

明 細 書

発明の名称：パンタグラフ周辺支障物検出装置および検出方法

技術分野

[0001] 本発明は、パンタグラフ周辺支障物検出装置および検出方法に関する。

背景技術

[0002] 鉄道車両の走行の安全性と安定性を担保するためには、パンタグラフ支障物を適格に検出し手段を講じることが要求される。ここで、パンタグラフ支障物とは、走行する鉄道車両のパンタグラフに接触して、走行に支障を来す支障物のことである。従来より、支障物の測定手段として検測車や車両限界測定車などと呼ばれる専用の測定車があり、営業運転の合間を縫って一定周期毎に運用されている（以降「測定車」と呼ぶ）。この測定車では車体傾斜やレール変位などの複数の測定項目があり、支障物はその中の一つの測定項目である。

[0003] この支障物の測定方式には、接触センサ方式、レーザセンサ方式がある。接触センサ方式では、接触センサに棒状の弾性体を取り付け、これをパンタグラフや車両に取り付けて、支障物との接触を検知する。レーザセンサ方式では、レーザの照射形状により、スポット式レーザ、スキャン式レーザ、レンズ型レーザ（扇形に照射）などがあり、反射波の位相差や照射したレーザ形状の変形により、測定対象までの絶対的な距離を測定する方式である。

[0004] しかしながら、接触センサ方式の場合、高速走行で支持物と接触センサが衝突すると危険なため、通常は低速運転で検出作業が行われており、高速走行に対応できない。レーザセンサ方式には、スポット式レーザ、スキャン式レーザ（例えば、特許文献1）、レンズ型レーザがあるが、スポット式レーザおよびスキャン式レーザは測定点までの距離を1点だけ測定するセンサであるため、高速走行する車両からパンタグラフの近傍を広範囲に測定することができない。また、レンズ型レーザでは、通常CLASS-C以上（JIS-C-6802規格）の強いレーザを用いるため、人の立ち入る場所では安

全上使用できない。

- [0005] 上記課題を解決するためにカメラを用いた画像処理による方式がある。車両に設置した左右2台のカメラでパンタグラフ周辺部をそれぞれ、連続的に撮像し、撮像された画像を画像処理して、パンタグラフ周辺部の障害物を検出する。特許文献2には、左右2台のカメラの画像からそれぞれ塊抽出処理を行い、塊の重心位置から三角測量により三次元位置を取得することが開示されている。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献1：国際公開第2014／024812号公報

特許文献2：特開2006－250775号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] 特許文献2に記載の塊抽出では、パンタグラフとトロリ線を除いた領域から二値化によりマスク画像を作成する。この処理だとマスク画像にノイズが多く含まれてしまい誤検出が増えてしまうという問題がある。
- [0008] 本発明は、上述した実情に鑑みてなされたものであり、本発明が解決しようとする課題は、誤検出を低減して精度のよいパンタグラフ周辺支障物検出装置および検出方法を提供することである。

課題を解決するための手段

- [0009] 本発明は、上記課題を解決するため、以下の手段を採用する。

すなわち、本発明のパンタグラフ周辺支障物検出装置は、パンタグラフ周辺部を撮影する、基準カメラ、および第1補正カメラと、前記カメラからの画像を処理する画像処理装置と、を備え、前記画像処理装置は、レンズの歪みとステレオ平行化を補正するステレオ平行化部と、前記ステレオ平行化部により補正された画像を処理するデータ処理部と、を備え、前記データ処理部は、前記パンタグラフのテンプレートを設定するパンタグラフのテンプレ

ート設定部と、背景を除去する背景除去部と、前記パンタグラフの位置の検出を行うパンタグラフ検出部と、各カメラ画像において物体の投影点のずれ量である視差を求める視差計算部と、前記視差に基づいて三次元座標を計算する三次元座標計算部と、架線などの線条を抽出する架線検出部と、架線支持金具を検出する架線支持金具検出部と、前記パンタグラフからの距離に基づいて支障物の判定を行う支障物判定部と、を備える。

[0010] 本発明によれば、ステレオ平行化を補正し、その画像についてパンタグラフのテンプレート設定部、背景除去部、パンタグラフ検出部、視差計算部、三次元座標計算部、架線支持金具検出部、支障物判定部によって適切に処理がおこなわれるので、支障物の検出を確実に行うことができる。

