

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6152763号  
(P6152763)

(45) 発行日 平成29年6月28日(2017.6.28)

(24) 登録日 平成29年6月9日(2017.6.9)

(51) Int.Cl.

F 1

A 6 1 B 5/11 (2006.01)

A 6 1 B 5/10 3 1 0 G

請求項の数 12 (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2013-193729 (P2013-193729)  
 (22) 出願日 平成25年9月19日(2013.9.19)  
 (65) 公開番号 特開2015-58167 (P2015-58167A)  
 (43) 公開日 平成27年3月30日(2015.3.30)  
 審査請求日 平成27年12月22日(2015.12.22)

(73) 特許権者 000001443  
 カシオ計算機株式会社  
 東京都渋谷区本町1丁目6番2号  
 (74) 代理人 100096699  
 弁理士 鹿嶋 英實  
 (72) 発明者 長坂 知明  
 東京都羽村市栄町3丁目2番1号 カシオ  
 計算機株式会社 羽村技術センター内  
 審査官 松本 隆彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 運動支援装置及び運動支援方法、運動支援プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

周期的に足を動かして移動する運動中の利用者の前記足の動きに対応する3軸方向の加速度信号を取得する加速度計測部と、

前記運動中の利用者の一步に相当する1周期分の足の動きに対応する上下方向の前記加速度信号における、前記利用者の足の動きの1周期の期間内での第1の最大値を取得する上下加速度最大値取得部と、

前記1周期の期間内で、前記3軸方向における少なくとも2軸方向の前記加速度信号を合成した合成加速度信号における第2の最大値の時間位置の前後で、前記合成加速度信号に対する前記利用者の足の着地と離地に関わる2つの変化点を探索する信号処理部と、

前記信号処理部における前記探索により前記2つの変化点が検出されたときに、前記2つの変化点の間の時間を極値間隔として取得し、前記上下方向の加速度信号の前記第1の最大値と前記極値間隔に基づいて、前記運動中の利用者の前記足の接地時間を算出する接地時間算出部と、

を有することを特徴とする運動支援装置。

【請求項 2】

前記接地時間算出部は、前記接地時間をT、前記第1の最大値をP、前記極値間隔をW、a,bを正の定数、cを負の定数としたとき、式(1)によって前記接地時間を算出することを特徴とする請求項1に記載の運動支援装置。

$$T = a \times P + b \times W + c \times P \times W \quad \cdots (1)$$

10

20

## 【請求項 3】

前記接地時間算出部は、前記信号処理部において前記 2 つの変化点の少なくとも一方が検出されなかったとき、前記上下方向の加速度信号の前記第 1 の最大値に基づいて前記接地時間を算出することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の運動支援装置。

## 【請求項 4】

前記接地時間算出部は、前記接地時間を  $T$ 、前記第 1 の最大値を  $P$ 、 $d$  を正の定数としたとき、式 (2) によって前記接地時間を算出することを特徴とする請求項 3 に記載の運動支援装置。

$$\text{接地時間 } T = d \times (1 / P) \cdots (2)$$

## 【請求項 5】

前記信号処理部は、  
前記合成加速度信号の最大値の時間位置の前後方向に、所定のしきい値以下となる極小値を探索し、

前記最大値の前方向で前記最大値に最も近い第 1 の極小値と前記最大値の後方向で前記最大値に最も近い第 2 の極小値とを前記 2 つの変化点として取得し、

前記接地時間算出部は、前記第 1 の極小値と前記第 2 の極小値との間の時間を、前記極値間隔として取得することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の運動支援装置。

## 【請求項 6】

前記加速度計測部により取得された前記上下方向の加速度信号を重力方向と一致させるように、前記加速度信号の各軸を回転させて、各軸の前記加速度信号の値を補正する軸補正部を有し、

前記上下加速度最大値取得部は、前記軸補正部により補正された前記加速度信号に基づいて、前記上下方向の加速度信号の最大値を取得し、

前記信号処理部は、前記軸補正部により補正された前記加速度信号に基づいて前記 2 つの変化点を探索することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の運動支援装置。

## 【請求項 7】

前記運動中の利用者の前記 3 軸の回転方向の角速度信号を取得する角速度計測部を有し、

前記軸補正部は、前記角速度計測部により取得された前記角速度信号に基づいて、前記重力方向を推定して、前記加速度信号の値を補正することを特徴とする請求項 6 に記載の運動支援装置。

## 【請求項 8】

前記接地時間算出部により算出された前記接地時間を所定の基準値と比較して、前記比較の判定結果に応じて報知信号を生成する判定部と、

前記報知信号に基づいて、所定の運動支援情報を前記利用者に提供する情報提供部と、を有することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の運動支援装置。

## 【請求項 9】

前記加速度計測部と、前記上下加速度最大値取得部、前記信号処理部、前記接地時間算出部及び前記判定部と、前記情報提供部は、それぞれ直接的又は間接的にネットワークに接続され、

前記上下加速度最大値取得部、前記信号処理部及び前記接地時間算出部は、前記ネットワークを介して受信した前記加速度信号に基づいて、それぞれ、前記上下方向の加速度信号の最大値及び前記合成加速度信号における前記極値間隔を取得して、前記接地時間を算出し、

前記情報提供部は、前記ネットワークを介して受信した、少なくとも前記判定部における前記判定結果に応じた前記報知信号に基づいて、前記運動支援情報を前記利用者に提供することを特徴とする請求項 8 に記載の運動支援装置。

## 【請求項 10】

前記加速度計測部により取得された前記加速度信号を随時保存する記憶部を有し、

前記上下加速度最大値取得部、前記信号処理部及び前記接地時間算出部は、前記運動終了後に、前記記憶部に保存された前記加速度信号に基づいて、それぞれ、前記上下方向の加速度信号の最大値及び前記極値間隔を取得して、前記接地時間を算出することを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の運動支援装置。

【請求項 1 1】

周期的に足を動かして移動する運動中の利用者の前記足の動きに対応する 3 軸方向の加速度信号を取得し、

前記運動中の利用者の一步に相当する 1 周期分の足の動きに対応する上下方向の前記加速度信号における、前記利用者の足の動きの 1 周期の期間内での第 1 の最大値を算出し、

前記 1 周期の期間内で、前記 3 軸方向における少なくとも 2 軸方向の前記加速度信号を合成した合成加速度信号における第 2 の最大値の時間位置の前後で、前記合成加速度信号に対する前記利用者の足の着地と離地に関わる 2 つの変化点の探索を行い、

前記探索により前記 2 つの変化点が検出されたときに、前記 2 つの変化点の間の時間を極値間隔として取得し、前記上下方向の加速度信号の前記第 1 の最大値と前記極値間隔に基づいて、前記運動中の利用者の前記足の接地時間を算出し、前記 2 つの変化点の少なくとも一方が検出されなかったときに、前記上下方向の加速度信号の前記第 1 の最大値に基づいて前記接地時間を算出し、

前記接地時間を所定の基準値と比較して、前記比較の判定結果に応じた運動支援情報を前記利用者に提供する、

ことを特徴とする運動支援方法。

【請求項 1 2】

コンピュータに、

周期的に足を動かして移動する運動中の利用者の前記足の動きに対応する 3 軸方向の加速度信号を取得させ、

前記運動中の利用者の一步に相当する 1 周期分の足の動きに対応する上下方向の前記加速度信号における、前記利用者の足の動きの 1 周期の期間内での第 1 の最大値を算出させ、

前記 1 周期の期間内で、前記 3 軸方向における少なくとも 2 軸方向の前記加速度信号を合成した合成加速度信号における第 2 の最大値の時間位置の前後で、前記合成加速度信号に対する前記利用者の足の着地と離地に関わる 2 つの変化点を探索させ、

前記探索により前記 2 つの変化点が検出されたときに、前記 2 つの変化点の間の時間を極値間隔として取得させ、前記上下方向の加速度信号の前記第 1 の最大値と前記極値間隔に基づいて、前記運動中の利用者の前記足の接地時間を算出させ、前記 2 つの変化点の少なくとも一方が検出されなかったときに、前記上下方向の加速度信号の前記第 1 の最大値に基づいて前記接地時間を算出させ、

前記接地時間を所定の基準値と比較して、前記比較の判定結果に応じた運動支援情報を前記利用者に提供させる、

ことを特徴とする運動支援プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、運動支援装置及び運動支援方法、運動支援プログラムに関し、特に、人体の運動時の動作状態（運動状態）を的確に把握して、その判断や改善に役立てることができる運動支援装置及び運動支援方法、運動支援プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、健康志向や競技志向の高まりなどを背景に、日常的にランニングやウォーキング、サイクリング等の運動を行い、健康状態を維持、増進したり、競技大会等への参加を目指したりする人が増えている。このような人々は、自らの健康状態や運動状態の把握や、効率的かつ効果的なトレーニングを実現するため、種々の生体情報や運動情報を数値やデ

10

20

30

40

50

ータで測定したり、記録したりすることに対して、意識や関心が高い。

【0003】

このような測定項目の一つとして、従来、運動中（走行中）の足の接地時間や揚上時間が知られている。ここで、接地時間は、例えば人体の疲労状態を推定する際の目安となったり、ピッチ走法やストライド走法等の走り方が適切にできているか否かを知る際の目安となったりするものである。また、接地時間に基づいて、走行中の歩調や移動速度、移動距離、エネルギー消費量等を算出することもできる。

【0004】

運動中の足の接地時間の算出方法としては、力学的計測機器であるフォースプレートを走行中に踏み込み、力が加えられている時間から接地時間を算出するという方法や、高速

10

【0005】

また、例えば特許文献1に記載されているように、運動中に加速度計により取得される信号波形に基づいて、ユーザの足が着地する瞬間と離地する瞬間を表す正と負の信号スパイクを検出し、当該スパイク間の時間間隔を測定することにより、足接地時間の平均値を算出することもできる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

20

【特許文献1】特開2009-160392号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上述した足の接地時間を算出するための手法としては、上述した種々の手法のうち、フォースプレートや高速度カメラを用いる手法が一般的に用いられている。しかしながら、これらの手法においては、正確に接地時間を算出することができる反面、機器が大掛かりになったり高価になったりするという問題や、フォースプレートが設置されている領域や、高速度カメラの撮影視野の範囲内の、数歩分のデータしか得られないという問題を有している。

30

【0008】

また、足にモーションセンサを取り付ける手法においては、下肢に関する情報取得に特化するという点においては有利であるが、運動中の上体の動作状態や心拍数等、他の情報を同時に取得することができず、それらの情報を得るためには更に異なる部位にもセンサ等を装着しなければならないという問題を有していた。

【0009】

また、発明者の検証によれば、特許文献1に開示されている加速度データに基づいて算出する手法では着地と離地のタイミングを的確に検出することができず、正確な接地時間を算出することができない場合があることが判明した。なお、具体的に検証結果については、後述する実施形態において説明する。

40

【0010】

そこで、本発明は、上述した課題に鑑みて、簡易な構成で、運動中の足の接地時間を正確に推定して、自らの運動状態の把握や、その判断、改善に役立てることができる支援情報を、ユーザに提供することができる運動支援装置及び運動支援方法、運動支援プログラム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】

【0011】

本発明に係る運動支援装置は、

周期的に足を動かして移動する運動中の利用者の前記足の動きに対応する3軸方向の加速度信号を取得する加速度計測部と、

50

前記運動中の利用者の一步に相当する 1 周期分の足の動きに対応する上下方向の前記加速度信号における、前記利用者の足の動きの 1 周期の期間内での第 1 の最大値を取得する上下加速度最大値取得部と、

前記 1 周期の期間内で、前記 3 軸方向における少なくとも 2 軸方向の前記加速度信号を合成した合成加速度信号における第 2 の最大値の時間位置の前後で、前記合成加速度信号に対する前記利用者の足の着地と離地に関わる 2 つの変化点を探索する信号処理部と、

前記信号処理部における前記探索により前記 2 つの変化点が検出されたときに、前記 2 つの変化点の間の時間を極値間隔として取得し、前記上下方向の加速度信号の前記第 1 の最大値と前記極値間隔に基づいて、前記運動中の利用者の前記足の接地時間を算出する接地時間算出部と、

10

を有することを特徴とする。

#### 【 0 0 1 2 】

本発明に係る運動支援方法は、

周期的に足を動かして移動する運動中の利用者の前記足の動きに対応する 3 軸方向の加速度信号を取得し、

前記運動中の利用者の一步に相当する 1 周期分の足の動きに対応する上下方向の前記加速度信号における、前記利用者の足の動きの 1 周期の期間内での第 1 の最大値を算出し、

前記 1 周期の期間内で、前記 3 軸方向における少なくとも 2 軸方向の前記加速度信号を合成した合成加速度信号における第 2 の最大値の時間位置の前後で、前記合成加速度信号に対する前記利用者の足の着地と離地に関わる 2 つの変化点の探索を行い、

20

前記探索により前記 2 つの変化点が検出されたときに、前記 2 つの変化点の間の時間を極値間隔として取得し、前記上下方向の加速度信号の前記第 1 の最大値と前記極値間隔に基づいて、前記運動中の利用者の前記足の接地時間を算出し、前記 2 つの変化点の少なくとも一方が検出されなかったときに、前記上下方向の加速度信号の前記第 1 の最大値に基づいて前記接地時間を算出し、

前記接地時間を所定の基準値と比較して、前記比較の判定結果に応じた運動支援情報を前記利用者に提供する、

ことを特徴とする。

#### 【 0 0 1 3 】

本発明に係る運動支援プログラムは、

30

コンピュータに、

周期的に足を動かして移動する運動中の利用者の前記足の動きに対応する 3 軸方向の加速度信号を取得させ、

前記運動中の利用者の一步に相当する 1 周期分の足の動きに対応する上下方向の前記加速度信号における、前記利用者の足の動きの 1 周期の期間内での第 1 の最大値を算出させ、

前記 1 周期の期間内で、前記 3 軸方向における少なくとも 2 軸方向の前記加速度信号を合成した合成加速度信号における第 2 の最大値の時間位置の前後で、前記合成加速度信号に対する前記利用者の足の着地と離地に関わる 2 つの変化点を探索させ、

40

前記探索により前記 2 つの変化点が検出されたときに、前記 2 つの変化点の間の時間を極値間隔として取得させ、前記上下方向の加速度信号の前記第 1 の最大値と前記極値間隔に基づいて、前記運動中の利用者の前記足の接地時間を算出させ、前記 2 つの変化点の少なくとも一方が検出されなかったときに、前記上下方向の加速度信号の前記第 1 の最大値に基づいて前記接地時間を算出させ、

前記接地時間を所定の基準値と比較して、前記比較の判定結果に応じた運動支援情報を前記利用者に提供させる、

ことを特徴とする。

#### 【 発明の効果 】

#### 【 0 0 1 4 】

50

本発明によれば、簡易な構成で、運動中の足の接地時間を正確に推定して、自らの運動状態の把握や、その判断、改善に役立てることができる支援情報を、ユーザに提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る運動支援装置を人体に装着した際の一例を示す概略図である。

