

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6266112号  
(P6266112)

(45) 発行日 平成30年1月24日(2018.1.24)

(24) 登録日 平成30年1月5日(2018.1.5)

(51) Int.Cl.

A61B 5/11 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 5/10 3 1 O A  
A 6 1 B 5/10 3 1 O G

請求項の数 15 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2016-537204 (P2016-537204)  
 (86) (22) 出願日 平成26年8月8日 (2014.8.8)  
 (65) 公表番号 特表2016-531681 (P2016-531681A)  
 (43) 公表日 平成28年10月13日 (2016.10.13)  
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2014/067071  
 (87) 國際公開番号 WO2015/028283  
 (87) 國際公開日 平成27年3月5日 (2015.3.5)  
 審査請求日 平成29年6月14日 (2017.6.14)  
 (31) 優先権主張番号 13181710.8  
 (32) 優先日 平成25年8月26日 (2013.8.26)  
 (33) 優先権主張国 歐州特許庁 (EP)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 590000248  
 コーニンクレッカ フィリップス エヌ  
 ヴェ  
 KONINKLIJKE PHILIPS  
 N. V.  
 オランダ国 5656 アーネー アイン  
 ドーフェン ハイテック キャンパス 5  
 High Tech Campus 5,  
 NL-5656 AE Eindhoven  
 (74) 代理人 100107766  
 弁理士 伊東 忠重  
 (74) 代理人 100070150  
 弁理士 伊東 忠彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 転倒検出方法及び転倒検出システム

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

転倒検出システムにおいて：

ユーザによって装着又は携行されるように構成されるユーザデバイスであって、当該ユーザデバイスが：

超音波信号を放射して、地面又は床に対する前記ユーザデバイスの近接性を測定する複数の近接センサと；

前記ユーザの動きを測定する動きセンサと；

前記動きセンサからの測定値を処理して、前記ユーザが転倒している可能性があるかどうかを検出し、

前記ユーザが転倒している可能性があることが検出される場合、前記複数の近接センサをアクティブにし、

前記複数の近接センサを動作させて、前記複数の近接センサによって形成されるビームの方向を変えるか操作することを可能にし、

前記複数の近接センサからの測定値を処理して、前記ユーザが転倒しているかどうかを判断する、

ように構成される処理ユニットと；

を具備する、転倒検出システム。

## 【請求項 2】

前記処理ユニットは、前記動きセンサの測定値を処理して高さの変化及び/又は衝撃の

規模を決定することにより、前記動きセンサの測定値を処理して前記ユーザが転倒している可能性があるかどうかを検出するように構成され、前記高さの変化が第1の閾値より大きい場合及び／又は前記衝撃の規模が第2の閾値より大きい場合に、前記ユーザが転倒している可能性があることが検出される、

請求項1に記載の転倒検出システム。

【請求項3】

前記処理ユニットが前記複数の近接センサからの測定値を処理して、前記ユーザが転倒しているかどうかを判断することは、前記複数の近接センサからの測定値及び前記動きセンサからの測定値を処理して、前記ユーザが転倒しているかどうかを判断することを含む  
、

10

請求項1又は2のいずれか1項に記載の転倒検出システム。

【請求項4】

前記複数の近接センサの各々が前記ユーザデバイスの周囲に異なる向きで分散される、  
請求項1乃至3のいずれか1項に記載の転倒検出システム。

【請求項5】

前記ユーザが転倒している可能性があることが検出される場合、前記処理ユニットが前記複数の近接センサをアクティブにすることは、前記複数の近接センサの各々をアクティブにすることを含む、

請求項4に記載の転倒検出システム。

【請求項6】

前記処理ユニットは、前記ユーザが転倒している可能性があるという検出があると、前記動きセンサからの測定値を処理して前記ユーザデバイスの向きを決定し、前記複数の近接センサのうちのいずれの近接センサが、前記決定された向きから、下を向いているかを決定し、下を向いていると決定された近接センサをアクティブにするように構成される、  
請求項4に記載の転倒検出システム。

20

【請求項7】

各近接センサは、当該近接センサの向きを決定するための関連する指向センサを有し、前記処理ユニットは、前記指向センサを使用して各近接センサの向きを測定し、該測定された向きから各近接センサが向いている方向を決定するように構成される、

請求項4、5又は6のいずれか1項に記載の転倒検出システム。

30

【請求項8】

前記複数の近接センサは、同じ方向を向いてアレイを形成し、前記処理ユニットは、近接センサの前記アレイと一緒に動作させて、前記アレイの視野方向の幅を変更することを可能にするように構成される、  
請求項1に記載の転倒検出システム。

【請求項9】

前記処理ユニットは、前記アレイによって形成されるビームの向きを操作するように前記アレイを動作させるよう構成される、  
請求項8に記載の転倒検出システム。

【請求項10】

前記処理ユニットは、物体までの距離を異なる方向で測定するように前記アレイを制御し、異なる方向における距離の測定値を処理して、前記物体の範囲又は拡張部分を決定するように構成される、  
請求項8又は9のいずれか1項に記載の転倒検出システム。

40

【請求項11】

前記処理ユニットは、物体までの距離を異なる方向で測定するように前記アレイを制御し、受信されるエコーの強度から、前記ビームの相対位相に応じて、前記物体の範囲又は拡張部分を決定するように構成される、  
請求項8、9又は10のいずれか1項に記載の転倒検出システム。

【請求項12】

50

前記処理ユニットは、近接センサの前記アレイによって測定される距離が、地面、床又は別の物体までの距離であるかどうかを、前記物体の前記決定された範囲又は拡張部分から判断するように構成される、

請求項 10 又は 11 のいずれか 1 項に記載の転倒検出システム。

【請求項 13】

前記処理ユニットが前記複数の近接センサからの測定値を処理して、前記ユーザが転倒しているかどうかを判断することは、前記物体により測定される距離が、地面、床又は別の物体までの距離であるかどうかを判断する処理の結果を使用して、前記近接センサからの測定値及び前記動きセンサからの測定値を処理して、前記ユーザが転倒しているかどうかを判断することを含む、

10

請求項 12 に記載の転倒検出システム。

【請求項 14】

転倒を検出する方法であって、当該方法は：

動きセンサを使用して、ユーザの動きを測定するステップと；

前記動きセンサからの測定値を処理して、前記ユーザが転倒している可能性があるかどうかを検出するステップと；

前記ユーザが転倒している可能性があることが検出される場合、超音波信号を放射して、地面又は床に対するユーザデバイスの近接性を測定する複数の近接センサをアクティブにするステップと；

前記複数の近接センサを動作させて、アレイの視野方向の幅を変更することを可能にするステップと；

20

前記複数の近接センサからの測定値を処理して、前記ユーザが転倒しているかどうかを判断するステップと；

を備える、方法。

【請求項 15】

コンピュータ実行可能命令を符号化した非一時的なコンピュータ読取可能媒体であって、前記コンピュータ実行可能命令は、プロセッサによって実行させると、該プロセッサに：

動きセンサを使用して、ユーザの動きを測定させ；

30

前記動きセンサからの測定値を処理して、前記ユーザが転倒している可能性があるかどうかを検出させ；

前記ユーザが転倒している可能性があることが検出される場合、超音波信号を放射して、地面又は床に対するユーザデバイスの近接性を測定する複数の近接センサをアクティブにさせ；

前記複数の近接センサを動作させて、前記複数の近接センサによって形成されるビームの方向を変えるか操作することを可能にさせ；

前記複数の近接センサからの測定値を処理して、前記ユーザが転倒しているかどうかを判断させる；

40

非一時的なコンピュータ読取可能媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ユーザによる転倒を検出するための方法及び同じものを実装する転倒検出システムに関し、より具体的には、向上した転倒検出の信頼性を提供する転倒検出方法及び転倒検出システムに関する。

【背景技術】

【0002】

転倒は、毎年何百万人もの人に影響を与え、特に高齢者に重大な傷害をもたらす。実際

50

、転倒は、高齢者の上位3つの死因のうちの1つである。転倒は、地面に対する突然の無制御かつ意図的でない身体の下向きの変位であり、続いて衝撃があり、その後、身体が地面の上に倒れた状態でとどまるものとして定義される。

#### 【0003】

P E R S は助けを補償することができるシステムである。パーソナルヘルプボタン ( P H B ) によって、ユーザは緊急時にボタンを押して助けを呼ぶことができる。呼出しの多くは、ユーザが転倒したことによる。また、ユーザが深刻な転倒状態にある場合 ( 例えばユーザは転倒により混乱し、悪ければ強打して意識を失うことさえある ) 、ユーザはボタンを押すことができない可能性があり、これは、特にユーザが1人で暮らしている場合には、かなり長い期間助けが到着しないことを意味する可能性がある。ユーザが長い時間倒れたままである場合、転倒の結果はより深刻なものとなり得る。

10

#### 【0004】

1つ以上の動きセンサの出力を処理して、ユーザが転倒状態にあるかどうかを判断する、転倒検出システムも利用可能である。ほとんどの既存の身体装着型の転倒検出システムは、加速度計 ( 通常は、3次元の加速度を測定する加速度計 ) を使用し、これらのシステムは、加速度計によって生成される時系列を処理することにより転倒の発生を推論するよう構成される。幾つかの転倒検出システムは、例えば特許文献1 ( 国際公開第2004 / 114245号パンフレット ) に説明されるように、転倒検出システムの高さ ( height ) 、高さの変化 ( height change ) 又は絶対高度 ( absolute altitude ) を測定するための気圧センサを含むこともできる。転倒を検出すると、転倒検出システムによってアラームがトリガされる。

20

#### 【0005】

一般に、転倒検出器は、衝撃、向き、向きの変化、高さの変化、垂直速度等のような特徴を検査する。これらの特徴について計算された値のセットが、転倒について、転倒でない他の動きのものと異なるとき、信頼性のある検出が得られる。

