

(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
2020年6月25日(25.06.2020)



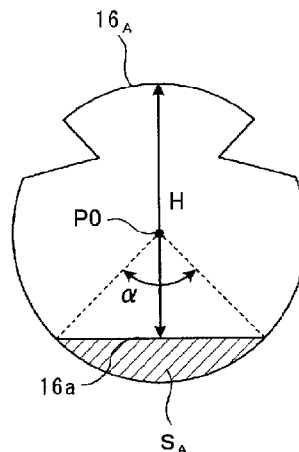
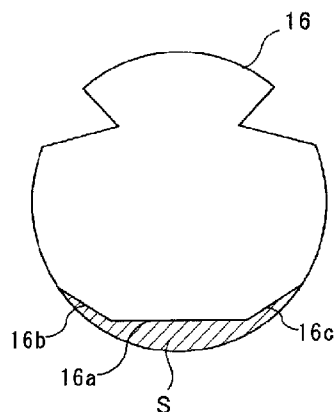
(10) 国際公開番号

WO 2020/129368 A1

- (51) 国際特許分類:
G01B 11/08 (2006.01) *G01B 21/00* (2006.01)
B60M 1/28 (2006.01) *G06T 7/62* (2017.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/039980
- (22) 国際出願日: 2019年10月10日(10.10.2019)
- (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 2018-237222 2018年12月19日(19.12.2018) JP
- (71) 出願人: 株式会社明電舎 (MEIDENSHA CORPORATION) [JP/JP]; 〒1416029 東京都品川区大崎2丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 亀山 悟 (KAMEYAMA Satoru); 〒1416029 東京都品川区大崎2丁目1番1号 株式会社明電舎内 Tokyo (JP). 渡部 勇介 (WATABE Yusuke); 〒1416029 東京都品川区大崎2丁目1番1号 株式会社明電舎内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 園田・小林特許業務法人 (SONODA & KOBAYASHI INTELLECTUAL PROPERTY LAW); 〒1630434 東京都新宿区西新宿二丁目1番1号 新宿三井ビル34階 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) Title: WEAR MEASUREMENT DEVICE AND WEAR MEASUREMENT METHOD

(54) 発明の名称: 摩耗測定装置および摩耗測定方法



(57) Abstract: [Problem] To provide a wear measurement device and wear measurement method that make it possible to determine a value equivalent to the remaining diameter of a trolley wire having three wear surfaces. [Solution] Images I1, I2 photographed by first and second line sensor cameras 11, 12 disposed on the roof of a vehicle 10 are analyzed, and real coordinates P0 of the central point of a trolley wire are calculated from image I1. The height of the lowermost surface of the trolley wire 16 is determined on the basis of information acquired by a trolley-wire lowermost-surface-position measurement means. The real coordinates P0-P5 of boundary points p1-p5 are calculated using image I1 and the height of the lowermost surface of the trolley wire 16. The cross-sectional wear area S of the trolley wire 16, which has three wear surfaces, is calculated on the basis of the real coordinates P0-P5. On the basis of the cross-sectional wear area S of the three-wear-surface trolley wire 16, the remaining diameter of a horizontal-wear trolley wire 16A that has the same cross-sectional area as that of the three-wear-surface trolley wire 16 and only has a horizontal wear part 16a is calculated as a value H

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

equivalent to the remaining diameter of the three-wear-surface trolley wire 16.

(57) 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10の屋根上に設置された第一、第二のラインセンサカメラ11, 12によって撮影した画像11, 12を解析して画像11からトロリ線中心点の実座標P0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16の最下面の高さを求め、画像11およびトロリ線16の最下面の高さを用いて境界点p1～p5の実座標P0～P5を算出し、実座標P0～P5に基づいて三面摩耗トロリ線16の摩耗断面積Sを算出し、三面摩耗トロリ線16の摩耗断面積Sに基づいて三面摩耗トロリ線16と断面積が同一である水平摩耗部16aのみを有する水平摩耗トロリ線16_Aの残存直径を、三面摩耗トロリ線16の残存直径相当値Hとして算出するようにした。

