

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6589410号
(P6589410)

(45) 発行日 令和1年10月16日(2019.10.16)

(24) 登録日 令和1年9月27日(2019.9.27)

(51) Int. Cl. F I
G06T 11/60 (2006.01) G O 6 T 11/60 3 0 0
G09B 29/00 (2006.01) G O 9 B 29/00 Z

請求項の数 9 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2015-126903 (P2015-126903)	(73) 特許権者	000003609
(22) 出願日	平成27年6月24日 (2015. 6. 24)		株式会社豊田中央研究所
(65) 公開番号	特開2017-10393 (P2017-10393A)		愛知県長久手市横道4 1 番地の1
(43) 公開日	平成29年1月12日 (2017. 1. 12)	(74) 代理人	100079049
審査請求日	平成30年4月23日 (2018. 4. 23)		弁理士 中島 淳
		(74) 代理人	100084995
			弁理士 加藤 和詳
		(72) 発明者	山口 晃一郎
			愛知県長久手市横道4 1 番地の1 株式会
			社豊田中央研究所内
		(72) 発明者	目黒 淳一
			愛知県長久手市横道4 1 番地の1 株式会
			社豊田中央研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 地図生成装置及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

移動体の走行軌跡に沿って登録された複数の走路データであって、かつ移動体に搭載されたセンサから得られた周辺環境情報に基づき生成された複数の走路データを蓄積したデータベースに基づいて、対応する前記走路データの各々について、前記走路データと他の走路データとのペアの各々に対し、前記ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出し、前記ペアの各々に対して算出された前記相対位置関係を表す変形量に基づいて、前記走路データと、複数の走路データに応じて算出された基準となる走路データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定する相対関係推定手段と、

前記複数の走路データの各々を、前記相対関係推定手段によって前記走路データについて推定された、前記基準となる走路データとの間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させ、変形した前記複数の走路データを統合して、地図データに登録する統合手段と、を含む地図生成装置であって、

前記相対関係推定手段は、前記ペアの各々に対して算出された前記相対位置関係を表す変形量を平均して、前記基準となる走路データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定する、

地図生成装置。

【請求項 2】

移動体の走行軌跡に沿って登録された複数の走路データであって、かつ移動体に搭載されたセンサから得られた周辺環境情報に基づき生成された複数の走路データを蓄積したデ

ータベースに基づいて、対応する前記走路データの各々について、前記走路データと他の走路データとのペアの各々に対し、前記ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出し、前記ペアの各々に対して算出された前記相対位置関係を表す変形量に基づいて、前記走路データと、複数の走路データに応じて算出された基準となる走路データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定する相対関係推定手段と、

前記複数の走路データの各々を、前記相対関係推定手段によって前記走路データについて推定された、前記基準となる走路データとの間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させ、変形した前記複数の走路データを統合して、地図データに登録する統合手段と、を含む地図生成装置であって、

分類手段と全体関係推定手段とを更に含み、

前記分類手段は、対応する前記走路データの各々を、前記走路データが表す路面の位置に応じて分類し、

前記相対関係推定手段は、前記分類手段によって分類された前記走路データの分類毎に、前記分類に属する前記走路データの各々について、前記走路データと他の走路データとのペアの各々に対し、前記走路データの部分画像毎に、前記ペア間の前記部分画像の相対位置関係を表す変形量を算出し、前記ペアの各々に対して算出された前記部分画像の前記相対位置関係を表す変形量に基づいて、前記走路データの部分画像毎に、前記走路データと、前記基準となる走路データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定し、前記走路データを、前記推定された変形量に応じて変形させ、

前記全体関係推定手段は、前記走路データの各々について、分類毎に、前記変形させた走路データと、前記分類に分類され、かつ、前記変形させた他の走路データとのペアの各々に対し、前記ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出し、前記ペアの各々に対して算出された前記相対位置関係を表す変形量に基づいて、前記走路データと、複数の走路データに応じて算出された全体の基準となる走路データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定し、

前記統合手段は、前記部分画像毎に、前記複数の走路データの各々の前記部分画像を、前記相対関係推定手段によって前記走路データの部分画像について推定された、前記基準となる走路データとの間の相対位置関係を表す変形量、及び前記全体関係推定手段によって前記走路データについて推定された、前記全体の基準となる走路データとの間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させ、変形した前記複数の走路データの前記部分画像を統合して、地図データに登録する、

地図生成装置。

【請求項 3】

前記相対関係推定手段は、前記走路データと他の走路データとのペアの各々に対し、前記走路データの部分画像毎に、前記ペア間の前記部分画像の相対位置関係を表す変形量を算出し、前記ペアの各々に対して算出された前記部分画像の前記相対位置関係を表す変形量に基づいて、前記走路データの部分画像毎に、前記走路データと、前記基準となる走路データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定し、

前記統合手段は、前記部分画像毎に、前記複数の走路データの各々の前記部分画像を、前記相対関係推定手段によって前記走路データの部分画像について推定された、前記基準となる走路データとの間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させ、変形した前記複数の走路データの前記部分画像を統合して、地図データに登録する

請求項 1 に記載の地図生成装置。

【請求項 4】

前記全体関係推定手段は、前記分類手段によって分類された前記分類に属する前記走路データの数に応じて、前記全体の基準となる走路データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定する

請求項 2 に記載の地図生成装置。

【請求項 5】

前記移動体の位置情報及び運動情報を取得する車両状態検出手段によって取得された前

10

20

30

40

50

記移動体の位置情報及び運動情報に基づいて、前記移動体の走行軌跡を生成する走行軌跡生成手段を更に含み、

前記データベースは、前記走行軌跡生成手段によって生成された前記移動体の走行軌跡に沿って登録された前記複数の走路データを蓄積する

請求項 1 ~ 請求項 4 の何れか 1 項に記載の地図生成装置。

【請求項 6】

前記走路データは、前記移動体の走行軌跡に沿って登録された路面を表す路面画像であって、かつ前記移動体に搭載されたセンサから得られた周辺環境情報に基づき生成された路面画像である請求項 1 ~ 請求項 5 の何れか 1 項に記載の地図生成装置。

【請求項 7】

前記走路データは、前記移動体の走行軌跡に沿って登録された 3 次元点群データであって、かつ前記移動体に搭載されたセンサから得られた周辺環境情報に基づき生成された 3 次元点群データである請求項 1 ~ 請求項 5 の何れか 1 項に記載の地図生成装置。

【請求項 8】

コンピュータを

移動体の走行軌跡に沿って登録された複数の走路データであって、かつ移動体に搭載されたセンサから得られた周辺環境情報に基づき生成された複数の走路データを蓄積したデータベースに基づいて、対応する前記走路データの各々について、前記走路データと他の走路データとのペアの各々に対し、前記ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出し、前記ペアの各々に対して算出された前記相対位置関係を表す変形量に基づいて、前記走路データと、複数の走路データに応じて算出された基準となる走路データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定する相対関係推定手段、及び

前記複数の走路データの各々を、前記相対関係推定手段によって前記走路データについて推定された、前記基準となる走路データとの間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させ、変形した前記複数の走路データを統合して、地図データに登録する統合手段

として機能させるためのプログラムであって、

前記相対関係推定手段は、前記ペアの各々に対して算出された前記相対位置関係を表す変形量を平均して、前記基準となる走路データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定する、

プログラム。

【請求項 9】

移動体の走行軌跡に沿って登録された複数の走路データであって、かつ移動体に搭載されたセンサから得られた周辺環境情報に基づき生成された複数の走路データを蓄積したデータベースに基づいて、対応する前記走路データの各々について、前記走路データと他の走路データとのペアの各々に対し、前記ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出し、前記ペアの各々に対して算出された前記相対位置関係を表す変形量に基づいて、前記走路データと、複数の走路データに応じて算出された基準となる走路データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定する相対関係推定手段、

前記複数の走路データの各々を、前記相対関係推定手段によって前記走路データについて推定された、前記基準となる走路データとの間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させ、変形した前記複数の走路データを統合して、地図データに登録する統合手段、

分類手段、及び

全体関係推定手段

として機能させるためのプログラムであって、

前記分類手段は、対応する前記走路データの各々を、前記走路データが表す路面の位置に応じて分類し、

前記相対関係推定手段は、前記分類手段によって分類された前記走路データの分類毎に、前記分類に属する前記走路データの各々について、前記走路データと他の走路データとのペアの各々に対し、前記走路データの部分画像毎に、前記ペア間の前記部分画像の相対位置関係を表す変形量を算出し、前記ペアの各々に対して算出された前記部分画像の前記

10

20

30

40

50

相対位置関係を表す変形量に基づいて、前記走路データの部分画像毎に、前記走路データと、前記基準となる走路データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定し、前記走路データを、前記推定された変形量に応じて変形させ、

前記全体関係推定手段は、前記走路データの各々について、分類毎に、前記変形させた走路データと、前記分類に分類され、かつ、前記変形させた他の走路データとのペアの各々に対し、前記ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出し、前記ペアの各々に対して算出された前記相対位置関係を表す変形量に基づいて、前記走路データと、複数の走路データに応じて算出された全体の基準となる走路データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定し、

前記統合手段は、前記部分画像毎に、前記複数の走路データの各々の前記部分画像を、前記相対関係推定手段によって前記走路データの部分画像について推定された、前記基準となる走路データとの間の相対位置関係を表す変形量、及び前記全体関係推定手段によって前記走路データについて推定された、前記全体の基準となる走路データとの間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させ、変形した前記複数の走路データの前記部分画像を統合して、地図データに登録する、

プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、地図生成装置及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、車両が道路を走行しながら路面の撮影と撮影地点の位置情報との取得を行う技術が知られている（特許文献1）。特許文献1に記載の技術では、画像変換により道路を真上から見た画像に変換し、撮影地点の座標に基づいて変換画像を連結することで路面画像を生成する。また、位置の異なる複数の路面画像の対応点が一致するように、位置精度が高い路面画像の位置に合わせて路面画像を平行移動することにより、路面地図を生成する。

【0003】

また、複数の車両の走行により画像データ、測距データ、測位データを取得し、蓄積する技術が知られている（特許文献2）。特許文献2に記載の技術では、蓄積されたデータから同一地点を撮影した画像を持つデータを抽出し、画素値の分散に基づき移動物体を含まない撮影画像を含むデータを特定し、3次元地図データを生成する。

【0004】

また、車両に搭載された測距センサにより走行可能領域を検出し、位置情報、路面標示特徴とともにサーバへ送信する技術が知られている（特許文献3）。特許文献3に記載の技術では、サーバでは、位置情報、および路面標示特徴に基づいて受信された走行可能領域と地図データベースとを統合し、走行可能領域地図の更新を行う。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2010-175756号公報

【特許文献2】特開2012-155660号公報

【特許文献3】特開2014-228637号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記の特許文献1に記載の技術のように、路面画像の対応点が一致するように異なる複数の路面画像を位置合わせするためには、撮影地点の位置情報が高精度である必要があり、通常のナビ用GPSの精度では十分でないという問題がある。

10

20

30

40

50

【0007】

また、上記の特許文献1に記載の技術では、位置情報と画像の相関に基づいて、同位置のデータを検出して、3次元地図の登録を行う。また、上記の特許文献3に記載の技術では、位置情報と測距センサにより得られる特徴物とに基づき、地図データベースとの位置合わせを行う。上記の特許文献1及び上記特許文献3の技術では、地図に登録される位置情報は、車両の走行データのいずれか、または地図に事前に登録されている位置となる。広域の地図を大きなずれなく生成するためには、地図に登録する絶対位置情報の精度は高くなければならないが、上記の特許文献1及び上記特許文献3の技術では、高精度な絶対位置を決めることが難しい、または事前に高精度な計測を行い、地図を生成しなければならないという問題がある。

10

【0008】

本発明は、上記の事情を鑑みてなされたもので、車両の絶対位置について計測誤差が発生している場合であっても、精度よく地図データを生成することができる地図生成装置及びプログラム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】

【0009】

上記目的を達成するために、本発明に係る地図生成装置は、移動体の走行軌跡に沿って登録された複数の走路データであって、かつ移動体に搭載されたセンサから得られた周辺環境情報に基づき生成された複数の走路データを蓄積したデータベースに基づいて、対応する前記走路データの各々について、前記走路データと他の走路データとのペアの各々に対し、前記ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出し、前記ペアの各々に対して算出された前記相対位置関係を表す変形量に基づいて、前記走路データと、基準となる仮想的な走路データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定する相対関係推定手段と、前記複数の走路データの各々を、前記相対関係推定手段によって前記走路データについて推定された、前記基準となる仮想的な走路データとの間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させ、変形した前記複数の走路データを統合して、地図データに登録する統合手段と、を含んで構成されている。

20

【0010】

また、本発明のプログラムは、コンピュータを移動体の走行軌跡に沿って登録された複数の走路データであって、かつ移動体に搭載されたセンサから得られた周辺環境情報に基づき生成された複数の走路データを蓄積したデータベースに基づいて、対応する前記走路データの各々について、前記走路データと他の走路データとのペアの各々に対し、前記ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出し、前記ペアの各々に対して算出された前記相対位置関係を表す変形量に基づいて、前記走路データと、基準となる仮想的な走路データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定する相対関係推定手段、及び前記複数の走路データの各々を、前記相対関係推定手段によって前記走路データについて推定された、前記基準となる仮想的な走路データとの間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させ、変形した前記複数の走路データを統合して、地図データに登録する統合手段として機能させるためのプログラムである。

