

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6389257号
(P6389257)

(45) 発行日 平成30年9月12日(2018.9.12)

(24) 登録日 平成30年8月24日(2018.8.24)

(51) Int.Cl.

F 1

GO 1 G	9/00	(2006.01)	GO 1 G	9/00
HO 4 M	1/00	(2006.01)	HO 4 M	1/00
GO 1 G	19/52	(2006.01)	GO 1 G	19/52
GO 1 P	15/00	(2006.01)	GO 1 P	15/00

R
Z
A

請求項の数 15 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2016-531620 (P2016-531620)
 (86) (22) 出願日 平成26年7月3日 (2014.7.3)
 (65) 公表番号 特表2016-532109 (P2016-532109A)
 (43) 公表日 平成28年10月13日 (2016.10.13)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2014/045474
 (87) 國際公開番号 WO2015/017079
 (87) 國際公開日 平成27年2月5日 (2015.2.5)
 審査請求日 平成29年6月14日 (2017.6.14)
 (31) 優先権主張番号 13/958,287
 (32) 優先日 平成25年8月2日 (2013.8.2)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 507364838
 クアルコム、インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 カリフォルニア 921
 21 サンディエゴ モアハウス ドラ
 イブ 5775
 (74) 代理人 100108453
 弁理士 村山 靖彦
 (74) 代理人 100163522
 弁理士 黒田 晋平
 (72) 発明者 イゴール・チャルトコフ
 アメリカ合衆国・カリフォルニア・921
 21-1714-サン・ディエゴ・モアハ
 ウス・ドライブ・5775

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】スマートフォンを用いて質量を特定するための動的力検知

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

質量を推定するためのモバイルデバイスにおける方法であって、前記方法は、
 前記モバイルデバイスのディスプレイ上に物体を置くステップと、
 前記物体を搭載された前記モバイルデバイスを振動させるステップと、
 加速度計から直線加速度を特定することを含む、前記モバイルデバイスおよび前記物体
 の搭載時振動を測定するステップであって、前記モバイルデバイスは前記加速度計を備え
 る、測定するステップと、

結果として比較を行うために、自重振動を前記搭載時振動と比較するステップであって
 、前記自重振動は、測定した前記物体を搭載されない前記モバイルデバイスの振動を含む
 、比較するステップと、

前記比較から前記物体の前記質量を特定するステップとを含む、方法。

【請求項 2】

前記物体を用いることなく前記モバイルデバイスを振動させるステップと、
 前記物体を用いない前記自重振動を測定するステップとをさらに含む、請求項1に記載
 の方法。

【請求項 3】

前記物体と前記モバイルデバイスとの間にインターポーザを置くステップをさらに含み
 、および／または、
 前記モバイルデバイス上に前記物体を置くために前記モバイルデバイスの前記ディスプ

10

20

レイ上にターゲットエリアを表示するステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記自重振動を前記搭載時振動と比較するステップは、共振周波数を比較する、請求項1に記載の方法。

【請求項5】

前記自重振動を前記搭載時振動と比較するステップは、振幅を比較する、請求項1に記載の方法。

【請求項6】

前記物体の状態を受信するステップをさらに含み、

前記比較から前記質量を特定するステップは、前記物体の前記状態にさらに基づき、さらに、10

前記物体の前記状態は、固体、液体および粉末のうちの1つである、請求項1に記載の方法。

【請求項7】

前記モバイルデバイスは偏心モータを備え、前記物体を搭載された前記モバイルデバイスを振動させるステップは、前記偏心モータを起動するステップを含み、

前記物体を搭載された前記モバイルデバイスを振動させるステップは、パルス幅変調(PWM)を形成するために、前記偏心モータを繰り返し起動および停止するステップを含む、請求項1に記載の方法。20

【請求項8】

前記モバイルデバイスはスピーカを備え、前記物体を搭載された前記モバイルデバイスを振動させるステップは、前記スピーカから前記振動を生成するステップを含み、

前記物体を搭載された前記モバイルデバイスを振動させるステップは、パルス幅変調(PWM)を形成するために、前記スピーカからの振動の生成を繰り返し起動および停止するステップを含む、請求項1に記載の方法。30

【請求項9】

前記物体を搭載された前記モバイルデバイスを振動させるステップは、励振周波数を掃引するステップを含み、

前記物体を搭載された前記モバイルデバイスの搭載時共振周波数を特定するステップをさらに含み、さらに、30

結果として比較を行うために前記自重振動を前記搭載時振動と比較するステップは、前記物体を用いない前記モバイルデバイスの自重共振周波数と、前記物体を搭載された前記モバイルデバイスの前記搭載時共振周波数とを比較するステップを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項10】

前記物体を搭載された前記モバイルデバイスを振動させるステップは、偏心モータに種々の電圧を供給するステップを含み、または、

前記モバイルデバイスはスピーカを備え、前記物体を搭載された前記モバイルデバイスを振動させるステップは、前記スピーカに掃引周波数を供給するステップを含む、請求項1に記載の方法。40

【請求項11】

前記モバイルデバイスはジャイロスコープをさらに備え、前記モバイルデバイスおよび前記物体の前記搭載時振動を測定するステップは、前記ジャイロスコープから角加速度を特定するステップをさらに含み、

前記ジャイロスコープからの前記角加速度を用いて前記直線加速度を補償するステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項12】

前記モバイルデバイスおよび前記物体の前記搭載時振動を測定するステップは、マイクロフォンからの振幅および周波数信号を記録するステップを含み、前記モバイルデバイスは前記マイクロフォンを備え、および/または、50

前記比較から前記質量を特定するステップは、温度計から測定された前記モバイルデバイスの温度を計算に入れるステップをさらに含み、前記モバイルデバイスは前記温度計を備える、請求項1に記載の方法。