明 細 書

発明の名称： 摩耗測定装置および摩耗測定方法

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 4 6 3 5 6 5 7 号公報

特許文献2：特開 2 0 1 6 - 1 4 2 5 4 0 号公報

特許文献3：特許第 5 4 1 8 1 7 6 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 1 6 a の両側に傾斜摩耗部 1 6 b, 1 6 c 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リ線の残存直径を、前記三面摩耗トロ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。

[0009] 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。

[0010] 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。

[0011] 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工程と、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工程と、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工程と、前記三面摩耗トロ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リ線の残存直径を、前記三面摩耗トロ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。

[0012] 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。

[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。

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。

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

つの面を含む場合に、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。

[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。

[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。

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11、ラインセンサ画像12としてメモリM1へ保存される（ステップS1）。

[0027] ここで、ラインセンサ画像11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 $p \times 1$ 、 $p \times 2$ 、 $p \times '3$ 、 $p \times 3$ 、 $p \times 4$ 、 $p \times 5$ [pix]を、ラインセンサ画像11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。

[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 $p \times 1$, $p \times 5$ がメモリM2を経てカメラパラメータと共にトリ線中心点位置算出処理部20bへ送られ、トリ線16の中心点p0の実座標P0 (x_0 , y_0) が算出される（ステップS2）。

[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 $p \times 1$, $p \times 5$ 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 Δu のとき、センサ面2aの左端を原点としてピクセル位置 $p \times 1$, $p \times 5$ 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 $p \times 1$, $p \times 5$ を $p \times$ 、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。

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

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

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I1上の境界点p1, p5のピクセル位置 $p \times 1$, $p \times 5$ からセンサ面座標u1, u5を求めた後、図6に示すように、センサ面座標u1とカメラ中心点Cを通る直線L1、センサ面座標u5とカメラ中心点Cを通る直線L5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L1, L5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 θ_1 、 θ_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 θ_1 、 θ_5 を θ として示している。

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

$$\theta = \arctan(f / u) \quad \cdots (4)$$

[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 θ_1 、 θ_5 を用いてトロリ線16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、トロリ線16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 θ_0 は $\theta_0 = (\theta_1 + \theta_5) / 2$ であることから、直線 L_0 の式は下式（5）で求められる。

$$y = a_0 x = \tan(\theta_0) x \quad \cdots (5)$$

さらに、この直線 L_0 上にあるトロリ線16の中心点 $P_0(x_0, y_0)$ から直線 L_1 までの距離と、トロリ線の半径 r [mm] とが等しいことから、トロリ線16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]

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

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

[0034] 以上により、トロリ線16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S2に続いては、図2に示すように、境界点位置算出処理部20

dへカメラパラメータと共にラインセンサ画像I1上の境界点p1～p5のピクセル位置px1～px5がメモリM2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20dは境界点6点(p1, p2, p'3, p3, p4, p5)の実座標P1(x1, y1), P2(x2, y2), P'3(x'3, y'3), P3(x3, y3), P4(x4, y4), P5(x5, y5)を求める(ステップS3)。

[0036] 具体的には、まず、境界点p1, p5の実座標P1, P5を求める。実座標P1, P5は、トロリ線16と直線L1, L5との接点であるという条件を利用して求める。すなわち、トロリ線16の中心点P0(x0, y0)を通る直線L1の垂線 $y = (-1/a_1)x + (1/a_1)x_0 + y_0$ と直線L1($y = a_1x$)との交点がP1、トロリ線16の中心点P0(x0, y0)を通る直線L5の垂線 $y = (-1/a_5)x + (1/a_5)x_0 + y_0$ と直線L5($y = a_5x$)との交点がP5となる。実座標P1, P5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P1, P5のx座標であるx1, x5をxとして示し、実座標P1, P5のy座標であるy1, y5をyとして示し、直線L1, L5の傾きa1, a5をaとして示している。

[0037] [数2]

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

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

[0038] 次に、境界点p2, p4の実座標P2, P4を求める。直線L2, L4の式($y = a_2x$, $y = a_4x$)はL1, L5と同様にして求める。図4からわかるように境界点p2, p4の実座標P2, P4はトロリ線16の円周上の点であることから、下式(10)に示すトロリ線16の中心点P0(x0, y0)を中心とする半径rの円と直線L2, L4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P2, P4のx座標であるx2, x4をxとして示し、直線L2, L4の傾きa2, a4をaとして示している。

