

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4992043号  
(P4992043)

(45) 発行日 平成24年8月8日(2012.8.8)

(24) 登録日 平成24年5月18日(2012.5.18)

(51) Int. Cl. F 1  
**A 6 1 B 5/11 (2006.01)** A 6 1 B 5/10 3 1 0 A  
**A 6 1 B 5/107 (2006.01)** A 6 1 B 5/10 3 0 0 D

請求項の数 6 (全 25 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2007-210611 (P2007-210611)                  (22) 出願日 平成19年8月13日 (2007.8.13)                  (65) 公開番号 特開2009-39466 (P2009-39466A)                  (43) 公開日 平成21年2月26日 (2009.2.26)                  審査請求日 平成22年6月18日 (2010.6.18)</p> <p>(出願人による申告) 平成19年度独立行政法人情報通信研究機構「民間基盤技術研究促進制度/日常行動・状況理解に基づく知識共有システムの研究開発」、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願</p>	<p>(73) 特許権者 393031586                  株式会社国際電気通信基礎技術研究所                  京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2                  (74) 代理人 100090181                  弁理士 山田 義人                  (72) 発明者 納谷 太                  京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2                  株式会社国際電気通信基礎技術研究所内                  (72) 発明者 野間 春生                  京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2                  株式会社国際電気通信基礎技術研究所内                  (72) 発明者 大村 廉                  京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2                  株式会社国際電気通信基礎技術研究所内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	---

(54) 【発明の名称】 行動識別装置、行動識別システムおよび行動識別方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被験者に装着された複数の動作検出センサからの動作検出データを検出する検出手段、前記検出手段によって検出された動作検出データに基づいて、前記被験者の姿勢を識別するための姿勢特徴量を算出する姿勢特徴量算出手段、

前記姿勢特徴量算出手段によって算出された姿勢特徴量に基づいて、前記被験者の姿勢を識別する姿勢識別手段、

前記検出手段によって検出された動作検出データに基づいて、前記姿勢識別手段によって識別された姿勢の中で取り得る行動を識別するための行動特徴量を算出する行動特徴量算出手段、および

前記行動特徴量算出手段によって算出された行動特徴量に基づいて、前記姿勢識別手段によって識別された姿勢の中で取り得る複数の行動から前記被験者の行動を識別する行動識別手段を備える、行動識別装置。

【請求項2】

前記複数の動作検出センサは、前記被験者の複数の異なる部位に装着され、前記姿勢特徴量算出手段は、すべての前記動作検出センサのうち、前記姿勢識別手段によって識別された姿勢の中で取り得る行動を識別するための、全部のまたは一部の前記動作検出センサからの動作検出データに基づいて前記姿勢特徴量を算出する、請求項1記載の行動識別装置。

【請求項3】

前記行動特徴量算出手段は、前記すべての動作検出センサのうち、識別する行動に応じた、全部のまたは一部の前記動作検出センサからの動作検出データに基づいて前記行動特徴量を算出する、請求項 2 記載の行動識別装置。

【請求項 4】

前記複数の動作検出センサは、前記被験者の複数の異なる部位に装着され、

前記行動特徴量算出手段は、すべての前記動作検出センサのうち、識別する行動に応じた、全部のまたは一部の前記動作検出センサからの動作検出データに基づいて前記行動特徴量を算出する、請求項 1 記載の行動識別装置。

【請求項 5】

被験者に所持ないし装着された携帯端末と行動識別装置とを備える行動識別システムであって、

前記携帯端末は、

前記被験者に装着された複数の動作検出センサからの動作検出データを検出する検出手段、および

前記検出手段によって検出された動作検出データを前記行動識別装置に送信する送信手段を備え、

前記行動識別装置は、

前記送信手段によって送信された動作検出データを受信する受信手段、

前記受信手段によって受信された動作検出データに基づいて、前記被験者の姿勢を識別するための姿勢特徴量を算出する姿勢特徴量算出手段、

前記姿勢特徴量算出手段によって算出された姿勢特徴量に基づいて、前記被験者の姿勢を識別する姿勢識別手段、

前記受信手段によって受信された動作検出データに基づいて、前記姿勢識別手段によって識別された姿勢の中で取り得る行動を識別するための行動特徴量を算出する行動特徴量算出手段、および

前記行動特徴量算出手段によって算出された行動特徴量に基づいて、前記姿勢識別手段によって識別された姿勢の中で取り得る複数の行動から前記被験者の行動を識別する行動識別手段を備える、行動識別システム。

【請求項 6】

被験者の姿勢および行動を識別するコンピュータの行動識別方法であって、

(a)前記被験者に装着された複数の動作検出センサからの動作検出データを検出し、

(b)前記ステップ(a)によって検出された動作検出データに基づいて、前記被験者の姿勢を識別するための姿勢特徴量を算出し、

(c)前記ステップ(b)によって算出された姿勢特徴量に基づいて、前記被験者の姿勢を識別し、

(d)前記ステップ(a)によって検出された動作検出データに基づいて、前記ステップ(c)によって識別された姿勢の中で取り得る行動を識別するための行動特徴量を算出し、そして

(e)前記ステップ(d)によって算出された行動特徴量に基づいて、前記ステップ(c)によって識別された姿勢の中で取り得る複数の行動から前記被験者の行動を識別する、行動識別方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は行動識別装置、行動識別システムおよび行動識別方法に関し、特にたとえば、被験者の行動を識別する、行動識別装置、行動識別システムおよび行動識別方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来この種の行動識別装置の一例が特許文献 1 に示されている。この特許文献 1 の携

10

20

30

40

50

携帯電話装置では、その所有者が登録画面で所望の行動（たとえば、「歩く1」）を指定し、当該行動をしながらキー入力部によりスタートを入力すると、予め指定された時間だけ加速度センサ部が運動加速度を検出し、当該行動の基準行動パターンがパターン格納部に格納される。このような登録の後に、動作モードが起動されると、加速度センサ部は所有者の行動による運動加速度を検出し、行動検出部が基準行動パターンと比較し、当該被験者の現在の行動パターンを識別する。

【0003】

また、この種の行動識別装置の他の例が特許文献2に開示されている。この特許文献2の動作情報計測システムでは、ユーザの両手首、上腕部、膝部、腰部、両足首などに装着された動作情報計測装置から動作情報を収集する。この動作情報係計測装置は、加速度センサ或いはジャイロセンサ、或いはその両方から構成され、装着した部位におけるユーザの動作による加速度或いは角速度、或いはその両方を計測する。動作の認識は、動作情報比較認識部が有する動作認識ルールに基づいて行われる。たとえば、腰部に装着された動作情報計測装置からの情報は運動量が小さく、手首に装着された動作情報計測装置からの情報は運動量が大きい場合、静止した状態での動作であることを認識する。逆に、腰部に装着した動作情報計測装置からの運動量が大きい場合には、全身運動であることを認識する。

10

【特許文献1】特開2003-46630号[H04M 1/247, H04Q 7/38]

【特許文献2】特開2004-184351号[G01B 21/00, A61B 5/00, A61B 5/0488, A61B 5/11, G06F 3/00]

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、特許文献1の技術では、携帯電話装置に設けられた加速度センサ部のX、Y、Z方向の加速度の時間推移によって、「歩く」、「座る」、「立つ」、「乗り物に搭乗」などの行動を識別するようにしてあるが、1の加速度センサを用いるだけであるため、複雑な行動を認識することは困難である。たとえば、携帯電話装置の所有者が座ってコンピュータを操作している場合には、座っていることを識別できたとしても、コンピュータを操作していることまでは識別することができない。

【0005】

30

また、特許文献2の技術では、複数の部位に装着された動作情報計測装置からの加速度等のデータから各部位の運動量を検出して、全身運動であるか、静止した状態での動作であるかなど、動作を大別するだけであり、「歩く」、「座る」、「立つ」のような行動を識別することが困難である。当然のことながら、さらに複雑な行動を識別することは困難である。

【0006】

それゆえに、この発明の主たる目的は、新規な、行動識別装置、行動識別システムおよび行動識別方法を提供することである。

【0007】

この発明の他の目的は、複雑な行動を正確に識別できる、行動識別装置、行動識別システムおよび行動識別方法を提供することである。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、上記の課題を解決するために、以下の構成を採用した。なお、括弧内の参照符号および補足説明等は、本発明の理解を助けるために後述する実施の形態との対応関係を示したものであって、本発明を何ら限定するものではない。

【0009】

第1の発明は、被験者に装着された複数の動作検出センサからの動作検出データを検出する検出手段、検出手段によって検出された動作検出データに基づいて、被験者の姿勢を識別するための姿勢特徴量を算出する姿勢特徴量算出手段、姿勢特徴量算出手段によって

50

算出された姿勢特徴量に基づいて、被験者の姿勢を識別する姿勢識別手段、検出手段によって検出された動作検出データに基づいて、姿勢識別手段によって識別された姿勢の中で取り得る行動を識別するための行動特徴量を算出する行動特徴量算出手段、および行動特徴量算出手段によって算出された行動特徴量に基づいて、姿勢識別手段によって識別された姿勢の中で取り得る複数の行動から被験者の行動を識別する行動識別手段を備える、行動識別装置である。

【0010】

第1の発明では、被験者には複数の動作検出センサ(32)が装着され、検出手段(12)は、その複数の動作検出センサからの動作検出データを検出する。姿勢特徴量算出手段(12, S53)は、被験者の姿勢(たとえば、立位、座位、歩行)を識別するための姿勢特徴量を算出する。実施例では、姿勢特徴量は、動作検出データに基づいて算出されたベクトルであり、その要素は一定時間窓内における動作検出の平均、標準偏差、エネルギー、周波数領域エントロピおよび相関関係である。行動識別手段(12, S57)は、検出手段によって検出された加速データに基づいて、姿勢識別手段によって識別された姿勢の中で取り得る行動を識別する。行動特徴量算出手段(12, S59)は、検出手段によって検出された動作検出データに基づいて、姿勢識別手段によって識別された姿勢の中で取り得る行動を識別するための行動特徴量を算出する。行動識別手段(12, S61)は、行動特徴量算出手段によって算出された行動特徴量に基づいて、姿勢識別手段によって識別された姿勢の中で取り得る複数の行動から被験者の行動を識別する。

【0011】

第1の発明によれば、複数の動作検出センサを用いて被験者の行動を検出し、被験者の姿勢を識別した後に、識別した姿勢の中で取り得る複数の行動の中から1の行動を識別するので、被験者の複雑な行動を正確に識別することができる。

