

(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2018-172056
(P2018-172056A)

(43) 公開日 **平成30年11月8日(2018.11.8)**

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
B63C 11/00 (2006.01)	B 6 3 C 11/00	A
B63C 11/48 (2006.01)	B 6 3 C 11/00	B
	B 6 3 C 11/48	D

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2017-71896 (P2017-71896)
(22) 出願日 平成29年3月31日 (2017.3.31)

(71) 出願人 501204525
国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
東京都三鷹市新川6丁目38番1号
(74) 代理人 100098545
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
(72) 発明者 金 岡秀
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・港湾・航空技術研究所内

最終頁に続く

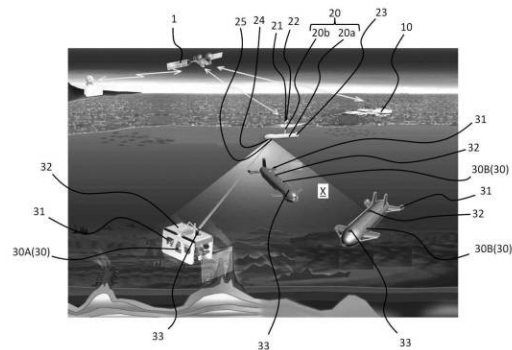
(54) 【発明の名称】 水中航走体の管制方法及び水中航走体の管制システム

(57) 【要約】

【課題】 複数の水中航走体を展開・運用して水底探査等の調査作業等を安全かつ効率的に行うことができる水中航走体の管制方法及び水中航走体の管制システムを提供すること。

【解決手段】 水面の近傍を移動可能な移動手段を有した水上管制手段20により、水の中を航走する複数の水中航走体30を管制するにあたり、水上管制手段20に設けた音響測位手段24を利用して、水上管制手段20が複数の水中航走体30を測位できる管制領域Xに複数の水中航走体30が位置するように、移動手段23により水上管制手段20を移動制御する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

水面の近傍を移動可能な移動手段を有した水上管制手段により、水の中を航走する複数の水中航走体を管制するにあたり、前記水上管制手段に設けた音響測位手段を利用して、前記水上管制手段が複数の前記水中航走体を測位できる管制領域に複数の前記水中航走体が位置するように、前記移動手段により前記水上管制手段を移動制御することを特徴とする水中航走体の管制方法。

【請求項 2】

前記水上管制手段と複数の前記水中航走体にそれぞれ設けた通信手段を利用して、前記移動手段により前記水上管制手段を移動制御することを特徴とする請求項 1 に記載の水中航走体の管制方法。

10

【請求項 3】

複数の前記水中航走体の全てを管制できる位置に、前記水上管制手段を移動することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の水中航走体の管制方法。

【請求項 4】

複数の前記水中航走体の最大数を管制できる位置に、前記水上管制手段を移動することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の水中航走体の管制方法。

【請求項 5】

前記最大数は、複数の前記水中航走体の数から前記管制領域を逸脱した前記水中航走体、故障した前記水中航走体、緊急浮上した前記水中航走体のいずれかを含む管制不可能数を減じた数であることを特徴とする請求項 4 に記載の水中航走体の管制方法。

20

【請求項 6】

前記水上管制手段を移動するに当り、移動開始時点での前記管制領域の中に位置する複数の前記水中航走体の数が減じない範囲で移動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 項に記載の水中航走体の管制方法。

【請求項 7】

前記水上管制手段を移動するに当り、前記水中航走体が前記管制領域を外れたことを検出してから、所定時間を待機した後、前記水上管制手段を移動開始することを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のうちの 1 項に記載の水中航走体の管制方法。

【請求項 8】

前記水上管制手段における複数の前記水中航走体の航走の記録に基づいて、前記水上管制手段を移動することを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のうちの 1 項に記載の水中航走体の管制方法。

30

【請求項 9】

複数の前記水中航走体のうちの前記管制領域を外れた前記水中航走体の前記航走の記録に基づいて、前記管制領域を外れた前記水中航走体が存在すると推定される方向に前記水上管制手段を移動することを特徴とする請求項 8 に記載の水中航走体の管制方法。

【請求項 10】

前記管制領域から外れたことを前記水中航走体が検出した場合に、前記水中航走体は、今まで航走して来た経路を逆に戻る、又は前記水中における深度を大きくする方向に航走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 項に記載の水中航走体の管制方法。

40

【請求項 11】

水面の近傍を航走可能な移動手段を有した水上管制手段と、水の中を航走する複数の水中航走体と、前記水上管制手段に設けた音響測位手段とを備え、前記水上管制手段が複数の前記水中航走体を前記音響測位手段により測位できる管制領域に複数の前記水中航走体が位置するように、前記移動手段により前記水上管制手段を移動制御する移動制御手段を前記水上管制手段に備えたことを特徴とする水中航走体の管制システム。

【請求項 12】

前記水上管制手段と複数の前記水中航走体にそれぞれ通信手段をさらに備え、前記移動

50

制御手段が複数の前記水中航走体と前記通信手段が通信できる管制領域に複数の前記水中航走体が位置するように移動制御することを特徴とする請求項 1 1 に記載の水中航走体の管制システム。

【請求項 1 3】

前記移動制御手段は、複数の前記水中航走体の数を管理する数管理部を有することを特徴とする請求項 1 1 又は請求項 1 2 に記載の水中航走体の管制システム。

【請求項 1 4】

前記数管理部は、複数の前記水中航走体の数から前記管制領域を逸脱した前記水中航走体、故障した前記水中航走体、緊急浮上した前記水中航走体のいずれかを含む管制不可能数を考慮して前記水中航走体の数を管理することを特徴とする請求項 1 3 に記載の水中航走体の管制システム。

10

【請求項 1 5】

前記移動制御手段は、前記水上管制手段を移動するに当り、移動開始時点での前記管制領域の中に位置する複数の前記水中航走体の数が減じない範囲で移動するように制御することを特徴とする請求項 1 3 又は請求項 1 4 に記載の水中航走体の管制システム。

【請求項 1 6】

前記移動制御手段は、前記水中航走体が前記管制領域を外れたことを検出してから、所定時間を待機した後、前記水上管制手段を移動開始するように指示する待機制御部を有することを特徴とする請求項 1 1 から請求項 1 5 のうちの 1 項に記載の水中航走体の管制システム。

