

M3 工作実習 3

アクアメカトロニクス

目次

1章 概要	4
2章 配管組立	5
2-1. 目的	5
2-2. 組立順序	5
2-3 実験	6
2-3-1 目的	6
2-3-2 方法	6
2-3-3 片づけ	6
2-4 レポート	6
3章 大気圧と水圧	7
3-1. 目的	7
3-2. 大気圧について	7
3-2-1 大気圧	7
3-2-2 大気の厚さ	8
3-2-3 密閉空間での大気圧	9
3-3 水圧について	10
3-3-1 水圧	10
3-3-2 圧力のかかる方向と強さ	10
3-4 水圧に関する実験	11
3-4-1 目的	11
3-4-2 実験方法	11
2-4-3 課題	12
4章 浮力と水の抵抗	13
4-1 目的	13
4-2 浮力について	13
4-3 実験1	14
4-3-1 目的	14
4-3-2 方法	14
4-4 水の抵抗について	14
4-5 実験2	15
4-5-1 目的	15
4-5-2 方法	15
4-6 課題	15
4-7 レポート	16

5 章 波と中間浮力.....	17
5-1 目的.....	17
5-2 波について.....	17
5-2-1 波の表現方法.....	17
5-2-2 波の合成.....	17
5-2-3 横波と縦波.....	18
5-2-4 固有振動数に関する実験.....	18
5-2-5 音に関する実験.....	19
5-3 中間浮力について.....	19
5-4 中間浮力の確認実験と小型水中ドローンの操縦.....	20
5-4-1 目的.....	20
5-4-2 方法.....	20
5-5 レポート.....	20

更新履歴

2016/xx/yy 作成

2018/03/08 5-4 を変更

1 章 概要

以下を行う.

1 週目：配管組立

2 週目：大気圧及び水圧について，水圧の実験

3 週目：浮力及び水の抵抗についてと実験（円筒水槽）

4 週目：波について，中間浮力について，中間浮力に関する実験（大水槽）

5 週目：レポート作成

※1 週目の配管組立は，別の週でも構わない.

※3 週目は，円筒水槽が藤本研究室にあるため，藤本研究室で行う.

2章 配管組立

2-1. 目的

配管組立を通して、工具の使用方法を学ぶ。

2-2. 組立順序

完成品を図 2-1 に示す。2 班に分けて行うが、①、②までは、2 班一緒に行う（工具の数が少ないため）。なお、①と②の工程は図 3-1 の A 部分の製作であり、③の工程は B 部分の製作である。

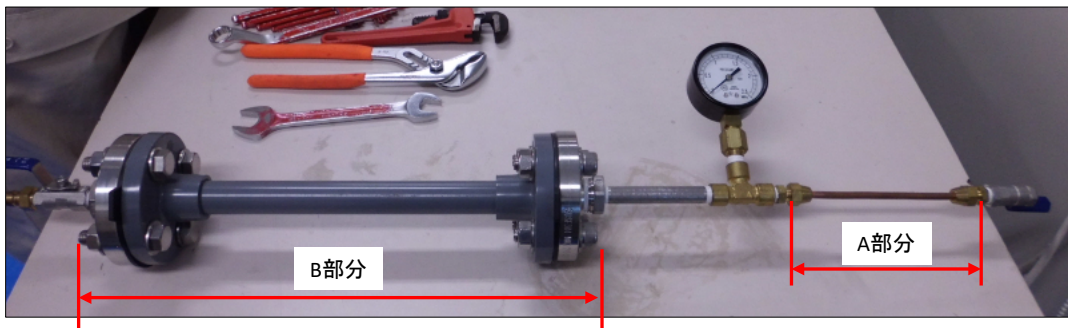


図 2-1 配管完成写真

- ① 銅管を 150 [mm]程度で切る。
(切断面のバリ取りも行う)
使用工具：パイプカッター、リーマー
 - ② ①で切った銅管をフレア加工する。
(片側を加工した後、ナットを入れておくことを忘れずに)
使用工具：フレアツール（フレアリングツール）
 - ③ B 部分を製作する。図 2-2 を参照。ボルトの向きに注意。
ボルトとナットが緩んだとき、ボルトが落ちるように
ナットを上、ボルトを下にする。
使用工具：メガネレンチ、六角レンチ、スパナ、
モンキーレンチ、ウォーターポンププライヤー、
パイプレンチなど
 - ④ シーリングテープをボルトのオス側に巻く。
 - ⑤ その他の物を取り付ける。
ただし、メータは高価なため最後に取り付ける。
- 以上。

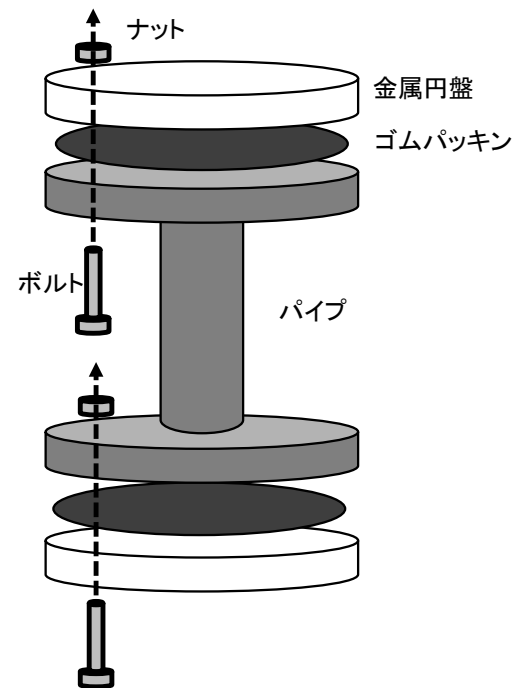


図 2-2 B 部分製作

2-3 実験

2-3-1 目的

製作した配管に水を流し、圧力をかけ、各部をしっかりと製作できているか確認する。

2-3-2 方法

- ① ポンプと製作した配管をつなぐ。
- ② ポンプで水を送り、配管の先端から水が出るまで、ポンプで水を送る。
そして、水が先端から出たら、出ているときに先端のレバーを閉じる。
- ③ メータを確認しながら、0.25 [MPa]になるまで水を送る。水漏れがないか確認。
- ④ 同様に、0.5 [MPa]になるまで水を送る。0.5[MPa]になったら、配管の根元のレバーを倒し、配管とポンプを切り離す。
- ⑤ 最後に配管を振って水漏れがないか確認する。さらに、1分程度まって、メータの目盛が下がらないことを確認する。

2-3-3 片づけ

- ・製作した配管を元のようにバラバラにする。
- ・ボルト、ナットについてのシーリングテープは、マイナスイライバなどできれいに取る。
- ・金属部品はさびないように、水滴を布で良く拭き取らせ、その後、エアーコンプレッサを使用し、水気を飛ばす。
- ・銅管は、フレア加工してあるので、パイプカッターを用い切る。
(フレア加工部分の近くをパイプカッターで切ると、再利用できる)

2-4 レポート

レポートは以下のようにまとめさせる。

1. 目的
2. 使用機器 ※図と使い方を書く
3. 組立方法
4. 評価試験
5. 考察

3章 大気圧と水圧

3-1. 目的

大気圧と水圧について学習し，その違いを理解する．また，水圧に関する実験を行い，物体がどの程度水圧を受けるかを理解する．

3-2. 大気圧について

3-2-1 大気圧

図 3-1 のように，人が受ける空気の力を大気圧と呼ぶ．
(大気圧は，身長が高い人と低い人で厳密には異なる)
大気圧は，以下のように求められる．

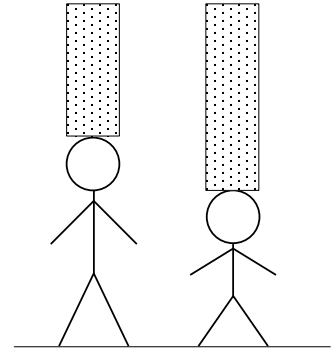


図 3-1 大気圧の概要図

大気圧がかかる面積を $A[\text{m}^2]$ ，その面積にかかる力を $F[\text{N}]$ とすると，大気圧 $P[\text{N}/\text{m}^2]$ は(1)式で表される．

$$P = \frac{F}{A} \quad \dots (1)$$

かかる力 F は，空気の質量を $m[\text{kg}]$ ，重力加速度を $g[\text{m}/\text{s}^2]$ とすると，(2)式で表せる．

$$F = mg \quad \dots (2)$$

(1)式と(2)式から，(3)式となる．

$$P = \frac{m g}{A} \quad \dots (3)$$

※補足： $1[\text{N}] = 1[\text{kg m}/\text{s}^2]$

$1[\text{kgf}] = 9.8[\text{N}]$ ($1[\text{kgf}]$ は， $1[\text{kg}]$ の物体が受ける重力の大きさ)

ここで、空気の質量 m は、 $1000 \text{ [cm}^3\text{]}$ で約 1 [g] と言われている。

(※図 2 を用い、説明しても良い。)

1 [g] は、 10^{-3} [kg] であり、 10 [cm] は、 10^{-1} [m] であるから、
重力加速度を $9.8 \text{ [m/s}^2\text{]}$ とすると、図 3-2 の空気による大気圧は、

$$P = \frac{10^{-3} \times 9.8}{(10^{-1})^2} = \frac{10^{-3} \times 9.8}{10^{-2}} = 0.98 \approx 1 \text{ [N/m}^2\text{]} = 1 \text{ [Pa]}$$

