

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6829747号
(P6829747)

(45) 発行日 令和3年2月10日(2021.2.10)

(24) 登録日 令和3年1月26日(2021.1.26)

(51) Int. Cl.		F I			
B 6 1 L	23/00	(2006.01)	B 6 1 L	23/00	A
G O 1 C	7/02	(2006.01)	G O 1 C	7/02	
G O 1 C	15/00	(2006.01)	G O 1 C	15/00	1 O 3 A

請求項の数 6 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2019-127909 (P2019-127909)	(73) 特許権者	000213909
(22) 出願日	令和1年7月9日(2019.7.9)		朝日航洋株式会社
(65) 公開番号	特開2021-11240 (P2021-11240A)		東京都江東区新木場四丁目7番41号
(43) 公開日	令和3年2月4日(2021.2.4)	(73) 特許権者	591139633
審査請求日	令和1年8月15日(2019.8.15)		東急株式会社
早期審査対象出願			東京都渋谷区南平台町5番6号
		(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
		(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
		(74) 代理人	110001195
			特許業務法人深見特許事務所

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 建築限界測定装置および建築限界測定方法

(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前記軌条の軌道中心線データを取得するデータ取得部と、

3次元点群データ上に配置する場合の判定対象車両の2次元の建築限界領域を示す領域データを記憶する領域記憶部と、

前記領域記憶部の前記領域データに基づいて前記建築限界領域を前記軌道中心線データに従って順次複数配置する領域配置部と、

前記軌道中心線データに関連付けられている前記軌条の付加情報に基づいて配置された前記建築限界領域を変更する領域変更部と、

前記領域変更部により変更された複数の建築限界領域を連結するために3次元ポリゴン領域として連結領域を生成する連結領域生成部と、

前記判定対象車両の走行に対する障害物を検出するために前記3次元ポリゴン領域として生成された連結領域内に前記データ取得部で取得した3次元点群データが含まれる否かを判断する検出部とを備え、

前記領域変更部は、前記軌条の付加情報のカント量および勾配量に基づいて前記建築限界領域を回転する、建築限界測定装置。

【請求項2】

前記領域変更部は、前記軌条の付加情報の曲線半径および曲線の向きに基づいて偏倚量

を算出し、算出した偏倚量に基づいて対応する建築限界領域を拡大する、請求項 1 記載の建築限界測定装置。

【請求項 3】

前記領域変更部は、前記軌条の付加情報のスラック量に基づいて前記建築限界領域の位置を変更する、請求項 1 記載の建築限界測定装置。

【請求項 4】

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前記軌条の軌道中心線データを取得するデータ取得部と、

3 次元点群データ上に配置する場合の判定対象車両の 2 次元の建築限界領域を示す領域データを記憶する領域記憶部と、

前記領域記憶部の前記領域データに基づいて前記建築限界領域を前記軌道中心線データに従って順次複数配置する領域配置部と、

前記軌道中心線データに関連付けられている前記軌条の付加情報に基づいて配置された前記建築限界領域を変更する領域変更部と、

前記 2 本の軌条の曲線部において、前記軌道中心線データに従って前記領域変更部により変更された複数の建築限界領域を連結するために 3 次元ポリゴン領域として連結領域を生成する連結領域生成部と、

前記判定対象車両の走行に対する障害物を検出するために前記 3 次元ポリゴン領域として生成された連結領域内に前記データ取得部で取得した 3 次元点群データが含まれる否かを判断する検出部とを備え、

前記領域変更部は、前記軌条の付加情報のスラック量および前記軌条の付加情報の曲線半径および曲線の向きに基づく偏倚量の少なくともいずれか一方に基づいて前記建築限界領域を変更する、建築限界測定装置。

【請求項 5】

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前記軌条の軌道中心線データを取得するステップと、

3 次元点群データ上に配置する場合の判定対象車両の 2 次元の建築限界領域を前記軌道中心線データに従って順次配置するステップと、

前記軌道中心線データに関連付けられている前記軌条の付加情報に基づいて配置された前記建築限界領域を変更するステップと、

変更された複数の建築限界領域を連結するために 3 次元ポリゴン領域として生成された連結領域を生成するステップと、

前記判定対象車両の走行に対する障害物を検出するために前記 3 次元ポリゴン領域として生成された連結領域内に前記取得した 3 次元点群データが含まれるか否かを判断するステップとを備え、

前記建築限界領域を変更するステップは、前記軌条の付加情報のカント量および勾配量に基づいて前記建築限界領域を回転するステップを含む、建築限界測定方法。

【請求項 6】

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前記軌条の軌道中心線データを取得するステップと、

3 次元点群データ上に配置する場合の判定対象車両の 2 次元の建築限界領域を前記軌道中心線データに従って順次複数配置するステップと、

前記軌道中心線データに関連付けられている前記軌条の付加情報に基づいて配置された前記建築限界領域を変更するステップと、

前記 2 本の軌条の曲線部において、前記軌道中心線データに従って変更された複数の建築限界領域を連結するために 3 次元ポリゴン領域として生成された連結領域を生成するステップと、

10

20

30

40

50

前記判定対象車両の走行に対する障害物を検出するために前記3次元ポリゴン領域として生成された連結領域内に前記取得した3次元点群データが含まれるか否かを判断するステップとを備え、

前記建築限界領域を変更するステップは、前記軌条の付加情報のスラック量および前記軌条の付加情報の曲線半径および曲線の向きに基づく偏倚量の少なくともいずれか一方に基づいて前記建築限界領域を変更するステップを含む、建築限界測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、建築限界内の3次元点群データを測定する方式に関する。

10

【背景技術】

【0002】

軌条上の車両の安全運行のために、軌条に対して内部に構造物を設置してはならない建築限界が設定されている。鉄道の保守点検作業においては、建築限界の内部に入る構造物がないことの確認と、建築限界に近接する構造物の距離の測定等が行われている。具体的には、レーザスキャナなどによる測量等によって線路近傍の構造物の位置座標が算出された上で、線路上に設定される建築限界の内部に入っているか否かが判断される。例えば、特許文献1には、線路に直交する断面の断面図上に建築限界の形状と構造物上の測定点とをプロットして表現する技術等が提案されている。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2017-19388号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記の特許文献1に示される建築限界の表示においては、線路上の一断面(2次元)上のみの測定結果しか示されない。したがって、全ての測定点に対して建築限界内に含まれるか否かを判定していない。

【0005】

30

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、精度の高い建築限界の測定が可能な建築限界測定装置および建築限界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】

【0006】

ある局面に従う建築限界測定装置は、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軌条の軌道中心線データを取得するデータ取得部と、3次元点群データ上に配置する場合の判定対象車両の2次元の建築限界領域を示す領域データを記憶する領域記憶部と、領域記憶部の領域データに基づいて建築限界領域を軌道中心線データに従って順次複数配置する領域配置部と、軌道中心線データに関連付けられている軌条の付加情報に基づいて配置された建築限界領域を変更する領域変更部と、領域変更部により変更された複数の建築限界領域を連結した連結領域を生成する連結領域生成部と、判定対象車両の走行に対する障害物を検出するために連結領域内にデータ取得部で取得した3次元点群データが含まれるか否かを判断する検出部とを備える。

40

【0007】

好ましくは、領域変更部は、軌条の付加情報の曲線半径および曲線の向きに基づいて偏倚量を算出し、算出した偏倚量に基づいて対応する建築限界領域を拡大する。

【0008】

好ましくは、領域変更部は、軌条の付加情報のスラック量に基づいて建築限界領域の位置を変更する。

50

【 0 0 0 9 】

好ましくは、領域変更部は、軌条の付加情報のカント量および勾配量に基づいて建築限界領域を回転する。

【 0 0 1 0 】

好ましくは、連結領域生成部は、複数の建築限界領域を連結した連結領域として3次元ポリゴン領域を生成する。

【 0 0 1 1 】

ある局面に従う建築限界測定方法は、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軌条の軌道中心線データを取得するステップと、3次元点群データ上に配置する場合の判定対象車両の2次元の建築限界領域を軌道中心線データに従って順次配置するステップと、軌道中心線データに関連付けられている軌条の付加情報に基づいて配置された建築限界領域を変更するステップと、変更された複数の建築限界領域を連結した連結領域を生成するステップと、判定対象車両の走行に対する障害物を検出するために連結領域内に取得した3次元点群データが含まれるか否かを判断するステップとを備える。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 2 】