20

【請求項 1 7】

前記移動制御手段は、複数の前記水中航走体の航走を記録する航走記録部を有することを特徴とする請求項 1 1 から請求項 1 6 のうちの 1 項に記載の水中航走体の管制システム。

【請求項 1 8】

前記航走記録部における複数の前記水中航走体の前記航走の記録に基づいて、前記移動制御手段が、前記管制領域を外れた前記水中航走体が存在すると推定される方向に前記水上管制手段を移動するように制御することを特徴とする請求項 1 7 に記載の水中航走体の管制システム。

【請求項 1 9】

前記水中航走体に航走制御手段と自機測位手段を有し、前記航走制御手段は、前記水中航走体が前記管制領域から外れたことを検出した場合に、前記自機測位手段により自機的位置を推定し、今まで航走して来た経路を逆に戻る、又は前記水中における深度を大きくする方向に前記水中航走体の航走させることを特徴とする請求項 1 1 から請求項 1 8 のうちの 1 項に記載の水中航走体の管制システム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、水底探査等の調査作業等を行う水中航走体の管制方法及び管制システムに関する。

40

【背景技術】

【0002】

海洋や湖沼等において、調査水域に水中航走体を投入して水底探査等の調査作業等を行う場合、水上に位置する船舶や水中に配置された装置が水中航走体に対する制御を行っている。

例えば特許文献 1 には、母船とケーブル接続された水中ステーションを海中に配設し、音響トランスポンダを探査地点近くの海底に配置し、複数の無索式無人潜水艇を水中ステーション及び音響トランスポンダと超音波信号を用いて通信させすることで誘導し、必要に応じて無索式無人潜水艇を水中ステーションにドッキングさせて充電又は電池交換と探

50

査データの吸い上げを行う技術が開示されている。

また、特許文献 2 には、第 1 トランスポンダ、第 1 受波器及び第 2 受波器を備えた水中ステーションを母船から海中に吊り下げ、海底に第 2 トランスポンダを設置し、探査用の自律型無人航走体に第 3 トランスポンダ及び第 3 受波器を設け、水中ステーションは第 2 トランスポンダの信号を第 1 受波器で受信することによって定点保持を図り、自律型無人航走体は、探査中は第 2 トランスポンダの信号を第 3 受波器で受信することによって自航し、動力が減少すると第 1 トランスポンダの信号を第 3 受波器で受信することによって水中ステーションに向かって航走し、水中ステーションは第 3 トランスポンダの信号を第 2 受波器で受信することによって自律型無人航走を収容するための姿勢制御を行う技術が開示されている。

10

また、特許文献 3 には、水上に位置する母船に送波器を設け、探査用の無人潜水機に受波器を設け、母船から無人潜水機に制御信号を送る水中音響通信において、画素信号のハフ変換を利用して伝送誤りを補正する技術が開示されている。

また、特許文献 4 には、母船と水中航走体との間における通信を中継する自走中継器を観察領域の水面近傍に配置し、自走中継器と母船との間の通信は電波通信で行い、自走中継器と水中航走体との間の通信は音響通信で行うことによって、水平方向の通信可能距離を向上させる技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 3 - 266794 号公報

【特許文献 2】特開 2003 - 26090 号公報

【特許文献 3】特開平 5 - 147583 号公報

【特許文献 4】特開 2001 - 308766 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、水中航走体は速度が遅いため 1 台だけでは広い水域を調査するのに時間がかかるが、エネルギー消費の面などから水中航走体の速度を上げるのには限界がある。そこで、広い水域を効率よく調査するために複数台の水中航走体を投入することが考えられる。しかし、水中航走体を複数台投入した場合、水中航走体をしっかりと管制しなければ、水中航走体が行方不明となったり、水中航走体同士の衝突や水中航走体が険しい水底地形等へ衝突する等のおそれがある。

20

30

特許文献 1 記載の発明は、無索式無人潜水艇を誘導する音響トランスポンダが海底に固定されていたり、水中ステーションが母船とケーブルで接続されていたりするため、複数の無索式無人潜水艇の位置に応じて音響トランスポンダ及び水中ステーションを自由に移動させて管制領域を変更することが困難である。従って、誘導可能な領域から無索式無人潜水艇が外れた場合、そのまま見失ってしまう可能性が高い。

特許文献 2 記載の発明は、第 2 トランスポンダが海底に固定され、水中ステーションが母船から吊り下げられているため、自律型無人航走体の位置に応じて第 2 トランスポンダ及び水中ステーションを自由に移動させて管制領域を変更することが困難である。従って、誘導可能な領域から自律型無人航走体が見失ってしまう可能性が高い。

40

特許文献 3 記載の発明は、水中音響通信が水面や海底の反射音の影響を受けやすいことを考慮し、伝送誤りを含んでいても正しい制御信号を推定することで無人潜水艇が無制御状態に陥ることを防止しようとするものである。しかし、無人潜水艇が母船を頂点とした略円錐状の水中音響通信可能領域を超えた場合には通信が途絶してしまう。また、複数の無人潜水艇を投入した場合の制御等について開示するものではない。

特許文献 4 記載の発明は、自走中継器が自己の現在位置情報と水中航走体の現在位置情報とに基づいて水平移動の要否を判断し、水中航走体との通信状態を維持することが記載

50

されている。また、水中航走体を複数投入することができる旨の記載がある。しかし、水中航走体を複数投入した場合に、自走中継器の移動をどのように制御し、それにより複数の水中航走体に対する管制を維持するののかについては何ら記載されていない。また、自走中継器は水中航走体と通信状態を維持するものであり、測位に基づいて移動するものではない。

【 0 0 0 5 】

そこで本発明は、複数の水中航走体を水中に展開・運用して水底探査等の調査作業等を安全かつ効率的に行うことができる水中航走体の管制方法及び水中航走体の管制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 】

【 0 0 0 6 】

請求項 1 記載に対応した水中航走体の管制方法においては、水面の近傍を移動可能な移動手段を有した水上管制手段により、水の中を航走する複数の水中航走体を管制するにあたり、水上管制手段に設けた音響測位手段を利用して、水上管制手段が複数の水中航走体を測位できる管制領域に複数の水中航走体が位置するように、移動手段により水上管制手段を移動制御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、水上管制手段が複数の水中航走体を測位できる位置に移動するため、複数の水中航走体を管制領域内に位置させて調査作業等を継続することができる。また、管制領域から外れた水中航走体を管制領域内に戻すことができる。これにより、複数の水中航走体を展開・運用して水底探査等の調査作業等を安全かつ効率的に行うことができる。

