

戦略的創造研究推進事業 CREST

研究領域 「高度メディア社会の生活情報技術」

研究課題 「人間中心の知的情報アクセス技術」

研究終了報告書

研究期間：平成 12 年 11 月～平成 18 年 3 月

研究代表者：橋田 浩一

(産業技術総合研究所 情報技術研究部門 副研究部門長)

1 研究実施の概要

産業や文化や政治の持続的発展を図るためには、社会全体にわたる知識の循環と拡大再生産の効率を高める必要がある。そこで本プロジェクトは、個人と社会が知的能力を高度かつ持続的に発揮できる**知識循環型社会(knowledge-circulation society)**の運営を支援するための基本的な情報技術を研究テーマとした。

そのような知識循環を支援するには、**人間の能力を最適に引き出し利用するために**、人間の生活世界(Lebenswelt)の意味を人工物が「理解」し、人間に合わせることで、すなわちデジタル情報を生活世界に**シンボルグラウンディング(symbol grounding)**することが重要である。しかし、人間の生活世界の意味を人工物が自律的に理解できるまでに技術が成熟するには今後 100 年以上を要するだろう。ゆえに、何らかの情報インフラに基づいて人間と人工物または人工物同士が協調することによりグラウンディングを実際的に成立させ、それに基づいて人間の知的能力を最適な形で引き出す人間中心の情報アクセス技術が 21 世紀初頭の情報技術における最も主要な研究課題のひとつである。

生活世界は物理的な側面と概念的・社会的な側面とを含む。前者へのグラウンディングがいわゆるユビキタスコンピューティングの本質であり、そのための主な情報インフラが測位や近距離通信のためのセンサネットワークである。一方、後者へのグラウンディングを支える情報インフラとして必要になるのが**知的コンテンツ**(意味構造を人間にも人工物にも扱いやすいように明示した情報コンテンツ)である。また、社会的に十分広く認識されているとはいいがたいが、ユビキタスコンピューティングにも大量の知的コンテンツが不可欠であることは明らかである。このように生活世界の概念的・社会的側面に関するグラウンディングを可能にするのみならず、ユビキタスコンピューティングの要件でもあるという意味において、知的コンテンツ技術の重要性はきわめて大きい。

本プロジェクトは知的コンテンツを中心的な研究テーマとし、さらに、知的コンテンツに基づくユビキタス情報サービスのための測位、通信、ヒューマンインタフェース等の技術についても研究開発を進めてきた。これにより、知的コンテンツの基盤技術と利用技術を確立し、生活世界全般の意味を体系的に扱う人間中心の情報技術の基礎を築くことを目指す。

本プロジェクトにおいては、知的コンテンツを中心に据えつつも、人間を中心として生活世界の意味を扱う一般的な技術体系を創出するため、発足時にはかなり探索的に多様な研究テーマを設定し、研究が進んで展望が開けてくるに従ってテーマを絞り込んできた。

(1) セマンティックコンピューティング

開けてきた展望のひとつは、**セマンティックコンピューティング(semantic computing)**の構想である。セマンティックコンピューティングとは、**セマンティックギャップ(semantic gap)**：人間が扱う意味とコンピュータが扱う意味との乖離を解消(すなわち、人間と IT システムが意味を共有)し、それに基づいて人間と人工物との間の適切な役割分担と密接な協調とを可能にする情報技術の体系である。

前記の通り本プロジェクトの発足当時はシンボルグラウンディングを基本コンセプト

トに据えたが、プロジェクトの進展に伴って知的コンテンツ技術への重点化が進むことにより、基本コンセプトもコンテンツ寄りに重点化し、シンボルグラウンディングと同じく情報技術の一般的な課題であるセマンティックギャップの解消を重視するようになった。セマンティックギャップには、人間の生活世界の意味が IT システムにわからないという側面と、逆に IT システムが扱う意味が人間にわからないという 2 つの側面があり、前者の解消はシンボルグラウンディングに含まれるが、後者の解消も(ソフトウェア工学等に及ぶように拡張された意味での)知的コンテンツ技術に帰着できる。その意味において、セマンティックコンピューティングは本プロジェクトの自然な発展形と言える。

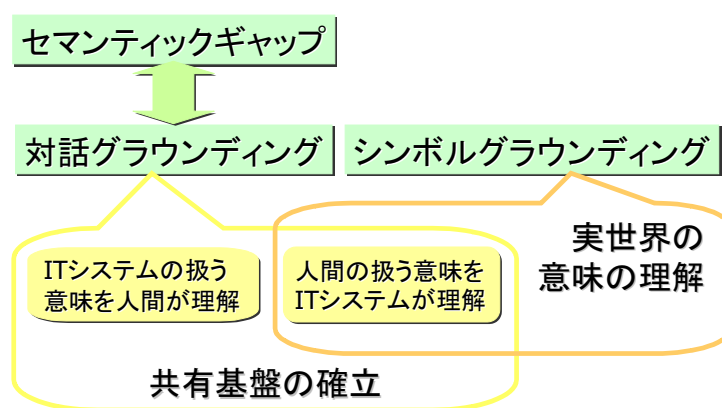


図1.1.1 グラウンディングとセマンティックギャップ

図 1.1.1 にグラウンディングとセマンティックギャップとの関係を示す。セマンティックギャップの解消は、コミュニケーション参加者間での**共有基盤**(common ground)の確立(**対話グラウンディング**)に相当し、それは、IT システムの扱う意味を人間が理解(およびそれによって操作)するという側面と、人間の扱う意味を IT システムが理解(同前)するという 2 つの側面からなる。シンボルグラウンディングは後者を含むが、人間が直接アクセスしない実世界の意味を(人間とは異なる身体性を帯びた) IT システムが扱うという側面をも持つ。しかし、本プロジェクトはロボット等を対象とせず、シンボルグラウンディングのうち人間の扱う意味を IT システムが理解するという側面のみを対象としており、必ずしもシンボルグラウンディングに総合的に取り組んでいたわけではない。セマンティックコンピューティングの構想に達したということは、IT システムの扱う意味を人間が理解するという目標を加えて、対話グラウンディングを総合的に扱う方向に射程を一般化しつつ、それにより知的コンテンツ技術の役割を明確化したということになる。

図 1.1.2 にセマンティックコンピューティングのソフトウェアアーキテクチャを示す。セマンティックプラットフォームは、オントロジーや意味的アノテーションによって標準的な形式で構造化された(ゆえに人間と IT システムとが意味を共有できる)コンテンツに関する基本的な処理を司り、またそのようなコンテンツを入出力するさまざまなセマンティックサービス同士を人間にも扱いやすい仕方で連携させることにより、情報家

電や ITS などの多様なユビキタス情報サービスを実現するミドルウェアシステムである。ユビキタスプラットフォームはより物理層に近いミドルウェアシステムであり、センサネットワークやグリッドの技術を含み、プライバシーやセキュリティの管理も司る。

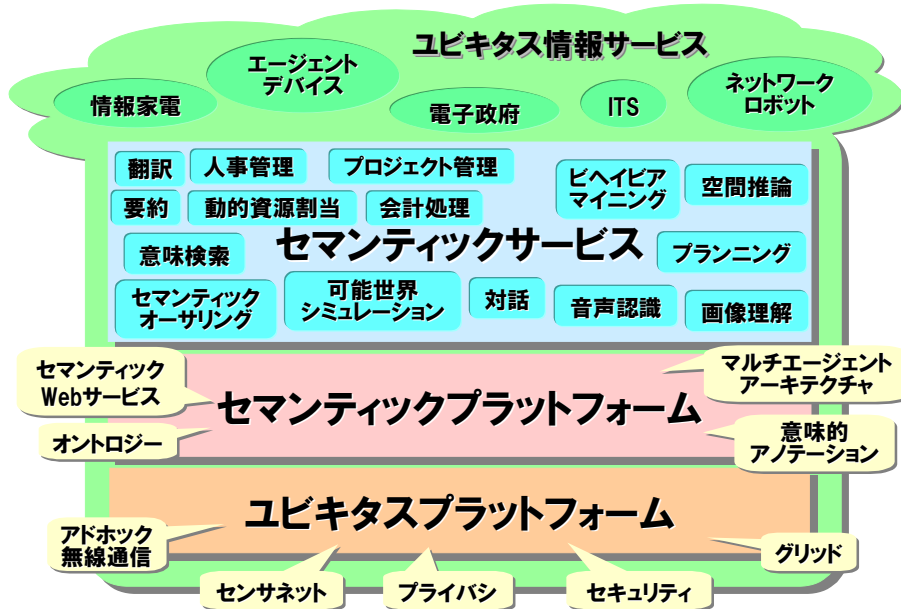


図1.1.2 セマンティックコンピューティングのアーキテクチャ

利用者インタフェースの観点から見たコンピュータのソフトウェアアーキテクチャの今後 10 年ほどにわたる変化を図 1.1.3 に示す。

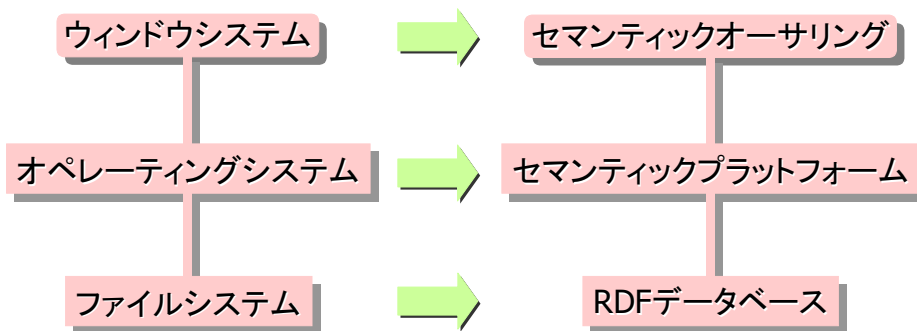


図1.1.3 セマンティックコンピューティングの普及

現在はファイルシステム中のデータに関するサービスをオペレーティングシステムがウィンドウシステムを介して利用者に提供しているが、将来は、ファイルシステムは意味的な構造を持つデータベースとなり、オペレーティングシステムは利用者にもわかるレベルの意味を持つシステムコール等を持つセマンティックプラットフォームとなり、後述のセマンティックオーサリングはウィンドウシステムに代わって一般利用者向

けのグラフィカルユーザインタフェースを提供する。

セマンティックコンピューティングの概念は本プロジェクトの進展に伴って徐々に形を成してきた。以下では、その過程に関係の深いものに絞って本プロジェクトの具体的な成果の一部を簡単に紹介する。詳細については0章を見られたい。

(2) セマンティックオーサリング

セマンティックオーサリングとは、明示的な意味構造込みでコンテンツを作成・編集することであり、これによってコンテンツの作成コストを低減しかつコンテンツの品質を高めることができる。本プロジェクトでは、KJ法のような発想支援法に意味構造を導入することによって、通常の文章に相当する内容を含む一般的なコンテンツの作成をサポートするセマンティックオーサリングシステムを開発した。このシステムはコンテンツをサーバ経由で共有することによりグループウェア(共同セマンティックオーサリングシステム)としても使うことができ、実際にわれわれの研究グループでは論文の執筆や研究上の討論に用いている。電子メールやブログに代わる、より効率の高い電子的コミュニケーションの手段として、共同セマンティックオーサリングを今後5年ほどのうちに普及させたい。

(3) WebSLIT

WebSLITは、Webブラウザを介して情報コンテンツを意味的に構造化する技術である。Webページのレイアウトを意味的に解釈することにより、Webの画面上で情報の選択やコピーを意味に即して行なうことが簡単にできる。たとえば、名前や住所の情報を1、2回のクリックで選択したり、入力フォームの複数箇所に複数の情報を一挙に入力したりすることが可能になる。Webページのように半構造化されたコンテンツを、利用者のインタラクティブな操作を用いて正確に構造化し、その構造を蓄積することにより、既存のコンテンツの構造化を進める効果があるという意味において、上記のセマンティックオーサリングを補完する技術と言える。

(4) Kamome

意味構造を表わすラベル付グラフの間の近似照合を効率よく実行するアルゴリズム、および、検索の文脈に依存してキーワードの間の類義性を調整する方法に基づくインタラクティブな情報検索システムKamomeを開発した。意味構造の利用によってインタラクティブな検索の効率が少なくとも倍増する。索引の生成等も改良し、実用的な検索システムの域に近付きつつある。このような意味構造を利用した方法はセマンティックコンピューティングにおける主要な検索の手法になると期待される。

(5) Polyphonet

Webの情報から人間関係を抽出し社会ネットワーク分析の手法を用いて人間関係を抽出するシステムPolyphonetを開発した。研究者の名前と所属のリストをもとに、Webにおける2人の共起頻度を検索エンジンのヒット数から推定し、さらに、ヒットしたWebページの内容から、共著関係の種類を機械学習で得られた判別ルールに基づいて自動的に獲得する。この技術は、セマンティックオーサリングで作られる構造化されたコンテンツにおける各部分の信納性の評価や参加者間の関係の分析に利用できる。

(6) マルチモーダル知的コンテンツ技術

実世界での会議からマルチモーダルな知的コンテンツを生成し高度再利用するマルチモーダル会議支援システムを開発した。このシステムは、音声・映像とテキストとを関連付ける意味的アノテーションを議事録の作成者や閲覧者が行なえるようにする機能や検索や要約の機能を含む。また、議事録と掲示板とを連携させることによって対面での議論の後もオンラインで議論を継続できる。意味構造化された議事録に基づいてディスカッションオントロジーを構築し、それを用いて議論の展開や重要な発言の抽出などの知識発見を可能にした。

(7) CONSORTS

位置情報を用いて利用者の置かれた状況を推測し適切な情報支援を実現するため、グラウンディングと認知的資源を用いたマルチエージェントアーキテクチャ CONSORTS (Coordination System of Real-world Transaction Service)を開発した。CONSORTS は、ユビキタス情報環境におけるさまざまなサービスを連携させることができる。愛・地球博のグローバルハウスにおいては、CONSORTS と後述の Aimulet GH を用いて人流解析サービスを実現した。マルチエージェント技術に基づく計算資源の管理は、セマンティックコンピューティングにおけるセマンティックプラットフォームに必須の技術である。

(8) Aimulet

Aimulet はわれわれの造語であり、ユビキタス情報サービス用の個人用小型情報端末機の総称である。その初期の版としてインタラクティブ無電源小型情報端末(CoBIT)を開発した。さらに 100 個程度の ID 受信センサネットワークを活用して数百人への情報提供を実現するためのプロトタイプシステムを実装し、人工知能学会全国大会において人間関係ネットワークおよびスケジューリングシステムと連携して実働させた。また、愛・地球博のグローバルハウスでは、Aimulet GH を用いて、展示品に関する説明を音声で提供した。同じく愛・地球博のローリーアンダーソン WALK においては、屋外用の端末 Aimulet LA によって音声情報サービスを行なった。

(9) PRISM

記号的に表現された観測データを統計的に説明する確率モデルを論理プログラムとして記述する記号的統計モデリング言語 PRISM を開発した。PRISM は、宣言的に問題を記述するという簡単な方法でプログラムを開発することを可能にし、制約のコンパクトな表現や統計的学習法の改良による高速なパラメタ学習の機能等により、確率的制約プログラミングの実用化に大きく貢献する。またこの技術は、設計を簡単にするることによってセマンティックギャップを軽減することにより、セマンティックプラットフォームの設計において重要な役割を果たし得る。

2 研究構想及び実施体制

2. 1 研究構想

本プロジェクトを開始する際には、以下の「知的コンテンツ」および「ユーザモデル」という2つのグループからなる体制で研究開発を行なうことにした。知的コンテンツの意味を人工物が理解する技術を知的コンテンツグループが担当し、人間の意図や嗜好を人工物が理解する技術をユーザモデルグループが担当し、両グループが協調することによって人間の能力をうまく引き出し人工物と最適な協調ができるようにする技術の確立を目指したわけである。

(1) 知的コンテンツ

① 意味構造化

情報コンテンツの意味構造を明示するための標準的な枠組およびそれを用いた意味構造化作業を支援する技術について研究する。

② 国際標準化

その枠組に関する国際標準化を行なう。

③ 意味的検索・分析

意味構造を利用した情報検索や分析の方法を研究する。

④ マルチモーダル知的コンテンツ

音声や映像を含むコンテンツの意味構造化およびその高度利用に関して研究する。

⑤ 情報支援

意味構造を利用した情報の加工と提示について、実際にコンテンツに関するサービスを行ないつつ、さまざまな利用の場面に即して研究する。

(2) ユーザモデル

① 情報アクセスにおけるユーザモデル

人間の物理的な行動の計測に基づいてそのモデルを構築する方法、人間の空間的な位置や移動に即した情報提供を行なう方法等を研究開発する。

② ユーザモデルの基盤ソフトウェア

人間の知識や情報要求に関して、確率分布を持つ記号システムに基づくモデルを学習し、これを利用する方法に関する理論と応用について研究する

③ 人間中心の通信方式

状況に適合した情報支援を可能にするインタラクションの支援技術を研究開発する。

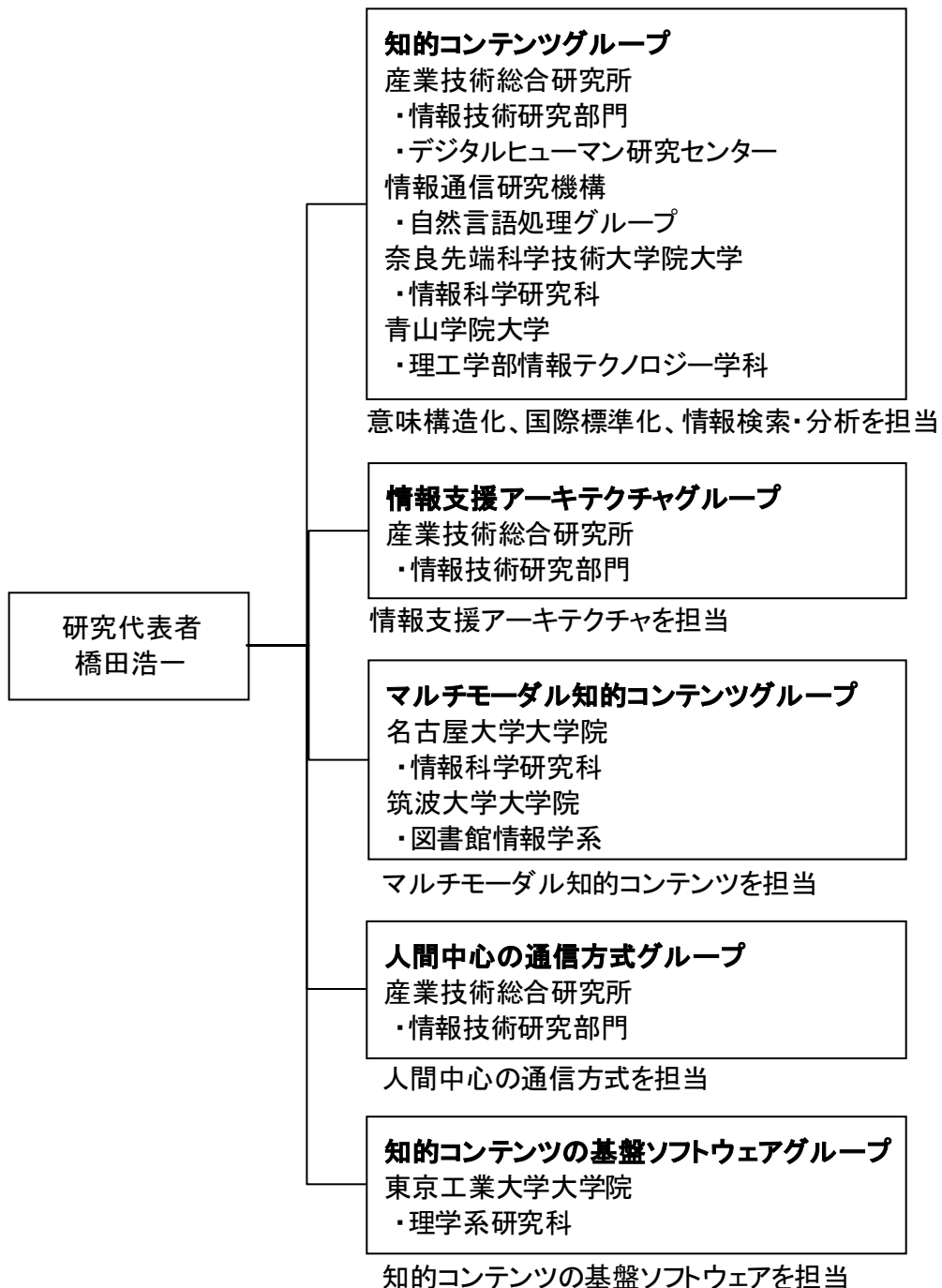
しかし研究の進展につれて、2つのグループの研究内容は相互に深く関係しており、これらを分けておくことは技術的にはあまり適切でないことがわかってきた。たとえば検索などのインタラクティブな情報サービスにおいては何らかのユーザモデルを中核的な部分に取り入れる必要があり、またユーザモデルの基盤ソフトウェアはさらに一般的な知的コンテンツの基盤ソフトウェアの一部になりうることが判明した。

本プロジェクトの技術的な中心は知的コンテンツを処理するための基盤的なソフトウェア(ミドルウェア)群であり、検索・分析や通信やユーザモデルに関する要素技術は

その基盤を通じて連携する。これが前述のセマンティックコンピューティングの考え方である。そこで、2004 年度以降は要素技術に沿ってグループを 5 つに再編成し、知的コンテンツグループが中心となって、セマンティックコンピューティングの基礎の構築とそれを通じた要素技術の間の連携を図ることにした。

2. 2 実施体制

以下は 2004 年度以降の研究チームの構成である。上述のように 2003 年度までは知的コンテンツグループとユーザモデルグループという 2 グループの体制であった。



3 研究実施内容及び成果

3. 1 知的コンテンツ（産業技術総合研究所 情報技術研究部門）

(1) 研究実施内容及び成果

画像理解や自然言語理解などの技術によって人間の生活世界を人工物が自律的に理解することは今世紀中には不可能だろう。しかし、何らかの情報インフラに基づいてグラウンディングを実践的に実現することは現在の技術でも十分に可能と思われる。情報インフラに基づいてグラウンディングを実現する技術がセマンティックコンピューティングである。セマンティックコンピューティングは大きく分けて2つの側面からなる。

第1は、センサネットや小型情報端末やアクチュエータを含む情報インフラに基づいて物理的なインタラクションを行なうことにより、生活世界のうち主に物理的な側面におけるグラウンディングを実現する技術である。これを一般にユビキタスコンピューティングと呼ぶ。セマンティックコンピューティングの第2の側面は、ソフトウェアを含む情報コンテンツの意味を人間と人工物が共有する技術である。それは、人間に理解できる語彙や意味に基づいて人工物を設計し運用する技術とも言える。この技術は、セマンティック Web や知的コンテンツの技術を含み、ソフトウェア工学等にも及ぶ。このように、セマンティックコンピューティングは、Web コンテンツや物理的世界だけでなく生活世界全体を射程に入れているという意味において、さらに、文書や映像などの情報コンテンツの意味構造を詳細に明示するアプローチにおいて、ユビキタスコンピューティングやセマンティック Web を拡張した技術である。

人間とコンピュータが意味を共有することにより、第1に、利用者にとって意味と価値のあるサービスを情報技術に基づいて体系的に構築できるようになる。従来は、利用者の意味とはかけ離れたプログラミング言語の意味のレベルから IT システムの設計が始まっていたために、意味のレベルを利用者のそれに合わせる作業が必要であり、そこがうまく行かないと利用者にとって意味のないサービスになってしまう。これに対し、最初から利用者の意味のレベルで設計すれば、その結果も利用者にとって意味のあるものになる可能性が高い。また、人間にとっての意味を IT システム中のコンテンツに簡単に反映させられるようになっていけば、たとえば、人間の検索要求を情報検索システムに正確に伝えることができ、情報検索の効率と精度が大きく向上するだろう。同じく、社会的なコミュニケーションの意味的・対話的な構造や文脈を正確にわかりやすく表現するような電子的コンテンツを使えば、電子メールよりもはるかに効率的なコミュニケーションが可能になるだろう。

情報コンテンツの意味を人間とコンピュータが共有することの第2の意義は、利用者が IT システムを理解したり設計したり改良したりできるということである。たとえば、無線 LAN に接続できない原因や映像編集ソフトの出力にゴーストが入る原因を利用者が容易に理解できれば、不具合への対処は従来よりもはるかに効率的になるだろう。これらはいわゆるエンドユーザプログラミングの拡張に相当するが、ソフトウェアやその他のコンテンツの意味がわかりやすければ、プロのプログラマによるソフトウェア開発においても、効率と品質が大幅に向上するはずである。

図 1.1.1 に示したように、セマンティックコンピューティング技術の中核をなすのはセマンティックプラットフォームである。これは、セマンティック Web サービスの仮想機械、文書や映像の意味的アノテーションやオントロジーなどの意味構造に関する基本的な処理、およびさまざまなサービス間の分散協調処理を可能にするマルチエージェントアーキテクチャを含むミドルウェアの体系である。それはまた、オペレーティングシステムに代わるコンピュータと利用者とのインタフェースとなる。一方、ユビキタスプラットフォームは物理層に近いミドルウェアの体系であり、アドホック無線通信やセンサネットの技術、プライバシーとセキュリティの扱い、グリッド技術による計算資源の配分を含む。

オーサリング、検索、シミュレーション、対話、要約、プロジェクト管理など、多様なセマンティックサービスがセマンティックプラットフォームを介して連携する。すなわち、標準的なオントロジーとアノテーションの方式で規格化された入出力の形式をセマンティックサービスのあらゆるモジュールが共有することによって、それらのモジュールの間で処理の受け渡しが簡単にでき、さらにモジュール間の組み合わせ方の構造がセマンティック Web サービスによって柔軟に設計できる。こうして、情報家電、エージェントデバイス、電子政府、ITS、ネットワークロボット等の統合的なユビキタス情報サービスが実現される。

① オントロジーとアノテーション

セマンティックコンピューティングにおいては、オントロジーとアノテーションを組み合わせるによりコンテンツの意味構造化を行なう。オントロジーはセマンティック Web の場合と同じものだが、アノテーションは必ずしもオントロジーに基づかない注釈である。オントロジーに基づかないアノテーションとは、たとえば図 3.1.1 のように、コンテンツの統語的な構造を直接 XML によって記述する(それによって間接的に意味的な構造を記述する)ものである。これは、MPEG-7 (ISO/IEC 15938)の Linguistic DS によってアノテーションされた文「おじいさんは山へ柴刈りに、おばあさんは川へ洗濯に行きました。」である。MPEG-7、特に Linguistic DS の国際標準化活動は本プロジェクトの一環として行なったものであるので、この例の内容を少し詳しく解説しておく。<Sentence>エレメントおよび<Phrase>エレメントはそれぞれ文および句を表わす。句とは他の統語的構成素(語句)を受けない統語的構成素である。synthesis="coordination"は、「おじいさんは山へ柴刈りに」と「おばあさんは川へ洗濯に行きました」とが等位接続することによってこの文全体が構成されていることを示す。copy="#I"は、この文を解釈する際に「おじいさんは山へ柴刈りに」の部分に「おばあさんは川へ洗濯に行きました」を複写すべきことを意味し、substitute="#O"はその複写の際に「おばあさんは」を「おじいさんは」で置換すべきことを意味する。substitute="#K"等についても同様である。したがって、これらの複写と置換によって文全体は「おじいさんは山へ柴刈りに行きました。おばあさんは川へ洗濯に行きました。」となり、省略が補間される。このように copy 属性と

