

1

ウェアラブル情報機器 とインタフェース

ノートパソコンやPDA (Personal Digital Assistant : 携帯情報端末) は、情報を「持ち運ぶ」ことの便利さを我々に気づかせてくれた。いずれ人々は、アクセサリのように身体に装着した情報機器群を通じて、世界規模の計算機ネットワークと常に結ばれることで、あらゆる情報を「身に着けて」生活するようになっていくだろう。

この場合、装着したまま日常生活を営むためには、機器の小型化による携帯性の向上が不可欠である。しかし、小型化が比較的容易な情報処理機構(コンピュータ本体)とは異

24時間ニュウリョクデキマスか？ ～Wearableなインタフェース～

実	世	界	に
近	づ	く	イ
ン	タ	フ	ェ
ー	ス	技	術

福本 雅朗 NTT DoCoMo マルチメディア研究所



ISWC '97 (Int'l. Sympo. on Wearable Computers) のポスター
(ジョージア工科大学作)

なり、人間と直接かかわる部分であるインタフェース部分には、それぞれに「最適な大きさ」が存在し、過度な小型化は逆に使い勝手を悪化させる原因となってしまう^{☆1}。しかし、現在の携帯情報機器で使われているキーボードやディスプレイなどのインタフェース機構の多くは、本来デスクトップ・コンピュータのために考案されたものであり、操作性を保ったまま小型化を行うことは難しい。常時身に着けて用いられる次世代の情報機器には、装着使用を前提に新たなインタフェース機構を考える必要がある。

本稿では、将来のウェアラブル情

☆1 たとえば、米粒のようなフルキーボードや、切手大の「高精細ディスプレイ」では、快適な操作はできない。

報機器実現の鍵となり得る、常時装着型のインタフェース機構について、現在行われているウェアラブル・コンピュータ研究をもとに紹介する。

ウェアラブル・インタフェースの紹介

常時装着して用いるインタフェース機構には、次のような条件が要求される。

- 「携帯性」：常時携帯に無理のないサイズと重量。
- 「操作性」：ストレスのない快適な入出力。
- 「即時性」：使おうと思ったとき、すぐに使用可能。

以下に、現状のインタフェース機構の問題点と、装着使用に適した実装手法について、文字・音声・画像などの各種の入出力メディアごとに示す。

文字・コマンド入力

いうまでもなく、現在の文字・コマンド入力の中心は、ボタンを多数並べたキーボード・タイプが主流である。しかし、「商用」のウェアラ



図-1 Twiddler (Handykey社)¹⁾ ポインティングデバイスにもなる(本体の傾きで操作)

ブル・コンピュータで多く用いられている腕装着型の小型フルキーボードや、一部の腕時計型機器に用いられている米粒サイズのコマンドボタンでは、良好な操作性は期待できない。

ウェアラブル・コンピュータの研究者たちは、より装着使用に適した方式として、少ないキー(5~十数個)を用い、複数の指による同時打鍵で文字やコマンドを表現する和音(chord)キーボードを用いることが多い。この方式は、キーの数を少なくすることで、個々のキーを使いやすいサイズに保ったまま、全体を小型化することができる。これらの和音キーボードの多くは、図-1や図-2のように、手で握って使う「グリップ型」をしている。グリップ型の機器は、ホールド性に優れており、不安定な姿勢(例：歩行時)でも入力できる。しかし、手のひらをふさいでしまうために、常に把持しておくわけにはいかず、前述の条件のうち「即時性」に欠けるという問題がある^{☆2}。

一方、加速度センサを指輪や手首に装着し、指の動きを直接捉えることでキースイッチをなくしたキーボードとしては、5ビット和音入力の“FingerRing”²⁾(図-3)や、1ビットモールド式入力の“UbiButton”³⁾などがある。この方式は、センサ設置部分(指輪や手首)が日常生活の邪魔にならないため、常時装着による即時



