

資 料

人間主体の知的情報技術 に関する調査研究 IV

平成 13 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	産業技術総合研究所 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 専任研究員
委 員	宮田 一乗	東京工芸大学 芸術学部 映像学科 助教授
委 員	山名 早人	早稲田大学 理工学部 情報学科 助教授
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	石井 英志	(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 IV

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	5
1.4	調査結果の要約	6
1.5	調査結果の概要	8
1.5.1	RoboCup に見る新しい研究開発の進め方	8
1.5.2	ソフトウェアサービスとエージェント	9
1.5.3	感性と IT — 情報技術の感性化、感性技術の情報化 —	9
1.5.4	ナレッジマネジメントと IT	11
1.5.5	音声情報処理のトピックスとプロジェクトの展開	11
1.5.6	デジタル図書館の目指すもの	11
1.5.7	アノテーションに基づくデジタルコンテンツの高度利用	12
1.5.8	フルデジタル化に向かう映画	13
1.5.9	Web 検索エンジンのビジネスモデルと検索技術動向 —Google を例にとって—	13

2. 米国の研究開発動向

2.1	はじめに	15
2.2	IT R&D プログラム	17
2.2.1	プログラム・コンポーネント・エリア	17
2.2.2	IT R&D プログラムの計画・執行組織	19
2.3	IT R&D における HCI&IM 領域の研究開発	23
2.3.1	ITR イニシアチブの HCI&IM 関連プロジェクト	25
2.3.2	デジタルライブラリ・イニシアチブ	39
2.4	おわりに	61

3. 研究開発の新しい展開と内外の動向

3.1	RoboCup に見る新しい研究開発の進め方	63
3.1.1	はじめに	63
3.1.2	ロボカップの活動	63
3.1.3	ロボカップの展開	65
3.1.4	ロボカップレスキュー	66
3.1.5	おわりに	69
3.2	ソフトウェアサービスとエージェント	70
3.2.1	ソフトウェアサービス	70
3.2.2	ソフトウェアサービスの課題	70
3.2.3	ソフトウェアサービスのための要素技術	71
3.2.4	サービス連携エージェント技術 Bee-gent	72
3.2.5	ソフトウェアサービスとサービス連携エージェント	73
3.2.6	電子カタログエージェントの事例	75
3.3	感性と IT — 情報技術の感性化、感性技術の情報化 —	80
3.3.1	はじめに	80
3.3.2	感性と感性情報処理	80
3.3.3	感性の工学的モデル化の要件	81
3.3.4	感性シミュレーションの実際例	84
3.3.5	感性強化の実際例	91
3.3.6	創出感性の実際例 感性コーディネーション	93
3.3.7	感性工房	94
3.3.8	感性工学の重要課題	97
3.4	ナレッジマネジメントと IT	100
3.4.1	はじめに	100
3.4.2	ナレッジマネジメント	100
3.4.3	IT による支援	101
3.4.4	AI による支援	102
3.4.5	実践事例報告	103
3.4.6	実践事例からの教訓	107
3.4.7	日米の情報技術格差の根源	108
3.5	音声情報処理のトピックスとプロジェクトの展開	112
3.5.1	手法・アルゴリズム	112
3.5.2	ソフトウェア・ツール	113
3.5.3	アプリケーション	115

3.5.4	プロジェクト	117
3.5.5	プロジェクトの方向性	119
3.6	デジタル図書館の目指すもの	122
3.6.1	はじめに	122
3.6.2	デジタル図書館の研究開発の概観	123
3.6.3	デジタル図書館の研究開発について	126
3.6.4	メタデータについて — Dublin Core を中心として	128
3.6.5	デジタル図書館の目指すもの	133
3.6.6	おわりに	137
3.7	アノテーションに基づくデジタルコンテンツの高度利用	145
3.7.1	トランスコーディング：デジタルコンテンツの高度利用	145
3.7.2	セマンティック・トランスコーディング： デジタルコンテンツの意味的拡張	146
3.7.3	アノテーションとトランスコーディング	147
3.7.4	トランスコーディングの仕組み	159
3.7.5	おわりに：情報の洪水を乗り切るために	161
3.8	フルデジタル化に向かう映画	164
3.8.1	映画の歴史 — テレビの登場まで	164
3.8.2	日本とハリウッドとの映画産業の比較	166
3.8.3	Eシネマに関わる諸技術	169
3.8.4	今後の映画産業の方向性	173
3.9	Web 検索エンジンのビジネスモデルと検索技術動向 —Google を例にとって—	175
3.9.1	Google の誕生	175
3.9.2	Google の成長	177
3.9.3	Google の技術	178
3.9.4	Google のビジネスモデル	185
3.9.5	考察	186

付属資料

付属資料 1	海外調査報告	189
付属資料 2	Blue Book 2001 HCI&IM 研究開発テーマ	205
付属資料 3	HCI&IM 研究開発テーマと助成エージェンシー	229

1. 総 論

1.1 調査ワーキンググループの活動方針

この数年の間にパソコンや携帯電話（携帯端末）およびインターネットが急速に普及し、社会は情報技術（IT）による大きな変革の波にさらされている。現在、わが国においても IT 革命が叫ばれているが、これを真に成功させ、国民の幸福に結びつける為には、インターネット上の価値あるコンテンツを効果的に開発・維持・検索・活用するための技術と仕組み、および、人間－コンピュータ間のインタフェースの能力を現在のレベルよりも格段に優れたものへと飛躍的に向上させることが必要である。

従来の情報技術は、コンピュータの高速化、高性能化、高信頼化、大容量化等を廉価に実現し、人間の作業を機械で置き換えることによって、いかにしてコンピュータを既存の人間社会に適応させて行くかが主要課題であったと言えよう。これらは依然として重要であることに変わりはない。しかしながら、インターネットの出現により生活様式の変化や、新たな文化の創出が生まれつつある現実を見据え、情報技術によるより良い社会を実現するためには、新しい「人間－コンピュータ共存系」におけるコンピュータの役割、すなわちコンピュータが人間に与えるもの（メリット）に、より一層着目する必要がある。これは、インターネット・アプリケーションも含めて、広義の「コンテンツ」とも捉えることができよう。

また従来、コンピュータ化しやすい部分は非常に大きな自動化の効果を上げてきたが、知的精神活動に直接関わるような、コンピュータ化しにくいと言われてきた部分においては、未だに多くの研究余地が残されており、感性の扱い等を含め、様々な要素を考慮したユーザインタフェースのさらなる向上が期待される。さらに、B-to-C の電子商取引や G-to-C の電子政府、そして教育等においては、身障者、老人、子供を含めたすべての人が快適に情報技術の恩恵を受けられるような知的なユーザインタフェースの実現が必須であろう。

以上の視点から、当ワーキンググループでは情報技術の重要領域として、「知的ユーザインタフェース」と「広義のインターネット・コンテンツ」に特に重点を置いた「人間主体の知的情報技術」の調査・検討を行うことにした。今年度は各分野の専門家からなる委員の最新知識を集積して、これらの領域における研究開発のリーディングエッジを探り、これを元に今後注力すべき技術分野の検討や、世界におけるわが国の技術ポテンシャルの評価のための元データを得ることを目指した。

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選んで調査分析し、わが国の有する人間主体の知的情報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。

本年度は、上記の調査方針に基づき、昨年度に引き続き、調査を進める。とくに、昨年度調査が不足していたような事項を掘り起こすことにより、IT 関連技術のより広範囲でより深い報告を行うように努めた。

1.2.2 調査対象

技術分野を下記の3つの技術を軸として整理してみる。

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

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

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

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

(1) ネットワーク上の処理を含むデータベース技術

- 探索境界がオープンな分散データベース管理
- 情報リポジトリ
- インターネット上の情報検索
- 情報フィルタリング
- コンテンツ処理／意味理解
- データマイニング

(2) ネットワークを含めたコンピュータの新しい利用形態

- エージェント指向コンピューティング
- 発想支援、知的創造支援環境
- 共同作業支援

(3) マルチモーダル・インタフェース技術や関連 AI 技術

- 音声、図形、画像などのパターン認識処理や知識処理技術の利用
- 操作の簡単化のための AI 技術の利用
- 状況依存処理
- 仮想現実感
- 拡張現実感
- 感性情報処理

(4) モバイルコンピューティング等の新しいコンピュータ技術と利用

- 端末となるコンピュータとその機能（ユーザインタフェース）
- ウェアラブルコンピュータ
- ワイヤレス
- ネットワーキング（媒体とプロトコル）

(5) 社会サービスおよびそれを構成するに必要な情報処理技術

- 電子図書館
- 電子美術館
- 遠隔教育システム
- 遠隔医療診断システム
- 高齢者介護
- その他の公共サービス

(6) その他

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

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

1.3 調査活動の方針

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「IT R&D 計画」等を参考にして、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を分析し、わが国の技術的な位置付けの評価と今後の取り組み方について議論する。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、興味のある分野、さらには将来的に市場へのインパクトがありそうな分野について調査を行い、それらの分野におけるわが国の技術的な位置付けの評価を行う。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 IT R&D プロジェクト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、委員会の中で、委員会幹事より、Blue Book 2001 などの資料を元に米国の IT R&D 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	7/23 ～8/3	北 嶋	「SIGGRAPH 2000」および「AAAI 2000」参加
第 1 回会合	9/29	活動方針討議 奥乃主査	「RoboCup: The World Cup Robot Soccer」
第 2 回会合	10/27	杉本委員 北 嶋、石 井	「内外電子図書館の概要」 「21 世紀情報社会へ向けたユビキタス IT 開発の提案」
第 3 回会合	12/1	宮田委員 加藤委員 〃	「デジタルシネマ」 「感性と IT、感性 IT と産業技術」 「環境埋め込み型の情報技術」
第 4 回会合	1/26	國藤委員 児島委員	「アウェアネスを支援する GW 研究の現状と課題」 「音声情報処理の最近のトピックスとプロジェクトの展開」
第 5 回会合	2/23	山名委員 長尾委員	「Google の情報検索技術」 「パーベイシブ・メディア・ビジネスのためのセマンティック・トランスコーディング」

1.4 調査結果の要約

本ワーキンググループ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) デジタル図書館とメタデータ
- 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) Web 検索エンジンのビジネスモデルと検索技術動向（Google を例に）
- 2) エージェント技術による情報収集とサービス連携

Web の情報を有効に活用するための手段として、検索エンジンは欠くことのできない存在となっている。多くの検索エンジンの中で現在最も注目されている Google に最近の検索技術とビジネスモデルの方向性を見ることができる。また、Web より収集した情報は、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、ナレッジには形式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2点について取り組んだ。

- 1) 感性情報処理
- 2) 音声情報処理

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。詳細については第3章で述べる

1.5.1 RoboCup に見る新しい研究開発の進め方 --- 奥乃主査

ロボカップは、「2050年にロボットサッカーチームがワールドカップチャンピオンとFIFAのルールで戦って勝つ」という目標を達成するためのグランドチャレンジ問題である。これまでに良く知られたグランドチャレンジ問題は、故ケネディ大統領が立てた「10年間で月に人を着陸させ、無事地球に戻る」というアポロ計画である。当時、ソ連の有人人工衛星の成功に衝撃を受けた米国が名誉挽回のために打ち立てた計画であり、人の月面着陸そのものはランドマークとしての意味はあるものの、それを実現するための要素技術からシステム工学まで多種多様な分野で研究開発が促進され、それらの成果が実用に供せられた。人類の月面着陸が達成されたのは、ライト兄弟の飛行機の発明から約50年後のことであった。ロボカップも同じように、ヒューマノイド型ロボットが発表され始めた90年代後期から約50年後に上記の目標を設定したわけである。現在、シミュレーションリーグ、小型リーグ、中型リーグ、AIBOリーグが行われており、ヒューマノイドリーグも2001年から試行される予定である。

ロボカップの目標を達成する過程でもさまざまな技術が生み出されると期待されるが、それを重要な社会的問題や次世代産業の技術基盤に展開していくことは重要な課題である。この課題を推進するために災害救助問題に展開しているのが、ロボカップレスキューである。現在、シミュレーションシステムだけでなく、実ロボットでもテストコースを使用した競技が行われており、世界で100以上の機関が参加している。また、国際的な協調を推進するために非営利団体による組織化と研究推進が検討されている。このような政治的に中立なレスキューチームの構成はインフラストラクチャとしてレスキューチームを構築する上で重要な課題である。

1.5.2 ソフトウェアサービスとエージェント --- 大須賀委員

近年、アプリケーションやソフトウェアコンポーネントの機能をサービスという観点で捉えるソフトウェアサービスの考え方が注目を集めている。インターネット上のソフトウェアサービスは Web サービスとも呼ばれ、サービス定義、登録、探索、結合、メッセージング技術などと共に急速に広まっている。

従来の考え方が実装言語やプラットフォームを強く意識したものであったのに対し、ソフトウェアサービスにおいては、言語やプラットフォームとは独立に、一段抽象度の高いところでソフトウェアの機能を捉える。このため、ソフトウェアサービスに基づく技術を用いれば、さまざまな言語やプラットフォームが混在するオープンなネットワーク環境において、分散したソフトウェア間でデータを交換したり、機能を統合したりすることが可能となる。

インターネット上には既に無数のソフトウェア機能が提供されており、これらをソフトウェアサービスの考え方によって扱うことができれば、多くの新規機能は既存の機能（サービス）の組合せによって構築可能となる。例えばアグリゲーション・サービスなどは、既存のサービスを組み合わせて新規サービスを提供する典型的な例である。

ソフトウェアサービスでは、ひとつひとつのサービスをビルディングブロックと捉え、これらを簡単に組み合わせて大きなサービスを構築することを目指す。インターネットのように、オープンで変化の激しいネットワークにおいては、独自の環境上に全てのソフトウェアを時間と労力をかけて構築するのは現実的でない。ソフトウェアサービス技術を用いて新規サービスを短期間で安価に構築し、運用後も客先ニーズやビジネスモデルの変化、環境の変化などに合わせてダイナミックに構成や機能を変更できることが重要である。本報告では、エージェント技術を用いたソフトウェアサービスの考え方、事例などを紹介する。

1.5.3 感性と IT - 情報技術の感性化、感性技術の情報化 - --- 加藤委員

報告の前半では、マーケティング分析や官能検査などのユーザ評価テストで行われてきた従来の感性工学的な手法を、情報学・情報処理の観点から再構築し、人間の感性を工学的にモデル化する方法論について論じる。具体的には、人間が画像などのマルチメディア情報を受容し、解釈し、生成し、外界に働きかける過程を、物理・生理・心理・認知的な知覚の階層における情報処理として工学的にモデル化する方法論を紹介する。このモデル化により、利用者一人一人によって異なる感性、すなわち、情報の主観的な判断規準（＝情報を分類し取捨選択して判断する際の評価基準）に適応できる感性的な情報システムを構築することができる。

これらのモデル化の枠組みにより、対象を特定のカテゴリのコンテンツに限定すれば、かなりの精度で、主観的な基準を統計的にモデル化できるものが多いことが実証的に示されるようになった。

本報告では、ヒューマンメディアプロジェクト・感性工房グループでの研究開発を通じて、我々が作業仮説として提案し工学的に検証しつつある、視覚感性の階層的なモデルの基本的な考え方と、そのアルゴリズムを紹介する。また具体例として、このモデルに沿って試作・検証を進めている感性データベースシステム、および、感性工学研究用のソフトウェアプラットフォームである「感性工房」を紹介する。

報告の後半では、このような感性の工学的なモデル化の到達点を俯瞰し、また、残されている重要な技術課題を私見も交えて紹介する。

(a) 感覚のチャネルのマルチモーダル性：

複数の感覚のチャネルが重畳した状態で、感性のモデル化が必要なものがある。例えば、3次元空間などを対象とする場合、「見て」「聞いて」「触って」、その結果、総合的に「どう知覚したか」をモデル化する必要がある。

このようなマルチモーダル的な感性のモデル化は、個別の感覚のチャネルのモデルとその足し算だけでは難しい。学習すべき場合の数は、加算ではなく、乗算で効いてくるからである。統計的学習によりモデルの構築を図る場合、被験者の心理的なストレスの許容する範囲内で、「知覚の戦略」も含めて効率よく学習するアルゴリズムが必要となる。

(b) 感性的コーディネイト過程のモデル化：

知覚における感性のマルチモーダル性は、創出過程では感性的なコーディネイト戦略に相当する。

優れた工業デザイナーは、全体としてある所望のイメージを実現するために、多数の「部品」を組み合わせる。例えば「躍動感」というイメージを与える机・いす・壁・床・天井を組み合わせても、「躍動感のあるオフィス」は構成できない。全体として「躍動感」を与えるためにはどうするのか？専門家が経験を通じて修得している戦略を、効果的にモデル化する必要がある。

このようなモデル化を、被験者の心理的なストレスの許容する範囲内で、かつ、できるだけ普遍的な形で進める必要がある。

(c) 感性のモデル化の方法論：

感性研究の出発点において、我々は（多分にイメージ的に）西欧的な要素還元論的な世界観ではなく、東洋的な総合的な世界観からのアプローチが必須であると考えていた。

夢中に進めてきた我々の「感性研究」は、振り返ってみると、結局、要素還元論的な手法に終始してしまっただけなのではないかと反省している。では、産業的にも意味のある「総合的な世界観からのアプローチ」とはどのようなものであるべきか？あ

れこれの言葉の遊びではなく、工学的・具体的・普遍的な手法として定式化することが出来るか？ここに次なるブレークスルーが求められていると考えている。

1.5.4 ナレッジマネジメントと IT --- 國藤委員

グループウェアを含む IT のナレッジマネジメントへの適用可能性について報告する。ナレッジマネジメントに関する野中・國藤理論のなかでの最新のツールの分類を行い、IT による支援、AI による支援の現状を報告する。なぜ日本のナレッジマネジメントがアメリカに比べて遅れたかの日米比較も興味深い。日本的ナレッジマネジメントを駆使した実践事例報告を参考に、日本が再び欧米を凌駕するシナリオを構築すべきである。

1.5.5 音声情報処理のトピックスとプロジェクトの展開 --- 児島委員

昨年 of 報告書では、音声認識分野における動向や課題について全般的・抽象的に概観した。今回は、最近の音声情報処理に関連するトピックスや個々のプロジェクトを、具体的にピックアップして述べる。

トピックスとしては、まず、アルゴリズムや手法の研究に関して、現在の主流であり、技術的に確立された感のある統計的手法のブレークスルーを目指す試みを、いくつか紹介する。次に、研究開発に不可欠なツールやソフトウェアの整備状況について報告する。また、急速に広がりつつある音声認識の応用分野や製品をとりあげて、その傾向を探る。プロジェクトとしては、現在進行中のものを日米欧それぞれについて、経過や背景を含めて述べる。最後に、研究やプロジェクトの今後の方向性について展望する。

1.5.6 デジタル図書館の目指すもの --- 杉本委員

Digital Library Initiative (フェーズ 1) が始まったのが 1994 年であり、1998 年からは第 2 フェーズに入っている。1994 年頃は Mosaic がでてきたばかりで、ちょうどインターネットブーム (WWW ブーム) に火がつき出したところであった。一方、そのころは図書館をベースにしたデジタル図書館の研究開発も本格化し、1990 年ごろから始められていた American Memory が WWW 上でのサービスを始めていた頃である。それから 7 年が経ち、デジタル図書館に関する評価、関心の持ち方もその頃とはかなり変わってきているように思う。ここでは、これまでのデジタル図書館に関する研究や開発について簡単に振り返り、デジタル図書館のこれから目指すもの、デジタル図書館の実現の上

でのいろいろな問題について考えてみたい。具体的には DLI2 や NSDL (National SMETE DL) の概観、Dublin Core の現状と今後の開発、役に立つデジタル図書館の開発にどんなことが求められるのかなどについて述べたい。

DLI2 は DLI1 に比べて予算的には倍以上の規模になっており、また参加組織の数も増えている。加えて、国際共同助成プログラムも進められている。NSDL は学部レベルでの数学、科学技術教育のためのコンテンツ整備や教育環境をより良くするための技術の研究開発を進める研究助成プログラムである。

Dublin Core Metadata Element Set はインターネット上の情報資源の発見を目的として開発が進められてきたメタデータエレメントセットであり、いわば多種多様な情報資源の記述のために共通に利用できる書誌記述項目を与えている。Dublin Core は標準化が進められる一方で、応用の広がりにも耐えるように開発が続けられている。ここでは、Dublin Core の現状を報告するとともに、我が国での状況と考察を示したい。

最後に、筆者のこれまでの経験に基づいて図書館でのデジタル図書館における問題と今後の開発に関する期待について述べる。

1.5.7 アノテーションに基づくデジタルコンテンツの高度利用 --- 長尾委員

デジタルコンテンツの高度利用の主なものに、パーソナライゼーションとアダプテーションがある。デジタル放送の映像や Web ページなどのデジタルコンテンツをユーザの好みに応じて変換することをパーソナライゼーションと呼び、それらのコンテンツをパソコンや PDA (Personal Digital Assistant) や携帯電話などのデバイスの特性に合わせて変換することをアダプテーションと呼ぶ。

デジタルコンテンツのパーソナライゼーションとアダプテーションを合わせたものはトランスコーディングと呼ばれる。現状では、インターネットへのアクセスはパソコン経由で行なわれることが多い。しかし、この様相は近年、急激に変わりつつある。パソコンに加えて、携帯電話や PDA、テレビ、カーナビなどを使ってインターネットにアクセスする機会がますます増加するだろう。このとき重要となるものがトランスコーディングである。

このトランスコーディングをさらに進めて、テキストの要約などの内容に基づく処理の精度を高める工夫を盛り込んだのが、セマンティック・トランスコーディングである。具体的には、コンテンツに含まれるテキスト文要素に言語的な付加情報 (アノテーション) を加えることによって、要約や翻訳などの自然言語処理の精度を大きく向上させることができる。たとえば、付加情報を使ってコンテンツに含まれるテキスト文の曖昧さを軽減すると、正確な要約や翻訳が期待できる。コンテンツにアノテーションを付ける手間が増すが、重要な情報はアノテーションをつけて正しく情報を伝え、共有すべきと

いう考えに基づいている。

このアノテーションはコンテンツの内容理解を促進するものと位置付けられる。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、その手法は映像や画像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・データを含むコンテンツに適用できる。

1.5.8 フルデジタル化に向かう映画 --- 宮田委員

映画の歴史は、リュミエール兄弟によるモノクロフィルムの無声映画を発端とし、その後、トーキー化、カラー化とハード面およびコンテンツ開発面での大きな転換期を迎えた。さらに、博覧会などのイベント用映像においては、大型化や立体化などの試みもなされた。このような歴史の流れが、ここ数年で提唱されてきているデジタルシネマ構想により、大きく変わろうとしている。

本報告では、映画の歴史を簡単に述べ、日本と他国との映画産業の比較、デジタルシネマに関わる諸技術などについて触れ、最後に、今後の映画産業の方向性について述べる。

1.5.9 Web サーチエンジンのビジネスモデルと検索技術動向

—Google を例にとって— --- 山名委員

インターネットの情報を有効に利用する手段として、今やサーチエンジンは、欠くことができない存在となっている。ところが、現存する主たるサーチエンジンは全て海外で運用されている。サーチエンジン誕生の時期には我が国にも多くの実験的サーチエンジンが存在し、世界と競争しても負けることのないデータ量を持ち、かつ、高性能を実現していたが、現在では、富士通の InfoNavigator、フレッシュアイの FreshEye、NTT の ODIN を除けば皆無と言ってよい。また、データ量で比較した場合、我が国のサーチエンジンは、国内に特化した検索を提供しており、Google 等、海外のサーチエンジンの 2 桁下のデータ量しか持っていない。

本報告では、なぜ我が国でサーチエンジンのビジネスが定着しなかったかを検証するために、現時点で最も有名であり、かつ、世界最大のデータ量を持つ Google を例にとり、1998 年 9 月の起業時から現在にいたるまでのビジネス的、技術的な動向を調査すると共に、今後のサーチエンジンのビジネスモデルと検索技術について述べる。

2. 米国の研究開発動向

2.1 はじめに

全米科学振興協会(AAAS)がまとめた米国連邦政府の研究開発予算に関するレポート¹によると、2001年度の研究開発関連予算総額は909億ドルで、前年度と比べて9.1%の伸びを示し、過去最高額となった。研究開発予算の内訳を見ると、過去20年間は国防関係予算額が非国防関係予算額を常に上回っていたが、2001年度になって初めて両者が同等となった(国防関係予算は堅実な伸びを示したが、非国防関係予算の伸びがそれを上回ったことによる)。ほとんどすべての連邦政府機関において、2001年度の研究開発予算は2000年度予算と2001年度大統領予算教書での要求額を上回っている。全米科学財団(NSF)については大統領要求額が非常に大きかったためこれを下回ったが、それでも2000年度予算額に対して13.2%という平均の伸び率を大幅に上回る増額を獲得している。

最近の米国連邦政府支援による研究開発の特徴は長期的、基礎的研究の重視とすることができる。AAASによると、2001年度大統領予算教書における基礎研究関連予算の要求額は203億ドルであったが、米国議会はこれをさらに増額し、最終的な予算額は212億ドル(前年度比+11.8%)となった。基礎研究重視の考えは、産業界、学界の会員で構成される米国競争力協議会が作成した2001年版報告“Strengths, Vulnerabilities and Long-Term Priorities”でも強く主張されており、本報告書では政府による先端的研究への投資を増やし、過去に無視されてきた基礎的研究分野へもバランス良く投資するよう求めている。このように、米国では長期的、基礎的研究開発に対する国家支援の重要性が政府、産業界、学界において再認識されており、質、量ともに圧倒的パワーを持っている国研や大学の研究者がますます力を発揮できる環境にあると言える。

情報技術(IT)に関連する研究開発について見てみると、上記の研究開発予算の増加や、基礎研究重視の傾向がさらにはっきりと顕われる。2001年度のIT R&Dプログラム(2000年度以前のHPCCプログラムとIT²イニシアチブが統合されたもの)の予算は24%の大幅な増額となり、21億ドルとなった。また、大統領情報技術諮問委員会(PITAC)の勧告により長期的、基礎的、革新的研究支援を実現するために設けられたIT²イニシアチブが、その名を変えて2000年度から具体的にスタートしたITR(IT Research)イニシアチブの予算は、2000年度の0.9億ドルから2001年度は2.15億ドルへと大幅な増加を示している。

¹ “Congressional Action on Research and Development in the FY 2001 Budget”
<http://www.aaas.org/spp/dspp/rd/pubs.htm>

NSF がまとめている ITR イニシアチブは、上記の 0.9 億ドルの予算に基づく最初の助成対象案件が 2000 年 9 月 13 日に発表された。さらに 2001 年度の 2.15 億ドルの助成対象案件は現在公募中である。米国政府支援の IT 研究開発の概要については Blue Book に記載され、公表されているが、そこで紹介されている研究はすでに成果として現れているものであり、いわば過去の研究テーマと言えなくもない。今後どのような研究が行われようとしているのかを知るには、ITR の研究テーマを調査するのがより適切であろう。

本編では、まず米国政府支援による IT 研究開発プログラムに関する最近の組織上の変更（主として前述の PITAC の勧告に基づく）について紹介する。その次に NSF の ITR に関するホームページ²で公表されている、2000 年度に採択された ITR イニシアチブの研究テーマを紹介し（Blue Book 2001 の中で当ワーキンググループのテーマに最も関係する HCI&IM の部分については、付属資料 2, 3 として添付する）、さらに、3 年目を迎えた DLI フェーズ 2(Digital Library Initiative, Phase 2)の状況について Blue Book 2001 に記載された内容をベースに紹介する。

² <http://www.itr.nsf.gov/>

2.2 IT R&D プログラム

米国連邦政府の情報技術関連研究開発は 2000 年度まで HPCC R&D プログラム (High Performance Computing and Communications[HPCC] R&D Program) と呼ばれていたが、2001 年度からは 21 世紀情報技術研究 (IT²) イニシアチブを取り込んだ形で再出発し、その名称も IT R&D プログラム (IT R&D Programs) と変わった。この結果、プログラムの内容、組織、参加エージェンシーにおいてかなりの変更が加えられている。

本章では IT R&D プログラムに含まれるプログラム・コンポーネント・エリアと政府組織について、昨年度からの変更点を含めて簡単に説明する。

2.2.1 プログラム・コンポーネント・エリア (Program Component Area : PCA)

IT R&D プログラムの研究領域は以下の 6 つのプログラム・コンポーネント・エリア (PCA) からなっている。2001 年度より、大統領情報技術諮問委員会 (PITAC) からの提言により PCA のフレームワークに変更が加えられ、コンポーネント・エリアの数は従来の 5 PCA から 6 PCA に増加している (図 2.2-1, 2.2-2)。

(1) HECC (ハイエンドコンピューティング・コンピューテーション)

全体としては 2000 年度以前の内容から変わっていないが、HECC は新たに以下の 2 つの PCA に細分化され、各々に独立して予算が割当てられるようになった。

- ・HEC I&A (ハイエンド・コンピューティング基盤およびアプリケーション)
ハイエンド・コンピューティングのアプリケーション開発とコンピューティング・インフラの整備
- ・HEC R&D (ハイエンド・コンピューティング研究開発)
ハイエンド・コンピューティングのハードウェア・テクノロジーとシステムアーキテクチャの研究

(2) HCI&IM (ヒューマン・コンピュータ・インターフェイスと情報管理)

2000 年度までは HuCS (人間中心システム) と呼ばれていた PCA である。本報告書で扱っている人間主体の知的情報技術に関する研究開発項目は、ほぼこの PCA に含まれる。

HCI&IM では人間-コンピュータ・インタフェース技術を発展させ、コンピューティング装置や情報リソースを管理し活用する能力を高めるテクノロジーの研究開発を行っており、扱っている主な研究テーマはロボット工学、遠隔/自律エージェント、コラボレーション技術、可視化技術、バーチャルリアリティ、知識データベース、デジタル図書館、情報エージェント、言語認識、インテリジェントシステム、多言語翻訳などである。

(3) LSN（大規模ネットワーク）

LSN では基本ネットワーキング技術に関する長期的な研究を行っており、下記の NGI および SII の 2 つのイニシアチブを含んでいる。SII は 1999 年の PITAC レポートにより優先課題として指摘され、2001 年度から新たに加わったイニシアチブである。

- ・ NGI（次世代インターネット）

ネットワークのサービス品質、信頼性、堅牢性、安全性を向上させる次世代技術の研究開発および高速ネットワーク上での革新的アプリケーションの開発と実証

- ・ SII（スケーラブル情報基盤）

今後出現するであろう大規模なユーザやアプリケーションに対応してインターネットを円滑に成長させ、高度にネットワーク化されたシステムや「いつでもどこでも」接続できる環境を実現するための研究

(4) SDP（ソフトウェア設計と生産性）

本 PCA は、1999 年の PITAC レポートで最優先項目として指摘された、ソフトウェア需要に対する開発能力の不足と、ソフトウェアの設計、テストおよび維持管理の困難化といった緊急の課題に対処するために 2001 年度から新たに設立された。SDP では有用で安全性／信頼性の高いソフトウェアを効率良く開発するための理論的基礎研究、技術やツールに関する研究開発が行われる。

(5) HCSS（高信頼ソフトウェアとシステム）

2000 年度までは HCS（高信頼システム）と呼ばれていた PCA である。その研究内容に大きな変化は見られないが、上記の SDP の新設と同様に、ソフトウェアの重要性を考慮して名称が変更されたものと思われる。HCSS ではコンピュータシステムに求められる信頼性、安全性、セキュリティ、可用性を実現するための技術の研究開発を行っており、テーマとしてはネットワークとデータのセキュリティ、暗号化、情報の生存性、システムの耐久性などが含まれる。

(6) SEW（社会、経済、および労働力の面から見た IT 労働力開発の意味）

SEW は、2000 年度まで ETHR（教育訓練と人的資源）と呼ばれていた PCA の後継であり、ETHR の内容がさらに拡大されている。SEW では IT が社会システムに与える影響、IT 技術者の需要増加に対処するための技術者育成、デジタルデバイド等に関する研究が行われている。

2.2.2 IT R&D プログラムの計画・執行組織

IT R&D プログラムの計画および執行に関係する組織について以下に説明する。(図 2.2-3, 2.2-4)

(1) 科学技術政策局 (Office of Science and Technology Policy : OSTP)

ホワイトハウス内に置かれ、米国政府の R&D 投資に関して大統領への助言を行うとともに、大統領直轄の国家科学技術委員会の活動を監督する。大統領科学技術担当補佐官が OSTP の長官を兼ねる。

(2) 国家科学技術委員会 (National Science and Technology Council : NSTC)

大統領が議長を務め、委員は各省の長官レベルで構成される。NSTC は連邦政府の科学技術投資のための国家目標の確立およびエージェンシー間に渡る R&D 戦略の確立を目的としている。

(3) IT R&D のシニア・プリンシパル・グループ (Senior Principals Group for IT R&D)

2000 年度までは技術委員会 (Committee on Technology : CT) と呼ばれていた委員会組織である。OSTP 長官が議長を務め、メンバーは IT R&D に資金援助を行っているエージェンシーの上級官吏で構成される。シニア・プリンシパル・グループは、NSTC と協力して R&D プログラムの優先順位の設定支援と、米国政府の IT R&D ポートフォリオと関係機関のミッションおよび能力のバランス調整を行い、進捗を管理する。

(4) エージェンシー間・ワーキング・グループ

(Interagency Working Group on IT R&D : IWG/IT R&D)

2000 年度までは CIC 研究開発小委員会 (Subcommittee on Computing, Information and Communications R&D) と呼ばれていた。IWG/IT R&D はシニア・プリンシパル・グループの内部的な審議組織で、実施エージェンシーの政策、計画、予算に関する助言を行う。

本ワーキング・グループは計画、予算策定、実施およびレビューなどを含む複数のエージェンシーが関係する IT 研究活動の調整を行い、連邦議会、OMB (行政管理予算局)、OSTP、学会、および産業界との間の調整を行うほか、PITAC への技術的支援を行う。

IWG/IT R&D に参加している主なエージェンシーは以下の 11 である (前年度と比べて ED (教育省)、VA (復員軍人省) が削除され、OSD (国防長官事務局) が追加された)。

- 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)
- 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)
- AHRQ : 米国健康医療研究品質局(Agency for Healthcare Research and Quality)
[保険社会福祉省(Department of Health and Human Services)]
- OSD : 国防長官事務局(Office of the Secretary of Defense)
[国防省 (Department of Defense)]

(5) コーディネート・グループ (Coordinating Groups)

2000 年度まではワーキング・グループと呼ばれていた。6 つの PCA にそれぞれ対応した 6 つのコーディネート・グループからなり、IWG/IT R&D の管轄下に置かれている。6 つのコーディネート・グループは各々の専門領域における R&D の目標と実施に関する調整を行う。LSN コーディネートグループ (LSNCG) はさらに 4 つのサブ・グループ (チームと呼ばれる) に分けられる。

(6) 連邦政府情報サービス／アプリケーション協議会

(Federal Information Services and Applications Council : FISAC)

FISAC は IT R&D プログラムの成果として得られた技術をエージェンシーの業務や米政府のシステムに適用するための支援を行う。

(7) CIC 国家調整室

(National Coordination Office for Computing, Information and Communication : NCO/CIC)

NCO/CIC は関連エージェンシーの計画、予算策定、評価資材の準備、R&D 情報および文書の集中管理など、IT R&D プログラム全体に対する支援を行う。

2. 米国の研究開発動向

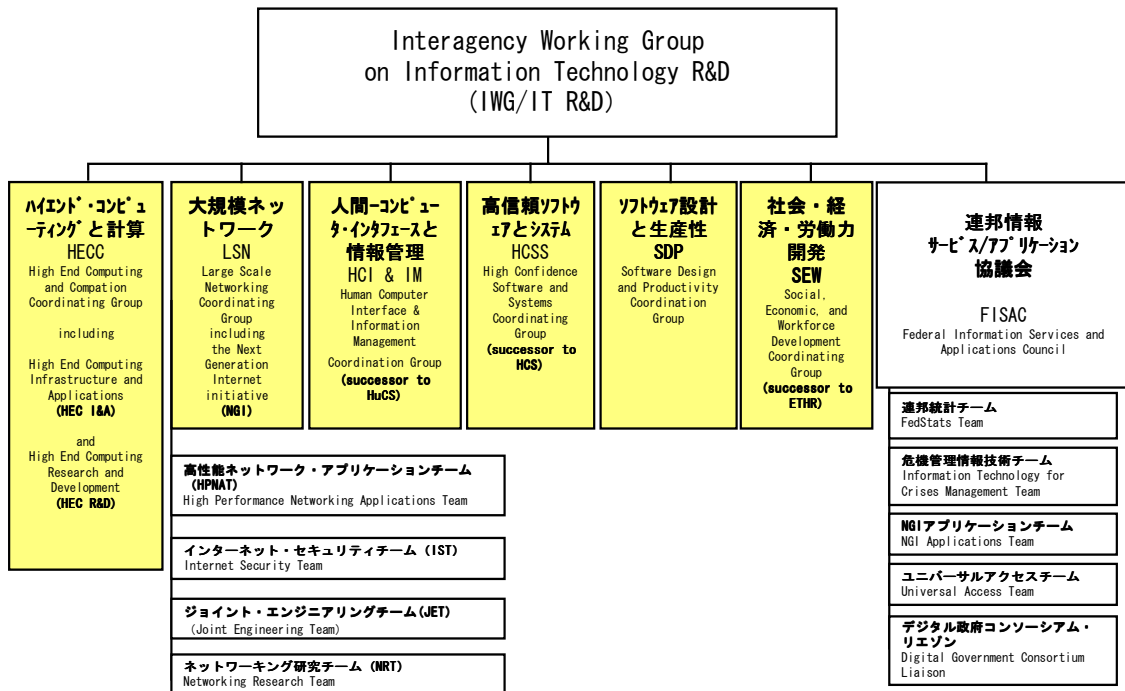


図 2.2-1 IT R&D プログラムの計画・執行組織 (2001 年度)

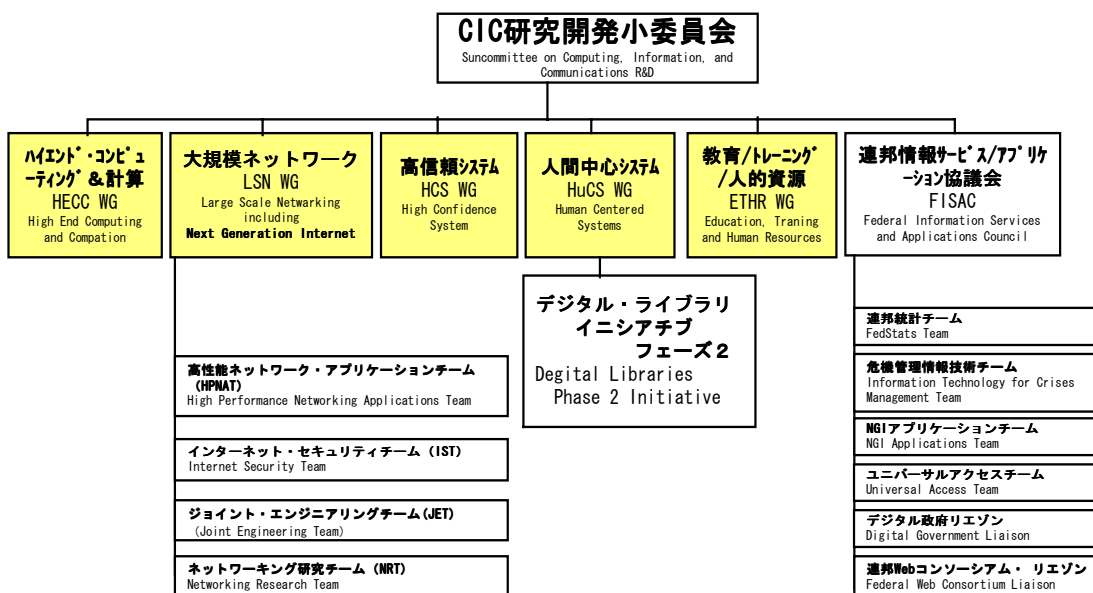


図 2.2-2 <参考> HPCC R&D プログラムの計画・執行組織 (1997~2000 年度)

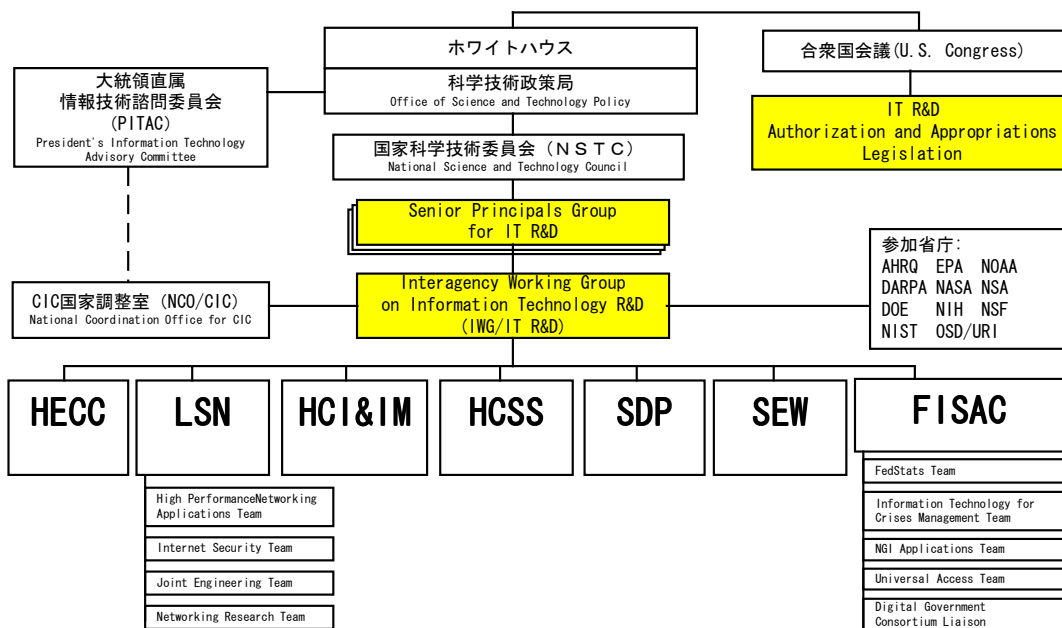


図 2.2-3 IT R&D プログラムに関連する政府組織 (2001 年度)

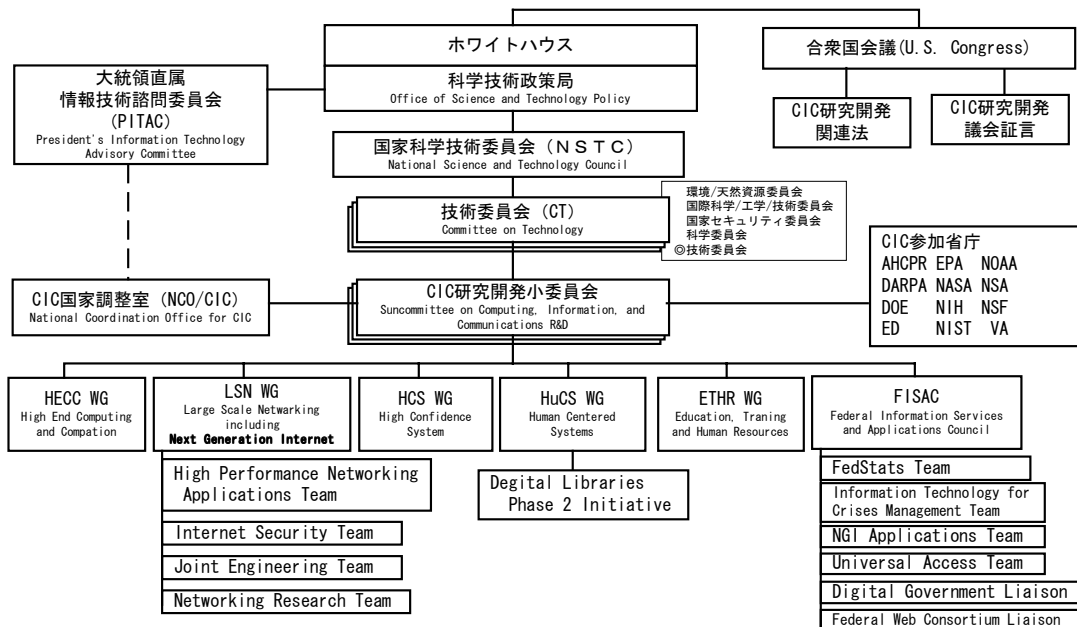


図 2.2-4 <参考> HPCC R&D プログラムに関連する政府組織 (1997~2000 年度)

2.3 IT R&D における HCI&IM 領域の研究開発

HCI&IM (Human-Computer Interface and Information Management、ヒューマン・コンピュータ・インタフェースおよび情報管理) では、ヒューマン・コンピュータ・インタフェース技術を発展させ、コンピューティング装置や情報リソースを管理し活用する能力を高める高度なテクノロジーの研究開発を行う。HCI & IM では、幅広い研究テーマを扱うことにより、生体臨床医学、商業、危機管理、教育、法執行、図書館学、製造、国防、学問、気候分析など多くの分野で新たな IT の可能性を生み出している。

Blue Book 2001 では、多くの研究開発事例が紹介されているが、特に 2001 会計年度の研究開発のトピックとして、以下のものを挙げている。

(下記のカッコ内は、本報告書内の参照章節を示す。)

(1) 遠隔／自律システム：

- ・ 宇宙船用の自律型スーパーコンピュータの開発を目指す NASA の遠隔探査実験 (REE (Remote Exploration and Experimentation)) プロジェクトなどの遠隔／自律エージェント。(付 2 - 4.1 遠隔探査と遠隔実験)
- ・ DARPA (米国国防総省高等研究計画局) の移動自律ロボット・ソフトウェアなどの戦場用のロボット工学。(付 2 - 4.2 将来のロボット戦場)

(2) コラボレーション、ビジュアライゼーション、バーチャルリアリティ：

- ・ シミュレーション、3 次元ビジュアライゼーション機能や、多くの遠隔地間を結び 3 次元イマーシブ環境下で会議、トレーニング、共同研究を行うことを目指した NSF の National Computational Science Alliance (Alliance) Access Grid など。(付 2 - 5.1 Access Grid)
- ・ 高度なオンライン顕微鏡を用いて分散環境下で共同研究を進めることを可能にする DOE の DeepView スケーラブル・システム。
(付 2 - 5.3 DeepView: 分散型顕微鏡検査のための共同研究フレームワーク)
- ・ NIST (米国商務省標準技術研究所) が製造現場向けに開発したコラボレーション機能 (付 2 - 5.7 製造業共同研究所 Manufacturing collaboratory)

(3) 「Web ベースの知識データベース」と「データの収集/分析を行う情報エージェント」:

- ・ 複数の政府機関が携わる電子図書館構想(フェーズ 2)
(2.3.2 デジタルライブラリ・イニシアチブ)
- ・ NIST の数学関数デジタル図書館 (DLMF)
(付 2 - 6.1 数学関数のデジタル図書館)
- ・ ユーザが臨床データの評価を行うことを可能とした健康医療研究品質局

(AHRQ)のコンピュータベースのニーズに基づいて品質の測定と評価を行うシステム (CONQUEST: COmputerized Needs-oriented QUality measurement Evaluation SysTem) など。(付2 - 6.2 治療法ガイドラインのリポジトリ)

(4) マルチモーダル・インタラクション

(人間とコンピュータ・システムとの間の多様な対話):

- 例えば、モバイル・コンピュータに話し言葉の認識機能を組み込んだ DARPA のコミュニケータープログラム。(付2 - 3.1 コミュニケーター)
- NASA のタッチ・フィードバック機能を持つシミュレーションモデルであるヒューマン・ファクター・プログラムなどの視覚装置
(付2 - 3.2 航空宇宙システムの中の人的要素)
- コンピューティング・システムの人工知能の開発に認知科学を適用しようという NSF の KCS(knowledge and cognitive systems)プログラムなどのインテリジェント・システム。(付2 - 2.2 知識および認識システム)

(5) 多言語翻訳:

- 例えば、他言語による文書を英語に翻訳しようという DARPA の翻訳情報の発見、抽出、要約 (TIDES: Translingual Information Detection, Extraction, and Summarization) 計画など。
(付2 - 3.3 言語透過的な情報の検出、抽出、および要約)

以上の Blue Book 2001 に紹介されている研究は、議会への予算要求等の目的もあり、成果を示すという面が強いと言えるだろう。一方、PITAC (大統領直属情報技術諮問委員会) の勧告に基づく、最近の基礎研究重視の政策を直接反映した IT R&D の目玉とも言える NSF の ITR プログラムは、2000 年 9 月に初年度の助成プロジェクトが採択されたところであり、成果が出始めるのはこれからである。したがって、ITR プログラムについては、まだ、Blue Book では触れていない。これは、Blue Book 2001 の公表が同じく 9 月だったため、掲載に間に合わなかったものとも考えられる。

そこで、本章では、まず ITR の概要について説明し、その後、Blue Book でも IT R&D ハイライトで取り上げられているデジタルライブラリ・イニシアチブ (Digital Library Initiative) について説明する。IT R&D 計画におけるその他の「人間主体の知的情報技術」に関連する研究については、Blue Book 2001 の「HCM&IM」研究開発テーマに関する部分を付属資料 2 に掲載してあるので、そちらを参照願いたい。「付属資料 3. HCI&IM 研究開発テーマと助成エージェンシー」では、その研究開発テーマと対応する助成エージェンシーの関係を、見やすい表形式で示した。

2.3.1 ITR イニシアチブ (Information Technology Research Initiative) の HCI&IM 関連プロジェクト

ITR イニシアチブは、1999 年 2 月の PITAC レポートによる勧告¹と、それを受けた「21 世紀情報技術 (IT²)」イニシアチブ²の直接の流れを汲む 2000 年度の新規イニシアチブであり、ハイリスクの長期的基礎研究への助成を目的としている。ここで、まず趣旨を振り返ってみよう。

先端情報技術は、理論と実験という歴史的に検証済みの方法に、コンピュータ・シミュレーションという第 3 の方法を加えることによって、亜原子（原子より小さい電子、陽子など）レベルから宇宙まで、科学の範囲を拡大してきた。この新しい仮想モードでの探求は、今日の最も重要な基礎研究が進められているところである。製品開発は基礎的情報技術研究の項目ではないが、この分野は、近年、顕著な成果を生みだして来た。1990 年代初期には、例えば、NSF のスーパーコンピューティング・センターの上級研究者の指示の下で働いていた学生達が、最初の Web ブラウザを作り出すのを助けた。これは、Netscape を導き、ほとんど誰も予想できなかった経済爆発の引き金となった。

1999 年の PITAC によるレポートは、米国は情報技術研究において「深刻に投資が不足してる」と断言した。今日の情報経済の繁栄を導いたようなハイ・リスクの長期研究投資を、収益確立前に企業が引き受けることはないであろうから「長期のハイ・リスク研究」に対する新たなファンディング無しには、IT における米国の優位が脅かされるだろうと委員会は指摘した。それを受けて、NSF と他の連邦政府機関は、NSTC を通して研究計画立案の作業を行った。PITAC レポートの指摘した重要技術 (Key Technology)、すなわち、物理現象シミュレーションの為の先端コンピュータ、遠隔研究者間の共同作業の為の技術、複雑なデータのグラフィカルな可視化のためのツール、及び、巨大なデータベースを扱うためのソフトウェア等の基礎研究支援は NSF が行ってきたことであり、NSF が ITR イニシアチブを推進することになった。

ITR イニシアチブのメイン・ゴールは、国家の IT 知識ベースの拡大と、IT 労働力の拡大である。NSF は、この ITR イニシアチブで、IT における革新的で効果の大きい、新しい科学、工学、および教育の分野の研究の助成を行っていく計画である。

ITR の初年度 (2000 年度) の助成プロジェクトは、「計算機科学における科学と、情報技術における情報」に焦点が置かれたが、2001 年度には、それに加えてさらにアプリケーションとエンジニアリングに力を入れている。

¹ H10 年度報告書「わが国が行う情報技術の研究開発のあり方に関する調査研究 (その 3)」の付属資料 8 「PITAC レポート 情報テクノロジーに関する調査報告：未来への投資」参照。
“Information Technology Research: Investing in Our Future”
<http://www.itrd.gov/ac/report/>

² 同、付属資料 9 「IT²構想 21 世紀のための情報技術：米国の将来に対する大胆な投資」参照。

2.3.1.1 2000 年度 ITR イニシアチブ

1) 概要

NSF は 2000 年 9 月 13 日に、初年度 (2000 会計年度) の助成プログラムを公表した。2000 件を超えるプロジェクト提案の中から、210 件が採択されており、規模の内訳は以下の通りである。

FY2000 ITR AWARDS : 総額 : 5 年間で \$223 million

内訳 : 大プロジェクト (\$500,000 以上) : 62 件 (22 州の 41 機関)

小プロジェクト (\$500,000 未満) : 148 件 (32 州の 81 機関)

初年度は 9,000 万ドルの歳出が承認されており、5 年間での歳出総額は 2 億 2,300 万ドルに上る。

2) 2000 年度 ITR の研究推進領域

2000 年度の助成プロジェクトは、「計算機科学における科学と、情報技術における情報」に焦点を置き、推進領域として以下の 8 つを挙げている。

1. Software	ソフトウェア
2. Scalable Information Infrastructure	スケーラブル情報インフラストラクチャー
3. Information Management	情報管理
4. Revolutionary Computing	革新的コンピューティング
5. Human-Computer Interaction	ヒューマン-コンピュータ・インタラクション
6. Advanced Computational Science	先端的計算科学
7. IT Education and Workforce	IT 教育と労働力
8. Social and Economic Implications of IT	IT の社会的・経済的意味

これらの推進領域の説明は、表 2.3.1-1 に示す。このイニシアチブでは IT 全体の幅広い研究領域をカバーしていることがわかる。本ワーキンググループに特に関連の深いのは、「3. Information Management (情報管理)」及び「5. Human-Computer Interaction (ヒューマン-コンピュータ・インタラクション)」である。

表 2.3.1-1 2000 年度 I T Rにおける研究プロジェクトの推進領域

No	推進領域	解 説
1	Software ソフトウェア ー 作動するプログラムを書く。	より信頼性高く、頑強で、より適応性の高いソフトウェアを作るための技術を生む研究をサポートする。重要な国家ニーズに、情報システムのセキュリティとプライバシーの向上がある。 ソフトウェア研究は、非常に大規模なハードウェアとソフトウェアのシステムの設計の新しい技術を考慮しつつ、非常に多数の協調動作するコンピュータへ拡張可能な、スケーラブルなソフトウェア・ツールを構築しながら、エラーや攻撃に耐えるハイ・コンフィデンス・ソフトウェアのための手法を開発している。
2	Scalable Information Infrastructure スケーラブル情報インフラストラクチャー ー より速く誰でもアクセスしやすいネットワークを作る。	分散共有情報へのアクセスを提供するキーとなる以下の項目に関連した幅広い問題を扱う。 1) 分散、共有データベース。 2) ホスト間で情報を伝えるネットワークプロトコル。 3) 幅広い通信にわたっての信号処理と符号化。 「スケーラビリティ」は、以前には出来なかった次元へ成長する能力を意味する。そのキーとなるビジョンは、情報サービスとネットワークにおける質的に増大した複雑性のからみあった問題の管理、および、ネットワークの変化と成長への適応性に対する、未だに増大しつつあるニーズの管理のためのフレームワークである。
3	Information Management 情報管理 ー 情報を発見し利用する。	目標は、オンライン情報の有用性と範囲の拡大であり、オンライン・コンテンツ、またはそのアクセスを扱う。 ・ オンライン・コンテンツ：オンラインの資料の種類、質、あるいは量を変容させる。 ・ アクセス：質、経済、検索、あるいはその他の関連領域の研究を通して、オンライン情報の有用性を増大させる。 この領域は、科学と工学のさまざまな領域のデータと知識を生成、通信、組織化、格納、及び分析する能力を向上させるための研究を支援する。高品質のデータセットの構築、及び、科学のための重要なデータ資源の生成と維持を目的とした活動がサポートされる。質、アクセス容易性、および有用性が、新しい IM 技術によって向上する、重要な利益である。従って、中心となるものには、知識モデリング (knowledge modeling)、化学的共同研究所 (scientific collaboratories)、データ・マイニング (data mining)、データベース・アクセス技術、および組み込み型インテリジェント・システムなどが含まれる。
4	Revolutionary Computing 革新的コンピューティング ー 新種のコンピュータを構築する。	この推進項目は、現在のコンピュータ・アーキテクチャを超えるような研究を奨励する。この研究には、新しい基本デバイスの開発、例えば、シリコン・ベースではない生物学的ある量子的デバイスに基づくコンピュータチップなども含まれる。 また、これらの「ポスト・シリコン」ナノスケール・デバイスを最もよく活用するための根本的に新しいアーキテクチャも含む。これらの進歩は、コンピューテーションの基礎的モデル、アルゴリズムの設計と分析、信号処理、システムアーキテクチャ、ヒューマン／コンピュータ・インタフェース、あるいは、ソフトウェア工学などを含むシステムのどのレベルでも起こり得る。コンピュータ能力の「量子的ジャンプ」の機会をもたらすハイ・リスク、ハイ・ペイオフのアイデアを求める。

5	Human-Computer Interaction ヒューマン・コンピュータ・インタラクション -- 全ての人々がマシンと情報を利用するのを助ける。	人間の知覚的、認知的、および社会的な能力を、インタフェース設計との関係で扱う。コンピュータ利用の能力の向上、あるいは、コンピュータ利用コミュニティーの拡大のために、新しい方法が求められている。インタフェース技術の例としては、次のようなものが含まれる： ・可視化；グラフィカル技術；言語処理；コンピュータ知覚；コンピュータとの個人的対話と関連したロボット工学；および、新しいセンサーや表示方法。
6	Advanced Computational Science 先端的計算科学 -- 科学を発展させるために IT を利用する。	計算（Computation）は、科学的発見への道として、古くから理論や実験と結びついてきた。先端計算科学領域は、多くの計算機科学者と物理学者、生物学者との学際領域チームを資金援助することによって、これを実証した。この、計算専門家と、科学・工学の伝統的領域の専門家との相互協力は、今後数年間のパートナーシップに利益をもたらすことを約束する。この共同研究は、重要な実世界の問題への洞察を与えるだけでなく、IT のためのはるかに広い成果を伴うアルゴリズムとソフトウェアにおける革新に拍車をかけるであろう。また、これらのプロジェクトは、多数の専門分野からなる研究で、公的および民間の研究所等で非常に重要となる技術において、学生の世代を訓練することになる。
7	IT Education and Workforce IT 教育と労働 -- 全ての年齢の学生の訓練を、全てのレベルで支援する。	IT 労働力の増強と「デジタル・デバイド」の解消の重要問題を扱う。K12 から博士課程、生涯教育まで、すべてのレベルの教育は、知識へのより公平で安価なアクセスにおいて、新しい技術からの恩恵を受ける。推定では、米国には、100 万以上の IT 職の空きがある。マイノリティが IT 専門職において、実際以下に評価される原因となってきた要因を特定し取り扱うことを、多くのプロジェクトが助けるであろう。全ての国民が、我々の技術のあふれた社会に十分に参加するために、平等かつ廉価なアクセスを必要とする。IT 学習技術に関する研究は、教育と訓練における来るべき革命をガイドするであろう。それは教育を、場所集中を超えて分散システムへと移行させることを約束する。IT は実質的に、K12 から博士課程や生涯学習まで、全てのレベルで、教師と学習者の役割を変える。
8	Social and Economic Implications of IT IT の社会的・経済的意味 -- 社会の利益を最大にする方法を理解する。	生活の全ての面における、IT から起こる大規模な社会的および経済的変容によって、これらの変容が人類のニーズを前進させるということを確かなものにするために、新しい知識が必要とされる。これらの変化を理解するために、ITR の「社会的、及び経済的意味」推進項目では、社会と技術的システムの相互作用を評価するための新しい理論、手法、およびツールを開発する。究極の目標は、全ての個人と社会的グループが、我々の情報豊富な社会に参加し、貢献し、そしてそれから恩恵を得ることを助けることである。

NSF では、2000 年 9 月 13 日に、上述のとおり、210 件の採択プロジェクトを発表したが、同時にその中から、幾つかのハイライトを紹介している^{3,4}ので、以下に主要なものを示す。

³ NSF PR0061 – September 13, 2000 “NSF Announced First Awards in New Information Technology Research Initiative”

<http://www.nsf.gov/od/lpa/news/press/00/pr0061.htm>

⁴ ITR HIGHLIGHTS FY2000 <http://www.itr.nsf.gov/highlights2000.html>

3) 「情報管理」推進領域の採択プロジェクトのハイライト

表 2.3.1-2 2000 年度「情報管理」推進領域のプロジェクト事例

No.	NSF AWARD No.	タイトル	助成額 (予定)	期間 (年)	組織
①	0085896	ITR: From the Web to the Global InfoBase 「Web からグローバル InfoBase へ」	\$2,200,000	3	Stanford University
②	0086057	ITR: Data Centers -- Managing Data with Profiles 「データセンター - プロファイルでデータを管理する」	\$3,150,000	5	Brown University
③	0086002	ITR: A Petabyte in Your Pocket 「ポケットにペタバイト」	\$4,610,000	5	University of Wisconsin- Madison
④	0086144	ITR: Real-time Capture, Management and Reconstruction of Spatio-Temporal Events 「時間空間イベントのリアルタイム・キャプチャ、管理、 および、復元」	\$649,837	3	University of Illinois at Chicago
⑤	0086116	ITR: Collaborative Research: Real-time Capture, Management and Reconstruction of Spatio-Temporal Events 同上 (04、06 と共同研究)	\$1,090,000	3	University of California- Los Angeles
⑥	0086162	ITR: Collaborative Research: Real-time Capture, Management and Reconstruction of Spatio-Temporal Events 同上 (04、05 と共同研究)	\$520,000	3	University of Maryland College Park

① Web からグローバル InfoBase へ (スタンフォード大学)

このプロジェクトは、Global InfoBase (GIB) のビジョンのもとに進められる。GIB とは、現在の WWW の次に来るべき、包括的で使いやすく遍在する情報資源である。

