

実世界指向情報統合に向けて

小暮潔 赤埴淳一 平松薫 松原繁夫
境野英朋 杉山聡 柳沢豊

日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所

本稿では、個人や企業など実世界における活動主体がそれぞれの多様な活動を遂行するために必要とする情報を、利用しやすい形態で獲得することができるように統合する技術である実世界指向統合技術に関して、その基本的な考え方を述べる。また、その確立に向けた2つの要素技術である、地理に基づく情報統合システム GeoLink と、エージェントに基づく地域情報サービス連携アーキテクチャに関して述べる。

Towards Real-World-Oriented Information Integration

Kiyoshi Kogure, Jun-ichi Akahani, Kaoru Hiramatsu, Shigeo Matsubara,
Hidetomo Sakaino, Akira Sugiyama, and Yutaka Yanagisawa
NTT Communication Science Laboratories, NTT Corporation

This paper describes the basic concept of real-world-oriented information integration technology, that is, technology for integrating various kinds of information from information space in order to enable actors in the real world such as people and companies to obtain the information necessary for various kinds of everyday activities in an easy-to-use form. It also describes two component technologies, a geographically-oriented information integration system called GeoLink and an agent-based architecture for coordinating heterogeneous regional information services.

1 はじめに

現在、情報空間は急激に巨大化し、分散化している。例えば、インターネット上の Web 情報は毎年倍以上の速度で増加している。英米などで既に開始されている地上波デジタル放送は巨大情報空間の出現を予感させる。一方、実世界はグローバル化、ボーダレス化の波にさらされ、個人の生活様式はますます多様化している。このような情報空間と実世界の変化は融合し相乗効果をもたらしながら、我々の生活や社会に大きな影響を与えていくものと考えられる。電子商取引やサプライチェーンマネジメントはこのような情報空間と実世界の融合が新しいビジネスモデルを産み出すことを示す良い例である。このような情報空間と実世界の融合はビジネスの分野のみではなく、我々が豊かで充実した生活を送るための様々な新しいコミュニケーション形態を創造することが期待される。NTT コミュニケーション科学基礎研究所では、情報空間と実世界を円滑に融合する新たなコミュニケーション基盤 — 実世界指向コミュニケーション基盤 — の確立を目指した研究を推進している。

我々は実世界指向コミュニケーション基盤の研究の一環として、個人や企業など実世界における活動主体がそれぞれの多様な活動を遂行するために必要とする情報を、利用しやすい形態で獲得することができるように統合する技術 — 我々は「実世界指向情報統合」と名付けている — の研究を推進している。また、この技術を実証するために、テストベッドとして、地域（都市）に関する次世代社会情報基盤としてのデジタルシティ [10, 11, 12] を用いている [2]。

本稿では、まず第 2 節で実世界指向情報統合の研究がどのようなことを目指しているのかを概説する。次に、その確立に向けた 2 つの要素技術を説明する。第 3 節では、地理に基づく情報統合 [5, 6, 7, 8, 9] に関して述べ、第 4 節では、エージェントに基づく地域情報サービスの連携 [1] に関して述べる。

2 実世界指向情報統合

2.1 実世界指向性

既に述べたように、実世界指向情報統合とは、個人や企業など実世界における活動主体がそれぞれの多様な活動を遂行するために必要とする情報を、利用しやすい形態で獲得することができるように統合する技術である。例えば、以下のような状況を考える。

国際会議に出張する計画を立てた後、プログラムが発表され、会議中のある日に関連する発表がな

いことが判明した。せっかくの機会だから周辺の研究所の関連する研究者を訪問したい。訪問するにはアポイントメントを取らなければならないが、時差の関係で出発までに多くの電子メールのやりとりを行うことができない。

この状況では、まず国際会議の会場の周辺にどのような研究所が存在するのかを調べることに、すなわち、地理的条件に基づく情報検索が必要になる。また、研究所に属す関連分野の研究者を調べるためには、地理的条件に加え、研究者の研究分野という異種の条件の組合せに基づく情報検索が必要になる。また、アポイントメントが取れる可能性が高い研究者にコンタクトするためには、訪問日に既に公開されている予定があるか否か、例えば、種々のイベントのプログラムに名前が掲載されているか否かを知りたくなるかもしれない。ここで、イベントの開催場所が遠距離の場合には、その日の前後も考慮する必要が生じるであろう。すなわち、地理的条件に依存した時間的条件に基づく情報検索が必要になる。