図-2 5本指グリップキーボード
写真はAdam Oranchak氏製作のもの

使用を可能としている。

しかし、和音キーボードには、通常のキーボードに比べて入力速度が落ちるうえ、特殊なキー配列を覚えなくてはならないというデメリットもある。将来、手首や腕に設置した電極で筋電信号を捉え、指の動きを検出することで、仮想的なフルキーボードを実現できれば、デスクトップと同じ文字入力環境を「装着」することが可能になるだろう。

画像出力

通常のディスプレイパネルはキーボードと同様、小型化と操作性の両立が難しい。これに対して、HMD(Head Mounted Display: 頭部搭載型ディスプレイ)は、小さな表示パネルで大きな視野角を実現できるため、携帯性と操作性を共に満足でき、装着使用に適していると考えられる。最近では、通常の眼鏡と変わらない外観のHMD⁴⁾(図-4)が開発されている。将来的には、目の網膜に直接画像を投影するVRD(Virtual Retinal Display)⁵⁾を用いることで、さらなる小型化も可能となるだろう。

一方、出力機器の「即時性」については、注意が必要である。特に、HMDの画像出力は視野の一部を覆ってしまうため、突発的な出力には向かず、自動車の運転中など、使用状況によっては危険を招く恐れがある。HMDを用いた画像出力は、グラ



図-3 指輪型キーボード (NTT HI研)
各指に加速度センサを装着している

☆2 使い始めるためには、「手に持つ」という動作が必要である。

フィカルな出力や速覧など、必要なときにのみ、操作者が明示的にスイッチをONにして用いることが望ましいと考えられる。

音声入出力

音声入力は、小型マイクの設置のみで実現でき、特別な訓練を行うことなく高速入力が可能である。将来、連続音声の認識技術が確立されれば、装着型入力装置の1つの柱になっていくだろう。しかし、人前で機械に向かってブツブツ喋る姿は現在の社会では奇異に写ってしまう。音声コマンドによる操作を普及させるためには、認識率の向上だけではなく、小声や無発声での入力方法が必要とされるだろう。

公衆環境での音声入出力を少し変わった方法で解決した例としては、“Whisper”⁶⁾ (図-5)がある。手を耳の横に当てた^{☆3}「電話風」の操作スタイルを用いることで、機器操作の際にも、1人で喋っているとは見なされにくくなる。また、Whisperでは、人間の手を受話音声の伝達機構(骨伝導受話)として用いることで、騒音下での受話性能向上とともに、発話音量の減少効果を得ることができる。さらに進んだ無発声入力については、口腔周辺の映像や筋肉の動きなどをカメラや筋電電極で捉える



図-4 眼鏡型HMD (MicroOptical社)
眼鏡のレンズの中にプリズムが組み込まれている

手法が提案されている。

一方、出力メディアとしての音声は、画像に比べて情報の伝達速度が遅く、一覧性にも欠ける。しかし、画像に比べて「並列性」が高く(＝「ながら」使用が容易)、突発的な出力の際にも日常生活への影響が少ないことから、常時アクティブな出力手段として適していると思われる。音声を装着型の出力装置として用いた例には、“Nomadic Radio”⁷⁾ (図-6)がある。胸に装着したステレオスピーカによって、人体の周囲に3次元の音場空間を形成し、出現する音の「位置」に意味を持たせることで、画像に比べて不足しがちな表現能力の向上を図っている。

画像入力

撮像デバイスの急激な進歩により、カメラ自体は装着可能な程度に小型化された。加えて、画像による入力動作は、音声入力のように周囲に迷惑をかける恐れがない。しかし、口腔周囲の撮影による読唇や、顔面撮影による表情認識を行うためには、ある程度の撮影距離が必要であり、装着に無理のない位置にカメラ

