

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4957258号
(P4957258)

(45) 発行日 平成24年6月20日(2012.6.20)

(24) 登録日 平成24年3月30日(2012.3.30)

(51) Int.Cl. F I
GO6M 3/00 (2006.01) GO6M 3/00 L
 GO1C 22/00 (2006.01) GO1C 22/00 W

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2007-6228 (P2007-6228)	(73) 特許権者	000005223
(22) 出願日	平成19年1月15日 (2007.1.15)		富士通株式会社
(65) 公開番号	特開2008-171347 (P2008-171347A)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(43) 公開日	平成20年7月24日 (2008.7.24)	(74) 代理人	100089118
審査請求日	平成21年10月16日 (2009.10.16)		弁理士 酒井 宏明
		(72) 発明者	永嶋 史朗
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(72) 発明者	羽田 芳朗
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		審査官	井上 昌宏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 歩数計数装置および歩数計数方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

歩行時の振動によって発生する加速度から歩数を計数する歩数計数装置であって、
 加速度の大きさを示す指標値を取得する取得手段と、
 前記取得手段によって取得された指標値を積分してエネルギーを算出する積分手段と、
 加速度の方向が反転するゼロ点に達したか否かを判定する判定手段と、
 前記判定手段によってゼロ点に達したと判定された場合に、前記積分手段によって積分されて得られたエネルギーを所定の閾値と比較する比較手段と、
 前記比較手段による比較の結果、エネルギーが所定の閾値以上となった回数から歩数を算出する算出手段と
 を有することを特徴とする歩数計数装置。

【請求項2】

前記取得手段は、
 1方向の加速度を感知する1軸加速度センサを含み、
 前記1軸加速度センサによって感知された加速度の二乗値を指標値として取得することを特徴とする請求項1記載の歩数計数装置。

【請求項3】

前記取得手段は、
 2方向以上の加速度を感知する加速度センサを含み、
 前記加速度センサによって感知された複数方向の加速度の二乗和を指標値として取得す

ることを特徴とする請求項 1 記載の歩数計数装置。

【請求項 4】

前記判定手段は、

前記取得手段によって取得された指標値のピークに対応する加速度との内積が 0 未満となる加速度となった時点でゼロ点に達したと判定することを特徴とする請求項 1 記載の歩数計数装置。

【請求項 5】

前記算出手段は、

エネルギーが所定の閾値以上となった回数を 2 で除算して歩数を算出することを特徴とする請求項 1 記載の歩数計数装置。

10

【請求項 6】

歩行時の振動によって発生する加速度から歩数を計数する歩数計数方法であって、
 加速度の大きさを示す指標値を取得する取得工程と、
 前記取得工程にて取得された指標値を積分してエネルギーを算出する積分工程と、
 加速度の方向が反転するゼロ点に達したか否かを判定する判定工程と、
 前記判定工程においてゼロ点に達したと判定された場合に、前記積分工程にて積分されて得られたエネルギーを所定の閾値と比較する比較工程と、
 前記比較工程における比較の結果、エネルギーが所定の閾値以上となった回数から歩数を算出する算出工程と

を有することを特徴とする歩数計数方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、歩行時の振動によって発生する加速度から歩数を計数する歩数計数装置および歩数計数方法に関し、特に、容易かつ正確に歩行・非歩行を区別し、精度良く歩数を計数することができる歩数計数装置および歩数計数方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に「万歩計（登録商標）」などと呼ばれ、歩数を計数する歩数計数装置には、例えば特許文献 1 に記載されたように、加速度センサを用いるものがある。このような歩数計数装置は、例えばユーザの腰などに装着され、歩行動作に伴う加速度の変化によって歩数を計数する。すなわち、ユーザが規則的に歩行すれば、加速度は周期的に変化するため、加速度センサにおけるセンサ値のピークの数から歩数が求められる。

30

【0003】

このとき、1 歩の歩行の間には、山となるピークと谷となるピークとが含まれるため、これらのピークの差が所定の閾値未満である場合には、歩行以外の振動による加速度の変化であるものとして、歩数としてカウントしない歩数計数装置がある。このような歩数計数装置においては、例えば踵が着地した後に爪先が着地する際などの比較的小さい振動が歩数としてカウントされず、計数結果の精度が向上する。

【0004】

また、例えば特許文献 2 には、ピークの差と比較して歩行・非歩行を判定する閾値を複数の段階に応じて設定しておき、ピークの差が大きい振動の後には閾値を大きくする一方、ピークの差が小さい振動の後には閾値を小さくすることが記載されている。

40

【0005】

【特許文献 1】特開平 9 - 223214 号公報

【特許文献 2】特許第 3685741 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上述した歩数計数装置においては、単に加速度センサのピークの差のみ

50

に基づいて歩数を計数するため、精度の向上には一定の限界があるという問題がある。すなわち、例えば歩行速度などによっては、ピークの差が同じ値であっても、歩行である場合と非歩行である場合とがあると考えられ、一律にピークの差に対する閾値判定を行うのみでは正確に歩数を計数できないことがある。さらに、例えば歩数計数装置が落下した際の瞬間的な振動などによって加速度センサのセンサ値にピークが現れると、歩数としてカウントされてしまうことがある。

【0007】

これに対して、上述した特許文献2においては、ピークの差の大小によって閾値が変更されるため、歩行速度に応じた歩行・非歩行の境界の変化にある程度は対応できると考えられるが、精度良く歩数を計数するためには、膨大な数の閾値の組み合わせから最適な閾値の組み合わせをあらかじめ設定する必要がある。また、ピークの差が大きければ、歩行以外の瞬間的な振動についても歩行と判定されることには変わりない。

