

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

**特許第3615737号
(P3615737)**

(45) 発行日 平成17年2月2日(2005.2.2)

(24) 登録日 平成16年11月12日(2004.11.12)

(51) Int. Cl.⁷

F I

GO 1 S 5/18

GO 1 S 5/18

GO 1 S 1/76

GO 1 S 1/76

GO 1 S 15/74

GO 1 S 15/74

請求項の数 13 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2002-11834 (P2002-11834)	(73) 特許権者	502022911 吉谷 正夫 奈良県奈良市あやめ池南4丁目11-23-2
(22) 出願日	平成14年1月21日(2002.1.21)	(73) 特許権者	394008651 澤井 禎夫 東京都杉並区下高井戸3-21-6
(65) 公開番号	特開2003-215230 (P2003-215230A)	(73) 特許権者	502022988 雄川 恭行 滋賀県大津市稲津町3丁目14-10
(43) 公開日	平成15年7月30日(2003.7.30)	(73) 特許権者	502023033 若生 篤信 大阪府大阪市城東区関目5丁目4-7-307
審査請求日	平成14年6月24日(2002.6.24)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 水中における移動体の位置検知システム及びその方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

水中における移動体の3次元位置を検知するシステムであって、
 水上に設けられた浮体と水中を移動する移動体とから構成され、
 前記浮体は、
 前記移動体が発信した第1超音波信号を受信すると、一定時間後に、当該第1超音波信号に対応するコードを示す第2超音波信号を全方向に送信する送受信手段と、
 所定の方位を示す第3超音波信号を全方向に送信した後に、一定の時間間隔で、一定の回転方向に、一定の角度だけ変化していく方位に向けて、順次、第4超音波信号を送信するスキャン手段とを備え、
 前記移動体は、
 当該移動体の水深を計測する水深計測手段と、
 全方向に前記第1超音波信号を送信する送信手段と、
 前記送信手段により第1超音波信号が発信されてから前記第2超音波信号を受信するまでの時間に基づいて、前記浮体から当該移動体までの距離を計測する距離計測手段と、
 前記浮体が発信した第3及び第4超音波信号を受信し、それら第3及び第4超音波信号に基づいて、前記浮体を基点とする当該移動体の方位を特定する方位特定手段とを備えることを特徴とする位置検知システム。

【請求項2】

前記浮体は、さらに、

当該浮体の地理的位置を特定する位置特定手段と、
特定した地理的位置を前記移動体に伝達する位置伝達手段とを備え、
前記移動体は、前記水深計測手段が特定した水深、前記距離計測手段が計測した距離及び
前記方位特定手段が特定した方位に基づいて、前記浮体を基点とする当該移動体の相対位
置を特定し、その相対位置と前記位置伝達手段によって伝達される前記浮体の地理的位置
とから当該移動体の地理的位置を特定する
ことを特徴とする請求項 1 記載の位置検知システム。

【請求項 3】

前記位置伝達手段は、前記浮体の地理的位置を示すコードを前記第 3 超音波信号で前記移
動体に伝達し、

10

前記移動体は、当該移動体の相対位置と前記第 3 超音波信号が示す前記浮体の地理的位置
を示すコードとから、当該移動体の地理的位置を特定する
ことを特徴とする請求項 2 記載の位置検知システム。

【請求項 4】

前記方位特定手段は、前記第 3 超音波信号を受信してから前記第 4 超音波信号を受信する
までの時間に基づいて、前記浮体を基点とする当該移動体の方位を特定する
ことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の位置検知システム。

【請求項 5】

前記スキャン手段は、前記第 4 超音波信号を送信する方位を特定するコードを当該第 4 超
音波信号で送信し、

20

前記方位特定手段は、前記第 3 超音波信号を受信してから前記第 4 超音波信号を受信する
までの時間と、受信した第 4 超音波信号が示す方位を特定するコードとから、前記方位を
特定する

ことを特徴とする請求項 4 記載の位置検知システム。

【請求項 6】

前記方位特定手段は、前記一定の角度だけ異なる 2 以上の第 4 超音波信号を受信した場合
には、それら 2 以上の第 4 超音波信号の中から、信号強度の大きい 2 つを用いて前記方位
を特定する

ことを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の位置検知システム。

【請求項 7】

30

前記送信手段は、当該移動体の識別コードを前記第 1 超音波信号で送信し、

前記送受信手段は、前記移動体が発した第 1 超音波信号が示す識別コードを前記第 2 超
音波信号で送信し、

前記距離計測手段は、前記送信手段により前記識別コードを示す第 1 超音波信号が送信さ
れてから、当該識別コードを示す第 2 超音波信号を受信するまでの時間に基づいて前記距
離を計測する

ことを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の位置検知システム。

【請求項 8】

前記位置検知システムには、前記移動体の位置を監視する基地局が含まれ、

前記送信手段は、前記識別コードに加えて、前記水深計測手段が特定した水深、前記距離
計測手段が計測した距離及び前記方位特定手段が特定した方位を前記第 1 超音波信号で送
信し、

40

前記浮体は、さらに、前記送受信手段が受信した前記第 1 超音波信号が示す識別コード、
水深、距離及び方位を前記基地局に通報する通報手段を備える

ことを特徴とする請求項 7 記載の位置検知システム。

【請求項 9】

前記通報手段は、前記第 1 超音波信号が示す識別コード、水深、距離及び方位に加えて、
前記位置特定手段が特定した地理的位置を前記基地局に通報する

ことを特徴とする請求項 8 記載の位置検知システム。

【請求項 10】

50

前記浮体は、海上に設けられたブイ又は船舶であり、前記位置特定手段で特定される当該浮体の地理的位置を維持するための推力手段を備えることを特徴とする請求項 9 記載の位置検知システム。

【請求項 1 1】

前記位置検知システムには、前記移動体と通信する陸上に設置された基地局が含まれ、前記浮体は、前記基地局から送信された電波を受信し、超音波に変換して前記移動体に伝達するとともに、前記移動体から送信されてきた超音波を受信し、電波に変換して前記基地局に伝達する中継手段を備える

ことを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の位置検知システム。

【請求項 1 2】

水中における移動体の 3 次元位置を検知する方法であって、前記移動体に備えられた水深計によって前記移動体の水深を計測する水深計測ステップと

、前記移動体が全方向に第 1 超音波信号を送信し、その第 1 超音波信号を受信した水上に設けられた浮体が全方向に第 2 超音波信号を送信し、その第 2 超音波信号を受信した前記移動体が前記第 1 超音波信号を送信してから当該第 2 超音波信号を受信するまでの時間に基づいて前記浮体からの距離を計測する距離特定ステップと、

