

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012年11月29日(29.11.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/160630 A1

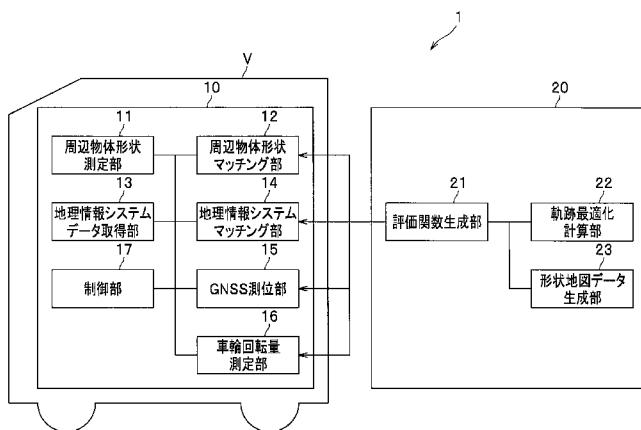
- (51) 国際特許分類:
G01C 21/30 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/061685
- (22) 国際出願日: 2011年5月20日(20.05.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 原 祥典 (HARA Yoshitaka) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 大島 章 (OSHIMA Akira) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 山本 健次郎 (YAMAMOTO Kenjiro) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 細田 祐司 (HOSODA Yuji) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP).
- (74) 代理人: 磯野 道造 (ISONO Michizo); 〒1020093 東京都千代田区平河町2丁目7番4号 砂防会館別館内 磯野国際特許商標事務所気付 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT,

[続葉有]

(54) Title: TRAJECTORY CORRECTION METHOD, TRAJECTORY CORRECTION APPARATUS, AND MOVING BODY APPARATUS

(54) 発明の名称: 軌跡補正方法、軌跡補正装置および移動体装置

[図1]



- 11 PERIPHERAL OBJECT SHAPE MEASUREMENT UNIT
- 12 PERIPHERAL OBJECT SHAPE MATCHING UNIT
- 13 GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM DATA ACQUISITION UNIT
- 14 GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM MATCHING UNIT
- 15 GNSS POSITIONING UNIT
- 16 WHEEL ROTATION AMOUNT MEASUREMENT UNIT
- 17 CONTROL UNIT
- 21 ASSESSMENT FUNCTION GENERATION UNIT
- 22 TRAJECTORY OPTIMIZATION COMPUTATION UNIT
- 23 SHAPE MAP DATA GENERATION UNIT

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to calculate a highly accurate trajectory. A management unit (20) for correcting a trajectory traveled by a moving body (V) is characterized in comprising: an assessment function generation unit (21) for setting a plurality of nodes to trajectory data of the moving body (V) acquired by a wheel rotation amount measurement unit (16) and calculating positional data relating to the moving body (V) acquired by the wheel rotation amount measurement unit (16), positional data relating to the moving body (V) acquired by another measuring means which is associated with a node and is separate from the wheel rotation amount measurement unit (16), and an assessment function for indicating by a probability a position which is associated with a node and at which it is possible for a node to occur and for indicating by a probability a position at which it is possible for position data associated with a node to occur, the assessment function comprising the nodes and position data as variables on the basis of each of the probabilities; and a trajectory optimization computation unit (22) for calculating the trajectory at which there is the greatest probability for each of the nodes to occur, on the basis of the assessment function.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/160630 A1



RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY,
TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW.

GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

精度の高い軌跡を算出することを目的とする。移動体 (V) が走行した軌跡を補正する管理部 (20) であって、車輪回転量測定部 (16) が取得した移動体 (V) の軌跡データに、複数のノードを設定し、車輪回転量測定部 (16) が取得した移動体 (V) の位置データを、ノードに対応付けるとともに、車輪回転量測定部 (16) とは別の他の測定手段が取得した移動体 (V) の位置データを、ノードに対応付け、ノードが生起する可能性がある位置を確率で示し、ノードに対応付けられた位置データが生起する可能性がある位置を確率で示し、各確率を基に、ノードおよび位置データを変数として含む評価関数を算出する評価関数生成部 (21) と、評価関数を基に、各ノードが生起する確率が最も大きい軌跡を算出する軌跡最適化計算部 (22) と、を有することを特徴とする。

明 細 書

発明の名称：軌跡補正方法、軌跡補正装置および移動体装置

技術分野

[0001] 本発明は、移動体の軌跡を補正する軌跡補正方法、軌跡補正装置および移動体装置の技術に関する。

背景技術

[0002] 従来、移動体に搭載された測定装置（内界センサや外界センサ）によって測定されたデータに基づいて、実環境に対応した地図を生成しながら、自己位置を推定して目標経路に従って移動する自律移動システム（例えば、特許文献1、2を参照）が開示されている。

[0003] 特許文献1には、カメラを外界センサとして用いて、特定の形状をランドマーク（目印）として認識し、地図を生成しながら自律移動を行う環境同定装置、環境同定方法、プログラム、記録媒体およびロボット装置が開示されている。

特許文献2には、レーザスキャナを外界センサとして用いて、現在時刻に取得した周辺物体の形状データと、1つ前の時刻に現在とは異なる位置で取得した周辺物体の形状データとを逐次的にマッチング（重ね合わせ）することにより、周辺物体の形状データを測定した領域を拡大していくことで地図を生成する環境地図生成方法および移動ロボットが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2004-110802号公報
特許文献2：特開2008-276348号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 移動体が走行し、取得した軌跡において、測定誤差（ずれ）が発生する。そのため、従来技術のような逐次的な地図生成の手法は、作成する地図の領

域が拡大するにつれて累積誤差が大きくなるという問題がある。特に、以前に訪れた地点を異なる道順で再度通過した際や、複数台の車両で地図を生成した際に、測定誤差によって同一の地点が地図上では異なる地点として記憶され、整合性が保てずに齟齬が発生する場合がある。その結果、地図の正確性が悪化し、移動体が自己位置や目標経路を見失い、移動の継続が困難になるなどの問題点がある。

[0006] このような背景に鑑みて本発明がなされたのであり、本発明は、精度の高い軌跡を算出することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 前記課題を解決するため、本発明は、移動体が走行した軌跡を補正する軌跡補正装置による軌跡補正方法であって、前記軌跡補正装置は、1の測定手段が取得した前記移動体の軌跡データに、複数のノードを設定し、前記1の測定手段が取得した前記移動体の位置データを、前記ノードに対応付けるとともに、前記1の測定手段とは別の他の測定手段が取得した前記移動体の位置データを、前記ノードに対応付け、前記ノードが生起する可能性がある位置を確率で示し、前記ノードに対応付けられた位置データが生起する可能性がある位置を確率で示し、各確率を基に、前記ノードおよび前記位置データを変数として含む評価関数を算出し、前記評価関数を基に、各ノードが生起する確率が最も大きい軌跡を算出することを特徴とする。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、精度の高い軌跡を算出することができる。

図面の簡単な説明

- [0009] [図1]本実施形態に係る自律移動システムの構成例を示す図である。
[図2]本実施形態に係る自律移動システムの処理手順を示すフローチャートである。
[図3]周辺物体形状測定部による物体形状測定の説明を行うための図である（その1）。
[図4]周辺物体形状測定部による物体形状測定の説明を行うための図である（

その 2)。

[図5] 移動体の走行軌跡の例を示す図である。

[図6] ノードとアークで構成される軌跡の例を示す図である。

[図7] 本実施形態に係る各用語の定義を説明するための図である。

[図8] 軌跡確定を説明するための図である。

[図9] 修正された軌跡の例を示す図である。

[図10] 周辺物体形状マッチング部による対応関係と差分測定の誤差の確率分布を算出する処理の手順を示すフローチャートである。

[図11] 地理情報システムマッチング部による対応関係と差分測定の誤差の確率分布を算出する処理の手順を示すフローチャートである。

[図12] GNSS測位部による対応関係と差分測定の誤差の確率分布を算出する処理の手順を示すフローチャートである。

[図13] 車輪回転量測定部による対応関係と差分測定の誤差の確率分布を算出する処理の手順を示すフローチャートである。

[図14] 本実施形態に係る自律走行システムの別の実施形態を示す図である (その 1)。

[図15] 本実施形態に係る自律走行システムの別の実施形態を示す図である (その 2)。

発明を実施するための形態

[0010] 次に、本発明を実施するための形態 (「実施形態」という) について、適宜図面を参照しながら詳細に説明する。

[0011] [システム構成]

図 1 は、本実施形態に係る自律移動システムの構成例を示す図である。

自律移動システム 1 は、地図作成に必要な各データを収集する車載部 10 と、収集された各データを基に、軌跡補正を行う管理部 20 とを有する。

車載部 10 は、例えば、自律移動ロボットや乗物などの移動体装置である移動体 V に搭載されている。また、管理部 20 は、例えば、オフィスビルなどの管理設備に設置されている。

車載部 10 と、管理部 20 とは、無線ネットワークなどを介して通信可能である。

[0012] (車載部)

車載部 10 は、周辺物体形状測定部 11、周辺物体形状マッチング部 12、地理情報システムデータ取得部 13、地理情報システムマッチング部 14、GNSS (Global Navigation Satellite System) 測位部 15、車輪回転量測定部 16、制御部 17などを有している。なお、周辺物体形状マッチング部 12、地理情報システムマッチング部 14、GNSS 測位部 15、車輪回転量測定部 16をまとめて、測定手段と称することがある。

[0013] 周辺物体形状測定部 11 は、移動体 V の周辺に存在する物体 (建物や街路樹や電柱などの道路構造物、人や他の移動体 V など) の形状を測定する。周辺物体形状測定部 11 として、例えば、レーザスキャナやステレオカメラや TOF (Time Of Flight) 距離画像カメラなどを用いることができる。

[0014] 周辺物体形状マッチング部 12 は、現在位置において、移動体 V の周辺物体形状測定部 11 が測定した周辺物体の形状データ (構造物の形状データ) と、異なる位置で測定した周辺物体の形状データをマッチング (重ね合わせ) することにより、移動体 V の 2 地点間の相対的な位置について、前時刻からの差分を算出する。マッチングには、例えば、論文「距離データ処理 — 複数距離画像からの形状モデル生成技術」 (著者: 増田 健, 岡谷 (清水) 郁子, 佐川 立昌、学会会議: Proc. of the 146th CVIM、開催年: 2004 年) に記載の方法などを用いることができる。

[0015] 地理情報システムデータ取得部 13 は、都市内の道路形状や、建物や、街路樹や、電柱などの道路構造物の地図形状データを、地図データなどを有する地理情報システムから取得する部分である。地図形状データのデータ形式として、近年のカーナビゲーションシステムにおいて利用されている都市 3 次元モデルや、OGC (Open Geospatial Consortium) により世界標準化されている City GML (Geography Markup Language) などを用いることができる。