【図2】第1の実施形態に係る運動支援装置の構成例を示す機能ブロック図である。

【図3】第1の実施形態に係る運動支援装置において実行される運動支援方法の一例を示すフローチャートである。

【図4】第1の実施形態に係る運動支援方法に適用される足の接地時間の推定方法の一例を示すフローチャートである。

【図5】第1の実施形態に係る接地時間の推定方法に適用される上下方向の加速度信号の最大値取得処理の一例を示すフローチャートである。

【図6】第1の実施形態に係る運動支援方法により取得される3軸方向の加速度信号の一例を示す信号波形図である。

【図7】第1の実施形態に係る接地時間の推定方法に適用される上下方向の加速度信号の最大値取得処理を説明するための図である。

【図8】第1の実施形態に係る接地時間の推定方法に適用される極値間隔取得処理の一例を示すフローチャートである。

【図9】第1の実施形態に係る接地時間の推定方法に適用される極値間隔取得処理を説明するための図である。

【図10】地面反力に基づいて求められる接地時間（実際の接地時間）と上下方向の加速度との関係を示す図である。

【図11】第1の実施形態において算出される接地時間と実際の接地時間との関係を示す図である。

【図12】本発明に係る運動支援装置の第2の実施形態を示す機能ブロック図である。

【図13】第2の実施形態に係る運動支援装置において実行される運動支援方法の一例を示すフローチャートである。

【図14】第2の実施形態に係る運動支援方法に適用される加速度信号の軸補正処理の一例を示すフローチャートである。

【図15】第2の実施形態に係る加速度信号の軸補正処理により補正された3軸方向の加速度信号の一例を示す信号波形図である。

【図16】本発明に係る運動支援装置の第3の実施形態を示す概略図である。

【図17】第3の実施形態に係る運動支援装置に適用されるチェスト機器の一構成例を示す機能ブロック図である。

【図18】第3の実施形態に係る運動支援装置に適用される報知機器の一構成例を示す機能ブロック図である。

【図19】第3の実施形態に係る運動支援装置において実行される運動支援方法の一例を示すフローチャートである。

【図20】本発明に係る運動支援装置の第4の実施形態を示す概念図である。

【図21】第4の実施形態に係る運動支援装置に適用される情報処理装置の一構成例を示す機能ブロック図である。

【図22】第4の実施形態に係る運動支援装置に適用されるネットワークサーバの一構成例を示す機能ブロック図である。

【図23】第4の実施形態に係る運動支援装置において実行される運動支援方法の一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明に係る運動支援装置及び運動支援方法、運動支援プログラムについて、実

10

20

30

40

50

施形態を示して詳しく説明する。

< 第 1 の実施形態 >

( 運動支援装置 )

【 0 0 1 7 】

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る運動支援装置を人体に装着した際の一例を示す概略図である。ここで、図 1 ( a ) は、本実施形態に係る運動支援装置を人体に装着した状態を、正面 ( 胸 ) 側から見た概略図であり、図 1 ( b ) は、本実施形態に係る運動支援装置を人体に装着した状態を、左腕側から見た概略図である。図 2 は、本実施形態に係る運動支援装置の構成例を示す機能ブロック図である。ここでは、図示の都合上、各機能ブロック間の信号やデータのやり取りが同時に行われているように表されているが、実際には、後述する運動支援方法に基づいて、各信号やデータのやり取りが順次行われる。

10

【 0 0 1 8 】

第 1 の実施形態に係る運動支援装置は、例えば図 1 ( a )、( b ) に示すように、被測定者であるユーザ U S の胸部に装着される胸部装着型のセンサ機器 ( 以下、便宜的に「チェスト機器」と記す ) 1 0 0 を有している。チェスト機器 1 0 0 は、例えば図 1 ( a )、( b ) に示すように、大別して、ユーザ U S の運動状態や生体情報を検出して、所定の運動支援情報を提供する機器本体 1 0 1 と、ユーザ U S の胸部に巻き付けることにより機器本体 1 0 1 を装着するためのベルト部 1 0 2 と、を有している。

【 0 0 1 9 】

チェスト機器 1 0 0 ( 機器本体 1 0 1 ) は、具体的には、例えば図 2 に示すように、概略、加速度計測部 1 1 0 と、演算処理回路 1 2 0 と、記憶部 1 3 0 と、操作スイッチ 1 4 0 と、報知部 1 5 0 と、動作電源 1 6 0 と、を備えている。

20

【 0 0 2 0 】

加速度計測部 1 1 0 は、ユーザ U S の運動中 ( 走行中 ) の動作速度の変化の割合 ( 加速度 ) を計測する。本実施形態においては、加速度計測部 1 1 0 は、3 軸加速度センサを有し、互いに直交する 3 軸方向の加速度成分を検出して加速度信号 ( 加速度データ ) として出力する。ここでは、加速度計測部 1 1 0 は、図 1 ( a )、( b ) に示すように、ユーザ U S に対して、上下方向 ( 重力方向 ) と、前後方向 ( 運動時の進行、後退方向 ) と、左右方向 ( 図中の左右両腕の延伸方向 ) と、の各加速度成分を検出する。加速度計測部 1 1 0 により取得された各方向の加速度信号は、演算処理回路 1 2 0 において生成される時間データに関連付けられて、記憶部 1 3 0 の所定の記憶領域に保存されるとともに、演算処理回路 1 2 0 ( 信号処理部 1 2 4 ) における足の接地時間の推定処理に使用される。

30

【 0 0 2 1 】

演算処理回路 1 2 0 は、計時機能を備えた C P U ( 中央演算処理装置 ) や M P U ( マイクロプロセッサ ) 等の演算処理装置であって、制御部 1 2 2 と、信号処理部 ( 上下加速度最大値取得部、接地時間算出部 ) 1 2 4 と、判定部 1 2 6 と、を有している。

【 0 0 2 2 】

制御部 1 2 2 は、所定の動作クロックに基づいて、所定の制御プログラムに従って処理を行うことにより、加速度計測部 1 1 0 におけるセンシング動作や、記憶部 1 3 0 への各種のデータの保存や読出し動作、報知部 1 5 0 における報知動作等の、機器本体 1 0 1 内の各構成における動作を制御して所定の機能を実現する。

40

【 0 0 2 3 】

また、信号処理部 1 2 4 は、所定の動作クロックに基づいて、所定のアルゴリズムプログラムに従って処理を行うことにより、運動中の周期的な足の動きにおける 1 周期 ( 1 歩 ) ごとに、上下方向の加速度信号の最大値 ( P ) と、上下方向及び前後方向の合成加速度信号における着地及び離地に関わる変化点間の間隔 ( 極値間隔 : W ) と、を取得する。そして、信号処理部 1 2 4 は、これらの特徴量に基づいて、所定の計算式を用いて接地時間を算出 ( 推定 ) する。信号処理部 1 2 4 により算出された接地時間は、記憶部 1 3 0 の所定の記憶領域に保存される。

【 0 0 2 4 】

50

判定部 126 は、信号処理部 124 により算出された接地時間について、例えば予め設定された数値範囲と比較する分析処理を実行する。また、判定部 126 は、例えば、算出された接地時間に基づいて、接地時間に関連する各種の運動情報（例えば、疲労状態や走り方、移動速度、エネルギー消費量等）を取得して、それらの運動情報の良否を判定する。判定部 126 は、これらの判定結果に応じて、報知部 150 における動作を制御するための報知信号を出力するとともに、これらの判定結果を、記憶部 130 の所定の記憶領域に保存する。

#### 【0025】

記憶部 130 は、不揮発性メモリを有し、加速度計測部 110 により取得された加速度信号を、時間データに関連付けて所定の記憶領域に保存する。また、記憶部 130 は、上述した演算処理回路 120 において所定の制御プログラムやアルゴリズムプログラムに従って処理を行う際に使用する、又は、当該プログラムに従って処理を行う際に生成される各種データを一時的に保存する。さらに、記憶部 130 は、上述した信号処理部 124 において所定のアルゴリズムプログラムに従って処理を行うことにより得られる接地時間や、接地時間に関連して取得された各種の運動情報、その判定結果を所定の記憶領域に保存する。ここで、記憶部 130 は、ROM（Read Only Memory；読み出し専用メモリ）やフラッシュメモリを有し、上述した演算処理回路 120 において実行される制御プログラムやアルゴリズムプログラムを保存するものであってもよい。なお、記憶部 130 を構成する不揮発性メモリ部分は、その一部又は全部が、例えばメモリカード等のリムーバブル記憶媒体としての形態を有し、チェスト機器 100 に対して着脱可能に構成されているものであってもよい。

#### 【0026】

操作スイッチ 140 は、少なくとも電源スイッチを有し、ユーザ US が当該操作スイッチ 140 を操作することにより、動作電源 160 から機器本体 101 内の各構成に供給される駆動用電力を供給又は遮断して、チェスト機器 100 の電源のオン（起動）、オフ（停止）を制御する。ここで、操作スイッチ 140 は、センサ制御用スイッチを有し、ユーザ US が当該操作スイッチ 140 を操作することにより、加速度計測部 110 におけるセンシング動作の開始又は終了を制御するものであってもよい。なお、操作スイッチ 140 は、上記電源スイッチのみを有し、ユーザ US が当該操作スイッチ 140 を操作して機器本体 101 の電源をオン（起動）することにより、加速度計測部 110 におけるセンシング動作が開始され、機器本体 101 の電源をオフ（停止）することにより、上記のセンシング動作が終了されるものであってもよい。

#### 【0027】

報知部（情報提供部）150 は、例えば振動部 152 や音響部 154 を有し、演算処理回路 120（判定部 126）からの報知信号に基づいて、所定の振動情報や音情報を発生して、ユーザ US に運動支援情報を報知する。振動部 152 は、例えば振動モータや振動子等の振動機器（バイブレータ）を有し、所定の振動パターンやその強弱等の振動情報を発生することにより、触覚を通してユーザ US に各種の情報を提供又は報知する。また、音響部 154 は、例えばブザーやスピーカ等の音響機器を有し、所定の音色や音パターン、音声メッセージ等の音情報を発生することにより、聴覚を通してユーザ US に各種の情報を提供又は報知する。なお、報知部 150 は、上記の振動部 152 及び音響部 154 の双方を備えるものであってもよいし、いずれか一方を備えるものであってもよい。

#### 【0028】

動作電源 160 は、チェスト機器 100（機器本体 101）の各構成に駆動用電力を供給する。動作電源 160 は、例えば市販のコイン型電池やボタン型電池等の一次電池や、リチウムイオン電池やニッケル水素電池等の二次電池を適用することができる。また、動作電源 160 は、これらの一次電池や二次電池のほか、振動や光、熱、電磁波等のエネルギーにより発電する環境発電（エナジーハーベスト）技術による電源等を適用することもできる。

#### 【0029】



### (運動支援方法)

次に、本実施形態に係る運動支援装置における運動支援方法について説明する。

図3は、本実施形態に係る運動支援装置において実行される運動支援方法の一例を示すフローチャートである。図4は、本実施形態に係る運動支援方法に適用される足の接地時間の推定方法の一例を示すフローチャートである。図5は、本実施形態に係る接地時間の推定方法に適用される上下方向の加速度信号の最大値取得処理の一例を示すフローチャートである。図6は、本実施形態に係る運動支援方法により取得される3軸方向の加速度信号の一例を示す信号波形図である。図7は、本実施形態に係る接地時間の推定方法に適用される上下方向の加速度信号の最大値取得処理を説明するための図である。図8は、本実施形態に係る接地時間の推定方法に適用される極値間隔取得処理の一例を示すフローチャートである。図9は、本実施形態に係る接地時間の推定方法に適用される極値間隔取得処理を説明するための図である。

10

#### 【0030】

本実施形態に係る運動支援方法においては、例えば図3のフローチャートに示すように、まず、ユーザUSが身体に装着したチェスト機器100の操作スイッチ140を操作することにより、電源を投入してチェスト機器100を起動させる(ステップS101)。そして、チェスト機器100の加速度計測部110においてセンシング動作を開始させる。これにより、ユーザUSの運動中(走行中)の3軸方向の加速度成分が検出されて、加速度信号(図中、「センサデータ」と表記)として収集され、時間データに関連付けられて記憶部130の所定の記憶領域に随時保存される(ステップS102)。ここで、加速度計測部110におけるセンシング動作は、間欠的に実行されるものであってもよい、継続的に実行されるものであってもよい。

20

#### 【0031】

次いで、収集された加速度信号に基づいて、演算処理回路120の信号処理部124が所定のアルゴリズムプログラムに従って処理を行うことにより、次に示すような足の接地時間を推定する処理を実行する(ステップS103)。すなわち、信号処理部124は、接地時間推定処理において、例えば図4のフローチャートに示すように、上下加速度最大値取得処理(ステップS111)と、極値間隔取得処理(ステップS112)と、接地時間算出処理(ステップS113、S114、S115)と、を実行する。

#### 【0032】

##### (上下加速度最大値取得処理)

上下加速度最大値取得処理においては、具体的には、例えば図5のフローチャートに示すように、まず、信号処理部124は、収集された3軸方向の加速度信号から、運動中の周期的な足の動きにおける1周期(1歩)分の、上下方向の加速度信号を抽出して取得する(ステップS121)。

30

#### 【0033】

ここで、1周期(1歩)分の加速度信号の抽出方法は、例えば次のような手法を適用することができる。一般に、ランニング等の走動作においては、例えば図6に示すように、加速度計測部110により取得される3軸方向の加速度信号(生データ)のうち、特に上下方向の加速度信号は、左右の足の一步ごとに周期性を有する信号波形を示すことが知られている。このことから、上下方向の加速度信号の信号波形について、特定の基点を設定することにより、右足又は左足の1歩分の加速度信号を切り出す(抽出する)ことができる。なお、図6に示した3軸方向加速度信号においては、左右の足の一步ごとの信号波形を説明するため、便宜的に(右足)、(左足)と表記したが、左右の足が逆であっても何ら問題はない。

40

#### 【0034】

本実施形態においては、例えば上下方向の加速度信号において、周期的に現れる加速度信号の最大値間の時間(例えば平均時間)を1周期と規定して、当該最大値の時間位置を中心(基点)にして、時間軸の前後方向(+方向と-方向)に、それぞれ半周期分ずつの加速度信号を抽出する方法を適用することができる。このようにして抽出された、1周期

50

分の上下方向の加速度信号の信号波形の一例は、図 7 中に点線で示される。ここでは、上下方向の加速度が概ね最大値となる時間位置（0.15 秒）を基点として、時間軸の前後方向に、それぞれ 1 周期（0.30 秒）の半分の時間（0.15 秒）の範囲の加速度信号を抽出した、1 周期分の信号波形を示す。

