

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6675118号  
(P6675118)

(45) 発行日 令和2年4月1日(2020.4.1)

(24) 登録日 令和2年3月12日(2020.3.12)

(51) Int. Cl.		F I	
<b>GO 1 S</b>	<b>5/24</b>	<b>(2006.01)</b>	GO 1 S 5/24
<b>GO 1 S</b>	<b>1/80</b>	<b>(2006.01)</b>	GO 1 S 1/80

請求項の数 11 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2015-161015 (P2015-161015)	(73) 特許権者	501204525
(22) 出願日	平成27年8月18日(2015.8.18)		国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
(65) 公開番号	特開2017-40500 (P2017-40500A)		東京都三鷹市新川6丁目38番1号
(43) 公開日	平成29年2月23日(2017.2.23)	(74) 代理人	100098545
審査請求日	平成30年6月1日(2018.6.1)		弁理士 阿部 伸一
		(74) 代理人	100087745
			弁理士 清水 善廣
		(74) 代理人	100106611
			弁理士 辻田 幸史
		(74) 代理人	100116241
			弁理士 金子 一郎
		(72) 発明者	篠野 雅彦
			東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上技術安全研究所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 水中局域測位システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

水面への設定位置を維持するように位置保持を行うとともに、GPS信号を受信し受信信号に基づいた音響信号を水中に送信する送信手段を有した3機以上の自動位置保持浮体と、前記自動位置保持浮体の設置水域に投入され前記送信手段から送信された前記音響信号を受信する受信手段を有した潜水機とを備え、

前記自動位置保持浮体が、それぞれの前記位置保持を前記GPS信号を用いて行い、それぞれの識別信号を前記音響信号に付加して前記送信手段から送信するとともに、

前記潜水機が、水中投入前に入力された前記自動位置保持浮体のそれぞれの設定位置情報及びそれぞれの識別信号情報を記憶する入力情報記憶手段と、記憶された前記設定位置情報と前記識別信号情報及び受信した前記音響信号とに基づいて前記水中における自己の水中位置を推定する推定手段を有し、

前記自動位置保持浮体は、前記設定位置に対する前記水面上の位置ずれを前記GPS信号に基づいて検出し、前記設定位置からのずれに関して、前記水面におけるX軸方向とY軸方向のそれぞれに対して、水中音速を用いて計算された、ずれ距離の補正情報を前記音響信号に付加して前記送信手段から送信することを特徴とする水中局域測位システム。

【請求項 2】

前記自動位置保持浮体の前記送信手段は、前記GPS信号に同期した前記音響信号を所定の時間間隔で前記水中に送信することを特徴とする請求項1に記載の水中局域測位システム。

10

20

**【請求項 3】**

前記識別信号情報は、前記音響信号の周波数、デューティサイクル、デジタルビット、又は信号時間幅のうちから選択される信号を、それぞれの前記自動位置保持浮体毎に異ならせたものであることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の水中局域測位システム。

**【請求項 4】**

前記潜水機が前記受信した前記音響信号を連続的に記録する記録手段を有していることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のうちの 1 項に記載の水中局域測位システム。

**【請求項 5】**

前記推定手段は、3 機以上の前記自動位置保持浮体からの前記音響信号のうち任意の 2 つの前記音響信号の時間差データから前記潜水機の前記水中位置を推定することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のうちの 1 項に記載の水中局域測位システム。

**【請求項 6】**

前記潜水機が深度計を有し、前記推定手段が深度計データを用いて前記潜水機の前記水中位置を推定することを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のうちの 1 項に記載の水中局域測位システム。

**【請求項 7】**

前記推定手段は、前記深度計データ及び 3 機以上の前記自動位置保持浮体からの前記音響信号の前記時間差データに基づいた双曲線測位法により、前記潜水機の緯度及び経度を推定することを特徴とする請求項 5 を引用する請求項 6 に記載の水中局域測位システム。

**【請求項 8】**

前記推定手段は、前記深度計データ及び 3 機以上の前記自動位置保持浮体からの前記音響信号の伝搬時間に基づいた三角測量法により、前記潜水機の緯度及び経度を推定することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のうちの 1 項を引用する請求項 6 に記載の水中局域測位システム。

**【請求項 9】**

前記推定手段は、前記自動位置保持浮体からの前記音響信号に基づいて前記水中における前記潜水機の 3 次元的な前記水中位置を推定することを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のうちの 1 項に記載の水中局域測位システム。

**【請求項 10】**

前記潜水機は、前記受信手段を前記潜水機上の離隔した位置に複数有し、複数の前記受信手段間における受信した前記音響信号の時間差から前記潜水機自身の姿勢を検出することを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のうちの 1 項に記載の水中局域測位システム。

**【請求項 11】**

前記自動位置保持浮体は、前記水面における他の存在物に対する注意を喚起する表示及び/又は信号の発信を行うことを特徴とする請求項 1 から請求項 10 のうちの 1 項に記載の水中局域測位システム。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、GPS 信号を利用して、水中に投入された潜水機の水中位置を推定する水中局域測位システムに関する。

