

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B1)

(11) 特許番号

特許第6682087号  
(P6682087)

(45) 発行日 令和2年4月15日(2020.4.15)

(24) 登録日 令和2年3月27日(2020.3.27)

(51) Int. Cl. F 1  
GO 1 B 11/00 (2006.01) GO 1 B 11/00 D

請求項の数 11 (全 25 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2019-127908 (P2019-127908)</p> <p>(22) 出願日 令和1年7月9日(2019.7.9)</p> <p>審査請求日 令和1年8月15日(2019.8.15)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 000213909 朝日航洋株式会社 東京都江東区新木場四丁目7番41号</p> <p>(73) 特許権者 591139633 東急株式会社 東京都渋谷区南平台町5番6号</p> <p>(73) 特許権者 505389695 首都高速道路株式会社 東京都千代田区霞が関1-4-1</p> <p>(73) 特許権者 513220562 首都高技術株式会社 東京都港区虎ノ門3-10-11</p> <p>(74) 代理人 110001195 特許業務法人深見特許事務所</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 軌道中心計測装置および軌道中心計測方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

2本の軌条を走行する計測車両の走行方向において、前記計測車両に設けられたレーザスキャナからスキャンした軌道周辺の物体の形状を3次元点群で表す3次元点群データおよび前記計測車両の走行軌跡位置データを取得するデータ取得部と、

前記走行軌跡位置データを基準とした抽出フィルタを設定する第1フィルタ設定部と、前記3次元点群データのうちの前記第1フィルタ設定部により設定された抽出フィルタに基づいて抽出された領域点群データのうち反射強度の大きさに基づいて軌条頭部を抽出する反射強度フィルタを設定する第2フィルタ設定部と、

前記反射強度フィルタにより抽出された2本の軌条の軌条頭部に基づいて軌条間の中心位置を算出する軌道中心算出部とを備える、軌道中心計測装置。

【請求項2】

前記軌道中心算出部は、前記軌条頭部の点群データについて近似した2次曲線を算出し、算出された2次曲線の最高点に接する接線を算出し、前記軌条頭部の点群データのうちの前記軌条間側の内側点群データを抽出し、前記接線と前記内側点群データとに基づいて内側端点を算出し、前記2本の軌条の前記軌条間側の2つの内側端点に基づいて前記軌条間の中点を算出する、請求項1記載の軌道中心計測装置。

【請求項3】

10

20

前記軌道中心算出部は、  
抽出した前記軌条間側の内側点群データに基づいて近似した直線をさらに算出し、  
前記接線と前記直線とに基づいて前記内側端点を算出する、請求項 2 記載の軌道中心計測装置。

【請求項 4】

前記データ取得部は、前記走行軌跡位置データに対応する前記計測車両のロール値データを取得し、

前記第 1 フィルタ設定部は、前記ロール値データと前記走行軌跡位置データとに基づいて前記抽出フィルタを設定する、請求項 1 記載の軌道中心計測装置。

【請求項 5】

前記軌道中心算出部は、  
前記走行方向における前記 2 本の軌条のそれぞれの内側端点間を結ぶ第 1 内側軌条線および第 2 内側軌条線を算出し、

前記第 1 および第 2 の内側軌条線の方法ベクトルの平均ベクトルを算出し、  
前記軌条間の midpoint における前記平均ベクトルに対する垂直な軌条横断線を算出し、  
前記軌条横断線と前記第 1 および第 2 の内側軌条線とに基づいて第 1 および第 2 の内側軌条交点データを算出し、

前記第 1 および第 2 の内側軌条交点データに基づいて前記軌条間の前記軌道中心位置を算出する、請求項 2 記載の軌道中心計測装置。

【請求項 6】

前記走行方向における連続した前記軌道中心位置に従って軌道中心線を生成する軌道中心線生成部とをさらに備える、請求項 5 に記載の軌道中心計測装置。

【請求項 7】

前記軌道中心位置のカント量を算出するカント量算出部をさらに備え、  
前記カント量算出部は、  
前記走行方向における複数の前記第 1 の内側軌条交点データと、前記複数の前記第 1 の内側軌条交点データに対応する複数の前記第 2 の内側軌条交点データとに基づいて仮想軌条平面を算出し、

前記仮想軌条平面に対する法線ベクトルを算出し、  
前記法線ベクトルに基づいて前記軌条間の前記軌道中心位置におけるカント量を算出する、請求項 5 記載の軌道中心計測装置。

【請求項 8】

前記軌道中心位置の勾配量を算出する勾配量算出部をさらに備え、  
前記勾配量算出部は、前記走行方向における複数の前記第 1 の内側軌条交点データと、前記複数の前記第 1 の内側軌条交点データに対応する複数の前記第 2 の内側軌条交点データとに基づいて仮想軌条平面を算出し、  
前記仮想軌条平面に対する法線ベクトルを算出し、  
前記法線ベクトルに基づいて前記軌条間の前記軌道中心位置における勾配量を算出する、請求項 5 記載の軌道中心計測装置。

【請求項 9】

前記反射強度フィルタにより抽出された軌条頭部点群データのうち前後の連続的な関係性を満たす点群データを抽出する前後関係フィルタを設定する第 3 フィルタ設定部をさらに備え、

前記軌道中心算出部は、前記反射強度フィルタおよび前記前後関係フィルタにより抽出された 2 本の連続的な軌条の軌条頭部点群データに基づいて軌条間の中心位置を算出する、請求項 1 記載の軌道中心計測装置。

【請求項 10】

前記 2 本の軌条の軌道中心線の曲線部分の曲線半径および曲線の向きを算出する曲線情報算出部をさらに備える、請求項 6 記載の軌道中心計測装置。

【請求項 11】

10

20

30

40

50

2本の軌条を走行する計測車両の走行方向において、前記計測車両に設けられたレーザスキャナからスキャンした軌道周辺の物体の形状を3次元点群で表す3次元点群データおよび前記計測車両の走行軌跡位置データを取得するステップと、

前記走行軌跡位置データを基準とした抽出フィルタを設定するステップと、

前記3次元点群データのうちの設定された抽出フィルタに基づいて抽出された領域点群データのうち反射強度の大きさに基づいて軌条頭部を抽出する反射強度フィルタを設定するステップと、

抽出された2本の軌条の軌条頭部に基づいて軌条間の中心位置を算出するステップとを備える、軌道中心計測方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本開示は、レーザ点群を用いた軌道中心位置の算出方式に関する。

【背景技術】

【0002】

鉄道沿線計測の一つに、軌条（レール）自体の計測がある。具体的には軌道中心を計測することが行われている。

【0003】

従来より、センサであるレーザスキャナが車両の上部に設置されてレーザ光の反射に基づいて軌条を計測する方式が提案されている（特許文献1参照）。具体的には、軌条頭部を計測したデータから軌道中心を特定する。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2016-212031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、取得されるデータは、軌条（レール）のみならず、軌条間に配置されている他の物体をセンシングする場合もある。例えば、踏切等が有る場合には、軌条を適切に抽出することが難しくなる。

30

【0006】

本開示は、上記の問題点を解決するためになされたものであり、精度の高い軌道中心を計測することが可能な軌道中心計測装置および軌道中心計測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】

【0007】

ある局面に従う軌道中心計測装置は、2本の軌条を走行する計測車両の走行方向において、計測車両に設けられたレーザスキャナからスキャンした軌道周辺の物体の形状を3次元点群で表す3次元点群データおよび計測車両の走行軌跡位置データを取得するデータ取得部と、走行軌跡位置データを基準とした抽出フィルタを設定する第1フィルタ設定部と、3次元点群データのうちの第1フィルタ設定部により設定された抽出フィルタに基づいて抽出された領域点群データのうち反射強度の大きさに基づいて軌条頭部を抽出する反射強度フィルタを設定する第2フィルタ設定部と、反射強度フィルタにより抽出された2本の軌条の軌条頭部に基づいて軌条間の中心位置を算出する軌道中心算出部とを備える。

40

【0008】

好ましくは、軌道中心算出部は、軌条頭部点群データについて近似した2次曲線を算出し、算出された2次曲線の最高点に接する接線を算出し、軌条頭部点群データのうち軌条間側の内側点群データを抽出し、接線と内側点群データとに基づいて内側端点を算出し、

50

2本の軌条の軌条間側の2つの内側端点に基づいて軌条間の中点を算出する。

【0009】

好ましくは、軌道中心算出部は、抽出した軌条間側の内側点群データに基づいて近似した直線をさらに算出し、接線と直線とに基づいて内側端点を算出する。

【0010】

好ましくは、データ取得部は、走行軌跡位置データに対応する計測車両のロール値データを取得し、第1フィルタ設定部は、ロール値データと走行軌跡位置データとに基づいて抽出フィルタを設定する。