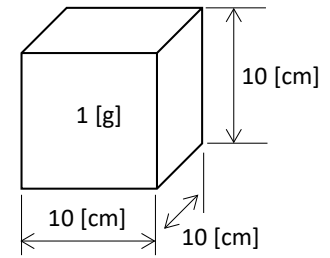


図 3-2 空気の質量

なお、水の密度 $\rho_w \text{ [kg/m}^3\text{]}$ は、質量を体積で割ればよいので、図 3-2 から、以下となる。

$$\rho_w = \frac{10^{-3}}{(10^{-1})^3} = 1 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

さらに、地表付近の気圧を 1 気圧と呼び、 $[\text{Pa}]$ で表すと、 101300 [Pa] となる。一般的には、 $[\text{hPa}]$ を用い、 1013 [hPa] で表される (※h は「ヘクト」と呼ぶ)。

$$1 \text{ [気圧]} = 101300 \text{ [Pa]} = 1013 \text{ [hPa]}$$

3-2-2 大気の厚さ

地表付近の大気圧が 101300 [Pa] のとき、大気層の厚さを求める。重力加速度 g を $10 \text{ [m/s}^2\text{]}$ (9.8 だが、 10 とする) とする。※課題としても良い

大気の厚さを $h \text{ [m]}$ とすると、体積 $V \text{ [m}^3\text{]}$ と面積 $A \text{ [m}^2\text{]}$ との関係は、

$$V = A h \cdots \cdots (4)$$

(4) 式を A について解き、(3) 式に代入すると、

$$P = \frac{mg}{A} = \frac{mg}{\frac{V}{h}} = \frac{mgh}{V}$$

これを h について解くと、

$$h = \frac{PV}{mg} \cdots \cdots (5)$$

図 3-2 から m と V は求められるので、大気の厚さ h は次のように求められる。

$$h = \frac{101300 \times (10^{-1})^3}{10^{-3} \times 10} = 10130 \text{ [m]} = 10.13 \text{ [km]}$$

しかし、実際に大気層の厚さは、約 500 [km] である。これは、大気の密度が一定ではないからである。

3-2-3 密閉空間での大気圧

図 3-3 のように，A, B, C の三人がいる．A は開けた場所におり，B は屋根がある場所，C は密閉された場所にいる．

A と B は，同じ大気圧を受ける．B の上には屋根があるが，大気は回り込むため A と同じ大気圧を受けることになる．C と B (または A) は，別の大気圧を受ける．これは，C が密室にいるためである．C のような状況は，例えば飛行機の中などがある．

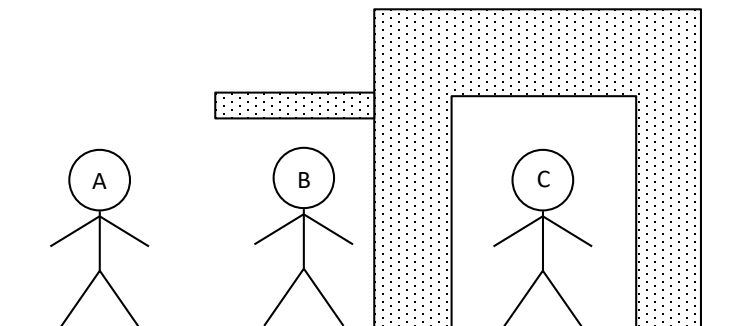


図 3-3 密閉空間での大気圧

3-3 水圧について

3-3-1 水圧

基本的には、大気圧と同じである。図 3-4 のような 1000 [cm³]の水の質量は、おおよそ 1 [kg]である。

この水による圧力は、(3)式を用い算出できる。

$$P = \frac{1 \times 9.8}{(10^{-1})^2} = \frac{1 \times 9.8}{10^{-2}} = 980 \text{ [Pa]} \approx 1000 \text{ [Pa]} = 10 \text{ [hPa]}$$

空気に比べ、水の方が 1000 倍高い。

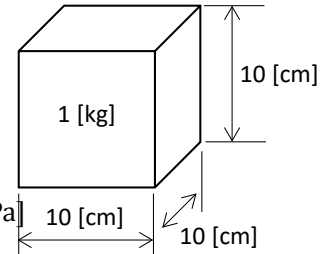


図 3-4 水の質量

3-3-2 圧力のかかる方向と強さ

水圧は、全ての方向から同じだけの圧力がかかる (図 3-5)。また、上の方が水圧が低く、下の方が強い。このため、物体を置くと、物体は圧力の弱い上の方へ移動してしまうが、実際には重力があるため、そのようにはならない。

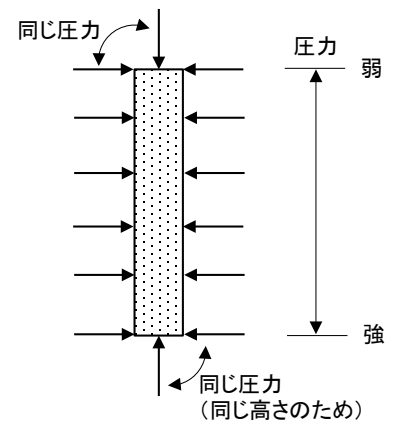


図 3-5 水圧の方向と強さ

3-4 水圧に関する実験

3-4-1 目的

実験 1 円筒管に小さい円筒管（密閉したもの）を入れ，水圧によりどうなるか観察する。

実験 2 円筒管に重り付き発砲スチロールを入れ，水圧によりどうなるか観察する。

※実験 1 と 2 は同時に行う。

3-4-2 実験方法

① 学生に小さい円筒管を作成させる（図 3-6）

金属円板 2 枚と樹脂製パイプを，ボンド（グルーガン）で接着。

このとき，中に紙を入れておく。

※グルーガンは，3-3-2 節を説明しているときに

電源を入れ，温めておくとい

② 円筒管に水を入れ，蓋をする。

※蓋はボルトで締めるが，これは学生にやらせる。

③ 円筒管に「①で作成した小さい円筒管」と
「重り付き発砲スチロール」を入れる（図 3-7）。

④ ポンプを使い，円筒管に水を追加し，水を充満させる。

※ポンプに付属している水圧計が 0[MPa]になっていることを確認。

このとき，発砲スチロールは浮いている。

⑤ 発砲スチロールのサイズ（縦，横，高さ）を，
メジャーを使用し，学生に測らせる。

⑥ ポンプを使用し水を入れ，発砲スチロールが
浮いている状態にする（円筒管の中央くらいに

位置するようにする）。

⑦ 水圧及び発砲スチロールのサイズ（縦，横，高さ）を計測する。

⑧ ポンプを使用し水を入れ，水圧が 0.5[MPa]になるようにする。

⑨ 水を抜き，発砲スチロールと小さい円筒管を取り出し，
小さい円筒管がどのようになっているかを観察させる（水が入っているか）。

⑩ 片づけを行う。

※金属円板やボルトなどは，丁寧に拭かせる。一応，エアーコンプレッサを使い，水を飛ばしておく。



図 3-6 小さい円筒管

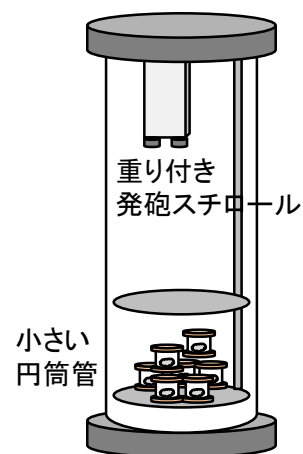


図 3-7 実験中の円筒管

2-4-3 課題

浮力について説明を行い、次の課題を出す。

- ① 初期状態と発砲スチロールが浮いた状態（浮力と重力が釣り合った状態）のときの発砲スチロールの浮力を求めよ。
- ② 発砲スチロールに付いている重りの質量を求めよ（発砲スチロールの質量は0[kg]とする）。

○浮力について

浮力[Pa]は、物体の体積 $V[\text{m}^3]$ 、密度 $\rho[\text{kg}/\text{m}^3]$ 、重力加速度 $g[\text{m}/\text{s}^2]$ を用い、(6)式で表される。

$$F = \rho V g \quad \dots (6)$$

なお、水の密度 ρ_w は、水の質量を体積で割ると求められるため、図2-4より次のとなる。

$$\rho_w = \frac{1}{(10^{-1})^3} = 1000 \quad [\text{kg}/\text{m}^3]$$

また、発砲スチロールが浮いている状態は、重力と浮力が釣り合っているため、(7)式が成り立つ。

$$mg = \rho V g \quad \dots (7)$$

さらに、重力加速度 g を消すと、結局(8)式となり質量を求める式となる。

$$m = \rho V \quad \dots (8)$$

○解答

発砲スチロールのサイズが以下だとし、解答する。

水圧 [MPa]	縦[mm]	横[mm]	高さ[mm]
0	130	80	5
0.17 (浮いている状態)	80	60	3

・課題①について

(6)式を用い、 g を $9.8[\text{m}/\text{s}^2]$ とすると、

(i) 0[MPa]

$$F = 1000 \times (130 \times 10^{-3} \times 80 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^{-3}) \times 9.8 = 509.6 \times 10^{-3} \approx 0.5 \quad [\text{Pa}]$$

(ii) 0.17[MPa]

$$F = 1000 \times (80 \times 10^{-3} \times 60 \times 10^{-3} \times 3 \times 10^{-3}) \times 9.8 = 141.12 \times 10^{-3} \approx 0.14 \quad [\text{Pa}]$$

・課題②について

発砲スチロールが浮いている状態のときで考えると、重りの質量は(8)式より求められる。

$$m = 1000 \times (80 \times 10^{-3} \times 60 \times 10^{-3} \times 3 \times 10^{-3}) = 0.0144 \quad [\text{kg}]$$

