

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B1)

(11) 特許番号

特許第6635183号
(P6635183)

(45) 発行日 令和2年1月22日(2020.1.22)

(24) 登録日 令和1年12月27日(2019.12.27)

| | | | | | |
|----------------|--------------|------------------|----------------|--------------|----------|
| (51) Int.Cl. | | F I | | | |
| GO 1 B | 11/08 | (2006.01) | GO 1 B | 11/08 | H |
| GO 1 B | 21/00 | (2006.01) | GO 1 B | 21/00 | S |
| GO 6 T | 7/62 | (2017.01) | GO 1 B | 21/00 | W |
| B 6 O M | 1/28 | (2006.01) | GO 6 T | 7/62 | |
| | | | B 6 O M | 1/28 | R |

請求項の数 6 (全 14 頁)

| | | | |
|-----------|------------------------------|-----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2018-237222 (P2018-237222) | (73) 特許権者 | 000006105 株式会社明電舎 東京都品川区大崎2丁目1番1号 |
| (22) 出願日 | 平成30年12月19日(2018.12.19) | (74) 代理人 | 110002077 園田・小林特許業務法人 |
| 審査請求日 | 令和1年10月25日(2019.10.25) | (72) 発明者 | 亀山 悟 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 |
| | | 審査官 | 仲野 一秀 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 摩耗測定装置および摩耗測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電車車両の屋根上に設置されトロリ線の下面を撮影する摩耗測定用カメラと、
前記トロリ線の最下面の高さを取得するためのトロリ線最下面位置測定手段と、
前記摩耗測定用カメラによって撮影した画像及び前記トロリ線最下面位置測定手段によ
って取得した情報を解析して前記トロリ線の残存直径相当値を求める処理装置と
を備え、

前記処理装置が、

前記トロリ線の下面の画像から前記トロリ線の中心点の実座標を算出するトロリ線中心
位置算出処理部と、

前記トロリ線最下面位置測定手段によって取得した情報に基づいて前記トロリ線の最下
面の高さを求めるトロリ線最下面高さ算出処理部と、

前記トロリ線の下面の画像および前記トロリ線の最下面の高さをを用いて少なくとも一方
の傾斜摩耗部の端部、前記一方の傾斜摩耗部と水平摩耗部との境界点、前記水平摩耗部と
他方の傾斜摩耗部との境界点および前記他方の傾斜摩耗部の端部の実座標を算出する境界
点位置算出処理部と、

前記トロリ線の中心点の実座標、並びに前記一方の傾斜摩耗部の端部、前記一方の傾斜
摩耗部と前記水平摩耗部との境界点、前記水平摩耗部と前記他方の傾斜摩耗部との境界点
および前記他方の傾斜摩耗部の端部の実座標に基づいて前記三面摩耗トロリ線の摩耗断面
積を算出する摩耗断面積算出処理部と、

前記三面摩耗トロッリ線の摩耗断面積に基づいて、一つの水平摩耗部および二つの傾斜摩耗部を有する三面摩耗トロッリ線と断面積が同一である水平摩耗部のみを有する水平摩耗トロッリ線の残存直径を、前記三面摩耗トロッリ線の残存直径相当値として算出する残存直径相当値算出処理部とを含むことを特徴とする摩耗測定装置。

【請求項 2】

前記境界点位置算出処理部が、前記トロッリ線の下面の画像から取得した少なくとも前記一方の傾斜摩耗部の端部、前記一方の傾斜摩耗部と前記水平摩耗部との境界点、前記水平摩耗部と前記他方の傾斜摩耗部との境界点および前記他方の傾斜摩耗部の端部のピクセル位置、並びに前記トロッリ線の最下面の高さに基づいて、前記一方の傾斜摩耗部の端部、前記一方の傾斜摩耗部と前記水平摩耗部との境界点、前記水平摩耗部と前記他方の傾斜摩耗部との境界点および前記他方の傾斜摩耗部の端部の実座標を算出することを特徴とする請求項 1 記載の摩耗測定装置。

10

【請求項 3】

前記境界点位置算出処理部が、前記トロッリ線の最下面の高さを、前記一方の傾斜摩耗部と前記水平摩耗部との境界点および前記水平摩耗部と前記他方の傾斜摩耗部との境界点の高さとして適用することを特徴とする請求項 2 記載の摩耗測定装置。

【請求項 4】

電車車両の屋根上に設置された摩耗測定用カメラにより撮影したトロッリ線の下面の画像から前記トロッリ線の中心点の実座標を算出するトロッリ線中心点位置算出処理工程と、

20

前記電車車両の屋根上に設置されたトロッリ線最下面位置測定手段により取得した情報に基づいて前記トロッリ線の最下面の高さを求めるトロッリ線最下面高さ算出処理工程と、

前記トロッリ線の下面の画像および前記トロッリ線の最下面の高さをを用いて少なくとも一方の傾斜摩耗部の端部、前記一方の傾斜摩耗部と水平摩耗部との境界点、前記水平摩耗部と他方の傾斜摩耗部との境界点および前記他方の傾斜摩耗部の端部の実座標を算出する境界点位置算出処理工程と、

前記トロッリ線の中心点の実座標、並びに前記一方の傾斜摩耗部の端部、前記一方の傾斜摩耗部と前記水平摩耗部との境界点、前記水平摩耗部と前記他方の傾斜摩耗部との境界点および前記他方の傾斜摩耗部の端部の実座標に基づいて前記三面摩耗トロッリ線の摩耗断面積を算出する摩耗断面積算出処理工程と、