30

【0011】

本発明に係る地図生成装置によれば、相対関係推定手段によって、移動体の走行軌跡に沿って登録された路面を表す複数の走路データであって、かつ移動体に搭載されたセンサから得られた周辺環境情報に基づき生成された複数の走路データを蓄積したデータベースに基づいて、対応する走路データの各々について、走路データと他の走路データとのペアの各々に対し、ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出し、ペアの各々に対して算出された相対位置関係を表す変形量に基づいて、走路データと、基準となる仮想的な走路データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定する。

40

【0012】

そして、統合手段によって、複数の走路データの各々を、相対関係推定手段によって走路データについて推定された、基準となる仮想的な走路データとの間の相対位置関係を表

50

す変形量に応じて変形させ、変形した複数の走路データを統合して、地図データに登録する。

【0013】

このように、移動体の走行軌跡に沿って登録された路面を表す複数の走路データであって、かつ移動体に搭載されたセンサから得られた周辺環境情報に基づき生成された複数の走路データを蓄積したデータベースに基づいて、対応する走路データの各々について、当該走路データと他の走路データとのペアの各々に対し、当該ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出し、ペアの各々に対して算出された相対位置関係を表す変形量に基づいて、走路データと、基準となる仮想的な走路データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定し、複数の走路データの各々を、走路データについて推定された、基準となる仮想的な走路データとの間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させ、変形した複数の走路データを統合して、地図データに登録することにより、車両の絶対位置について計測誤差が発生している場合であっても、精度よく地図データを生成することができる。

10

【0014】

また、本発明の前記相対関係推定手段は、前記ペアの各々に対して算出された前記相対位置関係を表す変形量を平均して、前記基準となる仮想的な走路データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定するようにすることができる。

【0015】

また、本発明の前記相対関係推定手段は、前記走路データと他の走路データとのペアの各々に対し、前記走路データの部分画像毎に、前記ペア間の前記部分画像の相対位置関係を表す変形量を算出し、前記ペアの各々に対して算出された前記部分画像の前記相対位置関係を表す変形量に基づいて、前記走路データの部分画像毎に、前記走路データと、前記基準となる仮想的な走路データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定し、前記統合手段は、前記部分画像毎に、前記複数の走路データの各々の前記部分画像を、前記相対関係推定手段によって前記走路データの部分画像について推定された、前記基準となる仮想的な走路データとの間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させ、変形した前記複数の走路データの前記部分画像を統合して、地図データに登録するようにすることができる。

20

【0016】

また、本発明は、分類手段と全体関係推定手段とを更に含み、前記分類手段は、対応する前記走路データの各々を、前記走路データが表す路面の位置に応じて分類し、前記相対関係推定手段は、前記分類手段によって分類された前記走路データの分類毎に、前記分類に属する前記走路データの各々について、前記走路データと他の走路データとのペアの各々に対し、前記ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出し、前記ペアの各々に対して算出された前記相対位置関係を表す変形量に基づいて、前記走路データと、基準となる仮想的な走路データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定し、前記走路データを、前記推定された変形量に応じて変形させ、前記全体関係推定手段は、前記走路データの各々について、分類毎に、前記変形させた走路データと、前記分類に分類され、かつ、前記変形させた他の走路データとのペアの各々に対し、前記ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出し、前記ペアの各々に対して算出された前記相対位置関係を表す変形量に基づいて、前記走路データと、全体の基準となる仮想的な走路データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定し、前記統合手段は、前記複数の走路データの各々を、前記相対関係推定手段によって前記走路データについて推定された、前記基準となる仮想的な走路データとの間の相対位置関係を表す変形量、及び前記全体関係推定手段によって前記走路データについて推定された、前記全体の基準となる仮想的な走路データとの間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させ、変形した前記複数の走路データを統合して、地図データに登録するようにすることができる。

30

40

【0017】

また、本発明の前記全体関係推定手段は、前記分類手段によって分類された前記分類に属する前記走路データの数に応じて、前記全体の基準となる仮想的な走路データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定するようにすることができる。

50

【0018】

また、本発明は、前記移動体の位置情報及び運動情報を取得する車両状態検出手段によって取得された前記移動体の位置情報及び運動情報に基づいて、前記移動体の走行軌跡を生成する走行軌跡生成手段を更に含み、前記データベースは、前記走行軌跡生成手段によって生成された前記移動体の走行軌跡に沿って登録された前記複数の走路データを蓄積するようにすることができる。

【0019】

また、本発明は、前記走路データは、前記移動体の走行軌跡に沿って登録された路面を表す路面画像であって、かつ前記移動体に搭載されたセンサから得られた周辺環境情報に基づき生成された路面画像であるようにすることができる。

10

【0020】

また、本発明は、前記走路データは、前記移動体の走行軌跡に沿って登録された3次元点群データであって、かつ前記移動体に搭載されたセンサから得られた周辺環境情報に基づき生成された3次元点群データであるようにすることができる。

【0021】

なお、本発明のプログラムを記憶する記憶媒体は、特に限定されず、ハードディスクであってもよいし、ROMであってもよい。また、CD-ROMやDVDディスク、光磁気ディスクやICカードであってもよい。更にまた、該プログラムを、ネットワークに接続されたサーバ等からダウンロードするようにしてもよい。

【発明の効果】

20

【0022】

以上説明したように、本発明の地図生成装置及びプログラムによれば、移動体の走行軌跡に沿って登録された路面を表す複数の走路データであって、かつ移動体に搭載されたセンサから得られた周辺環境情報に基づき生成された複数の走路データを蓄積したデータベースに基づいて、対応する走路データの各々について、当該走路データと他の走路データとのペアの各々に対し、当該ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出し、ペアの各々に対して算出された相対位置関係を表す変形量に基づいて、走路データと、基準となる仮想的な走路データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定し、複数の走路データの各々を、走路データについて推定された、基準となる仮想的な走路データとの間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させ、変形した複数の走路データを統合して、地図データに登録することにより、車両の絶対位置について計測誤差が発生している場合であっても、精度よく地図データを生成することができる、という効果が得られる。

30

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る地図生成装置を示すブロック図である。

【図2】路面画像の一例を示す図である。

【図3】走行経路に応じて分類された路面画像の一例を示す図である。

【図4】路面画像間の対応関係を表す図である。

【図5】路面画像の部分画像間の対応関係を表す図である。

【図6】分類が異なる路面画像間における対応関係を表す図である。

40

【図7】統合された路面画像を表す図である。

【図8】本発明の第1の実施の形態における地図生成処理ルーチンの内容を示すフローチャートである。

【図9】本発明の第1の実施の形態における走行データ分類処理ルーチンの内容を示すフローチャートである。

【図10】本発明の第1の実施の形態における相対関係推定処理ルーチンの内容を示すフローチャートである。

【図11】本発明の第1の実施の形態における全体関係推定処理ルーチンの内容を示すフローチャートである。

【図12】本発明の第2の実施の形態に係る地図生成装置を示すブロック図である。

50

【図 1 3】本発明の第 2 の実施の形態における地図生成処理ルーチンの内容を示すフローチャートである。

【図 1 4】本発明の第 2 の実施の形態における相対関係推定処理ルーチンの内容を示すフローチャートである。

【図 1 5】本発明の第 3 の実施の形態に係る地図生成装置を示すブロック図である。

【図 1 6】本発明の第 3 の実施の形態に係る地図生成装置の走行データ生成部の構成例を示すブロック図である。

【図 1 7】立体物を判定する方法の一例を説明するための図である。

【図 1 8】本発明の第 3 の実施の形態で生成する路面画像の一例である。

【図 1 9】本発明の第 4 の実施の形態に係る地図生成装置を示すブロック図である。

10

【図 2 0】本発明の第 4 の実施の形態に係る地図生成装置の走行データ生成部の構成例を示すブロック図である。

【図 2 1】3次元点群データの部分点群の例を示す図である。

【図 2 2】部分点群間の相対位置関係を表す変形量の推定例を示す図である。

【図 2 3】本発明の第 4 の実施の形態における地図生成処理ルーチンの内容を示すフローチャートである。

【図 2 4】本発明の第 4 の実施の形態における相対関係推定処理ルーチンの内容を示すフローチャートである。

【図 2 5】本発明の第 4 の実施の形態における全体関係推定処理ルーチンの内容を示すフローチャートである。

20

【図 2 6】本発明の第 5 の実施の形態に係る地図生成システムを示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、本実施の形態では、車両に搭載され、複数の路面画像から地図データを生成する地図生成装置に、本発明を適用した場合を例に説明する。また、本実施の形態では、移動体が車両である場合を例に説明する。

【0025】

[第 1 の実施の形態]

<第 1 の実施の形態に係る地図生成装置 10 の構成>

30

図 1 に示すように、本発明の第 1 の実施の形態に係る地図生成装置 10 は、車両の周辺環境を計測する外界観測センサ 12 と、車両の位置情報及び運動情報を計測する位置・運動計測センサ 14 と、外界観測センサ 12 によって取得された周辺環境情報と、位置・運動計測センサ 14 によって計測された車両の位置情報及び運動情報とに基づいて、地図データを生成するコンピュータ 16 とを備えている。外界観測センサ 12 は、センサの一例である。位置・運動計測センサ 14 は、車両状態検出手段の一例である。

【0026】

外界観測センサ 12 は、各時刻の車両の周辺環境を計測する。外界観測センサ 12 としては、例えば、車両周辺の画像を取得するカメラ、車両周辺の距離情報を計測するレーザレーダなどを用いることができる。本実施の形態では、外界観測センサ 12 としてカメラを用いる場合を例に説明する。外界観測センサ 12 は、車両の周辺環境情報として、カメラにより撮像した車両の周辺画像を取得する。

40

【0027】

位置・運動計測センサ 14 は、車両の位置情報及び運動情報として、各時刻の車両の位置、方位、速度情報を計測する。位置・運動計測センサ 14 としては、例えば、GPS 及び IMU (IMU: Internal Measurement Unit (慣性計測装置)) を用いることができる。本実施の形態では、位置・運動計測センサ 14 として、GPS 及び IMU を用いる場合を例に説明する。

【0028】

コンピュータ 16 は、CPU、後述する地図生成処理ルーチンを実現するためのプログ

50

ラムを記憶したROM、データを一時的に記憶するRAM、及びHDD等の記憶装置で構成され、機能的には次に示すように構成されている。

【0029】

コンピュータ16は、図1に示すように、位置・運動計測センサ14によって計測された車両の位置、方位、及び速度情報に基づいて、車両の走行軌跡を生成する走行軌跡生成部160と、外界観測センサ12によって取得された車両の周辺画像と、走行軌跡生成部160によって生成された車両の走行軌跡とに基づいて、車両の走行軌跡に沿った路面を表す路面画像を生成し、路面画像と走行軌跡との組み合わせを表す走行データを生成する走行データ生成部162と、走行データ生成部162によって生成された走行データの各々を、走行軌跡の位置に対応させて走行データベース166に格納する走行データ蓄積部164と、走行データ生成部162によって生成された走行データの各々が格納される走行データベース166と、各地点に対し、走行データベース166に格納された当該地点の走行データの各々を、路面画像が表す路面の位置に応じて分類する走行データ分類部168と、各地点に対し、分類毎に、当該分類に属する走行データの各々について、路面画像と基準となる仮想的な路面画像との間の相対位置関係を表す変形量を推定する相対関係推定部170と、各地点に対し、当該地点の走行データの各々について、路面画像と全体の基準となる仮想的な路面画像との間の相対位置関係を表す変形量を推定する全体関係推定部172と、走行データベース166に格納された走行データの路面画像の各々を、相対関係推定部170によって当該路面画像について推定された変形量、及び全体関係推定部172によって当該路面画像について推定された変形量に応じて変形させ、変形した複数の路面画像を統合して、地図データベース176に登録する走行データ統合部174と、走行データ統合部174によって登録された地図データが格納される地図データベース176とを備えている。なお、走行データ統合部174は、統合手段の一例であり、走行データ分類部168は、分類手段の一例である。

10

20

【0030】

走行軌跡生成部160は、位置・運動計測センサ14によって計測された、各時刻の車両の位置、方位、及び速度情報に基づいて、車両の走行軌跡を生成する。走行軌跡は、各時刻での車両の位置、方位、速度情報を含む情報である。

【0031】

走行データ生成部162は、外界観測センサ12によって取得された各時刻の車両の周辺画像と、走行軌跡生成部160によって生成された車両の走行軌跡とに基づいて、車両の走行軌跡に沿った路面を表す路面画像を生成し、走行軌跡と組み合わせ、路面画像に絶対座標を付与する。路面画像は、走路データの一例である。

30

具体的には、走行データ生成部162は、各時刻の車両の周辺画像について、路面を真上から見た状態の正射影画像に変換し、走行軌跡の各時刻の位置、方位に基づいて、走行軌跡に沿って正射影画像を連結した路面画像を生成する。そして、走行データ生成部162は、路面画像と走行軌跡とを組み合わせ、絶対座標が付与された路面画像を表す走行データを生成する。図2に路面画像の一例を示す。走行データ生成部162は、図2(A)に示すような路面画像を生成する。

【0032】

走行データ蓄積部164は、走行データ生成部162によって生成された走行データの各々を、後述する走行データベース166に格納する。

40

【0033】

走行データベース166には、走行データ生成部162によって生成された走行データの各々が格納される。

【0034】

走行データ分類部168は、各地点に対し、走行データベース166に格納された当該地点に対応する走行データの各々を、路面画像が表す路面の位置に応じて分類する。

【0035】

具体的には、走行データ分類部168は、各地点に対し、まず、図2(B)に示すよう

50

に、走行データベース166に蓄積された当該地点の各走行データの路面画像を、予め決められた絶対位置の区画毎に分割し、区画毎に分割された区画路面画像を含む区画走行データを生成する。