【請求項13】

質量を推定するためのモバイルデバイスにおける方法であって、前記方法は、
前記モバイルデバイスのディスプレイ上に物体を置くステップと、
前記物体を搭載された前記モバイルデバイスを振動させるステップと、
ジャイロスコープから角加速度を特定することを含む、前記モバイルデバイスおよび前記物体の搭載時振動を測定するステップであって、前記モバイルデバイスは前記ジャイロスコープをさらに備える、測定するステップと、

結果として比較を行うために、自重振動を前記搭載時振動と比較するステップであって、前記自重振動は、測定した前記物体を搭載されない前記モバイルデバイスの振動を含む、比較するステップと、

前記比較から前記物体の前記質量を特定するステップとを含む、方法。

【請求項14】

質量を推定するためのモバイルデバイスであって、前記モバイルデバイスは、
前記モバイルデバイスの表示するための手段上に物体を置くための表示するための手段と、

前記物体を搭載された前記モバイルデバイスを振動させるための手段と、
加速度計から直線加速度を特定することを含む、前記モバイルデバイスおよび前記物体の搭載時振動を測定するための手段であって、前記モバイルデバイスは前記加速度計を備える、測定するための手段と、

結果として比較を行うために、自重振動を前記搭載時振動と比較するための手段であって、前記自重振動は、測定した前記物体を搭載されない前記モバイルデバイスの振動を含む、比較するための手段と、

前記比較から前記物体の前記質量を特定するための手段とを備える、モバイルデバイス。

【請求項15】

モバイルデバイスが質量を推定するためのプログラムコードを記憶した非一時的コンピュータ可読記憶媒体であって、請求項1から13のいずれか一項に記載の方法を実行するためのプログラムコードを含む、非一時的コンピュータ可読記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、参照によりその全体が本明細書に組み込まれている、2013年8月2日に出願された「Dynamic force sensing to determine mass using a smartphone」と題する米国特許出願第13/958,287号の恩典および優先権を主張する。

【0002】

本開示は包括的には、質量を特定するためのシステム、装置および方法に関し、より詳細には、スマートフォンを用いて振動を加え、加速度を測定することによって物体の質量を特定することに関する。

【背景技術】

【0003】

物体の重量を特定するために、重量計は通常、物体によって静的センサに加えられる静的力を測定する。たとえば、体重計は通常、4つの静的センサを用いて、人の体重を測定する。4つのセンサにかかる力が総計され、結果として人の全体重が生成される。多くの場合に、小さな重量(たとえば、1オンス分解能で11ポンドまで)は、卓上サイズのセンサを用いて測定される。不都合なのは、必要なときに、卓上重量計が手近になければならないことである。専用の重量計の近くにいないときに、スマートフォンのような、よ

10

20

30

40

50

り容易に入手可能なデバイスを用いて物体の重さを量ることが望ましい。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0004】

モバイルデバイスによって物体の質量を推定するためのシステム、装置および方法が開示される。モバイルデバイスは、物体を搭載されないモバイルデバイスと物体を搭載されたモバイルデバイスの両方を振動させ、非搭載時振動と搭載時振動の両方を測定する。次に、モバイルデバイスは、非搭載時振動および搭載時振動を比較して、物体200の質量を特定する。

【0005】

いくつかの態様によれば、質量を推定するためのモバイルデバイスにおける方法が開示され、その方法は、物体を搭載されたモバイルデバイスを振動させることと、加速度計から直線加速度を特定することを含む、モバイルデバイスおよび物体の搭載時振動を測定することであって、モバイルデバイスは加速度計を備える、測定することと、結果として比較を行うために自重振動と搭載時振動とを比較することであって、自重振動は物体を搭載されないモバイルデバイスの振動の測定を含む、比較することと、比較から物体の質量を特定することとを含む。

10

【0006】

いくつかの態様によれば、質量を推定するためのモバイルデバイスにおける方法が開示され、その方法は、物体を搭載されたモバイルデバイスを振動させることと、ジャイロスコープから角加速度を特定することを含む、モバイルデバイスおよび物体の搭載時振動を測定することであって、モバイルデバイスはさらにジャイロスコープを備える、測定することと、結果として比較を行うために自重振動と搭載時振動とを比較することであって、自重振動は物体を搭載されないモバイルデバイスの振動の測定を含む、比較することと、比較から物体の質量を特定することとを含む。

20

【0007】

いくつかの態様によれば、質量を推定するためのモバイルデバイスが開示され、そのモバイルデバイスは、物体を搭載されるモバイルデバイスを振動させるように構成される振動ユニットと、加速度計を備え、加速度計からモバイルデバイスおよび物体の搭載時振動を測定するように構成される振動センサと、振動センサに結合され、結果として比較を行うために自重振動と搭載時振動とを比較するように構成される比較器であって、自重振動は物体を搭載されないモバイルデバイスの振動の測定を含む、比較器と、比較から質量を特定するように構成される特定ユニットとを備える。

30

【0008】

いくつかの態様によれば、質量を推定するためのモバイルデバイスが開示され、そのモバイルデバイスは、物体を搭載されたモバイルデバイスを振動させるための手段と、加速度計から直線加速度を特定することを含む、モバイルデバイスおよび物体の搭載時振動を測定するための手段であって、モバイルデバイスは加速度計を備える、測定するための手段と、結果として比較を行うために自重振動と搭載時振動とを比較するための手段であって、自重振動は物体を搭載されないモバイルデバイスの振動の測定を含む、比較するための手段と、比較から物体の質量を特定するための手段とを備える。

40

【0009】

いくつかの態様によれば、モバイルデバイスが質量を推定するためのプログラムコードをその上に記憶している非一時的コンピュータ可読記憶媒体が開示され、そのプログラムコードは、物体を搭載されたモバイルデバイスを振動させるためのプログラムコードと、加速度計から直線加速度を特定するためのプログラムコードを含む、モバイルデバイスおよび物体の搭載時振動を測定するためのプログラムコードであって、モバイルデバイスは加速度計を備える、測定するためのプログラムコードと、結果として比較を行うために自重振動と搭載時振動とを比較するためのプログラムコードであって、自重振動は物体を搭載されないモバイルデバイスの振動の測定を含む、比較するためのプログラムコードと、