- [0016] 地理情報システムマッチング部 14 は、現在位置において、移動体 V の周辺物体形状測定部 11 が測定した周辺物体の形状データと、地理情報システムデータ取得部 13 が取得した現在位置付近の周辺物体の地図形状データとをマッチング（重ね合わせ）することにより、地理情報システムが有している地図に対する移動体 V の現在位置の相対的な位置について、前時刻からの差分を算出する。マッチングには、周辺物体形状マッチング部 12 と同様の方法を用いることができる。
- [0017] GNSS 測位部 15 は、GPS (Global Positioning System) などの測位システムを用いて、例えば、平面直角座標系などの基準座標系に対する移動体 V の現在位置を算出する。
- [0018] 車輪回転量測定部 16 は、車輪回転量を累積することで、前時刻における移動体 V の位置に対する現在位置の相対的な差分を算出する。算出には、IMU (Inertial Measurement Unit) と呼ばれる慣性センサやジャイロセンサを用いて、論文「Gyrodometry : A New Method for Combining Data from Gyros and Odometry in Mobile Robots」(著者 : Johann Borenstein, and Liqiang Feng、学会会議 : Proc. of ICRA' 96、開催年 : 1996 年) に記載の方法などを用いることができる。
- [0019] なお、車載部 10 は、各部 11 ~ 16 のすべてを有していなくてもよく、これらのうち、最低 2 つを有していればよい。
- [0020] 制御部 17 は、各部 11 ~ 16 を統括制御する。
- [0021] 各部 11 ~ 17 は、ROM (Read Only Memory) などに格納されたプログラムが、CPU (Central Processing Unit) によって実行されることによって具現化する。
- [0022] (管理部)
- 管理部 20 は、評価関数生成部 21、軌跡最適化計算部 22、形状地図データ生成部 23 を有している。
- [0023] 評価関数生成部 21 は、各測定手段 11 ~ 16 によって算出された移動体 V の前時刻に対する相対的な位置の差分（詳細は後記）を用いて、走行環境

中を走行した際の移動体Vの軌跡に対して、それぞれの測定された相対的な位置の差分を変数とし、確率関数で表現した評価関数を生成する部分である。この評価関数を最適化したときの変数（つまり、相対的な位置の差）を求めることで、軌跡の誤差を訂正する。詳細は後記する。

[0024] 軌跡最適化計算部22は、評価関数生成部21が生成した評価関数を、相対的な位置の差を変数として最適化する。これにより、軌跡最適化計算部22は、累積誤差が発生している移動体Vの軌跡を、全体にわたって累積誤差がなく整合性を保った移動体Vの軌跡に修正する。詳細に関しては後記する。

[0025] 形状地図データ生成部23は、軌跡最適化計算部22によって修正された移動体Vの軌跡に対して周辺物体形状測定部11が測定した周辺物体の形状データを貼付することで、累積誤差のない地図を生成する。

[0026] 管理部20は、PC (Personal Computer) などで実現され、各部21~23はROMや、HDD (Hard Disk Drive) に格納されたプログラムが、RAM (Random Access Memory) に展開され、CPUによって実行されることにより具現化する。

[0027] [フローチャート]

次に、図1を参照しつつ、図2から図9に沿って本実施形態に係る自律移動システム1の具体的な処理内容について説明する。

図2は、本実施形態に係る自律移動システムの処理手順を示すフローチャートである。

自律移動システム1が図2に示すフローチャートの処理を実行することで正確な軌跡を算出し、さらにこの軌跡を基に地図を生成することで、移動体Vが自己位置や目標経路を見失うことなく目的地に到達することができる。

[0028] まず、移動体Vが対象となる走行環境を走行しつつ、周辺物体形状測定部11が移動体Vの周辺に存在する物体（建物や街路樹や電柱などの道路構造物、人や他の移動体Vなど）の形状（物体形状）を測定する（S101）。なお、ここでの走行とは、移動体Vによる自律走行でもよいし、操縦者によ

って操縦されてもよい。

[0029] 図3および図4を参照して、周辺物体形状測定部による物体形状測定の説明を行う。

図3における走行可能領域（道路）412を走行している移動体Vを中心とし、周辺物体形状測定部11が、自身の測定範囲401に入る道路構造物411などの物体形状を測定する。

これは、例えば、周辺物体形状測定部11がレーザを周囲に放射し、その反射によって周囲の物体の形状を測定する。

この際、人や他の移動体Vなどの移動体Vを地図に記憶してしまうことを避けるため、周辺物体形状測定部11は、図4に示すように所定の高さの領域501の周辺物体の形状データを抽出してもよい。あるいは、周辺物体形状測定部11は平面や円柱などの、特徴的な周辺物体の形状データを抽出するようにしてもよい。

[0030] そして、各測定手段12, 14~16が、測定のデータを取得する（S102）。このとき、各測定手段12, 14~16は管理部20へ測定のデータを送信する。

次に、制御部17が、測定のデータが所定量蓄積されたか否かを判定する（S103）。

ステップS103の結果、測定のデータが所定量蓄積されていない場合（S103→No）、制御部17はステップS101へ処理を戻す。

ステップS103の結果、測定のデータが所定量蓄積されている場合（S103→Yes）、送信されたデータを基に作製される移動体Vが走行した軌跡に対して、評価関数生成部21がノードとアークを生成する（S104）ことによって、グラフ構造を生成する。

[0031] ここで、図5および図6を参照して、評価関数生成部21によるノードとアークの生成を説明する。図5において、図3と同様の要素については、同一の符号を付して説明を省略する。

走行軌跡tは移動体Vが実際に走行した際の走行軌跡の例を示す図である

。

図5に示すように、移動体Vが実際の走行軌跡tに沿って走行しているものとする。走行軌跡tは、車輪回転量測定部16による車輪の回転数から測定される距離を基に算出されるものである。なお、走行軌跡tは実際には閉じている。

[0032] 図6は、ノードとアークの関係を説明するための図である。

図6に示すように、評価関数生成部21は、走行軌跡t（図5）を所定の長さ毎に区切り、区切った地点をノードpとし、ノードp間を直線のアークgで繋ぐことで、グラフ構造を生成し、軌跡Xを生成する。

この際、評価関数生成部21は、車輪回転量測定部16が車輪回転量を累積することで算出した移動体Vの位置を初期位置として、ノードpとアークgを生成する。

車輪回転量測定部16の測定には累積誤差が発生するため、図6に示す評価関数生成部21が生成したグラフ構造（軌跡X）には、図5に示す実際の環境での走行軌跡tとは測定誤差（ずれ）が発生してしまっている。自律移動システム1は、この測定誤差（ずれ）を修正して正確な地図を生成するために、図2に示す以降のフローチャートの処理手順（S105～S109）を実行する。

[0033] i番目のノードpをノード p_i と表現し、その位置をベクトル x_i で表現することとする。例えば2次元の地図を生成する場合、ノード p_i の位置であるベクトル x_i は式（1）のように表現される。

$$[0034] \quad x_i = (u_i, v_i, \theta_i) \quad \dots \quad (1)$$

[0035] ここで、 u_i 、 v_i は、例えば、世界座標であり、 θ_i は移動体Vの姿勢（向き）である。

このとき、ノードpとアークgで表される軌跡Xは、式（2）に示すようにn個のノード p_i の位置を表すベクトル x_i の集合として表現される。

$$[0036] \quad X = (x_1, \dots, x_n)^T \quad \dots \quad (2)$$

[0037] ここで、nはノード数である。

[0038] 次に、評価関数生成部 21 によって、ステップ S 104 で生成されたノード p とアーク g から成るグラフ構造に対して、周辺物体形状マッチング部 12、地理情報システムマッチング部 14、GNSS 測位部 15、車輪回転量測定部 16 のそれぞれが、測定 z と、ノード p との対応関係を算出し、取得した測定 z と、ノード p 間の差分測定の誤差の確率分布を算出する (S 105)。

[0039] 以下、図 7 を参照して、各測定手段による測定 z と、ノード p_i との対応関係の算出、および、その確率的表現について説明する。

図 7 は、本実施形態に係る各用語の定義を説明するための図である。

まず、図 7 (a) に示すように、車輪回転量測定部 16 が測定した位置として、ノード p_1 とノード p_2 を用いた例を示す。

ノード p_1 と、ノード p_2 とを結ぶ線をアーク g_{12} と表現する。ノード p_2 は、測定誤差を含んでいるので、その測定誤差は正規分布に従うと仮定すると、真のノード p_2 は楕円 y_1 の範囲内に存在すると考えられる。ここで、ノード p_2 の測定誤差の分布 (楕円分布 y_1) を正規分布の精度行列 Ω によって表現される。ここで、楕円 y_1 は、精度行列 Ω が表す共分散楕円である。精度行列 Ω は情報行列とも呼ばれ、正規分布の共分散行列の逆行列に相当する。具体的には、図 7 (a) における楕円 y_1 は、正規分布において、ノード p_2 を中心とし、その中心から標準偏差 σ の範囲を示している。

なお、小さな矢印 q は、移動体 V の姿勢の向きを示すものであり、式 (1) の θ_i に相当する。

[0040] 次に、図 7 (b) を参照して、他の測定手段が測定した位置を車輪回転量測定部 16 が測定したノードに対応付ける方法を示す。

図 7 (b) に示すように、車輪回転量測定部 16 以外の測定手段 (例えば、GNSS 測位部 15) がある位置を測定したとする。この位置を測定 z (m_1) (位置データ) と記載する。ここで、「 m_1 」とは、測定 z を測定した測定手段 (例えば、GNSS 測位部 15) を示す識別番号である。つまり、測定 z (m_1) とは、測定手段 m_1 によって測定された測定 z を意味する。

そして、測定 $z(m_1)$ が、どのノード p に対応付けられるのかを評価関数生成部 21 が判定する。例えば、時刻などを基に、測定 $z(m_1)$ がノード p_2 に対応すると評価関数生成部 21 によって判定されたとすると、この測定 z を測定 $z_2(m_1)$ と表現することとする。

ここで、ノード p_1 と測定 $z_2(m_1)$ とを結ぶ線を相対的な位置の差分の測定（以下、差分測定と称する）を $Z_{12}(m_1)$ と表現することとする。差分測定 $Z_{12}(m_1)$ の成分は、測定 z_2 と、ノード p_1 との差で表現される。

[0041] また、測定 $z_2(m_1)$ の共分散楕円がノード p_2 と対応付けられている（言い換えれば、差分測定 $Z_{12}(m_1)$ とアーク g_{12} が対応付けられている）ことを対応関係 $c_{1,2}(m_1)$ と示すこととする。

このように、車輪回転量測定部 16 によって測定されたノード p は、その他の測定手段によって測定された測定 z との対応関係の初期値、つまり基準値となる。

[0042] 測定 $z_2(m_1)$ も誤差を含んでいると考えられるので、測定 $z_2(m_1)$ は図 7 (a) と同様に精度行列 Ω による共分散楕円 y_2 を有している。

[0043] なお、図 7 (c) に示すように、すべての測定 $z_i(m_1)$ が、すべてのノード p_i と対応付けられるわけではない。これは、各測定手段の測定間隔がまちまちであることに由来する。

図 7 (c) のように、測定 $z_4(m_1)$ がノード p_4 と対応付けられ、ノード p_2, p_3 と対応付けられる測定 $z(m_1)$ が得られなかった場合、この測定 $z(m_1)$ は、測定 $z_4(m_1)$ となり、差分測定は、ノード p_1 に対する差分測定は $Z_{14}(m_1)$ となる。

[0044] なお、差分測定の差分元は、ユーザが任意に設定する。

例えば、図 7 (d) に示すように、測定 z と対応付けられているノード p の所定個前のノード p が差分元とされてもよい。図 7 (d) の例では、2つ前のノード p が差分元となっている。つまり、測定 $z_3(m_1)$ に対して生成される差分測定 (Z_{13}) の差分元は、測定 $z_3(m_1)$ と対応付けられているノード p_3 の 2つ前のノード p であるノード p_1 となっている。また、測定 z_4

(m_1) に対して生成される差分測定 (Z_{24}) の差分元は、測定 $z_4(m_1)$ と対応付けられているノード p_4 の 2 つ前のノード p であるノード p_2 となっている。

