

## 常時装用インタフェース技術

ウェアラブルコンピュータ（装着できるコンピュータ）の実現には、「装着できるインタフェース機器」がカギとなります。しかし、キーボードやマウスなど、従来の機器を単に小型化しただけでは、装着性と操作性（使いやすさ）の両立は困難です。ここでは、「常に身に付けて生活する（常時装用）」を前提にインタフェース機構を再考察するとともに、NTTドコモ マルチメディア研究所が行ってきたいくつかの実現例について紹介します。

ふくもと まさあき すぎむら としあき  
福本 雅朗 / 杉村 利明

NTTドコモ

### 「脳力強化装置」としての コンピュータ

コンピュータ（電子「計算」機）は、もともと計算を行うための機械として考案されましたが、今や人間どうしはもちろんのこと、人間と「情報」の世界をつなぐためにも必要不可欠な存在となりました。メールやWebを通じて世界中の人々と対話でき、ネットワーク上の無限ともいえる知識を得ることができるコンピュータは、いわば人間の知識やコミュニケーション能力を強化する機械（「脳力強化装置」）です。

「脳力強化装置」としてコンピュータをみた場合、限られた場所や時間だけでなく、日常生活のあらゆる場面で使いたいと思うのは当然の流れです。当初は困難と思われたこの課題も、一般家庭へのPCの浸透や、小型のコンピュータともいえるネット接続型携帯電話の普及によって解決されつつあります。未来の情報社会の姿として、古くからいわれしてきた「いつでも、どこでも」という言葉は、今日ではほぼ達成されたといっても過言ではありません。しかし、自分自身の記憶や思考と同

じレベルで情報を扱えるようにするために、欲しいと思ったとき「すぐに」情報が得られること（即時性）が重要です。欲しいと思ってもすぐに結果が得られなければ、機会を逸してしまうことが多く、日常生活での思考支援には使えません。しかし、いかに機器が小型で高性能になろうと、ポケットや鞆に入れておいたのでは、使おうと思ったときにすぐ使い始めることはできません（まず始めに、機器を「取り出す」動作が必要になります）。これを解決する1つの方法が、機器を「身に付けて」生活することです。しばしば「携帯」の進化形としていわれる「ウェアラブル（装着）」は、小型化による運搬性の向上だけでなく、即時性の確保という重要な要素も持っています。

従来のウェアラブル研究は、「身に付けられるコンピュータ（処理装置）をつくる」ことに主眼が置かれていました。しかし、ネットワークへの常時接続が普及した世界では、コンピュータ（情報処理機構）を個々の身体に装着する必要性は薄れてきます。計算や記憶は、強大な処理能力を持ち、大きさや電力消費への制約が少ないネットワーク側に持たせればよいから

です。この場合、「身に付ける」ことが最後まで求められるのは、人間の意図をネットワークに伝え、得られた情報を人間に提示する「インタフェース」部分だけになります。その意味では、ウェアラブルの本質は、身に付けられるコンピュータではなく、「身に付けて使えるインタフェース機構」にあると考えられます。

しかし、デスクトップ（机上）での使用を前提に考案されてきた従来のインタフェース機構（キーボードやマウスなど）を単に小型化するアプローチでは、操作性と装着性の両立は困難です。脳力強化装置のように常時装着を求められる機器には、装着使用を前提に新たなインタフェース機構を考案する必要があります。

NTTドコモ マルチメディア研究所は、以下の条件を満たすようなインタフェース機構を「常時装用インタフェース」と名づけ、研究開発を行っています。

携帯性：常時装着しても日常生活を妨げない

操作性：操作者の思考の流れを妨げずに迅速な入出力が可能

即時性：使おうと思ったとき

に、即座に使用が可能

次に、常時装用に適した各種インタフェース機構と、いくつかの実現例について述べます。

### 常時装用インタフェース

常時装用可能なインタフェースの例を表1に示します。次に、文字・音声・画像などの各種の入出力メディアごとに、常時装用を可能とするための実装手法について考察します。

#### 入力機構

##### (1) キーボード型文字・コマンド入力機構

指でボタンを押して操作を行う従来のキーボードでは、操作性を保ったまま小型化するのは困難です。一方、キーボードを「指の動きで入力する機構」と考えれば、ボタンを羅列する必