[0011] 本発明の一態様では、前記架線支持金具検出部において、前記架線支持金具と前記架線の結合異常を検知する。

この一態様では、架線支持金具と架線の結合異常を検知するので、支障物の検知に加え支障物以外の異常も適格に検知することができる。

[0012] 本発明の一態様では、前記基準カメラと前記第1補正カメラとの位置を結ぶ線分に対して、前記基準カメラからみて直交する方向に配置された第2補正カメラと、を備える。

この一態様では、基準カメラからみて第2補正カメラを第1補正カメラと90度異なる位置に配置するので、三次元座標計算の精度を向上することができる。

[0013] 本発明のパンタグラフ周辺支障物検出方法は、基準カメラ、および第1補正カメラと、でパンタグラフ周辺部を撮影すること、レンズの歪みとステレオ平行化を補正すること、パンタグラフのテンプレートを設定すること、背景を除去すること、前記パンタグラフの位置の検出を行うこと、各カメラ画像において物体の投影点のずれ量である視差を求めること、前記視差に基づいて三次元座標を計算すること、架線などの線条を抽出すること、架線支持金具を検出すること、前記パンタグラフからの距離に基づいて支障物の判定を行うこと、を含む。

[0014] 本発明によれば、ステレオ平行化を補正し、その画像についてパンタグラフのテンプレート設定、背景除去、パンタグラフ検出、視差計算、三次元座標計算、架線支持金具検出、支障物判定を行うので、支障物の検出を確実に行うことができる。

[0015] 本発明の一態様では、前記架線支持金具を検出することにおいて、前記架線支持金具と前記架線の結合異常を検知すること、を含む。

この一態様では、架線支持金具と架線の結合異常を検知するので、支障物の検知に加え支障物以外の異常も適格に検知することができる。

[0016] 本発明の一態様では、前記基準カメラと前記第1補正カメラとの位置を結ぶ線分に対して、前記基準カメラからみて直交する方向に配置された第2補正カメラによりパンタグラフ周辺部を撮影すること、を含む。

この一態様では、基準カメラからみて第2補正カメラを第1補正カメラと90度異なる位置に配置するので、三次元座標計算の精度を向上することができる。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、誤検出を低減して精度のよいパンタグラフ周辺支障物検出装置および検出方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の実施形態に係るパンタグラフ撮像用のカメラの設置を含むパンタグラフ周辺支障物検出装置の構成を示す模式図である。

[図2]本発明の実施形態に係るパンタグラフ撮像用のカメラの設置を含むパンタグラフ周辺支障物検出装置の構成を示す模式図である。

[図3]本発明の実施形態に係るパンタグラフ周辺支障物検出装置の機能ブロック図である。

[図4]本発明の実施形態に係るパンタグラフ周辺支障物検出の手順を示すフローチャートである。

[図5]本発明の実施形態に係る基準カメラ画像例である。

[図6]本発明の実施形態に係る架線検出処理を示すである。

[図7]本発明の実施形態に係る背景除去処理によって得られた前景画像を示す図である。

[図8]本発明の実施形態に係る架線支持金具マスク画像を示す図である。

[図9]本発明の実施形態に係る抽出された架線支持金具を示す図である。

[図10]本発明の実施形態に係る支障物判定処理における判定ゲージを示す図である。

[図11]本発明の実施形態に係る前景画像にマスク画像領域を追加した図である。

[図12]図11に対して支障物判定から除外する部分を除いた画像を示す図である。

[図13]本発明の実施形態に係る架線支持金具の正常状態を示す図である。

[図14]本発明の実施形態に係る架線支持金具の異常状態を示す図である。

[図15]本発明の実施形態に係るパンタグラフ周辺支障物検出装置のデータとデータの処理の関係を示した模式図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、添付図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。

(第1実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態に係るパンタグラフ撮像用のカメラの設置を含むパンタグラフ周辺支障物検出装置の構成を示す模式図である。図1に示すように、本実施形態に係るパンタグラフ周辺支障物検出装置1は、パンタグラフ3の周辺部を撮影する、基準カメラ5、および第1補正カメラ7と、前記カメラ5、7からの画像を処理する画像処理装置11と、を備える。

