

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-144049

(P2020-144049A)

(43) 公開日 令和2年9月10日(2020.9.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1B 11/00 (2006.01)	GO1B 11/00	A 2F065
B60M 1/28 (2006.01)	B60M 1/28	R 5H105
B60L 5/26 (2006.01)	B60L 5/26	Z

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2019-41934 (P2019-41934)
 (22) 出願日 平成31年3月7日(2019.3.7)
 (11) 特許番号 特許第6669294号 (P6669294)
 (45) 特許公報発行日 令和2年3月18日(2020.3.18)

(71) 出願人 000006105
 株式会社明電舎
 東京都品川区大崎2丁目1番1号
 (74) 代理人 110002077
 園田・小林特許業務法人
 (72) 発明者 山本 大樹
 東京都品川区大崎二丁目1番1号 株式会
 社明電舎内
 (72) 発明者 渡部 勇介
 東京都品川区大崎二丁目1番1号 株式会
 社明電舎内

最終頁に続く

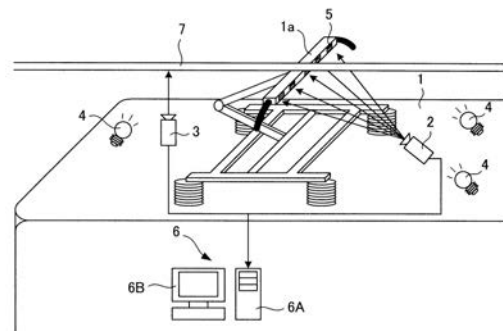
(54) 【発明の名称】 パンタグラフ変位測定装置及びトロリ線硬点検出方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 架線の偏位変動に対応したパンタグラフの変位を簡素な構成で高精度に測定することを可能にするパンタグラフ変位測定装置を提供する。

【解決手段】 パンタグラフ 1 a の端面に車幅方向に離間して取り付けられた複数のマーカ 5 と、車両 1 の屋根上に設けられて複数のマーカ 5 を撮影するエリアセンサカメラ 2 と、車両 1 の屋根上に設けられて架線 7 を撮影するラインセンサカメラ 3 と、エリアセンサカメラ 2 によって撮影した画像から各マーカ 5 が写っている縦方向のラインを各々抽出し、各ラインを複数並べてなるマーカ画像をそれぞれ作成し、マーカ画像に基づき各マーカ 5 の一ライン分の基準テンプレートを作成し、各基準テンプレートを使用して車両 1 の走行中にエリアセンサカメラ 2 によって撮影した入力画像とのパターンマッチングを行い、架線 7 の偏位位置に対応したパンタグラフ 1 a の高さ方向の変位を求める演算処理部 6 A とを備える構成とした。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

鉄道車両のパンタグラフの端面に車幅方向に離間して取り付けられた複数のマーカと、前記鉄道車両の屋根上に設置され前記複数のマーカを撮影するエリアセンサカメラと、前記鉄道車両の屋根上に設置され架線の偏位を測定する架線偏位測定装置と、前記鉄道車両の走行中に前記エリアセンサカメラによって撮影した入力画像に基づいて前記パンタグラフの高さ方向の変位を求めると共に、前記パンタグラフの高さ方向の変位と前記架線偏位測定装置を用いて取得した前記架線の偏位とを利用して前記パンタグラフの高さを求める画像処理装置とを備え、

10

前記画像処理装置は、前記エリアセンサカメラによって撮影した画像から各前記マーカが写っている縦方向のラインを各々抽出し、各前記ラインを複数並べてなるマーカ画像をそれぞれ作成し、前記マーカ画像に基づき各前記マーカのライン分の基準テンプレートを作成し、各前記基準テンプレートを使用して前記入力画像とのパターンマッチングを行い、前記架線の偏位位置に対応した前記パンタグラフの高さ方向の変位を求めることを特徴とするパンタグラフ変位測定装置。

【請求項 2】

前記架線偏位測定装置が、その光軸がほぼ直上を向くように、且つその走査線方向が前記鉄道車両の車幅方向に沿うように設置されたラインセンサカメラであることを特徴とする請求項 1 記載のパンタグラフ変位測定装置。

20

【請求項 3】

前記架線偏位測定装置が、レーザ光を前記鉄道車両の進行方向に平行な軸周りで放射線状に投光し、その反射光を受光することによって測定対象物までの距離及び角度を測定する測域センサであることを特徴とする請求項 1 記載のパンタグラフ変位測定装置。

【請求項 4】

前記架線偏位測定装置が、前記エリアセンサカメラであり、前記画像処理装置が、前記入力画像を解析することにより前記架線の偏位を取得することを特徴とする請求項 1 記載のパンタグラフ変位測定装置。

【請求項 5】

30

鉄道車両の屋根上に設置されたエリアセンサカメラによって走行中の前記鉄道車両のパンタグラフを撮影し、前記エリアセンサカメラによって撮影した画像を画像処理装置により解析して前記パンタグラフの高さ方向の加速度を求め、トロリ線の硬点を検出するトロリ線硬点検出方法であって、

前記パンタグラフの前記エリアセンサカメラによって撮影される端面に、複数のマーカを車幅方向に離間して設置する第一の工程と、

前記エリアセンサカメラによって前記マーカを撮影する第二の工程と、

前記エリアセンサカメラによって撮影した画像から各前記マーカが写っている縦方向のラインを各々抽出し、各前記ラインを複数並べてなるマーカ画像をそれぞれ作成する第三の工程と、

40

前記マーカ画像に基づき各前記マーカのライン分の基準テンプレートを作成する第四の工程と、

前記鉄道車両の走行中に前記エリアセンサカメラによって前記マーカを撮影する第五の工程と、

各前記基準テンプレートを使用して前記第五の工程で取得した入力画像とのパターンマッチングを行い、前記パンタグラフの高さ方向の変位を求める第六の工程と、

前記鉄道車両の屋根上に設置された架線偏位測定装置を用いて架線の偏位を測定する第七の工程と、

前記パンタグラフの高さ方向の変位と前記架線の偏位とから前記架線の偏位位置に対応した前記パンタグラフの加速度を求める第八の工程と

50

を含むことを特徴とするトロリ線硬点検出方法。

【請求項 6】

前記架線偏位測定装置が、その光軸がほぼ直上を向くように、且つその走査線方向が前記鉄道車両の車幅方向に沿うように設置されたラインセンサカメラであることを特徴とする請求項 5 記載のトロリ線硬点検出方法。

