

観測対象者の類似性を利用した動作推定のための センサデータ処理手法の一検討

今井 信太郎^{1,a)} 宮本 真梨子¹ 新井 義和¹ 猪股 俊光¹

概要: 加速度センサを用いて観測対象者の動作推定を行うシステムには、サポートベクターマシンをはじめとした機械学習手法を用いるものがある。これらの手法では事前に観測対象者の加速度データを一定程度取得し、動作推定の基準を作成する必要がある。未知の観測対象者に対して即座に推定を行うことは困難である。また、基準作成のために動作を要求することは、観測対象者にとって負担となる。この問題に対し、本論文では、動作推定精度を維持した上での未知の観測対象者に対する速やかな動作推定の実現を目的とした、観測対象者の類似性を利用した動作推定手法を提案する。この手法では、動作の特徴の類似した観測対象者群の推定基準を利用することにより、未知の観測対象者に対しても最初から動作推定を行うことが可能となる。そして、実際に加速度センサを用いて動作推定を行うプロトタイプシステムを作成して実験を行い、提案手法の有効性を示す。

キーワード: センサデータ処理, 動作推定, サポートベクターマシン, ユビキタスシステム

A Sensor Data Processing Method Using Similarity for Human Motion Estimation

SHINTARO IMAI^{1,a)} MARIKO MIYAMOTO¹ YOSHIKAZU ARAI¹ TOSHIMITSU INOMATA¹

Abstract: There are some systems that use machine learning techniques like support vector machine to estimate human motions using acceleration sensors. These systems have to acquire acceleration data to build a model. Therefore, it is difficult to estimate new observed person's motions. Also a new observed person have to carry out motions to build a model. These are a heavy burden for observed person. In this paper, we propose the method for sensor data processing using similarity in feature of motions between observed persons. This method aims at achieving a good balance between maintaining estimation accuracy and provision of prompt motion estimation to the new observed person. In this method, the system can estimate new observed person's motions in the beginning because the system uses the similar observed persons' model. We implement a prototype system to evaluate this method. The system estimates human motions using the acceleration sensor. We perform some initial experiments using this prototype system.

Keywords: Sensor Data Processing, Human motion Estimation, Support Vector Machine, Ubiquitous System

1. はじめに

近年、小型のセンサノードを用いて実空間に存在する人間や物体をリアルタイムに観測し、その結果からコンテキ

ストを抽出することにより、様々なサービスを提供するシステムが提案されている。このようなシステムの例として、センサを用いた見守りサービスが挙げられる。これは、観測対象者が身に付けたセンサから得られた加速度や位置、脈拍などのデータを用いて、見守る側の利用者に観測対象者の行動や所在、健康状態などを通知するものである。特に、高齢者を対象とした見守りサービスなどは、今後の高

¹ 岩手県立大学
Iwate Prefectural University
^{a)} s-imai@iwate-pu.ac.jp

齢化の進展にともない、重要となってくると考えられる。このようなサービスで必要とされるコンテキストのひとつとして、観測対象者の動作がある。観測対象者がどのような動作を行っているかを推定することは、提供するサービスの決定や調整のための重要な情報のひとつとなりえる。本研究では、特に加速度センサを用いた動作推定を対象とする。

このような動作推定に関して、従来から様々な研究が行われている。加速度を用いた動作推定では、推定時点の加速度の値またはその時点までの加速度の変化と基準となる値やパターンを比較することにより推定を行うものが多い。しかしこの場合、基準となる値やパターンをどのように決定するのが問題となる。人間の動作には個人差があるため、あらゆる観測対象者に対して適用可能な基準を定めることは困難である。例えば高齢者の場合、同じ70歳代の高齢者であっても、ランニング等の運動まで問題なく可能である人や、ゆっくりでないと歩くことが困難な人、杖などの補助具を必要とする人、段差を越えることが困難である人など様々な健康状態がある。これらの人々に対し、共通した基準で動作推定を行うことは困難である。これに対し、サポートベクターマシン (SVM: Support vector machine) をはじめとした機械学習手法を用いてこの基準を観測対象者に合わせて調整する手法が提案されている [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8]。しかし、これらの手法では事前に観測対象者の加速度データを一定程度取得し、動作推定の基準を作成する必要があるが、未知の観測対象者に対して即座に推定を行うことは困難である。また、この動作推定基準を作成するためには観測対象者に対象となる動作を一定時間行なってもらわなければならないが、これは観測対象者にとって負担となるという問題もある。