【0012】

第2の発明は、第1の発明に従属し、複数の動作検出センサは、被験者の複数の異なる部位に装着され、姿勢特徴量算出手段は、すべての動作検出センサのうち、姿勢識別手段によって識別された姿勢の中で取り得る行動を識別するための、全部のまたは一部の動作検出センサからの動作検出データに基づいて姿勢特徴量を算出する。

【0013】

第2の発明では、複数の動作検出センサは、被験者の複数の異なる部位に装着される。たとえば、動作検出センサは、被験者の左右の手首、左右の腿、左右の足首のような特定の部位に装着される。姿勢特徴量算出手段は、すべての動作検出センサのうち、姿勢識別手段によって識別された姿勢の中で取り得る行動を識別するための、全部または一部の動作検出センサからの動作検出データに基づいて姿勢特徴量を算出する。たとえば、或る姿勢(たとえば、立位、歩行)を識別する場合には、左右の手首と左右の足首とに装着された動作検出センサからの動作検出データを用いるが、他の姿勢(たとえば、立位、座位)を識別する場合には、すべての動作検出センサからの動作検出データを用いる。

【0014】

第2の発明の発明によれば、識別する姿勢に応じた姿勢特徴量を算出するので、姿勢を正確に識別することができる。つまり、有用な動作検出データのみに基づいて識別することができるのである。

【0015】

第3の発明は、第2の発明に従属し、行動特徴量算出手段は、すべての動作検出センサのうち、識別する行動に応じた、全部のまたは一部の動作検出センサからの動作検出データに基づいて行動特徴量を算出する。

【0016】

第3の発明では、行動特徴量算出手段もまた、姿勢特徴量算出手段と同様に、すべての動作検出センサのうち、識別する行動に応じた、全部のまたは一部の動作検出センサからの動作検出データに基づいて行動特徴量を算出する。したがって、たとえば、立位の姿勢の中で取り得る行動(たとえば、立つ、エレベータの上り、エレベータの下り)を識別す

10

20

30

40

50

る場合には、左右の手首または左右の大腿部に装着された動作検出センサからの動作検出データを用いる。また、たとえば、座位の姿勢の中で取り得る行動（たとえば、座る、座ってコンピュータを操作する、食事）を識別する場合には、左右の手首および左右の足首に装着された動作検出センサからの動作検出データを用いる。

【0017】

第3の発明によれば、識別する行動に応じた行動特徴量を算出するので、行動を正確に識別することができる。

【0018】

第4の発明は、第1の発明に従属し、複数の動作検出センサは、被験者の複数の異なる部位に装着され、行動特徴量算出手段は、すべての動作検出センサのうち、識別する行動 10  
に応じた、全部のまたは一部の動作検出センサからの動作検出データに基づいて行動特徴量を算出する。

【0019】

第4の発明は、第1の発明に従属する以外は、第3の発明と同様である。

【0020】

第4の発明においても、第3の発明と同様に、行動を正確に識別することができる。

【0021】

第5の発明は、被験者に所持ないし装着された携帯端末と行動識別装置とを備える行動識別システムであって、携帯端末は、被験者に装着された複数の動作検出センサからの動作検出データを検出する検出手段、および検出手段によって検出された動作検出データを 20  
行動識別装置に送信する送信手段を備え、行動識別装置は、送信手段によって送信された動作検出データを受信する受信手段、受信手段によって受信された動作検出データに基づいて、被験者の姿勢についての姿勢特徴量を算出する姿勢特徴量算出手段、姿勢特徴量算出手段によって算出された姿勢特徴量に基づいて、被験者の姿勢を識別する姿勢識別手段、受信手段によって受信された動作検出データに基づいて、姿勢識別手段によって識別された姿勢の中で取り得る行動を識別するための行動特徴量を算出する行動特徴量算出手段、および行動特徴量算出手段によって算出された行動特徴量に基づいて、姿勢識別手段によって識別された姿勢の中で取り得る複数の行動から被験者の行動を識別する行動識別手段を備える、行動識別システムである。

【0022】

第5の発明では、被験者に所持ないし装着された携帯端末（18）と第1の発明に記載したような行動識別装置（12）とを備える行動識別システム（10）である。携帯端末は、検出手段（50）および送信手段（50, 52）を備える。検出手段は、被験者に装着された複数の動作検出センサからの動作検出データを検出する。送信手段は、検出された動作検出データを行動識別装置に送信する。行動識別装置では、受信手段（12の通信手段）によって携帯端末からの動作検出データを受信する。この受信した動作検出データに基づいて、上述したように、姿勢を識別し、さらに、行動を識別するのである。

【0023】

第5の発明によれば、動作検出センサを装着する被験者に所持ないし装着された携帯端末からその動作検出センサの動作検出データを行動識別装置に送信するので、被験者の行動をオンラインで識別することができる。 40

第6の発明は、被験者の姿勢および行動を識別するコンピュータの行動識別方法であって、(a)被験者に装着された複数の動作検出センサからの動作検出データを検出し、(b)ステップ(a)によって検出された動作検出データに基づいて、被験者の姿勢についての姿勢特徴量を算出し、(c)ステップ(b)によって算出された姿勢特徴量に基づいて、被験者の姿勢を識別し、(d)ステップ(a)によって検出された動作検出データに基づいて、ステップ(c)によって識別された姿勢の中で取り得る行動を識別するための行動特徴量を算出し、そして(e)ステップ(d)によって算出された行動特徴量に基づいて、ステップ(c)によって識別された姿勢の中で取り得る複数の行動から被験者の行動を識別する、行動識別方法である。

## 【 0 0 2 4 】

第 6 の発明においても、第 1 の発明と同様に、被験者の複雑な行動を正確に識別することができる。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 2 5 】

この発明によれば、複数の動作検出センサを用いて被験者の行動を検出し、被験者の姿勢を識別した後に、識別した姿勢の中で取り得る複数の行動から 1 の行動を識別するので、被験者の複雑な行動を正確に識別することができる。

## 【 0 0 2 6 】

この発明の上述の目的、その他の目的、特徴および利点は、図面を参照して行う以下の実施例の詳細な説明から一層明らかとなる。

## 【 発明を実施するための最良の形態 】

## 【 0 0 2 7 】

図 1 を参照して、この発明の一実施例である行動識別システム 1 0 は、行動識別装置としても機能するサーバ 1 2 を含み、或る環境に適用され、その環境内に存在する人物（被験者）の行動を記録し、これを識別する。サーバ 1 2 には、複数のデータベース（DB）が接続される。具体的には、サーバ 1 2 には、センサ DB 2 0、姿勢識別用センサ集合 DB 2 2 および行動識別用センサ集合 DB 2 4 が接続される。

## 【 0 0 2 8 】

センサ DB 2 0 は、被験者の行動を記録するためのデータベースである。具体的には、センサ DB 2 0 は、主として、後述するセンサ装置 1 6 からの加速度データを時系列に従って記憶する。姿勢識別用センサ集合 DB 2 2 は、姿勢を識別するためのセンサ集合（センサの組み合わせ）を記憶する。この実施例では、後述するように、姿勢は、「立位」、「座位」および「歩行」の 3 種類に分類されており、これらの姿勢を識別するために必要な加速度データを出力する複数のセンサ装置 1 6 の識別情報がセンサ集合として姿勢識別用センサ集合 DB 2 2 に記憶される。行動識別用センサ集合 DB 2 4 は、行動を識別するためのセンサ集合（センサの組み合わせ）を記憶する。この実施例では、行動は、「立位」の姿勢の中で取り得る「立つ」、「エレベータの上り」および「エレベータの下り」と、「座位」の姿勢の中で取り得る「座る」、「コンピュータ作業」、「読書」および「食事」と、「歩行」の姿勢の中で取り得る「歩く」、「階段の上り」および「階段の下り」との 1 0 種類である。各姿勢クラスにおける行動を識別するために必要な加速度データを出力する複数のセンサ装置 1 6 の識別情報がセンサ集合として行動識別用センサ集合 DB 2 4 に記憶される。

## 【 0 0 2 9 】

なお、姿勢識別用センサ集合 DB 2 2 および行動識別用センサ集合 DB 2 4 は、後述するように、予め被験者が行動したときに収集した加速度データを用いて学習することにより、構築される（図 1 9、図 2 0 および図 2 1 参照）。

## 【 0 0 3 0 】

また、サーバ 1 2 は、有線或いは無線による通信回線（ネットワーク）1 4 を介して被験者が装着ないし所持する中継器 1 8 に接続される。この実施例では、被験者は移動することがあるため、ネットワーク 1 4 には複数のアクセスポイント（図示せず）が設けられ、いずれかのアクセスポイントを介して中継器 1 8 はネットワーク 1 4 に接続される。また、中継器 1 8 は、被験者に装着された複数のセンサ装置 1 6 に通信可能に接続される。

## 【 0 0 3 1 】

図 2（A）はセンサ装置 1 6 の具体的な構成を示すブロック図であり、センサ装置 1 6 は CPU 3 0 を含む。CPU 3 0 には、加速度センサ 3 2、RAM 3 4 および Bluetooth モジュール 3 6 が接続される。また、Bluetooth モジュール 3 6 には、アンテナ 3 8 が接続される。たとえば、加速度センサ 3 2 は、多軸（3 軸）の加速度センサであり、サンプリング周波数が 2 0 0 Hz であり、加速度は ± 3 G（G は重力）まで計測可能である。このセンサ装置 1 6 では、加速度センサ 3 2 で検出される加速度のデータ（

10

20

30

40

50

加速度データ)がCPU30に与えられる。CPU30は、加速度センサ32からの加速度データをRAM34に記憶(一時記憶)し、一定時間(たとえば、10秒)毎に、その一定時間分の加速度データをBluetoothモジュール36、アンテナ38およびネットワーク14を介して、サーバ12に送信する。

#### 【0032】

図2(B)は中継器18の具体的な構成を示すブロック図であり、中継器18はCPU50を含む。CPU50には、インターフェイス52、RAM54およびBluetoothモジュール56が接続される。また、Bluetoothモジュール56には、アンテナ58が接続される。この中継器18では、センサ装置16から送信される加速度データが、アンテナ58およびBluetoothモジュール56を介してCPU50に与えられる。CPU50は、センサ装置16からの加速度データをRAM54に記憶(一時記憶)し、ネットワーク14と接続されるタイミングで、RAM54に記憶された加速度データを、LAN(無線LAN)アダプタのようなインターフェイス52およびネットワーク14を介してサーバ12に送信する。そして、サーバ12は、LANアダプタのようなインターフェイス(図示せず)を介してネットワーク14から加速度データを受信し、受信した加速度データをセンサDB20に記憶(登録)する。