【請求項 7】

前記架線偏位測定装置が、レーザ光を前記鉄道車両の進行方向に平行な軸周りで放射線状に投光し、その反射光を受光することによって測定対象物までの距離及び角度を測定する測域センサであることを特徴とする請求項 5 記載のトロリ線硬点検出方法。

10

【請求項 8】

前記架線偏位測定装置が、前記エリアセンサカメラであり、前記画像処理装置が、前記入力画像を解析することにより前記架線の偏位を取得することを特徴とする請求項 5 記載のトロリ線硬点検出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、パンタグラフ変位測定装置及びトロリ線硬点検出方法に関し、特に硬点計測用のマーカを取り付けたパンタグラフをラインセンサカメラで撮影した画像を用いてパターンマッチング処理によりトロリ線の硬点を計測するパンタグラフ変位測定装置及びトロリ線硬点検出方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

電気鉄道設備においては、検査項目の一つとしてトロリ線の硬点の計測が挙げられる。例えば、トロリ線はちょう架線にハンガで吊り下げられた状態になっている。このハンガが設置されている箇所や、その他、トロリ線の接続箇所や曲線引がある部分などは他の部分に比べてトロリ線の重量が部分的に増加しており、「トロリ線の硬点」と呼ばれる。

【0003】

このトロリ線の硬点を、車両の屋根上に設置されトロリ線に摺動する集電装置であるパンタグラフが通過するとき、トロリ線の重量によりパンタグラフが急激に下降する場合がある。このような場合、トロリ線がパンタグラフから離線し、アークと呼ばれる放電現象が発生する。このときトロリ線にはアークによって生じる熱によって局所的な摩耗が生じる。そのため、トロリ線の硬点においては、他の部分に比較して摩耗の進行が早まることが考えられる。

30

【0004】

以上のことから、トロリ線の硬点を検出することは、電気鉄道設備を保守し、運用・管理する上で重要な事項となっている。

【0005】

上述したように、トロリ線の硬点においてパンタグラフには鉛直方向に大きな加速度が生じる。したがって、トロリ線の硬点を検出するためにはトロリ線と変位が等価であるパンタグラフの鉛直方向の加速度を監視すればよい。パンタグラフの加速度は、パンタグラフの変位を測定し、これを二階微分することによって求めることができる。

40

【0006】

従来、パンタグラフの変位測定方法として以下のようなものが知られている。

(1) レーザセンサ方式

この方式は、パンタグラフをミラー等によりレーザで走査し、反射波の位相差や反射したレーザの形状の変形などにより、パンタグラフの変位を測定する方式である。

(2) 光切断方式

この方式は、パンタグラフに縞状の光を投光し、パンタグラフの形状に応じて凹凸になった縞を受光し、パンタグラフの変位を測定する方式である。

50

(3) 画像処理方式

この方式は、車両の屋根上に設置したラインセンサカメラでパンタグラフを撮影し、撮影した画像に対して処理用コンピュータにおいてモデルマッチングやパターンマッチング等の処理を行い、パンタグラフの変位を測定する方式である（例えば、特許文献1, 2参照）。

【0007】

上記の方式のうち、画像処理方式は、ラインセンサカメラにより撮影したパンタグラフの画像の中から、予め用意しておいたパンタグラフのモデルとマッチングする画像上のピクセル位置を抽出し、ラインセンサカメラからパンタグラフまでの距離や撮影器具のレンズの焦点距離などに基づき、画像上のピクセル位置からパンタグラフの実際の高さを算出するものである。

10

【0008】

この画像処理方式は、撮影したパンタグラフの画像の中から、予め取得したパンタグラフのモデルとマッチングするピクセル位置を検出したり、車両の屋根上に設置されたパンタグラフに白黒の縞模様のマークを取り付け、ラインセンサカメラによって撮影した画像からパターンマッチングによってマーク位置、すなわちパンタグラフの位置を検出したりしている。

【0009】

そして、画像上のパンタグラフの位置を検出した後、パンタグラフまでの距離やレンズの焦点距離などの関係から、画像上のピクセル位置を実際のパンタグラフ変位へと変換する。こうして求めたパンタグラフの変位を二階微分することで、加速度を算出している。また、特許文献2のように、ラインセンサカメラを用いることで空間分解能を上げ、精度を向上させることができる。この方式は、レーザセンサ方式や光切断方式に比べて装置が小型になるので、測定専用で製造された検測車だけでなく、営業車にも搭載できるという利点がある。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開2010-266341号公報

【特許文献2】特開2018-146553号公報

【特許文献3】特開2010-169505号公報

【特許文献4】特開2006-248411号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

ここで、ラインセンサカメラを用いた方式では、撮影できる箇所は1ライン分である。そのため一台のラインセンサカメラを用いて計測できるパンタグラフの偏位は任意の一点のみであり、架線の偏位変動に対応したパンタグラフの加速度を計測するためには、ラインセンサカメラを複数台設置し、パンタグラフの複数個所で変位を計算する必要がある。しかしながら、ラインセンサカメラを複数台設置する場合、装置の大型化やコストの上昇につながるという問題があった。

40

【0012】

このようなことから本発明は、架線の偏位変動に対応したパンタグラフの変位を簡素な構成で高精度に測定することを可能としたパンタグラフ変位測定装置及びトロリ線硬点検出方法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の発明に係るパンタグラフ変位測定装置は、鉄道車両のパンタグラフの端面に車幅方向に離間して取り付けられた複数のマークと、前記鉄道車両の屋根上に設置され前記複数のマークを撮影するエリアセンサカメラと、

50

前記鉄道車両の屋根上に設置され架線の偏位を測定する架線偏位測定装置と、

前記鉄道車両の走行中に前記エリアセンサカメラによって撮影した入力画像に基づいて前記パンタグラフの高さ方向の変位を求めると共に、前記パンタグラフの高さ方向の変位と前記架線偏位測定装置を用いて取得した前記架線の偏位とを利用して前記パンタグラフの高さを求める画像処理装置と

