

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4913316号

(P4913316)

(45) 発行日 平成24年4月11日(2012.4.11)

(24) 登録日 平成24年1月27日(2012.1.27)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 C 22/00 (2006.01)

G O 1 C 22/00

W

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2003-197364 (P2003-197364)	(73) 特許権者	303046277
(22) 出願日	平成15年7月15日(2003.7.15)		旭化成エレクトロニクス株式会社
(65) 公開番号	特開2005-38018 (P2005-38018A)		東京都千代田区神田神保町一丁目105番地
(43) 公開日	平成17年2月10日(2005.2.10)	(74) 代理人	100066980
審査請求日	平成18年6月21日(2006.6.21)		弁理士 森 哲也
		(74) 代理人	100075579
			弁理士 内藤 嘉昭
		(74) 代理人	100103850
			弁理士 田中 秀▲てつ▼
		(72) 発明者	佐々木 裕之
			神奈川県厚木市岡田3050番地 旭化成株式会社内
		審査官	森 電介

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 歩数演算装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

検出方向が互いに垂直になるように配置された3つの加速度センサを備えた歩数演算装置において、

前記3つの加速度センサからの検出信号をそれぞれ二乗し、これらの和を二乗和として算出し続ける二乗和算出手段と、

前記二乗和算出手段で連続して算出される二乗和をしきい値に制限し且つ周波数しきい値以上の成分をカットすることで、歩数演算に有効な有効成分を抽出する有効成分抽出手段と、

前記抽出された有効成分そのままの1周期を1歩として歩数演算を行う歩数演算手段と、を備え、

前記加速度センサが携帯される歩行体の上下方向と前記各加速度センサの検出方向とが異なる場合にも、前記歩数演算を行うことができることを特徴とする歩数演算装置。

【請求項 2】

前記歩数演算手段は、前記有効成分のピークを検出してこれをカウントするカウント手段を備え、所定時間当たりのピーク数から前記歩数を算出するようになっていて、ことを特徴とする請求項1記載の歩数演算装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

10

20

この発明は、人体等に装着して歩数を計測するようにした歩数演算装置に関し、特に、加速度センサを用いて歩数演算を行うようにした歩数演算装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

従来から、人体等に装着されてその歩数を計測し、例えば、消費カロリーを推測する計器として、歩数計、或いは万歩計（登録商標）等が知られている。

前記歩数計は、例えば、歩行に伴って生じる物理量をセンサ等で検出し、その検出結果に基づいて、歩数を演算するようにしたものが一般的である。

【 0 0 0 3 】

前記物理量としては、おもりの変位、或いは加速度等を検出するようにしており、前記おもりの変位、すなわち、おもりの振動回数を歩数として検出する手法等や、加速度センサの検出結果をFFT処理し、これに基づき、一定周期で行うリズム性のある反復運動が、単位時間当たり何回行われたかを検出するようにしたもの（特許文献1）、また、互いに垂直になるように配置された3個の加速度センサ（以下、3軸の加速度センサという。）を使用し、これら加速度センサの検出結果に基づいて、歩数を演算するようにしたもの（特許文献2）等も提案されている。

10

【 0 0 0 4 】

前記3軸の加速度センサの検出結果に基づき歩数を演算する方法としては、例えば、予め歩行者が走ったり足踏みしたりしたときの3軸の加速度センサの3軸の検出結果に基づいて、各軸毎の検出結果に基づいてその変動量及び振動数に基づいて、歩数を演算する方法（特許文献3）、また、3軸の検出結果をもとに、進行方向加速度及び上下方向加速度を算出し、それぞれに基づいてその変動量及び周波数に基づいて歩数を計測し、平地を走行中であるか或いは階段を昇降中であるかを判定するようにしたもの（特許文献4）等も、提案されている。

20

【 0 0 0 5 】

【特許文献1】

特開平10-290854号公報

【特許文献2】

特開平9-89584号公報

【特許文献3】

特開2001-143048号公報

【特許文献4】

特開11-42220号公報

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

前記おもりの変位量に基づいて歩数を検出するようにした方法を用いた場合、おもりを振動させるための機構が必要となるため、歩数演算装置の小型化が困難であるという問題があるが、前記加速度センサを用いた場合、比較的小型化を図ることが可能である。

しかしながら、上述のような歩数計が組み込まれた機器は、歩行者等の歩行体による携帯部位、或いは携帯方向が様々であって、なお且つ、携帯方向については歩行中一定しておらず、時々刻々と任意に変化する場合がある。