10

【0008】

本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、容易かつ正確に歩行・非歩行を区別し、精度良く歩数を計数することができる歩数計数装置および歩数計数方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するために、本発明は、歩行時の振動によって発生する加速度から歩数を計数する歩数計数装置であって、加速度の大きさを示す指標値を取得する取得手段と、前記取得手段によって取得された指標値を積分してエネルギーを算出する積分手段と、加速度の方向が反転するゼロ点に達したか否かを判定する判定手段と、前記判定手段によってゼロ点に達したと判定された場合に、前記積分手段によって積分されて得られたエネルギーを所定の閾値と比較する比較手段と、前記比較手段による比較の結果、エネルギーが所定の閾値以上となった回数から歩数を算出する算出手段とを有する構成を採る。

20

【0010】

この構成によれば、加速度の指標値を積分してエネルギーを算出し、エネルギーが所定の閾値以上となる回数から歩数を求めるため、瞬間的な加速度の増大や減少があっても歩行状態とは判定されず、加速度のピークが同程度であっても瞬間的な振動と歩行による振動とを区別することができ、容易かつ正確に歩行・非歩行を区別し、精度良く歩数を計数することができる。

30

【0011】

また、本発明は、上記構成において、前記取得手段は、1方向の加速度を感知する1軸加速度センサを含み、前記1軸加速度センサによって感知された加速度の二乗値を指標値として取得する構成を採る。

【0012】

この構成によれば、1軸加速度センサが感知する加速度の二乗値を指標値とするため、容易な演算でベクトルである加速度の大きさに基づいたエネルギーを算出することができ、正確に歩行・非歩行を区別することができる。

【0013】

また、本発明は、上記構成において、前記取得手段は、1方向の加速度を感知する1軸加速度センサを含み、前記1軸加速度センサによって感知された加速度の絶対値を指標値として取得する構成を採る。

40

【0014】

この構成によれば、1軸加速度センサが感知する加速度の絶対値を指標値とするため、ベクトルである加速度の大きさそのものに基づいたエネルギーを算出することができ、正確に歩行・非歩行を区別することができる。

【0015】

また、本発明は、上記構成において、前記取得手段は、2方向以上の加速度を感知する加速度センサを含み、前記加速度センサによって感知された複数方向の加速度の二乗和を

50

指標値として取得する構成を採る。

【 0 0 1 6 】

この構成によれば、2軸加速度センサが感知する複数方向の加速度の二乗和を指標値とするため、2方向以上の加速度に基づく総合的な指標値が得られるとともに、2方向以上について得られるセンサ値から1つの指標値を求めてエネルギーを算出することができ、より正確に歩行・非歩行を区別することができる。

【 0 0 1 7 】

また、本発明は、上記構成において、前記判定手段は、前記取得手段によって取得された指標値がゼロとなった時点でゼロ点に達したと判定する構成を採る。

【 0 0 1 8 】

この構成によれば、指標値がゼロとなった時点でゼロ点に達したと判定するため、例えば1軸加速度センサを用いる場合に、センサ値の正負が切り替わる時点を経験点とすることができ、1歩の歩行における加速度の方向の反転を正確に検出することができる。

【 0 0 1 9 】

また、本発明は、上記構成において、前記判定手段は、前記取得手段によって取得された指標値のピークに対応する加速度との内積が0未満となる加速度となった時点でゼロ点に達したと判定する構成を採る。

【 0 0 2 0 】

この構成によれば、指標値のピークに対応する加速度との内積が0未満となる加速度となった時点でゼロ点に達したと判定するため、例えば2軸加速度センサを用いる場合に、最大の加速度のベクトルと現在のベクトルとがなす角度が90度を超える時点を経験点とすることができ、1歩の歩行における加速度の方向の反転を正確に検出することができる。

【 0 0 2 1 】

また、本発明は、上記構成において、前記算出手段は、エネルギーが所定の閾値以上となった回数を2で除算して歩数を算出する構成を採る。

【 0 0 2 2 】

この構成によれば、エネルギーが所定の閾値以上となった回数を2で除算して歩数を算出するため、実際の加速度のセンサ値の倍周期となる指標値を用いても、歩数を過不足なく求めることができる。

【 0 0 2 3 】

また、本発明は、上記構成において、前記算出手段は、エネルギーが所定の閾値以上となった回数が2で割り切れない場合に、除算結果の小数点以下を切り上げて歩数とする構成を採る。

【 0 0 2 4 】

この構成によれば、除算結果の小数点以下を切り上げて歩数とするため、1歩の歩行の開始時と終了時におけるピーク分を歩数に加えて、より精度良く歩数を求めることができる。

【 0 0 2 5 】

また、本発明は、歩行時の振動によって発生する加速度から歩数を計数する歩数計数方法であって、加速度の大きさを示す指標値を取得する取得工程と、前記取得工程にて取得された指標値を積分してエネルギーを算出する積分工程と、加速度の方向が反転するゼロ点に達したか否かを判定する判定工程と、前記判定工程においてゼロ点に達したと判定された場合に、前記積分工程にて積分されて得られたエネルギーを所定の閾値と比較する比較工程と、前記比較工程における比較の結果、エネルギーが所定の閾値以上となった回数から歩数を算出する算出工程とを有するようにした。

【 0 0 2 6 】

この方法によれば、加速度の指標値を積分してエネルギーを算出し、エネルギーが所定の閾値以上となる回数から歩数を求めるため、瞬間的な加速度の増大や減少があっても歩行状態とは判定されず、加速度のピークが同程度であっても瞬間的な振動と歩行による振

10

20

30

40

50

動とを区別することができ、容易かつ正確に歩行・非歩行を区別し、精度良く歩数を計数することができる。

【発明の効果】

【0027】

本発明によれば、容易かつ正確に歩行・非歩行を区別し、精度良く歩数を計数することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、以下においては、歩数計数装置がユーザの腰部に装着されているものとして説明する。ただし、本発明の歩数計数装置は、ユーザの歩行による加速度が感知される部位であれば、いかなる部位に装着しても良い。