以上の背景から、本研究では、動作推定精度を維持した上での未知の観測対象者に対する速やかな動作推定の実現を目的とする。この目的を実現するため、本研究では、観測対象者の類似性を利用した動作推定手法を提案する。この手法では、動作の特徴の類似した観測対象者群の推定基準を取得し、それを利用することにより、未知の観測対象者に対しても最初からある程度の精度で動作推定を行うことが可能となる。また、加速度データが十分蓄積された場合にそのデータを用いて作成した推定基準に移行することにより、従来の手法と変わらない推定精度を実現することが可能となる。

本稿では、2節で対象とする環境、システムに対する機能要件、関連研究および提案手法について述べ、3節では提案手法の設計について述べる。4節では実装したプロトタイプシステムと提案手法の効果を検証するための実験について述べる。最後に5節でまとめを述べる。

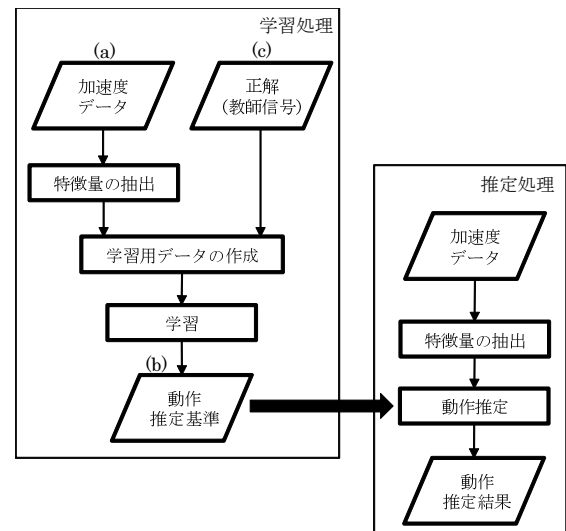


図 1 SVM を用いた動作推定における処理過程

Fig. 1 Processing flow of motion estimation using SVM

2. 観測対象者の類似性を利用した動作推定手法

2.1 対象とする環境

本研究では、機械学習手法のひとつである SVM を用いて、加速度センサを装着した観測対象者の動作を推定する環境を対象とする。そして、その中でも特に未知の観測対象者に対する動作推定を対象とする。

図 1 に SVM を用いた動作推定における処理過程を示す。SVM では、観測対象者の加速度データと動作の正解を入力として動作推定基準を作成し、それを用いて動作推定を行う。しかし、本研究では前述のように未知の観測対象者を対象とするため、観測対象者の加速度データ (図中 (a)) が存在しない。そのため動作推定の基準 (b) が作成できない状態である。

2.2 機能要件

本研究の目的である動作推定精度を維持した上での未知の観測対象者に対する速やかな動作推定の実現にとって必要な機能要件として、以下の 3 項目を挙げる。

(R1) 判断基準構築のための負荷の低減:

1 節で述べたように、機械学習により適切な基準を導出するためには、事前に動作推定の対象とする全ての動作に対して観測対象者の加速度データを一定程度取得する必要がある。このため、適切なサービスを提供できるようになるまで時間がかかってしまう。サービスの開始前に観測対象者に全ての動作を一定以上の時間行なってもらってこの問題を解決することは可能であるが、この方法は観測対象者にとっては大きな負担となる。なお、判断基準構築のための負荷の低減という観点では、学習データ作成時に正解 (図 1 中の (c)) を与える場合の負荷軽減も考えられるが、本研究では対象とはしない。

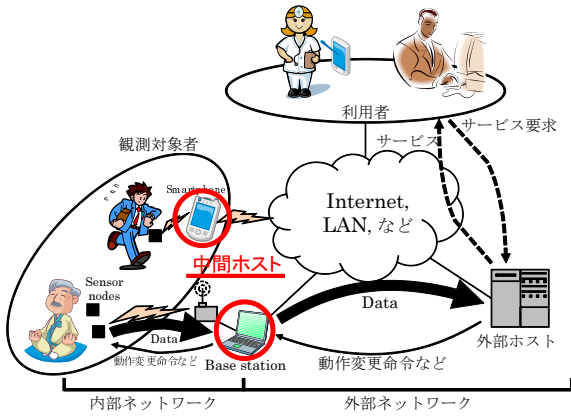


図 2 中間ホストを用いたセンサデータ処理手法の概要 [9]