プロジェクトは、相互に関連する次の 4 つの推進事項からなる：

- 既存技術を統合した「ユニバーサル」情報モデルと照会言語(query language)。
- 個人化された情報管理。これにより、ユーザはより適切でタイムリーな情報を得る。
- 洗練された意味解析ツール。
- 新しい知識を合成するために情報を発掘するアルゴリズム。

Web は、世界の知識の多くを含む資源を生成してきた。しかし現在はまだ、情報資源として Web を利用する我々の能力は原始的な状態にある。GIB プロジェクトは、劇的に増大しつつあるオンライン利用可能な情報を、もっとずっと効果的かつ効率的に利用することを可能にする技術を開発している。

② データセンター - プロファイルでデータを管理する (ブラウン大学)

この研究は、たとえば Web に現れるような、本質的に自律的で分散した情報資源に対して、データ管理機能を追加する問題を扱う。

この種の環境では、データ管理は、データソース群とアプリケーション群の間に存

在する独立的にコントロールされたサービスによって行われなければならない。これは、データセンター（クライアントのためにデータを分散する信頼できるマシンの集合）に基づくアーキテクチャを導入することによって容易になる。クライアント・アプリケーションは、それらのすべてのデータ要求を記述したプロファイルをサブミットし、そして、データセンターは、データを集め、クライアントのために効率的なデータ・アクセスを提供するために、それを組織化する。

このプロジェクトは、データセンターの設計と運営のための技術を探求する。これには、大量のプロファイルの管理、データセンターの利用可能な資源に対して非常に多数のユーザのニーズをバランスさせるための発見的方法、および、データセンターによって管理されているデータに対する将来のクライアントのデータニーズの効率的な処理、が含まれる。

③ ポケットにペタバイト（ウィスコンシン大学マディソン校）

2015 年には、年に数百ドルの値段で、誰でも高性能ワークステーションから PDA (Personal Digital Assistance) まで、どの装置でもどの位置からもアクセス可能な個人のペタバイト・データベース (PetDB) を持つようになるだろう。

各個人の PetDB は、ネットワーク上のどこかに存在する全てのオンライン・デジタルデータの、カスタマイズされた進化するビューである。どんな種類のデジタルデータも、構造や情報を失うことなく格納し体系化される。この全てのデータは検索可能であり、型、内容、構造、関連や、複数の分類化、グループ化に応じて表示されるだろう。PetDB は、Net Data Manager (NDMs) と呼ばれる新世代のソフトウェア基盤によって可能となることの一例である。

④ 時間空間イベントのリアルタイム・キャプチャ、管理、および、復元

（イリノイ大、カリフォルニア大、メリーランド大の共同研究）

組み込み型プロセッサ、低コスト・センサー技術、および無線通信の進歩によって、未曾有の量の実世界データが生み出されつつある。このプロジェクトは、高度に分散された、動的でセンサーが豊富に組み込まれた環境のための、次世代データベース管理技術を探求する。

研究は、表現 (representation)、データモデリング、検索言語、データ構造、検索最適化、検索処理、分散、および、並列アクセスから、そのシステムの全ての局面に関する範囲を扱う。

成果の一つは、プロトタイプ・データベース管理インフラストラクチャである。これは、高度に動的で地理的に分散した、（時間および空間において分散したオブジェクトに関する）時間空間データ、および、複数解像度のデータ表現をサポートし、可視化と分析のための効果的なサポートを提供する。

この技術の恩恵を受ける領域には、航空電子工学、地上交通、配送・運輸の商用アプリケーション、緊急応答・災害救助作業、天気・暴風雨追跡のような物理現象、森林火災追跡、および、動物の移動（渡り）パターンなどが含まれる。これらのアプリケーションは、時空間において、リアルタイム監視、追跡、および、オブジェクトやイベントや現象の分析が必要である。

4) 「ヒューマン-コンピュータ・インタラクション」推進領域の採択プロジェクトのハイライト

表 2.3.1-3 2000 年度「ヒューマン-コンピュータ・インタラクション」推進領域の採択事例

No.	NSF AWARD No.	タイトル	助成額 (予定)	期間 (年)	組織
①	0085796	ITR: Personal Robotic Assistants for the Elderly 「老人のための個人用ロボットアシスタント」	\$1,050,000	3	University of Pittsburgh
②	0086107	ITR: Creating the Next Generation of Intelligent Animated Conversational Agents 「知的アニメ会話型エージェントの次世代版の作成」	\$4,000,000	5	University of Colorado at Boulder
③	0085980	ITR: Multimodal Human Computer Interaction: Toward a Proactive Computer 「マルチモーダル・ヒューマン-コンピュータ・インタラクション：プロアクティブなコンピュータに向けて」	\$3,130,727	5	University of Illinois at Urbana-Champaign
④	0085864	ITR: Interacting with the Visual World: Capturing, Understanding, and Predicting Appearance 「ビジュアル世界との対話：外観の捕捉、理解、および予測」	\$3,499,997	5	Columbia University
⑤	0086075	ITR: Personalized Spatial Audio via Scientific Computing and Computer Vision 「科学的計算とコンピュータ・ビジョンによる個人化された空間音響」	\$2,999,995	5	University of Maryland College Park

① 老人のための個人用ロボットアシスタンス（ピッツバーグ大学）

米国における老人の比率は驚異的な割合で増加しているが、今日の情報技術は、この人口統計上のシフトの結果として起こってくる重大な問題にほとんど対応していない。このプロジェクトは、そのような老人が、出来る限り長く自分の家で独立して生活していくことを可能にするような一つの挑戦を扱う。

老人の日々の活動の監視とガイドを行うための個人用移動ロボット・アシスタント (personal mobile robotic assistant) を設計・構築する。

この作業は、理論とシミュレーションをベースとした評価、目標として設定したユーザの研究、および、プロジェクト期間全体を通して老人達の家で一定間隔で行われる一連のフィールド・テストを通して、評価される。この複数大学からの学際的研究

チームは、コンピュータ・サイエンス、ロボット工学、ヒューマン・コンピュータ・インタラクション、およびヘルスケアからの専門家たちで構成されている。

② 知的アニメ会話型エージェントの次世代版の作成（コロラド大学ボルダー校）

カリフォルニア大学サンタクルーズ校、カリフォルニア大学サンディエゴ校、オレゴン大学院科学技術研究所のパートナーと共に、このプロジェクトでは、新しい音声技術と言語技術を取り入れたコンピュータベースの対話型読書チュータを設計することによって、読書に問題をかかえた子供達の読書能力の改善を試みる。

読書チューターは、教室の先生と読書専門家に、読書に必要な聴覚的、視覚的、および、言語学的なスキルのセットを指示して練習させるツールを提供することによって、英語を話す子供達およびスペイン語を話す子供達が読書を学ぶのを助ける。このプロジェクトは、聴覚および視覚の認識技術において、子供の音声の正確な認識、話し方の視覚的特徴の正確な認識、および、言語訓練アプリケーションにおける聴覚と視覚の会話認識の初めてのリアルタイム統合を含む、重要な進歩を生み出すことが期待されている。

③ マルチモーダル・ヒューマン-コンピュータ・インタラクション：プロアクティブなコンピュータに向けて（イリノイ大学アーバナシャンペーン校）

コンピュータが一般市民にもっと利用しやすくなるためには、人間との対話をもっと革新的でなければならない。このプロジェクトは、そのような信念に基づいている。

人間の対話ならば、どんなコミュニケーションを始めるのにも、いちいち相手からのコマンドを待っているような人は、非協力的で役に立たないと見なされるだろう。コンピュータが対話の開始における重荷の部分を担うためには、コンピュータは、ユーザのコマンドに加えて、まず第1に、そのユーザについてのもっとずっと多くのリアルタイム情報を持たなければならない。第2に、この情報に基づいて、動作を選択するアルゴリズムを持たなければならない。コンピュータは、ユーザの現在および過去の感情に関する情報、動機付けに関する情報、そして認識状態とさしあたってのタスクの状態についての情報を必要とする。この研究は、以下の項目を含む：

- ユーザの上体の姿勢、動き、表情、および、話し方を感じ取る方法の開発。
- ユーザの状態を追跡するため、上記の情報の融合。
- コンピュータ・ラーニングで使うための「感情のコミュニケーション」、「人間中心の動作決定」、および「感情ラベルと行動ラベルが付けられたビデオテープのコーパス」のための手段の創作。
- 人間の振る舞いと応答に対するコンピュータの先取りの動作の評価。

④ ビジュアル世界との対話：外観の捕捉、理解、および予測（コロンビア大学）

この研究プロジェクトは、視覚情報処理の科学および工学における重要な進歩を創り出すことを狙っており、コンピュータ・ビジョン、コンピュータ・グラフィクス、および、ヒューマン-マシン・インタラクションを扱っている。

今日、イメージとビデオ・クリップは、インターネット上のいたるところに存在する。デジタル・ビデオは、エンターテインメントが創り出される方法を変えつつある。遠隔学習は、教育のさまざまな局面で使われている。そして、マシンへの先端的なビジュアル・インタフェースは、間近に迫っている。しかしながら現時点では、ユーザがビジュアル・インタフェースから恩恵を受けることのできる範囲にはきつい制限がある。というのはこの情報は全て、仮想的に、その生の形式、すなわちそれが捕捉された方法で表現されるからである。

このプロジェクトの目標は、ビジュアル・データのさまざまな複雑な操作を達成するために必要とされる技術的ツールを開発することである。これらのツールは、ユーザが自由に、表現されている物理世界を探索してそれと対話し、そしてそのバリエーションを創り出すことを可能にするであろう。たとえば、ユーザは、あるシーンのイメージからオブジェクトを削除したりオブジェクトを追加したりできるし、照明の条件を変えたり、表面の材料を変更したり、あるいは、そのシーンを新しい視点から眺めても良い。実体的な貢献としては、新しいタイプの視覚化情報を提供するセンサーの形となるであろう。

- 素材、反射率、および手触りの複雑なモデル。
- 最少のデータからシーンの特性を復元するための、このチームの新しいモデルを使った推測アルゴリズム。
- 先進的なレンダリング・アルゴリズム。
- この分野の成果の評価のための、一組の包括的なイメージ／ビデオ・データベース。

⑤ 科学的計算とコンピュータ・ビジョンによる個人化された空間音響

（メリーランド大学カレッジパーク）

人間は、周波数に依存した両耳聴覚間の時間差 (ITD, interaural time differences)、両耳聴覚間のレベル差 (ILD, interaural level difference)、および、開放空間から混雑した小部屋まで本質的に異なった環境における耳介スペクトル・キュー (pinna spectral cues) とを混合して用いて、音源の空間的位置を特定するのが非常に得意である。この能力は、混合した中から個別の音を分類して取り出すことによって、我々が、他者と対話したり、環境と相互作用するのを助ける。そのような能力の音解釈は、ヒューマン・コンピュータ・インタフェースのためには非常に重要である。

しかしながら、ILD と耳介スペクトラル・キューを解釈することは非常に困難であ

る。というのは、人間によって受け取られた音の効果は、その人の解剖学的特徴（胴体、頭、および耳介の構造）に依存した、極端に個人的な「頭に関連した転送関数（HRTF、Head Related Transfer Function）」によって符号化されるからである。キーポイントは、HRTF を理解し、それを得ることである。

このプロジェクトでは、イメージからの、複数ビュー、複数フレームのコンピュータ・ビジョン技術によって得られる予定の、身体の正確な 3-D モデルから個人別の HRTF を計算するために、数値的手法を用いる。結果として得られた HRTF は、音響的に測定された HRTF との客観的比較、および音響心理学的テストによって評価される。

このビジョン・ベースのアプローチの大きな利点は、それによって、HRTF が身体の姿勢とともに変化するしかたを調査しモデル化することを可能にするだろうということであり、それは、動的な環境を追跡する可能性を提供する。

音解釈（audio rendering）の HCI アプリケーションのための科学的基礎を提供することに加えて、この研究は、

- コンピュータ・ビジョンに基づいたモデル生成；
- 科学的コンピューティング；
- ノイズ・コントロールと聴覚発掘のための計算音響学；
- 人間の聴覚の神経生理学的理解；

などを含むさまざまな分野へのインパクトを持つアルゴリズムと理解も生み出す。

5) その他の推進領域の採択プロジェクトのハイライト

その他のトピックとしては、以下のようなものが紹介されている。

- ITR の Scalable Information Infrastructure 領域は、分散データへのネットワークベース・アクセスの革新を強調する。一つの例としては、カリフォルニア州オークランドにあるカリフォルニア大学バークレー校の Mills カレッジが、私企業と協力して、データを自動修復するエラー検知ソフトウェアの大規模プロトタイプ構築を行う。
- カリフォルニア工科大学では、量子力学プロセスを通してデータを処理するアルゴリズムを実験するため、量子情報の研究所を設立する。これは、最終的には最速のシリコンチップさえも時代遅れにしてしまうような革新的な方法を目指すものである。
- 2000 年度 ITR で最も大きいプロジェクトの一つに、デューク大学の「バイオインフォマティクス」の研究がある。5 年間のグラントで \$7.2 million の助成を受ける。これは、タンパク質の構造がどのように酵素の機能を決定するかといったような謎を解くために IT を適用する。シカゴ大、フロリダ大のパートナーシップでも、5 年間に \$11.8 million の大きな award を受ける。これは、衝突型

粒子加速器と天文台からの大量のデータを分析するツールの開発において、計算機科学者と物理学者が共同研究する。

- 「デジタル・デバイド」の解消は、社会的意味において ITR の重要な目標の一つである。プロジェクトとしては、ミシガン州立大学、ニューヨーク市立大学の、教室やめぐまれない子供達の家庭における、IT の有効性に及ぼす影響の要因を識別するための研究などがある。カリフォルニア大学アーバイン校は、技術先進国のデータを、新興工業国や開発途上国からのデータと比較することによって、電子商取引の世界規模での採用の研究を行う。
- ノースイースタン大学とボストン大学は、IT におけるアフリカ系アメリカ人の学者の仮想コミュニティを形成するために、「教育と労働力」のプロジェクトで共同研究を行う。学生、専門家、および教育者が、IT におけるアフリカ系アメリカ人の代表者を増大させることを求めて、この「人的資本開発 (Human Capital Development)」プロジェクトを通して、オンラインで対話する。
- 一部重複するが、採択プロジェクトの成果として以下の進歩が期待されている。
 - ・ 最も要求が高く安全性が最重要なアプリケーションのためのソフトウェア。たとえば、安全を保証するために数学的検証と実験をつかった航空管制など。
 - ・ 科学的データの描画。
ただ詳細をそのまま示すのではなく、全体的な印象を伝える。
 - ・ インターネットの効果と e-コマースに関する法制度や政策の国際比較。
 - ・ ポスト・シリコン・コンピュータ。
微小な「ナノ構造」を組み立てるために DNA 分子を使ったものや、あるいは、シリコンの代わりにヘリウムの中で量子「ビット」を用いて計算するものなど。
 - ・ 事象を捉えるセンサーと、事象に対応するためのモデル。
嵐、事故、交通量などの事象を捉えるためのセンサー。より良い対応を計画するための、その事象の時間空間的発達のモデル。
 - ・ 都市の学校における科学と数学の教育を向上させるための情報技術。
 - ・ サウスダコタ州のネイティブ・アメリカンのための、小企業のニーズと IT スキル、教育技術を結びつけるためのコミュニティ。
 - ・ 人体内で作動し医療データを医者に送り届けるバイオメディカル機器
 - ・ 音を検索するツール。
言葉ではなく会話や音楽をサウンドとして検索する。
 - ・ 家庭で老人を補助するロボット。
 - ・ 巨大データファイルを管理するシステム。
ある種の大型の装置の利用において、科学者の遠隔からの協力を可能にする。
 - ・ 形状による分子の検索ツール。
ちょうど、特定のボルトに合うレンチを捜すのと同じように、その機能と合う分子を形状によって検索する。

2.3.1.2 2001 年度 ITR イニシアチブ

1) 概要

現在、ITR イニシアチブ 2 年度目の 2001 年度助成プロジェクトの提案募集が行われており、今回も（2001 年の）9 月に採択プロジェクトが発表される予定である。それに向けて、以下のようなスケジュールで進められている。

Proposal Submission Deadlines			
	Pre-Proposals	Full Proposals	総額比率 (予定)
Small ($\leq \$500K$)	<i>None</i>	Jan. 22-24, 2001	30-40%
Group ($\leq \$5M$ total, $\leq \$1M$ per year)	Nov. 27-29, 2000	Apr. 9-11, 2001	40-50%
Large ($\leq \$15M$ total, $\leq \$3M$ per year)	Dec. 4-6, 2000	Apr. 23-25, 2001	10-30%

当年度の募集要項では、ITの基礎研究のみならず、科学、工学、および教育領域におけるITの新アプリケーションも、ITの研究・教育をサポートするための革新的インフラストラクチャも含めるようにかなり範囲が広げられた。すなわち、次の3つのカテゴリにおける、より野心的で長期的テーマの研究について、5年までのプロジェクトを支援する。

- ① Fundamental Research in IT --- ITにおける基礎研究
- ② Application of IT across the sciences and engineering --- 科学と工学にまたがるITのアプリケーション
- ③ Extension of IT Education and Infrastructure --- ITの教育とインフラストラクチャの拡大

NSFでは、2001年度ITR総予算の半分以上をIT基礎研究助成に当て、残りをITアプリケーションとITインフラの研究で分けることを想定している。

2) プロジェクト・プロポーザルの分類

予算規模により以下の3つのクラスに分けて募集を行っている。たとえば Large Project は、非常に大きな、長期的、革新的な研究活動であり、ある面では NSF のエンジニアリング研究センター (Engineering Research Centers) や科学技術センター (Science and Technology Centers) のようなものである。各大学は、自分が中心機関となる Large Project のフル・プロポーザルは1件しか提出できない。(予備プロポーザル[pre-proposal]の段階では、何件出してもよい。)

- ① Small Projects (総額\$500,000 まで。)
- ② Group Projects (総額\$5 million までで、どの単年度も\$1 million まで。)
- ③ Large Projects (総額\$15 million までで、どの単年度も\$3 million まで。)

また、NSF では、適切なレビュアーを組織するのを容易にするために、ITR を 5 つの広い技術領域に分けて、以下の主要技術領域として示している。

- ① Systems Design & Implementation (ITR/SY) システムの設計と実装
- ② People & Social Groups Interacting with Computers & Infrastructure (ITR/PE)
コンピュータ&インフラストラクチャと影響し合う人間&社会グループ
- ③ Information Management (ITR/IM) 情報管理
- ④ Applications in Science & Engineering (ITR/AP) 科学&工学におけるアプリケーション
- ⑤ Scalable Information Infrastructure for Pervasive Computing (ITR/SI)
パーベイシブなコンピューティングとアクセスのためのスケーラブル情報インフラストラクチャ

ここでの分類は、実際的理由によるものであり、学際的で間口の広いアプローチが奨励されている。プロポーザルのタイトルは、ITR と技術領域を示す 2 文字を付けて、必ず“ITR/XX:” の形式で始まらなければならない。(XX は、SY、PE、IM、AP、または、SI。) 技術領域にまたがる場合は、たとえば、次のようなタイトル形式となる。

“ITR/SY+PE:”

この技術領域分類は、表 2.3.1-4 に示すように、よりマクロなシステム指向の視点から、2000 年度の 8 つの推進領域を、類似のものをまとめて 5 つにしたものといえる。この表の 5 分類の中に示された詳細項目は、「2001 年度の代表的な関心対象領域」とされており、今後、この 5 分類が継続して使われていくものと思われる。既に 2000 年度の採択プロジェクトも、この分類で整理されている⁵。

⁵ ITR ホームページ: <http://www.itr.nsf.gov/>

表 2.3.1-4 2001 年度 ITR 主要技術領域（2000 年度との対応）

1	Systems Design and Implementation (ITR/SY)	
		Software 「1. ソフトウェア」 Human Computer Interface 「5. ヒューマン-コンピュータ・インタラクション」 Revolutionary Computing 「4. 革新的コンピューティング」 Fundamental IT Models
2	People and Social Groups Interacting with Computers and Infrastructure (ITR/PE) 「7. ITの教育と労働力」、 「8. ITの社会的・経済的インプリケーション」	
		Social and Economic Implications of Information Technology Universal Access Universal Participation Community-Expanding Infrastructure Information Technology in the Social and Behavioral Science IT Workforce IT and Education
3	Information Management (ITR/IM) 「3. 情報管理」	
		Content and Access Research Data Analysis Environmental Informatics Geoscience Modeling and Representation Biological Informatics Informatics in Mathematical and Physical Science Information Research, Repositories, and Testbeds Content Resources
4	Applications in Science and Engineering (ITR/AP) 「6. 先端的計算科学」	
		Computer Simulation Data Models Scientific Algorithms Scientific Data Analysis Visualization Advanced Computation in Biological Sciences Advanced Computation in Engineering Advanced Computation in the Geosciences Advanced Computation in the Mathematical and Physical Sciences Advanced Computation in the Social and Behavioral Sciences
5	Scalable Information Infrastructure for Pervasive Computing and Access (ITR/SI) 「2. スケーラブル情報インフラストラクチャ」	
		Scalability Security, Privacy and Integrity of the Information Infrastructure Sensors and Sensor Networks Tetherfree Communication and Networking Remote Access and Control of Experimental Facilities Tele-immersion

2.3.2 デジタルライブラリ・イニシアチブ (電子図書館構想、Digital Library Initiative)

1999 年度に開始された DLI フェーズ 2 (Digital Library Initiative, Phase 2) も 3 年目となり、Blue Book 2001 では、IT R&D のハイライトとして、多くの DLI2 プロジェクトの研究内容や成果が紹介された。

短期のプロジェクトについては、既に終了の時期に達したものも出始めており、一方では、昨年度報告書で示した以降、新たに 15 件のプロジェクトが採択され開始している (内 6 件が International Project)。

本節では、Blue Book 2001 の IT R&D ハイライトにおける DLI2 プロジェクトの紹介内容を示すとともに、DLI2 全プロジェクトを表で示し、両者の間の対応を明確に示すことによって、DLI フェーズ 2 の全体像を見えやすくすることをねらった。

専門研究者による DLI2 以外も含めたデジタル図書館の研究開発全体の視点からの解説は、第 3.6 章の「デジタル図書館の目指すもの」を参照いただきたい。

2.3.2.1 概要

1994 年にスタートした電子図書館構想(DLI, Digital Library Initiative)は、だれでもがアクセス可能な人類の知識の電子貯蔵庫の夢を実現する上で、直面せざるを得ない概念、構造、および計算機能に対する課題に取り組んでいる。当初の DLI 計画はこぢんまりとしたものであったにもかかわらず、参加した研究者たちの共同研究の成果は、Lycos および Google の検索エンジンや Go2Net のような商用の副産物を生み出し、多くの学者の注目を浴び、デジタル情報資源の大いなる可能性を際立たせた。

1999 年度に開始された DLI フェーズ 2 では、より広範な研究活動へと広がりを見せている。これらの研究では、今日のますます増大する計算能力と帯域幅容量を使って、大規模な分散型の電子コレクションを、広域的な知識ネットワークを通して、アクセス・相互運用可能にし、かつ役立つものにするという目標の実現をはかっている。

DLI フェーズ 2 は、

- ・ 国立公文書・記録管理局 (National Archives and Records Administration)、
- ・ スミソニアン協会 (Smithsonian Institution) および
- ・ 美術館・図書館業務研究所 (Institute of Museum and Library Services)

の協力を受けて、

- ・ NSF (National Science Foundation)、
- ・ DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency)、
- ・ NIH (National Institute of Health) / NLM (National Library of Medicine)、
- ・ 米国議会図書館 (Library of Congress)、
- ・ NASA (National Aeronautics & Space Administration)、
- ・ 人文基金 (National Endowment for the Humanities)、および

・ FBI (Federal Bureau of Investigation)
によって共同支援されている。

2.3.2.2 DLI フェーズ2の方針

DLI フェーズ2の活動は、学会・産業界・政府からの計算機科学者やエンジニアとともに、人文科学、芸術、物理科学の研究者や公文書担当官も巻き込んで、次のようなことを行っている。

- 新しいデジタル資源のコレクションの開発と分散アーカイブ間のテストベッド連携の開発；
- マルチメディア素材を統一されたレコードに融合するためのフレームワーク、ソフトウェア、およびネットワーク・アーキテクチャの作成；
- 現在、分散されたコレクションをデジタル資源に統合するのを妨げている意味的問題の解決；
- データの保存、整合性、およびプライバシーを保証するためのシステム設計の実験；
- デジタル素材による教育アプリケーションの探求と作成。

DLI のフェーズ2の研究は、電子図書館の、次の3つの中心的な課題に焦点を当てている。

- *人間中心の研究* — 電子図書館を改善し、人々が情報を作り出し利用するまったく新しい方法を提供することができるような方法。
- *コンテンツとコレクション* — 電子図書館が所蔵してユーザに利用可能にすることができる人間の知識の種類。
- *システム中心の研究* — インターネットを経由した、大規模で異種の電子的コレクションの作成とリンクにおける工学的、ソフトウェア的、そして分類学的な問題。

2.3.2.3 DLI フェーズ2のプロジェクト

Blue Book 2001 では、DLI フェーズ2の助成プロジェクトを、表 2.3.2-1 に示すように、

- 1) 人間中心の研究、
 - 2) コンテンツとコレクション、
 - 3) システムとテストベッド、
 - 4) 国際協活動、
- の4種類に分類して紹介している。

表 2.3.2-1 BlueBook2001 で紹介された DLI フェーズ 2 プロジェクト

No.	見出し	表 2.3.2-2 との対応
1)	人間中心の研究 (Human-centered research)	
1.1)	画像、ビデオ、および言語資源の個人向けに専用化された抽出と要約 (PERSIVAL, Personalized Retrieval and Summarization of Image, Video, and Language Resources)	DLI2-008
1.2)	子供のためのデジタル資源 (Digital resources for children)	DLI2-UE04
1.3)	学生のための技術とツール (Technologies and tools for students)	DLI2-022 DLI2-UE03
1.4)	ビデオ情報コラージュ (Video information collage)	DLI2-006
1.5)	アレキサンドリア・デジタルアース・プロトタイプ (ADEPT, Alexandria Digital Earth Prototype)	DLI2-005
1.6)	パワー・ブラウザ (Power browsers)	DLI2-023
2)	コンテンツとコレクション (Contents and collection)	
2.1)	人文科学のための電子図書館 (Digital library for the humanities)	DLI2-027
2.2)	話し言葉の国民ギャラリー (NGSW, National Gallery of the Spoken Word)	DLI2-019
2.3)	科学、数学、工学、および技術の教育のための米国電子図書館 (SMETE, National digital library for science, mathematics, engineering, and technology education)	DLI2-UE01
2.4)	デジタル・アシニアム (Digital Atheneum, デジタル図書館)	DLI2-017
2.5)	デジタル・ワークフロー管理 (Digital workflow management)	DLI2-016
2.6)	データの起源 (Data provenances)	DLI2-021
3)	システムとテストベッド (Systems and testbeds)	
3.1)	学術出版のための新しいモデル (New model for scholarly publishing)	DLI2-002
3.2)	分類システム (Classification systems)	DLI2-001
3.3)	バーチャル・ワークスペース (Virtual workspaces)	DLI2-011
3.4)	セキュリティ、品質、アクセス、および信頼性 (Security, quality, access, and reliability)	DLI2-009
4)	国際的活動 (International efforts)	表 2.3.2-3 参照
4.1)	米国と英国の協力 (U.S.-U.K. activities)	
4.2)	米国とドイツの協力 (U.S.-Germany activities)	
4.3)	NSF と EU のワーキング・グループ (NSF-EU working groups)	

表 2.3.2-2 DL12 一般助成プロジェクト(2001 年 3 月現在)

注意：「補足」欄の意味は以下の通り。

- ・ 1.1)～3.4)：本章の Blue Book 2001 からの解説の対応節。
- ・ ●終了：予定の助成期間が終了に達したプロジェクト。Continuing Grant の場合、初期期間の成果により支援継続の可能性もあるが、実際の status は不明。
- ・ ◎新規：2000 年 3 月以降の採択プロジェクト（昨年度の報告書執筆時点以降）。
(<http://www.dli2.nsf.gov/projects.html>)
- ・ B2000① ～ B2000③：Blue Book 2000 に内容紹介のあった 3 件のプロジェクト。

A. Undergraduate Emphasis 以外 (DL12-001～DL12-028)

	Award Number Title	開始 終了	助成タイプ 総額（予想）	研究機関	補足
001	9817473 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	University of Arizona アリゾナ大学	3.2)
002	9817353 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	University of California Berkeley カリフォルニア大学バーク レー校	3.1)
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	University of California Davis カリフォルニア大学デービス校	
004	0000629 Cuneiform Digital Library Initiative くさび形文字デジタルライ ブラリ・イニシアチブ	09-01-00 09-30-03	Continuing Grant \$650,000	University of California Los Angeles カリフォルニア大学ロサン ゼルス校	◎新規
005	9817432 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	University of California Santa Barbara カリフォルニア大学サンタ バーバラ校	1.5)
006	9817496 Informedia-II: Auto-Summarization and Visualization Over Multiple Video Documents and Libraries インフォメディア-II：複数の ビデオドキュメントとラ イブラリの自動要約作成と 可視化	05-01-99 04-30-03	Cooperative Agreement \$4,000,000	Carnegie Mellon University カーネギーメロン大学	1.4)

2. 米国の研究開発動向

007	Simplifying Integrative Layout and Video Editing and Reuse (IIS-9817527: NSF の Award Abstract 記述は存在しない) 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 ** これも Infomedia-II **			Carnegie Mellon University カーネギーメロン大学	
008	9817434 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	1.1)
009	9817416 Project Prism at Cornell University: Information Integrity in Digital Libraries コーネル大学におけるプロジェクト Prism: デジタルライブラリにおける情報の完全性 (インテグリティ)	05-01-99 04-30-03	Cooperative Agreement \$2,268,608	Cornell University コーネル大学	3.4
010	Digital Analysis and Recognition of Whale Images on a Network (DARWIN) ネットワーク上のクジラのイメージのデジタル分析と認識			Eckerd College	◎新規
011	9874747 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データ・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	3.3)
012	9910808 Shuhai Wenyuan Classical Chinese Digital Database and Interactive Worktable 「Shuhai Wenyuan の古典」のデジタル・データベースと対話型インターネット作業台	10-01-00 09-20-03	Continuing Grant \$349,619	University of Hawaii at Manoa ハワイ大学	◎新規
013	?????? Digital Library of Human Movement. 人間の動作のデジタルライブラリ	09-01-00 07-31-03	? \$360,555	University of Illinois, Chicago イリノイ大学シカゴ校	◎新規

014	9817572 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 University Indianapolis/Bloomington インディアナ大学	
015	9909068 Creating the Digital Music Library デジタル音楽ライブラリの生成	10-01-00 09-30-05	Continuing Grant \$3,056,913	Indiana University インディアナ大学	◎新規
016	9817430 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	2.5)
017	9817483 The Digital Atheneum: New techniques for restoring, searching, and editing humanities collections デジタル・アシニーム (デジタル図書室): 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	University of Kentucky ケンタッキー大学	2.4)
018	9909073 Word Spotting: Indexing Handwritten Manuscripts ワードスポッティング: 手書き原稿のインデクシング	10-01-00 08-31-03	Continuing Grant \$450,000	University of Massachusetts, Amherst マサチューセッツ大学アマースト校	◎新規
019	9817485 Founding a National Gallery of the Spoken Word 話し言葉の国民ギャラリーの創設	09-01-99 08-31-04	Cooperative Agreement \$3,599,989	Michigan State University ミシガン州立大学	2.2)
020	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 University オレゴン保健科学大学	B2000①
021	9817444 DATA PROVENANCE データの起源	06-01-99 05-31-02	Continuing Grant \$504,988	University of Pennsylvania ペンシルバニア大学	2.6)

2. 米国の研究開発動向

022	9817518 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	University of South Carolina サウスカロライナ大学	1.3)
023	9817799 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	1.6)
024	9981549 The Stanford Encyclopedia of Philosophy スタンフォード哲学百科事典	10-01-00 08-31-03	Continuing Grant \$528,896	Stanford University スタンフォード大学	◎新規
025	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	B2000②
026	9874781 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	University of Texas at Austin テキサス大学オースチン校	
027	9817484 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	2.1)
028	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	University of Washington ワシントン大学	B2000③

B. Undergraduate Emphasis (DL12-UE01 ~ DL12-UE08)

	Award Number Title	開始 終了	助成タイプ 総額 (予想)	研究機関	補足
UE 01	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 \$399,999	University of California Berkeley カリフォルニア 大学バーク レー校	2.3) ●終了
UE 02	9979967 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	
UE 03	9980130 Research on a Digital Library for Graphics and Visualization Education グラフィックスとビジュアルイゼーションのた 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	Georgia State University ジョージア州 立大学	1.3)
UE 04	9909086 Digital Libraries for Children : Computational Tools that Support Children as Researchers 子供のためのデジタルライブラリ：研究者と しての子供達を支援する計算ツール	10-01-99 12-31-02	Continuing Grant \$613,437	University of Maryland メリーランド 大学	1.2)
UE 05	0002935 A Digital Library of Reusable Science and Math Resources for Undergraduate Education 大学生教育のための再利用可能な科学と数学 の資源のデジタルライブラリ	05-15-00 03-15-02	Standard Grant \$1,143,282	University of North Carolina, Wilmington ノースカロラ イナ大学 ウィ リントン校	◎新規
UE 06	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 University オールドドミ ニオン大学	●終了
UE 07	9980185 The JOMA Applet Project: Applet Support for the Undergraduate Mathematics Curriculum JOMA アプレット・プロジェクト：大学生の 数学のためのアプレット・サポート	07-01-00 11-30-01	Standard Grant \$651,948	Swarthmore College	◎新規
UE 08	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 能を学習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	University of Texas at Austin テキサス大学 オースチン校	●終了

ここでは、紹介されたプロジェクトが、全体のプロジェクトのどれだけの部分であるかなどを明確にするために、全プロジェクトのリストとの対応を明示した。ただし、Blue Book の紹介では、一つのプロジェクトの中の特定のトピックのみを説明していたり（例：表 2.3.2-1 の 1.6))、関連した複数プロジェクトをまとめて説明している場合がある（例：表 2.3.2-1 の 1.3)) ので注意されたい。

全プロジェクトのリストとしては、DLI フェーズ 2 の公式ホームページ¹に示されているものを基に、表 2.3.2-2 に一般助成プロジェクト (A: Undergraduate Emphasis 以外、B: Undergraduate Emphasis) を、表 2.3.2-3 に国際・プロジェクトを示している。昨年の Blue Book 2000 でも、既に 3 件のプロジェクト紹介があったので、それも表 2.3.2-2 の補足欄に示している。(内容については、昨年度の報告書参照。)

1) 人間中心の研究 (Human-centered research)

これらの研究は、高品質のデジタル情報資源を広く教育用途、専門家用、および個人用途に使用する上で役に立つ次世代の手法、アルゴリズム、およびソフトウェアの探求を行う。研究者たちは、知的検索エージェント、改良された概要作成や要約化の技術、先進的インタフェース、および共同研究のための技術やツールに焦点を当て、分散したソース・コレクションのネットワークの中にいろいろな形式で保管されている電子情報を、個人やグループが、検索、抽出、操作し、提供することができるようになっている。DLI フェーズ 2 の研究によって扱われている課題には、以下のようなものがある。

1.1) 画像、ビデオ、および言語資源の個人向けに専用化された抽出と要約

(PERSIVAL, Personalized Retrieval and Summarization of Image, Video, and Language Resources)

医学や健康関連のインターネット・サイトの爆発的増加は、医療提供者や利用者が、もっとも価値のある有用な既存資源を見つけることを、どんどん困難にしている。PERSIVAL (Personalized Retrieval and Summarization of Image, Video, and Language Resources) プロジェクトではコロンビア大学の研究者たちが、医療実践者に、個々の患者のニーズを取り入れたオンライン医療資源への迅速で容易なアクセスを提供するための、システム設計の実験を行っている。目標は、個人向けに専用化された検索と情報提示用のツールを開発することである。分散した医療情報にまたがってソートし、冗長なコンテンツや無関係なコンテンツを取り除き、医療実践者や消費者のリアルタイムの要求にもっとも合った検索結果を要約して提示することが求められている。コロンビア長老教会医療センター (Columbia Presbyterian Medical Center) で利用可能なオンラインの患者記録をテスト・モデルとして使用して、研究チームは、マルチモーダルな

¹ <http://www.dli2.nsf.gov/>

照会 (query) インタフェースを、カルテと利用者背景情報から抽出した情報とリンクして、分散カルテ情報 (distributed medical resources.) のオンライン検索用照会グラフ (query graph) を作成している。また検索結果は、患者のバックグラウンドにもっとも適合したものを提供するために、自然言語処理を使って選別され、カスタマイズされたマルチメディア・フォーマットで提示される。(DLI2-008)

<http://www.cs.columbia.edu/diglib/PERSIVAL/>

1.2) 子供のためのデジタル資源 (Digital resources for children)

メリーランド大学のプロジェクトは、5 歳から 10 歳の子供たちがデジタル学習教材にアクセスして、探求し、まとめる (organizing) やり方と、子供たちの年齢固有のニーズに合った学習環境を作る上での問題点に注目している。この大学の研究者たちは、子供用に設計された電子図書館において、情報を可視化し、ブラウズし、検索し、そしてまとめる (organizing) ための、発育上適切なツールを創っている。学際的研究活動のためのオーディオ、画像、ビデオ、およびテキストの素材（これにはテストベットとしての、動物に関するデジタル・コレクションの構築が含まれる予定である）が、ディスカバリー・チャンネル (Discovery Channel) および米国内務省 (Department of the Interior) Patuxent (Maryland 州) の野生動物研究センター (Wildlife Research Center) によって、利用可能にされつつある。(DLI2-UE04)

<http://www.cs.umd.edu/hcil/kiddiglib/>



メリーランド大学は、ヨークタウン小学校 (Yorktown Elementary School) の 5 歳から 10 歳までの子供たちと先生の協力を得て、マルチメディア子供電子図書館を作り始めた。これは NSF の助成を受けたプロジェクトであり、その子供達の年齢層での学習意欲をサポートする新しい技術を開発するため、「設計協力者」である子供たちと一緒に作業しながら、幼い子供たちがマルチメディア

情報に問い合わせをし (querying)、ブラウズし (browsing)、そしてまとめをする (organizing) のをサポートする視覚的インタフェースを開発する。

1.3) 学生のための技術とツール (Technologies and tools for students)

オンラインの教育資源を、大学生や大人を含む、より年長の学習者コミュニティにとっても、もっとアクセスしやすく役立つものにするための技術やツールも、いくつかの共同研究活動において開発されつつある。たとえば、ジョージア州立大学 (Georgia State University) の Hypermedia and Visualization Laboratory (HVL)、および国際計算機学会 (ACM, Association for Computing Machinery) の SIGGRAPH (Special Interest Group for GRAPHics) 教育コミティ (Education Committee) の研究者たちは、XML (拡張マークアップ言語) を使って、ピア・レビュー済みの大学生教育用アプリケーション

の再利用可能な全国的なコレクションのモデルの開発、および、XML と 3 次元 Web グラフィックス (3-D Web graphics) に基づく情報可視化技術を利用した改良されたナビゲーション機能の開発を行っている。アイオワ大学 (University of Iowa) とジョージア州立大学 (Georgia State University) の共同研究室 (collaboratory) と連携して、サウスカロライナ大学 (University of South Carolina) の研究者たちによって、関連した作業が行われている。これは、社会科学と経済学の学生および研究者向けに設計された、シミュレーション・ソフトウェア、実験、およびデータベースの「Web 実験図書館 (Web-lab Library)」を作成するものである。 (DLI2-022、DLI2-UE03)

<http://econ.badm.sc.edu/beam/>

1.4) ビデオ情報コラージュ (Video information collage)

カーネギー・メロン大学 (Carnegie Mellon University) の研究者たちは、「ビデオ情報コラージュ」と呼ばれるビデオ素材用の電子作業空間 (electronic workspace) を作っている。これは、ユーザがビデオ、テキスト、画像、および音のファイルを、異種の分散された情報源から検索して閲覧し、操作する (manipulate) ことを可能にするものである。これによって、見つけたものを、時間的關係に基づく「経時コラージュ (chrono-collages)」、空間的關係に基づく「空間コラージュ (geo-collages)」、あるいはビデオの時間的本質を保存した「自動ドキュメンタリー (auto-documentaries)」として体系化することができる。この研究にはさらに、歴史的、政治的、および科学的に重要な記録の、公開のビデオ・アーカイブの作成も含まれている。 (DLI2-006)

<http://www.informedia.cs.cmu.edu/>

1.5) アレキサンドリア・デジタルアース・プロトタイプ (ADEPT, Alexandria Digital Earth Prototype)

アレキサンドリア・デジタルアース・プロトタイプ (ADEPT) 計画は、カリフォルニア大学バークレー校 (University of California-Berkeley)、カリフォルニア大学サンタバーバラ校 (UCSB, University of California-Santa Barbara)、スタンフォード大学 (Stanford University)、SDSC (サンディエゴ・スーパーコンピュータセンター)、およびカリフォルニア電子図書館 (CDL, California Digital Library) による、大規模な電子図書館共同研究の一部である。この ADEPT プロジェクトは、DLI フェーズ 1 のプロジェクトの成果をベースにしている。それは、大規模な地球空間情報のデジタル・アーカイブを作るために、UCSB の地図と画像のコレクションを使い、地図、航空写真、地名索引、および文献目録を特色とした、アレキサンドリア・デジタル・ライブラリ (ADL) と呼ばれるものであった。ADEPT の作業において、研究者たちは、ADL の地理的に参照されるコンテンツを基にした、カスタマイズ可能な学習環境を構築している。さらに、その教育上の効果の評価も行う予定である。学生はこれによって、多くの分野の学業のための、いろいろな異種情報源とオンライン・サービスからの情報に、ブックマークを

付けて整理することができるようになる。ADEPT のモデルは、「Iscape」または「Information landscape」と呼ばれる独自の専用化されたインタフェースを採用しており、幾層かのサービスと、独自に収集作成したコレクションの中のどの資源が共同利用可能かを指示するメタ情報ツールを含む資源素材 (resource) を備えている。(DLI2-005)

<http://www.alexandria.ucsb.edu/adept/>

1.6) パワー・ブラウザ (Power browsers)

スタンフォードの研究者たちは、「パワー・ブラウザ」の実験をしている。これは、無線接続と、極小ディスプレイでの表示とナビゲーションの能力を極大化するソフトウェアを通して、Web のような情報源にアクセスする携帯情報機器 (handheld information appliances) である。このソフトウェアは、ある種の検索関連動作を自動的に行うことによって時間を節約する、特殊なクローラー (徘徊) 機能をもっている。研究者たちはまた、大規模な “WebBase” データベース技術に関しても研究を進めている。この技術は、世界中のコンピュータに分散された何百万もの Web のページを、後続の検索あるいは分析のために、保存し索引付けする。(DLI2-023)

<http://www-diglib.stanford.edu/>

2) コンテンツとコレクション (Contents and collection)

研究者たちは、科学、芸術、人文科学における広い知識分野および特定の専門領域から、音や画像やビデオ、そしてテキスト形式レコードの、新しいデジタル・アーカイブを作成している。また、彼らは、次のことを行っている。

- デジタルでの表現方法、保存方法、および記憶格納方法の評価；
- 効果的なメタデータ・システム (コレクションの中のレコードに関する知的コンテキストや適切な関連情報を提示するための標準構造) の探求；
- 教材 (educational materials) とコースウェア (courseware, 教育用ソフトウェア) へのアクセスの拡大；
- 著作権保護、プライバシー、および知的財産管理などのような、関連する法的および社会的問題を扱うための技術とプロトコルの開発。

現在の研究活動としては、以下のようなものがある。

2.1) 人文科学のための電子図書館 (Digital library for the humanities)

タフツ大学 (Tufts University) の研究者たちは、ベルリン (Berlin) のマックス・プランク研究所 (Max Planck Institute)、Modern Language Association (MLA)、Boston Museum of Fine Arts、および Stoa 電子出版コンソーシアム (electronic publishing consortium) と協力して、学者にも一般のインターネット利用者にもアクセス可能で役

に立つ、拡張性のある(スケーラブルな)学際的な電子図書館の基盤を開発している。収録されている資料は、古代エジプトに始まり 19 世紀のロンドンに至るものである。このサイトは、1999 年の秋には 1 か月当たり 500 万件の要求を処理していた。(DLI2-027)
<http://www.perseus.tufts.edu/>

2.2) 話し言葉の国民ギャラリー(NGSW、National Gallery of the Spoken Word)

ミシガン州立大学(Michigan State University)の多分野からの合同チームは、米国で最初の、大規模で十分検索可能な、20 世紀全般にわたる歴史的に重要な音声資料のデータベースとリポジトリを構築している。この「ギャラリー」は、トーマス・エジソンの最初の円筒型レコードへの録音(cylinder recording)、ベーブ・ルースやフローレンス・ナイチンゲールの声などのような、話し言葉の高品質のデジタル版も提供する。アクセスは標準的な書誌情報とメタデータで行える。この研究の主要成果は、将来の Web 音声利用技術の発展のための一連のベスト・プラクティスとなるであろう。これには、変換、保存、アクセス、および著作権遵守の方法(copyright compliance)などが含まれる。(DLI2-019)

<http://www.ngsw.org/app.html>

2.3) 科学、数学、工学、および技術の教育のための米国電子図書館

(SMETE, National digital library for science, mathematics, engineering, and technology education)

National Engineering Education Delivery System (NEEDS) の電子図書館を開発したカリフォルニア大学バークレー校(University of California-Berkeley)の研究者たちは、科学、数学、および技術も包含するようにコレクションを拡張する方法を探求している。このグループは、デジタル教材とコースウェアの目録作成、検索、表示、およびレビューを支援する Web ベースの情報ポータルを使用して、SMETE 電子図書館の開発に着手し、オンライン資源の能力を実証し、そして、初期の SMETE テストベッドのコレクションを評価している。NSF 支援によるこの作業は、K-12 (幼稚園から高校まで) および中等教育後の教育のための広範囲のデジタル学習資源の構築をめざしている。(DLI2-UE01)

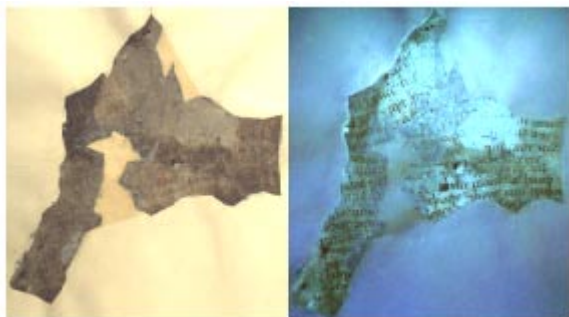
<http://www.needs.org/>

2.4) デジタル・アシニアム(Digital Atheneum, デジタル図書館)

NSF の資金援助を受けているケンタッキー大学(University of Kentucky)の研究者たちは、英国図書館(British Library)の協力と IBM の SUR (Shared University Research) プログラムの支援を受けて、経年変化したり損傷のある原本をデジタル的に修復して質を高めたり、そのような資料の検索可能なリポジトリを作るための、最新の技術を開発している。彼らは、英国図書館の Cottonian Collection (17 世紀の古物愛好

家、Sir Robert Bruce Cotton 収集のギリシア、ヘブライ、および、アングロサクソンの稿本が収容されている)の文書を題材にして、文書の中の他の方法では見えない文や模様を明らかにし、デジタル注釈付けシステムとこれらの文書の分野特有あるいはデータ特有の、検索用の意味的フレームワークを作成するための新たな手法をテストしている。(DLI2-017)

<http://www.digitalatheneum.org/>



ケンタッキー大学を拠点とする、NSF 支援のデジタル・アシニアム・プロジェクトは、ひどく破損したような原稿を復元するための最新の技術を開発している。最終的には、以前には利用できなかった原稿の、復元および編集された画像の電子デジタル・ライブラリが提供される。ここに図示されているのは、人間の目で見えた破損した原稿(左)、および、

紫外線を利用したデジタル化で明らかになった、隠れた模様 (markings) のあるもの(右)である。

2.5) デジタル・ワークフロー管理 (Digital workflow management)

ジョーンズ・ホプキンス大学 (Johns Hopkins University) の Lester S. Levy Collection にある 29,000 枚以上ものアメリカのポピュラーミュージックの一枚刷りの楽譜は、すでにデジタル・レコードに変換されているが、このプロジェクトによって、演奏音と高度の検索機能が作成され、さらにアクセスしやすく有用なものとなるであろう。また、1790 年から 1960 年までにわたる期間のコレクションの中の項目から、研究者たちは、ジョーンズ・ホプキンスの Peabody Conservatory of Music のスタッフによって書かれた光学的音楽認識ソフトウェアを使用して、オーディオ・ファイルと歌詞の全文テキストを作成する。さらに、この作業に含まれる人間作業に注目し労力を削減するために、ワークフロー管理ツールを開発する。これらの活動の結果として、他の大規模なデジタル化プロジェクトにも転用可能なフレームワーク、テスト済みプロセス、および一連のツールがもたらされる。(DLI2-016)

<http://levysheetmusic.mse.jhu.edu/>



ジョージズ・ホプキンス大学 Milton S. Eisenhower Library の Special Collections Department の財産である（一枚刷りの）楽譜の Lester S. Levy Collection には 19 世紀に流行したアメリカのポピュラーミュージックを中心に 1790 年から 1960 年までの間の 29,000 枚以上もの楽譜がある。図書館のオンラインサイトでは全楽譜に索引が付けられていて、このサイトへの訪問者は、それぞれの楽譜の目録を

検索することができる。さらに、1923 年以前および現在発行されているパブリックドメインの音楽も、カバー・イメージと 1 ページの楽譜をこのサイトからダウンロードすることができる。

2.6) データの起源 (Data provenances)

ペンシルバニア大学 (University of Pennsylvania) の研究では、オンライン資源コレクションでもっとも難しい局面の 1 つである電子的記録の原本すなわち出典に関わる質問、たとえば、どれくらい古いものなのか、どのようにして当初作り出されたのか、だれが作ったのか、まただれがそれを作り変えたのかといった質問に注目している。これらの質問は、関係する資料が、デジタル画像の中の 1 ピクセルから全データベースにまで及ぶものだけに、従来の保存よりも電子的な保存においてより難しい問題を提起している。研究者たちは、World Wide Web 上の構造化ドキュメントを提供するために次々に作り出されているソフトウェアの概念に基づいて、新しいデータ・モデル、問い合わせ言語、および保存技術を提供し、出典に関する注釈を保存して問い合わせができるプロトタイプのドキュメント「アタッチメント」を開発する。 (DLI2-021)

<http://db.cis.upenn.edu/Research/provenance.html>

3) システムとテストベッド (Systems and testbeds)

システムの研究では、

- ・ 動的で柔軟性が高く；
- ・ 個人、グループ、および組織のレベルに適合し；そして、
- ・ 成長し変化するデータ本体を新しいユーザ定義の構造に継続的に適応させることができる；

そのような情報環境を構築するのに必要な、要素技術と統合技術に注力している。これらの機能は、テストベッドのデモンストレーションにおいて、プロトタイプ化され評価されている。それらは、社会的慣習や作業習慣に大きなパラダイムの変革をもたらすメディア統合、ソフトウェア機能、およびブレークスルーとなるようなアプリケーションに焦点を当てたものである。

3.1) 学術出版のための新しいモデル (New model for scholarly publishing)

現在の学術的出版の印刷形態は、中央集中型の管理と制限された流通に基づくものであり、情報化時代が始まるはるかに以前に起源を置くものである。カリフォルニアの諸研究所による大規模な DL (電子図書館) 共同研究のもう一つの構成要素の中で、カリフォルニア大学バークレー校 (University of California-Berkeley) の研究者たちは、この即時にグローバルなコミュニケーションが可能な時代において、学術情報を利用し普及させるために、分散型で継続的な個人出版のパラダイムを生み出すための技術とツールを開発している。出版システムのプロトタイプは、実現しつつある CDL において、および SDSC によって開発されたテストベッド上で、テストされ実証される予定である。

(DLI2-002)

<http://elib.cs.berkeley.edu/>

3.2) 分類システム (Classification systems)

デジタル・アーカイブに関するもっとも複雑な技術的課題は、コンテンツに対する標準化された識別分類体系と、ユーザがこれらの資源を見つけるために必要な相互運用性のある (interoperable) 検索アーキテクチャを、どのように適合させるか、あるいは再発明するかということにある。電子的作成物のアーカイブ担当者は、従来の印刷目録の分類法に加えて、多数の新しいコンテンツの種類 (たとえば、ビデオ、画像、音、およびソフトウェア・プログラム)、フォーマット (グラフィックス画像の jpeg や gif などのようなフォーマット)、および関連する運用上の注釈をあちこち変更してやり繰りしている。アリゾナ大学 (University of Arizona) の研究者たちは、SGI (Silicon Graphics, Inc.)、NCSA (National Center for Supercomputing Applications at the University of Illinois)、NIH (National Institutes of Health) の NLM (National Library of Medicine) と NCI (National Cancer Institute)、GeoRef Information Services、

および Petroleum Abstracts と協力して、分野特有の大きなテキストのコレクションから自動的に分類システムを生成して、それらを手作業で作成した分類構造と一体化するためのアーキテクチャと関連する技術に関して作業を進めている。プロトタイプを作り、テストするため、研究者たちは、キーワード検索のための計算集中型のスケーラブルな自動クラスタリング手法を並列化し、ベンチマークを行っている。これは、既存の分類システムを持った大規模コレクションでは、医学分野における、CancerLit (700,000 の要約) と NLM の UMLS (Unified Medical Language System) (500,000 の医学概念)；地球科学分野における、GeoRef と Petroleum Abstracts (800,000 の要約)、GeoRef Thesaurus (26,000 項目)；について行っており、また、1.5 百万の Web ページと Yahoo! の分類システム (26,000 項目) を含む Web アプリケーションについて行っている。並列の高性能プラットフォーム上のシミュレーションを使用して、科学者たちは、様々なアルゴリズムの出力を最適化して評価し、その結果を可視化する階層的表示方法を開発する。(DLI2-001)

<http://ai.bpa.arizona.edu/go/dl/>

3.3) バーチャル・ワークスペース (Virtual workspaces)

デジタル・コレクションは、たとえ内部で構造化して目録を作成したときでさえも、多くのユーザはさらに、処理したり比較したりするために、何か、その上にさまざまな情報源からの項目を広げることができるような、大きくて十分に明るい図書館のテーブルに似たようなものも必要とする。Harvard-MIT Data Center の研究者たちは、複数機関と一般の人々との間で、研究と教育のための定量的社会科学の資料を管理し共有するための Virtual Data Center (VDC) を、共同で設計している。VDC は、他の研究センターやデータベースともリンクされる予定であり、参加者は、多くのフォーマットでデータを預けて、それらの資料へのアクセス項目を設定することができるようになる。ユーザは、指定した変数だけを含むデータをダウンロードできるようになる。VDC オープン・ソフトウェア・ツール一式が、最終的には、無償で移植可能な製品として提供されるであろう。(DLI2-011)

<http://www.thedata.org/>

3.4) セキュリティ、品質、アクセス、および信頼性 (Security, quality, access, and reliability)

ユーザにとって効果的な分類システムとツールに加えて、電子図書館の基盤 (infrastructure) としては、実際の図書館と同様に、コレクションの物理的な安全性、品質管理、およびコンテンツへのリモート・アクセスを保証するシステムを必要とする。スタンフォード大学 (Stanford University) の研究者たちは、媒体の老朽化や自然災害、組織変更などにもかかわらず、デジタル情報が長期的に存続することを保証するための方法を探求している。彼らは、コレクションの変化を自動的に監視する技術や、別

のサイトで自動的に複製を作るような大規模アーカイブへの継続的「ミラーリング」の技術についての、プロトタイプを作成している。このプロトタイプは、起こりうる誤作動に対してオペレータに警告するために、記憶媒体の想定される故障についての数学モデルも使用している。

コーネル大学 (Cornell University) では、研究者たちは、電子図書館の情報の完全性 (integrity) に注目しており、所蔵された情報が信頼でき、容易に利用可能であること、および、著者の知的財産権とユーザのプライバシー権が保護されることを保証するために、管理アーキテクチャのプロトタイプを考案している。(DLI2-009)

<http://www.prism.cornell.edu/>

4) 国際的活動 (International efforts)

わずか数年の間に、DL の活動は、重要な人類の記録に関するデジタル資源物構築の作業にとどまらず、これらの新しい情報資源へのユニバーサル・アクセス（だれもがアクセスできる）を促進する、国際的な共同研究をも含むように拡大してきた。

表 2.3.2-3 DLI-2 インターナショナル・プロジェクト (INTL-001~INTL-012)

No.	Award Number (研究機関) Title	開始・終了 助成タイプ 総額 (予想)	機関	補足
1	9975164 [NSF-JISC (US-UK)] 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 \$488,058	米カリフォルニア大学バークレー校、 英リバプール大学	4.1) ①
2	9905955 [NSF-JISC (US-UK-Australia)] HARMONY: Metadata for Resource Discovery of Multimedia Digital Objects HARMONY: 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	米コーネル大学、 英ブリストル大学、 豪 Australian Distributed Systems Technology Center	4.1) ②
3	9907892 [NSF-JISC (US-UK)] 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	米コーネル大学、 英サウサンプトン大学、 米ロスアラモス国立研究所	4.1) ③
4	0085960 [NSF-DFG (NSF-Germany)] The Archimedes Project: Realizing the Vision of an Open Digital Research Library for the History of Mechanics アルキメデス・プロジェクト: 力学の歴史の ための開かれたデジタル研究図書館のビジ ョンを実現する	09-15-00 09-30-03 Continuing Grant \$448,444	米ハーバード大学、 独マックスプランク科学史 研究所、 米ミズーリ大学カンザス校、 米タフツ大学	4.2) ◎新規
5	9905842 [NSF-JISC (US-UK)] 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	米マサチューセッツ大学、 英 King's College, London	4.1) ④

2. 米国の研究開発動向

6	9905935 [NSF-JISC (US-UK)] Emulation options for digital preservation: technology emulation as a method for long-term access and preservation of digital resources	10-01-99 09-30-02 Continuing Grant \$488,058	米ミシガン大学、 英大学研究図書館コンソーシアム (Consortium of University Research Library)	4.1) ⑥
7	0085853 [NSF-DFG(US-Germany)] The Development of a Distributed Digital Library of Mathematical Monographs	10-01-00 09-30-03 Continuing Grant \$321,713	米ミシガン大学、 独 State Library of Lower Saxony and University Library of Gottingen、 米コーネル大学	4.2) ◎新規
8	9905834 [NSF-IFAN-WARC (US-Africa)] Multi-Lingual Digital Library for West African Sources 西アフリカのソースのための他言語デジタル・ライブラリ	08-15-00 07-31-03 Continuing Grant \$379,951	米ミシガン州立大学、 セネガル the Institute Fondemental d' Afrique Noire、 セネガル West African Research Center	◎新規
9	9905603 [NSF-NII-IRESTE (US-France-Japan)] Metadeta Model, Resource Discovery, and Querying on large-scale Multidimentional Datasets 大規模多次元データセットにおけるメタデータ・モデル、リソース発見、および検索	08-15-00 07-31-03 Continuing Grant \$400,000	米ニューヨーク州立大学、 (日) 国立情報学研究所、 仏ナント大学コンピュータサイエンス研究所	◎新規
10	9905833 [(US-China)] CMNet (Chinese Memory Net): U.S.-Sino Collaborative Research Toward a Global Library in Chinese Studies CMNet (中国追想ネット): 中国研究におけるグローバル・ライブラリに向けた米中共同研究	05-01-00 10-31-02 Continuing Grant \$96,570	米 Simmons College、 (中) Tsinghua University (清華大学)、 (中) Peking University (北京大学)、 (中) Jiao-Tong University (上海交通大学)、 (中) National Taiwan University (台湾大学)、 (中) National Tsing Hua University (国立清華大学)、 (中) Academia Sinica (中央研究院)	◎新規
11	0003214 [NSF-DFG(US-Germany)] Middle High German Interlinked: A Full-Text Archive and Medieval German Dictionary Collaboratory Middle High German Interlinked: 全文テキスト・アーカイブと中世ドイツ語辞書の共同研究所	02-15-01 02-28-03 Continuing Grant \$253,746	米バージニア大学、 独 University of Trier	4.2) ◎新規
12	9906025 (ウイスコンシン大学) IMesh Toolkit Imesh ツールキット	10-01-99 09-30-02 Continuing Grant \$480,166	米ウイスコンシン大学、 英バース大学、 英ブリストル大学	4.1) ⑤

<http://www.dli2.nsf.gov/intl.html>

4.1) 米国と英国の協力 (U. S. -U. K. activities)

NSF と英国の Joint Information Systems Committee の構想 (initiative) は、たとえば、異なったフォーマットの、地理的に分散された資料に対して、リンクしアクセスする上での主要な技術的問題を解決する、国際的な研究を支援する。これらのプロジェクトには、以下のようなものがある。

- ① カリフォルニア大学バークレー校 (University of California-Berkeley) / リバプール大学図書館 (University of Liverpool Library) の研究では、マルチデータベース環境におけるドメイン間にまたがる検索を可能にする研究を行う。目標は、国際標準に基づいた次世代のオンライン情報検索システムである Cheshire を製作すること。これは、オリジナル資料、印刷図書、記録、公文書、写本、美術博物館所蔵品、統計データベース、および、全文テキスト・データ資源や地球空間情報データ資源やマルチメディアデータ資源などの、コレクションにまたがったインターネット検索を目的としたシステムである。(INTL-001)

- ② HARMONY は、コーネル大学 (Cornell University)、オーストラリア分散システム技術センター (Australian Distributed Systems Technology Centre)、およびブリストル大学 (University of Bristol) (英国) の 3 者の協力によるものであり、複雑な混合メディアのデジタル・オブジェクトの、ネットワーク化されたコレクションを記述するためのメタデータ・フレームワークを考案する。

この研究は、Resource Description Framework (RDF)、XML、Dublin Core、および Moving Pictures Expert Group の MPEG-7 — これらはすべて、構造化メタデータの表現と交換のための標準であるが — これらの作業結果を一緒にまとめる。目標は、図書館、教育、および権利管理の専門家などの複数のコミュニティが、マルチメディア・コンテンツに注釈付けを行なうために、オーバーラップする記述的語彙を定義することを可能にすることである。(INTL-002)