[0020] 基準カメラ5、および第1補正カメラ7は、車両の屋根上に設置される2台のエリアセンサカメラ5、7である。この2台のエリアセンサカメラ5、7の設置位置は、各カメラ5、7がパンタグラフ3を見上げるように同じ角度に設置し、かつx方向（枕木方向）の平行ステレオ条件が満たされるように設置する必要がある。x方向の平行ステレオ条件とは、各カメラ5、7のx座標軸が同一直線上で同じ向きになるということである。

[0021] 図3は、本実施形態に係るパンタグラフ周辺支障物検出装置1の機能ブロック図である。図3に示すように、画像処理装置11は、レンズの歪みとステレオ平行化を補正するステレオ平行化部13と、前記ステレオ平行化部13により補正された画像を処理するデータ処理部15と、を備え、前記データ処理部15は、前記パンタグラフのテンプレートを設定するパンタグラフのテンプレート設定部17と、背景を除去する背景除去部19と、前記パンタグラフの位置の検出を行うパンタグラフ検出部21と、各カメラ5、7の画像において物体の投影点のずれ量である視差を求める視差計算部23と、前記視差に基づいて三次元座標を計算する三次元座標計算部25と、架線などの線を抽出する架線検出部27と、架線支持金具を検出する架線支持金具検出部29と、前記パンタグラフ3からの距離に基づいて支障物の判定を行う支障物判定部31と、を備える。

[0022] 画像処理装置11は、ハードウェアにより構成しても良いし、各機能についてそれぞれソフトウェアにより実現しても良い。画像処理装置11は、例えばパーソナルコンピュータ等の情報処理装置である。それぞれの機能ブロックは、上記情報処理装置内のCPUやGPUによって実行されるソフトウェア、プログラムであってよい。このようにするとCD-ROM等の記録媒体により提供することや、インターネット等のネットワークを介してダウンロードすることも可能となる。または、画像処理装置11は、クラウドサービス上で提供されるソフトウェア、プログラムであってよい。

[0023] 図4は、本実施形態に係るパンタグラフ周辺支障物検出装置1のパンタグラフ周辺支障物検出の手順を示すフローチャートである。図3、図4を参照し、パンタグラフ周辺支障物検出装置1の動作について説明する。

[0024] 1. ステレオ平行化処理(S01)

図1、図3に示すように、基準カメラ5、第1補正カメラ7によって撮影されたパンタグラフ3周辺の映像は、画像処理装置11に送信される。画像処理装置11では、この受信した映像をステレオ平行化部13に送信し、レンズの歪み補正とx方向のステレオ平行化補正を行う。ここでステレオ平行

化補正とは、各カメラ5、7間で同じ物体が画像座標（ u ， v ）において同一 v 座標になるように補正を行うことである。これらの補正は事前に行うキャリブレーション作業により求めたカメラの内部パラメータと外部パラメータを使用して行う。以降の処理では、画像データは全てステレオ平行化補正済みの画像であることを前提とする。ステレオ平行化部13において、レンズの歪み補正とステレオ平行化補正を行って変換された画像は、データ処理部15に送られる。

データ処理部15では、支障物検知の事前処理として、パンタグラフ3のテンプレート画像をパンタグラフのテンプレート設定部17にて作成する。図5は基準カメラ5の画像例を示している。この基準カメラ5の画像からパンタグラフ3の画像部分を抽出したテンプレート画像を作成し登録する。

[0025] 2. 背景除去処理（S02）

背景除去部19では、基準カメラ5の画像から背景や毎フレーム毎に写るパンタグラフや架線33などの背景を除去した前景画像を作成する。背景除去手法として、統計的背景差分法により各画素単位で背景モデルを作成し、背景モデルと入力輝度値を比較することで背景判定を行う。背景除去部19によって背景を除去されることにより、図7に示す前景画像が得られる。

[0026] 3. パンタグラフ検出処理（S03）

パンタグラフ検出部21では、基準カメラ5の画像に対して、ステップS01において事前に登録したパンタグラフのテンプレート画像とのテンプレートマッチングを行うことでパンタグラフ位置（ u ， v ）[pix]の検出を行う。