40

歩行に伴って生じる加速度は、一般に鉛直方向に対して変化するのみである。このため、従来の歩数計においては、1軸及び2軸しか加速度センサを持たない場合には、その軸が鉛直方向に向いていなければ、歩行に伴って生じる加速度を捕らえることができず、歩数計測を行うことができない。

【 0 0 0 7 】

また、3軸の加速度センサを有する場合（特許文献3）であっても、鉛直方向に対する変化を正確に測定することができない場合には、この鉛直方向に対応する加速度センサの検出信号に基づいて歩数演算を行ったとしても、誤差が含まれるため、高精度に歩数測定を検出することができないという問題がある。また、3軸の加速度センサのうちの何れの検

50

出信号を歩数演算用の検出信号として参照するかを選定する必要があり、歩数計の携帯方向の変化によっては、参照する検出信号が不定時に切り替わることになり、演算精度の点で問題が残る。

【 0 0 0 8 】

また、各軸毎の検出結果に基づき上下方向及び前後方向の加速度を検出する方法（特許文献 4）においては、3 軸の加速度センサの出力に対し座標変換を行った後、再度歩数を演算する必要があり、その分演算処理の処理負荷が増加し、また、演算処理時間も長くなるという問題がある。

そこで、この発明は、上記従来の未解決の問題に着目してなされたものであり、歩数演算をより高精度に且つ容易に行うことの可能な歩数演算装置を提供することを目的としている。

10

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の請求項 1 に係る歩数演算装置は、検出方向が互いに垂直になるように配置された 3 つの加速度センサを備えた歩数演算装置において、

前記 3 つの加速度センサからの検出信号をそれぞれ二乗し、これらの和を二乗和として算出し続ける二乗和算出手段と、

前記二乗和算出手段で連続して算出される二乗和をしきい値に制限し且つ周波数しきい値以上の成分をカットすることで、歩数演算に有効な有効成分を抽出する有効成分抽出手段と、

20

前記抽出された有効成分そのままの 1 周期を 1 歩として歩数演算を行う歩数演算手段と、を備え、

前記加速度センサが携帯される歩行体の上下方向と前記各加速度センサの検出方向とが異なる場合にも、前記歩数演算を行うことができることを特徴としている。

【 0 0 1 0 】

この請求項 1 に係る発明では、互いに垂直になるように配置された 3 つの加速度センサからの検出信号を、二乗和算出手段によってそれぞれ二乗し、これらの和を二乗和として算出し、この二乗和算出手段で算出された二乗和の変動状況に基づいて歩数演算手段で歩数演算を行う。

加速度センサの各軸方向と、歩数演算装置の前後、左右、上下方向とがずれている場合、歩数演算装置の上下方向の振動は各加速度センサの軸方向に座標変換されて、各加速度センサに上下方向の加速度成分が分散されることになるが、各加速度センサの検出信号の二乗和を算出し、各加速度センサの検出信号成分を合成した二乗和に基づいて歩数を演算するようにしているから、歩数演算の精度の向上を図ることが可能となる。

30

【 0 0 1 1 】

このとき、二乗和算出手段で連続して算出される二乗和をしきい値に制限し且つ周波数しきい値以上の成分をカットすることで歩数演算手段での歩数演算に有効な有効成分が抽出され、歩数演算手段では、前記有効成分抽出手段で抽出された有効成分そのままの 1 周期を 1 歩として歩数演算を行う。つまり、歩数演算手段では、二乗和のうち歩数演算に有効な有効成分のみに基づいて歩数演算を行うから、歩数演算をより高精度に行うことが可能となる。

40

【 0 0 1 2 】

また、請求項 2 に係る歩数演算装置は、前記歩数演算手段は、前記有効成分のピークを検出してこれをカウントするカウント手段を備え、所定時間当たりのピーク数から前記歩数を算出するようになっていることを特徴としている。

この請求項 2 に係る発明では、歩数演算手段では、カウント手段によって、有効成分のピークが検出されてこれがカウントされ、このカウント手段でカウントされたピーク数に基づいて、所定時間当たりのピーク数を求めることにより歩数が演算される。