30

前記三面摩耗トロッリ線の摩耗断面積に基づいて、一つの水平摩耗部および二つの傾斜摩耗部を有する三面摩耗トロッリ線と断面積が同一である水平摩耗部のみを有する水平摩耗トロッリ線の残存直径を、前記三面摩耗トロッリ線の残存直径相当値として算出する残存直径相当値算出処理工程とを含むことを特徴とする摩耗測定方法。

【請求項 5】

前記境界点位置算出処理工程では、前記トロッリ線の下面の画像から取得した少なくとも前記一方の傾斜摩耗部の端部、前記一方の傾斜摩耗部と前記水平摩耗部との境界点、前記水平摩耗部と前記他方の傾斜摩耗部との境界点および前記他方の傾斜摩耗部の端部のピクセル位置、並びに前記トロッリ線の最下面の高さに基づいて、前記一方の傾斜摩耗部の端部、前記一方の傾斜摩耗部と前記水平摩耗部との境界点、前記水平摩耗部と前記他方の傾斜摩耗部との境界点および前記他方の傾斜摩耗部の端部の実座標を算出することを特徴とする請求項 4 記載の摩耗測定方法。

40

【請求項 6】

前記境界点位置算出処理工程では、前記トロッリ線の最下面の高さを、前記一方の傾斜摩耗部と前記水平摩耗部との境界点および前記水平摩耗部と前記他方の傾斜摩耗部との境界点の高さとして適用することを特徴とする請求項 5 記載の摩耗測定方法。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、電車の屋根上からトロリ線の下面の幅を撮影して得られる画像を処理することでトロリ線の摩耗を測定する摩耗測定装置および摩耗測定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、ラインセンサによりトロリ線を撮影した画像を処理してトロリ線の摩耗部の幅を求めるようにしたトロリ線摩耗測定装置が公知となっている（例えば、下記特許文献1参照）。

【0003】

また、トロリ線の摩耗部が、水平摩耗部と傾斜摩耗部とからなる偏摩耗と呼ばれる摩耗状態である場合に、残存断面積に基づき水平摩耗部及び傾斜摩耗部を考慮した一つの残存直径相当値を算出するようにしたトロリ線摩耗測定装置およびトロリ線摩耗測定方法も公知となっている（例えば、下記特許文献2参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第4635657号公報

【特許文献2】特開2016-142540号公報

【特許文献3】特許第5418176号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ここで、トロリ線の摩耗部は、多分割すり板を使用したパンタグラフの影響で図4に示すように水平摩耗部16aの両側に傾斜摩耗部16b, 16cを有する状態となることがある（以下、このような摩耗状態にあるトロリ線を三面摩耗トロリ線と称する）。

【0006】

しかしながら、従来のトロリ線摩耗測定装置では、このような三面摩耗トロリ線の残存直径相当値を求めることができないという問題があった。

【0007】

このようなことから本発明は、三面摩耗トロリ線の残存直径相当値を求めることが可能な摩耗測定装置および摩耗測定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】

【0008】

上記の課題を解決するための第1の発明に係る摩耗測定装置は、
電車車両の屋根上に設置されトロリ線の下面を撮影する摩耗測定用カメラと、
前記トロリ線の最下面の高さを取得するためのトロリ線最下面位置測定手段と、
前記摩耗測定用カメラによって撮影した画像及び前記トロリ線最下面位置測定手段によって取得した情報を解析して前記トロリ線の残存直径相当値を求める処理装置と
を備え、

前記処理装置が、

前記トロリ線の下面の画像から前記トロリ線の中心点の実座標を算出するトロリ線中心位置算出処理部と、

前記トロリ線最下面位置測定手段によって取得した情報に基づいて前記トロリ線の最下面の高さを求めるトロリ線最下面高さ算出処理部と、

前記トロリ線の下面の画像および前記トロリ線の最下面の高さをを用いて少なくとも一方の傾斜摩耗部の端部、前記一方の傾斜摩耗部と水平摩耗部との境界点、前記水平摩耗部と他方の傾斜摩耗部との境界点および前記他方の傾斜摩耗部の端部の実座標を算出する境界点位置算出処理部と、

前記トロリ線の中心点の実座標、並びに前記一方の傾斜摩耗部の端部、前記一方の傾斜

10

20

30

40

50

摩耗部と前記水平摩耗部との境界点、前記水平摩耗部と前記他方の傾斜摩耗部との境界点および前記他方の傾斜摩耗部の端部の実座標に基づいて前記三面摩耗トロッリ線の摩耗断面積を算出する摩耗断面積算出処理部と、

前記三面摩耗トロッリ線の摩耗断面積に基づいて、一つの水平摩耗部および二つの傾斜摩耗部を有する三面摩耗トロッリ線と断面積が同一である水平摩耗部のみを有する水平摩耗トロッリ線の残存直径を、前記三面摩耗トロッリ線の残存直径相当値として算出する残存直径相当値算出処理部と

を含むことを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

また、上記の課題を解決するための第2の発明に係る摩耗測定装置は、

前記境界点位置算出処理部が、前記トロッリ線の下面の画像から取得した少なくとも前記一方の傾斜摩耗部の端部、前記一方の傾斜摩耗部と前記水平摩耗部との境界点、前記水平摩耗部と前記他方の傾斜摩耗部との境界点および前記他方の傾斜摩耗部の端部のピクセル位置、並びに前記トロッリ線の最下面の高さに基づいて、前記一方の傾斜摩耗部の端部、前記一方の傾斜摩耗部と前記水平摩耗部との境界点、前記水平摩耗部と前記他方の傾斜摩耗部との境界点および前記他方の傾斜摩耗部の端部の実座標を算出することを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

