

# 重点研究分野の概要

## (進捗・成果等の報告)

重点研究分野とは

「福島での課題解決」に結びつく研究を重点研究分野「foR プロジェクト」に指定しました。震災や原発事故による深刻な地域課題の解決に向け、研究が加速することが期待されます。

### (1) foR-F プロジェクト

福島県の地域課題の解決に必要な研究であるとともに、国策としても重要な研究など、特に地域・社会ニーズが高いと認知されている、将来的に大学の価値を高める(大学の特色となる)ことが見込まれると学長が判断した研究を行うプロジェクト

### (2) foR-A プロジェクト

福島県の地域課題の解決に必要な研究を行うプロジェクト

R は Research、F は Future、A は Area の頭文字。

# 環境放射能調査用水中ロボットの開発と イノベーション・コースト構想への貢献に関する研究

(実施期間：令和2年4月1日～令和3年3月31日)

代表者 共生システム理工学類 教授 高橋 隆行

## 研究の進捗状況

本プロジェクトで開発する水中ロボットの目標性能は、(1)母船を使わず岸からの投入で自立かつ自律的に往復約10km(猪苗代湖の湖岸から湖心までを想定)の調査が行えること、(2)2人で運搬可能な30kg以下の重量とすること、である。これを実現するために、以下の～のサブテーマについて研究開発を進めた。各テーマの進捗はおおむね順調ではあったが、最終年度、およびの一部に担当学生の体調不良により遅れが生じ、その結果、最終目標となるロボットを完成させることができなかった。そこで、開発が進んでいる構成要素を用いることで、当初中間目標としていた「垂直降下してサンプリングを行う水中ロボット」を本年度の最終目標として計画の見直しを行った。以下に、各サブテーマの進捗について箇条書きでまとめる。

**低レイノルズ数で有効な水中翼：**シミュレーション結果の妥当性を評価するための実験機として、電磁石を用いて錘を切り離し、模型機の水中重量を変化させることで浮上への切り替えと浮上滑空が可能となる新しい小型模型機を製作した。JAEA 楢葉遠隔技術開発センター(NARREC)にてこの模型機を用いた実験を行った結果、グライディング時に進行方向と機体の中心軸が一致していることが確認され、翼に揚力が発生しにくい状態であることが推察された。この結果の考察を進めるために、より広いエリアでロボットの位置が計測可能な福島ロボットテストフィールド(FRT)の水槽を用いた、外部からカメラで滑空の様子を撮影するシステムの構築を行った。

**PTFEを用いた浮力調整器：**新たな方式として、フッ素樹脂(PTFE)を用いた浮力調整器を飯田製作所(福島県本宮市)と共同で開発している。今年度はシール性能の安定化を目的として、様々な形状のリップリングを用いて耐圧試験およびシール時の摩擦力の計測を行った。その結果、PTFE 摺動軸を用いた浮力調整器の特性

として、浅い水深では摺動抵抗に占める摩擦力の割合が高くなり、深い水深と比較して効率が低下することがわかった。そこで、浮力調整器のブラダにPTFE製のベローズを用いて摺動部を丸ごと覆う構造とすることで浅い水深で効率が低下しない浮力調整器の開発に着手した。しかし担当学生の体調不良により試作および動作の検証に至らなかった。

**従来比で2倍の推力を持つ採泥用小型スラスト：**ブラシレスモータを直接水中に沈めてプロペラをダイレクト駆動することで、低速から高速まで駆動可能な損失の少ない軽量なスラストの開発を、沖マイクロ技研(福島県二本松市)との協力で行っている。今年度は、小型スラストに搭載するためのモータや駆動装置の再選定を行い、従来よりも小型軽量なスラストを開発した。

**姿勢制御システム：**姿勢制御システムとして、差動駆動ネジ機構を利用した姿勢制御装置を開発している。今年度は水中グライダーに搭載することを想定し、採泥時に大きく姿勢を変更するために昨年度までの錘の並進1自由度、回転1自由度に加えてもう1方向の回転を加える機構を考案した。しかし担当学生の体調不良により、試作および動作の検証などは行えなかった。

**不攪乱柱状採泥器：**「垂直降下してサンプリングを行う水中ロボット」へ搭載した。

**水中マニピュレータ：**関節に低融点合金を用いたマニピュレータの開発を行っている。今年度はアームのたわみ解析、アーム関節のセンサレス温度計測、アーム巻き取り装置の開発を行った。

**基地局との無線通信システム：**今年度は摺上川ダムおよび猪苗代湖で水上Wi-Fiシステムの長距離通信実験を行った。その結果、直線距離約5[km]でリアルタイムの動画の通信に成功した。しかし、担当している学生が体調不良により休学したため、浮体に関する検討を断念した。

**水中でのロボット位置計測システム：**これま

での検討結果に基づき、初年度に試作した計測装置の改良を行った。

**光カップリングシステム**：株式会社福島三技協、ならびに独 Fraunhofer Heinrich Hertz 研究所と共同で、集光レンズを用いない光ファイバーのみで行う新しい光通信方式の開発を進めている。今年度は、FHH 研究所より、昨年度のものよりも小型化・省電力化されている光カップリング試作機(Li-Fi Neon)を貸出してもらい通信実験を行った。結果として、以前のものに対して光学素子の出力が弱く、昨年度の実験と同じ条件(水中)で通信を行うことができなかった。

**「垂直降下してサンプリングを行う水中ロボット」**：これまでに説明した各テーマの中で、を統合し船で目的の位置まで移動し船上からロボットを水中に投下して湖底泥のサンプリングを行う水中ロボット(T-Turtle mini)を開発した。猪苗代湖での実験を行う予定である。

#### foR プロジェクトの指定及び財政的支援を受けての効果

採択を受けることで、研究の有用性を対外的に説明しやすくなるなどの効果があり、大型の外部資金獲得の際に有利に働いたと考えている。その結果として、研究員や特任助教を雇用できたことと装置の保守費を確保できた点も有益であった。また、地域企業との連携を進めることで、県内企業のロボット技術の向上を図り、イノベーション・コースト構想の実現に貢献したものと考えている。

#### 関連する研究実績

##### [ 外部資金 ]

[1] 福島県産学連携ロボット研究開発支援事業費補助金、不攪乱柱状採泥機能を有する水中グライダー型環境放射能調査用ロボットの開発、2018-20、代表、60,000 千円(3 年間)。

[2] 科研費基盤(B)、Long-term dynamics of radiocesium in aquatic ecosystems of Fukushima and Chernobyl contaminated areas、2018-20、分担(代表：Konoplev Aleksei)、7,200 千円(2018 単年)。

##### [ 論文 ]

[1] Akira Seino, Noriaki Seto, Luis Canete, Takayuki Takahashi, Long-Reach Compact Robotic Arm with LMPA Joints for Monitoring of Reactor Interior, IROS2020 TuCT6.2, 2020

##### [ 学会発表 ] 一部のみ

[1] 西出航陽, 情野瑛, 高橋隆行, 湖沼調査用グライダー型水中ロボットののための翼シミュレーション~小型模型機の試作と滑空実験~, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2020, 1A1-B04 2020

[2] 船越一希, 情野瑛, 高橋隆行, 水中ロボットののための PTFE を用いた超小型固体浮力調整器の検討, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 2020, 2B1-08, 2020