

# 手首装着型端末と連携させた 携帯端末所持状態判定手法の提案

田邊 和彦<sup>1</sup> 渡邊 光<sup>1</sup> 村尾 和哉<sup>1</sup> 望月 祐洋<sup>2</sup> 西尾 信彦<sup>1</sup>

概要：MEMS 技術の発展によるセンサの小型化やバッテリー性能の向上などに伴い、腕輪型や眼鏡型などのさまざまなウェアラブル端末が登場しており、今後の普及が期待されている。こうした端末に搭載されたセンサを用いて、ユーザの行動や環境といったコンテキストを認識し、コンテキストに応じて適切なサービスを提供するシステムの研究が行われている。スマートフォンなどの携帯端末とウェアラブル端末を同時に利用する際には、ユーザが所持している携帯端末の所持状態を推定できることが望ましい。たとえば、携帯端末の所持状態を推定することで、ユーザが携帯端末を手を持っているときは携帯端末にメール受信などの通知を表示し、携帯端末を手を持っていないときはウェアラブル端末にのみ通知できる。また携帯端末とウェアラブル端末からセンサデータを収集する際に、携帯端末を手を持って使用しているときは両端末が観測するセンサの値は類似するため、いずれかの端末でのみセンシングを行うことで消費電力を削減できると考えられる。そこで、本研究では携帯端末の加速度センサと手首に装着したウェアラブル端末の加速度センサを用いて、携帯端末の所持状態を手中、装着、放置の3つの状態から判定する手法を提案する。携帯端末と手首にウェアラブル端末を装着した5名の被験者による評価実験から、提案手法の有用性を検証した。

TANABE KAZUHIKO<sup>1</sup> HIKARU WATANABE<sup>1</sup> MURAO KAZUYA<sup>1</sup> MOCHIZUKI MASAHIRO<sup>2</sup>  
NISHIO NOBUHIKO<sup>1</sup>

## 1. はじめに

MEMS 技術の発展によるセンサの小型化やバッテリー性能の向上などに伴い、腕輪型や眼鏡型などのさまざまなウェアラブル端末が登場しており、今後の普及が期待されている。また端末に搭載されたセンサを用いて、ユーザの行動や、ユーザがおかれている環境といったコンテキストを認識し、ユーザのコンテキストに応じて適切なサービスを提供するシステムの研究が行われている [1], [2], [3]。例として、山崎らは温度センサ、脈拍センサ、ウエストセンサを用いてユーザの体温や脈拍、ウエスト周囲径の取得や情報共有を行うシステムを提案している [3]。

スマートウォッチをはじめとする、手首に装着するウェアラブル端末は携帯端末と連携したサービスを提供してい

る。たとえば、携帯端末に届いたメッセージの情報をウェアラブル端末に通知することにより、携帯電話を取り出すことなく、ウェアラブル端末で通知を確認できるものや、ウェアラブル端末で収集したセンシングデータを携帯端末を通じてサーバに送信し、ユーザの健康管理に役立てるものが挙げられる。

しかしながら、ウェアラブル端末を装着しながら携帯端末を手を持っている場合、両方の端末に同じ内容の通知を表示することは冗長かつユーザの混乱を招く。そのため、ウェアラブル端末と携帯端末を同時に装着している際は、ユーザが携帯端末を操作している場合は携帯端末に、操作していない場合はウェアラブル端末にのみ通知を送信することが望ましい。

ユーザが携帯端末を所持しているかを判定するためには、携帯端末の所持状態を推定する必要がある。ユーザが携帯端末を手を持っている場合は、携帯端末で通知を確認すればよいが、ユーザが携帯端末をポケットや鞆などに入れている場合や、携帯端末を特定の場所に置いている場合は、ウェアラブル端末に通知を行うことで携帯端末を取り

<sup>1</sup> 立命館大学 情報理工学部  
College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

<sup>2</sup> 立命館大学 総合科学技術研究機構  
Research Organization of Science and Technology, Ritsumeikan University