#### 【0006】

一部の転倒検出システムは、ユーザの首の周囲にペンダントとして装着されるように設計され、一方、他の転倒検出システムは、胴体部分上に又は胴体部分で ( 例えばウエスト、ウエストのベルト上に又はポケット内に ) 、あるいはユーザの手足上に、例えば手首で装着されるように設計される。しかしながら、手首は、複雑な動きのパターンが可能であり、動きの形状 / 形 / タイプのについて大きな幅があり、また、ユーザによる正常な動きの間に、手や手首又は腕が、例えば家具やドアフレームのような物体にぶつかるという、転倒以外の関連する衝撃の影響を受けやすい。このことは、加速度計からの測定値の分析に基づく既存の転倒検出方法は、このタイプの転倒検出システムについて、誤警報の数は最小にしつつ、十分に高い検出レートは提供しないことを意味する。

30

#### 【0007】

したがって、向上した転倒検出の信頼性を提供する転倒検出方法及び転倒検出システム、特に手首に装着される転倒検出システムを求めるニーズが存在する。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

40

#### 【0008】

#### 【特許文献1】国際公開第2004 / 114245号パンフレット

#### 【発明の概要】

#### 【0009】

本発明の第1の側面によると、ユーザによって装着又は携行されるように構成されるユーザデバイスを備える転倒検出システムが提供され、上記ユーザデバイスは：地面又は床に対するユーザデバイスの近接性を測定する近接センサと；ユーザの動きを測定する動きセンサと；を備え、転倒検出システムは：動きセンサからの測定値を処理して、潜在的な転倒 ( potential fall ) を検出し；潜在的な転倒が検出される場合、近接センサをアクティブにし；近接センサからの測定値を処理して、ユーザが転倒しているかどうかを判断

50

する；ように構成される処理ユニット、を更に備える。

【0010】

好ましい実施形態において、近接センサは、超音波又は光パルスを放射して、地面又は床までの距離を測定するように構成される。

【0011】

好ましい実施形態において、動きセンサは、加速度計及び／又は気圧センサを含む。

【0012】

一部の実施形態において、処理ユニットは、測定値を処理して高さの変化及び／又は衝撃の規模を決定し、高さの変化が第1の閾値より大きい場合及び／又は衝撃の規模が第2の閾値より大きい場合に、潜在的な転倒を検出することによって、測定値を処理して潜在的な転倒が起こっているかどうかを検出するように構成される。

【0013】

好ましい実施形態において、処理ユニットは、近接センサからの測定値及び動きセンサからの測定値を処理して、ユーザが転倒しているかどうかを判断するように構成される。

【0014】

一部の実施形態において、ユーザデバイスは、当該ユーザデバイスの周囲に異なる方向で分散される複数の近接センサを備える。

【0015】

一部の実施形態において、処理ユニットは、潜在的な転倒が検出される場合、複数のセンサの各々をアクティブにするように構成される。

20

【0016】

他の実施形態において、処理ユニットは、潜在的な転倒の検出があると、動きセンサからの測定値を処理して、ユーザデバイスの向きを決定し、複数の近接センサのうちのいずれが、決定された向きから下を向いているかを決定し、下を向いていると決定された近接センサをアクティブにするように構成される。

【0017】

一部の実施形態において、各近接センサは、当該近接センサの向きを決定するための関連する指向センサを有し、処理ユニットは、指向センサを使用して各近接センサの向きを測定し、該測定された向きから各近接センサが面している方向を決定するように構成される。

30

【0018】

一部の実施形態において、ユーザデバイスは、概して同じ方向に面するように配置されてアレイを形成する、複数の近接センサを備え、処理ユニットは、近接センサのアレイと一緒に動作させて、アレイの視野方向 (viewing direction) の幅を変更すること、かつ／又はアレイによって形成されるビームの方向を変えるか操作 (steer) することを可能にするように構成される。

【0019】

一部の実施形態において、処理ユニットは、潜在的な転倒の検出があると、動きセンサからの測定値を処理して、ユーザデバイスの向きを決定し、近接センサのアレイと一緒に動作させ、ユーザデバイスの決定された向きに従って、アレイによって形成されるビームを下に向けるよう構成される。

40

【0020】

一部の実施形態において、処理ユニットは、物体までの距離を異なる方向で測定するようにアレイを制御し、異なる方向におけるこれらの距離の測定値を処理して、物体の範囲 (extent) 又は拡張性 (extendedness) を決定するように構成される。

【0021】

一部の実施形態において、処理ユニットは、物体までの距離を異なる方向で測定するようにアレイを制御し、ビームの相対位相に応じて受信したエコーの強度から物体の範囲又は拡張性を決定するように構成される。

【0022】

50

一部の実施形態において、処理ユニットは、近接センサのアレイによって測定される距離が、地面、床又は別の物体までの距離であるかどうかを、物体の決定された範囲又は拡張性から判断するように構成される。

【0023】

一部の実施形態において、処理ユニットは、物体により測定される距離が、地面、床又は別の物体までの距離であるかどうかを判断する処理の結果を、近接センサからの測定値及び動きセンサからの測定値を処理してユーザが転倒しているかどうかを判断する際に使用するように構成される。

【0024】

一部の実施形態において、処理ユニットは、ユーザの身体の異なる部分までの距離を測定するようアレイを制御し、測定された距離からユーザの姿勢を決定するように更に構成される。

【0025】

一部の実施形態において、処理ユニットは、近接センサによって放射されるエネルギーのエコー又は反射の相対強度を決定し、反射面が固いか柔らかいか、並びに／あるいは地面又は床に対するユーザデバイスの近接性の測定値の信頼性を決定するように更に構成される。

【0026】

好みしい実施形態において、ユーザデバイスは処理ユニットを備える。代替的な実施形態では、転倒検出システムは、ユーザデバイスと無線で通信するように構成されるベースユニットを更に備え、ベースユニットは処理ユニットを備える。

【0027】

第2の側面によると、転倒を検出する方法が提供され、当該方法は：動きセンサを使用して、ユーザの動きを測定するステップと；動きセンサからの測定値を処理して、潜在的な転倒を検出するステップと；潜在的な転倒が検出される場合、地面又は床に対するユーザデバイスの近接性を測定する近接センサをアクティブにするステップと；近接センサからの測定値を処理して、ユーザが転倒しているかどうかを判断するステップと；を備える。

【0028】

一部の実施形態において、測定値を処理して潜在的な転倒が起こっているかどうかを判断するステップは、測定値を処理して高さの変化及び／又は衝撃の規模を決定することと、高さの変化が第1の閾値より大きい場合及び／又は衝撃の規模が第2の閾値より大きい場合に、潜在的な転倒を検出することを備える。

【0029】

好みしい実施形態において、測定値を処理してユーザが転倒しているかどうかを判断するステップは、近接センサからの測定値及び動きセンサからの測定値を処理して、ユーザが転倒しているかどうかを判断することを備える。

【0030】

一部の実施形態では、ユーザデバイスの周囲の異なる方向に分散される複数の近接センサが存在する。これらの実施形態では、近接センサをアクティブにするステップは、潜在的な転倒が検出される場合、地面又は床に対するユーザデバイスの近接性を測定する近接センサをアクティブにするステップを備える。代替的な実施形態では、潜在的な転倒の検出があると、方法は、動きセンサからの測定値を処理して、ユーザデバイスの向きを決定しと、複数の近接センサのうちのいずれが、決定された向きから下を向いているかを決定するステップを更に備え、近接センサをアクティブにするステップは、下を向いていると決定された近接センサをアクティブにすることを備える。

【0031】

一部の実施形態において、各近接センサは、関連する指向センサを有し、複数の近接センサのうちのいずれが、決定された向きから下を向いているかを決定するステップは、それぞれの関連する指向センサからの測定値を使用して、どの近接センサが下を向いている

10

20

30

40

50

かを決定するステップを備える。

【0032】

一部の実施形態において、ユーザデバイスは、概して同じ方向に面するように配置されて、アレイを形成する、複数の近接センサを備え、近接センサをアクティブにするステップは、近接センサのアレイと一緒に動作させて、アレイの視野方向の幅を変更すること、かつ／又はアレイによって形成されるビームの方向を変えるか操作することを可能にするステップを備える。

【0033】

一部の実施形態において、方法は、動きセンサからの測定値を処理して、ユーザデバイスの向きを決定するステップを備え、近接センサをアクティブにするステップは、近接センサのアレイと一緒に動作させ、ユーザデバイスの決定された向きに従って、アレイによって形成されるビームを下に向けるステップを備える。

10

【0034】

一部の実施形態において、近接センサをアクティブにするステップは、物体までの距離を異なる方向で測定するようにアレイを制御するステップを備え、方法は、異なる方向におけるこれらの距離の測定値を処理して、物体の範囲又は拡張性を決定するステップを更に備える。

【0035】

一部の実施形態において、近接センサをアクティブにするステップは、物体までの距離を異なる方向で測定するようにアレイを制御するステップを備え、方法は、ビームの相対位相に応じて受信したエコーの強度から物体の範囲又は拡張性を決定するステップを更に備える。

20

【0036】

一部の実施形態において、方法は、近接センサのアレイによって測定される距離が、地面、床又は別の物体までの距離であるかどうかを、物体の決定された範囲又は拡張性から判断するステップを更に備える。

【0037】

一部の実施形態において、方法は、物体により測定される距離が、地面、床又は別の物体までの距離であるかどうかを判断する処理の結果を、近接センサからの測定値及び動きセンサからの測定値を処理し記ユーザが転倒しているかどうかを判断する際に使用するステップを更に備える。

30

【0038】

一部の実施形態において、近接センサをアクティブにするステップは、ユーザの身体の異なる部分までの距離を測定するようアレイを制御するステップを備え、方法は、測定された距離からユーザの姿勢を決定するステップを更に備える。

【0039】

一部の実施形態において、方法は、近接センサによって放射されるエネルギーのエコー又は反射の相対強度を決定し、反射面が固いか柔らかいか、並びに／あるいは地面又は床に対するユーザデバイスの近接性の測定値の信頼性を決定するステップを更に備える。

