

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013年5月2日(02.05.2013)

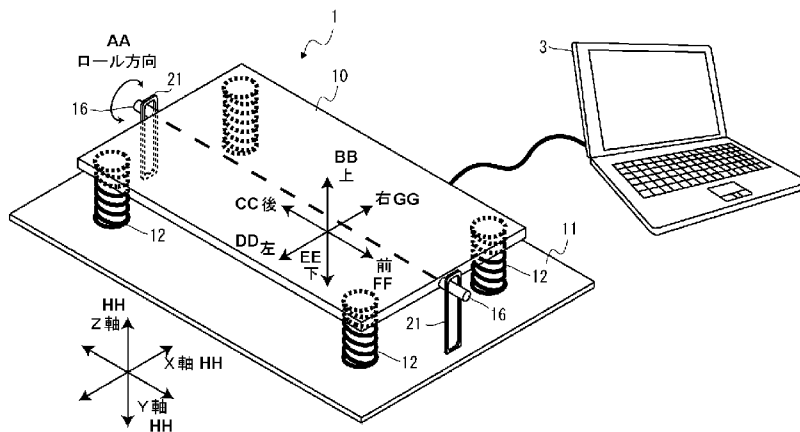


(10) 国際公開番号
WO 2013/061989 A1

- (51) 国際特許分類:
G01M 1/12 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/077437
 - (22) 国際出願日: 2012年10月24日(24.10.2012)
 - (25) 国際出願の言語: 日本語
 - (26) 国際公開の言語: 日本語
 - (30) 優先権データ:
特願 2011-235073 2011年10月26日(26.10.2011) JP
 - (71) 出願人: 国立大学法人東京海洋大学(NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION TOKYO UNIVERSITY OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1088477 東京都港区港南四丁目5番7号 Tokyo (JP).
 - (72) 発明者: 渡邊 豊(WATANABE, Yutaka); 〒1358533 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 Tokyo (JP).
 - (74) 代理人: 堀 城之, 外(HORI, Shiroyuki et al.); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3-3-1 尚友会館1階 Tokyo (JP).
 - (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
 - (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: CENTER-OF-GRAVITY DETECTION SYSTEM

(54) 発明の名称: 重心検出システム



- AA ROLLING DIRECTION
- BB UP
- CC BACKWARD
- DD LEFT
- EE DOWN
- FF FORWARD
- GG RIGHT
- HH AXIS

(57) 要約:

(57) Abstract: Provided is a highly versatile center-of-gravity detection system capable of accurately detecting the center of gravity of various detection subjects without being limited by a container freight car. The present invention is provided with a loading plate (10) on which a detection subject (40) is loaded, springs (12) having elastic force for supporting the loading plate (10), an acceleration sensor for detecting reciprocal movement of the detection subject (40) in the vertical direction, an angular velocity sensor for detecting simple pendulum movement of the detection subject (40) about a rolling-direction oscillation axis (16), and an X-axis restricting guide (21) for restricting movement of the loading plate (10) in the X-axis direction, and the height of the center of gravity from the rolling-direction oscillation axis (16) to the detection subject (40) in the vertical direction is computed by a data processing device (3) on the basis of the detection results of the acceleration sensor (13) and the angular velocity sensor (14).

[続葉有]

WO 2013/061989 A1



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。被検出対象物40が載置される載置板10と、弾性力を有して載置板10を支持するバネ12と、上下方向の被検出対象物40の往復運動を検出する加速度センサと、ロール方向揺動中心軸16を中心とする被検出対象物40の単振子運動を検出する角速度センサと、X軸方向への載置板10の移動を規制する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までの重心高さを算出する。

明 細 書

発明の名称：重心検出システム

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。

[0003] 特許文献1に示されている重心検出技術は、図11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11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「 α 」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「 α 」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「 α 」は、図11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。

[0004] 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。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第4517107号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、図11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。

[0007] 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

[0008] 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。

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に示す報知部に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有するバネ12を配置したり、異なる個数のバネ12を配置したりしても良い。さらに、ロール方向揺動中心軸16上に配置させた1個もしくは複数のバネ12(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させるように構成しても良い。

[0017] 載置板10の裏面には、加速度センサ13と角速度センサ14とが設けられている。加速度センサ13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14は、ロール方向揺動中心軸16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16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13及び角速度センサ14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13及び角速度センサ14として3軸(3次元)の角速度センサを用いても良い。

[0018] 底板11には、ロール方向揺動中心軸16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21が設けられている。X軸規制用ガイド部21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16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16は、X軸規制用ガイド部21の長穴に沿って移動されるため、載置板10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16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。

[0019] また、底板11には、バネ12と干渉しない位置にA/D（アナログ/デジタル）変換器15が設けられている。A/D変換器15は、加速度センサ13及び角速度センサ14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。

[0020] 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31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32と、キーボード等の操作部33と、液晶ディスプレイやスピーカ等の報知部34と、受信部35とを備え、各部はバス36によって接続されている。

[0021] 記憶部32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31は、操作部33からの演算指示に基づいて、一定期間、加速度センサ13及び角速度センサ14から出力を記憶部32に記憶させる。次に、演算部31は、記憶部32に記憶されている演算プログラムに従って、記憶部32に記憶した加速度センサ13及び角速度センサ14から出力を演算することで、載置板10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31によって算出された被検出対象物の重心位置は、報知部34から表示通知や音声通知として出力される。

[0022] 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。

まず、図5（a）に示すように、被検出対象物40を振動検出装置1の載置板10のほぼ中央に載置する。被検出対象物40が載置板10に載置された状態では、載置板10を支持するバネ12の弾性力によって支えられ、被

検出対象物 40 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 40 の想定重量に応じ、被検出対象物 40 が載置板 10 に載置された状態では、被検出対象物 40 の重量に応じた高さに中立するようにバネ 12 の弾性力が設定されている。

[0023] 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 10 に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。

[0024] 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子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。

[0025] 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「 ν 」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「 ν 」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。

[0026] 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ってしまうと共に、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。

[0027] 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「 ν 」、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、「 π 」は、円周率である。

[0028] [数1]

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

[0029] 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「 ν 」及び中心角度 α と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「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「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「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「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。

