

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	ワイヤ牽引型水中探査ロボット Anchor Diver IV の開発-コンセプト提案と設計-
Title	
著者(和文)	原川幸紘, 広瀬茂男
Authors	Yukihiro Harakawa, SHIGEO HIROSE
出典 / Citation	日本ロボット学会学術講演会, 2A3-2, ,
Citation(English)	, 2A3-2, ,
発行日 / Pub. date	2012, 9
権利情報 / Copyright	本著作物の著作権は日本ロボット学会に帰属します。 Copyright (c) 2012 The Robotics Society of Japan.

# ワイヤ牽引型水中探査ロボット Anchor Diver IV の開発 — コンセプト提案と設計 —

○原川幸紘(東工大) 広瀬茂男(東工大)

## 1. 緒言

近年、日本全国での水難事故は約 1500 件発生しており[1]、現状では水難救助隊のダイバーが直接水中に潜って捜索を行っているが、ダイバー自身に危険が伴うことや多くの人員と時間を有するなどの課題があった。これらの課題を解決するために一部の消防庁では水中探査ロボットを導入しているが、「装置全体が大型で搬送性が悪い」「ロボット本体の位置を見失いやすい」「ロボット本体と制御装置を結ぶワイヤが障害物に絡まりやすい」などの理由からほとんど使用されていないという現状がある。

本研究室では現在までにこれらの欠点を克服した新型の水中探査ロボットを開発してきた[2]。本稿では新しく開発した Anchor Diver IV (図 1) の開発コンセプトと設計について述べる。

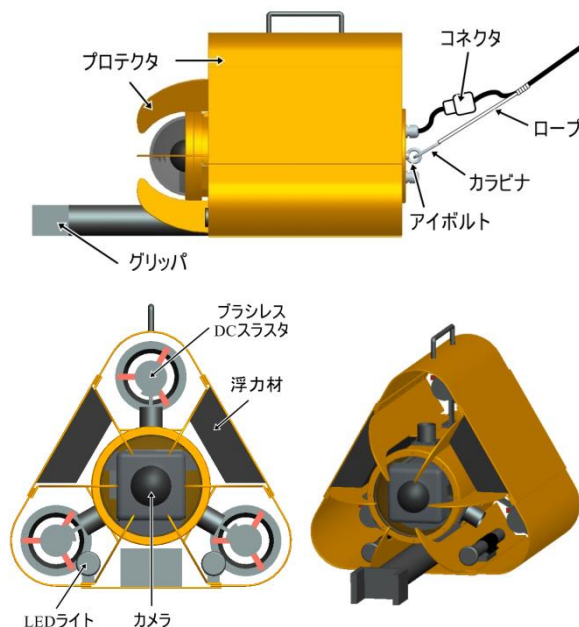


図 1 Anchor Diver IV

## 2. Anchor Diver IV のコンセプト

Anchor Diver IV の開発コンセプトは「ワイヤ牽引方式」「3つの水平固定スラスタによる推進方式」「ワイヤを牽引しながらのハンドリング作業」の3つである。仕様を表 1 に示す。以下に詳細を述べる。

### 2.1 ワイヤ牽引方式

Anchor Diver IV は母船と電源供給ワイヤで常に繋がっている ROV (Remotely Operated Vehicle) の1つである[3]。そして図 2 のようにワイヤが障害物に絡まるのを防ぐためにスラスタの推力で常にワイヤにテンションを持たせて運用する。また、本体に固定されたアイボルトとワイヤをカラビナつきのロープで繋ぎ、牽引時にコネクタに負荷がかかるのを防ぐ。搬送時はコネクタとカラビナを外して本体とワイヤを別々に運ぶことが可能である。

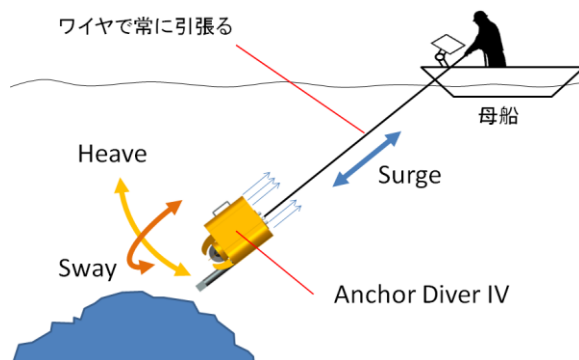


図 2 ワイヤ牽引方式

### 2.2 3つの水平固定スラスタによる推進方式

Anchor Diver IV は複数の固定スラスタの推力を変えることで水中での 3 次元移動を行う推進方式である。駆動系がスラスタのみでシンプルかつメンテナンス性のよい構成となっている。スラスタは応答性に優れたブラシレス DC スラスタ (CrustCrawler 社製 400HFS-L) を採用した。スラスタの個数は 3 個で、牽引点を重心とした正三角形の頂点上に配置している (図 3)。向きは 3 個すべて水平方向にすることでワイヤの張力と推進力の両方を稼いでいる。ある 1 個のスラスタの推力を上げると本体は牽引点を中心に回転を始める。すると固定スラスタの向きが変化

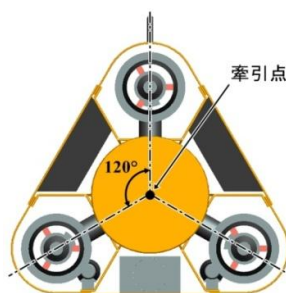


図 3 スラスタの配置

サイズ	幅: 360mm 長さ: 620mm 高さ: 370mm
重量	12kg
各スラスタ	400W 最大推力: 67[N]
最大ワイヤ長さ	30m

表 1 仕様表

するので、3個すべてのスラストが移動方向成分の推進力を生み出す。したがってワイヤの張力と移動方向の推進力が3個のスラストの合力で生み出されるので、移動効率のよい推進方式といえる。