また、上記の課題を解決するための第3の発明に係る摩耗測定装置は、

前記境界点位置算出処理部が、前記トロッリ線の最下面の高さを、前記一方の傾斜摩耗部と前記水平摩耗部との境界点および前記水平摩耗部と前記他方の傾斜摩耗部との境界点の高さとして適用することを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

また、上記の課題を解決するための第4の発明に係る摩耗測定方法は、

電車車両の屋根上に設置された摩耗測定用カメラにより撮影したトロッリ線の下面の画像から前記トロッリ線の中心点の実座標を算出するトロッリ線中心点位置算出処理工程と、

前記電車車両の屋根上に設置されたトロッリ線最下面位置測定手段により取得した情報に基づいて前記トロッリ線の最下面の高さを求めるトロッリ線最下面高さ算出処理工程と、

前記トロッリ線の下面の画像および前記トロッリ線の最下面の高さをを用いて少なくとも一方の傾斜摩耗部の端部、前記一方の傾斜摩耗部と水平摩耗部との境界点、前記水平摩耗部と他方の傾斜摩耗部との境界点および前記他方の傾斜摩耗部の端部の実座標を算出する境界点位置算出処理工程と、

前記トロッリ線の中心点の実座標、並びに前記一方の傾斜摩耗部の端部、前記一方の傾斜摩耗部と前記水平摩耗部との境界点、前記水平摩耗部と前記他方の傾斜摩耗部との境界点および前記他方の傾斜摩耗部の端部の実座標に基づいて前記三面摩耗トロッリ線の摩耗断面積を算出する摩耗断面積算出処理工程と、

前記三面摩耗トロッリ線の摩耗断面積に基づいて、一つの水平摩耗部および二つの傾斜摩耗部を有する三面摩耗トロッリ線と断面積が同一である水平摩耗部のみを有する水平摩耗トロッリ線の残存直径を、前記三面摩耗トロッリ線の残存直径相当値として算出する残存直径相当値算出処理工程と

を含むことを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

また、上記の課題を解決するための第5の発明に係る摩耗測定方法は、

前記境界点位置算出処理工程では、前記トロッリ線の下面の画像から取得した少なくとも前記一方の傾斜摩耗部の端部、前記一方の傾斜摩耗部と前記水平摩耗部との境界点、前記水平摩耗部と前記他方の傾斜摩耗部との境界点および前記他方の傾斜摩耗部の端部のピクセル位置、並びに前記トロッリ線の最下面の高さに基づいて、前記一方の傾斜摩耗部の端部、前記一方の傾斜摩耗部と前記水平摩耗部との境界点、前記水平摩耗部と前記他方の傾斜摩耗部との境界点および前記他方の傾斜摩耗部の端部の実座標を算出する

10

20

30

40

50

ことを特徴とする。

【0013】

また、上記の課題を解決するための第6の発明に係る摩耗測定方法は、

前記境界点位置算出処理工程では、前記トロリ線の最下面の高さを、前記一方の傾斜摩耗部と前記水平摩耗部との境界点および前記水平摩耗部と前記他方の傾斜摩耗部との境界点の高さとして適用する

ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0014】

本発明に係る摩耗測定装置および摩耗測定方法によれば、三面摩耗トロリ線の残存直径相当値を求めることが可能となる。

10

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の実施例に係る摩耗測定装置の装置概要を示す説明図である。

【図2】図1に示す処理装置の構成を示すブロック図である。

【図3】図1に示す処理装置における処理の流れを示すフローチャートである。

【図4】三面摩耗トロリ線の一例を示す断面図である。

【図5】図4に示すトロリ線を撮影した画像の例を示す模式図である。

【図6】トロリ線とカメラ中心点とセンサ面との関係を示す説明図である。

【図7】残存直径相当値の算出方法を説明するための図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0016】

本発明は、電車の屋根上からトロリ線の下面の幅を撮影し、この画像を処理することでトロリ線の摩耗を測定する摩耗測定装置および摩耗測定方法であり、特に、トロリ線のパンタグラフ摺動面が相互に異なる傾斜を有する三面の面を含む場合に、トロリ線の寿命を知る指標となる残存直径相当値を測定するためのものである。

以下、図面を用いて本発明に係る摩耗測定装置および摩耗測定方法について説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

【実施例】

【0017】

図1から図7を用いて本発明の一実施例に係る摩耗測定装置および摩耗測定方法の詳細を説明する。

30

【0018】

図1に示すように、本実施例において摩耗測定装置は、電車車両（以下、単に車両と称する）10の屋根上に設置された摩耗測定用カメラとしての第一のラインセンサカメラ11と、トロリ線最下面位置測定手段としての第二のラインセンサカメラ12と、照明装置13と、車両10の内部に設置された処理装置20とを備えている。

【0019】

第一のラインセンサカメラ11は、車両10の屋根上に鉛直上向きに、その走査線方向18が枕木方向と同じ方向になるように設置されている。これにより、第一のラインセンサカメラ11はその走査線がトロリ線16を横切るようになっている。

