

ウェアラブル・コンピュータ

岡 誠†1

概要: ウェアラブル・コンピュータの定義から、ウェアラブル・コンピュータの特性を明らかにする。ウェアラブル・コンピュータによるユーザ行動認識とユーザ支援について述べる。ウェアラブル・コンピュータとビッグデータの関係について説明し、その活用法について述べる。Apple の ResearchKit をはじめとしたライブラリ等についても説明し、今後の活用について考える。

キーワード: ウェアラブル・コンピュータ, ビッグデータ

1. ウェアラブルとは

ウェアラブル・コンピュータ (Wearable Computer) といえば、着ることのできる (身に着けることができる) コンピュータを指す。「身に着ることができる」とは、「携帯することができる」ではなく、「身に着けたまま利用することができる」ことを意味する。ウェアラブル・コンピュータとはコンピュータの本体 (CPU) だけではなく、人間がコンピュータを操作するために必要となる出力デバイスとしての液晶ディスプレイやヘッドマウントディスプレイ、入力デバイスとしてのキーボードやマウスに相当するものを含む場合もある。

最近では、人間が操作を必要としない、万歩計のように単純な記録を行うことも目的とした身に着けることのできる装置 (ウェアラブル・デバイス) をウェアラブル・コンピュータに含めるようになりつつある。

2013年にはGoogleがヘッドマウントディスプレイ式のウェアラブル・コンピュータ Google Glass を発表し話題になった。2015年にはAppleがApple Watchを発売した。日本でも2013年頃からスマートウォッチの普及が進み、2020



図1 Steve Mann の Wearable Computer ([2]より引用)

年には国内でも1千万台を超える予想され [1], ウェアラブル・コンピューティングも当たり前の光景になりつつある。

1.1 ウェアラブル・コンピュータのはじまり

1980年当時MITの学生だったSteve Mann (現・トロント大学教授)が情報機器を身に付けて始めたのがウェアラブル・コンピュータの始まりと言われている (図1)。最初は8bitのMOS 6502 CPUを使ったコンピュータを背負い、40文字を表示できる単眼式ヘッドマウントディスプレイ (CRT) を頭に装着し、7つのボタンで文字入力するキーボードを手に持っていた。当時から、歩きながら (別のことをしながら)、コンピュータ上でプログラムを実行できた。

日本では2001年よりウェアラブル・コンピュータを装着して生活する神戸大の塚本昌彦教授が「ウェアラブルの伝道師」として有名である。

1.2 ウェアラブルの定義

ウェアラブルの定義は人によって異なるようである。人間がコンピュータを操作することを、人間とコンピュータの対話 (Human Computer Interaction あるいは Computer Human Interaction) と呼ぶが、前述のSteve Mannはウェアラブルを人間とコンピュータの「新しい対話」ととし、恒久性 (Constancy), 増幅性 (Augmentation), 介在性 (Mediation) の3つの動作モードを持つと定義している。

恒久性は他の作業をしても即座に利用できることを意味する。そのため、ウェアラブル・デバイスは“always ready”でなければならない。彼は、閉じたノートパソコンを開くことすら“always ready”ではないと主張している。常時、即時利用できる状態にあることが恒久性であるといえる。

増幅性は人間の知性や感覚を増幅すること意味する。既存のコンピュータの利用法では、コンピュータを活用する主要なタスクが最重要になるが、ウェアラブル・デバイスで実行するタスクは主要なタスクに対して「ながら」実行される。そのため、タスクを単独で実行してはウェア

†1 東京都市大学 (連絡先: moka@tcu.ac.jp)

ラブルの意味がないことになる。この時、通常であればできなかったことができるようになる、すなわち人間の能力が増幅することになる。

介在性は人間と外界の間に存在し、フィルターのように機能することを意味する。外界の情報を人間が直接取得するのではなく、ウェアラブル・デバイスを通して外界とやり取りすることになる。たとえば、センサーが外界をセンシングすることで人間に代わって情報を取得し、必要な情報だけを人間に伝えることができる。

2. ウェアラブルで何をするか

ところで、ウェアラブル・コンピュータ、ウェアラブル・デバイスはあくまでそれら装置を「身に着ける」という利用の形態を示している名称であって、それらで何をするか、その目的を決めているわけではない。ウェアラブルであるので、利用形態としては恒久性や介在性があることを前提とするが、どんな情報を扱うのか、増幅するのかについては制約がない。

