

明 細 書

発明の名称： トロリ線検測装置及びトロリ線検測方法

技術分野

[0001] 本発明は、トロリ線検測装置及びトロリ線検測方法に関する。

背景技術

[0002] 電気鉄道車両は、線路上を走行するに際し、線路の上方に設けられたトロリ線からパンタグラフ等の集電装置を介して給電されることで、動力を得る。電気鉄道車両が通過するたびに、集電装置がトロリ線の下面に対して滑動する。このため、電気鉄道車両を継続して運用すると、トロリ線は徐々に摩耗し、最終的には破断する。したがって、トロリ線には摩耗限界が設定されており、トロリ線の残存直径が管理値を下回った場合には、トロリ線は新品に交換される。一方、集電装置の接触部も摩耗するため、接触部が一か所に集中しないように、トロリ線はレール直角方向にジグザグに偏位させて設置しており、この偏位量も管理されている。これらの、トロリ線の検査測定を作業員が手作業で行うには、多大な手間を要する。

[0003] 例えば、特許文献1には、電気鉄道車両の上方にトロリ線の下側に位置する摩耗領域を照射する照明と、当該照明により照射されたトロリ線の摩耗領域（パンタグラフが接触する摺動面）を撮像するラインセンサとを備える自動検測装置が開示されている。より具体的には、ラインセンサを上向きに走査線がトロリ線を横切るように設け、当該ラインセンサにより撮像された画像を時系列的に並べてラインセンサ画像を生成する。そして、このラインセンサ画像に画像処理を適用した上で、例えばトロリ線の高さや太さ等のトロリ線の仕様に関する既知のデータを用いることで、トロリ線の偏位や残存直径等を計算する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第5 2 8 7 1 7 7 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、上記のような装置においては、照明や、トロリ線の摩耗領域の状態、撮影環境などに起因して、ラインセンサ画像におけるトロリ線の摩耗領域の輝度に差が生じる場合があり、摩耗領域を正確に取得することができないという問題がある。

[0006] そこで本発明は、トロリ線の摩耗領域を正確に検出することが可能なトロリ線検測装置及びトロリ線検測方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0007] 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、第1の発明に係るトロリ線検測装置は、トロリ線を撮像するラインセンサを備え、当該ラインセンサにより撮像された画像を入力画像としてこれを基に前記トロリ線を検測する、トロリ線検測装置であって、前記入力画像を時系列的に並べてラインセンサ画像を生成する、ラインセンサ画像生成部と、当該ラインセンサ画像に対して複数の画像処理機能を順次実行するのに際し、その実行順序が、画像処理実行手順として複数登録された、画像処理実行手順記憶部と、前記複数の画像処理実行手順の各々に従って、前記ラインセンサ画像を入力として前記複数の画像処理機能を実行することにより、前記トロリ線の摩耗領域を抽出し、前記抽出されたトロリ線の摩耗領域から外側に走査して輝度値が予め設定された輝度値以下になった位置を摩耗領域の境界とすることで前記摩耗領域を修正し、前記複数の画像処理実行手順の各々に対応した複数の摩耗領域抽出画像を生成する、摩耗領域抽出画像生成部と、前記複数の摩耗領域抽出画像の各々の評価値を計算して最も評価値の高い摩耗領域抽出画像を選択する、摩耗領域抽出画像評価部と、前記選択された最も評価値の高い前記摩耗領域抽出画像を基に、前記トロリ線の残存直径と偏位のいずれか一方または双方を算出する、トロリ線検測部と、を備えることを特徴とする。

[0008] また、第2の発明に係るトロリ線検測装置は、前記複数の画像処理実行手

順の各々には、0以上のコントラスト調整処理と、0以上の背景・ノイズ除去処理と、1以上の二値化処理と、及び0以上の補間処理が、この順に実行されるように登録されていることを特徴とする。

[0009] また、第3の発明に係るトロリ線検測装置は、前記複数の画像処理実行手順の各々には優先度が対応付けられて記憶されており、前記摩耗領域抽出画像評価部は、同一の前記評価値が複数の前記摩耗領域抽出画像に対して算出された場合には、前記優先度が高い前記画像処理実行手順に対応した前記摩耗領域抽出画像を、前記最も評価値の高い前記摩耗領域抽出画像として選択する、ことを特徴とする。

[0010] また、第4の発明に係るトロリ線検測装置は、前記摩耗領域抽出画像評価部は、前記複数の摩耗領域抽出画像の各々に対し、前記摩耗領域の数を計算し、前記摩耗領域の数と、実際の前記トロリ線の本数との差が小さい場合に、前記評価値が高くなるように前記評価値を計算することを特徴とする。

[0011] また、第5の発明に係るトロリ線検測装置は、前記摩耗領域抽出画像評価部は、前記複数の摩耗領域抽出画像の各々に対し、前記摩耗領域が前記トロリ線に近い画像上の特徴を有することを示す指標であるトロリ線尤度を計算し、当該トロリ線尤度が高い場合に、前記評価値が高くなるように前記評価値を計算することを特徴とする。

[0012] また、第6の発明に係るトロリ線検測装置は、前記画像処理実行手順記憶部には、前記ラインセンサにより前記画像を撮像する際の複数の異なる環境の各々に対応して、前記画像処理実行手順が登録され、前記ラインセンサ画像を基に、前記入力画像が撮像された前記環境を判定する環境判定部を更に備え、前記摩耗領域抽出画像生成部は、判定された前記環境に対応する前記画像処理実行手順に従って前記摩耗領域抽出画像を生成することを特徴とする。

[0013] また、第7の発明に係るトロリ線検測方法は、トロリ線を撮像するラインセンサにより撮像された画像を入力画像としてこれを基に前記トロリ線を検測する、トロリ線検測方法であって、前記入力画像を時系列的に並べてライ

ンセンサ画像を生成すること、当該ラインセンサ画像に対して複数の画像処理機能を順次実行するのに際し、その実行順序が、画像処理実行手順として複数登録され、当該複数の画像処理実行手順の各々に従って、前記ラインセンサ画像を入力として前記複数の画像処理機能を実行することにより、前記トロリ線の摩耗領域を抽出すること、前記抽出されたトロリ線の摩耗領域から外側に走査して輝度値が予め設定された輝度値以下になった位置を摩耗領域の境界とすることで前記摩耗領域を修正し、前記複数の画像処理実行手順の各々に対応した複数の摩耗領域抽出画像を生成すること、前記複数の摩耗領域抽出画像の各々の評価値を計算して最も評価値の高い摩耗領域抽出画像を選択すること、前記選択された最も評価値の高い前記摩耗領域抽出画像を基に、前記トロリ線の残存直径と偏位のいずれか一方または双方を算出すること、を含むことを特徴とする。

