

# 7.

## ウェアラブルセンシングの実世界応用

基  
専  
応  
般

寺田 努 神戸大学

### 広がるウェアラブルセンシング

コンピュータやセンサの小型化・軽量化により、装着したセンサから得られた値を用いて人間行動をセンシング（ウェアラブルセンシング）し、さまざまなサービスを提供する取り組みは、研究・実サービス含めて多数行われている。システムがユーザの行動や現在の状況を考慮した振舞いをするすることで、より個人に密着したきめ細やかなサービスを提供できる。また、行った行動の種類や回数が記録できるようになるため、日常行動を常時記録するライフログや、トレーニング・リハビリ等の記録、看護師の日報作成の支援などが行えるようになる。このように、ウェアラブルセンシングの応用範囲は広く、軍事（兵隊・整備士）、業務（営業マン、消防、警察、飲食店、コンビニ、警備、介護）、民生（情報提示、

記憶補助、コミュニケーション、エンタテインメント、教育）などあらゆる場面での利用が想定される。一方、ユーザの行動認識を実世界で常時行う場合、多くの問題が生じる<sup>1)</sup>。本稿ではウェアラブルセンシングの応用システムを実世界で利用する例を取り上げ、そこで生じる問題点とその解決方法を概説する。

### センシングの実世界応用

ウェアラブルセンシングの有力なアプリケーションとして、ライフログが挙げられる。たとえば、装着型加速度センサを用いて歩行等の行動を記録したり、GPSや装着型カメラを用いて位置や視界を記録するシステムがこれまで多数提案されている。一方、日常生活での実利用を考えた場合、本当に記録したい事柄を、常時装着に耐え得るデバイスで記録する必要がある。そこで筆者らは、首飾り型で数センチ角のにおいセンサを用いて食事や排泄など人間の健康にとって重要なイベントを記録するにおいライフログシステム<sup>2)</sup>や、メガネに装着した数ミリ角のフォトフレクタを用いたデバイスによって装着者の笑顔を認識し、微笑みや笑いなど日常生活にとって大事なシーンを切り出す笑顔ライフログシステム<sup>3)</sup>を構築してきた。においセンサを装着して取得したデータの例を図-1に示す。図から、人の行動に応じてにおいセンサの反応が変化していることが分かる。また、図-2に示す笑顔認識デバイスは、小型で装

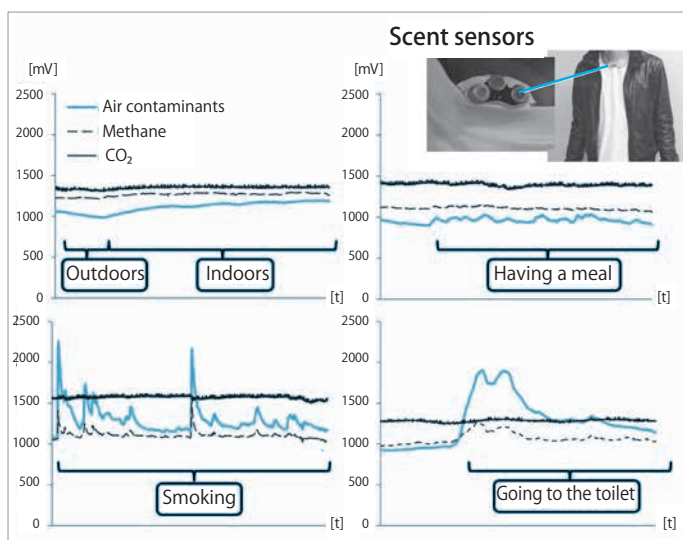


図-1 状況ごとのにおいセンサの反応の違い



図-2 笑顔認識デバイス

着時に違和感が少なく、常時装用に耐え得る。このデバイスは、人間が微笑みを作ると頬が上がり、笑うと頬に加えて目尻も動くことを利用して微笑みと笑いを区別して認識している。

ウェアラブルセンシングを利用者の障害部位認識に用い、盲目の人には音声、聾啞者には手話ビデオといったように、障害の部位に応じてコンテンツを切り替え、GPSと地磁気センサを用いて状況依存コンテンツを表示するウェアラブル公園案内システムの実証実験も行われている<sup>4)</sup>。このシステムでは、ユーザがモニュメントに近づいて、その方向を向いたときに自動的にその場所に応じた説明がHMD (Head Mounted Display) を通して再生され、クイズなどのアミューズメントコンテンツや現在地の提示を行う。このような場合、聾啞者には周囲の音情報を認識・可視化してHMD上に提示するといった音響可視化システムも有効である。