【0011】

好ましくは、軌道中心算出部は、走行方向における2本の軌条のそれぞれの内側端点間を結ぶ第1内側軌条線および第2内側軌条線を算出し、第1および第2の内側軌条線の方  
向ベクトルの平均ベクトルを算出し、軌条間の中点における平均ベクトルに対する垂直な  
軌条横断線を算出し、軌条横断線と第1および第2の内側軌条線とに基づいて第1およ  
び第2の内側軌条交点データを算出し、第1および第2の内側軌条交点データに基づいて軌  
条間の軌道中心位置を算出する。 10

【0012】

好ましくは、走行方向における連続した軌道中心位置に従って軌道中心線を生成する軌  
道中心線生成部とをさらに備える。

【0013】

好ましくは、軌道中心位置のカント量を算出するカント量算出部をさらに備え、カント  
量算出部は、走行方向における複数の第1の内側軌条交点データと、複数の第1の内側軌  
条交点データに対応する複数の第2の内側軌条交点データとに基づいて仮想軌条平面を算  
出し、仮想軌条平面に対する法線ベクトルを算出し、法線ベクトルに基づいて軌条間の軌  
道中心位置におけるカント量を算出する。 20

【0014】

好ましくは、軌道中心位置の勾配量を算出する勾配量算出部をさらに備え、勾配量算出  
部は、走行方向における複数の第1の内側軌条交点データと、複数の第1の内側軌条交点  
データに対応する複数の第2の内側軌条交点データとに基づいて仮想軌条平面を算出し、  
仮想軌条平面に対する法線ベクトルを算出し、法線ベクトルに基づいて軌条間の軌道中心  
位置における勾配量を算出する。 30

【0015】

好ましくは、反射強度フィルタにより抽出された軌条頭部点群データのうち前後の連続  
的な関係性を満たす点群データを抽出する前後関係フィルタを設定する第3フィルタ設定  
部をさらに備える。軌道中心算出部は、反射強度フィルタおよび前後関係フィルタにより  
抽出された2本の連続的な軌条の軌条頭部点群データに基づいて軌条間の中心位置を算出  
する。

【0016】

好ましくは、軌道中心計測装置は、2本の軌条の軌道中心線の曲線部分の曲線半径およ  
び曲線の向きを算出する曲線情報算出部をさらに備える。

【0017】

ある局面に従う軌道中心計測方法は、2本の軌条を走行する計測車両の走行方向におい  
て、計測車両に設けられたレーザスキャナからスキャンニングした軌道周辺の物体の形状  
を3次元点群で表す3次元点群データおよび計測車両の走行軌跡位置データを取得するス  
テップと、走行軌跡位置データを基準とした抽出フィルタを設定するステップと、3次元  
点群データのうちの設定された抽出フィルタに基づいて抽出された領域点群データのうち  
反射強度の大きさに基づいて軌条頭部を抽出する反射強度フィルタを設定するステップと  
、抽出された2本の軌条の軌条頭部に基づいて軌条間の中心位置を算出するステップとを  
備える。 40

【発明の効果】

【0018】

本開示の軌道中心計測装置および軌道中心計測方法は、精度の高い軌道中心を計測することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】実施形態に基づく軌道中心計測システムの構成を説明する図である。

【図2】実施形態に基づく計測装置1の機能を説明するブロック図である。

【図3】実施形態に基づく軌道付近の3次元空間における3次元点群データの一例を説明する図である。

【図4】実施形態に基づく計測車両2の走行軌跡位置データを説明する図である。

【図5】実施形態に基づく第1フィルタ設定部102の抽出フィルタの設定について説明する図である。 10

【図6】実施形態に基づく第2フィルタ設定部103の反射強度フィルタについて説明する図である。

【図7】実施形態に従う軌道中心算出部105の内側端点を算出する方式を説明する図である。

【図8】実施形態に従う軌道中心算出部105の内側軌条線の算出について説明する図である。

【図9】実施形態に従うカント量・勾配量算出部107の算出方式を説明する図である。

【図10】実施形態に従う2本の軌条の曲線部分について説明する図である。

【図11】実施形態に従うスラック量算出部108の算出方式を説明する図である。 20

【図12】実施形態に従う計測装置1の計測処理を説明するフロー図である。

【図13】実施形態に従う軌条間の中心位置算出処理について説明するフロー図である。

【図14】実施形態に従う別の軌条間の中心位置算出処理について説明するフロー図である。

【図15】実施形態に従う軌条間の中心算出処理について説明するフロー図である。

【図16】実施形態に従う付加情報算出部110の付加情報の算出について説明するフロー図である。

【図17】実施形態に従うカント量・勾配量算出部107ののカント量および勾配量の算出について説明するフロー図である。

【図18】実施形態の変形例に基づく計測装置1#の機能を説明するブロック図である。 30

【図19】実施形態の変形例に基づく分岐区間および脱線防止ガードを説明する図である。

【図20】実施形態の変形例に基づく第3フィルタ設定部104に従う前後関係フィルタの設定例を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

実施形態について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付し、その説明は繰り返さない。

【0021】

図1は、実施形態に基づく軌道中心計測システムの構成を説明する図である。 40

図1に示されるように、軌道中心計測システムは、計測装置1と、計測車両2を含む。

【0022】

本例においては、計測車両2を側面から見た場合が示されている。

計測車両2は、GPS受信機200と、慣性センサ(IMU)210と、レーザスキャナ230と、データ記憶装置250とが含まれている。

【0023】

GPS受信機200は、測位衛星であるGPS衛星からの測位信号を受信する。GPS受信機200は、測位信号に設定されている航法メッセージおよび測位信号の搬送波位相の情報を測位情報の一例であるGPSデータとして受信時刻または計測時刻毎にデータ記 50

憶装置 250 に記憶する。なお、GPS 受信機 200 は他の GNSS (Global Navigation Satellite Systems) の衛星から測位信号を受信する受信機でもよい。GPS データにより、計測車両 2 の走行軌跡位置データを取得することが可能である。

**【0024】**

レーザスキャナ 230 は、計測対象物である軌条 (レール) の三次元位置を計測するためのセンサであり、進行方向に直交する面内をスキャンすることができる。レーザスキャナ 230 は、計測車両 2 の走行中にレーザ光を照射し、計測対象である軌条 (レール) から反射したレーザ光を受光する。レーザスキャナ 230 は、レーザ光の照射から受光までの時間とレーザ光の照射方向とに基づいて、レーザ光が照射された照射点毎にレーザスキャナ 230 からの距離および方位を距離方位点として計測する。すなわち、距離方位点は、計測対象物に対する計測車両 2 からの距離および方位を表している。レーザスキャナ 230 は、計測した複数の距離方位点からなる距離方位点群を計測時刻または取得時刻毎にデータ記憶装置 250 に記憶する。これにより、軌道周辺の物体の形状を 3 次元点群で表す 3 次元点群データが取得される。

**【0025】**

慣性センサ 210 は、計測車両 2 の停止中または走行中において、計測車両 2 の三次元姿勢角の角速度の微小変異を計測し、姿勢データを計測時刻毎にデータ記憶装置 250 に記憶する。

**【0026】**

計測装置 1 は、計測車両 2 からの計測データ (3 次元点群データ、姿勢データ、走行軌跡位置データ) を取得して、軌条位置を特定し、軌道中心を計測する。

**【0027】**

計測装置 1 における各部の機能について説明する。なお、軌条位置とは、軌条 (レール) の三次元空間における位置を把握可能な三次元座標系上の位置を意味するものとする。ただし、軌条の三次元座標系上の位置を把握するための情報には、軌条の断面形状を把握するための 2 次元座標系上の位置情報も含まれるものとする。

**【0028】**

図 2 は、実施形態に基づく計測装置 1 の機能を説明するブロック図である。

図 2 を参照して、計測装置 1 は、データ取得部 101 と、第 1 フィルタ設定部 102 と、第 2 フィルタ設定部 103 と、軌道中心算出部 105 と、軌道中心線生成部 106 と、付加情報算出部 110 とを含む。

**【0029】**

付加情報算出部 110 は、カント量・勾配量算出部 107 と、スラック量算出部 108 と、曲線情報算出部 109 とを含む。

**【0030】**

データ取得部 101 は、計測車両 2 のデータ記憶装置 250 に記憶された計測データを取得する。本例においては、データ取得部 101 は、計測データの一例として 3 次元点群データと、走行軌跡位置データと、姿勢データとを取得する。

**【0031】**

第 1 フィルタ設定部 102 は、走行軌跡位置データを基準とした所定領域に含まれる領域点群データを抽出するための抽出フィルタを設定する。

**【0032】**

第 2 フィルタ設定部 103 は、3 次元点群データのうちの第 1 フィルタ設定部 102 により設定された抽出フィルタに基づいて抽出された領域点群データのうちの反射強度の大きさに基づいて軌条頭部を抽出する反射強度フィルタを設定する。

