

Context-Aware な情報環境による展示空間内コミュニケーション支援

江谷為之, 角 康之, シドニー・フェルス*, 間瀬健二

ATR 知能映像通信研究所
ブリティッシュコロンビア大学*

e-mail: {etani, sumi, mase}@mic.atr.co.jp, ssfels@ee.ubc.ca*

Abstract

本稿では我々の研究プロジェクト C-MAP(Context-aware Mobile Assistant Project) におけるエージェントベースの適応型支援アーキテクチャの概要を述べる。C-MAP では、博物館や研究所公開などの展示空間を構成する見学者 / 説明員、展示物 / デモ、展示サイトなどの関係要素に対してエージェントを配置し、それらの動的属性に振舞いを相互適応させることで、見学者の興味や知識の推移に応じた展示ガイド、人間同士の出会い支援を目指す。ここでは、展示空間における動的関連性を考慮した相互のコミュニケーション支援について考察し、それらを実現するための支援アーキテクチャについて議論する。

Context-Aware Supporting Environment in Exhibition Space

Tameyuki Etani, Yasuyuki Sumi, Sidney Fels*, Kenji Mase

ATR Media Integration & Communications Research Laboratories
The University of British Columbia*

Abstract

This paper is to discuss our agent-based support architecture in C-MAP; Context-aware Mobile Assistant Project. C-MAP is an attempt to build an exhibition environment like museum that provides enriched information to visitors based on their individual context like location, interests etc. In this environment, elements that compose exhibition space like human, object, site are represented as agents that communicate with each other in adaptive manner. Basic support functions and architecture for this adaptive exhibition environment are discussed in this paper.

1 はじめに

本稿では、現在我々が進めている展示空間内コミュニケーション支援研究プロジェクトである C-MAP(Context-Aware Mobile Assistant Project) [1, 2, 3] における支援形態、基本的アーキテクチャ、さらに今後の課題について議論する。

一般に「グループ」や「組織」といった形態では、その内部の構造や情報の流れがある程度明確に規定されており、コミュニケーション支援においてもそれらの構造に準拠した形態をとることが普通である。それに比べ、ミュージアム、展示会、発表会などの展示空間は知識集約的でありながら、多種多様な知識レベルや関心を持ったビジタに対しての空間的開放性を持っており、あらかじめ人、リソース、情報などの関係構造を明確に規定しがたい特性をもつ。また、その知識や空間の提示は知識提供側

の視点による構造化がなされているのが一般的であり、展示の時空間配置など物理的制約もあって知識受容側の多様性を吸収することは難しい。その結果、ビジタは自分の知識レベルや関心に適したものを充分に見つけられず、またプレゼンタも、ビジタの要求するレベルを掴みきれないといった齟齬が避けられない。従って、それらの展示空間ではビジタの興味、プレゼンタの知識、さらには展示物を含む関係構造を動的かつ柔軟に生成 / 変化させること自体がコミュニケーション支援の目的のひとつである。またそれらの知識に関してより深い相互理解を促すためには、たとえば過去に訪れたビジタと現在のビジタとの邂逅や展示期間終了後のビジタ、プレゼンタ間のコミュニケーションといった、展示空間を軸にしながらもその時空間を越えた支援が重要であると考えられる。

我々の研究グループでは従来より、このような知識集約空間における専門家、非専門家間のコミュニケーションを支援し、情報や知識の共有を促進する環境としてMeta-Museum[4]を提案している。Meta-Museumのコンセプトは、ビジタとプレゼンタの間にそれらを仲介する適応型エージェントを配して知識ギャップの解消、展示空間の個人化/再構成などを行うことで、相互コミュニケーションの向上を目指すものである。このような支援は人-人(ビジタ間、ビジタ-プレゼンタ間のヒューマンコミュニケーション)、人-空間(ナビゲーションなど)、人-物(展示物などの内容理解)といった分類があるが、そうした環境を構築するにあたってのポイントになるのは、context-awarenessへの対応、つまり展示空間におけるビジタ、プレゼンタ、展示物のおかれた状況(context)に対する適応であり、具体的にここでは次のようなものである。

