

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：令和元年5月1日～令和2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、低レイノズル数で有効な水中翼、小型浮力調整器、従来比で2倍の推力を持つ採泥用小型スラスト、ロボットの姿勢制御システム、不攪乱柱状採泥器、水中マニピュレータ、基地局との無線通信システム、水中でのロボット位置計測システム、光カップリングシステムの開発を進めている。初期の計画に対して若干の遅れはあるものの、各テーマの開発は概ね順調に進捗している。以下に、いくつかのサブテーマの進捗について抜粋して箇条書きでまとめる。

小型浮力調整器

これまで、水素吸蔵合金、炭酸ガスなどを利用した浮力調整器の開発を進めてきたが、いずれの手法も目標とする性能に達しないことが明らかとなった。そこで今年度は新たな方式として、低摩擦・超撥水材料であるフッ素樹脂 (PTFE) を用いた浮力調整器を飯田製作所 (福島県本宮市) と共同で開発することとした。基本性能を試験するための実験装置を製作し、水圧 1 [MPa] 下での PTFE の摩擦力を計測した。その結果、摩擦力が 11.55 [N] (動作効率約 93.8%) と非常に高い動作効率であることが確認できた。【受賞[3]】

従来比で 2 倍の推力を持つ採泥用小型スラスト

スラストの更なる軽量化を図るために、モータを直接水中で駆動する手法について検討を行った。当初は、カスタムモータの開発を行うことも視野に入れていたが、最終的に市販のブラシレスモータを改造する方針に転換して開発を進めた。実験の結果、通常のセンサレス・ブラシレス駆動

では 200[rpm]以下の低速回転が実現できないことが明らかとなり、沖マイクロ技研 (二本松市) と共同で磁気解析を行ってセンサ駆動方式に改造し、目的のモータが実現できる可能性を明らかにした。

ロボットの姿勢制御システム

ロボットに搭載する姿勢制御システムとして、差動駆動ネジ機構を利用した新たな姿勢制御装置を考案した。この装置は、右ネジと左ネジを向かい合わせて配置することで、ナットに固定された錘が前後に並進移動かつ、ネジの軸周りに回転移動することができる。簡易的な実験装置を試作して検証を行ったところ、本機構を用いて、実際に重心移動によって水中で姿勢を変化させることができることを確認した。

水中マニピュレータ

関節に低融点合金 (LMPA) を用いた、コンパクトに巻取り可能なマニピュレータの試作を行い、実験の結果、最大約 100 [Nm] の負荷に耐えられることが分かった。また、これまでの関節構造では、LMPA を冷却して関節が固定モードへ遷移する際に、LMPA の凝固に伴う収縮作用によって関節に空気が混入することが実験から確認された。そこで新しい関節構造を考案した結果、空気の混入を防ぐことに成功し強度が約 40% 向上した。さらに、誘導加熱を用いた加熱ユニット (LC 共振回路) の共振周波数と加熱対象物の温度の間に相関があることが確認された。これにより、共振周波数を調べることで加熱対象物の温度を測定ができる可能性を示した。【受賞[1][2]】

光カップリングシステム

福島三技協 (福島市) ならびにドイツの Fraunhofer Heinrich Hertz 研究所が開発した空中用光通信装置を用いて、水中光通信の開発を行った。実験の結果、レンズなどを用いずに光ファイバーのみで通信を行った場合でも、水中で DVD 以上 (約 10 Mbps) の高速通信が可能であることが確

認められた。

foR プロジェクトの指定及び財政的支援を受けての効果

foR プロジェクトの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。これらの費目は予算獲得が容易ではなく、研究の進捗ならびに研究環境の維持に大変有益であった。また、雇用した研究員・特任助教は、研究代表者との緊密な協力体制を構築することで、研究の推進ならびに学生教育の両面で大きな効果を挙げた。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）。

[学会発表]

[1] 瀬戸徳文、Canete Luis、情野瑛、高橋隆行、“低融点合金を用いた原子炉内部モニタリングアーム - アーム関節の構造、強度評価および加熱装置の開発 - ”、第 20 回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、2019.12。

[2] 船越一希、CANETE Luis、情野瑛、高橋隆行、野渡透一、三宅茂夫、後藤大輔、“水中ロボットののための PTFE を用いた超小型浮力調整器の検討”、第 20 回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、2019.12。
他 11 件

[受賞]

[1] 優秀講演賞、公益財団法人計測自動制御学会、学会発表[1]、【備考】発表件数 848 件（受賞件数非公開）

[2] 競基弘賞レスキュー工学奨励賞（共同で研究を実施した大学院生（瀬戸徳文））、【備考】審査対象 28 件（関連 3 セッション）中受賞 1 件（講演会全体としての発表件数 848 件）「奨励賞」という名称ではあるが、講演から選ばれる賞としては最高賞

[3] 優秀講演賞、公益財団法人計測自動制御学会、学会発表[2]、【備考】発表件数 848 件（受賞件数非公開）