前記浮体が所定の方位を示す第 3 超音波信号を水中の全方向に送信した後に、指向性をもたせた第 4 超音波信号を一定の回転方向、一定の角度及び時間間隔でスキャン送信し、前記移動体が前記第 3 超音波信号を受信してから前記第 4 超音波信号を受信するまでの時間に基づいて、前記浮体を基点とする当該移動体の方位を特定する方位特定ステップとを含むことを特徴とする位置検知方法。

【請求項 1 3】

前記第 4 超音波信号は、当該方位を特定するコードを示し、前記方位特定ステップにおいて、前記移動体は、前記第 3 超音波信号を受信してから前記第 4 超音波信号を受信するまでの時間と、受信した第 4 超音波信号が示す方位を特定するコードとから、前記方位を特定する

ことを特徴とする請求項 1 2 記載の位置検知方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、水中における移動体の位置検知システムに関し、特に、移動体の 3 次元位置を検知するシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、潜水艇のような水中（海中を含む）を移動する移動体の位置を決定する方法として、慣性航法システムやドップラーソナー航法システムのような推測航法装置を用いる方法がある。これは、例えば、潜水艇が海面又は海面に近い位置にいるときに GPS（Global Positioning System）等による無線情報で位置リセットをしておき、その後の移動量をジャイロコンパス等の慣性を用いた計測によって特定し、潜水艇の位置を決定するというものである。

【0003】

しかしながら、このような推測航法装置による方法は、時間とともに誤差が蓄積され、位置精度が劣化していくために、適当な頻度で位置リセットをすることが必要とされる。ところが、無線電波は海中では著しく減衰するために、移動体（潜水艇）は位置リセットのたびに、多大な時間とエネルギーを費やして深い海中から海面まで浮上しなければならない。

そのために、潜水艇が海面に浮上することなく、海中にいたまま、自分の位置を特定する技術が必要とされる。

【0004】

10

20

30

40

50

その従来技術の1つとして、海底に設置された複数の音響トランスポンダからの信号に基づいて、三角測量の原理により、潜水艇の位置を決定する方法がある。しかしながら、この方法では、潜水艇の3次元位置を決定するために、正確な位置が判明している海底の所定位置に3つのトランスポンダが設置されていることが必要とされる。つまり、少なくとも3つのトランスポンダを深い海の底に設置したり、海底の正確な位置を特定し、その位置に各トランスポンダを設置するという時間のかかる作業が必要とされる。

【0005】

また、潜水艇の位置を決定する他の従来技術として、特開平6-323865号公報に記載された「磁気マーカーを用いる潜水艇の位置決定装置」がある。これは、海底に永久磁石等の磁気マーカーを設置しておき、潜水艇に設けられた3次元方向の磁気を検知する磁力計によって、磁気マーカーに対する潜水艇の相対位置を決定するものである。

10

【0006】

しかしながら、この方法では、3次元方向の磁界を高精度に検知する磁力計が必要とされる。つまり、潜水艇が発生する磁気ノイズの影響を排除することが必要とされ、潜水艇の内部に設けられた磁力計では正確な位置決定が困難となる。そのために、この位置決定装置では、潜水艇の艇体から外に延びるブームを設け、そのブームの端部にサーチコイル等を取り付けることで精度を向上しようとしているが、このようなブームは、潜水艇の艇体から大きく突起するために、航行の妨げとなり、他の物体と衝突してしまう危険性がある。

【0007】

20

【発明が解決しようとする課題】

そこで、本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであり、海底の複数の所定位置にトランスポンダ等を設置するような煩雑な手間を必要とすることなく、かつ、潜水艇の艇体から突起した箇所に磁気センサ等を設けることなく、水中における移動体の3次元位置を決定する、つまり、簡易かつ高精度に水中における移動体の3次元位置をリアルタイムに決定することができる位置検知システム及びその方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明に係る位置検知システムは、潜水海域の海上に設置された1個のブイ等の浮体と潜水艇等の移動体と陸上の基地局とから構成される。ブイ自体の地理的位置はブイに内蔵されたGPSにより特定される。潜水艇は、(i) 装備している水深計で得た水深値と、(ii) ブイとの超音波による送受信(往復)の時間から特定したブイからの距離と、(iii) ブイから全方向に発信される真北を示す超音波及びその後一定時間間隔で一定角度だけ増加する方位に向けて発信される超音波に基づいて特定したブイからの方位とから、ブイを基点とする相対位置を特定する。この相対位置と、ブイから通知されるブイの地理的位置とから、潜水艇の地理的3次元位置を決定する。

30

【0009】

潜水艇の相対位置やブイの地理的位置は、ブイからの電波で陸上の基地局に送信され、基地局における潜水艇の監視に用いられる。

【0010】

40

より具体的には、海上に設置した1つのブイと海中の潜水艇システムとの間の距離の測定は、潜水艇から自船を識別できるコード化した超音波を全方向に送信し、その信号を受信したブイは即時に、潜水艇の識別信号にブイの識別信号を織り込んだ信号を超音波で全方向に送信する。そのブイからの信号を受信した潜水艇は、発信した時刻から受信した時刻までの時間と超音波の海中でのスピードとからブイと潜水艇の間の距離を求めることができる。

【0011】

また、ブイを基点とする潜水艇の方位の検知は、ブイの超音波スキャナから、まず、真北を表すコードを含む超音波信号を全方位に送信する。その後、超音波スキャナの基点から時計回りに、一定の角度だけ増加している方位に向けて、その方位を表すコードを含む超

50

音波信号を指向性を持たせて発信させていく。真北を示すコードを送信するときには、GPSによるブイの位置情報（経度、緯度）も含めておく。

【0012】

これらの信号を受信した潜水艇では、それらのコードを解読し、基点（真北）のコードを受け取ってから次のコードを受け取るまでの時間から、自船の方位を知ることができる。また、受け取ったコード自体からも自船の方位を知ることができるので、前記時間から求めた方位と相互比較することにより、正確な方位を求めることができる。

