

## 特集記事

GUI を越えて - Beyond Desktop 特集  
インテリジェント・インタフェース

ATR / 名古屋大学 間瀬 健二 ATR / 京都大学 角 康之

## 1. はじめに

人類は長い歴史のなかでさまざまなメディア技術を発明し、メディアをつかって思考を表現し人と交換したり共有して、創造活動をおこなってきた。コンピュータは、当初シミュレーションや科学計算に使われていたが、近年その能力が格段に向上したことによって、表現とコミュニケーションのための新しいメディアとして使えるようになった。今後、技術の進展により、コンピュータやコミュニケーション装置の性能は格段に向上していくであろうが、その性能を引き出そうとする人間側の負担が過剰にならないように真に使いやすいシステムを提供することがますます重要になっていく。人間が使うことを前提とした人間中心デザインの観点にたてば、ヒューマンインタフェースは人間工学的なアプローチのみならず、知的な能力を備えたシステムとしてデザインすることが必要になる。本稿では、知能情報メディア時代におけるインテリジェントなインタフェース技術の展望を概説する。

## 2. GUI からポスト GUI へ

近年のヒューマンインタフェースは、グラフィカルユーザインタフェース (GUI) と呼ばれるパラダイムの基に、デスクトップメタファの上に発展してきた。これらはディスプレイ、キーボード、マウスで構成されたワークステーションやパソコンを操作するには適したパラダイムであった。また、一度にデスクトップ上に並べるファイルの数や操作の種類が少ないうちは、アイコンで表現されたデータを操作したり、プルダウンメニューから目的の操作を選ぶことは造作もないことであった。また、自分が管理するファイルやデータの数が、記憶できる量に収まる限り問題はないし、直接操作をすることもたやすい状況だった。

しかし、コンピュータの記憶容量の加速的な増大と処理内容の多様化とともに、自分のコンピュータは世界中のコンピュータに接続されるようになった。結果として、従来型の GUI や、机に座ってコンピュータに向かって直接操作するような形態のままでは、多くのことをユーザに強いることになってきてしまった。私たちは、大量のファイルをどこに格納したのか覚えることができず、また、優れた多数の機能があっても、それを実行するコマンドを覚えられないばかりか、メニューから目的物を探すことに時間を費やしている。これに対処するため、データ量が増えるに従って、物理的にディスプレイ画面の面積を広くして量的

拡大を図ったり、情報可視化技術により配置を工夫して効率的に情報呈示をすることが行われた。しかし、もう限界にきている<sup>1)</sup>。

近年では、コンピュータの携帯化や携帯電話の普及が進み、またコンピュータは身の回りのあらゆる電子機器 (家電やオフィス機器) に埋め込まれている。ユーザは情報をタイムリーに受信し活用することが可能になっている。そのような場面で従来型の大型のディスプレイに頼る GUI は無用の長物と化す。人とシステムのインタフェースは多様化し、場合によってはインタフェースが姿を消しつつある。

これからのコンピュータシステムには、ユーザの場所や時間、あるいは対象などの状況情報を活用して、情報サービスを目の前のユーザ向けに個人化する機能や、状況に適應させる知的なインタラクションを可能とする知的インタフェース (インテリジェント・インタフェース) が不可欠であり、重要な研究課題である。

## 3. 状況のセンシング

人の周辺を特徴づける状況情報には、(i) 氏名、身体、年齢、性別、服装、職業、グループ、(ii) 動作、発話、対象物、(iii) 位置、移動履歴、社会、文化、(iv) 時刻、日課、季節、時代、(v) 興味、知識、意図、計画、信念、情動、感情、などがある<sup>2)</sup>。このうち (iii) の「場所」と (iv) の「時間」に関する状況はユーザが置かれた環境に規定される状況であり、その他は、ユーザ中心の状況である。

また、状況の粒度は様々である。ある事象が起きた正確な時刻に着目することもあれば、大体の時間帯を知れば良い場合もある。また、週や月のようなレベルでの時期や、季節、年代として時間状況を分節したいときもあるであろう。このことは、状況を記述したり認識して利用する上で重要であり、システム実現においては困難な問題をもたらす。例えば時刻  $T$  における状況を認識するシステムを作ったとして、そのシステムは粒度によって複数の異なる結果を出力しなければならないことが生じる。