【0029】

(実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1に係る歩数計数装置の要部構成を示すブロック図である。図1に示す歩数計数装置は、1軸加速度センサ101、A/D(Analogue Digital:アナログ/デジタル)変換部102、フィルタ部103、二乗値算出部104、ゼロ点判定部105、エネルギー算出部106、閾値比較部107、仮歩行処理部108、および歩数算出部109を有している。

【0030】

1軸加速度センサ101は、ユーザが歩行する際の腰部における上下方向の加速度を感知し、感知された加速度をA/D変換部102へ出力する。なお、1軸加速度センサ101は、ユーザの歩行・非歩行を識別可能な加速度であれば、上下方向以外にも例えば前後方向の加速度を感知しても良い。

【0031】

A/D変換部102は、1軸加速度センサ101によって感知された加速度をデジタルのセンサ値に変換し、フィルタ部103へ出力する。なお、加速度はベクトルであるため、センサ値は、加速度の方向によって正負の値をとり得る。

【0032】

フィルタ部103は、A/D変換部102から出力されたセンサ値のうち歩数の計数とは無関係のノイズを除去し、残ったセンサ値を二乗値算出部104へ出力する。すなわち、フィルタ部103は、所定の範囲外のセンサ値をノイズとして除去し、所定の範囲内のセンサ値を二乗値算出部104へ出力する。

【0033】

二乗値算出部104は、フィルタ部103から出力されるセンサ値を二乗して、加速度の大きさを指標する二乗値を求める。すなわち、二乗値算出部104は、ベクトルである加速度の方向の情報を除去し、加速度の大きさを示す二乗値を求める。なお、本実施の形態においては、加速度の大きさの指標値として二乗値を用いるが、代わりに加速度の絶対値を用いても良い。

【0034】

ゼロ点判定部105は、二乗値算出部104によって算出された二乗値がゼロであるかを判定し、二乗値がゼロとなるたびに加速度の方向が反転したものとして、算出したエネルギーを出力するようにエネルギー算出部106に指示する。一般に、1歩の歩行の間に、加速度は山(または谷)となるピークから谷(または山)となるピークを経て再び山(または谷)となるピークに達する。したがって、1歩の歩行の間に加速度の方向は2回反転し(すなわち加速度の大きさが2回ゼロとなり)、加速度の方向が反転する点(すなわち「ゼロ点」)では二乗値がゼロとなっている。

【0035】

エネルギー算出部106は、二乗値算出部104によって算出された二乗値を積分し、積分値をエネルギーとして保持する。そして、エネルギー算出部106は、ゼロ点判定部

10

20

30

40

50

105からエネルギーの出力を指示されると、保持されたエネルギーを閾値比較部107へ出力する。このとき、エネルギー算出部106は、エネルギーを初期化し、新たに二乗値算出部104によって算出される二乗値を積分し始める。したがって、エネルギー算出部106は、一度加速度の方向が反転してから次に加速度の方向が反転するまでのエネルギーを閾値比較部107へ出力する。上述したように、加速度の方向は、1歩の歩行の間に2回反転するため、エネルギー算出部106が出力するエネルギーが歩行によって発生したものであれば、このエネルギーは1/2歩に相当する。

【0036】

閾値比較部107は、エネルギー算出部106から出力されたエネルギーを所定の閾値と比較し、エネルギーが歩行によって発生したものであるか否かを判定する。すなわち、閾値比較部107は、エネルギーが所定の閾値以上であれば、エネルギーが歩行によって発生したものであると判定し、エネルギーが所定の閾値未満であれば、エネルギーが歩行以外の振動によって発生したものであると判定する。

10

【0037】

仮歩行処理部108は、閾値比較部107においてエネルギーが所定の閾値以上となった回数をカウントする。そして、仮歩行処理部108は、カウンタ値が所定の仮歩行解除値に達するまでは歩行以外の単発の振動をカウントしている可能性があるとしてカウンタ値を出力せず、カウンタ値が所定の仮歩行解除値に達すると、加速度変化が繰り返されていることから歩行状態であるとしてカウンタ値を歩数算出部109へ出力する。

【0038】

20

歩数算出部109は、仮歩行処理部108から出力されたカウンタ値を2で除算して歩数を算出する。すなわち、仮歩行処理部108におけるカウンタ値は、1/2歩に相当するエネルギーが所定の閾値以上である回数を示しているため、歩数算出部109は、カウンタ値を2で除算して歩数を求める。

【0039】

次いで、上記のように構成された歩数計数装置の動作について、図2に示すフロー図を参照しながら説明する。ここでは、歩数計数装置を腰部に装着したユーザが歩行するときの動作について説明する。

【0040】

まず、ユーザが歩行を開始すると、1軸加速度センサ101によってユーザの腰部の上下方向の加速度が感知され、AD変換部102によってアナログ/デジタル変換されることにより、センサ値が取得される(ステップS101)。このセンサ値は、フィルタ部103によって歩数の計数に無関係なノイズが除去された上で、二乗値算出部104へ出力され、二乗値算出部104によって加速度の大きさを示す二乗値が算出される(ステップS102)。

30

【0041】

そして、ゼロ点判定部105によって、二乗値算出部104において算出された二乗値がゼロであるか否かが判定される(ステップS103)。この結果、二乗値がゼロでなければ(ステップS103No)、加速度の方向が反転する点(ゼロ点)ではないため、エネルギー算出部106によって二乗値が積分され、前回のゼロ点から現在までのエネルギーが算出される(ステップS104)。算出されたエネルギーは、引き続きエネルギー算出部106によって保持され、継続的に1軸加速度センサ101によって感知される加速度を示すセンサ値の二乗値が積分され、エネルギーが更新される。