このような実世界における活動に必要な情報を簡単に獲得することができるようにするためには、実世界を指向した情報の統合・編集技術が必要になる。これが実世界指向情報統合技術である。

このような実世界での活動に関する指向性（実世界活動指向性）はその実現に向けたアプローチとしての実世界モデル指向性を示唆する。すなわち、情報空間中の情報の断片を実世界を構成する重要な側面、すなわち、実世界のモデルの構成要素と対応させることである。地理的条件に基づく情報検索は実世界の地理的側面に情報の断片を対応させることにつながり、時間的条件に基づく情報検索は実世界の時間的側面に情報の断片を対応させることにつながる。また、研究所の研究員とイベントのプログラムに名前が掲載されている人物が同一人物であるか否かを判定することはこの世界の構成員に情報の断片を対応させることにつながる。すなわち、各種の情報を実世界モデルの要素と対応（グラウンディング）させることである。

2.2 実世界指向情報統合の 3 つの基本概念

我々は実世界指向情報統合の基本概念として以下の 3 つのことを掲げている。

第 1 に、誰もが潜在的な情報源であるという視点に立ち、多様な情報源からの情報を収集し、利用するということである。現在のインターネットでは、主に官公庁やマスコミ、ポータルサービス業者といった企業

が有用な情報源となっている。しかし、一般の人からの情報も適切に集積され、統合・編集されることにより有用な情報となる可能性がある。例えば、子供たちの「月日に公園で珍しい蝶を見た」というような近隣に関する観察記録の断片も集積され、統合・編集され、更新され続けていけば、近隣の生態系に関する最新情報を提供することができる。したがって、このような情報が自然に集積されるように情報発信を活性化することが重要になる。

第2に、情報空間と実世界を対応させることにより、実世界での活動に即した形態で情報を統合、あるいは、再統合するということである。例えば、インターネットはボーダレスであり、実世界の様々な場所や時間に関する情報を集めてくることができる。しかし、我々の日常活動は物理法則に支配されており、多くの場合に特定の場所や時間と密接に関係する。このような特定の場所や時間に関係する情報のみを検索することは簡単ではない。

それでは、例えば、Webページの作者が特定の場所や時間と関係する情報をまとめ、ハイパーリンクで関連付けすればよいのであろうか。作者は自分や想定読者の視点で関連情報を集め、ハイパーリンクで関連付けすることができるであろう。しかし、そのようにしたとしても、個人の生活様式の多様性などから、すべての読者に必要な情報を関連付けすることはできない。逆に、あまりに多くの情報を関連付けると、必要な情報が埋没してしまう危険性が生じる。したがって、現在の情報のまとまりとは別の、個人にとって利用しやすい形態に統合することが必要になる。

第3に、情報提供を利用者自身や利用者の置かれた状況に適應させることである。利用者への適應は情報内容の適應と情報表現形式の適應に分類することができる。例えば、道案内の場合を考える。急いでいる健康な若者に対しては歩道橋を含む最短経路に関する情報を提供してもよいかもしれない。しかし、車椅子の人にとってはこのような情報はあまり有用ではない。むしろ段差や障害物の少ない経路に関する情報を提供することが望まれるであろう。すなわち、情報内容を利用者に適應させることが望まれる。また、利用者が健常者でPDAなどの地図を表示することができる装置を持っている場合には地図を使用して情報を提供することができる。しかし、利用者が目の不自由な場合や地図を表示する装置を持っていない場合には音声で情報を提供することが望まれるであろう。また、地

図を使用して経路情報を提供する場合に限定しても、PDAなどで地図を表示することができる面積は小さいから、案内する場所に関する利用者の知識や嗜好などに依存して、表示するランドマークを変更することも望まれるであろう。すなわち、情報の表現形式も利用者に適應させることが望まれる。

情報空間と実世界の統合という言葉から拡張現実感や複合現実感 [15] などの技術が容易に連想されるが、情報提供の利用者適應ということを考えると、このような技術が一表現形式に過ぎないことに留意されたい。なぜならば、利用者にこのような情報提供手段が必ずしも適しているとはかぎらないからである。