【0036】

次に走行データ分類部168は、同じ区画の区画走行データを、当該区画走行データに対応する走行データに含まれる走行軌跡から得られる車両の走行経路に応じて分類する。図3に、車両の走行経路に応じて分類された区画走行データの区画路面画像の例を示す。図3では2つの走行経路が示されており、走行データ分類部168は、図3に示すように、車両の走行経路に応じて区画走行データを分類する。

【0037】

具体的には、走行データ分類部168は、同じ区画の区画走行データの各々について、同一経路と判定されるものをまとめていき1つの分類として設定する。2つの区画走行データが同一経路であるか否かの判定は、当該区画走行データに対応する走行データに含まれる走行軌跡間の距離、走行方向により判定することができる。例えば、走行データ分類部168は、走行方向が同一であり、かつ走行軌跡間の距離が予め定められた閾値以下であるという条件に基づいて、2つの区画走行データが同一経路であるか否かを判定することができる。また、走行軌跡の絶対位置の誤差が大きく、同一経路の判定が困難である場合には、区画路面画像の類似性も条件に加えてもよい。

【0038】

相対関係推定部170は、各地点の各区画に対し、分類毎に、走行データ分類部168によって当該分類に分類された区画走行データの区画路面画像の各々について、当該区画路面画像と他の区画路面画像とのペアの各々に対し、ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出する。

【0039】

走行データベース166に格納されている各走行データは、それぞれ絶対位置の誤差を含んでいるため、同一の走行経路と分類された区画走行データ同士であっても、区画路面画像の絶対位置は一致しない。また、絶対位置の誤差は、同一の区画走行データ内であっても時刻で異なるため、異なる区画走行データの区画路面画像の形状も完全には一致しない。そのため、本実施の形態では、区画走行データ間の相対位置関係は、単一の平行移動、回転量ではなく、区画路面画像全体の変形量、または複数地点での平行移動、回転量で表す。

【0040】

図4に、同一の分類に属する区画路面画像の各々について、複数の特徴点での対応位置を求めて、区画路面画像間の相対関係を推定する例を示す。

【0041】

図5に、同一の分類に属する区画路面画像の各々について、複数の特徴点での対応を求める方法の一例を示す。例えば、複数の特徴点での対応を求める方法として、図5に示すように、区画路面画像から、走行軌跡に沿って予め定められた間隔、及び予め定められた大きさで部分画像を抽出し、部分画像毎に、他の区画路面画像とマッチングを行い、対応関係を求める方法を用いることができる。

【0042】

部分画像を用いて対応関係を推定する場合、相対関係推定部170は、区画路面画像と他の区画路面画像とのペアの各々に対し、区画路面画像の部分画像毎に、ペア間の部分画像の相対位置関係を表す変形量を算出する。そして、相対関係推定部170は、区画路面画像の各々について、ペアの各々に対して算出された部分画像の相対位置関係を表す変形量に基づいて、当該区画路面画像の部分画像毎に、当該部分画像と、基準となる仮想的な区画路面画像の部分画像との間の相対位置関係を表す変形量を推定する。

【0043】

部分画像毎にマッチングを行う場合、部分画像の中には、図5に示す部分画像3のように、特徴的なパターンを含まない部分画像も存在する。上記図5の部分画像3のように、

10

20

30

40

50

特徴的なパターンを含まない部分画像が存在する場合には、もう一方の区画路面画像での対応位置を正確に検出することが難しい場合もある。そこで、部分画像の対応関係の連続性を考慮する方法を用いることができる。部分画像 i の対応関係を表す変形量を x_i とし、部分画像群 $i = 1, \dots, m$ の変形量を $x = \{x_1, \dots, x_m\}$ で表す。このとき、以下の式 (1) に従って、 $E(x)$ を最小化する変形量 x を推定する。

【0044】

【数1】

$$E(\mathbf{x}) = \sum_i C_i(x_i) + \sum_{j \in \{1, \dots, m-1\}} S(x_j, x_{j+1}) \quad \dots (1)$$

10

【0045】

ここで、上記式における $C_i(x_i)$ は、部分画像 i の対応関係を変形量 x_i とした場合のマッチングコストを表す。マッチングコストは、部分画像 i と、部分画像 i を変形量 x_i で位置、回転角 (形状) を変形したときのもう一方の区画路面画像の部分画像との差を表す。上記式におけるマッチングコストの計算には画素値の差の絶対値の和などを用いることができる。また、マッチングコストを計算する際には、エッジ抽出を行ってから差分をとるなどの計算を行ってもよい。

20

【0046】

また、上記式における $S(x_j, x_{j+1})$ は、隣り合う部分画像の変形量 x_j, x_{j+1} の差を表す。変形量が平行移動量の場合には、2つの平行移動ベクトルの距離を用いることができる。回転も含む変形の場合には、回転量の差との重み付き和を用いることができる。

【0047】

上記式 $E(x)$ を最小化するように全ての変形量 x を求めることで、特徴的なパターンを含むなどマッチングしやすい部分画像では、マッチングコストが小さくなる変形量が選択され、対応を求めるのが困難な部分画像は隣の部分画像の変形量から変化の少ない、滑らかに接続されるような変形量が推定される。

30

【0048】

そして、相対関係推定部 170 は、各地点の各区画に対し、分類毎に、当該分類に分類された区画走行データの区画路面画像の各々について、ペアの各々に対して算出された相対位置関係を表す変形量に基づいて、当該区画路面画像と、基準となる仮想的な区画路面画像の部分画像との間の相対位置関係を表す変形量を推定する。

具体的には、相対関係推定部 170 は、同一分類のすべての区画走行データの区画路面画像間の相対位置関係が推定されると、当該分類に分類された区画走行データの区画路面画像の各々について、相対位置関係を表す変形量に基づいて、区画路面画像の部分画像毎に、当該部分画像と、基準となる仮想的な区画路面画像との間の相対位置関係を表す変形量を推定する。例えば、区画走行データ 1 の区画路面画像から区画走行データ 2 の区画路面画像への変形量を $x^{1,2} = \{x_1^{1,2}, x_2^{1,2}, \dots, x_m^{1,2}\}$ で表し、同一分類の区画走行データが k 個あるとすると、相対関係推定部 170 は、区画走行データ 1 の区画路面画像から基準位置への変形量を、以下の式 (2) に従って計算する。なお、区画路面画像から基準位置への変形量は、区画路面画像と基準となる仮想的な区画路面画像との間の相対位置関係を表す変形量に対応する。

40

【0049】

【数 2】

$$\hat{\mathbf{x}}^1 = \frac{1}{k} \sum_t \mathbf{x}^{1,t} \quad \dots (2)$$

【0050】

なお、 $\mathbf{x}^{i, i} = \{0, \dots, 0\}$ とする。上記式(2)によって計算される変形量 $\hat{\mathbf{x}}^1$ は、すべての区画走行データの区画路面画像の平均を基準位置とするものであり、同様の方法で他の区画走行データの区画路面画像から基準位置への変形量を計算し、計算された基準位置への変形量に従い各区画走行データの区画路面画像を変形すると、すべての区画走行データの区画路面画像が基準位置で一致することになる。

10

【0051】

なお、基準位置への変形量として平均でなく、大きく離れたデータを除いた平均や、絶対位置の測位精度に基づく重み付き平均などでもよい。

【0052】

また、相対関係推定部170は、区画路面画像の各々について、当該区画路面画像の部分画像を、部分画像について推定された、基準となる仮想的な区画路面画像との間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させる。

20

【0053】

全体関係推定部172は、各地点の各区画に対し、分類毎に、走行データ分類部168によって当該分類に分類された区画走行データの区画路面画像の各々について、相対関係推定部170によって変形された区画路面画像と、各分類に分類され、かつ、変形された他の区画路面画像とのペアの各々に対し、ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出する。

【0054】

図6に、全体関係推定部172が相対位置関係を推定する方法の一例を示す。具体的には、全体関係推定部172は、図6に示すように、異なる分類の区画走行データの区画路面画像の間の相対位置関係を、相対関係推定部170と同様の方法で推定する。このとき、各区画走行データの区画路面画像は、相対関係推定部170で推定された基準位置への変形量に基づき変形されている。異なる分類間では、走行経路が異なるため、区画路面画像の共通部分が少なく、対応関係を求めることは難しくなるが、相対関係推定部170によって事前に基準位置への変形を適用されたことにより、走行データの位置誤差は低減されているため、変形量の範囲を小さくすることができ、共通部分だけでも対応関係を求めることが容易となる。本実施の形態では、全体関係推定部172は、相対関係推定部170によって設定された部分画像の各々を、共通部分として用いて変形量を算出する。

30

【0055】

そして、全体関係推定部172は、各地点の各区画に対し、分類毎に、当該分類に分類された区画走行データの区画路面画像の各々について、ペアの各々に対して算出された相対位置関係を表す変形量に基づいて、当該区画路面画像と、全体の基準となる仮想的な区画路面画像との間の相対位置関係を表す変形量を推定する。

40

例えば、分類 p の区画走行データ i から、分類 q の何れか1つの区画走行データ j への変形量を $y^{p, i, q, j}$ とし、分類数が r 個あるとすると、分類 p の区画走行データ i から全体の基準位置への変形量は以下の式で計算される。なお、区画路面画像から全体の基準位置への変形量は、区画路面画像と、全体の基準となる仮想的な区画路面画像との間の相対位置関係を表す変形量に対応する。

【0056】

【数 3】

$$\hat{y}^{p_i} = \frac{1}{r} \sum_q w^q y^{p_i, q_j}$$

【0057】

ただし、 $y^{p_i}, p_i = \{0, \dots, 0\}$ とする。また、 w^q は分類 q の重みである。例えば、全ての区画走行データの数に対する、分類 q に属する区画走行データの数の割合を、 w^q として用いることができる。これにより、各分類に属する区画走行データ数に応じて重み付けした変形量が、全体の基準となる仮想的な区画路面画像との間の相対位置関係を表す変形量になる。

10

【0058】

走行データ統合部174は、各地点の各区画に対し、分類毎に、当該分類に分類された区画走行データの区画路面画像の各々について、相対関係推定部170によって当該区画路面画像について推定された、基準となる仮想的な区画路面画像との間の相対位置関係を表す変形量、及び全体関係推定部172によって当該区画路面画像について推定された、全体の基準となる仮想的な区画路面画像との間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させ、変形した複数の区画路面画像を統合して、地図データベース176に登録する。

20

【0059】

具体的には、走行データ統合部174は、相対関係推定部170によって推定された分類内での相対位置関係、および全体関係推定部172によって推定された分類間の相対位置関係から、区画走行データの絶対位置を修正する。走行データ統合部174は、分類 p の区画走行データ i の位置の修正は、区画走行データ i の区画路面画像の部分画像の各々に対して、以下の変形量 z^{p_i} を適用することで行う。

【0060】

【数 4】

$$z^{p_i} = \hat{x}^{p_i} + \hat{y}^{p_i}$$

30

【0061】

そして、走行データ統合部174は、修正されたすべての区画走行データを統合し、統合された区画走行データの各々を、地図データとして地図データベース176に登録する。走行データ統合部174は、図7に示すような、すべての区画路面画像を統合した路面画像を生成する。統合された路面画像はすべての路面画像を重ねて画素値の平均をとった画像とすることができる。この統合された路面画像、および位置が修正された、すべての走行軌跡データを地図情報としてデータベースに登録する。

40

【0062】

地図データベース176には、走行データ統合部174によって登録された地図データが格納されている。

【0063】

<第1の実施の形態に係る地図生成装置10の作用>

次に、第1の実施の形態に係る地図生成装置10の作用について説明する。地図生成装置10を搭載した車両が走行し、外界観測センサ12によって車両の周辺画像が取得され、位置・運動計測センサ14によって各時刻の車両の位置、方位、速度情報が計測されているときに、走行軌跡生成部160は、位置・運動計測センサ14によって計測された、

50

各時刻の車両の位置、方位、及び速度情報に基づいて、車両の走行軌跡を生成する。また、走行データ生成部162は、外界観測センサ12によって取得された各時刻の車両の周辺画像と、走行軌跡生成部160によって生成された車両の走行軌跡とに基づいて、車両の走行軌跡に沿った路面を表す路面画像を生成し、走行軌跡と組み合わせて、路面画像に絶対座標を付与する。そして、走行データ生成部162は、路面画像と走行軌跡とを組み合わせ、絶対座標が付与された路面画像を表す走行データを生成する。次に、走行データ蓄積部164は、走行データ生成部162によって生成された走行データの各々を、走行データベース166に格納する。

【0064】

走行データベース166に複数の走行データが格納されると、地図生成装置10は、予め定められたタイミングで、各地点を対象として、図8に示す地図生成処理ルーチンを実行する。

10

【0065】

ステップS100において、走行データ分類部168は、走行データベース166に格納された対象地点に対応する走行データの各々を、路面画像が表す路面の位置に応じて分類する。ステップS100は、図9に示す走行データ分類処理ルーチンによって実現される。

【0066】

<走行データ分類処理ルーチン>

ステップS200において、走行データベース166に蓄積された当該対象地点の各走行データの路面画像を、予め決められた絶対位置の区画毎に分割し、区画毎に分割された区画路面画像を含む区画走行データを生成する。

20

【0067】

ステップS202において、上記ステップS200で生成された区画走行データの各々について、分類を未決定に設定する。

【0068】

ステップS204において、変数nに1を格納する。

【0069】

ステップS206において、分類が未決定である区画走行データが存在するか否かを判定する。分類が未決定である区画走行データが存在する場合には、ステップS208へ進む。一方、分類が未決定である区画走行データが存在しない場合には、ステップS216へ進む。