50

比較から物体の質量を特定するためのプログラムコードとを含む。

【0010】

例として様々な態様を図示し説明する以下の詳細な説明から、当業者には他の態様が容易に明らかになることを理解されたい。図面および詳細な説明は、本質的に例示と見なされるべきであり、限定と見なされるべきではない。

【0011】

本発明の実施形態は、一例にすぎないが、図面を参照しながら説明される。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】慣性バランスを示す図である。

10

【図2】偏心モータを示す図である。

【図3】本発明のいくつかの実施形態による、偏心モータを備えるモバイルデバイスをモデル化した図である。

【図4】本発明のいくつかの実施形態による、物体を搭載された偏心モータを備えるモバイルデバイスをモデル化する図である。

【図5】本発明のいくつかの実施形態による、物体を搭載された偏心モータを備えるモバイルデバイスをモデル化する図である。

【図6】本発明のいくつかの実施形態による、非搭載システムの集中型モデルを示す図である。

【図7】本発明のいくつかの実施形態による、非搭載システムの集中型モデルを示す図である。

20

【図8】本発明のいくつかの実施形態による、非搭載モバイルデバイスと搭載モバイルデバイスの両方の場合の共振周波数を示すための周波数および振幅のプロット図である。

【図9】本発明のいくつかの実施形態による、エンベロープの種々の重量および対応する加速度を示す図である。

【図10】本発明のいくつかの実施形態による、モバイルデバイスと物体との間の位置にあるインターポーヴを示す図である。

【図11】本発明のいくつかの実施形態による、モバイルデバイスを示す図である。

【図12】本発明のいくつかの実施形態による、モバイルデバイスを示す図である。

【図13】本発明のいくつかの実施形態による、方法を示す図である。

30

【図14】本発明のいくつかの実施形態による、方法を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

添付の図面に関連して以下に記載される詳細な説明は、本開示の種々の態様の説明を意図しており、本開示を実践できる唯一の態様を表すことを意図していない。本開示において説明される各態様は、単に本開示の例または例示として提供されており、必ずしも他の態様より好ましいまたは有利であると解釈されるべきではない。詳細な説明は、本開示を完全に理解してもらうために、具体的な細部を含む。しかしながら、これらの特定の細部を用いることなく本開示を実践できることは、当業者には明らかであろう。場合によっては、本開示の概念を曖昧にするのを避けるために、周知の構造およびデバイスがブロック図の形で示される。頭字語および他の説明的な用語法は、単に便宜的に、そして明確にするために使用される場合があり、本開示の範囲を限定することは意図していない。

40

【0014】

本明細書において使用されるときに、モバイルデバイスは、セルラー電話、モバイル電話またはその他のワイヤレス通信デバイスのような移動局(MS)もしくはユーザ機器(UE)、パーソナル通信システム(PCS)デバイス、パーソナルナビゲーションデバイス(PND)、パーソナル情報マネジャ(PIM)、携帯情報端末(PDA)、ラップトップ、またはワイヤレス通信信号および/またはナビゲーション信号を受信することができるその他の適切なモバイルデバイスと呼ばれることがある。「モバイルデバイス」という用語は、衛星信号受信、支援データ受信、および/または位置関連処理がそのデバイスにおいて行われるか、またはパ

50

ーソナルナビゲーションデバイス(PND)において行われるかにかかわらず、短距離ワイヤレス、赤外線、有線接続、または他の接続などによって、PNDと通信するデバイスを含むことも意図している。さらに、「モバイルデバイス」は、衛星信号受信、支援データ受信、および/または、位置関連処理が、そのデバイスにおいて行われるか、サーバにおいて行われるか、またはネットワークに関連付けられる別のデバイスにおいて行われるかにかかわらず、たとえば、インターネット、WiFi、または他のネットワークを介してサーバと通信することができる、ワイヤレス通信デバイス、コンピュータ、ラップトップなどを含むすべてのデバイスを含むことも意図している。上記の任意の動作可能な組合せも、「モバイルデバイス」と見なされる。

【0015】

10

図1は、慣性バランス10を示す。慣性バランス10は、一端22において固定されるばね20(弓鋸刃など)からなる。他端24は質量W30を保持する。慣性バランス10は、振動の周波数を測定することによって、質量W30を測定する。振動の周波数f40は、質量の関数である。周波数と質量との間の変換は、較正中に観測することができる。代替的には、周波数fがばねの振動の振幅から独立しており、以下のように質量mおよび剛性kのみから求めることができる場合には、フックの法則を用いることができる。

【0016】

【数1】

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

20

【0017】

慣性バランス10は、少なくとも2つの既知の質量を用いて較正し、既知の質量ごとに関連付けられる振動の周波数を求めることができる。その後、未知の質量W30を測定するときに、較正結果から未知の質量を見つけるために、周波数カウントを補間または外挿することができる。

30

【0018】

スマートフォンは慣性バランス10を含まない。代わりに、標準的なモバイルデバイス100は多くの場合に、モバイルデバイス100を振動させるための偏心モータ112と、モバイルデバイス100の3次元(3D)直線加速度を測定するための加速度計122とを含む。振動ユニット110として偏心モータ112を、振動センサ120として加速度計122を用いるとき、本発明のいくつかの実施形態によれば、プロセッサ140は、自重重量を記録し、自重重量を搭載時重量と比較し、物体の推定質量を特定することができる。