【0040】

40

第3の側面によると、適切なコンピュータ又は処理ユニットによって実行されると、該コンピュータ又は処理ユニットに上述の方法のいずれかを実行させるコンピュータ読み取可能コードを有する、コンピュータプログラム製品が提供される。

【0041】

本発明の第4の側面によると、転倒検出システムを使用して転倒を検出する方法が提供され、当該方法は：動きセンサを使用して、ユーザの動きを測定するステップと；転倒検出システムのユーザ装着デバイスの向きを決定するステップと；ユーザデバイス内の複数の近接センサのうち、どの近接センサが、決定された向きから下を向いているかを決定するステップであって、複数の近接センサは、ユーザデバイスの周囲に異なる方向で分散されている、ステップと；地面又は床に対するユーザデバイスの近接性を測定するよう、下

50

を向いていると決定された 1 つ以上の近接センサを使用するステップと；近接センサからの測定値及び動きセンサからの測定値を処理して、ユーザが転倒しているかどうかを判断するステップと；を備える。

【 0 0 4 2 】

第 4 の側面に係る一部の実施形態では、複数の近接センサがアレイ内に配置され、上記の使用するステップは、決定された向きに従って、アレイによって形成されるビームを概して垂直に下に向けるように、複数の近接センサを制御するステップを備える。

【 0 0 4 3 】

本発明の第 5 の側面によると、ユーザによって装着又は携行されるように構成されるユーザデバイスを備える転倒検出システムが提供され、ユーザデバイスは：ユーザデバイスの周囲に異なる方向で分散される、地面又は床に対するユーザデバイスの近接性を測定する、複数の近接センサと；ユーザの動きを測定する動きセンサと；を備え、転倒検出システムは：ユーザデバイスの向きを決定し、複数の近接センサのうち、どの近接センサが、決定された向きから下を向いているかを決定し；地面又は床に対するユーザデバイスの近接性を測定するよう、下を向いていると決定された 1 つ以上の近接センサを制御し；近接センサからの測定値及び動きセンサからの測定値を処理して、ユーザが転倒しているかどうかを判断する；ように構成される処理ユニットを更に備える。

【 0 0 4 4 】

本発明の第 6 の側面によると、転倒検出システムを使用して転倒を検出する方法が提供され、転倒検出システムは、概して同じ方向に面するように配列されてアレイをする複数の近接センサを備え、方法は：動きセンサを使用して、ユーザの動きを測定するステップと；異なる方向で物体までの距離を測定するようにアレイを制御するステップと；異なる方向での距離測定値を処理して、物体の範囲又は拡張性を決定するステップと；物体の決定された範囲又は拡張性から、物体が地面又は床であるかどうかを判断するステップと；ユーザの動きの測定値と、物体が地面又は床であると決定された場合の距離測定値とを処理して、ユーザが転倒しているかどうかを判断するステップ；を備える。

【 0 0 4 5 】

本発明の第 7 の側面によると、ユーザによって装着又は携行されるように構成されるユーザデバイスを備える転倒検出システムが提供され、ユーザデバイスは、概して同じ方向に面するように配列されてアレイをする、地面又は床に対するユーザデバイスの近接性を測定するための複数の近接センサと；ユーザの動きを測定する動きセンサと；を備え、転倒検出システムは、異なる方向で物体までの距離を測定するようにアレイを制御し；異なる方向での距離測定値を処理して、物体の範囲又は拡張性を決定し；物体の決定された範囲又は拡張性から、物体が地面又は床であるかどうかを判断し；ユーザの動きの測定値と、物体が地面又は床であると決定された場合の距離測定値とを処理して、ユーザが転倒しているかどうかを判断するように構成される処理ユニットを更に備える。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 6 】

本発明の例示の実施形態は、単なる例示として下記の図面との関連で以下に説明される。

【 図 1 】本発明に係る手首装着型の転倒検出システムを装着しているユーザを示す図であり、ユーザは直立又は歩いている状態にある。

【 図 2 】本発明に係る手首装着型の転倒検出システムを装着しているユーザを示す図であり、ユーザは地面又は床に横たわっている状態にある。

【 図 3 】本発明の実施形態に係る転倒検出システムのブロック図である。

【 図 4 】第 1 の実施形態に係る転倒検出システムを作動させる方法を示すフローチャートである。

【 図 5 】第 2 の実施形態に係る転倒検出システムの図である。

【 図 6 】第 2 の実施形態に係る転倒検出システムを作動させる方法を示すフローチャートである。

10

20

30

40

50

【図7】直立状態でテーブルの近くにいる、手首装着型の転倒検出システムを装着しているユーザを示す図である。

【図8】第3の実施形態に係る転倒検出システムを作動させる方法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】

【0047】

背景技術のセクションで上述したように、手首装着型の転倒検出システムの動きセンサからの測定値の分析に基づく既存の転倒検出方法は、歩くことや座ること等の日常の活動で起こる可能性があるがユーザによる転倒からは生じない手首の動きや明らかな衝撃に起因する誤警報の数を限定しつつ、十分に高い検出レートは提供しない。これらの既存の転倒検出方法は、向きの変化、高さの変化、垂直速度及び／又は衝撃の規模を含む特徴を、動きセンサの測定値から導出し、転倒検出システムのユーザが転倒状態にあるかどうかを判断する。10

【0048】

本発明によると、手首装着型の転倒検出システムの信頼性は、地面又は床に対する転倒検出システムの近接性を測定することができる追加のセンサを転倒検出システムに含めることによって、改善される。近接センサは、地面又は床に対する転倒検出システムの近接性を検出するための1つ以上のモダリティを使用することができる。

【0049】

好ましい実施形態によると、近接センサは、音又は光のパルスの放射と、そのパルスのエコー（反射）の受信との間の時間を測定することによって、音又は光を使用して物体までの距離を測定する。ラウンドトリップ距離（及びしたがってエコーを生じた物体までの距離）を、特定の媒体における音又は光の既知の速度及び測定された時間を使用して決定することができる。さらに、反射された音又は光の信号の強度を、距離及び／又は表面のタイプの尺度（measure）として使用してもよい。一部の場合において、近接センサと物体との間の距離は、距離が測定されるように変化することがあるので、受信されるパルスの反射にはドップラー・シフトが存在することがあり、このドップラー・シフトを近接性検出の一部として分析することができる。20

【0050】

あるいは、近接センサは、静電容量又はインダクタンスにおける変化を測定して、物体までの近接性を推定することができる。容量又は誘電性の近接センサにとって、それぞれ電気又は磁場における変化は、物体がそのセンサに近接しているかどうかを示すことができる。30

【0051】

更なる代替又は追加として、近接センサは、光の明るさを測定する光センサを備えることができ、明るさレベルを使用して、物体までの近接性を使用することができる。例えば（場合によっては、測定された明るさレベルが比較的高かった期間の後に）測定された明るさレベルが低いとき、これは、光センサが、床等の物体によって隠されていることを示すことができる。あるいは、光センサは、物体までの焦点深度及び／又は視野の幅を測定することによって、近接性を決定することもできる。40

【0052】

このセンサを使用して測定される、床又は地面に対する転倒検出システムの近接性は、ユーザが転倒しているかどうかを判断するために、転倒検出アルゴリズムで使用することができる別の特徴を提供するであろう。

【0053】

典型的に、好ましい実施形態に係る近接センサは、音又は光の短いパルスを放射するエミッタと、このセンサに近接している物体の表面から反射される、対応する信号を測定するレシーバとから構成される。近接センサはしばしば、エミッタとレシーバとの間の直接結合は防ぎつつ、エミッタとレシーバがごく近くに配置されるように設計される。また、レシーバの感度応答は、エミッタの信号の応答によく合うように設計される。例えば超音50

波信号を 40 kHz で放射する超音波ベースの近接センサは、好ましくは、40 kHz を中心とするピーク応答のレシーバを含むであろう。一部のコンピュータマウスで見られる光トランスデューサは、本明細書で説明される実施形態に係る転倒検出システムにおける近接センサとしての使用に適していることがある。これらの実施形態では、その光センサを使用して、物体又は面（例えば床）にわたるセンサの変位を測定することも有益であり得る。

#### 【 0 0 5 4 】

図 1 及び図 2 は、ユーザが倒れているかどうかを判断する際の、近接センサを含む転倒検出システムの使用を図示している。ユーザ 1 は、ユーザの手首上の近接センサを含む、転倒検出システム 2 を持つか、装着している。転倒検出システム 2 内の近接センサは、（必須ではないが）好ましくは、地面又は床までの距離を測定するよう、上述のように音又は光のパルスを放射する。転倒検出システム 2 は、式地位を近接センサからの測定値に適用して、転倒検出システム 2（したがって、ユーザ 1 の手首）が、転倒の可能性を示唆するよう地面又は床に十分近いかどうかを判断することができる。この閾値距離は、図 1 及び図 2 では  $d$  で示されており、0.1 メートル～0.5 メートルの範囲内の標準値を有する。

#### 【 0 0 5 5 】

ユーザ 1 が、図 1 のように通常のように立っているか、歩いているときは、転倒検出システム 2 の近接センサによって測定される距離は、閾値距離より大きくなり、これは、ユーザ 1 が地面又は床に横たわっていないことを示唆する。この特徴は、転倒検出アルゴリズムが、転倒が起こったと検出する可能性を減少させる。従来的な転倒検出アルゴリズムを使用すると、ユーザ 1 が偶然に手首を何らかの家具にぶつけると、測定可能な衝撃が生じ、（ユーザの手首の通常の動きで生じる可能性がある）何らかの方向及び高さの変化があり、転倒が検出される可能性がある。しかしながら、本発明に従って使用される近接センサの測定は、手首が床又は地面に近くないことを指示することになるので、このようなイベントが転倒として分類される可能性を減少させることになる。また、転倒検出アルゴリズムの構成（例えばアルゴリズムにおいて使用される特定の仮定、閾値及び / 又はパラメータ）は、転倒（又は転倒でないこと）を示す出力を生成し、本発明に係る近接センサの使用は、誤警報を区別することを助けることができる。例えばユーザが手首を持ち上げてこれを再び下ろす場合、アルゴリズムは、持ち上げることと、下ろすこととの間の時間間隔における高さの変化を調べて、かなりの高さの降下が生じたという結論を出すことが起こり得るが、アルゴリズムが、持ち上げる直前の高さからの高さの降下を調べた場合、高さの降下は検出されないことになるであろう。