30

【0070】

ステップS208において、分類が未決定である区画走行データを1つ選択し、選択した区画走行データを基準データに設定する。

【0071】

ステップS210において、上記ステップS208で設定された基準データの分類番号を、上記ステップS204又は後述するステップS214で前回更新されたnに設定する。

【0072】

ステップS212において、上記ステップS208で設定された基準データに含まれる走行軌跡と、他の区画走行データに含まれる走行軌跡の各々とに基づいて、基準データと走行経路が同一である区画走行データの各々の分類番号を、上記ステップS210で設定された分類番号nに設定し、ステップS214でnをインクリメントして、ステップS206へ戻る。

40

【0073】

ステップS216において、上記ステップS212で設定された分類結果を結果として出力して、走行データ分類処理ルーチンを終了する。

【0074】

次に、地図生成処理ルーチンに戻り、ステップS102において、相対関係推定部17

50

0 は、対象地点の各区画に対し、上記ステップ S 1 0 0 で出力された分類毎に、区画走行データの区画路面画像の各々について、当該区画路面画像と他の区画路面画像とのペアの各々に対し、ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出する。そして、相対関係推定部 1 7 0 は、各区画に対し、分類毎に、当該分類に分類された区画走行データの区画路面画像の各々について、ペアの各々に対して算出された相対位置関係を表す変形量に基づいて、当該路面画像と、基準となる仮想的な路面画像との間の相対位置関係を表す変形量を推定する。ステップ S 1 0 2 は、図 1 0 に示す相対関係推定処理ルーチンによって実現される。

【 0 0 7 5 】

< 相対関係推定処理ルーチン >

ステップ S 3 0 0 において、1つの区画を設定する。

【 0 0 7 6 】

ステップ S 3 0 2 において、1つの分類を設定する。

【 0 0 7 7 】

ステップ S 3 0 4 において、上記ステップ S 3 0 0 で設定された区画に属する区画走行データであって、かつ上記ステップ S 3 0 2 で設定された分類に属する区画走行データの区画路面画像を1つ設定する。

【 0 0 7 8 】

ステップ S 3 0 6 において、上記ステップ S 3 0 4 で設定された区画路面画像の部分画像群を設定する。

【 0 0 7 9 】

ステップ S 3 0 8 において、上記ステップ S 3 0 6 で設定された部分画像群に含まれる部分画像の各々に対し設定された区画路面画像とは異なる他の区画路面画像の対応する部分画像とのペアを設定する。そして、設定された区画路面画像の部分画像群に含まれる部分画像の各々について、上記式 (1) に従って、ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出する。

【 0 0 8 0 】

ステップ S 3 1 0 において、他の全ての区画路面画像との間で、上記ステップ S 3 0 8 の処理を実行したか否かを判定する。他の全ての区画路面画像との間で、上記ステップ S 3 0 8 の処理を実行した場合には、ステップ S 3 1 2 へ進む。一方、他の全ての区画路面画像との間で、上記ステップ S 3 0 8 の処理を実行していない場合には、ステップ S 3 0 8 へ戻る。

【 0 0 8 1 】

ステップ S 3 1 2 において、上記ステップ S 3 0 6 で設定された部分画像群に含まれる全ての部分画像の各々について、上記ステップ S 3 0 8 で算出された変形量の各々に基づいて、上記式 (2) に従って、当該部分画像と、基準となる仮想的な路面画像の部分画像との間の相対位置関係を表す変形量を推定する。

【 0 0 8 2 】

ステップ S 3 1 4 において、上記ステップ S 3 0 2 で設定された分類に属する全ての区画走行データの区画路面画像について、上記ステップ S 3 0 4 ~ ステップ S 3 1 2 の処理を実行したか否かを判定する。分類に属する全ての区画走行データの区画路面画像について、上記ステップ S 3 0 4 ~ ステップ S 3 1 2 の処理を実行した場合には、ステップ S 3 1 6 へ進む。一方、上記ステップ S 3 0 4 ~ ステップ S 3 1 2 の処理を実行していない区画走行データの区画路面画像が存在する場合には、ステップ S 3 0 4 へ戻る。

【 0 0 8 3 】

ステップ S 3 1 6 において、上記ステップ S 3 0 0 で設定された区画に属する全ての分類について、上記ステップ S 3 0 2 ~ ステップ S 3 1 4 の処理を実行したか否かを判定する。上記ステップ S 3 0 0 で設定された区画に属する全ての分類について、上記ステップ S 3 0 2 ~ ステップ S 3 1 4 の処理を実行した場合には、ステップ S 3 1 8 へ進む。一方、上記ステップ S 3 0 2 ~ ステップ S 3 1 4 の処理を実行していない分類が存在する場合

10

20

30

40

50

には、ステップS 3 0 2へ戻る。

【0084】

ステップS 3 1 8において、走行データの全ての区画について、上記ステップS 3 0 0～ステップS 3 1 6の処理を実行したか否かを判定する。全ての区画について、上記ステップS 3 0 0～ステップS 3 1 6の処理を実行した場合には、ステップS 3 2 0へ進む。一方、上記ステップS 3 0 0～ステップS 3 1 6の処理を実行していない区画が存在する場合には、ステップS 3 0 0へ戻る。

【0085】

ステップS 3 2 0において、上記ステップS 3 1 2で推定された変形量の各々を、結果として出力して相対関係推定処理ルーチンを終了する。

10

【0086】

次に、地図生成処理ルーチンに戻り、ステップS 1 0 4において、相対関係推定部170は、区画路面画像の各々について、当該区画路面画像の部分画像を、上記ステップS 1 0 2で当該部分画像について推定された、基準となる仮想的な区画路面画像の部分画像との間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させる。

【0087】

ステップS 1 0 6において、全体関係推定部172は、対象地点の各区画に対し、上記ステップS 1 0 0で出力された分類毎に、区画走行データの区画路面画像の各々について、上記ステップS 1 0 4で変形された区画路面画像と、複数の分類の各々に分類され、かつ、変形された他の区画路面画像とのペアの各々に対し、ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出する。そして、全体関係推定部172は、対象地点の各区画に対し、分類毎に、当該分類に分類された区画走行データの区画路面画像の各々について、ペアの各々に対して算出された相対位置関係を表す変形量に基づいて、当該区画路面画像と、全体の基準となる仮想的な区画路面画像との間の相対位置関係を表す変形量を推定する。ステップS 1 0 6は、図11に示す全体関係推定処理ルーチンによって実現される。

20

【0088】

<全体関係推定処理ルーチン>

ステップS 4 0 0において、1つの区画を設定する。

【0089】

ステップS 4 0 2において、1つの分類を設定する。

30

【0090】

ステップS 4 0 4において、上記ステップS 4 0 0で設定された区画に属する区画走行データであって、かつ上記ステップS 4 0 2で設定された分類に属する区画走行データの区画路面画像を1つ設定する。

【0091】

ステップS 4 0 6において、上記ステップS 4 0 4で設定された区画路面画像の部分画像群を設定する。

【0092】

ステップS 4 0 8において、上記ステップS 4 0 6で設定された部分画像群に含まれる部分画像の各々に対し、1つの分類に属する区画走行データの区画路面画像の対応する部分画像とのペアを設定する。そして、設定された区画路面画像の部分画像群に含まれる部分画像の各々について、上記式(1)に従って、ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出する。

40

【0093】

ステップS 4 1 0において、全ての分類との間で、上記ステップS 4 0 8の処理を実行したか否かを判定する。全ての分類との間で、上記ステップS 4 0 8の処理を実行した場合には、ステップS 4 1 2へ進む。一方、全ての分類との間で、上記ステップS 4 0 8の処理を実行していない場合には、ステップS 4 0 8へ戻る。

【0094】

ステップS 4 1 2において、上記ステップS 4 0 6で設定された部分画像群に含まれる

50

全ての部分画像の各々について、上記ステップS 4 0 8で算出された変形量の各々に基づいて、上記式(2)に従って、当該部分画像と、全体の基準となる仮想的な路面画像との間の相対位置関係を表す変形量を推定する。

【0095】

ステップS 4 1 4において、上記ステップS 4 0 2で設定された分類に属する全ての区画走行データの区画路面画像について、上記ステップS 4 0 4～ステップS 4 1 2の処理を実行したか否かを判定する。分類に属する全ての区画走行データの区画路面画像について、上記ステップS 4 0 4～ステップS 4 1 2の処理を実行した場合には、ステップS 4 1 6へ進む。一方、上記ステップS 4 0 4～ステップS 4 1 2の処理を実行していない区画走行データの区画路面画像が存在する場合には、ステップS 4 0 4へ戻る。

10

【0096】

ステップS 4 1 6において、上記ステップS 4 0 0で設定された区画に属する全ての分類について、上記ステップS 4 0 2～ステップS 4 1 4の処理を実行したか否かを判定する。上記ステップS 4 0 0で設定された区画に属する全ての分類について、上記ステップS 4 0 2～ステップS 4 1 4の処理を実行した場合には、ステップS 4 1 8へ進む。一方、上記ステップS 4 0 2～ステップS 4 1 4の処理を実行していない分類が存在する場合には、ステップS 4 0 2へ戻る。

【0097】

ステップS 4 1 8において、走行データの全ての区画について、上記ステップS 4 0 0～ステップS 4 1 6の処理を実行したか否かを判定する。全ての区画について、上記ステップS 4 0 0～ステップS 4 1 6の処理を実行した場合には、ステップS 4 2 0へ進む。一方、上記ステップS 4 0 0～ステップS 4 1 6の処理を実行していない区画が存在する場合には、ステップS 4 0 0へ戻る。

20

【0098】

ステップS 4 2 0において、上記ステップS 4 1 2で推定された変形量の各々を、結果として出力して全体関係推定処理ルーチンを終了する。

【0099】

次に、地図生成処理ルーチンに戻り、ステップS 1 0 8において、走行データ統合部174は、対象地点の各区画に対し、分類毎に、当該分類に分類された区画走行データの区画路面画像の各々について、上記ステップS 1 0 2で推定された変形量、及び上記ステップS 1 0 6で推定された変形量に応じて変形させ、変形した複数の区画路面画像を統合する。

30

【0100】

ステップS 1 1 0において、走行データ統合部174は、上記ステップS 1 0 8で統合されたデータを地図データベース176に登録して、地図生成処理ルーチンを終了する。

【0101】

以上説明したように、本実施の形態に係る地図生成装置によれば、車両の走行軌跡に沿って登録された路面を表す複数の路面画像であって、かつ車両に搭載されたセンサから得られた周辺環境情報に基づき生成された複数の路面画像を蓄積したデータベースに基づいて、路面画像の各々について、当該路面画像と、基準となる仮想的な路面画像との間の相対位置関係を表す変形量を推定し、当該路面画像を推定された変形量に応じて変形させ、路面画像と、全体の基準となる仮想的な路面画像との間の相対位置関係を表す変形量を推定し、複数の路面画像の各々を、基準となる仮想的な路面画像との間の相対位置関係を表す変形量、及び全体の基準となる仮想的な路面画像との間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させ、変形した複数の路面画像を統合して、地図データに登録することにより、車両の絶対位置について計測誤差が発生している場合であっても、車両の走行経路を考慮して精度よく地図データを生成することができる。

40

【0102】

また、位置・運動計測センサが安価であることにより絶対位置の計測に誤差を含む場合であっても、絶対位置の計測に誤差を含むデータから高精度な地図データを生成すること

50

ができる。

【 0 1 0 3 】

絶対位置の計測には走行ごとに誤差が含まれるため、複数回の走行データをまとめて1つの地図を生成するとずれが発生し、正しく地図を生成することができないが、複数の走行データ間の相対位置関係を推定し、走行データ間の相対位置関係を考慮して、全体を統合することで、各走行で生じる位置の誤差を低減し、ずれのない高精度な地図データを生成することができる。

【 0 1 0 4 】

[第 2 の実施の形態]

次に、本発明の第 2 の実施の形態について説明する。なお、第 1 の実施の形態と同様の構成となる部分については、同一符号を付して説明を省略する。

【 0 1 0 5 】

第 2 の実施の形態では、区画走行データを分類せず、分類間の相対位置関係を推定しない点が、第 1 の実施の形態と異なっている。

【 0 1 0 6 】

< 第 2 の実施の形態に係る地図生成装置 2 1 0 の構成 >

第 2 の実施の形態に係る地図生成装置 2 1 0 のコンピュータ 2 1 6 は、図 1 2 に示すように、位置・運動計測センサ 1 4 によって計測された車両の位置、方位、及び速度情報に基づいて、車両の走行軌跡を生成する走行軌跡生成部 1 6 0 と、外界観測センサ 1 2 によって取得された車両の周辺画像と、走行軌跡生成部 1 6 0 によって生成された車両の走行軌跡とに基づいて、車両の走行軌跡に沿った路面を表す路面画像を生成し、路面画像と走行軌跡との組み合わせを表す走行データを生成する走行データ生成部 1 6 2 と、走行データ生成部 1 6 2 によって生成された走行データの各々を、走行軌跡の位置に対応させて走行データベース 1 6 6 に格納する走行データ蓄積部 1 6 4 と、走行データ生成部 1 6 2 によって生成された走行データの各々が格納される走行データベース 1 6 6 と、各地点に対し、当該地点の走行データの各々について、路面画像と基準となる仮想的な路面画像との間の相対位置関係を表す変形量を推定する相対関係推定部 2 7 0 と、走行データベース 1 6 6 に格納された走行データの路面画像の各々を、相対関係推定部 1 7 0 によって当該路面画像について推定された変形量に応じて変形させ、変形した複数の路面画像を統合して、地図データベース 1 7 6 に登録する走行データ統合部 2 7 4 と、走行データ統合部 2 7 4 によって登録された地図データが格納される地図データベース 1 7 6 とを備えている。なお、走行データ統合部 2 7 4 は、統合手段の一例である。

