

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6352289号
(P6352289)

(45) 発行日 平成30年7月4日(2018.7.4)

(24) 登録日 平成30年6月15日(2018.6.15)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 G 19/08 (2006.01) GO 1 G 19/08 Z
GO 1 G 19/03 (2006.01) GO 1 G 19/03

請求項の数 8 (全 22 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2015-543872 (P2015-543872) (86) (22) 出願日 平成26年10月22日 (2014.10.22) (86) 国際出願番号 PCT/JP2014/078017 (87) 国際公開番号 W02015/060319 (87) 国際公開日 平成27年4月30日 (2015.4.30) 審査請求日 平成29年10月10日 (2017.10.10) (31) 優先権主張番号 特願2013-220098 (P2013-220098) (32) 優先日 平成25年10月23日 (2013.10.23) (33) 優先権主張国 日本国(JP)</p>	<p>(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 (74) 代理人 100097113 弁理士 堀 城之 (74) 代理人 100162363 弁理士 前島 幸彦 (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 審査官 大森 努</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 積載重量検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

移動体に積載される貨物の貨物重量の検出する積載重量検出装置であって、
 前記移動体の車体重量と前記移動体における仮想バネ間の幅と前記貨物の初期設定用貨物重量との入力を受け付ける初期設定入力手段と、

前記移動体の揺動を検出する揺動検出手段と、

該揺動検出手段によって検出された揺動データに基づいて、前記移動体の自重方向の固有振動を縦揺れ固有振動値として特定すると共に、前記移動体の車軸周りの固有振動を横揺れ固有振動値として特定する固有振動特定手段と、

前記移動体に前記初期設定用貨物重量である前記貨物を積載した状態で前記固有振動特定手段によって特定された前記縦揺れ固有振動値及び前記横揺れ固有振動値と共に、前記初期設定入力手段によって受け付けた前記車体重量、前記仮想バネ間の幅及び前記初期設定用貨物重量を初期設定データとして記憶する記憶手段と、

前記固有振動特定手段によって特定された前記縦揺れ固有振動値及び前記横揺れ固有振動値と前記初期設定データとに基づいて前記貨物を積載した前記移動体の総重量を算出する総重量算出手段とを具備することを特徴とする積載重量検出装置。

【請求項2】

前記固有振動特定手段は、前記揺動検出手段によって検出された時系列の揺動データに高速フーリエ変換をかけて前記縦揺れ固有振動値及び前記横揺れ固有振動値を特定することを特徴とする請求項1記載の積載重量検出装置。

10

20

【請求項 3】

前記固有振動特定手段によって特定される前記縦揺れ固有振動値及び前記横揺れ固有振動値は、固有振動周波数であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の積載重量検出装置。

【請求項 4】

前記総重量算出手段は、前記移動体の動揺中心軸から重心位置までの垂直方向の高さと、前記移動体の動揺中心軸から重心位置までの水平方向の変位と、前記移動体における荷台の静止傾斜角を考慮して前記移動体の総重量を算出することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の積載重量検出装置。

【請求項 5】

移動体に積載される貨物の貨物重量を検出する積載重量検出装置であって、
前記移動体の車体重量と前記貨物の初期設定用貨物重量との入力を受け付ける初期設定入力手段と、

前記移動体の揺動を検出する揺動検出手段と、

該揺動検出手段によって検出された揺動データに基づいて、前記移動体の自重方向の固有振動を縦揺れ固有振動値として特定する固有振動特定手段と、

前記移動体に前記初期設定用貨物重量である前記貨物を積載した状態で前記固有振動特定手段によって特定された前記縦揺れ固有振動値と共に、前記初期設定入力手段によって受け付けた前記車体重量及び前記初期設定用貨物重量を初期設定データとして記憶する記憶手段と、

前記固有振動特定手段によって特定された前記縦揺れ固有振動値と前記初期設定データとに基づいて、前記貨物を積載した前記移動体の総重量を算出する総重量算出手段とを具備することを特徴とする積載重量検出装置。

【請求項 6】

移動体に積載される貨物の貨物重量を検出する積載重量検出装置であって、

前記貨物の第 1 及び第 2 の初期設定用貨物重量の入力をそれぞれ受け付ける初期設定入力手段と、

前記移動体の揺動を検出する揺動検出手段と、

該揺動検出手段によって検出された揺動データに基づいて、前記移動体の自重方向の固有振動を縦揺れ固有振動値として特定する固有振動特定手段と、

前記初期設定入力手段によって受け付けた第 1 及び第 2 の前記初期設定用貨物重量、前記移動体に第 1 の前記初期設定用貨物重量である前記貨物をそれぞれ積載した状態で前記固有振動特定手段によって特定された第 1 の前記縦揺れ固有振動値、及び前記移動体に第 2 の前記初期設定用貨物重量である前記貨物をそれぞれ積載した状態で前記固有振動特定手段によって特定された第 2 の前記縦揺れ固有振動値に基づいて前記移動体の車体重量を算出する車体重量算出手段と、

該車体重量算出手段によって算出した前記車体重量、前記初期設定入力手段によって受け付けた第 1 の前記初期設定用貨物重量、及び前記移動体に第 1 の前記初期設定用貨物重量である前記貨物をそれぞれ積載した状態で前記固有振動特定手段によって特定された第 1 の前記縦揺れ固有振動値を初期設定データとして記憶する記憶手段と、

前記固有振動特定手段によって特定された前記縦揺れ固有振動値と前記初期設定データとに基づいて、前記貨物を積載した前記移動体の総重量を算出する総重量算出手段とを具備することを特徴とする積載重量検出装置。

【請求項 7】

前記固有振動特定手段は、前記揺動検出手段によって検出された時系列の揺動データに高速フーリエ変換をかけて前記縦揺れ固有振動値を特定することを特徴とする請求項 5 又は 6 記載の積載重量検出装置。

【請求項 8】

前記固有振動特定手段によって特定される前記縦揺れ固有振動値は、固有振動周波数であることを特徴とする請求項 5 乃至 7 のいずれかに記載の積載重量検出装置。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、貨物を積載する自動車、鉄道車両等の移動体の重量を検出する積載重量検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

貨物を積載する自動車、鉄道車両等の移動体の重量の検出は、ロードセルを用いた静的な環境下で行われるのが一般的である。移動体が走行中に自身の重量や積載物の重量を検出する技術も各種提案されているが、まだ確立（実用化の目途がたち製品化）されていないのが現状である。そこで、本出願人は、重心検知理論を応用してトレーラトラックに積載された貨物の重量を予測する貨物重量予測装置を提案している（例えば、特許文献1参照）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【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】

【0004】

20

しかしながら、従来の貨物重量予測装置は、トレーラトラックにしか適用できないと共に、多数（10種）の入力変数が必要であるため、入力作業が繁雑で且つ誤差が累積しやすいという問題点があった。

【0005】

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、多種多様な移動体に適用可能であると共に、少ない入力変数で正確に積載重量を検出することができる積載重量検出装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の積載重量検出装置は、移動体に積載される貨物の貨物重量の検出する積載重量検出装置であって、前記移動体の車体重量と前記移動体における仮想バネ間の幅と前記貨物の初期設定用貨物重量との入力を受け付ける初期設定入力手段と、前記移動体の揺動を検出する揺動検出手段と、該揺動検出手段によって検出された揺動データに基づいて、前記移動体の自重方向の固有振動を縦揺れ固有振動値として特定すると共に、前記移動体の車軸周りの固有振動を横揺れ固有振動値として特定する固有振動特定手段と、前記移動体に前記初期設定用貨物重量である前記貨物を積載した状態で前記固有振動特定手段によって特定された前記縦揺れ固有振動値及び前記横揺れ固有振動値と共に、前記初期設定入力手段によって受け付けた前記車体重量、前記仮想バネ間の幅及び前記初期設定用貨物重量を初期設定データとして記憶する記憶手段と、前記固有振動特定手段によって特定された前記縦揺れ固有振動値及び前記横揺れ固有振動値と前記初期設定データとに基づいて前記貨物を積載した前記移動体の総重量を算出する総重量算出手段とを具備することを特徴とする。

30

さらに、本発明の積載重量検出装置は、前記固有振動特定手段は、前記揺動検出手段によって検出された時系列の揺動データに高速フーリエ変換をかけて前記縦揺れ固有振動値及び前記横揺れ固有振動値を特定しても良い。

さらに、本発明の積載重量検出装置は、前記固有振動特定手段によって特定される前記縦揺れ固有振動値及び前記横揺れ固有振動値は、固有振動周波数であっても良い。

さらに、本発明の積載重量検出装置は、前記総重量算出手段は、前記移動体の動揺中心軸から重心位置までの垂直方向の高さと、前記移動体の動揺中心軸から重心位置までの水平方向の変位と、前記移動体における荷台の静止傾斜角を考慮して前記移動体の総重量を

40

50

算出しても良い。

また、本発明の積載重量検出装置は、移動体に積載される貨物の貨物重量を検出する積載重量検出装置であって、前記移動体の車体重量と前記貨物の初期設定用貨物重量との入力を受け付ける初期設定入力手段と、前記移動体の揺動を検出する揺動検出手段と、該揺動検出手段によって検出された揺動データに基づいて、前記移動体の自重方向の固有振動を縦揺れ固有振動値として特定する固有振動特定手段と、前記移動体に前記初期設定用貨物重量である前記貨物を積載した状態で前記固有振動特定手段によって特定された前記縦揺れ固有振動値と共に、前記初期設定入力手段によって受け付けた前記車体重量及び前記初期設定用貨物重量を初期設定データとして記憶する記憶手段と、前記固有振動特定手段によって特定された前記縦揺れ固有振動値と前記初期設定データとに基づいて、前記貨物を積載した前記移動体の総重量を算出する総重量算出手段とを具備することを特徴とする。