1. ビジタの関心や知識レベルの抽出および展示物、他ビジタ、プレゼンタ等との関連づけ、
2. ビジタの空間的位置や関心の移り変わり、さらには展示空間内事象の時間的/空間的変化といった環境の動的変化への追従、
3. さらにそれらを総合した、円滑なコミュニケーションを促すインタフェース

我々はC-MAPにおいて、現在これらの要件を考慮したコミュニケーション環境実現へむけての実装を行っており、実験システムを試作した。試作システムは、我々が以前より検討してきた非同期階層型エージェントアーキテクチャA-HA (Asynchronous-Hierarchical Agent Architecture)[5]に準拠した構造をもち、展示空間内の動的関係性を考慮したガイドダンスシステムとして実装した。ここではビジタに無線LANによって接続された小型端末を携帯してもらい、ビジタのインタラクティブな端末操作からの興味抽出、およびその興味モデルおよび時空間状況に基づいて生成した展示ガイドプラン、個人化情報の提示を行った。ビジタの時空間状況の認識には市販の位置検出システムを使用した。またビジタへのインタフェースとして、life-likeな外見を持ったガイドエージェントを導入した。

2 C-MAPにおける展示空間支援

展示空間における支援形態は、展示空間を構成する要素のうち人(ビジタ、プレゼンタ)、物(展示物、デモンストレーション)、サイト(一つの展示を行うための空間単位)の3つの情報連携から分類できる。C-MAPでは人を中心とした表1の3つの支援を実現しようとしている。以下、これらについて議論する。

2.1 サイトナビゲーション

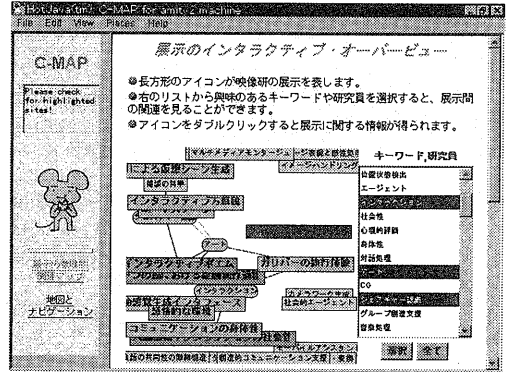


図1: 携帯端末での興味入力と意味的案内

ビジタの興味および展示サイトのステータスに応じて、巡回経路、時間を計算し、ビジタへの推奨と言う形で提示する。現状C-MAPではビジタの興味獲得には、ビジタ各自に配布した携帯端末によりあらかじめ用意した興味カテゴリからキーワードを明示的に選択してもらう方法をとっている(図1)。これによって得られたビジタの興味ベクトルと各展示物のもつ属性キーワードのベクトルマッチングをとることで、静的なビジタと展示物の関係強度が求められるが、さらに各展示サイトの混雑さ、展示可/不可状態、ビジタの現在位置からの距離、ビジタの巡回履歴を考慮してビジタ-サイト間の動的関係強度が決定される。この動的関係強度の大きさによって、ビジタの推奨巡回経路が決定される(図1)と同時に、見学時間の経過に応じた各推奨サイトの見学時間を決定し、最終的な展示ガイドプランを作成する。ビジタは興味の推移に応じて、キーワードを再選択することが可能であり、その都度リプランが行われる。このようにビジタやサイトの動的属性を考慮することで、それぞれの状況に対応した推奨を行うことができる。

2.2 展示の個人適応

ビジタの知識レベル、興味、巡回履歴などに応じて、展示物やデモンストレーションを各ビジタごとに適応することでビジタの理解を助ける。これは展示物同士の関連強度をビジタの興味に応じた視点から可視化するアプローチと展示物そのものの振舞いをビジタの属性に適応させるアプローチがある。C-MAPにおける可視化アプローチでは、上記において抽出された興味ベクトルに対し、動的関係強度の

