(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
2011 年 11 月 3 日(03.11.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/136021 A1

(51) 国際特許分類:
G01L 5/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2011/059140

(22) 国際出願日: 2011 年 4 月 13 日(13.04.2011)

(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 2010-104867 2010 年 4 月 30 日(30.04.2010) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社　明電舎 (**MEIDENSHA CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1416029 東京都品川区大崎二丁目１番１号 Tokyo (JP). 公益財団法人鉄道総合技術研究所 (**Railway Technical Research Institute**) [JP/JP]; 〒1858540 東京都国分寺市光町二丁目８番地３８ Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 松原　一隆 (**MATSUBARA Kazutaka**) [JP/JP]; 〒1416029 東京都品川区大崎二丁目１番１号　株式会社明電舎内 Tokyo (JP). 藤澤　貴雅 (**FUJISAWA Takamasa**) [JP/JP]; 〒1416029 東京都品川区大崎二丁目１番１号　株式会社明電舎内 Tokyo (JP). 池田 充 (**IKEDA Mitsuru**) [JP/JP]; 〒1858540 東京都国分寺市光町二丁目８番地３８　公益財団法人鉄道総合技術研究所内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 光石俊郎, 外 (**MITSUISHI Toshiro** et al.); 〒1070052 東京都港区赤坂一丁目９番１５号 光石法律特許事務所 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, 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, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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.

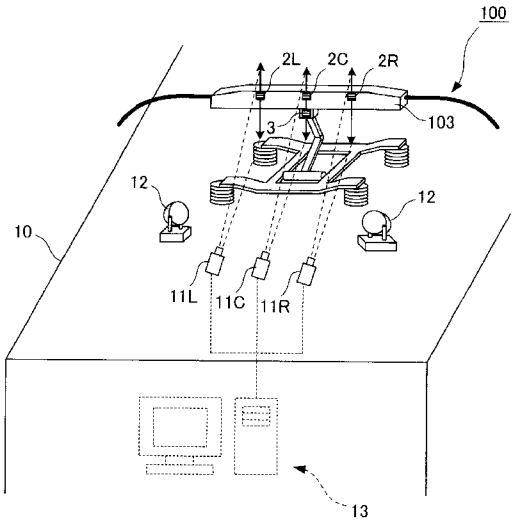
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,

[続葉有]

(54) **Title**: CONTACT FORCE MEASUREMENT METHOD AND CONTACT FORCE MEASUREMENT DEVICE

(54) 発明の名称 : 接触力測定方法及び接触力測定装置

[図1]



(57) **Abstract**: Provided is a contact force measurement method and a contact force measurement device with which the contact force of a pantograph can be measured using image processing, even for pantographs with a structure that prevents the collector head and spring from being directly photographed. Images of a pantograph (100) are captured, a plurality of springs (102) is combined, and a virtually synthesized spring (1) is deemed to exist in the center of the pantograph (100) in the width direction. From the images, the partial relative displacement between the position corresponding to a collector head (101) in the center of the pantograph (100) in the width direction and a collector head support (104) is calculated. The elasticity of the virtually synthesized spring (1) is calculated by determining the difference between the relative displacement and the natural length of the virtually synthesized spring (1). The spring reaction force is determined by multiplying the spring constant of the virtually synthesized spring (1) by the elasticity, the lifting force acting on the collector head is determined from the vehicle travel speed data when the images and time have been synchronized, and the spring reaction force, inertia force, and lifting force are then added to determine the contact force.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2011/136021 A1

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)）

舟体部分及びバネ部分を直接撮影できない構造のパンタグラフにおいても、画像処理によりパンタグラフの接触力の測定を行うことができる接触力測定方法及び接触力測定装置を提供するため、パンタグラフ１００の画像を撮影し、複数のバネ１０２を合成してパンタグラフ１００の幅方向の中央に仮想的に合成バネ１があるものとみなして、画像よりパンタグラフ１００の幅方向の中央の舟体１０１に相当する位置と舟体支え１０４部分の相対変位を計算し、この相対変位と仮想的な合成バネ１の自然長との差を求めることで仮想的な合成バネ１の伸縮量を計算し、この伸縮量に仮想的な合成バネ１のバネ定数を乗じてバネ反力を求め、前記画像と時刻同期させた実際の車両の走行速度データから舟体に作用する揚力を求め、バネ反力と慣性力と揚力を加算して接触力を求めた。

明　細　書

発明の名称 ： 接触力測定方法及び接触力測定装置

技術分野

[0001] 本発明は、接触力測定方法及び接触力測定装置に関する。

背景技術

[0002] 電気鉄道は、屋根上に設置されている集電装置であるパンタグラフと架線とが接触することにより電力が供給されている。そして、パンタグラフと架線との間には接触力という力が発生する。この接触力の変動が大きくなるとパンタグラフは架線から離線してしまい、パンタグラフと架線との間にアークと呼ばれる放電現象が発生してしまう。このアークが発生した場合には架線は摩耗してしまう。また、接触力が大きすぎると架線の摩耗の原因となる。つまり、接触力の変動は小さいほうが良いということである。

[0003] そこで、離線等の抑制方法を講じたり摩耗診断を行なったりするために、接触力を測定したいというニーズが高まっている。接触力を測定する方法は以下のようなものがある。

下記特許文献１には、接触力変動に対するパンタグラフの周波数応答関数を予め測定しておいて、走行中のパンタグラフの時系列応答と周波数応答関数との重畳積分を行なうことによって接触力を得る方法が開示されている。

[0004] 下記特許文献２には、パンタグラフに加速度計や歪ゲージなどのセンサを設置し、パンタグラフのバネ反力と慣性力を計測することにより接触力を得る方法が開示されている。

下記特許文献３には、パンタグラフのバネの部分にＬＥＤなどの光源を２個ずつ上下に設置し、ＣＣＤカメラで光源を撮影した画像を処理することにより相対変位を求め、バネの伸縮量を求めることで接触力を得る方法が開示されている。

[0005] 下記特許文献４には、パンタグラフの屋根上にラインセンサカメラ（以下、ラインセンサという）を設置し、パンタグラフのバネ部分を撮影し、撮影

した画像を処理し相対変位を求め、バネの伸縮量を求めることで接触力を得る方法が開示されている。なお、下記特許文献４においては画像処理の詳細な内容については開示されていない。

[0006] 下記特許文献５には、パンタグラフに光の反射しやすい領域と光の反射しにくい領域とが縞模様となったマーカーを取り付け、車両の屋上に設置したラインセンサによりマーカーを垂直に撮影し、マーカー位置をパターンマッチングによって検出することでパンタグラフの変位を測定する方法が開示されている。

[0007] 下記特許文献５においては、時空画像において、縞模様に対応するマーカーパターンを単位時間毎に高さ方向に走査して一致又は一定以上に近似する箇所を探索することにより照合するパターンマッチングを行うことで、昼間でも背景と明確に切り分けることができる。また、トンネル坑口等、背景の輝度が急に変化する場合においても連続的にデータを取得することができる。なお、下記特許文献５に開示される方法によれば相対変位やバネの伸縮量を求めることが可能である。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開平１１－１９４０５９号公報

特許文献2：特開２００４－３０１５９１号公報

特許文献3：特開２００１－２３５３１０号公報

特許文献4：特開２００８－１８５４５７号公報

特許文献5：特開２００８－１０４３１２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] しかしながら、例えば、上記特許文献２に開示されるパンタグラフにセンサ類を設置する方法では、センサの取り付けのために、ケーブルの配線や穴を開けるなどの特殊な細工が必要となる。また、上記特許文献３に開示され