10

また、本発明の積載重量検出装置は、移動体に積載される貨物の貨物重量を検出する積載重量検出装置であって、前記貨物の第1及び第2の初期設定用貨物重量の入力をそれぞれ受け付ける初期設定入力手段と、前記移動体の揺動を検出する揺動検出手段と、該揺動検出手段によって検出された揺動データに基づいて、前記移動体の自重方向の固有振動を縦揺れ固有振動値として特定する固有振動特定手段と、前記初期設定入力手段によって受け付けた第1及び第2の前記初期設定用貨物重量、前記移動体に第1の前記初期設定用貨物重量である前記貨物をそれぞれ積載した状態で前記固有振動特定手段によって特定された第1の前記縦揺れ固有振動値、及び前記移動体に第2の前記初期設定用貨物重量である前記貨物をそれぞれ積載した状態で前記固有振動特定手段によって特定された第2の前記縦揺れ固有振動値に基づいて前記移動体の車体重量を算出する車体重量算出手段と、

20

該車体重量算出手段によって算出した前記車体重量、前記初期設定入力手段によって受け付けた第1の前記初期設定用貨物重量、及び前記移動体に第1の前記初期設定用貨物重量である前記貨物をそれぞれ積載した状態で前記固有振動特定手段によって特定された第1の前記縦揺れ固有振動値を初期設定データとして記憶する記憶手段と、前記固有振動特定手段によって特定された前記縦揺れ固有振動値と前記初期設定データとに基づいて、前記貨物を積載した前記移動体の総重量を算出する総重量算出手段とを具備することを特徴とする。

さらに、本発明の積載重量検出装置は、前記固有振動特定手段は、前記揺動検出手段によって検出された時系列の揺動データに高速フーリエ変換をかけて前記縦揺れ固有振動値を特定しても良い。

30

さらに、本発明の積載重量検出装置は、前記固有振動特定手段によって特定される前記縦揺れ固有振動値は、固有振動周波数であっても良い。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、多種多様な移動体に適用可能であると共に、移動体の車体重量と貨物の初期設定用貨物重量とを入力変数として入力するだけで正確に積載重量を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】

40

【0008】

【図1】本発明に係る積載重量検出装置の第1の実施の形態が設置された貨物車両の側面図である。

【図2】本発明に係る積載重量検出装置の第1の実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図3】図1に示す積載重量検出装置の設置例を示す貨物車両の背面図である。

【図4】本発明に係る積載重量検出装置の第1の実施の形態における積載重量検出動作を説明するためのフローチャートである。

【図5】図2に示すタッチパネルに表示される表示画面例を示す図である。

【図6】本発明に係る積載重量検出装置の第2の実施の形態の構成を示すブロック図であ

50

る。

【図7】本発明に係る積載重量検出装置の第2の実施の形態における積載重量検出動作を説明するためのフローチャートである。

【図8】荷重位置によるバネ定数の変化を説明するための説明図である。

【図9】本発明に係る積載重量検出装置の第3の実施の形態における積載重量検出動作を説明するためのフローチャートである。

【図10】図2に示すタッチパネルに表示される表示画面例を示す図である。

【図11】本発明に係る積載重量検出装置の第1の実施の形態の実証実験で得られた上下方向の時系列揺動データ例を示すグラフである。

【図12】本発明に係る積載重量検出装置の第2の実施の形態の実証実験で得られたY軸周りの時系列揺動データ例を示すグラフである。

10

【発明を実施するための形態】

【0009】

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。

【0010】

(第1の実施の形態)

第1の実施の形態の積載重量検出装置は、図1及び図2を参照すると、移動体である貨物車両(トラック)10の総重量Mを検出する装置であり、振動検出部20と、データ処理部30とを備えている。貨物車両10の総重量M(厳密には総質量)は、貨物車両10の車体重量 m_a と、貨物車両10の荷台11に積載された貨物1の貨物重量 m_b とを加算した値であり、車体重量 m_a が既知である場合には、結果として貨物重量 m_b が検出されることになる。なお、第1の実施の形態では、荷台11に対して垂直な方向を上下方向、貨物車両10の縦幅方向を前後方向、貨物車両10の横幅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直交する方向をX軸方向、Z軸方向及び左右方向と直交する方向をY軸方向とし、荷台12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。

20

【0011】

振動検出部20は、加速度センサ21と、A/D変換器22とを備え、貨物車両10の荷台11の上下方向の揺動を検出可能な位置に設置されている。貨物車両10は、図3に示すように、車軸13を挟んだ両側が仮想バネ2とみなすことができるタイヤやサスペンションによる緩衝用弾性力によってそれぞれ支えられている。従って、移動体である貨物車両10の荷台11は、走行中に地面からの外乱により、貨物車両10の総重量Mに応じた固有振動を生じる。この固有振動は、直線運動と回転運動に大別されるが、貨物車両10の総重量Mに応じて直接的に固有振動を生じるのは、自重方向(Z軸方向)の単振動である。

30

【0012】

加速度センサ21は、荷台11の上下方向の揺動を検出するように感度軸が調整されており、荷台11の上下方向の揺動を荷台11の自重方向(Z軸方向)の揺動として検出し、A/D変換器22は、加速度センサ21からアナログ信号として出力される揺動データ(検出結果)をデジタル信号に変換してデータ処理装置30に出力する。なお、加速度センサ21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、3軸(3次元)の角速度センサを用いても良い。

40

【0013】

データ処理装置30は、図1に示すように、例えば、運転席12に設置され、図2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、表示部及び入力部として機能するタッチパネル33と、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。

【0014】

50

記憶部 3 2 には、総重量 M を導くための演算プログラムが記憶されている。演算部 3 1 は、一定期間、加速度センサ 2 1 から出力を記憶部 3 2 に記憶させ、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 2 1 からの出力を演算することで、貨物車両 1 0 の総重量 M を算出する。そして演算部 3 1 は、算出した貨物車両 1 0 の総重量 M から車体重量 m_a を減算することで貨物重量 m_b を算出し、タッチパネル 3 3 によって表示通知したり、報知部 3 4 から音声通知したりして出力する。

【 0 0 1 5 】

次に、第 1 の実施の形態における積載重量検出動作について図 4 及び図 5 を参照して詳細に説明する。

【 0 0 1 6 】

図 4 を参照すると、例えば、貨物車両 1 0 のエンジンの始動に連動して、積載重量検出装置の電源が投入されると、演算部 3 1 は、まず、初期設定データが記憶部 3 2 に記憶されているか否かを判断する（ステップ A 1）。ステップ A 1 で初期設定データが記憶部 3 2 に記憶されていない場合には、演算部 3 1 は、図 5 (a) に示す初期設定画面 4 0 をタッチパネル 3 3 に表示させ（ステップ A 2）、貨物車両 1 0 の車体重量 m_a の入力と、荷台 1 1 に載置する初期設定用貨物重量 m_{b_0} の入力とを受け付ける（ステップ A 3）。初期設定画面 4 0 には、貨物車両 1 0 の車体重量 m_a の入力を受け付ける車体重量受付欄 4 1 と、荷台 1 1 に載置する初期設定用貨物重量 m_{b_0} の入力を受け付ける貨物重量受付欄 4 2 と、初期設定ボタン 4 3 とが設けられている。なお、荷台 1 1 に積載する貨物 1 の貨物重量 m_{b_0} は、貨物車両 1 0 の走行によって荷台 1 1 の上下方向の揺動を生じさせる重量とする。

【 0 0 1 7 】

操作者は、荷台 1 1 に初期設定用貨物重量 m_{b_0} を有する貨物 1 を積載すると共に、初期設定画面 4 0 において、車体重量受付欄 4 1 への貨物車両 1 0 の車体重量 m_a の入力と、貨物重量受付欄 4 2 への初期設定用貨物重量 m_{b_0} の入力とを行う。そして、既知である初期設定用貨物重量 m_{b_0} の貨物 1 を積載した状態で貨物車両 1 0（既知の総重量 $m_0 =$ 車体重量 $m_a +$ 初期設定用貨物重量 m_{b_0} ）を走行させ、貨物車両 1 0 の走行中に、初期設定画面 4 0 の初期設定ボタン 4 3 を操作する。貨物車両 1 0 が走行すると、タイヤが路面の凹凸を踏み続けることにより、ランダムな外乱がタイヤ及びサスペンションを通して貨物車両 1 0 の車体に伝わる。なお、荷台 1 1 自体や荷台 1 1 に取り付けられたクレーン等の付属物に相応の重量があり、荷台 1 1 に貨物 1 を積載することなく、荷台 1 1 に十分な上下方向の揺動が生じる場合には、ステップ A 3 で貨物車両 1 0 の車体重量 m_a のみの入力を受け付け、空荷の状態では、初期設定画面 4 0 の初期設定ボタン 4 3 を操作するようにしても良い。

【 0 0 1 8 】

次に、演算部 3 1 は、初期設定ボタン 4 3 の操作を監視し（ステップ A 4）、貨物車両 1 0 の走行中に初期設定ボタン 4 3 が操作されると、振動検出部 2 0 によって検出される荷台 1 1 の上下方向の揺動データを予め設定された所定時間の時系列揺動データとして記憶部 3 2 に記憶させる（ステップ A 5）。

【 0 0 1 9 】

次に、演算部 3 1 は、記憶部 3 2 に記憶させた時系列揺動データに高速フーリエ変換をかけ、荷台 1 1 の自重方向（Z 軸方向）の固有振動として縦揺れ固有振動周波数 V_{z_0} を特定する（ステップ A 6）。そして、演算部 3 1 は、ステップ A 3 で入力を受け付けた車両 1 0 の車体重量 m_a 及び初期設定用貨物重量 m_{b_0} と、ステップ A 6 で特定した縦揺れ固有振動周波 V_{z_0} とを初期設定データとして記憶部 3 2 に記憶させ（ステップ A 7）、ステップ A 1 に戻る。ステップ A 2 ~ A 7 までの処理動作は、貨物車両 1 0 に本実施の形態の積載重量検出装置を設置した段階で初期設定動作として行われ、通常は、初期設定データを記憶部 3 2 に記憶させた状態でユーザに提供されることになる。