#### 【 0 0 5 6 】

しかしながら、ユーザ 1 が転倒して、図 2 に示されるように地面又は床に横たわっている場合、転倒検出システム 2 内の近接センサによって測定される距離は、閾値距離  $d$  よりも小さく、この特徴の検出は、転倒検出アルゴリズムにより転倒が検出される可能性を増加させることになる。

#### 【 0 0 5 7 】

本発明の実施形態に係る転倒検出システム 2 は、図 3 に示されている。本発明の好ましい実施形態では、転倒検出システム 2 は、ユーザによって手首に装着されるよう設計されるユーザデバイス 3 内に備えられるが、本発明はこの使用に限定されず、ユーザデバイス 3 は、代わりに、ユーザのウエストや胸、背中に、あるいは患者の首の回りのペンダントとして装着されるよう設計される可能性があることが認識されよう。手首装着型の実施形態では、ユーザデバイス 3 は、リストバンド、リストストラップ又は時計の形で提供されてよい。

#### 【 0 0 5 8 】

転倒検出システム 2（ユーザデバイス 3）は、ユーザ 1 の動きを測定するための 1 つ以上のセンサを備える。この実施形態では、転倒検出システム 2 は、2 つの動きセンサと、転倒検出システム 2 によって体験される（3 次元の）加速度を測定する加速度計 4 と、気

10

20

30

40

50

圧又は気圧の変化を測定する気圧センサ6とを備える。動きセンサ4、6は処理ユニット8に接続される。処理ユニット8は、動きセンサ4、6からの測定値を受け取り、これらの測定値を処理して、転倒検出システム2のユーザ1が転倒状態にあるかどうかを判断する。この実施形態では、2つの動きセンサが図示されているが、代替的な実施形態に係る転倒検出システム2は、1つの動きセンサのみ（例えば加速度計4のみ）を備えてもよいことが認識されよう。更なる実施形態では、転倒検出システム2は、ジャイロスコープや磁力計といった、追加の又は代替的なタイプの動きセンサを備えることができる。一部の実施形態では、転倒検出システム2は、皮膚伝導センサ及び/又は光電脈波センサといった、生理的側面を測定するセンサを備えることもできる。

## 【0059】

10

転倒検出システム2は、トランスミッタ又はトランシーバ回路10も備え、このトランスミッタ又はトランシーバ回路10は、転倒が検出されるか、そうでなくともユーザ1により（例えばシステム2に存在するパーソナルヘルプボタン（PHB）を押すことにより）助けが要求される場合に、転倒検出システム2がアラーム信号を送信することを可能にする。トランスミッタ又はトランシーバ回路10は、（その後アラームを発するか、ヘルスケアプロバイダ又は緊急サービスからの助けを要求することができる）転倒検出システム2に関連付けられる基地局と、あるいは（携帯電話通信網のような）公衆電話網を介して（例えばヘルスケアプロバイダのコールセンタに置かれた）リモート局と通信するように構成され得る。トランスミッタ又はトランシーバ回路10が基地局と通信するように構成される場合、回路10は、任意の公知の無線技術、例えばWi-Fi、Bluetooth（登録商標）、近距離無線通信（NFC）等に従って構成され得る。あるいは、トランスミッタ又はトランシーバ回路10が携帯電話網のような公衆電話網と通信が可能であるように提供される場合には、回路10は、代替的に、GSM（登録商標）、WCDMA（登録商標）、LTE等を含め、第2世代、第3世代又は第4世代の通信網のうちの任意の適切なタイプとの使用のために構成されてもよい。また、図3には図示されていないが、転倒検出システム2は、ユーザ1が、ヘルスケアプロバイダ又は緊急サービスと通信するのを可能にするためのラウドスピーカ及び/又はマイクロフォンを備えてもよい。

20

## 【0060】

転倒検出システム2はメモリモジュール12も備え、メモリモジュール12は、処理ユニット8に接続され、動きセンサ4、6からの測定データ、測定データの処理結果又は事前処理の結果、並びに/あるいは処理ユニット8が転倒検出アルゴリズムを実行すること及び/又は他の方法で転倒検出システム2の動作を制御することを可能にするコンピュータ読み取り可能コードを格納することができる。

30

## 【0061】

メモリモジュール12は、最新の測定データのみを格納し、トランスミッタ又はトランシーバ回路10を使用して、測定データを、格納のためにリモートサーバ又は基地局を介して伝送してもよいことが認識されよう。

## 【0062】

本発明によると、転倒検出システム2は、地面、床又は他の物体までの転倒検出システムの距離を測定する1つ以上の近接センサ14を備える。近接センサ14は処理ユニット8に接続される。近接センサ14は、転倒検出システム2内のメインハウジング内に組み込まれてよく、あるいは転倒検出システム2をユーザ1に取り付けるのに使用されるストラップ又はバンドの一部に組み込まれてもよい。

40

## 【0063】

上記のように、近接センサ14は、好ましくは、音又は光のパルスを放射し、そのパルスの放射から、物体で反射されたエコーの受信までの飛行時間を測定することによって、物体（例えば地面又は床）までの距離を測定する。近接センサ14は、送信機能と受信機能の双方を実行する音又は光のトランスデューサを備えてもよいが、他の実施形態では、近接センサ14は、別個のトランスミッタ/エミッタコンポーネントとレシーバコンポーネントを備えてもよい。

50

## 【0064】

特定の実施形態において、近接センサ14は、超音波を使用して距離を測定することができる。超音波を用いるとき、人間の聴覚を超える周波数（すなわち、20 kHz超）の短パルスが高音波トランスマッタによって放射される。レシーバは、その後、反射されたパルス又はエコーを待つ。特定の媒体中の音速及び伝送されるパルスと受信されるエコーとの間のディレイを所与とすると、ラウンドトリップ距離を決定することができる、近接センサ14と反射点との間の距離は、ラウンドトリップ距離の半分に対応する。距離を測定するために超音波を使用することは、超音波信号が良好な指向性を有し、（そのため、反射は、概ねトランスマッタの「正面」にある物体からのみ生じる可能性が高い）、また、高強度の環境音が超音波信号よりも低い周波数になるので高強度の環境音からの干渉がほとんどないため、有利である。

## 【0065】

特定の媒体中の音速はその媒体の温度に依存するので、一部の実施形態では、転倒検出システム2は温度センサを含み、測定された温度を使用して、距離（近接性）の計算で使用される音速値を訂正する。温度について音速の訂正が必要とされる場合、転倒検出システム2は、温度センサを提供する代わりに、メモリモジュール12内に格納される、（例えば季節、月等に関する）時季（time-of year）及び／又は時刻を代表温度にマップする（又はその代表温度に基づく音速）テーブルを含むことができ、このテーブルを使用して距離（近接性）を計算する。

## 【0066】

代替的な実施形態では、近接センサ14は、センサ14から物体までの距離を測定するために、例えばLEDによって放射される光の波長に敏感な、フォトダイオードと組み合されるレーザ又は赤外LEDのような、光ベースのトランステューサを含むことができる。

## 【0067】

近接センサ14は、測定された距離を処理ユニット8に出力することができ、処理ユニット8は、測定された距離を閾値と比較することによって、その距離を近接性の尺度（proximity measure）に変換することができ（例えば物体又は床に近接する、あるいは物体又は床に近接していない）、あるいは近接センサ14自体が、測定された距離を近接性の尺度に変換して、この近接性の尺度を処理ユニット8に出力することができる。

## 【0068】

一部の実施形態では、以下で図5に関連して更に詳細に説明されるように、転倒検出システム2は、複数の近接センサ14を備えることがあり、これらの複数の近接センサ14を、転倒検出システム2のハウジングの周囲に、あるいはリストバンド又はウエスト周りのベルトに分散させ、異なる向きで配置することができ、これにより、転倒検出システム2の向きに関わらず（したがって、ユーザの手首の向きに関わらず）地面、床又は他の物体までの距離を測定することができる。

## 【0069】

複数の近接センサ14が提供される場合、センサ14を、概して同じ方向に面するペア（又はそれ以上）として配置することができ、放射された超音波信号でビーム効果を生じるように、これらのセンサ14を一緒に駆動することができる。これは、センサ14の「視野」方向（viewing direction）の幅を狭めることを可能にし、したがって、ビームの方向における距離のより正確な測定を提供することができる。これは、信号（パルス）の相を変化させ、これにより使用される波長に関して近傍のセンサ14（例えばペア／トリプル）を励起することにより、ビームの方向を変化させることを可能にすることもできる。以下でより詳細に説明されるように、ビームの方向を変化させることは、近接性の測定を異なる方向で行うことを可能にし、これにより、（近接）物体の拡張性の尺度を提供する。この場合、センサ14が転倒検出システム2の周囲に分散されて、転倒検出システム2の向きに関わらず距離の測定を可能にする場合、センサ14は、ビーム制御のためにペア又はトリプルで組み込まれてよく、複数のペア／トリプルは、グローバルカバレッジの

10

20

30

40

50

ために転倒検出システム2の周囲に分散される。

【0070】

複数の近接センサ14は、転倒検出システム2のハウジングの周囲に分散される1つ以上のクラスタにグループ化される異なるタイプの近接センサから構成されることがある。そのような実施形態は、所与の近接センサの特定の制限を克服するので有利である。例えば一方では、暗い色の面が光を吸収するので、超音波近接センサは、より正確な近接性検出を提供することがある。他方では、音を吸収する物質は、不十分な超音波近接検出につながることがあり、赤外ベースの近接検出器は非効率的な場合がある。

