

## センサ装着場所を考慮した3軸加速度センサを用いた姿勢推定手法

倉沢 央 川原 圭博 森川 博之 青山 友紀

東京大学 大学院

{kurasawa, kawahara, mori, aoyama}@mlab.t.u-tokyo.ac.jp

我々は、近い将来携帯電話に搭載可能な小型センサを用いてユーザのおかれているコンテキストを推定し、このコンテキストに応じて、ユーザに適切な情報配信を行うコンテキスト情報基盤の構築を目指している。コンテキストウェアサービスを現実のものとするには、常に変化し続けるユーザの状況をいかに推定するかが重要な技術課題となる。本稿では、単一の加速度センサを搭載した携帯電話を一つ身につけるだけでユーザの姿勢、動作の推定を可能にする手法を示す。本手法はリアルタイムの信号情報からセンサがどこに取り付けられているかを自ら判別し、その情報をもとに推定アルゴリズムを動的に切り替えることで推定精度を向上している。

### User Posture and Movement Estimation

### Based on 3-Axis Acceleration Sensor Position on the User's Body

Hisashi KURASAWA Yoshihiro KAWAHARA Hiroyuki MORIKAWA Tomonori AOYAMA

The University of Tokyo

{kurasawa, kawahara, mori, aoyama}@mlab.t.u-tokyo.ac.jp

We are focusing on the development of a context-aware information platform which allows users to receive personalized information based on their context inferred by tiny sensors attached to their cellular phone. A dynamic user context inference method is one of the important technologies for realizing the context aware services. In this paper, we show a new context inference scheme which realizes a user posture inference with only one sensor embedded in a cell phone. To improve inference accuracy, the system automatically detects the sensor position on the user's body and selects the most relevant inference method dynamically.

#### 1. はじめに

ユビキタスネットワーク環境では、実空間に存在するあらゆるものがネットワークによって結びかれ、情報が流通するようになる。このいつでもどこでも何でもつながる世界におけるネットワークサービスには、ユーザの物理的な状況に応じて適切な情報を提供するコンテキストウェアネスという考え方を取り入れることが重要になる。

コンテキストウェアサービスを現実のものとするには、ユーザを取り巻くコンテキストをいかに推定し、記述、流通させるかが重要な技術課題になる。一般的にはユーザコンテキストとは、ユーザ自身のしぐさや、運動状態、感情、そしてユーザを取り巻く状況(通勤中、休憩中、他)などを含む非常に幅広い解釈が可能な言葉として使われることが多い。本稿では、こうしたユーザコンテキストのうち、人のしぐさや姿勢について注目する。人の姿勢やしぐさは人と人との対面コミュニケーションにおいて、相手が置かれている状況や話しかけるタイミング、話題に対する興味の高さを判断する手がかりとして暗黙のうちに重要な役割を果たしている。

われわれはこれまでも、複数の無線センサをユーザの

身体に装着し、ユーザの姿勢や運動状態を知ることでユーザにとって都合の良いタイミングにモバイル端末に情報を提示するシステムの研究を行ってきた[1]。本稿ではこのシステムのうち、複数の加速度センサを体の5ヵ所に装着する従来のコンテキスト推定手法を改め、単一の加速度センサを搭載した携帯電話を一つ身につけるだけで従来と同様の推定を可能にした。また、従来手法よりもさらに正確でバラエティに富んだユーザのコンテキストを推定するため、リアルタイムの信号を見てセンサが身体のどこに取り付けられているかを自ら判別し、その情報をもとに推定アルゴリズムを動的に切り替える手法を取り入れた。

本稿では、第2章において関連研究を紹介し、第3章ではしぐさや姿勢の推定における、筆者らのアプローチを説明する。第4章から第6章では単一の加速度センサから、装着場所やユーザの姿勢、運動状態を認識するコンテキスト推定手法について報告する。第7章では本研究の手法を利用した応用例を挙げる。最後に第8章でまとめと今後の課題を述べる。

## 2. 関連研究

人のしぐさや動作をコンピュータを用いて推定しようとする場合、ビデオカメラなどを環境側に用意し画像処理により推定する方法と、加速度センサをユーザの身体に装着する方法に大別できる。前者はユーザに何も装着する必要がないという点がメリットであり、後者は環境側に特殊な装置を用意する必要がないというのがメリットである。本研究では場所を特定せずモバイル環境での実現を目指すため後者のアプローチを採用する。