2.3 基本概念を達成するための技術

我々が考えている実世界指向情報統合を確立するためには、これらの基本概念を達成するための技術が必要になる。すなわち、情報が自然に集積されるように情報発信を活性化するための技術、情報空間と実世界を対応させるための技術、利用者に適應して情報を提供するための技術である。

情報発信を活性化する、あるいは、情報発信の障壁を取り除くための具体的な技術としては、まず、情報源である人間が自分の発信したい内容を容易に入力することができるインタフェースの技術が挙げられる。これに加えて、各情報源が自分の嗜好に適合する表現で発信した情報を適切に流通させるためには、流通の途中段階で他者の嗜好に適合する表現に変換することが望まれ、したがって、オントロジ変換技術が要求されることになる。また、インターネット上での情報発信を躊躇させる1つの要因に情報がどのような人に伝達され、どのように利用されるのかがよくわからないことがある。したがって、情報源の多様な要請に応じられる情報アクセス制御技術も要求されるであろう。

情報空間と実世界を対応させるための具体的な技術としては、まず、実世界における活動主体にとって重要な実世界の側面をモデル化する技術が挙げられる。特に、我々の活動を制約する物理的な空間や時間を適切にモデル化し、表現する技術が重要である。この際、活動主体の意思決定などに合った速度で実世界の変化に追従することができなければならない。

利用者に適應して情報を提供するためには、利用者自身や利用者の置かれた環境に関する情報を表現する手法——ユーザモデル——が重要である。また、ユーザモデルと利用者に適應した情報内容と表現形式とを対応付けする技術が要求される。我々はこれに関する研

究の一環として、様々な歩行者への道案内で実際に行われる対話に関する分析を行っている [17]^{†1}。

3 地理に基づく情報統合

我々は実世界指向情報統合に関する研究の第一歩として地理に基づく情報統合システム GeoLink^{†2}を開発した。このシステムは地理に基づいてインターネット上の Web 情報を統合し、地理的条件に基づく情報検索を可能にする。

以下では、課題、基本アイデア、プロトタイプシステムに関して述べる。

3.1 地理に基づく情報統合における課題

我々の日常活動は多くの場合に特定の場所に関係する。このような特定の場所に関係する活動に適した情報の獲得を容易にすることが GeoLink システムで解決しようとした課題である。例えば、以下を行う計画を立てるのに必要な情報を獲得することを考える。

京都での打合せ後、祇園でワインを飲みながら食事をし、京都駅近くのホテルにバスで帰る。

既存の手段で必要な情報を獲得するのは簡単ではない。まず、既存の Web 検索技術を考える。ワインを飲めるレストランの情報を検索するために、日本国内の主要な検索サイトで、キーワードとして「祇園」と「ワイン」を入力して検索すると、おそらく数百件にも及ぶ膨大な候補が出力されるが、そのほとんどが祇園でワインを飲むこととまったく関連しない。誰がそのような大量の候補をチェックすることを望むであろうか。このように大量の候補が出力される原因の 1 つは文書内にキーワードと同じ文字列が含まれるとき、その文字列が実際に何を指し示すために使用されているのか、すなわち、表示的意味論を考慮せずに候補とすることにある。実際、既存の検索技術では、「祇園」という文字列が出現するとき、それが特定の地理的領域である祇園を指し示すために使用されているのか否かを判定することはできない。

幸運なことに、大量の候補の中から目的にかなうレストランの Web ページを取得することができたとする。しかし、次に必要な情報である、このレストランの最寄りのバス停留所に関する情報は、(Web ページ作成者の想定読者の関心事が実際の読者の関心事と一致して) レストランの Web ページにそのような情報が含まれていないかぎり、簡単に獲得すること

ができない。既存の Web 検索エンジンが、例えば、特定の場所の近傍にある施設の検索のような、地理的条件に基づく検索機能を備えていないからである。^{†3}

別の既存技術として地理情報システム (Geographic Information System, GIS) がある。地理情報システムは一種の電子的な地図で、地理的条件に基づく情報検索を可能にする。したがって、特定のレストランの最寄りのバス停留所を検索することができる。しかし、既存の地理情報システムの多くはデータを独自に保持するので、2つの問題点を持つ。第1に、一般には Web 情報ほど詳細な情報を含んでいない。例えば、ある店舗がレストランであるという情報は含んでいても、どのような料理や飲料を提供するのかに関する情報が含まれてないことが多い。第2に、情報が典型的には Web 情報ほど頻繁には更新されない。したがって、情報が現実を反映していない—例えば、レストランが移転して、その場所に存在しない—可能性がある。

