

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-129049

(P2011-129049A)

(43) 公開日 平成23年6月30日 (2011.6.30)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
G05D 1/02 (2006.01) G05D 1/02 J 5H301

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2009-289431 (P2009-289431)
 (22) 出願日 平成21年12月21日 (2009.12.21)

(71) 出願人 304036743
 国立大学法人宇都宮大学
 栃木県宇都宮市峰町350番地
 (74) 代理人 100100077
 弁理士 大場 充
 (74) 代理人 100136010
 弁理士 堀川 美夕紀
 (72) 発明者 尾崎 功一
 栃木県宇都宮市陽東7丁目1番地2号 国立大学法人宇都宮大学内
 (72) 発明者 サム アン ラホック
 栃木県宇都宮市陽東7丁目1番地2号 国立大学法人宇都宮大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自律移動方法及び自律移動体

(57) 【要約】

【課題】 出発地から目的地に移動する際に、通過する経路を容易に変更できる自律移動方法及び自律移動体を提供する。

【解決手段】 出発地から目的地まで移動体が移動する移動経路に沿って生じている磁気を予め計測して得られた環境磁気データを含む地図データと、移動体が移動経路に倣って移動する際に、移動経路に沿って生じている磁気を実測して得られる実測磁気と、を比較しながら移動体を自律移動させる方法に関する。この地図データは、移動経路に沿った環境磁気データが、移動経路上に設けられるノードにより区間経路に区分され、かつ、ノードに対応付けて記憶されるノード情報を含む。移動体は、ノード情報を検知すると、当該ノードに連なる区間経路に対応する環境磁気データと実測磁気とを比較しながら自律移動する。

【選択図】 図4

#	距離(m)	方位(deg)	X軸(G)	Y軸(G)	Z軸(G)	磁場状態	環境情報	接続経路情報
# 地図データ 区間経路①								
0.00	91.3	0.431	0.301	0.523	good	道路、幅狭、ノードA		
0.01	91.3	0.421	0.420	0.523	good	道路、幅狭		
0.02	91.2	0.411	0.318	0.522	bad	道路、幅狭		
:	:	:	:	:	:	:	:	
30.04	91.3	0.592	0.258	0.522	good	ノードB	④、⑤、⑦	
# 地図データ 区間経路④								
0.00	1.3	0.461	0.251	0.503	good	道路、幅広、ノードB		
0.01	1.3	0.451	0.370	0.503	good	道路、幅広		
0.02	1.2	0.441	0.268	0.502	good	道路、幅広		
:	:	:	:	:	:	:	:	
15.05	1.3	0.622	0.208	0.502	good	ノードC	②、⑤、⑧	
# 地図データ 区間経路⑤								
0.00	271.3	0.481	0.201	0.483	good	道路、幅広、ノードB		
0.01	271.3	0.481	0.320	0.483	good	道路、幅広		
0.02	271.2	0.471	0.218	0.482	good	道路、幅広		
:	:	:	:	:	:	:	:	
15.05	271.3	0.652	0.156	0.482	good	ノードC	②、⑤、⑧	
# 地図データ 区間経路⑥								

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

出発地から目的地まで移動体が移動する移動経路に沿って生じている磁気を予め計測して得られた環境磁気データを含む地図データと、前記移動体が前記移動経路に倣って移動する際に、前記移動経路に沿って生じている磁気を実測して得られる実測磁気と、を比較しながら移動体を自律移動させる方法であって、

前記地図データは、

前記移動経路に沿った前記環境磁気データが、前記移動経路上に設けられるノードにより区間経路に区分され、かつ、

前記ノードに対応付けて記憶されるノード情報を含み、

10

前記移動体は、

前記ノード情報を検知すると、当該ノードに連なる前記区間経路に対応する前記環境磁気データと前記実測磁気とを比較しながら自律移動する、ことを特徴とする自律移動方法。

【請求項 2】

前記移動体の移動方向に向けて複数の前記区間経路が前記ノードに連なり、

前記移動体は、

複数の前記区間経路ごとに前記地図データを保持するとともに、前記ノード情報を検知すると選択すべきいずれかの前記地図データが設定され、

前記ノード情報を検知すると、前記地図データに含まれる前記環境磁気データと前記実測磁気とを比較しながら自律移動する、

20

請求項 1 に記載の自律移動方法。

【請求項 3】

前記地図データは、

前記環境磁気データの信頼性に関する情報及び周辺を含む前記移動経路の環境情報の一方又は双方を備える、

請求項 1 又は 2 に記載の自律移動方法。

【請求項 4】

前記環境磁気データは、

同じ前記移動経路に沿って複数回の前記磁気の計測を行って定められる、

30

請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の自律移動方法。

【請求項 5】

前記移動体に保持されている前記環境磁気データと、

前記移動体が自律移動している過程で計測される前記実測磁気とを比較し、

前記環境磁気データを更新する、

請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の自律移動方法。

【請求項 6】

移動体上に設けられ、移動経路に沿って生じている磁気を実測して得られる実測磁気を計測する磁気センサと、

出発地から目的地まで前記移動体が移動する前記移動経路に沿って生じている磁気を予め計測して得られた環境磁気データを含む地図データを記憶する記憶部と、

40

前記移動体が前記移動経路に倣って移動する際に、前記環境磁気データと前記実測磁気を比較しながら前記移動体を自律移動させる制御部と、を備え、

前記地図データは、

前記移動経路に沿った前記環境磁気データが、前記移動経路上に設けられるノードで区間経路に区分され、かつ、

前記ノードに対応付けて記憶されるノード情報を含み、

前記制御部は、

前記ノード情報を検知すると、当該ノードに連なる前記区間経路に対応する前記環境磁気データと前記実測磁気とを比較しながら自律移動させる、

50

ことを特徴とする自律移動体。

【請求項 7】

前記移動体の移動方向に向けて複数の前記区間経路が前記ノードに連なり、
前記移動体は、
複数の前記区間経路ごとに前記地図データを保持するとともに、前記ノード情報を検知すると選択すべきいずれかの前記地図データが設定され、
前記ノード情報を検知すると、設定された前記地図データに含まれる前記環境磁気データと前記実測磁気とを比較しながら自律移動する、
請求項 6 に記載の自律移動体。

【請求項 8】

前記地図データは、
前記環境磁気データの信頼性に関する情報及び周辺を含む前記移動経路の環境情報の一方又は双方を備える、
請求項 6 又は 7 に記載の自律移動体。

【請求項 9】

前記環境磁気データは、
同じ前記移動経路に沿って複数回の前記磁気の計測を行って定められる、
請求項 6 ~ 8 のいずれか一項に記載の自律移動体。

【請求項 10】

前記移動体に保持されている前記環境磁気データと、
前記移動体が自律移動している過程で計測される前記実測磁気とを比較し、
前記環境磁気データを更新する、
請求項 6 ~ 9 のいずれか一項に記載の自律移動体。