**【0033】**

軌道中心算出部 105 は、反射強度フィルタにより抽出された 2 本の軌条の軌条頭部に基づいて軌条間の中心位置を算出する。

**【0034】**

10

20

30

40

50

軌道中心線生成部 106 は、走行方向における連続した軌道中心位置に従って軌道中心線を生成する。

【0035】

付加情報算出部 110 は、軌道中心位置に対応する軌条に関連する付加情報を生成する。付加情報は、主に軌条の曲線部分に関する情報であり、カント量、勾配量、スラック量および曲線情報を含む。

【0036】

カント量・勾配量算出部 107 は、軌道中心線の軌道中心位置に対応する 2 本の軌条のカント量および勾配量を算出する。

【0037】

スラック量算出部 108 は、走行方向における 2 本の軌条の曲線部分におけるスラック量を算出する。

【0038】

曲線情報算出部 109 は、走行方向における 2 本の軌条の曲線部分の曲線情報を算出する。具体的には、曲線情報として、曲線半径および曲線の向きを算出する。

【0039】

図 3 は、実施形態に基づく軌道付近の 3 次元空間における 3 次元点群データの一例を説明する図である。

【0040】

図 3 に示されるように、点群データを取得することにより軌条の断面形状を把握することが可能である。本例においては、3 次元点群データに基づいて軌条間の軌道中心位置を算出する。

【0041】

図 4 は、実施形態に基づく計測車両 2 の走行軌跡位置データを説明する図である。

図 4 に示されるように、GPS データにより、計測車両 2 の走行方向の走行軌跡位置データを取得することが可能である。走行軌跡位置データは、後述する抽出フィルタを設定するための基準点になる。

【0042】

図 5 は、実施形態に基づく第 1 フィルタ設定部 102 の抽出フィルタの設定について説明する図である。

【0043】

図 5 (A) には、抽出フィルタの設定例 (その 1) が示されている。

走行軌跡位置データに基づくレーザスキャナ 230 の位置 G0 が示されている。

【0044】

第 1 フィルタ設定部 102 は、レーザスキャナ 230 の位置 G0 を基準にした抽出フィルタを設定する。ここでは、計測車両 2 の姿勢データに含まれるロール値データは 0 であるとする。すなわち、計測車両 2 が水平面と平行の状態であり、計測車両 2 が進行方向に対して左右に傾いていない状態を意味する。

【0045】

具体的には、4 つのパラメータが設けられている。本例においては、照射角度の抽出範囲を設定するための照射範囲設定角  $range1$ ,  $range2$  と、高さ方向の抽出範囲を設定するための高さ  $Hmax$ ,  $Hmin$  とが設けられている。

【0046】

照射範囲設定角  $range1$  は、位置 G0 から計測車両 2 が位置する水平面に対する垂線方向から左右に広がるレーザ照射角度を表す。

【0047】

照射範囲設定角  $range1$  と照射範囲設定角  $range2$  との間の範囲角によって表される領域が照射角度の抽出範囲として設定される。

【0048】

高さ  $Hmax$ ,  $Hmin$  は、位置 G0 から水平面に対する垂線方向の距離の範囲を示す

10

20

30

40

50

。高さ  $H_{max}$  と高さ  $H_{min}$  との間の範囲が高さ方向の抽出範囲として設定される。

【0049】

高さ  $H_{max}$  と高さ  $H_{min}$  との間の高さの範囲と照射範囲設定角  $range1$  と照射範囲設定角  $range2$  との間の範囲角によって表される領域とによって表される領域が抽出範囲として設定される。

【0050】

当該抽出フィルタを適用することにより軌条の軌条頭部周辺の3次元点群データを抽出することが可能である。本例においては、抽出フィルタにより抽出された軌条の軌条頭部周辺の3次元点群データを領域点群データとも称する。

【0051】

図5(B)には、抽出フィルタの設定例(その2)が示されている。

レーザスキャナ230の位置G0が示されている。

【0052】

レーザスキャナ230の位置G0を基準にした抽出フィルタを設定する。ここでは、計測車両2の姿勢データに含まれるロール値データは  $\theta$  であるとする。すなわち、計測車両2が進行方向に対して右に水平面から  $\theta$  傾いていることを意味する。

【0053】

これにより、ロール値データをさらに考慮して、上記と同様の方式により抽出フィルタを設定することが可能である。

【0054】

具体的には、ロール値データを考慮した照射範囲設定角  $range1$  と照射範囲設定角  $range2$  との間の範囲角によって表される領域と高さ  $H_{max}$  と高さ  $H_{min}$  との間の高さの範囲とによって表される領域が抽出範囲として設定される。

【0055】

図5(C)には、抽出フィルタの設定例(その3)が示されている。

レーザスキャナ230の位置G0を基準にした抽出フィルタを設定する。ここでは、計測車両2の姿勢データに含まれるロール値データは0であるとする。すなわち、計測車両2が水平面と平行の状態であり、計測車両2が進行方向に対して左右に傾いていない状態を意味する。

【0056】

具体的には、4つのパラメータが設けられている。本例においては、高さ方向の抽出範囲を設定するための高さ  $H_{max}$  ,  $H_{min}$  と、幅方向の抽出範囲を設定するための幅  $V_{max}$  , 幅  $V_{min}$  とが設けられている。

【0057】

高さ  $H_{max}$  ,  $H_{min}$  は、位置G0から水平面に対する垂線方向の距離の範囲を示す。

【0058】

高さ  $H_{max}$  と高さ  $H_{min}$  との間の範囲が高さ方向の抽出範囲として設定される。

幅  $V_{max}$  ,  $V_{min}$  は、位置G0から水平面に対する垂線方向から左右の幅方向に対する距離の範囲を示す。

【0059】

幅  $V_{max}$  と幅  $V_{min}$  との間の範囲が幅方向の抽出範囲として設定される。

高さ  $H_{max}$  と高さ  $H_{min}$  との間の高さの範囲と幅  $V_{max}$  と幅  $V_{min}$  との間の幅の範囲とによって表される領域が抽出範囲として設定される。

【0060】

図5(D)には、抽出フィルタの設定例(その4)が示されている。

レーザスキャナ230の位置G0が示されている。

【0061】

レーザスキャナ230の位置G0を基準にした抽出フィルタを設定する。ここでは、計測車両2の姿勢データに含まれるロール値データは  $\theta$  であるとする。すなわち、計測車両

10

20

30

40

50



2 が進行方向に対して右に水平面から  $\theta$  傾いていることを意味する。

【 0 0 6 2 】

これにより、ロール値データをさらに考慮して、上記と同様の方式により抽出フィルタを設定することが可能である。

【 0 0 6 3 】

具体的には、ロール値データを考慮した高さ  $H_{max}$  と高さ  $H_{min}$  との間の高さの範囲と幅  $V_{max}$  と幅  $V_{min}$  との間の幅の範囲とによって表される領域が抽出範囲として設定される。

【 0 0 6 4 】

図 6 は、実施形態に基づく第 2 フィルタ設定部 1 0 3 の反射強度フィルタについて説明する図である。 10

【 0 0 6 5 】

図 6 ( A ) には、踏切等が有る場合の軌条を説明する図である。

図 6 ( A ) に示されるように、踏切等が有る場合には、軌道周辺には踏切を構成する部材等が配置される。

【 0 0 6 6 】

したがって、レーザスキャナ 2 3 0 でスキャンした際には、軌条以外の踏切部分も 3 次元点群データとして取得することになる。

【 0 0 6 7 】

第 1 フィルタ設定部 1 0 2 の抽出フィルタを用いて軌条頭部周辺の 3 次元点群データを取得することが可能である。 20

【 0 0 6 8 】

しかしながら、当該取得した 3 次元点群データには、ノイズとなる軌条以外の踏切部分のデータ等も含まれているため軌条頭部の 3 次元位置を精度よく計測することが難しい。

【 0 0 6 9 】

したがって、本例においては、抽出フィルタで抽出された軌条頭部周辺の領域点群データのうちノイズを除いた軌条頭部を抽出するフィルタを設定する。

【 0 0 7 0 】

この点で、軌条は、金属部分であるため反射強度が高い。一方、軌条以外の踏切を構成する部材は非金属部分であるため反射強度は低い。 30

【 0 0 7 1 】

したがって、実施形態においては、軌条頭部を抽出するために反射強度フィルタを用いて当該ノイズを除去する。

【 0 0 7 2 】

図 6 ( B ) は、反射強度による点群の分類を説明する図である。

図 6 ( B ) に示されるように、軌条は金属部分であるため反射強度は高く、軌条以外の踏切を構成する部材は非金属部分であるため反射強度が低い。

【 0 0 7 3 】

それゆえ、反射強度を所定の閾値で分類することにより軌条頭部と、軌条頭部以外とに分けることが可能である。 40

【 0 0 7 4 】

本例においては、反射強度フィルタを用いて反射強度が所定の閾値よりも高い 3 次元点群データを抽出する。本例においては、反射強度フィルタで抽出された 3 次元点群データを軌条頭部点群データとも称する。