本開示の建築限界測定装置および建築限界測定方法は、精度の高い建築限界の測定が可能である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 3 】

【 図 1 】 実施形態に基づく建築限界測定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中心線データを説明する図である。

【 図 4 】 実施形態に従う建築限界領域を説明する図である。

【 図 5 】 実施形態に従う領域配置部12により建築限界モデルMDを配置した場合を説明する図である。

【 図 6 】 実施形態に従う領域変更部13による建築限界領域の変更を説明する図である。

【 図 7 】 実施形態に従う領域変更部13による別の建築限界領域の変更を説明する図である。

【 図 8 】 実施形態に従う連結領域生成部14の連結領域の生成について説明する図である。

。

【 図 9 】 実施形態に従う連結領域生成部14により生成された連結領域を説明する図である。

【 図 1 0 】 実施形態に従う検出部15の判断処理を説明する図である。

【 図 1 1 】 実施形態に従う検出部15の判断結果を説明する図である。

【 図 1 2 】 実施形態に従う計測装置1の測定処理を説明するフロー図である。

【 図 1 3 】 他の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 1 4 】 他の実施形態に基づく軌条付近の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 1 5 】 他の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 1 6 】 他の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。

【 図 1 7 】 他の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 1 8 】 他の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 1 9 】 他の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 2 0】他の実施形態に従うカント量・勾配量算出部 1 0 7 およびスラック量算出部 1 0 8 の算出方式を説明する図である。

【図 2 1】他の実施形態に従う 2 本の軌条の曲線部分のスラック量について説明する図である。

【図 2 2】他の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 2 3】他の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 2 4】他の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 2 5】他の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 2 6】他の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 2 7】他の実施形態に従う付加情報算出部 1 1 0 の付加情報の算出について説明するフロー図である。

【図 2 8】他の実施形態に従うカント量・勾配量算出部 1 0 7 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 2 9】他の実施形態の変形例に基づく計測装置 1 # A の機能を説明するブロック図である。

【図 3 0】他の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 3 1】他の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。

【発明を実施するための形態】

【0 0 1 4】

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。

【0 0 1 5】

図 1 は、実施形態に基づく建築限界測定システムの構成を説明する図である。

図 1 に示されるように、建築限界測定システムは、建築限界測定装置の一例である計測装置 1 と、計測車両 2 とを含む。

【0 0 1 6】

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 2 0 0 と、慣性センサ (IMU) 2 1 0 と、レーザスキャナ 2 3 0 と、データ記憶装置 2 5 0 とが含まれている。

【0 0 1 7】

GPS 受信機 2 0 0 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 2 0 0 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憶装置 2 5 0 に記憶する。なお、GPS 受信機 2 0 0 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。

【0 0 1 8】

レーザスキャナ 2 3 0 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 2 3 0 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 2 3 0 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 2 3 0 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 2 3 0 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

10

20

30

40

50

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。

【0019】

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。

【0020】

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）を取得する。

【0021】

計測装置 1 は、計測された 3 次元点群データ上に対して建築限界領域を設定して、3 次元の建築限界領域に当該 3 次元点群データが含まれるか否かを計測する。

【0022】

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。

【0023】

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 10 と、領域記憶部 11 と、領域配置部 12 と、領域変更部 13 と、連結領域生成部 14 と、検出部 15 とを含む。

【0024】

データ取得部 10 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 10 は、計測データの一例として 3 次元点群データを取得する。また、データ取得部 10 は、2 本の軌条の軌道中心線データを取得する。2 本の軌条の軌道中心線データは、例えば記憶部に格納されている予め取得された 2 本の軌条のデータに基づいて算出されたものを用いることが可能である。あるいは、2 本の軌条の設計データに基づいて算出されたものを用いても良い。あるいは、走行軌跡位置データに基づいて算出されたものを用いても良い。なお、軌道中心線データは、2 本の軌条の中心位置に関する位置データに限られず 2 本の軌条の属性に関する付加情報も関連付けられている。付加情報は、軌条の中心位置に対応する 2 本の軌条のカント量、勾配量、スラック量、曲線半径および曲線の向き等を含む。当該データは内部で保持されたものに限られず、外部から取得したものでもよい。

【0025】

領域記憶部 11 は、3 次元点群データ上に配置する場合の判定対象車両の 2 次元の建築限界領域を示す領域データを記憶する。当該領域データは、1 つに限られず判定対象車両の種別により建築限界領域は異なる。また、架線が存在する電化区間か架線が存在しない非電化区間かによっても建築限界領域は異なる。また、トンネル内や駅等の特定の構造物等との関係でも建築限界領域は異なる。領域記憶部 11 は、当該各種の領域データを記憶する。

【0026】

領域配置部 12 は、領域記憶部 11 に記憶されている領域データに基づいて 2 次元の建築限界領域を軌道中心線データに従って順次複数配置する。

【0027】

領域変更部 13 は、軌道中心線データに関連付けられている軌条の付加情報に基づいて配置された建築限界領域を変更する。

【0028】

連結領域生成部 14 は、領域変更部 13 により変更された複数の建築限界領域を連結した連結領域を生成する。本例においては、一例として 3 次元ポリゴン領域を生成する。

【0029】

10

20

30

40

50

検出部 15 は、判定対象車両の走行に対する障害物を検出するために生成した連結領域内にデータ取得部 10 で取得した 3 次元点群データが含まれる否かを判断する。そして、検出部 15 は、判断結果を出力する。

【 0 0 3 0 】

図 3 は、実施形態に基づく軌道中心線データを説明する図である。

図 3 には、2 本の軌条の中心位置に沿う軌道中心線のデータが示されている。当該軌道中心線データに従って 2 次元の建築限界領域が配置される。

【 0 0 3 1 】

図 4 は、実施形態に従う建築限界領域を説明する図である。

図 4 (A) には、一例として領域記憶部 11 に記憶されている建築限界領域のモデル (建築限界モデル M D) が示されている。当該建築限界モデル M D は、判定対象車両の種別や走行区間等により異なる。

【 0 0 3 2 】

図 4 (B) は、建築限界モデル M D を構成するモデル構成点を説明する図である。

図 4 (B) に示されるように、建築限界モデル M D は、一例として 20 点のモデル構成点で構成されている。具体的には、一例として位置座標が設定されたモデル構成点 M P 1 ~ M P 20 が設けられている。当該モデル構成点 M P 1 ~ M P 20 (総称してモデル構成点 M P とも称する) に従って 2 次元の建築限界領域が設定される。なお、当該モデル構成点の数は例示であり、任意の数に設定することが可能である。

【 0 0 3 3 】

図 5 は、実施形態に従う領域配置部 12 により建築限界モデル M D を配置した場合を説明する図である。

【 0 0 3 4 】

図 5 に示されるように、領域配置部 12 は、軌道中心線データに従って建築限界モデル M D を順次複数配置する。当該図に示されているように軌道中心線データ (座標 (X , Y , Z)) に付加情報 (カント量、勾配量、曲線半径、曲線の向きおよびスラック量) が関連付けられている。

