

水波の振動数に対する物体の揺れの形の違い

O.I.<科学①>

1.はじめに

近年、水上をより効率的に使うため、海洋構造物が盛んに建設されている。デンマークやイギリスの水上風車は非常に有名である[1]。この海洋構造物の建造にあたって、波浪対策の重要性が増してきている[2]。

本研究では、水波の振動数に注目し、水上の物体の揺れと振動数の関係性について調べた。また、形によってその関係性が変わるかどうかを調べるために、追加実験として半球と円柱で同様の実験をした場合の関係の違いも調べた。

2.調査方法

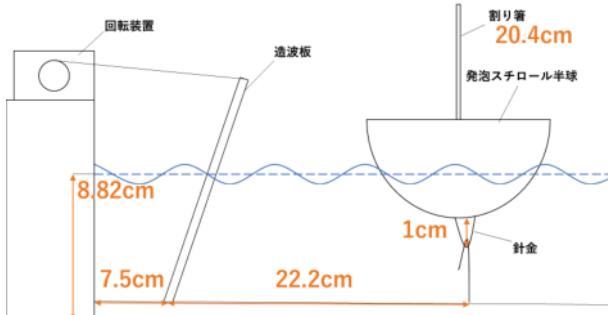


図1:実験装置の概要(側面図)

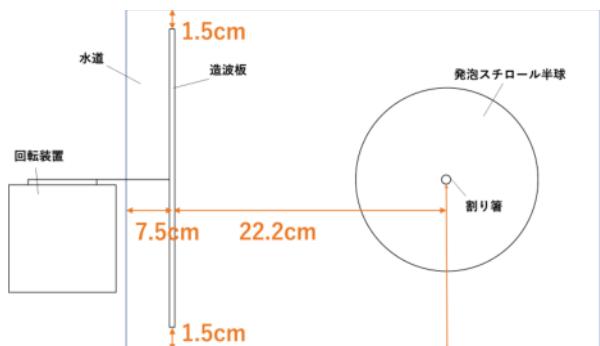


図2:実験装置の概要(平面図)

図1, 2のような配置で進めた。準備物は以下にまとめる。

- ・発泡スチロール板(造波板)
- ・回転装置(発泡スチロール板を動かす)
- ・電源装置(回転装置を動かす)

造波装置はフラップ型(造波板の往復傾き運動により波を発生させる仕組み)を使用[3]。図は上図に記載。

- ・発泡スチロール半球
 - ・発泡スチロール円柱
 - ・割り箸
- ※発泡スチロール物体に割り箸を刺して物体とする。割り箸は揺れの計測に使用
- ・針金(物体を固定する)
 - ・水道(水をため、物体を浮かせる会場とする)
(↑以後、便宜上水槽と呼ぶ)

実験内容

造波板を動かし、波を発生させた。電圧は8.5V、電流1.1A、

1.3Aの2種類とする。(電流が大きくなるごとに造波板は速く動き発生する波の振動数が大きくなる。)

前述した最初の図で、割り箸の横の振動を見るために、波の進行方向と平行に定規を設置した。割り箸の速度の方向が変わる瞬間をカメラで測定し、割り箸の振幅とそのときの時間を5秒間計測した。以上を共通の実験装置の波とし、以下のように浮かべる対象を変えてそれぞれ実験1, 2とした。

<実験1>発泡スチロール半球

<実験2>発泡スチロール円柱

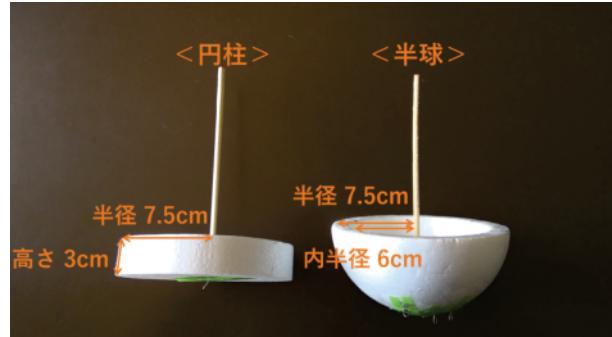


図3:物体の形(左は円柱、右は半球)

3.実験結果

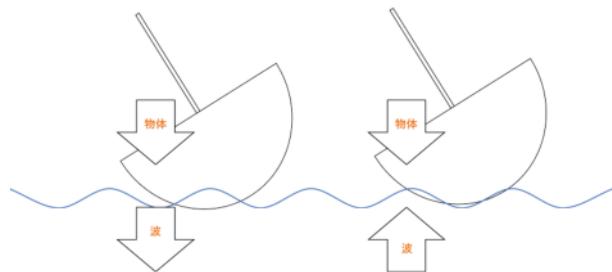


図4:波と物体の揺れの模式図

<実験1 結果>

波の波高と物体の揺れの進行方向の関係(半球) 1.1A

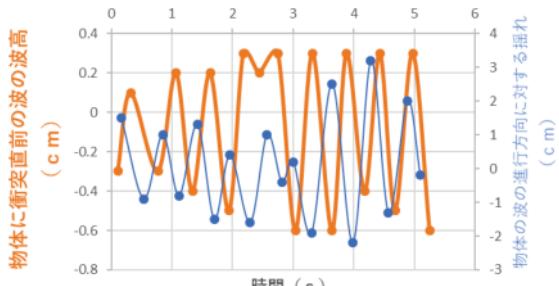


図5a

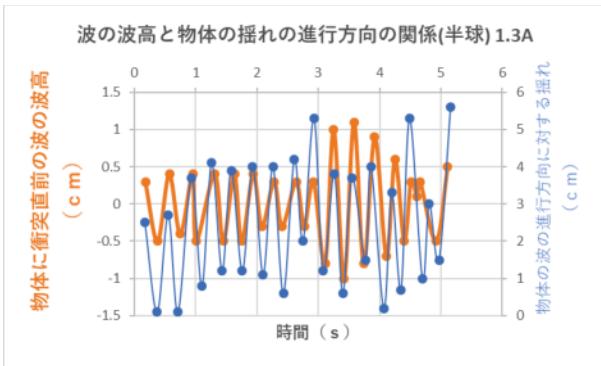


図5b

図5:波の波高と物体の揺れの進行方向の関係(半球)
(時間をx軸、物体に衝突直前の波の高さと物体の波の方向に対する揺れをy軸とした。例えば、yの変化量が共に負のとき、物体の様子は図3の左のようになる。)
a)8.5V 1.1A b)8.5V 1.3A

<実験2 結果>

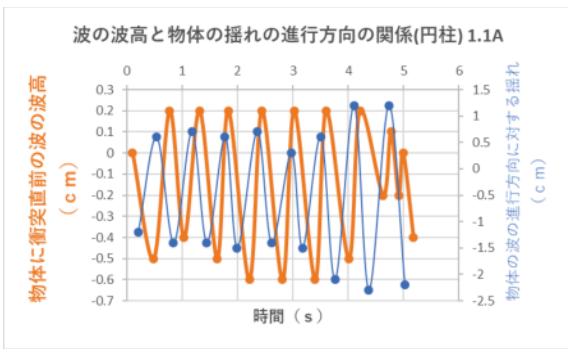


図6a

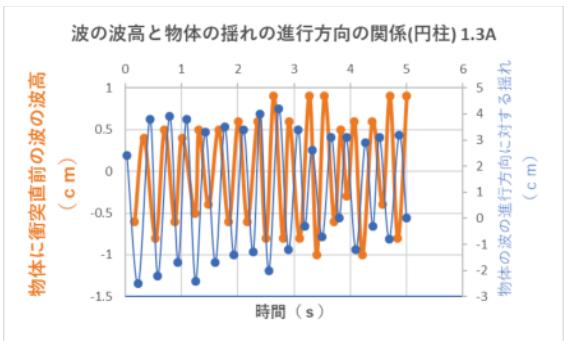


図6b

図6:波の波高と物体の揺れの進行方向の関係(円柱)
(時間をx軸、物体に衝突直前の波の高さと物体の波の方向に対する揺れをy軸とした。例えば、yの変化量が共に負のとき、物体の様子は図3の左のようになる。)

a)8.5V 1.1A b)8.5V 1.3A

図5より、波の振動数が大きくなるごとに物体の揺れは大きくなつた。

図6より、円柱でも半球と同じ関係となり、波の振動数が大きくなるごとに物体の揺れは大きくなつた。また、円柱のほうが半球よりも揺れの幅が小さくなつた。

図5、6より、波の振動の方向と物体の揺れの速度の方向が一致するときに物体の揺れは増幅した。一方、方向が異なるときに揺れは減衰した。(波の振動の方向と物体の揺れが一致したときが図4左、異なるときが図4右。)

4. 考察

振動数が大きくなるごとに物体の揺れは大きくなつたが、これは水槽内が十分に大きくなつたために、波が壁に到達した際に発生する反射波の影響が無視できなかつたからだと考えられる。

また、円柱と半球では円柱のほうが物体の揺れは小さくなつたが、これは波が物体に到達した際に、波が当たる部分の形状が異なり、円柱の方がより影響を受けにくかつたからだと考えられる。

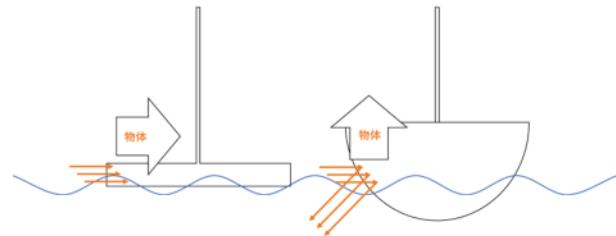


図7:物体に及ぶ水平向きの波の力の模式図

ここからは水波の振動数に対する物体の揺れの形の違いについて考察する。結果より、波の振動の方向と物体の揺れの速度の方向が一致するときに物体の揺れは増幅する。一方、方向が異なるときに揺れは減衰する。そのため、物体の揺れの形は振動数によつても違いは出ると考えられるが、波と物体の揺れの方向の関係の方が物体の揺れ方に寄与していると考えられる。

5. 今後の課題

本実験は、実験の回数を重ねる必要がある。

今回、定常波による実験を念頭に置いていたが、衝突直前の波の高さが一致しなかつたのは、

- ・物体によって波が反射した
 - ・造波板と水槽の幅が完璧には一致させられなかつたため、その隙間から発生した波が定常波の邪魔をした
 - ・水槽の端に当たつて反射した波が影響を与えた
- 等の可能性がある。解決策としては、スポンジなどクッション性のあるもので反射波を減衰させることが考えられる。

本実験では波の振動数に対しての物体の揺れの形を調べ、波と物体の揺れの方向によって物体の揺れの形が決められるといふことが分かつた。今後の課題として、常に波を減衰し、物体の揺れを低減できるような構造の決定が挙げられる。

謝辞

この実験の進行、本論文の執筆にあたり、沢山の助言をくださつた探求指導員の岡本拓馬氏、実験の手伝いをしてくださつた友人に多大な感謝を申し上げます。

参考文献

- [1]ビジネス+IT、「洋上風力発電とは何か？ どんな仕組みでどんなメリットがあるのか？」、[洋上風力発電とは何か？ どんな仕組みでどんなメリットがあるのか？ | ビジネス+IT \(sbbt.jp\)](#)
- [2]日本金属学会誌 第 66 卷 第 12 号(2002)12151226 特集「リスクベースの材料工学・材料技術」 解説論文、海洋構造物の事故と安全性 p8、[pdf \(jst.go.jp\)](#)
- [3]株式会社西日本流体技研、「造波装置」、[造波装置 | 株式会社西日本流体技研 \(fel.ne.jp\)](#)

物体の衝突と円周率の関係性～逆関数を添えて～

T. I. <科学①>

1. はじめに

二物体と壁の衝突において、物体2に着目すると二物体の質量比が 100^N のときに衝突回数が円周率の値に近似する。なぜそのような結果が起こるのかとても興味を持ち、またそれらの物体の質量比と衝突回数にはどのような関係性があるのか。

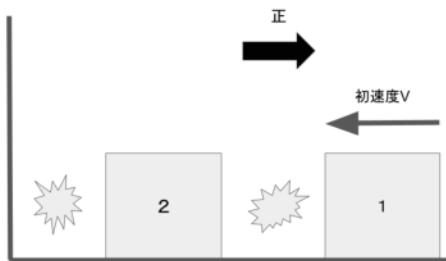


図1 実験の簡易的なイラスト

2. 仮説と調査方法

2.1 仮説

質量比が大きくなるに連れて衝突回数は一定の割合で大きくなると考えられる。その割合は力学的エネルギーの保存則と反発係数の式より求められる。

2.2 実験や調査内容

- ・簡易力学滑走台（内田洋行）を用いた。
- ・物体2を基準とし、物体1の質量を物体2の1倍、2倍、3倍とする。なお、それ以上の質量比だと物体と簡易滑走台の間に摩擦力が生じ、等速直線運動ができなかった。
- ・壁と物体同士で起きる衝突の回数を調べる。（三回行いその平均値を用いた）