このような状況情報をセンシングするにはどのような方法があるだろうか。もっとも重要な状況情報とは、インタラクションの主役となる人を特定する情報 (ID; identification)、インタラクションの相手となる人工物や環境の ID、インタラクションがなされる時刻、場所などである。次に重要な状況情報は、ユーザの意図や興味、そのときのタスクのプラン、場合によっては感情も含まれる。前

者は、人や人工物を特定する手がかりをセンシングして、場所と時刻と対応づけをすればよい。場所を特定するには、何らかの地図（グローバルな座標系）が必要となる。一方後者は、ユーザの発話やジェスチャなどの行動を伴うので、行動のセンシングとセンシングした行動の解釈が必要である。

### 3.1 位置認識とID認識

人や対象とする人工物の位置とIDを知ることで、コンピュータシステムは相当知的になることができる。

アクティブ・バッジ・システム (ABS)<sup>13)</sup>は、建物内の人の位置を知るためのデバイスとしては、最も早い時期に開発されたものである。個別IDを発信し続ける赤外線バッジをユーザに常時身につけてもらい、各部屋や廊下に設置した赤外線センサでその位置を検出できる。ABSは携帯情報端末と組み合わせて、Forget-me-not<sup>14)</sup>というシステムでも使われた。このシステムはPDAの持ち主であるユーザの様々な状況情報を収集し、それらの状況情報を検索のインデクスとし、ユーザのエピソード記憶の想起や、ドキュメントの検索を支援する。

位置情報を利用するためにGPSを使ったアプリケーション (Cyberguide<sup>15)</sup>など) も多くある。また、バーコードなど画像インデックスを使った拡張現実型マニュアル<sup>16)</sup>なども提案されている。個人を特定するために、顔画像などバイオメトリックスを使う方法も熱心に研究されている。

### 3.2 行動センシングから意図への解釈

行動をセンシングできると、その状況情報をもとに、高次な状況、例えば意図や興味を解釈して、アプリケーションに利用することが可能となる。例えば、情報サービスの内容を個人化したり、状況を共有する人と人のコミュニケーション支援にも活用できる。

我々は、C-MAP (Context-aware Mobile Assistant Project) と呼ばれるプロジェクト<sup>17)</sup>で、博物館、学会イベント、研究所公開など、興味を共有する人達が知識のやり取りを求めて集まるような展示型の会場での、見学ガイドやユーザ同士のコミュニケーション支援を目的として、行動を意図や興味として解釈するシステムの実験を行った。

C-MAPにはPalmGuideと呼ばれるPDA上で動作するガイドシステムがあり、ユーザの状況情報 (それまでの見学履歴) を利用して、まだ見ていない展示の中からユーザが興味を持つであろうものを推薦する。このようなサービスを可能にするために、C-MAPシステムでは様々な状況情報を利用した。例えば、ユーザの個人プロフィール (名前、年齢) や見学履歴 (どの展示をいつ見て、どの程度気に入ったか) を利用した。そして、展示推薦を実現するには、展示ブースの物理的な位置とユーザの現在位置の関係、展示のスケジュール情報といった、展示環境側の状況情報を利用している。

## 4. 人間と環境双方の情報メディア化

これまで示してきたように、状況情報の活用が、新しい機能を産みだし、ユーザインタフェースを改善する。しかし、いまだ人間と人間の置かれた環境から、状況情報として十分な情報を得ることは困難である。人間と環境のインタラクションをコンピュータシステムが容易に理解できるようにする試みとして、人間と環境をコンピュータメディア化することを考えよう<sup>18)</sup>。人間をコンピュータメディア化するとは、そのためにする行動を必要としないで、人間のあらゆるレベルの活動をコンピュータ処理可能なデータとして取得できる状態にすることである。