#### 【0033】

詳細な説明は省略するが、各センサ装置16はそれぞれ被験者のいずれの部位に装着されるか予め決められており、また、各センサ装置16から送信される加速度データには、当該センサ装置16を識別するための識別情報(ID)がラベルとして付されている。たとえば、IDとしては、Bluetoothモジュール36のMACアドレスを用いることができる。ただし、センサ装置16の内部に、CPU30がアクセス可能なROMを設けておき、このROMにIDを記憶しておいてもよい。一方、サーバ12には、その内部に設けられるROM、RAM、ハードディスクなどのメモリ(図示せず)に、センサ装置16のIDに対応して、当該センサ装置16が装着されるべき部位が記述されたテーブルが記憶される。したがって、サーバ12では、加速度データに付されたラベル(ID)およびテーブルを参照することにより、いずれの部位に装着されたセンサ装置16からの加速度データであるかを簡単に識別することができる。

#### 【0034】

図3に示すように、複数のセンサ装置16(16a, 16b, 16c, 16d, 16e, 16f)および中継器18は被験者に装着される。具体的には、センサ装置16aは右手首に装着され、センサ装置16bは左手首に装着され、センサ装置16cは右腿に装着され、センサ装置16dは左腿に装着され、センサ装置16eは右足首に装着され、そして、センサ装置16fは左足首に装着される。また、中継器18は、被験者の腰部に装着される。

#### 【0035】

図示は省略するが、各センサ装置16および中継器18はゴムバンドのような固定具で被験者に装着される。ただし、中継器18は被験者が所持するようにしてもよく、被験者が使用する、鞆、ウエストポーチまたはリュックサックに入れておいてもよい。

#### 【0036】

このような行動識別システム10では、上述したように、被験者の行動を記録し、これを識別する。従来、加速度センサを用いた日常行動の識別に関する研究は数多くなされている。加速度センサを用いた行動識別においては、データ収集時における加速度センサの装着位置およびデータのサンプリング周波数などの条件に関する評価が重要である。

#### 【0037】

被験者の身体の複数の位置(部位)に加速度センサを装着し、その装着位置に関して識別率との関係性を評価した研究としては、「L.Bao and S.S. Insille,: Activity recognition from user-annotated acceleration data, in Proc. of Pervasive 2004, vol. LNCS 3001, A. Ferscha and F. Mattern (Eds.), Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 1-17, 2004.」(参考文献1)および「N. Kern, B.Schiele, and A. Schmidt, "Multi-

10

20

30

40

50

sensor activity context detection for wearable computing,” in European Symposium on Ambient Intelligence (EUSAI), Eindhoven, The Netherlands, Nov. 2003.」(参考文献2)が挙げられる。

【0038】

前者では、身体の5箇所に非対称に装着した加速度センサを用いて装着位置の評価を行い、右手首と左腿の2箇所だけでも20種類の日常行動の識別に対して約80%の識別結果を得ている。ただし、加速度センサの配置が非対称であり、たとえば手首ならその左右の違いを評価する必要がある。後者では、識別を行う行動ごとに上半身・下半身に分けて識別に用いる加速度センサの装着位置を変え、加速度センサの最適な装着位置の評価を行っている。しかし、加速度センサを左右対称に配し、被験者の利き手や利き足などの違いを考慮した装着位置の全ての組み合わせに関する識別性能に関する評価はなされていない。

10

【0039】

また、加速度データを収集する際のサンプリング周波数の値は研究ごとに多様である。多くの研究では、サンプリング周波数を50Hz以上でデータの収集を行っている(参考文献1や参考文献3)。ただし、参考文献3は、「N. Ravi, N. Dandekar, P. Mysore, and M. L. Littman, : Activity recognition from accelerometer data, American association for artificial intelligence(www.aaai.org), July 2005.」である。

【0040】

また、「C. V. Bouten, K.T. Koekkoek, M. Verduin, R. Kodde, and J. D. Janssen, “A triaxial Accelerometer and portable data processing unit for the assessment of daily physical activity,” IEEE Trans. On Bio-Medical Eng., vol. 44, no. 3, pp. 136-147, 1997.」(参考文献4)によれば、「歩く」、「走る」などの人の行動の計測には20Hz以上のサンプリング周波数が必要であるとの評価結果がある。一方、「川原圭博, 森川 博之, 青山 友紀, “小型無線センサを用いたコンテキスト推定とそのアプリケーション,” 特定非営利活動法人ウェアラブルコンピュータ研究開発機構, ウェアラブルコンピューティング研究会研究報告, vol. 1, no. 3, pp. 2-6, Dec. 2005.」(参考文献5)の研究においては、10Hz以下でサンプリングを行う2軸の加速度センサを1つ用い、100%近い識別率を得ている。しかし、参考文献5が対象としている行動は、「立つ」、「座る」、「歩く」、「走る」といった4種類の比較的識別し易い行動であり、日常におけるより複雑な行動識別に必要なサンプリング周波数の必要条件に関する評価がなされていない。

20

30

【0041】

そこで、まず、加速度センサ32を用いた日常行動識別におけるデータ収集の条件として、(1)体の各部に対称に配置した最大6個の加速度センサ32を用いた識別性能および最適センサ配置評価と、(2)行動ごとのサンプリング周波数による識別性能評価とについての実験を行った。

【0042】

たとえば、加速度からの特徴量の抽出においては、時系列のデータ(加速度データ)を一定時間のスライディング・ウィンドウに分割し、そのウィンドウ毎に特徴量を求める。なお、この特徴量を求める手法は、上記の参考文献1および参考文献3に開示されているため、これらを参照されたい。

40

【0043】

また、この実施例では、加速度データのサンプリング周波数とウィンドウ内のサンプル数のパラメータは、上記参考文献2と同様に設定され、50Hzのデータを行動毎に128サンプルずつ重複する256サンプルのウィンドウで分割する。したがって、1つのウィンドウ長は5.120秒となる。図4にスライディング・ウィンドウに分割する方法を示す。各ウィンドウは点線枠で示される。ただし、図4においては、分かり易くするため、隣接するウィンドウを、縦方向および横方向に少しずらして表示してある。

【0044】

50



この実施例では、加速度に基づいて、ウィンドウ毎に、平均、標準偏差、エネルギー、周波数領域エントロピおよび相関関係の5種類の特徴量が算出される。これらは、上記の参考文献1および参考文献3の研究において用いられた特徴量である。平均と標準偏差とは、それぞれ、各軸の加速度の平均と標準偏差とである。また、エネルギーは、各軸の加速度にFFT（高速フーリエ変換）を行い、振幅の2乗の合計として求めた。ただし、直流成分と折り返しの部分は除く。1つの軸の加速度のFFTの振幅成分を $F_1, F_2, F_3, \dots$ とすると、エネルギーは数1で求められる。ただし、 $w$ はウィンドウ内のサンプル数（この実施例では、256）である。

【0045】

[数1]

10

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

【0046】

また、周波数領域エントロピ（以下、単に「エントロピ」ということがある）は、確率分布 $p$ に基づいて求められる。確率分布 $p$ は、数2に示すように、FFT成分 $F_i$ から直流成分と折り返しの部分を除いたものを、全成分の総和で正規化することによって求められる。

【0047】

[数2]

20

$$p(i) = \frac{|F_i|^2}{\sum_{j=2}^n |F_j|^2} \quad (i = 2, 3, \dots, n)$$

【0048】

これより、エントロピは、数3に従って求められる。

【0049】

[数3]

30

$$\text{Entropy} = -\sum_{i=2}^n p(i) \log p(i)$$

【0050】

また、相関係数は、2軸間の加速度に関する相関係数である。このとき対象とする2軸は、1つの加速度センサ32内の組み合わせだけでなく、任意の2つの加速度センサ32に跨った組み合わせも含まれる。 $(x, y)$ を或る軸の加速度を持つベクトルとし、 $\text{cov}(x, y)$ を $x$ と $y$ との共分散、 $\sigma_x, \sigma_y$ を $x, y$ それぞれの標準偏差としたとき、 $x, y$ 間の相関係数 $\text{corr}(x, y)$ は数4で定義される。

【0051】

[数4]

40

$$\text{corr}(x, y) = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

【0052】

この実施例では、被験者の日常行動の識別を行うために、上述の手法で抽出した特徴量に対して、識別対象の行動をラベルとする教師あり学習が適用される。クラス分類器としては、周知のSVM(Support Vector Machine), NN(Nearest Neighbor), C4.5の3種類が採用される。

【0053】

また、識別する日常行動としては、上述したように、「立つ」、「座る」、「歩く」、

50

「階段の上り」、「階段の下り」、「コンピュータ作業」、「読書」、「飲食」、「エレベータの上り」、「エレベータの下り」の10種類である。これら10種類の行動は、上述した「立位」、「座位」および「歩行」の3つの姿勢のいずれかに分類することができる。

#### 【0054】

上述したように、この実施例では、センサ装置16の装着位置は、被験者の左手首、右手首、左腿、右腿、左足首、右足首の6箇所である。装着位置として手首および腿を選んだ理由は、過去の研究において、その有効性が認められているからである。たとえば、上記の参考文献1や「N. Kern, B. Schiele, and A. Schmidt, : Multi-sensor activity context detection for wearable computing, in European Symposium on Ambient Intelligence (EUSAI), Eindhoven, the Netherlands, Nov. 2003.」(参考文献6)に、加速度センサの装着位置の評価を行った研究が紹介されている。さらに、参考文献1および3に紹介される研究では、周期的な行動や上下運動を伴う行動には、足首における加速度パターンが腿の加速度パターン以上に有効であることが分かるため、この実施例では、左右の足首にも加速度センサが装着される。また、加速度センサ32(センサ装置16)を左右対称に配置(装着)するようにしたのは、利き手/利き足と、非利き手/非利き足との比較を含め、全身における装着位置を評価するためである。

#### 【0055】

たとえば、データ収集は、クラス分類器の学習に用いるための加速度データのセット(訓練データ)と、識別結果を評価するための加速度データのセット(テストデータ)とを分けて行う。訓練データおよびテストデータは、実験者によって事前に設定された上記の10種類の行動を含むシナリオに沿って被験者が行動したときに得られた加速度データである。ただし、訓練データは、被験者1人あたり約100分の総時間内における加速度によって構成され、テストデータは、被験者1人あたり約30分の総時間内における加速度によって構成される。この訓練データおよびテストデータは3人の被験者に関して収集した。3人の被験者は20~30代の男性で、いずれも、右手が利き手であり、右足が利き足である。

