

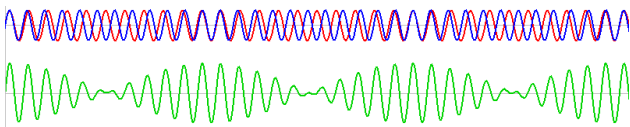
鈴虫の鳴き声によるうなりについて

鹿児島県立国分高等学校サイエンス部物理・鈴虫班

森永悠日 新地弘武 株元洋輝 竹之内圭太 藤山拳志朗

うなりについて

うなりとは、周波数の近い2つの音を同時に聞くと、人間には2つの周波数の差によって音が周期的に大きくなったり小さくなったりして聞こえる現象である。しかし、周波数の差が200Hz以上になると音は強弱があるように聞こえなくなり、うなりはなくひとつの音として聞こえるようになる。



22.2Hz と 24.3Hz のうなり

動機

鈴虫の鳴き声と物理の授業で聞いたうなりという現象が似ていることに気付いたため、鈴虫が音を出す仕組みを詳しく解明しようと考えたから。

仮説

鈴虫は、2枚の羽根でわずかに周波数の異なる2つの音を発生させることで、小さな音をうなりによって大きな音にしている。

波形の比較

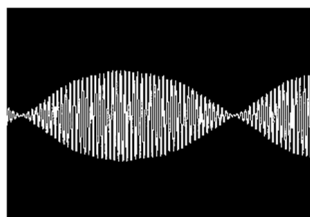
スマートフォンのアプリ FFTWAVE で、鈴虫の鳴き声と人工的に発生させたうなりの波形を表示させたその波形を以下に示す。

<鈴虫の鳴き声>



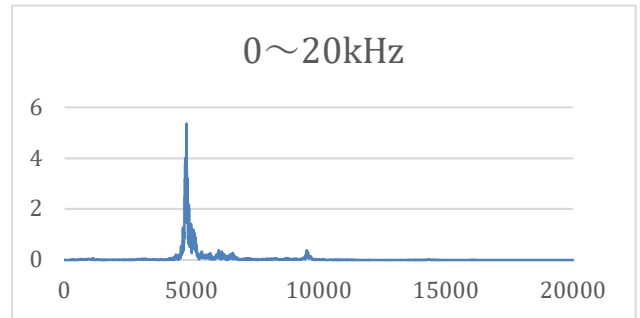
<人工的なうなり>

1000Hz+1020Hz



鈴虫の鳴き声の波形に周期的な音の強弱の繰り返しが認められ、うなりと類似しているといえる。

鈴虫の鳴き声の周波数分析

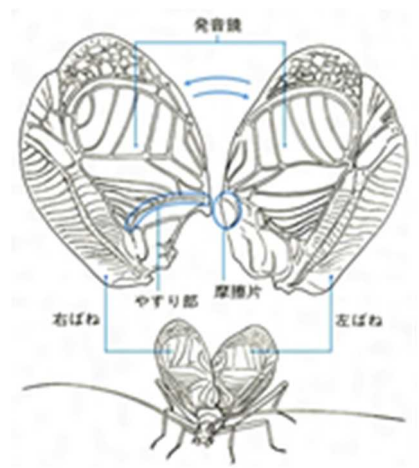


・鈴虫の基本周波数は4572.5Hzであり、その倍音が9525Hzである

・現在の解像度ではうなりを生じさせるわずかに周波数の異なる2つの音は見だせていない。

鈴虫の発音の仕組みについて

鈴虫は左右でつくりの異なる羽をこすり合わせることで音を出している。右前羽にはやすり器と呼ばれる凹凸のあるつくり、左前羽には摩擦器と呼ばれる爪のようなつくりになっている。



また、羽の大部分を占める透明な部分は発音鏡とよばれ、発生させた音を共鳴させて増幅している。

スロー動画の解析

一秒間に53回交差していることがわかった。動画から羽のこすり合わせとは別に、羽と背中の中の空間の大きさが変化していることが分かる。

やすり器の凹凸の数について

目には見えない鈴虫のやすり器の細かい凹凸の数を求める。

(右の図: 実態顕微鏡で観察した鈴虫のやすり器)



<実験方法>

- ① 電流を流した板にやすり器をこすり合わせる
- ② 電流が途切れる回数を測定し、やすり器にあるすべての凹凸の数を求める。
- ③ スロー動画から羽のどの部分を使って音を出しているのか調べ、やすり器の音を出すのに使われている長さを求める。
- ④ 音を出すために使われている凹凸の数を計算する。一秒間に爪とこすれあうやすり器の凹凸の数が分かる。

鈴虫の音の再現

自分たちで鈴虫の羽をこすり合わせて音を鳴らす。どれくらいのスピードでこすり合わせれば鈴虫の鳴き声が出せるのかを特定する。

発音体と発生する音の周波数

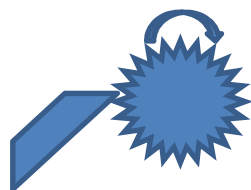
摩擦器の爪とやすり器の凹凸のそれぞれから出ている音の周波数を確かめる必要がある。

羽根と背中との空間変化の影響

鈴虫の背中と羽の間の空間の大きさが変化することで、音の大きさが変化する可能性についてモデル実験を行った。

<実験方法>

鈴虫のやすり器の凹凸を歯車の凹凸、爪の部分を金属板に見立てたモデル実験を行う。固定した金属板にモーターで回転した歯車を当て、摩擦音を発生させる。その発音体を筒の中に入れることで空間の堆積を調整する。