【0071】

あるいは、複数の近接センサ14が提供されてもよく、複数の近接センサ14は、ユーザの身体上の複数の箇所に配置されることになる。これは、地面又は床に対するユーザの身体の異なる部分の近接性を測定することを可能にし、これにより、(例えば身体のある部分上の近接センサ14が、その身体部分が地面又は床に近くないことを示す誤検出の測定値を与える場合)近接性検出の信頼性を向上させることになる。この場合、これらの近接センサ14のうちの少なくとも1つを、図1に示される転倒検出システム2のコンポーネントの残りの部分に対して別個のハウジング又はウェアラブルコンポーネントへ統合することができる。その場合、これらの他の近接センサ14には、近接性又は距離の測定値を、分析のために処理ユニット8へ通信することを可能にする手段が与えられることになる。測定値は、有線又は無線(例えばWi-Fi、Bluetooth(登録商標)、近距離無線通信(NFC)又はZigBee(登録商標))接続を通して、メインの転倒検出システムユニット2に通信され得る。

【0072】

当業者には認識されるように、図3は、転倒検出システム2のうち本発明を例示するのに必要なコンポーネントのみを示しているが、転倒検出システム2は、図示されるものに対して他のコンポーネントを備えることもできる。例えば転倒検出システム2は、バッテリ又は他のポータブル電源を備えるであろう。転倒検出システム2は、ユーザ1が転倒状態にあると処理ユニット8が決定する場合に処理ユニット8によってアクティブにされ得る、可聴アラームユニットを更に備えてもよい。また、転倒検出システム2には、ユーザ1が補助を必要とする場合に手動で可聴アラームユニットをアクティブにできるようにする(あるいは一部の場合には、補助を必要としない場合にはアラームを非アクティブにできるようにする)、ボタン(やはり図3には図示せず)が与えられてもよい。更なる又は代替的な実施形態では、転倒検出システム2は、該転倒検出システム2の位置を追跡するために、全地球測位システム(GPS)受信機のような衛星測位システム(SPS)受信機を備えてもよい。アラームがトリガされる場合、助け又は補助を正しい位置へ送ることができるように、転倒検出システム2の位置についての情報をコールセンタに伝送することができる。

【0073】

図3に示される実施形態に対する代替的な実施形態では、転倒検出システム2は、図3に図示されるユーザデバイス3に概ね対応するユーザデバイス3を備えることができるが、転倒検出システム2は更に、ユーザ1の家に配置され、ユーザデバイス3と無線で通信するベースユニット(親機)を備える。ベースユニットは、ユーザデバイス3の充電ステーションとして機能してもよい。ベースユニットは、公衆交換電話通信網及び/又は携帯電話通信網を介して、ユーザとリモートのコールセンタ(緊急サービス等)との間の通信を可能にする回路を備えてよく、かつ/又はインターネットへの接続を提供し得る。このシステム2の一部の実装では、本発明に係る処理及び動作を、ユーザデバイス3内の処理ユニット8によって実行することができ、ベースユニットは単に、リモートのコントロールセンタ/緊急サービス/インターネットとの通信を容易にするよう提供されている。代替的な実装では、ユーザデバイス3は、動きセンサ4、6及び近接センサ14によって取得される測定値を、トランスマッタ/トランシーバ回路10を使用してベースユニットに通信することができ、ベースユニット内の処理ユニットが、これらの測定値を使用して、

10

20

30

40

50

本発明に係る処理及び動作を実行することができる。この後者の実施形態は、ユーザデバイス3の電力消費を大いに低減することができるという利点がある。ユーザデバイス3が、ユーザ1により所有されるベースユニットに接続される場合、この接続は、任意の公知の無線技術、例えばWi-Fi、Bluetooth(登録商標)、ZigBee、近距離無線通信(NFC)等を使用して行われ得る。

#### 【0074】

以下で議論されるように、転倒検出システム2は、近接センサ14によって測定される近接値を、動きセンサ4、6からの測定値から導出される他の特徴(例えば高さの変化、衝撃、向き等)とともに処理して、ユーザ1が転倒しているかどうかを判断する。一部の実施形態において、完全な転倒検出処理が実施されると、(近接センサの値を含む)特徴値のセットが、転倒に対応する(多次元の)領域内であるかどうかを判断する。好ましくは、転倒の可能性を示す値を、特徴値のセットについて決定し、この可能性を閾値と比較して、転倒が生じたかどうかを判断する。あるいは、それぞれの個々の特徴値をそれぞれの閾値と比較して、特定の数の特徴がその閾値を超える場合に転倒を検出することができる。別の代替形態では、完全な転倒検出アルゴリズムを、複数の段階で実行することができる、この場合、各段階で1つ又は様々な特徴が導出され、各段階は、前の段階で導出された特徴が、起こっている転倒と一貫性がある場合にのみトリガされる。導出された特徴は、次いで、転倒が起こっているかどうかを判断するために分類器で検査される。各値が閾値に対して検査される、特徴値についてのこのタイプの段階的な計算は、状態マシンと呼ばれる。

10

#### 【0075】

ユーザ1が転倒したかどうかを検出するよう転倒検出システム2を作動させる方法が、図4に図示されている。この実施形態では、近接センサ14は、常にアクティブであれば多くの電力を消費する可能性があり、近接センサ14は、転倒が起こると、その特徴の有益な測定値(すなわち、衝撃又は高さの変化イベント後の転倒検出システム2/ユーザ1の地面又は床に対する近接性)のみを提供するので、近接センサ14は、可能性のある転倒が、動きセンサ4、6の1つ以上からの測定値の何らかの処理に続いて検出される場合にのみアクティブにされることを認識したい。この実施形態は、転倒検出システム2の平均電力消費を実質的に増加させることなく、近接センサ14を使用して、転倒検出アルゴリズムの信頼性を向上させることを可能にする。

20

#### 【0076】

したがって、第1のステップ、ステップ101において、ユーザ1の動きが、1つ以上の動きセンサ4、6を使用して測定される。すなわち、動きセンサ4、6の1つ以上がアクティブにされ(すなわち、パワーオン)、センサ4、6によって、動きの測定値が分析のために処理ユニット8に提供される。このステップにおいて、近接センサ14は非アクティブであり、したがって(センサのタイプについて、必要に応じて)音又は光を放射しない。一部の場合において、処理ユニット8は、電力が近接センサ14に供給されないように、転倒検出システム2を制御することができるが、他の場合には、電力が引き続き近接センサコンポーネントに供給されるが、処理デバイス8は、近接センサ14がそのトランステューサをアクティブにしないように、これらの近接センサ14を制御する。

30

#### 【0077】

ステップ103において、処理ユニット8(あるいは、上述の代替的な実施形態では、ベースステーションの処理ユニット)は、ステップ101で得られたユーザ1の動き測定値を処理して、ユーザ1が転倒状態であるかどうかを判断する。この段階において、測定値は、転倒が潜在的に起こっているかどうかを判断するためだけに処理され(すなわち、測定値を処理して、転倒が起こっていることを示す何らかのインジケータ又はトリガとなる特徴が存在するかどうかを確かめる)、したがって、更なる測定及び/又は測定値のより詳細な分析(すなわち、完全な転倒検出アルゴリズムの実行)は、転倒が実際に起こっているかどうかを確認し、アラームをトリガする必要があるかどうかを確認するために必要とされ得る。その結果、処理ユニット8は、この段階では必ずしも完全な転倒検出アル

40

50

ゴリズムを実行する必要はない。

【0078】

転倒は、例えば約0.5~1.5メートル（この範囲は、転倒検出システム3が装着されることになる身体の部分及びユーザ1の高さに応じて異なる可能性がある）の高さでの変化があり、最終的に大きな衝撃があり、その後ユーザがあまり動かない期間が続くことによって、広く特徴付けられ得る。したがって、上述の転倒検出アルゴリズムでは、動きセンサの測定値を処理して、1つ以上の特徴についての値を抽出することができ、これらの特徴には、（通常、気圧センサ6の測定値から導出されるが、代替的には、例えば気圧センサ6が省略される場合には加速度計4の測定値から導出される可能性もある）高さ/高度における変化（特に減少）、高さの変化が生じる時間周辺の（典型的には加速度計4の測定値から導出される）最大活動レベル（すなわち、衝撃）、ユーザ1がその衝撃の後に相対的に非アクティブな期間（やはり、典型的には加速度計4の測定値から導出される）、垂直方向の速度、自由落下の発生（典型的には加速度計4の測定値から導出される）、転倒中の向きの変化（典型的には加速度計4又は存在する場合はジャイロスコープの測定値から導出される）及び検出された衝撃後の高さ/高度の増加の指示が含まれる。10

【0079】

ステップ103において、処理ユニット8は好ましくは、動き測定値を処理して、典型的には転倒の間に生じる、選択されたトリガ特徴を検出するが、この場合、この選択された（トリガ）特徴の検出は、転倒が潜在的に生じていることを示す指示を提供する（転倒の他の特徴、例えば上記に列挙された特徴は、この段階では処理ユニット8によって計算されない）。転倒検出システム2は、転倒についてユーザ1を継続的にモニタする必要があるので、単一のトリガ特徴についての動きセンサ測定値のこの限定的な処理は、転倒検出システム2の電力消費を最小にすることを助ける。20