るＬＥＤ照明を設置する手法でも、ＬＥＤの取り付けやその電源を必要とするなど、パンタグラフに特殊な細工を施す必要がある。

[0010] その点、上記特許文献４に開示される方法は、画像処理を用いた非接触の接触力測定方法であるため、パンタグラフに特殊な細工を行う必要が無く、より汎用的な測定手法であるといえるが、この方法においては、バネの伸縮量を求めるためにバネの上下部分の変位がそれぞれ必要となるため、バネの上下に取り付けられているマーカーをラインセンサによって撮像する必要がある。

[0011] そして、上記特許文献３，４に開示される方法は、バネの上下部分が外部から視認可能であり、バネの上下部分をラインセンサにより撮像できる従来のパンタグラフである場合は問題なく適用することができる。しかし、舟体部分及びバネ部分を直接撮影できない構造のパンタグラフにおいては、バネの上下部分が外部から視認不可能であり、バネの上下部分をラインセンサにより撮像することができない。このため、上記特許文献３，４に開示される方法では、舟体部分及びバネ部分を直接撮影できない構造のパンタグラフにおいて、接触力の測定を行うことができないという問題がある。

[0012] 以上のことから、本発明は、舟体部分及びバネ部分を直接撮影することができない構造のパンタグラフにおいても、画像処理によりパンタグラフの接触力の測定を行うことができる接触力測定方法及び接触力測定装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0013] 上記の課題を解決するための第１の発明に係る接触力測定方法は、

舟体を複数のバネを介して舟体支え上に支持する構造のパンタグラフの接触力測定方法において、

前記パンタグラフの画像を撮影し、

前記複数のバネを合成して前記パンタグラフの幅方向の中央に仮想的に合成バネがあるものとみなして、前記画像より前記パンタグラフの幅方向の中央の前記舟体に相当する位置と前記舟体支え部分の相対変位を計算し、該相

対変位と前記仮想的な合成バネの自然長との差を求めることで前記仮想的な合成バネの伸縮量を計算し、該伸縮量に前記仮想的な合成バネのバネ定数を乗じてバネ反力を求め、

前記画像より前記舟体に相当する位置の変位を２階微分して加速度を計算し、該加速度に前記パンタグラフの等価質量を乗じて慣性力を求め、

前記画像と時刻同期させた実際の車両の走行速度データから前記舟体に作用する揚力を求め、

前記バネ反力と前記慣性力と前記揚力を加算して接触力を求める

ことを特徴とする。

[0014] 上記の課題を解決するための第２の発明に係る接触力測定方法は、第１の発明に係る接触力測定方法において、

前記パンタグラフの前記舟体に相当する位置の幅方向の中央に１つのマーカーを設置し、

前記パンタグラフの前記舟体に相当する位置の前記中央のマーカーの幅方向の両側方にそれぞれ１つ計２つのマーカーを設置し、

前記舟体支えにマーカーを設置し、

前記画像から前記舟体に相当する位置に設置した３つのマーカー及び前記舟体支えに設置したマーカーの位置を検出する

ことを特徴とする。

[0015] 上記の課題を解決するための第３の発明に係る接触力測定方法は、第１の発明に係る接触力測定方法において、

前記パンタグラフの前記舟体に相当する位置の幅方向の両側方にそれぞれ１つ計２つのマーカーを設置し、

前記舟体支えにマーカーを設置し、

前記画像から前記舟体に相当する位置に設置した２つのマーカーの平均位置及び前記舟体支えに設置したマーカーの位置を検出する

ことを特徴とする。

[0016] 上記の課題を解決するための第４の発明に係る接触力測定方法は、第１の

発明に係る接触力測定方法において、

前記パンタグラフの前記舟体に相当する位置の幅方向の中央に１つのマーカーを設置し、

前記パンタグラフの前記舟体に相当する位置の前記中央のマーカーの幅方向の一方の側方に１つのマーカーを設置し、

前記舟体支えにマーカーを設置し、

前記画像から前記舟体に相当する位置に設置した２つのマーカー及び前記舟体支えに設置したマーカーの位置を検出し、

前記舟体に相当する位置の前記中央のマーカーの位置と、前記舟体に相当する位置の前記中央のマーカーの幅方向の一方の側方に設置したマーカーの位置から、線形予測により仮想のマーカー位置を求める

ことを特徴とする。

[0017] 上記の課題を解決するための第５の発明に係る接触力測定装置は、

舟体を複数のバネを介して舟体支え上に支持する構造のパンタグラフの接触力測定装置において、

前記パンタグラフの画像を撮影する撮影手段と、

前記複数のバネを合成して前記パンタグラフの幅方向の中央に仮想的に合成バネがあるものとみなして、前記画像より前記パンタグラフの幅方向の中央の前記舟体に相当する位置と前記舟体支え部分の相対変位を計算し、該相対変位と前記仮想的な合成バネの自然長との差を求めることで前記仮想的な合成バネの伸縮量を計算し、該伸縮量に前記仮想的な合成バネのバネ定数を乗じてバネ反力を求め、

前記画像より前記舟体に相当する位置の変位を２階微分して加速度を計算し、該加速度に前記パンタグラフの等価質量を乗じて慣性力を求め、

前記画像と時刻同期させた実際の車両の走行速度データから前記パンタグラフに作用する揚力を求め、

前記バネ反力と前記慣性力と前記揚力を加算して接触力を求める接触力計算手段とを備える

ことを特徴とする。

[0018] 上記の課題を解決するための第６の発明に係る接触力測定装置は、第５の発明に係る接触力測定装置において、

前記パンタグラフの前記舟体に相当する位置の幅方向の中央に１つのマーカーと、

前記パンタグラフの前記舟体に相当する位置の前記中央のマーカーの幅方向の両側方にそれぞれ１つ計２つのマーカーと、

前記舟体支えにマーカーと

を備え、

前記接触力計算手段は、

前記画像から前記舟体に相当する位置に設置した３つのマーカー及び前記舟体支えに設置したマーカーの位置を検出する

ことを特徴とする。

[0019] 上記の課題を解決するための第７の発明に係る接触力測定装置は、第５の発明に係る接触力測定装置において、

前記パンタグラフの前記舟体に相当する位置の幅方向の両側方にそれぞれ１つ計２つのマーカーと、

前記舟体支えにマーカーと

を備え、

前記接触力計算手段は、

前記画像から前記舟体に相当する位置に設置した２つのマーカーの平均位置及び前記舟体支えに設置したマーカーの位置を検出する

ことを特徴とする。

[0020] 上記の課題を解決するための第８の発明に係る接触力測定装置は、第５の発明に係る接触力測定装置において、

前記パンタグラフの前記舟体に相当する位置の幅方向の中央に１つのマーカーと、

前記パンタグラフの前記舟体に相当する位置の前記中央のマーカーの幅方

向の一方の側方に１つのマーカーと、

前記舟体支えにマーカーと

を備え、

前記接触力計算手段は、

前記画像から前記舟体に相当する位置に設置した２つのマーカー及び前記舟体支えに設置したマーカーの位置を検出し、

前記舟体に相当する位置の前記中央のマーカーの位置と、前記舟体に相当する位置の前記中央のマーカーの幅方向の一方の側方に設置したマーカーの位置から、線形予測により仮想のマーカー位置を求める