【 0 0 7 5 】

当該処理により、軌条以外の踏切部分のデータをノイズとして除去することが可能である。すなわち、軌条頭部を正確に抽出することが可能となり、精度の高い軌道中心位置の算出が可能である。

【 0 0 7 6 】

図 7 は、実施形態に従う軌道中心算出部 1 0 5 の内側端点を算出する方式を説明する図 50

である。

【 0 0 7 7 】

図 7 ( A ) を参照して、軌条頭部を構成する軌条頭部点群データが示されている。

本例においては、軌条頭部点群データのうち軌条頭部上面を構成する近似した 2 次曲線を算出する。

【 0 0 7 8 】

次に、算出した 2 次曲線について軌道面に垂直方向の高さにおける最高点を求めて、その接線 L A を算出する。

【 0 0 7 9 】

次に、軌条頭部点群データのうち軌条頭部側面側の内側点群データを抽出する。

10

次に、接線 L A と、内側点群データとに基づいて内側端点 P を算出する。

【 0 0 8 0 】

具体的には、軌条頭部側面側の最も内側位置にある点 B を抽出する。

そして、抽出した点 B から接線 L A に垂線を引いて交わった交点を内側端点 P として算出する。

【 0 0 8 1 】

本例においては、2 本の軌条のうちの左軌条の内側端点 P について説明したが、右軌条の内側端点 Q についても同様である。

【 0 0 8 2 】

図 7 ( B ) は、別の軌道中心算出部 1 0 5 の内側端点を算出する式を説明する図である

20

【 0 0 8 3 】

図 7 ( B ) には、軌条頭部点群データのうち軌条頭部側面側の内側点群データを用いて近似した直線 L C を算出する。

【 0 0 8 4 】

算出した直線 L C と、接線 L A とに基づいて内側端点 P を算出する。

具体的には、直線 L C と、接線 L A との交点を内側端点 P として算出する。

【 0 0 8 5 】

本例においては、2 本の軌条のうちの左軌条の内側端点 P について説明したが、右軌条の内側端点 Q についても同様である。

30

【 0 0 8 6 】

当該方式により 2 本の軌条の左軌条および右軌条の軌条頭部の内側端点 P , Q が算出される。

【 0 0 8 7 】

図 8 は、実施形態に従う軌道中心算出部 1 0 5 の内側軌条線の算出について説明する図である。

【 0 0 8 8 】

図 8 ( A ) に示されるように、図 7 で算出した内側端点 P , Q は、進行方向において位置ずれが生じている。

【 0 0 8 9 】

40

計測車両 2 は、軌条上を進行方向に進みながらレーザスキャナ 2 3 0 で軌道周辺の物体をスキャンする。

【 0 0 9 0 】

レーザスキャナ 2 3 0 は、例えば左側の軌条をスキャンした後に、右側の軌条をスキャンする。したがって、スキャン中の計測車両 2 の進行速度に従って位置がずれることになる。

【 0 0 9 1 】

実施形態においては、当該位置ずれを補正した上で精度の高い軌条間の中心位置を算出する。

【 0 0 9 2 】

50

まず、軌道中心算出部 105 は、走行方向における 2 本の軌条のそれぞれの内側端点間を結ぶ第 1 内側軌条線および第 2 内側軌条線を算出する。

【0093】

本例においては、内側端点 P0 ~ P4 をそれぞれ結ぶことにより第 1 内側軌条線が取得される。また、内側端点 Q0 ~ Q4 をそれぞれ結ぶことにより第 2 内側軌条線が取得される。

【0094】

軌道中心算出部 105 は、内側端点 P と、内側端点 Q との軌条間の midpoint R を算出する。一例として、内側端点 P0 ~ P4 と、内側端点 Q0 ~ Q4 との midpoint R0 ~ R4 が示されている。

【0095】

軌道中心算出部 105 は、内側端点 P, Q における第 1 および第 2 の内側軌条線の方向ベクトルを算出する。本例においては、内側端点 P0, Q0 の方向ベクトルが示されている。

【0096】

軌道中心算出部 105 は、midpoint R の方向ベクトルを算出する。具体的には、対応する内側端点 P, Q の方向ベクトルの平均ベクトルを算出する。

【0097】

軌道中心算出部 105 は、それぞれの midpoint R0 ~ R4 に対する方向ベクトルを算出する。

【0098】

図 8 (B) を参照して、軌道中心算出部 105 は、算出した midpoint R0 ~ R4 の方向ベクトルに対して垂直な軌条横断線 MA0 ~ MA4 をそれぞれ算出する。

【0099】

軌道中心算出部 105 は、軌条横断線と第 1 および第 2 の内側軌条線の交点を算出する。

【0100】

本例においては、軌条横断線 MA と第 1 の内側軌条線との交点を第 1 の内側軌条交点データとする。軌条横断線 MA と、第 2 の内側軌条線との交点を第 2 の内側軌条交点データとする。本例においては、第 1 の内側軌条線と軌条横断線 MA0 ~ MA4 とに基づく第 1 の内側軌条交点データ P0 # ~ P4 # が示されている。また、第 2 の内側軌条線と軌条横断線 MA0 ~ MA4 とに基づく第 2 の内側軌条交点データ Q0 # ~ Q4 # が示されている。

【0101】

図 8 (C) を参照して、軌道中心算出部 105 は、第 1 の内側軌条交点データと第 2 の内側軌条交点データとに基づいて軌条間の軌道中心位置を算出する。

【0102】

軌道中心算出部 105 は、第 1 の内側軌条交点データ P0 # ~ P4 # と、第 2 の内側軌条交点データ Q0 # ~ Q4 # とに基づいて軌条間の軌道中心位置 R0 # ~ R4 # を算出する。

【0103】

図 8 (C) に示されるように、軌道中心線生成部 106 は、走行方向における連続した軌道中心位置 R0 # ~ R4 # に従って軌道中心線を生成する。後述するが軌道中心の方向ベクトルの変化量に基づいて軌道中心線の生成方式が異なる。具体的には、軌道中心の方向ベクトルの変化量が所定値以上であるか否かを判断し、所定値以上である場合には曲線部分であると判断する。軌道中心線生成部 106 は、曲線部分であると判断した場合には、曲線部分において直線部分とは異なる方式で軌道中心線を生成する。軌道中心線生成部 106 は、第 1 の内側軌道軌条交点データおよび第 2 の内側軌道軌条交点データを用いた軌道中心位置に基づいて軌道中心線を生成するのではなく、曲線部分のうちの外側にある内側軌道軌条交点データを基準に軌道中心位置を設定し、それに基づいて軌道中心線を生

10

20

30

40

50

成する。曲線部分における軌道中心位置は、外側にある内側基準交点データを基準に一定の距離に設定される。

【0104】

図8(D)に示されるように、軌条間の中点と、軌条間の軌道中心位置との間にはずれが生じているが、精度よく補正されることが分かる。すなわち、本方式により、精度の高い軌道中心位置を算出することが可能である。

【0105】

図9は、実施形態に従うカント量・勾配量算出部107の算出方式を説明する図である。

【0106】

図9(A)に示されるように、2本の軌条を走行する鉄道車両や保線計測機器の走行モデルを説明する図である。

【0107】

計測車両2は、進行方向に対して前後方向に少なくとも4輪設けられている。

本例においては、当該4輪が位置する第1および第2の内側軌条交点データに基づいて形成される仮想軌条平面を算出する。

【0108】

当該算出された仮想軌条平面に基づいて軌道中心位置のカント量および勾配量を算出する。

【0109】

図9(B)は、仮想軌条平面の算出について説明する図である。

図9(B)を参照して、一例として、軌道中心位置R2#のカント量および勾配量の算出について説明する。

【0110】

一例として軌道中心位置R2#を基準として進行方向に対して前後2つの軌道中心位置に対応する内側軌条交点データを用いる。

【0111】

本例においては、第1の内側軌条交点データP0#、P4#と、第2の内側軌条交点データQ0#、Q4#とに基づいて仮想軌条平面を算出する。

【0112】

次に、仮想軌条平面に対する法線ベクトルを算出する。

そして、当該法線ベクトルの水平方向ベクトル成分と、進行方向ベクトル成分とを算出する。

【0113】

カント量・勾配量算出部107は、法線ベクトルの算出した水平方向ベクトル成分に基づいて当該軌道中心位置R2#に対するカント量を算出する。

【0114】

カント量・勾配量算出部107は、法線ベクトルの算出した進行方向ベクトル成分に基づいて当該軌道中心位置R2#に対する勾配量を算出する。

【0115】

なお、本方式は、一例であり、特に前後2つの軌道中心位置に対する内側軌条交点データではなく、その範囲は鉄道車両や保線計測機器の大きさに合わせて任意に設定することが可能である。

【0116】

なお、本例においては、仮想軌条平面の中心である軌道中心位置R2#を基準とした場合の算出方式について説明したが、特にこれに限られず、軌道中心位置R0#の算出方式としてもよい。

