

(19)日本国特許庁 ( J P )

# (12)特許公報 ( B 2 )

(11)特許番号

## 特許第3395136号

( P 3 3 9 5 1 3 6 )

(45)発行日 平成15年4月7日(2003.4.7)

(24)登録日 平成15年2月7日(2003.2.7)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

G01S 3/802

G01S 3/802

G01R 33/02

G01R 33/02

Q

G01V 3/08

G01V 3/08

A

請求項の数 2 (全7頁)

(21)出願番号 特願2002 - 194469( P 2002 - 194469)

(22)出願日 平成14年7月3日(2002.7.3)

(65)公開番号 特開2002 - 333484( P 2002 - 333484 A )

(43)公開日 平成14年11月22日(2002.11.22)

審査請求日 平成14年7月3日(2002.7.3)

早期審査対象出願

(73)特許権者 390014306  
防衛庁技術研究本部長  
東京都新宿区市谷本村町5番1号

(73)特許権者 000147774  
株式会社石川製作所  
石川県金沢市南森本町95番地

(72)発明者 小口 芳生  
神奈川県横浜市緑区竹山2-4-3竹山  
団地2402-237

(72)発明者 奥野 博光  
神奈川県横須賀市久比里2-3-J-29

(74)代理人 100079290  
弁理士 村井 隆

審査官 宮川 哲伸

最終頁に続く

(54)【発明の名称】移動目標の相対位置検出方法

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 移動目標が発生する磁界又は電界信号の直交3軸成分を捕捉する1個所に配置された検出器を用い、該検出器と等速直線運動をする移動目標との相対位置を検出する移動目標の相対位置検出方法であって、前記移動目標の発生する磁界又は電界信号を、前記移動目標が前記検出器に対して少なくとも最接近位置となる時刻まで時系列的に測定・集録する測定・集録ステップと、前記測定・集録ステップで集録されたデータを加工するデータ変換ステップと、前記移動目標と前記検出器間の高度差又は距離、あるいは前記移動目標の速度のいずれか1つを既知とし、前記データ変換ステップで得られた変換データと理論式による値との残差式を用いて最小自乗法により未知のパラメ

2

ータを算出する算出ステップとに基づいて、移動目標の相対位置を検出するとともに、前記測定・集録ステップ、前記データ変換ステップ及び前記算出ステップにより、前記移動目標の信号源の大きさを得て目標を識別することを特徴とする移動目標の相対位置検出方法。

【請求項2】 前記算出ステップでは、前記移動目標の信号源が複数に分割されたものとした理論式を用いる請求項1記載の移動目標の相対位置検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、等速直線運動をする移動目標の接近を検出するため、移動目標の発生する信号を1個所に配置された検出器(例えば直交3軸を検出するものであれば1個、1軸のみ検出するものであれ

10

ば 3 個) を使用して、所定のサンプル時間で時系列的に測定・集録・処理することにより、移動目標と前記検出器との相対位置を検出する移動目標の相対位置検出方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】従来、移動目標の接近を検出するため、移動目標が発生する磁気信号又は音響信号などのレベルのピーク値を検出する方法があるが、検出装置からどれほど離れているかの相対位置を知ることは出来ない。

【 0 0 0 3 】また、複数の検出器を所定距離で配置し、それぞれの受信信号の差から移動目標の相対位置を検出する方法(特許第 2 5 0 0 3 4 7 号公報等)があるが、複数の検出器を離して配置するため、装置の小型化が図れないこと及び配置に高精度を要するため製造が難しいという問題がある。

【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】上述の如く、移動目標の接近を検知するため、1 個所に配置した検出器で移動目標の相対位置を知る有効な方法が従来無かった。

【 0 0 0 5 】そこで、本発明の目的とするところは、1 個所に配置した検出器を用いて、検出器と移動目標の相対位置を検出する目標相対位置検出方法を提供することにある。

【 0 0 0 6 】本発明のその他の目的や新規な特徴は後述の実施の形態において明らかにする。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本願請求項 1 の発明は、移動目標が発生する磁界又は電界信号の直交 3 軸成分を捕捉する 1 個所に配置された検出器を用い、該検出器と等速直線運動をする移動目標との相対位置を検出する移動目標の相対位置検出方法であって、前記移動目標の発生する磁界又は電界信号を、前記移動目標が前記検出器に対して少なくとも最接近位置となる時刻まで時系列的に測定・集録する測定・集録ステップと、前記測定・集録ステップで集録されたデータを加工するデータ変換ステップと、前記移動目標と前記検出器間の高度差又は距離、あるいは前記移動目標の速度のいずれか 1 つを既知とし、前記データ変換ステップで得られた変換データと理論式による値との残差式を用いて最小自乗法により未知のパラメータを算出する算出ステップとに基づいて、移動目標の相対位置を検出するとともに、前記測定・集録ステップ、前記データ変換ステップ及び前記算出ステップにより、前記移動目標の信号源の大きさを得て目標を識別することを特徴としている。