発明の効果

- [0014] この発明によれば、摩耗領域に輝度差が生じた場合であってもトロリ線の摩耗領域を正確に検出することができる。

図面の簡単な説明

- [0015] [図1]本発明の実施形態におけるトロリ線検測装置が搭載された電気鉄道車両の走行環境を示す説明図である。
- [図2]本実施形態によるトロリ線検測装置の機能構成を示すブロック図である。
- [図3]本実施形態によるトロリ線検測装置のラインセンサにより撮像された画像を基に生成された、ラインセンサ画像の一例を示す模式図である。
- [図4]本実施形態によるトロリ線検測装置より一時取得された摩耗領域抽出画像の一例を示す模式図である。
- [図5]本実施形態によるトロリ線検測装置より最終的に取得された摩耗領域抽出画像の一例を示す模式図である。
- [図6]本実施形態のトロリ線検測装置の、画像処理実行手順記憶部の説明図である。

[図7] (a) は、上記トロリ線検測装置の、トロリ線偏位算出部の説明図であり、(b) は、上記トロリ線検測装置の、トロリ線残存直径算出部の説明図である。

[図8]本実施形態によるトロリ線検測装置による上記トロリ線検測方法の動作を説明するためのフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0016] 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。

図1は、本実施形態におけるトロリ線検測装置20が搭載された、トロリ線の検測を行う検査車両1の走行環境を示す説明図である。図1において、検査車両1は、地面に敷設された一对の線路2上を走行する。線路2の側には、線路2に沿って間隔をおいて、複数の電柱3が立設されている。電柱3にはビーム5や曲引き金具6が設けられている。ビーム5の上方には、検査車両1に電力を供給するための電力線であるき電線4が、線路2の延びる方向Rに沿って延在し、ビーム5に支持されて設けられている。ビーム5や曲引き金具6の下側には、同様に線路2の延びる方向Rに沿って延在するように、次に説明するトロリ線9を吊架する吊架線7が、ビーム5や曲引き金具6に支持されて設けられている。吊架線7には、線路2の延びる方向Rに略一定の間隔をおいて、複数のハンガ8が吊架されて設けられている。

[0017] トロリ線9は、これら複数のハンガ8に、一定の張力を有するように吊架されて、吊架線7の下側に、吊架線7と略平行となるように設けられている。トロリ線9には、図示されないき電分岐線によって、き電線4から電力が供給される。検査車両1の上面1aには、パンタグラフ等の集電装置1bが設けられており、検査車両1が走行中に集電装置1bがトロリ線9に接触することで、トロリ線9から検査車両1に電力が供給される。

[0018] トロリ線9は、一对の線路2に対して、例えば1本、または2本が並走して、設けられる。検査車両1をはじめとした電気鉄道車両の走行中に、電力の供給元となるトロリ線9が、線路2の延びる方向Rにおいて隣接する次のトロリ線9へと移り変わる際に、電力の供給がなされない区間が生じること

を防ぐため、トロリ線 9 はその端部において、隣接する他のトロリ線 9 と、線路 2 の延びる方向 R に沿ってオーバーラップして設けられる。このため、本実施形態においては、トロリ線 9 は、一对の線路 2 に対して、最大 4 本がオーバーラップして設けられる区間があり得る。これ以外にも、線路の分岐に対応したトロリ線 9 の分岐箇所を撮影した際にも、通常の区間よりも多い本数のトロリ線 9 が撮像され得る。

[0019] トロリ線 9 が線路 2 と平行に設けられていると、集電装置 1 b のトロリ線 9 と接する部分が限定されるため、集電装置 1 b の限られた部分が偏って摩耗し損傷するおそれがある。これを防ぐため、トロリ線 9 は線路 2 の延びる方向 R に沿って、緩やかにジグザグに蛇行するように設けられている。トロリ線 9 においては、この蛇行により生じる、一对の線路 2 間の中心に対するトロリ線 9 の左右の偏りである偏位が、厳重に管理されている。

[0020] 検査車両 1 をはじめとした電気鉄道車両が通過するたびに、集電装置 1 b がトロリ線 9 の下面に対して滑動する。このため、電気鉄道車両を継続して運用すると、トロリ線 9 は徐々に摩耗し、最終的には破断する。したがって、トロリ線 9 には摩耗限界が設定されており、トロリ線 9 の残存直径が管理値を下回った場合には、トロリ線 9 は新品に交換される。

[0021] 本実施形態におけるトロリ線検測装置 2 0 は、トロリ線 9 の残存直径や偏位を測定することで、トロリ線 9 を検測する。トロリ線検測装置 2 0 は、照明 2 1、ラインセンサ 2 2、及び制御装置 2 3 を備えている。照明 2 1 は、検査車両 1 の上面 1 a に、光を上方に向けて照射するように設けられている。次に説明するラインセンサ 2 2 によってトロリ線 9 を撮像した際に、トロリ線 9 の下側の、集電装置 1 b が滑動することによりトロリ線 9 が摩耗して平面状に形成された摩耗領域が、照明 2 1 の光を反射することにより、明るい領域として表示されるように撮像される。

[0022] ラインセンサ 2 2 は、照明 2 1 と同様に、検査車両 1 の上面 1 a に設けられている。ラインセンサ 2 2 は、縦方向に 1 画素、横方向に複数の、例えば 8 1 9 2 画素の画素数で構成される画像を撮像するカメラである。本実施形

態においては、ラインセンサ22は、グレースケールの画像を撮像するため、各画素は1つの輝度値を有している。

[0023] ラインセンサ22は、鉛直方向上向きに、かつ走査線22aの方向22bが線路2の延びる方向Rに直交して、図示されない枕木の延在する方向と同一となるように設けられている。これにより、ラインセンサ22の走査線22aがトロリ線9を横切るようになっている。ラインセンサ22は、検査車両1の走行中に、短い時間間隔をおいて連続的に、トロリ線9を撮像する。ラインセンサ22により撮像された画像は、入力画像として、制御装置23に送信される。制御装置23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。制御装置23は、検査車両1に搭載されている。

[0024] 図2は、本実施形態によるトロリ線検測装置20の機能構成を示すブロック図である。図2において、制御装置23は、ラインセンサ画像生成部30、環境判定部31、摩耗領域抽出画像生成部32、画像処理実行手順記憶部33、摩耗領域抽出画像評価部34、トロリ線偏位算出部（トロリ線検測部）35、及びトロリ線残存直径算出部（トロリ線検測部）36を備えている。

[0025] ラインセンサ画像生成部30は、ラインセンサ22から入力画像を受信し、これを縦方向に時系列的に、例えば1000ラインを並べ、ラインセンサ画像を生成する。

[0026] 図3は、本実施形態によるトロリ線検測装置のラインセンサにより撮像された画像を基に生成された、ラインセンサ画像の一例を示す模式図である。ラインセンサ画像50において、横方向Xは、ラインセンサ22の走査線22aの方向22bであり、縦方向Yは、時系列の方向、すなわち入力画像が並べられる方向である。

