発をカバーするリソース・センター（resource centers）において、8つの共同デモンストレーションを開始しました。2000 年度は、これらの成果に基づき、NCRR は、明確になってきたバーチャル・リアリティの技術や環境に対する新しい用途に注目した、追加の研究開発を行うでしょう。

(7) ロボットによる外科手術 (Robotic surgery) … (NSF、2.4.6 参照)

(8) NASA の「ソフトウェア・メス」とバーチャルリアリティ・ツール
(NASA's "software scalpel" and virtual reality tools)

NASA Ames Center for Bioinformatics の研究者は、明瞭で正確な人間の頭の 3 次元のイメージと結びつけた「ソフトウェア・メス」を開発しています。それは、医師が、顔の複雑な整形外科手術を練習するのを補助し、より正確にその成果を視覚化するものです。新しいバーチャル外科手術ツール (Virtual Surgery Cutting Tool) ソフトウェアを使用して、医師は、3 次元眼鏡を掛けて、コンピュータ・モニター、または、大きな「没入できるバーチャル・リアリティ・ワークベンチ」の画面上であらゆる角度から患者の頭のイメージを見ることができます。また、このコンピュータ化された整形は、胸の整形を必要とする乳房切除患者や頭や顔の奇形をなおすために整形手術を必要とする子供などに適用することもできます。

今後、バーチャル・リアリティによって外科医は手術の前に多くの複雑な手順について予行演習することが可能になり、また、医学生のための強力な教育ツールとしても役立つでしょう。コンピュータ化された「バーチャル患者」のデジタル・ライブラリが作られて、複数の医師が、ごくまれな手術に関する情報を共有することもできるようになります。

(9) NASA のコンピュータ化された乳癌診断ツール
(NASA's computalized breast cancer diagnostic tool)

NASA の研究者は、乳癌検出と診断で使える優れたプローブ (探針) を開発して、テストしています。コンピュータ化されたロボットの頭脳の外科「アシスタント」からの副産物であるこのプローブは、しこりを見て、その特徴で、それが癌であるかどうかを調べ、その病気がどのように進んでいるか予測できるように設計されています。診断を早めて、個々の処置の提案を行い、医者の手助けをします。予想機能は、訓練できるニューラルネットワーク・ソフトウェアを使用して、対象となるものの特性やパターンを探します。

(10) 戦場認識 (Battlefield awareness) … (DARPA、2.5.1 参照)

(11) 移動自律ロボット・ソフトウェア… (DARPA、2.5.1 参照)
(MARS: Mobile Autonomous Robot Software)

(12) 情報の視覚化 (Information Visualization)

情報の視覚化というのは、本来空間的なデータおよび情報をビジュアルなフォームに変換する処理です。このことによって、ユーザーは、情報をよく理解することができるようになります。HuCS R&D の一部として、NIST は、複雑な情報のアクセス、処理、交換のために、3次元の視覚化とコンピュータ・グラフィック技術の有用性と実現可能性を調査しています。

1999 年度、NIST は、大きな集積データにアクセスする統計的なテキスト検索システムを視覚化するためのインターフェイスの利便性と拡張性を測定するための評価方法およびテスト コーパス（言語分析用の大規模な資料。例文の集まり等。）を開発しています。また、NIST の研究者は、Web サイトを通して、ユーザー・ナビゲーション・パスを監視する視覚化システムを開発しています。これによって、利便性担当の技術者は、サイトのユーザー・インターフェイスの有効性を確認することができます。NIST は、大型スクリーンに視覚化されたドキュメントと関連情報の利用に関して調査する計画をもっていて、電子化された「最新鋭の(スマート)」ミーティング・ルームの中での人間とコンピュータの効果的な対話をサポートします。

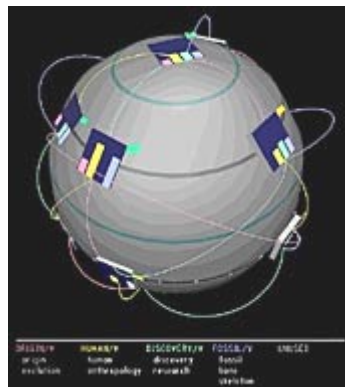


図4 NIST は、複雑な情報のアクセス、処理、交換のために、3次元の視覚化とコンピュータ・グラフィック技術の有用性と実現可能性を調べています。上の地球の3次元モデルでは、概念的に同じドキュメントのクラスターとそれらの間の関係が表現されています。