40

【0020】

また、第二のラインセンサカメラ12は、車両10の屋根上にパンタグラフ14に向けて斜め上方向きに設置され、その走査線方向19が車両上下方向と同じ方向になるように設置されている。これにより、第二のラインセンサカメラ12はその走査線がパンタグラフ14を横切るようになっている。本実施例では、後述するトロリ線最下面高さ算出処理部20cによりトロリ線16の最下面の高さ（パンタグラフ14の上部位置15の高さ）を求める際に第二のラインセンサカメラ12を用いる。

【0021】

これら第一、第二のラインセンサカメラ11、12によって取得した画像データは処理

50

装置 20 に入力される。

【0022】

照明装置 13 は、第一のラインセンサカメラ 11 によって撮像される領域にあるトロリ線 16 を照らす。なお、図中に示す 17 はトロリ線を支持する構造物である。

【0023】

処理装置 20 は、例えば、コンピュータなどの装置であり、装置構成としては、演算装置、記憶装置、入出力装置などからなり、機能構成としては、図 2 に示す構成となっている。

【0024】

以下、図 2 から図 7 を用いて処理装置 20 における処理の詳細を説明する。

10

処理装置 20 は、図 2 に示すように、ラインセンサ画像作成部 20a と、トロリ線中心点位置算出処理部 20b と、トロリ線最下面高さ算出処理部 20c と、境界点位置算出処理部 20d と、摩耗断面積算出処理部 20e と、残存直径相当値算出処理部 20f と、記憶手段としてのメモリ M1, M2 とから構成されている。

【0025】

処理装置 20 は、図 3 に示すフローチャートに従い、第一のラインセンサカメラ 11 および第二のラインセンサカメラ 12 から入力された画像信号を画像処理してトロリ線摩耗部の残存直径相当値 H (図 7 参照) を算出する。

【0026】

すなわち、処理装置 20 では、まず第一のラインセンサカメラ 11 から入力された画像信号、第二のラインセンサカメラ 12 から入力された画像信号が、それぞれラインセンサ画像作成部 20a にて時系列に並べられ、ラインセンサ画像 I1, ラインセンサ画像 I2 としてメモリ M1 へ保存される (ステップ S1)。

20

【0027】

ここで、ラインセンサ画像 I1 上において、トロリ線 16 は例えば図 5 に示すように表示される。本実施例では図 5 に示す背景 21 とトロリ線 16 との境界であるトロリ線 16 の左端 p1, 非摩耗部 16d と傾斜摩耗部 16b の境界点 (摩耗部端部) p2, 傾斜摩耗部 16b と水平摩耗部 16a の境界点 p'3, 水平摩耗部 16a と傾斜摩耗部 16c の境界点 p3, 傾斜摩耗部 16c と非摩耗部 16e の境界点 (摩耗部端部) p4, トロリ線 16 と背景 21 との境界であるトロリ線 16 の右端 p5 (図 4 に示す点 P1, P2, P'3, P3, P4, P5 に対応。以下、p1 ~ p5 を単に「境界点」という) のピクセル位置 px1, px2, px'3, px3, px4, px5 [pix] を、ラインセンサ画像 I1 を画像処理することによりシステムが自動で設定する、またはユーザが GUI 上で設定する等により付与するものとする。また、カメラパラメータ (焦点距離、センサ素子数およびセンサ幅) は予め設定されているものとする。

30

【0028】

ステップ S1 に続いては、ラインセンサ画像 I1 に基づき設定した境界点 p1, p5 のピクセル位置 px1, px5 がメモリ M2 を経てカメラパラメータと共にトロリ線中心点位置算出処理部 20b へ送られ、トロリ線 16 の中心点 p0 の実座標 P0 (x0, y0) が算出される (ステップ S2)。

40

【0029】

具体的に説明すると、まず、ラインセンサ画像 I1 上の境界点 p1, p5 のピクセル位置 px1, px5 を図 6 に示すセンサ面座標 u1, u5 [mm] に変換する。以下では簡単のため、レンズ歪みがないときの計算式を示す。

ここで、1 素子当たりのセンサ幅が u のとき、センサ面 2a の左端を原点としてピクセル位置 px1, px5 は下式 (1) によりセンサ面座標 u1', u5' [mm] に変換される。さらに、センサ面 2a の中心を原点、センサ面の幅を U とすると、センサ面上の座標 u1, u5 [mm] は下式 (2) に変換される。ただし、下式 (1), (2) ではピクセル位置 px1, px5 を px、センサ面座標 u1', u5' を u'、センサ面座標 u1, u5 を u として示している。

50

$$u' = u \times p \times \dots (1)$$

$$u = u' - U / 2 \dots (2)$$

なお、このときレンズの歪みを考慮して変換することでより高精度の結果が得られる。

【0030】

以上のようにラインセンサ画像 I 1 上の境界点 p 1 , p 5 のピクセル位置 p x 1 , p x 5 からセンサ面座標 u 1 , u 5 を求めた後、図 6 に示すように、センサ面座標 u 1 とカメラ中心点 C を通る直線 L 1、センサ面座標 u 5 とカメラ中心点 C を通る直線 L 5 の式を求める。ただしこのとき、座標原点はカメラ中心点 C とする。