<http://www.ilrt.bris.ac.uk/discovery/harmony/>

- ③ コーネル大学 (Cornell University)、ロス・アラモス国立研究所 (Los Alamos National Laboratory)、およびサウサンプトン大学 (University of Southampton) (英国) によるデモンストレーションでは、ロス・アラモスのオンライン物理学アーカイブ (Physics Archive) 中の 100,000 を越える論文の各々に、それが引用するそのアーカイブ中の他の各論文へのハイパーリンクを張る。このプロジェクトの目標は、専門分野を越えて、世界中のいろいろな分野の執筆者に、同様のハイパーリンクを張ったオンライン・アーカイブの作成への参加を促すことにある。(INTL-003)

<http://journals.ecs.soton.ac.uk/x3cites/>

- ④ 音楽そのものをオンラインで探すためのツール — これは現在はまだ可能になっていない検索のタイプであるが — これがマサチューセッツ大学 (University of Massachusetts) とロンドンのキングス・カレッジ (Kings College, London) の研究者たちによる共同研究の目標である。ユーザは、このオンライン音楽認識および検索 (OMRAS、online music recognition and searching) ツールによって、エンコードされた楽譜ファイルからデジタル・オーディオに及ぶいろいろなフォーマットでオンライン・データベースに保存されている音楽情報を検索することができるようになる。 (INTL-005)

<http://journals.ecs.soton.ac.uk/x3cites/>

- ⑤ ウィスコンシン大学マディソン校 (University of Wisconsin-Madison)、バース大学 (University of Bath) (英国)、およびブリストル大学 (University of Bristol) (英国)の協力による IMesh Toolkit プロジェクトでは、先進的なサブジェクト・ゲートウェイの開発者たちの間に、IMesh の国際共同研究を拡大していく。「サブジェクト・ゲートウェイ」とは、特定の主題 (subject) に固有の Web サイトを通して、高度に選択的に関連するインターネット資源にアクセスする、現在使われ始めつつあるアプローチである。この研究の目標は、サブジェクト・ゲートウェイや関連したサービスが個々の要素を指定するアーキテクチャを明確にすることによって、その中で機能するフレームワークを発展させることにある。このアーキテクチャによって、それぞれの国で開発されたサブジェクト・ゲートウェイの間での相互運用と横断的な検索が可能になる。 (INTL-012)

<http://www.imesh.org/toolkit/>

- ⑥ ミシガン大学 (University of Michigan) の研究者たちは、英国の大学研究図書館コンソーシアム (Consortium of University Research Libraries) と共同して、デジタル形式での情報の長期保存におけるエミュレーションの潜在的役割について研究している。このプロジェクトは、以下のことを行う。

- ・エミュレーション・ツール一式を開発しテストする。
- ・複雑なマルチメディア文書やオブジェクトの保存戦略としてのエミュレーションのコストとメリットを評価する。
- ・保存作業における正確な複製への投資について、コレクション管理の意思決定のためのモデルを考案する。
- ・オブジェクトの機能、外観 ("look," and "feel") を保存するためのオプションを評価する。
- ・変換 (conversion)、移動 (migration)、およびエミュレーションなど、いろいろな異なった保存戦略の利用のための暫定的なガイドラインを作成する。

(INTL-006)

4.2) 米国とドイツの協力 (U.S.-Germany activities)

2000 年 1 月に、NSF/DLI フェーズ 2 およびドイツの Deutsche Forschungsgemeinschaft は、共同で、国際的にアクセス可能なデジタル・コレクションの開発および組織化に関する、米国およびドイツの大学の研究者たちからの共同研究提案の募集を行った。

(INTL-004、INTL-007、INTL-011)

4.3) NSF と EU のワーキング・グループ (NSF-EU working groups)

電子図書館研究の将来方向に関する、NSF と欧州連合 (EU) の共同ワーキング・グループは、国家的、技術的、社会的、および経済的問題の初期研究、ならびに、共通の研究協議事項に関する計画を完了した。そこでは、米国の学会、産業界、および政府機関からの研究者が参加している 5 つのワーキング・グループにおいて、グローバルに分散した電子図書館における、次のような問題の解決をはかった。

- ・ 経済的問題と知的財産権、
- ・ 電子図書館システム間の相互運用性、メタデータ、多言語情報アクセス、
- ・ 資源へのインデックス付けと検索の問題。

“An International Research Agenda for Digital Libraries” というタイトルの最終報告書と有用な論文類が、次のサイトにある。

http://www.si.umich.edu/UMDL/EU_Grant/home.htm および

<http://www.iei.pi.cnr.it/DELOS//NSF/nsf.htm>

2.4 おわりに

本編では、米国政府支援の IT 研究開発プログラムの最新動向について説明し、さらに本ワーキンググループの調査対象である「人間主体の知的情報技術」について、最近の米国政府の支援する情報技術研究開発の動向を示すために、Blue Book 2001 のトピックの概要（本文は付属資料 2 参照）、および、Blue Book の刊行時期に最初の採択プロジェクトが発表された ITR イニシアチブ、そして開始から 3 年目となり、次々と成果が出てきているデジタルライブラリ・イニシアチブ（フェーズ 2）について説明した。

昨年度の Blue Book 2000 刊行時は、ちょうど、PITAC 報告等により基礎研究重視の雰囲気が急速に盛り上がった時期であり、人間主体の知的情報技術に関連する研究コンポーネント領域 HuCS (Human Centered System) の記述においても、基礎研究支援の中心である NSF 関連の研究開発の紹介に、かなりの重点が置かれていた。

一方、Blue Book 2001 は、基礎研究重視の 2000 年度予算に続いて基礎研究に対するさらなる増額要求を行った 2001 年度の大統領予算案に対して、議会がさらに基礎研究予算を増額して可決し、いよいよ実行段階に入るという状況の元で出されているが、基礎研究支援の中心である NSF は前年度にかなりの部分が紹介済みのため事例紹介が少なく、NIST 等の他省庁を中心に紹介されている。それらの特徴としては、省庁のミッションに関連した幾つかの息の長い重要研究が、内容の進展とともに、複数の年度に渡り何度か繰り返して紹介されているという点があげられるかもしれない。NIST の SIMA（製造アプリケーションのためのシステム統合）等は、繰り返し紹介されている。

以上のことから、「人間主体の知的情報技術」について、米国の連邦政府の行う情報技術研究開発支援の全体像を知るには、Blue Book 2000 と Blue Book 2001 の両方をあわせて参照して頂くほうがよいと思われる。同じ理由から、昨年度の報告書も参考にさせて頂きたい。

これら、Blue Book で紹介された HPCC および IT R&D は、90 年代のほとんどを占めるクリントン-ゴア政権の情報技術研究開発の成果による米国の繁栄を象徴している。しかし、2001 年早々にブッシュ政権が発足し、米国の情報技術研究開発政策も大きく変わる可能性を秘めている。機先を制する意味もあつてか、まだ大統領着任後間もない 2 月 9 日に PITAC から大統領に向けて以下の 3 つの報告¹が出され、IT の重要性が説かれている。

- ・ Using Information Technology To Transform The Way We Learn
- ・ Digital Libraries: Universal Access to Human Knowledge
- ・ Transforming Health Care Through Information Technology

今後、2002 年度の大統領予算要求などによって、まもなく方針が明らかにされていくことになるので、ウォッチが必要である。

¹ <http://www.itrd.gov/pubs/pitac/index.html>

3. 研究開発の新しい展開と内外の動向

3.1 RoboCup に見る新しい研究開発の進め方

3.1.1 はじめに

ロボカップは、「2050 年にロボットサッカーチームがワールドカップチャンピオンと FIFA のルールで戦って勝つ」という目標を達成するためのグランドチャレンジ問題である。これまでに良く知られたグランドチャレンジ問題は、故ケネディ大統領が立てた「10 年間で月に人を着陸させ、無事地球に戻す」というアポロ計画である。当時、ソ連の有人人工衛星の成功に衝撃を受けた米国が名誉挽回のために打ち立てた計画であり、人の月面着陸そのものはランドマークとしての意味はあるものの、それを実現するための要素技術からシステム工学まで多種多様な分野で研究開発が促進され、それらの成果が実用に供せられた。人類の月面着陸が達成されたのは、ライト兄弟の飛行機の発明から約 50 年後のことであった。ロボカップも同じように、ヒューマノイド型ロボットが発表され始めた 90 年代後期から約 50 年後に上記の目標を設定したわけである。現在、シミュレーションリーグ、小型リーグ、中型リーグ、AIBO リーグが行われており、ヒューマノイドリーグも 2001 年から試行される予定である。

ロボカップの目標を達成する過程でもさまざまな技術が生み出されると期待されるが、それを重要な社会的問題や次世代産業の技術基盤に展開していくことは重要な課題である。この課題を推進するために、災害救助問題に展開しているのが、ロボカップレスキューである。現在、シミュレーションシステムだけでなく、実ロボットでもテストコースを使用した競技が行われており、世界で 100 以上の機関が参加している。また、国際的な協調を推進するために非営利団体による組織化と研究推進が検討されている。このような政治的に中立なレスキューチームの構成はインフラストラクチャとしてレスキューチームを構築する上で重要な課題であり、21 世紀に相応しい平和国家として国際貢献を進めていく上でのわが国のキーワードともなろう。

3.1.2 ロボカップの活動

ロボカップは、日本発信の国際的なプロジェクトである。1997 年に人工知能国際会議 (IJCAI-97) を名古屋に誘致するに当たって、その目玉のプロジェクトとして 1995 年の人工知能国際会議評議会に提案され、実行に移されることで、一気に世界的な脚光

を浴びるようになった。ロボカップは IJCAI-97 の誘致のために提案されたものではなく、1991 年頃からロボット工学や人工知能の研究者が共同で構想を暖めていたものであった。1997 年にロボカップの第 1 回世界大会が開催されることになると、そのために国内予選であるジャパンオープンが翌年から開催され、また、プレカップ大会が 1996 年に開催された。当初は、次の 3 つのリーグで競技が行われた。

- (1) シミュレーションリーグ
- (2) 小型リーグ (F-180 リーグ)
- (3) 中型リーグ (F-2000 リーグ)

小型リーグと中型リーグは実機ロボットを用いたリーグである。シミュレーションリーグでは、サッカーサーバに対して、両チームの 22 個のプレーヤ（プログラム）がネットワークを介して通信を行ってサーバ上の共通のフィールドでサッカーを行う。サッカーサーバでは、できるだけ現実の社会を模倣するような制約が加えられている。このリーグでの課題は、マルチエージェントシステムの分散制御であり、サッカーサーバとの通信において、通信容量の制限や通信の不安定性にうまく対応できることが不可欠である。

実機ロボットリーグは、車輪型ロボットを使ったものであり、その大きさによって 2 つのリーグに分かれている。小型リーグ (F-180 リーグ) のロボットのサイズには、床占有面積が 180cm^2 以下であり、大きさは直径 18cm 以内という制約が設けられている。フィールドは卓球台 1 台分である。1 チームのロボットは最大 5 台で、サッカーボールはオレンジ色のゴルフボールを使用する。ロボットのセンサーはロボットに搭載されたものだけでなく、天井に設置されたカメラ（グローバルビジョン）が使用できる。そのため、各ロボットは、チームを識別するために色のついたマークをつけることが義務付けられている。小型リーグでの課題は、グローバルビジョンを含む多様なセンサーを使用した自律システムの制御であり、個々のセンサー情報が不十分な中で、いかに情報を統合して適切な判断を速やかに下すことができるかが重要である。

中型リーグ (F-2000 リーグ) のロボットには、床占有面積が 2000cm^2 以下、大きさは直径 45cm 以下というサイズの制約がある。フィールドは $5\text{m} \times 7\text{m}$ であり、1 チーム最大 4 台で構成される。中型リーグではグローバルビジョンは使用せず、各ロボットがセンサーの情報を処理して独自に判断を行うことが条件となっている。中型リーグでの課題は、自分自身が得る情報だけで判断を下し、行動をする自律的ロボットの開発にある。つまり、中型リーグでは、許された環境にセンサーを埋め込むことができないような環境での自律ロボットの制御が重要な研究課題となっている。

以上 3 つのリーグが第 1 回世界大会から開かれている。それに加えて、ソニー 4 足ロボットリーグも第 2 回世界大会でエキシビションが行われ、第 3 回世界大会からは正式

リーグに昇格している。このリーグの特徴は、同じハードウェアを使用していることであり、与えられたハードウェアをいかに活用するかが課題である。使用しているロボット AIBO には、18 個のモータがあり、また、ボディが動くことによってカメラから得られる画像が激しく揺れるので、入力情報の処理とモータ制御が極めて難しい問題となる。

2000 年のメルボルンで開催された世界大会では、ロボットがプレーヤーではなく、「観客」としてロボカップに参加した。ボールを追うことは言うまでもなく、歓声が上がったほうを見たり、笛が鳴ると音のした方向を見るなど、視覚や聴覚情報を統合し、適切なものを見たり聞いたりする機能を実時間で実現することがポイントである。想定される状況が観客を含めたものであるなので、サッカーよりも状況認識が難しくなる。もちろん、知的な観客というのが、必ずしも完全な状況認識が必要というわけではない。

2002 年に福岡と釜山で開催される世界大会ではヒューマノイドロボットリーグも開始されることになっており、2000 年の第 4 回世界大会ではデモンストレーションが行われ、青山学院大学のロボットが自律制御でペナルティキックの実演を行っている。もちろん、2002 年はワールドカップ日韓大会が開催されるのに合わせて、同時期にロボカップ大会が開催される。これは、1998 年のパリ大会と同様である。

日本のプロサッカーチームがジュニア部門を持つことを義務づけられているように、トップレベルの技術だけでなく、技術の裾野を拡大することは技術展開には重要である。ロボカップの普及のためにロボカップジュニアの活動も展開されている。こちらはサッカーだけでなく、ダンスもその対象となっている。ただし、ハードウェアを開発するのは多大なコストがかかり、ノウハウも必要なので、ハードウェアは市販品を使い、複数の玩具メーカーが共通仕様で商品を販売している。また、レゴマインドストームの使用も検討されている。

さらに、2001 年からは、ロボカップの成果を災害救助に利用するためのロボカップレスキューが始まる。これはサッカー同様、シミュレーションリーグと実機ロボットリーグに分かれている。

3.1.3 ロボカップの展開

ロボカップは、単なるロボットサッカーではなく、「ランドマーク型のグランドチャレンジプロジェクト」として構想された。北野氏（科学技術振興事業団北野共生システムプロジェクト総括責任者/ソニーコンピュータサイエンス研究所）は、研究の動機づけを 3 つのタイプに分類している。「研究者の興味によって開始されるもの」、「社会的なインパクトの強いグランドチャレンジプロジェクト」、および、「ランドマーク型グランドチャレンジプロジェクト」である。最初のタイプは一般的であり、多くの研究がこのタイプに属する。2 番目の「グランドチャレンジ」型研究は、社会的に大きなインパ

クトを与えるタイプのプロジェクトであり、2000年にクリントン大統領（当時）が宣言したガン撲滅プロジェクトなどが挙げられる。

3番目の「ランドマーク型グランドチャレンジプロジェクト」は、米国のアポロ計画に代表される大きな夢のあるプロジェクトである。その夢はグランドチャレンジのような困難な課題であるが、それ自身の持つ社会的なインパクトはそれほど大きくない。実際、アポロ計画の「月面に人を着陸させ、無事地球に帰還させること」という目標それ自身は記念碑的な夢であり、関心のない人もいるだろうが、その目標を達成する過程で生み出された技術やノウハウが、実社会に大きな波及効果をもたらしたことは疑いもない。コンピュータチェスもやはりランドマーク型グランドチャレンジの一つである。

ロボカップを提案した時点から、ランドマーク型グランドチャレンジとして「夢」を追求する戦略が打ち出され、ロボカップ世界委員会という世界組織の確立と世界各地での大会の企画が次々と行われた。この結果、研究開発が世界で定着し、非常にアクティビティの高い研究コミュニティの形成に成功している。残念ながら、日本国内に目を転ずれば、世界のレベルが一気に向上したため、小型リーグはほぼ壊滅状態、中型リーグもベスト4に残れない、実機リーグは人材・予算ともギリ貧状態である。オリンピックの発祥の地ギリシャが、オリンピック競技では華々しい活躍をしていないのと同じような状況になっており、いかに「ロボカップのギリシャ化」を克服するかが焦眉の急である。そのため、ロボカップの普及のためにロボカップジュニアの企画なども行われている。これは、地方自治体の地域活性化プロジェクトと組んで展開されつつある。

話しが脱線したが、ロボカップの真の目的はサッカーロボットの開発だけではなく、その過程で生み出される技術をさまざまな分野に展開することを通じて、新たな技術革新を引き起こすことである。とくに、ロボカップでは、行動計画立案、分散協調、行動知能の分野で成果が出てきているので、それをより社会的なインパクトの大きい分野へ展開することが課題である。

3.1.4 ロボカップレスキュー

ロボカップのより明確な標的として選ばれたのが「ロボカップレスキュー」である。大規模災害が発生したときに、ロボットで構成される救助隊を派遣し、被害を最小限にとどめる「国境なきロボット救援隊」を構築するための技術開発を進めようというプロジェクトである。

ロボカップレスキューは、上述した研究プロジェクトのタイプでいえば、ランドマークプロジェクトから社会的なインパクトの強いグランドチャレンジへの展開と位置付けられる。サッカーと災害救助とは、マルチエージェントシステム、協調計算、実時間処理、ロバストな計画立案実行、などの多くの共通点がある。しかし、エージェントの

数は非常に多く、その種類は多種多様であり、得られる情報は不確実で限定的であり、補給などのロジスティクスプランニングなど、タスクに依存した問題が数多くある。ロボカップサッカーからロボカップレスキューへのスムーズな技術移転を行うためには、このようなタスクに特有の課題を解決しなければならない。

災害救助活動のためにこれまでさまざまな災害シミュレーションが開発されてきているが、それらの多くは極少数の側面のシミュレーションしかできず、多くの複雑な要因の連関までは反映されていない。例えば、地震災害での要因としては、津波や液状化などの一次被害、建物等の被害、火災、交通機能、ライフライン、人的被害、医療や避難者の社会生活上の被害などがある。火災延焼のシミュレーションでは、このような要因の影響、特に、水道、ガス、交通機能などのライフラインのそれを勘案した包括的なシミュレーションは手つかずの状態である。

ロボカップレスキューでは、このような問題点を解決するために、サッカーの場合と同様に、シミュレーションプロジェクトとロボット&インフラストラクチャプロジェクトが始まっている。両者のプロジェクトが取り組む研究課題は以下のものが挙げられている：

- (1) 包括的な災害救助シミュレータの開発とそれを用いた救助戦略の開発
- (2) リアルタイムレスキューディシジョンサポートシステム (RDS)の開発
- (3) レスキューロボットの研究と個別運用試験
- (4) デジタル機器を装備した救助隊の研究
- (5) レスキューロボットとデジタル機器を装備した救助隊である Digitally Empowered Rescue Agents (DERA) と RDS との統合運用の研究

シミュレーションシステムでは、さまざまな要因を統一的に取り込むためにモジュール構成を採用しており、そのためのシミュレータカーネル、災害事象をシミュレーションするモジュール群、地理情報システム (GIS) などのセンサー群、レスキューエージェントの開発に着手している。また、実データや実ロボットとのインターフェース群、情報表示システムも同時に開発中である。その基本的なアイデアは、インターフェースプロトコルにある。現在、その標準化を進めており、それが設定されると、さまざまなレスキュー機器の相互運用あるいは、国際的な相互運用が可能となろう。

実機ロボットでのレスキューの活動は日本では行われていなかったが、AAAI-2000 (第17 回全米人工知能会議) で “Urban Search and Rescue Robot” という競技が開催された。この競技は、NIST が作成した Standard Test Course で、『Robot must enter fallen structure and search for victims. Robot judged on number of victims found and on relaying location of victims』を競うというものであった。優勝した RWI のチームは、キャタピラ型 (10m以上の高さから落下しても故障せずに動く) ロボットと大型の円筒

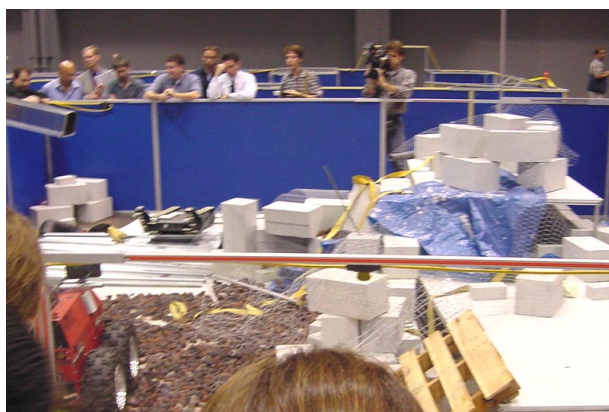
形のロボット 2 台から構成され、キャタピラ型ロボットが trail blazer の役割を果たし、マップを作成し、それをもう 1 方のロボットに通知し、通知を受けたロボットが救援に駆けつけるという構成になっている。他のチームの出来は今一步であった。

この経験を基に、ロボカップレスキュー国際委員会（委員長：田所諭 神戸大学助教授）は、このテストコースを実機ロボットリーグの競技場として使用することに決定した。現在、参加を表明しているのは、米国の大学・軍・民間を含め様々な機関、ドイツの CS や AI 関係の国立研究機関（GMD や DFKI）、オーストラリアの大学、その他世界中のさまざまな組織である。

ロボカップレスキュー委員会が想定するプロジェクト推進の方略として次の 3 点に注目している。

- (1) 協調的かつ競争的研究開発
- (2) 広範囲な社会問題や産業分野への展開
- (3) 非営利団体（NPO）主導の国際プロジェクト

すなわち、Linux 型のコミュニティを形成し、技術的な研究開発を進めるとともに、さらに、国際的には NPO の下に世界各国の組織と連携していこうというアイデアである。国際組織の下に世界各国の下部組織が共同で事業を進めるというのは、珍しいことではない。FIFA はサッカーの国際組織であり、非常に規模は大きいものの、国から独立した団体である。オリンピックも、やはりオリンピック委員会という国際的な委員会で運営されている。また、研究開発が NPO で実施されているのは米国ではよく見られ、バイオの領域では、Salk Institute、Cold Spring Harbor Laboratory、Scripps Research Institute などが著名であり、コンピュータサイエンスでの AI 技法を用いたソフトウェア開発の研究で有名であった Kestrel Institute もやはり NPO である。



3.1.5 おわりに

ロボカップあるいはロボカップレスキューは、日本の若手研究者が組織を越えて提案をしたグランドチャレンジであり、その夢に共感する世界中の研究者が参加し、育てているプロジェクトである。その規模は年々拡大し、底辺も広がっている。そこには、新しい研究の進め方を考え、それを実行する活力が伺える。残念ながら、わが国ではそのような従来の学会の枠を越えた若い力を支援していくシステムが未整備である。省庁の再編を機に、このような元気のある若い力を国の活力としていく施策が求められている。

参考文献

- The RoboCup Federation homepage
<http://www.robocup.org/>
- 北野宏明, 田所諭著『ロボカップレスキュー』2000年, 共立出版
- 北野宏明著『大人のための徹底! ロボット学』2001年, PHP出版
- 北野宏明, 田所諭, RoboCup-Rescue 技術委員会:
RoboCup-Rescue, 電子情報通信学会, Vol. 84, No. 1 pp. 42--48, 2001年1月
- Frank, I., Tanaka-Ishii, K., Okuno, H.G., Nakagawa, Y., Meada, K., Nakadai, K., and Hitano, K.:
"And The Fans are Going Wild! SIG plus MIKE", Proceedings of the Fourth International Workshop on RoboCup (RoboCup-2000), 267--276, RoboCup, Melbourne, Aug. 2000.

3.2 ソフトウェアサービスとエージェント

3.2.1 ソフトウェアサービス

近年、アプリケーションやソフトウェアコンポーネントの機能をサービスという観点で捉える「ソフトウェアサービス」[1, 2]の考え方が注目を集めている。インターネット上のソフトウェアサービスはWeb サービス[11]とも呼ばれ、サービス定義、登録、探索、結合、メッセージング技術などと共に急速に広まっている。

従来の考え方が実装言語やプラットフォームを強く意識したものであったのに対し、ソフトウェアサービスにおいては、言語やプラットフォームとは独立に、一段抽象度の高いところでソフトウェアの機能を捉える。このため、ソフトウェアサービスに基づく技術を用いれば、さまざまな言語やプラットフォームが混在するオープンなネットワーク環境において、分散したソフトウェア間でデータを交換したり、機能を統合したりすることが可能となる。

インターネット上には既に無数のソフトウェア機能が提供されており、これらをソフトウェアサービスの考え方によって扱うことができれば、多くの新規機能は既存の機能（サービス）の組合せによって構築可能となる。例えばアグリゲーション・サービスなどは、既存のサービスを組み合わせて新規サービスを提供する典型的な例である。

ソフトウェアサービスでは、ひとつひとつのサービスをビルディングブロックと捉え、これらを簡単に組み合わせて大きなサービスを構築することを目指す。インターネットのように、オープンで変化の激しいネットワークにおいては、独自の環境上に全てのソフトウェアを時間と労力をかけて構築するのは現実的でない。ソフトウェアサービス技術を用いて新規サービスを短期間で安価に構築し、運用後も客先ニーズやビジネスモデルの変化、環境の変化などに合わせてダイナミックに構成や機能を変更できることが重要である。本章では、エージェント技術を用いたソフトウェアサービスの考え方、事例などを紹介する。

3.2.2 ソフトウェアサービスの課題

ソフトウェアサービス、Web サービスをインターネット上で実用化する際の課題には以下のものが挙げられる[1]。

- (1) **企業間サービス連携**： ERP (Enterprise Resource Planning) や SCM (Supply Chain Management) といった業務アプリケーションを企業間で運用する企業間アプリケーション連携 (EAI; Enterprise Application Integration) のニーズが高まって

いる。このためには、各社が独自に行なう体系化、用語定義、業務フローの違いをうまく吸収する仕組みが必要である。また、ファイヤウォールを超えた処理をセキュアに行なう高度なセキュリティ技術、広域でのトランザクション処理技術も必要となる。

- (2) **環境変化への対応**： インターネット上では常にネットワーク構成、利用環境、コンテンツやサービス内容がダイナミックに変化し続けている。ソフトウェアサービスは、これらの変化に俊敏に対応できる必要がある。
- (3) **真のオープン化**： これまでのクライアント/サーバモデルや分散オブジェクトモデルのように、あらかじめ役割を決めてソフトウェア機能を作り込む方法では、オープンな環境におけるサービスの構築は難しくなる。既存、新規を問わず、さまざまなソフトウェア間で柔軟に役割を分担できる仕組みが求められる。
- (4) **多様なビジネス形態の支援**： ユーザニーズやビジネスモデルの変化によって、ソフトウェアに求められる機能は頻繁に変化する。ユーザの趣味・嗜好に合わせて柔軟に処理を変更する仕組み、ビジネスフローを変更する仕組みが必要となる。

3.2.3 ソフトウェアサービスのための要素技術

ソフトウェアサービスの考え方を具体化した代表例は Web サービスである。XML や SOAP といった技術をベースに、Web サービスは急速に広がりを見せている。本節では、Web サービスを支える要素技術をサーベイする[1, 2, 11]。

- ・ **サービス記述言語**： サービス記述言語とは、ソフトウェアが提供する機能を実装言語やプラットフォームとは独立の Web サービスという形で記述するための言語である。WSDL (Web Service Description Language) [19] がある。
- ・ **サービスディレクトリ**： サービスディレクトリとは、インターネット上のどこにどのようなサービスがあるかを登録・探索するためのディレクトリ機能である。UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) [18] などが提案されている。UDDI は Microsoft、Ariba、IBM が中心となって推進するディレクトリ規約で、White Page や Yellow Page、Green Page などによって、サービス名のみでなく、業界コード、プログラムインタフェースなどからでもサービスを探索可能とする。

- ・ **サービス結合**： サービス結合とは、サービスを組み合わせて実行する技術である。XML (Extensible Markup Language) [20]、XML ベースの SOAP (Simple Object Access Protocol) [17]、トランザクション処理のための XAML (Transaction Authority Markup Language) などをベースに結合が行なわれる。
- ・ **メッセージング**： ここでのメッセージングとは、Web サービス間でメッセージ交換するための形式とプロトコルである。ResettaNet の PIP (Partner Interface Process) [16] や UN/CEFACT (The United Nations body for Trade Facilitation and Electronic Business) と OASIS (The Organization for the Advancement of Structured Information Standards) の ebXML (Electronic Business XML) [14] の MS (Message Service) などの技術がある。
- ・ **開発・実行環境**： 上記の技術を用いてサービスを定義、登録、探索、結合、利用するための支援環境が各社から提供されている。

3.2.4 サービス連携エージェント技術 Bee-gent

エージェント技術は、個人の好みや状況に合わせてパーソナライズされた処理を提供する技術として、あるいはネットワーク上のさまざまなサービスを柔軟に連携して活用するための技術として期待されている[7, 9, 10]。特に後者はサービス連携エージェント技術とも呼ばれ、EAI などへの適用が進められている[22]。本節では、サービス連携エージェントのフレームワークである Bee-gent を紹介する。

Bee-gent は、既存アプリケーション（サービス）をエージェント化するエージェントラッパーと、アプリケーション間の連携手続きを管理するモバイル仲介エージェントから構成される。これらの仕組みにより、DB や Web サービス、レガシーシステムなどの各種ソフトウェアを柔軟に接続して活用することを目指している。図 3.2-1 に Bee-gent の概念図を示す[12]。

モバイル仲介エージェントは、接続対象のアプリケーションが存在する場所に移動し、エージェントラッパーと対話しながら要求を伝える。エージェントラッパーはアプリケーションの状態を管理し、必要に応じてアプリケーション処理を起動することによって、モバイル仲介エージェントからの要求に応える。エージェント間の対話には、発話行為理論 (Speech Act Theory) に基づくエージェント間通信言語 ACL (Agent Communication Language) が用いられる。ACL は、会話の意図を表す通信行為 (Communicative Act) を記述することが特徴であり、これにより受け手側は意図を解釈した上で自分なりの処理手順を決定できる。Bee-gent では、エージェント技術に関する国際標準化団体 FIPA [15]

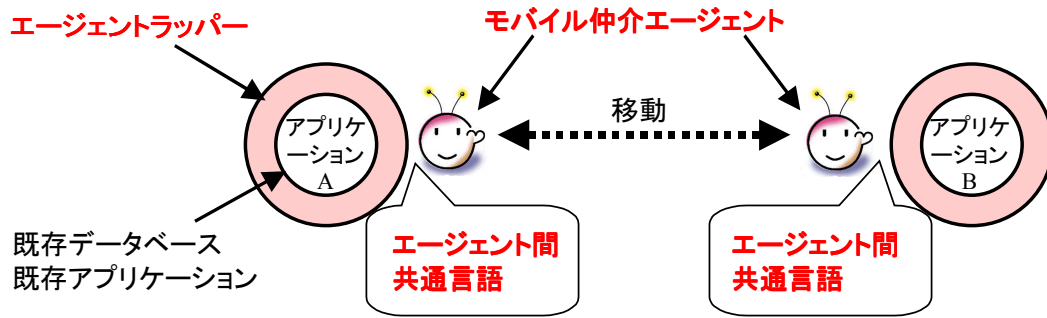


図 3.2-1 Bee-gent の概念図

により策定された ACL を XML 形式で表現した XML/ACL を採用している[3]。また、モバイル仲介エージェントやエージェントラッパーの動作を定義するための専用の開発環境も提供されている[4, 5]。

3.2.5 ソフトウェアサービスとサービス連携エージェント

CORBA (Common Object Request Broker Architecture) [13] の IDL (Interface Definition Language) における既存オブジェクトのメソッド変換のように、既存アプリケーションが提供するインタフェースを呼出し形式のみ共通化してそのままの粒度で呼び出す方法では、同様の機能を有する異種アプリケーションを連携させる場合に、異なる呼出し方法・手順を使い分けなければならない。これに対し Bee-gent では、エージェントラッパーが既存アプリケーション独自の API を隠蔽し、ACL による抽象度の高い共通インタフェースを提供する。これにより、モバイル仲介エージェントは、既存アプリケーション固有のアクセス方法を意識することなく、それらを連携させるロジック（連携ロジック）を記述でき、アプリケーション連携による新規サービスの構築や変更が容易となる。図 3.2-2 にエージェントラッパーが提供するインタフェースの例を示す。図の右側のモバイル仲介エージェントは、REQUEST という共通の通信行為によって異種アプリケーションに対して要求を伝えている。この要求は、それぞれのエージェントラッパーにおいて、アプリケーション固有の呼出し手順に変換される。

Bee-gent のエージェントラッパーは、モバイル仲介エージェントから受け取る要求メッセージに対して、連携ロジックとは独立な自律的対処も行なえる。これにより、エージェントラッパーが多数の要求に対する優先度処理を行なったり、要求の拒否を行なったりすることが可能となる。さらに、要求に情報不足や不明確な部分がある場合などには、単純なエラー処理を行なうだけでなく、対話によって補足的な情報を得ることも

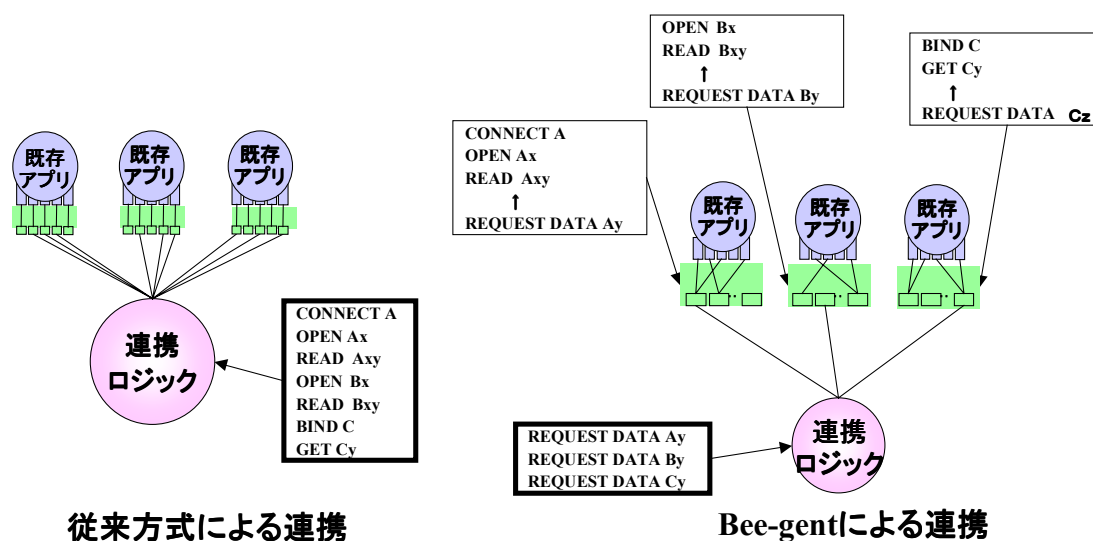


図 3.2-2 Bee-gent のエージェントラッパーによるインタフェースの例

可能となる。

モバイル仲介エージェントはモバイルエージェントであると同時に、XML/ACL のリモート通信機能も有する。そこで、エージェントが相手先に移動してローカル通信を行なう方式とエージェントが移動せずにリモート通信を行なう方式を使い分けることで、ネットワーク環境に合わせて効率的な連携処理を行なえる。例えば、特定のアプリケーションとの対話が大量に行なわれる場合には、モバイル仲介エージェントをアプリケーションが稼動中のホストに移動させ、通信負荷を減らすことができる。逆に、対話が少ない場合には、リモート通信によって対話を完了させれば、モバイル仲介エージェントが移動する負荷を発生させずに済む。Bee-gent においては、XML/ACL のローカルな通信とリモート通信を動的に切り替え可能なため、状況に応じてダイナミックに動作を変更できる。

また、エージェントラッパーを既存アプリケーションと同一ホストに構築できない場合は、異なるホストにエージェントラッパーを配置し、エージェントラッパーと既存アプリケーション間を専用プロトコルで結ぶことも可能である。これにより、他者が管理するインターネット上のアプリケーションを連携させたり、レガシーシステムを連携させたりすることも可能となる（図 3.2-3）。

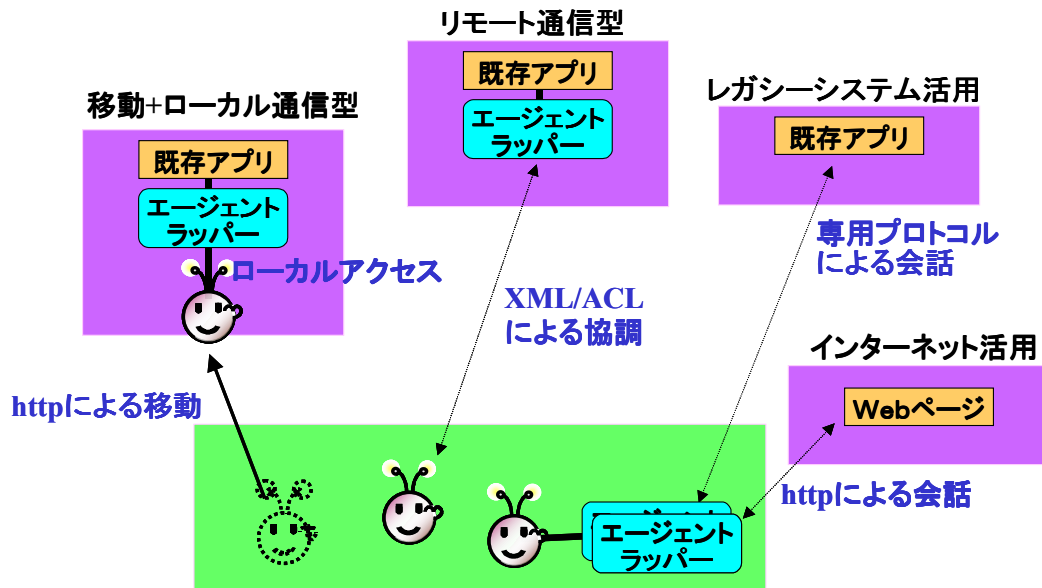


図 3.2-3 Bee-gent におけるエージェントの柔軟な配置

3.2.6 電子カタログエージェントの事例

本節では、Bee-gent を用いたサービス連携の事例として、電子カタログエージェントシステム[6, 8]を紹介する。

3.2.6.1 電子カタログサービスの課題

近年、企業間電子商取引が盛んになるにつれ、製品や部品の取引情報の電子化、およびネットワークを通じた流通へのニーズが高まっている。その中で、電子化された製品や部品のカタログ情報、いわゆる電子カタログについては、コンピュータで可読なデータ形式の国際標準規格が IS013584、あるいは PLib(Parts Library) として、ISO により策定されている[21]。このように、系列取引などの従来の枠組みを超えたオープンな取引環境への期待が高まっている。しかし、PLib 標準に基づいた電子カタログサービスのネットワークを通じた流通を実現するに当たっては、以下のような問題が存在する。

- ・ **多数の電子カタログ DB に対する処理**： 電子カタログサービスの利用においては、多様な検索・収集・登録要求に基づいて、ネットワーク上の多数の電子カタログ DB を操作する必要がある。これらの操作をすべて人手で行なうのには多大なコストがかかる。自動化する場合も、多種多様な要求を扱うシステムを構築するコストが大きなものとなる。

- ・ **多種多様なシステムの扱い：** オープンな取引環境実現のためには、ネットワーク上の各電子カタログ DB について、問合せ言語やプロトコルなど、さまざまな異種 DB インタフェースを扱う必要がある。このような多種多様なシステムを統合的に利用するのは困難である。
- ・ **頻繁に発生する変更への対処：** オープン性のために頻繁なシステム構成の変更が発生する。そのような変更に対処するのは困難である。

これらの課題はソフトウェアサービスにおける課題と共通のものである。以降で、電子カタログが提供するソフトウェアサービスの連携に Bee-gent を活用し、これらの課題を解決した事例を紹介する[6, 8]。

3.2.6.2 Bee-gent を用いた電子カタログエージェント

開発された電子カタログエージェントシステムは、企業間電子商取引で扱われる製品や部品の電子カタログ情報について、モバイル仲介エージェントが自動的に検索、収集、および登録プロセスを実行するというものである。Bee-gent では、電子カタログ DB などの既存アプリケーションを、エージェントラッパーによりエージェント化する。これにより、エージェントラッパーとモバイル仲介エージェントは、国際標準のエージェント間通信言語 XML/ACL で通信可能となり、アプリケーション毎のインタフェースの違いが吸収される。電子カタログシステムの利用手順はモバイル仲介エージェントに組み込まれる。モバイル仲介エージェントは、ネットワーク上を移動しながらこの利用手順を実行することになる。こうして、既存の電子カタログ DB には手を加えずに異種の電子カタログ DB の連携処理が実現される。システム構成が変更される場合にもモバイル仲介エージェントの変更だけで対応できる場合が多く、変更コストを抑えることが可能である。これにより、ネットワーク上に分散した電子カタログシステムの利用・保守・管理が容易になることが期待できる。図 3.2-4 に、電子カタログエージェントによる電子カタログ情報の検索・収集・登録の様子を示す。

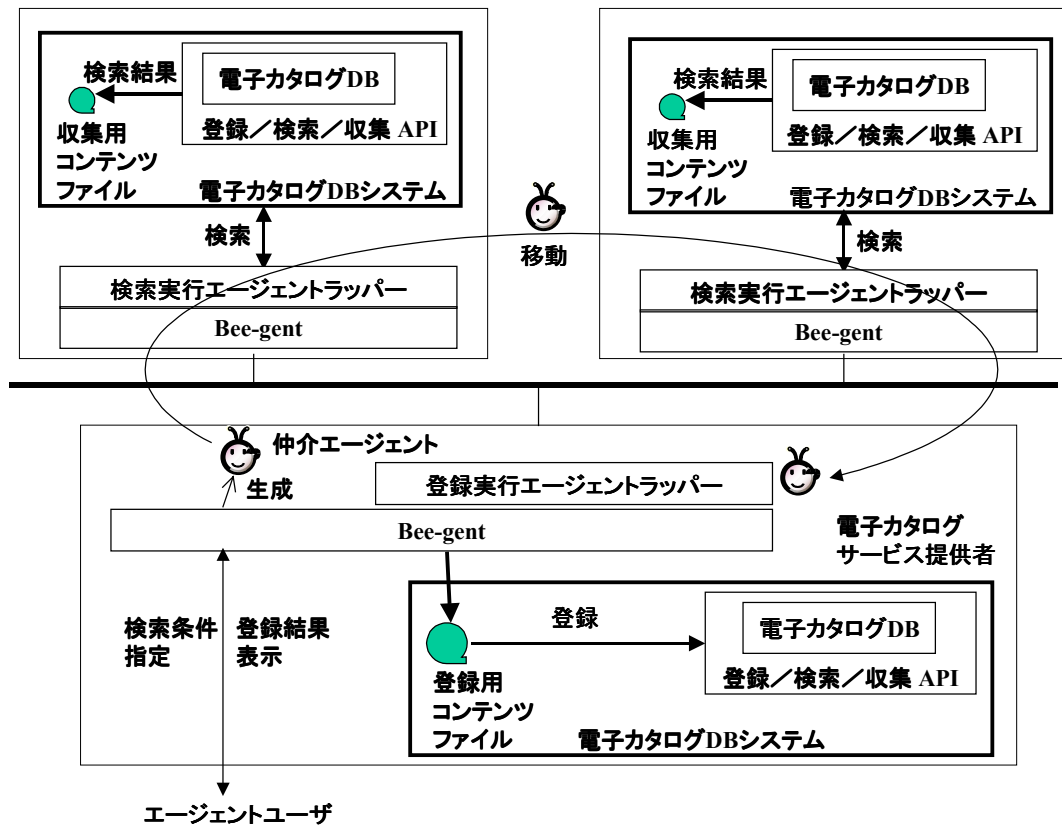


図 3.2-4 電子カタログエージェントによる検索・収集・登録

3.2.6.3 電子カタログエージェントの動作

電子カタログ情報の収集を例に、電子カタログエージェントの動作を説明する。電子カタログ情報収集では、エージェントがネットワーク上の各電子カタログDBに格納された電子カタログ情報を収集し、ユーザの手元にあるDBに登録する。これにより、ユーザの電子カタログDBの新規構築や保守管理を支援する。収集に当たっては、ユーザの目的に即した電子カタログ情報(例えば、特定用途の部品のみ、あるいは特定ベンダの製品のみ)を収集したい、あるいは保守の際には、前回収集時点以降に更新された情報のみ収集したいといった要求がある。したがって、このような要求に基づく検索を、各電子カタログDBに対して行なう必要がある。

モバイル仲介エージェントは、ユーザから検索要求を受け取ることで生成され、その要求に基づいて検索すべきDBを特定する。次に、これらのDBを順に移動しながら、個々のDBの検索を行なう。検索においては、各DBのエージェントラッパーに、ユーザの要求を反映した検索のためのXML/ACLメッセージを送信する。すると、エージェントラッパーはこのメッセージをDB独自の検索要求に変換し、検索を実行する。検索結果はまたXML/ACLメッセージに変換され、モバイル仲介エージェントに返される。検

検索結果のデータ量は一般に多大なものとなるので、実際には検索結果は一時的な収集用コンテンツファイルとして格納され、モバイル仲介エージェントにはそのファイルへのアクセス方法が返される。最後にモバイル仲介エージェントはユーザのサイトに戻り、DBのエージェントラッパーに、検索結果登録のためのXML/ACLメッセージを渡す。これにより、登録手順が実行される。

3.2.6.4 電子カタログエージェントの効果

電子カタログエージェントにBee-gentを適用したことにより、次のような効果が確認されている。

- ・ モバイル仲介エージェントの移動により、ネットワーク上の多数の電子カタログDBの利用が効率的に行なわれた。
- ・ エージェントラッパーにより、各電子カタログDBの多様なインタフェースの違いを吸収できた。
- ・ システムへの新たな要求の発生や、現在の利用手順の変更に対しては、手順そのものの変更と、各電子カタログDBに固有の操作の変更とに分けて、前者をモバイル仲介エージェントの変更により、後者をエージェントラッパーの変更により対応できた。これにより、システムの変更範囲が限定され、変更コストも小さいものとなった。

参考文献

- [1] 青山幹雄：E-ビジネスを実現する動的ソフトウェアサービス技術と今後の展望，SSR2001 (2001)，<http://www.iisf.or.jp/SSR/index.html>.
- [2] 青山幹雄：E-ビジネスのためのサービス提供技術指向，第62回情報処理学会全国大会 (2001).
- [3] 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，信学論，Vol. J82-D-I, No. 9 (1999)，pp. 1165-1180.
- [4] Tahara, Y., Ohsuga, A., and Honiden, S.: Agent System Development Method Based on Agent Patterns, in Proc. *20th International Conference on Software Engineering* (1999)，pp. 356-367.
- [5] 田原康之，大須賀昭彦，本位田真一：ビヘイビアパターンに基づくモバイルエージェントシステム開発手法，情処論文誌，Vol. 40, No. 12 (1999)，pp. 4319-4332. [6] 田原康之，長野伸一，長谷川哲夫，大須賀昭彦，福田和博，伊藤聡：モバイルエージェントを適用した電子カタログシステムの検索・収集・登録システム，第61回

情報処理学会全国大会 (2000).

- [7] 長尾確 編: エージェントテクノロジー最前線, 共立出版 (2000).
- [8] 長野伸一, 田原康之, 長谷川哲夫, 大須賀昭彦, 福田和博, 大嶽康隆, 伊藤聡: マルチエージェントフレームワーク Bee-gent を利用した電子カタログシステム, 第 62 回情報処理学会全国大会 (2001).
- [9] 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).
- [10] 本位田真一, 飯島正, 大須賀昭彦: エージェント技術, 共立出版 (1999).
- [11] 丸山 宏: e-Business を支える情報技術 B2B から Web サービスへ,
<http://www.ibm.co.jp/developerworks/webservices/010119/b2b.html>.
- [12] <http://www2.toshiba.co.jp/beegent/>.
- [13] <http://www.omg.org>, <http://www.corba.org>.
- [14] <http://www.ebxml.org>.
- [15] <http://www.fipa.org>.
- [16] <http://www.rosettanet.org>.
- [17] <http://www.w3.org/TR/2000/NOTE-SOAP-20000508>.
- [18] <http://www.uddi.org>.
- [19] <http://www.ibm.com/developer/webservices>.
- [20] <http://www.w3.org/TR/2000/CR-xmlschema-0-20001024/>.
- [21] <http://www.mel.nist.gov/sc4/www/plibdocs.htm>.
- [22] 次世代ネットワークと産業フロンティア情報技術に関する調査研究報告書 ネットワークエージェント技術, 日本情報処理開発協会 (2000).

3.3 感性と IT — 情報技術の感性化、感性技術の情報化 —

3.3.1 はじめに

本章では、マーケティング分析や官能検査などのユーザ評価テストで行われてきた従来の感性工学的な手法を、情報学・情報処理の観点から再構築し、人間の感性を工学的にモデル化する方法論について論じる。具体的には、人間が画像などのマルチメディア情報を受容し、解釈し、生成し、外界に働きかける過程を、物理・生理・心理・認知的な知覚の階層における情報処理として工学的にモデル化する方法論を紹介する。このモデル化により、利用者一人一人によって異なる感性、すなわち、情報の主観的な判断基準（＝情報を分類し取舍選択して判断する際の評価基準）に適応できる感性的な情報システムを構築することができる。

これらのモデル化の枠組みにより、対象を特定のカテゴリのコンテンツに限定すれば、かなりの精度で、主観的な基準を統計的にモデル化できるものが多いことが実証的に示されるようになった。

本章では、ヒューマンメディアプロジェクト・感性工房グループでの研究開発を通じて、我々が作業仮説として提案し工学的に検証しつつある、視覚感性の階層的なモデルの基本的な考え方と、そのアルゴリズムを紹介する。また具体例として、このモデルに沿って試作・検証を進めている感性データベースシステム、および、感性工学研究用のソフトウェアプラットフォームである「感性工房」を紹介する。

3.3.2 感性と感性情報処理

一人一人の顔が違うように、個々の人間は、情報を主観的・直感的に判断・解釈し、また、表現・伝達し、それぞれの「感性」を特徴付けている。また、年齢や性別・趣味・ライフスタイル・文化圏などのプロフィールが共通する人達の集団にも、共通する感性があると考えられている。

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だろう。

マーケティングの分野で進められてきた、生活産業・サービス産業の対象としての感性は、商品を差別化する指標と言える。「消費者である個人個人の嗜好から、芸術・文化にまで及ぶ付加価値を与えるもの」即ち、ビジネスに多大な影響を与える要因である。

素材産業での感性は、官能検査として行われていた、商品の品質を評価するための指標である。品質管理とともに「製品が消費者にどのように受け入れられるか」を決定づける要因である。

情報提供サービスなどの情報産業の対象としての感性を考えると、これは「利用者の価値判断や、情報処理の利用形態の多様性を特徴付けるもの」と位置付けられる。情報学における感性は、これをより定式化して「情報の判断や表出に関する主観的な評価尺度」としよう。感性はこれからの情報技術を切り拓く重要な概念である。

工学的に処理可能な「感性」の定義として、本研究では「人間がマルチメディア情報を取捨選択する際に示す主観的な評価基準」であると考えてことにしよう。

3.3.3 感性の工学的モデル化の要件

3.3.3.1 感性シミュレーションと感性強化

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タッチ手法を用意した描画ソフトのように、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と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）の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代行する人工感性(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。

3.3.3.2 知覚感性と創出感性

感性のモデル化とは、個々の利用者、或いは利用者のグループがマルチメディア情報を解釈（あるいは表出）する過程で示す主観的な特徴を客観的に計測し、マルチメディアコンテンツの客観的・物理的な特徴との対応関係・相関関係を数理的に表現し、シミュレーション可能にすることである。

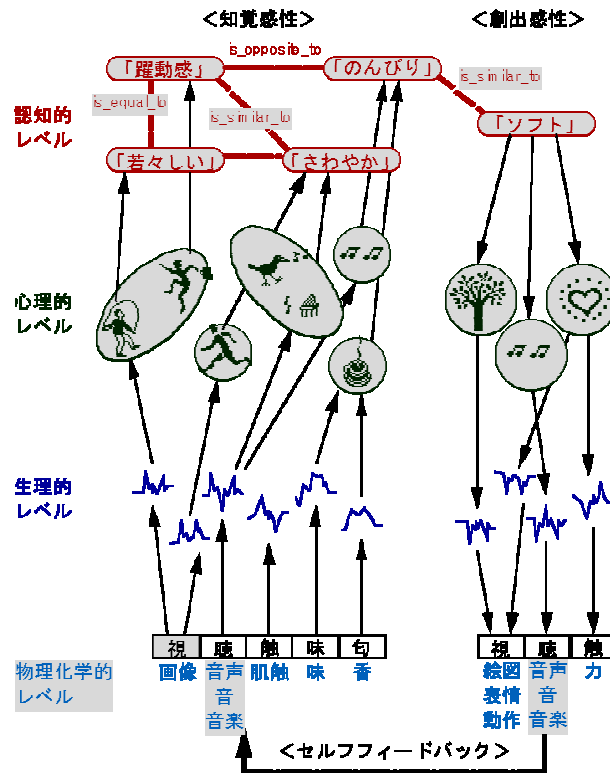


図 3.3-1 感性（知覚感性・創出感性）のマルチモーダル構造と階層的モデル

感性は人間がマルチメディア情報を知覚し主観的に解釈する過程（知覚感性）と、人間が思い浮かべたイメージを具象化し、外界に働きかける過程（創出感性）の二つの過程がある。実際には知覚と創出の両方の過程が相互作用しながら感性が構成されることが考えられる（図 3.3-1）。

3.3.3.3 感性の工学的モデル

視覚・聴覚・触覚等の感覚情報に関する情報処理過程に関しては、次に示す2つの視点からのモデル化を統合的に行うことが望ましい。

- (a) 感性の構造の階層性： 感性の構造として、人間が外界を知覚（入力に相当）し、また頭の中でのイメージを具体化して外界に働き掛ける（出力に相当）までの過程に着目しよう（図 3.3-1）。個々の人間が感覚情報を受け取り、様々な特徴抽出機構を経て、これを主観的に解釈するまでの階層的な過程を知覚感性と呼ぶ。また、個々の人間が頭の中でイメージする情報を具体化して、実際に他の人間や計算機が知覚可能な情報に形作るまでの階層的な過程を創出感性と呼ぶ。この様な感性情報の知覚・表現のメカニズムの解明とモデル化が第1の視点である。

- (b) 感性の構造のマルチモーダル性： 次に視覚・聴覚・触覚等の感覚情報を総合的に処理する過程に注目しよう（図 3.3-1）。人間は多種類の感覚（視覚・聴覚・触覚等）を同時に相互に関係付けつつ、外界に能動的に働き掛けたりしながら外界を知覚し、また様々な表現手段（スケッチ・音声・動き等）を同時に組合せてイメージを表現する。この様なマルチモーダリティのメカニズムの解明とモデル化が第2の視点である。

感性の構造に階層性を導入するのは、物理的な刺激（マルチメディア情報）に対応した感性から抽象的主観的な概念（言語）に対応した感性までを結びつける必要があるためである。従来の心理学や感性工学では、抽象的な概念を表す種々の言葉を物理的な刺激から推定されるいくつかの尺度因子（例：「ソフト・ハード」「温かい・冷たい」など）の作る座標系に写像して、言葉の間の関係を分析するものがほとんどであった。しかし、このようなアプローチには三つの落とし穴がある。

- ① 尺度因子を表現する概念語やその他の抽象的な概念語の解釈には実は個人個人で解釈の幅があり、尺度因子で作る座標系が絶対的なものではありえない。従って、個人個人についての分析を行っても、他の人間の分析結果との直接的な比較には、本来かなりの誤差が入りうる。さらに、尺度因子の選択や、マルチメディア情報と抽象的概念の対応付けには実験者の主観が混入しうる。
- ② 結果として、マルチメディア情報のレベルと抽象的概念のレベルの事象の直接の対応関係を客観的に評価する術が無いため、事前に心理実験などで整理されたデータ群についてしかモデルを適用することができない。換言すれば、新たに与えられたマルチメディア情報をモデルに基づいて解釈することができない。
- ③ 一方、心理量と物理量との相関関係では、あるカテゴリの概念語は必ずしも全てのカテゴリの物理量と相関関係が認められるわけではない。逆に、計測可能な物理量が規定されれば、そこから学習できる概念語のカテゴリは制約を受けることにも注意する必要がある。

このような問題点を解決するには、客観的に感性を計測し表現する基点として、実世界に客観的に存在する物理的な刺激（マルチメディア情報）そのものを利用し、これと個人個人で解釈の幅がある抽象的主観的な概念（言語）を結びつけるようなモデル化を行う必要がある。このような階層的なモデル化によれば、例えば、文化圏の違いにより抽象的な概念語の解釈に大きな開きがあったとしても、客観的な存在であるマルチメディア情報を媒介に、人間の感性的な特性の違いを客観的に評価することが可能となる。

また、新たに与えられた未知のマルチメディア情報であっても、モデルに基づいて解釈する（感性的な解釈をシミュレートする）ことも可能となる。

感性の構造にマルチモーダル性を導入するのは、人間は複数の感覚のチャネルを個別に解釈しているのではなく、総合的に解釈していると認められる心理学的な知見が得られているためである。また、感性を言語で表現する際に、例えば「爽やか」という本来は皮膚感覚の言葉を、視覚的な刺激（写真・絵画など）や聴覚的な刺激（音楽など）にも用いるなど、複数の感覚にまたがった表現を行っている。このような感性の構造を解明することも、人間にとって自然なマルチメディア情報処理を実現する上で重要であろう。

視覚的対話の過程では、対象とする画像・映像データの特性に応じた、利用者による意味的・主観的な解釈をとまなうのが普通である。従って、システムの振舞いは視覚的情報に対する利用者の知覚過程に適合しなくてはならない。一方、知覚過程は各利用者の主観的背景に影響され易く一人一人の利用者によって異なりうる。従って、個々の利用者が視覚的情報を解釈する過程の特徴を客観的に計測し、これをモデル化する枠組みを確立することが視覚的対話のための最も基本的な技術と言えよう。

3.3.4 感性シミュレーションの実例

3.3.4.1 感性データベースシステムへの応用

従来のキーワード・索引語による情報検索サービスでは、データベース作成者の主観によりマルチメディアコンテンツが分類整理され、必ずしも利用者の判断基準とは一致しない。また、一度作成された索引は利用者の興味の変遷等には追従できない。

感性データベースシステムは、このような主観的な評価基準に自動的に対応しつつ、利用者からの感性的な検索要求に適合して適切なマルチメディア情報を提供するシステムをいう。

3.3.4.2 物理的レベルでの感性シミュレーション

人間が様々な視覚的情報を知覚する際、個々の事物の識別ではなく、シーン全体が一種のキューとなって類似の情報を思い出したり、関連する映像を想起することも多い。これは物理的な信号レベルでの類似検索・連想検索と考えることができる。

利用者が描いたスケッチやサンプルとして選んだ画像や物体をキーとして提示して、類似の画像や物体を検索することを例示検索という。例えば、写真の構図をラフに描いてこれをキーとして提示して、同じ構図の写真を検索する場合に相当する。

概略画索引上で例示画検索を行うためには、利用者が描いたスケッチ（白黒の線画）と、エッジなどの特徴点から構成される概略画索引との間で、柔らかなマッチングを行

えばよい。

マッチングの仕組みとしては、利用者の記憶の曖昧さ（細部を覚えていないのでスケッチは断片的）と、描画の技能（スケッチには歪みや位置ずれがある等）の問題に対応しつつ、少ない計算量で処理するアルゴリズム設計が必要となる（図 3.3-2）。

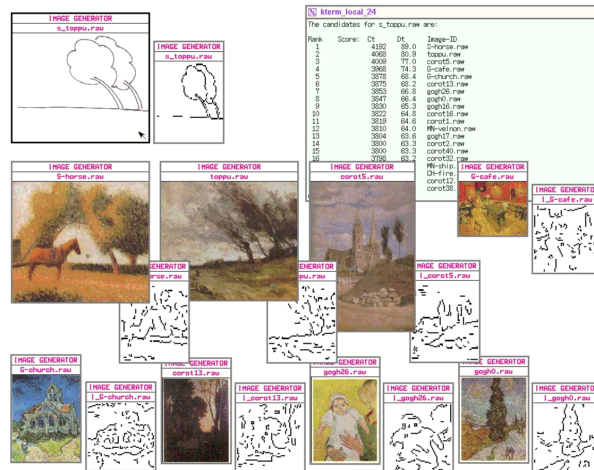


図 3.3-2 概略画索引を利用した例示検索の例

3.3.4.3 生理的レベルでの感性シミュレーション

人間の視覚系の初期視覚において、明るさ、色のコントラスト、自己相関、空間周波数などの種々の画像特徴が抽出されている。二つの画像や物体が生理的なレベルで同じような刺激を人間に与えるならば、それらの画像や物体はかなり類似していると知覚される。視覚感性の生理的レベルでの例示画検索は、キーとなるデータと種々の物理的あるいは生理的に抽出される特徴量（多次元ベクトルとして計測される）が近いデータを、近いものから順に候補画像として検索することで実現できる。特徴量のズレは類似度に相当すると考えられる。

ある画像の内容を記述する情報として、利用者がキーとなるデータ p_0 を提示し、データベース中のデータ $p_i \in P$ との類似度 s_i を何らかの規準に従って評価して、類似度の高い p_i を解の候補とする。この時、キー p_0 はデータベース中に含まれていなくてもよい（図 3.3-3）。

