

(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2019-95228
(P2019-95228A)

(43) 公開日 令和1年6月20日(2019.6.20)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
G 0 1 B	11/24	(2006.01)	G 0 1 B	11/24		K	2 F 0 6 5	
G 0 1 B	11/02	(2006.01)	G 0 1 B	11/02		H		
B 6 1 K	9/12	(2006.01)	B 6 1 K	9/12				

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2017-222684 (P2017-222684)	(71) 出願人	390010973 日立交通テクノロジー株式会社 東京都千代田区外神田一丁目18番13号
(22) 出願日	平成29年11月20日(2017.11.20)	(74) 代理人	110000062 特許業務法人第一国際特許事務所
		(72) 発明者	畠山 美貴 茨城県ひたちなか市市毛1070番地 日立交通テクノロジー株式会社 水戸事業所内
		(72) 発明者	藤森 祐太郎 茨城県ひたちなか市市毛1070番地 日立交通テクノロジー株式会社 水戸事業所内

最終頁に続く

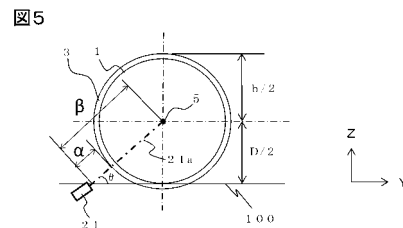
(54) 【発明の名称】 車輪形状測定方法

(57) 【要約】

【課題】 レール撓みの影響を受けず非接触で走行中の列車の車輪真断面を抽出可能とし、良好な精度で車輪各部の寸法算出を可能とする車輪形状測定方法を提供する。

【解決手段】 レール100と、走行している車両の車輪1とに、レーザプロジェクタ20、21からラインレーザ光20a、21aを照射して、その照射面を3Dプロファイルカメラ10、11で連続的に測定することで、複数の車輪断面プロファイルデータ1aを取得し、その中からレール頭頂部とフランジ先端との間の被測定距離が基準値に近いフレームを選択して真断面プロファイルデータを決定し、車輪各部位の寸法算出を可能とする。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

走行する車両の車輪の基準溝を含むバック面、フランジ先端及びレール頭頂部をカバーする内側範囲、および車輪のリム面、踏面、前記フランジ先端及び前記レール頭頂部をカバーする外側範囲に対して2方向から、少なくとも前記車輪の基準部を通過するようにして、レールに対し所定の仰角でライン状のレーザ光を照射するステップと、

走行する前記車輪を連続的に撮影し、前記レーザ光が照射された位置の車輪断面プロファイルデータをフレームごとに出力するステップと、

前記フレーム毎に前記レール頭頂部と前記基準部との間の被測定距離を求めるステップと、

前記複数のフレームのうち、前記被測定距離が基準値に対して所定範囲内に含まれるときに撮影されたフレームを選択するステップと、

前記選択されたフレームにおける車輪断面プロファイルデータに基づいて、車輪各部の寸法を算出するステップと、

を有すること

を特徴とする車輪形状測定方法。

【請求項 2】

前記基準部とは前記フランジ先端であること

を特徴とする請求項 1 に記載の車輪形状測定方法。

【請求項 3】

前記被測定距離が前記基準値に対して前記所定範囲内に含まれるときに撮影されたフレームが複数枚存在するときは、前記車輪断面プロファイルデータに基づいて、前記フレームごとに前記踏面から前記フランジ先端までのフランジ像高さを算出し、前記フランジ像高さが最も短くなるフレームを選択すること

を特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の車輪形状測定方法。

【請求項 4】

走行する車両の車輪のバック面及びフランジ先端をカバーする内側範囲、および車輪のリム面、踏面および前記フランジ先端をカバーする外側範囲に対して2方向から、レールに対し所定の仰角でライン状のレーザ光を照射するステップと、

走行する前記車輪を連続的に撮影し、前記レーザ光が照射された位置の車輪断面プロファイルデータをフレームごとに出力するステップと、

前記複数のフレームのうち、前記レーザ光の伝搬面が前記車輪の中心位置に最も近くなるときに撮影されたフレームを選択するステップと、

少なくとも前記選択されたフレームにおける車輪断面プロファイルデータに基づいて、車輪各部の寸法を算出するステップと、

を有することを特徴とする車輪形状測定方法。

【請求項 5】

前記車輪断面プロファイルデータに基づいて、前記フレームごとに前記踏面からフランジ先端までのフランジ像高さを算出し、前記フランジ像高さが最も短くなるフレームを、前記レーザ光の伝搬面が前記車輪の中心位置に最も近くなるときに撮影されたフレームとして選択すること

を特徴とする請求項 4 に記載の車輪形状測定方法。

【請求項 6】

前記外側範囲に照射されるレーザ光の波長と、前記内側範囲に照射されるレーザ光の波長とを異ならせていること

を特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の車輪形状測定方法。

【請求項 7】

前記車輪断面プロファイルデータは、水平方向を x 軸とし、前記撮影を行うカメラから見た奥行き方向を z 軸とした座標系の数値に変換されて用いられること

を特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の車輪形状測定方法。

10

20

30

40

50

【請求項 8】

前記レーザ光を照射する複数のレーザ光源と、前記撮影を行う複数のカメラとを、同一の基準体を用いて校正し、それにより得られた共通の座標系に基づいて前記車輪断面プロファイルデータを処理することを特徴とする請求項 1～7 のいずれか 1 項に記載の車輪形状測定方法。

【請求項 9】

前記レールに沿って配置された、前記車輪を検出する 2 つのセンサと、前記車両を検出する 1 つのセンサとを用いて、前記車両の進行方向を検出することを特徴とする請求項 1～8 のいずれか 1 項に記載の車輪形状測定方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、車輪形状測定方法に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