【0117】

図10は、実施形態に従う2本の軌条の曲線部分について説明する図である。

図10に示されるように、2本の軌条の曲線部分(カーブ)において、実際の軌条位置

10

20

30

40

50

は、車両が走行し易いように本来の軌条位置よりも所定のスラック量分、軌条の幅を広げて設けられている。

【 0 1 1 8 】

したがって、軌道中心線生成部 1 0 6 は、曲線部分において直線部分とは異なる方式で軌道中心線を生成する。軌道中心線生成部 1 0 6 は、曲線部分のうちの外側にある内側軌条交点データを基準に軌道中心位置を設定し、それに基づいて軌道中心線を生成する。曲線部分における軌道中心位置は、外側にある内側基準交点データを基準に一定の距離に設定される。

【 0 1 1 9 】

曲線部分においては、車両が遠心力により外方に転倒することを防止するために、外側の軌道を内側の軌道よりも高く設定している。したがって、カント量・勾配量算出部 1 0 7 は、法線ベクトルの算出した水平方向ベクトル成分に基づいて当該軌道中心位置に対するカント量を算出する。

【 0 1 2 0 】

曲線情報算出部 1 0 9 は、走行方向における 2 本の軌条の曲線情報として、中心点 O からの曲線半径および曲線の向きを算出する。曲線情報算出部 1 0 9 は、軌道中心線を N 次関数または円曲線に近似することにより曲線半径を算出する。また、曲線情報算出部 1 0 9 は、軌道中心線の方向ベクトルに基づいて曲線の向きを算出する。

【 0 1 2 1 】

図 1 1 は、実施形態に従うスラック量算出部 1 0 8 の算出方式を説明する図である。

図 1 1 に示されるように、ここでは、スラック量の算出方式が示されている。

【 0 1 2 2 】

スラック量算出部 1 0 8 は、2 本の軌条の内側端点間の距離と、軌間の寸法とに基づいてスラック量を算出する。具体的には、スラック量は、内側端点間距離から軌間の寸法を減算することにより取得される。

【 0 1 2 3 】

図 1 2 は、実施形態に従う計測装置 1 の計測処理を説明するフロー図である。

図 1 2 を参照して、計測装置 1 は、データを取得する（ステップ S 2）。

【 0 1 2 4 】

データ取得部 1 0 1 は、計測車両 2 のデータ記憶装置 2 5 0 に記憶された計測データを取得する。本例においては、データ取得部 1 0 1 は、計測データの一例として 3 次元点群データと、走行軌跡位置データと、姿勢データとを取得する。

【 0 1 2 5 】

次に、計測装置 1 は、抽出フィルタを設定する（ステップ S 4）。第 1 フィルタ設定部 1 0 2 は、図 5 で説明したように走行軌跡位置データを基準とした所定領域に含まれる領域点群データを抽出するための抽出フィルタを設定する。

【 0 1 2 6 】

次に、計測装置 1 は、反射強度フィルタを設定する（ステップ S 6）。第 2 フィルタ設定部 1 0 3 は、図 6 で説明したように 3 次元点群データのうちの第 1 フィルタ設定部 1 0 2 により設定された抽出フィルタに基づいて抽出された領域点群データのうち反射強度の大きさに基づいて軌条頭部を抽出する反射強度フィルタを設定する。

【 0 1 2 7 】

次に、計測装置 1 は、軌条間の中心位置を算出する（ステップ S 8）。軌道中心算出部 1 0 5 は、反射強度フィルタにより抽出された 2 本の軌条の軌条頭部に基づいて軌条間の中心位置を算出する。軌条間の中心位置の算出処理については後述する。

【 0 1 2 8 】

次に、計測装置 1 は、軌道中心線を算出する（ステップ S 9）。軌道中心線生成部 1 0 6 は、軌条間の中心位置に基づいて軌道中心線を算出する。また、軌道中心線生成部 1 0 6 は、軌条間の中心位置の方向ベクトルに基づいて曲線か否かを判断する。具体的には、軌道中心線生成部 1 0 6 は、方向ベクトルの変化量が所定量以上である場合には曲線であ

ると判断して、曲線部分のうちの外側にある内側軌道軌条交点データを基準に軌道中心位置を設定し、それに基づいて軌道中心線を生成する。曲線部分における軌道中心位置は、外側にある内側基準交点データを基準に一定の距離に設定される。

【0129】

次に、計測装置1は、付加情報を算出する(ステップS10)。付加情報算出部110は、軌道中心位置に対応する軌条に関連する付加情報として、カント量、勾配量、スラック量および曲線情報を算出する。付加情報の算出については後述する。

【0130】

付加情報算出部110は、付加情報算出部110で算出した付加情報を軌道中心位置に対してそれぞれ関連付けて保存する。

10

【0131】

そして、処理を終了する(エンド)。

図13は、実施形態に従う軌条間の中心位置算出処理について説明するフロー図である。

【0132】

図13を参照して、軌道中心算出部105は、軌条頭部点群データを取得する(ステップS12)。具体的には、図7で説明したように軌道中心算出部105は、3次元点群データのうち抽出された反射強度が所定の閾値よりも高い軌条頭部点群データを取得する。

【0133】

次に、軌道中心算出部105は、近似2次曲線を算出する(ステップS14)。

20

具体的には、軌道中心算出部105は、図7で説明したように軌条頭部点群データのうち軌条頭部上面を構成する近似した2次曲線を算出する。

【0134】

次に、軌道中心算出部105は、接線を算出する(ステップS16)。

具体的には、軌道中心算出部105は、算出した2次曲線について軌道面に垂直方向の高さにおける最高点を求めて、その接線LAを算出する。

【0135】

次に、軌道中心算出部105は、内側点群データを抽出する(ステップS18)。

具体的には、図7で説明したように軌道中心算出部105は、軌条頭部点群データのうち軌条頭部側面側の内側点群データを抽出する。

30

【0136】

次に、軌道中心算出部105は、内側端点を算出する(ステップS20)。

具体的には、軌道中心算出部105は、図7で説明したように接線LAと、内側点群データとに基づいて内側端点Pを算出する。この点で、軌条頭部側面側の最も内側位置にある点Bを抽出する。そして、抽出した点Bから接線LAに垂線を引いて交わった交点を内側端点Pとして算出する。

【0137】

次に、軌道中心算出部105は、軌道中心を算出する(ステップS22)。

軌道中心の算出処理について後述する。

【0138】

そして、処理を終了する(リターン)。

40

図14は、実施形態に従う別の軌条間の中心位置算出処理について説明するフロー図である。

【0139】

図14を参照して、図13のフロー図と比較して、ステップS19がさらに設けられている点異なる。ステップS19において、軌道中心算出部105は、近似直線を算出する。

【0140】

具体的には、図7で説明したように軌道中心算出部105は、軌条頭部点群データのうち軌条頭部側面側の内側点群データを用いて近似した直線LCを算出する。そして、軌道

50

中心算出部 105 は、内側端点を算出する（ステップ S20）。具体的には、軌道中心算出部 105 は、算出した直線 LC と、接線 LA とに基づいて内側端点 P を算出する。具体的には、直線 LC と、接線 LA との交点を内側端点 P として算出する。

【0141】

他のフローについては同様であるのでその詳細な説明については繰り返さない。

図 15 は、実施形態に従う軌条間の中心算出処理について説明するフロー図である。

【0142】

図 15 を参照して、軌道中心算出部 105 は、内側軌条線を算出する（ステップ S30）。具体的には、図 8（A）で説明したように、軌道中心算出部 105 は、走行方向における 2 本の軌条のそれぞれの内側端点間を結ぶ第 1 内側軌条線および第 2 内側軌条線を算出する。内側端点 P0 ~ P4 をそれぞれ結ぶことにより第 1 内側軌条線が取得される。また、内側端点 Q0 ~ Q4 をそれぞれ結ぶことにより第 2 内側軌条線が取得される。

【0143】

次に、軌道中心算出部 105 は、方向ベクトルを算出する（ステップ S32）。

図 8（A）で説明したように、軌道中心算出部 105 は、内側端点 P, Q における第 1 および第 2 の内側軌条線方向ベクトルを算出する。

【0144】

次に、軌道中心算出部 105 は、平均ベクトルを算出する（ステップ S34）。

図 8（A）で説明したように、軌道中心算出部 105 は、中点 R の方向ベクトルを算出する。具体的には、対応する内側端点 P, Q の方向ベクトルの平均ベクトルを算出する。

【0145】

次に、軌道中心算出部 105 は、軌条横断線を算出する（ステップ S36）。図 8（B）で説明したように、軌道中心算出部 105 は、算出した中点 R0 ~ R4 の方向ベクトルに対して垂直な軌条横断線 MA0 ~ MA4 をそれぞれ算出する。