[0039] [数3]

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

[0040] 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。

[0041] 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 20c 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 16 の最下面と同一の高さであるので、トロリ線 16 の最下面の高さを求め、これを境界点位置算出処理部 20d 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。

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。

[0042] 次いで、図 2 に示すように、摩耗断面積算出処理部 20e へトロリ線 16 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 20e 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）。

[0043] 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 $P_0 P_2 P'_3 P_3 P_4$ 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]

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

[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、 $\angle P_2 P_0 P_4$ の角度 θ_0 は、下式 (14) で求められる。

[数6]

$$\vec{a} = \overrightarrow{P_0 P_2} \quad \dots (12)$$

$$\vec{b} = \overrightarrow{P_0 P_4} \quad \dots (13)$$

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

[0046] また、扇形 $P_0 P_2 P_4$ の面積 S_b は、下式 (15) で求められる。

[数7]

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

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、下式 (17) となる。

[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 1 6 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。

[0051] [数9]

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

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

[0052] 以上により、摩耗断面積算出処理部 2 0 e により求めた三面摩耗トロリ線 1 6 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 1 6_A の摩耗角 α が求められる。

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

[0053] [数10]

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

[0054] 以上により、既知である三面摩耗トロリ線 1 6 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 1 6_A の残存直径値、すなわち三面摩耗トロリ線 1 6 の残存直径相当値 H が求められる。

[0055] 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。

[0056] 例えば、上述した実施例では、境界点位置算出処理部 2 0 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 2 0 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), $P3(x_3, y_3)$, $P4(x_4, y_4)$ の算出を行えばよい。

[0057] 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 16a と傾斜摩耗部 16b, 16c 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 16a 及び傾斜摩耗部 16b, 16c 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。

[0058] 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。

[0059] なお、本実施例ではトロリ線最下面高さ算出処理部 20c 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

- [0060]
- 10 車両
 - 11 第一のラインセンサカメラ
 - 12 第二のラインセンサカメラ
 - 13 照明装置
 - 14 パンタグラフ
 - 15 パンタグラフの上部位置
 - 16 トロリ線
 - 16a 水平摩耗部
 - 16b, 16c 傾斜摩耗部
 - 16d, 16e 非摩耗部
 - 17 構造物
 - 18 第一のラインセンサカメラの走査線方向
 - 19 第二のラインセンサカメラの走査線方向
 - 20 処理装置
 - 20a ラインセンサ画像作成部

