

【助成 41-07】

ROV 搭載型水中バイラテラル制御システムの開発

研究者 神戸大学大学院海事科学研究科 准教授 元井 直樹

〔研究の概要〕

海洋資源探索として Remotely Operated Vehicle (ROV) 等の水中ロボットが用いられている。ROV における水中タスクの安全性の向上および高効率化のため、視覚情報のみならず力覚情報を含む複合的な感覚情報を用いた直接的な環境への遠隔操作技術の確立が熱望されている。そこで本研究では、力覚伝送を有する遠隔制御技術であるバイラテラル制御を水中マニピュレータに実装する。そのために、[1]4自由度を有する双腕型的水中マニピュレータの設計・試作、[2]試作した水中マニピュレータを用いた重力補償機構を有する力センサレスの水中バイラテラル制御の実装・実証、[3]ROSを用いたROVによる定点保持制御技術の構築を行った。確立した技術をROVに統合実装し、実海域での実証評価試験が今後の検討課題である。

〔研究経過および成果〕

我が国のエネルギー自給率はわずか 11.8%である。また、エネルギー資源は少数国に生産が偏っており、我が国への供給構造は極めて脆弱と言える。この打開策の一つとして、我が国の排他的経済水域に存在するメタンハイドレート等の豊富な海底資源の活用が挙げられる。つまり、海底資源の探索、およびその有効活用が我が国の持続的発展のための存立基盤となりうる。海洋資源探索として Remotely Operated Vehicle (ROV) 等の水中ロボットが用いられている。しかし、水中ロボットの遠隔操作は視覚情報のみに頼り、操作性が悪く、採取する試料を破損することがある。つまり、視覚情報のみならず力覚情報を含む複合的な感覚情報を用いた直接的な環境への遠隔操作技術の確立が熱望されている。そこで本研究では、力覚伝送を有する遠隔制御技術であるバイラテラル制御の水中マニピュレータへの実装を目指した。ここでバイラテラル制御とは、力覚伝送を有する遠隔制御手法である。操作者が操作するリーダシステムと遠隔地

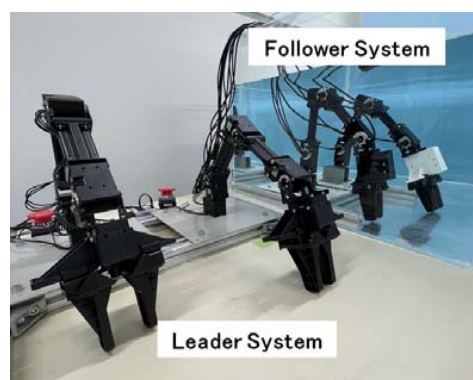


図 1 水中マニピュレータ

で環境と接触するフォロウシステムから構成される。本研究では、[1]水中マニピュレータの設計・試作、[2]重力補償機構を有する力センサレスの水中バイラテラル制御の実装、[3]ROSを用いたROVによる定点保持制御技術の構築といった 3 つの研究を実施した。

以降にて各研究に対する成果について詳述する。
[1]水中マニピュレータの設計・試作: 双腕型の水中マニピュレータシステムを目指し、リーダシステムとして水中マニピュレータを、フォロウシステムとして陸上駆動型のマニピュレータをそれぞれ 2 台設計試作した。設計試作したリーダ・フォロウシステムを図 1 に示す。

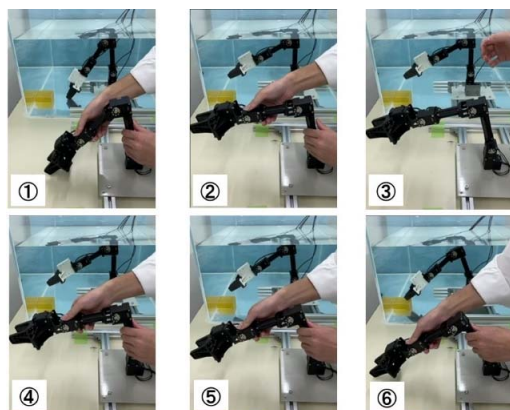


図 2 水中バイラテラル制御

リーダー・フォロシステムとともに 4 自由度であり、同構造である。なお、水中マニピュレータに関しては防水モータを利用した。また、それぞれリーダー・フォロシステムを 2 組作成することで双腕システムとしての駆動が可能であることを確認した。

[2]重力補償機構を有する水中バイラテラル制御:水中における接触環境への力覚情報を操作者に伝送可能な水中バイラテラル制御を試作した水中マニピュレータに実装し、水槽にて実証実験を行った。ここで接触環境としてはゴムブロックを用いた。図 2 に重力補償および力覚伝送の実証実験におけるスナップショットを示す。図 2-①において実験を開始し、図 2-②において水中マニピュレータを持ち上げた。図 2-③において操作者が手を放しても水中マニピュレータが静止しており、重力補償が実現できていることが分かる。さらに図 2-④および図 2-⑤において操作者の操作により、ゴムブロックに接近し、図 2-⑥にてゴムブロックへの接触動作を行った。水中バイラテラル制御を用いることで接触動作における、ゴムブロックの硬さを操作者が知覚できることを確認した。なお、本研究では基本動作を確認するため 1 組のリーダー・フォロシステムで実験を行った。また、バイラテラル制御を 2 組のリーダー・フォロシステムに各々実装することで双腕シ

テムとしての動作が可能であることも、確認済みである。

[3]ROVによる定点保持制御技術:ROV に搭載された水中マニピュレータでタスクを行うためには定点保持制御が必要となる。水中マニピュレータが接触環境に加える作用力に対する環境からの反作用力により、ROV の位置が変化してしまうためである。そこでロボットシミュレータである ROS を用いて、ROV の定点保持制御におけるシミュレーションを作成した。作成したシミュレータを用いて一定潮流における定点保持制御の精度検証、ROV の制御器検討を行った。

以上より、本研究では水中マニピュレータを設計・製作し、水中バイラテラル制御を実装することで水中環境における力覚伝送を実証した。さらに ROV における定点保持制御についても検討を行った。

[発表論文]

1. 八木 翔太郎, 元井 直樹 “重力補償を用いた水中バイラテラル制御に関する研究”, 自動制御連合講演会, 21J-3, 2024.
2. N. Motoi, and A. Yamaguchi, “Motion-Reproduction Method with Variable Reproduction Speed by Iterative Learning Control”, Proceedings of Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, pp. 1-6, 2024.
3. 田口 晴之, 元井 直樹, “自律型水中ロボットの経路追従性能向上のための外乱補償に関する研究”, 電気学会関西支部 若手研究発表会, 2024.

[受賞]

1. Naoki Motoi, Best Presentation Recognition, Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 2024.