4 章 浮力と水の抵抗

4-1 目的

浮力と水の抵抗について学び，実験により学んだことを確認する．

※円筒形の大水槽を使用する実験であり，現在，藤本研究室にある

[円筒形水槽を使用する理由]

船舶の実験では，図 4-1 のように，まず，シミュレーションを行い，次に模型で実験を行う．そして最後に，実機での実験を行うことが一般的である．本実験では，模型での実験により浮力と水の抵抗を学ぶ．

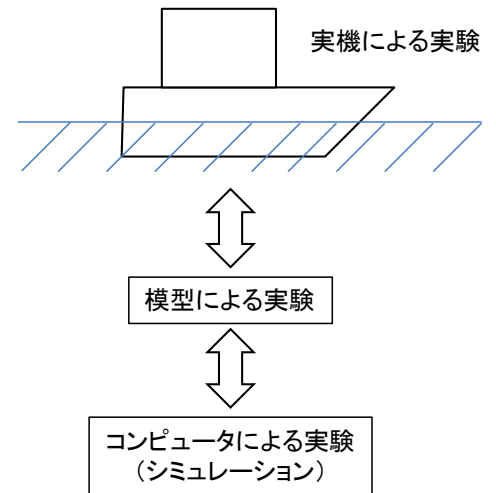


図 4-1 実験方法

4-2 浮力について

浮力 F_w [N] は，図 4-2 のように物体に対して上向きにかかる力であり， m_w [kg] を物体が押し出した水の質量， g [m/s²] を重力加速度とすると， $F_w = m_w g$ で表される．なお， m_w は水の密度を ρ_w ，体積を V_w とすると， $m_w = \rho_w V_w$ で表すことができる．

この力と重力が物体にかかり，その大きさから物体は浮いたり，沈んだりする．

$$\left\{ \begin{array}{ll} F_w > mg & \text{浮く} \\ F_w = mg & \text{留まる (中間浮力)} \\ F_w < mg & \text{沈む} \end{array} \right.$$

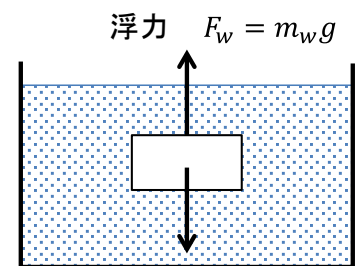


図 4-2 浮力

4-3 実験 1

4-3-1 目的

早く浮くような形を想像し，プラスチック製粘土「おゆまる」で作成する。

4-3-2 方法

準備として，授業が開始直前に円筒形水槽に水を入れ始める。そして，本実習を始めるころに「おゆまる」を軟らかくするため，グリル鍋に水を入れ温めておく。

- ① 「おゆまる」で形を作成させる。
 - ・ 早く浮く形を想像し作るよう指示する。
 - ・ 磁石を入れ忘れないよう注意する。
 - ・ やけどをしないよう注意する（お湯から「おゆまる」を出すときに箸を使う，タオルで良く拭いてから形を作るなど）。
- ② 円筒形水槽に作成した物体を沈める。

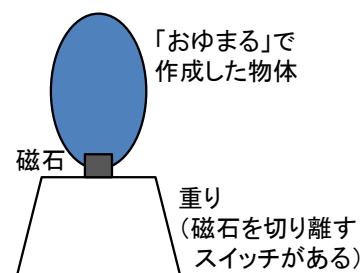


図 4-3 重りと作成物体

※図 4-3 のような形になる。重りには切り離しスイッチがあり，無線コントローラで物体を切り離す。図 4-3 で使用する装置自体の電源は，マジックテープに付いている磁石を移動させると電源が入るようになっている。

- ③ 物体を切り離し，物体が浮かび上がるまでの時間を計測する（学生にやらせる）。
- ④ 物体の形状と③で計測した時間を黒板に記録させる。
- ⑤ 自分のものと一番早いものの記録をメモさせる。

4-4 水の抵抗について

実験 1 の結果を踏まえて，水の抵抗について話す。

抵抗には以下がある。

- 形状抵抗 …… 断面積に比例
- 造波抵抗 …… 発生する波による抵抗
- 摩擦抵抗（粘性抵抗） …… 表面積に比例
- 渦抵抗 …… 図 4-4 のように物体の後ろ側に渦が発生し，これが抵抗となる。後ろ側の形状が四角形になるほど，渦は発生しやすい。

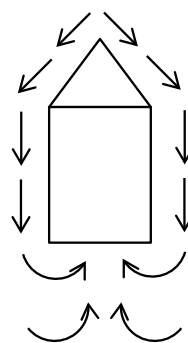


図 4-4 渦の発生

したがって，速く浮かび上がるためには，物体を次のように製作すれば良い。

- ・ 細い形状とし，表面積を小さくする
- ・ 先端と終端を尖らせる

※実験 1 の結果について，この内容を基に説明すると良い。

4-5 実験 2

4-5-1 目的

本授業での説明と実験 1 の結果を考慮し、面白い動きしながら浮かび上がるように物体の形状を工夫し、製作をする。そして、実験により動きを確認する。

4-5-2 方法

4-3 節の実験 1 と同様に円筒形水槽を使用する。そして、4-3-2 節の方法①と②は同じ。重りから物体を切り離れた後は、浮かび上がるまでの物体の動きを観察させる。

4-6 課題

1. 次のことを調べよ。

- ① 20°Cの水の密度は？
- ② 20°Cの水の粘度は？
- ③ 20°Cの空気の密度は？
- ④ 20°Cの空気の粘度は？

2. ゴルフボールの凹凸は何のためにあるか？

※4-4 節のときに説明しても良い

○課題の解答

課題 1 について

$$1-① \quad 998.2 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$$1-② \quad 102.2 \text{ [kgf} \cdot \text{s/m}^2\text{]} = 1.00 \text{ [m Pa} \cdot \text{s]} \quad \text{メートルポアズ}$$

$$1-③ \quad 1.205 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$$1-④ \quad 1.844 \text{ [kgf} \cdot \text{s/m}^2\text{]} = 1.808 \text{ [m Pa} \cdot \text{s]}$$

課題 2 について

空気抵抗を減らし、飛距離を伸ばすため。

凹凸がないボールを飛ばすと、ボールの後ろ側に空気の薄い領域が発生する。この領域は、ボールを逆向きに引っ張る力（空気抵抗）を発生させるため、ボールは飛ばなくなる。凹凸をつけることにより、ボールの表面から空気がなかなか離れないため、空気が薄い領域を減らすことができ、空気抵抗を減らせ、飛距離を出せるようになる。

4-7 レポート

レポートは以下のようにまとめさせる。

1. 目的
2. 原理
3. 実験 1
 方法, 機材, 実験条件, 結果 (速さと形状), 考察
4. 実験 2
 方法, 機材, 実験条件, 結果 (速さと形状), 考察
5. 課題

5章 波と中間浮力

5-1 目的

波の基本について学ぶ。また，中間浮力について学び，水槽を用いた実験を行い，中間浮力を体験する。

※大水槽を使用する。授業が始まる1時間前くらいに水を入れ始めると良い。
水槽の高さの2/3～3/4程度まで水を入れる。

5-2 波について

5-2-1 波の表現方法

波長 [m]，振幅 [m] は，[図 5-1](#) の通り。
振幅を A [m]，角度を θ [deg] ($^{\circ}$)，[rad]でも可
とすると， $A \sin \theta$ と表される。

波の，ある部分が1秒間に往復する回数を
周波数（振動数）と呼び，単位は[Hz]を使う。
1往復に要する時間を周期と呼び，単位は[s]を使う。
周波数を f [Hz]，周期を T [s]とすると，[式\(5-1\)](#)の
関係がある。

$$f = \frac{1}{T} \quad \dots \quad (5-1)$$

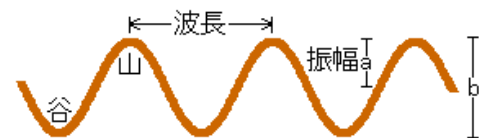


図 5-1 波の基本

<http://wakariyasui.sakura.ne.jp/p/wave/hadou/hadou.html>

5-2-2 波の合成

○合成

[図 5-2](#) のように，二つの波が重なりあうと，
単純な足し算で波が合成される。

○実験

・目的 波の周波数と，力を加えるタイミングが一致すると，
同じ力の繰り返しでも振幅が増加していくこと（波が大きくなる
こと）を観察させる。※水槽の水の状況を見て，実施する
・方法 円柱を使用し，水面に押し当て，波を作る。
その後，同じ力で同じ間隔で力を繰り返し加えし，波を大きくする。
タイミングも重要。（時間があれば，学生にやらせる）