【 0 0 0 8 】

【 0 0 0 9 】本願請求項 2 の発明に係る移動目標の相対位置検出方法は、請求項 1 において、前記算出ステップでは、前記移動目標の信号源が複数に分割されたものとした理論式を用いることを特徴としている。

【 0 0 1 0 】

【 0 0 1 1 】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る移動目標の相対位置検出方法の実施の形態を図面に従って説明する。

【 0 0 1 2 】図 1 乃至図 4 を用いて本発明に係る移動目標の相対位置検出方法の実施の形態を説明する。この実施の形態では、等速直線運動をする移動目標が発生する信号が磁界の場合を例にとって説明する。

【 0 0 1 3 】図 1 において、1 は設置(固定)された相対位置検出装置であって、1 軸方向の磁界成分を測定できる 3 個のセンサーを互いに直交させて配列して成る 3 軸磁力計 2 を内部に装備したものである。換言すれば、磁界の直交 3 軸成分を捕捉する検出器が装置内の 1 個所に配置されている。装置 1 に設けられた 1 個の 3 軸磁力計 2 を原点として、垂直上方に Z 軸、水平面内にお互いに直交する X 軸及び Y 軸を定める。以後、この座標系を「装置座標系」と呼ぶ。

【 0 0 1 4 】1 0 は等速直線運動をする移動目標であり、1 1 はその移動目標が有する、大きさ M の磁気モーメントであり、前記装置座標系において移動目標 1 0 は位置 (x, y, z) にあり、磁気モーメント 1 1 と前記装置座標系における X 軸との成す角を  $\theta_x$ 、Y 軸との成す角を  $\theta_y$ 、Z 軸との成す角を  $\theta_z$  とする。また、移動目標 1 0 と装置 1 内の 3 軸磁力計 2 との距離は r であり、移動目標 1 0 は針路 1 2 の向きで等速で進行しているものとする。

【 0 0 1 5 】前記相対位置検出装置 1 においては、測定・集録ステップにて移動目標 1 0 の発生する信号、即ち 3 軸磁力計 2 の 3 軸成分を、当該移動目標 1 0 が当該装置 1 (換言すれば 3 軸磁力計 2) に対して少なくとも最接近位置となる時刻まで(最接近位置の時刻まで、あるいは当該最接近位置を僅かに経過した時刻まで)所定のサンプリング時間で時系列的に測定・集録し、データ変換ステップにて、この集録データを後述の理論式との間で残差を取るために加工して変換データとし、算出ステップにて、この変換データと、移動目標 1 0 の磁気モーメント、移動速度及び装置 1 との相対位置座標などの未知のパラメータを含む所定の理論式による値とを用いて残差式を作り、最小自乗法により、未知のパラメータを求め、しかる後、移動目標 1 0 と装置 1 の相対位置座標を得る。また、移動目標 1 0 の磁気モーメントの大きさ M を得て、当該移動目標の識別も可能である。この識別には例えば、移動目標の種類と磁気モーメントの大きさを関連付けたデータベースを用いることができる。

【 0 0 1 6 】なお、移動目標 1 0 が装置 1 (換言すれば 3 軸磁力計 2) の最接近位置に在ることを知るには、3 軸合成信号の極大・極小を利用するほかに、装置 1 にハイドロホンを設け、移動目標の発生する音響信号を連続的に聴音し、その値が最大になる時刻を最接近時刻とする方法もある。前記ハイドロホンは、3 軸磁力計と実質

同一個所に設けられる（但し、移動目標との距離に比して無視し得る程度の位置のずれは許容される）。

【 0 0 1 7 】前記装置 1 に内蔵された 1 個の 3 軸磁力計 2 を原点とする前記装置座標系における移動目標 1 0 の位置 ( x , y , z ) のとき各軸磁界成分 H<sub>x</sub> , H<sub>y</sub> , H<sub>z</sub> の理論式は次式で表される。

【 0 0 1 8 】 H<sub>x</sub> = M a / r<sup>5</sup> ... (1)

H<sub>y</sub> = M b / r<sup>5</sup> ... (2)

H<sub>z</sub> = M c / r<sup>5</sup> ... (3)