【0031】

直線 L 1 , L 5 の式は焦点距離 f を用いて下式 (3) で求められる。また、直線 L 1 , L 5 の傾き a 1 , a 5 は a 1 = f / u 1、 a 5 = f / u 5 であり、水平方向 (x 方向) に対する直線 L 1 , L 5 の角度 1 , 5 は下式 (4) で求められる。ただし、下式 (3) , (4) では直線 L 1 , L 5 を L、センサ面座標 u 1 , u 5 を u、直線 L 1 , L 5 の傾き a 1 , a 5 を a、 x 方向に対する直線 L 1 , L 5 の傾き 1 , 5 を として示している。

$$y = a x = (f / u) x \dots (3)$$

$$= \arctan(f / u) \dots (4)$$

【0032】

以上により求めた直線 L 1 , L 5 の式、直線 L 1 , L 5 の傾き a 1 , a 5 および x 方向に対する直線 L 1 , L 5 の傾き 1 , 5 を用いてトリ線 1 6 の中心点 p 0 の実座標 P 0 (x 0 , y 0) を求める。

すなわち、図 6 に示すように、トリ線 1 6 の中心点 p 0 の実座標 P 0 とカメラ中心点 C を通る直線 L 0 を考えると、 x 方向に対する直線 L 0 の角度 0 は 0 = (1 + 5) / 2 であることから、直線 L 0 の式は下式 (5) で求められる。

$$y = a 0 x = \tan(0) x \dots (5)$$

さらに、この直線 L 0 上にあるトリ線 1 6 の中心点 P 0 (x 0 , y 0) から直線 L 1 までの距離と、トリ線の半径 r [mm] とが等しいことから、トリ線 1 6 の中心点 P 0 の x 座標 x 0 は下式 (6) により求まる。また、 y 0 = a 0 x 0 から、 y 0 も求まる。なお、式 (6) は下式 (7) に示す「点と直線の距離 d の公式」を用いて求めた。

【0033】

【数 1】

$$x_0 = \frac{r \times \sqrt{1 + (a_1)^2}}{a_0 - a_1} \dots (6)$$

$$d = \frac{|y_0 - ax_0 - b|}{\sqrt{1 + a^2}} \quad \text{ただし、切片 } b = 0 \dots (7)$$

【0034】

以上により、トリ線 1 6 の中心点 p 0 の実座標 P 0 (x 0 , y 0) が求められた。

【0035】

ステップ S 2 に続いては、図 2 に示すように、境界点位置算出処理部 2 0 d へカメラパラメータと共にラインセンサ画像 I 1 上の境界点 p 1 ~ p 5 のピクセル位置 p x 1 ~ p x 5 がメモリ M 2 を経て送られると、図 3 に示すように、境界点位置算出処理部 2 0 d は境界点 6 点 (p 1 , p 2 , p ' 3 , p 3 , p 4 , p 5) の実座標 P 1 (x 1 , y 1) , P 2 (x 2 , y 2) , P ' 3 (x ' 3 , y ' 3) , P 3 (x 3 , y 3) , P 4 (x 4 , y 4) , P 5 (x 5 , y 5) を求める (ステップ S 3)。

【0036】

具体的には、まず、境界点 p 1 , p 5 の実座標 P 1 , P 5 を求める。実座標 P 1 , P 5 は、トリ線 1 6 と直線 L 1 , L 5 との接点であるという条件を利用して求める。すなわち、トリ線 1 6 の中心点 P 0 (x 0 , y 0) を通る直線 L 1 の垂線 y = (- 1 / a 1) x + (1 / a 1) x 0 + y 0 と直線 L 1 (y = a 1 x) との交点が P 1、トリ線 1 6 の中心点 P

10

20

30

40

50

0 (x_0, y_0) を通る直線 L 5 の垂線 $y = (- 1 / a_5) x + (1 / a_5) x_0 + y_0$ と直線 L 5 ($y = a_5 x$) との交点が P 5 となる。実座標 P 1 , P 5 の x 座標 , y 座標 (高さ) は、それぞれ下式 (8) , (9) で求まる。ただし、下式 (8) および (9) では実座標 P 1 , P 5 の x 座標である x_1, x_5 を x として示し、実座標 P 1 , P 5 の y 座標である y_1, y_5 を y として示し、直線 L 1 , L 5 の傾き a_1, a_5 を a として示している。

【 0 0 3 7 】

【 数 2 】

$$x = \frac{x_0 + ay_0}{a^2 + 1} \quad \dots (8)$$

$$y = ax \quad \dots (9)$$

10

【 0 0 3 8 】

次に、境界点 p 2 , p 4 の実座標 P 2 , P 4 を求める。直線 L 2 , L 4 の式 ($y = a_2 x, y = a_4 x$) は L 1 , L 5 と同様に示して求める。図 4 からわかるように境界点 p 2 , p 4 の実座標 P 2 , P 4 はトロリ線 1 6 の円周上の点であることから、下式 (10) に示すトロリ線 1 6 の中心点 P 0 (x_0, y_0) を中心とする半径 r の円と直線 L 2 , L 4 との交点として求めることができる。ただし、下式 (10) では実座標 P 2 , P 4 の x 座標である x_2, x_4 を x として示し、直線 L 2 , L 4 の傾き a_2, a_4 を a として示している。

【 0 0 3 9 】

【 数 3 】

$$x = \frac{x_0 + ay_0 \pm \sqrt{(x_0 + ay_0)^2 - (1 + a^2)(x_0^2 + y_0^2 - r^2)}}{1 + a^2} \quad \dots (10)$$

