

(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2011-129072

(P2011-129072A)

(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 8 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2009-289824 (P2009-289824)  
 (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】磁気ナビゲーションに基づいて自律移動する移動体が自己位置を見失うのを抑制する。

【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と、移動体が前記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。環境磁気データは、第1の環境磁気データ群と第2の環境磁気データ群とを少なくとも含む。第1の環境磁気データ群と第2の環境磁気データ群は、移動体の移動方向と直交する幅方向に互いに間隔を空けて計測されたものである。

【選択図】 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)			磁場情報
		(1)-a	(1)-b	(1)-c	(1)-a	(1)-b	(1)-c	(1)-a	(1)-b	(1)-c	
0.00	91.3	0.491	0.461	0.431	0.301	0.301	0.301	0.523	0.523	0.523	ノードA
0.01	91.3	0.481	0.451	0.421	0.420	0.420	0.420	0.523	0.523	0.523	
0.02	91.2	0.471	0.441	0.411	0.318	0.318	0.318	0.522	0.522	0.522	
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
12.35	91.3	0.532	0.532	0.532	0.388	0.388	0.388	0.523	0.523	0.523	mag.flat
12.36	91.2	0.533	0.533	0.533	0.389	0.389	0.389	0.533	0.533	0.533	mag.flat
12.37	91.3	0.534	0.534	0.534	0.387	0.387	0.387	0.534	0.534	0.534	mag.flat
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
30.04	91.3	0.652	0.622	0.592	0.258	0.258	0.258	0.522	0.522	0.522	ノードB

# 地図データ 区間経路(2)											
# 距離(m)	方位(deg)	X軸(G)			Y軸(G)			Z軸(G)			環境情報
		(1)-a	(1)-b	(1)-c	(1)-a	(1)-b	(1)-c	(1)-a	(1)-b	(1)-c	
0.00	1.3	0.652	0.622	0.592	0.258	0.258	0.258	0.522	0.522	0.522	ノードB

## 【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、

前記環境磁気データは、

第 1 の環境磁気データ群と第 2 の環境磁気データ群とを少なくとも含み、

前記第 1 の環境磁気データ群と前記第 2 の環境磁気データ群は、前記移動体の移動方向と直交する幅方向に互いに間隔を空けて計測されたものである、  
ことを特徴とする自律移動方法。

10

## 【請求項 2】

前記自律移動体は、

前記第 1 の環境磁気データが計測された経路上にいるものと自己位置を認識した場合に、

前記第 2 の環境磁気データが計測された経路に向けて移動し、

前記第 2 の環境磁気データが計測された経路上にいるものと自己位置を認識した場合に、

前記第 1 の環境磁気データが計測された経路に向けて移動する、

請求項 1 に記載の自律移動方法。

20

## 【請求項 3】

前記環境磁気データは、

前記第 1 の環境磁気データ群と前記第 2 の環境磁気データ群の前記幅方向における間に、第 3 の環境磁気データ群をさらに含む、

請求項 1 に記載の自律移動方法。

## 【請求項 4】

前記自律移動体は、

前記第 1 の環境磁気データが計測された経路上にいるものと自己位置を認識した場合に、

前記第 3 の環境磁気データが計測された経路に向けて移動し、

前記第 2 の環境磁気データが計測された経路上にいるものと自己位置を認識した場合に、

前記第 3 の環境磁気データが計測された経路に向けて移動する、

請求項 3 に記載の自律移動方法。

30

## 【請求項 5】

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、を比較しながら自律移動する自律移動体であって、

前記環境磁気データは、

第 1 の環境磁気データ群と第 2 の環境磁気データ群とを少なくとも含み、

前記第 1 の環境磁気データ群と前記第 2 の環境磁気データ群は、前記移動体の移動方向と直交する幅方向に互いに間隔を空けて計測されたものである、

ことを特徴とする自律移動体。

40

## 【請求項 6】

前記自律移動体は、

前記第 1 の環境磁気データが計測された経路上にいるものと自己位置を認識した場合に、

前記第 2 の環境磁気データが計測された経路に向けて移動し、

前記第 2 の環境磁気データが計測された経路上にいるものと自己位置を認識した場合に

50

、  
前記第 1 の環境磁気データが計測された経路に向けて移動する、  
請求項 5 に記載の自律移動体。

【請求項 7】

前記環境磁気データは、  
前記第 1 の環境磁気データ群と前記第 2 の環境磁気データ群の前記幅方向における間に、  
第 3 の環境磁気データ群をさらに含む、  
請求項 6 に記載の自律移動体。

【請求項 8】

前記自律移動体は、  
前記第 1 の環境磁気データが計測された経路上に居るものと自己位置を認識した場合に

10

、  
前記第 3 の環境磁気データが計測された経路に向けて移動し、  
前記第 2 の環境磁気データが計測された経路上に居るものと自己位置を認識した場合に

、  
前記第 3 の環境磁気データが計測された経路に向けて移動する、  
請求項 7 に記載の自律移動体。

【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。

20

【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）。

30

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）。

40

【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】

50

## 【 0 0 0 5 】

【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.