但し、

a = ( 3 x<sup>2</sup> - r<sup>2</sup> ) cos<sub>α</sub> + 3 x y cos<sub>β</sub> + 3 z x cos<sub>γ</sub>

b = 3 x y cos<sub>α</sub> + ( 3 y<sup>2</sup> - r<sup>2</sup> ) cos<sub>β</sub> + 3 y z cos<sub>γ</sub>

c = 3 z x cos<sub>α</sub> + 3 y z cos<sub>β</sub> + ( 3 z<sup>2</sup> - r<sup>2</sup> ) cos<sub>γ</sub>

r = ( x<sup>2</sup> + y<sup>2</sup> + z<sup>2</sup> )<sup>1 / 2</sup>

ここで、cos<sub>α</sub> , cos<sub>β</sub> , cos<sub>γ</sub> は磁気モーメントの前記装置座標系での方向余弦である。

【 0 0 1 9 】前記移動目標 1 0 が空間上の任意の 1 点に作る全磁界は一つの固有のベクトル値であり、これの垂

H<sub>h</sub> = ( H<sub>x</sub><sup>2</sup> + H<sub>y</sub><sup>2</sup> )<sup>1 / 2</sup> = M ( a<sup>2</sup> + b<sup>2</sup> )<sup>1 / 2</sup> / r<sup>5</sup> ... (5)

H<sub>t</sub> = ( H<sub>x</sub><sup>2</sup> + H<sub>y</sub><sup>2</sup> + H<sub>z</sub><sup>2</sup> )<sup>1 / 2</sup> = M ( a<sup>2</sup> + b<sup>2</sup> + c<sup>2</sup> )<sup>1 / 2</sup> / r<sup>5</sup> ... (6)

【 0 0 2 3 】従って、水平磁界成分及び垂直磁界成分を全磁界の大きさで除して正規化した値 H<sub>h t</sub> 及び H<sub>z t</sub>

H<sub>h t</sub> = H<sub>h</sub> / H<sub>t</sub> = ( a<sup>2</sup> + b<sup>2</sup> )<sup>1 / 2</sup> / ( a<sup>2</sup> + b<sup>2</sup> + c<sup>2</sup> )<sup>1 / 2</sup> ... (7)

H<sub>z t</sub> = H<sub>z</sub> / H<sub>t</sub> = c / ( a<sup>2</sup> + b<sup>2</sup> + c<sup>2</sup> )<sup>1 / 2</sup> ... (8)

【 0 0 2 5 】一方、測定・集録ステップにおいては、前記装置 1 に設けられた 3 軸磁力計 2（各軸を X<sub>m</sub> , Y<sub>m</sub> 及び Z<sub>m</sub> 軸とする）で各軸磁界成分 H<sub>x m</sub> , H<sub>y m</sub> , H<sub>z m</sub> を実測する。実測された各軸磁界成分 H<sub>x m</sub> , H<sub>y m</sub> , H<sub>z m</sub> は、3 軸磁力計 2 をジンバルを用いて X<sub>m</sub> Y<sub>m</sub> 面を水平に、Z<sub>m</sub> 軸を垂直に保持するか、装置 1 に別途、X<sub>m</sub> 及び Y<sub>m</sub> 軸の傾きをそれぞれ検出できる 2 個の傾斜計を設け、集録されたデータを加工するデータ変

H<sub>s h t</sub> = ( H<sub>s x</sub><sup>2</sup> + H<sub>s y</sub><sup>2</sup> )<sup>1 / 2</sup> / ( H<sub>s x</sub><sup>2</sup> + H<sub>s y</sub><sup>2</sup> + H<sub>s z</sub><sup>2</sup> )<sup>1 / 2</sup> ... (9)

H<sub>s z t</sub> = H<sub>s z</sub> / ( H<sub>s x</sub><sup>2</sup> + H<sub>s y</sub><sup>2</sup> + H<sub>s z</sub><sup>2</sup> )<sup>1 / 2</sup> ... (10)

【 0 0 2 7 】前記測定・集録ステップ及びそのステップで集録されたデータを加工するデータ変換ステップでは、この 2 個の値 H<sub>s h t</sub> , H<sub>s z t</sub> を、例えば全磁界があらかじめ定めた小さな値を超えた時刻 T = t<sub>s</sub> から、所定のサンプリング時間で時系列的に集録処理し始める。全磁界の極大・極小を利用するとか、装置にハイドロホンを設け、移動目標の発生する音響信号を連続的に聴音し、その値が最大になる時刻を最接近時刻とする