【 0 0 3 5 】

図 6 は、実施形態に従う領域変更部 13 による建築限界領域の変更を説明する図である。

【 0 0 3 6 】

一般的に、2 本の軌条の曲線部を走行する際に判定対象車両は偏倚する。

したがって、当該 2 本の軌条部の曲線部においては、建築限界領域を変更する必要がある。

【 0 0 3 7 】

図 6 (A) を参照して、領域変更部 13 は、曲線部に応じて偏倚量 W_1 , W_2 を算出して、算出結果に基づいて建築限界領域を拡大する。

【 0 0 3 8 】

具体的には、領域変更部 13 は、軌道中心線データに関連付けられている付加情報の曲線半径および曲線の向きに基づいて偏倚量 W_1 , W_2 を算出する。

【 0 0 3 9 】

具体的には、曲線半径 C および曲線の向きに基づいて下記式に従って偏倚量 W_1 , W_2 が算出される。

【 0 0 4 0 】

10

20

30

40

【数 1】

数 1

$$W1 = C - \sqrt{(C-d)^2 - \left(\frac{L1}{2}\right)^2}$$

$$d = C - \sqrt{C^2 - \left(\frac{L0}{2}\right)^2}$$

$$W2 = \sqrt{\left(C + \frac{F}{2} - W1\right)^2 + (L2/2)^2} - C - \frac{F}{2}$$

L0: 固定軸距離

L1: 台車固定軸間距離

L2: 車体長

F: 車体幅

C: 曲線半径

W1: 曲線内方への偏倚量

W2: 曲線外方への偏倚量

【0041】

なお、当該式は、一例であり他の方式に基づいて偏倚量 W1, W2 を算出するようにしても良い。

【0042】

図6(B)を参照して、2本の軌条の曲線部分(カーブ)においては、車両が走行し易いように軌条の幅を広げた所定のスラック量が設けられている。したがって、領域変更部13は、2本の軌条の軌間の長さが異なるため建築限界領域を変更する。具体的には、領域変更部13は、軌道中心線データに関連付けられている付加情報のスラック量に基づいて図4(B)で説明したモデル構成点MPのうち軌条に関連するモデル構成点MPの座標を移動させることにより建築限界領域を変更する。

【0043】

図7は、実施形態に従う領域変更部13による別の建築限界領域の変更を説明する図である。

【0044】

図7に示されるように領域変更部13は、軌道中心線データに関連付けられている付加情報の軌道中心位置におけるカント量および勾配量に基づいて2次元状の建築限界領域を回転させて3次元空間上に配置する。具体的には、領域変更部13は、軌道中心線データに関連付けられている付加情報のカント量および勾配量に基づいて図4(B)で説明したモデル構成点MPの座標を移動させることにより建築限界領域を変更する。

【0045】

図8は、実施形態に従う連結領域生成部14の連結領域の生成について説明する図である。

【0046】

図8に示されるように、連結領域生成部14は、領域変更部13によって変更された建築限界モデルMDを順次連結する。具体的には、対応するモデル構成点同士を連結することにより連結領域が生成される。一例として連結領域生成部14が3次元ポリゴン領域を生成する場合が示されている。

30

40

50

【 0 0 4 7 】

図 9 は、実施形態に従う連結領域生成部 1 4 により生成された連結領域を説明する図である。

【 0 0 4 8 】

図 9 に示されるように連結領域生成部 1 4 で生成された連結領域が 3 次元点群データの判定領域となる。

【 0 0 4 9 】

図 1 0 は、実施形態に従う検出部 1 5 の判断処理を説明する図である。

図 1 0 に示されるように、検出部 1 5 は、判定対象車両の走行に対する障害物を検出するために生成した連結領域内にデータ取得部 1 0 で取得した 3 次元点群データが含まれるか否かを判断する。 10

【 0 0 5 0 】

図 1 1 は、実施形態に従う検出部 1 5 の判断結果を説明する図である。

図 1 1 に示されるように、3 次元点群データのうちの黒丸は連結領域外であることを示す。3 次元点群データのうちの白丸は連結領域内であることを示す。

【 0 0 5 1 】

したがって、測定装置は、3 次元点群データを 3 次元で構成される連結領域を用いて判定することが可能であるため精度の高い建築限界の測定が可能である。

【 0 0 5 2 】

図 1 2 は、実施形態に従う計測装置 1 の測定処理を説明するフロー図である。 20

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 T 2 ）。

【 0 0 5 3 】

データ取得部 1 0 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 は、計測データの一例として 3 次元点群データを取得する。また、データ取得部 1 0 は、図 3 で説明したように 2 本の軌条の軌道中心線データを取得する。2 本の軌条の軌道中心線データには、2 本の軌条の属性に関する付加情報も関連付けられている。付加情報は、軌条の中心位置に対応する 2 本の軌条のカント量、スラック量、曲線半径および曲線の向き等を含む。

【 0 0 5 4 】

次に、計測装置 1 は、領域データを読み出す（ステップ S T 4 ）。具体的には、図 4 で説明したように領域配置部 1 2 は、領域記憶部 1 1 に記憶されている建築限界モデル M D を読み出す。 30

【 0 0 5 5 】

次に、計測装置 1 は、読み出した建築限界領域を配置する（ステップ S T 6 ）。具体的には、図 5 で説明したように領域配置部 1 2 は、軌道中心線データに従って建築限界モデル M D を順次複数配置する。

【 0 0 5 6 】

次に、計測装置 1 は、配置した建築限界領域を変更する（ステップ S T 8 ）。

具体的には、図 6 で説明したように領域変更部 1 3 は、2 本の軌条部の曲線部においては、建築限界領域を変更する。領域変更部 1 3 は、曲線部に応じて偏倚量 $W 1$, $W 2$ を算出して、算出結果に基づいて建築限界領域を拡大する。また、領域変更部 1 3 は、軌道中心線データに関連付けられている付加情報のスラック量に基づいて図 4 (B) で説明したモデル構成点 M P のうち軌条に関連するモデル構成点 M P の座標を移動させることにより建築限界領域を変更する。さらに、領域変更部 1 3 は、軌道中心線データに関連付けられている付加情報の軌道中心位置におけるカント量および勾配量に基づいて 2 次元状の建築限界領域を回転させて 3 次元空間上に配置する。 40

【 0 0 5 7 】

次に、計測装置 1 は、連結領域を生成する（ステップ S T 1 0 ）。

具体的には、図 7 で説明したように連結領域生成部 1 4 は、軌道中心線データに従って配置された領域変更部 1 3 によって変更された建築限界モデル M D を順次連結する。一例 50

として連結領域生成部 1 4 は、3次元ポリゴン領域を生成する。

【0058】

次に、計測装置 1 は、3次元点群データが連結領域に含まれているか否かを判断する（ステップ S T 1 2）。具体的には、検出部 1 5 は、判定対象車両の走行に対する障害物を検出するために生成した連結領域内にデータ取得部 1 0 で取得した3次元点群データが含まれる否かを判断する。

【0059】

次に、計測装置 1 は、判断結果を出力する（ステップ S T 1 4）。

検出部 1 5 は、図 1 1 に示されるように、一例として3次元点群データのうち黒丸は、連結領域外で有ることを示し、白丸は連結領域内で有ることを示す。

【0060】

したがって、計測装置 1 は、3次元点群データを3次元で構成される連結領域を用いて判定することが可能であるため精度の高い建築限界の測定が可能である。

【0061】

（その他の実施形態）

上記の実施形態においては、予め算出された軌道中心線データを利用して建築限界の測定を行う方式について説明した。一方で、計測車両 2 からの計測データを用いて軌道中心データを算出し、当該算出された軌道中心データを建築限界の測定に利用することも可能である。当該方式について説明する。

【0062】

図 1 3 は、他の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 1 3 を参照して、計測装置 1 # は、計測装置 1 と比較して、さらに、第 1 フィルタ設定部 1 0 2 と、第 2 フィルタ設定部 1 0 3 と、軌道中心算出部 1 0 5 と、軌道中心線生成部 1 0 6 と、付加情報算出部 1 1 0 とを含む。