**【背景技術】****【0002】**

海洋や湖沼等において水中・水底探査等を行う場合には、水中に投入した潜水機の位置を把握する必要がある。

特許文献 1 には、複数の水中作業機を制御する主支援船及び複数の支援船を海上に浮かべ、この主支援船及び支援船の座標位置を人工衛星からの GPS 信号によって演算し、この座標位置をもとにして水中作業機の位置を制御するようにした水中作業機等の位置出し方法が開示されている。

10

20

30

40

50

また、特許文献 2 には、GPS 衛星からの GPS 信号を基にして位置データを求め、その位置データを超音波信号として水中に発信するとともに、所定の時刻に時刻パルス超音波信号として水中に発信するブイと、水中ロボットに備えられ、ブイからの超音波信号を受信することによって、ブイの位置データと時刻パルスの到達時間差とを求め、これら位置データと到達時間差とを基にして現在位置データを算出する演算器等とを有する水中物体位置測定装置が開示されている。

また、特許文献 3 には、水中に設置され、水上または水中を移動可能な移動体の位置を移動体側で計測させるための音響信号を定期的を送出する少なくとも 2 基以上の水中音源装置と、各水中音源装置が送出した音響信号の受信時刻と送信時刻とに基づいて、各水中音源装置と移動体との距離から、三角測量により移動体の位置を計測する音響測位装置とを備えた音響測位システムが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 7 - 270519 号公報

【特許文献 2】特開平 9 - 145821 号公報

【特許文献 3】特開 2005 - 321225 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 に記載の水中作業機等の位置出し方法は、複数の支援船を用意する必要があり、多大な手間とコストがかかってしまう。また、水中作業機に超音波を発信させるための制御信号を送る有線が必要となる。また、水中作業機の位置の演算は支援船が行うものであり、水中作業機において自己の水中位置を推定することができない。

また、特許文献 2 に記載の水中物体位置測定装置において、ブイは GPS 信号を基にして位置データを求め、その位置データを超音波信号として水中に発信すると共に、所定の時刻に時刻パルス超音波信号として水中に発信するものであるため、超音波信号に含めるべき情報が多く複雑になってしまう。

また、特許文献 3 に記載の音響測位システムは、複数の音源装置を海底に設置する必要があるため、水上の GPS 受信機と海底の音源装置をケーブルで結ぶ必要があり、設置許可を得るなど手間もかかる。また、音源装置と潜水船の受信装置の双方に高精度時計部が必要となり複雑で高価なものとなっている。

【0005】

そこで本発明は、GPS 信号を受けて音響信号を水中に送信する機器を海底に設置することなく、潜水機が自己の水中位置を、コストをかけずに精度よく推定することができる水中局域測位システム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】

【0006】

請求項 1 記載に対応した水中局域測位システムにおいては、水面への設定位置を維持するように位置保持を行うとともに、GPS 信号を受信し受信信号に基づいた音響信号を水中に送信する送信手段を有した 3 機以上の自動位置保持浮体と、自動位置保持浮体の設置水域に投入され送信手段から送信された音響信号を受信する受信手段を有した潜水機とを備え、自動位置保持浮体が、それぞれの位置保持を GPS 信号を用いて行い、それぞれの識別信号を音響信号に付加して送信手段から送信するとともに、潜水機が、水中投入前に入力された自動位置保持浮体のそれぞれの設定位置情報及びそれぞれの識別信号情報を記憶する入力情報記憶手段と、記憶された設定位置情報と識別信号情報及び受信した音響信号とに基づいて水中における自己の水中位置を推定する推定手段を有し、自動位置保持浮体は、設定位置に対する水面上の位置ずれを GPS 信号に基づいて検出し、設定位置からのずれに関して、水面における X 軸方向と Y 軸方向のそれぞれに対して、水中音速を用いて計算された、ずれ距離の補正情報を音響信号に付加して送信手段から送信することを特

徴とする。

請求項 1 に記載の本発明によれば、潜水機自身で自己の水中位置を推定することができ、自動位置保持浮体から潜水機に送信する信号をシンプルにすることができる。また、音響信号を水中に送信する自動位置保持浮体は、波や風の影響を受けても設定位置を維持するように位置保持を行うので、潜水機の水中位置推定精度が向上する。また、音響信号を送信する機器を海底に設置する必要がないので、ケーブルの配索や設置許可を得るなどの手間が不要である。さらに、GPS 信号を基にした 3 機以上の自動位置保持浮体からの音響信号に基づいて水中位置を推定するため、高精度時計部を必要とせずコストが低減できる。また、潜水機は、自己の水中位置を推定する際に自動位置保持浮体の補正情報に基づいた補正を行うことができるため、誤差を少なくすることができる。また、補正情報を音響信号に付加して発信するため、他の送信手段を必要としない。