[0036] 載置板10の裏面に設けられた角速度センサ14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16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16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17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17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。

[0037] 底板11には、ロール方向揺動中心軸16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21と共に、ピッチ方向揺動中心軸17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22が設けられている。Y軸規制用ガイド部22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17の両端部が対象位置にあるY軸規制用ガイド部22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16は、Y軸規制用ガイド部22の長穴に沿って

移動されるため、載置板 10 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 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）とが可能な状態となる。なお、X 軸規制用ガイド部 21 及び Y 軸規制用ガイド部 22 による X 軸方向及び Y 軸方向の動きの規制は、載置板 10 a の中心、すなわちロール方向揺動中心軸 16 とピッチ方向揺動中心軸 17 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 10 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 10 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。

[0038] 角速度センサ 14 の検出結果（ピッチ方向の角速度）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）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 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）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 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（ピッチ方向の角速度）に基づいて、ピッチ方向揺動中心軸 17 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「 l' 」と、ピッチ方向揺動中心軸 17 から被検知対象物 40 の重心 W までの前後方向の重心位置「 s' 」とを求める。

[0039] このように、第 2 の実施の形態では、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）に基づく上下方向の重心高さ「 l 」と、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（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。

[0040] 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51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、前後方向の重心位置「 s' 」とを報知する。なお、報知画面51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。

[0041] 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40が載置される載置板10と、弾性力を有して載置板10を支持するバネ12と、上下方向の被検出対象物40の往復運動を検出する加速度センサ13と、ロール方向揺動中心軸16を中心とする被検出対象物40の単振り運動を検出する角速度センサ14と、X軸方向への載置板10の移動を規制する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。

[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。

- [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。

[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 1 b 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 1 a において、載置板 10 a 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 1 b 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。

[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、形状等にすることができる。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、1 a 振動検出装置
- 3 データ処理装置
- 10、10 a 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

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对の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对の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、

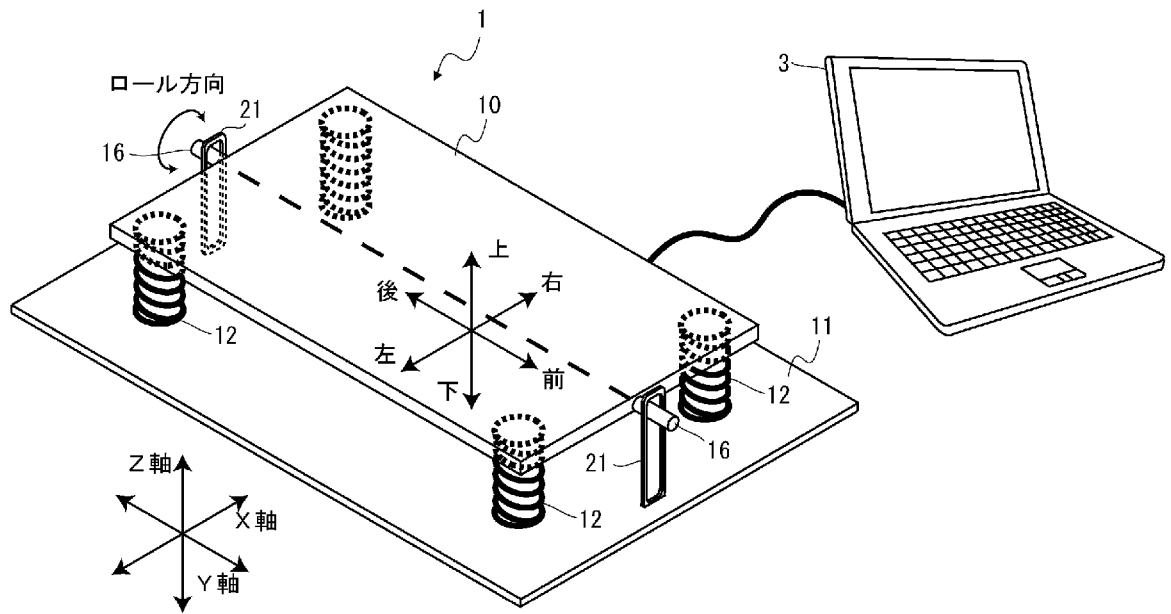
前記上下方向及び前記ロール方向揺動中心軸とそれぞれ直交するピッチ方向揺動中心軸を中心とする前記被検出対象物の単振り運動を検出するピッチ方向検出手段と、