20

【 0 0 4 0 】

実座標 P 2 , P 4 の y 座標である y_2, y_4 は $y_2 = a_2 x_2, y_4 = a_4 x_4$ から求められる。

以上により、実座標 P 2 (x_2, y_2) , P 4 (x_4, y_4) が得られた。

【 0 0 4 1 】

続いて、境界点 p 3 , p ' 3 の実座標 P 3 , P ' 3 を求める。まず、実座標 P 3 , P ' 3 の y 座標である $y_3, y ' 3$ を求める。ここで、境界点 p 3 , p ' 3 は、トロリ線の円周上の点ではなく、かつ、他の境界点 p 1 , p 2 , p 4 , p 5 の中に、境界点 p 3 , p ' 3 と同じ高さの境界点は存在しない。そこで、図 2 に示すように、トロリ線最下面高さ算出処理部 2 0 c においてメモリ M 2 を経て送られるカメラパラメータおよびラインセンサ画像 I 2 に基づき、例えば、上記特許文献 3 の手法を利用してトロリ線最下面高さを求める。すなわち、境界点 p 3 , p ' 3 はトロリ線 1 6 の最下面と同一の高さであるので、トロリ線 1 6 の最下面の高さを求め、これを境界点位置算出処理部 2 0 d に送り、境界点 p 3 , p ' 3 の高さ $y_3, y ' 3$ として適用する。高さ y が求めれば、 $x = (u / f) y$ として境界点 p 3 , p ' 3 の偏位 $x_3, x ' 3$ を求めることができる。

30

以上で、三面摩耗トロリ線の境界点 6 点の偏位 x と高さ y が求められた。

40

【 0 0 4 2 】

次いで、図 2 に示すように、摩耗断面積算出処理部 2 0 e へトロリ線 1 6 の中心点 p 0 の実座標 P 0 および境界点 p 2 , p ' 3 , p 3 , p 4 の実座標 P 2 , P ' 3 , P 3 , P 4 がメモリ M 2 を経て送られると、摩耗断面積算出処理部 2 0 e は、図 3 に示すように摩耗断面積の算出を行う (ステップ S 4) 。

【 0 0 4 3 】

以下に、摩耗断面積を算出する処理を具体的に説明する。

まず、実座標 P 0 , P 2 , P ' 3 , P 3 , P 4 の位置ベクトルを

【数4】

$$\vec{v}_0 = \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix}, \vec{v}_1 = \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \end{pmatrix}, \vec{v}_2 = \begin{pmatrix} x'_3 \\ y'_3 \end{pmatrix}, \vec{v}_3 = \begin{pmatrix} x_3 \\ y_3 \end{pmatrix}, \vec{v}_4 = \begin{pmatrix} x_4 \\ y_4 \end{pmatrix}$$

とする。

【0044】

このとき、多角形 P₀P₂P'₃P₃P₄ の面積 S_a は、外積を用いて下式 (11) により求められる。

【数5】

$$S_a = \frac{1}{2} \left| \sum_{i=0}^4 \vec{v}_i \times \vec{v}_{i+1} \right| \quad \text{ただし、} \vec{v}_{4+1} = \vec{v}_0 \text{ とする。} \quad \dots (11)$$

10

【0045】

一方、図4に示すように、下式 (12), (13) に示す平面ベクトルを用いると、P₂P₀P₄ の角度 θ₀ は、下式 (14) で求められる。

【数6】

$$\vec{a} = \overrightarrow{P_0P_2} \quad \dots (12)$$

$$\vec{b} = \overrightarrow{P_0P_4} \quad \dots (13)$$

$$\theta_0 = \arccos \left(\frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}| |\vec{b}|} \right) \quad \dots (14)$$

20

【0046】

また、扇形 P₀P₂P₄ の面積 S_b は、下式 (15) で求められる。

【数7】

$$S_b = \frac{1}{2} r^2 \theta_0 \quad \text{ただし、} r \text{ はトロリ線の半径} \quad \dots (15)$$

30

以上より、摩耗断面積 S は、下式 (16) で求められる。

$$S = S_b - S_a \quad \dots (16)$$

【0047】

次いで、図2に示すように、残存直径相当値算出処理部 20f へ摩耗断面積 S がメモリ M2 を経て送られると、残存直径相当値算出処理部 20f は、図3に示すように、残存直径相当値の算出を行う (ステップ S5)。

【0048】

以下、三面摩耗トロリ線 16 の残存直径相当値 H を求める方法を説明する。

まず、図7の右側に示すように水平摩耗部 16a のみを有する水平摩耗トロリ線 16_A の摩耗断面積 S_A を求める式は、水平摩耗トロリ線 16_A の半径 r と、摩耗角 α を用いて、

40

【0049】

【数8】

$$S_A = \frac{r^2}{2} (\alpha - \sin \alpha) \quad \dots (17)$$

【0050】

ここで、下式 (18) とおいて、図7の左側に示す三面摩耗トロリ線 16 の摩耗断面積 S が既知であれば、下式 (18) の S に摩耗断面積 S_A を代入しニュートン法を適用して、下式 (19) により摩耗角 α を算出することができる。

50

【 0 0 5 1 】

【数 9】

$$f(\alpha) = \frac{r^2}{2}(\alpha - \sin \alpha) - S \quad \dots (18)$$

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i - \frac{f(\alpha_i)}{f'(\alpha_i)} \quad \dots (19)$$

【 0 0 5 2 】

以上により、摩耗断面積算出処理部 20 e により求めた三面摩耗トロリ線 16 の断面積 S と同面積となる摩耗断面積 S_A を有する水平摩耗トロリ線 16_A の摩耗角 が求められる