3. 実験結果

実験で得られた値は以下のようになった。

質量比	衝突回数			平均値
1倍	3	3	3	3
2倍	5	5	5	5
3倍	7	7	7	7

表1 質量比と衝突回数の関係

前述の通り、これ以上の質量比では摩擦力が生じてしまつたため回数が大幅に減ってしまった。

4. 考察

衝突回数と質量比の関係性を一般化した式にするよう試みた。

まず力学的エネルギーの保存則より

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = k \quad (k \text{は定数})$$

この式はグラフで表すと楕円の方程式となり、この式を円の方程式とするために以下の値を代入した。

$$x = \sqrt{m_1}v_1 \quad y = \sqrt{m_2}v_2 \\ \frac{1}{2}(x^2 + y^2) = k$$

質量は一定なのでこのグラフ上の座標は速さによって変化する。

そして、この実験において起こる衝突は物体と壁の衝突と物体同士の衝突の2種類であった。

まず、物体同士の衝突について考えた。運動量保存則の式から以下のようにになる。

$$m_1v_1 + m_2v_2 = k$$

この式に先程の値を代入すると以下のようにになる。

$$\sqrt{m_1}x + \sqrt{m_2}y = k$$

すると傾きは $-\sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$ になる。

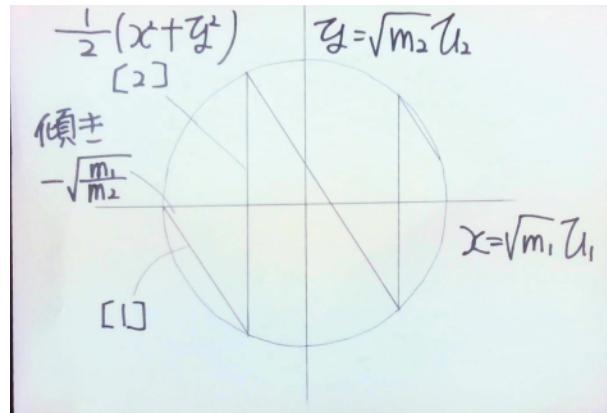


図2 物体の運動をグラフ上で示したもの（1）

つまり、直線は同じ速さの和を持つ点の集合であり、円は同じエネルギーの和を持つ点の集合となる。直線の傾きの値は負であるため、物体同士の衝突が起こるとグラフ上ではx座標は正の方向へ進み、y座標は負になる。

次に物体と壁の衝突について考えた。この衝突は物体2と壁の衝突なので物体1の速さの変化は起きない。また、この衝突では物体2の速さの大きさは変わらないが向きは反対になる。つまり、グラフ上ではx軸を軸にして対称移動するということになる。

今実験では、この二種類の衝突の繰り返しである。次の段階ではそれがどこまで続くのかを考えた。

衝突が起らなくなる条件は以下の3つである。

壁の逆側を正とした時、

- ・物体1の速度が物体2の速度より大きい。 $v_1 > v_2$
- ・物体1の速度が正である。 $v_1 > 0$
- ・物体2の速度が正である。 $v_2 > 0$

この3つの条件が揃う位置をグラフ上で示す。

まず両物体の速度が正なのでグラフでは第1象限に相当する。物体1の速度が物体2の速度より大きいというのは、グラフ上では斜線部の位置になった。

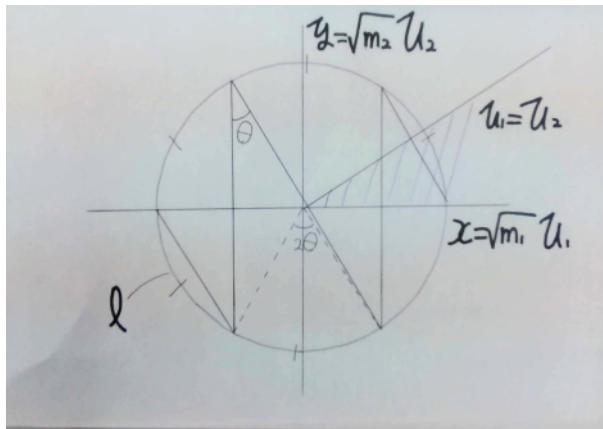


図3 物体の運動をグラフ上で示したもの（2）

つまり、この部分に点が着地したら衝突は起らなくなる。この部分に点が移動するのに何回衝突が起こるのかを考えた。点の移動によって区切られた弧の長さに着目すると、それらの長さが等しいことが分かる。二本の弦によって生じる角の大きさを θ とすると、円周角の定理によってそれぞれの弧の長さは以下になる。

$$l = 2\theta \text{ (rad)}$$

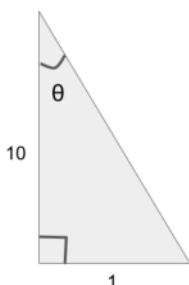
衝突が起こる度に円周から弧の一個分の長さを取っていく。円周は 2π なので長さ 2θ が 2π を超えない分だけ足され続けるということである。グラフ上での点の移動は実験上の衝突であるため、足された弧の長さの回数だけ衝突が起こると言える。これを式で表すと、

$$N\theta < \pi$$

となった。（Nは整数であり衝突回数を表す）

衝突回数を出すには θ の値を求める必要がある。
具体的な値（質量比 物体1：物体2=100:1）で考え

ると、前述の傾き $-\sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$ は-10となる。



この三角形に着目すると、 $\tan(\theta) = \frac{1}{10}$

逆関数を取って

$$\theta = \arctan \frac{1}{10}$$

$$\theta = 0.09966 \dots = 0.1$$

これを満たすNの最大の値は31

よって衝突回数は31回となる。

ここで θ の値と質量比の関係をグラフに表すと、次のようになる。

質量比	θ の値	arctanの計算結果	arctanの値の近似
$m_1:m_2$	$\arctan \sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$	0.09966	0.1
100:1	$\arctan \frac{1}{10}$	0.00999	0.01
$100^2:1$	$\arctan \frac{1}{100}$	0.000999	0.001
$100^3:1$	$\arctan \frac{1}{1000}$	0.000099	0.0001

表2 質量比とarctanの値の関係性

理論値と実測値の比較

- ・質量比2倍

$$\theta = \arctan \sqrt{\frac{1}{2}} = 0.6155$$

$$N < 5.1015 \quad N = 5$$

- ・質量比3倍

$$\theta = \arctan \sqrt{\frac{1}{3}} = 0.5236$$

$$N < 6.0068 \quad N = 6$$

質量比3倍の時の衝突回数は実測値のほうが一回多かった。

5. おわりに

5.1 結論

質量比が 100^N の物体の衝突回数が円周率の値に近似する理由はタンジェントの逆関数の値が

$$1.0 \times 10^{-N}$$

になるからであるとわかった。

また、実測値と理論値では値は異なった。それは、物体2と壁の衝突が完全弾性衝突ではないためそこでエネルギーの減少が起きて、物体2が物体1に与えるエネルギーが実測値のときのほうが小さいためであると考えられる。

5.2 今後の課題

本研究では質量比3倍までの実験しか行うことができず、本研究では理論計算が中心となってしまった。実験装置の性能の関係で質量比3倍までの数値を調べたが、壁との衝突を完全弾性衝突に近づける工夫が必要であると考えた。

謝辞

今回の探究活動につきましては、岡本先生をはじめ多くの大人の方から助言していただきました。ありがとうございました。

参考文献

- [1] 3Blue1BrownJapan 「(面白い数学) 書と使い数に円周率が現れる理由」

<https://www.youtube.com/watch?v=a-E0A3j3tw4&t=250s>

編み針の太さによるニットの保温性の変化

M. U. <科学①>

1.はじめに

私達は冬の寒さを凌ぐため、暖かい素材の衣服を身につける。ニットは暖かい素材の一つである。しかし、ニットの中でも特に暖かいカシミヤなどの素材は高価であるため、安価な素材でも編み方を工夫することでニットの保温性を高めることは、人々の快適な生活のために必要である。本研究では、編み目の粗さに注目した。編み目の粗さは編み針の太さによって変わり、編み針が太いほど粗く、細いほど細くなる。編み針の太さとニットの保温性の関係を調べることで、より暖かいニットの編み方について検討することを、本研究の目的とする。また本研究では、実験の前後で失われた熱量が小さいものほど保温性が高いとして評価する。

2.方法

2.1 準備

アクリル60%、ウール40%の市販の毛糸を使用し、4号(直径3.3mm)、7号(直径4.2mm)、10号(直径5.1mm)の棒針でそれぞれ1枚ずつ、ガーター編みで目の方向に15cm、段の方向に5cmの大きさで試験片を編んだ。

2.2 実験方法

実験1) 100mLビーカーに100mLの熱湯を入れ、30分間放置し、5分ごとに熱湯の温度を計測した。

実験2) 100mLビーカーに100mLの熱湯を入れ、ビーカーに4号の棒針で編んだニットを巻いて30分間放置し、5分ごとに熱湯の温度を計測した。7号、10号の棒針で編んだニットでも同様の実験を行った。

また、できる限りの条件を揃えるため、すべての実験は同日に行った。



図1 (a)試験片(4号) (b)実験の様子

水の比熱は約4.2J/(g·K)である。今回の実験の前後で失われた熱量は、

$$4.2\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K}) \times 100\text{g} \times (\text{最初と最後の温度差[K]})$$

で求められる。

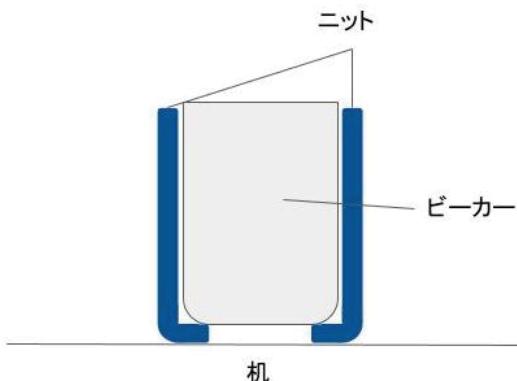


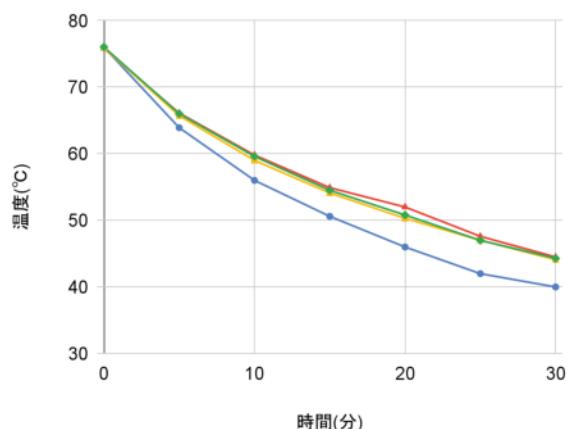
図2 断面の様子

3.結果

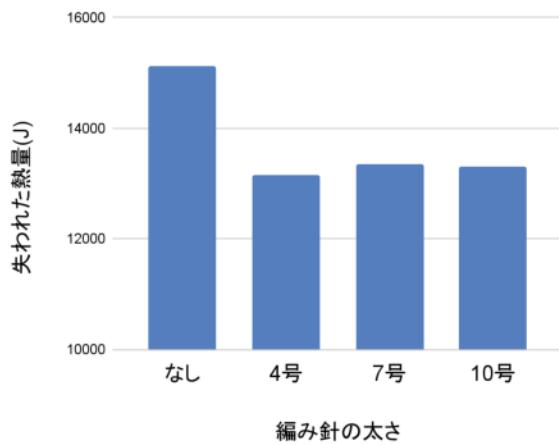
時間経過 (分)	なし	4号	7号	10号
0	76.0	75.8	75.9	76.0
5	63.9	66.1	65.7	66.0
10	56.0	59.8	59.0	59.6
15	50.6	54.9	54.1	54.5
20	46.0	52.0	50.3	50.8
25	42.0	47.6	47.0	47.0
30	40.0	44.5	44.1	44.3

表1 編み針の太さと時間に対する温度変化の関係

●なし ▲4号(3.3mm) ■7号(4.2mm) ◆10号(5.1mm)



グラフ1 編み針の太さと時間に対する温度変化の関係



グラフ2 編み針の太さと失われた熱量の関係

- ニットを巻いて放置した熱湯は、巻かずに放置したものに比べ、温度の下がり幅が小さかった。
- 編み針の太さによる失われた熱量の差はほとんど見られなかった。

4. 考察

ニットを巻いて放置したもののが失われた熱量が小さかったことから、ニットには保温性があると考えられる。しかし、編み針の太さによる変化はほとんど見られなかった。これは、使用したビーカーが小さく、単位体積あたりの表面積が大きいため冷えやすかったことや、水面からの熱の放出が多くなったことで、ニットの保温効果が薄くなつたことが理由として考えられる。また、ビーカーの底面にはニットがなかつたため、底面からの熱の放出も理由の一つとして考えられる。