3.2 拡張 Web 空間

上述の問題を解決することができる技術が GeoLink である。その核となるアイデアはインターネット上の Web ページが構成する情報空間を地理的關係により拡張することである (図 1)。インターネット上のハイパーリンクで結合された Web ページが構成する情報空間は Web 空間などと呼ばれる。Web 空間では、ハイパーリンクにより関連付けされている関係に基づき情報を検索することができる。しかし、それ以外の関係、例えば、ハイパーリンクで指定されていない地理的關係に基づく検索を行うことは不可能であるか、少なくとも簡単ではない。

この問題を解決するために、我々は利用者の入力検索文に出現する Web ページ間の関係を表現するリンクを動的に生成する手法を考案した。このようなリンクをジェネリックリンクと呼ぶ。特に、Web ページ内に含まれる地理的情報を使用し、地理情報空間内で評価される地理的關係に基づき生成されるものを地理的ジェネリックリンクと呼ぶ。このようなジェネリックリンクは元の Web 空間を拡張していると解釈することができる。そこで、この拡張された情報空間を拡張 Web 空間と呼ぶ。

例えば、レストラン A から半径 100m 以内のバス

^{†1} この研究は科学技術振興事業団の戦略的基礎研究推進事業 (CREST) での共同研究により遂行されている。

^{†2} GeoLink は日本電信電話株式会社の登録商標である。

^{†3} 地理的条件に基づく検索では、もちろん、より複雑な条件での検索が望まれることがある。例えば、名前は忘れたが、かつて駅の東側に 5 分くらい歩いて行ったイタリア料理店を探そうとすれば、距離と方角に関する条件の組合せに基づく検索が望まれる。

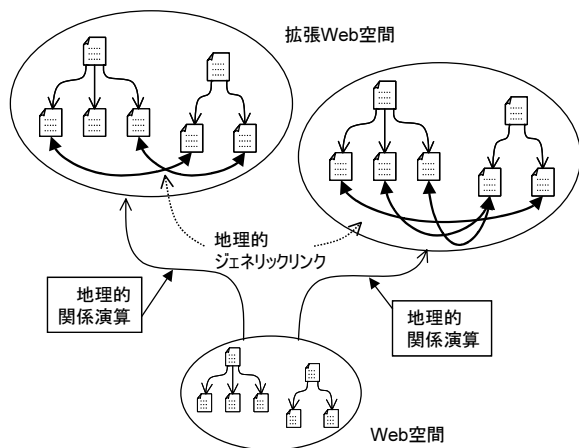


図 1: 拡張 Web 空間 (1)

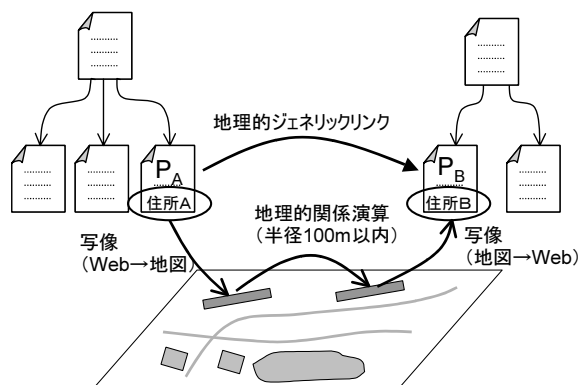


図 2: 拡張 Web 空間 (2)

停留所を検索する場合を考える (図 2)。レストラン A の Web ページ (P_A) に含まれる店名や住所などの地理的属性により、Web ページを対応する地理情報空間内の地理的オブジェクトに写像し、地理情報空間内で地理的關係演算 (半径 100m 以内) を実行し、その結果として得られた地理的オブジェクトをこれに対応する Web ページ (P_B) に写像する。これらの結果として、Web ページ間に地理的ジェネリックリンクが生成される。

このような拡張 Web 空間内での情報検索を行うためには、検索内容を表現するための問合せ言語が必要である。従来から Web 空間を対象とした問合せ言語としては SQL を拡張した W3QL や WebSQL が存在する [13, 14]。これらの言語では、Web ページに記述された情報に関する条件、Web ページ間のハイパーリンクに関する条件、検索経路に関する条件を指定することができる。しかし、地理的關係を指定するこ

