

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第6991545号
(P6991545)

(45)発行日 令和4年1月12日(2022.1.12)

(24)登録日 令和3年12月10日(2021.12.10)

(51)国際特許分類

F I

B 6 3 C 11/48 (2006.01)

B 6 3 C

11/48

D

B 6 3 C 11/00 (2006.01)

B 6 3 C

11/00

C

B 6 3 C 11/26 (2006.01)

B 6 3 C

11/26

B 6 3 G 8/00 (2006.01)

B 6 3 G

8/00

H

請求項の数 15 (全16頁)

(21)出願番号 特願2017-71965(P2017-71965)
 (22)出願日 平成29年3月31日(2017.3.31)
 (65)公開番号 特開2018-172060(P2018-172060
 A)
 (43)公開日 平成30年11月8日(2018.11.8)
 審査請求日 令和2年3月26日(2020.3.26)

(73)特許権者 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
 (72)発明者 大和 裕幸

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 複数の水中航走体の運用方法及び複数の水中航走体の運用システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

水底を探索するために、前記水底に近い探索深度を航走する複数の水中航走体の探索ミッションと前記探索深度を予め異ならせて前記水中航走体に設定し、設定された各々の前記探索深度まで複数の前記水中航走体を潜航させ、水面の近傍に配置された水上管制手段の管制のもと、設定された各々の前記探索深度において複数の前記水中航走体を航走させて設定された前記探索ミッションを遂行し、前記探索ミッションの遂行結果を記録及び/又は伝送するにあたり、設定された各々の前記探索深度において、複数の前記水中航走体は各々の異なる探索領域を有することを特徴とする複数の水中航走体の運用方法。

【請求項2】

各々の前記探索領域を航走する前記水中航走体の航走軌跡が、同時刻に上下に重ならないように、前記水中航走体の航走経路が設定されたものであることを特徴とする請求項1に記載の複数の水中航走体の運用方法。

【請求項3】

前記水中航走体に設定される異ならせた前記探索深度が、前記探索深度が前記水底に近い低高度探索深度と、前記探索深度が前記水底から遠い高高度探索深度であることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の複数の水中航走体の運用方法。

【請求項4】

前記低高度探索深度の前記水中航走体の航走速度が、前記高高度探索深度の前記水中航走体の航走速度よりも遅いものであることを特徴とする請求項3に記載の複数の水中航走体

の運用方法。

【請求項 5】

前記低高度探査深度における前記水中航走体の航走可能な前記水底からの高度が 1 m 以上 50 m 未満であり、前記高高度探査深度における前記水中航走体の航走可能な前記高度が 10 m 以上 200 m 未満であることを特徴とする請求項 3 又は請求項 4 に記載の複数の水中航走体の運用方法。

【請求項 6】

前記低高度探査深度の前記水中航走体の前記探査ミッションに、前記水底の映像撮影を含むことを特徴とする請求項 3 から請求項 5 のうちの 1 項に記載の複数の水中航走体の運用方法。

【請求項 7】

前記高高度探査深度の前記水中航走体の前記探査ミッションに、前記水底の地形の調査及び/又は前記水底下の地層の調査を含むことを特徴とする請求項 3 から請求項 6 のうちの 1 項に記載の複数の水中航走体の運用方法。

【請求項 8】

複数の前記水中航走体が、水面の近傍を航走可能な移動手段を有した前記水上管制手段に設けた音響測位手段により測位され、及び/又は前記水中航走体及び前記水上管制手段にそれぞれ設けた通信手段を利用して通信を行い、前記探査ミッションを遂行することを特徴とする請求項 1 から請求項 7 に記載の複数の水中航走体の運用方法。

【請求項 9】

水面の近傍に配置された水上管制手段と、前記水上管制手段の管制のもと水底に近い探査深度を航走して探査する複数の水中航走体とを備え、複数の前記水中航走体の各々には、探査ミッションと前記探査深度を予め異ならせて設定する探査条件設定手段と、設定された各々の前記探査深度まで複数の前記水中航走体を潜航させる潜航手段と、設定された各々の前記探査深度において複数の前記水中航走体を航走させて各々の前記探査ミッションを遂行する探査ミッション遂行手段と、前記探査ミッションの遂行結果を記録及び/又は伝送する記録手段及び/又は伝送手段とが設けられ、前記探査条件設定手段は、設定された各々の前記探査深度において、複数の前記水中航走体の各々の異なる探査領域を設定することを特徴とする複数の水中航走体の運用システム。

【請求項 10】

各々の前記探査領域は、航走する前記水中航走体の航走経路が、同時刻に上下に重ならないように設定されたものであることを特徴とする請求項 9 に記載の複数の水中航走体の運用システム。