出さずに通知を確認することが可能である。また、携帯端末やウェアラブル端末を用いてセンシングを行う際、携帯端末の所持状態を用いていずれかの端末でセンシングを行い、他方の端末でセンシングを停止することで消費電力の削減が可能である。たとえば、加速度センサを用いてユーザの手の動きを観測する際、携帯端末を手に持っている場合は携帯端末でセンシングを行い、手に持っていない場合はウェアラブル端末でセンシングを行うことがあげられる。上記の理由から、携帯端末とウェアラブル端末を同時に利用する際、携帯端末の所持状態を推定することで冗長な通知やセンシングを省くことが可能である。

携帯端末の所持状態を判定する手法として、携帯端末の持ち方を判定する研究や、携帯端末の装着位置を判定する研究がある。しかし、これらの研究では携帯端末を手に持っている状態や、衣服のポケットに装着されている状態など、携帯端末が特定の所持状態であることを前提としているため、所持状態が変化することを考慮できていない。携帯端末の所持状態はユーザが端末を操作している時や、机に放置している場合など、所持状態が変化することが考えられるため、特定の所持状態を前提とした手法のみを用いて携帯端末の所持状態を常に判定することは困難である。

そこで本研究では、携帯端末の所持状態を変化させる手の加速度である、ウェアラブル端末の加速度と、携帯端末の加速度の関係性に着目することで携帯端末の所持状態の推定を行う。本研究では携帯端末の所持状態を「携帯端末を手に持っている（手中）」「携帯端末をポケットや鞆などに入れている（装着）」「携帯端末を特定の場所に置いており、ユーザの手元から離れている（放置）」の3つの状態から推定する手法を提案する。携帯端末に内蔵されている加速度センサだけで携帯端末の所持状態を判定するためには、衣服の形状や携帯端末の持ち方、ユーザの姿勢や行動などの状況を考慮する必要がある。これらの状況はユーザによって変化するため、所持状態の判定は困難である。そのため提案手法では、携帯端末に内蔵されている加速度センサと、ユーザが手首に装着したウェアラブル端末に内蔵されている加速度センサを用いて携帯端末の所持状態の判定を行う。

本論文は、全5節で構成される。第2節では、関連研究とそれら問題点について述べる。第3節では、提案手法である所持状態判定手法について述べる。第4節では、提案手法の評価について述べる。最後に第5節では、本論文のまとめと今後の課題について述べる。

## 2. 関連研究

本節では携帯端末の所持位置や格納場所を判定する研究について述べる。

進藤ら [4] は Microsoft 社の Kinect [5] とユーザが所持する加速度センサと角速度センサを用いた、携帯端末の所

持位置を判定する手法を提案している。この研究では、センサを所持しているユーザが Kinect の視野内で運動している際に、左手、右手、左腰、右腰の4箇所を候補として携帯端末の所持部位と向きの推定を行っている。Kinect に固定された座標系から見たセンサの位置と並進加速度を状態変数とし、加速度センサ及び角速度センサのデータを入力とし、Kinect により得られる関節点の並進加速度を観測としたパーティクルフィルタによる状態推定を各関節について行うことで、角速度センサの所持位置を判定している。

金ら [6] は携帯端末に内蔵された加速度センサを用いて携帯端末の格納動作を認識し、携帯端末の格納場所を判定する手法を提案している。この研究では携帯端末を格納する際の加速度波形から特徴量を算出し、多層パーセプトロンにより構築した分類器を用いて、格納場所の判定を行っている。端末の格納場所としてズボンの前ポケット、ズボンの後ろポケット、胸ポケット、ジャケットのポケット、首に下げている、手の6箇所を定義しており、これらの格納場所を平均73.2%の正解率で判定している、しかし、この研究では格納動作の前後3秒間に他の動作がないことを前提として、格納場所の判定を行っており、実用的ではない。

本研究ではユーザが意図的に何かの動作を行うことなく、携帯端末及びウェアラブル端末に搭載されているセンサのみを用いて、リアルタイムに携帯端末の所持状態を判定する手法を提案する。

## 3. 提案手法

本節では、携帯端末に内蔵されている加速度センサと、手首に装着しているウェアラブル端末に内蔵されている加速度センサを用いて、携帯端末の所持状態を判定する手法を述べる。

