

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

平塚 誠 良†* 車谷 浩 一*†
幸島 明 男*† 和泉 憲 明*†

本報告では、ユビキタス環境における知的情報支援のための時空間推論とその実装のためのエージェント・アーキテクチャについて述べる。まず、物理場に接地し、時空間資源管理機能に着目したエージェント・アーキテクチャとして我々が提案している、APGA (Architecture for Physically-Grounding Agent) に関して、アーキテクチャ設計における基本アプローチと時空間資源管理の利点およびエージェントの構成について述べる。続いて、提案したアーキテクチャの中で、時空間推論エージェントをとりあげ、その基本構成と機能について述べる。時空間推論エージェントは APGA において、時空間資源の管理を行う中心的な役割を果たす。また、時空間推論エージェントの基本構成の一つである推論エンジンは、簡単な処理を行う複数のモジュールより構成されており、これらの簡単な機能を組み合わせることで、複雑な機能を実現し、ユーザの環境に応じたより細やかな情報支援を実現する。最後に、簡単な文脈情報の共有を例に、提案するアーキテクチャによる、精度の異なる多種多様なセンサー群からの情報を用いた多層的な時空間推論の概要について述べる。

Spatio-Temporal Reasoner for Physically-Grounding Agents

SHIGEYOSHI HIRATSUKA,†* KOICHI KURUMATANI,†*
AKIO SASHIMA,*† and NORIAKI IZUMI,*†

Up to now, many studies on the intelligent information assist services in the context of ubiquitous computing, have been reported. However, these services have been isolated from real world. In this report, we describe spatio-temporal reasoner for physically-grounding agents. First, we discuss an approach to the management of spatial information repository with multiagent technology. This approach uses an Architecture for Physically-Grounding Agent (:APGA) that we have proposed. Secondly, the structure of spatio-temporal reasoner is mentioned. Then, spatio-temporal reasoner is implemented as agent. Finally, the demonstration system shows us the flexibility of APGA with spatio-temporal reasoner.

1. はじめに

我々は、ユビキタス情報環境における分散サービス提供のための基本アーキテクチャとして、マルチエージェント技術を応用する研究・開発に取り組み、これを、実世界の状況に基づいた情報支援サービス（状況依存型知的情報サービス）を確立するための基盤技術

の一つと位置づけている。[1]-[3]

そこで我々は、ユビキタス環境における情報支援に向けて、ソフトウェア・エージェント技術の観点からアプローチを行っている。インターネット上での情報支援に用いられることが多かったソフトウェア・エージェントの技術を、如何にしてユビキタス環境における情報支援に適用するか、また、デジタルな世界と実世界とをソフトウェア・エージェントによってどう結びつけるかという点が、本研究の技術的な課題であった [4]。また、本エージェント・システムは、ユーザ側の文脈情報だけでなく、ユーザを含む環境全体の情報管理を時空間資源として一括して管理を行うことを考慮し、設計されている [5]。

本報告では、まず、ユビキタス情報環境における情報支援、特に位置情報を利用した情報支援に関する関連研究について、本研究との相違点について述べる。

† 科学技術振興事業団 戦略的基礎研究推進事業 (CREST)
CREST, Japan Science and Technology Corporation
* 産業技術総合研究所 サイバーアシスト研究センター
Cyber Assist Research Center, AIST

Contact:

〒 135-0064 東京都 江東区 青海 2-41-6
産業技術総合研究所 臨海副都心センター内
サイバーアシスト研究センター

E-Mail to:

hiratuka@carc.aist.go.jp, kurumatani@w-econ.org
sashima@carc.aist.go.jp, niz@ni.aist.go.jp

