

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2022-145659

(P2022-145659A)

(43)公開日 令和4年10月4日(2022.10.4)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
B 6 3 C 11/00 (2006.01)	B 6 3 C 11/00	C 2 G 1 0 5
B 6 3 C 11/48 (2006.01)	B 6 3 C 11/48	D 5 H 3 0 1
G 0 5 D 1/00 (2006.01)	G 0 5 D 1/00	A
G 0 5 D 1/04 (2006.01)	G 0 5 D 1/04	
G 0 1 V 11/00 (2006.01)	G 0 1 V 11/00	

審査請求 未請求 請求項の数 26 O L (全32頁)

(21)出願番号 特願2022-43770(P2022-43770)
 (22)出願日 令和4年3月18日(2022.3.18)
 (31)優先権主張番号 特願2021-45636(P2021-45636)
 (32)優先日 令和3年3月19日(2021.3.19)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 日本国(JP)

(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 110001210
 特許業務法人 Y K I 国際特許事務所
 (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・港湾・航空技術研究所内
 F ターム(参考) 2G105 AA02 BB02 BB17 CC01
 DD02 EE01 LL07
 5H301 AA05 CC04 CC07 DD08
 DD13 FF11 GG10 GG16

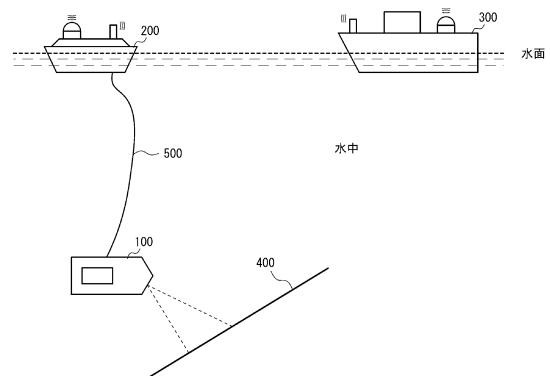
(54)【発明の名称】 水上中継機と水中航走体との連結システム及びその運用方法

(57)【要約】 (修正有)

【課題】水中航走体で取得された撮像画像等の情報を水上中継機を介して母船等に高速かつ安定に通信する。

【解決手段】中継機推進手段と中継機位置計測手段を有した水上中継機200と、航走体位置推定手段を有した水中航走体100と、水中航走体で得られた画像情報を含む取得情報の伝送を行う情報伝送線と、水上中継機と水中航走体に目標緯度及び目標経度を設定する位置設定手段と、水上中継機と水中航走体を制御する制御手段とを備え、設定された目標緯度及び目標経度と中継機位置計測手段で計測された水上位置に基づいて中継機推進手段を駆動し水上中継機の位置を制御手段で制御するとともに、設定された目標緯度及び目標経度と航走体位置推定手段で推定された水中位置に基づいて水中航走体の位置を制御手段で制御することで、水中航走体と水上中継機が目標緯度及び目標経度まで水面と水中における鉛直位置関係を保持しながら並走するように構成する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

中継機推進手段と中継機位置計測手段を有した水上中継機と、
航走体位置推定手段を有した水中航走体と、
前記水上中継機と前記水中航走体とを接続し、前記水中航走体で得られた画像情報を含む取得情報の伝送を行う情報伝送線と、
前記水上中継機と前記水中航走体に目標緯度及び目標経度を設定する位置設定手段と、
前記水上中継機と前記水中航走体を制御する制御手段とを備え、
設定された前記目標緯度及び前記目標経度と前記中継機位置計測手段で計測された水上位置に基づいて前記中継機推進手段を駆動し前記水上中継機の位置を前記制御手段で制御するとともに、設定された前記目標緯度及び前記目標経度と前記航走体位置推定手段で推定された水中位置に基づいて前記水中航走体の位置を前記制御手段で制御することで、前記水中航走体と前記水上中継機が前記目標緯度及び前記目標経度まで水面と水中における鉛直位置関係を保持しながら並走することを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムであって、
前記位置設定手段を有する母船を備え、
前記母船と前記水上中継機とが無線通信を利用して前記目標緯度及び前記目標経度及び前記取得情報の伝送を行うことを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システム。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムであって、
前記母船から前記水上中継機及び前記水中航走体の少なくとも一方の遠隔操作が可能であることを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システム。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムであって、
前記中継機位置計測手段は、衛星測位システム受信機と姿勢方位基準装置(A H R S)を有することを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システム。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムであって、
前記航走体位置推定手段は、慣性航法装置(I N S)とドップラー対地速度計(D V L)、又は姿勢方位基準装置(A H R S)とドップラー対地速度計(D V L)を有することを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システム。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムであって、
前記航走体位置推定手段は、深度計を有し、
前記位置設定手段で設定された深度に前記水中航走体が位置するように前記制御手段で前記水中航走体を制御することを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システム。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムであって、前記水上中継機は、前記水中航走体を撮像可能な中継機撮像手段を有することを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システム。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムであって、前記水中航走体は、水に対して中性浮力を有することを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システム。

【請求項 9】

10

20

30

40

50

請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムであって、

前記水上中継機、前記水中航走体、前記情報伝送線、及び前記制御手段を複数組備え、前記位置設定手段で前記複数組ごとの前記目標緯度及び前記目標経度を設定することを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システム。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムであって、

前記情報伝送線の間際に他の前記水中航走体を備えることを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システム。

10

【請求項 11】

請求項 2 及び請求項 2 を引用する請求項 3 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムであって、

前記情報伝送線の複数箇所に複数の受振手段と、音響を水中に発振する音響発振手段を前記母船に有し、前記音響発振手段による音響発振に伴う地層からの反射音響振動を複数の前記受振手段で取得し、取得した前記反射音響振動を音響情報として前記情報伝送線を利用して伝送することを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システム。

【請求項 12】

請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法であって、

20

前記水中航走体を水中に投入する航走体投入ステップと、

前記水中航走体を水底に接近させ所定の位置に保持する航走体下降ステップと、

前記水上中継機を水面に投入する中継機投入ステップと、

前記水上中継機と前記水中航走体とを前記鉛直位置関係に臨ませる鉛直位置確保ステップと、

前記鉛直位置関係に臨ませたのちに前記中継機位置計測手段で計測した前記水上位置を前記情報伝送線を介して前記水中航走体に伝送し、前記水中航走体の水中位置の初期位置として入力する初期位置入力ステップとを備えることを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法。

【請求項 13】

30

請求項 9 を引用する請求項 12 に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法であって、

前記複数組ごとに、前記航走体投入ステップ、前記航走体下降ステップ、前記中継機投入ステップ、前記鉛直位置確保ステップ、及び前記初期位置入力ステップを繰り返すことを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法。

【請求項 14】

請求項 10 を引用する請求項 12 に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法であって、

前記航走体投入ステップと航走体下降ステップとの間に、他の前記水中航走体を水中に投入する中間水中航走体投入ステップと、他の前記水中航走体を前記水面と前記水底との中間の位置に保持する中間水中航走体下降ステップを備え、前記鉛直位置確保ステップで他の前記水中航走体を前記鉛直位置関係に臨ませ、前記初期位置入力ステップで前記水上位置を前記情報伝送線を介して他の前記水中航走体に伝送することを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法。

40

【請求項 15】

請求項 12 ~ 14 のいずれか 1 項に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法であって、

前記航走体投入ステップの前に前記水中航走体及び前記水上中継機の動作が正常かを確認するステータス確認ステップを備えることを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法。

50

【請求項 16】

請求項 12 ~ 15 のいずれか 1 項に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法であって

前記航走体投入ステップと前記航走体下降ステップとの間に、前記水中航走体の前記航走体位置推定手段の前記水中位置の推定値が妥当な値かを判断する推定値判断ステップを備えることを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法。

【請求項 17】

請求項 12 ~ 16 のいずれか 1 項に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法であって、

前記鉛直位置確保ステップにおいて、前記水上中継機と前記水中航走体とが前記鉛直位置関係に臨んでいない場合、操作者が前記水上中継機を操作して前記水中航走体が前記鉛直位置関係に臨むように位置補正して前記鉛直位置関係を確保することを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法。 10

【請求項 18】

請求項 12 ~ 17 のいずれか 1 項に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法であって、

前記初期位置入力ステップの後、前記位置設定手段から前記水上中継機に前記目標緯度及び前記目標経度を設定する目標位置設定ステップと、

設定された前記目標緯度及び前記目標経度を前記情報伝送線を介して前記水中航走体に伝送し入力する目標位置入力ステップと、 20

前記目標緯度及び前記目標経度に前記水上中継機と前記水中航走体が前記鉛直位置関係を保持しながら等速で並走して向かうように制御する航走制御ステップと、

前記目標緯度及び前記目標経度に到達後に前記水上中継機と前記水中航走体の位置保持を行う位置保持ステップをさらに備えることを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法。

【請求項 19】

請求項 18 に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法であって、

前記航走制御ステップは、前記中継機位置計測手段で計測された前記水上位置に基づいて前記水上中継機の位置を制御するとともに、前記航走体位置推定手段で推定された前記水中位置に基づいて前記水中航走体の位置を制御することを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法。 30

【請求項 20】

請求項 19 に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法であって、

前記航走制御ステップは、

前記水上中継機の前記水上位置が前記目標緯度及び前記目標経度の到達範囲内であるか否かを判断する中継機到達判断ステップと、

前記水中航走体の前記水中位置が前記目標緯度及び前記目標経度の前記到達範囲内であるか否かを判断する航走体到達判断ステップを有し、

前記水上中継機と前記水中航走体が前記到達範囲内に至った場合に前記位置保持ステップに移行することを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法。 40

【請求項 21】

請求項 20 に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法であって、

前記水上中継機と前記水中航走体が前記到達範囲内に至っていない場合に前記水上中継機と前記水中航走体を前記目標緯度及び前記目標経度に向かわせる制御を続行することを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法。

【請求項 22】

請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法であって、

撮像手段を用いて前記水中航走体の位置を確認する航走体位置確認ステップと、

前記水上中継機の直下に前記水中航走体が位置しているかを判断する位置判断ステップ 50

と、

前記水上中継機の直下に前記水中航走体が位置している場合に、前記中継機位置計測手段で得られた前記水上位置を情報伝送線を介して前記水中航走体に伝送し、前記水中航走体の水中位置を制御して前記水上中継機と前記水中航走体の前記鉛直位置関係を補正する水中位置補正ステップを備えることを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法。

【請求項 2 3】

請求項 2 2 に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法であって、

前記航走体位置確認ステップにおいて操作者が前記水中航走体の位置を確認できない場合に、前記水中航走体の位置を制御して前記水中航走体を前記撮像手段で確認できる位置にまで上昇させる航走体上昇ステップを備えることを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法。

10

【請求項 2 4】

請求項 2 2 又は請求項 2 3 に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法であって、

前記位置判断ステップにおいて前記水上中継機の直下に前記水中航走体が位置していないと判断された場合に、前記操作者の操作によって前記水上中継機の位置を制御して前記水中航走体の直上に移動させる位置ずれ補正ステップを備えることを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法。

【請求項 2 5】

20

請求項 2 又は請求項 3 を選択する請求項 1 1 に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法であって、

前記目標緯度及び前記目標経度に到達後に前記水上中継機と前記水中航走体の位置を制御して、前記水中航走体の航走体撮像手段で水中を探索する探索ステップと、前記探索で得られた画像情報を含む取得情報を、前記情報伝送線と前記無線通信を介して前記母船に伝送する情報伝送ステップを備えることを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法。

【請求項 2 6】

請求項 2 又は請求項 3 を選択する請求項 1 1 に記載の水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法であって、

30

前記目標緯度及び前記目標経度に到達後に前記母船に有した前記音響発振手段から音響を発振する音響発振ステップと、複数の前記受振手段で前記地層からの前記反射音響振動を取得する反射音響振動取得ステップと、取得した前記反射音響振動を音響情報として前記情報伝送線と前記無線通信を介して前記母船に伝送する情報伝送ステップを備えることを特徴とする水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、水上中継機と水中航走体との連結システム及びその運用方法に関する。

【背景技術】

40

【0002】

近年、鉱物資源をはじめとするあらゆる資源の供給源として海底等の水底が注目を集めている。それに伴って、水底調査の必要性も高まりつつある。そこで、水中を航走する水中航走体の位置を高い精度で制御する技術が必要とされている。

【0003】

母船から電波により誘導制御される無人艇と、当該無人艇からケーブルを介して連結された水中航走体とを備え、母船から無人艇を介して水中航走体へ制御信号を伝達することによって水中航走体の位置を制御する技術が開示されている（特許文献 1）。

【0004】

水中を走行する水中航走体と、当該水中航走体に追従して水面を航走する水上艇とを備

50

え、水上艇はGPS処理部によって自己位置を取得すると共に、水中音響通信により当該自己位置を水中航走体へ送信するシステムが開示されている（特許文献2）。水上艇の自己位置に基づいて、水中航走体は、水中を自律航走することが可能とされている。

【0005】

同様に、水中を走行する水中航走体と、当該水中航走体に追従して水面を航走する水上航走体とを備え、水上航走体は水中音響通信により水中航走体の位置を取得し、当該水中航走体の位置に基づいて水中航走体に水上航走体を追従させるように制御するシステムが開示されている（特許文献3）。

【0006】

また、遠隔操作ビークル（ROV）、通信中継局として機能するように構成された自律型水上艦（ASV）を使用して海中を調査するシステムが開示されている（特許文献4）。自律型水上艦（ASV）は、制御ステーションから遠隔操作ビークル（ROV）にデータを送信するための中継局として使用される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開昭57-196309号公報

【特許文献2】特開平8-249060号公報

【特許文献3】特開2017-165333号公報

【特許文献4】国際公開第2018/112045号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ところで、従来の自律型水中航走体は、無索の独立した水中航走体であり、母船との通信手段として主に水中音響通信が用いられる。しかしながら、通信速度が限られるため、水中カメラによる映像等の情報を母船上においてリアルタイムに十分な速度で確認することができなかった。