を備え、

前記画像処理装置は、前記エリアセンサカメラによって撮影した画像から各前記マーカが写っている縦方向のラインを各々抽出し、各前記ラインを複数並べてなるマーカ画像をそれぞれ作成し、前記マーカ画像に基づき各前記マーカのライン分の基準テンプレートを作成し、各前記基準テンプレートを使用して前記入力画像とのパターンマッチングを行い、前記架線の偏位位置に対応した前記パンタグラフの高さ方向の変位を求めることを特徴とする。

10

【0014】

また、上記の課題を解決するための第2の発明に係るパンタグラフ変位測定装置は、第1の発明において、

前記架線偏位測定装置が、その光軸がほぼ直上を向くように、且つその走査線方向が前記鉄道車両の車幅方向に沿うように設置されたラインセンサカメラであることを特徴とする。

【0015】

また、上記の課題を解決するための第3の発明に係るパンタグラフ変位測定装置は、第1の発明において、

前記架線偏位測定装置が、レーザ光を前記鉄道車両の進行方向に平行な軸周りで放射線状に投光し、その反射光を受光することによって測定対象物までの距離及び角度を測定する測域センサであることを特徴とする。

20

【0016】

また、上記の課題を解決するための第4の発明に係るパンタグラフ変位測定装置は、第1の発明において、

前記架線偏位測定装置が、前記エリアセンサカメラであり、

前記画像処理装置が、前記入力画像を解析することにより前記架線の偏位を取得することを特徴とする。

30

【0017】

また、上記の課題を解決するための第5の発明に係るトロリ線硬点検出方法は、

鉄道車両の屋根上に設置されたエリアセンサカメラによって走行中の前記鉄道車両のパンタグラフを撮影し、前記エリアセンサカメラによって撮影した画像を画像処理装置により解析して前記パンタグラフの高さ方向の加速度を求め、トロリ線の硬点を検出するトロリ線硬点検出方法であって、

前記パンタグラフの前記エリアセンサカメラによって撮影される端面に、複数のマーカを車幅方向に離間して設置する第一の工程と、

前記エリアセンサカメラによって前記マーカを撮影する第二の工程と、

40

前記エリアセンサカメラによって撮影した画像から各前記マーカが写っている縦方向のラインを各々抽出し、各前記ラインを複数並べてなるマーカ画像をそれぞれ作成する第三の工程と、

前記マーカ画像に基づき各前記マーカのライン分の基準テンプレートを作成する第四の工程と、

前記鉄道車両の走行中に前記エリアセンサカメラによって前記マーカを撮影する第五の工程と、

各前記基準テンプレートを使用して前記第五の工程で取得した入力画像とのパターンマッチングを行い、前記パンタグラフの高さ方向の変位を求める第六の工程と、

前記鉄道車両の屋根上に設置された架線偏位測定装置を用いて架線の偏位を測定する第

50

七の工程と、

前記パンタグラフの高さ方向の変位と前記架線の偏位とから前記架線の偏位位置に対応した前記パンタグラフの加速度を求める第八の工程とを含むことを特徴とする。

【0018】

また、上記の課題を解決するための第6の発明に係るトロリ線硬点検出方法は、第5の発明において、

前記架線偏位測定装置が、その光軸がほぼ直上を向くように、且つその走査線方向が前記鉄道車両の車幅方向に沿うように設置されたラインセンサカメラであることを特徴とする。

10

【0019】

また、上記の課題を解決するための第7の発明に係るトロリ線硬点検出方法は、第5の発明において、

前記架線偏位測定装置が、レーザ光を前記鉄道車両の進行方向に平行な軸周りで放射線状に投光し、その反射光を受光することによって測定対象物までの距離及び角度を測定する測域センサであることを特徴とする。

【0020】

また、上記の課題を解決するための第8の発明に係るトロリ線硬点検出方法は、第5の発明において、

20

前記架線偏位測定装置が、前記エリアセンサカメラであり、前記画像処理装置が、前記入力画像を解析することにより前記架線の偏位を取得することを特徴とする。

【発明の効果】

【0021】

本発明に係るパンタグラフ変位測定装置及びトロリ線硬点検出方法によれば、一台のエリアセンサカメラによって撮影した画像を利用して、架線の偏位変動に対応したパンタグラフの変位を簡素な構成で高精度に測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

30

【図1】本発明の実施例1に係るパンタグラフ変位測定装置の設置例を模式的に示す説明図である。

【図2】本発明の実施例1に係るパンタグラフ変位測定装置のマーカの設置例を模式的に示す説明図である。

【図3】本発明の実施例1に係るパンタグラフ変位測定装置の概略構成を示すブロック図である。

【図4】本発明の実施例1に係るパンタグラフ測定処理の流れを示すフローチャートである。

【図5】本発明の実施例1におけるエリアセンサカメラによる撮影領域を示す説明図である。

40

【図6】本発明の実施例1におけるマーカ画像の例を示す説明図である。

【図7】本発明の実施例1におけるプレート画像の例を示す説明図である。

【図8】本発明の実施例1において検出するマーカの位置を示す説明図である。

【図9】本発明の実施例1における三次スプライン補間を行った例を示す説明図である。

【図10】図3に示す加速度計算部により求めた架線偏位に対応したパンタグラフの高さ方向の加速度の例を示すグラフである。

【図11】本発明の実施例2に係るパンタグラフ変位測定装置の設置例を模式的に示す説明図である。

【図12】本発明の実施例2に係るパンタグラフ変位測定装置の概略構成を示すブロック図である。

50

【図13】本発明の実施例3に係るパンタグラフ変位測定装置の設置例を模式的に示す説明図である。

【図14】本発明の実施例3に係るパンタグラフ変位測定装置の概略構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下、図面を参照しつつ、本発明に係るパンタグラフ変位測定装置及びトロリ線硬点検出方法について説明する。

【実施例1】

【0024】

図1から図10を用いて本発明の実施例1に係るパンタグラフ変位測定装置及びトロリ線硬点検出方法の詳細を説明する。

【0025】

図1に示すように、本実施例においてパンタグラフ高さ測定装置は、鉄道車両（以下、単に「車両」という）1の屋根上に設置されるエリアセンサカメラ2、ラインセンサカメラ3および照明装置4と、パンタグラフ1aに取り付けられるマーカ5と、車両1の内部に設置される処理用コンピュータ6とを備えて構成されている。