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、

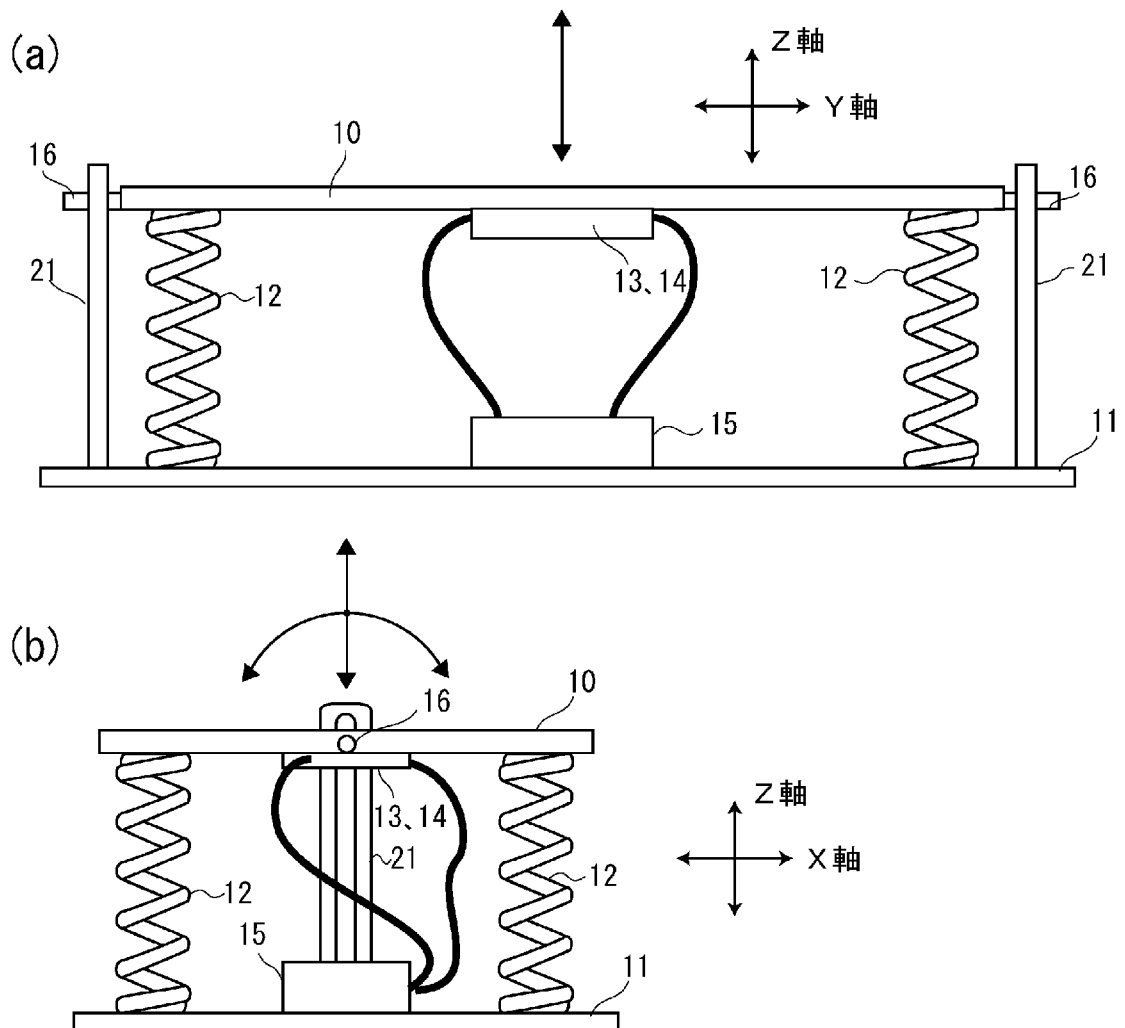
前記上下方向検出手段及び前記ロール方向検出手段の検出結果に基

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重心検出システム。

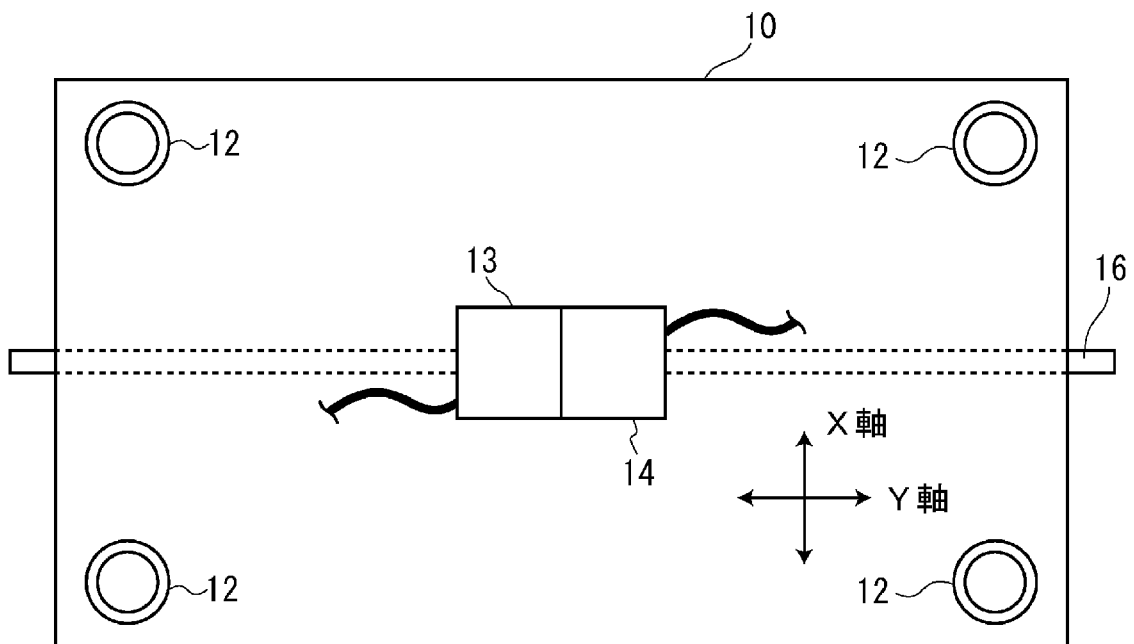
[図1]