【0063】

付加情報算出部 1 1 0 は、カント量・勾配量算出部 1 0 7 と、スラック量算出部 1 0 8 と、曲線情報算出部 1 0 9 とを含む。

【0064】

第 1 フィルタ設定部 1 0 2 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。

【0065】

第 2 フィルタ設定部 1 0 3 は、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。

【0066】

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。

【0067】

軌道中心線生成部 1 0 6 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。

【0068】

付加情報算出部 1 1 0 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。

【0069】

カント量・勾配量算出部 1 0 7 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。

【0070】

スラック量算出部 1 0 8 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。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 1 】

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。

【 0 0 7 2 】

図 1 4 は、他の実施形態に基づく軌条付近の 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。

【 0 0 7 3 】

図 1 4 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、データ取得部 1 0 で取得した 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。

10

【 0 0 7 4 】

図 1 5 は、他の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。

【 0 0 7 5 】

図 1 5 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。

【 0 0 7 6 】

図 1 6 は、他の実施形態に基づく第 1 フィルタ設定部 1 0 2 の抽出フィルタの設定について説明する図である。

20

【 0 0 7 7 】

図 1 6 (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 2 3 0 の位置 G 0 が示されている。

【 0 0 7 8 】

第 1 フィルタ設定部 1 0 2 は、レーザスキャナ 2 3 0 の位置 G 0 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。

【 0 0 7 9 】

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 $range 1$, $range 2$ 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。

30

【 0 0 8 0 】

照射範囲設定角 $range 1$ は、位置 G 0 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。

【 0 0 8 1 】

照射範囲設定角 $range 1$ と照射範囲設定角 $range 2$ 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。

【 0 0 8 2 】

高さ $Hmax$, $Hmin$ は、位置 G 0 から水平面に対する垂線方向の距離の範囲を示す。高さ $Hmax$ と高さ $Hmin$ との間の範囲が高さ方向の抽出範囲として設定される。

40

【 0 0 8 3 】

高さ $Hmax$ と高さ $Hmin$ との間の高さの範囲と照射範囲設定角 $range 1$ と照射範囲設定角 $range 2$ 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。

【 0 0 8 4 】

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。

【 0 0 8 5 】

50

図16(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。

【0086】

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 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 °傾いていることを意味する。

【0087】

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。

【0088】

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 $Hmax$ と高さ $Hmin$ 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。

【0089】

図16(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。

【0090】

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 $Hmax$, $Hmin$ と、幅方向の抽出範囲を設定するための幅 $Vmax$, 幅 $Vmin$ とが設けられている。

【0091】

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。

【0092】

高さ $Hmax$ と高さ $Hmin$ 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 $Vmax$, $Vmin$ 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。

【0093】

幅 $Vmax$ と幅 $Vmin$ 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 $Hmax$ と高さ $Hmin$ との間の高さの範囲と幅 $Vmax$ と幅 $Vmin$ 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。

【0094】

図16(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。

【0095】

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 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 °傾いていることを意味する。

【0096】

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。

【0097】

具体的には、ロール値データを考慮した高さ $Hmax$ と高さ $Hmin$ との間の高さの範囲と幅 $Vmax$ と幅 $Vmin$ 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。

【0098】

図17は、他の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

10

20

30

40

50

て説明する図である。

【0099】

図17(A)には、踏切等が有る場合の軌条を説明する図である。

図17(A)に示されるように、踏切等が有る場合には、軌条周辺には踏切を構成する部材等が配置される。

【0100】

したがって、レーザスキャナ230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。

【0101】

第1フィルタ設定部102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。 10

【0102】

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。

【0103】

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。

【0104】

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。 20

【0105】

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。

【0106】

図17(B)は、反射強度による点群の分類を説明する図である。

図17(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。

【0107】

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。 30

【0108】

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。

【0109】

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。

【0110】

図18は、他の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。 40

【0111】

図18(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。

【0112】

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LAを算出する。

【0113】

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。 50

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 1 1 4 】

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 1 1 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。

【 0 1 1 6 】

図 1 8 (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。 10

【 0 1 1 7 】

図 1 8 (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 1 1 8 】

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 1 1 9 】

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。 20

【 0 1 2 0 】

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 1 2 1 】

図 1 9 は、他の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 1 2 2 】

図 1 9 (A) に示されるように、図 1 8 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 1 2 3 】

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。 30

【 0 1 2 4 】

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 1 2 5 】

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 1 2 6 】

まず、軌道中心算出部 1 0 5 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。 40

【 0 1 2 7 】

本例においては、内側端点 P 0 ~ P 4 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 Q 0 ~ Q 4 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。

【 0 1 2 8 】

軌道中心算出部 1 0 5 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 P 0 ~ P 4 と、内側端点 Q 0 ~ Q 4 との midpoint R 0 ~ R 4 が示されている。 50

【 0 1 2 9 】

軌道中心算出部 1 0 5 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 P 0 , Q 0 の方向ベクトルが示されている。

【 0 1 3 0 】

軌道中心算出部 1 0 5 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。

【 0 1 3 1 】

軌道中心算出部 1 0 5 は、それぞれの中点 R 0 ~ R 4 に対する方向ベクトルを算出する。

10

【 0 1 3 2 】

図 1 9 (B) を参照して、軌道中心算出部 1 0 5 は、算出した中点 R 0 ~ R 4 の方向ベクトルに対して垂直な軌条横断線 M A 0 ~ M A 4 をそれぞれ算出する。

【 0 1 3 3 】

軌道中心算出部 1 0 5 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。

【 0 1 3 4 】

本例においては、軌条横断線 M A 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 M A 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 M A 0 ~ M A 4 とに基づく第 1 の内側軌条交点データ P 0 # ~ P 4 # が示されている。また、第 2 の内側軌条線と軌条横断線 M A 0 ~ M A 4 とに基づく第 2 の内側軌条交点データ Q 0 # ~ Q 4 # が示されている。

20

【 0 1 3 5 】

図 1 9 (C) を参照して、軌道中心算出部 1 0 5 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。

【 0 1 3 6 】

軌道中心算出部 1 0 5 は、第 1 の内側軌条交点データ P 0 # ~ P 4 # と、第 2 の内側軌条交点データ Q 0 # ~ Q 4 # とに基づいて軌条間の軌道中心位置 R 0 # ~ R 4 # を算出する。

30

【 0 1 3 7 】

図 1 9 (C) に示されるように、軌道中心線生成部 1 0 6 は、走行方向における連続した軌道中心位置 R 0 # ~ R 4 # 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 1 0 6 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 1 0 6 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。

40

【 0 1 3 8 】

図 1 9 (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。

【 0 1 3 9 】

図 2 0 は、他の実施形態に従うカント量・勾配量算出部 1 0 7 およびスラック量算出部 1 0 8 の算出方式を説明する図である。

【 0 1 4 0 】

50

図 20 (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。

【 0 1 4 1 】

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。

【 0 1 4 2 】

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。

【 0 1 4 3 】

図 20 (B) は、仮想軌条平面の算出について説明する図である。

図 20 (B) を参照して、一例として、軌道中心位置 R 2 # のカント量および勾配量の算出について説明する。

【 0 1 4 4 】

一例として軌道中心位置 R 2 # 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。

【 0 1 4 5 】

本例においては、第 1 の内側軌条交点データ P 0 # , P 4 # と、第 2 の内側軌条交点データ Q 0 # , Q 4 # とに基づいて仮想軌条平面を算出する。

【 0 1 4 6 】

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。

【 0 1 4 7 】

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 R 2 # に対するカント量を算出する。

【 0 1 4 8 】

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進行方向ベクトル成分に基づいて当該軌道中心位置 R 2 # に対する勾配量を算出する。

【 0 1 4 9 】

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。

【 0 1 5 0 】

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 R 2 # 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 R 0 # の算出方式としてもよい。