鉄道車両の車輪は、車両走行時にレールとの接触で磨耗するが、特に車輪ロック時にレール上を滑走することによりフラット等が発生すると走行時の振動や騒音が高まり、乗り心地が悪化する。また、車輪が磨耗することで脱輪や脱線などの危険が高まるため、定期的に車輪の磨耗量、形状の確認を行い、必要に応じて転削による寸法修正や車輪の交換を行っている。

【0003】

例えば鉄道車両の車輪各部（フランジ、踏面、内面距離（以降 B G と略す））の寸法測定や、磨耗や変形等の車輪の形状変化を測定する際には、車両静止状態で行う車輪の目視確認や、車輪に直接接触させて寸法を測定できる機器を用いて行う形状測定などが旧来から行われているが、極めて手間がかかるという問題がある。一方、測定装置を用いて走行している車両を非接触で測定する手法も開発され、測定効率が高いことから使用される機会が増えている。一例として、車輪にラインレーザ光を照射しカメラで撮影して車輪寸法を非接触で求める、いわゆる光切断法を用いた車輪形状測定装置が、特許文献 1～3 に示すように知られている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【特許文献 1】特開 2008 - 180619 号公報

【特許文献 2】特開 2014 - 130069 号公報

【特許文献 3】特開平 11 - 118435 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、従来の光切断法を用いた測定装置による車輪形状測定は、例えばラインレーザ光が車輪中心軸を通ったときの切断面を求めて、車輪の形状や磨耗量を測定する必要があった。

このため、被測定物である車両が走行している状態で測定を行うためには、ラインレーザ光がちょうど車輪中心軸に一致したときのタイミングでカメラ撮影を行わなければならないが、撮影タイミングや車輪の測定位置がずれた場合に測定値に誤差が生じ、精度の良い測定を行うことが困難であった。

【0006】

また、従来の車輪形状測定の場合、車両が測定装置を通過する際にレールが撓み、車輪の測定位置がずれて誤差を生じる虞れもあった。

【0007】

本発明の目的は、例えばレール撓み等の影響を受けず、良好な精度で車輪形状、各部寸

10

20

30

40

50

法算出を可能とする車輪形状測定方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、代表的な本発明の車輪形状測定方法の一つは、
走行する車両の車輪の基準溝を含むバック面、フランジ先端及びレール頭頂部をカバーする内側範囲、および車輪のリム面、踏面、前記フランジ先端及び前記レール頭頂部をカバーする外側範囲に対して2方向から、少なくとも前記車輪の基準部を通過するようにして、レールに対し所定の仰角でライン状のレーザ光を照射するステップと、

走行する前記車輪を連続的に撮影し、前記レーザ光が照射された位置の車輪断面プロファイルデータをフレームごとに出力するステップと、

前記フレーム毎に前記レール頭頂部と前記基準部との間の被測定距離を求めるステップと、

前記複数のフレームのうち、前記被測定距離が基準値に対して所定範囲内に含まれるときに撮影されたフレームを選択するステップと、

前記選択されたフレームにおける車輪断面プロファイルデータに基づいて、車輪各部の寸法を算出するステップと、

を有することにより達成される。

【0009】

さらに上記課題を解決するために、代表的な本発明の車輪形状測定方法の一つは、

走行する車両の車輪のバック面及びフランジ先端をカバーする内側範囲、および車輪のリム面、踏面および前記フランジ先端をカバーする外側範囲に対して2方向から、レールに対し所定の仰角でライン状のレーザ光を照射するステップと、

走行する前記車輪を連続的に撮影し、前記レーザ光が照射された位置の車輪断面プロファイルデータをフレームごとに出力するステップと、

前記複数のフレームのうち、前記レーザ光の伝搬面が前記車輪の中心位置に最も近くなるときに撮影されたフレームを選択するステップと、

少なくとも前記選択されたフレームにおける車輪断面プロファイルデータに基づいて、車輪各部の寸法を算出するステップと、

を有することにより達成される。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、例えばレール撓みの影響等を受けず、良好な精度で車輪の形状を測定可能とし、車輪各部の寸法算出ができる。

上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施の形態の説明により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の一実施形態になる車輪形状測定装置における各センサや使用機器の設置状況とともにシステム構成を示す概略上面図である。

【図2】図1におけるラインレーザ光源、カメラ、車輪の配置関係を示す概略正面図である。

【図3】校正作業を示す概略図である。

【図4】車輪測定のための各機器の制御を行うために必要な各光電センサの設置位置を示す図である。

【図5】車輪真断面プロファイルデータを検出する際に用いる幾何学的関係を示す図である。

【図6】算出する車輪測定部位の数値関係を示す図である。

【図7】演算装置41で行われる動作を示すフローチャート図である。

【図8】3Dプロファイルカメラから出力された車輪断面プロファイルデータをフレームごとに可視化して示す図である。

10

20

30

40

50

【図9】制御コントローラ40および演算装置41で行われる動作を示すフローチャート図であり、(a)は撮影フローを示し、(b)は演算フローを示す。

【図10】走行している車両の車輪1に車輪外側のラインレーザ光21aが連続的に照射された状態で、3Dプロファイルカメラ11が車輪断面プロファイルデータ1aを取得するタイミングを示す側面図である。

【図11】3Dプロファイルカメラから出力された車輪断面プロファイルデータをフレームごとに可視化して示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明する。まず、実施形態を説明する際の各方向を定義する。車両の長手方向(レール方向)をY方向、車両の幅方向(枕木方向)をX方向、車両の高さ方向(重力加速度方向)をZ方向とする。以下、単にX方向、Y方向、Z方向と記す場合がある。

ここで、「3Dプロファイルカメラ」とは、撮影した被写体の画素に対応して、座標情報(プロファイルデータという)を出力できるカメラをいう。

また、本明細書で用いる「真断面」とは、車軸の中心を通る面で車輪を切断した際に得られる車輪の仮想断面をいう。さらに、本明細書で用いる「レーザ光の伝搬面」とは、車輪の表面に投射されたラインレーザ光が車輪の内部まで透過すると仮定した場合における該レーザ光が伝搬する面をいう。