[0045] 差分測定の差分元の決定方法は、図 7 (d) の方法に限らない。

例えば、図 7 (e) に示すように、その前に測定 z とが対応付けられたノード p が差分元とされてもよい。図 7 (e) に示されているように、測定 $z_1(m_1)$ とノード p_1 とが対応付けられ、測定 $z_3(m_1)$ とノード p_3 とが対応付けられ、測定 $z_4(m_1)$ とノード p_4 とが対応付けられているとする。ここで、測定 $z_3(m_1)$ に対して生成される差分測定 (Z_{13}) の差分元は、その前に測定 z と対応付けられているノード p_1 となる。同様に、測定 $z_4(m_1)$ に対して生成される差分測定 (Z_{34}) の差分元は、その前に測定 z と対応付けられているノード p_3 となる。そして、測定 $z_4(m_1)$ は、他の差分測定の差分元となる。

[0046] なお、車輪回転量測定部 16 も測定手段の 1 つであるので、ノード p も測定 z となる。例えば、図 7 (a) において、車輪回転量測定部 16 の識別番号を m_0 とすると、ノード p_1 は測定 $z_1(m_0)$ となる。つまり、測定 $z_1(m_0)$ と、ノード p_1 とが対応付けられる (このとき、測定 $z_2(m_0) =$ ノード p_2)。この場合、測定 $z_1(m_0)$ と、ノード p_1 とが対応付けられているので、対応関係 $c_{1,2}(m_0)$ を定義することができる (図示せず)。

[0047] 以上のように、各測定手段 12, 14 ~ 16 は自身が測定した測定 $z_j(m_k)$ 、差分測定 $Z_{ij}(m_k)$ 、対応関係 $c_{i,j}(m_k)$ を算出する。ここで、 i, j, k は整数であり、 $i < j$ である。

[0048] 以下、差分測定の誤差の確率分布の生成について説明する。

図 7 で説明した定義を基に、評価関数生成部 21 は軌跡 X を確定するための評価関数を算出し、この評価関数が最大となる各ノード p の各位置 x を算出することにより、最も尤もらしい軌跡 X_c を確定する。

図 8 は、軌跡確定を説明するための図である。なお、図 8 における軌跡は、図 6 における軌跡 X と同じものである。

図8では、ノード p_0, p_1, p_2, \dots が算出されており、それに対応する測定 $z_0(m_1), z_1(m_1), z_2(m_1), z_5(m_1), \dots$ が算出されている（図8では (m_1) は省略）。ここで、差分元のノードは、対応関係が定義されたノードから3つ前のノードとしている。

なお、前記したようにノード p_0, p_1, p_2, \dots も、それぞれ測定 $z_0(m_0), z_1(m_0), z_2(m_0)$ とすることができるが、煩雑になるのを避けるため、ここでは図示省略してある（「 m_0 」は車輪回転量測定部16を示す識別番号）。

ここで、対応関係 $c_{i,j}(m_k)$ （図8において図示せず）が定義されている条件下におけるすべてのノード p の各位置 $x \in X$ の確率を確率密度関数 $p(x | c_{i,j}(m_k))$ で表すと、対応関係 $c_{i,j}(m_k)$ は独立に生起すると見なされるため、位置 x が生起する確率は、対応関係 $c_{i,j}(m_k)$ が生起する条件における x_j （ノード p_j の位置）が生起する確率の混合分布で表現され、その式は式（3）で示される確率密度関数 $p(x)$ で示される。ここで、 x は式（2）で定義される x である。

[0049] [数1]

$$p(x) = \prod_{\substack{\langle i, j \rangle \in C \\ m_k \in M}} p(x | c_{i,j}(m_k)) \quad \dots(3)$$

[0050] ここで、 $\langle i, j \rangle$ は、対応関係 $c_{i,j}(m_k)$ が定義されるすべての i, j の組み合わせの意味であり、 C は生じ得る対応関係 $c_{i,j}(m_k)$ の集合であり、 M は、使用されているすべての測定手段の集合である。

式（3）が意味するところは、対応関係 $c_{i,j}(m_k)$ が生じたときに軌跡 X が生起する確率である。

例えば、図8における測定手段の識別番号 m_1 に関する測定 $z_j(m_1)$ を例にすると、ノードとの間で対応関係がとれているのは、 $\{z_0(m_1), z_1(m_1), z_2(m_1), z_5(m_1), z_6(m_1), z_9(m_1), z_{10}(m_1)\}$

, $z_{13}(m_1)$, $z_{14}(m_1)$ } であるので、式 (3) にて乗算される確率密度関数は、 $\{p(x | c_{16,0}(m_1)), p(x | c_{14,1}(m_1)), p(x | c_{15,2}(m_1)), p(x | c_{2,5}(m_1)), p(x | c_{3,6}(m_1)), p(x | c_{6,9}(m_1)), p(x | c_{7,10}(m_1)), p(x | c_{10,13}(m_1)), p(x | c_{11,14}(m_1))\}$ となる。なお、図8では m_1 に関する記載を省略している。

[0051] つまり、対応関係 $c_{i,j}(m_k)$ を条件とした差分測定 Z_{ij} は独立に生起するため、各位置 x が同時に生起する確率の確率密度関数は、式 (3) に示すように $p(x_j | c_{i,j}(m_k))$ をすべての測定手段による測定に関して乗算することで示される。

[0052] なお、前記したように車輪回転量測定部16によるノード p_j も測定 $z_j(m_0)$ となるため、式 (3) では $p(x_j | c_{i,j}(m_0))$ も乗算される。

[0053] 評価関数生成部21は、式 (3) で示される確率密度関数 $p(x)$ を最大化することで、全体にわたって累積誤差がなく整合性を保った移動体Vの軌跡 X_c を求める。ここで、軌跡 X は補正前の軌跡を示し、軌跡 X_c は補正後の軌跡を示している。つまり、式 (3) で示される確率密度関数 $p(x)$ が最も大きいということは、各位置 x_j が最も高い確率で生起することである。評価関数生成部21は、このような各位置 x を求め、求められた各位置 x をノードとして結ぶことで全体にわたって累積誤差がなく整合性を保った移動体Vの軌跡 X_c を求める。

[0054] 以下、最尤推定法による軌跡 X_c の算出方法を説明する。

図7(b)で説明したように、軌跡 X における各ノード p の位置 x が存在する確率的位置を、精度行列 Ω の正規分布で表現すると、式 (3) における確率密度関数 $p(x | c_{i,j}(m_k))$ は、以下の式 (4) で示される。

[0055] [数2]

$$p(x | c_{i,j}(m_k)) = N(x | Z_{ij}(m_k), \Omega_{ij}^{-1}) \quad \dots(4)$$

[0056] ここで $N(\cdot)$ は、正規分布を表す確率密度関数である。具体的には、後

記する各参考文献に記載の方法で、式（４）が生成される。この式（４）が、差分測定の誤差の確率分布となる。

[0057] 次に、図２の説明へ戻り、周辺物体形状マッチング部１２、地理情報システムマッチング部１４、GNSS測位部１５、車輪回転量測定部１６のそれぞれによって生成された測定 z とノード p との対応関係、および、差分測定の誤差の確率分布を基に、評価関数生成部２１が評価関数を生成する（S106）。

評価関数生成部２１は、評価関数 $F(x)$ を以下のような手順で導出する。

まず、式（３）に式（４）を代入して正規分布の公式に従って展開すると、以下の式（５）が導かれる。

[0058] [数3]

$$p(x) = \prod_{\substack{\langle i, j \rangle \in C \\ m_k \in M}} \eta_{ij} \exp \left[-\frac{1}{2} \{d_{ij}(x) - Z_{ij}(m_k)\}^T \Omega_{ij} \{d_{ij}(x) - Z_{ij}(m_k)\} \right] \quad \dots(5)$$

[0059] ここで η_{ij} は正規化変数、 $d_{ij}(x)$ は i 番目のノード p_i から見た j 番目のノード p_j に対応する測定 z_j の相対的な位置の差分（差分測定 Z_{ij} ）を求めるための関数である。この関数は x の関数となっている。また、 Ω_{ij} は、対応関係 c_{ij} を有する測定 $z_j(m_k)$ における精度行列である。 Ω_{ij} は、後記する各参考文献に記載の技術などの手段で算出される。

式（５）に関して両辺の自然対数を求めると、式（６）が導かれる。

[0060] [数4]

$$\ln p(x) = \text{const.} - \frac{1}{2} \sum_{\substack{\langle i, j \rangle \in C \\ m_k \in M}} \{d_{ij}(x) - Z_{ij}(m_k)\}^T \Omega_{ij} \{d_{ij}(x) - Z_{ij}(m_k)\} \quad \dots(6)$$

[0061] ここで「const.」は定数である。式（３）に示した確率密度関数 p

(x) を最大化することは、式 (6) に示した確率密度関数 $p(x)$ の自然対数 (尤度関数) を最大化することと等価である。このため、式 (6) から定数とマイナスの係数を除去することで、式 (7) のように評価関数 $F(x)$ を定式化できる。

[0062] [数5]

$$F(x) = \sum_{\substack{\langle i, j \rangle \in C \\ m_k \in M}} e_{ij}^T \Omega_{ij} e_{ij} \quad \dots(7)$$

[0063] なお、式 (7) において、 e_{ij} は、以下の式 (8) で示されるものである。

$$[0064] \quad e_{ij} = d_{ij}(x) - Z_{ij}(m_k) \quad \dots \quad (8)$$

[0065] ここで、式 (3) に示した確率密度関数 $p(x)$ を最大化することは、式 (7) に示す評価関数 $F(x)$ を最小化することと等価となる。よって、評価関数 $F(x)$ を最小化することが、評価関数 $F(x)$ を最適化することに相当する。

すなわち、図2のステップS106において、評価関数生成部21は、周辺物体形状マッチング部12、地理情報システムマッチング部14、GNSS測位部15、車輪回転量測定部16によって取得された測定 $z_j(m_k)$ を基に、式 (7) に示す評価関数 $F(x)$ を算出する。

[0066] 次に、制御部17が移動体Vが対象とする走行環境中の走行を完了したか否か、すなわち、移動体Vの走行が終了したか否かを判定する (S107) ことで、周辺物体の形状データを収集し終えたか否かを判定する。

ステップS107の結果、走行終了していない場合 (S107→No)、制御部17は、ステップS101へ処理を戻す。

[0067] ステップS107の結果、走行終了している場合 (S107→Yes)、軌跡最適化計算部22が、式 (7) に示される評価関数 $F(x)$ を最適化することで、累積誤差が発生している移動体Vの軌跡Xを、全体にわたって累

積誤差がなく整合性を保った移動体Vの軌跡X_cに修正する（S108）。

[0068] 前記したように、式（3）の確率密度関数p（x）を最大化することは、式（7）および式（8）に示す評価関数F（x）を最小化することと等価となる。すなわち、軌跡最適化計算部22が、以下の式（9）によって、評価関数F（x）を最小化するノードpの位置xを求めることで、評価関数F（x）を最適化を行う。これにより、軌跡最適化計算部22は、車輪回転量測定部16によって取得された軌跡X（図6）を、図9に示されるような全体にわたって累積誤差がなく整合性を保った移動体Vの軌跡X_cに修正する。なお、軌跡最適化計算部22は、連立方程式解法や、非線形最適化法によって評価関数F（x）を最小化する。

[0069] [数6]

$$X_c = \underset{x}{\operatorname{argmin}} F(x) \quad \dots(9)$$

[0070] そして、形状地図データ生成部23は、修正された移動体Vの軌跡X_cに対して周辺物体形状測定部11が測定した周辺物体の形状データを貼付することで、地図生成を行う（S109）。これにより、逐次的なマッチングにより自己位置を推定しながら地図を生成するのではなく、地図を生成する対象とする走行環境中における周辺物体の形状データをすべて収集した後に、測定データの全体にわたって累積誤差がなく整合性を保った移動体Vの軌跡X_cを推定し、この軌跡X_cに対して測定した周辺物体の形状データを貼付することで正確な地図を生成することができる。