(13) 共同作業と製造のための視覚化とバーチャル・リアリティ

(Visualization and virtual reality for collaboration and manufacturing)

NIST は、産業界のパートナーと協力して、製造工程を加速するための3次元視覚化の適用に関し、研究をしています。NIST の研究者は、多くのバーチャル環境と、バーチャル・リアリティ・モデル化言語 (Virtual Reality Modeling Language (VRML)) を含む Web 上の視覚化と共同作業用のツールの利便性と性能を解析しています。それらのツールは、高性能

で「最新鋭の(スマート)」空間で分散された共同相互作用を視覚化します。これらにはまた、商品としてすぐ入手できる (commercial off-the-shelf) のソフトウェアも含まれていて、それによって、工場の中の組立ラインの視覚化を行い、また、部品の設計や組立をサポートすることができます。

(14) バーチャル・ワールド (Virtual World)

NOAA の Pacific Marine Environmental Laboratory (PMEL) と Old Dominion 大学は、パートナーシップを継続していて、科学者に汎用の Java ツールを提供しています。それによって、科学者たちは、GIS や Matlab のような商品のカスタマイズ化されたルーチンから生成されるグラフィカル・オブジェクトを結合して、Web 上の対話的な探索用に自分自身の統合されカスタマイズ化されたバーチャル・ワールド (Virtual World) を作ることができます。

科学者がこの Java ツールキットで組み立てたバーチャル・ワールドには、それぞれ固有のグラフィカル・オブジェクト (例えば、等高スライス、ベクトル、水深、地形)、3 次元領域、事前に定義された視点の仕様、近接センサーのトリガー、およびオーディオ、ビデオ機能が含まれます。また、PMEL と Old Dominion もまた、蓄積されたデータからバーチャル・ワールドのリアルタイム生成を研究します。

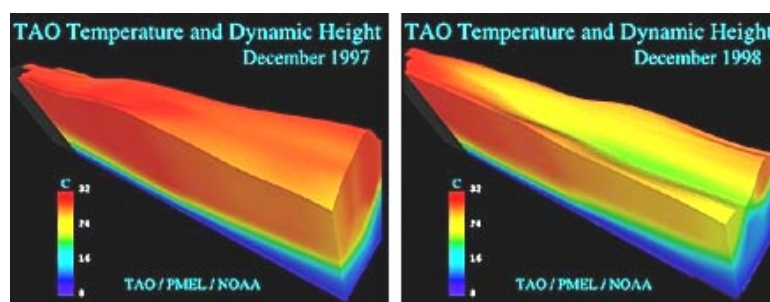


図5 NOAA/PMEL と Old Dominion 大学は、VRML とプロトタイプでカスタマイズ化された 3 次元グラフィカル・オブジェクトを含むバーチャル・ワールド (Virtual World) で、NOAA のエルニーニョ・データの 3 次元表示を開発しました。ユーザーは、グラフィカル オブジェクトと、Web 経由でバーチャル・ワールドと対話することができます。上に表現されているのは、NOAA の熱帯太平洋のエルニーニョ・ブイのネットワークからの海洋温度で色付けされた赤道付近の太平洋の海面です。これらの 3 次元 VRML の描写は、ペルーのアンデス山脈から見た 8N から 8S の赤道沿いのエルニーニョ (1997 年 12 月) とラニーニャ (1998 年 12 月) を示しています。

(15) NCSA の Habanero を使用した NOAA の共同作業

(NOAA collaborations using NCSA's Habanero)

NOAA は、NOAA 保有データへのアクセスを必要とする研究の共同作業を推進するため、NCSA Habanero のような高度な分散ネットワーク共同作業ツールを使用しています。Habanero は、共同作業用フレームワークであり、インターネットを通してリモート・ロケーションから共有アプリケーションを生成し、作業するために使用できるアプリケーション・セットです。これによって、グループウェアのアプリケーションの開発者は、既存のアプリケーションを共同作業アプリケーションへ作り込んだり、または変換することが可能で、強力な共同作業のソフトウェアを短期間で作成することができるようになります。有用な Habanero のツールには、ホワイトボード、共同作業が可能なテキスト・エディタ、Java グラフ、およびいろいろなチャット・ユーティリティが含まれています。