substitute 属性は省略の詳細を示す(「行きました」の部分を書き写して同様のことを示した方が簡単のように思われるかも知れないが、その場合にも、「おじいさんは」「た」に係り、「山へ」と「柴刈りに」が「行き」に係ることを示す必要があるため、実は却って複雑になる)。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<Mpeg7 xmlns="urn:mpeg:mpeg7:schema:2001"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="urn:mpeg:mpeg7:schema:2001
    .¥Mpeg-7-2002Amd1_singleFile.xsd">
  <Description xsi:type="ContentEntityType">
    <MultimediaContent xsi:type="LinguisticType">
      <Linguistic>
        <Sentence synthesis="coordination">
          <Phrase copy="#I">
            <Phrase substitute="#O">おじいさんは</Phrase>
            <Phrase substitute="#K">山へ</Phrase>
            <Phrase substitute="#S">柴刈りに</Phrase>
          </Phrase>
          、
          <Phrase id="I">
            <Phrase id="O">おばあさんは</Phrase>
            <Phrase>
              <Phrase id="K">川へ</Phrase>
              <Phrase id="S">洗濯に</Phrase>
              行きまし
            </Phrase>
            た
          </Phrase>。
        </Sentence>
      </Linguistic>
    </MultimediaContent>
  </Description>
</Mpeg7>
```

図 3.1.1 オントロジーに基づかないアノテーション

MPEG-7 はマルチメディアコンテンツに関する意味的なアノテーションの方式の国際標準規格であり、そのうち Linguistic DS は上のように自然言語のコンテンツをアノテーションするためのツールである。このように、MPEG-7 による記述はオントロジーに基づかない XML によるアノテーションであるが、実は MPEG-7 の大部分はオントロジーに帰着することができ、そのような意味構造はアノテーションではなく直接オントロジーに基づいて記述すべきである。実際、MPEG-7 全体をオントロジーによって定式し直そうという研究もある。オントロジーに帰着できないアノテーションが必要となるのはコンテンツの統語的な構造を記述すべき場合であり、統語的な構造を記述すべきコンテンツは実際には自然言語のテキストデータ以外にない。

オントロジー(意味論)に基づかず XML (統語論)によって規格を定義しようとしたた

めに、MPEG-7 は不必要に複雑化し、その仕様書は 2000 ページをはるかに越える大部なものになってしまっている。たとえば、MPEG-7 で定義されている SemanticTime データ型はビデオ等のデータの意味内容である対象世界における時間の記述、MediaTime データ型はデータ自身の再生時間の記述に使うことになっている。しかし、この区別はデータを使用(use)するのかあるいはそれに言及(mention)するのかという区別に帰着され、また使用と言及の間の区別はマルチメディアコンテンツの内容記述における他の多くの側面においても用いられる一般的なものだから、これら 2 つのデータタイプは統合すべきである。

残念ながら、MPEG-7 に限らず XML に基づく多くの規格において、意味を十分に考慮していないために仕様が過剰に複雑化する傾向が著しい。また、個々の規格が複雑化するのみならず、類似の内容を持つ多くの規格の乱立を招いている。RDF や OWL などのオントロジーの枠組は、たとえば電子商取引や法律などの領域によらない一般的な仕方で意味構造を記述する方式だが、XML によって意味構造を記述しようとする際にそのような一般的な方式が共有されていないために、規格が不必要に複雑化・多様化しているのである。XML の普及に伴ってさまざまな標準化活動が生じたために情報コンテンツの間の相互運用性が却って低下しているとも言えよう。コンテンツの相互運用を実際に推進するには、XML 準拠の規格の大部分はオントロジーとして整理統合する必要がある。意味記述の方式をオントロジーの標準的な枠組によって一般的に規定してしまえば、その枠組に基づく対象領域の記述法だけが標準化の対象となり、相互運用性の確立が格段に容易になる。

② セマンティックオーサリング

これまで、説明書、論文、契約書、仕様書、明細書などの文書が社会的なコミュニケーションにしばしば用いられてきた。しかし図 3.1.2 に示すように、文章には主に 2 つの難点がある。

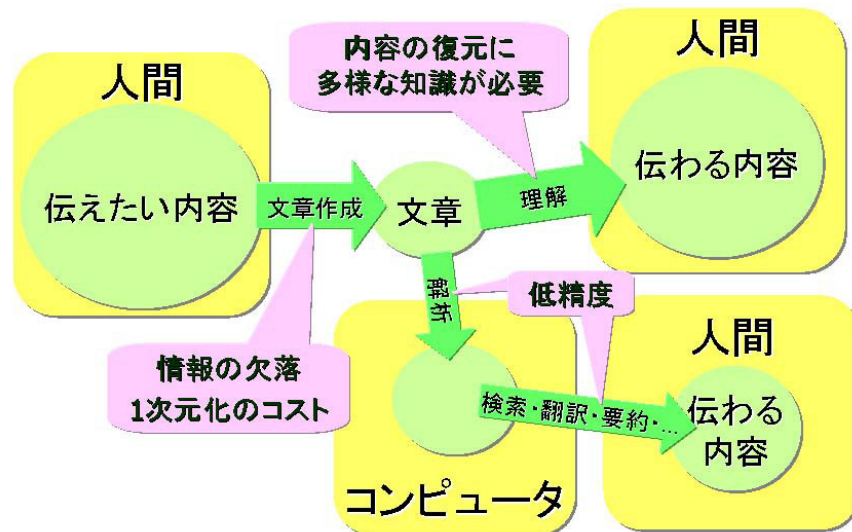


図3.1.2 文書に基づく情報伝達

第1に、人間が伝えたい内容を文章化する際に多くの情報が失われる。それゆえ、誤解が生じて内容が正しく伝わらないことが多い。また、失われた情報を復元するには多様な知識が必要だが、コンピュータはそんな知識を持たないので文章を正確に理解することができない。そのような不正確な理解に基づく検索、要約、翻訳等の精度も低い。文章の第2の難点は、提示の順序が定まった1次元の形にある。人間が伝えたい内容はもともとそのような順序を持たないので、文章作成の際には順序付けの余分な手間がかかる。良い文章を書くのが難しいのは、文章のこのような難点による。

そこで、そうした問題のない知的コンテンツをセマンティックオーサリングすることを考える。図3.1.3に示すように、このセマンティックオーサリングにおいては、従来の文章作成と違い、人間の伝えたい内容の論理構造等を素直に明示することができ、しかも順序付けの作業もないので簡単である。その結果できる粗粒度の知的コンテンツは、人間の伝えたい内容を文章よりも明示的に表現しているため、著者自身にも他人にもわかりやすく、誤解の恐れが小さい。またコンピュータにも高い精度で解析できるので、検索、要約、翻訳等の精度も高い。

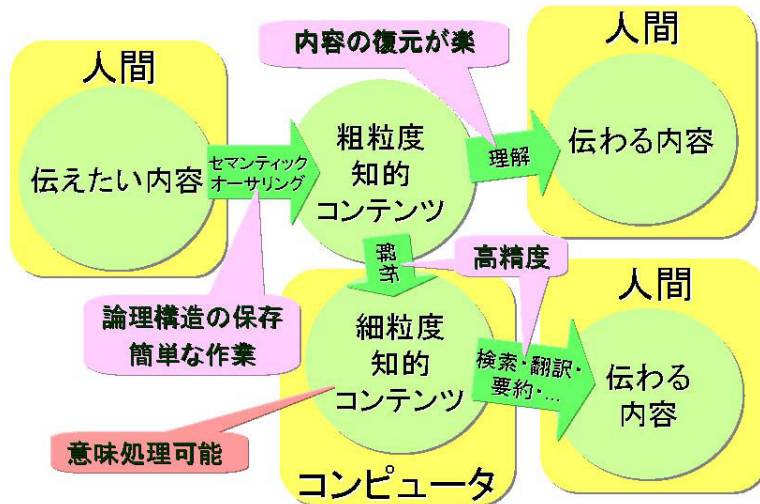


図3.1.3 知的コンテンツに基づく情報伝達

粗粒度の知的コンテンツとは、たとえば図3.1.4に示すようなグラフ型のコンテンツである。グラフのノードは文や句などの短いテキスト(図表や動画等のコンテンツでもよい)を含む。

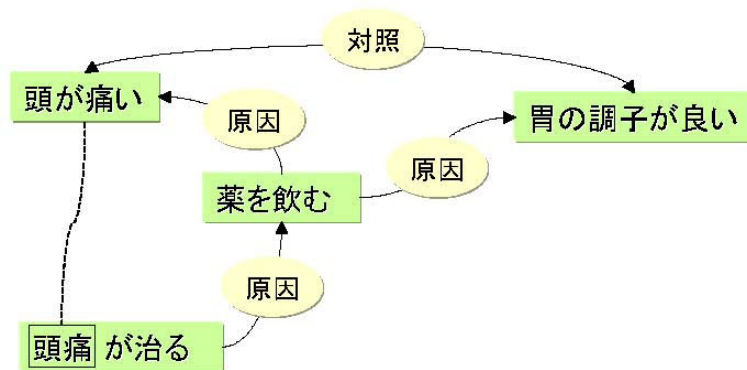


図3.1.4 粗粒度の知的コンテンツ(1)

ノードの間を結ぶリンクは「原因」や「対照」を含む修辞関係(文の間の関係)等のラベルを持ち、ノードの間の関係を示す。ノードの内部にノード(図 3.1.4 の「頭痛」など)がある場合もある。破線は共参照関係を示す。このようにテキストが細切れになっており、また共参照関係を示すために一部の語句の境界が明示されていれば、図 3.1.5 のように意味ネットワークの粒度での細かい意味構造を自動処理によって高い精度で求めることができ、それに基づいて検索、要約、翻訳、言い換えなどのサービスを高い品質で提供することが可能になる。ただし、人間がコンテンツを作成・編集する際のインタフェースにおいては図 3.1.5 のような粒度は細かすぎる。単文程度の意味のまとまりについては、図 3.1.4 のようにテキストで表現した方が人間にはわかりやすく、図 3.1.5 のようにグラフで表現すると却ってわかりにくいからである。

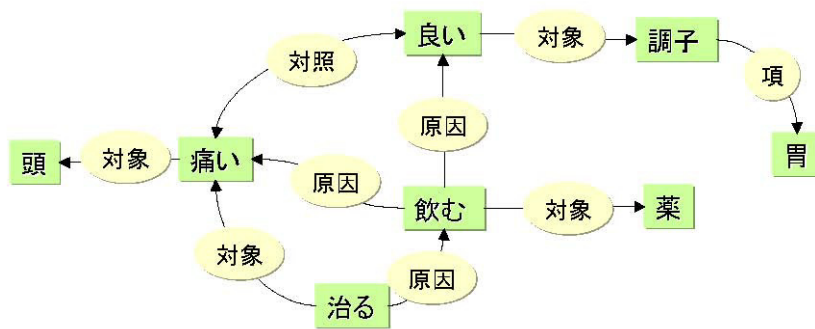


図3.1.5 細粒度の知的コンテンツ

このセマンティックオーサリングでは、図 3.1.6 に示すような発想支援ツール(idea processor)のインタフェースを用いる。このようなインタフェースは、文書の論理的な構成を視覚的に明示して扱うことにより、人間による理解とそれに基づく発想とを促進することがよく知られている。

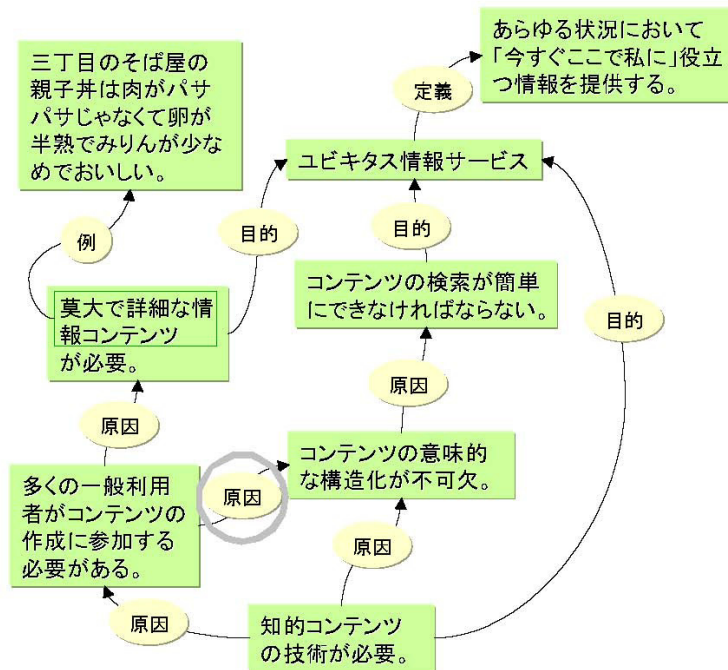


図3.1.6 粗粒度の知的コンテンツ (2)

オーサリングのコストは第1にコンテンツの内容そのものを考える際に生ずるが、発想支援インタフェースはそのコストを大幅に軽減して発想を支援する。発想支援ツールを用いてグラフ型のコンテンツをまず作っておいてからそれに基づいて文章を作成した場合の方がいきなり文章を書いた場合よりも品質の高い文章ができることが八木下らの研究によって明らかになっている。ここで文章の品質が良いとは、第1に重要な論点の見落としが少ない(視野が広がる)こと、第2に推論の連鎖が長い(考えが深まる)ことである。

しかしこれまでのところ、発想支援ツールはワードプロセッサ等に比べて著しく普及が限られていた。それは、従来の発想支援ツールで作られたグラフ型のコンテンツが作った本人にしか理解できないものだったからである。つまり、これまでのグラフ型コンテンツは文章の代わりに他人にまとめた意味内容を伝えるための手段たり得なかった。これは主として、グラフのリンクの意味が規格化されていなかったためである。同じ理由により、グラフ型のコンテンツを作ってもそれに基づいて文章を作成するにはさらにはかなりの人手をかける必要があり、従来の文章作成よりも手間がかかるように思われる(実際には、ある程度複雑な内容の文章であれば全体としての手間は却って小さくなるのだが)。

この問題を解決するには次のようにすればよい。

- リンクの種類(「目的」や「原因」などの2項関係)を標準化することにより、文章で表現できることをすべてグラフ型コンテンツで表現可能とする(もちろん、さしあたり文章化の必要がなければ、その標準に含まれない種類のリンクを用いても構わない)。
- それにより、図3.1.6のようなグラフから図3.1.7のような文章を自動的に生成できるようにする。

ユビキタス情報サービスとは、あらゆる状況において「今すぐここで私に」役立つ情報を提供することである。

そのためには、たとえば「三丁目のそば屋の親子丼は肉がパサパサじゃなくて卵が半熟でみりんが少なめでおいしい。」のような、莫大で詳細な情報コンテンツが必要である。

これは、多くの一般利用者がコンテンツの作成に参加する必要があることを意味するので、知的コンテンツの技術が必要となる。

また、ユビキタス情報サービスのためにはコンテンツの検索が簡単にできなければならないが、それにはコンテンツの意味的な構造化が不可欠であり、その意味でも知的コンテンツの技術が必要である。

図3.1.7 図3.1.6のコンテンツから自動生成される文章(曲線は説明のための注釈)

両図を見比べればわかるように、この文章生成は、グラフのノードを線状に並べ、「原因」などの関係を「したがって」などの接続詞や「ので」などの接続助詞で表わして文の間をつなぐという、比較的単純なテキスト処理であり、既存の技術で実現できる。これにより、グラフ型のコンテンツを楽に文章化することができ、従来の発想支援ツール

の上記の難点が解消される。

このセマンティックオーサリングに基づく文章作成は、従来の文章作成よりも楽な作業である。図 3.1.6 において丸で囲んだ「原因」のリンクがない状態では、たとえば図 3.1.8 のような文章が生成される。ここで利用者がこの「原因」の關係に気付いたとしよう。これは図 3.1.8 においては赤線で示されるべき關係である。従来のワープロ等を使って、または手書きで文章を書いている場合、この「原因」の關係を反映するように図 3.1.7 の文章を改訂するのはかなり厄介な作業である。しかし、自動文章生成の機能があれば、この「原因」の關係を付加しても図 3.1.8 のような文章を一瞬で作ることができる。オーサリングの第 2 のコストは表現したい内容を文章として線状化する際に生ずるが、この機能はそのコストを劇的に軽減する。

ユビキタス情報サービスとは、あらゆる状況において「今すぐここで私に」役立つ情報を提供することである。

そのためには、たとえば「三丁目のそば屋の親子丼は肉がパサパサじゃなくて卵が半熟でみりんが少なめでおいしい。」のような、莫大で詳細な情報コンテンツが必要である。

また、ユビキタス情報サービスのためにはコンテンツの検索が簡単にできなければならないが、それにはコンテンツの意味的な構造化が不可欠である。

ゆえに、多くの一般利用者がコンテンツの作成に参加する必要がある。

したがって、ユビキタス情報サービスの実現には知的コンテンツの技術が必要である。

図3.1.8 図3.1.7のコンテンツの一部に対応する文章

従来の発想支援システムの場合にネットワーク型コンテンツと文章を両方とも人間が作らなければならないのに対して、セマンティックオーサリングシステムの場合には、ネットワーク型コンテンツがオントロジーによって規格化されているため文章がほぼ自動生成できるので、人間はネットワーク型コンテンツの作成に専念できる。セマンティックオーサリングにおいては、人間は創造的作業に専念し、残った力仕事をコンピュータに任せることができるわけである。それゆえにセマンティックオーサリングシステムの方が従来の発想支援システムよりもコンテンツ作成の効率が高い。さらに、セマンティックオーサリングで作られたコンテンツは、上記のように意味構造化されているので、高精度の検索や要約やマイニングも可能である。

以上は個人用のセマンティックオーサリングだが、これを多人数による共著に拡張することも可能である。つまり、セマンティックオーサリングで作られるグラフ型のコンテンツを複数の利用者が共有するだけで、たとえば議論を支援する従来のグループウェアと同様のことができる。

このように、複数の利用者がネットワーク型コンテンツを共有して行なうセマンティックオーサリングを**共同セマンティックオーサリング**(collaborative semantic authoring)と言う。これにより、参加者が地理的に分散した状態での議論などさまざま

なグループワークの効率を高めることができる。たとえば電子メールでは、どのメールのどの部分が以前のどのメールのどの部分への応答であるかとか、どの議論を踏まえているのかなどがしばしば不明なので、議論の構造を自動的に構成することができず、議論の流れを追う作業に大きな手間がかかる。しかし、共同セマンティックオーサリングでは、どの文(ノード)がどの文への応答であるかとか、どの文がその背景説明になっているかなどがリンクで表現されることにより、議論の構造が明示されるので、議論の流れを追ったり関連する議論を要約したりする作業がほとんど自動化される。

議論支援のグループウェアでは、たとえば図 3.1.9 のようなグラフの形に議論を構造化してそれを参加者の間で共有する。これにより、同じ話の蒸し返しがほとんどなくなり、また対面の会議と違って同時に多数の発言ができ、さらに発想支援の場合と同じく、論点の見落としが少なくなり、かつ議論が深まりやすくなる。このような利点にもかかわらずこうしたグループウェア普及していなかったのは、グループウェアを使う共同作業が個々人の日常業務とはかけ離れたものだったからである。

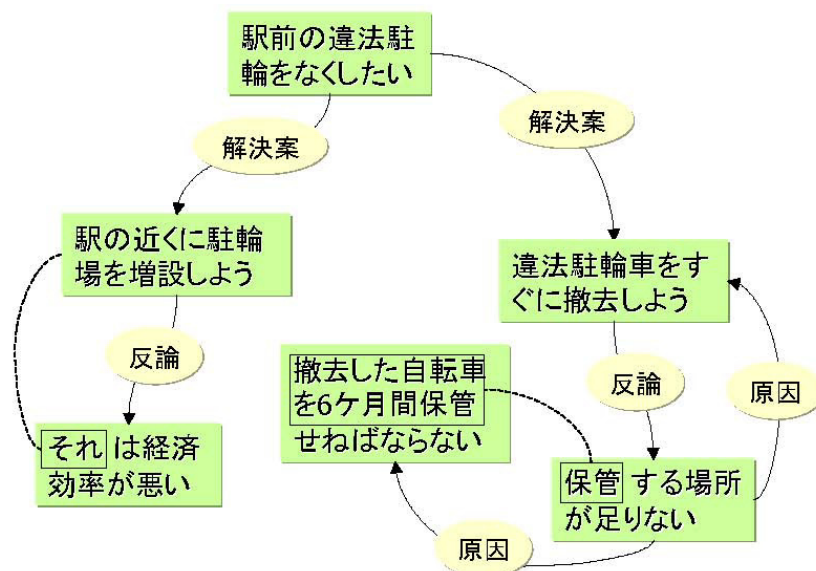


図3.1.9 議論の構造化

ところが、セマンティックオーサリングで作られるグラフとこうしたグループウェアで構造化される議論とは本質的に同種のコンテンツであるから、セマンティックオーサリングにおいては作業環境を変えずにグループでの共同作業が可能である。したがって、セマンティックオーサリングが日常業務になれば、それがほぼそのままグループウェアとして使われることになる。それによって行なわれる共同作業においては、グループウェアの上記のような利点が成立するだけでなく、高度な検索、要約、翻訳等によって効率と品質がさらに高まるものと期待できる。

本プロジェクトにおいて実装したセマンティックオーサリングシステムのインタフェース画面を図 3.1.10 に示す。このシステムはすでに、われわれの研究グループの中で論文を書いたり技術的な討論をしたりするために用いられており、そのプラグインプログラムのひとつとして、図のようなグラフ型のコンテンツから通常の記事を自動生成する機能も実装しつつある。

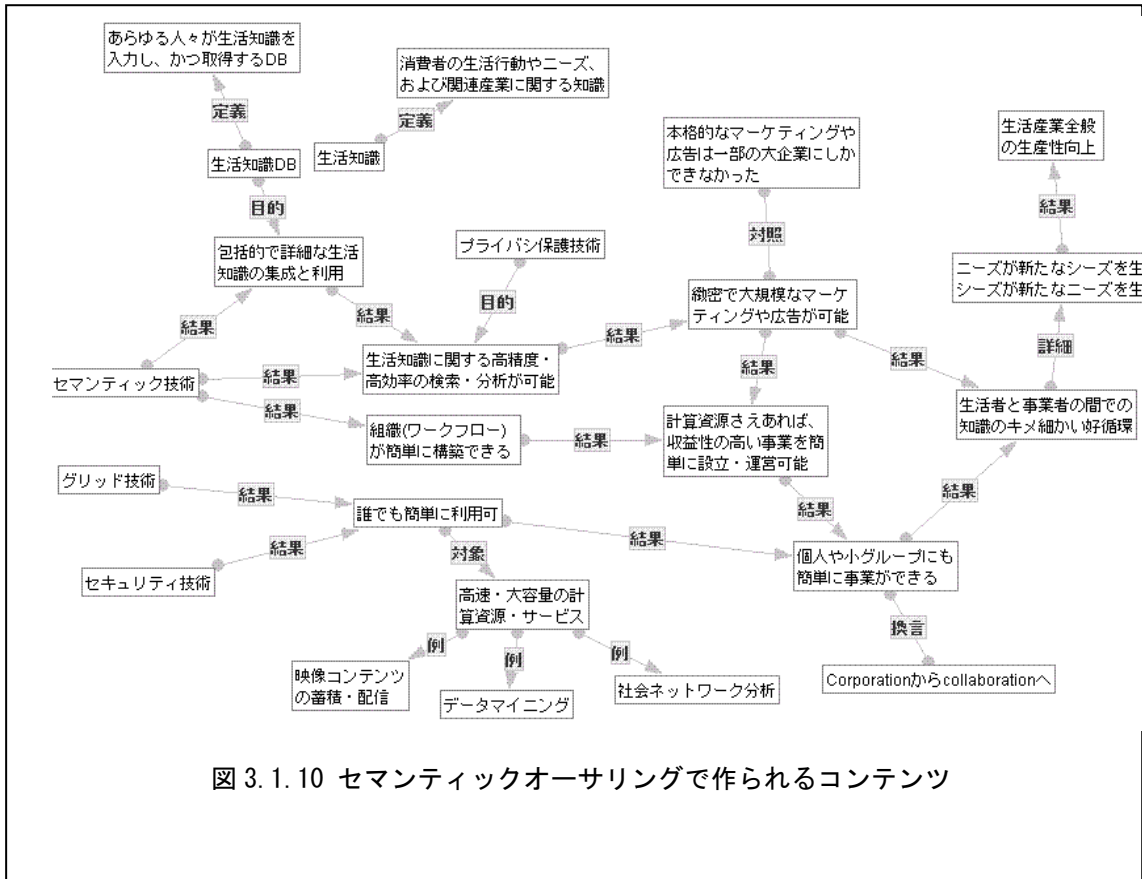


図 3.1.10 セマンティックオーサリングで作られるコンテンツ

図 3.1.10 の場合よりも詳しいオントロジーを部分的に用いたセマンティックオーサリングで作られるコンテンツの例を図 3.1.11 に示す。

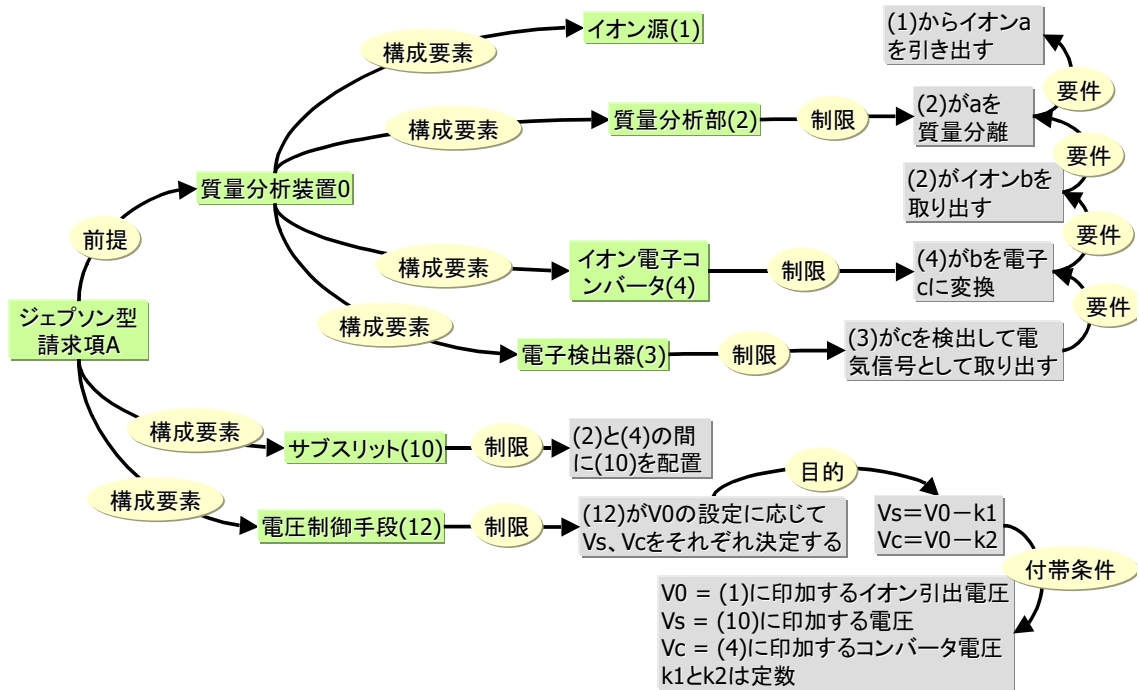


図 3.1.11 詳しいオントロジーを部分的に用いるセマンティックオーサリング

これは、ある特許の明細書におけるひとつの請求項の意味構造を表現したものである。この請求項はジェプソン型と呼ばれているもので、前提部を持ち、前提部も本体もそれぞれ1個以上の構成要素からなる。各構成要素は「制限」という属性を持つことができる。当該の構成要素が持つべき性質を図 3.1.10 と同様の仕方で表現したネットワーク型コンテンツ中のノードがこの「制限」属性の値である。図 3.1.11 の左端のノード「ジェプソン型請求項A」からノード「イオン源(1)」および5本のリンク「制限」に至る部分は請求項のオントロジーに基づいて構造化されたコンテンツであり、その他(右下)の部分はもっと自由度の高いオントロジーに基づいて構造化された、一般的な文章に相当するコンテンツである。セマンティックオーサリングによって作成するコンテンツは、一般に、オントロジーに基づいて定形的なコンテンツと不定形なコンテンツをこのように統合したものである(もともとのセマンティックオーサリングは、制約の強いオントロジーに基づいて定形的なコンテンツを作成するためにカールスルーエ大学において考案された)。

セマンティックプラットフォームは、前述のように、オペレーティングシステムに代わって利用者にサービスを提供するインタフェースである。検索や文書作成などの情報サービスの対象となるコンテンツの基本単位は、オペレーティングシステムにおいてはファイルだが、セマンティックプラットフォームにおいてはノードやリンクである。したがって、ノードやリンクを引数としてさまざまな情報サービスを起動する機能をセマンティックオーサリングシステムが持つことにより、セマンティックオーサリングは、オペレーティングシステムの場合のシェルやウィンドウシステムに対応する、セマンティックプラットフォームの一般的なグラフィカルユーザインタフェースを提供することになる。言うまでもなく、それは業務システム等の広義のグループウェアのインタフェースを含む。もちろん、セマンティックオーサリングシステムにおけるコンテンツの表示を図 3.1.10 のような形に限定する必要はなく、たとえば同一の概念のインスタンスをたくさん表示する場合には表の形で表示してもよい。また、文書の論理的構造ではなく物理的レイアウトや図などの編集は、セマンティックオーサリングシステム自身の機能ではなく、セマンティックオーサリングから起動される情報サービスとして提供すればよい。

③ Web ページの意味構造化

セマンティックオーサリングが新たなコンテンツを最初から意味構造化しながら作成するための技術であるのに対して、WebSLIT は既存のコンテンツを意味構造化する技術である。WebSLIT は、Web ページのレイアウトと利用者の操作とを意味的に解釈することにより、Web ページの半構造化されたコンテンツをより正確に構造化しつつ、Web の画面上で情報の選択やコピーを意味に即して簡単に行なうことを可能にする。たとえば、名前や住所の情報を簡単に選択したり、入力フォームの複数箇所に複数の情報を一挙に入力したりすることが可能になる。たとえば図 3.1.12 に示のように、まず背後のウィンドウにおいて住所や氏名などの連絡先の情報(網かけの部分)を利用者によ

る 1、2 回のクリックで選択し、次に手前のウィンドウにその情報を意味的な構造に応じて 1 回のクリックで入力することができる。このように WebSLIT は、コンテンツの意味構造化に人間の能力を用いるという点ではセマンティックオーサリングと同様だが、既存のコンテンツを構造化するという点においてはセマンティックオーサリングを補完する技術と言える。

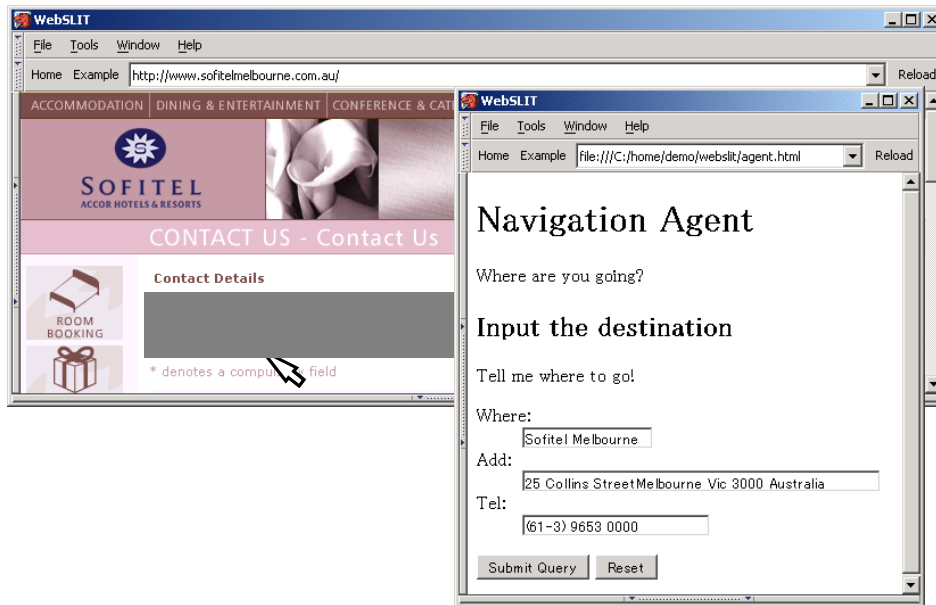


図 3.1.12 WebSLIT の使用例

④ 意味構造に基づく検索

情報検索が難しいのは、検索質問と検索対象の間の表現の差異を理めて意味的な類似性を検出する推論が難しいからであり、一般にはそのような推論を完全自動的に行なうことは現在の技術では不可能である。しかし、意味構造を手掛かりとして人間とコンピュータとがインタラクションを行なうことにより、この推論を半自動的に行なうことは可能と思われる。これまで、このような意味構造は情報検索にはあまり有効でないと言われてきたが、それはワンショットの検索に限った話であり、インタラクティブな検索については十分に吟味されてはいなかった。

われわれは、検索質問とデータベースがいずれもラベル付グラフである場合に、それらの近似的照合およびその意味構造を手掛かりとするインタラクティブな質問改訂をサポートする情報検索システム **Kamome** を開発した。**Kamome** の現在の版では、グラフの各ノードは自然言語の単語に相当する 1 個以上のラベルを持ち、リンクはラベルも向きも持たない。質問改訂は、検索質問のグラフのトポロジーの変更、およびノードのラベルの類義語拡張からなる。この類義語拡張の際にキーワード間の類義性を検索質問とデータベースとの関係に応じて動的に調整することにより、文脈に応じたインタラクションを実現した。図 3.1.13 に **Kamome** のユーザインタフェース画面を示す。

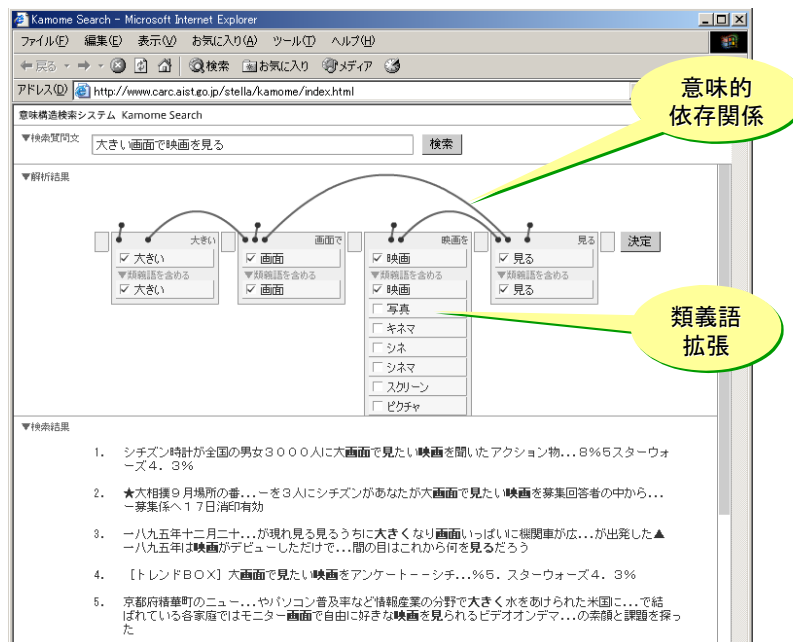


図 3.1.13 Kamome のユーザインタフェース

Kamome によるインタラクティブな検索において、グラフとしての意味構造を無視した(検索質問とデータベースをキーワードの単なる集合と見なした)場合と意味構造を用いた場合とを比較してみると、表 3.1.1 のように、意味構造を用いることによって各検索セッションにかかる時間が半減し、操作(クリック)の回数も激減することがわかった。下の表の「順位」は正解が見付かった場合のその正解の正解候補中での順位であるが、意味構造の利用によって正解の順位が上がる事がわかる。

	順位	時間(分)	#操作
キーワードのみ	14.00	15.45	29.50
構造込み	1.50	7.50	7.33

表 3.1.1 意味構造を用いた検索の効果

Kamome の検索エンジンそのものだけでなく、検索用のインデックスの作成方法についても効率化を重ねている。40 万件(7GB)の構造化された文書からインデックスを作成するのにこれまで 130GB の中間ファイルと 12 日間のコストがかかっていたところを、14GB の中間ファイルと 4 日間のコストで行なえるようになり、実用性を高めている。

⑤ 括弧制約を扱える統計的統語解析器を使った誤り駆動学習

部分的構造化を含む入力 of 自然言語解析技術として、処理モジュールの間で共通の入出力フォーマットに GDA を用い、それによって表現された部分的な解析結果を含む入力を受理するなパーサを試作した。このパーサは、事前に付与した括弧に矛盾しないような解で最も尤度の高いものを計算することができる。また、パーサが誤りそうな箇所とその間違いを予防するような括弧をコーパスから学習するアルゴリズムを考案し、京大コーパスを使ってその有効性を評価した。その結果、得られた括弧付与規則は、適用範囲は狭いものの精度が高いことを確認した。

⑥ 人間関係の自動抽出

Web 上の情報から人間関係を自動的に抽出するシステム Polyphonet を開発した。従来の社会ネットワークサービス(SNS)がいずれもネットワークを人手で構築することを前提としていたのに対し、Polyphonet は、研究者(名前と所属)のリストを与えるだけで、後は自動的に 2 人の人の Web における共起頻度を検索エンジンのヒット数から推定し、さらにヒットした Web ページの内容から両者の関係を自動的に獲得する。また、任意の 2 人の研究者に対して両者の間の関係を結ぶ研究者の経路を求める等の機能も持つ。

図 3.1.14 に Polyphonet で抽出した研究者の人間関係を表わすネットワークを示す。研究者を表わすノードの間のリンクは、同じ研究室への所属、共同研究、共著などの関係を表わす。図 3.1.15 に示したのは Polyphonet のユーザインタフェースである。

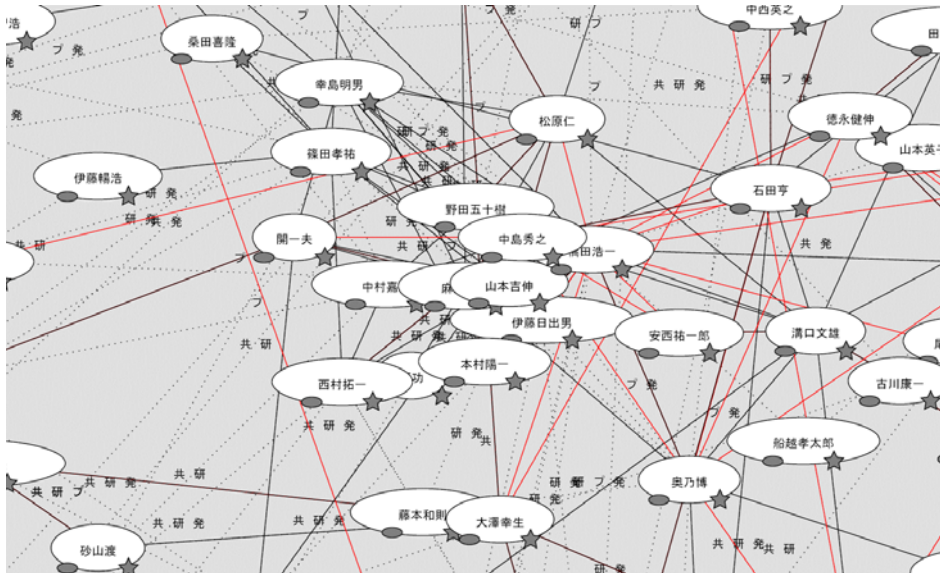


図 3.1.14 研究者ネットワーク



図 3.1.15 Polyphonet システムのユーザインタフェース

最近は、同姓同名の問題の解消、関係抽出の大規模化、研究者名以外の関係の抽出法などの研究を進めている。研究者検索システムとして試験運用されるとともに、2003～2005年度の人工知能学会全国大会などの学会支援システムにおける要素技術の一部として使われるなど、研究成果が着実に普及している。

(2) 研究成果の今後期待される効果

知識マネジメント(knowledge management; 知識経営)においては、文章等の形で明示された**形式知(explicit knowledge)**を蓄積し共有・再利用しようとする**コード化戦略(codification strategy)**と、個人の身体や社会のネットワークの内において明示化されない**暗黙知(tacit knowledge)**を活用するために人と人とのネットワークの構築を重視する**個人化戦略(personalization strategy)**とがある。これらの戦略は互いに競合すると考える向きもあったが、ITの発展に伴って文書管理やある種のコミュニケーションが容易になるにつれ、両戦略の間関係は相補的なものになりつつある。すなわち、人や時間などの資源を両戦略が奪い合うのではなく、たとえば、知識をデジタル情報コンテンツとして共有することにより、高速・大容量の情報処理・通信を用いて、生活世界における人と人のネットワークの運営を支援できるようになってきた。

セマンティックコンピューティングは、対話グラウンディングにより、コード化戦略と個人化戦略との融合を飛躍的に進展させるものと期待される。すなわち、人間と人工物とがより密接に意味を共有することにより、デジタル世界でのインタラクションが生活世界でのインタラクションの意味をより適確に反映し、生活世界でのインタラクションをより良く支援できるようになる。たとえばセマンティックオーサリングは、コード化戦略に必要なオーサリングのコストを低減するとともに、明示的な意味構造化を通じて知識の共有と再利用の効率を高めることにより、知的生産性を向上させる効果が大きい。特に共同セマンティックオーサリングは、組織や社会にわたる知的生産性の向上をもたらす。

以下では、セマンティックコンピューティングの持つ知識マネジメントの効果について述べる。特に、知的生産活動のうち電子的手段を用いるデスクワークに着目し、セマンティックコンピューティングが実現する対話グラウンディングによって検索や読解などの効率がいかに向上するかを述べる。

ここで重要なのは、対話グラウンディングにより情報コンテンツが生活世界の意味に対応する構造を持つということである。特に、情報コンテンツに含まれる2つの部分の指示対象の間に何らかの意味的關係が生活世界において成立する場合、それら2つの部分を結ぶリンクとしてその意味的關係を情報コンテンツが明示的に反映することが期待される。情報コンテンツがそのような意味的構造を明示的に含んでいれば、その構造に即して情報コンテンツへのさまざまな加工やアクセスが可能になる。とりわけ、その意味的關係が共参照関係(指示対象を共有する関係)である場合、情報コンテンツの当該2つの部分同士が明示的なリンクで名寄せされることにより、後述のように検索などの作業の効率が向上する。

このようなグラウンディングは、デジタル情報コンテンツと生活世界との間のさまざまなインタラクションによって成立し維持される。たとえば、(共同)セマンティックオーサリングを介したインタラクションがそこで重要な役割を果たす。まず、セマンティックオーサリングにおいては、意味構造を明示することによってコンテンツの作成効率と品質が高まるので、意味構造を明示することへのインセンティブを利用者が持ち、それゆえに詳細で正確な意味構造がコンテンツに自然に反映される。さらに、共同セマンティックオーサリングにおいては、そのような意味構造が社会的に共有されることにより、オーサリング作業のコストが相対的に低減し、さらに効率的にグラウンディングが行なわれる。たとえば上記のような名寄せの結果が共有されることにより、社会全体にわたる名寄せが効率的かつ自律的に進む。

① 検索

最近のデスクワークにおいて電子的な検索はかなりの部分を占める。特に、一個人の記憶に収まり切らない多数の専門分野にわたる情報検索は、コード化戦略によって知識マネジメントを支援する上で最も重要な技術のひとつである。Web の検索エンジンによる検索だけでなく、個人用の PC の中に保存されている文書の検索、イントラネットの業務システムの中での検索など、検索の範囲も多岐にわたる。たとえば、産総研に関していろいろな情報を集めたいと思った場合、「産総研」、「産業技術総合研究所」、「産技総合研」、「AIST」など、および、省略された主語や目的語で産総研を指しているものなどを検索する必要があるが、特に省略された要素の同定が困難であるなどの原因により、このような検索には大きな手間がかかる。

セマンティックコンピューティングがもたらす対話グラウンディングによってさまざまな表現の間の共参照関係が明示的に表現されれば、こうした検索のコストは激減する。たとえば、上記のようなさまざまな形で産総研が言及される箇所間の共参照関係(名寄せ)を示すリンクが前述のようにセマンティックオーサリングで作られ、共同セマンティックオーサリングによってそうした名寄せが広く共有されることにより、産総研に関する情報の収集はそれらのリンクを単に辿るだけの作業に帰着する。

ネットワーク型のコンテンツには前記の人間関係の自動抽出で用いている社会ネットワーク分析の手法が適用できるので、産総研に関する定番の情報を検索したり、情報の信頼性を評価したりすることも可能であろう。さらに、一般的な検索に関しても、検索質問をデータベースと同様のネットワーク型コンテンツとして扱い、ネットワーク型コンテンツ(ラベル付グラフ)の間の照合によって前記の意味構造に基づくインタラクティブな検索を行なうことにより、検索質問の意味内容に応じた効率的な検索が可能になる。

② 対応付け

検索に劣らずデスクワークの多くの部分を占めるのが、コンテンツ(の部分)の間の対応関係の管理である。文書作成等の作業は、既存の文書における対応関係(「この文書

この部分で述べてあることの結果がああ文書のあの部分に書いてある」などの検出と管理を必要とすることが多い。そもそも既存の文書の内容を理解するには、文内の意味的關係(「この主語は動詞が表わす動作の動作主を表わす」など)や文の間の談話關係(因果關係や目的・手段關係など)等を認識する必要がある。また、翻訳を行なうには、翻訳元の文書のどの部分と翻訳結果の文書のどの部分とが互いの翻訳になっているかを常に認識しておかねばならない。問題を洗い出したり関連することがらについて説明したりするために既存の文書を何らかの形で要約したりする必要があるが、それには文書の部分同士の対応關係に基づいてまとまった構造を作らねばならない。

以上のような作業に費やす時間は、文書作成にかかる時間の半分以上を占めるように思われる。こうした対応付けにかかる手間も、検索の場合と同じく、表現の間の共参照關係を社会的に共有しその管理を自動化することによって大幅に削減できる。さまざまな対応關係がセマンティックオーサリング等において明示され、共同セマンティックオーサリング等によって社会的に共有されることにより、検索および対応付けの効率が全体として倍増することが期待できる。

③ 読解と発想

グラウンディングを通じてデジタル情報コンテンツに反映される豊富で正確な意味構造を用いて、さまざまな意味的な変換や可視化をコンテンツに施し、人間による読解や発想を支援することができる。たとえば、セマンティックオーサリングで作られるようなネットワーク型のコンテンツにおいて談話關係を辿ることにより重要な部分ネットワークを抽出して要約を生成することができる。そのような要約は、語の出現頻度や特徴的な文末表現や接続詞に基づく従来の自動要約よりも精度が高い。しかも、たとえばある命題に対してその原因を要約して提示するなど、文脈に依存した要約の生成も簡単にできる。

また、図 3.1.10 や図 3.1.11 のような形以外でも、コンテンツの意味構造をさまざまに可視化することができる。

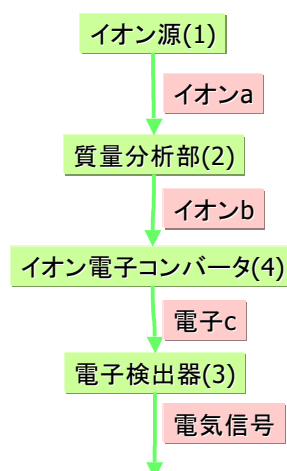


図 3.1.16 意味構造に基づいて自動生成される図解

たとえば図 3.1.11 に示した特許の請求項の前提部である「質量分析装置 0」の 4 つの構成要素の制限の内容に自然言語処理技術を適用することにより、これらの構成要素に関連する物質等の流れを可視化する図 3.1.16 のような図解を自動生成できるだろう。

ここで用いる自然言語処理技術は主として統語解析だが、通常の新聞のような文章における統語解析の精度が 90%をわずかに上回る程度で伸び悩んでいるのに対し、テキストが図 3.1.11 のように細切れになっていれば、統語解析の精度ははるかに高くなり、図 3.1.16 のような図解も高い精度で生成可能である。

3. 2 情報支援アーキテクチャ（産業技術総合研究所 情報技術研究部門）

(1) 研究実施内容及び成果

本プロジェクトの前半においては、知的コンテンツ技術のうち、コンテンツの提示方法に関する具体例として経済コンテンツを取り上げ、その知的な提示方法についての研究開発を行った。具体的には、経済システムのマルチエージェントシミュレーションの結果を利用者に提示する技術に関して初年度において予備的な調査研究を行った。その結果、この分野でのシミュレーションは各研究者・システム開発者が個別にシステム開発を行っており、他の研究者による実験の内容を検証したり、システムを改良して新たな実験を行ったりするのが困難な状況にあることが判明した。またインターネットでの情報伝達を前提としたデータの表現形式についての配慮が必ずしも十分ではなく、大規模なシステム作成やネットワークを経由したデータの交換が容易にできるような環境が整っていないことが明らかとなった。

この予備的な研究から明らかになったことは、

- 経済主体を表現するエージェントの標準的な表現を用意するよりも、エージェント間の通信に着目して、通信プロトコルの標準化を進めるという標準的な手法が経済システムシミュレーションでも有効だと思われる
- 通信量は比較的少ないが、質の点においては数値・自然言語の混在系である
- ミクロな経済エージェントのレベルとマクロなシステム全体の階層は比較的明瞭に分離されている

などである。これらの結果から、この分野におけるシステムの標準化の方針として、XML のようなすでに標準として確立している表現形式でミクロなエージェント間の通信プロトコルを定義するアプローチが有効との感触を得た。

また、経済コンテンツの別の具体例として、サイバーストア(ショッピングモールやスーパーなど小売店における顧客へのサービスや店舗運営の支援サービスを総合的に行なうシステム)に関する研究開発を行なった。目の前にある商品に関する情報を提供したり、顧客の情報端末に格納された個人情報から健康情報を生成したりするエージェント間の通信プロトコルを設計した。また、自分が買おうとしている商品の名前と数をカートや店舗が自動的に計算するサービスについて、物品の重量情報を用いた自動同定システムを設計し、かつそのプロトタイプシステムを実装した。商品の自動同定と、レジにおける自動課金装置の基本メカニズムについても検討した。