【 0 0 2 0 】

ステップ A 1 で初期設定データが記憶部 3 2 に記憶されている場合には、演算部 3 1 は

10

20

30

40

50

、測定指示ボタン51が配置された図5(b)に示す測定画面50をタッチパネル33に表示させ(ステップA8)、測定指示ボタン51の操作を監視する(ステップA9)。

【0021】

ドライバーは、貨物重量 m_b の未知の貨物1を積載した状態で貨物車両10(未知の総重量 $M = \text{車体重量 } m_a + \text{未知の貨物重量 } m_b$)を走行させ、貨物車両10の走行中に、測定画面50の測定指示ボタン51を操作する。貨物車両10が走行すると、タイヤが路面の凹凸を踏み続けることにより、ランダムな外乱がタイヤ及びサスペンションを通して貨物車両10の車体に伝わる。貨物車両10の走行中に測定指示ボタン51が操作されると、振動検出部20によって検出される荷台11の上下方向の揺動データを予め設定された所定時間の時系列揺動データとして記憶部32に記憶させる(ステップA10)。

10

【0022】

次に、演算部31は、記憶部32に記憶させた時系列揺動データに高速フーリエ変換をかけ、荷台11の自重方向(Z軸方向)の固有振動として縦揺れ固有振動周波数 V_z を特定する(ステップA11)。そして、演算部31は、特定した縦揺れ固有振動周波数 V_z と初期設定データとを用いて演算することで、未知の総重量 M を算出すると共に(ステップA12)、算出した未知の総重量 M から車体重量 m_a を減算することで未知の貨物重量 m_b を算出し(ステップA13)、算出した未知の貨物重量 m_b を図5(c)に示す重量通知画面60によってタッチパネル33で表示通知したり、報知部34から音声通知したりして出力する(ステップA14)。

【0023】

20

次に、演算部31による未知の総重量 M の算出動作(ステップA12)を詳細に説明する。

移動体である貨物車両10は、走行中に地面からの外乱により、貨物車両10の総重量(厳密には総質量)に応じた固有振動を生じる。この固有振動は、直線運動と回転運動に大別されるが、貨物車両10の総重量に応じて直接的に固有振動を生じるのは、自重方向(Z軸方向)の単振動である。先に本出願人が特許第4517107号で提案した三次元重心検知理論を適用して、貨物車両10における垂直方向の単振動を定式化すると、次式で表すことができる。

【0024】

【数1】

30

$$V_z = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2k_0}{M}}$$

【0025】

【数1】において、 M は貨物車両10の車体重量 m_a に貨物1の未知の重量 m_b を加えた総重量、 V_z は総重量 M である貨物車両10の縦揺れ固有振動周波数、 k_0 は仮想バネ2であるタイヤやサスペンションの弾性係数(バネ定数)、 ω は円周率である。

【0026】

【数1】を変形することで、総重量 M は、次式で表すことができる。

40

【0027】

【数2】

$$M = \frac{k_0}{2V_z^2\pi^2}$$

【0028】

【数2】において、縦揺れ固有振動周波数 V_z は、加速度センサ21から出力される自重方向(Z軸方向)の揺動データを所定時間記憶した時系列揺動データに、高速フーリエ変換をかけることで算出可能である。従って、仮想バネ2の弾性係数 k_0 が分かると、〔

50

数 2) を用いて貨物車両 1 0 の総重量「M」を算出することができる。

【 0 0 2 9 】

仮想バネ 2 の弾性係数「 k_0 」は、〔数 1〕を変形することで、貨物車両 1 0 の既知の総重量「 m_0 」と、総重量「 m_0 」である貨物車両 1 0 の縦揺れ固有振動周波数「 V_{z0} 」を用いて、次式で表すことができる。

【数 3】

$$k_0 = 2m_0 V_{z0}^2 \pi^2$$

10

【 0 0 3 0 】

そして、〔数 2〕に〔数 3〕を代入することで、次式が得られる。

【数 4】

$$M = \frac{V_{z0}^2}{V_z^2} m_0$$

【 0 0 3 1 】

ここで、既知の総重量 m_0 (車体重量 m_a + 貨物重量 m_{b0}) と、総重量 m_0 である貨物車両 1 0 の縦揺れ固有振動周波数 V_{z0} とは、初期設定によって、記憶部 3 2 に記憶させた初期設定データである。従って、未知の貨物重量 m_b の貨物 1 を積載した貨物車両 1 0 の走行中に、演算部 3 1 は、縦揺れ固有振動周波数 V_z を求め、さらに、〔数 4〕を演算することで、未知の総重量 M (車体重量 m_a + 貨物重量 m_b) を算出することができる。

20

【 0 0 3 2 】

以上説明したように、第 1 の実施の形態は、貨物車両 1 0 に積載される貨物 1 の貨物重量 m_b を検出する積載重量検出装置であって、貨物車両 1 0 の車体重量 m_a と貨物 1 の初期設定用貨物重量 m_{b0} との入力を受け付ける初期設定入力手段として機能するタッチパネル 3 3 と、貨物車両 1 0 の揺動を検出する揺動検出部 2 0 と、揺動検出部 2 0 によって検出された揺動データに基づいて、貨物車両 1 0 の自重方向の固有振動を縦揺れ固有振動値として特定する固有振動特定手段と機能する演算部 3 1 と、貨物車両 1 0 に初期設定用貨物重量 m_{b0} である貨物 1 を積載した状態で演算部 3 1 によって特定された縦揺れ固有振動値と共に、タッチパネル 3 3 によって受け付けた車体重量 m_a 及び初期設定用貨物重量 m_{b0} を初期設定データとして記憶する記憶部 3 2 とを具備し、演算部 3 1 は、特定した縦揺れ固有振動値と初期設定データとに基づいて、貨物 1 を積載した貨物車両 1 0 の総重量 M を算出する総重量算出手段として機能するように構成されている。

30

この構成により、多種多様な貨物車両 1 0 に適用可能であると共に、貨物車両 1 0 の車体重量 m_a と貨物 1 の初期設定用貨物重量 m_{b0} とを入力変数として入力するだけで正確に積載重量を検出することができるという効果を奏する。

【 0 0 3 3 】

さらに、第 1 の実施の形態において、演算部 3 1 は、揺動検出部 2 0 によって検出された時系列の揺動データに高速フーリエ変換をかけて縦揺れ固有振動値を特定するように構成されている。

40

【 0 0 3 4 】

さらに、第 1 の実施の形態において、演算部 3 1 は、貨物車両 1 0 の自重方向の固有振動を縦揺れ固有振動値である縦揺れ固有振動周波数 V_z として特定するように構成されている。

【 0 0 3 5 】

(第 2 の実施の形態)

第 2 の実施の形態の積載重量検出装置は、図 6 を参照すると、加速度センサ 2 1 に加え

50

て、角速度センサ 2 3 を備えた振動検出部 2 0 a を用い、データ処理装置 3 0 a の演算部 3 1 a が車軸 1 3 を中心とする Y 軸周りの固有振動も考慮をして、移動体である貨物車両 (トラック) 1 0 の総重量 M を検出する点で第 1 の実施の形態と異なっている。

【 0 0 3 6 】

角速度センサ 2 3 は、車軸 1 3 を中心とした回転方向の角度、すなわち車軸 1 3 を中心とした Y 軸周りの横揺れ (揺動) を検出するように感度軸が調整されている。角速度センサ 2 3 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 2 1 及び角速度センサ 2 3 として 3 軸 (3 次元) の角速度センサを用いても良い。

【 0 0 3 7 】

データ処理装置 3 0 a は、マイクロプロセッサ等からなる演算部 3 1 a を備えている。記憶部 3 2 には、総重量 M を導くための演算プログラムが記憶されている。演算部 3 1 a は、一定期間、加速度センサ 2 1 及び角速度センサ 2 3 から出力を記憶部 3 2 にそれぞれ記憶させ、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 2 1 及び角速度センサ 2 3 からの出力を演算することで、貨物車両 1 0 の総重量 M を算出する。そして演算部 3 1 a は、算出した貨物車両 1 0 の総重量 M から車体重量 m_a を減算することで貨物重量 m_b を算出し、タッチパネル 3 3 によって表示通知したり、報知部 3 4 から音声通知したりして出力する。

【 0 0 3 8 】

次に、第 2 の実施の形態における積載重量検出動作について図 7 を参照して詳細に説明する。なお、第 1 の実施の形態における積載重量検出動作と同様の処理動作については、同一のステップ番号を付して一部説明を省略している。

【 0 0 3 9 】

図 7 を参照すると、貨物車両 1 0 の走行中にステップ A 4 で初期設定ボタン 4 3 が操作されると、演算部 3 1 a は、振動検出部 2 0 a の加速度センサ 2 1 によって検出される荷台 1 1 の上下方向の揺動データと、角速度センサ 2 3 によって検出される Y 軸周りの揺動データとを予め設定された所定時間の時系列揺動データとしてそれぞれ記憶部 3 2 に記憶させる (ステップ B 1)。なお、貨物車両 1 0 における仮想パネ 2 (タイヤやサスペンション) 間の幅 b は、タッチパネル 3 3 等の入力手段からの入力によって事前に受け付けて初期設定データとして記憶部 3 2 に予め記憶されているものとする。