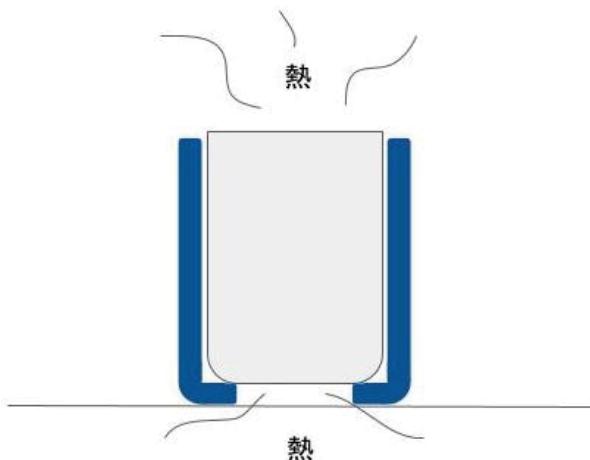


図4 熱が放出される様子

5. 今後の課題

- 今回は長方形に編んだ試験片をビーカーに巻いたため、ビーカーの上部と底面にニットがなく、熱の放出が多くなってしまったという課題があった。試験片をカゴ型に編み、ビーカーを包むようにすることでことで、上部と底面からの熱の放出を抑える工夫が考えられる。
- 今回は無風の条件下で実験を行ったが、実生活では風が吹くため、横から風を当てることで実生活に条件を近づけられると考えられる。

・試験片を大きくして使用するビーカーを大きくすることで、冷える速さを遅くし、温度変化を比較しやすくできると考えられる。

・より正確なデータを取るため、同じ条件で複数のデータをとることや、パターンを増やすことなどが考えられる。

謝辞

本論文の作成に当たり、ご協力くださいましたすべての皆様に心より感謝申し上げます。

参考文献

[1]小瀬千枝.わかりやすい手編みの基礎とコツ.文化出版局.1997

ボールの回転と軌道

R. U. <科学①>

1.はじめに

[1] [2] 物体は様々な運動をする。また、その運動の様子はボールの種類や、力の大きさと向きでも変化することが分かっている。また、野球のフォークボールやカーブなどの軌道はそれらの要素に加え、回転数や回転の向きによっても変化することが分かっている。そこで私は、ボールの軌道と回転数の変化について興味をもち、どういった関係であるのかを解明したいと思う。

2.仮説と調査

2.1 仮説

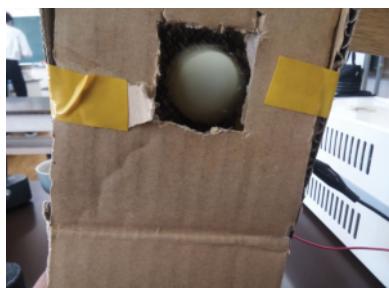
[3] ボールは進行方向と同じ向きに回転するときは軌道が短くなり、反対向きに回転するときは軌道が長くなるのではないかと思った。また、流体に働くマグヌス効果について、回転数が増加するほど上向きに働く揚力が大きくなることからも、仮説のようになるのではないかと思う。

2.2 実験や調査内容1

ダンボールを用いて直方体を作り、前方部分を観察できるようにボール1個分程度の穴を開けた。後方部分に、モーターが1つはまる程度の穴を開けた。モーターをダンボールの後方部分から接続し、モーターの先端にボールを固定した。電流装置とモーターをつなぎ電流を流すとボールが回転した。そのボールにダンボールの下から線香の煙を送り込み、煙がどのような動きをするのかを観察しようと試みた。

・準備物

- 穴を開けたダンボール
- モーター
- 電流装置
- ピンポンボール
- 線香
- マッチまたはライター
- 固定台



・実験1の結果

当初の実験→モーターの先端部分とボールの固定部分を接着せずに実験を行った。その結果、ボールが不規則な回転運動を行い、観察を十分にすることができなかった。そこで、モーターの先端とボールの固定部分をグルーガンを用いて接着をした。

改善後→ボールの回転運動は規則的になり、ボールの運動

自体の観察は行いやすくなった。しかし、実験の目的である煙については、観察できなかった。

2.3 実験や調査内容2

ダンボールを1枚用意し、5.0cm×10cm程度の大きさに切り抜いた。そのダンボールにモーターが1個はまる程度の大きさの穴を切り抜いた。その部分にモーターを接続し、モーターの先端にボールを、グルーガンを用いて接着した。また、ボールが十分に入る程度の茶碗を1個用意し、ボールの下から中心までが浸る程度の水を入れ、装置のボール部分を水に浸した。そこへ、チョークの粉を半径0.50cm程度の円状に近い形になるように水面に滴下し、その後電流を流し、チョークの粉がどういった動きになるのかを観察しようと試みた。



実験装置は上図のようになった。

- ・準備物
- 穴を開けたダンボール
- モーター
- 電流装置
- ピンポンボール
- 茶碗
- チョークの粉
- 固定台

・実験2の結果

電圧をそれぞれ5.0V, 7.0V, 9.0Vに変化させて実験を行ったところ、電圧が上昇するごとにボールの回転数は上昇し、それにもなってチョークの粉が分解するのにかかる時間は短くなった。

2.4 実験や調査内容3

ダンボールを筒状に切り抜き、煙が出る部分を7.0cm×7.0cmの正方形にし、長さを10cmにした。その中にストローをできる限り隙間なく敷き詰め、後方部をサーチュレーターに接続した。これを風洞装置とする。その後、風洞装置の先端に穴を開けたダンボールを接続し、他の3面にはアクリル板をつけて観察ができるようにした。穴を開けたダンボールにモーターを接続し、その先端にボールを接続した。そこにサーチュレーターで風を送り込み、空気の流れを観察しようとした。

・実験3の結果

風がほとんど見えず、観察ができなかった。

3.結果を踏まえた考察

- ・実験1について
- ボールを接続したダンボール部分を工夫せずに実験を行ったが、黒のマッキーで背景を塗りつぶし、ボールがより目立つような工夫をすればよかったと思う。
- 煙の量が少なく、観察がしづらかったので、使用する線香の

本数を増やせばよかったと思う。

・実験2について

回転数の増加と粉の分解にかかる時間の変化については結果を得ることができたが、そこからわかる空気中の軌道との関係を考察することはできなかった。

空気中の軌道との関係を考察しやすい実験をすればよかったですと思う。

・実験3について

サーチュレーターの後ろから線香の煙を送り込んだが、サーチュレーターの中に煙が入ったときに、煙が消えてしまったため、観察をすることができなかつたと思う。煙をどこから送り込むのかを工夫すれば良かつたと思う。また、ボールとサーチュレーターの距離を短くして、煙が到達しやすくすれば良かつたと思う。

「回転振動体の流体中の数値解析」

4. 結論

今回の実験を通して、ボールの回転と軌道は空気中でどのように変化するのかを十分に考察することはできなかつた。

5. 今後の課題

できるだけ空気中の様子を観察して考察をしたいため、実験や実験3のような実験を回数をこなして行いたいと思う。

・実験1について

より観察しやすいように線香の本数を増やして、煙を見やすくする。また、回転数を細かく分類し、より精度の高い実験を行えるようにする。また、よりボールと煙が観察できるように、装置の内部の空間の色を工夫して実験をする。

・実験3について

より観察しやすいように、線香の本数を増やして、煙を見やすくする。また、煙が消えないように、煙を送り込む位置をサーチュレーターの後ろからではなく、他の位置に変更して実験を行う。また、煙が多く当たるように、ボールと風洞装置の距離を短くして実験を行う。

・その他の実験について

地面を転がるようなボールの軌道や、空中を移動するボールの様子など、より多くの状況を想定して実験できるようにする。また、回転数を細かく変化させてボールを運動させることのできる装置を作る。観察するときに、スマホのカメラなどを使用してスローモーションの映像を録画するなどして観察する。

6. 謝辞

今回の実験に当たり、多くのアドバイスをしてくださつたTAの岡本先生に感謝申し上げます。

7. 参考文献

[1]<https://www.titech.ac.jp/news/2021/049312>

「フォークボールの落ちる謎をスパコンで解明」

[2]<https://cattech-lab.com/science-tools/ball-track/#ref1>

「的てゲーム」(ボールの軌道計算)

[3]<https://www.phys.chuo-u.ac.jp/labs/taguchi/rom/Mpp/03okano.pdf>

楽器っぽさと機械音っぽさ 違いはどこ？

G.U.<科学①>

1.はじめに

「音」というものを分類すると、鳥のさえずりや風で木の葉がなびく音のような環境音、楽器から発生する楽器音などがあり、その中にシンセサイザーや

コンピュータ上で人工的に作成した電子音が存在する。先行研究では、アンケートを用いて不協和音の印象を調べており[1]、この方法を使えば楽器音と電子音の印象の変化を調べることができるのではないかと考えた。

本研究では、SD法という心理実験で用いられる方法[2]によるアンケートを取り、楽器音と電子音それぞれを聞いた際の印象の差異を調べることを目的とした。また、金管楽器と木管楽器のような楽器の種類を変えた際にどのように印象が変化するのかということも合わせて調べた。この研究の目的は、店内BGMのような音楽によって空間や環境の印象を変化させたい時の判断材料を作ることに寄与できると考えられる。

2.仮説と調査方法

2.1 仮説

①今回調査で使用するアンケートでは「相反する2つの形容詞を並べ、どちらの要素が大きいと感じるか」という旨の質問をした。また、電子音は常に同じ周波数の音を出し続け、息遣いや力の強弱のような人為的要因で変化するがない。そのため、楽器に比べて、片方の形容詞の要素が極端に大きい印象を受けるというアンケート結果になると考えられる。

②金管楽器と木管楽器の比較では、明るさや鋭さを問う質問で金管楽器の方が片方の形容詞の要素が極端に大きい印象を受けるという結果になると考えられる。

2.2 実験や調査内容

①ユーフォニアム、トランペット、バリトンサックス、フルートの4種類の楽器の音を録音し、Wave GeneとWave spectraというソフトウェアを使って楽器音を元に再現した電子音を作成した。

②SD法という方法を用いて、「それぞれの音を聞いた時の印象は、相反する形容詞のどちらの要素が大きいか」という旨の質問をアンケートで行った。

③アンケート結果を元に、楽器・電子音間や木管・金管楽器間の印象の差異を比較した。

3.整理・分析

3.1 グラフの結果

今回のアンケートは25人の2年生生徒を対象とした。グラフの横軸に記載しているものは、今回使用したアンケート項目の形容詞対である。

縦軸の数字は、アンケート項目で聞いた音の印象を形容詞対ごとに5段階評価してもらった結果の平均値である。3を基準として、1に近づくにつれて/の左側の形容詞の、5に近づくにつれて/の右側の形容詞の要素を大きく感じる印象を受けた、という評価とした。

3.2 実験結果・分析

①図1から図4の殆どの項目において、項目の平均値が1や5に近いことから、電子音よりも楽器音の方が片方の形容詞の要素が極端に大きい印象を受けたとわかる。

① ユーフォニアム(楽器)とユーフォニアム(電子音)

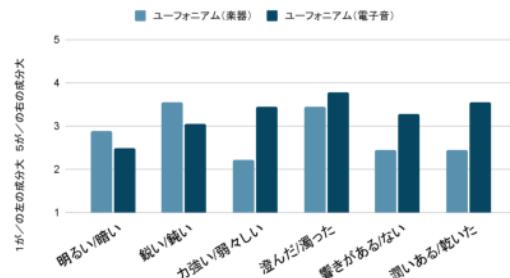


図1 ユーフォニアムの楽器音と電子音の結果の比較

② トランペット(楽器)とトランペット(電子音)

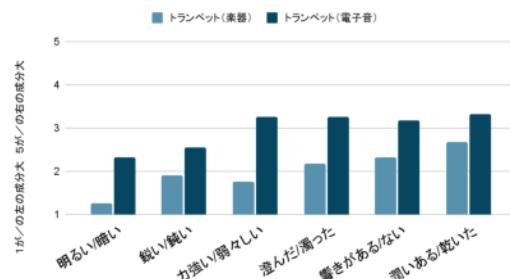


図2 トランペットの楽器音と電子音の結果の比較

③ バリトンサックス(楽器)とバリトンサックス(電子音)

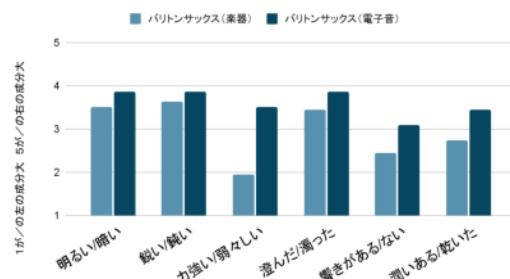


図3 バリトンサックスの楽器音と電子音の結果の比較

④ フルート(楽器)とフルート(電子音)