なお、調査作業等とは、調査作業そのものに加え、採取作業、救助作業、運搬作業等および水底において水中航走体が行なう作業の全体を含む。

【 0 0 0 7 】

請求項 2 記載の本発明は、水上管制手段と複数の水中航走体にそれぞれ設けた通信手段を利用して、移動手段により水上管制手段を移動制御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、水上管制手段を複数の水中航走体との通信が可能な位置に移動させることで、より安全かつ効率的に調査作業等を行うことができる。

【 0 0 0 8 】

請求項 3 記載の本発明は、複数の水中航走体の全てを管制できる位置に、水上管制手段を移動することを特徴とする。

請求項 3 に記載の本発明によれば、全ての水中航走体が水上管制手段の管制下におかれるため、より安全かつ効率的に調査作業等を行うことができる。

【 0 0 0 9 】

請求項 4 記載の本発明は、複数の水中航走体の最大数を管制できる位置に、水上管制手段を移動することを特徴とする。

請求項 4 に記載の本発明によれば、管制領域から外れる水中航走体の数を最小にすることができる。

【 0 0 1 0 】

請求項 5 記載の本発明は、最大数は、複数の水中航走体の数から管制領域を逸脱した水中航走体、故障した水中航走体、緊急浮上した水中航走体のいずれかを含む管制不可能数を減じた数であることを特徴とする。

請求項 5 に記載の本発明によれば、調査可能な複数の水中航走体を管制領域内に位置させて調査作業等を継続することができる。

【 0 0 1 1 】

請求項 6 記載の本発明は、水上管制手段を移動するに当り、移動開始時点での管制領域の中に位置する複数の水中航走体の数が減じない範囲で移動することを特徴とする。

請求項 6 に記載の本発明によれば、管制領域内に位置する水中航走体の数が減少することを防止できる。

【 0 0 1 2 】

10

20

30

40

50

請求項 7 記載の本発明は、水上管制手段を移動するに当り、水中航走体が管制領域を外れたことを検出してから、所定時間を待機した後、水上管制手段を移動開始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、管制領域を外れた水中航走体が自ら管制領域内に戻ってくる可能性や、実際には管制領域内に位置する水中航走体が一時的な測位・通信障害により管制領域を外れたと検出された可能性があるため、所定時間待機させることで、水上管制手段が無用に動くことを低減できる。これにより、水上管制手段のエネルギーの浪費や、管制領域内に位置する水中航走体が管制領域から外れることを防止できる。

【 0 0 1 3 】

請求項 8 記載の本発明は、水上管制手段における複数の水中航走体の航走の記録に基づいて、水上管制手段を移動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、水上管制手段の管制精度や移動効率を向上させることができる。

【 0 0 1 4 】

請求項 9 記載の本発明は、複数の水中航走体のうちの管制領域を外れた水中航走体の航走の記録に基づいて、管制領域を外れた水中航走体が存在すると推定される方向に水上管制手段を移動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、水上管制手段の移動効率を向上させ、管制領域から外れた水中航走体を管制領域内により早く戻すことができる。

【 0 0 1 5 】

請求項 10 記載の本発明は、管制領域から外れたことを水中航走体が検出した場合に、水中航走体は、今まで航走して来た経路を逆に戻る、又は水中における深度を大きくする方向に航走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、水中航走体自ら管制領域内に戻ることができる。

【 0 0 1 6 】

請求項 11 記載に対応した水中航走体の管制システムにおいては、水面の近傍を航走可能な移動手段を有した水上管制手段と、水の中を航走する複数の水中航走体と、水上管制手段に設けた音響測位手段とを備え、水上管制手段が複数の水中航走体を音響測位手段により測位できる管制領域に複数の水中航走体が位置するように、移動手段により水上管制手段を移動制御する移動制御手段を水上管制手段に備えたことを特徴とする。

請求項 11 に記載の本発明によれば、水上管制手段が複数の水中航走体を測位できる位置に移動するため、複数の水中航走体を管制領域内に位置させて調査作業等を継続することができる。また、管制領域から外れた水上管制手段を管制領域内に戻すことができる。これにより、複数の水中航走体を見失うことなく広い水域を安全かつ効率的に調査することができる。

【 0 0 1 7 】

請求項 12 記載の本発明は、水上管制手段と複数の水中航走体にそれぞれ通信手段をさらに備え、移動制御手段が複数の水中航走体と通信手段が通信できる管制領域に複数の水中航走体が位置するように移動制御することを特徴とする。

請求項 12 に記載の本発明によれば、水上管制手段を複数の水中航走体との通信が可能な位置に移動させることで、より安全かつ効率的に調査作業等を行うことができる。

【 0 0 1 8 】

請求項 13 記載の本発明は、移動制御手段は、複数の水中航走体の数を管理する数管理部を有することを特徴とする。

請求項 13 に記載の本発明によれば、水上管制手段の移動を、水中航走体の数に基づいて制御することができる。

【 0 0 1 9 】

請求項 14 記載の本発明は、数管理部は、複数の水中航走体の数から管制領域を逸脱した水中航走体、故障した水中航走体、緊急浮上した水中航走体のいずれかを含む管制不可能数を考慮して水中航走体の数を管理することを特徴とする。

10

20

30

40

50

請求項 1 4 に記載の本発明によれば、調査可能な複数の水中航走体を管制領域内に位置させて調査作業等を継続することができる。

【 0 0 2 0 】

請求項 1 5 に記載の本発明は、移動制御手段は、水上管制手段を移動するに当り、移動開始時点での管制領域の中に位置する複数の水中航走体の数が減じない範囲で移動するように制御することを特徴とする。

請求項 1 5 に記載の本発明によれば、管制領域内に位置する水中航走体の数が減少することを防止できる。

【 0 0 2 1 】

請求項 1 6 に記載の本発明は、移動制御手段は、水中航走体が管制領域を外れたことを検出してから、所定時間を待機した後、水上管制手段を移動開始するように指示する待機制御部を有することを特徴とする。