[0027] 4. 視差計算処理（S04）

視差計算部23では、基準カメラ5、第1補正カメラ7の画像において物体の投影点のずれ量（視差）を求める。視差を求める手法として、セミグローバルブロックマッチングを用いる。セミグローバルブロックマッチングでは、画像中の注目画素を中心とした小領域（ブロック）をテンプレートとして、テンプレートと類似した領域を他カメラの画像から探索する。なお建物の壁

や地面など、画像上のテクスチャに特徴がなく、マッチングを行った際に一意に対応点が決まらない場合が存在する。この場合には周辺画素の視差が急激に前後するといった変化がないように考慮して対応点を決定する。この方法は大局的最適化手法と呼ばれている。

[0028] 5. 三次元座標計算処理 (S 0 5)

三次元座標計算部 2 5 では、ステップ S 0 4 で得られた視差を用いて以下の計算式により三次元座標 (x, y, z) を計算する。なお、b はカメラ間の距離、f は焦点距離である。これらの b、f は、定数でカメラの設置条件とカメラのレンズ固有の数値である。

[0029] [数1]

$$\begin{aligned} x &= \frac{bu}{u - u'} \\ y &= \frac{bv}{u - u'} \\ z &= \frac{bf}{u - u'} \end{aligned}$$

[0030] 計算された三次元座標は、基準カメラ 5 の座標系で計算されるため、カメラのチルト角分傾いた座標系で計算される。座標系を水平にするために以下の式によりカメラのチルト角 θ の補正を行う。

[0031] [数2]

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

[0032] 6. 架線検出処理 (S 0 6)

架線検出部 2 7 では、支障物 3 9 として架線 3 3 を検知することがないように、図 5 に示す基準カメラ 5 の画像から架線 3 3 及び吊架線 3 4 などの線条を抽出した架線マスク画像を作成する。手順としては、基準カメラ 5 の画像に対し画像横方向にグレースケールトップハット処理（特許第 5 8 1 1 6 3 7 号公報）と 2 値化を実行し、図 6 に示すように画像横方向に細い物体を抽出する。この段階でノイズがあったとしても、ラベリング処理を行いラベ

ル領域のサイズでノイズを除去するため、図6のような画像が得られる。

[0033] 7. 架線支持金具検出処理 (S07)

架線支持金具検出部29では、支障物39として曲線引き金具や直線引き金具等の架線支持金具35を検出することがないように、図7に示すステップS02の背景除去処理で得られた前景画像から、架線支持金具マスク画像を作成する。手順として、前景画像に対し、画像縦方向にトップハット処理を行うことで、図8に示すように画像の縦方向に細い物体を抽出する。架線支持金具35は横方向にある程度のサイズがあるため、ラベリング処理によりラベル領域のサイズでノイズを除去することで図9のように架線支持金具を抽出することができる。

[0034] 8. 支障物判定処理 (S08)

支障物判定部31では、パンタグラフ3からの距離(離隔) [mm] から支障物39の判定を行う。パンタグラフ3との離隔を計算する範囲はパンタグラフ3からカメラ5、7までの間で行う。理由としてはパンタグラフ3よりz座標が離れているとパンタグラフ3が物体を遮蔽してしまい、物体が正確に写らないからである。動的に動くパンタグラフに合わせて位置が可変する、図10に示すような支障物の判定ゲージG(ダイナミックゲージ)を設定し、ダイナミックゲージGよりパンタグラフに近い位置に存在する物体を支障物39として判定する。パンタグラフ3からの離隔を計算する領域は、ステップS02の背景除去処理で得られた前景領域のみである。また、架線33、曲線引き金具、ハンガ等の架線金具36といった常設の鉄道設備を支障物39として判定してはいけない。そのため、以下の条件に該当する物体は支障物判定からは除外する。

(1) 画像中の物体面積が小さい物体(背景除去で除去できなかったノイズなど)

(2) 架線マスク領域との重複率が閾値以上の物体(架線金具等)

(3) 曲線引き金具マスク領域

前景画像にマスク画像領域を追加すると図11のようになり、上記の条件

に該当する領域を除外すると図 1 2 のようになる。図 1 2 の領域に対して支障物判定を行うと、樹木等の支障物が支障物 3 9 と判定される。

[0035] 図 1 5 は、本実施形態に係るパンタグラフ周辺支障物検出装置 1 のデータとデータの処理の関係を示した模式図である。図 1 5 を参照して、パンタグラフ周辺支障物検出装置 1 のデータとデータの処理の関係についてさらに詳細に説明する。図 1 5 では、データは矩形で、データの処理は円で示されている。