20b トロリ線中心点位置算出処理部

20c トロリ線最下面高さ算出処理部

20d 境界点位置算出処理部

20e 摩耗断面積算出処理部

20f 残存直径相当値算出処理部

21 背景

M1, M2 記憶手段としてのメモリ

P0 トロリ線中心点の実座標

p1, p2, p'3, p3, p4, p5 画像上の境界点

P1, P2, P'3, P3, P4, P5 境界点の実座標

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リ線の残存直径を、前記三

面摩耗トロ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。

[請求項3] 前記境界点位置算出処理部が、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工程と、

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工程と、

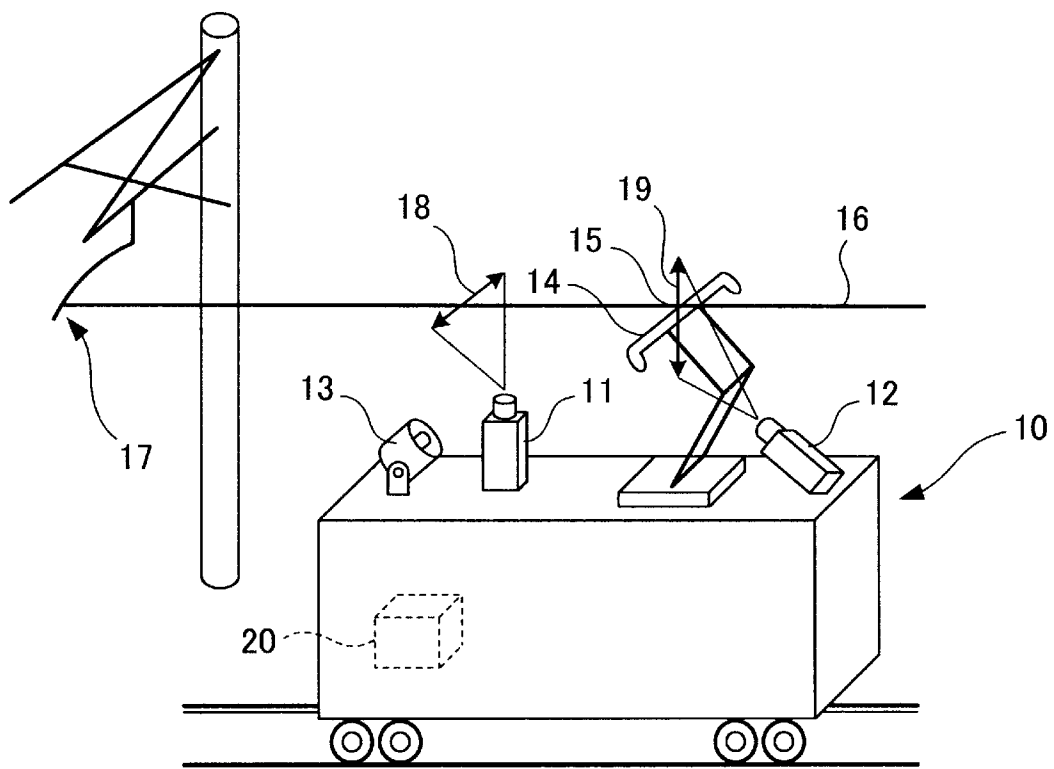
前記三面摩耗トロリ線の摩耗断面積に基づいて、一つの水平摩耗部および二つの傾斜摩耗部を有する三面摩耗トロリ線と断面積が同一である水平摩耗部のみを有する水平摩耗トロリ線の残存直径を、前記三面摩耗トロリ線の残存直径相当値として算出する残存直径相当値算出処理工程と