[0027] 図3に示されるラインセンサ画像50には、最も手前に、トロリ線9が撮像されている。トロリ線9は新品の状態においては略円形の断面を有しており、その下側が集電装置1bの滑動によって削られて、平面状の摩耗領域9aとなっている。摩耗領域9aには、照明21により光が照射されるため、

明るく撮像されている。トロリ線 9 の、摩耗領域 9 a の両側には、摩耗領域 9 a の幅方向端部から外側へと湾曲しながら上方へと続くトロリ線 9 の表面 9 b が撮像されている。図 3 のラインセンサ画像 5 0 においては、トロリ線 9 が曲引き金具 6 により屈曲する部分が撮像されている。また、照明や、トロリ線の摩耗領域の状態、撮影環境などに起因して、摩耗領域 9 a に輝度差が生じ、部分的に輝度が低い暗部領域 9 c、9 d が発生する場合がある。

[0028] トロリ線 9 の奥には、吊架線 7 が撮像されている。吊架線 7 の更に奥には、き電線 4 と、これらを支持するビーム 5、曲引き金具 6 が撮像されている。ビーム 5 と曲引き金具 6 は、ラインセンサ 2 2 の撮像間隔の影響で、実際よりも細く撮像されている。

トロリ線 9、吊架線 7、き電線 4、ビーム 5、及び曲引き金具 6 の背景として、空 1 0 が撮像されている。本ラインセンサ画像 5 0 においては、明るい昼間に撮像されているため、空 1 0 は高い輝度値で明るく表示されている。

[0029] ラインセンサ画像生成部 3 0 は、このようなラインセンサ画像 5 0 を生成し、摩耗領域抽出画像生成部 3 2 へと送信する。

[0030] 環境判定部 3 1 は、ラインセンサ画像生成部 3 0 によって生成されたラインセンサ画像 5 0 を基に、入力画像が撮像された環境を判定する。環境判定部 3 1 は、夜またはトンネル、暗い昼間、明るい昼間、昼間でトンネルに突入する瞬間、及びその他の状況の、5 種類の環境を判定する。この判定のために、環境判定部 3 1 は、ラインセンサ画像 5 0 のヒストグラムを計算し、平均値、最頻値、2 番目に頻度が高い輝度値、3 番目に頻度が高い輝度値を算出する。その後、事前に設定された、夜判定閾値、暗い昼間判定閾値、明るい昼間判定閾値の各々と、算出された値の各々を次のように比較して、環境を判定する。

[0031] 環境判定部 3 1 は、次の判定式の全てが同時に満たされる場合に、ラインセンサ画像 5 0 に対応する環境が夜またはトンネルであると判定する。

$$0 \leq \text{平均値} \leq \text{夜判定閾値}$$

$$0 \leq \text{最頻値} \leq \text{夜判定閾値}$$

$$0 \leq \text{2番目に頻度が高い輝度値} \leq \text{夜判定閾値}$$

$$0 \leq \text{3番目に頻度が高い輝度値} \leq \text{夜判定閾値}$$

[0032] 環境判定部31は、次の判定式の全てが同時に満たされる場合に、ラインセンサ画像50に対応する環境が暗い昼間であると判定する。

$$\text{夜判定閾値} < \text{平均値} \leq \text{暗い昼間判定閾値}$$

$$\text{夜判定閾値} < \text{最頻値} \leq \text{暗い昼間判定閾値}$$

$$\text{夜判定閾値} < \text{2番目に頻度が高い輝度値} \leq \text{暗い昼間判定閾値}$$

$$\text{夜判定閾値} < \text{3番目に頻度が高い輝度値} \leq \text{暗い昼間判定閾値}$$

[0033] 環境判定部31は、次の判定式の全てが同時に満たされる場合に、ラインセンサ画像50に対応する環境が明るい昼間であると判定する。

$$\text{明るい昼間判定閾値} < \text{平均値}$$

$$\text{明るい昼間判定閾値} < \text{最頻値}$$

$$\text{明るい昼間判定閾値} < \text{2番目に頻度が高い輝度値}$$

$$\text{明るい昼間判定閾値} < \text{3番目に頻度が高い輝度値}$$

[0034] 環境判定部31は、次の判定式の全てが同時に満たされる場合に、ラインセンサ画像50に対応する環境が昼間でトンネルに突入する瞬間であると判定する。

$$\text{夜判定閾値} < \text{平均値} \leq \text{輝度値の最大値（例えば、255）}$$

$$0 \leq \text{最頻値} \leq \text{夜判定閾値}$$

$$0 \leq \text{2番目に頻度が高い輝度値} \leq \text{夜判定閾値}$$

$$0 \leq \text{3番目に頻度が高い輝度値} \leq \text{夜判定閾値}$$

[0035] 環境判定部31は、上記いずれの環境にも該当しない場合には、その他の環境であると判定する。

環境判定部31は、判定した結果の環境を、摩耗領域抽出画像生成部32に送信する。

[0036] 摩耗領域抽出画像生成部32は、ラインセンサ画像生成部30からのラインセンサ画像50及び環境判定部31からの判定結果（環境）を受信し、ラ

インセンサ画像50に対して、様々な画像処理機能を実行することにより、
トリ線9の摩耗領域9aを抽出し、摩耗領域抽出画像を生成する。

[0037] 摩耗領域抽出画像生成部32は、画像処理部40と、後処理部41とを備えている。画像処理部40は、様々な画像処理機能が、選択的に実行可能に構成されている。画像処理部40は、コントラスト調整処理部40A、背景・ノイズ除去処理部40B、二値化処理部40C、補間処理部40D、及び摩耗領域修正部40Eを備えている。

[0038] コントラスト調整処理部40Aは、画像の階調を調整することを目的とした、1以上の画像処理機能が、選択的に実行可能に構成されている。コントラスト調整処理としては、例えば、ガンマ値に応じた適切なカーブに画像の階調を補正するガンマ補正処理や、輝度値を正規化することで、階調を調整する処理を適用することができる。なお、コントラスト調整処理部40Aに含まれるコントラスト調整処理は、上記として示したものに限られない。

[0039] 背景・ノイズ除去処理部40Bは、背景に撮像された建造物等の、架線とは異なる物体や、ノイズを除去することを目的とした、1以上の画像処理機能が、選択的に実行可能に構成されている。背景・ノイズ除去処理としては、例えば、グレースケール画像を収縮、膨張させてオープニングした後に、膨張収縮させる元となる画像を減算するG S T H（グレースケールトップハット）処理を適用することができる。なお、背景・ノイズ除去処理部40Bに含まれる背景・ノイズ除去処理は、上記として示したものに限られない。

