

エージェント拡張現実感—エージェントによる実世界と情報世界の統合—

Agent Augmented Reality: Integration of the Real World and Information Worlds via Software Agents by Katashi NAGAO (Sony Computer Science Laboratory Inc.)

長尾 確¹

¹ (株)ソニーコンピュータサイエンス研究所

1. はじめに

インターネットのようなワールドワイドな情報発信と受信の基盤が整いつつあることが背景にあり、情報空間あるいは情報世界という考えが生まれている。これは、電子メールや電子掲示板、さらに電子図書館のような、コンピュータネットワークを用いて、情報をやりとりしたり、蓄えたり、加工したりする環境である。つまり、情報世界とは、人間が、実世界とは異なる、ある意味で間接的な様式でかかわりをもつ世界である。

将来、人々が実世界から情報世界に活動の幅を広げていくことになる、その両者を結びつけ、実世界での生活に情報世界での活動をうまく反映させてやるが必要になってくるだろう。

本稿では、そのような試みの例として、拡張現実感と、筆者の提案するエージェント拡張現実感について述べる。

拡張現実感 (augmented reality) とは、もともとは仮想現実感から派生した研究領域で、実世界の映像に仮想的な物体の映像を重ね合わせるという発想に由来している。拡張現実感の研究は、透過型ディスプレイを用いて実世界の映像に仮想世界の CG 映像を重ね合わせることから始まっている。そのアイデアは、より一般的な情報の重ね合わせ、あるいは、情報提示の同期による相互補完という方向に発展してきている。たとえば、カーナビゲーションのような形態である。

カーナビゲーションシステムは、実世界における現在位置と地図 (情報世界) 上の現在位置の間に常に関連をもたせ、現在位置とユーザの目的に関連のある情報を提示することができる。このようなシステムは、実世界を情動的に拡張している

という意味で一種の拡張現実感といえる。

さらに、筆者はいわゆるソフトウェアエージェントの技術^{(6),(10)}を用いて、拡張現実感のアイデアを発展させている。それをエージェント拡張現実感 (agent augmented reality) と呼ぶ⁽⁸⁾。それは、エージェントの自律性や能動性を、拡張現実感の機能である実世界の認識や状況依存の情報処理に導入して、より広範囲な情報サービスに応用しようという試みである。例として、買物支援や道案内 (と現在位置周辺の情報案内) という、日常生活に密接したものがある。

エージェント拡張現実感とは、エージェントプログラムに実世界の状況認識能力をもたせ、人間とのインタラクション、またほかのエージェントとのコミュニケーションを可能にして、ユーザの実世界状況に依存した情報サービスを行う枠組みである。

2. 拡張現実感

拡張現実感とは、仮想現実感と異なり、現実世界に立脚した情報処理を目指すアプローチである。もともとは、透過型ディスプレイを利用して現実と仮想のオブジェクトを重ね合わせるという研究から始まっているが、実世界を情動的に拡張するという、より一般的なアイデアに発展している。その背景として、インターネットによる情報世界の拡大や、モバイルあるいはユビキタス・コンピューティングという、日常生活の中にコンピュータを融け込ませようとする技術の進展がある。

今後、コンピュータがさらに小型化し、それを身につけるなどして、常に携帯するようになると、人間が今どんな場所で何をしているのか、こ

れから何をしようとしているのか、に依存して情報を提供してくれるシステムが望ましくなるだろう²³⁾。たとえば、ある人がある場所に行こうとしてある駅にいるとき、それを認識して、今乗るべき電車の発着場所や発車時刻を教えてくれる、という具合である。

拡張現実感の機能としてはさまざまなものが考えられるが、筆者の考えるその代表的なものは以下のとおりである。

1. 人間にともなって移動し、時に人間とは異なるやり方で実世界の状況認識を行う。これに関連して、ウェアラブル・コンピューティングという、コンピュータを身につけるというアイデアがある¹²⁾。また、状況認識のやり方には、たとえば、バーコードや赤外線によるID認識、GPSによる位置認識などが考えられる。これは、ある意味で人間の状況認識能力を拡張していることになる。
2. 実世界状況に依存した情報処理と情報表示を行う。たとえば、美術館や博物館で、各展示物に関して、ユーザの興味に従って解説したり、図書館やお店で、ユーザの探しているものところまで案内する、という具合である。これによって、その状況でなければ意味をなさない情報を提供することができる。このためには状況と（発話を含む）人間の行動から、人間の目的や意図を認識する能力が不可欠になる。
3. 繰り返される人間の行動やあらかじめ入力された所有者の個人的データから、その人間の習慣や嗜好などを獲得し、その人間に合った適切な振舞いをする。特定の人間に特化された情報は、暗黙的にその意図を認識する手助けになり、提示すべき情報の選択や、インタラクションを開始するきっかけを決めるのに役立つ。これは、人工知能における機械学習の実世界ドメインへの1つの応用例といえる。たとえば、Webページのカスタマイズやパーソナライズされた新聞などが参考になるだろう。
4. 人間の行動や（時間を含む）状況と情報内容を結びつけて記憶する（たとえば、ある場所で何をしたか、誰とどこで会って何を