【0026】

エリアセンサカメラ2は、車両1の屋根上であってパンタグラフ1aとは車両1の前後方向に離間した位置に、パンタグラフ1aを撮影するように設置されている。具体的には、エリアセンサカメラ2は、その光軸が斜め上方に向くように、且つその撮影領域にパンタグラフ1aの全可動域が入るようにその向きを設定されている。このエリアセンサカメラ2によって取得した画像信号は処理用コンピュータ6に入力される。

【0027】

ラインセンサカメラ3は、架線（トロリ線）7の偏位を計測するため、車両1の屋根上に架線7を撮影するように設置されている。すなわち、ラインセンサカメラ3は、その光軸がほぼ直上を向くように、且つその走査線方向が車両1の車幅方向に沿うようにその向きを設定されている。このラインセンサカメラ3によって取得した画像信号は処理用コンピュータ6に入力される。

【0028】

照明装置4は、エリアセンサカメラ2によって撮影される領域、ラインセンサカメラ3によって撮影される領域に対してそれぞれ光を照射するものであり、本実施例において、エリアセンサカメラ2に対応して設けられる照明装置4は二台、ラインセンサカメラ3に対応して設けられる照明装置4は一台となっている。

【0029】

マーカ5は、パンタグラフ1aのエリアセンサカメラ2側の端面に、図2に示すように車幅方向に離間して複数設置されている。マーカ5は、光を反射する素材と光を反射しない素材とで形成され、本実施例においては黒色の背景に高さの異なる二本の白線を離間して配置したものであり、これにより光を反射する素材からなる二本の白色部分と光を反射しない素材からなる三本の黒色部分とが交互に配された状態となっている。

【0030】

処理用コンピュータ6は、エリアセンサカメラ2及びラインセンサカメラ3から入力された画像を解析してパンタグラフ1aの高さ方向の変位を検出するものであり、演算処理部6Aとモニタ6Bとを有している。

【0031】

演算処理部6Aは、図3に示すようにデータ処理部6a、テンプレート設定部6b、テンプレート拡大・収縮部6c、パターンマッチング部6d、パンタグラフ変位計算部6e、架線変位計測部6f、パンタグラフ変位補間部6g、フィルタリング処理部6h、及び加速度計算部6iを備えている。

【0032】

10

20

30

40

50

データ処理部 6 a は、図 5 に示すようにしてエリアセンサカメラ 2 によって予めパンタグラフ 1 a 及びマーカ 5 を撮影した画像から、各マーカ 5 の位置に対応したライン（例えば、図 5 にドットを付して示すライン。なお、図 5 では説明のため各ラインに幅を持たせている）のみを抽出して、図 6 に示すようなマーカ画像 9 を作成する。図 6 に示すマーカ画像 9 は、1 スキャン分の画像の各マーカ 5 に対応したラインを右回りに 90° 回転させ、これを縦方向に一定数並べて作成しており、これにより、ラインセンサカメラで撮影したような画像が得られる。なお、図 5 中に示す 8 は、エリアセンサカメラ 2 によって撮影される領域（撮影領域）を示している。

【 0 0 3 3 】

また、データ処理部 6 a は、パンタグラフ変位補間部 6 g で求めた架線偏位に対応したパンタグラフ変位を時系列的に並べる処理を行う。

【 0 0 3 4 】

テンプレート設定部 6 b は、各マーカ 5 について、図 6 に示すようなマーカ画像 9 から図 7 に示すような 1 ライン分（L）のマーカパターンをマッチング用の基準テンプレート 10 として取得する。すなわち、基準テンプレート 10 はマーカ画像 9 からマーカ部分を抽出して得られる白色領域と黒色領域とからなる一次元の輝度値データである。基準テンプレート 10 はデータ処理部 6 a を経てテンプレート拡大・収縮部 6 c へ送られる。

【 0 0 3 5 】

テンプレート拡大・収縮部 6 c は、車両 1 の走行中にエリアセンサカメラ 2 によって撮影した画像（以下、入力画像）を横方向に任意の数で分割し、各画素の分解能に基づいて各分割した区間ごとに基準テンプレート 10 を拡大・収縮する。なお、各画素の分解能は、上記特許文献 3 におけるキャリブレーション方法等の既知の手法により求めるものとし、ここでの詳細な説明は省略する。

【 0 0 3 6 】

パターンマッチング部 6 d は、テンプレート拡大・収縮処理を行いながら、入力画像と各マーカ 5 に対応する基準テンプレート 10 との類似度を計算することで各マーカ 5 の変位 [p i x] を検出する。入力画像と基準テンプレート 10 との類似度計算には、正規化相互相関の一種である Z N C C を使用する。具体的には、1 ピクセルごとにスキャンしながら、入力画像と基準テンプレート 10 の類似度を算出し、その中で類似度が最大になった位置の座標 [p i x] を変位とする。パターンマッチング部 6 d によって得られたマーカ 5 の変位 [p i x] はデータ処理部 6 a を経てパンタグラフ変位計算部 6 e へ送られる。

【 0 0 3 7 】

パンタグラフ変位計算部 6 e は、パターンマッチング処理で求めた各マーカ 5 の変位 [p i x] が大まかな変位であるので、各マーカ 5 のより正確な変位を求めるべく、検出されたマーカ 5 の範囲内で図 8 に示すようにマーカ 5 の二本ある白線のうち、下側の白線の下端 P をエッジ検出により求め、サブピクセル推定を行ってマーカ 5 の変位 [p i x] を検出する。このようにして検出したマーカ 5 の変位 [p i x] を実際の変位 [m m] に変換し、予め測定しておいたマーカ 5 の下側の白線の下端からパンタグラフ 1 a の上面までの距離を考慮し、実際のパンタグラフ 1 a の高さ方向の変位（以下、パンタグラフ変位）[m m] を算出する。なお、マーカ 5 の変位 [p i x] を実際の変位 [m m] に変換する手法としては、マーカ 5 の変位 [p i x] に上記特許文献 3 におけるキャリブレーション方法により求めたキャリブレーション係数を乗じることで求めるなど、既知の手法を用いればよく、ここでの詳細な説明は省略する。パンタグラフ変位計算部 6 e によって得られたパンタグラフ変位 [m m] はデータ処理部 6 a を経て架線変位計測部 6 f へ送られる。