【 0 0 4 0 】

次に、演算部 3 1 a は、記憶部 3 2 に記憶させた上下方向の時系列揺動データに高速フーリエ変換をかけ、荷台 1 1 の縦揺れ固有振動周波数 V_z_0 を特定すると共に (ステップ A 6)、記憶部 3 2 に記憶させた Y 軸周りの時系列揺動データに高速フーリエ変換をかけ、Y 軸周りの固有振動として横揺れ固有振動周波数 V_x_0 を特定する (ステップ B 2)。そして、演算部 3 1 a は、ステップ A 3 で入力を受け付けた車両 1 0 の車体重量 m_a 及び初期設定用貨物重量 m_{b_0} と、ステップ A 6 で特定した縦揺れ固有振動周波 V_z_0 と、ステップ B 2 で特定した横揺れ固有振動周波数 V_x_0 とを初期設定データとして記憶部 3 2 に記憶させ (ステップ B 3)、ステップ A 1 に戻る。ステップ A 2 ~ B 3 までの処理動作は、貨物車両 1 0 に本実施の形態の積載重量検出装置を設置した段階で行われ、通常は、初期設定データを記憶部 3 2 に記憶させた状態でユーザに提供されることになる。

【 0 0 4 1 】

また、総重量 M が未知である貨物車両 1 0 の走行中にステップ A 9 で測定指示ボタン 5 1 が操作されると、演算部 3 1 a は、振動検出部 2 0 a の加速度センサ 2 1 によって検出される荷台 1 1 の上下方向の揺動データと、角速度センサ 2 3 によって検出される Y 軸周りの揺動データとを予め設定された所定時間の時系列揺動データとしてそれぞれ記憶部 3 2 に記憶させる (ステップ B 4)。

【 0 0 4 2 】

次に、演算部 3 1 a は、記憶部 3 2 に記憶させた上下方向の時系列揺動データに高速フーリエ変換をかけ、荷台 1 1 の縦揺れ固有振動周波数 V_z を特定すると共に (ステップ A

10

20

30

40

50

11)、記憶部32に記憶させたY軸周りの時系列揺動データに高速フーリエ変換をかけ、Y軸周りの固有振動として横揺れ固有振動周波数 V_x を特定する(ステップB5)。そして、演算部31aは、特定した縦揺れ固有振動周波数 V_z と横揺れ固有振動周波数 V_x と初期設定データとを用いて演算することで、未知の総重量 M を算出する(ステップB6)。以降、第1の実施の形態と同様に算出した未知の総重量 M から車体重量 m_a を減算することで未知の貨物重量 m_b を算出し(ステップA13)、算出した未知の貨物重量 m_b を図5(c)に示す重量通知画面60によってタッチパネル33で表示通知したり、報知部34から音声通知したりして出力する(ステップA14)。

【0043】

次に、演算部31aによる未知の総重量 M の算出動作(ステップB6)について図8を参照して詳細に説明する。

10

【0044】

第1の実施の形態における未知の総重量 M の算出は、貨物車両10を支える左右のばね定数 k_0 が同じであるという仮定に基づいている。すなわち、貨物1を含む貨物車両10の重心位置が左右の中央にあるという前提である。しかしながら現実には、貨物車両10上の乗員や貨物1は任意に配置されるため、重心位置が左右の中央にあるという保証はない。例えば、貨物1を含む貨物車両10の総合的なばね定数の値は、図8に示すように、貨物車両10の重心位置に応じて変化し、次式で表せる。

【0045】

【数5】

20

$$k_{(s)} = 2k_0 \left(1 - \frac{s}{b} \right)$$

【0046】

【数5】において、 $k_{(s)}$ は貨物1を含む貨物車両10の総合的なばね定数、 b は貨物車両10における仮想バネ2(タイヤやサスペンション)間の幅、 s は貨物車両10の左右中心から重心位置までの水平方向の変位である。

【0047】

また、先に本出願人が特許第4517107号で提案した三次元重心検知理論を適用すると、貨物車両10の重心位置とY軸周りの固有振動との関係は、次式で表すことができる。

30

【0048】

【数6】

$$V_x = \frac{\sqrt{\frac{k_{(s)} b^2}{2M} - g l_x}}{2\pi \sqrt{(l_x^2 + s_x^2) \cos \alpha_x}}$$

40

【0049】

【数6】において、 V_x は貨物車両10のY軸周り(車軸13周り)の横揺れ固有振動周波数、 l_x は貨物車両10の車軸13から重心位置までの上下方向の高さ、 s_x は貨物車両10の車軸13から重心位置までの左右方向の変位、 α_x は荷台11の静止傾斜角(水平面と動揺中の中立面とがなす角で位相に相当する)である。

【0050】

【数6】を【数5】と合わせて未知の総重量 M で展開すると、次式で表すことができる。

【0051】

【数 9 a】

$$M = \frac{k_0 \left(1 - \frac{s_x}{b}\right) b^2}{8\pi^2 (l_x^2 + s_x^2) V_x^2 \cos \alpha_x + 2gl_x}$$

【0052】

同様に、既知の総重量 m_0 で〔数 6〕を展開し、ばね定数 k_0 を求める形にすると、次式が得られる。

【0053】

【数 10 a】

$$k_0 = m_0 \frac{8\pi^2 (l_{x0}^2 + s_{x0}^2) V_{x0}^2 \cos \alpha_{x0} + 2gl_{x0}}{\left(1 - \frac{s_{x0}}{b}\right) b^2}$$

10

【0054】

ここで、 V_{x0} は、既知の総重量 m_0 である貨物車両 10 の横揺れ固有振動周波数を、 l_{x0} は、既知の総重量 m_0 である貨物車両 10 の動揺中心軸から重心位置までの垂直方向の高さを、 s_{x0} は、既知の総重量 m_0 である貨物車両 10 の動揺中心軸から重心位置までの水平方向の変位を、 α_{x0} は、既知の総重量 m_0 である貨物車両 10 における荷台 11 の静止傾斜角（動揺中心角）をそれぞれ示す。

20

【0055】

そして、〔数 9 a〕に〔数 10 a〕を代入すると、次式が得られる。

【0056】

【数 11 a】

$$M = m_0 \frac{8\pi^2 (l_{x0}^2 + s_{x0}^2) V_{x0}^2 \cos \alpha_{x0} + 2gl_{x0}}{8\pi^2 (l_x^2 + s_x^2) V_x^2 \cos \alpha_x + 2gl_x} \cdot \frac{\left(1 - \frac{s_x}{b}\right)}{\left(1 - \frac{s_{x0}}{b}\right)}$$

【0057】

〔数 11 a〕において、貨物車両 10 における仮想バネ 2（タイヤやサスペンション）間の幅 b は、初期設定データとして記憶部 32 に予め記憶されており、既知の総重量 m_0 （車体重量 m_a + 初期設定用貨物重量 m_{b0} ）と、総重量 m_0 である貨物車両 10 の横揺れ固有振動周波数 V_{x0} と、総重量 m_0 である貨物車両 10 の縦揺れ固有振動周波数 V_{z0} は、初期設定によって、記憶部 32 に記憶させた初期設定データである。そして、横揺れ固有振動周波数 V_{x0} と、縦揺れ固有振動周波数 V_{z0} とにより、高さ l_{x0} と、水平方向の変位 s_{x0} と、静止傾斜角 α_{x0} をそれぞれ求め、これらも初期設定データとして記憶させる。なお、仮想バネ 2 間の幅 b も初期設定時の入力によって受け付けるようにしても良い。また、車体重量 m_a は、タッチパネル 33 等の入力手段からの入力によって事前に受け付けて初期設定データとして記憶部 32 に予め記憶させておいても良い。

30

【0058】

静止傾斜角 α_{x0} は、横揺れ固有振動周波数 V_{x0} と、縦揺れ固有振動周波数 V_{z0} とを用いて、先に本出願人が提案した WO 2011067939 A1 に記載されている〔式 12〕と〔式 14〕と連立して解くことで、求めることができる。この連立方程式は超越関数を含むため、解析的には解けないが、広く一般に公知の応用数学の手法を用いれば、数値解として解くことができ、 v に横揺れ固有振動周波数 V_{x0} を、 v' に縦揺れ固有振動周波数 V_{z0} をそれぞれ代入し、 α_{x0} を解として求めることで、静止傾斜角 α_{x0} が算出される。

40

【0059】

なお、静止傾斜角 α_{x0} は、水準器を用いて走行を開始する前に計っても良く、高性能な船舶航空機用のジャイロ等を設置して計ることもできる。

50

【 0 0 6 0 】

高さ l_{x0} と、水平方向の変位 s_{x0} とは、横揺れ固有振動周波数 V_{x0} と、縦揺れ固有振動周波数 V_{z0} と、静止傾斜角 α_{x0} とを用いて、先に本出願人が提案した特許 4 5 1 7 1 0 7 に記載されている〔数 1 5〕と〔数 1 6〕と連立して解くことで、求めることができる。この連立方程式は超越関数を含むため、解析的には解けないが、広く一般に公知の応用数学の手法を用いれば、数値解として解くことができ、 v に横揺れ固有振動周波数 V_{x0} を、 v' に縦揺れ固有振動周波数 V_{z0} を、 α_{x0} に静止傾斜角 α_{x0} をそれぞれ代入し、 l と s を解として求めることで、高さ l_{x0} と、水平方向の変位 s_{x0} とがそれぞれ算出される。

【 0 0 6 1 】

次に、未知の貨物重量 m_b の貨物 1 を積載した貨物車両 1 0 の走行中に、演算部 3 1 は、縦揺れ固有振動周波数 V_z と、横揺れ固有振動周波数 V_x とを求め、さらに、縦揺れ固有振動周波数 V_z と、横揺れ固有振動周波数 V_x とを用いて、高さ l_{x0} 、水平方向の変位 s_{x0} 及び静止傾斜角 α_{x0} を求めた同様の方法で、高さ l_x と、水平方向の変位 s_x と、静止傾斜角 α_x をそれぞれ求める。