ツールは、複数の地理的に分散されたデータ保管場所に保存されたプロファイルデータセットから、統合されたブラウザ・イメージを、瞬時に生成できるように、発展しつつあります。これによって、違う場所にいる複数の科学者が、これらのイメージを見て、共同作業中のすべての科学者のデスクトップ上に同時に注釈を表示させることができるようになります。すべての共同作業者が、対話的にメッセージを送信して、表示されているデータを変更することもできるでしょう。

(16) NOAA Server

NOAA は、テキスト注釈や行注釈、個々のプロファイルの強調、データ値の表示、複数ユーザーのサポートなどの強力な共同作業用の機能を備えたプロトタイプ・アプリケーションを実現してきました。また、複数の NOAA Server というデータ・サーバーへのユーザー・フィードバックとアクセスを含むようにプロトタイプを拡張させる計画ももっています。

このプロジェクトは、NCSA で開発されている共同作業用のツールと NOAA Server プロジェクトのもとで違った場所の複数の記録保管所からのデータを統合する現在開発中のグラフィックスのてこ入れをします。

(17) 会話認識技術 (Speech recognition technology)

NIST は、技術開発状況の追跡と進捗度の評価のためのベンチマーク・テストの開発によって、会話技術に関して、DARPA および NASA と協力しています。DARPA とのその作業では、NIST の研究者は、連続会話の認識とラジオやテレビのニュース放送で使われている大量で難解なボキャブラリの理解に焦点を当てています。NSA のために、NIST は、電話での会話の書取りのテスト・プロトコルと通話者認識技術を実現しつつあります。これらのテストには、イギリス、フランス、およびドイツの科学者も関わっています。

1999 年度、NIST は、テストベッド上で、話し言葉に基づく情報検索技術の開発とテストを行っています。研究は、ユーザーとの対話、および、対話管理プロトコルの実験に焦点を当てています。1999 年度と 2000 年度の会話技術研究プロジェクトは、自動会話認識とその書取り、会話ドキュメント検索、話題検出と追跡、および新しい情報抽出方法およびテストに焦点を合わせ力を注いでいます。

(18) スペイン語インターフェイス… (NSF、他. 2.4.9 参照)

(Spanish language Interface)

(19) 製造アプリケーションのためのシステム統合

(SIMA : Systems Integration for Manufacturing Application)

NIST において、SIMA（製造アプリケーションのためのシステム統合）研究者は、エンジニアリング・ソフトウェア・システムと製造ソフトウェア・システムの間、および人とアプリケーション自体の間のインターフェイスの改善をする技術を開発しています。インターネットからアクセス可能な、信頼できる、科学&工学知識のリポジトリの開発、及び、コンピュータ化された共同作業ツール、遠隔操作ツールの開発を通して、NIST は、先進的製造システム・アプリケーション間の相互運用性をサポートします。

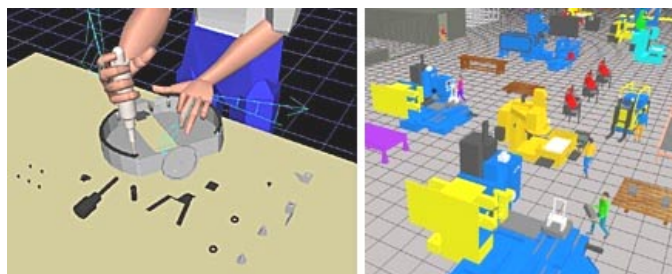


図 6 シミュレーション・ツールは、製造組立作業のモデル化で使用され、作業計画を行うエンジニアの生産性の向上を手助けします。左の写真は、人間工学モデル化ソフトウェア・システムのデモンストレーションです。バーチャルな人間が、NIST 開発のコンピュータ言語で指定されたアセンブリに関する命令を使用してマイター・ソーのベースを組み立てています。人間工学シミュレーションの環境は、組立工程を確認したり、人間工学の解析を行ったり、また、実際の組立作業者のトレーニングにも使用されます。

バーチャル機械工場(Virtual Machine Shop)は、製造シミュレーション環境に対するインターフェイスの開発、テスト、および評価に使用されています。右の写真は、NIST が開発した機械工場シミュレーションを示しています。ここでは、材料が供給されて、切断工具が

セットアップされて機械工具マガジンに装填されて、部品が加工され、そして、材料が処理されます。NIST は、製造シミュレーション・ソフトウェアと、エンジニアリングと作業をサポートするソフトウェアとの間のインターフェイスを開発しています。