要がなくなります。グローブ型の入力機構<sup>(1)</sup>がよく知られていますが、感覚の鋭敏な指の先端部分などを覆ってしまうので、装着したまま日常生活を行うのは困難です。一方、指先や手首に加速度センサを設置し、打鍵によって生じた衝撃を検出すれば、指先を覆わずに打鍵動作を検出可能です<sup>(2),(3)</sup>。次に、本方式を用いた入力方式の実現例を示します。

##### (2) ポインティング（指示）機構

代表的な指示機構であるマウスは、移動のためのスペースが必要であり、装用型システムには向きません。トラックボールは移動スペースこそ不要ですが、小さなボールでの細かい操作は困難です。これに対して、棒状のポインティング機構<sup>(4)</sup>は、設置面積を小さくしても操作性の悪化が少ないため、装

着が容易に行えます。特に、平面状の多軸圧力センサを爪や指の側面に貼り付ければ、指先の接触による片手操作が実現できます。

##### (3) 音声入力

音声認識によるコマンドや文字の入力は、訓練がいらず迅速に入力できます。また、小型のマイクを装着すればよいので常時装用に向いています。しかし現在では、1人で喋る風景が社会的に認知されているとはいえません。将来、イヤホンマイクの装着が認知されれば、有効な手段になると思われます。それまでの間は社会的に受け入れられやすい手法を考える必要があるでしょう。一例として、手首を受話器の一部として使うことで、電話のような操作スタイルを実現した腕時計型ハンドセットを次章で紹介いたします。

##### (4) 画像入力

画像によるコマンド入力（口腔認識や表情認識）は、周囲に迷惑をかけずに使用できます。しかし、自身を撮影するためには、ある程度の撮影距離が必要であり、設置場所の確保が問題となります。一方、装着したカメラによる周囲環境の認識は、装着位置や光学系の制約を受けにくく実現性が高くなります。例えば、周囲を撮影した画像内から文字領域を切り出して認識<sup>(5)</sup>すれば、看板や住居表示から自身の置かれている場所を推定できます。また、対話相手の顔画像を撮影・認識し、過去のデータベースとの照合によって、記憶の補助を行うこともできます。

#### 出力機構

##### (1) 画像出力

従来のディスプレイパネルは、キーボードと同じく、装着性と操作性（文字の読みやすさや一瞥性）の両立が困難です。この問題は、小さな表示パネ

表1 常時装用可能なインタフェースの例

INPUT	機構	特徴
INPUT	キーボード	<ul style="list-style-type: none"> <li>キースイッチの羅列では常時装着使用は困難</li> <li>指の動きを検出し、スイッチ動作を行う</li> <li>加速度（衝撃）センサで打鍵時の衝撃を検出 (UbiButton/FingerRing)</li> <li>筋電位から指の曲げ角度を検出 (CyberFinger)</li> <li>光ファイバや抵抗薄膜 (DataGlove)</li> <li>超音波や光の反射を使用</li> </ul>
	ペン入力	<ul style="list-style-type: none"> <li>パッドを保持しなくてはならない</li> <li>ペンとパッドの分離</li> <li>位置（加速度）センサ内蔵のペンとHMD (Head Mounted Display) の組み合わせ</li> </ul>
	音声テキスト化	<ul style="list-style-type: none"> <li>人前での使用は困難（迷惑）</li> <li>騒音下でも話し声が大きくなりにくい操作方法 (FingerWhisper)</li> <li>口腔形状の変化（口パク）から発話音を推定</li> <li>小型カメラで唇形状を認識 (Lip Reading)</li> <li>口腔周辺の筋電を利用</li> </ul>
OUTPUT	画像入力	後処理が困難だが、デバイス自体の装着性は良い
	音声	<ul style="list-style-type: none"> <li>並列性が高い（ながら使用が可能）</li> <li>超小型イヤホンによる常時使用</li> <li>テキスト読み上げによるフィードバック</li> </ul>
	画像	<ul style="list-style-type: none"> <li>並列性は低い（視界を奪うので危険）</li> <li>必要などきのみの使用</li> <li>高精細大視野角画面の小型化にはHMDが最適</li> </ul>
	他の感覚器官	触覚、痛覚、温覚、痺み 特殊用途向け（注意喚起など）