以降では、身体の一部の加速度の値の大小から日常生活における動きを推定しようとする研究に関して、使用する加速度センサの数という観点から関連研究を大きく2つにわけ、それぞれのシステム構成、推定項目、目標としているサービスについて紹介する。さらに、どのようなしぐさや動作に着目し、何を推定すべきかについて検討するために、人のしぐさや動作が対人コミュニケーション手段としてどのような役割をもつのか、社会心理学的観点から考察された結果を紹介する。

### 2.1. 複数の加速度センサを用いた関連研究

我々の過去の研究では、無線2軸加速度センサを両手首、両足と腰の合計5箇所にとりつけ、これらの加速度センサから得られた値の静止時との差の絶対値の平均値を求め、この値を基準にして「歩いている」「立っている」「座っている」「走っている」の4つを9割以上の確率で推定している[1]。また、フォトダイオード、紫外線センサ、温度センサ、湿度センサ、アルコールセンサ、モーションセンサの6つのセンサからなるセンサアレイを使用し、屋内外の判定やユーザのまわりの環境情報の取得に利用している。これら動作推定結果と複数のセンサから得た情報、GPSによる位置情報、ユーザの登録した嗜好と目的を利用した、ユーザのコンテキストに応じた広告配信サービスのアプリケーションを提案している[2]。

ETH Zurich のKemらは肩、肘、手首、腰、膝、足首に合計12個の3軸加速度センサを装着し、Bayesian推定を用いて「座っている」「立っている」「歩いている」「階段を上る」「階段を下る」「握手」「黒板への書き込み」「キーボードへのタイピング」を推定している[3]。また、このシステムを利用した、煩わしさの推定に取り組んでいる[4]。

MITのStephenらは両手首、両足首、腿の合計5箇所を2軸加速度センサを装着し、動作推定を試みている[5]。およそ6.7秒分のデータから平均、エネルギー、周波数領域エントロピー、そして相関を求め、C4.5の分類法で推定している。推定する動作は20種類あり、関連研究の中では最も多い。また、個々のユーザで閾値を設定せずに推定できる汎用性を目指しているのが特徴として挙げられる。

### 2.2. 単一の加速度センサを用いた関連研究

単一の加速度センサを用いた研究は、携帯電話型の端末と腕時計型の端末の、大きく2つに分けられる。携帯電話型の研究は加速度センサ以外のセンサも搭載しているものが多い。そして、携帯電話上でのサービスを意識したものが多くという特徴が挙げられる。

Carnegie Mellon大学のSenSayでは、携帯電話に複数のセンサ情報を加えることで、「取り込み中」「活動中」「暇」「ノーマル」の4つの状態に分類して、着信音の音量をサイレントモードにするアプリケーションなどを実装している[6]。ノイズを感知するためのマイク、3軸の加速度センサ、可視光センサ、温度センサから得るデータを利用して

NTT DoCoMoのIsoらは、携帯電話に複数のセンサを搭載したスマートフォンの研究をしている[7]。3軸加速度センサ、3軸ジャイロセンサ、マイク、赤外線センサ、明るさセンサ、温度センサ、圧力センサ、皮膚感知センサ、血圧センサを利用している。ユーザの動作についてのコンテキストは、3軸加速度センサと3軸ジャイロセンサを用いて、「歩く」「走る」「座る」を推定している。

マイクロストーン社の市川らは、腕時計型運動センサを研究している[8]。一軸加速度センサと一軸ジャイロセンサの値の大小、周期性のあるなしから「散歩」「平常歩」「速歩」「急歩」「ジョギング」「ランニング」「座位作業」「立位作業」「軽いスポーツ」「激しいスポーツ」の10種類に運動パターンを識別する。それぞれの動作に応じた係数を用いて消費カロリーを算出する。

### 2.3. 社会心理学によるしぐさや姿勢の解釈

人の行動が非言語コミュニケーションとしてどのように解釈できるか、社会心理学の分野では広く議論されている。話し相手との姿勢一致、前傾、後傾、横傾、体の向き、両手腰当て、体の開放性など、様々な動作の持つ意味に関する報告が存在する。

Peter Bullは、姿勢を用いた聞き手の態度の伝達についてまとめている[9]。興味と退屈についての実験結果から、「体を前に傾ける」「両脚を後ろに引く」という動作が話題についての興味と深く関係しており、「頭を下げる」「一方の手で頭を支える」「体を後ろに傾ける」という動作が退屈な心理状態と関連していることを指摘している。さらに「(人に向けて傾けた)頭を真っ直ぐにする」「一方の手で頭を支える」「腕組み」は不同意と優位に関連し、「体を横に傾ける」と「一方の足をあげる」は同意と優位に関連することを示している。そして、不同意のときは、警戒的で自分の身体への接近を阻止する姿勢を表していて、同意のときは、大きく弛緩した姿勢を表していると解釈している。

