

深海1万m 水中ドローン 特許草案

日本の勝ち筋

安全・低コスト

特許出願中

深海探査

深海鉱物資源採掘

深海立体地図作成

我が国の持続的な成長を牽引する政府の「成長戦略17項目」において、「海洋」は極めて重要な戦略的結節点に位置づけられています。とりわけ水中ドローン、海洋状況把握、そして革新的海洋開発システムは、次世代の海洋秩序を決定づける核心的技術にほかなりません。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 深海水中ドローン

【技術分野】

【0001】

本発明は、水中探査装置に関し、特に超高压環境下である1万メートル級の深海において、自律的な姿勢制御、着底制御、および各種観測を遂行する水中ドローンに関する。

【背景技術】

【0002】

従来の深海探査機においては、耐圧殻や浮力材を備えるものの、海底近傍における姿勢安定性や軟着陸性能が不十分であり、着底時の衝撃に起因する機体の損傷が重大な課題となっていた。また、推進機構の長期耐久性や、極限環境下における高精度な観測能力の面においても、依然として改善の余地が残されていた。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】 特開2015-78598

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は、過酷な深海環境下において長期的かつ安定的な探査活動を維持す

べく、以下の要素を備えた水中ドローンを提供することを目的とする。

- ・ 人工知能 (AI) による自律的姿勢制御
- ・ 軟着陸を具現化する錘および浮力体制御
- ・ 高耐久性を有するスクリュウ推進機構
- ・ 高精度観測装置

【課題を解決するための手段】

【0005】

本願発明の水中ドローンは、以下に示す構成を特徴とする。

(1) 耐圧構造 ・ チタン合金製球体耐圧殻 ・ 前記球体耐圧殻の外周を被覆する FRP 層およびシタクチックフォーム ・ 殻内部の複数箇所に配設され、構造応力を AI により常時監視する歪ゲージ

(2) 推進機構 ・ 垂直方向 4 基、左右方向 2 基、前後方向 2 基の計 8 基からなるスクリュウ ・ ダイヤモンドライクカーボン (DLC) コーティングを施したチタン製スクリュウ軸 ・ ネオジウム磁石を用いた磁気結合による非接触型の回転伝達構造モーター ・ 海水および前記 DLC 層の介在により形成される低摩擦軸受

(3) 着底制御機構 ・ 円錐形錘 (600kg) と浮力体 (300kg) との協調による着底制御構造 ・ 電磁石による吸着解除機構およびロッド機構を組み合わせた錘分離構造 ・ カメラ A により捉えた映像から海底への接近を検知し、スクリュウ回転数と錘の落下速度をリアルタイムで制御して軟着陸を実現する AI 制御システム

(4) 観測装置 ・ カメラ A: オートフォーカス機構付超望遠ズームレンズ、高感度カラーカメラ、およびスポット LED 照明 ・ カメラ B: 広角レンズ、カラーカメラ、および LED 照明 ・ サファイアガラス製の耐圧光学窓

(5) センシング・通信 ・ アクティブソナーによる自己位置検出 ・ AI による圧力・歪・姿勢データのリアルタイム解析

【発明の効果】

【0006】

本発明によれば、以下の優れた効果を奏する。

・ 深海 1 万メートル級の超高水圧環境下においても、極めて安定した姿勢制御が可能となる。

・ AI 駆動による軟着陸制御により、着底時の衝撃を緩和し、機体の損傷を確実に防止する。

・ DLC コーティングを施した軸受構造により、海水環境下での長期耐久性が確保される。

・ サファイア製耐圧窓と高感度カメラの駆動により、極限環境下での高精度な観測、および AI による深海底の 3 次元 (3D) マップ構築が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】 本発明の一実施形態に係る深海水下ドローンの全体構成を示す概要

図。

【図2】同水中ドローンを用いた、自然力を利用した海底資源の採掘プロセスの概要を示す説明図。

【発明を実施するための形態】

【0008】

本願発明の水中ドローンは、以下に示す構成を特徴とする。

(1) 耐圧構造 ・ チタン合金製球体耐圧殻 ・ 前記球体耐圧殻の外周を被覆する FRP 層およびシタクチックフォーム ・ 殻内部の複数箇所に配設され、構造応力を AI により常時監視する歪ゲージ