これらと並行して、災害時において必要な情報コンテンツを効率的に配信するための技術として、災害時情報支援(地震や火災等の緊急時に市民をサポートし、また補助や復旧計画を立案するための諸々のサービス)の研究を行った。その場にたまたま存在する情報通信端末(マイボタン)がアドホックネットワークを構成することにより情報を収集・伝達するシステムの基本設計を行なった。また、地震による建物の被害や火災の発生・延焼などの物理的なシミュレーションに加え、逃げまどう市民や救援隊の活動などの人間の行動をも組み入れた災害シミュレータに向けて、市民エージェントの行動を表現するためのエージェント間通信プロトコルを設計・実装した。

プロジェクトの後半においては、前半における具体的なコンテンツ(経済、販売、災害時情報支援)の分析の結果を踏まえて、より一般的にユビキタス情報環境を用いて、携帯型の情報伝達装置・センシング・通信インフラを用いた、より個人の嗜好・希望に応じた情報サービスの提供や、コミュニティ・社会の効率的な支援を実現するための、コンテンツ配信技術・サービス連携技術についての研究開発を実施した。

具体的には、利用者が自らの状態や意図を開示し、サーバ側で利用者群の状態や意図を集約することにより、利用者へのきめ細やかな支援とシステム全体の効率向上を両立させるような情報提示の方法について研究を実施し、平成14年度においては、特に位置情報を用いて利用者の置かれた状況を推測し、適切な情報支援を実現するシステムの設計ならびにプロトタイプシステムの作成を行った。このシステムは、シンボルグラウンディングと認知的資源を用いたマルチエージェントアーキテクチャ CONSORTS (Architecture for Cognitive Resource Management with Physically Grounding Agents) の一つの実装形態として、FIPA-ACL プロトコルを用いて、利用者や物体の位置情報を管理する時空間データベースを利用して実現されている(図 3.2.1)。

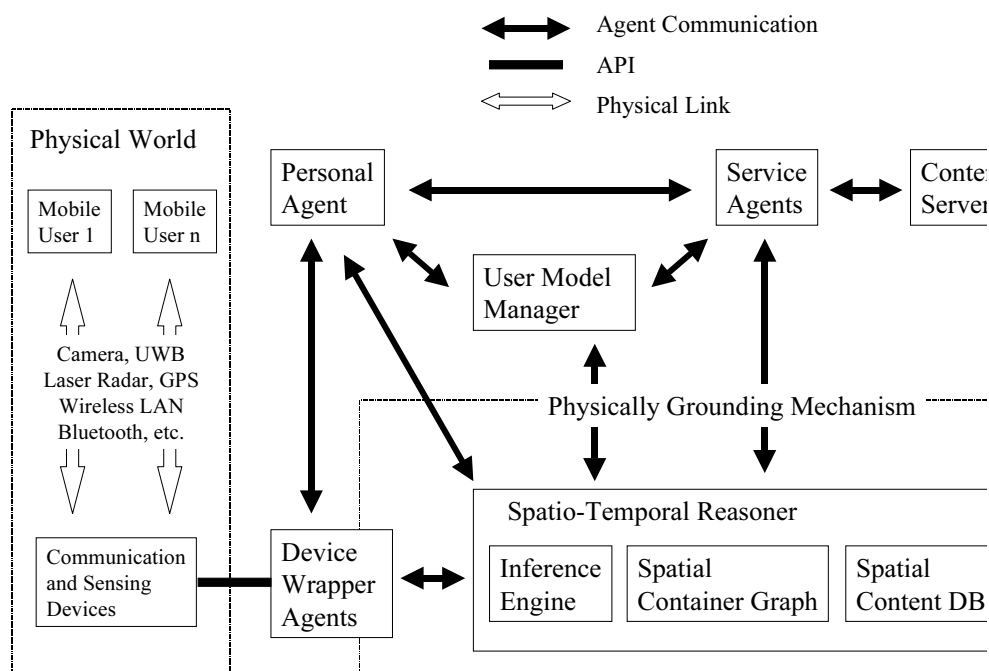


図 3.2.1 グラウンディングと認知的資源を用いたアーキテクチャ CONSORTS

また、具体的なシナリオとして美術館での誘導・情報支援が実現できることを、プロトタイプシステムを **Java** で実装することによって示した(図 3.2.2)。本システムは、AgentCities iD3 で開催されたエージェント技術に関する国際コンペティションにおいて、アプリケーション部門で第 2 位を獲得した。

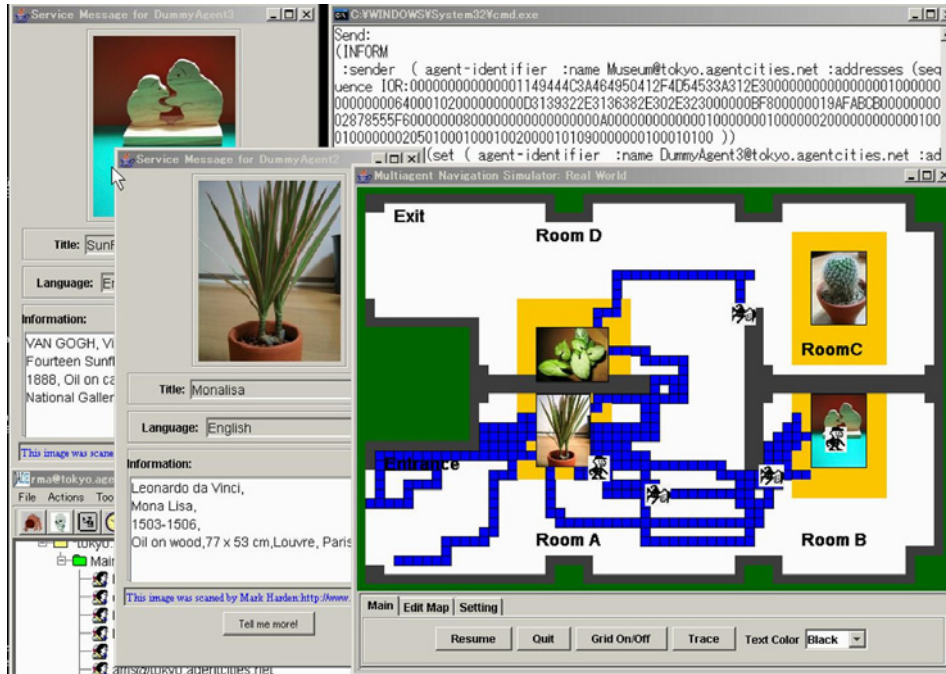


図 3.2.2 CONSORTS 美術館シナリオ

平成 15 年度においては、位置情報を用いて利用者の置かれた状況を推測し、適切な情報支援を実現するシステムの設計ならびに実装を行った。このシステムはグラウンディングと認知的資源を用いたマルチエージェントアーキテクチャ **CONSORTS (Architecture for Cognitive Resource Management with Physically Grounding Agents)** の一つの実装形態として、FIPA-ACL プロトコルを用いて利用者や物体の位置情報を管理する時空間データベースを利用して実現されている(図 3.2.3)。具体的な実装の形態として、無線 LAN システムを用いた利用者の概略位置を取得し、それに基づいて情報提示とナビゲーションを実行するシステムを実装して動作を確認した。

平成 16 年度においては、前年度に実装した位置情報を用いて利用者の置かれた状況を推測し、適切な情報支援を実現するシステムを拡張し RFID タグ(無線 IC タグ)からの情報に基づいて動作する拡張を行なった。このシステムは、グラウンディングと認知的資源を用いたマルチエージェントアーキテクチャ **CONSORTS (Architecture for Cognitive Resource Management with Physically Grounding Agents)** の一つの実装形態として、や物体の位置情報を管理する時空間データベースを利用して実現されている。具体的な実装の形態として、平成 15 年度では無線 LAN システムを用いていたが、システムを拡張し RFID(無線タグ)を用いて利用者の概略位置を取得し、それに基づいて情報提示とナビゲーションを実行するシステムを実装して動作を確認した。

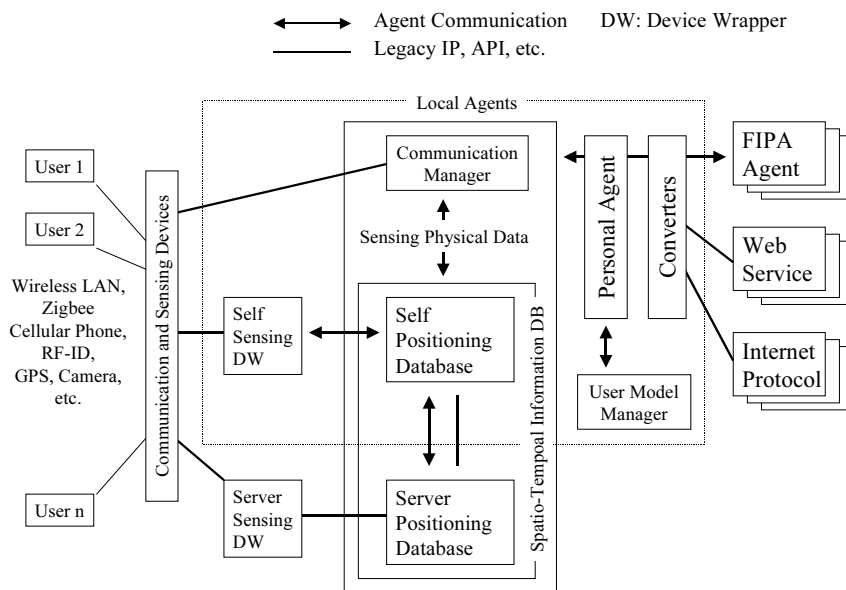


図 3.2.3 CONSORTS のアーキテクチャ v.3

平成17年度には、前年度までに開発した CONSORTS の技術を用いて、後述の携帯情報端末 Aimulet GH に内蔵された RFID タグの情報の収集・解析および Aimulet GH 用の音声コンテンツの配信を行なう基盤ソフトウェアを実現した。これにより、来場者のプライバシーを守りつつその位置・移動軌跡を取得・解析し、来場者に配信するコンテンツの内容を柔軟かつ動的に行なうような統合情報支援を実現し、愛・地球博のグローバルバス・ハウスにおいて実証実験を行なった(図 3.2.4)。

来場者支援

- ・展示物説明と会場案内サービス
- ・ユーザが説明方法を選択可能
- ・展示物の配置計画・マーケティングを支援
- ・プライバシー保護
- ・盗難防止(セキュリティ)
- ・少ない会場要員
- ・チケットの確認不要
- ・安価なユーザ端末

将来の展開

- ・来場者の興味に応じた情報提供やナビゲーション
- ・混雑の緩和
- ・「自動車環境」「オフィス環境」などと連携が可能

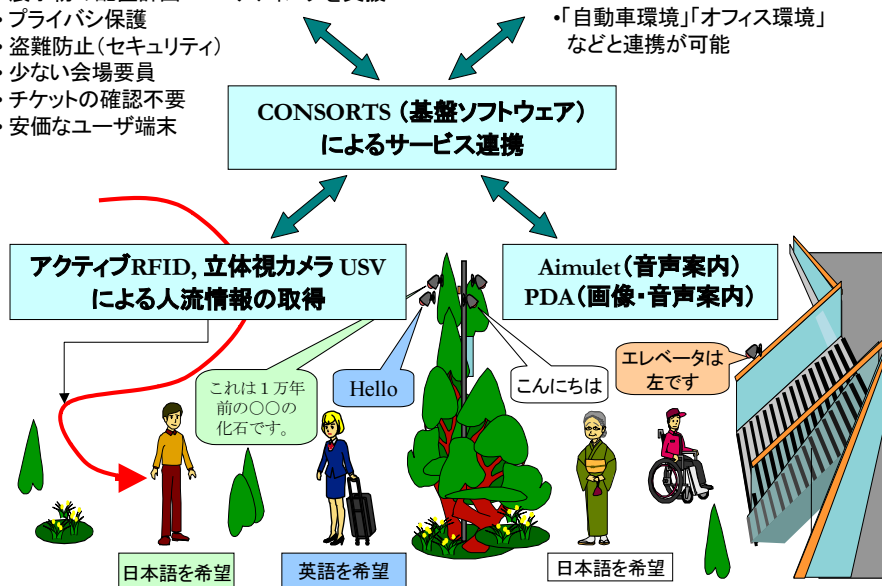


図 3.2.4 CONSORTS による愛・地球博グローバルハウスの統合情報支援システム

(2) 研究成果の今後期待される効果

本プロジェクトの目的である人間中心の知的情報アクセスを実現するための、状況に応じたコンテンツの選択・配信を行なうためのアーキテクチャ研究は、経済・災害時情報支援といった具体的なコンテンツの分析から始まり、より一般的なユビキタス情報環境における情報配信を支援するシステムへと発展し、最終年度において、愛・地球博グローバル・ハウスにおける実証実験を通してその有効性が確認された。

これら一連の研究の結果、環境内に分散して存在する情報環境（携帯型情報端末、センシングデバイス、通信デバイス、etc.）を用いた統合的な情報支援をマルチエージェント技術によって実現できることが実証的に示された。これは、今後のユビキタス情報環境を用いた大規模システム開発の一つのモデルとなるものである。特に、分散エージェントが XML ベースの通信プロトコルを用いて分散処理を行なうことにより、リアルタイムでの利用者の位置情報の取得・解析ならびにそれによるコンテンツの自動切替を、約 800 平方メートルの物理空間において実現できることを示したことの意義は大きい。

3. 3 マルチモーダル知的コンテンツ(名古屋大学大学院 工学系研究科など)

人間の知的活動を支える媒体には、映像、音声、文書などさまざまな種類がある。これらの媒体は、それぞれの特性にあわせて個別に利用・研究されてきた。これらの媒体を統合する技術を開発することによって、より高度な知的活動を可能にすることを主な目的とする。

そのため、実世界情報の獲得と意味構造化、さらにその再利用の仕組みを検討、実現する。具体的には、会議風景の音声と映像の収録、さらに参加者によって作成された議事録をもとにして、柔軟な検索やインタラクティブな要約が可能な意味構造化されたマルチメディア議事録を作成し、共有可能にする。また、そのように作成されたコンテンツの新しい利用法の一つとして知識発見（たとえば、重要発言や重要発言者の発見）の仕組みを開発する。

マルチモーダル会議コンテンツは、実世界における人間同士の知識交換の場であるミーティングの活動を記録し、そこから再利用可能な知識を抽出するための知的コンテンツの一種である。マルチモーダル知的コンテンツでは、これまでに、XML による議事録の作成支援、会議コンテンツの意味的アノテーションの設計、カメラとマイクロフォンによって記録した映像・音声を含む複数メディアの統合形式の検討、議事録へのアノテーションツールや検索・要約ツールの開発等を行ってきた。近年、計算機の処理能力の向上と通信回線の広帯域化によって、映像や音声をデジタルアーカイブとして蓄積し、配信することが可能になった。今後、実世界における情報を再現性高く再利用するために、これらの映像や音声などのコンテンツを統合したデジタルアーカイブを構築する要求が高まることが予想される。このようなメディア統合技術は、講演や研究紹介などをアーカイブ化して一般に提供するためにも必要になる。そのためには統合という観点で有効なインデックスを映像や音声に付与し、意味的に関連付ける必要がある。これは映像や音声の任意のセグメントに内容に関するアノテーションをつけることで可能

である。現在、高次の情報が付与されたアーカイブを目指して、MPEG-7や Semantic Webなどのいくつかの概念・枠組みが提案されているが構想の域を出ていない。また、コンテンツの統合に高度な意味情報をどのように付加するかが問題である。さらに、重要な人物やシーンなどの情報を抽出することにより、人間の知的活動を支援することができる。これには統合されたデジタルアーカイブから有効な知識を発見するための処理方式が必要となる。

(1) 研究実施内容及び成果

そこで本研究では、実世界の会議風景の映像および音声に対し、内容・状況の認識に基づく意味的な情報が付与された会議コンテンツアーカイブを半自動構築・蓄積し、再利用する技術の研究開発を行なった。

また、実世界の会議の映像・音声・テキストなどのメディア情報の意味構造化を拡張し、会議内容を構成する人物、発言、資料などの要素間の意味関係を明確にする手法を開発した。特に、会議構成要素を抽象化した概念記述および要素間の関係記述をディスカッションオントロジーと名づけ、これを具体的に構築するための技術について研究開発を行なった。

まず、マルチモーダル会議コンテンツにおける音声と映像の役割について詳細に検討し、議事録とそれらメディア情報の間の連結法を設計・実装し、いくつかの実証実験によって経験を深めた上で、より一般的なタスクにおける、音声・映像・言語などのメディア情報処理の現状と可能性について考察を加え、それらの統合方式について検討した。また、メディア情報の認識技術を用いた半自動アノテーション、コンテンツ検索や要約、議事録からの知識発見などの具体的な要素・応用技術について研究・開発を行なった。

具体的には、以下の手順で研究を行なった。

1) 会議コンテンツへの意味的アノテーション手法の設計と実装

映像や音声を含む会議コンテンツのデジタルアーカイブの高度化、およびそれらコンテンツに対するアノテーション作成の自動化に必要な機能、さらにその実現方式について検討を行なった。また音声・映像データと、テキストデータである議事録との関連付けを意味的アノテーションによって行ない、複数のメディア処理を統合するためのツールを設計・実装した。

2) メディア情報の認識機能を持つアノテーションツールの開発

デジタルアーカイブの意味的アノテーションを半自動的に付与するために必要な音声や映像の認識技術について検討し、アノテーションツールとして実装した。特に、音声認識と映像認識の相互作用や認識結果の統合・同期に関して重点を置き、アノテーション以外の応用例についても検討した。

3) 会議コンテンツの検索と要約の実装と評価

会議コンテンツのデジタルアーカイブから、キーワード等の検索要求に効率よく応答する仕組み、および、検索結果を要約して表示する仕組みについて検討し、試作、評価を行なった。

4) 会議コンテンツからの知識発見

意味的アノテーションの付与されたコンテンツから抽出された重要フレーズ、重要イベントを元に、議論の展開や重要発言・重要発言者といった知識発見を行なった。そして発見された知識が議事録閲覧者やその後の議論における影響について考察を行なった。

5) 複数議事録にまたがる会議コンテンツ間の意味的アノテーションツールの開発

複数議事録にまたがる会議コンテンツの意味構造化に必要なアノテーション機能を持つツールの設計、実装を行なった。関連する議事録に含まれる会議コンテンツとの関連付けを意味的アノテーションで行なうことにより、会議コンテンツを議論の背景知識として利用することが可能になった。また、議論中において関連する会議コンテンツを提示する方法についても検討した。

6) 会議コンテンツの閲覧者によるアノテーションツールの開発

会議コンテンツの閲覧者が閲覧時にアノテーションを行なうためのオンラインアノテーションツールの設計・実装を行なった。マルチメディア議事録の閲覧に必要な情報について検討し、利用者からの情報獲得のための適切なインタフェースについて考察した。

7) メディア情報の意味構造解析によるディスカッションオントロジーの構築

実世界の活動である会議の構成要素、ならびにそれらの要素の意味関係を抽出することでディスカッションオントロジーを構築した。このディスカッションオントロジーに基づき、会議における重要コンテンツ発見や、重要議論発見を行なう方式について検討した。また、実世界における人間活動に適用可能な、より一般性の高い人間活動オントロジー実現に必要な要素技術について考察した。

8) オンライン・オフラインミーティング連携

オフライン(対面式)ミーティングとオンライン(非対面・非同期)ミーティングの連携方式について検討を行なった。具体的には、議事録システムと掲示板を連携させることによって、オフラインによる議論終了後も掲示板により議論を継続できるシステムを開発した。この連携システムを運用することによって様々な形態の会議における議論発展の過程について考察した。

以上の手順に従い、設計、実装、評価のサイクルを繰り返し、ある程度実用可能なシステムの構築を試みた。また、現状で実現困難な問題の検討と課題の洗い出しを行なった。

(2) 研究成果の今後期待される効果

本研究では、会議に関するマルチモーダルコンテンツの効率良い利用と解析に向けての半自動アノテーションと検索・要約技術、会議と議事録システムの連携、さらには議事録からの知識発見として、重要発言および重要発言者の発見、議事録集合の関係明示化など、会議コンテンツの統合解析に関する運用と実験を行なうことができた。これによりマルチモーダル知的コンテンツ技術の具体的な応用例が明確となり、今後の基礎技

術の方向性に示唆を与えることができると思われる。

本研究の成果に基づいて、マルチモーダルコンテンツの制作と高次利用による人間活動の知識支援が期待できる。たとえば、実世界の会議中の発言において、発言者の顔の映像や音声、発話の言語内容を統合的に処理し意味的アノテーションにより関連付けることによって、発言の重要性評価や人物同定、参加者プロフィールや会議情報などの外部知識源と統合することによる人物や会議の関連情報を付加したコンテンツの作成が可能になる。またコンテンツは、閲覧者に柔軟に対応できる機構を持つべきであるため、音声・映像への意味的アノテーション技術により重要なフレーズや重要なイベントを抽出することによって、要約映像を生成したり、検索機能を充実させたりすることができ、長時間のコンテンツのブラウジング・視聴が可能になる。また質問・応答の繰り返しによるインタラクティブな機構は、同様に意味的アノテーションによって可能になる。さらに、複数コンテンツを関連付けるアノテーションを付加することにより、コンテンツ間の関係を明示化し、コンテンツ集合に対する操作を可能にすることができる。

本研究では、メディア情報の意味構造化を超えた人間活動の意味構造化により、実世界における人間活動に含まれる要素の意味関係の発見ならびに人間活動の活性化が期待できる。たとえば、実世界の会議中の発言において、発言と関係のある映像や音声、言語情報を意味的アノテーションにより関連付けることによって、重要議論に含まれる会議の要素およびその会議における人間活動の特徴を明確にすることができる。また、過去の議論における発言等の活動と現在の会議の内容との関連付けは、現在行なわれている議論の背景知識として利用でき、議論の活性化につながる。

実世界における人間活動の解析を行なうためには、その活動に含まれる要素間の意味関係を明確にする必要がある。会議におけるメディア情報の意味構造化とそれに基づく人間活動解析によって、会議という、人間の実世界における活動に含まれるエッセンスを抽出することが可能であり、実世界マイニングという位置づけとしても有意義である。会議における要素間の関係をディスカッションオントロジーとし、会議に含まれる要素とその意味関係を明確にすることによって、実世界における活動の持つ意味、たとえば、効果的な議論の進め方や、人間関係と議論の関係、身体動作と重要発言の関係など、メディア情報の視点から定義することが可能であると考えられる。このように本研究は、複数メディアの統合的処理の基礎と応用として十分な意義がある。

3. 4 人間中心の通信方式(産業技術総合研究所 情報技術研究部門)

(1) 研究実施内容及び成果

本テーマは産総研サイバーアシスト研究センターにおける主要テーマと関連を持った形で研究が実施された。2000年度には「位置情報の取得と利用」として開始され、2001年度よりは「人間中心の通信方式」というテーマに拡大し、研究継続された。以下にテーマの変遷をまとめておく。

2000年度：位置情報の取得と利用

適切なユーザモデルを構築するには、利用者が置かれた状況に関する情報が必要であ

り、その中でも物理的な位置は特に重要と考えられる。屋外での位置情報の取得にはGPSなどが実用化されているが、屋内用の位置取得方式は、ジャイロ方式、超音波方式など様々な手法が試みられているが、まだ実用化されていない。

われわれは、その手法のひとつとして、室内レーザレーダシステムを開発してきた。これはレーザ光で対象の位置の同定と通信の両方の役割を実現するシステムである。情報のダウンロードはレーザ光の変調で行ない、アップロードは対象側鏡の反射率を変化させることによって行なう。すでに位置同定実験には成功しており、通信が今後の課題である。平成12年度には、情報アップロード用の光反射通信制御ターゲットの評価システムを構築し、反射率変調による受動空間光通信のための液晶光シャッタの動作特性を明らかにした。液晶光シャッタには多孔質ポリマに液晶を浸透させた光散乱制御方式の素子を採用し、その3dB変調周波数帯域はキャリア周波数500Hz、1kHz、10kHzにおいていずれも約30Hzであった。

また、本年度に購入した大型ディスプレイを利用して、街角掲示板の可能性を検討した。これは上記の室内レーダを含む近距離通信に基づき、携帯デバイスを持った利用者が近付くとそれを感知し、その利用者に対し適切な情報提示を行なうシステムである。

2001年度：人間中心の通信方式

サイバーアシスト研究センターでは、利用者の嗜好や状態を把握し、簡単な操作で適切な情報を提供する情報端末「マイボタン」の開発を進めている。その一環として、対象の方を向くだけでその対象に関する情報を入手できる情報端末を開発した。また、屋内で位置情報を得るための実験システムの一つとして室内レーザレーダシステムの開発を継続している。今年度はターゲットの位置の変化への追従の方式を検討し、MIMSによる安価な追尾方式の可能性を探った。

2002年度：人間中心の通信方式

状況依存インタラクションを支える通信技術について、利用者の利便性を考え、特に省電力を重視した形で検討した。カメラによる画像認識とユーザモデルを組み合わせることにより、無電源端末を手に持って動かし、簡単なサインを送ることに成功した。

2003年度：人間中心の通信方式

携帯端末の上での音声インタフェースによって知的コンテンツにアクセスするための、自然言語対話技術を中心として研究を進めた。文法を理解して柔軟な表現で対話できる音声対話システムのプロトタイプを作成し、情報家電の統合制御実験を行った。本システムは現在はサーバ上で動いており、高性能マイクを必要とするが、携帯端末で扱えるようにするのが将来課題である。

2004年度：人間中心の通信方式

携帯端末の上での音声インタフェースによって知的コンテンツにアクセスするための、自然言語対話技術を中心として研究を進めた。ホテル検索&予約対話、ネットワーク構築ヘルプ対話、情報家電リモコン対話などを対象に実験を進めている。これらの対話においてキーワードに頼らず処理するために文法を理解して柔軟な表現で対話できる音声対話システムのプロトタイプを用いている。昨年度より以下の点が進歩した：

- 対象を情報家電から次世代住宅向けに拡張した。解釈できる文の範囲が拡大している。住宅を模した実験施設(サンヨーホーム)においてデモシステムが実働している。
- 理論的には、文意の解釈が、依存関係の解釈による、単文、節内の意味解釈と、意味の位置づけに基づく節間、文間の意味解釈との2タイプの意味解釈に大別されることを示し、それに基づく実験システムを構築した。これによって、従来文意の抽出を、キーワードマッチやテンプレートマッチに依存していた困難を打開する可能性を示した。

以下では初期に行った端末の研究と、後期に行なったその情報家電への応用、特に対話部分について研究概要をまとめる。サイバーアシスト研究においては端末などのデバイスとそのデバイスを通じて伝えられる情報コンテンツの二つを車の両輪として研究を進めてきたが、CRESTのテーマにも以下に述べるように端末の開発とその上での対話処理という形でこれらが展開されている。

① 「マイボタン」の開発

位置に基づく通信を具体化し、利用者が状況に応じて簡単に情報を得られる端末の概念として「マイボタン」を提案した。これは人間中心のインタフェースを持つ様々な端末群の総称である。典型的にはボタン1個の簡単操作で状況に応じたサービスを得られるようにしようとするものである。

初年度の研究ではレーザーレーダを用いた位置同定・通信システムのi-lidarを扱った。しかしながら、このシステムは高価であり、容易に実用化できないことがわかり、その簡易版の開発へと研究がシフトして行った。その結果、マイボタンの第一版として無電源軽量端末 CoBIT を開発することとなった(図 3.4.1、3.4.2)。これは音声情報を、赤外線を用いてアナログ送信するだけの簡単なものであるが、位置と方向に応じた情報提供が可能となっている。さらに、環境側にカメラを設置し、反射板の位置や動きを測定することにより、端末の側からも簡単な情報をアップロードできることを確認している。

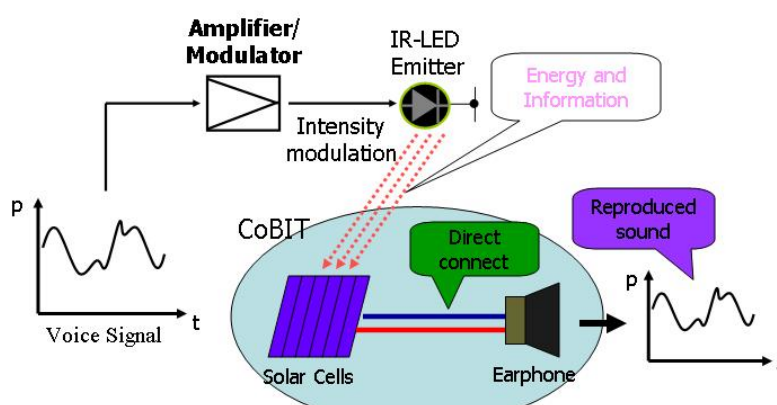


図3.4.1 CoBITの動作原理

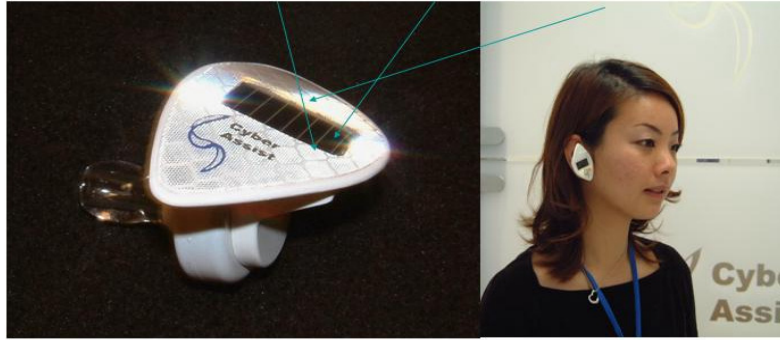


図3.4.2 イヤフォン型CoBITの外観

CoBIT の音声ダウンロード機能を用いた情報端末 Aimulet GH および Aimulet LA は 2005 年の愛・地球博で採用された。そのうち Aimulet GH を図 3.4.3 に示す。これはクレジットカード大の端末であり、音声で変調した赤外光を太陽電池(黒い部分)で受け、その音声を端末の角のスピーカ(拡大表示した部分)から聞くことができる。



図3.4.3 愛・地球博グローバルハウスで用いられたAimulet GH

② 「マイボタン」技術の情報家電への応用

後期の研究においてはマイボタンの別の形態として情報家電統合リモコンを追究した。特に、対話による家電の制御に注目し、情報家電統合リモコンへの搭載をめざした自然言語による柔軟な対話インタフェースを開発した。このために、入力文の安定した意味解釈手法の開発に取り組んだ。その重点課題は、以下の通りである。

- 意味の位置づけを容易にする意味表現手法の開発
 - 概念間依存関係の解釈に基づく、節内の意味解釈手法の開発
 - 意味表現の相互位置づけに基づく、節間、文間の意味解釈手法の開発
- 節内の依存関係の解釈に基づく意味解釈と、節間の意味の位置づけに基づく意味解釈は、

文の意味解釈の基本を与えるものであり、これらを組み合わせることによって、広範な文の解釈が可能となる。

この考え方に基づいて、われわれは、テレビ、エアコン等の情報家電を日本語音声で制御するための対話インタフェースを開発した。従来のシステムでは、まず「テレビ」「エアコン」といったキーワードで操作対象のシステムを指定し、その後に、「電源オン」「4チャンネルにして」「設定温度を上げて」といった直接的に解釈可能なコマンドで操作を指定することが多い。これに対して、利用者からのより自然な入力としては、「NHKが見たい」、「暑い」といった間接的な操作指示や、「今の設定温度は何度？」というような質問文も考えられる。また、「エアコンつけて」「温度は20度に設定して」というように、複数の文に分割して操作指示が行なわれたり、「エアコンの設定温度は何度？」「20度です」「2度上げて」のように、システムの応答も含めた対話を通じて操作指示が出されたりすることもある。こうした多様な形の利用者入力文に対処するためには、入力文を、対話の文脈、現在の部屋や機器の状況、機器操作に関する因果的知識に位置づけ、省略されている情報や必要な情報を補いながら解釈し、適切なコマンドを発行し、対話を継続することが必要になる。こうした解釈処理の基本となるのは、やはり上述の「依存関係の解釈」と「意味の位置づけ」である。

図3.4.4にシステムの構成を示す。音声認識処理には日本語連続音声認識コンソーシアムのJuliusを用いている。家電の制御には産総研で開発された情報家電ネットワークミドルウェアを用いている。以下、対話処理部の各モジュールについて説明する。

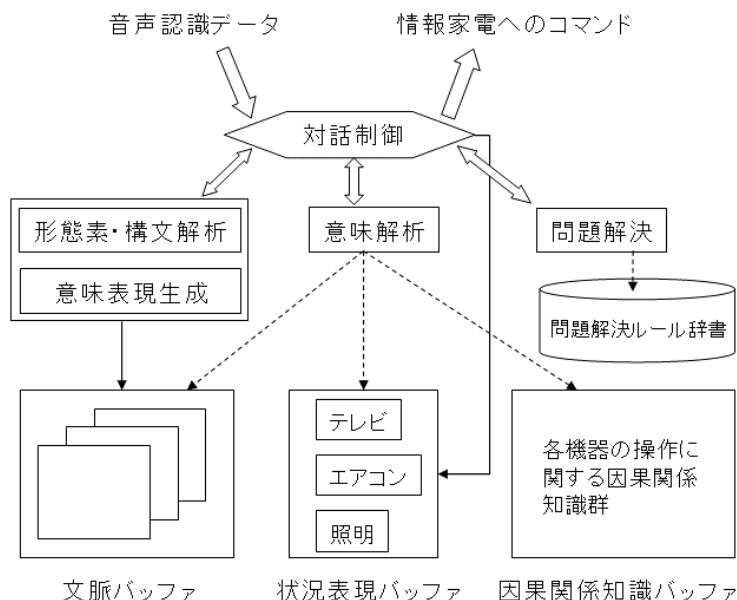


図3.4.4 システムの構成

[対話制御モジュール]

対話制御モジュールは、対話処理部内の各モジュールや音声認識部の実行制御と情報家電制御部との通信を行なう。入力の有無、各処理結果の有無、現在実行中の問題解決の有無等をフラグで管理し巡回的に監視し、各モジュールを適宜起動する。

[形態素・構文解析、意味表現生成モジュール]

音声認識結果に対して形態素・構文解析を施し、更にそこから意味表現を生成して、文脈バッファに積む。

[状況表現バッファ]

状況表現バッファには、家電の設定状態と室温等の環境情報を後述の意味表現を用いて表わしたものが置かれる。対話制御モジュールによって家電の設定情報は変化がある度に更新され、環境情報は定期的に更新される。図 3.4.5 に具体的な状況表現を示す。

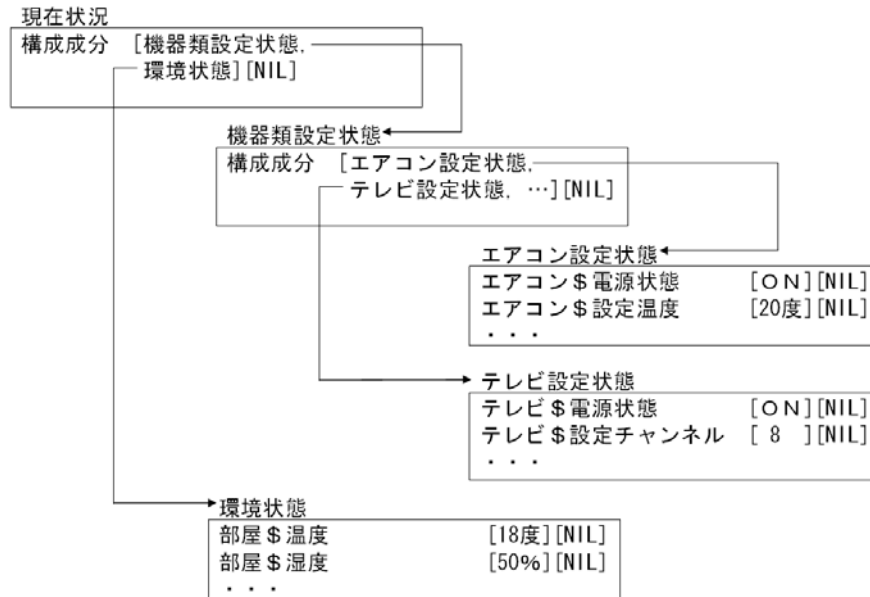


図3.4.5 状況表現

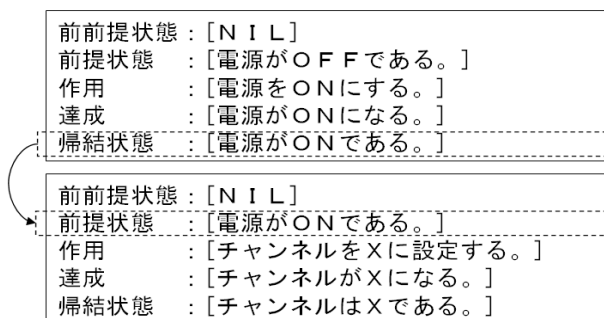


図3.4.6 因果関係知識の例

[因果関係知識バッファ]

因果関係知識バッファには、

- 機器に対する操作とそれが引き起こす状態変化
- 状態変化が引き起こす次の状態変化

- 周囲の状況と利用者の感覚的状态を結ぶ因果関係

について、(ii) で述べた意味表現で記述した知識を用意する。状況表現と因果関係知識は機器毎にまとめられている。因果関係知識は、1つの状態変化を単位として、“前前提状態”、“前提状態”、“作用”、“達成”、“帰結状態”の5つの属性から構成される。図 3.4.6 にテレビについての因果関係知識の例を示す。図中では「値」部分を文章で表現しているが、実際には、意味表現されている。

[意味解析モジュール]

意味解析モジュールは、文脈バッファ、状況表現バッファ、因果関係知識バッファの内容を用いて、(iii) (iv) で述べた入力文の意味解釈処理を行なう。新たな入力文が入るたびに、入力文意味表現が文脈、知識中に位置づけられ、これによって、省略された部分の補完や、因果関係を使った推論が実行される。

[問題解決モジュール]

問題解決モジュールは、意味の対応付けの結果に基づいて解くべき問題の種別を決定し、予め用意されている個別の問題解決ルールを展開して実行し、情報家電制御部へのコマンドの発行と利用者への応答文の生成を行なう。問題解決の種別として、

- 家電に対するコマンドの発行
- 利用者の現在状況に対する質問への応答

を用意している。前者は、既に述べたように、直接コマンドに変換可能なタイプと間接的指示のタイプがある。

(2) 研究成果の今後期待される効果

マイボタン(Aimulet)のうち CoBIT (商標 Tobiot)は、2002年に設立したベンチャー企業サイバーアシストワンを通じて事業展開する予定である。その他の光技術を用いた Aimulet は、RFID等のセンサネットワーク技術と融合することによってさらにキメ細かくかつ応用範囲の広い近距離通信技術の実現を目指す。また、前述の Polyphonet 等のコンテンツ技術と連携することにより、さらに具体的な情報サービスへの展開を図る。

一方、対話の意味理解に関する研究の主たる成果は、文の解釈が、基本的に、

- 依存関係の解釈に基づく、節内の意味解釈
- 意味の位置づけに基づく、節間、文間の意味解釈

という2つの意味解釈から成り立っているというアイデアに一定の見通しを得たことである。これによって、入力される文を想定して予想される依存構造その他の解釈方法を準備しておかなければならないという、従来方法の行き詰まりを打破出来る可能性が見えてきた。現時点で解釈可能な文体は、まだまだ標準的な文体に限定され、多様な日常表現の解釈方法に関する検討を深めて行かなければならないが、少なくとも標準文体内であれば、個々の文体に対して予め個別解釈方法を用意することなしに、単一の解釈アルゴリズムによって、問題解決に必要な情報を抽出出来るようになった。これにより、対話インタフェースの実用化の見通しが大きく開けたと、われわれは考えている。限定されたドメインの範囲内であっても、対話インタフェースが実用化されれば、その応用

範囲ははかりしれない。近年、家電類をはじめとして生活環境の中に情報機器類があふれ、その機能が高度化するに従って、その操作はますます複雑になってきている。このため、老人や普段使い慣れていない人間には、そうした情報機器類は、恐怖感さえ覚える極めて扱いにくいものとなってしまっている。生活をより便利にしようという折角の試みが、かえって情報弱者に対する障壁を産み出している。もし、そのような機器類に対して、日本語等自然言語で動作を命令することが出来るようになれば、そうした矛盾は一気に解消され、高度な情報サービス機能の恩恵を誰でも容易に享受することが可能となる。その意味で、たかが対話インタフェース、されど対話インタフェース、であって、その実用化は、きわめて大きな社会的インパクトを持ち得るものである。こうした観点から、丹念に多様な日常表現に対する解釈方法の検討を進め、より安定した意味解釈手法の実現を目指す。

3. 5 知的コンテンツの基盤ソフトウェア(東京工業大学大学院 工学系研究科)

(1) 研究実施内容及び成果

多種多様な知的コンテンツが持つ種々の不確定性に対し、論理的推論と統計学習を組み合わせるにより、その不確定性を克服した知的な検索・解釈・生成などの情報処理が可能になると考えられる。本研究においてわれわれは知的コンテンツのための不確定性情報処理の基盤ソフトウェアとして、論理的推論と統計学習を融合した **PRISM** と呼ばれる計算機言語を実装した。

本言語の目的は、確率と規則により生じる複雑なデータをプログラムにより記号的にモデル化し、データの持つ分布を統計学習により実世界から学習する手段を提供する事により、従来にない複雑な構造を持つデータに対してもその統計的モデル化(とそれに基づく情報処理)を容易にする事である。通常の統計的モデリングにおいては多項分布や正規分布など数式で表される分布をデータに当てはめ検証を行なう。しかしながら遺伝、言語、ゲーム、婚姻など人間に関する多くの複雑事象は背後にメンデルの法則のような自然法則あるいは文法や法規などの人為規則が存在し、それらの規則に従いつつ、確率的に事象が生成されると考えられる。このような記号で記述されるあるいは記号的記述が容易な法則(**law**)が背後に想定される確率事象を扱うには、専ら実数を表現する数式は不適切であり、もし事象の背後で働く構造や規則まで組み込んだ統計的モデルを構築したいならば、数式のみには頼ることは出来ない。

一方近年例えば音声認識やバイオインフォマティクスに於ける隠れマルコフモデル(**HMM**)、あるいは自然言語処理における確率文脈自由文法(**PCFG**)のような記号的統計モデルが情報処理に採り入れられ、実データに対する頑健な情報処理を実現する上で大きな成果をあげている。これらのモデルは状態遷移規則、あるいは文脈自由文法規則の上に確率を載せることにより構造的な生成的確率モデルを定義しているが、主として線状の記号データを扱うにとどまり、たとえばグラフやリストなどより複雑な構造データを直接扱うことはできない。

われわれはこの表現力の問題を解決する根本的な方策として、プログラムを統計モデ

ルの記述に使う事を提案する。われわれは論理プログラムに確率的選択を表す部品を付け加えた PRISM プログラムを定義し、PRISM プログラムに「分布意味論」と呼ばれる確率的意味論を与える事により、プログラムが表す分布(確率測度)を数学的に定義した。この意味論は計算機科学のプログラミング言語に対する標準的意味論である不動点意味論を確率的に拡張したものである。分布意味論により PRISM プログラムは数学的に(可算無限次元の)確率ベクトルとみなせるようになり、統計学をそっくりそのまま PRISM プログラムに適用する事が可能になった。言い換える分布を表わすのに数式の代わりにプログラムを使えるようになった。その結果、Turing 機械に代表される計算の世界と最尤推定などの統計の世界が初めて意味論的に統合された。

因みに「プログラムを統計モデルの記述に使う」とは C 言語で平均値を計算するプログラムを書く事とは全く違う。われわれのアプローチではプログラムの要素1つ1つに確率的意味が与えられ、プログラムを書く事はデータを処理する手順を記述する事でもあると同時に(パラメタライズされた)確率分布を定義する事でもある。一方 C プログラムは何の分布も定義せず、また自ら何かを学習する機能もない(バックプロパゲーションを計算する C プログラムは、何回バックプロパゲーションを行なっても自らの振舞を変える事はない)。これに対して PRISM プログラムは含まれているパラメタの統計的学習により自らの統計的な振舞を変える(適応させる)事が出来るのである。

PRISM の機械学習の分野から見た成果は分布意味論に基づいた EM 学習の一般化と省力化である。EM 学習とは隠れ変数を持つ統計モデルのパラメタ学習の一般的手法であり、従来は各モデルに応じて個別に開発・実装されて来た。例えば隠れマルコフモデル(HMM)の EM 学習アルゴリズムは Baum-Welch アルゴリズムであり、確率文脈自由文法(PCFG)の EM 学習アルゴリズムは Inside-Outside アルゴリズムである。一方 PRISM ではリストなど豊かなデータ構造を使い、プログラムによりモデルを記述するので、HMM や PCFG のみならず任意の複雑なモデルが記述可能である。HMM や PCFG などモデルの違いは PRISM に於いては書くべきプログラムの違いに過ぎない。利用者は HMM 用の PRISM プログラムを書き、また PCFG 用の PRISM プログラムを書くのである。一旦プログラムを書いてしまえば、それが表すモデルが何であれ、モデルのパラメタ学習はダイナミックプログラミングに基づいたグラフィカル EM アルゴリズムと呼ばれる PRISM 独自の EM アルゴリズムにより自動的に行なわれるので、利用者が改めて学習アルゴリズムを導出あるいは実装する必要は全くない。

グラフィカル EM によるパラメタ学習は非常に一般的なので、その効率が問題になるが、われわれは以下に述べる技術的工夫により、ベイジアンネット、HMM、PCFG など既存の有名モデルに対しては既存の EM 学習と同じ時間計算量を実現することに成功している。また一般の問題に対してもそのダイナミックプログラミングの効果により効率的に動く事が期待できる。

かくして利用者の行なうべき仕事は自らのアイデア、モデルを高水準のプログラミング言語である PRISM によりプログラムとして(効率に注意しつつ)書き下すだけになり、複雑なモデリングが省力化された。その結果新しい統計モデルの構築・学習が容易にな

ったと言える。

以下、個別に技術的なポイントと成果を述べる。

① テーブリング

一般的に言うところの汎用言語は表現力が豊かで使いやすい反面、応々にして実行速度が問題になる。PRISM は論理型言語である Prolog の拡張であり(従って Turing complete)、一般のプログラミング言語である一方、統計的学習機能を備えているなど意味論上・実装上複雑な言語になっている。特に PRISM の特色である EM 学習では、モデルを仮定せず、最初に学習データに対し PRISM プログラムを走らせて「支持グラフ」と呼ばれる AND-OR グラフを抽出し、その支持グラフに対してグラフィカル EM アルゴリズムを走らせてパラメタ学習を行なう仕組みになっている。統計モデルの違いは抽出された支持グラフの構造の違いとして現れるが、学習アルゴリズム自体は不変である。