話したか、など）。これは、人間の記憶容量を間接的に拡張し、状況（に付随する属性）を検索キーとして記憶を呼び出すという役割をもつことになる。これは、状況の何らかの属性と画像や音声などの情報を組み合わせてインデックスづけするという技術が必要になる。ただし、後述する Forget-me-not のように非常に単純なやり方で人間の行動の履歴を状況に関連づけて記録することができる場合もある。

3. 拡張現実感の技術

基本となる技術は、実世界認識技術、状況に依存した情報処理技術、情報表示技術である。状況に依存した情報処理の実現法として、ユビキタス・コンピューティングとモバイル・コンピューティングがある。

3.1 実世界状況認識

比較的単純なやり方でユーザを取り巻く状況の認識を行うことが拡張現実感を実現する1つの近道である。そのような技術には、機械可読な認識タグを用いて実世界の対象を認識するためのID認識の技術、また絶対位置や相対位置に基づいてユーザの環境を推定する位置認識の技術などがある。

ID 認識 実世界の対象に認識タグを添付し、それにエンコードされたIDを認識することによって、その対象に関連する情報を呼び出すことができる。IDのエンコードのやり方はさまざまであり、主なものでは赤外線やバーコードを用いるもの、電磁誘導方式による非接触の認識タグ（コイル状のもの）、またスマートカードのようなバッテリー不要のICチップを用いるものなどがある。ID認識を利用した例として後述の NaviCam がある。

位置認識 3次元の位置計測も実世界状況を知る有力な手段である。これには、室内に限られた範囲のような狭い領域では Polhemus 社の磁気センサやジャイロセンサなどが利用可能である。

また、より大規模で汎用の位置計測システムが衛星を使った GPS (Global Positioning System) である。現在の GPS の精度は、誤差範囲が半径約 100 メートルであるが、ディファレンシャル GPS という、地上の固定局による補正情報を用

いる手法により数メートルの精度にまで高めることができる²²⁾。

また、GPSの使えない(衛星の電波の届かない)屋内などでの位置認識には、PHS(Personal Handyphone System)の各無線ゾーンの位置情報を利用できるかもしれない。ただし、これは一般に利用可能な情報になるかどうかはまだわからない。あるいは、さまざまな場所に、赤外線などによって場所を表すIDを発信する装置を埋め込んでおき、携帯型システムがそれを受信することによって自分の位置を知る、というID認識を位置認識に利用するやり方も考えられる。アクティブバッジと呼ばれるシステムは、これに近い発想で、個人が身につけているバッジが自分のIDを発信して、コンピュータが埋め込まれた環境側にユーザの存在を知らせるという仕組みになっている¹⁵⁾。

3.2 実世界状況に依存した情報処理

拡張現実感の最も重要な点は、実世界状況に依存した情報処理が行えるということである。これは、人間が日常的に直面する状況にコンピュータの注意を向けさせてやろうという試みであり、ヒューマンインタフェース研究の流れを大きく変えるアイデアである。そのためのアプローチは大きく分けて2つあり、1つはユビキタス・コンピューティングで、もう1つはモバイル・コンピューティングである。

ユビキタス・コンピューティング 実世界状況に依存した情報処理の実現法の1つに、Xerox PARCのWeiserの提唱するユビキタス・コンピューティング(ubiquitous computing)がある¹⁶⁾。これは、日常的な空間の至るところにコンピュータを忍び込ませ、人間の知的活動をサポートするという考えである。

実世界のさまざまな場所に埋め込まれたコンピュータは、それぞれが今どこに置かれているかを知っていて、人間がその場所でどのような情報処理を行っているかを知っていれば、人間の行動に合った適切な振舞いを行うことができる。このようにユビキタス・コンピューティングでは、コンピュータを実世界にばらまくことによって、パターン認識などの人工知能の技術を導入することなく、状況に依存した高度な情報サービスを提供することができる。

前述のアクティブバッジは、人間が常時携帯(服に張りつけるなど)して、その個人のIDを常に環境に発信している。個々のバッジは、ある建物の中に置かれている装置に対して、個人の身分証明をすることができ、正当なバッジをつけている時にしか開かないドアや、名前を呼んで挨拶してくれる部屋や、どこにいても、その人のいるところにかかってくる電話や、その人の好みを反映した、娯楽などの情報サービスを実現することができる。

東京大学の坂村らのトロンプロジェクト¹⁴⁾は、ユビキタス・コンピューティングとほぼ同様のアプローチで環境をインテリジェント化することを目指している。ただしこれは、拡張現実感を実現しようとする試みというより、日常的な電子機器に埋め込まれたコンピュータのCPUや操作仕様から、パーソナル・コンピュータのOSやGUIに至るまでの広範囲なコンピュータの利用環境に一貫性を与えようという試みであり、まだ社会的インパクトをもたらすには至っていないと思われる。