(2) 推進機構 ・ 垂直方向 4 基、左右方向 2 基、前後方向 2 基の計 8 基からなるスクリュウ ・ ダイヤモンドライクカーボン (DLC) コーティングを施したチタン製スクリュウ軸 ・ ネオジウム磁石を用いた磁気結合による非接触型の回転伝達構造モーター ・ 海水および前記 DLC 層の介在により形成される低摩擦軸受

(3) 着底制御機構 ・ 円錐形錘 (600kg) と浮力体 (300kg) との協調による着底制御構造 ・ 電磁石による吸着解除機構およびロッド機構を組み合わせた錘分離構造 ・ カメラ A により捉えた映像から海底への接近を検知し、スクリュウ回転数と錘の落下速度をリアルタイムで制御して軟着陸を実現する AI 制御システム

(4) 観測装置 ・ カメラ A : オートフォーカス機構付超望遠ズームレンズ、高感度カラーカメラ、およびスポット LED 照明 ・ カメラ B : 広角レンズ、カラーカメラ、および LED 照明 ・ サファイアガラス製の耐圧光学窓

(5) センシング・通信 ・ アクティブソナーによる自己位置検出 ・ AI による圧力・歪・姿勢データのリアルタイム解析

【0009】

図 1 は、本実施形態に係る深海水下ドローンの詳細な構成を示している。

二系統の冗長性を持たせたバッテリー、AI 処理用 PC およびメモリー装置、並びに配電盤等を、1 万メートル深海の超高水圧から防護するため、直径 1m、肉厚 5cm のチタン合金製球体耐圧殻を配設している。

また、探査に必要な浮力 (300kg) を担保するため、前記球体耐圧殻の外周にはシタクチックフォーム層を形成し、さらにその外層を FRP (繊維強化プラスチック) 製の保護カバー (厚さ 2cm) で被覆している。

また、当該水中ドローンの下部には、サファイア製の耐圧窓を介して、2 基のカメラ A および 1 基のカメラ B が配設され、上部には自己位置検出用のアクティブソナーが搭載されている。

チタン合金製球体耐圧殻が超高水圧下において健全な状態を維持しているかを監視するため、該球体耐圧殻の内壁面には複数の歪ゲージが随所に貼付されている。搭載された AI は、これら全ての歪ゲージの出力を常時監視し、局所

的な歪の増大等により危険水準に達したと判断した場合には、電磁石により保持されていた円錐形錘を即座に離脱させ、緊急浮上シーケンスに移行する。

当該水中ドローンは、前記錘が分離された状態においては約 300kg の正の浮力を生じるよう設計されている。これに対し、質量 600kg の円錐形錘を装着することにより、負の浮力を得て海底へと急行する。

なお、前記錘の形状を円錐形（下方に向け尖鋭化した形状）とすることにより、流体抵抗を低減し、迅速な潜航を可能としている。

当該水中ドローンには、垂直方向に 4 基、左右方向に 2 基、前後方向に 2 基の計 8 基のスクリュウが配設されている。

各スクリュウ軸はチタン製であり、その表面には DLC（ダイヤモンドライクカーボン）コーティングが蒸着されている。これにより、周囲の海水を潤滑剤として利用しながら、低摩擦かつ円滑な回転駆動を実現している。

駆動モーターはチタン製の密閉筐体内部に隔離され、スクリュウ軸は外部の海水中に位置する。したがって、チタン製の隔壁を透過してモーターの回転動力を非接触で伝達すべく、モーター側駆動軸とスクリュウ軸のそれぞれに強力なネオジウム磁石を対向配置した磁気結合（マグネットカップリング）構造を採用している。