【課題を解決するための手段】

【0009】

請求項1に対応した水上中継機と水中航走体との連結システムは、中継機推進手段と中継機位置計測手段を有した水上中継機と、航走体位置推定手段を有した水中航走体と、前記水上中継機と前記水中航走体とを接続し、前記水中航走体で得られた画像情報を含む取得情報の伝送を行う情報伝送線と、前記水上中継機と前記水中航走体に目標緯度及び目標経度を設定する位置設定手段と、前記水上中継機と前記水中航走体を制御する制御手段とを備え、設定された前記目標緯度及び前記目標経度と前記中継機位置計測手段で計測された水上位置に基づいて前記中継機推進手段を駆動し前記水上中継機の位置を前記制御手段で制御するとともに、設定された前記目標緯度及び前記目標経度と前記航走体位置推定手段で推定された水中位置に基づいて前記水中航走体の位置を前記制御手段で制御することで、前記水中航走体と前記水上中継機が前記目標緯度及び前記目標経度まで水面と水中における鉛直位置関係を保持しながら並走することを特徴とする。

【0010】

ここで、前記位置設定手段を有する母船を備え、前記母船と前記水上中継機とが無線通信を利用して前記目標緯度及び前記目標経度及び前記取得情報の伝送を行うことが好適である。

【0011】

また、前記母船から前記水上中継機及び前記水中航走体の少なくとも一方の遠隔操作が可能であることが好適である。

【0012】

また、前記中継機位置計測手段は、衛星測位システム受信機と姿勢方位基準装置（AHRS）を有することが好適である。また、前記航走体位置推定手段は、慣性航法装置（IN

S)とドップラー対地速度計(DVL)、又は姿勢方位基準装置(AHRS)とドップラー対地速度計(DVL)を有することが好適である。

【0013】

また、前記航走体位置推定手段は、深度計を有し、前記位置設定手段で設定された深度に前記水中航走体が位置するように前記制御手段で前記水中航走体を制御することが好適である。

【0014】

また、前記水上中継機は、前記水中航走体を撮像可能な中継機撮像手段を有することが好適である。

【0015】

また、前記水中航走体は、水に対して中性浮力を有することが好適である。

【0016】

また、前記水上中継機、前記水中航走体、前記情報伝送線、及び前記制御手段を複数組備え、前記位置設定手段で前記複数組ごとの前記目標緯度及び前記目標経度を設定することが好適である。

【0017】

また、前記情報伝送線の間他に前記水中航走体を備えることが好適である。

【0018】

また、前記情報伝送線の複数箇所に複数の受振手段と、音響を水中に発振する音響発振手段を前記母船に有し、前記音響発振手段による音響発振に伴う地層からの反射音響振動を複数の前記受振手段で取得し、取得した前記反射音響振動を音響情報として前記情報伝送線を利用して伝送することが好適である。

【0019】

請求項12に対応した水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法は、前記水中航走体を水中に投入する航走体投入ステップと、前記水中航走体を水底に接近させ所定の位置に保持する航走体下降ステップと、前記水上中継機を水面に投入する中継機投入ステップと、前記水上中継機と前記水中航走体とを前記鉛直位置関係に臨ませる鉛直位置確保ステップと、前記鉛直位置関係に臨ませたのちに前記中継機位置計測手段で計測した前記水上位置を前記情報伝送線を介して前記水中航走体に伝送し、前記水中航走体の水中位置の初期位置として入力する初期位置入力ステップとを備える。

【0020】

ここで、前記複数組ごとに、前記航走体投入ステップ、前記航走体下降ステップ、前記中継機投入ステップ、前記鉛直位置確保ステップ、及び前記初期位置入力ステップを繰り返すことが好適である。

【0021】

また、前記航走体投入ステップと航走体下降ステップとの間に、他の前記水中航走体を水中に投入する中間水中航走体投入ステップと、他の前記水中航走体を前記水面と前記水底との中間の位置に保持する中間水中航走体下降ステップを備え、前記鉛直位置確保ステップで他の前記水中航走体を前記鉛直位置関係に臨ませ、前記初期位置入力ステップで前記水上位置を前記情報伝送線を介して他の前記水中航走体に伝送することが好適である。

【0022】

また、前記航走体投入ステップの前に前記水中航走体及び前記水上中継機の動作が正常かを確認するステータス確認ステップを備えることが好適である。

【0023】

また、前記航走体投入ステップと前記航走体下降ステップとの間に、前記水中航走体の前記航走体位置推定手段の前記水中位置の推定値が妥当な値かを判断する推定値判断ステップを備えることが好適である。

【0024】

また、前記鉛直位置確保ステップにおいて、前記水上中継機と前記水中航走体とが前記鉛直位置関係に臨んでいない場合、操作者が前記水上中継機を操作して前記水中航走体が

10

20

30

40

50

前記鉛直位置関係に臨むように位置補正して前記鉛直位置関係を確保することが好適である。

【0025】

また、前記初期位置入力ステップの後、前記位置設定手段から前記水上中継機に前記目標緯度及び前記目標経度を設定する目標位置設定ステップと、設定された前記目標緯度及び前記目標経度を前記情報伝送線を介して前記水中航走体に伝送し入力する目標位置入力ステップと、前記目標緯度及び前記目標経度に前記水上中継機と前記水中航走体が前記鉛直位置関係を保持しながら等速で並走して向かうように制御する航走制御ステップと、前記目標緯度及び前記目標経度に到達後に前記水上中継機と前記水中航走体の位置保持を行う位置保持ステップをさらに備えることが好適である。

10

【0026】

また、前記航走制御ステップは、前記中継機位置計測手段で計測された前記水上位置に基づいて前記水上中継機の位置を制御するとともに、前記航走体位置推定手段で推定された前記水中位置に基づいて前記水中航走体の位置を制御することが好適である。

【0027】

また、前記航走制御ステップは、前記水上中継機の前記水上位置が前記目標緯度及び前記目標経度の到達範囲内であるか否かを判断する中継機到達判断ステップと、前記水中航走体の前記水中位置が前記目標緯度及び前記目標経度の前記到達範囲内であるか否かを判断する航走体到達判断ステップを有し、前記水上中継機と前記水中航走体が前記到達範囲内に至った場合に前記位置保持ステップに移行することが好適である。

20

【0028】

また、前記水上中継機と前記水中航走体が前記到達範囲内に至っていない場合に前記水上中継機と前記水中航走体を前記目標緯度及び前記目標経度に向かわせる制御を続行することが好適である。

【0029】

また、操作者が撮像手段を用いて前記水中航走体の位置を確認する航走体位置確認ステップと、前記水上中継機の直下に前記水中航走体が位置しているかを判断する位置判断ステップと、前記水上中継機の直下に前記水中航走体が位置している場合に、前記中継機位置計測手段で得られた前記水上位置を情報伝送線を介して前記水中航走体に伝送し、前記水中航走体の水中位置を制御して前記水上中継機と前記水中航走体の前記鉛直位置関係を補正する水中位置補正ステップを備えることが好適である。

30

【0030】

また、前記航走体位置確認ステップにおいて前記操作者が前記水中航走体の位置を確認できない場合に、前記水中航走体の位置を制御して前記水中航走体を前記撮像手段で確認できる位置にまで上昇させる航走体上昇ステップを備えることが好適である。

【0031】

また、前記位置判断ステップにおいて前記水上中継機の直下に前記水中航走体が位置していないと判断された場合に、前記操作者の操作によって前記水上中継機の位置を制御して前記水中航走体の直上に移動させる位置ずれ補正ステップを備えることが好適である。

【0032】

また、前記目標緯度及び前記目標経度に到達後に前記水上中継機と前記水中航走体の位置を制御して、前記水中航走体の航走体撮像手段で水中を探索する探索ステップと、前記探索で得られた画像情報を含む取得情報を、前記情報伝送線と前記無線通信を介して前記母船に伝送する情報伝送ステップを備えることが好適である。

40

【0033】

また、前記目標緯度及び前記目標経度に到達後に前記母船に有した前記音響発振手段から音響を発振する音響発振ステップと、複数の前記受振手段で前記地層からの前記反射音響振動を取得する反射音響振動取得ステップと、取得した前記反射音響振動を音響情報として前記情報伝送線と前記無線通信を介して前記母船に伝送する情報伝送ステップを備えることが好適である。

50

【発明の効果】

【0034】

請求項1に対応した水上中継機と水中航走体との連結システムによれば、中継機推進手段と中継機位置計測手段を有した水上中継機と、航走体位置推定手段を有した水中航走体と、前記水上中継機と前記水中航走体とを接続し、前記水中航走体で得られた画像情報を含む取得情報の伝送を行う情報伝送線と、前記水上中継機と前記水中航走体に目標緯度及び目標経度を設定する位置設定手段と、前記水上中継機と前記水中航走体を制御する制御手段とを備え、設定された前記目標緯度及び前記目標経度と前記中継機位置計測手段で計測された水上位置に基づいて前記中継機推進手段を駆動し前記水上中継機の位置を前記制御手段で制御するとともに、設定された前記目標緯度及び前記目標経度と前記航走体位置推定手段で推定された水中位置に基づいて前記水中航走体の位置を前記制御手段で制御することで、前記水中航走体と前記水上中継機が前記目標緯度及び前記目標経度まで水面と水中における鉛直位置関係を保持しながら並走することによって、前記水中航走体で取得された撮像画像等の大容量の画像情報を前記水上中継機を介して母船等に高速かつ安定に伝送することができる。

10

【0035】

ここで、前記位置設定手段を有する母船を備え、前記母船と前記水上中継機とが無線通信を利用して前記目標緯度及び前記目標経度及び前記取得情報の伝送を行うことによって、前記母船から前記水上中継機までをケーブル等の有線で接続することなく、前記母船と前記水上中継機との間の通信を行うことができる。

20

【0036】

また、前記母船から前記水上中継機及び前記水中航走体の少なくとも一方の遠隔操作が可能であることによって、前記水上中継機及び前記水中航走体をそれぞれの目標位置に移動させ、前記水上中継機と前記水中航走体を適切な相対的な位置関係とすることができる。

【0037】

また、前記中継機位置計測手段は、衛星測位システム受信機と姿勢方位基準装置(AHRS)を有することによって、前記衛星測位システム受信機と前記姿勢方位基準装置(AHRS)を用いて前記水上中継機の位置を計測することができる。また、前記航走体位置推定手段は、慣性航法装置(INS)とドップラー対地速度計(DVL)、又は姿勢方位基準装置(AHRS)とドップラー対地速度計(DVL)を有することによって、前記慣性航法装置(INS)と前記ドップラー対地速度計(DVL)、又は前記姿勢方位基準装置(AHRS)と前記ドップラー対地速度計(DVL)を用いて前記水中航走体の位置を計測することができる。

30

【0038】

また、前記航走体位置推定手段は、深度計を有し、前記位置設定手段で設定された深度に前記水中航走体が位置するように前記制御手段で前記水中航走体を制御することによって、前記水中航走体を目標となる深度に向けて航走させることができる。

【0039】

また、前記水上中継機は、前記水中航走体を撮像可能な中継機撮像手段を有することによって、前記中継機撮像手段によって撮像された画像において前記水中航走体を確認し、確認された状況に応じて前記水中航走体と前記水上中継機を移動させることができる。

40

【0040】

また、前記水中航走体は、水に対して中性浮力を有することによって、前記水中航走体の浮力を容易に確保することができる。

【0041】

また、前記水上中継機、前記水中航走体、前記情報伝送線、及び前記制御手段を複数組備え、前記位置設定手段で前記複数組ごとの前記目標緯度及び前記目標経度を設定することによって、同時に広い範囲の資源や水底ケーブル等の検査対象物を調査することができる、調査時間を短縮することができる。

50

【 0 0 4 2 】

また、前記情報伝送線の間際に他の前記水中航走体を備えることによって、中間の他の水中航走体の水平位置（緯度及び経度）及び深度（高度）を制御することによって水上中継機に対してより高い精度の位置制御を実現することができる。

【 0 0 4 3 】

また、前記情報伝送線の複数箇所に複数の受振手段と、音響を水中に発振する音響発振手段を前記母船に有し、前記音響発振手段による音響発振に伴う地層からの反射音響振動を複数の前記受振手段で取得し、取得した前記反射音響振動を音響情報として前記情報伝送線を利用して伝送することによって、VCS（Vertical Cable Seismic）解析等の解析を適用して水底や反射面の構造を高い精度で把握することができる。

10

【 0 0 4 4 】

請求項12に対応した水上中継機と水中航走体との連結システムの運用方法によれば、前記水中航走体を水中に投入する航走体投入ステップと、前記水中航走体を水底に接近させ所定の位置に保持する航走体下降ステップと、前記水上中継機を水面に投入する中継機投入ステップと、前記水上中継機と前記水中航走体とを前記鉛直位置関係に臨ませる鉛直位置確保ステップと、前記鉛直位置関係に臨ませたのちに前記中継機位置計測手段で計測した前記水上位置を前記情報伝送線を介して前記水中航走体に伝送し、前記水中航走体の水中位置の初期位置として入力する初期位置入力ステップとを備えることによって、前記水中航走体で取得された撮像画像等の情報を前記水上中継機を介して母船等に高速かつ安定に通信することができる。

20

【 0 0 4 5 】

ここで、前記複数組ごとに、前記航走体投入ステップ、前記航走体下降ステップ、前記中継機投入ステップ、前記鉛直位置確保ステップ、及び前記初期位置入力ステップを繰り返すことによって、同時に広い範囲の資源や水底ケーブル等の検査対象物を調査することができ、調査時間を短縮することができる。

【 0 0 4 6 】

また、前記航走体投入ステップと航走体下降ステップとの間に、他の前記水中航走体を水中に投入する中間水中航走体投入ステップと、他の前記水中航走体を前記水面と前記水底との中間の位置に保持する中間水中航走体下降ステップを備え、前記鉛直位置確保ステップで他の前記水中航走体を前記鉛直位置関係に臨ませ、前記初期位置入力ステップで前記水上位置を前記情報伝送線を介して他の前記水中航走体に伝送することによって、同時に広い範囲の資源や水底ケーブル等の検査対象物を調査することができ、調査時間を短縮することができる。