【 0 1 0 7 】

相対関係推定部 2 7 0 は、各地点の各区画に対し、区画走行データの区画路面画像の各々について、当該区画路面画像と他の区画路面画像とのペアの各々に対し、相対関係推定部 1 7 0 と同様に、ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出する。そして、相対関係推定部 2 7 0 は、各地点の各区画に対し、区画走行データの区画路面画像の各々について、ペアの各々に対して算出された相対位置関係を表す変形量に基づいて、相対関係推定部 1 7 0 と同様に、当該区画路面画像と、基準となる仮想的な路面画像との間の相対位置関係を表す変形量を推定する。

【 0 1 0 8 】

走行データ統合部 2 7 4 は、各地点の各区画に対し、区画走行データの区画路面画像の各々について、相対関係推定部 1 7 0 によって当該区画路面画像について推定された、基準となる仮想的な区画路面画像との間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させ、変形した複数の区画路面画像を統合して、地図データベース 1 7 6 に登録する。

【 0 1 0 9 】

< 第 2 の実施の形態に係る地図生成装置 2 1 0 の作用 >

次に、第 2 の実施の形態に係る地図生成装置 2 1 0 の作用について説明する。地図生成装置 2 1 0 を搭載した車両が走行し、外界観測センサ 1 2 によって車両の周辺画像が取得され、位置・運動計測センサ 1 4 によって各時刻の車両の位置、方位、速度情報が計測さ

10

20

30

40

50

れているときに、走行軌跡生成部 160 は、位置・運動計測センサ 14 によって計測された、各時刻の車両の位置、方位、及び速度情報に基づいて、車両の走行軌跡を生成する。また、走行データ生成部 162 は、外界観測センサ 12 によって取得された各時刻の車両の周辺画像と、走行軌跡生成部 160 によって生成された車両の走行軌跡とに基づいて、車両の走行軌跡に沿った路面を表す路面画像を生成し、走行軌跡と組み合わせて、路面画像に絶対座標を付与する。そして、走行データ生成部 162 は、路面画像と走行軌跡とを組み合わせて、絶対座標が付与された路面画像を表す走行データを生成する。次に、走行データ蓄積部 164 は、走行データ生成部 162 によって生成された走行データの各々を、走行データベース 166 に格納する。

【0110】

走行データベース 166 に複数の走行データが格納されると、地図生成装置 10 は、予め定められたタイミングで、各地点を対象として、図 13 に示す地図生成処理ルーチンを実行する。

【0111】

ステップ S502 において、相対関係推定部 270 は、対象地点の各区画に対し、区画走行データの区画路面画像の各々について、当該区画路面画像と他の区画路面画像とのペアの各々に対し、上記第 1 の実施の形態で説明したステップ S308 と同様に、ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出する。そして、相対関係推定部 170 は、対象地点の各区画に対し、区画走行データの区画路面画像の各々について、ペアの各々に対して算出された相対位置関係を表す変形量に基づいて、上記第 1 の実施の形態で説明したステップ S312 と同様に、当該区画路面画像と、基準となる仮想的な路面画像との間の相対位置関係を表す変形量を推定する。ステップ S502 は、図 14 に示す相対関係推定処理ルーチンによって実現される。

【0112】

ステップ S508 において、走行データ統合部 274 は、対象地点の各区画に対し、区画走行データの区画路面画像の各々について、上記ステップ S502 で推定された、当該区画路面画像と、基準となる仮想的な路面画像との間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させ、変形した複数の区画路面画像を統合する。

【0113】

なお、第 2 の実施の形態に係る地図生成装置 210 の他の構成及び作用については、第 1 の実施の形態と同様であるため、説明を省略する。

【0114】

以上説明したように、本実施の形態に係る地図生成装置によれば、車両の走行軌跡に沿って登録された路面を表す複数の路面画像であって、かつ車両に搭載されたセンサから得られた周辺環境情報に基づき生成された複数の路面画像を蓄積したデータベースに基づいて、対応する路面画像の各々について、当該路面画像と他の路面画像とのペアの各々に対し、当該ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出し、ペアの各々に対して算出された相対位置関係を表す変形量に基づいて、路面画像と、基準となる仮想的な路面画像との間の相対位置関係を表す変形量を推定し、複数の路面画像の各々を、路面画像について推定された、基準となる仮想的な路面画像との間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させ、変形した複数の路面画像を統合して、地図データに登録することにより、車両の絶対位置について計測誤差が発生している場合であっても、精度よく地図データを生成することができる。

【0115】

[第 3 の実施の形態]

次に、本発明の第 3 の実施の形態について説明する。なお、第 1 又は第 2 の実施の形態と同様の構成となる部分については、同一符号を付して説明を省略する。

【0116】

第 3 の実施の形態に係る地図生成装置は、レーザレーダによって計測された 3 次元点群データに基づいて路面画像を生成し、地図データを生成する点が、第 1 又は第 2 の実施の

10

20

30

40

50

形態と異なっている。

【0117】

<第3の実施の形態に係る地図生成装置310の構成>

図15に示すように、本発明の第3の実施の形態に係る地図生成装置310は、車両の周辺環境を計測する外界観測センサ312と、車両の位置情報及び運動情報を計測する位置・運動計測センサ14と、外界観測センサ312によって取得された周辺環境情報と、位置・運動計測センサ14によって計測された車両の位置情報及び運動情報とに基づいて、地図データを生成するコンピュータ316とを備えている。

【0118】

第3の実施の形態では、外界観測センサ312としてレーザレーダを用いる場合を例に説明する。外界観測センサ312は、車両の周辺環境情報として、レーザレーダにより計測した車両の周辺の3次元点群データを取得する。

【0119】

コンピュータ316は、CPU、後述する地図生成処理ルーチンを実現するためのプログラムを記憶したROM、データを一時的に記憶するRAM、及びHDD等の記憶装置で構成され、機能的には次に示すように構成されている。

【0120】

コンピュータ316は、図15に示すように、走行軌跡生成部160と、位置・運動計測センサ14によって計測された車両の位置、方位、及び速度情報と、外界観測センサ312によって取得された車両の周辺の3次元点群データと、走行軌跡生成部160によって生成された車両の走行軌跡とに基づいて、車両の走行軌跡に沿った路面を表す路面画像を生成し、路面画像と走行軌跡との組み合わせを表す走行データを生成する走行データ生成部362と、走行データ蓄積部164と、走行データベース166と、走行データ分類部168と、相対関係推定部170と、全体関係推定部172と、走行データ統合部174と、地図データベース176とを備えている。

【0121】

走行データ生成部362は、図16に示すように、立体物判定部364と、グルーピング部366と、移動物判定部368と、2次元画像生成部370とを備えている。

【0122】

立体物判定部364は、外界観測センサ312によって取得された車両の周辺の3次元点群データに基づいて、3次元点群データに対して立体物判定を行い、3次元点群データを、路面を表す3次元点群データと立体物を表す3次元点群データとに分類する。3次元点群データの各点が立体物の点であるか否かの判定には、局所的な高さの分布を利用する。

【0123】

図17に、局所的な高さを推定するための方法の一例を示す。具体的には、立体物判定部364は、外界観測センサ312によって取得された3次元点群データに基づいて、図17に示すように、所定の大きさで区切られた2次元グリッドに3次元点群データの各点を投票する。そして、立体物判定部364は、2次元グリッドの各グリッドに対して、投票された3次元点の高さの分布を計算し、計算された高さが予め定められたしきい値以上であれば、当該グリッドに投票された3次元点は立体物の点であると判定する。一方、立体物判定部364は、計算された高さが予め定められたしきい値より小さければ、当該グリッドに投票された3次元点は路面の点であると判定する。

【0124】

グルーピング部366は、立体物判定部364によって立体物の点であると判定された3次元点群データに対し、グルーピングを行い、3次元点群データを複数のグループに分類する。具体的には、グルーピング部366は、立体物判定部364によって立体物の点と判定された3次元点群データの3次元点の各々に対し、3次元空間上での距離が予め定められた値未満の点同士を同じグループに属するとしてまとめ、3次元点群データを複数のグループに分類する。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 5 】

移動物判定部 3 6 8 は、位置・運動計測センサ 1 4 によって計測された車両の位置、方位、及び速度情報と、グルーピング部 3 6 6 によって分類された 3 次元点群データの複数のグループとに基づいて、当該グループを時刻間で追跡する。そして、移動物判定部 3 6 8 は、当該グループの移動速度及び移動方向と位置・運動計測センサ 1 4 によって計測された車両の方位、及び速度情報とを比較し、自車両の運動と異なるグループを移動立体物と判定する。

【 0 1 2 6 】

例えば、移動物判定部 3 6 8 は、3 次元点群データの複数のグループの各々について、位置・運動計測センサ 1 4 によって計測された自車両の速度情報と当該グループの移動速度との差分を算出し、算出された差分が予め定められた第 1 の閾値以下であって、かつ当該グループの移動方向が自車両の進行方向と同じである場合には、自車両の進行方向と同じ方向に移動する移動立体物であると判定する。

10

【 0 1 2 7 】

また、移動物判定部 3 6 8 は、3 次元点群データの複数のグループの各々について、位置・運動計測センサ 1 4 によって計測された自車両の速度情報とグループの移動速度との差分を算出し、算出された差分が予め定められた第 2 の閾値以上であって、かつ当該グループの移動方向が自車両の進行方向と反対方向である場合には、自車両の進行方向と反対方向に移動する移動立体物であると判定する。

【 0 1 2 8 】

また、移動物判定部 3 6 8 は、3 次元点群データの複数のグループの各々について、位置・運動計測センサ 1 4 によって計測された自車両の速度情報とグループの移動速度との差分を算出し、算出された差分が予め定められた第 2 の閾値未満であって、かつ当該グループの移動方向が自車両の進行方向と反対方向である場合には、静止立体物であると判定する。

20

【 0 1 2 9 】

2 次元画像生成部 3 7 0 は、移動物判定部 3 6 8 によって静止立体物であると判定されたグループの 3 次元点群データに基づいて、路面画像を生成する。具体的には、2 次元画像生成部 3 7 0 は、移動物判定部 3 6 8 によって静止立体物であると判定されたグループの 3 次元点群データの各点を、2 次元グリッドへ投票することで路面画像を生成する。

30

【 0 1 3 0 】

図 1 8 に、2 次元画像生成部 3 7 0 が生成する路面画像の一例を示す。例えば、2 次元画像生成部 3 7 0 は、図 1 8 (A) に示すように、3 次元点群データの静止立体物の点のみをプロットしたエッジ点画像を路面画像として生成することができる。また、2 次元画像生成部 3 7 0 は、図 1 8 (B) に示すように、3 次元点群データの静止立体物の高さまたは反射強度を画素値とした画像を路面画像として生成することができる。

【 0 1 3 1 】

なお、2 次元画像生成部 3 7 0 が生成した路面画像から相対位置関係を表す変形量を推定する場合には、外界観測センサにカメラを用いた上記第 1 又は第 2 の実施の形態と同様に、上記式 (1) のマッチングコストに基づくコスト計算を用いることができる。

40

【 0 1 3 2 】

なお、第 3 の実施の形態に係る地図生成装置 3 1 0 の他の構成及び作用については、第 1 の実施の形態と同様であるため、説明を省略する。

【 0 1 3 3 】

以上説明したように、本実施の形態に係る地図生成装置によれば、車両の走行軌跡に沿って登録された路面を表す複数の路面画像であって、かつ車両に搭載されたセンサから得られた 3 次元点群データに基づき生成された複数の路面画像を蓄積したデータベースに基づいて、対応する路面画像の各々について、当該路面画像と他の路面画像とのペアの各々に対し、当該ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出し、ペアの各々に対して算出された相対位置関係を表す変形量に基づいて、路面画像と、基準となる仮想的な路面画像との

50

間の相対位置関係を表す変形量を推定し、複数の路面画像の各々を、路面画像について推定された、基準となる仮想的な路面画像との間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させ、変形した複数の路面画像を統合して、地図データに登録することにより、車両の絶対位置について計測誤差が発生している場合であっても、精度よく地図データを生成することができる。

【0134】

なお、第3の実施の形態を、第2の実施の形態に適用させてもよい。

【0135】

[第4の実施の形態]

次に、本発明の第4の実施の形態について説明する。なお、第1～第3の実施の形態と同様の構成となる部分については、同一符号を付して説明を省略する。

10

【0136】

第4の実施の形態に係る地図生成装置は、レーザレーダによって計測された3次元点群データから地図データを生成する点が、第1～第3の実施の形態と異なっている。

【0137】

<第4の実施の形態に係る地図生成装置410の構成>

図19に示すように、本発明の第4の実施の形態に係る地図生成装置410は、車両の周辺環境を計測する外界観測センサ312と、車両の位置情報及び運動情報を計測する位置・運動計測センサ14と、外界観測センサ312によって取得された周辺環境情報と、位置・運動計測センサ14によって計測された車両の位置情報及び運動情報とに基づいて、地図データを生成するコンピュータ416とを備えている。

20

【0138】

第4の実施の形態では、第3の実施の形態と同様に、外界観測センサ312としてレーザレーダを用いる場合を例に説明する。外界観測センサ312は、車両の周辺環境情報として、レーザレーダにより計測した車両の周辺の3次元点群データを取得する。

【0139】

コンピュータ416は、CPU、後述する地図生成処理ルーチンを実現するためのプログラムを記憶したROM、データを一時的に記憶するRAM、及びHDD等の記憶装置で構成され、機能的には次に示すように構成されている。