次に、時空間資源管理に基づく知的情報支援アーキテクチャについて、アーキテクチャ設計における基本アプローチ、時空間資源管理の利点、そして、その実証アーキテクチャとして提案した、物理場に接地したエージェント・アーキテクチャ (APGA: Architecture for Physically-Grounding Agent) について述べる。続いて、提案したアーキテクチャの中で、時空間推論エージェントをとりあげ、その基本構成と機能について述べる。時空間推論エージェントは APGA において、時空間資源の管理を行う中心的な役割を果たす。また、時空間推論エージェントの基本構成の一つである推論エンジンは、簡単な処理を行う複数のモジュールより構成されており、これらの簡単な機能を組み合わせることで、複雑な機能を実現し、ユーザの環境に応じたより細やかな情報支援を実現する。最後に、簡単な文脈情報の共有を例に、提案するアーキテクチャによる、精度の異なる多種多様なセンサー群からの情報を用いた多層的な時空間推論の概要について述べる。

2. 関連研究との比較

従来の文脈情報に基づく情報支援研究の多くは、Active Badge[8]) に代表されるようなデバイスを中心とした研究が多く、個人支援エージェントの研究が行われているような複雑なインタラクションや高度な情報支援の研究は少なかった [9]–[13]。その一方で、従来のソフトウェア・エージェントによる情報支援の研究はインターネット上の情報支援にとどまり、環境側の文脈情報まで考慮した研究はみられない。つまり、事前に入力されたユーザの属性やキーボードからの入力操作の履歴など、ユーザ側の情報だけを文脈情報として扱い、センサーの情報など実環境から得られる文脈情報の利用を目指した研究はみられなかった。

我々が進めているサイバーアシスト・プロジェクトの目的は、デジタル情報 (計算機が扱う記号の世界) を実空間 (人間の意味世界) に密接に結びつける (グラウンディングする) ことにより、人間中心の情報処理技術を確立することにある。これは、インテリジェントコンテンツおよび状況依存インタラクションをさらに発展させ、位置に基づく通信と統合することにより、世界中で数多く計画されているほかの位置情報サービスとは一線を画する技術体系を確立する。特に、ソフトウェア・エージェントの技術をユビキタス環境における情報支援に適用し、デジタル世界と実世界とを結びつけるエージェント・アーキテクチャを提案している点は、他の研究において類をみない。

また、ユビキタス環境では、遍在するコンピュータが

表 1 インタラクションに用いる文脈情報

文脈情報の内容	
環境側	: 環境側のセンサ情報 (人や物の位置・形状、場の気温・湿度・光度など)、時間およびこれらの履歴など
ユーザ側	: ユーザ側端末からの入出力情報、ユーザ ID、ユーザの属性、嗜好、意図、およびこれらの履歴

ユーザの位置を利用してユーザの作業を支援する際に、Active Badge Location System などでは、特定の位置計測デバイスを用いて、身に着けた Active Badge によって個人の位置を検出する。本研究においては、デバイスラッパーエージェントが、デバイス情報の粒度・精度・特性を吸収することにより、他のエージェントからの問い合わせに柔軟に対応すると共に、時空間推論エージェントは、多種多様な精度のセンサ情報を用いて多層的な時空間推論を行ったり、ユーザが用いる定性表現による問い合わせを定量的に扱うことで定性表現の解釈による変化を吸収し、ユーザや環境の状況に応じた細やかで最適な情報提示を可能とする。

また、我々は、時空間推論機能をエージェントとして実装することで、時空間推論エージェントを今後のエージェント研究において、重要な普遍的機能と位置付け、新たなエージェント研究の提案および研究・開発を行っていく。特に群支援をはじめとしたユビキタス環境における、これまでにない新しい情報支援技術の研究において、時空間推論エージェントは重要な位置を占めると考えている。

3. 時空間資源管理に基づく知的情報支援アーキテクチャ

3.1 基本アプローチ

人間が行っていると思われる情報処理の基本は、認知的にアクセス可能な資源 (認知資源と呼んでいる) の操作と考えられるが、その認知資源の配置は、物理的な位置に基づいて (計算機向けのグローバルなアクセスのための配置とは異なって) いると考えられる。サイバーアシストを大目標にした我々のプロジェクトでは、現実空間とデジタル空間との関連付けを行うために、認知資源のアクセスと管理をエージェントが代行することにより、(マルチ) エージェントに基づくソリューション確立に挑戦する。これにより、膨大な情報処理と通信を人間から隠し、人間とは必要最小限の情報授受のみをするというユビキタス情報処理環境を構築する。