Fig. 2 Overview of the method using the neighborhood host

(R2) 動作推定の正解率の維持：

判断基準を構築される負荷の低減が実現された場合でも、それによって動作推定の正解率が低下してしまえば、サービスの提供に支障をきたすことになる。動作推定の正解率は、従来と同程度を維持することが必要である。

(R3) ネットワーク負荷の低減：

機械学習の手法を用いる場合、判断基準を構築するために多くの加速度データが必要となる。しかし、必要となる加速度データを全て送信した場合、ネットワークに大きな負荷を与えることになる。このため、ネットワークに送信するデータ量を削減することが必要である。

2.3 中間ホストを用いたセンサデータ解析・処理

筆者らの研究グループでは、2.2 節で述べた機能要件である (R3) ネットワーク負荷の低減に関して、センサノードの近傍に存在するホスト (中間ホスト) においてセンサデータを処理する仕組みを提案している [9]。本研究においても、機能要件 (R3) を実現するため、中間ホストにおいてセンサデータを解析・処理する。以下で、中間ホストを用いたセンサデータ解析・処理の概要について述べる。

2.3.1 想定するネットワーク環境

中間ホストを用いたセンサデータ解析・処理では、ネットワークを内部ネットワークと外部ネットワークに区別する。内部ネットワークは、センサデータやセンサノードへの設定変更指示などのようなセンサシステムに関係した通信以外を考慮する必要のないネットワークであり、具体的には、センサノード間やセンサノードと基地局間のネットワークである。センサノードから基地局までは、数ホップ程度でデータが到達する環境を想定する。外部ネットワークは、センサノードから見て基地局から先のネットワークであり、具体的には、インターネットや一般的な LAN などである。ホストコンピュータは外部ネットワークに存在する。このホストを外部ホストと呼ぶ。

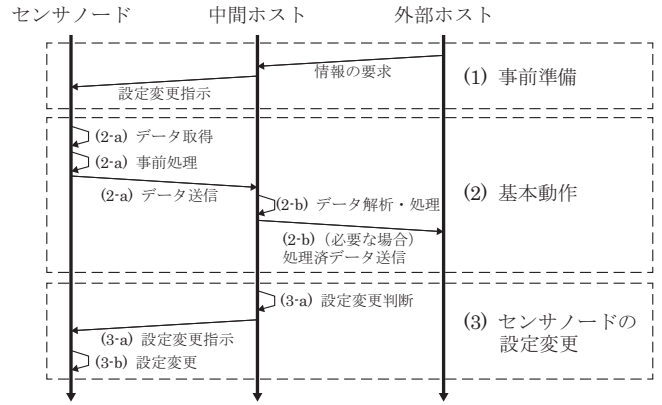


図 3 中間ホストを用いたセンサデータ処理手法の動作の流れ [9]

Fig. 3 Processing flow of the method using the neighborhood host

2.3.2 中間ホストを用いたセンサデータ処理手法

中間ホストを用いたセンサデータ処理手法の概要を図 2 に示す。中間ホストによるセンサデータ処理では、センサノードから送られてくるデータは中間ホストに集められ、利用者に提供するサービスに必要な解析・処理が行われる。

また、中間ホストを用いたセンサデータ処理手法の動作の流れを図 3 に示す。

中間ホストによるセンサデータ解析・処理は、基本動作とセンサノードの設定変更の 2 種類からなる。基本動作では、中間ホストはセンサノードから所定の間隔で送信されてくるデータを受信し、外部ホストからの要求に基づくデータ解析・処理と外部ホストへのデータ送信を行う。センサノードの設定変更では、中間ホストはセンサデータの解析結果があらかじめ決められている条件を満たした場合に、センサノードの設定変更を指示する。

2.4 関連研究

1 節で述べたように、加速度センサを用いて観測対象者の動作推定を行うシステムにおいては、個人ごとに異なる動作の特徴に対応するために、SVM を用いた研究が行われている [1], [2], [3], [4], [5]。例えば、最小自乗サポートベクトルマシン (Least Square-Support Vector Machines) を用いた研究 [1] では、観測対象者の加速度データから作成した推定基準を用いて 8 種類の動作を推定している。

しかし、これらの手法では、いずれもサービス開始前に観測対象者の加速度データから動作推定の基準を作成する必要がある。すなわち、必要な加速度データを取得できるまでサービスの提供を行うことができない、または、サービス提供前に利用者に加速度データ取得のための動作を行なってもらう必要がある。