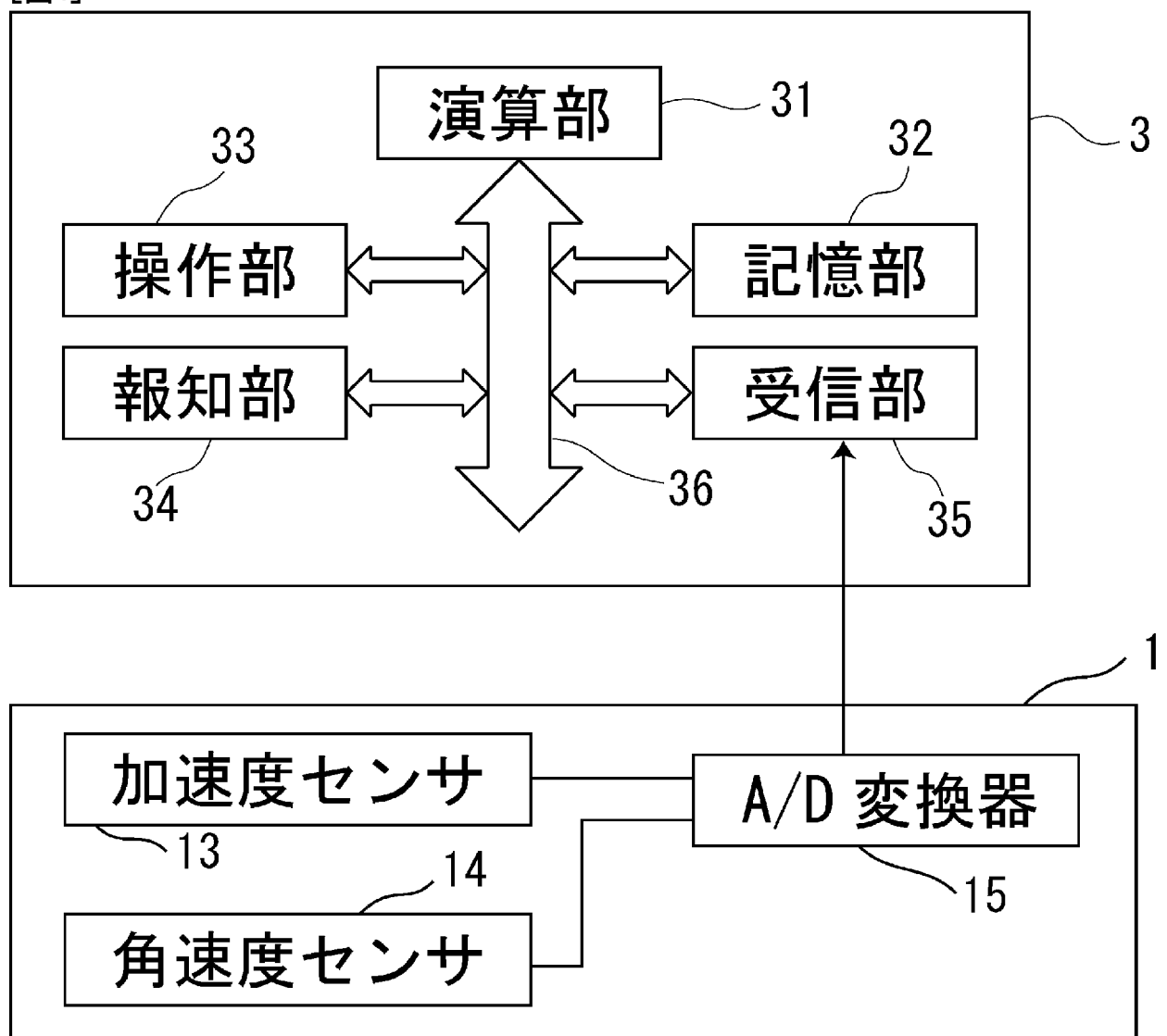
[図2]



[図3]

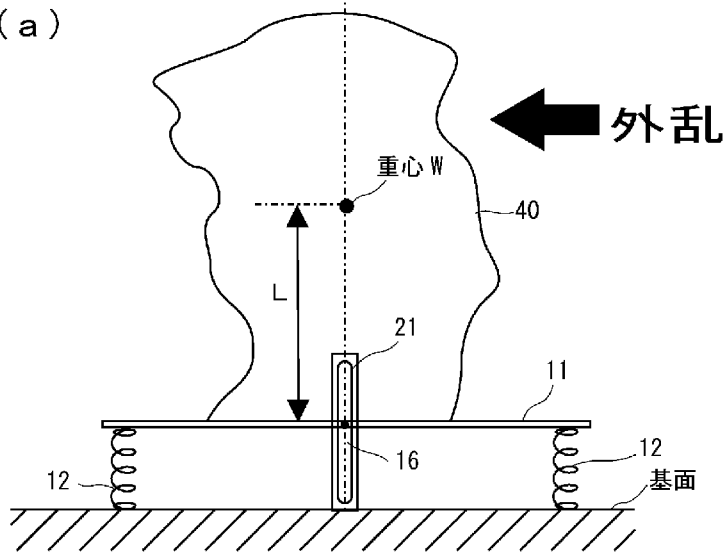


[図4]

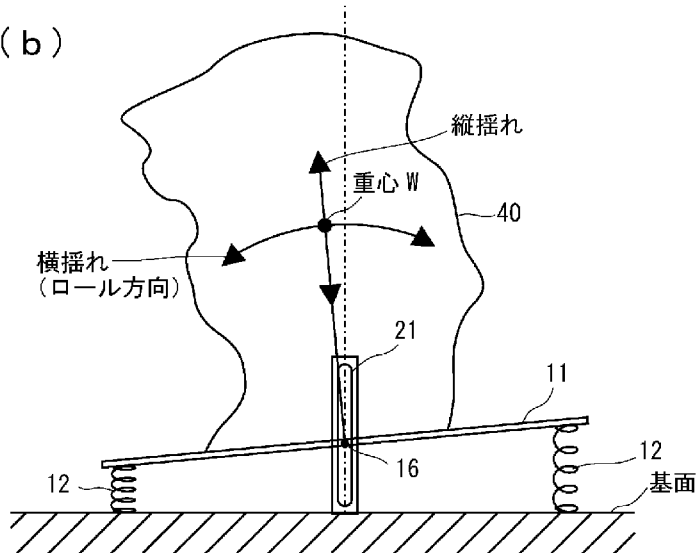


[図5]

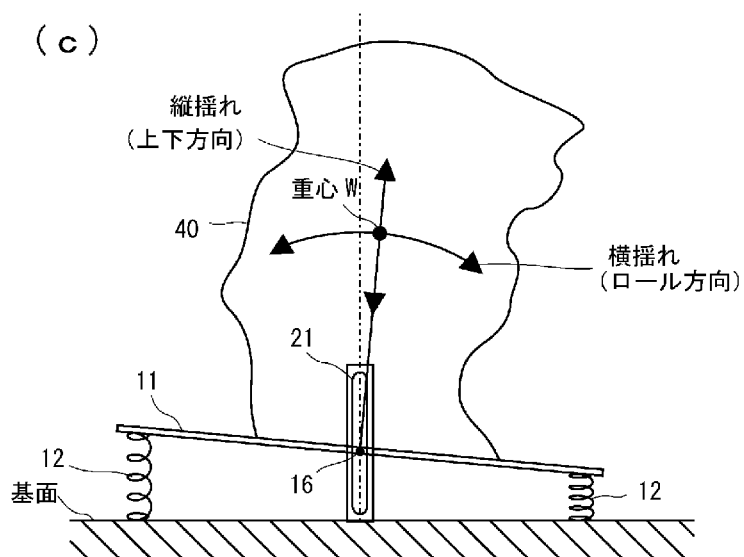
(a)



(b)