Albert Mehrabianは、人のゆったりとした姿勢について、

立っている場合でも座っている場合でも、胴体と四肢の位置の不均衡の度合いを基に計測されると解釈している[10]。座っている場合は、後傾、体をゆったり揺らす、肩を垂らす、横に傾くなどの動作がリラックスしている状態と関連するとしている。

### 3. 簡素で実用的な推定手法へのアプローチ

2.1のような複数の加速度センサを複数身につけるアプローチでは、センサの数を増やすことでそれぞれの計算処理手順を簡略化することができたり、よりバラエティにとんだコンテキストを推定できたりする点がメリットである。しかし、コンテキスト推定のために身につける機材が多くシステムが煩雑になりがちであることからモバイル環境では実用的とは言えない。一方で、2.2のような単一の端末で推定するものは簡素なシステム構成であるが、これまでの手法は、加速度センサの装着方法があらかじめ決められているという点で実用的でない。

本研究では単一の端末で様々な装着場所に対応した推定手法を目標とする。対応すべき装着場所についての議論は、ユーザが常に身につけている端末である携帯電話を参考にした。図1の携帯電話の所持方法についてのアンケートによると、77.6%の人が「鞆の中」「ズボンのポケット」「上着のポケット」のいずれかに携帯電話を入れていることがわかる[11]。このことから、少なくともこれら3箇所において実用的な推定を行える必要があると考えた。また、13.2%の人が装着場所が「その日によって違う」と答えていることから、頻繁な装着場所の変更にも対応する必要があると考えられる。以上のことを踏まえ、センサから出力される信号から、センサが身体のどこに装着されているかを逐次判断し、その結果に対応した推定アルゴリズムを切り替える方法を取り入れることとした。アルゴリズムを動的に変更することの利点として、装着場所の頻繁な変更以外にも、例えば上着ポケットにおいては座る姿勢の推定が困難な反面、体の傾きのような新たな姿勢の推定が可能であることなどが考えられる。

推定項目について、「座る」「立つ」「歩く」「走る」動作はどの関連研究でも共通して取り組まれている。それ以外の推定については、それぞれの実験で大きく異なる。いずれも目的として掲げているアプリケーションを実現するために、足りない情報を他のセンサで補っている。具体的には、[2]では広告配信のタイミングを、[6][7]ではユーザのプレゼンス情報や置かれている環境の煩わしさを考えたシステムになっている。本研究では、しぐさや姿勢を情報としてとらえる目的に限定し、2.3の社会心理学で取り上げられているような会話の際に行う動作やしぐさに注目し、それらの動作の推定を可能にするを旨とする。そしてさらに、実用的な観点から小型で簡素なシステム構成を目指し、3軸加速度センサのみを用いてどこまで推定が可能か検討す

る。

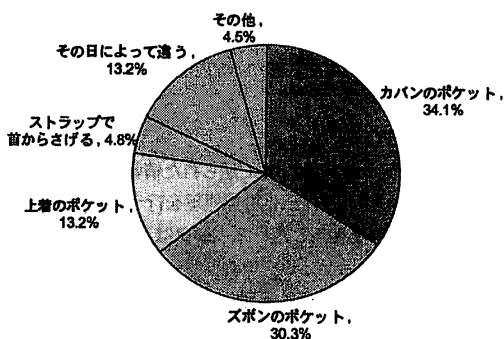


図1 携帯電話装着場所に関する調査結果

## 4. 動作推定のシステム構成

### 4.1. 加速度センサ

本システムではユーザの動きをモニタするためのセンサとして、加速度センサを使用する。本研究の最終目標は、携帯電話のような小型端末にセンサを内蔵し、小型端末単体でコンテキスト推定をすることである。このために小型で軽量である半導体を用いた加速度センサを用いる。加速度センサは、原理の違いによりいくつかの種類があるが、本研究では、感度や精度が高く、今後さらにMEMSによる高性能化が望まれるとの理由から、静電容量型の3軸加速度センサを選択した。具体的にはSTマイクロエレクトロニクス社製の LIS3L02DQ を使用した。測定可能な範囲は±2gで、分解能は12bitとなっている。この加速度センサは、プログラマブル帯域幅設定機能により、不要な周波数領域からの干渉を排除することで分解能を向上し、280Hzから4.48kHzまでの周波数帯域に対して性能を最適化することができる。本研究では必要な周波数領域を考慮して、280Hzで実験を行った。