#### 【0035】

次いで、信号処理部 124 は、ステップ S 121 により取得された 1 周期分の上下方向の加速度信号について、所定サイズの移動平均フィルタを適用する（ステップ S 122）。このような加速度信号へのフィルタの適用は、ある瞬間（短時間）の加速度よりも、ある程度の長さの時間の移動平均値の加速度を考慮した方が、実際の接地時間をより反映している、という検証結果に基づくものである。ここで適用される移動平均フィルタのサイズは、ユーザごとに最適値が異なるものであるが、発明者の検証によれば、1 周期の長さ（一方の足が着地してから他方の足が着地するまでの長さ）を 1 として、例えば 0.2 ~ 0.4 程度のサイズのフィルタを適用することにより、概ね良好な結果が得られることを確認した。このような移動平均フィルタが適用された、上下方向の加速度信号の信号波形の一例は、図 7 中に実線で示される。

#### 【0036】

次いで、信号処理部 124 は、ステップ S 122 により移動平均フィルタを適用した、上下方向の加速度信号について、図 7 に示すように、加速度信号の最大値（P）を取得する（ステップ S 123）。取得された加速度信号の最大値（P）は、記憶部 130 の所定の記憶領域に保存されて、上記の上下加速度最大値取得処理が終了する。

#### 【0037】

##### （極値間隔取得処理）

次に、極値間隔取得処理においては、具体的には、例えば図 8 のフローチャートに示すように、まず、信号処理部 124 は、収集された 3 軸方向の加速度信号から、1 周期（1 歩）分の、3 軸方向の加速度信号を抽出して取得する（ステップ S 131）。なお、1 周期（1 歩）分の加速度信号の抽出方法は、例えば上述したステップ S 121 と同等の手法を適用することができる。このようにして抽出された、1 周期分の上下方向の加速度信号の信号波形の一例は、図 9 中に粗い点線で示され、前後方向加速度信号の信号波形の一例は、図 9 中に細かい点線で示される。

#### 【0038】

次いで、信号処理部 124 は、ステップ S 131 により取得された 1 周期分の、3 軸方向の加速度信号のうち、上下方向の加速度信号（上下加速度）と前後方向の加速度信号（前後加速度）を合成して、合成加速度を生成する（ステップ S 132）。具体的には、次の（11）式に基づいて、合成加速度が生成される。

$$\text{合成加速度} = \left( (\text{上下加速度})^2 + (\text{前後加速度})^2 \right)^{1/2} \cdots (11)$$

このようにして生成された、合成加速度信号の信号波形の一例は、図 9 中に実線で示される。

#### 【0039】

次いで、信号処理部 124 は、ステップ S 132 により生成された合成加速度信号について、図 9 に示すように、合成加速度信号の最大値（Q）と、そのときの時間位置（最大位置：V）を取得する（ステップ S 133）。取得された合成加速度信号の最大値（Q）と、そのときの時間位置（最大位置：V）は、記憶部 130 の所定の記憶領域に保存される。

#### 【0040】

次いで、信号処理部 124 は、ステップ S 133 により取得された最大値（Q）に所定の係数を乗じて、足の着地及び離地に関わる変化点を探索する処理に用いるしきい値を決定する（ステップ S 134）。ここで適用される係数は、発明者の検証によれば、例えば 0.2 程度の値に設定することにより、概ね良好な結果が得られることを確認した。なお、この係数の値は 0.2 に限定されるものではなく、種々の条件により適宜設定される。例えば、特定の中心地を含む所定の数値範囲から任意に選択されるものであってもよいし

10

20

30

40

50

、予め設定された固定値を用いるものであってもよい。

#### 【0041】

次に、信号処理部124は、ステップS133により取得された最大値(Q)の時間位置(最大位置:V)を基点にして、図9に示すように、時間軸の前後方向に、それぞれ合成加速度信号が上記しきい値以下となる最初の極小値(M1、M2)を探索する(ステップS135)。ここで探索される極小値は、1周期(1歩)分の合成加速度信号における、足の着地及び離地に関わる変化点に相当する。発明者の検証によれば、足の着地及び離地に関わる変化点として、上記のように探索した極小値を適用することにより、後述する作用効果の検証(図11参照)に示すように、推定接地時間と実際の接地時間とが極めて高い相関関係を示すことを確認した。なお、本実施形態においては、合成加速度信号の最大値(Q)に所定の係数を乗じたしきい値を用いて、合成加速度信号の極小値を探索する手法を示したが、本発明はこれに限定されるものではなく、他の手法を用いて合成加速度信号における、足の着地及び離地に関わる変化点を探索するものであってもよい。

#### 【0042】

そして、信号処理部124は、この探索の結果、上記最大位置(V)を基点にして、時間軸の前後両方向に、一对計2箇所の合成加速度信号の極小値が見つかったか否かを判定する(ステップS136)。時間軸の前後両方向に極小値が見つからなかった場合には、信号処理部124は、上記の極値間隔取得処理を終了する。一方、図9に示すように、時間軸の前後両方向に極小値(M1、M2)が見つかった場合には、信号処理部124は、2つの極小値(M1、M2)間の差である極値間隔(W)を取得する(ステップS137)。取得された合成加速度信号の極値間隔(W)は、記憶部130の所定の記憶領域に保存されて、上記の極値間隔取得処理が終了する。

#### 【0043】

なお、本実施形態に適用される極値間隔取得処理においては、3軸方向の加速度信号のうち、上下方向と前後方向の加速度信号からなる合成加速度信号を用いて、極値間隔を取得する場合について説明した。これは、発明者による検証の結果、上下方向と前後方向の加速度信号の組み合わせが最も安定して極小値を探索することが取得できることが確認されたことに基づくものである。ここで、複数の軸方向の加速度信号の組み合わせとして、左右方向の加速度信号を含めることも可能であるが、左右方向の加速度は個人差が顕著に表れる傾向があり、実際の接地時間を反映していない場合があるため、合成加速度の対象から除外した。しかしながら、被測定者であるユーザUSの走り方等によっては、左右方向の加速度信号を用いた場合であっても、実際の接地時間を反映している場合もある。したがって、本発明においては、極値間隔取得処理に適用される加速度信号の組み合わせを限定するものではなく、2軸方向以上の加速度信号を含む合成加速度信号を適用することができる。

#### 【0044】

(接地時間算出処理)

次に、接地時間算出処理においては、具体的には、例えば図4のフローチャートに示すように、まず、信号処理部124は、極値間隔取得処理(ステップS112)において極値間隔(W)が取得されたか否かを判定する(ステップS113)。極値間隔(W)が正常に取得できた場合には、信号処理部124は、次の(1)式(第1の計算式)に従って、係数a1、b1、c1及び上下方向の加速度信号の最大値(P)、極値間隔(W)に基づいて、接地時間を算出する(ステップS114)。

$$\text{接地時間} = a1 \times \text{上下加速度最大値} + b1 \times \text{極値間隔} + c1 \times \text{上下加速度最大値} \times \text{極値間隔} \quad \cdots (1)$$

#### 【0045】

上記(1)式において、接地時間及び極値間隔の単位を[秒]、上下方向の加速度信号の最大値(P)の単位を[ $m/s^2$ ]とした場合に、12人の異なる被験者の計360サンプルを用いた時の係数a1、b1、c1の最適値は、次のように示される。

$$a1 = 0.0070 \quad (0.0063 \sim 0.0158)$$

$$b1 = 1.5270 ( 1.4584 \sim 1.8768 )$$

$$c1 = -0.0746 ( - 0.1404 \sim - 0.0688 )$$

【 0 0 4 6 】

ここで、各係数 $a1$ 、 $b1$ 、 $c1$ における括弧内の数値は、12人の被験者における、それぞれの最適値の範囲を示すものである。また、通常、係数 $a1$ 及び $b1$ の符号は正であり、係数 $c1$ の符号は負である。また、各係数 $a1$ 、 $b1$ 、 $c1$ の各々の単位はそれぞれ異なり、 $a1$ は[ $a1 \times$  上下加速度最大値]の単位が時間となる単位を有し、 $b1$ は[ $b1 \times$  極値間隔]の単位が時間となる単位を有し、 $c1$ は[ $c1 \times$  上下加速度最大値  $\times$  極値間隔]の単位が時間となる単位を有している。

【 0 0 4 7 】

10

なお、上記の係数 $a1$ 、 $b1$ 、 $c1$ を導出するための対象となった被験者は、いずれもフルマラソンの経験者やマラソン競技への参加を目指している競技志向の高い人々である。これに対して、マラソン競技への参加を目指していない人々やランニング初心者（ビギナー）等の場合には、熟練度や走り方の特徴、体力等に応じて適切な数値の係数が適用される。したがって、予めヒギナーモードや競技モード等の、複数種類の係数を用意しておいて、ユーザの熟練度や走り方の特徴、体力等に応じて、接地時間算出のための係数を適切切り替えるものであってもよい。

【 0 0 4 8 】

また、上記(1)式を変形すると、次の(2)式のように表される。

$$\text{接地時間} = b1 \times \text{極値間隔} + \text{上下加速度最大値} \times (c1 \times \text{極値間隔} + a1) \quad \cdots (2) \quad 20$$

上述した係数 $a1$ 、 $b1$ 、 $c1$ の数値範囲においては、(2)式の第1項( $b1 \times$  極値間隔)は、実際の接地時間よりも必ず大きくなり、第2項(上下加速度最大値  $\times$  ( $c1 \times$  極値間隔 +  $a1$ ))は必ず負の値になる。これは、接地時間と上下方向の加速度とは、逆の動きをする傾向、つまり接地時間が短いほど上下方向の加速度が大きくなる傾向があり、この逆方向の動きにより極値間隔( $W$ )が調整されていることによるものと考えることができる。

【 0 0 4 9 】

一方、ステップS113において、極値間隔( $W$ )が取得できなかった場合には、信号処理部124は、次の(3)式(第2の計算式)に従って、係数 $a2$ 及び上下方向の加速度信号の最大値( $P$ )に基づいて、接地時間を算出する(ステップS115)。

30

$$\text{接地時間} = a2 \times (1 / \text{上下加速度最大値}) \quad \cdots (3)$$

【 0 0 5 0 】

上記(3)式において、接地時間の単位を[秒]、上下方向の加速度信号の最大値( $P$ )の単位を[ $m / s^2$ ]とした場合に、上述した場合と同様に、12人の異なる被験者の計360サンプルを用いた時の係数 $a2$ の最適値は、次のように示される。

$$a2 = 0.0169 ( 0.0109 \sim 0.0267 )$$

【 0 0 5 1 】

ここで、係数 $a2$ における括弧内の数値は、12人の被験者における、それぞれの最適値の範囲を示すものである。なお、この場合においても、接地時間と上下加速度とは、逆の動きをする傾向があるといえる。また、係数 $a2$ は[ $a2 \times (1 / \text{上下加速度最大値})$ ]の単位が時間となる単位を有している。

40

【 0 0 5 2 】

このようにして算出(推定)された接地時間は、発明者の検証によれば、ステップS114(すなわち、(1)式又は(2)式)により算出された接地時間の方が、ステップS115(すなわち、(3)式)により算出された接地時間よりも、実際の接地時間を反映していることを確認した。

【 0 0 5 3 】

次いで、図3のフローチャートに戻って、演算処理回路120は、接地時間推定処理(ステップS103)において算出された接地時間について、分析処理を実行する(ステップS104)。具体的には、演算処理回路120の判定部126が、算出された接地時間

50

そのものについて、例えば、予め設定された基準値（又は基準範囲）を逸脱していないか否かの分析や、運動中に取得した接地時間の平均値に対して、所定以上の変化が生じていないか否かの分析を行う。また、判定部 126 は、算出された接地時間に基づいて導出される各種の運動情報（例えば、疲労状態や走り方、移動速度、エネルギー消費量等）について、予め設定された基準値（又は基準範囲）と比較することにより、それらの運動情報の良否を判定する。そして、判定部 126 は、これらの分析の結果、接地時間や各種の運動情報が特定の状態（例えば異常状態等）を示した場合には、その判定結果に応じて報知信号を生成して報知部 150 に出力する。また、上述した分析処理において生成される分析データや判定結果は、記憶部 130 の所定の記憶領域に保存される。

#### 【0054】

10

次いで、報知部 150 は、演算処理回路 120 から出力される報知信号に基づいて、所定の振動情報や音情報を発生して、上述した分析処理の判定結果（特に異常状態）を運動支援情報としてユーザ US に報知する（ステップ S105）。これにより、ユーザ US の触覚や聴覚を通して、運動支援情報が提供されるので、ユーザ US は運動中に略リアルタイムで接地時間や各種の運動情報の変化や異常を確実に認識することができる。

#### 【0055】

次いで、上述した一連の処理を終了するか否かが判断される（ステップ S106）。具体的には、演算処理回路 120 の制御部 122 が、例えばユーザ US がチェスト機器 100 の電源をオフさせたか否か、あるいは、加速度計測部 110 におけるセンシング動作を停止させる操作を行ったか否か（機器停止指示があるか否か）を判断する。機器停止指示がない場合には、制御部 122 は、ステップ S102 に戻って、上述した一連の運動支援方法（ステップ S102～S105）を繰り返し実行する。一方、機器停止指示がある場合には、制御部 122 は、上述した運動支援方法を終了する。

20

#### 【0056】

（作用効果）

次に、上述した運動支援装置及び運動支援方法における作用効果について検証する。

図 10 は、フォースプレートを用いて取得される地面反力に基づいて求められる接地時間（実際の接地時間）と上下方向の加速度との関係を示す図であり、図 11 は、本実施形態において算出される接地時間と実際の接地時間との関係を示す図である。

#### 【0057】

30

フォースプレートを用いて取得される地面反力は、例えば図 10（a）に示すように、被測定者であるユーザがフォースプレートに乗っていないとき（フォースプレートにユーザの体重が加わっていないとき）には略 0 に近い値を示し、ユーザがフォースプレートに乗っているとき（フォースプレートに体重が加わっているとき）には各軸方向に加わった力を示す。図 10（a）では、上下方向に加わった力を示す。ここで、地面反力が 0 付近から所定値（ここでは 0 [N]）を超えた時点を足の着地、所定値を下回った時点を足の離地と規定し、この着地と離地との間の時間を接地時間と定義する。

#### 【0058】

一方、胸部に装着したチェスト機器 100 に備えられた加速度計測部 110 により取得された上下方向の加速度信号は、例えば図 10（b）のような信号波形で示され、全体としては図 10（a）に示した地面反力と類似する変化傾向を有している。しかしながら、これらを詳しく検証すると、特に足の着地や離地に相当する時点の近傍における信号波形に顕著な差異があることが確認できる。これは、地面に接地する足から、チェスト機器 100（加速度計測部 110）が装着されている胸部までの間に複数の関節や筋肉が介在しており、足裏で受ける力がそれらの関節等を介して胸部に伝わる過程で分散したり、外部から別の力が加わったりすることで変化するものと考えられる。そのため、胸部において計測された加速度信号のみを用いて、上述した定義に基づく接地時間を正確に算出（推定）することは困難であった。