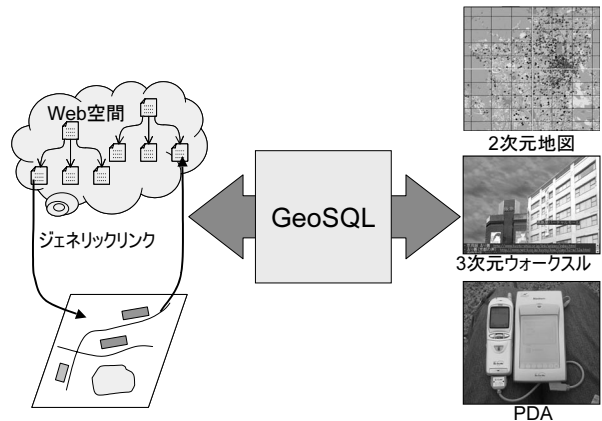


図 3: GeoLink プロトタイプシステム

とができない。一方、地理情報システムの分野においては、地理的關係を求める關係演算に関する標準化が Open GIS Consortium により行われており、2次元もしくは3次元の座標系を利用したオブジェクトモデルやオブジェクト間の關係演算、データベース操作のための SQL の拡張が提案されている [16]。しかし、Web 検索と統合する提案は行われていなかった。そこで、Web 検索のための条件と地理的關係演算を統合的に記述することができる問合せ言語 GeoSQL を設計した。GeoSQL は W3QL を基本に、Web ページの属性の扱いと評価方法を変更し、Web ページ間の地理的關係を検索式中で扱えるように地理的ジェネリックリンクを導入したものである。

3.3 プロトタイプシステム

地理的拡張 Web 空間内での GeoSQL による検索を可能にするのが GeoLink システムである。GeoLink システムは GeoSQL で書かれた問合せを受け取ると、必要に応じて、インターネットにアクセスし、Web ページを取り込み、その内容を解析し、指定された属性と比較したり、ハイパーリンクを抽出するとともに、地理情報システムを参照しながら、地理的ジェネリックリンクを生成する。最終的に、指定された情報 — 例えば、抽出された Web ページの URL と対応する緯度経度の組のリスト — を返す。

我々は GeoLink システムの有効性を検証するためにプロトタイプシステム (図 3) を構築した。このシステムはデジタルシティ京都実験フォーラム (<http://www.digitalcity.gr.jp>) において、3次元ウォークスルーインタフェースと2次元地図インタフェースを介してインターネット上で実験的に公開し

ている。各インタフェースは Web サーバ上の CGI プログラム経由で GeoLink システムにアクセスし、検索結果を仮想空間中もしくは地図上に表示する。3次元ウォークスルーインタフェースの路面には、CGI プログラムへのリンクが埋め込まれていて、仮想空間中の移動に合わせて利用者の現在位置周辺の情報へのリンク情報が Web ブラウザ画面の下部に表示される。それらをマウスでクリックすると、その Web ページが別ウインドウに表示される。2次元地図インタフェースからは、表示されている地図の範囲を検索範囲とするカテゴリ検索、キーワード検索が可能となっていて、検索結果はアイコンとして地図上に表示され、アイコンをクリックすると、その Web ページが別ウインドウに表示される。

また、このプロトタイプシステムのモバイル環境での有効性の検証のために、スクリーンが小さい PDA のためのインタフェースも構築した [9]。インターネットアクセス可能で、GPS 受信機を備えた PDA でこのインタフェースを使用すると、現在位置周辺に関する GeoLink による検索が可能である。

4 エージェントに基づく地域情報サービスの連携

実世界のグローバル化・ボーダレス化や個人の生活様式の多様化に対応し、適切な情報提供サービスを実現するためには、非均質な情報源からの情報を統合し、非均質な利用者に応じて情報を提供する必要がある。インターネット上で増大してきた地域に密着した情報（地域情報）に関しても、地域によって異なる特性の情報を、例えば、地域に関する異なる知識を持つ利用者に応じて情報を提供する必要がある。我々はこのような課題を解決するために、地域情報サービスを連携するエージェントアーキテクチャを考案した。