【0019】

図2は、偏心モータ112を示す。偏心モータ112は、偏心回転質量振動モータ(ERM)とも呼ばれ、通常、スマートフォンの「サイレント」モードにおいて使用される。スマートフォンは、ウェブページを表示するための大型ディスプレイを含み、多くの場合に、メディアプレーヤ、カメラおよびGPSナビゲーションユニット、高解像度タッチスクリーン、ウェブページを表示するためのウェブブラウザ、およびWi-Fiトランシーバのうちの1つまたは複数を含む。標準的には、モータは平衡回転要素のみを含むが、偏心モータ112は、中心軸からオフセットして回転する偏心重量を含む。オフセット質量mの求心力は、偏心モータ112を強制的に変位させる。オフセット質量mが約60Hz～300Hzにおいて回転するとき、変位は振動として知覚される。入力駆動電圧を調整することによって、いくつかの偏心モータ112の回転速度を調整することができる。たとえば、電圧発生器または周波数発生器を用いて低レベルから高レベルまで様々に電圧レベルを変更する結果として、低い回転速度から高い回転速度まで周波数が掃引される。

40

50

【0020】

図3は、本発明のいくつかの実施形態による、偏心モータ112を備えるモバイルデバイス100をモデル化する。モバイルデバイス100は、質量Mを有し、偏心モータ112上のオフセット重量は質量mを有する。モバイルデバイス100の質量は、偏心モータ112のオフセット重量からの質量mを除く、すべての質量である。ニュートンの運動の第3法則によれば、モバイルデバイス100によって引き起こされる力 F_{100} は、オフセット質量によって引き起こされる力 F_{112} と逆符号で等しく($F_{100}=-F_{112}$)、 $MV_0=mv_0$ と書くことができ、ただし、 V_0 はモバイルデバイス100の瞬間速度と定義され、 v_0 は偏心質量の逆方向の瞬間速度と定義される。速度関係($MV_0=mv_0$)を微分して、加速度関係($MA_0=ma$)を形成することができる。ただし、 A_0 はモバイルデバイス100の加速度を表し、aは偏心質量mの逆方向の加速度を表す。
その図は、測定されるべき外部の重量を含まないので、このシステムにおいて加速度を測定することは、未知の外部質量の物体200を搭載されないモバイルデバイス100を測定する。モバイルデバイス100の0重量、自重重量または自重質量を特定することによって、加速度測定値を用いてシステムを較正することができる。

10

【0021】

図4および図5は、本発明のいくつかの実施形態による、物体200を搭載された偏心モータ112を備えるモバイルデバイス100をモデル化する。図4には、オフセット質量mの偏心モータ112を備える質量Mのモバイルデバイス100が示される。モバイルデバイス100は、質量 W_1 を有する物体200を搭載される。ここで、モバイルデバイス100および物体200の合成質量は、偏心モータ112の質量mに逆らって働く。モバイルデバイス100が物体200とともに移動すると仮定すると、それらの速度は同等である(V_1)。合成システムは($M+W_1$) $V_1=mv_1$ としてモデル化することができる。ここで、搭載システムは、偏心モータ112の質量mを含み、偏心モータ112は、 v_0 の速度において移動している非搭載システムにおいて反対に v_1 で移動する。搭載速度関係を微分して、搭載加速度関係 $\{(M+W_1)A_1=ma\}$ を形成することができる。ただし、 A_1 は搭載モバイルデバイス100の加速度を表し、aは偏心モータ112の質量mの加速度を表す。

20

【0022】

図5は、充填された物体202を示す。物体200がたとえば、質量 W_1 の空の容器である場合には、空の容器だけを搭載された空のシステムを再較正し、空のシステムを、充填された物体202を備える充填されたシステムに対する基準とすることによって、そのシステムを0重量、自重重量または自重質量のシステム(図4に示される)として用いることができる。空のシステムの合成質量は($M+W_1$)である。物体200が質量 W_2 によって満たされ、充填された物体202を形成するとき、搭載された質量($M+W_1+W_2$)を、この質量($M+W_1$)と比較して、内容物の質量 W_2 を特定することができる。再び、ニュートンの法則を適用すると、 $\{(M+W_1+W_2)V_2=mv_2\}$ によって表される搭載システムを微分して、結果として $\{(M+W_1+W_2)A_2=ma\}$ を形成することができる。ただし、 A_2 は搭載システムの加速度を表し、aは偏心モータ112の偏心質量mの加速度を表す。

30

【0023】

実際には、モバイルデバイス100において、速度ではなく、加速度が測定される。たとえば、加速度計122が、モバイルデバイス100の加速度 A_0 を測定する。モバイルデバイス100が硬い表面上に置かれると仮定すると、偏心質量mの加速度aは、未知数として式($MA_0=ma$)を用いて、既知数を用いて解くことができる($a=MA_0/m$)。ただし、モバイルデバイス100の質量Mおよび偏心モータ112の質量mはあらかじめわかっている。偏心モータ112が加速度計122と併置されると仮定すると、加速度 A_0 は加速度計122によって測定することができる。モバイルデバイス100が偏心モータ112とともに旋回または回転する場合には、ジャイロスコープ124を用いて、その回転を考慮することができ、加速度計の結果から除去することができます。それゆえ、非搭載システムは、偏心モータ112の加速度aを解くことによって較正することができる。

40

【0024】

質量 W_1 を搭載した後に、その搭載システムは式 $\{(M+W_1)A_1=ma\}$ によって表される。質量W

50

$W_1 = ma/A_1 - M$ として容易に解くことができる。ただし、質量mおよびMはあらかじめわかっており、加速度aは較正中に特定されており、加速度 A_1 は加速度計122によって測定される。物体200が空の容器である場合には、さらなる質量 W_2 は、 $\{(M+W_1+W_2) A_2 = ma\}$ から $W_2 = ma/A_2 - M - W_1$ として解くことができる。ただし、 A_2 は加速度計122によって現在測定されており、 W_1 は上記のように特定される。

【0025】

図6および図7は本発明のいくつかの実施形態による、非搭載システムの集中型モデルを示す図である。図6に示されるように、非搭載システムのモデルは、モバイルデバイス100の質量Mと、偏心モータ112の質量mと、減衰係数cと、フックの法則の弾性係数kと、重力による加速度gと、偏心質量mが中心軸からいかに外れているかを表す半径rと、偏心モータ112の角周波数 ω とを含む。図7に示されるように、以下の等式のための項が先に列挙された。