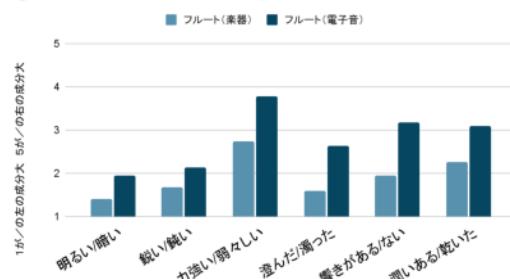


図4 フルートの楽器音と電子音の結果の比較

②図5から図8より、比較的音域が近い木管楽器と金管楽器[3]の比較においては、極端に印象が異なるという結果は見受けられなかった。

③図1と図2、また図3と図4より、金管楽器内・木管楽器内での比較において、明るさ・鋭さ・透明感の要素を問う質問での選択肢の平均値の変化が大きかった。

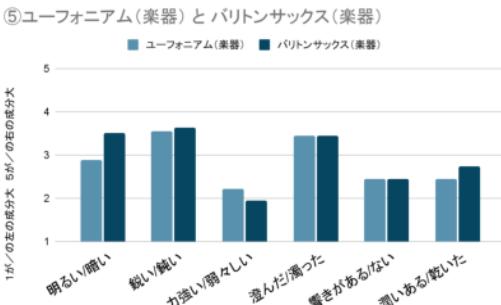


図5 ユーフォニアムとバリトンサックスの楽器音の結果の比較

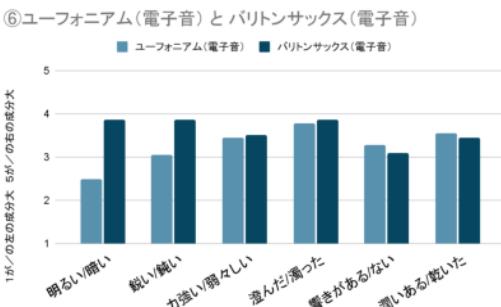


図6 ユーフォニアムとバリトンサックスの電子音の結果の比較

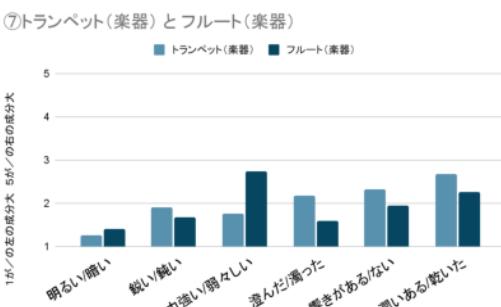


図7 トランペットとフルートの楽器音の結果の比較

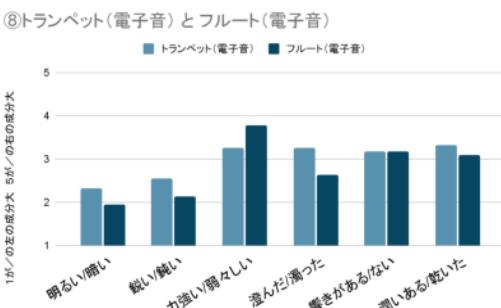


図8 トランペットとフルートの電子音の結果の比較

4. 考察

結果①について 図1から図4の殆どの項目において、電子音は特に極端に強い印象を受けた要素がなく、楽器音は、片方の形容詞の要素が極端に大きいように感じる事がわかった。調査前は、楽器音は人為的要因が音の変化を生み、総合的に見ると強い印象を受けにくいのではないかと考えていたが、そのことが逆に片方の形容詞の要素を極端に感じさせたと考えられる。

結果②について 今回のアンケートで設定した形容詞群の中には、この2種類の楽器の違いを決定づけるものが無かつ

たのではないかと考えられる。

結果③について 金管楽器・木管楽器間では結果の平均値の変化が小さく、同じ種類の楽器で音域が違う楽器間では結果の平均値の変化が大きかった。そのため、楽器音の印象の違いは楽器の音域の違いによる影響が大きいのではないかと考えられる。

5.おわりに

5.1 結論

今回の調査で、電子音はどの楽器を元に作成しても印象の変化に乏しく、楽器音は音域の違いによって印象の変化が決定づけられている可能性が考えられることがわかった。

5.2 今後の課題

金管楽器と木管楽器以外の楽器も調査対象に加えたい。また、今回使用したソフトウェアとは違うものを使い、楽器音特有の音の入り・終わりでの音の強弱の変化まで再現すると、結果に変化が生まれるのではないかと考える。

謝辞

本研究ではテーマ設定・実験方法・ポスター制作など様々な面で指導していただいた探Q指導員の岡本先生、楽器音の録音をさせていただいた吹奏楽部の生徒の方々、アンケートの回答をしていただいた25名の2年生生徒の方々など、多くの方々にご協力いただきました。本当にありがとうございました。

参考文献

- [1] 江守 美緒, 小幡谷 美雪「不快な音の解明～不協和音と比較して～」竹園高校 2020年度 探Q活動報告書 14～15P
- [2] 谷口 高士「心理評価実験における尺度構成の方法」日本音響学会誌73巻12号(2017)774～782P
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jasj/73/12/73_774/_pdf
- [3] ヤマハ 学校用楽器音域表
https://jp.yamaha.com/files/02_range_b6b0908e6f8a93b062535f523e026234.pdf
- [4] 橋本 和哉「音の印象の操作を目指した基礎的研究」電気通信大学大学院(2002)
http://www.hi.is.uec.ac.jp/rcb/paper/PDF/H14_hashimoto.pdf
- [5] 安倍 幸治 他「音色表現語、感情表現語及び音情報関連語による環境音評価」日本音響学会誌54巻5号(1998)343～350P
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jasj/54/5/54_KJ00001451039_.pdf
- [6] 赤井 良行 李 昇姫「音色からイメージされる色彩の寒暖と音色構造の関係」日本感性工学会論文誌 Vol.13 No.1(特集号)(2014)221～228P
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjske/13/1/13_221/_pdf

垂直軸風車の発電効率を改善する ～日本の風に最適な風車のカタチとは～

T.O. R.T.<科学①>

1.はじめに

風車には水平軸風車と垂直軸風車の二種類がある。現在風力発電の主流となっているプロペラ風車は水平軸風車、今回実験で使用したサボニウス風車は垂直軸風車に属する。サボニウス風車は、水平軸風車に比べ、弱い風でも発電でき、回転時の音が小さいという利点がある一方、発電量が小さいという課題がある[1][2]。本研究はサボニウス風車の発電効率を改善することで、サボニウス風車を新たな再生可能エネルギーとして活用したいと考えた。そこで風車のギアの減速比に着目し、それと風速・羽のアスペクト比との関係を調べることで、風速が遅く、風向の一定でない日本の市街地に特徴する風にあったサボニウス風車の形状を評価した。なお、減速比とは駆動する歯車の刃の枚数と駆動される歯の刃の枚数の比のことである。減速比が大きくなるほどトルク(力強さ)は大きくなるが回転数は減少する。また、アスペクト比は風車の羽の縦の長さと横の長さの比である。

2.仮説と調査方法

2.1 仮説

ギアの減速比が小さいほどモーターの回転数は上がり、トルクは小さくなる。よって減速比が小さいほど発電量は増えると考えられる。しかし同時にトルクも下るので、減速比を小さくしていくとある一点より発電量は上昇しなくなると考える。

2.2 実験方法

減速比、アスペクト比、風速の3つの条件を以下

(a) 減速比 24:24, 24:36, 24:48

(b) アスペクト比 7:7, 7:14

(c) 風速(m/s) 3.5, 4.0, 4.5

のようになって実験を行い、その電流の大きさを測定した。風車の回転軸には金属棒を用いて固定した。風車と軸の固定面にはペアリングを設置し、摩擦を軽減した。また、回路には 0.1Ω の抵抗を繋いで電流を制御した。

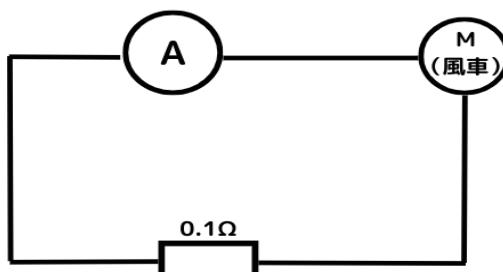


図1 実験の回路図



図2 実験の様子

3.グラフの表記のしかた

横軸には風速(m/s)、縦軸には電力($W \times 10^{-7}$)を表記した。ポインターが四角い線が減速比24:24、三角の線が減速比24:36、丸の線が減速比24:48を表している。三回の実験の平均値を取っているのでその平均値と実測値の差がアスペクト比7:14では最大4%、アスペクト比7:7では最大8%となつたため、誤差範囲としてアスペクト比7:14のとき4%、アスペクト比7:7では8%に設定した。

4.結果と考察

アスペクト比7:7 電力 $10^{-7}W$

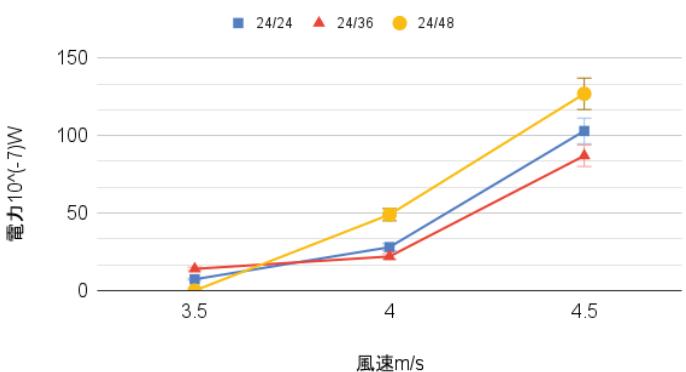


図3 アスペクト比7:7における風速と電力の関係

(1)アスペクト比7:7のとき

結果

(I) 図3よりどの減速比のときも風速が速いほど電力は大きかった。

(II) 図3より減速比が小さいほど電力の上昇率は高かった。

(III) 風速3.5(m/s)のときは減速比24:36の風車が最大の電力値を示した。風速4.0(m/s)、4.5(m/s)のときは、減速比24:48の風車が最大の電力値を示した。

考察

(III)より風速が小さい場合、減速比が小さすぎると発電量が減少すると言え

る。これは、減速比を小さくしたことでトルクが小さくなり、風を受けて羽が回る力が小さくなつたためだと考えられる。また風速が大きい場合では、減速比が小さいと発電量が大きくなる。これは、トルクが小さくても、羽に受けた力をモーターの風に十分に伝えられるため、回転数が大きくなる減速比の小さい風車のほうがより多くモーターを回転させることができるからだと考えられる。

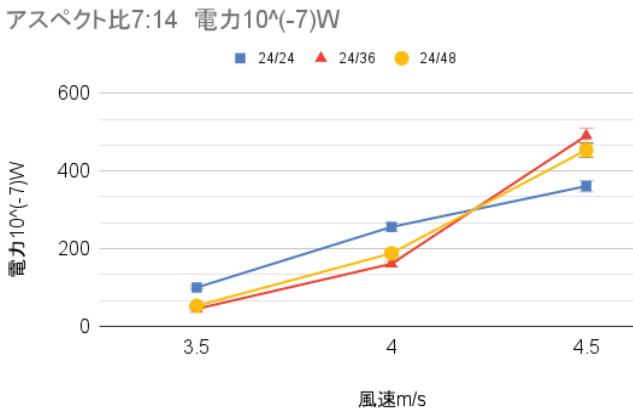


図4 アスペクト比7:14における風速と電力の関係

(2)アスペクト比7:14のとき

結果

(IV)(1)と同様に、どの減速比のときも風速が速いほど電力は大きかった。

(V)風速3.5(m/s)、4.0(m/s)のとき、減速比24:24の風車の電力が最大だった。風速4.5(m/s)のときには減速比24:36の風車に流れた電力が最大だった。

考察

(V)より、減速比が小さすぎると発電量が減少すると言える。これは、減速比を小さくしたことでトルクが小さくなり、風を受けて羽が回る力が小さくなつたためだと考えられる。また風速が大きい場合では、減速比が小さいと発電量が大きくなる。これは、トルクが小さくなつても十分に大きな力が加わるため、回転数が大きくなる減速比の小さい風車のほうがより多くモーターを回転させるからだと考えられる。また、風速4.5(m/s)において減速比24:36の風車が減速比24:48より大きな電力を発生させた理由は、減速比24:48の風車はより速い風で発電するときに適しており、風速4.5(m/s)では発電量が伸び切らなかつたためと考えられる。

(3)アスペクト比と電力の関係

結果

(VI)どの減速比の風車においてもアスペクト比7:14のほうが電力が大きかった。

考察

(VI)より、風を受ける羽の面積を大きくすると発電量が上がると言える。

6.おわりに

3.1 結論

風速が大きい場合減速比の小さい風車が発電に適しておらず、風速が小さい場合減速比が大きい風車が適しているとわかつた。風速が大きい場合は減速比24:48か24:36の風車を、風速が小さい場合は減速比24:24の風車を設置すれば良い。

