

アイデアを持ってガウスのように始めてみよう。
すぐに自分がガウスでないことに気づくだろう。
それでもかまわない。ガウスのように始めてみよう。

André Weil[※]

前ページ※について：

André Weil(1906年5月6日 - 1998年8月6日). フランスの数学者. なお, この Weil の名言には, 久賀道郎による「返歌」が存在する. Vol.2 の最後のページを参照されたい.

物理部のホームページ URL

<https://koyophy.netlify.com/>



はじめに

本日はこんな山奥までお越しいただきまことにありがとうございます。物理部は今年も「音楽と展覧の会」に出展させていただきました。さて、物理部では、紙の部誌と、ホームページの2種類の媒体で部誌を掲載しています。それぞれに載っている内容は、互いに異なります。

掲載方法	内容	備考
紙の部誌	研究レポート、報告書など、しっかりとした内容	ホームページで閲覧可 (予定)
ホームページ	体験談、紹介文など、くだけた内容	

以上のように、しっかりとした内容のものは紙の部誌として、来校された皆さんに直接お渡しし、くだけた内容のものはネットにあげることにしました。ネット部誌の方は、前ページのURLまたはQRコードからアクセスしてご覧になってください。音展当日は、教室の壁にもネット上にあげた部誌が貼ってあるはずです。ただし、時間の都合で物理部に来れなかった来場者の方々にも紙の部誌に書いた内容をお届けしたいと思い、今年は紙の部誌をPDF化したものをすべてホームページにアップロードすることにしています（顧問の許可等が必要なため、現時点ではあくまでも予定です）。繰り返しになりますが、ホームページのURLとQRコードは前ページに貼っていますので、そこからアクセスしてください。

Vol.1 目次

はじめに

部員一同 3

実験会記録

安藤祐輝・小野祐 5

ロケットを飛ばそう ~モデルロケットで安全なロケット教育~

進藤亮太 27

実験会記録

実験会記録

1 実験会の概要

- 1-1. 実験会とは
- 1-2. 実験会の形式
- 1-3. どんな実験に取り組むのか

2 実験会記録 7/16 微小振動でない振り子の周期

- 2-1. 本実験会の概要
- 2-2. 実験の開始前に、理論の説明で配布した資料
- 2-3. 実験の課題の案
- 2-4. 参加者の感想
- 2-5. 写真記録

3 実験会記録 8/28 JPhO2016 から、第1問

- 3-1. 本実験会の概要
- 3-2. 写真記録
- 3-3. 参加者の感想

4 これまでの実験会のまとめ

1 実験会の概要

1-1. 実験会とは

今年から物理部では、物理実験研修を目的として「実験会」を行うことになった。実験会は、部長が立案した実験や、物理チャレンジ(JPhO)の実験問題の過去問に1年生が取り組む、というものである。名前の通り、実験をする会だが、単に実験だけではなく、その背景となる理論や知識の解説も含めた、総合的な会となっている。

1-2. 実験会の形式

まず部長が実験で必要となる理論の解説をする。時間の都合上1時間程度で終わらせなくてはならないため、定性的な事項を簡単にまとめた紙を配って、それを見てもらいつつ説明することが多い。それが終わると実験開始。1回の目安はだいたい2時間～5時間くらいである。長時間の作業になるので、長期休暇の時以外は土曜日に行う。以下に前回の土曜日に行った実験会のスケジュールを紹介する。

時刻	イベント
12:40	終礼（土曜なので午前中のみ）
12:50	昼食を食べつつ理論解説
13:50	実験開始
16:40	実験終了、片付け
16:45	誤差の評価などの考察を共有
17:00	下校

かなり過密なスケジュールになっている。実験は課題が設定されており、それを目標に実験するという形を取っている。課題といつても、こういうことが知りたいので、

どうしますか、というくらいのゆるい課題である。しかし、途中で面白いことが発見できたら、課題を切り替えてその現象について調べてみたりもする。自由課題だととも1日では足りないので、スケジュールを考えると課題を最初に設定するのがちょうどいいと感じている。自分で課題を設定して実験に取り組みたい場合は、長期休暇などを使って個人・グループで実験に取り組む機会を利用できるので、実験会では上記のように出題者側が設定した課題に沿って取り組んでもらう、という形式を取っている。

1-3. どんな実験に取り組むのか

実験会の実験は大きく2つに分かれる。①部長が立案した、あるいは本やネットで見つけた面白そうな実験 ②JPhO の実験問題過去問、の2つである。①については、部長も未熟であるので、大抵は文献やネット記事を探すことになる。そうでなくとも、例えば理論の問題を解いている時に、実験したら面白そうだな、と思ったものをやってもらうことがある。アイデアとしてはこちらの方が多い。ただ、①のタイプは物理部が自前で道具を用意するため、精度が信用できない器具ばかりである（それでも1年生は丁寧に実験してるので助かっている…）。②は、JPhO が頒布している過去問の実験キットを買って行う。キットは1年分で2万円するから、安い買い物ではない！さて、本校物理部は今年オシロスコープを導入した。そのため、オシロスコープを用いた実験をした年の過去問をやりたいと思い、JPhO2016年の過去問を購入し、1年生に実験会で取り組んでもらうこととした。その時の活動の様子は後述する。