表1: 展示空間構成要素間による支援形態の分類

構成要素	支援形態
人-サイト	ビジタ興味に対応したサイトナビゲーション
人-物	ビジタのユーザモデルに適応した展示、デモンストレーションなど
人-人	類似した知識、興味を持つユーザ(ビジタ同士、ビジタ-プレゼンタ)の邂逅およびコミュニティの形成

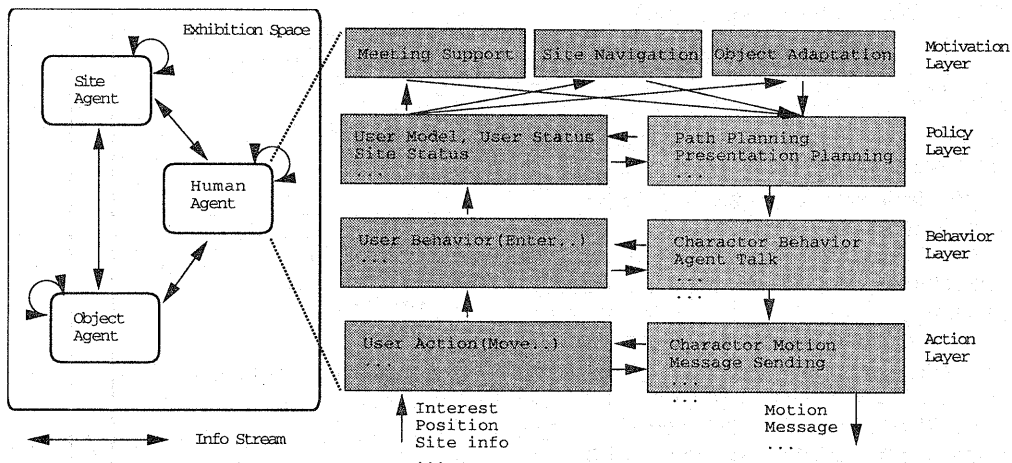


図 2: 展示空間支援エージェントとその構造

強い推奨を提示すると同時に、その推奨展示に対して関連のある展示を Semantic map によって提示している (図 1)。Semantic map はそれぞれの展示の関係がバネモデルによるアイコンリンクでその関係を直感的に把握できるようにした。これによって、展示を巡回するだけでは見落としがちな展示間の関係を理解でき、それによって展示そのものの理解を助けるものとする。

展示物の適応アプローチは、ビジタの知識レベル、巡回時間 / 経路、情報アクセス頻度などのビジタの動的属性を展示物側に提示し、それによって展示物側はその見せ方、デモンストレーション方法、プレゼンテーションの説明を変化させることでビジタの理解を助ける。C-MAP の現在の実装では考古学仮想体験システムである VisTA-walk[6] において、ビジタに個人化された空間内のガイドを行っている。

2.3 出合い支援

興味、知識のマッチしたビジタ同士、もしくはビジタとプレゼンターの邂逅を支援し、知識交流やコミュニティの形成を促す。前述の興味ベクトルと静的な人属性から各人間同士の関係強度を求めサイトナビゲーションを行ったり、通信チャンネルを確保するなどのアプローチが考えられる。またシステム側がこれらのビジタ属性を保持しておくことで、過去のビジタと現在のビジタとのベクトルマッチが可能となり、展示の実空間 / 実時間のみにとらわれることなく長期的な人的交流を支援するプラットフォームとなりうる。

現在 C-MAP で具体的な実装で行われているのは、各ビジタの場所、ガイドキャラクタを仮想展示空間内に表示するところまでであり、これらの支援は今後の課題である。

3 C-MAP における支援アーキテクチャ

2 を実現する支援システムはその関係要素の動的特性の大きさから、固定された構造を持つよりは、構造自体を適応的に変化させる事が望ましいと考えられる。C-MAP では、それらの関係要素 (人、展示物、展示物ごとの空間) に仮想エージェントを割り振り、それらの相互作用によって支援環境を形成するアプローチをとる (図 2)。エージェントは各エージェントの物理的位置、ユーザの興味、およびエージェント間通信を環境入力として相互の関係強度を計算し、ガイドタスクを実行する。以下これらの基本機能および特徴を述べる。