ことを特徴とする。

発明の効果

[0021] 本発明によれば、舟体部分及びバネ部分を直接撮影することができない構造のパンタグラフにおいても、画像処理によりパンタグラフの接触力の測定を行うことができる接触力測定方法及び接触力測定装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]第１の実施例に係る接触力測定装置の構成を示した模式図である。

[図2]第１の実施例に係る接触力測定方法における処理の手順を示したフローチャートである。

[図3]第１の実施例に係る仮想的な合成バネの例を示した模式図である。

[図4]第１の実施例に係るマーカーの貼り付け位置の例を示した模式図である。

[図5]第２の実施例に係る接触力測定装置の構成を示した模式図である。

[図6]第２の実施例に係る接触力測定方法における処理の手順を示したフローチャートである。

[図7]第２の実施例に係るマーカー位置の線形予測によるラインセンサ台数の削減方法の例を示した模式図である。

[図8]第３の実施例に係る接触力測定装置における相対変位の例を示した模式

図である。

[図9]第３の実施例に係る接触力測定装置における弾性振動による舟体の撓みの例を示した模式図である。

[図10]舟体部分及びバネ部分を直接撮影できないパンタグラフの例を示した模式図である。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、本発明に係る接触力測定方法を実施するための形態について、図面を参照しながら説明する。

実施例 1

[0024] 以下、本発明に係る接触力測定方法及び接触力測定装置の第１の実施例について説明する。

本実施例に係る接触力測定方法及び接触力測定装置においては、舟体部分及びバネ部分を直接撮影することができない構造のパンタグラフにおいても接触力を測定するために、パンタグラフの中央の相対変位と３点の加速度を用いて非接触でパンタグラフの接触力を測定することを特徴としている。

[0025] 図１０は、舟体部分及びバネ部分を直接撮影できないパンタグラフの例を示した模式図である。

図１０に示すように、パンタグラフ１００の舟体１０１部分とバネ１０２部分がカバー１０３により保護されている構造のパンタグラフ１００では、舟体１０１上端とカバー１０３上端は連結されており、カバー１０３上端に力が加わると舟体１０１もカバー１０３と連動して変位するようになっている。

[0026] しかし、舟体支え１０４はカバー１０３と直接的には連結しておらず、カバー１０３との連動性は低いため、単純にカバー１０３表面におけるバネ１０２が隠れている位置にマーカーを貼り付けたとしても、カバー１０３と共にマーカーが変位するのでバネ１０２の伸縮量を測ることはできない。

[0027] このため、本実施例に係る接触力測定方法においては、図３に示すように、左右のバネ１０２を合成することで、仮想的に合成バネ１が舟体１０１の

幅方向の中央にあるものとみなす。そして、図４に示すように、カバー１０３の中央部の上部（舟体１０１に相当する位置）に中央の上部マーカー２Ｃを取り付け、中央の上部マーカー２Ｃの幅方向の両側方にそれぞれ左側の上部マーカー２Ｌと右側の上部マーカー２Ｒを取り付ける。また、カバー１０３の中央部分下部の舟体支え１０４部分に下部マーカー３を取り付ける。

[0028] そして、カバー１０３の中央部の上部（舟体１０１に相当する位置）と舟体支え１０４の中央部分の相対変位を求め、仮想的な合成バネ１の伸縮量を算出する。ここで、相対変位は、図４中に矢印Ｄで示す中央の上部マーカー２Ｃの位置と下部マーカー３の位置の差となる。

[0029] 仮想的な合成バネ１が伸縮していない状態の変位（自然長）と相対変位との差を求めることにより、仮想的な合成バネ１の伸縮量を求めることができる。そして、求めた仮想的な合成バネ１の伸縮量に合成バネ定数を乗ずることにより、バネ反力を求める。

[0030] なお、本実施例においては、左右の２つのバネ１０２により舟体１０１を支える構造のパンタグラフ１００を例として説明するが、より多くのバネ１０２により舟体１０１を支える構造のパンタグラフ１００であっても同様に仮想的な合成バネ１の伸縮量を求めることが可能である。

[0031] また、本実施例においては、舟体１０１部分及びバネ１０２部分を直接撮影することができない構造のパンタグラフを例として説明しているが、舟体１０１部分及びバネ１０２部分を直接撮影することができる構造の従来のパンタグラフに本実施例に係る接触力測定方法及び接触力測定装置を適用することも可能である。

[0032] 図１は、本実施例に係る接触力測定装置の構成を示した模式図である。

図１に示すように、本実施例に係る接触力測定装置においては、車両１０の上にラインセンサ１１Ｌ，１１Ｃ，１１Ｒを３台設置し、その付近に照明１２を設置する。

[0033] 図１，４に示すように、パンタグラフ１００のカバー１０３表面部分における光を反射しにくい黒い材質の上に、光を反射しやすい白い材質のものを

上部マーカー２Ｌ，２Ｃ，２Ｒ及び下部マーカー３として取り付け、上部マーカー２Ｌ，２Ｃ，２Ｒ及び下部マーカー３に照明１２を当てる。

[0034] 中央の上部マーカー２Ｃ及び下部マーカー３を中央のラインセンサ１１Ｃで撮影し、左側の上部マーカー２Ｌを左側のラインセンサ１１Ｌで撮影し、右側の上部マーカー２Ｒを右側のラインセンサ１１Ｒで撮影する。ラインセンサ１１Ｌ，１１Ｃ，１１Ｒで撮影した画像は車両１０内に設置されている処理用ＰＣ１３に保存する。

[0035] 中央のラインセンサ１１Ｃにより撮影された画像を処理することによって、パンタグラフ１００の中央部分の中央の上部マーカー２Ｃと下部マーカー３の位置を検出する。中央の上部マーカー２Ｃと下部マーカー３の位置から相対変位を計算し、この相対変位と仮想的な合成バネ１の自然長との差を求めることで仮想的な合成バネ１の伸縮量を計算する。仮想的な合成バネ１の伸縮量に合成バネ定数を乗ずることでバネ反力を求める。

[0036] また、ラインセンサ１１Ｌ，１１Ｃ，１１Ｒにより撮影された画像を処理用ＰＣ１３において処理することにより、パンタグラフ１００の上部マーカー２Ｌ，２Ｃ，２Ｒの位置を検出する。上部マーカー２Ｌ，２Ｃ，２Ｒの変位を２階微分することにより加速度を計算し、この加速度にパンタグラフ１００の等価質量を乗ずることで慣性力を求める。

[0037] さらに、実際には、舟体１０１に作用する揚力が接触力測定結果に影響するため、揚力F_{aero}を下記式（１）により求める。

[数1]

$$F_{aero}=\frac{1}{2}C_L\rho V^2 S \qquad (1)$$

上記式（１）において、C_Lは舟体の揚力係数、ρは空気密度、Ｖは走行速度、Ｓは舟体の代表面積をそれぞれ表す。なお、走行速度Ｖに関しては、画像データと時刻同期させた実際の車両１０の走行データから計算する。また、他のパラメータについては、実験的に求めることができる。

最後に、上記の方法で求めたバネ反力と慣性力と揚力を加算することでパ

ンタグラフ１００の接触力が求まる。

[0038] 次に、本実施例に係る接触力測定方法における処理の手順について説明する。

図２は、本実施例に係る接触力測定方法における処理の手順を示したフローチャートである。

[0039] 図２に示すように、はじめに、ステップＰ１０において、ラインセンサ１１Ｌ，１１Ｃ，１１Ｒにより撮影した画像を車両１０内に設置した処理用ＰＣ１３に保存する。

