

5.14 ■ 情報処理技術 — 過去十年そして今後の十年 —

ヒューマンインタフェースの進化

竹林 洋一 (株) 東芝

パソコン、携帯電話、インターネットの普及により情報のデジタル化とネットワーク化が急速に進み、生活様式や文化に大きな影響を与えるようになってきた。IT産業はデバイスから情報インフラまでサービスやコンテンツを視野に入れグローバルな競争を展開している。筆者はパソコン開発部門でIT産業のダイナミックな動きを経験し、基礎技術とビジネスマインドの重要性を肌で感じて研究所に戻ったところである。本稿ではヒューマンインタフェース (HI) 研究会の活動と個人的な想いを中心に、HI技術の将来と産業へのインパクトについて述べる。

■ヒューマンインタフェースって何

人類は道具を発明してからさまざまなインタフェースを作ってきたが、コンピュータと道具とはインタフェースの意味合いが異なっている。コンピュータには「シミュレーション」能力があり、メタメディアとして多様な機能を実現できるのである。この点に着目し、「人間支援のためにコンピューティングパワーを活用しよう」というのがヒューマンインタフェースの研究である。コンピュータサイエンスは「情報処理」の40年の歴史の中で細分化と専門化が進んできた。これに対してHI研究会では、この10年の間に種々の研究分野 (音声・画像・自然言語処理、AI、認知科学、センサ、デバイス、無線通信など) と交流し、機器システムの使いやすさ向上と多様な価値創出を追求してきた。今後「デジタル」「モバイル」「ネットワーク」をキーワードとして、人間尊重とバウンダリレスな研究姿勢でHI研究に取り組めば、多彩

な技術領域やビジネスが続々と生まれそうである。

■パソコンとインターネットの普及に貢献したGUI

コンピュータは「紙」の文化を模倣し科学技術計算などに使われてきた。現在主流のGUI (Graphical User Interface) も個人の机上の文書の作成や管理を支援するため30年近く前に開発された代物である。「See & point型」の視覚的なヒューマンインタフェースは初心者にも操作が簡単であり、コンピュータの小型化とコストダウンに成功してパソコンへ、そして、持ち運べる (モバイル) ノートパソコンへと進化した。

GUIに基づくWebブラウザが1990年代半ばからのインターネットブームを巻き起こした。GUIのついたパソコンはネットワーク機器に変身し家庭や学校にも普及した。個人がホームページを開設したり、オークションに参加したり、ノートパ

ソコンを使って海外出張中でもインターネット利用するなど、生活や仕事のあり方を一変しようとしている。

携帯電話は1990年代後半から普及に弾みがつき、「いつでも、どこでも」電話をしたり、気軽にメールやインターネットサービスを利用する文化が定着してきた。電車の中で「ケータイ」の小さな画面とキーを巧みに使う若い女性を見かけることも多い。小型軽量化とサービスの充実に伴ってユーザはさらに拡大し、インターネットの利用頻度と生活に密着したサービスの種類が増え続けると予想される。

■ GUIからエージェント指向のPUIへ

図-1はネットワーク社会における人間とネットワーク機器（Wearables）および社会インフラ（インターネットなど）と現実社会のサービスの関係を示している。最近パソコンや携帯電話に音声認識やカメラも装備され、インターネットやモバイル環境も整ってきた。コンピュータはデスクトップの道具から、「いつでも、どこでも」利用できる巨大なデジタル情報空間の入口的存在となったのである。

その結果、個人がインターネットを介して各種サービス（多言語翻訳サービス、ヘルプデスク）や世界中の情報を利用できる情報環境が実現した。しかしGUIの明らかな欠点は、こういった状況に対応できず、情報アクセス能力が貧弱なことである。マウスとメニューの直接操作だけでは巨大化して飛び交う情報空間からユーザの求める情報やサービスにアクセスすることは困難である。氾濫する不要な情報に埋もれて知りたい情報を入手できなかったり、見たくない映像を見せられたりする