(1) 基準カメラ 5 により得られた基準カメラ画像 d 1 と第 1 補正カメラ 7 によって得られた第 1 補正カメラ画像 d 2 とに、ステレオ平行化 p 1 が行われ、平行化基準カメラ画像 d 3 と平行化第 1 補正カメラ画像 d 4 が生成される。

(2) 平行化基準カメラ画像 d 3 に、架線検出 p 2 が行われ架線マスク画像 d 5 が生成される。

(3) 平行化基準カメラ画像 d 3 と後述するテンプレート画像 d 7 とに、パンタグラフ検出 p 3 が行われパンタグラフ位置 d 6 が得られる。

(4) 平行化基準カメラ画像 d 3 に、テンプレート設定 p 4 が行われテンプレート画像 d 7 が生成される。

(5) 平行化基準カメラ画像 d 3 に、背景除去 p 5 が行われ前景画像 d 8 が生成される。

(6) 平行化基準カメラ画像 d 3 と平行化第 1 補正カメラ画像 d 4 とに、視差計算 p 6 が行われ視差 d 9 が得られる。

(7) 前景画像 d 8 に、架線支持金具検出 p 8 が行われ架線金具マスク画像 d 1 0 が生成される。

(8) 視差 d 9 を入力として、三次元座標計算 p 9 が行われ、三次元座標 d 1 1 が得られる。

(9) 先の処理によって生成された架線マスク画像 d 5、パンタグラフ位置 d 6、前景画像 d 8、架線金具マスク画像 d 1 0、および三次元座標 d 1 1 に、支障物判定 p 7 が行われ、支障物判定結果 d 1 2 が出力される。

以上のように、基準カメラ画像d1と第1補正カメラ画像d2とを起点の入力データとして、様々なデータの処理が行われ、最終的に支障物の判定結果が出力されるのである。

[0036] 以上述べたように、本実施形態においては、パンタグラフ3周辺部を撮影する、基準カメラ5、および第1補正カメラ7と、を備えて、これらのカメラ5、7の映像を使用してステレオ平行化補正を行うので、画像内の物体の3次元位置を正確に把握することができる。架線33、吊架線34をグレースケールトップハット処理によって検出するので適確に架線33、吊架線34を検出しマスク画像を作成できる。種々のマスク画像作成の際には、ラベリング処理を行うので、ノイズを除去した精度のよいマスク画像を作成することができる。したがって、架線33、吊架線34を支障物39として誤検出することを防止することができる。また、パンタグラフ3に合わせて位置が可変する、ダイナミックゲージGを設定し、ダイナミックゲージGよりパンタグラフ3に近い位置に存在する物体を支障物39として判定するので誤検出を防止し精度の高い支障物39の検出ができる。したがって、誤検出を低減して精度のよいパンタグラフ周辺支障物検出装置1および検出方法を提供することができる。

[0037] (第2実施形態)

本実施形態と第1実施形態との違いは、図4のステップS07の架線支持金具検出処理において、架線支持金具検出部29が、架線支持金具35に異常があった場合に異常判定を可能にする処理が追加される点である。その他の構成は、第1実施形態と同等である。本実施形態で架線支持金具35の異常としては以下の場合が考えられる。

(1) 架線33との結合部が外れる場合

(2) 架線支持金具35の電柱37側が破損し、架線33のみに結合している場合

(1)の条件のときは架線33が垂れ下がるためパンタグラフ3との距離が離れる。そのため、パンタグラフ3との距離を閾値判定することで判別可

能である。

(2) の場合は架線支持金具 35 が図 13 に示す正常な状態から図 14 に示す異常な状態となる。そのため、架線支持金具 35 の領域情報(直線近似した際の角度、重心位置、パンタグラフ 3 との位置関係)を用いて判定が可能である。本実施形態では、第 1 実施形態の作用効果に加え、架線支持金具 35 の異常を検知することができるので、架線支持金具の正常性を担保することができる。

[0038] (第 3 実施形態)