### 4.2. PAVENET Module

従来手法では、ユーザの体の動きを拘束することを避けるため、無線センサノード MICA mote を使用していた。本研究でも同様に、携帯型端末で加速度を計測し、処理用 PC へ値を無線で送信する形式にした。無線センサノードは、PAVENET Module[12]を使用した。

PAVENET Module は MICROCHIP 社製のマイクロコントローラ PIC18 シリーズを搭載し、C 言語でプログラムを記述することにより、センサやアクチュエータを連係動作させることが可能である。単体では 315MHz の微弱無線で通信することができ、Bluetooth ボードを組み合わせることで Bluetooth 対応の非 PAVENET デバイスとの通信も可能になる。PAVENET 用のセンサボードには、焦電センサ、温

度温度センサ, 加速度センサ, 明るさセンサが用意されている。これらのうち, 本研究では加速度センサ (LIS3L02DQ) のみを使用した。これを携帯電話の模型に搭載し, 実際の携帯電話にかかる加速度変化を計測した。

#### 4.3. 処理用 PC

加速度センサから Bluetooth で送られた情報を, ユーザの処理用 PC でリアルタイムに計算処理を行う。処理用 PC は Sony Vaio U50 を使用した。スペックは, CPU が超低電圧版 Intel Celeron M プロセッサ 900MHz でメインメモリは 256MB である。x 軸, y 軸, z 軸それぞれで最新の 32 個の値をいったんバッファに蓄え, 5 において述べるアルゴリズムに従い解析を行う。ユーザはこれをバッグの中, もしくはベルトで固定して持ち歩く。

#### 4.4. サンプリングレート

加速度を計測するサンプリングレートを考えるうえで, 5 人の被験者に 20 ステップのジョギングをしてもらい, それにかかる時間を計測するという簡単な実験を行った。それによると, 1 ステップは 2.1 から 2.5Hz という結果が得られた。標準化定理を考慮し, ジョギングのコンテキストを検出するためにはおよそ 5Hz 以上のサンプリングレートが必要であるとの目安がわかった。本研究ではこれを踏まえ, 3 軸とも 20Hz で計測することとした。

#### 4.5. 装着方法

3 で述べたように, 一般的な携帯電話の装着場所である「靴の中」「ズボンのポケット」「上着のポケット」で体の動きを取得した。それぞれの装着場所においても, 端末の向きやポケットの構造などを被験者に指定することをせず実験を行った。

以上のシステム構成を図 2 に示す。

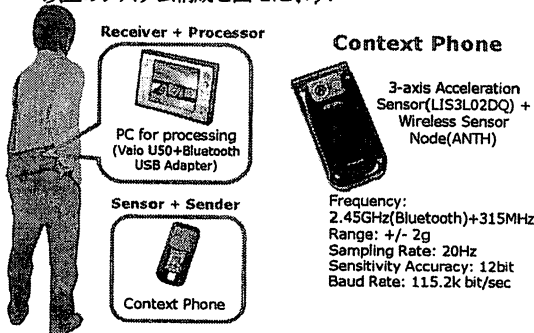


図 2 本研究のシステム構成

### 5. コンテキスト推定アルゴリズム

#### 5.1. 前処理

取得した 3 軸加速度センサのデータから, 最新の 12 個の

分散値, 最新の 4 個の平均値, 最新の 64 個の FFT のパワースペクトルの最大値, 重力加速度のベクトル方向, 端末の傾きの変化を計算する。端末の傾きの変化は, 一定時間前の重力加速度ベクトルと現在の重力加速度ベクトルとの内積から角度を求めた。

#### 5.2. 端末のコンテキスト推定

ここでは, 端末が「靴の中」「ズボンのポケット」「上着のポケット」のいずれの場所に装着しているかを推定する手法について述べる。

端末がいずれの場所にも装着されずに放置されているときは, 重力以外の加速がなく, それぞれの軸で微々たる変化のみが観測された。この変化の幅は極度に小さいので, しばらく分散値がほぼ 0 の状態が続くとき, ユーザは端末を身につけていないと推定できる。

ズボンのポケットに端末が入っているときは, 歩いている動作のとき, 図 3 のように他の場所と比べて端末の傾きの変化が大きいたることが観測された。これは, ズボンに端末が入っているときは, ユーザの腿によって端末が大きく傾くことによると思われる。数回分の端末の傾きをスタックしておき, その最大値が閾値を超えているとき, ズボンのポケットに入っていると推定できる。