3.2 今後の課題

今回の実験では実験を簡単にするために実際のサボニウス風車よりもかなり少ない歯数で実験を行ったが、実際に使われている風車に近づけるために歯数を大きくして評価する必要がある。また、今回は1つの条件で3回の施行のみだったので、実験の試行回数を増やすことでデータの信頼性を高める。比較する減速比を増やすことで減速比と風速の関係を更に細かく調べる。面積を大きくし続けても電力が上昇し続けるかどうかはわからなかつたので、大きな羽を持つ模型で実験する。

謝辞

探求指導員の岡本拓馬氏、茨城県ドリームパスプロジェクトの指導員の方々、東北大学の中村健二教授には研究の進め方や考察の仕方において様々なご指導をいただきました。心から感謝申し上げます。

参考文献

- [1]Neo Mag 風力発電の基礎シリーズ 2023 2/8
<https://www.neomag.jp/mailmagazines/topics/letter201204.html>
- [2]価格.com 風力発電の仕組み 2023 2/8
https://kakaku.com/energy/article/?en_article=67
- [3]「小型垂直軸型風力発電用風車の研究」
https://www.jstage.jst.go.jp/article/japanntcam/55/0/55_0_169_.pdf/-char/ja
- [4]「サボニウス風車の最適設計形状に関する研究」
https://www.jstage.jst.go.jp/article/kikaib1979/52/480/52_480_2973/_pdf
- [5]石川瑞菜(2020)「微量な風で動くサボニウス型風車の最適な形～品質工学による最適化について～」
- [6]大野朔也・小沢和司(2021)「発電力の高い効率的な風車～垂直型風車の羽根の枚数、角度、形状に着目して～」

地震に強い構造 ~制震構造を用いた住宅~

T. K. <科学①>

1.はじめに

日本は4つのプレートの境目に位置している国であり、世界でも有数の地震大国として知られている。日本の建築技術には、世界でもトップレベルの技術が用いられており、今日の私たちの生活を地震から守ってくれている。今回の研究では制震構造という構造に着目する。

地震に対する構造の種類は主に耐震構造、制震構造、免震構造の3種類がある。耐震構造は、1950年に建築基準法が制定されてから必ず導入されている構造で、1981年以前は震度5程度の揺れのでは建物が倒壊しないという基準であったが、1978年の宮城県沖地震の発生により1981年に大幅に改正された新耐震では震度5程度ではほとんど損傷しない、震度6以上の地震でも崩壊、倒壊しないというレベルまで基準が引き上げられている[4]。この頃から制震構造が多く導入されるようになっている。今回の研究では、一戸建ての住宅を想定した模型を作成して模型内の揺れを観測する。

2.方法

・実験準備

- (1)一戸建ての家を想定するために3種類の立方体を作成した。
- (2)一辺の長さがそれぞれ15cm(A)、10cm(B)の立方体を竹ひごと厚紙を用いて制作した。

図1

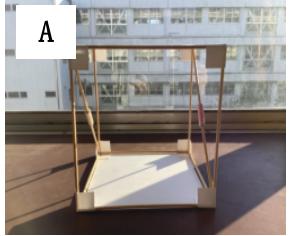
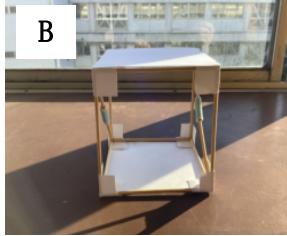


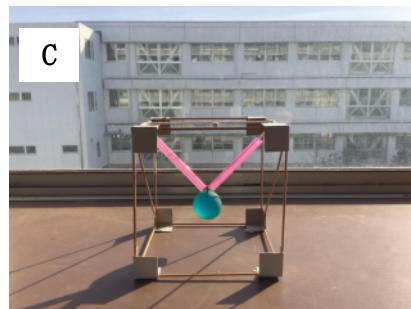
図2



- (3)一辺12.5cmの立方体(C)にゴムボールを立体の重心の位置になるようにして吊るした[1]。

初めて行った実験においては、立体Cのボールをつるす糸が不定形であるために実験結果に影響が出てしまっていたため、その後で実験内容を修正した実験では立体Cの糸にストローを通してボールの揺れが波同時に打ち消しあって不規則になってしまうのを防いだ。

(図3)



(4)立体CをAとBそれぞれの上に置いて、一階部分にスマートフォン(200g)を置いて揺れ発生装置を取り付けた台車に乗せて電圧5V、電流1Aの条件で10秒間、ゴムボールの振れ幅を計測した。またスマートフォンを下にある物体に設置して揺れ発生装置の地面水平方向の加速度を測定した。

(5)1回目の計測後に立体AとBの面の対角線に粘土を緩衝材として用いたもの(材質は立体と同じ竹ひご)を取り付けて、それぞれ対角線が左右で同じ向きの条件と左右で異なる方向にする条件に分けて実験した。

・揺れの測定方法

ボールと同じ高さにカメラを設置してスローモードで撮影した。その後、映像を一秒ごとに止めていき、ボールが静止している状態の角度を0°として静止状態からどのくらい揺れたかを分度器を使って計測した。

・速度調整の方法

phyphox (<https://phyphox.org/>) というスマートフォンに搭載された物理センサーに直接アクセスしてデータを取得できるアプリを用いた。揺れ発生装置の加速度を計測したのちに時間tにおける速度を以下の式を用いて計算した。

$$v = v_0 + at \quad (1)$$

v_0 :t=0における物体の速度、a:物体の加速度とした。

3.結果

立体に筋交いを入れたものと入れなかったものでは揺れ幅に差があり、筋交いを入れた方が揺れ幅が小さくなった(図3、図4)。また、筋交いの入れ方を左右で互い違いにしたものの方が揺れ幅がわずかに減少した。

(図5、図6)

<筋交いを入れたときと入れないときの実験結果>

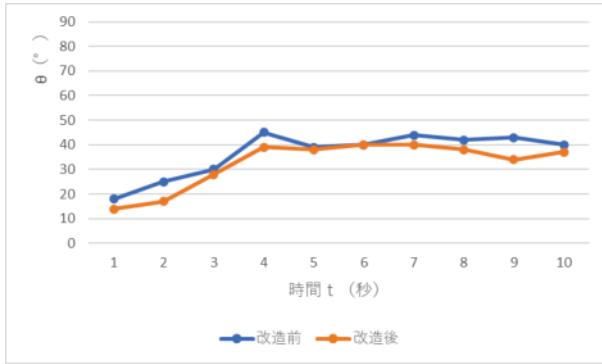


図3:立体Aの揺れの時間変化の改造前改造後の比較

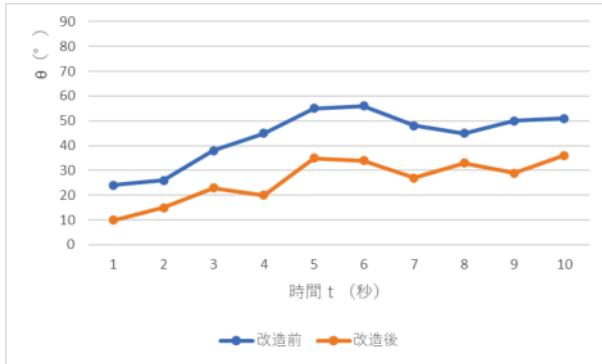


図4:立体Bの揺れの時間変化の改造前改造後の比較

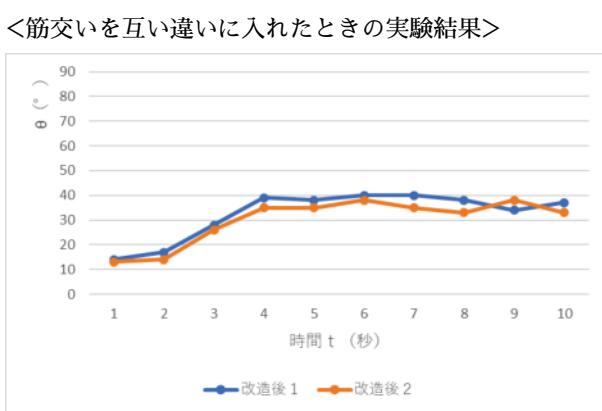


図5:立体Aの揺れの時間変化の改造前改造後の比較

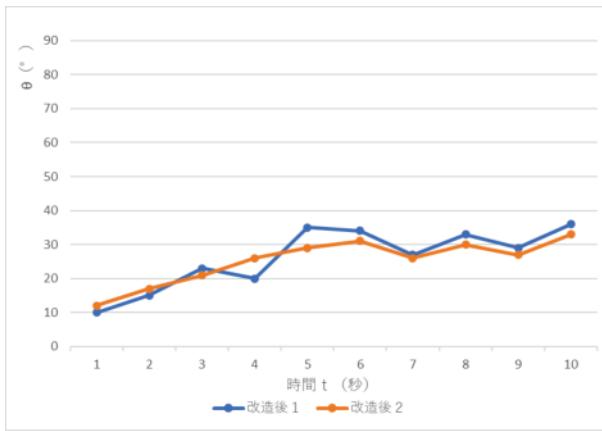


図6:立体Bの揺れの時間変化の改造前改造後の比較

4.考察

まず、揺れの方向に筋交いを入れたものと入れなかつたものとでは、図3, 4から大きく変化があることがわかった。特に立体Bの方が変化が顕著に表れており、原因としては立体Bの方が構造としての密度が高いために揺れた時の立体の軋みが小さくなつたと考えられた。

次に筋交いを互い違いに入れた場合と左右で同じ方向に入れたものを比較すると、互い違いに入れたものの方がわずかながら揺れが減少していた。立体Aでは改造前と後では23%、立体Bでは12%減少した。このことから左右で異なる方向に軸を入れることで揺れによる軋みをわずかながら減少していると考えられた。

次にマグニチュードからの考察を行つた。

今回の実験では加速度を出したことで今回の実験でのマグニチュードを計算で求めることができる。

マグニチュードは以下の公式で定義される

$$\log_{10}E = 4.8 + 1.5M \#(2)$$

ここでE:地震エネルギー(J)、M:マグニチュードとしたこの公式を用いること、今回の揺れの運動エネルギーは

$$K = 1/2mv^2 \#(3)$$

ここでm:質量(g) v:物体の速度としていた。

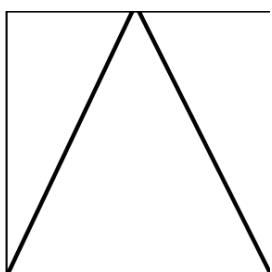
式(3)を用いて運動エネルギーを求めるところ0.001Jとなつた。これをマグニチュードの公式に代入するとM=-5.2となつた。ここで今回の実験から求めたMの値の絶対値をとるとM=5.2(実験値の約2,251,000,000,000倍)となつた。今回の実験結果からおおよその震度の仮定した。今回の実験から導き出したマグニチュードの値の絶対値と同じ値の2015年9月12日の東京湾で発生した沖合地震を参考にする(震源地からの距離:38~170km)と震度2~5弱と仮定される(地層の状態は考慮しない)[5]。震度5以下の地震において耐震構造と制震構造の揺れの大きさは、耐震構造の方が大きく最大で5倍以上になるといわれている[6]。ゆえに今回の実験(図3,4)においては制震構造を模した立体の方が揺れが小さくなつてゐるので、今回用いた竹ひごや粘土という安易に入手できる材質を用いた模型において構造としての機能が十分機能したと考えられた。

5.今後の課題

今回は3種類の場合で実験を行つたが、想定では4種類行う予定だったため実験パターンが少なくなつてしまつた。考えていたパターンは、トラス型(図7,8)である。本研究では横揺れに対する構造を研究したが、縦

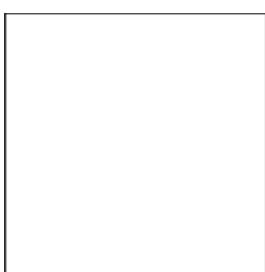
揺れのパターンを検討できなかった。揺れのパターンや軸の入れ方のパターンを増やし、内陸地震や沖合地震の震源地の違いによっても実際の建造物をより現実的に想定できるようにする。

図7



(横から見た図)

図8



(正面と上から見た図)