[0071] なお、本実施形態では、車輪回転量測定部16による測定のデータからノードpを生成したが、他の測定手段による測定のデータからノードpを生成してもよい。つまり、他の測定手段による測定のデータを基準値としてもよい。

[0072] （各測位手段における対応関係および差分測定の誤差の確率分布の算出）

次に、図10～図15を参照して、図2のステップS105における各測定手段の処理を説明する。

[0073] (周辺物体形状マッチング部)

図10は、周辺物体形状マッチング部によるステップS105の処理の手順を示すフローチャートである。

周辺物体形状マッチング部12は、 i 番目のノード p_i と j 番目のノード p_j に対して、 i 番目のノード p_i の地点で周辺物体形状測定部11が測定した周辺物体の形状データと、 j 番目のノード p_j の地点で測定した周辺物体の形状データをマッチング(重ね合わせ)することにより、周辺物体形状マッチング部12が取得した測定 z と、ノード p_i 、 p_j との対応関係を算出する。

[0074] 周辺物体形状測定部11は、現在対象としている i 番目のノード p_i から所定の閾値以内の距離にあるノード p を探索し(S201)、対応する j 番目のノード p_j を決定する。

[0075] 次に、周辺物体形状測定部11は、 i 番目のノード p_i の地点で周辺物体形状測定部11自身が測定した周辺物体の形状データと、 j 番目のノード p_j の地点で測定した周辺物体の形状データをマッチングする(S202)。このマッチングの結果が測定 z となる。マッチングには、例えば、「距離データ処理 — 複数距離画像からの形状モデル生成技術」(著者:増田 健, 岡谷(清水) 郁子, 佐川 立昌、学会会議: Proc. of the 146th CVIM, 開催年: 2004年)に記載の方法などを用いることができる。

[0076] 次に、周辺物体形状測定部11は、ステップS202でのマッチング結果を用いて、測定 z_j における差分測定の誤差の確率分布(確率密度関数: 式(4))を算出する(S203)。測定 z_j における差分測定の誤差の確率分布は、例えば、論文「スキャンマッチングにおけるロボット姿勢の尤度分布計算」(著者:友納 正裕、学会会議: Proc. of RSJ'10、開催年: 2010年)に記載の方法などを用いることができる。

[0077] そして、周辺物体形状測定部11は、地図生成の対象である走行環境中のすべてのノードについて、ステップS201~S203の処理が完了したか否かを判定する(S204)。

ステップS204の結果、完了していない場合(S204→No)、周辺

物体形状測定部 11 はステップ S 201 へ処理を戻す。

ステップ S 204 の結果、完了している場合 (S 204 → Yes)、周辺物体形状測定部 11 は処理を終了する。

[0078] (地理情報システムマッチング部)

図 11 は、地理情報システムマッチング部によるステップ S 105 の処理の手順を示すフローチャートである。

地理情報システムマッチング部 14 は、地理情報システムデータ取得部 13 が取得した地図形状データを基準として、対象とするノード p で周辺物体形状測定部 11 が測定した周辺物体の形状データをマッチング (重ね合わせ) することにより、地理情報システムが有する地図データに対するノードとの対応関係および差分測定の誤差の確率分布 (確率密度関数: 式 (4)) を算出する。

[0079] まず、地理情報システムマッチング部 14 は、地理情報システムデータ取得部 13 を介して現在対象としているノード p_i から所定の閾値以内の距離にある地理情報システムのデータを探索する (S 301)。

そして、地理情報システムマッチング部 14 は、探索したデータを地理情報システムデータ取得部 13 が取得した地図形状データを基準として、対象とするノード p で周辺物体形状測定部 11 が測定した周辺物体の形状データをマッチングする (S 302)。このマッチングの結果が測定 z となる。マッチングには、図 10 のステップ S 202 の処理と同様の方法を用いることができる。

[0080] 次に、地理情報システムマッチング部 14 は、ステップ S 302 でのマッチング結果を用いて、測定 z とノード p との対応関係を算出し、差分測定の誤差の確率分布 (確率密度関数: 式 (4)) を算出する (S 303)。差分測定の誤差の確率分布の算出は、図 10 のステップ S 203 と同様の方法を用いることができる。

[0081] (GNSS測位部)

図 12 は、GNSS測位部によるステップ S 105 の処理の手順を示すフ

ローチャートである。

G N S S測位部 1 5 は、測位システムを用いて、例えば、平面直角座標系などの基準座標系に対する対応関係 $c_{i,j}$ を算出する。

[0082] まず、G N S S測位部 1 5 は、現在対象としているノード p の基準座標系に対する測定 z を、G N S Sを用いて測位する (S 4 0 1)。

そして、G N S S測位部 1 5 は、ステップ S 4 0 1での測位結果(測定 z)を用いて、ノード p に対する対応関係、および、測定 z の誤差の確率分布を算出する (S 4 0 2)。測定 z の誤差の確率分布は、例えば、G N S Sで用いられる通信プロトコルである N M E A - 0 1 8 3 フォーマットの G S T センテンスの情報などを用いることができる。

[0083] (車輪回転量測定部)

図 1 3 は、車輪回転量測定部によるステップ S 1 0 5 の処理の手順を示すフローチャートである。

車輪回転量測定部 1 6 は、車輪回転量を累積することで、移動体 V が 1 つ前の時刻にいたノード p に対する現在位置のノード p を測定 z としたときの対応関係 $c_{i,j}$ を算出する。

[0084] まず、車輪回転量測定部 1 6 は、移動体 V が 1 つ前の時刻にいたノード p_i を基準として、現在位置のノード p_j を測定 z とし、その差分測定 $Z_{i,j}$ を、車輪回転量を累積することで測定する (S 5 0 1)。この際に、I M U と呼ばれる慣性センサやジャイロセンサを用いて、論文「Gyrodometry : A New Method for Combining Data from Gyros and Odometry in Mobile Robots」(著者 : Johann Borenstein, and Liqiang Feng、学会会議 : Proc. of ICRA' 96、開催年 : 1 9 9 6 年) に記載の方法などを用いることができる。

[0085] 次に、車輪回転量測定部 1 6 は、ステップ S 5 0 1での測定結果を用いて、ノード p_j に対する測定 z の対応関係 $c_{i,j}$ と、差分測定 $Z_{i,j}$ の誤差の確率分布(確率密度関数 : 式 (4)) を算出する (S 5 0 2)。測定 z の誤差の確率密度分布の算出は、例えば、書籍「ビークル」(著者 : 金井 喜美雄ほか、出版社 : コロナ社、出版年 : 2 0 0 3 年) に記載の方法などを用いる

ことができる。

[0086] [別の実施形態]

[0087] 図14は、本実施形態に係る自律走行システムの別の実施形態を示す図である。

図1では、1台の移動体Vと、管理部20とが通信を行っているが、図14に示すように複数台の移動体V1, V2 (V) に搭載された車載部10が、管理部20と通信を行うようにしてもよい。この場合、管理部20は、各々の車載部10から収集した測定のデータを基に、評価関数を生成し、軌跡 X_c を求める。

あるいは、各々の車載部10が、各部11~15を有していなくてもよい(ただし、車輪回転量測定部16は、すべての車載部10が有する必要がある)。この場合、管理部20は、各々の車載部10から収集した測定のデータを統合して、評価関数を生成し、軌跡 X_c を求めるようにしてもよい。

[0088] 図15は、本実施形態に係る自律走行システムの別の実施形態を示す図である。

図15に示すように、移動体Vの車載部10aに図1の車載部10および管理部20の機能が設けられてもよい。

これにより、移動体Vのみで軌跡の補正および地図の作成が可能となる。

[0089] [まとめ]

本実施形態によれば、複数の測定手段から得られたデータを基に、評価関数を生成し、その評価関数を最適化することにより、測定誤差を含む移動体Vの軌跡 X を、全体にわたって累積誤差がなく整合性を保った移動体Vの軌跡 X_c を推定することができる。そして、その軌跡 X_c に、周辺物体の形状データを貼付することで、誤差が累積しない正確な地図の生成が可能となる。

これにより、このような地図を基に、移動体Vが自律移動することで、移動体Vは自己位置や目標経路を見失うことなく目的地に到達することができる。

る。

[0090] つまり、本実施形態によれば、逐次的なマッチングにより自己位置を推定しながら地図を生成するのではなく、地図を生成する対象とする走行環境中の形状データをすべて収集した後に、測定データの全体にわたって累積誤差がなく整合性を保った移動体の軌跡を推定し、当該軌跡に対して測定した周辺物体の形状データを貼付することで正確な地図を生成し、自己位置や目標経路を見失うことなく目的地に到達する自律移動システムを実現する。

符号の説明

- [0091]
- 1 自律移動システム
 - 10, 10a 車載部
 - 11 周辺物体形状測定部
 - 12 周辺物体形状マッチング部
 - 13 地理情報システムデータ取得部
 - 14 地理情報システムマッチング部
 - 15 G N S S測位部
 - 16 車輪回転量測定部
 - 17 制御部
 - 20 管理部（軌跡補正装置）
 - 21 評価関数生成部
 - 22 軌跡最適化計算部
 - 23 形状地図データ生成部
 - V, V1, V2, Va 移動体（移動体装置）

請求の範囲

- [請求項1] 移動体が走行した軌跡を補正する軌跡補正装置による軌跡補正方法であって、
前記軌跡補正装置は、
1の測定手段が取得した前記移動体の軌跡データに、複数のノードを設定し、
前記1の測定手段が取得した前記移動体の位置データを、前記ノードに対応付けるとともに、前記1の測定手段とは別の他の測定手段が取得した前記移動体の位置データを、前記ノードに対応付け、
前記ノードが生起する可能性がある位置を確率で示し、
前記ノードに対応付けられた位置データが生起する可能性がある位置を確率で示し、
各確率を基に、前記ノードおよび前記位置データを変数として含む評価関数を算出し、
前記評価関数を基に、各ノードが生起する確率が最も大きい軌跡を算出する
ことを特徴とする軌跡補正方法。
- [請求項2] 前記確率は、確率密度関数で示されており、
前記評価関数は、尤度関数であり、
前記軌跡補正装置は、
最尤推定法によって、前記各ノードが生起する確率が最も大きい軌跡を算出する
ことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の軌跡補正方法。
- [請求項3] 前記軌跡補正装置は、
前記算出された軌跡の周囲に、構造物の形状データを貼付することにより、地図データを作成する
ことを特徴とする請求の範囲第1項または請求の範囲第2項に記載の軌跡補正方法。

[請求項4]

移動体が走行した軌跡を補正する軌跡補正装置であって、

1の測定手段が取得した前記移動体の軌跡データに、複数のノードを設定し、

前記1の測定手段が取得した前記移動体の位置データを、前記ノードに対応付けるとともに、前記1の測定手段とは別の他の測定手段が取得した前記移動体の位置データを、前記ノードに対応付け、