プラントや工場の設計における仕事を援助するために、NIST R&D は、プログラマブルな人間工学モデルをもったモデリングとシミュレーション・ソフトウェア・システムの商品化、新しい人間のモデル化プログラミング言語、および機械とオブジェクトの動きの物理学ベースのモデルの統合を進めています。これらの技術は、プラントの再構築あるいは工場新設に対する大きな投資を行う前にプロトタイプ化されたプラントのレイアウト、材料やコンポーネントの搬送、および人間の要素を「シミュレートした工場」を建設する作業を実現します。これらの努力の結果は、国際標準化機構 (International Organization for Standardization) のような標準化機構で行われる合意による標準化作業において取り上げられます。

NIST は、メーカー、販売業者、および研究者に、ビジネス・アプリケーションにおける共同作業技術の実践に必要な構造化手法、ガイドライン、および規格を提供するため、製造における共同作業に関する仕事を続けています。これはすでにロボットによるアーク溶接に関する研究を援助してきました。それは、ビデオ、さらにイメージ、オーディオ、テキスト、データベースのレコード、およびイメージ注釈などのさまざまなデータ形式のローカルおよびリモートの非同期、同期の共同作業を必要とします。この仕事のひとつの成果はオーディオ、ビデオ、およびログ・データなどの様々な時間索引が付けられたデータの流れを同期させる注釈能力をもった共同作業用のツールのプロトタイプになるでしょう。

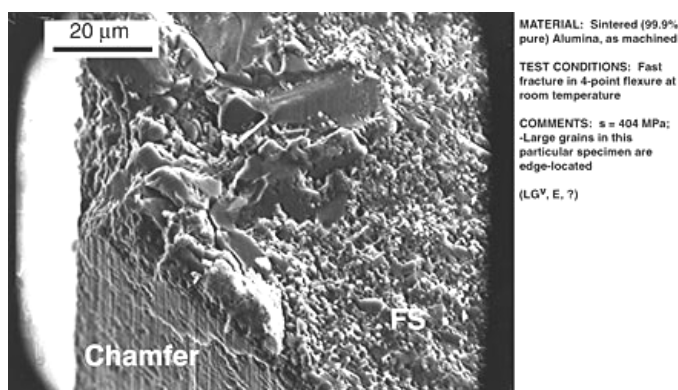


図7 NIST の“Ceramics WebBook”は、科学者や技術者に大規模で、権威ある情報データベースへのインターネット アクセス機能を提供しています。このセラミック材質の大きい粒状欠陥のこのイメージは、WebBook の“Fractography”の章のきずカタログの中にあります。多くの高度なセラミックの強度は、材料に存在するきずや材料の本質的な破壊強度によって決まります。強度試験の結果は、この試験が品質管理、材料開発、または設計のいずれの目的で行われたのかもこれらのひびに関する内容の中に示されていなければなりません。

(20) MMC 共同実験室… (DOE、2.5.2 参照)

(MMC : Materials Microcharacterization Collaboratory、材料ミクロ物性共同実験室)

(21) 生体臨床医学共同実験室 (Biomedical technology Collaboratory)

NCRR は、NCRR がサポートするリソース・センターで 8 つの共同実験用テストベッドを開始しています。これらのテストベッドは、増大しつつあるインターネットの能力、たとえば、増強された帯域幅、セキュリティ、アクセス、信頼性などの能力を最大限に利用するように設計されており、一方、遠隔ロケーションからの機器 (ナノ・マニピュレータ [NanoManipulator]、電子光学顕微鏡、National Medical Resource [NMR] の分光計) の制御、共同作業のソフトウェア設計、インターネット経由の完全な結晶学的な実験、精巧な視覚化システムへのリモート・アクセス、および共同作業の薬剤開発、たん白質工学などの技術がテストされています。

(22) 共同作業環境のための電子ノートブック… (DOE、2.5.2 参照)

(Electric Notebooks for collaborative environments)

(23) 統一医学用語システム… (NLM、2.5.3 参照)

(UMLS : Unified Medical Language System)

(24) Medline Plus… (NLM、2.5.3 参照)

(25) Visible Human プロジェクト… (NLM、2.5.3 参照)



図8 コロンビア大学の研究者は、“Visible Human”データセットから入手した解剖学的構造の3次元の高品質カラー写真の「ギャラリー」を作成しています。3次元視覚化は、完全な対話型で、大学生や卒業生の医学教育、患者の教育、および産業界で使用、再利用が可能です。この知識ベース デザインは、NLM のUMLS を使用してコロンビアで行われた作業で構築されています。写真は、“Quicktime”ムービーからのスナップショットで、ぼうこう、前立腺、および尿道の回転3次元イメージが表示されています。