[0040] 二値化処理部40Cは、複数の階調の画像を、例えば白と黒の2つの階調に変換して、摩耗領域9aのみを抽出することを目的とした、1以上の画像処理機能が、選択的に実行可能に構成されている。二値化処理としては、例えば、画像に対して輝度値のヒストグラムを生成し、背景と摩耗領域9aの各々に関するクラス内分散とクラス間分散の分散比が最大となるように、画像に応じて二値化の閾値を決定する、判別分析二値化処理を適用することができる。なお、二値化処理部40Cに含まれる二値化処理は、上記として示したものに限られない。

- [0041] 補間処理部40Dは、二値化処理部40Cにおける二値化処理が実行されて、摩耗領域9aであると想定される領域が抽出された画像を対象として、本来は1つの摩耗領域9aと想定される領域が複数の領域に分断されているような場合に、これらをつなぎ合わせることで、摩耗領域9aの形状を補間することを目的とした、1以上の画像処理機能が、選択的に実行可能に構成されている。
- [0042] 補間処理としては、画像を横方向Xに膨張、収縮させることで、横方向Xに近接して分断されて表されている領域をつなぎ合わせる、クロージング処理や、領域が縦方向Yに、縞状、あるいは波状に、分断されて表されている場合に、これをつなぎ合わせる、波状摩耗補間処理を適用することができる。なお、補間処理部40Dに含まれる補間処理は、上記として示したものに限られない。
- [0043] 図4は、本実施形態によるトリ線検測装置より一時取得された摩耗領域抽出画像の一例を示す模式図であって、上述したように、補間処理部40Dにより処理された摩耗領域抽出画像50Aである。摩耗領域抽出画像50Aにおいては、照明や、トリ線9の摩耗領域9aの状態、撮影環境などを起因として、図3に示すように、摩耗領域9aに輝度差が生じ、他の領域より輝度が低くなる暗部領域9c、9dとなる場合がある。すなわち、補間処理部40Dにより処理された摩耗領域抽出画像50Aでは、暗部領域9c、9dは摩耗領域9aとして検出されないため、正確な摩耗領域9aを検出できない。
- [0044] 図4に示すように、補間処理部40Dにより処理された摩耗領域抽出画像50Aにおいては、明るく写っている摩耗領域9aしか抽出されない。そこで、本実施形態では、暗部領域9c、9dを摩耗領域9aとして検出するように、補間処理部40Dにより処理された摩耗領域抽出画像50Aを修正する。摩耗領域修正部40Eは、画像縦方向の各ライン毎に摩耗領域9aの抽出処理で抽出された摩耗領域の位置から外側にラスタスキャンにより探索し、輝度値が予め設定された輝度値以下になった位置を、摺動面と非摺動面の

境界、すなわち摩耗領域 9 a の境界とする。

[0045] 図 5 は、本実施形態によるトリ線検測装置より最終的に取得された摩耗領域抽出画像の一例を示す模式図である。上述した修正の結果、図 4 に示す暗部領域 9 c、9 d が摩耗領域 9 a として検出されるので、図 5 に示すように、摩耗領域 9 a が正確に検出されることになる。摩耗領域修正部 4 0 E は、修正後の摩耗領域抽出画像 5 0 B として、これに対応する摩耗領域 9 a の数や、各摩耗領域 9 a の縦方向 Y の、始点座標と終点座標を含む長さ情報、当該摩耗領域抽出画像に対応する画像処理実行手順（又は処理パターン）M に関する情報とともに、後処理部 4 1 に送信する。

[0046] このように、摩耗領域抽出画像生成部 3 2 は、画像処理部 4 0 及び後処理部 4 1 により、複数の画像処理実行手順 M の各々に従って、ラインセンサ画像 5 0 を入力として画像処理機能を実行することにより、トリ線 9 の摩耗領域を正確に抽出し、複数の画像処理実行手順 M の各々に対応した複数の摩耗領域抽出画像 5 0 B を生成する。

[0047] これらのコントラスト調整処理部 4 0 A、背景・ノイズ除去処理部 4 0 B、二値化処理部 4 0 C、補間処理部 4 0 D、及び摩耗領域修正部 4 0 E に含まれる各画像処理機能は、画像処理実行手順記憶部 3 3 に登録された、各画像処理機能を実行する際の実行順序である処理パターン（画像処理実行手順）M に従って実行される。

[0048] 図 6 は、本実施形態のトリ線検測装置の、画像処理実行手順記憶部の説明図である。図 6 において、画像処理実行手順記憶部 3 3 は、処理保存部 3 3 a、パラメータセット保存部 3 3 b、及び処理パターン登録部 3 3 c を備えている。

[0049] 処理保存部 3 3 a には、既に説明したコントラスト調整処理部 4 0 A、背景・ノイズ除去処理部 4 0 B、二値化処理部 4 0 C、補間処理部 4 0 D、及び摩耗領域修正部 4 0 E の各々において実行される、画像処理機能の各々が保存されている。図 6 の処理保存部 3 3 a においては、上記の各処理部 4 0 A、4 0 B、4 0 C、4 0 D、4 0 E のいずれかに含まれる、P R 1 から P

R Xまでの、X個の画像処理機能P R 1～P R Xが保存されている。

[0050] また、パラメータセット保存部3 3 bには、処理保存部3 3 aに保存されている各画像処理機能P R 1～P R Xの、実際の実行時に使用され得るパラメータセットが格納されている。図6のパラメータセット保存部3 3 bにおいては、処理保存部3 3 aに保存されたX個の画像処理機能P R 1～P R Xのいずれかまたは複数において使用される、P S 1からP S Yまでの、Y種類のパラメータセットが保存されている。

[0051] 処理パターン登録部3 3 cには、ラインセンサ画像5 0を処理するに際し、上記の各画像処理機能を実行する際の処理パターンMが複数個、保存されている。図6の処理パターン登録部3 3 cにおいては、M 1からM Lまでの、L個の処理パターンM 1～M Lが保存されている。

[0052] 図6においては、これらL個の処理パターンM 1～M Lのうち、1つ目の処理パターンM 1に着目して示されている。処理パターンM 1は、画像処理機能P 1から画像処理機能P Zまでの、Z個の画像処理機能P 1～P Zを順に実行するように登録されている。ここで、処理パターンM 1中の画像処理機能P 1は、処理保存部3 3 a内の画像処理機能P R 1と、パラメータセット保存部3 3 b内のパラメータセットP S 2を参照するようになっている。これは、処理パターンM 1における画像処理機能P 1は、実際には処理保存部3 3 aに保存されている画像処理機能P R 1が、パラメータセットP S 2が適用されて実行されることを示している。

[0053] また、1つ目の処理パターンM 1中の、2番目に実行される画像処理機能P 2においては、処理保存部3 3 aに保存されている画像処理機能P R Xのみが参照されており、パラメータセット保存部3 3 bのパラメータセットは参照されていない。このように、処理パターンM中に、処理保存部3 3 aに保存された画像処理機能P R 1～P R Xが登録されるに際し、パラメータセット保存部3 3 b内のパラメータセットは必ずしも対応付けられて参照されなくとも構わない。