### 3.1 想定環境

本論文では、ウェアラブル端末は携帯端末を持つ側の手に装着することを想定する。具体的には、携帯端末を右手でポケットから取り出すユーザは右手首に加速度センサを装着した。実際には、ウェアラブル端末を装着していない手で携帯端末を取り出す場合や、両方の手にウェアラブル端末を装着している場合が考えられるが、これらの場合における所持状態の判定手法は今後の課題とする。

本論文では携帯端末の所持状態として、以下の3つの状態を定義する。これら3つの状態に分類することで、携帯端末の所持状態を網羅できると考えている。

#### 放置

携帯端末を机などに置いており手元から離れている状態

#### 手中

携帯端末をウェアラブル端末を装着した手に持っている状態

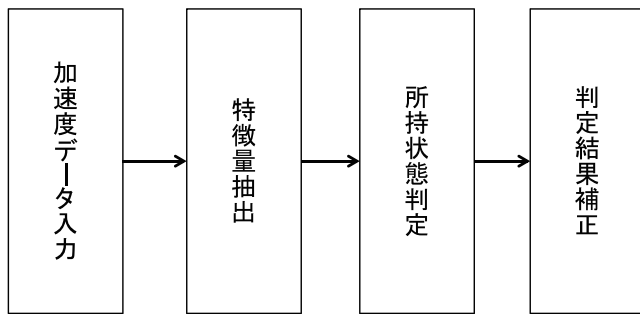


図 1 所持状態判定手法の流れ

### 装着

携帯端末をポケットや鞆に入れている状態

### 3.2 所持状態判定処理

所持状態判定の処理の流れを図 1 に示す。まず、携帯端末とウェアラブル端末の加速度データを入力し、固定長のウィンドウから特徴量を抽出する。その後、特徴量をもとに所持状態の判定を行う。

### 3.3 加速度データ入力

携帯端末および手首に装着したウェアラブル端末に搭載された 3 軸加速度センサから加速度データを取得する。時刻  $t$  における携帯端末の加速度値を  $x_m(t), y_m(t), z_m(t)$ 、ウェアラブル端末の加速度値を  $x_w(t), y_w(t), z_w(t)$  とし、式 1、式 2 に従い 3 軸合成加速度値  $a_m(t)$  と  $a_w(t)$  をそれぞれ求める。

$$a_m(t) = \sqrt{x_m(t)^2 + y_m(t)^2 + z_m(t)^2} \quad (1)$$

$$a_w(t) = \sqrt{x_w(t)^2 + y_w(t)^2 + z_w(t)^2} \quad (2)$$

### 3.4 特徴量抽出

次に、ウィンドウサイズ  $N$  のウィンドウを用いて次式に従い、携帯端末の加速度の分散値  $u_m(t)$ 、ウェアラブル端末の加速度の分散値  $u_w(t)$ 、携帯端末とウェアラブル端末の加速度の相関係数  $r(t)$ 、および携帯端末とウェアラブル端末の加速度のユークリッド距離  $d(t)$  を得る。

$$u_m(t) = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\bar{m}(t) - m(t))^2 \quad (3)$$

$$u_w(t) = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\bar{w}(t) - w(t))^2 \quad (4)$$

$$r(t) = \frac{\sum_{i=1}^N (m(t) - \bar{m}(t))(w(t) - \bar{w}(t))}{\sqrt{\{\sum_{i=1}^N (m(t) - \bar{m}(t))^2\} \{\sum_{i=1}^N (w(t) - \bar{w}(t))^2\}}} \quad (5)$$

$$d(t) = \sqrt{\sum_{i=1}^N (m(t) - w(t))^2} \quad (6)$$

携帯端末とウェアラブル端末の加速度からユークリッド距離を算出した場合、値が小さいほど 2 つの加速度の波形は類似することを示す。

### 3.5 所持状態判定

携帯端末の所持状態によって、携帯端末およびウェアラブル端末の動作が異なると考えられる。本研究では、携帯端末の所持状態を「放置」、「手中」、「装着」の 3 種類から判定する。

放置状態では携帯端末が静止しており、手中状態では携帯端末とウェアラブル端末が同時に静止あるいは動作していると考えられる。また、装着状態では携帯端末とウェアラブル端末の動作は互いに独立であり制限されないと考えられる。携帯端末とウェアラブル端末の動きの有無と、所持状態の関係をまとめたものを表 1 に示す。この関係性を用いて、携帯端末およびウェアラブル端末の状態から携帯端末の所持状態の候補を絞ることで、所持状態の誤判定を低減できると考える。