前記ノードが生起する可能性がある位置を確率で示し、

前記ノードに対応付けられた位置データが生起する可能性がある位置を確率で示し、

各確率を基に、前記ノードおよび前記位置データを変数として含む評価関数を算出する評価関数生成部と、

前記評価関数を基に、各ノードが生起する確率が最も大きい軌跡を算出する軌跡最適化計算部と、

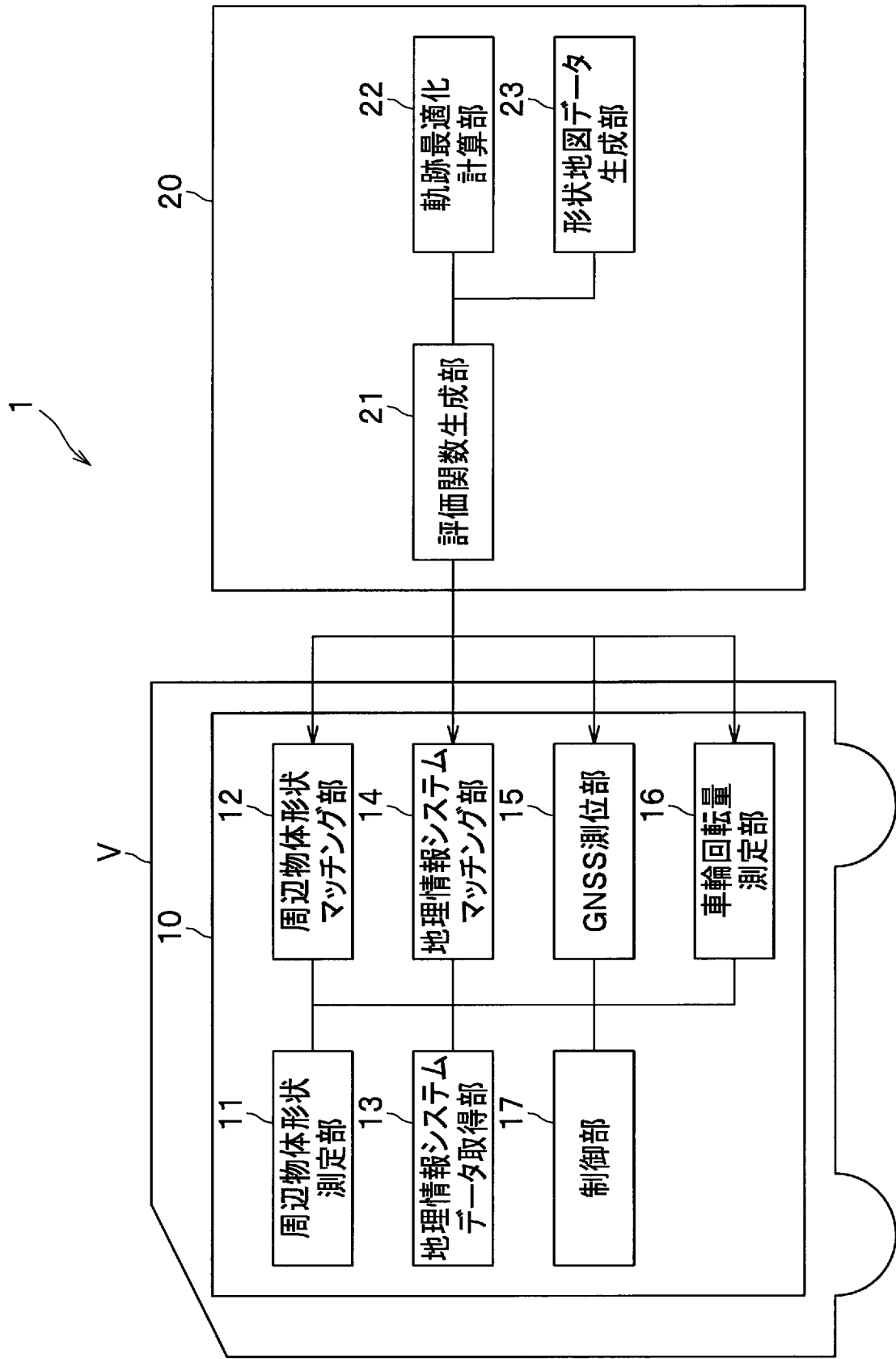
を有することを特徴とする軌跡補正装置。

[請求項5]

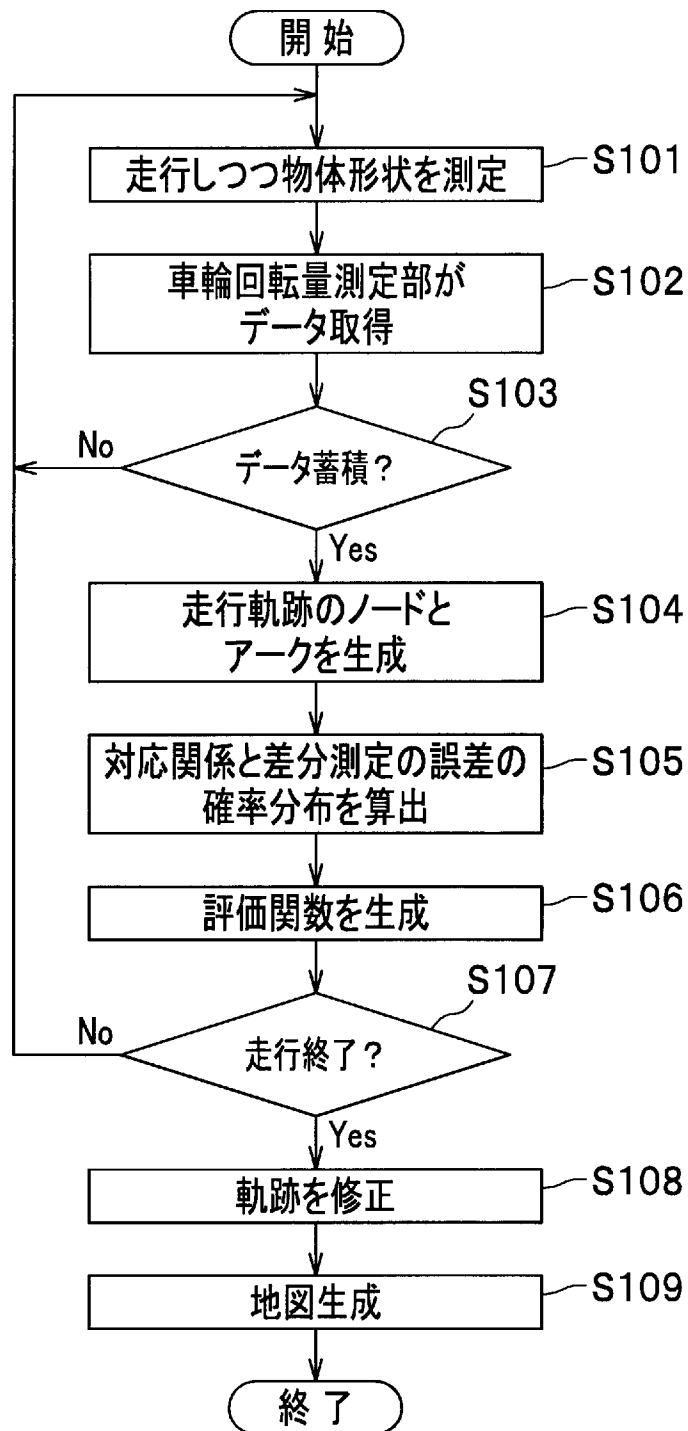
請求の範囲第4項に記載の軌跡補正装置を搭載している

ことを特徴とする移動体装置。

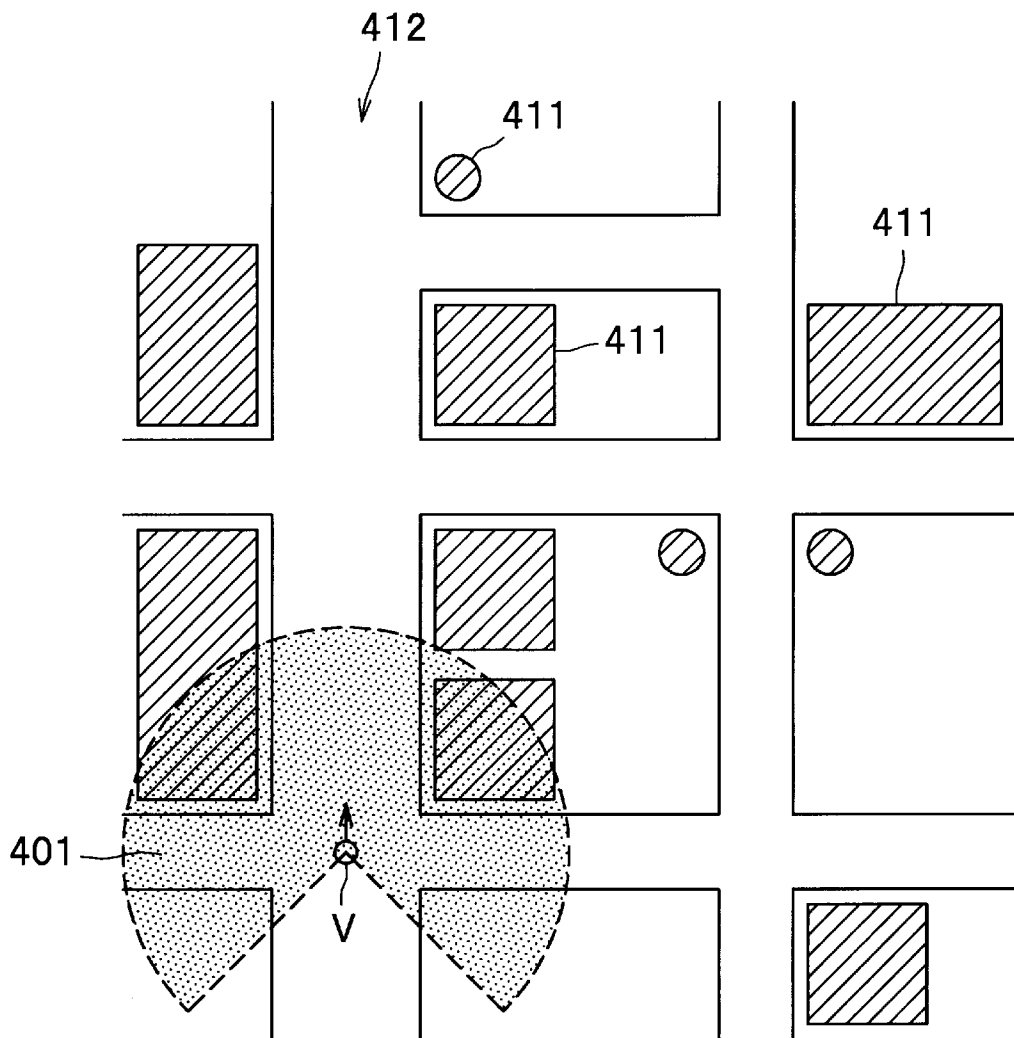
[図1]



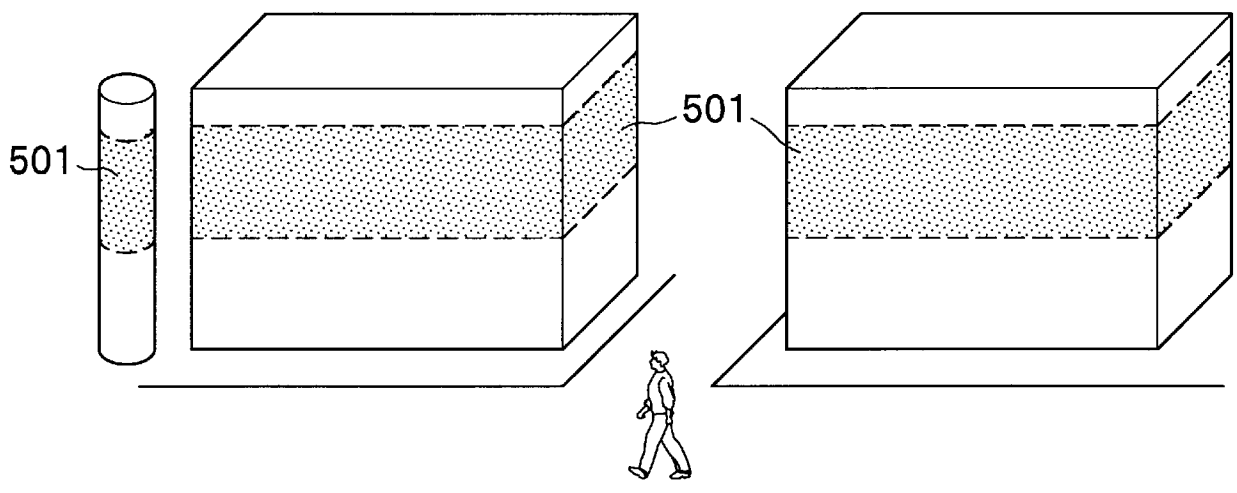
[図2]