[0054] 詳説は省略するが、処理パターンM 2～M Lについても、処理パターンM

1と同様に、処理保存部33aとパラメータセット保存部33bを参照して実行される画像処理機能を表現することにより構成されている。

[0055] 処理パターン登録部33cに保存された各処理パターンM1～MLの各々において、実行される画像処理機能の数は、固定長ではなく可変長である。すなわち、各処理パターンM1～MLの各々において実行される画像処理機能の数は、基本的には互いに異なっている。

[0056] このように、処理パターンMは、画像処理機能、または、画像処理機能と当該画像処理機能において使用されるパラメータセットの組み合わせが、複数個、順序付けられて登録されることにより構成されている。このように、処理パターンMは、ラインセンサ画像50を処理するに際し各画像処理機能の実行順序が、画像処理機能の各々が実際にどのように実行されるかを示すパラメータセットとともに登録された画像処理実行手順Mであるといえる。以降においては、処理パターンMを、画像処理実行手順Mと呼称する。

[0057] 上記のように、各画像処理機能は、コントラスト調整処理、背景・ノイズ除去処理、二値化処理、補間処理のいずれかを目的とした処理に分類される。各画像処理実行手順Mにおいては、画像処理機能は、この処理分類の順に実行されるように、登録されている。例えば、二値化処理を実行した後にコントラスト調整を実行しても基本的には意味がないため、二値化処理部40Cに含まれる画像処理機能を実行した後に、コントラスト調整処理部40Aに含まれる画像処理機能が実行されるような画像処理実行手順Mは、基本的には登録されない。

[0058] また、摩耗領域9aを抽出するためには、最低限、二値化処理は実行される必要がある。換言すれば、画像処理実行手順Mには、二値化処理部40Cに含まれる画像処理機能が最低1回は実行され、他の処理部40A、40B、40D、40Eに含まれる画像処理機能は必要に応じて、すなわち0回以上実行されるような、画像処理機能の順序が登録される。このように、複数の画像処理実行手順Mの各々には、0以上のコントラスト調整処理と、0以上の背景・ノイズ除去処理と、1以上の二値化処理と、及び0以上の補間処

理が、この順に実行されるように登録されている。

[0059] 更には、各処理部40A、40B、40C、40D、40Eに含まれる画像処理機能の各々は、複数回実行されるように、画像処理機能の順序が登録されていてもよい。例えば、補間処理部40Dにおいて、クロージング処理によって横方向Xに分断されている領域をつなぎ合わせた後に、波状摩耗補間処理によって縦方向Yに分断されている領域をつなぎ合わせるように、画像処理実行手順Mを構築することもあり得る。

[0060] あるいは、同一の画像処理機能が、同一のパラメータセットで、あるいはパラメータセットを変えて、連続して、あるいは同一の処理分類に含まれる他の画像処理機能の実行を挟んで、複数回実行されるように、画像処理実行手順Mに登録されていてもよい。

[0061] 画像処理実行手順Mは、各処理部40A、40B、40C、40D、40E内の画像処理機能間で、全ての組み合わせの処理手順が実現されるように、複数が登録されている。

これら複数の画像処理実行手順Mの各々においては、摩耗領域9aを抽出する精度や、ラインセンサ画像50の背景等の状況に対する適性も様々に異なる。このため、複数の画像処理実行手順Mの各々には、優先度が対応付けられて記憶されている。

例えば、背景の輝度値に大きく影響されず、常に一定以上の摩耗領域9aの抽出精度を発揮できる画像処理実行手順Mは、優先度を高く設定することが考えられる。

このように、優先度は、摩耗領域9aの抽出精度が高いと考えられるものほど高くなるように設定されている。

[0062] 上記のようにして、画像処理部40は、画像処理実行手順Mを各々実行し、各画像処理実行手順Mに対応した処理画像を生成して、後処理部41に送信する。

[0063] 後処理部41は、画像処理部40から処理画像を受信し、エッジ抽出を行って摩耗領域9aを抽出し、当該処理画像に摩耗領域9aが複数抽出され

ば摩耗領域 9 a ごとに、摩耗領域 9 a の縦方向 Y の長さを算出する。既に説明したように、本実施形態においては、最大 4 本のトロリ線 9 がオーバーラップして設けられている可能性がある。すなわち、1 枚のラインセンサ画像 5 0 に、最大 4 本のトロリ線 9 が撮像され得る。このため、後処理部 4 1 は、摩耗領域 9 a が 5 本以上抽出された場合においては、長さが長い順から 4 つの領域を摩耗領域 9 a として扱い、これより長さが短い他の領域は摩耗領域 9 a ではないと見做す。後処理部 4 1 は、エッジ抽出後の画像を摩耗領域抽出画像 5 0 A として、これに対応する摩耗領域 9 a の数や、各摩耗領域 9 a の縦方向 Y の、始点座標と終点座標を含む長さ情報、当該摩耗領域抽出画像に対応する画像処理実行手順 M に関する情報とともに、摩耗領域抽出画像評価部 3 4 に送信する。

[0064] 摩耗領域抽出画像評価部 3 4 は、複数の画像処理実行手順 M の各々に対応する修正後の摩耗領域抽出画像 5 0 B と、関連する各情報を受信し、受信した複数の摩耗領域抽出画像 5 0 B の各々の評価値を計算して、最も評価値の高い摩耗領域抽出画像を選択する。

各摩耗領域抽出画像には、摩耗領域抽出画像生成部 3 2 において、当該摩耗領域抽出画像に何個の摩耗領域 9 a が撮像されたかの判断が、対応付けられて摩耗領域抽出画像評価部 3 4 に送信されている。摩耗領域抽出画像評価部 3 4 は、各摩耗領域抽出画像に対し、当該摩耗領域抽出画像中の摩耗領域 9 a の数と、摩耗領域抽出画像が撮像された実際の現場におけるトロリ線 9 の本数とを比較し、摩耗領域抽出画像の評価値を計算する。

[0065] 摩耗領域抽出画像の評価値としては、事前に登録されている設備情報から画像に写っているトロリ線の本数が既知であることを利用し、画像の時系列(ライン)毎に、コスト計算を行うことにより、一番コストが低い処理パターン(の摩耗領域抽出画像を採用するコスト評価(コストが低いほど高評価)か、複数の摩耗領域抽出画像の各々に対し、摩耗領域 9 a がトロリ線 9 に近い画像上の特徴を有することを示す指標である尤度評価(尤度が高いほど高評価))を用いる。なお、コスト評価、及び尤度評価の詳細については、特許第 7

196806号を参照されたい。

[0066] 摩耗領域抽出画像評価部34は、コスト評価または尤度評価に基づいて、最も評価値が高い摩耗領域抽出画像に対し、各摩耗領域9aの重心座標と摩耗面幅を計算し、最も評価値が高い摩耗領域抽出画像とともに、トロリ線偏位算出部35とトロリ線残存直径算出部36に送信する。