表 2 エージェントの種類

エージェントの種類	エージェントの機能
時空間推論エージェント (Spatio-Temporal Reasoner)	空間情報データベース (Spatial Information Database) 内に保持されるセンサデータや位置情報などの環境側文脈情報を時空間資源として管理するエージェント。時空間情報データベースはいわゆる GIS (Geographic Information System) としても機能。
ユーザモデル・マネージャー (User Model Manager)	個々の属性、嗜好、意図など個々のユーザの持つ文脈情報を管理するマネージャー・エージェント
パーソナルエージェント (Personal Agent)	開示情報の管理やインターフェース・デバイスの管理など、ユーザとのインタラクションを管理するエージェント。ユーザー一人につき、一つのパーソナルエージェントが存在する。
サービスエージェント (Service Agent)	ユーザに提供するサービスコンテンツを管理するエージェント。コンテンツ・サーバはインターネット上の Web Service としても利用可能。
デバイスラッパーエージェント (Device Wrapper Agent)	物理デバイスの API とエージェント間通信メッセージを変換するラッパーエージェント。デバイス情報の粒度・精度・特性を吸収することにより、他のエージェントからの問い合わせに柔軟に対応できる。

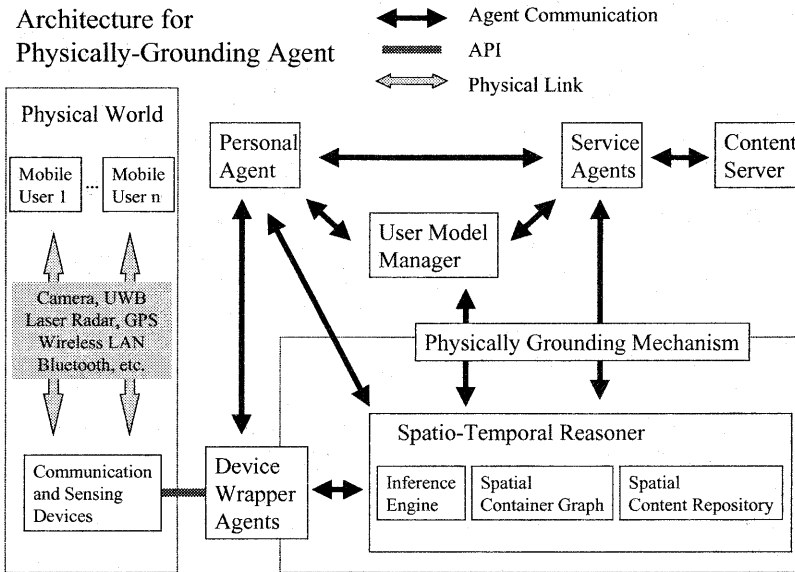


図 1 物理場に接地したエージェント・アーキテクチャ

3.2 時空間資源管理

ユビキタス環境全体を一つの時空間資源として捉え、そこに含まれる様々な事物の状態（センサの状態やユーザの位置など）を幾何的に表現された時空間モデル上に位置付け、一括して管理する。時空間資源管理の考え方によってもたらされる利点は、ユビキタス環境全体を一つの時空間資源として一括管理することによる、i) 情報支援の精度向上、ii) 環境側に存在する資源全体の有効利用による情報支援が挙げられる。なお、本研究では、ユーザとの明示的なインタラクションに現れない暗黙的な背景情報一般を文脈情報と呼び、具体的に、表 1 に示すような環境側情報と個人情報とを文脈情報として利用する。

3.3 物理場に接地したエージェント・アーキテクチャ (APGA)

前述した時空間資源管理の考え方に基づいて設計したエージェント・アーキテクチャの概念図を図 1 に示す。アーキテクチャは、主として表 2 に示す 5 種類のエージェントより構成される。

エージェント群は空間情報データベースを介してユーザの存在する物理環境に事実上共有していると見ることができる。このような物理環境とのソフトウェア・エージェントの親和性を強調して、我々は、このアーキテクチャを物理場に接地したエージェント・アーキテクチャ (APGA: Architecture for Physically-Grounding Agents) と呼ぶ。また、空間情報データ