羽の厚さの違いについて

白い紙の上において観察すると、右羽は黒色、左羽は透明度の高い白色をしていた。そのことから厚さの異なる羽で音を共鳴させているため、左右の羽から異なる周波数の音が発生するのではないかと考えた。

<実験方法>

セロハンで発音鏡を再現したモデル実験を行う。重ねたセロハンの枚数を変え、厚さを調節した羽にそれぞれ同じ周波数の音を共鳴させ、音の大きさや高さのちがいがいないか確かめる。その際、セロハンの枚数一枚と複数枚重ねたセロハンでは、片方に空間ができてしまうため条件がそろわない。そのため、比較するときは二枚以上にそろえる。

今後の展望と計画

1. 周波数解析の解像度を上げる。
周波数解析の解像度上げ、うなりの元となるわずかに周波数の異なる2つの音を見つける。
2. 見つけた2つの周波数でうなりを発生させる。
発生したうなりが実際の鈴虫の鳴き声と類似するかを確かめる。

参考文献

- 「物理の小事典」小島昌夫 鈴木皇
「強い力と弱い力〜ヒッグス粒子が宇宙にかけた魔法を解く」
「Newton」ニュートン株式会社
2009年一月号 2011年五月号

なぜ止まるのだ!!!ネオジウム磁石球よ
 ~ N 極・S 極の間には斥力がはたいているのか ~

鹿児島県立曾於高等学校 科学部
 1年 水口 雅貴 木田 玲司

1 動機と目的

2015年、曾於高校の発表⁽¹⁾で、緩やかな斜面上のレール(プラスチック)の下端にネオジウム磁石(待機磁石)を固定し、上端からネオジウム磁石球(入射球)を転がすと、衝突せず静止することがあり、その際は必ずN極とS極が向かい合っているという現象が発表された(図1・2参照)。下端の待機磁石を退けると上端の入射球が再び動き出すことから、摩擦以外の何かの影響を受けて静止していることとなる。ちなみに、衝突する時は直前にN極とS極が向い合せになり、そのまま衝突する。この現象については紹介だけにとどまり、現象の解明には至っていなかった。

そこで本研究では、「どのようなことが原因でネオジウム磁石球は静止しているのか」を解明することを目的とした。

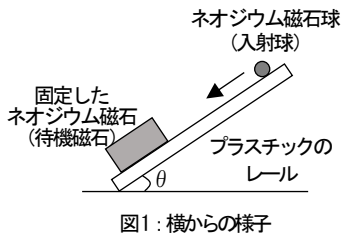


図1: 横からの様子

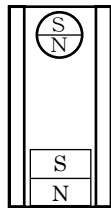


図2: 静止した時の上からの様子

2 実験方法・結果と考察

実験1では、傾斜角を5°(図1の角度θ)とし、入射球のはなす位置を変化させて、静止する割合がどのように変化するかを調べてみた。すると、はなす距離が長くなるにつれて、入射球が静止する割合は減った。この結果から、入射球は遅いほうが静止しやすいということが分かった。

実験2では、入射球の静止が斜面から受ける摩擦力の影響を受けるかを調べるために、摩擦力の異なる2つレールを準備し、実験を行った。すると、摩擦が大きい方が静止する割合は高かった。実験1・2の結果から、以下のことが成り立つと考えられる。

$$\text{静止時の入射球にはたらく力(斜面水平方向)} \\ \text{重力の分力} + \text{磁力} \leq \text{最大摩擦力} \dots \text{①}$$

ちなみに、静止した時の待機磁石と入射球の距離は一定ではなかったので、実験3では、入射球の転がり始める前の回転状態を合わせて同様の実験(摩擦大のレール使用, $\theta = 5^\circ$)を行ってみた。結果は、静止時の距離もほぼ同じ値になった。このことから、静止するための要素に、入射球の回転具合が関わって

いると考えられる。そして、今までの実験結果から、同じ速さで転がっているのに静止する時と静止しない時があることから、入射球の速さにだけ着目していても、原因解明することはできないことが分かった。

実験4では、入射球の球体という形状が影響しているのかを調べるために、直方体の磁石を滑らせて同様の実験をやってみた。結果は、様々な速度で待機磁石に近づけても、直方体の磁石では静止することはなかった。このことから、静止する要因に、球体という形状が大きく関わっていることが分かった。

静止している入射球をよく観察してみると、斜面垂直方向より若干傾いている(図3参照)ことに気付いた。

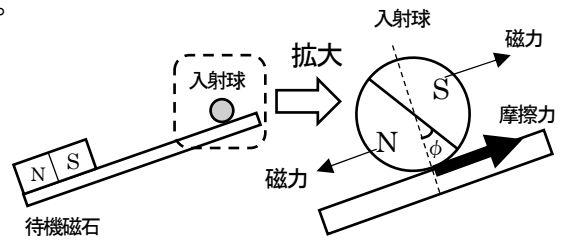


図3: 静止した時の待機磁石と入射球の様子

また、待機磁石を近づけてみると、入射球は図3の角度φが小さくなる方向(時計回り)に回転した。そこで、入射球を静止するであろう範囲に転がさずにおいてみたところ、待機磁石から離れるにつれて、角度φは大きくなることを確認できた(図4参照)。