モバイル・コンピューティング モバイル・コンピューティング(mobile computing)は、移動コンピュータや無線ネットワークを含む分散コンピューティング環境を目指すアプローチである。それには、移動コンピュータや無線ネットワークに適したOSやネットワークプロトコル¹⁴⁾の研究が含まれている。ここでは、モバイル・コンピューティングのアプリケーションに焦点をあてて説明する。

モバイル・コンピューティングに基づく拡張現実感システムは、携帯型のシステムが実世界の状況認識を行い、さらに無線ネットワークを通じて関連情報にアクセスするという形態が考えられる。後述するウォークナビはそのようなシステムの一例であり、携帯型のコンピュータがGPSや赤外線によりユーザのいる環境を知り、移動体通信を使ってインターネット(World Wide Web)にアクセスし、ユーザの位置に合った情報案内を行うことができる。

ユビキタス・コンピューティングと比べた場合、モバイル・コンピューティングの利点には、たとえばプライバシーの保護があるだろう。ユビキタス・コンピューティングでは主に環境側

が情報処理を行うので個人情報に環境に遍在してしまう可能性がある。それに対してモバイル・コンピューティングでは、特定のユーザに密着した携帯型コンピュータが主体となって情報処理を行うので、個人情報をできるだけ外に漏らさないようにすることができるため、個人情報を使って積極的にカスタマイズする、システムのパーソナライゼーションが実現できる。

3.3 情報表示

拡張現実感における情報提示のもっとも基本的なものは、実世界映像とCG映像を重ね合わせるオーバーレイという手法である。そのほかに、画像や音声などの複数のコミュニケーションチャンネル/モダリティを有機的に統合するマルチモダリティという手法がある。

オーバーレイ Rank XeroxのWellnerらによるデジタルデスクというシステムでは、通常の机にコンピュータの画面をプロジェクタを用いて投影することにより、紙などの実世界の対象と情報世界の対象を重ね合わせるという手法を用いている¹⁷⁾。机の状態の認識にはカメラを用いる。これによって、(1)紙に書かれた単語を指さすと辞書引きして、その内容を紙の近くに表示する、(2)表に書かれた数字の列を指でなぞると、その合計を表示する、(3)普通のペンで書いた図形をコピーしてほかの位置に表示する、などの操作が実現できる。

オーバーレイのほかの例としては、日立で開発されたオブジェクト指向ビデオがある¹⁸⁾。これはビデオ映像にグラフィックオブジェクトをスーパーインポーズするもので、ユーザは重ねて表示されたグラフィックオブジェクトを操作することで実世界の対象そのものを操作できる。具体的には、実世界の対象は工場における制御装置で、オペレータがその装置のビデオ映像を選択すると、対応するグラフィックのコントローラが重ねて表示される。その映像は、制御装置が操作されている状況とその効果を実世界映像とコンピュータ画像を巧みに利用して表示している。同様に、ビデオ映像とスーパーインポーズを利用して情報を提示するシステムに後述するSony CSLのNaviCamがある。

また、古くから研究が行われている、透過型ディスプレイを用いて実世界の視覚状況に情報世

界の内容を重ねるやり方もオーバーレイの一種といえる。これの代表的な例は、ノースカロライナ大学のBajuraらによる医療支援のシステムである¹⁹⁾。これは、妊婦の腹部に、超音波によって得られた胎児の映像をスーパーインポーズして表示するもので、擬似的に医師に患者の体を透視する能力を与えていることになる。同様の例に、コロンビア大学のFeinerらによるKARMAというシステムがある²⁰⁾。これは、プリンタの保守のためのシステムで、プリンタのスイッチやトレイの動かし方などを示すために、透過型ディスプレイを使ってCG画像をスーパーインポーズする。このシステムは、ユーザの顔の向きから得られる視点と現在の状況に基づいて、提示すべき情報を自動的に生成することができる。

マルチモダリティ 当然ながら、視覚的に情報を統合する以外にも実世界を拡張する情報を提示することができる。その代表的な例が、統合された複数のモダリティ(modality)を用いるマルチモーダルインタフェース(multimodal interface)である。モダリティとは、視覚、聴覚、触覚などの感覚(sense)を用いて外界を知覚するやり方であり、またそのような感覚に働きかける情報伝達のやり方である。

後述するSony CSLのショップナビとウォークナビでは、画像情報と音声情報を連動させ、相互の情報の補完を行っている。これには、ある種の冗長性が含まれるが、ユーザが注意を払う情報の受信手段をあらかじめ限定しておくよりも、ユーザがその場の状況に応じて自由に注意の置きどころを選択できる方がよいであろう。その意味では、モダリティ間の適度の冗長性は不可欠のものとなる。