【0146】

次に、軌道中心算出部 105 は、軌条交点データを算出する（ステップ S38）。

図 8（B）で説明したように、軌道中心算出部 105 は、軌条横断線と第 1 および第 2 の内側軌条線との交点を算出する。本例においては、軌条横断線 MA と、第 1 の内側軌条線との交点を第 1 の内側軌条交点データとする。軌条横断線と、第 2 の内側軌条線との交点を第 2 の内側軌条交点データとする。

【0147】

次に、軌道中心算出部 105 は、軌道中心位置を算出する（ステップ S40）。

図 8（C）で説明したように、軌道中心算出部 105 は、第 1 の内側軌条交点データと、第 2 の内側軌条交点データとに基づいて軌条間の軌道中心位置を算出する。軌道中心算出部 105 は、第 1 の内側軌条交点データ P0 # ~ P4 # と、第 2 の内側軌条交点データ Q0 # ~ Q4 # とに基づいて軌条間の軌道中心位置 R0 # ~ R4 # を算出する。

【0148】

そして、処理を終了する（リターン）。

図 16 は、実施形態に従う付加情報算出部 110 の付加情報の算出について説明するフロー図である。

【0149】

図 16 を参照して、付加情報算出部 110 は、軌道中心方向ベクトルの変化量を算出する（ステップ S50）。

【0150】

次に付加情報算出部 110 は、軌道中心方向ベクトルの変化量が所定量以上の変化量であるか否かを判断する（ステップ S52）。

【0151】

ステップ S52 において、付加情報算出部 110 は、軌道中心方向ベクトルの変化量が所定量以上の変化量であると判断した場合（ステップ S52 において YES と判断した場合）には、カント量・勾配量を算出する（ステップ S54）。具体的には、カント量・

勾配量算出部 107 は、軌道中心線の軌道中心位置に対応する 2 本の軌条のカント量および勾配量を算出する。カント量・勾配量を算出する方式については後述する。

【0152】

次に、付加情報算出部 110 は、軌条交点データ間距離を算出する（ステップ S56）。スラック量算出部 108 は、図 11 で説明したように第 1 の内側軌条交点データと、第 2 の内側軌条交点データとの間の距離を算出する。

【0153】

次に、付加情報算出部 110 は、スラック量を算出する（ステップ S58）。スラック量算出部 108 は、図 11 で説明したように第 1 の内側軌条交点データと、第 2 の内側軌条交点データとの間の距離と、軌間の寸法とに基づいてスラック量を算出する。スラック量算出部 108 は、図 11 で説明したように内側軌条交点データ間の距離から軌間の寸法を減算することによりスラック量を取得する。

【0154】

次に、付加情報算出部 110 は、曲線半径を算出する（ステップ S60）。曲線情報算出部 109 は、軌道中心線を N 次関数または円曲線に近似することにより曲線半径を算出する。

【0155】

次に、付加情報算出部 110 は、曲線の向きを算出する（ステップ S62）。曲線情報算出部 109 は、軌道中心線の方向ベクトルに基づいて曲線の向きを算出する。

【0156】

そして、処理を終了する（エンド）。

一方、ステップ S52 において、付加情報算出部 110 は、軌道中心の方向ベクトルの変化量が所定量以上の変化量でないと判断した場合（ステップ S52 において NO と判断した場合）には、ステップ S54 ~ S62 をスキップして処理を終了する（エンド）。

【0157】

図 17 は、実施形態に従うカント量・勾配量算出部 107 のカント量および勾配量の算出について説明するフロー図である。

【0158】

図 17 を参照して、仮想軌条平面を算出する（ステップ S70）。具体的には、カント量・勾配量算出部 107 は、図 9 (B) に示されるように、第 1 の内側軌条交点データ P0 # ~ P4 # と、第 2 の内側軌条交点データ Q0 # ~ Q4 # とに基づいて仮想軌条平面を算出する。

【0159】

次に、カント量・勾配量算出部 107 は、仮想軌条平面に対する法線ベクトルを算出する（ステップ S72）。

【0160】

次に、カント量・勾配量算出部 107 は、算出した法線ベクトルの水平方向ベクトル成分に基づいて当該軌道中心位置 R2 # に対するカント量データを算出する（ステップ S74）。

【0161】

カント量・勾配量算出部 107 は、算出した進行方向ベクトル成分に基づいて当該軌道中心位置 R2 # に対する勾配量データを算出する（ステップ S76）。

【0162】

そして、処理を終了する（エンド）。

なお、本例においては、カント量および勾配量を分けて同時に算出する場合について説明したが、これに限られず、法線ベクトルに基づいてカント量データおよび勾配量データを別々に算出することも可能である。

【0163】

カント量・勾配量算出部 107 で算出されたカント量データおよび勾配量データ、スラック量算出部 108 で算出したスラック量ならびに曲線情報算出部 109 で算出した曲線



半径および曲線の向きは、建築限界の設定の際に用いることが可能である。

【 0 1 6 4 】

(その他変形例)

図 1 8 は、実施形態の変形例に基づく計測装置 1 # の機能を説明するブロック図である。

【 0 1 6 5 】

図 1 8 を参照して、計測装置 1 # は、計測装置 1 と比較して第 3 フィルタ設定部 1 0 4 を追加した点が異なる。その他の構成については同様であるのでその詳細な説明については繰り返さない。

【 0 1 6 6 】

第 3 フィルタ設定部 1 0 4 は、反射強度フィルタにより抽出された軌条頭部点群データのうち前後の連続的な関係性を満たす点群データを抽出する前後関係フィルタを設定する。前後関係フィルタは、反射強度フィルタで除いたノイズに対してさらに点群データを除去するフィルタである。

【 0 1 6 7 】

図 1 9 は、実施形態の変形例に基づく分岐区間および脱線防止ガードを説明する図である。

【 0 1 6 8 】

図 1 9 ( A ) を参照して、一例として 2 本の軌条の間に脱線防止ガードが設けられている。

【 0 1 6 9 】

図 1 9 ( B ) を参照して、一例として軌条を分岐させる分岐部が設けられている。

当該脱線防止ガードや、分岐部は、金属部分で構成されている。

【 0 1 7 0 】

したがって、反射強度フィルタでは当該脱線防止ガードや分岐部を判別することはできない。

【 0 1 7 1 】

実施形態の変形例においては、当該脱線防止ガードや分岐部を除く方式について説明する。

【 0 1 7 2 】

具体的には、第 3 フィルタ設定部 1 0 4 は、前後関係フィルタを設定する。脱線防止ガードや、分岐部は、2 本の軌条に沿って配置される。脱線防止ガードや分岐部は、2 本の軌条に沿って一部の区間のみ配置され、常に配置される訳ではない。

【 0 1 7 3 】

本例においては、第 3 フィルタ設定部 1 0 4 により設定された前後関係フィルタを用いて点群データを抽出する領域をさらに絞る。

【 0 1 7 4 】

図 2 0 は、実施形態の変形例に基づく第 3 フィルタ設定部 1 0 4 に従う前後関係フィルタの設定例を説明する図である。

【 0 1 7 5 】

図 2 0 ( A ) を参照して、前後関係フィルタの設定例(その 1)が示されている。

前後の連続的な関係性を満たす条件として、1 つ前に算出した内側端点 P を用いる。

【 0 1 7 6 】

具体的には、1 つ前の内側端点 P を基準にパラメータ P D 1 ~ P D 4 によって抽出範囲を設定する。

【 0 1 7 7 】

パラメータ P D 1 , P D 2 は、1 つ前の内側端点 P を基準にした上下方向の高さ範囲である。

【 0 1 7 8 】

パラメータ P D 3 , P D 4 は、1 つ前の内側端点 P を基準にした左右方向の幅範囲であ

10

20

30

40

50

る。

【 0 1 7 9 】

そして、設定した抽出範囲の点群データのみを抽出する。

これにより、反射強度フィルタにより抽出された軌条頭部点群データのうち脱線防止ガードに関連する点群データを除去することが可能である。

【 0 1 8 0 】

他方の軌条についても同様に、1つ前の内側端点Qを基準にして同様の方式に従って抽出範囲を設定する。

【 0 1 8 1 】

図20(B)を参照して、前後関係フィルタの設定例(その2)が示されている。

点群間の距離を基準に点群のグループを作成する。

10

【 0 1 8 2 】

本例においては、グループGAと、グループGBとに分類されている場合が示されている。

【 0 1 8 3 】

次に各グループの中心あるいは重心を算出する。

そして、算出された各グループの中心あるいは重心が1つ前の内側端点Pに近い点群のグループのみを抽出する。

【 0 1 8 4 】

グループGAは、2本の軌条の連続した軌条頭部に関連する点群データであり、グループGBは、脱線防止ガードに関連する点群データである。

20

【 0 1 8 5 】

したがって、この場合、内側端点Pに近いグループGAの点群データのみを抽出する。

他方の軌条についても同様に、1つ前の内側端点Qを基準にして同様の方式に従って抽出範囲を設定する。

【 0 1 8 6 】

脱線防止ガードに限らず分岐部についても同様に適用可能である。

反射強度フィルタで抽出された3次元点群データに対してさらに前後関係フィルタを適用することにより2本の軌条の連続した軌条頭部に関連する3次元点群データのみを抽出することが可能である。すなわち、脱線防止ガードや分岐部の金属部分に対応する3次元点群データを除去することが可能である。