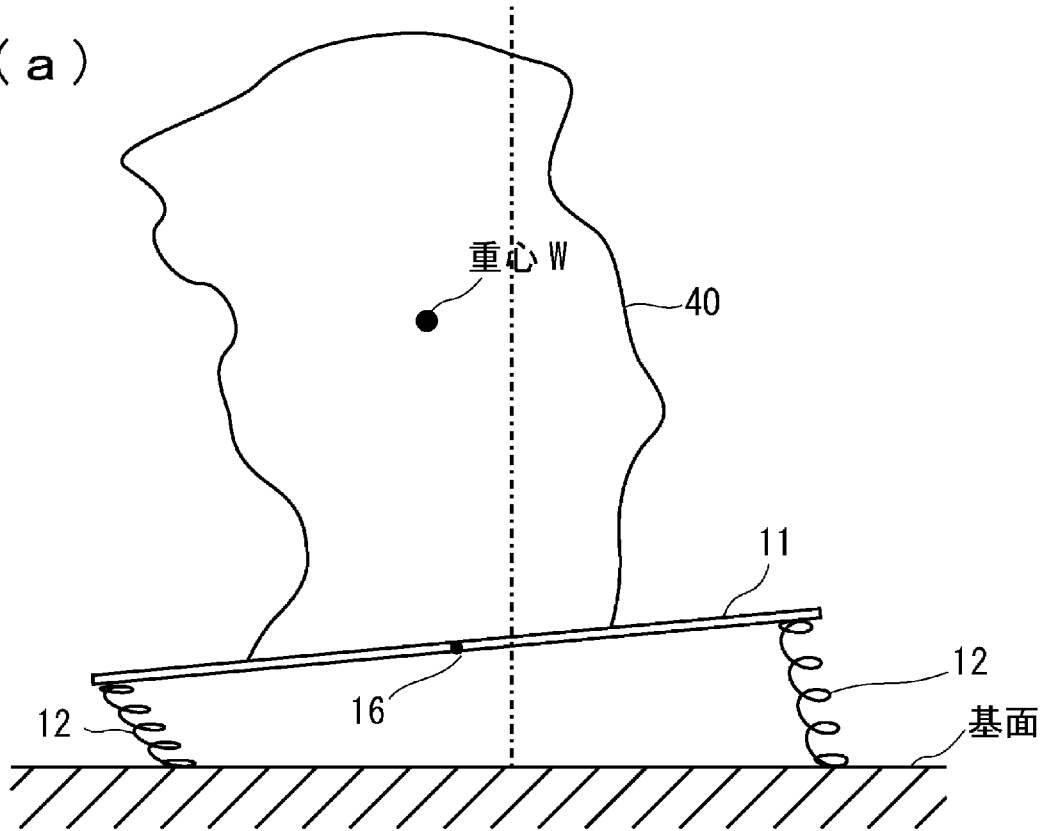


(c)

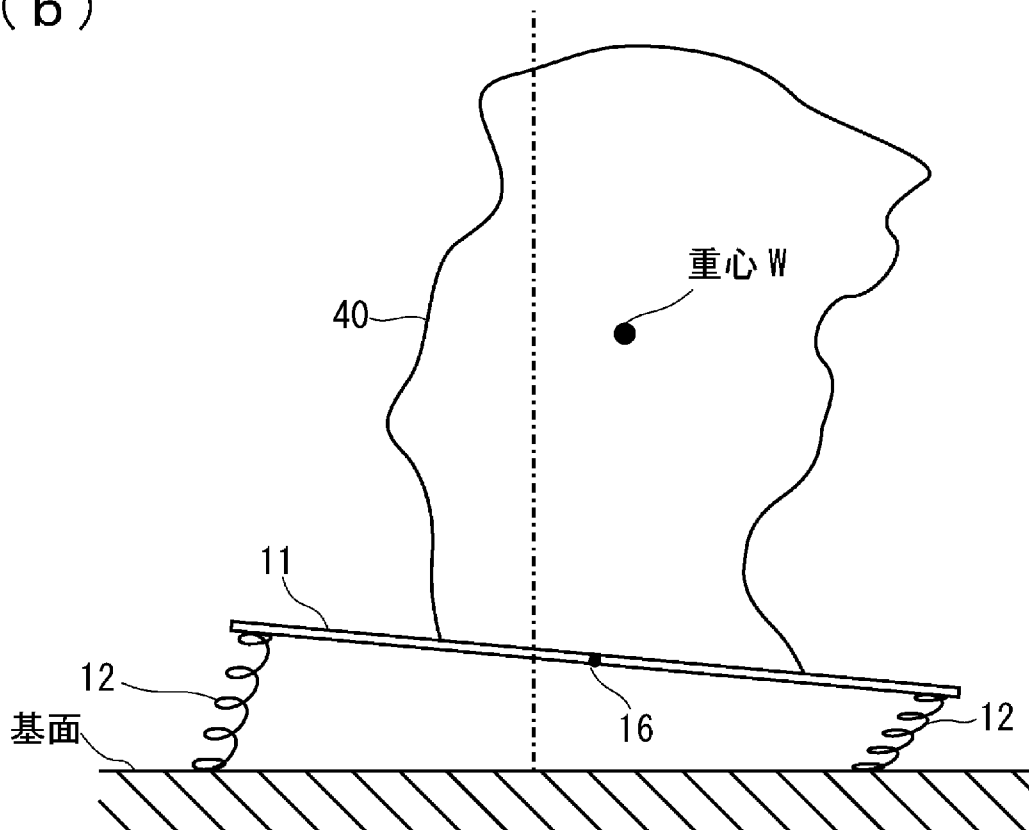


[図6]

