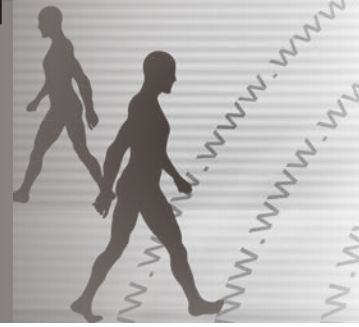


5 ユビキタス&ウェアラブルの ためのユーザインタフェース動向



椎尾一郎 (お茶の水女子大学)

透明なインタフェース

Mark Weiser が「偉大な技術は消え去るものである」と予言した³⁾通りに、コンピュータ技術は、どこにでもあるユビキタスな存在になりつつある。コンピュータがユビキタス（どこにでもあるありふれた存在）であることは、人々の意識の問題であり、ユビキタスコンピューティングの実現に向けて、デザインやユーザインタフェースの果たすべき役割は大きい。ウェアラブルコンピューティングにおいても、人々に技術を感じさせないデザインとユーザインタフェース設計が重要である。

ユーザインタフェースの手法

他分野と同様に、ユーザインタフェースの研究においても、パーソナルコンピュータ（PC）におけるインタラクションをテーマにする研究の数は減少し、ユビキタス、モバイル、ウェアラブルな状況を対象とした研究が主流になっている。これらの研究でよく利用される手法を、以下の2つのカテゴリに分けて考えたい。

⇒ 実世界指向

コンピュータ画面の中でのインタラクションを提供するグラフィカルユーザインタフェース（GUI）に代わって、実世界の事物を使った現実世界を指向したインタラクションが、20年以上にわたって研究されている²⁾。一方で、ユビキタスやウェアラブルなコンピュータもまた、従来のPCよりも人の生活空間に近い場所で主に使われる。このことから、実世界指向の手

法の多くが、ユビキタスコンピューティングやウェアラブルコンピューティングの分野で、引き続き有用な方法として研究されている。実世界を指向したインタラクションは、拡張現実感（AR）、タンジブルなインタフェース、アンビエントな情報提示など、広く捉えることができる。ARについても、透過型ヘッドマウントディスプレイ（HMD）を使った狭義のARだけでなく、カメラ内蔵スマートフォンを現実世界にかざす方式、プロジェクタやディスプレイを物に組み込んだり身につける方式、音、振動、風、熱、触覚、味覚など各種感覚を利用するなど、さまざまな手段でARを実現する試みが行われている。

GUIでは、実世界での概念や動作を画面の中に持ち込み、メタファとして利用している。操作対象もやはり現実世界に置かれるシステムでは、メタファはさらに自然で分かりやすい考え方になり、多くの研究で操作方法の基本設計に取り入れられている。

⇒ コンテキスト利用

ユビキタスコンピューティングやウェアラブルコンピューティングのユーザインタフェースにしばしば取り入れられているもう1つの考えが、コンテキスト（ユーザやデバイスの置かれた周囲の状況）の利用である。人の生活空間と密接に関係するコンピュータ利用では、周囲の状況を取得するために、カメラ、マイクロフォン、加速度センサ、磁気センサ、位置センサ、視線センサ、温度/湿度/気圧センサ、振動センサ、近接/接触センサ、圧力/加重センサ、照度/色センサ、ガス（アルコールなど）センサなど、さまざまなセンサが用いられることが多い。機械学習などの手法を使って、これらのセンサデータ

から人や物の状態を推測し、機能やサービスを提供するインタフェース手段に利用する研究が多数行われている。

すぐに使える技術

以前ならば、それ自体が研究テーマであったり、限られた専門家が担当した高度な情報関連技術の多くが、すぐに使える技術として利用可能になりつつある。ユビキタスやウェアラブルなシステムの研究では、実環境で長期間使い続けられる実装が評価される傾向があり、安定した技術を組み合わせて斬新なインタラクションを実装するアプローチが採用されることが多い。

→ ライブラリとサービス

画像認識や音声認識は、それ自体が大きな研究テーマである。現在ではこれらが、OpenCV や Julius のように、すぐに使えるオープンなライブラリとして整備されているため、認識技術の研究者／専門家以外のユーザインタフェース研究者や学生が容易に利用できる状況になっている。2D 光学マーカを読むツールや、これを利用して AR を実現する AR Toolkit などのライブラリもよく利用されている。

デバイス位置検出技術も、ユビキタスコンピューティング関連の大きな研究テーマである。GPS、携帯／Wi-Fi の基地局 ID と電波強度、地磁気、加速度、IP アドレスなど、さまざまな手法で位置を検出する方法が研究され実用化されている。これも、最近の OS においては、デバイスで検出可能なさまざまな手段を用いて緯度経度を取得する機能が OS レベルで提供されている。また、緯度経度から地名などを検索するサービスを始め、多数の Web サービスが提供されていて、これらを用いることで、さらに高水準の位置情報を活用したインタラクションを容易に構築できる。

→ 安価なデバイス

かつては高価だったコンピュータや周辺機器も安価になり、ユビキタスになり、その結果、ユビキタス

なコンピュータシステムの構築が容易になっている。たとえば、距離画像を取得できるデプスカメラは高価なデバイスであったが、一般消費者向けゲーム機の入力デバイスとして安価な Kinect が発売され、価格が下がり、一気にユビキタスなデバイスとなった。人体スケルトン検出ライブラリも提供され、これにより、ジェスチャーユーザインタフェースが専門ではなかった研究者や学生でも、精度の高いジェスチャーインタラクションを容易に実装できることになった。