【0140】

コンピュータ416は、図19に示すように、走行軌跡生成部160と、位置・運動計測センサ14によって計測された車両の位置、方位、及び速度情報と、外界観測センサ312によって取得された車両の周辺の3次元点群データと、走行軌跡生成部160によって生成された車両の走行軌跡とに基づいて、車両の走行軌跡に沿った3次元点群データを生成し、3次元点群データと走行軌跡との組み合わせを表す走行データを生成する走行データ生成部462と、走行データ生成部462によって生成された走行データの各々を、走行軌跡の位置に対応させて走行データベース466に格納する走行データ蓄積部164と、走行データ生成部462によって生成された走行データの各々が格納される走行データベース466と、各地点に対し、走行データベース466に格納された当該地点の走行データの各々を、3次元点群データが表す路面の位置に応じて分類する走行データ分類部468と、各地点に対し、分類毎に、当該分類に属する走行データの各々について、3次元点群データと基準となる仮想的な3次元点群データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定する相対関係推定部470と、各地点に対し、当該地点の走行データの各々について、3次元点群データと全体の基準となる仮想的な3次元点群データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定する全体関係推定部472と、走行データベース466に格納された走行データの3次元点群データの各々を、相対関係推定部470によって当該3次元点群データについて推定された変形量、及び全体関係推定部472によって当該3次元点群データについて推定された変形量に応じて変形させ、変形した複数の3次元点群データを統合して、地図データベース476に登録する走行データ統合部474と、走行データ統合部474によって登録された地図データが格納される地図データベース476とを備え

30

40

50

ている。3次元点群データは、走路データの一例である。

【0141】

走行データ生成部462は、図20に示すように、立体物判定部364と、グループピング部366と、移動物判定部368と、データ生成部464とを備えている。

【0142】

データ生成部464は、移動物判定部368によって静止立体物であると判定されたグループの3次元点群データと、立体物判定部364によって路面を表すと判定された3次元点群データと、走行軌跡生成部160によって生成された車両の走行軌跡とに基づいて、車両の走行軌跡に沿った3次元点群データを生成し、3次元点群データと走行軌跡との組み合わせを表す走行データを生成する。

10

【0143】

走行データ分類部468は、各地点に対し、走行データベース166に格納された当該地点に対応する走行データの各々を、3次元点群データが表す路面の位置に応じて分類する。具体的には、走行データ分類部468は、各地点に対し、走行データベース166に蓄積された当該地点の各走行データの3次元点群データを、予め決められた絶対位置の区画毎に分割し、区画毎に分割された区画3次元点群データを含む区画走行データを生成する。次に、走行データ分類部468は、同じ区画の区画走行データを、当該区画走行データに対応する走行データに含まれる走行軌跡から得られる車両の走行経路に応じて分類する。

【0144】

相対関係推定部470は、各地点の各区画に対し、分類毎に、走行データ分類部468によって当該分類に分類された区画走行データの区画3次元点群データの各々について、当該区画3次元点群データと他の区画3次元点群データとのペアの各々に対し、ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出する。

20

【0145】

図21及び図22に、同一の分類に属する区画3次元点群データの各々について、複数の3次元点での対応を求める方法の一例を示す。例えば、相対関係推定部470は、複数の3次元点での対応を求める方法として、区画3次元点群データの各々について、区画3次元点群データから図21(A)に示すような部分点群を抽出し、部分点群毎に、図21(B)に示すような他の区画3次元点群データの部分点群とマッチングを行い、対応関係を求める。

30

【0146】

具体的には、相対関係推定部470は、上記図21で示した2つの部分点群について、図22に示すように、一方の区画3次元点群データの部分点群の各点に対し、もう一方の他の区画3次元点群データの部分点群のうち最も近い点を求める。

そして、相対関係推定部470は、一方の区画3次元点群データの部分点群の各点に対し、当該点と当該点と最も近い点との距離の和をマッチングコストとして計算する。2つの区間走行データの部分領域の点群をA, Bとし、変形量をxとすると、マッチングコストは以下の式により計算される。

【0147】

40

【数5】

$$C_{A,B}(x) = \frac{1}{|A|} \sum_{v \in A} d_{\text{near}}(v, B)$$

$$d_{\text{near}}(v, B) = \min_{w \in B} |v - w|_2$$

10

【0148】

$d_{\text{near}}(v, B)$ は、点群 A の点 v と、点 v に最も近い点群 B の点 ($w \in B$) との距離を表し、上記の式で計算される。なお、 $|\cdot|_2$ は L2 ノルムを表す。また、外れ値に対応するため、 $d_{\text{near}}(v, B)$ の上限値を設定してもよい。

【0149】

そして、相対関係推定部 470 は、同一の分類に属する区画 3 次元点群データの各々について、上記式に従って算出されるマッチングコストが最小となる変形量 x を推定する。

【0150】

また、相対関係推定部 470 は、区画 3 次元点群データの各々について、当該区画 3 次元点群データの部分点群を、部分点群について推定された、基準となる仮想的な区画 3 次元点群データとの間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させる。

20

【0151】

全体関係推定部 472 は、各地点の各区画に対し、分類毎に、走行データ分類部 468 によって当該分類に分類された区画走行データの区画 3 次元点群データの各々について、相対関係推定部 470 によって変形された区画 3 次元点群データと、各分類に分類され、かつ、変形された他の区画 3 次元点群データとのペアの各々に対し、ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出する。

【0152】

走行データ統合部 474 は、各地点の各区画に対し、分類毎に、当該分類に分類された区画走行データの区画 3 次元点群データの各々について、相対関係推定部 470 によって当該区画 3 次元点群データについて推定された、基準となる仮想的な区画 3 次元点群データとの間の相対位置関係を表す変形量、及び全体関係推定部 472 によって当該区画 3 次元点群データについて推定された、全体の基準となる仮想的な区画 3 次元点群データとの間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させ、変形した複数の区画 3 次元点群データを統合して、地図データとして地図データベース 476 に登録する。

30

【0153】

< 第 4 の実施の形態に係る地図生成装置 410 の作用 >

次に、第 4 の実施の形態に係る地図生成装置 410 の作用について説明する。地図生成装置 410 を搭載した車両が走行し、外界観測センサ 312 によって車両の周辺の 3 次元点群データが取得され、位置・運動計測センサ 14 によって各時刻の車両の位置、方位、速度情報が計測されているときに、走行軌跡生成部 160 は、位置・運動計測センサ 14 によって計測された、各時刻の車両の位置、方位、及び速度情報に基づいて、車両の走行軌跡を生成する。また、走行データ生成部 462 は、外界観測センサ 312 によって取得された各時刻の車両の周辺の 3 次元点群データと、走行軌跡生成部 160 によって生成された車両の走行軌跡とに基づいて、車両の走行軌跡に沿った 3 次元点群データを生成し、走行軌跡と組み合わせて、3 次元点群データに絶対座標を付与する。そして、走行データ生成部 462 は、3 次元点群データと走行軌跡とを組み合わせて、絶対座標が付与された 3 次元点群データを表す走行データを生成する。次に、走行データ蓄積部 164 は、走行

40

50

データ生成部 4 6 2 によって生成された走行データの各々を、走行データベース 4 6 6 に格納する。

【 0 1 5 4 】

走行データベース 4 6 6 に複数の走行データが格納されると、地図生成装置 4 1 0 は、予め定められたタイミングで、各地点を対象として、図 2 3 に示す地図生成処理ルーチンを実行する。

【 0 1 5 5 】

ステップ S 1 0 0 において、走行データ分類部 4 6 8 は、走行データベース 4 6 6 に格納された対象地点に対応する走行データの各々を、3次元点群データが表す路面の位置に応じて分類する。ステップ S 1 0 0 は、上記図 9 に示す走行データ分類処理ルーチンによ

10

【 0 1 5 6 】

次に、ステップ S 6 0 2 において、相対関係推定部 4 7 0 は、対象地点の各区画に対し、上記ステップ S 1 0 0 で出力された分類毎に、区画走行データの区画 3 次元点群データの各々について、当該区画 3 次元点群データと他の区画 3 次元点群データとのペアの各々に対し、ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出する。そして、相対関係推定部 4 7 0 は、各区画に対し、分類毎に、当該分類に分類された区画走行データの区画 3 次元点群データの各々について、ペアの各々に対して算出された相対位置関係を表す変形量に基づいて、当該 3 次元点群データと、基準となる仮想的な 3 次元点群データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定する。ステップ S 6 0 2 は、図 2 4 に示す相対関係推定処理ルーチンによ

20

【 0 1 5 7 】

次に、ステップ S 6 0 4 において、相対関係推定部 4 7 0 は、区画 3 次元点群データの各々について、当該区画 3 次元点群データの部分点群を、上記ステップ S 6 0 2 で当該部分点群について推定された、基準となる仮想的な区画 3 次元点群データの部分点群との間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させる。

【 0 1 5 8 】

ステップ S 6 0 6 において、全体関係推定部 4 7 2 は、対象地点の各区画に対し、上記ステップ S 1 0 0 で出力された分類毎に、区画走行データの区画 3 次元点群データの各々について、上記ステップ S 6 0 4 で変形された区画 3 次元点群データと、複数の分類の各々に分類され、かつ、変形された他の区画 3 次元点群データとのペアの各々に対し、ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出する。そして、全体関係推定部 4 7 2 は、対象地点の各区画に対し、分類毎に、当該分類に分類された区画走行データの区画 3 次元点群データの各々について、ペアの各々に対して算出された相対位置関係を表す変形量に基づいて、当該区画 3 次元点群データと、全体の基準となる仮想的な区画 3 次元点群データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定する。ステップ S 6 0 6 は、図 2 5 に示す全体関係推定処理ルーチンによって実現される。

30

【 0 1 5 9 】

次に、ステップ S 6 0 8 において、走行データ統合部 4 7 4 は、対象地点の各区画に対し、分類毎に、当該分類に分類された区画走行データの区画 3 次元点群データの各々につ

40

【 0 1 6 0 】

なお、第 4 の実施の形態に係る地図生成装置 4 1 0 の他の構成及び作用については、第 1 又は第 3 の実施の形態と同様であるため、説明を省略する。

【 0 1 6 1 】

以上説明したように、本実施の形態に係る地図生成装置によれば、車両の走行軌跡に沿って登録された路面を表す複数の 3 次元点群データであって、かつ車両に搭載されたセンサから得られた周辺環境情報に基づき生成された複数の 3 次元点群データを蓄積したデータベースに基づいて、対応する 3 次元点群データの各々について、当該 3 次元点群データ

50

と他の3次元点群データとのペアの各々に対し、当該ペア間の相対位置関係を表す変形量を算出し、ペアの各々に対して算出された相対位置関係を表す変形量に基づいて、3次元点群データと、基準となる仮想的な3次元点群データとの間の相対位置関係を表す変形量を推定し、複数の3次元点群データの各々を、3次元点群データについて推定された、基準となる仮想的な3次元点群データとの間の相対位置関係を表す変形量に応じて変形させ、変形した複数の3次元点群データを統合して、地図データに登録することにより、車両の絶対位置について計測誤差が発生している場合であっても、精度よく地図データを生成することができる。

【0162】

なお、第4の実施の形態を、第2の実施の形態に適用させてもよい。

10

【0163】

[第5の実施の形態]

次に、本発明の第5の実施の形態について説明する。なお、第1又は第2の実施の形態と同様の構成となる部分については、同一符号を付して説明を省略する。

【0164】

第5の実施の形態に係る地図生成システムでは、地図生成装置が車両に搭載されず、複数の車両から送信された車両情報に基づいて地図データを生成する点が、第1又は第2の実施の形態と異なっている。

【0165】

<第5の実施の形態に係る地図生成システム500の構成>

20

図26に示すように、本発明の第5の実施の形態に係る地図生成システム500は、車両に備えられた車載装置502と、車載装置502から送信された車両情報を受信して、車両情報に応じて地図データを生成する地図生成装置510とを備えている。車載装置502と地図生成装置510とは、インターネットなどのネットワーク509を介して接続されている。

【0166】

[車載装置502]

車載装置502は、車両の周辺環境を計測する外界観測センサ12と、車両の位置情報及び運動情報を計測する位置・運動計測センサ14と、外界観測センサ12によって取得された周辺環境情報と、位置・運動計測センサ14によって計測された車両の位置情報及び運動情報とを、車両情報として地図生成装置510へ送信するコンピュータ504とを備えている。車載装置502は車両に搭載される。

30

【0167】

コンピュータ504は、CPUと、RAMと、各処理ルーチンを実行するためのプログラムを記憶したROMとを備え、機能的には次に示すように構成されている。コンピュータ504は、外界観測センサ12によって取得された周辺環境情報と、位置・運動計測センサ14によって計測された車両の位置情報及び運動情報とを、車両情報として取得する情報取得部506と、情報取得部506によって取得された車両情報を、地図生成装置510へ送信する通信部508とを備えている。

【0168】

40

情報取得部506は、外界観測センサ12によって取得された各時刻の周辺環境情報と、位置・運動計測センサ14によって計測された車両の各時刻の位置情報及び運動情報とを、車両情報として取得する。

【0169】

通信部508は、情報取得部506によって取得された車両情報を、地図生成装置510へ送信する

【0170】

[地図生成装置510]