謝辞

本研究を行う上で、探Q指導員の岡本拓馬氏にたくさんのご指導をいただきました。ありがとうございました。

参考文献

- [1] 「地震に強い建物の構造～筋交いの入れ方を比較して～」 2019年度探Q活動報告書
- [2] 日鉄エンジニアリング株式会社 耐震・制震・免震違いは？-耐震・制震・免震構造の比較
- [3] 建築基準法の耐震基準！新旧の違いや耐震基準の確認方法を紹介 Redia編集部
<https://landnet.co.jp/redia/writer/ln-editor/>
- [4] 震度とは 福島地方気象台
[震度とは \(jma-net.go.jp\)](http://www.jma.go.jp/jma-net/)
- [5] 建築構造形式を知ろう！耐震構造、制震構造、免震構造の違いとは？ さくら構造株式会社
[建築構造形式を知ろう！耐震構造、制震構造、免震構造の違いとは？ | さくら構造株式会社](http://www.sakurajyosei.com/learn/)
- [6] 過去の地震情報 震度5弱以上 tenki.jp
[過去の地震情報 震度5強以上\(マグニチュード・降順\) - 日本気象協会 tenki.jp](http://www.tenki.jp/quake/5strong.html)

プロペラから発生する音の対策

K.K. <科学①>

1.はじめに

プロペラは飛行機やドローンなど、生活の中の様々なところで利用されており、それらの開発は生活をより快適なものへと変えた。しかし、プロペラは人類に恩恵をもたらすと同時に課題を抱えている。それはプロペラから発生する音が引き起こす騒音問題である。ヘリコプターの近くではおよそ110dbの音[1]がなっている。これは自動車のクラクションを直近で聞いたときの音に相当し聴力機能に支障をきたすレベルの音量[2]である。更に、プロペラから発生する音を抑制することは、騒音問題を解決できるだけではなく、プロペラのエネルギー変換効率を向上させることにもつながる。

そこで、本研究では、プロペラの風を送る能力を維持したまま、音量を小さくする方法を探ることを目的として、プロペラの枚数を変えることはプロペラから発生する音の音量を減らすための対策として有効的であるかを実験した。

2.方法

実験器具

プロペラ(図1)

羽の材料:厚紙、竹ひご

羽の大きさ:縦3.0cm、横1.5cm

タイヤ(ミニ四駆に使用されるタミヤ製のもの、

羽と回転軸をつなぎ合わせるために使用)

風速計(ブランド:OTraki)

騒音計(スマートフォンのアプリ「騒音測定器」

デベロッパ:GWI JU JO)

モーター(タミヤ、トルクチューンモーター)

直流電源装置(図2)

これらの器具を図3のように配置した。



2枚羽(3.0g)

3枚羽(3.5g)



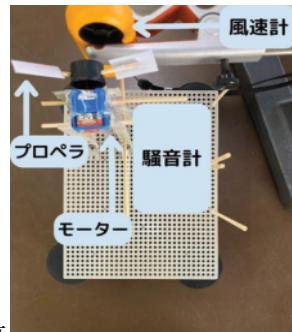
4枚羽(3.8g)

図2 直流電源装置

図1 使用したプロペラ



図3 実験装置の配置 左:横



からみた写真

右:上からみた写真

・測定値について

図3のようにプロペラ前方に配置した風速計の測定値を風速(m/s)とした。

また、騒音計の測定値を音量(db)として記録を取った。

(1)羽の枚数と音量の関係

羽の枚数の異なる3種類のプロペラをすべての条件において3Vの電圧で回転させた。それぞれの条件において、プロペラを10秒間回転させて、その間における風速と音量の最大値を結果として記録し、この試行を5回ずつ行った。そして値の平均値を、その条件の実験結果とした。

(2)風速と音量の関係

実験1にて用いた、羽が3枚のプロペラを使用してプロペラの送る風の強さの条件を2、4、6、8m/sと変えてそれぞれにおける音量を測定した。この実験も実験1と同様の方法で結果を算出した。

また考察の際に、実験1において羽の枚数がプロペラから発生する音の大きさに影響しているかを調べるために風速を音の大きさで割った値を出した。この値は1dbの音を出すのに何m/sの風が必要かを表している。

3.結果・考察

(1)羽の枚数と音量の関係

実験1において次のような結果が得られた。

以下で示されるグラフについて、点はそれぞれの条件における結果の値、直線は近似直線を表している。

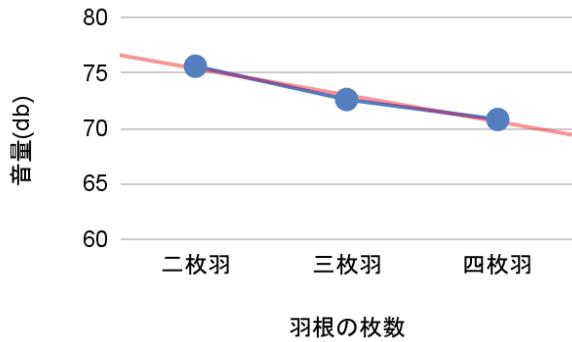


図4 羽根の枚数と音量の関係

図4において、羽の枚数を増やしていくと、音量は減少した。

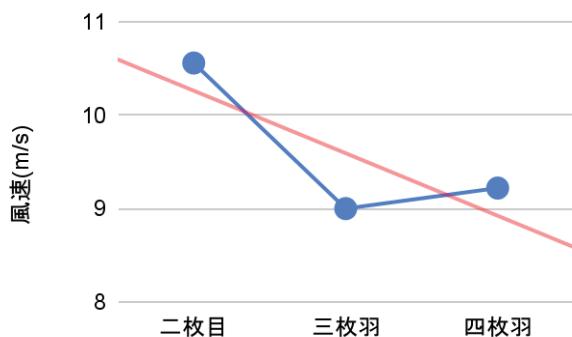


図5 羽根の枚数と風速の関係

図5において、羽の枚数を増やしていくと、風速は減少した。図4のデータだけを見ると、羽の枚数と音量には関係があるよう見えるが、この実験においてそれぞれの条件で風速と音量の2つの値が変化しているので、羽の枚数と音量に相関関係を見出すことはできない。

この考察を踏まえて、音量と風速に関係があるのかを調べるために実験2を行った。

(2) 風速と音量の関係

実験2において次の結果が得られた。

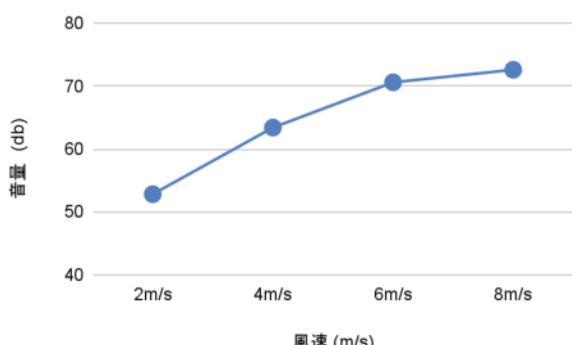


図6 風速と音量の関係

図6において、風速を大きくするほど音量も大きくなつた。この実験では風速と音量以外の条件は同一であるため、風速と音量に関係があるといふことが言える。

<まとめ>

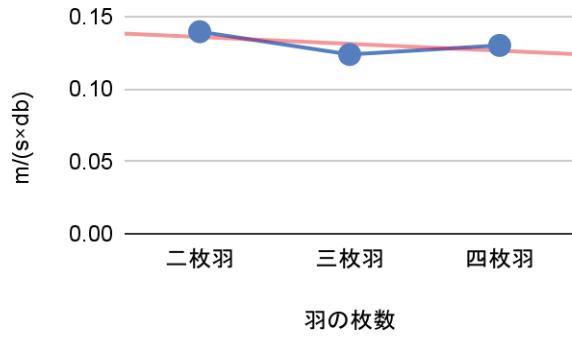


図7 風速を音量で割った値

図7は実験1のそれぞれの条件の結果における風速(m/s)を音量(db)で割った値である。この値はすべての条件でほぼ一定であった。実験2の風速と音量には関係があるという結果を踏まえると、このグラフから羽根の枚数を変えることの、プロペラから発生する風の風速および音量に対する直接的な影響はわずかであると考えられる。

2つの実験から、実験1において羽の枚数を増やしたときに音量が減少したのは、羽の枚数と音量に相関関係があったからではなく、実験に用いたプロペラの重さがそれぞれ異なっていたため重いプロペラほどプロペラの回転数が少なくなってしまったことや、本実験ではモーターに流す電気の電圧を固定して行ったために、それぞれの条件で回転数が異なっていたことなどの原因によって、プロペラから発生する風の風速が減少してしまったためであると考える。したがって、羽の枚数を変更することは、プロペラから発生する音の音量を減らすための対策として有効性があまりないと考える。

5. 今後の課題

本実験における最大の問題点は、プロペラが手作りしたものであったため羽の大きさが微妙に異なっていたり、羽のささる角度がずれていたりしていたためにプロペラが回転する際にブレが起きてしまっていたことであると考える。この事により実験の結果にわずかながら影響が出てしまった可能性があるので、次はより精度の高いプロペラを用いて実験を行う必要がある。

また、実験中にモーターの回転の反動によって実験装置が少し振動てしまっていた。このことも実験結果に影響があつた可能性があるので、土台と机、そしてモーターと土台の固定を更に強めてこのような振動ができるだけ無くすことが必要だと考えられる。

本研究ではプロペラから発生する音を小さくするために羽の枚数を変えることが有効的であるかを調べたが、プロペラから発生する音に対する対策として他にも羽の大きさ、形状、何らかのパーツを羽に付け加えるなど、様々なものが考えられる。それらについても、有効性があるかを実験していき対策方法を探っていくたい。

謝辞

本研究の実施に当たり、実験の方法やポスター制作、論文の作成についてアドバイスをしてくださった指導員の岡本拓馬氏にこの場を借りて心から感謝申し上げます。一年間忙しい中支えてください、本当にありがとうございました。

参考文献

- [1] 東邦精機 株式会社 「騒音」2023.2.4
http://www.toho-seiki.com/info04_e.htm
- [2] 騒音の大きさの目安 2023.2.4
https://www.city.fukaya.saitama.jp/ikkrwebBrowse/material/files/group/31/souon_ookisa.pdf

紙飛行機を速く飛ばすには ~重心位置に着目して~

K. S. <科学①>

1.はじめに

紙飛行機を飛ばす遊びは、多くの人にとってとても馴染み深いものである。1枚の紙さえあれば、どこでもだれでも簡単に作って遊ぶことができる。近年では、紙飛行機の飛行距離を競う大会なども開催されており、年齢を問わず多くの人が参加している。このように、紙飛行機の奥深さには、子どものみならず大人を多くの人を魅了しているものがある。

書店やインターネット等では、遠くに飛ばせる紙飛行機の作り方を紹介しているものは数多くある。しかし、どうしたらより速く飛ばせるかについての研究は少ない。

そこで本研究では、紙飛行機をどうしたらより速く飛ばすことができるかについて、先行研究[1, 4]をもとに、重心位置の変化について着目して実験した。

2.方法

(1) 使用した紙飛行機

実験に使用する紙飛行機には、コピー用紙などと比べて、比較的の耐久性のあるA4のケント紙を用いた。また、今回はできるだけ実験結果の誤差を減らすために、直線的に飛びやすい紙飛行機を用いた(図1)。折り方に関しては参考文献[3]を参考にした。

(2) 発射方法

発射する際には条件の均一化を図るために、発射装置を用いた。発射装置には、ダンボール製の紙飛行機シューターを使用した。発射装置は輪ゴムの弾性力を用いて発射する簡単な仕組みである(図2)。発射装置は参考文献[4]を参考に作製した。



図1 使用した紙飛行機



図2 発射装置

(3) 実験方法

(3-1) 重心位置

重心位置による速さの変化をよりはつきりとさせるため、クリップ3つをまとめて1つの位置につけた。クリップを取り付ける位置は、機体を4分割し、それぞれの間の点を前、中、後ろとして実験した(図3)。

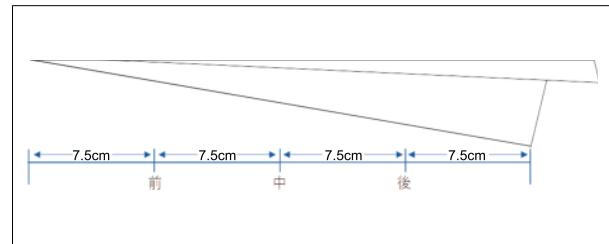


図3 クリップ取り付け位置

(3-2) 速さの測定方法

この実験での速さとは平均の速さのことを行うこととする。速さの測定は、紙飛行機を飛行させて、発射から一定の距離の記録線を越すまでの飛行時間を求め、計算によって求めるという方法をとった。発射台の性能の面から、2.5m以上だと飛行させることができないため、記録線の位置は2.5mに設定した。また、発射からの時間を記録するためカメラを2.5mの位置に設置し、実験ごとに動画を撮影した(図4, 5)。撮影した動画を、動画解析ソフトを用いてコマ送りにし、発射音がしてから2.5mの位置を機体の先端が超えたコマまでの時間を飛行にかかった時間とした。