を含むことを特徴とする摩耗測定方法。

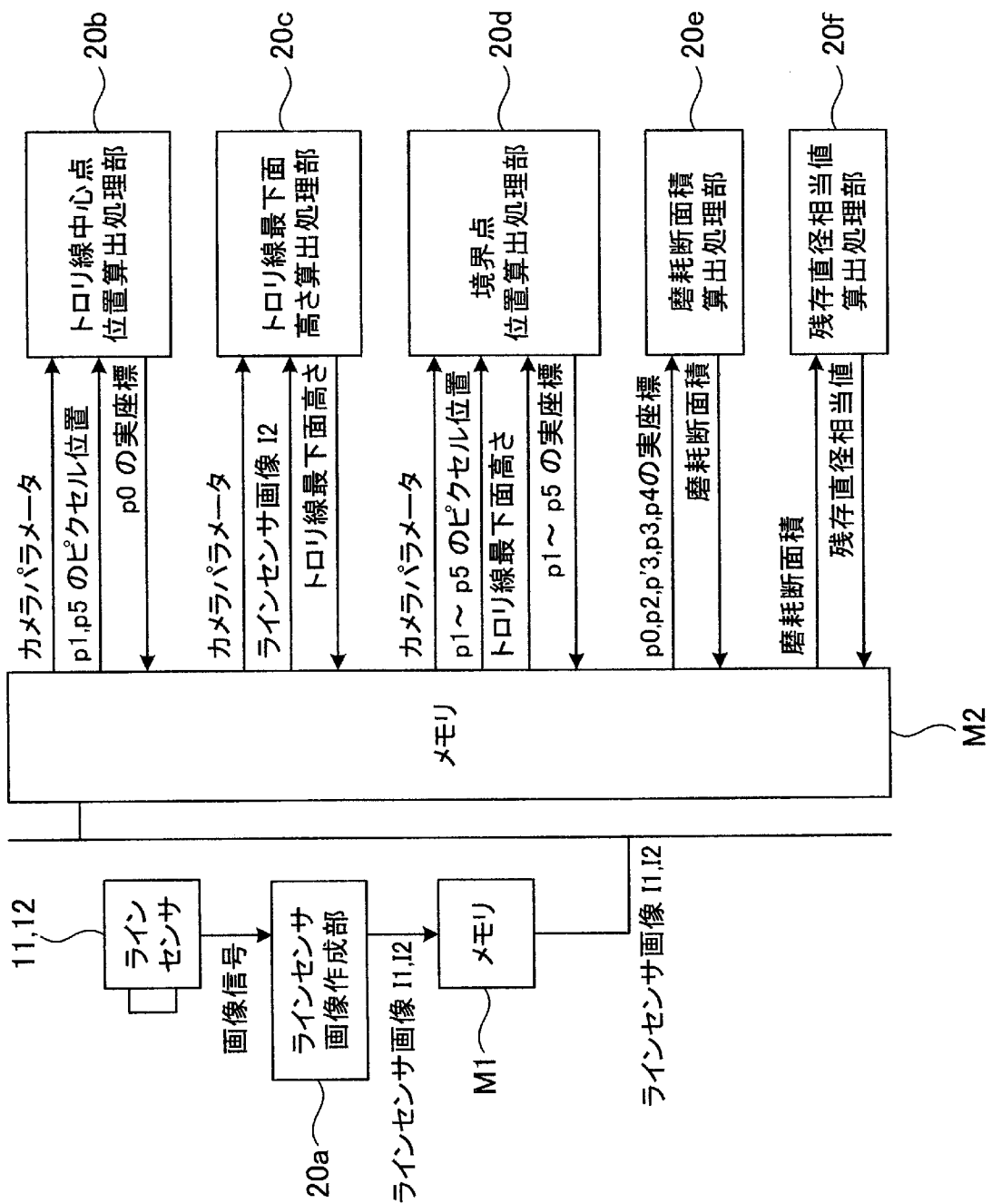
[請求項5] 前記境界点位置算出処理工程では、前記トロリ線の下面の画像から取得した少なくとも前記一方の傾斜摩耗部の端部、前記一方の傾斜摩耗部と前記水平摩耗部との境界点、前記水平摩耗部と前記他方の傾斜摩耗部との境界点および前記他方の傾斜摩耗部の端部のピクセル位置、並びに前記トロリ線の最下面の高さに基づいて、前記一方の傾斜摩耗部の端部、前記一方の傾斜摩耗部と前記水平摩耗部との境界点、前記水平摩耗部と前記他方の傾斜摩耗部との境界点および前記他方の傾斜摩耗部の端部の実座標を算出することを特徴とする請求項4記載の摩耗測定方法。

[請求項6] 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請求項5記載の摩耗測定方法。

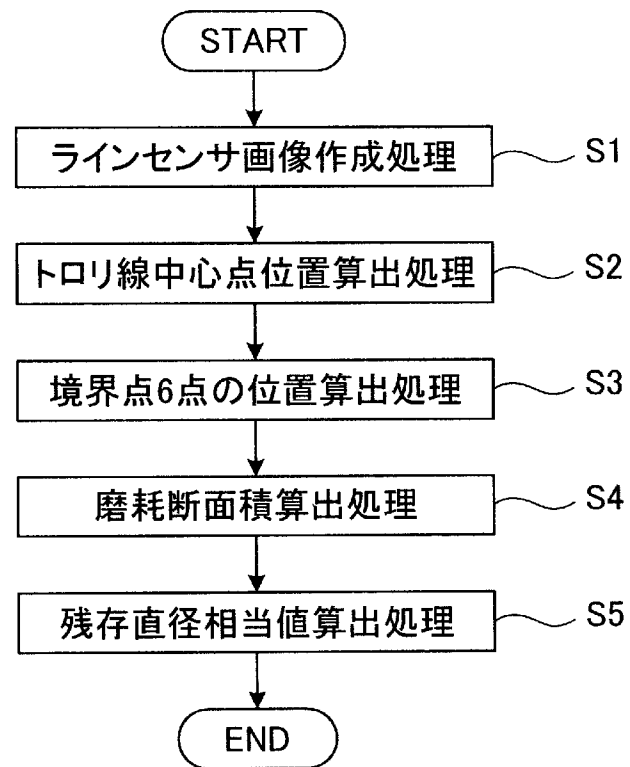
[図1]