【 0 0 1 4 】

【発明の実施の形態】

50

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

図 1 は、本発明における歩数演算装置 100 の概略構成を示すブロック図である。

図 1 中、11、12、13 は、加速度センサであって、それぞれ、互いに垂直になるように配置され、直交する 3 軸方向（以下、X、Y、Z 方向とする。）の加速度を検出している。なお、前記加速度センサ 11～13 は、圧電抵抗型、静電容量型等、どのような原理の加速度センサであっても適用することができる。また、前記加速度センサ 11～13 の検出信号は、アナログ値であってもデジタル値であってもよく、また、後述の演算処理部 20 における演算処理も、アナログ処理及びデジタル処理の何れであってもよい。

#### 【0015】

前記加速度センサ 11～13 で検出される 3 軸方向の検出信号は、演算処理部 20 に入力され、ここで歩数演算が行われる。この演算処理部 20 は、加速度センサ 11～13 からの 3 軸方向の加速度について、それぞれを二乗しこれらの和  $G^2$  を算出する二乗和演算部 21 と、この二乗和演算部 21 で算出された二乗和  $G^2$  から歩数有効成分を抽出する歩数有効成分抽出部 22 と、この歩数有効成分抽出部 22 で抽出された歩数有効成分に基づいて歩数をカウントする歩数カウント部 23 と、この歩数カウント部 23 でカウントした歩数を記憶するための歩数格納部 24 とから構成されている。

#### 【0016】

前記二乗和演算部 21 は、前記加速度センサ 11～13 からの検出信号を、 $G_x$ 、 $G_y$ 、 $G_z$  とすると、前記二乗和  $G^2$  を次式（1）にしたがって算出する。

$$G^2 = G_x^2 + G_y^2 + G_z^2 \quad \dots\dots (1)$$

図 2 は、歩行体の加速度変化の典型的な測定例を示したものであって、図 2（a）は進行方向に対して左右方向の加速度、図 2（b）は進行方向に対して前後方向の加速度、図 2（c）は進行方向に対して上下方向の加速度を表したものであって、横軸は時間、縦軸は加速度を表したものである。

#### 【0017】

図 2（a）～（c）からわかるように、歩行体の加速度変化は、個人差或いは歩数演算装置 10 の携帯部位による差異等は多少あるものの、一般に、鉛直方向（上下方向）にのみ発生し、水平方向（左右及び前後方向）には、あまり発生していないことがわかる。

また、鉛直方向の加速度変化を観察すると、重力に起因する加速度測定値を中心に周期的に変動しており、すなわち、1 歩を踏み出す毎に、1 周期分振動していることが見て取れる。

#### 【0018】

つまり、歩行体が携帯している加速度センサの軸方向に依存することのないパラメータとして、加速度センサの各成分の出力結果を、そのまま、歩数演算のための演算対象として用いるのではなく、前記（1）式に示すように、各加速度成分の二乗和  $G^2$  を歩数演算のための演算対象として用いている。このため、歩行体が携帯している加速度センサの方向に変化があってもその変化の状態を考慮する必要がなくなるため、その分、歩数演算のための演算処理を容易にすることができ、また、何れか 1 軸の加速度の検出信号ではなく、各加速度センサ 11～13 の検出信号の値を反映した値に基づいて歩数演算のための演算処理が行われるから、歩数演算の演算精度が向上することになる。

#### 【0019】

前記歩数有効成分抽出部 22 は、前記二乗和演算部 21 で算出された二乗和  $G^2$  に基づいて、歩数を測定するために有効な成分の抽出を行い、このとき、二乗和  $G^2$  の振幅軸方向の有効成分抽出法としてクリッピングを用い、また、時間軸方向の有効成分抽出法としてローパスフィルタ処理を用いて抽出を行う。具体的には、図 3 に示すように、クリッピング部 22a において、二乗和  $G^2$  に対し、あるしきい値以上（又はしきい値以下）の値を、強制的にしきい値に制限する。さらに、ローパスフィルタ部 22b において、ある周波数しきい値以上の成分をカットする。

#### 【0020】

10

20

30

40

50

なお、前記二乗和  $G^2$  に対するクリッピングにおけるクリッピングレベル、ローパスフィルタ処理におけるカットオフ周波数或いはローパスフィルタの次数等は、歩数測定対象や歩数測定の目的等に応じて最適となるように設定すればよい。

また、前記歩数カウント部 23 は、図 4 に示すように、前記歩数有効成分抽出部 22 で抽出した二乗和  $G^2$  の歩数有効成分に対し、ピークレベルのしきい値を設定する閾値設定部 23 a と、閾値設定部 23 a で設定したピークレベルのしきい値を超えるピークを、歩行に起因して二乗和  $G^2$  がしきい値を超えたピークであるとみなして検出するピーク検出部 23 b と、このピーク検出部 23 b で検出したしきい値を超えるピークについて、所定時間当たりのピーク数をカウントするピーク検出数カウント部 23 c とを備えている。