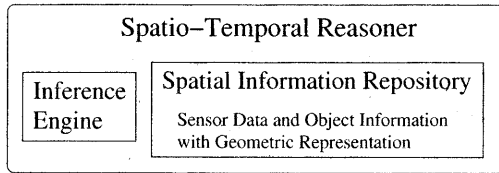


図2 時空間推論エージェントの構成

ベースが存在しない場合においても、通常の Web サービスとして機能する。

なお、エージェント間の通信は FIPA によって提唱された標準エージェント間通信言語 FIPA-ACL を用いることで、システムの柔軟性の向上を行っている。また、ターゲットとする知識表現のフォーマットとしては、標準メタ記述言語として RDF や DAML などのセマンティック Web におけるオントロジー記述フレームワークを用いている。これにより、異種サービス間の連携や開放性を考慮する。

4. 時空間推論エージェント

物理場に接地したエージェント・アーキテクチャ APGA の中で、時空間推論エージェントをとりあげ、その基本構成と機能について述べる。時空間推論エージェントは APGA において、時空間資源の管理を行う中心的な役割を果たす。そして、1) ユーザの位置に関連した情報支援、2) ユーザ同士の位置に関係した情報支援、3) ユーザ群の位置に関連した情報支援を行う。

4.1 時空間推論機能の基本構成とエージェントとしての実装

- 図2に示すように、時空間推論エージェントは、
- i) 環境側文脈情報を保持・管理するための空間情報データベース (Spatial Information Repository) と
 - ii) その情報を利用した推論エンジン (Inference Engine)

を持つ。空間情報データベースは、ユビキタス環境全体を一つの時空間資源として管理するものであり、様々なデバイスや事物の情報が時空間情報をキーにして保持している。

図3に示すように、空間情報データベースは、時空間推論エージェントを通して管理され、エージェント全体で共有される。ユーザの移動などの実環境の物理的变化はセンサラッパーエージェントを通して、即座に空間情報データベースに反映される。また、推論エンジンは、他のエージェントからの問い合わせ内容

表3 推論エンジンへの問い合わせの分類

問い合わせ内容	時間的様相	質的・空間的様相
数量情報	過去 現在 未来	人数、個数、気温、湿度など
幾何情報	過去 現在 未来	位置などトポロジー
イベント情報	現在 未来	リマインダー
プランニング情報	現在 未来	経路探索

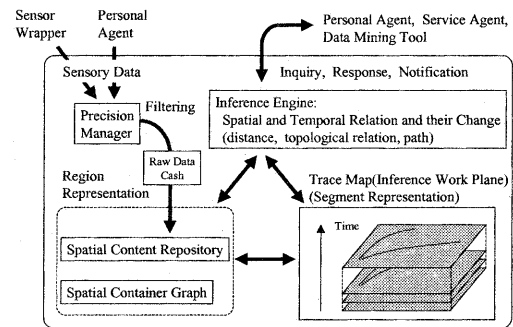


図3 推論エンジンの構成とその仕組み

に応じ、情報空間データベースにアクセスし、距離や位置関係、経路探索などを行う。推論エンジンは一時的なトレース・マップも保持しており、同一時刻・同一空間での位置関係の推論など、必要に応じて用いられる。

エージェントとして実装される際に、時空間推論エージェントは各部屋ごとに一つのエージェントとして実装されている。さらに、建物や部屋といった実空間の階層構造と同様にそれぞれの時空間推論エージェントは階層構造を構成している。

4.2 時空間推論エンジンの基本機能

時空間推論エージェントの基本構成の一つである推論エンジンは、単純な機能を持った複数のモジュールより構成されている。これらの簡単な機能を組み合わせることで、複雑な機能を実現し、ユーザの環境に応じた、より細やかな情報支援を実現する。

時空間推論エージェントは他のエージェントを介したユーザからの問い合わせ要求に対してその返答を行う機能を有する。推論エンジンに対する問い合わせ内容に関してまとめたものを表3に示す。以下に、具体例を示しながら説明する。

