

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5997701号
(P5997701)

(45) 発行日 平成28年9月28日(2016.9.28)

(24) 登録日 平成28年9月2日(2016.9.2)

(51) Int.Cl. F 1
GO 1 M 1/12 (2006.01) GO 1 M 1/12

請求項の数 7 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2013-540800 (P2013-540800)	(73) 特許権者	504196300 国立大学法人東京海洋大学 東京都港区港南4丁目5番7号
(86) (22) 出願日	平成24年10月24日(2012.10.24)	(74) 代理人	100097113 弁理士 堀 城之
(86) 国際出願番号	PCT/JP2012/077437	(74) 代理人	100162363 弁理士 前島 幸彦
(87) 国際公開番号	W02013/061989	(72) 発明者	渡邊 豊 東京都江東区越中島二丁目1-6 国立大 学法人東京海洋大学内
(87) 国際公開日	平成25年5月2日(2013.5.2)		
審査請求日	平成27年8月27日(2015.8.27)	審査官	福田 裕司
(31) 優先権主張番号	特願2011-235073 (P2011-235073)		
(32) 優先日	平成23年10月26日(2011.10.26)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 重心検出システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検出対象物が載置される載置板と、
弾性力を有して前記載置板を支持する支持手段と、
前記載置板に対して垂直な上下方向の前記被検出対象物の往復運動を検出する上下方向
検出手段と、

前記載置板に対して平行なロール方向揺動中心軸を中心とする前記被検出対象物の単振
子運動を検出するロール方向検出手段と、

重力が作用するZ軸方向及び前記ロール方向揺動中心軸とそれぞれ直交するX軸方向へ
の前記載置板の移動を規制するX軸方向規制手段と、

前記上下方向検出手段及び前記ロール方向検出手段の検出結果に基づいて、前記上下方
向における前記ロール方向揺動中心軸から前記被検出対象物の重心までの重心高さを算出
するデータ処理手段とを具備することを特徴とする重心検出システム。

【請求項 2】

前記データ処理手段は、前記上下方向検出手段及び前記ロール方向検出手段の検出結果
に基づいて、前記上下方向及び前記ロール方向揺動中心軸とそれぞれ直交する左右方向に
おける前記ロール方向揺動中心軸から前記被検出対象物の重心までの重心位置を算出する
ことを特徴とする請求項 1 記載の重心検出システム。

【請求項 3】

前記上下方向及び前記ロール方向揺動中心軸とそれぞれ直交するピッチ方向揺動中心軸

10

20

を中心とする前記被検出対象物の単振り運動を検出するピッチ方向検出手段と、

重力が作用する Z 軸方向及び前記ピッチ方向揺動中心軸とそれぞれ直交する Y 軸方向への前記載置板の移動を規制する Y 軸方向規制手段とを具備し、

前記データ処理手段は、前記上下方向検出手段、及び前記ピッチ方向検出手段の検出結果に基づいて、前記載置板上における前記被検出対象物の重心位置を算出することを特徴とする請求項 2 記載の重心検出システム。

【請求項 4】

前記載置板は、前記ロール方向揺動中心軸及び前記ピッチ方向揺動中心軸に対して線対称な形状であることを特徴とする請求項 3 記載の重心検出システム。

【請求項 5】

前記支持手段は、同一の弾性力を有する複数のバネ手段からなり、

前記バネ手段は、前記ロール方向揺動中心軸及び前記ピッチ方向揺動中心軸を挟んで線対称に配置されていることを特徴とする請求項 4 記載の重心検出システム。

【請求項 6】

前記 X 軸方向規制手段は、前記載置板の両端から突出して形成された前記ロール方向揺動中心軸と、前記ロール方向揺動中心軸の両端の前記 X 軸方向への移動をそれぞれ規制する一対の X 軸規制用ガイド手段とからなり、

前記 Y 軸方向規制手段は、前記載置板の両端から突出して形成された前記ピッチ方向揺動中心軸と、前記ピッチ方向揺動中心軸の両端の前記 Y 軸方向への移動をそれぞれ規制する一対の Y 軸規制用ガイド手段とからなることを特徴とする請求項 5 記載の重心検出システム。

【請求項 7】

被検出対象物が載置される載置板と、

弾性力を有して前記載置板を支持する支持手段と、

前記載置板に対して垂直な上下方向の前記被検出対象物の往復運動を検出する上下方向検出手段と、

前記載置板に対して平行なロール方向揺動中心軸を中心とする前記被検出対象物の単振り運動を検出するロール方向検出手段と、

前記上下方向及び前記ロール方向揺動中心軸とそれぞれ直交するピッチ方向揺動中心軸を中心とする前記被検出対象物の単振り運動を検出するピッチ方向検出手段と、

前記載置板の中心の動きを前記上下方向に規制する移動方向規制手段と、

前記上下方向検出手段及び前記ロール方向検出手段の検出結果に基づいて、前記上下方向における前記ロール方向揺動中心軸から前記被検出対象物の重心までの重心高さと同前記載置板上における前記被検出対象物の重心位置とを算出するデータ処理手段とを具備することを特徴とする重心検出システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被検知対象物の重心を検出する重心検出システムに係り、特に載置板に載置された被検知対象物を揺動させることで重心を検出する重心検出システムに関する。

【背景技術】

【0002】

本件発明者は、先の出願（特許文献 1 参照）において、積載状態が不明なコンテナ貨物の 3 次元空間上の重心位置を検出する重心検出装置を提案している。特許文献 1 に示されている重心検出装置は、コンテナ貨物車両の縦揺れ及び横揺れを検出する揺動検出器と、演算ユニットとを備えている。揺動検出器によって検出された縦揺れを、コンテナ貨物車両の重心を質点とした上下（自重）方向の往復運動に対応させると共に、揺動検出器によって検出された横揺れを、コンテナ貨物車両の車軸を支点とし、コンテナ貨物車両の重心を質点としたロール方向の単振り運動に対応させ、演算ユニットによって演算することで、コンテナ貨物車両の重心位置を導くように構成されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