【0021】

なお、前記閾値設定部 23 a で設定されるピークレベルのしきい値は、歩数測定対象や歩数測定の目的等に応じて最適となるように設定すればよい。

また、前記ピーク検出部 23 b では、前記二乗和  $G^2$  の歩数有効成分の上側ピーク（極大値）のみ、或いは下側ピーク（極小値）のみを検出するようにしてもよく、また、双方を検出するようにしてもよい。なお、双方を検出するようにした場合には、ピーク検出数の二分の一を歩数とするようにすればよい。

【0022】

そして、このようにしてピーク検出数カウント部 23 c で歩数を検出したならば、これを歩数格納部 24 に格納する。

このように、演算処理部 20 では、3 軸方向の加速度センサ 11 ~ 13 の検出信号  $G_x$ 、 $G_y$ 、 $G_z$  をもとに二乗和  $G^2$  を算出し、この二乗和  $G^2$  を、歩数演算のためのパラメータとし、このパラメータに基づいて歩数を演算している。

【0023】

ここで、歩行体の鉛直方向と、歩行体に携帯された歩数演算装置の加速度センサ 11 ~ 13 の軸方向とが一致している場合には、図 2 に示すように、加速度センサ 11 ~ 13 で検出される加速度は、鉛直方向に対応する加速度センサの加速度のみが、重力に起因する加速度測定値を中心した値となり、且つ水平方向に対応する加速度センサの加速度は、略零となるが、歩行体の鉛直方向と、歩行体に携帯された歩数演算装置の加速度センサ 11 ~ 13 の軸方向がずれていたり、或いは歩行中に加速度センサ 11 ~ 13 の軸方向が変化した場合には、各加速度センサ 11 ~ 13 で検出される加速度は、歩行体の上下方向に発生する加速度成分が、それぞれ 3 軸方向に座標変換されて各加速度センサ 11 ~ 13 において、加速度の変動が検出されることになる。

【0024】

このため、これらの加速度センサ 11 ~ 13 で検出された加速度のうちの何れかをパラメータとし、これに基づいて歩数演算を行った場合、歩行体の上下方向の加速度を 3 方向に分割したうちの何れか一つに基づいて歩数演算を行うことになるため、誤差を含み易くまた誤判断を行い易くなるため、歩数演算の精度が低下する。

【0025】

しかしながら、上述のように、歩数演算のパラメータとして、各加速度センサ 11 ~ 13 で検出した加速度の二乗和  $G^2$  を用い、各加速度センサ 11 ~ 13 で検出された加速度成分が含まれる二乗和  $G^2$  を用いて歩数演算を行うようにしたから、歩行体の上下方向と加速度センサの軸方向とがずれた場合であっても高精度に歩数演算を行うことができる。

【0026】

また、このように、各加速度センサ 11 ~ 13 で検出した加速度の二乗和  $G^2$  を算出し、そのピーク値をカウントすることで歩数演算を行うようにしているから、簡易な演算処理で歩数演算を行うことができ、歩数演算に伴う処理負荷の軽減及び処理時間の短縮を図ることができる。

また、ピーク値をカウントすることで歩数演算を行うようにしているから、歩行リズムの変化、つまり、歩行に伴って生じる一歩ごとの時間変動に適應することができ、歩数の演算結果を逐次獲得することができる。このため、歩数演算装置としての利便性を向上させ

10

20

30

40

50

ることができる。

【 0 0 2 7 】

また、このとき、加速度の二乗和  $G^2$  をそのまま用いて歩数演算を行うのではなく、二乗和  $G^2$  から歩数演算に適した有効成分を抽出し、抽出した有効成分に基づいて歩数検出を行うようにしているから、歩行体の個体差もしくは歩行体が携帯する 3 軸の加速度センサの携帯部位の変化に関わらず、精度よく歩数を演算することが可能である。

なお、上記実施の形態においては、前記歩数カウント部 2 3 では、図 4 に示すように、ピーク値をカウントするピーク検出法を用いて歩数演算を行うようにした場合について説明したが、これに限るものではなく、他の検出法を用いて歩数演算を行うようにしてもよい。