10

【 0 0 0 7 】

請求項 2 に記載の本発明は、自動位置保持浮体の送信手段は、GPS 信号に同期した音響信号を所定の時間間隔で水中に送信することを特徴とする。

請求項 2 に記載の本発明によれば、自動位置保持浮体が GPS 信号に同期した正確な時間周期で音響信号を送信するので、自動位置保持浮体間で同期のための通信を行う必要が無く、潜水機の水中位置推定精度も向上できる。

【 0 0 0 8 】

請求項 3 に記載の本発明は、識別信号情報は、音響信号の周波数、デューティサイクル、デジタルビット、又は信号時間幅のうちから選択される信号を、それぞれの自動位置保持浮体毎に異ならせたものであることを特徴とする。

20

請求項 3 に記載の本発明によれば、潜水機は、自動位置保持浮体毎に異なる周波数、デューティサイクル、デジタルビット、又は信号時間幅に基づき、簡単な識別手法を用いて音響信号がどの自動位置保持浮体から送信されたものかを識別することができる。

【 0 0 0 9 】

請求項 4 に記載の本発明は、潜水機が受信した音響信号を連続的に記録する記録手段を有していることを特徴とする。

請求項 4 に記載の本発明によれば、潜水機が連続的な記録手段を有するので、別途潜水機と独立した記録手段を設ける必要がなく、経時的な信号処理が可能となる。

【 0 0 1 0 】

請求項 5 に記載の本発明は、推定手段は、3 機以上の自動位置保持浮体からの音響信号のうち任意の 2 つの音響信号の時間差データから潜水機の水中位置を推定することを特徴とする。

30

請求項 5 に記載の本発明によれば、潜水機は、各自動位置保持浮体との距離によって音響信号が届く時間に差が生じることを利用して、自身の水中位置を推定することができる。また、時間差データにより誤差をキャンセルし、高精度時計部を用いなくても水中位置を精度よく推定することができる。

【 0 0 1 1 】

請求項 6 に記載の本発明は、潜水機が深度計を有し、推定手段が深度計データを用いて潜水機の水中位置を推定することを特徴とする。

40

請求項 6 に記載の本発明によれば、潜水機は、水中位置のうちの深度を自身が有する深度計によって推定することができる。

【 0 0 1 2 】

請求項 7 に記載の本発明は、推定手段は、深度計データ及び 3 機以上の自動位置保持浮体からの音響信号の時間差データに基づいた双曲線測位法により、潜水機の緯度及び経度を推定することを特徴とする。

請求項 7 に記載の本発明によれば、双曲線測位法により潜水機の水中位置を精度よく推定することができる。

【 0 0 1 3 】

請求項 8 に記載の本発明は、推定手段は、深度計データ及び 3 機以上の自動位置保持浮体

50

からの音響信号の伝搬時間に基づいた三角測量法により、潜水機の緯度及び経度を推定することを特徴とする。

請求項 8 に記載の本発明によれば、タイムオブフライト (Time of Flight) 測位法等の三角測量法により潜水機の水中位置を精度よく推定することができる。

【0014】

請求項 9 記載の本発明は、推定手段は、自動位置保持浮体からの音響信号に基づいて水中における潜水機の 3 次元的水中位置を推定することを特徴とする。

請求項 9 に記載の本発明によれば、3 次元的水中位置を推定するにあたって潜水機に深度計等を備える必要が無い。

【0015】

請求項 10 記載の本発明は、潜水機は、受信手段を潜水機上の離隔した位置に複数有し、複数の受信手段間における受信した音響信号の時間差から潜水機自身の姿勢を検出することを特徴とする。

請求項 10 に記載の本発明によれば、複雑な姿勢検出手段を必要とせずに、水中位置に加えて姿勢を検出ことができ、潜水機の状態をより詳しく把握することができる。

【0016】

請求項 11 記載の本発明は、自動位置保持浮体は、水面における他の存在物に対する注意を喚起する表示及び / 又は信号の発信を行うことを特徴とする。

請求項 11 に記載の本発明によれば、自動位置保持浮体や潜水機に他の存在物が衝突して損傷することを防止できる。

【発明の効果】

【0017】

本発明の水中局域測位システムによれば、潜水機自身で自己の水中位置を推定ことができ、自動位置保持浮体から潜水機に送信する信号をシンプルにすることができる。また、音響信号を水中に送信する自動位置保持浮体は、波や風の影響を受けても設定位置を維持するように位置保持を行うので、潜水機の水中位置推定精度が向上する。また、音響信号を送信する機器を海底に設置する必要がないので、ケーブルの配索や設置許可を得るなどの手間が不要である。さらに、GPS 信号を基にした 3 機以上の自動位置保持浮体からの音響信号に基づいて水中位置を推定するため、高精度時計部を必要とせずコストが低減できる。また、潜水機は、自己の水中位置を推定する際に自動位置保持浮体の補正情報に基づいた補正を行うことができるため、誤差を少なくすることができる。また、補正情報を音響信号に付加して発信するため、他の送信手段を必要としない。