【請求項 11】

請求項 1 又は 3 に記載の地図データを記憶するデータ記憶装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気を目印にしてロボット等を自律移動させる方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、様々な場面において、多種多様なロボットが活動している。中でも移動中に自己位置を認識しながら、自律移動するロボットは、工場内やオフィス内、病院内などでの人間の手助けになるものとして期待され、その研究が盛んに行われている。

自律移動させるための誘導方式の一つとして磁気を目印とするものが知られている。これは、典型的には、移動経路上に例えば磁気テープからなる磁気マーカを設置し、ロボットに磁気マーカから発せられる磁気を検出する磁気センサを設け、磁気センサにより磁気マーカを検知することにより、自己位置を認識するものである（たとえば、特許文献 1、特許文献 2）。

しかし、磁気マーカを設置する方法は、事前に環境の磁場分布を求め、磁気的なノイズの少ないところに磁気マーカを設置しなければならない。したがって、磁気マーカを設置する作業にかかる負担が大きい。また、磁気マーカは、一般に床に設置されるが、床面上に磁気マーカを設置することが美観上好ましくない場合がある。

【0003】

建屋を構成する鉄骨や鉄筋、建屋内に設置される装置、家具、電器製品等の構成要素である鉄部材などの強磁性体は製造及び施工の過程で不可避免的に着磁され残留磁気を帯びている。この残留磁気は、時間の経過に対して強さがほとんど変動しない（非特許文献 1）。そこで本発明者等は、磁気を自己位置認識の目印として利用することを前提とするが、磁気マーカを設置するのではなく、以上のように屋内外の環境に依存して生じている磁気（以下、「環境磁気」と称する）を記憶しておき、この環境磁気データと実測された磁気

10

20

30

40

50

とを比較することで自己位置を認識して自律移動する手法を先に提案している（特願 2008-142792）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2002-73171 号公報

【特許文献 2】特開 2007-219960 号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献 1】新納敏文，「環境磁場計測方法の事例調査（その 3）」 日本建築学会大会学術講演梗概集，1996.9. 10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

自律移動を行う場合、出発地と目的地はそのままでも、通過する経路を変えたい場合がある。例えば、出発地と目的地の間で、経由したい地点 A、B（A < B）が複数存在するが、あるときは地点 A を経由するが地点 B を経由する必要がなく、また、あるときは地点 B を経由するが地点 A を経由する必要がない、という場合である。また、それまで通過していた経路上に障害物が置かれる場合にも、他の経路を通る必要がでてくる。さらにまた、目的地が複数存在する場合においても、通る経路を変えることが必要な場合もある。 20

しかしながら、これまでの自律移動体は出発地から一定の経路を通過して目的地に到達するように設定されていたため、上記要求に応えることができなかった。

そこで本発明は、出発地から目的地に移動する際に、通過する経路を容易に変更できる自律移動方法及び自律移動体を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

かかる目的のもと、本発明の自律移動方法は、出発地から目的地まで移動体が移動する移動経路に沿って生じている磁気を予め計測して得られた環境磁気データを含む地図データと、移動体が移動経路に倣って移動する際に、移動経路に沿って生じている磁気を実測して得られる実測磁気と、を比較しながら移動体を自律移動させることを前提とする。 30

本発明の自律移動方法において、地図データは、移動経路に沿った環境磁気データが、移動経路上に設けられるノードにより区間経路に区分されている。加えて地図データが、ノードに対応付けて記憶されるノード情報を含んでいる。そして移動体は、ノード情報を検知すると、当該ノードに連なる区間経路に対応する環境磁気データと実測磁気とを比較しながら自律移動することを特徴とする。

以上のように、本発明の自律移動方法は、移動経路をノードで区分し、かつノードに対応するノード情報を与える。したがって、次に移動すべき区間経路の情報をノード情報に関連して付与しさえすれば、通過する区間経路を容易に変更することができる。すなわち、磁気マーカを設置する方法では、磁気マーカを貼り直す作業が必要であるのに対して、本発明によれば事前に複数の区間経路に沿って環境磁気を測定して地図データを記憶してしまえば、記憶された地図データの範囲でノード、区間経路をデータ上で選択するという簡易な作業でその後経路変更を行うことができる。例えば、移動体の移動方向に向けて複数の区間経路がノードに連なっている場合に、移動体は、複数の区間経路ごとに地図データを保持するとともに、前記ノード情報を検知すると選択すべきいずれかの地図データを設定しておけば、ノード情報を検知すると、移動の途中で選択した地図データに含まれる環境磁気データと実測磁気とを比較しながら自律移動することができる。 40

【0008】

本発明の自律移動方法において、地図データとして、環境磁気データの信頼性に関する情報及び周辺を含む移動経路の環境情報の一方又は双方を備えることができる。

「信頼性に関する情報」とは、移動経路上の特定の位置では磁場が安定しているか、又 50

は不安定であることを示す情報が掲げられる。磁場が不安定な領域では、他の自律移動の方法に切り替えて自律移動を行うトリガを与えることで、移動体が移動経路から外れるのを防止できる。

また、「環境情報」とは、例えば移動経路を構成する道路の状態をいい、道幅、道路が直進なのかカーブなのかという類の情報が掲げられる。道幅の広いところでは移動体の速度を上げ、道路がカーブしているところでは移動体の速度を下げる、という制御を実現できる。

【0009】

本発明において、環境磁気データは、同じ移動経路に沿って複数回の磁気の計測を行って定めることが好ましい。信頼性の高い環境磁気データに基づいて自律移動を行うためである。この場合、移動体に保持されている環境磁気データと、移動体が自律移動している過程で計測される実測磁気とを比較し、実測磁気データの信頼性が高いと判断される場合には、環境磁気データを当該実測磁気に更新することができる。

10

【0010】

本発明は、以上の自律移動方法を実行する自律移動体を提供する。この自律移動体は、移動経路に沿って生じている磁気を実測して得られる実測磁気を計測する磁気センサと、出発地から目的地まで移動体が移動する移動経路に沿って生じている磁気を予め計測して得られた環境磁気データを含む地図データを記憶する記憶部と、移動体が移動経路に依って移動する際に、環境磁気データと実測磁気を比較しながら前記移動体を自律移動させる制御部とを、備えることを前提としている。そして、地図データは、移動経路に沿った環境磁気データが、移動経路上に設けられるノードで区間経路に区分され、かつ、ノードに対応付けて記憶されるノード情報を含み、制御部は、ノード情報を検知すると、当該ノードに連なる区間経路に対応する環境磁気データと実測磁気とを比較しながら自律移動させる、ことを特徴とする。

20

【0011】

以上の自律移動体において、移動体の移動方向に向けて複数の区間経路がノードに連なり、移動体は、複数の区間経路ごとに地図データを保持する。そして、ノード情報を検知すると選択すべきいずれかの地図データが設定され、ノード情報を検知すると、設定された地図データに含まれる環境磁気データと実測磁気とを比較しながら自律移動できる。