2.1 ウェアラブル・デバイスの例

ウェアラブル・デバイスとして時計型のスマートウォッチを考える人も多いだろう。スマートウォッチは腕時計として常時身に着けることで、電話の着信やメールの受信を知らせてくれたり、新しいニュースを教えてくれたりする。もちろん、すべてのメール受信が知らされたら不快かもしれないが、特定の条件を満たしたメールだけを知らせることもできる。

Google glass や Microsoft HoloLens のようなディスプレイ越しに周囲の風景が見える透過型のヘッドマウントディスプレイは拡張現実 (Augmented Reality: AR) で利用することが多い。眼鏡型の半透過ヘッドマウントディスプレイ越しに見ている周囲の様子に文字や絵で説明を追記する。たとえば、この先どちらに向かうのか矢印を表示するパーソナルナビゲーションを行う、組み立て作業時などにマニュアルを表示する作業支援を行うことができる。

Oculus Rift VR や PlayStation VR のような没入型と呼ばれるヘッドマウントディスプレイは仮想現実 (Virtual Reality: VR) で用いられることが多い。遠隔地にあるロボットの操作や、ゲーム等で用いられることが多い。

アクセサリ型・ブローチ型として、万歩計やライフログカメラがある。ライフログカメラの Narrative Clip は首元などに固定し、10秒から30秒に1回写真を撮影し続ける。膨大な写真が撮影されるわけだが、この使い道はいろいろ研究されているが、なかなか良い方法が提案されていない[3]。

ウェアラブル・デバイスは、皮膚内への装置の挿入を必要としない非侵襲型を前提とし、靴型デバイスや、指輪型

デバイスなどもある。皮膚内へ装置を挿入するペースメーカーなどをウェアラブル・デバイスと呼ぶこともあるようだが、それらは Brain Machine Interface (BMI) の一形態であると考えべきだろう。

2.2 行動認識

スマートウォッチやヘッドマウントディスプレイはリアルタイムに人間に対して情報を提供することで、人間の能力を増幅している。これらの利用形態は人間とコンピュータの対話の中で利用されていくが、ウェアラブル・コンピュータは文字入力を筆頭に入力操作が煩わしいことも多いため、適切なタイミングで適切な情報を提供することで、入力操作を極力求めない仕組みになっている。

入力操作が極力不要であるという目標を達成するためには人間の行動を計測・認識し、人間がどのような行動をしているのか知る (推測する) 必要がある。また、適切なタイミングで適切な情報提示を行うためにも、人間の行動を知る (推測する) 必要がある。これらのために、様々なセンサーを利用して情報を計測・収集することで人間の行動を推測する。スマートウォッチであれば、GPS で現在地を、加速度センサーやジャイロセンサーで動きを検出することで、今どこにいて動いているのか、止まっているのかを推測することができる。気圧高度計を使うことで気圧の変化を計測し、階段の昇り降りを推測することができる。光学式心拍センサーで心拍を計測することで運動量・消費カロリーを推測することができる。ヘッドマウントディスプレイを用いた AR であれば、カメラで周囲の様子を撮影し、画像処理技術を用いることで何を見ているか推測することができる。超音波距離センサーを用いて距離を計測することができる。あるいは深度カメラを用いればそれらを同時に行うこともできる。

計測・記録・推測はウェアラブル・デバイスの一連の動作の中の一部であることが多いが、この部分だけを専門に行うウェアラブル・デバイスもある。このようなデバイスは人間の操作をほぼ必要としない記録型デバイスと考えることができる。簡単な例は万歩計のようなアクティビティトラッカーである。もちろん、古典的な万歩計のように、記録したデータは万歩計の中にあり活用は人間任せというわけではない。万歩計や活動量計は、歩数や歩行活動を計測・記録し、記録したデータをコンピュータに転送することができる。あくまで、記録・転送することが主機能であって、データの活用は他のシステムに依存する。

記録型のウェアラブル・デバイスは常時記録することができなければならない。このように各種センサーがあり記録することができる端末をウェアラブル・デバイスと呼ぶならば、各種センサーを備えているスマートフォンもウェアラブル・デバイスと考えても良いのではないか。実際に