請求項 1 6 に記載の本発明によれば、管制領域を外れた水中航走体が自ら管制領域内に戻ってくる可能性や、実際には管制領域内に位置する水中航走体が一時的な測位・通信障害により管制領域を外れたと検出された可能性があるため、所定時間待機させることで、水上管制手段が無用に動くことを低減できる。これにより、水上管制手段のエネルギーの浪費や、管制領域内に位置する水中航走体が管制領域から外れることを防止できる。

【 0 0 2 2 】

請求項 1 7 に記載の本発明は、移動制御手段は、複数の水中航走体の航走を記録する航走記録部を有することを特徴とする。

請求項 1 7 に記載の本発明によれば、水上管制手段の管制精度や移動効率を向上させることができる。

【 0 0 2 3 】

請求項 1 8 に記載の本発明は、航走記録部における複数の水中航走体の航走の記録に基づいて、移動制御手段が、管制領域を外れた水中航走体が存在すると推定される方向に水上管制手段を移動するように制御することを特徴とする。

請求項 1 8 に記載の本発明によれば、水上管制手段の移動効率を向上させ、管制領域から外れた水中航走体を管制領域内により早く戻すことができる。

【 0 0 2 4 】

請求項 1 9 に記載の本発明は、水中航走体に航走制御手段と自機測位手段を有し、航走制御手段は、水中航走体が管制領域から外れたことを検出した場合に、自機測位手段により自機の位置を推定し、今まで航走して来た経路を逆に戻る、又は水中における深度を大きくする方向に水中航走体の航走させることを特徴とする。

請求項 1 9 に記載の本発明によれば、水中航走体自ら管制領域内に戻ることができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 5 】

本発明の水中航走体の管制方法によれば、水上管制手段が複数の水中航走体を測位できる位置に移動するため、複数の水中航走体を管制領域内に位置させて調査作業等を継続することができる。また、管制領域から外れた水中航走体を管制領域内に戻すことができる。これにより、複数の水中航走体を展開・運用して水底探査等の調査作業等を安全かつ効率的に行うことができる。

【 0 0 2 6 】

また、水上管制手段と複数の水中航走体にそれぞれ設けた通信手段を利用して、移動手段により水上管制手段を移動制御する場合には、水上管制手段を複数の水中航走体との通信が可能な位置に移動させることで、より安全かつ効率的に調査作業等を行うことができる。

【 0 0 2 7 】

また、複数の水中航走体の全てを管制できる位置に、水上管制手段を移動する場合には、全ての水中航走体が水上管制手段の管制下におかれるため、より安全かつ効率的に調査作業等を行うことができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 8 】

また、複数の水中航走体の最大数を管制できる位置に、水上管制手段を移動する場合には、管制領域から外れる水中航走体の数を最小にすることができる。

【 0 0 2 9 】

また、最大数は、複数の水中航走体の数から管制領域を逸脱した水中航走体、故障した水中航走体、緊急浮上した水中航走体のいずれかを含む管制不可能数を減じた数である場合には、調査可能な複数の水中航走体を管制領域内に位置させて調査作業等を継続することができる。

【 0 0 3 0 】

また、水上管制手段を移動するに当り、移動開始時点での管制領域の中に位置する複数の水中航走体の数が減じない範囲で移動する場合には、管制領域内に位置する水中航走体の数が減少することを防止できる。

10

【 0 0 3 1 】

また、水上管制手段を移動するに当り、水中航走体が管制領域を外れたことを検出してから、所定時間を待機した後、水上管制手段を移動開始する場合には、所定時間待機させることで、水上管制手段が無用に動くことを低減できる。これにより、水上管制手段のエネルギーの浪費や、管制領域内に位置する水中航走体が管制領域から外れることを防止できる。

【 0 0 3 2 】

また、水上管制手段における複数の水中航走体の航走の記録に基づいて、水上管制手段を移動する場合には、水上管制手段の管制精度や移動効率を向上させることができる。

20

【 0 0 3 3 】

また、複数の水中航走体のうちの管制領域を外れた水中航走体の航走の記録に基づいて、管制領域を外れた水中航走体が存在すると推定される方向に水上管制手段を移動する場合には、水上管制手段の移動効率を向上させ、管制領域から外れた水中航走体を管制領域内により早く戻すことができる。

【 0 0 3 4 】

また、管制領域から外れたことを水中航走体が検出した場合に、水中航走体は、今まで航走して来た経路を逆に戻る、又は水中における深度を大きくする方向に航走する場合には、水中航走体自ら管制領域内に戻ることができる。

30

【 0 0 3 5 】

また、本発明の水中航走体の管制システムによれば、水上管制手段が複数の水中航走体を測位できる位置に移動するため、複数の水中航走体を管制領域内に位置させて調査作業等を継続することができる。また、管制領域から外れた水上管制手段を管制領域内に戻すことができる。これにより、複数の水中航走体を見失うことなく広い水域を安全かつ効率的に調査することができる。

【 0 0 3 6 】

また、水上管制手段と複数の水中航走体にそれぞれ通信手段をさらに備え、移動制御手段が複数の水中航走体と通信手段が通信できる管制領域に複数の水中航走体が位置するように移動制御する場合には、水上管制手段を複数の水中航走体との通信が可能な位置に移動させることで、より安全かつ効率的に調査作業等を行うことができる。

40

【 0 0 3 7 】

また、移動制御手段は、複数の水中航走体の数を管理する数管理部を有する場合には、水上管制手段の移動を、水中航走体の数に基づいて制御することができる。

【 0 0 3 8 】

また、数管理部は、複数の水中航走体の数から管制領域を逸脱した水中航走体、故障した水中航走体、緊急浮上した水中航走体のいずれかを含む管制不可能数を考慮して水中航走体の数を管理する場合には、調査可能な複数の水中航走体を管制領域内に位置させて調査作業等を継続することができる。

【 0 0 3 9 】

50

また、移動制御手段は、水上管制手段を移動するに当り、移動開始時点での管制領域の中に位置する複数の水中航走体の数が減じない範囲で移動するように制御する場合には、管制領域内に位置する水中航走体の数が減少することを防止できる。

【 0 0 4 0 】

また、移動制御手段は、水中航走体が管制領域を外れたことを検出してから、所定時間を待機した後、水上管制手段を移動開始するように指示する待機制御部を有する場合には、管制領域を外れた水中航走体が自ら管制領域内に戻ってくる可能性や、実際には管制領域内に位置する水中航走体が一時的な測位・通信障害により管制領域を外れたと検出された可能性があるため、所定時間待機させることで、水上管制手段が無用に動くことを低減できる。これにより、水上管制手段のエネルギーの浪費や、管制領域内に位置する水中航走体が管制領域から外れることを防止できる。