また、SVM を用いるもの以外にも機械学習手法を用いる研究として、ニューラルネットを用いた研究 [6]、ベイズ分類を用いた研究 [7]、 k 近傍法を用いた研究 [8] などがある。しかし、これらの手法でもサービス開始前に学習が必

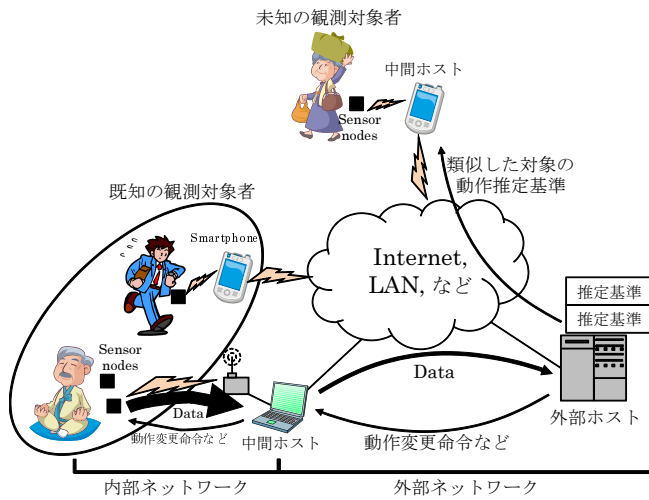


図 4 提案手法の概要

Fig. 4 Overview of proposed method

要点は同様である。

学習手法を用いて観測対象者の動作を推定する研究としては、カメラから取得した画像を用いるものも行われている [10], [11]. これらの研究では、学習処理は主に観測対象者の身体の部分の個人差を吸収し、正確に姿勢を認識する目的で使用されている。本研究が対象としているセンサを用いる動作推定と比較した場合、直接観測対象者の動作を認識することができるため推定の精度が高くなりやすい利点があると考えられる。しかし、カメラ1台では撮影できる範囲が限られるため広範囲で動作推定を行う場合には多数のカメラが必要となることや、カメラは観測対象者にとって心理的な抵抗が大きいためといった欠点も存在する。

2.5 提案手法

2.2節で挙げた機能要件 (R1) 判断基準構築のための負荷の低減と (R2) 動作推定の正解率の維持を満たすため、本研究では、観測対象の類似性を利用した動作推定手法を提案する。提案手法の概要を図4に示す。図では外部ホストは単一となっているが、これは必ずしも単一である必要はない。

観測対象の類似性を利用した動作推定手法では、未知の観測対象者の動作推定を行う場合、外部ホストに格納されている未知の観測対象者と類似した既知の観測対象者群の動作推定基準を用いる。これにより、最初から動作推定を行うことが可能となるため、すみやかにサービスを提供することが可能となる。また、サービス提供前に観測対象者から加速度データを取得する必要もなくなるため、負荷の低減が可能となる。

また、提案手法では、未知の観測対象者から得た加速度データに対して類似した観測対象者群の基準を用いて動作推定を行いつつ加速度データを蓄積する。そして、推定基準の作成に十分な加速度データが蓄積された段階で、そ

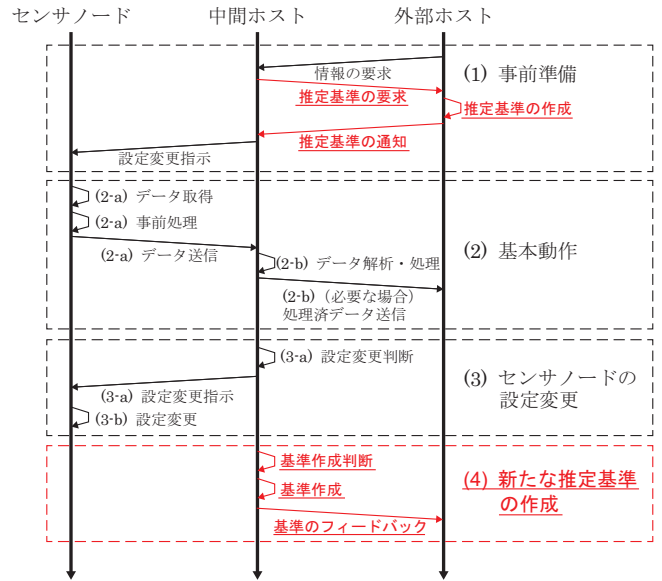


図 5 提案手法の動作の流れ

Fig. 5 Processing flow of the proposed method

の観測対象のための新たな推定基準を作成する。これにより、一定の時間が経過すれば動作推定の正解率は従来の手法と同等となる。さらに、この新たな推定基準を外部ホストに対してフィードバックすることにより、その後に見れる未知の観測対象者の推定基準作成に活用する。