赤字は本稿で紹介する実現例

ルで大きな視野角を実現できるHMD方式や網膜投影方式<sup>(6)</sup>を用いれば解決可能です。しかし、画像フィールドバックを常時利用するのは安全性の点からいって好ましくありません。画像出力は、必要なときのみ明示的にスイッチを入れて使われるべきでしょう。

## (2) 音出力

小型のワイヤレスイヤフォンは装着性に優れます。また、音による情報伝達は、他の動作を妨げずに使用できる（並列性がある）ため、常時装着型の出力手段として適していると考えられます。反面、文章読み上げでは高速度な情報伝達は難しいので、要約による短文化、楽音アイコンを用いたシンボリ化などの情報圧縮のほか、三次元音場による情報量の付加などの手法が併用されるでしょう。

## (3) 触覚・痛覚・温覚など

これらの出力手段は、音出力よりさらに並列性が高く、周囲にも迷惑がからない反面、多量の情報を伝えるには適していません。

いずれにせよ、単一の出力手段だけではすべての状況に対応するのは困難です。例えば、

振動などの触覚メディアを用いて情報到着が報知され、

音出力による短文読み上げなどで概要を把握し、

画像出力装置をONにして詳細を把握する、

のように、複数のメディアの組合せによって情報を得るようになるでしょう。

## 常時装着型インタフェースの実現例

ここでは、常時装着型インタフェースの実装例として、打鍵衝撃を用いた入力機構、および骨伝導を用いた音声伝達機構について述べます。

## 常時装着型コマンド入力機構

UbiButton（ユビボタン）<sup>(3)</sup>は、常時装着可能なコマンド入力機構です。手首部分に設置した単一の1軸加速度センサを用いて、指先による打鍵動作によって生じた衝撃を検出します。モールス符号のようにタイミング良く指先を叩くことで、10～30種類のコマンドを表現できます。小型の検出部は腕時計内部への設置も可能であり、装着したまま日常生活が行えます。机や鞆、あるいは大腿部など打鍵面を選ばずに入力動作が可能です。また、打鍵面が身近にない場合でも、指先どうしを軽く触れ合わせる「指バチ」動作による入力ができます。特に、UbiButtonを腕時計に設置した場合には、「腕時計を装着した手で腕時計をコントロールする」完全片手操作が実現できます。また、UbiButtonをメガネやイヤフォンなどに組み込めば、小さなボタンを押すことなく、機器周囲を指先で軽く叩くだけで操作できるようになります。今後は、微小加工技術を用いた検出部のさらなる小型化と、打鍵強度や打鍵指の弁別による表現能力の拡張を行っていきます。

UbiButtonの検出部と指バチ動作の様子を図1に示します。



図1 常時装着型コマンド入力機構（UbiButton）

## 常時装着型キーボード

UbiButtonと同様のセンサを各指に装着すれば、打鍵を行った指の弁別が可能になり、表現できるコマンドの数が増加します。一例として、各指の付け根に指輪型の1軸加速度センサを設置したFingerRing<sup>(2)</sup>があります。手袋型キーボードとは異なり指先を覆わないので、日常生活への悪影響が少なくなります。UbiButtonと同様に、打鍵面を選ばずに入力動作が行えるので、あらゆる場面に対応できます。コマンドは打鍵を行った指の組合せによって表現します。複数の指を同時に叩く「同時打鍵」と、短い時間を空けて叩く「順序打鍵」を組み合わせることで、30～50種類のコマンドや文字を比較的高速（熟練者では200文字/分）に入力可能です。FingerRingのセンサ部を図2に示します。これらの常時装着型コマンド・文字入力装置の技術が進めば、腕時計のように手首に巻くだけで通常のフルキーボードと同様の入力ができるようになる「仮想キーボード」が実現されるでしょう。

## 手首装着型ハンドセット機構

“FingerWhisper（Whisper）は、常時装着を目的に考案された手首装着型のハンドセット<sup>(7)</sup>です（図3）。装着した手の指先（人差し指もしくは中



図2 常時装着型文字入力機構の例（FingerRing）



図3 手首装着型ハンドセット (FingerWhisper)

