

1 加速度センサだけじゃない! これからのウェアラブル行動認識



村尾和哉 (立命館大学)

「いまどうしてる?」

TwitterのWebページでは、ツイートするフォームにこう書かれている。「寝てた」「電車なう」「打合せちう」。その人が何をしているのか、それを計算機で認識する技術が行動認識技術である。計算機に行動を認識させるにはセンサを用いて行動をデータ化する必要がある。シンプルに行動認識しようと思えば、カメラで撮影して画像解析すればよい。しかし、ドローンや自撮り棒を用いない限り、いつでもどこでも常時撮影し続けることは難しい。このような環境側からのセンシングに対して、より直接的に多様な情報を常時センシングできる形態がウェアラブルセンシングである。ウェアラブルセンシングで行う行動認識では、加速度センサや角速度(ジャイロ)センサを用いた運動や姿勢の認識が主流であったが、ここ数年でその傾向が変わりつつある。

ウェアラブル行動認識とは

ウェアラブル行動認識では、身体に装着したセンサや保持しているスマートフォンから動作に関する情報を取得する(図-1)。センサを装着しなければなら

ない不便さがあるが、最近では腕時計や靴、衣服など既存の服飾品にセンサを搭載した製品が数多く発売されており、わざわざセンサだけを装着する場面は少なくなっている。作業支援や管理目的で労働者やアスリートに適用する場合は装備品にセンサを搭載すればよい。得られたセンシングデータから種々の特徴量に変換して、事前に行動のデータを学習したSVM(サポートベクタマシン)やHMM(隠れマルコフモデル)などの認識器を用いて行動を認識する。認識する行動、センサ、特徴量、学習方法、認識結果の使い方で独創性が出せれば面白い研究になる。

行動認識の「行動」って何? 使い道は?

行動、行動と言ってきたが、実はウェアラブル行動認識が対象としている「行動」に明確な定義はない。一般的には、「歩く」「座る」など装着者自身の単純な動作や姿勢から、「電車」「自転車」などの乗り物、「食事」「通勤」などの抽象的な状態、握手やビンタなどのジェスチャが認識の対象となっている。データに付与する行動の名称を「行動ラベル」と呼ぶが、人によって行動ラベルの解釈や細かさが異なるため、システム作成者の独断で定義するのが現状である。

では、認識した行動は何に使うのか。最もシンプルな用途はライフログである。SNS(ソーシャルネットワーキングサービス)に投稿したり、1日の行動をタイムラインで眺めるだけ