40

#### 【0059】

そこで、本実施形態においては、上述したように、人体の胸部に装着した加速度計測部

50

1 1 0 により計測される 3 軸方向の加速度信号に基づいて、運動時の 1 周期（1 歩）分の上下方向の加速度信号の最大値（P）と、1 周期分の 2 軸方向以上の加速度信号から生成した合成加速度信号の、最大値の時間位置の前後で、所定のしきい値以下となる最も近い 2 つの極小値間の時間（極値間隔：W）とを取得する。そして、上記極値間隔が取得された場合には、これらの特徴量（P、W）に所定の係数を乗算して加算する計算式（（1）式）を用いて接地時間を算出する。一方、上記極値間隔が取得されなかった場合には、上下方向の加速度信号の最大値（P）に所定の係数を乗算する計算式（（3）式）を用いて接地時間を算出する。

#### 【0060】

このようにして算出（推定）された接地時間と、地面反力に基づいて算出された接地時間（実際の接地時間）との相関関係は、例えば図 11 のように示される。ここでは、上述した場合と同様に、12 人の異なる被験者の計 360 サンプルにおける、推定接地時間と実際の接地時間の相関分布を示した。この図 11 に示した相関分布の検証から、両者の相関関係は極めて高く、0.964 の相関係数が得られた。すなわち、本実施形態によれば、胸部において計測された加速度信号に基づいて、精度よく接地時間を推定することができることが判明した。

#### 【0061】

また、本実施形態においては、チェスト機器 100 単体で、運動中にセンサデータ（加速度信号）を収集し、算出した接地時間や各種の運動情報を分析して特定の状態（異常状態等）にあると判定した場合には、当該状態を報知する運動支援情報がユーザ U S に略リアルタイムで提供される。したがって、ユーザ U S は、簡易な構成の運動支援装置（チェスト機器 100）を装着するだけで、運動中に接地時間や各種の運動情報の変化や異常等を略リアルタイムで把握して、現在の運動状態の改善に速やかに反映させることができる。

#### 【0062】

なお、本実施形態においては、運動中に取得したセンサデータに基づく分析処理の判定結果を、報知部 150 から略リアルタイムにユーザ U S に報知する場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。すなわち、本実施形態に示したチェスト機器 100 は、外部の情報処理装置（例えばパーソナルコンピュータやスマートフォン、タブレット端末等；図示を省略）に各種のデータを転送するためのインターフェース部をさらに備える構成を有するものであってもよい。これにより、運動中に取得されたセンサデータに基づいて算出された接地時間や各種の運動情報、また、それらの分析処理の判定結果を、運動終了後に上記のインターフェース部を介して情報処理装置に転送して、当該情報処理装置の表示部等に数値データやグラフ等により表示するものであってもよい。これにより、接地時間や各種の運動情報の変化の傾向等を、視覚を通してユーザ U S に提供することができるので、ユーザ U S は自己の運動状態を直感的に把握することができ、今後の運動時に効果的に反映させることができる。なお、チェスト機器 100 に備えられるインターフェース部については、後述する第 3 の実施形態において詳しく説明する。

#### 【0063】

また、本実施形態に係るチェスト機器 100 は、図 2 に示した構成に加え、例えば運動中のユーザ U S の心拍データ（生体情報）を取得する心拍計測部や、GPS（全地球測位システム；Global Positioning System）を利用してユーザ U S の現在位置等（地理情報）を取得する GPS 受信回路等を備えているものであってもよい。心拍計測部や GPS 受信回路等により取得された生体情報や地理情報は、例えば演算処理回路 120 の判定部 126 により、異常な運動負荷が加わった状態を判定する際や、算出された接地時間や各種の運動情報（疲労状態や走り方、移動速度、エネルギー消費量等）との関連性を分析する際に使用される。これにより、どの程度の運動負荷がかかったときに、上述した接地時間や各種の運動情報に変化が生じるかを分析することができる。

#### 【0064】

< 第 2 の実施形態 >

10

20

30

40

50

次に、本発明の第２の実施形態に係る運動支援装置及び運動支援方法について説明する。

上述した第１の実施形態においては、加速度計測部１１０により取得された３軸方向の加速度信号をそのまま用いて接地時間推定処理を実行する場合について説明した。第２の実施形態においては、加速度計測部１１０により取得された３軸方向の加速度信号について、チェスト機器１００を装着した上体の傾き等の影響を補正することを特徴としている。

#### 【００６５】

（運動支援装置）

図１２は、本発明に係る運動支援装置の第２の実施形態を示す機能ブロック図である。ここで、上述した第１の実施形態と同等の構成については、同一の符号を付してその説明を簡略化する。

#### 【００６６】

第２の実施形態に係る運動支援装置は、例えば図１２に示すように、図２に示した第１の実施形態のチェスト機器１００において、角速度計測部１７０及び軸補正部１２８を付加した構成を有している。

#### 【００６７】

角速度計測部１７０は、ユーザＵＳの運動中（走行中）の動作方向の変化（角速度）を計測する。本実施形態においては、角速度計測部１７０は、３軸角速度センサを有し、図１（ａ）、（ｂ）に示した、互いに直交する３軸について、各軸の回転方向に生じる角速度成分を検出して角速度信号（角速度データ）として出力する。角速度計測部１７０により取得された各軸の回転方向の角速度信号は、時間データに関連付けられて、記憶部１３０の所定の記憶領域に保存されるとともに、演算処理回路１２０（軸補正部１２８）における加速度信号の軸補正処理に使用される。

#### 【００６８】

軸補正部１２８は、演算処理回路１２０に設けられ、角速度計測部１７０により計測された角速度から重力方向を推定し、加速度計測部１１０により計測された上下方向の加速度信号の軸方向が重力方向と一致するように、加速度信号の各軸を回転させて、加速度信号の値を補正する。軸補正部１２８により補正された各軸方向の加速度信号は、記憶部１３０の所定の記憶領域に保存されるとともに、上述した信号処理部１２４における足の接地時間の推定処理において、上下方向の加速度信号の最大値（Ｐ）と、合成加速度信号における極値間隔（Ｗ）と、を取得する際に使用される。

#### 【００６９】

なお、図１２に示した加速度計測部１１０、演算処理回路１２０の制御部１２２と信号処理部１２４と判定部１２６、記憶部１３０、操作スイッチ１４０、報知部１５０、動作電源１６０は、上述した第１の実施形態と同等の構成を有しているので、その説明を省略する。

#### 【００７０】

（運動支援方法）

次に、本実施形態に係る運動支援装置における運動支援方法について説明する。

図１３は、本実施形態に係る運動支援装置において実行される運動支援方法の一例を示すフローチャートである。ここで、上述した第１の実施形態と同等の手順については、その説明を簡略化する。また、図１４は、本実施形態に係る運動支援方法に適用される加速度信号の軸補正処理の一例を示すフローチャートである。図１５は、本実施形態に係る加速度信号の軸補正処理により補正された３軸方向の加速度信号の一例を示す信号波形図である。

#### 【００７１】

本実施形態に係る運動支援方法においては、例えば図１３のフローチャートに示すように、まず、ユーザＵＳがチェスト機器１００の電源を投入して起動させる（ステップＳ２０１）。そして、チェスト機器１００の加速度計測部１１０及び角速度計測部１７０にお

けるセンシング動作を開始させることにより、ユーザＵＳの運動中（走行中）の加速度信号及び角速度信号（図中、「センサデータ」と総称して表記）が収集されて、相互に関連付けられて記憶部１３０の所定の記憶領域に随時保存される（ステップＳ２０２）。

#### 【００７２】

次いで、収集された加速度信号及び角速度信号に基づいて、演算処理回路１２０の軸補正部１２８が所定のアルゴリズムプログラムに従って処理を行うことにより、次に示すような加速度信号を軸補正する処理を実行する（ステップＳ２０３）。すなわち、人体の上体（特に体幹）に装着された加速度計測部１１０や角速度計測部１７０等の、人体の運動状態を検出するモーションセンサにおいては、上体の傾きなどの影響により、重力方向とセンサの上下方向の軸に差異が生じている。この軸方向の差異は時間的にも変化しているため、計測された加速度や角速度の値から、時刻ごとに異なる軸方向の差異を補正する必要がある。

10

#### 【００７３】

そこで、本実施形態においては、例えば図１４のフローチャートに示すように、まず、軸補正部１２８は、収集された加速度信号と角速度信号から、時刻ごとの加速度信号と角速度信号を取得する（ステップＳ２１１）。次いで、軸補正部１２８は、ステップＳ２１１により取得された角速度信号から各時刻の重力方向を推定する（ステップＳ２１２）。そして、軸補正部１２８は、ステップＳ２１２により推定した重力方向と、上下方向の加速度信号の軸方向が一致するように、加速度信号の各軸を回転させることにより、各軸方向の加速度信号の値を補正する（ステップＳ２１３）。

20

#### 【００７４】

具体的には、ユーザＵＳが一定の速度で走行している時に、複数の周期分の加速度信号を取得して平均した場合、センサの上下方向と重力方向が一致していれば、左右や前後方向の加速度信号の平均値は０になる。しかしながら、走動作における体の傾きなどの影響で、重力加速度が左右や前後方向の加速度に付加されることになるため、上記平均値は実際には０にならない。そこで、軸補正の一手法として、それらの軸の平均値が０になるように傾き角を求め（ステップＳ２１２）、回転行列を算出して、各方向の加速度に適用する（ステップＳ２１３）ことにより軸補正を行う。

#### 【００７５】

このようにして軸補正を行った後の３軸方向の加速度信号は、例えば図１５のように示される。図６に示した、軸補正を行う前の３軸方向の加速度信号（生データ）に比較して、各軸方向とも加速度の値が変化しており、特に左右方向と前後方向の加速度信号は補正の効果を大きく受けていることが確認された。

30

#### 【００７６】

なお、加速度信号の軸補正の手法は、上述したものに限定されるものではない。例えば加速度信号の時間平均を計算することにより重力方向を推定して、軸補正を行うものであってもよい。

#### 【００７７】

次いで、図１３のフローチャートに戻って、信号処理部１２４は、軸補正処理（ステップＳ２０３）において補正された３軸方向の加速度信号に基づいて、上述した第１の実施形態と同様に、上下加速度最大値取得処理、極値間隔取得処理、接地時間算出処理を含む接地時間推定処理を実行する（ステップＳ２０４）。これにより、走動作における体の傾きなどの影響が抑制（除去）されて、実際の接地時間が反映されたより正確な接地時間を算出（推定）することができる。

40

#### 【００７８】

次いで、判定部１２６は、接地時間推定処理（ステップＳ２０４）において算出された接地時間について、各種の分析処理を実行し、これらの判定結果に応じた報知信号を生成して報知部１５０に出力する（ステップＳ２０５）。そして、報知部１５０は、報知信号に基づいて、所定の振動情報や音情報を発生させることにより、運動支援情報をユーザＵＳに報知する（ステップＳ２０６）。これにより、ユーザＵＳは運動中に触覚や聴覚を通

50



して、接地時間や各種の運動情報の変化や異常を確実に認識することができる。

【 0 0 7 9 】

次いで、上述した一連の処理を終了するか否かが判断され、処理を終了しない場合には、ステップ S 2 0 2 に戻って、一連の運動支援方法（ステップ S 2 0 2 ～ S 2 0 6 ）を繰り返し実行し、処理を終了する場合には、運動支援方法を終了する。

【 0 0 8 0 】

上述したように、本実施形態においては、運動中のユーザの上体が傾いている場合であっても、胸部において計測されたセンサデータ（加速度信号及び角速度信号）に基づいて、体の傾きなどの影響を抑制（除去）することができ、実際の接地時間が反映されたより正確な接地時間を算出（推定）することができる。また、ユーザ U S は、簡易な構成の運動支援装置を装着するだけで、運動中に接地時間や各種の運動情報の変化や異常等をリアルタイムで的確に把握して、現在の運動状態の改善に速やかに反映させることができる。

10

【 0 0 8 1 】

なお、本実施形態においては、角速度計測部 1 7 0 により取得された角速度信号を、加速度信号の軸補正に使用する場合について説明したが、取得した角速度信号を、判定部 1 2 6 における次のような分析に使用するものであってもよい。

【 0 0 8 2 】

すなわち、上述した第 1 の実施形態においては、上下方向の加速度信号に基づいて、運動中の周期的な足の動きにおける 1 周期（ 1 歩 ）分を切り出す手法を示した。この手法においては、 1 歩ごとの動作について、右足の動きに関連する信号波形であるのか、左足の動きに関連する信号波形であるのかを判別することができない。

20

【 0 0 8 3 】

そこで、左右いずれかの足に全体重が乗ったタイミングを含む所定の期間における、上下方向（重力方向）の軸に生じる角速度の極性を検出することにより、運動中の身体がどちらに回転しているかを判定して、接地している足が右足か左足かを判別することができる。

【 0 0 8 4 】

これにより、上述した上下加速度最大値取得処理及び極値間隔取得処理において切り出される 1 周期分の加速度信号と、上述した左右の足の判別処理により判別された左右の足の動きと、を関連付けて、上述した接地時間や各種の運動情報を取得することにより、ユーザ U S の運動時の左右のバランスや運動姿勢（ランニングフォーム）の良否を判定することができる。

30

【 0 0 8 5 】

< 第 3 の実施形態 >

次に、本発明の第 3 の実施形態に係る運動支援装置及び運動支援方法について説明する。

上述した第 1 及び第 2 の実施形態においては、身体に装着したチェスト機器 1 0 0 単体（単一の機器）で、ユーザ U S の運動中に取得したセンサデータに基づいて、足の接地時間を推定し、接地時間や各種の運動情報の変化や異常等を分析して、特定の状態が発生した場合にリアルタイムで運動支援情報を報知する場合について説明した。第 3 の実施形態においては、チェスト機器 1 0 0 に加え、身体に装着した別体の報知機器（別個の機器）を備え、接地時間や各種の運動情報の変化や異常等の判定結果を、報知機器を介してリアルタイムで提供することを特徴としている。

40

【 0 0 8 6 】

（運動支援装置）

図 1 6 は、本発明に係る運動支援装置の第 3 の実施形態を示す概略図である。ここで、図 1 6（ a ）は、本実施形態に係る運動支援装置を人体に装着した状態を示す概略図である。また、図 1 6（ b ）は、本実施形態に係る運動支援装置に適用される報知機器の一構成例を示す外観図である。図 1 7 は、本実施形態に係る運動支援装置に適用されるチェス

50

ト機器の一構成例を示す機能ブロック図である。ここで、図 17 ( a ) は、本実施形態に係るチェスト機器の一構成例を示す機能ブロック図であり、図 17 ( b ) は、本実施形態に係るチェスト機器の他の構成例を示す機能ブロック図である。図 18 は、本実施形態に係る運動支援装置に適用される報知機器の一構成例を示す機能ブロック図である。ここで、上述した第 1 の実施形態と同等の構成については、同一又は同等の符号を付してその説明を簡略化する。

#### 【 0 0 8 7 】

第 3 の実施形態に係る運動支援装置は、例えば図 16 ( a ) に示すように、ユーザ U S の胸部に装着されるチェスト機器 100 と、手首 ( 前腕部 ) 等に装着される腕時計型又はリストバンド型の報知機器 ( 以下、便宜的に「リスト機器」と記す ) 200 と、を有している。チェスト機器 100 は、上述した第 1 又は第 2 の実施形態と同等の外観を有している。リスト機器 200 は、例えば図 16 ( b ) に示すように、大別して、ユーザ U S に少なくとも接地時間や運動情報の変化や異常等を報知する機器本体 201 と、ユーザ U S の手首に巻き付けることにより機器本体 201 を装着するためのベルト部 202 と、を有している。