【0018】

また、自動位置保持浮体の送信手段は、GPS 信号に同期した音響信号を所定の時間間隔で水中に送信する場合には、自動位置保持浮体が GPS 信号に同期した正確な時間周期で音響信号を送信するので、自動位置保持浮体間で同期のための通信を行う必要が無く、潜水機の水中位置推定精度も向上できる。

【0019】

また、識別信号情報は、音響信号の周波数、デューティサイクル、デジタルビット、又は信号時間幅のうちから選択される信号を、それぞれの自動位置保持浮体毎に異ならせたものである場合には、潜水機は、自動位置保持浮体毎に異なる周波数、デューティサイクル、デジタルビット、又は信号時間幅に基づき、簡単な識別手法を用いて音響信号がどの自動位置保持浮体から送信されたものかを識別することができる。

【0020】

また、潜水機が受信した音響信号を連続的に記録する記録手段を有している場合には、別途潜水機と独立した記録手段を設ける必要がなく、経時的な信号処理が可能となる。

【0021】

また、推定手段は、3 機以上の自動位置保持浮体からの音響信号のうち任意の 2 つの音響信号の時間差データから潜水機の水中位置を推定する場合には、潜水機は、各自動位置保持浮体との距離によって音響信号が届く時間に差が生じることを利用して、自身の水中

10

20

30

40

50

位置を推定することができる。また、時間差データにより誤差をキャンセルし、高精度時計部を用いなくても水中位置を精度よく推定することができる。

【0022】

また、潜水機が深度計を有し、推定手段が深度計データを用いて潜水機の水中位置を推定する場合には、潜水機は、水中位置のうちの深度を自身が有する深度計によって推定することができる。

【0023】

また、推定手段は、深度計データ及び3機以上の自動位置保持浮体からの音響信号の時間差データに基づいた双曲線測位法により、潜水機の緯度及び経度を推定する場合には、双曲線測位法により潜水機の水中位置を精度よく推定することができる。

10

【0024】

また、推定手段は、深度計データ及び3機以上の自動位置保持浮体からの音響信号の伝搬時間に基づいた三角測量法により、潜水機の緯度及び経度を推定する場合には、タイムオブフライト (Time of Flight) 測位法等の三角測量法により潜水機の水中位置を精度よく推定することができる。

【0025】

また、推定手段は、自動位置保持浮体からの音響信号に基づいて水中における潜水機の3次元的水中位置を推定する場合には、3次元的水中位置を推定するにあたって潜水機に深度計等を備える必要が無い。

【0026】

また、潜水機は、受信手段を潜水機上の離隔した位置に複数有し、複数の受信手段間における受信した音響信号の時間差から潜水機自身の姿勢を検出する場合には、複雑な姿勢検出手段を必要とせず、水中位置に加えて姿勢を検出ことができ、潜水機の状態をより詳しく把握することができる。

20

【0027】

また、自動位置保持浮体は、水面における他の存在物に対する注意を喚起する表示及び/又は信号の発信を行う場合には、自動位置保持浮体や潜水機に他の存在物が衝突して損傷することを防止できる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】本発明の一実施形態による水中局域測位システムの基本構成を示す概略構成図

【図2】同システムの自動位置保持浮体の識別信号の例を示す図

【図3】同システムの潜水機の構成を示す概略構成図

【図4】同システムの潜水機の水中位置推定に用いる双曲線測位法の一例を示す図

【図5】同システムの自動位置保持浮体が設定位置からずれた状態を示す図

【図6】同システムの自動位置保持浮体の設定位置からのずれ(補正情報)を送信する方法の説明図

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下に、本発明の実施形態による水中局域測位システムについて説明する。

40

【0030】

図1は本発明の一実施形態による水中局域測位システムの基本構成を示す概略構成図である。

本実施形態による水中局域測位システムは、海洋や湖沼等の水面に投入された3機の自動位置保持浮体10(第0浮体10A、第1浮体10B、第2浮体10C)と、水中に投入されて探査や作業等を行う複数の潜水機20とを備える。自動位置保持浮体10は海底に設置する必要がないので、ケーブルの配索や設置許可を得るなどの手間が不要である。

なお、水面へ投入する自動位置保持浮体10の数は4機以上であってもよいが、本実施形態のように、自動位置保持浮体10の数は潜水機20が水中位置を推定するために必要最低限数である3機とするほうが、コストや管理等の面から好ましい。また、潜水機20

50

の数に制限はない。

また、自動位置保持浮体 10 は、ブイ、ミニボート又はタグボート等である。

#### 【0031】

3機の自動位置保持浮体 10 のそれぞれは、GPS (Global Positioning System) 衛星群 1 からの GPS 信号を受信する DGPS (ディファレンシャル GPS) 部 11、設定位置を維持する DPS (Dynamic Positioning System = 自動位置保持システム) 部 12、及び GPS 衛星群 1 の 1 PPS 信号に同期した音響ピンガーを発振する送信手段 (同期ピンガー) 13 を備える。