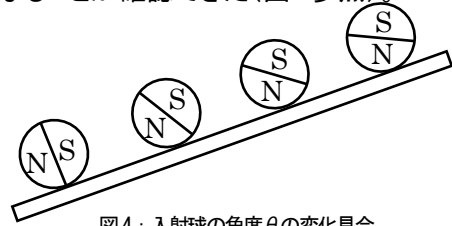


図4: 入射球の角度θの変化具合

これらのことから、入射球の静止摩擦力がもとなり反時計回りのモーメントが発生、回転して待機磁石に近づこうとするが、待機磁石との間にはたらく2つの磁力で発生する時計回りのモーメントの方が大きくて、回転して近づくことができないのではないか。つまり、静止するためには以下の条件が加わることが予想される。

$$\text{静止時の入射球にはたらく力のモーメント} \\ \text{反時計回りのモーメント(摩擦力)} \\ \leq \text{時計回りのモーメント(2つの磁力)} \dots \text{②}$$

これらのことから、①②の条件を満たした時にのみ、入射球は静止するのではないかと考えられる。

※詳細データ・追実験などは大会にて発表させていただきます。

3 参考文献

(1)「ガウス加速器の揺らぎについて(2015年 鹿児島県立曾於高等学校)」

太陽光を利用した殺菌装置の開発

国分高校サイエンス部 物理・太陽班

里山快青 木佐貫樹 岡元翔輝 宮脇実 土田開 徳禮一

1 動機

ここ数年，日本を襲う自然災害の頻度が多くなっており，避難を余儀なくされている人が大勢いる。

私たちは電気やガスを使うことができない極限状態の中で感染症の流行を防ぐために，身近なもので太陽炉の仕組みを使って殺菌をすることはできないだろうか考えた。

太陽炉とは，レンズや反射鏡などを用いて太陽光を集光し，高温を作り出す装置である。高度な技術や材料のほか燃料を必要としないため，調理をはじめとした様々な道具として利用されている。

2 目的

身近にある道具を利用し，煮沸消毒の可能な太陽炉を作ること。

3 予備調査

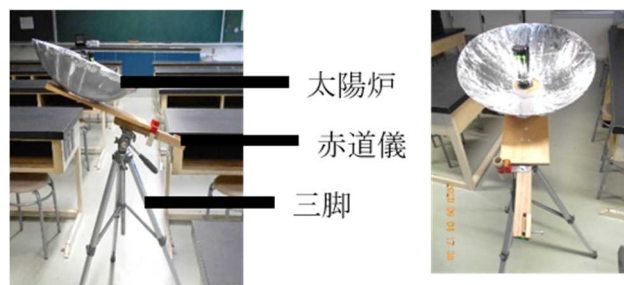
煮沸消毒は沸騰水中に沈め，15分以上煮沸して行われる。地表での太陽光のエネルギーは約 1 kWh/m^2 であるので，熱量は 860 kcal/h である。今回作る太陽炉では， $554.6 \pi \text{ cm}^2$ の範囲で太陽光を集めることができるので， 148.59 kcal/h のエネルギーを集めることができる。理論上，すべてのエネルギーを水の温度上昇に使えると，1リットルの水を1時間かけて148度ほど上昇させることができる。ただし，反射率や容器の比熱，放熱や雲による影響などを考慮すると理論値を大きく下回ることが考えられる。そのため，赤道儀で太陽を追尾することで，長時間太陽エネルギーを効率よく集めることにする。

4 仮説

赤道儀で追尾させた太陽炉で水を沸騰させることは可能である。

5 太陽炉・赤道儀の製作

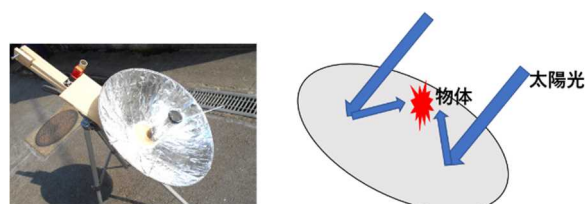
<全体図>



<反射鏡>



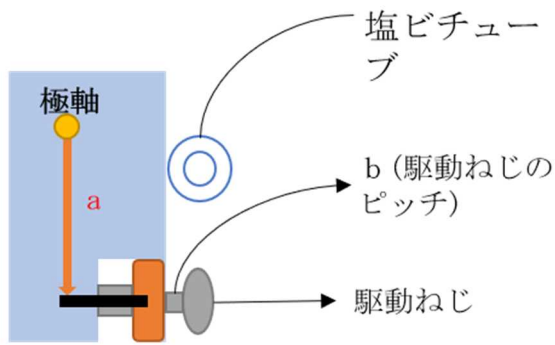
いらなくなった照明カバーにアルミホイルを糊でぴったりと張り付けた。



光を当て，光が最も集中して当たるところに空き缶を針金で固定した。

<赤道儀>

太陽と反射鏡の角度を常に垂直にするために赤道儀を製作した。太陽が一分間に0.25度動くので駆動ネジが一回転する毎に0.25度動くように設計した。



a=極軸から駆動ねじまでの距離
 $\tan \theta = b/a$

太陽・・・一日 360°

一分 0.25°

$b/a = \tan 0.25^\circ = 0.00436^\circ$

になるように設計する

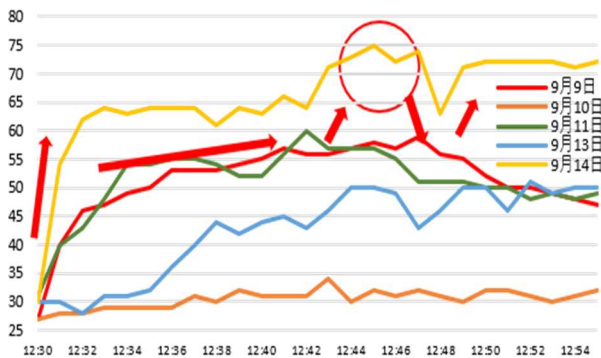
今回使用した 5mm のネジのピッチは 0.8mm

$0.8 / 0.00436 = 183$

a の長さを 183mm にする

6 太陽炉の性能確認

- ・九月九日から一週間 12:30~12:55 まで屋外に設置し、1分おきにその温度を測定した。
- ・水の量は 100ml とした。



- ・同じ時間、場所で測定を行ったが、日によってばらつきがみられた。
- ・一部除いて、上がり始めは一気に上昇したが、その後緩やかに上昇し、ピークを迎えたのち緩やかに低下していった。