30

【 0 0 4 7 】

ここで、前記航走体投入ステップの前に前記水中航走体及び前記水上中継機の動作が正常かを確認するステータス確認ステップを備えることによって、前記水中航走体及び前記水上中継機が正常であることを確認したうえで前記水中航走体及び前記水上中継機を投入することができる。

【 0 0 4 8 】

また、前記航走体投入ステップと前記航走体下降ステップとの間に、前記水中航走体の前記航走体位置推定手段の前記水中位置の推定値が妥当な値かを判断する推定値判断ステップを備えることによって、前記水中航走体の前記航走体位置推定手段の動作を確認したうえで前記水中航走体を水中に降下させることができる。

40

【 0 0 4 9 】

また、前記鉛直位置確保ステップにおいて、前記水上中継機と前記水中航走体とが前記鉛直位置関係に臨んでいない場合、操作者が前記水上中継機を操作して前記水中航走体が前記鉛直位置関係に臨むように位置補正して前記鉛直位置関係を確保することによって、前記水上中継機と前記水中航走体を適切な前記鉛直位置関係にすることができる。

【 0 0 5 0 】

50

また、前記初期位置入力ステップの後、前記位置設定手段から前記水上中継機に前記目標緯度及び前記目標経度を設定する目標位置設定ステップと、設定された前記目標緯度及び前記目標経度を前記情報伝送線を介して前記水中航走体に伝送し入力する目標位置入力ステップと、前記目標緯度及び前記目標経度に前記水上中継機と前記水中航走体が前記鉛直位置関係を保持しながら等速で並走して向かうように制御する航走制御ステップと、前記目標緯度及び前記目標経度に到達後に前記水上中継機と前記水中航走体の位置保持を行う位置保持ステップをさらに備えることによって、前記水上中継機及び前記水中航走体を目標位置に移動させ、前記水上中継機と前記水中航走体の位置関係を保持することができる。

【 0 0 5 1 】

10

また、前記航走制御ステップは、前記中継機位置計測手段で計測された前記水上位置に基づいて前記水上中継機の位置を制御するとともに、前記航走体位置推定手段で推定された前記水中位置に基づいて前記水中航走体の位置を制御することによって、前記水上位置に基づいて前記水上中継機を目標位置に移動させると共に前記水中位置に基づいて前記水中航走体を目標位置に移動させ、前記水上中継機と前記水中航走体の位置関係を保持することができる。

【 0 0 5 2 】

また、前記航走制御ステップは、前記水上中継機の前記水上位置が前記目標緯度及び前記目標経度の到達範囲内であるか否かを判断する中継機到達判断ステップと、前記水中航走体の前記水中位置が前記目標緯度及び前記目標経度の前記到達範囲内であるか否かを判断する航走体到達判断ステップを有し、前記水上中継機と前記水中航走体が前記到達範囲内に至った場合に前記位置保持ステップに移行することによって、前記水上中継機及び前記水中航走体をそれぞれ目標位置の到達範囲内に移動させ、前記水上中継機と前記水中航走体の位置関係を保持することができる。

20

【 0 0 5 3 】

また、前記水上中継機と前記水中航走体が前記到達範囲内に至っていない場合に前記水上中継機と前記水中航走体を前記目標緯度及び前記目標経度に向かわせる制御を続行することによって、前記水上中継機及び前記水中航走体をそれぞれ目標位置の到達範囲内に移動させ、前記水上中継機と前記水中航走体の位置関係を保持することができる。

【 0 0 5 4 】

30

また、撮像手段を用いて前記水中航走体の位置を確認する航走体位置確認ステップと、前記水上中継機の直下に前記水中航走体が位置しているかを判断する位置判断ステップと、前記水上中継機の直下に前記水中航走体が位置している場合に、前記中継機位置計測手段で得られた前記水上位置を情報伝送線を介して前記水中航走体に伝送し、前記水中航走体の水中位置を制御して前記水上中継機と前記水中航走体の前記鉛直位置関係を補正する水中位置補正ステップを備えることによって、前記撮像された画像において前記水中航走体を確認し、前記水上中継機の直下に前記水中航走体が位置するように前記水上中継機と前記水中航走体の鉛直方向の位置関係を補正することができる。

【 0 0 5 5 】

また、前記航走体位置確認ステップにおいて前記操作者が前記水中航走体の位置を確認できない場合に、前記水中航走体の位置を制御して前記水中航走体を前記撮像手段で確認できる位置にまで上昇させる航走体上昇ステップを備えることによって、前記水中航走体を上昇させて前記撮像された画像において前記水中航走体を確認できる状況とすることができる。

40

【 0 0 5 6 】

また、前記位置判断ステップにおいて前記水上中継機の直下に前記水中航走体が位置していないと判断された場合に、前記操作者の操作によって前記水上中継機の位置を制御して前記水中航走体の直上に移動させる位置ずれ補正ステップを備えることによって、前記水中航走体の直下に前記水上中継機が位置するように前記水上中継機と前記水中航走体の鉛直方向の位置関係を補正することができる。

50

【 0 0 5 7 】

また、前記目標緯度及び前記目標経度に到達後に前記水上中継機と前記水中航走体の位置を制御して、前記水中航走体の航走体撮像手段で水中を探查する探查ステップと、前記探查で得られた画像情報を含む取得情報を、前記情報伝送線と前記無線通信を介して前記母船に伝送する情報伝送ステップを備えることによって、水中航走体によって得られた画像情報を映写したり、解析したりすることができる。

【 0 0 5 8 】

また、前記目標緯度及び前記目標経度に到達後に前記母船に有した前記音響発振手段から音響を発振する音響発振ステップと、複数の前記受振手段で前記地層からの前記反射音響振動を取得する反射音響振動取得ステップと、取得した前記反射音響振動を音響情報として前記情報伝送線と前記無線通信を介して前記母船に伝送する情報伝送ステップを備えることによって、VCS (V e r t i c a l C a b l e S e i m i c) 解析等の解析を適用して水底や反射面の構造を高い精度で把握することができる。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 9 】

【 図 1 】 本発明の実施の形態における水上中継機と水中航走体との連結システムの構成概念図である。

【 図 2 】 本発明の実施の形態における水中航走体の構成を示す図である。

【 図 3 】 本発明の実施の形態における水上中継機の構成を示す図である。

【 図 4 】 本発明の実施の形態における母船の構成を示す図である。

20

【 図 5 】 本発明の実施の形態における水中航走体及び水上中継機の投入時の処理を示すフローチャートである。

【 図 6 】 本発明の実施の形態における水中航走体及び水上中継機の航走時の処理を示すフローチャートである。

【 図 7 】 本発明の実施の形態における水中航走体及び水上中継機の鉛直位置の補正処理を示すフローチャートである

【 図 8 】 変形例 1 における水上中継機と水中航走体との連結システムの構成概念図である

【 図 9 】 変形例 2 における水上中継機と水中航走体との連結システムの構成概念図である

30

【 図 1 0 】 変形例 2 における水中航走体及び水上中継機の投入時の処理を示すフローチャートである。

【 図 1 1 】 変形例 3 における水上中継機と水中航走体との連結システムの構成概念図である。

【 図 1 2 】 変形例 3 における音響発振器及び受振器を用いた処理を示すフローチャートである。

【 図 1 3 】 本発明の実施の形態における水上中継機と水中航走体との連結システムを用いた測定処理を示すフローチャートである。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 6 0 】

40

< 水上中継機と水中航走体との連結システム >

本発明の実施の形態における水上中継機と水中航走体との連結システムは、図 1 に示すように、水中航走体 1 0 0、水上中継機 2 0 0 及び母船 3 0 0 を含んで構成される。水中航走体 1 0 0 は、水面と水底 4 0 0 との間の水中において使用される。また、水上中継機 2 0 0 は、水面において使用される。

【 0 0 6 1 】

水中航走体 1 0 0 と水上中継機 2 0 0 とはケーブル 5 0 0 によって連結される。なお、連結システムの連結とは、単にケーブル 5 0 0 等で水中航走体 1 0 0 と水上中継機 2 0 0 とを連結することのみならず、水中航走体 1 0 0 と水上中継機 2 0 0 とが連係して航走すること、連携して作業を行うこと等も含むものである。また、ケーブル 5 0 0 には、情報

50

を伝送する機能以外に、電力の伝送や曳引の機能等を持たせることもできる。

【0062】

水中航走体100は、水中を自律航走して、目標物である資源や水底ケーブル等の検査対象物を調査するために使用される。水中航走体100の利用範囲は、海中に限定されず、河川、湖、池、沼等や人工のプール等で利用してもよい。水上中継機200は、水中航走体100に追従して水上を航走して、水中航走体100と母船300との間の通信を中継するために使用される。母船300は、水中航走体100から調査に関する情報を受信すると共に、水中航走体100及び水上中継機200に対して航走のための情報を提供する。

【0063】

なお、本実施の形態では、母船300としたが、特に船舶に限定されるものではなく、陸上に配置された基地局であってもよいし、水中に配置した水中母艦であってもよいし、空中を飛行する飛行体としてもよい。特に、水中に配置した水中母艦の場合、例えば、水面近傍に水中母艦を配置し空中に臨ませたアンテナにより電波を利用して水上中継機200と通信をすることや、完全に水中に配置し光通信を利用して水上中継機200と直接通信することも可能である。

【0064】

<水中航走体の構成>

本発明の実施の形態における水中航走体100は、図2の構成概念図に示すように、艇体10、制御手段12、記憶手段14、通信手段16、航走手段18、航走体位置推定手段20及び航走体撮像手段22を含んで構成される。水中航走体100は、例えば、自律型無人潜水機(AUV)であるが、これに限定されるものではない。

【0065】

艇体10は、艇室等の空間を構成する密閉可能な構造体である。艇体10は、金属や強化プラスチック等により構成され、水中航走体100の構成要素を機械的に支持する役割も果たす。艇体10は、水中航走体100が中性浮力を有するように構成されることが好適である。

【0066】

制御手段12は、水中航走体100における各種機能を制御するための手段である。制御手段12は、コンピュータにおけるCPU等とすることができる。制御手段12は、予め定められた制御プログラムを実行することによって水中航走体100に搭載された各手段を統合的に制御する。

【0067】

記憶手段14は、水中航走体100において利用される情報や水中航走体100の制御プログラムを記憶しておくための手段である。記憶手段14は、例えば、半導体メモリ、ハードディスク等とすることができる。

【0068】

記憶手段14には、水中航走体100の位置の制御において水中航走体100の目標の位置を示す情報が記憶される。目標位置は、例えば、目標緯度及び目標経度を含む初期位置及びウェイポイント(潜航点)として記憶される。すなわち、水中航走体100の艇体10が水中を航走する際の初期位置及び航走の経路を示すウェイポイント(潜航点)が設定及び記憶される。初期位置及びウェイポイントは、艇体10が航走する目標となる水中の経路を離散的な座標点で順に表した情報である。また、初期位置及びウェイポイントは、目標緯度及び目標経度に加えて、水面からの深度の組み合わせとして表してもよい。

【0069】

また、記憶手段14は、後述する航走体位置推定手段20において推定された水中航走体100の自己位置の推定値を記憶する。また、記憶手段14は、後述する航走体撮像手段22において取得された画像情報を記憶する。

【0070】

通信手段16は、水中航走体100と水上中継機200との間で情報を通信するための

10

20

30

40

50

手段である。通信手段 16 は、情報伝送線 24 を介して水上中継機 200 から情報を受信し、情報伝送線 24 を介して水中航走体 100 で取得された情報を水上中継機 200 へ送信する。情報伝送線 24 は、ケーブル 500 の一部とすることができる。通信手段 16 は、例えば、通信プロトコルとしてイーサネット (Ethernet) を採用すればよい。この場合、情報伝送線 24 は、イーサネット (Ethernet) ケーブルとされる。

【0071】

ここで、水中航走体 100 と水上中継機 200 との間を有線通信とすることで、水中を音響信号で伝達する方法に比べて高速で大容量の通信を行うことができる。これによって、水中航走体 100 は、水上中継機 200 及び母船 300 と高速に通信すること、大容量の画像情報等を伝送することができる。特に、大容量の画像情報等は、時間をかければ水中音響通信により、水中航走体 100 から水上中継機 200 に伝送することも可能な技術が出現して来てはいるが、水中航走体 100 が水中を航走しながら撮像した画像情報等を伝送する場合は、リアルタイム性に欠け水中調査をする目的に合わない。

10

【0072】

なお、情報伝送線 24 の長さは、水中航走体 100 及び水上中継機 200 の航走予定水域の最大水深に対して余裕を持たせておくことが好適である。例えば、水中航走体 100 が航走する予定の最大水深が 15 m である場合、情報伝送線 24 のケーブル長を 20 m としておけばよい。これによって、水中航走体 100 と水上中継機 200 の位置関係を適切に保ちつつ並走することが可能になる。ただし、水上中継機 200 に情報伝送線 24 の繰り出し・巻き上げ装置を搭載し、水中航走体 100 と水上中継機 200 との距離に応じて情報伝送線 24 を繰り出し又は巻き上げするような構成としてもよい。

20

【0073】

航走手段 18 は、艇体 10 を推進させるための駆動力を発生させ、艇体 10 を上下左右方向に旋回 (回頭) させるための手段である。航走手段 18 は、例えば、駆動力発生のための機構として主推進器駆動モータ、プロペラ、回転軸等を含んで構成される。主推進器駆動モータは、艇体 10 に対して駆動力を与えるためのモータである。主推進器駆動モータは、電池からの電力によって、制御手段 12 からの駆動制御信号に応じた回転数及びトルクで航走手段 18 の回転軸を回転駆動させる。これにより、駆動軸に接続されたプロペラが回転されて艇体 10 に推進力が与えられる。また、航走手段 18 は、例えば、艇体 10 を上下左右方向に旋回 (回頭) させるための舵を含む。垂直舵を艇体 10 に対して右又は左に傾けることによって、艇体 10 を左又は右に回頭させることができる。垂直舵は、垂直舵駆動モータによって回転させることができる。垂直舵駆動モータは、制御手段 12 からの垂直舵制御信号に応じた角度になるように垂直舵を回転駆動させる。水平舵を艇体 10 に対して上又は下に傾けることによって、艇体 10 を頭下げ (ピッチダウン) 又は頭上げ (ピッチアップ) させることができる。水平舵は、水平舵駆動モータによって駆動することができる。水平舵駆動モータは、制御手段 12 からの水平舵制御信号に応じた角度になるように水平舵を回転駆動させる。なお、左右にそれぞれ個別の航走手段 18 を設けておき、垂直舵に依らず、左右の航走手段 18 の推力のバランスを調整することにより艇体 10 を左右方向に旋回 (回頭) させる構成としてもよい。