## 【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 0 6 】

ところが、以上の本発明者等の提案に基づく自律移動（磁気ナビゲーションと言うことがある）においても、例えば移動距離が長くなると走行距離の計測誤差により、移動体が自己位置を見失うことがある。この自己位置認識精度の低下は、カーブを移動するとき顕著となる。

10

本発明は、このような技術的課題に基づいてなされたもので、磁気ナビゲーションに基づいて自律移動する移動体が自己位置を見失うのを抑制することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 7 】

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。本発明の自律移動方法は、環境磁気データが、第1の環境磁気データ群と第2の環境磁気データ群と、少なくとも2つの環境データを含む。第1の環境磁気データ群と第2の環境磁気データ群という2つの環境磁気データは、移動体の移動方向と直交する幅方向に互いに間隔を空けて計測されたものである。

20

## 【 0 0 0 8 】

本発明の自律移動方法は、幅方向に間隔を有する2つの環境磁気データを備えており、自律移動体が2つの環境磁気データで挟まれる領域から外れないように移動を制御することができる。2つの環境磁気データを備えている場合の典型的な手法として、第1の環境磁気データが計測された経路上に居るものと自律移動体が自己位置を認識した場合には、第2の環境磁気データが計測された経路に向けて自律移動体を移動させる。逆に、第2の環境磁気データが計測された経路上に居るものと自律移動体が自己位置を認識した場合には、第1の環境磁気データが計測された経路に向けて自律移動体を移動させる。そうすることで、自律移動体は、第1の環境磁気データ群と第2の環境磁気データ群という2つの環境磁気データで挟まれる領域から外れることは稀である。

30

## 【 0 0 0 9 】

本発明は、環境磁気データとして、第1の環境磁気データ群と第2の環境磁気データ群の幅方向における間に、第3の環境磁気データ群をさらに含むことができる。換言すると、第3の環境磁気データ群を中心に、第1の環境磁気データ群と第2の環境磁気データ群が幅方向の両側に存在することになる。

この場合、第1の環境磁気データが計測された経路上に居るものと自律移動体が自己位置を認識した場合には、第3の環境磁気データが計測された経路に向けて自律移動体を移動させる。また、第2の環境磁気データが計測された経路上に居るものと自律移動体が自己位置を認識した場合には、第3の環境磁気データが計測された経路に向けて自律移動体を移動させる。つまり、自律移動体は、幅方向にずれようとしても、幅方向の中央に存在する第3の環境磁気データ群が計測された経路に向けて戻される。

40

ここで、第3の環境磁気データは、第1の環境磁気データ及び第2の環境磁気データと同様に予め計測して得ておくことができるが、本発明はこれに限らず、第1の環境磁気データ及び第2の環境磁気データから求めることができる。例えば、第1の環境磁気データ及び第2の環境磁気データの間値、典型的には平均値を第3の環境磁気データとすることができる。この場合、自律移動前に中間値を求めて記憶させることができるし、自律移動中に演算して求めることもできる。

## 【 0 0 1 0 】

50

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、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、を比較しながら自律移動することを前提とする。この自律移動体の特徴は、環境磁気データが、第1の環境磁気データ群と第2の環境磁気データ群とを少なくとも含むことである。第1の環境磁気データ群と第2の環境磁気データ群は、移動体の移動方向と直交する幅方向に互いに間隔を空けて計測されたものである。

【0011】

本発明の自律移動体は、以下のように挙動することが好ましい。すなわち、第1の環境磁気データが計測された経路上に居るものと自律移動体が自己位置を認識した場合には、第2の環境磁気データが計測された経路に向けて自律移動体は移動する。逆に、第2の環境磁気データが計測された経路上に居るものと自律移動体が自己位置を認識した場合に、第1の環境磁気データが計測された経路に向けて自律移動体は移動する。