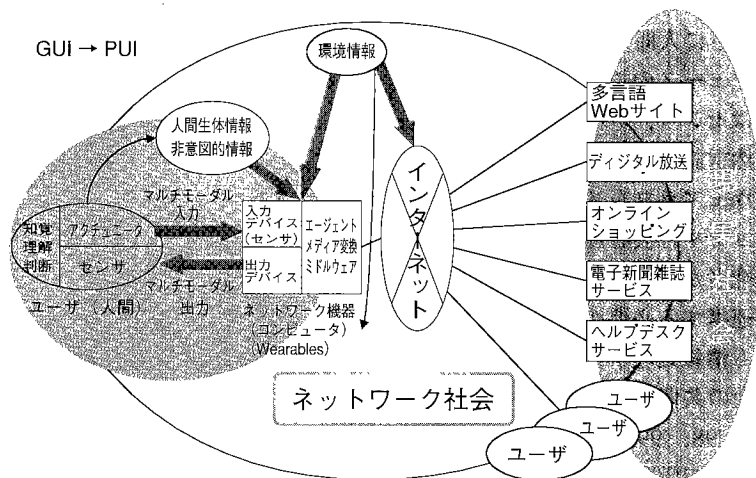


図-1 直接操作型のGUIから実世界/エージェント指向のPUIへ

ケースも増え、ユーザのストレスは増大している。

人間同士のコミュニケーションでは、ユーザの意図やメッセージの内容を状況に応じて理解することが肝要である。しかし、マウス操作では意図や感情などユーザの多様な要求をコンピュータに迅速に伝えることはできない。人間の知覚や認知のメカニズムに適合するPUI（Perceptual User Interface）が求められる理由はここにある¹⁾。それは「いつでも」「どこでも」「気軽に」使える「Ask & tell型」の人間の感覚や能力を拡張する自然で気の利いたHIのことである。PUIはポストGUIの総称でありマルチモーダルインタフェースの概念を含んでいる。PUIの高度化には種々のマルチモーダル入力（音声、表情、ジェスチャ、GPS、指紋、加速度）をメディア変換処理し、ユーザの意図状況や周囲の環境を的確に理解することが必要である。HI研究者はAIやパターン認識など知的処理に懐疑的な傾向があるが、今後10年間は知的エージェント指向のHI研究で重要視されてくるであろう^{2), 3)}。

■ コンピュータ本体から実世界/Peripheral指向へ

ポストGUIの研究として実世界指向インタフェースが注目されている⁴⁾。実世界指向（Augmented Reality）とは人間が生活している現実世界を重視し、ウェアラブル機器や情報環境にセンサや入出力機器を使って人間の能力を拡張しようとするものである。Ubiquitous ComputingやPervasive Computingもこのジャンルに入る。GUI付きのコンピュータ本体の代わりに、センサやPeripheralが主役となる場合が多い。1980年代のMITのMediaラボ的な研究であり、魅力的な応用や機能が次々と提案されている。

実世界指向インタフェースはPUIの一環であると考えることができる。現在の実世界指向の研究ではタグやGPSなどを利用しているが、表層的な情報処理にとどまっている。種々のセンサ情報の信号処理、認識、理解、エージェントといった深みのある知的マルチモーダル機能を扱っていない。しかし、これからの10年の間に実世界指向とマルチモーダルが統合され、実世界指向のPUIが次世代HIの本流になるだ

ろう。

PUIはまさに人間中心のヒューマンインタフェースのことであり、その実現にはセンサ、デバイス、信号処理、自然言語、パターン認識、知識処理、ウェアラブルズ、知的インタラクションや社会心理学などの異分野の研究者が、専門という呪縛を取り払い連携する必要がある。国内においても情報処理学会のHI、IM、GW研究会の共催によるインタラクション'97、'98、'99、2000が開催され、オープンで学際的な交流の場が定着してきた⁵⁾。多様な価値の創出に向けた面白い発表が増えている。インタラクション2001には奮って参加いただきたい。

■モバイルからウェアラブルへ

1990年代はインターネットとGUI(See & point型)の時代であったが、2000年代はワイヤレスとPUI(Ask & tell型)の時代になるであろう。2001年3月からは次世代移動体通信サービス(W-CDMA)も始まり、2000年中には携帯電話やパソコンと他のデジタル機器(カメラ、オーディオ機器、プリンタなど)をBluetoothという世界標準の無線規格で安価(5ドル程度)に接続できるようになる見込みである⁶⁾。

Bluetoothでは、Personal Area Network(PAN)やHuman Interface Device、Local Positioning(位置検出)の標準化の作業も進められており、モバイルの発展形としてウェアラブルの実用化に弾みがつきそうである。通信、コンピュータ、A/V、デバイス、コンテンツなど、異業種が互いに交流する場である。筆者もBluetoothのA/V関係の標準化策定にかかわっており関係者の熱気を感じている。