10

【 0 0 4 1 】

また、移動制御手段は、複数の水中航走体の航走を記録する航走記録部を有する場合には、水上管制手段の管制精度や移動効率を向上させることができる。

【 0 0 4 2 】

また、航走記録部における複数の水中航走体の航走の記録に基づいて、移動制御手段が、管制領域を外れた水中航走体が存在すると推定される方向に水上管制手段を移動するように制御する場合には、水上管制手段の移動効率を向上させ、管制領域から外れた水中航走体を管制領域内により早く戻すことができる。

【 0 0 4 3 】

また、水中航走体に航走制御手段と自機測位手段を有し、航走制御手段は、水中航走体が管制領域から外れたことを検出した場合に、自機測位手段により自機の位置を推定し、今まで航走して来た経路を逆に戻る、又は水中における深度を大きくする方向に水中航走体の航走させる場合には、水中航走体自ら管制領域内に戻ることができる。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 4 】

【 図 1 】 本発明の実施形態による水中航走体の管制システムの概略構成図

【 図 2 】 同水中航走体の外観斜視図

【 図 3 】 同水上管制手段の制御ブロック図

【 図 4 】 同水上管制手段の制御フロー図

【 図 5 】 同水中航走体の制御ブロック図

【 図 6 】 同水中航走体の制御フロー図

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 4 5 】

以下に、本発明の実施形態による水中航走体の管制方法及び水中航走体の管制システムについて説明する。

【 0 0 4 6 】

図 1 は本実施形態による水中航走体の管制システムの概略構成図、図 2 は水中航走体の外観斜視図である。

図 1 では、海洋や湖沼等において、調査水域に 1 台の水上管制手段 20 を進水させ、複数の水中航走体 30 を投入し、水底の鉱物資源やエネルギー資源等の調査作業等を行う状態を示している。水上管制手段 20 及び水中航走体 30 は、支援船 10 に積載して調査水域まで運搬してきたものである。

40

水上管制手段 20 及び水中航走体 30 は無人かつ無索で自律航走するロボットであり、水面の近傍に配置された水上管制手段 20 が、電波の届かない水中で調査作業等を行う複数の水中航走体 30 に対して音響信号を利用した管制を行っている。

【 0 0 4 7 】

水上管制手段 20 には、洋上中継器 (ASV: Autonomous Surface Vehicle) を用いている。水上管制手段 20 は、端部が半球面となった筒型の本体 20a と、本体 20a の上面に延設された垂直翼 20b とを備える。支援船 10 から調査

50

水域に進水させた水上管制手段 2 0 は、本体 2 0 a が水中に没して垂直翼 2 0 b の上部が水面上に突き出た半潜水状態で用いられる。垂直翼 2 0 b の上部には、GPS 等の自己位置把握手段 2 1 と、衛星通信アンテナ及び無線 LAN アンテナ等の海上通信手段 2 2 が搭載されている。水上管制手段 2 0 は、自己位置把握手段 2 1 を用いて GNSS (全地球航法衛星システム) 衛星 1 からの GNSS 信号を受信することにより、自己の位置を把握できる。また、海上通信手段 2 2 を用いて支援船 1 0 との通信を行うことができる。

また、本体 2 0 a の後部には舵及びプロペラを有する移動手段 2 3 が設けられており、移動手段 2 3 によって水面の近傍を移動することができる。

また、本体 2 0 a の下面には、音響測位手段 2 4 及び通信手段 2 5 が設けられている。通信手段 2 5 は、音波を送信する送波器と音波を受信する受波器とを有する。水上管制手段 2 0 は、音響測位手段 2 4 を用いて水中航走体 3 0 の位置を測定すると共に、通信手段 2 5 を用いて水中航走体 3 0 と音響信号による双方向通信を行い、水中航走体 3 0 を管制している。水上管制手段 2 0 から水中に向けて発信される音響信号が到達し易いのは、水上管制手段 2 0 を頂点とした略円錐状の範囲であるため、この略円錐状の範囲を水上管制手段 2 0 が管制する管制領域 X としている。

10

【 0 0 4 8 】

水中航走体 3 0 には、水上管制手段 2 0 との接続にケーブルを用いずに水中を自律的に航走する無索自律無人型の航走体 (AUV : Autonomous Underwater Vehicle) を用いている。水上管制手段 2 0 は複数の水中航走体 3 0 を音響信号を用いて管制するため、水上管制手段 2 0 にケーブル用の設備を設ける必要が無く、また、ケーブルが絡んだり、ケーブルによって水上管制手段 2 0 の移動が制限されたりすることがない。

20

図 1 では、複数の水中航走体 3 0 を、1 台の第 1 水中航走体 3 0 A と、2 台の第 2 水中航走体 3 0 B とした場合を示している。第 1 水中航走体 3 0 A 及び第 2 水中航走体 3 0 B には、舵や推進器などの航走手段 3 1 が設けられており、この航走手段 3 1 によって水中を航走及び潜航することができる。また、水中航走体 3 0 には、自機の位置の測定に用いる自機測位手段 3 2 と、水上管制手段 2 0 との音響信号による双方向通信に用いる通信手段 3 3 と、水上管制手段 2 0 の音響測位手段 2 4 から発せられる信号に対して返答を行う音響トランスポンダ (図示無し) が設けられている。通信手段 3 3 は、音波を送信する送波器と音波を受信する受波器とを有する。水中航走体 3 0 は、水上管制手段 2 0 による測位が所定回数失敗した場合や、水上管制手段 2 0 との通信に所定回数失敗した場合などは、緊急浮上させて支援船 1 0 に回収することができる。

30

ホバリング型の第 1 水中航走体 3 0 A は、第 2 水中航走体 3 0 B よりも航走速度を遅くすることができる。また、垂直スラストや水平スラストを有し、第 2 水中航走体 3 0 B よりも動きの自由度が高く、水流等がある場所においても位置を保持することができるため、主に水底近くでの精密な調査作業等を担う。

図 2 (a) は第 2 水中航走体 3 0 B の上方斜視図、図 2 (b) は第 2 水中航走体 3 0 B の下方斜視図である。航走型の第 2 水中航走体 3 0 B は、第 1 水中航走体 3 0 A よりも機敏かつ高速に動くことができるため、主に水底から離れた位置でより広い範囲における調査作業等を担う。