さて学習時間を決める要因は様々であるが、われわれのアプローチでは支持グラフ作成の時間が大きな要因となる。支持グラフの作成にあたっては観測事象を表す基底アトムをトップゴールとしてプログラムを走らせ、このトップゴールに対して可能な「説明」(確率的選択を表す組み込みアトムの連言)を全て探索する。この全解探索は、ナイーブに行なうと入力データのサイズに対し exponential に時間が掛かるのが通例であるが、われわれはここにテーブリングと呼ばれる解の再利用機能を組み込み、(しばしば)探索を多項式時間に押える込む事に成功した。

テーブリングとは計算機科学に於ける一般的な手法で、一度得た解を後程再利用することにより、解の重複探索を省く手法の総称である。テーブリングを説明の全解探索に使うと、トップゴールの説明の全体が「支持グラフ」と呼ばれる中間解に対応する中間ノードを含む AND-OR グラフにより非常にコンパクトに表現される。これは中間解の再利用が、中間解に対応する部分グラフの共有を実現するからである。部分グラフの共有により exponential サイズのグラフも多項式サイズで表現されることになる。また支持グラフは階層構造をなすため、ボトムアップなダイナミックプログラミングによる確率計算が可能となり、その結果(HMM や PCFG の場合は)多項式時間の EM 学習が可能になった。

テーブリングはこのように目覚ましい効果をもたらすが、論理プログラミングに於けるテーブリングの実装は実は困難である。それは既存の実装では探索の完全性(解があれば逃さない)を保証するため、探索プロセスの分岐(fork)が生じ、それらの何百、何千というプロセスを複雑に一旦停止・再開するメカニズムを実装しなければならないからである。実際ニューヨーク州立大学の David Warren らが開発した XSB と呼ばれるテーブリングを実装した論理プログラミング言語としては現在最も洗練されている見なされている言語は開発に5年以上掛かっている。

われわれはテーブリングの専門家であるニューヨーク市立大学の周 能法(ZHOU Neng-Fa)助教授と共同研究を行ない、線形テーブリングという新しいテーブリング方法を開発し、PRISM に実装した。線形テーブリングでは、XSB のように複数プロセ

スを使わず、常に単一のプロセスにより、全解探索を行なう。単一プロセスなので、既存の単一 CPU 上の論理型言語に組み合わせ易いという特徴がある。一方完全性を保証する代償として、探索が一回で終らず解を全部見付けるまで同じ探索空間を何回も繰り返して探索する必要がある。この実装の簡単さと探索空間の重複した探索の無駄とのバランスが実際の探索性能を決めている。

幸いな事に解の探索の重複を様々な工夫により避ける事により、周 助教授による線形テーブリングの実装ではベンチマークプログラムに関してはほぼ XSB と同等の探索時間を達成する事が出来た。勿論探索時間はプログラムに依存し、一般的に常に XSB と同等の探索時間を保証する事はできないが、更にテーブリングに使うハッシングや最適化の工夫により、線形テーブリングの改良が見込まれる。一方メモリ消費については複数プロセスを保持する必要がないので XSB より少なくてすむ。線形テーブリングは実装の簡便さにおいても XSB のテーブリングに優る。

② CFG に基づく確率言語モデルの学習

われわれのアプローチは汎用であり、ベイジアンネット、音声の HMM、統計的自然言語処理の PCFG など従来から知られたモデルを簡単に実装出来るのみならず、例えば実装の困難さゆえにほとんど試みられる事のなかった確率グラフ文法や決定木と隠れマルコフモデルを融合したモデルなどなど新しいモデルまで容易に実装可能としている。

ここで既存モデルのパラメタ学習の例として PCFG を取り上げ、PRISM によるパラメタ学習と比較する。PCFG は生成規則に確率パラメタを振ったものであり、HMM の拡張になっている。確率パラメタの学習法としては Inside-Outside アルゴリズムが標準的手法として 1980 年代から確立している。Inside-Outside アルゴリズムはデータ構造として 2 次元配列を使い、CYK パージングを真似たボトムアップな確率計算を行なう。その EM 学習は、生成規則が使われる回数の期待値を計算する E ステップとこの期待値に基づき生成規則のパラメタを更新する M ステップからなり、E ステップと M ステップをパラメタが収束するまで交互に繰り返す。

PRISM のグラフィカル EM アルゴリズムにおいても同様に E ステップと M ステップを繰り返すが、配列の代わりに一般的な構造である支持グラフを使う点が異なる。しかし最大の違いは、Inside-Outside アルゴリズムが各回の EM アルゴリズムの繰り返しの於いて、配列を全部使った計算を繰り返し、その結果最終的確率が 0 である事が分っている計算も毎回繰り返すのに対し、グラフィカル EM アルゴリズムは支持グラフを使う事により、予め確率が 0 になるような計算パスを初めから排除している点にある。これを言い直すと、PCFG の支持グラフは構文解析木の集合のコンパクトな表現になっており、Inside-Outside アルゴリズムの計算で確率が 0 であるような計算パス、即ち構文解析木を構成するに至らない計算パスはすべて除かれているのである。

実際に日本語コーパスを使い、毎回の EM ステップに掛かる時間を比較すると、グラフィカル EM アルゴリズムは、ATR コーパスではその平均文長 10 に於いて

Inside-Outside アルゴリズムの 850 倍、EDR コーパスではその平均文長 20 に於いて Inside-Outside アルゴリズムの 1300 倍の高速化を実現している。これは長年技術的変化のなかった PCFG のパラメタ学習に於いては大きなブレイクスルーと言える。

PCFG は宣言的性格を持ち、比較的実装や学習が容易な言語モデルである。一方 PCFG 以外にも CFG 言語に対する確率モデルとして、左隅構文解析に基づいた PLC や LR(k)文法に基づいた PGLR などが提案されているが、そのようなモデルのパラメタ学習の報告例は極めて少ない。PLC で 1 例(しかも EM 学習の繰り返しは数回に留まる)、PGLR で数例あるのみである。理由としては、そのようなモデルは、スタック操作など手続き的操作により確率モデルが定義されており、手続き的操作をモデル化し、そこから EM 学習アルゴリズムを導出す事が PCFG に比べ困難である事が挙げられよう。われわれのアプローチでは、プログラムでモデルを記述するので、各種構文操作を記述するのは容易であり、また新しく EM 学習アルゴリズムを導出する必要もない。ATR 文法に対し、PRISM による PLC のパラメタ学習実験を行なった所、メタプログラミングにより 30 行程でモデルの記述が終わり、メタプログラムを文法規則により展開(unfolding)したオブジェクトプログラムを PC (Windows XP, 1.4GHz CPU)で走らせた所 1 時間程で学習が終了した(構文解析は数分で終わり、ほとんどの時間は EM 学習に費された)。このように、手続き的に定義された確率文法でも、PRISM は実装・学習を容易に行なうことができる。

③ 新しい記号的統計モデル

目を転じて、今まで試みられる事の少なかった統計モデルの例として確率文脈自由グラフ文法(PCFGG)の例を取り上げる。PCFGG は形式的には CFG のグラフへの拡張であり、非終端記号の代わりに辺またはノードを書き換え規則により確率的に書き換えて行くものである。一般的に言えばグラフの書き換え(部分グラフ同型問題)は NP 完全であり、そのような理由もあり、PCFGG のパラメタの EM 学習の報告は過去に 1 例あるのみである。

PCFGG を大別すると辺を書き換えるタイプとノードを書き換えるタイプに分れる。辺を書き換えるタイプもまた種々に分れるが、代表的なものとして HRG (Hyper Edge Replacement Grammar) がある。通常のグラフのエッジがノードのペアであるのに対し、ハイパーエッジはノードの集合である。PCFG と同様の仕方で PHRG が定義される。しかし PHRG のパラメタの EM 学習は Oates らによる 2003 年の報告までなかった。報告によると彼らは PHRG の EM 学習アルゴリズムを新たに導出したが、正当性の証明がなく、パラメタの学習実験に使った学習データはグラフ 10 個という非常に小規模なものであった上に、文法自体に実は曖昧性がなく EM 学習の必要性がないので、EM 学習の実験としては不適切なものであった。

われわれは PRISM により Oates らの報告にある文法を使い、彼らの学習実験を再現してみた。文法の記述は 20 行程で済み、作成したプログラムを使ってグラフを 100 個ランダムに生成し、それらのデータから元のパラメタの EM 学習を行なわせる事を 20

回繰り返して推定値の分散を計算し、PHRG のパラメタ学習が充分可能である事を確認した。更により大きい且つ曖昧な種々のグラフ文法についても PRISM による学習実験を行ない、パラメタ学習を行なわせる事に成功している。

またこれまで全く試みられなかった EM 学習の例として、PCFGG の内ノードを書き換えるタイプである NLC(node label controlled)文法を確率化した PNLC を取り上げ、簡単な PNLC 文法のパラメタの EM 学習を試み、ランダムに生成した 1000 データから PHRG と同様 PRISM によりパラメタ学習が可能である事も確認した。これは世界で初めての PNLC のパラメタ学習である。以上確率グラフ文法以外にもわれわれは集団遺伝学における連鎖解析、あるいは将棋プレイヤーなど PRISM による種々のモデリングを試みているが詳細は省略する。

④ 生成的モデルと制約

データのモデリングは生成的(generative)モデリングと弁別的(discriminative)モデリングに分ける事が出来る。生成的モデリングとはデータの生成過程を記述することによりデータの分布を定めるモデリングを言い、弁別的モデリングはそれ以外を言う。従ってベイジアンネット、HMM、PCFG、PCFGG などは生成的モデルであるが、マルコフ場やギブス分布などは生成的モデルでなく弁別的である。PRISM のモデリングは生成的モデリングであるが、これは PRISM に於けるモデリングがプログラミングに他ならない以上必然的と言える。

さて通常の統計学の生成的モデリングにおいてはデータ生成に失敗の概念がない。一方 PRISM は論理プログラムであり、証明の失敗に対応するデータ生成の失敗が存在する。しかしながら分布意味論に忠実である為には(=グラフィカル EM アルゴリズムによるパラメタ推定が正常に行なわれる為には)には、われわれはデータ生成過程に於ける失敗を許していない。

他方広く知識表現・プログラミングの世界を見渡すと制約の概念があり、制約プログラミングの研究が盛んに行なわれている。主として組み合わせ問題を解くのに使われているが、確率的言語モデルでも例えば Abney が 1997 年に確率属性文法を発表し、性や数の一致などの制約を満たす制約付き PCFG の問題を扱っている。一般に制約は宣言的知識と手続き的知識の中間にあり、問題領域に於ける宣言的な問題記述を可能とする優れた方法である。

われわれの統計的モデリングに対するアプローチにそのまま制約を組み込んだ場合、データ生成過程で制約が満たされているか否かのチェックが入り、制約を満たさないデータの生成過程は失敗する。データの生成過程に失敗があった場合、生成可能なデータの確率の和が 1 未満となるので、数学的に言って現在の EM 学習アルゴリズムは適用できなくなる。

われわれは PRISM による更に柔軟なモデリングを可能とするため、分布意味論を 3 値(真、偽、未定)に拡張し、合わせてグラフィカル EM アルゴリズムを修正して、データの生成過程において制約による失敗を許すモデリング手法の開発に成功し、

PRISM1.8 に実装した。まだ試験的実装であるが、制約を使ったモデリングが可能になり、種々のテキスト処理に於ける意味処理など表面的な統語構造に縛られない自由度の高い統計的モデリングが可能になったと考えている。

(2) 研究成果の今後期待される効果

PRISM は、知的コンテンツに対する統計的記号的なモデリング環境を提供する基盤ソフトウェアとして他に類例を見ない。近年 2、3 の類似した言語の提案が、人工知能、機械学習、自然言語処理の分野でなされているが、数学的意味論、EM 学習の一般性、処理系の実装の成熟度において PRISM に比肩するものはないと見られる。PRISM はメモリ多消費型の計算機パワーを必要とする言語であり、将来はグリッド計算機の上の実装など、さらなる実用化に向けた取り組みが必要である。

PRISM の汎用性を活かした各種の取り組みも期待される。例えばテキスト処理の基本技術であるアノテーションでは、従来は純粋に統計的に行なうか、または規則を人間が作成するかの二者択一であったが、PRISM では両者の融合が可能になり、より精緻なタグ付けが実現されるだろう。また HTML など半構造データの統計的モデルなど、新しいタイプのデータのモデル化も興味深い応用領域である。

制約プログラミングは設計を簡単にすることによってセマンティックギャップの軽減に寄与する。PRISM は非常に一般性の高い制約プログラミングをサポートするので、セマンティックプラットフォームにおいて複雑なインタラクションを可能にする基盤として重要な役割を果たすものと期待される。たとえば、業務における承認の順序とそこで扱われる文書の構造とを単純な制約によって記述し、実際の業務における多様なインタラクションを実現することが可能だろう。

4 研究参加者

産業技術総合研究所サイバーアシスト研究センター(CARC)、同情報処理研究部門、および同知能システム研究部門知的インタフェースグループは2004年7月15日に統合して情報技術研究部門(ITRI)となった。下記で所属が CARC となっているのは、CARCにおいて本プロジェクトに参加していて ITRI 発足前に離脱した者である。所属が ITRI となっている者の大部分は CARC に所属していた。

(1) 知的コンテンツグループ（知的コンテンツの研究）

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
橋田 浩一	産業技術総合研究所 情報技術研究部門 (ITRI)	副研究部門長	意味構造化・国際標準化、 意味的検索・要約	平成12年11月～ 平成18年 3月
松尾 豊	ITRI	研究員	意味的検索・要約	平成14年 4月～ 平成18年 3月
和泉 憲明	ITRI	研究員	意味構造化	平成14年 4月～ 平成18年 3月
宮田 高志	ITRI	CREST研究員	意味構造化、意味的検 索・要約	平成13年 4月～ 平成18年 3月
澤井 雅彦	ITRI	CREST技術員	意味構造化	平成16年 4月～ 平成18年 3月
本村 陽一	産業技術総合研究所 デジタルヒューマン 研究センター	主任研究員	ユーザモデルの獲得	平成12年11月～ 平成16年 3月
原 功	産業技術総合研究所 情報処理研究部門	主任研究員	ユーザモデルの獲得	平成12年11月～ 平成16年 3月
柴田 滝也	産業技術総合研究所 情報処理研究部門	産総研 特別研究員	ユーザモデルの獲得	平成12年11月～ 平成14年 3月
東 晴彦	CARC	研究員	国際標準化	平成12年11月～ 平成16年 3月
松本 吉央	奈良先端科学技術 大学院大学 情報科学研究科	助教授	ユーザモデルの獲得	平成13年11月～ 平成18年 3月
伊藤 一成	青山学院大学 理工学部情報テクノ ロジー学科	助手	意味構造化	平成17年 4月～ 平成18年 3月
前田 陽子	ITRI	CREST技術員	意味的検索・要約	平成15年 1月～ 平成18年 3月
築場 祐子	ITRI	CREST研究チ ーム事務員	意味的検索・要約	平成15年 4月～ 平成18年 3月
白松 俊	ITRI	CREST 研究補助員	意味的検索・要約	平成15年 4月～ 平成17年 3月
川口 尹由	ITRI	CREST研究員	意味的検索・要約	平成16年 4月～ 平成17年 3月

寺島 みどり	ITRI	CREST技術員	意味的検索・要約	平成13年 4月～ 平成17年 3月
藤久保 万里子	CARC	CREST技術員	意味的検索・要約	平成13年12月～ 平成15年 1月
島田 佳代子	CARC	CREST研究チ ーム事務員	意味的検索・要約	平成13年12月～ 平成15年 1月

(2) 情報支援アーキテクチャグループ（情報支援アーキテクチャの研究）

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
車谷 浩一	ITRI	主任研究員	情報支援アーキテクチャ	平成12年11月～ 平成18年 3月
野田 五十樹	ITRI	主任研究員	情報支援アーキテクチャ	平成12年11月～ 平成18年 3月
幸島 明男	ITRI	研究員	情報支援アーキテクチャ	平成12年11月～ 平成18年 3月
和泉 潔	ITRI	研究員	情報支援アーキテクチャ	平成12年11月～ 平成18年 3月
山下 倫央	ITRI	研究員	情報支援アーキテクチャ	平成15年 4月～ 平成18年 3月
太田 正幸	ITRI	非常勤 研究員	情報支援アーキテクチャ	平成13年 4月～ 平成18年 3月
篠田 孝祐	CARC	非常勤 研究員	情報支援アーキテクチャ	平成14年 4月～ 平成18年 3月
平塚 誠良	CARC	CREST研究員	情報支援アーキテクチャ	平成16年 4月～ 平成18年 3月
鍛冶 良作	ITRI	研究員	情報支援アーキテクチャ	平成12年11月～ 平成15年 3月

(3) マルチモーダル知的コンテンツグループ（マルチモーダル知的コンテンツの研究）

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
長尾 確	名古屋大学大学院 情報科学研究科	教授	マルチモーダル 知的コンテンツ	平成12年11月～ 平成15年 3月
伊藤 克亘	名古屋大学大学院 情報科学研究科	助教授	マルチモーダル 知的コンテンツ	平成12年11月～ 平成15年 3月
藤井 敦	筑波大学 図書館情報学系	助教授	マルチモーダル 知的コンテンツ	平成12年11月～ 平成15年 3月

(4) 人間中心の通信方式グループ（人間中心の通信方式の研究）

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
中島秀之	ITRI	顧問	人間中心の通信方式	平成12年11月～平成18年 3月
伊藤日出男	ITRI	主任研究員	人間中心の通信方式	平成12年11月～平成18年 3月
山本吉伸	ITRI	主任研究員	人間中心の通信方式	平成12年11月～平成18年 3月
西村拓一	ITRI	主任研究員	人間中心の通信方式	平成13年 4月～平成18年 3月
森 彰	ITRI	主任研究員	人間中心の通信方式	平成13年 4月～平成18年 3月
橋本 政朋	ITRI	研究員	人間中心の通信方式	平成13年 4月～平成18年 3月
高木 朗	ITRI	客員研究員	人間中心の通信方式	平成15年 4月～平成18年 3月
中田 秀基	産業技術総合研究所 グリッド研究センター	主任研究員	人間中心の通信方式	平成12年11月～平成15年 3月

(5) 知的コンテンツの基盤ソフトウェアグループ（知的コンテンツの基盤ソフトウェアの研究）

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
佐藤 泰介	東京工業大学大学院 情報理工学研究科	教授	ユーザモデルの基盤ソフトウェア	平成12年11月～平成18年 3月
中山 由紀子	東京工業大学	CREST 研究補助員	ユーザモデルの基盤ソフトウェア	平成14年10月～平成18年 3月

5 成果発表等

5. 1 論文発表（国内 26 件、海外 27 件）

1. Itoh, H. i-lidar: an indoor laser radar communication system for the location-based information service environment. Proceedings of World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics, IV, pp.36-40, 2001-07.
2. Sato, T. Parameterized Logic Programs where Computing Meets Learning. Proc. of FLOPS2001, LNCS 2024 Springer, pp.40-60, 2001.
3. Sato, T. and Kameya, Y. Parameter learning of logic programs for symbolic-statistical modeling. Journal of Artificial Intelligence Research (JAIR), Vol.15, pp.391-454, 2001.
4. T. Hidaka, H. Minamide, H. Itoh, I. Morohashi, S. Maeta, K. Komori. Transmission characteristics of PVDF polymer light pipes for coherent THz wave, CPT 2002, pp.115-116, 2002-01.

5. T. Matuda, E. Nishiyama, and H. Itoh. Colorimetry of Structural Color in Insects -Diffraction of light from deep periodic-structures in wing-scales ---, Proc.of the 8th conf. of Sci. and Tech. at the HCMC Univ. of Technol., 2002-04.
6. T. Nishimura and H. Itoh, Y. Yamamoto, and H. Nakashima. A Compact Battery-less Information Terminal (CoBIT) for Location-based Support Systems, Proceedings of SPIE, 2-1, pp.334-338, 2002-08
7. Itoh, H., Akiyama, T., Nishimura, T., Yamamoto, Y., Hidaka, T., and Nakashima, H. Spatial optical interconnection technique with low power consumption for location-based information service environment. OPTICAL MEMORY & NEURAL NETWORKS (INFORMATION OPTICS), 11-3, pp.155-158, 2002-12.
8. X. Lin, M. Mori, and H. Itoh. Pattern recognition neural networks with spatial mapping of biology visual field. RECENT RES DEVEL OPTICAL ENG., pp.10-16, 2003-05.
9. Lin, X. and Itoh, H. Wireless Personal Information Terminal for Indoor Spatial Optical Communication System Using a Modified DataSlim2. *Optical Review*, Vol.10, No.3, pp.155-160, 2003.
10. Lin, X, Mori, M. and Itoh, H. Pattern recognition neural networks with spatial mapping of biology visual field. *Recent Res. Devel. Optical Eng.*, pp.10-16, 2003.
11. T. Nishimura, Y. Nakamura, H. Itoh, and H. Nakashima. System Design of Event Space Information Support Utilizing CoBITs, Proc. of IEEE International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCS2004), pp.384-387, 2004-03.
12. T. Nishimura, H. Itoh, Y. Nakamura, Y. Yamamoto, H. Nakashima. A Compact Battery-Less Information Terminal for Real World Interaction, PERVASIVE 2004, pp.124-139, 2004-04.
13. Itoh, H., Kazuki, K., Nakamura, Y., Nishimura, T., Takizawa, K., and Nakashima, H. Infrared Steered Beam Emitter For Location-Based Information Services. Proc. Of World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI 2004), 2004-07.
14. Izumi, K., Nakamura, S., and Ueda, K. Development of an artificial market model based on a field study. INFORMATION SCIENCES, Vol. 170, No. 1, pp. 35-63, 2004.
15. K. Izumi, T. Yamashita, K. Kurumatani. Analysis of Learning Types in an Artificial Market. Multi-Agent and Multi-Agent-Based Simulation, Springer, pp. 2005-4.
16. Hideo Itou, Lin Xin, Ryosaku Kaji, Tatsuya Niwa, Yoshiyuki Nakamura, Takuichi Nishimura. Aimulet: a multilingual spantial optical voice card terminal for location and direction based information services. Proceedings of 20th ICO, 2005-4.
17. Shunichi Osawa, Hideo Itoh, Yoshiyuki Nakamura, Takuichi Nishimura, Lin Xin, Masamitsu Tokuta. Individual information beam broadcasting system using a PAL SLM based CGH beam former for location based information services. Proceedings of 20th ICO, 2005-4.
18. Atsushi fujii, Katsunobu Itoh, and Tetsuya Ishikawa. Cyclone. An Encyclopedic Web Search Site. The 14th International World Wide Web Conference, 2005-5.
19. Itoh, Hideo. Compact battery-less guest guidance system at the EXPO 2005, Aichi Japan. ICCAS2005, 2005-6.
20. Itoh Hideo, Osawa Shunichi, Nakamura Yoshiyuki, Nishimura Takuichi, Lin Xin, Tokuta Masamitsu. Individual Information Beam Broadcasting System Using a PAL SLM Based CGH Beam Former for the Iocation Based Information Services. Challenging Optics in Science & Technology 20th Congress of the International Commission for Optics, 2005-8.
21. Itoh Hideo, Lin Xin, Ryosaku Kaji, Tatsuya Niwa, Yoshiyuki Nakamura, Takuichi Nishimura. Aimulet: A Bilingual Spatial Optical Voice Card Terminal for Location and Direction Based Information Services. Challenging Optics in Science & Technology 20th congress of International Commission for Optics, 2005-8.

22. Atsushi Fujii and Tetsuya Ishikawa. Image Retrieval and Disambiguation for Encyclopedic Web Search. Proceedings of the 19th International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 1598-1599, 2005-8.
23. Itoh Hideo. Battery Less Spatial Optical Communication Terminals for Location Based Indoor Information Services. Proceedings 7th International Conference on Laser Fiber Optical Networks Modeling(LFNM2005), 2005-9.
24. Atsushi Fujii and Tetsuya Ishikawa. Toward the Automatic Compilation of Multimedia Encyclopedias. Associating Images with Term Descriptions on the Web. Proceedings of the 2005 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence, pp. 536-542, 2005-9.
25. Sato, T. and Kameya, Y. Negation elimination for finite PCFGs. in Logic-based Program Synthesis and Transformation. LNCS 3573, S. Etalle (ed.), pp.117-132, 2005.
26. Hasida, K. Semantic Authoring and Semantic Computing. In Hasida, K. and Nitta, K. (eds.) New Frontiers in Artificial Intelligence: Joint Proceeding of the 17th and 18th Annual Conferences of the Japanese Society for Artificial Intelligence, Springer, 2005. (to appear)
27. Itoh Hideo, Lin Xin, Ryosaku Kaji, Tatsuya Niwa, Yoshiyuki Nakamura, Takuichi Nishimura. Compact Battery less Guest Guidance System at the EXPO 2005, Aichi Japan. Proceedings of ICCAS2005, 2005.
28. 伊藤・山本・山本・吉田・阿部・大宮司・原・真野・松田・西山・下田・中村・伊藤・室内. 低消費電力無線通信ターゲット用レーザレーダシステム. 電総研彙報, Vol.64, No.3, pp.79-85, 2000.
29. 中島 秀之・橋田 浩一・森 彰・伊藤 日出男・本村 陽一・車谷 浩一・山本 吉伸・和泉 潔・野田 五十樹. 情報インフラに基づくグラウンディングとその応用—サイバーアシストプロジェクトの概要—. コンピュータソフトウェア, 18-4, pp.48-56, 2001-07.
30. 松田 豊稔・伊藤 日出男. 蝶翅鱗粉の微細周期構造とその光学特性—微細構造による発色の仕組み—, 光アライアンス, 13-(9), pp.35-41, 2002-09.
31. 西村 拓一・伊藤 日出男・中村 嘉志・山本吉伸・中島 秀之. 位置に基づくインタラクティブ情報支援のための無電源小型情報端末. 情報処理学会論文誌, 44-11, pp.2659-2669, 2003-11.
32. 松尾 豊・福田 隼人・石塚 満. ユーザ個人の閲覧履歴からのキーワード抽出によるブラウジング支援. 人工知能学会誌, Vol.18, No.4E, pp.203-211, 2003.
33. 中村 嘉志・西村 拓一・伊藤 日出男・中島 秀之. 無電源でユーザ属性と位置を発信する CHOBIT 端末の設計と実装. 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.11, pp.2670-2680, 2003.
34. 西村 拓一・伊藤 日出男・中村 嘉志・山本 吉伸・中島 秀之. 位置に基づくインタラクティブ情報支援のための無電源小型情報端末. 情報処理学会論文誌, 44-11, pp.2659-2669, 2003-11.
35. 西村 拓一・中村 嘉志・常盤 拓司・伊藤日出男・中島 秀之・小山 慎哉・矢入(江口)郁子・猪木誠二. 無電源小型情報端末 CoBIT の音源定位方式および視覚情報提示方式の提案. 日本赤外線学会誌, 13(2), 2004-03.
36. 小山 慎哉・矢入(江口) 郁子・猪木 誠・西村 拓一. 赤外線音声通信と低電力小型端末による歩行者の移動支援. 日本赤外線学会論文誌, 13(2), 2004-03.
37. 和泉 潔. 人工市場シミュレーションによる経済理論の検証. シミュレーション, Vol.23 No.3, pp.183-190, 2004.
38. 和泉 潔. 人工市場: 市場現象のエージェントベースモデル. 計測と制御, Vol.43, No.12, pp.950-955, 2004.
39. 幸島 明男・和泉 憲明・車谷 浩一・中島 秀之. ユビキタス計算環境におけるコンテンツ流通のためのマルチエージェントアーキテクチャ: CONSORTS. 人工知能学会論文誌, 19(4):322-333, 2004.

40. 松尾 豊・友部 博教・橋田 浩一・中島 秀之・石塚 満. Web 上の情報から人間関係ネットワークの抽出. 人工知能学会誌, 20(1E), pp.46-56, 2005-1
41. 伊藤 日出男. 光触媒に鮮やかな発色を与える, 構造的発色構造が可能にした美しい光触媒材料. AIST Today, 2005-3.
42. 高木 徹・藤井 敦・石川 徹也. 検索質問の主題分析に基づく類似文書検索と特許検索への応用. 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.4, pp. 1074-1081, 2005-4.
43. 宇田 隆幸・藤井 敦・石川 徹也. テキスト情報を対象としたハイブリッド型情報推薦システムにおける議事投票方式. 情報処理学会論文誌. Vol.46, No5, pp. 1246-1255, 2005-5.
