

課 題 名	ドルフィンキック式推進機構を用いた水中探査機の開発 Development of Underwater Probe Robot with Dolphin Kick Propulsion System
-------------	--

総合情報学科1年 南木 由華
先端工学基礎課程1年 福田 優太郎
知能機械工学科2年 室谷 英明
先端工学基礎課程1年 森 英之
知能機械工学科1年 渡辺 莉菜

指導教員 未定

特許検討中

ドルフィンキック式推進機構を用いた水中探査機の開発

総合情報学科1年 南木 由華
先端工学基礎課程1年 福田 優太郎
知能機械工学科2年 室谷 英明
先端工学基礎課程1年 森 英之
知能機械工学科1年 渡辺 莉菜

1 研究背景

水中探査機の役割は、水棲生物の生態、水中の環境、水中の建造物の調査などが挙げられる。今日、水中探査機のスラスタの多くがスクリューであり問題点として、スクリューを回転させることによる海底の沈殿物や海藻の巻き上げなどが起こり、水中環境へ多大なストレスを与えていることなどが考えられる。また、水棲生物の調査においては認知度の高い生物であっても、生活環境が水中であるために生態のほとんどが解明されていない。よって、水中探査機において水中での効率の良いかつ柔軟な推進方法の確立、水棲生物の調査に適した外装や機能の開発が課題となっている。

2 研究目的

水棲生物の推進方法を用い、燃費効率の良いスラスタの開発とともに環境へのストレスを最小化した水中探査機を製作する。

3 研究動機

生物はより低燃費で効率良く生きることができるように進化しているはずである。中でもイルカやマグロなど、海の中を回遊する生物は、より少ないエネルギーで長期にわたって泳ぎ続けられるよう進化を遂げてきた。これらの生物の動きを再現度高く取り込み、エネルギーの消費をより減らすことができたなら、長期に渡る海洋調査にも用いることのできる水中探査機が作れるのではないかと考えた。また、もともと自然界に存在している動きを取り入れることで、スクリューなどが生態調査等において水棲生物へ与えてしまうストレスや水中環境(海草など)の破壊の改善につながると考えた。

4 本研究の提案

4.1 推進機構

ドルフィンキックの動きは角度や速度をプログラミングしたマイコンボードからサーボモータに指令を送り、往復運動させ、動力を得る。各々のサーボモータを制御することによって前進・潜水・旋回の動力を得る。

Fig.4.1.1 のサーボモータを用いて、前進させる。Fig.4.1.1 のサーボモータの周期をずらし、角度を少しずつ連続に変化させて動かすことによって周囲流体を後方に押しやりその反作用として、推進力を得て前進している。

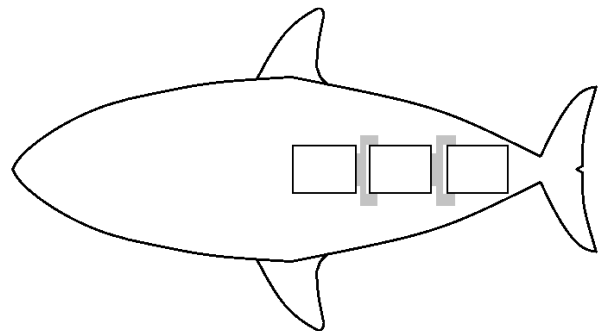


Fig.4.1.1 推進機構部の模式図

また、胸ビレを用いて旋回させる。左右に対象についている胸ビレを Fig.4.1.2 の右の胸ビレを矢印の方向に回転することによって、右旋回の補助を行う。同様に、左旋回も左胸ビレを矢印の方向に回転させることによって行う。