直成分は一つであり、従ってその水平成分も、全磁界と垂直成分を含む面内に必ず分解され一つの定まった大きさになる。このことは、移動目標の発生する磁界を垂直成分と水平成分で取り扱う限りに於いては、Z 軸が垂直方向にあれば、X , Y 軸が水平面内でどのように回転していても、水平成分を次式の如く合成して求めれば、図 2 に示す如く移動目標 1 0 は常に X 軸に平行に進むものと考えて解析できることを意味する。

【 0 0 2 0 】

10 H<sub>h</sub> = ( H<sub>x</sub><sup>2</sup> + H<sub>y</sub><sup>2</sup> )<sup>1 / 2</sup> ... (4)

但し、

H<sub>h</sub> : 水平磁界成分

H<sub>x</sub> : 水平面内に在る X 軸磁界成分

H<sub>y</sub> : 水平面内に在る Y 軸磁界成分

【 0 0 2 1 】次に、未知のパラメータの数を少なくするために、水平磁界成分及び垂直磁界成分を全磁界の大きさで除して正規化するために、水平磁界成分 H<sub>h</sub> 及び全磁界の大きさ H<sub>t</sub> を求めると式 (1) , (2) , (3) 及び式 (4) より、それぞれ次式で表される。

【 0 0 2 2 】

は次式で表される。

【 0 0 2 4 】

換ステップにおいて、座標変換により X<sub>m</sub> , Y<sub>m</sub> 、及び Z<sub>m</sub> 各軸の測定磁界成分を、それぞれ前記装置座標系の水平面内の X , Y 軸及び垂直 Z 軸の成分に変換する事ができる。この変換後の各軸磁界成分を H<sub>s x</sub> , H<sub>s y</sub> , H<sub>s z</sub> と表せば、水平磁界成分及び垂直磁界成分を全磁界で除した値は次式で求められる。

【 0 0 2 6 】

などの方法により、移動目標が装置のほぼ最接近位置に在ることを知り、この時刻 T = t<sub>e</sub> で集録を止める（なお、最接近位置を僅かに過ぎた時刻まで集録してもよい）。この時を t = 0 とし（即ち、実測中の任意時刻を T とすれば、t = T - t<sub>e</sub> ）、目標は位置 ( x<sub>0</sub> , y<sub>0</sub> , z<sub>0</sub> ) にあると仮定する。そうすれば、等速 v で直進する移動目標の任意時刻 t = t に於ける位置 ( x , y , z ) は次式で表される。

7

8

【 0 0 2 8 】  $x = x_0 + v \cdot t \quad \dots(11)$

$y = y_0 \quad \dots(12)$

$z = z_0 \quad \dots(13)$

【 0 0 2 9 】 従って、  $t = t$  に於ける実測値  $H_{s_h t}(t)$  及び  $H_{s_z t}(t)$  にそれぞれ対応する理論値  $H_{h t}(t)$  及び  $H_{z t}(t)$  が 7 個の未知のパラメータ  $x_0, y_0, z_0, v, \cos, \cos$  及び  $\cos$  を含んで

前述の式(7),(8)で与えられる。しかし、前記式(7),(8)の  $H_{h t}$  及び  $H_{z t}$  の右辺に、  $k$  を任意の実数とした場合、  $(x_0, y_0, z_0, v, \cos, \cos, \cos)$  の組み合わせを代入した場合と  $(k x_0, k y_0, k z_0, k v, \cos, \cos, \cos)$  の組み合わせを代入