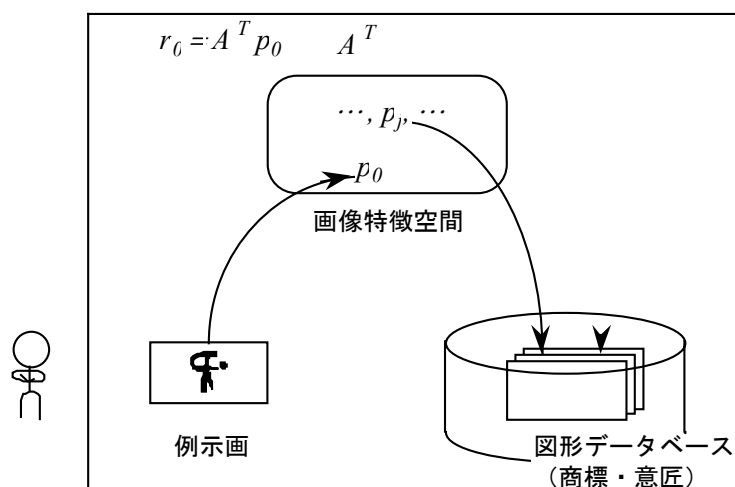


図 3. 3-3 画像特徴索引を利用した例示検索の仕組み

解の候補集合には、類似度による順位付けがなされているのがふつうである。例えば利用者が描くスケッチをキーとして提示する内容検索（いわゆる例示画検索）は、類似度を利用した検索の自然な応用である。また、不完全な情報しかキーとして提示できない場合でも、類似度を利用することで曖昧検索も実現できる。

モノクロの図形画像（例：商標図形）を対象とする場合は、図形の濃淡分布（概略形状・構図）、ラン長分布（空間周波数）、濃淡分布の局所相関のような単純な画像特徴量で例示検索を行える。一方、対象がカラーのイラスト（例：切手の図案、チョウの羽の模様）の場合には、部分領域の代表色やカラーヒストグラムなどの色彩の特徴をも反映した画像特徴量の設計が必要となる。

カラーの画像を対象とした例示検索では、図形の濃淡分布（概略形状・構図）と部分領域のカラーヒストグラムなどの色彩の特徴をバランスよく併用する必要があることがわかっている。

このような例示検索の考え方は、2次元の静止画像だけではなく、動画画像や3次元の物体に対しても適用できる。図 3. 3-4 は物体を多面体近似した場合の頂点密度分布を特徴量として、例示検索を行ったものである。それぞれの例示キーに対してよく似た形状の物体が検索できる。

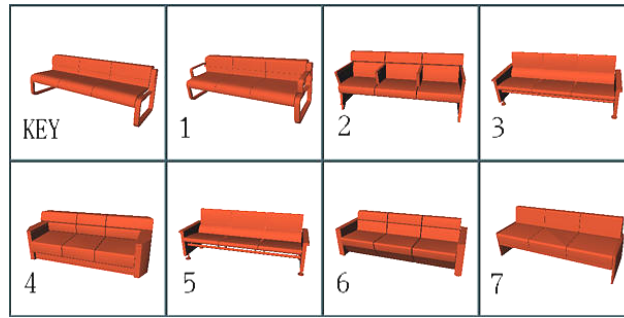


図 3.3-4 3次元物体の例示検索の例

3.3.4.4 心理的レベルでの感性シミュレーション

心理的レベルの視覚感性では、個々人の主観的な解釈の差が現れる。この現象は、個々人が種々の特徴量をどのように重み付けして評価するかを統計的に分析して主観特徴空間を構成すれば、心理的レベルの視覚感性を工学的にモデル化することができる。

データベース中の全データの全ての対に類似度を人手で与えることは、實際上不可能である。従って、比較的少数の対の類似度をシステムに示し、共通する特徴等をシステムに統計的に学習させればよい（図 3.3-5）。

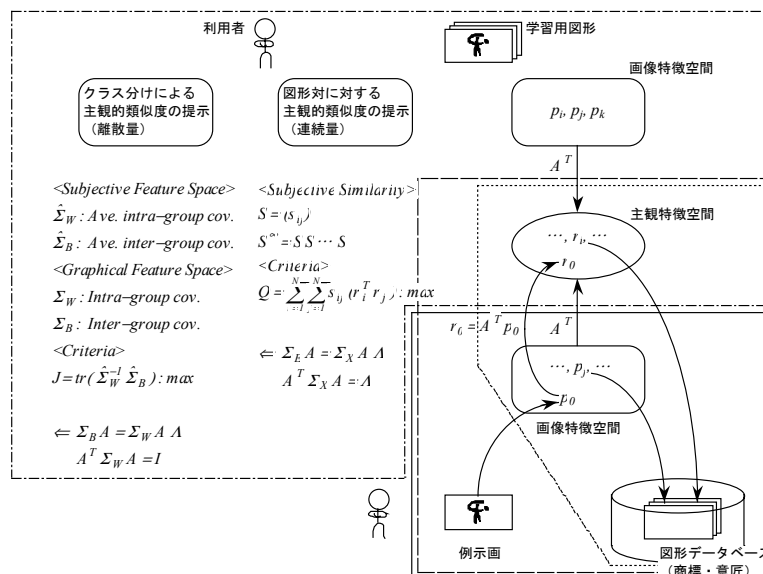


図 3.3-5 主観特徴空間の構成法と類似検索の実現法

主観的な類似度をシステムに例示する方法により、次の2通りの学習方法が考えられる。クラス分けで提示する場合は判別分析、連続量で提示する場合は数量化4類に相当する。明らかに連続量で提示する方が細かく主観的類似度を表現できるが、学習用データを与える上で利用者の負担が大きい。

【主観特徴空間の構成法】 クラス分け（離散量）の場合

- (1) データベースから部分集合 P を選び、利用者は集合 P を主観的に重複なく分類する。
- (2) 主観特徴空間は、この分類を満たすような線形写像 A により定義される。これを適合化写像と呼ぶ。

$$r = A^t p,$$

A^t : A の転置行列,

P : M 次元ベクトルで表現された画像特徴量

ここで適合化写像 A は、グループ内の分散を小さく、グループ間の分散を大きくするように設定する。このような適合化写像 A は、次の固有値問題から求められる。

$$\Sigma_B A = \Sigma_W A \Lambda,$$

$$A^t \Sigma_W A = I$$

但し Σ_W : グループ内共分散行列,

Σ_B : グループ間共分散行列

- (3) 画像特徴空間上の各点（図形に相当）を主観特徴空間上の点に写像する。

$$r_k = A^t p_k$$

【主観特徴空間の構成法】 類似度行列（連続量）の場合

- (1) データベースから部分集合 P を選び、利用者は集合 P 中の要素間の類似度を与える。
- (2) 主観特徴空間は、この分類を満たすような線形写像 A により定義される。これを適合化写像と呼ぶ。

$$r = A^t p,$$

A^t : A の転置行列,

P : M 次元ベクトルで表現された画像特徴量

ここで適合化写像 A は、利用者が与えた類似度 s_{ij} と、主観特徴空間上の像 r_i, r_j の内積 $r_i^t r_j$ の積の期待値を最大にするように設定する。このような適合化写像 A は、次の固有値問題から求められる。

$$\Sigma_E A = \Sigma_X A \Lambda,$$

$$A^t \Sigma_X A = \Lambda$$

但し Σ_E : 重み付き分散共分散行列,

Σ_X : 分散共分散行列

- (3) 画像特徴空間上の各点（図形に相当）を主観特徴空間上の点に写像する。

$$r_k = A^t p_k$$

ここで、主観特徴空間による索引のデータ量や類似検索の計算時間の観点からは、主観特徴空間を張るベクトル(r_k)の次元数が小さいことが望ましい。ここでは適合化写像 A をある次元数までで近似することを考えよう。次式の累積寄与率 α が目安となる。

$$\alpha(m) = \Sigma \lambda_j / \Sigma \lambda_i,$$

$$j = 1, \dots, m; \quad i = 1, \dots, M$$

α が高いほど各利用者の主観を忠実に反映する主観特徴空間を構成するといえる。

このような手順で構成した主観特徴空間を利用すると、利用者の主観を反映した検索を実現することが出来る。主観的特徴空間上では、主観的に類似したデータも近い点に写像される。これより、利用者はキーとなるデータを例示するだけで主観的な基準で類似したデータを検索できる。

この二人の利用者の主観特徴空間を（3次元空間に縮退させた上で）可視化すると、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。

3.3.4.5 認知的レベルでの感性シミュレーション

種々の視覚心理実験から、人間の視覚的印象は、対象の色彩（色の組合せと配色等）と構図に由来することが知られている。この関係に注目すると、印象語等の主観的表現と対象の色彩特徴という物理的・生理的表現の間に相関関係があることが期待できる。この相関関係を比較的少ない数の実例から例示学習（統計的学習）により分析して、利用者の認知的レベルでの感性のモデルとして参照する。

印象語のように主観的で漠然としたキーから、それにマッチした内容のデータを検索することを感性検索と呼ぶ。

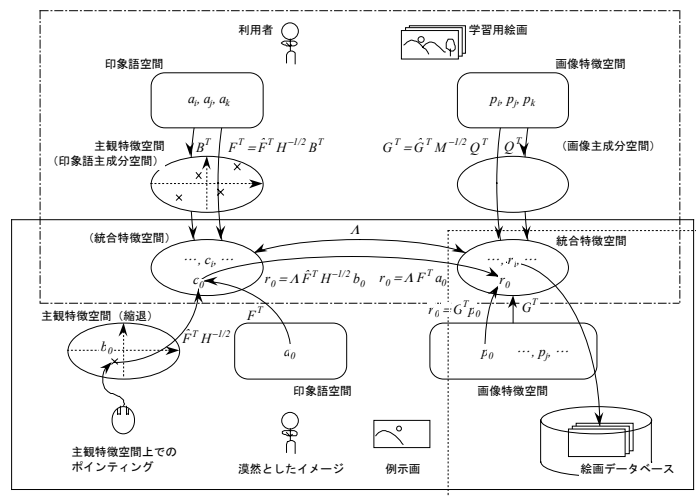


図 3.3-6 正準相関分析による統合特徴空間の構成法

画像と印象語のような異なったドメインの情報を統合して各利用者の主観を反映した索引空間を構成すれば、この索引空間上で感性検索が可能となる。利用者は学習用セットの各画像に印象語を与える。システムは、色彩特徴と印象語との相関が最大となるような統合特徴空間への写像を、正準相関分析等の多変量解析で構成すればよい（図 3.3-6）。

【統合特徴空間の構成法】

- (1) 利用者は、学習用セット P の各画像の主観的な印象を印象語の重みベクトル a_k で表現する。
- (2) 印象語 a_k と色彩的特徴 p_k とを、ある線形写像 F, G で変換した像 f_k, g_k の相関を最大になるように F, G を正準相関分析によって構成する。

$$f_k = {}^tF a_k,$$

$$g_k = {}^tG p_k$$

- (3) 各絵画の色彩的特徴を UF 空間上に写像する。

$$g_k = {}^tG p_k$$

印象が類似した画像は、図 3.3-6 の統合特徴空間上で近い点に写像されていると考えて良い。同様に、類似したイメージを表わす印象語 a_0 も、回帰 Λ により $g_0 = \Lambda {}^tF a_0$ で統合特徴空間上の近い点に写像されていると考えられる。

【感性検索】

- (1) 例示した印象語 a_0 を、線形写像 F, Λ により UF 空間に写像する。

$$g_0 = \Lambda {}^tF a_0,$$

Λ : 相関係数を対角要素とする行列,

tF : F の転置行列.

- (2) 印象語 a_0 と絵画 k の UF 空間上での距離 d_k を求める。

$$d_k = |g_0 - g_k|$$

- (3) 小さい d_k から順に、利用者が示したイメージに合致する絵画の候補とする。



図 3.3-7 感性検索の例
(ロマンチック、ソフト、暖かい)

図 3.3-7 に印象語「ロマンチック、ソフト、暖かい」を満たすような色彩の絵画を検索した結果を示す。視覚的印象のモデルは、色彩特徴（カラーの局所自己相関、カラーヒストグラム）と印象語との相関分析で作成したが、上位の候補の多くは、例示された印象語にかなり良くマッチしている。

3.3.5 感性強化の実際例

3.3.5.1 生理的レベルでの感性強化

本節では、人間の初期視覚における生理学的な特性の知見に基づいて、人間の知覚の能力（具体的には視認性）を向上させるような画像フィルタの構成法を紹介する。

視認性を良くするためのフィルタは、画像処理の分野では画像強調と呼ばれ長い研究の歴史を持つ。

従来のフィルタの構成法の考え方は2つに整理できる。

- (a) 対話的・試行錯誤的な画像の変換
- (b) 統計的な性質に基づく画像の変換

前者は Photoshop 等のソフトウェアでよく利用される手法である。画素の値（輝度、色）の各値をどのように修正するか、入力（変換前）と出力（変換後）の対応関係をグラフの形で利用者が定義する。視認性が良くなるまで、このグラフの形を繰り返し修正する。グラフの形状の自動的な設定などは考慮されていない。

後者では、画素の値のヒストグラムに注目したヒストグラム平坦化法が強力であると

言われている。これは、与えられた画像の輝度分布（一般にはダイナミックレンジに片寄りがあり、輝度は一つまたは複数のピークの辺りに数多く分布する）を、どの輝度の出現頻度も等しくなる様な一様分布形に近付ける変換である。通常、与えられた画像の輝度の平均値周辺に分布が集中する傾向にあるため、平坦化をかけることによりそのような集中がバランス良く分散され、結果としてコントラストが改善される。

我々は、ON-center 型・OFF-center 型の 2 種類の側抑制機構と、明るさ（杆体細胞）やカラー（錐体細胞）に対する S 字型の応答特性及び順応との関係に着目し、側抑制機構の役割と必然性を説明する数理的なモデル（我々は、逆 S 字型変換と呼んでいる）を構築した。

視覚受容器の性質として、刺激に対して逆の作用を示す働き、即ち、拮抗型の反応特性（側抑制と呼ぶ）を示す機構があることが知られている。これは、ある点が刺激を受けて興奮作用を起こすと、その周辺の点が逆に抑制作用を起こす様な機構であり、中心－周辺拮抗作用とも呼ばれる。刺激に対する正負の興奮により、ON-center 型、及び OFF-center 型の 2 種類がある。また、興奮点が n 個ある場合には、各抑制効果の加算性が成り立つことが示されている。

側抑制機構における ON-center 型応答と OFF-center 型応答は、様々な明るさの背景の下で、注目点の近傍のコントラストを局所並列的に強調するメカニズムであると考えられる。

側抑制機構の数理モデル（逆 S 字型変換）を用いて濃淡画像の強調処理を試みた。眼底写真を対象とした画像強調の結果を図 3.3-8 に示す。比較のために、画像強調手法の中でも効果が高いと言われているヒストグラム平坦化法による強調結果を同時に示す。

ヒストグラム平坦化法では、元々輝度変化の細かい原画像に対して、局所領域の特性を考慮せず大域的に強調を行うため、非常に不自然な結果となっている。また、このような手法は、人間の視覚特性とは無関係に、画像の大域的な統計的分布にのみ基づいた手法であり、良い結果が得られてもその理由が生理学的に説明できない点にも注意すべきであろう。

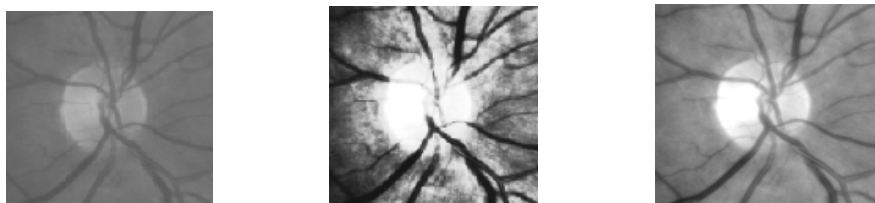


図 3.3-8 画像強調の対照実験

左：原画像 中：ヒストグラム平坦化 右：側抑制機構の数理モデル

側抑制機構の数理モデルに基づく処理では、暗い部分でのコントラストが向上し、暗部の細かな変化が認められる。同時に、相対的に明るい部分でのコントラストも強調された。結果として、明暗のコントラストが視野内の至る所で強調され、細かい部分の観察が容易になった。これ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ことを示している。

3.3.6 創出感性の実際例 感性コーディネーション

様々なレベルでの視覚感性における典型的な事例データを集積し、これを統計的に分析すれば、事例データ間の暗黙的な関係を発見できる。この関係を類似検索や感性検索に利用することも可能となる。

我々が試作したカラーコーディネータは、2色組み・3色組みの配色事例、および、典型的な配色の印象語データを対象に、類似の色彩（1色～3色）が使われた配色事例を検索する色彩検索、印象語からそれにふさわしい配色事例を検索する感性検索、および、これらを複合した連想検索機能を提供する感性データベースである。

カラーコーディネータは、さらに検索結果（配色事例）を必要に応じて加工・修正する仕組みを持つ。加工・修正では、様々なレベルでの視覚感性のモデルに基づきながら、利用者が示す拘束条件を満たすような「解」を求める。このような仕組みを感性コーディネーションと呼ぶ。

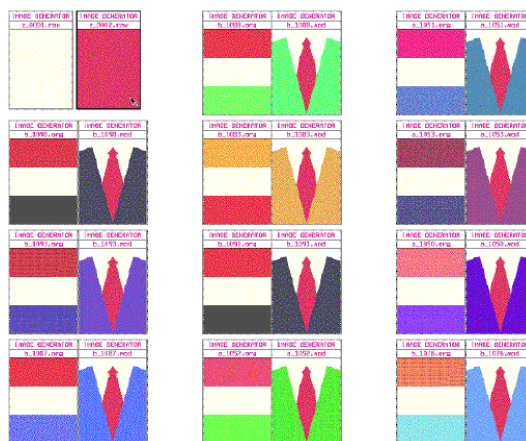


図 3.3-9 事例に基づくカラーコーディネイトの自動生成の例

図 3.3-9 の例では、利用者は自分が持っているネクタイとシャツの色を提示し、これとコーディネイトしやすいセーターの色を問うている。単に色彩検索だけでは、発見できる事例が少ない。連想検索により、印象語の面からも検索範囲を広げてコーディネイト

トしやすい事例を探している。さらにシステムは、こうして検索された類似の事例を参考に、実際に利用者が持つネクタイとシャツの色に合わせたセーターの色を提案している。これは、利用者が提示した色の拘束条件に合うように、3番目の色に加工を施した結果である。

3.3.7 感性工房

3.3.7.1 感性工学研究開発用ソフトウェアプラットフォーム

感性工学研究開発用ソフトウェアプラットフォームとして、我々は、以上に示したような感性情報処理技術（感性メディア技術）の研究開発と整備を行ってきた。現在、実験用のデータセットの作成も含めて、そのオープンソース化を進めているところである。

ソフトウェアプラットフォームで準備されている機能を紹介しよう（図 3.3-10）。

(1) 感性エージェントメカニズム

- ・利用者による入力機器の操作やサーバの操作を定常的にモニタし、図案、自然画像、テクスチャ、家具等の立体物を検索したり、オフィスなどの3次元空間のレイアウトを行う操作の中に各人による評価尺度の違いを発見し、これを自動的に計測するためのアルゴリズム。
- ・利用者による評価の事例が少ないことを自律的に検出し、事例を補うために利用者に能動的に問いかけるアルゴリズム。
- ・クライアント側に評価尺度のモデルを置きつつ、各利用者が各自の評価尺度に基づいて内容検索できるサーチエンジンのメカニズム。
- ・各サーバのコンテンツ・内部仕様の違いを意識することなく、壁材を扱う複数のサーバや家具を扱うサーバから求める情報を統一的に検索できる、複合コンテンツ検索のためのメカニズム。

(2) 感性コーディネーション

- ・検索すべき家具等の立体物やこれを並べるオフィスなどの3次元空間に関して、色彩や模様、形状などに制約条件のある場合に、全体として利用者の要求を満足させるように内容検索するアルゴリズム。

(3) 感性モデル化技術

- ・様々なコンテンツのカテゴリ（図案、自然画像、テクスチャ、家具等の立体物、オフィスなどの3次元空間）に対する主観的評価尺度を計測し、モデル化するアルゴリズム。
- ・また、上記それぞれの主観的評価尺度に基づいて、マルチメディアコンテンツを内容検索するアルゴリズム。

(4) 感性データベース管理システム

- ・想定する利用者の平均的な感性や、一人一人の利用者の（時間と共に変化する）主観的な評価基準そのものをメタデータとして動的に管理・共有し、種々のコンテンツを評価するアルゴリズム群を利用者の質問を解析して組合せ、データベースを運用したリ検索サービスを提供するためのメカニズム。

(5) 感性データベースのための多次元インタフェース技術

- ・イメージ語などの概念語間、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や消費者（顧客）等の利用者が空間的・直感的に観察し、理解できるように仮想空間上に展開して提示するメカニズム。
- ・仮想空間を利用したインタフェース上での利用者の自然な動作から、データベースへの操作要求や意図を抽出し、マルチメディア情報の提示方法を変更したり、データベース操作を起動するためのメカニズム。

(6) 高精度入力・提示・加工技術

- ・工業デザイン関係等のコンテンツを素材（実世界）から高精度にデジタル化してマルチメディアデータベースに取り込むための技術、また、利用者に微細な変化や微妙な違いを正確に知覚できるように、デジタル化されたコンテンツを提示するための技術。
- ・カラー画像に対する心理学的知見に基づいて、これを工学的に利用可能な形にモデル化し、利用者（消費者）の主観的な嗜好・基準・目的に合わせて色彩の構成を動的かつ適応的に変更する技術。

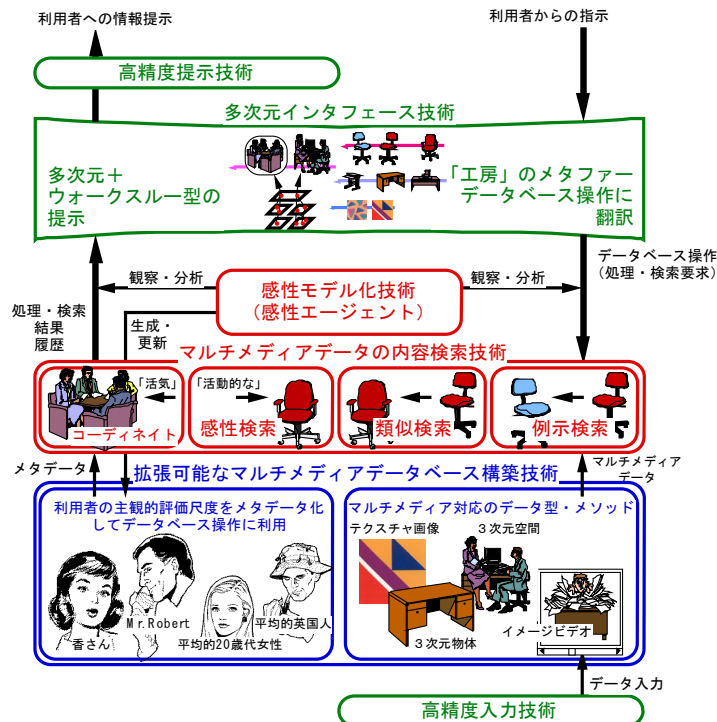


図 3.3-10 ソフトウェアプラットフォーム（感性工房）の機能構成

3.3.7.2 感性工房の応用 デザイン支援システム

我々は、これらのモデル化の枠組み・アルゴリズムを実証的に評価するために、複数のデザイナーと顧客とが共同作業的にデザインを進める、新しいデザイン支援システムを例題にプロトタイピングを行っている。意匠のデザインやコーディネートは、知的でかつ創造的な作業である。このような作業の過程では、

- ①過去の事例も含めたデザインに関する幅広い情報の収集
- ②顧客やデザイナーが考える感性的な観点からの情報の整理や取捨選択
- ③顧客や共同作業するデザイナー間での感性的な意見のすり合わせ

が必要である。これらの準備の下に、

- ④顧客の意向に沿った具体的な造形
- ⑤顧客へのプレゼンテーション

が行われる。一からデザインを起こす場合、上記の準備段階に全工程の 70～80%程度の時間が費やされることが多い。

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

我々は、広視野角大型スクリーンを利用したメディアルームの開発を進めている。この上に、デザイナーが顧客と共にオフィス家具をデザインし、また、オフィスを天井・壁紙・絨毯と総合的にコーディネートするデザイン支援システムを試作している（図 3.3-11）。

「感性工房」は、近未来のデザイン工房を想定したシステムである。これを利用することで、利用者（＝デザイナー）は工業デザインのさまざまな過程を効率良く進めることができる。

デザイナーは、顧客から「感性的な表現」でオフィス家具やオフィスのコーディネートの仕事を受注する。次いで、イメージ語や参考となる写真、図案、図面などをキーとして、関連する資料を自動的に収集してこれを閲覧、イメージを膨らませながら実際に適切な家具を選択したり、部品を組合せて設計する。このような家具を仮想空間上に構成したオフィスに配置してコーディネートすると共に、顧客にプレゼンテーションして結果の確認を求める。また、顧客からのより細かい要求の変更を受けて、その場でデザインやコーディネートの修正を即座に行う（図 3.3-11）。

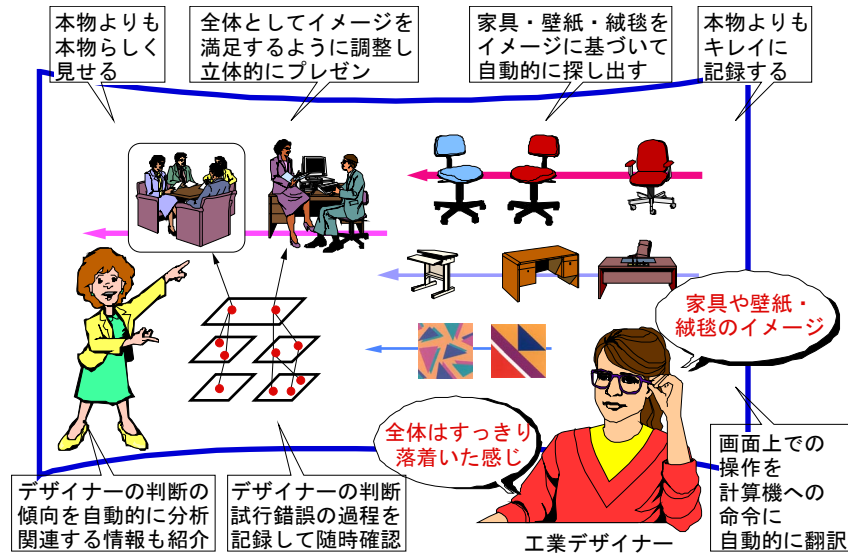


図 3.3-11 感性デザイン支援システムのイメージ

「感性工房」は創造的な活動の生産性を高めると共に、消費者参加型の商品設計・生産に道を開くものである。

我々が取り上げた例題「工業デザイン」は、マルチメディアデータベースを利用しながら行う感性的な創造活動の典型例に相当する。対象とするコンテンツを変えれば、同様のフレームワークで、個人対応のショッピングカタログなどの印刷物の作成、情報機器・家電製品・自動車などのデザイン設計、都市計画や建築物の外観設計等にも適用できる。

3.3.8 感性工学の重要課題

以上のような感性の工学的なモデル化の到達点をふまえつつ、ここでは、感性工学が次に取り組むべき重要な技術課題を、私見も交えて紹介する。

3.3.8.1 感覚のチャネルのマルチモーダル性

人間の感性には、各感覚のチャネルの特性に強く依存して知覚する面と、複数の感覚のチャネルを統合して知覚する面がある。人間に複数の感覚チャネルが存在することをマルチメディア性と考えれば、複数の感覚チャネルを統合して総合的に解釈することはマルチモーダル性に対応付けられる。視覚に関する感性の階層的モデル化技術等を踏まえて、聴覚・触覚等の様々な感性を階層的にモデル化（マルチメディアに対応）し、さらに、多感覚感性を統合したマルチモーダル感性モデルに基づく感性メディア技術確立することが多感覚感性メディア技術の中心的な課題となろう。

このようなマルチモーダルな感性のモデル化は、個別の感覚のチャネルのモデルとその足し算だけでは難しい。学習すべき場合の数は、加算ではなく、乗算で効いてくるからである。統計的学習によりモデルの構築を図る場合、被験者の心理的なストレスの許容する範囲内で、「知覚の戦略」も含めて効率よく学習するアルゴリズムが必要となる。

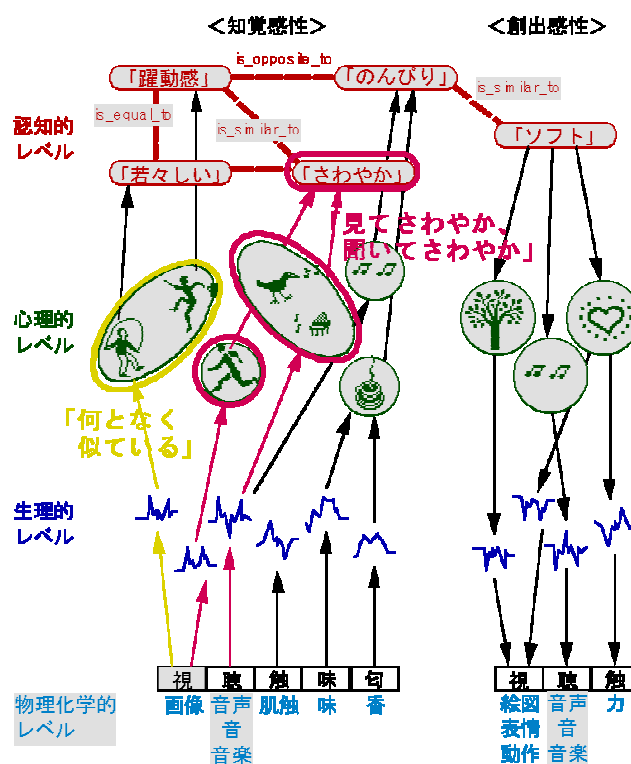


図 3.3-12 感性のマルチモーダル性と感性変換

感性構造のマルチモーダル性の必要な典型的な場面・応用例を考えよう。感性の状態を言語で表現する場合、人間は、例えば、「爽やか」という本来は皮膚感覚の言葉を、視覚的な刺激（写真・絵画など）や聴覚的な刺激（音楽など）にも用いる。このような複数の感覚にまたがった表現を自然に行う感性の構造の解明と、人間からのメッセージの解釈への利用等が考えられる。

マルチモーダル性が工学的に重要な例として、感性変換がある。感性変換とは、マルチメディアで構成されたデータやメッセージを、ある特定の、あるいは個々の利用者にとって感性的に等価（近似）な別の表現に変換することである。これには図 3.3-12 にみるように、同種メディア間での感性メディア変換、即ち、物理・生理・心理・認知的レベルそれぞれでの類似のパターンに置換える場合や、異種メディアにまたがって変換する場合、即ち「見てさわやか、聞いてさわやか」を実現するような変換の場合があ

る。前者は、データベースからの類似事例の検索結果を加工（再編集）する場合に有効であり、後者は、高度な感覚代行のための有力な手法になりうると期待される。

3.3.8.2 感性的コーディネイト過程のモデル化

知覚における感性のマルチモーダル性は、創出過程では感性的なコーディネイト戦略に相当する。

優れた工業デザイナーは、全体としてある所望のイメージを実現するために、多数の「部品」を組み合わせる。例えば「躍動感」というイメージを与える机・いす・壁・床・天井を組み合わせても、「躍動感のあるオフィス」は構成できない。全体として「躍動感」を与えるためにはどうするのか？専門家が経験を通じて修得している戦略を、効果的にモデル化する必要がある。

複数の要因が増えれば増えるほど、可能性の数は乗算のオーダーで増え、従って、「組み合わせの爆発」が起こりやすい。学習に必要な計算量、学習結果に基づく感性シミュレーションに必要な計算量を抑えながら、コーディネイトを実現する必要がある。最近研究が進んでいる、カオスニューラルネットによる最適組み合わせ問題の解法が、有力な手法になりうるのではないかと期待している。

同時に、このようなモデル化を、膨大な数の回答データに基づいて行うのであれば被験者（＝利用者）にとって「アンケートの爆発」が生じて、実際的ではない。被験者の心理的なストレスの許容する範囲内で、かつ、できるだけ普遍的な形で進めるための仕組みも必要である。

3.3.8.3 感性のモデル化の方法論：

感性研究の出発点において、我々は（多分にイメージ的に）西欧的な要素還元論的な世界観ではなく、東洋的な総合的な世界観からのアプローチが必須であると考えていた。

夢中に進めてきた我々の「感性研究」は、振り返ってみると、結局、要素還元論的な手法に終始してしまったのではないかと反省している。では、産業的にも意味のある「総合的な世界観からのアプローチ」とはどのようなものであるべきか？あれこれの言葉の遊びではなく、工学的・具体的・普遍的な手法として定式化することが出来るか？ここに次なるブレークスルーが求められていると考えている。

3.4 ナレッジマネジメントと IT

3.4.1 はじめに

ナレッジマネジメントとは、ナレッジワーカーが強力な IT (Information Technology: 情報技術) の助けを借りながら、企業の営存 [14] の価値を高めるようなナレッジを、創造・共有・再利用するプロセスを合理的にスピード化、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 [2] から分析されることが多い。本章では、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 IT がどのようにナレッジマネジメントに貢献できるか、21 世紀知識産業を創出する IT ビジネス展開について提言する。具体例として、国立大学でのナレッジマネジメントの実践事例も紹介する。最後に、日米の IT 格差の根源に関する問題提起を行い、ナレッジマネジメント格差解消の縁としたい。

3.4.2 ナレッジマネジメント

近年、知識に関する組織論と IT が融合し、知識の創造・共有・再利用に関する IT 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, 3, 5, 17, 18, 19, 25] 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 [23, 24] を端緒とし、トーマス H. ダペンポートの組織論研究 [2] をベースとし、実践的 IT が根づいている欧米を中心に進展してきた。

野中は「知識創造企業」[24] で、マイケル・ポラニーの暗黙知の理論 [28] 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」[3] の重要性を喚起している。これに対して、ダペンポート [3] 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。

3.4.3 IT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IT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。IT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。これら各種ツールを著者らのカテゴリ[16]で分類したのが、図3.4-1である。

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2000年での市場規模予測はほぼ50億ドルを越えると言われている。

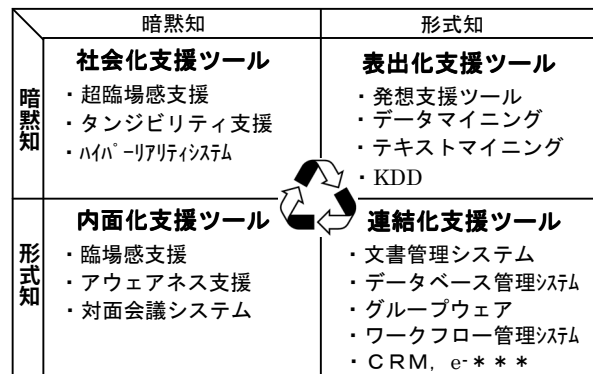


図 3.4-1 知識スパイラル支援ツール体系

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が登場してきた。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 Site Server 3.0 上に構築された KnowledgeSpace であろう。

表 3.4-1 関連 WWW サイト [29]

企業名	URL 名
日本 IBM(株)東京基礎研究所	http://www.trl.ibm.co.jp/projects/s7000/pgindex/kmgt.htm
NEC(株)	http://www.sw.nec.co.jp/Star/SK/
(株)NTT データ	http://www.knowhowbank.com/
アサーアンダーセン	http://www.knowledgespace.com/index.htm
コンパックコンピュータ(株)	http://www.compaq.co.jp/solution/km/index.html
(株)ジャストシステム	http://www.justsystem.co.jp/km/index.html
マイクロソフト(株)	http://www.microsoft.com/japan/dns/knowledgemgt/
ロータス(株)	http://www.lotus.co.jp/home.nsf/topframe
(株)日本総合研究所	http://www.jri.co.jp/pro-eng/kwh/chisiki/workshop97/sld001.htm

3.4.4 AI による支援

トマス・ダペンポートの近著[2]によると、ナレッジマネジメントを支援する AI 関連技術としてデータマイニング、知識レポジトリ、事例ベース推論、制約ベース推論、エキスパートシステム [35] に注目している。このそれぞれについて活用状況を概観しよう。

最も注目されるのが POS データや金融データへのデータマイニング技術の適用である。データマイニングは知識発見プロセスの最初の部分であり、図 3.4-2 に示すように、様々なデータ前処理をした上で、機械学習や統計手法を適用して、意味のあるパターンやルールを見いだす。問題は膨大な生成されたパターンやルールの中から、人間にとって理解可能な有意なものをフィルタリングできるかどうかにかかっている。

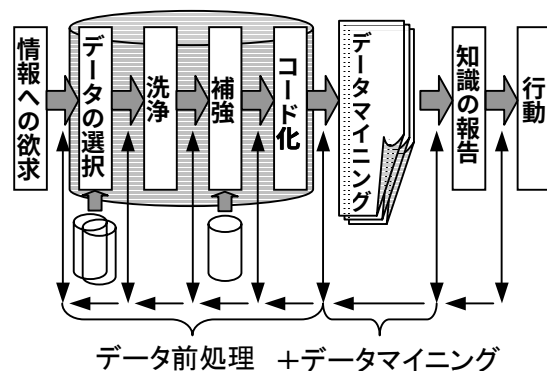


図 3.4-2 知識発見の工程 [35]

同様のアプローチがマーケティング、医療データベースや遺伝子データベース分野で利用されて、多くの成功事例が報告されている。なおこの延長上の技術として、インターネット上の膨大なテキスト情報から必要な情報を探索するテキストマイニング技術が注目されており、そのナレッジマネジメントへの適用可能性が検討されている。

文献[2]では、「優れたシソーラスがオンライン知識レポジトリに本質的である」と主張しており、組織が興味をもつ用語体系（知識レポジトリ）を利用した情報検索ツールの有用性を強調している。このような研究は、人工知能研究者にとってオントロジー工学 [20] の重要性を喚起している。キーワードの部分一致に基づく高速情報検索アルゴリズム技術はほぼ確立し、情報検索研究の次なるターゲットはシソーラス検索、意味検索、内容検索、連想検索 [8, 27]、類似検索 [22] 技術に移っている。そこでの

主要研究課題はドメインオントロジーをいかに確立するかということと、キーワードベクトル法 [34] を中心とする統計的フィルタリング技術の確立と、そのナレッジマネジメントへの適用である。

事例ベース推論、制約ベースシステム、エキスパートシステムについては、ここでは紙数の関係で、同一のカテゴリで論じる。膨大な事例ベース推論、制約ベースシステム、エキスパートシステムが開発され、その成功例も多々報じられているが、現在も運用されているのは、そのうちの数%にしかすぎない。解くべきタスクや伝えるべきコミュニケーションがフォーマルに近い領域、(例えばワークフロー管理システム [31]、稟議支援システム) では、確実にそのデジタル化、IT 化が推進しつつある。しかしながらインフォーマルタスクやインフォーマルコミュニケーションを支援する領域では、ナレッジマネジメントまで視野にいれると、形式知のみならず暗黙知まで伝達しなければならず、そのために解決すべき研究課題はあまりに多いのが現状である。アウェアネス [7, 33]、タンジビリティ [6] を手掛かりに、暗黙知まで伝達すべきナレッジマネジメント支援環境の研究がやっと開始し、21 世紀知識社会を支える基盤整備研究が、先端的研究機関で行われている。

3.4.5 実践事例報告

執筆者は、日本で初めての国立大学院大学 JAIST (北陸先端科学技術大学院大学) の教授になって、9 年経った。この間、情報科学センター長や知識科学教育研究センター長も併任した。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 IT に密接に関連する話題を取り上げたい。

(1) JAIST 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き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。執筆者も最初の半年間、車の免許を持っていなかったのも、毎夜タクシー帰宅の有様であった。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、いつまで立っても埒があかない。山の中の大学院大学



図 3.4-3 JAIST シャトルバス

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」を執筆者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」という話を聞き、このナレッジのもつ重要性に気づいた。そこで執筆者は「財源は教官の校費負担、関係者全員掛け捨て保険に入る」という名案を思いつき、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を経て、現在本学の本予算の中で地元の鶴来駅と JAIST の間をピストン往復するシャトルバス（図 3.4-3 参照）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。またシャトルバスに接続する電車路線への居住者増の影響で、利用者も毎年のように増加している。

(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執筆者は事務局長、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大いに賛同した。1995 年 10 月の教授会で、情報科学センター長である執筆者が出席していなかったにも係わらず「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。酒の席での発言が執筆者に振りかかってきた。そこで執筆者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おり、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う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 CERES の詳細は文献 [13, 30, 31, 32] 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う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 CERES [32] を構築した。

(4) WWW アウェアネスシステム WebCoordinate

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 [21] である。このシステムの有効性は遠隔レビュー等で確認[4]された。富士通北陸システムズと JAIST との間で特許申請も行い、2000 年 3 月 20 日には商品化され、既に十数件のユーザに販売済みである。地元の大学や各社の WWW の教育システムとして好評発売中である。

(5) 連想検索型サーチエンジン

執筆者が富士通国際研にいたとき、拙研究室の渡部は Keyword Associator[34] というキーワードベクトルに基づく連想検索型サーチエンジンを研究開発した。これはインターネットのニュースグループから関連度の高いニュースを情報探索する世界で初めてのサーチエンジンで、今年から富士通のテキストマイニングツールとして商品化された。この研究に勇気づけられ、JAIST でもこの研究の改良研究を続けている

が、なかでも図 3.4-4 に見られるように、顧客のニーズに関連する専門研究を行っている研究者を探すキーワードベクトル等に基づく連想検索システムの研究 [8] がナレッジマネジメントには有効との指摘がある。

実際、石川県の会社の方が県内の大学、公設研究機関の研究者のアンケート結果に基づき、共同研究の相手を探すシステム [27] に適用し、それなりの成果をおさめた。

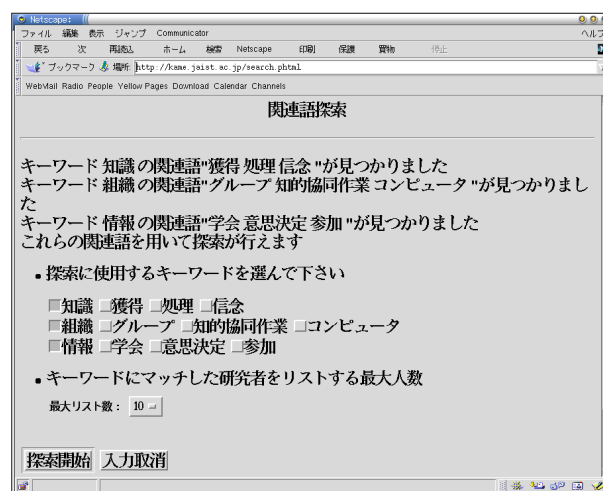


図 3.4-4 関連語に基づく連想検索システム

(6) 意思決定支援グループウェア

執筆者は第 5 世代プロジェクトの一環として、専用ワークステーションである Prolog マシン PSI 上に、主観的評価法 AHP に基づく意思決定支援グループウェア GRAPE[15] を研究開発した。これは同一の意思決定木のもとにグループメンバーそれぞれの衆知を結集し、合意形成を促進するグループウェアである。JAIST ではこのアイデアをあたため、汎用ワークステーション SUN やパーソナルコンピュータ Windows 上に各種の意思決定支援グループウェア [9] を研究開発している。なかでも加藤の合意形成支援グループウェア Group Navigator [10] は互いに異なる価値観の人々が感度分析に基づく価値観のすり合わせをし、合意形成を促進するという機能を持つ

(図 3.4-5)。評価実験によると、意思決定の知的生産性を倍以上向上するという注目すべき成果を得ている。なおこのソフトの一部はフリーソフトウェアとして、石川県工業試験場の加藤により公開されており、既に 23 機関に導入利用されている。

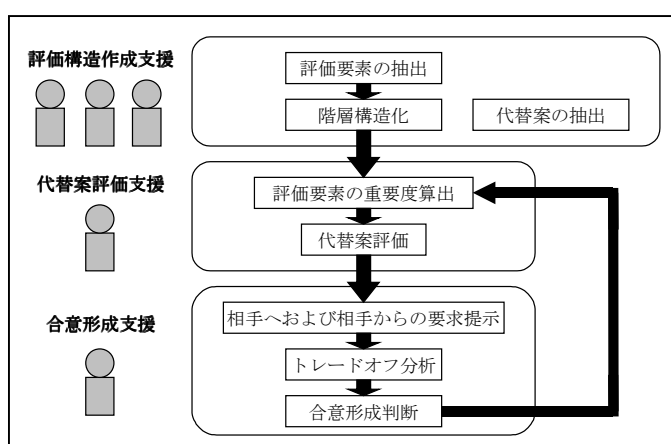


図 3.4-5 グループ意思決定支援システムの流れ

3.4.6 実践事例からの教訓

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 [23] 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、問題の本質を掘み、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、近年 i-モード、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の自尊心を傷つけない秘書等への自動転送メールシステムも導入した。
- 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せる情報共有、知識共用、ノウハウ共有システム [11、12] 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・アルツハイマー症を防ぐ必要がある。
- 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 [16] 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倍以上向上させる合意形成支援グループウェアの研究開発 [10] に成功している。

3.4.7 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 IT フロンティア計画 Bluebook2000 等を通して、米国は 1990 年代に入って IT 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、極めて効率的な利益の出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 IT 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 IT 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コード化戦略であろう。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 IT 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 マイル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、英語教育を含めた IT 教育立国にするため、な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、日本では 4000 円かかるが、アメリカでは VOD 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。更にビジネスモデル特許でこの格差が広がる傾向にある。
- 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、IT時代に適した参画型の行政制度に改正すべきである。
- 8) **プロジェクト会計制度の見直し：**米国の政府支援研究開発においては効率重視のマネジメント [26] が可能で、通年度会計や費目間流用の規制緩和等の実施による事務処理負担の大幅な軽減が図られている。これにより、プロジェクト実施期間中、予算の次年度への繰越し、支出の次年度への繰越し、費目の振り替えを自由に行うことができる。

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] T. H. Davenport and L. Prusak: Working Knowledge, Harvard Business School Press, 1998.
- [3] Diamond Harvard Business: 「特集」ナレッジ・マネジメント、1999年9月号.
- [4] 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.
- [5] ビル・ゲイツ：思考スピードの経営、日本経済新聞社、1999.
- [6] 石井裕他：タンジブル・ビット—情報の感触・情報の気配、NTT出版、2000.
- [7] S. Ito and S. Kunifuji: Supporting Conversational Awareness in Text-based

Conference System, Proceedings of KES' 2000 Vol.1, University of Brighton, pp. 221-224, 31 August, 2000.

- [8] T. Kanai, J. Li, and S. Kunifuji: Related Document-based Information Filtering Applied to the Association Model Information Retrieval System, Proceedings of KES' 2000 Vol.1, University of Brighton, pp. 225-228, 31 August, 2000.
- [9] 加藤直孝、中條雅庸、國藤 進: 合意形成プロセスを重視したグループ意思決定支援システムの開発、情報処理学会論文誌、Vol. 38, No. 12, pp. 2629-2639, 1997 年 12 月.
- [10] 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.
- [11] 門脇千恵、爰川知宏、山上俊彦、杉田恵三、國藤 進: 情報取得アウェアネスによる組織情報の共有促進、人工知能学会誌、Vol. 14, No. 1, pp. 111-121, 1999 年 1 月号.
- [12] 門脇千恵、國藤 進、中川健一: Web での協同作業を支援するアウェアネス技術、bit、共立出版、2000 年 8 月号、pp. 2-7.
- [13] 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.
- [14] 北川敏男: 情報学の論理、講談社現代新書、1969.
- [15] 國藤 進: 知識獲得支援グループウェア GRAPE、郵政省電気通信局電気通信技術システム課監修「マルチメディア時代のグループウェア」、オーム社、pp. 165-176、1993 年 11 月.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] J. Liebowitz and T. Beckman: Knowledge Organizations -What Every Manager Should Know-, St. Lucie Press, 1998.
- [19] J. Liebowitz (Ed.): Knowledge Management Handbook, CRC Press, 1999.
- [20] 溝口理一郎: オントロロジーの基礎と応用、人工知能学会誌、Vol. 14, No. 6, pp. 977-988, 1999 年.
- [21] 中川健一、國藤 進: アウェアネス支援に基づくリアルタイムな WWW コラボレーション環境の構築、情報処理学会論文誌、Vol. 39, No. 10, pp. 2820-2827, 1998 年 10 月.
- [22] 野村直之: ナレッジマネジメントの実践動向と技術評価について、人工知能学会誌、pp. -、2001 年 1 月号.
- [23] 野中郁次郎: 知識創造の経営、日本経済新聞社、1990.

- [24] I. Nonaka and H. Takeuchi: The Knowledge-Creating Company, Oxford University Press, 1995.
- [25] 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.
- [26] 内田俊一、牧村信之: 国の資金による IT 研究開発における仕組みや法制度に起因する研究環境の日米格差について、情報処理、Vol. 41, No. 10, pp. 1168-1173、2000 年 10 月.
- [27] 奥野博之、堀井 洋、加藤直孝、敷田幹文、國藤 進: 企業ニーズを研究シーズに関連づける情報探索システムの試作、人工知能学会研究会資料 SIG-FAI-9901-36, pp. 69-174, 1999.
- [28] マイケル・ポラニー著、佐藤敬三訳: 暗黙知の次元ー言語から非言語へ、紀伊国屋書店、1980.
- [29] 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.
- [30] 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.
- [31] 敷田幹文、門脇千恵、國藤 進: フローに連携した組織内インフォーマル情報共有手法の提案、情報処理学会論文誌、pp. - 、2000 年 10 月号.
- [32] 敷田幹文、門脇千恵: ナレッジマネジメントに向けた実世界ワークフローシステムの開発と運用、人工知能学会誌、pp. - 、2001 年 1 月号.
- [33] R. Sakamoto and S. Kunifuji: Collaborative World Wide Web Browsing System through Supplement of Awarenesses, Proceedings of KES' 2000 Vol. 1, University of Brighton, pp. 233-236, 31 August, 2000 .
- [34] 渡部 勇: 発散的思考支援システム Keyword Associator、計測自動制御学会合同シンポジウム論文集、pp. 411-418、1991.
- [35] 山口高平: ナレッジマネジメントと AI 関連技術 (招待講演)、人工知能学会研究会資料 SIG-J-9901-14, pp. 65-68, 17 Dec. 1999 .

3.5 音声情報処理のトピックスとプロジェクトの展開

最近の音声情報処理に関連するトピックスや個々のプロジェクトを、音声認識の分野を中心に、具体的にピックアップして述べる。トピックスとしては、まず、アルゴリズムや手法の研究に関して、現在の主流である統計的手法に対するブレークスルーを目指す試みを、いくつか紹介する。次に、研究や開発に不可欠な、ツールやソフトウェアの整備状況について報告する。また、急速に広がりつつある音声認識の応用分野や製品をとりあげて、その傾向を探る。プロジェクトとしては、現在進行中のものを、日米欧それぞれについて、経過や背景を含めて述べる。最後に、研究やプロジェクトの今後の方向性を展望する。

3.5.1 手法・アルゴリズム

現在主流となっている音声認識のアルゴリズムは、隠れマルコフモデル (HMM) [1] をはじめとする統計的手法に基づくものである[2]。近年の音声認識ソフトウェアの実用化の急速な進展は、これに負うところが大きい。しかし、その進歩が収束しつつある今、新たなブレークスルーとなるような手法の開発を目指した研究が、活発に行われている。残念ながら今のところ、画期的な手法が発見されるには至っていないが、そのなかでも比較的まとまった潮流になりそうなものを、いくつかピックアップして紹介する。

3.5.1.1 独立成分分析(ICA)

独立成分分析(ICA)は、音源の数より多い本数のマイクを用意して収録した波形から、音源信号の統計的独立性に基づいて、信号を分離する手法である[3]。これを利用することにより、複数話者の音声混じっている環境から必要な音声を分離したり（いわゆるカクテルパーティー効果[4]）、ノイズ環境における認識精度の向上が期待される。研究報告としては、[5][6][7]などがある。

3.5.1.2 サポートベクターマシン(SVM)

サポートベクターマシン(SVM)は、サンプルのクラスを判別する空間を学習する手法であり、単層パーセプトロンの改良版ととらえることもできる。図 3.5-1 のように、サポートベクタと呼ばれる最前線のサンプルに基づいて、クラスを分ける最適な超平面を求める。VC 次元 (Vapnik-Chervonenkis dimension) に基づく尺度により、過学習の問題を回避できる利点がある[8]。これを音声認識に適用した研究としては、[9] などがある。

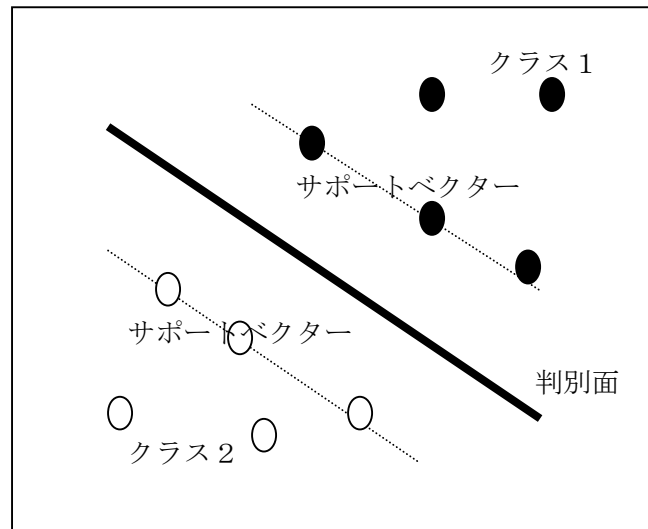


図 3.5-1 SVM の概念図

3.5.1.3 ベイジアンネット

ベイジアンネットワークは、命題や確率変数の間の依存関係を、条件付き確率を付加した有向グラフで表現したものである[10]。これは、HMM を一般化したものととらえることもでき、従来の HMM をベースとする手法からの性能改善が期待される。このような試みとして、[11] などがある。

3.5.1.4 HMM 音声合成

HMM を音声認識だけでなく音声合成にも利用しようとする試みも、数年前から精力的に研究されている[12]。合成音声の話者的特徴を変える（声質変換・話者変換・音声モーフィング）際に、パラメータの加工が容易になる利点がある。

3.5.2 ソフトウェア・ツール

音声情報処理の研究や開発を効率よく進めるためには、そのためのソフトウェアやツールが重要な役割を果たす。本節では、無償で入手できるものを中心に、いくつか紹介する。

3.5.2.1 IPA 日本語ディクテーション基本ソフトウェア

ディクテーションとは、新聞記事の読み上げのように、主として書き言葉的な文章を比較的正確に発声するタスクである。「IPA 日本語ディクテーション基本ソフトウェア」は日本における大語彙音声認識の研究開発のための、共通のプラットフォームを目指し、

情報処理振興事業協会（IPA）のプロジェクトとして、開発が行われた[13]。1999 年版の認識精度は、毎日新聞記事読み上げ音声（JNAS）の 20000 語彙のタスクにおいて、単語認識率 85～95% となっている。プロジェクトの終了後、「連続音声認識コンソーシアム[14]」が組織され、話し言葉への対応や、認識精度の向上、実環境への対応、Windows への移植、などの研究が続けられている。

3.5.2.2 擬人化音声対話エージェント基本ソフトウェア

コンピュータのユーザインタフェースとして音声を利用する場合、前節のディクテーションのように、人間が一方的に発声するだけでなく、音声合成も利用して、対話的なやりとりによって、目的を達成するようなシステムが望ましい。さらに、対話の具体的な相手として、画面上に、秘書のような人物（エージェント）が表示されると、よりユーザの親近感が増し、コミュニケーションの効率が向上する。

IPA の「擬人化音声対話エージェント基本ソフトウェア」プロジェクトは、そのような擬人化エージェント技術の実現を目指して、2000 年から 3 年間実施される[15]。それ以前の IPA プロジェクトとして開発された、大語彙音声認識技術（前節）及び、顔画像生成技術（感性擬人化エージェントのための顔情報処理システム）をベースに、対話音声認識、音声との同期が可能な顔画像合成・制御、対話音声合成、それらを統合するエージェント統合ソフトウェアの開発が行われる。

3.5.2.3 OGI CSLU Toolkit

OGI CSLU Toolkit[16] は、Oregon Graduate Institute の Center for Spoken Language Understanding において、NFS（The National Science Foundation）や DARPA（Defense Advanced Research Projects Agency）の支援を受けて開発された。これには、音声認識、音声合成、自然言語理解、顔のアニメーションなどのプログラムが含まれている。このうち音声合成のプログラムは、エジンバラ大の CSTR（Centre for Speech Technology Research）で開発された Festival であり、これは Edinburgh Speech Tools Library[17] としても配布されている。

3.5.2.4 CMU-Cambridge Statistical Language Modeling Toolkit

CMU-Cambridge Statistical Language Modeling Toolkit は、カーネギーメロン大とケンブリッジ大で開発された、統計的言語モデルを構築するためのツールである[18]。統計的言語モデルは、HMM とともに、現在確立されている音声認識手法の基本要素である。このツールキットには、n-gram と呼ばれる n 個の単語の連鎖統計を求めるプログラムが含まれている。通常の音声認識では、bigram（2連鎖）や trigram（3連鎖）が用いられる。

3.5.2.5 HTK

HTK (Hidden Markov Model Toolkit) は、HMM に基づく音声認識システムを構築するためのツールキットとして、使い勝手や完成度に定評があり、研究や開発に広く用いられている。ケンブリッジ大の Speech Vision and Robotics Group で開発され、米 Entropic Research Laboratory 社から販売されていたが、昨年 Microsoft 社が買い取って、ケンブリッジ大工学部 (CUED) にライセンスを返還し、無料で配布されるようになった[19]。

3.5.2.6 音声データベース

音声サンプルを収集したデータベース (コーパス) も、音声の研究や開発のための重要な要素である。特に、統計的手法においては、データベースの質と量が、その性能を決定すると言っても過言ではない。これまでは、ディクテーション向けの読み上げ音声を中心に収集が進んでいたが、近年は、認識対象の拡大に応じて、雑音環境、自由発話音声、会議音声、多言語、非母語 (ノンネイティブ) 話者、子供や老人話者、などを扱ったものが増えてきている。各々についての詳細は省略するが、日本語の音声データベースの一覧は[20]で参照できる。

3.5.3 アプリケーション

ここ数年の間に、統計的手法が確立され、かなり高い精度で大語彙音声を認識することが可能となったことにより、音声認識の応用範囲も急速に拡大してきた。

ここで、現在の音声認識技術の水準を振り返っておくと、認識精度は、(雑音環境やマイクの設置方法や発声のしかたなどにも依存するので、一概には言えないが、) 概数として、数万語彙の書き言葉的文章の読み上げに対して、約 80~90% といったところである。また、対話的なタスクの意味処理に関しては、予め想定された状況や意味の遷移に対して、フレームのスロットを埋めていくといった手法が主となる。従って、人間を相手とするときのような高度な意味理解は期待できない。

このような制約のもとで考えられる主な応用分野は、下記のように分類される。

- ・ 意味処理を必要としないもの：ディクテーションなど。
- ・ 状況が限定されるもの：パソコンのユーザインタフェースや、秘書・案内システムなど。
- ・ 必ずしも正確な応答を必要としないもの：ゲームや玩具など。

本節では、それらのなかから目立った動きをとりあげて紹介する。

3.5.3.1 検索への応用

意味理解を必要としない点で、音声による検索は、制約条件に合った応用分野と言える。音声認識により、予め文字情報に変換すれば、従来のテキストベースの検索手法が適用できるが、音声や画像の特性を活かしたマルチメディア向きの検索手法の研究も、活発に行われている[21]。その場合に、画像認識技術なども統合したマルチモーダル検索システムの構築を目指す研究が多い[22]。また、非母語話者を含む多言語話者による検索に適した手法の研究も行われている[23]。検索対象としては、音声データを含むコンテンツとして、放送や映画を扱うものが多い。また、音声ではないが、音楽の検索も手法的に関連のある分野である[24]。

3.5.3.2 テレビ放送への応用

ディクテーション技術の応用のひとつとして、TV ニュースの字幕の生成がある。米国 CNN 放送などの字幕では、人間がリアルタイムにタイピングして入力しているが、日本語の場合は、熟練した人でも、ほぼ不可能である。

NHK では、2000 年 3 月から 7 時のニュースで、音声認識を利用したリアルタイム字幕化を行っている[25]。予めニュース原稿を与えるなどの工夫により、実用的な認識精度に近づけている。ただし、比較的話し言葉に近いニュース解説などに対しては、認識精度の低下が起こる。

3.5.3.3 パソコン等のユーザインタフェースへの応用

意味処理における状況が比較的限定できるタスクとして、パソコンの OS やアプリケーション GUI の代替としてのコマンド処理を行うものがある。

Microsoft Office の時期バージョンである XP¹には、音声認識が標準搭載されることになっている。上の HTK の項にも見られるように、Microsoft 社は、音声認識技術を将来のユーザインタフェースの柱のひとつとして重要視しており[26]、この他にも、Microsoft Agent と呼ばれる音声対話エージェントを開発し、配布している。またシャープでも、IBM の音声認識ソフト ViaVoice をベースとした対話エージェントを開発し、パソコンに同梱するなどして販売している[27]。これ以外でも、音声合成ソフトやディクテーションソフトが、多くのパソコンにバンドルされるようになってきている。

また、エージェント以外の案内システムとしては、従来のカーナビ等に加えて、電話応答によるコールセンター向けの音声認識システムなども多数販売されるようになってきている。

¹ それ以前は Office 10 と呼ばれていた。

3.5.3.4 玩具やゲームへの応用

2年ほど前から、音声合成装置を内蔵したペットロボットが多く見られるようになってきた。また、ソニーのAIBOの2世代目には音声認識も搭載できるようになっており[28]、今後、このような製品が増えると予想される。玩具に限らず、ホンダ等に代表されるヒューマノイドロボットのブームも、近年の大きな話題であるが、これらにも音声対話技術が組み込まれていくと考えられる。

家庭用ゲーム機のソフトでも、音声認識の普及は目覚しく、「シーマン」のようにELIZA風の会話を行うものから、麻雀やサッカーゲームなどに応用が拡大してきている。

この分野は、認識誤りがある程度許容できるという点で、必ずしも最先端の音声認識技術を必要としないが、人間とのコミュニケーションによって新たな語彙や知識を獲得したり、人間にとって自然な会話を実現するなど、認知科学的研究の進展と連動していく可能性がある。また、従来から、音声認識の応用の一般への普及を阻んでいる要因のひとつとされる、初心者音声認識に対する心理的抵抗感を、低減する効果も期待できる。