10

【0026】

【数2】

$$(M+m)\ddot{x} + c\dot{x} + kx = (M+m)g + mr\omega^2 \cdot \sin(\omega t)$$

【0027】

ただし、慣性力は以下の項によって表される。

20

【0028】

【数3】

$$(M+m)\ddot{x}$$

【0029】

減衰係数は以下の項によって表される。

【0030】

【数4】

30

$$c\dot{x}$$

【0031】

フックの法則の弾性は kx によって表され、重力による力は $(M+m)g$ によって表され、偏心モータ112の駆動力は $mr\omega^2 \sin(\omega t)$ によって表され、ただし、

【0032】

【数5】

40

$$\ddot{x}, \dot{x}$$

【0033】

およびxはそれぞれモバイルデバイス100の加速度、測定および位置を表しており、tは時間を表す。

【0034】

一定の周波数の振動の代わりに、偏心モータ112は、周波数の範囲にわたって掃引することができる。周波数の範囲にわたって掃引することによって、モバイルデバイス100の共振周波数を特定することができる。モバイルデバイス100が質量を変更するたびに(たと

50

えば、非搭載から搭載)、共振周波数が変化する。具体的には、モバイルデバイス100の共振周波数は、質量が増加するにつれて減少する。それゆえ、質量Mを有する非搭載モバイルデバイス100は、質量(M+W₁)を有する搭載モバイルデバイス100より高い共振周波数を有する。

【0035】

図8は、本発明のいくつかの実施形態による、非搭載モバイルデバイスと搭載モバイルデバイスの両方の場合の共振周波数を示すための周波数および振幅のプロット図である。質量Mおよび偏心モータ112を備える非搭載モバイルデバイス100が、周波数範囲にわたって掃引するとき、振動の振幅を加速度計122によって測定することができる。結果として非搭載モバイルデバイスのピーク測定値を生成する周波数が、共振周波数f₀を表す。質量(M+W₁)の搭載モバイルデバイス100が、周波数範囲にわたって掃引するとき、結果として搭載モバイルデバイスのピーク測定値を生成する周波数が、共振周波数f₁である。搭載モバイルデバイスの共振周波数f₁は、非搭載モバイルデバイスの共振周波数f₀より低い。共振周波数の差(f₀-f₁)は、質量W₁の指示として用いることができる。すなわち、差(f₀-f₁)は、質量W₁を特定するために、テーブルへのインデックスとして用いることができるか、または外挿/補間することができる。

【0036】

図9は、本発明のいくつかの実施形態による、エンベロープの種々の重量および対応する加速度を示す図である。実験データを用いて、加速度(m/s²)の変化の大きさが、エンベロープ重量の種々の点においてプロットされ、これらの点が1つの線で結ばれる。加速度は、3-D加速度計を用いて、以下の式からの個々の加速度測定値(a_x, a_y, a_z)から単一の加速度aとして計算された。

【0037】

【数6】

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

【0038】

エンベロープが、重量を量られるべき物体としての役割を果たした。状況によっては、測定されるべき物体とスマートフォンとの間にインターポーザが望まれることもある。たとえば、一般的な空の紙コップまたはプラスチックコップが、スマートフォンとエンベロープとの間のインターポーザとしての役割を果たすことができる。一般的に、インターポーザとして、任意の適切な物体を用いることができる。重量を量られるべき物体の質量の分解能がインターポーザの質量に匹敵する場合には、インターポーザを考慮するようにシステムを較正することができる。

【0039】

インターポーザは、(a)スマートフォンディスプレイへの視線を遮るのを防ぎ、(b)重量を量られるべき物体の(たとえば、エンベロープからの)たるみがスマートフォン付近の表面に触れるのを防ぐのに役に立つ場合がある。エンベロープは空の紙コップの上に置かれ、紙コップはスマートフォンの画面上に置かれた。紙コップの代わりに、プラスチックコップまたは発泡スチロールコップを用いることもできる。インターポーザが利用される場合、較正または自重測定手順(tarring procedure)は、インターポーザ質量を考慮する。

【0040】

図10は、本発明のいくつかの実施形態による、モバイルデバイスと物体との間の位置にあるインターポーザを示す図である。その図は、種々のエンベロープ重量に対する加速度計の感度を示す。外挿は、この実験において使用されたスマートフォンが、16オンス(oz.)より高い値に対して感度があり、5oz.未満の物体の重量を量る場合に極めて感度が高か

10

20

30

40

50

ったことを示す。

【0041】

図11および図12は、本発明のいくつかの実施形態による、モバイルデバイス100を示す。図11において、モバイルデバイス100は、バス130によって互いに接続される、偏心モータ112と、スピーカ114と、加速度計122と、ジャイロスコープ124と、マイクロフォン126と、プロセッサ140と、メモリ150と、ディスプレイ160と、ユーザ入力デバイス170と、温度計180とを含む。偏心モータ112およびスピーカ114の一方または両方を振動ユニット110として用いることができる。たとえば、スピーカ114を用いて、音を生成し、モバイルデバイス100を振動させることができる。加速度計122および/またはジャイロスコープ124および/またはマイクロフォン126は振動センサ120として用いることができる。たとえば、マイクロフォン126を用いて、振動ユニット110によって引き起こされた振幅信号を測定することができる。10

【0042】

上記の説明を簡略化するために、それぞれ単数の意味において、加速度計およびジャイロスコープへの参照が行われた。実際には、スマートフォンは、互いに直交する感度軸を有する3つの加速度計とも見なされる3次元加速度計を有し、3-D加速度計、または単に加速度計と呼ばれる場合もあり、X軸加速度計、Y軸加速度計およびZ軸加速度計を有する。同様に、スマートフォンは、互いに直交する感度軸を有する3つのジャイロスコープとも見なされる3-Dジャイロスコープも有し、3-Dジャイロスコープと呼ばれる場合もあり、X軸ジャイロスコープ、Y軸ジャイロスコープおよびZ軸ジャイロスコープを有する。20