所持状態の判定器の処理の流れは以下に示す 4 つの段階から成る。

- (1) 携帯端末およびウェアラブル端末の動作判定
- (2) ウィンドウごとの所持状態判定
- (3) 携帯端末静止中における判定結果の補正
- (4) 多数決による所持状態の決定

これらの各処理について説明する。

表 1 携帯端末およびウェアラブル端末の動作と所持状態（放置，手中，装着）の関係

動作状態		所持状態		
携帯端末	ウェアラブル端末（手首）	放置	手中	装着
静止中	静止中	○	○	○
静止中	動作中	○	×	○
動作中	静止中	×	×	○
動作中	動作中	×	○	○

(○：所持状態として可能性あり，×：所持状態として可能性なし)

#### 3.5.1 携帯端末およびウェアラブル端末の動作判定

静止中であれば加速度データの変動は小さく、動作中であれば変動が大きいため、静止中か動作中の判定には各端末の 3 軸加速度センサの 3 軸合成加速度値の分散値を用いる。分散値が閾値以上ならば動作中、閾値未満ならば静止中とする。閾値は予備実験より 0.015 とした。

### 3.5.2 所持状態判定

携帯端末およびウェアラブル端末の動きの有無によって判定方法を変化させる。

携帯端末及びウェアラブル端末の動作状態から携帯端末の所持状態を判定する。表 1 に示したように、各端末の動作状態によって携帯端末の所持状態が異なる。4 種類ある各端末の動作の組合せごとに、所持状態の判別方法を述べる。

#### 携帯端末が動作中かつウェアラブル端末が動作中

この動作状態のときは、所持状態として装着状態と手中状態が考えられる。装着状態と手中状態の判定について、携帯端末を手を持って行動をしている場合、携帯端末とウェアラブル端末の加速度の波形は類似していると考えられ、携帯端末をポケットに入れている場合は、類似しないと考えられる。そのため、手中状態の判定にはユークリッド距離を用いる。ここで、携帯端末が静止中かつウェアラブル端末が静止中において装着状態と手中状態を判定する際には相関係数を用いた。ユークリッド距離による判定では加速度センサの波形が類似しなければ距離が短くならないため、相関係数が高いことよりも条件が厳しい。しかし、静止時は加速度センサの波形が微小にしか振動しないため、ユークリッド距離が常に小さくなってしまう。そのため、静止時は相関係数を用い、動作時はユークリッド距離を用いることとした。ユークリッド距離が閾値以上なら装着状態、閾値未満なら手中状態とする。閾値は予備実験より 2.5 とした。

#### 携帯端末が静止中かつウェアラブル端末が静止中

この動作状態の時はすべての所持状態の可能性があるため、まず放置状態かそれ以外の状態かの判定を行い、その後、手中状態か装着状態かの判定を行う。

携帯端末を机などに置いている場合は携帯端末に外力が加わらないため、加速度の変化がきわめて小さいと考えられる。対して、携帯端末を手を持っている場合やポケットなどに入れている場合であれば、ユーザが長期間まったく動かないことは考えにくいいため、放置状態と比較して大きな加速度の変動が発生すると考えられる。そのため、放置状態とそれ以外の状態の判定には携帯端末の加速度の分散値を用いる。携帯端末の加速度の分散値が閾値未満であれば放置状態、閾値以上であれば放置状態以外の状態とする。閾値は予備実験より 0.000034 とする。

放置状態でない場合は、装着状態と手中状態の判定を行う。携帯端末を手を持っている場合は、携帯端末とウェアラブル端末の加速度は同じように変動すると考えられる。携帯端末をポケットや鞆に入れている場合は、携帯端末とウェアラブル端末の加速度の変動に関連性はないと考えられる。以上の理由から手中状態であれば、携帯端末とウェアラブル端末の加速度には正の相関があると考えられる。そのため、装着状態と手中状態の判定には携帯端末の加速