7 考察

最高 75°C までは太陽光により温度を上昇させることが可能であることが検証された。

温度が不安定なのは雲による影響が大きかったと考える。太陽が出ているときは温度が上昇したが、雲に隠れたときは急激に下がってしまった。

アルミ缶を使ってしまったため、光を反射してしまい、中の水まで熱がうまく伝わらなかったと考える。

8 結論

この測定で確かに太陽光による温度上昇はみられたが、100°Cには到達しなかった。

この装置では集中した焦点にはならず、アルミ缶の温度は 100°C を超えたが内部の水の温度は上昇が見られなかった。

保温ができなかったため、太陽が雲に隠れると急激に温度が低下してしまった。

9 今後の展望と課題

天気の変化による影響を大きく受けてしまい、また焦点が一か所に集中していなかったことからそれを念頭に置いた測定装置の改良をしていこうと思う。

水の量が少なかったため、量を増加させても熱することが可能な設計にする。

これからの季節では気温が下がるため、外気との温度差による影響ができるだけ少なくなるような構造にする。

10 参考文献

赤道儀の作り方

<https://www.sunsunfine.com/entry/2019/07/16/173048>

朝日新聞DIGITA

<https://www.asahi.com/articles/ASLDVOC8SLDTUBQU01T.html>

太陽発電のメリットとデメリット

<https://taiyo-hatsuden.info/太陽光発電のしくみ/太陽エネルギーのパワー/>

クラドニ図形の可視化

鹿児島県立鹿児島中央高等学校科学部

3年 牧 拓澄

1年 末吉 宝太郎

緒方 海斗

新地 慶人

- ・ スピーカー
- ・ 白い厚紙
- ・ ラップ
- ・ LEDライト

帯状のものを使っており、形を変えて、様々な方向から観察するため、ペットボトルなどを使用している。(写真1)

写真1

抄録

振動を加えたシャボン玉表面に発生するクラドニ図形を観察するために、暗室でLEDライトを用いて実験した。

I. 研究の背景と目的

昨年度は、シャボン玉に振動を加えて、共振したときの振動数と腹の数を観測し、作成したシャボン玉の振動モデルについて発表した。

今年度からは、暗室やLEDライトを使えるようになったため、「シャボン玉表面の振動状態の可視化」を目指して実験を行った。

II. リサーチクエスト

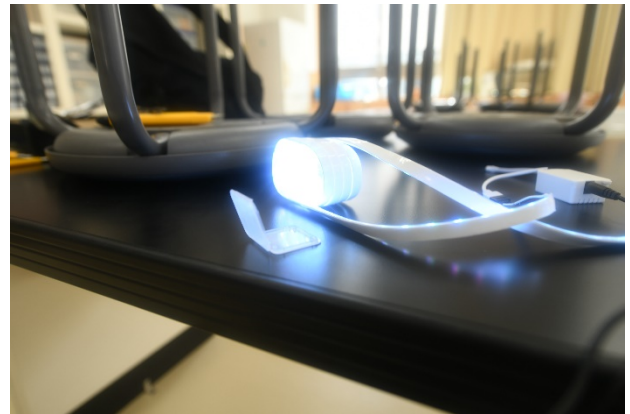
暗室でLEDライトを用いて、シャボン玉を振動させることで、クラドニ図形が観察できるようになるのではないかと。また、それによって予想とは違う模様や、形が見られるのではないかと。

III. 実験方法

暗室で低周波発振機とスピーカーを使って、シャボン玉を振動させる。そして、そこにLEDライトを照らし、模様や図形が見えるかを観察する。

[実験道具]

- ・ シャボン液の材料として、水20ml、洗剤10ml、上白糖大さじ1杯、液体のり適量(やや多め)
- ・ 低周波発信機

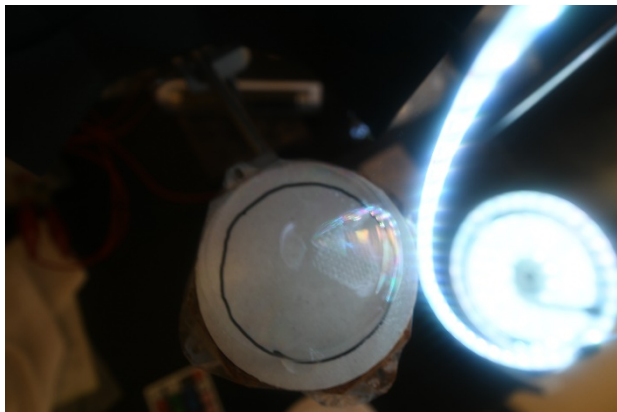


V. 実験結果

LEDライトによって、渦が見えやすくなり、シャボン玉表面に映るLEDライトの像により、共振していることが分かりやすくなった(写真2)。模様に関しては、写真2の螺旋状につながった模様が見られた。また、写真1の円筒状の容器にLEDライトを巻き付けて実験したところ、螺旋状ではなく、広い範囲が照らされるようになり、シャボン玉表面の渦が観察しやすくなった。(写真3)