【 0 0 3 8 】

架線偏位計測部 6 f は、ラインセンサカメラ 3 によって撮影した画像に基づき架線 7 の偏位位置（以下、架線偏位）[m m] を計測する。ラインセンサカメラ 3 によって撮影した画像に基づき架線偏位を求める手法としては、例えば上記特許文献 4 に開示されているトロリ線摩耗部のエッジ検出等の既知の手法を利用するものとし、ここでの詳細な説明は

10

20

30

40

50

省略する。架線変位計測部 6 f によって得られた架線偏位 [mm] はデータ処理部 6 a を経てパンタグラフ変位補間部 6 g へ送られる。

【 0 0 3 9 】

パンタグラフ変位補間部 6 g は、架線偏位計測部 6 f で求めた架線偏位 [mm] から、複数のマーカ 5 のうちのマーカ 5 の間に架線 7 が存在するかを判定し、架線 7 の近傍にあるマーカ 5 の変位 [mm] を用いてスプライン補間を行うことで、架線偏位 [mm] に対応したパンタグラフ変位 [mm] を求める。具体的には、図 9 に示すように、各マーカ 5 の変位位置 (図 9 に黒丸で示す座標) を入力として、下式 (1) に示す三次スプライン補間式により任意の架線偏位 x のときのパンタグラフ変位 $f (x)$ [mm] を求める。なお、下式 (1) において、 a , b , c および d はスプライン補間の区分多項式の係数である。

10

$$f (x) = a (x - x_i)^3 + b (x - x_i)^2 + c (x - x_i) + d$$

(ただし、 $i = 0 , 1 , 2 , 3 , \dots , N - 1$ (N はマーカ 5 の数)) ... (1)

パンタグラフ変位補間部 6 g によって得られた架線変位に対応したパンタグラフ変位 [mm] は、データ処理部 6 a を経てフィルタリング処理部 6 h へ送られる。

【 0 0 4 0 】

フィルタリング処理部 6 h は、パンタグラフ変位補間部 6 g で求めた架線偏位 [mm] に対応したパンタグラフ変位 [mm] をデータ処理部 6 a において時系列的に並べたものに対して平滑化処理を行う。フィルタリング処理部 6 h によって得られた平滑化後のパンタグラフ変位 [mm] は、データ処理部 6 a を経て加速度計算部 6 i へ送られる。

20

【 0 0 4 1 】

加速度計算部 6 i は、フィルタリング処理部 6 h で求めた平滑化後のパンタグラフ変位 [mm] に対して二階微分を行い、図 1 0 に示すような架線偏位 [mm] に対応したパンタグラフ 1 a の高さ方向の加速度 [mm / s²] を算出する。なお、本実施例では、硬点の検出基準として加速度 [mm / s²] を 2 0 G としている (パンタグラフ 1 a の高さ方向の加速度が 2 0 G 以上となる位置を硬点として検出している) 。加速度計算部 6 i によって得られた加速度 [mm / s²] はデータ処理部 6 a を経てモニタ 5 B に出力・表示される。

【 0 0 4 2 】

次に図 4 を用いて処理用コンピュータ 6 によるトロリ線の硬点の検出方法について簡単に説明する。

30

【 0 0 4 3 】

図 4 に示すように、処理用コンピュータ 6 では、まず、エリアセンサカメラ 2 によって予め撮影した画像からデータ処理部 6 a により各マーカ 5 の位置に対応したマーカ画像 9 を作成し (ステップ S 1) 、テンプレート設定部 6 b によりマーカ画像 9 から基準テンプレート 1 0 を取得する (ステップ S 2) 。ステップ S 1 からステップ S 2 の処理はそれぞれのマーカ 5 毎に行う。

【 0 0 4 4 】

続いて、車両 1 の走行中にエリアセンサカメラ 2 によって撮影した入力画像に対し、テンプレート拡大・収縮部 6 c により基準テンプレート 1 0 の拡大・収縮を行い (ステップ S 3) 、パターンマッチング部 6 d によりマーカ変位 [p i x] を検出し (ステップ S 4) 、パンタグラフ変位計算部 6 e によりパンタグラフ変位 [mm] を求める (ステップ S 5) 。ステップ S 3 からステップ S 5 の処理はそれぞれのマーカ 5 毎に入力画像の各ラインに対して行う

40

【 0 0 4 5 】

その後、架線偏位計測部 6 f により架線偏位 [mm] を計測し (ステップ S 6) 、パンタグラフ変位補間部 6 g により架線偏位 [mm] に対応するパンタグラフ変位 [mm] を求め (ステップ S 7) 、フィルタリング処理部 6 h によりデータ処理部 6 a で時系列的に並べられた架線偏位 [mm] に対応したパンタグラフ変位 [mm] に対する平滑化を行い (ステップ S 8) 、加速度計算部 6 i により架線偏位 [mm] に対応したパンタグラフ変

50

位 [m m] の高さ方向の加速度 [m m / s ²] を求める (ステップ S 9) 。

【 0 0 4 6 】

このようにして、パンタグラフ 1 a の高さ方向の加速度が 2 0 G 以上となる位置を硬点として検出する。

【 0 0 4 7 】

このように構成される本実施例に係るパンタグラフ変位測定装置によれば、エリアセンサカメラ 2 およびラインセンサカメラ 3 によって撮影した画像を解析することにより非接触にパンタグラフ 1 a の高さ方向の変位を測定することができるため、保守車両を用いた夜間等の停電時間帯の運用だけでなく、通常の営業車両に適用してパンタグラフ 1 a の高さ方向の変位を測定することが可能となり、利便性が向上する。

10

また、パンタグラフ 1 a の車幅方向における複数個所について、高さ方向の変位を一台のエリアセンサカメラ 2 を用いて計測することができるため、コストを抑制することができる。

また、エリアセンサカメラ 2 によるパンタグラフ 1 a の車幅方向における複数個所の変位計測に加え、ラインセンサカメラ 3 により取得した画像に基づいて架線 7 の偏位を計測することで、架線 7 の偏位変動に対応したより高精度な硬点の検出が可能となるという効果も得られる。