30

【0074】

航走体位置推定手段 20 は、水中における艇体 10 の現在の位置 (水中位置) を自己位置として推定するため構成要素を含んで構成される。航走体位置推定手段 20 は、例えば、プログラム可能なマイクロコンピュータによって実現することができる。航走体位置推定手段 20 で推定された水中航走体 100 の自己位置は制御手段 12 に入力される。制御手段 12 は、入力された水中航走体 100 の自己位置を記憶手段 14 に記憶させると共に、水中航走体 100 の位置の制御に利用する。

40

【0075】

航走体位置推定手段 20 は、慣性航法装置 (INS) を含む構成とすることができる。慣性航法装置は、水中航走体 100 の速度を測定する速度計を含んで構成される。速度計は、例えば、ドップラー対地速度計 (DVL) によって構成することができる。慣性航法では

50

、速度計で検出された水中航走体 100 の速度を積分することで水中航走体 100 の起点からの移動距離を求めることで水中航走体 100 の自己位置を推定する。

【0076】

また、航走体位置推定手段 20 は、姿勢方位基準装置(AHRS)を含む構成とすることができる。姿勢方位基準装置は、ジャイロ等を利用した慣性航法装置の一種であり、ドップラー対地速度計(DVL)等の速度計と組み合わせられることによって水中航走体 100 の水中における回転及び直線運動を演算して出力する。航走体位置推定手段 20 は、姿勢方位基準装置で演算された水中航走体 100 の回転及び直線運動を積分することで水中航走体 100 の起点からの移動距離を求めることで水中航走体 100 の自己位置を推定する。

【0077】

また、航走体位置推定手段 20 は、水中航走体 100 の水中での深度を計測するための深度計を含んでもよい。深度計によって計測された水中航走体 100 の深度は制御手段 12 へ入力される。制御手段 12 は、入力された水中航走体 100 の深度を記憶手段 14 に記憶させると共に、水中航走体 100 の深度の制御に利用する。

【0078】

航走体位置推定手段 20 で推定された自己位置に基づいて艇体 10 の航走制御が行われる。制御手段 12 は、記憶手段 14 に予め設定されたウェイポイントを順に読み出し、当該ウェイポイントと航走体位置推定手段 20 で推定された艇体 10 の自己位置との差が小さくなるように航走手段 18 を制御する。

【0079】

航走手段 18 の制御は、艇体運動モデルに基づいて行ってもよい。艇体運動モデルは、AUVダイナミクスとも呼ばれ、水中における艇体 10 の運動性能を表す運動方程式からなる。具体的には、航走手段 18 における主推進器駆動モータ、垂直舵、水平舵等の応答特性や艇体 10 の移動特性等に基づいて主推進器駆動モータ、垂直舵、水平舵等の制御を行うようにしてもよい。

【0080】

また、航走体位置推定手段 20 で推定された艇体 10 の自己位置を修正する水中航走体修正情報に応じて航走手段 18 は制御される。制御手段 12 は、母船 300 から送信される水中航走体修正情報に応じて航走の目標位置を修正することによって艇体 10 を目標位置に近づけるように航走手段 18 を制御する。すなわち、航走手段 18 は水中航走体修正情報に応じて制御されることになり、艇体 10 の初期位置やウェイポイントの設定に基づく位置誤差や航走体位置推定手段 20 における自己位置の推定における位置誤差を補償することができる。

【0081】

航走体撮像手段 22 は、艇体 10 の外部を撮像するための構成要素を含んで構成される。航走体撮像手段 22 は、例えば、静止画像を撮像するためのカメラ、動画を撮像するためのビデオ等とすることができる。航走体撮像手段 22 で得られた画像や動画に関する画像情報(撮像データ)は記憶手段 14 に記憶される。また、航走体撮像手段 22 で得られた画像や動画に関する画像情報(撮像データ)は、通信手段 16 を用いて情報伝送線 24 を介して水上中継機 200 へ送信される。

【0082】

なお、航走体撮像手段 22 を複数設けて、ステレオ視に基づいて艇体 10 と目標物との相対的な位置を取得できるようにしてもよい。当該相対的位置情報は、後述する航走体位置推定手段 20 における水中航走体 100 の自己位置の推定において誤差の修正に利用することができる。

【0083】

また、本実施の形態として水中航走体 100 に航走体撮像手段 22 を設けた構成としたが、水中における状況を水中航走体 100 において取得できる手段であればよい。例えば、音波や超音波を用いたソナーによって水底の形状等を取得するようにしてもよい。この場合、得られた情報は、記憶手段 14 に記憶されると共に、通信手段 16 を用いて情報伝

10

20

30

40

50

送線 24 を介して水上中継機 200 へ送信される。

【0084】

< 水上中継機の構成 >

本発明の実施の形態における水上中継機 200 は、図 3 の構成概念図に示すように、機体 30、制御手段 32、記憶手段 34、通信手段 36、中継機推進手段 38、中継機位置計測手段 40 及び中継機撮像手段 42 を含んで構成される。水上中継機 200 は、例えば、自律型無人洋上中継機 (ASV) であるが、これに限定されるものではない。

【0085】

機体 30 は、艇室等の空間を構成する密閉可能な構造体である。機体 30 は、金属や強化プラスチック等により構成され、水上中継機 200 の構成要素を機械的に支持する役割も果たす。

10

【0086】

制御手段 32 は、水上中継機 200 における各種機能を制御するための手段である。制御手段 32 は、コンピュータにおける CPU 等とすることができる。制御手段 32 は、予め定められた制御プログラムを実行することによって水上中継機 200 に搭載された各手段を統合的に制御する。なお、水上中継機 200 の制御手段 32 と水中航走体 100 の制御手段 12 とを集約していずれか一方を備える構成としてもよい。

【0087】

記憶手段 34 は、水上中継機 200 において利用される情報や水上中継機 200 の制御プログラムを記憶させておくための手段である。記憶手段 34 は、例えば、半導体メモリ、ハードディスク等とすることができる。

20

【0088】

記憶手段 34 には、水上中継機 200 の位置の制御において水上中継機 200 の目標の位置を示す情報が記憶される。目標位置は、例えば、目標緯度及び目標経度を含む初期位置及びウェイポイント (航走点) として記憶される。すなわち、水上中継機 200 の機体 30 が水上を航走する際の初期位置及び航走の経路を示すウェイポイントが設定及び記憶される。初期位置及びウェイポイントは、機体 30 が航走する目標となる水上の経路を離散的な座標点で順に表した情報である。

【0089】

また、記憶手段 34 は、後述する中継機位置計測手段 40 において計測された水上中継機 200 の自己位置の情報を記憶する。また、記憶手段 34 は、後述する中継機撮像手段 42 において取得された画像情報を記憶する。

30

【0090】

通信手段 36 は、水上中継機 200 と水中航走体 100 との間で情報を通信し、水上中継機 200 と母船 300 との間で情報を通信するための手段である。通信手段 36 は、情報伝送線 24 を介して水中航走体 100 から情報を受信し、情報伝送線 24 を介して情報を水中航走体 100 へ送信する。また、通信手段 36 は、無線通信器 26 を介して母船 300 から情報を受信し、無線通信器 26 を介して情報を母船 300 へ送信する。無線通信器 26 を用いた通信は、例えば、2.4 GHz の周波数帯を用いた Wi-Fi システムとすることができる。ただし、これに限定されるものではなく、例えば、UHF 通信、VHF 通信、光通信、衛星通信等の無線通信としてもよい。

40

【0091】

なお、母船 300 と水上中継機 200 との間を無線通信とすることで、有線通信を適用した場合に比べて水中航走体 100 及び水上中継機 200 の移動可能範囲を拡げることができる。

【0092】

中継機推進手段 38 は、機体 30 を推進させるための駆動力を発生させ、機体 30 を左右方向に旋回 (回頭) させるための手段である。中継機推進手段 38 は、例えば、駆動力発生のための機構として主推進器駆動モータ、プロペラ、回転軸等を含んで構成される。主推進器駆動モータは、機体 30 に対して駆動力を与えるためのモータである。主推進器

50

駆動モータは、電池からの電力によって、制御手段 32 からの駆動制御信号に応じた回転数及びトルクで中継機推進手段 38 の回転軸を回転駆動させる。これにより、駆動軸に接続されたプロペラが回転されて機体 30 に推進力が与えられる。また、中継機推進手段 38 は、例えば、機体 30 を左右方向に旋回（回頭）させるための舵を含む。垂直舵を機体 30 に対して右又は左に傾けることによって、機体 30 を左又は右に回頭させることができる。垂直舵は、垂直舵駆動モータによって回転させることができる。垂直舵駆動モータは、制御手段 32 からの垂直舵制御信号に応じた角度になるように垂直舵を回転駆動させる。なお、左右にそれぞれ個別の中継機推進手段 38 を設けておき、垂直舵に依らず、左右の中継機推進手段 38 の推力のバランスを調整することにより機体 30 を左右方向に旋回（回頭）させる構成としてもよい。

10

【0093】

中継機位置計測手段 40 は、水上における機体 30 の現在位置を自己位置として計測するため構成要素を含んで構成される。中継機位置計測手段 40 は、例えば、プログラム可能なマイクロコンピュータによって実現することができる。中継機位置計測手段 40 で計測された水上中継機 200 の自己位置は制御手段 32 に入力される。制御手段 32 は、入力された水上中継機 200 の自己位置を記憶手段 14 に記憶させると共に、水上中継機 200 の位置の制御に利用する。

【0094】

中継機位置計測手段 40 は、衛星測位システム（GPS：Global Positioning System）の受信機 40a を含む構成とすることができる。中継機位置計測手段 40 は、受信機 40a によって受信された GPS 信号に基づいて水上中継機 200 の現在の自己位置（水上位置）を計測する。計測された水上中継機 200 の自己位置は制御手段 32 に入力され、水上中継機 200 の位置の制御に利用される。また、中継機位置計測手段 40 は、姿勢方位基準装置（AHRS）を含む構成とすることができる。姿勢方位基準装置を用いて中継機位置計測手段 40 で計測される水上中継機 200 の自己位置の補正することができる。

20

【0095】

中継機撮像手段 42 は、機体 30 の外部を撮像するための構成要素を含んで構成される。中継機撮像手段 42 は、例えば、静止画像を撮像するためのカメラ、動画を撮像するためのビデオ等とすることができる。中継機撮像手段 42 で得られた画像や動画に関する画像情報（撮像データ）は記憶手段 34 に記憶される。また、中継機撮像手段 42 で得られた画像や動画に関する画像情報（撮像データ）は、通信手段 36 を用いて無線通信器 26 を介して母船 300 へ送信される。

30

【0096】

中継機位置計測手段 40 で計測された自己位置に基づいて機体 30 の航走制御が行われる。制御手段 32 は、記憶手段 34 に予め設定されたウェイポイントを順に読み出し、当該ウェイポイントと中継機位置計測手段 40 で計測された機体 30 の自己位置との差が小さくなるように中継機推進手段 38 を制御する。

【0097】

中継機推進手段 38 の制御は、艇体運動モデルに基づいて行ってもよい。艇体運動モデルは、ASV ダイナミクスとも呼ばれ、水上における機体 30 の運動性能を表す運動方程式からなる。具体的には、中継機推進手段 38 における主推進器駆動モータ、垂直舵、水平舵等の応答特性や機体 30 の移動特性等に基づいて主推進器駆動モータ、プロペラ、垂直舵等の制御を行うようにしてもよい。

40

【0098】

また、中継機位置計測手段 40 で推定された機体 30 の自己位置を修正する水上中継機修正情報に応じて中継機推進手段 38 は制御される。制御手段 32 は、母船 300 から送信される水上中継機修正情報に応じて航走の目標位置を修正することによって機体 30 を目標位置に近づけるように中継機推進手段 38 を制御する。すなわち、中継機推進手段 38 は水上中継機修正情報に応じて制御されることになり、機体 30 の初期位置やウェイポ

50

イントの設定に基づく位置誤差や中継機位置計測手段 40 における自己位置の計測における位置誤差を補償することができる。

【0099】

なお、水上中継機 200 は、水中航走体 100 の移動に連れて並走するようにしてもよい。水上中継機 200 と水中航走体 100 とが情報伝送線 24 によって有線接続されている場合、水中航走体 100 が移動すると情報伝送線 24 によって水上中継機 200 が引っ張られることによって水上中継機 200 を水中航走体 100 に連動させることができる。

【0100】

< 母船の構成 >

本発明の実施の形態における母船 300 は、水中航走体 100 及び水上中継機 200 の基地となる船舶である。母船 300 は、図 4 の構成概念図に示すように、艇体 50、測位手段 52、位置設定手段 54、画像表示手段 56、操作手段 58、連結手段 60 及び通信手段 62 を含んで構成される。

10

【0101】

艇体 50 は、母船 300 の空間を構成する構造体である。艇体 50 は、金属や強化プラスチック等により構成され、母船 300 の構成要素を機械的に支持する役割も果たす。また、艇体 50 には母船 300 を移動させるための航走手段を設けてもよい。なお、母船 300 の代わりに陸上に配置された基地局とする場合、艇体 50 を設ける必要はない。また、母船 300 の代わりに空中を飛行する飛行体とする場合、艇体 50 の代わりに飛行体の機体としてもよい。

20

【0102】

測位手段 52 は、母船 300 の現在位置を取得するための装置を含んで構成される。測位手段 52 は、例えば、衛星測位システム (GPS: Global Positioning System) 等の測位手段とすることができる。ただし、これに限定されるものではなく、陸上に配置されている基準点からの距離及び方位に応じて母船 300 の位置を測位できる構成としてもよい。