度とウェアラブル端末の加速度の相関係数を用いる。

相関係数が閾値以上なら手中状態、閾値未満なら装着状態とする。閾値は予備実験より 0.55 とした。

#### 携帯端末が静止中かつウェアラブル端末が動作中

この動作状態の時は、携帯端末の所持状態として放置状態と装着状態が考えられる。放置状態であれば携帯端末に外力が加わらないため加速度の変動がないが、装着状態の場合は、装着者の動きにより加速度の変動が発生すると考えられる。そのため放置状態か装着状態かの判定には携帯端末の加速度の分散値を用い、閾値は 0.000034 とした。携帯端末の加速度の分散値が閾値以上なら装着状態、閾値未満なら放置状態とする。

#### 携帯端末が動作中かつウェアラブル端末が静止中

携帯端末が動作中かつウェアラブル端末が静止中の例として、携帯端末をポケットに入れて静止している状態で加速度センサを装着している手を動かす場合が考えられる。この場合は装着状態以外の状態は考えられないため、必ず装着状態とする。

### 3.5.3 判定結果補正

ユーザが携帯端末を手を持っているまたは装着しているにもかかわらず体を動かさない場合、加速度変化が微小となり、加速度波形からの所持状態の判定が困難となる。一方、携帯端末の加速度の変動が小さく、静止中と判定されているウィンドウが連続する場合は、所持状態が変化することは考えにくい。そのため、図 2 のように携帯端末の動作状態の系列から、ウィンドウ毎の所持状態判定結果を補正する処理を行う。

この補正は、携帯端末が静止中の間は所持状態が変化しないことを利用した補正方法であり、携帯端末が静止中にもかかわらず所持状態が変化した結果を誤判定として無効とする。具体的には、以下の 3 パターンの補正を適応させる。

1 つ目のパターンの補正では、携帯端末が継続して静止中で所持状態が装着状態であるなら相関係数の閾値を常に下回っているはずであるが、一部のウィンドウの判定結果が手中状態と判定されたなら、携帯端末が継続して静止中の所持状態は手中状態の可能性が高いことを利用する。そのため、携帯端末が静止中で所持状態の判定結果が装着状態のとき、直近の過去 5 ウィンドウすべてが、携帯端末とウェアラブル端末が静止中で所持状態の判定結果が手中状態ならば、補正対象のウィンドウの所持状態を手中状態に置き換える。

2 つ目のパターンの補正では、携帯端末が継続して静止中で所持状態が放置状態であるなら分散値の閾値を常に下回っているはずであるが、一部のウィンドウの判定結果が装着状態と判定されたなら、携帯端末が継続して静止中の所持状態は装着状態の可能性が高いことを利用する。携帯端末が静止中で所持状態の判定結果が放置状態のとき、直