図 2 は、本実施形態に係るパンタグラフ撮像用のカメラの設置を含むパンタグラフ周辺支障物検出装置 100 の構成を示す模式図である。本実施形態が第 1 実施形態、第 2 実施形態と違う点は、基準カメラ 5 と第 1 補正カメラ 7 とに加え第 2 補正カメラ 9 を備えることである。第 2 補正カメラ 9 は、基準カメラ 5 と第 1 補正カメラ 7 との位置を結ぶ線分を含む x 軸に対して、基準カメラ 5 からみて直交する方向の y 軸上に配置される。第 1 実施形態、第 2 実施形態では、x 方向の平行ステレオであるため、画像上の横方向に長くテクスチャに特徴がない物体は三次元計測誤差が大きくなる傾向がある。本実施形態では、第 1 実施形態、第 2 実施形態の作用効果に加え、y 方向の平行ステレオ構成を追加することで、各処理をそれぞれのステレオ構成で行い、支障物判定時に判定結果をアンドで判定することで、誤検出をより減らすことができる。

符号の説明

[0039]	1、100	パンタグラフ周辺支障物検出装置
	3	パンタグラフ
	5	基準カメラ
	7	第 1 補正カメラ
	9	第 2 補正カメラ
	11	画像処理装置
	13	ステレオ平行化部

1 5	データ処理部
1 7	パンタグラフのテンプレート設定部
1 9	背景除去部
2 1	パンタグラフ検出部
2 3	視差計算部
2 5	三次元座標計算部
2 7	架線検出部
2 9	架線支持金具検出部
3 1	支障物判定部
3 3	架線
3 5	架線支持金具

請求の範囲

- [請求項1] パンタグラフ周辺部を撮影する、基準カメラ、および第1補正カメラと、
- 前記カメラからの画像を処理する画像処理装置と、を備え、
- 前記画像処理装置は、
- レンズの歪みとステレオ平行化を補正するステレオ平行化部と、
- 前記ステレオ平行化部により補正された画像を処理するデータ処理部と、を備え、
- 前記データ処理部は、
- 前記パンタグラフのテンプレートを設定するパンタグラフのテンプレート設定部と、
- 背景を除去する背景除去部と、
- 前記パンタグラフの位置の検出を行うパンタグラフ検出部と、
- 各カメラ画像において物体の投影点のずれ量である視差を求める視差計算部と、
- 前記視差に基づいて三次元座標を計算する三次元座標計算部と、
- 、
- 架線などの線条を抽出する架線検出部と、
- 架線支持金具を検出する架線支持金具検出部と、
- 前記パンタグラフからの距離に基づいて支障物の判定を行う支障物判定部と、を備えるパンタグラフ周辺支障物検出装置。
- [請求項2] 前記架線支持金具検出部において、前記架線支持金具と前記架線の結合異常を検知する、請求項1に記載のパンタグラフ周辺支障物検出装置。
- [請求項3] 前記基準カメラと前記第1補正カメラとの位置を結ぶ線分に対して、前記基準カメラからみて直交する方向に配置された第2補正カメラと、を備える請求項1または2に記載のパンタグラフ周辺支障物検出装置。

- [請求項4] 基準カメラ、および第1補正カメラと、でパンタグラフ周辺部を撮影すること、
- レンズの歪みとステレオ平行化を補正すること、
- パンタグラフのテンプレートを設定すること、
- 背景を除去すること、
- 前記パンタグラフの位置の検出を行うこと、
- 各カメラ画像において物体の投影点のずれ量である視差を求めること、
- 前記視差に基づいて三次元座標を計算すること、
- 架線などの線条を抽出すること、
- 架線支持金具を検出すること、
- 前記パンタグラフからの距離に基づいて支障物の判定を行うこと、
- を含むパンタグラフ周辺支障物検出方法。
- [請求項5] 前記架線支持金具を検出することにおいて、前記架線支持金具と前記架線の結合異常を検知すること、を含む請求項4に記載のパンタグラフ周辺支障物検出方法。
- [請求項6] 前記基準カメラと前記第1補正カメラとの位置を結ぶ線分に対して、前記基準カメラからみて直交する方向に配置された第2補正カメラによりパンタグラフ周辺部を撮影すること、を含む請求項4または5に記載のパンタグラフ周辺支障物検出方法。