【0012】

本発明の自律移動体において、上述した自律移動方法の好ましい形態を適用できることはいうまでもない。

30

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、移動経路をノードで区分し、かつノードに対応するノード情報を与える。したがって、次に移動すべき区間経路の情報をノード情報に関連して付与しさえすれば、通過する区間経路を容易に変更することができる。本発明によれば事前に複数の区間経路に沿って環境磁気を測定して地図データを記憶してしまえば、記憶された地図データの範囲でノード、区間経路をデータ上で選択するという簡易な作業でその後に経路変更を行うことができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本実施の形態におけるロボット（移動体）の構成を示すブロック図であり、（a）が平面図、（b）が側面図である。

【図2】本実施の形態におけるロボットの制御部の構成を示すブロック図である。

【図3】（a）は本実施の形態におけるロボットが自律移動する経路を示す図、（b）は（a）をグラフ化した図、（c）は本実施の形態におけるロボットが自律移動する行程を示す経路計画データを示す図である。

【図4】本実施の形態における地図データを示す図である。

【図5】本実施の形態におけるロボットの移動と環境磁気データを対応して示す図である

50

。

【図 6】本実施の形態において、環境磁気データを決定する望ましい手順を示すフローチャートである。

【図 7】本実施の形態において、環境情報を利用したロボットの移動を示す図である。

【図 8】本実施の形態において、ロボットの方向を制御する方法を示す図である。

【図 9】本実施の形態において、ロボットの方向を制御する構成を示す図である。

【図 10】本実施の形態において、環境磁気データの走行距離と方位からスタート地点を原点とした位置に、磁気・方位センサの X 軸, Y 軸, Z 軸で計測された環境磁気データをプロットした図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0015】

以下、添付図面に示す実施の形態に基づいてこの発明を詳細に説明する。

本実施の形態は、図 1、図 2 に示されるロボット（移動体）1 が、図 3（a）に示される移動経路を自律移動するものに関する。

本実施の形態にかかる車輪型のロボット（移動体）1 は、図 1 に示すように、箱状の本体 2 の前後方向中央下部に左右一对の駆動輪 3, 4 を備えると共に、本体 2 のほぼ四隅下部に夫々補助輪 5 を備えている。

本体 2 の前方には磁気・方位センサ 20 が設けられている。磁気・方位センサ 20 は、本体 2 の内部に設置された制御部 50 と電気的に接続されている。なお、これらセンサ類は本体 2 の内部に設けた例を示しているが、本体 2 とともに移動できるのであれば、本体 2 の外部に設けることもできる。

20

【0016】

磁気・方位センサ 20 は、互いに直交する 3 軸に沿った直流磁気（以下、単に磁気）を計測できる。ここで、3 軸は、ロボット 1 の進行方向に沿った X 軸、走行面に平行で X 軸に直行する Y 軸、鉛直方向に平行で X 軸に直行する Z 軸とからなる（図 5 参照）。計測される磁気は、後述する環境磁気データの作成、及び自律移動時に環境磁気データと比較される実測磁気として用いられる。

磁気・方位センサ 20 はまた、本体 2 の方位を計測する。方位を計測するセンサとしては、地磁気センサ（又は電子コンパス）、ジャイロコンパス等公知のセンサを用いることができる。なお、磁気・方位センサ 20 は一体で構成した例を示しているが、各々を別体としてもよいことは言うまでもない。

30

【0017】

< 制御部 50 >

次に、図 2 を参照して、制御部 50 について説明する。

制御部 50 は、走行制御部 60 と、記憶部 70 と、演算処理部 80 を備え、CPU、ROM、RAM 等及び入出力回路等を備えたコンピュータから構成される。

< 走行制御部 60 >

制御部 50 において、各駆動輪 3, 4 は、夫々駆動モータ 6, 7 により図示しない減速機を介して回転駆動されるようになっている。また、駆動モータ 6, 7 には、駆動輪 3, 4 の回転速度（回転数）を検出するためのロータリエンコーダ 8, 9 が夫々付設されている。さらに、これら駆動モータ 6, 7 は、走行制御部 60 により夫々独立して駆動制御されるようになっている。走行制御部 60 は、駆動モータ 6, 7 を異なる回転数で回転させることにより、ロボット 1 の向きを変えることができる。

40

【0018】

< 記憶部 70 >

記憶部 70 は、第 1 記憶部 71 と、第 2 記憶部 72 と、第 3 記憶部 73 を備えている。これら各記憶部は、ロボット 1 に対して着脱可能な公知のデータ記憶手段に格納できる。

[第 1 記憶部]

第 1 記憶部 71 は、登録データ記憶部 71 a と過去データ記憶部 71 b を備えている。

登録データ記憶部 71 a には、自律移動に実際に使用される地図データが記憶される。

50

過去データ記憶部 7 1 b には、過去に計測された環境磁気データが記憶されている。

登録データ記憶部 7 1 a に記憶される地図データを図 4 に示す。

地図データは、環境磁気データを含む。環境磁気データは、ロボット 1 の移動経路に沿って磁気・方位センサ 2 0 により計測された磁気（図 4 X 軸（G）、Y 軸（G）、Z 軸（G））と当該磁気が計測された位置（図 4 距離（m））とが関係付けられたデータである。ロボット 1 が自律走行する際に計測される実測磁気とこの環境磁気データを比較し、両者の偏差が求められる。

環境磁気データに含まれる距離に関する情報は、区間経路上をロボット 1 が移動する距離である。例えば、図 4 の区間経路 1 について、最下行の「30.04（m）」はロボット 1 が区間経路 1 を移動すべき距離（区間距離情報）を表す。ロボット 1 は、後述するように、この距離を自律移動に利用する。

【0019】

図 5 に、ロボット 1 の移動距離と環境磁気（X 軸、Y 軸、Z 軸）を対応して示すが、ロボット 1 の位置によって、また、X 軸、Y 軸、Z 軸の各々で環境磁気の変動する。なお、建物など、磁性体の面が垂直になっているところは、X、Y 軸方向に磁力の変化が大きい。また、マンホールなど、磁性体の面が水平になっているところは、Z 軸方向に磁力の変化が大きい。

【0020】

また、地図データは、環境磁気データとして、移動経路の方位（登録方位データ、図 4 方位（deg））を含む。ロボット 1 が自律走行する際に計測される実測方位とこの登録方位データを比較して、両者の偏差が求められる。この方位は、本実施の形態では北を 0（ゼロ）deg と定めるが、これに限るものではない。

一般的には、位置はマップとして表現することをねらって座標（x, y）で表現される。しかし、本実施形態では方位と移動距離を基準（, l の極座標表現）として位置を特定することで座標変換の際に生じる誤差を少なくしている。

なお、図 3（a）、（b）において、出発地から目的地までの全行程を移動経路といい、移動経路の中でノードにより区切られるそれぞれの経路を「区間経路」というものとする。

【0021】

[環境磁気データの整合処理]