ちなみに、マルチモーダルインタフェースに関しては、筆者のほかの解説^{19),20)}があるので、合わせて参照していただくと幸いです。

4. 拡張現実感の実例

拡張現実感の研究レベルでの実現例について述べる。

4.1 Forget-me-not

前述のユビキタス・コンピューティングの応用例として、Rank XeroxのLammingらによって開発されたのが、Forget-me-notと呼ばれる個

人情報管理システムである⁶⁾。ParcTab と呼ばれる携帯型システムは赤外線で常に ID を送信している。それによって、その個人の行動履歴を自動的に作成することができる。たとえば、電話を使った場合、電話に内蔵されたコンピュータが ParcTab からの ID を受けとり、誰がいつどこに電話をかけたかを記録する。また、どの部屋でいつ誰と会ったかなどの記録も、相手がやはり自分の ParcTab をもち、部屋に内蔵されたコンピュータが ID を受けつけることで処理される。それらの記録は、その個人のデータベースに集計される。また、電子化された文書を他人に渡す場合も、文書固有の ID を渡し、ID を使ってどこからでもその内容を取り出せるようにしておけば、いつ誰にどんな文書を渡したかという記録も簡単に残すことができる。

このシステムの重要な点は、自分の行動履歴に依存した情報の問合せや操作を、時間をキーにすることによって容易に行えるということである。これは、人間の記憶を間接的に拡張しているという意味で、筆者の考える拡張現実感の重要な 1 つの機能を実現しているということができる。

4.2 Chameleon

トロント大学の Fitzmaurice によって開発された Chameleon は、空間位置センサを装備した携帯型システムである⁴⁾。これは、実世界における位置に依存した情報を表示するインタフェースで、例として、壁に貼った地図の前で、特定の場所の近くに Chameleon をもっていくと、その場所に関連した情報が表示されるという、アクティブマップと呼ばれるものがある。Chameleon は機器そのものの実世界における位置を重要な入力情報の 1 つと捉え、それに依存した情報処理を行うという点で、やはり拡張現実感の 1 つの重要な機能を実現している。

4.3 NaviCam

Sony CSL の暦本によって開発された NaviCam は、小型のビデオカメラを装着した携帯型ディスプレイをもち歩くタイプの拡張現実感システムである¹⁰⁾。ビデオカメラからの映像はリアルタイムにワークステーションに取り込まれて処理される。実世界状況の認識を容易にするために、実世界の対象にカラーコード（赤と青のストライプによって ID をエンコードしたもの）を添

付する。このカラーコードによって複雑な認識技術を用いることなく、実世界の状況や対象を同定することができる。

たとえば、壁にかけられたカレンダーの前に NaviCam を差し出すと、ディスプレイにはカレンダーの映像の上にデータベースから得られたスケジュール情報がスーパーインポーズされる。これは、虫めがねのメタファを利用した情報アクセスといえる。NaviCam は実世界の対象を「情報的に」拡大して表示することができる。

5. エージェント拡張現実感

エージェント拡張現実感とは、拡張現実感とエージェント指向の技術を統合するアプローチで、実世界を認識するエージェントによってユーザのいる世界と情報世界を密に連結しようという試みである。

エージェント指向インタフェースに拡張現実感のアイデアとその技術を統合することによって、実世界状況を認識しユーザの意図を暗黙的に理解して、情報世界を動き回って適切な情報を検索するシステム、あるいは実世界状況に依存したタスクをユーザに代わって遂行するシステムが考えられる。これを、実世界エージェント (real world agent) と呼ぶ⁹⁾。

たとえば、電子メールの管理を行ったり、インターネット上の情報検索を行うエージェントシステムは、すでにいくつか実現されている^{2),7)}。ただ、それらの研究では、ユーザの目的や意図を伝達する手法、つまりヒューマン・エージェント・インタラクションに関する手法には、まだ十分に注意が払われていないと思われる。筆者が以前に関与していた擬人化エージェントの研究では、人間同士が対面式のコミュニケーションにおいて用いるようなバーバルなモダリティとノンバーバルなモダリティを統合して、人間とエージェントとが円滑なコミュニケーションを行えるようにする試みを行っていた⁹⁾。しかし、擬人化のための技術が不十分なことや、考慮すべき心理学的・社会的要因が非常に多いために、まだまだ効率的な意図の伝達を扱うには至っていない状態である。

実世界エージェントは、実世界認識という新たなモダリティを用いることによって、ユーザの意図をより容易に認識することができるため、人間

とのインタラクションを大きく改善できる可能性がある。

また、実世界エージェントの重要な機能の1つとして、システムの挙動がユーザの習慣や嗜好のような個人情報に依存して決まるというパーソナライゼーション (personalization) がある。これは提示すべき情報の内容やタイミングを決めるのに役立つだけでなく、エージェントが自分の遂行すべきタスクやその実行のタイミングを決定することにも利用されるだろう。

このようなパーソナライゼーションを行うことには、プライバシーの問題がともなう。つまり、個人情報を使ったカスタマイズは、個人情報を外部に漏らしてしまう可能性がある。これに関してはかなり慎重に設計する必要がある。たとえば、お店が宣伝用のエージェントを個人に向けて派遣し、その個人と対話してその人向きの情報を提供するとき、ある程度その人の個人情報を参照することになる。このときお店のエージェントが個人情報をもち帰らないように、その場で消滅してしまうように設計することができるだろう。