次に、ステップＰ１１において、処理用ＰＣ１３により予め取得しておいた上部マーカー２Ｌ，２Ｃ，２Ｒ及び下部マーカー３のテンプレートを用いてパターンマッチングを行うことにより、保存した画像からパンタグラフ１００に取り付けられた上部マーカー２Ｌ，２Ｃ，２Ｒ及び下部マーカー３の位置を検出する。

[0040] 次に、ステップＰ１２において、処理用ＰＣ１３によりパンタグラフ１００の中央部分の相対変位を計算し、この相対変位と仮想的な合成バネ１の自然長との差を求めることで仮想的な合成バネ１の伸縮量を計算する。この伸縮量に仮想的な合成バネ１のバネ定数を乗じて、バネ反力を求める。

[0041] 次に、ステップＰ１３において、処理用ＰＣ１３により上部マーカー２Ｌ，２Ｃ，２Ｒの変位を２階微分し、加速度を計算する。この加速度にパンタグラフ１００の等価質量を乗じて、慣性力を求める。

[0042] 次に、ステップＰ１４において、処理用ＰＣ１３により画像データと時刻同期させた実際の車両１０の走行速度データから揚力を求める。

最後に、ステップＰ１５において、処理用ＰＣ１３により上記ステップＰ１２～ステップＰ１４で求めたバネ反力と慣性力と揚力を加算してパンタグラフ１００の接触力を求める。

以上が本実施例に係る接触力測定方法における処理の手順である。

[0043] 以上説明したように、本実施例に係る接触力測定方法及び接触力測定装置によれば、舟体１０１部分及びバネ１０２部分を直接撮影することができな

い構造のパンタグラフ１００においても、精度良くパンタグラフ１００の接触力を測定することができる。

[0044] また、本実施例に係る接触力測定方法及び接触力測定装置によれば、ラインセンサ１１Ｌ，１１Ｃ，１１Ｒで撮影した画像を処理して非接触で接触力を求めるので、上記特許文献２，３に開示される方法のように、パンタグラフ１００にセンサ類やＬＥＤ照明を設置するために、ケーブルの配線や穴を開けるなどの特殊な細工を行う必要が無い。

[0045] また、本実施例に係る接触力測定方法及び接触力測定装置によれば、ラインセンサ１１Ｌ，１１Ｃ，１１Ｒを使用することにより、高い空間分解能と時間分解能でパンタグラフ１００の接触力を測定することができる。

実施例 2

[0046] 以下、本発明に係る接触力測定方法及び接触力測定装置の第２の実施例について説明する。

図５は、本実施例に係る接触力測定装置の構成を示した模式図である。

図５に示すように、本実施例に係る接触力測定装置は、第１の実施例に係る接触力測定装置とほぼ同様の構成であるが、左右の上部マーカー２Ｌ，２Ｒのうちの一方の左側の上部マーカー２Ｌの位置を、もう一方の右側の上部マーカー２Ｒの位置と中央の上部マーカー２Ｃの位置から線形予測を行って仮想のマーカー位置４として求めて、パンタグラフ１００の接触力を求めることにより、左側のラインセンサ１１Ｌを削減する点が、第１の実施例に係る接触力測定装置と異なっている。

[0047] すなわち、本実施例に係る接触力測定装置は、図１に示した３台のラインセンサ１１Ｌ，１１Ｃ，１１Ｒのうち、左右のラインセンサ１１Ｌ，１１Ｒのどちらか１台を削除したものとなる。なお、本実施例においては、左側のラインセンサ１１Ｌを削除した場合を例として説明する。

[0048] そして、本実施例においては、図７に示すように、右側の上部マーカー２Ｒの位置と中央の上部マーカー２Ｃの位置を結ぶことにより得られる線分Ｓをマーカー間隔Ｌだけ延長した点を、もう一方のマーカーが存在する仮想の

マーカー位置４として求める。これにより、左側のラインセンサ１１Ｌを削除した場合でも仮想のマーカー位置４を用いることによりパンタグラフ１００の上部分の３点の変位を求めることができる。

[0049] 次に、本実施例に係る接触力測定方法における処理の手順について説明する。

図６は、本実施例に係る接触力測定方法における処理の手順を示したフローチャートである。

図６に示すように、はじめに、ステップＰ２０において、ラインセンサ１１Ｃ，１１Ｒにより撮影した画像を車両１０内に設置した処理用ＰＣ１３に保存する。

[0050] 次に、ステップＰ２１において、処理用ＰＣ１３により予め取得しておいた上部マーカー２Ｃ，２Ｒ及び下部マーカー３のテンプレートを用いてパターンマッチングを行うことにより、保存した画像からパンタグラフ１００に取り付けられた上部マーカー２Ｃ，２Ｒ及び下部マーカー３の位置を検出する。

[0051] 次に、ステップＰ２２において、処理用ＰＣ１３によりパターンマッチング後に線形予測により仮想のマーカー位置４を求める。この点が第１の実施例に係る接触力測定方法と異なる。

[0052] 次に、ステップＰ２３において、処理用ＰＣ１３によりパンタグラフ１００の中央部分の相対変位を計算し、この相対変位と仮想的な合成バネ１の自然長との差を求めることで仮想的な合成バネ１の伸縮量を計算する。この伸縮量に仮想的な合成バネ１のバネ定数を乗じて、バネ反力を求める。

[0053] 次に、ステップＰ２４において、処理用ＰＣ１３により上部マーカー２Ｃ，２Ｒとマーカーの仮想位置４の変位を２階微分し、加速度を計算する。この加速度にパンタグラフ１００の等価質量を乗じて、慣性力を求める。

[0054] 次に、ステップＰ２５において、処理用ＰＣ１３により画像データと時刻同期させた実際の車両１０の走行速度データから揚力を求める。

最後に、ステップＰ２６において、処理用ＰＣ１３により上記ステップＰ

２３～ステップＰ２５で求めたバネ反力と慣性力と揚力を加算してパンタグラフ１００の接触力を求める。

以上が本実施例に係る接触力測定方法における処理の手順である。

[0055] 以上説明したように、本実施例に係る接触力測定方法及び接触力測定装置によれば、第１の実施例に係る接触力測定方法及び接触力測定装置が奏する効果に加え、右側の上部マーカー２Ｒの位置と中央の上部マーカー２Ｃの位置から仮想のマーカー位置４を求めてパンタグラフ１００の接触力を求めることにより、第１の実施例に係る接触力測定装置より左側のラインセンサ１１Ｌを削減することができる。

[0056] また、本実施例に係る接触力測定方法及び接触力測定装置によれば、第１の実施例に係る接触力測定装置から左側の上部マーカー２Ｌを削減することができるため、画像から左側の上部マーカー２Ｌの位置を検出するためのパターンマッチングが不要となり、パターンマッチングの回数を少なくすることができるため、第１の実施例に係る接触力測定方法よりも処理を高速化することができる。

実施例 3

[0057] 以下、本発明に係る接触力測定方法及び接触力測定装置の第３の実施例について説明する。

図９は、本実施例に係る接触力測定装置における弾性振動による舟体の撓みの例を示した模式図である。

図９に示すように、舟体１０１の弾性振動の影響が無視できない振動周波数範囲においては、舟体１０１が撓んでしまい、カバー１０３の中央の上部マーカー２Ｃの位置からは、正しく舟体１０１の変位を測定することができないため、左側の上部マーカー２Ｌと右側の上部マーカー２Ｒの平均位置５を合成バネ１の上部の位置とする必要がある。