【請求項 11】

前記探査条件設定手段で設定される異ならせた前記探査深度として、前記水底に近い低高度探査深度と、前記水底から遠い高高度探査深度とを有することを特徴とする請求項 9 又は請求項 10 に記載の複数の水中航走体の運用システム。

【請求項 12】

前記低高度探査深度の前記水中航走体の航走速度が、前記高高度探査深度の前記水中航走体の航走速度よりも遅く設定されることを特徴とする請求項 11 に記載の複数の水中航走体の運用システム。

【請求項 13】

前記低高度探査深度を探査する前記水中航走体は、前記水底の映像撮影を行う撮像手段を有することを特徴とする請求項 11 又は請求項 12 に記載の複数の水中航走体の運用システム。

【請求項 14】

前記高高度探査深度を探査する前記水中航走体は、前記水底の地形の調査を行う地形調査手段及び/又は前記水底下の地層の調査を行う地層調査手段を有することを特徴とする請求項 11 から請求項 13 のうちの 1 項に記載の複数の水中航走体の運用システム。

【請求項 15】

水面の近傍を航走可能な前記水上管制手段が、音響測位手段及び/又は通信手段を有し、前記音響測位手段により複数の前記水中航走体の測位を行い、及び/又は複数の前記水中航走体に有した通信手段との間で通信を行い、前記探査ミッションを遂行することを特徴とする請求項9から請求項14のうちの1項に記載の複数の水中航走体の運用システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、水底探査を行う複数の水中航走体の運用方法及び複数の水中航走体の運用システムに関する。

【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。

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】

【文献】特開平3-266794号公報

特開2003-26090号公報

特開平5-147583号公報

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は制御が複雑になるため、調査効率や安全性の面等において課題があった。

特許文献1記載の発明は、複数の無索式無人潜水艇の各々の探査ミッション等を考慮して

10

20

30

40

50

調査効率や安全性を高める制御について開示するものではない。また、母船と水中ステーションがケーブルで接続されているため、母船や水中ステーションの移動が制限される。特許文献2記載の発明は、複数の自律型無人航走体の各々の探査ミッション等を考慮して調査効率や安全性を高める制御について開示するものではない。また、水中ステーションが母船から吊り下げられているため、母船や水中ステーションの移動が制限される。

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機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、複数の無人潜水機の各々の探査ミッション等を考慮して調査効率や安全性を高める制御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、各々の探査ミッション等を考慮して調査効率や安全性を高める制御について開示するものではない。

【0005】

そこで本発明は、複数の水中航走体を展開・運用して水底の探査を安全かつ効率的に行うことができる複数の水中航走体の運用方法及び複数の水中航走体の運用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記載に対応した複数の水中航走体の運用方法においては、水底を探査するために、水底に近い探査深度を航走する複数の水中航走体の探査ミッションと探査深度を予め異ならせて水中航走体に設定し、設定された各々の探査深度まで複数の水中航走体を潜航させ、水面の近傍に配置された水上管制手段の管制のもと、設定された各々の探査深度において複数の水中航走体を航走させて設定された探査ミッションを遂行し、探査ミッションの遂行結果を記録及び/又は伝送するにあたり、設定された各々の探査深度において、複数の水中航走体は各々の異なる探査領域を有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、複数の水中航走体が異なる探査深度における各々の探査領域においてそれぞれ与えられた探査ミッションを遂行するため、各々の探査領域を効率よく探査を行うことができる。

なお、探査とは観測、搜索、採取、救援、運搬等およそ水底において水中航走体が行なう行為の全体を含む。

【0007】

請求項2記載の本発明は、各々の探査領域を航走する水中航走体の航走軌跡が、同時刻に上下に重ならないように、水中航走体の航走経路が設定されたものであることを特徴とする。

請求項2に記載の本発明によれば、探査深度が近接した水中航走体同士の衝突を防止して安全性を高めることができる。また、水中航走体が上下に重ならないようにすることで、水中航走体に誤観測や観測不能などといった探査上のトラブルが生じることを低減できる。

【0008】

請求項3記載の本発明は、水中航走体に設定される異ならせた探査深度が、探査深度が水底に近い低高度探査深度と、探査深度が水底から遠い高高度探査深度であることを特徴とする。

請求項3に記載の本発明によれば、水底に近い領域と、水底から遠い領域を効率よく探査することができる。

【0009】

請求項4記載の本発明は、低高度探査深度の水中航走体の航走速度が、高高度探査深度の水中航走体の航走速度よりも遅いものであることを特徴とする。

請求項4に記載の本発明によれば、低高度探査深度で探査を行う水中航走体が、より精密な探査を行うことができる。

【0010】

請求項5記載の本発明は、低高度探査深度における水中航走体の航走可能な水底からの高度が1m以上50m未満であり、高高度探査深度における水中航走体の航走可能な高度が10m以上200m未満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、水底からの高度が1m以上50m未満の領域と、10m以上200m未満の領域を効率よく探査することができる。