Wearablesは、常時電源ONにして装着し、行動しながら使うという点が特徴である。図-2の「ソムリエエージェント」は、Wearablesを身に付けたユーザが、無人のワインショップの店舗内でさまざまなワインを手にとり、ショッピングを楽しむことができる気の利いた情報システムである。手にとったワインのデータをメガネ上のディスプレイに表示し、音声対話により、好みの美味しいワインやお買い得のワインを購入でき、EC決済もできる。

「ながら利用」が特徴のウェアラブル機器と音声対話の組合せは効果的であった。音声認識をパーソナビ(カーナビの人間版)へ応用すると、動きながら必要な時に必要な知識や情報を素早く取得できることが分かった。さまざまなサービス産業の振興にも貢献するだろう。

■Digital Sensation(知的Wearablesと社会インフラが互いに連携)

図-3は筆者らのWearablesのコンセプトである「Digital Sensation」を示す鳥瞰図である。「デジタル情報環境(=知的社会インフラ)とWearablesが互いにさまざまな情報をセンシングし、理解することで、人間の知覚・情動に合致したインタラクションを行い、快適で安全な社会の実現を目指す」ことにした。これはPUIの一環であり、情報システムがちょうど、感覚器や意図・感情を持つようなものである。Wearables側にも社会インフラ側も、センシングと理解の技術がキーとなる。

Wearablesの高度化には、物理センサやバイタルセンサから、意図センサやCommon Sensorまで、センサ、信号処理、意図状況理解の研究と知識辞書の充実に注力する必要がある。



図-2 ソムリエエージェント

ある。現時点でのWearablesはFree Wearables(ゴーグル)の段階であるが、Power Wearables(ベスト)、TransAction Wear(ネクタイ)、Social Wear(アンダーウェア)と右上に向かって進化するであろう。TransAction WearやSocial Wearの段階になると、行為の合間に使ったり、社会的衣服として下着のように必ず履くような段階まで進化すると予想している。大勢の人がSocial Wearとして着用し活動していると、現在の携帯電話のようにそれらが多数集まること自体が社会的なインフラとなり、人の行動や文化を変革するだろう。

アプリケーションとして、バリアフリー、非常時対応、健康管理、ショッピング支援、スポーツ支援などがある。知的社会インフラとWearablesの高度化により、多様なサービス産業、教育産業、福祉産業などが生まれることは間違いない。