以下では、課題、アーキテクチャ、プロトタイプシステムに関して述べる。

4.1 地域情報サービスにおける課題

最初に、地域情報サービスを情報の供給サイドから考える。地域情報サービスを行う主体（地域情報サーバ）は以下で述べるように論理的なレベルで非均質で分散されたものにならざるを得ない。地域情報の情報源は地理的に分布する。そのような情報源の中には鉄道の運行、道路の渋滞、天候、スーパーマーケットの在庫などのように動的な情報を生成するものがある。このような情報の信頼性・鮮度を保つためには、情報は情報源をよく理解している主体が管理することが望

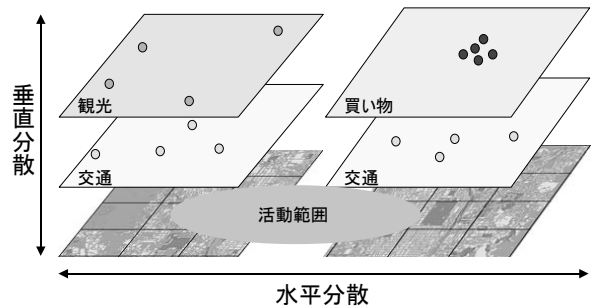


図 4: 異質な分散情報源からの情報統合

まれる。また、情報に関する知的財産権や責任の観点から、情報はそれに責任を持つ主体が管理することが望まれる。すなわち、論理的レベルで地域情報サーバは地理的（水平的）に分散されることが要求される。

地域情報サーバはこれとはある意味で直交する方向に分散されなければならない。地域の規模、産業構造など地域の特性により、地域に関して必要とされる情報の種類は異なる。例えば、公共交通機関が発達している地域ではそれらに関する情報が一般に重要になり、未発達な地域では道路の通行可能性や渋滞情報が重要になるであろう。また、同一都市内でも、異なる種類の情報が望まれることがある。例えば、ある都市では、商業地域では商店に関する詳細な情報が望まれるのに対して、観光地域では名所旧跡に関する情報が頻繁に望まれるということがあるかもしれない。このような情報に対する要望の変化は情報の量や記述方法に反映される必要がある。例えば、商業地域では店舗のより詳細な分類が望まれ、したがって、異なるオントロジーの使用が望まれるというようなことがあるかもしれない。すなわち、地理的（水平的）な分散と直交する垂直的な分散が要求されることになる（図 4）。

地域情報サーバは論理的レベルのみではなく実装レベルでも分散されることが要求される。ネットワークトラフィックと計算能力の制限からである。

次に、地域情報サービスを反対の方向、すなわち、情報の利用者サイドから考える。よりボーダレスな世界になるにしたがい、我々の活動範囲はより非均質になる。これは利用者に複数の地域情報サーバからの情報を必要とさせる。例えば、奈良から大阪に通勤している人は奈良と大阪の地域情報サーバからの情報が必要であり、京都に通勤している人は奈良と京都の地域情報サーバからの情報が必要である。したがって、このような複数の地域情報サーバからの情報を水平的に

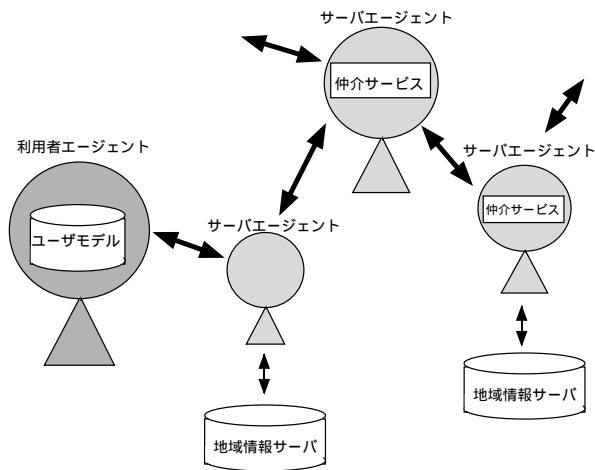


図 5: エージェントアーキテクチャ

統合することが要求されることになる。

一方、世界のグローバル化は我々の生活様式を多様化し、均質な情報の提供では多くの人間を満足することができないようにさせている。情報空間の急激な拡大は多様な情報を探索することを困難にし、多様な情報源からの情報を利用者にとって統合することが要求されることになる。すなわち、利用者にとって適切な垂直的な情報統合が要求される。