#### 【0056】

行動に対する行動のラベリングは、実験者が被験者に随伴し、被験者がシナリオに沿った行動を実行する際の各行動の開始時刻と終了時刻とを秒単位で記録することにより、行った。データ収集の終了後に、収集した加速度データからラベリングが施された部分だけを切り出し、上述したウィンドウ毎の特徴量を計算した。ただし、行動の開始時刻・終了時刻の前後5秒間は行動の変化途中と考慮して、その間のデータは特徴量の計算から除外した。

#### 【0057】

上述した手法に従って、全ての加速度センサ32からデータを収集した。次に、全被験者の訓練データを用いて、SVM, NN, C4.5のクラス分類器毎に学習を行い、その後、全被験者の全テストデータを与え、10種類の行動毎の識別性能を求めた。このとき、学習と評価に用いるセンサの組み合わせとして、センサの個数を1~6個とする全ての組み合わせ(63通り)を比較条件とした。

#### 【0058】

各クラス分類器における、最も高い識別結果を得る加速度センサ32の装着位置の組み合わせと、その識別結果とが図5に示される。ここで、識別率は、全サンプル中における正しく認識できたサンプル数の割合(True Positive Rate)である。クラス分類器としてSVMを用いた場合には、「両手首と両足首」の4箇所のセンサ装置16a, 16b, 16eおよび16fの加速度センサ32を用いたときに、最も高い識別結果(89.8%)を得た。また、クラス分類器としてNNを用いた場合には、「右手首と両足首」の3箇所のセンサ装置16a, 16eおよび16fの加速度センサ32を用いたときに、最も高い識別結果(87.6%)を得た。さらに、クラス分類器としてC4.5を用いた場合には、「右手首と両足首」の3箇所のセンサ装置16a, 16eおよび16fの加速度センサ3

10

20

30

40

50

2を用いたときに、最も高い識別結果(83.0%)を得た。

【0059】

クラス分類器毎に最も高い識別結果を得る加速度センサ32の組み合わせを求め、その識別結果をプロットして得られた折れ線グラフが図6に示される。図6に示すように、クラス分類器としてSVMを用いることの優位性を確認することができる。したがって、これ以降では、クラス分類器としてSVMを用いた場合についてのみ説明することにする。

【0060】

図7は、クラス分類器としてSVMを用いた場合に、利き手(この実施例では、右手)や利き足(この実施例では、右足)が識別結果に及ぼす影響を示す棒グラフである。図7に示すように、最適な加速度センサ32の装着位置である4箇所(16a, 16b, 16e, 16f)から右手首(16a)を除いた場合に大きく識別性能が低下し、右手首に装着されたセンサ装置16aの加速度センサ32の寄与度が高いことが分かる。また、図7には、最適な加速度センサ32の装着位置である4箇所(16a, 16b, 16e, 16f)からどちらか一方の足首(16eまたは16f)を除いた場合には、識別結果が等しく左右の足首の寄与度についての違いを確認することはできなかった。

【0061】

図8は、図6に示したSVMの結果に関して、10種類の行動別に識別結果を示したものである。図8に示すように、識別に用いるセンサ装置16(加速度センサ32)を、全6個から両手首と両足首とに装着した場合の4個(16a, 16b, 16e, 16f)に減らした場合に、「エレベータの上り」以外の全ての行動において識別結果の向上が見られた。各行動に対する識別結果の混同行列が図9および図10に示される。図9および図10を参照して分かるように、識別に用いるセンサ装置16(加速度センサ32)の装着数を両手首と両足首との4つに減らすことによって、誤識別するサンプル数が減少している。

【0062】

この識別性能の向上を正準特徴空間で確認することにする。図11は、両手首、両腿、両足首に装着した全6個のセンサ装置16a, 16b, 16c, 16d, 16eおよび16fの加速度センサ32を用いた場合の正準特徴空間における第1, 第2変数上での散布図である。また、図12は、両手首と両足首とに装着した4個のセンサ装置16a, 16b, 16eおよび16fの加速度センサ32を用いた場合の正準特徴空間における第1, 第2変数上での散布図である。

【0063】

ここで、図11および図12の第2変数までの累積寄与度は、それぞれ、84.5%, 78.7%である。図11および図12において、10種類の行動が、立つ姿勢を取る行動、座る姿勢を取る行動、歩行を伴う行動の3種類に分布しているのが確認できる。また、図11においては、立つ姿勢を取る3種類の行動と、座る姿勢を取る4種類の行動とはっきりと分布しているのに対し、図12においては、立つ姿勢を取る3種類の行動と、座る姿勢を取る4種類の行動との境界がはっきりしていない。

【0064】

また、図11に示す場合には、座る姿勢を取る4種類の行動(「座る」, 「コンピュータ作業」, 「読書」, 「食事」)が右下の領域に密集している。このことより、座る姿勢を取る4種類の行動を正しく識別することが困難であると考えられる。具体的には、座る姿勢を取る4種類の行動に関して、図11および図12における第1, 第2変数を用いてクラス内・クラス間分散比を求めると、図11に示す場合(全6個の加速度センサ34a-34fを用いる場合)は4.88であり、図12に示す場合(4個のセンサ装置16a, 16b, 16eおよび16fの加速度センサ32を用いる場合)は20.04である。これは、両腿のセンサ装置16cおよび16dの加速度センサ32を除いた方が、正準特徴空間上で、座る姿勢を取る4種類の行動のクラスが分離されていることを意味する。たとえば、図13(A), 図13(B)および図14には、4個のセンサ装置16a, 16b, 16e, 16fの加速センサ32の加速度データを用いた場合における、各姿勢に

10

20

30

40

50

じた正準特徴空間での行動毎の分布が示される。図13(A), 図13(B)および図14を見て分かるように、いずれの場合にも、同一の姿勢内における行動が分離され、容易に識別が可能である。

【0065】

また、別のサンプルを用いた場合における、姿勢の識別結果および各姿勢クラス(カテゴリ)の中で取り得る行動の識別結果が図15および図16に示される。図15は、全てのセンサ装置16の加速度センサ32からの加速度データに基づいて、姿勢および全ての行動を識別した場合の結果である。一方、図16は、腿部のセンサ装置16を除く4個のセンサ装置16の加速度センサ32からの加速度データに基づいて、姿勢および全ての行動を識別した場合の結果である。ただし、図15および図16では、行動は、立位、座位および歩行のカテゴリで分類して示してある。

10

【0066】

図15および図16を参照して、姿勢の識別結果を見ると、全てのセンサ装置16の加速度センサ32からの加速度データに基づいて識別した場合の方が、腿部のセンサ装置16c, 16dを除く4つのセンサ装置16の加速度センサ32からの加速度データに基づいて識別した場合よりも、識別率が高いことが分かる。また、立位および歩行のカテゴリに含まれる行動の識別結果を見ると、全てのセンサ装置16の加速度センサ32からの加速度データに基づいて識別した場合と、腿部のセンサ装置16c, 16dを除く4つのセンサ装置16の加速度センサ32からの加速度データに基づいて識別した場合とでは、ほとんど識別率が同じであることが分かる。ただし、座位の識別結果を見ると、全てのセンサ装置16の加速度センサ32からの加速度データに基づいて識別した場合よりも、腿部のセンサ装置16c, 16dを除く4つのセンサ装置16の加速度センサ32からの加速度データに基づいて識別した場合の方が、識別率がかなり高いことが分かる。

20

【0067】

以上より、両腿に装着されるセンサ装置16cおよび16dは、姿勢の違いを識別するには有効であるが、似た姿勢を取る行動間、特に座る姿勢を取る行動間の識別には有効でないことが分かる。

【0068】

ここで、上記の例は、両手首、両腿、両足首にセンサ装置16(加速度センサ32)を装着し、10種類の行動を識別するようにしてあるが、使用するセンサ装置16の数や取り付け位置は、行動識別システム10の適用(使用)環境等に応じて様々である。また、識別する姿勢や行動も、行動識別システム10の使用環境等に応じて様々である。したがって、サーバ12では、取得した全ての加速度データ(サンプル)から姿勢の識別に使用する加速度データ(センサ装置16)を抽出し、さらに、識別された姿勢の中で取り得る行動を識別するためのセンサ装置16を姿勢毎に抽出するようにしてある。そして、抽出した姿勢の識別に使用するセンサ装置16の集合(姿勢識別用センサ集合DB22)および行動を識別するためのセンサ装置16の集合(行動識別用センサ集合DB24)を参照して、被験者の姿勢および行動を識別するようにしてある。

30

【0069】

また、他の条件が同じ場合、サンプリング周波数を低く抑えることで、加速度データの収集と伝送の両面で加速度センサの省電力化を計ることができ、電池での駆動時間を延長することができる。長時間の利用に耐え得る日常行動識別システムの実現のため、サンプリング周波数と識別率との関係性を評価した。

40

【0070】

サンプリング周波数の評価実験では、上述のようにして収集した加速度データを50Hzでサンプリングしたデータが用いられる。この加速度データからダウンサンプリングによって、2.5Hz, 12.5Hz, 6.25Hz, 3.125Hzの加速度データをそれぞれ生成した。これらのサンプリング周波数の違う5種類に関して、それぞれの場合の識別を求めた。このとき、上述の実験で得られた最適な加速度センサ32の装着位置の組み合わせを踏まえ、学習と評価に用いるセンサデータは「両手首と両足首」4箇所のデータのみとし、

50

クラス分類器も SVM のみを用いた。特徴計算を行う際、サンプリング周波数によってウィンドウ中に含まれるサンプル数が異なるが、ウィンドウサイズ長を一定に保ち、サンプル数を可変としている。

#### 【 0 0 7 1 】

図 1 7 には、サンプリング周波数を変化させたときの行動別の識別率を示したグラフが示される。図 1 7 に示すグラフを参照すると、全体としてサンプリング周波数を低下させると識別精度が低下する傾向が分かる。一方、これと逆の傾向を示している行動として「コンピュータ作業」が挙げられる。図 1 0 に示した 5 0 Hz でサンプリングした結果と、図 1 8 に示すように、6 . 2 5 Hz でサンプリングしたときの結果とを比較すると、サンプリング周波数を低下させても、識別率の低下が小さいことが分かる。しかし、「座位」の姿勢では、サンプリング周波数の低下により、「コンピュータ作業」を「食事」と誤識別するサンプル数が減少している。逆に、「食事」は周波数の低下によって「読書」と誤識別するサンプル数が増え、「読書」に関しては周波数の低下により「コンピュータ作業」と誤識別するサンプル数が増加している。これは、サンプリング周波数が 6 . 2 5 Hz の場合には、「座位」の姿勢についての 3 種類の行動（「コンピュータ作業」、「食事」、「読書」）を正しく識別できていないことを意味する。図 1 7 を見ると、「座位」の姿勢における行動の識別には、1 2 . 5 Hz 以上のサンプリング周波数が必要と考えられる。この実施例では、加速度センサ 3 2（センサ装置 1 6）における省電力化を主たる目的とはしないため、サンプリング周波数は 5 0 Hz に固定してある。