人が座る動作をするとき, 自然と前かがみになる。そのときの端末の傾きの変化は, 図 4 のように急激に大きくなりすぐにもとに戻る特徴的な波形が観測される。加速度の平均値の変化が一番大きい軸が前後方向であると推定でき, さらに変化の正負でどちらが正面方向かを推定できる。

以上の結果をふまえ, 以下の手順に従ってセンサ自身がどこに装着されているかを推定する。

- ・ 分散値がしばらくほぼ 0 に近いとき, 身につけていないと推定。
- ・ 歩いている状態のとき, 端末の傾きの変化の幅が大きいと, ズボンの中と推定。
- ・ 座る動作の瞬間, 前かがみになる特徴的な動作を端末の傾きの急激な変化で検知し, その際のそれぞれの軸の平均値の変化から, 端末が上着のポケットにあることと人の正面方向を推定。

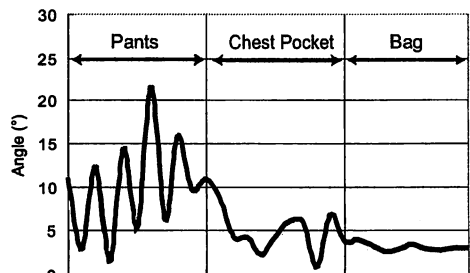


図 3 歩行時の端末の傾きの変化

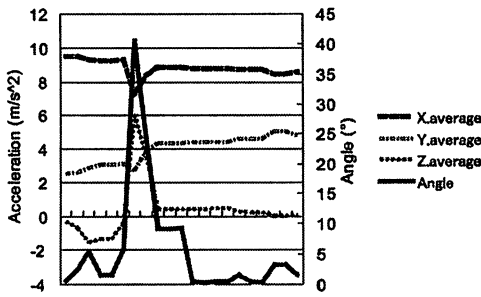


図 4 座る動作の時の端末の傾きと平均値の変化

### 5.3. ユーザコンテキスト推定

ユーザが動いているとき、加速度の変化の幅が動いていないときに比べて大きく観測された。よって、分散値が閾値を超えているとき、ユーザが動いていると推定できる。

ユーザが走っているときは、一定時間ごとに大きな加速度の波形を観測された。走るステップの周波数で加速度が大きく変化しているものと思われる。このことから、FFTのパワースペクトルを調べ、いずれかの周波数成分で閾値を超えたとき、ユーザが走っていると推定できる。また、パワースペクトルの最も大きい周波数の値から、ユーザの走っているリズムを得た。20Hzのサンプリングレートで取得したデータ 64 個で FFT の処理をしているので、0.3125 ~ 10Hz までの走るリズムの取得が可能である。

分散値も同様に走る動作のとき、図 5~図 7 のように歩いているときよりも大きな変化を得られたが、端末を大きく揺らす動作でも分散値が大きく変化してしまうこと、靴の中に入れて走る動作をしたときの分散値は他の装着場所のときよりもさほど大きな変化が見られないことを考慮し、本研究では FFT を採用した。

ズボンのポケットに端末があるときは、座る動作のとき、図 5 のように端末の傾きの変化が大きいたことが観測された。ズボンのポケットにあるときは、端末の傾きの変化から座る動作を推定できる。

体の傾きは、2.3 でまとめたようにユーザの心理状態の符号として用いられやすいため、推定可能であることが望ましい。5.2 から端末が上着のポケットにあると推定されているとき、体の正面方向と端末の向きが推定できている状態であるので、軸ごとの平均値の変化から、体の前傾、後傾、横傾を推定できる。

以上の結果をふまえ、ユーザの姿勢を以下の手順で推定する。

- 分散値の大小から、動作のあるなしを推定。
- FFT のパワースペクトルの最大値と周波数の値から、歩いているか走っているかを推定し、さらに走るリズムを推定。
- ズボンのポケットにあるとき、端末の傾きの大きな