【 0 1 5 1 】

図 21 は、他の実施形態に従う 2 本の軌条の曲線部分のスラック量について説明する図である。

【 0 1 5 2 】

図 21 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 5 3 】

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。

10

20

30

40

50

【 0 1 5 4 】

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 5 5 】

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。

10

【 0 1 5 6 】

図 2 2 は、他の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。

【 0 1 5 7 】

図 2 2 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。

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 5 8 】

図 2 3 は、他の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。

20

図 2 3 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 5 9 】

データ取得部 1 0 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 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 6 0 】

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 1 6 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 6 1 】

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 1 7 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。

30

【 0 1 6 2 】

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 6 3 】

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。

40

【 0 1 6 4 】

次に、計測装置 1 は、付加情報を算出する（ステップ S 1 0 ）。付加情報算出部 1 1 0 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。

50

【 0 1 6 5 】

付加情報算出部 1 1 0 は、付加情報算出部 1 1 0 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。

【 0 1 6 6 】

そして、処理を終了する（エンド）。

図 2 4 は、他の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。

【 0 1 6 7 】

図 2 4 を参照して、軌道中心算出部 1 0 5 は、軌条頭部点群データを取得する（ステップ S 1 2）。具体的には、図 1 8 で説明したように軌道中心算出部 1 0 5 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。

【 0 1 6 8 】

次に、軌道中心算出部 1 0 5 は、近似 2 次曲線を算出する（ステップ S 1 4）。

具体的には、軌道中心算出部 1 0 5 は、図 1 8 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。

【 0 1 6 9 】

次に、軌道中心算出部 1 0 5 は、接線を算出する（ステップ S 1 6）。

具体的には、軌道中心算出部 1 0 5 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 L A を算出する。

【 0 1 7 0 】

次に、軌道中心算出部 1 0 5 は、内側点群データを抽出する（ステップ S 1 8）。

具体的には、図 1 8 で説明したように軌道中心算出部 1 0 5 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。

【 0 1 7 1 】

次に、軌道中心算出部 1 0 5 は、内側端点を算出する（ステップ S 2 0）。

具体的には、軌道中心算出部 1 0 5 は、図 1 8 で説明したように接線 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。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 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 1 7 2 】

次に、軌道中心算出部 1 0 5 は、軌道中心を算出する（ステップ S 2 2）。

軌道中心の算出処理について後述する。

【 0 1 7 3 】

そして、処理を終了する（リターン）。

図 2 5 は、他の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。

【 0 1 7 4 】

図 2 5 を参照して、図 2 4 のフロー図と比較して、ステップ S 1 9 がさらに設けられている点異なる。ステップ S 1 9 において、軌道中心算出部 1 0 5 は、近似直線を算出する。

【 0 1 7 5 】

具体的には、図 1 8 で説明したように軌道中心算出部 1 0 5 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。そして、軌道中心算出部 1 0 5 は、内側端点を算出する（ステップ S 2 0）。具体的には、軌道中心算出部 1 0 5 は、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 1 7 6 】

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 2 6 は、他の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

【 0 1 7 7 】

図 2 6 を参照して、軌道中心算出部 1 0 5 は、内側軌条線を算出する（ステップ S 3 0）。具体的には、図 1 9（A）で説明したように、軌道中心算出部 1 0 5 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 P 0 ~ P 4 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 Q 0 ~ Q 4 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。

【 0 1 7 8 】

次に、軌道中心算出部 1 0 5 は、方向ベクトルを算出する（ステップ S 3 2）。

図 1 9（A）で説明したように、軌道中心算出部 1 0 5 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。 10

【 0 1 7 9 】

次に、軌道中心算出部 1 0 5 は、平均ベクトルを算出する（ステップ S 3 4）。

図 1 9（A）で説明したように、軌道中心算出部 1 0 5 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。

【 0 1 8 0 】

次に、軌道中心算出部 1 0 5 は、軌条横断線を算出する（ステップ S 3 6）。図 1 9（B）で説明したように、軌道中心算出部 1 0 5 は、算出した中点 R 0 ~ R 4 の方向ベクトルに対して垂直な軌条横断線 M A 0 ~ M A 4 をそれぞれ算出する。 20

【 0 1 8 1 】

次に、軌道中心算出部 1 0 5 は、軌条交点データを算出する（ステップ S 3 8）。

図 1 9（B）で説明したように、軌道中心算出部 1 0 5 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 M A 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。

【 0 1 8 2 】

次に、軌道中心算出部 1 0 5 は、軌道中心位置を算出する（ステップ S 4 0）。

図 1 9（C）で説明したように、軌道中心算出部 1 0 5 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 1 0 5 は、第 1 の内側軌条交点データ P 0 # ~ P 4 # と、第 2 の内側軌条交点データ Q 0 # ~ Q 4 # とに基づいて軌条間の軌道中心位置 R 0 # ~ R 4 # を算出する。 30

【 0 1 8 3 】

そして、処理を終了する（リターン）。

図 2 7 は、他の実施形態に従う付加情報算出部 1 1 0 の付加情報の算出について説明するフロー図である。

【 0 1 8 4 】

図 2 7 を参照して、付加情報算出部 1 1 0 は、軌道中心方向ベクトルの変化量を算出する（ステップ S 5 0）。

【 0 1 8 5 】

次に付加情報算出部 1 1 0 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 S 5 2）。 40

【 0 1 8 6 】

ステップ S 5 2 において、付加情報算出部 1 1 0 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 S 5 2 において Y E S 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 S 5 4）。具体的には、カント量・勾配量算出部 1 0 7 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。

【 0 1 8 7 】

次に、付加情報算出部 1 1 0 は、軌条交点データ間距離を算出する（ステップ S 5 6） 50

。スラック量算出部 108 は、図 22 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。

【0188】

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 22 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 22 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。

【0189】

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。

【0190】

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、軌道中心線方向ベクトルに基づいて曲線の向きを算出する。

【0191】

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）。

【0192】

図 28 は、他の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。

【0193】

図 28 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 20 (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。

【0194】

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）。

【0195】

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）。

【0196】

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）。

【0197】

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同時に算出することも可能である。

【0198】

（その他変形例）

図 29 は、他の実施形態の変形例に基づく計測装置 1 # A の機能を説明するブロック図である。

【0199】

図 29 を参照して、計測装置 1 # A は、計測装置 1 # と比較して第 3 フィルタ設定部 104 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 2 0 0 】

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 2 0 1 】

図 3 0 は、他の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 2 0 2 】

図 3 0 (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 2 0 3 】

図 3 0 (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 2 0 4 】

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 2 0 5 】

他の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 2 0 6 】

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 2 0 7 】

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 2 0 8 】

図 3 1 は、他の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 2 0 9 】

図 3 1 (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 2 1 0 】

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 2 1 1 】

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 2 1 2 】

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る。

【 0 2 1 3 】

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 2 1 4 】

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。

10

20

30

40

50

【 0 2 1 5 】

図 3 1 (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。

【 0 2 1 6 】

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

【 0 2 1 7 】

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。

10

【 0 2 1 8 】

グループ G A 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 G B は、脱線防止ガードに関連する点群データである。

【 0 2 1 9 】

したがって、この場合、内側端点 P に近いグループ G A 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 2 2 0 】