特許文献 1 に示されている重心検出技術は、図 1 1 に示すような重心検出モデルに基づくものである。ここで、図 1 1 に示す重心検出モデルでは、車軸が揺動中心軸に対応し、ばね構造体間の幅「 b 」、重力加速度「 g 」、円周率「 π 」、上下方向の縦揺れ周波数「 ν 」、ロール方向の横揺れ周波数「 V 」及び中心角度「 θ 」から、車軸からコンテナ貨物車両（被検知対象物）の重心 W までの上下方向の重心高さ「 l （スモールエル）」及び車軸からコンテナ貨物車両の重心 W までの左右方向の重心位置「 s 」を求めることができる。従って、揺動検出器によってコンテナ貨物車両の縦揺れ及び横揺れを検出して、上下方向の縦揺れ周波数「 ν 」、ロール方向の横揺れ周波数「 V 」及び中心角度「 θ 」を求めることで、車軸からコンテナ貨物車両（被検知対象物）の重心 W までの上下方向の重心高さ「 l （スモールエル）」及び車軸からコンテナ貨物車両の重心 W までの左右方向の重心位置「 s 」を算出することが可能になる。なお、中心角度「 θ 」は、図 1 1 に示すように車軸を通る垂直中心ラインと、横揺れの中心を示す横揺れ中心ラインとの間のなす角であり、揺動検出器によってコンテナ貨物車両の横揺れを検出することで求めることができる。

10

【 0 0 0 4 】

この重心検出モデルを用いて、コンテナ貨物車両に限ることなく様々な被検出対象物の重心を検出することができる汎用性の高い重心検出装置の構築が望まれる。この重心検出モデルを用いることで、不定形で重量も不明な被検出対象物であっても重心位置をわずかに数秒で検出することができ、応用できる分野も無数となり産業上の価値は計り知れない。例えば卓上型のコンパクトな重心検出装置を構築できれば、手押し台車に載せて使うこともできて、とても便利であるし、装置製作に必要な原材料もごく低廉になる。

20

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 特許第 4 5 1 7 1 0 7 号

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

しかしながら、図 1 1 に示す重心検出モデルを単純に適用したのみでは、コンテナ貨物車両以外の被検出対象物の重心を正確に検出することができないという問題点があった。

30

【 0 0 0 7 】

本発明の目的は、上記問題点に鑑み、従来技術の問題を解決し、コンテナ貨物車両に限ることなく様々な被検出対象物の重心を正確に検出することができる汎用性の高い重心検出システムを提供することにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

本発明の重心検出システムは、被検出対象物が載置される載置板と、弾性力を有して前記載置板を支持する支持手段と、前記載置板に対して垂直な上下方向の前記被検出対象物の往復運動を検出する上下方向検出手段と、前記載置板に対して平行なロール方向揺動中心軸を中心とする前記被検出対象物の単振り運動を検出するロール方向検出手段と、重力が作用する Z 軸方向及び前記ロール方向揺動中心軸とそれぞれ直交する X 軸方向への前記載置板の移動を規制する X 軸方向規制手段と、前記上下方向検出手段及び前記ロール方向検出手段の検出結果に基づいて、前記上下方向における前記ロール方向揺動中心軸から前記被検出対象物の重心までの重心高さを算出するデータ処理手段とを具備することを特徴とする。

40

さらに、本発明の重心検出システムにおいて、前記データ処理手段は、前記上下方向検出手段及び前記ロール方向検出手段の検出結果に基づいて、前記上下方向及び前記ロール方向揺動中心軸とそれぞれ直交する左右方向における前記ロール方向揺動中心軸から前記被検出対象物の重心までの重心位置を算出するようにしても良い。

さらに、本発明の重心検出システムにおいて、前記上下方向及び前記ロール方向揺動中

50

心軸とそれぞれ直交するピッチ方向揺動中心軸を中心とする前記被検出対象物の単振り運動を検出するピッチ方向検出手段と、重力が作用するZ軸方向及び前記ピッチ方向揺動中心軸とそれぞれ直交するY軸方向への前記載置板の移動を規制するY軸方向規制手段とを具備し、前記データ処理手段は、前記上下方向検出手段、及び前記ピッチ方向検出手段の検出結果に基づいて、前記載置板上における前記被検出対象物の重心位置を算出するようにしても良い。

さらに、本発明の重心検出システムにおいて、前記載置板は、前記ロール方向揺動中心軸及び前記ピッチ方向揺動中心軸に対して線対称な形状であっても良い。

さらに、本発明の重心検出システムにおいて、前記支持手段は、同一の弾性力を有する複数のバネ手段からなり、前記バネ手段は、前記ロール方向揺動中心軸及び前記ピッチ方向揺動中心軸を挟んで線対称に配置しても良い。

さらに、本発明の重心検出システムにおいて、前記X軸方向規制手段は、前記載置板の両端から突出して形成された前記ロール方向揺動中心軸と、前記ロール方向揺動中心軸の両端の前記X軸方向への移動をそれぞれ規制する一対のX軸規制用ガイド手段とからなり、前記Y軸方向規制手段は、前記載置板の両端から突出して形成された前記ピッチ方向揺動中心軸と、前記ピッチ方向揺動中心軸の両端の前記Y軸方向への移動をそれぞれ規制する一対のY軸規制用ガイド手段とからなるようにしても良い。

また、本発明の重心検出システムは、被検出対象物が載置される載置板と、弾性力を有して前記載置板を支持する支持手段と、前記載置板に対して垂直な上下方向の前記被検出対象物の往復運動を検出する上下方向検出手段と、前記載置板に対して平行なロール方向揺動中心軸を中心とする前記被検出対象物の単振り運動を検出するロール方向検出手段と、前記上下方向及び前記ロール方向揺動中心軸とそれぞれ直交するピッチ方向揺動中心軸を中心とする前記被検出対象物の単振り運動を検出するピッチ方向検出手段と、前記載置板の中心の動きを前記上下方向に規制する移動方向規制手段と、前記上下方向検出手段及び前記ロール方向検出手段の検出結果に基づいて、前記上下方向における前記ロール方向揺動中心軸から前記被検出対象物の重心までの重心高さと同様に前記載置板上における前記被検出対象物の重心位置とを算出するデータ処理手段とを具備することを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、被検出対象物が載置される載置板と、弾性力を有して載置板を支持する支持手段と、載置板に対して垂直な上下方向の被検出対象物の往復運動を検出する上下方向検出手段と、載置板に対して平行なロール方向揺動中心軸を中心とする被検出対象物の単振り運動を検出するロール方向検出手段と、重力が作用するZ軸方向及びロール方向揺動中心軸とそれぞれ直交するX軸方向への載置板の移動を規制するX軸方向規制手段と、上下方向検出手段及びロール方向検出手段の検出結果に基づいて、上下方向におけるロール方向揺動中心軸から被検出対象物の重心までの重心高さを算出するデータ処理手段とを設けることにより、載置板に被検出対象物を載置して、外乱を作用させるだけで被検出対象物の重心高さを正確に検出することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明に係る重心検出システムの第1の実施の形態の構成を示す斜視図である。