スマートフォンには歩数計測機能を持つものがある。スマートフォンは厳密な意味ではウェアラブルではないが、多くの人はスマートフォンを即時利用できる状態で肌身離さず持ち歩いており（恒久性）、あらゆる場面でスマートフォンに頼って自分の能力の一部として活用されており（増幅性）、周囲の状況をスマートフォン経由で知る（介在性）もあると考えれば、スマートフォンもウェアラブル・コンピュータが持っている特性をすべて持っていることになる。スマートフォンはウェアラブルでない、ウェアラブル・コンピュータといえる。

2.3 ユーザ支援

ウェアラブル・コンピュータがユーザの行動を認識（推測）した後、どのような支援が可能だろうか。

現在のところ、もっとも活用されているのがヘルスケアではないだろうか。ウェアラブル・デバイスで心拍等をセンシングすることで運動量を推測し、カロリー消費を計算する。その結果を記録し続けることで、「今日は運動量が少ない」ことを警告してくれる。ここで重要なのは、個人の記録をベースとし、「今日は『いつもに比べて』運動量が少ない」と警告してくれる点である。理想的な運動量をベースとして警告をすると、運動不足気味の人は毎日警告されることで、結果的に警告に慣れてしまい警告が意味をなさない可能性がある。

Apple Watch を使っていたことで、命を救われたという話題はたびたびニュースになる。心拍を常時監視するアプリが心拍の異常を通知したため病院で診察を受けたところ肺血栓が見つかった例 [4] や、動脈閉塞や横紋筋融解症が見つかった例もある。これらの例も個人のデータを継続的に記録し、それらから閾値を設定し、異常値検出を行っている。

眼鏡型ウェアラブル・コンピュータであれば、ヘッドマウントカメラで撮影した外界の様子をコンピュータで処理し、外界に重畳するように半透過型ヘッドマウントディスプレイに対して映像を表示する AR を用いた情報提示が利用される。例えば、見ているものに対して作業手順やマニュアルを動的に表示し作業の安全性を向上させる、倉庫でのピッキング作業に対して商品や最短経路を表示することで作業効率を向上させる支援が行われる。これらを実現するために、現在位置の把握や、画像認識、画像処理が必要になる。

2.4 ライフログ・ビッグデータの活用

計測・記録したデータを個々のユーザ支援に活用するのではなく、個々のデータを集約しより多くのデータから知見を得ようという動きもある。

ウェアラブル・デバイスから得られた医療ビッグデータ

を用いて予防医療に用いる臨床研究が多く行われている。心拍のデータから不整脈の一種である心房細動を発見し、心臓病・脳卒中・脳梗塞を早期発見できるのではないかとこの研究もおこなわれている。

医師のもとには病になった患者が集まるため、発病後のデータは大量に取得できるが、発病に至る過程を知るためには健康な状態からデータを記録し、分析する必要があるが、これまでは困難であった。平常時の状態を記録し、医師のもとにアップロードする。医師のもとには多くのユーザのデータが集まるため、それらのデータを用いて各種データと発病の関係を明らかにすることができる。

3. どのように作るのか

ウェアラブル・コンピュータを実現するためには多くのハードウェアとソフトウェアが必要になるが、多くの支援ツールがあるため、以前より簡単に作成することが可能である。3D プリンタやレーザカッターのような装置があれば、既製品のような品質でウェアラブル・コンピュータを作成することもできる。

3.1 本体 (CPU)

スマートフォンのアプリを作成したいのであれば、必要なセンサーを持ったスマートフォンを用意し、ソフトウェアを作成すればよい。

スマートフォンにない様々な機能が必要な場合は Arduino や Raspberry Pi を用いると良い。どちらも小型のコンピュータであるが、Arduino はセンサー等を駆動する最低限の機能を持ったコンピュータであり、Raspberry Pi は Linux を駆動することができる一般的なコンピュータの機能を持つ小型コンピュータである。いずれも各種センサーを接続しデータを計測することができる。ネットワークに Wi-Fi 接続したり、PC にシリアル接続したりすることでデータを転送することもできる。ディスプレイを接続することもできる。簡単なものであれば Arduino を用いた方が楽である。

Arduino は USB コネクタを持つモバイルバッテリー（一般的な 5V1A 出力で良い）、Raspberry Pi は USB コネクタを持つモバイルバッテリー（5V2.5A が必要なので、注意）で駆動するため、簡単に小型でウェアラブルなコンピュータを作成することができる。