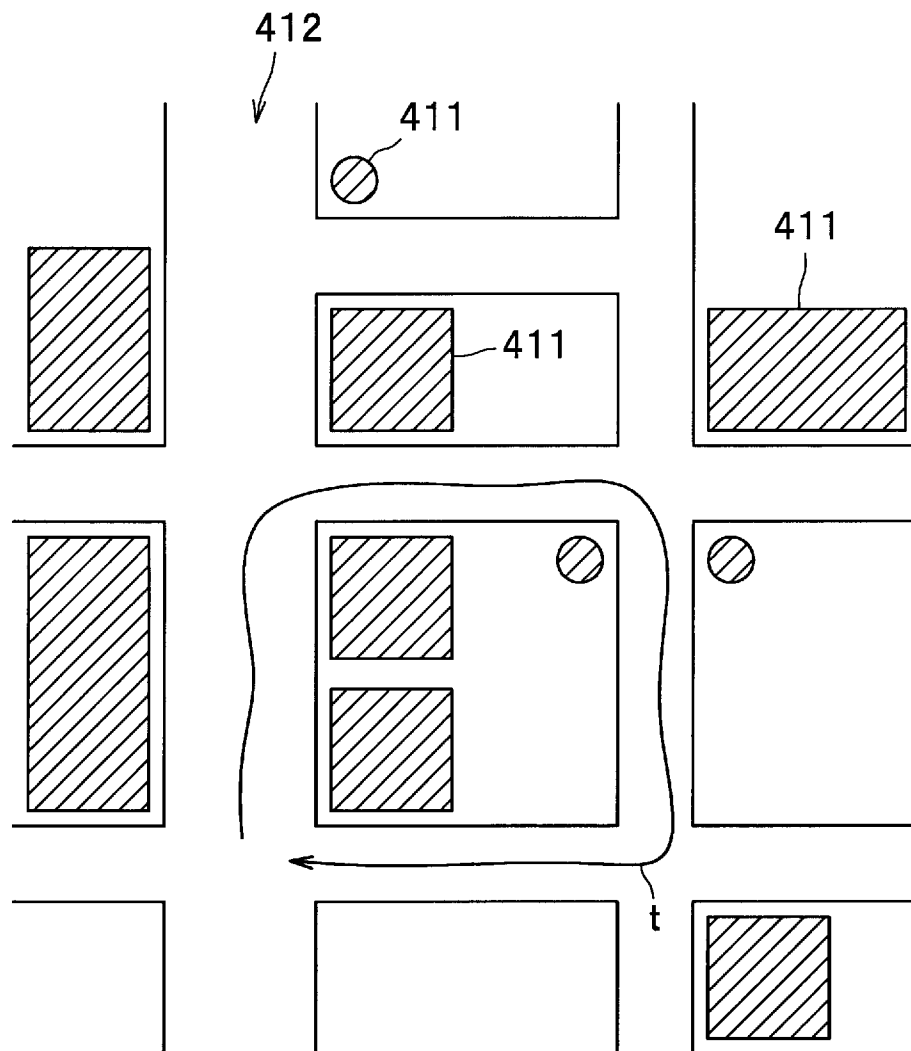
[图3]



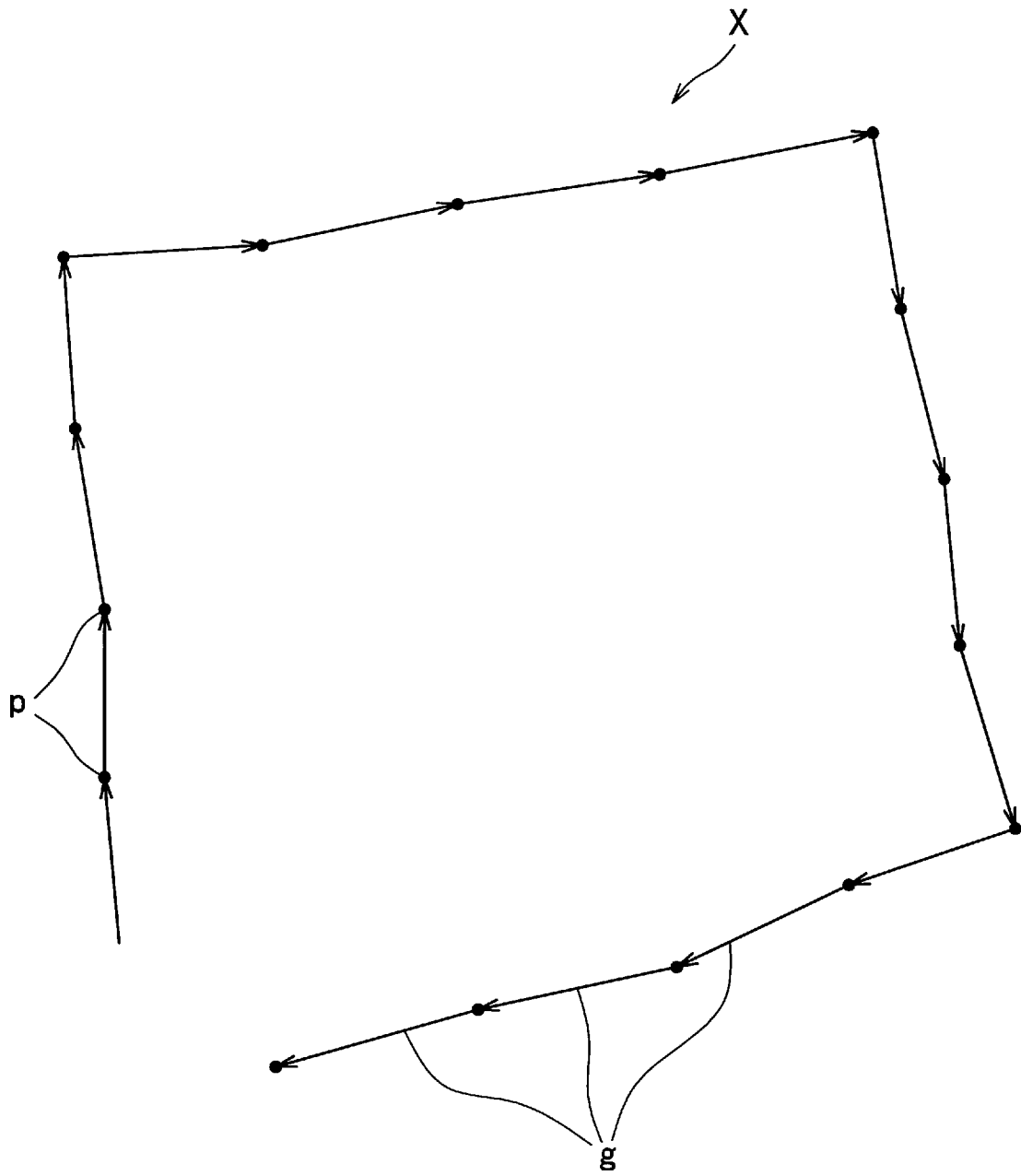
[图4]



[図5]

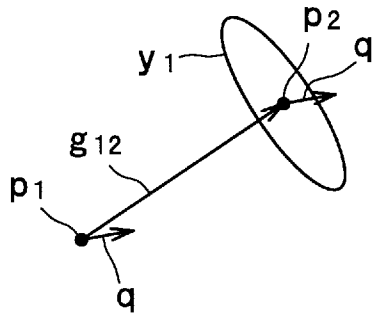


[図6]

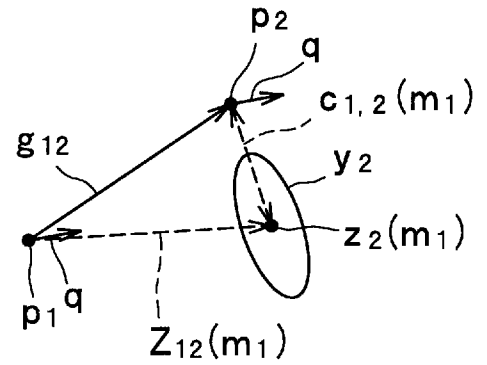


[図7]

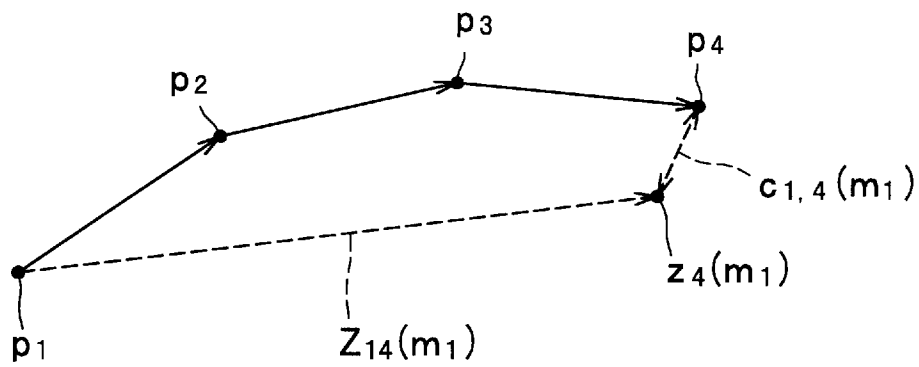
(a)



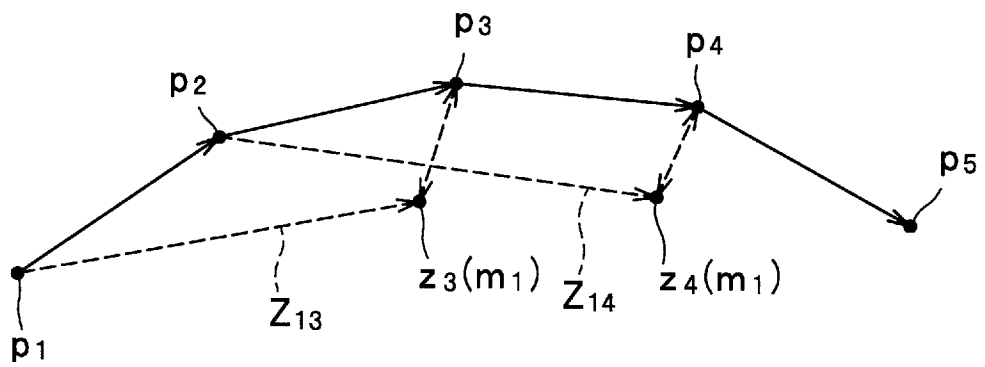
(b)



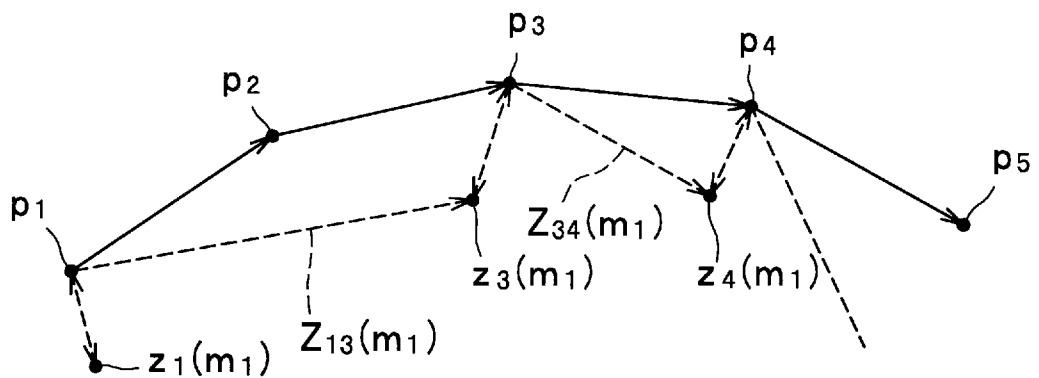
(c)