【図2】図1に示す振動検出装置の側面図である。

【図3】図2に示す載置板の形状及びバネの配置を説明するための説明図である。

【図4】図1に示すデータ処理装置の構成を示すブロック図である。

【図5】図1に示す振動検出装置の動作を説明するための説明図である。

【図6】図1に示すガイド部を設けない場合の振動検出装置の動作を説明するための説明図である。

【図7】本発明に係る重心検出システムの第1の実施の形態において図4に示す報知部に出力される報知画面例を示す図である。

【図8】本発明に係る重心検出システムの第2の実施の形態に用いられる振動検出装置の

10

20

30

40

50

構成を示す斜視図である。

【図 9】本発明に係る重心検出システムの第 2 の実施の形態において図 4 に示す報知部へ出力される報知画面例を示す図である。

【図 10】図 8 に示す X 軸規制用ガイド部及び Y 軸規制用ガイド部の他の実施例を示す斜視図である。

【図 11】従来の重心検出モデルを説明するための説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

次に、本発明の実施の形態を、図面を参照して具体的に説明する。

【0012】

(第 1 の実施の形態)

第 1 の実施の形態の重心検出システムは、図 1 を参照すると、振動検出装置 1 と、データ処理装置 3 とを備えている。振動検出装置 1 は、被検出対象物が載置される載置板 10 を備え、載置板 10 に載置された被検出対象物の揺動（固有振動）を検出する。データ処理装置 3 は、パーソナルコンピュータ等の情報処理装置であり、振動検出装置 1 によって検出された被検出対象物の揺動（固有振動）に基づいて被検出対象物の重心高さ及び重心位置を求める。

【0013】

振動検出装置 1 は、図 1 及び図 2 を参照すると、被検出対象物が載置される載置板 10 と、底板 11 に植設され、載置板 10 を支えるバネ 12 とを備えている。なお、図 2 (a) は、振動検出装置 1 を図 1 に示す X 軸方向から見た側面図であり、図 2 (b) は、振動検出装置 1 を図 1 に示す Y 軸方向から見た側面図である。

【0014】

載置板 10 は、図 1 及び図 3 を参照すると、被検出対象物が載置される載置平面として機能する平面を有する矩形状の板である。載置板 10 には、載置平面と平行なロール方向揺動中心軸 16 が、載置板 10 の両端から突出するように形成されている。なお、図 3 は、載置板 10 を裏面側から見た図である。載置板 10 としては、木材やプラスチック等の任意の素材を用いることができるが、被検出対象物に対して十分に軽量であることが望ましい。載置板 10 は、重量分布が均一な平板であると共に、ロール方向揺動中心軸 16 に対して線対称な形状に構成されている。従って、載置板 10 における載置平面上の重心は、ロール方向揺動中心軸 16 上に位置する。

【0015】

なお、本実施の形態では、図 1 に示すように、載置板 10 の載置平面に対して垂直な方向を上下方向、ロール方向揺動中心軸 16 に平行な方向を前後方向、載置板 10 の載置平面に対して平行且つロール方向揺動中心軸 16 と直交する方向を左右方向とする。また、重力が作用する自重方向を Z 軸方向、Z 軸方向及び前後方向とそれぞれ直交する方向を X 軸方向、Z 軸方向及び左右方向とそれぞれ直交する方向を Y 軸方向とし、載置板 10 が水平な状態では、上下方向と Z 軸方向とが、前後方向と Y 軸方向とが、左右方向と X 軸方向とがそれぞれ一致する。

【0016】

バネ 12 は、弾性力を有して載置板 10 を支持する支持手段として機能し、ロール方向揺動中心軸 16 を挟んだ両側を同じ弾性力で支持するように構成されている。第 1 の実施の形態では、同一の弾性力を有するコイル状の圧縮バネであるバネ 12 が矩形状の載置板 10 の四隅にそれぞれ配置されており、図 2 (a)、(b) に示すように、被検出対象物が載置されていない状態の載置板 10 が水平に支持される。このように、同一の弾性力を有するバネ 12 をロール方向揺動中心軸 16 に対して線対称に配置することにより、載置板 10 のロール方向揺動中心軸 16 を挟んだ両側を同じ弾性力で支持することができる。なお、バネ 12 は、コイル状の圧縮バネに限定されることなく、板バネや、空気バネ等を用いるようにしても良い。また、載置板 10 のロール方向揺動中心軸 16 を挟んだ両側を同じ弾性力で支持できるのであれば、ロール方向揺動中心軸 16 を挟んで異なる弾性力を

10

20

30

40

50

有するバネ 1 2 を配置したり、異なる個数のバネ 1 2 を配置したりしても良い。さらに、ロール方向揺動中心軸 1 6 上に配置させた 1 個もしくは複数のバネ 1 2 (例えば、径の大きいコイル状の圧縮バネや空気バネ等) によって、載置板 1 0 のロール方向揺動中心軸 1 6 を挟んだ両側を同じ弾性力で支持させるように構成しても良い。

【 0 0 1 7 】

載置板 1 0 の裏面には、加速度センサ 1 3 と角速度センサ 1 4 とが設けられている。加速度センサ 1 3 は、上下 (自重) 方向 (図 1 に示す Z 軸方向) の加速度、すなわち上下方向の縦揺れ (揺動) を検知するように感度軸が調整されている。また、角速度センサ 1 4 は、ロール方向揺動中心軸 1 6 を中心とした回転方向の角速度、すなわちロール方向揺動中心軸 1 6 を中心としたロール方向の横揺れ (揺動) を検知するように感度軸が調整されている。加速度センサ 1 3 及び角速度センサ 1 4 には、特に限定はなく、例えば水晶音叉式のセンサや振動式のセンサを用いることができ、加速度センサ 1 3 及び角速度センサ 1 4 として 3 軸 (3 次元) の角速度センサを用いても良い。

10

【 0 0 1 8 】

底板 1 1 には、ロール方向揺動中心軸 1 6 の両端部の動きをそれぞれ規制する一对の X 軸規制用ガイド部 2 1 が設けられている。X 軸規制用ガイド部 2 1 には、Z 軸方向 (自重方向) を長手方向とする長穴が形成されており、ロール方向揺動中心軸 1 6 の両端部が対象位置にある X 軸規制用ガイド部 2 1 のそれぞれの長穴に嵌合されている。これにより、ロール方向揺動中心軸 1 6 は、X 軸規制用ガイド部 2 1 の長穴に沿って移動されるため、載置板 1 0 は、X 軸方向の動きが規制された状態で、上下方向の縦揺れ (揺動) と、ロール方向揺動中心軸 1 6 を中心としたロール方向の横揺れ (揺動) とが可能な状態となる。