3.5.3.5 その他

これら以外に、今後の応用が広がる分野として、携帯機器がある。機器の小型化のためには、入出力デバイスの大きさの点で、ユーザインタフェースに音声のみを使うのが、最も有利であると考えられる。

携帯電話には、これまでも、登録した電話番号を検索する単語音声認識が組み込まれたものがあったが、今後は、さらに操作全般や電子メールなども応用が進むと予想される。PDA(Personal Data Accessory)についても同様であり、例えば、米Palm社が音声認識会社と提携するなどの動きが見られる[29]。また、試作段階ではあるが、携帯用音声翻訳装置も発表されている[30]。

また、電子協のプロジェクトなどにより今後の進展が期待されるユビキタスコンピューティングにおいても、音声によるユーザインタフェースが重要な要素となる。

3.5.4 プロジェクト

次に、現在進行中のプロジェクトを、日米欧それぞれについて述べる。

3.5.4.1 米国における音声認識プロジェクト

米国における音声認識プロジェクトは、1970年代から主としてDARPAを中心に進められてきた。また、AT&TやIBMなどでも、独自に研究が進められてきた。ここではまず、「Blue Book (Information Technology) 2001」に挙げられているものを紹介し、次にDARPAのプロジェクトについて述べる。

(1) Blue Book 2001 より

「Blue Book」では、NIST が DARPA や NSA と共同で開発したベンチマークテストが取り上げられている。ラジオやテレビのニュース放送のような、語彙制約の少ない音声の準リアルタイム認識などを対象とした新しい情報抽出の尺度やテスト法が、昨年度までに実現され、今年度も開発が続けられる。また、NSA では特に、電話における会話音声の認識や話者認識を対象とした開発を行っている。

(2) DARPA の音声認識プロジェクト

DARPA は、NSF とともに米国における政府主導の研究開発の中心的役割を担ってきた。音声認識に関しても、継続的に大規模なプロジェクトを立ち上げ、MIT や CMU などの大学や、BBN や SRI といった研究会社を組織して、研究の主流を方向付けてきた。ここでは、そのプロジェクトを、過去からの経過を含めて述べる。

まず、1970 年代の「音声理解プロジェクト」において、HearsayII や Harpy などが開発され、言語処理まで含めた音声認識システムの実用化の可能性が初めて示された。その後しばらくして、1980 年代後半からの一連の「第 2 期音声理解プロジェクト」においては、プロジェクトごとに共通の課題となるタスクを設定し、認識率の競争を行うことによって、研究の進展を促してきた。1987 年～1991 年の「Resource Management」においては、船の輸送や配置のような小規模なタスクにおける不特定話者連続音声認識を対象とした。この頃から CMU の SPHINX に代表されるような、HMM に基づく手法が主流になった。次に、1990 年～1994 年の「ATIS (Air Travel Information System)」タスクにおいて、航空券予約のデータベース検索などを行う音声対話システムが研究された。また、1991 年～1996 年の新聞記事読み上げ音声の認識タスクにおいて、Wall Street Journal や North America Business News といった新聞記事を対象とした大語彙ディクテーションシステムが研究され、統計的言語モデルの有効性が示された。その後、1995 年～1999 年に、CNN などのニュース放送音声を対象としたタスクにおいて、より自由な発話の認識の研究が行われた。そして、1999 年からは、「Communicator」[31]と呼ばれるプロジェクトが始まり、擬人化エージェントを対象とした音声対話システムの開発を行うとともに、API の共通化やライブラリの配布による研究のプラットフォームを目指している。

3.5.4.2 欧州における音声認識プロジェクト

欧州における情報関係の大規模プロジェクトとして、ESPRIT プロジェクト[32]があり、現在、第 5 期目が実施されている。この中に、音声情報処理に関係するものも多く含まれている。代表的なものとしては、1988 年～1993 年に実施された SUNDIAL[33]があり、電話回線を用いた音声対話システムの研究が行われた。欧州における研究は、欧州統合などの社会状況を反映して、多言語音声を扱うものや翻訳関係に特徴がある。

3.5.4.3 国内における音声認識プロジェクト

国内における現在進行中のプロジェクトからいくつか取り上げて紹介する[34]。

1983 年から開始された ATR（国際電気通信基礎技術研究所）は、近年の日本の音声認識における代表的プロジェクトである。その傘下で、音声翻訳通信研究所における、限定されたタスクでの自然な話し言葉の音声翻訳技術の開発、人間情報通信研究所における、聴覚機構や発声機構の研究、知能映像研究所における、人間と機械とのコミュニケーションに関する研究など、多くの成果をあげてきた。現在は、音声言語通信研究所[35]において、それらを発展させた研究が続けられている。

名古屋大学統合音響情報拠点（CIAIR）[36]は、1999 年度から文部省 COE プログラムとして開始された。音情報に関する先導的研究の拠点として、実環境における頑健性やデータベースなどの研究が進められている。

「大規模コーパスに基づく『話し言葉工学』の構築」プロジェクト[37]は、科学技術庁の科学技術振興調整費に基づき、国立国語研究所、郵政省通信総合研究所、東京工業大学を中心として、1999 年度から開始された。学会発表やスピーチのような比較的自由的なタスクでの独話を主体とした大規模話し言葉コーパスの構築や、その認識・理解・要約などの研究が行われている。科学技術振興調整費では、この他に「ヒトを含む霊長類のコミュニケーションの研究」が、1997 年度から開始されている。

この他に、文部省科学研究費による「音声言語情報処理技術を用いた語学 CAI」や、科学技術振興事業団（CREST）による「発声力学に基づくタスクプランニング機構の構築」「聴覚の情景分析に基づく音響・音声処理システム」などの研究が行われている。また、先に述べた IPA のプロジェクトや言語資源共有機構（GSK）[38]などにおいて、研究用ツールやデータベースの整備が進められている。

3.5.5 プロジェクトの方向性

これまでに述べてきたような音声認識研究の現状をふまえて、今後のプロジェクトの方向性を展望してみる。

先に述べたように、統計的手法が確立されて、その後 10 年以上大きな展開が見られない状況を考慮すると、今後のプロジェクトとしては、現在確立されている技術を利用して、それを改良・発展させたり、新たな応用を探ったりする方向と、新たな手法や枠組みを発見していく方向とに、2 極化せざるを得ないと思われる。

現在の技術の延長線上で発展させていく際の常道は、前述の DARPA のプロジェクトに見られるように、目標とするタスクの設定を段階的に拡張していく方法である。すなわち、ニュースや新聞の読み上げ音声を対象としたタスクから、講演会のスピーチ、複数話者の会議、パーティーでの日常会話、といった拡張や、雑音等の環境の種類の拡張、

多言語や老人・子供といった話者の拡張、などがある。

新たな技術を開発する方向としては、HMM に代る学習・識別アルゴリズムの研究や、意味や概念や常識といった本質的に困難な認知科学的研究、MRI や PET などの計測技術や脳科学の進歩に基づく聴覚や発声などの生理的研究などがある。

前者の方向は、比較的見通しも立てやすく、予算に応じた着実な成果が期待できるが、画期的な進展の可能性は少ない。後者は、成功すれば画期的なブレイクスルーにつながる可能性はあるが、効果的な成果が得られない可能性も大きい。従って、現実的な施策としては、前者に予想される効用に応じた予算を付け、後者に広く浅く予算を付ける、ということになる。しかし、本来の方向性である熱気のある研究状況をつくりだすためには、脳科学や、音情報、知識発見、感性的コミュニケーション、といった、音声の分野としての枠を破るような大きな枠組みでの展望を考えることが課題となっていくであろう。

参考文献

- [1] 中川「確立モデルによる音声認識」、電子情報通信学会 (1988).
- [2] 「人間主体の知的情報処理技術に関する調査研究 III」AITEC (2000).
- [3] A. J. Bell, T. J. Sejnowski “An information maximization approach to blind separation and blind deconvolution,” Neural Computation No.7 (1995).
- [4] J. Blauert. “Spatial Hearing: The Psychophysics of Human Sound Localization,” MIT Press (1983).
- [5] J. H. Lee, H. Y. Jung, T.W. Lee et al, “Speech Feature Extraction Using Independent Component Analysys,” Proc. ICASSP 2000, Vol. III, pp.1631-1634 (2000).
- [6] Y. Blanco, S. Zazo, J. Paez-Borralló, “Adaptive Processing of Blind Source Separation thorough ‘ICA with OS’ ,” Proc. ICASSP 2000, Vol. I, pp233-236 (2000).
- [7] H. Saruwatari, S. Kurita, K. Takeda, et al. “Blind Source Separation Based on Subband ICA and Beamforming,” Proc. ICSLP 2000, Vol. III, pp. 94-97 (2000).
- [8] V. Vapnik, “The Nature of Statistical Learning Theory,” Springer-Verlag (1995).
- [9] A. Ganapathiraju, J. Hamaker, J. Picone, “Hybrid SVM/HMM Architectures for Speech Recognition,” Proc. the 2000 Speech Transcription Workshop.
- [10] D. Poole, “Probabilistic Horn Abduction and Bayesian Networks,” Artificial Intelligence, Vol.64, pp.81-129 (1993).
- [11] T. Stephenson, H. Bourlard, S. Bengio, et al. “Automatic Speech Recognition

- Using Dynamic Bayesian Networks with both Acoustic and Articulatory Variables,” Proc. ICSLP 2000, 01212 (2000).
- [12] 益子, 徳田, 小林, 他「動的特徴を用いた HMM に基づく音声合成」、信学会論文誌, J79-DII, 12 (1996).
- [13] 河原, 李, 小林, 他「日本語ディクテーション基本ソフトウェア (99 年度版)」、音響学会誌、Vol. 57, No. 3 (2001)
- [14] <http://www.lang.astem.or.jp/CSRC/>
- [15] <http://www.ipa.go.jp/STC/dokusou.html>
- [16] <http://cslu.cse.ogi.edu/toolkit/index.html>
- [17] http://www.cstr.ed.ac.uk/projects/speech_tools/
- [18] <http://svr-www.eng.cam.ac.uk/~prc14/toolkit.html>
- [19] <http://htk.eng.cam.ac.uk/>
- [20] http://db.ciair.coe.nagoya-u.ac.jp/dbciair/speech_corpus.htm
- [21] 柏野, スミス, 村瀬「ヒストグラム特徴を用いた音響信号の高速探索法—一時系列アクティブ探索法—」、信学会論文誌、Vol. J82 D-II No. 9 (1999).
- [22] 岡「Cross Multi-media における音声の“認識”とは?」、音響学会春期講演論文集 pp. 77-80 (1999).
- [23] 田中, 児島, 富山, 他「言語に共通な音声符号系とその音響セグメントモデルの作成」、音響学会春期講演論文集、pp. 191-192 (2001).
- [24] <http://www.rwcp.or.jp/press-release/press00-20.html>
- [25] 安藤「ニュース音声自動字幕化システム」、信学会技術研究報告 SP2000-102 (2000).
- [26] <http://research.microsoft.com/srg/>
- [27] <http://www.sharp.co.jp/liquiy/liquiy02.html>
- [28] http://www.jp.aibo.com/whatsaibo/ers_210_sound.html
- [29] <http://www.zdnet.com/zdnn/stories/news/0,4586,2626961,00.html>
- [30] 大淵, 北原, 小泉, 他「マイコン向け音声認識技術を用いた携帯型音声通訳機」、信学会論文誌、Vol. J83 D-II, No. 11, pp. 2309-2317 (2000).
- [31] <http://fofoca.mitre.org/>
- [32] <http://www.cordis.lu/esprit/home.html>
- [33] <http://www.newcastle.research.ec.org/esp-syn/text/2218.html>
- [34] 小特集「音声研究の新たな方向を探る」、音響学会誌、Vol. 56, No. 11 (2000).
- [35] <http://www.slt.atr.co.jp/>
- [36] <http://www.ciair.coe.nagoya-u.ac.jp/>
- [37] <http://www.crl.go.jp/pub/nlp/CFP/540.html>
- [38] <http://tanaka-www.cs.titech.ac.jp/gsk/gsk.htm>

3.6 デジタル図書館の目指すもの

3.6.1 はじめに

1990年代に入り、コンピュータの性能の向上とともにマルチメディア機能や大容量メディアを用いて作られる電子出版物が非常に多くなった。一方、インターネットの爆発的普及は、様々な情報資料へのオンラインアクセスを非常な勢いで拡大させてきた。こうした背景の下、世界各国において情報流通性を高めるためのプロジェクトやデジタル図書館の研究開発が国家レベルで推進されてきている。

情報技術の研究分野という観点から見ると、明らかにデジタル図書館は情報技術の応用の研究分野である。その意味では、デジタル図書館の研究には、何らかのコンテンツ (Contents) と情報技術 (Computing と Communication) とを組み合わせるという観点、利用者の性質や環境なども含む実地的な利用環境における情報技術の適用性や利用性の観点が要求される。また、知的財産権や電子商取引といった領域とも隣り合わせの分野である。

一方、実際の図書館サービスや情報サービスの研究開発の観点から見ると、情報技術の変化に伴う出版環境と利用者環境の進化に適合したサービスを提供するために、どのような新しい要求があるかを知り、「使える」新しい情報技術によって新しいサービスを実現していくことが求められる。利用者の第一の情報アクセスポイントがインターネットにつながれた端末になってきており、しかもその端末が利用者の知的作業の場、すなわちデスクトップになっている。そのため、必要な資料を、ネットワークを介して利用者のデスクトップに届けることが図書館には求められる。また、教育の場でのネットワークの利用の広がり、生涯学習や遠隔教育のように学校に出向かずに行う教育や学習活動の広がりが期待されており、そうした環境を支える重要な機能としてデジタル図書館が求められている。

メタデータがインターネット上での情報流通やデジタル図書館を支える重要な要素として認められている。メタデータは、単純にはデータに関するデータ (Data about Data) と定義される。インターネットやデジタル図書館環境では、必要な情報資源を探し、探した資源が利用可能かどうか調べ、その資源にアクセスして利用し、必要に応じて料金を支払うという作業を全てネットワーク経由で行うことになる。また、利用される情報資源の単位が1件の記事であったり、1枚の写真であったりすることもある。一方、提供者側の立場からは長期に渡って情報資源を蓄積管理する必要もある。こうした作業において必要とされるのが情報資源に関するいろいろな特性を表すメタデータである。インターネットやデジタル図書館環境においては、応用目的に合ったメタデータ基準を利用できること、複数のメタデータ規則を組み合わせで利用できることが求めら

れる。さらに、いろいろな規則に基づいて作られるメタデータ間での相互利用性が求められる。これは、標準として与えられたメタデータ規則のみならず応用毎に（草の根的に）決めたメタデータ規則を利用することと、異なる規則の下に作られるメタデータをできるだけ相互に利用可能にすることが求められることを意味する。こうした要求にこたえるためにはメタデータ規則を登録し公開するサービス（メタデータレジストリ）が求められる。

以下、本節ではデジタル図書館の研究開発に関する概観とメタデータに関して述べる。前者に関してはアメリカの Digital Library Initiative を中心に述べる。後者については、インターネット上での情報資源の発見を目的として開発されてきた Dublin Core Metadata Element Set を中心に述べる。最後に、デジタル図書館の研究開発に求められることについて筆者自身の観点から考察を試みる。

3.6.2 デジタル図書館の研究開発の概観

デジタル図書館分野の研究開発は大きく分けると、情報技術指向のものと、図書館などのコンテンツ提供者をベースにした実サービスの開発を指向したものに分けることができる。もちろんその間とでも言うべきものもある。

(1) デジタル図書館の研究開発助成プログラム

デジタル図書館分野の研究助成プログラムは欧米で活発に進められている。これまで、アメリカにおいては NSF、DARPA、NASA 他によるデジタル図書館研究助成プログラム Digital Library Initiative (DLI、Phase 1 と 2) [1]、NSF による教育指向のデジタル図書館研究助成プログラム National SMETE Digital Library (NSDL)¹が進められてきている[2]。DLI-1 から DLI-2 になって、研究助成母体に議会図書館や人文基金(NEH)、医学図書館 (NLM) が参加したこともあり、DLI-2 では、よりコンテンツと情報技術を結びつけた研究が強調されているように感じる。また、DLI-2 では国際間共同研究プロジェクトを推進するため、NSF-JISC (イギリス)、NSF-DFG (ドイツ)、NSF-DELOS (EU) といった国際共同研究助成プログラムを進めている²。一方、NSDL は教育環境における情報技術やデジタルコンテンツの活用を進めることを目的として進められている。これは、現在、大学において生涯学習や遠隔教育等が将来に向けたキーワードとなっていることを考えると、長期的な観点からは大きな可能性を持つプロジェクトであると思える。

¹ SMETE は Science, Mathematics, Engineering and Technology education の頭文字。数学、科学技術、工学分野の教育を指向する。

² JISC はイギリスの大学における図書館や情報環境を管轄する政府組織。DFG はドイツにおける政府の研究助成機関。DELOS は IST プログラムによる助成の下で進められているもので、デジタル図書館の研究促進を進めるプロジェクト。

NSF では President's Information Technology Advisory Committee (PITAC) のレポート[3]に基づいて開始された Information Technology Research (ITR) と呼ぶ大規模な研究助成を進めている[4]。ITR は情報技術全般をカバーする研究助成プログラムである。DLI は ITR と NSDL の間にはさまれてしまった感があるが、異分野を結びつける取り組みであること、国際間での協調的助成を進めようとしていることなど、特色ある研究助成プログラムであることは疑えない。付録に DLI-2 のプロジェクト一覧、NSDL の一覧を示す。

ヨーロッパにおいても同様に研究助成が進められてきている。イギリスでは Electronic Library Program (eLib) が進められてきている[5]。アメリカの DLI が計算機科学寄りにスタートしたのに対し、eLib は図書館寄りの研究助成である。また、1998 年に始められた EU による第 5 フレームワークでは、Information Society Technologies (IST) プログラムの中でこの分野が研究助成されている[6]。

一方、我が国においては、IPA による大規模な資料のデジタル化プロジェクトや IPA-JIPDEC による次世代電子図書館システムプロトタイプの研究開発プロジェクトは進められてきているが、DLI などのように情報技術とコンテンツやコンテンツサービスを結びつける広がりをもつ研究開発助成プログラムは進められてきていない。

デジタル図書館の実現には多様な情報技術を総合的に利用する必要がある。したがって、情報技術指向のデジタル図書館研究プロジェクトを見ていると非常に多様な要素技術が含まれている。個々の情報技術の研究の重要性は当然のこととして、コンテンツと要素情報技術の組み合わせに重点をおくこと、実環境における提供実験に重点を置くことがデジタル図書館の研究プロジェクトの特徴と言えよう。たとえば、DLI-2 の大規模なプロジェクトの場合、コンテンツに関する研究者と情報技術の研究者によって作られた研究チームによって、コンテンツと情報技術を組み合わせた研究がいくつも見られる。こうした点がこの分野の特徴と言えよう。

(2) 図書館をベースにしたデジタル図書館開発

具体的な取り組みは、大学図書館や国立図書館を中心に学術情報を中心として進められてきている。インターネットへのアクセス支援などの分野を中心として公共図書館での取り組みも進められている。図書館（あるいは同様な機能を持つ組織）をベースにしたプロジェクトは直接サービスに結びつくものであり、電子的に出版される資料をも含めて多種多様なデジタル資料を提供することが主になっている。特に、学術雑誌を中心に電子出版が進んでいるため、図書館のサービスとして電子雑誌を提供することやデータベースを提供することが進んでいる。こうした電子出版物の提供のほかに、現在進められている図書館での主要な活動には、資料（主として、歴史資料や貴重資料）の電子化と提供、インターネット上のいろいろな情報資源へのナビゲーションのためのメタデータの蓄積と提供がある。また、デジタル資料の長期保存や納本の制度とそれを支える

技術、デジタル図書館間の相互利用性、デジタル資料に関する知的財産権の管理制度とそれを支える技術といった問題は、デジタル図書館を長期に渡って実際に運営していく上での重要な問題として認められ、取り組まれている。

図書館で開発したデジタルコレクションをいかに使いやすくするか、いかに利用性を高めるかということも図書館における取り組みにおける重要な話題である。学校や大学での教育に加え、遠隔教育、生涯学習といった教育と学習の機会の広がりを支える上でデジタル図書館は重要な役割を果たすことが期待される。たとえば、資料の電子化を行うだけではなく、デジタル化した資料の教育利用を促進するための取り組みも、「使えるデジタル図書館」を実現する上では重要な要素である。

(3) 情報資源の新しい流通環境への取り組み

プレプリントやテクニカルレポート、学位論文等、以前は通常の商用流通ルートにはのらなかった資料の電子的な蓄積が進み、ネットワーク上で検索し資料にアクセスできるようになってきている。こうしたサービスの間でメタデータの共有や相互利用を進めるプロジェクト Open Archives Initiative (OAI) が進められている[7]。これまでは、こうした学術資料を提供する個々のサービス（レポジトリ）ごとに検索利用しなければならなかったのに対し、OAI の取り組みにはレポジトリ間の横断的な検索やメタデータを利用したいろいろな付加価値サービスの可能性を持っている。

一方、出版社や学会等から出版される学術雑誌の電子化が進展するとともに、各出版社が WWW 上で抄録を含む書誌情報を無料で検索できるようなサービスを提供している。また、雑誌記事間の参照関係の提供や、従来の雑誌タイトルを越えた仮想的な雑誌の提供といったサービスが行われようとしている。こうした新しい形態のサービスは利用者の情報アクセス行動パターンをこれまでとはまったく違ったものにしてしまう可能性を持っている。

(4) メタデータに関する取り組み

前に述べたようにメタデータはインターネットやデジタル図書館における重要な要素である。インターネット上における情報資源の発見のためのメタデータとして開発されてきた Dublin Core、教育向けの情報資源のためのメタデータである IEEE-LOM[8]や IMS[9]、電子商取引を指向した Indecs[10]、インターネット上の情報資源の倫理的な内容の記述を指向した PICS[11]など、メタデータに関するいろいろな取り組みがある。また、WWW コンソーシアムでは、多様なメタデータに対応するためのメタデータ記述形式である Resource Description Framework (RDF) に取り組んできている[12]。また、WWW コンソーシアムの Semantic Web の取り組みはこれまでのメタデータへの取り組みを発展させたものといえることができる[13]。

デジタル図書館への様々な取り組みの中でメタデータを中心とするものにサブジェ

クトゲートウェイ (Subject Gateway) がある。サブジェクトゲートウェイは特定の分野の有用な情報資源に関する情報を提供するものである。サブジェクトゲートウェイの実現には対象分野において「有用な」情報資源を見つけ、そのメタデータを作成することが求められる。対象分野において「有用な」情報資源を見つけることとメタデータを作成することはともに現時点では人手に頼らざるをえず、この作業を支援する技術の開発が望まれる。

3.6.3 デジタル図書館の研究開発について

3.6.3.1 Digital Library Initiative

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-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) 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。さらに 2000 年にもプロジェクトが追加され現在にいたっている。

DLI2 のプロジェクトの中の総額 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。インディアナ大学ではマルチメディア機能を利用した Music Digital Library のテストベッド開発を行う。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。

3.6.3.2 図書館での活動

図書館での活動は大まかに分けて、(1) 既存の資料のデジタル化による保存と提供、(2) 電子的に出版される資料の提供、(3) インターネット上の情報資源に関する情報の提供による利用者の情報アクセス支援、(4) その他、ネットワーク利用環境や知的財産権、子供向け情報資源の整備等であろう。これまで、国立図書館や大学図書館を中心に開発が進められてきているが、教育（子供から大人まで）や地域の振興を考えると公共図書館での活動がもっと活性化してもおかしくないと思われる。

デジタル図書館に関する図書館ならではの話題としては、電子化資料の保存、特にもともと電子的に作られ出版された資料の長期に渡る保存の問題がある。この問題は納本図書館の役割を持つ図書館にとっては非常に重要な問題である。従来、図書館ではマイクロフィルムを用いて資料を保存するということが行われてきている。その観点からは、マイクロフィルムの代わりにデジタル媒体に変換していると言える。また、ネットワークを使って提供することで「保存とアクセスの両方を可能にする」ということは、ある種の決り文句でもある。一方、情報技術の進歩の速度が非常に早く、保存媒体の実質的な寿命が短いため長期に渡る資料の保存のために新しい媒体への移植を続けていくことが要求される。

保存の観点から性質が悪い資料は、もともと電子的に著述され、出版される資料 (Born Digital) である。たとえば、音声やビデオを含むハイパーテキストとして編集された CD-ROM の形で出版された資料を、長期に渡って「使える状態で」保存することを考えてみるとこの問題の大きさが簡単に理解できる。また、最近では、インターネット上に提供される資料にも長期保存の対象とすべきものが多くなってきている。この場合、ひとつのファイルがひとつの資料であるということは必ずしも言えないために「ひとまとまりの資料」をどのように矛盾なく収集するかということ、資料の閲覧のために plug-in ソフトウェアを要求されることがあることなど解決すべき問題が残されている。

3.6.3.3 その他の活動

インターネット上での学術情報資源の共有を進めるための取り組みが進められている。先に示した NSDL や Open Archives Initiative (OAI) はそれらのひとつであると言える。OAI は、共通のメタデータ規則やメタデータの Harvesting プロトコルなどを決め、利用者に対してリポジトリ間の違いをなくし、また付加価値サービスの可能性を高めることを目的としている。このプロジェクトはテクニカルレポート等を提供するための共通の基盤としての可能性を持つこと、またこれまでとは違った付加価値サービスを生み出す可能性を持つ。そのため、利用者の学術情報へのアクセス行動パターンに影響を及ぼす可能性を持っていると言えよう。

ネットワーク上での情報資源への効率的なアクセス環境を作り上げるには、情報資源を提供する組織間での協調的な取り組みが重要である。その観点からは OAI は良い例で

あると言えよう。また、先に述べたようにサブジェクトゲートウェイの実現はまだ人手による部分が大きくコストが高くつく。そのため、有用な情報資源を協調的に見つけることや、作成したメタデータの協調的な利用を進めることが求められる。その点ではヨーロッパでの Renardus や Imesh といったサブジェクトゲートウェイ間の協調を進める取り組みは大事な役割を持っていると思える[14][15]。

3.6.4 メタデータについて — Dublin Core を中心として

デジタル図書館やインターネット環境において情報資源を探し、アクセスし、利用するためには情報資源に関する情報を記述したデータ、すなわちメタデータが必要不可欠である。メタデータに関する取り組みはいろいろなコミュニティで行われている。筆者はここ数年 Dublin Core に関わってきた。以下では Dublin Core の現状を簡単に述べたい[16]。

3.6.4.1 概観

Dublin Core の開発はメーリングリストによる議論と年に 1、2 回開かれるワークショップでの議論を通じて進められてきた。最近のワークショップとしては、1999 年 10 月にフランクフルトのドイツ国立図書館で開催された第 7 回ワークショップ (DC-7) と 2000 年 10 月にカナダ国立図書館で開催された第 8 回ワークショップ (DC-8) があり、ここではこれらについて簡単に述べる。なお、第 9 回ワークショップは規模を大きくして東京の国立情報学研究所で 2001 年 10 月に開催する予定である[17]。

(1) DC-7 および DC-8 について

DC-7 での重要な成果は DCMI として推奨する qualifier を 2000 年 1 月までにアナウンスすることをアナウンスした点であった。qualifier とは、次項に示すように、エレメントの意味をより正確に示すために、エレメントの表す意味を限定、あるいはエレメントに表す値のボキャブラリや記述形式を表現するものである。このほかには、今後 Dublin Core の開発を続けていく上でのバージョン管理に関する議論、実応用に即した議論を進めるためのワーキンググループの設置等が DC-7 での主たる話題であった。

DC-8 は一般の参加者を受け付けた初めてのワークショップであった。これは、それ以前のワークショップが参加者を招待者に限っていたのに対してワークショップに対する要求が変化しだしてきたことを意味している。

(2) qualifier に関して

DCMES の基本エレメントのみでメタデータを表そうとすると意味が十分に詳しく表現

できないという要求が以前からあり、qualifier はかなり以前から議論されてきたものである。たとえば、論文の著者を著す場合、その人の「名前」、「所属」といったことを表したくなる。また、ある資料に関する日付を表す日付 (Date) エレメントを考えた場合、表されている日付が、この資料が「作られた日付」、「公開された日付」、「更新された日付」、「無効になる日付」などいろいろな可能性がある。したがって、こうした日付の種類を明確に表す記述方法が欲しくなる。また、主題 (Subject) エレメントの場合、表された主題語がどのような統制語彙、たとえば LCSH や MeSH、に基づいて表されているのかを書き表したい場合がある。このように要素の表す意味をより厳密にしたり、要素に与えられる値の範囲を制約したりするために用いられるものが qualifier である。DC-7 の後、エレメントを議論してきたワーキンググループから qualifier の提案が出され、それに関する投票が進められた。最終的な投票は DC-7 での計画より遅れ 2000 年 4 月に行われた。その後 qualifier の定義の表現方法を改め、2000 年 7 月に正式にアナウンスされた。

(3) バージョンに関して

現時点で基本 15 エレメントについてバージョン 1.0 と 1.1 がある。しかしながら、バージョン 1.1 はバージョン 1.0 の参照記述の表現を改めたものに過ぎないので、実質的には単一のバージョンしか存在していない。また、qualifier セットに関しても現時点ではひとつのバージョンしかない。しかしながら今後、利用経験が増えるにしたがってエレメントや qualifier の改訂の要求が出てくることが考えられる。長期に渡る Dublin Core メタデータの安定した利用を考えると、一貫したデータの利用を可能にするためのバージョン定義の必要性が認められている。現時点ではバージョンに関する DCMI での合意はまだ得られておらず、今後の議論によることになっている。

(4) 拡張エレメントに関して

応用分野によっては DCMES の基本 15 エレメントだけではカバーできない内容の記述が必要になる場合がある。たとえば、教育分野の資料の場合、ある資料がどのような学年、あるいは年齢の利用者に対するものであるのかを記述することが求められる。また、政府関係資料の場合、ある資料に係る役所、たとえば何らかの制度を所掌する役所の記述が求められる。ところがこうした記述に適したエレメントは基本 15 エレメントの中には含まれていない。こうしたエレメントを応用目的に基づくエレメントとして DCMI が認める (推奨する) エレメントとして承認する必要がある。たとえば、教育分野での利用のためのワーキンググループでは 2000 年 10 月にワーキンググループとしての提案書をまとめており、そこでは audience 他のエレメントと qualifier の提案を行っている。

(5) レジストリに関して

Dublin Core の利用が広がるにつれて応用毎の拡張（特に qualifier）や各国語での利用が進められている。こうした利用の広がりを支えるには DCMES の標準を与える参照記述、応用毎のメタデータ記述規則の特性と標準的規則との間の関係を定義する Application Profile、メタデータ規則の利用ガイド等をネットワーク上で簡単にアクセスできるようにする必要がある。こうした記述は Dublin Core に基づくメタデータの相互利用性を保つ上でも重要な役割を果たすことになる。また、新たにメタデータの蓄積を始めようとする組織が、応用毎に拡張された部分をも含めて既存のメタデータ規則を参照できることは、メタデータの開発を効率的に行うための助けとなるのみならず、メタデータの相互利用性を高める上でも有用であると期待できる。こうした記述規則等を登録し提供するサービスがレジストリである。こうした背景から DCMI の下にレジストリに関するワーキンググループが作られ、レジストリのための技術開発や RDF 等の既存技術を利用したレジストリ開発が進められている。我が国でもメタデータ開発があちこちで進められており、こうした開発を進める組織間での情報交換、相互利用性の促進のためにもメタデータレジストリの開発が必要であると思われる。

(6) エlementや qualifier の追加と今後の維持管理に関して

DCMI では新しい Element や qualifier の承認のために Usage Committee と呼ばれる委員会を作り、その委員会での投票を基に新しい Element や qualifier を承認することになっている。2000 年 7 月に行われた qualifier の承認の際には Advisory Committee 中のボランティアで Usage Committee を構成し、提案された qualifier の中から 2/3 以上の賛成を得られてものについて推奨 qualifier として承認した。今後は Usage Committee を独立した Committee として構成することになる。

一方、様々な地域や分野に根ざすコミュニティでの Dublin Core の利用が進むと、それぞれのコミュニティで新しい qualifier や Element が利用されることになる。こうした新しい要素を世界全体のコミュニティでの推奨される要素として承認するためのプロセスのモデルを明確化する必要がある。現時点では下の 3 段階によるプロセスを前提として今後の活動を進めていくことになっている。

第 1 段階：ある qualifier がローカルなコミュニティ（地理的に形作られるコミュニティ、応用分野毎のコミュニティ）の中で認知され、利用される段階。

第 2 段階：その qualifier がローカルなコミュニティからグローバルなコミュニティによる利用のために DCMI に提出され、グローバルなコミュニティにおける相互利用性のために推奨できるかどうかはわからないが、Dublin Core の qualifier として問題ないと DCMI によって認められた段階。

第 3 段階：その qualifier が DCMI の中に設けられた利用に関する委員会（Usage Committee）によって審査され、Dublin Core のグローバルなコミュニティとし

ての相互利用性のために推奨するに値すると判断した段階。

こうした段階に加えて *qualifier* の中には利用されなくなり、無効であるとされるものもでてくる。

コミュニティにおける新しい *qualifier* に関する合意の形成方法、それらのグローバルなコミュニティへの提案方法等、今後の実践の中で明らかになっていくものと思われる。たとえば、日本語で書くメタデータの場合、名前の読みは必要な情報であるが、現在の *qualifier* には含まれていない。同様に、日本 10 進分類 (NDC) を表すものもない。そこで「読み」や「NDC」を表す *qualifier* をグローバルなコミュニティで利用できるようにするには、日本語のメタデータを定義、利用するコミュニティを形成し、そこの議論を元に DCMI に提案する必要がある。

3.6.4.2 *qualifier* について

先に述べたように、基本 15 エlement は DC-5 で実質的に固定し、それ以降変更はされていない。*qualifier* に関して、第 6 回ワークショップ (DC-6, アメリカ議会図書館, 1998 年秋) では Dumb-Down 原理が提案された。これは、次のように *qualifier* を定義する際の原則を与えるものである。

Dumb-Down 規則：

qualifier を定義する場合、*qualifier* を含めて書き表したメタデータから *qualifier* を取り除いても値とエlement の間に矛盾が生じてはならない。

qualifier の種類には、Element Refinement と Encoding Scheme の 2 種類がある。前者はエlement の意味をより詳しく表すもので、後者はエlement の値の表現方法を明示するものである。たとえば、情報資源が作成された日付や出版された日付は Element Refinement にあたる。一方、日付を yyyy-mm-dd (年-月-日) のように表すための記述形式を指示する W3C-DTF や、LCSH や MeSH のように件名 (主題) を記述するための語彙を表す名前は Encoding Scheme と呼ばれる。

Element Refinement *qualifier* と Encoding Scheme *qualifier* のより詳しい定義を下の段落に示す³。

Element Refinement (エlement 詳細化) *qualifier*:

これは、あるエlement の意味をより狭く、あるいは特化させるものである。*qualifier* によって詳細化されたエlement は、より限定された範囲の意味を表すとはいえ、*qualifier* を用いずに書かれたエlement と共通の意味を持たねばならない。エlement の詳細化を意味する *qualifier* を理解できないクライアントの場合、*qualifier* を無視し、*qualifier* を持たないエlement、すなわちより広い意味を表すエlement としてその値を処理できねばならない。*qualifier* に関してエlement

³ この段落は資料[3]の当該個所の訳である。

詳細化の定義は公開されていなければならない。

Encoding Scheme (コード化スキーム) qualifier:

これは、エレメントの値の解釈を助けるために値のスキーム（体系、仕組み）を明示するための **qualifier** である。このスキームには統制語彙（**controlled vocabulary**）や、形式的記述形式あるいは構文解析規則が含まれる。したがって、**Encoding Scheme** を用いて表された値は統制語彙から得たトークン（たとえば、分類システムや件名標目から得た語）、あるいは形式的記述形式に適合するよう構成された文字列（たとえば、日付の標準形式として"2000-01-01"）である。ある **Encoding Scheme** をクライアントやエージェントが解釈できない場合であっても、そうした値は人間の読者にとって有用である。**Encoding Scheme** の定義記述は明確に示されねばならず、かつ公開されていなければならない。

DC-4 以来の **qualifier** に関する議論の中で、構造を持つ値を表す **qualifier** (structured value qualifier) を含めて議論がなされてきた。たとえば、ある人を表すためにその人の名前、所属、連絡先を組にすることが一般的に行われ、それに基づく **qualifier** も提案されてきた。しかしながら、最終的に structured value は **qualifier** から除かれることになった。

structured value を表す **qualifier** の場合、何らかの対象に関する要素情報を表すことになる。たとえば、「人」という対象の要素情報「名前」、「所属」、「連絡先」である。XML の形式を借りて例を書いてみると、

```
<Creator>
  <名前>杉本重雄</名前>
  <所属>図書館情報大学</所属>
  <連絡先>sugimoto@ulis.ac.jp</連絡先>
</Creator>
```

これを単純に内側のタグを取り除いて Dumb-down すると

```
<Creator>杉本重雄, 図書館情報大学, sugimoto@ulis.ac.jp</Creator>
```

のようになり、“図書館情報大学” が Creator と理解されかねない。一方、Element Refinement や Encoding Scheme の場合には、単に **qualifier** を除いてしまうことで Dumb-down が可能である。たとえば、

Element Refinement :

```
<Date><作成日付>2001-2-28</作成日付></Date>
→ <Date>2000-2-28</Date>
```

Encoding Scheme :

```
<Identifier scheme="URI">http://foo/bar</Identifier>
→ <Identifier>http://foo/bar</Identifier>
```

のようにできる。

表 3.6-1 に承認された qualifier の一覧を示す。詳しい意味については資料[17]を参照されたい。

3.6.5 デジタル図書館の目指すもの

ここではアメリカにおける研究開発活動を参考に、デジタル図書館の研究開発の目指すことに関して考えてみたい。

3.6.5.1 これまでの研究開発プロジェクトから

DLI は、従来あまり結びつくことのなかった計算機技術と何らかの分野のコンテンツとを結びつけることで新しい情報技術を生み出すことを目的として始められたものである。たとえば、DLI を推進している部門である NSF の Information and Intelligent Systems の前 Division Director の Y. T. Chien は、論文[18]の中で、ネットワークや情報技術の進歩によりコンテンツ (Contents) や協調作業 (Collaboration) が発展し、またそれによって計算機技術 (Computing) や情報通信技術 (Communication) が進歩するということに、互いに進歩を促進しあっていることを述べている。そうした中で人間の持つ様々な知識に基づき人間の活動を高める役割を果たす Knowledge Network のひとつとしてのデジタル図書館の研究について述べている。また、この論文の中では、DLI-1 の 6 プロジェクトに関心を持ちサポートした企業が Computing、Communication と Contents の分野にまたがっていることも示されており、これらの領域にまたがる学際的な取り組みの重要性が理解できる。DLI-2 において、計算機技術や情報通信技術はあまり持たないが、コンテンツを多く持つ議会図書館や人文基金、医療・保健衛生情報の分野で大きな役割を果たしてきた医学図書館が研究助成母体として参加したことからも、情報技術とコンテンツの総合的な視点からの取り組みを進めることの重要性に対する理解の広がりが見られる。

DLI に代表される技術寄りの取り組みとは別に図書館でのデジタルコレクションの開発や電子出版物の提供など、実際のデジタル図書館への取り組みも活発に行われてきている。たとえば、ミシガン大学図書館の例を見ると、資料の電子化によるコンテンツ開発にとどまらず、コンテンツと情報技術を組み合わせて実際に使えるサービスを提供することの重要性が良く理解できる[19]。また、OAI の取り組みに見られるように、必ずしも実際の図書館と直接の関係は持たないが、デジタルコレクションの蓄積と提供の取り組みが進められてきている。

3.6.5.2 PITAC によるデジタル図書館に関するレポートから

2001 年 2 月に PITAC から重要な分野として認められている医療・保健衛生と教育に

関して 3 つのレポート Transforming Health Care Through Information Technology, Digital Libraries: Universal Access to Human Knowledge, using Information Technology to Transform the Way We Learn が出された[20]。このレポートの中で、社会の構成員である全ての市民が情報化社会の利益を享受できるようにするために、Digital Library は中心的な役割を持っていると述べられている。また、このレポートの中で PITAC が Digital Library の研究として見出した重要な点として以下の点を挙げている。

- 1) インターネットで様々な情報資源にアクセスできるようになったとは言っても実際にアクセスできる情報資源の量は全情報資源の中のごく一部でしかない。様々な種類のデジタル図書館、特に大規模なデジタル図書館を開発し、実際に利用することで本当の進歩が期待できる。そのため、合衆国政府によるデジタル図書館の研究開発の推進が望まれる。
- 2) 政府機関の共同助成で進められた DLI、特に DLI-2 から理解できるようにデジタル図書館への関心は政府組織内にも広くある。また、NASA 等がデータを提供しそれに基づいて研究が進むなど、政府組織が持つ情報を広く提供することによる研究開発の進歩が見られる。こうした取り組みによる進歩をより進めるため、政府のより積極的な取り組みが求められる。
- 3) 図書館、博物館、美術館、文書館などはデジタルコレクションを長期に渡って保存していくという大きな問題に直面している。情報技術の進歩によって新しい情報媒体が現れ、そうした新しい媒体を用いて新しい資源がどんどん作られる一方、それらの保存が大きな問題になるというのは皮肉なことではある。しかしながら、米国議会図書館のレポート[21]にもあるように、デジタル形式で作られる学術的・文化的財産を長期に渡って保存していくことは、解決を進めるべき重要な問題である。
- 4) デジタル図書館を作り上げ、実際に利用できるようにするために知的財産権に関する取り組みが求められている。

上の認識を基礎に次のような勧告がなされている。

- 1) メタデータ及びその利用、大規模システムの実現可能性、相互利用性、アーカイブと長期保存、知的財産権、プライバシー、セキュリティ、および利用者による利用性に関する研究の拡大。
- 2) 政府助成によるいくつかの大規模なデジタル図書館プロジェクトの推進。
- 3) 政府によって作られたすべての公共目的のコンテンツをデジタル形式でインターネット上に永続的に提供するための政府による助成。
- 4) デジタル時代における知的財産権を適切に扱うための方策を決める上で合衆国政府がリーダーシップを取ること。

3.6.5.3 国内の状況を見ると — 協調的な取り組みの必要性

国内の研究開発プロジェクトの例を挙げ、デジタル図書館の取り組みについて少し見てみたい。

(1) Ariadne[22]

京都大学を中心に進められたもので、機械翻訳技術や図書の構造に基づく検索技術等を利用した電子図書館に関する研究を進めたものである。現在、京都大学附属図書館が提供している電子図書館の基礎となっている。

(2) NACSIS-ELS

学術情報センター（現、国立情報学研究所、NII）で進められた学術雑誌記事を電子化、提供するシステムに関する研究である[23]。システムの実用化が進められ、現在、日本の多数の学協会が出版する雑誌が NACSIS-ELS 上で提供されている。

(3) パイロット電子図書館システムと次世代電子図書館技術研究開発プロジェクト

国立国会図書館の協力を得て通産省が進めたパイロット電子図書館システム事業では情報処理振興事業協会（IPA）により、多種・大量の資料の電子化とそれを用いたパイロット電子図書館システムの開発が行われた[24]。それに続き IPA と日本情報処理開発協会（JIPDEC）により進められた次世代電子図書館技術研究開発プロジェクトでは、電子図書館を実現するための要素技術とそれを組み合わせた電子図書館プロトタイプシステムの実現が進められた[25]。

(4) 学術雑誌の出版支援システム

科学技術振興事業団による J-STAGE[26]と国立情報学研究所によるオンラインジャーナルプロジェクト(NACSIS-OLJ)[27]では、学会が雑誌を電子的に編集・出版し、流通させることを支援するシステムの開発が進められてきている。学会による出版物の電子的な出版と流通を促進する上で、こうしたサービスが重要な役割を果たすことが期待されている。

(5) 慶應義塾大学の HUMI プロジェクト

英国図書館とも共同し、グーテンベルクの 42 行聖書の電子化を進めている。新しい情報技術を用いて貴重資料を電子化し、単に見るだけではなく人文科学分野の研究にも利用できるように提供するための試みが進められている[28]。

(6) 国立国会図書館での取り組み

国際子供図書館での児童資料の電子的な提供に関する取り組み、電子図書館機能がひとつの柱となる関西館（2002 年開館予定）に向けた電子図書館への取り組みが進められている。たとえば、後者の場合、明治期の出版物（約 17 万冊）の電子化と提供、インターネット情報資源のメタデータの提供等がある。また、電子出版物の法定納本が開始されたこともあり、電子出版物の長期保存が重要な課題となっている。

(7) 国立大学を中心とする大学図書館でのデジタル図書館への取り組み

1996 年に出された学術審議会建議「大学図書館における電子図書館機能の充実・強化について」によって、大学図書館での電子図書館機能の推進が求められた。それに基づき、京都大学、奈良先端科学技術大学院大学、東京工業大学などをはじめとして電子図書館サービスの実現が進められている。そこでは各大学の特色も踏まえ、貴重資料の電子化、学内出版物の電子化と提供、サブジェクトゲートウェイ機能の提供など、いろいろな努力がなされている。また、電子ジャーナルの提供も進んできている。

以上のように、いろいろな努力がなされてきている。しかしながら、DLI や NSDL のような Contents, Computing, Communication と人間的要素にまたがる学際的取り組みは残念ながら数少ない。図書館でのプロジェクトでも情報技術の研究者との協力の下に進められているものは少ない。また、デジタルコンテンツやメタデータの開発には図書館間の協調的取り組みが求められると思うが、実際には図書館間の協調的な取り組みも活発であるとは感じられない。

また、メタデータの重要さは PITAC からのデジタル図書館に関するレポートでも取り上げられている。Dublin Core やサブジェクトゲートウェイなどメタデータに関する経験から、ボトムアップな取り組みを進めることと、そうした取り組み間での協調関係を作り上げることが重要であると感じている。たとえば、インターネット上には様々な応用があり、応用毎に必要な応じてメタデータ規則を作り上げることが行われる。一方でいろいろなところで作り出されるメタデータ間の相互利用性が求められる。相互利用性を得るにはメタデータの開発者やメタデータを基礎とするサービスの開発者の間での協調的な取り組みとそれを支えるための情報技術が求められる。国内の現状を見ると、協調的な取り組みが進められているとは思えない。

デジタル図書館の研究開発分野について書くとき、筆者は本稿をも含めたい場合、情報技術の研究開発からの視点と図書館における開発の視点を分けて書いてきた。これは両者の視点、ないしは両者で実際に行われていることの間にギャップがあると考えためである。前者の立場では新しい要素技術中心、もしくは統合的システムであってもプロトタイプまでの研究開発になりがちであるのに対し、後者の立場では「今使える」あるいは「落ち着いた」技術を用いてデジタルコレクションを開発することが中心になりがちである。こうしたギャップは当然のことであるとは言えるが、デジタル図書館の研究開発が目指すことはこのギャップをなくすことなのかもしれない。「隣の芝生」であるかもしれないが、アメリカでの取り組みに見られるような異分野の研究者による協調的な取り組みの必要性を感じる。また、コンテンツの専門家、図書館員や情報専門家、情報技術者、情報技術の研究者による協調的な実サービス開発の取り組み、そうした実サービスに使えるコンテンツを利用した新しい情報技術の研究が求められると感じる。

3.6.6 おわりに

この10年ほどの間に情報へのアクセス方法はすっかり変わり、ネットワークが必要な情報資源を探すための第1の入り口になってしまったといえる。たとえば、雑誌論文を探して読むのもインターネット経由であるし、何か探したければまずはGoogleでも使って検索、ということになっているように思う。一方、情報の発信方法も大きく変化し、これからもどんどんインターネット上での情報発信が増えていくことは疑えない。

PITAC レポートにもあるようにデジタル図書館は将来の情報社会の中で重要な役割を持つことは疑えない。デジタル図書館といっても従来の図書館を電子化したものにとらえる必要はなく、いろいろな情報や知識にアクセスするために我々の周りに整えられるべき環境、すなわち社会基盤 (infrastructure) であるにとらえればよい。そうした社会基盤を作って行く上で、コンテンツと情報技術を基礎にするデジタル図書館の研究がさらに求められていると感じる。

参考文献

- [1] “Digital Libraries Initiative Phase 2” <http://www.dli2.nsf.gov/>
- [2] “National Science, Mathematics, Engineering, and Technology Education Digital Library” <http://www.nsd1.nsf.gov/>
- [3] President’s Information Technology Advisory Committee Report to the President, Information Technology Research: Investing in Our Future, <http://www.itrd.gov/ac/report/>, 1999.2
- [4] Information Technology Research, <http://www.itr.nsf.gov/>
- [5] “eLib:The Electronic Libraries Programme” <http://www.ukoln.ac.uk/services/elib/>
- [6] “Information Society Technologies Programme” <http://www.cordis.lu/ist/home.html>
- [7] “the Open Archives Initiative” <http://www.openarchives.org/>
- [8] “IEEE Learning Technology Standards Committee” <http://grouper.ieee.org/groups/ltsc/>
- [9] “IMS Global Learning Consortium, Inc.” <http://www.imsproject.org/>
- [10] “Indecs Home Page” <http://www.indecs.org/>
- [11] Platform for Internet Content Selection, <http://www.w3.org/PICS/>
- [12] Semantic Web Activity: Resource Description Framework (RDF), <http://www.w3.org/RDF/>
- [13] Semantic Web Activity <http://www.w3.org/2001/sw/>

- [14] “The Resource Discovery Network (RDN)” <http://www.rdn.ac.uk/>
- [15] “Renardus: The Clever Route to Information” <http://www.renardus.org/>
- [16] Dublin Core Metadata Initiative, <http://dublincore.org/>
- [17] 杉本重雄 “Dublin Core について—最近の動向、特に qualifier について” 『デジタル図書館』 No.18, pp.36-48, 2000.7
- [18] Chien, Y.T., Digital Libraries, Knowledge Networks, and Human-centered Information Systems, Proc. of ISDL’ 97, pp.63-69, 1997.11
(<http://www.dl.ulis.ac.jp/ISDL97/proceedings/ytchien/ytchien.html>)
- [19] Price-Wilkin, John “Moving the Digital Library from “Project” to “Production”” 『デジタル図書館』 No.14, 1999.3, pp.26-62
- [20] Digital Libraries: Universal Access to Human Knowledge, President’s Information Technology Advisory Committee, Panel on Digital Libraries, 2001.2
- [21] LC21 A Digital Strategy for the Library of Congress,
<http://www.nap.edu/html/lc21/>, 2000
- [22] Nagao, M. “Multimedia Digital Library: Ariadne” ISDL’ 95 論文集, 1995.8, pp.1-4
- [23] 安達淳 “学術情報センターのデジタル図書館プロジェクト” 『情報処理』, Vol.37, No.9, 1996.9, pp.826-830
- [24] 藤原達也, 田屋裕之 “パイロット電子図書館システム事業概要” 『情報処理』, Vol.37, No.9, 1996.9, pp.836-840
- [25] Mukaiyama, H. “A Large Scale Component-Based Multi-media Digital Library System - Development Experience and User Evaluation” ECDL200 論文集, Springer (LNCS 1923), pp.336-339, 2000.9
- [26] “J-STAGE 科学技術情報発信・流通総合システム”
<http://www.jstage.jst.go.jp/ja/>
- [27] “オンラインジャーナルプロジェクト”
<http://www.nacsis.ac.jp/olj/index.html>
- [28] HUMI project, <http://www.humi.keio.ac.jp/>

表 3.6-1 DCMI Qualifier の一覧

(<http://purl.org/dc/documents/rec/dcmes-qualifiers-20000711.htm> より)

DCMES Element	Element Refinement(s)	Element Encoding Scheme(s)
Title	Alternative (別タイトル)	—
Creator	—	—
Subject	—	LCSH, MeSH, DDC, LCC, UDC
Description	Table Of Contents (目次) Abstract (抄録)	—
Publisher	—	—
Contributor	—	—
Date	Created (生成), Valid (有効), Available (利用可), Issued (発行), Modified (修正)	DCMI Period, W3C DTF
Type	—	DCMI Type Vocabulary
Format	Extent (範囲・長さ)	—
	Medium (媒体)	IMT
Identifier	—	URI
Source	—	URI
Language	—	ISO 639-2, RFC 1766
Relation	Is Version Of (版である), Has Version (版を持つ), Is Replaced By (置き換えられたものである), Replaces (置き換えるものである), Is Required By (必要とされる), Requires (必要とする), Is Part Of (部分である), Has Part (部分である), Is Referenced By (参照される), References (参照する), Is Format Of (形式である), Has Format (形式をもつ)	URI
Coverage	Spatial (空間範囲)	DCMI Point, ISO 3166, DCMI Box, TGN
	Temporal (時間範囲)	DCMI Period, W3C-DTF
Rights	—	—

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

(注) 大学名の表記について: “Univ. of” や “University” の部分は省略した。ただし University of California については UC, Carnegie Mellon は CMU と記した。

機関・代表者	開始年 ／ 期間 (年)	助成額 (千ドル)	内容
Stanford・ Wiederhold	1999/3	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
Arizona・Chen	1999/3	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
Texas・Rowe	1999/3	500	高精度 X 線 CT による脊椎の 3 次元イメージの提供
Tufts・Crane	1999/5	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
Washington・ Etzioni	1999/2	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
UC Berkerey・ Wilensky	1999/5	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。
Columbia・McKeown	1999/5	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
Cornell・Lagoze	1999/4	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。
Harvard・Verba	1999/3	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。
Indiana・Palakal	1999/3	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
Johns Hopinks・ Choudury	1999/3	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
Kentucky・ Seales	1999/3	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
Michigan State・ Kornbluh	1999/5	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
Oregon Health Science・Gorman	1999/3	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。
Pennsylvania・ Buneman	1999/3	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。
South Carolina・ Willer	1999/4	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
Stanford・ Garcia-Molina	1999/5	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
CMU・Wactlar	1999/4	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。
UC Santa Barbara・Smith	1999/5	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。

3. 研究開発の新しい展開と内外の動向

Carnegie Mellon・Myers	1999/3	450	ビデオ資料を対象とした、使いやすいグラフィカルな編集ツール
UC Davis・Armistead	1999/3	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
UC Berkerey・Agogino	1998/2	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)
Columbia・Wittenberg	1999/3	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)
Georgia State・Owen	1999/3	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)
Maryland・Druin	2000/3	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)
Texas・Kappelman	1998/2	290	動物の骨格の3次元データを提供する library の実現 (UE)
Old Dominion・Maly	1998/1	80	SMETE library に向けたツールやプロセスの開発 (UE)
UC Los Angeles・Englund	2000/3	650	楔形文字に関する種々の文書やデータをデジタル資料として蓄積、出版、利用できるようにするためのソフトウェアツールと利用技術を開発する。
Eckerd College・Debure	2000/2	30	イルカの背びれの写真に基づくイルカの固体の自動的な識別のためのソフトウェアの開発
Illinois Chicago・Ben-Arie	2000/3	360	人間の動きをデジタル化して提供する library の開発
Hawaii, Manoa・Tiles	2000/3	350	中国古典の重要なテキストの電子テキスト化とインターネット上での研究教育のためのデータベースの開発
Indiana・McRobbie	2000/5	3,050	Digital Music Library のテストベッドの開発。
Massachusetts・Manmatha	2000/3	450	手書き歴史資料の自動 indexing 技術の開発
Stanford・Perry	2000/3	520	デジタル環境において協調的に新しいアイデアを書き表し、記録し、まとめるといった哲学者の活動を支援する環境と、哲学者のみならずより広い範囲の利用者にとって有用な網羅的な参考資料の開発
North Carolina・Graves	2000/2	1,140	いくつかの組織と協調して大学学部レベルでの数学の教育学習資料の Digital Library の構築と、それをテストベッドとして利用した Digital Library の利用性評価 (UE)
Swathmore College・Klotz	2000/1	650	数学の教育と学習のためのプラットフォーム独立なソフトウェアツールの Library の開発 (UE)

付録 2： NSDL のプロジェクト一覧

Core Integration System projects : NSDL の核となるコレクションやサービスの管理調整機能や中心となる入り口 (portal) に焦点を当てたもの。

Collections projects : なんらかの分野に焦点を当てて NSDL のコンテンツの一部となるコレクションを作り上げるもの。

Services projects : NSDL の効果と効率を高め、価値を高めるために、NSDL の利用者、コレクション提供者 (開発者)、システム提供者を支援するサービスを開発することを目的とするもの。

Targeted Research projects : 先の 3 項目のいずれかに直接応用できる特定のトピックに関する研究を行うもの。

以下では、タイトル、研究代表者とその所属の一覧を示す。

Core Integration System projects

1. Columbia Pubscape: a CIS for a NSDL Publishing Center, Kate Wittenberg, Columbia University
2. The NSDL Central System, William Arms, Cornell University
3. Teacherlib--Digital Community and Collections for Science and Mathematics Teacher Education, Ellen Hoffman Eastern Michigan University
4. DLESE - Core Integration Services for an NSDL, David Fulker, University Corporation for Atmospheric Research
5. Developing a Core Integration System for a National Science, Mathematics, Engineering, and Technology Education Digital Library at www.smete.org, Alice Agogino University of California at Berkeley
6. National Biology Digital, Su-Shing Chen, University of Missouri

Collection projects

7. Atmospheric Visualization, Christopher M. Klaus, Argonne National Laboratory
8. The Alsos Digital Library, Frank A. Settle, Washington and Lee University
9. Collection and Distribution of Geoscience (Solid Earth) Data Sets for the National Science Digital Library, Dogan Seber, Cornell University
10. Collaborative Project: To Gather, Document, Filter and Assess the Broad and Deep Collection of the Digital Library for Earth Systems Education, Barbara DeFelice, Dartmouth College
11. A Digital Library Network for Engineering and Technology, Saifur Rahman, Virginia Polytechnic Institute and State University

12. Biology Education Online -- An Interactive Electronic Journal, Wayne W. Carley, National Association of Biology Teachers
13. Biosciences Education Network (BEN), Yolanda S. George, American Association for the Advancement of Science
14. Eisenhower National Clearinghouse National Digital Library for Undergraduate Mathematics, Science, and Technology Teacher Preparation and Professional Development, Kimberly Roempler, Ohio State University Research Foundation
15. MATHDL: A Library of Online Learning Materials in Mathematics and Its Applications, Lawrence C. Moore, Mathematical Association of America
16. Planning Grant for the Use of Digital Libraries in Undergraduate Learning in Science, Kurt Maly, Old Dominion University
17. Virtual Skeletons in Three Dimensions: The Digital Library as a Platform for Studying Web-Anatomical Form and Function, John Kappleman, University Texas, Austin
18. The Internet Science Institute: A Web-Based Method of Involving Students in Scientific Inquiry, Robert Shelton, Loyola College of Maryland
19. Connection, Collection, and Correlation, Fred Pfaender, American Society of Microbiology
20. An Information Resource for Curriculum Development and Program Enhancement in Computer Science, Rene McCauley, University of Southwestern Louisiana
21. A Digital Computer Science Teaching Center, Deborah Knox, College of New Jersey
22. Curriculum Resources in Interactive Multimedia, Ed Fox, Virginia Tech
23. Mathematics Education and the World Wide Web, Eugene A. Klotz, Swarthmore College

Services projects

24. Breaking the Metadata Generation Bottleneck, Elizabeth D. Liddy, Syracuse University
25. A Component Repository and Environment for Assembly of Teaching Environments (CREATE), David J. Yaron, Carnegie Mellon University
26. The Instructional Architect: A System for Discovering, Recommending, and Combining Learning Objects, Mimi M. Recker, Utah State University
27. Improving Knowledge Transfer: Prioritizing Content Creation in Digital Libraries Using Competitive Intelligence Systems, Michael E. Atwood, Drexel University
28. Threading Information Pathways Through NSDL Video, Howard D. Wactlar, Carnegie

Mellon University

29. Implementing an Electronic Peer-reviewed Journal of Earth System Science Education Resources (JESSE): A Pathfinder for SMETE Resource Peer Review, Donald R. Johnson, Universities Space Research Association
30. Peer Review of Digital Learning Materials: Critical Service for Digital Libraries, Gerard L. California State University
31. A Digital Library of Reusable Science and Math Resources for Undergraduate Education, William E. Graves, University of North Carolina Wilmington
32. A Digital Multimedia Library for Health Sciences Education, Sharon E. Dennis, University of North Carolina Wilmington

Targeted Research projects

33. Metadocuments as Communicative Artifact to Enable Use of a Research Digital Library in Undergraduate SMET Education, Richard K. Furuta, Texas Engineering Experiment Station
34. Digital Libraries for Children, Allison Druin, University of Maryland

3.7 アノテーションに基づくデジタルコンテンツの高度利用

3.7.1 トランスコーディング：デジタルコンテンツの高度利用

デジタルコンテンツがあたりまえのものとして世の中に溢れ出したのは、20 世紀の情報技術の進歩からすると必然的であっただろう。そして、それら膨大なコンテンツを活用するための技術もさまざまなものが発明され、進歩を遂げていくことは間違いがない。これまでは、とにかくコンテンツを作成して流通させることが主目的であったのに対し、これからは、それらのコンテンツをいかに賢く利用するか、あるいは、いかに多様に、多目的に利用するか、ということが最も重要な課題になると思われる。本章は、そのための一つの有望なアプローチについて解説する。

デジタルコンテンツの高度利用の主なものに、パーソナライゼーションとアダプテーションがある。デジタル放送の映像や Web ページなどのデジタルコンテンツをユーザの好みに応じて変換することをパーソナライゼーションと呼び、それらのコンテンツをパソコンや PDA (Personal Digital Assistant) や携帯電話などのデバイスの特性に合わせて変換することをアダプテーションと呼ぶ。