変化から座る動作を推定。

- 上着のポケットにあるとき、正面方向と平均値の変化から体の前傾・後傾・横傾を推定。

以上をまとめると図 8 のフローようになる。

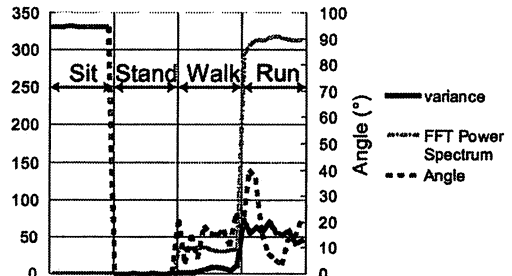


図 5 ズボンのポケットの時の値の変化

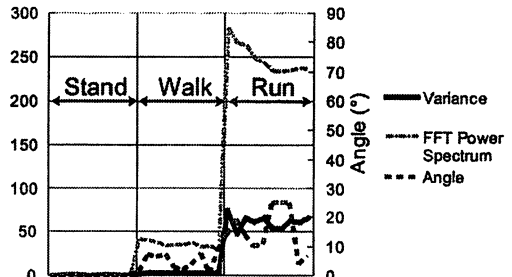


図 6 胸ポケットの時の値の変化

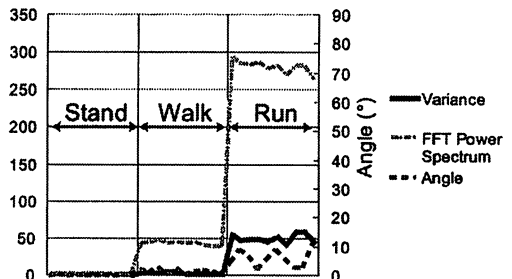


図 7 バッグの中の時の値の変化

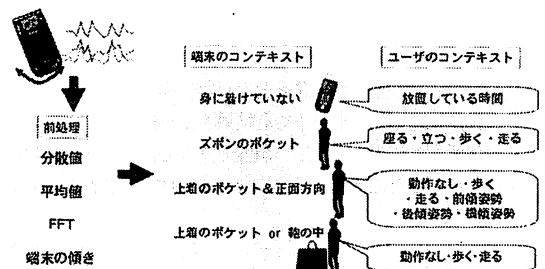


図 8 推定のフロー

## 6. コンテキスト推定精度の評価

### 6.1. 閾値の設定

3人の被験者に対して、端末をズボンの中に入れて「座る」「立つ」「歩く」「走る」、端末を上着のポケットに入れて「立つ」「歩く」「走る」「立つ→座る動作」「前傾」「後傾」「横に傾いてリラックス体勢」、端末をバッグの中に入れて「立つ」「歩く」「走る」動作をしてもらうことで、推定に必要なパラメータの閾値に関して個人差がどの程度あるのか実験を行った。

その結果、ズボンに装着した時の歩行時の端末の傾きは、ズボンのポケットの形状の影響を受け個人差が見られた。しかしながら推定の閾値の決定に影響を与えるほどのばらつきではなく、適切な値を設定することでユーザに共通の閾値を使うことができるという結論を得た。

表 1 推定に用いるパラメータとその閾値

閾値の種類	閾値
歩行時の端末の傾き16sampleのMax	16°
座るときの傾き	55°
上着のとき座る動作の傾きの変化	30°
前傾・後傾・横傾における軸の平均値の変化	1.8m/s <sup>2</sup>
分散値	0.6
FFTのパワースペクトルの最大値	120

### 6.2. 動作の認識の精度

6.1の閾値を使い、それぞれの装着場所における動作の認識について精度を評価した。4人の被験者に対して、座る(ズボンのときのみ)、立つ、歩く、走る動作を20秒ずつおよそ10分間繰り返すことを、ズボンのポケット、上着のポケット、鞆の中の3箇所それぞれ行った。被験者は、20代男性3人、50代男性1人である。実験前に被験者が脚に異常を感じていたり、怪我をしていないことを確認した。実験は自由に動き回れるように十分な広い空間で行った。ズボンはそれぞれの被験者が普段使っているものを使用し、後ろポケットや横ポケットの選択はユーザの判断に任せた。上着のポケットは、Yシャツを着ていた被験者はそのポケットを、ポケットのついていない服を着ていないユーザはアウターのコートについているポケットを使用した。鞆は、それぞれの被験者が普段使っているハンドバッグ、トートバッグ、リュックサックを使用した。端末のコンテキストと動作推定の正解率を求めた結果を表2に示す。端末の装着場所と動作の推定を高い精度で実現できた。また、個々のユーザごとに閾値を設定しなくても推定できることが示された。

表 2 端末のコンテキストと動作の推定精度

	sitting	standing	walking	running	端末Context
ズボン	100%(6/6/7/6)	100%(6/6/6/6)	97.5%(6/6/6/6)	96.7%(6/6/6/6)	98.3%(26/27/27/27)
鞆	99.7%(7/7/7/7)	99.7%(7/7/7/7)	99.5%(7/7/7/7)	99.7%(7/7/7/7)	99.7%(21/21/21/21)
胸ポケット	99.7%(7/7/7/7)	99.5%(7/7/7/7)	99.5%(7/7/7/7)	97.4%(7/7/7/7)	97.4%(21/21/21/21)