[0067] トロリ線偏位算出部35は、最も評価値が高いものとして選択された摩耗領域抽出画像を受信し、これを基に、トロリ線9の偏位を計算する。図7(a)は、偏位の算出原理の説明図である。

偏位D(単位:mm)は、摩耗領域抽出画像評価部34から受信した摩耗領域9aの重心座標d(単位:画素)と、事前に設定されたパラメータである、線路2からラインセンサ22のセンサ面22cまでの距離 h_s (mm)、ラインセンサ22のレンズの焦点距離 f (mm)、ラインセンサ22のセンサ面22cの長さ s (mm)、ラインセンサ22の画素数 p (画素)、及び、本トロリ線検測装置20以外の他の測定装置により計算された、線路2からトロリ線9までの距離 h (mm)を用いて、次式により表される。

[0068] [数1]

$$D = \frac{(h - h_s - f) \times s}{p \times f} \times d$$

[0069] トロリ線偏位算出部35は、上記のようにトロリ線9の偏位を計算し、トロリ線9が、摩耗領域抽出画像に対応する実際の場所において許容される偏位の範囲内に位置しているか否かを判定する。

トロリ線9が許容される偏位の範囲内に位置していない場合は異常であると判断し、記録する。

[0070] トロリ線残存直径算出部36は、最も評価値が高いものとして選択された摩耗領域抽出画像を受信し、これを基に、トロリ線9の残存直径を算出する。図7(b)は、残存直径の算出原理の説明図である。

本実施形態においては、トロリ線9の残存直径、すなわち摩耗後のトロリ

線 9 の高さを、残存直径として計算する。

トロリ線残存直径算出部 3 6 は、トロリ線偏位算出部 3 5 と同様な原理で、摩耗領域抽出画像評価部 3 4 から受信した摩耗領域 9 a の重心座標 d (画素) と摩耗面幅 w (画素) を基に、トロリ線 9 の実際の摩耗面幅 W (mm) を計算する。トロリ線 9 の残存直径 D_r (mm) は、この摩耗面幅 W (mm) と、トロリ線 9 の半径を用いて、次式により表される。

[0071] [数2]

$$D_r = r + \sqrt{r^2 - \left(\frac{W}{2}\right)^2}$$

[0072] トロリ線残存直径算出部 3 6 は、上記のようにトロリ線 9 の残存直径を計算し、残存直径が管理値を下回っていないか判定する。

残存直径が管理値を下回っている場合は異常であると判断し、その旨を記録する。

[0073] 次に、図 8 は、本実施形態によるトロリ線検測装置 2 0 による上記トロリ線検測方法の動作を説明するためのフローチャートである。処理が開始されると、ラインセンサ画像生成部 3 0 は、ラインセンサ 2 2 から入力画像を縦方向に時系列的に、例えば 1 0 0 0 ラインを並べ、図 3 に示すようなラインセンサ画像 5 0 を生成し、摩耗領域抽出画像生成部 3 2 に送信するとともに、環境判定部 3 1 は、ラインセンサ画像生成部 3 0 によって生成されたラインセンサ画像 5 0 を基に、入力画像が撮像された環境を判定する (ステップ S 1 0)。

[0074] 次に、摩耗領域抽出画像生成部 3 2 において、コントラスト調整処理部 4 0 A が、ラインセンサ画像 5 0 の階調を調整し (ステップ S 1 2)、背景・ノイズ除去処理部 4 0 B が、背景に撮像された建造物等の、架線とは異なる物体や、ノイズを除去し (ステップ S 1 4)、二値化処理部 4 0 C が、複数の階調の画像を、例えば白と黒の 2 つの階調に変換して、摩耗領域 9 a のみ

を抽出する（ステップS 1 6）。

[0075] 次に、補間処理部4 0 Dが、二値化処理部4 0 Cにおける二値化処理が行われて、摩耗領域9 aであると想定される領域が抽出された画像を対象として、本来は1つの摩耗領域9 aと想定される領域が複数の領域に分断されているような場合に、これらをつなぎ合わせることで、摩耗領域9 aの形状を補間する（ステップS 1 8）。

[0076] 次に、摩耗領域修正部4 0 Eが、画像縦方向の各ライン毎に摩耗領域9 aの抽出処理で抽出された位置から外側に摺動面と非摺動面の境界をラスタスキャンにより探索し、輝度値が予め設定された輝度値以下になった位置を摺動面境界とすることで摩耗領域抽出画像5 0 Aを修正して正確な摩耗領域9 aを検出する（ステップS 2 0）。

[0077] 次に、後処理部4 1が、修正後の摩耗領域抽出画像5 0 Bとして、これに対応する摩耗領域9 aの数や、各摩耗領域9 aの縦方向Yの、始点座標と終点座標を含む長さ情報を生成し、当該摩耗領域抽出画像に対応する画像処理実行手順Mに関する情報とともに、摩耗領域抽出画像評価部3 4に送信する（ステップS 2 2）。

[0078] 次に、摩耗領域抽出画像評価部3 4が、摩耗領域抽出画像生成部3 2からの、エッジ抽出後の画像を摩耗領域抽出画像として、これに対応する摩耗領域9 aの数や、各摩耗領域9 aの縦方向Yの、始点座標と終点座標を含む長さ情報、当該摩耗領域抽出画像に対応する画像処理実行手順Mに関する情報に基づいて、受信した複数の摩耗領域抽出画像の各々の評価値（尤度評価またはコスト評価）を計算する（ステップS 2 4）。上記の、摩耗領域抽出画像の生成と評価は、画像処理実行手順記憶部3 3に記憶された、全ての画像処理実行手順Mに対して実行される。

[0079] 次に、全ての画像処理実行手順Mに対して、摩耗領域抽出画像の生成と評価が実行されたかを判定し（ステップS 2 6）、未実行の画像処理実行手順Mがある場合には（ステップS 2 6のNO）、ステップS 1 0に遷移し、未実行の画像処理実行手順Mに対する処理を続行する。