【0013】

なお、本実施形態では「光切断法」により車輪断面形状を求めるものとする。光切断法とは、ライン状のレーザ光源を検査ワークに照射し、その反射光を高さデータ(プロファイル)として取得し、検査ワーク全体の計測を行って、3次元形状を取得するものである。

【0014】

(測定装置の構成について)

本発明の車輪形状測定方法を実行する測定装置の構成について、以下に説明する。図1は、本発明になる鉄道車両用の車輪形状測定装置における各センサや使用機器の設置状況とともにシステム構成を示す概略上面図となっている。図2は、図1におけるレーザプロジェクタと3Dプロファイルカメラ、車輪との配置関係を示す概略正面図である。図3は、校正作業を示す概略図である。図4は、車輪測定のための各機器の制御を行うために必要な各光電センサの設置位置を示す図である。なお、図1~3は、車両の検修場においてレール100の下方に測定装置を設置した態様を示しているが、本実施形態にかかる測定装置は、検修場外のレールに沿って配置されていてもよい。

【0015】

図1~3において、測定装置は、センサ31~33と、レーザ光源としての4個のレーザプロジェクタ20、21と、4個の3Dプロファイルカメラ10、11と、レーザプロジェクタ20、21及び3Dプロファイルカメラ10、11を制御する制御コントローラ40と、プロファイルデータを演算する演算装置41と、モニタ43とを有する。制御コントローラ40と演算装置41は、単一のパソコンから構成されていてもよい。

【0016】

図2に示されるように、一对のレーザプロジェクタ20は、レール100の内側にレールの幅方向に沿って配置されている。レーザプロジェクタ20は、走行する車両の車輪1の基準溝2を含むバック面8からフランジ3先端とレール100の頭頂部をカバーする内側範囲に、伝搬面が車軸と平行になるようにして細線状のラインレーザ光20a(青色波長光)を、車輪に向けて照射する。

【0017】

3Dプロファイルカメラ10は、レーザプロジェクタ20と同様に、レール100の内側にレールの幅方向に沿って配置されており、同方向から連続的に車輪内側面の断面形状を撮影して、車輪断面プロファイルデータを出力する。

10

20

30

40

50

なお、本出願において「連続的に撮影する」とは、図10に示されるように、進行する車輪に対して、一定時間毎に、あるいは任意の時間間隔において、複数の撮影タイミングで静止画像を連写、または動画を撮影することを意味する。

【0018】

一方、一对のレーザプロジェクタ21は、レール100の外側にレールの幅方向に沿って配置されている。レーザプロジェクタ21は、車輪1のリム面7から踏面4、フランジ3先端とレール100の頭頂部をカバーする外側範囲に、伝搬面が車軸と平行になるようにして細線状のラインレーザ光21a(赤色波長光)を、車輪に向けて照射する。

【0019】

3Dプロファイルカメラ11は、レーザプロジェクタ21と同様に、レール100の外側にレールの幅方向に沿って配置されており、同方向から連続的に車輪外側面の断面形状を撮影して、車輪断面プロファイルデータを出力するものである。

【0020】

なお、レーザプロジェクタ20、21の照射するレーザ光の波長は、上記の波長に限られず、互いに異なる波長であればよい。レーザプロジェクタ20、21の照射するレーザ光の波長が共通であると、3Dプロファイルカメラ10、11が撮影を行った時に、外側範囲と内側範囲とでレーザ光の誤認混同を招き精度の良い車輪断面プロファイルデータが得られない虞れがある。これに対し、レーザプロジェクタ20、21の照射するレーザ光の波長を異ならせることで、かかる不具合を回避できる。

【0021】

レーザプロジェクタ20、21は車両進行方向に対して、ラインレーザ光を照射するがその照射角度(YZ面における仰角。図5参照)を4台同一角度に設定している。このように照射角度を同一としたことで、同一平面上の車輪断面形状データを4台の3Dプロファイルカメラから取得することができる。つまり、4台の3Dプロファイルカメラと、4台のレーザプロジェクタを用いることで、車軸で連結された対の車輪1の裏表を同時に撮影できることとなる。

【0022】

制御コントローラ40は、センサ30、31、32の各光電センサのON/OFF信号に応じて、3Dプロファイルカメラ10、11やレーザプロジェクタ20、21に制御信号を入出力するコントローラ(PLC)である。演算装置41は、各3Dプロファイルカメラ10、11の撮影に応じて出力された車輪断面プロファイルデータを取り込み、画像処理を行い、車輪各部の寸法を算出し、データ管理する演算装置(PC)である。その演算結果は、モニタ43により表示され、検査者が視認できるようになっている。なお、本測定装置の構成機器はすべて建築限界を超えない位置または高さに設置することが望ましい。

【0023】

本実施形態においては、光切断法を用いて、車輪の基準溝側端面からフランジをカバーする内側範囲と、車輪の踏面側端面からフランジをカバーする外側範囲に2方向から別々にラインレーザ光を照射して車輪表面に車輪の断面輪郭形状を表示し、断面輪郭形状を複数のラインレーザ光照射方向と同方向から別々の3Dプロファイルカメラで撮影し、撮影された夫々の撮影画像を3次元処理して合成画像を得ることとなる。光切断法の詳細については、例えば特許文献1に詳細が記載されているので、詳細な説明については省略する。

【0024】

(3Dプロファイルカメラとレーザプロジェクタの校正について)

測定前に行う3Dプロファイルカメラ10、11及びレーザプロジェクタ20、21の校正について説明する。3Dプロファイルカメラから出力されるプロファイルデータは、個々の3Dプロファイルカメラを基準として画素ごとに座標を持っており、撮影されたフレーム上の画素間の距離を算出できる。但し、正しい距離を算出するには、この座標をカメラ共通の座標系に合わせて変換する必要がある。これを校正という。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 5 】