3.1 非同期階層型制御

我々が以前よりエージェントアーキテクチャとして検討してきた A-HA (Asynchronous-Hierarchical Agent Architecture)[5] は、知識の抽象レベルに対応した階層化モジュールが非同期的に連携することで、エージェントの制御を伝搬させていく仕組みを持つ。これはシステム階層のレベルが上位になるほど、制御の間接性、熟考性が高くなり、逆に下位になるほど即応性、直接制御が大きくなる特徴がある。また階層ごとに制御指標の与え方が変えられるため、エージェントの個性化が容易であり、仮想空間 / 拡張現実空間におけるエージェントの制御に適したアーキテクチャであると考えている。C-MAP でのエージェントはこの A-HA に準拠した基本構造をもち、動機、ポリシー、振舞い、行動の 4 層に分割されたモジュールが非同期的に制御される (図 2)。

3.1.1 動機層 (Motivation Layer)

エージェントは、前述の支援形態に基づく3つの行動動機を持ち、それぞれが要求ポテンシャルを保持する。役割、時間経過、外部環境イベントによってポテンシャルを制御し、行動の活性度(優先度=意図)を変化させる。

Site Navigation Motivation はビジタ興味に沿った展示の巡回誘導に対する要求ポテンシャルを制御する。ビジタエージェントでは、デフォルトでこれが優先的になるように高く設定され、巡回が進み過ぎた場合にこのポテンシャルは低下していく。逆にビジタの巡回が進まない場合はこのポテンシャルは増加する。またサイトエージェントでは、サイトの混雑度に反比例してこのポテンシャルは低下する。Meeting Support Motivation は、邂逅支援に対する指向性を制御する。ビジタの会場への訪問回数に対応してこの指向性は高くなる。Object Adaptation Motivation は展示の個人適応への要求度をあらわしておりビジタの興味と実際の見学サイトのベクトルマッチングが小さいものほど、このポテンシャルは増加する。これはビジタの興味の薄い展示になればなるほど、理解させるための工夫が必要であろうという仮定に基づく。現状、展示の個人適応は限定的なものなので、これは使われていない。

3.1.2 ポリシー層 (Policy Layer)

環境入力によって得られたプロフィール、興味ベクトル、位置情報、情報アクセス頻度などからビジタのモデルを推定し、それに基づいてナビゲーションプランニング、展示の個人適応プランニング、さらにガイドキャラクタのプレゼンテーションプランニングを行う。動機層でのポテンシャルがプラン生成時のバイアスとして作用する。

ナビゲーションプランニングでは、サイトのインセンティブ順列(推奨度による見学サイトの順列)を時間フレームに展開していく。インセンティブは、巡回指向インセンティブと邂逅指向インセンティブの総和であり、それぞれ展示物の興味ベクトルマッチングの値、類似した興味ベクトルを有する人の数に対して、要求ポテンシャル、サイトの状態(混雑度、サービス状態)、相対距離(サイト間のホップ数)の重みを加えたものである。このようにして求めたサイトごとの推奨順位を見学の残り時間に対して割りふる¹⁾。

プレゼンテーションプランニングは、ナビゲーションプランニングで得られた時間フレームに対して、ガイドキャラクタの振舞いをさらに詳細な時間フレームに展開する。現状では振舞い系列としては4つのみであり、非常に単純なためほぼ固定的な振舞い選択になっている(図3)。これらは興味ベクトルのリフレッシュやビジタの移動検出があった場合に常に再計算される。