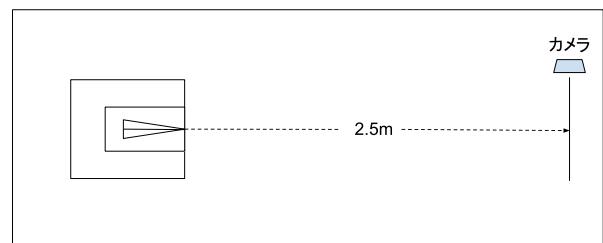


図4 実験時の配置図 上から

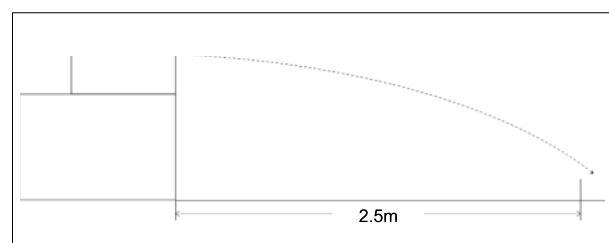


図5 実験時の配置図 横から

3.結果

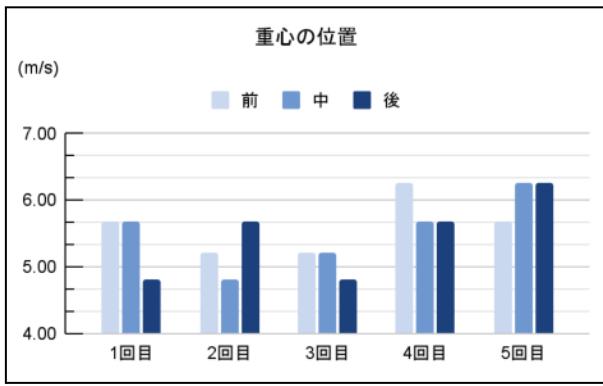


図6 重心位置と速さの関係

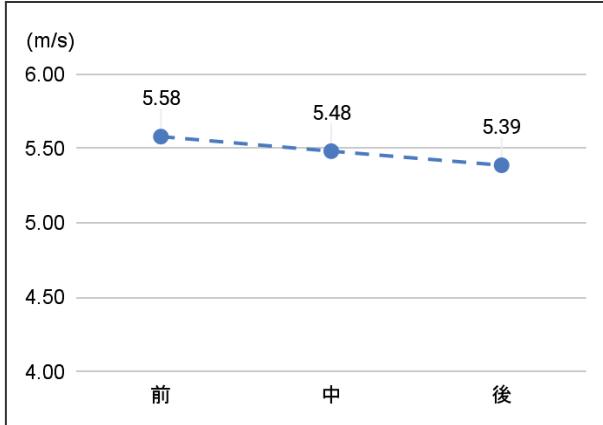


図7 重心位置とそのときの速さの平均値

図6が各回の実験で得られた数値、図7が位置ごとに求めた平均値である。実験の結果、各位置の平均値で比較すると、後、中、前の順に、より重心位置を前に寄せたほうが紙飛行機の速さは大きくなっていた。ほぼすべての回で前にしたもののが一番大きくなっていた。また、図7での平均値では、一次関数的に減少しているように見えた。

4. 考察

紙飛行機の重心位置が前になるほど、速さが大きくなつた。これは、重心位置が前になることで、紙飛行機により角度について機体がより下向きになるように飛行したことが原因だと考えられる。機体が下向きに傾いて飛行することで、飛行中の空気抵抗が減少し、速さが大きくなつたと考えられる(図8)。また、重心位置を後にした場合、前にあったときと比較して機体が後ろに傾いて飛行し、逆に空気抵抗が増加し、速さが小さくなつたと考えられる(図9)。

紙飛行機の速さと重心位置に関して、ほぼ一次関数的に減少しているように見られた。このことから、重心位置は紙飛行機の速さに比例している可能性が考えられる。しかし、本実験での実験結果からのみでは、データ量が不十分であり比例関係にあると結論づけることはできなかつた。

また、各回によって実験値に差が出てしまったことに関しては、紙飛行機の発射方法に改善の余地があると考えられる。本実験では、輪ゴムの弾性力を用いた簡易的な発射装置を用いたため、全ての回で同じ強さで発射できたとは言えず、条件を均一にできなかつた可能性がある。また、発射台のダンボールが繰り返しの実験で摩耗してしまつたため、この点に関しても条件の均一性に影響してしまつたと考えられる。

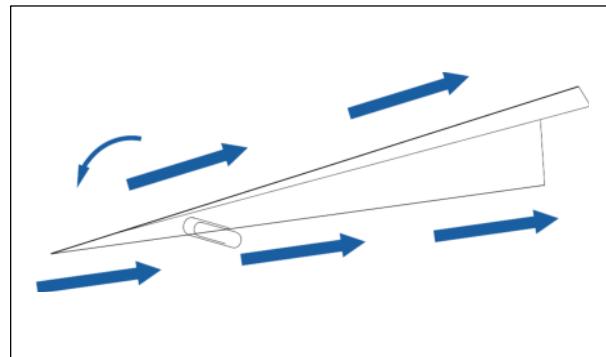


図8 重心位置(前)のとき

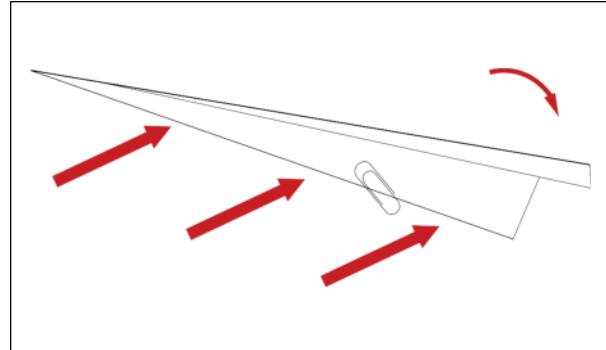


図9 重心位置(後)のとき

5. 今後の課題

まず、本実験の考察に関して、空気抵抗や風の当たり方はあくまで考察の域であり、データとして目に見える形で示す必要がある。この点に関しては、流体力学のシミュレーション等を用いて実験を行っていきたい。

今回は前・中・後の3点のみで変化させて実験を行つたため、実験で得られるデータが少なかつた。この点に関しても次回の実験でより重心位置を細かく変化させて、得られるデータ量を増やしていきたい。

また、各回によって実験値に差が出てしまつたことに関しては、輪ゴム以外を用いた発射装置を製作するか、同じ仕組みでもダンボールの代わりに、より耐久性のある素材を用いて改善できるようにしたい。

速さの測定面でも、時間で計算して求めるのではなく、速さ自体を求める方法を考えていきたい。

謝辞

本研究を行うにあたり、テーマ設定から論文製作まで多くの助言を頂きました探Q指導員の岡本拓馬氏にこの場をお借りして深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1]鈴木真二、「紙飛行機を上手く飛ばす科学」
- [2]岡純星、「形状による紙飛行機の滞空時間の変化」、2021年度 探Q活動報告書
- [3]「紙飛行機を飛ばそう！段ボールシューターの作り方を解説」 | ベビセフ、https://evaluator.blog/2021/05/paper_plane_shooter/
- [4]【折り紙】紙飛行機の折り方(動画付き)～どこまで飛ぶかな？ わくわく広がる折り紙遊び～ | 保育と遊びのプラットフォーム[ほいくる]、<https://hoiclue.jp/800005508.html>

浮いてるように見える構造とは？

R. T. <科学①>

1.はじめに

テンセグリティ構造とは張力材（糸）などのバランスによって成立している柱のない構造である。張力材を磁石で代用する先行研究 [1] より、この構造について知り、強度を調査しようと考えた。テンセグリティの大きな特徴は、「少数の材料でも安定した立体が成立する」点である。また、テンセグリティは構造システムが破綻しない範囲で、部材を極限まで減らしていくときの最適形状の一種とも考えられているが、現代においてもテンセグリティの工学的な視点からの研究例は少なく、これから応用と発展が期待されている。



図1 テンセグリティ構造の例 [2]



図2 テンセグリティ構造の模型 [3]

3 実験方法と概要

ストローで作ったテンセグリティ構造の模型に紙で作った受け皿を乗せ、その上に0.5gずつ金属のおもりを乗せた。構造がバランスを崩したとき、構造の崩壊とみなした。構造のたわみをより緩和できると予想し、中心の糸を輪ゴムに変更し、輪ゴムの伸びをわかりやすくするためにペンで5mm間隔で印をつけた。10cmのストローを圧縮材（骨組み）としてグルーガンで接着し三角柱型の構造を作った。（この構造をAとする）外側の糸は8.5cm、中心の糸を3.5cmとした。また、比較対象として柱をストローにした三角柱型の構造を用意した。（この構造をBとする）構造Bの圧縮材の規格は構造Aと等しくする。

実験材料

- ストロー
- 紙
- 糸
- おもり (0.5g)
- 輪ゴム
- グルーガン

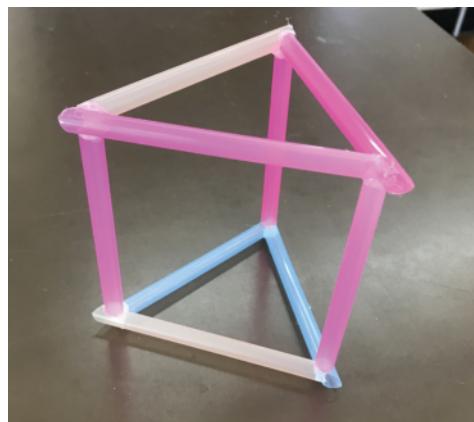
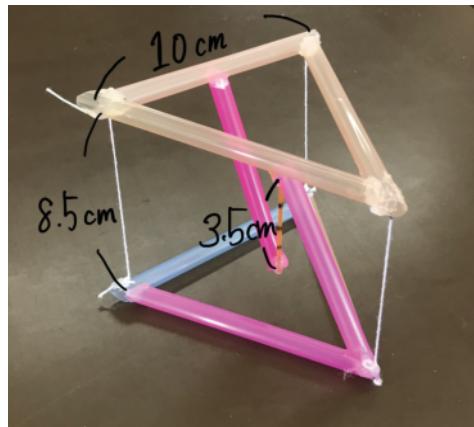


図3. 4 上：構造A 中：構造B 下：輪ゴムの印

3.3 仮説上

構造Aの見た目から構造Bよりも耐荷重は小さいと予想する。また、おもりは全体にまんべんなく配置した方が

荷重が分散されより多くのおもりがのせられると予想される。

4. 実験結果

構造Aは、14.9g乗せたところでバランスを崩した。また、おもりをのせた位置によって、5.0g程度結果に差が出た。中心部のゴムが接続されている柱の真上におもりをのせたときに最も構造が安定し中心から離れるにつれ構造は崩れやすくなつた。これに対し、構造Bは、おもりを200g乗せても構造を維持でき、おもりを乗せた位置によって結果に違いは生まれなかつた。このことから、基本的な三角中型のテンセグリティ構造は、柱の構造よりも弱いものであることが分かる。また、実験終了後に両構造に手で力を加えてみたところ、構造Aでは、中心の輪ゴムの接合部のグルーガンが取れてしまったのに対し、構造Bは、柱そのものが折れてしまった。その後、グルーガンを接着しなおして、再度同じ操作を行つたところ、構造Aの結果はほとんど同じであったが、構造Bは折れたストローの部分から崩れてしまい耐荷重はかなり小さくなつていていた。

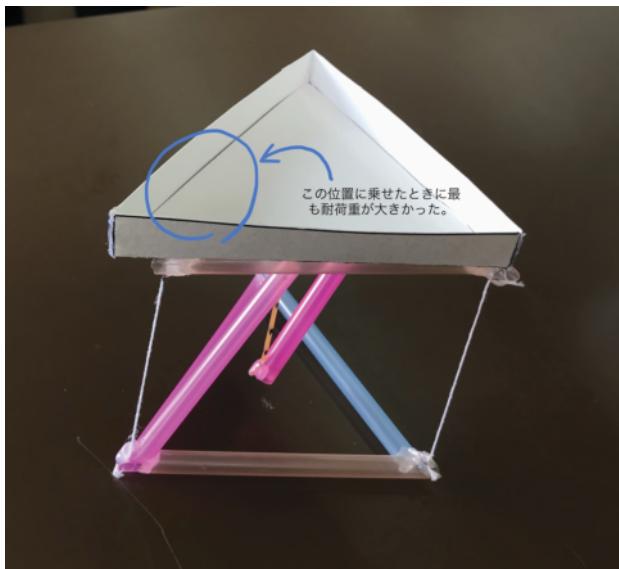


図4 解説

5. 考察

実験結果から、テンセグリティ構造というのは、耐荷重は通常の柱の構造と比較すると小さいことがわかつた。追加実験から、テンセグリティ構造は、加えられた力が圧縮材ではなく、張力材の接合部にはたらいていることが分かつた。このことからテンセグリティ構造の耐荷重の強化のためには、張力材の接合部をより強固にする必要があると考えられる。また、この構造は力を加える位置によって強度が変わつてくる。この構造を実際に建築物などに用いる場合、加えられた力を、安定しやすい位置に集める工夫をすることが必要だと考えられる。それから、追加実験より、テンセグリティ構造は通常の柱の構造よりも、修復後の構造の維持能力に優れることが新たに分かつた。