ウェアラブルセンシングは情報入力にも有効である。図-3に示すように画面上の2本の直線を体に装着した加速度センサにより角度制御を行い、交点をポインティングするXangle<sup>5)</sup>や、図-4に示すように靴に装着したセンサを用いて足のステップを認識することで音楽プレーヤ等の制御を行うFootStep<sup>6)</sup>などのインタフェースが提案されている。このようなジェスチャを用いた機器操作は、ユーザの自然な動作をコンピュータの入力に使えるという点で有力であるが、そのジェスチャが利用したいときに行えるかどうかが重要になる。そこで筆者らは、ジェスチャの社会性を評価し、人前で行うのが不自然でないジェスチャセットを求める研究<sup>7)</sup>や、人

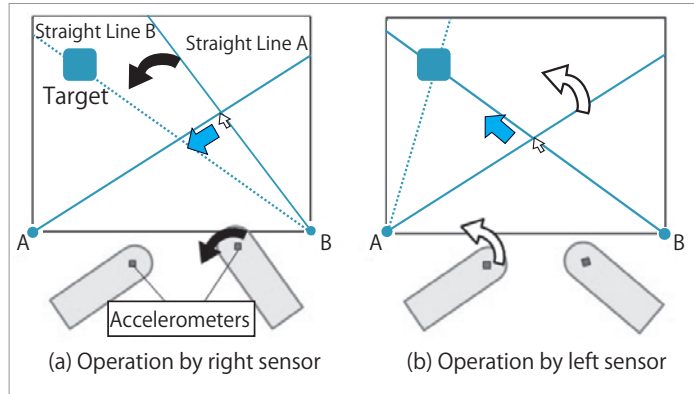


図-3 Xangleによるポインティング

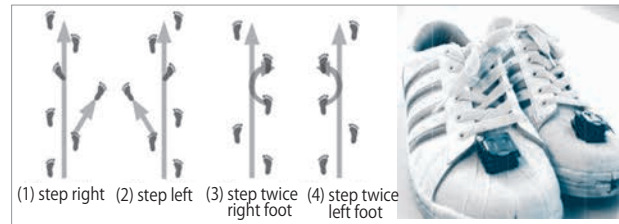


図-4FootStepによるステップ入力

がものを持って行う動作27種類に対して、センサの位置や個数が認識に与える影響の評価研究<sup>8)</sup>を行っている。

以降、このようなウェアラブルセンシングの実世界利用における問題点のうち、特に即時性の解決と運動中のジェスチャ認識について解説する。

## 認識の即時性の解決

従来研究ではたとえばジェスチャ入力において、実際の動作から機能発火までの遅延についてはほとんど考慮されていなかったが、実サービスを提供するにあたってはその遅延が致命的なユーザビリティ低下を招く。そこで筆者らは、ダンス動作の認識により音を出力するシステムを題材として遅延の問題を解消した認識機構を提案した。ダンスステップの認識にはDTW (Dynamic Time Warping) を用い、両足の動きを3軸加速度センサによって取得して動作認識を行った。予備運用の結果、単純な認識では動きに対して出力音の開始が遅れるため、音と動きとが同期する心地良さをダンサーに与えられなかった。

そこで、この研究では「認識の締切時間」「2段階認識」「出力音の動的変更」の概念をジェスチャ認識に加えることで、この問題を解決した<sup>9)</sup>。図-5