【0103】

位置設定手段 54 は、測位手段 52 による測位の情報を水中航走体 100 及び水上中継機 200 に設定するための手段である。位置設定手段 54 は、測位手段 52 によって得られた母船 300 の測位の情報を水中航走体 100 の航走体位置推定手段 20 に初期位置の情報として設定する。すなわち、母船 300 に水中航走体 100 が搭載されている状態において、測位手段 52 による測位位置の情報を航走体位置推定手段 20 に水中航走体 100 の初期位置として設定する。また、位置設定手段 54 は、水中航走体 100 の航走体位置推定手段 20 にウェイポイントを設定するためにも使用される。また、位置設定手段 54 は、水上中継機 200 の中継機位置計測手段 40 にウェイポイントを設定するためにも使用される。

30

【0104】

画像表示手段 56、操作手段 58 及び連結手段 60 は、母船 300 における監視手段 302 を構成する。監視手段 302 は、水中航走体 100 の位置、水上中継機 200 の位置及び水中航走体 100 と水上中継機 200 の相対的な位置を監視すると共にこれらの位置を修正するために用いられる。

40

【0105】

画像表示手段 56 は、水中航走体 100 の航走体撮像手段 22 において撮像された画像を表示する装置を含む。すなわち、画像表示手段 56 は、後述する通信手段 62 を介して水中航走体 100 から取得された画像情報に基づいて、水中航走体 100 の航走体撮像手段 22 において撮像された水中の画像を表示する。母船 300 の搭乗者は、画像表示手段 56 に表示された画像を観ることによって、水中航走体 100 が撮像した画像を確認することができる。

【0106】

50

また、画像表示手段 56 は、水上中継機 200 の中継機撮像手段 42 において撮像された画像を表示する装置を含む。画像表示手段 56 は、例えば、ディスプレイを含むことができる。すなわち、画像表示手段 56 は、通信手段 62 を介して水上中継機 200 から取得された画像情報に基づいて、水上中継機 200 の中継機撮像手段 42 において撮像された水中の画像を表示する。母船 300 の搭乗者は、画像表示手段 56 に表示された画像を観ることによって、水上中継機 200 が撮像した画像を確認することができる。

【0107】

なお、画像表示手段 56 は、水中航走体 100 と水上中継機 200 に対して別々に設けてもよいし、切替スイッチ等によって水中航走体 100 と水上中継機 200 を切り替えられる構成としてもよい。

【0108】

操作手段 58 は、水中航走体 100 の位置を修正する操作を行う手段を含む。操作手段 58 は、例えば、水中航走体 100 の位置を修正するためのジョイスティックやマウス等のポインティングデバイスを含んで構成することができる。母船 300 に搭乗している管理者が操作手段 58 を操作することによって、連結手段 60 において水中航走体 100 を移動させるための水中航走体修正情報が生成される。

【0109】

また、操作手段 58 は、水上中継機 200 の位置を修正する操作を行う手段を含む。操作手段 58 は、例えば、水上中継機 200 の位置を修正するためのジョイスティックやマウス等のポインティングデバイスを含んで構成することができる。母船 300 に搭乗している管理者が操作手段 58 を操作することによって、連結手段 60 において水上中継機 200 を移動させるための水上中継機修正情報が生成される。

【0110】

なお、操作手段 58 は、水中航走体 100 と水上中継機 200 に対して別々に設けてもよいし、切替スイッチ等によって水中航走体 100 と水上中継機 200 を切り替えられる構成としてもよい。

【0111】

連結手段 60 は、画像表示手段 56 に表示されている画像と操作手段 58 によって操作される水中航走体 100 に対する水中航走体修正情報及び水上中継機 200 に対する水上中継機修正情報とを連結させるための手段である。連結手段 60 は、例えば、プログラム可能なマイクロコンピュータによって実現することができる。マイクロコンピュータは、画像表示手段 56 及び操作手段 58 を制御するための制御装置と共通としてもよい。連結手段 60 は、操作手段 58 の操作量に応じて水中航走体 100 の航走体位置推定手段 20 で推定された自己位置情報を修正するための水中航走体修正情報を生成する。連結手段 60 は、操作手段 58 の操作量が大きい程、水中航走体 100 の自己位置情報の修正量が大きくなるような水中航走体修正情報を生成する。また、連結手段 60 は、操作手段 58 の操作量に応じて水上中継機 200 の中継機位置計測手段 40 で計測された自己位置情報を修正するための水上中継機修正情報を生成する。連結手段 60 は、操作手段 58 の操作量が大きい程、水上中継機 200 の自己位置情報の修正量が大きくなるような水上中継機修正情報を生成する。

【0112】

例えば、操作手段 58 がジョイスティックやマウス等のポインティングデバイスである場合、その操作量と方向に基づいて当該方向に向けて当該操作量に対応する距離だけ水中航走体 100 を移動させるように水中航走体修正情報を生成する。また、例えば、操作手段 58 がジョイスティックやマウス等のポインティングデバイスである場合、その操作量と方向に基づいて当該方向に向けて当該操作量に対応する距離だけ水上中継機 200 を移動させるように水上中継機修正情報を生成する。また、例えば、操作手段 58 が画像表示手段 56 と一体化されたタッチパネルである場合、画像表示手段 56 に表示された目標位置を画面内で移動（スワイプ）させた操作量と方向に基づいて水中航走体 100 を当該方向と反対の方向（目標位置を撮像画像内で移動させた方向に水中航走体 100 が移動する

10

20

30

40

50

方向)に向けて当該操作量に対応する距離だけ水中航走体100を移動させるように水中航走体修正情報を生成する。操作量に対する水中航走体100の移動距離の修正量の関係は予め設定しておけばよい。例えば、操作手段58が画像表示手段56と一体化されたタッチパネルである場合、画像表示手段56に表示された目標位置を画面内で移動(スワイプ)させた操作量と方向に基づいて水上中継機200を当該方向と反対の方向(目標位置を撮像画像内で移動させた方向に水上中継機200が移動する方向)に向けて当該操作量に対応する距離だけ水上中継機200を移動させるように水上中継機修正情報を生成する。操作量に対する水上中継機200の移動距離の修正量の関係は予め設定しておけばよい。

【0113】

これによって、画面内に表示されている目標位置に対して水中航走体100及び水上中継機200に移動させ、正しい位置に臨ませることができる。また、画面内に表示されている目標位置に対して水中航走体100及び水上中継機200をリアルタイムに移動させることができる。

【0114】

通信手段62は、水上中継機200から母船300へ送信されてくる情報を受信したり、母船300から水上中継機200へ情報を送信したりするための装置を含んで構成される。本実施の形態では、水上中継機200を介して水中航走体100と母船300との間の通信が行われるので、母船300は水上中継機200の通信を行う無線通信手段として利用される。水上中継機200の通信が無線で行われる場合、通信手段62は、電波等の通信方法を用いた無線通信のための装置を含む。具体的には、例えば、WiFi通信、UHF通信、衛星通信等の無線通信装置を含めばよい。

【0115】

なお、本実施の形態では、管理者による操作手段58の操作に基づいて連結手段60にて水中航走体修正情報及び水上中継機修正情報を生成する態様としたが、管理者の操作に依らず連結手段60(又は操作手段58)において自動的に水中航走体修正情報及び水上中継機修正情報を生成するようにしてもよい。

【0116】

例えば、水中航走体100から送信されてきた撮像画像を画像処理して、目標物の特徴(形状、色等)から画像内において目標物が表示されている目標位置を特定し、当該目標位置が撮像画像の中心に位置するように水中航走体100を移動させるための水中航走体修正情報を生成するようにしてもよい。すなわち、画像内において画像の中心位置から現在の目標位置のずれの方向及び大きさに基づいて当該方向に向けて当該ずれ量に対応する距離だけ水中航走体100を移動させるように水中航走体修正情報を生成してもよい。同様に、例えば、水上中継機200から送信されてきた撮像画像を画像処理して、目標物(例えば、追従する水中航走体100)の特徴(形状、色等)から画像内において目標物が表示されている目標位置を特定し、当該目標位置が撮像画像の中心に位置するように水上中継機200を移動させるための水上中継機修正情報を生成するようにしてもよい。すなわち、画像内において画像の中心位置から現在の目標位置のずれの方向及び大きさに基づいて当該方向に向けて当該ずれ量に対応する距離だけ水上中継機200を移動させるように水上中継機修正情報を生成してもよい。

【0117】

このとき、撮像画像内における目標物の大きさに基づいて水中航走体100や水上中継機200と目標物との距離を求め、当該距離に応じて水中航走体修正情報や水上中継機修正情報を修正する量を調整するようにしてもよい。

【0118】

なお、連結手段60(又は操作手段58)において自動的に水中航走体修正情報や水上中継機修正情報を生成する場合、画像表示手段56に撮像画像を表示させることによって管理者に状況を把握させる必要がないので、画像表示手段56に実態としての画像を表示しないようにしてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 9 】

[水中航走体及び水上中継機の投入時の処理]

以下、図5のフローチャートを参照して、水中航走体100及び水上中継機200の投入時の処理について説明する。本実施の形態では、水上の母船300から水中航走体100及び水上中継機200を投入する処理を行う態様について説明する。

【 0 1 2 0 】

なお、図5～図7のフローチャートでは、水中航走体100を自律型無人潜水機(AUV)、水上中継機200を自律型無人洋上中継機(ASV)として示すが、上記のとおりこれらに限定されるものではない。

【 0 1 2 1 】

ステップS10では、起動処理が行われる。水中航走体100、水上中継機200及び水上の母船300のシステム電源や各部の電源がオンにされる。ステップS11では、母船300において水中航走体100及び水上中継機200のステータスの確認処理が行われる。当該ステップは、ステータス確認ステップに相当する。ステップS12では、水中航走体100及び水上中継機200のステータスが正常であるか否かが判定される。水中航走体100及び水上中継機200の動作が正常であればステップS13に処理を移行させ、正常でなければステップS10に処理を戻す。

【 0 1 2 2 】

ステップS13では、母船300から水中航走体100を水中に投入する作業が行われる。当該ステップは、航走体投入ステップに相当する。ステップS14では、水中航走体100による深度(高度)及び速度の計測値が妥当な値であるか否かが判定される。当該ステップは、推定値判断ステップに相当する。水中航走体100の航走体位置推定手段20の水中位置の推定値において深度(高度)及び速度の推定値が妥当な値であればステップS15に処理を移行させ、妥当な値でなければステップS10に処理を戻す。

【 0 1 2 3 】

ステップS15では、水中航走体100を水中に降下させる処理が行われる。当該ステップは、航走体下降ステップに相当する。母船300における操作手段58を用いて水中航走体100に対して水中航走体修正情報を送信することによって水中航走体100を水底に接近させ水平位置(緯度及び経度)及び深度(高度)を所定の位置に保持する。また、当該ステップにおいて、航走体撮像手段22による水底の撮像を行い、撮像処理及び撮像画像の送受信処理が適切に実行できるかを確認すると共に、水中航走体100が水底付近に位置していることを確認してもよい。

【 0 1 2 4 】

ステップS16では、母船300から水上中継機200を投入する作業が行われる。当該ステップは、中継機投入ステップに相当する。水上中継機200を水上に投入して水平位置(緯度及び経度)を所定の位置に保持する。また、当該ステップにおいて、中継機撮像手段42による水中の撮像を行い、撮像処理及び撮像画像の送受信処理が適切に実行できるかを確認する。

【 0 1 2 5 】

ステップS17では、水中航走体100と水上中継機200の鉛直位置関係を確認する処理が行われる。当該ステップは、鉛直位置関係確認ステップに相当する。母船300において、水上中継機200を介して水中航走体100から送信されてくる自己位置における水平位置(緯度及び経度)と水上中継機200から送信されてくる自己位置における水平位置(緯度及び経度)から水中航走体100と水上中継機200とが互いに鉛直な位置関係にあるか否かが判定される。ここで、鉛直な位置関係とは、水中にある水中航走体100と水上にある水上中継機200とが互いに鉛直な位置にあることを意味する。ただし、水中航走体100と水上中継機200とが完全に鉛直な位置関係にある必要はなく、情報伝送線24の余裕等に応じて水中航走体100及び水上中継機200の航走や処理の障害とならない程度に略鉛直な位置関係があればよい。水中航走体100と水上中継機200が略鉛直な位置関係にある場合にはステップS19に処理が移行され、そうでない場合

10

20

30

40

50

にはステップ S 1 8 に処理が移行される。

【 0 1 2 6 】

ステップ S 1 8 では、水中航走体 1 0 0 と水上中継機 2 0 0 の鉛直位置関係を確認する処理が行われる。当該ステップは、鉛直位置確保ステップに相当する。母船 3 0 0 における操作手段 5 8 を用いて水上中継機 2 0 0 に対して水上中継機修正情報を送信することによって水上中継機 2 0 0 を水中航走体 1 0 0 に対して略鉛直な位置となるように移動させ、略鉛直な位置を保持するようにする。当該ステップの処理が終了すると、ステップ S 1 7 に処理を戻す。

【 0 1 2 7 】

ステップ S 1 9 では、水上中継機 2 0 0 の位置情報を水中航走体 1 0 0 の初期位置の位置情報として設定する処理が行われる。当該ステップは、初期位置入力ステップに相当する。水中航走体 1 0 0 と水上中継機 2 0 0 とが略鉛直な位置に保持された状態において、母船 3 0 0 は水上中継機 2 0 0 の自己位置（緯度及び経度）を取得し、水上中継機 2 0 0 の自己位置（緯度及び経度）を水中航走体 1 0 0 へ送信する。水中航走体 1 0 0 は、水上中継機 2 0 0 の自己位置（緯度及び経度）を初期位置（緯度及び経度）として設定する。ステップ S 2 0 では、母船 3 0 0 において水中航走体 1 0 0 及び水上中継機 2 0 0 のステータスの確認処理が行われる。