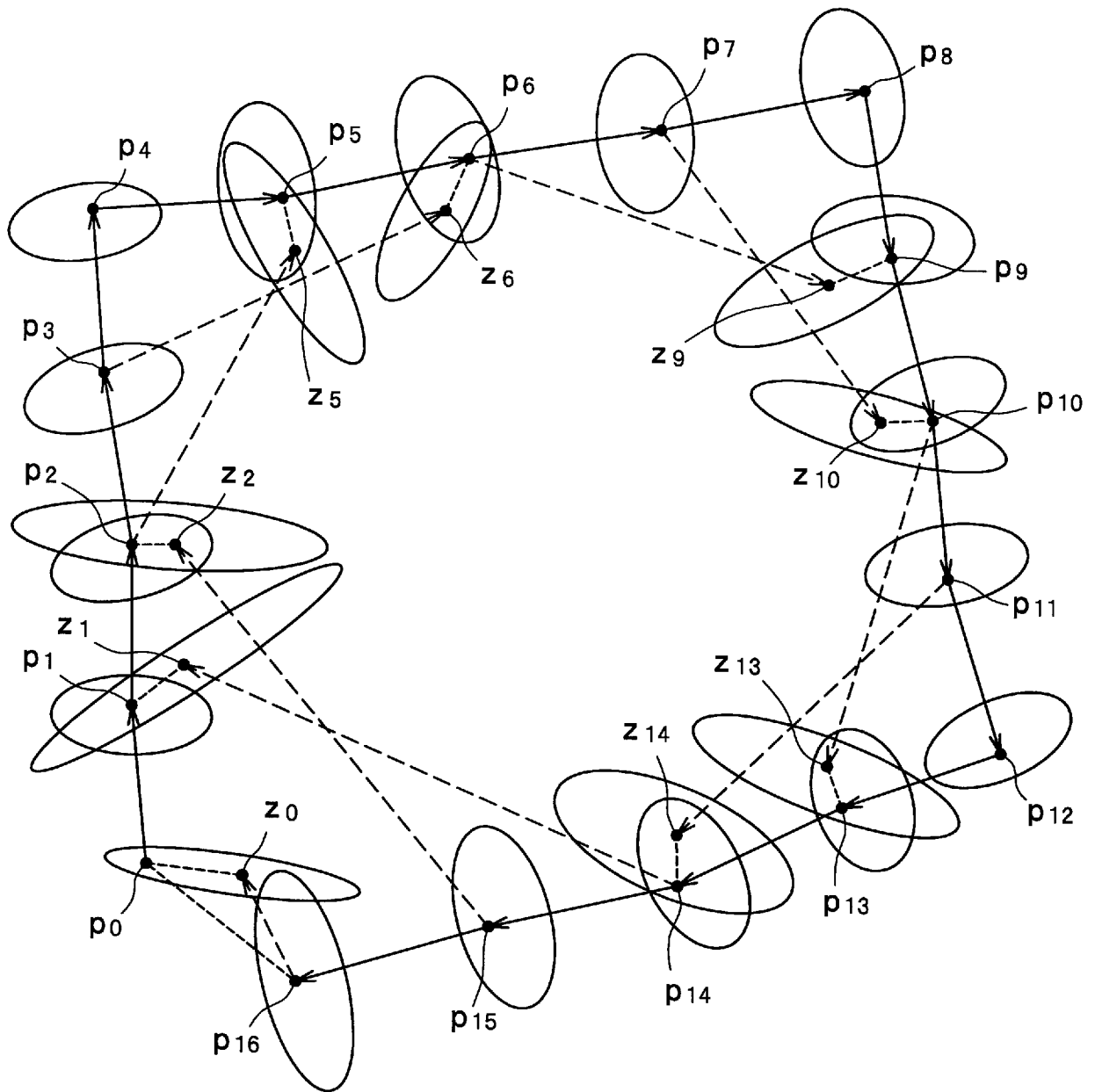
(d)



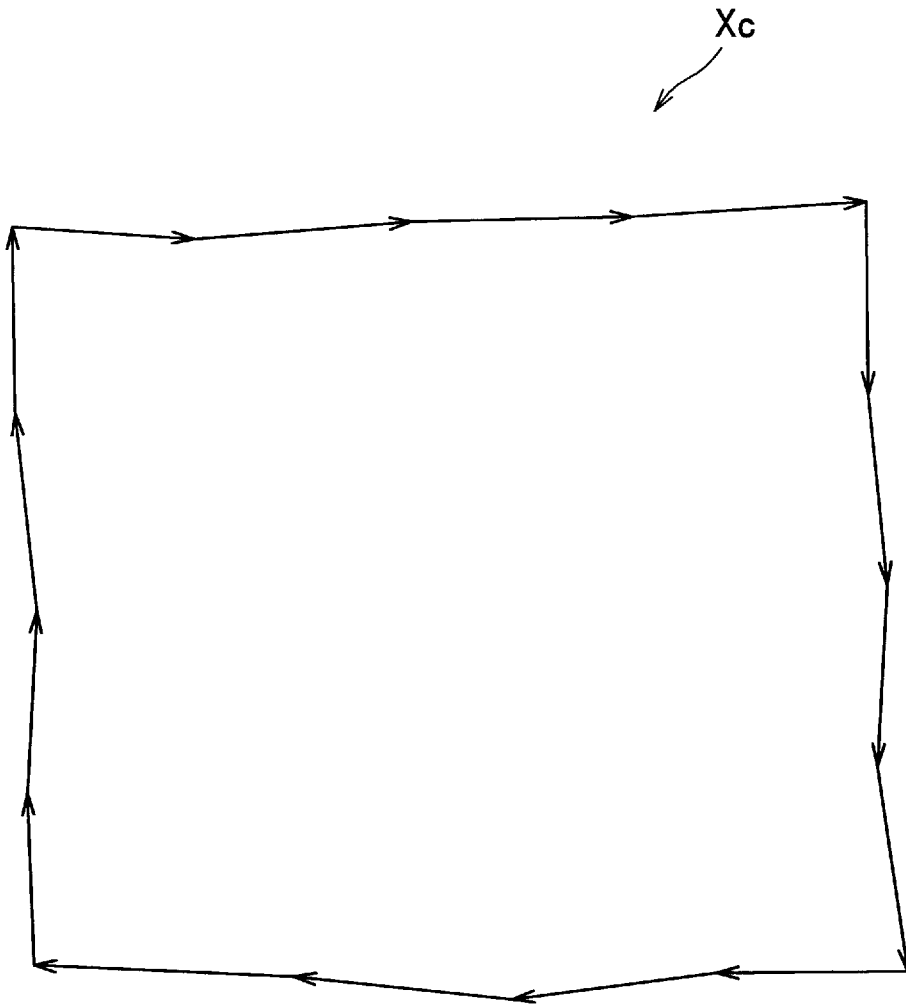
(e)



[図8]

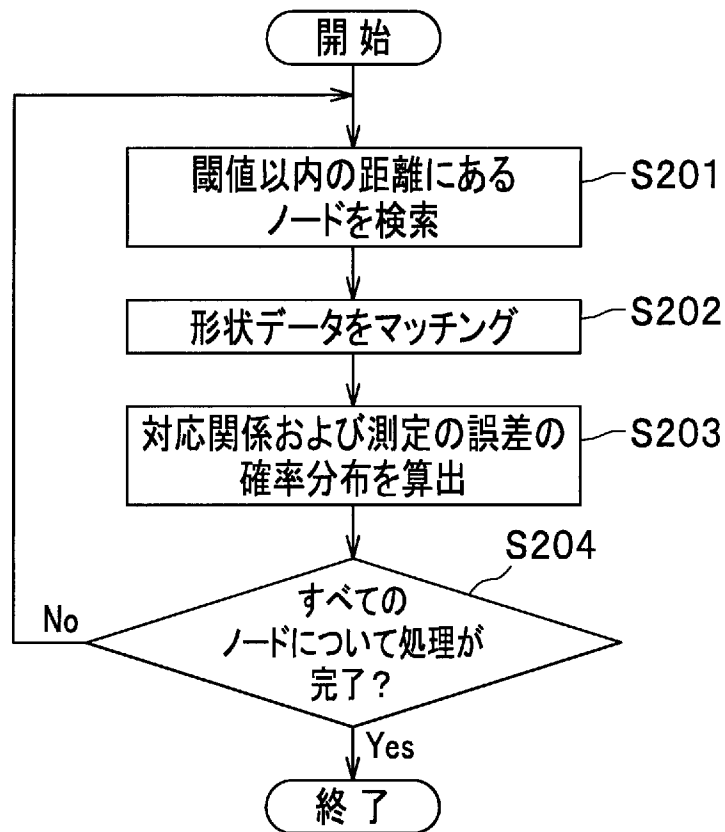


[図9]



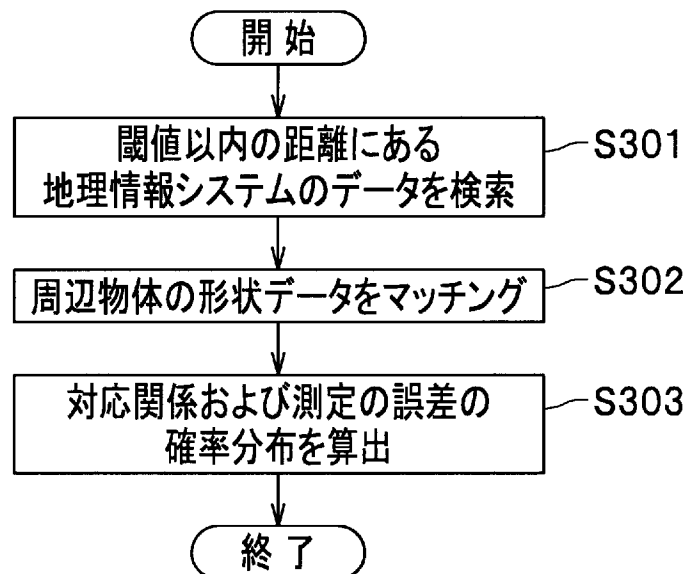
[図10]

12 周辺物体形状マッチング部

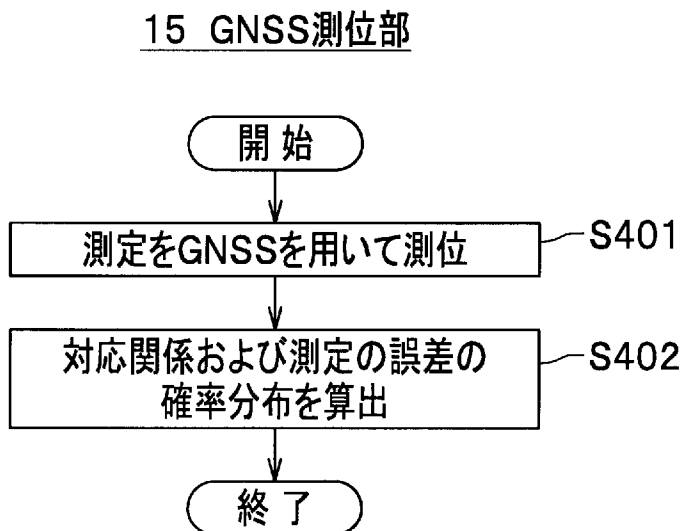


[図11]