【 0 0 6 2 】

そして、演算部 3 1 は、初期設定データ（横揺れ固有振動周波数 V_{x0} 、縦揺れ固有振動周波数 V_{z0} 、高さ l_{x0} 、水平方向の変位 s_{x0} 、静止傾斜角 α_{x0} ）と、縦揺れ固有振動周波数 V_z 、横揺れ固有振動周波数 V_x 、高さ l_x 、水平方向の変位 s_x 、静止傾斜角 α_x を〔数 1 1 a〕に代入する。これにより、〔数 1 1 a〕において、未知数は、未知の総重量 M のみとなり、〔数 1 1 a〕を演算することで、未知の総重量 M （車体重量 m_a + 貨物重量 m_b ）を算出することができる。そして、そして演算部 3 1 a は、算出した貨物車両 1 0 の総重量 M から車体重量 m_a を減算することで貨物重量 m_b を算出し、タッチパネル 3 3 によって表示通知したり、報知部 3 4 から音声通知したりして出力する。

【 0 0 6 3 】

ここで、〔数 1 1 a〕において、 s_{x0} と s_x を 0 と置くと、つまり、重心が左右方向の中心にあると仮定すると、〔数 1 1 a〕は〔数 4〕に帰着する。つまり、〔数 4〕は、〔数 1 1 a〕の理論体系に包含されたものである。したがって、〔数 1 1 a〕は、任意の重心位置における重量の割り出しに、理論的に適切に用いることができる。

【 0 0 6 4 】

以上説明したように、第 2 の実施の形態では、貨物車両 1 0 に積載される貨物 1 の貨物重量 m_b を検出する積載重量検出装置であって、貨物車両 1 0 の車体重量 m_a と貨物車両 1 0 における仮想パネ 2 間の幅 b と貨物 1 の初期設定用貨物重量 m_{b0} との入力を受け付ける初期設定入力手段として機能するタッチパネル 3 3 と、貨物車両 1 0 の揺動を検出する揺動検出部 2 0 a と、揺動検出部 2 0 a によって検出された揺動データに基づいて、貨物車両 1 0 の自重方向の固有振動を縦揺れ固有振動値として特定すると共に、貨物車両 1 0 の車軸周りの固有振動を横揺れ固有振動値として特定する固有振動特定手段と機能する演算部 3 1 a と、貨物車両 1 0 に初期設定用貨物重量 m_{b0} である貨物 1 を積載した状態で演算部 3 1 a によって特定された縦揺れ固有振動値及び横揺れ固有振動値と共に、タッチパネル 3 3 によって受け付けた車体重量 m_a 、仮想パネ 2 間の幅 b 及び初期設定用貨物重量 m_{b0} を初期設定データとして記憶する記憶部 3 2 とを具備し、演算部 3 1 a は、特定した縦揺れ固有振動値及び横揺れ固有振動値と初期設定データとに基づいて、貨物 1 を積載した貨物車両 1 0 の総重量 M を算出する総重量算出手段として機能するように構成されている。

この構成により、多種多様な移動体に適用可能であると共に、貨物車両 1 0 の車体重量 m_a と貨物 1 の初期設定用貨物重量 m_{b0} とを入力変数として入力するだけで、重心位置を考慮してより正確に積載重量を検出することができるという効果を奏する。

【 0 0 6 5 】

さらに、第 2 の実施の形態において、演算部 3 1 a は、揺動検出部 2 0 a によって検出された時系列の揺動データに高速フーリエ変換をかけて縦揺れ固有振動値及び横揺れ固有

10

20

30

40

50

振動値をそれぞれ特定するように構成されている。

【 0 0 6 6 】

さらに、第 2 の実施の形態において、演算部 3 1 a は、貨物車両 1 0 の自重方向の固有振動を縦揺れ固有振動値である縦揺れ固有振動周波数 V_z として特定すると共に、貨物車両 1 0 の車軸周りの固有振動を横揺れ固有振動値である横揺れ固有振動周波数 V_x として特定するように構成されている。

【 0 0 6 7 】

(第 3 の実施の形態)

第 3 の実施の形態の積載重量検出装置は、第 1 の実施の形態と初期設定動作が異なり、初期設定データとして車体重量 m_a を入力することなく、車体重量 m_a を算出可能である。従って、貨物車両 1 0 が不明であったり、大きすぎて測りようがなかったりした場合にも対応することができる。

【 0 0 6 8 】

以下、第 3 の実施の形態における積載重量検出動作について図 9 及び図 1 0 を参照して詳細に説明する。

【 0 0 6 9 】

図 9 を参照すると、例えば、貨物車両 1 0 のエンジンの始動に連動して、積載重量検出装置の電源が投入されると、演算部 3 1 は、まず、初期設定データが記憶部 3 2 に記憶されているか否かを判断する (ステップ A 1) 。ステップ A 1 で初期設定データが記憶部 3 2 に記憶されていない場合には、演算部 3 1 は、図 1 0 (a) に示す第 1 初期設定画面 7 0 をタッチパネル 3 3 に表示させ (ステップ C 1) 、貨物車両 1 0 の荷台 1 1 に載置する第 1 初期設定用貨物重量 m_{b1} の入力を受け付ける (ステップ C 2) 。第 1 初期設定画面 7 0 には、荷台 1 1 に載置する第 1 初期設定用貨物重量 m_{b1} の入力を受け付ける貨物重量受付欄 7 1 と、第 1 初期設定ボタン 7 2 とが設けられている。なお、荷台 1 1 に積載する貨物 1 の第 1 貨物重量 m_{b1} は、貨物車両 1 0 の走行によって荷台 1 1 の上下方向の揺動を生じさせる重量とする。

【 0 0 7 0 】

操作者は、荷台 1 1 に第 1 初期設定用貨物重量 m_{b1} を有する貨物 1 を積載すると共に、第 1 初期設定画面 7 0 において、貨物重量受付欄 7 1 への第 1 初期設定用貨物重量 m_{b1} の入力とを行う。そして、既知である第 1 初期設定用貨物重量 m_{b1} の貨物 1 を積載した状態で貨物車両 1 0 を走行させ、貨物車両 1 0 の走行中に、第 1 初期設定画面 7 0 の第 1 初期設定ボタン 7 2 を操作する。貨物車両 1 0 が走行すると、タイヤが路面の凹凸を踏み続けることにより、ランダムな外乱がタイヤ及びサスペンションを通して貨物車両 1 0 の車体に伝わる。

【 0 0 7 1 】

次に、演算部 3 1 は、第 1 初期設定ボタン 7 2 の操作を監視し (ステップ C 3) 、貨物車両 1 0 の走行中に第 1 初期設定ボタン 7 2 が操作されると、振動検出部 2 0 によって検出される荷台 1 1 の上下方向の揺動データを予め設定された所定時間の時系列揺動データとして記憶部 3 2 に記憶させる (ステップ C 4) 。

【 0 0 7 2 】

次に、演算部 3 1 は、記憶部 3 2 に記憶させた時系列揺動データに高速フーリエ変換をかけ、荷台 1 1 の自重方向 (Z 軸方向) の固有振動として第 1 縦揺れ固有振動周波数 V_z を特定する (ステップ C 5) 。

【 0 0 7 3 】

次に、演算部 3 1 は、図 1 0 (b) に示す第 2 初期設定画面 8 0 をタッチパネル 3 3 に表示させ (ステップ C 6) 、貨物車両 1 0 の荷台 1 1 に載置する第 2 初期設定用貨物重量 m_{b2} の入力を受け付ける (ステップ C 7) 。第 2 初期設定画面 8 0 には、荷台 1 1 に載置する第 2 初期設定用貨物重量 m_{b2} の入力を受け付ける貨物重量受付欄 8 1 と、第 2 初期設定ボタン 8 2 とが設けられている。なお、荷台 1 1 に積載する貨物 1 の第 2 貨物重量 m_{b2} は、貨物車両 1 0 の走行によって荷台 1 1 の上下方向の揺動を生じさせる重量とす

10

20

30

40

50

る。なお、荷台 1 1 自体や荷台 1 1 に取り付けられたクレーン等の付属物に相応の重量があり、荷台 1 1 に貨物 1 を積載することなく、荷台 1 1 に十分な上下方向の揺動が生じる場合には、第 1 初期設定用貨物重量 m_{b1} と第 2 初期設定用貨物重量 m_{b2} とのいずれかを「0 kg」として入力しても良い。

【0074】

操作者は、荷台 1 1 に第 2 初期設定用貨物重量 m_{b2} を有する貨物 1 を積載すると共に、第 2 初期設定画面 8 0 において、貨物重量受付欄 8 1 への第 2 初期設定用貨物重量 m_{b2} の入力を行う。そして、既知である初期設定用貨物重量 m_{b2} の貨物 1 を積載した状態で貨物車両 1 0 を走行させ、貨物車両 1 0 の走行中に、第 2 初期設定画面 8 0 の第 2 初期設定ボタン 8 2 を操作する。貨物車両 1 0 が走行すると、タイヤが路面の凹凸を踏み続けることにより、ランダムな外乱がタイヤ及びサスペンションを通して貨物車両 1 0 の車体に伝わる。

10

【0075】

次に、演算部 3 1 は、第 2 初期設定ボタン 8 2 の操作を監視し（ステップ C 8）、貨物車両 1 0 の走行中に第 2 初期設定ボタン 8 2 が操作されると、振動検出部 2 0 によって検出される荷台 1 1 の上下方向の揺動データを予め設定された所定時間の時系列揺動データとして記憶部 3 2 に記憶させる（ステップ C 9）。