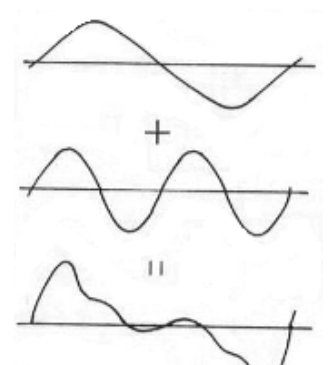


図 5-2 波の合成

<http://www.hikari-ongaku.com/study/fm.html>

5-2-3 横波と縦波

波は、図 5-3 のように縦波と横波に分けられる。

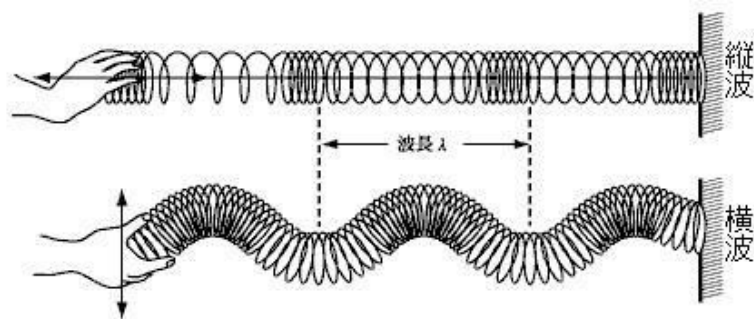


図 5-3 縦波と横波

http://sciencejournal.livedoor.biz/archives/cat_57451.html?p=16

横波は、振動する方向が波の進行方向と垂直。横波の具体例として、「水面の波」や「地震の S 波」がある。

縦波は、振動する方向が波の進行方向と同じ。密になっている部分と疎になっている部分がある。縦波の具体例として、音（疎密波）や地震の P 波がある。

※地震は、まず、P 波が来て、次に S 波がくる。気象庁の緊急地震速報は、P 波を検知し速報を出している。

5-2-4 固有振動数に関する実験

○目的 物体には、振動しやすい固有の振動数があり、これを固有振動数と呼ぶ。図 5-4 のような装置を使用し、軸の振動が大きくなる場合と小さくなる場合があることを観察させ、物体に固有振動数が存在することを認識させる。

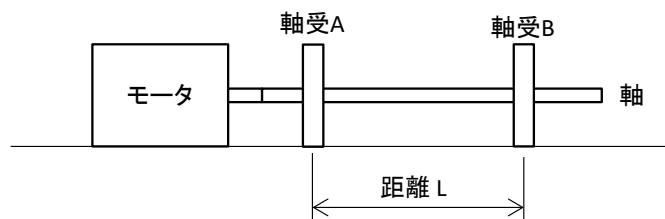


図 5-4 振動の変化を観察する装置

○方法 電源を入れ、モータを回転させる。次に、軸受 B を移動させ、距離 L を変え、振動を変化させる。振動が小さい場合と大きい場合を見せる。

5-2-5 音に関する実験

○目的 ファンクションジェネレータを使用し、周波数の変化で、スピーカーから出る音
が変化することを確認する。

○方法

① スピーカーの説明.

電磁石と永久磁石がくっついたり離れたり
することで、空気が振動し、図 5-5 のように
伝わる空気に密の部分と疎の部分が生じる。

② 周波数を変えると音が変わることを確認.

(440[Hz]~数千[Hz])

周波数が大きくなると音が高く、小さくなると
音が低くなることを確認してもらおう。

※大人の聞こえる音の範囲は、20~20000[Hz].

20000[Hz]よりも高い音を超音波と呼んでいる。

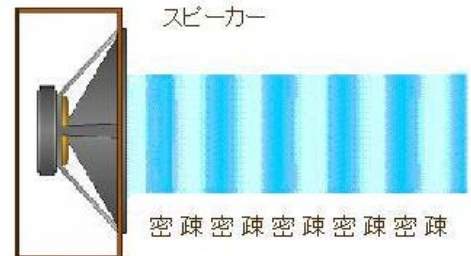


図 5-5 スピーカー

http://sciencejournal.livedoor.biz/archives/cat_57451.html?p=16

※90分授業になってから、時間が足りなくなる場合が多いため、削除しても良いかも。

5-3 中間浮力について

4-2 節での説明を繰り返す (復習).

5-4 中間浮力の確認実験と小型水中ドローンの操縦

5-4-1 目的

小型水中ドローンの重量を調整し、水の中で「浮かび上がらない」「沈まない」位置でドローンを動くようにする。ドローンに装着するネジの本数や長さを調整することで浮力を調整し、中間浮力で浮いている状態を作り出すことで、中間浮力を実体験で学ぶ。

大型水槽内に設置したアクリルパイプを使って製作した障害物に対して、コースを指定し、指定された水中のコースを小型水中ドローンを操縦してゴールを目指す。2名を1チームとしてタイムを競うことで、水中でのロボットの操作を学ぶ。

5-4-2 方法

- ①2名1組をチームとして、1台の小型水中ドローンを管理する。
- ②小型水中ドローンに電池を挿入し、水が浸入しないようにしっかりとフタをしめる。ここで使用する電池は一般の単三アルカリ乾電池（約 24g）に比べて、軽い特殊な電池（約 20g）を使用する。
- ③小型水中ドローンを水槽に入れ、「浮かび上がらない」「沈まない」位置で動くようにする。一度ではできないため、何度も調整させる。実際には、完全な中間浮力を実現することはできないので、ほんの少しだけ浮き上がってくるように重量を調整する。
- ④潜航・浮上・左右の方向転換が問題なくできることを確認する。
- ⑤水面で直進するかどうかを確認し、どちらかに曲がる場合は左右のモータの出力を調整する。完全に直進しないので、ある程度調整ができれば良しとする。
- ⑥水槽内の障害物に対してコースを指定し、タイムアタックを実施する。実習時間に余裕があれば練習航行を認める。
- ⑦うまく操縦できたところ、できなかったところを各チームで話し合う。
- ⑧片づけ。小型水中ドローンに装着したおもりをすべて外す。電池を取り出し、ドローン内部に水が浸入していないか確認する。水槽には、プールで使用するカルキを約 200ml 入れることで、冬場なら3か月、夏場でも1か月程度は水が白濁することを防ぐことができる。白濁する前に水を抜いておかないと、水槽内部の掃除が大変である。

5-5 レポート

レポートは以下のようにまとめさせる。

1. 目的
2. 原理
3. 実験（条件，方法など）
4. 結果
5. 考察

以上

海洋パイオニアスクールプログラムの 教材作成に関する研究 — 海洋における水中ドローンの操作と制御(1) —



SPF 笹川平和財団

OPRI 海洋政策研究所

電子機械工学科

瀬濤研究室 安保 海弥

松浦 瑞起

目次

- * 研究背景
- * 小型ドローンの制御
- * 水槽の全体図
- * 障害物について
- * 赤外線通信
- * ロジック・アナライザ
- * まとめ
- * 今後の課題

研究背景

キーワード 01

海に親しむ

海の豊かな自然や身近な地域社会の中での様々な体験活動を通して、海に対する豊かな感受性や海に対する関心等を培い、海の自然に親しみ、海に進んでかわろうとする児童を育成する。

キーワード 02

海を知る

海の自然や資源、人との深いかわりについて関心を持ち、進んで調べようとする児童を育成する。

海に親しむ

海を知る

海を守る

海と人との共生

海を利用する

キーワード 03

海を守る

海の環境について調べる活動やその保全活動などの体験を通して、海の環境保全に主体的にかかわろうとする児童を育成する。

キーワード 04

海を利用する

水産物や資源、船舶を用いた人や物の輸送、また海を通じた世界の人々との結びつきについて理解し、それらを持続的に利用することの大切さを理解できる児童を育成する。

海洋パイオニアスクールとは？

自然の海を教材として使い子供や今の若者に海の楽しさ、大切さ、マナーを理解してもらうことで今後の未来に残す海作りをしてもらうことを目的とした団体です。

(参考URL:<https://www.spf.org/pioneerschool/program/>)

研究背景

弓削商船高等専門学校は、海洋への設備が整っているため電子機械工学科や情報工学科でも航海実習などで海洋について知る機会がある。

しかし.....

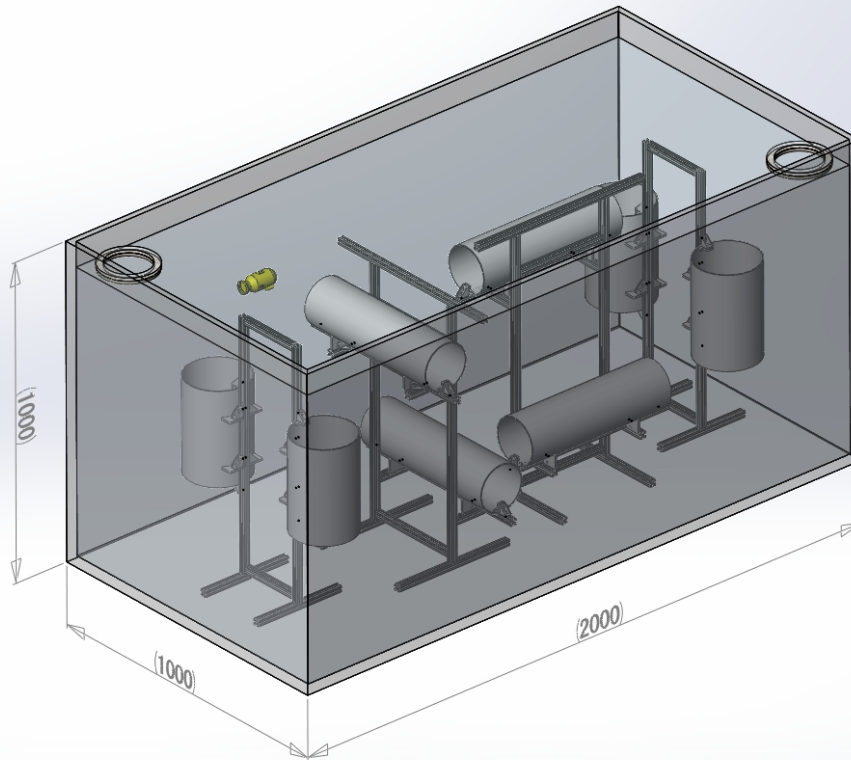
海洋の知識はあるが海中への興味は少なく知識はほとんど無い。
そこで電子機械工学科がメカトロニクスを勉強している事を生かし
私たちは水中ドローンを使って海中のことを知ってもらおうと考えた。