44. 三原 英理・藤井 敦・石川 徹也. World Wide Web を用いたヘルプデスク指向の質問応答システム. 第4回情報科学技術フォーラム講演論文集, pp. 163-166, 2005-8.
45. 馬場 こづえ・藤井 敦・石川 徹也. 小説テキスト自動分類のためのジャンル推定と人物抽出. 第4回情報科学技術フォーラム講演論文集, pp. 67-70, 2005-8.
46. 満 都拉・藤井 敦・石川 徹也. 伝統的モンゴル語の電子化方式とテキスト検索への応用. 電子情報通信学会論文誌 D-11, Vol.J88-D-11, No.10, pp. 2102-2111, 2005-10.
47. 友部 博教・松尾 豊・武田 英明・安田 雪・橋田 浩一・石塚満. Semantic Web のための人の社会ネットワーク抽出と利用. 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.6, pp.1470-1479, 2005.
48. 浅田 洋平・松尾 豊・石塚 満. Web からの研究者ネットワーク抽出の大規模化. 人工知能学会論文誌, 20(6), pp.370-378, 2005.
49. 森 純一郎・松尾 豊・石塚 満. Web からの人物に関するキーワード抽出. 人工知能学会論文誌, 20(5), pp.337-345, 2005.
50. 綾 聡平・松尾 豊・岡崎 直観・橋田 浩一・石塚 満. 修辞構造のアノテーションに基づく要約生成. 人工知能学会誌, 20(3B) pp.149-158, 2005.
51. 和泉 潔. 人工市場によって市場を理解シデザインする. Eco-forum, Vol.23, No.3, pp.20-17, 2005.
52. 山本 大介・長尾 確. 閲覧者によるオンラインビデオコンテンツへのアノテーションとその応用. 人工知能学会論文誌, Vol.20, No.1, pp.67-75, 2005.
53. 三富 文和・藤原 冬樹・山本 正信・佐藤 泰介. 習慣的な行動の確率文脈自由文法に基づくベイズ識別. 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol. J88-D-II, No.4, pp.716-726, 2005.

5. 2 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）

(1) 招待、口頭講演（国内 191 件、海外 163 件）

1. Kameya, Y. and Sato, T. Efficient EM learning with tabulation for parameterized logic programs, Proceedings of the 1st International Conference on Computational Logic (CL2000), LNAI Vol.1861, pp.269-294, 2000.
2. Sato, T. and Kameya Y. A Viterbi-like algorithm and EM learning for statistical abduction. Proceedings of UAI2000 Workshop on Fusion of Domain Knowledge with Data for Decision Support, 2000.
3. Itoh, H. Advanced Device Technology for Opto-interconnection at AIST. The 2nd Meeting on Electronic SI Technologies, Tokyo, 2001-04-01. (招待講演)
4. Sato, T., Kameya, Y., Abe, S., and Shirai, K. Fast EM learning of a family of PCFGs, Technical Report TR01-0006, Tokyo Institute of Technology, 2001-05.
5. H. Itoh, Y. Yamamoto, and H. Nakashima. Modulation characteristics of a liquid crystal light modulator for the locaion based information service environment, Technical digest of CLEO/Pacific Rim 2001, II, pp.266-267, 2001-07.

6. A. Fujii and T. Ishikawa. Question Answering Using Encyclopedic Knowledge Generated from the Web 39th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, Toulouse 2001 –07–06.
7. Itoh, H., Yamamoto, Y., Nakashima, H. Modulation characteristics of a liquid crystal light modulator for the location-based information service environment. CLEO/Pacific Rim 2001, Makuhari, 2001 –07–18.
8. Hideo Itoh, Yoshinobu Yamamoto, and Hideyuki Nakashima. Modulation characteristics of a liquid crystal light modulator for the location-based information service environment. The 4th Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, Chiba/Japan, 2001 –07–18. (招待講演)
9. H. Itoh and H. Nakashima. Location-based Communication Infrastructure for the Cyber Assist Information Service Environment, Proceedings of International Conference on Advances in Infrastructure for Electronic Business, Science and Education on the Internet, SSGRR2001, pp.133.1-133.6, 2001 –08.
10. Itoh, H., Nakashima, H. Location-based Communication Infrastructure for the Cyber Assist Information Service Environment, International Conference on Advances in Infrastructure for Electronic Business Science and Education on the Internet, SSGRR 2001, L'aquila, Italy, 2001 –08 –12.
11. A. Fujii and T. Ishikawa. Japanese/English Cross-Language Information Retrieval: Exploration of Query Translation and Transliteration Computers and the Humanities, Vol.35, No.4, pp.389-420, 2001 –11.
12. A. Fujii and T. Ishikawa. Organizing Encyclopedic Knowledge based on the Web and its Application to Question Answering 39th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, Toulouse 2001.
13. A. Fujii, K. Itou, and T. Ishikawa. Speech-Driven Text Retrieval: Using Target IR Collections for Statistical Language Model Adaptation in Speech Recognition. ACM SIGIR'01 Workshop on Information Retrieval Techniques for Speech Applications, New Orleans, 2001.
14. K. Hasida. Symbol Grounding by Social Information Infrastructure. Third International Conference on Cognitive Science, 2001. (Invited Talk)
15. K. Hasida. Semantic Annotation and Symbol Grounding. First MLabNet Workshop, NII Seminar House, 2001.
16. K. Hasida. Aspects of Semantic Annotation. NLPRS 2001 Workshop on NLP and XML, NII, 2001. (Invited Talk)
17. K. Hasida. Interactive Multimodal Presentation. Dagstuhl Seminar 'Coordination and Fusion in Multimodal Interaction' Schloss Dagstuhl, 2001.
18. S. Higuchi, M. Fukui, A. Fujii, and T. Ishikawa. PRIME: A System for Multi-lingual Patent Retrieval. MT Summit VIII, Santiago de compostela, 2001.
19. K. Itou, A. Fujii, and T. Ishikawa. Language Modeling for Multi-Domain Speech-Driven Text Retrieval. IEEE Automatic Speech Recognition and Understanding Workshop, Madonna di Campiglio, 2001.
20. Y. Matsumoto, Tomoyuki. Ino, and T. Ogasawara. Development of Intelligent Wheelchair System with Face and Gaze Based Interface, Proceedings of 10th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Communication (ROMAN 2001), pp.262-267, 2001.
21. Y. Motomura, I. Hara, K. Itoh, H. Asoh, T. Sato. Task, Situation and User Models for Personal Robots. IJCAI 2001 workshop on Reasoning with Uncertainty in Robotics, 2001.
22. I. Noda, T. Takahashi, S. Morita, T. Koto, and S. Tadokoro. Language Design for Rescue Agent, The Second Kyoto Meeting on Digital Cities, 2001.
23. I. Noda. Rescue Simulation and Location-based Communication Model, Proc. of SCI-2001, 2001.

24. A. Sashima, K. Izumi, K. Kurumatani, R. Kaji, and A. Ohuchi. Business assist software on location-based communication in mobile environment. In N.Callaos, editor, Proc. of Fifth World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI'01), volume IV, pages 58-63. International Institute of Informatics and Systemics, 2001.
25. T. Sato. Minimum Likelihood Estimation from Negative Examples in Statistical Abduction. Proceedings of IJCAI-01 workshop on Abductive Reasoning, Seattle, 2001.
26. K. Seki, A. Fujii, and T. Ishikawa. A Probabilistic Model for Japanese Zero Pronoun Resolution Integrating Syntactic and Semantic Features 6th Natural Language Processing Pacific Rim Symposium, 2001.
27. E. Ueda, Y. Matsumoto, M. Imai, and T. Ogasawara. Hand Pose Estimation for Vision Based Human Interface. Proceedings of 10th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Communication (ROMAN 2001), pp.473-478, 2001.
28. E. Ueda, Y. Matsumoto, M. Imai, and T. Ogasawara. Hand Pose Estimation Using Multi-Viewpoint Silhouette Images, Proceedings of 2001 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS'2001), pp.1989-1996, 2001.
29. N. Vlassis, Y. Motomura, I. Hara, H. Asoh, and T. Matsui. Edge-based Features from Omnidirectional Images for Robot Localization, In Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation (ICRA 2001), 2001.
30. Sato, T., Abe, S., Kameya, Y., and Shirai, K. A Separate-and-Learn Approach to EM Learning of PCFGs. Proceedings of the Sixth Natural Language Processing Pacific Rim Symposium (NLPRS-2001), pp.255-262, 2001.
31. K. Shinoda, I.Noda, and M.Ohta. Behavior Design of Civilian Agent on the Disaster Simulator: The Proposal(in Japanese), 2002-ICII-2,pp.43-50,2002.
32. H. Itoh, T. Akiyama, Y. Yamamoto, T. Hidaka, and H. Nakashima. Modulation characteristics of a liquid crystal light modulation film for location-based spatial optical communication, Technical Digest of Contemporary Photonics Technology 2002, 2002 - 01.
33. Itoh, H. Ferroelectric liquid crystal spatial light modulator for location-based communication with higher data transfer rate IQC/LAT2002, Moscow, 2002 - 06 - 26.
34. H. Itoh, T. Akiyama, Y. Yamamoto, T. Hidaka, and H. Nakashima. Spatial optical interconnection technique with low power consumption for location-based information service environment, OPTICS IN COMPUTING 2002, pp.4-6, 2002 - 08.
35. K. Shinoda, I. Noda, and M. Ohta. Behavior Design of Civilian Agent on the Disaster Simulator: The Proposal (in Japanese), 2002-ICII-2, pp.43-50, 2002.
36. K. Kurumatani and A. Ohuchi. World Trade League as a Standard Problem for Multi-Agent Economics - Concept and Background, Terano, T. et al. (Eds.), New Frontiers in Artificial Intelligence - Joint JSAI 2001 Workshop Post-Proceedings (LNAI 2253), pp.208-217, Springer-Verlag, 2002.
37. Zhou, N.-F. and Sato, T. Toward a High-performance System for Symbolic and Statistical Modeling. Technical Report (Computer Science) TR-200212, City University of New York, 2002.
38. HASIDA, Koiti. Semantic Annotation for Machine Translation and Whatever. Workshop 'Survey on Research and Development of Machine Translation in Asian Countries' Phuket, Thailand. 2002.
39. NAGAO, Katashi, OHIRA, Shigeki, YONEOKA, Mitsuhiro, Annotation-Based Multimedia Summarization and Translation, The Nineteenth International Conference on Computational Linguistics (COLING 2002), pp.702-708, 2002.
40. Itoh, H., Akiyama, T., Yano, Y., Nakamura, Y., Nishimura, T., Yamoto, Y., Hidaka, T., Nakashima, H. Lower Voltage Operating Polymer Dispersed Liquid Crystal Light Modulator for the Location-based Information Service Environment. Contemporary Photonics Technology 2003 (CPT2003), Tokyo, 2003 - 01 - 15.

41. Y. Nakamura, T. Nishimura, H. Itoh., H. Nakashima. A System of Card Type Battery-less Information Terminal: CardBIT for Situated Interaction. In Proc. of IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom 2003), pp.369-377, 2003 – 03.
42. Hasida, K. Distributed Semantic Authoring as Foundation of Semantic Society. Workshop "From Semantic Web to Semantic World", 2003 – 06 – 24.
43. T. Nishimura, H. Itoh, Y. Nakamura, and H. Nakashima. A Compact Battery-less Information Terminal for Interactive Information Support. UbiComp 2003 Workshop: Multi-Device Interfaces for Ubiquitous Peripheral Interaction, 2003 – 10.
44. Y. Nakamura. T. Nishimura. H. Itoh. H. Nakashima. ID-CoBIT: A Battery-less Information Terminal with Data Upload Capability. In Proc. of the 29th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, (IECON 2003), 2003 – 11.
45. T. Nakajima, H. Itoh, S. Kokudo, and H. Nakashima. Robust Free Space Optical Communication for Indoor Information Environment, Proceedings of SPIE, 5264, pp.214-225, 2003 – 11.
46. Itoh, H., Utiyama, A., Nakamura, Y., Yamamoto, Y., Nishimura, T., Nemoto, T., Nakashima, H., and Iwasaki, T. CHARACTERISTICS OF A POLYIMIDE-HINGED MEMS BEAM SCANNER FOR LOCATION-BASED INFORMATION SERVICES, CLEO R /Pacific Rim 2003, 2003 – 12.
47. Izumi, K. Analysis of Efficiency and Accuracy of Learning in Minority Games, Proceedings of the International Workshop on Agent-Based Modeling, pp.35-46, 2003.
48. Hidenori Kawamura, Koichi Kurumatani, Azuma Ohuchi. Modeling of Theme Park Problem with Multiagent for Mass User Support. in the Proc. of MAMUS-03, IJCAI, pp.1-10, 2003.
49. Koichi Kurumatani. Mass User Support by Social Coordination among Users, in the Proc. of MAMUS-03, IJCAI, pp.58-59, 2003.
50. Matsuo, Y., Tomobe, H., Hasida, K., and Ishizuka, M. Mining Social Network of Conference Participants from the Web. Web Intelligence 2003.
51. Miyata, T. and Hasida, K. Information Retrieval Based on Linguistic Structure. Japanese-German Workshop on Natural Language Processing - NLP for Information Management and Semantic Web, 2003.
52. Nagao, K., Shimizu, T., and Kaji, K. Discussion Mining: Knowledge Discovery from Semantically Annotated Discussion Records, Workshop "From Semantic Web to Semantic World," 2003.
53. Sashima, A., Izumi, N., Kurumatani, K. Location-Mediated Service Coordination in Ubiquitous Computing. in the Proc. of the Third International Workshop on Ontologies in Agent Systems (OAS-03), AAMAS-03. pp.39-46, 2003.
54. Sato, T. and Zhou, N.-F. A New Perspective of PRISM Relational Modeling. Proceedings of IJCAI-03 workshop on Learning Statistical Models from Relational Data (SRL2003), 2003.
55. Tomohisa Yamashita, Koichi Kurumatani, Robert Axtell, Azuma Ohuchi. Group Formation with Split Rule in Social Dilemmas, in the Proc. of AAMAS-03, pp.1164-1165, 2003.
56. Tomohisa Yamashita, Koichi Kurumatani. Promoting Cooperation by Group Dynamics in Social Dilemmas, in the Proc. of the International Workshop on Agent-Based Modeling (WABM), JSAI, pp.13-24, 2003.
57. Tomohisa Yamashita, Koichi Kurumatani, Robert Axtell. Group Dynamics in Social Dilemmas based on Mutual Choice Metanorm, in the Proc. of MAMUS-03, IJCAI, pp.26-34, 2003.
58. Zhou, Neng-Fa and Sato, T. Efficient Fixpoint Computation in Linear Tabling, Proceedings of the Conference on Principles and Practice of Declarative Programming (PPDP2003), Uppsala, 2003.
59. Zhou, N.-F., Sato, T. and Hasida, K. Toward a high-performance system for symbolic and Statistical Modeling, Proceedings of IJCAI-03 workshop on Learning Statistical Models from Relational Data (SRL2003), 2003.

60. Sashima, A., Izumi, N., Kurumatani, K. (AIST and CREST). Location-Mediated Service Coordination in Ubiquitous Computing, in the Proc. of the Third International Workshop on Ontologies in Agent Systems (OAS-03), AAMAS-03, pp.39-46, 2003.
61. Tomohisa Yamashita, Koichi Kurumatani (AIST and CREST), Robert Axtell, Azuma Ohuchi. Group Formation with Split Rule in Social Dilemmas, in the Proc. of AAMAS-03, pp.1164-1165, 2003.
62. Tomohisa Yamashita, Koichi Kurumatani (AIST and CREST). Promoting Cooperation by Group Dynamics in Social Dilemmas, in the Proc. of the International Workshop on Agent-Based Modeling (WABM), JSAI, pp.13-24, 2003.
63. Tomohisa Yamashita, Koichi Kurumatani (AIST and CREST), Robert Axtell. Group Dynamics in Social Dilemmas based on Mutual Choice Metanorm, in the Proc. of MAMUS-03, IJCAI, pp.26-34, 2003.
64. Sato, T. and Zhou, N.-F. A new perspective of PRISM relational modeling. Proceedings of IJCAI-03 workshop on Learning Statistical Models from Relational Data (SRL2003), pp.133-139, 2003.
65. Zhou, N.-F., Sato, T., and Hashida, K. Toward a high-performance system for symbolic and statistical modeling. Proceedings of IJCAI-03 workshop on Learning Statistical Models from Relational Data (SRL2003), pp.153-159, 2003.
66. Zhou, N.-F. and Sato, T. Efficient Fixpoint Computation in Linear Tabling. Proceedings of the 5th ACM-SIGPLAN International Conference on Principles and Practice of Declarative Programming (PPDP 03), pp.275-283, 2003.
67. Sakamoto, K., Miyazaki, N., Nakamura, Y., Kimura, Y., kurata, T., Itoh, H., Nimura, T., and Nakashima, H. An Infrastructure System for Event Space Information Support, International Workshop on Smart Appliances and Wearable Computing, Tokyo, 2004-03-23.
68. T. Nishimura, Y. Nakamura, H. Itoh, and H. Nakashima. System Design of Event Space Information Support Utilizing CoBITS. Proc. of IEEE International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCS2004), pp.384-387, 2004-03.
69. T. Nishimura, H. Itoh, Y. Nakamura, Y. Yamamoto, H. Nakashima. A Compact Battery-Less Information Terminal for Real World Interaction, PERSASIVE 2004, pp.124-139, 2004-04.
70. Hiroshi FUJIMURA, Katsunobu ITOU, Kazuya TAKEDA, Fumitada ITAKURA, In-car speech recognition experiments using a large-scale multi-mode dialogue corpus ICA2004, 2004-04 .(invited)
71. Atsushi Fujii, Makoto Iwayama, and Noriko Kando, Test Collections for Patent-to-Patent Retrieval and Patent Map Generation in NTCIR-4 Workshop. Proceedings of the 4th International Conference on Language Resources and Evaluation, pp.1643-1646, 2004-05.
72. Tomoyosi Akiba, Atsushi Fujii, and Katunobu Itou, Collecting Spontaneously Spoken Queries for Information Retrieval. Proceedings of the 4th International Conference on Language Resources and Evaluation, pp.1439-1442, 2004-05.
73. H. Itoh, K. Kosugi, S. Lin, Y. Nakamura, T. Nishimura, K. Takizawa, and H. Nakashima. Spatial optical point-to-point communication system for indoor location-based informataion services. Technical Digest of ICO'04 Tokyo, pp.185-186, 2004-07.
74. H. Itoh, K. Kosugi, Y. Nakamura, T. Nishimura, K. Takizawa, and H. Nakashima. Infrared Steered Beam Emitter For Location-Based Information Services. Proc. Of World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI 2004), 2004-07.
75. Atsushi Fujii, Makoto Iwayama, and Noriko Kando, The Patent Retrieval Task in the Fourth NTCIR Workshop. Proceedings of the 27th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval, pp.560-561, 2004-07.