40

【 0 0 4 9 】

次に、水上管制手段 2 0 の制御について、図 3 及び図 4 を用いて説明する。

図 3 は水上管制手段 2 0 の制御ブロック図、図 4 は水上管制手段 2 0 の制御フロー図である。

水上管制手段 2 0 は、自己位置把握手段 2 1、海上通信手段 2 2、移動手段 2 3、音響測位手段 2 4、通信手段 2 5、管制設定部 2 6 及び移動制御手段 2 7 を備える。

移動制御手段 2 7 は、数管理部 2 7 A、待機制御部 2 7 B、位置推定部 2 7 C、航走記録部 2 7 D 及び管制判断部 2 7 E を有する。

【 0 0 5 0 】

支援船 1 0 に乗船しているオペレーターは、水上管制手段 2 0 を支援船 1 0 から調査水

50

域に進水させる前に、管制設定部 26 を用いて、水上管制手段 20 に対して、水上管制手段 20 の移動範囲、管制すべき水中航走体 30 の数や性能などといった管制に必要な情報を入力することにより管制設定を行う（ステップ 1）。

ステップ 1 の後、調査水域に進水した水上管制手段 20 は、ステップ 1 で設定された管制設定に従って水中航走体 30 の管制を開始する。まず、音響測位手段 24 を用いて複数の水中航走体 30 のそれぞれの位置を測定し、測位結果を移動制御手段 27 に送信する（ステップ 2）。

ステップ 2 の後、通信手段 25 を用いて複数の水中航走体 30 のそれぞれとの通信状態を測定し、測定結果を移動制御手段 27 に送信する（ステップ 3）。通信状態は、例えばシグナル/ノイズ比（S/N 比）で把握する。

移動制御手段 27 は、受信したステップ 2 における測位結果とステップ 3 における測定結果に基づいて、複数の水中航走体 30 のそれぞれの航走経路を時刻とともに航走記録部 27D に記録する（ステップ 4）。

【0051】

ステップ 4 の後、数管理部 27A は、ステップ 1 における管制設定で入力された水中航走体 30 の数と、ステップ 4 で航走経路が記録された水中航走体 30 の数とを比較し、管制すべき水中航走体 30 の全数が管制領域 X 内に位置するか否かを判断する（ステップ 5）。

ステップ 5 において、管制すべき水中航走体 30 の数と航走経路が記録された水中航走体 30 の数が同じか多いと判断した場合、すなわち管制すべき水中航走体 30 の全数が管制領域 X 内に位置すると判断した場合には、その結果を管制判断部 27E に送信する。

この場合において、移動制御手段 27 は、航走記録部 27D に記録された航走経路等に基づいて複数の水中航走体 30 の行動を予測し、その予測結果に基づいて水中航走体 30 が管制領域 X から外れないように水上管制手段 20 を移動するように制御してもよい。これにより、水中航走体 30 が管制領域 X から外れることを未然に防ぐことができる。

なお、水上管制手段 20 を移動するに当り、移動開始時点での管制領域 X の中に位置する複数の水中航走体 30 の数が減じない範囲で移動することが好ましい。これにより、管制領域 X 内に位置する水中航走体 30 の数が減少することを防止できる。

【0052】

ステップ 5 において、管制すべき水中航走体 30 の数よりも航走経路が記録された水中航走体 30 の数が少ないと判断した場合は、すなわち管制すべき水中航走体 30 の一部又は全数が管制領域 X を外れたと判断した場合には、位置推定部 27C は、航走記録部 27D に記録された水中航走体 30 の航走経路に基づいて、管制領域 X を外れた水中航走体 30 が存在する方向を推定する（ステップ 6）。

ステップ 6 の後、待機制御部 27B は、ステップ 5 において水中航走体 30 が管制領域 X を外れたことが最初に検出されたときから所定時間経過したか否かを判断する（ステップ 7）。

ステップ 7 において、所定時間経過していないと判断した場合には、ステップ 5 に戻り、管制すべき水中航走体 30 の全てが管制領域 X 内にいるか否かを再度判断する。

ステップ 7 において、所定時間経過したと判断した場合には、待機制御部 27B は、ステップ 5 の判断結果を管制判断部 27E に送信すると共に、水上管制手段 20 の移動を開始するように指示する（ステップ 8）。これにより移動手段 23 が動作して水上管制手段 20 が移動する。

管制すべき水中航走体 30 の一部又は全数が管制領域 X を外れたと判断した場合であっても、管制領域 X を外れた水中航走体 30 が自ら管制領域 X 内に戻ってくる可能性や、実際には管制領域 X 内に位置しているものの一時的な測位・通信障害により管制領域 X を外れたと誤って検出された可能性等があるため、本実施形態のように、水上管制手段 20 を移動するに当り、水中航走体 30 が管制領域 X を外れたことを検出してから所定時間待機し、その間にステップ 5 の判断を所定回数繰り返すことで、水上管制手段 20 が無用に動くことを低減できる。これにより、水上管制手段 20 のエネルギーの浪費や、管制領域 X

10

20

30

40

50

内に位置する水中航走体 30 が管制領域 X から外れてしまうことを防止できる。

また、位置推定部 27C が、航走記録部 27D に記録された水中航走体 30 の航走経路に基づいて、管制領域 X を外れた水中航走体 30 が存在する方向を推定し、移動制御手段 27 がこの推定結果に基づいて移動手段 23 を制御することで、水上管制手段 20 の管制精度や移動効率を向上させ、管制領域 X から外れた水中航走体 30 を管制領域 X 内により早く戻すことができる。

【0053】

移動制御手段 27 は、水上管制手段 20 を移動させる場合、複数の水中航走体 30 の全てを管制できる位置に水上管制手段 20 が移動するように移動手段 23 を制御することが好ましい。これにより、全ての水中航走体 30 を水上管制手段 20 の管制下におくことができるため、より安全かつ効率的に調査作業等を行うことができる。

また、複数の水中航走体 30 の全数を管制できない場合は、移動制御手段 27 は、複数の水中航走体 30 の最大数を管制できる位置に水上管制手段 20 が移動するように移動手段 23 を制御することが好ましい。これにより、管制領域 X から外れる水中航走体 30 の数を最小にすることができる。この場合、最大数は、複数の水中航走体 30 の数から管制領域 X を逸脱した水中航走体 30、故障した水中航走体 30、緊急浮上した水中航走体 30 のいずれかを含む管制不可能数を減じた数であることが好ましい。これにより、調査可能な複数の水中航走体 30 を管制領域 X 内に位置させて調査作業等を継続することができる。