写真2





VI. 考察

LEDライトの形や、色、光の強さを変化させれば、模様や渦、腹が観察しやすくなると考えられる。また、これらの変化によって、クラドニ図形といったまだ観察できていない模様や図形などが観察できるようになると考えられる。

VII. 結論

- ・ LEDライトによって、渦、腹が観察しやすくなり、共振しているかどうかほぼ正確に判別できるようになった。
- ・ 横から見たときと上から見たときでは、見え方に差があった。

VIII. 今後の課題

まず光の明るさを強くしたことで見えやすくなったことから、LEDライトの光の強弱や色を変えることで、クラドニ図形が見えるかどうか試したい。さらに、シャボン玉表面の全体的な観察ができるような工夫をしていきたい。

将来はコンピュータを使い、シミュレーションによりシャボン玉表面の振動の様子が再現できないか取り組みたいと考えている。

円振り子による重力加速度の測定と誤差の検討

樟南高等学校 理科同好会
山床 拓斗, 藤崎 琉偉, 柏本 興佑

1 はじめに

重力加速度とは、物体を落としたとき、その物体の速度が単位時間あたりにどれだけ速くなるかを表した量である。ここでは、地球上で考える。

地球では、どんな物体でも地面の方向に力（重力）を受けている。その大きさは物体の質量に比例する。この比例定数が重力加速度である。記号は g と表し、その数値はおよそ 9.8 であることが知られている。

重力加速度の測定については、様々な実験方法で検証することが可能である。今回は、スタンドを支柱とした円振り子法で重力加速度の測定を行った。

一方、データを取得する実験には誤差がつきものである。実験を行って現れた誤差についても検討し、今後の実験の改善につなげていくことも考えた。

2 先行研究

円振り子には周期性がある。円振り子の場合において、周期 T [s]、糸の長さを L [m] とした

場合、 $T = 2\pi \sqrt{\frac{L \cos\theta}{g}}$ [s] と表されることが知られ

ている。この理論式を g について変形すれば、

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} \cos\theta [\text{m/s}^2]$$

となる。なお、 π は円周率を表す。

3 目的

地球上の重力加速度はおよそ $g = 9.8$ [m/s²] である。重力加速度を測定したとき、得られた値を理

論値である 9.8 に近づけることができるかどうか実験を行った。

4 実験準備

スタンド、糸、おもり（ねんど）、ストップウォッチ、紙、ペン、撮影機材、分度器、椅子

5 実験方法

- (1) スタンドにおもりをつけた糸をたらし、併せて、スタンドに分度器を貼り付けた。
- (2) 円振り子を円運動させ、横にストップウォッチを置き、時間を測った。
- (3) 回転数を変えて実験した。
- (4) 円運動の様子を撮影した。
- (5) 撮影した映像から、角度と一周にかかった時間のデータを取った。

- (6) 得られたデータを $g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} \cos\theta$ の式に代入して計算した。糸の長さ L はメートル単位の直し、円周率 π は 3.14 として処理した。

6 結果

2020年9月24日から10月1日にかけて、糸の長さ L を様々に変えて実験を行った結果を表1と表2にまとめた。結論である重力加速度 g の値は、小数第2位を四捨五入して算出した。なお、1周期の時間 T は小数第3位を四捨五入した値を用いた。

表1 20周回転させた場合

回数	1	2	3	4	5	6
20周期の時間	15.12	12.68	13.94	14.72	14.81	15.22
1周期の時間 T	0.75	0.63	0.69	0.73	0.74	0.76
角度	35度	49度	50度	40度	46度	45度
重力加速度	8.47	9.65	7.82	7.57	7.49	8.15
回数	7	8	9	10		
20周期の時間	15.10	15.10	15.80	15.15		
1周期の時間 T	0.75	0.75	0.79	0.75		
角度	30度	28度	34度	30度		
重力加速度	8.98	9.15	7.85	8.93		

平均 $g = 8.40 \dots \doteq \underline{8.4 \text{ m/s}^2}$

表2 10周回転させた場合

回数	1	2	3	4	5	6
10周期の時間	7.30	7.50	7.38	7.35	7.40	7.20
1周期の時間 T	0.73	0.75	0.74	0.74	0.74	0.74
角度	30度	32度	34度	37度	34度	43度
重力加速度	9.61	8.91	9.20	8.85	8.95	8.34
回数	7	8	9	10		
10周期の時間	7.30	7.60	7.60	7.50		
1周期の時間 T	0.73	0.76	0.76	0.75		
角度	36度	20度	38度	46度		
重力加速度	9.23	9.61	8.51	7.29		