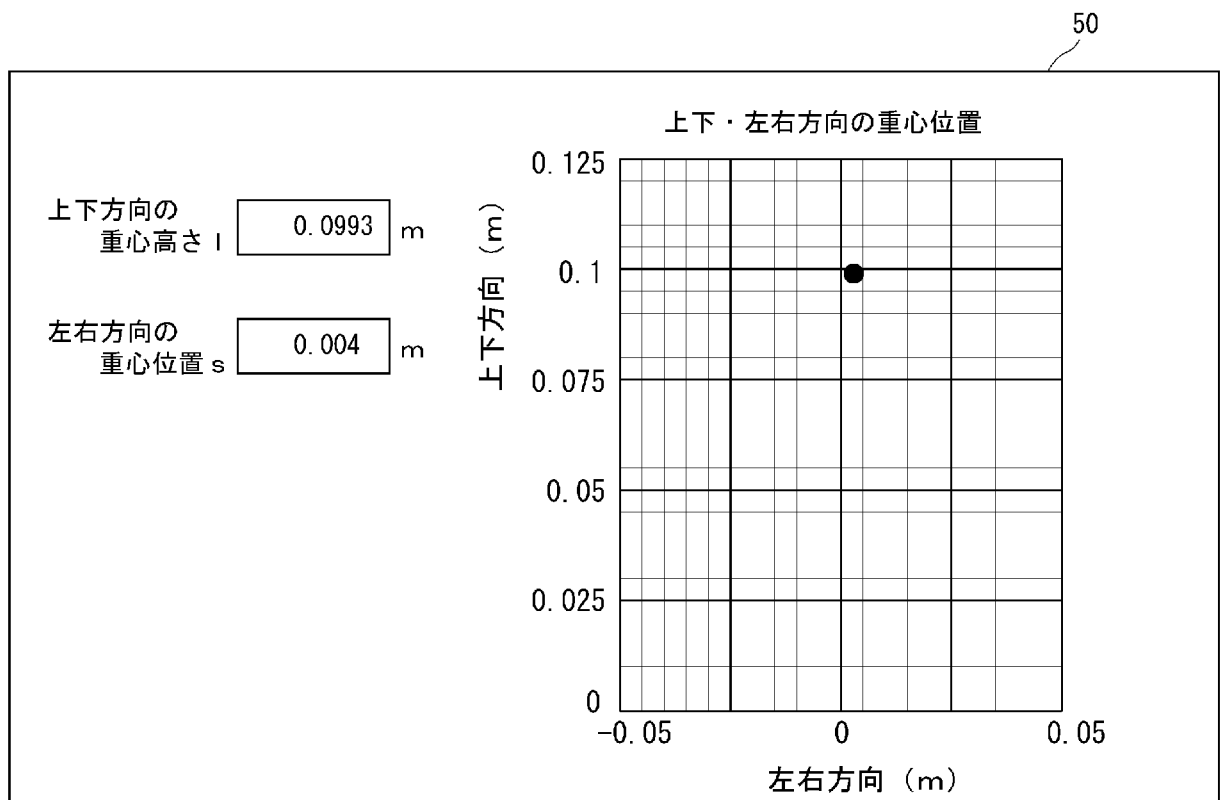
(a)



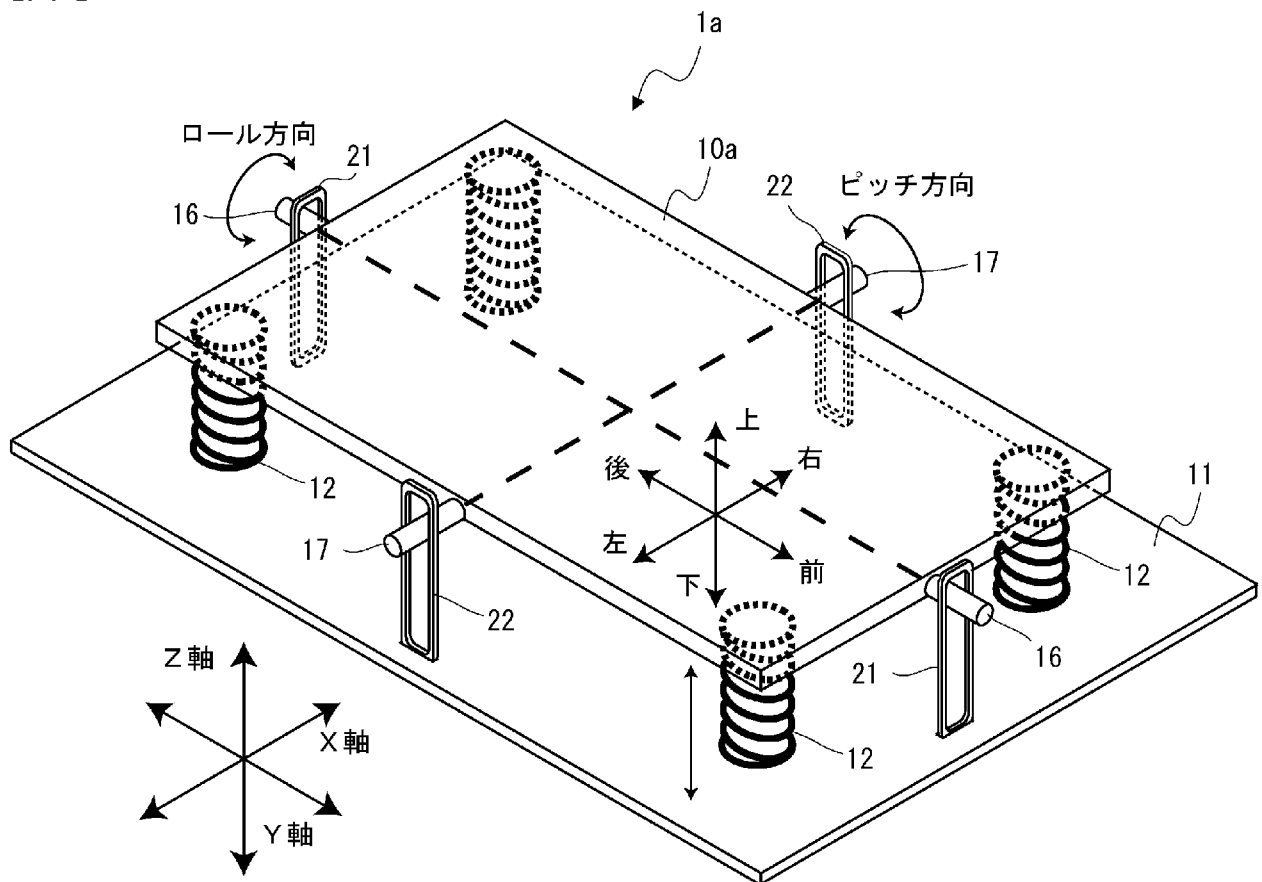
(b)