本章では、デジタルコンテンツのパーソナライゼーションとアダプテーションを合わせたものをトランスコーディングと呼ぶ。現状では、インターネットへのアクセスはパソコン経由で行なわれることが多い。しかし、この様相は近年、急激に変わりつつある。パソコンに加えて、携帯電話や PDA、テレビ、カーナビなどを使ってインターネットにアクセスする機会がますます増加するだろう。このとき重要となるものがトランスコーディングである。たとえば、パソコンで表示することを前提にして作成した Web ページを携帯電話などで表示する場合、画像の縮小やテキスト部分の圧縮といった操作を自動的に行なう必要がある。トランスコーディングには、少ない伝送容量を使ってサーバからクライアントにコンテンツを配信できるという利点の他に、ユーザの嗜好に応じた理解しやすいコンテンツを生成できるといった利点がある。トランスコーディング技術を使えば、画面の表示機能やデータ伝送速度など、それぞれ違った仕様や制約をもつ多様な機器に対して、1つのコンテンツ・ソースから情報やサービスを提供できるようになる[3]。コンテンツ・プロバイダやサービス・プロバイダは、それぞれの機器に対応したコンテンツを別個に用意しなくても済む。具体的な応用例としては、パソコン向け Web コンテンツのトランスコーディングによって、i モード向けのコンテンツを生成するといった利用法がある。コンテンツ・プロバイダは、現状のようにパソコン向けと i モード向けのコンテンツを作り分ける必要がなくなる¹。

¹ 携帯電話向けのコンテンツ変換システムは、さまざまな企業がすでに製品化している。代表的なものは IBM の WebSphere Transcoding Publisher と Oracle の Portal-to-Go である。

3.7.2 セマンティック・トランスコーディング：

デジタルコンテンツの意味的拡張

このトランスコーディングをさらに進めて、テキストの要約などの内容に基づく処理の精度を高める工夫を盛り込んだのが、筆者の提案するセマンティック・トランスコーディングである[8]。具体的には、コンテンツに含まれるテキスト文要素に言語的な付加情報（アノテーション）を加えることによって、要約や翻訳などの自然言語処理の精度を大きく向上させることができる。たとえば、付加情報を使ってコンテンツに含まれるテキスト文の曖昧さを軽減すると、正確な要約や翻訳が期待できる。コンテンツにアノテーションを付ける手間が増すが、重要な情報はアノテーションをつけて正しく情報を伝え、共有すべきという考えに基づいている。このアノテーションはコンテンツの内容理解を促進するものと位置付けられる。現在、筆者らは原著者を含む多くの人々が文書の内容に関する補足的情報を付加できるような枠組み作りや、その情報を加味して文書を読者に適した形に加工する仕組み作りに取り組んでいる。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、その手法は映像や画像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・データを含むコンテンツに適用できる。

セマンティック・トランスコーディングは、ユーザが指定した Web 上の新聞記事などのコンテンツを任意の圧縮率で要約して表示したり、テレビ番組などの映像データからユーザの好みに応じた話題だけを抜き出して、ダイジェスト映像を作成するといったことを可能にする。さらに、要約したコンテンツを翻訳したり、テキストを音声化して聴くこともできる。

図 3.7-1 はセマンティック・トランスコーディングシステムの構成を表している。コンテンツサーバにおかれたテキスト、画像、音声、映像などのコンテンツはトランスコーディングプロキシによって、ユーザの使用するデバイス（パソコン、携帯電話、カーナビなど）や、ユーザの要求（概要をつかみたい、母国語で読みたい、声で聞きたい、など）に合わせて加工される。このとき、アノテーションと呼ばれる付加情報を用いて、より精度の高い要約・翻訳を行なう。アノテーションはアノテーションサーバに蓄えられている。

図 3.7-2 で示されるように、アノテーションは、現在の Web に上位構造を作る基盤になる。現在の Web コンテンツが最下層で、アノテーションはコンテンツに情報を付け加えるメタ（上位）コンテンツ、さらにメタコンテンツに対するメタコンテンツのように階層をなしている。

セマンティック・トランスコーディングの手法を使って、具体的には HTML 文書などの Web コンテンツが抱える、以下の 3 つの課題を解消できるだろう。

- 1) HTML (HyperText Markup Language) ではレイアウトなどの文書の表現については規定している。しかし文書の意味などといった内容に関してはほとんど何も規定していない²。
- 2) HTML など記述したハイパーテキストは、各文書間のネットワーク構造を記述できる。ただし、リンク情報が常に正しいとは限らず、その修正ができるのは基の文書の著者だけである。
- 3) Web 文書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。なおかつ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。

Web は、新しいスタイルの文書のあり方を示したという点において革新的だったと言えるだろう。Web コンテンツの自由度の高さは疑いようがない。しかし、現状では Web コンテンツを読者が読みやすいような体裁に機械的に変換することは非常に困難である。

図 3.7-2 にあるように、従来の Web コンテンツは一枚の平面上に存在する要素群として捉えることができる。セマンティック・トランスコーディングでは、Web コンテンツを平面から立体に拡張する手法を提案する。コンテンツの各要素に意味や文書構造を示すアノテーションを付加する。このことによって Web コンテンツに、コンテンツの各要素の意味や文書構造を記述した上位構造を築く。代表的なアノテーションの例としては、リンク元の文書に埋め込まれていないハイパーリンクである外部リンク³や、コンテンツに対するコメントなどが挙げられる。アノテーションを作成して公開することが容易になれば、Web コンテンツの表現力は大幅に高まり、その利用価値が飛躍的に向上するだろう。

3.7.3 アノテーションとトランスコーディング

ここでのアノテーションには、大きく分けて 3 つの種類がある。テキスト文の言語構造などを付与する言語的アノテーション、画像やハイパーリンクなどのコンテンツを構成する各要素に対するコメント・アノテーション、ビデオ映像などマルチメディア・データの意味的構造を記述するためのマルチメディア・アノテーションがある。具体的な応用例としては、Web ページの要約や翻訳、レイアウト変換、音声→テキストやテキスト→音声といった変換、映像から要約した映像への変換などが挙げられる。さらに、複

² この点を反省してか、最近はセマンティック・ウェブ (Semantic Web) という考えが提唱されている [12]。これは、Web コンテンツそのものを機械が理解可能な形式にして、人間の質問に答えられるようにしようということである。しかしその実体は、ほとんど明確にされていない。

³ 外部リンクは、XML (eXtensible Markup Language) の仕様にも取り入れられている。ただし、既存の Web の構造上での実装方法などの実現法は、現状では議論の段階である [17]

数のコンテンツからユーザの好みに合った新規のコンテンツを生成するといった応用も視野に入っている。実際にアノテーションを付与する手法は、コンテンツの種類によって異なる。

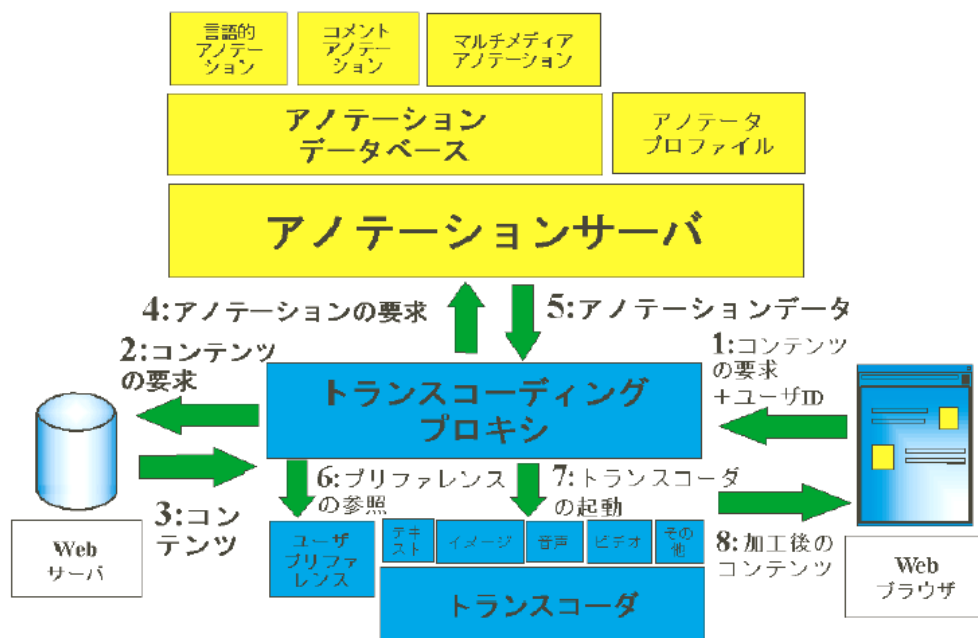


図 3.7-1 セマンティック・トランスコーディングシステムの構成

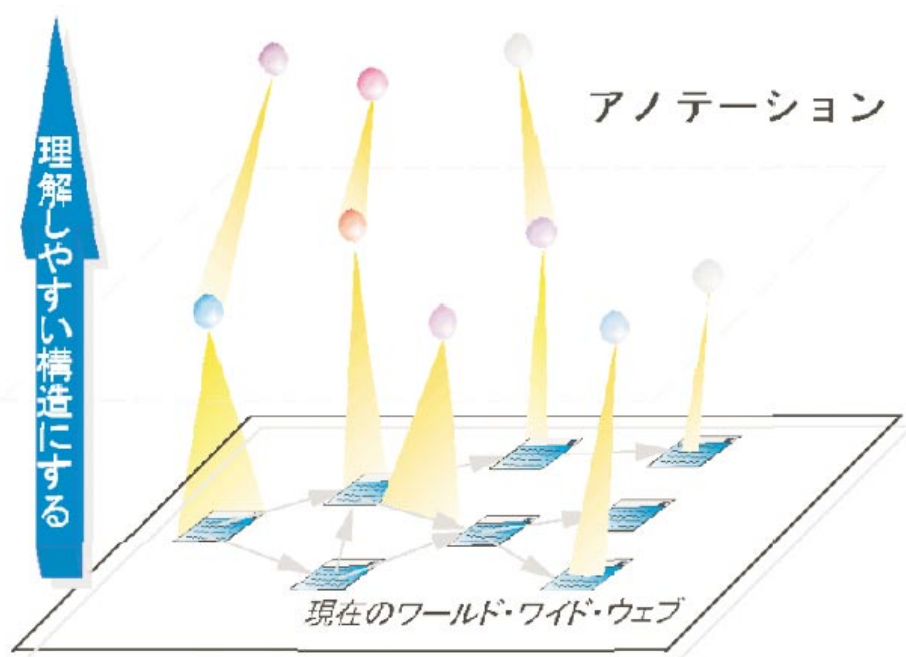


図 3.7-2 アノテーションによる WWW の拡張

3.7.3.1 アノテーションエディタ

コンテンツに効率良くアノテーション情報を付加するために、筆者らはアノテーションエディタと呼ばれるオーサリングツールを開発している。これをアノテーションデータの自動生成や編集に用いる。アノテーションエディタは Java アプリケーションとしてユーザ側のクライアント上で利用できる。生成したアノテーションデータは、アノテーションサーバへ送信され、分類／格納される。アノテーションデータの記述には、XML を用いる。アノテーションデータを記述した Web ページが更新された場合、更新前のアノテーションデータの再利用を図る⁴。更新前のアノテーションデータを参照しながら、更新後のアノテーションデータの再構成を試みるような仕組みを取り入れた。

このエディタを使って、ユーザは言語構造(構文や意味に関する構造)に関するアノテーションをテキスト文に付加したり、コンテンツ内の画像や音声といった要素にコメントを付けたりすることができる。言語構造に関するアノテーションは自動生成できる。ただし、その構造に曖昧さが含まれる場合は、ユーザがアノテーションエディタを操作して修正する。言語構造の表示は、ツリー状に表示してその構造が把握しやすいように工夫した。

図 3.7-3 は、アノテーションエディタの画面例である。これは、テキストに含まれる言語構造を自動解析し、その結果を修正するツールである。言語構造をビジュアル化して表示し、簡単なマウス操作で、修正できる。その他の機能として、HTML 文書の任意のタグ要素にコメント文を付け加える機能がある。

さらに、われわれはコンテンツ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。原著者が自分のコンテンツに対する一切のアノテーションを許可しない場合、コンテンツ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がそれを認識し、アノテーションエディタ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。

⁴ ユーザがトランスコーディングを要求した Web コンテンツが更新されたかどうかは、DOM (Document Object Model) ハッシュと呼ばれる手法を利用する[6]。DOM ハッシュでは、Web コンテンツの内部構造に関してハッシュ値の演算を行なう。どの HTML エレメントが更新されたかを知ることができる。

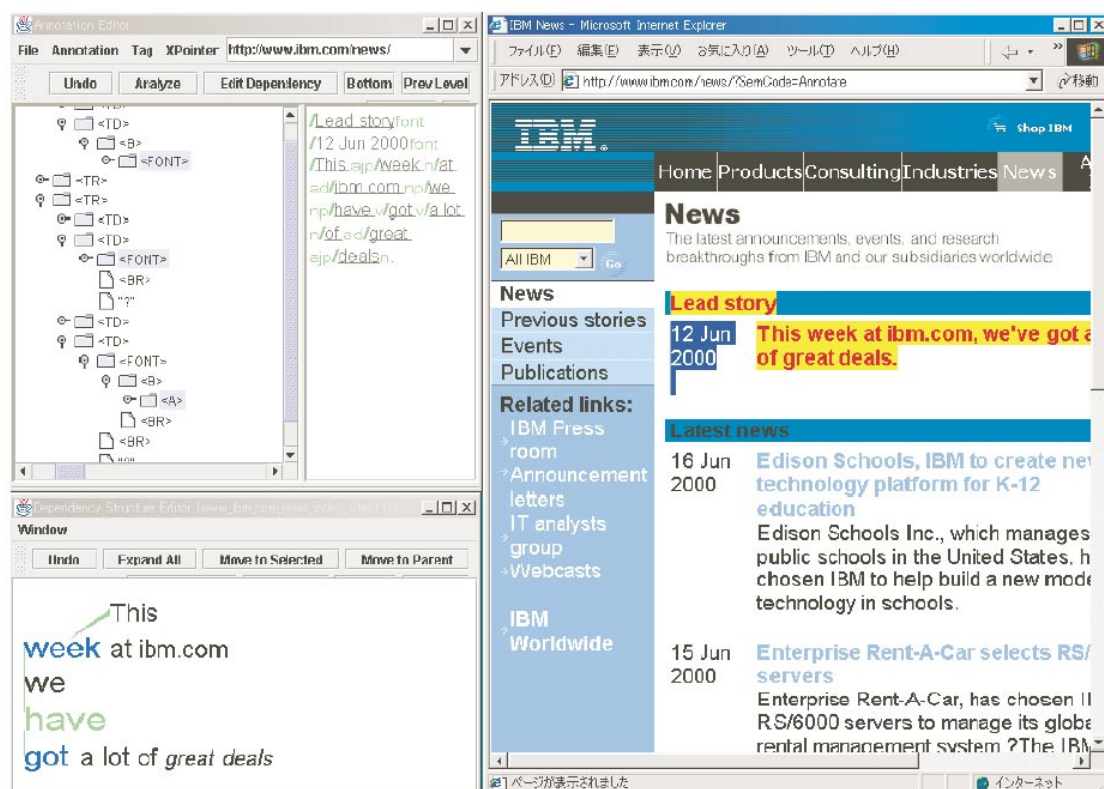


図 3.7-3 アノテーションエディタの画面例

3.7.3.2 言語的アノテーションとテキスト・トランスコーディング

テキスト文書のトランスコーディングとは、言語的アノテーションを用いたテキスト文書の加工を指す。言語的アノテーションは、修飾-非修飾関係といった言語構造や固有名詞、動詞といった意味付けをコンテンツに与えるために使う。具体的には、XML 形式のタグを使って言語構造や意味付けを基となるコンテンツに付加する。

言語的アノテーションは、コンテンツに含まれるテキスト文の言語構造に関するアノテーションである。語間の係り受けや代名詞の指示対象、多義語の意味といった詳細な情報を含む。この言語的アノテーションは、ドキュメントの内容理解に大きく貢献し、テキスト文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も利用できる。

言語的アノテーションの記述形式として、GDA (Global Document Annotation) と呼ばれるものがある[2]。これは、XML 形式のタグを利用して、文書の統語・意味・談話構造を明示化するものである。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><np sense="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>「<namepid="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></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)。

この形式を用いて、テキスト文書の要約や翻訳を実現する。たとえば、このタグを使った要約のアルゴリズムは以下のようなになる[9]。

- ① 要素とその参照要素の間で重要度が等しくなり、それ以外では重要度が減衰するように重要度の計算(活性拡散)を実行する。
- ② 重要度の拡散演算が終了した時点で、平均重要度の大きい順に文を選択する。
- ③ 選択された文で削除すると意味が通らない必須要素を抽出する。
- 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。代名詞などの参照表現の先行詞が要約に含まれない場合は参照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、次に重要度の高い文と省略した要素の重要度を比較して、高い方を要約に加える。

必須要素になり得る要素は、大きく分けて3つある。一つは要素の主辞である。主辞とは、ほかの要素に依存しない中心となる要素である。もう一つは内容、原因、条件、主題などの関係属性を持つ要素で、たとえば、主語や目的語などがあてはまる。ほかに、等位構造が必須要素の場合は、それに直接含まれる要素も必須要素になる。等位構造とは、たとえば二つの要素Aと要素Bが、ANDあるいはORの関係で結ばれている構造を指す。等位構造の要素のうちいずれを削除しても文の意味が変わってしまう。

今回の手法では、特定の個人の趣味や嗜好により柔軟に合わせて一連の処理を実行することも可能である。実際に今回開発したシステムでは、要約を開始する時点でユーザが任意のキーワードを入力して嗜好や興味を反映できるようにした。ユーザが入力したキーワードと関連する単語を重要語として処理する。重要語を含む要素は重要度の初期値をかなり大きく取る。このうえで重要度の拡散演算を行なう。さらに、今回のシステムでは、ユーザの趣味や嗜好の学習機能も盛り込んだ。キーワード設定の行動履歴に応じて、コンテンツに含まれる要素の重要度を決める。これによって、要約システムは特にユーザからの入力がなくとも、その後、ユーザに特化した要約を生成することができる。このほか、テキスト文書のトランスコーディングの例としては翻訳が挙げられる。現在、英語から日本語、および英語からヨーロッパ言語(ドイツ語、フランス語、スペイン語、イタリア語)の自動翻訳をトランスコーディングとして実現している。今回、英日翻訳に関しては、日本アイ・ビー・エムが開発した翻訳エンジンを使用している。当社のパソコン向け翻訳ソフトウェア「インターネット翻訳の王様」の翻訳エンジンを、アノテーションを考慮して翻訳するように拡張した。翻訳で用いる言語的アノテーションはIBM 東京基礎研究所が開発したLAL (Linguistic Annotation Language) に基づいている[15, 16]。翻訳時の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 へ自動的に変換してから翻訳エンジンに渡している。

LAL 形式の文は、たとえば以下のようなものである(mod は係り先を、pos は品詞を表す)。

```
<s>
<w id="1" mod="2" pos="det">The </w>
<w id="2" mod="6" pos="n">goal </w>
<w id="3" mod="2" pos="prep">of </w>
<w id="4" mod="5" pos="det">our </w>
<w id="5" mod="3" pos="n">research </w>
<w id="6" mod="0" pos="v">is </w>
<w id="7" mod="6" pos="inf to">to </w>
<w id="8" mod="7" pos="v">make </w>
<w id="9" mod="8" pos="pron">it </w>
```

```

<w id="10" mod="8" pos="adj">easy </w>
<w id="11" mod="10" pos="prep">for </w>
<w id="12" mod="13" pos="n">users </w>
<w id="13" mod="11" pos="conj">and </w>
<w id="14" mod="15" pos="n">content </w>
<w id="15" mod="13" pos="n">providers </w>
<w id="16" mod="10" pos="infto">to </w>
<w id="17" mod="16" pos="v">increase </w>
<w id="18" mod="21" pos="det">the </w>
<w id="20" mod="21" pos="n">reach </w>
<w id="21" mod="17" pos="conj">and </w>
<w id="22" mod="21" pos="n">customizability </w>
<w id="23" mod="21" pos="prep">of </w>
<w id="24" mod="25" pos="n">Web </w>
<w id="25" mod="23" pos="n">contents</w>.
</s>

```

図 3.7-4(a)は基となるコンテンツであり、要約・翻訳した結果が(b)である。

翻訳エンジンによる誤訳の多くの部分は、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。係り受けや語義を明示化したアノテーションをコンテンツに付加することによって、翻訳精度の改善が見込める。将来的にはコンテンツの作者は、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付けるようになるだろう。

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だろう。

また、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、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。

3.7.3.3 コメント・アノテーションと音声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システムは、テキスト文などのコンテンツを音声合成によって、音声に変換することもできる。テキスト文だけでなく、画像とテキスト文が混在するコンテンツの場合、画像の説明にあたるコメント・アノテーションを用いることによって、非テキスト要素も含めて音声化することができる。さらに固有名詞など、正しい読み方が音声合成用の辞書に無い場合も言語的アノテーションによって、読み方を指定することができる。

図 3.7-5 は、Web ページの音声トランスコーディングの結果を示している。音声化を行なうと MP3 (MPEG-1Audio Layer 3) データが生成され、該当する部分にアイコンが挿入され、リンクされる。ブラウザ上でそのアイコンをクリックするとプレイヤーが起動して音声再生される。

コメント・アノテーションは、主に非テキスト要素に対する任意のコメントを含むアノテーションである。コメントはテキスト文だけでなく、画像やハイパーリンクなども含むことができる。たとえば、コメント・アノテーションを含んだ画像をマウス・ポインタで指すと、その画像の説明ウィンドウがポップアップして表示される。あるいは画像とテキストを含むコンテンツ全体を合成音声で読み上げた場合、画像部分に関してはコメント・アノテーションを参考にして音声化する。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。たとえば、コメントを管理するサーバと、コンテンツにコメントを加えて加工するプロキシを別個に用意するというものである[10, 11]。これはコンテンツを共有するグループが、コンテンツに関する補足情報を効果的に共有できるように配慮したものである。基本的には、セマンティック・トランスコーディング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コンテンツ全体ではなく、任意の HTML の要素に対して行なえる。コメントはそれを読む人間のためであると同時に、そのコンテンツ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。

実際にコンテンツを音声に変換してユーザに配信するには 2 種類の方法があるだろう。一つはトランスコーディングを担当する外部サーバが音声データを作成してクライアントに配信する方法である。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 ページにアクセスするときに使う。もう一つは、音声合成システムを備えたクライアントに加工したテキストデータを配信する方法である。この場合、音声合成に適した形式にコンテンツをトランスコーディングすることになるだろう。MP3 のデコーダが内蔵された携帯電話が発売されるようになった。今後、配信された音声データを携帯電話に保存して、ユーザの都合の良いときに聞くといった使い方が盛んになると思われる。

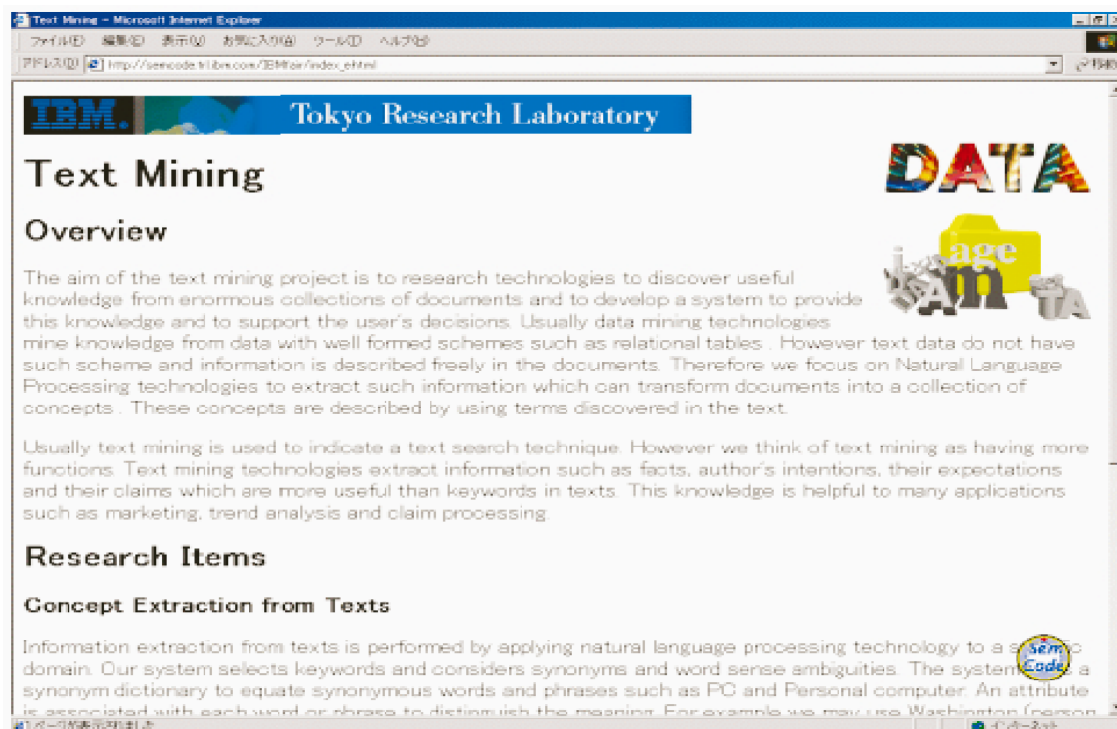


図 3.7-4(a) テキスト・トランスコーディングの例



図 3.7-4(b) テキスト・トランスコーディングの例



図 3.7-5 音声トランスコーディングの例

3.7.3.4 イメージ・トランスコーディング

画像のトランスコーディングは、ユーザが使用する機器の表示能力などに合わせてコンテンツに含まれる画像のサイズや解像度を変換する処理である。今回のシステムでは、変換された画像は必ず基となる画像へのリンクを含むようにした。トランスコーディング前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基の画像が現れる。今回、画像のトランスコーディングとテキストのトランスコーディングを併用して、ユーザの好みに応じて、画像と文書の表示バランスを変えられるようにした。表示する要約の分量や、画像と文書の表示バランスは設定ウィンドウで調整できる。

3.7.3.5 マルチメディア・アノテーションとビデオ・トランスコーディング

映像コンテンツをトランスコーディングする場合、まず映像コンテンツに含まれる音声のトランスクリプト(書き起こしたテキスト文)を用意する。このトランスクリプトに、意味構造や、シーンの変わり目のタイムコード、シーンごとのキー・フレームの位置、映像の各シーンに登場するオブジェクトの名前とその出現位置(時間と座標)などをアノテーションとして付加する。

セマンティック・トランスコーディングシステムでは、トランスクリプトを自動的に生成して、半自動的にアノテーションを作成できる。映像のシーンの変わり目も自動認識し、シーンに関するタグ付けを支援する。

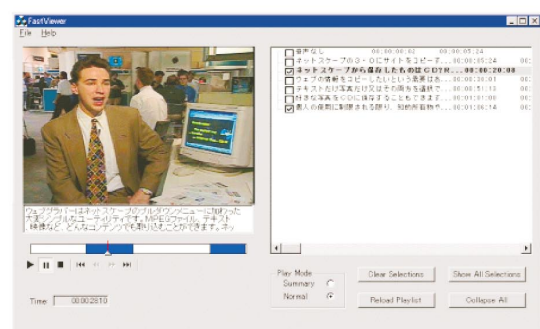
このシステムは、現在のところ、映像コンテンツの要約の生成、映像コンテンツからテキストと画像からなるコンテンツへの再構成や、ビデオ音声の翻訳などが実現できる。

図 3.7-6 (a) はビデオアノテーションエディタの画面例を示している。このエディタは、ビデオのシーンへの分割と音声部分のテキスト化を行なう。自動処理の結果はインタラクティブに修正できる。(b) はビデオのアノテーションに基づいて作成した要約ビデオを再生するプレイヤの画面例である。要約ビデオモードでは、要約部のみを再生し、フルビデオモードでは、任意のシーンをランダムに選択・再生できる。

映像を要約するには、まず映像のトランスクリプトを要約する。その要約に対応する映像シーンを抽出することによって映像の要約を実現している。映像シーンの抽出は、タイムコードの情報を手がかりに自動的行なう。映像コンテンツからテキストとイメージへの変換は、クライアント側にビデオ再生機能が無い場合に有効に使えるだろう。映像コンテンツ中に含まれる、それぞれのシーンを代表する画像とそれぞれのシーンの内容を表すテキスト文からなるコンテンツを生成することができる。さらに、生成したテキスト文を要約／翻訳することも可能である。近い将来に映像コンテンツの音声部分を翻訳し、映像と同期させながら合成音声で出力させる機能も今回のシステムに統合したい。一つの映像コンテンツから複数の言語に対応した映像コンテンツを作成することが実現できるだろう。われわれは映像コンテンツが今後重要な情報ソースになることを確信している。そのため、要約やフィルタリングに限定されない、コンテンツの再利用を可能にするさまざまな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。今回のアノテーションを利用した



(a)



(b)

図 3.7-6 ビデオアノテーションと要約ビデオプレイヤー

手法は、将来の枠組みに対しても容易に付加情報を変換して対応できるようにした。たとえば、MPEG-7 (Moving Picture Experts Group Phase 7) のようなアノテーションの標準的なフレームワークが確立した場合にも容易に移行できる。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ある[7]。これはマルチメディア・コンテンツ記述という新しい仕様を含む。このコンテンツ記述は、映像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ることを試みる。さらに、映像を再生する表示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、シーンに登場する人物や物、場所などの情報も付け加える、オブジェクト・レベルの記述も可能になる見込みである。

MPEG-7 は、例えば、以下のような形式で表されるメタデータのフレームワークである（詳しい説明は省略する）。

```
<Package title="Sports Program Package">
  <Package title="Basic Description Package">
    <scheme name="Title" type="element"/>
    <scheme name="TitleText" type="element"/>
    <scheme name="Place" type="element"/>
    <scheme name="Time" type="element"/>
    <scheme name="Annotation" type="element"/>
  </Package>
  <Package title="Production Package">
    <scheme name="CreationMetaInformation"
type="element"/>
    <scheme name="Creation" type="element"/>
    <scheme name="Classification"
type="element"/>
    <scheme name="MediaInformation"
type="element"/>
    <scheme name="MediaProfile"
type="complexType"/>
    <scheme name="MediaFormat"
type="complexType"/>
  </Package>
</Package>
```

現在、映像コンテンツの要約はテキストの要約と同様に盛んに研究が進められている。古くは Carnegie Mellon University が開発した Infomedia がある。これは、映像コンテンツ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する[14]。たとえば、画面上に現れる文字情報や人の顔、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使う。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、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。他の例としては、IBM Almaden Research Center が開発している CueVideo[1]や、同 T. J. Watson Research Center が開発している VideoZoom[13]が挙げられる。

CueVideo では、映像コンテンツ中のキー・フレームを並べて表示する。人間がキー・フレームのどれかを選択し、その部分の映像のみを再生することによって、人間が映像コンテンツ全体を見る手間を減らすことができる。さらに CueVideo では、紙芝居のように静止画を表示しながら音声を再生する手法も採用した。シーンの変化時だけ静止画を入れ替える。コンテンツのダウンロードに要する時間を節約することをねらった。音声は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。このほか、音声認識を利用した映像シーンの検索も実現した。任意の単語やフレーズを入力すると、音声認識でその言葉を含む部分を抽出してリストアップを行なう。そのうちのどれかを選択するとその部分を再生する。

IBM T. J. Watson Research Center の VideoZoom では、映像の解像度をシーンに応じて動的に変化させる。たとえば、解像度の低い映像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。この手法も、ネットワークや表示デバイスの制約に依存して、映像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。

3.7.4 トランスコーディングの仕組み

セマンティック・トランスコーディングの具体的なシステム構成としては、トランスコーディング実行用のソフトウェアを、プロキシサーバ側に置いた。プロキシサーバは、ユーザがパソコンなどのクライアント側からコンテンツを渡すと所望の結果を返す。さらにアノテーション情報や事例を収めたアノテーションサーバを別個に用意した。こうした形をとるのは、不特定多数の人がソフトウェアを利用してもらうことで、サーバ側の事例辞書にノウハウを蓄積し変換精度を高めるためである。

セマンティック・トランスコーディングを実行する複数のソフトウェア・モジュール（トランスコーダ）は、HTTP (HyperText Transfer Protocol) プロキシ上で機能するプラグインとして実装した。トランスコーダを従制御する HTTP プロキシをトランスコ

ーディングプロキシと呼ぶ。トランスコーディングプロキシを中心とした情報の流れは次のようになる。

- ① クライアントの Web ブラウザから URL (Uniform Resource Locator) とクライアント ID を受け取る。
- ② Web サーバに URL の示す Web ページをリクエストする。
- ③ Web ページを受け取ると、そのハッシュ値を計算する。
- ④ アノテーションサーバに URL に関連するアノテーションデータを要求する。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からデータを受け取る。
- ⑤ データを受け取ると、データのハッシュ値と Web ページのハッシュ値と比較する。
- ⑥ 同時にクライアント ID に基づいてユーザ情報を検索する。ユーザ情報がない場合は、ユーザから与えられるまでデフォルト設定を使う。
- ⑦ ハッシュ値を照合したら、アノテーションデータとユーザ情報に基づいて適切なトランスコーダを起動する。
- ⑧ 加工したコンテンツをユーザの Web ブラウザに送信する。

トランスコーディングプロキシは、実装環境として IBM Almaden Research Center の開発した WBI (WebIntermediaries) を使用した⁵ [4]。この WBI を利用したトランスコーディングプロキシには、以下の 3 つの主要な機能がある。個人情報の管理、アノテーションデータの収集と管理、そしてトランスコーダの起動と結果の統合である。

個人情報の管理を行なうには、まずアクセスしてきたユーザを特定する必要がある。ユーザの特定に Cookie を使う。個人情報を管理する ID を、Cookie データとしてユーザに渡す。これにより、ユーザのアクセスポイントに関係なくユーザの特定が行なえる。ただし、既存の Web ブラウザは、Cookie をセットしたサーバに対して、その Cookie を渡すものであり、プロキシの Cookie 利用は考慮されていない。通常プロキシは、ホスト名と IP (Internet Protocol) アドレスのみによってユーザを識別する。そこで、ユーザが個人情報をセットした時に、Cookie 情報 (ユーザ ID) と個人情報を関連付け、一方、アクセスポイントの変化ごとに IP アドレスとホスト名、Cookie 情報 (ユーザ ID) を関連付け直す。これにより IP アドレスが変化してもユーザの特定が行なえる⁶。

⁵ WBI は、IBM Corp. の Web サイトである alphaWorks (<http://www.alphaworks.ibm.com/>) からダウンロードできる。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ほかに、ユーザ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なえる API (Application Programming Interface) を提供する。

⁶ 通常のプロキシとして動くときは、クライアント ID (ホスト名と IP アドレス) → Cookie 情報 (ユーザ 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す。アクセスポイントが変化したときは、プロキシをサーバとしてアクセスすることで、Cookie 情報を取得

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は複数存在するので、それぞれのサーバ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作っておく。このインデックスを、どのアノテーションサーバからデータを入手すべきかを判断するときに役立てる。トランスコーディング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。コンテンツの加工は、必要なトランスコーダを起動し、その結果を統合することによって行なう。現在、開発済みのトランスコーダは、テキスト文、画像、音声、映像にそれぞれ対応したものである。これらのトランスコーダは、直列あるいは並列に結合することで、複合的なトランスコーディングが実現できる。たとえば、文書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をトランスコーダの使い分けにより行なう。

3.7.5 おわりに：情報の洪水を乗り切るために

今後の課題は、Web コンテンツの効率的な検索および知識発見を実現することである。近い将来には、Web 上の情報検索には、既存の検索エンジンから、複数のコンテンツから新たな知識を得てその結果を要約して出力するような、いわば知識発見エンジンを使うようになるだろう。それによって、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要約されたコンテンツを読むことができるようになる。さらにもう一つの課題は、映像や音声といったマルチメディア・データを含むデジタルコンテンツの効率的な検索である。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。こうした課題を克服することは、将来やってくる情報の洪水から自分自身を守る最良の方法になるだろう。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大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は筆者と IBM 東京基礎研究所の（元）学生研究員（細谷真吾、白井良成、東中竜一郎、米岡充裕、伊藤大輔、Kevin Squire）との共同研究である。諸氏に感謝します。また、ビデオアノテーションエディタの音声認識部

し、クライアント ID と Cookie 情報(ユーザ ID)を関連付け直す。

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ドについては、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、音声トランスコードについては、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 SIGIR' 99. 1999.
- [2] Koiti Hasida. 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. 2000.
- [4] IBM Almaden Research Center. Web Intermediaries(WBI).
<http://www.almaden.ibm.com/cs/wbi/>.
- [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 usable with external annotations. TRL Research Report RT0386. 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] SemanticWeb.org. The Semantic Web Community Portal.
<http://www.semanticweb.org/>.
- [13] John R. Smith. VideoZoom: Spatio-temporal video browser. IEEE Trans. Multimedia. Vol. 1, No. 2, pp.157-171, 1999.
- [14] 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.
- [15] Hideo Watanabe. Linguistic Annotation Language: The markup language for assisting NLP programs. TRL Research Report RT0334. IBM Tokyo Research Laboratory, 1999.
- [16] Hideo Watanabe, Katashi Nagao, Michael C. McCord, and Arendse Bernth. Improving Natural Language Processing by Linguistic Document Annotation. In Proceedings of COLING 2000 Workshop for Semantic Annotation and Intelligent Content. pp.20-27, 2000.
- [17] World Wide Web Consortium. Extensible Markup Language (XML).
<http://www.w3.org/XML/>.

3.8 フルデジタル化に向かう映画

映画の歴史は、リュミエール兄弟によるモノクロフィルムの無声映画を発端とし、その後、トーキー化、カラー化とハード面およびコンテンツ開発面での大きな転換期を迎えた。さらに、博覧会などのイベント用映像においては、大型化や立体化などの試みもなされた。このような歴史の流れが、ここ数年で提唱されてきているEシネマ構想により、大きく変わろうとしている。本章では、映画の歴史を簡単に述べ、日本とハリウッドとの映画産業の比較、Eシネマに関わる諸技術などについて触れ、最後に、今後の映画産業の方向性について述べる。

3.8.1 映画の歴史 - テレビの登場まで

映画が誕生してから100年以上経過した。本節では、テレビが登場する頃までの映画の歴史について簡単に述べる。

3.8.1.1 エジソン対リュミエール兄弟

リュミエール兄弟は、シネマトグラフによる初めての有料上映会を、1895年の12月28日にパリのキャプシーヌ大通り14番地のグラン・カフェで開いた。これをもって、映画の誕生とされているが、発明王エジソンは、これよりも先に、1893年にキネトスコープと呼ばれる覗き見式の映写機を発明しており、1894年にはパリでも公開している。エジソンはキネトスコープの発明以前にも、白熱電球やパーフォレーション（フィルム送りの穴）などの、映画に関連する重要な発明をしている。それにもかかわらず、リュミエール兄弟が映画の父と称されているのには、シネマトグラフの機器そのものの完成度以外に、以下のような理由が挙げられている。

(1) スクリーン上映方式の確立

エジソンのキネトスコープは大人数で見る事が出来ず、映画というよりも現在のテレビのような存在のものだった。一方のシネマトグラフは、映像をスクリーンに上映することにより、大人数で鑑賞することができた。

(2) 定期的な有料上映

定期的に有料上映を行える道が開かれたことにより、産業として展開することができた。エジソンも、キネトスコープを盛り場などに売り込んで一攫千金を狙っていたようであるが、あくまでもハードウェアの売り込みに主眼があった。リュミエール兄弟のようにコンテンツで収入を得るという考えではなかったようである。

(3) 魅力的なコンテンツ

リュミエール兄弟が上映した映画は、「リュミエール工場の出口」（仕事を終えて家路につく労働者を撮影したもの）など、ごく普通の日常を撮影したものであった。そこには、何のストーリーもなかったが、場所や時間、その場の雰囲気印象強く再現したものであり、人々を魅了するのに十分であった。すなわち、ハードウェアのアドバンテージだけでなく、魅力的なコンテンツが提供できたことが、成功の要因のひとつでもあった。

1896 年には、エジソンの発明したヴァイタスコプ（キネトスコプの改良版）がニューヨークで披露され、アメリカでの映画が産声を上げる。翌 1897 年、日本ではシネマトグラフがようやく大阪で公開された。

このように、1890 年代は、映画にまつわるさまざまな発明がなされた年代でもあり、映画は 20 世紀に向かって、メディア産業の花形としてスタートが切られたのである。

3.8.1.2 サイレントシネマからトーキー、カラー化へ

20 世紀に入ると、映画の技術は瞬く間に全世界に普及していき、映画産業は急成長を遂げていく。単なる縁日の見世物程度であった「動く絵」は、確固とした場としての「劇場」を確立したことにより、フィルムの製造から撮影用カメラや映写機の製造、映画制作、配給、興行に至るまでの産業体制が整っていった。

1910 年、ロサンゼルスに撮影所が設立され、ハリウッドが産声を上げた。以降、本格的な映画会社が次々と設立され、映画は長編作品の製作へと移行していった。一方、日本では、1903 年に日本初の映画常設館「浅草電気館」が開館し、1912 年には日活が創立された。

1914 年に勃発した第一次世界大戦は、映画発祥の地ヨーロッパの映画界に打撃を与え、反対にアメリカ映画界が発展することになる。この頃、チャップリンのサイレントシネマが世に出始め、「イントレランス」、「戦艦ポチョムキン」などの話題作が次々と公開された。

その後、1927 年にワーナーブラザーズ社が「ジャズシンガー」という音声入り映画（トーキー映画）を公開し、これまでのサイレント映画からトーキー映画へと変革していった。

さらに、テクニカラー社が三色分解式カメラ（プリズムで映像を RGB の 3 色に分解する）を 1932 年に発表したことを機に、モノクロ映画からカラー映画へと変革していくが、かかる経費の問題から、普及までにはかなりの時間を要した。実際、1950 年半ば頃は、モノクロ映画が半数を占めていた。

3.8.1.3 テレビの普及、苦境に立つ映画

第二次世界大戦後、テレビが一般家庭に普及し始める。日本では、1953 年から TV 放送が開始された。このことにより、映画館に足を運ばずとも、居ながらにして動画を楽しむことが可能になり、映画は苦境に立たされることになる。人々を映画館に呼び戻そうと、各社はワイドスクリーンを開発した。さらには、3D 映画や香りつき映画なども登場するが、すぐに淘汰されてしまう。

映画産業は新参者のテレビに押される形になったが、その後、人材の交流など共存の方向に向かい、新時代に向け新しい才能が花開いていった。さらに、1980 年代に入ると、ビデオとの競合という問題も浮上し、映画を取り巻く環境は大きく変っていった。

3.8.2 日本とハリウッドとの映画産業の比較

映画のデジタル化というと、「スターウォーズ」などに見られる特撮映像やノンリニア編集などが、真っ先に頭に浮かぶ。それ以外の、プリプロダクションと呼ばれる撮影以前の企画工程のデジタル化は、どのような状況になっているのか？ このあたりの取り組み方の違いから、日本とハリウッドの映画産業との違いが浮き彫りになる。

3.8.2.1 プリプロダクションのデジタル化

従来の手作業によるプリプロダクション作業は、以下のようになっている。

はじめに、脚本にしたがって、1 シーンの撮影に必要な俳優や、衣装、小道具などの情報を、1 枚のシートに書き込んでいく。映画一本で大体 100 枚程度のシートが作られる。つづいて、シートをボード上に並べ、撮影の経済性を上げるために、俳優やセットごとになるべくまとまるように並び替える。その後、最終的な予算組みが、シートに書き込まれた情報から作成される。

このような煩雑な作業をデジタル化するメリットは指摘するまでもなく、ハリウッドの映画産業界では、米国 ScreenPlay 社の「Movie Magic」という名称の映画製作の管理ソフトが、デファクトスタンダードとなっている。Movie Magic では、シナリオ内に書かれた昼夜、屋内外の区別などを自動抽出する機能もある。これにより撮影内容を確認しながら作業が進められる。また、映画産業のユニオンのデータベースが整っており、俳優はもちろんのこと、カメラマンや音声担当の労働賃金などもカバーされているので、かなり細かい予算の調整作業が可能になっている。

3.8.2.2 ストーリー制作のデジタル化

ハリウッドでは、ストーリー制作の部分にもコンピュータが応用されている。一般に、アイデアを練る作業では、かなり複雑な処理を人間はしている。米国 ScreenPlay 社の

「Dramatica」と呼ばれるソフトウェアを用いると、コンピュータから出される質問に答えていくうちに、自動的にストーリーが固められていく。

例えば、「登場人物のとった行動は、結果として成功に終わるのか、失敗に終わるのか」「主人公の考え方は、論理的か直感的か」などの質問に答えていくことになる。こうしてストーリーのラフなデザインをした後に、各シーンの具体例を指定していく。この際、自分が作ったストーリー中のポイントで、これまでの著名な脚本家がどのようなストーリーに展開していったかを見比べることも出来る。その後、キャラクタの性別や、年齢、人種、性格などの特徴づけ（例えば、気難しそうな白人の初老の学者など）を、登録されている数百種類のアイコンの中から選択して行い、他キャラクタとの関連性も合わせて指定することができる。

3.8.2.3 日本映画界とハリウッドの違い

映画の企画を練る工程が映画の価値を大きく決める重要な段階である。日本の映画産業には、最も創造性が要求されるシナリオの制作段階では、ほとんど費用が出ないという重大な欠点がある。ハリウッドでは、完成されたシナリオを映画会社が買い取ってくれることもあり、数年かけてシナリオを存分に練り上げることができる。一方、日本では、映画を実際に撮影し製作するための資金は出してくれても、シナリオを作るのに要した費用はほとんど支払われない。したがって、日本の映画プロデューサーは、シナリオ制作にわずか数ヶ月しかかけることが出来ない。

また、日本はいわゆるドンブリ勘定で予算編成するのに対して、ハリウッドでは、3.8.2.1項で述べたようなソフトウェアを用いて、かなり細かいところまで予算を計算していく。これは、ハリウッドでは、「映画は産業（ビジネス）であり、観客のものである。」ととらえている証拠でもある。一方、日本では、「映画は芸術作品。映画は監督のものである。」ととらえられていることが多く、実際に映画を宣伝する材料のひとつに監督名を前面に出すことがしばしばである。

3.8.2.4 日本の映画産業の移り変わり

終戦後、娯楽や情報を得るメディアが少ない中で、映画館では映画やニュースが流されており、娯楽と情報収集の中心的立場を取っていた。当時、映画は圧倒的な人気を得ており、1958年には観客動員数が11億人に達した。その後、家庭にテレビが普及するにともない、スクリーン数、観客動員数ともに年々減少を続けた。（図 3.8-1, 2, 3 参照）

映画業界は成人向け映画（ポルノ）の本数を増やすなどの対策をとったものの、映画館離れを食い止めることは出来なかった。さらに、80年代後半にはビデオのレンタル業が開始され、映画（ポルノがビデオデッキの普及に一役買ったとも言われているが）を家庭で楽しむことができるようになった。このほかにも、ファミコンの登場などもあ

り、人々の余暇の過ごし方は多様化していく。映画館に足を運んでの映画鑑賞が余暇に占める割合は減少しつづけ、映画産業は斜陽産業と言われるまでに至った。

その一方で、家庭で映画を観賞する機会は増加しており、映画自体への需要は減少していない。実際に、映画のビデオカセットの出荷本数および売上高はともに伸びている。このことは映画離れが進んだのではなく、映画館離れが進んだことを示している。

この映画館離れを食い止め、日本の映画産業に活況を取り戻すきっかけとなったのが、1993 年から日本に導入された外資系シネマコンプレックスである。シネマコンプレックスは郊外のショッピングセンターと併設されていることが多く、休日に買い物ついでに映画を楽しんだり、平日の夜でも、夕食後に気軽に映画を楽しめるような仕組みになっている。

シネマコンプレックスの導入以降、スクリーン数、観客動員数、興行収入ともに徐々に増加している。

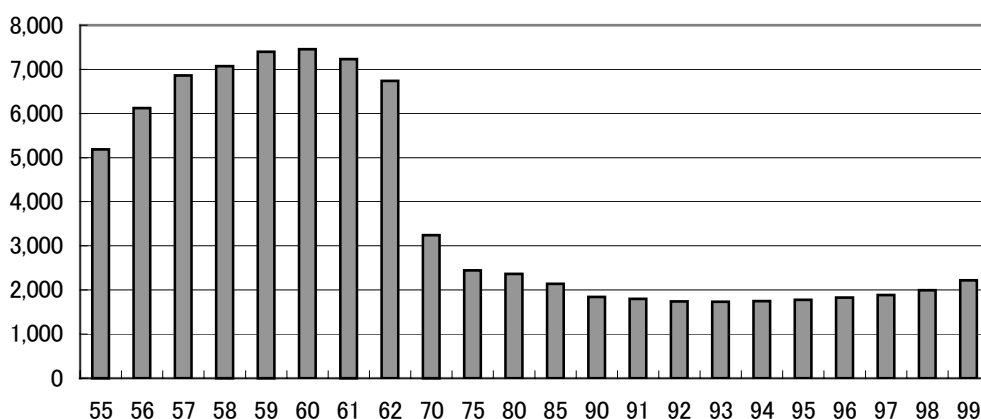


図 3. 8-1 スクリーン数の推移

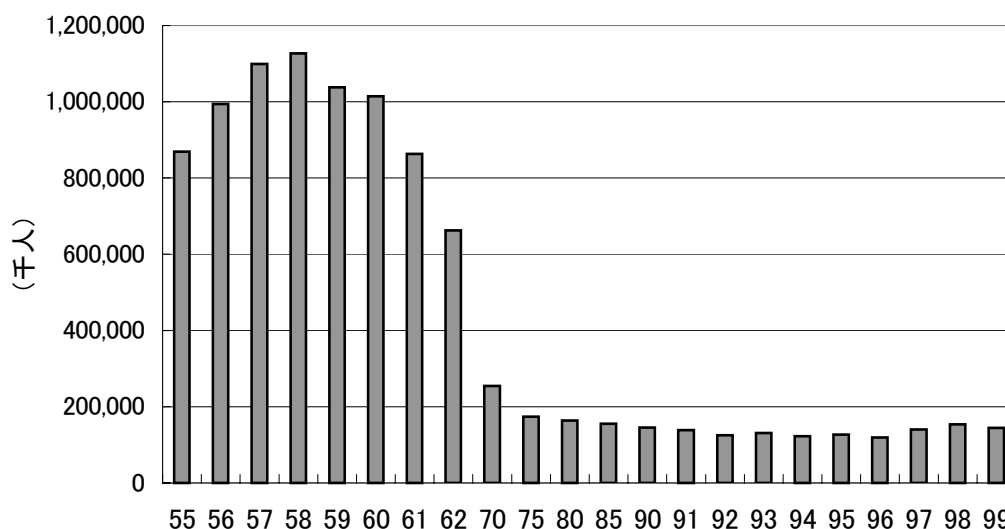


図 3. 8-2 観客動員数の推移

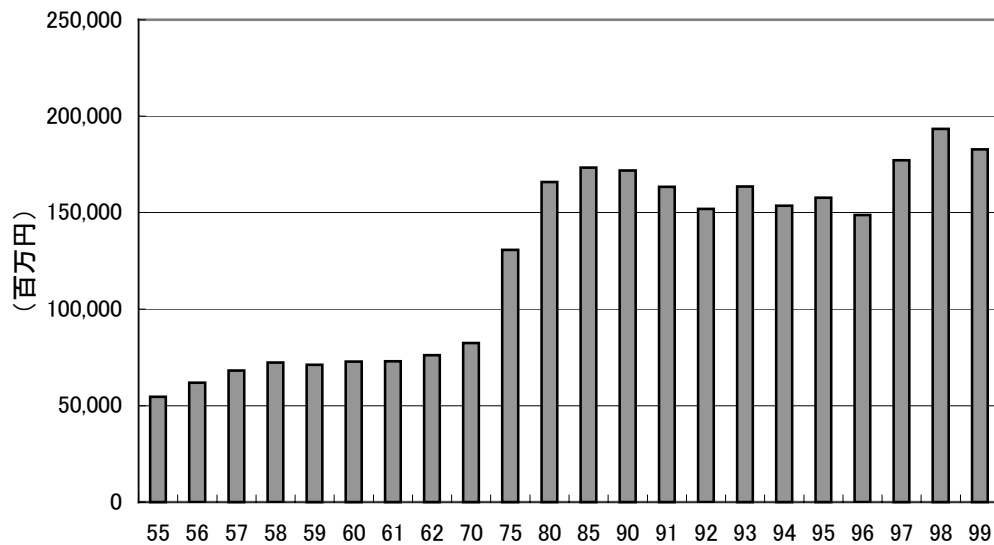


図 3.8-3 興行収入の推移

3.8.3 Eシネマに関わる諸技術

本節では、映画の撮影以降におけるデジタル化技術の集大成である、Eシネマ構想に関わる諸技術について述べていく。

3.8.3.1 Eシネマとは

本章で述べるEシネマ（デジタルシネマ）構想に先駆けて、映画のデジタル化はすで
にいくつか実現されている。1980年代には、シーンに不要な物体を画像処理で除去す
るなどのデジタル画像処理技術が、映画の中に取り入れられた。1990年代には、デジ
タルサウンドシステムが映画館に導入されている。

フィルムによる映画製作の撮影以降の工程は、ネガ現像、ラッシュプリント作成を経
て、ポストプロダクション工程に移る。ポストプロダクション工程では、ポジ編集、ア
フレコ、合成処理などが行われ、最終的なフィルムが完成する。

Eシネマ構想は、以下の4工程に区分され、従来の工程をデジタル化するものである。

- ・ 第一工程：撮影、素材制作
- ・ 第二工程：特殊効果、編集作業
- ・ 第三工程：配給および上映
- ・ 第四工程：映像のアーカイブ作成

第三工程までが、映画制作および興行に直接関わる部分であるが、映画を文化財産と
して捉えた場合、第四工程のアーカイブ作成が、非常に重要な意味を持つ。Eシネマ構

想は、映像のアーカイブを作成し、文化財産を後世に責任を持って残していくという動機から始まったとも言われており、この部分に対してアメリカはかなり真剣に取り組んでいる。

3.8.3.2 撮影のデジタル化

デジタルビデオカメラ（DV カメラ）の進化にともない、撮影もデジタル化されつつある。ソニーが開発した、「HDW-F900」という HD ビデオカメラでは、1080/24P モード（有効走査線 1080 本、24 フレーム/秒、プログレッシブ）での録画が可能となった。このビデオカメラでは、映画フィルムと同じく 1 秒間に 24 コマ撮影することができるので、映画との親和性が良いとされている。

市場調査によると、全世界での DV カメラの生産台数は、年間約 1000 万台となっており、日本でのコンシューマ向け DV カメラの全ビデオカメラに占める割合は 70% にまで達している。同様に、業務用ビデオカメラにおいても、DV カメラが重要な位置を占めるようになってきた。

3.8.3.3 ポストプロダクションのデジタル化

ポストプロダクション工程におけるデジタル処理の技術は、改めて詳しく述べるまでもなく、映画のデジタル化の中では、一番歴史の長い部分でもある。

編集工程では、ハードディスクに記録された映像をコンピュータで編集するノンリニア編集機が、専ら使用されている。また、コンピュータを用いて、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することも可能となり、「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。さらに、コンピュータグラフィックスで、現存しない宇宙人のキャラクターや、再現の困難な各種の自然現象、チャーターにお金のかかる軍用機などを作成し、実写の映像と合成する手法が頻繁に使われるようになった。

3.8.3.4 映像配信のデジタル化

現状のフィルム映画の場合、各映画館の数だけ興行フィルムを焼き増しして運搬することで映像作品の配信が行われる。映画館での上映終了後、海賊版阻止の意味もあり、フィルムは回収されて廃棄される。

E シネマでは、映画はフィルムではなく、デジタルデータとして配信される。映像データは圧縮、暗号化され、さらには電子透かしを入れる場合もある。処理後のデータは、衛星通信や、有線ネットワーク、光ディスクなどを通じて、映画館へ配信される。配信先では、受信したデータの解読、伸張処理を施し、映画本体、予告編、言語等がオンラインでアセンブリされる。以上の工程を経たデータが、次項で述べる映像プロジェクト

により上映される。

3.8.3.5 上映のデジタル化

Eシネマ構想の中核となっている部分が、上映プロセスにおけるデジタル技術である。なかでも、テキサス・インスツルメンツ（TI）が開発したデジタル・マイクロミラー・デバイス（DMD）が果たす役割は大きい。DMD 以外にも、Hughes-JVC Technology 社による ILA デバイスを用いた ILA プロジェクトも存在するが、紙面の都合上、以下では DMD に限って話を進める。

DMD は、マイクロマシン技術により SRAM チップ上に集積化された、高速に動作する微細な正方形のアルミニウム製ミラーである。各ミラーは±10 度の傾き角度で切り替わり、DMD に照射された光が、それぞれ 2 方向に振り分けられ、そのうちの一方の反射光がスクリーンへ投影させる。

図 3.8-4 に DMD の模式図を示す。

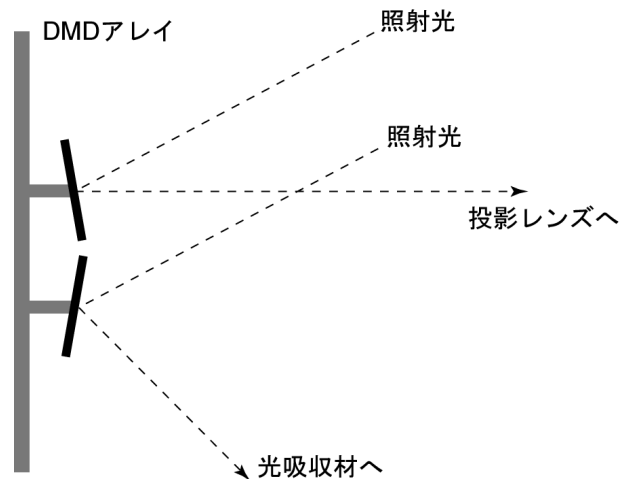


図 3.8-4 DMD の模式図

DMD の各ミラーが、ディスプレイにおけるピクセルに相当し、ピクセルの階調はパルス幅変調された反射光が目の中で D/A 変換されて知覚される。以上のような、DMD を用いた映像の投影システムを、DLP（Digital Light Processing）と呼んでいる。

DLP は、現在普及している液晶プロジェクタと比較して開口率が多い（液晶は 40-60%、DMD は 90%前後）ため、液晶プロジェクタにありがちな黒い格子パターンが目立ちにくく、高輝度（12000ANSI ルーメン程度）の映像を投影することが出来る。

DLP シネマ映写機では、DLP プロジェクタを映像の投影装置として用いる。DLP のユニットを既存のフィルム投影機に接続して、フィルム用の投影光を DLP の照射光としてそのまま用いて、映像を投影する仕組みになっている。

TI の DLP シネマ映写機は、北米 2 カ所の映画館にて、1999 年 6 月 18 日、「スターウォーズ・エピソード 1 ファントム・メナス」の公開時に、世界で初めて採用された。同年 7 月に「ターザン」(3 ヶ所)、さらに同年 11 月に「トイ・ストーリー2」(6 ヶ所)が上映された。既に世界で 50 万人近い観客が DLP シネマを体験しており、DLP シネマ映写機は、北米以外に、ヨーロッパに数ヶ所と日本に 2 ヶ所、合計で世界 24 ヶ所に設置されている。

3.8.3.6 E シネマの利点と欠点

E シネマの利点と欠点を、映画製作者、興行者、観客の 3 つの観点から整理すると、以下のようになる。

製作者側

- (ア) 一貫した品質が維持できる
- (イ) 世界同時封切りが容易に可能
- (ウ) フィルムの複製、配給費用が大幅に削減
- (エ) 映像の暗号化や電子透かしによる海賊版防止
- (オ) 遠隔地への配給が容易

興行者側

- (カ) 柔軟な上映スケジュールが立てられる
- (キ) 上映回数をより多く取ることが可能
- (ク) 1 台の再生装置で複数スクリーンへ同時上映が可能
- (ケ) 劇場でのアSEMBルコストが軽減できる
- (コ) 多国言語への迅速な対応
- (サ) 予告編やプロモーション映像の編集が、興行者側で容易に可能
- (シ) 音や映像の品質が、いつまでも安定で信頼できる

観客側

- (ス) いつみても封切り初日の映像品質
- (セ) フィルムで体験するような、ゴミ、スクラッチ、焦点ボケ、色退化などがない
- (ソ) 映画以外のスポーツやコンサートなどの実況中継が、映画品質で観ることが可能

一方、欠点としては、以下の点が挙げられる。

- (タ) 先端技術のため、規格が不統一である

- (チ) 機材の陳腐化が激しく、現状のフィルム映写機の数倍の値段
- (ツ) 海賊版防止の安全性の問題（暗号は万全ではない）
- (テ) ビジネスモデルが確立されていない

欠点の多くは、いずれ解決される可能性が高いものなので、Eシネマシステムによる映画館は、今後急速に広まっていくと予想される。2002 年公開予定の「スターウォーズエピソード2」では、撮影の段階からデジタル化されている。7年サイクルで映写機の更新を行うアメリカにおいては、次の大きな更新の次期が 2002 年になっており、フルデジタルで製作された大作映画の公開次期と重なっている点が興味深い。

3.8.4 今後の映画産業の方向性

技術革新に伴い、自身の変革を余儀なくされた映画産業が、今後どのような方向に向かうのか、簡単に述べる。

3.8.4.1 脱ハリウッド

映画を取り巻く環境を眺めてみると、古くて新しいタイプの二極化の兆しが観察できる。すなわち、巨大な資本と技術力に裏づけされた大作映画がある一方で、低予算で製作されたアイデア勝負のマイナー映画があり、その二極化を促進しているのが技術の進化である。

「タイタニック」に代表される大作映画には、最先端の CG 技術や画像合成手法が駆使されていることが、もはや当然のように認識されている。一方、巨大な資本や技術力などを持たない、脱ハリウッド的な映画には、異なった意味での先端技術が使われている。すなわち、デジタルビデオカメラとインターネットである。その代表例が、1999 年に公開された話題作、「ブレア・ウィッチ・プロジェクト」である。

この作品では、デジタルビデオカメラで撮影が行われ、インターネットを中心とした各種メディアを利用して話題作りを進めていった。この映画で特徴的なのは、恐怖の対象である魔女が、スクリーンに登場しないまま物語が進行していく点である。最近のハリウッド映画に見られる CG を駆使した映像作りのアプローチ法だと、魔女をどのように CG で作成するかが問題かつ話題となるのだが、この映画では戦略的に排除して製作されており、アイデア次第では低予算で十分な効果を得ることが可能であることを証明している。