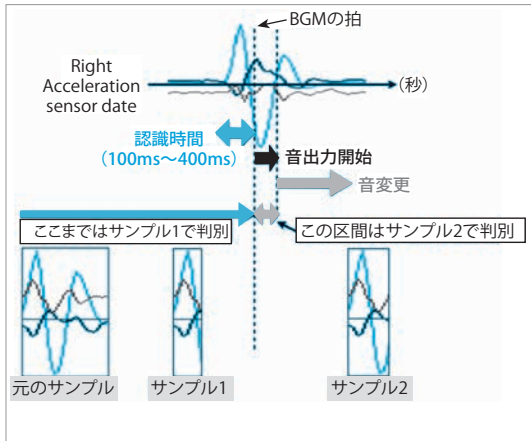


図-5 2段階認識機構

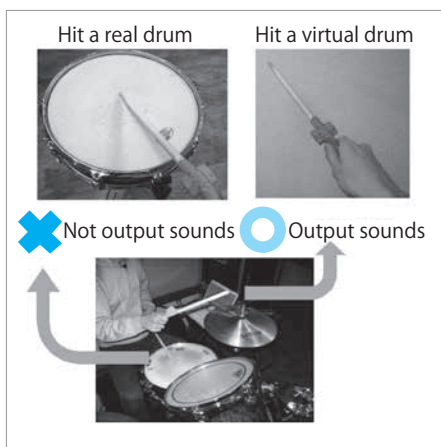


図-6 AirStick Drumの概要

を用いて具体的に述べると、まず出力音をBGMの拍のタイミングで出力できるように、認識するステップをBGMに合わせて実際に踊らせることでステップのモーションのうち認識に使える部分を抽出する機構を開発した。この機構により、ステップを表すモーション(図中の「元のサンプル」)に対して、実際認識に使えるのは前半の一部(図中の「サンプル1」)であることが分かる。一方、前半部分だけで認識を行うと、似たステップの場合など誤認識が多くなる。そこで、さらなる工夫として、前半部分のモーションによる認識でまず音を出しつつ、継続して認識を行い(図中の「サンプル2」)、もし前半部分での認識が間違っていた場合には出力音を正しいものに変更する。この技術により、出力音の遅れなしに、99%の認識精度を得ることに成功した。

同様に、AirStick Drum<sup>10)</sup>(図-6)は、叩打動作を加速度センサおよびジャイロセンサを用いて認識するドラムスティックである。空間をスティックで叩いたときには電子音を鳴らし、本物のドラムを叩

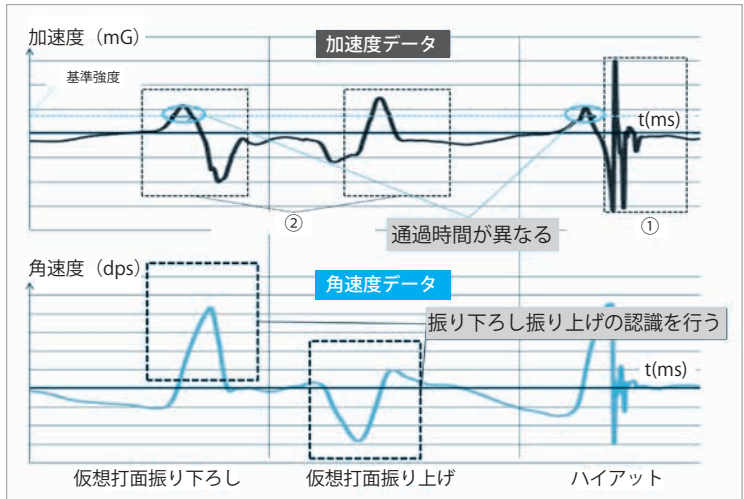


図-7 仮想打面と実打面の叩打波形の違い

いたときには電子音を鳴らさない(本物のドラムが鳴る)ため、既存のドラムセットに自由に電子音を組み合わせて演奏できる。一般に叩打動作を用いて認識する場合、打撃時の振動等を認識するのが容易である。しかし、本システムも叩打のタイミングで遅延なしに音を出す必要があるため、叩打の前に認識処理を終えておく必要がある。そのため本システムでは、空中を叩く際には無意識にユーザーが振り下ろす動作にブレーキをかける一方、本物のドラムを叩く際にはそのブレーキが起こらないことを利用し、100%の識別率で叩打の数10ms前に認識を終えることに成功した。図-7に仮想打面を叩打する場合と実打面(ハイハット)を叩打する場合の波形を示す。図から分かるように、仮想打面と実打面を叩打するときでは、振り下ろし動作の波形の尖度が異なることが分かる。

このように、実世界で認識システムを利用するには行動終了の前に認識を終えることが重要になる場合がある。筆者らは、上記の例等を踏まえて、認識高速化の一般化について現在取り組んでいる。この手法では、ジェスチャ認識において一般的に用いられている波形比較アルゴリズムDTWを拡張し、入力波形と教師データとの距離を逐次的に計算しつつ、最近傍の教師データと次点の教師データとの距離の差が相対的に大きくなった時点で認識結果を出力する。この方式を用いることで高い認識率を保ったまま認識時間を平均65%削減できた。



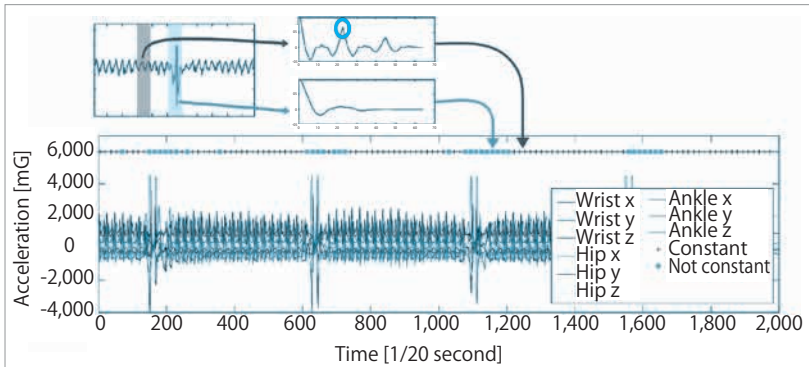


図-8 自己相関による動作識別

## 運動中のジェスチャ検出

動作認識を日常的に用いる場合、歩きながらジェスチャ入力など、多様な状況を想定する必要があるが、従来研究では学習した状況から少しでも異なる行動である場合に精度が大幅に悪化していた。