※JPhO の実験課題について：JPhO 本選の実験課題は5時間の試験である。はじめに実験キットと問題が配られる。実験キットはかなりしっかりした装置が入っていて、組み立て式の鉄柱やネジなど、簡単な工作を要求するものや、ビースピや電子秤といったデジタルの測定器が入っていたりもする。問題は例年2問で200点満点。さらに数十点のボーナス点がつくこともある。今年は3問出題され、300点を200点に圧縮したそうである。年によって難易度が大きく変わるものも特徴。得点集計結果の表を見

ると、例年は平均点付近の点数帯でも、ある年は金メダルが取れる点数だったりして、大きく変動する。300点満点で数学力が要求される理論と比べると、誘導も丁寧で、差がつきにくい年もある。一方、今回購入した2016年は非常に難化した年で、大きく差がつく年であった。のんびりやると第1問で4時間使ってしまい、第2問が全然できないということになる。ただ、実験会では時間を気にせず、できるだけ精度のいい測定を行ってもらった。なお、②の実験では、問題と期待される結果・考察があらかじめ用意されているため、部長の負担は軽くなる！むしろ部長が1年生に変わって実験したいくらいである。

2 実験会記録 7/16 微小振動でない振り子の周期

2-1. 本実験会の概要

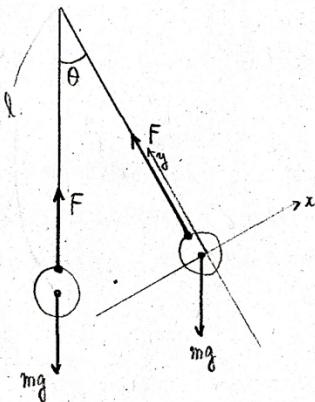
この実験会では、振り子についての実験を行う。高校物理では微小振動させた単振り子の周期を求める。しかし、振り子の振れ幅が微小ではなくいい近似を使えない時、振り子の周期はどう求められるのだろうか。まず、振れ角 45° で振動する振り子の周期を理論的に求める。次に、実際に振れ角 45° で振り子を振動させ、周期を測定する。その際、振り子の振動は、糸の固定点での摩擦や、おもりや糸に対する空気抵抗によって減衰する。その影響を考慮しつつ、より良い精度で周期を測定することを目標とする。

2-2. 実験の開始前に、理論の説明で配布した資料

1年生は円運動や単振り子の範囲が未習であるため、これらのテーマについて高校物理を参考に解説した。ただし、運動方程式については高校物理のように無理に文字を置くことなく、微分をうまく使ってより扱いやすい表現の仕方を求めた。次ページから、実験会で使用した資料を紹介する。

物理部実験 7/16 (Toe)

単振り子



まず基本的なことを確認しておくと、物体の運動する距離は、

$$x = l\theta \quad (1)$$

です。このとき、角速度を ω 、

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega = \frac{dx}{dt} = l \frac{d\theta}{dt} \\ a = \frac{d\omega}{dt} = l \frac{d^2\theta}{dt^2} \end{array} \right. \quad (2)$$

となります。このとき、物体をいじて運動する座標系 $x-y$ 上で、運動方程式が得られます。

$$x: m l \frac{d^2\theta}{dt^2} = -mg \sin\theta \quad (3)$$

$$y: m l \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 = F - mg \cos\theta \quad (4)$$

→ y軸の方程式は重力がないので省きました。

左側の方を見て、これを二つ並べます。具体的には、 $\frac{d^2\theta}{dt^2}$ のんびりさまで $\frac{d\theta}{dt}$ のsin項はいらない - とくに手を下さると、(3)式になります。

$$m l^2 \frac{d\theta}{dt} \frac{d^2\theta}{dt^2} = -mg l \frac{d\theta}{dt} \sin\theta \quad (5)$$

$$\int m l^2 \frac{d\theta}{dt} \frac{d^2\theta}{dt^2} dt = \int (-mg l \frac{d\theta}{dt} \sin\theta) dt \quad (6)$$

$$\int m l \frac{d\theta}{dt} d\left(\frac{d\theta}{dt}\right) = \int (-mg l \sin\theta) d\theta. \quad (7)$$

18回

$$\frac{1}{2}ml^2\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 = mgl\cos\theta \quad (8)$$

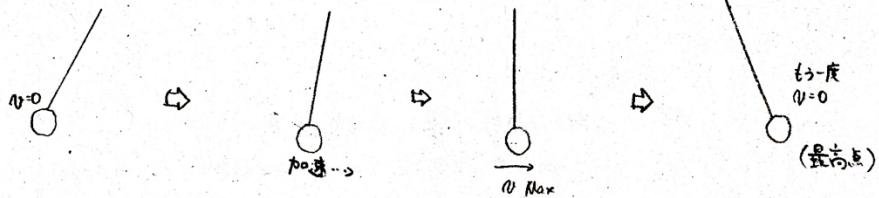
$$\therefore \frac{1}{2}ml^2\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 - mgl\cos\theta = 0 \quad (9)$$

これはエネルギー保存則を表しています。張力が物体の進行方向と垂直にはたらいて、

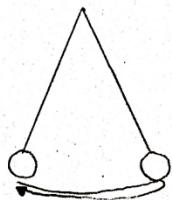
位置エネルギーと運動エネルギーの和が保存する、というのです。

(あるいは (8) 式で、全ての外力(重力)の仕事による運動エネルギーの変化量、という意味でこれを書きます。)