40

【0042】

そして、二乗値がゼロとなると(ステップS103Yes)、ゼロ点判定部105によって加速度の方向が反転したと判定され、保持されたエネルギーを出力するようにエネルギー算出部106へ指示される。この指示を受け、エネルギー算出部106によって、前回のゼロ点からセンサ値の二乗値を積分して得られたエネルギーが閾値比較部107へ出力される(ステップS105)。このとき、エネルギー算出部106におけるエネルギーは初期化され、改めてセンサ値の二乗値の積分が開始される。

50

【 0 0 4 3 】

エネルギーが閾値比較部 1 0 7 へ出力されると、閾値比較部 1 0 7 によって、エネルギーと所定の閾値との比較が行われる（ステップ S 1 0 6）。この結果、エネルギーが所定の閾値以上であれば（ステップ S 1 0 6 Y e s）、エネルギーが歩行によって発生したものであると判断され、仮歩行処理部 1 0 8 におけるカウンタ値がインクリメントされる（ステップ S 1 0 7）。

【 0 0 4 4 】

ここで、本実施の形態においては、1 軸加速度センサ 1 0 1 における加速度のセンサ値のピークではなく、加速度の大きさを示すセンサ値の二乗値を積分して得られるエネルギーを対象として閾値比較を行う。このため、単にセンサ値のピークの差が大きいのみでは歩行状態であるとは判定されず、加速度の方向が反転する点（ゼロ点）間での全体的な加速度が大きいときに歩行状態であると判定される。一般に、瞬間的な強い振動が発生すると加速度のピークは大きくなり、従来の歩数計数装置では歩行状態と判定される可能性があるが、本実施の形態の歩数計数装置では、歩行によって発生するピーク以上のピークであっても瞬間的に加速度が変化するような場合には歩行状態と判定されない。

【 0 0 4 5 】

また、本実施の形態の歩数計数装置では、センサ値の二乗値を積分して得られるエネルギーに対する閾値を 1 つだけ設定すれば良く、容易に実現することができる。したがって、容易かつ正確に歩行・非歩行を区別し、精度良く歩数を計数することができる。

【 0 0 4 6 】

ところで、エネルギーと所定の閾値との比較の結果、エネルギーが所定の閾値未満であれば（ステップ S 1 0 6 N o）、仮歩行処理部 1 0 8 におけるカウンタ値がインクリメントされることなく、カウンタ値が所定の仮歩行解除値に達しているか否かが判定される（ステップ S 1 0 8）。また、仮歩行処理部 1 0 8 におけるカウンタ値がインクリメントされた場合も同様に、カウンタ値が所定の仮歩行解除値に達しているか否かが判定される（ステップ S 1 0 8）。

【 0 0 4 7 】

そして、仮歩行処理部 1 0 8 におけるカウンタ値が所定の仮歩行解除値に達していなければ（ステップ S 1 0 8 N o）、歩行によって発生したものととしてカウントされたエネルギーが依然として単発の振動によって発生した可能性があるとして、カウンタ値から歩数が算出されることなく、センサ値の取得からエネルギーに対する閾値比較が繰り返される。このとき、カウンタ値はクリアされることなく、ユーザが仮の歩行状態であるとして引き続きエネルギーが閾値以上となった回数がカウントされる。

【 0 0 4 8 】

こうしてエネルギーに対する閾値比較が行われ、エネルギーが所定の閾値以上となった回数をカウントするカウンタ値が所定の仮歩行解除値に達すると（ステップ S 1 0 8 Y e s）、加速度の変化が繰り返し現れたことから、ユーザが歩行状態であると判断され、仮歩行処理部 1 0 8 におけるカウンタ値が歩数算出部 1 0 9 へ出力される。そして、歩数算出部 1 0 9 によって、カウンタ値が 2 で除算され、歩数として算出される（ステップ S 1 0 9）。

【 0 0 4 9 】

このとき、上述したように 1 歩の歩行はセンサ値の山（または谷）となるピークから次の山（または谷）となるピークまでに相当するため、カウンタ値は奇数となることが多い。このような場合には、歩行の開始時と終了時におけるピーク分を加えて、カウンタ値に 1 を加算してから 2 で除算する。換言すれば、カウンタ値を 2 で除算し、除算結果の小数点以下が切り上げられて歩数とされる。

【 0 0 5 0 】

具体的には、例えば図 3 に示すように、歩行時のセンサ値が周期的な波形を示す場合に、センサ値の二乗値はセンサ値の波形の倍周期の波形となる。そして、ゼロ点からゼロ点までの二乗値が積分され、エネルギーとして算出されるため、図 3 下図中の斜線部分の面

10

20

30

40

50

積がエネルギーとして算出される。このエネルギーが所定の閾値以上であれば、仮歩行処理部 108 におけるカウンタ値がインクリメントされるが、センサ値の山となるピークから次の山となるピークまでの 1 歩の間に、カウンタ値は 1 だけしかインクリメントされないことになる。このため、歩数算出部 109 においては、カウンタ値 1 を 2 で除算して歩数を算出することになるが、図 3 下図を見れば明らかなように、1 歩の開始時および終了時におけるピーク分のエネルギーが合わせてカウンタ値のインクリメント 1 回分に相当するため、カウンタ値を 2 で除算し、除算結果の小数点以下を切り上げれば歩数が得られることが分かる。

【0051】

なお、実際の歩行時には図 3 に示すような整ったセンサ値が得られるわけではないため、歩行の開始時と終了時におけるピークを無視してカウンタ値の除算結果を切り捨てて歩数としても良い。また、例えば 1 軸加速度センサ 101 における加速度を適切に加工して、1 歩の歩行がセンサ値のゼロ点から開始され、センサ値のゼロ点で終了するようにしても良い。