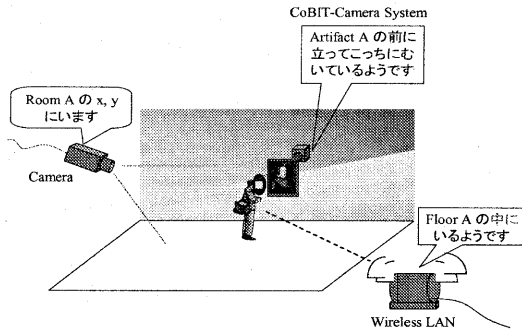
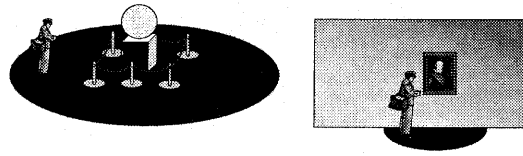


図4 多種多様なセンサによる多層的時空間推論

- (1) 数量に関する問い合わせ: 「部屋の中にいる人間の数」や美術館など、「部屋にある展示物の数」の問い合わせが考えられる。また、「部屋の温度・湿度・光度」といった基本的な物理量に関する問い合わせも考えられる。
- (2) 幾何情報に関する問い合わせ: 「ある展示物から一番近い場所にあるドア」や「現在位置から一番近い展示物」といった問い合わせを考慮することができる。また、「誰々はこの部屋にいる?」といった問い合わせも考えられる。
- (3) イベント通知に関する問い合わせ: 「ある展示物の前に特定の人が入ってきたらあるイベントを通知する」といった空間リマインダーとしての機能が考えられる。
- (4) プランニングに関する問い合わせ: スタートとゴールのみを考慮した最短経路を求めるプランニング問題としての問い合わせや、複数ユーザを群として支援する群支援、特にユーザ間での意図・選好の調整を行う社会調整という新しい支援サービスとしてのプランニングなどが考えられる [6]。特に、混雑の緩和や近道への誘導などでは、全体のパフォーマンスや負荷分散を考慮した、情報支援が重要である。環境を時空間資源として一括管理することによって、環境側情報の管理が不十分な、従来の個人情報支援では、結果的に渋滞や行列のようなパフォーマンスの低下につながっていた、個々のユーザへ提示される情報の相互干渉の回避につながると考えられる。

4.3 多層的な時空間推論

本研究で用いる「多層性」について説明する。本研究では、精度のことなる多種多様なセンサ情報から時空間推論エージェントに対する問い合わせに対して最適なセンサ情報を選択し、返答を行うことを時空間推



Example 1: 彫刻の周辺

Example 2: 絵画の前

図5 定性表現の定量的扱い

論の「多層性」と呼ぶ。

本研究で想定している、ユーザ側の位置などの物理的情報を得るセンサ・デバイスとしては、以下の3つが挙げられる。

- (1) Wireless LAN: 建物(ビルなど)の部屋程度の領域を最小範囲として、無線に繋がっているか否かという情報で、ユーザ側の位置情報を計測できるデバイス。
 - (2) カメラシステム: 画像解析を行うことで、座標によるユーザのおおよその位置情報を計測できるデバイス。
 - (3) CoBIT[7]: 近距離通信を行うことで、ユーザのローカルな位置情報を計測できるデバイス。
- 今ここで、図4に示すように、絵画の前にユーザがいる場合を考える。時空間推論エージェントに対する「ユーザはどこにいるか?」といった問い合わせに対して、部屋の中にいるか否かというユーザの大域的な位置情報提示を行う場合は、Wireless LANに繋がっているか否かのセンサ情報を用いれば十分に返答可能となる。また、より詳しい位置情報を必要とする場合には、時空間推論エージェントは、カメラシステムやCoBITを用いることで、センサの精度に応じた返答を行うことができる。

これとは反対に、詳細なセンサ情報を必要としながらWireless LANによる位置情報しか得られない場合には、時空間推論エージェントは、取得可能なセンサ情報だけを用いて推論を行い、最適な情報提示を行う必要がある。