10

#### 【 0 0 8 8 】

チェスト機器 100 ( 機器本体 101 ) は、例えば図 17 ( a )、( b ) に示すように、上述した第 1 又は第 2 の実施形態 ( 図 2、図 12 参照 ) に示した構成において、報知部 150 を省略するとともに、インターフェース部 ( 図中、「 I / F 部」と表記 ) 180 を備えた構成を有している。なお、チェスト機器 100 は、上述した第 1 又は第 2 の実施形態 ( 図 2、図 12 参照 ) に示した構成に加えて、 I / F 部 180 を備えた構成を有するものであってもよい。ここで、加速度計測部 110、演算処理回路 120、記憶部 130、操作スイッチ 140、動作電源 160 及び角速度計測部 170 は、上述した第 1 又は第 2 の実施形態と同等であるので、その説明を省略する。

20

#### 【 0 0 8 9 】

I / F 部 180 は、少なくとも、演算処理回路 120 の判定部 126 において実行される、足の接地時間や各種の運動情報に関する分析処理の判定結果に応じて生成された報知信号を、リスト機器 200 に送信する際の通信インターフェースとして機能する。また、 I / F 部 180 は、当該報知信号に加え、信号処理部 124 により算出された接地時間そのものや各種の運動情報、判定部 126 における分析処理において生成されて、記憶部 130 に保存された分析データや判定結果を、リスト機器 200 に送信するものであってもよい。

30

#### 【 0 0 9 0 】

なお、 I / F 部 180 を介して、チェスト機器 100 とリスト機器 200 との間で、データや情報等を転送する手法としては、例えばブルートゥース ( Bluetooth ( 登録商標 ) ) やワイファイ ( WiFi ; wireless fidelity ( 登録商標 ) ) 等の各種の無線通信方式や、例えば USB ( Universal Serial Bus ) ケーブル等の通信ケーブルを介した各種の有線通信方式を適用することができる。また、本実施形態において、演算処理回路 120 の制御部 122 は、所定の制御プログラムに従って処理を行うことにより、上述した第 1 又は第 2 の実施形態に示した各種の動作に加え、 I / F 部 180 におけるデータの転送動作を制御する。

40

#### 【 0 0 9 1 】

リスト機器 200 は、具体的には、例えば図 18 に示すように、概略、演算処理回路 220 と、記憶部 230 と、操作スイッチ 240 と、報知部 250 と、動作電源 260 と、 I / F 部 280 と、を備えている。

#### 【 0 0 9 2 】

演算処理回路 220 は、計時機能を備えた CPU や MPU 等の演算処理装置であって、所定の制御プログラムに従って処理を行うことにより、後述する報知部 250 における報知動作や、 I / F 部 280 におけるデータの転送動作等の、各構成における動作を制御して所定の機能を実現する。

50

## 【 0 0 9 3 】

記憶部 2 3 0 は、不揮発性メモリを有し、少なくともチェスト機器 1 0 0 から送信された報知信号を、時間データに関連付けて所定の記憶領域に保存する。また、記憶部 2 3 0 は、上記報知信号に加え、チェスト機器 1 0 0 から送信された接地時間や各種の運動情報、その分析処理において生成された分析データや判定結果を、時間データに関連付けて所定の記憶領域に保存するものであってもよい。なお、記憶部 2 3 0 は、上述した演算処理回路 2 2 0 において実行される制御プログラムを保存するものであってもよい。また、記憶部 2 3 0 を構成する不揮発性メモリ部分は、その一部又は全部が、例えばメモリカード等のリムーバブル記憶媒体としての形態を有し、リスト機器 2 0 0 に対して着脱可能に構成されているものであってもよい。

10

## 【 0 0 9 4 】

操作スイッチ 2 4 0 は、例えば図 1 6 ( b ) に示すように、機器本体 2 0 1 の側面に突出するように設けられた押しボタン型のスイッチであってよいし、後述する報知部 2 5 0 の表示部 2 5 6 の前面側（視野側）に設けられたタッチパネル型のスイッチであってよい。操作スイッチ 2 4 0 は、例えばチェスト機器 1 0 0 において実行された分析処理の判定結果に応じた運動支援情報を報知する際の動作制御や、表示部 2 5 6 に表示する項目の設定等の、各種の入力操作に用いられる。

## 【 0 0 9 5 】

報知部（情報提供部）2 5 0 は、例えば図 1 8 に示すように、振動部 2 5 2 と、音響部 2 5 4 と、表示部 2 5 6 と、を有している。振動部 2 5 2 及び音響部 2 5 4 は、上述した第 1 又は第 2 の実施形態に示したチェスト機器 1 0 0 の報知部 1 5 0 と同等の機能を有し、少なくともチェスト機器 1 0 0 から送信された報知信号に基づいて、所定の振動情報や音情報を発生することにより、触覚や聴覚を通してユーザ U S に運動支援情報を報知する。ここで、振動部 2 5 2 や音響部 2 5 4 により提供される運動支援情報は、表示部 2 5 6 の表示に連動するものであってもよい。

20

## 【 0 0 9 6 】

また、表示部 2 5 6 は、例えば液晶方式や発光素子方式等の表示パネルを有し、少なくともチェスト機器 1 0 0 から送信された報知信号に基づいて、所定の画像情報や文字情報を表示したり、所定の発光色や発光パターン等の発光情報を発光させたりすることにより、視覚を通してユーザ U S に運動支援情報を報知する。また、表示部 2 6 2 は、チェスト機器 1 0 0 から送信された接地時間や各分析処理において生成された分析データや判定結果を、そのまま数値データとして表示したり、例えばグラフ等の形態で表示したりするものであってもよい。さらに、表示部 2 5 6 は、現在時刻や走行時間、ピッチ、ラップタイム等の種々の情報を表示するものであってもよい。なお、報知部 2 5 0 は、振動部 2 5 2 と音響部 2 5 4 と表示部 2 5 6 のうち、少なくともいずれか一つを備えた構成を有しているものであってもよい。

30

## 【 0 0 9 7 】

動作電源 2 6 0 は、リスト機器 2 0 0 （機器本体 2 0 1 ）の各構成に駆動用電力を供給する。動作電源 2 6 0 は、上述したチェスト機器 1 0 0 の動作電源 1 6 0 と同様に、周知の一次電池や二次電池を適用することができるほか、環境発電技術による電源等を適用することもできる。

40

## 【 0 0 9 8 】

インターフェース部 2 8 0 は、少なくとも、チェスト機器 1 0 0 から送信される報知信号を受信する際の通信インターフェースとして機能する。また、インターフェース部 2 8 0 は、当該報知信号に加え、チェスト機器 1 0 0 から送信された接地時間や各種の運動情報、その分析処理において生成された分析データや判定結果を受信するものであってもよい。

## 【 0 0 9 9 】

（運動支援方法）

次に、本実施形態に係る運動支援装置における運動支援方法について説明する。ここで

50

は、図 17 ( a ) に示した構成を有するチェスト機器 100 を適用した場合の運動支援方法について説明するが、図 17 ( b ) に示した構成を有する場合には、軸補正した加速度信号を用いて、略同等の運動支援方法が実行される。

#### 【 0100 】

図 19 は、本実施形態に係る運動支援装置において実行される運動支援方法の一例を示すフローチャートである。ここで、上述した第 1 又は第 2 の実施形態と同等の手順については、その説明を簡略化する。

#### 【 0101 】

本実施形態に係る運動支援方法においては、図 19 のフローチャートに示すように、まず、ユーザ U S がチェスト機器 100 及びリスト機器 200 の電源を投入して起動させる (ステップ S 301)。これにより、チェスト機器 100 とリスト機器 200 との間で、動作クロックの同期が行われる。そして、チェスト機器 100 において、加速度計測部 110 におけるセンシング動作を開始することにより、ユーザ U S の運動中 (走行中) のセンサデータ (少なくとも加速度信号) が収集されて、記憶部 130 の所定の記憶領域に随時保存される (ステップ S 302)。

#### 【 0102 】

次いで、収集されたセンサデータに基づいて、信号処理部 124 は、上述した第 1 の実施形態と同様に、上下加速度最大値取得処理、極値間隔取得処理、接地時間算出処理を含む接地時間推定処理を実行する (ステップ S 303)。これにより、実際の接地時間が反映された正確な接地時間が算出 (推定) される。

#### 【 0103 】

次いで、判定部 126 は、接地時間推定処理 (ステップ S 303) において算出された接地時間について、各種の分析処理を実行し、これらの判定結果に応じた報知信号を生成する (ステップ S 304)。制御部 122 は、ステップ S 304 により生成された報知信号を、I/F 部 180 を介して、例えば無線通信方式により、チェスト機器 100 からリスト機器 200 に随時送信する (ステップ S 305)。

#### 【 0104 】

そして、リスト機器 200 において、チェスト機器 100 から送信された報知信号に基づいて、報知部 250 から当該運動中に所定の振動情報や音情報、表示情報を発生させることにより、運動支援情報をユーザ U S に報知する (ステップ S 306)。これにより、ユーザ U S の触覚や聴覚、視覚を通して、接地時間や各種の運動情報の変化や異常を確実に認識することができる。

#### 【 0105 】

次いで、上述した一連の処理を終了するか否かが判断され、処理を終了しない場合には、ステップ S 302 に戻って、一連の運動支援方法 (ステップ S 302 ~ S 306) を繰り返し実行し、処理を終了する場合には、運動支援方法を終了する。

#### 【 0106 】

上述したように、本実施形態においては、ユーザ U S が胸部に装着したチェスト機器 100 により取得した運動中のセンサデータに基づいて、実際の接地時間が反映された正確な接地時間が算出 (推定) され、接地時間や各種の運動情報に関する分析処理の判定結果に応じて生成された報知信号が、手首に装着したリスト機器 200 に随時送信される。そして、リスト機器 200 により受信した報知信号に応じた運動支援情報がユーザ U S に略リアルタイムで提供される。したがって、ユーザ U S は、手首に装着したリスト機器 200 から提供される運動支援情報により、運動中に接地時間や各種の運動情報の変化や異常等を略リアルタイムで把握して、現在の運動状態を速やかに修正することができる。

#### 【 0107 】

なお、本実施形態においては、チェスト機器 100 により運動中に取得したセンサデータに基づいて算出された接地時間についての、分析処理の判定結果に応じて生成された報知信号を、リスト機器 200 に随時送信して、略リアルタイムでユーザ U S に運動支援情報として報知する場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。す

10

20

30

40

50

なわち、本実施形態に示した運動支援装置は、チェスト機器 100 において算出された接地時間そのものや各種の運動情報、その分析データや判定結果を、随時リスト機器 200 に随時送信して、リスト機器 200 の表示部 256 に数値データやグラフ等の形態で表示するものであってもよい。これにより、運動中に接地時間や各種の運動情報の変化や異常等を、視覚を通してユーザ U S に略リアルタイムで提供することができるので、ユーザ U S は自己の運動状態を的確に把握して、現在の運動状態の改善に速やかに反映させることができる。

#### 【0108】

また、本実施形態においては、チェスト機器 100 から送信された報知信号に基づいて、ユーザ U S に所定の運動支援情報を提供する報知機器として、ユーザ U S の手首に装着するリスト機器 200 を一例として示して説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。すなわち、本実施形態に適用可能な報知機器は、視覚や触覚、聴覚等、人間の感覚を通して運動支援情報を提供することができるものであればよい。したがって、報知機器として、例えば耳部に装着するイヤホン型やイヤピース型、首部に装着するネックレス型、眼鏡形状のスポーツグラス型等の、種々の形態の機器を適用するものであってもよいし、例えばスマートフォンを上腕部に装着するものであってもよい。

#### 【0109】

##### < 第 4 の実施形態 >

次に、本発明の第 4 の実施形態に係る運動支援装置及び運動支援方法について説明する。

上述した第 1 乃至第 3 の実施形態においては、チェスト機器 100 によりユーザ U S の運動中に取得したセンサデータに基づいて、足の接地時間を推定し、接地時間や各種の運動情報の変化や異常等を分析して、その判定結果に応じた報知信号を生成する場合について説明した。第 4 の実施形態においては、チェスト機器 100 により取得したセンサデータを、外部の情報処理装置（別個の機器）に転送して、当該情報処理装置において足の接地時間を推定し、接地時間や各種の運動情報の変化や異常等を分析して、その判定結果に応じた運動支援情報を報知することを特徴としている。

#### 【0110】

##### （運動支援装置）

図 20 は、本発明に係る運動支援装置の第 4 の実施形態を示す概念図である。図 21 は、本実施形態に係る運動支援装置に適用される情報処理装置の一構成例を示す機能ブロック図である。図 22 は、本実施形態に係る運動支援装置に適用されるネットワークサーバの一構成例を示す機能ブロック図である。ここで、上述した第 1 乃至第 3 の実施形態と同等の構成については、同一又は同等の符号を付してその説明を簡略化する。

#### 【0111】

第 4 の実施形態に係る運動支援装置は、例えば図 20 に示すように、チェスト機器 100 と、情報処理装置 300 と、ネットワーク 400 と、ネットワークサーバ 500 と、ユーザ端末 700 と、を有している。ここで、チェスト機器 100 は、上述した第 3 の実施形態に示した構成において、運動中に取得されたセンサデータを随時記憶部 130 に保存する機能と、チェスト機器 100 の外部の情報処理装置 300 との間で、データの転送を行う機能と、を有している。すなわち、チェスト機器 100 は、上述した第 1 乃至第 3 の実施形態に示した、運動中に取得したセンサデータに基づいて、ユーザ U S の足の接地時間を推定し、接地時間や各種の運動情報の変化や異常等を分析して、その判定結果に応じた報知信号を生成する機能を有していない。

#### 【0112】

情報処理装置 300 は、少なくともチェスト機器 100 との間で、上述した無線通信方式や有線通信方式により、あるいは、メモリカード等の記憶媒体を介して、各種のデータの転送を行うことができる電子機器である。また、情報処理装置 300 は、後述するようにネットワーク 400 への接続機能やウェブブラウザ機能を備えている。情報処理装置 300 は、例えば図 20 に示すように、ノートブック型やデスクトップ型のパーソナルコン

コンピュータ 301 や、スマートフォン 302、タブレット端末 303 等の汎用機器、もしくは、運動支援装置の専用機器（図示を省略）が適用される。なお、本実施形態において、情報処理装置 300 は、後述するユーザ端末 700 として適用することができるものである。

#### 【0113】

情報処理装置 300 は、具体的には、例えば図 21 に示すように、概略、演算処理回路 320 と、記憶部 330 と、入力操作部 340 と、表示部 350 と、動作電源 360 と、I/F 部 380 と、を備えている。