【0052】

本実施の形態においては、加速度の大きさを積分して求められるエネルギーの大小により歩行状態と非歩行状態を区別するようにした。この方法によって歩行状態と非歩行状態を区別すると、図 4 に示す実験結果のように、振動周波数が大きくなればなるほど歩行状態と非歩行状態との境界となるピークの差は大きくなる。図 4 においては、横軸が歩数計数装置に与える振動の振動周波数を示し、縦軸が歩行状態と非歩行状態の境界となった加速度センサのピークの差を示す。同図から明らかなように、振動周波数、すなわち歩行速度が大きくなると、歩行状態であると判定される境界も大きくなり、本実施の形態の歩数計数装置によれば、歩行速度が大きい場合には加速度センサのピークの差が多少大きくても歩行状態とは判定されないことが分かる。

【0053】

このことは、数式的にも適切であることが裏付けられ、歩数計数の精度が向上することが分かる。すなわち、歩行時のユーザの腰部の動きを前方の足先を中心とした円弧運動に近似すると、ユーザの腰部の上下方向の変位 x は、時刻 t および角速度 ω を用いて、

$$x = h \sin \omega t \cdots (1)$$

と表すことができる。ただし、 h は、歩行時の腰部の上下方向における最大の変位である。このとき、ユーザの腰部の上下方向の加速度 a は、変位 x を 2 回微分して得られるため、

$$a = -\omega^2 h \sin \omega t \cdots (2)$$

となる。ここで、式 (2) において、加速度 a は、角速度 ω の二乗に比例している。これは、歩行時には、歩行速度の二乗に比例して加速度が大きくなることを意味しており、歩行速度が大きくなるほど歩行状態と判定される加速度も歩行速度の二乗に比例して大きくなる。図 4 の実験結果においては、振動周波数と最大加速度の 2 次関数に類似した曲線が現れており、本実施の形態に係る歩数計数装置が正確に歩行状態と非歩行状態を区別していることが分かる。

【0054】

以上のように、本実施の形態によれば、1 軸加速度センサによって感知される加速度の方向が反転するゼロ点間の加速度の大きさを積分してエネルギーを算出し、エネルギーが所定の閾値以上である場合に、このエネルギーがユーザの歩行によって発生したと判定し、歩数を算出する。このため、加速度の大きさのピークの差では区別されない瞬間的な振動と歩行による振動とを区別することができ、容易かつ正確に歩行・非歩行を区別し、精度良く歩数を計数することができる。

【0055】

(実施の形態 2)

本発明の実施の形態 2 の特徴は、加速度センサとして 2 軸加速度センサを用い、2 軸の加速度の二乗和を積分してエネルギーを算出する点である。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 6 】

図5は、本実施の形態に係る歩数計数装置の要部構成を示すブロック図である。同図において、図1と同じ部分には同じ符号を付し、その説明を省略する。図5に示す歩数計数装置は、2軸加速度センサ201、AD変換部102、フィルタ部103、二乗和算出部202、ゼロ点判定部203、最大値保持部204、エネルギー算出部106、閾値比較部107、仮歩行処理部108、および歩数算出部109を有している。

【 0 0 5 7 】

2軸加速度センサ201は、ユーザが歩行する際の腰部における上下方向および前後方向の加速度を感知し、それぞれの方向において感知された加速度をAD変換部102へ出力する。なお、2軸加速度センサ201は、ユーザの歩行・非歩行を識別可能な加速度であらば、上下方向および左右方向や前後方向および左右方向などの2軸の加速度を感知しても良い。

10

【 0 0 5 8 】

二乗和算出部202は、フィルタ部103から出力される2方向のセンサ値を二乗した上で加算し、2軸の加速度の大きさを指標する二乗和を求める。すなわち、二乗和算出部202は、それぞれがベクトルである2軸の加速度の方向の情報を除去し、1つの値で2軸の加速度の大きさを示す二乗和を求める。

【 0 0 5 9 】

ゼロ点判定部203は、2軸の加速度を示すそれぞれのセンサ値を用いて加速度の方向が反転するゼロ点に達したか否かを判定し、ゼロ点が現れるたびに、算出したエネルギーを出力するようにエネルギー算出部106に指示する。具体的には、ゼロ点判定部203は、最大値保持部204によって保持された2軸の加速度それぞれのセンサ値と2軸の加速度それぞれの現在のセンサ値との内積を求め、求められた内積が0未満となった時に加速度の方向が反転すると判断する。本実施の形態においては、2軸加速度センサ201を用いているため、2軸の加速度が同時にゼロとならないことがあり、加速度が反転するゼロ点において二乗和算出部202によって算出される二乗和がゼロになるとは限らない。そこで、ゼロ点判定部203は、加速度の方向が最大値保持部204に保持されている最大の加速度の方向と90度を超える角度をなす時点を加速度の方向が反転するゼロ点として判定する。

20

【 0 0 6 0 】

最大値保持部204は、前回ゼロ点判定部203によってゼロ点に達したと判定された以降の二乗和の最大値に対応する2軸の加速度のセンサ値をそれぞれ保持する。したがって、最大値保持部204は、ゼロ点判定部203によってゼロ点に達したと判定された後しばらくは、常に直前のセンサ値を保持し、二乗和がピークに達した以降は、二乗和がピークとなったときのセンサ値を保持する。最大値保持部204によって保持されるセンサ値は、ゼロ点判定部203におけるゼロ点判定に用いられる。

30

【 0 0 6 1 】

本実施の形態においては、2軸加速度センサ201が2軸の加速度を感知しており、ユーザの歩行中、2軸の加速度が完全に同期することはないことから、実施の形態1のように二乗値がゼロとなる時点をゼロ点と判定することができない。そこで、ゼロ点判定部203によって、最大の加速度と90度を超える角度をなす加速度となった時点がゼロ点と判断される。