3. 設計

3.1 概要

観測対象の類似性を利用した動作推定手法は、類似した観測対象者群の基準の取得、新たな動作推定基準の作成、新たな動作推定基準のフィードバックの3種類の動作からなる。本提案手法は2.3.2節で述べた、中間ホストを用いたセンサデータ処理手法と合わせて実現される。このため、3種類の動作は図3の処理の流れの中に組み込まれる。

3.2 システムの動作設計

3.1節の概要に基づき、システムの動作設計について述べる。提案手法の処理の流れを図5に示す。

類似した観測対象者群の基準の取得：

この動作は、図5の(1)事前準備に組み込まれる。未知の観測対象者の動作推定が必要となった場合、中間ホストは、その対象者の属性情報や、動作に関して何らかの情報取得できる場合にはその情報を外部ホストに送信する。この属性情報としては、観測対象者の年齢や性別、健康状態といった情報が考えられる。また、取得できる情報としては、加速度データや位置情報、動画などを用いた動作の特徴に関する情報などが考えられる。これを受信した外部ホストは、自身の持つ既知の観測対象者と未知の観測対象者の類似性を判断し、類似した観測対象者群を決定する。そして、この群の動作推定基準や加速度データを用いて未知の観測

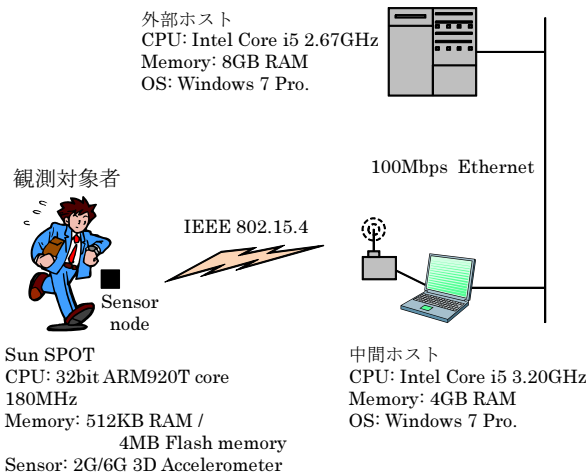


図 6 実験環境

Fig. 6 Experimental environment

対象者の動作推定基準を作成する。外部ホストは、この推定基準を中間ホストに通知する。

新たな動作推定基準の作成：

この動作は、図5の(4)に該当する。中間ホストは、与えられた類似した観測対象者群の基準を用いて動作推定を行いつつ、取得した未知の観測対象者の加速度データを蓄積する。この加速度データが基準の作成に必要なだけ蓄積されると、中間ホストはその観測対象者の推定基準を作成する。この動作には、加速度データを蓄積するための記憶容量と基準の作成処理を行うための計算資源が必要となるが、中間ホストはある程度の性能を有している想定であるため、問題はないと考えられる。中間ホストの性能が不十分である場合は、外部ホストと連携しての処理も考えられる。

新たな動作推定基準のフィードバック：

この動作は、図5の(4)に該当する。ただし、図中では新たな動作推定基準の作成と連続した動作となっているが、必ずしもその必要はない。中間ホストは、作成した未知の観測対象者の動作推定基準および属性情報を外部ホストに送信する。必要であれば、加速度データそのものの送信も考えられる。外部ホストは、動作推定基準や加速度データと属性情報の組を蓄積する。

4. 実験

4.1 実験環境

本研究の提案手法である、観測対象の類似性を利用した動作推定手法の評価を行うため、プロトタイプを作成し、それを用いた実験を行う。実験環境を図6に示す。センサノードとしては、Sun SPOT[12]を用いた。本実験では、観測対象者の腰部にSun SPOTを同一の向きで固定した状態で実験を行った。Sun SPOTは、一定間隔毎に自身に組み込まれた3軸加速度センサの値を取得する。また、センサノードと中間ホスト間の通信は、IEEE 802.15.4に準拠