【0080】

ステップ103の好ましい実施形態では（転倒検出システム2が気圧センサ6を備えるときに特に好ましい）、処理ユニット8は、動き測定値を処理して、特定の高さの変化（特に高さの降下）が生じているかどうかを検出する。必要な高さの変化は、0.5メートルとすることができる、あるいは転倒検出システム2を持つユーザの身体上の場所及び/又はユーザ1の高さ若しくは物理的特性を考慮した任意の他の適切な値とすることができます。代替的な好ましい実施形態では（転倒検出システム2が加速度計4を備えるが、気圧センサ6を備えないときに特に好ましい）、処理ユニット8は、動き測定値を処理して、（例えば閾値よりも大きい規模の）衝撃が動き測定値に存在するかどうかを検出し、転倒が潜在的に生じているかどうかを特定する。代替的な好ましい実施形態では、処理ユニット8は、動き測定値を処理して、異なる特徴又は更なる特徴、例えば閾値時間よりも長い自由落下が動き測定値に存在するかどうかを検出して、転倒が潜在的に生じているかどうかを特定する。一部の実施形態において、選択された特徴について特に精査された（例えば正確な）値を生成するために、処理は、必ずしもステップ103の動き測定値に対して実行される必要はなく、このことは、その特徴についての値を、少ない処理努力で決定することを可能にすることができる。30

【0081】

認識されるように、ステップ103で実行される処理を、リアルタイムで、あるいはほぼリアルタイムで実行することができ、潜在的な転倒が起こるとすぐに、この潜在的な転倒を検出することができ、あるいは転倒する身体的な動作自体の間に潜在的な転倒を検出することさえできる。例えば高さの変化及び/又は気圧センサ6の測定値のリアルタイム又はほぼリアルタイムの処理では、（閾値よりも大きな高さの降下又は閾値時間よりも長い自由落下によって示されるような）潜在的な転倒を、ユーザ1が地面にぶつかる前に検出することができる。40

【0082】

ステップ105において、潜在的な転倒が検出されたかどうかを判断する。例えばステップ103が高さの変化を決定する工程を備える場合、潜在的な転倒は、少なくとも0.50

5 メートルの高さの降下が動き測定値で検出される場合に検出される。ステップ 103 が衝撃の規模を決定する工程を備える場合、潜在的な転倒は、閾値よりも大きい規模の衝撃が検出される場合に検出される。

【0083】

ステップ 103 において、潜在的な転倒が検出されなかった場合（例えば高さの降下又は衝撃が存在しないか、高さの降下が不十分又は衝撃の規模が不十分な場合）、方法は、ステップ 101 に戻り、ユーザ 1 の動きの更なる測定値を収集して、潜在的な転倒について分析する。

【0084】

しかしながら、ステップ 103 において、潜在的な転倒が検出される（例えば少なくとも 0.5 メートルの高さの降下が検出されるか、十分な規模の衝撃が検出される）場合、方法はステップ 107 に移り、ステップ 107 において、転倒検出システム 2 / ユーザデバイス 3 が取り付けられているユーザ 1 の身体の部分の、地面又は床に対する近接性を測定するために、近接センサ 14 がアクティブにされる。ステップ 107 は、電力を近接センサ 14 に供給し、これによりトランスデューサをアクティブにして必要に応じて光又は音を放射するように、処理ユニット 8 が転倒検出システム 2 を制御することを備えてもよく、あるいは近接センサのトランスデューサをアクティブにするよう、処理ユニット 8 が直接近接センサ 14 を制御することを備えてもよい。近接センサ 14 によって測定される距離又は（近接センサ 14 によって決定される場合は）近接性の尺度が処理ユニット 8 に出力される。

10

20

【0085】

上記のように、ステップ 103 における動きセンサ測定値のリアルタイム又はほぼリアルタイムの処理では、実際の転倒が進行している間に潜在的な転倒を検出することができ、その結果、衝撃が生じる前に、近接センサをアクティブにする / パワー・オンすることができる。

【0086】

一部の実施形態において、特に転倒検出アルゴリズムが、状態マシンの概念に基づく場合、ステップ 107 で近接センサ 14 をアクティブにすると決定する前に、ステップ 105 における潜在的な転倒の検出を、複数の転倒特徴の段階的検出に基づくようにすることが可能である。

30

【0087】

（図 4 に図示されない）一部の実施形態では、ステップ 105 における潜在的な転倒の検出に続いて、ユーザ 1 への助けを取得する処理を開始するために、転倒検出システム 2 によりアラームを出すことができる。

【0088】

ステップ 109 において、処理ユニット 8（又は代替的な実施形態では、ベースステーション内の処理ユニット）は、近接センサ 14 からの測定値を処理して、ユーザ 1 が転倒しているかどうかを判断する。

【0089】

一部の実施形態では、ステップ 105 における潜在的な転倒の検出に続いて、ステップ 109 は、単純に、転倒検出システム 2 が地面又は床に近いかどうかを判断し、それに基づいて潜在的な転倒を受け入れるか拒否することを備えることができる（すなわち、システム 2 が地面又は床に近い場合（例えば距離  $< d$ ）、潜在的な転倒を確認し、システム 2 が地面又は床に近くない場合（例えば距離  $> d$ ）、潜在的な転倒を拒否する）。

40

【0090】

他の実施形態では、ステップ 105 における潜在的な転倒の検出に続いて、ステップ 109 は、測定された近接性と、以前に計算されたトリガ特徴とを分類器に入力して、転倒が起こっているかどうかを判断することを備えることができる。また更なる実施形態では、ステップ 109 は、1 つ以上の更なる特徴が動きセンサ測定値から計算される状態マシンの処理の継続を備え、次いで特徴の後に検出された転倒を分類器に入力することを備え

50

ることができる。更に別の実施形態では、転倒検出アルゴリズムが状態マシンに基づかないとき、ステップ109は、動きセンサ測定値から1つ以上の更なる転倒の特徴を決定し、これらの転倒の特徴を、近接性の測定値とともに処理して、ユーザ1が転倒しているかどうかを判断することを備えることができる。

【0091】

一部の実施形態において、特に高さの変化が、動きセンサの測定値から計算される場合、（例えば近接センサ14が、進行中の転倒の間に十分に早くアクティブにされると）転倒検出システム2の地面又は床に対する近接性の変化を計算し、計算された高さの変化と比較することができ、この比較の結果を、転倒検出アルゴリズムに入力することができる。  
10

【0092】

動きセンサ測定値からユーザが転倒状態にあるかどうかを判断するのに使用することができる様々なアルゴリズム及び技術が、当業者には認識されるので、ステップ109の実施形態において処理ユニット8によって実行される分析は、ここでは詳細には説明しないことにする。上記のように、一部のアルゴリズムでは、測定値から導出される特徴値のセットは、特徴値に基づいて転倒と非転倒との間を決定するよう、最適化された分類器に提供される。近接性の測定値を、追加の特徴値としてこの分類器に入力し、転倒が起こっている尤度値に影響を与えるか尤度値を導出するために使用することができる。図7及び図8に関連して以下で議論されるように、分類器又は閾値シーケンス（状態マシン）に入力することができる、近接センサ14を使用して導出される別の特徴又は代替的特徴は、そこまでの距離が測定された物体の範囲又は「拡張性」である。この範囲又は拡張性は、その物体までの距離が測定された物体が、床又は地面である可能性がどの程度であるかを示す。  
20

【0093】

ステップ109における測定の処理が完了した後（あるいは、一部の場合には、ステップ107で物体までの距離を測定した後に、ステップ109に先立って）、近接センサ14を非アクティブにするかパワーダウンして、転倒検出システム2の電力消費を最小にする（ステップ111）。

【0094】

あるいは、ステップ109で測定の処理が起きた後に近接センサ14を非アクティブにするかパワーダウンする代わりに、近接センサ14を使用して、検出された転倒の後にユーザ1が起き上がったかどうかを検出することができる。したがって、ステップ109において転倒が検出される場合、近接センサ14は、センサ14と物体／床との間の距離の測定を継続するようパワーオン又はアクティブのままにされ得る。処理ユニット8は、近接センサ14によって出力される測定距離をモニタして、（例えば測定距離が閾値距離dより大きくなるかどうかを検出することによって）ユーザ1が起き上がるかどうかを判断することができる。ユーザ1が起き上がったことが検出されると、近接センサ14は、ステップ111に示されるように、パワーダウン／非アクティブにされ得る。一部の場合において、近接性測定値を使用して、ユーザ1が起き上がったかどうかを検出することは、ユーザ1が床から起き上がることを、ユーザ1が起き上がるとして上方に向かう（上向きになる）ことと区別するために。（以下で議論されるように）転倒検出ユニット2の向きも考慮に入れることができる。  
30  
40

【0095】

図4には図示されていないが、ステップ109における転倒の検出又は確認において、転倒検出システム2は、ユーザへの助けを呼ぶためにアラームをトリガすることができる。アラームをトリガすることは、転倒検出システム2内の可聴アラームユニットをアクティブにすること、かつ／又は呼出しを開始するか、他の方法でアラームメッセージ又は信号を（コールセンタや緊急サービスといった）リモートの場所へ送信することを備えることがある。

【0096】

上記のように、一部の実施形態では、転倒検出システム2は、複数の近接センサ14を備えることができ、これらの複数の近接センサ14を、転倒検出システム2のハウジング又はリストバンドの周囲に分散させ、転倒検出システム2の向きに関わらず（したがって、ユーザの手首の向きに関わらず）、地面、床又は他の物体までの距離を測定することを可能にするよう異なる向きに配置することができる。この実施形態に係る転倒検出システム2が図5に図示されている。この実施形態では、転倒検出システム2／ユーザデバイス3は、リストバンドの形であり、当該リストバンドの周囲に分散された5つの近接センサ14a～14eを有する（が、より多くの又はより少ない近接センサを提供することができる）。近接センサ14a～14eはそれぞれ、（点線の矢印で示されるように）リストバンドから外側に面している。リストバンドは、（例えば図3に示されるような）転倒検出システム2の他のコンポーネントを含むハウジング16も含む。

#### 【0097】

図5の転倒検出システム2で使用されるとき、図4のステップ107は、潜在的な転倒が検出される場合、近接センサ14a～14eの全てをアクティブにするかパワーアップすることを備えることができる。一部の実施形態において、近接センサ14a～14eをラウンドロビン（すなわち連続）方式でアクティブにして、近接センサ間のクロストークを防ぎ、アジャマス角に応じて近接性マップを、近接センサ14a～14eのうち、参照としての1つのセンサの位置に対して計算することができる。この「参照」センサは、下向きの近接センサ14とすることができる。