図 3 において、3 D プロファイルカメラ 1 0 , 1 1 及びレーザプロジェクタ 2 0 , 2 1 を設置した状態で、レール（不図示）上に既知形状の基準体 S P を配置する。かかる状態で、4 台のレーザプロジェクタ 2 0 , 2 1 から、ラインレーザ光 2 0 a , 2 1 a を基準体 S P の同一平面に向かって同時に照射し、照射されたラインレーザ光が水平線 S L 上に一致するように設定する。かかる状態を 4 台の 3 D プロファイルカメラ 1 0 , 1 1 で同時に撮影する。

【 0 0 2 6 】

このとき、基準体 S P を 3 D プロファイルカメラで撮影することにより得られたプロファイルデータを、横基準値（ x 軸値）とレーザ断面における（カメラから見た）奥行き方向の基準値（ z_0 軸値）に合わせて平行移動と座標回転を行い、4 台の 3 D プロファイルカメラの座標系を、水平方向を x 軸、レーザ断面における奥行き方向を z_0 軸とする共通の座標系（ x, z_0 ）に変換する。以上で校正作業が終了する。尚、必ずしも 4 台の 3 D プロファイルカメラ全ての座標系を共通の座標系に変換する必要はなく、例えば 2 台の 3 D プロファイルカメラのみ合わせてもよい。

【 0 0 2 7 】

（センサについて）

図 4 において、一对のセンサ 3 0 , 3 1 は、車輪 1 のフランジが通過したことを検知して制御コントローラ 4 0 に信号を出力するための光電センサであり、レール 1 0 0 の長手方向に沿って配置されている。一方、センサ 3 2 は車体 6 の進行方向端を検知して制御コントローラ 4 0 に信号を出力するための光電センサであり、センサ 3 0 , 3 1 の中間位置に、それぞれに対してレール 1 0 0 の長手方向に距離 a だけ離間して配置されている。かかるセンサ 3 1 ~ 3 3 を設ける場合には、センサを挟んで上述の測定装置を 2 つ設けることとする（図 1 , 4 では一方のみ図示）。

【 0 0 2 8 】

車体 6 の前後方向に位置する複数の車輪 1 は、車体 6 の移動とともに速度に応じた時間差を持ってセンサ 3 0 , 3 1 の検知位置を通過することとなる。より具体的には、車両がセンサに接近してきた場合、まずセンサ 3 2 が検知信号を出力し、ついでセンサ 3 0 が検知信号を出力したときは、図 4 において車両が右側から進入してきたことがわかる（図 4 はセンサを車両 6 が通り過ぎた状態を示す）。これに対し、センサ 3 2 が検知信号を出力し、ついでセンサ 3 1 が検知信号を出力したときは、逆に車両が図 4 の左側から進入してきたことがわかる。これに応じて制御コントローラ 4 0 は、センサより車両進行方向奥側にあるレーザプロジェクタと 3 D プロファイルカメラを動作させることができる。

【 0 0 2 9 】

かかる場合において、車体検知用のセンサ 3 2 と、車輪検出用のセンサ 3 0 , 3 1 の距離 a は、車体 6 の先端から車輪 1 軸目のフランジ検出までの距離 b よりも短く（ $b > a$ ）なるように設定すると好ましい。さらにセンサ 3 0 とセンサ 3 1 との間の距離 $2 a$ を車輪 1 が通過した時間を求め、通過速度を算出することもできる。

【 0 0 3 0 】

本実施の形態においては、車輪検出用のセンサ 3 0 （または 3 1）が車輪 1 のフランジ進入を検出したタイミングで 3 D プロファイルカメラ 1 0 , 1 1 の撮影を開始し、その後センサ 3 1 （または 3 0）が車輪 1 のフランジ退出を検出したタイミングで撮影を終了する。また、後続の車輪 1 の撮影タイミングは、先行する車輪 1 と後続の車輪 1 との間隔と、車両の速度とから求めることができる。

【 0 0 3 1 】

なお、センサ 3 0 とセンサ 3 1 との間の距離 $2 a$ は、隣接する 2 軸の車輪 1 のフランジ間の距離 c 以下にすることが好ましく、かつ、センサ 3 0 （または 3 1）で車輪 1 のフランジ進入の検知から、フランジ退出の検知までの距離 d 以上に設定する（ $c > 2 a$ 、 $2 a > d$ 、但し $c > d$ ）と好ましい。

【 0 0 3 2 】

10

20

30

40

50

(第1の実施形態による測定方法)

第1の実施形態による測定方法を説明する。まず、車輪の幾何学的関係について説明する。図5は、車輪真断面プロファイルデータを検出する際に用いる幾何学的関係を示す図である。図6は、算出する車輪測定部位の数値関係を示す図である。

【0033】

図5を参照して、レール100に対するラインレーザ光21aの仰角を（たとえば45度）とし、真断面におけるレール頭頂部からフランジ先端までの距離をとし、レール頭頂部から車輪中心までの距離をとし、車輪径をDとし、フランジ径をhとすると、幾何学的関係より以下の2式が得られる。

$$= h / 2 \quad (1)$$

$$= D / (2 \cdot \sin) \quad (2)$$

10

【0034】

ここで、一般的な車輪の場合、そのフランジ径は850mm～930mm（車輪径：780mm～860mm）である。よって、その中間値であるフランジ径890mm（車輪径：820mm）を基準としたときに、真断面における距離は、角度を45度とした時に約135mmとなるから、これを基準値SVとする。すなわち、3Dプロファイルカメラ10, 11から得られる車輪断面プロファイルデータから、レール頭頂部からフランジ先端までの距離（被測定距離という）を求めたときに、被測定距離が基準値SV=135mmになったときに、真断面の位置ということとなる。但し、ここでは誤差を考慮して、被測定距離がSV±内（所定範囲内）である場合には、真断面であるとみなすものとする。