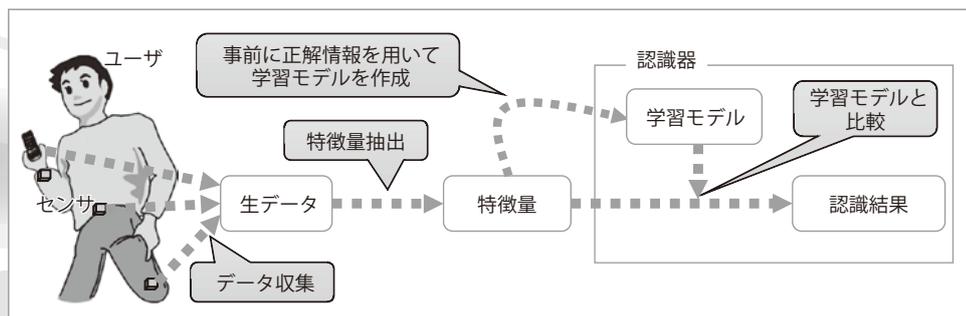


図-1 ウェアラブル行動認識の流れ

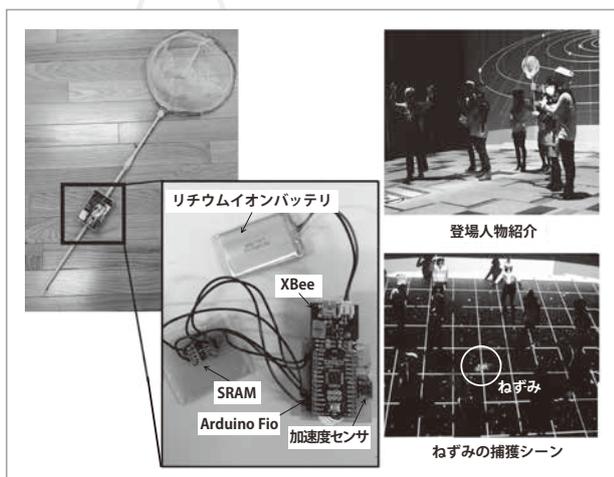


図-2 参加型演劇 YOUPLAY で使用したジェスチャ認識システム

でもなかなか面白い。ほかには、小走りのときは優先度の低い情報は提示しないなど、行動に応じた機器の出力制御や、ユーザが意図的に行った動作に応じて機器を操作するインターフェースとしての用途がある。たとえば、出田らが提案したジェスチャ認識システムは参加型演劇 YOUPLAY で使用されており(図-2)、演者のアドリブ動作を認識して効果音を出している⁶⁾。

ウェアラブル行動認識の歴史と最近のトレンド

ここで、ウェアラブル行動認識の歴史を簡単に振り返る。1994年に Schilit らが、環境の変化に応じてアプリケーションの動作を変えるという概念としてコンテキスト・ウェアを提唱している。また、1999年に Schmidt らは携帯端末内のセンサから得られる情報をもとに「手持ち」「鞆の中」など端末の状況を認識し、手持ちなら着信通知を音からバイブレーションに切り替えるなどのアプリケーションを構築している。加速度データを SOM(自己組織化マップ) で分類しており、行動認識の起源になっているといえる。実際にウェアラブルとしてユーザの行動認識を行った研究としては、2001年に Laerhoven らが iPAQ(PDA(携帯情報端末)の1機種)と加速度センサを用いて「座る」「立つ」「歩く」「走る」「自転車に乗る」を認識している。その後は、スマートフォンの登場やデバイスの小型化、無線化により、ウェアラブル環境の構築が容易となり、国

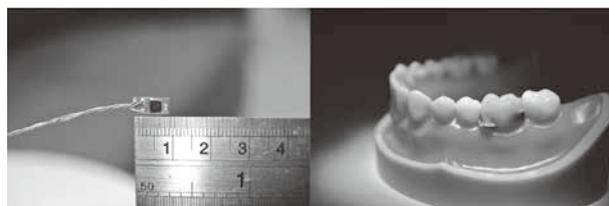


図-3 口の行動認識システム

際会議での発表件数も急激に増加してきた。2010年頃までは、歩行や階段昇降、姿勢などの移動や状態、掃除機がけや歯磨きなどの日常生活行動、看護師の作業、車や自転車の修理作業など、手や足を中心とした行動の認識が主流であった。

現在では、眼鏡型、腕時計(腕輪)型、指輪型、靴型のウェアラブルデバイスが数多く登場してきており、研究者以外でも加速度センサを用いた行動認識が容易に実現できる環境が整ってきた。一方、国際会議などでは加速度センサを用いた行動認識は少なからず発表されているが、加速度以外のセンサを使用する研究が増加してきており、認識する行動の対象が少し変わりつつある。以降では、最新のウェアラブル行動認識の研究を紹介する。

口, 目, 耳, 頬

はじめに、加速度センサを使っているチャレンジングな研究を1つ紹介する。Li らは3軸加速度センサを埋め込んだ差し歯(図-3)で「噛む」「飲む」「話す」「咳」の4種類のオーラルアクティビティを認識している¹⁾。センサが有線であり、安全性が不明と現段階で問題はあがるが、ダイエットやヘルスケアに応用できそうである。ただ個人的には、せっかく歯に埋め込むなら加速度ではなくてもいいと思う。唾液の状態や噛み方をセンシングして何をどう食べたか分かると面白い。

口に関する行動認識としてもう1件、Sahni らはサイレントスピーチ認識、つまり声を発せずに口パクだけで発話内容を認識するシステムを提案している²⁾。舌に貼り付けた磁石の発する磁力を Google Glass の3軸地磁気センサで舌の動きをセンシングし、同時に

耳に装着した近接センサで顎の動きをセンシングして、HMMで定型文を認識している。声を発せられない状況や、騒音が大きい環境のためのインターフェースとして提案されている。ウェアラブル行動認識では非侵襲（体を傷つけない）であることが基本であり、これまでは体表面でのセンシングばかりであったが、傷つけずに（ちょっとだけ）体内に入れる研究も増えてきそうである。

