

船舶探査用レスキューロボットの研究開発

—第1報：試作機開発のための基礎実験—

前田 弘文*・伊藤 嘉基**

Development of a Rescue Robot for Exploration in Ship

—Report 1: Basic Experiment for Development of a Prototype—

Hirofumi Maeda*, Yoshiki Ito**

Abstract

This paper describes study and development of a rescue robots for exploration in ship. Rescue robots for exploration in ship must be smaller and lighter than conventional robots. To achieve that purpose, we changed from DC brushless motor to RC servomotor. Also, the timing belt was changed to a thin one, and the pulley was made by ourself. Finally, optimal hole positions were derived by experiments.

1. 結 言

東日本大震災や阪神大震災、アメリカ合衆国で起きた同時多発テロなど大規模な災害や事件などを我々は目の当たりにしている。このような現場において、救助活動を行っている隊員は常に2次災害の危険にさらされている。これらの2次災害を軽減させるためには、被災者の正確な位置や倒壊状況を安全かつ迅速に把握し、詳細な救助計画を立てる必要がある。そこで現在、災害現場において2次災害を伴わず情報を迅速に得る方法として、レスキュー機器やレスキューロボットの研究が盛んに行われている^{[1]~[4]}。特に災害探査用レスキューロボットの開発が盛んで、国内においては、Quince, UMRS, KOHGAなど日本を代表するロボットが開発されている^{[5]~[7]}。また、米国では軍事兵器である Talon, PackBot, Matilda などの開発が行われている。我々も NEDO による"戦略的要素技術開発プロジェクト"において、UMRS の開発に参画し、現在も研究を継続中である^{[8]~[12]}。

一方、海上に目を向けてみると海上を活動現場とするレスキューロボットの研究開発は鳴りを潜めている。平成27年7月31日に発生した北海道苫小牧市の商船三井フェリー「さんふらわあ だいせつ」の火災事故は記憶に新しい。このような事故が頻繁に発生しているにもかかわらず、研究が活発化しない大きな原因の1つとして、レスキューロボットの研究開発の多くが教育機関によって行われていること

が挙げられる。これは教育機関で海上実験を行うためにはそれなりの施設が必要となり、実験可能な機関に限られるからである。また、もう1つの原因として波による影響が挙げられる。これまで陸上を想定してきたレスキューロボットの多くは、ロボット内部に搭載された加速度センサによって、自身の自己姿勢を検知している。しかし、波の影響を受ける船舶では波の揺れが加速度センサのデータに加算されるため、これらのデータがまったく意味をなさない。さらに船舶で火災が発生した場合は、狭隘空間に煙が充満することでカメラの視界が遮られ、探査活動の難易度が大幅に高くなる。

そこで本研究では、これらの問題を解決するために小型・軽量で船内も探索が可能なレスキューロボットの開発を目指す。本論文では、船舶探査用レスキューロボットの試作機を開発するための基礎実験、および試作機開発のためのテスト機体について述べる。

2. 新型レスキューロボットのコンセプト

2010年に開発したUMRS-2010は、外形寸法がフリッパー収納時において、アンテナを含み512 [mm](W)×450 [mm](H)×585 [mm](L)であった。また、重量は32 [kg]と重く、船舶の機関室など狭いところでの探査には適用できない。そこで、船舶探査用レスキューロボットを開発するにあたって、UMRS-2010の特徴は残したまま、大幅な小型・軽

* 情報工学科

** 技術支援センター

量化を行わなければならないという問題が発生した。この問題を解決するにあたり、従来の DC ブラシレスモータでは、トルクと重量のトレードオフの関係上、従来のレスキューロボットのサイズおよび重量がもっとも効率がよく、サイズや重量の変更が難しい状況に陥ってしまった。

そこで、我々はコンパクトで軽量の RC サーボモータに着目した。RC サーボモータは本来、ラジオコントローラの玩具として開発されたモータであるが、近年はホビーロボット用として専用のモータが開発されており、モータドライバおよび制御基板が一体化しているだけでなく、指令信号もデジタル化したことで、小型ロボットに最適なモータとなっている。また、近藤科学株式会社から発売されている B3M シリーズは、DC ブラシレスモータを採用した非接触磁気式エンコーダ搭載サーボモータであり、バッテリーには UMRS-2010 と同様に LiFe を採用している。このような背景から、今回の船舶探査用レスキューロボットの開発において、近藤科学株式会社の B3M シリーズを使用することとした(図 1)。



図 1 B3M シリーズ

3. 小型・軽量化における問題点

先で述べたようにモータを RC サーボモータに変更することで、モータの重量が大幅に軽減され、結果として全体重量も軽くなった。その結果、バッテリー自体も軽く、小さくすることが可能となった。しかし、小型・軽量化を行うためには、まだ多くの制約がある。以下にその制約条件を示す。

