

徳野叶人\* 李根浩\*\* 竹下千喜\*\* 椎木孝成\*\* 塔拉\*\* 村山泰清\*

(\*宮崎大学工学部, \*\*宮崎大学大学院工学研究科)

## 1. 緒言

広大な海洋には、環境調査や海洋ごみ問題など多くの課題が存在する。これらの課題解決に用いられているスクリーブオペラ式の水陸両用推進機構は、海藻やごみ、生物を巻き込むおそれがある。近年、自然界に存在する生物の構造や運動を模倣する生物模倣技術が注目されており、水上ロボットにおいても応用が進んでいる。本研究では、機動性が高く複雑な地形でも遊泳可能なカモメに着目し、その遊泳動作を模倣したパドル式推進機構を提案する。試作機による評価を通じて、同推進モデルの有効性を検証し、今後の水上移動体への応用可能性を示すことを目的とする。

## 2. カモメの遊泳動作

カモメは、水上での移動において左右一対の蹼足を用いて遊泳する。観察の結果、足を後方へ蹴る動作と前方へ戻す動作を繰り返しており、この一連の往復運動をパドルングと呼ぶ。さらに、蹴る際には水かきを大きく広げて水の抵抗を増やし、戻す際には水かきを閉じることで抵抗を抑えるという仕組みである。このように、足の開閉により水に当たる面積に差を生じさせることで、前進に必要な推進力を得ている。ここでは、後方に水を漕ぐ動作をパワーストローク、足を元に戻す動作をリカバリーストロークと定義する。本研究では、この2つのストローク間で生成される力の差に着目し、それを模倣した推進機構のモデル化を行い、実際に動作可能な試作機を開発した。

## 3. 試作機の開発

本研究において開発した試作機は、胴体と、パドルング動作を行う左右一対のパドルによって構成されている。各パドルには、前後の往復運動に加えて、開閉動作が可能な水かきを備えており、カモメの遊泳動作を模倣している。水かきには、開閉動作に必要な柔軟性を持たせるため、ビニール素材を採用した。これにより、パワーストローク時には水かきが自然に開き、水の抵抗を大きく受けて推進力を生み出す。一方、リカバリーストローク時には水かきが折りたたまれることで、抵抗を減らす構造となっている。さらに、各関節の動作には防水性のサーボモーターを用いており、これにより水中環境でも安定した動作が可能となる。サーボの回転運動は、ギア機構を用いて水かきの開閉運動へと変換されており、カモメの遊泳動作が実現されている。

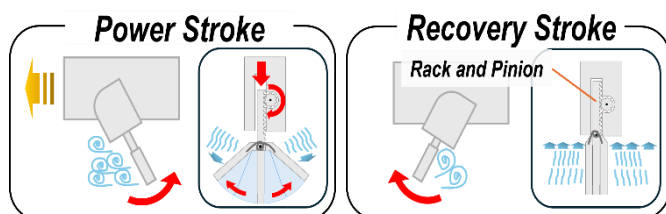


図1 各ストロークにおけるパドルングの差異

## 4. 評価実験

実際に開発した試作機を用いて、推進力が発生しているのか検証した。高い機動性を証明するために、左右のパドルング範囲を変化させ、推進方向の変化の軌道解析を行った。結果として、パワーストローク時とリカバリーストローク時におけるパドルング間で発生した力の差から、推進力が得られていることが明らかになった。また、パドルング範囲を変化させることで、直進や旋回、弧を描くような動きなど、状況に合わせた様々な動作を行うことができた。

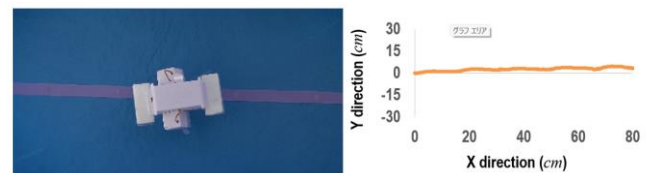


図2 直進動作の実験画像と軌道結果

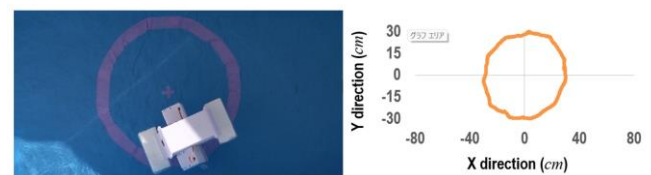


図3 旋回動作の実験画像と軌道結果

## 5. 結言

本論文では、カモメの蹼足を用いた推進機構のモデリングを行い、遊泳方法の有効性を検証した。試作機の開発、軌道解析を行い、結果としてこの遊泳方法によって推進力を生成し、多様な遊泳をすることが可能であることを明らかにした。今後は、カメラやごみを回収する機構などを導入し、複雑な地形でも作業や探査ができるロボットの実現を目指す。

## 参考文献

- [1] Y. Shen, N. Harada, S. Katagiri, and H. Tanaka, "Biomimetic Realization of a Robotic Penguin Wing: Design and Thrust Characteristics", IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol. 26, No. 5, 2020.
- [2] N. Gu, D. Wang, J. Wang, Z. Peng, and Q. Han, "Advances in Line-of-Sight Guidance for Path Following of Autonomous Marine Vehicles: An Overview", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, Vol. 53, No. 1, pp. 12–28, 2023.
- [3] S. Alben, K. Spears, S. Garth, D. Murphy, and J. Yen, "Coordination of multiple appendages in drag-based swimming", Journal of the Royal Society Interface, vol.7, no.52, pp.1545-1557, 2010.