6. エージェント拡張現実感の実例

以下で、筆者らの試作した、エージェント拡張現実感に基づくシステムを紹介する。1つは、ショッピングナビと呼ばれる個人の買物支援のシステムで、もう1つは、ウォークナビという歩行者のためのナビゲーションシステムである。いずれも、試作段階であるが、近い将来に十分に利用可能になるであろうアイデアを多く含んでいる。

6.1 ショッピングナビ

たとえば、今日の料理の食材をスーパーマーケットに行って買う場合、物理的に見て選べるのだから情報はとくに必要ない、ということはないだろう。一見同じようでも、産地が違ったり、味が違ったり、製造日が違うということがあるからである。もし、製造元からの情報があれば、より自分に合ったものを選択できるだろう。ただ、そういう情報はモノにうまく結びついていないと役に立たない。つまり、情報と現実のモノとの結びつきが肝心なのである。

また、買物というのは個人的な情報に強く依存している。その場合の個人情報には、何を食べていかとか、いくらまでお金を使うか、などが含ま

れている。そのような個人情報と商品、店、製造元などの分散された情報を結びつけるために、エージェントの技術が役に立つ。実世界エージェントは人間が今何を見ているか、何に興味があるのか、などを認識して情報を検索することができる。

エージェント拡張現実感に基づくこのシステムをショッピングナビと呼ぶ。ショッピングナビは、エージェントがユーザの見ている方向や対象を認識して、店内と商品の情報案内を、音声、テキストとグラフィックスを用いて行うシステムである。図-1はこのシステムを使って、ある商品(牛肉)とインタラクションしようとしている様子を、図-2はその商品から得られた調理例(すきやき)の情報が携帯型ディスプレイ上に表示された状態を示している。

このシステムは、個人情報と店の情報と商品の情報を組み合わせてユーザをサポートする。予算

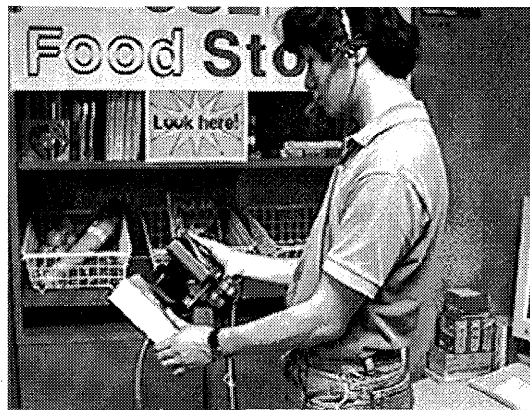


図-1 ショッピングナビの使用風景

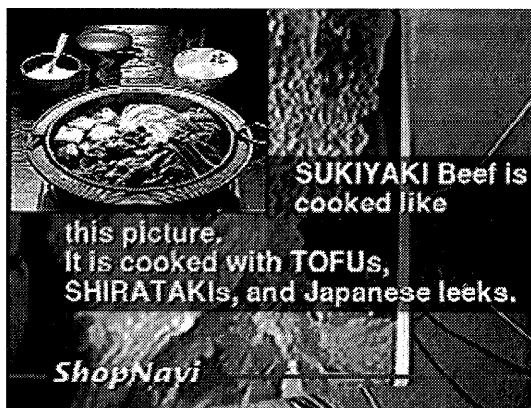


図-2 ショッピングナビのディスプレイ

は個人情報であり、この上限をエージェントが常に意識してくれている。ちょっと高い肉を買おうとして予算をオーバーしそうになると注意してくれる。それでも買いたい場合は、エージェントにいつて、個人情報を更新することができる。また、すきやきを作ろうと思ったら、家にはどんな材料が残っているかを調べてくれ、何を買えばいいのかが買物に行く前に教えてくれるだろう。また、店と情報をやりとりして、これこれのものが安いですよ、と伝えてくれる。また、商品につけられたIDから、エージェントがその商品を認識するとその店の管理する（パブリックな）データベース、あるいは、ネットワークを通して製造元のデータベースなどの情報世界にアクセスして情報をとってることができる。将来的にはお金のやりとりもなくなるだろう。近いうちに通常の貨幣にとって代わるといわれている、電子マネーあるいはデジタルキャッシュによって、知らない間に清算されているということも考えられる。

ショップナビは、人の位置や見ている方向を認識するために3次元位置センサを、また、対象を認識するために電磁誘導方式のタグとその認識装置を利用している。電磁タグはバーコードと違って印刷ではないので、印刷面が外に見えていなくても構わない。タグ用のセンサが近づくだけでIDを読みとることができる。将来的には、このようなタグシステムは、一般に普及して、バーコードにとって代わるだろうといわれている。それによって、近い将来に、商品をカートにいれてゲートをくぐると、値段が集計されて電子マネーで自動的に支払われる、ということが可能になるだろう。このような、機械が容易に読みとれる方式のIDをモノに貼りつけるやり方は、実世界と情報世界をつなぐために十分に利用できる。