#### 【0032】

自動位置保持浮体 10 には、水面における設定位置が記憶されている。船舶等によって 10  
所定の水域まで運ばれた自動位置保持浮体 10 は、船舶から投入された後、DPS 部 12  
によって設定位置まで自力で移動する。この際、自動位置保持浮体 10 は、それぞれの設  
定位置までの移動を、GPS 信号を用いて行う。また、自動位置保持浮体 10 の設定位置  
へのそれぞれの位置保持を、GPS 信号を用いて行う。

第 0 浮体 10 A の設定位置を原点とすると、第 1 浮体 10 B の設定位置は、第 0 浮体 1  
0 A から X 軸方向に所定距離離れた位置であり、第 2 浮体 10 C の設定位置は、第 0 浮体  
10 A から Y 軸方向に所定距離離れた位置である。これにより、水面を上方視した場合に  
3機の自動位置保持浮体 10 は三角形を成すように配置される。

3機の自動位置保持浮体 10 を水面に投入することによって、設置水域 (測位可能領域  
) が形成される。図 1 において設置水域 を仮想的に直方体形状で表している。直方体 20  
形状の設置水域 の上面 (= 水面) の 4 つの頂点のうち、3 つの頂点が第 0 浮体 10 A、  
第 1 浮体 10 B、及び第 2 浮体 10 C のそれぞれの設定位置である。

なお、潜水機 20 が水底で探査又は作業を行う場合には、水底での音響信号の反射の影響  
を考慮し、第 0 浮体 10 A と第 1 浮体 10 B との所定距離 (X 軸方向)、第 0 浮体 10  
A と第 2 浮体 10 C との所定距離 (Y 軸方向) は、それぞれ設置水域 の水深 (Z 軸方向  
) と概ね同じとなるように設定することが好ましい。すなわち、設置水域 が略立方体 (例  
えば、1.5 km × 1.5 km × 1.5 km) となることが好ましい。なお、この場合に水中音の伝播時間  
は 1 sec × 1 sec × 1 sec となる。

また、潜水機 20 が水底から離れた水中で探査又は作業を行う場合には、潜水機 20 の  
深度 (Z 軸方向) に合わせて、第 0 浮体 10 A と第 1 浮体 10 B との所定距離 (X 軸方向) 30  
) と、第 0 浮体 10 A と第 2 浮体 10 C との所定距離 (Y 軸方向) を設定することが好ま  
しい。

#### 【0033】

自動位置保持浮体 10 は、GPS 衛星群 1 の 1 PPS 信号に同期して、設置水域の水深  
に合わせて 1 ~ 10 秒の間に 1 回の周期で、送信手段 13 から水中に音響信号を送信する  
ことによって、潜水機 20 の水中位置推定精度が向上する。この実施の形態において GPS  
信号は、同期した音響信号の送信と、自動位置保持浮体 10 の設定位置までの移動と、自  
動位置保持浮体 10 の設定位置への位置保持に利用される。また、共通の GPS 信号を用  
いて、これに同期した音響信号をそれぞれの自動位置保持浮体 10 が送信するため、自動 40  
位置保持浮体 10 間で同期のための通信を行う必要が無く、システムの簡素化が図れ、コス  
トも低減可能となる。

なお、「同期」の意味には、回路的な微小な時間遅れ、意図的に微小な時間差を付けた  
もの、及び自動位置保持浮体 10 や潜水機 20 の回路の誤差等を含むものとする。

#### 【0034】

自動位置保持浮体 10 には、周波数、デューティサイクル、デジタルビット、又は信号  
時間幅のうちから選択される一の信号が、識別信号として記憶されている。識別信号は、  
第 0 浮体 10 A、第 1 浮体 10 B、第 2 浮体 10 C 毎に異なる。

図 2 は、識別信号の例を示す図であり、図 2 (a) は周波数を異ならせた場合を示し、  
第 0 浮体 10 A の周波数を 12 KHz、第 1 浮体 10 B の周波数を 11 KHz、第 2 浮体 50

10 Cの周波数を10 KHzとしたものである。また、図2 (b)はデューティサイクルのデューティ比を異ならせた場合を示し、第0浮体10 Aのデューティ比を50%、第1浮体10 Bのデューティ比を75%、第2浮体10 Cのデューティ比を25%としたものである。また、図2 (c)はデジタルビットを異ならせた場合を示し、第0浮体10 Aのデジタルビットを0、第1浮体10 Bのデジタルビットを1、第2浮体10 Cのデジタルビットを2としたものである。また、信号時間幅を異ならせた場合は図示していないが、例えば第0浮体10 Aの信号時間を1秒間、第1浮体10 Bの信号時間を1.1秒間、第2浮体10 Cの信号時間を1.2秒間というように信号時間を変化させることによって各浮体の識別信号とするものである。