小型水中ドローンの制御



まず始めに実習などで使っている水槽で小型水中ドローンの制御を試みることにした。

水槽の全体図



アクアメカトロニクスで使っている水槽の中でより海中に似たようにする為に障害物を作成した。

障害物 形状 1.左右コース

使用部品

アルミフレーム：

HFS5-2020-150 ×4

HFS5-2020-300 ×2

HFS5-2020-400 ×2

HFS5-2020-800 ×2

HFS5-2020-600 ×1

アクリルパイプ：

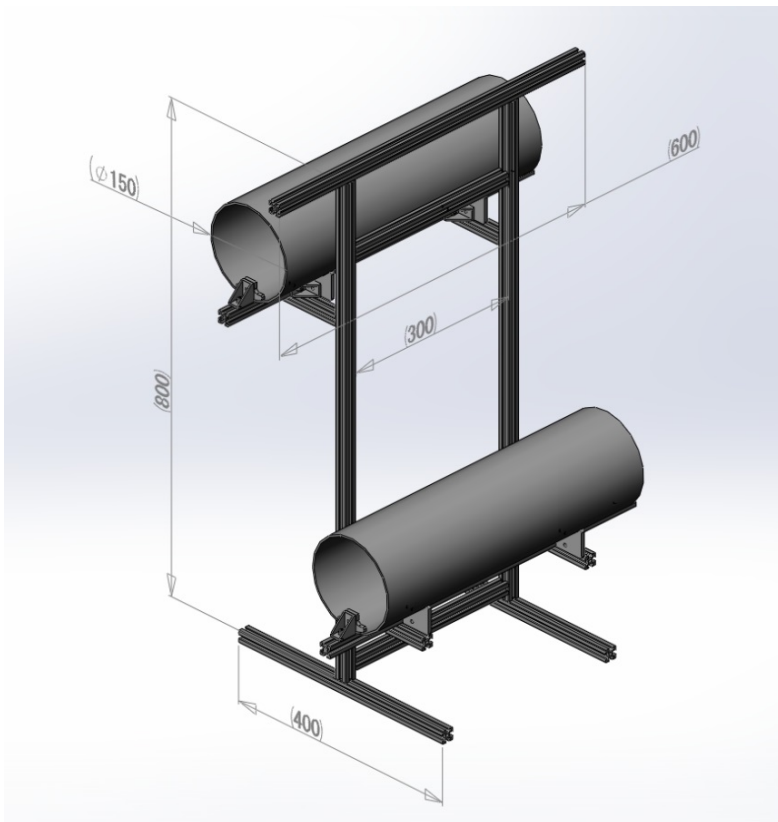
φ 150-500 ×2

突起付反転ブラケット

HBLFSNF5 ×8

片側突起付ブラケット

HBLFSNK5 ×12



障害物 形状 2. 上下コース

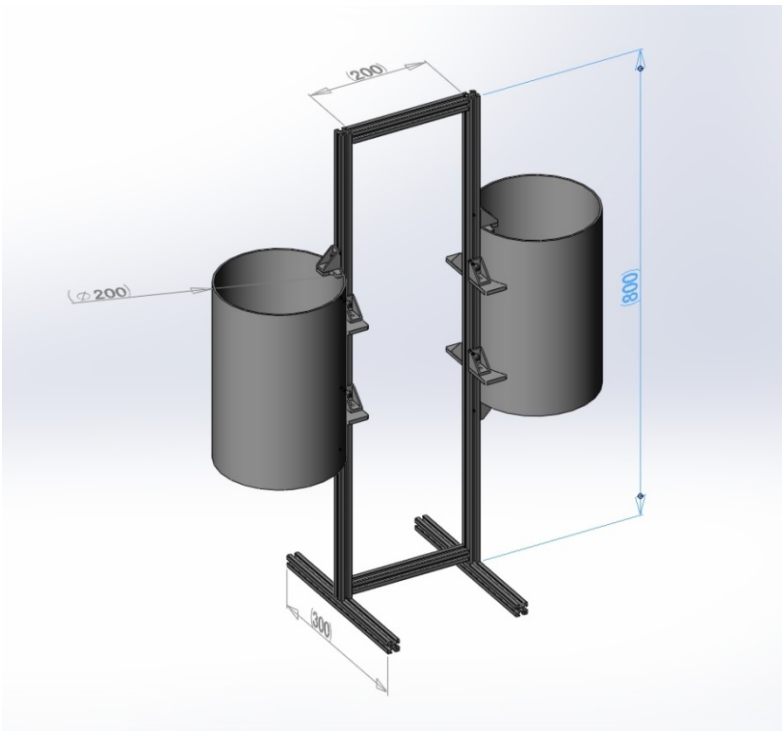
使用部品

アルミフレーム：
HFS5-2020-200 × 2
HFS5-2020-300 × 2
HFS5-2020-800 × 2

アクリルパイプ：
φ 200-300 × 2

突起付反転ブラケット
HBLFSNF5 × 8

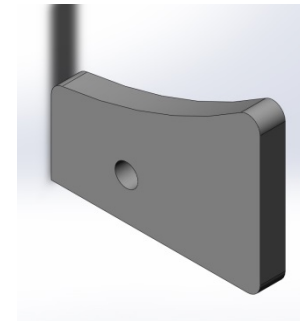
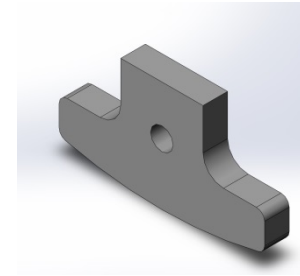
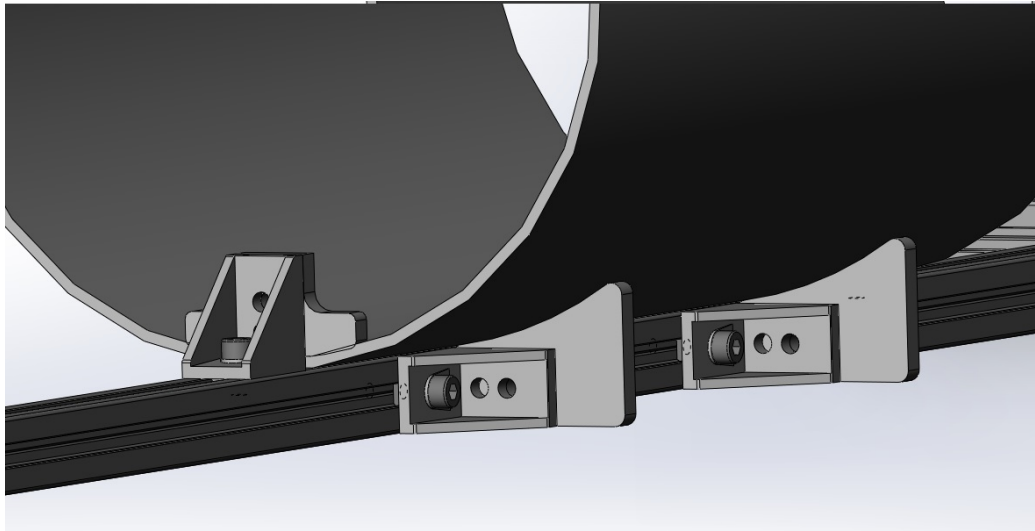
片側突起付ブラケット
HBLFSNK5 × 12



障害物の形状を1.2.に設計したのは、小型水中ドローンの形状が 高さ65mm；横78mm；縦112mmとなっている為、できるだけ制御を難しくしようと考え.形状1ではアクリルパイプφ150とすることにより小型水中ドローンの横が2倍となる為制御が繊細となり実際の海での制御の難しさを実現することができました。



アクリルパイプの固定



アクリル板3mm
をレーザー加工

* アクリルパイプの固定方法

障害物 形状



障害物 形状1



障害物 形状2

障害物全体図

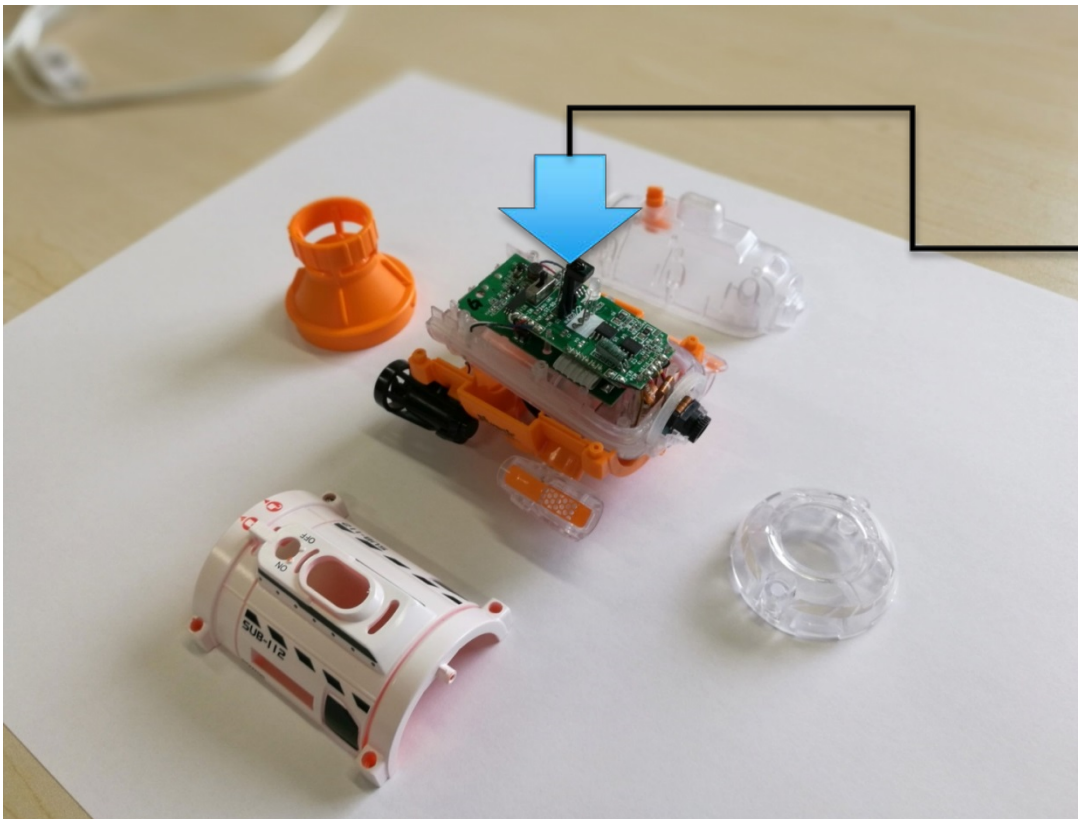


問題点

小型水中ドローンの赤外線受光モジュールが上についているため水槽内での操作において底のほうでは操縦が可能だが、水槽の上部では赤外線が届いておらず操縦が不安定になってしまうそのためコードと回転数を比較して出力を変えて赤外線の通信している時間としてない時間を解析した。