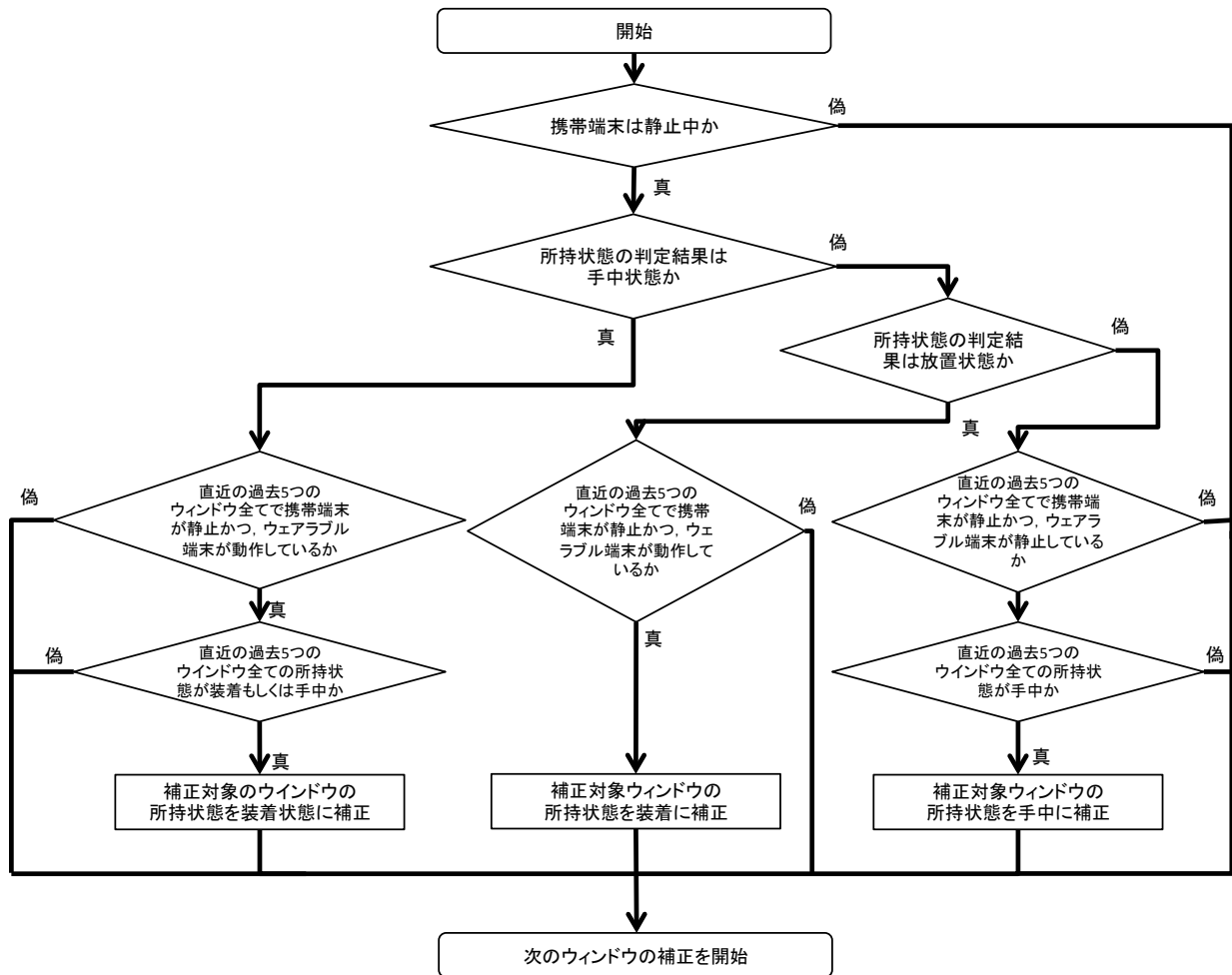


図 2 所持状態判定の補正について

近の過去 5 ウィンドウすべてが携帯端末とウェアラブル端末が静止中で所持状態の判定結果が装着状態ならば、補正対象のウィンドウの所持状態を装着状態に置き換える。

3 つ目のパターンの補正では、携帯端末が静止中で所持状態の判定結果が放置状態または手中状態かつ、直近の過去 5 ウィンドウすべてが携帯端末が静止中かつウェアラブル端末が動作中で、所持状態の判定結果が放置状態以外のとき補正対象のウィンドウの所持状態を装着状態に置き換える。これは、2 つ目のパターンの補正と同様に所持状態は装着状態の可能性が高いためである。携帯端末が静止中かつ、ウェアラブル端末が動作中の場合は、所持状態は放置状態か装着状態のどちらかであり、あるウィンドウの携帯端末が静止中でウェアラブル端末が動作中なら、それ以降のウィンドウの所持状態は放置状態か、装着状態のどちらかである可能性が高いと考えられる。そのため 3 つ目のパターンの補正では、所持状態の判定結果の確認と、過去 5 ウィンドウでの携帯端末やウェアラブル端末の端末の動作の有無の確認を省略する。

所持状態の誤判定を後のウィンドウに置き換えることを防ぐため、動作の有無と所持状態に、変化がないことを確

認する。

#### 4. 評価

本節では提案手法の性能を評価するために行った実験について述べる。

##### 4.1 実験環境

収集した加速度データを PC によりオフラインで処理し、生成したウィンドウ毎に所持状態の判定を行う。手首に無線加速度センサ（ワイヤレステクノロジー社製 WAA-006）を装着し、携帯端末（HTC 製 One X）を保持した 20 代男性 5 人（被験者 A ~ E）から、次の (1) ~ (11) の行動を連続して行ったときの加速度データを収集した。