を設置することは難しい^{☆4}。一方、カメラを「外側」に向けて設置する場合には設置位置の問題は発生しない。したがって、画像による入力は、操作者による明示的なコマンド入力よりも、画像認識を用いた周囲状況の理解に向いていると思われる。特に、透過型のHMDとAR (Augmented Reality: 拡張現実) 技術を組み合わせることによって、操作者の注視対象に対する注釈を付加することも可能となる(図-7参照)。

さらに、画像入力やその他のセンサの組合せによって、周囲状況や注目対象を連続的に認識することで、操作者の「次なる意図」を推測し、結果を出力することも考えられている⁹⁾。これによって、キーワード等をいちいち「入力」することなく、その時々「欲しい情報」を取り出

実	世	界	に
近	づ	く	イ
ン	タ	フ	エ
ー	ス	技	術

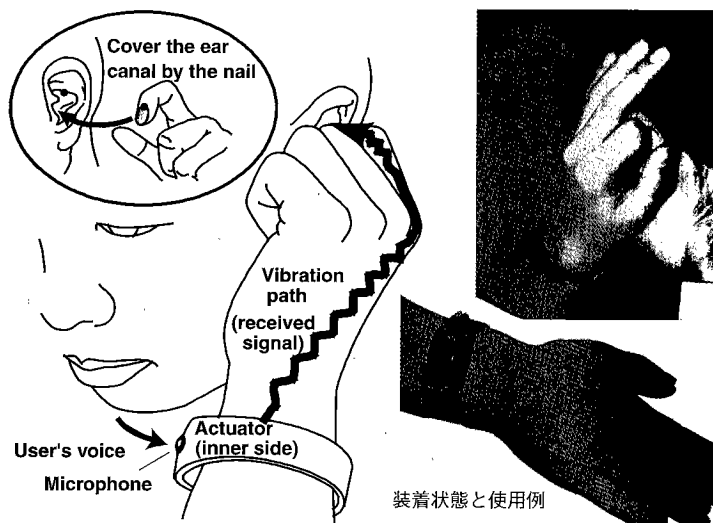


図-5 装着型「ハンド」セット Whisper (NTTドコモ)
手を受話音声の伝達経路に使用(骨伝導受話)

☆3 実際には、指先を耳穴に挿入して使用する。

☆4 帽子の「つば」にカメラをとりつけて操作者の「手話」を捉える試みが行われている⁸⁾。

すことができるようになるかもしれない。

触覚出力

触覚や痛覚・温覚などは、音出力よりさらに伝達速度が低いので、注意喚起(携帯電話のバイブレータ)程度にしか使われていない。しかし、他の日常動作を阻害しない、周囲の人々の迷惑にならないなど、常時アクティブな出力手段としては最適である。

触覚を用いた情報伝達の試みとしては、背中に装着したマトリクス状のアクチュエータによって、簡単な図形を知覚させることができる“触覚ベスト”¹⁰⁾(図-8)がある。自動車の運転中など、視覚や聴覚を用いたナビゲーションが困難である場合にも、安全な情報伝達が可能である。

キラー・インタフェースとメディア変換

装着型インタフェースの研究は始まったばかりであり、提案されているものもまだ少数である。また、ウェアラブル情報機器普及の起爆剤となるような、斬新かつ高効率なイン

タフェース(いわば、「キラー・インタフェース」)はまだ登場していない。しかし、インタフェースの世界において、1つですべての操作を行えるような「万能インタフェース」は考えにくい。デスクトップ・コンピュータの世界でも、用途に応じていくつかのインタフェース機構を使い分けるのが通例である。まして、日常生活のあらゆる場面で用いられるウェアラブル情報機器は、使用される状況がデスクトップシステムに比べてはるかに多彩であり⁵⁾、1つのインタフェースだけですべての操作を行うのはなおさら難しい⁶⁾。