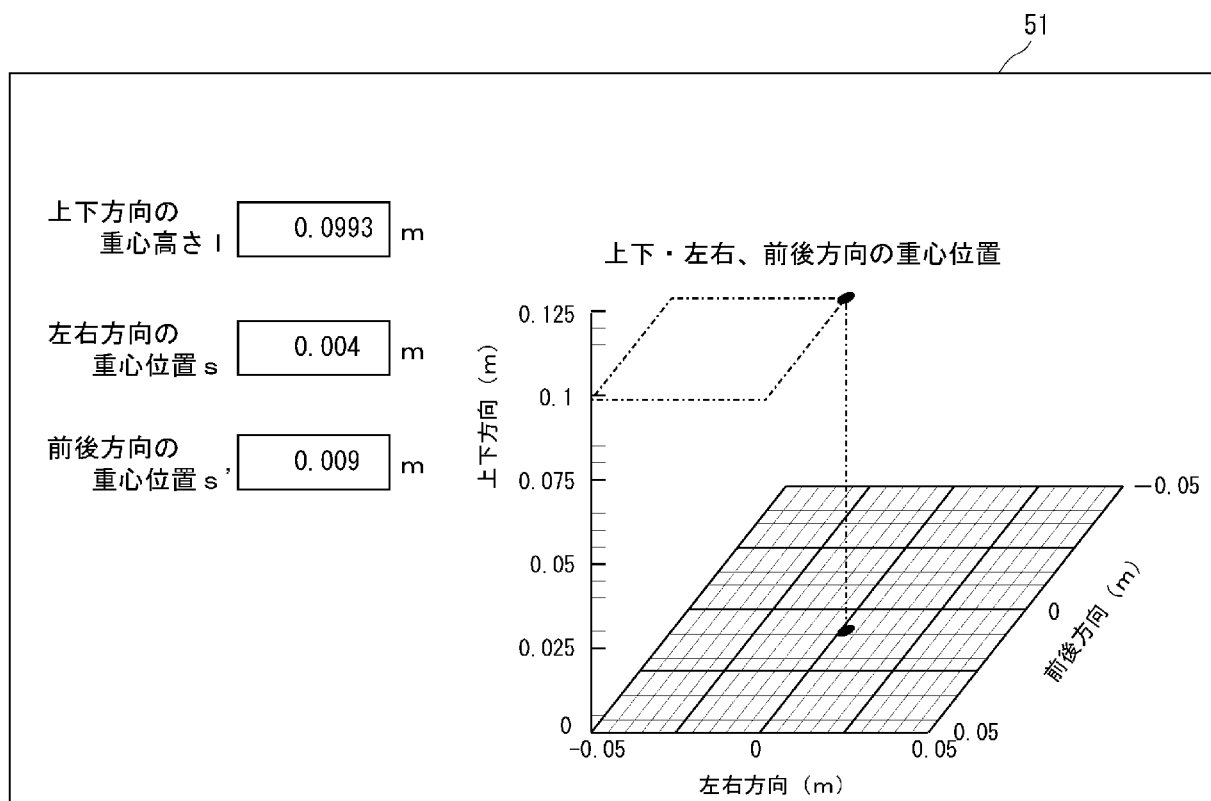
[図7]



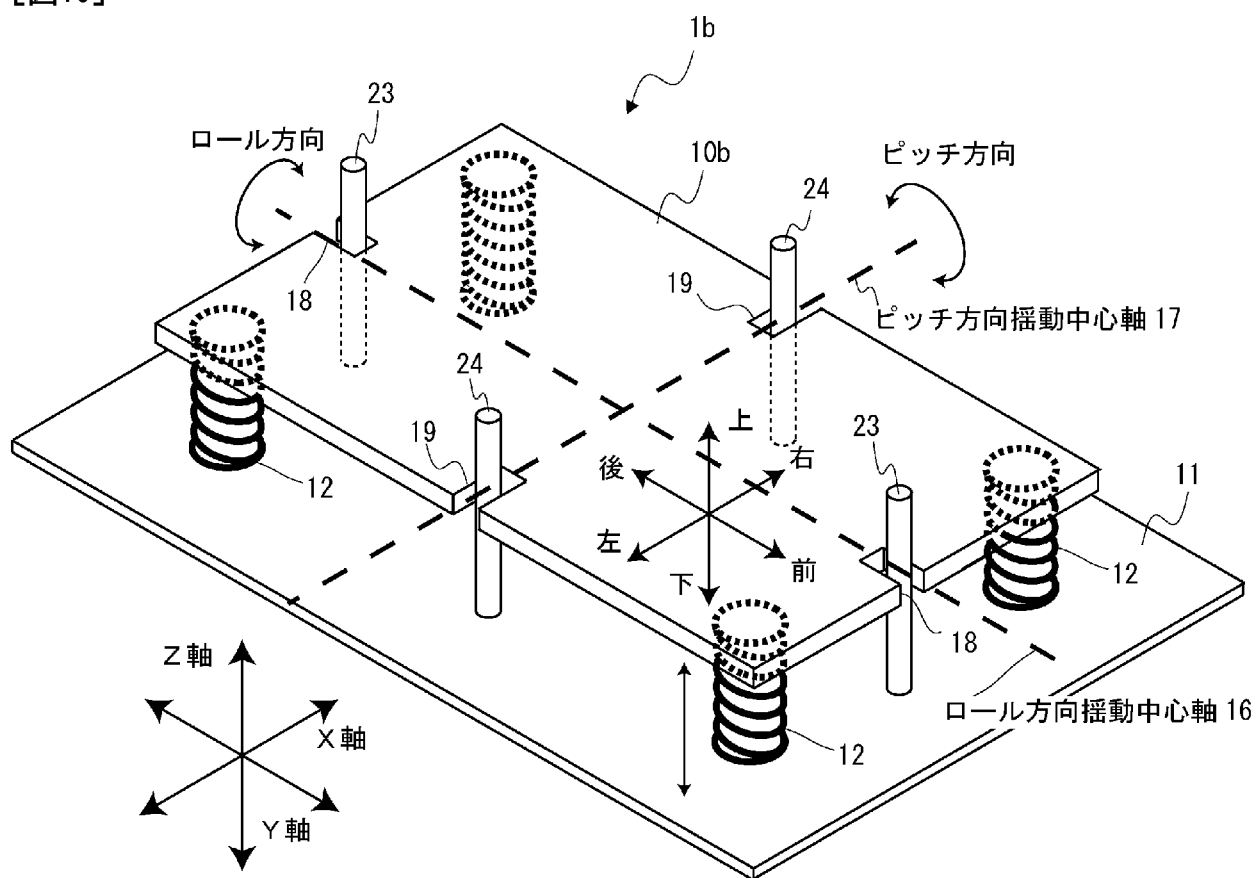
[図8]