[図2]

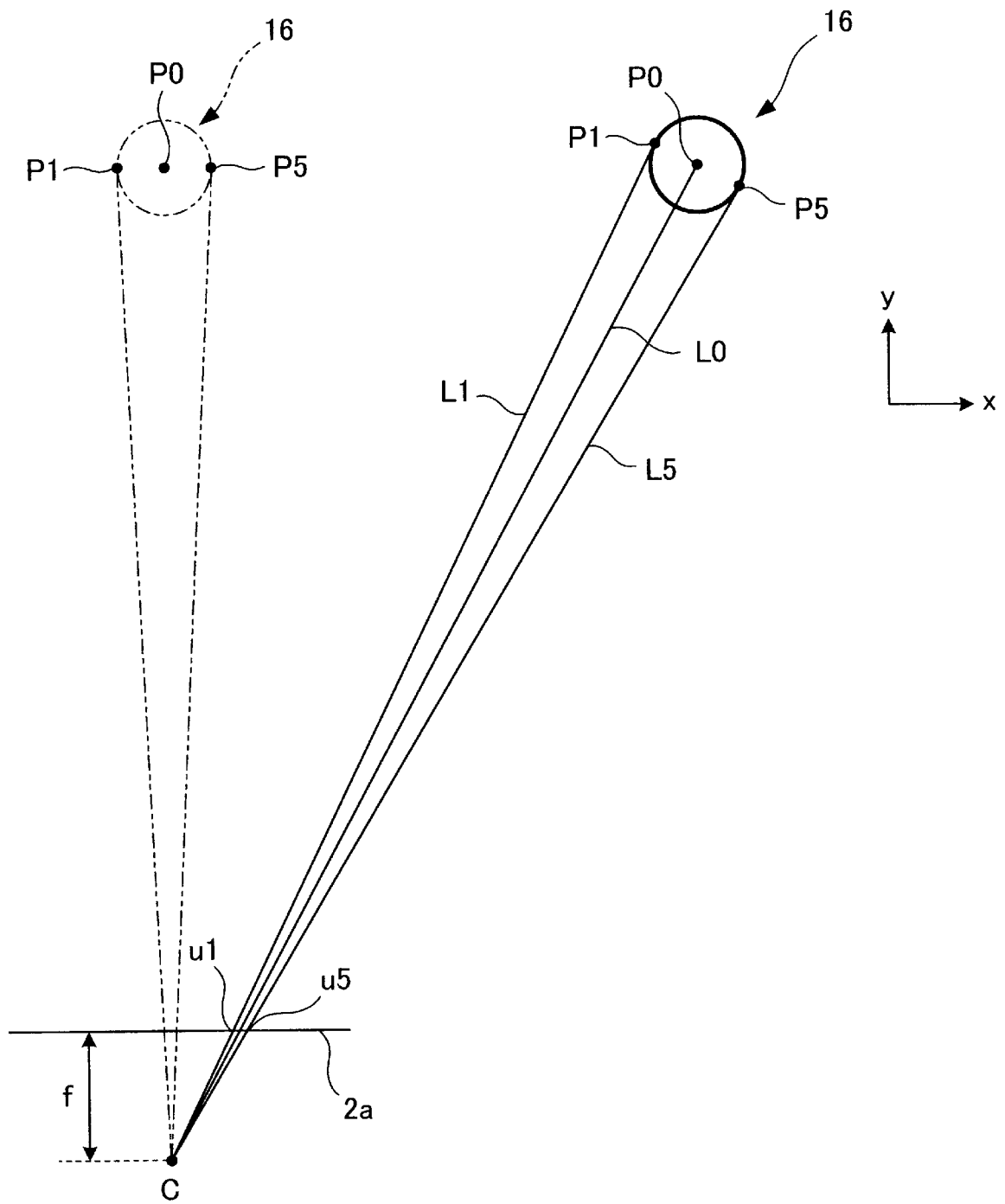


[図3]