したがって、使用状況と用途に応じて、身体中に装着したさまざまなインタフェース機構を使い分けるようになるだろう。この場合、個々のインタフェースの操作性の向上とともに、複数のインタフェースによる連携動作⁷⁾や、文字・音声・画像といった多種のメディアの相互変換が重要になってくる。これによって、手が塞がっている場合の音声コマンドや視線による操作や、高騒音下での文字による会話など、主となる入出力メディアが使用できない場合にも、他のメディアを用いた入出力操

作が可能となる。この場合、情報アクセスの機会を増やすためには、「すべての情報を任意のメディアで入出力可能」であることが望ましい。そのためには、音声合成、画像認識といった従来のメディア変換に加え、音による画像表現や、音の視覚化なども考える必要があるだろう。

身体中に装着したインタフェースによって、24時間途切れない情報アクセスが可能になったとき、人類の生活はどう変わっていくのだろうか？

参考文献

- 1) Handykey社: <http://www.handykey.com>
- 2) Fukumoto, M. and Tonomura, Y.: Body Coupled FingerRing: Wireless Wearable Keyboard, Proc. of CHI'97, pp.147-154 (1997).
- 3) 福本雅朗, 外村佳伸: 指釦: 手首装着型コマンド入力機構, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.2, pp.389-398 (Feb. 1999).
- 4) MicroOptical社: <http://www.microopticalcorp.com>
- 5) <http://www.hitl.washington.edu/research/vrd>
- 6) Fukumoto, M. and Tonomura, Y.: Whisper: A Wristwatch Style Wearable Handset, Proc. of CHI'99, pp.112-119 (1999).
- 7) Sawhney, N. and Schmandt, C.: Nomadic Radio: A Spatialized Audio Environment for Wearable Computing, Proc. of ISWC'97, pp.48-51 (1997).
- 8) Starner, T. et al.: A Wearable Computer Based American Sign Language Recognizer, Proc. of ISWC'97, pp.130-137 (1997).
- 9) Mann, S.: An Historical Account of the 'WearComp' and 'WearCam' Inventions Developed for Applications in 'Personal Imaging', Proc. of ISWC'97, pp.66-73 (1997).
- 10) Tan, H.Z. and Pentland, A.: Tactual Display For Wearable Computing, Proc. of ISWC'97, pp.84-89 (1997).

(平成11年10月27日受付)

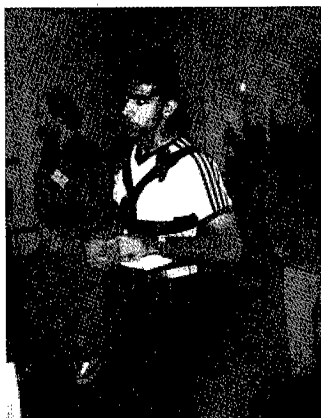


図-6 Nomadic Radio (MIT Media Lab.)
胸のステレオスピーカで3D音場を生成



図-7 画像認識によるARシステム (MIT Media Lab.)
玉を打つべき方向が実景に重なって見える

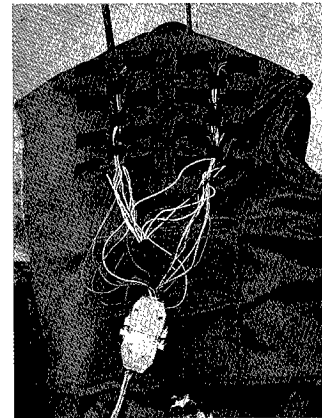


図-8 触覚ベスト (MIT Media Lab.)
背中に並べた振動子で簡単な図形を表現する

☆5 歩きながらの操作、両手が塞がっている状況での操作、高騒音下での操作、人に気づかれない操作、就寝中の操作など。

☆6 考えるだけで入力ができ、感覚器を通さずに情報を受け取ることのできる「思考インタフェース」は、万能インタフェースたり得ると思われるが、近日中の実現は難しい。

☆7 たとえば、振動による注意喚起→音声による通知→(必要に応じて)HMDによる詳細閲覧など。