3.8.4.2 インターネットとホームシネマ

今後の映画産業の方向性を考えた場合、インターネットの存在を無視することはでき

ない。ひとつには、映画の宣伝媒体としての利用、もうひとつには映像の配信手段としての利用が考えられる。

宣伝媒体としてのインターネットの利用は、インターネットの普及当初から行われており、予告編の配信、キャラクターグッズの販売、メイキングの紹介などが利用法の主流である。一方で、3.8.4.1項で述べた「ブレア・ウィッチ・プロジェクト」のように、インターネットをロコミ的に利用して、宣伝効果をあげる例も出てきている。

映像の配信手段としては、ネットワークの大容量化（ブロードバンド化）が大きな役割を果たしている。現在のロケーションベースの映像配信から、ホームベースの映像配信へと移り変わることも十分に考えられ、自宅のホームサーバーへ映画をダウンロードし、もしくはストリーミング受信しながら、小型のDLPプロジェクタで映画を楽しむような未来像も描かれている。

しかし、映画は単に映像を楽しむだけのものではない。閉鎖的な映画館の空間の中で、幾人かの観客と一体となって映画を鑑賞し、感動を共有する場の雰囲気は、自宅では決して味わえないものである。したがって、映画館は、「感動の共有の場」として、規模は縮小されとしても、なくなることはないであろう。

参考文献

- ・「映画の教科書」、James Monaco 著（岩本憲児 他訳）、フィルムアート社：
映画の歴史、用語などが解説されている
- ・「映画撮影技術ハンドブック」、白井茂他、写真工業出版社：
映画製作のプロセスおよび技術が解説されている
- ・「DLP Cinema 技術」、梶山敏之、情報処理学会誌、Vol. 41, No. 6, pp. 655-660：
DLP シネマの技術的な解説記事
<http://www.ti/>の URL にも、DLP シネマの解説が掲載されている。
- ・<http://screenplay.com/products/dpro/index.html>：
Movie Magic の紹介 URL
- ・<http://www.dramatica.com/index.html>：
Dramatica の紹介 URL

3.9 Web サーチエンジンのビジネスモデルと検索技術動向 —Google を例にとって—

インターネットの情報を有効に利用する手段として、今やサーチエンジンは、欠くことができない存在となっている。ところが、現存する主たるサーチエンジンは全て海外で運用されている。サーチエンジン誕生の時期には我が国にも多くの実験的サーチエンジンが存在し、世界と競争しても負けることのないデータ量を持ち、かつ、高性能を実現していたが、現在では、富士通の InfoNavigator¹、フレッシュアイの FreshEye²、NTT の ODIN³を除けば皆無と言ってよい。また、データ量で比較した場合、我が国のサーチエンジンは、国内に特化した検索を提供しており、Google⁴等、海外のサーチエンジンの 2 桁下のデータ量しか持っていない。本章では、なぜ我が国でサーチエンジンのビジネスが定着しなかったかを検証するために、現時点で最も有名であり、かつ、世界最大のデータ量を持つ Google を例にとり、1998 年 9 月の起業時から現在にいたるまでのビジネス的、技術的な動向を調査すると共に、今後のサーチエンジンのビジネスモデルと検索技術について考察する。

3.9.1 Google の誕生

Google (図 3.9-1) は、Stanford 大学の Ph.D コースの学生であった Larry Page⁵と Sergey Brin⁶が 1998 年 9 月に設立した World Wide Web を対象とした検索システムを提供する会社であり、Netscape 社と同じ米国カリフォルニア州サンノゼ市の Mountain View に位置する。

Stanford 大学の Computer Science 部門に籍を置く Brin は、博士課程でデータマイニングに関する研究を行っていた。そこに、Page が加わり、利用するデータの倍増を図るために Web データの収集を行ったところ、Web データに非常に興味を引かれ様々な解析を試みるようになった。データマイニングの研究には膨大なディスク容量とコンピューティングパワーが必要であり、新しくコンピュータを導入した所ではコンピューティングパワーが余っていないかどうか、Stanford 大学内を駆けずり回っていた。

3 年間の研究の後、さらに巨大なディスク容量が必要となったことから、Page と Brin

¹ <http://infonavi.infoweb.ne.jp/>

² <http://www.fresheye.com/>

³ <http://odin.ingrid.org/>

⁴ <http://www.google.com/>

⁵ Larry Page, Sergey Brin 共に 2000 年 11 月現在で 27 歳であり、25 歳の時に起業した。

⁶ Brin はロシア生まれ。NSF の Graduate Fellowship を授与されている。

は二人が持っている全てのクレジットカードを使って TB（テラバイト）の容量を持つディスクを 1.5 万ドル（約 150 万）で購入した。しかし、それでも二人の研究にとってディスク容量は十分なものではなく、彼らは、当時成功していた Yahoo!⁷に負けじと、ビジネスプランを 2 年間もの間書き続けた。

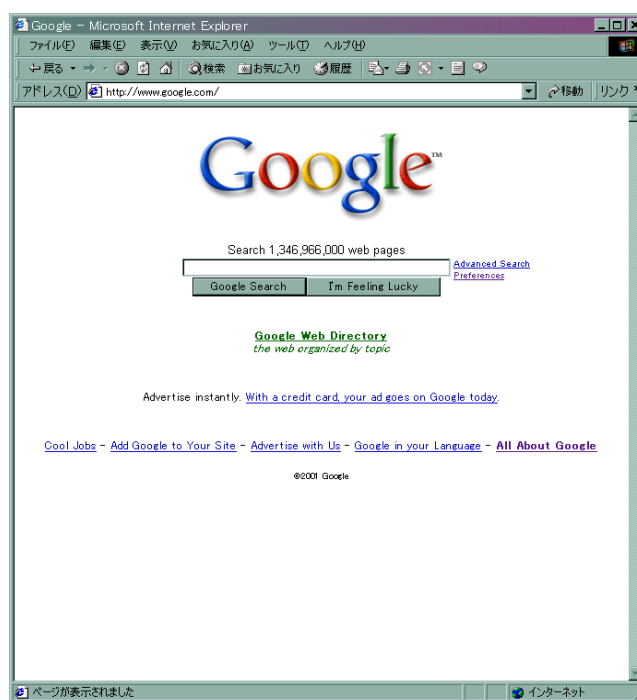


図 3.9-1 Google のホームページ (<http://www.google.com/>より引用)

ビジネスプランを送った相手の一人である Andy Bechtolsheim⁸とある日の早朝、Page と Brin は会うことになった。会合では、Page と Brin が彼らのビジネスプランを説明し終わらない内に、Bechtolsheim は携帯電話でどこかに電話した後、「十分にビジネスプランは聞いた。あと残りの時間で話を続けるより、ここに書く小切手でビジネスをすぐに始めてみないか」と二人に告げ、10 万ドル（約 1000 万円）の小切手を渡した。これが Google の起業の第一歩となった。

その後、シリコンバレーで有名な Kleiner Perkins と Sequoia Capital の二大ベンチャーキャピタル⁹から総額 2500 万ドル（約 25 億円）の出資を受け、1998 年 9 月に Google が誕生した。

⁷ <http://www.yahoo.com/>

⁸ Sun Microsystems 社の co-founders であり、Stanford 大学出身。

⁹ これら二大 VC は、Apple, Amazon.com, Cisco Systems, Netscape, Yahoo!へも巨額の出資を行っている。

3.9.2 Google の成長

Google は、他のサーチエンジンとの差別化のため、検索技術に特化してこれまで成長を続けてきている。一方、Yahoo!、Altavista 等のその他のサーチエンジンサイトは、サーチエンジンのみでは収益が得にくいことから、mail や chat 等の付加サービスをワンストップで実現できるような、portal 化を目指しており、サーチエンジンを提供するホームページは複雑化してきている。

Google は、ホームページの portal 化を目指しておらず、図 3.9-1 に示すようにホームページはシンプルであり、絵の入った重い広告も画面に表示されることなく、ユーザの利便性を考えたシステムとなっている。一方で、サーチエンジン部分のみを一括して Yahoo! や Biglobe (NEC) に使ってもらおうというビジネスモデルを構築している。ビジネスモデルの詳細は後述する。

図 3.9-2 に、Google で稼働している Linux PC の台数の推移を示す。当初 30 台の Linux PC でスタートした後、2000 年 6 月にはトータルで 6000 台へと増加し、平均 33 台/日のペースで増え続けている。2000 年 10 月時点での目標は、2000 年末までに 10000 台を達成することであり、正式な報告はされていないが、既に 10000 台を達成しているものと思われる。

Google に対するアクセス数も指数関数的に延びており、1999 年 6 月時点で 50 万ヒット/日であったものが、2000 年 6 月には 4000 万ヒット/日となっており、毎月 20~30% アクセスが増大している。これは、2000 年 6 月に Yahoo! のサーチエンジンとして採用されたことが大きな要因となっている。また、2000 年 12 月には NEC の Biglobe のサーチエンジンとして採用されている。

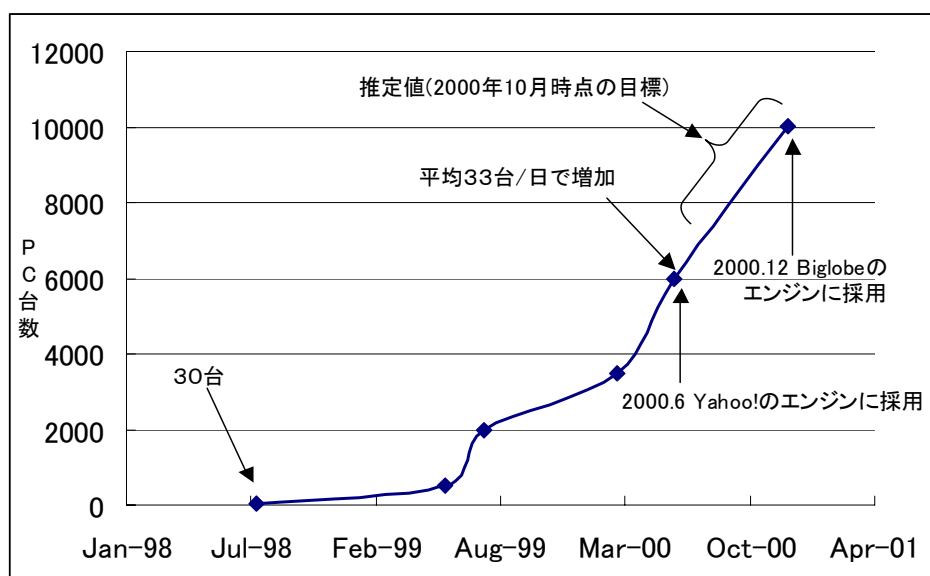


図 3.9-2 Google で稼働している Linux PC の台数の推移

一方で、Google が持つデータ量も指数関数的に増大している。1999 年 8 月には 2 億ページであったものが、2000 年 3 月には 5 億ページへと増大し、2001 年 2 月には、NetNews の検索サイトである Deja を買収し新たに 5 億ページのデータを追加した。これによって、2001 年 2 月末現在では 13.5 億ページとなっている。

3.9.3 Google の技術

Google の技術面を取り仕切る Chief Operations Engineer は、Jim Reese である。Reese は、Harvard 大学を卒業後、Yale Medical School の大学院、Stanford 大学で 3.5 年の間、神経外科を専門とした後、Stanford SRI International¹⁰では脳の MRI 画像を鮮明にするためのコンピュータソフトウェアの開発に 1.5 年従事したという経歴を持つ。

Reese は、医学博士であり、コンピュータについては Stanford 時代の独学である。SRI 時代、Reese は UNIX Computer のコンサルタントとして SRI をはじめ病院以外で活躍している。ちょうど、SRI に来て 1 年がたったころ、Google の検索スピードと正確な検索結果に非常に感動し、これが Google への転職を考えるきっかけとなった。

Reese が Google 社に履歴書を提出した際、Google では、神経外科からの応募に戸惑い、最初は採用することを考えていなかった。その後、Google は、Stanford 大学の一つを使って Reese が医学博士であることを確認した後、電話インタビューを実施した。その後の面接では 1 時間以上に渡る激論の末、Page と Brin が Reese に出した難題¹¹に対して、Reese が解決策を示したことで、その場で採用が決定し、面接の翌日から Reese は Google 社に勤務することになる。

3.9.3.1 PC+Linux OS 採用の理由

Google では、Intel の CPU を持つ PC と Linux OS というコモディティ化しているハードウェア、ソフトウェアにより、検索システムを構築している。これは、①低コストである、②スケールアップが可能、という 2 点が理由となっている。

PC はその構成要素である CPU, RAM, HD 共に年々価格が低下しており、価格性能比から考えて、Web の増加に対して十分にスケールすると判断している。実際、ハードディスクの密度は年率 2 倍以上の伸びを示しており¹²、Web データが年率約 2 倍（図 3.9-3）で増加していることを考えると、十分に容量的にスケールする¹³（図 3.9-4）。

¹⁰ <http://www.sri.com/>

¹¹ 当時、Google が直面していた問題で Page も Reese も解決できなかった問題。

¹² 例えば ASET が提供するデータ (http://www.aset.or.jp/seika_hdd_index.html) を参照。

¹³ 2000 年末時点での IDE ディスクの最大容量は Maxtor 社の 80GB である。

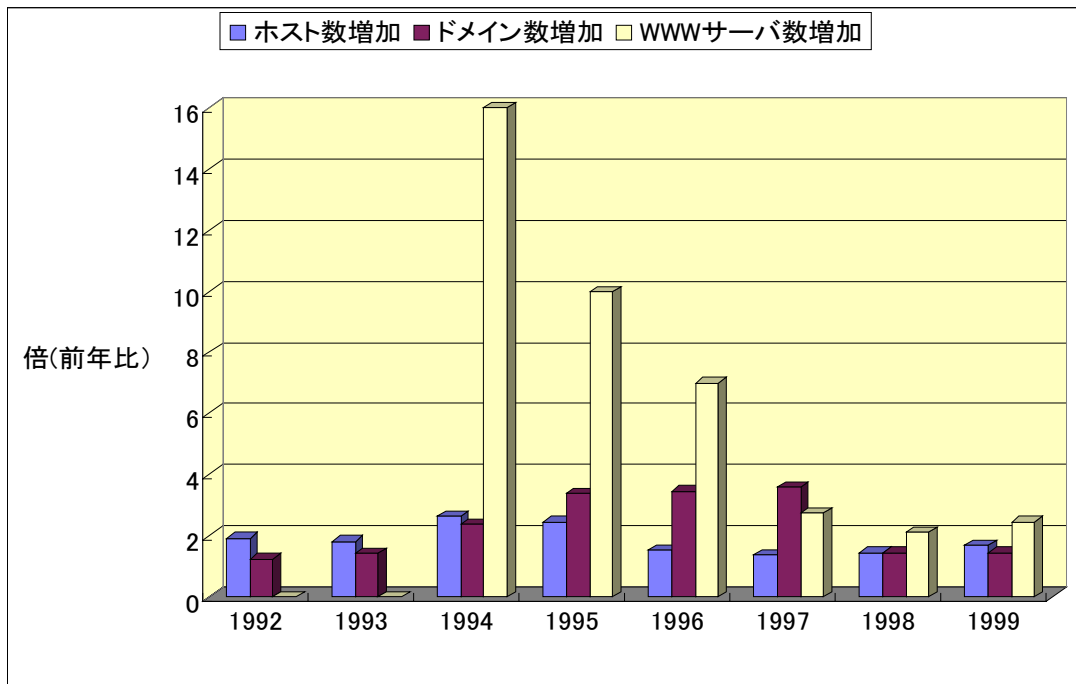


図 3.9-3 ホスト数, ドメイン数, WWWサーバ数の毎年の増加率
(米国 Internet Software Consortium, 英国 Netcraft 社の公表データにより作成)

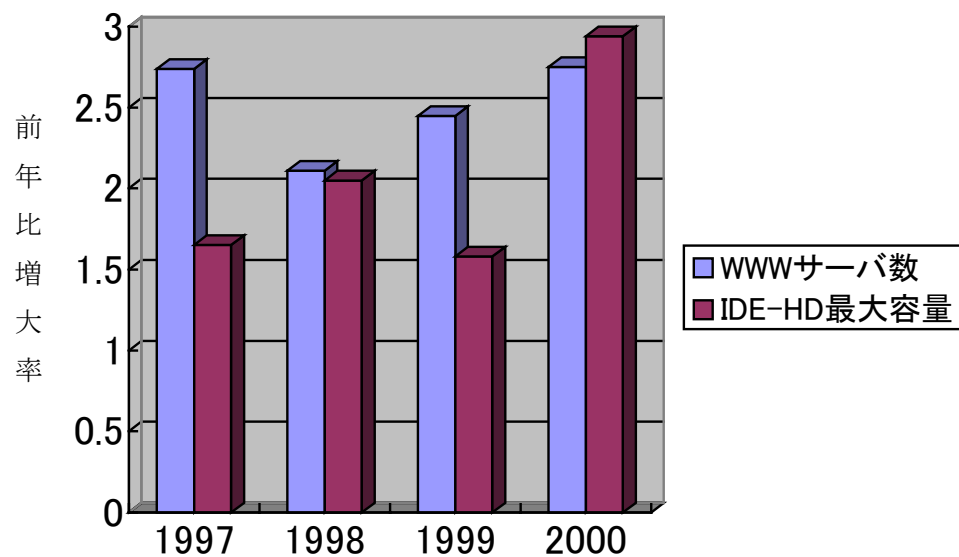


図 3.9-4 IDE-HD の最大容量と WWW サーバ数の毎年の増大率
(WWWサーバ数は英国 Netcraft 社発表のデータ、IDE-HD の最大容量は米国 Maxtor 社が販売する IDE-HD の最大容量により計算)

3.9.3.2 ハードウェア構成

Google で利用しているハードウェアは、RAIS (Redundant Arrays of Inexpensive Servers)¹⁴により構成されている。19inch ラック (210cmH×60cmW×75cmD) に 1U サイズの PC を 80 台設置している。通常であれば 44U のラックには、1U サイズの PC が 44 台しか入らないが、Rackable Systems¹⁵の技術を用いることによって、1 ラックに 80 台の PC と Network Switch を入れている。ラックの表面と裏面の両方から奥行きが通常の半分の PC を挿入し、80 台の PC を 1 ラックに格納する (図 3.9-5)。ただし、発熱量が大きくなるため空調用のファンをラックの上部に設置している。各 PC の構成は、表 3.9-1 の通りである。

ラック内の 80 台の PC は、2 台の 44 ポートの Fast Ethernet Switch により接続され、4 ラック (PC320 台) で 1 クラスタを構成する。ラック間には、GigaEther により接続される。2000 年末時点で約 31 台のクラスタ (PC10,000 台) には、全く同一のデータが格納されている。

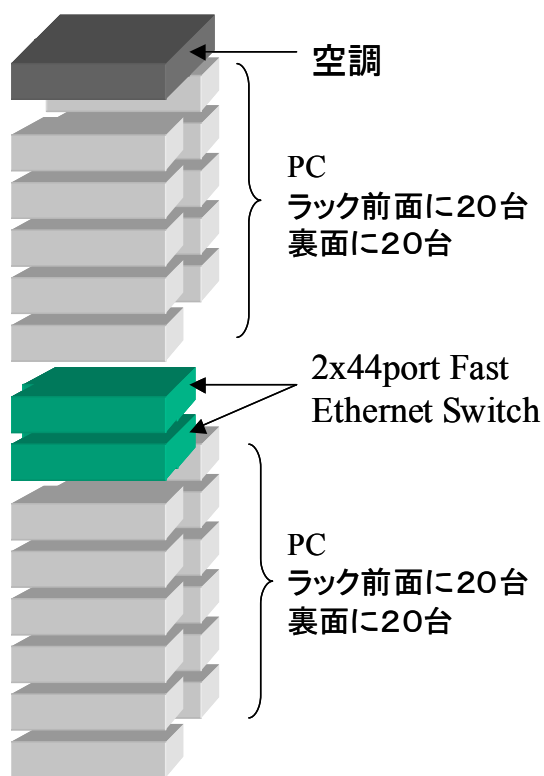


図 3.9-5 ラック 1 台の構成 (4 ラックで 1 クラスタを構成)

¹⁴ RAID と同じ考え方であり、「安い PC を並べて冗長性をもたせたサーバ」という意味。

¹⁵ <http://rackable.com/>

表 3.9-1 クラスタを構成する PC の構成

CPU	Intel PentiumIII (クロックはPC 導入時期によって異なる)
メモリ	256MB～1GB
DISK	40～80GB の DISK 2 台を 1PC に接続 ¹⁶ (2 channel 利用) - DISK は、容量の大きいものに順次交換
NETWORK	Intel EtherExpressPro 100
OS	Red Hat Linux (stripped-down version) - 標準 distribution から Graphical 部分を削除

2000 年 10 月現在、California に 2 カ所、Virginia に 1 カ所のデータセンターを設置し、世界中からの query の分散を図っている。また、2001 年 3 月 (1Q2001) までにアジアとヨーロッパにデータセンターを追加設置し、検索速度と latency の短縮を計画している。

2000 年 6 月時点での総 DISK 容量は 500TB、6000PC¹⁷であり、平均 33 台/日の割合で PC の増設を行っている。また、2000 年 7 月時点での総データ量は約 5.6TB (約 5.6 億ページ) であると予想される¹⁸。すなわち、1 クラスタ (PC320 台) 内においても約 4 重化されたデータコピーが存在し、約 68～80 台の PC に分散して 5.6TB のデータを格納していると考えられる¹⁹。このように Google では、1 つのクラスタ内でも同じデータを重複して格納させると共に、クラスタ間では完全なコピーを持つことによって冗長性のある構成をとる。

3.9.3.3 技術達成目標

Google では、開発当初から 0.5s/query の検索スピードと 1000queries/s というスケールビリティを技術達成目標とした。2000 年 6 月現在、この目標を達成すると共に、4000 万 queries/日をこなすために 6000 台の PC を用い、20～30%/月の割合で増加する queries に対応するため、平均 33 台/日の PC を追加している。

図 3.9-6 に示すように 2000 年 7 月には、Google は、これらの大規模クラスタを用いて 5.6 億ページの Web データ収集を行い (この時点で全 Web データの約 18%)、世界最大のデータ量を持つ。その後も、2001 年 2 月には、NetNews 検索サイトの Deja²⁰を買収し、NetNews 関連の約 5 億のデータを追加し、2001 年 2 月末現在、総データ容量は約 13.5 億ページとなっている。

¹⁶ 2000 年 6 月に Google は 3000 台の IDE40GB (DiamondMax Plus40) を Maxtor 社より導入。

¹⁷ 平均すると 1 台の PC に 40GB の DISK が 2 台設置されていることになる。

¹⁸ 筆者の推測 (Web ページの平均容量を 10KB で換算)。

¹⁹ 筆者の推測。

²⁰ <http://groups.google.com/>

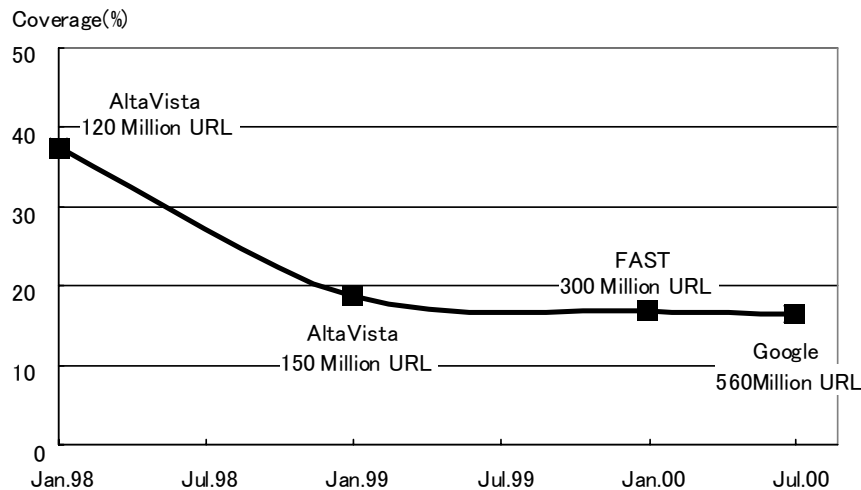


図 3. 9-6 全 Web ページに対するサーチエンジンのカバー率の推移

3. 9. 3. 4 検索機能

Google の検索機能として特徴的なものは以下の 5 つである。

① Highlighted Text

- 検索結果のアブストラクト中、Query に入力した語句を太文字で表示する機能 (図 3. 9-7)。また、図 3. 9-7 に示すように同じサイトでも Query を変えた場合、アブストラクト自体も変わる。Google では、全 Web ページのデータをキャッシュしていることから、アブストラクトを Query に応じて動的に生成しているものと考えられる。このような方式は、現存する他のサーチエンジンでは採用しておらず、Google 独自の機能である。

(1) waseda で検索した場合

THE WASEDA BIOETHICS WEBSITE (Jan. 19, 2001)
 "the peaceful 21st century" version. ... Here you're at the Gateway of "WASEDA
 BIOETHICS WEBSITE"!! You're just the th visitor!! ...
kenko.human.waseda.ac.jp/rihito/biogate-j.html - 11k - Cached - Similar pages

(2) waseda homepage で検索した場合

THE WASEDA BIOETHICS WEBSITE (Jan. 19, 2001)
 ... Presented By Naoto Kawahara (Graduate School) Please send me your candid
 opinion on this **Homepage**!! naox@human.waseda.ac.jp (Naoto Kawahara). ...
kenko.human.waseda.ac.jp/rihito/biogate-j.html - 11k - Cached - Similar pages

図 3. 9-7 Google の検索結果例

② Grouped results

- 検索結果をドメイン毎にグループ化する仕組みである。本機能は、他の多くのサーチエンジンでサポートされている。

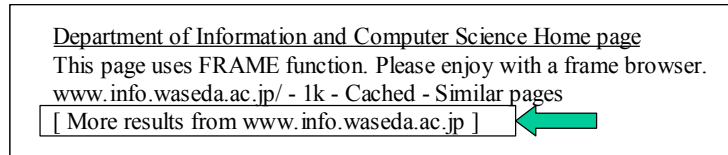


図 3.9-8 Google の検索結果（グループ化）

③ Cached results

- ・ Google では、各 Web ページの情報を全てキャッシュしており、original ページにアクセスできない場合でも、キャッシュされている Web ページを参照することが可能となっている。
- ・ 現存する他のサーチエンジンには無い機能であるが、キャッシュが著作権法上、許されるかどうかは微妙である²¹。

④ Similar pages

- ・ 検索の結果得られた Web ページと似たページを表示する機能である。
- ・ 他の多くのサーチエンジンに備わっている機能である。しかし、Google では、例えば、http://www.waseda.ac.jp/ のようにトップディレクトリの Web ページに対して Similar Page を選択すると、大学（ac.jp を第一、第二レベルドメインとして持つ）のサーバで、かつ、そのトップディレクトリに対する Web ページを表示する。すなわち、他のサーチエンジンが行っているような同類のキーワードが含まれるページを対象として選択するだけではなく、ユーザが何をもって「類似」と考えているのかも考慮していると考えられる。

⑤ Page Rank（特許出願中）

- ・ 本機能は、Google の最大の特徴であり、以下で説明する。

3.9.3.4.1 Page Rank 法

詳細は文献[1][2]を参照していただくとして、ここでは、Page Rank 法の考え方を紹介する。Page Rank 法は、Page と Brin が Stanford 大学の博士課程の学生時（1998.1）に、提案した手法である。Page Rank 法では、あるページ A からページ B にリンクが存在する場合、ページ B に対してページ A が一票投じていると考える。この考え方は 1995 年に Neeraja Sankaran によって生物学のノーベル賞を受賞する人物を予測する手法として用いられており、特に新規性はない。Page Rank 法の重要な点は、ページ A の重要度によって、一票の重みを変える点にある。例えば、アダルトサイト等、ランクを上げるために複数のダミーサイトからのリンクを張っている場合でも、これらのダミーサイ

²¹ 我が国では、Proxy 等で一時的に Web ページをキャッシュすることは許されているが（文化庁）、Web ページをサーチエンジンの検索結果として見せるためにキャッシュすることが許されるかどうかについては、明らかになっていない。

トの重みを低く設定できる²²ため、故意にランクを上げようとリンクを張っても、ページ A のランクを上げることはできない。

PageRank は、図 3.9-9 に示す手法で計算する。ページ p のランクは、ページ p へリンクを持つページ q のランクの総和で決定される。ただし、ページ q のランクは、ページ q が持つ外向きのリンク数（outdegree(q)）で割った値となる。例えば、HUB 型²³の Web ページからのリンクの重みは小さくなる。ε は、論文[1]によれば通常 0.15 に設定し、他から何もリンクがないサイトに対して 0.15 のランクを与えている。

$$R(p) = \varepsilon / n + (1 - \varepsilon) \sum_{(p,q) \in G} R(q) / \text{outdegree}(q)$$

R(p)	: page p のランク
ε	: 緩衝計数 (通常 0.1 ~ 0.2 に設定)
R(q)	: page q のランク
outdegree(q)	: page q からでている総リンク数
n	: 対象とするグラフのノード数

図 3.9-9 PageRank の計算法

PageRank を求めるために、まず、どこにも外部のページに対してリンクを持たない Web ページを探す。これらのページは他の Web ページの PageRank に影響を与えないため、PageRank 計算上、計算を省くことができる。その後、各ページの初期ランクを決め、図 3.9-9 の式により各 Web ページのランクを更新する。実験では、3.2 億のページに対する Page Rank 法適用時、約 52 回の繰り返しにより、初期値が最終値に影響を与えない程度に収束できたと報告している。

3.9.3.5 フォルトトレラント対策

Google では、先にも述べたように下記に挙げる故障時対策をとる。

- ・ 各クラスタ（80PC×4）は全く同一データを保持
- ・ 各クラスタ内でもデータを多重化
- ・ 全マシンをモニターし fail 時には restart

²² これらのダミーサイトへのリンクは無く、自動的に重みが下がる。

²³ ある Web ページの backlink (外からのリンク) と forwardlink (外へのリンク) の数を比較した際、backlink 数 < forwardlink 数の時、HUB 型の Web ページと呼ぶ。これに対して、backlink 数 > forwardlink 数の時、Authority 型の Web ページと呼ぶ。例えばリンク集は、HUB 型の Web ページである。

さらに、効率のよい負荷分散を実現するために、Pythonscript²⁴を用いてパフォーマンスモニターを独自に構築すると共に、Custom load-balancing software を開発し、最小負荷の PC を選択することを試みている²⁵。

なお、今後の課題として、下記の 4 項目を挙げている。

- (1) System Image Consistent
- (2) Monitering System State
- (3) Debugging Performance Problems
- (4) Bits Error on copying terabytes

大容量のデータを多重化し膨大な数の PC に格納しており、そのデータの整合性をどのようにしてとるか (1)、膨大な数の PC の稼働状況をどのようにして効率よく取得するか (2)、負荷分散をどのように効率化するか (3)、TB オーダーのデータを扱うため、ディスク、メモリのあらゆる箇所での bit error を避けることは確率上困難となっており、どのような対策をとるべきか (4) の 4 項目である。

3.9.3.6 セキュリティ対策

Google は、OS に Linux (Red Hat Linux) を採用しているが故に、(ソースが公開されていない) 商用 Unix に比較し、セキュリティレベルが高いという立場をとる。これは、必ずしも正しいとは言えないが、Reese は Linux の security に関するメーリングリストで数々の発言をしており、Reese 自身が Linux のセキュリティ対策に非常に詳しく自身を持っていることが理解できる。

3.9.4 Google のビジネスモデル

2000 年末時点での Google の社員は百数十名であり、システムのメンテナンス等を考えると、効率のよい運用が成功する鍵²⁶であると考えられる。このため、Google では、下記に示すように、サーチエンジンの機能を一括して期間利用契約することにより、オーバーヘッドが少ない安定した収入を得ることを考えている。

(ア) テキスト広告

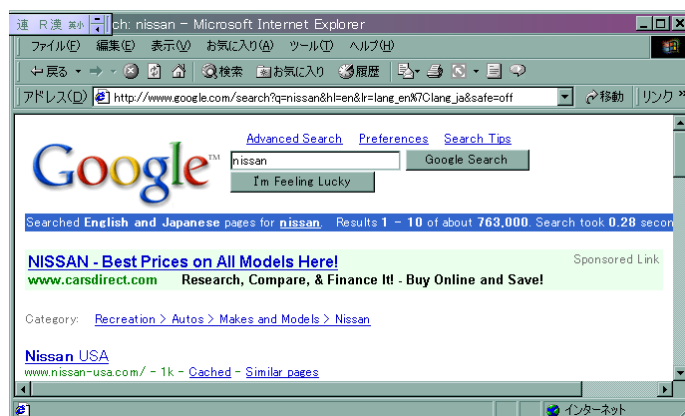
- ① 各検索に対し 2 行のテキスト広告を提供する。

²⁴ オブジェクト指向プログラミングのできる非常に柔軟性の高いスクリプト言語
(<http://www.python.org>)

²⁵ 残念ながら具体的な技術については公開されていない。

²⁶ 筆者の推定。

- ② Yahoo!等のサイトでは、バナー広告に非常に綺麗な画像を出したり、ポップアップメニュー、アニメーション等を多用している。しかし、Google では、2 行のテキスト広告を採用することで、ユーザが一般的に感じる「バナー広告を表示するが故に、検索結果の表示が遅い」といった問題を解決している。



- ③ ただし、全ての検索の結果に広告が表示されるのではなく、特定の検索を行った場合にのみ広告が表示される仕組みをとる。
- ④ Google では、一般的なオンライン広告のクリックスルーレートの約 4 倍を達成している²⁷。

(イ) 特定の Web サイトを対象としたサーチエンジン提供

- ① Cisco, Washington Post, Virgin Net, Netscape NetCenter, RedHat 等

(ウ) Web サイトを限定しないサーチエンジン提供

- ① 2000 年 6 月 Yahoo!のサーチエンジンに採用
- ② 2000 年 12 月 NEC の Biglobe のサーチエンジンに採用

3.9.5 考察

以上述べたように、Google 誕生・成長のポイントとして重要な点として、下記の 3 つが挙げられる。

- ① Page と Brin は、非常に強い意気込みを持つ。
- ② 起業に至った背景には Stanford 大学の OB でもある Andy Bechtolsheim 氏の理解があったことが大きい。
- ③ ビジネスモデルとして、他のサーチエンジンと異なり「検索性能」にこだわることで技術的に世界一のレベルを達成した。

²⁷ 2000 年 8 月 16 日に開催された Jupiter Online Advertising Forum(at NewYork)で Google Inc. が発表した内容に基づく。

今後も Google が成長を続けられるかどうかを予測することは困難であるが、少なくとも技術的に他のサーチエンジンとの差異を保つことができる限り、Google の存在価値はある。

さらに、巨大クラスタシステムは、今や世界中のどこを探しても存在しない規模になっており、世界最大のクラスタシステムを持つことと、世界最大の Web データの蓄積から得られる様々なノウハウの蓄積は、次のビジネスへと展開していくためのエネルギーとなることは間違いないと思われる。

参考文献

本報告は、主として下記に示す論文及びインターネット上の情報を情報源とした。

PageRank に関する論文

- [1] S.Brin and L.Page: “The anatomy of large-scale hypertextual Web search engine” , Proc. of the 7th International World Wide Web Conf. 1998, pp.107-117 (1998)
- [2] L.Page, S.Brin,R.Motwani, and T.Winograd: “The PageRank citation ranking : Bringing Order to the Web” , Stanford Digital Library Technologies, Working Paper 1999-0120 (1998)

Google Press Release

- [3] Googles’ s Targeted Keyword Ad Program Shows Strong Momentum with Advertisers (2000. 8. 16)
<http://www.google.com/press/pressrel/pressrelease31.html>

各種紹介記事

- [4] Searh Us, Says Google (2000. 11)
<http://www.techreview.com/articles/nov00/qa.htm>
- [5] Google Searches Made Snappy
http://www.intel.com/ebusiness/casestudies/snapshots/google_p.htm
- [6] Google Relies Exclusively on Linux Platform to Chun Along
<http://www.interex.org/hpworldnews/hpw009/02nt.html>

付属資料 1 海外調査報告

「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、SIGGRAPH 2000、AAAI 2000 に参加したので報告する。

- ・ 日 程：2000 年 7 月 22 日から 8 月 6 日
- ・ 調 査 員：北畠 重信
- ・ 主な調査先：①SIGGRAPH 2000（米国ルイジアナ州ニューオリンズ）
②AAAI 2000（米国テキサス州オースチン）

1. SIGGRAPH 2000

(1) 概要

名称：27th International Conference on
Computer Graphics and Interactive Techniques 2000
日時：2000 年 7 月 23 日（日）から 7 月 28 日（金）
場所：Ernest N. Morial Convention Center （New Orleans, Louisiana）
主催：ACM SIGGRAPH

SIGGRAPH は、コンピュータ・グラフィックスの世界最大の Conference&Exhibition である。正式な発表によれば、今回の SIGGRAPH 参加者は、25,986 名、exhibition への出典は 316 社とのことであり、非常に盛大なものであった。まさにコンピュータ・グラフィックスの祭典という言葉がぴったりの盛り上がりを感じられた。



会場：Ernest N. Morial Convention Center

出展も見学客も日本人が予想以上に多いので驚いた。同じホテルに泊まっていた若い中国人研究者も、会場見学後に「日本は強い」と言ってくれたが、やはりエンターテインメントに係わるような領域は、日本人には向いているのだろうか？ 情報技術全般で、是非「日本は強い」と言われるようになって欲しいものである。

アートは言葉で理解するのではなく感じればよいということなのか、コンピュータ・アニメーション・フェスティバルの出展作品の中には、日本語のままの作品も幾つかあった。他の分野でも、これだけ「日本」を自信を持って前面に出せるといいのだがと感じた。

SIGGRAPH の内容は非常に多岐にわたるが、特定の対象者にしか関係ないものもあるので、ここでは、主要なものについてのみ述べる。

① Exhibition

企業中心のソフトウェア、ハードウェアの製品紹介、展示、デモンストレーションである。SIGGRAPH に合わせて、幾つかの新製品発表も行われている。

展示内容の傾向としては、CG／アニメ・オーサリングツール、モーション・キャプチャ、各種デジタイズと形成、各種ディスプレイ（大スクリーン、3画面連続ディスプレイ、円形凸面スクリーン、立体視パネル、etc.）等が中心である。変わったものとしては、コンピュータ支援サージェリーや内視鏡などの医師用訓練ツール、力フィードバックの触知デバイスなどを、実際に操作して見る事ができた。

また、一般の人にも関係するところでは、B-to-C の電子商取引等に適した Web 上のバーチャルリアリティや CAD 的な物体イメージの回転・拡大縮小操作等をサポートするソフト製品が幾つかあった。Web 上で、商品を現物を調べるかのように確認したいなど、ニーズは高いと思われるが、少ないデータ転送量での実現が工夫され、実用的になってきたようである。実際、最近ではそのような機能を使ったホームページも、見かけるようになってきた。

② Courses

これはチュートリアルである。SIGGRAPH を見学する予備知識としての Graphics の基礎のようなものから、先端的话题の専門的なものまで、半日コース、1日コース、2時間チュートリアルの3種類があり、あわせて44の講座があった。

③ Papers

Papers は、コンピュータグラフィクス関連の技術論文の発表である。

1600 の論文の中から 20 の論文を選考とのことであり、かなり厳しい採択率となっている。CG 関連はかなり成熟度の高い分野なので、部外者が聴講するのにはかなり難しいかと思われる。

④ Sketch & Applications

これは、現在進行中の作品・研究、試験的なブレイクスルー、および、新しい処理パラダイムなどに関する、研究者、技術者、アーティスト、アニメ製作者等によるインフォーマルな技術発表ということになっている。1セッション1時間45分の中に通常3件〜4件の技術論文発表があり、全部で30セッションがあった。107件の発表の内、日本人の発表は14件あった。

⑤ Art Gallery & Emerging Technologies

アートギャラリー (Art Gallery) は、デジタル・アート作品のデモ展示である。エマージング・テクノロジー (Emerging Technologies) は、「新千年期の技術への出発点。技術における新時代への道を照らし出すような、夢のある、創造的な、挑戦的な実装や体験。」のうたい文句で、Human-Computerインタフェース、ディスプレイ技術、ワークグループ・コンピューティング、マルチユーザ・アプリケーション、知的環境、情報可視化、ロボット工学などの新技術開発の展示・デモなので、本WGには最も関連の深い部分といえる。

⑥ Computer Animation Festival (1. Animation Theater、2. Electronic Theater)

エレクトリックシアターは、650応募作品から26作品を選考。市内の劇場で上演された。SIGGRAPH参加者は、あらかじめ割り当てられた日時に、会場からの送迎バスで見に行った。アニメーションシアターは選ばれた131作品を幾つかのグループに分け、コンベンションセンター内の2つのホールで、常時、繰り返して上演していた。

以下では、本WGの調査対象の技術に関係の深いものとして、「Emerging Technologies : Point of Departure」の展示デモと、「Sketch & Applications」の「Haptics」セッションの発表について述べる。

(2) Emerging Technologies: Point of Departure

以下に示す26件が展示・デモを行っていた。その内の半分の13件が日本の大学や日本企業に関係したものである。日本関係の出展が圧倒的に多いのは非常にうれしい反面、米国等の出展があまりに少なく、米国の先端技術の多くに接したとはあまり言えないのが残念であった。

このEmerging Technologiesは、アート・ギャラリー (Art Gallery) と同一の広いホールで、両者混在して展示・デモされていた。Art Galleryの方は、60件程のデジタル・アート作品がデモ展示されていた。

Emerging Technologiesの出展は、エンターテインメントそのものを目的としたもの

もあるし、新しい開発技術を用いて全体をエンターテインメント風に仕上げていて、技術課題が何なのかちょっと見ただけではわかりにくいものもある。またArt Galleryの方にも、仕組みが大がかりだったり、いろいろおもしろいものがあるので、両者の展示の区別は、見ただけでは付けがたい。そのため、Emerging Technologiesの出展の見落としがないようにするために、出展リストをチェックしながら見学した。写真撮影が禁止されていたのが残念である。

Emerging Technologies

- (1) 4 + 4 Fingers Direct Manipulation with Force Feedback (東京工大)
- (2) ActiveCube (大阪大)
- (3) Augmented Groove: Collaborative Jamming in Augmented Reality (ATR)
- (4) Autostereoscopic 3D Workbench (通信研)
- (5) Autostereoscopic Display for an Unconstrained Observer
(New York University)
- (6) CYPHER: Cyber Photographer in Wonder Space (ATR)
- (7) Danger Hamster 2000 (Sony CSL、成蹊大)
- (8) Gait Master (筑波大)
- (9) HoloSpace (Zebra Imaging Inc、The University of Texas at Austin)
- (10) InTheMix (AuSIM, Incorporated)
- (11) Jamodrum Interactive Music System (Interval Research Corporation)
- (12) LaserWho (MIT Media Lab)
- (13) Magic Book: Exploring Transitions in Collaborative AR Interfaces
(University of Washington、ATR)
- (14) Medieval Chamber (Sony Computer Entertainment)
- (15) MicroTelepresence (Hewlett-Packard Laboratories)
- (16) Musical Trinkets: New Pieces to Play (MIT)
- (17) Muu: Artificial Creatures as an Embodied Interface (ATR)
- (18) Networked Theater: A Movie Production System Based on a Networked Environment (ATR)
- (19) Panoscope 360⁰ (Universite de Montreal)
- (20) Plasm: In the Breeze (Plasmatic)
- (21) Retinal Direct Imaging (サンヨー)
- (22) RV-Border Guards: A Multi-Player Entertainment in Mixed-Reality Space
(Mixed Reality Systems Laboratory, Inc.)
- (23) VaRionettes (Lucent Bell Labs)
- (24) V-TOYS: Visually Interactive Toys (University of Maryland)

- (25) X'tal Head: Face-to-Face Communication by Robot (東大)
- (26) You Were There (Capstone Systems Inc.)

(3) Haptics (触覚学) セッション

たまたま、このセッションだけは3件とも日本人の発表だった。以下に概要を説明する。

① “Enhancement of Virtual Interaction Devices Using Pseudo Force Sensation” Mika Sugimoto (Ochanomizu University)

マウスやスクロールバーのような対話デバイス用に力フィードバックのライブラリを開発したもの。たとえば応用例として、地図のナビゲーションでは、スクロールバーやマウス・ドラッグで地図をパン (pan) するとき、目標地点を見失いやすい。このライブラリを利用した疑似触覚スクロールバー (pseudo-haptic scrollbar) は、目標地点のまわりでは重くすることで、あるいは、疑似触覚マウスでは、目標物に近づくにつれて軽くすることで、目標地点付近への位置づけが容易になったというもの。

原理としては、擬似的な力のフィードバックを実現するために、共感覚 (synesthesia) というものを用いている。これは、あるタイプの刺激が、別のもう一つの感覚を引き起こすという心理現象である。オブジェクト・アイコンが動かし難い時、そのオブジェクトが重いと感じることが多い。このライブラリでは、仮想対話デバイスの応答遅延が、重さの疑似感覚を生み出すことを利用している。

やはり、よりよいユーザインタフェースを効率的に実現していくには、人間自体の認知や感覚の仕組みをよく知るのがまず第一歩だなと感じた。

② “Virtual Human That Can Predict Comfort and Pain Level” Yoshinori Maekawa (Osaka Sangyo University)

心地よさと痛さの程度を予測することのできるバーチャル・ヒューマンの研究。これは、製品の設計・開発などにおいて、それを使ったときの心地よさや痛さのレベルなどの感覚を仮想空間内で推測するために、仮想的な人間、バーチャル・ヒューマンを使うというものである。このバーチャル・ヒューマンは、物体に接触したときに、体の変形を評価し、感覚を予測する。人が何かを使う時、タッチの感覚は、主に身体と物質の間の接触面における圧力から来る。そこで、バーチャルヒューマンの身体の接触変形の状態を有限要素計算によってシミュレートし、その状態を (張り／圧迫の値、または、荷重分散)、感覚に関係付けている。椅子にすわったときの心地よさの予測や、バッグを持ったときの痛みのレベルの予測などに成功しているとのことで、アニメ化されたバー

チャルヒューマンが、その心地よさや痛さを、態度や表情でわかりやすく表現していた。新製品の設計・開発において、ユーザフレンドリ性や、エルゴノミクスのメカニズムの評価に、このバーチャルヒューマンの動きを利用するとのことである。

③ On Determining the Haptic Smoothness of Force-Shaded Surfaces

Juli Yamashita (National Institute of Bioscience and Human Technology)

Force-Shadeされた表面の触覚的なめらかさの決定

CAD等の仮想的な3Dオブジェクトの操作で仮想的な触覚を実現する力フィードバック装置の実現において使われる触覚レンダリングは、オブジェクトが、複雑な自由曲面の表面を持つときには、非常に時間を消費することになり得る。force shadingと呼ばれる技術を使った、ポリゴン化された表面のなめらかな触覚的補間法が有用であるが、補間された形がなめらかに感じられる限りにおいては、オリジナルの表面と異ならないので、より粗いポリゴン化の方がベターである。それがどれだけ粗くできるかという点、ポリゴン化の解像度は、人間の感覚のしきい値によって定義される。ところが、力フィードバック・デバイスによって提供される表面のなめらかさの、絶対的なhapticしきい値上のデータが存在しないので、なめらかに補間された曲面表面の知覚の絶対的しきい値をしらべるための実験を設計し、PHANTOM 1.0 (SensAble Technologies) を用いて実験・考察を行ったもの。

余談であるが、この力フィードバック装置 PHANTOM は、SIGGRAPH の間に2ヶ所で実際に体験してみることができた。一つはExhibitionにおける、SensAble社の、PHANoMを使った3DモデリングシステムFreeFormである。ペンシル型のデバイスの先で3Dオブジェクトを掘ったり、表面を削ったり、また、粘土のように付け足したりしながら、仮想的に彫刻のようなものを形作ることができる。その感触が実にリアルですばらしいと感じた。もう一つは、Emerging Technologiesの(13)Magic Bookのデモ展示である。ATRのMagic Bookのデモと一緒に、Washington大の人が、浮き出した手をPHANTOMのペン先で突くと、仮想的な手の表面がへこみ、その触感がペン先に伝わるというデモを行っていた。ATRのデモは、通常の本のようなMagic BookをHead-Mount Displayを通して見るとその中の絵が浮き出してきて仮想シーンとなり、読者もその仮想世界に入り込むことができるというものである。複数の人が参加する場合、他の読者からは、それがアバターとして見える。ATRの人の話では、時間がまにあわずMagic Bookのバーチャル世界はまだ平面的だが、来年には、PHANTOM等も使ってStereo-Scopyを実装したいとのことだった。先進的な技術要素が、このように部品的に利用可能になるのは、他の技術開発も促進し、非常に有益だと感じた。

2. AAAI 2000

(1) 概要

名称 : The Seventeenth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI) 2000
Twelfth Innovative Applications of AI Conference (IAAI) 2000

日時 : 2000 年 7 月 30 日 (日) から 8 月 3 日 (木)

場所 : Austin Convention Center (Austin, Texas)

主催 : the American Association for Artificial Intelligence

National Conference on Artificial Intelligence (AAAI コンファレンス、または単に AAAI) は the American Association for Artificial Intelligence (AAAI) の主催する会議である。AI 分野の国際会議としては、最も権威あるものとして IJCAI (the International Joint Conference on Artificial Intelligence, Inc.) と AAAI の共催による IJCAI がある。これは一年おきに奇数年度のみの開催となっているため、AAAI コンファレンス (以下、AAAI) は、米国の会議ではあるものの、実質的には IJCAI と並んで権威のある会議となっている。しかし、規模はやはり IJCAI の方が大きいものと思われる。今回の AAAI は、テキサス州オースチンのオースチン・コンベンション・センターで開催されたが、かなり落ち着いた感じのコンファレンスであった。



会場の Austin Convention Center

AAAI は、原則的には毎年開催されるが、IJCAI が米国内で開催される年には、これに吸収される形となり開催されない。例えば 2001 年度は、IJCAI がワシントン州のシアトルで開催されるので、AAAI は開催されない予定である。

この AAAI コンファレンスの中に、独立したプログラムとして、IAAI (Twelfth Innovative Applications of AI Conference) とロボット・プログラム (Ninth Annual AAAI Mobile Robot Competition and Exhibition) の 2 つが同時開催されており、参加者はどれも自由に聴講・見学できるようになっている。

IAAI は、AI 活用がその価値を高めるのに役立っている実用アプリケーションの事例

研究に焦点を当てたものである。これは、AAAI は開催されない年は IJCAI と同時開催されることにより、毎年開催されている。

ロボット・プログラムも、IAAI 同様に毎年開催されている。2001 年度は、米国内で国際会議である IJCAI と同じ場所で同時に国際ロボカップも開催されるが、このロボット・プログラム (AAAI Mobile Robot Competition and Exhibition) も一緒に同時開催される予定である。この時に予定されている第 1 回ロボカップレスキュー実機ロボットリーグは、国際ロボカップと AAAI で共同開催され、今回行われたロボット・プログラムの中の競技「Urban Search and Rescue Competition」の標準テストコース (NIST が設計・開発) と規則をベースとして、それを改良したものが用いられる予定である。

以下に、概要を説明する。

(2) ロボット・プログラム

(Ninth Annual AAAI Mobile Robot Competition and Exhibition)

今回のロボット・プログラムは以下のような構成であった。

- ① Urban Search and Rescue Competition
都市における搜索・救助コンペティション
- ② “Hors d’ Oeuvres Anyone?” Robot Interaction Event
「オードブルはいかが？」ロボット対話イベント
- ③ その他 (Exhibition、高校生の BotBall 競技、etc.)

① Urban Search and Rescue Competition (都市における搜索・救助コンペティション)

この競技の目的は、参加者に、条件がきびしく重要で現実的な領域において研究する機会を与えることにある。これは、災害時の救助活動に対処するためのロボットの能力を競うコンペティションである。ロボットは、倒壊した建物に入って行き、犠牲者を見つけだし、救助隊の人間に犠牲者の場所を教えなければならない。この競技のために **NIST (National Institute of Standards and Technology)** の設計による、災害現場の崩壊した建物を想定した標準テストコースが用いられた。

図 1 は、その標準テストコースである。図 1 (b) の通路の左側は、平坦な簡易コース、右側は、難度の高い上級コースとなっている。コースの仕様の詳細は、下記の Web ページに見取り図がある。NIST で試作組立中の写真も付いているので、イメージがよくわかると思う。(<http://www.cs.swarthmore.edu/~meeden/aaai00/contest.html>)

簡易コースと上級コースで、別に分けて競技が行われていた。



①-a) 簡易コース

簡易コースは、平面的で平坦なところに、少数の大きな障害物と何人かの犠牲者が配置されている。このテストコースでは、ロボットの視覚や、高度の自律性など、特にロボットの特定の高度の機能を評価する。

ロボットが、しばらく歩き回って現場のマップを作成し、終了後に、その中の地点で犠牲者の姿をはっきりとらえたパノラマ写真を見せていた。一方、動き出すとすぐ壁にぶつかったりばかりで、ほうっておくと舞台装置をこわしそうな、何度も人が介入していて、どうしようもない感じのものもあった。

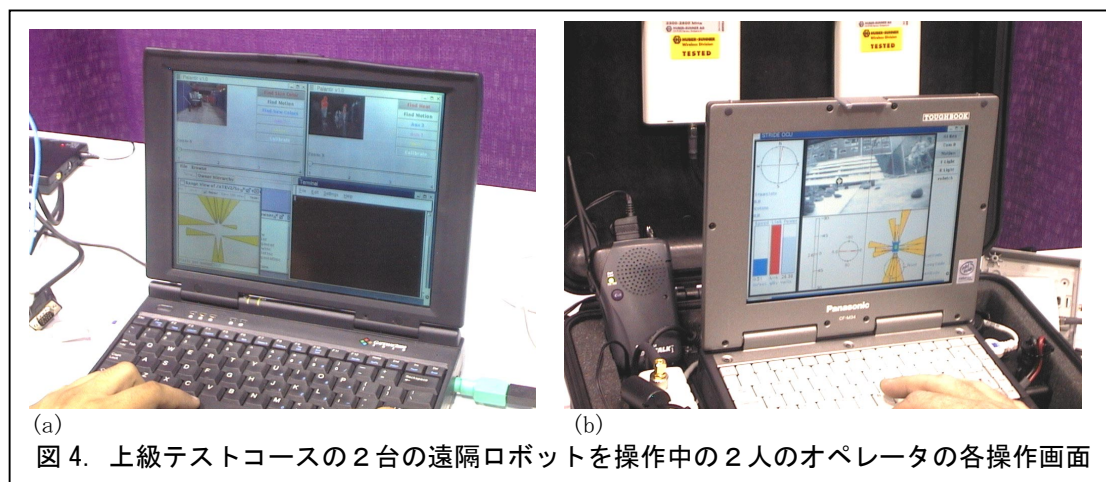


①-b) 上級（難所）コース

現実の災害現場の状況に近いことを意図して、現実の崩壊したビル等をシミュレートし、さまざまな障害物を含んだ3次元の立体的なコースであり、その中にいろんな状況の犠牲者が存在する。ロボット・チームは、どんな種類のロボットが何台でチームを組

んでもよく、完全な自律型ロボットから完全な遠隔操作まで、どのような制御方式でもよい。ただしオペレータは、現場やロボットを直接見てはならず、遠隔操作するにしても PC 画面のみで状況判断し、操作しなければならない。

優勝したチームのことについて、専門の研究者により本報告書の第 3.1 章「RoboCup に見る新しい研究開発の進め方」で触れられているので参照頂きたい。



このテストコースは、NIST で設計・製作され、Austin の会場に持ち込まれたものである。

本報告書はモノクロな上、一般見学者はコース内に入れないため、適切な角度から鮮明な写真を提供できないが、NIST でのコース設定写真と、AAAI2000 での非常に鮮明なテストコースの写真が、以下のホームページに提供されているので、参照いただきたい。

- Views of the NIST Urban Ruin Test Course For Search-And-Rescue Robots

http://www.nist.gov/public_affairs/releases/urban.htm

- Photos from the Urban Search and Rescue (USAR) contest held at AAAI-2000 in Austin, TX <http://www.aic.nrl.navy.mil/~adams/usarphotos/photos.html>



図 5. 出場チームの控え室

テストコースの隣には、カーテンで仕切られた出場チームの控え室があり、ロボットを調整している。

② “Hors d’ Oeuvres Anyone?” Robot Interaction Event

「オードブルはいかが？」ロボット対話イベント



図 6. レセプション会場での競技風景

この競技では、ロボットが、レセプション会場で出席者にオードブルを提供し、そのパーソナリティや人間との対話、食べ物のサービスの能力が評価される。評価のポイントは、以下のようなものである。

「食物を落としたり投げたりしないこと、じゃまになる人々を押すのではなく肘でかるくつつくこと、ある人が食物をとったときに気がつくこと、そして、まだ食物を与えていない人々を見つけることなど。

ロボットは出席者にさわるのが許されている。特に、食べ物を振る舞おうとする中で、ロボットは、群衆の中を通り抜けて他のグループに食べ物を振る舞うために、人をそっとつついてもよい。ふれることなしにできるロボットはそれでよいが、しかし一晩中、同じ場所に立っているよりは、人々をそっとつつく方がよい。激しい接触あるいは持続的な接触によって人々を傷つけることや、あるいは、つま先の上に横転することは、重いペナルティが課される。

出席者との対話を強調するのに加えて、トレイを自律的に補充したり、出席者に物理的に食べ物を配ることにおける巧妙な操作が推奨される。」

(3) コンファレンス（テクニカル・セッション）

テクニカル・セッションは、AAAI 招待講演（Ballroom）、AAAI 一般講演（3～4トラック並行）、IAAI 一般／招待講演（1トラック）がそれぞれの部屋で並行して行われており、どれでも自由に聴講することができた。1セッション1時間のものが午前中に2セッション、午後から3セッションあり、招待講演は1セッションに1件、AAAI 一般講演は1件20分ずつで1セッション内に3件、IAAI 一般講演は1件30分で1セッション内に2件の発表となっている。

私は、おもにIAAI 一般講演を中心に聴講し、AAAI については、ロボット関連を幾つか聴いた。以下に、概要を紹介する。

(3)-A AA AI 一般講演

このコンファレンスの特徴と動向を示すために、まず、採択されたテクニカル・ペーパーのカテゴリと件数を示しておく。

• Agents	17 件
• Cognitive Modeling	6 件
• Constraint Satisfaction	5 件
• Game Playing	3 件

• Human-Computer Interaction	7 件
• Knowledge Representation and Reasoning	
➤ Boolean Satisfiability	10 件
➤ Case-Based Reasoning	3 件
➤ Computational Complexity of Reasoning	3 件
➤ Decision Theory	4 件
➤ Logic	3 件
➤ Nonmonotonic Reasoning	5 件
➤ Ontology	3 件
➤ Reasoning about Actions and Time	7 件
➤ Spatial Reasoning	3 件
➤ Uncertainty	4 件
• Machine Learning and Data Mining	19 件
• Natural Language Processing and Information Retrieval	11 件
• Planning and Scheduling	13 件
• Robotics	8 件
• Search	9 件

聴講したロボット関連講演の中の幾つかについて説明する。

① Active Audition for Humanoid (Kazuhiro Nakadai, Hiroshi G. Okuno, 他)

これは、本WG主査らのヒューマノイド・ロボットにおけるアクティブ聴覚システムの研究である。

高度に知的なヒューマノイドの聴覚システムは音源のローカリゼーション（位置特定）と音響シーンの中でのその音の意味の識別を必要とする。そこで、聴覚、視覚、およびモーターの動きの統合によって、よりよい音源追跡を追求している。

音響シーンの中に複数の音源が与えられると、ローカリゼーションを改善するために、頭をアクティブ（能動的）に動かす。すなわち、頭を動かすことによって、音源に対して、マイクロフォンを直角に整列させ、そして、視覚によって、音源の可能性のあるものを捉える。しかし、そのような能動的な頭の動作は、必然的にモーター・ノイズを生み出すので、システムは、モーター制御信号を用いて、適応的に、モーター・ノイズをキャンセルしなければならない。

実験結果では、聴覚、視覚、およびモーター制御の統合によるアクティブ聴覚が、さまざまな条件の下での音源追跡を可能にすることを実証している。

② Multi-Fidelity Robotic Behaviors: Acting with Variable State Information (Elly Winner (Carnegie Mellon University))

ロボットの複数のレベルの忠実度での振る舞い

これは、前年度のロボカップ'99で行われた第2回ソニー4足ロボット・リーグで用いたロボット制御プログラムに関して述べたものである。出場者が何に苦勞してどんな工夫をしているのかがわかって興味深い。このリーグは全チームが共通の、市販のAIBOと少しだけ違ったハードで、プログラム可能なロボットを使っている。1チームは3台のロボットからなり、このチームは1台をゴールキーパー、他の2台をアタッカーとしており、アタッカーの動作に関して取り上げていた。AIBOは通信機能は持たず、内蔵カメラからの入力だけからの外部状況判断となるので、協調動作を考慮しない非常にプリミティブな動作だけで振る舞いを実現し、4足動作に起因する物理的困難さなどに取り組んでいる段階のようである。動作としては以下の4つが取り上げられている。

1. Recover : 最近見失ったボールを再び見つけようと試みる。
2. Search : 見失ったボールを求めて、競技場内を捜す。
3. Approach : ボールに近づく。
4. Score : ゴールに向かってボールをプッシュする。

4足ロボットのため、内蔵カメラは縦揺れ、横揺れを受け、続けて受け取るフレームが非常に異なり、位置決めが困難になるため、正確な位置決めをするためには立ち止まって、目印を探す。通常、この処理に15~20秒かかる。サッカーを行うには正確な位置情報がきわめて重要だが、一方、競技中に頻繁に時間のかかるこの位置決めを行っていると相手に負けてしまう。そこで、処理時間と正確な情報とのトレードオフが発生し、状況に応じて、多少位置情報が曖昧なままでもがむしゃらにプレーを続ける低忠実度 (Low-Fidelity) 動作と、正確な位置情報に基づいて行う高忠実度 (High-Fidelity) 動作を使い分ける戦略をとっている。具体的には Approach と Score に高低の両忠実度の動作を提供し、その根拠となる実験評価結果について説明された。

この講演では、4足ロボット・リーグは、物理的制約によりずいぶんプリミティブな振る舞いの段階にいるなと感じたが、ロボカップでは、上位チームの制御プログラムがオープンにされるので、このような技術は、急速に進歩するだろうと思われる。やはり、オープンでコンペティティブな環境は、技術進歩をねらうには優れていると思われる。

(3)-B IAAI (Innovative Applications of Artificial Intelligence Conference) 一般講演

IAAI は、AI 技術の利用が目に見える効果と価値をもたらしている現場の実適用アプリケーションの事例研究と、それに加えて、AI アプリケーションにおける出現しつつある

革新技术（emerging technology）に関する論文発表と招待講演から構成されている。

今回は、Deployed Applications に 6 件、Emerging Applications に 12 件、そして招待講演 1 件の講演があった。Deployed Applications と Emerging Applications は、各セッションごとに区別せず、混在して発表されている。

以下に、印象に残った幾つかの講演について述べる。

① The Emergence Engine: A Behavior Based Agent Development Environment for Artists (Eitan Mendelowitz (UCLA))

これは、自律エージェントが住むバーチャル世界のCGアニメーションの創作を支援するアプリケーションである。Emergence Engineは、プログラミング経験のないアーティストが、複雑なバーチャル・ワールドを創り出すのを可能にするものであり、1998年以来、Emergence Engineを使って、米国内および世界で展示されたたくさんのアートの実装を生み出すのに成功してきたとのことである。

Emergence Engineは、振る舞いベースのアクション選択を用いて、アーティストが、彼らの世界に自律的境遇にあるエージェントを住まわせることを可能にする。このとき、アーティストは、Emergenceのハイレベルのスク립ティング言語を使って、エージェントの振る舞いを指示することができる。

② SciFinance: A Program Synthesis Tool for Financial Modeling

(Robert L. Akers, 他 (SciComp Inc.))