自動位置保持浮体10は、水中に音響信号を送信する際に、音響信号に識別信号を付加して送信手段13から送信する。 10

#### 【0035】

また、自動位置保持浮体10は、水面における他の存在物(船舶等)に対する注意を喚起する注意喚起手段(図示無し)を備える。注意喚起手段には、例えば、一定間隔で発光する表示灯や、電波で信号を送信する信号発信機等を用いることができる。

自動位置保持浮体10にブイを使用する場合には、そのブイ自体によって潜水機20が活動している水域を他船等に対して警戒表示することになるが、自動位置保持浮体10が注意喚起手段を備えることによって、より一層他船等に対して警戒を促すことができ、自動位置保持浮体10や潜水機20に他船等が衝突して、自動位置保持浮体10、潜水機20、又は他船等が損傷することを防止できる。 20

#### 【0036】

図3は、潜水機20の構成を示す概略構成図である。

潜水機20は、例えば自律型無人潜水機(autonomous underwater vehicle = AUV)であり、海洋においては海底熱水鉱床の探査等に用いられる。

潜水機20は、自動位置保持浮体10の送信手段13から送信された音響信号を受信するハイドロフォン等の受信手段21、入力情報記憶手段22、圧力型深度計等の深度計23、推定手段24、及び記録手段25を備える。

船舶等によって自動位置保持浮体10とともに所定の水域に運ばれた潜水機20は、水中に投入される。潜水機20には、水中に投入される前に自動位置保持浮体10のそれぞれの設定位置情報とそれぞれの識別信号情報、またそれぞれの探査領域等が入力される。入力された設定位置情報と識別信号情報、また探査領域等は、入力情報記憶手段22に記憶される。識別信号情報を潜水機20に記憶しておくことで、自動位置保持浮体10からの識別信号が付加された音響信号を受信した潜水機20は、受信した音響信号が、第0浮体10 A、第1浮体10 B、又は第2浮体10 Cのいずれから送信されたものであるかを識別することができる。 30

推定手段24は、入力情報記憶手段22に記憶された設定位置情報及び識別信号情報、並びに受信した音響信号に基づいて水中における自己(潜水機20)の水中位置を推定する。自己(潜水機20)の水中位置の推定結果に基づいて、それぞれの探査領域に向かい、それぞれの探査任務を遂行することが可能となる。 40

#### 【0037】

潜水機20は、受信手段21で受信した音響信号を連続的に記録手段25に記録する。連続的な記録手段25を潜水機20に備えることによって、潜水機20と独立した記録手段を別途設ける必要がなく、経時的な信号処理が可能となる。

また、潜水機20には、図示していない計時部を有しているが、この計時部は原子時計等の高精度時計部でなくクォーツ時計等の一般的な精度のものでよく、コストをかけずに実現できる。

また、潜水機20は、深度計23で自己の深度(Z軸方向の位置)を計測する。これらによって次の4つのデータを取得することができる。

1) 第0浮体10 Aと第1浮体10 Bとの音響信号の時間差データ ( $t_{11}$ ) 50

- 2) 第0浮体10Aと第2浮体10Cとの音響信号の時間差データ ( $t_{02}$ )
- 3) 第1浮体10Bと第2浮体10Cとの音響信号の時間差データ ( $t_{12}$ )
- 4) 深度データ ( $Z$ )

これらの時間差データにより計時部の時間的な誤差をキャンセルし、高精度時計部を用いなくても水中位置を精度よく推定することができる。

#### 【0038】

推定手段24は、取得した上記4つのデータのうち必要なデータを用いて、双曲線測位法により、潜水機20の緯度及び経度を推定する。

図4は潜水機20の水中位置推定に用いる双曲線測位法の一例を示す図であり、ここでは  $t_{01} = 0.2$  秒、 $t_{02} = 0.4$  秒、 $Z = -300$  mの場合に、双曲線測位法により潜水機20の緯度及び経度を推定する例を示している。

$t_{01} = 0.2$  秒の時間差は距離にして約300m差であることから、この潜水機20は双曲線 上のどこかに位置していると推定される。また、 $t_{02} = 0.4$  秒の時間差は距離にして約600m差であることから、この潜水機20は双曲線 上のどこかに位置していると推定される。すなわち、この潜水機20の水中位置は、双曲線 と双曲線 の四つ交点のうちのいずれかである。

ここで、潜水機20が第0浮体10Aからの音響信号を受信した0.2秒後に第1浮体10Bからの音響信号を受信し、かつ第0浮体10Aからの音響信号を受信した0.4秒後に第2浮体10Cからの音響信号を受信した場合には、この潜水機20の位置は、「P」の位置と推定される。

また、潜水機20が第1浮体10Bからの音響信号を受信した0.2秒後に第0浮体10Aからの音響信号を受信し、かつ第0浮体10Aからの音響信号を受信した0.4秒後に第2浮体10Cからの音響信号を受信した場合には、この潜水機20の位置は、「Q」の位置と推定される。

また、潜水機20が第2浮体10Cからの音響信号を受信した0.4秒後に第0浮体10Aからの音響信号を受信し、かつ第0浮体10Aからの音響信号を受信した0.2秒後に第1浮体10Bからの音響信号を受信した場合には、この潜水機20の位置は、「R」の位置と推定される。