【0013】

このようにして、潜水艇は、水深、ブイからの距離及びブイからの方位によってブイを基点とする自船の相対位置（3次元位置）を特定する。そして、この相対位置とブイから通知されるブイの地理的位置とから、自船の地理的位置を特定することができる。

10

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る「水中における移動体の位置検知システム」の実施の形態について図面を用いて詳細に説明する。なお、ここでは、水上に設けられる浮体をブイとし、水中を移動する移動体を潜水艇とし、説明する。

【0015】

図1は、本実施の形態における潜水艇の位置検知システム10の構成要素を示す図である。この位置検知システム10は、位置検知の対象物である潜水艇20と、その位置検知に用いられる海上に設置された浮体であるブイ40と、潜水艇20の位置に関してブイ40から送信されてくる情報を収集し、潜水艇20の位置を監視する基地局60とから構成される。

20

【0016】

図2は、潜水艇20が備える位置検知装置の構成を示すブロック図である。潜水艇20は、水深計21、潮流計22、ジャイロコンパス23、海中表示部24、GPSアンテナ25、GPS水平表示部26、コントローラ27、送受信部28、超音波送波器29、超音波受波器30a、30b及び送受信部31を備える。

【0017】

水深計21は、この潜水艇20の水深を検出する測定器であり、潮流計22は、潮流の方向及び速度を検出する測定器である。ジャイロコンパス23は、慣性に基づいて潜水艇20の方位や移動距離等を検出する装置であり、本システムでは、潜水艇20の位置決定のために、補足的に用いられる。

30

【0018】

コントローラ27は、送受信部28、超音波送波器29及び超音波受波器30aを介してブイ40と一定コードの超音波信号を送受信することによってブイ40からの距離を算出したり、超音波受波器30b及び送受信部31を介して受信したブイ40からの超音波信号のタイミング及びコードに基づいてブイ40を基点とする自船の方位を特定する演算制御装置であり、特定したブイ40からの距離及び方位を、潮流計22及びジャイロコンパス23で得られたデータとともに海中表示部24に出力する。

【0019】

送受信部28は、コントローラ27から出力されるデータを一定の搬送波で変調し電力増幅した後に超音波送波器29に印加したり、超音波受波器30aからの受信信号を復調したりする。送受信部31は、超音波受波器30bからの受信信号を復調する。超音波送波器29は、電気信号を超音波に変換して出力する無指向性の送波器であり、超音波受波器30a、30bは、超音波を電気信号に変換する無指向性の受波器である。

40

【0020】

海中表示部24は、水深計21から送られてくる水深を示すデータとコントローラ27から送られてくるブイ40からの距離及び方位を示すデータとから、この潜水艇20の海中での位置を示す図（例えば、海面に垂直で、かつ、ブイ40及び潜水艇20を通る海中の断面図におけるブイ40及び潜水艇20の位置を示す図）を生成し、LCD等の画面に表

50

示する画像表示装置である。このとき、潮流計 2 2 及びジャイロコンパス 2 3 で得られたデータや、ブイ 4 0 から超音波受波器 3 0 a を介して得られたブイ 4 0 の識別コード及びその識別コードに対応して記憶されているブイ 4 0 の地理的位置等も併せて表示する。

【 0 0 2 1 】

G P S 水平表示部 2 6 は、この潜水艇 2 0 が海上又は海上付近に位置するときに、G P S アンテナ 2 5 で受信した G P S の信号に基づいて、この潜水艇 2 0 の地理的位置を特定し、その結果を周辺の地図や海図とともに画面に表示する画像表示装置である。なお、潜水艇 2 0 が海中にいるときは、G P S 信号に代えて、ジャイロコンパス 2 3 で得られた潜水艇 2 0 の地理的位置を確認のために表示する。

【 0 0 2 2 】

図 3 は、ブイ 4 0 の外観図である。このブイ 4 0 は、予め定められた海上の一定位置に留まりながら、海中（及び海中の潜水艇 2 0）に対して超音波での送受信を行うとともに、陸上の基地局 6 0 に対して無線電波による送信を行う浮子であり、G P S 信号の受信及び基地局 6 0 への送信を兼ねたアンテナ 4 1、内蔵の各回路に供給する電源の電力源となる太陽電池 5 5、潮流に抗して一定位置を維持するためのスラスト（推進装置）4 5、海中における超音波による送受信のための超音波送波器 4 8 及び超音波受波器 5 1、おもり 5 7 等を備える。

【 0 0 2 3 】

なお、アンテナ 4 1 及び超音波受波器 5 1 は、水平面での指向性を有していない（無指向）。一方、超音波送波器 4 8 は、図示されるように、放射状に並べられた 3 6 個の振動子の集まり（アレイ）であり、これらの振動子を選択的に動作させることで、図 4（a）の水平面での指向特性及び図 4（b）の垂直面での指向特性に示されるように、1 0 度の方位ごとに、高い指向性の超音波を海中に向けて発信することができる。

【 0 0 2 4 】

図 5 は、ブイ 4 0 が備える装置の構成を示すブロック図である。ブイ 4 0 は、アンテナ 4 1、G P S 4 2、メインコントローラ 4 3、送信装置 4 4、スラスト 4 5、方位計 4 6、スキャナコントローラ 4 7、超音波送波器（超音波スキャナ）4 8、距離・情報コントローラ 4 9、超音波送波器 5 0、超音波受波器 5 1、太陽電池 5 5 及び電源部 5 6 等を備える。

【 0 0 2 5 】

G P S 4 2 は、アンテナ 4 1 で受信された G P S 信号に基づいて、このブイ 4 0 の地理的位置を特定し、メインコントローラ 4 3 に出力する。方位計 4 6 は、このブイ 4 0 の方位を計測する装置であり、例えば、超音波送波器 4 8 を構成する 3 6 個の振動子のうち、予め定められた特定の 1 つ（真北を向く振動子）が指す方位を検知する。

【 0 0 2 6 】

スキャナコントローラ 4 7 は、方位計 4 6 から得られる方位情報をメインコントローラ 4 3 に伝達するとともに、その方位情報から、このブイ 4 0 が所定の方位に向いていることを確認したうえで、超音波送波器 4 8 に一定の信号を送ることで、全方位をスキャンする超音波を送信する。具体的には、まず、超音波送波器 4 8 の全ての振動子を用いることで、全方位に真北を示すコード等を含ませた超音波（以下、「真北信号」ともいう。）を送信し、続いて、一定時間間隔で、時計回りに、3 6 個の振動子を順次用いながら、各振動子に対応する方位（北からの時計回り角度：1 0 度、2 0 度、・・・、3 5 0 度）を示すコード等を含ませた超音波（以下、「方位信号」ともいう。）を順次送信（スキャン）していく。これによって、潜水艇 2 0 は、ブイ 4 0 を基点とする方位の特定が可能となる。