[0058] このため、本実施例に係る接触力測定装置は、第１の実施例に係る接触力測定装置とほぼ同様の構成であるが、左側の上部マーカー２Ｌと右側の上部マーカー２Ｒの平均位置５と、下部マーカー３の位置から相対変位を計算す

ることとした。なお、本実施例においては、中央の上部マーカー２Ｃを設置してある場合について説明しているが、中央の上部マーカー２Ｃを省略することも可能である。

[0059] 図８は、本実施例に係る接触力測定装置における相対変位の例を示した模式図である。

図８に示すように、本実施例においては、左側の上部マーカー２Ｌと右側の上部マーカー２Ｒの平均位置５により求まる合成バネ１の上部の位置と、下部マーカー３の位置により求まる合成バネ１の下部の位置の差を相対変位として求める。ここで、相対変位は、図８、９中に矢印Ｄで示す左側の上部マーカー２Ｌと右側の上部マーカー２Ｒの平均位置５と下部マーカー３の位置との差となる。

[0060] 次に、本実施例に係る接触力測定方法における処理の手順について説明する。

本実施例に係る接触力測定方法における処理の手順は、第１の実施例に係る接触力測定方法における処理の手順とほぼ同様であるが、ステップＰ１１～１３における処理の内容が異なる。

[0061] 本実施例においては、図２に示すステップＰ１１において、処理用ＰＣ１３により予め取得しておいた左側の上部マーカー２Ｌ、右側の上部マーカー２Ｒ及び下部マーカー３のテンプレートを用いてパターンマッチングを行うことにより、保存した画像からパンタグラフ１００に取り付けられた左側の上部マーカー２Ｌ、右側の上部マーカー２Ｒ及び下部マーカー３の位置を検出する。

[0062] 次に、ステップＰ１２において、処理用ＰＣ１３により左側の上部マーカー２Ｌと右側の上部マーカー２Ｒの平均位置５と下部マーカー３の位置からパンタグラフ１００の中央部分の相対変位を計算し、この相対変位と仮想的な合成バネ１の自然長との差を求めることで仮想的な合成バネ１の伸縮量を計算する。この伸縮量に仮想的な合成バネ１のバネ定数を乗じて、バネ反力を求める。

[0063] 次に、ステップＰ１３において、処理用ＰＣ１３により上部マーカー２Ｌ，２Ｒの変位と、左側の上部マーカー２Ｌと右側の上部マーカー２Ｒの平均位置５の変位を２階微分し、加速度を計算する。この加速度にパンタグラフ１００の等価質量を乗じて、慣性力を求める。

[0064] なお、本実施例においては、中央の上部マーカー２Ｃが設置されている場合を例として説明したが、中央の上部マーカー２Ｃを省略することも可能である。さらに、舟体１０１の弾性振動の影響が無視できる振動周波数範囲、すなわち舟体１０１が撓んでいない場合には第１の実施例に係る接触力測定方法を実施し、舟体１０１の弾性振動の影響が無視できない振動周波数範囲、すなわち舟体１０１が撓んでいる場合には本実施例に係る接触力測定方法を実施するようにすることも可能である。

[0065] 以上説明したように、本実施例に係る接触力測定方法及び接触力測定装置によれば、舟体１０１部分及びバネ１０２部分を直接撮影することができない構造のパンタグラフ１００において、舟体１０１の弾性振動の影響が無視できない振動周波数範囲において舟体１０１が撓んだ場合であっても、精度良くパンタグラフ１００の接触力を測定することができる。

産業上の利用可能性

[0066] 本発明は、画像処理を用いてパンタグラフの接触力を測定する接触力測定方法及び接触力測定装置、特に、舟体部分及びバネ部分を直接撮影できない構造のパンタグラフにおいて、バネ伸縮量を用いずに接触力を計測する接触力測定方法及び接触力測定装置に利用することが可能である。

符号の説明

[0067] １　合成バネ

２Ｌ　左側の上部マーカー

２Ｃ　中央の上部マーカー

２Ｒ　右側の上部マーカー

３　下部マーカー

４　仮想のマーカー位置

５　平均位置

１０　車両

１１Ｌ　左側のラインセンサ

１１Ｃ　中央のラインセンサ

１１Ｒ　右側のラインセンサ

１２　照明

１３　処理用ＰＣ

１００　パンタグラフ

１０１　舟体

１０２　バネ

１０３　カバー

１０４　舟体支え

請求の範囲

[請求項1] 舟体を複数のバネを介して舟体支え上に支持する構造のパンタグラフの接触力測定方法において、

前記パンタグラフの画像を撮影し、

前記複数のバネを合成して前記パンタグラフの幅方向の中央に仮想的に合成バネがあるものとみなして、前記画像より前記パンタグラフの幅方向の中央の前記舟体に相当する位置と前記舟体支え部分の相対変位を計算し、該相対変位と前記仮想的な合成バネの自然長との差を求めることで前記仮想的な合成バネの伸縮量を計算し、該伸縮量に前記仮想的な合成バネのバネ定数を乗じてバネ反力を求め、

前記画像より前記舟体に相当する位置の変位を２階微分して加速度を計算し、該加速度に前記パンタグラフの等価質量を乗じて慣性力を求め、

前記画像と時刻同期させた実際の車両の走行速度データから前記舟体に作用する揚力を求め、

前記バネ反力と前記慣性力と前記揚力を加算して接触力を求めることを特徴とする接触力測定方法。

[請求項2] 前記パンタグラフの前記舟体に相当する位置の幅方向の中央に１つのマーカーを設置し、

前記パンタグラフの前記舟体に相当する位置の前記中央のマーカーの幅方向の両側方にそれぞれ１つ計２つのマーカーを設置し、

前記舟体支えにマーカーを設置し、

前記画像から前記舟体に相当する位置に設置した３つのマーカー及び前記舟体支えに設置したマーカーの位置を検出することを特徴とする請求項１に記載の接触力測定方法。

[請求項3] 前記パンタグラフの前記舟体に相当する位置の幅方向の両側方にそれぞれ１つ計２つのマーカーを設置し、

前記舟体支えにマーカーを設置し、

前記画像から前記舟体に相当する位置に設置した２つのマーカーの平均位置及び前記舟体支えに設置したマーカーの位置を検出することを特徴とする請求項１に記載の接触力測定方法。

[請求項4] 前記パンタグラフの前記舟体に相当する位置の幅方向の中央に１つのマーカーを設置し、

前記パンタグラフの前記舟体に相当する位置の前記中央のマーカーの幅方向の一方の側方に１つのマーカーを設置し、

前記舟体支えにマーカーを設置し、

前記画像から前記舟体に相当する位置に設置した２つのマーカー及び前記舟体支えに設置したマーカーの位置を検出し、

前記舟体に相当する位置の前記中央のマーカーの位置と、前記舟体に相当する位置の前記中央のマーカーの幅方向の一方の側方に設置したマーカーの位置から、線形予測により仮想のマーカー位置を求めることを特徴とする請求項１に記載の接触力測定方法。

[請求項5] 舟体を複数のバネを介して舟体支え上に支持する構造のパンタグラフの接触力測定装置において、

前記パンタグラフの画像を撮影する撮影手段と、

前記複数のバネを合成して前記パンタグラフの幅方向の中央に仮想的に合成バネがあるものとみなして、前記画像より前記パンタグラフの幅方向の中央の前記舟体に相当する位置と前記舟体支え部分の相対変位を計算し、該相対変位と前記仮想的な合成バネの自然長との差を求めることで前記仮想的な合成バネの伸縮量を計算し、該伸縮量に前記仮想的な合成バネのバネ定数を乗じてバネ反力を求め、