ショップナビには複数のセンサが使用されているため、携帯システムとワークステーションをつなぐケーブルがいくつか存在するのだが、将来的には無線を使うことになるだろう。さらに、処理のプログラムのほとんどの部分は、携帯システムの内部で実行されなくても構わなくなるかもしれない。携帯システムが行うのは、たとえば、ユーザの声をデジタル信号に変換し、声の信号やタグの信号を含むセンサ情報をエージェントに託してネットワークに流し、ネットワークから得られた

情報を特別な加工を行わずに提示する、などの比較的単純な処理だけになると思われる。人間は、その程度のことができる小型で軽量のシステムをもち歩けばよいようになるだろう。店内にいるときは店で大部分の情報処理をしてもらって、その結果をもらってくる、というような仕組みになると思われる。

6.2 ウォークナビ

ウォークナビは、GPSを使って、ユーザの現在位置を認識して、音声などから認識されたユーザの意図に従って、位置に関連する情報をWWW (World Wide Web) から検索し、ナビゲーションや情報案内を行うシステムである²¹⁾。

図-3はこのシステムの使用風景を、図-4はナビゲーションのための地図と写真によるランドマークが示された状態を示している。

6.2.1 ウォークナビの構成

ウォークナビは、位置認識、音声対話、情報表



図-3 ウォークナビの使用風景

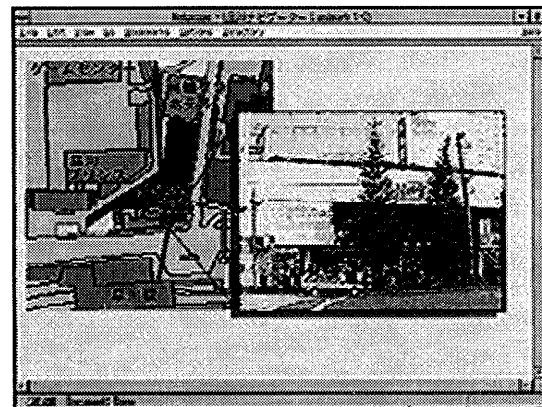


図-4 ウォークナビのディスプレイ

示、移動体通信を行う携帯型システムと、位置情報（緯度/経度）と WWW の URL (Uniform Resource Locator) を関連づける WWW 地理情報サーバ (Geographic WWW Server) から構成される。

位置認識 GPS によって得られた緯度/経度情報から、自分が現在いるエリアを計算する。ただし、GPS の精度は、現在のところ最大誤差が半径 100 メートルなので、それだけでは正確な位置を知ることにはできない。そのため、何らかのランドマーク情報が赤外線による ID やユーザによって与えられた場合、それを用いて現在位置を補正することもできる。将来はディファレンシャル GPS などの技術を用いることも可能であろう。

音声対話システム 携帯型システムにおけるユーザの主な入力手段は音声である。これは、歩きながらの入力においては適切であると考えられる。また、システムからの出力は音声とテキストおよびグラフィックスである。テキストとグラフィックスは小型の液晶ディスプレイに表示される。これは、音声出力が記憶に残りにくいので、音声と同じもしくは一部の内容をテキストによって同時に表示する必要があるためであり、さらに、現在位置を表す地図情報や目印となる建物などの情報を直感に合うようにビジュアルに表現するためである。

音声認識や自然言語処理のモジュールは、位置認識のモジュールによって制約を受け、状況に合った辞書や知識ベースが選択される。

WWW 地理情報サーバ WWW 地理情報サーバは、緯度/経度（あるいは住所）と URL を関連づけることができる。携帯型システムは、移動体通信を使って、この地理情報サーバにアクセスし、位置情報に依存して、関連 URL を検索することができる。URL を登録するとき、何らかの索引（カテゴリ情報）をつけることができ、それを用いて検索効率を上げることもできる。

WWW 地理情報サーバは、任意のユーザが自動的に地理情報と Web 情報を関連づけて登録できるものであり、また緯度/経度情報が与えられれば、誰でも自由にその周辺位置に関係のある Web 情報を検索し、アクセスできるというものである。

WWW のオープン性は大きなポテンシャルを

秘めている。たとえば、特定地域のローカルな情報はその地域の住人によって発信されるものの方が、情報提供を行う組織が収集して公開する情報よりも、概して信頼性が高く、速報性もある。また、イエローページのような静的な情報と比較して、WWW 上の情報は常に変化するのが特徴である。つまり、イベント情報など、時間とともに変化する情報をうまく提供することができる。したがって、WWW 地理情報サーバは、オープンで動的な知識源である WWW と実世界を結びつけるために、実世界における位置（緯度/経度）と情報世界における位置（URL）を関連づける重要な役割を果たす。

6.2.2 ウォークナビの機能

ウォークナビの主な機能は、ナビゲーションと情報案内である。そのほかには、実世界エージェントを使った予約機能が考えられる。

ウォークナビのナビゲーションは、カーナビゲーションの場合と異なり、「次の交差点を右に曲がってください」のような精密度の高いものではない。それは、GPS のみによる位置測定がそれほど高い精度を出せないことと、ユーザが向かっている方向を認識できないためである。後者に関しては、電子コンパスを用いるという考えもあるが、とりあえず歩いている人の自由度を考慮したナビゲーションを考える必要がある。その 1 つの方法は、さまざまな方法でランドマークとなる目印の情報を提示して、ユーザを目的地まで誘導するやり方である。「近くにレンガ色の高い建物がありますか？」のような質問をし、ユーザがあると答えたときに、「そこまで行ってください」のように誘導するとか、ないと答えたときには、別の目印に関する質問をする、などである。