4.2 地域情報サービス連携のためのエージェントアーキテクチャ

上述の要求を満足するために、我々は以下を特徴とする、エージェントによるサービス連携のアプローチを採用した。

1. 情報源適応型情報統合をエージェントの仲介により実現する。
2. 利用者適応型情報統合をユーザモデルを保持するエージェントにより実現する。

このアプローチに従い、我々は地域情報サービスを連携するためのエージェントアーキテクチャを考案した(図5)。このアーキテクチャはサーバエージェントと利用者エージェントから構成される。サーバエージェントは他のサーバエージェントや利用者エージェントと通信を行う。サーバエージェントの一部は地域情報サーバを持ち、エージェント通信言語による柔軟なインタラクションで地域情報サービスを提供する。また、サーバエージェントにはオントロジ変換サービスやブローカサービスなど仲介サービスを提供するものもある。サービスのレベルとエージェントのレベルは独立であり、1つのサーバエージェントは複数の

サービスを提供することができる。

利用者エージェントはサーバエージェントと通信し、利用者個人の特性や嗜好を表現するユーザモデルに基づき情報の統合を行う。このようなユーザモデルに基づき、個々の情報の断片の評価や断片間の関係の評価を行うことにより、非均質な利用者に対応した情報提供が可能になる。例えば、「値段が高くて、移動距離が少ない方がいい」という嗜好を持つ利用者がある地域のレストランに関する問合せを行ったとする。このとき、利用者エージェントが、店舗の公式情報を提供する地域情報サーバからのレストランと最寄り駅からの距離の一覧と、レストランの評判情報を提供する知識情報サーバからのレストラン評価情報を、ユーザモデルに基づき評価することにより、利用者の嗜好にあった情報を提供することが可能にある。

4.3 プロトタイプシステム

前述のエージェントアーキテクチャに基づき、我々はプロトタイプシステムの試作を進めている。このシステムは地域情報サーバとして GeoLink システムを使用している。エージェント間の通信には、今後の多様な展開を考慮し、FIPA のエージェント通信言語 [4] を採用し、JADE [3] を使用して実装している。

現在、エージェント間とエージェント-GeoLinkサーバ間の基本的な通信機能が実装されている。利用者エージェントは地理に基づき Web ページを検索するための入出力インターフェースを持つ。このインターフェースから、地域、対象のカテゴリ、キーワードの入力が可能である。利用者エージェントは利用者の入力に基づき、自分が知っているサーバエージェントに問合せを行う。サーバエージェントは自分がどのような地域とカテゴリに関して答えることができるのかを知っており、問合せを受けると、自分が知っている地域とカテゴリに関するものの場合、自分の GeoLinkサーバに問合せを行い、その結果として URL と位置情報を返す。自分が知らないことに関する問合せの場合には、自分が知っている他のサーバエージェントに問合せを転送する。サーバエージェントからの結果を受け取ると、利用者エージェントはそれらをユーザモデルに基づき、順序付けし、リスト形式で表示するとともに、地図上にアイコンとして表示する。利用者はリスト中の項目が地図上のアイコンをクリックすることにより、対応する Web ページを表示させることができる。

利用者エージェントは同一地域に関する複数の項目

に関して、その間の関係を考慮した検索を可能にする。例えば、ある地域におけるレストランに関する検索を依頼され、その結果を出力した後に、停留所に関する組合せ検索を依頼されると、各レストランとバス停留所の対を作成し、それらを距離の順序でリストにして出力する。その結果、歩く距離が最も少ないレストランを見つけ出すことができる。

5 おわりに

本稿では、実世界における活動主体がそれぞれの多様な活動を遂行するために必要とする情報を、利用しやすい形態で獲得することができるように統合する技術、実世界指向情報統合技術について説明した。また、その要素技術である、地理に基づく情報統合システム GeoLink と、エージェントに基づく地域情報サービス連携アーキテクチャについて説明した。