20

【 0 0 1 9 】

また、底板 1 1 には、バネ 1 2 と干渉しない位置に A / D (アナログ / デジタル) 変換器 1 5 が設けられている。A / D 変換器 1 5 は、加速度センサ 1 3 及び角速度センサ 1 4 から出力されるアナログ信号 (検出結果) をデジタル信号に変換してデータ処理装置 3 に出力する。

【 0 0 2 0 】

データ処理装置 3 は、図 4 を参照すると、マイクロプロセッサ等からなる演算部 3 1 と、ROM (リードオンリーメモリ) や RAM (ランダムアクセスメモリ) 等からなる記憶部 3 2 と、キーボード等の操作部 3 3 と、液晶ディスプレイやスピーカ等の報知部 3 4 と、受信部 3 5 とを備え、各部はバス 3 6 によって接続されている。

30

【 0 0 2 1 】

記憶部 3 2 には、重心位置を導くための演算プログラムや、当該演算に必要な各種の入力用の定数が記憶されている。演算部 3 1 は、操作部 3 3 からの演算指示に基づいて、一定期間、加速度センサ 1 3 及び角速度センサ 1 4 から出力を記憶部 3 2 に記憶させる。次に、演算部 3 1 は、記憶部 3 2 に記憶されている演算プログラムに従って、記憶部 3 2 に記憶した加速度センサ 1 3 及び角速度センサ 1 4 から出力を演算することで、載置板 1 0 に載置された被検出対象物の重心位置を算出する。演算部 3 1 によって算出された被検出対象物の重心位置は、報知部 3 4 から表示通知や音声通知として出力される。

【 0 0 2 2 】

次に、第 1 の実施の形態における被検出対象物の重心高さ及び重心位置の検出動作について図 5 乃至図 7 を参照して詳細に説明する。

40

まず、図 5 (a) に示すように、被検出対象物 4 0 を振動検出装置 1 の載置板 1 0 のほぼ中央に載置する。被検出対象物 4 0 が載置板 1 0 に載置された状態では、載置板 1 0 を支持するバネ 1 2 の弾性力によって支えられ、被検出対象物 4 0 の重量及び重心位置に応じた高さに中立する。言い換えるならば、被検出対象物 4 0 の想定重量に応じ、被検出対象物 4 0 が載置板 1 0 に載置された状態では、被検出対象物 4 0 の重量に応じた高さに中立するようにバネ 1 2 の弾性力が設定されている。

【 0 0 2 3 】

次に、図 5 (a) に矢印で示すように、被検出対象物に外乱を作用させ、載置板 1 0 に

50

載置された被検出対象物 40 を揺動させる。なお、外乱は、載置板 10 に作用させても良く、また、振動検出装置 1 を台車や車両等の走行体に乗せて路面の凹凸によって作用させても良い。

【 0 0 2 4 】

載置板 10 に被検出対象物 40 に載置した状態で外乱を被検出対象物 40 もしくは載置板 10 に作用させると、被検出対象物 40 は、図 5 (b)、(c) に示すように、バネ 12 の弾性力、被検出対象物 40 の総重量及びその重心位置 W に依存する固有の周期 (周波数) を持つ運動に基づいて揺動 (固有振動) する。なお、外乱は、載置板 10 に載置された被検出対象物 40 に対して横揺れと縦揺れとを発生させるものであり、斜め上から作用させると効果的である。この外乱による運動は、X 軸規制用ガイド部 21 によって、X 軸方向の動きが規制された状態で行われる。従って、加速度センサ 13 によって、被検出対象物 40 の重心 W の上下方向の往復運動が上下方向の縦揺れ (揺動) として正確に検出されると共に、角速度センサ 14 によって、被検出対象物 40 の重心 W のロール方向の単振り運動がロール方向揺動中心軸 16 を中心としたロール方向の横揺れ (揺動) として正確に検出される。なお、載置板 10 は、被検出対象物に対して十分に軽量であり、被検出対象物 40 の揺動 (固有振動) に影響を与えないものとする。

10

【 0 0 2 5 】

加速度センサ 13 の検出結果 (上下方向の加速度) と、角速度センサ 14 の検出結果 (ロール方向の角速度) とは、データ処理装置 3 に入力される。データ処理装置 3 では、加速度センサ 13 の検出結果 (上下方向の加速度) から上下方向の縦揺れ (揺動) の縦揺れ周波数「 v 」を求めると共に、角速度センサ 14 の検出結果 (ロール方向の角速度) からロール方向揺動中心軸 16 を中心としたロール方向の横揺れ (揺動) の横揺れ周波数「 V 」をそれぞれ求める。また、データ処理装置 3 では、角速度センサ 14 の検出結果 (ロール方向の角速度) からロール方向揺動中心軸 16 を通る垂直中心ラインと、横揺れの中心を示す横揺れ中心ラインとの間の中心角度 α を求める。なお、中心角度 α は、加速度センサ 13 の検出結果 (上下方向の加速度) 及び角速度センサ 14 の検出結果 (ロール方向の角速度) から求めても良く、傾斜センサ等を設けて静止時に測定するようにしても良い。

20

【 0 0 2 6 】

なお、X 軸規制用ガイド部 21 によって、X 軸方向の動きが規制されていない場合には、図 6 (a)、(b) に示すように、被検出対象物 40 の揺動に伴ってロール方向揺動中心軸 16 が左右にずれてしまうことになる。これにより、被検出対象物 40 の運動は不規則になってしまい、被検出対象物 40 の重心 W の上下方向の往復運動を加速度センサ 13 によって正確に検出することができなくなると共に、被検出対象物 40 の重心 W のロール方向の単振り運動を角速度センサ 14 によって正確に検出することができなくなってしまう。

30

【 0 0 2 7 】

図 5 (a) に示すように、ロール方向揺動中心軸 16 を挟んだバネ 12 の間隔を「 b 」、ロール方向揺動中心軸 16 から被検知対象物 40 の重心 W までの上下方向の重心高さを「 l (スモールエル)」、ロール方向揺動中心軸 16 から被検知対象物 40 の重心 W までの左右方向の重心位置を「 s 」とすると、上下方向の重心高さ「 l 」及び左右方向の重心位置「 s 」は、加速度センサ 13 及び角速度センサ 14 の検出結果から求められる縦揺れ周波数「 v 」、横揺れ周波数「 V 」及び中心角度 α を用いて次式で表すことができる。なお、「 g 」は、重力加速度、「 ω 」は、円周率である。