平均 $g = 8.85 \dots \doteq \underline{8.6 \text{ m/s}^2}$

7 誤差が生じた原因の検討

実験の結果理論値である 9.8 を下回る結果になった。下回る結果となった原因を検討した。

1 つ目は、空気抵抗により運動エネルギーが失われ減速し、外心力が減少することで、回転するごとに球体の位置が下がってしまい角度が変化してしまったことが考えられる。

2 つ目は、きれいな円運動をさせるのが難しく楕円気味になってしまったことも考えられる。

8 今後に向けて

重力加速度を 9.8 に近づけるために上記の課題を改善し取り組んでいきたい。また、前回は単振

り子で、今回は円振り子で行ったようにほかの方法も試して理論値の 9.8 に近づけるようにしていきたい。

9 引用・参考文献等

○ 啓林館 高等学校教科書「物理」 p.77

Seebeck効果に関する研究

鹿児島県立鶴丸高等学校 物理部
一年 川野 佳高

1, 研究動機

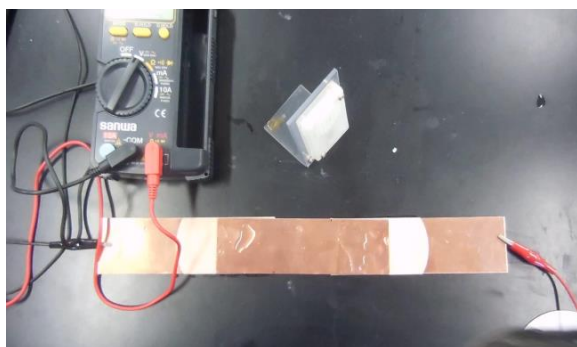
二種類の金属を接合し、その接合点の一方を高温に、もう一方を低温に保つとこの回路に電流が流れる。これを「Seebeck効果」という。私たち物理部は、この効果は金属の組み合わせのみでしか起こらないのか疑問を持ったため、本研究を始めることにした。

2, 研究目的

「Seebeck効果」についてのさまざまな文献を調べてみたが金属同士での組み合わせで研究しているものばかりで金属と電解質水溶液（以下水溶液と呼ぶ）での実験データは少なかった。そこで私たちは金属と水溶液の組で「Seebeck効果」が表れるのか、またそこで得られた熱起電力は従来の金属同士の組と比べ起電力に差があるのかを調べることを本研究の目的とした。

3 実験 3-1

塩化ナトリウム水溶液をろ紙に湿らせて銅板を下の写真のように繋ぐ。



そして、これを真ん中に断熱材が挟み込まれた発泡スチロール容器に入れそれぞ

れの接合部で温度差を与え、温度差と電位差を測定した。温度差は断熱容器で分けた一方に氷をもう一方にビーカーに入れた沸騰した水を入れて与えた。

実験 3-2

銅板とほかの金属（亜鉛、ステンレス、ニッケル）を接合し、接合部の一方を氷で冷却してテスターで電圧を測定した。

4 結果 3-1

測定結果は、下の表のようになった。

温度 A (°C)	26.7	30.0	32.7	38.0	37.8	40.8
温度 B (°C)	26.6	26.6	26.8	31.4	29.3	35.8
電圧 (mV)	12.3	13.3	14.8	15.5	16.5	17.1
温度差 (°C)	0.1	3.4	5.9	6.6	8.5	5.0

与えた温度差に比例するように電圧が上昇していった。

3-2

金属板の接合部の一方を氷で冷却したが、ほとんど電圧の変化が見られなかった。

5 考察

3-1では温度差を与える と温度差に

比例するように電圧が上昇した。このことから金属と水溶液での組で「Seebeck効果」が表れていると考えられるが、しかし3-1では温度差を与えていない状態でも電圧が生じていた。これでは

「seebeck効果」以外の要因で電圧が上昇した可能性がある。

3-1と3-2を比較すると金属同士の組と金属と水溶液の組では生じた電圧に大きな差があった。これは、金属同士の「Seebeck効果」よりも金属と水溶液の組が熱起電力が大きいと考えられる。

6 展望

3-1で断熱容器の冷却部の温度が上昇したことから断熱材が機能していない可能性が高い。これからは、断熱を正確にするとともに冷却するときはドライアイスを使って実験し、さらに大きい温度変化をあたえて調べる。それから、5で上げた温度差を与えていないにも関わらず電圧が生じたことについて銅板のみで電池の回路を作り調べる。

<参考文献>

- ・物理学（三訂版）小出昭一郎著
- ・いばらき総文2014 茨城県仙台第二高校 物理部 p60

振り子磁石と鉄球のカオス的な運動について

鹿児島県立鹿児島中央高校科学部

3年 木下 誠祥

2年 寺師 昂平

森 春陽

抄録

先端に磁石のついた振り子（振り子磁石）の下に鉄球を通過させる実験を行ったところ、カオス的な現象が現れた。作成した数値モデルを検証するために理想的な状態で運動できる装置及び周期を測定するためのセンサーを製作した。

I. 研究の背景と目的

昨年斜面を使った実験で 0.15m/s 以下でカオス的な現象を観測することができた。Algodoo（物理シミュレーション）で実験したような結果を導くために装置を改良した。またその装置を元に数値モデルを作成したので、センサーを用いて検証することにした。

II. リサーチクエスト

振り子磁石の位置と鉄球の位置を利用したモデルを作成したので、振り子磁石の周期を求めることでカオス的な現象の起こる条件を調べる。

III. 実験と結果

[実験装置について]

単振動とみなすために振り子の長さを 0.975m に伸ばし、その下端と下部の両側にネオジム磁石をつけた。平面滑走台を用い、鉄球を木の板に固定し、吹き出す空気の流れで床と鉄球との摩擦を無視できるようにした。