なお、音響信号は周波数が高いと集中し、低いと拡大する傾向にあるため、音響測位手段 24 や通信手段 25 の音響周波数を変えることにより、管制領域 X を変更することが可能である。また、音響信号の発信方向を変更し管制領域 X を変更することも可能である。

水上管制手段 20 が複数の水中航走体 30 を管制領域 X に位置するように管制するに当たり、移動手段 23 により水上管制手段 20 を移動制御することに加えて、音響周波数を変更することや発信方向を変更して管制領域 X を制御することができる。また、音響周波数を連続的に変更する可変周波数制御を行い、管制領域 X を広げるとともに精度よく音響測位や通信を行なうこともできる。水中航走体 30 の管制領域 X からの逸脱が軽微な場合は、これらの方法で対応することも可能である。

【0054】

管制判断部 27E は、数管理部 27A 又は待機制御部 27B から送信された判断結果に基づいて、管制設定を変更するか否かを判断する（ステップ 9）。

ステップ 9 では、数管理部 27A から判断結果を受信した場合であって、管制すべき水中航走体 30 の数と航走経路が記録された水中航走体 30 の数が同じ場合には、管制設定を変更せず、ステップ 2 となる。

また、数管理部 27A から判断結果を受信した場合であって、管制すべき水中航走体 30 の数よりも航走経路が記録された水中航走体 30 の数が多い場合には、ステップ 1 となり、管制設定部 26 は、管制領域 X に戻った水中航走体 30 を含めた管制設定に変更する。これにより、管制領域 X に戻った水中航走体 30 を含めて管制を継続することができる。

また、待機制御部 27B から判断結果を受信した場合、すなわち管制領域 X を外れた水中航走体 30 があるとの判断結果を受信した場合には、ステップ 1 となり、管制設定部 26 は、管制領域 X を外れた水中航走体 30 を除いた管制設定に変更する。これにより、管制領域 X を外れた水中航走体 30 を除いて管制を継続することができる。

【0055】

このように本実施形態によれば、複数の水中航走体 30 の数を管理する数管理部 27A を有することで、水上管制手段 20 の移動を、水中航走体 30 の数に基づいて制御することができる。

また、水上管制手段 20 が複数の水中航走体 30 を測位できる位置に移動するため、複数の水中航走体 30 を管制領域 X 内に位置させて調査作業等を継続することができる。

また、水上管制手段 20 を複数の水中航走体 30 との通信が可能な位置に移動させるこ

とで、より安全かつ効率的に調査作業等を行うことができる。

これらにより、複数の水中航走体 30 を見失うことなく広い水域を安全かつ効率的に調査することができる。

【 0 0 5 6 】

次に、水中航走体 30 の制御について、図 5 及び図 6 を用いて説明する。

図 5 は水中航走体 30 の制御ブロック図、図 6 は水中航走体 30 の制御フロー図である。

水中航走体 30 は、航走手段 31、自機測位手段 32、通信手段 33、深度計 34、航走制御手段 35 及び航走設定部 36 を備える。

航走制御手段 35 は、深度制御部 35 A、緊急制御部 35 B、位置推定部 35 C、経路記録部 35 D、管制領域判断部 35 E を有する。

【 0 0 5 7 】

支援船 10 に乗船しているオペレーターは、水中航走体 30 を支援船 10 から調査水域に投入する前に、航走設定部 36 を用いて、水中航走体 30 に対して、水中航走体 30 の調査範囲や調査対象などといった調査に必要な情報を入力することにより航走条件設定を行う（ステップ 11）。

ステップ 11 の後、調査水域に投入された複数の水中航走体 30 は、ステップ 11 で設定された航走条件に従って潜航及び航走を開始する（ステップ 12）。

ステップ 12 の後、水中航走体 30 は、自機測位手段 32 を用いて自機の位置を測定し、航走制御手段 35 に送信する（ステップ 13）。自機位置の測定は、例えば、速度センサ及びジャイロセンサを搭載し、自機の速度及び加速度を検出して算出することにより行う。

ステップ 13 の後、通信手段 33 を用いて水上管制手段 20 との通信状態を測定し、測定結果を航走制御手段 35 に送信する（ステップ 14）。通信状態は、例えばシグナル/ノイズ比（S/N 比）で把握する。

航走制御手段 35 は、受信したステップ 13 における測位結果とステップ 14 における測定結果に基づいて、自機の航走経路を時刻と共に経路記録部 35 D に記録する（ステップ 15）。

ステップ 15 の後、管制領域判断部 35 E は、経路記録部 35 D に記録された航走経路に基づいて、自機が管制領域 X 内にいるか否かを判断する（ステップ 16）。

ステップ 16 において、自機が管制領域 X 内にいると判断した場合には、ステップ 13 に戻る。

ステップ 16 において、自機が管制領域 X 内にいないと判断した場合には、位置推定部 35 C は、自機測位手段 32 による測位結果と、深度計 34 による測定結果と、経路記録部 35 D に記録された航走経路に基づいて、自機の位置を推定し、管制領域 X に戻る経路を選択する（ステップ 17）。

ステップ 17 において、記録された航走経路を逆に航走して管制領域 X に戻る経路を選択した場合には、緊急制御部 35 B が、今まで航走して来た経路を逆に戻るように航走手段 31 の制御を行う。また、管制領域 X は傘状に広がっているため、ステップ 17 において、深度を大きくして管制領域 X に至る経路を選択した場合には、深度制御部 35 A が、自機の深度を大きくするように航走手段 31 の制御を行う（ステップ 18）。これにより、水中航走体 30 が自ら管制領域 X に戻り、水上管制手段 20 の管制を再び受けながら作業を継続することができる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 5 8 】

本発明の水中航走体の管制方法及び水中航走体の管制システムは、複数の水中航走体を調査水域に展開・運用して水底探査等の調査作業等を安全かつ効率的に行うことができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 9 】