【0011】

請求項6記載の本発明は、低高度探査深度の水中航走体の探査ミッションに、水底の映像撮影を含むことを特徴とする。

請求項6に記載の本発明によれば、水底の映像を探査結果に含めることができる。

10

【0012】

請求項7記載の本発明は、高高度探査深度の水中航走体の探査ミッションに、水底の地形の調査及び/又は水底下の地層の調査を含むことを特徴とする。

請求項7に記載の本発明によれば、水底の地形又は地層の少なくとも一方を探査結果に含めることができる。

【0013】

請求項8記載の本発明は、複数の水中航走体が、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に設けた音響測位手段により測位され、及び/又は水中航走体及び水上管制手段にそれぞれ設けた通信手段を利用して通信を行い、探査ミッションを遂行することを特徴とする。

20

請求項8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の位置又は通信状態の少なくとも一方を把握できるため、複数の水中航走体が水上管制手段の管制のもとに探査作業をより安全かつ効率的に行うことができる。

【0014】

請求項9記載に対応した複数の水中航走体の運用システムにおいては、水面の近傍に配置された水上管制手段と、水上管制手段の管制のもと水底に近い探査深度を航走して探査する複数の水中航走体とを備え、複数の水中航走体の各々には、探査ミッションと探査深度を予め異ならせて設定する探査条件設定手段と、設定された各々の探査深度まで複数の水中航走体を潜航させる潜航手段と、設定された各々の探査深度において複数の水中航走体を航走させて各々の探査ミッションを遂行する探査ミッション遂行手段と、探査ミッションの遂行結果を記録及び/又は伝送する記録手段及び/又は伝送手段とが設けられ、探査条件設定手段は、設定された各々の探査深度において、複数の水中航走体の各々の異なる探査領域を設定することを特徴とする。

30

請求項9に記載の本発明によれば、複数の水中航走体が異なる探査深度における各々の探査領域においてそれぞれ与えられた探査ミッションを遂行するため、各々の探査領域を効率よく探査を行うことができる。

【0015】

請求項10記載の本発明は、各々の探査領域は、航走する水中航走体の航走経路が、同時に上下に重ならないように設定されたものであることを特徴とする。

請求項10に記載の本発明によれば、探査深度が近接した水中航走体同士の衝突を防止して安全性を高めることができる。また、水中航走体が上下に重ならないようにすることで、水中航走体に誤観測や観測不能などといった探査上のトラブルが生じることを低減できる。

40

【0016】

請求項11記載の本発明は、探査条件設定手段で設定される異ならせた探査深度として、水底に近い低高度探査深度と、水底から遠い高高度探査深度とを有することを特徴とする。
請求項11に記載の本発明によれば、水底に近い領域と、水底から遠い領域を効率よく探査することができる。

【0017】

請求項12記載の本発明は、低高度探査深度の水中航走体の航走速度が、高高度探査深度

50

の水中航走体の航走速度よりも遅く設定されることを特徴とする。

請求項 1 2 に記載の本発明によれば、低高度探査深度で探査を行う水中航走体が、より精密な探査を行うことができる。

【 0 0 1 8 】

請求項 1 3 に記載の本発明は、低高度探査深度を探査する水中航走体は、水底の映像撮影を行う撮像手段を有することを特徴とする。

請求項 1 3 に記載の本発明によれば、水底の映像を探査結果に含めることができる。

【 0 0 1 9 】

請求項 1 4 に記載の本発明は、高高度探査深度を探査する水中航走体は、水底の地形の調査を行う地形調査手段及び/又は水底下の地層の調査を行う地層調査手段を有することを特徴とする。

請求項 1 4 に記載の本発明によれば、水底の地形又は地層の少なくとも一方を探査結果に含めることができる。

【 0 0 2 0 】

請求項 1 5 に記載の本発明は、水面の近傍を航走可能な水上管制手段が、音響測位手段及び/又は通信手段を有し、音響測位手段により複数の水中航走体の測位を行い、及び/又は複数の水中航走体に有した通信手段との間で通信を行い、探査ミッションを遂行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、水上管制手段が複数の水中航走体の位置又は通信状態の少なくとも一方を把握できるため、複数の水中航走体が水上管制手段の管制のもとに探査作業をより安全かつ効率的に行うことができる。

