

# バイオインスパイアードアクアロボット Moonswim III



信州大学 小林研究室  
 小林俊一(教員), 小林千知(大学院1年), 勝原章吾(学部4年)

## 開発背景

### スクリュプロペラの問題点

- 水中の生物に対する危険性
- 激しい攪拌による汚泥の巻き上げ
- 水質汚染の促進

スクリュプロペラの欠点を補う  
 新たな推進機構

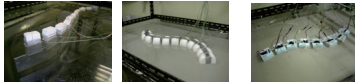
### 生物の泳ぎを規範とした推進



多リンク水中推進機構の開発

### 多リンク水中推進機構

- さまざまな運動パターンでの周期的運動が可能
- 多リンク系の構造であることからマニピュレータに応用可能
- 高粘性流体における推進が可能
- 蛇行運動のため水陸両用の移動機構にも発展可能

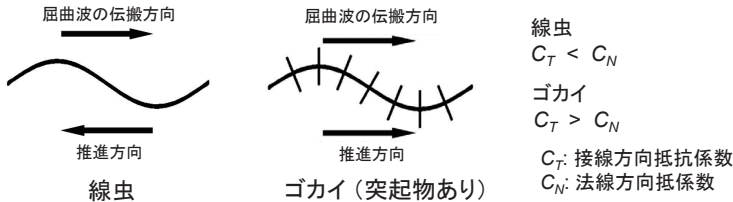


### 問題点

- 機動性が低い
- 方向転換が困難

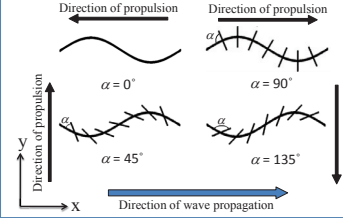
### 線虫とゴカイの推進

ゴカイの泳ぎにインスパイアードされた水中ロボット Moonswim 開発のきっかけ



## Moomswimのコンセプト・特長

突起物の角度による推進方向の変化

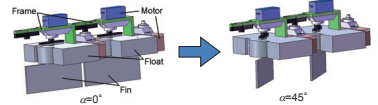
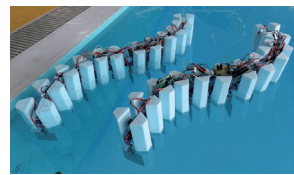


(突起物の角度の変化により),  
**前進遊泳するような屈曲運動を変更せずに, どんな方向にも遊泳可能!**

(参考) Moonwalk: 前に歩いているように見せながら後ろに滑る

目的  
 多リンク水中推進機構によるロボットの機動性の向上, 方向転換の改善

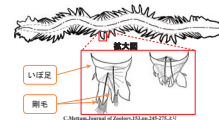
## Moomswim I



水中にあるフィンの角度を変更して全方向に遊泳可能!

## Moomswim II

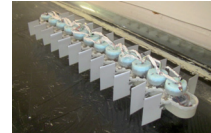
実際にゴカイの遊泳を観察・解析



ゴカイのいぼ足は能動的に運動

- 屈曲のくねりが山になる部分で水を強く動作(パワーストローク)
- 屈曲のくねりが谷になる部分で位置をゆっくと戻す動作(リカバリーストローク)

ゴカイのいぼ足に相当するフィンを用意, Moonswim I の動作に加えてフィンの能動的な動作も可能に!



ユニット数	12
全長 (mm)	900
1リンク長 (mm)	100
マイコン数 (PIC16F648A)	13
モータ数 (屈曲用: JR PROPO DSR8901, フィン駆動用: HI TEC HS-5085MG)	13, 24
フィン幅 w (mm)	30~90
フィン高さ (mm)	166
重量 (kg)	約 4.5

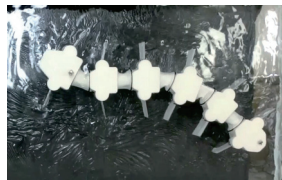
推進速度の増加  
 フィンのパワーストロークによる推進が支配的

## Moonswim III

### 開発目的

Moonswim II の「防水性」「メンテナンス性・信頼性」を向上させ, トラブルの多かった Moonswim II で検討出来なかった推進特性(屈曲波形・フィンの形状と剛性・フィンの運動に対する影響), 流れの可視化, 水深の制御などに取り組む。

### 構成

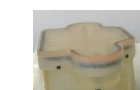


現在は6ユニット分が完成

ユニット数	6
全長 (mm)	800
1リンク長 (mm)	90
モータ数	15
フィン幅 (mm)	63
フィン高さ (mm)	70
重量 (kg)	3.6

### 「防水性」

ユニット間: 柔軟なウレタンゲルのチューブを使用  
 「メンテナンス性・信頼性」



ユニットの蓋はゴムパッキン使用



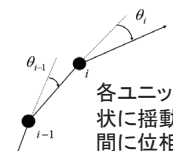
オイルシールの使用

### 屈曲とフィンの動作

屈曲波形: サーペノイド曲線

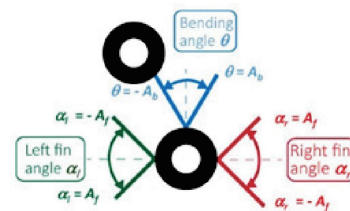
$$q_i = A \sin(\omega t + f_i)$$

$\theta_i$ : 偏角  $A$ : 振幅  $\omega$ : 角周波数  $t$ : 時間  $\varphi_i$ : 位相差

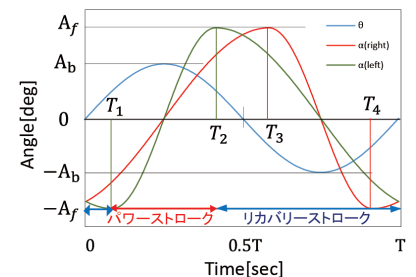


各ユニットは正弦波状に揺動, ユニット間に位相差を設ける

屈曲とフィンの動きの関係



屈曲角  $\theta$  とフィン角度  $\alpha$



ユニット運動1周期における屈曲角  $\theta$  とフィン角度  $\alpha$

フィンはゴカイのイボ足と同様に運動, パワーストロークとリカバリーストロークの速度比は2:1

### 今後の課題

ユニット増設, 推進特性の詳細な検討, 流れの可視化, 水深制御の確立(浮力・フィンの揚力), PC-モータ間の通信

スマートアクチュエータ(DYNAMIXEL AX-12)使用  
 モータ・減速機・コントローラ・ドライバ・ネットワークを一体化  
 シリアル接続・モータ情報のモニタリング可能

プログラム開発環境  
 open CM IED (C言語)