10

。求められた摩耗角 より、残存直径相当値 H は下式 (20) で求められる。

【 0 0 5 3 】

【数 10】

$$H = r + r \cos \frac{\alpha}{2} \quad \dots (20)$$

【 0 0 5 4 】

以上により、既知である三面摩耗トロリ線 16 の摩耗断面積 S と同面積となる摩耗断面積 S_A を有する水平摩耗トロリ線 16_A の残存直径値、すなわち三面摩耗トロリ線 16 の残存直径相当値 H が求められる。

20

【 0 0 5 5 】

なお、本発明に係るトロリ線摩耗測定装置およびトロリ線摩耗測定方法は、上述した実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能であることは言うまでもない。

【 0 0 5 6 】

例えば、上述した実施例では、境界点位置算出処理部 20 d において境界点 p 1 , p 2 , p ' 3 , p 3 , p 4 , p 5 の実座標 P 1 (x 1 , y 1) , P 2 (x 2 , y 2) , P ' 3 (x ' 3 , y ' 3) , P 3 (x 3 , y 3) , P 4 (x 4 , y 4) , P 5 (x 5 , y 5) の算出を行う例を示したが、境界点位置算出処理部 20 d では少なくとも境界点 p 2 , p ' 3 , p 3 , p 4 の実座標 P 2 (x 2 , y 2) , P ' 3 (x ' 3 , y ' 3) , P 3 (x 3 , y 3) , P 4 (x 4 , y 4) の算出を行えばよい。

30

【 0 0 5 7 】

上述した本実施例に係るトロリ線摩耗測定装置およびトロリ線摩耗測定方法によれば、水平摩耗部 16 a と傾斜摩耗部 16 b , 16 c を有する三面摩耗トロリ線 16 であっても、その残存断面積 S に基づき水平摩耗部 16 a 及び傾斜摩耗部 16 b , 16 c を考慮した残存直径相当値 H を算出することができるため、トロリ線 16 の抗張力を正確に把握することが可能となる。

【 0 0 5 8 】

また、残存直径相当値 H は、通常の水平摩耗トロリ線 16_A の残存直径値と同列に扱うことができるため、三面摩耗トロリ線 16 と通常の水平摩耗トロリ線 16_A を一元管理することができるという利点もある。

40

【 0 0 5 9 】

なお、本実施例ではトロリ線最下面高さ算出処理部 20 c において上記特許文献 3 の手法を利用してトロリ線の最下面の高さを求める例を示したが、トロリ線の最下面の高さは、他の手法を用いて求めてもよい。

【符号の説明】

【 0 0 6 0 】

10 車両

11 第一のラインセンサカメラ

50

| | | |
|-------------------------------------|--------------------|----|
| 1 2 | 第二のラインセンサカメラ | |
| 1 3 | 照明装置 | |
| 1 4 | パンタグラフ | |
| 1 5 | パンタグラフの上部位置 | |
| 1 6 | トロリ線 | |
| 1 6 a | 水平摩耗部 | |
| 1 6 b , 1 6 c | 傾斜摩耗部 | |
| 1 6 d , 1 6 e | 非摩耗部 | |
| 1 7 | 構造物 | |
| 1 8 | 第一のラインセンサカメラの走査線方向 | 10 |
| 1 9 | 第二のラインセンサカメラの走査線方向 | |
| 2 0 | 処理装置 | |
| 2 0 a | ラインセンサ画像作成部 | |
| 2 0 b | トロリ線中心点位置算出処理部 | |
| 2 0 c | トロリ線最下面高さ算出処理部 | |
| 2 0 d | 境界点位置算出処理部 | |
| 2 0 e | 摩耗断面積算出処理部 | |
| 2 0 f | 残存直径相当値算出処理部 | |
| 2 1 | 背景 | |
| M 1 , M 2 | 記憶手段としてのメモリ | 20 |
| P 0 | トロリ線中心点の実座標 | |
| p 1 , p 2 , p ' 3 , p 3 , p 4 , p 5 | 画像上の境界点 | |
| P 1 , P 2 , P ' 3 , P 3 , P 4 , P 5 | 境界点の実座標 | |