【0076】

次に、演算部 3 1 は、記憶部 3 2 に記憶させた時系列揺動データに高速フーリエ変換をかけ、荷台 1 1 の自重方向（Z 軸方向）の固有振動として第 2 縦揺れ固有振動周波数 V_{z2} を特定する（ステップ C 1 0）。

20

【0077】

次に、演算部 3 1 は、車体重量 m_a を算出する（ステップ C 1 1）。すなわち、〔数 4〕は、次式〔数 1 4〕で表すことができ、これに第 1 初期設定用貨物重量 m_{b1} 及び第 2 初期設定用貨物重量 m_{b2} と、第 1 縦揺れ固有振動周波数 V_{z1} 及び第 2 縦揺れ固有振動周波数 V_{z2} とを代入することで車体重量 m_a を算出することができる。

【0078】

【数 1 4】

$$(m_a + m_{b1}) = \frac{V_{z2}^2}{V_{z1}^2} (m_a + m_{b2})$$

30

【0079】

そして、演算部 3 1 は、ステップ C 1 1 で算出した車両 1 0 の車体重量 m_a と、ステップ C 2 で入力を受け付けた第 1 初期設定用貨物重量 m_{b1} と、ステップ C 5 で特定した第 1 縦揺れ固有振動周波 V_{z1} とを初期設定データとして記憶部 3 2 に記憶させ（ステップ C 1 2）、ステップ A 1 に戻る。ステップ C 2 ~ C 1 2 までの処理動作は、貨物車両 1 0 に本実施の形態の積載重量検出装置を設置した段階で初期設定動作として行われ、通常は、初期設定データを記憶部 3 2 に記憶させた状態でユーザに提供されることになる。なお、ステップ C 1 2 では、ステップ C 7 で入力を受け付けた第 2 初期設定用貨物重量 m_{b2} と、ステップ C 1 0 で特定した第 2 縦揺れ固有振動周波 V_{z2} とを初期設定データとして記憶部 3 2 に記憶させるようにしても良い。

40

【0080】

以上説明したように、第 3 の実施の形態は、貨物車両 1 0 に積載される貨物 1 の貨物重量 m_b を検出する積載重量検出装置であって、貨物 1 の第 1 初期設定用貨物重量 m_{b1} 及び第 2 初期設定用貨物重量 m_{b2} との入力を受け付ける初期設定入力手段として機能するタッチパネル 3 3 と、貨物車両 1 0 の揺動を検出する揺動検出部 2 0 と、揺動検出部 2 0 によって検出された揺動データに基づいて、貨物車両 1 0 の自重方向の固有振動を縦揺れ固有振動値として特定する固有振動特定手段と機能する演算部 3 1 とを備え、演算部 3 1 は、タッチパネル 3 3 によって受け付けた第 1 初期設定用貨物重量 m_{b1} 及び第 2 初期設

50

定用貨物重量 m_{b2} 、貨物車両 10 に第 1 初期設定用貨物重量 m_{b1} である貨物 1 を積載した状態で特定した第 1 縦揺れ固有振動値、及び貨物車両 10 に第 2 初期設定用貨物重量 m_{b2} である貨物 1 を積載した状態で特定した第 2 縦揺れ固有振動値に基づいて貨物車両 10 の車体重量 m_a を算出する車体重量算出手段として機能し、算出した車体重量 m_a 、第 1 初期設定用貨物重量 m_{b1} 、及び第 1 縦揺れ固有振動値を初期設定データとして記憶部 32 に記憶する。そして、演算部 31 は、特定した縦揺れ固有振動値と初期設定データとに基づいて、貨物 1 を積載した貨物車両 10 の総重量 M を算出する総重量算出手段として機能するように構成されている。

この構成により、貨物車両 10 が不明であったり、大きすぎて測りようがなかったりした場合にも、正確に積載重量を検出することができるという効果を奏する。

10

【0081】

なお、第 3 の実施の形態では、第 1 の実施の形態で未知の総重量 M の算出に用いた〔数 4〕に基づいて、車体重量 m_a を算出するように構成したが、第 2 の実施の形態で未知の総重量 M の算出に用いた〔数 9a〕～〔数 11a〕に基づいて、車体重量 m_a を算出するようにしても良い。この場合には、演算部 31a によって、荷台 11 に第 1 初期設定用貨物重量 m_{b1} を有する貨物 1 を積載した状態で、第 1 縦揺れ固有振動周波数 V_{z1} と第 1 横揺れ固有振動周波数 V_{x1} とを特定すると共に、荷台 11 に第 2 初期設定用貨物重量 m_{b2} を有する貨物 1 を積載した状態で、第 2 縦揺れ固有振動周波数 V_{z2} と第 2 横揺れ固有振動周波数 V_{x2} とを特定させる。そして、演算部 31a によって車体重量 m_a を算出させる。すなわち、〔数 11a〕は、次式〔数 15〕で表すことができ、より正確な車体重量 m_a を算出することができる。

20

【0082】

【数 15】

$$(m_a + m_{b1}) = (m_a + m_{b2}) \frac{8\pi^2(l_{x2}^2 + s_{x2}^2)V_{x2}^2 \cos\alpha_{x2} + 2gl_{x2} \left(1 - \frac{s_{x1}}{b}\right)}{8\pi^2(l_{x1}^2 + s_{x1}^2)V_{x1}^2 \cos\alpha_{x1} + 2gl_{x1} \left(1 - \frac{s_{x2}}{b}\right)}$$

【0083】

次に、第 1 の実施の形態の実証実験を貨物車両 10 として 12 トン車を用いて行った。この実験車両の車体重量 m_a は、13,000 kg であり、台貫秤によって静的に重量計測した 10,000 kg の分銅を貨物 1 として荷台 11 に積載した。これにより、既知の総重量 $m_0 = 23,000$ kg となる。そして、初期設定動作として、図 5 (a) に示すように、タッチパネル 33 に表示された初期設定画面 40 において、車体重量受付欄 41 に車体重量 m_a の値 (13,000 kg) を、貨物重量受付欄 42 に初期設定用貨物重量 m_{b0} の値 (10,000 kg) をそれぞれ入力した。

30

【0084】

次に、公道上を車の流れに沿って走行しながら、測定画面 50 の測定指示ボタン 51 を操作し、縦揺れ固有振動周波数 V_{z0} を特定した。図 11 (a) は、初期設定動作で記憶部 32 に記憶された上下方向の時系列揺動データであり、図 11 (b) は、初期設定動作で記憶部 32 に記憶された上下方向の時系列揺動データに高速フーリエ変換をかけて得られたグラフである。図 11 (b) において、最大振幅の周波数が縦揺れ固有振動周波数 V_{z0} として特定され、縦揺れ固有振動周波数 $V_{z0} = 2.83203$ Hz が得られた。これにより、初期設定データとして、車体重量 $m_a = 13,000$ kg と初期設定用貨物重量 $m_{b0} = 10,000$ kg と縦揺れ固有振動周波数 $V_{z0} = 2.83203$ Hz とが記憶されることになる。

40

【0085】

次に、荷台 11 に積載する貨物 1 を台貫秤によって静的に重量計測した 5,000 kg の分銅に載せ代えて、公道上を車の流れに沿って走行しながら、測定画面 50 の測定指示ボタン 51 を操作し、縦揺れ固有振動周波数 V_z を特定した。図 11 (c) は、重量測定動作で記憶部 32 に記憶された上下方向の時系列揺動データであり、図 11 (d) は、重量測定動作で記憶部 32 に記憶された上下方向の時系列揺動データに高速フーリエ変換をかけ

50

て得られたグラフである。図 1 1 (d) において、最大振幅の周波数が縦揺れ固有振動周波数 V_z_0 として特定され、縦揺れ固有振動周波数 $V_z = 3.1250 \text{ Hz}$ が得られた。そして、得られた縦揺れ固有振動周波数 V_z と初期設定データとを〔数 4〕に代入することで、未知の車体重量 $M = 18,889.6 \text{ kg}$ が算出され、この値から車体重量 m_a を減算すると、未知の貨物重量 $m_b = 5,889.6 \text{ kg}$ となり、10%強の誤差となった。この誤差の大きな要因は、重心位置が、正確に左右中心には置かれていなかったことが考えられる。

【 0 0 8 6 】

そこで、第 2 の実施の形態の実証実験を第 1 の実施の形態と同様に貨物車両 1 0 として 1 2 トン車を用いて行った。この実験車両の車体重量 m_a は、13,000 kg であり、台貫秤によって静的に重量計測した 10,000 kg の分銅を貨物 1 として荷台 1 1 に積載した。これにより、既知の総重量 $m_0 = 23,000 \text{ kg}$ となる。また、貨物車両 1 0 における仮想バネ 2 (タイヤやサスペンション) 間の幅 $b = 1.05 \text{ m}$ である。そして、初期設定動作として、図 5 (a) に示すように、タッチパネル 3 3 に表示された初期設定画面 4 0 において、車体重量受付欄 4 1 に車体重量 m_a の値 (13,000 kg) を、貨物重量受付欄 4 2 に初期設定用貨物重量 m_{b_0} の値 (10,000 kg) をそれぞれ入力した。