(9)式の説明



この図は、振り子が下げる仕事を表しています。ここで、



となる間隔を時間と 周期 T [s] と表す。

2-3. 実験の課題の案

以下に実験課題の案を示す。当日はこれを配布したのではなく、1年生の反応を見つつ適宜ヒントを出しながら、最後の目標「周期の測定」に向けて誘導していった。Task2-3 の「自分でプログラミングを組んでください」はなかなか冷たい誘導だが、例えば以下のようものを想定していた。具体的には、

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{1}{\sqrt{\cos x}}$$

を計算する必要が出てきたので、Python では

```
In [1]: import numpy as np
         from scipy import integrate

         def intex(x):
             return 1/((np.cos(x))**0.5)

         integrate.quad(intex, 0, (np.pi)/2)

Out[1]: (2.622057554291975, 2.8208693159115228e-09)
```

などとすれば良い、という話をした。1年生の中に Python に興味がある子がいたので適当な課題であった。

以下、実験課題の案

物理部実験会その1

実験の目的

高校物理では微小振動させた振り子を扱います。しかし、微小振動による近似は限られた範囲でしか使えません。この実験では、振り子が微小振動を超えて大きく振れる場合について考察を行います。

実験

Task1

まず、振り子を微小振動させた場合について考えます。

Task1-1

(3)式より、微小振動の場合に予測される振り子の周期 T を求めてください。ただし、糸の長さと重力加速度は文字のまま残してもらって構いません。

Task1-2

振り子を微小振動させ、周期を測定してください。

Task1-3

理論値と実測値を比較し、微小振動における近似が妥当であることを確認してください。

Task2

次に、振り子を大きく振らした場合を考えます。

Task2-1

振り子を $\frac{\pi}{4}$ 持ち上げて振らす場合、エネルギー保存則の式を立ててください。この式を式(10)とします。

Task2-2

式(10)から、

$$\frac{d\theta}{dt} = \sqrt{\frac{2g(\cos\theta - \frac{1}{\sqrt{2}})}{l}}$$

を導出してください。この式を式(11)とします。

Task2-3

式(11)から、振り子の周期を導出してください。なお、積分が高校範囲で解けない感じのやつなので、積分値が欲しい時は言ってください。あるいは、自分でプログラムを組んでください。

Task2-4

振り子を $\frac{\pi}{4}$ 持ち上げて振らし、周期を測定してください。

Task3

微小振動する振り子と、大きく振れる振り子の周期の比について、理論値と実測値を比較してください。

時間があれば、持ち上げる角度を変えて、周期を測定し考察してみてください。

2-4. 参加者の感想

以下に部員の感想を示す。

第一回実験会の感想

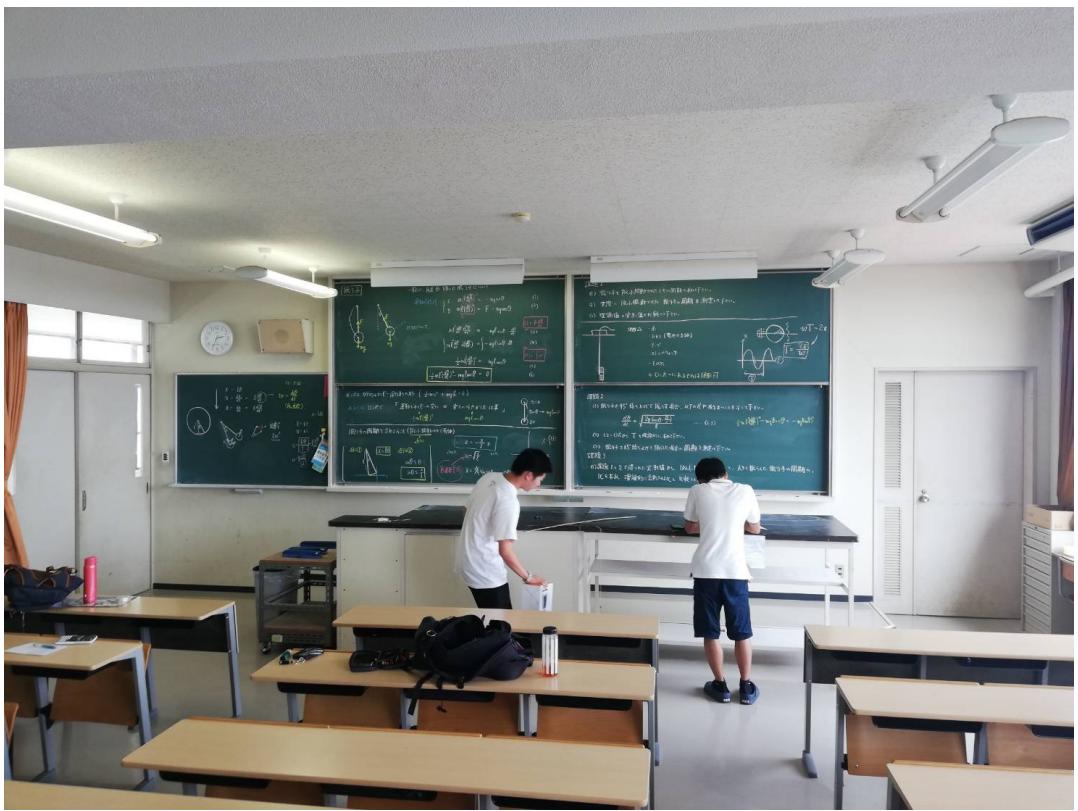
こんにちは、安藤です。今回は7月16日に行った物理部での第一回実験会の感想を書いていきたいと思います。とはいってもこれを書いているのは9月2日なので思い出しながら頑張って書いていきます。もしかしたらすごく短くなるかも。とりあえず基本情報を羅列します。開催日：7月16日（既述）午後、場所：高校物理講義室、参加者：小野さん（部長、主催者）、進藤くん（副部長、1年）、僕、以上計3名、実験テーマ：単振り子