【 実施例 2 】

【 0 0 4 8 】

図 1 1 から図 1 2 を用いて本発明の実施例 2 に係るパンタグラフ変位測定装置及びトロリ線硬点検出方法について説明する。図 1 1 及び図 1 2 に示すように、本実施例は、実施例 1 におけるラインセンサカメラ 3 に代えて測域センサ 1 1 を用いるものであり、上述した実施例 1 に比較して架線偏位計測部 6 f における処理が異なるものである。その他の構成は実施例 1 において説明したものと概ね同様であり、以下、同様の作用を奏する部分には同一の符号を付して重複する説明は省略し、異なる点を中心に説明する。

20

【 0 0 4 9 】

測域センサ 1 1 はレーザ光を車両 1 の進行方向に平行な軸周りで放射線状に投光し、その反射光を受光することによって測定対象物までの距離 [m m] と角度 [d e g] を測定するものである。

【 0 0 5 0 】

また、本実施例において架線偏位計測部 6 f は、測域センサ 1 1 によって取得した点群データ (距離 [m m] および角度 [d e g]) から、時系列的な連続性に基づいて架線 7 以外の構造物に対応する点群データを除去するとともに、架線 7 に対応する点群データを車両 1 の進行方向に直交する座標 (x [m m] , y [m m]) に変換したデータを作成する。

30

【 0 0 5 1 】

具体的には、測域センサ 1 1 によって取得したスキャンデータに対し、直前に取得したスキャンデータにおいて空間的に近傍にある点群データを同一の物体として認識し、予め設定する「同一の物体であると判定される時刻の長さ」に基づいて架線 7 か、ノイズや他の構造物かを判断する。また架線 7 を吊っている吊架線などは、架線 7 と同一の偏位位置で高さが異なるだけなので、このような特徴を有する点群データを除外する。

40

なお、レーザデータが距離 d [m m] 、角度 [d e g] で得られた場合、架線の座標 (x , y) は (d c o s , d s i n) として得られる。

【 0 0 5 2 】

このように構成される本実施例に係るパンタグラフ変位測定装置及びトロリ線硬点検出方法によれば、エリアセンサカメラ 2 および測域センサ 1 1 によって撮影した画像を解析することにより非接触にパンタグラフ 1 a の高さ方向の変位を測定することができるため、保守車両を用いた夜間等の停電時間帯の運用だけでなく、通常の営業車両に適用してパンタグラフ 1 a の高さ方向の変位を測定することが可能となり、利便性が向上する。

また、実施例 1 と同様に、パンタグラフ 1 a の車幅方向における複数個所について、高

50

さ方向の変位を一台のエリアセンサカメラ2を用いて計測することができるため、コストを抑制することができる。

また、エリアセンサカメラ2によるパンタグラフ1aの車幅方向における複数個所の変位計測に加え、測域センサ11により取得したスキャンデータに基づいて架線7の偏位を計測することで、架線7の偏位変動に対応したより高精度な硬点の検出が可能となるという効果も得られる。

【実施例3】

【0053】

図13から図14を用いて本発明の実施例3に係るパンタグラフ変位測定装置及びトロリ線硬点検出方法について説明する。

【0054】

本実施例は、実施例1に比較してラインセンサカメラ3およびこのラインセンサカメラ3の近傍に設置されていた照明装置4を廃止したものであり、上述した実施例1に比較して架線偏位計測部6fにおける処理が異なるものである。その他の構成は実施例1において説明したものと概ね同様であり、以下、同様の作用を奏する部分には同一の符号を付して重複する説明は省略し、異なる点を中心に説明する。

【0055】

本実施例では、架線偏位の計測についても硬点の検出と同様にエリアセンサカメラ2を利用して行う。すなわち、各マーカ5と架線7とは鉛直方向の位置が一定範囲内にあるので、各マーカ5の変位の検出と同様に架線検出用のテンプレート画像を予め用意しておき、入力画像に対し、それぞれのマーカ変位[ピクセル]の計測後に各マーカ5の位置から一定範囲内において架線検出用のテンプレート画像を用いたパターンマッチング処理を行うことで架線偏位を検出する。

【0056】

なお、架線7は常にマーカ5と同じ偏位にあるわけではない(常にマーカ5の位置から一定の範囲内にあるわけではない)ため、本実施例では、あるマーカ5の位置の一定範囲内に架線7が写った時刻の架線7の偏位とその後他のマーカ5の位置の一定範囲内に架線7が写った時刻の架線7の偏位とに基づいて直線補間を行うことで、架線7を検出できなかった時刻の架線偏位を補間するものとする。

【0057】

ここで、マーカ5の位置から一定範囲内とは、各マーカ5の上方のパンタグラフ1aの摺り板上部の位置であって、架線5を撮像可能な範囲である。また、テンプレート画像は実際に架線7が写っている画像である。

【0058】

このように構成される本実施例に係るパンタグラフ変位測定装置によれば、エリアセンサカメラ2によって撮影した画像を解析することにより非接触にパンタグラフ1aの高さ方向の変位を測定することができるため、保守車両を用いた夜間等の停電時間帯の運用だけでなく、通常の営業車両に適用してパンタグラフ1aの高さ方向の変位を測定することが可能となり、利便性が向上する。

また、実施例1と同様に、パンタグラフ1aの車幅方向における複数個所について、高さ方向の変位を一台のエリアセンサカメラ2を用いて計測することができるため、コストを抑制することができる。

また、エリアセンサカメラ2によるパンタグラフ1aの車幅方向における複数個所の変位計測に加え、エリアセンサカメラ2により撮影した画像から架線7の偏位を求めることで、架線7の偏位変動に対応したより高精度な硬点の検出が可能となるという効果も得られる。

【符号の説明】

【0059】

1...車両、1a...パンタグラフ、2...エリアセンサカメラ、3...ラインセンサカメラ、4...照明装置、5...マーカ、6...処理用コンピュータ、6A...演算処理部、6B...モニタ