実際の運動を確かめるために図4に示す小型の試作機を製作し、各スラストの推力を変化させたときの挙動を調べた。その様子を図5、6に示す。上側のスラストの推力を変化させると Heave 方向、左右のスラストの推力差で Sway 方向の移動ができることを確認した。

### 2.3 ワイヤを牽引しながらのハンドリング作業

Anchor Diver IV ではワイヤを常に牽引する方式を採用していることから、他の ROV に比べてグリッパを使ったハンドリング作業において優位性があると考えられる。一般の ROV は宇宙空間のように中性浮力で水中を漂っているため、グリッパの動作や障害物に力を及ぼしたときの反力や潮流などの外乱で大きく動いてしまう。ハンドリング作業では定位置に止まって作業することが多いため、定位置制御で複雑なフィードバック制御が必要となる。一方、Anchor Diver IV ではワイヤをスラストの推力で常に牽引しているので、ワイヤの軸方向に反力が加えられたとしても推力以下では安定して定位置に留まっていられる。この特性から Anchor Diver IV にグリッパを搭載すれば、他の ROV よりも安定してハンドリング作業ができると考えられる。さらにワイヤが常に牽引されているので、グリッパでサンプルを掴んだ後すぐに引き上げることができる。したがって、緊急性を有する要救助者の引き上げ作業においても優位性があるといえる。

## 3. Anchor Diver IV の操縦システム

Anchor Diver IV とその制御装置は1人で持ち運びできる構成にする。ロボット本体とケーブルは取り外しが可能で、ケーブルを肩にかけ、片手にロボットを持ち、バッテリー内蔵の制御装置と無線コントローラが入ったザックを背負って救助現場に向かう(図7左)。Anchor Diver IV の運用時は操縦者が腕に無線コントローラを装着し、ワイヤの長さ調節とロボットの操縦を1で行う(図7右)。操縦者はディスプレイに映し出されたロボットからのカメラ画像を見ながら、先端にグリッパが装着された長い固定棒を出し入れするような感覚で操縦する。

## 4. 結言

固定スラストを3個水平方向に取り付け、ワイヤをスラストの推力で常に牽引しながら運用する新型の水中探査ロボットを提案した。さらに1人でワイヤを牽引しながら操縦ができるシステムを提案した。実際の Anchor Diver IV の運用、制御法は発表にて詳細を解説する。

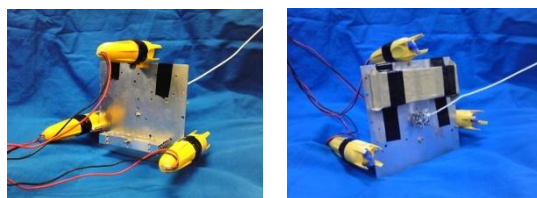


図4 Anchor Diver IV の小型試作機  
(180×120×150(H)mm)

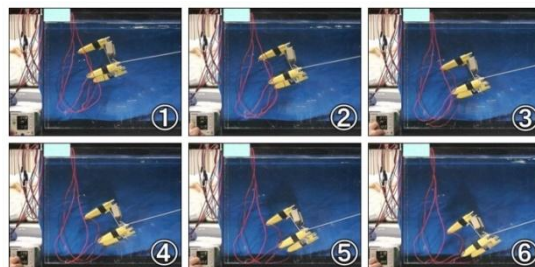


図5 Heave 方向の移動の様子

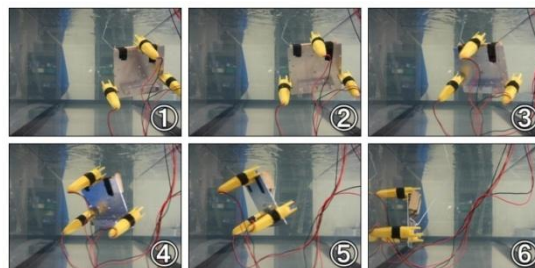


図6 Sway 方向の移動の様子

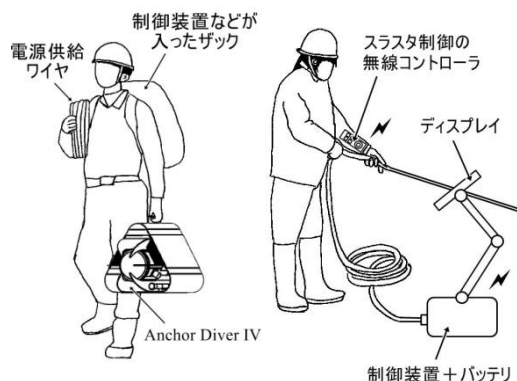


図7 移動時(左)と運用時(右)

## 参考文献

- [1] 警察庁生活安全局地域課：“平成23年中における水難の概況”，2012.
- [2] Ya-Wen Huang, Yuki Sasaki, Yukihiro Harakawa, Edwardo F. Fukushima, Shigeo Hirose: "Development of Anchor Diver III :Easy-to-Operate Tensioned - Tether Type ROV for Underwater Search and Rescue Operations", Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.24, No.2, pp.399-407,2012
- [3] 浦環：“海中に求められるロボット”，日本ロボット学会誌，Vol.22, No.6, pp.692-696, 2004.