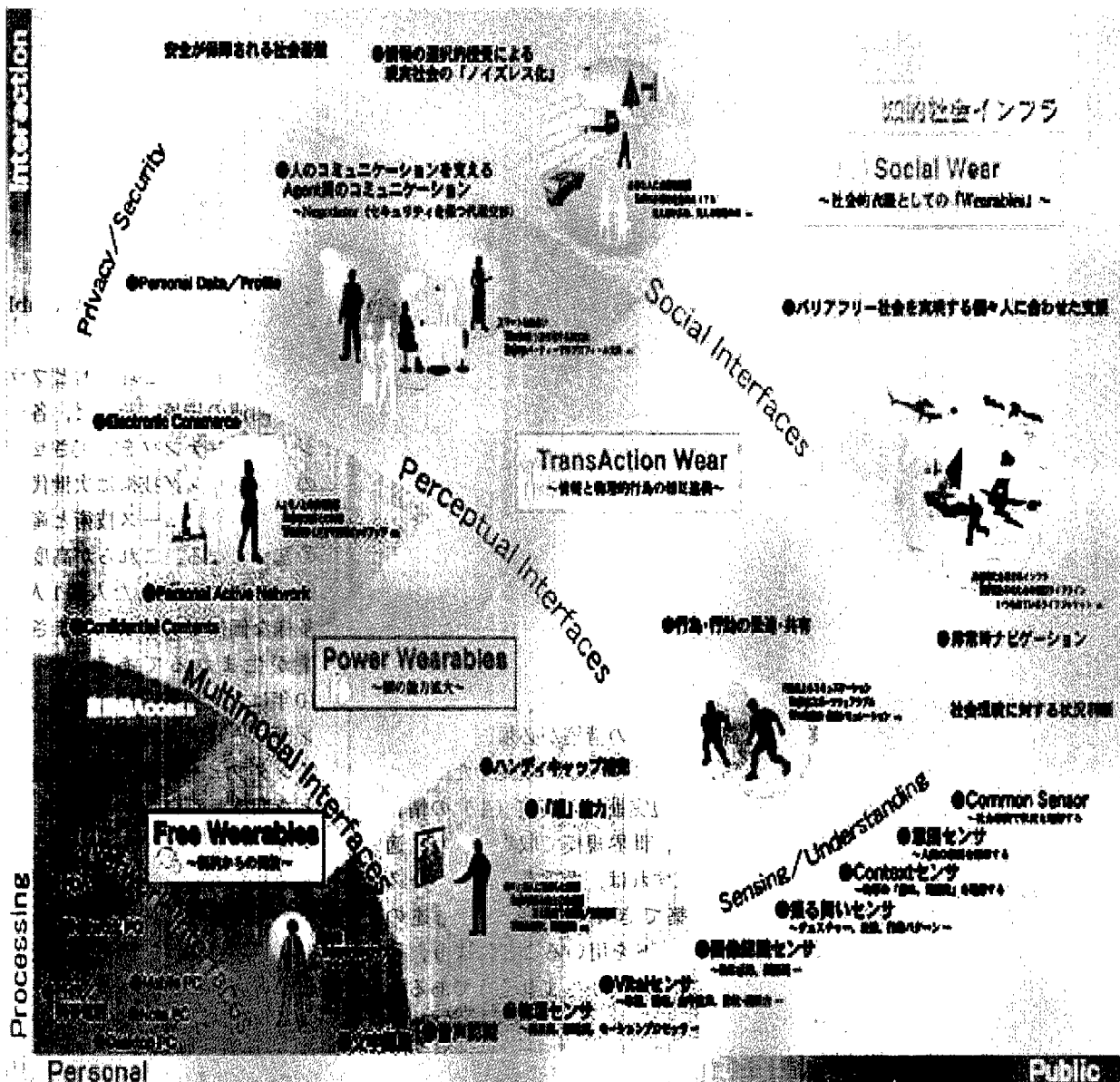


図-3 ウェアラブルコンピュータの進化 (Digital Sensation) を示す鳥瞰図

■センサ情報によるデジタルコンテンツの価値連鎖

ウェアラブル機器を使って大量の情報に常時アクセスし利用（消費）できる「超情報消費社会」においては、多量・多様な情報やサービスの内容を理解し、ユーザの意図状況に適合した情報を選び出すフィルタリング技術が重要になってくる。また、ユーザの関心や好みを把握した上で、気の利いたサービスや魅力あるデジタルコンテンツを各種提供

することが産業拡大には必要である。

ところがインターネット上のサービスでも良質のデジタルコンテンツが不足している。ビジネスになるのは、映画、音楽、ゲームくらいしかなく、IT産業界は数少ないコンテンツを巡って覇権争いを繰り広げている。たとえば教育、生活、福祉、科学に関する良質のデジタルコンテンツを増やすような、広義のオースパリングは有望な研究領域である。

図-4にセンサを基本にしたディジ

タルコンテンツの価値連鎖の概念を示す。センサで自然界や人体などの情報をデジタル化し、収集し、データベース化するというのが本質的なアイデアである⁷⁾。

たとえば、図-1のネットワーク社会を示す図の中で、デジタル情報環境に環境情報として全世界の温度、湿度、気圧などの気象データ（自然環境情報）をデジタルデータとして継続して収集しデータベース化することを考えよう。図-4の下側がセンサ情報で、上の方にいくに