10

【 0 0 2 8 】

例えば、ピーク検出法に替えて、フーリエ変換法を用いてパワースペクトルの最大値を検出する方法を適用することもできる。この場合には、図 5 に示すように、前記歩数カウント部 2 3 を、所定時間当たりの前記歩数有効成分抽出部 2 2 からの二乗和  $G^2$  の歩数有効成分に対し、所定タイミングでフーリエ変換を行ってパワースペクトル演算を行うスペクトル演算部 2 3 と、スペクトル演算部 2 3 で算出されるパワースペクトルから、パワースペクトルの最大値を検出し、検出した最大値に対応する周波数に基づいて歩数演算する最大スペクトル検出部 2 3 と、から構成する。そして、この最大スペクトル検出部 2 3 において、パワースペクトルが最大となるときの周波数に基づいて、例えば、所定時間当たりのパルス数を算出し、これを歩数とするようにすればよい。

20

【 0 0 2 9 】

なお、前記パワースペクトル演算を行うための所定時間は、歩数測定対象や歩数測定の目的等に応じて最適となるように設定すればよい。

このようにすることによって、この場合も、上記実施の形態に示すピーク検出法を用いた場合と同等の作用効果を得ることができる。

また、上記実施の形態においては、二乗和演算部 2 1 で算出した二乗和  $G^2$  を歩数演算のパラメータとし、この二乗和  $G^2$  の変化状況に基づいて歩数を検出するようにした場合について説明したが、これに限るものではなく、この二乗和  $G^2$  の平方根 ( $G^2$ )<sup>1/2</sup> を算出し、これを歩数演算のパラメータとして算出するようにしてもよい。

30

【 0 0 3 0 】

また、上記実施の形態においては、二乗和演算部 2 1 で算出した二乗和  $G^2$  から歩数有効成分を抽出し、これに基づき歩数を検出するようにした場合について説明したが、必ずしも歩数有効成分の抽出を行う必要はなく、要求される歩数演算の精度、処理量等によって、任意に変更するようにしてもよい。例えば、極めて少ない演算処理量が求められる場合には、二乗和  $G^2$  或いは、その平方根 ( $G^2$ )<sup>1/2</sup> をそのまま比較器 (コンパレータ) に通すことで歩数をカウントするようにしてもよい。

【 0 0 3 1 】

また、上記実施の形態においては、歩数演算を行う歩数演算装置 1 0 0 に適用した場合について説明したが、上述のようにして演算した歩数に基づいて所定の処理を行うようにした装置であっても適用することができる。

40

例えば、歩数に基づいて歩行距離を検出するようにした装置に適用することも可能である。この場合には、図 6 に示すように、図 1 に示す演算処理部 2 0 において、さらに、歩幅の測定又は歩幅の設定を行う歩幅測定 / 歩幅設定部 2 6 と、この歩幅測定 / 歩幅設定部 2 6 で測定又は設定された歩幅と、歩数格納部 2 4 に格納された歩数とを乗算する乗算器 2 7 と、この乗算器 2 7 での乗算結果を、歩行距離として記憶する歩行距離格納部 2 8 とを設けるようにすればよい。

【 0 0 3 2 】

ここで、上記実施の形態において、二乗和演算部 2 1 が二乗和算出手段に対応し、歩数有効成分抽出部 2 2 及び歩数カウント部 2 3 が歩数演算手段に対応し、歩数有効成分抽出部 2 2 が有効成分抽出手段に対応し、歩数カウント部 2 3 がカウント手段に対応し、スペク

50

トル演算部 2 3 及び最大スペクトル検出部 2 3 がパワースペクトル最大値検出手段に対応している。

【 0 0 3 3 】

【発明の効果】

本発明の請求項 1 に係る歩数演算装置によれば、各加速度センサの検出信号の二乗和を算出しこれらの和を求めた二乗和に基づいて歩数演算を行うようにしたから、歩数演算装置を携帯する歩行体の上下方向と各加速度センサの軸方向とが異なる場合であっても高精度に歩数演算を行うことができる。

【 0 0 3 4 】

このとき、二乗和から、従来の歩数演算に有効な成分を抽出し、この抽出した有効成分に基づいて歩数演算を行うようにしたから、歩数演算の算出精度をより向上させることができる。

10

また、請求項 2 に係る歩数演算装置によれば、二乗和の有効成分のピークを検出してこれをカウント手段でカウントし、所定時間当たりのピーク数を求めることによって歩数を演算するようにしたから容易且つ的確に算出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明における歩数演算装置の一例を示すブロック図である。