76. H. Itoh, K. Kosugi, S. Xin, Y. Nakamura, T. Nishimura, K. Takizawa, and H. Nakashima. Spatial optical point-to-point communication system for indoor location-based informataion services. Technical Digest of ICO '04 Tokyo, pp.185-186, 2004-07.

77. Atsushi Fujii and Tetsuya Ishikawa, Summarizing Encyclopedic Term Descriptions on the Web. Proceedings of the 20th International Conference on Computational Linguistics, pp.645-651, 2004 – 08.
78. Atsushi Fujii, Tetsuya Ishikawa, and Jong-Hyeok Lee. Term Extraction from Korean Corpora via Japanese. Proceedings of the 3rd International Workshop on Computational Terminology, pp.71-74, 2004 – 08.
79. Tomoyosi Akiba, Atsushi Fujii, and Katunobu Itou, Effects of Language Modeling on Speech-driven Question Answering. Proceedings of the 8th International Conference on Spoken Language Processing, pp.1053-1056, 2004 – 10.
80. Atsushi Fujii, Katunobu Itou, Tomoyosi Akiba, and Tetsuya Ishikawa, Unsupervised Topic Adaptation for Lecture Speech Retrieval. Proceedings of the 8th International Conference on Spoken Language Processing, pp.2957-2960, 2004 – 10.
81. Toru Takaki, Atsushi Fujii, and Tetsuya Ishikawa, Associative Document Retrieval by Query Subtopic Analysis and its Application to Invalidity Patent Search. Proceedings of the 13th Conference on Information and Knowledge Management, pp.399-405, 2004 – 11.
82. Yutaka Matsuo, Akira Takagi, Masayoshi Hratsuka, Koiti Hasida, and Hideyuki Nakashima. Spatial Function Representation and Retrieval. Proceedings of PRICAI 2004.
83. Akio Sashima, Noriaki Izumi, and Koichi Kurumatani. Agents that Coordinate Devices, Services, and Humans in Ubiquitous Computing. Proceedings of the Eighth International Workshop CIA 2004 on Cooperative Information Agents (LNAI 3191), pp.167-182, 2004.
84. Akio Sashima, Noriaki Izumi, and Koichi Kurumatani. Agents that Coordinate Web Services in Ubiquitous Computing. Proceedings of the 2nd International Symposium on Ubiquitous Computing Systems (UCS 2004), pp.75-82, 2004.
85. Akio Sashima, Noriaki Izumi, and Koichi Kurumatani. Bridging Coordination Gaps between Devices, Services, and Humans in Ubiquitous Computing. Proc. of the International Workshop on Agents for Ubiquitous Computing, 3rd International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi Agent Systems, pp.37-44, 2004.
86. Akio Sashima, Noriaki Izumi, and Koichi Kurumatani. CONSORTS: A multiagent architecture for service coordination in ubiquitous computing. Multi-Agent for Mass User Support (LNAI 3012), pages 190-216. Springer, 2004.
87. Akio Sashima, Noriaki Izumi, and Koichi Kurumatani. Location-Mediated Web Services Coordination in Ubiquitous Computing. Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Services Computing (SCC 2004), pp. 109-115, 2004.
88. Akio Sashima, Noriaki Izumi, and Koichi Kurumatani. Location-aware middle agents in pervasive computing. Proceedings of the 2004 International Conference on Pervasive Computing and Communications, pp.820-826. CSREA, 2004.
89. Akio Sashima, Noriaki Izumi, and Koichi Kurumatani. Location-mediated coordination of web services in ubiquitous computing. Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Web Services (ICWS 2004), pp.822-823. IEEE, 2004.
90. K. Izumi, T. Yamashita, and K. Kurumatani, Analysis of Complexity and Time Restriction in Resources Allocation Problems, Proceedings of the 9th Workshop on Economics and Heterogeneous Interacting Agents (WEHIA2004), 2004.
91. K. Izumi, T. Yamashita, and K. Kurumatani. Analysis of Efficiency and Accuracy of Learning in Minority Games. Proceedings of the Third International Joint Conference on Autonomous Agents & Multi Agent Systems (AAMAS2004), 2004.
92. K. Izumi, T. Yamashita, and K. Kurumatani. Analysis of Learning Types in an Artificial Market. Proceedings of Joint Workshop on Multi-Agent and Multi-Agent-Based Simulation (MAMABS04), 2004.

93. K. Izumi, T. Yamashita, and K. Kurumatani. Control of Learning Types for Efficient Resource Allocation. Proceedings of North American Association for Computational Social and Organizational Science (NAACSOS) Conference, 2004.
94. K. Izumi, T. Yamashita, and K. Kurumatani. Reward Mechanism of Agent Types in Minority Games. Proceedings of Second Conference of the European Social Simulation Association (ESSA2004), 2004.
95. Tomohisa Yamashita, Kiyoshi Izumi, and Koichi Kurumatani. Analysis of the Effect of Route Information Sharing on Reduction of Traffic Congestion. The Proceedings of Workshop on Agents in Traffic and Transportation, pp. 94-101, New York, U.S.A, 2004.
96. Tomohisa Yamashita, Kiyoshi Izumi, and Koichi Kurumatani. Car Navigation with Route Information Sharing for Improvement of Traffic Efficiency. The Proceedings of 7th Annual IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, pp. 465-470, Washington, D.C., U.S.A, 2004.
97. Tomohisa Yamashita, Kiyoshi Izumi, and Koichi Kurumatani. Effect of Car Navigation with Route Information Sharing on Improvement of Traffic Efficiency. The Proceedings of Second Conference of the European Social Simulation Association, (CD-ROM), Valladolid, Spain, 2004.
98. Tomohisa Yamashita, Kiyoshi Izumi, and Koichi Kurumatani. Effect of Mutual Choice Metanorm in Group Dynamics for Solving Social Dilemmas. The Proceedings of The Third International Workshop on Agent-based Approaches in Economic and Social Complex Systems, pp. 73-80, Kyoto, Japan, 2004.
99. Tomohisa Yamashita, Kiyoshi Izumi, and Koichi Kurumatani. Effective Information Sharing based on Mass User Support for Reduction of Traffic Congestion. The Proceedings of International Conference of Complex Systems, CD-ROM, Boston, U.S.A, 2004.
100. Tomohisa Yamashita, Kiyoshi Izumi, and Koichi Kurumatani. Improvement of Efficiency of Traffic Flow with Route Information Sharing. The Proceedings of North American Association for Computational Social and Organizational Science, CD-ROM, Pittsburgh, U.S.A, 2004.
101. Tomohisa Yamashita, Kiyoshi Izumi, and Koichi Kurumatani. Investigation of Improvement of Traffic Efficiency by Route Information Sharing. The Proceedings of 9th Workshop on Economics and Heterogeneous Interacting Agents, CD-ROM, Kyoto, Japan, 2004.
102. Tomohisa Yamashita, Kiyoshi Izumi, and Koichi Kurumatani. Investigation of Reduction of Traffic Congestion with Route Information Sharing. The Proceedings of Third International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, pp. 1446-1447, New York, U.S.A, 2004.
103. Tomohisa Yamashita, Kiyoshi Izumi, and Koichi Kurumatani. Investigation of the Effect of Group Dynamics for Solving Social Dilemmas. The Proceedings of The Joint Workshop on Multi-Agent and Multi-Agent-Based Simulation, pp. 141-150, New York, U.S.A, 2004.
104. Katsuhiko Kaji, Katashi Nagao, MiXA: A Musical Annotation System, Proceedings of the 3rd International Semantic Web Conference, 2004.
105. Katashi Nagao, Katsuhiko Kaji, Daisuke Yamamoto, Hironori Tomobe, Discussion Mining: Annotation-Based Knowledge Discovery from Real World Activities, Proceedings of the Fifth Pacific-Rim Conference on Multimedia (PCM 2004), 2004.
106. Yamamoto Daisuke, Katashi Nagao, iVAS: Web-based Video Annotation System and its Applications, Proceedings of the 3rd International Semantic Web Conference, 2004.
107. Akio Sashima, Noriaki Izumi, and Koichi Kurumatani. Agents that Coordinate Devices, Services, and Humans in Ubiquitous Computing. Proceedings of the Eighth International Workshop CIA 2004 on Cooperative Information Agents (LNAI 3191), pp.167-182, 2004.
108. Akio Sashima, Noriaki Izumi, and Koichi Kurumatani. Agents that Coordinate Web Services in Ubiquitous Computing. Proceedings of the 2nd International Symposium on Ubiquitous Computing Systems (UCS 2004), pp.75-82, 2004.

109. Akio Sashima, Noriaki Izumi, and Koichi Kurumatani. Bridging Coordination Gaps between Devices, Services, and Humans in Ubiquitous Computing. Proc. of the International Workshop on Agents for Ubiquitous Computing, 3rd International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi Agent Systems, pp.37-44, 2004.
110. Akio Sashima, Noriaki Izumi, and Koichi Kurumatani. CONSORTS: A multiagent architecture for service coordination in ubiquitous computing. Multi-Agent for Mass User Support (LNAI 3012), pages 190-216. Springer, 2004.
111. Akio Sashima, Noriaki Izumi, and Koichi Kurumatani. Location-Mediated Web Services Coordination in Ubiquitous Computing. Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Services Computing (SCC 2004), pp. 109-115, 2004.
112. Akio Sashima, Noriaki Izumi, and Koichi Kurumatani. Location-aware middle agents in pervasive computing. Proceedings of the 2004 International Conference on Pervasive Computing and Communications, pp.820-826. CSREA, 2004.
113. Akio Sashima, Noriaki Izumi, and Koichi Kurumatani. Location-mediated coordination of web services in ubiquitous computing. Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Web Services (ICWS 2004), pp.822-823. IEEE, 2004.
114. K. Izumi, T. Yamashita, and K. Kurumatani, Analysis of Complexity and Time Restriction in Resouces Alllocation Problems, Proceedings of the 9th Workshop on Economics and Heterogeneous Interacting Agents (WEHIA2004), 2004.
115. K. Izumi, T. Yamashita, and K. Kurumatani. Analysis of Efficiency and Accuracy of Learning in Minority Games. Proceedings of the Third International Joint Conference on Autonomous Agents & Multi Agent Systems (AAMAS2004), 2004.
116. K. Izumi, T. Yamashita, and K. Kurumatani. Analysis of Learning Types in an Artificial Market. Proceedings of Joint Workshop on Multi-Agent and Multi-Agent-Based Simulation (MAMABS04), 2004.
117. K. Izumi, T. Yamashita, and K. Kurumatani. Control of Learning Types for Efficient Resource Allocation. Proceedings of North American Association for Computational Social and Organizational Science (NAACSOS) Conference, 2004.
118. K. Izumi, T. Yamashita, and K. Kurumatani. Reward Mechanism of Agent Types in Minority Games. Proceedings of Second Conference of the European Social Simulation Association (ESSA2004), 2004.
119. Tomohisa Yamashita, Kiyoshi Izumi, and Koichi Kurumatani. Analysis of the Effect of Route Information Sharing on Reduction of Traffic Congestion. The Proceedings of Workshop on Agents in Traffic and Transportation, pp. 94-101, New York, U.S.A, 2004.
120. Kameya, Y. Sato, T. and Zhou, N.-F. Yet More Efficient EM Learning for Parameterized Logic Programs by Inter-Goal Sharing. Proceedings of the 16th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI2004), pp.490-494, 2004.
121. Zhou, N.-F., Shen, Y.D. and Sato, T. Semi-naive Evaluation in Linear Tabling. Proceedings of the 6th ACM-SIGPLAN International Conference on Principles and Practice of Declarative Programming (PPDP04), pp.90-97, 2004.
122. Sato, T. and Kameya, Y. A Dynamic Programming Approach to Parameter Learning of Generative Models with Failure. Proceedings of ICML 2004 workshop on Learning Statistical Models from Relational Data (SRL2004), 2004.
123. Sato, T. and Kameya, Y. Negation elimination for finite PCFGs. Proceedings of the International Symposium on Logic-based Program Synthesis and Transformation 2004 (LOPSTR04), pp.119-134, 2004.
124. Takuichi Nishimura, Hideo Itoh, Yoshiyuki Nakamura, Yoshinobu Yamamoto, and Hideyuki Nakashima. A Compact Battery-Less Information Terminal for Real World Interaction. PERVASIVE 2004, Springer LNCS 3001, pp.124-139, 2004.

125. Ikuko Shimizu Okatani and Nishimura Takuichi. Location-based Information Support System Using Multiple Cameras and LED Light Sources with the Compact Battery-less Information Terminal (CoBIT). ECCV 2004 Workshop on Computer Vision in Human-Computer Interaction, Springer LNCS 3058, pp.142-152, 2004.
126. K. Sakamoto, N. Miyazaki, Y. Nakamura, Y. Motomura, T. Kurata, H. Itoh, T. Nishimura, and H. Nakashima. An Infrastructure System for Event Space Information Support. International Workshop on Smart Appliances and Wearable Computing (IWSAWC2004), 2004.
127. Takuichi Nishimura, Fusako Kusunoki, Ikuko Yairi, Seiji Igi. Collaboration of Interactive Table System and Event System. Proc. of INSS2004, pp.0233-0236, 2004.
128. T. Nishimura, Y. Nakamura, H. Itoh, and H. Nakashima. System Design of Event Space Information Support Utilizing CoBITs. Proc. of IEEE International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCS 2004), pp.384-387, 2004.
129. Naoaki Okazaki, Yutaka Matsuo, and Mitsuru Ishizuka. Improving Chronological Sentence Ordering by Precedence Relation. Proc. of 20th Int'l Conf. on Computational Linguistics (COLING '04), Geneva, pp.750-756, 2004.
130. Yutaka Matsuo, Hironori Tomobe, Koiti Hasida and Mitsuru Ishizuka. Finding Social Network for Trust Calculation. Proc. of 16th European Conf. on Artificial Intelligence (ECAI 2004), pp.510-514, 2004.
131. Tomohisa Yamashita, Kiyoshi Izumi, and Koichi Kurumatani. Car Navigation with Route Information Sharing for Improvement of Traffic Efficiency. The Proceedings of 7th Annual IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, pp. 465-470, Washington, D.C., U.S.A, 2004.
132. Tomohisa Yamashita, Kiyoshi Izumi, and Koichi Kurumatani. Effect of Car Navigation with Route Information Sharing on Improvement of Traffic Efficiency. The Proceedings of Second Conference of the European Social Simulation Association, (CD-ROM), Valladolid, Spain, 2004.
133. Tomohisa Yamashita, Kiyoshi Izumi, and Koichi Kurumatani. Effect of Mutual Choice Metanorm in Group Dynamics for Solving Social Dilemmas. The Proceedings of The Third International Workshop on Agent-based Approaches in Economic and Social Complex Systems, pp. 73-80, Kyoto, Japan, 2004.
134. Tomohisa Yamashita, Kiyoshi Izumi, and Koichi Kurumatani. Effective Information Sharing based on Mass User Support for Reduction of Traffic Congestion. The Proceedings of International Conference of Complex Systems, CD-ROM, Boston, 2004.
135. Tomohisa Yamashita, Kiyoshi Izumi, and Koichi Kurumatani. Improvement of Efficiency of Traffic Flow with Route Information Sharing. The Proceedings of North American Association for Computational Social and Organizational Science, CD-ROM, Pittsburgh, U.S.A, 2004.
136. Tomohisa Yamashita, Kiyoshi Izumi, and Koichi Kurumatani. Investigation of Improvement of Traffic Efficiency by Route Information Sharing. The Proceedings of 9th Workshop on Economics and Heterogeneous Interacting Agents, CD-ROM, Kyoto, Japan, 2004.
137. Tomohisa Yamashita, Kiyoshi Izumi, and Koichi Kurumatani. Investigation of Reduction of Traffic Congestion with Route Information Sharing. The Proceedings of Third International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, pp. 1446-1447, New York, U.S.A, 2004.
138. Tomohisa Yamashita, Kiyoshi Izumi, and Koichi Kurumatani. Investigation of the Effect of Group Dynamics for Solving Social Dilemmas. The Proceedings of The Joint Workshop on Multi-Agent and Multi-Agent-Based Simulation, pp. 141-150, New York, U.S.A, 2004.
139. Zhou, N.-F., Shen, Y.-D. and Sato, T. Semi-naive Evaluation in Linear Tabling. Proceedings of the 6th ACM-SIGPLAN International Conference on Principles and Practice of Declarative Programming (PPDP04), pp.90-97, 2004.
140. Sato, T. and Kameya, Y. A Dynamic programming approach to parameter learning of generative models with failure. Proceedings of ICML Workshop on Statistical Relational Learning and its Connection to Other Fields (SRL2004), 2004.

141. Kameya, Y., Sato, T. and Zhou, N.-F. Yet more efficient EM learning for parameterized logic programs by inter-goal sharing. Proceedings of the 16th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI2004), pp.490-494, 2004.
142. Dula Man, Atsushi Fujii, and Tetsuya Ishikawa, A Method for Producing On-line Text Databases in Traditional Mongolian and its Application to Text Retrieval. Proceedings of the International Conference on Chinese Computing 2005, pp.201-207, 2005—03.
143. Miyata, T. and Hasida, K. Information Retrieval Based on Semantic Structures. In Proceedings of the 2nd Language and Technology Conference, pp.167-171, 2005—4.