#### 【 0 0 7 2 】

上述したような動作をサーバ 1 2 が図 1 9 ないし図 2 2 に示すフロー図に従って実行する。具体的には、サーバ 1 2 は、図 1 9 ないし図 2 1 に示すフロー図に従って、姿勢・行動識別特徴量学習処理を実行し、図 2 2 に示すフロー図に従って、姿勢・行動識別処理を実行する。

#### 【 0 0 7 3 】

図 1 9 に示すように、サーバ 1 2 は、姿勢・行動識別特徴量学習処理を開始すると、ステップ S 1 で、センサ D B 2 0 から姿勢識別学習用データセットを読み込む。具体的には、サーバ 1 2 は、或る被験者の行動記録として、当該被験者に装着された各センサ装置 1 2 で検出された加速度データをセンサ D B 2 0 から読み込む。ここで、この姿勢識別学習用データセットでは、加速度データに対応して姿勢クラスがラベリングされている。つまり、立位、座位、歩行のいずれかを示す識別情報（ID）が付加されている。ただし、この実施例では、後述する行動識別学習用データセットは、この姿勢学習用データセットと同じであり、したがって、加速度データには、姿勢クラスの識別情報のみならず、行動についての識別情報も付加されている。上述した訓練データと同様に、これらの識別情報は、加速度データの取得時にラベリングすることができる。ただし、被験者の行動をビデオカメラで撮影するなどして記録しておく場合には、その記録に従って事後的にラベリングすることができる。

#### 【 0 0 7 4 】

続くステップ S 3 では、全センサの集合をセンサ集合 S として読み出す。次のステップ S 5 では、姿勢識別特徴抽出処理を実行する。ここでは、サーバ 1 2 は、姿勢を識別するための特徴量（姿勢識別用特徴量）すなわち特徴ベクトル  $f_p$  を計算する。この特徴ベクトル  $f_p$  は数 5 で示される。上述したように、全ての加速度センサ 3 2 で検出された加速度から、ウィンドウ毎に、平均、標準偏差、エネルギー、エントロピおよび相関係数が算出され、これらが特徴ベクトル  $f_p$  の各要素となる。

#### 【 0 0 7 5 】

[ 数 5 ]

$$f_p = F(S) = \{ f_{p1}, f_{p2}, \dots, f_{pNp} \}$$

続いて、ステップ S 7 では、特徴ベクトル  $f_p$  を主成分分析し、寄与率が閾値  $p$  よりも大きい特徴（特徴ベクトル  $f_{pr}$ ）を選択する。この選択された特徴ベクトル  $f_{pr}$  は数 6 で示される。

【 0 0 7 6 】

[ 数 6 ]

$$f_{p r} = \{ f_{p r 1}, f_{p r 2}, \dots, f_{p r k} \} \quad (r k \leq N p)$$

なお、数 6 から分かるように、特徴ベクトル  $f_{p r}$  は、選択された  $r k$  個の特徴量で表わされる。

【 0 0 7 7 】

ここで、上述したように、特徴量は 5 種類であるが、各加速度の軸毎に特徴量を求めるとともに、相関係数については、2 つの異なる各軸間の全ての組み合わせについての相関を求めることにより、特徴ベクトル  $f_p$  は求められる。このため、たとえば、4 つの加速度センサ 3 2 で検出された加速度を用いる場合には、「平均」、「標準偏差」、「エネルギー」および「エントロピ」のそれぞれについては 1 2 ( 3 軸 × 4 ) 個の特徴量が求められ、相関係数については 6 6 (  ${}_{12}C_2 = 12 \times 11 / 2$  ) 個の特徴量が求められる。つまり、この場合の特徴ベクトル  $f_p$  は 1 1 4 次元となる。このとき、変数  $N p = 1 1 4$  となる。ただし、相関係数は、4 つの加速度センサ 3 2 の各軸の加速度 ( 1 2 軸の加速度 ) について、他の軸の加速度との相関関係を求めている。

10

【 0 0 7 8 】

また、特徴ベクトル  $f_p$  を主成分分析すると、固有値の大きい順で、第 1 主成分から第  $N p$  主成分までの固有値  $\lambda_i$  (  $i = 1, 2, \dots, N p$  ) が算出される。このとき、寄与率は、各固有値を固有値の合計値で割ったもの ( 百分率 ) と定義される。つまり、各固有値  $\lambda_i$  の寄与率は数 7 で示される。

20

【 0 0 7 9 】

[ 数 7 ]

$$\text{寄与率} = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^{N p} \lambda_i} \times 100 (\%)$$

【 0 0 8 0 】

この寄与率の値が閾値  $p$  を超えるか否かを判断して、特徴ベクトル  $f_{p r}$  を求めている。たとえば、閾値  $p$  は 1 ( % ) に決定される。固有値  $\lambda_i$  が大きいほど、主成分得点の分散が大きく、各固有値  $\lambda_i$  に対応する ( 属する ) 固有ベクトル ( 元の特徴軸の重み付け合成特徴ベクトル ) が全特徴空間を説明する力が大きい ( 情報量が多い )。しかし、固有値  $\lambda_i$  が極端に小さい特徴軸は、全特徴空間を説明する力が小さいため、無くても良いと言える。したがって、特徴ベクトル  $f_p$  から固有値  $\lambda_i$  の小さい特徴軸 ( 特徴量 ) を削除することにより、次元の少ない特徴ベクトル  $f_{p r}$  に圧縮しているのである。

30

【 0 0 8 1 】

なお、この実施例では、寄与率を用いて、特徴ベクトル  $f_{p r}$  を求めるようにしてあるが、累積寄与率を用いるようにしてもよい。ここで、累積寄与率は、寄与率を第 1 主成分から順に累積したものをいう。この場合、たとえば、閾値  $p$  は 9 5 ( % ) に決定され、第 1 主成分からこの閾値  $p$  を超える最小の第  $k$  主成分 (  $k \leq N p$  ) までを採用した特徴ベクトル  $f_{p r}$  が生成される。

40

【 0 0 8 2 】

図 1 9 に戻って、次のステップ S 9 では、特徴ベクトル  $f_{p r}$  に使用していないセンサ集合  $S_m$  を求める。つまり、特徴ベクトル  $f_p$  に特徴量 ( 要素ないし成分 ) が存在するが、特徴ベクトル  $f_{p r}$  に特徴量が存在しないセンサ装置 1 6 ( 加速度センサ 3 2 ) を検出するのである。そして、ステップ S 1 1 では、センサ集合  $S_m$  が空集合であるかどうかを判断する。

【 0 0 8 3 】

ステップ S 1 1 で “ NO ” であれば、つまりセンサ集合  $S_m$  が空集合でなければ、ステップ S 1 3 で、センサ集合  $S$  を更新する (  $S = S - S_m$  )。つまり、姿勢の識別に使用するセンサ装置 1 6 ( 加速度センサ 3 2 ) の数が削減される。その後、ステップ S 5 に戻

50

る。一方、ステップS 1 1で“ Y E S ”であれば、つまりセンサ集合S mが空集合 であれば、ステップS 1 5で、姿勢識別用センサ集合Sを、姿勢識別用センサ集合データベースに書き出す。つまり、サーバ1 2は、センサ集合Sを姿勢識別用センサ集合S p \*として、姿勢識別用センサ集合D B 2 2に記憶する。

【 0 0 8 4 】

続いて、図2 0に示すように、ステップS 1 7では、センサD B 2 0から行動識別学習用データセットを読み込む。ここでは、ステップS 1で読み出したデータと同じデータが読み出される。次のステップS 1 9では、姿勢 p i { p 1 , p 2 , ... , p N p }を選択する。この姿勢 p iには、全ての姿勢クラスのラベル(識別情報)が記述される。姿勢 p iは、行動識別システム1 0の管理者ないし使用者によって予め決定され、図示は 10  
省略するが、センサD B 2 0などのD Bやサーバ1 2の内部メモリに記憶されている。そして、ステップS 2 1では、変数iが最大値N pを超えているか( i > N p )を判断する。つまり、姿勢 p iに含まれる全ての姿勢クラスについて、後述する行動識別用センサ集合S a \*を求めたかどうかを判断する。

【 0 0 8 5 】

ステップS 2 1で“ Y E S ”であれば、つまり変数iが最大値N pを超えている場合には、そのまま姿勢・行動識別特徴量学習処理を終了する。一方、ステップS 2 1で“ N O ”であれば、つまり変数iが最大値N p以下であれば、ステップS 2 3で、数8に示すような行動A ( p i )を読み出す。ここで、行動A ( p i )は、姿勢 p iにおいて取り得る行動のラベル(識別情報)、すなわち姿勢 p iが示す姿勢クラスの中で取り得る 20  
行動のラベルである。

【 0 0 8 6 】

[ 数 8 ]

$$A ( p i ) = \{ a 1 , a 2 , \dots , a N p i \}$$

続くステップS 2 5では、ステップS 3と同様に、全センサ集合を集合Sとして読み出す。図2 1に示すように、次のステップS 2 7では、行動ラベルに対応するセンサデータ(加速度データ)Z ( S , A ( p i ) )を読み込む。続いて、ステップS 2 9では、センサデータZから特徴量(平均、標準偏差、エネルギー、エントロピ、相関係数)を抽出する。つまり、数9に示すように、m次元の特徴ベクトルXが求められる。

【 0 0 8 7 】

[ 数 9 ]

$$X = \{ x 1 , x 2 , \dots , x m \}$$

続くステップS 3 1では、特徴ベクトルXを主成分分析し、寄与率が閾値 よりも大きい特徴を選択する。この選択された特徴ベクトルX rは数1 0で示される。これらは、上述の特徴ベクトルf pから特徴ベクトルf p rを生成したのと同様である。

【 0 0 8 8 】

[ 数 1 0 ]

$$X r = \{ x r 1 , x r 2 , \dots , x r l \} \quad ( r 1 < K )$$

なお、数1 0からも分かるように、特徴ベクトルX rは、選択されたr 1個の特徴量で表わされる。

【 0 0 8 9 】

次のステップS 3 3では、特徴ベクトルX rに使用していないセンサ集合S nを求める。つまり、特徴ベクトルXに要素が存在するが、特徴ベクトルX rに要素が存在しないセンサ装置1 6(加速度センサ3 2)を検出するのである。そして、ステップS 3 5では、センサ集合S nが空集合 であるかどうかを判断する。