20

【0035】

更に、値、に基づけば、基準溝2を基準に演算を行うことで、図6に記載の車輪各部（車輪径dw、フランジ高さfh、フランジ厚さft、内面距離BG）の寸法を算出することができる。ただし、踏面測定基準点SP1とフランジ厚さ測定基準点SP2との車輪径方向間隔K=10mmとする。以上の演算手法はよく知られているので、詳細は記載しない。

【0036】

(測定装置の動作について)

以下、本実施の形態の測定装置の動作について説明する。図7は、演算装置41で行われる動作を示すフローチャート図である。図8は、3Dプロファイルカメラから出力された車輪断面プロファイルデータをフレームごとに可視化して示す図である。

30

【0037】

制御コントローラ40は、車体検知用のセンサ32が車体6を検知したタイミングで、レーザプロジェクタ20、21を駆動制御して、ラインレーザ光20a、21aを走行する車輪1の外側範囲と内側範囲とに照射する。

【0038】

更に制御コントローラ40は、車輪検知用のセンサ30または31が車輪を検知したタイミングで、3Dプロファイルカメラ10、11を駆動制御して、光切断法により車輪断面プロファイルデータ1aを連続的に取得し、演算装置41の内部メモリ（不図示）に随時保存する。ここでは、N枚のフレームが得られたものとする。演算装置41は、N枚のフレーム毎に、図8に示すように、レール頭頂部とフランジ先端までの被測定距離（1）～（N）を予め求めて記憶する。

40

【0039】

以下、図7のフローチャートを用いて、具体的な演算を説明する。

【0040】

演算装置41は、各フレームから得られた被測定距離を基準値SVと比較してゆく。具体的には、演算装置41は、図7のステップS11にてm=1とし、ステップS12において、(m) SV < であるか否かを判断する。ここで は誤差量である。演算装置41が (m) SV < でないと判断すれば（ステップS12の判断No）、

50

(m) が真断面での値ではないから比較動作を継続する必要があることがわかる。

【0041】

更にステップS13において、演算装置41は $m = N$ か否かを判断する。 $m = N$ であれば(ステップS13の判断No)、最終サンプルまでフランジ像高さの比較を終えていないとして、続くステップS14で $m = m + 1$ とした上で、フローをステップS12に戻して比較動作を続行する。

【0042】

これに対し、ステップS13で $m = N$ であれば(ステップS13の判断Yes)、Nフレーム内の撮影では真断面における距離 L が得られず、すなわち撮影タイミングが不適切である(又は L が小さすぎた)虞れもあると判断し、ステップS15で、演算装置41は、モニタ43にアラーム表示を出力させ再測定(又は L を変えて再演算)を促すことができる。その後、演算動作は終了する。

【0043】

これに対し、ステップS12で、 $(m) \cdot SV < L$ であると判断すれば(ステップS12の判断Yes)、被測定距離 L (m) が真断面における値であるとみなせるので、ステップS16にて、演算装置41は被測定距離 L (m) を真断面位置の値として決定し、m番目のフレームを真断面に対応して撮影されたフレームであると決定する。

【0044】

その後、ステップS17で、演算装置41は、上述した方法によって、選択されたm番目のフレームの車輪断面プロファイルデータに基づいて車輪の諸寸法を演算し、車輪の形状を求める。その後、演算動作を終了する。車輪形状測定の結果、車輪に許容値を超える摩耗が確認されたときは転削が行われる。かかる転削は、車輪のフランジ及び踏面を切削するものである。

なお、本実施の形態では、比較的検出しやすいことから基準部としてフランジ先端とレール頭頂部との間の距離を用いて真断面に対応するフレームを求めたが、例えば基準部の別例として基準溝2(図6参照)とレール頭頂部との間の距離を用いてもよい。

【0045】

以上の実施の形態では、ノイズの影響や、誤差量 ΔL の大きさによっては $(m) \cdot SV < L$ の条件を満たすフレームが複数枚生じる恐れがあり、その場合、真断面における距離 L を求められないこともある。かかる場合、対象となる複数枚のフレームのそれぞれの距離 L を平均化した上で、その平均値から各部の演算を行ってもよい。

【0046】

(第2の実施形態による測定方法)

さらに以下に述べる第2の実施の形態では、より精度良く真断面の位置を求めることができる。第2の実施の形態は最初から実行してもよいが、第1の実施の形態の測定において $(m) \cdot SV < L$ の条件を満たすフレームが複数枚生じたとき、かかる条件を満たすフレームのみ、図9(b)に示す演算を行ってもよい。尚、本実施形態でも、図1~3に示す測定装置を用いることとし、その構成および校正についての説明は省略する。

【0047】

(画像処理について)

本実施形態の画像処理の説明を行う。図9は、制御コントローラ40および演算装置41で行われる動作を示すフローチャート図である。図10は、走行している車両の車輪1に車輪外側のラインレーザ光21aが連続的に照射された状態で、3Dプロファイルカメラ11が車輪断面プロファイルデータ1aを取得するタイミング(点線または一点鎖線)を示す側面図である。図示していないが、その他の3Dプロファイルカメラとレーザプロジェクタの関係も同様である。図11は、3Dプロファイルカメラから出力された車輪断面プロファイルデータをフレームごとに可視化して示す図である。

【0048】

図6を参照して、フランジ高さ f_h は、踏面4上における車輪1のバック面8から65mmの位置を踏面測定基準点SP1としたときに、踏面測定基準点SP1からフランジ3