10

20

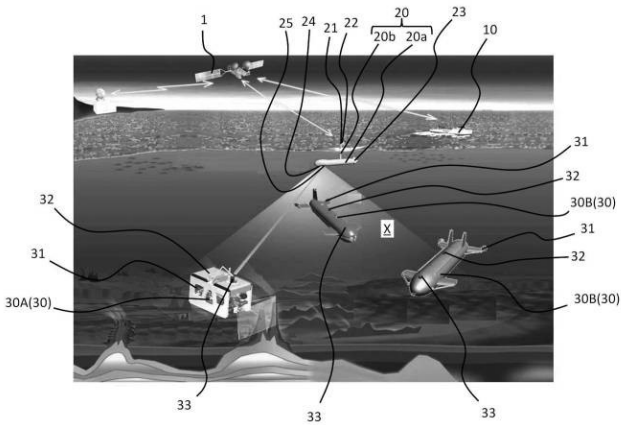
30

40

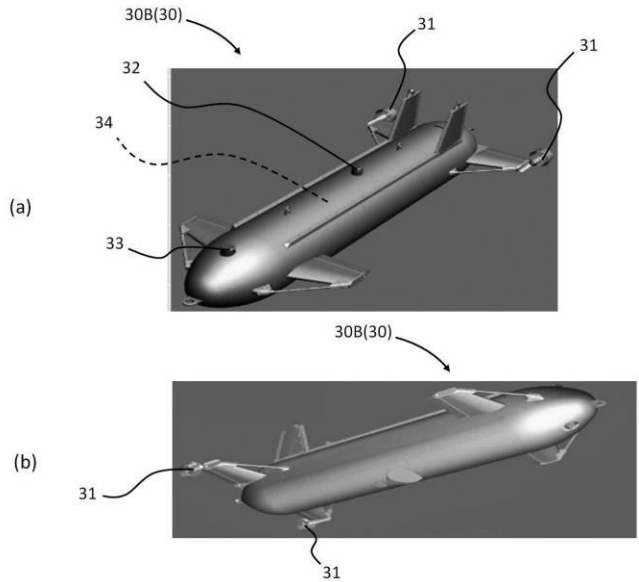
50

- 2 0 水上管制手段
- 2 3 移動手段
- 2 4 音響測位手段
- 2 5 通信手段
- 2 7 移動制御手段
- 2 7 A 数管理部
- 2 7 B 待機制御部
- 2 7 D 航走記録部
- 3 0 水中航走体
- 3 3 通信手段
- 3 5 航走制御手段
- X 管制領域

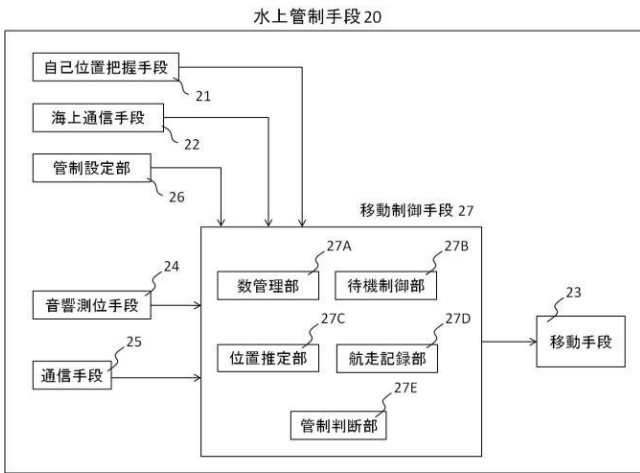
【 図 1 】



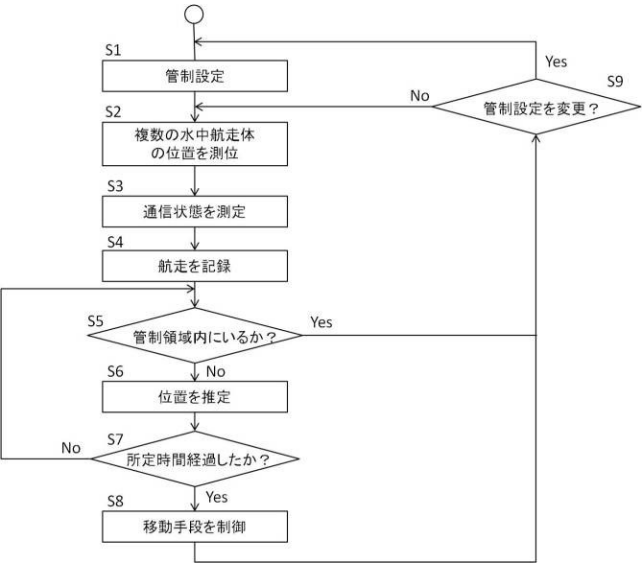
【 図 2 】



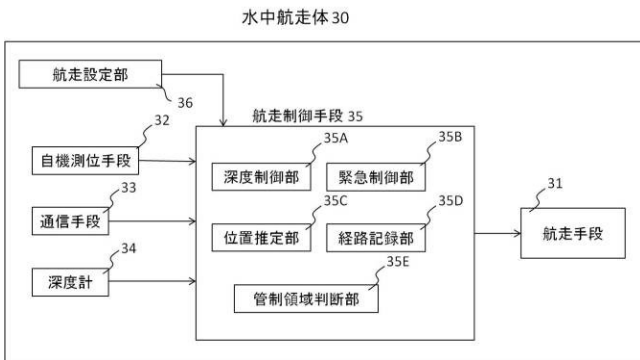
【図3】



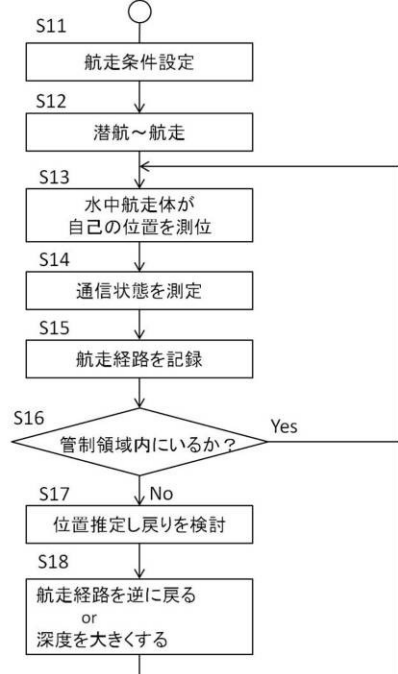
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 大和 裕幸

東京都三鷹市新川6丁目3番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内