三年生の参加者がいなかったため少人数（そもそも3年を除外すると部員4名）。今回の実験テーマは単振り子、2年生が授業で既に扱ったのかは分からぬが、少なくとも1年生はまだ授業では扱っていないはずです。なので参加者は事前に振り子について予習しておく必要がありました。進藤くんが予習していたかは僕は知りませんが、僕は前日にグリーブで小野さんと振り子の復習をしていました。実験会はまず距離、速度、加速度について、速度は距離の時間微分で、加速度は速度の時間微分ですよー、などの部分から始まりました。次に振り子に働く力を確認して、微分を使った形で運動方程式を立てるという感じで進んでいきました。そこから運動方程式を積分で変形して、力学的エネルギー保存の形にしたところで。微小振動を使っての振り子の周期の求め方の話になり、 θ が十分小さい時は $\sin \theta \approx \theta$ の近似ができるということや角速度の話をした後、実際に θ が十分大きい場合の振り子の周期について考えるという感じでした。理論の勉強はそのぐらいにしておいて、次は実際に物理部にあるもので振り子を作って周期の測定をしました。僕は直径1cmの鉄球を、進藤君は単三電池をお守りにして。正確には忘れましたが二人とも長さ60cm程度の振り子を作りました。まず微小振動させた時の理論値と実測値の差を調べました。周期を測定するために10回程振動させて一回の平均をとっていたんですが、僕はこの作業あまりスムーズにできず苦労しました。進藤君はそつなくこなしてた気がします。微小振動させた時の理論値と実測値の差は約

0.1%程度で実際にかなり優秀な近似ができていることがわかりました。次は傾きを 45° にして実験してみました。今回は振り子の支点での摩擦による速度の減衰が激しかったので、3往復ぐらいで素早く周期を測定しないといけないのでかなり苦戦しました。こっちも進藤君はそつなくやっていた気がしますね。ちなみに、この 45° を測る方法は進藤君の正方形を対角線で折るという方法でやりました。僕も対抗する方法を少し考えましたが面倒臭いし誤差が大きくなるだけなので黙って正方形を折りました。 45° での周期の理論値と実測値の差は約0.5%程度で微小振動の時ほどではないですがますます近似と言えるでしょう。こんな感じでつつがなく第一回実験会は終わりました。全体を通して自分の手際の悪さを痛感しました。もっとキビキビ動けるようになりたいです。以上で第一回実験会についての感想を終わりたいと思います。