10

20

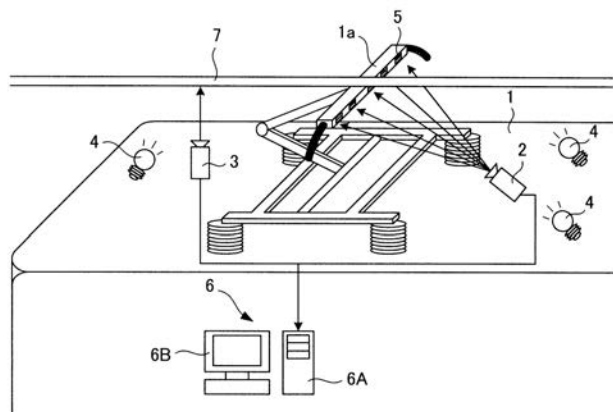
30

40

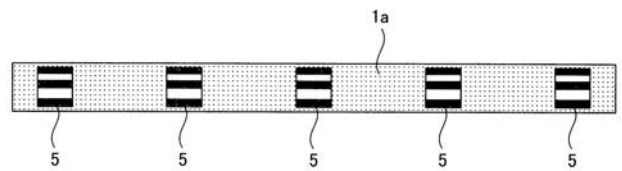
50

、 6 a ... データ処理部、 6 b ... テンプレート設定部、 6 c ... テンプレート拡大・収縮部、
6 d ... パターンマッチング部、 6 e ... パンタグラフ変位計算部、 6 f ... 架線偏位計測部、
6 g ... パンタグラフ変位補間部、 6 h ... フィルタリング処理部、 6 i ... 加速度計算部、 7
... 架線、 8 ... エリアセンサカメラの撮影範囲、 9 ... マーカ画像、 10 ... 基準テンプレート
、 11 ... 測域センサ