40

【 0 0 6 2 】

具体的には、加速度が最大となるときには、二乗和算出部202によって算出される二乗和が最大となるため、最大値保持部204によって、二乗和が最大となるときの2軸の加速度のセンサ値が保持される。すなわち、ゼロ点判定部203によって前回のゼロ点が検出された後、二乗和が増加していく間は、新たに算出された二乗和に対応するセンサ値が更新されながら最大値保持部204によって保持され、二乗和がピークに達すると、以後は、二乗和のピーク時のセンサ値が最大値保持部204によって保持される。例えば図6に示すように、ベクトル301がピーク時の加速度を示すものとする、このときの2

50

軸それぞれのセンサ値が最大値保持部 204 によって保持される。

【0063】

そして、以後は、ゼロ点判定部 203 によって、現在の加速度とピーク時の加速度の内積が求められ、内積が 0 未満となった時点で加速度の方向が反転したと判断される。すなわち、図 6 に示すように、ピーク時の加速度ベクトル 301 と現在の加速度ベクトル 302 とのなす角度が 90 度を越えた時にゼロ点に達したと判断される。

【0064】

これにより、2 軸加速度センサ 201 を用いる場合でも、1/2 歩分の二乗和が積分された時点でエネルギーをエネルギー算出部 106 から閾値比較部 107 へ出力させることができる。また、例えば 3 軸加速度センサを用いる場合でも、同様にゼロ点判定をおこなうことができる。

10

【0065】

次いで、上記のように構成された歩数計数装置の動作について、図 7 に示すフロー図を参照しながら説明する。同図において、図 2 と同じ部分には同じ符号を付す。

【0066】

まず、ユーザが歩行を開始すると、2 軸加速度センサ 201 によってユーザの腰部の上下方向および前後方向の加速度が感知され、AD 変換部 102 によってアナログ/デジタル変換されることにより、2 軸のセンサ値が取得される(ステップ S101)。これらのセンサ値は、フィルタ部 103 によって歩数の計数に無関係なノイズが除去された上で、二乗和算出部 202 へ出力され、二乗和算出部 202 によって加速度の大きさを示す二乗和が算出される(ステップ S201)。

20

【0067】

そして、ゼロ点判定部 203 によって、最大値保持部 204 に保持された最大の加速度に対応するセンサ値が読み出され、二乗和算出に用いられた現在のセンサ値との内積が求められ、内積が 0 未満であるか否かが判定される(ステップ S202)。この結果、内積が 0 未満でなければ(ステップ S202 No)、加速度の方向が反転する点(ゼロ点)ではないため、エネルギー算出部 106 によって二乗和が積分され、前回のゼロ点から現在までのエネルギーが算出される(ステップ S104)。算出されたエネルギーは、引き続きエネルギー算出部 106 によって保持され、継続的に 2 軸加速度センサ 201 によって感知される加速度を示すセンサ値の二乗和が積分され、エネルギーが更新される。

30

【0068】

そして、最大の加速度と現在の加速度とのなす角度が 90 度を越え、両ベクトルの内積が 0 未満となると(ステップ S202 Yes)、ゼロ点判定部 203 によって加速度の方向が反転したと判定され、保持されたエネルギーを出力するようにエネルギー算出部 106 へ指示される。この指示を受け、エネルギー算出部 106 によって、前回のゼロ点からセンサ値の二乗和を積分して得られたエネルギーが閾値比較部 107 へ出力される(ステップ S105)。このとき、エネルギー算出部 106 におけるエネルギーは初期化され、改めてセンサ値の二乗和の積分が開始される。

【0069】

エネルギーが閾値比較部 107 へ出力されると、閾値比較部 107 によって、エネルギーと所定の閾値との比較が行われる(ステップ S106)。この結果、エネルギーが所定の閾値以上であれば(ステップ S106 Yes)、エネルギーが歩行によって発生したものであると判断され、仮歩行処理部 108 におけるカウンタ値がインクリメントされる(ステップ S107)。

40

【0070】

ここで、本実施の形態においては、2 軸加速度センサ 201 における加速度のセンサ値のピークではなく、加速度の大きさを示すセンサ値の二乗和を積分して得られるエネルギーを対象として閾値比較を行う。このため、単にセンサ値のピークの差が大きいのみでは歩行状態であるとは判定されず、加速度の方向が反転する点(ゼロ点)間での全体的な加速度が大きいときに歩行状態であると判定される。一般に、瞬間的な強い振動が発生する

50

と加速度のピークは大きくなり、従来の歩数計数装置では歩行状態と判定される可能性があるが、本実施の形態の歩数計数装置では、歩行によって発生するピーク以上のピークであっても瞬間的に加速度が変化するような場合には歩行状態と判定されない。

【 0 0 7 1 】

また、本実施の形態の歩数計数装置では、センサ値の二乗和を積分して得られるエネルギーに対する閾値を1つだけ設定すれば良く、容易に実現することができる。したがって、容易かつ正確に歩行・非歩行を区別し、精度良く歩数を計数することができる。

【 0 0 7 2 】

ところで、エネルギーと所定の閾値との比較の結果、エネルギーが所定の閾値未満であれば(ステップS106No)、仮歩行処理部108におけるカウンタ値がインクリメントされることなく、カウンタ値が所定の仮歩行解除値に達しているか否かが判定される(ステップS108)。また、仮歩行処理部108におけるカウンタ値がインクリメントされた場合も同様に、カウンタ値が所定の仮歩行解除値に達しているか否かが判定される(ステップS108)。

10

【 0 0 7 3 】

そして、仮歩行処理部108におけるカウンタ値が所定の仮歩行解除値に達していなければ(ステップS108No)、歩行によって発生したものととしてカウントされたエネルギーが依然として単発の振動によって発生した可能性があるとして、カウンタ値から歩数が算出されることなく、センサ値の取得からエネルギーに対する閾値比較が繰り返される。このとき、カウンタ値はクリアされることなく、ユーザが仮の歩行状態であるとして引き続きエネルギーが閾値以上となった回数がカウントされる。