ウォークナビの情報案内は、WWW 上の情報検索を、位置情報と音声入力を考慮して行い、検索結果を解析して、音声とイメージを使って提示することによって行われる。まず、GPS からの位置情報と WWW 地理情報サーバを使って、関連する URL を絞り込む。次に、URL の指すページの内容を自然言語処理の技術を用いて解析して、ユーザの意図に合う情報が載っているかどうか調べる。このとき、地理情報サーバにおいて URL に添付した索引情報が利用可能な場合は、それも用いる。たとえば、「この近くに、花屋は

ありますか?」のような質問がなされたとき、地理情報サーバで調べた URL のうち、花屋を示しているものがみつかったときは、それに関する情報を提示する。なければ、「半径 X メートル以内 (X は任意に設定できる) には花屋はみつかりません」のように応答する。また、複数みつかった場合は、ユーザにさらなる絞り込みの条件を要求することができる。さらに、上で述べたナビゲーション機能によって、特定された場所への道案内ができる。

実世界エージェントを使った予約機能とは次のようなものである。たとえば、ユーザがレストランに行こうとしていることをエージェントが認識したときに、ユーザにそのレストランで何を注文するかを前もって聞いておき、ネットワークを通してレストラン (のエージェント) にその注文とユーザが到着する推定時刻を伝達するというものである。これは、実世界状況の認識によって、できるだけ暗黙的にユーザの意図の候補を絞り込んで、意図認識をより容易に行い、エージェント間のコミュニケーションを現実のサービスに結びつけようという試みである。

7. おわりに

以上、エージェントの応用に関する新しい方向性として、拡張現実感との統合によるエージェント拡張現実感について述べた。情報世界が身近になりエージェントのような自律的なインタフェースの必要性が高まってくることは疑いないことであるから、今後さらにこのような方向の研究が進むであろう。

携帯型コンピュータはますます小型化し、さらに何らかの状況認識機能をもつことになるだろう。また、日常的な電子機器に埋め込まれてみえなくなったコンピュータがユーザの認識機能や通信機能などをもつようになると思われる。このとき、携帯型と遍在型のコンピュータたちがエージェントの仲立ちによって相互に密に通信し合い、人間の生活をその状況に応じて支援することになるだろう。

そして、実世界エージェントは人間の心理的側面にも注意を働かせるようになると思う。たとえば、将来、腕時計には血圧や脈拍を測る仕組みが内蔵され、帽子には脳波や脳磁場の測定器がつけ

られ^{*}、エージェントはそれらに基づいて、ユーザの心理状態を知ろうとするのである。たとえば、緊張しているとか、いらいらしているとか、落ち込んでいるとか、のような状態を感知すると、それを考慮して対応してくれるようになるだろう。

また、エージェント拡張現実感^{*}は人同士の結びつきを支援することにも貢献するだろう。たとえば、パーティなどの参加者の中で興味的一致する人をエージェントが情報世界において探しだし、ユーザに知らせるのである。これによって、初対面の相手とも比較的楽に会話をすることができるようになると思う。また、電話で話そうと思ったときに、事前にエージェントに相手の都合 (手が塞がっているとか、別の相手と話をしている最中だとか) をプライバシーを侵害しない程度に調べさせ、問題がなければ電話する、ということも可能になるだろう。エージェントはユーザのプライバシーを守りつつ、ほかのエージェントからの問合せに答えて、必要に応じてユーザの現在の状態を伝達するようになると思われる。

このように情報世界と人間を密につなぐエージェントによって、人間には新たな創造性が生まれ、人間同士には時間や空間を越えた強い絆が生まれると筆者は考えている。そのための準備を今から少しずつでも始めていくべきだろう。

謝辞 本稿で述べられている研究のうち、筆者に関するものは、Sony CSL の暦本純一氏やそのほかの人々の協力のもとで行われました。音声認識は電総研の伊藤克巨氏と速水悟氏によって開発されたものを使用しました。さらに、計量計画研究所の乾裕子さんと慶應義塾大学の早川由紀さんにはシステムの設計と実装に協力していただきました。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) Bajura, M., Fuchs, H. and Ohbuchi, R.: Merging Virtual Objects with the Real World: Seeing Ultrasound Imagery within the Patient, *Computer Graphics*, Vol. 26, No. 2, pp. 203-210 (1992).
- 2) Etzioni, O. and Weld, D.: A Softbot-based Interface to the Internet, *Communications of*

^{*} そんなものを携帯して常に動作させたら、現在の携帯電話をはるかに超える強力な電磁波が出て被害甚大だと思われるかもしれないが、同時に強力な電磁波シールドも発明されているだろう。

