

クランカーフィッシュの開発

小山高専水中ロボコン製作チーム2020

1. 概要

湖沼等の水環境調査のための小型水中ロボットが利用され、スラスターとして、スクルーが用いられる。スクルーの問題点として魚を傷つけたり水草を巻き込んだりするため、解決策として魚の尾ヒレを模した遊泳機構が研究されている^{[1],[2]}。尾ヒレの機構はサーボモータや複雑なリンク機構が用いられるが、エネルギー効率や小型化・軽量化に不向きである。

そこで、本研究は魚の尾ヒレの遊泳機構をクランクアームの回転と対向弾性板によるシンプルな機構で実現した。

この水中ロボットの特徴は、部品点数が少ないため小型化・軽量化に適しており、故障も少ない点である。

本稿では尾ヒレ、腹ヒレの形状変化と推進速度の関係について報告する。

2. クランク式ヒレ推進機構の動作原理

図1はクランク式ヒレ推進機構を用いた水中ロボットを示す。このロボットはクランクによりモーターの回転運動を直線往復運動に変え、さらに対向弾性板の先端部を接着することで、魚の尾ヒレのような揺動運動を再現している。図2はクランクアームと尾ヒレの動作を示す。

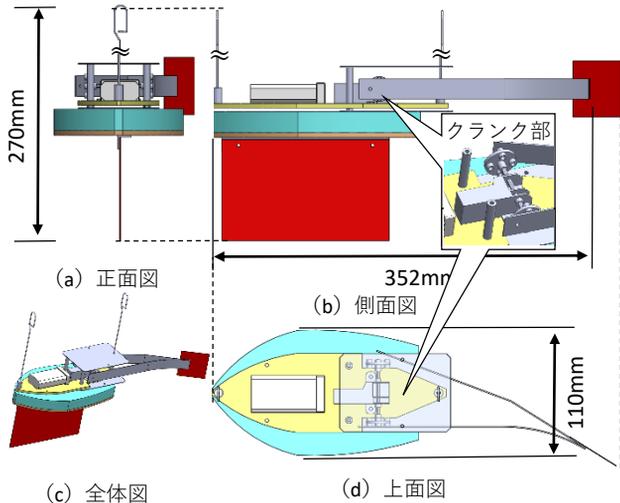


図1. ヒレ推進機構を用いた水中ロボット

表1. ロボットの仕様

大きさ	全長352mm×全幅110mm×全高65mm
重量	155g
尾ヒレ、腹ヒレ	塩化ビニル、サイズ可変
弾性板	材質：塩化ビニル、寸法：縦18mm×横205mm×厚さ0.5mm
駆動装置	タミヤ模型 ミニモータ標準ギアボックス×1個
電源	アルカリ単3乾電池1.5V×2個 直列接続

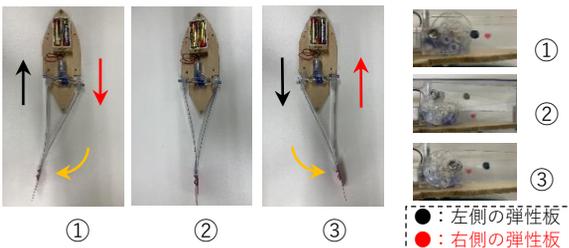


図2. クランクアームと尾ヒレの動作

- クランクアームにより、左弾性板が引き込まれ、右弾性板が押される。→尾ヒレが左へ振れる。
- クランクアームが90度回転し、左右の弾性板の先端が揃う。→尾ヒレが中心位置に戻る。
- クランクアームがさらに90度回転し、右弾性板が引き込まれ左弾性板が押される。→尾ヒレが右へ振れる。

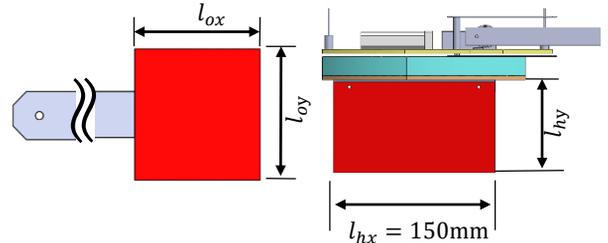
参考文献

- 平田宏一、春海一佳、瀧本忠教、田村兼吉、牧野雅彦、児玉良明、富田宏 “魚ロボットに関する基礎的研究”
 - 田中宏樹、徳久健一、木村一智、酒井貴、河村良行（福岡工業大学） “魚ロボットによる推進機構の研究”
- 高津康幸“尾ひれ推進船の設計製作を通じたモノづくり型の卒業研究”