【 0 0 2 7 】

距離・情報コントローラ 4 9 は、潜水艇 2 0 から超音波受波器 5 1 を介して潜水艇 2 0 の識別コードを含む超音波を受信すると、一定時間後に、無指向性の超音波送波器 5 0 を介して（又は、超音波送波器 4 8 の全ての振動子を用いて）、受信した潜水艇 2 0 の識別コードとこのブイ 4 0 の識別コードとを含む超音波を返信する。これによって、潜水艇 2 0 におけるブイ 4 0 からの距離の検出が可能となる。なお、この距離・情報コントローラ 4

10

20

30

40

50

9は、ブイ40を基点とする潜水艇20の方位を示す方位情報、ブイ40から潜水艇20までの距離を示す距離情報及び潜水艇20の水深を示す水深情報についても、潜水艇20から超音波受波器51を介して受信する。

【0028】

メインコントローラ43は、方位計46からスキャナコントローラ47を介して送られてくる方位の情報、及び、GPS42から送られてくる地理的位置の情報に基づいて、このブイ40が一定の地理的位置に停留し、かつ、一定の方位を向くようにスラスト45を制御したり、この地理的位置の情報とともに、距離・情報コントローラ49から送られてくる潜水艇20の位置情報（方位情報、距離情報及び水深情報等の相対位置を示す情報）を送信装置44及びアンテナ41を介して一定時間間隔で基地局60に送信する。

10

【0029】

送信装置44は、基地局60への無線送信のための変調・増幅器等であり、電源部56は、太陽電池55で得られた電力を蓄電したり、各電子回路に電力を供給する回路である。

【0030】

図6は、基地局60に備えられる船位測定システムの構成を示すブロック図である。基地局60は、ブイ40から送られてくるブイ40及び潜水艇20の位置情報を含む信号を受信するためのアンテナ61及び受信装置62と、その信号からブイ40及び潜水艇20の位置情報に復調する信号変換装置63と、復調された位置情報に基づいて、ブイ40及び潜水艇20の海中での位置を示す図を表示する海中表示部64と、ブイ40及び潜水艇20の水平面での位置を周辺の地図等とともに表示する水平表示部65とから構成される。

20

【0031】

次に、以上のように構成された本実施の形態の位置検知システム10における潜水艇20の海中における3次元位置の具体的な検知方法について説明する。

【0032】

潜水艇20は、図7に示されるように、随時取得する3つの位置情報、即ち、(1)自船の水深、(2)ブイ40から自船までの直線距離、(3)ブイ40を基点とする自船の方位に基づいて、海中におけるブイ40を基点とする自船の3次元位置を特定する。なお、潜水艇20は、ブイ40自体の地理的位置については、ブイ40から送信されてくるブイ40の識別コードやGPS42で得られた位置情報（緯度及び経度）によって、知ることができる。また、このような位置の特定は、一定時間間隔で繰り返される。これによって

30

【0033】

以下、上記3つの位置情報の取得方法について、より詳細に説明する。

(1) 自船の水深

潜水艇20は、装備している水深計21により、自船の水深を取得する。

(2) ブイ40から自船までの直線距離

潜水艇20は、自ら発した超音波がブイ40に到達し、ブイ40から返信されてくるまでの往復時間に基づいて、ブイ40からの距離を算出する。具体的には、図8(a)の通信シーケンス図、図8(b)の潜水艇20における送受信のタイミング図及び図8(c)のブイ40における送受信のタイミング図に示されるように、まず、潜水艇20は、自船を識別できるコード化した超音波を全方向に送信する(ステップS1)。その信号を受信し、潜水艇20からの信号であると確認したブイ40は、即時に(一定の処理時間 t_p 後に)、いま受信した潜水艇20の識別コードに自らの識別コードを付加して得られる信号(超音波)を全方向に送信する(ステップS2)。

40

【0034】

ブイ40からの信号を受信した潜水艇20は、発信した時刻から受信した時刻までの時間 t_d を求め、予め記憶している上記ブイ40での処理時間 t_p 及び超音波の海中での伝播速度 s から、以下の式に基づいて、ブイ40からの距離 L を算出する。

$$L = (t_d - t_p) / 2s$$

【0035】

50

なお、上記ブイ40での処理時間 t_p は、上記信号の往復時間 t_d に比べて極めて小さい場合には必ずしも考慮しなくてもよい。また、超音波の伝播速度 s は、固定値(例えば、 1480 m/sec)であってよいし、そのときの海中の温度に依存して決定される値であってよい。これらのことは、求められる3次元位置の精度に応じて決定すればよい。

【0036】

図9は、潜水艇20とブイ40間でやりとりされる信号の詳細な内容を示す図であり、図9(a)は、潜水艇20から送信される信号のデータ構造を示し、図9(b)は、ブイ40から送信される信号のデータ構造を示す。なお、ここでは、これらの双方向通信において、 200 kHz (波長は $5\text{ }\mu\text{ sec}$)程度の搬送波(超音波)が使用され、1パルス(1ビット)幅を $200\text{ }\mu\text{ sec}$ 程度とするデジタル変調によって、情報が送受信される。

10

【0037】

図9(a)に示されるように、潜水艇20は、1秒間隔程度で全方向に、以下のコードを含む超音波を発信する(図8(a)におけるステップS1)。

(i) スタート信号(2パルス幅)

(ii) 自船を表す識別コード(8パルス)

(iii) ブイ40を基点とする自船の方位を表すデータ(8パルス)

(iv) ブイ40から自船までの距離を表すデータ(10パルス)

(v) 自船の水深を表すデータ(10パルス)

(vi) ストップ信号(3パルス幅)

20

【0038】

ただし、上記(iii)~(v)のデータは、ブイ40との直前の交信、ブイ40からの方位データの取得及び水深計21による計測によって既に判明している場合に、直前のデータがこの信号中に含まれるものであり、潜水艇20の位置をリアルタイムにブイ40経由で基地局60に通知するためのものである。