小型で低消費電力で安価に設計されたワンチップコンピュータは、ユビキタスやウェアラブルなユーザインタフェースを試作する際に有用な手段であるものの、開発環境を整えて回路を設計実装するプロセスは、分野外の研究者や学生にとっては障壁の高いものであった。この状況は、Arduino や Raspberry Pi などの組込みに適したコンピュータと、これを支えるコミュニティのおかげで改善されて、インタラクティブな日用品のアイデアを容易に実装できるようになった。Arduino には、導電性の糸で刺繍して配線することを前提にしたバージョンもあり、衣服やバッグに組み込んだセンサやスイッチ類とともに、ウェアラブルコンピューティングの試作で多く使われている。

価格競争にさらされているデジタルテレビ受像機のおかげで安価になった大型液晶ディスプレイも、公共空間や住環境での新しいインタラクションの実装のために使われている。一説には、液晶ディスプレイの面積あたりの価格は、高級なガラス窓より安価になったと言われている。そのため窓、壁、天井などの建材の代わりに設置することも可能になった。一方、半導体レーザや高輝度 LED を光源に採用することで、安価軽量化が進むプロジェクトにも、同様にユビキタスなディスプレイとして実用化される可能性がある。環境に組み込んだプロジェクトのほかに、携帯機器に組み込んだり、身につけるプロジェクトによるインタラクションも盛んに研究されている。

→ スマートフォン

ユビキタスとウェアラブルな何らかのインタラク

ションを実装しようとする際に、スマートフォンは最強のデバイスになる。スマートフォンは、小型で安価で、プログラミング開発環境を提供し、バッテリーで長時間稼働し、高解像度なディスプレイがあり、マルチタッチの入力パネルを持ち、ネットワーク接続機能と多彩なセンサを標準搭載している。

壁に貼り付ければ、オフィスや家庭でインタラクションする入出力装置になるし、服に縫い付ければ、ウェアラブルコンピュータが目指す大半のことが実現可能である。ArduinoなどをBluetooth経由でスマートフォンへ接続する簡便な手段もいくつか提供されているので、スマートフォンと連動する独自のセンサやアクチュエータの作成も容易である。

ユーザインタフェースの観点からスマートフォンを考えると、長年に渡ってさまざまなインタラクション手法が提案されていたマルチタッチインタフェースを、世の中に一気に広めたiPhoneの功績は大きい。これにより、マルチタッチを使った新しいインタラクションの実用性は今までになく高まっている。たとえば、タッチした人の指の形を利用した認証や機器同定の実装や、さらには、指以外の導電性物体をタッチ面に置いてのインタラクションなど、さまざまな可能性が実験されたり実用化されたりしている。

➡ パーソナルファブリケーション

パーソナルファブリケーションは、コンピュータで制御する工作機械を身近な存在にして、個人に高度なモノづくりの機会を提供しようというムーブメントである。これも技術のユビキタス化である。実世界でインタラクションする道具を作る際に、組み込む場所や、身につける人体に合わせた最適な形状を設計し、気軽に試作できる手段として有用である。図-1は、食材の色、食材への唇の接触、加速度などを取得し、子供の食育を支援する無線センサフォークの3Dプリンタによる試作品である¹⁾。

パーソナルファブリケーションで使う工作機械がユーザインタフェース研究現場の道具になることで、ファブリケーションのインタフェース自体に興

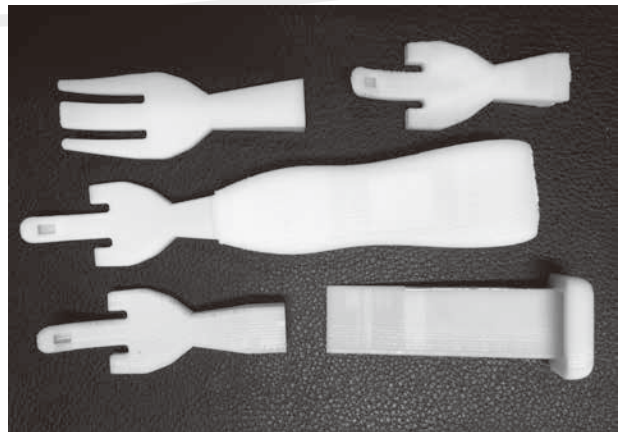


図-1 無線センサ組込みフォーク SensingFork

味を持つ研究者も現れてきた。3Dプリンタやレーザカッターでの作業を直感的に行えるインタフェースなどが多数提案されている。

日用品のインタフェースへ

GUIが確立された後、GUIの次のインタフェースとして考案されてきた、実世界に立脚したユーザインタフェース手法の考えは、今後のインタラクション研究にも引き継がれていくと考えられる。現在は、スマートフォンを対象としたインタラクション研究が、従来のPCを対象とした研究に置き換わり、盛んになっている。今後は、スマートフォンのような形態から、さらに日常に溶け込んだ日用品としてのコンピュータを目指したインタラクション研究へと進展していくであろう。

参考文献

- 1) Kadomura, A., Li, C.-Y., Tsukada, K., Chu, H.-H. and Siiio, I.: Persuasive Technology to Improve Eating Behavior Using a Sensor-embedded Fork, in *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, UbiComp'14*, pp.319-329, New York, USA, ACM (2014).
- 2) 暦本純一: 実世界指向インタフェースの研究動向, *コンピュータソフトウェア*, pp.4-18 (1996).
- 3) Weiser, M.: The Computer for the 21st Century, *Scientific American*, Vol.265, No.3, pp.94-104 (1991), (邦訳: 21世紀のコンピュータ, *日経サイエンス* (Nov. 1991)).

(2015年6月14日受付)

権尾一郎 (正会員) siio@acm.org

1979年名古屋大学卒業。1984年東京工業大学大学院博士課程修了(工学博士)。同年日本IBM東京基礎研究所, 1997年玉川大学助教授, 2002年教授, 2005年よりお茶の水女子大学教授。本会フェロー。