また、潜水機20が第0浮体10Aからの音響信号を第2浮体10Cからの音響信号を受信した0.4秒後かつ第1浮体10Bからの音響信号を受信した0.2秒後に受信した場合には、この潜水機20の位置は、「S」の位置と推定される。

このように潜水機20自身で自己の水中位置を推定することができるので、自動位置保持浮体10から潜水機20に送信する音響信号をシンプルにすることができる。

なお、上記の説明では音響信号の立ち上がりの時間差データを用いて推定手段24が潜水機20の緯度及び経度を推定する例を挙げたが、立ち下りの時間差データや位相差データ等を用いて推定してもよい。

#### 【0039】

また、潜水機20の受信手段21は、一方の受信手段21Aと他方の受信手段21Bとから成る。一方の受信手段21Aと他方の受信手段21Bは、潜水機20上に離隔して設けられている。例えば、潜水機20の前方側に一方の受信手段21Aを配置し、後方側に他方の受信手段21Bを配置する。

離隔して設けた一方の受信手段21Aと他方の受信手段21Bとでは、音響信号の受信時間に差が生じる。この二箇所での音響信号の記録データの時間差から、潜水機20自身の姿勢(潜水機20が向いている方位)を検出することができる。水中位置に加えて姿勢を検出することで、複雑な姿勢検出手段を必要とせずに、潜水機20の状態をより詳しく把握することができる。

なお、受信手段21は、三つ以上の受信手段を潜水機20上に離隔して設けてもよい。

#### 【0040】

図5は自動位置保持浮体10が設定位置からずれた状態を示す図であり、ここでは第0浮体10Aが、設定位置からX軸方向のプラス側に15m及びY軸方向のマイナス側に3

m位置ずれした状態を示している。

自動位置保持浮体10は、大きな波や想定以上の風によって設定位置からずれてしまう可能性がある。そこで自動位置保持浮体10は、GPS信号をDPGS部11で受信することによって自己の位置を約1mの精度で計測し、その計測位置と設定位置とにずれが生じている場合には、DPS部12によって位置ずれを修正し、設定位置における所定の緯度及び経度を維持する。DPS部12による修正精度は一般的に約3m～10mである。このように大きな波や想定以上の風の影響を受けても自動位置保持浮体10が、水面への設定位置を維持するように位置保持を行うことによって、潜水機20の水中位置の推定精度を高めることができる。

なお、自動位置保持浮体10が、設定位置から大きくずれたとき（例えば距離15mより大きい場合）には、送信手段13からの音響信号の送信を停止してもよい。

#### 【0041】

また、自動位置保持浮体10は、設定位置に対する水面上の位置ずれをGPS信号に基づいて検出し、位置ずれに基づく補正情報を音響信号に付加して送信手段13から発信してもよい。すなわち、設定位置からのずれに関して、X軸方向とY軸方向それぞれに対して、水中音速1500m/sを用いて、ずれ距離に相当する時間を算出し、GPS衛星群1の1PPS信号に同期した音響信号を発信する際に、X軸方向ずれ音響信号及びY軸方向ずれ音響信号を合成する。なお、補正情報を音響信号に付加して発信するため、送信手段13以外の他の送信手段を必要としない。

図6は自動位置保持浮体10の設定位置からのずれ音響信号（補正情報）を送信する方法の説明図である。

図6に示すように、例えば、GPS衛星群1の1PPS信号を送信した時点から10ミリ秒後（constant delay time）を基準時としてX軸方向のずれを示す音響信号を送信し、X軸方向のずれを示す音響信号を送信した時点から更に10ミリ秒後（constant delay time）を基準時としてY軸方向のずれを示す音響信号を送信する。位置ずれのプラス方向とマイナス方向は、音響信号を基準時から早く送信するか遅く送信するかによって区別する。また、位置ずれの距離は、音響信号の送信時と基準時との時間差によって表す。

すなわち図5に示す例においては、第0浮体10Aは、X軸方向のプラス側に15m、Y軸方向のマイナス側に3mずれており、距離差15mは約10ミリ秒のずれに、距離差3mは約2ミリ秒のずれに相当するので、GPS衛星群1の1PPS信号を送信した時点から20ミリ秒後にX軸方向のずれを示す音響信号（補正情報）を送信し、その時点から更に8ミリ秒後にY軸方向のずれを示す音響信号（補正情報）を送信する。

X軸方向ずれ音響信号及びY軸方向ずれ音響信号が合成された音響信号を受信した潜水機20の推定手段24は、推定した潜水機20の水中位置を補正情報に基づいて補正することで、DPGS部11による測位精度（誤差約1m）に近づけることができる。

したがって、潜水機20の推定した水中位置を補正情報に基づいて補正する場合には、DPS部12による自動位置保持浮体10の修正精度を10m程度に落とし、スラストの使用時間を低減することで、自動位置保持浮体10のバッテリーの消耗を抑えることが可能となる。