搭載されたカメラ A（2 基）は、海底の地形や状況を詳細に走査し、海底の 3 次元（3D）画像を生成する役割を担う。該カメラ A は、オートフォーカス機構付き超望遠ズームレンズ、超高感度カラーカメラ、およびスポット LED 照明から構成され、ハーフミラーを介してカメラの撮像軸と照明の光軸とが同一光軸上に一致するよう光学設計されている。

一方、カメラ B（1 基）は、水中ドローンの下部に設けられたフック機構の周辺領域を画角に収めるよう配置されている。

これは、前記錘や他の中継機器のフック部に対し、AI の指令に基づいて遠隔操作での連結または離脱を視覚的に確認・制御することを目的としており、ワイドレンズ、カラーカメラ、および LED 照明から構成され、同様にハーフミラーを介して撮像軸と照明光軸とが同一光軸上に設定されている。

潜航時、AI はカメラ A から得られるリアルタイム映像に基づいて海底への接近を自動検知し、スクリュウの回転数および錘の落下速度を協調制御することで、衝撃のない軟着陸を具現化する。着底の際、先行して海底に衝突した円錐形錘からの反力により、ロッド機構が機体側へ押し込まれることで、機械的にフック部の結合が解除され、錘が分離される構造となっている。

ただし、海底地盤が軟弱である場合には機械的解除が不全となる可能性を考慮し、その代替手段として、AI からの電氣的指令により電磁石の励磁を遮断し、

下部フック部から錘を強制的に離脱させる二重の錘離脱機構（冗長設計）を備えている。

図2の右側は、当該水中ドローンを用いた、自然力を利活用した海底資源の採掘ユニットおよび採掘システムの運用フローを示している。すなわち、浮力、重力、および慣性力という自然の力学作用のみを利用した「深海鉱物自然力採掘システム」は、以下のプロセスを経て実行される。

(a)「浮力体に対し錘を装着した状態で海底へ向けて急行・潜航する工程」
(b)「目標となる資源存在領域をサーチ（探索）する工程」 (c)「岩盤を爆破・破砕する工程」 (d)「破砕領域を再度サーチする工程」 (e)「海底に採掘箱を埋没・設置する工程」 (f)「採掘箱の側部から、必要な鉱物を含有する破砕礫（がれき）を内部に収納する工程」 (g)「(慣性力の応用) 採掘箱が海底に衝突した際の衝撃エネルギーを利用して錘を機械的に離脱させると同時に、採掘箱の蓋部を閉塞する工程」 (h)「破砕礫を封入した採掘箱を、浮力により海上へと自律浮上させる工程」

<3次元(3D)マップ作成要領> 当該水中ドローンに搭載された2基のカメラAにより、海底の立体画像（ステレオ画像）を撮影・記録する。機体が海面に浮上し、通信回線の確立が可能となった時点で、機体内蔵のAIは、記録された立体画像データをしかるべき内部・外部の機関、または関連するAI搭載機器へと送信する。これにより、「AI海底3D画像集計センター」のごときデータ集約拠点において、世界各地の当該水中ドローンから収集された海底3D画像が一元的に管理・蓄積され、開示許諾を得た公的または私的機関に対して提供されるシステムが構築される。

【産業上の利用可能性】

【0010】

従来技術では極めて困難とされていた、深海底における資源含有岩盤の破砕、およびそれによって生じる資源含有礫や泥質物の海上への効率的な運搬回収が実現可能となり、海洋資源開発分野において広範に利用され得る。

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項1】

人工知能(AI)制御ユニットを備え、海底接近時に浮力体および錘の動作を協調制御して軟着陸を行う水中ドローンであって、前記水中ドローンは、チタン合金製の球体耐圧殻、および該球体耐圧殻の外周を被覆するFRP層を有し、前記球体耐圧殻の内部に配設された歪ゲージを介して構造応力を常時監視するよう構成され、さらに、表面にダイヤモンドライクカーボン(DLC)コーティングを施したチタン製スクリー軸、およびネオジウム磁石を用いた磁気結合による回転伝達構造を備えたスクリー推進機構を有し、かつ、サファイアガラス製の耐圧光学窓を介して配置された高感度カメラおよび照明装置を