【発明の効果】

【 0 0 2 1 】

本発明の複数の水中航走体の運用方法によれば、複数の水中航走体が異なる探査深度における各々の探査領域においてそれぞれ与えられた探査ミッションを遂行するため、各々の探査領域を効率よく探査を行うことができる。

【 0 0 2 2 】

また、各々の探査領域を航走する水中航走体の航走軌跡が、同時刻に上下に重ならないように、水中航走体の航走経路が設定されたものである場合には、探査深度が近接した水中航走体同士の衝突を防止して安全性を高めることができる。また、水中航走体が上下に重ならないようにすることで、水中航走体に誤観測や観測不能などといった探査上のトラブルが生じることを低減できる。

【 0 0 2 3 】

また、水中航走体に設定される異ならせた探査深度が、探査深度が水底に近い低高度探査深度と、探査深度が水底から遠い高高度探査深度である場合には、水底に近い領域と、水底から遠い領域を効率よく探査することができる。

【 0 0 2 4 】

また、低高度探査深度の水中航走体の航走速度が、高高度探査深度の水中航走体の航走速度よりも遅いものである場合には、低高度探査深度で探査を行う水中航走体が、より精密な探査を行うことができる。

【 0 0 2 5 】

また、低高度探査深度における水中航走体の航走可能な水底からの高度が 1 m 以上 5 0 m 未満であり、高高度探査深度における水中航走体の航走可能な高度が 1 0 m 以上 2 0 0 m 未満である場合には、水底からの高度が 1 m 以上 5 0 m 未満の領域と、1 0 m 以上 2 0 0 m 未満の領域を効率よく探査することができる。

【 0 0 2 6 】

また、低高度探査深度の水中航走体の探査ミッションに、水底の映像撮影を含む場合には、水底の映像を探査結果に含めることができる。

【 0 0 2 7 】

また、高高度探査深度の水中航走体の探査ミッションに、水底の地形の調査及び/又は水底

10

20

30

40

50

下の地層の調査を含む場合には、水底の地形又は地層の少なくとも一方を探索結果に含めることができる。

【0028】

また、複数の水中航走体が、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に設けた音響測位手段により測位され、及び/又は水中航走体及び水上管制手段にそれぞれ設けた通信手段を利用して通信を行い、探索ミッションを遂行する場合には、水上管制手段が複数の水中航走体の位置又は通信状態の少なくとも一方を把握できるため、複数の水中航走体が水上管制手段の管制のもとに探索作業をより安全かつ効率的に行うことができる。

【0029】

また、本発明の複数の水中航走体の運用システムによれば、複数の水中航走体が異なる探索深度における各々の探索領域においてそれぞれ与えられた探索ミッションを遂行するため、各々の探索領域を効率よく探索を行うことができる。

10

【0030】

また、各々の探索領域は、航走する水中航走体の航走経路が、同時刻に上下に重ならないように設定されたものである場合には、探索深度が近接した水中航走体同士の衝突を防止して安全性を高めることができる。また、水中航走体が上下に重ならないようにすることで、水中航走体に誤観測や観測不能などといった探索上のトラブルが生じることを低減できる。

【0031】

また、探索条件設定手段で設定される異ならせた探索深度として、水底に近い低高度探索深度と、水底から遠い高高度探索深度とを有する場合には、水底に近い領域と、水底から遠い領域を効率よく探索することができる。

20

【0032】

また、低高度探索深度の水中航走体の航走速度が、高高度探索深度の水中航走体の航走速度よりも遅く設定される場合には、低高度探索深度で探索を行う水中航走体が、より精密な探索を行うことができる。

【0033】

また、低高度探索深度を探索する水中航走体が、水底の映像撮影を行う撮像手段を有する場合には、水底の映像を探索結果に含めることができる。

【0034】

また、高高度探索深度を探索する水中航走体が、水底の地形の調査を行う地形調査手段及び/又は水底下の地層の調査を行う地層調査手段を有する場合には、水底の地形又は地層の少なくとも一方を探索結果に含めることができる。

30

【0035】

また、水面の近傍を航走可能な水上管制手段が、音響測位手段及び/又は通信手段を有し、音響測位手段により複数の水中航走体の測位を行い、及び/又は複数の水中航走体に有した通信手段との間で通信を行い、探索ミッションを遂行する場合には、水上管制手段が複数の水中航走体の位置又は通信状態の少なくとも一方を把握できるため、複数の水中航走体が水上管制手段の管制のもとに探索作業をより安全かつ効率的に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

40

【0036】

【図1】本発明の実施形態による複数の水中航走体の運用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】同水中航走体の制御ブロック図