脱線防止ガードに限られ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。

20

【 0 2 2 1 】

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 2 2 2 】

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。

30

【 符号の説明 】

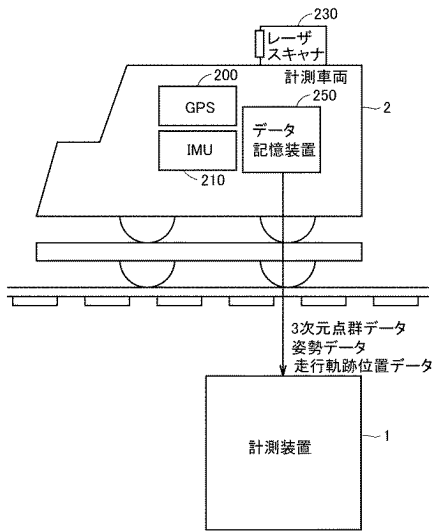
【 0 2 2 3 】

1, 1 #, 1 # A 計測装置、2 計測車両、1 0 データ取得部、1 1 領域記憶部、1 2 領域配置部、1 3 領域変更部、1 4 連結領域生成部、1 5 検出部、1 0 2 第 1 フィルタ設定部、1 0 3 第 2 フィルタ設定部、1 0 4 第 3 フィルタ設定部、1 0 5 軌道中心算出部、1 0 6 軌道中心線生成部、1 0 7 カント量・勾配量算出部、1 0 8 スラック量算出部、1 0 9 曲線情報算出部、2 0 0 GPS 受信機、2 1 0 慣性センサ (I M U)、2 3 0 レーザスキャナ、2 5 0 データ記憶装置。