10

20

30

40

50

先端までの距離をいうものとする。ここで、撮影されたフレームごとに、車輪 1 と 3 D プロファイルカメラ 1 0 , 1 1 との相対距離が変化するから、撮影されるフランジ高さ（以下、フランジ像高さという）が変化する。すなわち、図 1 0 に示すように、車輪 1 との相対位置関係に応じて撮影タイミングが $t_1 \sim t_5$ と変化するから、3 D プロファイルカメラから見たフランジ像高さが変化する。具体的には、レーザプロジェクタと 3 D プロファイルカメラとが近接配置されているとして、カメラ軸線がレーザ光が照射されたフランジ先端の法線に近ければ（ t_5 ）、フランジ像高さは低くなり、その法線から離れるにつれ（ $t_4 \sim t_1$ ）、フランジ像高さは相対的に高くなる。以下、 n 番目のフレームにおけるフランジ像高さを、 $f_h(n)$ で表すものとする。

【0049】

（測定装置の動作について）

以下、本測定装置の動作について説明する。

制御コントローラ 4 0 は、車体検知用のセンサ 3 2 が車体 6 を検知したタイミングで、レーザプロジェクタ 2 0、2 1 を駆動制御して、ラインレーザ光 2 0 a、2 1 a を走行する車輪 1 の外側範囲と内側範囲とに照射する。

【0050】

更に制御コントローラ 4 0 は、車輪検知用のセンサ 3 0 または 3 1 が車輪を検知したタイミングで、3 D プロファイルカメラ 1 0、1 1 を駆動制御して、光切断法により車輪断面プロファイルデータ 1 a を連続的に取得し、演算装置 4 1 の内部メモリ（不図示）に随時保存する。

【0051】

以下、図 9 のフローチャートを用いて、具体的な演算を説明する。

【0052】

（撮影フローについて）

図 9 (a) のステップ S 0 1 において、3 D プロファイルカメラ 1 0、1 1 により N フレームの撮影を行った後、ステップ S 0 2 において、演算装置 4 1 は、車輪断面プロファイルデータに基づいて、各フレームごとにフランジ像高さを求める。ここではサンプル数が N フレーム（車両の速度が遅ければ N は増大する）であるので、図 1 1 に示すように、 N 個のフランジ像高さ（ $f_h(1) \sim f_h(N)$ ）が得られることとなるから、これらを記憶する。以上で撮影動作を終了する。

【0053】

（演算フローについて）

次に、演算装置 4 1 は、記憶したフランジ像高さ同士を比較してゆく。より具体的には、演算装置 4 1 は、図 9 (b) のステップ S 0 3 にて $n = 1$ とし、ステップ S 0 4 において、 $f_h(n) < f_h(n+1)$ であるか否かを判断する。演算装置 4 1 が $f_h(n) < f_h(n+1)$ でないと判断すれば（ステップ S 0 4 の判断 No）、 $f_h(n)$ が最小値ではないから比較動作を継続する必要があることがわかる。

【0054】

更にステップ S 0 5 において、演算装置 4 1 は $n = N$ か否かを判断する。 $n = N$ であれば（ステップ S 0 5 の判断 No）、最終サンプルまでフランジ像高さの比較を終えていないとして、続くステップ S 0 6 で $n = n + 1$ とした上で、フローをステップ S 0 4 に戻して比較動作を続行する。

【0055】

これに対し、ステップ S 0 5 で $n = N$ であれば（ステップ S 0 5 の判断 Yes）、最終フレームにおけるフランジ像高さ $f_h(N)$ が最小値となるため、 N フレーム内の撮影では最小のフランジ像高さを得られず、すなわち撮影タイミングが不適切であった虞れもあると判断し、ステップ S 0 7 で、演算装置 4 1 は、モニタ 4 3 にアラーム表示を出力させ再測定を促すことができる。その後、演算動作は終了する。

【0056】

これに対し、ステップ S 0 4 で、 $f_h(n) < f_h(n+1)$ であると判断すれば（ス

10

20

30

40

50

ステップ S 0 4 の判断 Y e s)、フランジ像高さ $f h (n)$ が最小値となる。フランジ像高さ $f h (n)$ が最小値である時は、図 1 0 において一点鎖線で示すようにラインレーザ光 2 1 a が、車輪 1 の中心 (または近接位置) を通過すると推定される。かかる場合、ラインレーザ光 2 1 は略真断面で車輪 1 を仮想的に輪切りにすることとなる。そこで、演算装置 4 1 はステップ S 0 8 にて、 n 番目のフレームの車輪断面プロファイルデータに表れたフランジ像高さ $f h (n)$ を、真断面位置に対応するフランジ像高さとして決定し、 n 番目のフレームを真断面に対応するフレームとして選択する。

【 0 0 5 7 】

その後、ステップ S 0 9 で、演算装置 4 1 は、以下に述べる方法によって、選択された n 番目のフレームの車輪断面プロファイルデータに基づいて車輪の諸寸法を演算し、車輪の形状を求める。その後、演算動作を終了する。車輪形状測定の結果、車輪に許容値を超える摩耗が確認されたときは転削が行われる。かかる転削は、車輪のフランジ及び踏面を切削するものである。

10

【 0 0 5 8 】

特に本実施形態の測定方法によれば、従来技術と異なり、レール撓み等の影響を受けずに、誤差を抑えつつ車輪真断面プロファイルデータを抽出可能である。

【 0 0 5 9 】

本測定方法により、使用前後の車輪において車輪真断面プロファイルデータを求めることで、その差から形状変化すなわち各部の摩耗量を精度よく検出することができる。

20

【 0 0 6 0 】

(変形例)

以上の実施の形態では、 n 番目のフレームにおけるフランジ像高さ $f h (n)$ に基づいて真断面を決定していたが、真断面の位置に対して撮影タイミングがわずかにずれる可能性があり、また車輪真断面プロファイルデータにノイズが生じる可能性もある。かかる不具合を解消もしくは緩和するため、フランジ像高さ $f h (n)$ が最も低い場合、 n 番目のフレームを基準として、その前後のフレームの車輪断面プロファイルデータを平均化した値を用いて、車輪寸法算出を行ってもよい。平均化に用いるフレーム数は任意である。