【図4】同水中航走体の制御フロー図

【図5】同水上管制手段の制御ブロック図

【図6】同水上管制手段の制御フロー図

【発明を実施するための形態】

【0037】

以下に、本発明の実施形態による複数の水中航走体の運用方法及び複数の水中航走体の運

50

用システムについて説明する。

【0038】

図1は本実施形態による複数の水中航走体の運用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、水底を探索することにより鉱物資源やエネルギー資源等の探索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。

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水底の探索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。

【0039】

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から調査水域に進水させた水上管制手段20は、本体20aが水中に没して垂直翼20b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20bの上部には、GPS等の自己位置把握手段21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22が搭載されている。水上管制手段20は、自己位置把握手段21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22を用いて支援船10との通信を行うことができる。また、本体20aの後部には舵及びプロペラを有する移動手段23が設けられており、移動手段23によって水面の近傍を移動することができる。

また、本体20aの下面には、音響測位手段24及び通信手段25が設けられている。通信手段25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20は、音響測位手段24を用いて水中航走体30の位置を測定すると共に、通信手段25を用いて水中航走体30と音響信号による双方向通信を行い、水中航走体30を管制している。水上管制手段20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20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20が管制する管制領域Xとしている。

【0040】

水中航走体30には、水上管制手段20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20は複数の水中航走体30を音響信号を用いて管制するため、水上管制手段20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20の移動が制限されたりすることがない。

図1では、複数の水中航走体30を、1台の第1水中航走体30Aと、2台の第2水中航走体30Bとした場合を示している。第1水中航走体30A及び第2水中航走体30Bには、舵、推進器及びバラスト(重り)などの航走手段(潜航手段)31が設けられており、この航走手段31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30には、自機の位置の測定に用いる自機測位手段32と、水上管制手段20との音響信号による双方向通信に用いる通信手段33と、水上管制手段20の音響測位手段24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33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30は、水上管制手段20による測位が所定回数失敗した場合や、水上管制手段20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10に回収することができる。ホバリング型の第1水中航走体30Aは、第2水中航走体30B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30B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、

10

20

30

40

50

主に水底近くでの精密な探査を担う。第1水中航走体30Aには、水底の映像撮影を行うための撮像手段41が設けられている。撮像手段41は、例えば照明を備えたカメラである。

図2(a)は第2水中航走体30Bの上方斜視図、図2(b)は第2水中航走体30Bの下方斜視図である。航走型の第2水中航走体30Bは、第1水中航走体30A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探査を担う。第2水中航走体30Bには、水底の地形の調査を行う地形調査手段42と水底下の地層の調査を行う地層調査手段43が設けられている。地形調査手段42及び地層調査手段43は、例えばソナーである。また、第2水中航走体30Bは、航走手段(潜航手段)31として、後部に推進器31Aを備え、下部にバラスト(重り)31Bを備えている。バラスト31Bは、第2水中航走体30Bから切り離し可能に取り付けられている。

10

【0041】

次に、水中航走体30の制御について、図3及び図4を用いて説明する。

図3は水中航走体30の制御ブロック図、図4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、探査条件設定手段34、深度計35、探査ミッション遂行手段36、伝送手段37、記録手段38、航走速度設定部39、航走制御部40、撮像手段41、地形調査手段42及び地層調査手段43を備える。

探査ミッション遂行手段36は、深度制御部36A、潜航制御部36B、位置推定部36C、時刻管理部36D、ミッション制御部36Eを有する。

20

航走制御部40は、管制領域判断部40Aを有する。

【0042】

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から探査水域に投入する前に、探査条件設定手段34を用いて、水中航走体30に対して、水中航走体30の探査ミッション、探査深度、探査領域及び航走経路などといった探査に必要な情報を入力することにより探査条件設定を行うと共に、航走速度設定部39を用いて、水中航走体30に対して、航走速度を設定する(ステップ1)。探査ミッション、探査深度、探査領域及び航走経路は、水中航走体30ごとに異ならせて設定する。

探査領域は、設定された各々の探査深度において、複数の水中航走体30が各々の探査領域を有するように設定することが好ましい。これにより、各々の探査領域を一層効率よく探査を行うことができる。

30

また、航走経路は、各々の探査領域を航走する水中航走体30の航走軌跡が、同時刻に重ならないように、航走経路を設定することが好ましい。これにより、探査深度が近接した水中航走体30同士の衝突を防止して安全性を高めることができる。また、水中航走体30が上下に重ならないようにすることで、水中航走体30が誤観測を起こしたり観測不能に陥ったりすることを低減できる。