#### 【0114】

演算処理回路 320 は、計時機能を備えた CPU や MPU 等の演算処理装置であって、  
10 所定の制御プログラムに従って処理を行うことにより、表示部 350 における各種情報の表示動作、インターフェース部 380 におけるデータの転送動作等の、各構成における動作を制御する。

#### 【0115】

記憶部 330 は、チェスト機器 100 から転送されたセンサデータ（少なくとも加速度信号）を、所定の記憶領域に一時保存する。また、情報処理装置 300 をネットワークサーバ 500 において算出されたユーザ U S の足の接地時間や、分析処理された接地時間や各種の運動情報の判定結果等を閲覧するためのユーザ端末 700 として適用する場合には、記憶部 330 は、ネットワーク 400 を介して受信した分析情報を所定の記憶領域に保存する。なお、記憶部 330 は、上述したチェスト機器 100 やリスト機器 200 と同様に、その一部または全部がリムーバブル記憶媒体としての形態を有し、情報処理装置 300  
20 に対して着脱可能に構成されているものであってもよい。

#### 【0116】

入力操作部 340 は、パーソナルコンピュータ 301 やスマートフォン 302、タブレット端末 303 等に付設される、キーボードやマウス、タッチパッド、タッチパネル等の入力装置である。入力操作部 340 は、表示部 350 に表示される任意のアイコンやメニューを選択したり、画面表示中の任意の位置を指示したりすることにより、当該アイコンやメニュー、当該位置に対応する機能が実行される。

#### 【0117】

表示部 350 は、例えば液晶方式や発光素子方式等の表示パネルを有し、少なくとも上述したチェスト機器 100 から受信したセンサデータを、後述するネットワーク 400 を介して、ネットワークサーバ 500 に転送する際の、通信状態や転送状況を表示する。また、情報処理装置 300 をユーザ端末 700 として適用する場合には、表示部（情報提供部）350 は、上記センサデータや接地時間、各種の運動情報、その分析データや判定結果を、数値データやグラフ等の形態で表示する。  
30

#### 【0118】

動作電源 360 は、情報処理装置 300 の各構成に駆動用電力を供給する。動作電源 360 は、スマートフォン 302 やタブレット端末 303 等の可搬型の電子機器（モバイル機器）においては、例えばリチウムイオン電池等の二次電池が適用される。また、ノートブック型のパーソナルコンピュータ 301 等においては、二次電池や商用電源が適用される。  
40 。

#### 【0119】

インターフェース部 380 は、チェスト機器 100 から送信されるセンサデータを受信する際のインターフェースとして機能する。また、インターフェース部 380 は、インターネットや LAN（Local Area Network）等のネットワーク 400 への接続機能を備え、ネットワークサーバ 500 との間でセンサデータ（図中、「転送データ」と表記）や分析情報を送受信する際のインターフェースとして機能する。

#### 【0120】

また、ネットワーク 400 は、上述した情報処理装置 300 とネットワークサーバ 500  
50

0との間で、センサデータ（転送データ）や分析情報の送受信を行うことができるコンピュータネットワークである。ここで、ネットワーク400は、インターネット等の公衆利用が可能なネットワークであってもよいし、企業や地域、教育機関等の特定の団体による限定的に利用可能なネットワークであってもよい。

#### 【0121】

ネットワークサーバ500は、上述したネットワーク400を介して、情報処理装置300に接続されている。ネットワークサーバ500は、少なくとも、情報処理装置300から転送された、運動中に取得したセンサデータに基づいて、上述した第1乃至第3の実施形態に示した、ユーザUSの足の接地時間を推定し、接地時間や各種の運動情報の変化や異常等を分析して、その判定結果に応じた報知信号を生成する機能を備えたアプリケーションサーバである。

10

#### 【0122】

ネットワークサーバ500は、具体的には、例えば図22に示すように、概略、演算処理回路520と、記憶部530と、入力操作部540と、表示部550と、動作電源560と、I/F部580と、データベース600と、を備えている。ここで、入力操作部540と、表示部550と、動作電源560は、それぞれ上述した情報処理装置300の入力操作部340と、表示部350と、動作電源360と同等の機能を有しているので、その説明を省略する。また、データベース600は、ネットワークサーバ500に内蔵されるものであってもよいし、ネットワークサーバ500に外付け接続、または、ネットワーク400に直接接続されるものであってもよい。

20

#### 【0123】

演算処理回路520及び記憶部530は、上述した第1乃至第3の実施形態に示した演算処理回路120及び記憶部130と同等の機能を有している。すなわち、演算処理回路520は、計時機能を備えた演算処理装置であって、所定の制御プログラムに従って処理を行うことにより、センサデータ（転送データ）や分析情報等の記憶部530やデータベース600への保存、読み出し動作や、表示部550における各種情報の表示動作、インターフェース部580におけるデータの転送動作等の、各構成における動作を制御する。また、演算処理回路520は、所定のアルゴリズムプログラムに従って処理を行うことにより、インターフェース部580を介して受信したセンサデータ（転送データ）に基づいて、上述した第1乃至第3の実施形態に示した、ユーザUSの足の接地時間を推定し、接地時間や各種の運動情報の変化や異常等を分析する処理を行う。この分析処理において生成された分析データや判定結果は、例えばデータベース600の所定の記憶領域に保存される。また、ユーザUSがユーザ端末700を用いてネットワークサーバ500にアクセスすることにより、演算処理回路520は、データベース600からユーザUSの要求に応じたセンサデータや各種の運動情報、その分析データや判定結果を適宜読み出して、ユーザ端末700に備えられたウェブブラウザにおいて数値やグラフ等を用いた表示形態で表示するためのウェブ表示データを生成する。そして、当該ウェブ表示データを分析情報としてネットワーク400を介してユーザ端末700に送信する。

30

#### 【0124】

また、記憶部530は、上述した演算処理回路520において所定の制御プログラムやアルゴリズムプログラムに従って処理を行う際に使用する、又は、当該プログラムに従って処理を行う際に生成される各種データを一時的に保存する。

40

#### 【0125】

インターフェース部580は、上述した情報処理装置300から転送されたセンサデータを受信する際や、ネットワークサーバ500において算出された接地時間や各種の運動情報、その分析データや判定結果等を含む分析情報を、ユーザ端末700に送信する際のインターフェースとして機能する。

#### 【0126】

ユーザ端末700は、上述した情報処理装置300と同等の構成（図21参照）を有する電子機器である。ユーザ端末700は、ネットワークサーバ500にアクセスすること

50

により、ネットワークサーバ５００において生成されたウェブ表示データを、ネットワーク４００を介して受信して、ウェブブラウザにより表示する。これにより、運動中に取得したセンサデータに基づいて算出された接地時間や各種の運動情報、その分析データや判定結果が、表示部に数値データやグラフ等の形態で表示される。なお、ユーザ端末７００は、センサデータのネットワークサーバ５００への転送に用いた情報処理装置３００をそのまま適用するものであってもよいし、当該情報処理装置３００とは別個の、ネットワーク接続機能を備えた電子機器を適用するものであってもよい。

#### 【０１２７】

##### （運動支援方法）

次に、本実施形態に係る運動支援装置における運動支援方法について説明する。

10

図２３は、本実施形態に係る運動支援装置において実行される運動支援方法の一例を示すフローチャートである。ここで、上述した第１乃至第３の実施形態と同等の手順については、その説明を簡略化する。

#### 【０１２８】

本実施形態に係る運動支援方法においては、図２３のフローチャートに示すように、まず、ユーザＵＳが身体に装着したチェスト機器１００の電源を投入して起動させる（ステップ４０１）。次いで、ユーザＵＳの運動開始と同時に、又は、運動開始と前後して、チェスト機器１００におけるセンシング動作を開始させることにより（ステップＳ４０２）、ユーザＵＳの運動中のセンサデータ（少なくとも加速度信号）が収集されて、記憶部１３０の所定の記憶領域に保存される（ステップＳ４０３）。このセンサデータの収集は、ユーザＵＳが運動終了と同時に、又は、運動終了と前後して、チェスト機器１００におけるセンシング動作を終了させるまで継続される（ステップＳ４０４）。

20

#### 【０１２９】

次いで、ユーザＵＳの運動終了後、チェスト機器１００の記憶部１３０に保存されたセンサデータを、無線通信方式や有線通信方式により、あるいは、メモリカード等を介して、情報処理装置３００に転送し、さらに、情報処理装置３００によりネットワーク４００を介して、当該センサデータをネットワークサーバ５００に転送する（ステップＳ４０５）。ネットワークサーバ５００に転送されたセンサデータ（転送データ）は、記憶部５３０又はデータベース６００の所定の記憶領域に保存される。

#### 【０１３０】

30

次いで、ネットワークサーバ５００において、記憶部５３０に保存されたセンサデータに基づいて、演算処理回路５２０が、上述した第１乃至第３の実施形態と同様に、ユーザＵＳの足の接地時間を推定し、接地時間や各種の運動情報の変化や異常等を分析して、その判定結果に応じた報知信号を生成する処理を実行する（ステップＳ４０６、Ｓ４０７）。算出された接地時間や各種の運動情報、その分析データや判定結果は、データベース６００の所定の記憶領域に保存される。

#### 【０１３１】

次いで、ユーザＵＳが情報処理装置３００又はユーザ端末７００を操作して、ネットワーク４００を介してネットワークサーバ５００にアクセスして、任意の分析情報の表示を要求（リクエスト）する操作を行う。これにより、ネットワークサーバ５００は、演算処理回路５２０によりデータベース６００に保存された接地時間や各種の運動情報、その分析データや判定結果を読み出して、上記の要求に応じた所定の表示形態を有するウェブ表示データを生成する。生成されたウェブ表示データは、インターフェース部５８０によりネットワーク４００を介して、分析情報として情報処理装置３００やユーザ端末７００に送信される。情報処理装置３００やユーザ端末７００に送信された分析情報は、ウェブブラウザを用いて表示部３５０に数値データやグラフ等の形態で表示される（ステップＳ４０８）。

40

#### 【０１３２】

上述したように、本実施形態においては、ユーザＵＳが胸部に装着したチェスト機器１００により運動中のセンサデータを収集し、運動終了後に、情報処理装置３００によりネ

50



ットワーク４００を介してネットワークサーバ５００に転送する。そして、ネットワークサーバ５００において、上述したユーザＵＳの足の接地時間の算出や、接地時間や各種の運動情報の変化や異常等の分析が実行される。そして、ユーザＵＳは、情報処理装置３００やユーザ端末７００によりネットワークサーバ５００にアクセスすることにより、ネットワークサーバ５００からセンサデータや接地時間、各種の運動情報、その分析データや判定結果等が分析情報として送信されて、情報処理装置３００やユーザ端末７００の表示部３５０に表示される。これにより、本実施形態においては、ユーザＵＳは、簡易な構成の運動支援装置（チェスト機器１００）を装着するだけで、運動後に接地時間や各種の運動情報の変化や異常等を、視覚を通して直感的に把握することができるので、今後の運動時に効果的に反映させることができる。

10

#### 【０１３３】

また、本実施形態においては、チェスト機器１００は、少なくとも運動中のセンサデータを収集して保存する機能を有していればよく、情報処理装置３００は、少なくともネットワークサーバ５００へのセンサデータの転送機能と、ウェブブラウザによる分析情報の表示機能を有していればよい。したがって、本実施形態に係る運動支援装置を安価かつ簡易に構成することができる。

#### 【０１３４】

また、本実施形態においては、ネットワークサーバ５００において、ユーザＵＳの足の接地時間の算出や、接地時間や各種の運動情報の変化の傾向等の分析が行われる。これにより、ネットワークサーバ５００において、例えば接地時間の算出に関わるアルゴリズムプログラムや、接地時間や各種の運動情報の分析に関わるアルゴリズムプログラムを随時更新することにより、常に最新の手法の算出処理や分析処理を実行することができ、自己の運動状態を的確に把握することができる。

20

#### 【０１３５】

なお、本実施形態においては、チェスト機器１００により取得されたセンサデータ（少なくとも加速度信号）を、情報処理装置３００によりネットワーク４００を介してネットワークサーバ５００に転送し、当該ネットワークサーバ５００において、上述したユーザＵＳの足の接地時間の算出や、接地時間や各種の運動情報の変化や異常等の分析を行う場合について説明した。本発明はこれに限定されるものではなく、図２０に示すように、チェスト機器１００の外部に設けられた情報処理装置３００（例えばノートブック型やデスクトップ型のパーソナルコンピュータ３０４）において、上述した接地時間の算出や、接地時間や各種の運動情報の分析を行うものであってもよい。この場合、情報処理装置３００は、図２１に示した演算処理回路３２０において所定のアルゴリズムプログラムに従って処理を行うことにより、接地時間の算出や、接地時間や各種の運動情報の分析を行う機能を有し、ネットワーク４００への接続機能を必ずしも有している必要はない。したがって、情報処理装置３００がネットワーク４００への接続ができない（又は、困難な）環境にあっても、接地時間の算出処理や、接地時間や各種の運動情報の分析処理を良好に実行して、接地時間や各種の運動情報の分析データや判定結果を、表示部３５０に数値データやグラフ等の形態で表示することができる。これにより、接地時間や各種の運動情報の変化の傾向等を、視覚を通してユーザＵＳに提供することができるので、ユーザＵＳは自己の運動状態を直感的に把握することができ、今後の運動時に効果的に反映させることができる。

30

40

#### 【０１３６】

また、上述した各実施形態においては、加速度計測部１１０や角速度計測部１７０を備えたチェスト機器１００を胸部に装着した構成について詳しく説明したが、本発明はこの形態に限定されるものではない。本発明は、少なくとも運動中（走行中）の３軸方向の加速度信号を取得できるものであれば、身体他の部位、例えば腰部や頸部等の人体の上体に装着するもの、より好ましくは四肢を除く体幹に装着するものであってもよく、発明者による検証によれば、体幹に装着することにより、上述した実施形態に係る手法を用いて精度よく接地時間を算出（推定）できることを確認した。

50

## 【 0 1 3 7 】

また、上述した各実施形態においては、本発明を適用する運動としてランニングを例にして説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えばウォーキング等の周期動作により構成される種々の運動に適用するものであってもよい。

## 【 0 1 3 8 】

以上、本発明のいくつかの実施形態について説明したが、本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲を含むものである。

以下に、本願出願の当初の特許請求の範囲に記載された発明を付記する。

## 【 0 1 3 9 】

( 付 記 )

[ 1 ]

周期的に足を動かして移動する運動中の利用者の身体の動きに対応する 3 軸方向の加速度信号を取得する加速度計測部と、

前記運動中の利用者の 1 周期分の足の動きに対応する上下方向の前記加速度信号における最大値を取得する上下加速度最大値取得部と、

前記 1 周期分の前記 3 軸方向における少なくとも 2 軸方向の前記加速度信号を合成した合成加速度信号における最大値の時間位置の前後で、前記合成加速度信号に対する前記利用者の足の着地と離地に関わる 2 つの変化点を取得したときに、前記 2 つの変化点間の時間を極値間隔として取得する極値間隔取得部と、