(26) ユニバーサル・アクセス… (NSF、2.4.7 参照)

(Universal Access : すべての人々によるアクセス)

(27) 利便性 (Usability)

より多くの会社や研究所が、電子商取引、情報配信、およびネットワーク化されたアプリケーションのためにますます Web サイトに依存するようになるにつれ、利用可能な Web サイトの設計能力が、生産性や販売の増大、およびコストやユーザー不満の削減のために重要なものとなっています。NIST は、Web サイトの設計と評価を自動化して、サポートするためのツールを開発しています。これらのツールは Web 設計者が、設計段階の潜在的利便性の問題に関してサイトを分析するのを助けて、利便性の専門家がそれらの評価を速める際の補助をします。1999 年度、NIST は、多くのガイドラインと現在の Web の利便性研究に基づく自動化された解析機能を拡張し、計測ツールを改良し、利便性に関し、洗練されたアイコンの効果についての研究を行いました。

(28) 指紋と顔写真の規格 (Fingerprint and mugshots standards)

1960 年代後半に NIST は、自動的な指紋イメージの比較とマッチングのためのコンピュータ化されたアプローチを生み出すために、米国連邦捜査局 (FBI : Federal Bureau of Investigation) とパートナーを組みました。この作業は、指紋や顔写真を捕捉して格納するための標準規格と仕様、さらに指紋処理技術のテスト用の指紋および顔写真イメージのデータベースの作成を含むまでに発展してきました。NIST の研究開発は、電子イメージとその関連データ (たとえば識別マークのような) の品質、フォーマット、および転送に関する標準規格と仕様を成果として残しました。

NIST は、正式な ANSI のデータとイメージの相互運用性(interoperability)規格の開発を調停して、相互運用可能なシステムのためのデータ交換規格と指紋システムのための評価方法を開発しました。NIST は、FBI の指紋と顔写真のデータのデータ交換における ANSI 規格を維持して、産業界で使用される 5 万以上の指紋イメージセットと顔写真評価データを記録した Standard Reference Material CD を発行します。NIST はまた、公共ドメインの Pattern Level Classification Automation System(PCASYS)を開発して、このシステムの 300 部以上のコピーを配布しました。

1999 年度に、NIST は、電子記録作成者の認証を行うために、個人の指紋とデジタル化された署名を記録したスマートカードを、個人のリアルタイム・スキャンの指紋イメージと組み合わせて使用するようなシステムの開発に着手しました。登録されている正規のデジタル署名とトランザクションの電子署名との両者を使うことによって、このスマートカードで、記録の認証もデータもどちらも不正でないことを確認することができます。

(29) 教育における地域に即した技術コンソーシアム (群)

(RTEC : Regional Technology in Education Consortia)

1999 年度、ED(教育省)は、教育コミュニティに、教育と学習を改善するためのリソースとスキルを提供するための研究開発を行っています。

ED は、各「教育における地域に即した技術コンソーシアム (Regional Technology in Education Consortia (RTEC))」のサポートを継続しています。これは、

- ・州と地方の教育機関に対し、包括的な教育のための技術計画の開発において技術的支援を提供し、
- ・学習&教育環境への技術の統合を助け、
- ・教育者が新技術を、取得、維持、利用するのを支援します。

(30) 地域に即した教育研究所（群）(Regional Educational Laboratories)

ED（教育省）の地域に即した教育研究所（群）(Regional Educational Laboratories)は、教育や学習への新しいアプローチのテストを行ったり、トレーニングと技術的な援助を提供したり、さらに、情報の普及を図ることによって、教育者や方針決定者が、効果的に学校改革戦略を実践するのを支援します。

これは、部分的には、

- ・ 現代的技術の不足した地域のための遠距離通信
- ・ 模範的な教育&学習法を強調したビデオや CD-ROM

などのような教育技術サービスを通して、成し遂げられています。

(31) 米国障害者リハビリテーション研究所

(NIDRR : National Institute on Disability and Rehabilitation Research)

ED（教育省）の米国障害者リハビリテーション研究所(NIDRR : National Institute on Disability and Rehabilitation Research)は、身体に障害をもつ人たちの生活を改善するための技術を研究しています。1999 年度は、NIDRR のリハビリテーション・エンジニアリング研究センター(RERCs : Rehabilitation Engineering Research Centers)の内、4 つが、以下のような HuCS 関連の R&D に焦点を当てています。それは、