また、水中航走体30ごとに異ならせて設定する探査深度は、探査深度が水底に近い低高度探査深度と、探査深度が水底から遠い高高度探査深度を有することが好ましく、低高度探査深度は水底からの高度(距離)が1m以上50m未満とし、高高度探査深度は水底からの高度(距離)が10m以上200m未満とすることがより好ましい。また、低高度探査深度は水底からの高度(距離)を2m以上20m未満とし、高高度探査深度は水底からの高度(距離)が20m以上50m未満とすることがさらに好ましい。

40

なお、低高度探査深度は主として撮像手段41を用いた探査に、高高度探査深度は主として地形調査手段42及び地層調査手段43を用いた探査に利用される。また、水底の鉱物や生物の採取に当たっては、より水底に近い低高度探査深度を設定する場合があり、水底の地形の状況によっては、低高度探査深度や高度探査深度を上記の数値より高く設定する場合もある。

これにより、水底に近い領域と、水底から遠い領域を効率よく探査することができる。本実施形態では、ホバリング型の第1水中航走体30Aが低高度探査深度の領域の探査を担い、航走型の第2水中航走体30Bが高高度探査深度の領域の探査を担っている。第1水

50

中航走体 30A の航走速度は第 2 水中航走体 30B の航走速度よりも遅いため、水底近くでの探査をより精密なものとするができる。また、水底の地形が複雑な場合に、第 1 水中航走体 30A が水底に衝突する危険性を低減することが可能となる。

【0043】

ステップ 1 の後、探査水域に投入された複数の水中航走体 30 は潜航を開始する（ステップ 2）。

潜航は推進器 31A 及びバラスト 31B を用いて行うが、推進器 31 を停止してバラスト 31B の重さのみによって潜航した場合には、燃料を節約することができる。

潜航にあたって各水中航走体 30 は、深度計 35 及び自機測位手段 32 を用いて自機の深度及び位置を測定し、深度制御部 36A、潜航制御部 36B 及び位置推定部 36C を有する探査ミッション遂行手段 36 が、ステップ 1 で設定された探査深度に従って航走制御部 40 を制御する。航走制御部 40 は、探査ミッション遂行手段 36 による制御と航走速度設定部 39 で設定された航走速度に従って航走手段 31 を制御する。

自機測位手段 32 による自機の位置の測定は、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。

【0044】

ステップ 2 の後、設定された探査深度に達した水中航走体 30 は航走を開始する（ステップ 3）。

設定された探査深度で航走を開始した各水中航走体 30 は、自機測位手段 32 を用いて自機の位置を測定し、探査ミッション遂行手段 36 に送信する。位置推定部 36C を有する探査ミッション遂行手段 36 は、ステップ 1 で設定された探査領域を水中航走体 30 が航走するように航走制御部 40 を制御する。航走制御部 40 は、探査ミッション遂行手段 36 による制御と航走速度設定部 39 で設定された航走速度に従って航走手段 31 を制御する。これにより、水中航走体 30 は探査領域を航走する（ステップ 4）。

時刻を管理する時刻管理部 36D を有する探査ミッション遂行手段 36 は、ステップ 1 で設定された航走経路に従って、他の水中航走体 30 と航走軌跡が同時刻に重ならないように航走制御部 40 を制御する。

【0045】

航走制御部 40 は、探査ミッション遂行手段 36 から受信した自機の推定位置、深度及び水上管制手段 20 との通信状態に基づいて、水上管制手段 20 の管制領域 X 内で航走する（ステップ 5）。通信状態は、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、測定結果を探査ミッション遂行手段 36 に送信し、探査ミッション遂行手段 36 が例えばシグナル／ノイズ比（S／N 比）で把握する。

また、航走制御部 40 は、管制領域判断部 40A を有し、自機の推定位置及び水上管制手段 20 との通信状態に基づいて、自機が管制領域 X 内に位置するか否かを定期的に判断する（ステップ 6）。

【0046】

ステップ 6 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、探査ミッションを遂行する（ステップ 7）。

探査ミッション遂行手段 36 のミッション制御部 36E が、第 1 水中航走体 30A に設けられた撮像手段 41 を制御することにより、水底の映像撮影を行うことができる。また、ミッション制御部 36E が、第 2 水中航走体 30B に設けられた地形調査手段 42 及び地層調査手段 43 を制御することにより、水底の地形及び水底下の地層の情報を得ることができる。

得られた撮影画像、水底の地形及び水底下の地層の情報といった探査ミッション遂行結果は、ハードディスクや磁気テープ等の記録手段 38 に記録される。また、伝送手段 37 で符号化等の処理が行われた後に通信手段 33 を用いて水上管制手段 20 へ送信される（ステップ 8）。

【0047】

ステップ 6 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 36

10

20

30

40

50

Cは、自機測位手段32による測位結果と、深度計35による測定結果に基づいて、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9）。