【 0 0 8 7 】

次に、公道上を車の流れに沿って走行しながら、測定画面 5 0 の測定指示ボタン 5 1 を操作し、自重方向 (Z 軸方向) の縦揺れ固有振動周波数 V_z_0 に加えて、横揺れ固有振動周波数 V_x_0 を特定した。図 1 2 (a) は、初期設定動作で記憶部 3 2 に記憶された Y 軸周りの時系列揺動データであり、図 1 2 (b) は、初期設定動作で記憶部 3 2 に記憶された Y 軸周りの時系列揺動データに高速フーリエ変換をかけて得られたグラフである。図 1 2 (b) において、最大振幅の周波数が横揺れ固有振動周波数 V_x_0 として特定され、横揺れ固有振動周波数 $V_x_0 = 1.172 \text{ Hz}$ が得られた。そして、横揺れ固有振動周波数 V_x_0 と、縦揺れ固有振動周波数 V_z_0 とにより、高さ $l_{x_0} = 1.18 \text{ m}$ 、水平方向の変位 $s_{x_0} = 0.077 \text{ m}$ 、静止傾斜角 $\alpha_{x_0} = 0.01$ がそれぞれ得られた。これにより、初期設定データとして、仮想バネ 2 間の幅 $b = 1.05 \text{ m}$ と、車体重量 $m_a = 13,000 \text{ kg}$ と、初期設定用貨物重量 $m_{b_0} = 10,000 \text{ kg}$ と、縦揺れ固有振動周波数 $V_z_0 = 2.83203 \text{ Hz}$ と、横揺れ固有振動周波数 $V_x_0 = 1.172 \text{ Hz}$ と、高さ $l_{x_0} = 1.18 \text{ m}$ と、水平方向の変位 $s_{x_0} = 0.077 \text{ m}$ と、静止傾斜角 $\alpha_{x_0} = 0.01$ とが記憶部 3 2 に記憶されることになる。

【 0 0 8 8 】

次に、荷台 1 1 に積載する貨物 1 を台貫秤によって静的に重量計測した 5,000 kg の分銅に載せ代えて、公道上を車の流れに沿って走行しながら、測定画面 5 0 の測定指示ボタン 5 1 を操作し、自重方向 (Z 軸方向) の縦揺れ固有振動周波数 V_z に加えて、横揺れ固有振動周波数 V_x を特定した。図 1 2 (c) は、重量測定動作で記憶部 3 2 に記憶された Y 軸周りの時系列揺動データであり、図 1 2 (d) は、重量測定動作で記憶部 3 2 に記憶された Y 軸周りの時系列揺動データに高速フーリエ変換をかけて得られたグラフである。図 1 2 (d) において、最大振幅の周波数が横揺れ固有振動周波数 V_x として特定され、横揺れ固有振動周波数 $V_x = 1.270 \text{ Hz}$ が得られた。そして、横揺れ固有振動周波数 V_x と、縦揺れ固有振動周波数 V_z とにより、高さ $l_x = 1.21 \text{ m}$ 、水平方向の変位 $s_x = 0.096 \text{ m}$ 、静止傾斜角 $\alpha_x = 0.01$ がそれぞれ得られた。得られた縦揺れ固有振動周波数 V_z と、横揺れ固有振動周波数 V_x と、高さ l_x と、水平方向の変位 s_x と、静止傾斜角 α_x と、初期設定データとを〔数 1 1 a〕に代入することで、未知の車体重量 $M = 18,650 \text{ kg}$ が算出され、この値から車体重量 m_a を減算すると、未知の貨物重量 $m_b = 5,650 \text{ kg}$ となった。第 1 の実施の形態に比べて、誤差が改善されたことが分かる。なお、実験時において初期設定用貨物重量 m_{b_0} として載せた分銅は 10,000 kg であり、未知の貨物重量 m_b として載せた分銅は 5,000 kg であった。この状況から考えると、前者の方が低い位置に重さが集中するので、高さ $l_{x_0} < l_x$ となるのは妥当である。また、両者共に積載状態は荷台に低く左右均等になるように敷き詰めた。従って水平方向の変位 s_{x_0} 、静止傾斜角 α_{x_0} 、水平方向の変位 s_x 、静止傾斜角 α_x がごく小さな値となったことも妥当である。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 9 】

なお、本実施の形態では、縦揺れ固有振動周波数と横揺れ固有振動周波数とを特定する際に高速フーリエ変換を用いているため、最小周波数単位の限界から誤差が生じる。上述の実証実験では、サンプリング間隔は、0.005秒であった。この場合、高速フーリエ変換時の最小周波数単位は、0.0049 Hz となり、これより細かい固有周波数の特定はできない。仮に、横揺れ固有振動周波数 V_x に最小周波数単位の半分の誤差が生じていと仮定して、横揺れ固有振動周波数 $V_x = 1.270 + (0.0049/2) \text{ Hz}$ として〔数4〕に代入すると、未知の車体重量Mは、約63kg程度小さくなる。従って、第2の実施の形態の実証実験で生じた誤差は許容範囲内であると考えられ、加速度センサ21及び角速度センサ23による計測時間をより長くしたり、数学的に最小周波数間にある真の周波数を特定したり、或いは走行中の計測を繰り返して平均化したりすることで、誤差を小さくすることが可能である。

10

【 0 0 9 0 】

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。例えば、本実施の形態では、移動体である貨物車両10をトラックとして説明したが、貨物車両10である鉄道車両にも本発明を適用することができる。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。

20

【 符号の説明 】

【 0 0 9 1 】

- 1 貨物
- 2 仮想バネ
- 10 貨物車両
- 11 荷台
- 12 運転席
- 13 車軸
- 20、20a 振動検出部
- 21 加速度センサ
- 22 A/D変換器
- 23 角速度センサ
- 30、30a データ処理部
- 31、31a 演算部
- 32 記憶部
- 33 タッチパネル
- 34 報知部
- 35 受信部
- 36 バス
- 40 初期設定画面
- 41 車体重量受付欄
- 42 貨物重量受付欄
- 43 初期設定ボタン
- 50 測定画面
- 51 測定指示ボタン
- 60 重量通知画面
- 70 第1初期設定画面
- 71 貨物重量受付欄
- 72 第1初期設定ボタン
- 80 第2初期設定画面
- 81 貨物重量受付欄