### 6.3. 上着のポケットのときの正面方向推定の精度

6.2と同じ4人の被験者に対して、上着のポケットに端末を入れた状態で、上着のポケットだと認識するまで、座る動作を繰り返し行った。認識した際は、前傾、後傾、横傾の姿勢を行い、端末が被験者の体の向きを認識しているか確認を行った。その結果を表3に示す。2回ほど座る動作をすることで、胸ポケットだと認識でき、端末の場所に即した推定を行えることがわかった。

表 3 上着のポケットの時の正面方向推定

	userA	userB	userC	userD
推定できるまで座った回数	2	1	1	2
正面方向の推定	正確	正確	正確	正確

### 6.4. 走るリズムの推定の精度

FFTで走るリズムを正確に推定できているか、実験を行った。

相対的な変化をとらえることができているかをまず調べた。図9に走るリズムを意識的に段階的に早くし、その後また段階的に遅くして、その変化を観測した結果を示す。1.8Hzから3.5Hzまで上昇し、その後下降していることが確認できる。これより、走るリズムの相対的な変化を推定できていることがわかる。

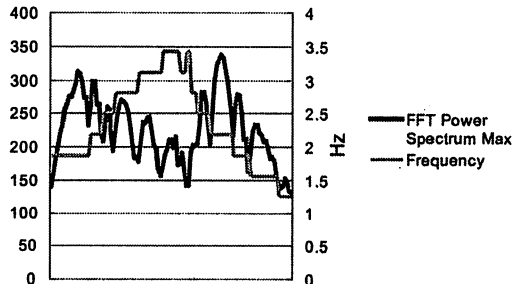


図 9 走るリズムの相対的な変化

次に、一定のテンポで100ステップのジョギングを行い、それに要した時間から計算したステップの周波数(図10)と、得られた加速度の波形にFFTの処理を行い、そのパワースペクトルを最大にする周波数(表4)とを比較した。計算から求めた周波数は2.12Hzなのに対して、加速度の波形からは2.1875Hzの値を得た。サンプリングレートが20HzでFFTを64 samplesで計算しているため、得られる値は0.3125~10Hzの範囲の(0.3125\*n)Hz(nは自然数)の周波数に限定されてしまうが、ある程度正確に得られることがわかった。

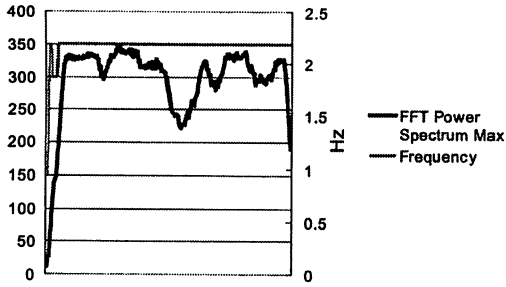


図 10 本研究から得られた走るリズム

表 4 計算から導いた走るリズム

100回のジョグステップにかかった時間(sec)	47.17
1回のステップ時間(sec)	0.47
ステップの周波数(Hz)	2.12

## 7. 本研究の応用例:E-coaching

E-coaching とは、東京大学と NPO WIN (ウェアラブル環境情報ネット推進機構) の共同研究プロジェクトである [13]。E-coaching のウェアには、図 11 のように、UV センサ、心拍計、温度センサ、湿度センサ、加速度センサ、GPS が装着されており、これらのセンサによりユーザとユーザを取り巻く環境の情報をセンシングすることができる。また、ウェアの胸部分にはロータリーエンコーダが装着されており、ユーザの疲労度のフィードバックを走っている最中でも簡単に入力できるようになっている。ウェアに内蔵された小型 PC はウェアから得られる情報をもとに、ペース配分などについて音声で助言する機能を備えている。

この E-coaching システムにおける加速度センサの値の処理に本研究の動作推定アルゴリズムを用いた。分散値や FFT の結果からユーザが走っている状態か否か、ペースが乱れていないかを判断する。装着場所はウェアのどこのポケットにも対応しているため、ユーザが走るときに妨げにならない場所を選択できる。