144. Hideyuki Nakashima. From Cybernetics to Symbiosis:A New Picture on Man-Machine Collaboration. 2005 Proc. of INSS2005(Second International Workshop on Network Systems), San Diego, Invited Taik, p.141, 2005—6.
145. H. Matsui, K. Izumi, S. Tojo. Learning Foreign Exchange Intervention Policies with an Artificial Market. 4th International Conference on Computational Intelligence in Economics and Finance, 2005—7.
146. Noda, Itsuki. Scalability of Dial-a-Ride Systems. A Case Study to Asses Jutilities of Ubiquitous Mass User Support. Massively Multi-Agent System I, Springer, 2005, Toru Ishida, Les Gasser, Hideyuki Nakashima ed., pp. 323-324, 2005—7.
147. Noda, Itsuki. Ohta, Masayuki. Kumada, Yoichiro, Nakashima, Hideyuki. Usability of Dial-a-Ride Systems. Proc. of AAMAS-2005, ed., pp.(p-726), 2005—7.
148. Hideo Itoh, Lin Xin, Ryosaku Kaji, Tastuya Niwa, Yoshiyuki Nakamura, Takuichi Nishimura. Aimulet:A Bilingual Spatial Optical Voice Card Terminal for Location and Direction Based Information Services. 20th congress of the International Commission for Optics, 2005—8.
149. Hideo Itoh, Lin Xin, Ryosaku Kaji, Tastuya Niwa, Yoshiyuki Nakamura, Takuichi Nishimura. Aimulet: a multilingual spatial optical voice card terminal for location and direction based information services. 20th Congress of the International Commission for Optics, 2005—8.
150. Shunichi Osawa, Hideo Itoh, Yoshiyuki Nakamura, Takuichi Nishimura, Lin Xin, Masamitsu Tokuta. Individual information beam broadcasting system using a PAL-SLM based CGH beam former for the location based information services. 20th Congress of the International Commission for Optics, 2005—8.
151. Hideo Itoh, Shunichi Osawa, Yoshiyuki Nakamura, Takuichi Nishimura, Lin Xin, Masamitsu Tokuta. Individual Information Beam Broadcasting System Using a PAL-SLM Based CGH Beam Former for the Iocation Based Information Services. Challenging Optics in Science & Technology 20th Congress of the International Commission for Optics. 2005—8—21.
152. Hideo Itoh. BATTERY-LESS SPATIAL OPTICAL COMMUNICATION TERMINALS FOR LOCATION-BASED INDOOR INFORMATION SERVICES. Proceedings 7th International Conference on Laser and Fiber-Optical Networks Modeling(LFNM 2005) , 2005—9.
153. Miyata, T. and Hasida, K. Error-driven Learning with Bracketing Constraints. In Pre-Proceedings of the 5th Finite-State Methods and Natural Language Processing, pp. 133-144, Helsinki, Finland, 2005—9.
154. Hiroshi Fujimura, Chiyomi Miyajima, Katsunobu Itou, Kazuya Takeda, Fumitada Itakura, Analysis of a large in-car speech corpus and its application to the multimodel ASR ICASSP 2005. SP-P4.8.
155. Akafuji, T. and Harumoto, K. and Kandori, K., Hasida, K. and Shimojo, S. An Annotation Method and Application for Video Contents Based on a Semantic Graph. Proceedings of Pacific-Rim Conference on Multimedia (PCM2004) Part 1, pp.478-486, 2005.
156. Kamimaeda, N., Izumi, N., and Hasida, K. Discovery of Key Persons in Knowledge Creation Based on Semantic Authoring. KMAP 2005, 2005.
157. Matsuo, Y. and Yasuda, Y. An Analysis of Researcher Network Evolution on the Web. ANDI ‘05, 2005.

158. Miyata, T. and Hasida, K. Semantic-Structure-Based Search Engine. WWW 2005 Workshop "Activities on Semantic Web Technologies in Japan, 2005.
159. Juichiro Mori, Yutaka Matsuo, Koiti Hasida, and Mitsuru Ishizuka. Web Mining Approach for a User-centered Semantic Web. Workshop on End User Aspects of the Semantic Web.
160. Kaji, K., Hirata, K., and Nagao, K. A Music Recommendation System Based on Annotations about Listeners' Preferences and Situations. AXMEDIS Conference, 2005.
161. Yamamoto, D., Ohira, S., and Nagao, K. Weblog-style Video Annotation and Syndication. AXMEDIS Conference, 2005.
162. Sato, T. A Generic Approach to EM Learning for Symbolic-Statistical Models. Proceedings of the 4th Learning Language in Logic Workshop (LLL05), 2005.
163. Sato, T., Kameya, Y. and Zhou, N.-F. Generative modeling with failure in PRISM. Proceedings of the 19th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI2005), pp.847-852, 2005.
164. 幸島 明男. XML 通信と経済シミュレーション. 経済標準問題研究会, はこだて未来大学, 2001-01.
165. 野田 五十樹・松原 仁. ロボカップレスキューシミュレーション. 第 13 回自立分散システムシンポジウム, 公立はこだて未来大学, pp.221-228, 2001-01.
166. 中島 秀之・伊藤 日出男・山本 吉伸. 位置に基づく通信の提案. モバイルコンピューティングとワイヤレス通信研究会, 2001-02-01.
167. 中島 秀之・伊藤 日出男・山本 吉伸. 位置に基づく通信の提案. 情報処理学会研究報告 2001-MBL-16, 2001-02.
168. 伊藤 日出男・尾形 顕・秋山 猛・日高 建彦・中島 秀之. 室内レーザレーダ通信システムのための液晶フィルムの光変調特性. 信学技報 OPE2000-146, pp.43-48, 2001-02.
169. 中島 秀之・伊藤 日出男・山本 吉伸. 位置に基づく通信の提案. 情報処理学会 MBL 研究会, 2001-03-06.
170. 伊藤 誠悟・白松 俊・横山 憲司・山本 浩司・橋田 浩一・奥乃 博. 2 種類の文書アノテーション GDA・UNL 自動変換システム. 第 11 回 AI チャレンジ研究会, 2001-03-11.
171. 秋山 猛・尾形 顕・伊藤 日出男・日高 建彦・中島 秀之. 位置に基づく室内情報サービスのための液晶フィルムの変調特性. 第 48 回応用物理学会関係連合講演会 講演予稿集, No.1, p.185, 28p-W-14, 2001-03-28.
172. 伊藤 日出男・尾形 顕・秋山 猛・日高 建彦・中島 秀之. 2 軸自動回転ステージとレーザ測距儀による室内レーザレーダ. 第 48 回応用物理学会関係連合講演会 講演予稿集, No.1, p.185, 28p-W-13 2001-03-28.
173. 伊藤 誠悟・白松 俊・橋田 浩一・奥乃 博. UNL EnConverter を用いた GDA-UNL 変換. 情報処理学会第 62 回年全国大会, 8M-07, 2001-03.
174. 車谷 浩一 他. 国際貿易リーグ：マルチエージェント経済における標準問題－背景と概念. 計測自動制御学会システム工学部会・知能工学部会共催研究会, pp.27-32, 2001-03.
175. 白松 俊・伊藤 誠悟・橋田 浩一・奥乃 博. 共起辞書とシソーラスを用いた単語間二項関係変換アルゴリズム. 情報処理学会第 62 回年全国大会, 6M-08, 2001-03.
176. 白松 俊・伊藤 誠悟・橋田 浩一・奥乃 博. 単語間二項関係の制約を使用した GDA-UNL 変換システム. 情報処理学会自然言語処理研究会 2001-NL-141, Mar. 2001-03.
177. 鈴木 潤・橋田 浩一. GDA タグを利用した回答抽出システムの提案. 言語処理学会第 7 回年次大会, 東京, 2001-03.
178. 関 和広・藤井 敦・石川 徹也. 確率モデルに基づく日本語ゼロ代名詞の照応解消. 言語処理学会第 7 回年次大会, pp.510-513, 東京, 2001-03.
179. 樋口 重人・福井 雅敏・藤井 敦・石川 徹也. 特許情報を対象とした言語横断検索システムの開発. 言語処理学会第 7 回年次大会, pp.445-447, 東京, 2001-03.

180. Atsushi Fujii and Tetsuya Ishikawa. Evaluating Multi-lingual Information Retrieval and Clustering at ULIS. Proceedings of the 2nd NTCIR Workshop, Tokyo. 2001-03.
181. 山本 浩司・白松 俊・伊藤 誠悟・橋田 浩一・奥乃 博. 不完全なタグを持つ文書の照応解析によるタグの洗練化. 情報処理学会第 62 回年全国大会, 8M-08, 2001-03.
182. 横山 憲司・白松 俊・伊藤 誠悟・橋田 浩一・奥乃 博. 不完全な GDA タグを持つ文書の構文解析によるタグの詳細化. 情報処理学会第 62 回年全国大会, 8M-06, 2001-03.
183. 伊藤 日出男. レーザービームのスキャンを用いた新技術. 光応用技術研究会第 5 回研究会, つくば研究支援センター, 2001-04-01. (招待講演)
184. 藤井 敦・伊藤 克亘・秋葉 友良・石川 徹也. 音声言語データの構造化に基づく講演発表の自動要約. ワークショップ「話し言葉の科学と工学」, pp.173-177, 東京, 2001-5.
185. 伊藤 日出男. i-lidar(TM) : 位置計測と通信の同時実現による情報サービスシステム. モバイルコンピューティングとワイヤレス通信 高度交通システム 都市情報基盤, 函館/日本, 2001-09-07.
186. 秋山 猛・山本 吉伸・伊藤日出男・日高 建彦・中島 秀之. 位置に基づく室内情報サービスのための液晶フィルムの変調特性 II. 第 62 回応用物理学会学術講演会講演予稿集, 愛知工業大学, 2001-09-13.
187. 伊藤 日出男. i-lidar:位置計測と通信の同時実現による情報サービスシステム. 情処研報, 2001-83, pp.181-187, 2001-09.
188. 伊藤 日出男. サイバーアシスト : 位置に基づく通信技術を実現する装置実装. 平成 13 年度 NEDO 研究養成事業 先端技術講座, 産総研臨海副都心センター, 2001-12-11. (招待講演)
189. 藤井 敦・石川 徹也. IT 技術者試験を対象とした質問応答システム —事典情報に基づく用語問題の解法—. 言語処理学会第 7 回年次大会, pp.514-517, 2001.
190. 白井 清昭・柏野 和佳子・橋本 三奈子・徳永 健伸・有田 英一・伊佐 原均・荻野 紫穂・小船 隆一・高橋 裕信・長尾 確・橋田 浩一・村田 真樹. 岩波国語辞典を利用した語義タグ付きテキストデータベースの作成. 情報処理学会自然言語処理研究会 2001-NL-141, 2001.
191. 福井 雅敏・樋口 重人・藤井 敦・石川 徹也. 日米対応特許コーパスを用いた対訳抽出手法. 情報処理学会第 145 回自然言語処理研究会, 2001.
192. 藤井 敦・伊藤 克亘・秋葉 友良・石川 徹也. 音声入力型文書検索システムの開発とテストコレクションの構築. 情報処理学会第 63 回情報学基礎研究会, 2001.
193. 橋田 浩一. 情報インフラに基づくシンボルグラウンディング. 電子情報通信学会ソサエティ大会論文集. 電気通信大学, 2001.
194. 橋田 浩一. 知能とメディアのテクノロジー. オーディオビジュアル複合情報処理シンポジウム 2001 論文集. 61-66, 2001.
195. 橋田 浩一. 意味に基づくインタラクティブな情報検索. CAF 分科会「データマイニング研究会」, 2001. (招待講演)
196. 伊藤 克亘・秋葉 友良・藤井 敦・石川 徹也. 音声入力型テキスト検索システムのための音声認識. 日本音響学会秋季研究発表会, 2001.
197. 伊藤 克亘・藤井 敦・石川 徹也. 音声文書検索を用いたオンデマンド講義システム. 情報処理学会第 39 回音声言語情報処理研究会, 2001.
198. 岩山 真・藤井 敦・高野 明彦・神門 典子. 特許コーパスを用いた検索タスクの提案. 情報処理学会第 63 回情報学基礎研究会, 2001.
199. 小船 隆一・津高 新一郎・小中 裕喜・有田 英一・橋田 浩一. 意味的情報検索. 第 15 回人工知能学会 AI シンポジウム, 2001.
200. 松本 吉央・伊野 智行・小笠 原司. 顔と視線情報による電動車椅子の走行支援システム. 電気学会システム・制御研究会, SC-10-30, pp.59-64, 2001.

201. 松本 吉央・小笠原 司. 顔情報のリアルタイム計測技術とその応用. 計測自動制御学会 第2回システムインテグレーション部門学術講演会(SI2001)講演論文集, pp.139-140, 2001.
202. 野田 五十樹. RoboCup におけるマルチエージェントシミュレーション. セルオートマトン・シンポジウム講演論文集, pp.63-68, 日本機械学会, 2001.
203. 西村 拓一・伊藤 日出男・山本 吉伸・中島 秀之. 無電源小型通信端末を用いた位置に基づく情報支援システム. 情報処理学会知的都市基盤研究会, 2002-01-27.
204. 和泉 潔・車谷 浩一・幸島 明男. サイバーマート: 位置情報を用いたショッピングアシストシステム. 情報処理学会 知的都市基盤研究グループ 研究報告 2002-ICII-2, pp 35-41, 2002-01-28.
205. 幸島 明男・車谷 浩一・和泉 潔・西村 拓一. マルチエージェントの連携による文脈に基づくシームレスな情報支援サービス. 情報処理学会知的都市基盤研究会技術報告, pp.21-28. 情報処理学会, 東京, 2002-05-15.
206. 西村 拓一・伊藤 日出男・山本 吉伸・中島 秀之. 無電源小型通信端末を用いた位置に基づく情報支援システム. 2002年度人工知能学会全国大会, 東京, 2002-05-29.
207. 中村 嘉志・伊藤 日出男・西村 拓一・山本 吉伸・中島 秀之. 無電源小型通信端末 CoBIT による近距離情報支援の実現. 情報処理学会, 東京, 2002-06-03.
208. 伊藤 日出男・中村 嘉志・西村 拓一・山本 吉伸・中島 秀之. 非対称通信速度の省電力情報端末のための並列データ通信方式. 情報処理学会, 東京, 2002-06-03.
209. 伊藤 日出男. マイボタンと i-lidar: 近距離の位置に基づく通信情報サービスのためのレーザレーダ通信システム. 日本オプトメカトロニクス協会, 東京, 2002-06-12. (招待講演)
210. 伊藤 日出男・秋山 猛 (湘南工科大学)・中村 嘉志・西村 拓一・山本 吉伸・日高 建彦 (湘南工科大学)・中島 秀之. 位置に基づく通信の為の強誘電性液晶光シャッタの基本特性. 電子情報通信学会技術研究報告, 102-188, pp.1-6, 2002-07.
211. 幸島 明男・車谷 浩一・和泉 憲明. 時空間資源管理に基づく知的情報支援アーキテクチャ. 第57回知識ベースシステム研究会報告, pp.33-38. 人工知能学会, 大阪, 2002-09-10.
212. 山本 淳一・伊藤 日出男・中村 嘉志・西村 拓一・山本 吉伸・滝沢 國治・中島 秀之. 高分子分散型液晶の光制御特性. 第63回応用物理学会学術講演会, 新潟大学, 2002-09-25.
213. 秋山 猛・伊藤 日出男・日高 建彦・中島 秀之・中村 嘉志・西村 拓一・山本 吉伸. 位置に基づく室内情報サービス環境のための液晶フィルムの変調特性 III. 第63回応用物理学会学術講演会, 新潟大学, 2002-09-25.
214. 林 新・伊藤 日出男. 空間光通信端末用 DataSlim2 の反射率変調特性. 第63回応用物理学会学術講演会, 新潟大学, 2002-09-27.
215. 林・伊藤. 空間光通信端末用 Dataslim2 の反射率変調特性. 第63回応用物理学会学術講演会講演予稿集, 27p-ZA-3 III p.863, 2002-09.
216. 内山・伊藤・中村・西村・山本・根本・中島. ポリイミドヒンジ MEMS ミラーの DC 駆動特性、高分子分散型液晶の光制御特性. 第63回応用物理学会学術講演会講演予稿集, 25a-L-11 III p.854, 2002-09.
217. 秋山・伊藤・日高・中島・中村・西村・山本. 位置に基づく室内情報サービス環境のための液晶フィルムの変調特性 III. 第63回応用物理学会学術講演会講演予稿集, 25a-ZC-16 III p.1129, 2002-09.
218. 秋山 猛・伊藤 日出男・日高 建彦・内山 明男・山本 淳一・林 新・中村 嘉志・西村 拓一・中島 秀之. 位置に基づく室内情報サービスのための強誘電性液晶光変調器の変調特性. Optics Japan 2002, 東京農工大学, 2002-11-03.
219. 伊藤 日出男・秋山 猛・内山 明男・山本 淳一・林 新・中村 嘉志・山本 吉伸・西村 拓一・中島 秀之. 室内レーザレーダによるアイセーフ空間光通信. Optics Japan 2002, 東京農工大学, 2002-11-04.

220. 平塚 誠良, 車谷 浩一, 幸島 明男, 和泉 憲明, ユビキタス環境における情報支援のための時空間推論とエージェントとしての実装. 第 4 回知的都市基盤研究グループ研究発表会 (ICII), 研究報告(情処研報) Vol.2002, No.115, pp.21-28 (2002-MBL-23,2002-ITS-11), 2002-11-28/11-29.(鳥取)
221. 中村 嘉志・西村 拓一・伊藤 日出男・中島 秀之. 位置に基づく個別情報支援のための ID 出力無電源小型情報端末 ID-CoBIT. モバイルコンピューティングとワイヤレス通信研究会, はこだて未来大学, 2002-11-28.
222. 林 新・伊藤 日出男. 小型情報端末用 DataSlim2 の空間光通信方式. モバイルコンピューティングとワイヤレス通信研究会, はこだて未来大学, 2002-11-29.
223. 伊藤 日出男・中村 嘉志・西村 拓一・山本 吉伸・中島 秀之. 施設内情報支援のための再帰光反射変調素子による空間光通信システム. モバイルコンピューティングとワイヤレス通信研究会, はこだて未来大学, 2002-11-29.
224. 平塚 誠良, 車谷 浩一, 幸島 明男, 和泉 憲明. ユビキタス環境における情報支援のための時空間推論とエージェントとしての実装. 第 4 回知的都市基盤研究グループ研究発表会 (ICII), 研究報告(情処研報) Vol.2002, No.115, pp.21-28 (2002-MBL-23,2002-ITS-11), 2002-11-28/11-29 (鳥取).
225. 藤井 敦・石川 徹也. World Wide Web を用いた事典知識情報の抽出と組織化. 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J85-D-II, No.2, pp.300-307, 2002.
226. 藤井 敦・伊藤 克亘・石川 徹也. ユーザ発話中の未知語を自動補完する音声入力型検索システム. 言語処理学会第 8 回年次大会, 2002.
227. 藤井 敦, 伊藤 克亘・石川 徹也. 音声文書検索の応用によるオンデマンド講演システム. 言語処理学会第 8 回年次大会, 2002.
228. 橋田 浩一. インタラクティブなグラウンディングのためのコンテンツ. 言語処理学会第 8 回年次大会ワークショップ「社会情報基盤のための言語・メディア処理」, 49-55, 2002.
229. 橋田 浩一. グラウンディングのための社会情報インフラ. 情報学シンポジウム 2002, 2002. (基調講演)
230. 樋口 重人・牧田 光晴・藤井 敦・石川 徹也. 多言語特許検索システム PRIME. 言語処理学会第 8 回年次大会, 2002.
231. 伊藤 克亘・藤井 敦・石川 徹也. 未知語検出を用いた語彙統制のない音声検索. 日本音響学会春季研究発表会, 2002.
232. 河原 大輔・黒橋 禎夫・橋田 浩一. 「関係」タグ付きコーパスの作成. 言語処理学会第 8 回年次大会, 495-498, 2002.
233. 満 都拉・藤井 敦・石川 徹也. モンゴル語入出力インタフェースの実現と書誌データ検索への応用. 言語処理学会第 8 回年次大会, 2002.
234. 関 和広・藤井 敦・石川 徹也. ゼロ代名詞の検出と補完を統合した確率的照応解消モデル. 言語処理学会第 8 回年次大会, 2002.
235. 橋田 浩一. 人間中心の情報技術とは何でないか. MYCOM2002, 招待講演, 2002.
236. 橋田 浩一. 情報インフラに基づく生活世界へのグラウンディング. シンポジウム「空間情報立国 ―日本の挑戦―」. 2002.
237. 橋田 浩一. インテリジェントコンテンツとユーザモデル ―人間中心の知的情報アクセス技術―. FIT2002, 2002.
238. 高木・中島・伊東・近藤・今仁・三宅. を重視した対話意味表現. 人工知能学会研究会資料 SIG-SLUD-A202-10, pp.55-62, 2002.
239. 橋田 浩一. 意味的アノテーションに基づく高度知的生産コミュニティ. 「人間同士の自然なコミュニケーションを支援する知能メディア技術」第 2 回シンポジウム, 招待講演, 2003-01-30.

240. 伊藤 日出男. アイセーフ空間測位光通信による屋内情報ネットワーク. 第 11 回 OEIC 光インターコネクション技術懇談会, 東京, 2003-01-31. (招待講演)
241. 西村 拓一・中村 嘉志・伊藤 日出男・山本 吉伸・中島 秀之. インタラクティブ情報支援のための無電源小型情報端末. インタラクシオン 2003 論文集, pp.163-170, 2003-02.
242. 伊藤 日出男. ユビキタスと MEMS への期待. MEMS セミナー, 機械振興会館, 2003-03-04. (招待講演)
243. 伊藤 日出男. ユビキタスコンピューティングのインフラストラクチャ及び関連技術の構想と展望. 情報処理学会第 65 回全国大会, 2003-03-25. (招待講演)
244. 内山 明男・伊藤 日出男・中村 嘉志・西村 拓一・山本 吉伸・根本 俊雄・中島 秀之・岩崎 暢喜・宮島 博志・片白 雅浩. ポリイミドヒンジ MEMS ミラーによるレーザビームの追尾特性. 第 50 回応用物理学関係連合講演会, 神奈川大学, 2003-03-27.
245. 山本 淳一・伊藤 日出男・中村 嘉志・西村 拓一・山本 吉伸・滝沢 國治・中島 秀之. 高分子分散液晶を用いた室内レーザレーダシステム. 第 50 回応用物理学関係連合講演会, 2003-03-27.
246. 秋山 猛・伊藤 日出男・日高 建彦・中島 秀之・中村 嘉志・西村 拓一・山本 吉伸・矢野 祐一. 位置に基づく室内情報サービス環境のための液晶フィルムの変調特性 IV. 第 50 回応用物理学関係連合講演会, 神奈川大学, 2003-03-27.
247. 林 新・伊藤 日出男. 空間光通信端末用 DataSlim2 の BER 測定. 第 50 回応用物理学関係連合講演会, 神奈川大学, 2003-03-28.
248. 伊藤・山本・中村・西村・滝澤・中島. ポリマネットワーク液晶を用いた空間測位光通信. 信学技報, pp.33-38, OPE2003-21, 2003-05.
249. 伊藤 日出男・山本 淳一・中村 嘉志・西村 拓一・滝沢 國治・中島 秀之. ポリマネットワーク液晶を用いた空間測位光通信. 電子情報通信学会, 東京, 2003-05-23.
250. 西村 拓一・中村 嘉志・伊藤 日出男・山本 吉伸・中島 秀之. インタラクティブ情報支援のための各種無電源小型情報端末. 2003 年度人工知能学会全国大会論文誌, 2B3-04, 2003-06.
251. 西村 拓一・中村 嘉志・伊藤 日出男・山本 吉伸・中島 秀之. 視覚 CoBIT とデジタル CoBIT の提案. 情報処理学会 DICOMO2003 論文集, pp.577-580, 2003-06.
252. 中村 嘉志・西村 拓一・伊藤 日出男・中島 秀之. 無電源で ID と位置を発信するインタラクティブ情報端末 ID-CoBIT の実現. 情報処理学会 DICOMO2003 論文集, pp.481-484, 2003-06.
253. 林 新・伊藤 日出男. 小型空間光通信端末用 DataSlim2 の多文字伝送品質. 電子情報通信学会技術研究報告, OPE2003-22-22, pp.1-4, 2003-07.
254. 小杉 一貴・伊藤 日出男・滝沢國治・中島秀之. 個別情報サービス提供のための赤外ビーム偏向投射装置. 第 64 回応用物理学学会学術講演会, 福岡大学, 2003-08-31.
255. 大澤 俊一・伊藤 日出男・吉川 宣一・中島 秀之. 位置に基づく情報サービスのための高効率反射率変調光受信装置. 第 64 回応用物理学学会学術講演会, 福岡大学, 2003-08-31.
256. 林 新・伊藤 日出男. 空間光通信端末用 DataSlim2 の多文字伝送品質測定. 第 64 回応用物理学学会学術講演会, 福岡大学, 2003-08-31.
257. 伊藤 日出男. 無電源携帯情報端末(CoBIT)システム. AIST「産学官」交流フォーラム, 2003-10-23.
258. 中田 豊久・伊藤 日出男・國藤 進・中島 秀之. 室内環境における光空間通信の実現. 第 13 回インテリジェントシステムシンポジウム, はこだて未来大学, 2003-12-07.
259. 松田 豊稔・西山 英治・伊藤 日出男・中村 隆. 生物にある微細周期構造からの光の回折. Optics Japan2003, 浜松, 2003-12-08.
260. 原 信次・内山 明男・伊藤 日出男・中島 秀之・根本 俊雄. 光電子ファジイ制御によるユーザ追尾空間光通信システム. Optics Japan 2003, 浜松, 2003-12-09.

261. 佐々木 友行・伊藤 日出男・比留間 健司・平松 星紀・根本 俊雄・中島 秀之. 面発光半導体レーザアレイを用いた光電子ファジィ後件部演算. *Optics Japan* 2003, 浜松, 2003-12-09.
262. 林 新・伊藤 日出男. 小型 PDA である WonderSwan の空間光通信特性. *Optics Japan* 2003, 浜松, 2003-12-09.
263. 西村 拓一・中村 嘉志・伊藤 日出男・山本 吉伸・中島秀之. 状況依存情報支援のための無電源小型情報端末システム. 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2002)講演論文集, 2P21-03, 2003-12.
264. 幸島 明男・和泉 憲明・車谷 浩一・中島 秀之 (産総研・CREST). ユビキタス環境におけるコンテンツ流通のためのマルチエージェントアーキテクチャ: CONSORTS. 第1回ユビキタスコンピューティングシステム研究会報告, pp.7-14. 情報処理学会, 2003.
265. 山本 大介・長尾 確. 半自動ビデオアノテーションとそれに基づく意味的ビデオ検索. 情報処理学会第65回全国大会, 2003.
266. 橋田 浩一. アノテーションに基づく知的生産支援. 第5回知識科学シンポジウム「知識創造のプロセス、場、およびシステム化」, 2003.
267. 松尾 豊・友部 博教・橋田 浩一・石塚 満. Web から人間関係ネットワークの抽出と情報支援. 2003 年度人工知能学会全国大会, 1F1-02, 2003.
268. 長尾 確, セマンティック・トランスコーディング - Semantic Web のために今やるべきこと -, 情報処理学会第65回全国大会, 2003.
269. 清水 敏之・長尾 確. ディスカッションマイニング — 議論からの知識発見 —. 情報処理学会第65回全国大会, 2003.
270. 本村・中村・西村・幸島・和泉・松尾. ユーザ行動モデル構築のためのデータ解析システムの構想, 人工知能学会全国大会, 2003.
271. 幸島 明男・和泉 憲明・車谷 浩一・中島 秀之. ユビキタス環境におけるコンテンツ流通のためのマルチエージェントアーキテクチャ: CONSORTS. 第1回ユビキタスコンピューティングシステム研究会報告, pp.7-14. 情報処理学会, 2003.
272. 松尾 豊・橋田 浩一. 位置情報に基づく自然言語を用いた館内ナビゲーション. 情報処理学会第65回全国大会.
273. 西村 拓一・中村 嘉志・常盤 拓司・伊藤 日出男・中島 秀之・小山 慎哉・矢入(江口) 郁子・猪木 誠二. 音源定位 CoBIT の提案と視覚 CoBIT の実装. UBI2004, 東京, 2004-01-20.
274. 大澤 俊一・伊藤 日出男・吉川 宣一・中島 秀之. PAL-SLM を用いた個別情報サービスのための偏向赤外ビーム投射装置. 第51回応用物理学関係連合講演会, 東京工科大学, 2004-03-28.
275. 林 新・伊藤 日出男. 空間光通信のための小型移動端末の位置情報認識. 第51回応用物理学関係連合講演会, 東京工科大学, 2004-03-28.
276. 小杉 一貴・伊藤 日出男・滝沢 國治・中島 秀之. 個別な情報サービスのための赤外偏向ビーム装置. 第51回応用物理学関係連合講演会, 東京工科大学, 2004-03-28.
277. 高木 徹・藤井 敦・石川 徹也. 検索質問文書の主題分析に基づく類似文書検索. 情報処理学会研究報告, 2004-FI-75, 2004-05.
278. 西村 拓一. ユビキタスの現状と未来. 日本サンドスケープ協会シンポジウム, 2004-05-30. (基調講演)
279. 西村 拓一. イベント空間情報支援プロジェクト(オーガナイズドセッション主催). 2004 年度人工知能学会全国大会, 2004-06-23.
280. 西村 拓一. Wearable Device: CoBIT Supported by Ambient Intelligence. ウェアラブル/アウトドア VR 研究会, 東京, 2004-06. (特別講演)
281. 西村 拓一. 五感を直接刺激する無電源端末 CoBIT によるユビキタスインタフェースの実現. 視聴覚情報研究会, 東京, 2004-07-27. (招待講演)

282. 藤井 敦・伊藤 克亘・石川 徹也. Web マイニングによる事典的コンテンツの構築と多様なアクセス手法. 電子情報通信学会技術研究報告, DE2004-6, pp.31-36, 2004-07.
283. 西村 拓一. ユビキタス情報処理環境が支える各種無電源小型情報端末 CoBIT. 人工知能学会解説記事, Vol.19, No.4, pp.433-440, 2004-07.
284. 大石 康智・伊藤 克亘・武田 一哉・藤井 敦・板倉 文忠. 事典コーパスを用いた単語階層関係の統計的解析. 情報科学技術レターズ, Vol.3, pp.75-78, 2004-08.
285. 秋葉 友良・伊藤 克亘・藤井 敦. 質問応答における常識的な解の選択と期待効用に基づく回答群の決定. 情報処理学会研究報告, 2004-NL-163, pp.131-138, 2004-09.
286. 藤村 浩司・宮島 千代美・伊藤 克亘・武田 一哉. 車内対話音声の SNR 依存音響モデルの評価. 音講論集 2004-09.
287. 原 直・白勢 彩子・伊藤 克亘・武田 一哉. 楽曲検索のための音声対話インタフェース構築に関する検討. 音講論集 2004-09.
288. 白勢 彩子・原 直・伊藤 克亘・武田 一哉. 音声対話システムユーザの課題達成率に基づく分析. 音講論集 2004-09.
289. 伊藤 日出男. 位置に基づく情報サービスのための近距離測位通信技術. 光学, vol.33, no.10, pp.604-606, 2004-10.
290. 大澤 俊一・伊藤 日出男・徳田 正満. 再帰光反射画像による端末の位置認識と PAL-SLM による赤外ビーム偏向照射システム. 日本光学会年次学術講演会, 大阪, 2004-11-04.
291. 中村 隆・廣部 紘輝・伊藤 日出男・松田 豊稔. 蝶・翅鱗粉の光学的特性 日本光学会年次学術講演会, 大阪, 2004-11-4.
292. 内山 明男・伊藤 日出男・根本 俊雄・西村 拓一・中村 嘉志・岩崎 暢喜. 位置に基づく情報サービスのための室内レーザレーダの特性. 日本光学会年次学術講演会, 大阪, 2004-11-04.