### ウェアラブルによる人間のメディア化

ウェアラブルなシステムは、装着者自身の動き、体性感覚情報、生体情報などをモニタリングするのに適している。手の平の発汗量を計測することでびっくりしたシーンを写真撮影することを目的としたStartleCamと呼ばれるシステム<sup>19)</sup>や、加速度センサと電子コンパスを使って、建物の中での相対的な移動位置を知るシステム<sup>20)</sup>が提案されている。このようにして、人が意識的にコンピュータ入力しなくても状況をセンシングできる。

### 人工パートナーによる間接的なメディア化

ウェアラブルシステムには、まだ重さや外観において問題もあり抵抗感もぬぐいきれない。そこで、人と近接したりインタラクションすることを想定した人工物を經由して、人の実世界インタラクションに関する状況認識を行うアプローチもありうる。

ATRで開発されているロボビー<sup>21)</sup>は、人とインタラクションすることに主眼をおかれた人型ロボットである。カメラ、マイク、タッチセンサなど、人との接触やインタラクションに関するセンサ能力を持つと共に、自ら動き、話しかける能力を持つ。したがって、人の状況を単に受動的に認識するだけでなく、エピソードを設定して人に対して自ら働き掛けることで、より積極的に人の状況認識をすることが可能となる。また、ぬいぐるみロボットは、人との身体的接触に対する抵抗感が低くパートナーとして有望な面がある<sup>22)</sup>。

### 環境のメディア化

人が生活する環境全体 (家、オフィスなど) で人のインタラクションを見守り、情報サービスを提供しようとする試みがある。AwareHomeプロジェクト<sup>23)</sup>は、家庭内の人の行き来や台所での作業などを見守り、情報サービスのローミング、異常状態の検知、人の記憶補助などに役立てることを目指している。EasyLivingプロジェクト<sup>24)</sup>は、主に居間における情報家電との連携を目指して、人の身振り手振りを自動認識することを目指している。これらの試みにおける状況認識は、基本的に複数カメラによる画像認識を用いている。



図1 複数センサ群によるインタラクションの記録

### 統合したシステムによる状況の理解

これらの試みは、個々の対象をメディア化しているが、全体としてはバラバラになっている。そこで我々は、図1にあるように、環境側に埋め込まれたセンサ群と、インタラクションの主体となる人が身につけるウェアラブルなセンサ群を統合することによって、空間と空間で活動する人間を同時にメディア化することを試みた。具体的には、赤外線IDシステムを利用して、カメラ視野に入った人やもの（ポスターや展示物など）のIDが、実時間でインデックスとして記録されるようにした。また、展示会場内には人工パートナーとしてのロボットも参加させ、積極的にユーザとのインタラクションを演出・記録することを試みた<sup>[4]</sup>。

## 5. おわりに

GUIの次にくる知的ヒューマンインタフェースが備えるべき状況認識の機能について、その枠組みを示し、個別の研究動向について解説した。また、理想の状況認識に向けて、人間と環境の両方のインタラクションから状況がセンシングできるように、統合した人間と環境のメディア化のアプローチを示した。

状況情報をふだんに利用するアプリケーションを実現するためには、状況認識を行うセンサレベルと、そのデータを利用するアプリケーションレベルの間のギャップを埋める必要がある。Deyら<sup>[5]</sup>は、GUI開発の効率化に貢献し

たWidgetと同じ概念を、状況認識アプリケーションの基本的なフレームワークに導入している。このようなツールキットのレベルでの貢献と並行して、大量のコーパスデータベースの構築による状況の辞書化も、重要な研究課題である。

## 謝辞

日頃ご議論いただくATRメディア情報科学研究所及びATR知能ロボティクス研究所の所員の皆様に感謝する。本研究の一部は通信・放送機構の委託研究による。

## 参考文献

- [1] D. A. Norman: *The Invisible Computer*. MIT Press, 1999.
- [2] 間瀬: 持ち運べるインタフェースエージェント. 人工知能学会誌, Vol.16, No.6, pp.779-784, 2001.
- [3] R. Want, A. Hopper, V. Falcão, and J. Gibbons: The active badge location system. *ACM Transactions on Information Systems*, Vol.10, No.1, pp.91-102, 1992.
- [4] M. Lamming and M. Flynn: "Forget-me-not" Intimate computing in support of human memory. In *Proceedings of International Symposium on Next Generation Human Interface '94*, pp.150-158. FRIEND21, 1994.
- [5] G. D. Abowd, C. G. Atkeson, J. Hong, S. Long, R. Kooper, and M. Pinkerton: Cyberguide: A mobile context-aware tour guide. *Wireless Networks*, Vol.3, No.5, pp.421-433, 1997.