10

【 0 1 2 8 】

以上のように、本実施の形態の水上中継機と水中航走体との連結システムにおいて母船 3 0 0 から水中航走体 1 0 0 及び水上中継機 2 0 0 の投入する処理が実現される。なお、本実施の形態では、母船 3 0 0 から水中航走体 1 0 0 及び水上中継機 2 0 0 を投入する処理を行う態様について説明したが、母船 3 0 0 に代えて陸上や他の浮体上から水中航走体 1 0 0 及び水上中継機 2 0 0 を投入する態様としてもよい。

20

【 0 1 2 9 】

[水中航走体及び水上中継機の航走時の処理]

以下、図 6 のフローチャートを参照して、水中航走体 1 0 0 及び水上中継機 2 0 0 の航走時の処理について説明する。

【 0 1 3 0 】

ステップ S 3 0 では、母船 3 0 0 から水上中継機 2 0 0 へ目標位置の情報が送信される。当該ステップは、目標位置設定ステップに相当する。操作者の操作等によって、母船 3 0 0 の位置設定手段 5 4 によって水上中継機 2 0 0 の目標位置となる初期位置及びウェイポイントの情報が設定され、母船 3 0 0 の通信手段 6 2 及び水上中継機 2 0 0 の通信手段 3 6 を介して水上中継機 2 0 0 に対して目標位置の設定が行われる。目標位置の情報は、記憶手段 3 4 に記憶される。具体的には、水上中継機 2 0 0 に搭載された無線通信器 2 6 を用いた無線通信によって水上中継機 2 0 0 に目標位置の設定が行われる。水上中継機 2 0 0 の目標位置は、初期位置及びウェイポイントを示す目標緯度及び目標経度の情報を含む。

30

【 0 1 3 1 】

ステップ S 3 1 では、水上中継機 2 0 0 を介して母船 3 0 0 から水中航走体 1 0 0 へ目標位置の情報が送信される。当該ステップは、目標位置入力ステップに相当する。操作者の操作等によって、母船 3 0 0 の位置設定手段 5 4 によって水中航走体 1 0 0 の目標位置となる初期位置及びウェイポイントの情報が設定され、母船 3 0 0 の通信手段 6 2、水上中継機 2 0 0 の通信手段 3 6 を介して水上中継機 2 0 0 に当該目標位置が送信される。さらに、水上中継機 2 0 0 の通信手段 3 6 及び水中航走体 1 0 0 の通信手段 1 6 を介して水上中継機 2 0 0 から水中航走体 1 0 0 へ当該目標位置が入力される。具体的には、水上中継機 2 0 0 と水中航走体 1 0 0 とを接続する情報伝送線 2 4 を用いた有線通信によって水中航走体 1 0 0 に目標位置が入力される。目標位置の情報は、記憶手段 1 4 に記憶される。水中航走体 1 0 0 の目標位置は、初期位置及びウェイポイントを示す目標緯度、目標経度及び目標深度の情報を含む。

40

【 0 1 3 2 】

50

以下、ステップ S 3 2 ~ ステップ S 3 5 の処理において水上中継機 2 0 0 の移動処理について説明する。水上中継機 2 0 0 の制御手段 3 2 は、記憶手段 3 4 に記憶されている初期位置及びウェイポイントを所定の周期毎に順に読み出して現在の目標位置とし、ステップ S 3 2 ~ ステップ S 3 5 の処理を繰り返すことによって水上中継機 2 0 0 を移動させる処理を行う。

【 0 1 3 3 】

ステップ S 3 2 では、水上中継機 2 0 0 において位置の計測が行われる。水上中継機 2 0 0 では、衛星測位システム (G P S) 等を含む中継機位置計測手段 4 0 によって機体 3 0 の現在の位置が計測される。ステップ S 3 3 では、水上中継機 2 0 0 が現在の目標位置の到達範囲にあるか否かを判定する処理が行われる。当該ステップは、中継機到達判断ステップに相当する。制御手段 3 2 は、中継機位置計測手段 4 0 から機体 3 0 の現在の位置を取得し、現在の位置が現在の目標位置から所定の到達範囲内にあるか否かを判定する。到達範囲は、現在の目標位置からある程度広がった範囲に設定することができ、例えば、現在の目標位置から所定の半径の円内に設定される。現在の位置が現在の目標位置から所定の到達範囲内であればステップ S 4 0 に処理を移行させ、所定の到達範囲内になればステップ S 3 4 に処理を移行させる。

10

【 0 1 3 4 】

ステップ S 3 4 では、水上中継機 2 0 0 の航走方向の方位が計測される。当該ステップは、航走制御ステップの一部に相当する。水上中継機 2 0 0 では、姿勢方位基準装置 (A H R S) 等を含む中継機位置計測手段 4 0 によって機体 3 0 の現在の航走方向の方位が計測される。ステップ S 3 5 では、水上中継機 2 0 0 を現在の目標位置に向けて航走させる処理が行われる。当該ステップは、航走制御ステップの一部に相当する。水上中継機 2 0 0 の制御手段 3 2 は、ステップ S 3 2 において計測された現在の位置とステップ S 3 4 で計測された現在の方位に基づいて、水上中継機 2 0 0 を現在の目標位置へ移動させるように目標進行方向及び目標速度を決定する。そして、制御手段 3 2 は、水上中継機 2 0 0 が目標進行方向に対して目標速度で移動するように中継機推進手段 3 8 を制御することによって現在の目標位置に向けて水上中継機 2 0 0 を航走させる。

20

【 0 1 3 5 】

以下、ステップ S 3 6 ~ ステップ S 3 9 の処理において水中航走体 1 0 0 の移動処理について説明する。水中航走体 1 0 0 の制御手段 1 2 は、記憶手段 1 4 に記憶されている初期位置及びウェイポイントを所定の周期毎に順に読み出して現在の目標位置とし、ステップ S 3 6 ~ ステップ S 3 9 の処理を繰り返すことによって水中航走体 1 0 0 を移動させる処理を行う。

30

【 0 1 3 6 】

ステップ S 3 6 では、水中航走体 1 0 0 において位置の計測が行われる。水中航走体 1 0 0 では、航走体位置推定手段 2 0 によって初期位置からの移動に基づいて艇体 1 0 の現在の位置が推定される。ステップ S 3 7 では、水中航走体 1 0 0 が現在の目標位置の到達範囲にあるか否かを判定する処理が行われる。当該ステップは、航走体到達判断ステップに相当する。制御手段 1 2 は、航走体位置推定手段 2 0 から艇体 1 0 の現在の位置の推定値を取得し、現在の位置の推定値が現在の目標位置から所定の到達範囲内にあるか否かを判定する。到達範囲は、現在の目標位置からある程度広がった範囲に設定することができ、例えば、現在の目標位置から所定の半径の球内に設定される。現在の位置が現在の目標位置から所定の到達範囲内であればステップ S 4 0 に処理を移行させ、所定の到達範囲内になればステップ S 3 8 に処理を移行させる。

40

【 0 1 3 7 】

ステップ S 3 8 では、水中航走体 1 0 0 の航走方向の方位が計測される。当該ステップは、航走制御ステップの一部に相当する。水中航走体 1 0 0 では、姿勢方位基準装置 (A H R S) 等を含む航走体位置推定手段 2 0 によって艇体 1 0 の現在の航走方向の方位が計測される。ステップ S 3 9 では、水中航走体 1 0 0 を現在の目標位置に向けて航走させる処理が行われる。当該ステップは、航走制御ステップの一部に相当する。水中航走体 1 0

50

0の制御手段12は、ステップS37において推定された現在の位置とステップS38で計測された現在の方位に基づいて、水中航走体100を現在の目標位置へ移動させるように目標進行方向及び目標速度を決定する。そして、制御手段12は、水中航走体100が目標進行方向に対して目標速度で移動するように航走手段18を制御することによって現在の目標位置に向けて水中航走体100を航走させる。

【0138】

なお、ステップS39における水中航走体100の目標速度は、ステップS35における水上中継機200の目標速度と一致させるようにしてもよい。これにより、水中航走体100と水上中継機200とが同じ速度で航走することになり、航走時においても水中航走体100と水上中継機200とを略鉛直な位置関係に維持することができる。ただし、水中航走体100と水上中継機200と間の距離が離れたとしても、情報伝送線24によってより速く航走している方がより遅く航走している方を引っ張ることになり、水中航走体100と水上中継機200との略鉛直な位置関係は大きくずれることはない。

10

【0139】

ステップS40～ステップS42では、水中航走体100及び水上中継機200を目標位置に維持する処理が行われる。当該ステップS40～ステップS42の処理は、目標保持ステップに相当する。

【0140】

ステップS40では、水中航走体100及び水上中継機200が共に目標位置に到達して位置を保持しているか否かが判定される。ステップS33において水上中継機200が目標位置の到達範囲内にあることが確認され、ステップS37において水中航走体100が目標位置の到達範囲内にあることが確認されたうえで、水上中継機200及び水中航走体100が共に目標位置を維持しているか否かが判定される。水中航走体100及び水上中継機200が共に目標位置を維持している場合には航走処理を終了する。水上中継機200が目標位置を維持していない場合にはステップS41に処理を移行させる。ステップS41では、水上中継機200が目標位置を維持するように制御を行い、ステップS40へ処理を戻す。水中航走体100が目標位置を維持していない場合にはステップS42に処理を移行させる。ステップS42では、水中航走体100が目標位置を維持するように制御を行い、ステップS40へ処理を戻す。

20

【0141】

なお、水中航走体100及び水上中継機200が目標位置に到達した後、水中航走体100を操作することによって移動させて作業を行う際、水上中継機200は水中航走体100の水平位置（緯度及び経度）に追従する水中航走体100の追尾モードに設定する。この場合、水中航走体100の航走体位置推定手段20にて推定された自己位置（緯度及び経度）が水上中継機200へ送信し、当該推定された自己位置（緯度及び経度）を目標位置として中継機位置計測手段40で計測された自己位置が当該目標位置に近づくように水上中継機200を航走させればよい。

30

【0142】

ただし、水中航走体100の航走に伴って水上中継機200が過度に敏感に動き回ること防ぐために、水中航走体100の水平位置（緯度及び経度）と水上中継機200の水平位置（緯度及び経度）の間の距離に許容範囲を設定してもよい。例えば、水中航走体100の水平位置（緯度及び経度）と水上中継機200の水平位置（緯度及び経度）の間の距離が5m以内であれば水上中継機200が水中航走体100を追尾しないように設定すればよい。

40

【0143】

以上のように、本実施の形態の水上中継機と水中航走体との連結システムにおいて水中航走体100及び水上中継機200の航走処理が実現される。

【0144】

[水中航走体及び水上中継機の鉛直位置の補正処理]

以下、図7のフローチャートを参照して、水中航走体100と水上中継機200の鉛直

50

位置の補正を行う処理について説明する。当該処理は、水中航走体100と水上中継機200が略鉛直な位置を保持できていないとき、また略鉛直な位置を保持できているか否かが不明なときに実行することができる。また、水中航走体100及び水上中継機200が航走した後、一定時間毎に水中航走体100と水上中継機200の鉛直方向の相対的な位置関係を揃えるときに実行してもよい。また、水中航走体100及び水上中継機200を投入する際に水中航走体100と水上中継機200の水平位置を補正して互いに略鉛直な位置にするときに実行してもよい。

【0145】

ステップS50では、水上中継機200において水中航走体100を探索する処理が行われる。当該ステップは、航走体位置確認ステップの一部に相当する。母船300から水上中継機200へ撮像制御信号を送信することで、水上中継機200の中継機撮像手段42によって水上中継機200の近傍領域の水中が撮像される。例えば、水上中継機200の直下近傍の領域が撮像される。撮像された画像は、水上中継機200から母船300へ送信され、当該画像が母船300の画像表示手段56に表示される。

10

【0146】

ステップS51では、水中航走体100を確認可能か否かが判定される。当該ステップは、航走体位置確認ステップの一部に相当する。母船300上の操作者は、ステップS50において画像表示手段56に表示された画像において水中航走体100を確認できるか否かを判定する。また、既存の画像処理によって、ステップS50において画像表示手段56に表示された画像において水中航走体100を確認できるか否かを自動判定する。画像において水中航走体100を確認できればステップS53に処理を移行させ、確認できなければステップS52に処理を移行させる。

20

【0147】

ステップS52では、水中航走体100を上昇させる処理が行われる。当該ステップは、航走体上昇ステップに相当する。ステップS51において水中航走体100を確認できなかった場合、水上中継機200を介して母船300から水中航走体100へ上昇制御信号が送信される。水中航走体100の制御手段12は、上昇制御信号を受信すると、航走手段18を制御して水中航走体100を上昇させる。このとき、水中航走体100の水平位置（緯度及び経度）は保持することが好適である。そして、水上中継機200によって撮像された画像に水中航走体100を確認できるまで上記ステップS50～S52を繰り返す。

30

【0148】

ステップS53では、水中航走体100と水上中継機200とが適切な鉛直位置の関係にあるか否かが判定される。当該ステップは、位置判断ステップに相当する。母船300上の操作者は、ステップS50において画像表示手段56に表示された画像において水中航走体100と水上中継機200が略鉛直な位置関係にあるか否かを判定する。また、既存の画像処理によって、ステップS50において画像表示手段56に表示された画像において水中航走体100と水上中継機200が略鉛直な位置関係にあるか否かを自動判定する。画像において水中航走体100と水上中継機200が略鉛直な位置関係にあればステップS55に処理を移行させ、略鉛直な位置関係になればステップS54に処理を移行させる。

40

【0149】

ステップS54では、水上中継機200を移動させて、水中航走体100と水上中継機200を略鉛直な位置関係にする処理が行われる。当該ステップは、位置ずれ補正ステップに相当する。ステップS53において水中航走体100と水上中継機200が略鉛直な位置関係になかった場合、母船300において画像表示手段56に表示された画像を確認しながら操作者が操作手段58を操作することによって水上中継機200へ移動制御信号が送信される。また、既存の画像処理によって、画像表示手段56に表示された画像に基づいて水中航走体100へ水上中継機200を向かわせる移動制御信号が自動送信される。水上中継機200の制御手段32は、移動制御信号を受信すると、中継機推進手段38