$$X = x / z_0 = (x_0 / z_0) + (v / z_0) \cdot t$$

$$= X_0 + V \cdot t \quad \dots(14)$$

$$X_0 = x_0 / z_0 \quad \dots(15)$$

$$V = v / z_0 \quad \dots(16)$$

$$Y_0 = y_0 / z_0 \quad \dots(17)$$

$$Z_0 = z_0 / z_0 = 1 \quad \dots(18)$$

$$R = r / z_0 \quad \dots(19)$$

【 0 0 3 2 】 これらの関係を前述の式(7),(8)に代入す

$$H_{h t} = H_h / H_t = (A^2 + B^2)^{1/2} / (A^2 + B^2 + C^2)^{1/2}$$

$$\dots(20)$$

$$H_{z t} = H_z / H_t = C / (A^2 + B^2 + C^2)^{1/2} \quad \dots(21)$$

但し、

$H_h$  : 装置位置 ( 3 軸磁力計位置 ) に於ける移動目標の水平磁界成分。

$H_z$  : 装置位置 ( 3 軸磁力計位置 ) に於ける移動目標の垂直磁界成分。

$H_t$  : 装置位置 ( 3 軸磁力計位置 ) に於ける移動目標の全磁界の大きさ。

$$A = ( 3 X^2 - R^2 ) \cos + 3 X Y_0 \cos + 3 X Z_0 \cos$$

$$B = 3 X Y_0 \cos + ( 3 Y_0^2 - R^2 ) \cos + 3 Z_0 Y_0 \cos$$

$$C = 3 X Z_0 \cos + 3 Z_0 Y_0 \cos + ( 3 Z_0^2 - R^2 ) \cos$$

【 0 0 3 3 】 図 3 は水平磁界成分  $H_h$  について理論式と実測値の関係の 1 例であり、図中、 5 は理論式  $H_h = (t : x_0, y_0, z_0, \cos, \cos, \cos)$  の曲線を表し、 6 はサンプリング時刻  $t_i$  に於ける実測値  $H_{s_h}(t_i)$ 、 7 はサンプリング時刻  $t_i$  に於ける水平磁界成分の残差式  $y_1 = H_h(t_i) - H_{s_h}(t_i)$  を表している。

【 0 0 3 4 】 前記算出ステップでは、最小自乗法を適用する為に、図 3 示すような、各サンプリング時刻に於ける理論値と実測値の残差式を作成するとともに、方向余弦の自乗和は常に 1 でなければならないので、残差式の形式で追加すると、次の 3 個の残差式が定められる。こ

$$M = ( H_x^2 + H_y^2 + H_z^2 )^{1/2} r^5 / ( a^2 + b^2 + c^2 )^{1/2}$$

$$= H_t r^5 / ( a^2 + b^2 + c^2 )^{1/2} \quad \dots(28)$$

した場合では同じ値となるために、最小自乗法を適用するには、上述の 7 個の未知のパラメータの内少なくとも一つが既知でなければならない。

【 0 0 3 0 】 先ず、装置 1 が水中に設置される場合、装置 1 に別途深度計を設ければ、水上移動目標に対しては相対深度  $z_0$  が既知となるので前記式(1),(2),(3)及び式(11),(12),(13)の  $x_0, y_0, z_0, v, r$  のそれぞれを  $z_0$  で除して正規化した値を  $X_0, Y_0, Z_0, V, R$  と表わせば、  $X, Y, Z, V, R$  は次のとおりとなる。

【 0 0 3 1 】

【 0 0 3 2 】 これらの関係を前述の式(7),(8)に代入すれば、次の関係式が得られる。

この場合の未知のパラメータは  $X_0, Y_0, V, \cos, \cos, \cos$  の 6 個となる。

【 0 0 3 5 】

$$y_1 = H_{h t}(t) - H_{s_h t}(t) \quad \dots(22)$$

$$y_2 = H_{z t}(t) - H_{s_z t}(t) \quad \dots(23)$$

$$y_3 = \cos^2 + \cos^2 + \cos^2 - 1 \quad \dots(24)$$

【 0 0 3 6 】 これより、次の評価関数  $S$  が最小に成るように既存の最小自乗法により、上述の 6 個のパラメータ  $X_0, Y_0, V, \cos, \cos$ 、及び  $\cos$  が求められる。

【 0 0 3 7 】

$$S = ( y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 ) \quad \dots(25)$$

但し、  $S$  は全てのサンプリング時刻の値の総和を計算する事を示している。

【 0 0 3 8 】 6 個のパラメータ  $X_0, Y_0, V, \cos, \cos$ 、及び  $\cos$  が求めれば、式(14)乃至(19)の関係を利用して、既知である  $z_0$  以外の座標  $x_0$ 、及び  $y_0$  が次のように求められる。

【 0 0 3 9 】

$$x_0 = X_0 z_0 \quad \dots(26)$$

$$y_0 = Y_0 z_0 \quad \dots(27)$$

【 0 0 4 0 】 また、式(1),(2),(3)の関係より、目標の磁気モーメントの大きさ  $M$  は次式で表される。

【 0 0 4 1 】

【 0 0 4 2 】ここで、 $H_t$  としては、 $t = 0$  に於ける実測値の全磁界の大きさを使用すれば、式(28)の右辺の残りの未知数は全て  $t = 0$ 、則ち  $x_0, y_0, z_0$  に於いて解かれているので  $M$  を知ることができる。そして、この磁気モーメントの大きさ  $M$  から移動目標を識別することが可能である。

【 0 0 4 3 】次に、 $t = 0$  に於いて、前記装置 1 より音響パルスを送り、目標からのエコーを検出し、その時間から目標と装置 ( 3 軸磁力計位置 ) との直距離  $R_{s m}$  を知る方法などにより、直距離  $R_{s m}$  が既知である場合は、 $z_0$  を適当に仮定して上述と同じ方法で仮の  $(x_0, y_0, z_0)$  及び磁気モーメント  $M$  を求め、次式により、 $t = 0$  に於ける目標の実際の位置  $(x_{00}, y_{00}, z_{00})$  及び実際の磁気モーメント  $M_{00}$  を求めることができる。