【図 2】歩行方向に対し、左右方向、前後方向、上下方向の加速度の測定結果の一例である。

【図 3】図 1 の歩数有効成分抽出部 2 2 の一例を示すブロック図である。

20

【図 4】図 1 の歩数カウント部 2 3 の一例を示すブロック図である。

【図 5】歩数カウント部 2 3 のその他の例を示すブロック図である。

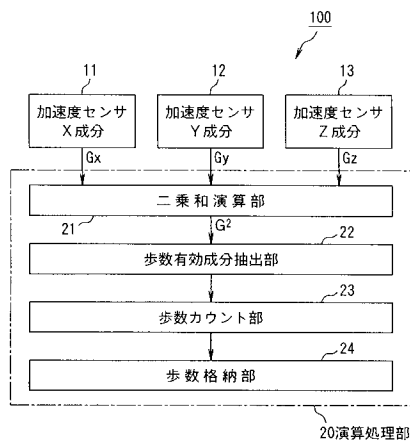
【図 6】歩数演算装置のその他の例を示すブロック図である。

【符号の説明】

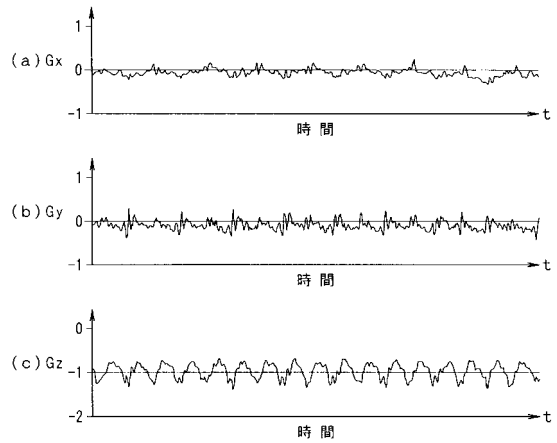
- 1 1 ~ 1 3 加速度センサ
- 2 0 演算処理部
- 2 1 二乗和演算部
- 2 2 歩数有効成分抽出部
- 2 3 歩数カウント部
- 2 4 歩数格納部
- 2 6 歩幅測定 / 歩幅設定部
- 2 7 乗算器
- 2 8 歩行距離格納部

30

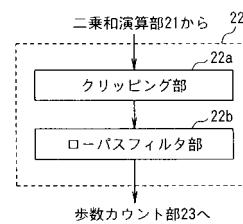
【図 1】



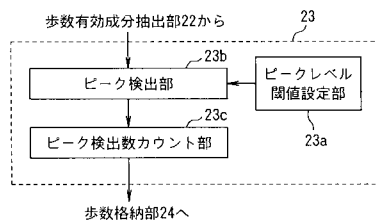
【図 2】



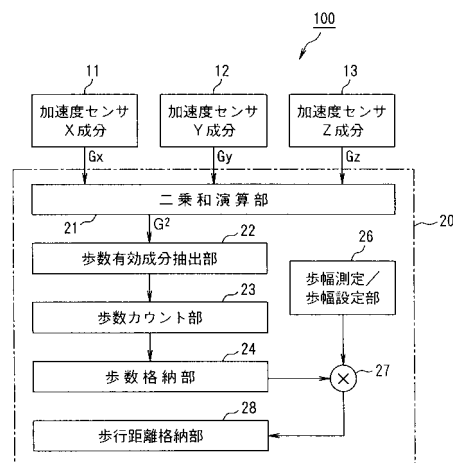
【図 3】



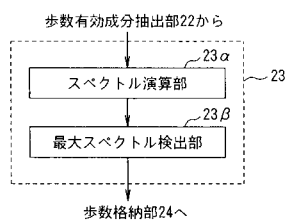
【図 4】



【図 6】



【図 5】





---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 0 6 5 6 4 0 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 0 4 2 2 2 0 ( J P , A )  
特開 2 0 0 1 - 2 5 8 8 7 0 ( J P , A )  
特開 2 0 0 2 - 1 6 3 5 9 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 2 - 1 9 7 4 3 7 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 1 1 3 3 4 3 ( J P , A )  
須長 晋一, 大瀧 保明, 猪岡 光, 無拘束計測装置を用いた日常生活の行動推定, 日本機械学会  
東北支部 第38期総会・講演会講演論文集, 2 0 0 3 年 3 月 1 5 日, PP. 1 6 2 - 1 6 3

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G01C 22/00

A61B 5/06-5/22