【0043】

簡略化するために、上記の信号処理は、単軸加速度計(たとえば、Z軸加速度計)と単軸ジャイロスコープ(たとえば、X軸ジャイロスコープ)の両方を参照する。同様に、一連の慣性センサ測定値によって表されるような、合わせて6つの自由度を与える3-D加速度計および3-Dジャイロスコープが用いられる場合もある。

【0044】

図12において、モバイルデバイス100は、バス130によって接続される、振動ユニット110と、振動センサ120と、プロセッサ140とを含む。プロセッサ140は、比較器142および特定ユニット144を形成するためのソフトウェアモジュールまたはコードを含む。振動ユニット110は、物体200を搭載されたときにモバイルデバイス100を振動させるように構成される。また、振動ユニット110は、たとえば、較正中に搭載されないとときに、モバイルデバイス100を振動させるように構成することもできる。代替的には、較正值を工場においてモバイルデバイス100に記憶することができる。振動センサ120は、モバイルデバイス100および物体200の搭載時振動を測定するように構成される。また、振動センサ120は、モバイルデバイス100だけの非搭載時振動すなわち自重振動を測定するように構成することもできる。比較器142は、振動センサ120に結合され、結果として比較を行うために自重振動を搭載時振動と比較するように構成される。その比較は、振幅の差、または共振周波数の差とすることができる。特定ユニット144は、比較から質量を特定するように構成される。たとえば、特定ユニット144は、比較からの差に基づいて、質量を補間し、外挿し、かつ/または探索することができる。30

【0045】

図13および図14は、本発明のいくつかの実施形態による、方法300を示す。第1の図は、物体200を用いない較正プロセスを示し、第2の図は、質量 W_1 を有する物体200を搭載されたプロセスを示す。図13では、310において、プロセッサ140は、振動ユニット110に、モバイルデバイス100を振動させる。この時点で、モバイルデバイス100は非搭載であり、物体200を用いない。320において、プロセッサ140は、振動センサ120に、物体200を用いないモバイルデバイス100の非搭載時振動すなわち自重振動を測定させる。この自重振動は、物体200を搭載しないモバイルデバイス100の較正である。330において、ユーザがモバイルデバイス100上に物体200を置く。40

【0046】

50

図14では、340において、プロセッサ140は、振動ユニット110に、物体200を搭載されたモバイルデバイス100を振動させる。350において、プロセッサ140は、振動センサ120に、物体200を搭載されたモバイルデバイス100の搭載時振動を測定させる。360において、プロセッサ140は、比較器142に、自重振動と搭載時振動とを比較させる。たとえば、プロセッサ140は、比較結果を形成するために、振幅または数波数の差を比較する。370において、プロセッサ140は、特定ユニット144を用いて、比較結果から質量を特定する。

【0047】

プロセッサ140は、特定の較正曲線に従って加速度測定値を調整することができる。加速度測定値は、較正曲線に応じて、多かれ少なかれ増幅することができる。較正曲線は、温度計180によって測定された周囲温度と、ジャイロスコープ124からの角加速度測定値と、振動センサ120に対する振動ユニット110の位置と、モバイルデバイス100の周囲のケーシングと、モバイルデバイスが載置される表面と、重量を量られる物体200のタイプとを考慮する。較正曲線はデバイスのカテゴリ、特定のデバイスモデルまたは特定の個々のデバイスにカスタマイズすることができる。較正曲線は、平均温度に対して設定することができるか、または温度の関数とすることができる。

【0048】

たとえば、ハードカバーを有するモバイルデバイス100の周囲のケーシングは、ソフトカバーより必要とする調整が少ない。ユーザが、物体200のタイプまたは状態(たとえば、固体、液体または粉末)、ケーシングのタイプ(たとえば、ソフト、ハード、ケーシングなし)、および/またはモバイルデバイス100が置かれた表面のタイプを入力するように促される場合がある。いくつかの実施形態では、ユーザは、ディスプレイ160の表面上の物体200を置く場所を指示される。すなわち、プロセッサ140は、モバイルデバイス100のディスプレイ160上に、物体200またはインターポーラを置くためのターゲットエリアを描画する。

【0049】

いくつかの実施形態では、物体200を搭載されたモバイルデバイス100を振動させることは、パルス幅変調(PWM)を形成するために、モバイルデバイス100内の偏心モータ112を繰り返し起動および停止することを含む。

【0050】

本明細書において説明される方法は、適用例に応じて種々の手段によって実現することができる。たとえば、これらの方法は、ハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア、またはそれらの任意の組合せにおいて実現することができる。ハードウェア実施態様の場合、各処理ユニットは、本明細書に記載された機能を実行するように設計された、1つもしくは複数の特定用途向け集積回路(ASIC)、デジタルシグナルプロセッサ(DSP)、デジタル信号処理デバイス(DSPD)、プログラマブル論理デバイス(PLD)、フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)、プロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、マイクロプロセッサ、電子デバイス、他の電子ユニット、またはそれらの組合せにおいて実現することができる。

【0051】

ファームウェアおよび/またはソフトウェア実施態様の場合、本方法は、本明細書において説明された機能を実行するモジュール(たとえば、手順、関数など)で実施することができる。本明細書において説明される方法を実施する際に、命令を明白に具現する任意の機械可読媒体を使用することもできる。たとえば、ソフトウェアコードは、メモリに記憶することができ、プロセッサユニットによって実行することができる。メモリは、プロセッサユニット内に、または、プロセッサユニット外に実装することができる。本明細書において使用されるときに、「メモリ」という用語は、任意のタイプの長期メモリ、短期メモリ、揮発性メモリ、不揮発性メモリ、または他のメモリを指し、任意の特定のタイプのメモリもしくはメモリ数、またはメモリが記憶される媒体のタイプに限定されべきではない。