- [0080] 一方、未実行の画像処理実行手順Mがなければ（ステップS 2 6のYES）、摩耗領域抽出画像評価部3 4が、全ての摩耗領域抽出画像のなかで、最も評価値が高いものを、最も適切に摩耗領域9 aが抽出された画像と判断する（ステップS 2 8）。摩耗領域抽出画像評価部3 4は、最も評価値が高い摩耗領域抽出画像に対し、各摩耗領域9 aの重心座標と摩耗面幅を計算し、最も評価値が高い摩耗領域抽出画像とともに、トロリ線偏位算出部3 5とトロリ線残存直径算出部3 6に送信する。
- [0081] 次に、トロリ線偏位算出部3 5が、最も評価値が高いものとして選択された摩耗領域抽出画像を受信し、これを基に、トロリ線9の偏位を計算する（ステップS 3 0）。また、トロリ線残存直径算出部3 6が、最も評価値が高いものとして選択された摩耗領域抽出画像を受信し、これを基に、トロリ線9の残存直径を算出する（ステップS 3 2）。その後、当該処理を終了する。
- [0082] 上述した実施形態によれば、トロリ線9を撮像するラインセンサ2 2を備え、ラインセンサ2 2により撮像された画像を入力画像としてこれを基にトロリ線9を検測する、トロリ線検測装置2 0であって、入力画像を時系列的に並べてラインセンサ画像5 0を生成する、ラインセンサ画像生成部3 0と、ラインセンサ画像5 0に対して複数の画像処理機能を順次実行するに際し、その実行順序が、画像処理実行手順Mとして複数登録された、画像処理実行手順記憶部3 3と、複数の画像処理実行手順Mの各々に従って、ラインセンサ画像5 0を入力として画像処理機能を実行することにより、トロリ線9の摩耗領域9 aを抽出し、抽出されたトロリ線の摩耗領域から外側に走査して輝度値が予め設定された輝度値以下になった位置を摩耗領域の境界とすることで前記摩耗領域を修正し、複数の画像処理実行手順Mの各々に対応した複数の摩耗領域抽出画像を生成する、摩耗領域抽出画像生成部3 2と、複数の摩耗領域抽出画像の各々の評価値を計算して最も評価値の高い摩耗領域抽出画像を選択する、摩耗領域抽出画像評価部3 4と、選択された摩耗領域抽出画像を基に、トロリ線9の偏位を算出する、トロリ線偏位算出部3 5と、

トロリ線 9 の残存直径を算出するトロリ線残存直径算出部 36 とを備える。

[0083] また、本実施形態におけるトロリ線検出方法は、トロリ線 9 を撮像するラインセンサ 22 により撮像された画像を入力画像としてこれを基にトロリ線 9 を検出する、トロリ線検出方法であって、入力画像を時系列的に並べてラインセンサ画像 50 を生成し、ラインセンサ画像 50 に対して複数の画像処理機能を順次実行するに際し、その実行順序が、画像処理実行手順 M として複数登録され、複数の画像処理実行手順 M の各々に従って、ラインセンサ画像 50 を入力として画像処理機能を実行することにより、トロリ線 9 の摩耗領域 9a を抽出し、前記抽出された摩耗領域 9a から外側に走査して輝度値が予め設定された輝度値以下になった位置を摩耗領域 9a の境界とすることで摩耗領域 9a を修正し、複数の画像処理実行手順 M の各々に対応した複数の摩耗領域抽出画像を生成し、複数の摩耗領域抽出画像の各々の評価値を計算して最も評価値の高い摩耗領域抽出画像を選択し、選択された摩耗領域抽出画像を基に、トロリ線 9 の残存直径と偏位の双方を算出する。

[0084] 上記のような構成によれば、照明や、トロリ線 9 の摩耗領域 9a の状態、撮影環境などを起因として摩耗領域 9a に輝度差が生じる場合であっても、トロリ線 9 の摩耗領域 9a を正確に検出することができ、トロリ線 9 の摩耗領域 9a の抽出精度が向上し、残存直径や偏位の算出精度も向上する。

[0085] また、本実施形態によれば、複数の画像処理実行手順 M の各々に対して摩耗領域抽出画像が生成され、これらの摩耗領域抽出画像の各々に対して評価値が計算されて、最も評価値の高い摩耗領域抽出画像が選択され、これを基にトロリ線 9 の残存直径と偏位の双方が算出される。すなわち、画像処理実行手順 M の数に対応する数の摩耗領域抽出画像が生成され、その中から残存直径や偏位の評価に最も適した摩耗領域抽出画像が残存直径や偏位の評価対象として選択される。結果として、複数登録された画像処理実行手順 M のうち、処理対象となるラインセンサ画像 50 の処理に適する画像処理実行手順 M の処理結果が、摩耗領域抽出画像として選ばれる。

[0086] このように、処理対象となるラインセンサ画像 50 に適する画像処理機能

の組合せを作業員が試行錯誤の上で選択せずとも、トロリ線 9 の残存直径や偏位の算出に適した摩耗領域抽出画像を生成し、残存直径や偏位を測定可能であるため、作業員による、入力された画像に適した画像処理機能を取捨選択する工数を低減可能である。

[0087] また、本実施形態によれば、複数の画像処理実行手順 M の各々には優先度が対応付けられて記憶されており、摩耗領域抽出画像評価部 34 は、同一の評価値が複数の摩耗領域抽出画像に対して算出された場合には、優先度が高い画像処理実行手順 M に対応した摩耗領域抽出画像を、最も評価値の高い摩耗領域抽出画像として選択するようにしたので、同一の評価値が複数の摩耗領域抽出画像に対して算出された場合には、優先度が高い画像処理実行手順 M に対応した摩耗領域抽出画像を、最も評価値の高い摩耗領域抽出画像として選択する。このため、同様な評価値を有するような摩耗領域抽出画像が複数あった場合でも、優先度が高い画像処理実行手順 M に対応した摩耗領域抽出画像が選択されるので、残存直径や偏位の評価に適した摩耗領域抽出画像が選択されやすくなる。

[0088] また、本実施形態によれば、摩耗領域抽出画像評価部 34 は、複数の摩耗領域抽出画像の各々に対し、摩耗領域 9 a の数を計算し、摩耗領域 9 a の数と、実際のトロリ線 9 の本数との差が小さい場合に、評価値が高くなるように評価値を計算するようにしたので、実際のトロリ線 9 の本数と摩耗領域 9 a の数が一致する摩耗領域抽出画像が、残存直径や偏位を算出する摩耗領域抽出画像として選択されやすくなる。このため、トロリ線 9 の摩耗領域 9 a の抽出精度が向上し、残存直径や偏位の算出精度も向上する。

[0089] また、本実施形態によれば、環境に応じて、適切な画像処理実行手順が選択され、これに対応した摩耗領域抽出画像が生成されるようになるため、残存直径や偏位の算出精度が向上するとともに処理時間を短縮または処理負荷を低減することが可能である。また、選択された環境に対応しない画像処理実行手順 M は実行されないため、トロリ線検測装置 20 の実行に要する処理時間やメモリを低減可能である。

[0090] また、本実施形態によれば、最も評価値すなわちトロリ線尤度が高い摩耗領域抽出画像を選択するようにしたので、実際のトロリ線 9 の外観に摩耗領域 9 a の画像上の特徴が近い摩耗領域抽出画像が、残存直径や偏位を算出する摩耗領域抽出画像として選択されやすくなるため、トロリ線 9 の摩耗領域 9 a の抽出精度が向上し、残存直径や偏位の算出精度も向上する。