【0039】

この信号を受信したブイ40は、図9(b)に示されるように、即時に、以下のコードを含む超音波を全方向に返信する(図8(a)におけるステップS2)。

(i) スタート信号(2パルス幅)

(ii) いま受信した潜水艇20の識別コード(8パルス)

(iii) ブイ40の識別コード(8パルス)

(iv) ストップ信号(3パルス幅)

30

【0040】

つまり、潜水艇20から送られてきた信号に含まれる方位及び距離を表すデータを省いたものと同じ信号に、自分(ブイ40)を表す識別データを付加した信号を全方向に発信する。

【0041】

このように、潜水艇20は、ブイ40と一定の超音波信号のやりとりをすることで、その往復時間から、ブイ40からの距離を特定することができる。距離が特定できた場合には、次(1秒後)の超音波の送信においては、図9(a)に示されるように、特定した距離を表すデータを含めた超音波を送信する。

40

(3) ブイ40を基点とする自船の方位

【0042】

潜水艇20は、(i)ブイ40によるスキヤンの開始時に発せられる真北を示すコードを含む超音波(真北信号)を受信してから、 10 度単位の方位を示すコードが含まれた超音波(方位信号)を受信するまでの時間、及び、(ii)受信した方位信号に含まれる方位を示すコードに基づいて、ブイ40を基点とする自船の方位を特定する。具体的には、図10(a)の通信シーケンス図、図10(b)のブイ40における送受信(ここでは、送信のみ)のタイミング図及び図10(b)の潜水艇20における送受信(ここでは、受信のみ)のタイミング図に示されるように、ブイ40は、まず、超音波送波器48を構成す

50

る36個の全ての振動子を用いて、真北を示すコード等を含ませた超音波を全方位に送信する(ステップS11)。続いて、一定時間間隔 t_s で、時計回りに、超音波送波器48を構成する36個の振動子を順次用いることで、10度刻みに増加していく角度を表すコード等を含ませた超音波を送信していく(ステップS12~S13~S14)。具体的には、まず、10度に対応する振動子だけを用いて方位10度を示すコードを送信し、次に、その振動子と時計回りに隣接する20度に対応する振動子だけを用いて方位20度を示すコードを送信する、というスキンを10度~350度の方位について繰り返す。このような1回転のスキンを終えたら、再び、同じスキンを繰り返す。これによって、図4に示される指向特性のように、真北を開始とし、時計回りに、一定時間間隔及び10度刻みの方位で、海中に向けて、鋭い水平面指向特性を持った超音波が順次、送信されていく。

10

【0043】

一方、潜水艇20は、全方位に発せられた真北信号を受信すると(ステップ11)、タイマーをスタートさせ、次に方位信号を受信する(ステップS13)までの時間 T_r を計測する。そして、その時間 t_c と、予め分かっている上記時間間隔 T_d とから、以下の式に従って、ブイ40を基点とする自船の方位(度)を特定する。

$$= (t_c / t_s) \cdot 10$$

【0044】

このとき、潜水艇20は、受信した方位信号に含まれる方位を示すコードからも、直接、自船の方位を知ることができる。したがって、潜水艇20は、これら2つの方法で得られた方位を相互比較し、一致していることを確認したうえで、その方位を自船の方位と確定する。

20

【0045】

なお、ブイ40から送信される方位信号の水平面指向特性における広がり、潜水艇20の位置、潜水艇20が備える超音波受波器30bの感度等により、潜水艇20は、必ずしも、1種類の方位信号だけを受信するとは限らない。したがって、潜水艇20は、複数の連続する方位コードを含む超音波を受信した場合には、信号強度が最も大きい超音波(及び、そこに含まれていた方位を示すコード)を採用することにより、1つの方位コードを特定する。

【0046】

ただし、より高精度の位置検知が求められる場合には、潜水艇20は、受信した複数の方位信号を用いることで、計算処理によって、より細かい方位を特定することもできる。例えば、受信した方位信号の中で、信号強度が最も大きいものと次に大きいものを信号強度に応じて比例配分等することで、得られた計算上の超音波(及び、計算上の方位)を自船が受信したものと扱う。例えば、方位130度のコードを含む超音波と方位140度のコードを含む超音波とを略同じ強度で受信した場合には、それら2つの超音波を受信した時刻の中間に位置する時刻に、方位135度を示すコードが含まれた超音波を受信したものととして、上記方位の確認と確定処理を行う。

30

【0047】

図11は、ブイ40から送信される方位検知用の信号の詳細な内容を示す図であり、図11(a)は、スキンの開始時(及び、再度のスキンの開始時)に全方位に送信される真北信号のデータ構造を示し、図11(b)は、スキン中における1つの方位に送信される方位信号のデータ構造を示す。なお、この送信においては、上述の距離測定における通信と区別するために、距離測定に用いられた搬送波の周波数とは異なる周波数の搬送波、例えば、250kHz(波長は4 μ sec)程度の搬送波(超音波)が使用され、1パルス(1ビット)幅を200 μ sec程度とするデジタル変調によって、情報が送受信される。

40

【0048】

図11(a)に示されるように、ブイ40は、スキンの開始点において、全方向に、以下のコードを含む超音波を送信する(図10(a)におけるステップS1)。

50

- (i) スタート信号 (3 パルス幅)
- (i i) ブイ 4 0 の識別コード (8 パルス)
- (i i i) 真北 (0 度) を表すコード (1 0 パルス)
- (i v) G P S 4 2 で特定したブイ 4 0 の位置 (緯度) を表すデータ (各 1 0 パルス)
- (v) G P S 4 2 で特定したブイ 4 0 の位置 (経度) を表すデータ (各 1 0 パルス)
- (v i) ストップ信号 (4 パルス幅)

【 0 0 4 9 】

また、ブイ 4 0 は、図 1 1 (b) に示されるように、スキャン中においては、各方位ごとに、以下のコードを含む超音波を送信する (図 1 0 (a) におけるステップ S 2 ~ S 3 ~ S 4)。

- (i) スタート信号 (3 パルス幅)
- (i i) ブイ 4 0 の識別コード (8 パルス)
- (i i i) 方位 (角度) を表すコード (1 0 パルス)
- (i v) ストップ信号 (4 パルス幅)

【 0 0 5 0 】

このように、潜水艇 2 0 は、ブイ 4 0 から送信される真北を示す信号と方位 (角度) を示す信号とを受信することで、ブイ 4 0 を基点とする方位を特定することができる。方位が特定できた場合には、距離測定のためのブイ 4 0 への送信において、図 9 (a) に示されるように、特定した方位を表すデータを含めた超音波を送信する。