本実施の形態において、環境磁気データを複数回計測することで磁気データの変化の傾向を明確にできる。非特許文献 1 に記載されるとおり、着磁した磁力は基本的には時間的に安定である。しかし、偶発的に磁力が変動した瞬間を記憶した場合、もしくは大きい電流の流れる変電設備などの近辺では時間的に不安定な磁場となることがある。これに対処するために、過去のデータと比較しながら安定な磁気を記憶する方法を採用することが好ましい。これを実現するための手順の例を図 6 に基づいて説明する。なお、以下の説明は本発明にとって好ましいものであるが、必須ではない。

【0022】

第 1 記憶部 7 1 の過去データ記憶部 7 1 b に、過去に計測された環境磁気データ（以下、ここでは「過去データ」）を記憶した日時とともに記憶しておく。そして、新たに環境磁気データ（以下、ここでは「新規データ」）を計測し（図 6 S 1 0 1）、過去データと比較する（図 6 S 1 0 3）。

比較の結果、過去データと新規データとの一致率が 90 以上の場合は、磁場状態を「good」と評価する（図 6 S 1 0 5）。一致率は、固定値としてもよいし、変数にしてもよい。

次に、過去データと新規データの全体から、地図データとして記憶する環境磁気データを多数決法により特定する（図 6 S 1 0 7）。

より具体的には、多数派の環境磁気データを平均した値を、登録磁気データとする（図 6 S 1 0 9）。過去データと新規データが、一致する場合には従前の環境磁気データを維持し、不一致の場合には従前の環境磁気データを新しい環境磁気データに更新する。

10

20

30

40

50

多数決法の結果が散票の場合には、磁場が不安定であるものと判定する（図6 S109）。この場合には、従前の地図データの磁場状態が「b a d」の場合にはそのまま「b a d」を維持し、従前の地図データの磁場状態が「g o o d」の場合には「b a d」に更新する。図4には、その結果として、磁場状態が「b a d」のものがある。

【0023】

磁場状態を確認するために、環境磁気データを可視化することが有効である。

環境磁気データを可視化する方法としては、環境磁気データの走行距離と方位からスタート地点を原点とした位置に、磁気・方位センサ20のX軸、Y軸、Z軸で計測された環境磁気データをプロットする。磁気パターンの特徴を見る場合には、図10に示すように、地図上に描画された強度を表すバーを各軸ごと（X成分、Y成分、Z成分）にプロットすることで、各軸の特徴を視覚的に把握することが容易になる。また、所望の軸の色を変えて重ねてプロットすることで、軸ごとの違いを比較しながら把握することができる。

地図上の位置は、ロボット（移動体）1あるいは磁気・方位センサ20を搭載する計測用台車を走行させることで特定することができる。他の地図上の位置を特定する方法として、GPS（Global Positioning System）を用いて特定される地図データ上に環境磁気データをプロットすることもできる。

【0024】

以上の方法は、ロボット1を使用する前に事前に環境磁気データ（過去データ）を複数回計測しておき、新たに計測される環境磁気データを新規データとし、これと過去データと比較することで実行できる。また、ロボット1を実際に移動させる際に計測される実測磁気データを新規データとし、これと過去データとを比較することもできる。

【0025】

環境磁気データは、ロボット1の移動経路上を連続的に記憶されていることが好ましい。しかし、この方法は現在の技術レベルでは現実的ではない。ロボットの移動経路が長くなると、実測磁気との比較処理に相当の時間がかかってしまい、移動速度が著しく遅くなるからである。したがって、（本実施の形態では、0.01m）所定間隔毎に、つまり間欠的に環境磁気データを記憶することが現実的である。

【0026】

[磁場状態]

地図データとして、本実施の形態は、図4に示すように、環境磁気データの信頼性に関する情報（以下、磁場状態情報）を備えている。ロボット1の移動経路上において磁場が不安定な場所がある場合には、不安定であることを計測された位置と対応付けて記憶する。図4の例では、磁場が安定している位置には「g o o d」、磁場が不安定な位置には「b a d」が対応して記憶されている。「g o o d」、「b a d」の評価については以上の通りである。「b a d」の位置では、実測磁気と環境磁気データを対比することに基づく自律移動に変えて、他の手段（たとえば車輪の回転から位置を推定し走行する）に基づく自律移動を実行できる。この磁場状態情報は、環境磁気データを計測する際又は計測後に入力される。

【0027】

ここで、事前に記憶した環境磁気データに基づいて試走させたとき、安定した磁気が記憶されていればそのまま狙い通りに走行する。狙い通りに走行できなかった理由は以下の2つが考えられる。

（1）その付近に磁場が時間的に変動するなにかが存在する場合

（2）環境磁気データを作成中に大きな磁性体（自動車など）に影響され、本来の磁気を記憶できない

（1）の場合は、上述のように、一時的に別の方法で走行することが可能である。（2）の場合には、その区間だけ磁気データの修正（取り直し）を行うことが懸命である。

【0028】

[環境情報]

地図データとして、本実施の形態は、図4に示すように環境情報を備えている。

環境情報は、移動経路の特徴についての情報であり、例えば移動経路（道路）が真直ぐなのか又はカーブしているのか、あるいは道幅の広いのが狭いのが含まれる。ロボット1は、例えば図7に示すように、これらの情報を参照することにより、道幅の狭いところN又はカーブCの前・中・後では正確に磁気を検出できるように移動速度を落とし、道幅が広く直進できる場所Wでは移動速度を上げる、という制御を実現できる。

また、本実施の形態は、環境情報として当該位置がノード（ノードA～C）であることを含む。

【0029】

[経路接続情報]

さらに、本実施の形態は、地図情報として図4に示すように経路接続情報を含む。この経路接続情報は、ノードに接続している複数の区間経路を特定する情報である。例えば、ノードBに4つの区間経路4～区間経路7が接続しているものとすれば、そのことを経路接続情報として記述される。ロボット1は、ノードBであることを検知すると、区間経路4～区間経路7のいずれかを次の区間経路として選択する。

【0030】

図4に示すように、磁気ナビゲーションを実装するロボット1、もしくは磁気・方位センサ20を搭載する計測用台車によって、ロボット1が通る移動経路をロボット1への操作もしくは手押しによる誘導によって、磁気・方位センサ20により環境磁気と方位を計測する。データ上は、ロボット1が一定距離移動（本実施の形態では、0.01m）するごとに、3軸方向の磁気の強度及び方位を記憶する。

ロボット1の移動距離は車輪（駆動輪3,4）の回転から計測する。ただし、車輪の滑りやタイヤの空気圧の違いにより、計測値がずれる場合がある。そのため、画像による床フローの推定で移動量を正確に求めることが望ましい。

【0031】

本実施の形態では、3軸方向の磁気の数値及びそれによって計算された方位を記憶し、これらに基づいてロボット1の移動する向きを決定する。一般的には、方位のみを基準として移動する際には電子コンパスが利用される。その場合、移動する周囲に強磁性体が存在すると、その磁場に影響されて方位が狂い、その方位に向かって移動した量は修正することはできない。ところが本実施の形態で、強磁性体の存在をも考慮して環境磁気を記憶しているため、たとえ方位自体がずれたとしてもX軸方向、Y軸方向の環境磁気を用いてロボット1の起動を修正することができる。