10

【0012】

また本発明の自律移動体は、環境磁気データとして、第1の環境磁気データ群と第2の環境磁気データ群の幅方向における間に、第3の環境磁気データ群をさらに含むことができる。

この場合には、第1の環境磁気データが計測された経路上に居るものと自律移動体が自己位置を認識すると、第3の環境磁気データが計測された経路に向けて自律移動体は移動する。また、第2の環境磁気データが計測された経路上に居るものと自律移動体が自己位置を認識すると、第3の環境磁気データが計測された経路に向けて自律移動体は移動する。

20

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、本発明の自律移動方法は、幅方向に間隔を空けて計測された少なくとも2つの環境磁気データを備えており、これを利用して自律移動体が2つの環境磁気データで挟まれる領域から外れないように移動を制御することができる。

【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。

30

【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移動経路を示す図である。

【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。

【図6】本実施の形態において、経路の幅方向に3つの環境磁気データ群が並列に設定されている様子を示す図である。

40

【図7】本実施の形態において、経路の幅方向の環境磁気の強さのパターンを示す図である。

【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。

【発明を実施するための形態】

【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。なお、図3（a）において、出発地（S）から目的地（G）までの全行程を移動経路といい、移動経路を構成するそれぞれの経路を「区

50

間経路」というものとする。

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と電氣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。

#### 【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、鉛直方向に下向きの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。

#### 【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等のメモリ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。

#### 【0018】

< 記憶部70 >

記憶部70は、第1記憶部71と、第2記憶部72とを備えている。

[ 第1記憶部 ]

第1記憶部71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。第1記憶部71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20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

10

20

30

40

50

化が大きい。本実施の形態は、一つの区間経路（移動経路）について、3つの軸方向の各々について3つの環境磁気データ群を記憶する。つまり、図6に示すように、経路の幅方向の左側（(1) - a, 左側軌道）、中央（(1) - b, 中央軌道）及び右側（(1) - c, 右側軌道）について環境磁気データ（群）が計測され、第1記憶部71に記憶される。図4に示す区間経路(1)の場合、X軸の磁気の強さが左側軌道から右側軌道に向けて小さくなることが示されている。例えば、左側軌道からさらに左側に強磁性体が存在している場合にこのような分布を示す。

#### 【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。本実施の形態の方位は北を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、本実施の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できる。

#### 【0021】

磁気ナビゲーションを実装するロボット1、もしくは磁気センサ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。

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。

#### 【0022】

本実施の形態では、3軸方向の磁気の値及びそれによって計算された方位を記憶する。一般的には、方位で走行する際には電子コンパスが利用される。その場合、環境磁場に影響された瞬間に方位が狂い、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、磁場変動に合わせて修正を行うので、たとえ方向がずれたとしてもロボット1の起動を修正することができる。

#### 【0023】

##### [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、移動経路の幅方向の分布に関する情報（以下、磁場状態情報）を備えている。これは、1軸ごとに記憶されている環境磁気データ（1 - a ~ 1 - b）の同一位置における強度の分布を示している。この磁気分布は図7に示すようにいくつかのパターンに分類される。つまり、経路の幅方向に沿って磁気強度が大きく傾斜するパターンA、磁気強度が山型になるパターンB、磁気強度が谷型になるパターンC及び磁気強度の差が小さいパターンDである。パターンDが計測された位置と対応付けて「mag. flat」が記憶される。「mag. flat」の利用法は後述する。また、図7はX軸について示したが、Y軸、Z軸についても同様に磁気強度の分布を持つことがあり、本発明は3軸のいずれの磁気強度の分布をも参照できる。

#### 【0024】

##### [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。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 5 】

## &lt; 演算処理部 8 0 &gt;

次に、演算処理部 8 0 は、磁気・方位比較部 8 1 と、幅方向位置修正部 8 2 と、移動距離演算部 8 4 を備えている。

磁気・方位比較部 8 1 は、第 1 記憶部 7 1 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 2 0 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してロボット 1 の向きに偏差があるために生ずる。磁気・方位比較部 8 1 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 8 5 に送る。

10

磁気・方位比較部 8 1 は、上記比較を行いながら、ロボット 1 が中央軌道からずれて、左側軌道に達したこと又は右側軌道に達したことを幅方向位置修正部 8 2 へ通知する。