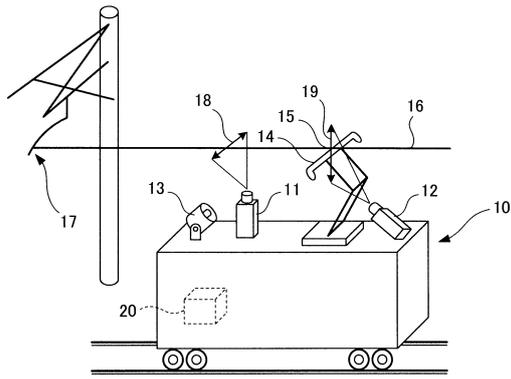
【要約】

【課題】三面摩耗トロリ線の残存直径相当値を求めることが可能な摩耗測定装置および摩耗測定方法を提供する。

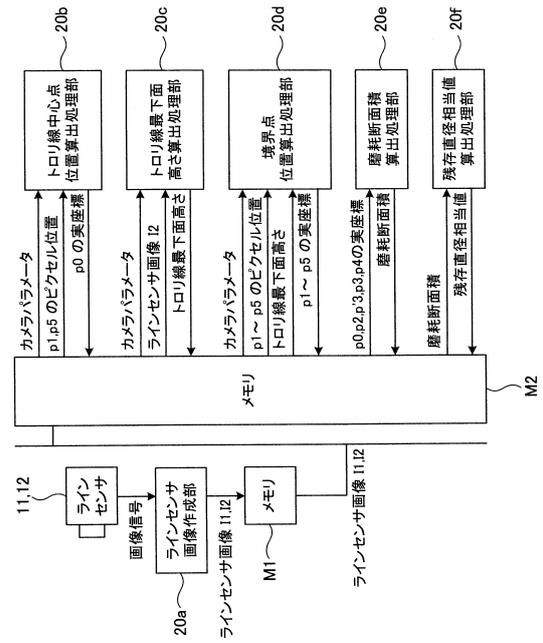
【解決手段】車両 1 0 の屋根上に設置された第一、第二のラインセンサカメラ 1 1 , 1 2 によって撮影した画像 I 1 , I 2 を解析して画像 I 1 からトロリ線中心点の実座標 P 0 を算出し、トロリ線最下面位置測定手段によって取得した情報に基づいてトロリ線 1 6 の最下面の高さを求め、画像 I 1 およびトロリ線 1 6 の最下面の高さを用いて境界点 p 1 ~ p 5 の実座標 P 0 ~ P 5 を算出し、実座標 P 0 ~ P 5 に基づいて三面摩耗トロリ線 1 6 の摩耗断面積 S を算出し、三面摩耗トロリ線 1 6 の摩耗断面積 S に基づいて三面摩耗トロリ線 1 6 と断面積が同一である水平摩耗部 1 6 a のみを有する水平摩耗トロリ線 1 6_A の残存直径を、三面摩耗トロリ線 1 6 の残存直径相当値 H として算出するようにした。

【選択図】図 7

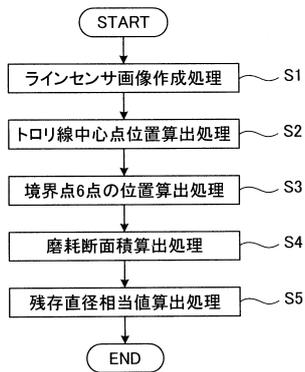
【図1】



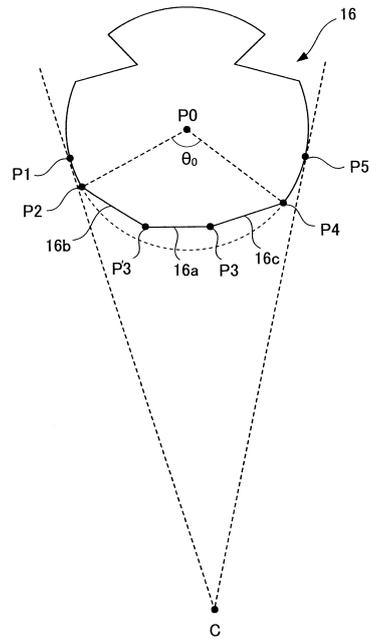
【図2】



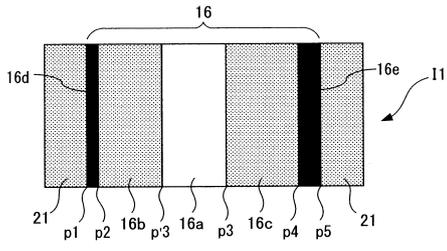
【図3】



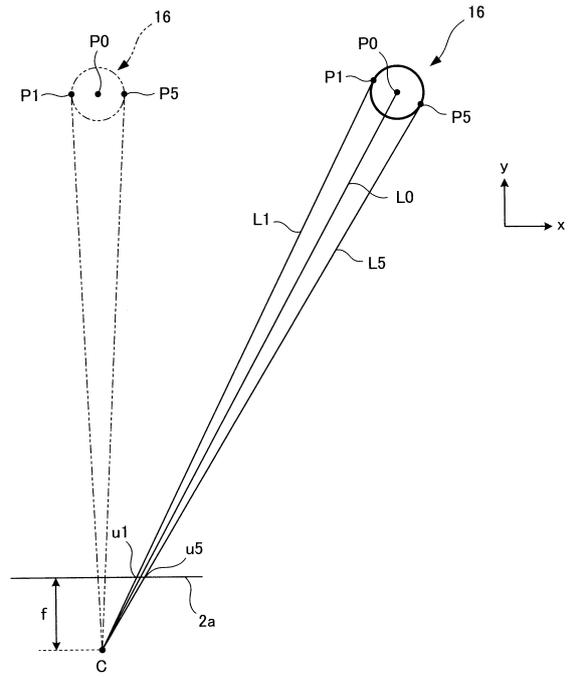
【図4】



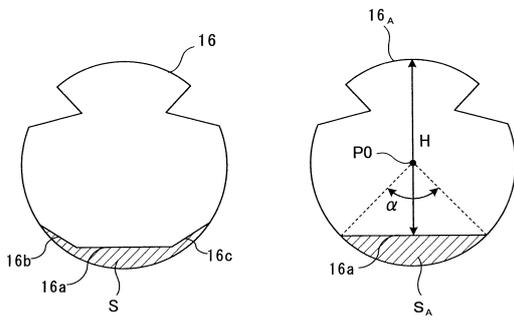
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2016-142540(JP, A)
特許第4635657(JP, B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

| | |
|---------|-----------------------|
| G 0 1 B | 1 1 / 0 0 - 1 1 / 3 0 |
| | 2 1 / 0 0 - 2 1 / 3 2 |
| B 6 0 M | 1 / 2 8 |
| G 0 6 T | 7 / 6 2 |