【0032】

[第2記憶部]

第2記憶部72には、走行制御部60、演算処理部80が行う種々の制御に関するプログラムが記憶されている。

【0033】

[第3記憶部]

第3記憶部73には、ロボット1が移動すべき区間経路に関するデータ（以下、経路計画データ）が記憶される。経路計画データについて、図3を参照して説明する。なお、経路計画データは、ロボット1を移動させる前に、キーボード等の適宜の入力手段を使って、第3記憶部73に記憶させておく。

図3において、線分が区間経路を示し、円がノードを示す。この例では、1から12までの12の区間経路が、また、AからHまでの8のノードがある。区間経路1～区間経路12の各区間経路の地図データが第1記憶部71に記憶されており、これらの集合を、つまり図3(b)を「磁気マップ」と言うことにする。

【0034】

図3(b)の磁気マップにおいて、任意の移動経路を設定できる。仮に、ノードAを出発地とし、ノードHを目的地とすると、区間経路1、ノードB、区間経路4、ノードC、区間経路10、ノードG及び区間経路12を通過して目的地（ノードH）に着くことができる。このときの経路計画データは、図3(c)に示す通りである。出発地、目的地が同じ

10

20

30

40

50

であっても、異なる区間経路、ノードを通して目的地に達することができる。例えば、区間経路 1、ノード B、区間経路 6、ノード D、区間経路 11、ノード G 及び区間経路 12 を通って目的地（ノード H）に達することもできる。

以上の例から明らかなように、本実施の形態によると、磁気マップの範囲内において、経路計画データを変更することにより、移動経路を容易に変更できることがわかる。

なお、区間経路に重み（経路の長さや通やすさなど）を付加し、ダイクストラ法などの適用により使用する区間経路を効率よく探索することもできる。

【0035】

< 演算処理部 80 >

次に、演算処理部 80 は、磁気・方位比較部 81 と、経路選択部 82 と、移動距離演算部 84 を備えている。

磁気・方位比較部 81 は、第 1 記憶部 71 に記憶されている地図データを読み込むとともに、その中の環境磁気データと磁気・方位センサ 20 で計測される実測磁気、実測方位とを比較し、その偏差を求める。磁気に関する偏差（ G_x , G_y , G_z ）、方位に関する偏差（ ）は、正規の区間経路に対するロボット 1 の向きに偏差があるために生ずる。磁気・方位比較部 81 は、磁気に関する偏差（ G_x , G_y , G_z ）、方位に関する偏差（ ）を、車両移動値演算部 85 に送る。

磁気・方位比較部 81 は、環境磁気データと実測磁気とを比較することで、当該位置がノードであることを判断する。例えば、図 4 において、実測磁気が X 軸 = 0.592 (G)、Y 軸 = 0.258 (G)、Z 軸 = 5.22 (G) であれば、当該位置はノード B であると磁気・方位比較部 81 は判断する。そして、当該位置がノード B であることを判断したならば、磁気・方位比較部 81 はノード B に着いたこと及び接続経路情報を経路選択部 82 に送る。

【0036】

経路選択部 82 は、ノード情報及び接続経路情報を磁気比較部 82 から取得すると、接続経路情報に基づいて、当該ノード B に続く区間経路 4 に関する地図データを第 1 記憶部 71 から読み出すように、磁気・方位比較部 81 に指示する。磁気・方位比較部 81 は、この指示に基づいて、第 1 記憶部 71 からノード B に続く区間経路 4 に関する地図データを読み出す。磁気・方位比較部 81 は、読み出した新たな地図データに含まれる環境磁気データと実測磁気、実測方位とを比較する。

【0037】

移動距離演算部 84 は、ロータリエンコーダ 8, 9 からそれぞれ入力されるパルスを別々にカウントし、カウントした値に 1 パルス当りの移動量を乗算してそれまでの移動距離を求める。ここでは 2 つの移動距離が求められるが、その平均値が移動距離 S として車両移動値演算部 85 へ出力される。

【0038】

車両移動値演算部 85 は、ロボット 1 の位置情報を求める。この位置情報は、前述したように、（方位）と l（距離）の極座標で表現される。

車両移動値演算部 85 は、第 1 記憶部 71 から区間距離情報を読み出す。この区間距離情報は、前述したように、地図データに含まれている。車両移動値演算部 85 は、移動距離演算部 84 から取得した移動距離 S と区間距離情報とから区間経路の終点に到達するまでの残移動距離を求める。この残移動距離は、走行制御部 60 へ出力される。

【0039】

車両移動値演算部 85 は、図 8 (a) に示すように、磁気・方位比較部 81 から取得する磁気に関する偏差（ G_x , G_y , G_z ）、方位に関する偏差（ ）がともに 0（ゼロ）になるように、ロボット 1 が向きを変える角度（回転角）を求める。この回転角は、走行制御部 60 へ出力される。この向きの調整は、フィードバック制御により行うことができる。図 8 (b) に、地図データ（一部）とそれに対応する実測データを示す。この例では、12.35 ~ 12.37 m の間で方位と X 軸方向の磁気の強さに偏差がある。この偏差が 0（ゼロ）になるようにロボット 1 が向きを変える角度（回転角）が求められ

10

20

30

40

50

る。

図 9 は、この制御を実現する構成例を示すブロック図である。図 9 に示すように、この例では、環境磁気データと実測磁気と比較、方位の比較を行い、環境磁気（方位）データと計測磁気（方位）との差がゼロになるように P I D 制御を適用している。ただし、P I D 制御に限らず、本発明は他の方法により環境磁気（方位）データと実測磁気（方位）との差がゼロになるように制御することができる。

【 0 0 4 0 】

車両移動値演算部 8 5 は、また、ロボット 1 が区間経路の終点（ノード）に到達すると、磁気・方位比較部 8 1 から取得した区間経路に対する向き（角度）情報と経路情報の中の向き情報とから、ノードにおいてロボット 1 が向きを変える角度（回転角）を求める。この回転角は、走行制御部 6 0 へ出力される。

10

【 0 0 4 1 】

< 走行制御部 6 0 >

走行制御部 6 0 は、車両移動値演算部 8 5 で求められた残移動距離に基づいて、ロボット 1 を区間経路に沿って次のノードまで移動するように、駆動モータ 6 , 7 に駆動指令を出力する。また、走行制御部 6 0 は、車両移動値演算部 8 5 で求められた回転角に基づいて、ノードに到達すると、ロボット 1 の向きを次の区間経路に合うようにかえるために、駆動モータ 6 , 7 に駆動指令を出力する。

【 0 0 4 2 】

< 自律移動手順 >

以上の構成を有するロボット 1 により自律移動を行う手順の一例を図 3 及び図 4 を参照して説明する。

20

[地図データ（環境磁気データ）の登録、経路計画データの設定]