40

【 0 0 2 8 】

【 数 1 】

$$l^2 + s^2 = \frac{b^2 \pi^2 v^2 - gl}{4 \pi^2 V^2 \cos \alpha}$$

【 0 0 2 9 】

50

また、左右方向の重心位置「s」は、上下方向の重心高さ「l」と、加速度センサ13の検出結果から求められる縦揺れ周波数「v」及び中心角度 α を用いて次式で表すことができる。

【0030】

【数2】

$$s = \left(\frac{\pi^2 v^2 b^2}{g} - l \right) \tan \alpha$$

さらに、〔数2〕を〔数1〕に代入することで、次式で示す上下方向の重心高さ「l」による二次方程式が得られる。

【0031】

【数3】

$$(1 + \tan^2 \alpha) l^2 + \left(\frac{g}{4\pi^2 V \cos \alpha} - \frac{2\pi^2 v^2 b^2}{g} \tan \alpha \right) l + \frac{\pi^4 v^4 b^4}{g} \tan^2 \alpha - \frac{b^2 v^2}{4V^2 \cos \alpha} = 0$$

【0032】

〔数3〕において、二次係数、一次係数及び定数項は、求めた縦揺れ周波数「v」、横揺れ周波数「V」及び中心角度 α を用いて特定することができる。従って、データ処理装置3では、求めた縦揺れ周波数「v」、横揺れ周波数「V」及び中心角度 α を用いて〔数3〕を演算することで上下方向の重心高さ「l」を求め、さらに、〔数2〕を演算することで左右方向の重心位置を「s」を求める。なお、上下方向の重心高さを「l」は、ロール方向揺動中心軸16から被検知対象物40の重心Wまでの高さであるため、載置板10の厚さやロール方向揺動中心軸16の半径が無視できない値である場合には、当該値を減算した結果を上下方向の重心高さを「l」として求めると良い。

【0033】

次に、データ処理装置3は、例えば、図7に示すような報知画面50を報知部34に出力させ、求めた上下方向の重心高さを「l」と、左右方向の重心位置「s」とを報知する。なお、報知画面50に示すように、上下方向の重心高さを「l」と、左右方向の重心位置「s」とをグラフ化して出力することにより、ユーザは、上下方向の重心高さ「l」及び左右方向の重心位置「s」を視覚的に簡単に認識することができる。また、報知画面50において、求めた縦揺れ周波数「v」、横揺れ周波数「V」及び中心角度 α の表示欄や、ロール方向揺動中心軸16を挟んだバネ12の間隔「b」、FFTの条件等を入力することができる入力欄を設けるようにしても良い。

【0034】

(第2の実施の形態)

第2の実施の形態の重心検出システムの振動検出装置1aは、図8を参照すると、第1の実施の形態の構成に加え、載置板10aに載置平面と平行で且つロール方向揺動中心軸16と直交するピッチ方向揺動中心軸17が設けられている。ピッチ方向揺動中心軸17は、載置板10aの両端から突出するように形成されている。また、載置板10aは、重量分布が均一な平板であると共に、ピッチ方向揺動中心軸17に対して線対称な形状に構成されている。従って、載置板10aにおける載置平面上の重心は、ロール方向揺動中心軸16及びピッチ方向揺動中心軸17の交点上に位置する。

【0035】

バネ12は、ピッチ方向揺動中心軸17を挟んだ両側を同じ弾性力で支持するように構成されている。第2の実施の形態では、第1の実施の形態と同様に同一の弾性力を有するコイル状の圧縮バネであるバネ12が矩形状の載置板10の四隅にそれぞれ配置されており、ロール方向揺動中心軸16に対して線対称に配置されていると共に、ピッチ方向揺動中心軸17に対しても線対称に配置されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 6 】

載置板 1 0 の裏面に設けられた角速度センサ 1 4 には、2 軸以上の角速度センサが用いられ、ロール方向揺動中心軸 1 6 を中心とした回転方向の角速度、すなわちロール方向揺動中心軸 1 6 を中心としたロール方向の横揺れ（揺動）に加えて、ピッチ方向揺動中心軸 1 7 を中心とした回転方向の角速度、すなわちピッチ方向揺動中心軸 1 7 を中心としたピッチ方向の横揺れ（揺動）を検知するようにそれぞれ感度軸が調整されている。

【 0 0 3 7 】

底板 1 1 には、ロール方向揺動中心軸 1 6 の両端部の動きをそれぞれ規制する一対の X 軸規制用ガイド部 2 1 と共に、ピッチ方向揺動中心軸 1 7 の両端部の動きをそれぞれ規制する一対の Y 軸規制用ガイド部 2 2 が設けられている。Y 軸規制用ガイド部 2 2 には、Z 軸方向（自重方向）を長手方向とする長穴が形成されており、ピッチ方向揺動中心軸 1 7 の両端部が対象位置にある Y 軸規制用ガイド部 2 2 のそれぞれの長穴に嵌合されている。これにより、ロール方向揺動中心軸 1 6 は、Y 軸規制用ガイド部 2 2 の長穴に沿って移動されるため、載置板 1 0 a は、X 軸方向及び Y 軸方向の動きが規制された状態で、上下方向の縦揺れ（揺動）と、ロール方向揺動中心軸 1 6 を中心としたロール方向の横揺れ（揺動）と、ピッチ方向揺動中心軸 1 7 を中心としたピッチ方向の横揺れ（揺動）とが可能な状態となる。なお、X 軸規制用ガイド部 2 1 及び Y 軸規制用ガイド部 2 2 による X 軸方向及び Y 軸方向の動きの規制は、載置板 1 0 a の中心、すなわちロール方向揺動中心軸 1 6 とピッチ方向揺動中心軸 1 7 との交点が垂線に沿って移動させることを意味する。換言するならば、載置板 1 0 a の中心が垂線に沿う上下動のみ許容する構造であれば、載置板 1 0 a のその他の部分の動きは前後左右上下に複合的に動いて構わない。