[0091] なお、上記実施形態においては、例えば、後処理部 4 1 は説明の都合上、摩耗領域抽出画像生成部 3 2 に含まれるように説明したが、これに限られない。後処理部 4 1 は、摩耗領域抽出画像評価部 3 4 に含まれていてもいいし、摩耗領域抽出画像生成部 3 2、摩耗領域抽出画像評価部 3 4 の各々とは独立した機能として構成されていてもいい。

その他、本発明の趣旨を逸脱しない限り、制御装置 2 3 内の構成が変更されてもよいのは、言うまでもない。

また、上記実施形態においては、トロリ線検測装置はトロリ線偏位算出部 3 5 とトロリ線残存直径算出部 3 6 の双方を備え、トロリ線 9 の残存直径と偏位の双方を算出するように構成されていたが、これに限られない。トロリ線検測装置は、例えば、トロリ線の残存直径と偏位のいずれか一方のみを算出するように構成されていても構わない。

[0092] これ以外にも、図面を参照して説明した上述の実施形態及び各変形例に限定されるものではなく、本発明の主旨を逸脱しない限り、上記実施形態及び各変形例で挙げた構成を取捨選択したり、他の構成に適宜変更したりすることが可能である。

符号の説明

- [0093] 1 検査車両
9 トロリ線
9 a 摩耗領域
9 c、9 d 暗部領域
2 0 トロリ線検測装置
2 1 照明

- 2 2 ラインセンサ
- 2 3 制御装置
- 3 0 ラインセンサ画像生成部
- 3 1 環境判定部
- 3 2 摩耗領域抽出画像生成部
- 3 3 画像処理実行手順記憶部
- 3 4 摩耗領域抽出画像評価部
- 3 5 トロリ線偏位算出部（トロリ線検測部）
- 3 6 トロリ線残存直径算出部（トロリ線検測部）
- 4 0 画像処理部
 - 4 0 A コントラスト調整処理部
 - 4 0 B 背景・ノイズ除去処理部
 - 4 0 C 二値化処理部
 - 4 0 D 補間処理部
 - 4 0 E 摩耗領域修正部
- 4 1 後処理部
- 5 0 ラインセンサ画像
 - 5 0 A、5 0 B 摩耗領域抽出画像
- M、M 1、M 2、M 3 画像処理実行手順

請求の範囲

- [請求項1] トロリ線を撮像するラインセンサを備え、当該ラインセンサにより撮像された画像を入力画像としてこれを基に前記トロリ線を検測する、トロリ線検測装置であって、
- 前記入力画像を時系列的に並べてラインセンサ画像を生成する、ラインセンサ画像生成部と、
- 当該ラインセンサ画像に対して複数の画像処理機能を順次実行するのに際し、その実行順序が、画像処理実行手順として複数登録された、画像処理実行手順記憶部と、
- 前記複数の画像処理実行手順の各々に従って、前記ラインセンサ画像を入力として前記複数の画像処理機能を実行することにより、前記トロリ線の摩耗領域を抽出し、前記抽出されたトロリ線の摩耗領域から外側に走査して輝度値が予め設定された輝度値以下になった位置を摩耗領域の境界とすることで前記摩耗領域を修正し、前記複数の画像処理実行手順の各々に対応した複数の摩耗領域抽出画像を生成する、摩耗領域抽出画像生成部と、
- 前記複数の摩耗領域抽出画像の各々の評価値を計算して最も評価値の高い摩耗領域抽出画像を選択する、摩耗領域抽出画像評価部と、
- 前記選択された最も評価値の高い前記摩耗領域抽出画像を基に、前記トロリ線の残存直径と偏位のいずれか一方または双方を算出する、トロリ線検測部と、
- を備える、ことを特徴とするトロリ線検測装置。
- [請求項2] 前記複数の画像処理実行手順の各々には、0以上のコントラスト調整処理と、0以上の背景・ノイズ除去処理と、1以上の二値化処理と、及び0以上の補間処理が、この順に実行されるように登録されている、ことを特徴とする請求項1に記載のトロリ線検測装置。
- [請求項3] 前記複数の画像処理実行手順の各々には優先度が対応付けられて記憶されており、

前記摩耗領域抽出画像評価部は、同一の前記評価値が複数の前記摩耗領域抽出画像に対して算出された場合には、前記優先度が高い前記画像処理実行手順に対応した前記摩耗領域抽出画像を、前記最も評価値の高い前記摩耗領域抽出画像として選択する、ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のトロリ線検測装置。

[請求項4] 前記摩耗領域抽出画像評価部は、前記複数の摩耗領域抽出画像の各々に対し、前記摩耗領域の数を計算し、前記摩耗領域の数と、実際の前記トロリ線の本数との差が小さい場合に、前記評価値が高くなるように前記評価値を計算する、ことを特徴とする請求項 3 に記載のトロリ線検測装置。

[請求項5] 前記摩耗領域抽出画像評価部は、前記複数の摩耗領域抽出画像の各々に対し、前記摩耗領域が前記トロリ線に近い画像上の特徴を有することを示す指標であるトロリ線尤度を計算し、当該トロリ線尤度が高い場合に、前記評価値が高くなるように前記評価値を計算する、ことを特徴とする請求項 3 に記載のトロリ線検測装置。

[請求項6] 前記画像処理実行手順記憶部には、前記ラインセンサにより前記画像を撮像する際の複数の異なる環境の各々に対応して、前記画像処理実行手順が登録され、

前記ラインセンサ画像を基に、前記入力画像が撮像された前記環境を判定する環境判定部を更に備え、

前記摩耗領域抽出画像生成部は、判定された前記環境に対応する前記画像処理実行手順に従って前記摩耗領域抽出画像を生成する、ことを特徴とする請求項 1 に記載のトロリ線検測装置。

[請求項7] トロリ線を撮像するラインセンサにより撮像された画像を入力画像としてこれを基に前記トロリ線を検測する、トロリ線検測方法であって、

前記入力画像を時系列的に並べてラインセンサ画像を生成すること、

当該ラインセンサ画像に対して複数の画像処理機能を順次実行する
のに際し、その実行順序が、画像処理実行手順として複数登録され、
当該複数の画像処理実行手順の各々に従って、前記ラインセンサ画像
を入力として前記複数の画像処理機能を実行することにより、前記ト
ロリ線の摩耗領域を抽出すること、

前記抽出されたトロリ線の摩耗領域から外側に走査して輝度値が予
め設定された輝度値以下になった位置を摩耗領域の境界とすることで
前記摩耗領域を修正し、前記複数の画像処理実行手順の各々に対応し
た複数の摩耗領域抽出画像を生成すること、

前記複数の摩耗領域抽出画像の各々の評価値を計算して最も評価値
の高い摩耗領域抽出画像を選択すること、

前記選択された最も評価値の高い前記摩耗領域抽出画像を基に、前
記トロリ線の残存直径と偏位のいずれか一方または双方を算出するこ
と、を含むことを特徴とするトロリ線検測方法。