図 3（a）において、白抜きの部分がロボット 1 の通路を示し、網掛けの部分が建物等の障害物を示している。図 3（b）は、図 3（a）をグラフで表現した磁気マップである。グラフ上のノード間で区分される破線が区間経路を示している。この例の場合、ノードが A ~ H までの 8 地点、区間経路が 1 ~ 1 2 の 1 2 区間経路が設定されている。この例では、幅の広い通路には複数の区間経路が設定されている。ノード A ~ ノード H、区間経路 1 ~ 区間経路 1 2 を特定する環境磁気データは、第 1 記憶部 7 1 に記憶されている。なお、図 4 には一部の区間経路についての地図情報のみが示されている。

30

環境磁気データは、ロボット 1 又はロボット 1 と同様の磁気センサ、方位センサ及び記憶部を備えたデータ収集車を、ロボット 1 を移動させたい通路に沿って移動させて収集し、第 1 記憶部 7 1 に記憶しておく。環境磁気データの収集時にロボット 1 又はデータ収集車を移動させる方法は問わない。オペレータが手押ししてもよいし、オペレータの操作により駆動モータ 6 , 7 を動かしてロボット 1 を移動させることもできる。

また、交通ルールを適用することによって、1 つの通路に複数の区間経路が設定されている場合にはキープレフト、一つの通路に区間経路が 1 つだけ設定されている場合には左側回避ルールで衝突を回避することもできる。

【 0 0 4 3 】

図 3（b）に示す磁気マップに基づいて、経路計画データを設定する。ここでは、出発地をノード A、目的地をノード H とする。また、通る区間経路を、区間経路 1、区間経路 4、区間経路 1 0 及び区間経路 1 2 とし、経由するノードをノード B、ノード C、ノード G とする。この場合の経路計画データは図 3（c）に示される通りである。

40

【 0 0 4 4 】

[自律移動]

以上のようにして準備が整ったロボット 1 は、出発地であるノード A から自律移動を開始する。

はじめに、ロボット 1 は、磁気・方位比較部 8 1 が第 3 記憶部 7 3 に記憶されている経路計画データを参照する。磁気・方位比較部 8 1 は、経路計画が以下であることを認識する。磁気・方位比較部 8 1 は、認識した経路計画に関する地図データを、第 1 記憶部 7 1

50

から取得する。

出発地：ノード A

目的地：ノード H

通過ノード：ノード B、ノード C、ノード G

通過区間経路：区間経路 1、区間経路 4、区間経路 10、区間経路 12

【0045】

また、車両移動値演算部 85 は、第 1 記憶部 71 から区間距離情報を取得する。この区間距離情報は、今回の移動で通過する区間経路 1、区間経路 4、区間経路 10、区間経路 12 についてのものである。

【0046】

[区間経路 1 からノード B まで]

経路計画データの参照、経路情報の読み出しを行うのと並行して、磁気・方位センサ 20 実測磁気、実測方位の計測を行う。磁気・方位比較部 81 は計測される実測磁気と区間経路 1 についての環境磁気データを比較しながら、ロボット 1 は出発地であるノード A を出発する。同時に、磁気・方位比較部 81 は計測される実測方位と区間経路 1 についての登録方位データを比較する。そして、磁気・方位比較部 81 は、磁気に関する偏差 (G_x , G_y , G_z)、方位に関する偏差 () を逐次求め、車両移動値演算部 85 に出力する。車両移動値演算部 85 は、偏差 (G_x , G_y , G_z)、方位に関する偏差 () がともに 0 (ゼロ) になるように回転角を求める。この回転角は、走行制御部 60 へ出力される。

【0047】

車両移動値演算部 85 は、移動距離演算部 84 から取得した移動距離 S と移動距離情報とから区間経路 1 の終点、つまりノード B に到達するまでの残移動距離を求める。この残移動距離は、走行制御部 60 へ出力される。

【0048】

走行制御部 60 は、車両移動値演算部 85 で求められた残移動距離に基づいて、ロボット 1 を区間経路 1 に倣ってノード B まで移動するように、駆動モータ 6, 7 に駆動指令を出力する。また、走行制御部 60 は、車両移動値演算部 85 で求められた回転角に基づいて、駆動モータ 6, 7 に駆動指令を出力する。

【0049】

以上のようにして、ロボット 1 はノード B に向けて自律移動する。磁気・方位比較部 81 は、第 1 記憶部 71 から磁場情報及び環境情報を取得しながら自律移動する。

磁気・方位比較部 81 は、磁場情報が「good」の場合には上述した比較を行うが、磁場情報が「bad」の場合には偏差 G_x 、偏差 G_y を求めることなく、そのことを車両移動値演算部 85 に通知する。この場合、車両移動値演算部 85 は従前の条件で駆動モータ 6, 7 に駆動指令を出力することができる。また、後述するように、ロボット 1 は他のセンサを用いて自律移動することもできる。

【0050】

以上のようにしてロボット 1 がノード B に着く。ロボット 1 は、自律移動した距離が地図データ上の距離に一致し、かつ実測磁気と環境磁気データとが一致することで、ノード B に着いたことを判断する。そうすると、接続経路情報からこのノード B 経路に接続されているのが区間経路 4、区間経路 5、区間経路 6 及び区間経路 7 の 4 つの区間経路であることを認識する。この場合、経路計画データによりノード B の先に移動する区間経路は区間経路 4 であることが認識されているので、ロボット 1 は区間経路 4 に関する地図データを読み込む。この場合、区間経路 1 の終端はノード B がかつノード B は区間経路 4 の始点である。ロボット 1 は、区間経路 4 の始点、つまり 0.0 [m] 地点において、区間経路 1 に対応する環境磁気データ、登録方位データから、区間経路 4 に対応する環境磁気データ、登録方位データに切り替えて、実測磁気と環境磁気データの比較、実測方位と登録方位データとの比較を行いながら、ノード C に向けて自律移動する。

ノード C に着いてから目的地であるノード H に到達するまでは、以上と同様にしてロボ

10

20

30

40

50

ット 1 は自律移動することができる。

【 0 0 5 1 】

< 主要な効果 >

以上説明したように、本実施の形態によるロボット 1 は、移動経路をノードにより区切られる区間経路から構成し、かつノードに対応して次に進むべき区間経路の情報を備えている。したがって、経路計画を事前に設定するだけで、ロボット 1 を磁気マップ上の任意の 2 つのノード間を任意の区間経路を通して自律移動できる。

【 0 0 5 2 】

以上の実施形態では、磁場環境が「 b a d 」の場合には従前の条件で自律移動することになっているが、本発明はこれに限定されない。例えば、磁場環境が「 b a d 」が続く場合には、その間は他のセンサに切り替えて自律移動を行うこともできる。例えば、距離計測スキャナで空間距離を計測し、周辺環境に合わせた自律移動を行うことができるし、壁沿い移動を行うこともできる。この場合にはレーザ距離計、赤外線距離計が利用される。なお、このような距離センサを用いる場合、センサを固定して距離計測を行う方向を一定にしてもよいし、センサを回転装置に載せて広範囲の距離計測を行ってもよい。また、距離計測以外のセンサとしては、画像処理によって空間認識を行う方法や、GPS で自己位置計測する方法も適用できる。

