

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：平成30年4月1日～平成31年3月31日)

代表者 共生システム理工学類 教授 高橋 隆行

○成果の概要

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の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、①低レイノズル数で有効な水中翼、②水素吸蔵合金を用いた浮力調整器、③従来比で 2 倍の推力を持つ採泥用小型スラスト、④ロボットの姿勢制御システム、⑤不攪乱柱状採泥器、⑥水中マニピュレータ、⑦基地局との無線通信システム、⑧水中でのロボット位置計測システムの開発を進めている。本年度は、担当学生の体調不良により中止した④⑤を除いたサブテーマについて研究開発を行った。また、研究の進捗に伴い、新たに⑨～⑩のサブテーマを追加した。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。

① 低レイノズル数で有効な水中翼

- 翼特性を計測するための小型プール (6,000L×550W×700H [mm]) を試作した。小型プール上には、翼を取り付けた台車が走行することで水中での翼に働く力を計測できるよう、6 軸力センサを搭載した。
- 模型実験機のモデル化を行い、シミュレーション環境を構築した。シミュレーションによる検討の結果、付加質量と回転方向の減衰項が安定なグライディング結果を得ることに寄与することを確認した。

② 水素吸蔵合金を用いた浮力調整器

- 金属 3D プリンタで試作した圧力容器の場合、熱伝達率が無垢材に比較して低下すること、ならびにその熱伝達に係る係数を実験的に決めることで、シミュレーションが十分な精度で行えることを確認した。
- 水素吸蔵合金を用いた浮力調整器の性能について、他の方式との比較検討を行っ

た結果、炭酸ガスポンペを用いる方式が、重量や応答速度の観点でより優れた方式であることが明らかとなった。

- 炭酸ガスポンペを用いた浮力調整器の実験機を試作し、目的の動作が行えることを確認した。
- ③ 従来比で 2 倍の推力を持つ採泥用小型スラスト
- スクリープロペラ駆動系の損失抵抗として、水中で約 6,000 [rpm] で回転するマグネットカップリングが大きな抵抗を発生していることが分かった。これを低減することで約 10%の推力改善が期待できる。この結果から、減速装置をスラスト本体内に格納することが有効であることがわかった。
 - 損失抵抗の計測は安定して行えたが、スクリープロペラの推力ならびに抵抗力の計測が安定せず、計測により約 2 倍のばらつきが発生した。これは、今後再計測を行う予定である。
- ⑥ 水中マニピュレータ
- 関節に低融点合金を用いた、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、目的の動作が実現できることを確認した。
- ⑦ 基地局との無線通信システム
- 5000[m] の Wifi 通信を実施するためにはフレネル障害断面の影響が支配的であることが明らかとなった。
 - この結果から、フレネルゾーン障害領域による損失量を推測して、アンテナ高さの設定毎に通信可能になるための改善レベルを推定することが可能になった。
- ⑧ 水中でのロボット位置計測システム
- 水上機側に送信素子、水中ロボット側に 4 個の受信素子を用いたロボット位置計測システムの第一次試作機の試作を行った。
- ⑨ 光カップリングシステム

- 現行の水中ロボット(2号機改良型)で、唯一貫通孔が必要となっている光ファイバ通信の貫通孔を省略するための「光カップリング」の実現可能性について検討を進めた。今後、サブテーマとして採択する予定である。
- ⑩ メインモジュール筐体の強度設計
 - 現行の水中ロボット(2号機改良型)のメインモジュール筐体の耐圧強度が不十分であることが明らかとなった。そこで、Solidworksの有限要素法(FEM)解析機能を利用して解析を進めた結果、現行の設計では、応力集中を生じる箇所があることが明らかとなった。
 - 耐圧強度を高めた改良設計が行えることを確認した。今後、試作ならびに検証を進める。

グレーション部門講演会, 1C2-07(CDROM), 2018.12. ⑥

[2] 船越一希, カニエテ ルイス, 高橋隆行, 湖沼調査用グライダー型小型水中ロボットの開発～炭酸ガスボンベを用いた浮力調整器の基礎的検討～, 計測自動制御学会東北支部第321回研究集会, no.321-3, 2019.2. ②
他7件

【受賞】※ 末尾の丸数字はサブテーマ番号

[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], 2019.3. ⑥

[2] 若手優秀講演フェロー賞(共同で研究を実施した大学院生(棚木瑞輝), 一般社団法人日本機械学会, 2018.6. ②

Ofor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用であった。また、財政的支援を受けたことにより、大きな試験機(翼特性測定用水槽, 約240万円)を試作できたことと研究員(プロジェクト)を雇用できた点も有益であった。これらの費目は一般的な外部資金では予算獲得が容易ではなく、研究の進捗に大変有益であった。また、雇用した研究員は、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。

○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】※ 末尾の丸数字はサブテーマ番号

[1] 瀬戸徳文・Canete Luis・高橋隆行, 原子炉内部調査用ロボットの開発～低融点合金を用いたサンプリングアームユニットの強度評価～, 第19回計測自動制御学会システムインテ