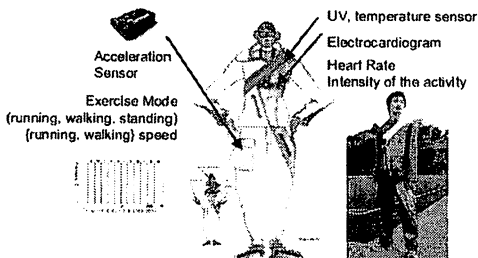


図 11 E-coaching システム

## 8. おわりに

本稿では、単一の加速度センサを搭載した携帯電話を一つ身につけるだけでユーザのしぐさや姿勢を高い精度で推定するコンテキスト推定手法について述べた。本手法は、加速度センサの値から最新の 12 個の分散値、最新の 4 個の平均値、最新の 64 個の FFT のパワースペクトルの最大値、重力加速度のベクトル方向、端末の傾きの変化を求めることで加速度センサの装着場所とユーザの運動状況を推定可能である。装着場所は多くのユーザが携帯電話を格納している「鞆の中」「ズボンのポケット」「上着のポケット」の 3 つに対応している。本コンテキスト推定手法は、装着場所の推定結果を基に動的に変更させ、「鞆の中」のときは「動作なし」「歩いている」「走っている&走るリズム」を、「ズボンの中」のときは「座っている」「立っている」「歩いている」「走っている&走るリズム」を、「上着のポケット」のときは「動作なし」「歩いている」「走っている&走るリズム」「前傾姿勢」「後傾姿勢」「横傾姿勢」を推定可能である。

現在は、今回の評価対象よりも広い範囲での世代、性別、体格を考慮した実用性評価と、本手法によって推定されたユーザのコンテキストを利用したアプリケーションに関して検討を進めている。

## 文 献

- [1] 林 智天, 川原 圭博, 田村 大, 森川 博之, 青山 友紀, "コンテキスト適応型コンテンツ配信サービス CoCo の実装," 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-20-11, September 2004.
- [2] Y. Kawahara, T. Hayashi, H. Tamura, H. Morikawa, and T. Aoyama, "A Context-Aware Content Delivery Service Using Off-the-shelf Sensors," In Proceedings of The Second International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services (Mobisys 2004), (Poster Presentation), Boston, U.S.A., June 2004.
- [3] Nicky Kern, Stavros Antifakos, Bernd Schiele, and Adrian Schwaninger, "A Model for Human Interruptibility: Experimental Evaluation and Automatic Estimation from Wearable Sensors," Proceeding of 8th IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC04), pp.158-165, Arlington, USA, October 2004.
- [4] Nicky Kern, Bernd Schiele, and Albrecht Schmidt, "Recognizing Context for Annotating a Live Life Recording," Personal and Ubiquitous Computing, 2005.
- [5] Stephen S. Intille, Ling Bao, Emmanuel Munguia Tapia, and John Rondoni, "Acquiring In Situ Training Data for Context-Aware Ubiquitous Computing Applications," in Proceedings of CHI 2004. Connect: Conference on Human Factors in Computing Systems. New York, NY: ACM Press, pp. 1-9, New York, USA, 2004.
- [6] Daniel Siewiorek, Asim Smailagic, Junichi Furukawa, Neema Moraveji, Kathryn Reiger, and Jeremy Shaffer, "SenSay: A Context-Aware Mobile Phone," Poster of 7th IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC03), October 2003.

- [7] Toshiki Iso, Norihiro Kawasaki, and Shoji Kurakake, "Personal Context Extractor with Multiple Sensor on a Cell Phone," The 7th IFIP International Conference on Mobile and Wireless Communications Networks, D. 2 C200525, Morocco, September 2005.
- [8] 市川 和豊, 井澤 裕司, 北澤 俊二, 芳川 美代子, 浜 淳, "426 人体の行動識別が可能な腕時計型装置の開発 ," バイオエンジニアリング講演会講演論文集, 2003(15), pp325-326, 2003.
- [9] Peter E., "Posture and Gesture," Pergamon Press, 1987.
- [10] Albert Mehrabian , "Nonverbal communicatio," Chicago : Aldine-Atherton, 1972.
- [11] アイシェア, 意識調査 "携帯電話、忘れて困る。自宅に忘れた経験 9 割 ," [http://blog.ishare1.com/press/archives/2005/11/post\\_19.html](http://blog.ishare1.com/press/archives/2005/11/post_19.html), November 2005.
- [12] S. Saruwatari, T. Kashima, M. Minami, H. Morikawa, and T. Aoyama, "PAVENET: Hardware and Software Framework for Wireless Sensor Networks," Transaction of the Society of Instrument and Control Engineers, vol. E-3, 2005.
- [13] Y. Kawahara, C. Sugimoto, S. Arimitsu, A. Morandini, T. Ito, H. Morikawa, and T. Aoyama, "Context Inference Techniques for a Wearable Exercise Support System," In Proceedings of ACM SIGGRAPH 2005 The 32nd International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (Poster presentation), Los Angeles, USA, July 2005.