30

【 0 1 8 7 】

したがって、2本の軌条の連続した軌条頭部を正確に抽出することが可能となり、精度の高い軌道中心位置の算出が可能である。

【 0 1 8 8 】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本開示の範囲は、上記した説明ではなく、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

40

【 0 1 8 9 】

1, 1# 計測装置、2 計測車両、101 データ取得部、102 第1フィルタ設定部、103 第2フィルタ設定部、104 第3フィルタ設定部、105 軌道中心算出部、106 軌道中心線生成部、107 カント量・勾配量算出部、108 スラック量算出部、109 曲線情報算出部、200 GPS受信機、210 慣性センサ(IMU)、230 レーザスキャナ、250 データ記憶装置。

【要約】 (修正有)

【課題】精度の高い軌道中心を計測することが可能な軌道中心計測装置を提供する。

【解決手段】軌道中心計測装置1は、2本の軌条を走行する計測車両の走行方向において、計測車両に設けられたレーザスキャナからスキャンニングした軌道周辺の物体の形状を

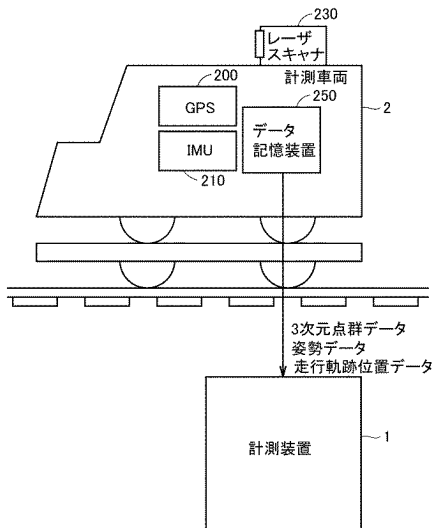
50

3次元点群で表す3次元点群データおよび計測車両の走行軌跡位置データを取得するデータ取得部101と、走行軌跡位置データを基準とした抽出フィルタを設定する第1フィルタ設定部102と、3次元点群データのうちの第1フィルタ設定部により設定された抽出フィルタに基づいて抽出された領域点群データのうち反射強度の大きさに基づいて軌条頭部を抽出する反射強度フィルタを設定する第2フィルタ設定部103と、反射強度フィルタにより抽出された2本の軌条の軌条頭部に基づいて軌条間の中心位置を算出する軌道中心算出部105とを備える。