Kunzeらは眼鏡型視線計測器を用いて視線の動きを採取し、読んでいる日本語の紙媒体（マンガや新聞など）を識別している³⁾。この技術を応用すると、読む速度や読み直しを計測できるため、本の内容の事前知識や理解度を推定でき、さらには英文を読むだけでTOEICスコアが概算できる。一昔前なら、手首や頭部に加速度センサを装着して、読書中の身体動作の違いから判別するアプローチがとられていた。

真鍋らは耳の皮膚表面電位を計測して、目の動きを検出するイヤフォンを開発した⁴⁾。人の眼球は角膜側が正、網膜側は負の電荷を帯びているため、目の周囲の皮膚に電極を付けると電位（眼電位という）から眼球の運動が分かるのである。イヤフォンなので、音楽プレイヤーをポケットや鞆に入れたまま、目の動きだけで操作できる。

福本らは笑ったときにできる頬や目周辺の肉の動きに着目して、赤外線フォトリフレクタを搭載したメガネを用いた微笑み/笑い認識を提案している(図-4)⁵⁾。スマイルシャッターのように画像ベースの笑顔検出はこれまでに存在するが、ウェアラブルにすることで、日常生活の笑顔を検出でき、ライフログのタグとして残すことで楽しい記録だけを参照できる。

「行動認識」から「活動認識」へ

MEMS（微小電気機械システム）加速度センサの登場によって目で見て分かる身体部位の動きや姿勢の認識が容易にできるようになった。最近では皮膚電位、圧力、赤外線、超音波などのセンシングによって人間の皮膚表面や少し内側の状態を非侵襲で容易に取得できるようになり、今後は眼球、心臓、血

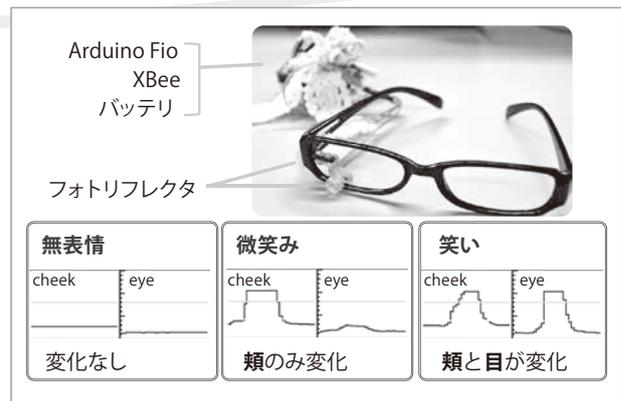


図-4 フォトリフレクタを用いた笑顔検出システム

液、消化器系、呼吸器系のセンシングからユーザの意図を考慮した身体動作や、体の内的な状態の認識とその応用がトレンドになると考えている。たとえば、学生の集中力を体の傾きから判定したり、病気の予兆を歩行動作の安定性から間接的に判定していたが、それらを直接センシングするのである。

日本語でいう「行動認識」は英語では「Activity Recognition」と表現される。しかし、Activityは動きのある「行動」だけでなく、より幅広い「活動」を意味する。目で見て分からない身体活動に研究ネタが隠れているかもしれない。

参考文献

- 1) Li, C.Y. et al. : Sensor-Embedded Teeth for Oral Activity Recognition, Proc. of ISWC'13, pp.41-44 (2013).
- 2) Sahni, H. et al. : The Tongue and Ear Interface : A Wearable System for Silent Speech Recognition, Proc. of ISWC'14, pp.47-54 (2014).
- 3) Kunze, K. et al. : I Know What You are Reading : Recognition of Document Types Using Mobile Eye Tracking, Proc. of ISWC'13, pp.113-116 (2013).
- 4) Manabe, H. et al. : Conductive Rubber Electrodes for Earphone-based Eye Gesture Input Interface, Proc. of ISWC'13, pp.33-40 (2013).
- 5) Fukumoto, K. et al. : A Smile/Laughter Recognition Mechanism for Smile-based Life Logging, Proc. of AH'13, pp.213-220 (2013).
- 6) Izuta, R. et al. : Early Gesture Recognition Method with an Accelerometer, Proc. of MoMM2014, pp.43-51 (2014).
(2015年6月10日受付)

村尾和哉（正会員） murao@cs.ritsumei.ac.jp

2010年大阪大学大学院情報科学研究科博士課程後期課程修了。博士（情報科学）。神戸大学にて日本学術振興会特別研究員PD、助教を経て、2014年より立命館大学助教。ウェアラブル・ユビキタスコンピューティングの研究に従事。