- (1) 椅子に座って携帯端末を操作
- (2) 携帯端末を机の上に置いて PC 操作
- (3) 立ち上がって携帯端末を手に持って体の側面で所持した状態で静止
- (4) 携帯端末を手に持って手を振りながら歩行
- (5) 立ち止まって携帯端末を操作
- (6) 携帯端末をポケットに入れて静止

表 2 被験者 5 名の実験結果

行動	正解の所持状態	被験者 A	被験者 B	被験者 C	被験者 D	被験者 E	被験者 A~E の平均再現率
1	手中	0.927	1.000	0.847	0.000	0.836	0.725
2	放置	1.000	1.000	1.000	1.000	0.939	0.990
3	手中	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
4	手中	0.652	0.633	0.948	0.894	0.304	0.693
5	手中	0.182	0.031	0.783	0.017	0.648	0.365
6	装着	0.765	0.989	0.993	1.000	1.000	0.952
7	装着	0.998	1.000	0.996	0.992	1.000	0.997
8	手中	0.997	0.854	0.805	0.900	0.943	0.896
9	装着	0.475	1.000	0.189	0.712	0.866	0.656
10	装着	0.929	0.945	0.886	0.663	0.900	0.857
11	放置	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
平均再現率		0.811	0.859	0.859	0.743	0.858	0.830

- (7) 歩行
- (8) 歩行しながら携帯端末をポケットから取り出し携帯端末を操作
- (9) 立ち止まって鞆に携帯端末を入れて静止
- (10) 歩行
- (11) 鞆を置いて椅子に座る

各行動の長さは 30 秒から 50 秒である。なお、6 番の行動では、各被験者が普段携帯端末を入れるポケットに携帯端末を入れてもらい、被験者 A, B はズボン左前ポケット、被験者 C, D はズボン右前ポケット、被験者 E はズボン右後ろポケットに入れた。使用した鞆は、被験者が普段利用している鞆を用いた。またいずれの被験者も利き手は右手である。加速度センサのサンプリング周波数は 50Hz とした。手首の加速度センサは、被験者 A, B は左手首、被験者 C, D, E は右手首に装着した。

#### 4.2 評価結果と考察

被験者 A~E の所持状態判定結果を表 2 に示す。この表は被験者が行った、4.1 節で示した 11 種類の行動に対して出力された再現率を表している。表中の行動の番号は、4.1 節で述べた行動順の番号に対応している。再現率は式 7 で算出できる。

$$\text{再現率} = \frac{\text{所持状態が正しい出力の回数}}{\text{判定結果の出力の回数}} \quad (7)$$

放置状態の判定については、すべての被験者において、放置状態の再現率が高く、手中状態や装着状態を放置状態と誤認識することはほとんどなかった。手中状態の判定については、すべての被験者において、行動 3, 8 の所持状態の再現率は 0.8 を超えているが、行動 1, 4, 5 においては、再現率の低い被験者がいた。装着状態の判定については、すべての被験者において、行動 6, 7 の所持状態の再現率は 0.95 を超えているが、行動 9 において、再現率の低い被験者がおり、行動 10 において、被験者 D の再現率が他

の被験者と比較して低かった。

各行動について詳しく見ていくと、行動 1 の評価結果について、正解は手中状態であるが、被験者 D のみ全ての状態が装着状態と判定された。また、行動 5 の評価結果について、正解は手中状態であるが、すべての被験者において装着状態と誤判定される結果が多く、5 人の被験者の平均再現率は 0.356 と低かった。これらの行動のときの、すべてのウィンドウでの相関係数の最大値は 0.4 程度と低かった。これは、被験者の指の動きが携帯端末の加速度にのみ影響を与えたためであると考えられる。被験者 D の行動 1 のウィンドウの相関係数の推移を図 3 に示す。横軸が時間、縦軸が相関係数を示している。破線が相関係数の閾値、折れ線が相関係数の推移である。図 3 より、携帯端末を手にとって操作しているにもかかわらず相関係数が常に低いことが読み取れる。