図1のように、振り子磁石の周期を出すために振り子の変位が最大のときのネオジム磁石の高さに、電流計とつないだコイルを置いた。ネオジム磁石がコイルに近づくと電磁

誘導により誘導電流が発生する。誘導電流の変化を測定して、周期を調べた。

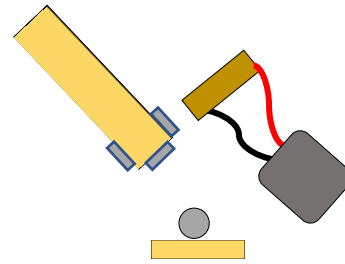
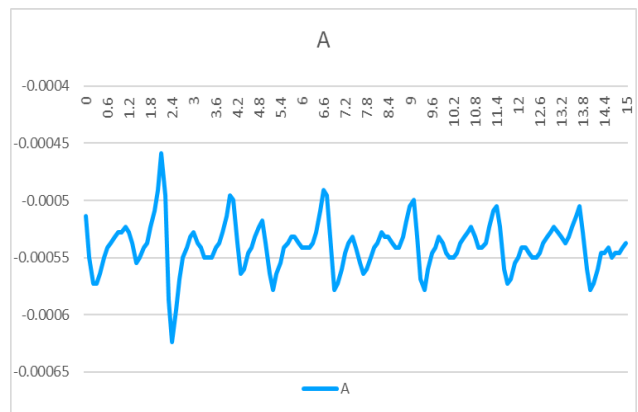


図 1

実験方法①

振り子磁石を垂直に置き、平面滑走台上に木の板に固定した鉄球（鉄球）を、磁石の真下の位置から 1.5cm 程離れた位置に置いて実験した。

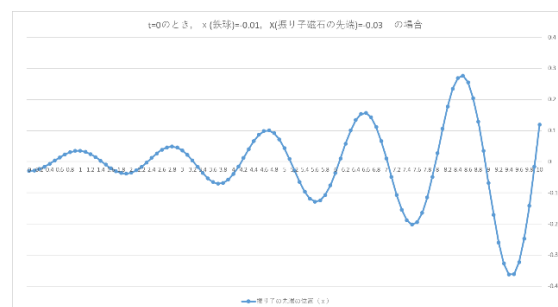


グラフ 1 : センサーによる測定結果

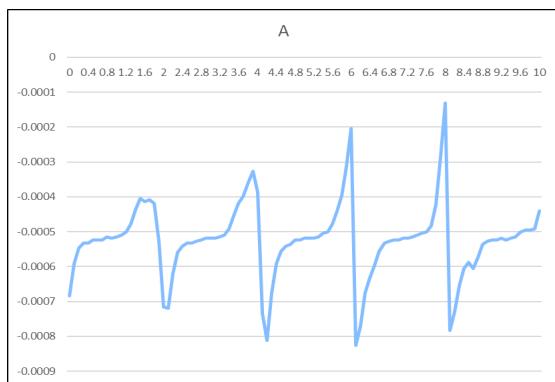
グラフ 1 は磁力の影響を受けていると思われるグラフで、不規則な周期になった。

実験方法② : 周期が見られるかの検証 2

次に、鉄球を振り子磁石の影響を受ける最小の位置 (1.5cm) に置き、振り子を鉄球に合わせる。そして実験方法①と同様に周期を計測した。



グラフ 2 : 数値モデル



グラフ3：センサーによる測定結果

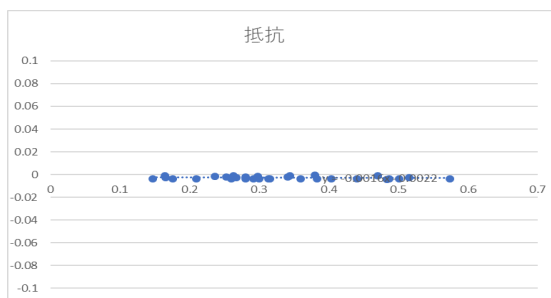
- ・ グラフの山のみを観測しているなのでその間
が周期である.
- ・ 周期は段々と大きくなり次第に小さくなっ
た. 周期1から分かるように, 周期は次第に
小さくなるはずなので, 磁力の影響によりカ
オス的な現象が起こったと考えられる.
- ・ 周期は変化しており, 振動も変化している.

実験方法③

シミュレーションでは抵抗が考慮されて
いなかったため, 振り子の振幅が次第に大き
くなっている. シミュレーションに正確性を
持たせるために抵抗を測定した.

平面滑走台上にビースピを 15cm 間隔で配
置し, そこに鉄球を通過させる. 2つのビー
スピの間を通過した時間と速度の変化を測
定することで, Δt と Δv を求め鉄球の加速
度を求めた.

求めた加速度に鉄球の質量である
0.0508kg をかけることで鉄球にかかる空気
抵抗を求めた.



測定結果より, 鉄球の速度にかかわらず抵
抗の値はほぼ一定値-0.00273[N]であると見

なせることが分かった.

IV. 考察

- ・ 実験方法①から周期の形は磁力の影響を
受けることによって大きく変わる.
- ・ 実験方法②から鉄球と振り子を同時に動
かして周期を測るとカオス的な運動が見
られた.
- ・ 実験方法③から抵抗を求めたことで作っ
た数値モデルを正確なものにできると思
われる.

V. 結論

- ・ 周期はセンサーで観測することができる.
- ・ 周期を出すことで, カオスが起きているか
が分かりやすくなった.

VI. 今後の課題

- ・ 数値モデルに測定された抵抗値を用いるこ
とで, 正確なシミュレーション結果が得ら
れるか調べる. さらに正確な数値モデルを
作成するために, 振り子にかかる抵抗の大
きさを求める必要がある.
- ・ 電流計から求めたグラフと数値モデルが同
じであることを示すために, 数値モデルの
グラフから電流のグラフへと変換するた
めの数式を作成する.
- ・ グラフに微振動が観測されたので, 原因を
追求し改良する必要がある.