前記画像より前記舟体に相当する位置の変位を２階微分して加速度を計算し、該加速度に前記パンタグラフの等価質量を乗じて慣性力を求め、

前記画像と時刻同期させた実際の車両の走行速度データから前記パンタグラフに作用する揚力を求め、

前記バネ反力と前記慣性力と前記揚力を加算して接触力を求める接触力計算手段と

を備える

ことを特徴とする接触力測定装置。

[請求項6] 前記パンタグラフの前記舟体に相当する位置の幅方向の中央に１つのマーカーと、

前記パンタグラフの前記舟体に相当する位置の前記中央のマーカーの幅方向の両側方にそれぞれ１つ計２つのマーカーと、

前記舟体支えにマーカーと

を備え、

前記接触力計算手段は、

前記画像から前記舟体に相当する位置に設置した３つのマーカー及び前記舟体支えに設置したマーカーの位置を検出する

ことを特徴とする請求項５に記載の接触力測定装置。

[請求項7] 前記パンタグラフの前記舟体に相当する位置の幅方向の両側方にそれぞれ１つ計２つのマーカーと、

前記舟体支えにマーカーと

を備え、

前記接触力計算手段は、

前記画像から前記舟体に相当する位置に設置した２つのマーカーの平均位置及び前記舟体支えに設置したマーカーの位置を検出する

ことを特徴とする請求項５に記載の接触力測定装置。

[請求項8] 前記パンタグラフの前記舟体に相当する位置の幅方向の中央に１つのマーカーと、

前記パンタグラフの前記舟体に相当する位置の前記中央のマーカーの幅方向の一方の側方に１つのマーカーと、

前記舟体支えにマーカーと

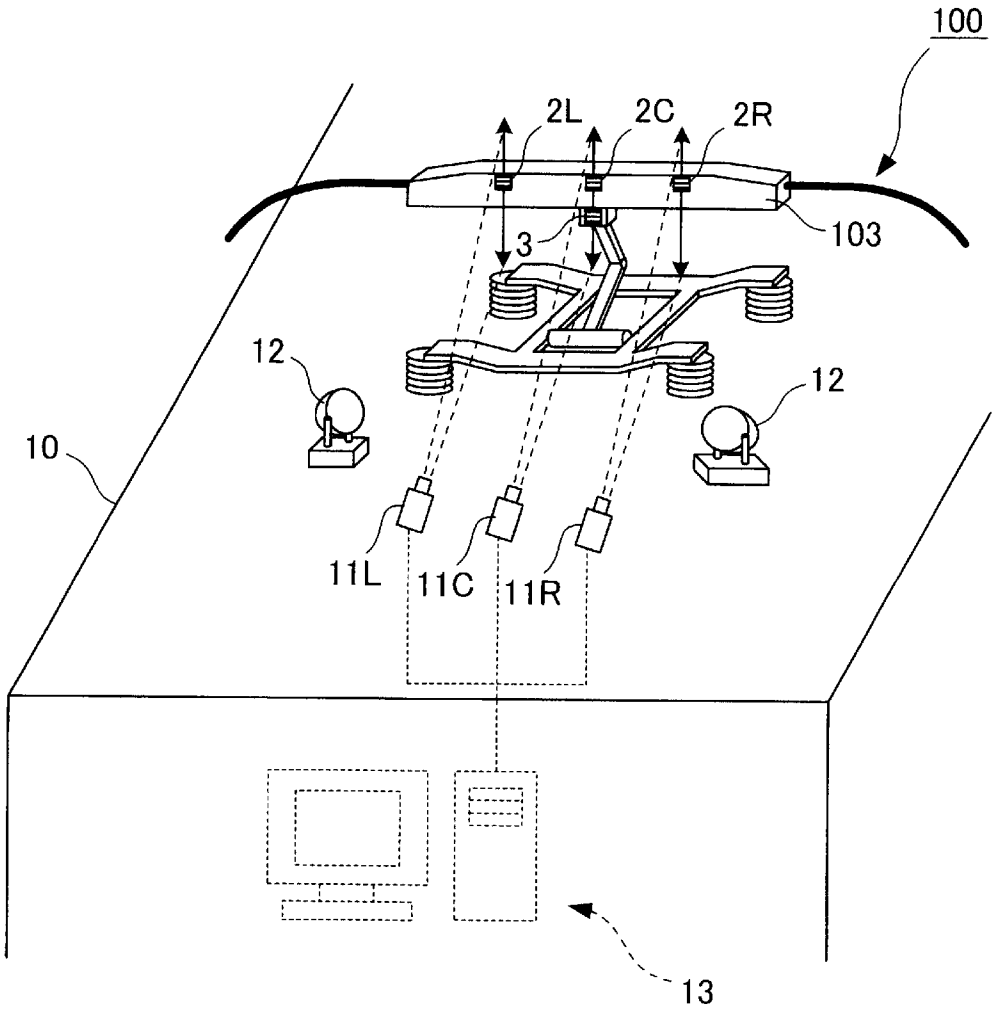
を備え、

前記接触力計算手段は、

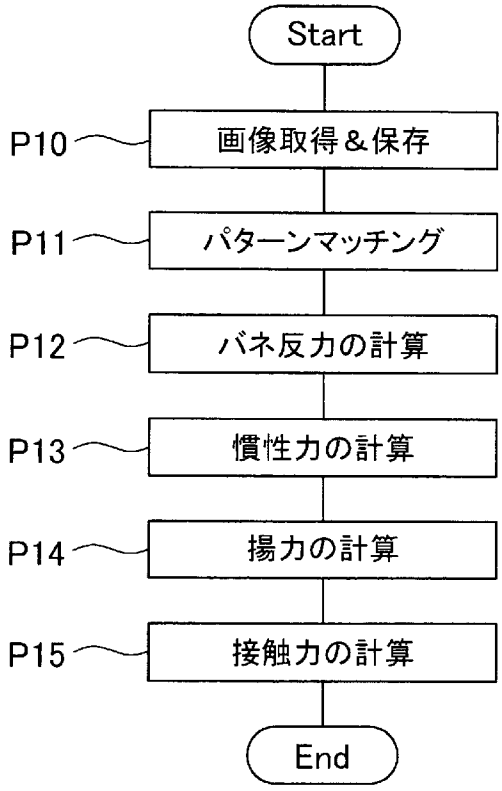
前記画像から前記舟体に相当する位置に設置した２つのマーカー及び前記舟体支えに設置したマーカーの位置を検出し、

前記舟体に相当する位置の前記中央のマーカーの位置と、前記舟体に相当する位置の前記中央のマーカーの幅方向の一方の側方に設置したマーカーの位置から、線形予測により仮想のマーカー位置を求めることを特徴とする請求項５に記載の接触力測定装置。