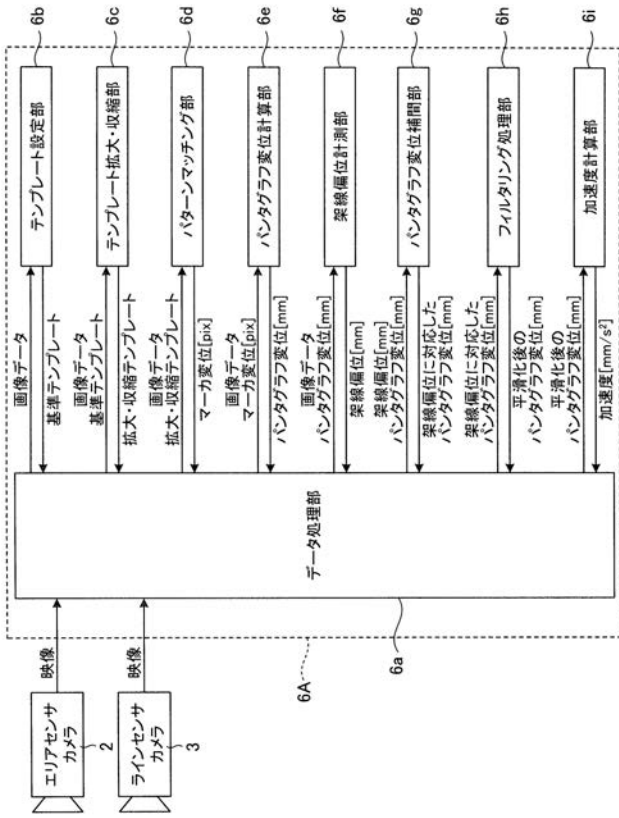
【 図 1 】



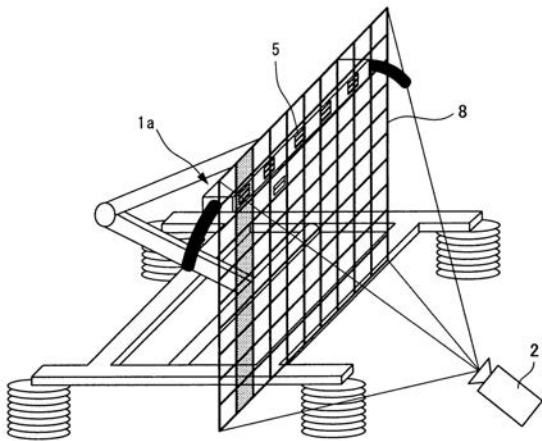
【 図 2 】



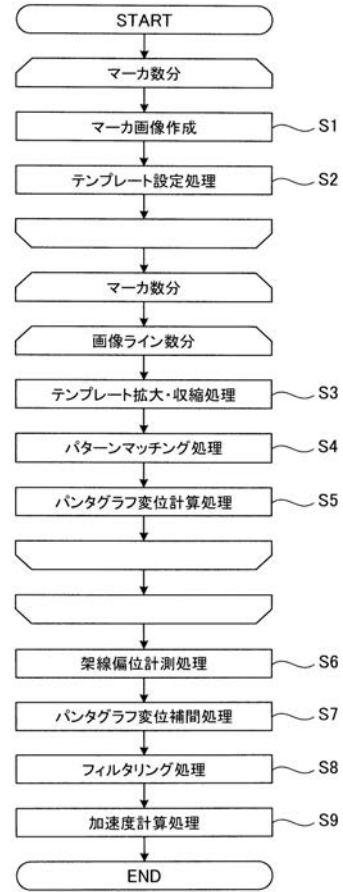
【図3】



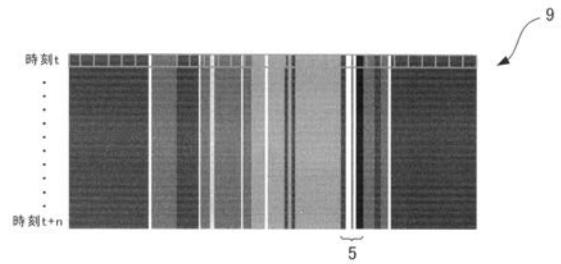
【図5】



【図4】



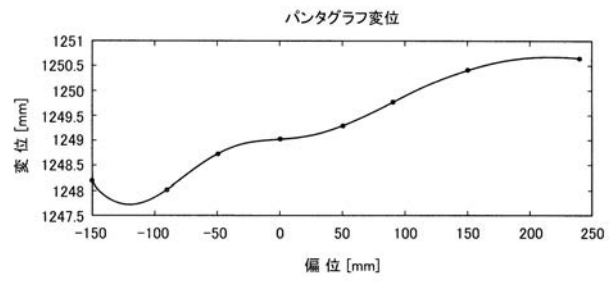
【図6】



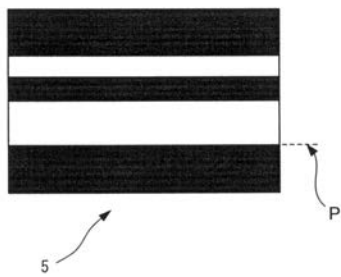
【 図 7 】



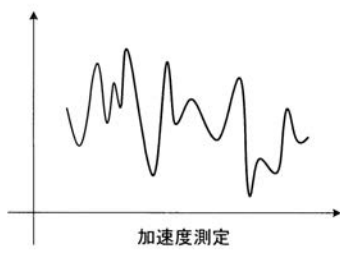
【 図 9 】



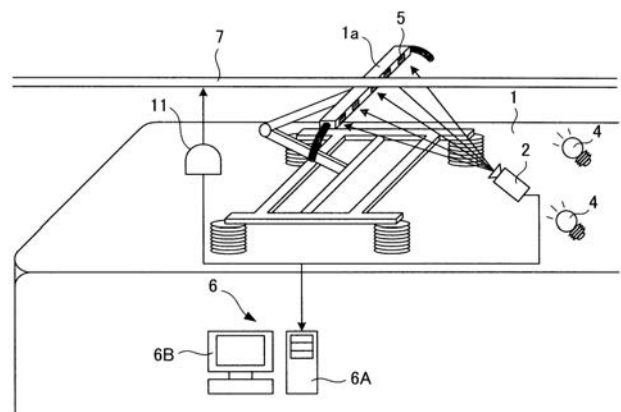
【 図 8 】



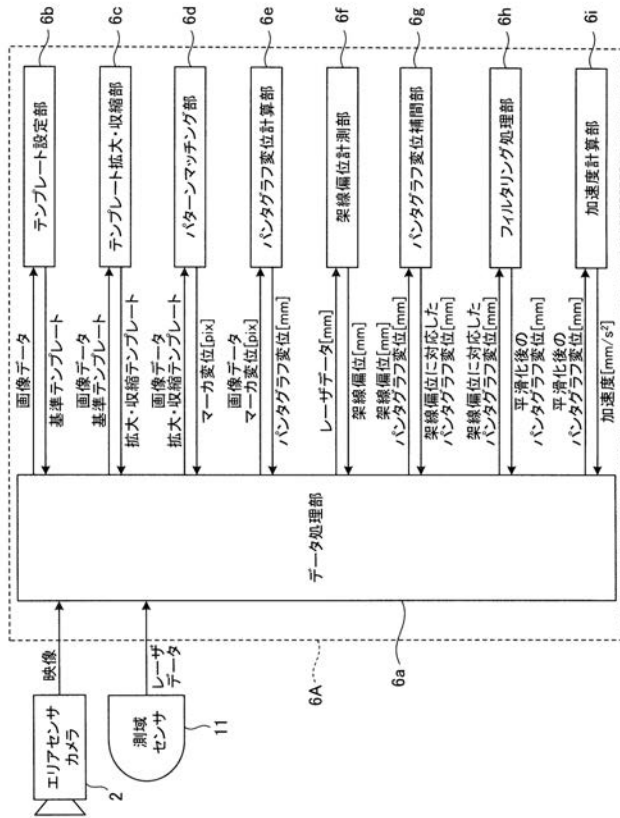
【 図 10 】



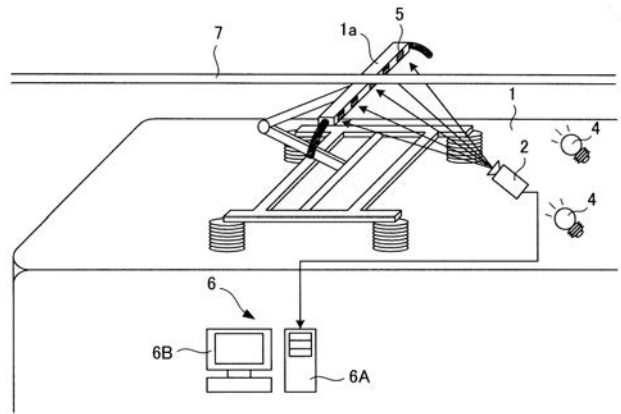
【 図 11 】



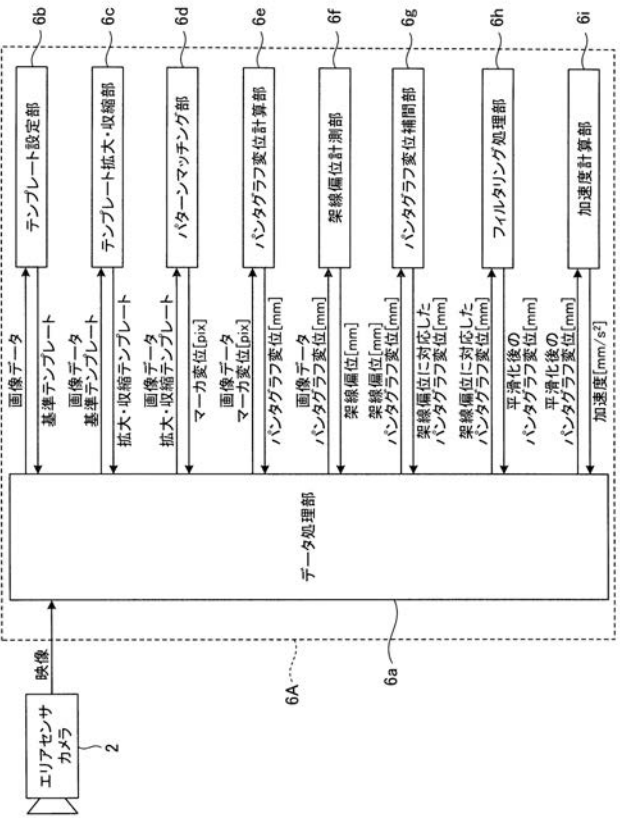
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F065 AA01 AA06 AA24 AA31 BB27 DD02 FF04 FF09 FF31 GG04
HH07 HH11 JJ07 JJ25 JJ26 LL12 MM16 QQ13 QQ24 QQ31
QQ38 RR08
5H105 AA11 BA02 BB01 CC02 CC12 DD04 EE03 EE13 GG06 GG15