赤外線通信

小型水中ドローンは赤外線で通信が行われているため赤外線解析を行うことにした。

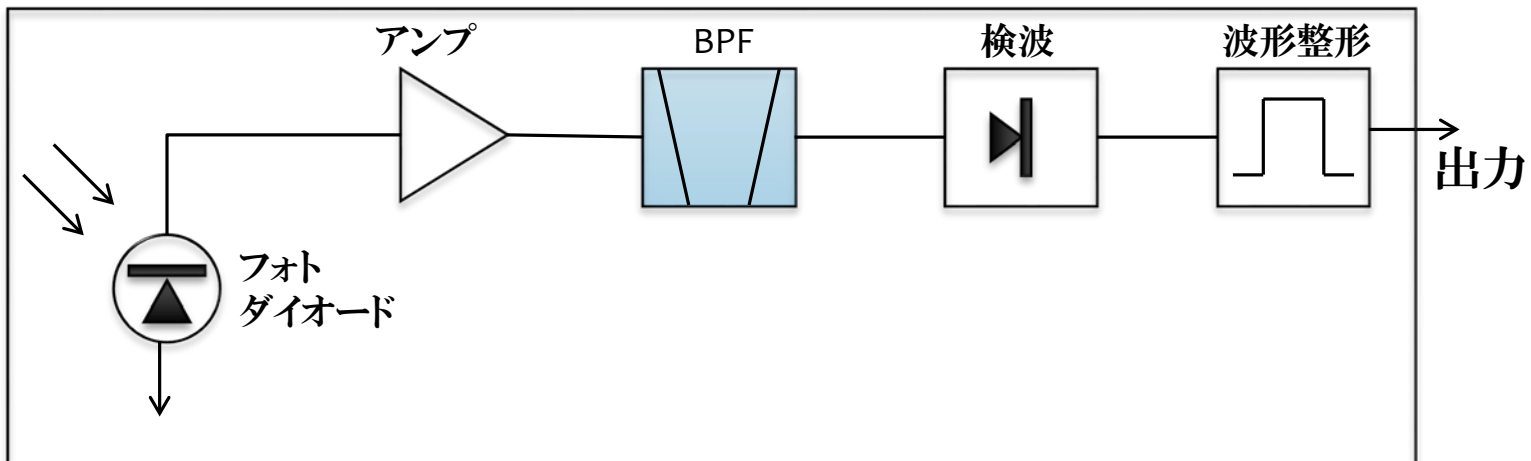


赤外線受光モジュール

赤外線通信

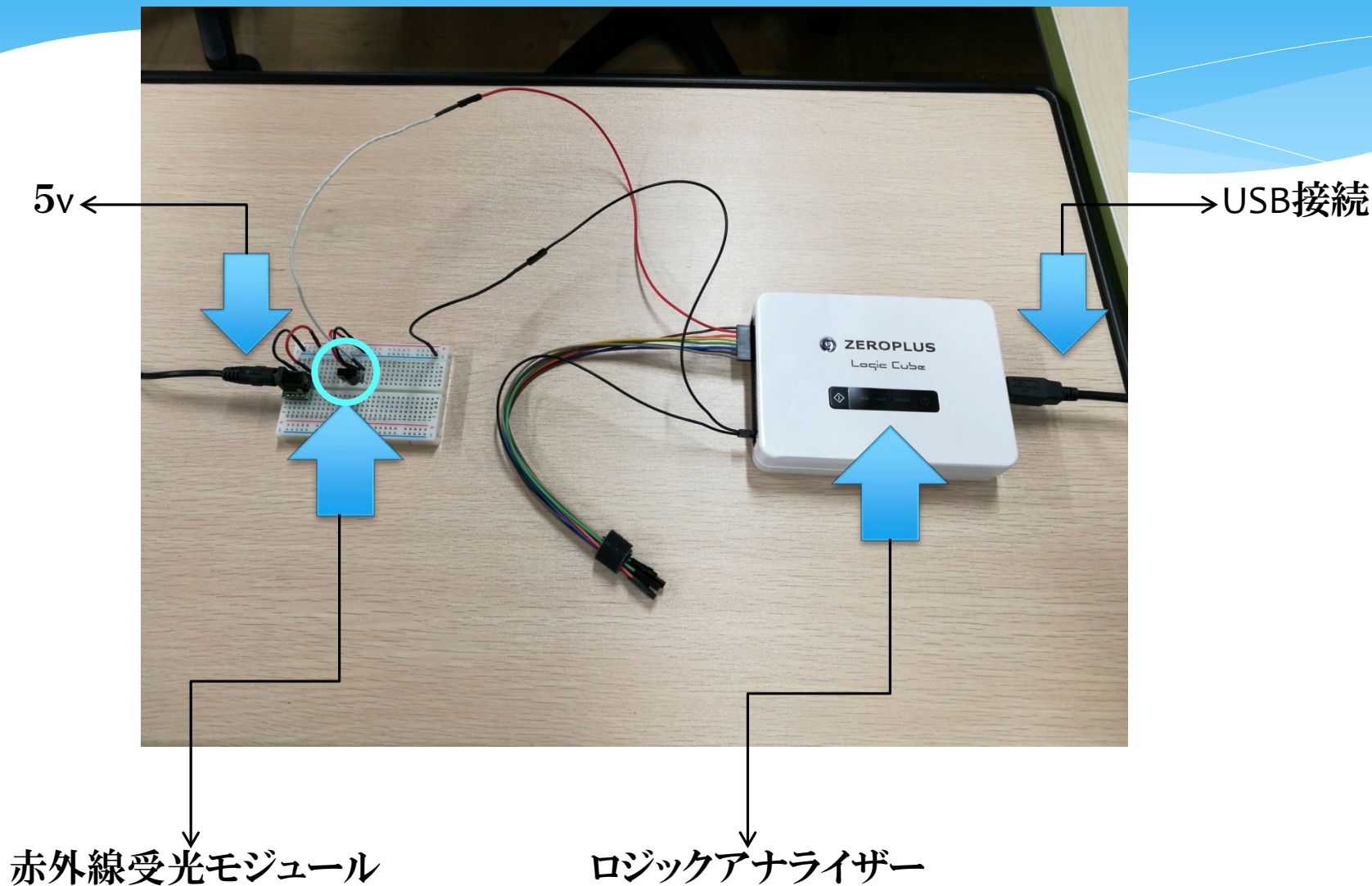
赤外線受光モジュールとは？

赤外線の受光部として使われています。

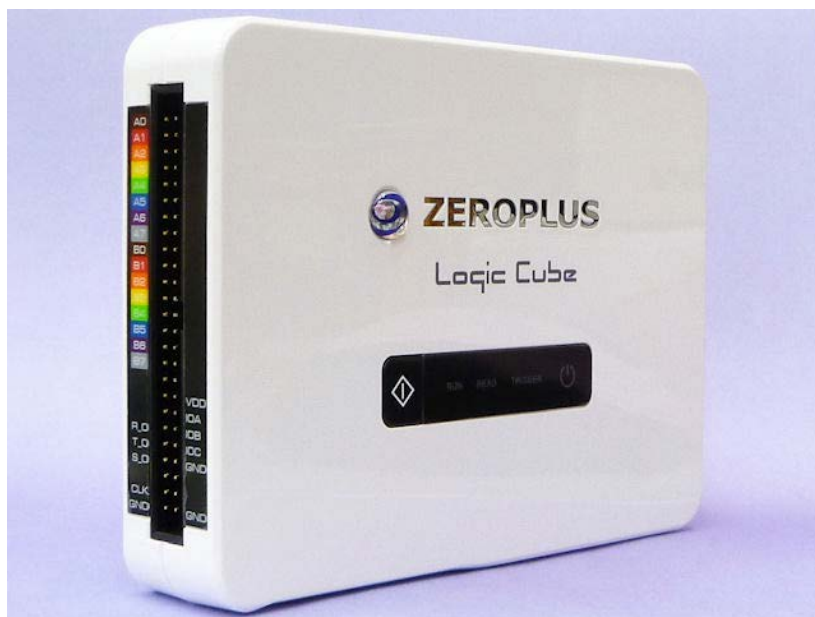


赤外線受光モジュールの内部ブロック図

ロジック・アナライザ