【 0 0 5 1 】

以上のようにして、本位置検知システム 1 0 における潜水艇 2 0 は、(1) 自船の水深、(2) ブイ 4 0 から自船までの直線距離、(3) ブイ 4 0 を基点とする自船の方位に基づいて、海中におけるブイ 4 0 を基点とする自船の 3 次元位置 (相対位置) を知ることができる。そして、ブイ 4 0 の地理的位置については、ブイ 4 0 から送信された真北信号に含まれている緯度及び経度のデータから知ることができるので、ブイ 4 0 の地理的位置とブイ 4 0 からの相対位置 (3 次元位置) とを加算して計算することで、自船の 3 次元地理的位置を知ることができる。

【 0 0 5 2 】

また、潜水艇 2 0 の相対位置は、潜水艇 2 0 からブイ 4 0 を経由し、ブイ 4 0 の地理的位置とともに基地局 6 0 に通報される。したがって、このようなブイ 4 0 の地理的位置、海中における潜水艇 2 0 の 3 次元相対位置や地理的位置は、潜水艇 2 0 の海中表示部 2 4 や G P S 水平表示部 2 6 に表示されるだけでなく、基地局 6 0 の海中表示部 6 4 及び水平表示部 6 5 にも表示され、監視される。

【 0 0 5 3 】

以上、本発明に係る位置検知システムについて、実施の形態に基づいて説明したが、本発明は、この実施の形態に限定されるものではない。

例えば、本実施の形態では、浮体としてブイ 4 0 が用いられたが、これに代えて、ブイ 4 0 と同等の機能を有する装置を搭載した海上の船舶としたり、海底又は陸に固定された海面又は海中の固定通信局とすることもできる。同様に、移動体は潜水艇に限定されるものではなく、ダイバーが備える携帯型の通信装置であってもよい。

【 0 0 5 4 】

また、本実施の形態では、ブイ 4 0 は、方位計 4 6 が示す方位情報に基づいてスラスト 4 5 を制御することで、ブイ 4 0 が一定の方位を向くように維持したうえで、超音波送波器 4 8 から真北信号と方位信号を発信したが、これに代えて、方位計 4 6 が示す方位情報に基づいて、動的に、超音波送波器 4 8 を構成する振動子の中から真北を向いている振動子を決定し、その振動子を開始点として、真北信号と方位信号を発信してもよい。これによって、ブイ 4 0 が一定の方位を向くためのスラスト 4 5 による制御が不要となる。

【 0 0 5 5 】

また、本実施の形態では、潜水艇の方位を特定するためのスキャン手段として、放射状に並べられた 3 6 個の振動子の集まり (アレイ) からなる超音波送波器 4 8 が用いられたが

10

20

30

40

50

、1個の振動子又は1方向に超音波を送出する送波器を一定速度で機械的に回転させる方式を採用してもよい。

【0056】

また、本実施の形態では、潜水艇20からブイ40を経て基地局60に位置情報等が伝達されたが、通信の方向は、この方向に限定されるものではなく、基地局60からブイ40を経て潜水艇20に指令等の情報を伝達させてもよい。具体的には、基地局60と無線通信するための無線通信機器、電波と超音波とを双方向に変換するトランスデューサ、潜水艇20と超音波で通信するための通信機器等をブイ40に備えさせることで、ブイ40を、潜水艇20と基地局60との通信中継局として機能させることができる。これによって、潜水艇20は、海面に浮上することなく、海中にいたまま、陸上の基地局と交信すること

10

【0057】

また、潜水艇20の方位等の計測精度を向上させるために、海面の波動によるブイ40の揺れに基づく計測値のばらつきを補正する機能をブイ40内又は潜水艇20内に設けてもよい。同様に、海水の質（塩分濃度や温度等）に基づく超音波信号の海中での伝播速度の変化等を考慮した計算処理を組み込むことで、潜水艇20における距離計測の精度を向上させてもよい。

【0058】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明に係る位置検知システムによれば、海上に1個のブイ等の浮体を設置するだけで海中における潜水艇等の移動体の3次元位置を特定することができる。したがって、複数のトランスポンダを海底の正確な位置に設置するような手間は不要となる。

20

【0059】

また、本発明に係る移動体は、浮体から発信される超音波信号を受信するだけで浮体からの方位を知ることができる。したがって、海底に設置された磁気マーカからの磁気を3次元的に検出するためにブーム等の棒体を移動体（潜水艇）の艇体から外に延ばして設けるという必要がなく、安全である。

【0060】

また、本発明に係る移動体は、浮体からの方位については、浮体から発信される真北信号を受信してから方位信号を受信するまでの時間と、方位信号に含まれる方位を示すデジタル値（コード）とから、それらを相互比較しながら最終的な方位を特定するので、外乱ノイズ等による影響を受けることなく、正確に自船の位置を決定することができる。

30

【0061】

また、本発明に係る移動体は、水深計による水深の計測と、超音波による浮体との送受信による浮体からの距離の特定と、浮体から発信される真北信号及び方位信号の受信による方位の特定と、浮体から発信される真北信号に含まれる浮体の地理的位置の取得とを一定時間間隔で繰り返すことで、リアルタイムに自船の地理的3次元位置を知ることができる。

【0062】

さらに、本発明に係る位置検知システムによれば、移動体で得られた位置情報は、浮体に送信され、浮体の地理的位置とともに、浮体から陸上の基地局に無線で通知される。したがって、基地局では、浮体の地理的位置とともに、移動体の3次元位置をリアルタイムに知ることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態における潜水艇の位置検知システムの構成要素を示す図である。

【図2】潜水艇が備える位置検知装置の構成を示すブロック図である。

【図3】ブイの外観図である。

【図4】(a)は、ブイの超音波送波器の水平面での指向特性を示し、(b)は、その垂

50

直面での指向特性を示す。

【図 5】ブイの構成を示すブロック図である。

【図 6】基地局に備えられる船位測定システムの構成を示すブロック図である。

【図 7】潜水艇の 3 次元位置の特定方法を示す図である。

【図 8】(a) は、ブイから潜水艇までの距離を特定するための通信シーケンスを示す図であり、(b) は、そのときの潜水艇における送受信のタイミング図であり、(c) は、そのときのブイにおける送受信のタイミング図である。