#### 【0042】

なお、上記実施形態においては、潜水機20の水中位置を推定するにあたって深度計23の値を使用した。潜水機20に深度計23を設けず又は深度計23の値を用いずに、自動位置保持浮体10からの音響信号に基づいて水中における潜水機20の3次元的な水中位置を推定してもよい。

#### 【0043】

また、上記実施形態においては、双曲線測位法を用いて潜水機20の緯度及び経度を推定する場合を説明したが、深度計23のデータ及び3機以上の自動位置保持浮体10からの音響信号の時間差データに基づいたタイムオブフライト（Time of Flight）測位法等の三角測量法により潜水機20の緯度及び経度を推定してもよい。

10

20

30

40

50

タイムオブフライト (Time of Flight) 測位法等の三角測量法を用いる場合において、潜水機 20 に深度計 23 を設けないとき又は深度計 23 の値を用いないときには、潜水機 20 の水中位置を推定するにあたって最低限必要な自動位置保持浮体 10 の数は 4 機となる。

【 0 0 4 4 】

また、潜水機 20 に原子時計を搭載してもよい。原子時計は狂いがなく正確なので、潜水機 20 が、原子時計の値と深度計 23 の値を用いて三角測量法により自己の水中位置を推定する場合は、最低限必要な自動位置保持浮体 10 の数は 2 機となる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 4 5 】

本発明の水中局域測位システムは、AUV、有人操作型作業機、遠隔操作型作業機などの潜水機の水中位置をリアルタイムに精度よく把握することができる。したがって、海底熱水鉱床の探査や湖沼等の水中における作業等の効率を向上することができる。

【 符号の説明 】

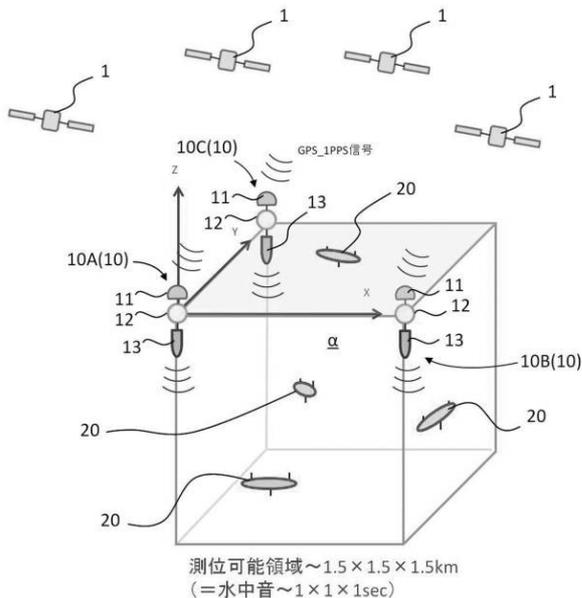
【 0 0 4 6 】

- 10 自動位置保持浮体
- 13 送信手段
- 20 潜水機
- 21 受信手段
- 22 入力情報記憶手段
- 23 深度計
- 24 推定手段
- 25 記録手段
- 設置水域

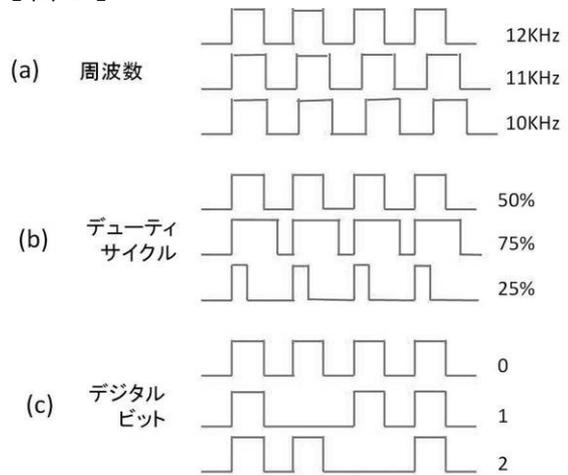
10

20

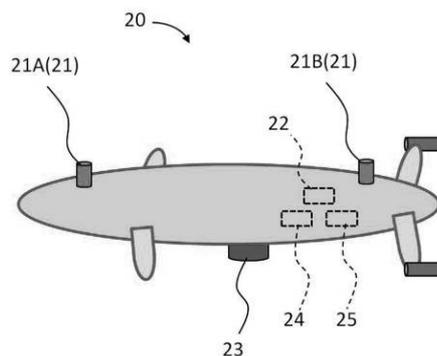
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】





---

フロントページの続き

審査官 安井 英己

(56)参考文献 米国特許第07512036 (US, B2)  
特開2011-075414 (JP, A)  
特開2005-321225 (JP, A)  
特開2003-215230 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 1/72 - 1/82,

G01S 3/80 - 3/86,

G01S 5/18 - 5/30,

G01S 7/52 - 7/64,

G01S 15/00 - 15/96