これらの技術はまだ最初の一步の段階であり、今後さらに発展させていく予定である。情報空間と実世界の統合技術に関しては、GeoLink では地理の側面のみを考慮し、静的な情報のみを取り扱っているが、実世界の他の重要な側面も取り扱うとともに、動的な情報も取り扱えるように研究を進めていく予定である。情報サービス連携に関しても、現在は基本アイデアの可能性を確認した段階にすぎない。実際的なシステムを構築するためには、各種サービスのオントロジ記述方法やユーザモデル記述方法など多くの課題がある。また、実世界指向情報統合技術を確立するためには他の多くの要素技術が必要である。今後はそれらの課題や要素技術に関する研究も進めていく予定である。

謝辞

本研究に関して日頃の議論により有益な示唆をいただいた石井健一郎コミュニケーション科学基礎研究所長、管村昇部長、大山芳史部長をはじめとする社会情報研究部の諸氏に感謝の意を表す。本研究の遂行にあたり、ご協力いただいた京都市、京都大学、四条繁栄会商店街振興組合、祇園商店街振興組合、デジタルシティ京都実験フォーラム、NTT コムウェア、NTT アドバンステクノロジーに感謝の意を表す。

参考文献

- [1] 赤埴淳一, 平松薫, 古川仁一, 小暮潔: エージェントによる地域情報サービスの連携, 人工知能学会全国大会 (2001).
- [2] 赤埴淳一, 平松薫, 小暮潔: コミュニケーション科学技術の新領域開拓活動 — デジタルシティの研究, NTT 技術ジャーナル, Vol. 12, No. 7, pp. 62-66 (2000).
- [3] Bellifemine, F., Poggi, A. and Rimassa, G.: JADE—A FIPA-compliant agent framework, *The Fourth International Conference and Exhibition on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agents*, pp. 97-108 (1999).
- [4] Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA): Specifications. <http://www.fipa.org>.
- [5] 平松薫, 石田亨: 地域情報サービスのための拡張 Web 空間, 情報処理学会論文誌: データベース, Vol. 41, No. SIG6(TOD7), pp. 81-90 (2000).
- [6] Hiramatsu, K. and Ishida, T.: An Augmented Web Space for Digital Cities, *The 2001 Symposium on Application and the Internet (SAINT2001)*, pp. 105-112 (2001).
- [7] Hiramatsu, K., Kobayashi, K., Benjamin, B., Ishida, T. and Akahani, J.: Map-based User Interface for Digital City Kyoto, *INET2000 The Internet Global Summit* (2000).
- [8] 平松薫, 小林堅治, Benjamin, B., 石田亨, 赤埴淳一: デジタルシティにおける情報検索のための地図インタフェース, 情報処理学会論文誌, Vol. 41, No. 12, pp. 3314-3322 (2000).
- [9] Hiramatsu, K., Nagato, Y., Akahani, J. and Kogure, K.: Location Related Information Retrieval in Digital City Kyoto, *INET2001 The Internet Global Summit* (2001).
- [10] 石田亨: デジタルシティの現状, 情報処理, Vol. 41, No. 2, pp. 163-168 (2000).
- [11] Ishida, T., Akahani, J., Hiramatsu, K., Isbister, K., Losowski, S., Nakanishi, H., Okamoto, M. and Miyazaki, M.: Digital City Kyoto: Towards A Social Information Infrastructure, *International Workshop on Cooperative Information Agents*, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 1652, Springer-Verlag, pp. 23-35 (1999).
- [12] Ishida, T. and Isbister, K.(eds.): *Digital Cities: Experiences, Technologies, and Future Perspectives*, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1765, Springer-Verlag (2000).
- [13] Konopnicki, D. and Shmueli, O.: W3QS: A Query System for the World-Wide Web, *The 21st International Conference on Very Large Data Bases*, pp. 54-65 (1995).
- [14] Mendelzon, A., Mihaila, G. and Milo, T.: Querying the World Wide Web, *International Journal on Digital Libraries*, Vol. 1, No. 1, pp. 54-67 (1997).
- [15] Ohta, Y. and Tamura, H.(eds.): *Mixed-Reality—Merging Real and Virtual Worlds*, Ohmsha-Springer Verlag (1999).
- [16] Open GIS Consortium, Inc: OpenGIS Simple Features Specification For SQL Revision 1.0. <http://www.opengis.org/>.
- [17] 杉山聡, 赤埴淳一, 小暮潔: 歩行者ナビゲーションにおける情報伝達の利用者適応の分析, 自然言語処理 143-13, 情報処理学会 (2001).