## 【 0 0 2 6 】

幅方向位置修正部 8 2 は、左側軌道に達したことの情報を取得すると、中央軌道に向けてロボット 1 を右向きに移動するように車両移動値演算部 8 5 に対して指示する。また、左側軌道に達したことの情報を取得すると、中央軌道に向けてロボット 1 を左向きに移動するように車両移動値演算部 8 5 に対して指示する。

## 【 0 0 2 7 】

移動距離演算部 8 4 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 8 5 へ出力される。

20

## 【 0 0 2 8 】

車両移動値演算部 8 5 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 8 5 は、第 1 記憶部 7 1 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 8 5 は、移動距離演算部 8 4 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 6 0 へ出力される。

## 【 0 0 2 9 】

30

車両移動値演算部 8 5 は、図 8 ( a ) に示すように、磁気・方位比較部 8 1 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 6 0 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の比較、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。

40

## 【 0 0 3 0 】

## &lt; 走行制御部 6 0 &gt;

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変えるために、駆動モータ 6 , 7 に駆動指令を出力する。

50



## 【 0 0 3 1 】

## &lt; 自律移動手順 &gt;

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。

## [ 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 ~ E までの 5 地点、区間経路が 1 ~ 4 の 4 経路が設定されている。各区間経路 1 ~ 4 ごとに 3 群の環境磁気データが記憶されている。ノード A ~ ノード E、区間経路 1 ~ 区間経路 4 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データのみが示されている。

10

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。

## 【 0 0 3 2 】

## [ 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。自律移動は、中央軌道の環境磁気データ ( ( 1 ) - b ) を基準に行われる。

20

はじめに、ロボット 1 は、車両移動値演算部 8 5 が第 1 記憶部 7 1 から順次移動する区間経路 1 ~ 4 の地図データを取得する。この読み出しは、中央軌道のみならず、左側軌道、右側軌道の環境磁気データも合わせて行われる。

## 【 0 0 3 3 】

## [ ノード A ~ 区間経路 1 ~ ノード B まで ]

区間経路 1 の地図データの読み出しを行うのと並行して、磁気・方位センサ 2 0 によって実測磁気、実測方位の計測を行う。磁気・方位比較部 8 1 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 ( 中央軌道 , ( ( 1 ) - b ) ) 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 8 1 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 8 1 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 8 5 に出力する。車両移動値演算部 8 5 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 6 0 へ出力される。

30

## 【 0 0 3 4 】

車両移動値演算部 8 5 は、移動距離演算部 8 4 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 6 0 へ出力される。

## 【 0 0 3 5 】

40

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 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 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、駆動モータ 6 , 7 に駆動指令を出力する。

## 【 0 0 3 6 】

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 8 1 は、第 1 記憶部 7 1 から磁場情報を取得しながら自律移動する。

磁気・方位比較部 8 1 は、磁場情報が「mag. flat」の場合には、そのことを車両移動値演算部 8 5 に通知する。この場合、車両移動値演算部 8 5 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。

50

## 【 0 0 3 7 】

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することに加えて環境磁気データと実測磁気との比較によりノードBに着いたことを判断する。そうすると、先に読み出した区間経路2の地図データを参照する。この場合、区間経路1の終端はノードBでかつノードBは区間経路2の始点である。ロボット1は、区間経路2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2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Eに到達するまでは、以上と同様にしてロボット1は自律移動することができる。

## 【 0 0 3 8 】

## &lt; 主要な効果 &gt;

ロボット1は、区間経路を移動中に中央軌道から外れて左側軌道又は右側軌道に達する、つまり自己位置を認識することがあり、左側軌道に対する環境磁気データ群(1)-a、右側軌道に対する環境磁気データ群(1)-cと実測磁気との比較によりそのことを検知する。例えば、図6のような場合である。この場合、磁気・方位比較部81はそのことを幅方向位置修正部82へ通知し、幅方向位置修正部82は、左側軌道情報を取得すると、ロボット1が中央軌道に向けて右向きに移動するように車両移動値演算部85に対して指示する。磁気・方位比較部81が右側軌道情報を出力すると、ロボット1が中央軌道に向けて左向きに移動するように車両移動値演算部85に対して指示する。車両移動値演算部85は、これら指示に基づいて駆動モータ6,7に駆動指令を出力する。

このように本実施の形態によるロボット1は、左側軌道からさらに左側に外れること、又は右側軌道からさらに右側に外れるのを阻止されながら2つのノード間を繋ぐ区間経路を自律移動するので、移動距離が長く、かつカーブを含んでいても自己位置を認識できなくなることは稀である。