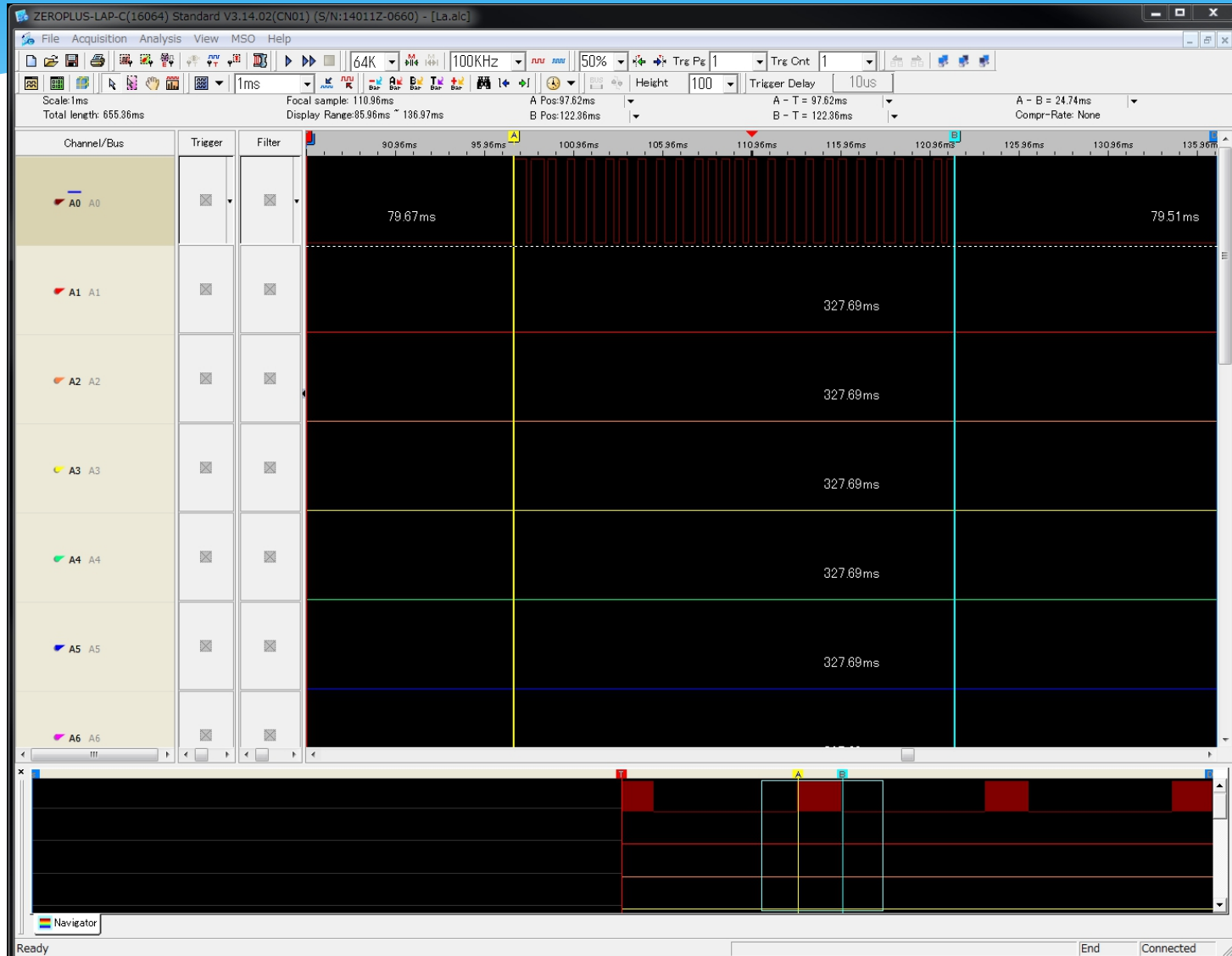


ロジック・アナライザ



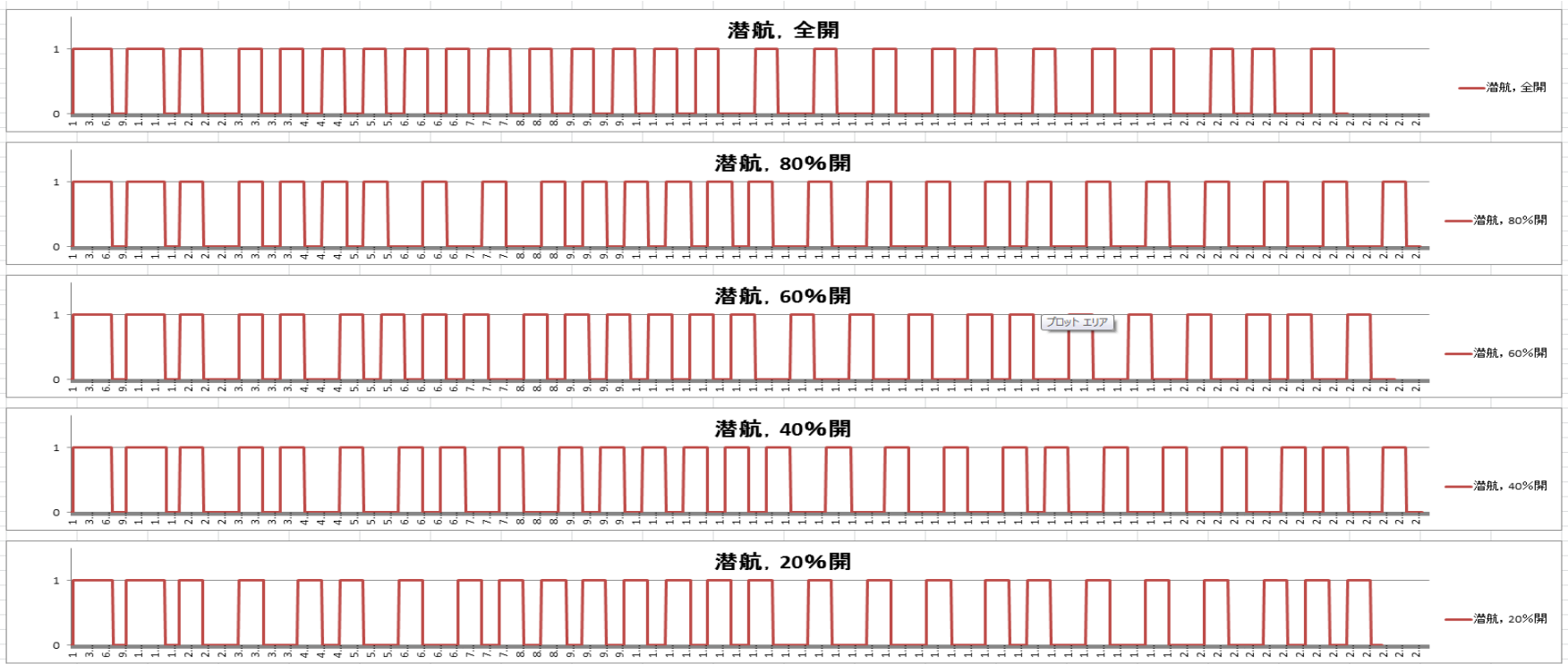
- チャンネル数:16チャンネル
- 帯域幅:75MHz
 - サンプリングレート:100Hz~100MHz
 - メモリ:1Mビット(各チャンネル64Kビット)
 - 寸法:約125x92x28mm
 - 入力インピーダンス:500kΩ
 - 入力容量:10pF
 - 入力電圧範囲:±6V(絶対最大定格 ±30V)
 - 電源:USB 5VDC最大500mA(バスパワー動作)