¹⁾残り時間に応じて見学サイトの最大数は決められている

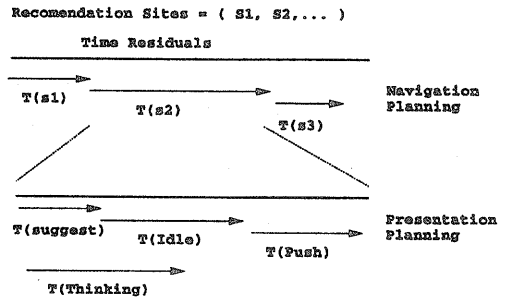


図3: 推奨サイトに対するナビゲーションプランニングとプレゼンテーションプランニング

個人適応プランニングは、プレゼンタ/展示物エージェントにおいて、活性化される。基準となる展示プランに対して、ビジタの興味、情報アクセス頻度によって調整を行う。現状はVisTAシステムに対して限定的に適用されているのみである。

3.1.3 振舞い層 (Behavior Layer)

利用者の振舞いを推定し、ポリシー層で生成されたプランを行動層(Action Layer)への行為系列へと展開する。現状では、利用者の振舞い推定は位置情報に基づき次の3つを推定している。

- cruise サイトをぶらぶらながめている
- enter サイトに興味を示す
- stay サイトを見学する

これらの推定結果は現在利用者に対する情報提供の指針、およびプラン実行に利用しているが、興味推定に対するトレーニングシグナルとして利用できると考えている。

エージェントの振舞いは現在表2のようなものがある。

振舞い	メッセージ
展示推奨	"Please check for highlighted sites!"
計算中	"Please wait. I'm thinking."
移動の催促	"Hurry up for next sites!"
アイドリング	ランダムメッセージ

これらの振舞いはさらに行動層への行為系列へと展開される。たとえば、「展示推奨」の振舞いには、アニメーションキャラクタの制御(フレーム選択)と案内地図のハイライト制御が行われる。

3.1.4 行動層 (Action Layer)

ユーザの位置情報(ユーザID、サイト番号のペア)、ビジタの興味入力、他エージェントからの通信など環境入力の一次処理を行い、さらに振舞い層で生成された行為系列に従って環境出力を行う。これは具体的にはガイドキャラクタの運動制御、地図

などの画面表示制御、エージェント間通信プロトコル制御である。エージェント間の通信は主にビジタエージェントを中心に次の2つがある。

ビジタ - サイト間通信

ビジタエージェントからサイトエージェントへのコマンドリクエストの形で、サイトステータス(サービス状態、混雑の度合い、類似の興味を持つユーザの有無)を取得する。

ビジタ - 展示物間通信

ビジタのエージェントはその動的/静的ビジタ属性を展示物エージェントまたはプレゼンタエージェントへと送信し、各展示エージェントは、それらをもとに展示戦略を決定する。前述のVisTA-walkに対しては、ビジタエージェントから提示されたビジタ属性から、Vistaエージェントがビジタの巡回時間と情報アクセス頻度に着目して、仮想空間内のガイドパターンを決定している(図4)。

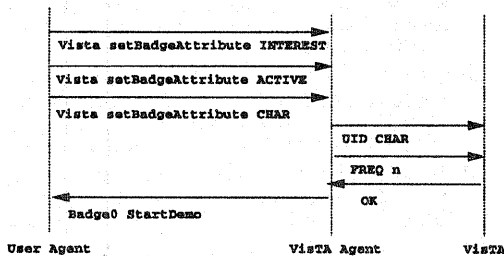


図4: エージェント間メッセージング例

エージェント間通信プロトコルは、Tclシンタックスによるコマンド制御方式となっている。実際のエージェント実装は[incl Tcl][7](オブジェクト指向型Tcl/Tk拡張)とJavaが混在して用いられている。これらの間の通信をコマンド(method)透過に行うため、Object Request Brokerを低レベルインタフェースとして実装し、Java側はTclオブジェクトのstubを介して通信を行うようにしている[3]。

3.2 ガイドキャラクタによる外部表現

life-likeなアニメーションキャラクタを用いて、エージェントの内部状態を表現したり、ユーザとエージェントとのインタラクションを行わせている。このような擬人化エージェントの有効性については議論の分れるところであるが、本システムでは、以下のような目的でこれらを採用している。