【0052】

10

20

30

40

50

ファームウェアおよび/またはソフトウェアにおいて実施される場合、これらの機能は、コンピュータ可読媒体上に1つもしくは複数の命令またはコードとして記憶することができる。これらの例は、データ構造により符号化されたコンピュータ可読媒体およびコンピュータプログラムにより符号化されたコンピュータ可読媒体を含む。コンピュータ可読媒体は、物理的なコンピュータ記憶媒体を含む。記憶媒体は、コンピュータによってアクセスできる任意の入手可能な媒体とすることができます。例であって、限定はしないが、そのようなコンピュータ可読媒体は、RAM、ROM、EEPROM、CD-ROMもしくはそれ以外の光ディスクストレージ、磁気ディスクストレージもしくはそれ以外の磁気ストレージデバイス、または命令またはデータ構造の形式で所望のプログラムコードを記憶するために用いることができ、かつコンピュータによってアクセスできる任意の他の媒体を含むことができ、disk(ディスク)およびdisc(ディスク)は、本明細書で用いられるときに、コンパクトディスク(CD)、レーザディスク、光ディスク、デジタルバーサタイルディスク(DVD)、フロッピディスクおよびブルーレイディスクを含み、diskは、通常、データを磁気的に再生し、一方、discは、レーザを用いてデータを光学的に再生する。上記の組合せもコンピュータ可読媒体の範囲の中に含まれるべきである。

【0053】

コンピュータ可読媒体に記憶することに加えて、命令および/またはデータは、通信装置に含まれる伝送媒体において信号として与えることができる。たとえば、通信装置は、命令およびデータを示す信号を有するトランシーバを含むことができる。命令およびデータは、1つまたは複数のプロセッサに、特許請求の範囲において概説される機能を実施させるように構成される。すなわち、通信装置は、開示される機能を実行するための情報を示す信号を有する送信媒体を含む。最初は、通信装置に含まれる送信媒体は、開示された機能を実行するための情報の第1の部分を含むことができ、2度目は、通信装置に含まれる送信媒体は、開示された機能を実行するための情報の第2の部分を含むことができる。

【0054】

開示された態様のこれまでの説明は、任意の当業者が、本開示を実施または使用できるようにするために提供される。これらの態様への種々の変更は当業者には容易に明らかになり、本明細書において規定された一般原理は、本開示の趣旨または範囲から逸脱することなく他の態様に適用することができる。

【符号の説明】

【0055】

- 10 慣性バランス
- 20 ばね
- 22 一端
- 24 他端
- 30 質量
- 40 振動の周波数
- 100 モバイルデバイス
- 110 振動ユニット
- 112 偏心モータ
- 114 スピーカ
- 120 振動センサ
- 122 加速度計
- 124 ジャイロスコープ
- 126 マイクロフォン
- 130 バス
- 140 プロセッサ
- 142 比較器
- 144 特定ユニット
- 150 メモリ

10

20

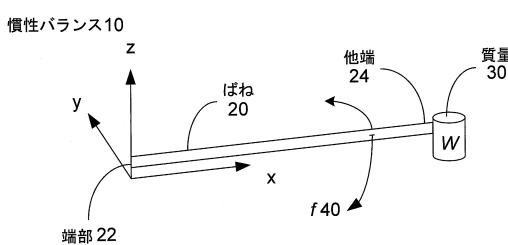
30

40

50

- 160 ディスプレイ
 170 ユーザ入力デバイス
 180 温度計
 200 物体
 202 充填された物体

【図1】



【図2】

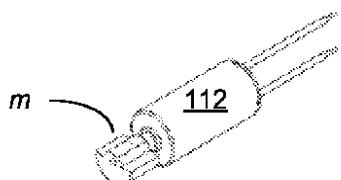
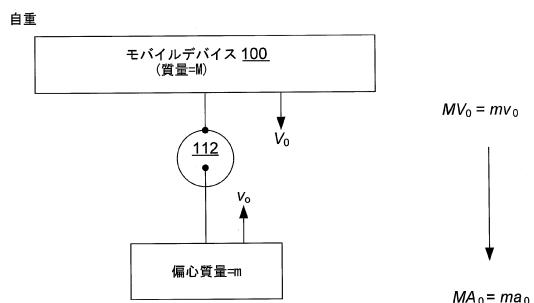
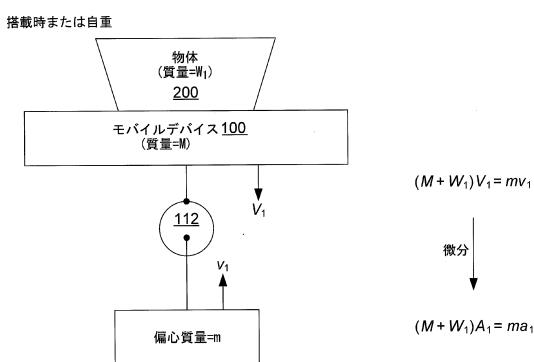