293. 小杉 一貴・伊藤 日出男・滝沢 國治・西村 拓一・中村 嘉志. 複数の空間ビーム投射装置とレーザレーダによる連続個別情報支援. 日本光学会年次学術講演会, 大阪, 2004-11-04.
294. 小杉 一貴・伊藤 日出男・滝沢 國治・西村 拓一・中村 嘉志. 複数の空間ビーム投射装置とレーザレーダによる連続個別情報支援. 日本光学会年次学術講演会, 2004-11-04.
295. 内山 明男・伊藤 日出男・根本 俊雄・西村 拓一・中村 嘉志・岩崎 暢喜. 位置に基づく情報サービスのための室内レーザレーダの特性. 日本光学会年次学術講演会, 2004-11-04.
296. 大澤 俊一・伊藤 日出男・徳田 正満. 再帰光反射画像による端末の位置認識と PAL-SLM による赤外ビーム偏向照射システム. 日本光学会年次学術講演会, 2004-11-04.
297. 小杉 一貴・伊藤 日出男・滝沢 國治・西村 拓一・中村 嘉志. 複数の空間ビーム投射装置とレーザレーダによる連続個別情報支援. 日本光学会年次学術講演会 講演予稿集, 2004-11.
298. 内山 明男・伊藤 日出男・根本 俊雄・西村 拓一・中村 嘉志・岩崎 暢喜. 位置に基づく情報サービスのための室内レーザレーダの特性. 日本光学会学術講演会講演予稿集, pp.138-139, 2004-11.
299. 大澤 俊一・伊藤 日出男・徳田 正満. 再帰光反射画像による端末の位置認識と PAL-SLM による赤外ビーム偏向照射システム. 日本光学会年次学術講演会予稿集, pp.142-143, 2004-11.
300. 伊藤 日出男. 多言語対応無電源空間光通信端末のための波長多重光学フィルタ. 電子情報通信学会光エレクトロニクス研究会, 東京, 2004-12-14.
301. 伊藤 日出男・中村 嘉志・林 新・西村 拓一. 多言語対応無電源空間光通信端末のための波長多重光学フィルタ. 信学技報, 2004-12.
302. 伊藤 日出男・中村 嘉志・林 新・西村 拓一. 多言語対応無電源空間光通信端末のための波長多重光学フィルタ. 信学技報, 2004-12.
303. 和泉 潔・山下 倫央・車谷 浩一. ネットワーク構造とナビゲーションアルゴリズムの有効性. 第 136 回 知能と複雑系研究会, 情報処理学会, pp.33-40, 2004.

304. 和泉 潔・山下 倫央・車谷 浩一. 進化的アルゴリズムは人工市場にふさわしいか?. 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2004 (JAWS 2004), pp 339-345, 2004.
305. 和泉 潔. エージェントシミュレーション技術による人工市場構築 — 人工知能からのアプローチ —. 第 46 回人工知能セミナー, 早稲田国際会議場, 2004.
306. 車谷 浩一. マルチエージェントによる未来都市の設計. 「50年後の函館を設計する」シンポジウム招待講演, 2004.
307. 常盤・内田・樋本・河野・高木・麻生・中島・伊東・小林・八名. 依存関係の解釈と概念情報の統合処理. 情報処理学会研究報告, Vol.2004, No.131, 2004-SLP-54 (26), pp.151-156, 2004.
308. 高木・麻生・中島・伊東・小林. 意味の位置付けと依存関係の解釈を考慮した対話意味表現. 情報処理学会研究報告, 2004-SLP-54 (49), pp.289-294, 2004.
309. 内田・常盤・西・高木・麻生・橋本・森・中島・伊東・小林・八名. 情報家電の操作のための対話インタフェースの開発. 情報処理学会研究報告, 2004-SLP-54 (45), pp.265-270, 2004.
310. 和泉 潔. 人工市場入門 — 経済・社会を理解するための人工知能. 第 18 回人工知能学会全国大会 招待講演, 2004.
311. 和泉 潔・山下 倫央・車谷 浩一. ネットワーク構造とナビゲーションアルゴリズムの有効性. 第 136 回 知能と複雑系研究会, 情報処理学会, pp.33-40, 2004.
312. 和泉 潔・山下 倫央・車谷 浩一. 進化的アルゴリズムは人工市場にふさわしいか?. 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2004 (JAWS 2004), pp 339-345, 2004.
313. 和泉 潔. エージェントシミュレーション技術による人工市場構築 — 人工知能からのアプローチ —. 第 46 回人工知能セミナー, 早稲田国際会議場, 2004.
314. 和泉 憲明. セマンティック Web 技術に基づく知識循環プラットフォーム. 第 3 回情報科学技術フォーラム(FIT2004), 同志社大学田辺キャンパス, 2004.
315. 車谷 浩一. マルチエージェントによる未来都市の設計. 「50年後の函館を設計する」シンポジウム招待講演, 2004.
316. 梶 克彦・長尾 確. 音楽におけるアノテーションとその応用. 情報科学技術フォーラム(FIT), 2004.
317. 梶 克彦・平田 圭二・長尾 確. 状況と嗜好に関するアノテーションに基づくオンライン楽曲推薦システム. 音楽情報科学研究会(SIGMUS), 2004.
318. 宇田 隆幸・藤井 敦・石川 徹也. アイテムの主題分析に基づく協調フィルタリングシステムの推薦予測方式. 情報処理学会研究報告, 2004-NL-163, pp.67-74, Sep. 2004.
319. 原 直・白勢 彩子・宮島 千代美・伊藤 克亘・武田 一哉. 音声対話による楽曲検索システム. SLP-53, 2004-10.
320. 山本 大介・長尾 確. 閲覧者によるオンラインビデオアノテーションとその応用. 情報科学技術フォーラム(FIT), 2004.
321. 常盤 大樹・内田 尚和・樋本 綾乃・河野 安友未・高木 朗・麻生 英樹・中島 秀之・伊東 幸宏・小林 一郎・八名 和夫. 依存関係の解釈と概念情報の統合処理. 情報処理学会研究報告 2004-SLP-54(26), pp.151-156, 2004.
322. 内田 尚和・常盤 大樹・西 末衣・高木 朗・麻生 英樹・橋本 政朋・森 彰・中島 秀之・伊東 幸宏・小林 一郎・八名 和夫. 情報家電の操作のための対話インタフェースの開発. 情報処理学会研究報告 2004-SLP-54(45), pp.265-270, 2004.
323. 高木 朗・麻生 英樹・中島 秀之・伊東 幸宏・小林 一郎. 意味の対応付けと依存関係の解釈を考慮した対話意味表現. 情報処理学会研究報告 2004-SLP-54(49), pp.289-294, 2004.
324. 西村 拓一・中村 嘉志・常盤 拓司・伊藤 日出男・中島 秀之・小山 慎哉・矢入(江口) 郁子・猪木 誠二. 無電源小型情報端末 CoBIT の音源定位方式および視覚情報提示方式の提案. 日本赤外線学会論文誌, 13 巻 2 号, 2004.
325. 藤村 浩司・宮島 千代美・伊藤 克亘・武田 一哉. 実環境における SNR 別音響モデルの評価. SP, 2005-01.

326. 原 直・白勢 彩子・宮島 千代美・伊藤 克亘・武田 一哉. 音声対話インタフェースの長期利用時における学習効果の評価. SLP-55, 2005-02.
327. 伊藤 日出男・中村 嘉志・林 新・西村 拓一. 屋外展示物用無電源音声情報提供カード — Aimulet LA —. 情報処理学会, 東京, 2005-03-18.
328. 馬場 こづえ・藤井 敦・石川 徹也. 小説テキストを対象としたジャンル推定と人物抽出. 言語処理学会第 11 回年次大会発表論文集, pp.157-160, 2005-03.
329. 藤井 敦・石川 徹也. テキスト処理による画像の多義性解消と事典検索サイトへの応用. 言語処理学会第 11 回年次大会発表論文集, pp.1002-1005, 2005-03.
330. 三原 英理・藤井 敦・石川 徹也. 行動表現に着目したヘルプデスク指向の質問応答. 言語処理学会第 11 回年次大会発表論文集, pp.1096-1099, 2005-03.
331. 黄 海湘・藤井 敦・石川 徹也. Web コミュニティに基づく情報検索の個人化手法. 言語処理学会第 11 回年次大会発表論文集, pp.1006-1009, 2005-03.
332. 宮田 高志・橋田 浩一. 括弧制約を利用した統語解析精度の向上. 言語処理学会第 11 回年次大会発表論文集, pp.903-906, 2005-03.
333. 満 都拉・藤井 敦・石川 徹也. 伝統的モンゴル語と現代モンゴル語の双方向的な翻字手法. 言語処理学会第 11 回年次大会発表論文集, pp.360-362, 2005-03.
334. 原 直・白勢 彩子・宮島 千代美・伊藤 克亘・武田 一哉. 長時間の音声対話インタフェース利用時における学習効果の評価. 音講論集 2005-03 (2-Q-28).
335. 伊藤 日出男. 無電源空間光情報端末. オプトニューズ, 2005-03.
336. 伊藤 日出男. Compact battery-less guest guidance system at the EXPO 2005, Aichi Japan. 愛知万博 2005, 2005-6.
337. 松井 宏樹・和泉 潔・東条 敏. 人口市場における為替介入政策の獲得と効果の分析. 第 19 回人工知能学会全国大会, 2005-6.
338. 宮田 高志・橋田 浩一. 意味構造検索システムの検索履歴を利用した検索ヒントの抽出. 人工知能学会第 19 回全国大会論文集, 2C3-05, 2005-6.
339. 西村 拓一. イベント空間情報支援プロジェクト(オーガナイズドセッション主催). 2005 年度人工知能学会全国大会, 2005-06-15.
340. 森 純一郎・松尾 豊・橋田 浩一・石塚 満. ソーシャルネットワークとコラボレーション支援. 2C3-04, 人工知能学会全国大会, 2005-06.
341. 松尾 豊・石田 啓介・森 純一郎・友部 博教・石黒 周・松原 仁・橋田 浩一. 研究者ネットワーク抽出検索システム. 1A3-05, 人工知能学会全国大会, 2005-06.
342. 中島 秀之. 情報技術が創る新しい地域社会. 人工知能学会第 19 回大会予稿集, 2005-6.
343. 中島 秀之. 「こんにやく問答」は成立した対話か(特別講演). 情報処理学会音声言語処理研究会, 2005-SLP-57, pp. 105-109, 2005-7.
344. 伊藤 日出男. 光音声情報支援システム. 徳島地域「健康・医療産業ネットワークフォーラム」, 2005-9.
345. 本村 可奈子・友部 博教・長尾 確. ディスカッションマイニングシステムにおける会議活性化支援. 情報処理学会第 67 回全国大会, 2005.
346. 梶 克彦・平田 圭二・長尾 確. 状況と嗜好に関するアノテーションを利用したプレイリスト生成システム. 情報処理学会第 67 回全国大会, 2005.
347. 長尾 確. SemCode2: オントロジーに基づくアノテーションとトランスコーディング. 情報処理学会第 67 回全国大会, 2005.
348. 大平 茂輝・長尾 確. アノテーションに基づくスポーツ映像要約とナレーション生成. 情報処理学会第 67 回全国大会, 2005.
349. 友部 博教・長尾 確. ディスカッションマイニング: 議事録集合からの知識発見. 情報処理学会第 67 回全国大会, 2005.

350. 山本 大介・大平 茂輝・長尾 確. オンラインビデオコンテンツを中心としたコミュニティ支援システム. 情報処理学会第 67 回全国大会, 2005. (学生奨励賞受賞)
351. 松本 和之・長尾 確. 構造化アノテーションを用いた知識再利用性の高い電子掲示板. 情報処理学会第 67 回全国大会, 2005. (学生奨励賞受賞)
352. 内田・常盤・高木・麻生・森・橋本・伊東・小林・中島・八名. 意味の位置づけを可能にする意味表現を用いた情報家電操作のための対話的インタフェース. 人工知能学会全国大会 19 回大会, 1B1-07, 2005.
353. 梶 克彦・平田 圭二・長尾 確. 状況と嗜好に基づくプレイリスト推薦システム. 情報科学技術フォーラム(FIT), 2005.
354. 友部 博教・梶 克彦・山本 大介・長尾 確. ディスカッションマイニング: アノテーションに基づく議論の構造化と知識発見. 第 2 回 Web インテリジェンスとインタラクション研究会, 電子情報通信学会, 2005.

(2) ポスター発表 (国内 0 件、海外 1 件)

1. Miyata, Takashi and Hasida, Koiti. Information Retrieval System Based on Graph Matching. Proceedings of the Workshop on Knowledge Transformation in Semantic Web (15th ECAI), p.109. 2002.

5. 3 その他の発表

1. NAGAO, Katashi. Digital Content Annotation and Transcoding. Artech House Publishers, 2003.
2. ZHOU, Neng-Fa and SATO, Taisuke. Toward a High-performance System for Symbolic and Statistical Modeling. Technical Report (Computer Science) TR-200212, City University of New York, 2002.
3. SATO, Taisuke. Cluster BP and cluster CCCP: Two simple methods for computing Kikuchi approximations. TITECH Technical Report (Dept. of CS) TR03-0001. Tokyo Institute of Technology, 2003.
4. 橋田 浩一. 言語処理の計算モデルの概観と今後. 辻幸夫(編) ことばの認知科学辞典. 大修館書店, 451-460, 2001.
5. 橋田 浩一. 情報の部分性と知能の設計, 上野直樹(編) 状況のインタフェース, 金子書房, 241-264, 2001.
6. 伊藤 日出男. マイボタンと i-lidar: 近距離の位置に基づく通信情報サービスのためのレーザレーダ通信システム. 光技術 コンタクト, 40-8, pp.52-53, 2002-08.
7. 伊藤 日出男・西村 拓一・森 彰. 通信システムの概観, 情報処理, 43-8, pp.884-887, 2002-08.
8. 松田 豊稔・伊藤 日出男・西山 英治. 生物表面の微細周期構造による光吸収現象(Moth eye 効果)の解明. 平成 13~平成 14 年度科学研究費補助金研究成果報告書, 2003-03-01.
9. 伊藤 日出男, サイバーアシストプロジェクト —光デバイスを中心に—. オプトロニクス, 243, pp.189-193, 2002-03-01.
10. 伊藤 日出男. 3-6 課題<<ニーズと穴の見極め>>. 高精度位置情報の取得技術に関する調査研究(I) —位置情報利用技術研究交流会報告書—, 社団法人 日本機械工業連合会, 2002-03-31.
11. 橋田 浩一 知的符号化. 人工知能学会誌, 18 巻 3 号, 251-258, 2003.
12. 橋田 浩一. 知識循環型データベース. (財)データベース振興センター(編). データベース白書, pp.265-275, 2004.
13. 和泉 潔. 複雑現象工学による経済現象の解明: 人工市場アプローチの紹介. 市川 直樹 他(編). 『複雑現象工学』—複雑系パラダイムの工学応用, プレアデス出版, 2004.
14. 和泉憲明・吉岡 健・山口高平. ビジネス指向のサービス関連オントロジー. 人工知能学会誌, 第 19 巻, pp.151-158, 2004.

15. 中島 秀之・車谷 浩一・伊藤 日出男. ユビキタス情報処理による社会支援. 情報処理, 45 卷, pp.907-911, 2004.
16. 上田 俊夫・和泉 憲明・森田 幸伯・橋田 浩一. Jena — セマンティック Web アプリケーション開発のための JAVA フレームワーク. 人工知能学会誌, 第 19 卷, pp.325-333, 2004.
17. 西村 拓一. ユビキタス情報処理環境が支える各種無電源小型情報端末 CoBIT. 人工知能学会誌, Vol.19, No.4, pp.433-440, 2004-07.
18. 西村 拓一・濱崎 雅弘・松尾 豊・大向 一輝・友部 博教・武田 英明. 2003 年度人工知能学会全国大会支援統合システム. 人工知能学会誌, Vol.10, No.1, pp.43-51, 2004-01.
19. 車谷 浩一・野田 五十樹・西村 拓一. 社会システム応用. 情報処理, Vol.43, No.6, 2002-06.
20. 伊藤 日出男. 位置に基づく情報サービスのための近距離測位通信技術, 光学, 33-10, pp.604-606, 2004-10-01.
21. 西村 拓一. イベント空間情報支援プロジェクトの可能性. 赤門マネジメントレビュー, 3 卷 12 号, pp.641-650, 2005-01-03.
22. 伊藤 日出男 無電源空間光情報端末, オプトニュース, 2005-03-01.
23. 橋田 浩一. セマンティックコンピューティング. データベース白書 2005, pp.208-215, 2005.

5. 4 特許出願（国内 28 件、海外 3 件、その他 0 件）

(1) 国内

発明の名称：ステレオカメラを使用した顔・視線認識装置

発 明 者：松本吉央・五十嵐亮治・小笠原司

出 願 人：本田技研工業株式会社・松本吉央・小笠原司

出 願 日：2001-06-29

出願番号：特願 2001-197915

発明の名称：スナップショットシステム

発 明 者：山本吉伸

出 願 人：産業技術総合研究所

出 願 日：2001-08-31

出願番号：特願 2001-264630

発明の名称：情報検索方法、情報検索プログラム、情報検索プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体

発 明 者：橋田浩一

出 願 人：産業技術総合研究所・科学技術振興事業団

出 願 日：2001-10-17

出願番号：特願 2001-319290

発明の名称：アップロード装置、アップロード方法および通信システム

発 明 者：西村拓一・伊藤日出男・山本吉伸・中島秀之

出 願 人：産業技術総合研究所

出 願 日：2001-12-05

出願番号：特願 2001-371694

発明の名称：通信システムおよび方法

発 明 者：西村拓一・伊藤日出男・山本吉伸・中島秀之

出 願 人：産業技術総合研究所

出 願 日：2001-12-11

出願番号：特願 2001-376867

発明の名称：ダウンロード装置、方法、ダウンロード装置用送信装置および通信システム
発明者：西村拓一・野田五十樹・伊藤日出男・山本吉伸・中島秀之
出願人：産業技術総合研究所
出願日：2001-12-18
出願番号：特願 2001-383972

発明の名称：認証システム・光放射装置・認証装置および認証方法
発明者：伊藤日出男・西村拓一・中村嘉志・中島秀之
出願人：産業技術総合研究所
出願日：2002-10-03
出願番号：特願 2002-290818

発明の名称：情報支援システム
発明者：西村拓一・中村嘉志・伊藤日出男・中島秀之・蔵田武志
出願人：産業技術総合研究所
出願日：2002-11-27
出願番号：特願 2002-344724

発明の名称：音声情報支援システム
発明者：西村拓一・中島秀之・矢入郁子・猪木誠二
出願人：産業技術総合研究所
出願日：2002-12-16
出願番号：特願 2002-364471

発明の名称：情報支援システム
発明者：西村拓一・蔵田武志・伊藤日出男・中島秀之・中村嘉志
出願人：産業技術総合研究所
出願日：2003-01-15
出願番号：特願 2003-007044

発明の名称：情報支援システム
発明者：西村拓一・中村嘉志・伊藤日出男・中島秀之・蔵田武志
出願人：産業技術総合研究所
出願日：2003-03-24
出願番号：特願 2003-081513

発明の名称：生活情報支援システム
発明者：橋田浩一・松尾豊・和泉憲明・川口尹由
出願人：科学技術振興事業団・産業技術総合研究所・川口尹由
出願日：2003-03-24
出願番号：特願 2003-81650

発明の名称：類義性計算方法、類義性計算プログラム、類義性計算プログラムを記録した
コンピュータ読み取り可能な記録媒体
発明者：橋田 浩一・宮田 高志
出願人：産業技術総合研究所・科学技術振興事業団
出願日：2003-04-15
出願番号：特願 2003-110159

発明の名称：人間関係データの作成プログラム及び人間関係データの作成プログラムを記
録したコンピュータ読取可能な記録媒体
発明者：松尾 豊・橋田 浩一
出願人：産業技術総合研究所・科学技術振興事業団
出願日：2003-05-19
出願番号：特願 2003-141093

発明の名称：情報支援システム
発明者：西村拓一・中村嘉志・伊藤日出男・中島秀之
出願人：産業技術総合研究所
出願日：2003-06-03
出願番号：特願 2003-158468

発明の名称：ユーザ端末および情報支援システム
発明者：西村拓一・伊藤日出男・中村嘉志・中島秀之
出願人：産業技術総合研究所
出願日：2003-06-03
出願番号：特願 2003-158526

発明の名称：携帯用光無線通信機
発明者：中島秀之
出願人：産業技術総合研究所
出願日：2003-06-23
出願番号：意願 2003-177300

発明の名称：情報コンテンツ作成方法、情報コンテンツ作成プログラム、情報コンテンツ作成プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体
発明者：橋田 浩一
出願人：産業技術総合研究所
出願日：2003-06-23
出願番号：特願 2003-178743

発明の名称：音声情報伝達システムおよび音声情報伝達光源
発明者：中島秀之・西村拓一・伊藤日出男
出願人：産業技術総合研究所
出願日：2003-06-30
出願番号：特願 2003-183927

発明の名称：認証システム、光放射装置、認証装置および認証方法
発明者：伊藤日出男・西村拓一・中村嘉志・中島秀之
出願人：産業技術総合研究所
出願日：2003-08-19
出願番号：特願 2003-295077

発明の名称：音声情報支援システムおよびユーザ端末
発明者：西村拓一
出願人：産業技術総合研究所
出願日：2004-01-19
出願番号：特願 2004-011062

発明の名称：複数文書の要約作成方法
発明者：藤井敦・石川徹也・渡邊まり子
出願人：科学技術振興機構
出願番号：特願 2004-003241

発明の名称：光検出方法
発明者：伊藤日出男・鍛冶良作
出願人：産業技術総合研究所
出願番号：特願 2004-222774

発明の名称：統合情報サービスシステム

発明者：車谷浩一・和泉 憲明・幸島明男・和泉潔・山下 倫央

出願人：産業技術総合研究所

出願番号：特願 2004-319742

発明の名称：情報提供システムならびに情報提供方法、情報提供プログラムおよびその記録媒体

発明者：車谷浩一・和泉 憲明・幸島明男・和泉潔・山下 倫央・野田五十樹

出願人：産業技術総合研究所

出願日：2004-11-02

出願番号：特願 2004-319776

発明の名称：混雑度解析システムならびに混雑度解析方法、混雑度解析プログラムおよびその記録媒体

発明者：車谷浩一・和泉 憲明・幸島明男・和泉潔・山下 倫央

出願人：産業技術総合研究所

出願番号：特願 2004-319819

発明の名称：情報アクセス関連度解析システムならびに情報アクセス関連度解析方法、情報アクセス関連度解析プログラムおよびその記録媒体

発明者：車谷浩一・和泉 憲明・幸島明男・和泉潔・山下 倫央

出願人：産業技術総合研究所

出願番号：特願 2004-319894

発明の名称：ユーザ興味度解析システムならびにユーザ興味度解析方法、ユーザ興味度解析プログラムおよびその記録媒体

発明者：車谷浩一・和泉 憲明・幸島明男・和泉潔・山下 倫央

出願人：産業技術総合研究所

出願番号：特願 2004-319905

(2) 海外

特願 2002-290818 の PCT 出願

出願日：2003-10-02

出願番号：PCT/JP03/12637

特願 2002-344724 の PCT 出願

出願日：2003-11-26

出願番号：PCT/JP03/15064

特願 2001-319290 の PCT 出願

出願日：2004-03

出願番号：PCT/JP02/04945

5. 5 受賞等

(1) 受賞

1. 中村 嘉志・伊藤 日出男・西村 拓一・山本 吉伸・中島秀之. 無電源小型通信端末 CoBIT による近距離情報支援. 野口賞(優秀デモンストレーション賞), 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム(DICOMO2002), 2002-07-04.
2. CoBIT が電子自治体大賞優秀賞を受賞. 活力自治体フェア, 2003-01-29.
3. CONSORTS がエージェント技術に関する国際コンペティションアプリケーション部門で第2位を受賞. AgentCities iD3, 2003-02-06.

4. 西村 拓一・中村 嘉志・伊藤 日出男・山本 吉伸・中島 秀之, 視覚 CoBIT とデジタル CoBIT の提案. 優秀論文賞. 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO2003), 2003-06.
5. 中村 嘉志・西村 拓一・伊藤 日出男・中島秀之. 無電源で ID と位置を発信するインタラクティブ情報端末 ID-CoBIT の実現. 優秀論文賞, 優秀プレゼンテーション賞, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム(DICOMO2003), 2003-06.
6. Y. Nakamura, T. Nishimura, H. Itoh, H. Nakashima. ID-CoBIT: A Battery-less Information Terminal with Data Upload Capability. Best Presentation Award, The 29th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON2003), 2003-11.
7. 橋田 浩一. 情報処理学会情報規格開発賞(ISO/IEC TR 15938-5/AMD1: Information technology – Multimedia content description interface – Part 5: Multimedia description schemes – AMENDMENT 1: Multimedia description schemes extensions のプロジェクトエディタとしての業績に対して), 2005-06-24.

(2) 新聞報道

1. 電子掲示板から面白い着眼点抽出. 日本工業新聞, 2002-01-23.
2. 共同研究者を検索する新技術. 日本経済新聞, 2003-08-31.
3. 顔向けた人だけに音声. 日本経済新聞朝刊[企業 3 ベンチャー]欄, 2004-01-05.
4. ロボット研究者検索エンジン. 日本経済新聞(近畿版), 2005-04-19.
5. ロボ研究者情報公開 —大阪市で検索エンジン始動—. 日刊工業新聞, 2005-04-19.
6. ロボ研究者検索エンジンを開発. 日経産業新聞, 2005-04-26.
7. ロボット関連の研究者 3600 人収録. 朝日新聞夕刊, 2005-05-06.
8. イベント情報支援 展示会・学会向け 産総研がシステム. 日刊工業新聞, 2005-06-14.
9. 産総研など イベント空間をより美しく 情報支援システム開発. 科学新聞, 2005-06-24.

(3) その他

1. CoBIT の紹介. 週刊アスキー, 2002 年 10 月号.
2. CoBIT の紹介. テレビ東京ワールドビジネスサテライト「トレンドたまご」, 2004-01-07.
3. ロボットラボラトリー、ロボット分野の“研究者ネットワーク検索エンジン”の実証試験を開始. ASCII24, 2005-04-18.
4. ロボット産業振興に一役 —大阪市のラボラトリー—. フジサンケイビジネスアイ, 2005-04-19.

5. 6 その他特記事項

1. CoBIT を事業化する産総研ベンチャー企業サイバーアシストワンの設立. 2002-04-07.
2. CoBIT による音声情報提供. After 5 Years, 2002-10-04/-10-30, 丸の内ビル. (紹介記事: ZDNet 2002-10-07、asahi.com 他)
3. CoBIT による音声情報提供. ドラえもん展のびた君の部屋, 横浜そごう美術館, 2003-03-15/2003-05-05.
4. CoBIT に基づく情報支援システム. 科学技術博物館(上野), 2003-03-20/2003-03-23.
5. CoBIT によるインスタレーション. 日本科学未来館サイエンスライブラリ内ウォールギャラリー, 2004-03-24/-05-24.
6. John Smith and Koiti Hasida. (Eds.) ISO/IEC TR 15938-5/AMD1: Information technology – Multimedia content description interface – Part 5: Multimedia description schemes – AMENDMENT 1: Multimedia description schemes extensions. 2004-07-01.
7. CONSORTS および Aimulet の技術に基づく展示会統合情報支援システム. 愛・地球博グローバルハウス, 2005-03-25/-09-25.
8. Aimulet の技術に基づく音声情報システム. 愛・地球博ローリーアンダーソン WALK, 2005-03-25/2005-04-24.
9. セマンティックオーサリングを訪問介護事業に応用するための資金提供型共同研究. 2005-08-01/2006-03-31.

6 研究期間中の主な活動

(1) ワークショップ・シンポジウム等

年月日	名称	場所	参加人数	概要
平成13年 2月 1日～ 2月 2日	サイバーアシスト計画と 本研究課題との擦り合わせ	湘南国際村 センター	11名	位置に基づく通信とイン テリジェントコンテンツ との関係について整理し た。
平成13年 3月19日	進捗報告と平成13年度の 予定	電子技術総合 研究所	20名	代表的なメンバーによる 研究内容の紹介を行ない、平成13年度の研究協 力体制や事務体制について打合せた。
平成14年 4月 4日～ 4月 5日	研究チーム打合せ	RAKO華ノ井 ホテル	14名	現状のまとめと今後の方 針に関する討論
平成15年 2月18日	研究チーム打合せ	産業技術総合 研究所サイバ ーアシスト研 究センター	18名	プロジェクトの後半に向 けてのテーマの集約に関 する討論
平成16年 12月 9日～ 12月11日	International Symposium on Life-World Semantics and Digital City Design 及びワークショップ	京都リサーチ パーク	約150名	「生活世界のセマンティ クス」及び「デジタルシ ティのデザイン」 について研究発表する

(2) 招聘した研究者等

氏 名 (所属、役職)	招聘の目的	滞在先	滞在期間
周 能法	研究打ち合わせ	産業技術総合研究 所	平成14年 12月16日～22日
周 能法	研究打ち合わせ	東京工業大学	平成15年 12月23日～27日
Wolfgang Wahlster	JST 国際シンポジウム講 演	京都リサーチ パーク	平成16年 12月6日～11日

7 結び

本プロジェクトは、人間中心の知的情報アクセス技術の本質を追究し、さまざまな具体的成果の創出を通じてセマンティックコンピューティングの概念に到達した。今後は、セマンティックコンピューティングの具体的な展開のため、制約プログラミング等の技術を導入することによってセマンティックプラットフォームを充実させつつ、セマンティックオーサリングや検索などのアプリケーションの充実、およびセマンティックプラットフォームを介したアプリケーション間のさまざまな連携による多様なサービスの実証を進める。

そのための枠組として、本プロジェクトの成果に基づくいくつかの研究開発プロジェクトが2005年に発足している。科学技術振興調整費による「生活者支援のための知的コンテンツ基盤」プロジェクトでは、本プロジェクトで培った知的コンテンツの技術を

映像コンテンツの作成と高度利用に展開する。CRESTの「安全と利便性を両立した空間見守りシステム」では、センサネットワークによる測位やマルチエージェント技術のセマンティックプラットフォームを介した融合による多様なサービスの技術を構築する。産総研産業変革研究イニシアティブの「知識循環型サービス主導アーキテクチャ(AIST-SOA)の開発」では、セマンティックプラットフォームをエンタープライズシステムに応用し、これをグリッドコンピューティングの技術と結合することにより、高度な社会的連携を容易に運営するための知的な情報インフラを実現する。

本プロジェクトとその諸成果およびそれらに基づく主な関連プロジェクトとの関係を次の図 7.1 に示す。図中の成果やプロジェクトは、大体において、上のものほど新しいように配置してある(本文でも触れた愛・地球博の Aimulet GH と Aimulet LA のプロジェクトはすでに終了)。

しかしながら、これらの研究はそれぞれ生活世界の何らかの側面において利便性の向上をもたらすものの、必ずしも人間の幸福に直結するものではない。この問題は従来の学技術の多くが共有する。たとえば、電子メールや Web によって仕事や生活が便利になった面もあるが、それによってわれわれが幸せになったかどうかは大いに疑わしい。

Daniel Kahneman らの研究でも実証されているように、自分の時間を自己決定に基づいて管理できているという自覚が幸福感の大きな要因である。とすれば、人間の幸福のために IT が直接果たし得る最大の役割は、プロジェクト管理の支援だろう。ここで言うプロジェクトとは、業務のワークフローや個人のスケジュールを含む広義のそれである。業務システムは組織を中心としたプロジェクト管理を扱うものであり、いわゆる EA (enterprise architecture) で言う全体最適化の範囲も業務に限定されているが、業務だけを最適化してもわれわれは幸せになれない。仕事も私生活も含む生活または人生全体にわたるバランスが重要であり、仕事に限らない生活全体にわたるプロジェクト管理の支援が、IT による人間の幸福への直接的貢献のカギであろう。

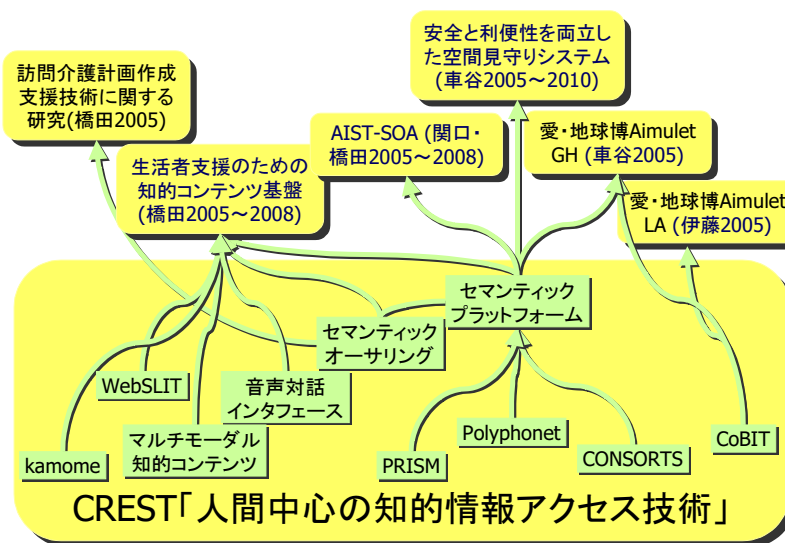


図7.1 本プロジェクトの主要な成果と派生したプロジェクト

そこでは、人間にも IT システムにも人間の生活全般が「見える」ようにする技術が必要である。すなわち、個人の日常の行動、その人に与えられた時間や人間関係や資金や権限や責任、希望や嗜好などを意味的に関連付け、わかりやすく提示したり簡単に操作可能にしたりすることにより、自己決定を支援する技術である。知識循環型社会においては、そのための情報開示と知識の積極的な利用が求められていると考えられる。それには、図 7.2 のように、対話グラウンディングとシンボルグラウンディングを統合した全体的グラウンディングをもたらすような、ユビキタスコンピューティングを含むセマンティックコンピューティングの展開が必要となる。このような見通しを得たことも本プロジェクトの大きな成果のひとつである。人を直接幸福にする技術の確立を目指してその成果をさらに発展させて行きたい。

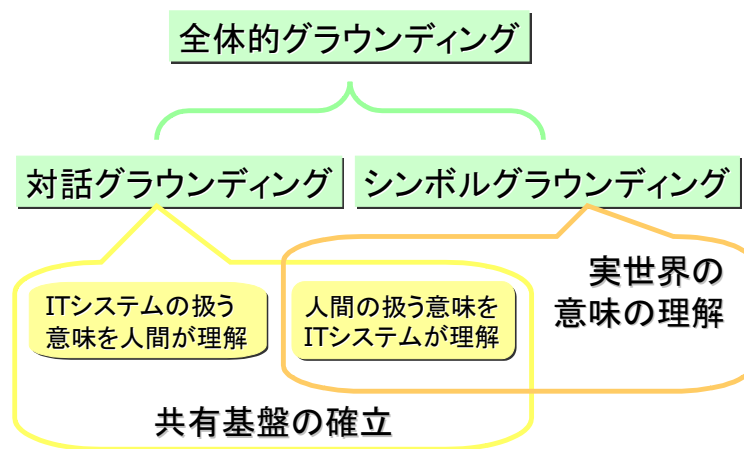


図7.2 全体的グラウンディング