ロジック・アナライザ



赤外線解析

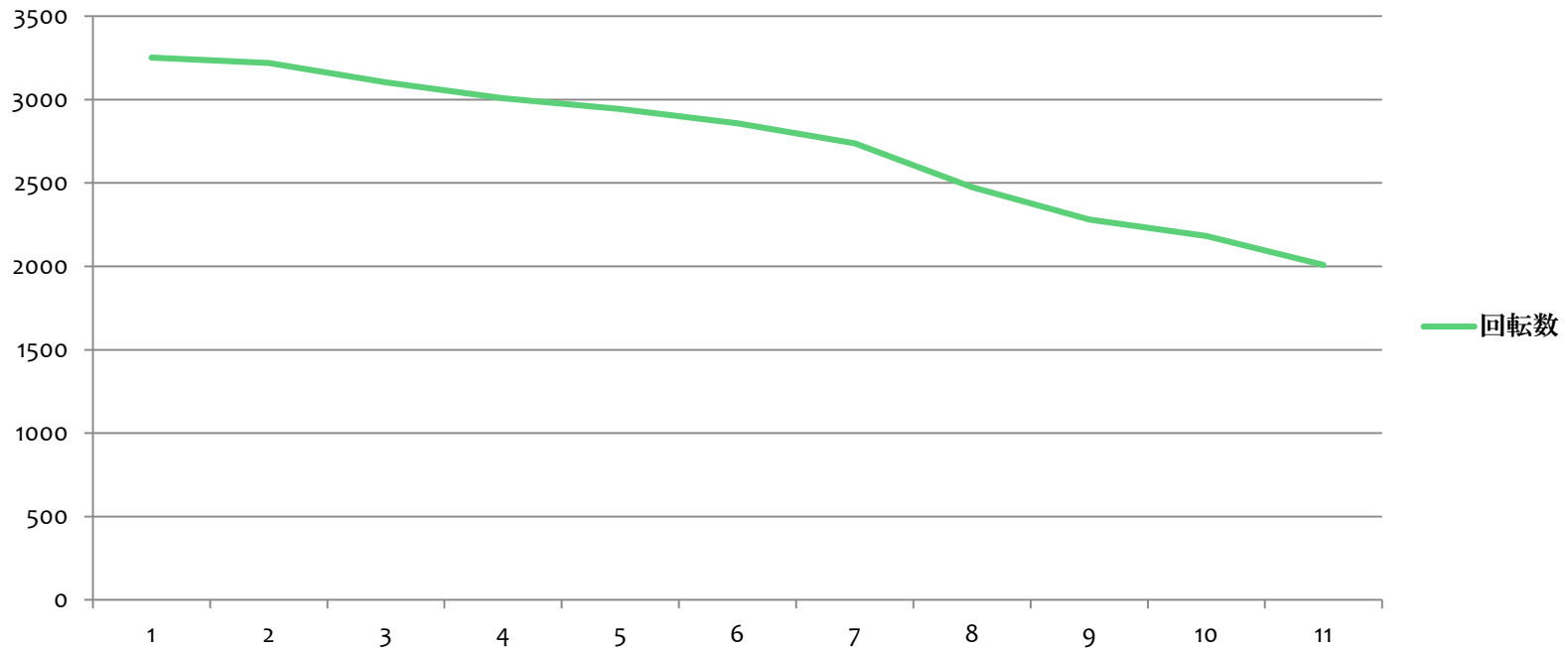
実際に潜水の操作の赤外線を解析した結果



赤外線解析

潜水指示を出したときの回転数とコードの比較グラフ

回転数

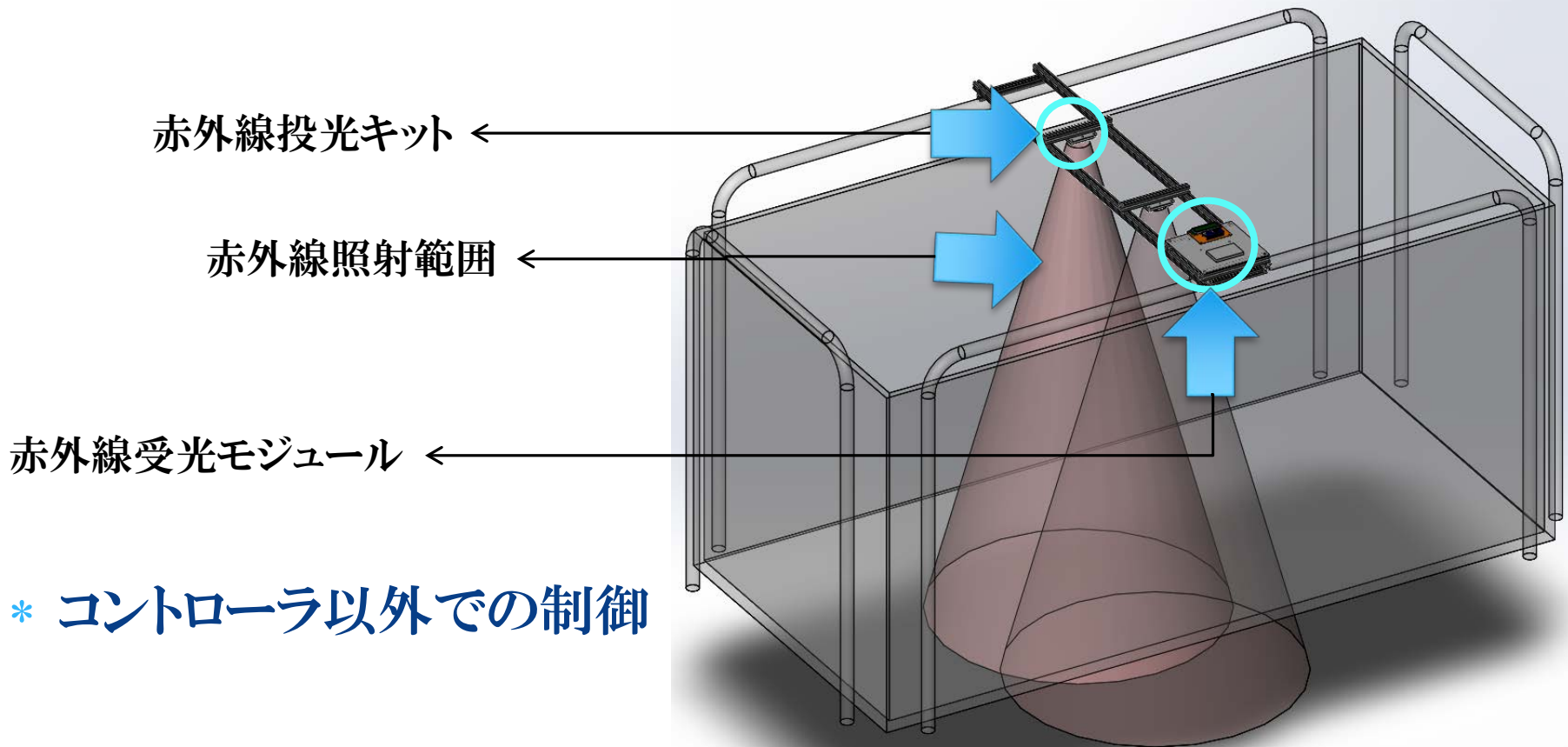


まとめ

- * 水槽にあわせて障害物の設計・製作を行い、小型水中ドローンの赤外線を解析した
- * しかし赤外線が届きにくいため、小型水中ドローンの制御が不安定であった

今後の課題

* 赤外線の中継器を設計、製作する



ご清聴ありがとうございました。



SPF 笹川平和財団

OPRI 海洋政策研究所

海洋パイオニアスクールプログラムの教材作成に関する研究

－海洋における水中ドローンの操作と制御（1）－

安保 海弥, 松浦 瑞起

担当教員：瀬濤 喜信

1. はじめに

弓削商船高等専門学校には、海洋への設備が整っている。そこで航海実習以外でも海洋に触れる機会を作ろうと考えた。電子機械工学科がメカトロニクスについて勉強している事から、水中ドローンを用いるための教材を作成する。

2. 海洋パイオニアスクールとは

自然の海を教材として使い子供や今の若者に海の楽しさ、大切さ、マナーを理解してもらい今後の未来に残す海作りをしてもらうことを目的とした団体である。



図 1

(参考 URL: <https://www.spf.org/pioneerschool/program/>)

3. 水中ドローン用コースの設計・製作

まず、小型水中ドローン进行操作するためのコースの製作から開始した。出来るだけ海の形状に似た設備にするため、障害物を形状の違うものを2つ用意し、それぞれ2つずつ作製した。

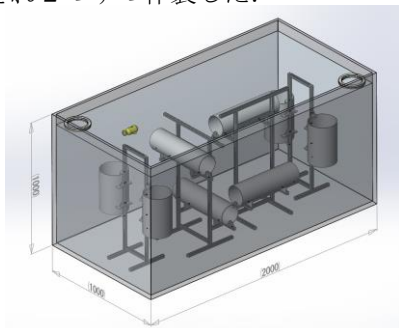


図 2



図 3



図 4

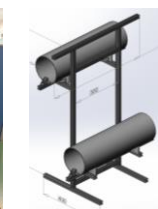


図 5



図 6

4. 赤外線通信

小型水中ドローンを操縦するのに赤外線通信が使われている規定の物を買った。実際に水槽内で小型水中ドローンを操縦すると赤外線電波が弱く赤外線受光モジュールも小型水中ドローンの上についているため、水槽の底では電波が届かず操縦できないことが判明した。



図 7



図 8

5. コントロールコード解析

ロジックアナライザを使い、小型水中ドローンに使われている赤外線コードと回転数を照らしあわせることによってどのときに信号が発信されているのかわかる。さらに、出力を変化させることによってどれくらいの時間信号が発信されているのかわかる。

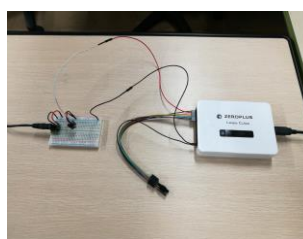


図 9

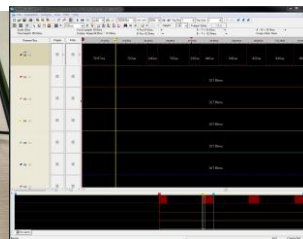


図 10

6. 解析結果

赤外線解析結果としては、赤外線のコードと回転数を照らしあわせた結果を折れ線グラフにしたものが図.8. 時間ごとの信号を出力ごとに分けどのくらいに信号が発信されるかを出したグラフが図.9.

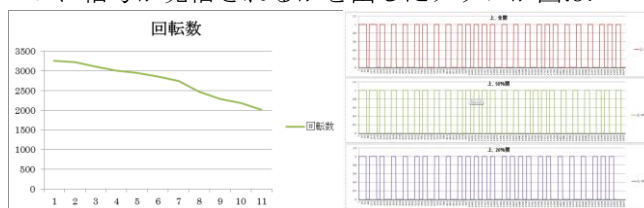


図 11

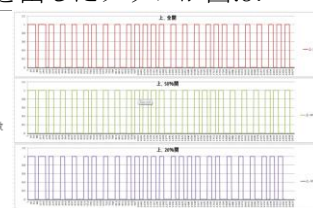


図 12

7. 今後の課題

- 1) 今回の実験では市販の水中ドローンを使用したため、コントロールコードが全て同一のものであった。そのため複数の水中ドローンを同時に独立した操作を行うことができない。このことについて今後対策を立てる必要がある。
- 2) 市販の水中ドローンに付属していた赤外線コントローラの出力が足りず、水中において赤外線が 50cm 程しか届かなく、水槽全体をカバーできない。そのため、赤外線の出力を上げる工夫が必要となる。