【 0 0 6 1 】

なお、本発明は上記した実施の形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施の形態は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施の形態における構成の一部を他の実施の形態の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施の形態の構成に他の実施の形態の構成を加えることも可能である。また、各実施の形態における構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることも可能である。

30

【 符号の説明 】

【 0 0 6 2 】

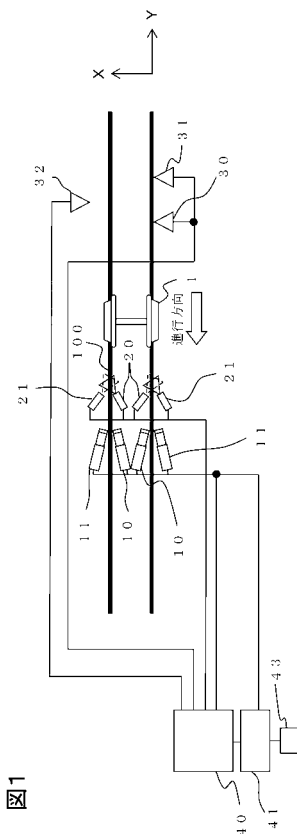
- 1 ... 車輪
- 1 a ... 車輪断面プロファイルデータ
- 2 ... 基準溝
- 3 ... フランジ
- 4 ... 踏面
- 5 ... 車輪中心
- 6 ... 車体
- 7 ... リム面
- 8 ... バック面
- 1 0 ... 車輪内側の 3 D プロファイルカメラ
- 1 1 ... 車輪外側の 3 D プロファイルカメラ
- 2 0 ... 車輪内側のレーザプロジェクタ
- 2 0 a ... 車輪内側に向かう細線状のレーザ光 (ラインレーザ光)

40

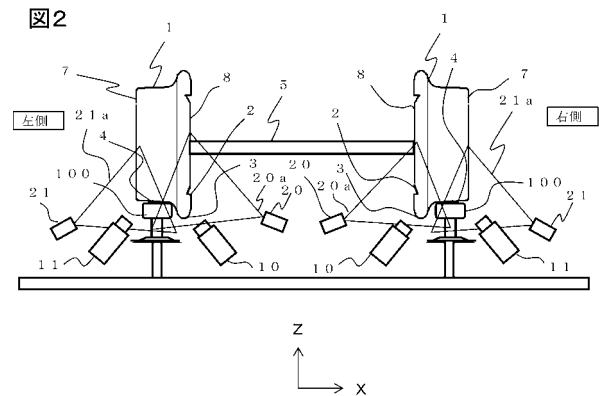
50

- 2 1 ... 車輪外側のレーザプロジェクタ
- 2 1 a ... 車輪外側に向かう細線状のレーザ光 (ラインレーザ光)
- 3 0 ... 車輪検知用の光電センサ
- 3 1 ... 車輪検知用の光電センサ
- 3 2 ... 車体検知用の光電センサ
- 4 0 ... 制御コントローラ (P L C)
- 4 1 ... 演算装置 (P C)
- 1 0 0 ... レール
- h ... フランジ径
- D ... 車輪径
 - ... レールに対するラインレーザ光の仰角
 - ... レールから車輪中心までのラインレーザ光照射距離
 - ... フランジ先端からレール頭頂部までの距離
- d w ... 車輪径
- f h ... フランジ高さ
- f t ... フランジ厚さ
- B G ... 内面距離