2-5. 写真記録

以下に実験会での板書や、実験の様子を撮影した写真を示す。



実験中

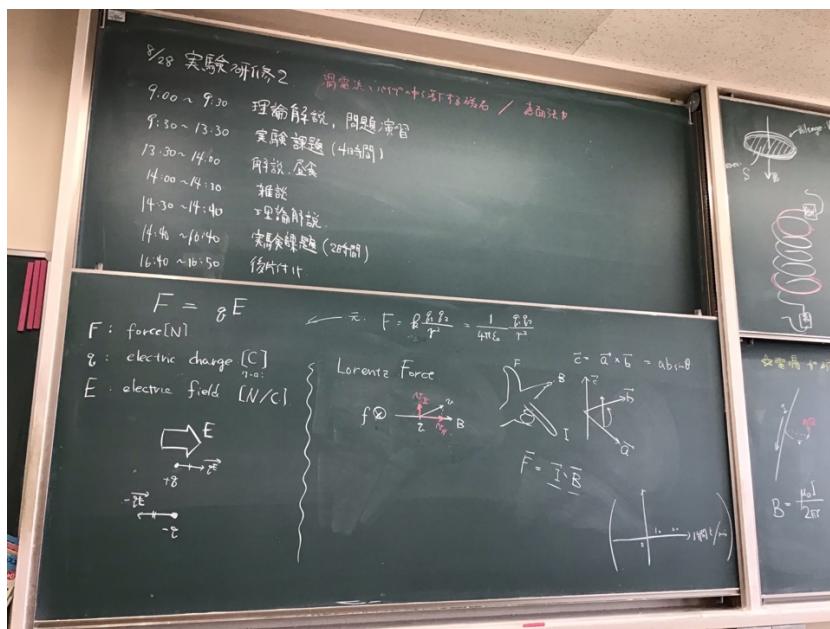
3 実験会記録 8/28 JPhO2016 から、第1問

3-1.本実験会の概要

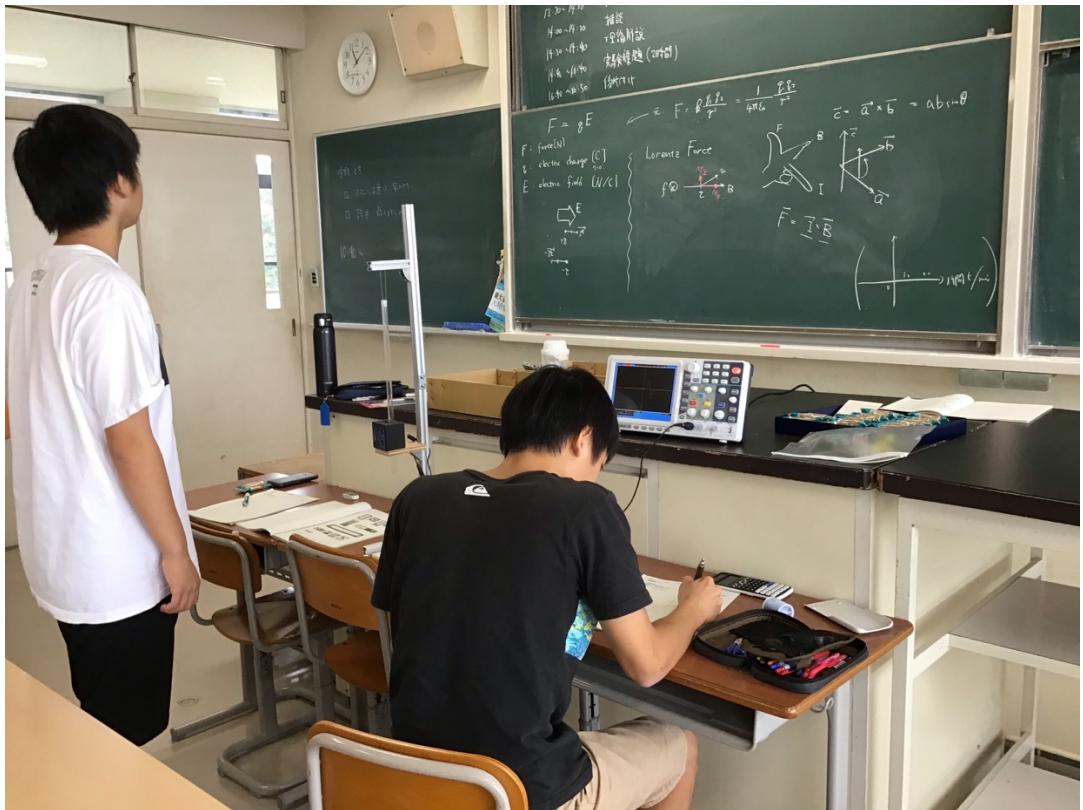
この実験会では、JPhO2016 年本選実験問題から、第1問を用いた研修を行った。時間の制限などは設けず、参加者と部長の会話もあり、比較的ラフな形で過去問に取り組んだ。実験中に答えを1ステップずつ確認しながら、慎重に取り組んでいった。参加した1年生2人にとっては、初めての形式の問題だったが、とてもよくできていた。本来のJPhOではデータを素早く撮る技術も要求される。今回はそれを忘れて、慎重に粘り強く取り組んでもらった。その結果、非常に良い精度のデータを取ることができた。

3-2.写真記録

以下に実験会での板書や、実験の様子を撮影した写真を示す。



板書(一部)



実験中の様子

3-3. 参加者の感想

以下に参加した1年生の感想を示す

第二回実験会の感想

こんにちは、安藤です。今回は8月28日に行った物理部での第二回実験会の感想を書いていきたいと思います。ちなみにこれを書いてているのは9月3日なのですが、最近忙しくてもう二週間ほど前のことのように感じます。とりあえず基本情報を羅列してい

きます。開催日：8月28日（既述）午前10時ぐらい、場所：高校物理講義室、参加者：小野さん（部長、2年、主催者）、進藤君（副部長）、僕（1年）、以上計3名、実験テーマ：渦電流とパイプの中を落下する磁石（2016th物理チャレンジ本戦実験課題）今回も第一回とメンツは変わらず、少人数。まあ人が少ない方が実験キットの都合上いいので問題なし。

当日は朝から結構雨が降っていて中止が危ぶまれましたが部長の“タクシーを奢る”的一言で解決しました。甲陽園駅の前のタクシー乗り場に行くと、他の部活の1年生が数人いてタクシーを待っていました。タクシー乗り場の手前まで行くとその1年生数人が恐らくうちの卒業生と思われる人（本人に聞いてみたら肯定するようなことを言っていた）に絡まれていました。僕はそういう人と話すのはあまり好きではないのでタクシー乗り場には入らずに身を隠していました。しばらくすると進藤君が来てタクシー乗り場に入ろうと言われたので渋々入ると、案の定前述の1年生数人の会話が滯っていたおじさんは、僕たちを次のターゲットに定めて話しかけてきました。確かに自分たちの部活や学年など特に中身のない雑談をしていたと思います。それから部長があまりにも遅いので、改札を見に行くと定期をなくしたらしく部長が立ち往生していました。とりあえず現金を支払い（部長註：実は、優しい駅員さんが、払わずに改札通らせてくれました。あと、カードケースから抜けた定期は家にありました。）、改札を出てもらって、おじさんの奢りでタクシーに乗せてもらい高校までいきました。おじさんはそのまま銀行にお金をおろしに行くそうです。学校に着いたら僕が東京旅行のお土産をみんなに配りました。シュガーバターの木というお菓子で二人からはかなり好評でした。話を戻します。今回の実験テーマは過電流、2年生が授業で既に扱ったのかは分かりませんが（部長註：2年もやってません）、少なくとも1年生はまだ授業で扱っていなかったはずです（1年はまだ波動も熱も電磁気もやってない）。なので今回は部長から実験を始める前にローレンツ力や自己・相互インダクタンス、ビオ・サバールの法則などについての紹介がありました。ビオ・サバールの法則は僕も知らなかつたので勉強になりました。一通り電磁気についての説明が終わると、今回の実験の内容についての説明が始まりました。今回の実験テーマは過電流とパイプの中を落下する磁石ということで、磁石が落下するときにパイプ内で磁束密度が変化し、電磁誘導によって渦状の誘導電流がおきてパイプ内に磁場ができるんだよーみたいな説明とネオジウム磁石を使うので電子機器や鉄製品