4.4 定性表現の定量的扱い

人間は普段、会話においては「ちょっと...」のように、副詞などの定性表現を用いることが多い。ユーザが時空間推論エージェントに対して問い合わせを行う場合に、このような定性表現を用いることが可能であれば、人間に対して扱いやすいインタフェースとなる[14]。しかし、図5に示すように、美術館における展示物など、大きさや対象によって定性表現の解釈は異なる。時空間推論エージェントは、これらの定性表現の解釈の変化を考慮し、定性表現を定量的に扱い、

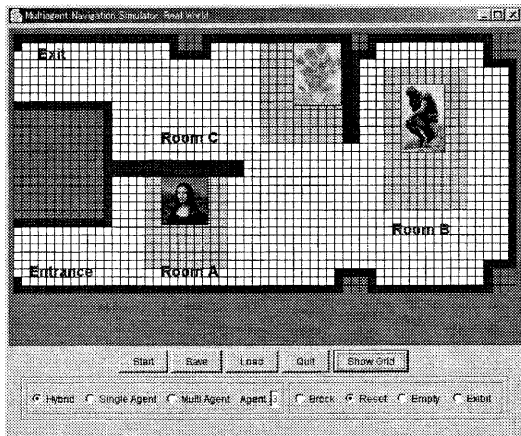


図6 美術館での情報支援の例におけるセグメント配置

評価関数に応じた結果で提示情報を決定する。

5. 時空間推論エージェントの働き-美術館における情報支援を例にして-

美術館において展示物のある場所を問い合わせると、ユーザの場所を考慮して、最適な情報を提示するという単純な情報支援のシナリオを例にして、時空間推論エージェントを実装した場合の情報の流れを説明する。

5.1 デモ・システムの概要

美術館における情報支援を例にしたデモ・システムの概要について述べる。デモ・システムの外観を、図6に示す。想定した美術館は、部屋は3つ(それぞれ、Room A, B, C)、絵画は2つ(それぞれ、Picture A, B)、彫刻は1つ(Sculpture A)より構成される。また、Picture AはRoom Aの中、Picture BはRoom Cの中、Sculpture AはRoom Bにある。

美術館は図6に示すように、細かなセグメントに区切られており、このセグメントを最小領域として、センサ・デバイスによって位置情報が取得されている。実空間においては、一辺が1mの正方形を想定している。このセグメントの大きさはセンサの精度などに応じて変更が可能である。また、時空間推論エージェントは各部屋ごとに配置されている。

このような環境のもと、ユーザ(User A)が美術館を鑑賞して回るときの時空間推論エージェントの働きについて考える。

5.2 情報支援のシナリオ

User A が美術館に入館。現在、Room A にいる。

User A : 「彫刻はどこに展示されていますか？」

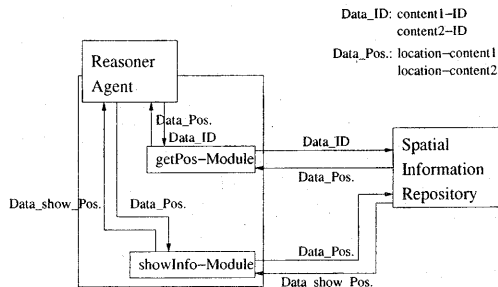


図7 時空間推論エージェントにおけるデータの流れ

Agent A : 「Room B に展示されています。」

User A は Room B に移動。

現在、Room B、彫刻の正面にいる。

User A : 「彫刻はどこに展示されていますか？」

Agent A : 「User A の正面に展示されています。」

User A : 「向日葵の絵はどこに展示されていますか？」

Agent A : 「Room C に展示されています。」

User A は Room C に移動...