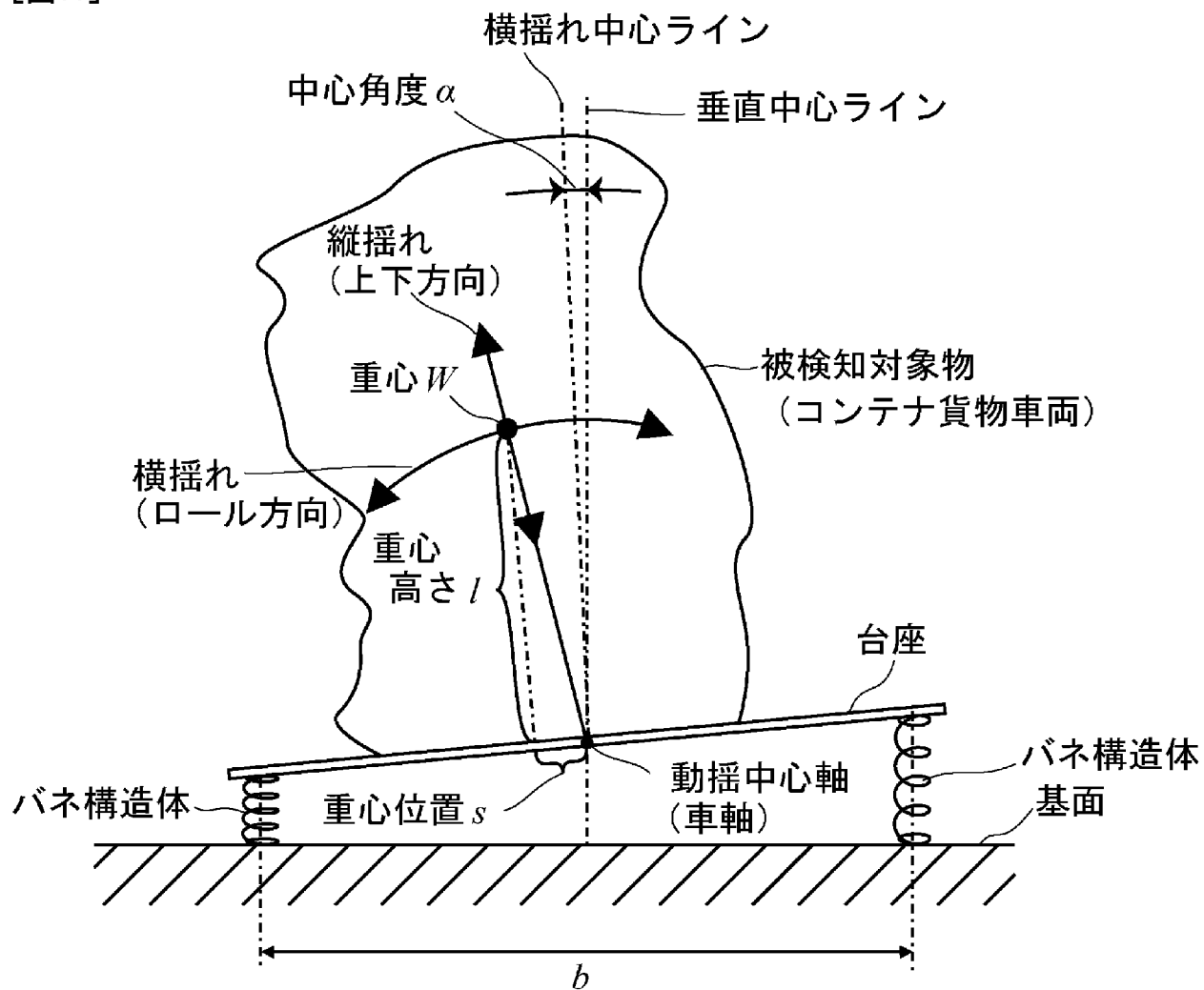
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/077437

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01M1/12 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01M1/00-1/38

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 56-138230 A (Hitachi Zosen Corp.), 28 October 1981 (28.10.1981), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 57-157133 A (Hitachi, Ltd.), 28 September 1982 (28.09.1982), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 2001-249060 A (Mitsubishi Paper Mills Ltd.), 14 September 2001 (14.09.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 January, 2013 (17.01.13)Date of mailing of the international search report
29 January, 2013 (29.01.13)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/077437

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 64-021333 A (Bridgestone Corp.), 24 January 1989 (24.01.1989), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 11-083534 A (Mitsubishi Motors Corp.), 26 March 1999 (26.03.1999), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 6-265433 A (Suzuki Motor Corp.), 22 September 1994 (22.09.1994), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01M1/12(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01M1/00-1/38		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2013年 日本国実用新案登録公報 1996-2013年 日本国登録実用新案公報 1994-2013年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語) JSTPlus (JDreamII)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 56-138230 A (日立造船株式会社) 1981.10.28, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 57-157133 A (株式会社日立製作所) 1982.09.28, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2001-249060 A (三菱製紙株式会社) 2001.09.14, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		
の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 17.01.2013	国際調査報告の発送日 29.01.2013	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 高橋 亨 電話番号 03-3581-1101 内線 3252	2 J 4 0 7 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 64-021333 A (株式会社ブリヂストン) 1989.01.24, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 7
A	JP 11-083534 A (三菱自動車工業株式会社) 1999.03.26, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 7
A	JP 6-265433 A (スズキ株式会社) 1994.09.22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 7