には近づけないようにとの注意を受けました。それとオシロスコープの使い方を少し復習しました。一応当初の予定では 10 時 40 分から 13 時までに課題 1-1 を終わらせるはずだったのですが結局 13 時半までかかってしまいました。実験キットは部長が昔自分用に誕生日プレゼントとして買ったものを使わせてもらったんですが、実験参加者は僕と進藤君の二人なのに対して実験キットは一つなので協調生が必要でした。それに一人ずついちいちデータを取っていたらかなりもたついて時間が勿体無いので実験データを共有することを余儀なくされました。楽にはなったけどせっかくやるなら一人でやりたいというのはありますね。そして 10 時 40 分になりいよいよ実験を開始しました。まず実験キットの箱（長方形の段ボール箱）を開け土台を組み立て始めました。二人掛けだったので実験器具の組み立てはそんなに時間がかからなかったと思います。実験装置の説明をすると、スタンドからアクリルパイプを紐で吊り下げ、下端にコイルを巻きつけ、ビースピを取り付け、コイルにオシロスコープを付けました。実験器具を組み立て、オシロスコープのセットが終わると早速実験課題 1 に取り掛かりました。課題 1-1 は“誘電気力のデジタルオシロスコープによる測定”でした。問 1-1 は 400mm のアクリルパイプの上端からネオジウム磁石（以後磁石）を落としパイプの下端に巻きつけた 50 巻コイルにオシロスコープをつなぎ現れる波形のグラフを作図しました。今回の実験では問題冊子の 6 ページに注意として書いていたのですが、単位 U で表した物理量 X を表やグラフに表す場合、欄や座標軸には、 X/U と記す必要がありました（現れる数値が単位 U で表した物理量 X の数値であることを明示するため）。僕は今までこのようなルールを適用してグラフや表を書いたことがなかったので最初はすごく混乱しました（物理チャレンジでは恒例？）。波形は磁石の S 極を上にして落としたものと、N 極を上にして落としたものの 2 種類書きました。ちなみにこのグラフを書いた時点ではどちらが S 極かは僕たちはまだ知りませんでした。次の問 1-2 は最大電圧と最小電圧の差及び磁石の速さを調べるというものでした。最大電圧と最小電圧の差はオシロスコープが勝手に表示してくれるのでこの問題はとても楽でした。次の問 1-3 はシールの貼ってある面の極性を判断するというものでした。問 1-1 の結果から、シールを貼っている面を上にして落とした時に初めに出電圧が下がったことから、シールが貼っている方が N 極であることがわかりました。この問題を解く時の注意なのですが、今回オシロスコープで測定したのはコイルの下部分の電圧なのでそれを把握していなくて上端の電圧を測定

していると勘違いしていると答えが逆になってしまいます。次の問 1-4 は質問が二つあって、一つ目は問 1-1 で書いたグラフのような波形になる理由を答えるというものでした。この問題は実験前に受けた説明がほとんど答えのようになっていたので簡単でした。二つ目は観察された波形に関して定量的に言えることを答えよという問題でした。僕はこの“定量的に言えること”という問題を今まで見たことがなかったので、正直どんな答えを書けばいいのか全くと行っていいほどわかりませんでした。部長に聞いてみると、理論的に予想できることか問 1-1 で実際に観測されたことをいえばいいということでした。例えば今回の僕が描いた波形のグラフでいうと波形の山と谷の時間差が約 5 ms 程度とかでいいらしいです。次の問 5 では落下させる磁石の数を 1 個から 6 個に増やしてできる波形をグラフに描きました。この実験については実際の解答のリンクを貼って終わりにしたいと思います。

<http://www.jpho.jp/2016/2016-2nd-chall-experiment-answersheet.pdf>

物理チャレンジホームページ 2016 年本選 実験問題過去問（注意 PDF ページに飛びます）

次の問 1-6 は再び磁石の数を一個に戻し、落下距離を変えて最大電圧と最小電圧の差とコイル下端での速度を測定し表にあらわし、速さを縦軸、最大電圧と最小電圧の差を横軸にとったグラフを描くというものでした。この問題は僕が記録とビースピリセット係を担当し、進藤君が磁石を落下させる係をやるように分担することでかなり楽に早くできました。解答用紙のグラフ用の方眼部分が方眼 4 個で 1 セットのようになっていたので 1 メモリをいくつずつにするか少し悩みました。次の問 1-7 は最大電圧と最小電圧の差と磁石の速度の関係についての問題でした。さっきの問 1-6 の写真では僕は間違えて表にビースピに表示されていた数値をそのまま記入してしまい、グラフを描くときもそれに気づかずにそのまま書いてしまったんですが、ビースピに表示される数値は m/s ではなく cm/s なのでビースピに表示される数値を 100 分の 1 倍に直して記入する必要がありました。写真のグラフの横軸の数値を 100 分の 1 倍に直したグラフを考えると。グラフの傾きから、

$$V_{p-p} \propto v \quad (V_{p-p}, v \text{ はそれぞれ最大電圧と最小電圧の差、磁石の速度}) \text{ であり}$$