地図生成装置510は、CPU、後述する各処理ルーチンを実現するためのプログラム等を記憶したROM、データを一時的に記憶するRAM、記憶手段としてのメモリ、ネッ

50

トワークインタフェース等を含むサーバで構成されており、機能的には、車載装置 5 0 2 から送信された車両情報を受信し、受信した車両情報を車両情報データベース 5 1 4 に登録する通信部 5 1 2 と、車両情報が格納されている車両情報データベース 5 1 4 と、車両情報データベース 5 1 4 に格納された車両情報に基づいて、車両の走行軌跡を生成する走行軌跡生成部 1 6 0 と、車両情報データベース 5 1 4 に格納された車両情報と、走行軌跡生成部 1 6 0 によって生成された車両の走行軌跡とに基づいて、車両の走行軌跡に沿った路面を表す路面画像を生成し、路面画像と走行軌跡との組み合わせを表す走行データを生成する走行データ生成部 1 6 2 と、走行データ生成部 1 6 2 によって生成された走行データの各々を、走行軌跡の位置に対応させて走行データベース 1 6 6 に格納する走行データ蓄積部 1 6 4 と、走行データ生成部 1 6 2 によって生成された走行データの各々が格納される走行データベース 1 6 6 と、各地点に対し、走行データベース 1 6 6 に格納された当該地点の走行データの各々を、路面画像が表す路面の位置に応じて分類する走行データ分類部 1 6 8 と、各地点に対し、分類毎に、当該分類に属する走行データの各々について、路面画像と基準となる仮想的な路面画像との間の相対位置関係を表す変形量を推定する相対関係推定部 1 7 0 と、各地点に対し、当該地点の走行データの各々について、路面画像と全体の基準となる仮想的な路面画像との間の相対位置関係を表す変形量を推定する全体関係推定部 1 7 2 と、走行データベース 1 6 6 に格納された走行データの路面画像の各々を、相対関係推定部 1 7 0 によって当該路面画像について推定された変形量、及び全体関係推定部 1 7 2 によって当該路面画像について推定された変形量に応じて変形させ、変形した複数の路面画像を統合して、地図データベース 1 7 6 に登録する走行データ統合部 1 7 4 と、走行データ統合部 1 7 4 によって登録された地図データが格納される地図データベース 1 7 6 とを備えている。なお、走行データ統合部 1 7 4 は、統合手段の一例であり、走行データ分類部 1 6 8 は、分類手段の一例である。

10

20

【 0 1 7 1 】

通信部 5 1 2 は、車両の車載装置 5 0 2 から送信された車両情報を受信する。また、通信部 5 1 2 は、受信した車両情報を車両情報データベース 5 1 4 へ格納する。

【 0 1 7 2 】

車両情報データベース 5 1 4 には、通信部 5 1 2 により受信した車両情報の各々が格納されている。車両情報は、車両の外界観測センサ 1 2 によって取得された各時刻の周辺環境情報と、車両の位置・運動計測センサ 1 4 によって計測された車両の各時刻の位置情報及び運動情報とを表す。

30

【 0 1 7 3 】

走行軌跡生成部 1 6 0 は、車両情報データベース 5 1 4 に格納された車両情報の各々について、車両情報の各時刻の車両の位置、方位、及び速度情報に基づいて、車両の走行軌跡を生成する。

【 0 1 7 4 】

走行データ生成部 1 6 2 は、車両情報データベース 5 1 4 に格納された車両情報の各々について、車両情報の各時刻の車両の周辺画像と、走行軌跡生成部 1 6 0 によって生成された車両の走行軌跡とに基づいて、車両の走行軌跡に沿った路面を表す路面画像を生成し、走行軌跡と組み合わせて、路面画像に絶対座標を付与する。

40

【 0 1 7 5 】

なお、第 3 の実施の形態に係る地図生成システム 5 0 0 の他の構成及び作用については、第 1 の実施の形態と同様であるため、説明を省略する。

【 0 1 7 6 】

以上説明したように、本実施の形態に係る地図生成装置によれば、複数の車両から得られた車両情報に基づいて、車両の絶対位置について計測誤差が発生している場合であっても、精度よく地図データを生成することができる。

【 0 1 7 7 】

なお、第 5 の実施の形態を、第 3 又は第 4 の実施の形態に適用させてもよい。

【 0 1 7 8 】

50

なお、本発明は、各図を用いて説明した実施の形態例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更して適用することが可能である。

【0179】

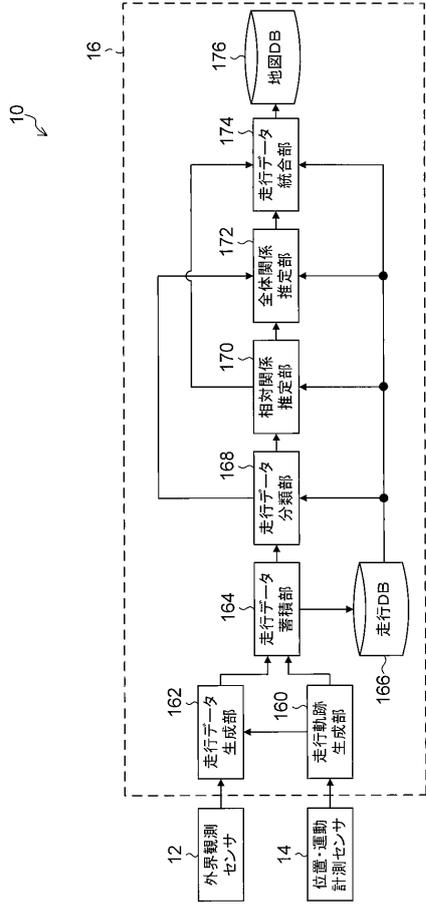
本発明のプログラムは、記憶媒体に格納して提供するようにしてもよい。

【符号の説明】

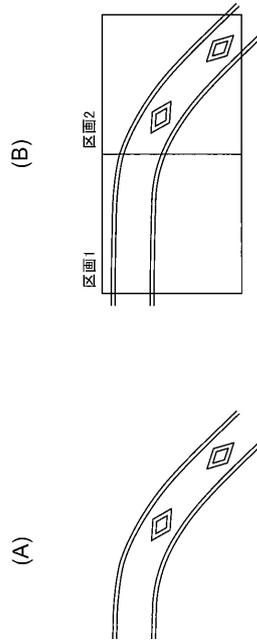
【0180】

10, 210, 310, 410, 510	地図生成装置	
12, 312	外界観測センサ	
14	位置・運動計測センサ	
16, 216, 316, 416, 504	コンピュータ	10
160	走行軌跡生成部	
162, 362, 462	走行データ生成部	
164	走行データ蓄積部	
166, 466	走行データベース	
168, 468	走行データ分類部	
170, 270, 470	相対関係推定部	
172, 472	全体関係推定部	
174, 274, 474	走行データ統合部	
176, 476	地図データベース	
364	立体物判定部	20
366	グルーピング部	
368	移動物判定部	
370	2次元画像生成部	
464	データ生成部	
500	地図生成システム	
502	車載装置	
506	情報取得部	
508, 512	通信部	
509	ネットワーク	
514	車両情報データベース	30