5.3 時空間推論エージェントの機能

前述した情報支援のシナリオで用いられる時空間推論エンジンの機能(モジュール)は

- ・位置情報クエリー・モジュール
- ・情報提示モジュール

の2種類である。

図7に示すように、時空間推論エージェントが(ID-content1, ID-content2)のデータを受け取る。そして、位置情報クエリー・モジュールを用いて、空間情報データベースにアクセスを行う、それぞれのcontentの位置情報(location-content1, location-content2)を取得する。ここで、ID-content1はクエリーの送信者、ID-content2は位置情報を知りたいContentのIDである。また、location-content1およびlocation-content2はそれぞれ、ID-content1とID-content2の位置情報である。次に、この位置情報をもとに情報提示モジュールを用い、content1とcontent2が同じ空間に存在しているか否か、同じ空間に存在している場合はどのような位置関係にあるかを推論し、ユーザの環境にあわせた最適な提示情報の検索を行う。

ここで、本エージェント・システムにおいて、前述のシナリオがどのように実装されているか、情報の流

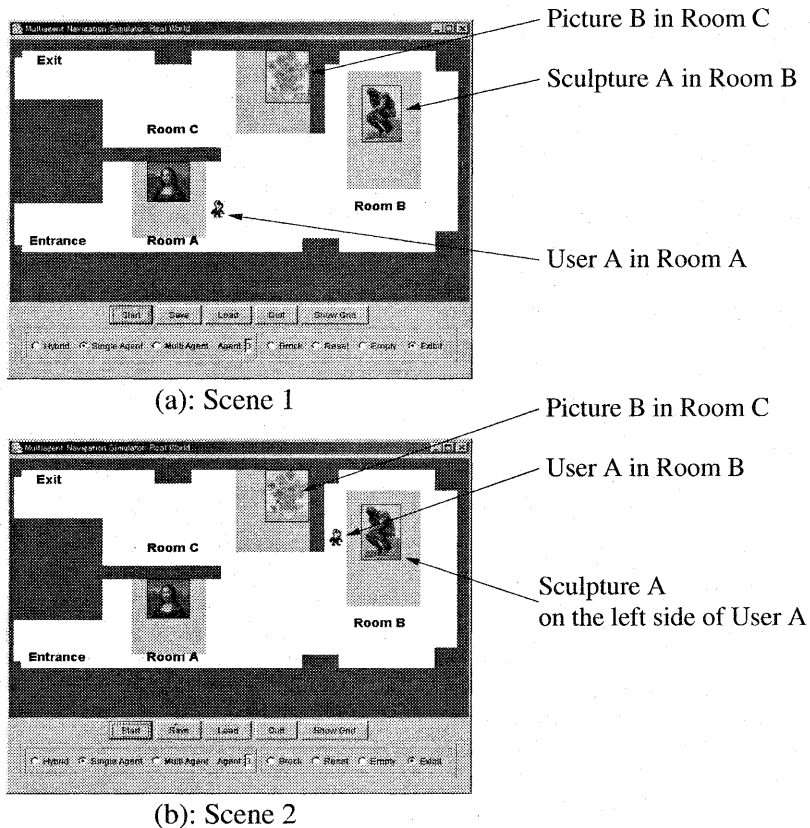


図 8 時空間推論エージェントによる情報提示の例

れを追って説明する。図 8 (a) Scene 1 に示すように User A が Room A にいる場合、ここで User A が彫刻 (Sculpture A) の場所を尋ねたとき、それぞれの content の ID(user-A, content-A) が時空間推論エージェントに送られる。時空間推論エージェントは空間情報データベースにアクセスしそれぞれの位置情報を取得する (Room-A, Room-B)。これより彫刻は Room B に展示されていることがわかる。続いて、情報提示モジュールによって、User A のいる Room A と彫刻の展示されている Room B という情報から情報提示内容は「Room B に展示されています。」となる。

図 8 (b) Scene 2 に示すように User A が Room B に移動した後では、同様の操作が行われ、ユーザへの情報提示内容は「User A の正面に展示されています。」である。ここで、位置情報を取得するセンサ・デバイスが Wireless LAN しかない場合には、詳細な位置情報を得ることができないためユーザへの情報提示