【 0 0 9 0 】

ステップS 3 5で“ N O ”であれば、つまりセンサ集合S nが空集合 でなければ、ステップS 3 7で、センサ集合Sを更新する( S = S - S n )。つまり、行動の識別に使用するセンサ装置1 6(加速度センサ3 2)の数が削減される。その後、ステップS 2 7に戻る。一方、ステップS 3 5で“ Y E S ”であれば、つまりセンサ集合S nが空集合 で 50

あれば、ステップS39で、行動識別用センサ集合Sを、行動識別用センサ集合データベースに書き出して、図20に示したステップ19に戻る。つまり、ステップS39では、サーバ12は、センサ集合Sを姿勢識別用センサ集合 $S a^*$ として、姿勢識別用センサ集合DB24に記憶する。

【0091】

上述したように、図22は、姿勢・行動識別処理を示すフロー図である。図22に示すように、サーバ12は、姿勢・行動識別処理を開始すると、ステップS51で、姿勢識別用センサ集合 $S p^*$ および行動識別用センサ集合 $S a^*$ を各データベース(22, 24)から読み込む。次のステップS53では、センサ集合 $S p^*$ のデータ(加速度データ)を用いて特徴抽出する。つまり、数11に示すような特徴ベクトル $F p$ が求められる。特徴ベクトル $F p$ の各要素(特徴量)は、上述した特徴ベクトル $f p$ と同様である。

10

【0092】

[数11]

$$F p = \{ f p 1, f p 2, \dots, f p N \}$$

次にステップS55では、姿勢識別処理を実行する( $p = \text{classify\_posture}(F p)$ )。ここで、姿勢識別処理(姿勢クラスの識別手法)について説明する。姿勢クラスは、上述したように、立位、座位および歩行の3クラスであり、各スライディング・ウィンドウの特徴量として教師あり学習を適用する。各クラスの特徴空間における散布図は、図11または図12に示したようなクラスタを形成する。学習に用いる識別器としては、k近傍法(k-Nearest Neighbor)、線形識別関数、ナイーブベイズ法、決定木学習、サポートベクトルマシン(SVM)などを適用することができる。

20

【0093】

ただし、図11または図12, 図13(A), 図13(B)および図14に示すような散布図に従うクラスタについてのデータは教師データとして、サーバ12の内部メモリ等に予め記憶されている。ここで、「クラスタについてのデータ」とは、たとえば、各クラスタに対応するクラス(姿勢や行動)を識別可能な情報と、散布図において当該クラスタを示す座標データとを意味する。

【0094】

たとえば、識別器として、k近傍法を適用すると、特徴空間(図11, 図12)上にマッピングした際に、上記の教師データで規定されるクラスタとのユークリッド距離が近い順からk個のサンプルを選び、そのk個のサンプルの中で最も多いクラス(姿勢クラス)を識別結果とすることができる。

30

【0095】

なお、多クラスのサポートベクトルマシンの構築の際には、各クラスを他の個々のクラスと判別するペアワイズ識別器をクラス数分訓練することで行う。実施例では、SMO(Sequential Minimal Optimization)法を用い、カーネル関数として1次元の多項式カーネルを用いた。ただし、SMO法については、「S. S. Keerthi, S. K. Shevade, C. Bhattacharyya, K. R. K. Murthy: Improvements to Platt's SMO Algorithm for SVM Classifier Design, Neural Computation, 13(3), pp.637-649, 2001.」(参考文献7)に開示されている。

40

【0096】

上記図9, 図10, 図15および図16に示した識別結果(識別率)は、SMO法をベースにしたSVMを識別器として用いた場合の結果である。

【0097】

ステップS55で姿勢クラスが識別されると、ステップS57では、識別姿勢 $p$ に基づいて、行動識別に用いるセンサ集合 $S a^*(p)$ を決定する。つまり、ステップS55で識別された姿勢クラス( $p$ )の中で取り得る行動を識別するためのセンサ集合 $S a^*(p)$ が決定されるのである。続くステップS59では、決定したセンサ集合 $S a(p)$ のデータを用いて特徴抽出する。つまり、数12に示すような特徴ベクトル $F a p$

50



が求められる。

【0098】

[数12]

$Fap = \{fa1, fa2, \dots, faM\}$

次にステップS61では、行動識別処理を実行する ( $a = classify\_action(Fap)$ )。この行動識別処理は、上述したステップS55の姿勢識別処理と同じであるため、重複した説明は省略する。したがって、ステップS61では、姿勢クラス  $p$  に含まれる複数の行動のうちから、1の行動が識別(特定)される。続くステップS63では、行動識別結果  $a$  を出力する。たとえば、行動識別結果  $a$  を、サーバ12に接続されたモニタ(図示せず)にテキスト表示したり、同じくサーバ12に接続されたスピーカ(図示せず)に音声で出力したり、或いはそれら両方の手段で出力したりする。ただし、行動識別結果  $a$  を他の端末(コンピュータや電話機)に電子メールで送信(出力)するようにしてもよい。また、行動識別結果  $a$  を単に出力するのみならず、その識別結果(姿勢および行動)を加速度データにラベリングするようにしてもよい。

10

【0099】

そして、ステップS65では、姿勢・行動識別処理を終了するかどうかを判断する。ここでは、ユーザからの終了指示が入力されたり、全ての加速度データについての処理を終了したりしたかどうかを判断するのである。ステップS65で“NO”であれば、つまり姿勢・行動識別処理の終了でなければ、そのままステップS53に戻って、次のサンプルについて姿勢・行動識別処理を実行する。一方、ステップS65で“YES”であれば、

20

【0100】

この実施例によれば、姿勢を識別した後に、その姿勢クラスの中で取り得る1の行動を識別するので、被験者の行動を正確に識別することができる。また、姿勢および行動の識別には、それぞれに適切なセンサ集合を用いるので、姿勢および行動の識別をより正確に行うことができる。

【0101】

なお、この実施例では、携帯端末で加速データを収集して、これをサーバに送信して、サーバが行動を識別するようにしたが、これに限定される必要はない。姿勢パターンや行動パターンのデータを携帯端末の内部メモリに記憶しておけば、携帯端末で行動を識別することもできる。つまり、オンラインとオフラインとに拘わらず、姿勢および行動を識別することができる。

30

【0102】

また、この実施例では、携帯端末から一定時間毎に加速度データを含む送信データをサーバに送信するようにしたが、すべての加速度データを収集した後に、送信データをサーバに送信するようにしてもよい。ここで、すべての加速度データは、1日における被験者の行動に対する加速度データ、携帯端末のメモリに記憶可能な量の加速度データ、または、携帯端末を駆動する電池の残量で記録可能な量の加速度データを意味する。

【0103】

さらに、この実施例では、携帯端末から中継器を通してサーバに送信データを送信するようにしたが、中継器を通さずに、携帯端末から直接サーバに送信データを送信するようにしてもよい。

40

【0104】

さらにまた、この実施例では、10種類の行動を3種類の姿勢に分類して、姿勢および行動を識別するようにしたが、姿勢は2種類以上であれば、4種類以上であってもよく、行動の種類は2種類以上であれば、11種類以上であってもよい。つまり、実施例の姿勢や行動に限定されるべきではない。

【0105】

また、この実施例では、1人の被験者についての行動を識別する場合について説明した。しかし、被験者は複数であってもよい。かかる場合には、被験者毎に、姿勢識別用セン

50

サ集合および行動識別用センサ集合を作成し、被験者に対応するセンサ集合を用いて姿勢および行動を識別するようにすればよい。また、各被験者の加速度データの平均を取るようにすれば、すべての被験者に使用可能な姿勢識別用センサ集合および行動識別用センサ集合を作成することができる。かかる場合には、データベースの記憶容量を節約することができる。

【0106】

さらに、この実施例では、被験者の行動（動作）を検出するセンサとして加速度センサを用いた場合についてのみ説明したが、加速度センサに代えて、ジャイロセンサ（3軸）を用いることもできる。この場合には、ジャイロセンサで検出された角速度に基づいて、スライディング・ウィンドウ毎に、平均、標準偏差、エネルギー、周波数領域エントロピおよび相関関係の5種類の特徴量が算出される。