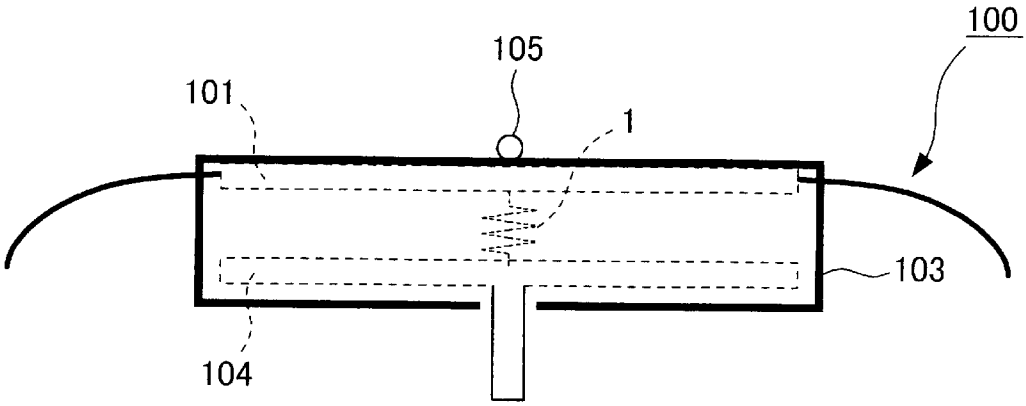
[図1]



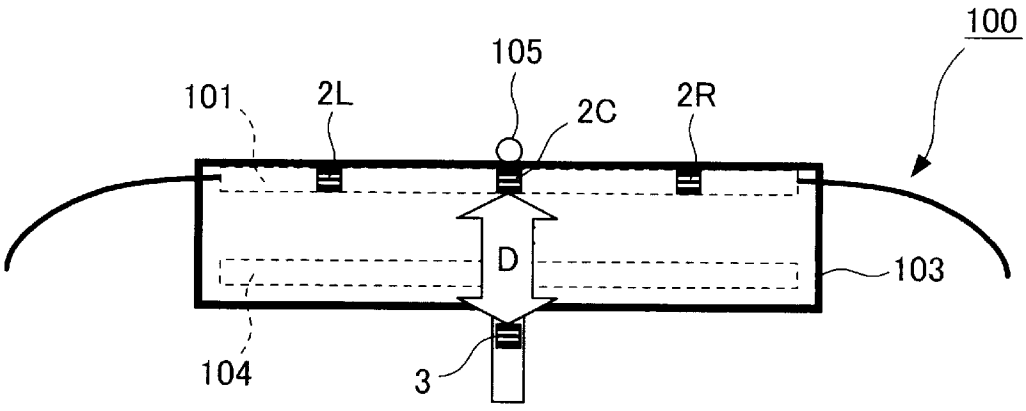
[図2]


Start
P10
画像取得＆保存
P11
パターンマッチング
P12
バネ反力の計算
P13
慣性力の計算
P14
揚力の計算
P15
接触力の計算
End

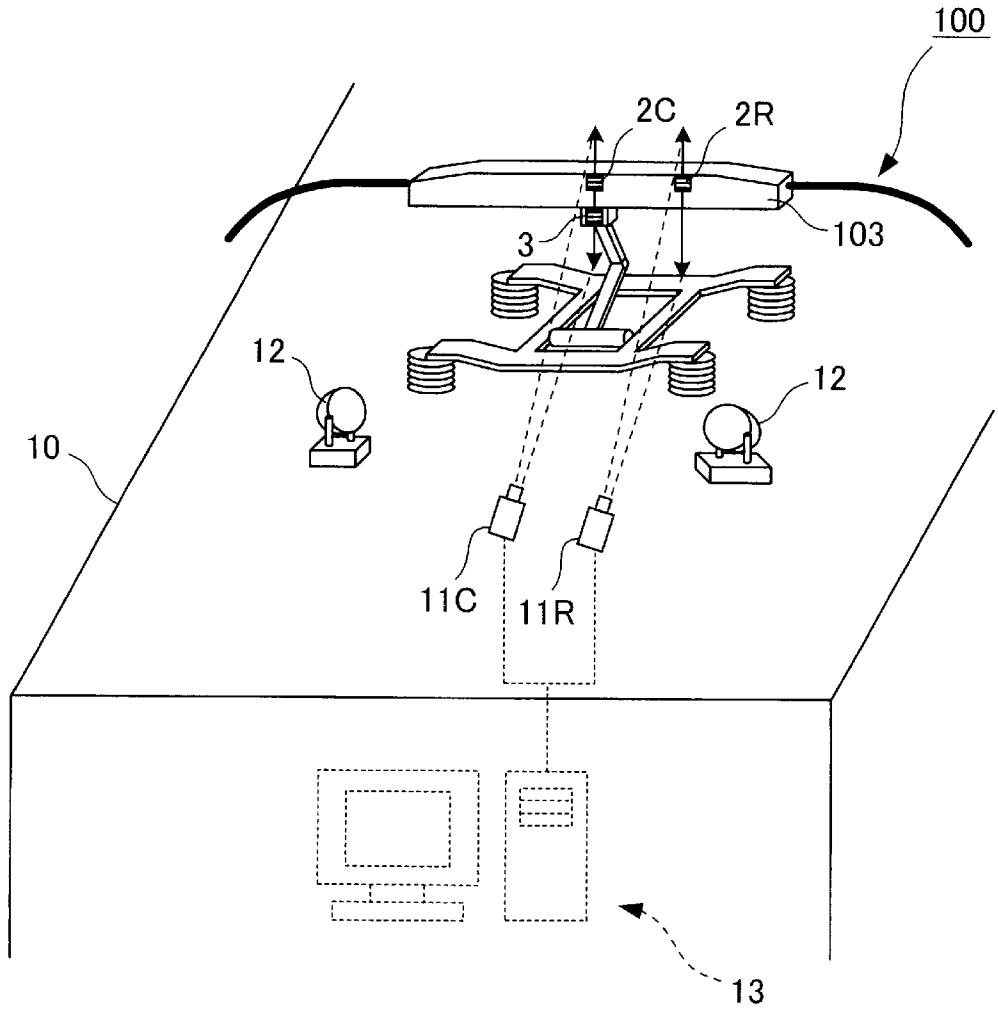
[図3]



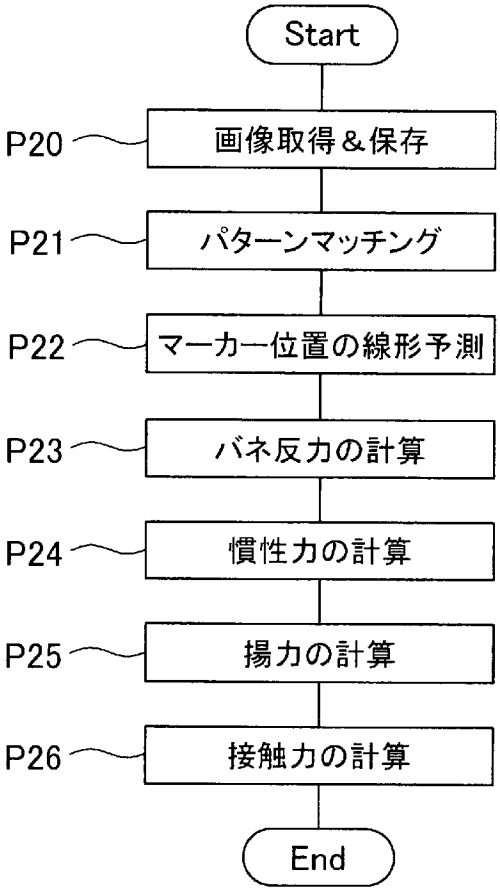
[図4]