50

を制御して水中航走体 100 に対して水上中継機 200 が略鉛直な位置関係となるように水上中継機 200 を航走させる。そして、水中航走体 100 と水上中継機 200 が略鉛直な位置関係となるまで上記ステップ S53 とステップ S54 を繰り返す。

【0150】

ステップ S55 では、水中航走体 100 の自己位置を補正する処理が行われる。当該ステップは、水中位置補正ステップに相当する。水上中継機 200 の中継機位置計測手段 40 によって計測された水上中継機 200 の自己位置（緯度及び経度）を情報伝送線 24 を介して水中航走体 100 へ送信する。水中航走体 100 では、水上中継機 200 の自己位置（経度及び緯度）の入力を受けて、水中航走体 100 の現在の自己位置（緯度及び経度）を水上中継機 200 の自己位置（経度及び緯度）に一致するように補正する。これにより、水中航走体 100 と水上中継機 200 の水平位置（緯度及び経度）の情報が一致し、水中航走体 100 の航走体位置推定手段 20 において推定される水中航走体 100 の自己位置の確度を高めることができる。

10

【0151】

ステップ S56 では、水中航走体 100 を目標深度に降下させる処理が行われる。水中航走体 100 の制御手段 12 は、航走手段 18 を制御することによって目標深度に水中航走体 100 を降下させる。

【0152】

以上のように、本実施の形態の水上中継機と水中航走体との連結システムにおいて水中航走体 100 と水上中継機 200 の鉛直位置の補正を行うことができる。これによって、水中航走体 100 と水上中継機 200 が略鉛直な位置を保持することができる。

20

【0153】

<変形例 1>

上記実施の形態では、水中航走体 100 及び水上中継機 200 を 1 組使用する構成を説明した。本変形例 1 では、図 8 に示すように、水中航走体 100 及び水上中継機 200 の組を複数使用する構成とする。

【0154】

図 5 に示した水中航走体 100 及び水上中継機 200 の投入時の処理を繰り返して水中航走体 100 及び水上中継機 200 の各組について適用する。そして、水中航走体 100 及び水上中継機 200 の各組に対してそれぞれ目標緯度及び目標経度の情報を母船 300 から送信すると共に、図 6 に示した水中航走体 100 及び水上中継機 200 の航走時の処理を水中航走体 100 及び水上中継機 200 の各組について適用する。

30

【0155】

これによって、複数の組の水中航走体 100 及び水上中継機 200 によって、同時に広い範囲の資源や水底ケーブル等の検査対象物を調査することができ、調査時間を短縮することができる。

【0156】

<変形例 2>

上記実施の形態では、1 つの水中航走体 100 に対して 1 つの水上中継機 200 を組み合わせさせた構成を説明した。本変形例 2 では、図 9 に示すように、1 つの水中航走体 100 に対して複数の水上中継機 200 を組み合わせさせた構成とする。

40

【0157】

図 10 は、本変形例 1 における水中航走体 100 及び水上中継機 200 の投入時の処理を示す。図 10 において、図 5 に示した水中航走体 100 及び水上中継機 200 の投入時の処理と同じ処理とするステップには図 5 と同じステップ番号を付して説明を省略する。

【0158】

ステップ S13 ~ ステップ S14 の処理によって、母船 300 から第 1 番目の水中航走体 100 を水中に投入する作業が行われる。その後、ステップ S60 では、母船 300 から他の水中航走体 100、すなわち第 1 番目の水中航走体 100 と水上中継機 200 との間に配置される中間の水中航走体 100 を水中に投入する作業が行われる。当該ステップ

50

は、中間航走体投入ステップに相当する。ステップ S 6 1 では、水中に投入された他の水中航走体 1 0 0 による深度（高度）及び速度の計測値が妥当な値であるか否かが判定される。当該ステップは、他の水中航走体 1 0 0 に対する推定値判断ステップに相当する。水中航走体 1 0 0 の航走体位置推定手段 2 0 の水中位置の推定値において深度（高度）及び速度の推定値が妥当な値であればステップ S 6 2 に処理を移行させ、妥当な値でなければステップ S 1 0 に処理を戻す。

【 0 1 5 9 】

ステップ S 6 2 では、他の水中航走体 1 0 0 を水中に降下させる処理が行われる。当該ステップは、他の水中航走体 1 0 0 に対する航走体下降ステップに相当する。母船 3 0 0 における操作手段 5 8 を用いて他の水中航走体 1 0 0 に対して水中航走体修正情報を送信することによって当該他の水中航走体 1 0 0 を所望の水平位置（緯度及び経度）及び深度（高度）に位置させ、水平位置（緯度及び経度）及び深度（高度）を当該位置に保持する。具体的には、第 1 番目の水中航走体 1 0 0、中間の水中航走体 1 0 0 及び水上中継機 2 0 0 が互いに鉛直位置となるように制御を行うことが好適である。また、当該ステップにおいて、航走体撮像手段 2 2 による撮像を行い、撮像処理及び撮像画像の送受信処理が適切に実行できるかを確認すると共に、水中航走体 1 0 0 が所望の水平位置（緯度及び経度）及び深度（高度）に配置されていることを確認してもよい。

【 0 1 6 0 】

他の水中航走体 1 0 0 を 2 つ以上設ける場合、ステップ S 6 0 ~ ステップ S 6 2 の処理を繰り返せばよい。これらの処理の後、ステップ S 1 5 に処理を移行させる。

【 0 1 6 1 】

なお、本変形例 2 の構成においても、上記変形例 1 のように水中航走体 1 0 0 及び水上中継機 2 0 0 の組を複数使用する構成としてもよい。この場合、図 1 0 に示した水中航走体 1 0 0、水上中継機 2 0 0 の投入時の処理を繰り返して水中航走体 1 0 0 及び水上中継機 2 0 0 の各組について適用する。そして、水中航走体 1 0 0 及び水上中継機 2 0 0 の各組に対してそれぞれ目標緯度及び目標経度の情報を母船 3 0 0 から送信すると共に、図 6 に示した水中航走体 1 0 0 及び水上中継機 2 0 0 の航走時の処理を水中航走体 1 0 0 及び水上中継機 2 0 0 の各組について適用する。

【 0 1 6 2 】

< 変形例 3 >

本変形例 3 では、母船 3 0 0 に有した発信源からの振動を受振器（ハイドロフォン）を用いて受振するために水中航走体 1 0 0 の水平位置（緯度及び経度）及び深度（高度）を制御する構成とする。

【 0 1 6 3 】

図 1 1 は、本変形例 3 における水上中継機と水中航走体との連結システムの構成を示す。本変形例 3 では、水中航走体 1 0 0、水上中継機 2 0 0 及び母船 3 0 0 に加えて、母船 3 0 0 に水中に投入された音響発振器 6 0 0 及びケーブル 5 0 0 上に間隔をもって設けられた受振器（ハイドロフォン）6 0 2 を備える。

【 0 1 6 4 】

音響発振器 6 0 0 は、母船 3 0 0 から水中に投入され、水中において音響振動を発生させる水中振源である。音響発振器 6 0 0 は、例えば、エアガン、スパーカー、ブーマー等を含んで構成することができる。音響発振器 6 0 0 から発せられる振動は、例えば、空間分解能の良い数百～数千 Hz の周波数帯域とすることが好適である。

【 0 1 6 5 】

図 1 1 に示すように、音響発振器 6 0 0 から発せられた音響振動は、水中、さらには水底 4 0 0 下を伝搬し、地層境界である反射面 4 0 2 において反射音響振動として反射される。反射音響振動は、水底 4 0 0 下から水中へと伝搬する。

【 0 1 6 6 】

受振器 6 0 2 は、水中を伝搬する振動を検知する。受振器 6 0 2 は、少なくとも 1 つ、好ましくは複数水中航走体 1 0 0 と水上中継機 2 0 0 とを繋ぐケーブル 5 0 0 に設けら

10

20

30

40

50

れる。受振器 602 は、それぞれに固有に与えられた識別子等のハイドロフォン情報と共に検知した振動の情報を水上中継機 200 へ送出する。音響発振器 600 と受振器 602 を組み合わせることによって、音響発振器 600 から発せられ、反射面 402 において反射された音響振動を受振器 602 において検知することができる。

【0167】

図 12 は、本変形例 3 における音響発振器 600 及び受振器 602 を用いた処理を示す。ステップ S70 では、母船 300 が目標緯度及び目標経度に到達する。母船 300 が目標緯度及び目標経度に到達すると、音響発振器 600 を水中に投入する作業が行われる。ステップ S71 では、母船 300 からの制御によって音響発振器 600 から音響振動が発せられる。

10

【0168】

ステップ S72 では、受振器 602 において水底 400 下の反射面 402 において反射された反射音響振動が検知される。このとき、複数の受振器 602 において反射音響振動を検知することが好適である。ステップ S73 では、受振器 602 において検知された反射音響振動をハイドロフォン情報と共に音響情報として水上中継機 200 へ送信する。複数の受振器 602 を備える場合、複数の受振器 602 からの音響情報が水上中継機 200 へ集約される。ステップ S74 では、水上中継機 200 から母船 300 へ音響情報が転送される。水上中継機 200 は、自己の位置情報と共に音響情報を母船 300 へ送信する。なお、複数の受振器 602 からの音響情報は、水上中継機 200 の位置情報と共にリアルタイムで母船 300 へ送信してもよい。

20

【0169】

ステップ S75 では、母船 300 において VCS (Vertical Cable Seismic) 解析が行われる。母船 300 では、水上中継機 200 から転送されてきた音響情報を用いて VCS 解析が行われる。

【0170】

VCS 解析では、反射面 402 の反射点の分布からケーブル 500 を中心とする反射面 402 の構造イメージを得ることができる。このとき、水中航走体 100、水上中継機 200 及びこれらを繋ぐケーブル 500 の位置や音響発振器 600 の分布を適切に変えること、又は母船 300 が移動して音響発振器 600 の位置を変えること等によって、対象となる範囲の 3次元構造を効率的に把握することができる。このとき、鉛直方向に延ばされたケーブル 500 に複数の受振器 602 が配置されることで、波動現象による分解能の劣化(フレネルボリュームの拡大)を抑制できる。また、水中に受振器 602 を配置することによって、波浪によるノイズを低減させることができる。これによって、鉛直方向及び水平方向ともに従来の海上反射法(MCS)に比べて分解能を向上させることができる。

30

【0171】

さらに、上記変形例 1 のように複数組の水中航走体 100、水上中継機 200 及びこれらを繋ぐケーブル 500 を同時に用いる構成に本変形例 3 の構成を組み合わせることによって、対象となる範囲の 3次元構造をより効率的に把握することができる。また、上記変形例 2 のように複数の水中航走体 100、水上中継機 200 及びこれらを繋ぐケーブル 500 を同時に用いる構成に本変形例 3 の構成を組み合わせることによって、ケーブル 500 を高い精度で鉛直方向に設置した状態で VCS 解析を適用することができるので、対象となる範囲の 3次元構造をより高い精度で把握することができる。

40

【0172】

[水上中継機と水中航走体との連結システムを用いた測定処理]

図 13 は、上記実施の形態及び各変形例における水上中継機と水中航走体との連結システムを用いた測定処理を示す。

【0173】

ステップ S80 では、母船 300 が目標緯度及び目標経度に到達する。ステップ S81 では、上記実施の形態における水中航走体 100 及び水上中継機 200 の投入時の処理及び水中航走体 100 及び水上中継機 200 の航走時の処理を適用することによって水中航

50

走体 100 及び水上中継機 200 の位置制御が行われる。

【0174】

ステップ S82 では、水中航走体 100 の航走体撮像手段 22 を用いて水中の探査が行われる。ステップ S83 では、水中航走体 100 の航走体撮像手段 22 を用いて水中や水底の画像が取得される。ステップ S84 では、ステップ S83 において取得された画像情報が水中航走体 100 から水上中継機 200 へ送信される。このとき、水中航走体 100 から画像情報に関連する関連情報も併せて水上中継機 200 へ送信することが好適である。関連情報は、例えば水中航走体 100 の現在の緯度及び経度並びに水面からの深度等が挙げられる。また、関連情報は、例えば画像を取得した日時等が挙げられる。

【0175】

ステップ S85 では、水上中継機 200 から母船 300 へ画像情報が転送される。画像情報に関連情報が付加されている場合、水上中継機 200 から母船 300 へ画像情報と共に関連情報を転送することが好適である。ステップ S86 では、母船 300 において画像情報に対する処理が行われる。母船 300 では、例えば、画像情報に基づく画像を映写する処理や画像情報の解析処理が行われる。画像情報に関連情報が付加されている場合、母船 300 において関連情報に基づく映写や解析を行ってもよい。

【産業上の利用可能性】

【0176】

本発明は、自律型水中航走体における高精度の航走制御や目標物の監視等に適用することができる。すなわち、水中航走体と水上中継機との位置関係を保持しつつ水中航走体による水中の目標物の検査、監視、修繕等において作業効率を高めることができる。例えば、水底の環境調査（海草、海藻、珊瑚等）、水底下の調査（水底下構造）、水産資源調査（底生魚、貝類等）、水産設備検査（生け簀、魚礁等）、港湾設備の水中部分の検査（岸壁、防波堤等）、洋上風力発電設備の水中部分の検査、石油ガス設備の水底パイプライン検査、船底検査、ダム湖の水中部分の検査等に利用することができる。