【図 9】(a) は、図 8 のステップ S 1 における潜水艇からの送信信号のデータ構造を示す図であり、(b) は、図 8 のステップ S 2 におけるブイからの送信信号のデータ構造を示す図である。

10

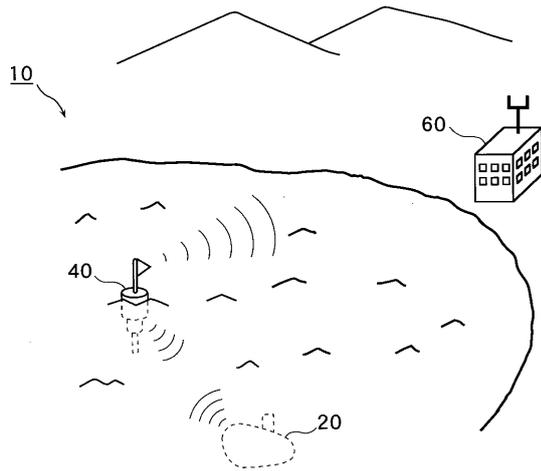
【図 10】(a) は、ブイを基点とする潜水艇の方位を特定するための通信シーケンスを示す図であり、(b) は、そのときのブイにおける送信のタイミング図であり、(c) は、そのときの潜水艇における受信のタイミング図である。

【図 11】(a) は、図 10 のステップ S 1 1 におけるブイからの真北信号のデータ構造を示す図であり、(b) は、図 10 のステップ S 1 2 ~ S 1 4 におけるブイからの方位信号のデータ構造を示す図である。

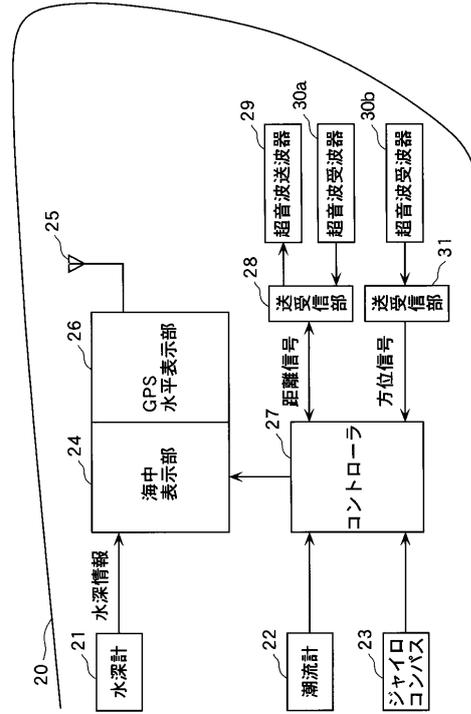
【符号の説明】

1 0	位置検知システム	
2 0	潜水艇	
2 1	水深計	20
2 2	潮流計	
2 3	ジャイロコンパス	
2 4	海中表示部	
2 5	G P S アンテナ	
2 6	G P S 水平表示部	
2 7	コントローラ	
2 8、3 1	送受信部	
2 9	超音波送波器	
3 0 a、3 0 b	超音波受波器	
4 0	ブイ	30
4 1	アンテナ	
4 2	G P S	
4 3	メインコントローラ	
4 4	送信装置	
4 5	スラスタ	
4 6	方位計	
4 7	スキャナコントローラ	
4 8、5 0	超音波送波器	
4 9	距離・情報コントローラ	
5 1	超音波受波器	40
5 5	太陽電池	
5 6	電源部	
6 0	基地局	
6 1	アンテナ	
6 2	受信装置	
6 3	信号変換装置	
6 4	海中表示部	
6 5	水平表示部	