内容は、「User A と同じ部屋に展示されています。」となる。これが、時空間推論の多層性が用いられる例である。

次に、同じ場所において、「向日葵の絵はどこに展示されていますか?」と問い合わせた場合、同様の操作が行われ、ユーザへの情報提示内容は「Room C に展示されています。」となる。

6. おわりに

本報告では、ユビキタス環境における知的情報支援のための時空間推論とその実装のためのエージェント・アーキテクチャについて述べた。美術館における簡単な文脈情報の共有を例に、提案するアーキテクチャによる、情報提示の例を示した。推論エンジンを構成する、単純な機能のモジュールを組みあわせ、複雑な機能を実現し、さらに、精度の異なる多種多様なセンサー群からの情報を用いて、多層的な時空間推論を行うことで、ユーザの環境に応じたより細やかな情報支

援を実現可能であることを示した。

今後は、定性表現を用いた問い合わせに対しても、多層的な推論を行い、より細やかな情報提示が可能となる時空間推論エージェントの実装を行うと共に、様々なサービスシナリオの実装を進めていきたい。

また、本報告でとりあげた、時空間推論エージェントは、今後のエージェント研究、特に群支援をはじめとしたユビキタス環境における、これまでにない新しい情報支援技術の研究において重要な位置を占めると考えられる。我々は時空間推論機能をエージェントとして実装することで、時空間推論エージェントを重要な普遍的機能と位置付け、研究・開発を行っていきたいと考えている。

謝辞 本研究は科学技術振興事業団「戦略的基礎研究推進事業・高度メディア社会の生活情報技術・人間中心の知的情報アクセス技術」の研究費により行われたものである。

参 考 文 献

- 1) 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, Vol.18, No.4, pp.48-56(2001).
- 2) 中島 秀之, 橋本 政朋: 日常生活者のための知的都市情報基盤, 情報処理, Vol.43, No.5, pp.573-578(2001).
- 3) 中島 秀之: マイボタンによる状況依存支援, 人工知能学会誌, Vol.16, No.6, pp.792-796(2001).
- 4) 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, 知的都市基盤研究グループ研究報告, 2002-ICII-3, 情報処理学会, pp.21-28(2002).
- 5) 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(SIG-KBS), 人工知能学会(2002).
- 6) K. Kurumatani: User Intention market for Multi-Agent Navigation - An Artificial Intelligent Problem in Engineering and Economic Context, Proc. of the AAAI-02 Workshop on Multi-Agent Modeling and Simulation of Economic Systems, pp.1-4, AAAI Press (2002).
- 7) Takuichi Nishimura, Hideo Itoh, Yoshinobu Yamamoto, Hideyuki Nakashima: A Compact Battery-less Information Terminal(CoBIT) for Location-based Support Systems, Proc. of SPIE, Vol.4863, pp.80-86(2002).
- 8) Roy Want, Andy Hopper, Veronica Falcao, Jonathan Gibbons: The Active Badge Location System, ACM Transactions on Information Systems, Vol.10, No.1, pp.91-102(1992).
- 9) Paul Castro, Patrick Chiu, Ted Kremenek, Richard Muntz: A Probabilistic Room Location Service for Wireless Networked Environments, Proc. of Ubicomp 2001, pp.18-34(2001).
- 10) Hani Naguib, George Coulouris: Location Information Management, Proc. of UBIComp 2001(2001).
- 11) George Coulouris, Hani Naguib, Kam Samugalingam: FLAME: An Open Framework for Location-Aware Systems, <http://www-lce.eng.cam.ac.uk/qosdream/home.php>(2002).
- 12) 吉沢 進, 亀山 渉: モバイル環境における行動履歴を利用した情報配信と情報フィルタリング手法, Proc. of FIT (情報科学技術フォーラム), M-73(2002).
- 13) Michael J. Casev, Mark A. Austin: Semantic Web Methodologies for Spatial Decision Support, Proc. of DSIAge2002(2002).
- 14) Shigeyoshi HIRATSUKA, Shinya KAJIKAWA, Hikaru INOOKA: Analysis of Ambiguous Adverbial Expression Used for Instruction of Positioning Control, Proc. of ICCAS2001, pp.186-189(2001).