

魚ロボット「丹頂（タンチョウ）」の運動性能

小山高専水中ロボット製作チーム2025（小山工業高等専門学校）
秋元 唯斗，福田 さくら，大根田 浩久，床井 良徳，田中 昭雄

開発コンセプト

近年，水中環境の調査のため小型水中ロボットが利用されている．水中ロボットのスラスターとして，操作性の良さから主にスクリューが用いられている．しかし，スクリュースラスターの問題点として，水棲生物を巻き込み傷つけてしまうことや水底の泥や砂を巻き上げ視界が悪くなること等が挙げられている．そこでスクリューに代わるスラスターとして魚の尾ヒレ推進を用いた水中ロボットが着目されている．

本チームでは2021年より，魚ロボットを開発し，総合的な運動性能（直進動作，旋回動作，浮沈動作）を向上させ，小さな湖沼等の水中環境調査ロボットとして実用化を目指している．

アイデアのポイント

魚ロボットの総合的な運動性能（直進遊泳速度，最小旋回半径，浮沈動作）を高めるため，2021年から開発を継続してきたクランクアームの回転と対向弾性板による尾ヒレの揺動運動機構を搭載した魚ロボット「クランカーフィッシュ」をベースに次のような改良を行った．

- 1) 鯉の体形を参考にし，**水中抵抗を低減するため投影断面積を減少**させる．
- 2) 旋回用，浮沈用のサーボモータの応答速度，振れ角の大きなものに交換し，**旋回半径を縮小と，浮沈動作の応答速度を高速化**した．
- 3) 尾ヒレについては**遊泳速度を向上**させるため，その素材，形状，厚，構造等の製作条件に着目し，3Dプリンタ等を用いて様々な尾ヒレを試作して遊泳実験より遊泳速度が最も速いものを搭載した．

上記の改良によって，「直進遊泳速度：0.55 m/s，旋回直径：50 cm，浮沈動作：水深1.3 mを潜水動作および浮上動作共に10秒以内」である．

魚ロボットの構造

図1は魚ロボットの構造を示す．大きさは，全長500mm×全幅240mm×全高210mm，重量は922g（空中）である．主な構成材料は，フレーム材はアルミニウム，真鍮およびPLA樹脂を用いた．PLA樹脂は遊泳時における水の抵抗を軽減するためのボディ部品に使用した．浮力材は高密度発泡スチロールを用いた．水密容器は食品用のタッパーを用い，タッパーの配線ケーブル貫通部分は金属製のケーブルグラントでシールドした．尾ヒレ推進用のクランクアームの動力は，小型ブラシレスモータ（京商，XSPEED 85）を用い，水中動作が可能である．旋回用サーボモータ（ハイテック，DB-777WP）はロボット中央部にあり，尾ヒレ揺動運動機構部全体を左右に動かす．浮沈用のサーボモータ（ハイテック，HS-5086WP）はロボット先端の下部に位置し，胸ヒレを上下に動かす．電源はLipo11.1 V，1500 Ahを1個使用した．操作方法是水中で遠隔操作を行うため，40MHz帯のラジコン送受信機（双葉電子工業，T6EXHP）を用いた．

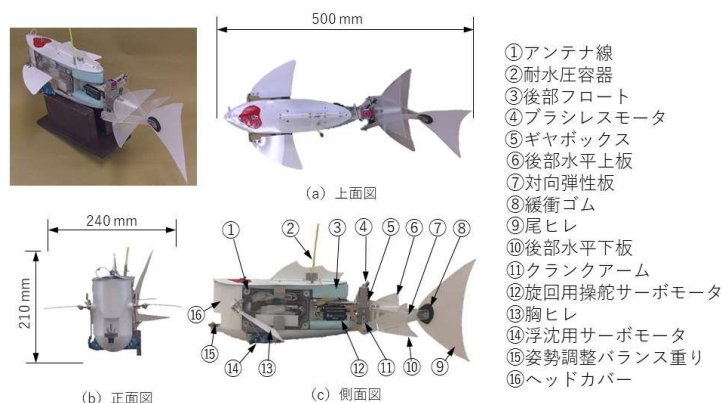


図1 魚ロボットの構造

生物模倣型魚ロボットの直進遊泳性能

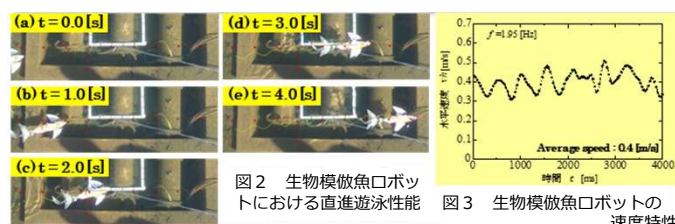


図2 生物模倣魚ロボットにおける直進遊泳性能

図3 生物模倣魚ロボットの速度特性

図2および図3より，魚ロボットの頭部にヨーイングが発生を確認できるが，直進遊泳を行っている．

生物模倣型魚ロボットの旋回性能

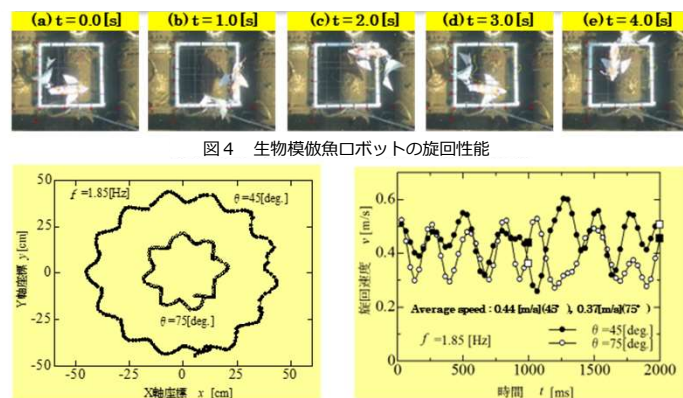


図4 生物模倣魚ロボットの旋回性能

(1) 遊泳軌跡 (2) 旋回速度の変化

図4より，全長500 [mm]の大型機体が良好な旋回性能を有している．
図5より，胴体屈曲角度 θ に依存せず，円形に近い軌道で元の位置に，正確に戻る

実験結果

- 直進遊泳では，先端部にヨーイング（左右の揺れ）が見られたが，全体としては安定した直進が可能であり，自然界の魚の動きに近い挙動を再現している．
- 旋回時には胴体屈曲角 θ を変化させても，旋回軌道の再現性が高く，円形に近い軌道で元の位置に戻る．これは制御性の良さを示すものである．

以上のことから，本魚ロボットは「自然な動き」と「高い制御性」を実現しており，バイオメテックス（生物模倣）設計の有効性が確認された．

まとめ

魚ロボット「丹頂」は，フォルム，尾ヒレの形状等に改良を加えた．それにより，遊泳速度・旋回動作・浮沈動作について総合的にのバランスの取れた運動性能を実現している．

今後は，自律制御の導入や映像撮影装置を搭載し水中環境調査性能の拡張し，実用化を目指した改良を行う予定である．