#### 【0098】

しかしながら、好ましい実装では、潜在的な転倒が検出される場合、下向きの（又は下向きに最も近い）近接センサ14のみがアクティブに、又はパワーアップされる。この方法では、手首の向きに関わらず、そして転倒検出システム2がユーザの手首に取り付けられている向きに関わらず、近接センサ14の全てをアクティブ又パワーオンする必要なく、地面又は床までの距離を測定することができる。図6は、図4のステップ107の代わりに、この特徴を転倒検出システム2内で実装するための様々な例示のステップを示す。

#### 【0099】

ステップ121は、ステップ105において潜在的な転倒が検出された後に起こり、ステップ121では、転倒検出デバイス2の加速度計4からの測定値を処理して、重力及び重力が作用している方向による、加速成分を特定する。重力が作用する方向は、転倒検出デバイス2の向き、より正確には垂直方向を示し、したがって、存在する場合には（近接する）床が予測されるべき方向を示す。

#### 【0100】

ステップ123では、近接センサ14a～14eのうちのいずれが、転倒検出システム2の決定された向きから、下を向いているかを決定する。これを達成するため、転倒検出デバイス2は、転倒検出システム2の所与の向きでの使用のため、近接センサ14a～14eのアイデンティティを用いて予め構成され得る（が、当業者には、これを代替的な方法で実装することができる事が認識されよう）。したがって、このステップは、決定された向きで使用するために適切な近接センサ14a～eを探すステップを備えることができる。図5に図示される転倒検出システム2の向きを所与とすると、この場合は、地面又は床までの距離を測定するのに適切な近接センサは、センサ14cである。

#### 【0101】

次いで、ステップ125において、選択された近接センサ14a～eをアクティブに又はパワーアップして、地面又は床までの距離を測定する。方法は図4のステップ109に移り、上述のように進行する。

#### 【0102】

転倒検出システム2の周囲に、アレイ内に配列された2つ以上の近接センサが存在する場合、図6の方法の代替的な実施形態は、ステップ123で決定された近接センサ14のアレイをアクティブにして、下向きにすること（又はほぼ下向きにすること）と、地面又は床までの距離／近接性を測定するために、近接センサのアレイを駆動してビームを下に

10

20

30

40

50

向けることとを備えることができる。

【0103】

図4の電力低減方法を適用せず、かつ地面又は床までの距離を測定するのに少なくとも1つの近接センサ14を継続的に動作させる転倒検出システム2に、転倒検出システム2の向きに従って適切な近接センサ14をアクティブにする（又はビームを向けるようにアレイを制御する）方法を適用することができることも認識されよう。この方法の適用においては、転倒検出デバイス2の向きを継続的にモニタし、下向きの近接センサ14をアクティブにするかパワーオンする。向きが変化し、その結果アクティブな近接センサ14が最も下向きのセンサ14ではなくなる場合又はそのようになると、転倒検出システム2は、最も下向きの近接センサ14を使用するよう切り替える。

10

【0104】

柔軟なリストバンド（又は柔軟なウェストベルトやネックコードのように、システム2をユーザ1の身体の異なる部分に取り付けるための他の柔軟な手段）の周囲に分散される複数の近接センサ14が存在する実施形態に対する更なる修正として、異なるユーザは異なるサイズの手首を有しているので、リストバンドの柔軟な性質は、各近接センサ14が面する方向は、ユーザの手首のサイズ及び形状に依存することになることが認識されよう。各近接センサ14の向きの違いは、（加速度計又は磁力計のような）それぞれの指向センサを各近接センサとともに含め、各箇所における加速度又は磁場の測定値から、各近接センサ14で重力が作用する方向を決定することによって、検出され得る。次いで、決定された重力の方向を使用して各近接センサ14が面している方向を決定することができ、この情報を図6の方法において使用して、アクティブにすべき又はパワーアップすべき適切な近接センサ14を選択することができる。一部の場合には、各近接センサ14の向きの分析を実行する必要があるのは、システム2がユーザ1によって最初に切り替えられるときだけであり得るが、他の場合には、この分析を、何らかの時間間隔後に繰り返すことができる。

20

【0105】

上記のように、複数の近接センサ14を、線形で配置することも、2、3又はそれ以上のセンサの非線形の1次元、2次元又は3次元アレイで配置することができる。この場合、非線形のアレイのセンサは、概して同じ方向を向き、一緒に駆動されて、効果形成ビームを利用して、視野方向の幅を変更することを可能にし、かつ／又はビームの方向を変える又は操作することを可能にする。ビームの方向を変えることは、近接性の測定を異なる方向で実行することを可能にし、このことは、（近接する）物体の範囲又は拡張性の尺度を決定することを可能にする。

30

【0106】

近接センサ14によって距離が測定された物体の拡張部分(extension)は、その物体が地面又は床、あるいはテーブルやドアのような何らかの他の物体であるかどうかを示すことができる。大きな拡張部分（すなわち、物体が何らかの距離まで伸びる）は、その物体が地面又は床である可能性を上げる。

【0107】

図7は、検出された物体の範囲が有効であり得ると決定するシナリオを示す。図7では、転倒検出システム2を自分の手首に装着しているユーザ1がテーブル18に座っている。システム2内の近接センサ14は、システム2の下の物体までの距離を測定することになる。ユーザの手首はテーブル18の上にあるので、測定される距離は極めて短く、この場合、ユーザ1／システム2が地面又は床に近いかどうかを判断するのに使用される閾値未満となる。したがって、このシナリオでは、近接センサ14は、ユーザ1／システム2が床の上であると誤って指示する測定値を提供する可能性がある。しかしながら、特定の実施形態では、近接センサ14のアレイは、検出された物体の範囲を測定するように制御され、図7の例では、その範囲は、ビームがテーブル18のエッジ20を過ぎて（特に、ユーザの手首上の転倒検出システム2の向きがわかる場合にわかる、ユーザ1の肘の方向で）方向付けられるときに、物体までの非常に大きな距離を示すことになり、これにより

40

50

、測定された（d未満の）距離が地面又は床までの距離である可能性は減少することになる。

【0108】

図8は、図4のステップ107の一部として実行することができる物体の範囲又は拡張性を決定する方法を図示する。潜在的な転倒の検出に続いて2つ以上のセンサ14のアレイがアクティブにされるか、パワーオンされると、処理ユニット8（又は近接センサ14のアレイに関連付けられる別個の処理/制御ユニット）は、（必要に応じて）音又は光のビームを第1の方向で放射するように、アレイを制御する（ステップ131）。ステップ131におけるアレイの制御は、駆動信号を、駆動信号間の既知の位相差を伴う近接センサ14の各々に適用することを備える。各センサ14からの放射間の位相差は、その放射を干渉させることになり、方向付けられたビームを生じることになる。

10

【0109】

物体までの距離は、第1の方向に放射されるビームを使用して測定される（ステップ133）。このステップは、単一の近接センサ14の実施形態と同様の方法で実行され、放射される信号のラウンドトリップ時間及び物体からの反射を決定することを伴う。

【0110】

次いで、ステップ135において、駆動信号の相対位相を変更して、ビームの方向を変える。変更されたビームの方向において、物体までの距離が測定される（ステップ137）。あるいは、転倒検出システム2のハウジングの周囲に異なる方向に面したセンサ14の複数のアレイが存在する場合、センサ14の特定のアレイからのビームの特定の方向のアングルでは、ビームの方向を更に変える代わりに、物体までの距離を測定するように、より良く配置され得るセンサ14の別の（近傍の）アレイを使用するよう切り替えるか、より良い正確性のために双方のアレイを使用することが好ましいことがある。

20

【0111】

様々な方向における物体までの距離についての幾つかの測定値が、物体の範囲又は拡張性に関する決定を行うために必要とされる。したがって、ステップ139では、十分な距離の測定値が得られたかどうかを判断する。十分な距離の測定値が得られていない場合、方法は、ステップ135に戻り、新たな方向について繰り返す。この方法の目的は、ユーザが地面又は床の上に横たわっているかどうかを検出することであるので、ユーザの手首上の転倒検出システム2の向きがわかる場合にわかることがあるユーザの身体の方向で、すなわち腕の方向で（急な）エッジを探すことが最もよく行われることである。さらに、急なエッジは、転倒検出システム2の身体の長さ以内であるべきである。

30

【0112】

十分な数の測定値が得られた場合、方法はステップ141に移り、ステップ141において、異なる方向についての距離の測定値を分析することによって、物体の範囲又は拡張性が決定される。一般に、例えばテーブル18のように、はっきりとした急なエッジ（例えばエッジ20）を有する特定の範囲の物体は、その測定値内で検出可能であろう。測定された距離において、概して一貫性のある一連の距離の測定値の後に、有意な増加が存在することになるからである。平面では、距離は $(h_0) / \cos(\theta)$ に等しくなり、ここで、 $\theta$ は測定する方向と垂直方向との間の角度であり（加速度計4からの測定値における重力の方法からわかるであろう）、 $h_0$ は、垂直方向の距離である。物体までの距離が測定されており、転倒が起こっているかどうかを判断することを助ける場合、（テーブル18の場合のように）物体が狭い範囲を有すると特定することは、いずれかの検出された衝撃は、ユーザ1が自身の手をテーブル18にぶつけたことによる可能性があるので、転倒が起こっている可能性が低いことを示すことができる。当然、地面又は床が無限の長さではなく、その近くに壁が存在する可能性もあることが認識されるが、一般的に壁で測定される距離は、急激な増加とはならないであろう。これは、測定距離からわかる可能性がある。地面又は床は、高い近接性（すなわち短い距離）、大きな範囲、そして（全ての側面上で）そのエッジにおける急激な距離の増加がないことによって特徴付けられ得る。