【 0 0 3 8 】

角速度センサ 1 4 の検出結果（ピッチ方向の角速度）は、加速度センサ 1 3 の検出結果（上下方向の加速度）及び角速度センサ 1 4 の検出結果（ロール方向の角速度）と共にデータ処理装置 3 に入力される。これにより、データ処理装置 3 は、第 1 の実施の形態と同様に、加速度センサ 1 3 の検出結果（上下方向の加速度）及び角速度センサ 1 4 の検出結果（ロール方向の角速度）に基づいて、上下方向の重心高さ「 l 」及び左右方向の重心位置「 s 」が求める。また、同様の手順で、データ処理装置 3 は、加速度センサ 1 3 の検出結果（上下方向の加速度）及び角速度センサ 1 4 の検出結果（ピッチ方向の角速度）に基づいて、ピッチ方向揺動中心軸 1 7 から被検知対象物 4 0 の重心 W までの上下方向の重心高さ「 l' 」と、ピッチ方向揺動中心軸 1 7 から被検知対象物 4 0 の重心 W までの前後方向の重心位置「 s' 」とを求める。

【 0 0 3 9 】

このように、第 2 の実施の形態では、加速度センサ 1 3 の検出結果（上下方向の加速度）及び角速度センサ 1 4 の検出結果（ロール方向の角速度）に基づく上下方向の重心高さ「 l 」と、加速度センサ 1 3 の検出結果（上下方向の加速度）及び角速度センサ 1 4 の検出結果（ピッチ方向の角速度）に基づく上下方向の重心高さ「 l' 」とを求めるが、両者の平均を出力するようにしても良く、いずれか一方のみを出力するようにしても良い。

【 0 0 4 0 】

次に、データ処理装置 3 は、例えば、図 9 に示すような報知画面 5 1 を報知部 3 4 に出力させ、求めた上下方向の重心高さを「 l 」と、左右方向の重心位置「 s 」と、前後方向の重心位置「 s' 」とを報知する。なお、報知画面 5 1 に示すように、上下方向の重心高さを「 l 」と、左右方向の重心位置「 s 」と、前後方向の重心位置「 s' 」とをグラフ化して出力することにより、ユーザは、上下方向の重心高さを「 l 」、左右方向の重心位置「 s 」及び前後方向の重心位置「 s' 」とを視覚的に簡単に認識することができる。

【 0 0 4 1 】

以上説明したように本実施の形態においては、被検出対象物 4 0 が載置される載置板 1 0 と、弾性力を有して載置板 1 0 を支持するパネ 1 2 と、上下方向の被検出対象物 4 0 の往復運動を検出する加速度センサ 1 3 と、ロール方向揺動中心軸 1 6 を中心とする被検出対象物 4 0 の単振り運動を検出する角速度センサ 1 4 と、X 軸方向への載置板 1 0 の移動

10

20

30

40

50

を規制するX軸規制用ガイド部21とを設け、データ処理装置3によって、加速度センサ13及び角速度センサ14の検出結果に基づいて、上下方向のロール方向揺動中心軸16から被検出対象物40の重心Wまでの重心高さ「l」を算出するように構成することにより、上下方向の縦揺れ（揺動）と、ロール方向揺動中心軸16を中心としたロール方向の横揺れ（揺動）とを正確に検出できるため、載置板10に被検出対象物40を載置して、外乱を作用させるだけで被検出対象物40の重心Wの重心高さ「l」を正確に検出することができるという効果を奏する。

【0042】

さらに、本発明の重心検出システムにおいて、データ処理装置3によって、加速度センサ13及び角速度センサ14の検出結果に基づいて、左右方向のロール方向揺動中心軸16から被検出対象物40の重心Wまでの重心位置「s」とを算出するように構成することにより、載置板10に被検出対象物40を載置して、外乱を作用させるだけで被検出対象物40の重心Wの左右方向の重心位置「s」を正確に検出することができるという効果を奏する。

10

【0043】

さらに、本発明の重心検出システムにおいて、角速度センサ14によってピッチ方向揺動中心軸17を中心とする被検出対象物40の単振り運動を検出させると共に、Y軸方向への載置板10の移動を規制するY軸規制用ガイド部22を具備し、データ処理装置3によって、加速度センサ13及び角速度センサ14の検出結果に基づいて、前後方向のピッチ方向揺動中心軸17から被検出対象物40の重心Wまでの重心位置「s'」とを算出するように構成することにより、載置板10に被検出対象物40を載置して、外乱を作用させるだけで被検出対象物40の重心Wの前後方向の重心位置「s'」を正確に検出することができるという効果を奏する。また、X軸規制用ガイド部21及びY軸規制用ガイド部22によって、X軸方向及びY軸方向への載置板10の移動が規制されているため、外乱が作用した場合の被検出対象物40の運動が、被検出対象物の上下方向の往復運動と、ロール方向揺動中心軸16を中心とする単振り運動と、ピッチ方向揺動中心軸17を中心とする単振り運動とに制限される。従って、上下方向の縦揺れ（揺動）と、ロール方向揺動中心軸16を中心としたロール方向の横揺れ（揺動）と、ピッチ方向揺動中心軸17を中心としたピッチ方向の横揺れ（揺動）とをさらに正確に検出でき、被検出対象物40の重心高さ「l」及び重心位置「s」「s'」の検出精度を向上させることができる。

20

30

【0044】

さらに、本発明の重心検出システムにおいて、載置板10は、ロール方向揺動中心軸16及びピッチ方向揺動中心軸17に対して線対称な形状である。また、バネ12は、載置板10の4隅にロール方向揺動中心軸16及びピッチ方向揺動中心軸を挟んで線対称に配置されている。これにより、上下方向の縦揺れ（揺動）と、ロール方向揺動中心軸16を中心としたロール方向の横揺れ（揺動）と、ピッチ方向揺動中心軸17を中心としたピッチ方向の横揺れ（揺動）とを被検出対象物40の固有振動として正確に検出することができ、被検出対象物40の重心高さ「l」及び重心位置「s」「s'」の検出精度を向上させることができる。

【0045】

さらに、本発明の重心検出システムにおいて、ロール方向揺動中心軸16を載置板10の両端から突出して形成させ、X軸規制用ガイド部21によってロール方向揺動中心軸16の両端のX軸方向への移動をそれぞれ規制させると共に、ピッチ方向揺動中心軸17を載置板10の両端から突出して形成させ、Y軸規制用ガイド部22によってピッチ方向揺動中心軸17の両端のY軸方向への移動をそれぞれ規制させるように構成することにより、簡単な構成で、外乱が作用した場合の被検出対象物40の運動を、被検出対象物の上下方向の往復運動と、ロール方向揺動中心軸16を中心とする単振り運動と、ピッチ方向揺動中心軸17を中心とする単振り運動とに制限させることができる。