## 【 0 0 3 9 】

図7に示すパターンA~Cは、左側軌道、中央軌道、右側軌道の磁気の強さに差異があるので、ロボット1はいずれの軌道上に自己が位置するか特定できる。しかし、パターンDのように左側軌道、中央軌道、右側軌道の磁気の強さの差が小さい場合には、ロボット1はいずれの軌道上に自己が位置するか特定できないおそれがある。その位置には「mag.flat」を対応して地図データに記憶しており、そ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「mag.flat」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。

## 【 0 0 4 0 】

また、以上の実施の形態では3軸(X軸, Y軸, Z軸)方向の各々について左側軌道、中央軌道、右側軌道を事前に計測した環境磁気データに基づいて設定したが、本発明はこれに限定されず、環境磁気データの事前の計測は、左側軌道及び右側軌道に対応する2つだけでよい。この形態は、狭い経路を自律移動させるような場合には、互いに所定の間隔を設けながら左側軌道、中央軌道及び右側軌道の各々に対応する環境磁気データを並行して計測することが困難な場合に有効である。この形態はさらに以下のように区分できる。

## &lt; 形態 A &gt;

ロボット1が自律移動する過程で、左側軌道に対応する環境磁気データ及び右側軌道に対応する環境磁気データから中央軌道に対応する環境磁気データを演算により求める。口

10

20

30

40

50

ロボット 1 は、中央軌道に対応する環境磁気データを演算しながら中央軌道に倣って自律移動する。形態 1 は、第 1 記憶部 7 1 に記憶するデータ量を少なくできる利点がある。

< 形態 B >

左側軌道に対応する環境磁気データ及び右側軌道に対応する環境磁気データから中央軌道に対応する環境磁気データを演算により事前に求めておき、地図データとして、左側軌道に対応する地図データ及び右側軌道に対応する地図データとともに第 1 記憶部 7 1 に記憶させる。ロボット 1 は、第 1 記憶部 7 1 に記憶されている中央軌道に倣って自律移動する。この形態 B では、事前に求めておいた中央起動に対応する環境磁気データを、自律移動中に実測した環境磁気で置き換えることができる。

< 形態 C >

ロボット 1 が左側軌道上に自己位置を認識した場合には、ロボット 1 は右側軌道に向けて移動する。逆に、ロボット 1 が右側軌道上に自己位置を認識した場合には、ロボット 1 は左側軌道に向けて移動する。ロボット 1 は、左側軌道と右側軌道で挟まれる経路に倣って自律移動する。

10

【 0 0 4 1 】

さらに、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。

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。

20

【 符号の説明 】

【 0 0 4 2 】

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 2 ... 第 2 記憶部

8 0 ... 演算処理部

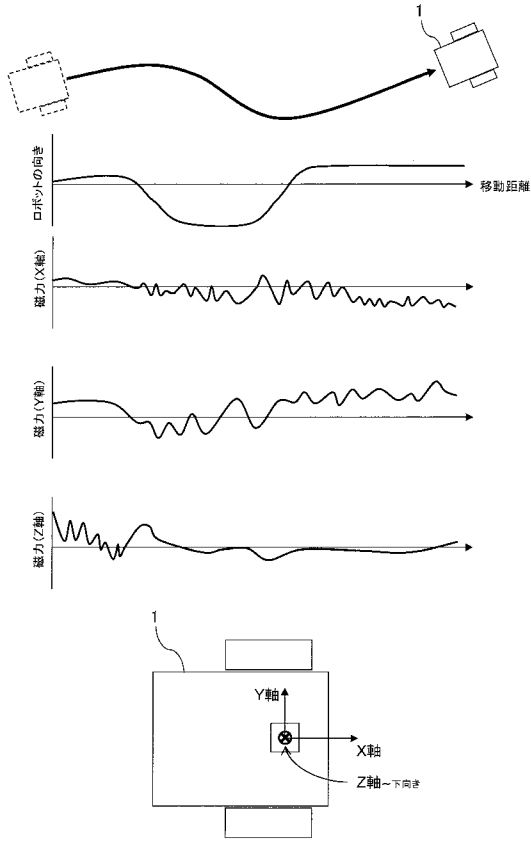
8 1 ... 磁気・方位比較部、8 2 ... 幅方向位置修正部、8 4 ... 移動距離演算部、8 5 ...