- ・階段や段差の上り下りの関係上、フリッパーを一定以上の長さにする必要がある。
- ・RC サーボモータの破損防止、および RC サーボモータの速度とトルクの関係上、プーリー機構を付加しなければならない。なお、カッ

プリングとギアによる組み合わせ方法については、機構としては問題がないものの、ギアにバックラッシがあることとプーリー機構以上にスペースを取ることから使用しない。

- ・フリッパーおよびクローラの関係上、ロボットの横幅がプーリー幅の 4 倍以上必要となり、さらにプーリー機構を含んだものが最終的なロボットの横幅になる。
- ・RC サーボモータを使用する関係上、10 [kg] 以下の本体重量でなければならない。また、将来的にオプションを付加することを考慮し、5 [kg] 以下になることが理想となる。
- ・オプションを搭載する関係上、ロボットの上面はできるだけフラットな構造とし、高さも 100~150 [mm] 程度が望ましい。

このことから、特に以下の 4 つのことについて注意し、設計しなければならない。

- ・ロボットの内蔵物は、立体配置にし、無駄な空間を排除しなければならない。
- ・ロボットに使用する材料はジュラルミン以上、できれば超々ジュラルミンが望ましい。
- ・タイミングベルトはできるだけ細いものを使用し、ロボットの横幅を細くしなければならない。
- ・市販のプーリーは重いいため、すべてのプーリーを自作しなければならない。

図 2 に実際にロボットに使用するタイミングベルトを示す。また、このタイミングベルトに合わせて作成したプーリーの 1 つを図 3 に示す。



図 2 タイミングベルト



図 3 自作プーリー

最後に、RC サーボモータを立体的に設置し、ロボットの小型化に成功したものを図 4 に示す。

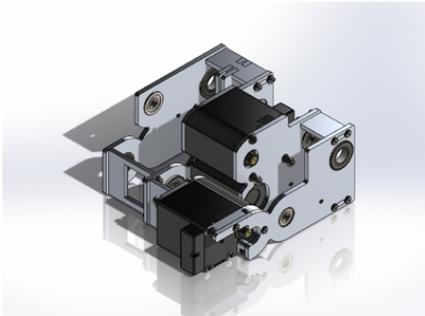


図 4 RC サーボモータの配置

4. タイミングベルトの張力実験

図 4 において、ロボットの駆動部の設計が完了したものの、今回は通常使わない細いタイミングベルトと自作プーリーを使用したため、タイミングベルトのテンション、つまりアイドラの位置が理論値だけでは定まらない問題が発生した。そこで、アイドラの取り付ける穴を長穴とし(理論値より中心位置を算出)、アイドラのシャフトに直接、錘による負荷を加えることができる実験装置をそれぞれのタイミングベルトに対して作成した(図 5～図 7)。

それぞれの実験装置は、特殊な形状をしており、重力にアイドラが逆らわないために、2つのプーリーシャフトと平行になるように床面を設計している。この構造により、錘の重量がアイドラのシャフトにのみかかり、正確にシャフトが沈むことで、正確な取り付け位置を測定できる。なお、アイドラはタイミングベルトの張力によって、つりあう場所(空中)で停止するため、理論で求めた中間値の重量をアイドラシャフトにかけることで、理想的な穴位置を導