【 0 0 4 4 】

$$x_{00} = x_0 R_{s m} / r_0 \quad \dots(29)$$

$$y_{00} = y_0 R_{s m} / r_0 \quad \dots(30)$$

$$z_{00} = z_0 R_{s m} / r_0 \quad \dots(31)$$

$$M_{00} = M (R_{s m} / r_0)^{1/3} \quad \dots(32)$$

但し、  
 $r_0 = (x_0^2 + y_0^2 + z_0^2)^{1/2}$

【 0 0 4 5 】次に、目標の発する音響信号のドブラー効果などを利用して目標の速度  $v$  が既知である場合は、次の式(33)乃至(38)に示す如く式(1),(2),(3)及び式(11),(12),(13)の諸量を  $v$  で除して、この関係を前述の式(7),(8)に代入すれば、前述の式(20),(21)の関係式が得られる。この場合の未知のパラメータは  $X_0, Y_0, Z_0, \cos \theta_0, \cos \theta_1, \cos \theta_2$  の 6 個となる。前述の場合と同様に、式(25)の評価関数  $S$  が最小に成るように既存の最小自乗法により、上述の 6 個のパラメータを求めれば、 $t = 0$  に於ける目標の位置  $(x_0, y_0, z_0)$  は以下の式(33)乃至(38)の関係式より求め、磁気モーメントの大きさ  $M$  は式(28)を用いて前述した場合と同様に求められる。

【 0 0 4 6 】

$$X = x / v = (x_0 / v) + t \quad \dots(33)$$

$$X_0 = x_0 / v \quad \dots(34)$$

$$V = v / v = 1 \quad \dots(35)$$

$$Y_0 = y_0 / v \quad \dots(36)$$

$$y_1 = H_n(t) - H_{s_n}(t) \quad \dots(45)$$

$$y_2 = H_z(t) - H_{s_z}(t) \quad \dots(46)$$

$$y_3 = \cos^2 \theta_0 + \cos^2 \theta_0 + \cos^2 \theta_0 - 1 \quad \dots(47-1)$$

$$y_4 = \cos^2 \theta_1 + \cos^2 \theta_1 + \cos^2 \theta_1 - 1 \quad \dots(47-2)$$

$$\dots$$

$$y_{m+2} = \cos^2 \theta_{m-1} + \cos^2 \theta_{m-1} + \cos^2 \theta_{m-1} - 1 \quad \dots(47-m)$$

【 0 0 5 3 】これより、次の評価関数  $S$  が最小に成るように既存の最小自乗法により、上述のパラメータが求め

$$S = (y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 + \dots + y_{m+2}^2) \quad \dots(48)$$

$$Z_0 = z_0 / v \quad \dots(37)$$

$$R = r / v \quad \dots(38)$$

【 0 0 4 7 】上述では、装置座標系に於いて位置  $(x, y, z)$  に在る移動目標が一つの磁気双極子とみなせる磁気モーメント  $M$  を有すると仮定したが、移動目標の大きさに比して装置との距離が短い場合は、図 4 の如く移動目標上、進路方向に複数の磁気双極子が分布するという仮定のほうが適切なこともある。この場合、 $m$  個からなる磁気双極子の各々の磁気モーメントを  $m_k$ 、その方向余弦  $(\cos \theta_{kx}, \cos \theta_{ky}, \cos \theta_{kz})$ 、位置座標を  $(x - d_k, y_0, z_0)$  と表わす。但し、 $k = 0, 1, 2, \dots, m - 1$  である。各磁気モーメント  $m_k$  が原点につくる磁界の  $x, y, z$  成分は、式(1),(2),(3)と同様に次のとおりとなる。

【 0 0 4 8 】

$$H_{x_k} = m_k a_k / r_k^5 \quad \dots(39)$$

$$H_{y_k} = m_k b_k / r_k^5 \quad \dots(40)$$

$$H_{z_k} = m_k c_k / r_k^5 \quad \dots(41)$$

但し、

$$a_k = \{ 3(x - d_k)^2 - r_k^2 \} \cos \theta_{kx} + 3(x - d_k) y \cos \theta_{ky} + 3z(x - d_k) \cos \theta_{kz}$$

$$b_k = 3(x - d_k) y \cos \theta_{kx} + (3y^2 - r_k^2) \cos \theta_{ky} + 3yz \cos \theta_{kz}$$

$$c_k = 3z(x - d_k) \cos \theta_{kx} + 3yz \cos \theta_{ky} + (3z^2 - r_k^2) \cos \theta_{kz}$$

$$r_k = \{ (x - d_k)^2 + y^2 + z^2 \}^{1/2}$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, m - 1$$