30

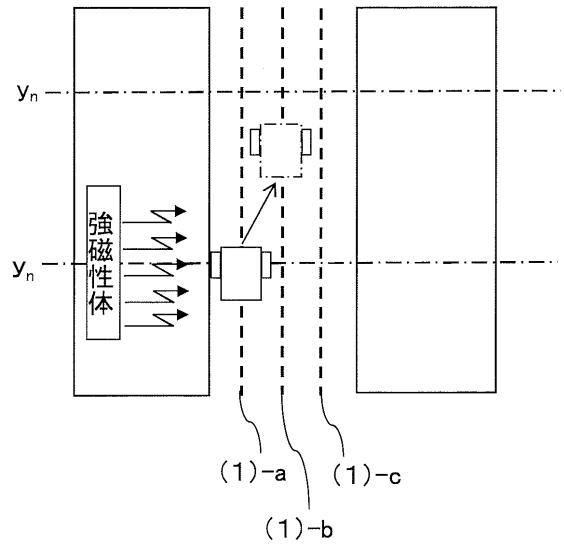
車両移動値演算部



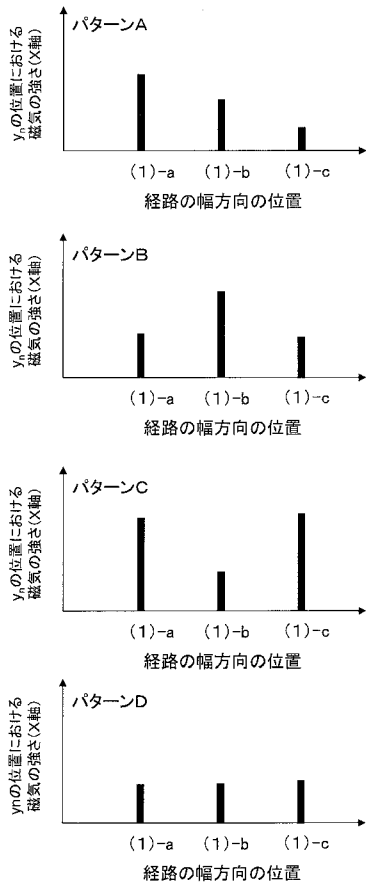
【 図 5 】



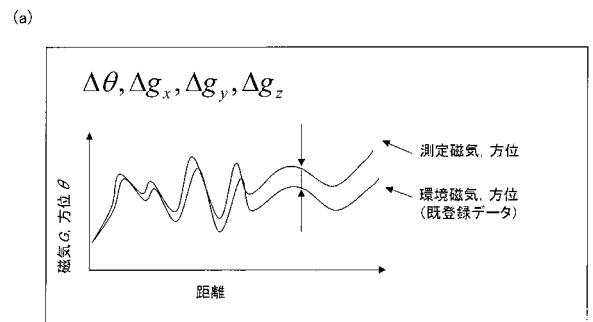
【 図 6 】



【 図 7 】



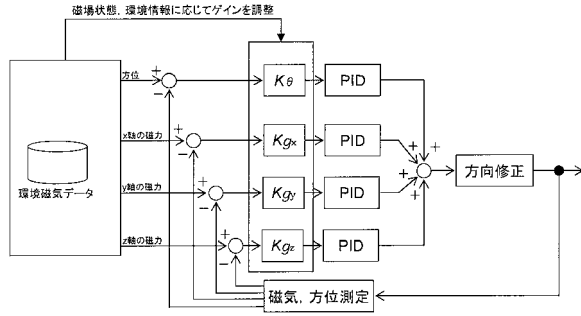
【 図 8 】



(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)	#実測磁気, 区間経路(1)				
		(1)-b	(1)-b	(1)-b	# 距離(m)	方位(deg)	X軸(G)	Y軸(G)	Z軸(G)
0.00	91.3	0.461	0	0	0.00	91.3	0.461	0.301	0.523
0.01	91.3	0.451	0	0	0.01	91.3	0.451	0.420	0.523
0.02	91.2	0.441	0	0	0.02	91.2	0.441	0.318	0.522
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
12.35	91.3	0.532	0	0	12.35	91.5	0.535	0.388	0.523
12.36	91.2	0.533	0	0	12.36	91.6	0.537	0.389	0.533
12.37	91.3	0.534	0	0	12.37	91.8	0.538	0.387	0.534
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
30.04	91.3	0.622	0	0	30.04	91.3	0.622	0.258	0.522

【 図 9 】



---

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 AA09 BB14 DD01 GG12 GG17 HH10