40

【0113】

50

決定された距離及び範囲は、その後、図4のステップ109において処理され、他の特徴値が動きセンサ測定値から導出される。

【0114】

検出された物体の拡張性を決定するのに使用されるラウンドトリップ時間の測定値に加えて、ビーム角度の相対位相に応じた、受信エコー強度における変化を、拡張性の尺度として使用することもできる。

【0115】

近接センサ14によって距離が測定された物体の範囲又は拡張性を決定するこの方法を、地面又は床までの距離を測定するために、図4における電力低減方法を適用せず、近接センサ14のアレイを継続的に動作させる転倒検出システム2に適用することができることも認識されよう。方法のこの適用では、物体までの距離を継続的に測定して、その範囲を決定する。

10

【0116】

複数の近接センサ14がユーザの身体上の複数箇所に配置される実施形態では、この方法を使用して、これらの箇所にわたる物体の拡張性を計算することができることも認識されよう。

【0117】

図8の実施形態では、複数の近接センサ14を一緒に駆動してビームを生成し、そのようにして測定の正確性を精査する。しかしながら、ビーム形成アプローチを使用して、その拡張性について物体を走査する代わりに、別のオプションでは、図5のように転倒検出システム2の周囲に分散された複数のセンサ14からの情報を組み合わせる。より多くセンサ14が、すぐ近くにある（すなわち、閾値距離d以内）として物体を検出すると、物体が拡張される可能性がより高く、したがって物体が床である可能性がより高いので、これはユーザ1が地面に横たわっていることを示唆する。

20

【0118】

範囲又は拡張性に加え、近接センサ14によって提供される可能性があり、転倒検出プロセスに影響を与える可能性のある別の特徴は、近接センサ14によって放射されるエネルギーのエコー又は反射の相対的強度である。エコー又は反射の相対的強度は、ビームを反射した表面がどの程度固い又は柔らかいかを示すことができ（高い強度は硬い表面を示し、低い強度は柔らかい表面を示す）、その表面から得られる距離の推定の信頼性（信頼性のある範囲の推定は、強いエコーを必要とする）を示すことができる。

30

【0119】

複数の近接センサ14がユーザの身体上の複数箇所に配置される実施形態では、この方法を使用して、これらの箇所にわたる表面の均質性を計算することもできることも認識されよう。

【0120】

別の実施形態では、近接センサ14は順次、放射してエコーパルスを待つ。相互に対する近接センサ14の位置を所与とすると、近くの物体及び環境の近接性のイメージを、結果として得られる近接性の測定値から導出することができる。

40

【0121】

別の実施形態において、近接センサ14の1つ以上のアレイを使用して、（例えばビームを異なる方向に向けることによって）ユーザ1の身体の異なる部分までの距離を測定することができ、次いで、近接性の測定値及び転倒検出システム2の（及びしたがって手首の）既知の向きからユーザ1の姿勢を推定することができる。例えば頭から足までの身体の異なる部分の近接性の測定値は、転倒検出システム2が、（例えば図7に示されるような）座っている姿勢と、（例えば図1に示されるような）立っている姿勢と、（例えば図2に示されるような）横たわっている姿勢とを区別することを可能にする。

【0122】

したがって、従来の技術と比べて向上した転倒検出の信頼性を提供する、転倒検出方法及び転倒検出システムが提供される。

50

## 【0123】

本発明は、図面及び上記説明において詳細に図示及び説明されているが、そのような図示及び説明は、例示又は具体例であって制限的ではないと考えられるべきであり、本発明は開示される実施形態に限定されない。

## 【0124】

当業者が特許請求に係る発明を実施する際に、図面、本開示内容及び添付の特許請求の範囲の教示から、開示される実施形態への変更が理解され、有効にされる可能性がある。特許請求の範囲において、「備える」という用語は、他の要素又はステップを除外せず、不定冠詞「a」又は「an」は複数を除外しない。単一のプロセッサ又は他のユニットが、請求項内に記載される幾つかの項目の機能を満たすことがある。特定の手段が相互に異なる従属請求項に記載されているという単なる事実は、これらの手段の組合せを有利に使用することができないことを示唆しない。コンピュータプログラムは、ハードウェアとともに又はハードウェアの一部として供給される光記憶媒体又は半導体記憶媒体のような適切な媒体に格納／分散されてよいが、例えばインターネットや他の有線又は無線電気通信システムを介すること等により、他の形式で分散されてもよい。特許請求の範囲におけるいずれの参照符号も、その範囲を限定するものとして解釈されるべきではない。

10

【図1】

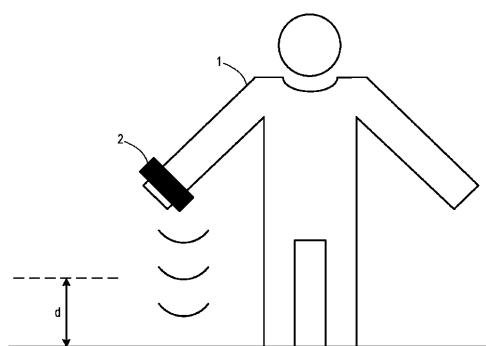
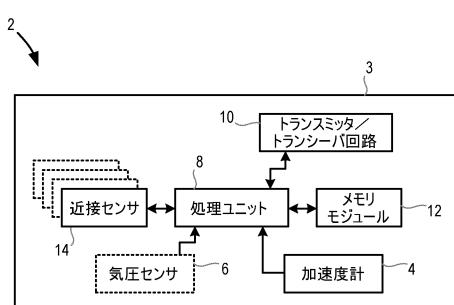


Figure 1

【図3】



【図2】

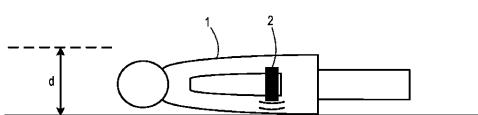
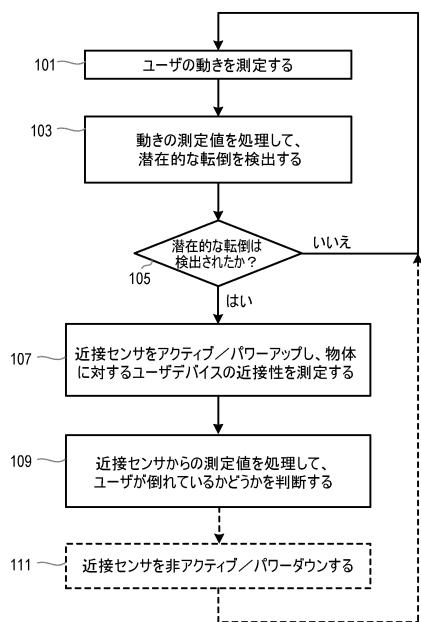
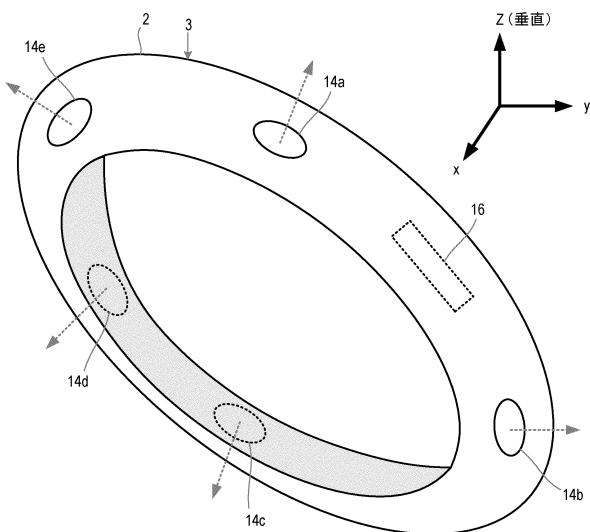


Figure 2

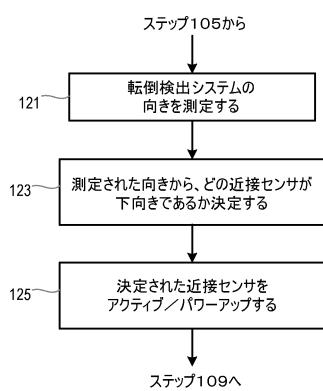
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

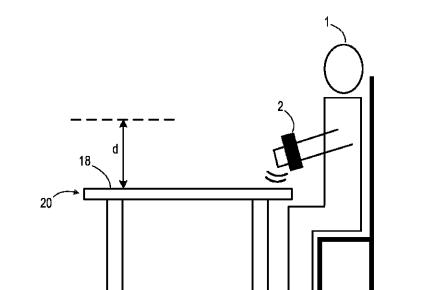
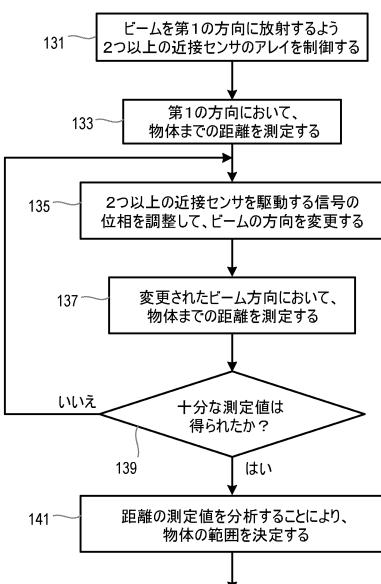


Figure 7

【図8】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100091214

弁理士 大貫 進介

(72)発明者 テン ケイト, ワーナー ルドルフ テオフィル

オランダ国, 5656 アーエー アインドーフェン, ハイ・テク・キャンパス 5

(72)発明者 ケヒヒアン, パトリック

オランダ国, 5656 アーエー アインドーフェン, ハイ・テク・キャンパス 5

審査官 山口 裕之

(56)参考文献 特開2000-317002 (JP, A)

特表2011-521349 (JP, A)

国際公開第2012/104833 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 5 / 11