

## 【研究紹介】

# センサ内蔵型モバイル端末におけるセンサ配置とジェスチャセット選択の影響評価

寺田 努<sup>1</sup>

<sup>1</sup>工学研究科電気電子工学専攻

(受付:December 15, 2015 受理:March 2, 2016 公開:March 9, 2016)

キーワード: 加速度センサ, 角速度センサ, ジェスチャ認識, モバイル端末, パターン認識

## 1. はじめに

近年, マイクロエレクトロニクスの発展による計算機の小型化に伴い, 加速度センサなどの小型センサを内蔵するデバイスが数多く登場し, その応用が注目されている. 特にiPhoneやAndroid端末などの携帯電話やWiiやPS3などの家庭用ゲーム機のコントローラにも加速度センサが内蔵され, そのセンサの値から端末の傾きや動きなどを検出してユーザの直観的な操作や複雑な入力を実現している.

市販されているデバイスに搭載されている加速度センサは消費電力や実装面積の観点から基本的に1つであり, 複数のセンサを搭載しているものは少ない. ユーザが携帯電話をポケットに入れたり, 腕に装着した状態で生活し, その運動を認識するなど携帯電話自体が回転などの細かな動きをしない場合は1個のセンサで高い精度が得られるが, 携帯電話を把持した状態で左右に振ったり傾けたりするようなジェスチャ動作を認識するには複数のセンサによる精度への影響があると考える. しかし, センサを複数個搭載することによる認識精度の影響を調査した研究は筆者らの知る限り行われていない.

複数のセンサを用いることで認識精度の向上が得られるのであれば, デバイス開発者はハードウェア面の制約と認識精度のトレードオフを考えることができる.

また, デバイスを把持しながら行うジェスチャはさまざま考えられる. 基本的に認識するジェスチャの種類が増加すれば認識精度は低下するが, 厳密に言うと認識精度は同一動作のデータ空間的な近さである再現性能と異なる動作のデータ空間的な散らばりである判別性能で決まる. センサの種類によっては認識困難なジェスチャも存在すると考えられるが, 多数のジェスチャを取り扱う研究も筆者らの知る限り行われていない.

この研究は, 9個の加速度センサと角速度センサを配置した盤面を用いて27種類のジェスチャのデータを採取し, すべてのセンサの組合せにおける認識精度を計測し, センサの個数および配置場所による影響を調査したものであり, ヒューマンインタフェース学会論文誌に2015年2月に掲載され[1], さらに2015年度ヒューマンインタフェース学会論文賞を受賞したものである. 以降, 該当論文を紹介する. 詳細な内容に関しては[1]を参照されたい. また, 評価に使用したジェスチャデータはウェブサイト ([http://ubi.eedep.kobe-u.ac.jp/research/special/mobilerecognition\\_e.html](http://ubi.eedep.kobe-u.ac.jp/research/special/mobilerecognition_e.html))にて公開している.

## 2. ジェスチャ認識精度の影響評価

### 2.1 ジェスチャ認識精度への影響要因

図1に市販デバイスに搭載されているセンサの例を示す. 左から,

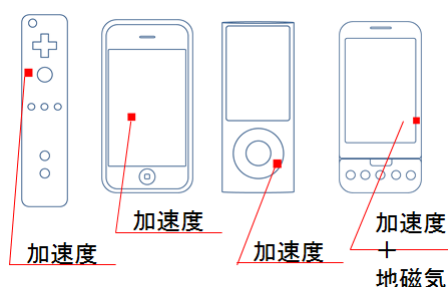


図1 市販デバイスのセンサ配置例

任天堂Wiiリモコン, iPhone 3GS, 第5世代iPod nano, HTC Dream である. このように, 搭載センサは基本的に1個であり, 同一のセンサを複数個搭載しているデバイスは筆者らの知る限り販売されていない. また, これらのデバイス内のセンサ位置は決まっておらず, 特に同じApple製デバイスであるiPodとiPhoneのセンサ位置も統一されておらず, センサの位置は基盤の実装の都合によるところが大きいと考えられる.

また, ジェスチャ認識精度に影響を与える要因としてセンサの個数や配置のほか認識対象となるジェスチャが存在する. これまでのジェスチャ認識の研究では, 数種類~10種類程度のジェスチャを用いて認識しているものが多かったため, ジェスチャの数や組合せを議論する. この他に端末形状も要因として考えられるが, ジェスチャ認識精度向上のために携帯電話などの機器形状を変更することは現実的ではないため本研究では議論しない.

したがって, 本研究で明らかにしたいことは, (1)どこにいくつセンサを配置すれば良いのか? (2)ジェスチャの数が膨大になったら精度はどう変化するか? (3)ジェスチャの種類によって性能は大きく変化するか?の3点である.