ステップ9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、航走制御部40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、ステップ9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、航走制御部40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10）。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。なお、深度を大きくすることで管制領域Xに戻ることは、図1に示すように管制領域Xは傘状であり、深度が大きいほど水平方向の領域が広いためである。

10

【0048】

次に、水上管制手段20の制御について、図5及び図6を用いて説明する。

図5は水上管制手段20の制御ブロック図、図6は水上管制手段20の制御フロー図である。

水上管制手段20は、自己位置把握手段21、海上通信手段22、移動手段23、音響測位手段24、通信手段25、管制設定部26及び移動制御手段27を備える。

移動制御手段27は、数管理部27A、待機制御部27B、位置推定部27C、航走記録部27D及び管制判断部27Eを有する。

【0049】

支援船10に乗船しているオペレーターは、水上管制手段20を支援船10から調査水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11）。

20

ステップ11の後、調査水域に進水した水上管制手段20は、ステップ11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12）。

ステップ12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13）。通信状態は、例えばシグナル／ノイズ比（S／N比）で把握する。

30

移動制御手段27は、受信したステップ12における測位結果とステップ13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14）。

【0050】

ステップ14の後、数管理部27Aは、ステップ11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14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15）。

ステップ15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。

40

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を移動するに当たり、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。

【0051】

ステップ15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

50

航走体 30 の数が少ないと判断した場合、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 27 C は、航走記録部 27 D 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 16）。

ステップ 16 の後、待機制御部 27 B は、ステップ 15 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 17）。

ステップ 17 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 15 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 17 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 27 B は、ステップ 15 の判断結果を管制判断部 27 E 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 18）。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 を移動するに当たり、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 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 27 C が、航走記録部 27 D 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。

【0052】

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水中探査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、探査可能な複数の水中航走体 30 を管制領域 X 内に位置させて水中探査を継続することができる。

【0053】

管制判断部 27 E は、数管理部 27 A 又は待機制御部 27 B 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 19）。

ステップ 19 では、数管理部 27 A 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 12 となる。

また、数管理部 27 A 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 11 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 27 B 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 11 となり、管制設定部 2

10

20

30

40

50

6 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。

【0054】

このように水上管制手段 20 は、複数の水中航走体 30 の数を管理する数管理部 27 A 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 内に位置させて探査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探査を行うことができる。

10

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。

なお、複数の水中航走体 30 の探査条件設定手段 34 で設定される探査条件は、支援船 10 における探査条件設定以外にも、支援船 10 からの指示を水上管制手段 20 を介して、又は水上管制手段 20 にプログラムされたスケジュールに基づいて、自動的に更新することも可能である。

【産業上の利用可能性】

【0055】

本発明の複数の水中航走体の運用方法及び複数の水中航走体の運用システムは、複数の水中航走体を調査水域に展開・運用して水底の探査を安全かつ効率的に行うことができる。

20

【符号の説明】

【0056】

- 20 水上管制手段
- 24 音響測位手段
- 25 通信手段
- 30 水中航走体
- 31 航走手段（潜航手段）
- 33 通信手段
- 34 探査条件設定手段
- 36 探査ミッション遂行手段
- 37 伝送手段
- 38 記録手段
- 41 撮像手段
- 42 地形調査手段
- 43 地層調査手段