10

【 0 0 5 3 】

また、以上の実施の形態では、環境磁気データ及び実測磁気として 3 軸 (X 軸 , Y 軸 , Z 軸) 方向の磁気を計測、保持するが、これは必須ではなく、少なくとも 1 軸方向の磁気だけでも本発明は実現可能である。ただし、3 軸方向の磁気を用いると精度よく位置制御を行うことができる。

20

これ以外にも、本発明の主旨を逸脱しない限り、上記実施の形態で挙げた構成を取捨選択し、あるいは他の構成に適宜変更することが可能である。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 4 】

1 ... ロボット

2 0 ... 磁気・方位センサ

5 0 ... 制御部、6 0 ... 走行制御部

7 0 ... 記憶部

7 1 ... 第 1 記憶部、7 1 a ... 登録データ記憶部、7 1 b ... 過去データ記憶部

7 2 ... 第 2 記憶部、7 3 ... 第 3 記憶部

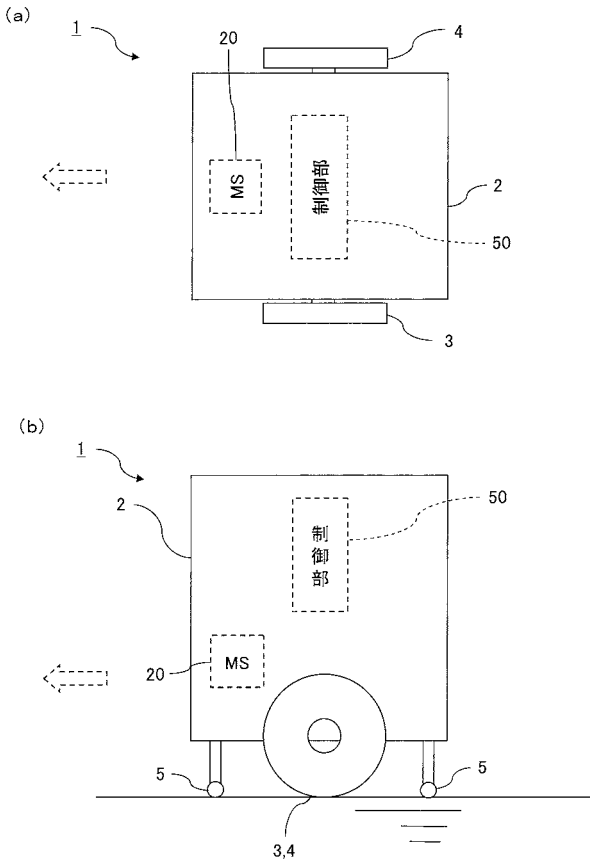
8 0 ... 演算処理部

8 1 ... 磁気・方位比較部、8 2 ... 経路選択部、8 4 ... 移動距離演算部

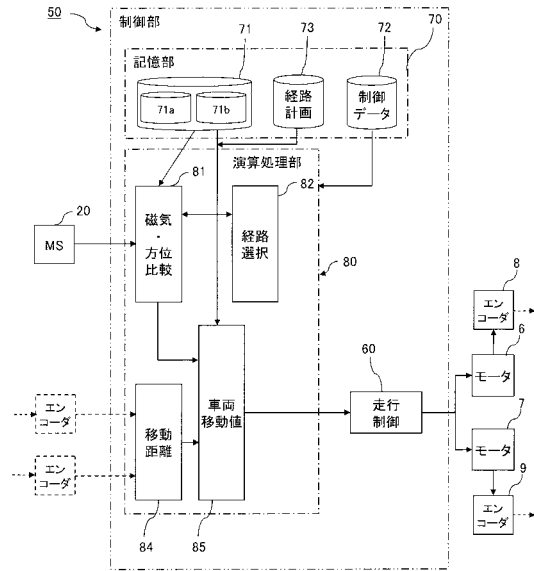
8 5 ... 車両移動値演算部、8 6 ... 自律移動演算部

30

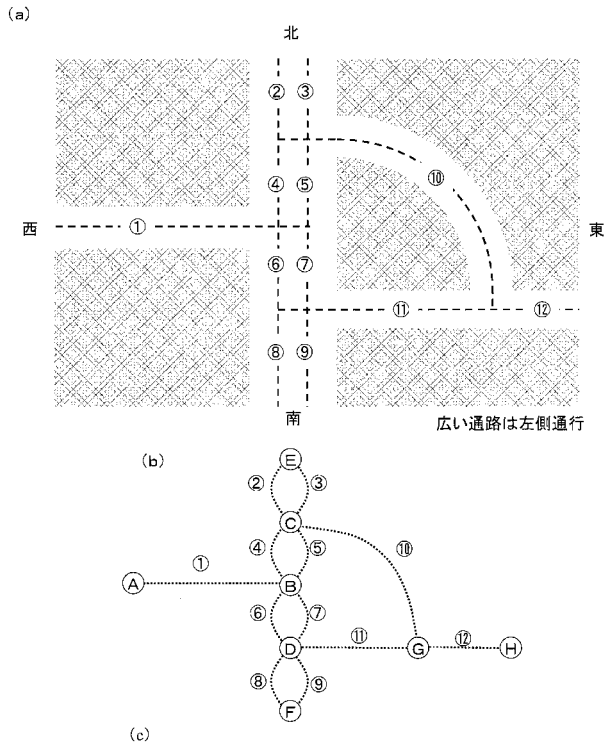
【図1】



【図2】



【図3】

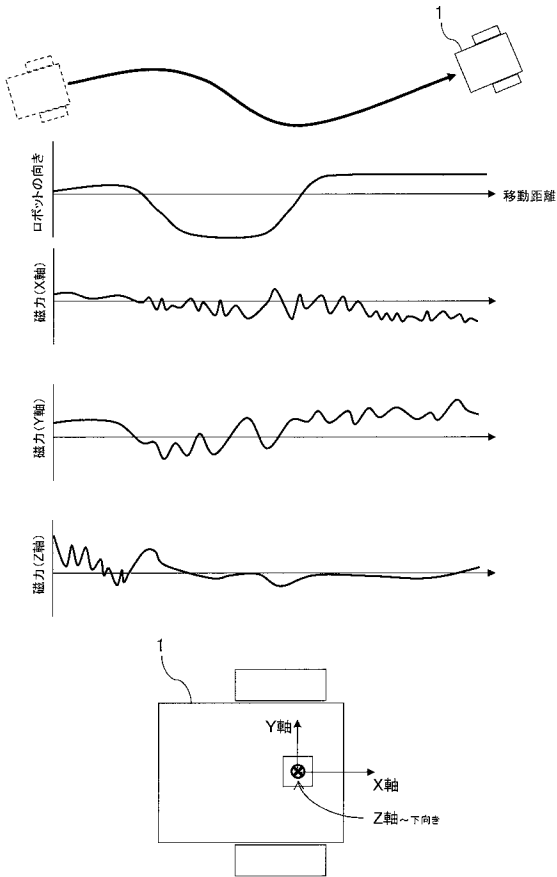


# 経路計画データ			
# スタート	ゴール	ノード	区間経路
A	H	B,C,G	1,4,10,12

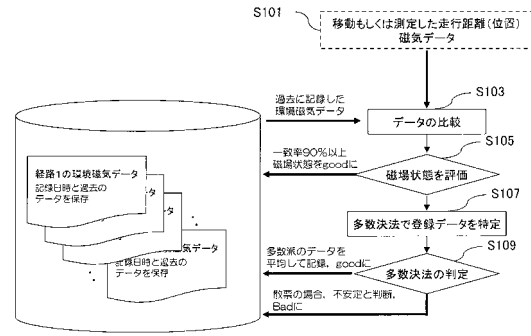
【図4】

# 地図データ 区間経路①								
# 距離(m)	方位(deg)	X軸(G)	Y軸(G)	Z軸(G)	磁場状態	環境情報	接続経路情報	
0.00	91.3	0.431	0.301	0.523	good	道路, 幅狭, ノードA		
0.01	91.3	0.421	0.420	0.523	good	道路, 幅狭		
0.02	91.2	0.411	0.318	0.522	bad	道路, 幅狭		
...		
30.04	91.3	0.592	0.258	0.522	good	ノードB	④,⑤,⑥,⑦	
...								
# 地図データ 区間経路④								
# 距離(m)	方位(deg)	X軸(G)	Y軸(G)	Z軸(G)	磁場状態	環境情報	接続経路情報	
0.00	1.3	0.461	0.251	0.503	good	道路, 幅広, ノードB		
0.01	1.3	0.451	0.370	0.503	good	道路, 幅広		