磁力を使って防災

錦江湾高校 2年 森下宇響 岩川晴輝 有留樹希 中馬隆人 塚元恒輝 前畑亜隆 中西和駿

要約

私達は東日本大震災で大きな衝撃と悲しみを受けた。そこで、もっと避難を素早く行い災害で命を落とす人を一人でも減らすために、そして、これから来る南海トラフなどの災害に備えて何が出来るか考えた。そこで、私達は、リニアモーターカーの仕組みを災害時に役立たせたいと考えた。

- ・単4アルカリ乾電池 (1個)
- ・直径10mmのネオジウム磁石
- ・角度を変えられる斜面

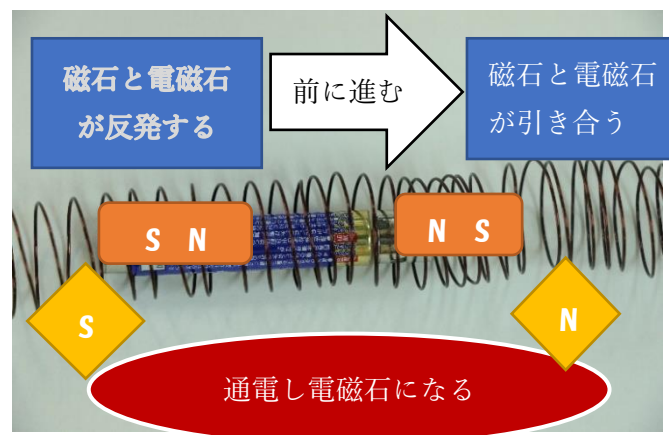


図1

1. 研究の背景と目的

今回の研究では津波からの避難をするための装置を研究した。津波から逃げるためには高台への避難が必要である。そのための避難方法として非常用階段がある。このような避難方法は、高齢者や小さな子供、障がいをもっている方には負担が大きく避難が困難である。そのため、誰でも簡単に素早く安全に、より多くの人が避難できる方法を考える必要がある。

しかし、一般的な車ではタイヤと床の間の摩擦力を用いて進むため、晴れの日でも 32.2° の角度の斜面までしか登ることができない。また、雪の日では、 8.5° までしか登れないなど天候に左右されやすい。それに対して、リニアモーターカーは磁力で動くので天候に左右されず急な斜面でも登ることが出来る。そこで私達は磁力を用いるリニアモーターカーの仕組みを用いて避難する装置を研究することにした。

3. 結果

①磁石の数

- A 前後に1つずつつけた場合→動かない
 - B 前:2つ 後:1つ つけた場合→動く
 - C 前:2つ 後:2つ つけた場合→動く
- BとCでは速度に大きな差が見られなかった

磁石 (個)	前1個 後1個	前2個 後1個	前2個 後2個	前3個 後2個
コイルを 通過する 時間 (s)	静止	0.57	0.66	静止

②斜面の角度

斜面の角度: 20° 30° 45° に変えてそれぞれ実験を行った

角度	20°	30°	45°
登坂	○	○	△

20° 30° は最後まで登り切ることが出来たが、 45° は途中でコイルにひっかかり静止した。

2. 方法

今回、図1のように銅線を巻いてコイルを作成し、その中を乾電池とネオジウム磁石を用いた装置をリニアモーターカーとして動かし測定を行った。

使用した器具

- ・導線 (0.8 mm) を用いて作成した直径 13 mm で長さ 35 cm のコイル

<https://www.linear-museum.pref.yamanashi.jp>

3)お手軽リニアモーターカー「コイルトレイン」を作る！ <https://www.rikelab.jp/entertainm>

4)一般社団法人 日本エレベーター協会
エレベーターの駆動の仕組み

<https://www.n-elekyo.or.jp/encyclopedia>

4.考察および今後の展望

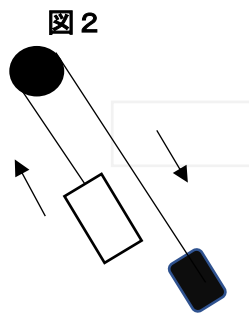
結果①より磁石の数を増やし磁力が強くなっても質量が増えるので速度に変化があまり見られなかった。結果②より、摩擦力で登ることが困難な角度も登ることが可能であることが確認できた。

しかし、今回の実験で使用した乾電池は、実験後に熱を持っており、摩擦を減らしエネルギーの消費を抑える工夫が必要である。このため、より摩擦の少ない装置の研究を進めていく予定である。

また、実際に避難に利用するために、私達は2つのプランを考えた。

プランA

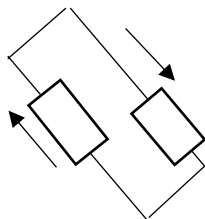
図2のようにエレベーター方式で右のおもりをリニアモーターで上げ下げし左の人が乗る部分を動かす。



プランB

図3のように人が乗る部分をリニアモーターで動かすようにする。これにより、複数台を同時に動かすことが出来る。

図3



プランAは電力の削減は出来ると思われるが、1台しか動かせず待ち時間が生じる。

プランBは待ち時間は生じないが、Aより電力が必要になることが予想される。また、乗る人の磁力による影響を考慮する必要がある。災害時は、コストより、効率面が最優先となってくると考えるのでプランBを中心に、これから研究を進めていく予定である。

5.参考文献

1)国土交通省 国土技術政策総合研究所

縦断勾配の限界に関する検討 2012

2)山形県立リニア見学センター リニアの仕組み