直感的インタフェース

ビジタに対し、巡回誘導や新規情報への注意喚起などをアニメーションキャラクタの振舞いなどの間接情報を用いて、より直感的に理解してもらう。

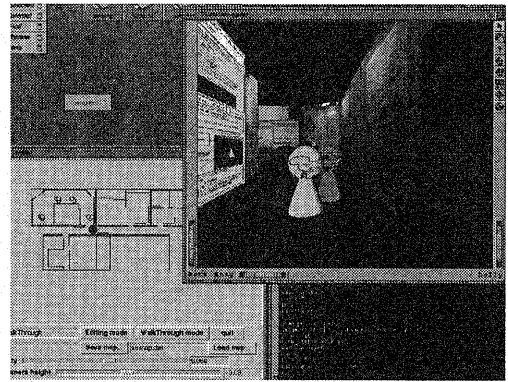


図5: 仮想展示会場内のユーザアバタによる検索例
親近性、信頼性の向上

個人化されたキャラクタ(11種類のキャラクタからユーザが選択)を用いることでエージェントの親近性、信頼性を向上させる。また実空間において仮想空間内でのアバタ(化身)やガイドと同じキャラクタを用いることでユーザが仮想空間に自然に融和することを助ける[6]。

ユーザのシンボル化

ユーザごとに別々のキャラクタを割り当てることで、出会い支援のためのユーザ識別、検索(オンライン、オフラインともに)に対する補助情報とする。図5は展示会場を仮想空間内に再現し、そのなかで散在するビジタを検索表示するアプリケーション例である。検索したいビジタに対して名前や所属だけでなくアサインしたキャラクタによっても場所検知できるため、発見の機会が増えると考えられる。

4 関連研究

情報処理技術や通信技術を用いた展示空間の支援では電腦博物館[8]などが有名であるが、これは膨大なコンテンツに対するアクセシビリティやチャンネルの確保を行う事を目的としている。エージェント技術を用いた社会的支援については、MITで進められているFriend of a Friend Finder[9]やICMAS-96 Mobile Assistant Project[10]におけるInfoCommon/Community Viewerなどがある。とくに後者は、国際会議において共通の興味を持った参加者同士の出会いやメッセージングを支援するCommunitywareであり、こうした場を介したコミュニティの生成支援という意味では、我々のシステムと共通する部分があるといえる。これらに対する我々のシステムの特徴は人間同士のコミュニケーションに加え、展示物などの「物」や「時空間」自体も含めた形で場を捉えて相互理解を図ろうとするところにあるといえる。

5 おわりに

展示空間におけるコミュニケーション支援として、時空間的状況や利用者の心的文脈を考慮した分散型、階層型エージェントベースの支援形態を検討した。またこれらの部分試作を行い、1997年11月6,7日に開催されたATR研究発表会において、5つの部屋を含む展示会場を対象に公開実験を行った²。これらの結果から、我々はA-HAをベースとしたシステムは状況認識、ガイドプランニング、キャラクターの運動制御などについての基本的な指針を与えることができたと考えている。現状の支援対象がそれほど規模的に大きなものではなかったため、このアーキテクチャ自身の潜在力は充分発揮できたとは言えないところがあるが、今後システムが複雑化、大型化していくに従ってロボタストに対応していけるものとする。

今回の公開実験における試作システムは、まだまだ部分的試作の段階でありContext-Awarenessの概念に基づく拡張現実的支援アプローチの第一歩を踏み出したにすぎない。今後のC-MAPとしては、次のような方向から充実させていこうと考えている。

支援形態の時空間的拡張

コミュニケーションの支援を展示会場/期間内だけでなく、過去のビジタと現在のビジタ、さらには展示期間終了後の人的交流を推進するための機能を充実させていく。ビジタ属性を保持のためのエージェントの永続性や、散在する既ビジタに対するコミュニケーションチャネルの確保などが課題として考えられる。

エージェントベースコミュニケーションの充実

現在はビジタエージェントを中心とした実装になっており、展示物、プレゼンタ、サイトのエージェントは機能限定的なものでしかない。エージェント自身の機能としてもプラン精度、出会い支援機能などまだまだ課題を残している。今後はこれらを充実させる事で、人、もの、空間の関係要素に対してエージェントを介したコミュニケーションの基本アーキテクチャを構築していく。