0.02	1.2	0.441	0.268	0.502	good	道路, 幅広		
...		
15.05	1.3	0.622	0.208	0.502	good	ノードC	②,⑤,⑩	
# 地図データ 区間経路⑤								
# 距離(m)	方位(deg)	X軸(G)	Y軸(G)	Z軸(G)	磁場状態	環境情報	接続経路情報	
0.00	271.3	0.491	0.201	0.483	good	道路, 幅広, ノードB		
0.01	271.3	0.481	0.320	0.483	good	道路, 幅広		
0.02	271.2	0.471	0.218	0.482	good	道路, 幅広		
...		
15.05	271.3	0.652	0.158	0.482	good	ノードC	②,⑤,⑩	
# 地図データ 区間経路⑥								
...								

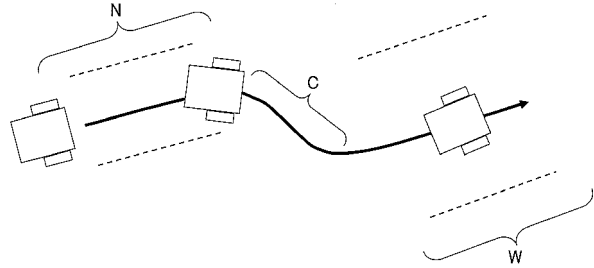
【 図 5 】



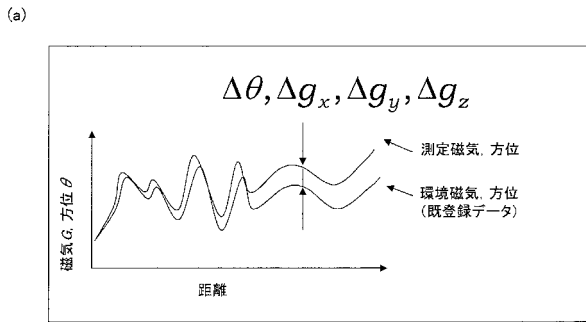
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】

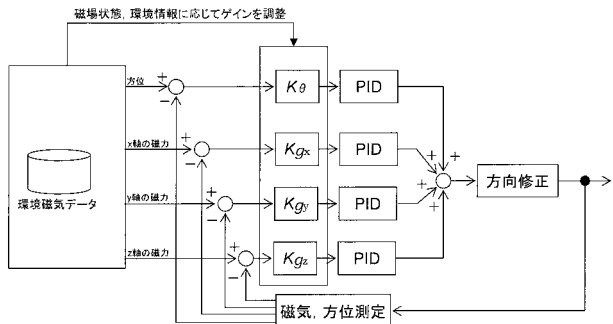


(b)

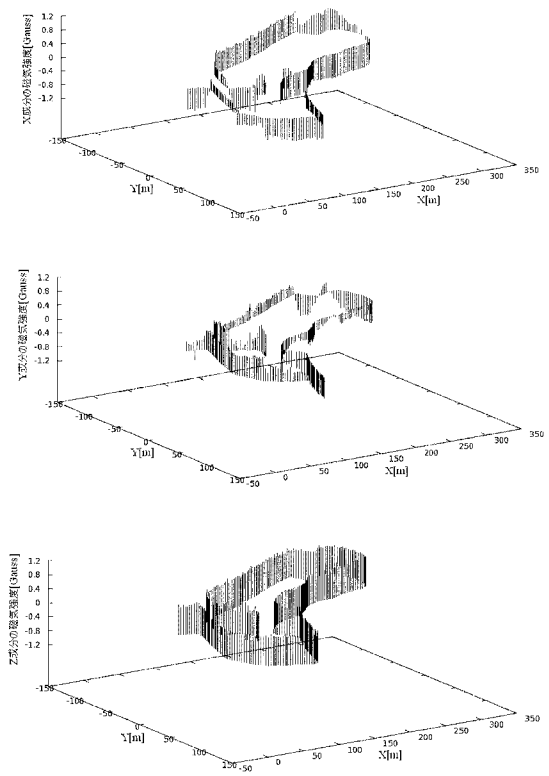
#地図データ, 区間経路①				
# 距離(m)	方位(deg)	X軸(G)	Y軸(G)	Z軸(G)
0.00	91.3	0.461		
0.01	91.3	0.451		
0.02	91.2	0.441		
...				
12.35	91.3	0.532		
12.36	91.2	0.533		
12.37	91.3	0.534		
...				
30.04	91.3	0.622		

#実測磁気, 区間経路①				
# 距離(m)	方位(deg)	X軸(G)	Y軸(G)	Z軸(G)
0.00	91.3	0.461	0.301	0.523
0.01	91.3	0.451	0.420	0.523
0.02	91.2	0.441	0.318	0.522
...				
12.35	91.5	0.535	0.388	0.523
12.36	91.6	0.537	0.389	0.533
12.37	91.8	0.538	0.387	0.534
...				
30.04	91.3	0.622	0.258	0.522

【 図 9 】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 鹿内 佳人

栃木県宇都宮市陽東7丁目1番地2号 国立大学法人宇都宮大学内

Fターム(参考) 5H301 AA01 BB14 GG07 GG12 GG17