これは、金融分野に特化したプログラム合成システムである。生産価格調査アルゴリズムからリスク・コントロールまでの、ファイナンシャル・リスク管理活動のプログラミングタスクを自動化する。1998年末に商品化されて、現在では多くの主要投資銀行にライセンスされている。

SciFinanceは、高水準の拡張可能な記述言語ASPENによる、アプリケーション固有の数学的なモデル記述から、コード生成のための量的解析を行う。これらの記述は、通常は1 ページ以下の程度であり、そこからシステムは数千行のCプログラムを生成する。

SciFinanceは、FortranとCを含むいろいろなターゲット言語の科学計算コードを生成するシステムを拡張して作られたものであり、その実装は、オブジェクト指向知識ベース、洗練化・最適化ルール、計算代数、およびプランニング・システムを統合している。

アナリストは、以前には数週間かかったり、あるいは、やってみようとしなかったのが、1 日でモデリング・コードを開発できるとのことである。

③ Assentor : an NLP-based Solution to E-mail Monitoring

(Chinatsu Aone, 他 (SRA International, Inc.))

Assentorは、仲買企業の電子通信をモニタするe-mailモニタリング製品である。講演

では、特にその自然言語処理コンポーネントが説明された。これは、他のものの間から、顧客の不満、インサード取引、株の誇大宣伝、強引な販売戦術、および、ジョークやわいせつのような会社保護に関する問題を示すe-mailを見つけて、隔離するために、パターンマッチング・ベースの情報抽出技術を利用しているものである。

e-mailモニタリング適用における「パターンマッチング」対「キーワード・ベース検索」の定量的評価の結果、パターンマッチングが、リコールと精度の両方において、キーワードベース検索よりも、顕著に良い結果を出すことが述べられた。

④ Nurse Rostering at the Hospital Authority of Hong Kong

(Andy Hon Wai Chun (City University of Hong Kong)、他)

AIの制約プログラミング技術を用いて、香港医院管理局 (Hospital Authority (HA), Hong Kong) のスタッフ勤務当番システムの一部として開発された「当番割り当てエンジン」についてのお話。医院管理局は、香港の40以上の公立病院を管理しており、以前には、ほとんどのスタッフ当番割り当て表は、手作業で作られていた。コンピュータの記録なしには、医院管理局にとって、労働作業統計を出したり、あるいは、資源の効率性を改善することは困難であった。

1997年に、医院管理局は、48,000人を越えるフルタイムの病院スタッフの大きな労働力の管理の自動化のサポートを提供する、戦略的なスタッフ当番表システム・プロジェクトに乗り出した。このシステムのバージョン1は、1998年の初めに完成し、バージョン2は、1999年の初めにリリースされた。このシステムは、しだいに、香港中の別々の病院に配備されるようになってきた。

⑤ PTV: Intelligent Personalised TV Guides

(Paul Cotter & Barry Smyth (Smart Media Institute))

PTVシステム (Personalised Television Listings - <http://www.ptv.ie>) は、インターネット・ベースで、個人化されたTV番組一覧を提供するシステムである。各登録ユーザは、毎日、自分個人の嗜好に合うように特別に編集されたTVガイドを受け取る。

今日、ますます大量の電子的情報へのアクセスが提供されるようになった結果、「適切な時に適切な情報」が重大な問題になってきている。それに対する解の一つは、適切な情報の検索をカスタマイズし個人化するために、個別のユーザの明示的および暗黙的な好みについての自動学習の技術を開発することである。PVTシステムは、それを応用した1事例といえる。

付属資料 2

Blue Book 2001 で取り上げられた 人間主体の知的情報処理関係研究開発テーマ

概要

ヒューマン・コンピュータ・インターフェイスおよび情報管理（HCI&IM、Human Computer Interface and Information Management）の研究開発は、人間とコンピューティング・デバイス間のコミュニケーションを改善し向上させる技術を開発し、強化します。HCI&IM に対する政府の投資によって、コンピュータ・アクセスの容易性や有用性の向上がもたらされます。また、コンピューティング・システム、コンピュータ・インターフェイス、およびコミュニケーション・ネットワークに関する理解がさらに深められます。

2001 年度の研究開発分野としては、以下のようなものがあります。

- 戦場のためのロボット工学
- 知識やデータの共有、グループによる意志決定、および遠隔機器の操作のための共同研究所（collaboratories）
- 電子図書館
- データを収集して分析するための情報エージェント
- 情報と知識の管理、可視化、および活用。大規模な知識リポジトリも含む
- 複数言語を含む文献や音声から音声への翻訳とその理解
- 音声認識ツール、聴覚インターフェイス、および触知感覚型デバイスを包む人間とコンピュータ・システム間のマルチモーダル対話
- 遠隔の自律的エージェント
- すべての人々によるアクセス（Universal Access、ユニバーサル・アクセス）
- バーチャル・リアリティ環境

科学者、エンジニア、医師、教育者、学生、図書館司書、勤労者、連邦政府、そして一般の人々すべてが、HCI&IM 技術の潜在的な受益者です。本章では、ヒューマン・コンピュータ・インターフェイスの様式の拡張や、私たちの情報資源の管理活用能力の向上に取り組んでいる連邦政府支援による広範な IT 研究開発（IT R&D）の活動について説明します。

1. デジタル情報の管理と閲覧

(Managing and “seeing” digital information)

1.1 電子政府プログラム(Digital Government program)

NSF(National Science Foundation)の電子政府プログラムは、連邦政府の情報とサービスを、市民あるいは政府のいずれのプライバシーもセキュリティも危険にさらすことなしに、人々にとって、より役立ち、広く利用可能なものにするための研究および省庁間の協力活動を促進し支援します。電子政府は、コンピュータおよび IT の研究者たちを、情報サービスの重大なミッションをもつ連邦機関と連携させるプロジェクトを支援します。このプログラムは、次のような研究を助成します。統計グラフィックスなどの領域におけるワークショップと計画活動； フィールド・データ収集における、分散型地図情報システム(GIS、Geographic Information System)の画像の保管および検索； 法令遵守の監査報告； 地球空間情報のオントロジーとマルチメディアのデータ・マイニング； および、沿岸域管理と意志決定など。

IT 研究開発 (IT R&D) が、政府の IT 利用推進を、どのように効果的に支援できるかについて、その進行中の詳細な研究の一環として、電子政府および NASA(National Aeronautics and Space Administration)は、学術研究会議 (National Research Council) のコンピュータ科学と電気通信に関する委員会 (CSTB、Computer Science and Telecommunications Board)と合同で、2 つのワークショップと調査報告に資金を提供しました。危機管理のための IT 研究に関するワークショップの成果は、<http://www.cstb.org/>からオンラインで入手できます。もう 1 つのワークショップは、1999 年 2 月 9 日と 10 日に開催され、IT 研究者、IT 研究管理者、および大学の統計学専門家に対して、どうすれば、もっと効果的に、連邦政府統計を改良するための共同研究を行うことができるかについて、連邦政府の管理職たちとの議論の機会を提供しました。これらの議事内容に関する CSTB の公式の報告書もオンラインで入手できます。

この他の電子政府の代表的な活動としては以下のようなものがあります。

- カリフォルニア大学サンタバーバラ校において 1999 年秋に開催されたデジタル地名辞典の地名命名のプロトコルに関する会議。
- メリーランド大学における研究。これは、米国国勢調査局、米連邦地理データ委員会(FGDC)、USGS(米国地質調査所)、およびブラジル大学との協力で行われ、GIS の空間データを指標付け、照会、および結合し、結果を描画マップではなく表形式データ(スプレッドシート)として出力するための新しいアルゴリズムおよびシステムを開発。
- 米国統計科学研究所における、メタデータ、リスク低減、および可視化 (の技術)

を用いた、開示制限付き機密データ統計解析のための照会システム、および照会履歴データベースの開発。研究のパートナーとしては、労働統計局(BLS: Bureau of Labor Statistics)、カーネギー メロン大学、国勢調査局、カンザス州立大学、LANL(ロスアラモス国立研究所)、MCNC コンピューティングセンター(ノースカロライナ州にある先進的電子工学、電気通信、高性能コンピューティングの研究所)、National Agricultural Statistics Service (NASS)、米国国立健康統計センター(NCHS)、オハイオ州立大学、およびメリーランド大学が参画。

- ノースカロライナ大学チャペル・ヒル校における研究。BLS、DOE(エネルギー省)のエネルギー情報管理局(EIA)、NCHS (National Center for Health Statistics)、シラキュース大学、Textwise、カリフォルニア大学バークレー校、およびメリーランド大学と協力し、メタデータ統合、表形式の可視化とブラウジング、および自然言語処理の新しい技法を用いた、政府統計データへの市民によるアクセスの改良方法を研究。
- スタンフォード大学における、IT 機能へのユニバーサル・アクセスに着目した技術調査。国勢調査局、共通役務庁(GSA)、Marconi、および Synapse のパートナーの協力を得て、音声認識、視線追跡、および触知 (haptic) インターフェイスを含むヒューマン・コンピュータ・インターフェイスの技術への取組み。
- 以下のような電子政府の新しいテストベッドおよび教育プログラムの開発
- 電子政府リソースセンターのプロトタイプ、および電子政府フェロー・プログラムのカリキュラムを開発するための“Council on Excellence in Government”と連邦 Web 協議会 (Federal Web Consortium) の協力活動
- オンラインでの情報収集・分析のためのサーベイ作成・管理用のテストベッド作成を目的とした、国勢調査局、BLS、および NCHS との USC(南カリフォルニア大学)/ISI(情報科学研究所)の協力活動

およそ 20 の連邦機関の助成計画に資金援助がなされました。これらの機関の 2000 年度のアナウンスメントで、55 件を上回る研究提案が提出されました。

1.2 製造アプリケーションのためのシステム・インテグレーション (SIMA, Systems Integration for Manufacturing Applications)

NIST (米国商務省標準技術研究所) の製造アプリケーションのためのシステム・インテグレーション (SIMA) プログラムでは、先進的なエンジニアリング・システムと製造用ソフトウェア・システムの間のインターフェイスの開発に注力しています。それらは、広範囲におよぶ製造業全体にわたる情報のシームレスなコミュニケーションを可能に

します。世界中のエンジニアが、効果的に共同作業が行え、生産者は、製品化までの時間を短縮でき、同時に製品のより効率的な製造と供給が可能になり、そして顧客は、追加の料金を支払うことなく製造業者から固有に構成された製品を選択することができるような、これらのことを可能にするような技術的インフラストラクチャを、研究者たちは、開発しています。新しい製品やプロセスを開発する科学者やエンジニアは、基礎的な信頼すべき技術データの情報源へのアクセスを必要としているという認識に立って、SIMA の研究開発は、新しい、より直感的な方法で、高く評価されたデータを整理して提供するためのアプリケーションにも注力しています。この HCI&IM の章で述べられている NIST の共同研究所 (collaboratory) はすべて SIMA の活動の一環です。

2. 知的システム(Intelligent System)

2.1 適応学習技術 (Adaptive learning technology)

DoD(米国国防総省)の研究者たちは、DoD の軍事および一般勤労者向け教育と訓練の目的に合った、地理的に分散し、コスト効率がよく、多目的で、再利用可能で、適応性のあるシステムを開発しています。それらは必要に応じていつでもどこにでも展開できる技術です。この多くの専門分野に及ぶ作業は、種々の学習者コミュニティに適用可能な現在の最新のプロトタイプよりもはるかに優れたものをめざしています。

国防長官室(OSD)の大学研究構想(URI、University Research Initiative)が支援している適応性のある学習技術の計画には、次のような研究が含まれています。

- 有効かつ効率的で学習しやすい訓練環境を実現するための人的要素に関する研究、
- 認識と精神運動の能力開発を含む効果的なネットワーク・ベースの学習のための認知と知覚要求に関する研究、
- 従来の方法と比較して新しい分散形の訓練体制の有効性のテストで、とくに、複雑な意志決定オペレーション、指揮、統制、および通信業務、また現代の軍人に要求されるその他のスキルの訓練に関するもの、
- 分散された訓練システムによってどのようにして、疲労やストレスの条件のもとでも維持できる強健で有能な適性とスキルのベストな育成ができるか、その方法を見出すための科学的基盤の開発研究、
- および分散された訓練システムにおける広範な認識、感覚、知覚、または精神運動の個々の能力の相違点の評価方法に関する研究。

2.2 知識および認識システム (KCS, Knowledge and cognitive systems)

NSF の知識および認識システム (KCS) プログラムは、知的な方法で人間と対話可能 (コンピュータ支援マシン・インテリジェンス) であるか、またはそれら自らが相互に対話可能な知的機械 (自律型知的エージェント) の開発をめざした基礎的な研究を支援します。このプログラムの 3 つの研究項目は、人工知能に焦点を当てています。

- 「知識表現」は、あらゆるタイプの知識の特徴付け、定義、保存、および転送に注目しています。これには、機能的、分類的、構造的、および関係的な知識が含まれ、また聴覚的、視覚的、触覚的、および運動感覚的な知識の形態も含まれています。
- 「認識処理システム」の研究開発は、作業を遂行する上で知的システムが、蓄えられた知識と入力される情報を管理し、変換し、そして使用する方法を研究しています。
- 「機械学習と知識獲得 (知識発見およびその符号化の方法に関する研究)」では、もしも機械が認識機能に似た動きをするとすれば、機械は、人間のように発達することが必要です。

KCS の研究には、マシンの中における知識表現および認識過程の研究を模索する研究もあります。それらは、意志決定、言語認識、機械学習、計画、推論、および感覚認識において人間または動物の認識で知られているものをもとにモデル化されることもあります。適用分野には、設計・製造、ネットワーク管理、医学的診断、データ・マイニング、および知的学習指導があると考えます。

2.3 知的空間 (Smart Spaces)

日用品としての高性能のハードウェアおよびソフトウェアの出現によって、コンピューティング機能の供給、用途の広がり、およびコストは変化を遂げています。至る所に存在するネットワーク・インフラストラクチャによって結合された、おびただしい数の、気軽にアクセスできるコンピューティング・デバイスへと向かうこの趨勢は、さらにコンピューティングの普及を可能にし、新しい「知的空間」の展開を呼び起こしつつあります。

普及率の高いデバイス、ネットワーク技術、および情報検索機能が、1 つの機能を果たす作業環境として統合されるとき、「知的空間」(作業員対応で、認識力が高く、そして結合されたコンピューティング環境) が出現します。将来の対話型の知的空間には、

音声インターフェイス、統合マルチメディア、作業分担ごとのコンピュータ、パーソナル通信機能を備えた無線通信ネットワーク、言語翻訳機能、大スクリーン・ディスプレイ、およびタッチ・パッドが包含されていて、指揮、分析、および設計関連のグループをサポートします。

NIST は、個々の話し手と話の内容を識別できるセンサーベースの知覚インターフェイスの実験に重点をおいた知的空間環境を開発しています。研究者たちは、ユニークな「個人認識装置」を作るために、顔の画像、声音、およびマイクロホン配列からの指向性データによる識別を使用しながら、視覚と聴覚のデータ・ストリームを結合するために解決しなければならないセンサー融合の問題に取り組んでいます。複合個人認識装置は、知的空間環境の中のすべての個人を網羅して、より高い精度を実現し、グループの中で個々の話し手と発言とを関連付けることを可能とし、さらに、連続的な音声認識が単語を解読することも可能にするでしょう。この技術は、共同作業グループをサポートする新世代の知覚インターフェイスの基礎をもたらすことが可能です。

2.4 音声技術 (Speech technologies)

NIST は、DARPA(米国防省高等研究計画局)および NSA(米国家安全保障局)の両者と協力して、コンピュータによる音声認識技術を進展させるための一連のベンチマーク・テストを開発し、インプリメントしてきました。これには、ラジオやテレビのニュース放送で通常耳にする話し言葉でとくに制限のない語彙をほぼリアルタイムで認識する機能が含まれています。NSA のために、NIST は、電話による対話を書き取るためのテスト・プロトコルを開発し、インプリメントしました。さらに、話者認識技術の評価テストも開発しました。2000 年度には新しい情報抽出評価尺度とテストの実装を行っています。2001 年度には、NIST は、音声からの情報抽出、および音声ベースのユーザー対話のためのメトリクスとテストの開発の継続を計画しています。

3. マルチモーダル能力 (Multimodal capabilities)

3.1 コミュニケーター (Communicator)

今日、米軍のオペレータは、情報へのアクセスにおいて制限を受けています。軍のオペレータは、緊急時も通常、無線の音声または書式化されたテキスト・メッセージによって通信を行っています。兵士の迅速性と応答性の改善のために、情報へのより柔軟でタイムリー、かつ信頼できるアクセスが求められています。2001 年度には、DARPA は、

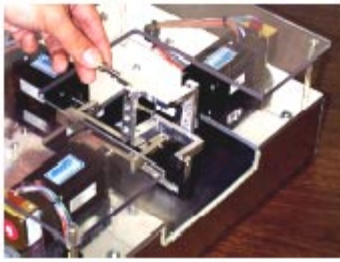
人々が情報を作成、アクセス、および管理して問題を解決するために、文字通りコンピュータとの対話を可能にする新しい IT の可能性の研究を継続して行います。DARPA のコミュニケーター計画のめざすところは、組織的に統合された手段で、兵士が適切な情報にアクセスできるようにすることです。その手段は、軍人がケーブルでつながれていない情報装置を装備して、容易に使用できるものです。DARPA の以前の研究開発投資の成果である音声認識技術と自然言語能力の融合によって、コミュニケーターは、ユーザーがラップトップ・コンピュータ、バッテリー、キーボード、普通サイズのディスプレイ、およびブラウザへの接続時間も必要とせず、ネットワークにアクセスして情報を作成できるようにします。この重要な研究では、対話管理、文脈追跡、言語生成、入力言語の理解、および手や目を使わなくても済む対話などに挑戦します。

3.2 航空宇宙システムの中の人的要素 (Human factors in aerospace systems)

NASA の人的要素に関する研究開発は、航空宇宙への挑戦に向けて、先進的な人間中心の情報技術、人間とシステムの能力のモデル、人間中心コンピューティング・システムの人的要素デザインのための合理的な方法、および人的要素の専門技術を開発します。NASA の Ames 研究センターの科学者やエンジニアは、これらの目標に向けて、将来の技術の航空宇宙システム環境における人間への適用に関して研究を行っています。

視覚的なディスプレイだけを提供する仮想環境は、見ることはできても感じることはできない対話型のシミュレーションを提供するだけです。実際の物体表面から加えられる機械的圧迫感、あるいは重力変化によって生じる重量のような、容易に知覚できる物理的なものの欠如は、これらのシミュレーションとの、人間の手による相互作用の正確さおよび有効性を損なわせます。仮想環境に対する触覚インターフェイス (haptic interfaces - 適切なソフトウェアを備えた力フィードバック用ハードウェア) によって、現実的な操作に必要な触覚への機械的なフィードバック機能をシミュレーションに組み込むことができます。

NASA とカリフォルニア大学バークレー校は、腕の大きさと指の大きさの操作用触覚インターフェイスを製作しました。2つの機械はいずれも、NASA の特許である運動学的アーキテクチャに基づいて実現したもので、握りの端点の3自由度の変換を、共通の基盤に固定された3つのモーターの回転に連係させています。それは堅い連結部とボールベアリングの関節で構成されています。この連結メカニズムによって相対的に大きな作業空間の余地が生じて、市販のケーブル駆動のシステムより堅牢で、かつ応答性がよくなっています。研究者たちは、心理物理学研究用にこれらの触覚仮想環境に動的な動きと手触りを実現しています。



触覚型ディスプレイ用として新しい運動力学を応用して小型化された連結構造 (linkage)。この機械は、4N の持続的耐荷重を持つ (パワーアンプも含めて) 重量 5kg のポータブルな卓上型装置です。作業空間は、アーム装置の大きさの 3 分の 1 であり、これは、手首を固定した状態で細やかな握り動作を行わせるのに十分な大きさで、全方向の指先の動きが可能です。この機械はまた、利用可能なアクチュエータ部分を縮小し、機械構造の重さを支えるために必要な人間の労力を軽減しており、部分的にも均衡がとれています。

3.3 言語透過的な情報の検出、抽出、および要約

(TIDES: Translingual Information detection, Extraction, and summarization)

急成長する国際的な情報インフラストラクチャは、これまで例のない世界中の情報源への迅速なアクセスと情報の融合の機会をもたらします。しかし、人間の言語障壁は、多言語の情報への効果的なアクセスとその利用にとって、重大な障害を残したままです。米国が外国で行動する際には、明らかに戦術的に不利な立場におかれ、また、国際情報の現場においても戦略的に不利な立場になります。技術者や軍人がこの障壁を克服できるようにするため、DARPA は、2000 年度と 2001 年度に、コンピュータベースの言語透過的な情報の検出、抽出、および要約 (TIDES) のための機械翻訳およびアルゴリズムに関する研究に資金を提供しました。

TIDES 計画の目標は、英語を話す米国軍人が、対象とする言語の知識を持たなくても、リアルタイムの戦術上の要件に関係する多言語の情報にアクセス、関与し、解釈し、そして共有することができるようにすることです。これは、異なる言語間の情報検索、機械翻訳、文書の理解、情報抽出、および要約技術における進歩、さらに、これらの個別の要素よりも価値のあるエンド・ツー・エンドの能力を生み出す統合技術を必要とします。この目標が達成されると、多言語の情報源の迅速な関連付けによって、状況分析、危機管理、および戦場業務のいろいろと変化する状況を幅広く理解することができるようになります。

4. 遠隔/自律システム (Remote/autonomous systems)

4.1 遠隔探査と遠隔実験 (REE: Remote Exploration and Experimentation)

NASA の「遠隔探査と遠隔実験」(REE) プロジェクトの目標は、宇宙空間におけるフォールトトレラントで、高信頼性、低消費電力、かつ高性能のスーパーコンピューティン

グで代表される新分野の科学の使命を提供することにあります。それらのスーパーコンピューティング・システムは、現在利用可能なものよりも3ないし4桁、搭載処理能力を増大したものになるでしょう。それによって、より大きなデータ収集と処理を可能にし、地上へのデータ送信の制限を緩和し、地上局のオペレーションを軽減します。搭載されるスーパーコンピューティング機能で、たとえば、火星探査機は、自律的なナビゲーション、および自律的な地質調査や実験ができるようになるでしょう。

さらに、REE は、放射線対策の要求(これは宇宙用コンピュータを地球上用の技術から5年間も遅れさせてしまうような仕事)もなくしつつあります。REE によって、NASA は、COTS(Commercial off-the-shelf、すぐに利用できる商用ハードウェアおよびソフトウェア)のコンピューティング技術を利用することができるようになり、その技術が利用可能になって18か月後には、宇宙飛行用のコンピューティング・デバイスの準備が整うようになります。

4.2 将来のロボット戦場 (The robotic battlefield of the future)

将来の戦場は、タイム・クリティカルな命令を実行できるように自律的にナビゲートし、再編成し、協調できる武器や無人の戦車や通信システムが求められるでしょう。これらの多くの要素は、COTS 製品で構築されるでしょう。一方、その他に、生命をヒントにしたマイクロロボットのようなものも現在開発中です。

DARPA のモバイル自律ロボット・ソフトウェア (mobile autonomous robot software) ・プロジェクトは、部分的に既知で、変化し、予測不可能な環境での自律モバイル・ロボットの動作をプログラムするため、現在はまだ利用可能となっていないソフトウェア技術を開発し移行させます。このプログラムの目標は、人間を戦闘、搬送、偵察、および監視から解放する新しいソフトウェアを提供することであり、それによって、軍隊への危険を縮小し、人件費を低減させ、人間の生理によって生じる工学的制約を取り除き、そして軍事のハードウェアの範囲を拡大します。研究者たちは、無人戦車による自律的なナビゲーションの他、人間型ロボット、自律型車両、および人間との相互作用も実証したいと考えています。

ロボットが、軍隊、産業、教育、および家庭内の状況における人間生活の中に完全に組み込まれるためには、もっと意味のある、自然な方法で人間と相互に作用することができなければなりません。DARPA は、人間とロボットが相互に対話する新しい方法を提供するために研究を助成しています。

人間とロボットの間のギャップを埋めるために考えられる1つの手段は、ロボットに人間に類似した体を与えることです。DARPA の資金援助によって MIT の研究者たちは、人間に類似した知能はこの世界との人そっくりの相互作用を要求するという前提に立

ち、Cog と命名されたロボットを製作しています。それは、人体の感覚と運動力学に近似したセンサーおよびアクチュエータのセットで構成されています。Cog の計算制御は、関節レベルの制御用の小さなマイクロコントローラから視聴覚の前処理用のデジタル信号処理プロセッサのネットワークにまで及ぶ制御階層において、異なったレベルでそれぞれ動作する異なったプロセッサからなる異種混合のネットワークです。

Cog プロジェクトの目標は、軍司令官の自然な身振りと言頭の命令を観察し、応答することができるロボットを生み出すことです。司令官は、ロボットがその命令を正確に理解するのを助けるために、動作を明確に示し、そして、視聴覚的合図を与えることができるべきです。これらの模倣学習技術を成功させるには、ロボットが環境のどの局面に注意を向けるか、また、どの行動を模写認識するかを学習しなければなりません。

DARPA の資金援助による MIT(マサチューセッツ工科大学)の Kismet プロジェクトは、対話を正しく導く上できわめて重要な、うなずいたり、視線を合わせたりする社交的な合図を識別するための眉、まぶた、耳、および口をもった頭型ロボットの訓練をしています。

ハイレベルで人間に類似した様式での対話の成功は励みとはなるものの、何人かの研究者たちは、ロボット設計への新しいアプローチを求めて、蟻や蜂などのような他の動物へと方向を変えています。分散型ロボット計画 (distributed robotics program) に関する DARPA のソフトウェアは、地雷敷設区域を不活性化するようなミッションのための多数の簡素で限定された計算機能のロボットをコントロールするための技術を開発する研究に資金が提供しています。たとえば、DARPA が資金提供をしたある会社では、化学的追跡、あるいは侵入者などのような、人間の向きや群れを成す目標物に反応するコインサイズのロボットを開発しています。

5. 共同作業とバーチャル・リアリティ (Collaboration and virtual reality)

5.1 Access Grid

(分散型研究のコラボレーションおよび遠隔会議向けハードウェア、ソフトウェア、および電気通信機能)

NSF と DOE は、国立コンピュータ科学同盟 (Alliance) の Access Grid に参画しています。Access Grid は、全国の技術グリッドにまたがるグループ間の人の交流を支援するネットワーク化された資源の集合体です。

5.2 BioFutures

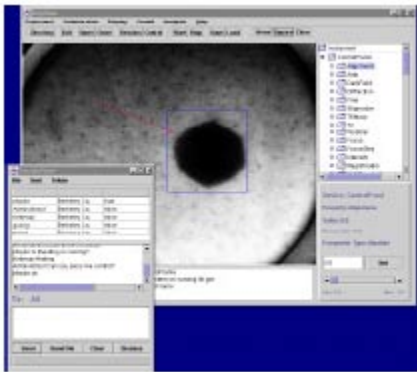
DARPA は、「[Bio:Info:Micro]の境界領域における基礎研究」計画を立案しました。これは、生物学、IT、およびマイクロシステムの技術分野の研究者たちによる学際的なチームを構築し、これらの3つのおおまかに定義された領域の交差部分における基礎的研究課題を扱うことを目的としています。

この計画のBio部分には、分子と細胞のレベルから有機体と個体群のレベルの全体の研究分野が含まれています。Info部分には、理論、アルゴリズム、モデル、およびシミュレーションの開発、および拡張性のある(スケーラブルな)並列分散型システムが含まれています。Micro部分には、センサー、物質、マイクロ流体力学、マイクロメカニクス、マイクロフォトニクス、マイクロエレクトロニクス、およびそのような要素から構成される大規模システムの開発が含まれています。DARPAは、この計画の長期的成果として、将来の国家と防衛のニーズを充たす革新的なシステムの基盤をもたらす新しい学際的な研究コミュニティ、および新しい科学と技術の出現を期待しています。

5.3 DeepView: 分散型顕微鏡検査のための共同研究フレームワーク

DOEのDeepViewは、商用のソフトウェアを、共同研究フレームワークにおける科学的問題の解決能力を強化するためのユニークな計算要素(computational components)と統合した、拡張性のある(スケーラブル)システムです。この「分散された顕微鏡使用のための経路(channel)」は、ユーザーが実験に参加できるオンラインの顕微鏡のリストを提供します。これによって、専門家の意見を得たり、データを収集して処理したり、その情報を電子手帳(electronic notebook)に保存することができるようになります。ユーザーは、本来の場所にある顕微鏡、ホログラフィック顕微鏡による3次元形状の復元、および高解像度の透過型電子顕微鏡のための画像シミュレーションなどの機能にアクセスすることができます。

研究者たちは、DeepViewを使用して低容量電離放射線照射に対する乳腺組織の反応を研究しています。過去において、研究者たちは、既知の高照射率の場合の効果から低容量照射の効果を推測してきました。放射線に対する組織の反応、そしてそれに伴うリスクというのは、遺伝子の損傷、細胞焼失、および誘発遺伝子生成物などの複合したものであると信じられています。DeepViewを使用することによって、地理的に分散した研究者たちが、放射線照射の影響をもっとよく理解するために画像収集と分析を自動化することができます。また、データを比較したりシミュレーションを行うためにデータを収集し、遠隔のデータベースに統合することができます。



DeepView は、商用のソフトウェアを、共同研究フレームワークにおける科学的問題の解決能力を強化するためのユニークな計算要素と統合した、拡張性のある(スケーラブル)システムです。幾つかの国立施設の研究者たちが、DeepView を使用して、この室温での鉛包含物の現場研究のような、動的なリアルタイムの共同実験を行ってきました。

5.4 遠距離での可視化 (Distance visualization)

ANL (アルゴンヌ国立研究所) とカリフォルニア大学によって、X 線源や電子顕微鏡のような遠隔の科学機器から得られるデータを使用してオンラインで 3 次元断層撮影の画像の再構成を可能にする計算フレームワークが開発されてきました。このフレームワークは、それに続く共同分析に連携しています。高性能ネットワーキングとコンピューティング資源、並列再構成アルゴリズム、および先進的資源管理の組み合わせ、通信、ならびに共同作業用ソフトウェアを使用して、この研究チームは、先端的光源 (advanced photon source) の断層撮影ビームライン (tomographic beamline) でサンプルの準リアルタイムの 3 次元画像化を実証しました。データ収集が始まって 10 分後に、ANL とその他の機関にいるプロジェクトの科学者たちのスクリーン上に、3 次元画像が現れます。その後 20 分間、より多くのデータが得られるにつれ、画像は次第に鮮明になって行きます。この技術によって、初めて科学者たちは、実験の最中に実験のパラメータを変更する可能性を得ることができました。

このシステムは、カリフォルニアとイリノイにある分析装置を用いてイリノイと日本のデータ源をもとに実証されてきました。エンド・ユーザーは、カリフォルニア、フロリダ、イリノイ、および日本にいるユーザーでした。この研究は、DARPA、DOE、NASA、および NSF によって支援されています。

5.5 分散共同研究所プロジェクト (Distributed collaboratories project)

科学的な共同研究所 (collaboratory) 環境は、ともに機能する多くのソフトウェア構成要素 (components) からなっていて、遠隔の研究者たちに情報、制御機能、および臨場感 (a sense of presence) を提供します。これらの構成要素としては、遠隔実験の監視と制御、マルチメディア会議とテレプレゼンス (遠隔参加)、クロス・プラットフォーム

ームの互換性、インターフェイスの一貫性と有用性、および管理調整と会議運営の機能を提供するのに必要なインフラストラクチャとツールが含まれます。DOE の分散共同研究所プロジェクトの目標は、研究者たちのホーム・サイトから、遠隔の実験設備へのアクセスを可能にし、監視と制御を行えるようにするために必要な技術を開発して展開することにあります。

共同研究所構築の経験を通して、DOE の研究者たちは、もっとよいテレビ会議ツールの必要性を明らかにしました。既存のマルチキャストベースのツールは、コンテンツの放送や1対1の対話には有効ですが、共同研究所環境ではもっと多くの機能が必要です。共同研究を行う研究者たちは、テレビ会議セッションを開始し、他の参加者に参加を促し、そして各参加者のすべてと等しく有用な議論を行うことができなければなりません。さらに求められるツールとしては、フロア制御、カメラの遠隔制御、およびオーディオとビデオのツール自体の遠隔制御機能があります。

DOE の研究所 LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory, ローレンス・バークレー国立研究所) のコンピュータ科学者たちは、テレビ会議で使用されるビデオ装置のリモート・コントロール用システムを開発して配備しました。このシステムは、装置サーバーとクライアントから構成され、この組み合わせによってユーザーは、インターネットからテレビ会議カメラとビデオ・スイッチャを制御することができます。カメラ制御ツールは、欧州素粒子物理学研究所 (CERN) で採用され、インターネット会議ソフトウェアにおいて使用されています。また、インターネット・エンジニアリング・タスクフォース (IETF) でもインターネット上での会議の放送で使用されてきました。

5.6 化学災害情報へのリアルタイムの共同研究用アクセス

(Real-time collaborative access to chemical disaster information)

米国海洋大気局 (NOAA) の Pacific Marine Environmental Laboratory (太平洋海洋環境研究所) は、危険物質を含む、化学事故やその他の災害における緊急を要する問題の解決用の、ネットワークを中核とする Java ベースの方法を探求しています。このプロジェクトの初期フェーズでは、12 のデータベース源からインターネットを経由して状況に対応したデータを提供すること、および一連の規則によってデータを統合することに注力しています。これまでは、2年に一度、それもバッチ・モードのみでの処理だったのですが、この統合が成功すれば、状況の進行とともに、リアルタイムの状況を取り入れた最新のデータで更新され配布されるようになるでしょう。NOAA の研究者たちは、この機能のまわりに同期型共同研究用ツールを用意し、専門家が米國中から、データの共有されたビューを矛盾無く維持しながら、調べることができるようにすることを計画しています。この研究チームはまた、その適用性を確実なものにし、技術移転を容易に

するために、EPA(Environmental Protection Agency, 米国環境保護庁)とも共同作業を行っています。

5.7 製造業共同研究所 (Manufacturing collaboratory)

NIST は、製造環境における共同研究所環境技術を導入するための構造化された手法と訓練を製造業者、販売業者、および研究者に提供するために、製造業共同研究所機能を開発しています。この共同研究所 (collaboratory) の最初の実装では、ロボットによるアーク溶接の研究を推進しました。そこでは、地理的に分散したコミュニティにまたがる(ビデオ、静止画像、オーディオ、テキスト、データベースのレコード、および画像の注釈などの)種々のデータ・フォーマットの非同期的および同期的な共同作業の支援を必要とします。この研究によって、いろいろなデータ・ストリームを時間に関する指標付けと同期させるアノテーション (注釈付け) 機能を備えた共同作業用ツールのプロトタイプがもたらされました。この仕事の次のステップは、企業環境において共同研究環境技術を評価することです。



分散共有型の仮想環境 (VEs) や組み込み型の「知的 (smart)」ユービキタス・デバイスの最近の発展は、我々が、人々と共同作業を行いコンピューティング・システムとインタフェースする方法に、革命を起こすことを約束します。NIST の研究者たちは、これらの技術を統合するとともに、そのような環境を評価するためのツールを開発し適用しています。アプリケーションには、NIST の「知的部屋 (smart room)」

と NAMT (National Advanced Manufacturing Testbed) における装置を学習し制御するためのインターフェイスが含まれています。

5.8 製造のシミュレーションと可視化 (Manufacturing simulation and visualization)

シミュレーション・システムは、製造業者が設備の再設計や新工場への投資を行うのに先だって、設備のレイアウトのプロトタイプを仮想的に作ったり、材料や部品の移動経路を最適化したり、人間工学的要素を評価したりすることを可能にします。NIST の研究者たちは、プログラム可能な人間工学的モデル、人間のモデル化の新しいプログラミング、シミュレーションされる製造資源のための標準ライブラリ、分散コンピューテ

イング環境でのシミュレーション・システムの統合、およびシミュレーション・アルゴリズムの検証などの機能を備えた、モデル化およびシミュレーション用の商用ソフトウェア・システムを拡張する方法を研究しています。研究者たちは、製造作業環境において人間の仕事をシミュレーションする上で役に立つ自然言語インターフェイスを開発しています。

5.9 NOAA のライブ・アクセス・サーバー (NOAA' s live access server, LAS)

Web による分散型共同研究のための重要な要件は、複数の分散されたデータ・セットをブラウズし、アクセスし、融合し、分析するための共通ツールとデータが利用可能であることです。この要求に応じるために、NOAA は、様々な専門分野からのいろいろなデータの提供者たちが利用するための、ライブ・アクセス・サーバ (LAS, live access server) という、強固で、拡張性のある、共同研究のためのデータ・サーバーを開発しました。現在のユーザーは以下の通りです。

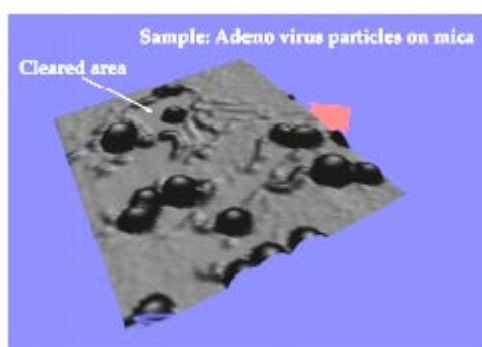
- NOAA の Satellite Active Archive
- NOAA の Pacific Fisheries Environmental Laboratory
- NOAA の Pacific Marine Environmental Laboratory
- Office of Global Programs (OGP) Carbon Modeling Consortium
- Center for Mathematical Modeling and Computer Simulation (インド)
- Laboratoire de Meteorologie Dynamique du Centre National de la Recherche Scientifique (フランス)

ユーザーの数が増大するにつれ、学際的なデータ共有が広がって、新たな共同研究に結びつくことが期待されています。

5.10 遠隔ナノ・マニピュレータ (The tele-nanoManipulator)

ノースカロライナ大学(UNC)チャペルヒル校では、研究者たちが、遠隔ナノ・マニピュレータ (tele-nanoManipulator) ・システムを開発してきました。これは、科学者たちが、1 つに統合されたシステム内で、最新のネットワークごしに遠隔の顕微鏡とグラフィックス・スーパーコンピュータを使用して、ウイルスやナノチューブやその他、ナノメータ・サイズの物体を見たり、触れたり、直接、手を加えたりすることを可能にします。遠隔ナノ・マニピュレータ (tele-nanoManipulator) は、DNA(デオキシリボ核酸)

の破断強度を測定したり、遺伝子治療で使用するアデノウイルスのキャプシドの強度を測定したり、炭素ナノチューブをもったナノメータ・サイズの回路を作ったりするのに使用されてきました。NIH(米国国立衛生研究所)、NSF、DoD の陸軍研究局 (Army Research Office)、DoD の海軍研究局 (Office of Naval Research)、および産業界の後援者が、UNC の遠隔ナノ・マニピレータ・プロジェクトを支援しています。遠隔ナノ・マニピレータ・チームはさらに、インターネット上のどこにいる研究者、教育者、および学生でも、最先端の多くの専門分野からなる科学に参加できる方法を模索しています。UNC の科学者たちは、地方のある高校への訪問の折り、学生たちがインターネットを通して、ウイルスに手をのばし「触れる」ことができるように、このシステムを使用しました。



UNC Gene Therapy Center の研究者たちは、Tele-nanoManipulator を使用してアデノウイルス粒子を検査してきました。これらの粒子は、遺伝子治療における媒介微生物として使用され、科学者たちは、それらが細胞表面でどのようにくっつき、動き回るのか理解しようとしています。予備実験がここに示されていますが、これは、粒子が雲母基板上を移動している様子です。雲母の一部からウイルス

粒子が取り除かれています。

5.11 3次元の可視化 (3-D visualization)

NOAA は 1999 年度に、共同研究用の没入型仮想環境のテストベッドに着手しました。2000 年度には、研究者たちは、大学コミュニティといっしょに、バーチャル・リアリティ環境にユーザーを「没入」させる投影 (映写) 型プラットフォームの 1 つである ImmersaDesk の新しい共同研究的利用について研究しています。これらの活動は、現在のデスクトップの VRML (Virtual Reality Modeling Language, 3次元の視覚環境を作るためのソフトウェア) の世界からもっと大規模な没入環境へと移行するでしょう。このような 3次元 (3-D) 技術は、データ検証を含む多くの分野で有用なものであることが、既に証明されています。データ検証の場合では、3次元表現は、従来の2次元の描画よりも、地球物理学のデータ・セットの異常値や無形の属性をより速く直観的に強調することができます。

5.12 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

(Visualization and virtual reality for collaboration and manufacturing)

NIST は産業界と協力して、3 次元可視化技術および最新の共同作業ツールが、企業の製造工程や工場操業の改善にどのように役立てるか検討しています。研究者たちは、VRML を使用して、バーチャル世界の物理的ダイナミクスと相互作用し、そして可視化しています。また、遠隔のユーザーが設計や技術解析に参加できるような仮想の共同作業スペースを作っています。2000 年度には、NIST は、VRML の「ミラー・ワールド (mirror world)」を開発しました。これは、ユーザーが実世界の装置の状態を管理し、監視できるものです。既存のカメラ・インターフェイスが JINI 環境で拡張されており、これは、ユーザーがプロセスを容易にかつ直観的に管理し、監視できるようにする追加のサービスを可能にします。

5.13 ニュートロン研究用の Web ベースのツール

(Web-based tools for neutron research)

NIST の研究者たちは、NIST のニュートロン研究センター (Center for Neutron Research) にますます多くのアクセスを提供するために、インターネットの能力を拡張しています。このセンターは、ユニークな国の利用者設備であり、ニュートロン・ビームを使用した材料研究用の最新の計装技術を開発しています。また、外部の研究者がインターネット経由でその設備を使用した実験と得られたデータの解析に参加できる手段を開発することによって、民間企業にも利用可能にしています。

6. Web ベースの情報資源 (Web-based information resources)

6.1 数学関数のデジタル図書館

(Digital Library of Mathematical Functions, DLMF)

2000 年度、NIST は、応用数学の高等関数に関する、認定された参照データと関連情報のデジタル図書館の開発を開始しました。それらの関数は、天文学、大気モデリング、水中音響のような様々な分野の科学計算や解析で、技術者、科学者、および統計家を支援するものです。

NIST の数学関数のデジタル図書館 (DLMF) は、Web 上で公開され、その体系は、意味論ベースの表現、メタデータ、対話機能、および内部/外部リンクから構成されます。これは、数学データベースの簡単な照会と検索と抽出、公式の検証と発見、ルールの自動

生成、対話型の可視化、要求に応じた独自データ (custom data on demand)、およびソフトウェアと評価済みの数値処理方法論へのポインタなどのユーザー要求をサポートします。特殊関数を展開して解析する数学者とそれらを利用する科学者や技術者の間の交流を促進する上で、オンライン資源が期待されています。

米国、英国、フランス、オランダ、オーストリアから、世界のトップクラスの数学者がこのプロジェクトに参加しており、中核となる素材の多くを開発しています。NIST は、編集の調整を行うとともに、無償の公開資源として Web サイトを開発し維持しています。NSF から一部資金援助を受けたこのプロジェクトは、2003 年度には完全に機能することが期待されています。DLMF は、1964 年発行の米国規格基準局 (NBS, National Bureau of Standards [現在の NIST]) の旧数学関数ハンドブックの後継にあたり、その 2 倍以上の技術情報が網羅されると期待されています。

6.2 治療法ガイドラインのリポジトリ (Clinical practice guidelines repository)

米国健康医療研究品質局 (AHRQ, Agency for Healthcare Research and Quality) は、米国ヘルスプラン協会 (American Association of Health Plans) および米国医学会 (American Medical Association) と協力して 2000 年度に Web ベースの NGC (National Guideline Clearinghouse) の開発を継続して行いました。NGC は、実証に基づく治療法のガイドラインの公に利用可能な電子リポジトリであり、医療専門家が患者に施す治療の質の向上を助けることを目的としています。500 を越える治療法のガイドラインが、医師の専門グループ、医学協会、管理医療計画、連邦および州の機関その他に提供されてきました。

NGC の主要な構成要素としては、ガイドラインおよびその開発に関する体系的な要約；複数のガイドラインを並べ特性を比較するためのユーティリティ；類似トピックスをカバーするガイドラインの統合と類似点・相違点の強調表示；利用可能な場所でのフルテキスト形式のガイドラインへのリンクおよび／または印刷コピーの注文情報へのリンク；治療法ガイドラインに関する情報交換のための電子フォーラム「NGC-L」；および、ガイドラインの開発方法、実装、および利用に関する注釈付きの参考文献一覧があります。

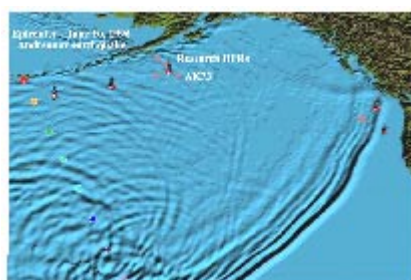
何千ものガイドラインに最終的に索引が付けられて、それによって、何百ものトピックに関する重要な推奨事項や評価に迅速にアクセスすることが可能になります。個々の医師やその他のサービス提供者は、医療判断や患者のカウンセリングに役立てるために、広範な情報源を閲覧して評価することができるようになります。健康医療システムや統合配布システムは、それらの提供者ネットワークにおいて、ガイドラインを採用したり、

あるいは適用するために、これらの情報を利用することでしょう。さらに、教育機関は、NGC 情報をカリキュラムや生涯教育活動に取り入れることができるようになります。

6.3 地表風解析システム (Surface wind analysis system)

NOAA の大西洋海洋気象研究所 (AOML, Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory) の地表風解析システムは、世界中の海洋を網羅する船舶、ブイ、衛星、および航空機、そして、沿岸地域から得られる本質的に異なった多様な気象観測データを解釈同化し、矛盾のない一貫した風域に合成するための研究ツールであり、天気予報および防災における重要な新機能を提供しています。このツールは、これらのデータをほとんどリアルタイムで入手して、専門家に、解釈する利用可能データに代わる、テキスト表現による代替情報を提供するために、最先端のコンピューティングと通信を利用しています。NOAA は、プロトタイプ of データベース・スキーマの実装、Web インターフェイスをもつオブジェクト指向の運用研究と危機管理の製品の開発、そしてプラットフォームに依存しない効率のよいプログラミング技術の研究を行っています。

研究者たちは、数年の間、このシステムを使用して予報担当者に試験的な風域ガイダンスを提供してきました。また、ハリケーン上陸時の風の観測分析では、NOAA の国立ハリケーン・センター (National Hurricane Center) のハリケーン専門家と協力してきました。システムのアウトプットは、危機管理のコミュニティで使用されている GIS システムの中の、FEMA (米連邦緊急管理庁) の HAZUS (hazard loss estimation, 危険による損害推定) の風モジュールと連動できるようにフォーマット化されます。



NOAA の太平洋海洋環境研究所 (Pacific Marine Environmental Laboratory) の研究者たちは、太平洋の中の断層崖 (escarpments) や稜線 (ridges) や海山 (seamounts, かいざん) が、深海での津波の伝播にどのように影響するかを理解すること、および、津波伝播の正確なシミュレーションに必要な海底地形の精度と分解能を決定することのために、研究を行っています。この

作業の最初の焦点は、アラスカ/アリューシャン (Alaska/Aleutian) ・サブダクション・ゾーン (Subduction Zone, 沈み込み帯) で発生して、ハワイに向かって南方に伝播する津波に焦点を当てています。1997 年 12 月 5 日のカムチャツカ津波が、ここでシミュレートされています。

6.4 Web ベースのバイオインフォマティクス・データベース (Web-based bioinformatics databases)

バイオインフォマティクス分野における最近の進歩は、何十万もの生物種、何百万もの DNA 配列、および何万もの遺伝子に関する大規模な生物学データのセットを作り出してきました。NIST の共同的な研究所である先端バイオテクノロジー研究センター (Center for Advanced Research in Biotechnology) を通して、NIST は、これらのデータを管理と、高分子の実験研究および計算研究の進展を助けるために、2 つの Web ベースのバイオインフォマティクス・データベースを開発しています。1 つは分子識別用であり、もう 1 つは高分子構造用です。

分子識別用データベースは、薬設計や化学的選別において有用です。これには、目標分子と反応分子の対、各々の特性、およびそれらの相互作用という構造が含まれ、実験結果の提供や内容 (content, コンテンツ) の照会 (query) のために、インターネットを通してアクセスが可能となります。

高分子用データベースは、NIST が 1999 年以来所有してきたタンパク質データバンク (Protein Data Bank) を基にして拡張しています。構造バイオインフォマティクス共同研究所 (Research Collaboratory for Structural Bioinformatics) の参加者として、NIST は、信頼性と一貫性を向上させるために、このコンテンツに対する評価アルゴリズムを開発、改良、および適用する作業、および新しいデータベース管理システムへの移行の作業を行っています。

7. 識別とセキュリティ (Identification and security)

7.1 Akenti: 安全な環境での共同研究 (Collaborating in a secure environment)

公的研究機関と私的研究機関の間のコミュニケーションの増進を目的とした共同研究技術では、いろいろな参加者の移り変わる役割や要求に対応するのに十分な柔軟性があり、十分かつ適切なセキュリティが求められます。

Akenti は、LBNL が開発したセキュリティ・モデルおよびアーキテクチャで、高度に分散されたネットワーク環境において拡張性のある (スケーラブルな) セキュリティ・サービスを提供しています。この目標は、中央の執行者や職務権限を必要とすることなくアクセス管理ポリシーを提示して強制することです。Akenti が管理する資源は、情報、処理、あるいはコミュニケーションの機能、または科学機器のような物理的なシステムです。Akenti のモデルは、DOE と NASA で採用されています。

7.2 管理のゆきとどいた共有：安全な共同研究環境 (Controlled sharing : The secure collaboratory)

DOE の LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory) および SNL (Sandia National Laboratories) の研究者たちは、ディーゼル機関燃焼の共同研究所を作る上で、セキュリティ・ツールを開発してきました。それによって、様々な全国の研究所、ディーゼル関連企業、および大学間でのデータや資源の共有管理が可能になっています。これらのセキュリティ機能によって、科学者たちは、安全にデータを共有することができます。また、研究所は、強力なコンピューティング資源や機器への外部からのアクセスを許可することができます。共同研究所では、メンバーは公開鍵インフラストラクチャ (PKI, public key infrastructure) の認証によって識別されます。また、資源にはアクセス・ポリシーが割り当てられて、共有資源へのアクセスが管理されます。

7.3 指紋と顔写真の標準 (Fingerprint and mug shot standards)

異なるコンピュータ化されたシステムにまたがる指紋および顔写真イメージの電子的な比較と照合に関しては、1960 年代に研究開発が始まり、NIST および米連邦捜査局 (FBI, Federal Bureau of Investigation) は、共同研究を発展させて、指紋と顔写真のイメージの取り込みと保存のための標準と仕様の開発、およびそれらのイメージの処理技術の評価を行うためのデータベースの作成を行ってきました。

指紋およびその他の個人識別データを交換する電子的な手段が、これらの情報の従来のハード・コピー形式にとって代わります。したがって、防護対策が確立されて、情報の信憑性と整合性が確保されなければなりません。2000 年度から、NIST は、個人の指紋とデジタル署名が入っているスマートカードを個人識別としてリアルタイムでスキャンされる人の指紋イメージと組み合わせて使用するシステムを開発します。これによって、電子レコードの作成者の信憑性の検証を行います。このシステムは、正当なデジタル署名の保管記録とトランザクションの電子署名を使用して、そのレコードの信憑性とそのデータが生成後、改変されていないことを確認します。

7.4 ヒューマン ID (Human ID)

NIST の研究者たちは、デジタル・ビデオによる個人の識別 (ID) 技術を発展させる研究を行っています。ベースラインとなる顔認識システムの開発の最初のステップとして、NIST は、最初のサポート・ベクトル・マシン (SVM, support vector machine) 顔

認識システムを開発しました。これは、以前の認識方法に比べて認識エラーが2分の1に減少しています。DARPAとの協力によって、NISTは、このヒューマンID (human ID) 判定の作業を拡大して、さらに複雑なビデオ認識の作業も加えました。2000年度、NISTは、次の活動を開始しました。

- DARPA ヒューマン ID 計画用デジタル・ビデオ・データベースのための ground truthing 手順の開発、
- ベースラインとなるデジタルビデオ・ヒューマン ID システムの実装、
- ベースラインとなる評価手順の開発、
- デジタル・ビデオ・データベースの収集、
- ダラスのテキサス大学との協力による計量精神物理学 (computational psychophysics) の研究。

8. 分析と生産性向上のためのツール (Tools for analysis and productivity)

8.1 医療の品質と能力 (Health care quality and performance)

AHRQ は、CONQUEST (COmputerized Needs-oriented Quality measurement Evaluation SysTem) の開発を継続しました。これは、ユーザーが医療品質の尺度および医療能力の尺度を収集して評価することを可能にするツールです。医療能力の尺度は、適切性、安全性、効率性、適時性、および力量などのような、医療サービスの提供の評価を助けるツールです。これらの尺度によって、提供者グループ内での時間経過にともなう比較、提供者グループや組織間での比較、および目標と実行結果との比較を可能にします。この方法は、比較される医師全員に一律に指定され適用されなければならないので、まず、比較可能とするためにデータ収集と分析のための詳細な仕様を開発し、テストしなければなりません。CONQUEST は、2つのデータベースを使用します。1つは、多種多様な組織から得られたおよそ1,200の尺度で53の尺度セットからなるものであり、もう1つは、57の医療条件からなるもので、これらは共通の言語によってリンクされています。

CONQUEST は、データベースの中にある能力尺度 (performance measures) に関する情報源、特定の条件とそれを経験する人口に関する情報源、および尺度 (measures) の価値を比較し評価するためのツールとして使用されます。これによって、AHRQ は、医療能力評価尺度に関する知識をさらに普及させ、医療能力評価の効率を向上させることが可能になります。

8.2 検索エンジンの評価 (Evaluating search engines)

1992 年以来、NIST と DARPA は、検索エンジンを評価する継続的なワークショップである TREC (Text REtrieval Conference) を後援してきました。TREC の基本的な仕事は、大量のテキスト(約 2 GB)を検索し、特定のテスト問題集に答える文書のランク付けリストの作成です。

TREC プロジェクトの実績は、以下のとおりです。

- すべてのユーザーのためのより正確なテキストの検索
- ブール探索手法の代替案を提示した統計的検索手法のスケラビリティの実証
- 新しいテスト用コレクション
- 改良された評価手法
- テキスト検索の研究成果を交換するためのフォーラム
- 異言語にまたがる検索(たとえば、英語で質問して、フランス語のドキュメントを抽出する)の新たな研究の育成の場、会話やニュース放送の記録の検索、および文書検索とは対照的な質問回答

最も最近の TREC プロジェクトには、16 か国からの 66 の学術、産業界、および政府のグループが参加しました。

8.3 ソフトウェアの有用性テスト (Software usability testing)

ビジネス用ソフトウェアのテストでは、有効性、効率性、および顧客満足度などの品質に関する情報を生成します。NIST のコンピュータ科学者たちは、企業がどのようにソフトウェア・テストを報告するかを標準化、および「共通フォーマット」のデータが潜在的購入者にどれほど役立つかの測定を行うことによって、ソフトウェアの有用性を促進するためのプロジェクトをスタートさせました。

このような標準化によって、会社は、貧弱な設計のソフトウェアや特定の仕事に向かないソフトウェア購入してしまうことによる生産性低下と莫大な訓練費用支出を回避することにより、多大な金額の節約が可能となるでしょう。このプロジェクトには、米国の多くの最大手ソフトウェア生産社及び購買社が参加しています。例えば、ボーイング、コンパック・コンピュータ、イーストマン・コダック、Fidelity Investments、ヒューレット・パカード、マイクロソフト、State Farm Insurance、およびサン・マイクロシステムズなどです。

8.4 Web サイトの有用性ツール (Web site usability tools)

使える (usable) Web サイトは、産業界にとって、電子商取引販売の増大、労働生産性の向上、およびコストやユーザーのフラストレーションの軽減のために、きわめて重要です。しかしながら、有用性 (usability) 測定の従来の方法は、コストが高く、時間を要し、労働集約的なものでした。NIST は、Web サイト設計者や開発者がサイトの潜在的な有用性の問題を分析するのを助け、有用性の専門家 (usability professionals) のサイト評価のスピードアップを助けるためのツールを開発しています。NIST の研究者たちは、これらのツールを洗練化し、次世代の Web 開発用および有用性テスト用ツールに組み込むために、産業界と協力して作業を行っています。

付属資料 3

HCI&IM 研究開発テーマと助成エージェンシー (Blue Book 2001 紹介テーマ)

1. デジタル情報の管理と閲覧 (Managing and “seeing” digital information)				
1.1	電子政府プログラム (Digital Government program)	NSF		
1.2	製造アプリケーションのためのシステム・インテグレーション (SIMA, Systems Integration for Manufacturing Applications)	NIST		
2. 知的システム				
2.1	適応性のある学習技術 (Adaptive learning technology)	DOD		
2.2	知識および認識システム(KCS)	NSF		
2.3	知的空間 (Smart Spaces)	NIST		
2.4	音声技術 (Speech technologies)	NIST	DARPA	NSA
3. マルチモーダル能力 (Multimodal capabilities)				
3.1	コミュニケーター (Communicator)	DARPA		
3.2	航空宇宙システムの中の人的要素 (Human factors in aerospace systems)	NASA		
3.3	言語透過的な情報の検出、抽出、および要約 (TIDES: Translingual Information detection, Extraction, and summarization)	DARPA		
4. 遠隔/自律システム (Remote/autonomous systems)				
4.1	遠隔探査と遠隔実験 (REE: Remote Exploration and Experimentation)	NASA		
4.2	将来のロボット戦場 (The robotic battlefield of the future)	DARPA		
5. 共同作業とバーチャル・リアリティ (Collaboration and virtual reality)				
5.1	Access Grid (分散型研究のコラボレーションおよび遠隔会議向けハードウェア、ソフトウェア、および電気通信機能)	Alience (NSF, DOE, …)		
5.2	BioFutures	DARPA		
5.3	DeepView: 分散型顕微鏡検査のための共同研究フレームワーク	DOE		
5.4	遠距離での可視化 (Distance visualization)	ANL, UC	DARPA,DOE, NASA,NSF	
5.5	分散共同研究所プロジェクト (Distributed collaboratories project)	DOE(LBNL)		
5.6	化学災害情報へのリアルタイムの共同研究用アクセス (Real-time collaborative access to chemical disaster information)	NOAA(PMEL), EPA		
5.7	製造業共同研究所 (Manufacturing collaboratory)	NIST		
5.8	製造のシミュレーションと可視化 (Manufacturing simulation and visualization)	NIST		
5.9	NOAA のライブ・アクセス・サーバー (NOAA’s live access server, LAS)	NOAA		

5.10	遠隔ナノ・マニピュレータ (The tele-nanoManipulator)	UNC(NIH, NSF, DOD)		
5.11	3次元の可視化 (3-D visualization)	NOAA		
5.12	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 (Visualization and virtual reality for collaboration and manufacturing)	NIST		
5.13	ニュートロン研究用の Web ベースのツール (Web-based tools for neutron research)	NIST		
6. Web ベースの情報資源 (Web-based information resources)				
6.1	数学関数のデジタル図書館 (Digital Library of Mathematical Functions, DLMF)	NIST	NSF	
6.2	治療法ガイドラインのリポジトリ (Clinical practice guidelines repository)	AHRQ		
6.3	地表風解析システム (Surface wind analysis system)	NOAA		
6.4	Web ベースのバイオインフォマティクス・データベース (Web-based bioinformatics databases)	NIST		
7. 識別とセキュリティ (Identification and security)				
7.1	Akenti: 安全な環境での共同研究 (Collaborating in a secure environment)	DOE(LBNL)		
7.2	管理のゆきとどいた共有: 安全な共同研究環境 (Controlled sharing : The secure collaboratory)	DOE(LBNL)		
7.3	指紋と顔写真の標準 (Fingerprint and mug shot standards)	NIST	FBI	
7.4	ヒューマン ID (Human ID)	NIST		
8. 分析と生産性向上のためのツール (Tools for analysis and productivity)				
8.1	医療の品質と能力 (Health care quality and performance)	AHRQ		
8.2	検索エンジンの評価 (Evaluating search engines)	NIST	DARPA	
8.3	ソフトウェアの有用性テスト (Software usability testing)	NIST		
8.4	Web サイトの有用性ツール (Web site usability tools)	NIST		

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Ⅳ

© 平成 13 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