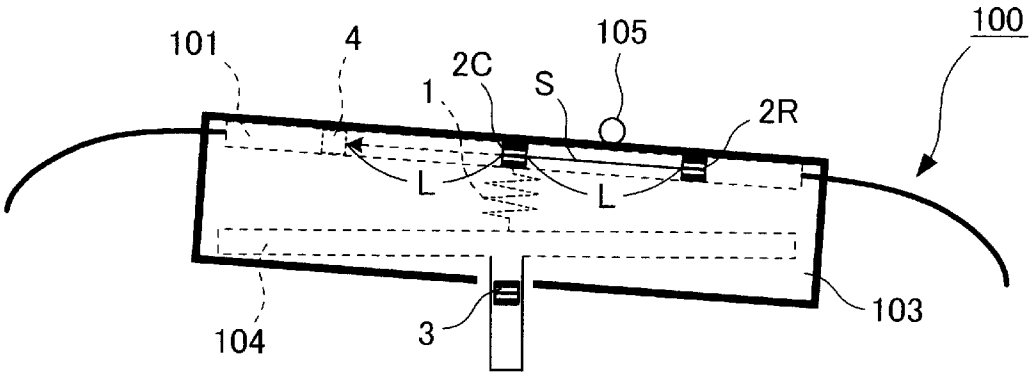
[図5]



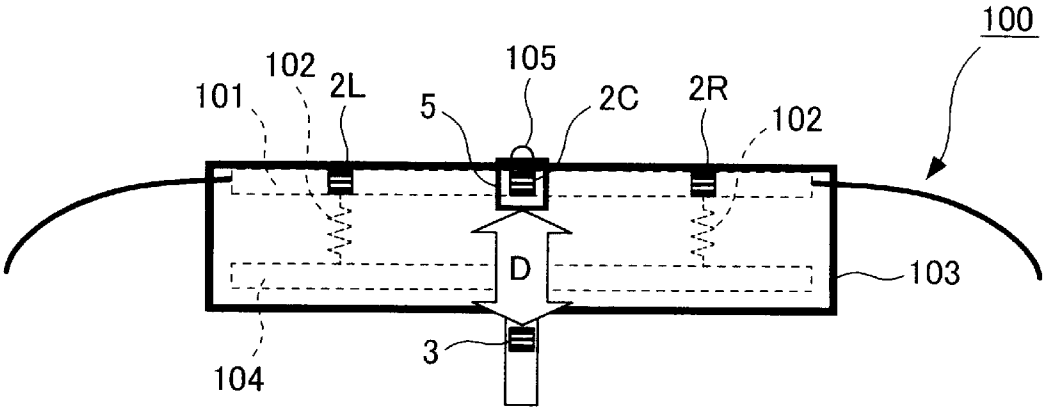
[図6]


Start
P20
画像取得＆保存
P21
パターンマッチング
P22
マーカー位置の線形予測
P23
バネ反力の計算
P24
慣性力の計算
P25
揚力の計算
P26
接触力の計算
End

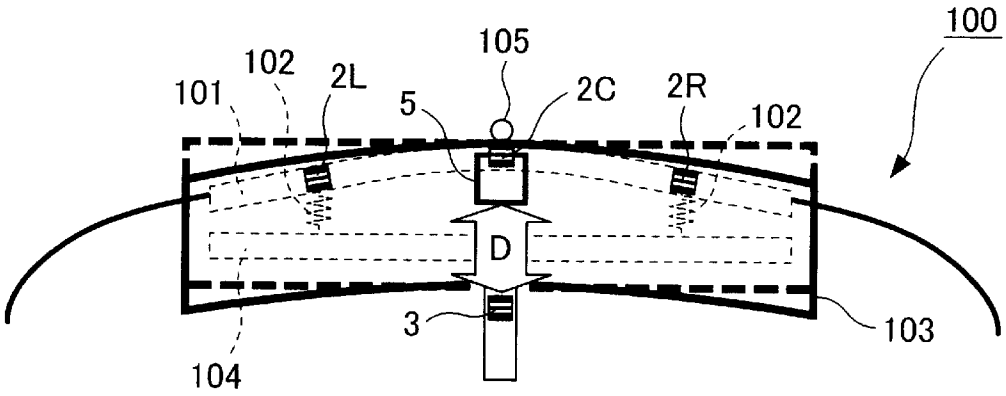
[図7]


101
4
2C
1
S
105
100
2R
L
L
103
104
3

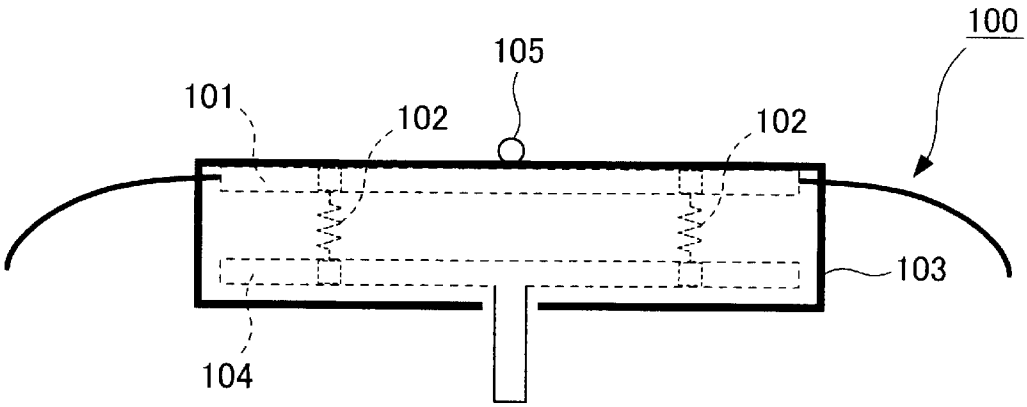
[図8]


100
102
105
101
2L
5
2C
2R
102
D
103
3
104

[図9]


100
105
102
101
2L
5
2C
2R
102
D
3
103
104

[図10]


100
105
101
102
102
103
104

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/059140

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01L5/00(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)
G01L5/00, G01P15/03, B60M1/28, B60L5/24

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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-244023 A (Railway Technical Research Institute), 22 October 2009 (22.10.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2008-104312 A (Meidensha Corp.), 01 May 2008 (01.05.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2001-235310 A (Railway Technical Research Institute), 31 August 2001 (31.08.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-8

☒ 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 07 July, 2011 (07.07.11)	Date of mailing of the international search report 19 July, 2011 (19.07.11)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/059140

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 2010-025677 A (Railway Technical Research Institute), 04 February 2010 (04.02.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 11-136804 A (Central Japan Railway Co.), 21 May 1999 (21.05.1999), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2002-328063 A (East Japan Railway Co.), 15 November 2002 (15.11.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-8

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１１／０５９１４０

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01L5/00(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.　G01L5/00, G01P15/03, B60M1/28, B60L5/24

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	１９７１－２０１１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１１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）

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 2009-244023 A (財団法人鉄道総合技術研究所) 2009.10.22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2008-104312 A (株式会社明電舎) 2008.05.01, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　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	国際調査報告の発送日
０７．０７．２０１１	１９．０７．２０１１

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　２Ｆ　４７４１
公文代　康祐
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２１６

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１１／０５９１４０

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 2001-235310 A (財団法人鉄道総合技術研究所) 2001.08.31, 全文,全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2010-025677 A (財団法人鉄道総合技術研究所) 2010.02.04, 全文,全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 11-136804 A (東海旅客鉄道株式会社) 1999.05.21, 全文,全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2002-328063 A (東日本旅客鉄道株式会社) 2002.11.15, 全文,全図 (ファミリーなし)	1-8