指)を耳穴に挿入して使用します。受話音声は、手首に設置されたアクチュエータ(電気-振動変換器)で振動に変換され、手から指先を経由して耳に伝達されます(骨伝導受話方式)。また、発話音声は手首内側に設置されたマイク(指先を耳穴に挿入した姿勢を取った場合、口の近くに来る)でとらえられます。骨伝導を用いることで、機器を小型化しても、マイクとレシーバの実効的な間隔(指先-手首)を伸ばすことができ、小型化に伴う操作性の悪化を抑えることに成功しました。また、骨伝導受話を用いることで、騒音下においても音量を上げずに受話可能(周囲騒音90 dBの場合、従来比13 dBの改善)であり、同時に発話音量も抑制可能(同6 dBの改善)です。手首に設置することが可能なWhisperは、従来の腕時計と見分けがつきにくく、従来のウェアラブル機器のように、「変な機械を着けている」と思われることがありません。また、使用する姿勢も速目には「小さな受話器を持って電話をかけている」ように見え、イヤホンマイクのような「1人喋り」に見られることもなくなります。この特徴は、通話だけでなくコンピュータに対する音声操作機構として見た

場合にも有効です。なお、前述のUbiButtonと組み合わせれば、小さなボタンを押すことなくフックやダイヤルの操作が可能となり、より操作性が向上します。Whisperには、「機械を身に着けて生活することへの抵抗感を下げることで、将来のウェアラブル時代への橋渡しとなることが期待されています」。

### 生体情報インタフェースへ

携帯情報機器を思考支援装置として見た場合のゴールは、「得られた情報を自身の記憶や考えと同じレベルで活用すること」にあります。常時着用インタフェースによって即時性は高められますが、自身の思考との間には依然「機器を操作して情報を得る」という溝があります。一方、神経を流れる信号をダイレクトにとらえることができれば、いちいち手指(操作器)や目耳(感覚器)を動かすことなく、自身の思考と同じレベルで情報アクセスを行える可能性があります。そこで、NTTドコモ マルチメディア研究所は時間・空間分解能が高い神経界に着目し、インタフェースへの応用を目標として計測および解析技術の確立を目指しています。神経界を直接用いたインタ

フェース機構のほか、ウェアラブルの次に来るといわれている「インプラント(埋込み)型機器実現には欠かれない、神経信号の解析にも役立てることができるでしょう。人類は情報とダイレクトにつながるようになるのです」。

### 参考文献

- (1) T.G. Zimmerman and J.Laniar: "A Hand Gesture Interface Device," Proc. of ACM CHI '87, pp.189-192, 1987.
- (2) 福本・外村: "Wireless FingerRing: 人体を信号経路に用いた常装着型キーボード," 情処学論, Vol.39, No.5, pp.1423-1430, 1998.
- (3) 福本・外村: "指輪: 手首装着型コマンド入力機構," 情処学論, Vol.40, No.2, pp.389-398, 1999.
- (4) J.Rutledge and T.Selker: "In - Keyboard Analog Pointing Device - A Case for the Pointing Stick," CHI '90 Video Program, 1990.
- (5) S.Mann: "An historical account of the 'WearComp' and 'WearCam' inventions developed for applications in 'Personal Imaging'," Proc. of 1st Int'l Sympo. on Wearable Computers, pp.66-73, 1997.
- (6) E.Viirre, H.Pryor, S.Nagata and T.A. Furness: "The Virtual Retinal Display: A New Technology for Virtual Reality and Augmented Vision in Medicine," Proc. of Medicine Meets Virtual Reality, pp.252-257, 1998.
- (7) 福本・外村: "手首装着型ハンドセット Whisper," 信学論, Vol.J82-D-II, No.10, pp.1835-1843, 1999.



(左から) 福本 雅明/ 杉村 利明

開発にあたっては、「装着性・操作性・堅牢性・生産性」を常に念頭に置いています。「げても」に見られがちですが、社会常識の方を変えてしまえるようなデバイスを目指しています。

問い合わせ先  
NTTドコモ

マルチメディア研究所  
メディア制御研究室  
TEL 046-840-3811  
FAX 046-840-3788  
E-mail fukumoto@mml.yrp.nttdocomo.co.jp