- [6] S. Feiner, B. MacIntyre, and D. Seligmann: Knowledge-based augmented reality. *Communications of the ACM*, Vol.36, No.7, pp.52-62, 1993.
- [7] 角, 江谷, フェルス, シモネ, 小林, 間瀬: C-MAP: context-awareな展示ガイドシステムの試作. 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.10, pp.2866-2878, 1998.
- [8] J. Healey and R. W. Picard: StartleCam: A cybernetic wearable camera. In *The 2th International Symposium on Wearable Computers (ISWC'98)*. IEEE, 1998.
- [9] S.-W. Lee and K. Mase: Incremental motion-base location recognition. In *The 5th International Symposium on Wearable Computers (ISWC2001)*, pp.123-130. IEEE, 2001.
- [10] T. Kanda, H. Ishiguro, M. Imai, T. Ono, and K. Mase: A constructive approach for developing interactive humanoid robots. In *2002 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2002)*, pp.1265-1270, 2002.
- [11] 米澤, クラークソン, 間瀬: 文脈適応型音楽生成をとまなうぬいぐるみインタラクション. 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.8, pp.2810-2820, 2002.
- [12] C. D. Kidd, R. Orr, G. D. Abowd, C. G. Atkeson, I. A. Essa, B. MacIntyre, E. Mynatt, T. E. Startner, and W. Newstetter: The aware home: A living laboratory for ubiquitous computing research. In *Proceedings of CoBuild'99 (Springer LNCS1670)*, pp.190-197, 1999.
- [13] B. Brumitt, B. Meyers, J. Krumm, A. Kern, and S. Shafer: EasyLiving: Technologies for intelligent environments. In *Proceedings of HUC 2000 (Springer LNCS1927)*, pp.12-29, 2000.
- [14] 角, 伊藤, 松口, Fels, 内海, 鈴木, 中原, 岩澤, 小暮, 間瀬, 萩田: 複数センサ群による協調的なインタラクションの記録. *インタラクション 2003*, pp.255-262. 情報処理学会, 2003.
- [15] A. K. Dey, G. D. Abowd, and D. Salber: A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications. *Human-Computer Interaction*, Vol.16, No.2-4, pp.97-166, 2001.

## 著者紹介



## 間瀬 健二 (ませ けんじ) :

1979年名古屋大学工学部電気卒。1981年同大学院工学研究科修士(情報)課程修了。同年日本電信電話公社(現在NTT)入社。1988-89年米国MITメディア研究所客員研究員。1995-2001年(株)ATR知能映像通信研究所第二研究室室長。2001-2002年ATRメディア情報科学研究所第一研究室室長。2002年より名古屋大学情報連携基盤センター教授、同大学院情報科学研究科社会システム情報専攻協力講座担当。ATRメディア情報科学研究所第一研究室客員室長。コミュニケーション支援の研究を推進している。人工知能学会1999年度論文賞。IEEE、ACM、情報処理学会、電子情報通信学会、VR学会、画像電子学会各会員。博士(工学)。



## 角 康之 (すみ やすゆき) :

1990年早稲田大学理工学部電子通信学科卒業。1995年東京大学大学院(情報工学)修了。同年より、(株)ATR知能映像通信研究所研究員。ATRメディア情報科学研究所主任研究員を経て、2003年4月より京都大学情報学研究科助教授。ATRメディア情報科学研究所客員研究員を兼任。博士(工学)。研究の興味は知識処理システムとヒューマンインタフェース。