した形式で行われ、1ホップで接続される。本実験では、3軸加速度センサの値の取得間隔をセンサノードの設定項目とした。中間ホストと外部ホストは一般的なPCであり、それぞれ100MbpsのイーサネットでLANに接続されている。また、センサノード、中間ホスト、外部ホストのプログラムは、Java 1.6.0_24とSun SPOT SDK v6.0で実装した。また、SVMを用いて動作推定を行う部分はC言語を用いて実装した。

本実験では、既存研究[1]を参考に、観測対象者の移動に関する動作を推定対象とした。この既存研究では、動作を「停止」、「水平方向への移動」、「水平方向の方向転換」、「垂直方向への移動」の4種類に分類している。これに対し、本実験では見守りサービスなどへの適用も考慮し、「水平方向への移動」と「水平方向の方向転換」を同一種類と考え、「垂直方向への移動」を上方向と下方向の2種類にさらに分類した。この結果、本実験において推定対象とする移動の種類は、「停止」、「水平方向への移動」、「上方向への移動」、「下方向への移動」の4種類となった。そして、それぞれに対応する観測対象者の動作を「静止」、「歩行」、「階段上り」、「階段下り」の4種類とした。中間ホストは、2.5節で述べた提案手法により観測対象者の動作を推定し、その結果を外部ホストに送信する。本プロトタイプシステムでは、静止状態に関しては、他の動作と別に推定する。本システムでは、3軸それぞれの加速度の値の絶対値の平均が3回の連続するサンプリングにおいて0.155[g]未満であった場合に、観測対象者が静止状態にあると推定する。静止状態と推定しなかった場合、中間ホストにおいてSVMを用いて動作推定を行う。本プロトタイプシステムでは、SVM multiclass[13]を用い、特徴として、3軸それぞれの加速度の過去32回分のサンプリング値の平均値、分散値、Energy値[3],[4],[5]を用いた。加速度データ数が32に満たない場合には「行動開始」状態にあるものとした。Energyは加速度データの各周波数成分を離散フーリエ変換で求め、それらの絶対値を二乗した和を用いて表される値である。加速度の周波数成分を F_i 、データ数を n とした場合、Energyは以下の式で表される。

$$E_{\text{Energy}} = \frac{1}{m} \sum_{i=2}^m |F_i|^2 \quad \left(m = \frac{n}{2} - 1 \right)$$

2.3.2節で述べたように、中間ホストを用いたセンサデータ解析・処理では、動作推定の結果に基づき加速度データの取得間隔を変更する。本プロトタイプシステムでは、階段上り、階段下り、行動開始状態と推定した場合は100ms、歩行状態と推定した場合には200ms、静止状態と推定した場合には5000msで加速度データを取得するものとした。

本実験における観測対象者は、男性6名、女性5名の計11名である。年代別では20代が6名（以降ではそれぞれ観測対象者A, B, C, D, E, Fとする）、50代が1名（同

様に観測対象者 G とする), 70 代が 4 名 (同様に観測対象者 H, I, J, K とする) である. 4 名の 70 代の観測対象者の健康状態には差があり, それぞれ以下の特徴がある.

- 観測対象者 H: 歩行に杖が必要であり, 階段上りと階段下りではできない
- 観測対象者 I: 歩行は問題なくできるが階段上りと階段下りではできない
- 観測対象者 J: 4 種類の動作を非常にゆっくり行う
- 観測対象者 K: 4 種類の動作をゆっくり行う

このため, 観測対象者 H と I からは階段上りと階段下りの加速度データを取得していない.

4.2 実験

実験では, 2.2 節で述べた機能要件のひとつである (R1) 判断基準構築のための負荷の低減と (R2) 動作推定の正解率の維持の観点から, 提案手法の導入による効果を検証するため, 新たな観測対象者に対して, 類似した観測対象者群から作成した動作推定基準を用いた場合と, 全ての観測対象者から作成した動作推定基準を用いた場合の推定の正解率を比較した.

実験の手順を以下に示す. まず, 類似した観測対象者群を, 年齢と筆者らの目視による歩行する際の脚の上げ方の違いから, 観測対象者 A,B,C,D,E,F の 6 名のグループとそれ以外の 5 名のグループの 2 グループに分割した. 本実験では, このグループを類似した観測対象者群とした. 続いて, 動作推定の基準を作成するために, 11 名の観測対象者から加速度データを取得した. そして, 全 11 名の観測対象者の歩行, 階段上り, 階段下りの各動作に対し, 類似した観測対象者群から作成した動作推定基準を用いた場合と, 全ての観測対象者から作成した動作推定基準を用いた場合の推定正解率を比較した. 例えば, K を未知の観測対象者とした場合, 類似した観測対象者群は G,H,I,J の 4 名となり, この 4 名の加速度データから, 動作推定基準が作成される.