10

【図面の簡単な説明】

【0107】

【図1】図1はこの発明の行動識別システムの一例を示す図解図である。

【図2】図2は図1のセンサ装置および中継器の電気的な構成を示す図解図である。

【図3】図3は図1のセンサ装置および中継器を被験者が装着した様子を示す図解図である。

【図4】図4は右手首の加速度のデータを一定時間のスライディング・ウィンドウで分割する例を示す図解図である。

【図5】図5は各クラス分類器における、最も高い識別結果を得る加速度センサの装着位置の組み合わせと、その識別結果とを示す棒グラフである。

20

【図6】図6はクラス分類器毎に最も高い識別結果を得る加速度センサの組み合わせを求め、その識別結果をプロットして得られた折れ線グラフである。

【図7】図7はクラス分類器としてSVMを用いた場合に、利き手や利き足が識別結果に及ぼす影響を示す棒グラフである。

【図8】図8は図6に示したSVMの結果に関して、10種類の行動別に識別結果を示した折れ線グラフである。

【図9】図9は全ての加速度センサを用いた場合の各行動に対する識別結果の混同行列を示す図解図である。

【図10】図10は両手首と両足首とに装着された加速度センサを用いた場合の各行動に対する識別結果の混同行列を示す図解図である。

30

【図11】図11は全ての加速度センサを用いた場合の正準特徴空間における第1、第2変数上での散布図である。

【図12】図12は両手首と両足首とに装着された加速度センサを用いた場合の正準特徴空間における第1、第2変数上での散布図である。

【図13】図13は両手首と両足首とに装着された加速度センサを用いた場合における、歩行および立位の姿勢に応じた正準特徴空間での行動毎の分布を示す図解図である。

【図14】図14は両手首と両足首とに装着された加速度センサを用いた場合における、座位の姿勢に応じた正準特徴空間での行動毎の分布を示す図解図である。

【図15】図15は全てのセンサ装置を用いた場合における、姿勢の識別結果および各姿勢の中で取り得る行動の識別結果を示す図解図である。

40

【図16】図16は両手首と両足首とに装着された加速度センサを用いた場合における、姿勢の識別結果および各姿勢の中で取り得る行動の識別結果を示す図解図である。

【図17】図17は両手首と両足首とに装着された加速度センサを用いた場合における、サンプリング周波数毎の識別率の変化を示す折れ線グラフである。

【図18】図18は両手首と両足首とに装着された加速度センサを用いた場合における、サンプリング周波数6.25Hzでの識別結果を示す図解図である。

【図19】図19は図1に示すサーバの姿勢・行動識別特徴量学習処理の一部を示すフロー図である。

【図20】図20は図1に示すサーバの姿勢・行動識別特徴量学習処理の他の一部であっ

50

て、図19に後続するフロー図である。

【図21】図21は図1に示すサーバの姿勢・行動識別特徴量学習処理のその他の一部であって、図20に後続するフロー図である。

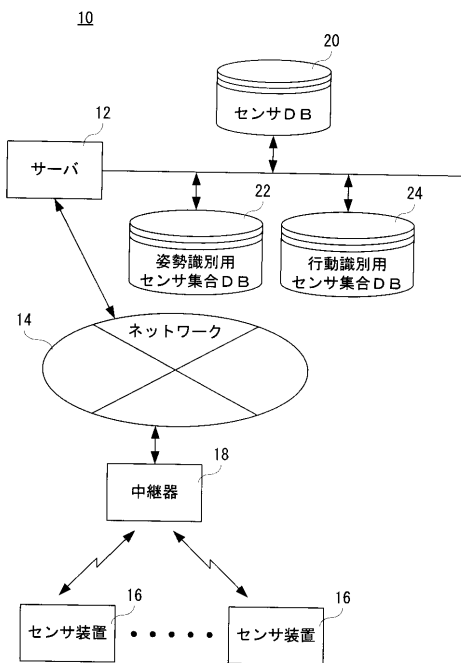
【図22】図22は図1に示すサーバの姿勢・行動識別処理を示すフロー図である。

【符号の説明】

【0108】

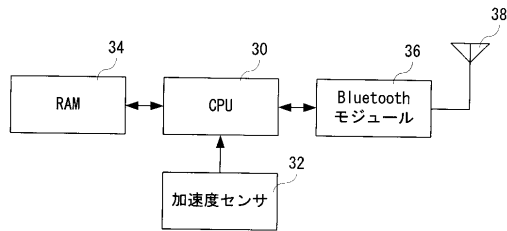
- 10 ... 行動識別システム
- 12 ... サーバ
- 14 ... ネットワーク
- 16 (16a, 16b, 16c, 16d, 16e, 16f) ... センサ装置
- 18 ... 中継器
- 20, 22, 24 ... データベース
- 30, 50 ... CPU
- 32 ... 加速度センサ
- 34, 54 ... RAM
- 36, 56 ... Bluetoothモジュール
- 52 ... インターフェイス

【図1】

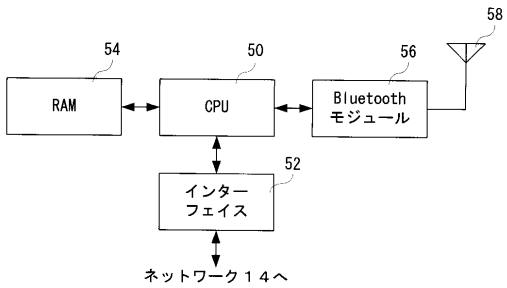


【図2】

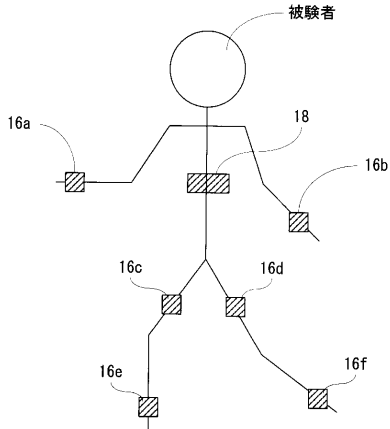
(A) センサ装置 16



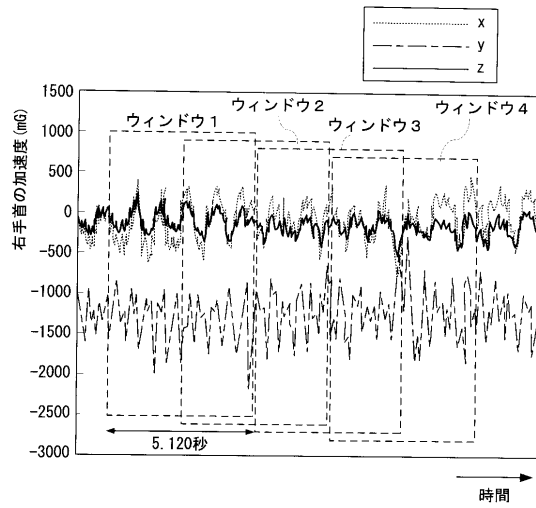
(B) 中継器 18



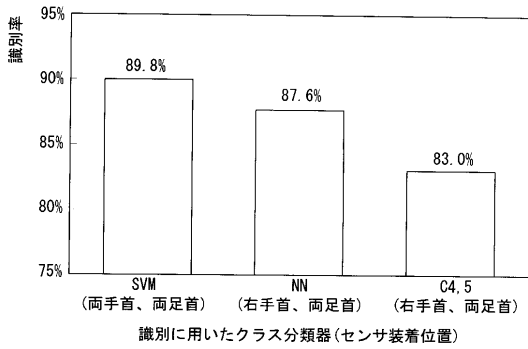
【図3】



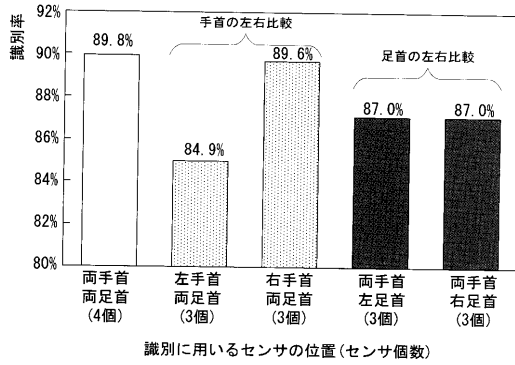
【図4】



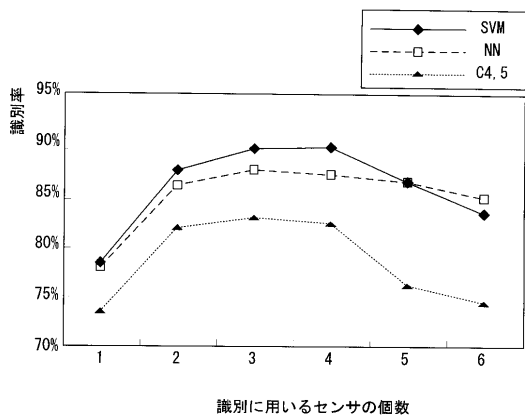
【図5】



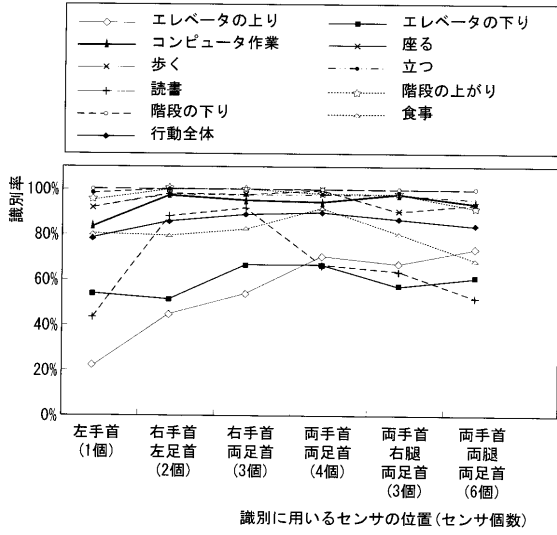
【図7】



【図6】



【図8】



【図9】

両手首、両足首 (全6個) のセンサを用いた場合の識別結果

行動	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	識別率(%)
エレベータの上り	38	13									74.5
エレベータの下り	16	31				4					60.8
コンピュータ作業			64							5	92.8
座る				4	56						93.3
歩く						49					100.0
立つ							59				95.2
読書								30			50.0
階段の上り									1		91.3
階段の下り										78	100.0
食事										23	68.0

識別率の平均 83.5%

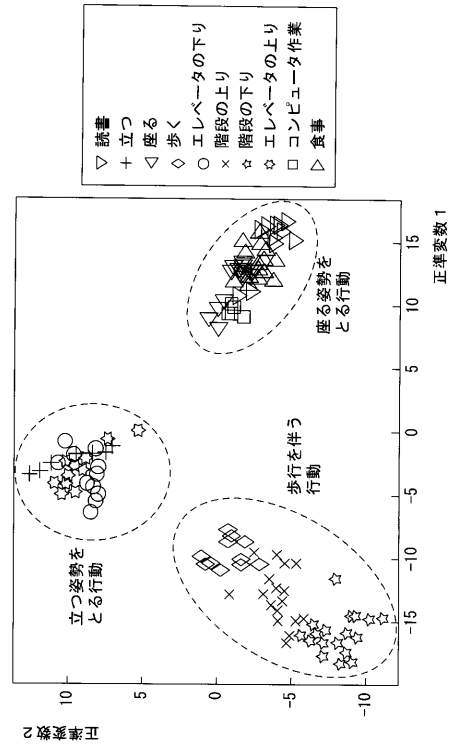
【図10】

両手首と両足首 (全4個) のセンサを用いた場合の識別結果

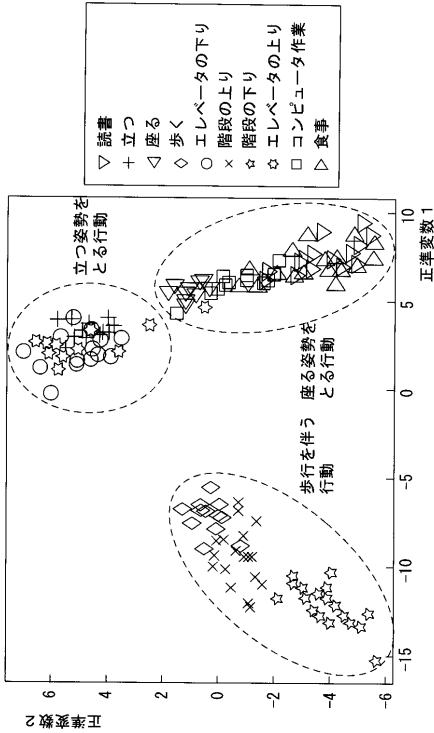
行動	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	識別率(%)
エレベータの上り	36	13					2				70.6
エレベータの下り	13	34					4				66.7
コンピュータ作業	1		65						3		94.2
座る				60							100.0
歩く					49						100.0
立つ		2				60					96.8
読書		1	6				40		13		66.7
階段の上り								90	1		97.8
階段の下り										78	100.0
食事										5	92.0