【選択図】図2

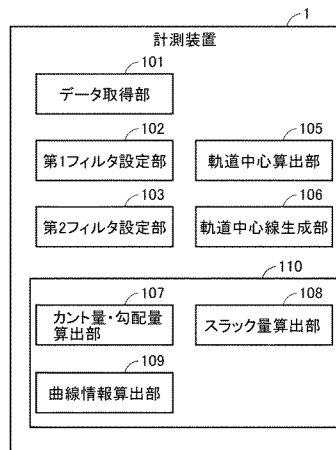
【図1】

図1



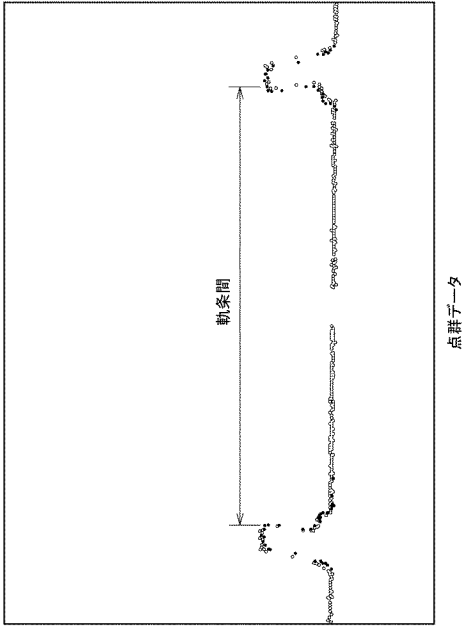
【図2】

図2



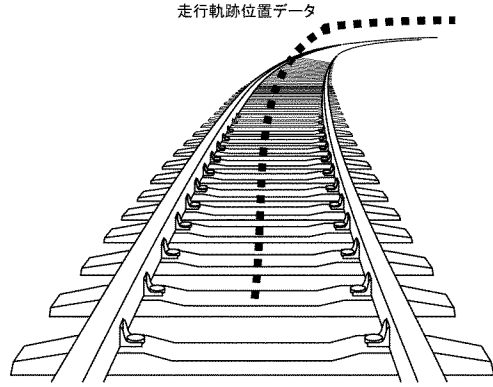
【図3】

図3



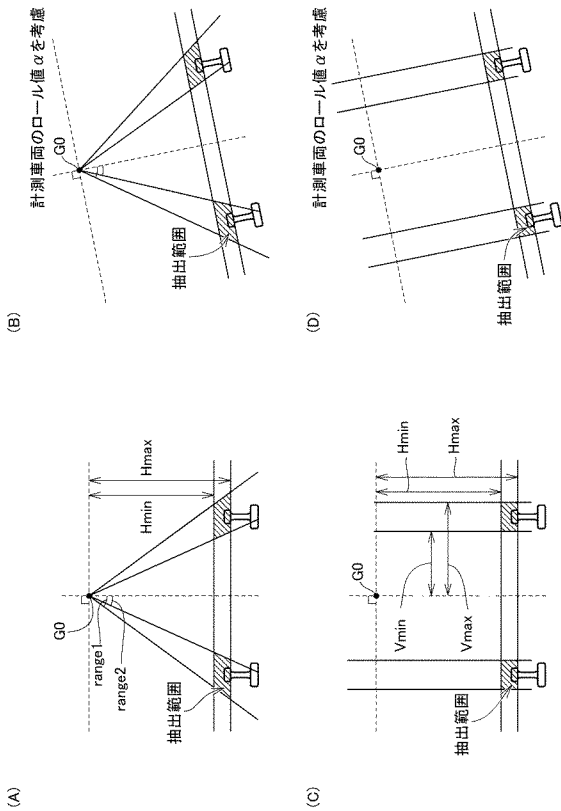
【図4】

図4



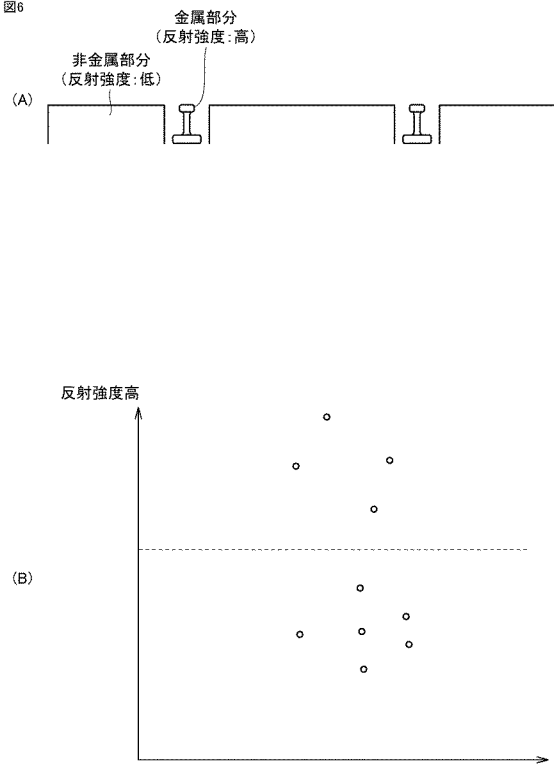
【図5】

図5



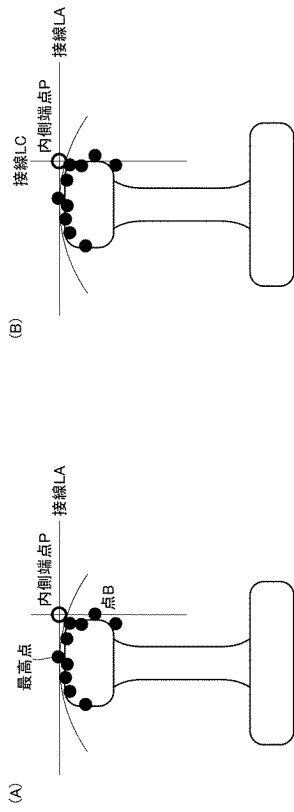
【図6】

図6



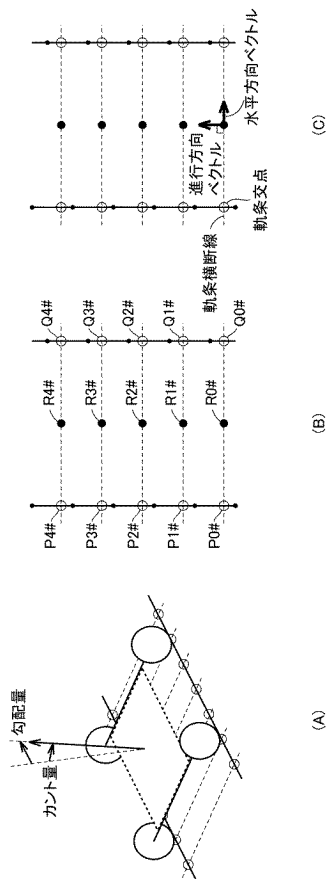
【図7】

図7



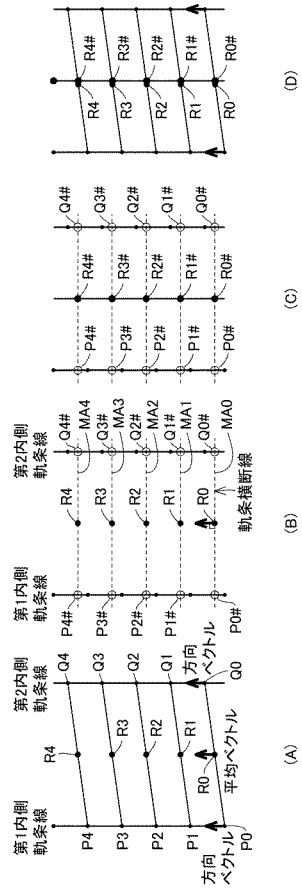
【図9】

図9



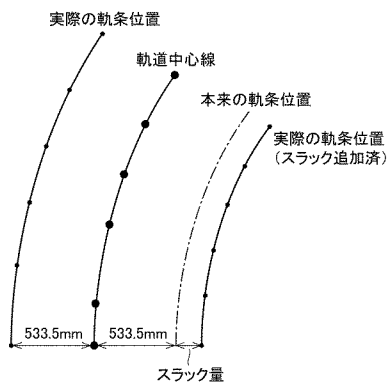
【図8】

図8



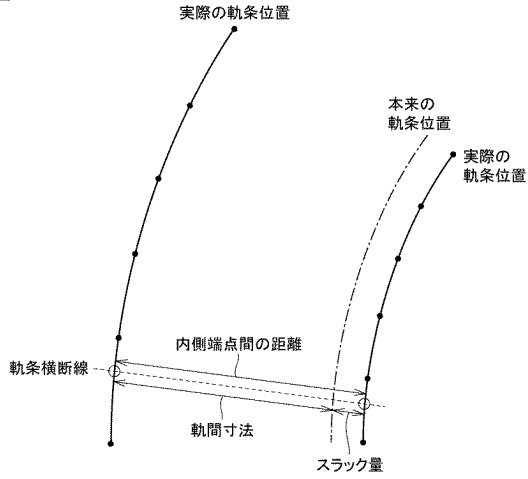
【図10】

図10



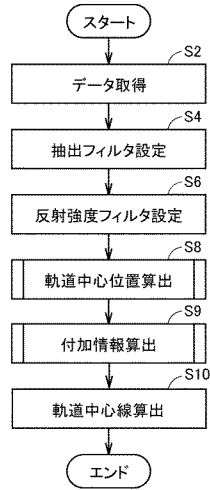
【図 1 1】

図11



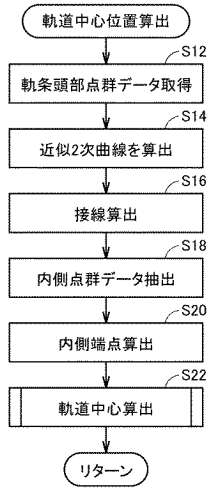
【図 1 2】

図12



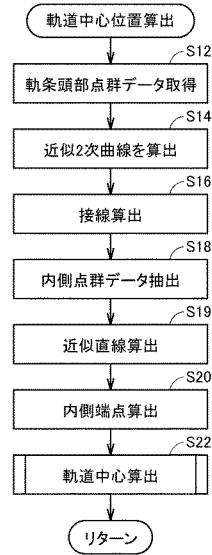
【図 1 3】

図13



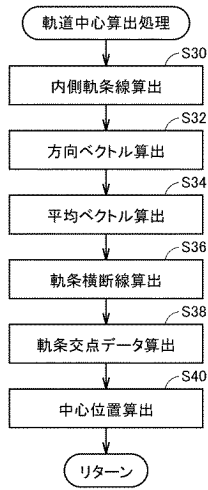
【図 1 4】

図14



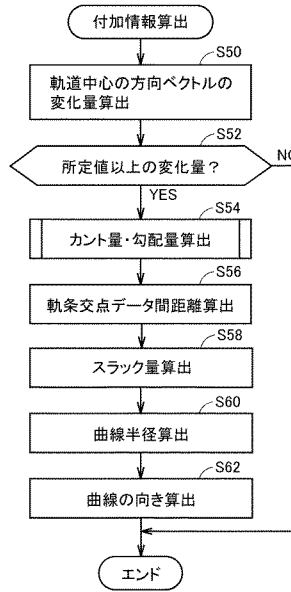
【図15】

図15



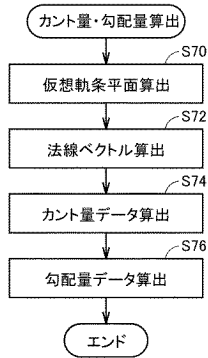
【図16】

図16



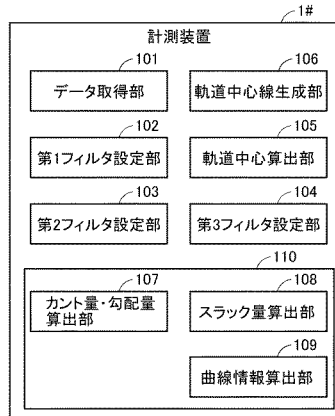
【図17】

図17



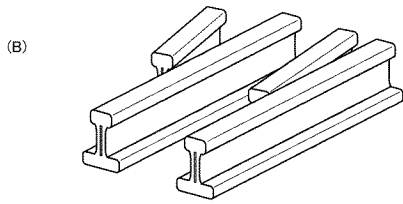
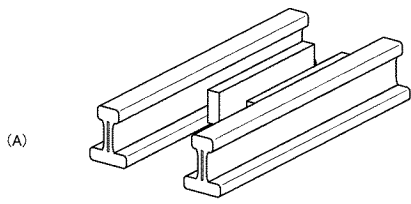
【図18】

図18



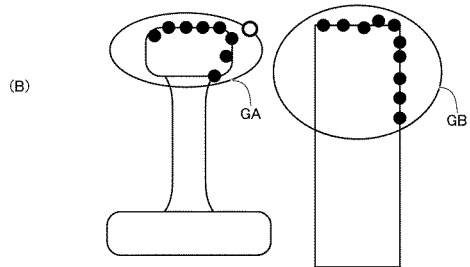
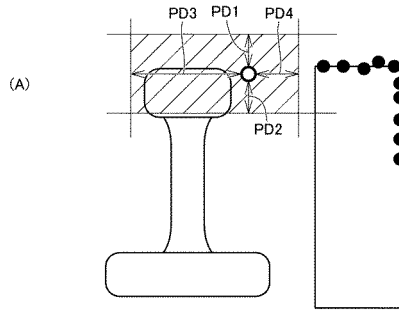
【 図 19 】

図19



【 図 20 】

図20





## フロントページの続き

- (72)発明者 小田原 匠  
東京都江東区新木場四丁目7番41号 朝日航洋株式会社内
- (72)発明者 鈴木 清  
東京都江東区新木場四丁目7番41号 朝日航洋株式会社内
- (72)発明者 森 友峰  
東京都渋谷区南平台町5番6号 東急株式会社内
- (72)発明者 岩瀬 祐人  
東京都渋谷区南平台町5番6号 東急株式会社内
- (72)発明者 清水 実  
東京都千代田区霞が関1-4-1 首都高速道路株式会社内
- (72)発明者 永田 佳文  
東京都港区虎ノ門3-10-11 首都高技術株式会社内
- (72)発明者 安中 智  
東京都港区虎ノ門3-10-11 首都高技術株式会社内
- (72)発明者 松本 伸也  
東京都港区虎ノ門3-10-11 首都高技術株式会社内

審査官 仲野 一秀

- (56)参考文献 国際公開第2018/087931(WO, A1)  
特開2016-212031(JP, A)  
欧州特許出願公開第3141449(EP, A1)  
中国特許出願公開第101580071(CN, A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 11/00 - 11/30  
E01B 35/00 - 35/12  
B61L 1/00 - 99/00