【 0 0 4 9 】従って、全ての磁気モーメントによる原点に於ける磁界  $H_x, H_y, H_z$  は、 $k = 0$  から  $k = m - 1$  までの総和を表すものとする次式となる。

【 0 0 5 0 】 $H_x = H_{x_k} \quad \dots(42)$

$$H_y = H_{y_k} \quad \dots(43)$$

$$H_z = H_{z_k} \quad \dots(44)$$

【 0 0 5 1 】これらの式(42),(43),(44)を使用すると式(5),(6)の関係が得られ、式(22),(23),(24)と同様に最小自乗法を適用する為の、各サンプリング時刻に於ける理論値と実測値の残差式、及び方向余弦の自乗和の法則より、次の  $(m + 2)$  個の残差式が定められる。モーメント  $m$  個の場合の未知のパラメータは  $(5m + 2)$  個となる。

【 0 0 5 2 】

$$\dots(45)$$

$$\dots(46)$$

$$\dots(47-1)$$

$$\dots(47-2)$$

$$\dots$$

$$\dots(47-m)$$

られる。

【 0 0 5 4 】

但し、 は全てのサンプリング時刻の値の総和を計算する事を示している。

【 0 0 5 5 】また、これまでは残差式  $y_1, y_2$  をそれぞれ水平磁界成分、垂直磁界成分の各サンプリング時刻

$$y_1 = H_x(t) - H_{s_x}(t) \dots(49)$$

$$y_2 = H_y(t) - H_{s_y}(t) \dots(50)$$

$$y_3 = H_z(t) - H_{s_z}(t) \dots(51)$$

$$y_4 = \cos^2 \theta_0 + \cos^2 \theta_0 + \cos^2 \theta_0 - 1 \dots(52)$$

・ ・ ・ ・ ・

【 0 0 5 7 】この場合、等速直進する移動目標の任意時刻  $t = t$  に於ける位置  $(x, y, z)$  は次式のように速度成分を  $v_x, v_y$  に分けて表わす必要がある。

$$x = x_0 + v_x \cdot t \dots(53)$$

$$y = y_0 + v_y \cdot t \dots(54)$$

$$z = z_0 \dots(55)$$

【 0 0 5 9 】なお、上記各式において、データ変換ステップは、磁力計で実測される添字  $m$  が付いた値 (測定・集録ステップで集録されたデータ) を理論値と残差をとれるような形に変換するステップであり、 $H_{s_x}, H_{s_y}, H_{s_z}$  等の添字  $s$  が付いた値はデータ変換ステップを経たものであり、式 (9), (10), (22), (23), (29), (30), (31), (45), (46), (49), (50), (51) の添字  $s$  が付いたものが相当する。

【 0 0 6 0 】上記実施の形態では、移動目標が発生する信号が磁界の場合で説明したが、本発明は、移動目標が発生する信号により空間上の任意の 1 点につくる場が式 (1), (2), (3) の如く所定の理論式で表される電界、音響信号等についても適用することができる。

【 0 0 6 1 】以上本発明の実施の形態について説明してきたが、本発明はこれに限定されることなく請求項の記載の範囲内において各種の変形、変更が可能なのは当業者には自明であろう。

【 0 0 6 2 】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る移動目標の相対位置検出方法によれば、1 個所に配された検出器で等速直線運動を行っている移動目標と前記検出器との相対位置を検出し、移動目標の接近を知ることができる。

【 0 0 6 3 】また、移動目標の信号源の大きさが求められ、移動目標と信号源の大きさを関連付けたデータベースを用いることにより、移動目標を識別することができ

に於ける理論値と実測値との差としたが、3 軸成分の実測値と式 (42), (43), (44) 等で表せる理論値との残差式としてもよい。この場合の残差式は以下の式となる。

【 0 0 5 6 】

$$\dots(49)$$

$$\dots(50)$$

$$\dots(51)$$

$$\dots(52)$$

10 る。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る移動目標の相対位置検出方法の実施の形態における各軸磁界成分を定める「装置座標系」及び算出するパラメータを説明するための説明図である