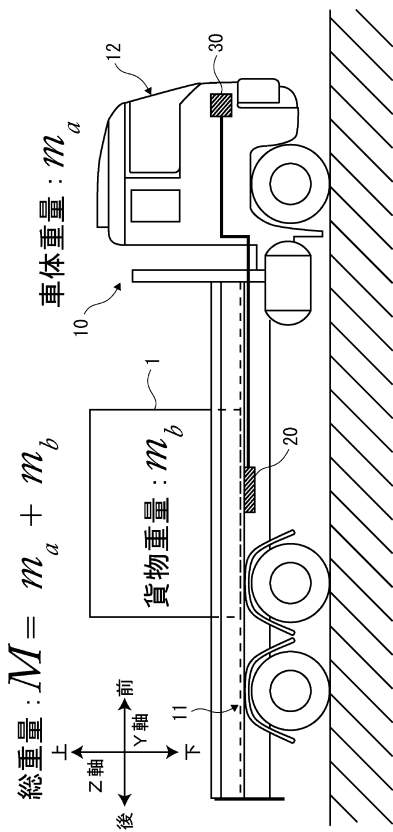
30

40

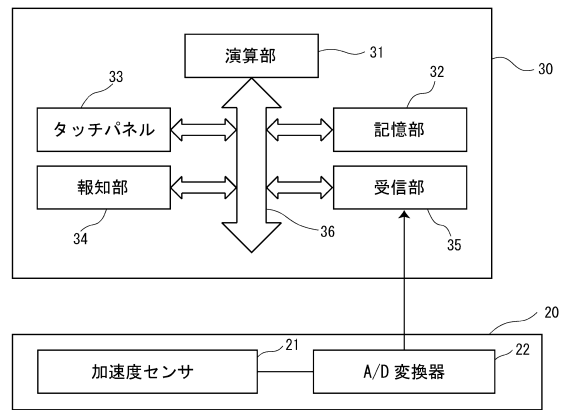
50

8 2 第 2 初期設定ボタン

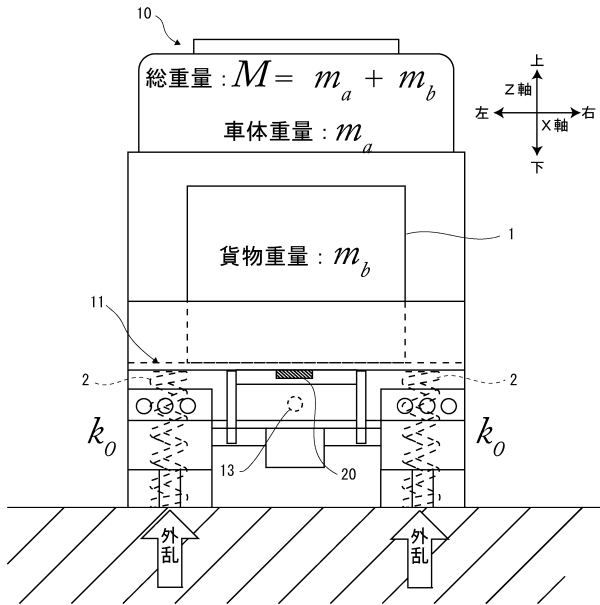
【 図 1 】



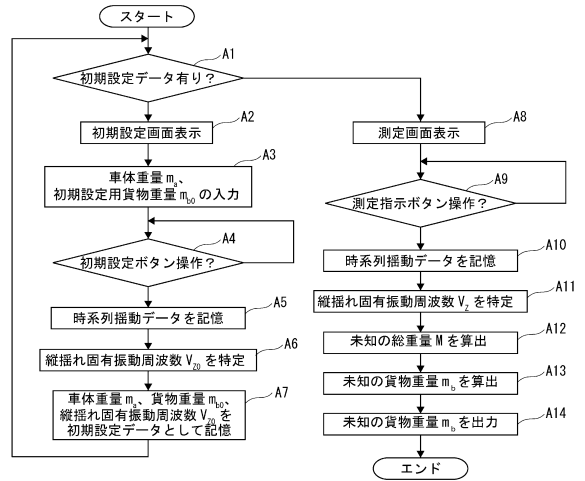
【 図 2 】



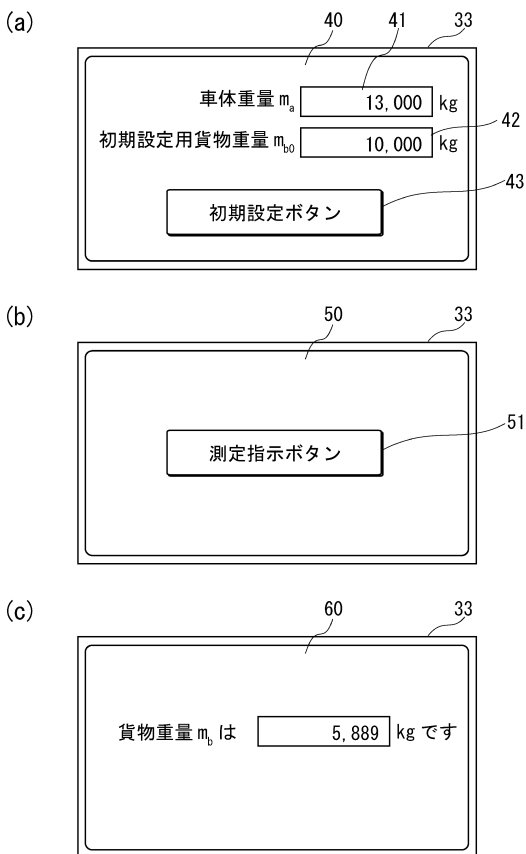
【図3】



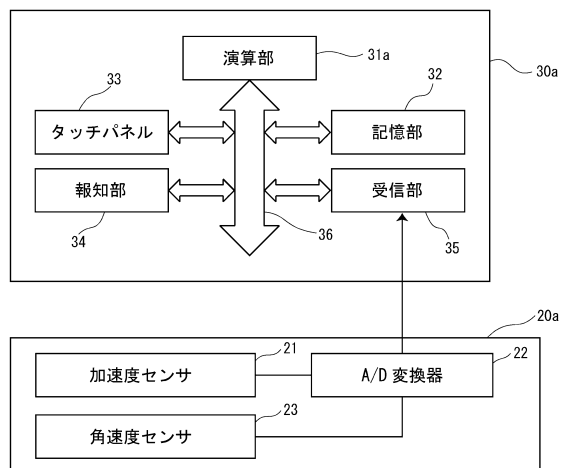
【図4】



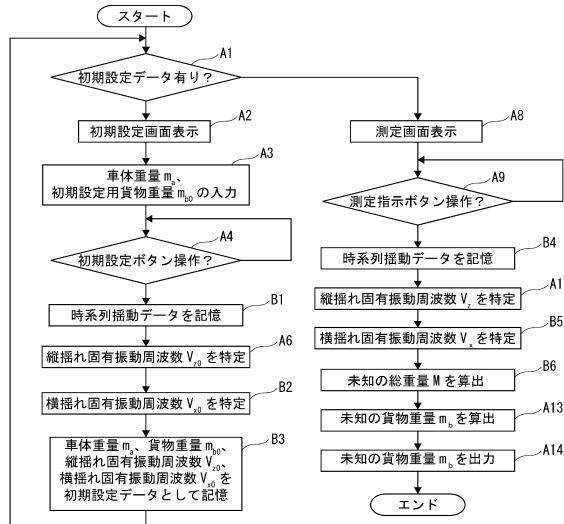
【図5】



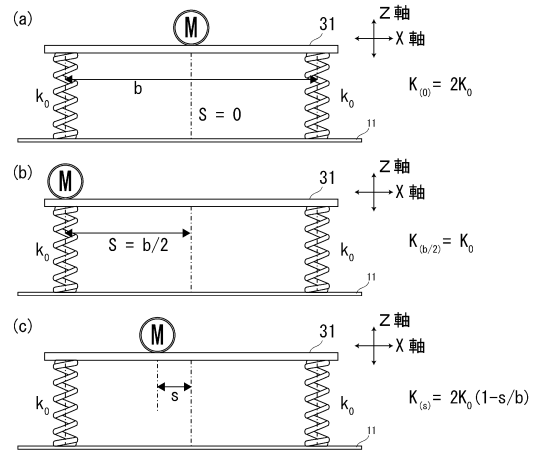
【図6】



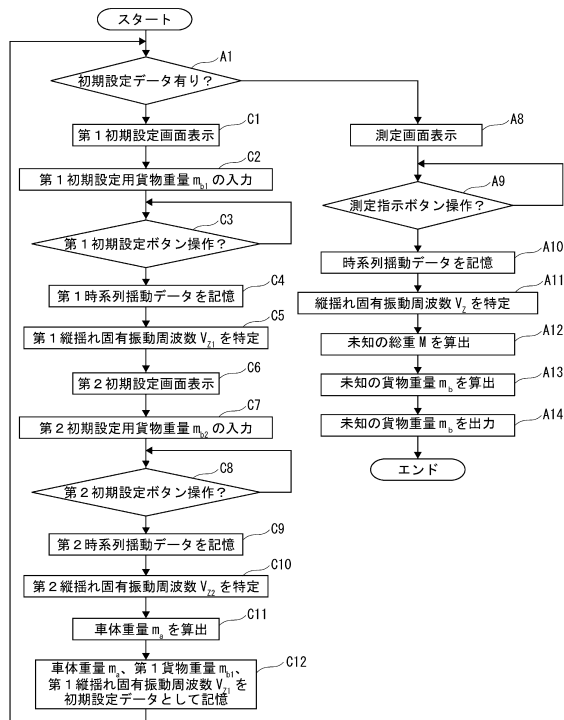
【図7】



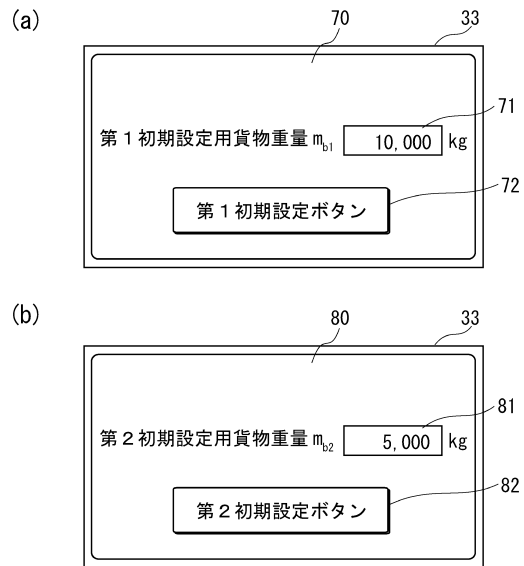
【図8】



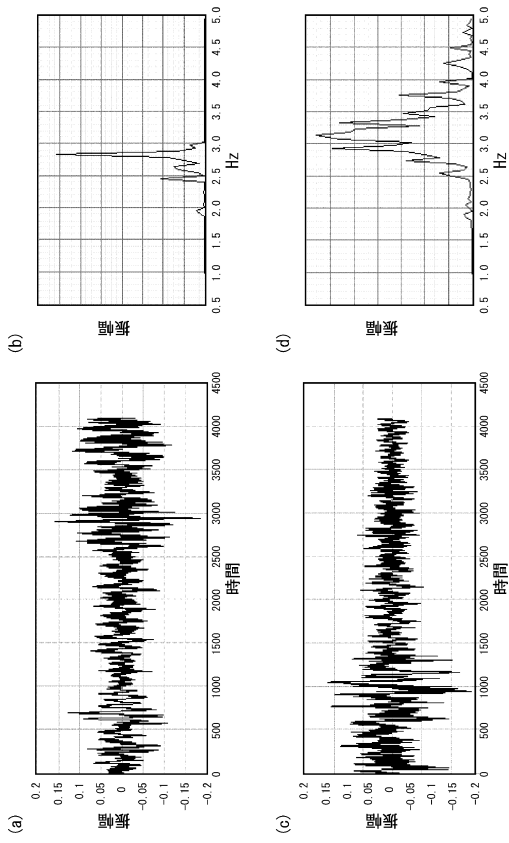
【図9】



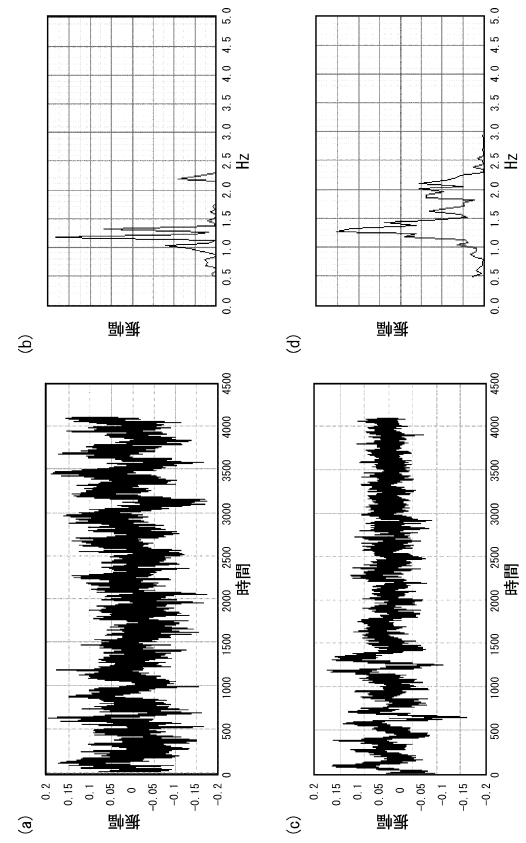
【図10】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 米国特許第5973273(US,A)
特開平05-286323(JP,A)
特開2005-168260(JP,A)
特開平09-061226(JP,A)
特開2011-149761(JP,A)
国際公開第2011/145332(WO,A1)
特開平03-189523(JP,A)
米国特許出願公開第2009/0235724(US,A1)
特開平11-304576(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01G 19/03, 19/08

B60W 40/12