3.2 画像処理

AR 等では画像処理が必須であるが、OpenCV, ArToolKit などのソフトウェアライブラリが利用される。

AR のために、写真から何が写っているかを知るのにはコストがかかるので、二次元バーコードや QR コードのようなものを使うことがある。その場合は ArToolKit や、OpenCV

の ArUco を用いる。OpenCV には画像処理機能やパターン認識・機械学習機能もあるため、人工知能を用いた画像認識機能を実装することも可能である。

3.3 医学研究用のフレームワーク

Apple は医師向けの医学研究用のフレームワーク「ResearchKit」、個人向けの「CareKit」「HealthKit」を、Google は「activity recognition」を公開している。

ResearchKit は Apple がオープンソースで公開しているライブラリで、iPhone や Apple Watch 等が持っている各種センサーの値を取得することができ、取得したデータをネットワークに送信できる（データが Apple を経由することはない）。activity recognition は Google が公開しているライブラリで、各種センサーの値を取得し、移動手段を推定するような「ユーザが何をしているか」を知ることができる。

これらのライブラリを使って個人のデータ等を取得するアプリを作成することができる。スマートフォンは一人一台の時代なので、ユーザの 1%でもアプリを利用していれば、何十万人というデータが取得できる可能性がある。

医療ビッグデータとして、臨床研究ではこれまで取得できなかった何十万・何百万人というデータが取得できる可能性がある。ユーザにとっては通院の手間や、計測の手間がなく常にデータが取得されるため使い勝手がよく、システム側からすると継続的にデータを収集することができると思われる。

慶應義塾大学は不整脈等を検出する「Heart & Brain」（現在は公開中止）、東京大学は糖尿病患者が臨床研究に協力できる「GlucoNote」[5]、順天堂大学は「ロコモニター」「iPARKSTUDY」「ぜんそくログ」[6]などを開発・運用することで、実際に医療ビッグデータを生成、解析を行っている。

4. 今後の活用

長いこと、ウェアラブル・コンピュータやユビキタス・コンピュータは普及するといわれながらも、キラーコンテ

ンツがなかったためか普及していなかった。それがこの数年で変わりつつあるようである。健康志向の高まりと相まってヘルスケアがキラーコンテンツになりつつあり、イノベーター、アーリーアダプターに普及しているようである。今後、より多くのユーザに普及するカギとなるのはさらなるキラーコンテンツの発見・創出であろう。

新しいコンテンツ・新しいサービスを提案するためにどのようなデータを用いて、どのような行動を推測し、どのようなフィードバックを行うのか、コロンブスの卵を発見する必要がある。これまで記録できなかった人間の挙動がウェアラブル・コンピュータを基盤とした各種センサーで記録できることから、これまで以上に多くのデータを取得できるようになっており、これらビッグデータにデータマイニング・機械学習・人工知能を組み合わせ、新しいサービスを提案するチャンスでもある。

一方で、個人が特定される形でデータが収集されてしまうと、セキュリティ上問題があり、今後検討されるべき問題といえる。

参考文献

- [1] 矢野経済研究所, “ウェアラブルデバイス世界市場に関する調査を実施” (2016).
<https://www.yano.co.jp/press/download.php/001535>, (2018年03月1日アクセス)
- [2] Mann, S., “VibraVest/ThinkTank: Existential Technology of Synthetic Synesthesia for the Visually Challenged,” (1997).
<http://n1nlf-1.eecg.toronto.edu/isea97/> (2018年03月1日アクセス)
- [3] Gurrin, C., Smeaton, A. F., Byrne, D., O’Hare, N., Jones, G. J. F. and O’Connor, N., “An Examination of a Large Visual Lifelog,” *Proc. of AIRS’08*, pp.537-542 (2008).
- [4] The Telegraph,
<https://www.telegraph.co.uk/technology/2017/10/15/apple-watch-notification-helps-save-mans-life-would-have-fatal/>, (2018年03月1日アクセス)
- [5] 東京大学大学院医学系研究科健康空間情報学講座,
<http://uhi.umin.jp/gluconote/>, (2018年03月1日アクセス)
- [6] 順天堂大学, Apple ResearchKit (iPhone アプリ) を用いた臨床研究について, <http://www.juntendo.ac.jp/news/20160216-06.html>, (2018年03月1日アクセス)