3. ヒレの形状変化に対する推進速度の特性測定

尾ヒレおよび腹ヒレの形状による推進速度を評価するため、各ヒレの形状変化（幅、高さ）に対する水上における推進速度を測定した。実験方法は、ロボットの直進性を確保するために水面から高さ5cmの位置にワイヤーを張り、それをガイドとしてロボットを推進させる。ロボットが直線距離1m移動したときの時間を計測し、推進速度を算出した。

図3は尾ヒレ（幅： l_{ox} 、高さ： l_{oy} ）、腹ヒレ（幅： l_{hx} 、高さ： l_{hy} ）の形状を示す。表2に実験した各ヒレの寸法を示す。



(a) 尾ヒレ (b) 腹ヒレ
図3. 尾ヒレと腹ヒレの形状

表2. 実験に使用した尾ヒレおよび腹ヒレの形状

	幅 [mm]	高さ [mm]
尾ヒレ	$l_{ox} = 50, 70, 90, 110, 130, 150$	$l_{oy} = 50, 70, 90, 110, 130, 150$
腹ヒレ	$l_{hx} = 150$	$l_{hy} = 90, 120, 150, 300$

4. 実験結果

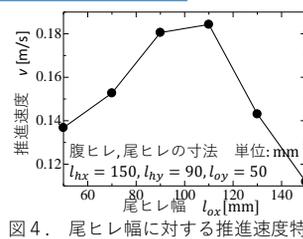


図4. 尾ヒレ幅に対する推進速度特性

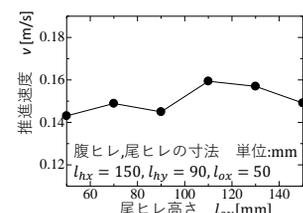


図5. 尾ヒレ高さに対する推進速度特性

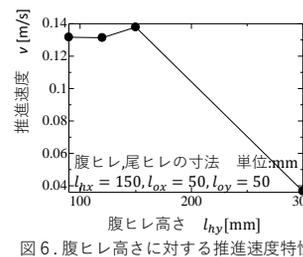


図6. 腹ヒレ高さに対する推進速度特性

腹ヒレ幅 $l_{hx} = 150\text{mm}$ 、腹ヒレ高さ $l_{hy} = 90\text{mm}$ 、尾ヒレ高さ $l_{oy} = 50\text{mm}$ の場合、推進速度は尾ヒレ幅 l_{ox} の増加に対し $l_{ox} = 110\text{mm}$ で最大速度となり、その後減少する(図4)。

腹ヒレ幅 $l_{hx} = 150\text{mm}$ 、腹ヒレ高さ $l_{hy} = 90\text{mm}$ 、尾ヒレ幅 $l_{ox} = 50\text{mm}$ の場合、推進速度は尾ヒレ高さ l_{oy} の増加に対し $l_{oy} = 110\text{mm}$ で最大速度となり、その後減少する(図5)。

腹ヒレ幅 $l_{hx} = 150\text{mm}$ 、尾ヒレ幅 $l_{ox} = 50\text{mm}$ 、尾ヒレ高さ $l_{oy} = 50\text{mm}$ の場合、推進速度は腹ヒレ高さ l_{hy} の増加に対し $l_{hy} = 150\text{mm}$ で最大となり、 $l_{hy} = 300\text{mm}$ では推進しない(図6)。

最大速度が得られた尾ヒレと腹ヒレの組み合わせを表3に示す。

表3. 最速推進速度となった尾ヒレと腹ヒレの組み合わせ

尾ヒレ幅	l_{ox} [mm]	110
尾ヒレ高さ	l_{oy} [mm]	50
腹ヒレ幅	l_{hx} [mm]	150
腹ヒレ高さ	l_{hy} [mm]	90
速度	v [m/s]	0.184

5. 今後の展開

推進速度は、尾ヒレ、腹ヒレの形状および各ヒレの組み合わせによって変化することを確認した。今後、最大速度となる各ヒレの形状、組み合わせの条件について実験より検討する。さらに、水中における推進速度の特性についても同様の実験を行う予定である。