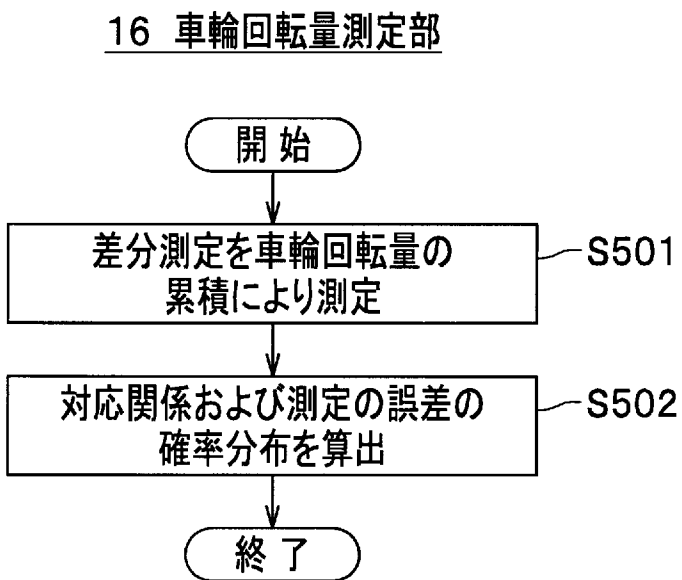
14 地理情報システムマッチング部



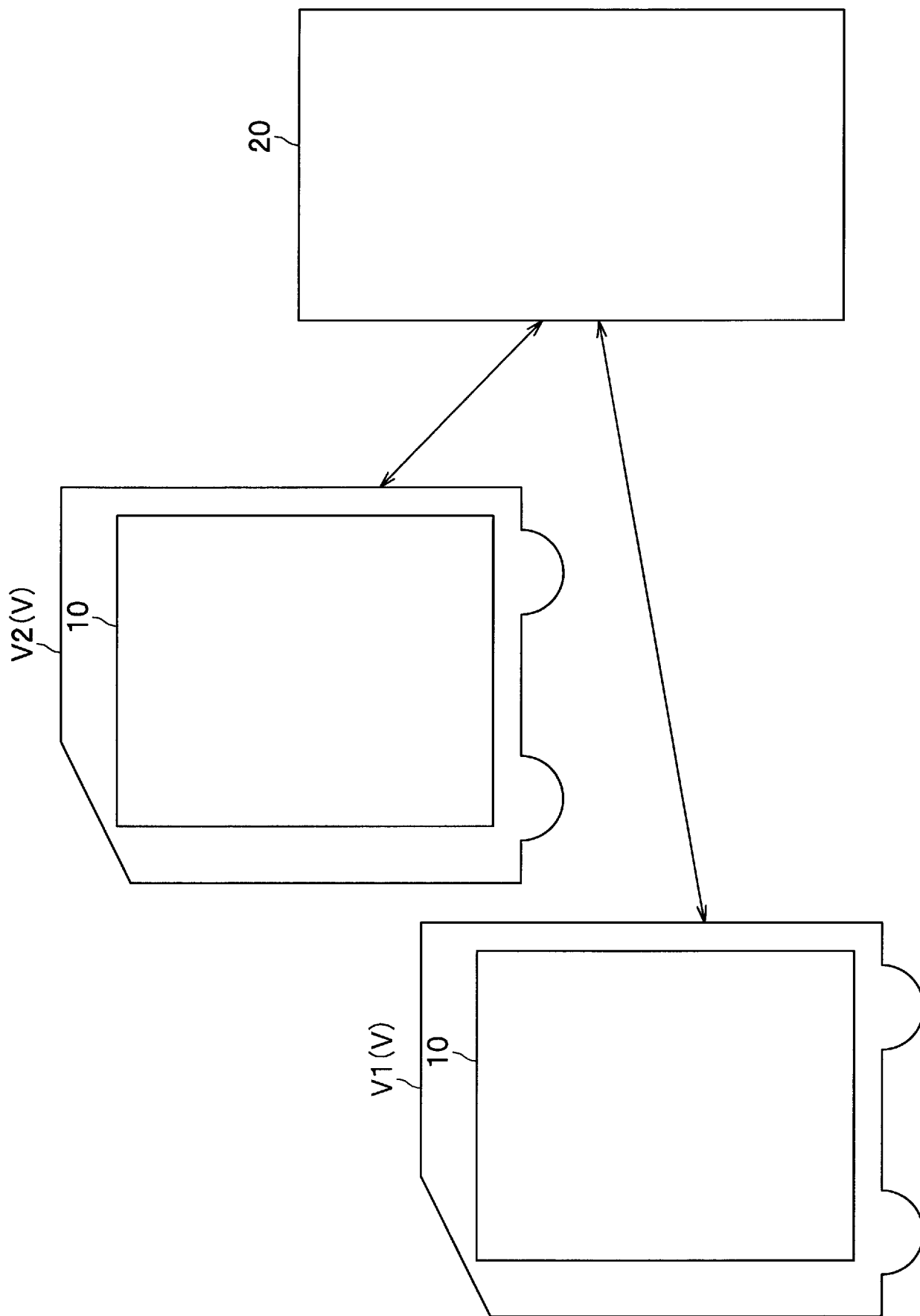
[図12]



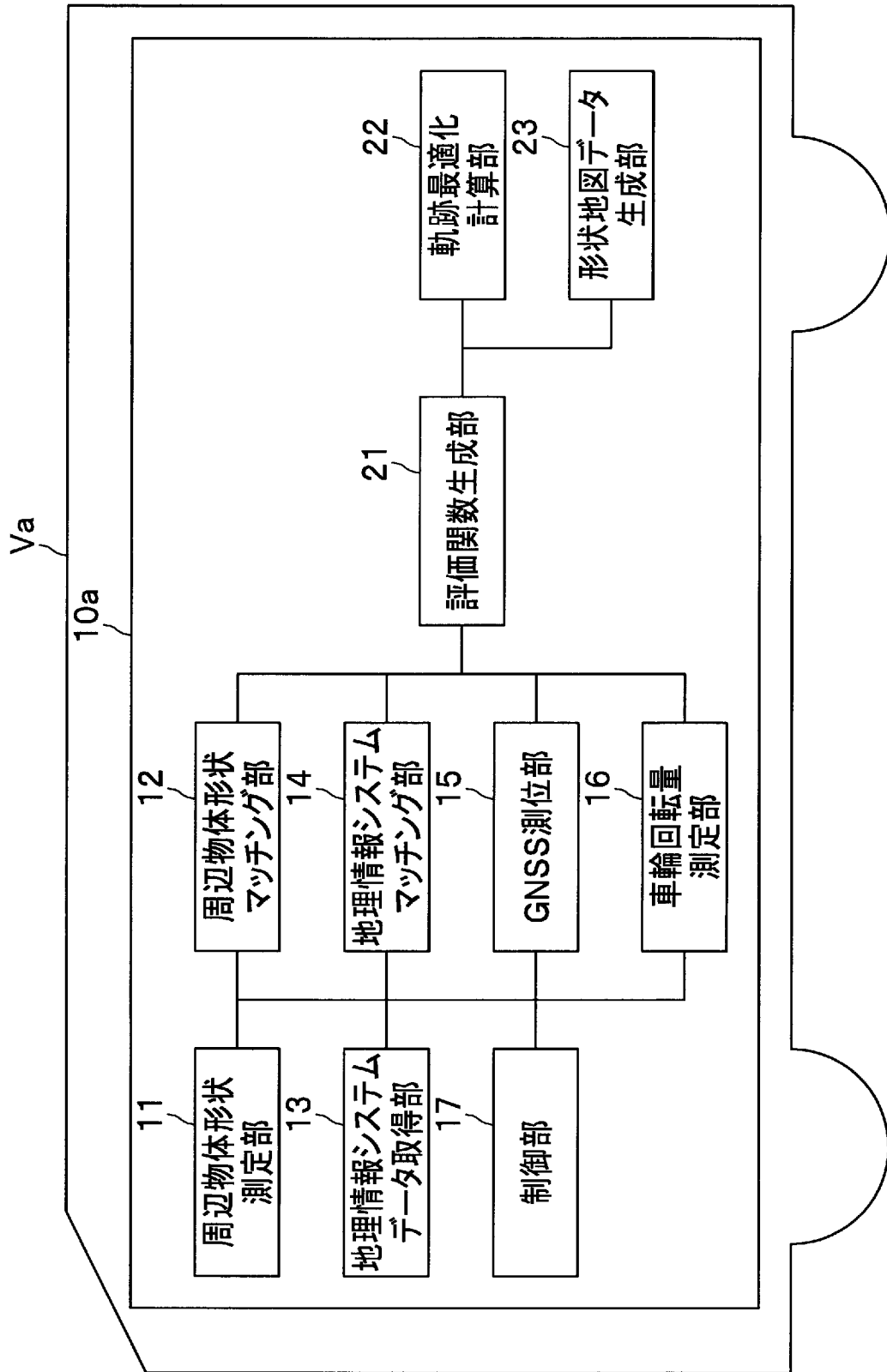
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/061685

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01C21/30 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01C21/30

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-026282 A (Toyota Motor Corp.), 07 February 2008 (07.02.2008), paragraphs [0034], [0035]; fig. 4 & US 2008/0228395 A1 & EP 2045577 A1 & WO 2008/012997 A1 & CN 101360971 A	1-5
A	JP 2008-002906 A (Toyota Motor Corp.), 10 January 2008 (10.01.2008), entire text & US 2010/0004856 A1 & EP 2034271 A1 & WO 2007/148546 A1 & CN 101473195 A	1-5
A	JP 2008-175786 A (Hu Zhencheng), 31 July 2008 (31.07.2008), entire text (Family: none)	1-5

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 August, 2011 (17.08.11)Date of mailing of the international search report
30 August, 2011 (30.08.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/061685

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-357437 A (Tere Atlas North America Inc.), 13 December 2002 (13.12.2002), entire text & JP 6-147906 A & JP 6-186045 A & JP 10-54729 A & JP 10-68631 A & JP 10-68632 A & JP 10-68633 A & JP 61-56910 A & JP 11-271077 A & US 4796191 A & EP 182893 A & EP 166547 A2 & WO 1986/000157 A1 & DE 3587761 T & DE 3587761 D & MX 161572 A & AU 4433485 A	1-5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01C21/30(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01C21/30

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2011年
日本国実用新案登録公報	1996-2011年
日本国登録実用新案公報	1994-2011年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2008-026282 A (トヨタ自動車株式会社) 2008.02.07, 段落【0034】、【0035】、図4 & US 2008/0228395 A1 & EP 2045577 A1 & WO 2008/012997 A1 & CN 101360971 A	1-5
A	JP 2008-002906 A (トヨタ自動車株式会社) 2008.01.10, 全文	1-5

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17.08.2011

国際調査報告の発送日

30.08.2011

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

日比谷 洋平

電話番号 03-3581-1101 内線 3316

3H

3520

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
	& US 2010/0004856 A1 & EP 2034271 A1 & WO 2007/148546 A1 & CN 101473195 A	
A	JP 2008-175786 A (胡 振程) 2008.07.31, 全文 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2002-357437 A (テレ アトラス ノース アメリカ インコーポレイテッド) 2002.12.13, 全文 & JP 6-147906 A & JP 6-186045 A & JP 10-54729 A & JP 10-68631 A & JP 10-68632 A & JP 10-68633 A & JP 61-56910 A & JP 11-271077 A & US 4796191 A & EP 182893 A & EP 166547 A2 & WO 1986/000157 A1 & DE 3587761 T & DE 3587761 D & MX 161572 A & AU 4433485 A	1-5