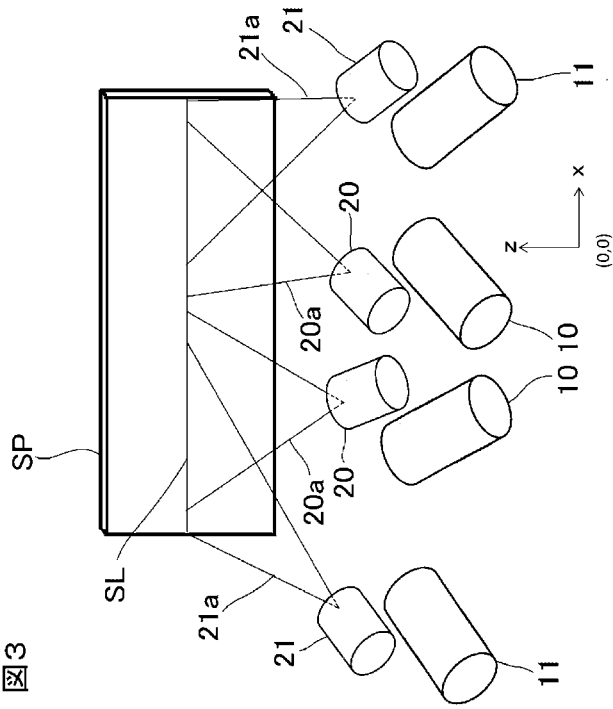
【 図 1 】



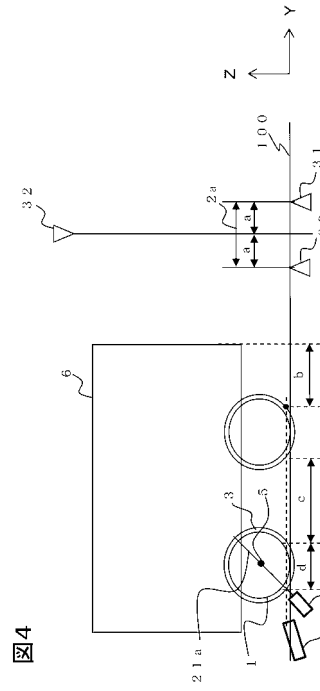
【 図 2 】



【 図 3 】

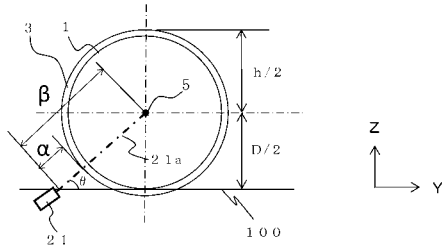


【 図 4 】



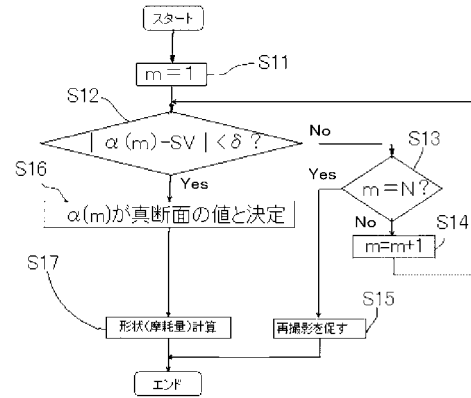
【 図 5 】

図5



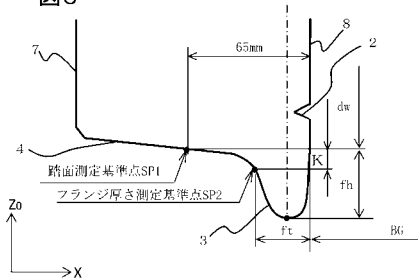
【 図 7 】

図7

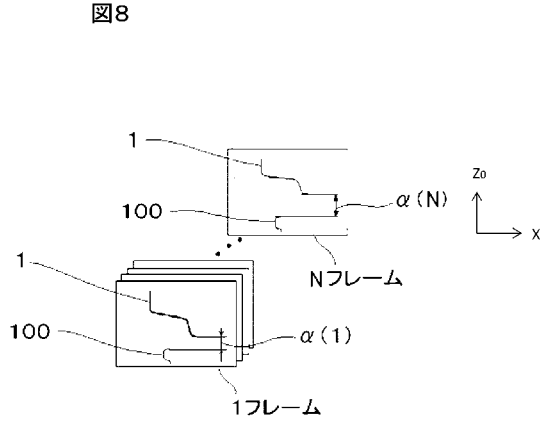


【 図 6 】

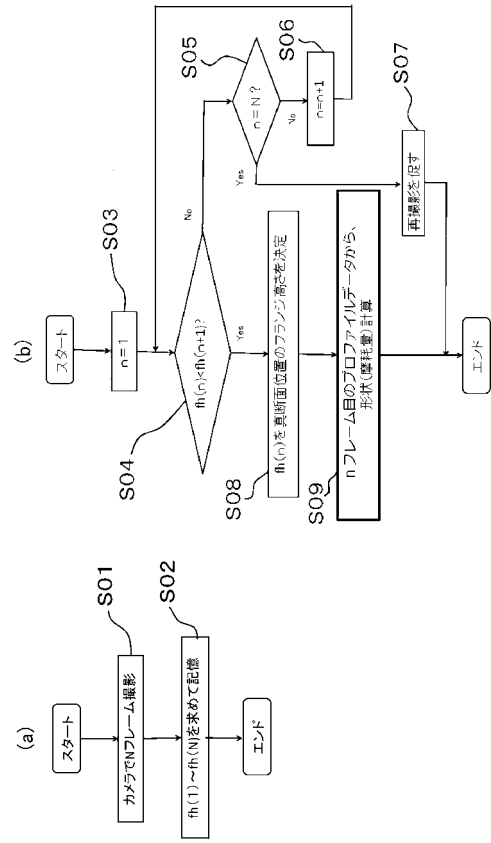
図6



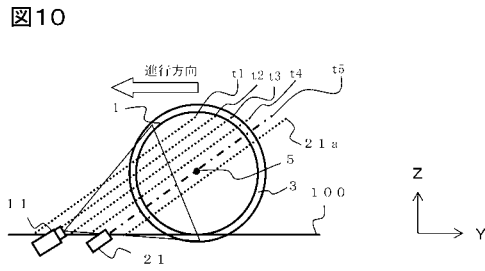
【 図 8 】



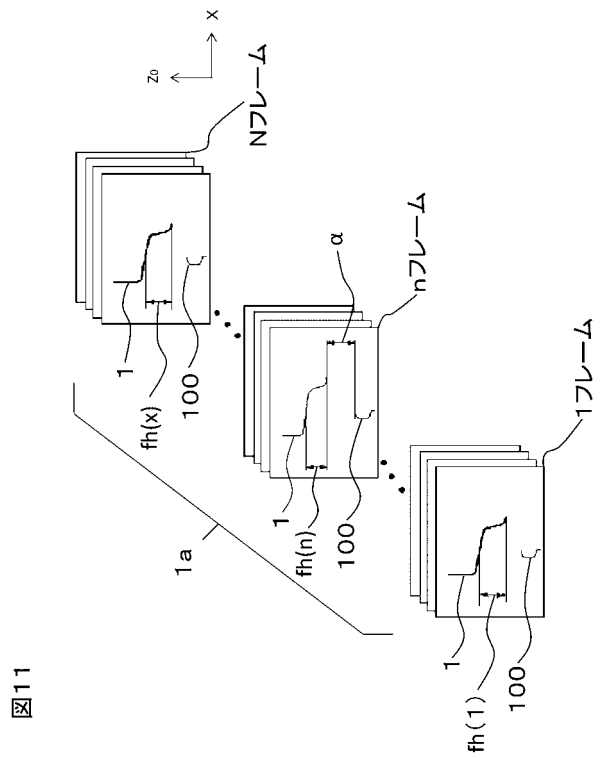
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



フロントページの続き

(72)発明者 戸来 裕次

茨城県ひたちなか市市毛1070番地 日立交通テクノロジー株式会社 水戸事業所内

(72)発明者 伊藤 式良

茨城県ひたちなか市市毛1070番地 日立交通テクノロジー株式会社 水戸事業所内

Fターム(参考) 2F065 AA04 AA24 AA52 AA53 AA63 CC12 FF04 GG04 HH05 HH12

HH14 JJ05 JJ26 QQ24 QQ31 RR06 SS09 SS13 TT08