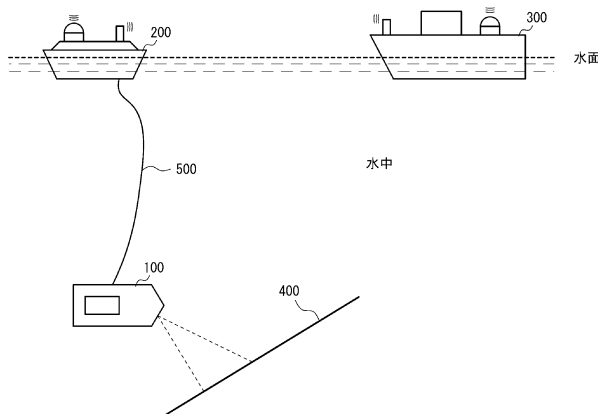
【符号の説明】

【0177】

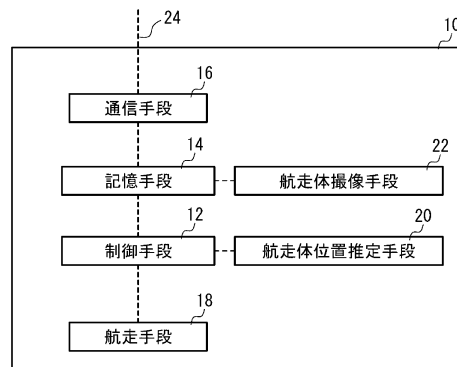
10 艇体、12 制御手段、14 記憶手段、16 通信手段、18 航走手段、20 航走体位置推定手段、22 航走体撮像手段、24 情報伝送線、26 無線通信器、30 機体、32 制御手段、34 記憶手段、36 通信手段、38 中継機推進手段、40 中継機位置計測手段、40a 受信機、42 中継機撮像手段、50 艇体、52 測位手段、54 位置設定手段、56 画像表示手段、58 操作手段、60 連結手段、62 通信手段、100 水中航走体、200 水上中継機、300 母船、302 監視手段、400 水底、402 反射面、500 ケーブル、600 音響発振器、602 受振器。

【図面】

【図 1】



【図 2】



100

10

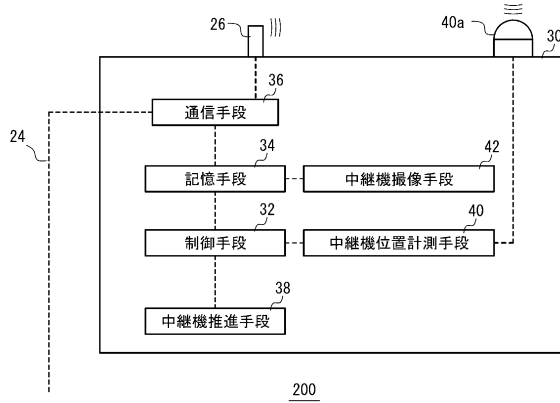
20

30

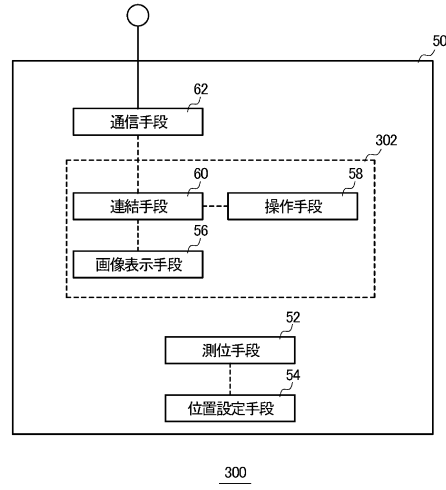
40

50

【図3】

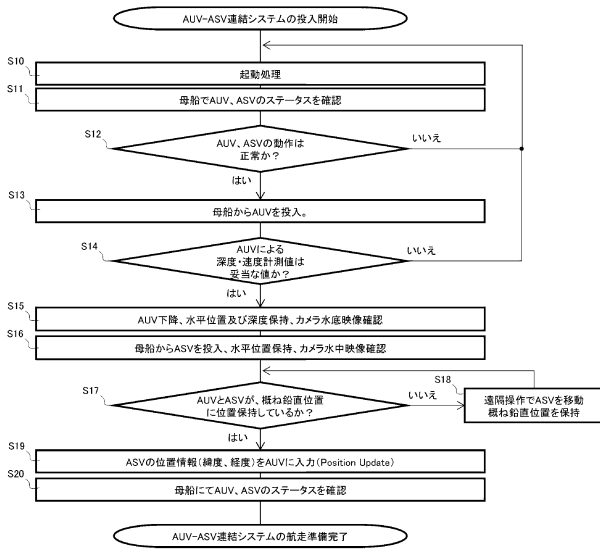


【図4】

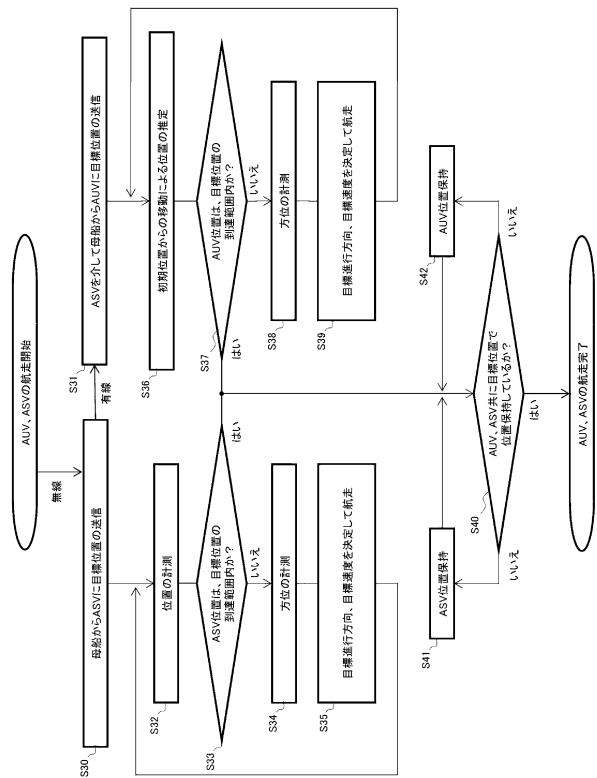


10

【図5】



【図6】



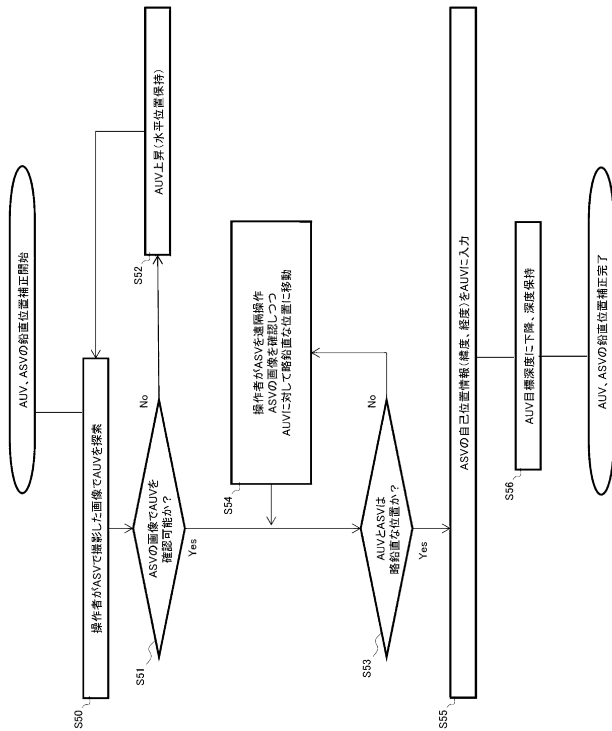
20

30

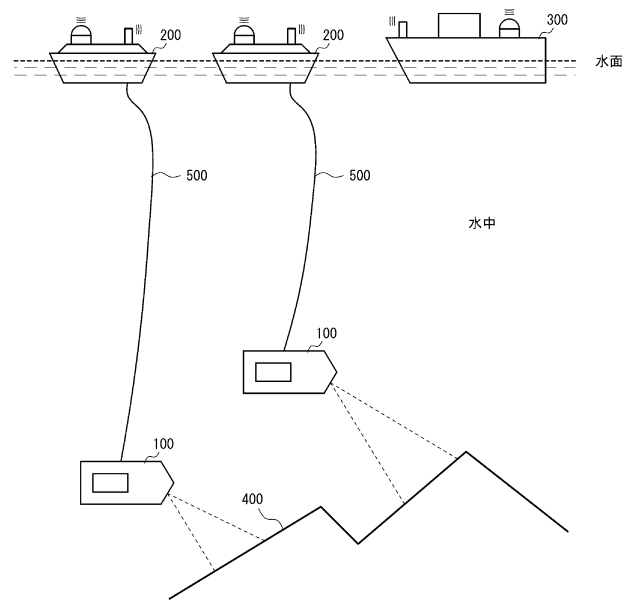
40

50

【 図 7 】



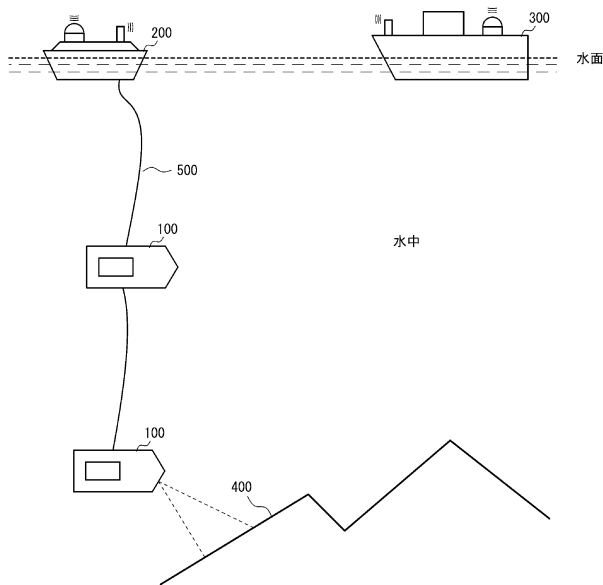
【 図 8 】



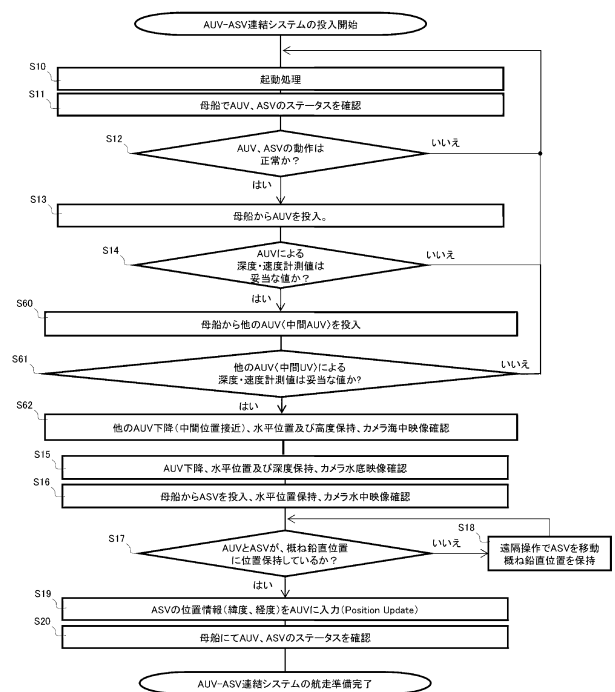
10

20

【 図 9 】



【 図 10 】

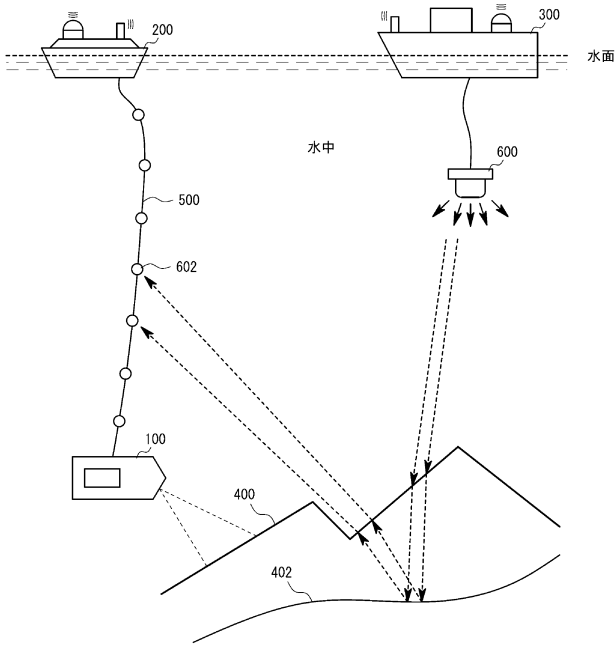


30

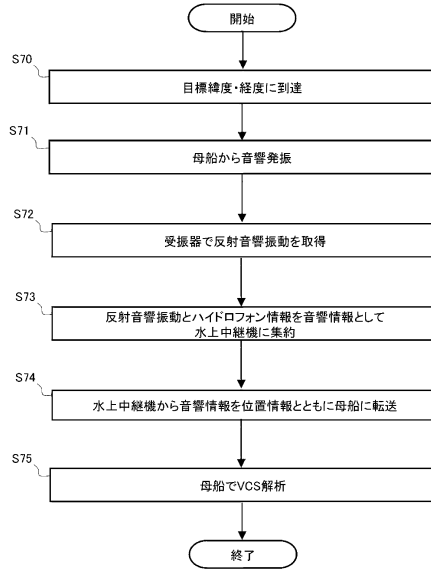
40

50

【図 1 1】



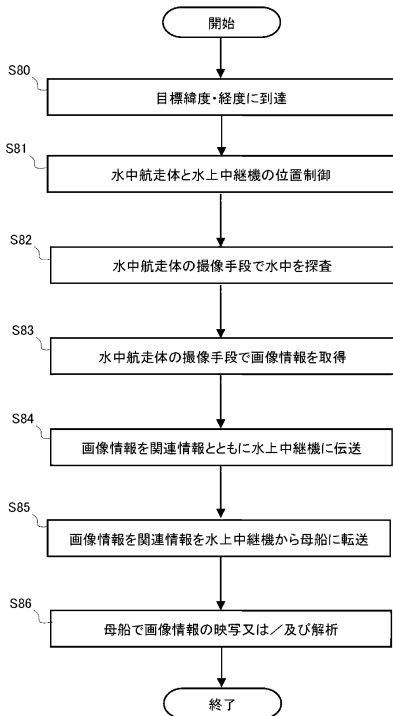
【図 1 2】



10

20

【図 1 3】



30

40

50