$$V_{p-p} = kv \text{ とすると}$$

$$k = 165mV/(m/s)$$

問 1-7 が終わると課題 1-1 が全て終了したので実験を一旦終了し、昼食をとりながら 30 分ほど休憩しました。雑談したりなどして休憩が終わると実験を再開し、課題 1-2 に取り掛かりました。課題 1-2 では課題 1-1 で使った装置を組み替える必要がありました。この組み替えはかなり手間がかかりました。組み替えが終わると早速問 1-8 に取り掛かりました。銅パイプ、薄肉アルミパイプ、厚肉アルミパイプの 3 種類のパイプについて、重りケースに入れる重りの数が 0 個から 4 個までのそれぞれの場合について落下する速度を調べました。次の問 1-9 は重りの個数に応じた重力を計算し、前問（問 1-8）の結果と合わせて表にまとめ直し、重りの落下速度を縦軸に、重りにかかる重力を横軸にとったグラフを描き、グラフの形から重力と速度の比例関係の有無を判断し、比例関係があるなら比例係数を、ないならその判断理由を書くというものでした。僕は間違えてグラフを描く前に数値だけ見て比例関係の有無を判断して比例係数を算出してしまい部長に鼻で笑われてしまいました。言われてみたら当たり前のことでしたが、先にグラフを描いてグラフの形から比例関係の有無を判断し、グラフの傾きから比例係数を算出するべきでした。今回もグラフを描くとき 1 メモリをいくつにするかで悩みました、今度から 4 マス 1 セットみたいになってても無視して 5 マス 1 セットみたいにして書こうかと思います。最後の問 1-10 は問 1-8, 1-9 の結果から渦電流が落下する磁石に及ぼす制動力の大きさ f が磁石の速度 v 、パイプの肉厚 δ と電気伝導率 σ などのパラメーターにどのように依存すると考えられるか説明し、それぞれの結論について、その根拠となる実験結果や理論的に推定できることを上げろというものでした。これについても実際の解答のリンクを貼って終わりにしたいと思います。

<http://www.jpho.jp/2016/2016-2nd-chall-experiment-answersheet.pdf>

物理チャレンジホームページ 2016 年本選 実験問題過去問 （注意 PDF ページに飛びます）

これ以降の問題はボーナス問題のような感じなのでやりたかったらやったらいいと部長が言っていました。僕はやりたかったのですが下校時間も近かったため、進藤君が早く片付けようと言ったためこれ以上はせず、実験を終しました。そして下校時間

になり僕はグリー部に旅行のお土産を置いて部長と進藤君と3人で帰りました。今回の記事は以上ですありがとうございました。

4 これまでの実験会のまとめ

1学期及び夏休みは主に2回の実験会を行った。本当はもっとたくさんの実験会を行う予定だったが、小野と安藤はJPhO予選の実験レポートなどもあって忙しく、とても実験会まで手をまわす余裕はなかった。2学期は、もっとたくさんに実験会を開催したいと思う。

以上で実験会の記録は終わりである。

事実の集積が科学でないことは、石の集積が家ではないのと同じだ。

アンリ・ポアンカレ

ロケットを飛ばそう

～モデルロケットで安全なロケット教育～

目次

1. ロケットを飛ばそう～モデルロケットで安全なロケット教育～
2. フォトギャラリー
3. モデルロケット実験計画書

物理部 1年 進藤 亮太

ロケットを飛ばそう
～モデルロケットで安全なロケット教育～

皆さんこんにちは

学校法人辰馬育英会甲陽学院高等学校物理部ロケット同好会(非公認)会長の進藤です。
なんとなく肩書きに漢字が多くてそのうえやたら長いとスゴそうにみえると思ったのに、いざ書き出してみると肩書きが長すぎると逆効果ですね(;`Д`;)トホ...。てか甲陽の正式名称長すぎだろ...
しかも肩書きの長さの割にたいした立場でもないんです。会長と名乗りましたが現在会員は僕含めて1人ですから。

(甲陽生向けコーナー 現在会員募集中!! 一緒にモデルロケットを飛ばしませんか? 学校の許可を取り付けるノウハウもあり、僕と一緒に簡単手続きで通ります 僕も駆け出しなので未経験者歓迎、もちろん経験者大歓迎です。一緒に大会等を目指しませんか?)

というのも甲陽学院では諸事情によりロケット実験が禁止されていたのでわざわざ前例のないことを学校でしようなんて人が現れなかつみたいなんです。
そんななか、実験計画書を休日4日かけて書き、晴れて学校側にモデルロケットの打ち上げを認めて頂いたのがこの僕です(*`ω')ドヤ。

モデルロケットの説明を忘れてましたね。
モデルロケットとは安全な宇宙教育のために作られた総合科学教材です。専用のエンジンを使うことや、確保すべきスペースなどの様々な規則があります。
まあ、ロケットなんて使い方を間違えれば大変なことになりますから当然ですけどね。
免許をとった人のみが扱え、老若男女様々な層が楽しみ、国際大会まであるものなんです。

とまあ自己紹介を終えた所で...
みなさんはロケットがどういう原理で飛んでいくのかご存知ですか?
さすがに"燃えてるからー"なんて答えはないと思いますが。

妹から珍回答を引き出して話のネタにしようと思ったのですが、ロケットがなんで飛ぶか知ってる?って聞いてもツンって感じで無視されてしまいました...反抗期なんですかね...