40

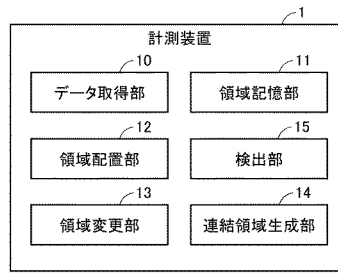
【図1】

図1



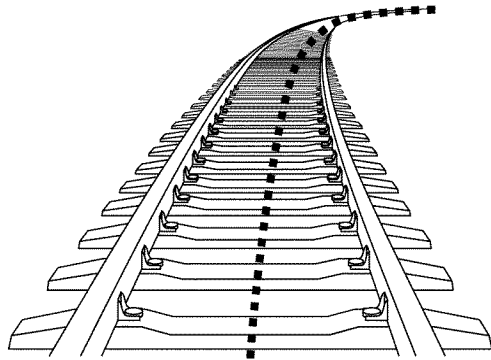
【図2】

図2



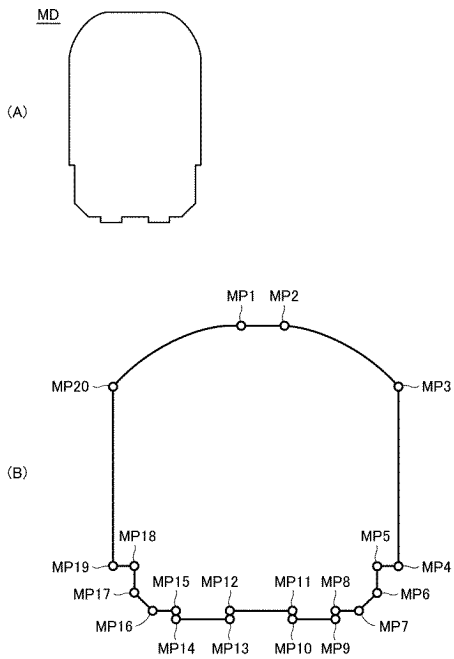
【図3】

図3



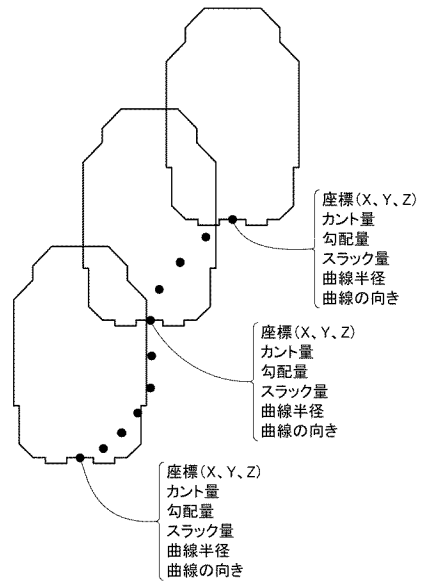
【図4】

図4



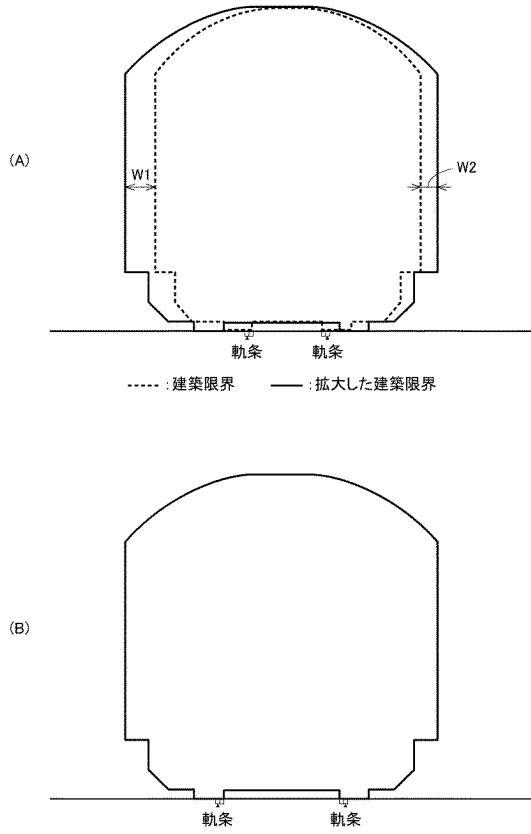
【図5】

図5



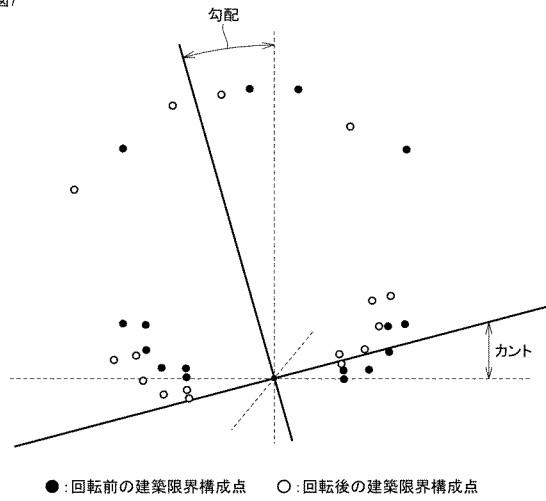
【図6】

図6



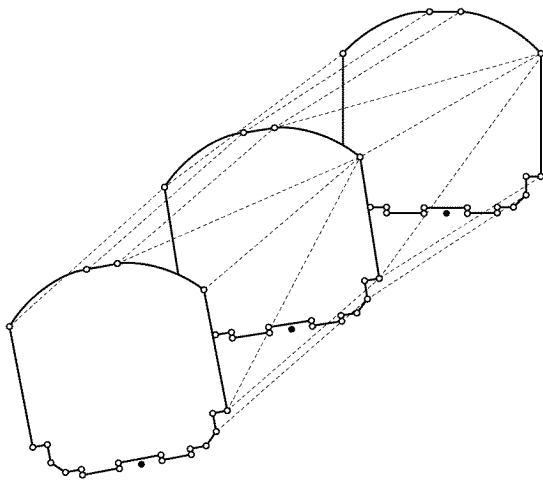
【図7】

図7



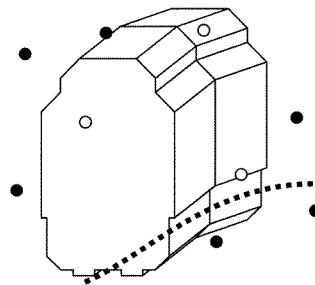
【図8】

図8



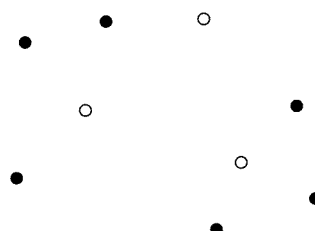
【図10】

図10



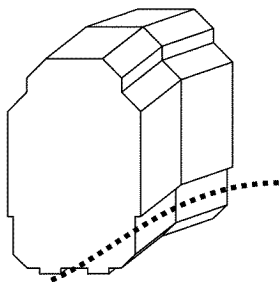
【図11】

図11



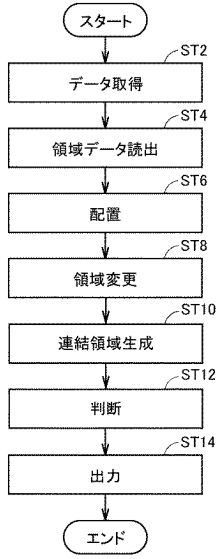
【図9】

図9



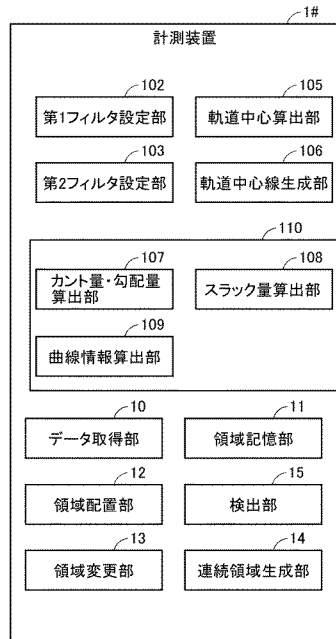
【図 1 2】

図12



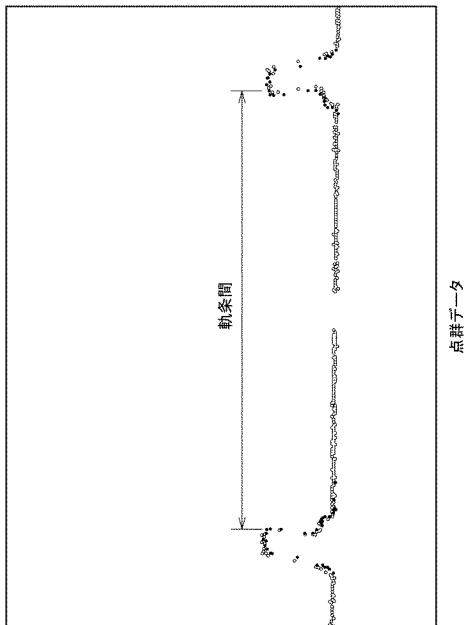
【図 1 3】

図13



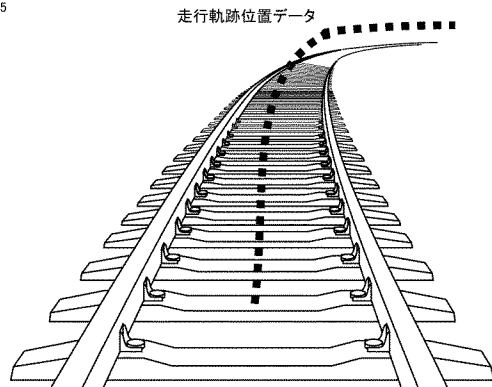
【図 1 4】

図14



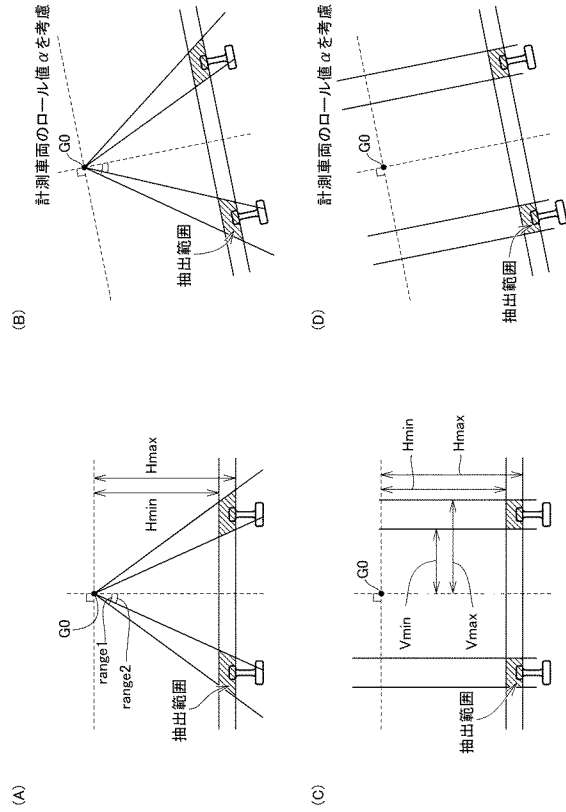
【図 1 5】

図15



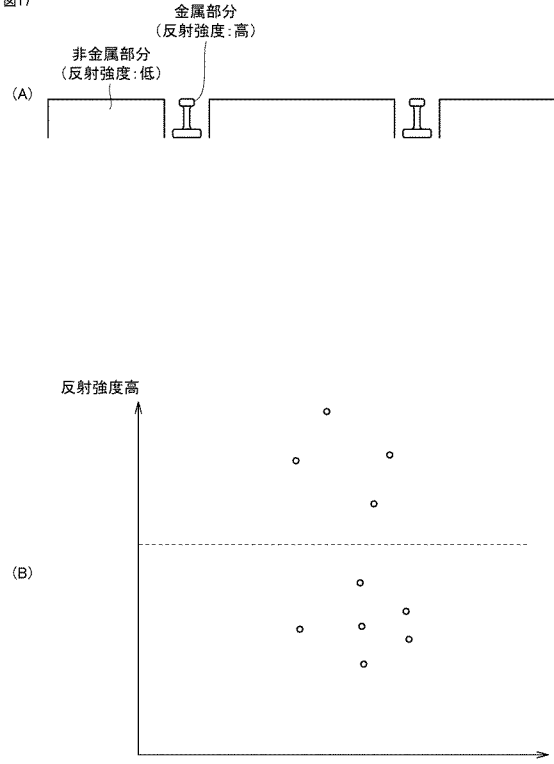
【図 16】

図16



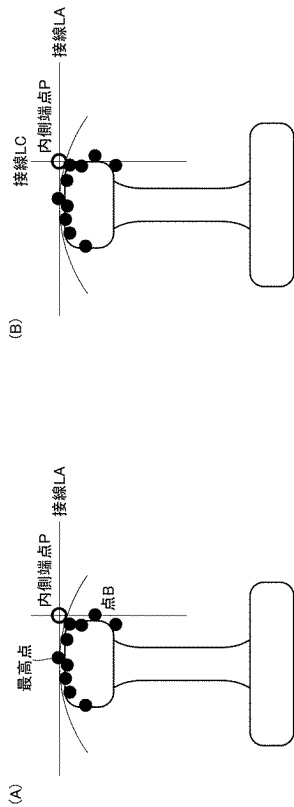
【図 17】

図17