行動 4 の評価結果について、被験者 A, B, E の所持状態の再現率が低く、特に、被験者 E の再現率が著しく低く、約 70 % が装着状態と誤判定されていた。行動 4 のときは、携帯端末の加速度の値がウェアラブル端末加速度の値と比較して大きい、携帯端末と手首の加速度センサの位置が異なり、2 つのセンサの角運動量が異なるため、携帯端末の加速度の値が大きくなりユークリッド距離の値が大きくなったため、再現率が低下したと考えられる。

行動 10 の評価結果について、正解は装着状態であるが、被験者 D は手中状態と判定されることが多かった。これは、鞆に入れられた携帯端末の加速度波形の周期と、ウェアラブル端末の加速度波形の周期が一致したためであると考えられる。歩行時にユーザの足に伝わる振動が、鞆に入れられた携帯端末には伝わりにくいため、ウェアラブル端末の加速度波形の周期と一致してしまったと考えられる。

#### 5. まとめ

本研究では、携帯端末に内蔵されている加速度センサとユーザが手首に装着しているウェアラブル端末に内蔵され



図 3 被験者 D の行動 1 における相関係数の推移

ている加速度センサを用いて、携帯端末の 3 つの所持状態（放置・装着・手中）の判定を行う手法を提案した。提案手法は携帯端末を手を持って行動をしているときには、携帯端末と手首の加速度の波形は類似すること、携帯端末がユーザの手元になく、机などに置かれているときは、携帯端末の加速度の変動が皆無であることを利用した。また、ユーザが静止しており、携帯端末の微小の加速度の変動しか取得できない場合は、所持状態が変化しないことを利用し、過去の判定結果を現在の判定結果に置き換える処理を行った。

評価では 20 代男性 5 人から、特定の行動をしたときの加速度データを収集し分析した。その結果、各実験者と各行動における所持状態の平均再現率は約 0.83 であった。放置状態についてはすべての被験者や行動において、高い再現率で判定を行うことができた。しかしながら、手中状態や装着状態においては一部の行動で再現率が低下する場合があった。

手中状態や装着状態の判定において、再現率が低下した要因としては、判定に利用した特徴量が提案手法で想定されていない値となったことが原因であると考えられる。たとえば、携帯端末を操作した際に、携帯端末にのみ加速度が生じたため、特徴量に用いたユークリッド距離の値が大きくなる場合や、鞆に入れられた携帯端末とウェアラブル端末の加速度波形の周期が一致した場合に特徴量に用いた相関関数の値が上昇した場合などがあげられる。これらの行動に関しては判定に用いる特徴量を変更し、再現率を向上させる必要があると考える。

今回はウェアラブル端末を装着した手で携帯端末を取り

出した場合の、携帯端末の所持状態の判定手法を提案した。提案手法では両手にウェアラブル端末を装着した場合や、ウェアラブル端末を装着していない方の手で携帯端末を取りだした場合への対応については、今後検討したいと考えている。

#### 参考文献

- [1] 村尾和哉, クリストフファンラールホーフエン, 寺田努, 西尾章治郎. センサのピーク値を用いた状況認識手法. 情報処理学会論文誌, Vol. 51, No. 3, pp. 1068–1077, mar 2010.
- [2] 村尾和哉, 寺田努. 加速度センサの定常性判定による動作認識手法. 情報処理学会論文誌, Vol. 52, No. 6, pp. 1968–1979, jun 2011.
- [3] 山崎晃, 荒井順平, 小山明夫. コピキタス健康管理システムの実装と評価. 情報処理学会研究報告. マルチメディア通信と分散処理研究会報告, Vol. 2008, No. 54, pp. 45–50, jun 2008.
- [4] 進藤康孝, 鏡慎吾, 橋本浩一. 人物の姿勢情報を用いた加速度・角速度センサの所持位置と向きへの推定. 情報処理学会研究報告. UBI, [コピキタスコンピューティングシステム], Vol. 2013, No. 4, pp. 1–6, may 2013.
- [5] Kinect. <http://www.xbox.com/ja-JP/kinect/> 2015/1/30.
- [6] 金春善, 藤波香織. 格納動作パターンを用いた携帯電話の所有場所判定. 情報処理学会研究報告. UBI, [コピキタスコンピューティングシステム], Vol. 2009, No. 17, pp. 23–30, feb 2009.