前記極値間隔取得部により前記極値間隔が取得されたとき、前記上下方向の加速度信号の前記最大値と前記極値間隔に基づいて、前記運動中の利用者の前記足の接地時間を算出する接地時間算出部と、

を有することを特徴とする運動支援装置。

## 【 0 1 4 0 】

[ 2 ]

前記接地時間算出部は、前記極値間隔取得部において前記極値間隔が取得されなかったとき、前記上下方向の加速度信号の前記最大値に基づいて前記接地時間を算出することを特徴とする [ 1 ] に記載の運動支援装置。

## 【 0 1 4 1 】

[ 3 ]

前記極値間隔取得部は、

前記合成加速度信号の最大値の時間位置の前後方向に、所定のしきい値以下となる極小値を探索し、前記最大値の前方向で前記最大値に最も近い第 1 の極小値と前記最大値の後方向で前記最大値に最も近い第 2 の極小値とを前記 2 つの変化点として取得し、前記第 1 の極小値と前記第 2 の極小値との間の時間を、前記極値間隔として取得することを特徴とする [ 1 ] 又は [ 2 ] に記載の運動支援装置。

## 【 0 1 4 2 】

[ 4 ]

前記加速度計測部により取得された前記上下方向の加速度信号を重力方向と一致させるように、前記加速度信号の各軸を回転させて、各軸の前記加速度信号の値を補正する軸補正部を有し、

前記上下加速度最大値取得部は、前記軸補正部により補正された前記加速度信号に基づいて、前記上下方向の加速度信号の最大値を取得し、

前記極値間隔取得部は、前記軸補正部により補正された前記加速度信号に基づいて前記極値間隔を取得することを特徴とする [ 1 ] 乃至 [ 3 ] のいずれかに記載の運動支援装置。

## 【 0 1 4 3 】

[ 5 ]

前記運動中の利用者の前記 3 軸の回転方向の角速度信号を取得する角速度計測部を有し

10

20

30

40

50

、  
前記軸補正部は、前記角速度計測部により取得された前記角速度信号に基づいて、前記重力方向を推定して、前記加速度信号の値を補正することを特徴とする〔４〕に記載の運動支援装置。

【０１４４】

〔６〕

前記接地時間算出部により算出された前記接地時間を所定の基準値と比較して、前記比較の判定結果に応じて報知信号を生成する判定部と、

前記報知信号に基づいて、所定の運動支援情報を前記利用者に提供する情報提供部と、  
を有することを特徴とする〔１〕乃至〔５〕のいずれかに運動支援装置。

10

【０１４５】

〔７〕

前記加速度計測部及び前記記憶部と、前記上下加速度最大値取得部、前記極値間隔取得部、前記接地時間算出部及び前記判定部と、前記情報提供部は、それぞれ直接的又は間接的にネットワークに接続され、

前記上下加速度最大値取得部、前記極値間隔取得部及び前記接地時間算出部は、前記ネットワークを介して受信した前記加速度信号に基づいて、それぞれ、前記上下方向の加速度信号の最大値及び前記合成加速度信号における前記極値間隔を取得して、前記接地時間を算出し、

前記情報提供部は、前記ネットワークを介して受信した、少なくとも前記判定部における前記判定結果に応じた前記報知信号に基づいて、前記運動支援情報を前記利用者に提供することを特徴とする〔６〕に記載の運動支援装置。

20

【０１４６】

〔８〕

前記加速度計測部により取得された前記加速度信号を随時保存する記憶部を有し、

前記上下加速度最大値取得部、前記極値間隔取得部及び前記接地時間算出部は、前記運動終了後に、前記記憶部に保存された前記加速度信号に基づいて、それぞれ、前記上下方向の加速度信号の最大値及び前記極値間隔を取得して、前記接地時間を算出することを特徴とする〔１〕乃至〔７〕のいずれかに記載の運動支援装置。

【０１４７】

〔９〕

周期的に足を動かして移動する運動中の利用者の身体の動き身体の動きに対応する３軸方向の加速度信号を取得し、

前記運動中の利用者の１周期分の足の動きに対応する上下方向の前記加速度信号における最大値を算出し、

前記１周期分の前記３軸方向における少なくとも２軸方向の前記加速度信号を合成した合成加速度信号における最大値の時間位置の前後で、前記合成加速度信号に対する前記利用者の足の着地と離地に関わる２つの変化点を取得したときに、前記２つの変化点間の時間を極値間隔として取得し、

前記極値間隔が取得されたとき、前記上下方向の加速度信号の前記最大値と前記極値間隔に基づいて、前記運動中の利用者の前記足の接地時間を算出し、前記極値間隔が取得されなかったとき、前記上下方向の加速度信号の前記最大値に基づいて前記接地時間を算出し、

40

前記接地時間を所定の基準値と比較して、前記比較の判定結果に応じた運動支援情報を前記利用者に提供する、

ことを特徴とする運動支援方法。

【０１４８】

〔１０〕

コンピュータに、

周期的に足を動かして移動する運動中の利用者の身体の動き身体の動きに対応する３軸

50

方向の加速度信号を取得させ、

前記運動中の利用者の1周期分の足の動きに対応する上下方向の前記加速度信号における最大値を算出させ、

前記1周期分の前記3軸方向における少なくとも2軸方向の前記加速度信号を合成した合成加速度信号における最大値の時間位置の前後で、前記合成加速度信号に対する前記利用者の足の着地と離地に関わる2つの変化点を取得したときに、前記2つの変化点間の時間を極値間隔として取得させ、

前記極値間隔が取得されたとき、前記上下方向の加速度信号の前記最大値と前記極値間隔に基づいて、前記運動中の利用者の前記足の接地時間を算出させ、前記極値間隔が取得されなかったとき、前記上下方向の加速度信号の前記最大値に基づいて前記接地時間を算出させ、

10

前記接地時間を所定の基準値と比較して、前記比較の判定結果に応じた運動支援情報を前記利用者に提供させる、

ことを特徴とする運動支援プログラム。

【符号の説明】

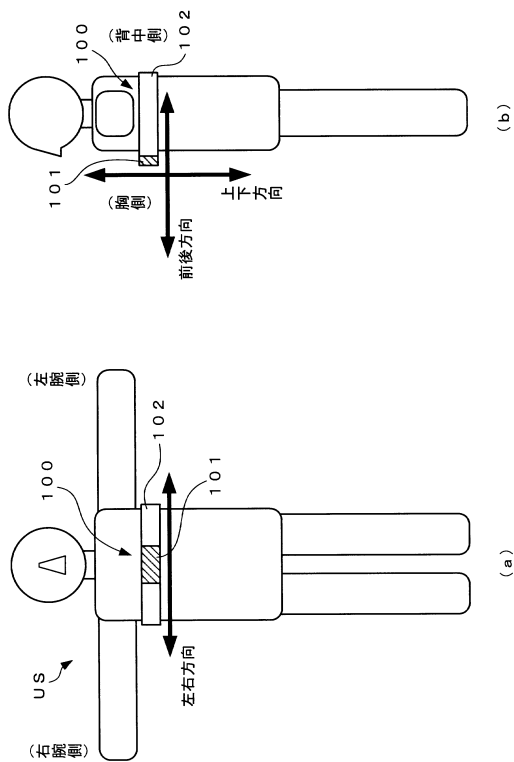
【0149】

100	チェスト機器	
110	加速度計測部	
120、320、520	演算処理回路	
122	制御部	
124	信号処理部	
126	判定部	
128	軸補正部	
130、330、530	記憶部	
150、250	報知部	
152、252	振動部	
154、254	音響部	
170	角速度計測部	
180、280、380、580	インターフェース部	
200	リスト機器	
256	表示部	
300	情報処理装置	
350	表示部	
400	ネットワーク	
500	ネットワークサーバ	
600	データベース	
700	ユーザ端末	
US	ユーザ	