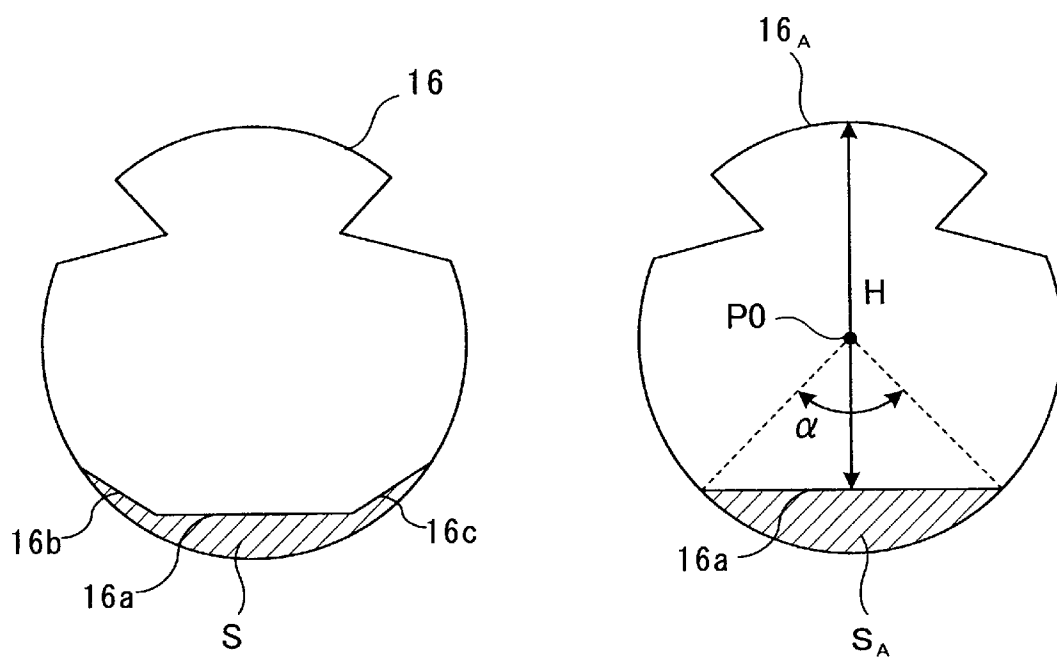


A cross-sectional view of a multi-layered structure 16. The structure consists of a central white layer 16a, flanked by two gray stippled layers 16b and 16c. These are further flanked by two black solid layers 16d and 16e. The entire assembly is bounded by two outer white layers 21. A bracket labeled 16 spans the central layers. Labels p1, p2, p3, p4, and p5 are positioned at the bottom, indicating interfaces or points. A label 11 with an arrow points to the right side of the structure.

[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/039980

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G01B11/08 (2006.01) i, B60M1/28 (2006.01) i, G01B21/00 (2006.01) i, G06T7/62 (2017.01) 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)

Int. Cl. G01B11/08, B60M1/28, G01B21/00, G06T7/62

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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 2016-142540 A (MEIDENSHA CORP.) 08 August 2016, entire text & EP 3252428 A1, entire text & CN 107209005 A	1-6
A	JP 4635657 B2 (MEIDENSHA CORP.) 23 February 2011, entire text & FR 2882973 A1, entire text & CN 1837746 A	1-6

☐ 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
13.11.2019

Date of mailing of the international search report
26.11.2019

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01B11/08(2006.01)i, B60M1/28(2006.01)i, G01B21/00(2006.01)i, G06T7/62(2017.01)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. G01B11/08, B60M1/28, G01B21/00, G06T7/62

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 2016-142540 A (株式会社明電舎) 2016.08.08, 全文 & EP 3252428 A1, 全文 & CN 107209005 A	1-6
A	JP 4635657 B2 (株式会社明電舎) 2011.02.23, 全文 & FR 2882973 A1, 全文 & CN 1837746 A	1-6

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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

13.11.2019

国際調査報告の発送日

26.11.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

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）

仲野 一秀

2 S

5267

電話番号 03-3581-1101 内線 3216