実験結果を表 1 に示す. 類似した観測対象者群の動作推定基準を用いた場合, 推定正解率はいずれの動作でも 80%程度となった. 一方, すべての観測対象者の基準を用いた場合は, 動作ごとのばらつきが大きく, 歩行に対する正解率は類似した観測対象者群の場合とほぼ同じ 79%であったが, 階段上りでは 13%と大幅に正解率が低下した. 平均では 45%と類似した観測対象者群の推定基準を用いた場合に比べて 33%ポイント低下した. 全ての観測対象者の基準を用いた場合に, 階段上りの正解率が 13%と他の正解率に比べ低い値となっているが, これは, 実行動作が階段上りの場合に歩行と誤推定した割合が大きかったためである. また, 参考のために, 自身のデータを用いて作成した動作推定基準を用いた場合についても実験を行った. この場合の正解率は, 平均で 92%となった.

4.3 評価

4.2 節で述べた実験結果から, 本研究の提案手法である観測対象者の類似性を利用した動作推定手法を評価する.

今回の実験は予備的な実験であり, 提案手法が完全に実装されてはいないが, 表 1 に示した実験の結果からは, 類似した観測対象者群の動作推定基準を用いることにより, ある程度の正解率で動作推定が可能であることが読みとれる. 提案手法を用いない場合は, 新たな観測対象者に対しては加速度データを取得して推定基準を作成した上でしか動作推定を行うことができない. また, 事前に観測対象者に推定対象の動作を行なってもらうことが必要である. それに対し, 提案手法を用いることにより, 既存の観測対象者群の基準を用いて事前の加速度データの取得なしでの推定が可能となるため, 2.2 節で述べた機能要件の (R1) 判断基準構築のための負荷の低減が実現される.

また, 実験結果から, 類似した観測対象者を抽出し, その群から得られた動作推定基準を用いることにより, 80%程度の正解率で動作推定を行うことが可能であった. この点と 3 節で述べた新たな動作基準の作成機能をあわせて用いることにより, 最初の一定時間はある程度の正解率で, 十分なデータが集まった後は従来の手法と変わらない正解率で推定を行うことが可能となり, 機能要件の (R2) 動作推定の正解率の維持の実現が可能であると考えられる. ただし, 今回の実験では実質的に年齢のみでグループ分けを行うという簡易な方法を採用したため, 類似した観測対象者の推定基準を用いた場合でも観測対象者によっては正解率が低くなっている. 実際に, 20 代の観測対象者の一人は歩行時にあまり足を上げない歩き方であったため, 他の 20 代の観測対象者との違いが大きく, すべての観測対象者から導出した推定基準を用いた場合と大差のない正解率となった.

以上の点から, 提案手法は本研究の目的である, 動作推定精度を維持した上での未知の観測対象者に対する速やかな動作推定の実現に対して有効であるといえる.

今後の課題としては, 3 節で述べた, 類似していることを判定するための属性情報や取得可能な動作に関する情報とそれを用いた類似性判定に関する部分が挙げられる. プロトタイプシステムでは, 観測対象者の年齢と目視による歩き方の特徴から類似した観測対象者を決定したが, これらを判定するための項目やその基準を構築することが必要である. 3.2 節で述べたように, 提案手法では観測対象者の属性情報と取得可能な動作に関する情報から観測対象者間の類似性を判定する. このうち属性情報は取得や類似性の比較が比較的容易であるが, 本節で前述した 20 代の観測対象者の歩き方の違いもあるように, 同じ属性であれば動作の特徴が類似しているとは必ずしも言えないため, 推定正解率を高めることが困難である可能性がある. 一方, 取得可能な動作に関する情報としては, 加速度データ, 位

表 1 動作推定の正解率

Table 1 Percentage of correct motion estimations

	歩行	階段上り	階段下り	合計
類似した観測対象者群	77%	75%	81%	78%
すべての観測対象者	79%	13%	44%	45%
自身の加速度データ (参考)	93%	97%	87%	92%