40

【0046】

なお、本実施の形態では、振動検出装置1において、載置板10のX軸方向の動きを規

50

制するX軸方向規制手段として、ロール方向揺動中心軸16及びX軸規制用ガイド部21を用いたが、X軸方向規制手段として他の構成を採用しても良い。例えば、図10に示すように、振動検出装置1bにおいて、ロール方向揺動中心軸16の両端に対応する位置に一对の切り欠き部18を形成すると共に、底板11に立設された一对のX軸規制用ガイド棒23を、一对の切り欠き部18にそれぞれ嵌合される位置に配置させ、X軸方向規制手段として機能させても良い。また、本実施の形態では、振動検出装置1aにおいて、載置板10aのY軸方向の動きを規制するY軸方向規制手段として、ピッチ方向揺動中心軸17及びY軸規制用ガイド部22を用いたが、Y軸方向規制手段として他の構成を採用しても良い。例えば、図10に示すように、振動検出装置1bにおいて、ピッチ方向揺動中心軸17の両端に対応する位置に一对の切り欠き部19を形成すると共に、底板11に立設された一对のY軸規制用ガイド棒24を、一对の切り欠き部19にそれぞれ嵌合される位置に配置させ、Y軸方向規制手段として機能させても良い。

10

【0047】

なお、本発明が上記各実施の形態に限定されず、本発明の技術思想の範囲内において、各実施の形態は適宜変更され得ることは明らかである。また、上記構成部材の数、位置、形状等は上記実施の形態に限定されず、本発明を実施する上で好適な数、位置、形状等に行うことができる。なお、各図において、同一構成要素には同一符号を付している。

【符号の説明】

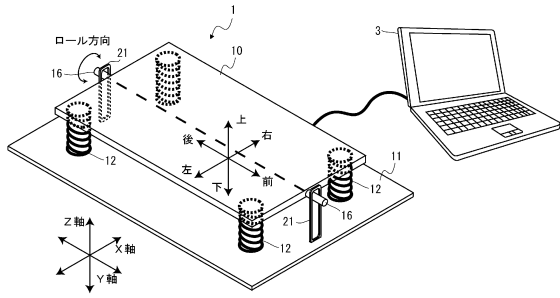
【0048】

- 1、1a 振動検出装置
- 3 データ処理装置
- 10、10a 載置板
- 11 底板
- 12 バネ(支持手段)
- 13 加速度センサ
- 14 角速度センサ
- 15 A/D変換器
- 16 ロール方向揺動中心軸
- 17 ピッチ方向揺動中心軸
- 21 X軸規制用ガイド部
- 22 Y軸規制用ガイド部
- 40 被検出対象物
- 50、51 報知画面