備え、深海環境下での高精度観測、並びに深海底の3次元マップの生成および記録を行うことを特徴とする、水中ドローン。

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

従来の深海探査機は、耐圧殻や浮力材を備えるものの、海底近傍における姿勢安定性や軟着陸性能が不十分であり、着底時の衝撃による機体損傷が課題であった。また、推進機構の耐久性や、深海環境下における高精度な観測能力の面においても改善の余地があった。

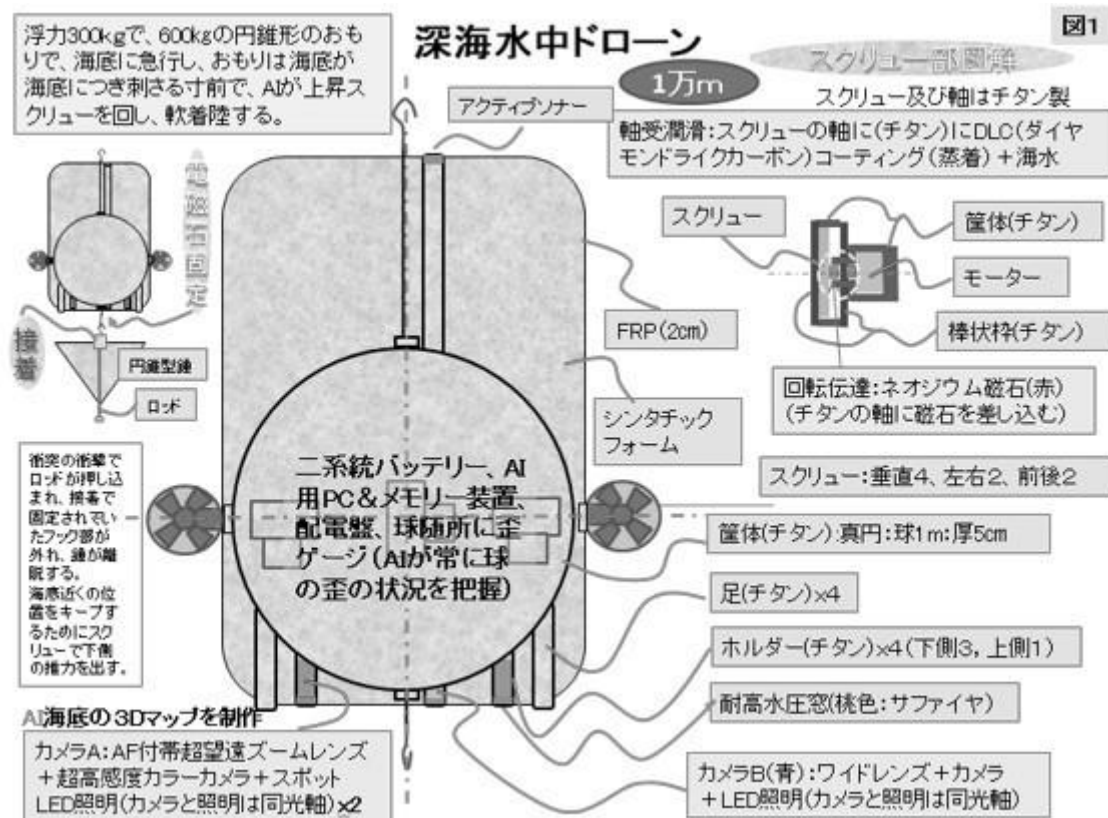
【解決手段】

本発明の水中ドローンは以下の構成を備える。(1)耐圧構造：チタン合金製球体耐圧殻の外周にFRP層およびシタクチックフォームを配置し、内部の歪ゲージにより構造応力をAIが常時監視する。(2)推進機構：垂直4基、左右2基、前後2基の計8基のスクリューを備え、チタン製スクリュー軸にDLCコーティングを施すとともに、ネオジウム磁石による磁気結合回転伝達構造、および海水とDLC層による低摩擦軸受を形成する。

【選択図】 図1

【書類名】 図面

【図1】



【図2】