6. 今後の課題

ストロー製のテンセグリティ構造を用いた実験を行つたが、試行回数を増やして正確性を高める必要があると

考えられる。それに加え、金属のおもりも一個一個の重さにわずかな差があり、その点でも正確性を高める必要があると考えられる。同じ条件で複数回実験を行い、構造の大きさや、張力材、圧縮材の材質を変更して対照実験をすれば、よりテンセグリティ構造の性質が解ると考えられる。また、本研究ではテンセグリティ構造単体を構造のすべてと仮定して強度を調べたが実際の構造は、この模型などを一単位として、複数個連結させることで、強度を高め、構造を維持していることが多い、実際のテンセグリティ構造の強さは、本研究の結果とは異なつてくるかもしれないと考えられる。

謝辞

本研究において実験の方法や、論文などについてのアドバイスをくださつた探Q指導員の岡本先生に深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 大木 優里花 2021年度探Q発表物理ゼミ 「磁石でテンセグリティ構造を作る」
- [2] オーストラリア ブリスベンのクリルパ橋
- [3] ナゾロジー 「宙に浮いてる!? 「テンセグリティ構造」の不思議な仕組み」
<https://nazology.net/archives/59288/fireshot-capture-176-lego-tensegrity-sculpture-demonstration-youtube-www-youtube-com>
- [4] JJ Works 「【工作】これ、宙に浮いてるの!? 【テンセグリティ構造の作り方】 How to make a tensegrity 」
[structurehttps://www.youtube.com/watch?v=bU34sc-mobk&list=PLMjIFGYDJo4jirk6d3WIT0C1qMANkknQM&index=3](https://www.youtube.com/watch?v=bU34sc-mobk&list=PLMjIFGYDJo4jirk6d3WIT0C1qMANkknQM&index=3)

再生可能エネルギーでエネルギー不足から日常を守れ！

～風力発電の効率を上げるには～

R.T.<科学①>

1.はじめに

日本では現在、電力不足が懸念されている。日本の電力自給率は1割程度で、OECDデータが利用できる36カ国中35位である[1]。その要因は日本は資源が乏しい国であることがあげられる。そこで再生可能エネルギーによって日本のエネルギー自給率をあげることができるのでないかと考えた。再生可能エネルギーの一つに風力発電がある。風力発電は大きく分けると水平軸型と垂直軸型の2種類に分けられる。水平軸型は風車が地面に対して垂直に回転する、一定方向の風を利用した発電方法で、代表的なものとしてプロペラ型風車があげられる。垂直軸型は風車が地面に対して平行横に回転する、様々な風向きの風を利用した発電方法で、代表的なものとしてジャイロミル型風車があげられる。日本は山がちな地形で風向きが変わりやすいため、利用できる風向きの種類の多さという観点からすると多様な風向の風を利用し発電する垂直軸型風車のほうが日本には向いているといえる。しかし、発電効率の良さという観点からすると、垂直軸型風車は劣っている。そこで、本研究では垂直軸型風車の発電効率と羽の角度の関係に関する研究を行った。

2.垂直軸型風車の発電原理

垂直軸型風車の羽の断面は上面は緩やかなカーブ、下面是平らな形状をしている。羽にあたった風は上面と下面に分かれ、同じ時間をかけて翼の表面を通過し、後方で合流する。上面は下面よりも距離が長いので、上面を流れる空気のほうが下面を流れる空気よりもスピードが速くなる。すると、上面の空気圧が低くなり、その圧力差によって翼を上方に引き上げようとする力が生じる[2]。この力を揚力といい、この揚力を利用することで、垂直軸型風車は回る仕組みになっている。また、

p :空気密度 V :羽の速度 S :翼面積 C_l :揚力係数

とすると、揚力 = $\frac{1}{2} p V^2 S C_l$

という関係が成り立つ。

3.仮説と調査方法

3.1 仮説

揚力は空気密度、羽の空气中を動く速度の2乗、翼面積、揚力係数の積によって求めることができるために、風に触れる羽の面積が大きい30度の場合に最も発電量が多くなると考えられる。ただし、本実験では、風の向きに対し垂直な線と風車の上面の中心を通る羽のカーブ面の接線を引き、その交点から羽の先端までの表面積を風に触れる羽の面積とする(図1)。

3.2 実験方法

羽の角度を変更することの可能な垂直軸型風車の模型を作った(図2、写真1、写真2)。次に、模型を台に固定した竹の棒に吊るし、一定距離離れた地点から扇風機を使って一定の大きさの風を一定の向き(写真3から写真6においては左から右の方向)で当て、扇風機を作動させてから10秒間の検流計の値の様子をビデオに記録した。記録したビデオを0.5秒ごとに区切り、その時の検流計の値を記録した。上面の円の接線に対する羽の平らな部分の角度を羽の角度と

定義し、それを0度(写真3)30度(写真4)60度(写真5)90度(写真6)と変え、上記の実験を繰り返した。

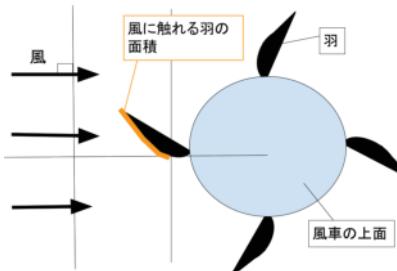


図1:風の当たる羽の面積の模式図

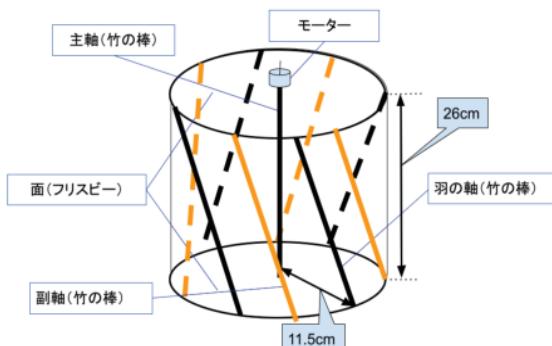


図2:装置の構造

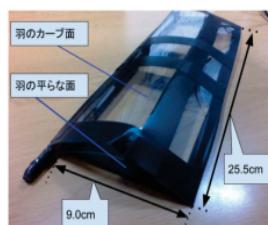


写真1:1枚の羽



写真2:装置の写真



写真3:羽の角度θ = 0°



写真4:羽の角度θ = 30°

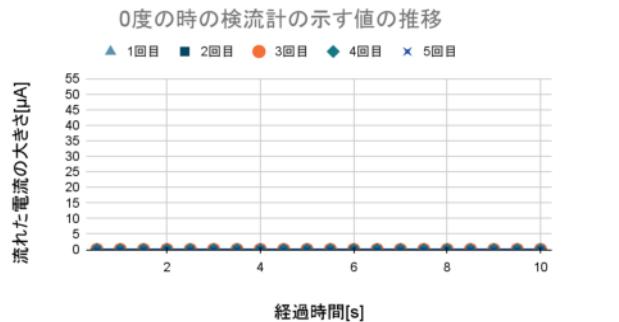


写真5:羽の角度 $\theta = 60^\circ$

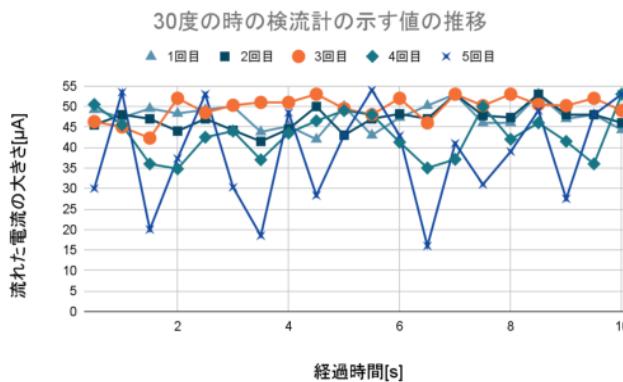


写真6:羽の角度 $\theta = 90^\circ$

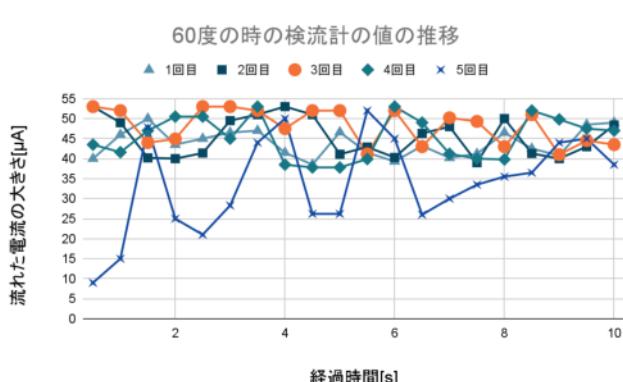
4. 整理・分析



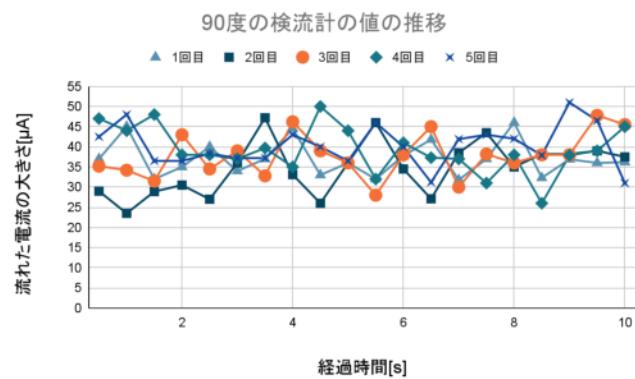
グラフ1:0度の時の検流計の示す値の推移



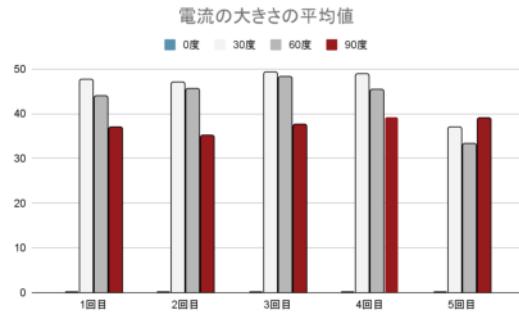
グラフ2:30度の時の検流計の示す値の推移



グラフ3:60度の時の検流計の示す値の推移



グラフ4:90度の時の検流計の示す値の推移



グラフ5:電流の大きさの平均値

羽の角度が0度の時は羽が回ることではなく、常に発電量は0 μ Aであった(グラフ1)。羽の角度が30度の時は、全体的に発電量は多い(グラフ2)。羽の角度が60度の時は、全体的な発電量は多いが、30度の時と比べると、45 μ Aより少ない発電量を記録している場合が多いため、30度の時ほど発電されていないことがわかる(グラフ3)。羽の角度が90度の時は、記録の多くが35 μ Aから45 μ Aに分布しており、発電量は比較的少ないことがわかる(グラフ4)。また、1回の試行での電流の大きさは、全部の試行において安定していない(グラフ4)。実験データの平均を見ると、発電量の平均は、ほとんどすべての試行において、多い順に、30度、60度、90度、0度となる(グラフ5)。

5. 考察

0度の時に回転しなかったのはあたった風が羽のカーブの面と他の面に分かれず、揚力が生まれなかつたためであると考えられる。0度以外の時の発電量を比較すると90度、60度、30度の順で多くなったのは、風が当たる羽の面積がこの順で大きくなつたためであると考えられる。また、90度のときに発電量が安定しなかつたのは、風車の主軸に直接風が当たり、風車の底面が床に対して並行な角度から大きく外れたためであると考えられる。

6.まとめ

6.1 結論

風の当たる羽の面積が大きくなる角度のときに発電量は多くなると考えられる。

6.2 今後の課題

風車を吊るして実験を行つたために風車の底面と地面を並行に保ちながら実験を行うことができなかつた。そこを改善するための工夫を施し実験を行う必要があると考える。また、羽の角度を30度より小さくして実験を行うことで、揚力が生まれ、かつ風の当たる羽の面積が大きくなる最適な羽の角度を見つけることができると考えられる。

謝辞

本研究を行うにあたり、様々な助言をくださった探Q指導員の方をはじめとする、本研究に協力いただいた全ての方々に心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] [36、エネルギー（2022参院選／各分野の政策）](#)
- [| 2022参議院選挙政策 | 日本共産党の政策 | 日本共](#)

産党中央委員会 (jcp.or.jp)

[2] 揚力の仕組みと利用

[https://f.osaka-kyoiku.ac.jp/tennoji-j/wp-con
tent/uploads/sites/4/2020/09/37-06.pdf](https://f.osaka-kyoiku.ac.jp/tennoji-j/wp-content/uploads/sites/4/2020/09/37-06.pdf)