筆者らはこの問題に対処するために、自己相関を用いた認識高度化技術に関する研究に取り組んでいる<sup>11)</sup>。従来の動作認識技術では、「ジェスチャと一般動作が同時に認識できない」「認識前に静止しないとジェスチャを正しく認識できない」といった問題があった。従来研究における評価実験は、ほかの動作を行わず、ジェスチャの前後に静止するといった条件のもとで行われており、現実世界での多様な状況に対応できない。特に、歩きながら携帯端末を使うような状況では、歩行とジェスチャの区別がつかず、また、姿勢や運動状態の判定とジェスチャの認識では適したアルゴリズムが異なるため、単一のアルゴリズムではさまざまな動作を認識できない。そこでこの研究では、自己相関関数を用いることで行動を分類し、あらゆる動作を適切に認識する手法を提案している。図-8を用いて具体的に述べると、繰り返し動作を含む運動波形の自己相関にはピークが現れる一方、ジェスチャにはピークが現れない(図-8 上部)ことを利用し、該当区間にジェスチャが行われたと判断した場合のみ、ジェスチャ認識アルゴリズムを使用する。この手法により、運動中の7種類のジェスチャ認識において従来手法は再現率0.75、適合率0.59であるのに対し、提案手法では再現率0.93、適合率0.93を得ることに成功した。

## まとめ

本稿では、ウェアラブルセンシングを実世界で利用する例を多数挙げ、特に実利用時に問題となる即時性や運動中のジェスチャ認識についてその解決方法を紹介した。ウェアラブルセンシングの課題は多いがその利用範囲は広く、その重要性はますます高まっていくと考えられる。

### 参考文献

- 1) 寺田 努：ウェアラブルセンサを用いた行動認識技術の現状と課題, コンピュータソフトウェア, Vol.28, No.2, pp.43-54 (2011).
- 2) Kobayashi, Y., Terada, T. and Tsukamoto, M. : A Context Aware System Based on Scent, International Symposium on Wearable Computers, pp.47-50 (2011).
- 3) Fukumoto, K., Terada, T. and Tsukamoto, M. : A Smlie/Laughter Recognition Mechanism for Smile-based Life Logging, Augmented Human Conference 2013 (Mar. 2013).
- 4) Miyamae, M., Kishino, Y., Terada, T., Tsukamoto, M. and Nishio, S. : An Event-driven Navigation Platform for Wearable Computing Environments, International Conference on Wearable Computers, pp.100-107 (2005).
- 5) Horie, T., Katayama, T., Terada, T. and Tsukamoto, M. : A Pointing Method Using Accelerometers for Graphical User Interfaces, Augmented Human Conference 2012, No.12, pp.1-8 (2012).
- 6) 山本哲也, 義久智樹, 寺田 努, 塚本昌彦：ジョギング時における情報機器利用のための足ステップ入力方式, 情報処理学会論文誌, Vol.50, No.12, pp.2881-2888 (2009).
- 7) Yamamoto, T., Terada, T. and Tsukamoto, M. : Designing Gestures for Hands and Feet in Daily Life, International Symposium on Emerging Research Projects, Applications and Services, pp.285-288 (2011).
- 8) Murao, K., Terada, T., Yano, A. and Matsukura, R. : Evaluation Study on Sensor Placement and Gesture Selection for Mobile Devices, International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia (2012).
- 9) Fujimoto, M., Fujita, N., Takegawa, Y., Terada, T. and Tsukamoto, M. : A Motion Recognition Method for a Wearable Dancing Musical Instrument, International Symposium on Wearable Computers, pp.9-16 (2009).
- 10) Kanke, H., Takegawa, Y., Terada, T. and Tsukamoto, M. : Airstic Drum : a Drumstick for Integration of Real and Virtual Drums, International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology 2012, pp.57-69 (2012).
- 11) Murao, K. and Terada, T. : A Motion Recognition Method by Constancy-Decision, International Symposium on Wearable Computers, pp.69-72 (2010).

(2013年4月2日受付)

寺田 努 (正会員) | [tsutomu@eedept.kobe-u.ac.jp](mailto:tsutomu@eedept.kobe-u.ac.jp)

1999年大阪大学大学院工学研究科博士前期課程修了。2000年より大阪大学サイバーメディアセンター助手。2005年より同講師。2007年神戸大学大学院工学研究科准教授。NPO法人ウェアラブルコンピュータ研究開発機構理事を兼務。博士(工学)。