### 2.2 実験内容

実験では8名の被験者に携帯電話やPDAの利用を想定して作成した図2に示す9個のセンサを配置した盤面を用いて図3に示す27種類のジェスチャを行わせ, 各10回ずつ計270サンプル採取した. 盤面のサイズはW117×H155×D16(mm)で, 重さは200gである. 使用したセンサはWireless T社製WAA-006で, 3軸加速度センサおよび3軸角速度センサを搭載している. 被験者は全員右手にデバイスを持ってジェスチャを行った. サンプル周波数は50Hzである. 一般的に多くのデバイスに搭載されているセンサは加速度センサであるが, 角速度センサの有効性も検証するために本研究では加速度3軸と角速度3軸の計6軸のデータを採取した. ジェスチャを被験者に教示する際は言葉や図ではなく実際の動作を示して行ってお



図2 実験に用いた機器



図3 27種類のジェスチャ

り、個人差はあるが被験者の解釈の違いによる影響は少ない。ジェスチャデータの切り出しは、 $\epsilon$ チューブと呼ぶ移動平均からのずれの閾値を超えている間をジェスチャ入力とし、1つのジェスチャ入力に対して9つのセンサが加速度と角速度を3軸ずつもつため54次元のデータ系列を取得する。認識手法としては、特徴量ベースの認識手法からサポートベクタマシン(SVM)、波形マッチングベースの認識手法からダイナミックタイムワーピング(DTW)を採用した。

詳細な評価結果は文献[1]に示すが、センサの配置と数に関しては、自身の学習データをもっている場合は図2におけるどの場所にセンサを配置したとしても、加速度センサのみ、角速度センサのみでDTWはそれぞれほぼ100%の精度が得られることがわかった。一方、自身の学習データが存在しない場合は、加速度センサのみで70%、角速度センサのみで65%、両方の併用で75%程度の認識精度が得られた。SVMは自身の学習データが存在するときは角速度センサのみで75%、加速度センサのみまたは併用で90%程度の認識率とDTWより劣る一方、自身の学習データが存在しない場合には併用で90%程度と高い認識率が得られた。異種センサの併用は必ず認識率の向上が見られた一方、同種センサの複数配置には有意な認識精度向上は見られなかった。したがって結論としては、自身の学習データが存在する環境ではDTWを用いてセンサ1つで十分であり、自身の学習データが存在しない場合はSVMを用いてセンサを組み合わせることが有力であることがわかった。配置に関しては、図2(1)の場所が特異的に精度が悪い場合があるため、(1)以外の場所に配置するべきであることが分かった。ただし、処理速度に関してはDTWはSVMの100倍以上時間がかかるため、低スペックな端末ではDTWを多くのジェスチャとともに用いるべきではない。

次にジェスチャの選択に関して、図4にジェスチャ数を減らした場合の精度変化の例を示す。この図では、左端がすべてのジェスチャを対象とした認識精度で、そこから最も認識精度が低いジェ1) スチャを減らしたときの残りのジェスチャに対する認識精度の変化をまとめたものである。図に示すように、例えば加速度センサ

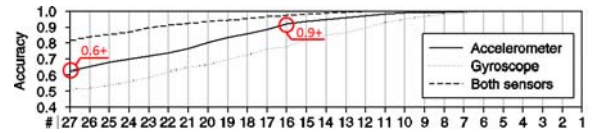


図4 ジェスチャ数を減らしたときの影響



図5 ジェスチャ操作で動くブラウザ

のみを用いている場合、27種類のジェスチャでは60%程度の認識率であるが、16種類まで減らした際には90%以上の認識率となっている。ジェスチャごとに見た場合、ジェスチャ5や6は他人の学習データを用いた場合ほとんど認識できなかった。これは被験者ごとになりにくセがでるタイプのジェスチャであったため、タップする場所、強さ、タイミングなどジェスチャを識別するために重要なパラメータが人によって大きく異なるためであると考えられる。また、ジェスチャ1よりジェスチャ2が、ジェスチャ21よりジェスチャ22の認識精度が低くなる。これは、類似動作であっても人が物理的に行きやすい動作がより高い認識率を得られることを示している。

まとめると、物理動作として再現性の高いジェスチャを選択することで認識精度は高くなり、両センサの併用はやはり精度向上に効果的であることがわかる。個別のジェスチャごとに見た場合でも、センサ配置の影響はそれほど大きくないことがわかった。相互に近いジェスチャが候補に入っていると全体の認識精度を下げてしまうため、ジェスチャシステムを設計する際にはあらかじめ登録するジェスチャの類似度を測定しておく必要があることがわかった。

### 3. おわりに

本稿では、センサ内蔵型モバイル端末におけるセンサの個数や配置についての議論を紹介した。このようなデータは端末設計やアプリケーション設計における基礎データとなり得るため、有用であると考えている。図5に本研究成果をもとにデザインしたジェスチャ操作で動作するブラウザの画面例を示す。評価の詳細は文献[1]を参照いただきたい。

### References

[1] K. Murao and T. Terada, Evaluating Instructions for Gesture Recognition with an Accelerometer, The Transactions of Human Interface Society, Vol. 17, No. 1, pp. 73-84 (Feb. 2015).