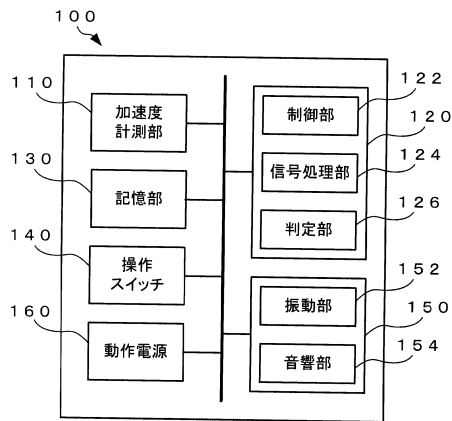
20

30

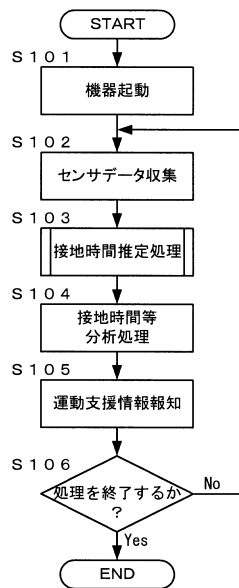
【図 1】



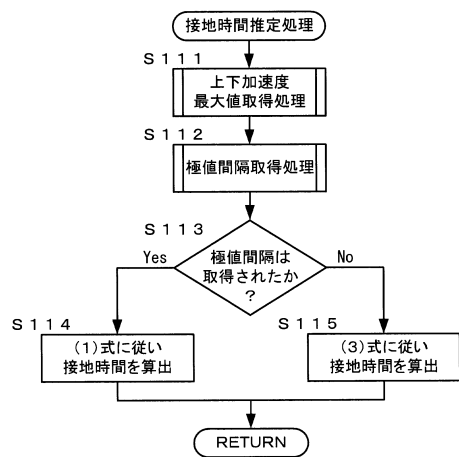
【図 2】



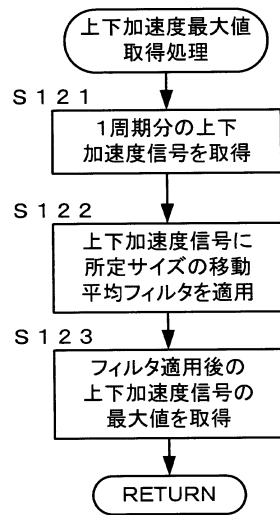
【図 3】



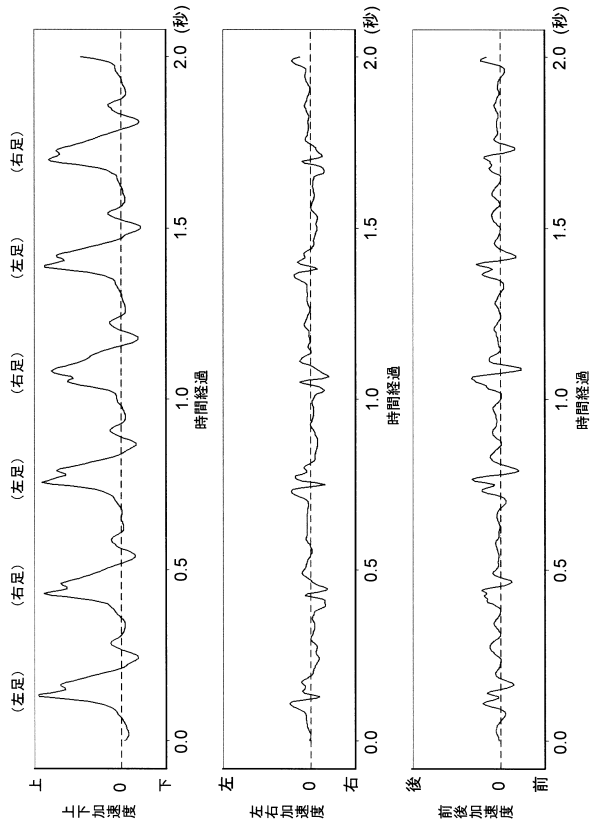
【図 4】



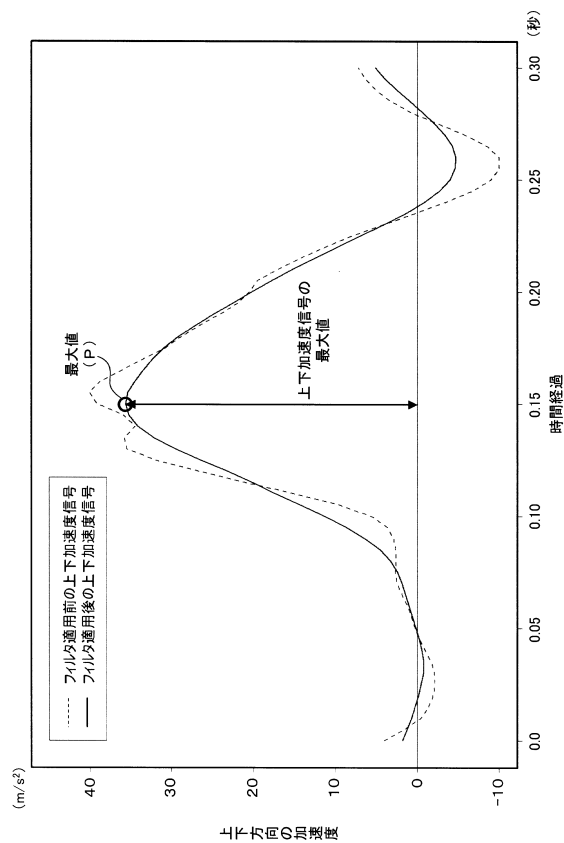
【図 5】



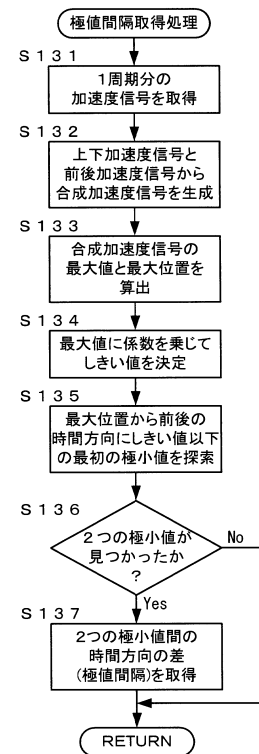
【図 6】



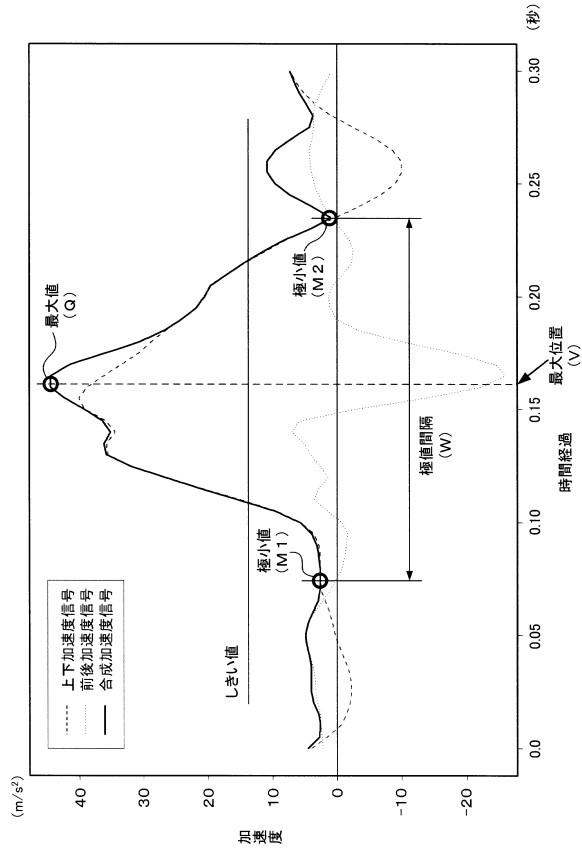
【図 7】



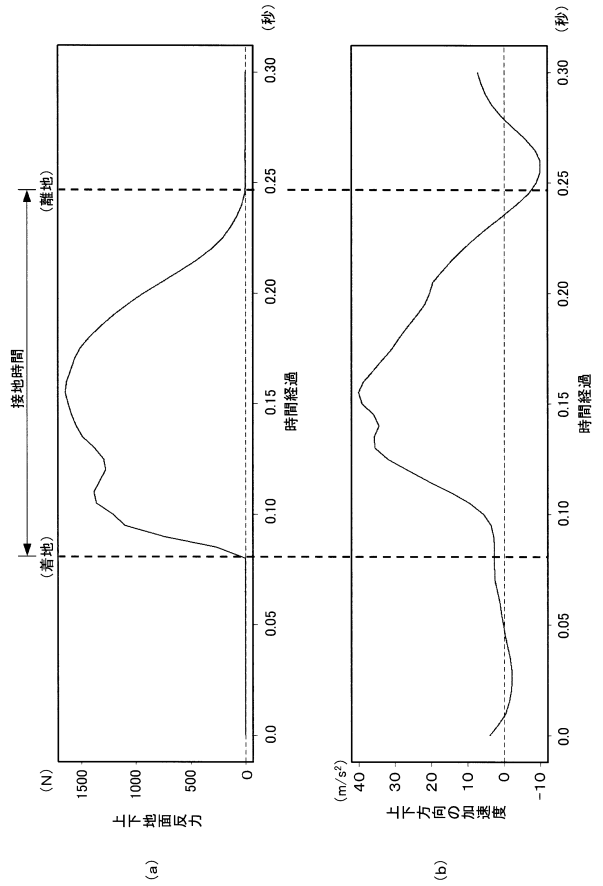
【図 8】



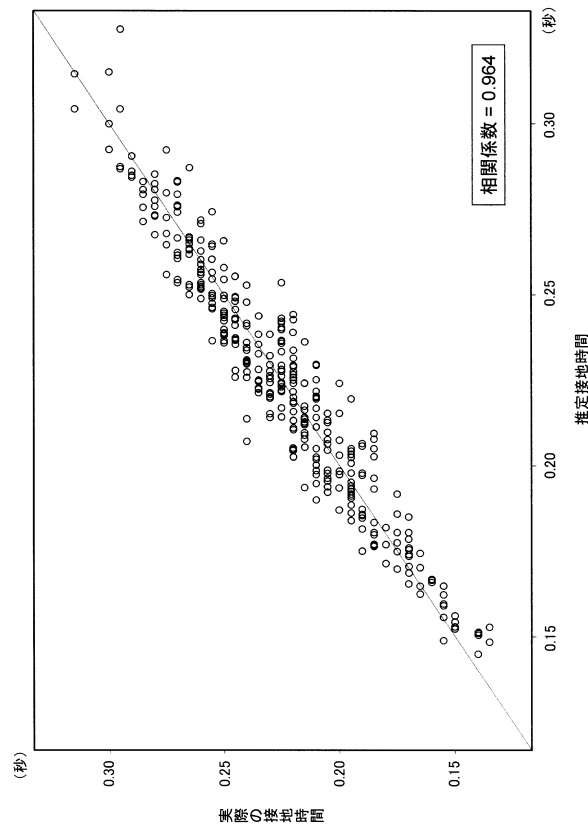
【図 9】



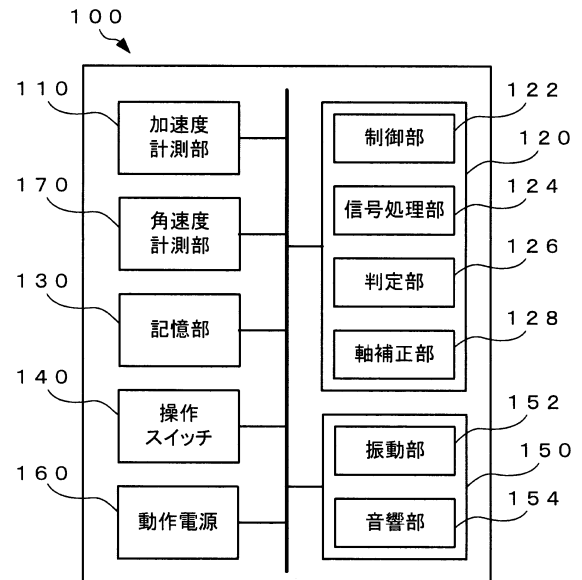
【図 10】



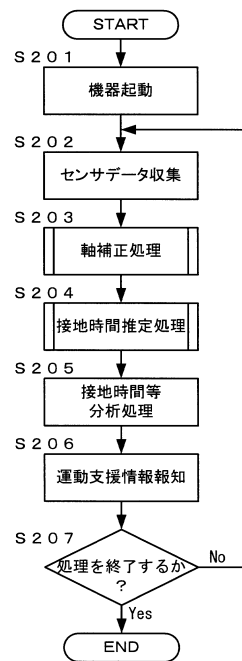
【図 11】



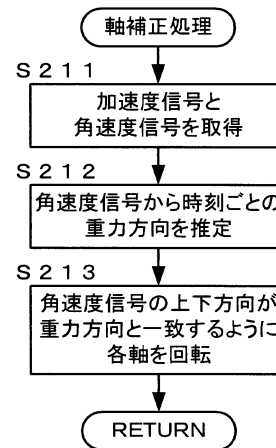
【図 12】



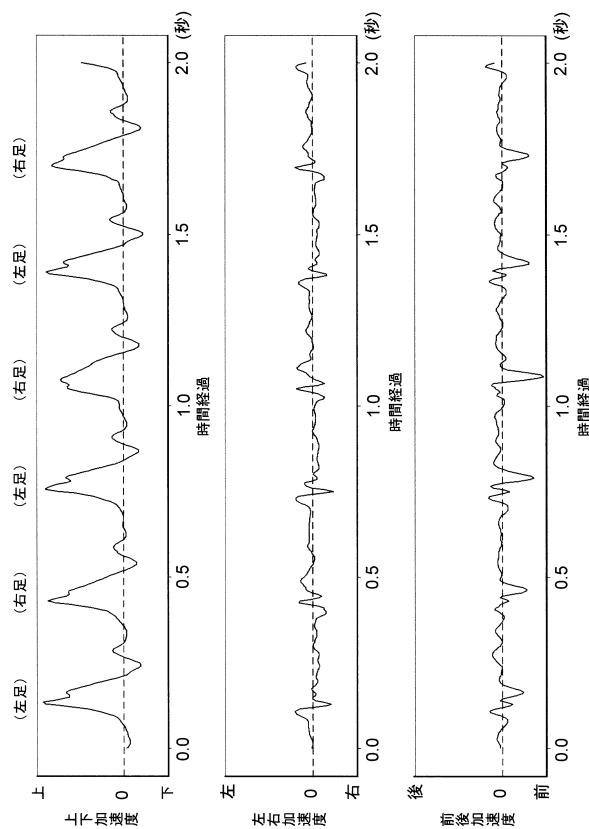
【図 13】



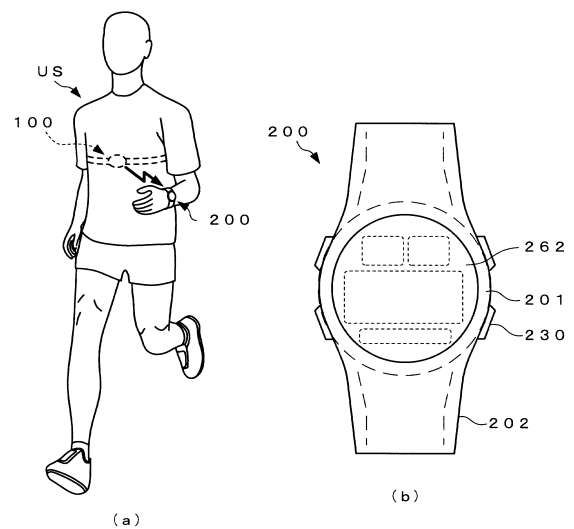
【図 14】



【図 15】

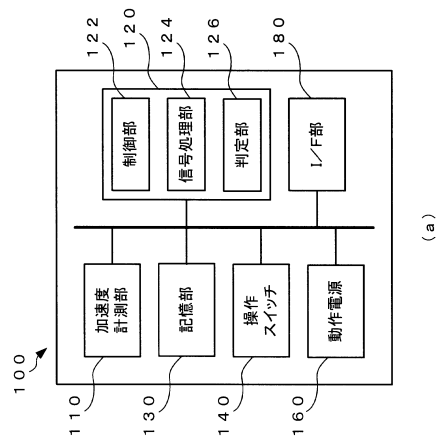
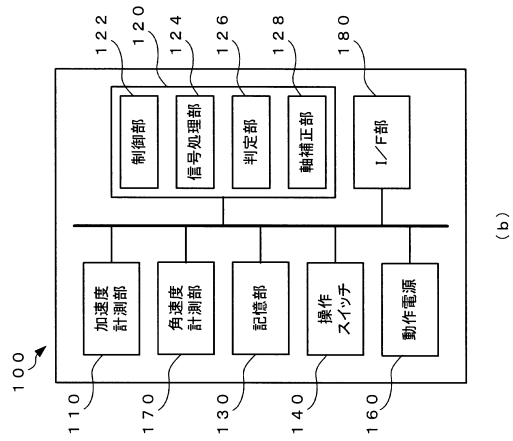


【図 16】

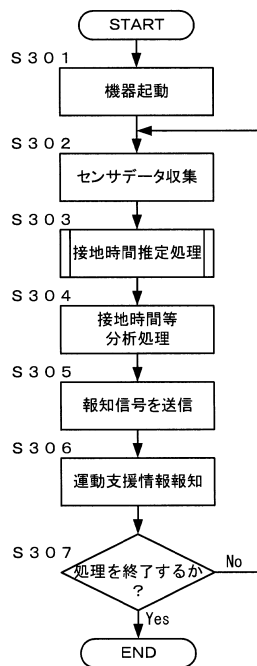




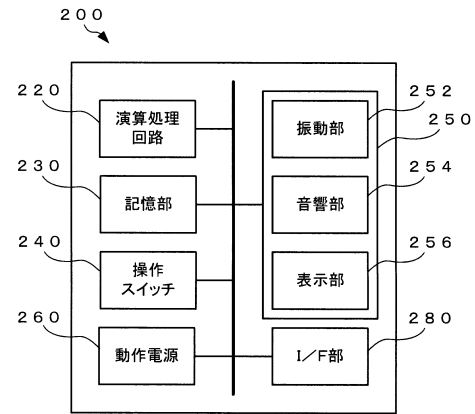
【図 17】



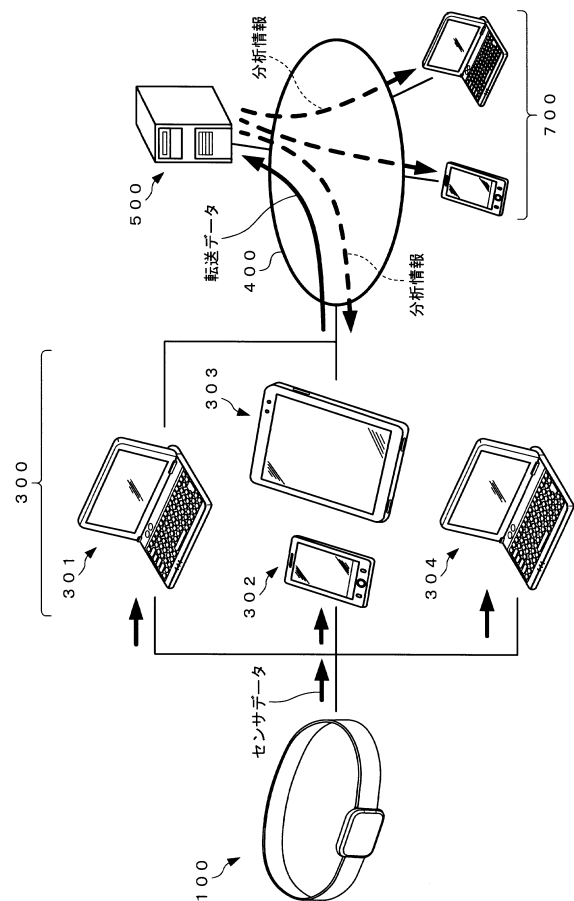
【図 19】



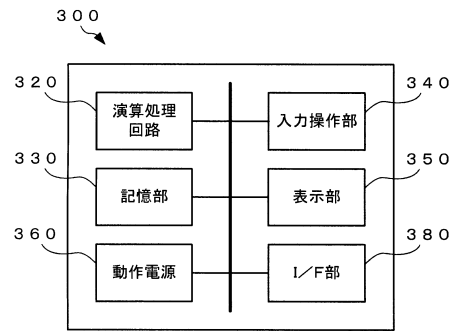
【図 18】



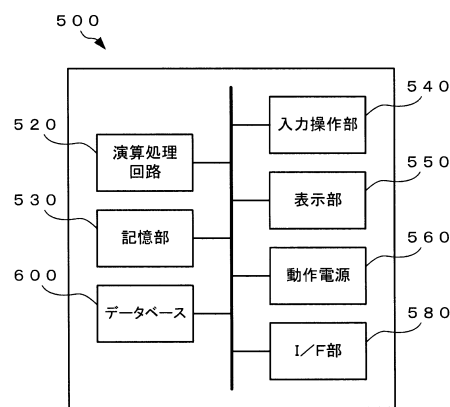
【図 20】



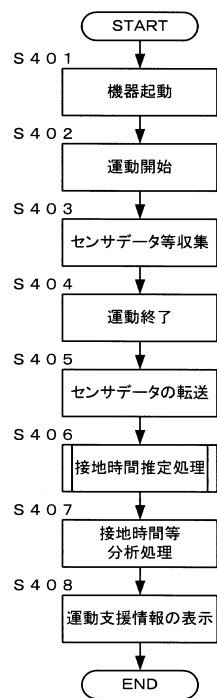
【図 2 1】



【図 2 2】



【図 2 3】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2012-168004(JP,A)  
特開2003-302419(JP,A)  
特開2007-125368(JP,A)  
特開2012-179114(JP,A)  
特開2009-261595(JP,A)  
米国特許第08460001(US,B1)  
米国特許出願公開第2004/0230138(US,A1)  
米国特許出願公開第2005/0010139(US,A1)  
米国特許出願公開第2013/0110475(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
A61B 5/11