- the ACM, Vol. 37, No. 7, pp. 72-76 (1994).
- 3) Feiner, S., MacIntyre, B. and Seligmann, D.: Knowledge-Based Augmented Reality, Communications of the ACM, Vol. 36, No. 7, pp. 52-62 (1993).
 - 4) Fitzmaurice, G. W.: Situated Information Spaces and Spatially Aware Palmtop Computers, Communications of the ACM, Vol. 36, No. 7, pp. 38-49 (1993).
 - 5) Genesereth, M. R. and Ketchpel, S. P.: Software Agents, Communications of the ACM, Vol. 37, No. 7, pp. 48-53 (1994).
 - 6) Lamming, M. and Flynn, M.: Forget-me-not: Intimate Computing in Support of Human Memory, In Proceedings of the FRIEND 21 International Symposium on Next Generation Human Interface (1993).
 - 7) Maes, P.: Agents that Reduce Work and Information Overload, Communications of the ACM, Vol. 37, No. 7, pp. 30-40 (1994).
 - 8) Nagao, K. and Rekimoto, J.: Agent Augmented Reality: A Software Agent Meets the Real World, In Proceedings of the Second International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS-96), pp. 228-235, AAAI Press (1996).
 - 9) Nagao, K. and Takeuchi, A.: Social Interaction: Multimodal Conversation with Social Agents, In Proceedings of the Twelfth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-94), pp. 22-28, The MIT Press (1994).
 - 10) Rekimoto, J. and Nagao, K.: The World Through the Computer: Computer Augmented Interaction with Real World Environments, In Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '95), pp. 29-36 (1995).
 - 11) Sakamura, K.: Human Interface with Computers in Everyday Life, In Proceedings of the Ninth TRON Project Symposium, IEEE Computer Society Press (1992).
 - 12) Starner, T., Mann, S., Rhodes, B., Levine, J., Healy, J., Kirsch, D., Picard, R. W. and Pentland, A.: Augmented Reality Through Wearable Computing, Presence (1997).
 - 13) Tani, M., Yamaashi, K., Tanikoshi, K. and Futakawa, M.: Object-Oriented Video: Interaction with Real-World Objects through Live Video, In Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '92), pp. 593-598, ACM Press (1992).
 - 14) Teraoka, F., Yokote, Y. and Tokoro, M.: A Network Architecture Providing Host Migration Transparency, In Proceedings of ACM SIGCOMM '91, ACM Press (1991).
 - 15) Want, R., Hopper, A., Falcao, V. and Gibbons, J.: The Active Badge Location System, ACM Transactions on Information Systems, Vol. 10, No. 1, pp. 91-102 (1992).
 - 16) Weiser, M.: Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing, Communications of the ACM, Vol. 36, No. 7, pp. 74-85 (1993).
 - 17) Wellner, P.: Interacting with Paper on the DigitalDesk, Communications of the ACM, Vol. 36, No. 7, pp. 86-96 (1993).
 - 18) 西田豊明: ソフトウェアエージェント, 人工知能学会誌, Vol. 10, No. 5, pp. 704-711 (1995).
 - 19) 長尾 確: マルチモーダル・ヒューマンコンピュータインタラクションエージェント指向と実世界指向一, 計測と制御, Vol. 35, No. 1, pp. 65-70 (1996).
 - 20) 長尾 確: マルチモーダルインタフェースとエージェント, 人工知能学会誌, Vol. 11, No. 1, pp. 32-40 (1996).
 - 21) 長尾 確, 暦本純一, 伊藤純一郎, 早川由紀, 八木正紀, 安村通晃: ウォークナビ: ロケーションウェアなインタラクティブ情報案内システム, 田中二郎 (編), インタラクティブシステムとソフトウェア III, pp. 39-48, 近代科学社 (1995).
 - 22) 渡辺恭人: Mobile & Ubiquitous Computing 環境における物理的位置情報に関する一考察, 夏のプログラミングシンポジウム講演論文集, 情報処理学会 (1995).
 - 23) 暦本純一: Augmented Interaction: 状況認識に基づく新しいインタラクションスタイルの提案, 竹内彰一 (編), インタラクティブシステムとソフトウェア II, pp. 9-17, 近代科学社 (1994).
(平成8年11月12日受付)



長尾 確

1962年生, 1985年東京工業大学工学部卒業, 1987年同大学院総合理工学研究科修士課程修了。同年より1991年まで, 日本アイ・ピー・エム(株)東京基礎研究所において, 自然言語処理, 機械翻訳の研究に従事。1991年より, (株)ソニーコンピュータサイエンス研究所において, 自然言語対話, マルチエージェントシステム, ヒューマンコンピュータインタラクションの研究に従事。1994年東京工業大学より博士(工学)取得。1996年より, イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校客員研究員。著書「インタラクティブな環境をつくる」(共立出版, 1996年), 訳書「人はなぜ話すのかー知能と記憶のメカニズムー」(R. シャンク著, 白揚社, 1996年)など。人工知能学会, 日本認知科学会, 言語処理学会各会員。e-mail: nagao@csl.sony.co.jp