- ・ 情報技術アクセス、
- ・ 通信の向上、
- ・ 一般的遠隔通信アクセス、および
- ・ 遠隔リハビリテーション

です。

NIDRR は、身体に障害をもった個人のための補助器具のデータベース「ABLEDATA」、および米国リハビリテーション情報センター（NARIC : National Rehabilitation Information Center）のリハビリテーション図書目録データベース「REHAB-DATA」をサポートしています。

2000 年度には、NIDRR は、情報技術と遠隔通信のアクセス容易性に関して、次の 3 つのイニシアティブを提案しています。

- 「生産者、研究者、消費者を呼び寄せるためのデモンストレーション・センター」、
- 「新製品へのアクセス容易性の作込みを支援するいくつかの産業コンソーシアム」、
- 「新アプリケーションへの既存技術利用を探索する技術移転プログラム」。

(32) Web アクセシビリティ・イニシアティブ… (NSF、他. 2.4.8 参照)

(WAI : Web Accessibility Initiative)

付属資料 4

HuCS研究開発テーマ vs. 助成エージェンシー

(HPCC Blue Book 2000が紹介するテーマ)

		NSF 全米科学財団	DoD 国防省 ・ DARPA (国防高等研究計画局) ・ NSA (国家安全保障局)	DoE エネルギー省	DoHHS 保健社会福祉省 ・ NIH (国立衛生研究所)	ED 教育省	EPA 米国環境保護庁	NASA 米国航空宇宙局	DoC 商務省 ・ NIST (国立標準技術院) ・ NOAA (米国海洋大気局)	その他
1	知識と分散知性 (KDI)	●NSF								
2	知識ネットワーク (KN)	●NSF								
3	STIMULATE	●NSF	●DARPA ●NSA							
4	デジタルライブラリ(DL) イニシアティブ・フェーズ2	●NSF	●DARPA		●NLM			●NASA		●NEH: 人文基金 ●LoC: 議会図書館 ●FBI: 協力: ・ 国立公文書記録管理局 ・ スミソニアン協会 ・ 美術館図書館業務研究所
5	バーチャル・ロサンゼルス	●NSF								
6	医療手順をシミュレートするためのバーチャルリアリティ技術				●NIH/NCRR					
7	ロボットによる外科手術	●NSF								
8	NASA の「ソフトウェア・メス」とバーチャルリアリティ・ツール							●NASA		
9	NASA のコンピュータ化された乳癌診断ツール							●NASA		
10	戦場認識		●DARPA							
11	移動自律ロボット・ソフトウェア(MARS)		●DARPA							
12	情報の可視化								●NIST	
13	共同作業と製造のための可視化とバーチャルリアリティ								●NIST	
14	バーチャルワールド								●NOAA	
15	NCSA のHabanero を使用した NOAA の共同作業								●NOAA	
16	NOAA Server								●NOAA	
17	音声認識技術		●DARPA ・ NSA					●NASA	●NIST	
18	スペイン語インターフェイス	●NSF	●DARPA							●ONR
19	製造アプリケーションのためのシステム統合 (SIM)								●NIST	
20	MMC 共同実験室			●DOE						
21	生体臨床医学共同実験室				●NCRR					
22	共同作業環境のための電子ノートブック			●DOE						
23	統一医学用語システム (UMLS)				●NLM					
24	Medline Plus				●NLM					
25	Visible Human プロジェクト				●NLM					
26	ユニバーサル・アクセス	●NSF								
27	利便性								●NIST	
28	指紋と顔写真規格								●NIST	・ FBI
29	教育における地域に即した技術コンソーシアム(群) (RTEC)					●ED				
30	地域に即した教育研究所(群)					●ED				
31	米国障害者リハビリテーション研究所(NIDRR)					●ED/NIDRR				
32	Webアクセシビリティ・イニシアティブ(WAI)	●NSF				●ED/NIDRR				

NCRR: National Center for Research Resources

NIDRR: National Institute on Disability and Rehabilitation Research (米国障害者リハビリテーション研究所)

NLM: National Library of Medicine (国立医学図書館)

ONR: Office of Naval Research

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。

人間主体の知的情報技術に関する調査研究Ⅲ

© 平成 12 年 3 月発行

発行所 財団法人 日本情報処理開発協会

先端情報技術研究所

東京都港区芝 2 丁目 3 番 3 号

芝東京海上ビルディング 4 階

TEL (03) 3456-2511