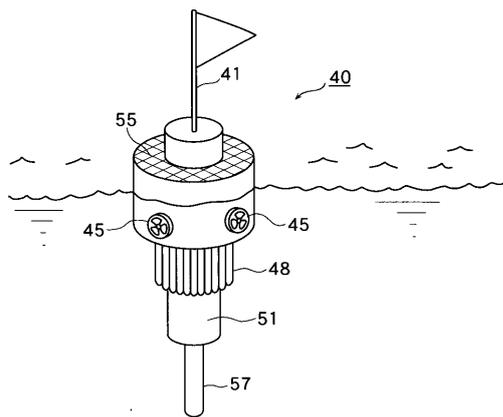
【 図 1 】



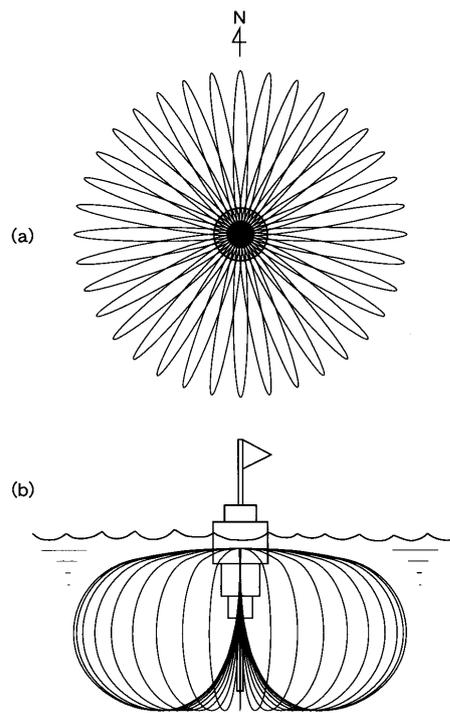
【 図 2 】



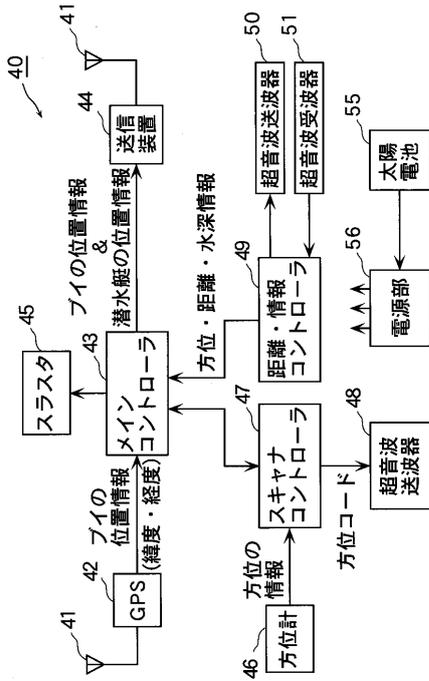
【 図 3 】



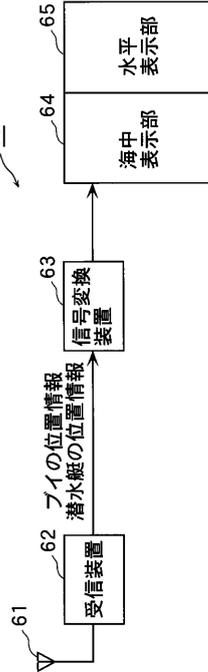
【 図 4 】



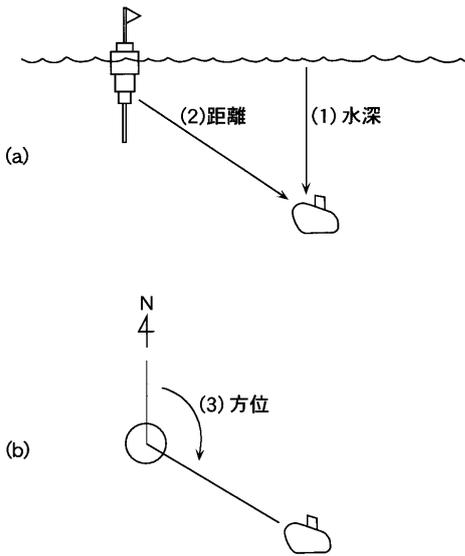
【 図 5 】



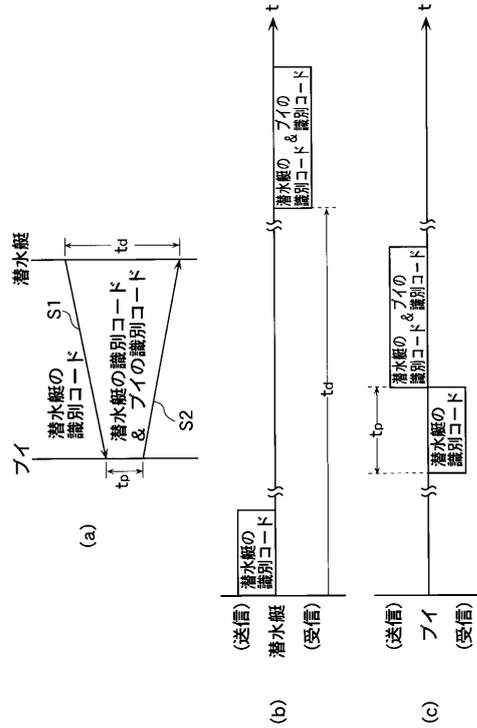
【 図 6 】



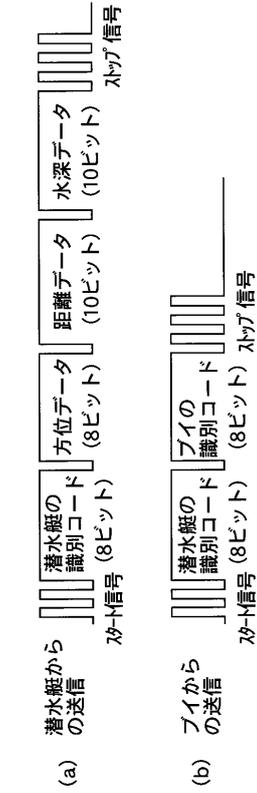
【 図 7 】



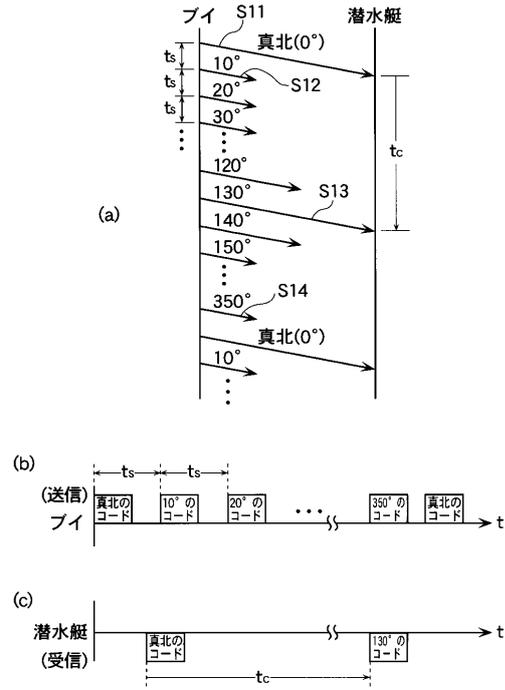
【 図 8 】



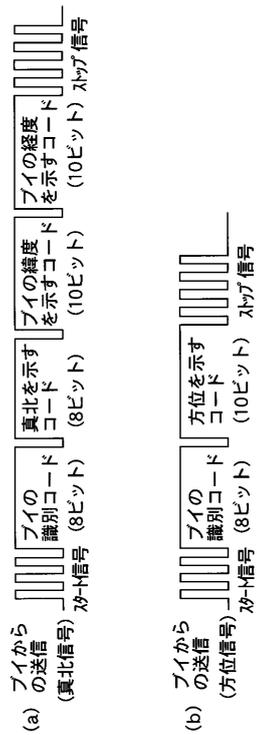
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



フロントページの続き

(73)特許権者 502023044

小水 満

滋賀県大津市月の輪町4丁目11-4

(73)特許権者 594203405

八尋 暉夫

東京都豊島区西巣鴨4丁目17番7号

(74)代理人 100109210

弁理士 新居 広守

(72)発明者 吉谷 正夫

奈良県奈良市あやめ池南4丁目11-23-2

(72)発明者 澤井 禎夫

東京都杉並区下高井戸3-21-6

審査官 松下 公一

(56)参考文献 特開昭63-36174(JP,A)

特開昭61-223679(JP,A)

特開平10-111352(JP,A)

特開昭61-95260(JP,A)

特開平8-248114(JP,A)

特表2002-521697(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

G01S 1/00 ~ 1/82

G01S 3/80 ~ 3/86

G01S 5/18 ~ 5/30

G01S 7/52 ~ 7/64

G01S 15/00 ~ 15/96

G05D 1/00

G08G 3/00

G01C 13/00

G01C 21/00