20

【 0 0 7 4 】

こうしてエネルギーに対する閾値比較が行われ、エネルギーが所定の閾値以上となった回数をカウントするカウンタ値が所定の仮歩行解除値に達すると(ステップS108Yes)、加速度の変化が繰り返し現れたことから、ユーザが歩行状態であると判断され、仮歩行処理部108におけるカウンタ値が歩数算出部109へ出力される。そして、歩数算出部109によって、カウンタ値が2で除算され、歩数として算出される(ステップS109)。

【 0 0 7 5 】

以上のように、本実施の形態によれば、2軸加速度センサによって感知される加速度の方向が反転するゼロ点間の加速度の大きさを積分してエネルギーを算出し、エネルギーが所定の閾値以上である場合に、このエネルギーがユーザの歩行によって発生したと判定し、歩数を算出する。このため、加速度の大きさのピークの差では区別されない瞬間的な振動と歩行による振動とを区別することができ、容易かつ正確に歩行・非歩行を区別し、精度良く歩数を計数することができる。また、加速度の方向を2軸で感知することから、より正確に歩行状態と非歩行状態を区別することができる。

30

【 0 0 7 6 】

なお、上記各実施の形態においては、1軸加速度センサまたは2軸加速度センサを用いて加速度を感知するものとしたが、3軸加速度センサを用いて、例えば上下方向、前後方向、および左右方向の加速度を感知し、それぞれの軸におけるセンサ値の二乗和を求めて積分し、得られた積分値をエネルギーとしても良い。

40

【 0 0 7 7 】

(付記1) 歩行時の振動によって発生する加速度から歩数を計数する歩数計数装置であって、

加速度の大きさを示す指標値を取得する取得手段と、

前記取得手段によって取得された指標値を積分してエネルギーを算出する積分手段と、

加速度の方向が反転するゼロ点に達したか否かを判定する判定手段と、

前記判定手段によってゼロ点に達したと判定された場合に、前記積分手段によって積分されて得られたエネルギーを所定の閾値と比較する比較手段と、

前記比較手段による比較の結果、エネルギーが所定の閾値以上となった回数から歩数を

50

算出する算出手段と

を有することを特徴とする歩数計数装置。

【0078】

(付記2)前記取得手段は、

1方向の加速度を感知する1軸加速度センサを含み、

前記1軸加速度センサによって感知された加速度の二乗値を指標値として取得することを特徴とする付記1記載の歩数計数装置。

【0079】

(付記3)前記取得手段は、

1方向の加速度を感知する1軸加速度センサを含み、

前記1軸加速度センサによって感知された加速度の絶対値を指標値として取得することを特徴とする付記1記載の歩数計数装置。

【0080】

(付記4)前記取得手段は、

2方向以上の加速度を感知する加速度センサを含み、

前記加速度センサによって感知された複数方向の加速度の二乗和を指標値として取得することを特徴とする付記1記載の歩数計数装置。

【0081】

(付記5)前記判定手段は、

前記取得手段によって取得された指標値がゼロとなった時点でゼロ点に達したと判定することを特徴とする付記1記載の歩数計数装置。

【0082】

(付記6)前記判定手段は、

前記取得手段によって取得された指標値のピークに対応する加速度との内積が0未満となる加速度となった時点でゼロ点に達したと判定することを特徴とする付記1記載の歩数計数装置。

【0083】

(付記7)前記算出手段は、

エネルギーが所定の閾値以上となった回数を2で除算して歩数を算出することを特徴とする付記1記載の歩数計数装置。

【0084】

(付記8)前記算出手段は、

エネルギーが所定の閾値以上となった回数が2で割り切れない場合に、除算結果の小数点以下を切り上げて歩数とすることを特徴とする付記7記載の歩数計数装置。

【0085】

(付記9)歩行時の振動によって発生する加速度から歩数を計数する歩数計数方法であって、

加速度の大きさを示す指標値を取得する取得工程と、

前記取得工程にて取得された指標値を積分してエネルギーを算出する積分工程と、

加速度の方向が反転するゼロ点に達したか否かを判定する判定工程と、

前記判定工程においてゼロ点に達したと判定された場合に、前記積分工程にて積分されて得られたエネルギーを所定の閾値と比較する比較工程と、

前記比較工程における比較の結果、エネルギーが所定の閾値以上となった回数から歩数を算出する算出工程と

を有することを特徴とする歩数計数方法。

【産業上の利用可能性】

【0086】

本発明は、容易かつ正確に歩行・非歩行を区別し、精度良く歩数を計数する場合に適用することができる。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【 0 0 8 7 】

- 【図 1】実施の形態 1 に係る歩数計数装置の要部構成を示すブロック図である。
- 【図 2】実施の形態 1 に係る歩数計数装置の動作を示すフロー図である。
- 【図 3】実施の形態 1 に係る歩数計数の具体例を示す図である。
- 【図 4】実施の形態 1 に係る歩行 - 非歩行の境界の変化を示す図である。
- 【図 5】実施の形態 2 に係る歩数計数装置の要部構成を示すブロック図である。
- 【図 6】実施の形態 2 に係るゼロ点判定を説明する図である。
- 【図 7】実施の形態 2 に係る歩数計数装置の動作を示すフロー図である。