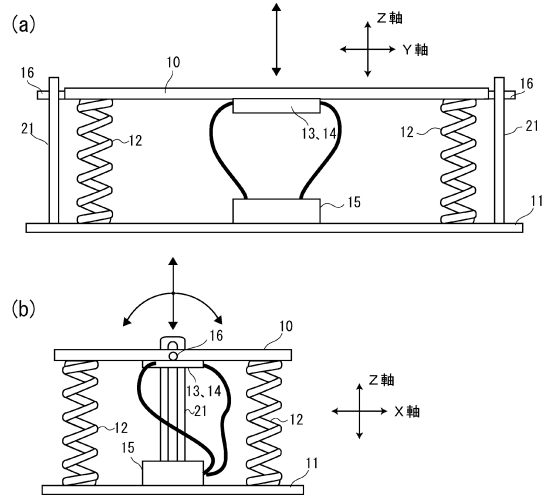
20

30

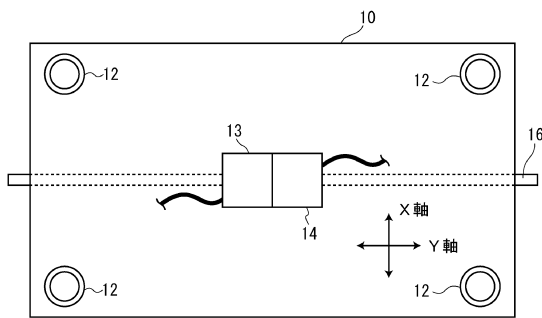
【図1】



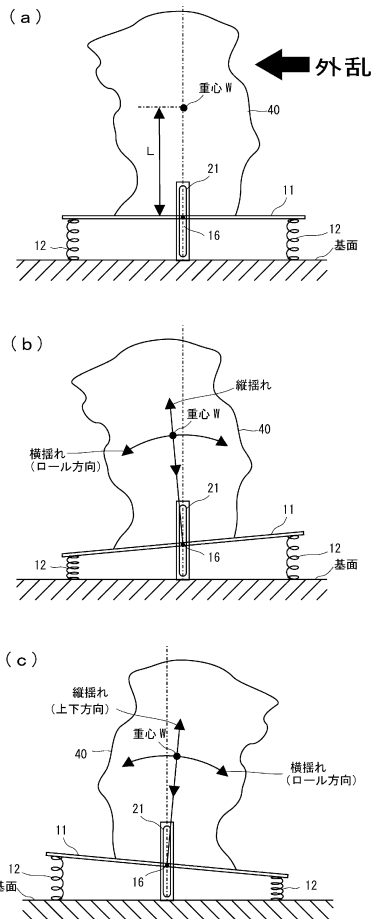
【図2】



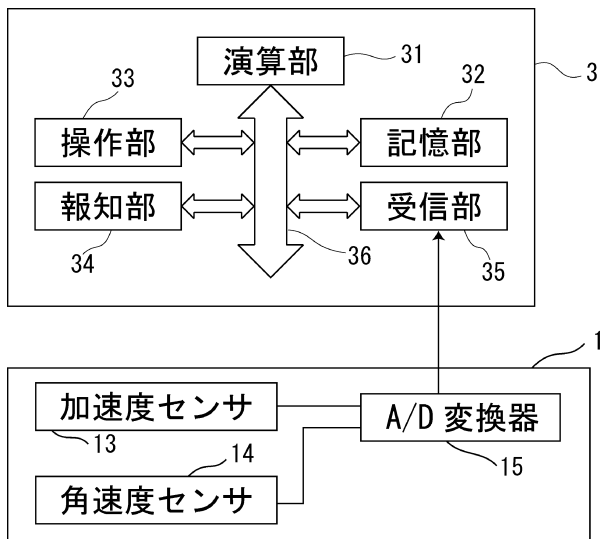
【図3】



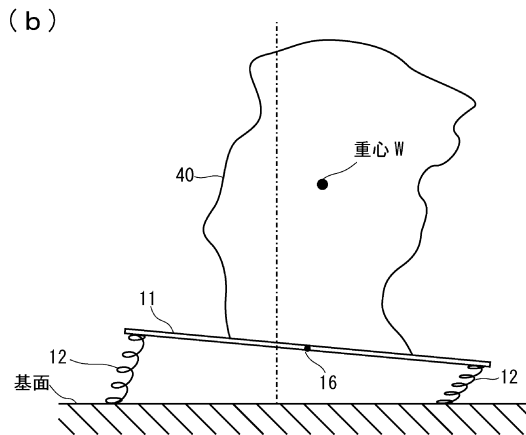
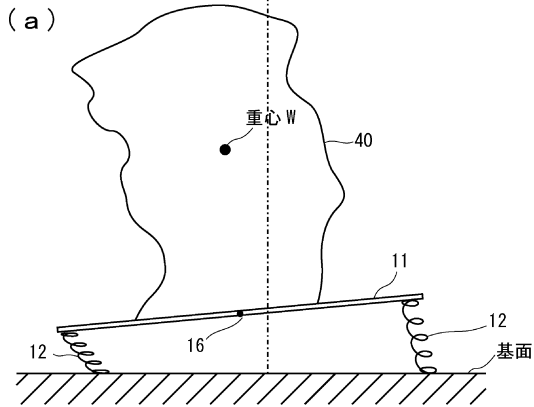
【図5】



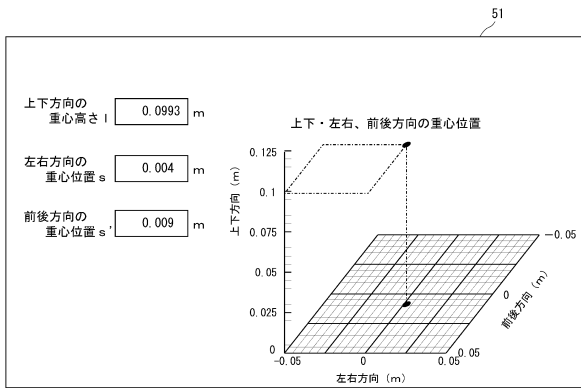
【図4】



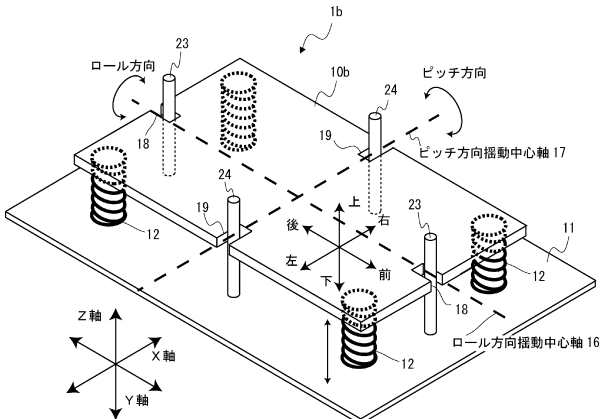
【図 6】



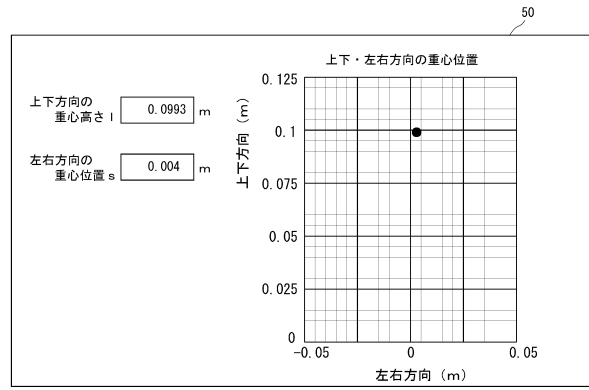
【図 9】



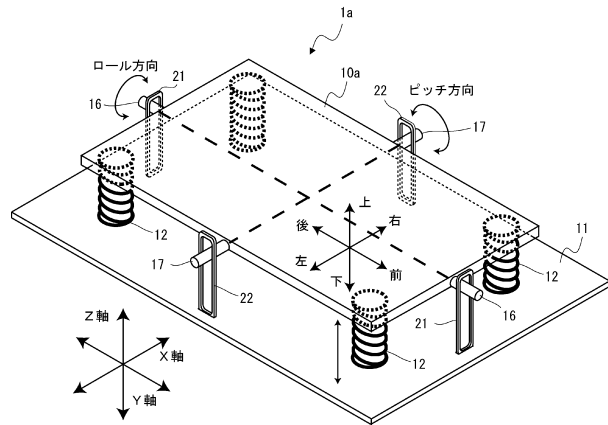
【図 10】



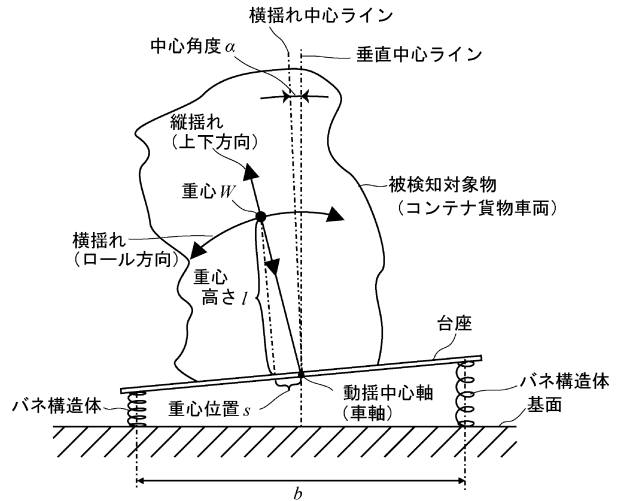
【図 7】



【図 8】



【図 11】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2001-249060(JP,A)
特開平06-265433(JP,A)
特開平07-209129(JP,A)
国際公開第2011/067939(WO,A1)
独国特許出願公開第4133376(DE,A1)
独国実用新案第29817159(DE,U1)
鞍谷文保 他, "感度解析を用いた振動システムの同定", 日本機械学会論文集(C編) 53
巻487号, 1987年 3月, 日本機械学会, 542~549頁

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01M 1/12