インタフェースデバイスの改良

現在の試作で用いた携帯端末は重量、ユーザビリティの面で使いづらいという声が多く、また処理能力的にも充分とは言えなかったため機能的な制限を与えざるを得なかった。今後は表示系と処理系の分離、環境側へのデバイスの埋込みなどユーザビリティを考慮した見直しが必要である。また位置認識システムとして現在はIrセンサベースのポーリング式システム(Olivetti Active Badge System)を利用しているが、これはユーザの進入は検出できるが退

出が検出できない³。従って、ユーザの行動に対してリアルタイムに追従しきれず、Context-Awarenessにどうしても限界が出てしまう。無線技術やカメラなどのパッシブセンサの利用も含めて検討する必要があると考えている。

謝辞

本研究を進めるにあたり御指導いただいた(株)エイ・ティ・アール知能映像通信研究所酒井保良会長、中津良平社長に深く感謝いたします。また公開実験にあたり多大なご協力いただき、本研究内容について議論していただいた研究所ならびに第2研究室の皆様は厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 角康之, 江谷為之, 間瀬健二: “context-aware なモバイル・アシスタント”, 第55回情報処理学会全国大会, volume 4 情報処理学会, pp. 443-444(1997).
- [2] Y. Sumi, T. Etani, S. Fels, N. Simonet, K. Kobayashi and K. Mase: “C-MAP: Building a Context-Aware Mobile Assistant for Exhibition Tours”, The First Kyoto Meeting on Social Interaction and Communityware(1998). to appear.
- [3] S. Fels, Y. Sumi, T. Etani, N. Simonet, K. Kobayashi and K. Mase: “Progress of C-MAP: A CONTEXT-AWARE MOBILE ASSISTANT”, AAAI Spring Symposium on Intelligent Environments AAAI(1998).
- [4] 門林理恵子, 間瀬健二: “新しいコミュニケーション環境としてのMetaMuseum”, マルチメディア通信と分散処理ワークショップ情報処理学会, pp. 71-78(1995).
- [5] 江谷為之, シドニー・フェルス, アルミン・ブルーダリン, 間瀬健二: “非同期階層型エージェントアーキテクチャについて”, 人工知能学会基礎論研究会資料SIG-FAI-9603 人工知能学会, pp. 74-79(1997).
- [6] R. Kadobayashi, K. Nishimoto and K. Mase: “Design and evaluation of gesture interface for an immersive virtual walk-through application for exploring cyberspace”, Proc. of Third IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FG98) IEEE(1998). to appear.
- [7] M. McLennan: “[incr Tcl]: Object-oriented programming in Tcl”, Proc. 1st Tcl/Tk Workshop, University of Berkeley, CA, USA(1993).
- [8] 坂村健: “電脳博物館-博物館の未来”, http://www.um.u-tokyo.ac.jp/DM_CD/DIG_MUS/HOME.HTM.
- [9] N. Minar, A. Moukas, P. Maes and J. B. A. G. M. M. Laboratory: “Friend of a friend finder”, <http://fff.www.media.mit.edu/projects/fff>.
- [10] Y. Nishibe, H. Waki, I. Morihara and F. Hattori: “Analyzing social interactions in massive mobile computing -experiments of icmas'96 mobile assistant project-”, IJCAI-97 Workshop on Social Interaction and Communityware, pp. 19-24(1997).
- [11] 間瀬健二, 角康之, 江谷為之, 小林薫, シドニー・フェルス, ニコラ・シモネ, 門林理恵子: “モバイルでパーソナルなインタフェースエージェントによる展示ガイド”, 第3回知能情報メディアシンポジウム予稿集電子情報通信学会, pp. 219-224(1997).

²この実験と評価は文献[11, 2]が詳しいためそちらにゆずる

³厳密にはポーリング時間計測などソフトウェアで対処可能であるが、システムに対する負荷が大きくなるため、望ましくない