【図 2】本発明の実施の形態における移動目標の進路の解析を説明するための説明図である。

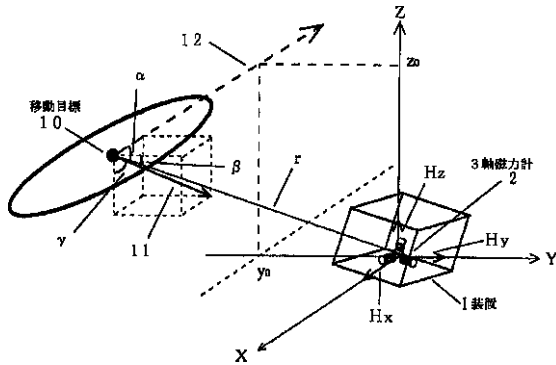
【図 3】本発明の実施の形態における最小自乗法の残差式を説明するための説明図である。

20 【図 4】本発明の実施の形態における移動目標上、進路方向に複数の磁気双極子が分布するという仮定を説明するための説明図である。

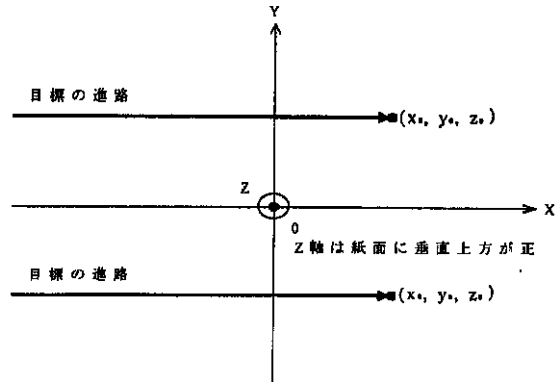
【符号の説明】

- 1 装置
- 2 3 軸磁力計
- 5 理論式  $H_h = (t : x_0, y_0, z_0, \cos \theta, \cos \theta)$
- 6  $t_i$  に於ける実測値  $H_{s_h}(t_i)$
- 7 サンプリング時刻  $t_i$  に於ける水平磁界成分の残差式  $y_1 = H_h(t_i) - H_{s_h}(t_i)$
- 10 移動目標 位置座標  $(x, y, z)$
- 11 磁気モーメント
- 12 移動目標の針路  $x = x_0 + v \cdot t, y = y_0, z = z_0$
- 磁気モーメントと装置座標系における X 軸との成す角
- 磁気モーメントと装置座標系における Y 軸との成す角
- 磁気モーメントと装置座標系における Z 軸との成す角
- 40 r 移動目標と装置との距離

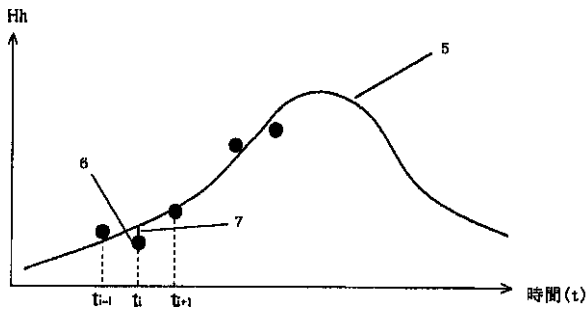
【図 1】



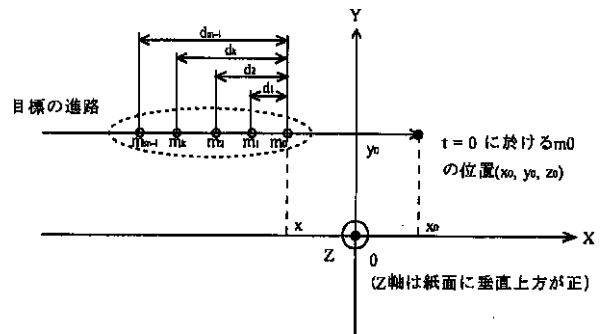
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 福本 誠  
 東京都世田谷区上馬 5 - 21 - 11株式会社  
 石川製作所東京研究所内

(72)発明者 下出 和幸  
 東京都世田谷区上馬 5 - 21 - 11株式会社  
 石川製作所東京研究所内

(56)参考文献 特開 平 1 - 288787 ( J P , A )  
 特開 平 9 - 152481 ( J P , A )  
 特開 平10 - 62509 ( J P , A )  
 特開 平10 - 62510 ( J P , A )  
 特開 昭59 - 211877 ( J P , A )  
 特開 平 3 - 276002 ( J P , A )  
 特開 平 3 - 176293 ( J P , A )  
 特許2500347 ( J P , B 2 )  
 特公 平 7 - 78540 ( J P , B 2 )

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, D B名)

- G01S 3/80 - 3/86
- G01S 5/18 - 5/30
- G01S 7/52 - 7/64
- G01S 15/00 - 15/96
- G01V 3/08 - 3/11
- G01R 33/02