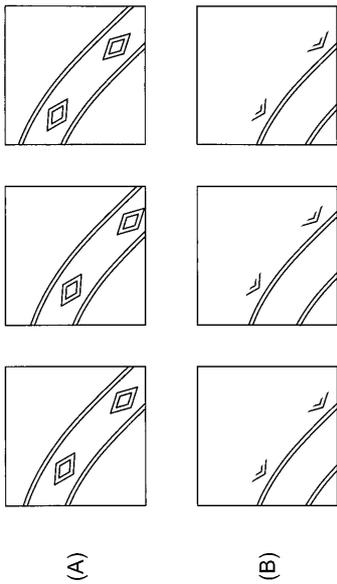
【 図 1 】



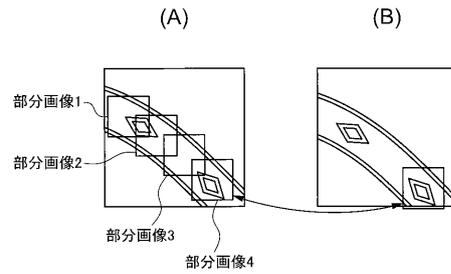
【 図 2 】



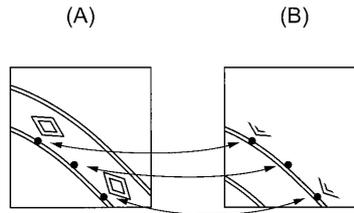
【 図 3 】



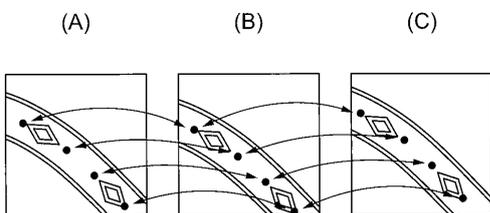
【 図 5 】



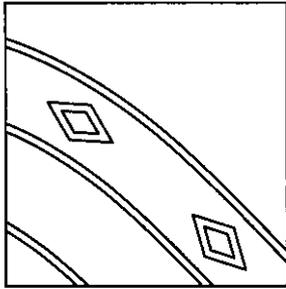
【 図 6 】



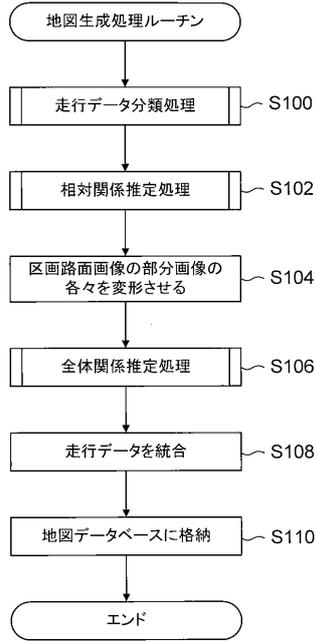
【 図 4 】



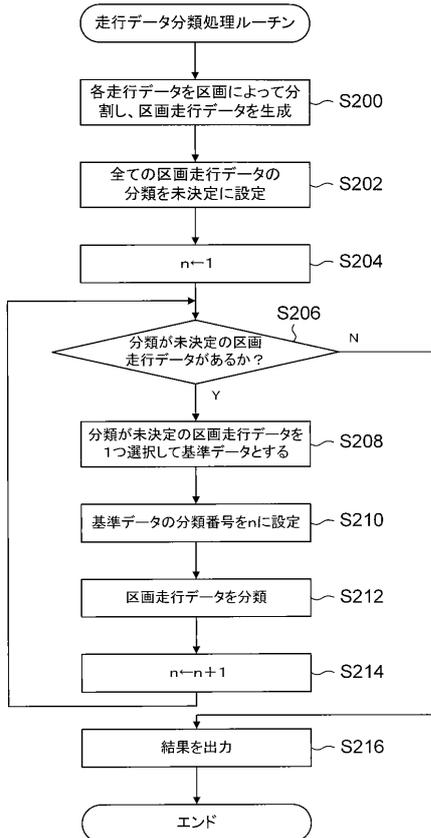
【図7】



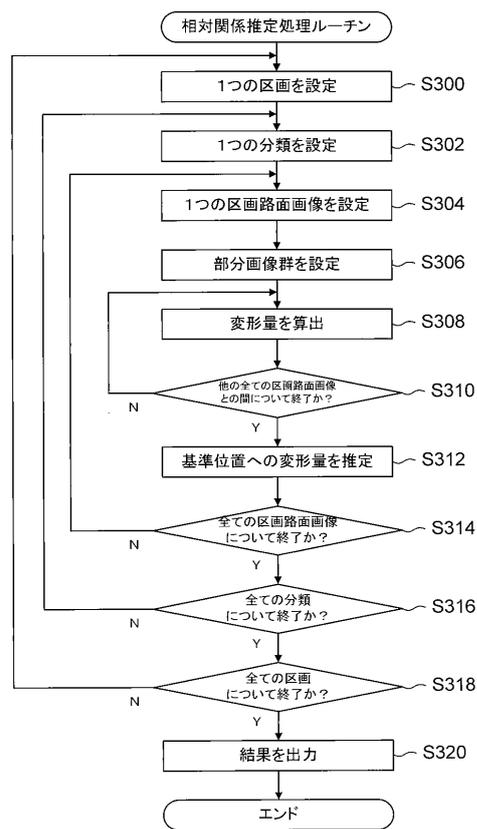
【図8】



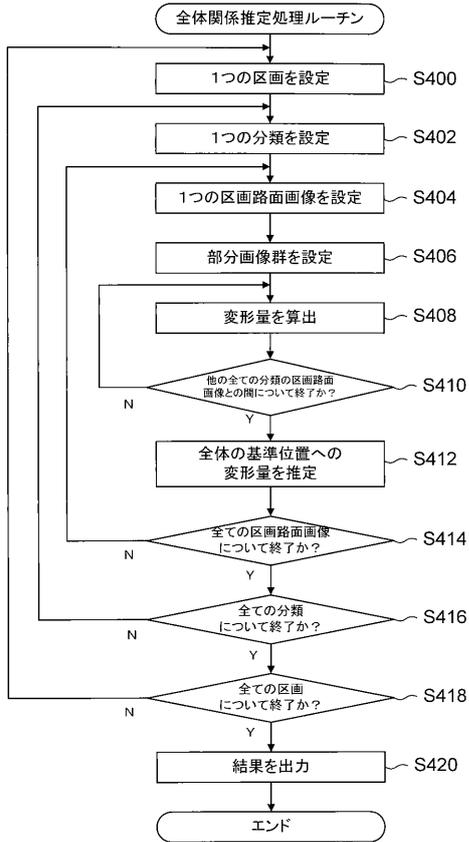
【図9】



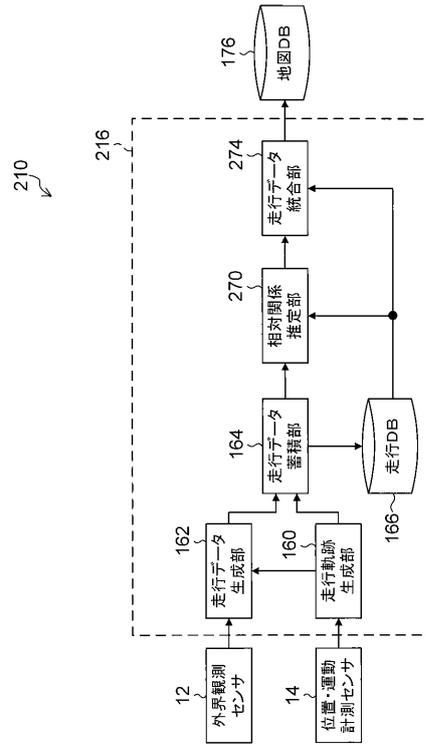
【図10】



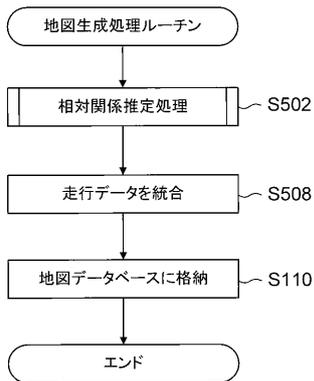
【図11】



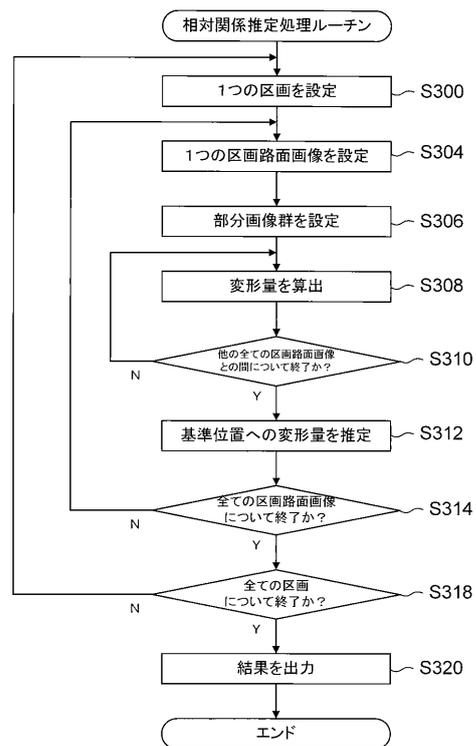
【図12】



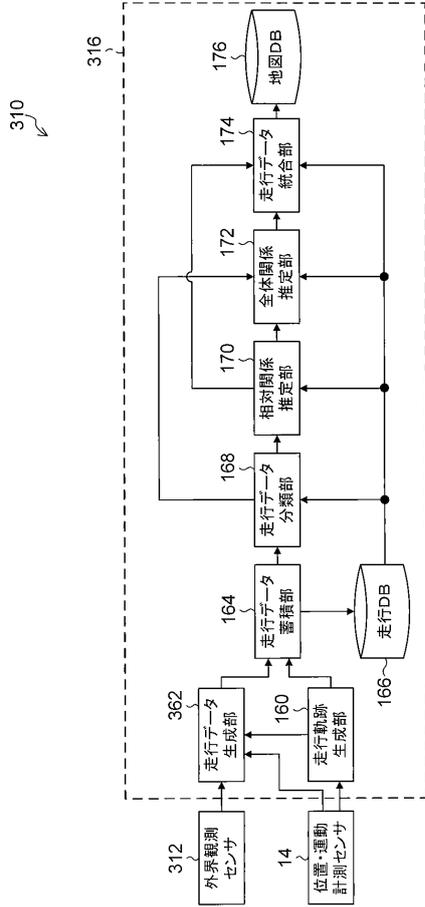
【図13】



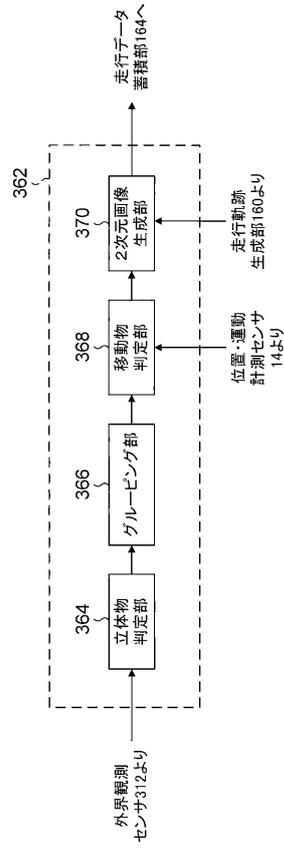
【図14】



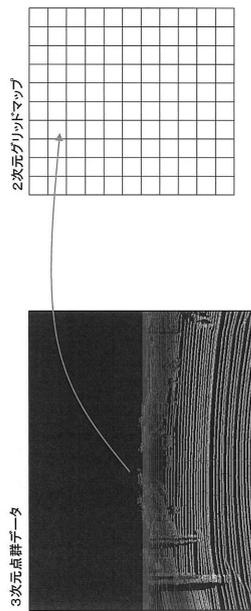
【図 15】



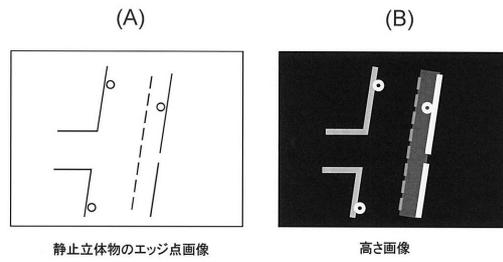
【図 16】



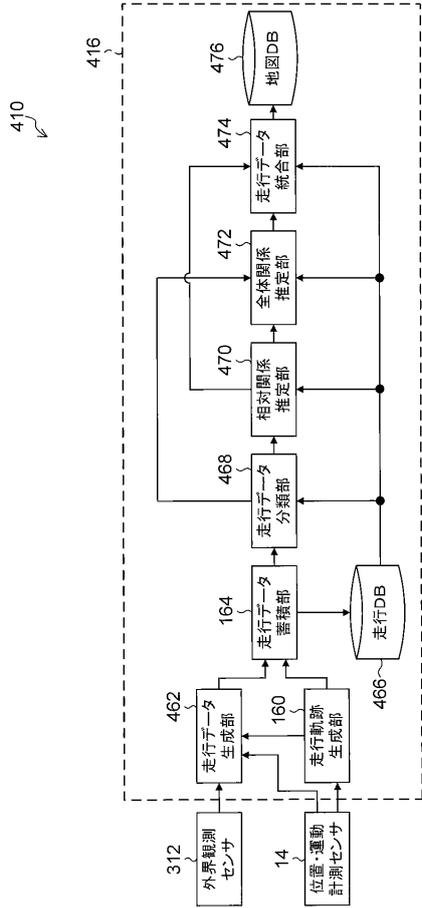
【図 17】



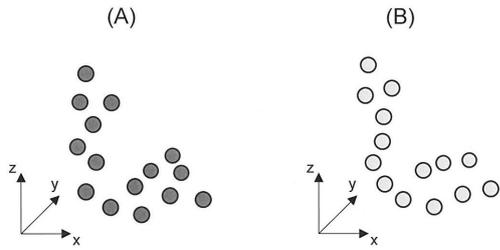
【図 18】



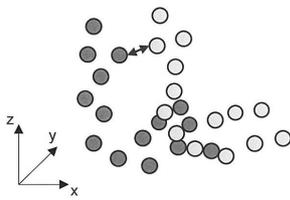
【図19】



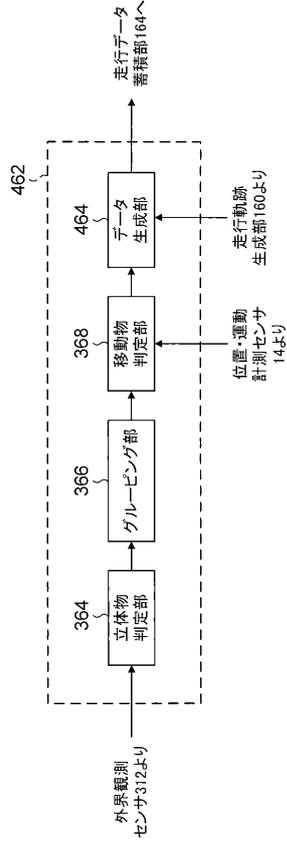
【図21】



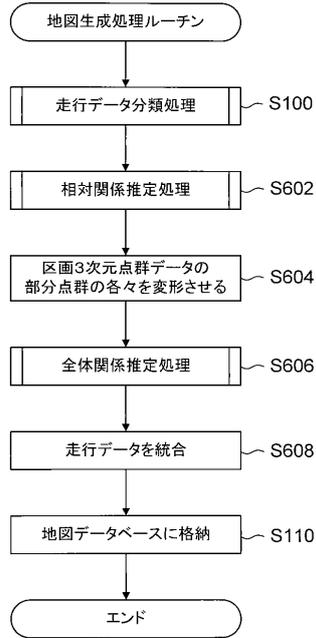
【図22】



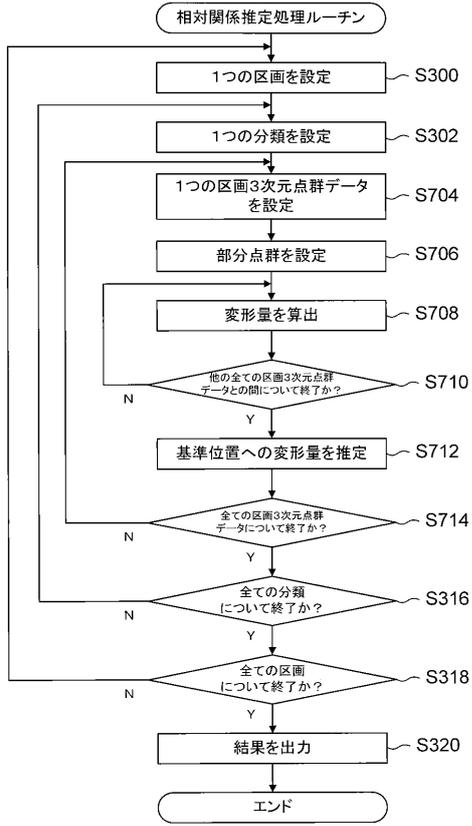
【図20】



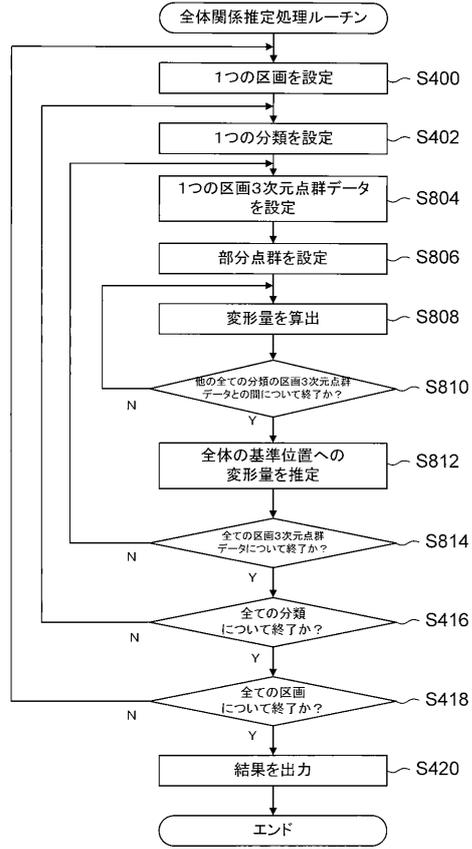
【図23】



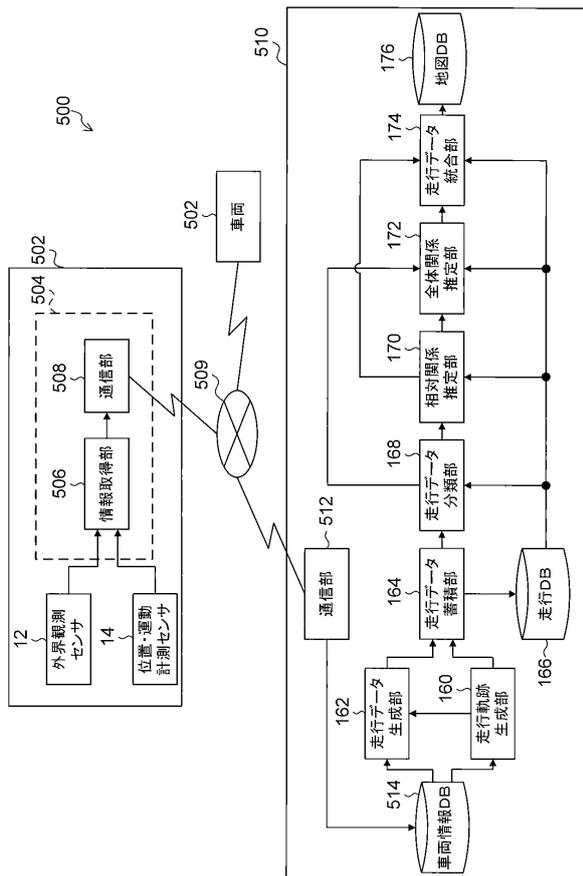
【図24】



【図25】



【図26】



フロントページの続き

(72)発明者 小島 祥子

愛知県長久手市横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

審査官 千葉 久博

(56)参考文献 特開2012-18170(JP,A)

特開2009-223220(JP,A)

特開2008-065087(JP,A)

小野晋太郎, 外3名, “複数車載カメラ映像の時空間マッチングによる広域都市モデリングシステム”, 第16回 画像センシングシンポジウム講演論文集, 日本, 画像センシング技術研究会, 2010年 6月 9日, p.(IS4-08-1)-(IS4-08-8)

山内仁, 外2名, “複数のプローブカーによる道路形状情報の統合処理”, 映像情報メディア学会技術報告, 日本, (社)映像情報メディア学会, 2007年 2月22日, 第31巻, 第10号, p.109-114

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 11/60

G09B 29/00