また、潜水・浮上も胸ビレを用いて行う。Fig.4.1.2 の胸ビレを矢印の方向に回転させ、水中から受ける抵抗を利用し潜水させる。

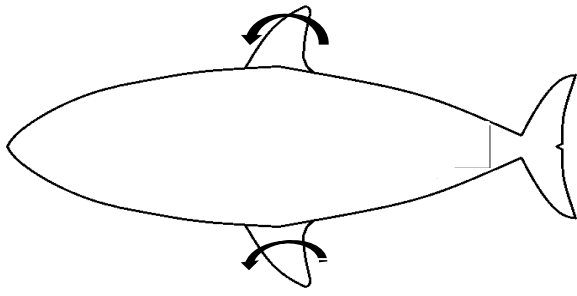


Fig.4.1.2 旋回・潜水部の模式図

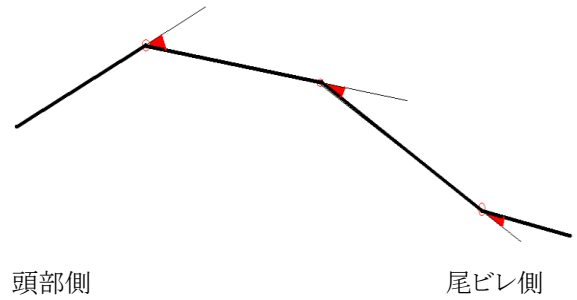


Fig.4.1.4 角度の決定測定位置

ドルフィンキックの再現において、参考資料にあった図をもとに尾ビレの末端から等間隔ごとに3点を打ち、それぞれサーボモータに対応させた。その末端3点を順に結び角度を測定した。これらを Fig4.1.4、Table.4.1.1 にまとめた。その結果が、Fig.4.1.3 である。再現するために、時間内に角度を少しずつ連続的に変化させることによって再現した。ひとくくりの動きごとの時間は送信機側から変化できるようになっているので、尾ビレの振る速さを変化させ、回数を増やすことでロボット本体の速度を調節できると考えた。

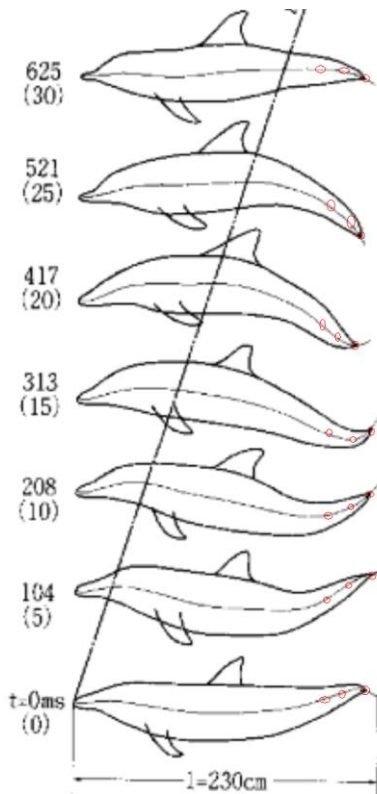


Fig.4.1.3 イルカの泳法

(ms)	最初の値 (度)	最後の値 (度)	変化量 (度)
0~104	13,-3,-43	6,25,-15	-7,28,28
104~208	6, 25,-15	-6,34,21	-12,9,36
208~313	-6,34,21	-22,26,57	-16,-8,36
313~417	-22,26,57	-30,0,45	-8,-26,-12
417~521	-30,0,45	-20,-22,-21	10,-22,-66
521~625	-20,-22,-21	0,-10,-20	20,12,1
625~0	0,-10,-20	13,-3,-43	13,7,-23

Table4.1.1 Fig4.1.4 の角度の変位

4.2 制御系

本体は、サーボモータを3個連結させる。さらに、それぞれ胸ビレを制御するためのサーボモータが付ける。そこで制御部は、無線で送られてくる信号からサーボモータに出力する信号に変換し、5個のサーボモータを制御する。また、本体の傾きなどの誤差を修正するためセンサを用いてフィードバックさせることも必要である。そのことに際し、マイコンボードである Arduino、陸上用の送受信機、加速度センサを用いる。

送信機からの信号は受信機に伝わり、そこで Arduino を用いて信号を読み取り、センサからの値を考慮しつつ制御信号に変換する。送受信機は4chなので、4つの信号が読み取れるが、そのうちの3つを使用し動きを制御する。3つに信号は、潜水動作、旋回動作、本体の速さ制御に用いている。したがって、3つの信号からの制御を連続的に行うことにより、制御量と動作を対応させる。受信機から読み取れる信号は、PWM (Pulse Width Modulation) と呼ばれるON、OFFの信号の比を調節し