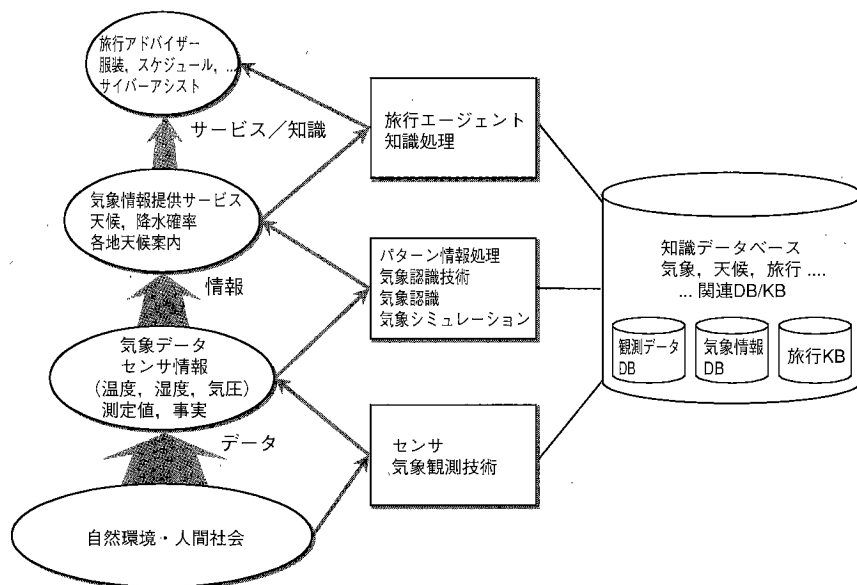


図4 センシングをベースにしたデジタルコンテンツの価値連鎖

したがってセンサ情報は加工・編集され、より高次の情報へ変換される。環境や地球科学などの実験データや気象シミュレーション、気象認識、さらには、生活者への旅行アドバイスサービスなどの情報提供が可能となる。応用は限りなく広がっている。

人間生体情報として、心電図、体温、血糖、筋電図、呼吸、加速度、音、位置、万歩計などで継続的に収集し、観測データをメディア変換処理して整理し、スケジュールなどと対応させていけば、個人の健康管理データとして利用できる。また、医学用のデータ、教育、ゲーム用の価値あるデジタルコンテンツとしても活用でき、さまざまな応用や産業の創出が可能である。

種々のセンサで環境情報を収集してサービスやデジタルコンテンツを充実させることが大切である。今後、種々のセンサ信号処理、センサ情報理解、デジタルコンテンツの内容理解、人体情報センシングによるユーザの意図状況理解などの新技術開発と、それを支える知識（常

識）ベースの構築が必須になってくる。このようにして収集したセンサ情報は現実世界の真実（生）の情報であり、世界規模で収集したり、適宜加工すれば、貴重なデータベースが構築できるのである。先述のBluetoothを用いることにより、さまざまな応用が生まれそうである。

■人間中心のヒューマンインタフェースの実現に向けて

本稿で述べたようにHI研究は人間中心とバウンダリレスな研究姿勢が特徴である。下記の課題に地道に取り組めば新しい技術や産業の創出が可能だと思う。

- ・常時ONで装着して嬉しいサービスの開発
- ・超低消費電力のウェアラブル機器の開発
- ・メディアの理解／構造化（信号、パターン、言語）の高度化
- ・知識辞書（常識、人間、応用、言語関連）の地道な整備
- ・新しいセンサとセンシング／理解

技術の開発

- ・広義のオーサリングシステム（映像・音楽・ゲームを超える＝デジタルコンテンツを増やす）
- ・少額課金やEC技術を活用したビジネスデザイン
- ・プライバシー／セキュリティ技術の高度化と法律整備
- ・知的社会インフラとWearablesとの有機的な連携

「センシングと理解」とプライバシー関連の技術、それと、各種デジタルコンテンツを充実させるためのオーサリング技術は次世代ヒューマンインタフェース技術と産業発展の基盤となる。これらが高度化すれば、広域に分散した人間1人1人に多様な価値を提供し、さまざまな産業が生まれるであろう。今後の10年は人と環境を中心に考え、バウンダリレスに活動するヒューマンインタフェースの研究が発展することを期待したい。

謝辞 デジタルコンテンツの価値連鎖については1999年度の通産省電子機器課ユーザビリティ技術研究会（委員長 安西祐一郎氏）の委員の皆様との検討結果を反映している。日頃から熱心に討論いただく、HI研究会および東芝の関係各位に感謝いたします。

参考文献

- 1) Turk, M. and Takebayashi, Y. (eds.) : Proceedings of the Workshop on Perceptual User Interfaces, Banff, Canada (Oct. 1997).
- 2) Takebayashi, Y.: Integration of Understanding and Synthesis Functions for Multimedia Interfaces, Multimedia Interface Design, Blattner, M. (ed.), pp.2233-2256, ACM Press Book (1992).
- 3) 竹林: ヒューマンインタフェースの観点から見た気の利いた情報システム, 信学誌, Vol.82, No.4, pp.310-318 (1999).
- 4) 土井, 住田編: 特集: 実世界に近づくインタフェース技術, 情報処理, Vol.41, No.2, pp.121-125 (Feb. 2000).
- 5) 小室編: 特集: ウェアラブル・コンピュータ, 情報処理, Vol.40, No.9 (Sep. 1999).
- 6) Bluetooth公式サイト: <http://www.bluetooth.com/>
- 7) 板生監修, (社) 日本時計学会編: ウェアラブル情報機器の実践, オプトロニクス社 (1999).

(平成12年4月10日受付)