識別率の平均 89.8%

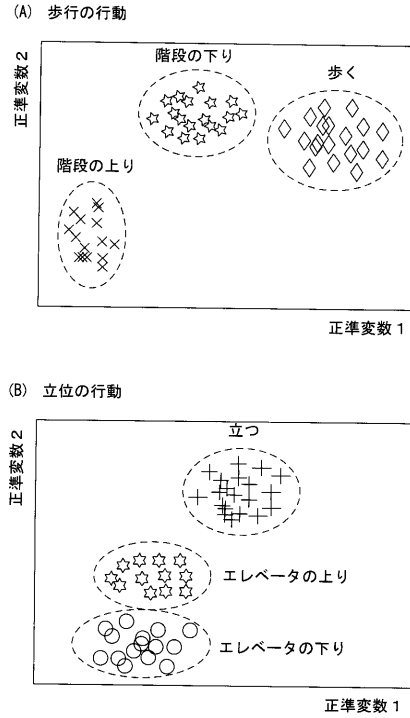
【図11】



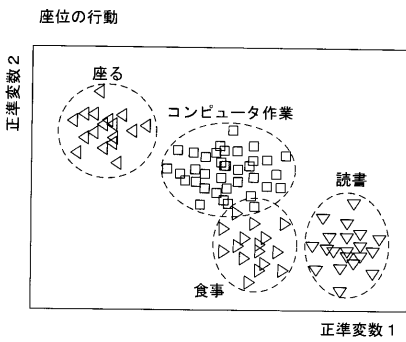
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】

(A) 姿勢の識別

姿勢		a	b	c	識別率 (%)
立位	a	164			100.0
座位	b		264		100.0
歩行	c			219	100.0
平均					100.0 (%)

(B) 立位の識別

行動		a	b	c	識別率 (%)
エレベータの上り	a	32	18	1	62.7
エレベータの下り	b	14	33	4	64.7
立つ	c	3		59	95.2
平均					74.2 (%)

(C) 座位の識別

行動		a	b	c	d	識別率 (%)
コンピュータ作業	a	66			3	95.7
座る	b	2	58			96.7
読書	c	5		26	29	43.3
食事	d	1		21	53	70.7
平均						76.6 (%)

(D) 歩行の識別

行動		a	b	c	識別率 (%)
歩く	a	49			100.0
階段の上り	b	1	91		98.9
階段の下り	c			78	100.0
平均					99.6 (%)

センサ数：6個（両手首，両腿，両足首）

【図16】

(A) 姿勢の識別

姿勢		a	b	c	識別率(%)
立位	a	161	3		98.2
座位	b	1	263		99.6
歩行	c			219	100.0
平均					99.2(%)

(B) 立位の識別

行動		a	b	c	識別率(%)
エレベータの上り	a	33	17	1	64.7
エレベータの下り	b	14	35	2	68.6
立つ	c	1		61	98.4
平均					77.2(%)

(C) 座位の識別

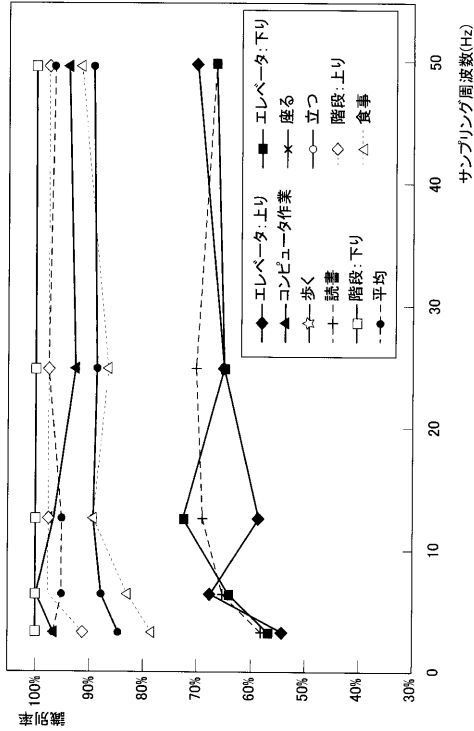
行動		a	b	c	d	識別率(%)
コンピュータ作業	a	67			2	97.1
座る	b		60			100.0
読書	c	4		42	14	70.0
食事	d		1	5	69	92.0
平均					89.8(%)	

(D) 歩行の識別

行動		a	b	c	識別率(%)
歩く	a	49			100.0
階段の上り	b	1	90	1	97.8
階段の下り	c			78	100.0
平均					99.3(%)

センサ数：4個（両手首、両足首）

【図17】



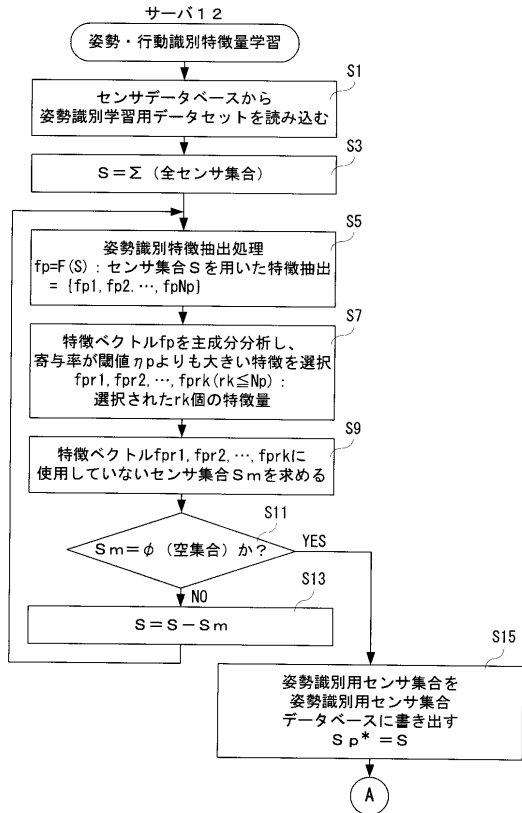
【図18】

サンプリング周波数6.25Hzでの識別結果

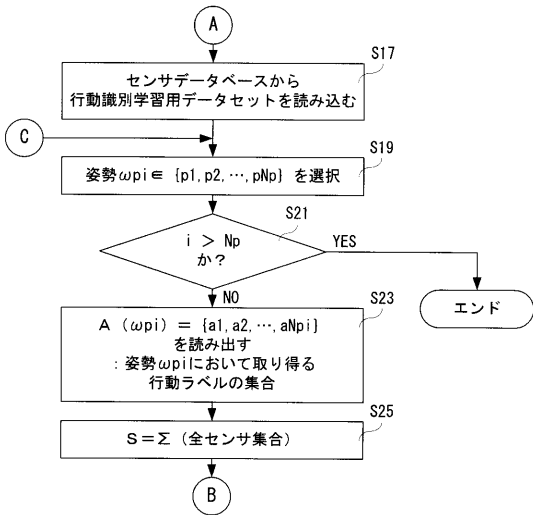
行動	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	識別率(%)
エレベータの上り	34	11				6					66.7
エレベータの下り	13	33				5					64.7
コンピュータ作業			69								100.0
座る				60							100.0
歩く					49						100.0
立つ	2	1				59					95.2
読書			8				39		13		65.0
階段の上り								90	2		97.8
階段の下り									78		100.0
食事	2	1							62		82.7

行動全体における識別率は88.6%

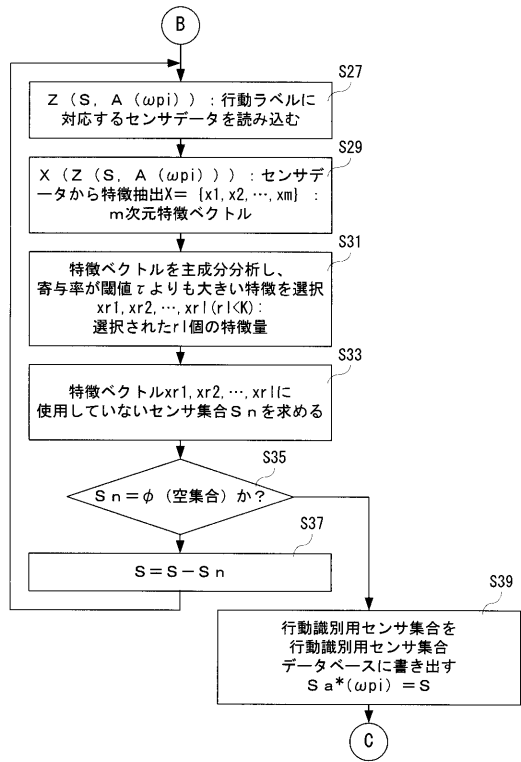
【図19】



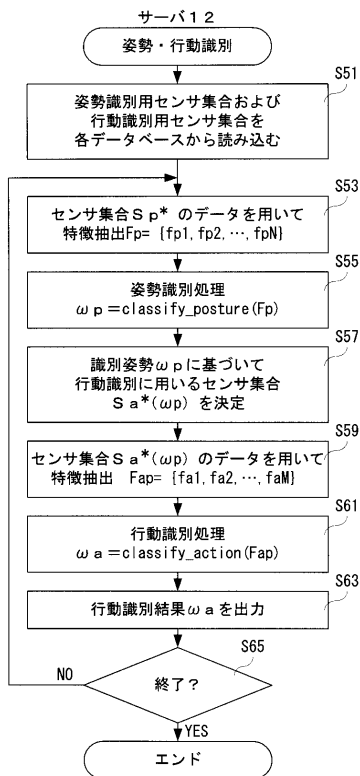
【図20】



【図21】



【図22】





## フロントページの続き

- (72)発明者 小暮 潔  
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
- (72)発明者 宮前 雅一  
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
- (72)発明者 岡田 昌也  
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
- (72)発明者 實廣 貴敏  
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
- (72)発明者 多田 昌裕  
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
- (72)発明者 鳥山 朋二  
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

審査官 湯本 照基

- (56)参考文献 特開平10-113343(JP,A)  
特開平08-240450(JP,A)  
特開2007-160076(JP,A)  
特開2004-184351(JP,A)  
特開2005-157942(JP,A)  
特開2001-198110(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 5/11  
A61B 5/107