て制御しているもので、サーボモータの制御信号でもある。メーカーによって異なるので、私たちの使用するFUTABAのニュートラルの信号の値を求め、そこで読み取れる信号から基準とする値を決定し、スティックの変化量を読み取ることにする。また、Arduino で信号を読み取るためにパルスを読み取るための関数である `PulseIn` 関数を用いる。サーボモータの制御には、簡単にサーボモータを制御できる `Servo` ライブラリを用いる。

4.3 回路系

回路は Fig.4.6.1 の通りである。コンデンサは、電圧降下を防ぐために組み込む。Arduino とサーボモータの電源は別となっていて、GND は共通化してある。また、サーボモータのバッテリーは並列につないであり、稼働時間が長くなるようにしてある。Arduino は推奨電圧が7~20V となっているため、最低でも電池が4本必要である。バッテリーを直接つなぐことも可能であるが、電力が足りなくなったときに Arduino が再起動してしまい、制御が途切れてしまうので電源は別系統とする。受信機には Arduino の5V 端子と GND 端子から供給している。加速度センサにも同様に電力を供給している。サーボモータには、Arduino のデジタルピンを5つ、受信機からの信号読み取りのためにデジタルピンを3つ、加速度センサにはアナログピンを3つ割り当ててある。

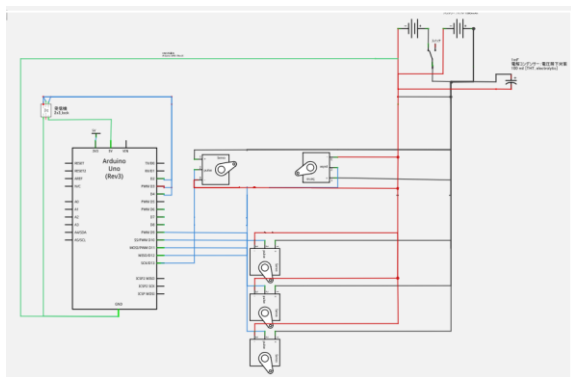


Fig.4.3.1 機体の回路

4.4 本体設計

使用を考えている機器は、以下の通りである。

サーボモータ	HS-646WP(HITEC)
制御基板	ArduinoUNO
バッテリー	ハイペリオン HP-LG325-1100-2S CX G3 25C/45C 1100mAh 7.4V 2S
プロポ	ATTACK 4WD(タミヤ)
防水ボックス	AD 型防水・防塵アルミダイキャストボックス AD10-10-8(タカチ)