出ることができる。

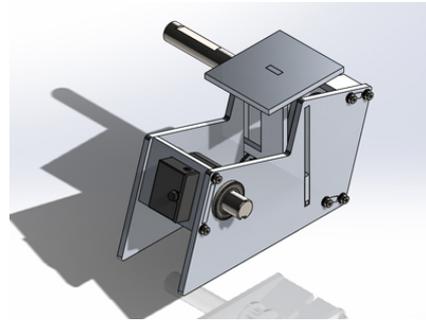


図 5 アイドラ穴位置測定装置①

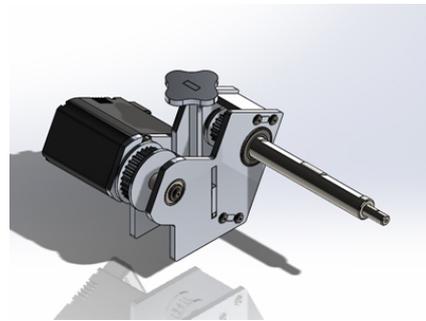


図 6 アイドラ穴位置測定装置②

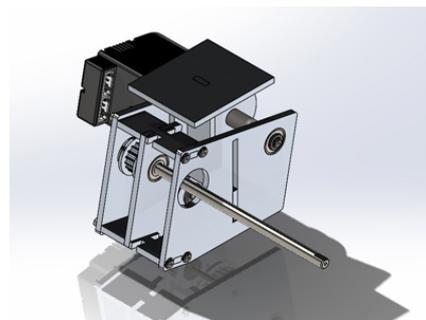


図 7 アイドラ穴位置測定装置③

5. テスト機体

4 章で求めた穴位置を基に、実際にロボットを製作した後、人の手によって張力を確認し、何度かの試作を経て、穴位置を導出した(図 8, 図 9)。最終的には試作機全体が完成した際に再度実験を行い、実験結果によっては、穴位置の修正が余儀なくされる場合があるが、軽量化のために設計途中段階で一時的に穴位置を確定しなければならなかった。

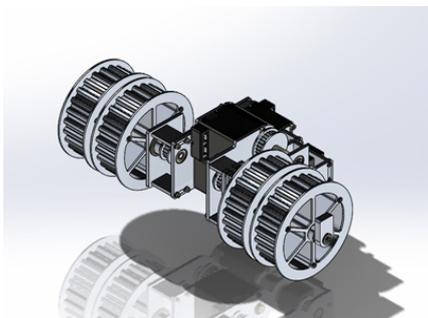


図8 テスト機体(SolidWorks)

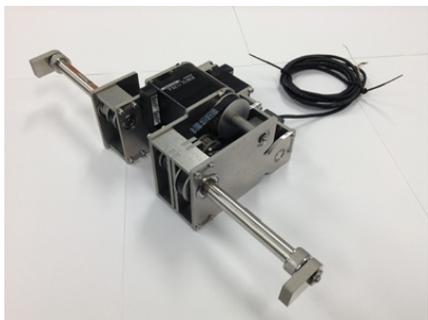


図9 テスト機体(実機)

6. 結 言

今回我々は、駆動部のテスト機体を作成した。今後はロボットの全長を決定付けるフリッパーの設計とテスト機体の軽量化を行っていく予定である。また並行して、制御部のための専用基板の開発を行っていく予定である。

参考文献

- [1] 田所 諭：文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクト：ロボット等次世代防災基盤技術の開発，日本ロボット学会誌，Vol.23，No.5，pp.541～543，(2005)
- [2] 国際レスキューシステム研究機構：レスキューロボット等次世代防災基盤技術の開発 H14～17 報告書，大都市大震災軽減化特別プロジェクト，(2003-2006)
- [3] 文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクト：レスキューロボット等次世代防災基盤技術の開発，総括成果報告書，(2007)
- [4] 横小路 泰義：レスキューロボットの操縦インタフェース - 大特「ヒューマンインタフェースグループ」の研究紹介 -，日本ロボット学会誌，Vol.22，No.5，pp.566-569，(2004)
- [5] 田所 諭：閉鎖空間内高速走行探査群ロボット，日本ロボット学会誌，Vol.27，No.10，pp.1107-1110，(2009)
- [6] 佐藤 徳孝，松野 文俊：レスキューロボット遠隔操縦インタフェース技術，日本ロボット学会誌，Vol.28，No.2，pp.156-159，(2010)
- [7] 大野 和則，城間 直司：レスキューロボットの遠隔操縦支援技術，日本ロボット学会誌，Vol.28，No.2，pp.160-163，(2010)
- [8] 前田 弘文，藤田 和友，伊藤 嘉基，小林 滋，高森 年：遠隔協調作業を目的とした共通マニピュレータの研究開発，第 14 回システムインテグレーション部門学術講演会 (SI2013)，pp.1133-1136，(2013)
- [9] 竹本 怜央，藤田 和友，伊藤 嘉基，前田 弘文：小型制御基板を用いたマニピュレータ制御，日本機械学会中国四国学生会第 44 回学生員卒業研究発表講演会講演前刷集，613，(2014)
- [10] 前田 弘文，伊藤 嘉基，小林 滋，高森 年：遠隔協調作業を目的とした共通マニピュレータの改良，第 15 回システムインテグレーション部門学術講演会 (SI2014)，pp.238-243，(2014)
- [11] 前田 弘文，伊藤 嘉基，黒住 亮太，小林 滋：災害探査活動支援用マニピュレータの研究開発 - 第 1 報：マニピュレータの開発 -，弓削商船高等専門学校紀要，Vol.37，pp.80-84，(2015)
- [12] 前田 弘文，伊藤 嘉基，黒住 亮太，小林 滋：災害探査活動支援用マニピュレータの研究開発 - 第 2 報：ROS を用いたプログラムのモジュール化 -，弓削商船高等専門学校紀要，Vol.38，pp.35-38，(2016)