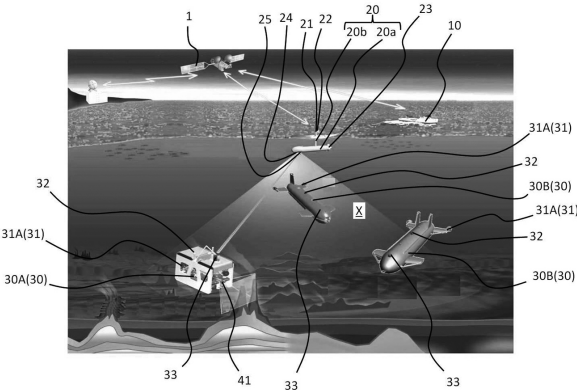
30

40

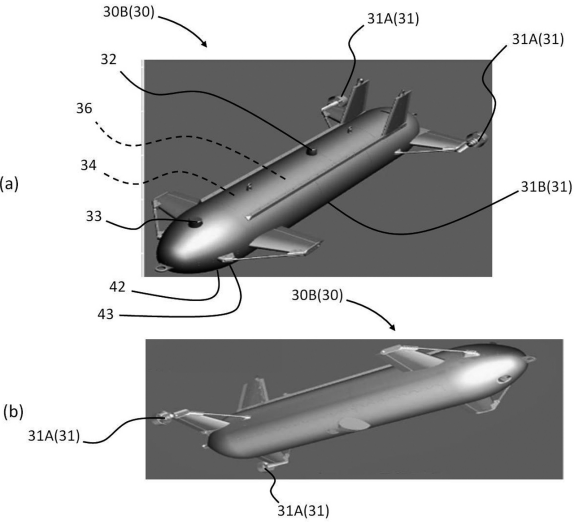
50

【図面】

【図 1】

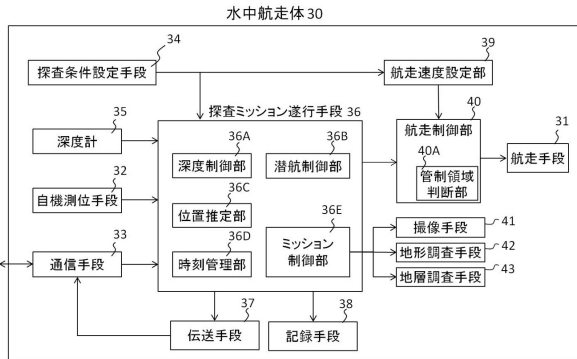


【図 2】

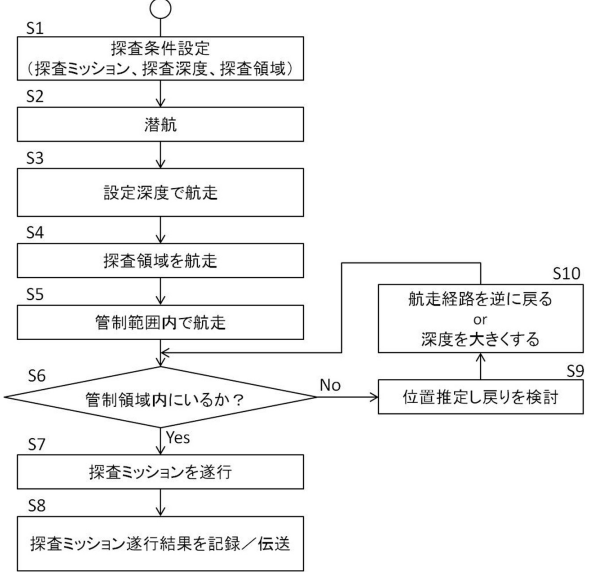


10

【図 3】



【図 4】



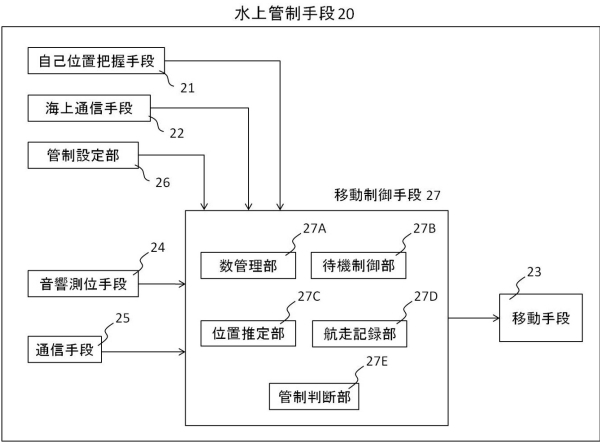
20

30

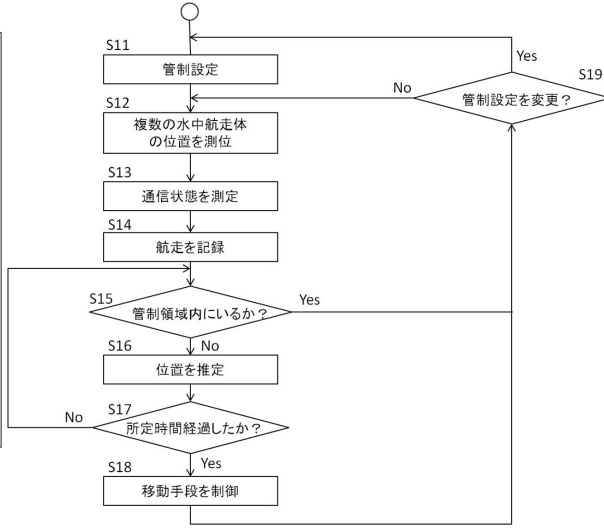
40

50

【図 5】



【図 6】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

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

審査官 福田 信成

(56)参考文献 特開2004-184268 (JP, A)

特開2010-139270 (JP, A)

特開2002-145187 (JP, A)

特開2009-227086 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

B 63 C 11/48

B 63 C 11/00

B 63 C 11/26

B 63 G 8/00