Table.4.4.1 使用機器表



Fig.4.4.1 使用するサーボモータ



Fig.4.4.2 使用する制御基板



Fig.4.4.3 使用するバッテリー

防水サーボモータを使用することで、制御基板、バッテリー、受信機のみを防水する仕様にする。
設計図は以下の通りである(設計ソフト SolidWorks)。

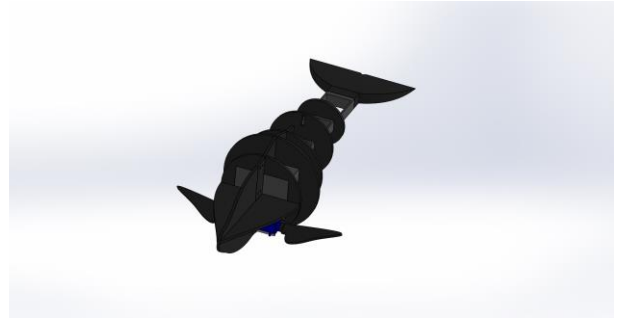


Fig4.4.5 設計図1



Fig4.4.4 使用するプロポ

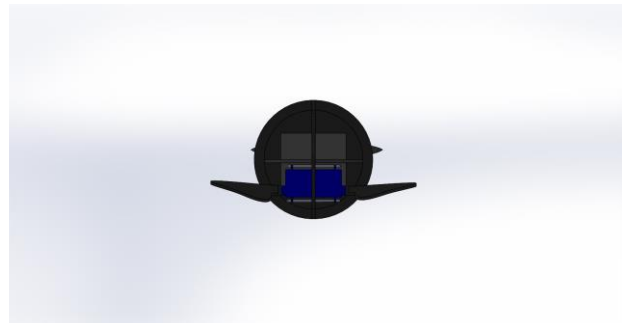


Fig.4.4.6 設計図2

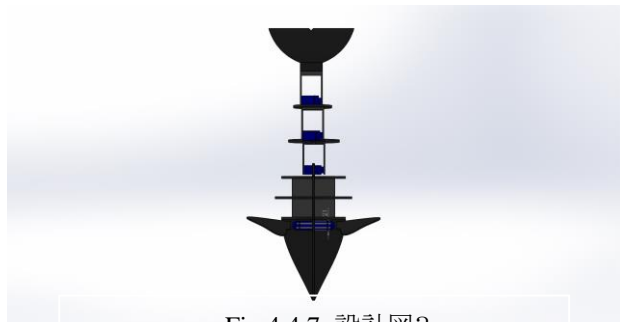


Fig.4.4.7 設計図3

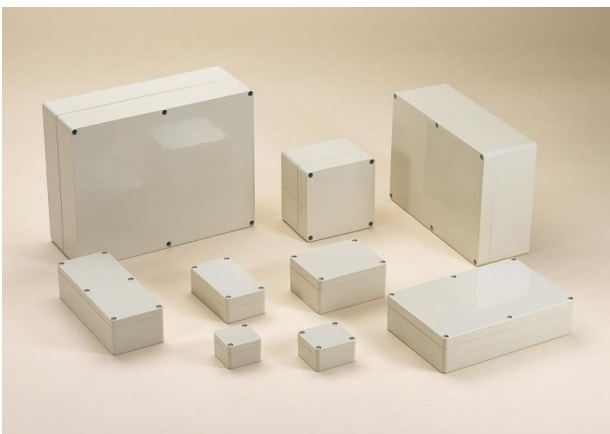


Fig4.4.5 使用する防水ボックス

5 研究計画

5.1 予算

商品名	単 価 (円)	個数	小 計 (円)
HS-646WP(HITEC)	7020	5	35100
ArduinoUNO	3280	1	3280
ATTACK 4WD(タミヤ)	15750	1	15750
ハイペリオン HP-LG325-1100-2S CX G3 25C/45C 1100mAh 7.4V 2S	1648	2	3296
AD 型防水・防塵アルミダイキャストボックス AD10-10-8 (タカチ)	5590	1	5590
合計			63016

Table.5.1.1 予算表

その他消耗品や検討中の Web カメラなどに費用がかかる。

5.2 研究計画

6月 本体組立 推進、旋回、潜水の仮プログラム作成
7月 防水 プロボ導入
8月 水中実験・調整
9月 JAMSTEC 水中ロボコンへの参加 カメラ導入
10月～ 改良等

6 おわりに

イルカロボットは海洋生物研究を飛躍的に伸ばす可能性を秘めている。これまでも潜水探査機による短期間一地域の調査、GPSを海生生物に取り付けて位置情報のみを取得するなどの手法で研究が行われてきた。前述したとおり、未だにダイオウイカやリュウグノツカイ、ペンギン、ホオジロザメのような海生生物だけでなくアジ、サバ、イワシといった食卓に並ぶようなポピュラーな魚の生態は実はよく分かっていない。スクルー型の探査機では海生生物に警戒されて海生生物のありのままの姿も捉えることは難しかった。しかしイルカロボットは、動物

由来の動きを取り入れており、限られたバッテリーで長期間大規模な遊泳が可能である。そのため今まで失われてきた海の情報をイルカロボットは取得できる。たとえば北太平洋を泳ぐイワシの魚群に1週間密着して調査できるようになる。イルカロボットは21世紀の海洋研究を切り開くブレイクスルーとしての活躍が期待される。

参考文献

- [1] Arduino 公式 HP
(<http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>)
- [2] HITECMULTIPLEX 公式 HP
(<http://www.hitecrd.co.jp/products/hitec/servo/32646.html>)
- [3] 双葉電子公式 HP
(<http://www.f-sangyo.co.jp/shopdetail/076002000082/076002/X/page1/brandname/>)
- [4] TAMIYA 公式 HP
(http://www.tamiya.com/japan/robocon/robo_parts/dmd_t03/attack4wd.htm)
- [5] イルカに学ぶ流体力学 永井実(オーム社)
- [6] ハイテク兵器の物理学 (財)防衛技+術協会編