【符号の説明】

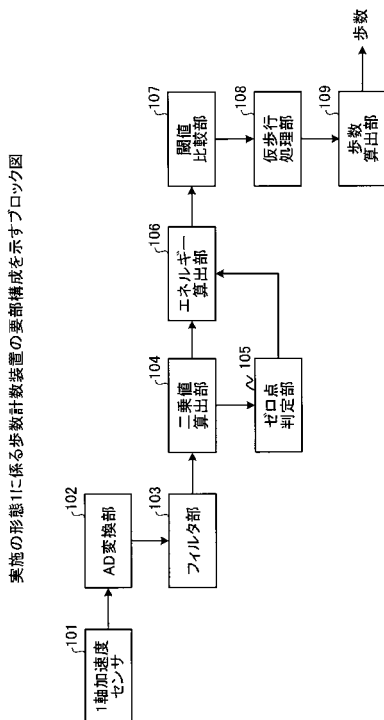
【 0 0 8 8 】

- 1 0 1 1 軸加速度センサ
- 1 0 2 A D 変換部
- 1 0 3 フィルタ部
- 1 0 4 二乗値算出部
- 1 0 5、2 0 3 ゼロ点判定部
- 1 0 6 エネルギー算出部
- 1 0 7 閾値比較部
- 1 0 8 仮歩行処理部
- 1 0 9 歩数算出部
- 2 0 1 2 軸加速度センサ
- 2 0 2 二乗和算出部
- 2 0 4 最大値保持部

10

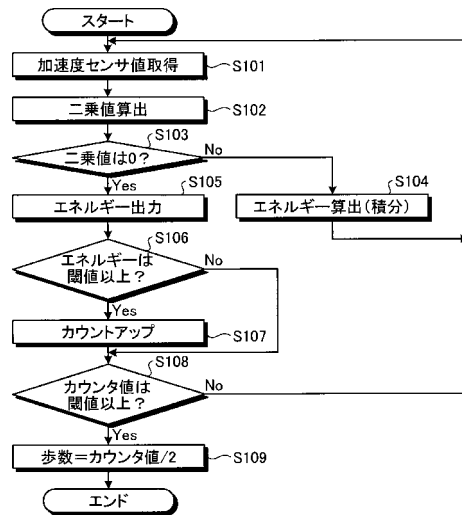
20

【 図 1 】



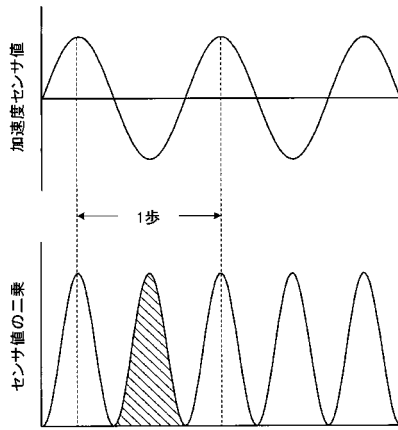
【 図 2 】

実施の形態1に係る歩数計数装置の動作を示すフロー図



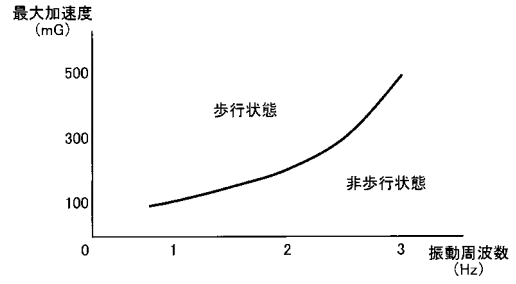
【 図 3 】

実施の形態1に係る歩数計数の具体例を示す図



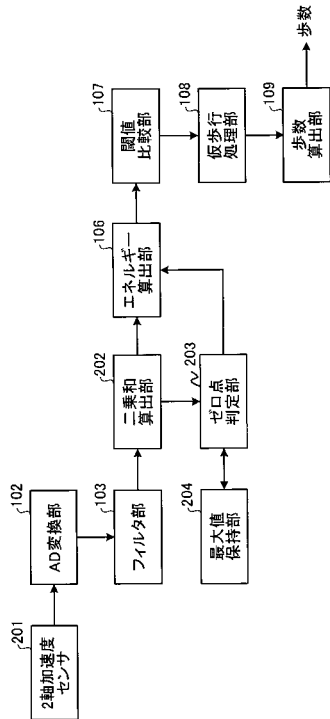
【 図 4 】

実施の形態1に係る歩行-非歩行の境界の変化を示す図



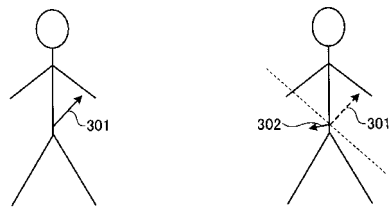
【 図 5 】

実施の形態2に係る歩数計数装置の要部構成を示すブロック図



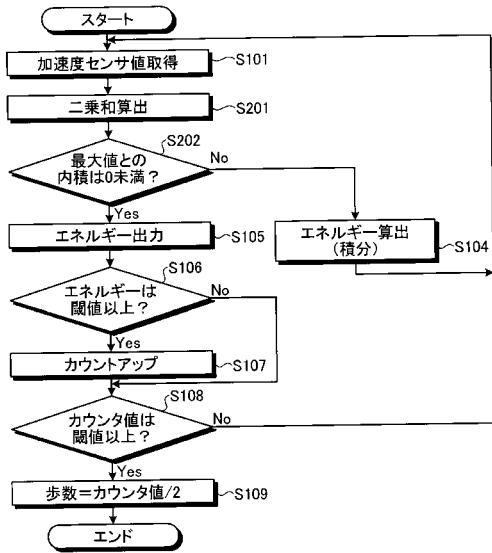
【 図 6 】

実施の形態2に係るゼロ点判定を説明する図



【図7】

実施の形態2に係る歩数計数装置の動作を示すフロー図



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2006-39971(JP,A)
特開平7-144039(JP,A)
特開2006-198073(JP,A)
特開平11-319119(JP,A)
特開2005-38018(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06M3/00
G01C22/00
A61B5/10