FIG. 2

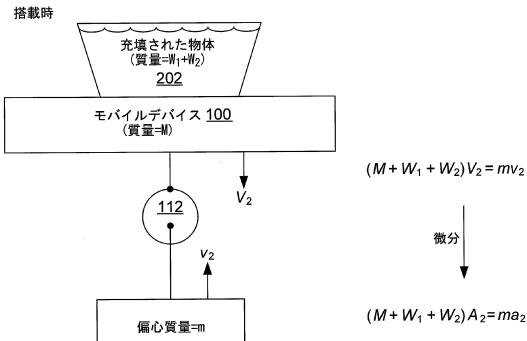
【図3】



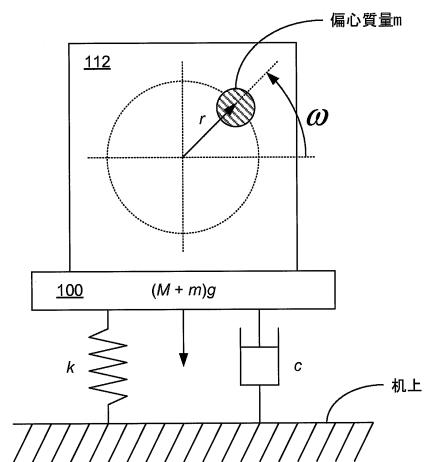
【図4】



【図5】



【図6】



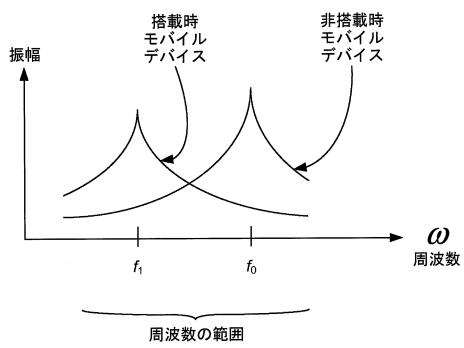
【図7】

$$(M+m)\ddot{x} + c\dot{x} + kx = (M+m)g + mr\omega^2 \cdot \sin(\omega t)$$

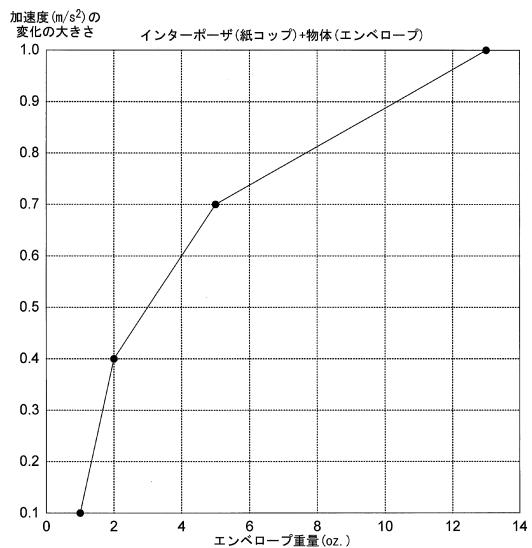
Diagram illustrating the components of the differential equation of motion:

- 惯性力** (Inertial force): $(M+m)\ddot{x}$
- 減衰** (Damping): $c\dot{x}$
- フックの弾性** (Hooke's Elasticity): kx
- 重力** (Gravity): $(M+m)g$
- 駆動力** (Driving Force): $mr\omega^2 \cdot \sin(\omega t)$

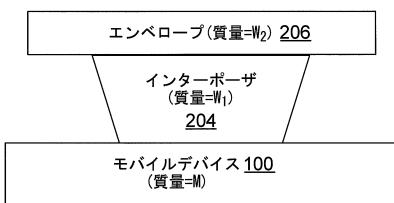
【図8】



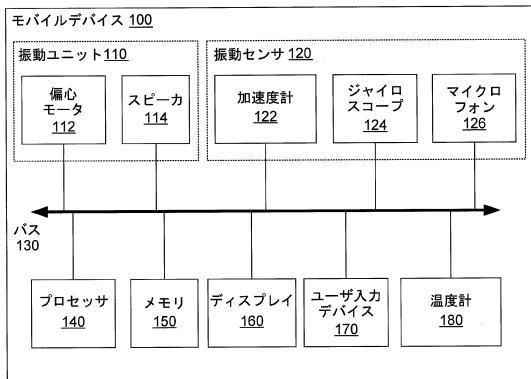
【図9】



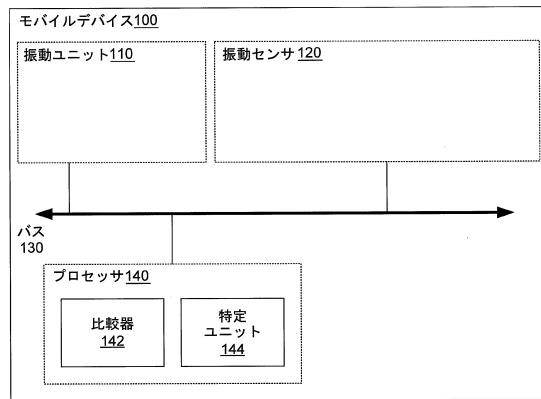
【図10】



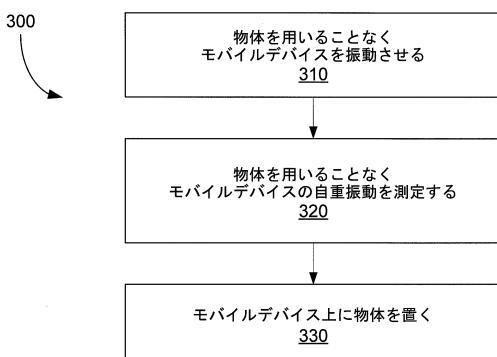
【図11】



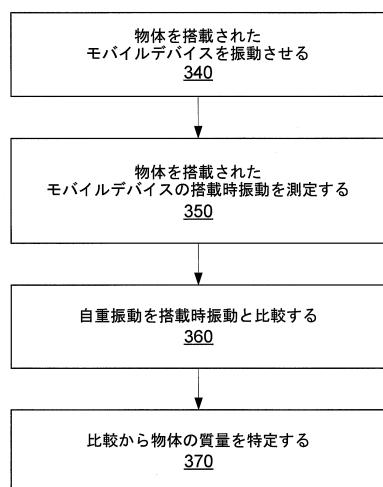
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 シディカ・パルラク・ポラトカン
アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121-1714・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライ
ヴ・5775

審査官 細見 斎子

(56)参考文献 特開2004-271507(JP,A)
特開平03-096822(JP,A)
実開平05-003940(JP,U)
特開2011-217337(JP,A)
米国特許出願公開第2012/0222905(US,A1)
特表2013-507059(JP,A)
特開平08-043185(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 01 G	9 / 00
G 01 G	19 / 52
G 01 G	3 / 16
G 01 P	15 / 00 - 15 / 08
H 04 M	1 / 00, 1 / 24 - 1 / 82
G 06 F	3 / 03, 3 / 04 - 3 / 047