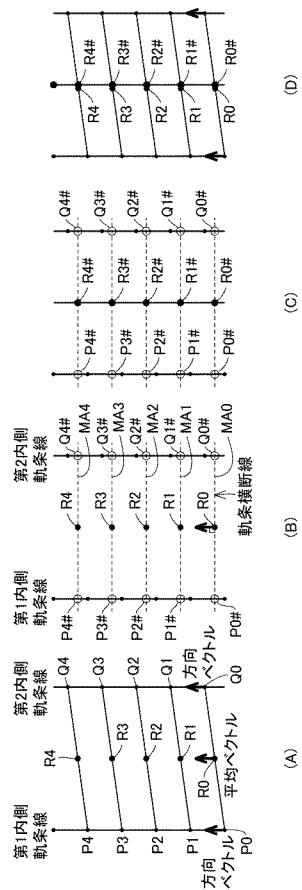
【図 18】

図18



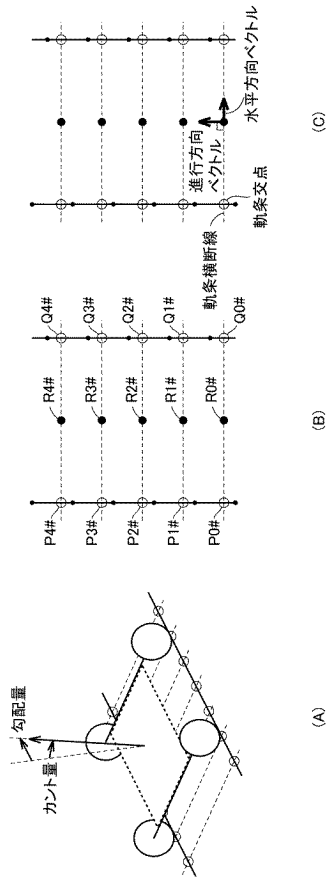
【図 19】

図19



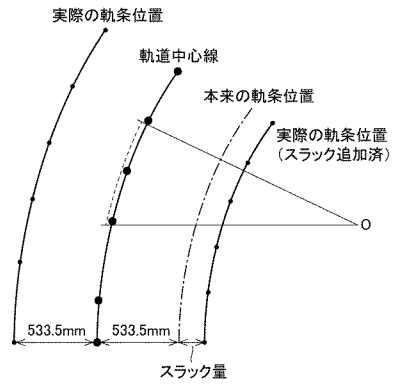
【図 20】

図20



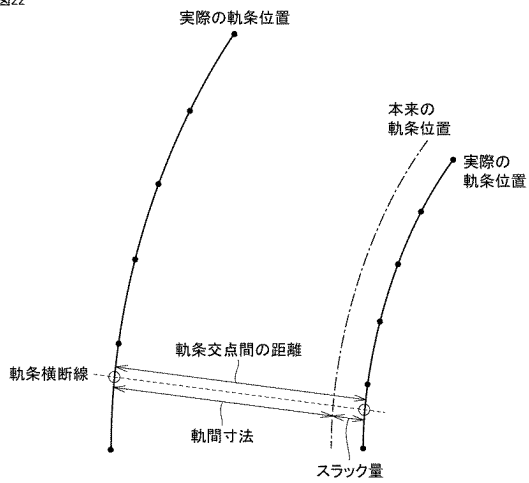
【図 21】

図21



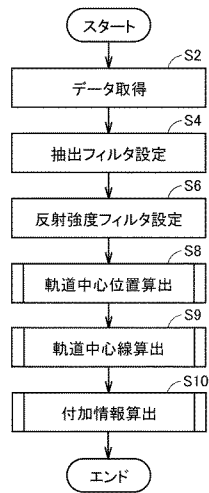
【図 22】

図22



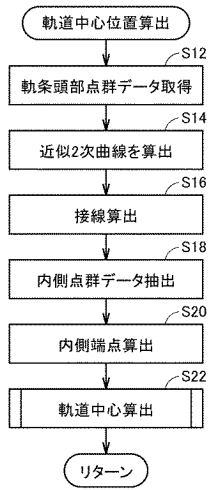
【図 23】

図23



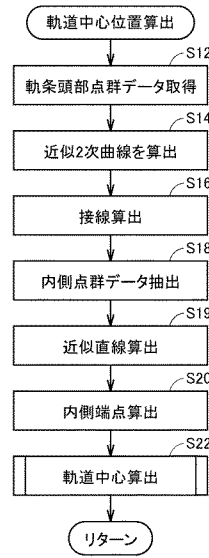
【 図 2 4 】

図24



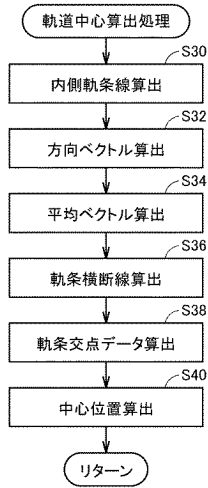
【 図 2 5 】

図25



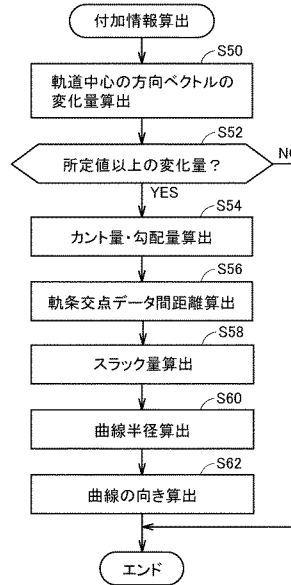
【 図 2 6 】

図26



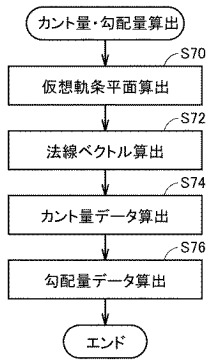
【 図 2 7 】

図27



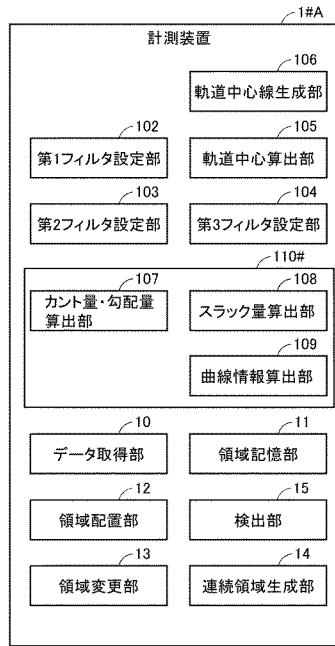
【図28】

図28



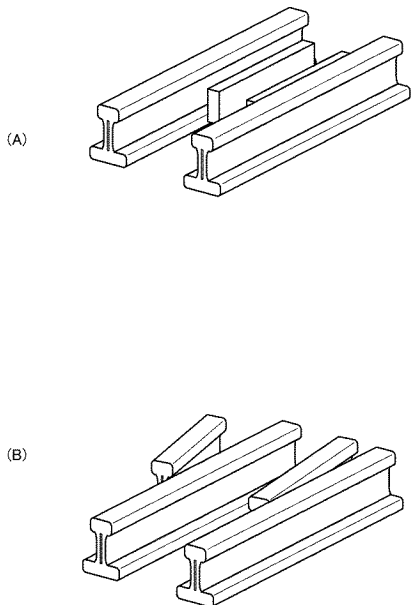
【図29】

図29



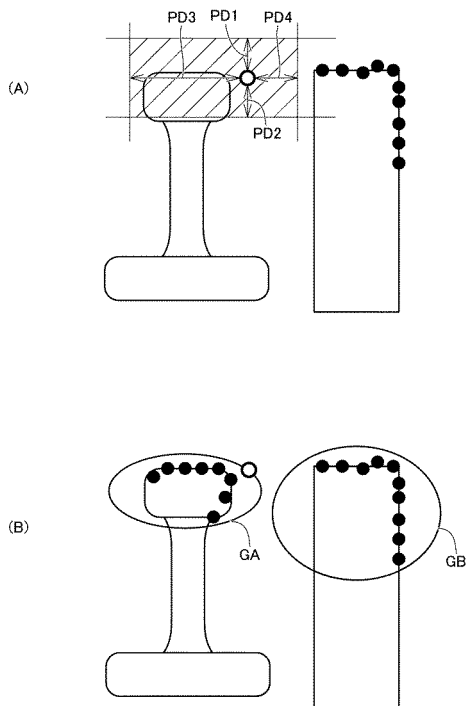
【図30】

図30



【図31】

図31



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 谿花 正由輝

- (56)参考文献 特開2017-019388(JP,A)
特開2017-129475(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 6 1 L 2 3 / 0 0
G 0 1 C 7 / 0 2
G 0 1 C 1 5 / 0 0