置情報, 画像から得られる情報などが考えられる。これらの情報からは観測対象者の動作の特徴を直接得ることができるため, 推定正解率を高めることが可能であると考えられる。しかし, これらの情報は属性情報と比較して取得することが困難である。特に, 加速度データに関しては, 事前に加速度データを取得して学習処理を行う必要をなくすという提案手法の利点と相反する点がある。これらのうちの情報を組み合わせて観測対象者の類似性を判定するのか, また類似性判定時にどのような処理を行うのか, どの程度類似していれば推定基準を共有するのかなどの点は今後の研究課題である。

5. おわりに

本論文では, 動作推定精度を維持した上での未知の観測対象者に対する速やかな動作推定の実現を目的とし, 観測対象の類似性を利用した動作推定手法を提案し, 設計を行った。そして, 加速度センサを用いたプロトタイプシステムを実装して評価実験を行った。評価実験の結果から, 提案手法において, 類似した観測対象者群の動作推定基準を用いることにより, 判断基準構築のための負荷の低減と動作推定の正解率の維持が可能であることが確認された。

今後の課題としては, 4.3節で述べたように, 類似していることを判定するための属性情報と類似性の判定に関する部分が挙げられる。また, さらに多くの観測対象者に対して実験を行い, 提案手法の有効性を評価する必要がある。

謝辞 本研究は科研費(22700079)の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] L. Pei, J. Liu, R. Guinness, Y. Chen, H. Kuusniemi and R. Chen, "Using LS-SVM Based Motion Recognition for Smartphone Indoor Wireless Positioning," *Sensors* 2012, Vol. 12, No. 5, pp. 6155–6175, 2012.
- [2] C.-F. Lai, Y.-M. Huang, J.H. Park and H.-C. Chao, "Adaptive Body Posture Analysis for Elderly-Falling Detection with Multisensors," *IEEE Intelligent Systems*, March/April 2010, pp. 20–30, 2010.
- [3] A. Sugimoto, Y. Hara, T.W. Findley, and K. Yonemoto, "A useful method for measuring daily physical activity by a three-direction monitor," *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, Vol. 29, No. 1, pp. 37–42, 1997.
- [4] N. Ravi, N. Dandekar, P. Mysore and M. L. Littman, "Activity Recognition from Accelerometer Data," *Proc. 17th Innovative Applications of Artificial Intelligence*

- Conference (IAAI-05), pp. 1541–1546, 2005.
- [5] L. Bao and S.S. Intille, "Activity Recognition from User-Annotated Acceleration Data," *PERVASIVE 2004, Lecture Notes in Computer Science*, vol. 3001, pp. 1–17, 2004.
- [6] K. Cho, N. Iketani, H. Setoguchi and M. Hattori, "Human Activity Recognizer for Mobile Devices with Multiple Sensors," *Symposia and Workshops on Ubiquitous, Autonomic and Trusted Computing*, pp. 114–119, 2009.
- [7] P. Korpiä, M. Koskinen, J. Peltola and S.-M. Mäkelä, Tapio Seppänen, "Bayesian approach to sensor-based context awareness," *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 7, issue 2, pp. 113–124, 2003.
- [8] T. Kozaki, S. Nakajima, T. Tsujioka, S. Hara, T. Inoue, H. Nakamura and K. Takeuchi, "Estimation of Human Movements from Body acceleration Monitoring Using One Nearest Neighbor Method – Ubiquitous Health Care –," *6th Int. Conf. on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, pp. 672–675, 2010.
- [9] S. Imai, M. Miyamoto, Y. Arai and T. Inomata, "A Data Processing Method for Motion Estimation Considering Network and Sensor Node Loads," *Proc. of 11th IEEE Int. Conf. on Cognitive Infomatics & Cognitive Computing*, pp. 356–362, 2012.
- [10] L. Sigal, M. Isard, H. Haussecker, M. J. Black, "Loose-limbed People: Estimating 3D Human Pose and Motion Using Non-parametric Belief Propagation," *Int. Jour. of Computer Vision*, Vol. 98, No. 1, pp. 15–48, 2012.
- [11] X. Zhang, G. Fan "Dual Gait Generative Models for Human Motion Estimation from a Single Camera," *IEEE Trans. on Syst., Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics*, Vol. 40, No. 4, pp. 1034–1049, 2010.
- [12] Sun SPOT World. [Online]. Available: <http://www.sunspotworld.com/>
- [13] T. Joachims, "SVM multiclass," 2008. [Online]. Available: http://svmlight.joachims.org/svm_multiclass.html