物理部っぽい言葉を使うとニュートンの第三法則にのっとっています。
簡単に言うと作用・反作用のことです。
スケートのとき別の人を押したら相手もこちらも離れて行く感じのアレです。

モデルロケットの場合、火薬を燃焼させその燃焼ガスを吹き出し、そのガスの反作用で飛んでいきます。 ペットボトルロケットも一緒で、高圧の空気により水を押し出して飛んでいるんです。

では、初めて宇宙空間(高度100km以上)に達したロケットは何か知っていますか?
アメリカのロケットでしょうか、ロシアのロケットでしょうか

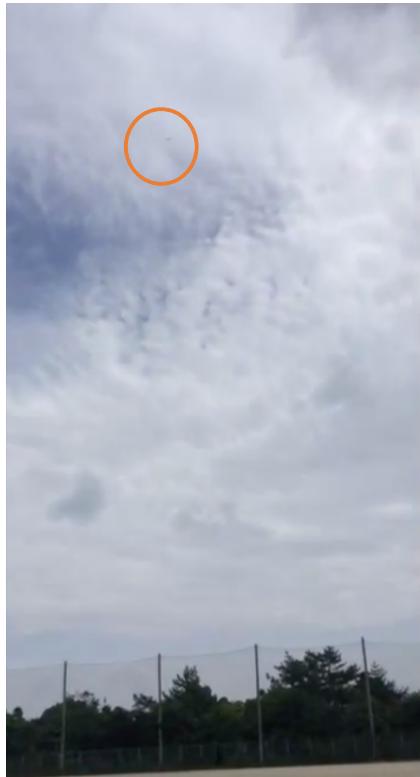
正解はナチス・ドイツの陸軍兵器局が開発した"V-2"という弾道ミサイルです。
その後のアメリカや当時のソ連のロケットは全てナチスの研究の延長線なんですね。
敗戦国の技術に頼っているという事実は両国のプライドを傷つけたし、なんと言っても悪名
高いナチスの研究者のおかげなどとは宣伝できないので、アメリカ・ソ連の様々なプロパガ
ンダ合戦があったのですが、その話は長いので興味のある人は自分で調べてみて下さい。
ついでに日本のロケットとして初めて宇宙空間に達したのは東大のK-8型ロケットだそうです。
(Kはカッパの略らしい なぜカッパなのかまでは知りません)

音展当日ロケットを皆さん前で打ち上げたいのですが、まだ指導部との兼ね合いがどうな
るかわかりません。
どちらにしても物理部室でお待ちしております。m(--)m

2. フォトギャラリー



ロケット、第2回発射実験打ち上げ直後



2019年 6月 日
1-D 物理部 進藤 亮太

モデルロケット打ち上げ実験計画書
グラウンド使用許可について

1. モデルロケットの打ち上げを行おうと考えた経緯について

小学生の時から宇宙やロケットなどに興味がありました。

先日堀江貴文氏が出資しているベンチャー企業『インターネットテクノロジーズ』が民間企業単独としては国内初のロケット打ち上げに成功したことに感銘をうけました。

これから宇宙産業は国家の専制分野ではなく民間にも開かれたものになるだろうと考え学生のうちから宇宙関係の分野に触れようと考え、宇宙教育の安全な教材として開発された「モデルロケット」というものを見つけ実際に飛ばしたいと考えました。

モデルロケットを飛ばすためには日本ロケット協会（以下 JRA）のライセンスが必要なのですが、“入門用ロケット”を3回打ち上げることにより第4級の免許を取得できます。

またライセンスを取得することで、JRA主催の全国モデルロケット大会やロケット甲子園にも出場することができ、勝ち進めば世界大会にも出場できるなど活動の幅が広がります。

表1 ライセンスとエンジン等級及び、関連する法令とその認可について

ライセンス	エンジン等級	トータルインパルス	種類	関連法	認可について		
第1級	J	1280Ns	コンボジット燃料	火薬 第5類 6取締の法 三の二	知事への火薬類譲受・消費許可により使用可		
第2級	I	640Ns					
第3級	H	320Ns	黒色火薬	火薬 第1類 1取締五法 の七	「玩具煙火」として無許可で使用可		
	G	160Ns					
第4級	F	80Ns					
	E	40Ns					
免許なし	D	20Ns					
	C	10Ns					
	B	5.0Ns					
	A	2.5Ns					

2. 今回打ち上げるロケットについて

今回打ち上げ予定のロケットは 表1の一番下『免許なし』カテゴリーとなります。

(1) 使用ロケット

米エステス社製のアルファーIIIという初心者向けとして定評のある“入門用ロケット”を打ち上げます。全長311mm 重量34gと小型で、打ち上げに必要なものが入門セットとして販売されています。

(2) 使用するエンジンについて

同じくエステス社のA8-3という免許がなくても使用できるエンジンです。燃料に黒色火薬を使用したカートリッジ式のものです。JRAの認証付の物を使用します。今回アルファーIII打ち上げに使用すると上げると高度約80m～120mほど飛行します。

3. モデルロケット用カートリッジ式エンジンについて

自作エンジンなどは品質が不安定で極めて危険なため、モデルロケットの打ち上げには工場で生産されたカートリッジ式のエンジンを用います。これは世界各国で5億回以上無事故で打ち上げられるなど非常に信頼性が高く、日本では主にアメリカのエステス社のものが主流です。またJRAが安全性を自主的にチェックしており、JRAの認証シールが貼っていなければ日本国内では飛ばせん。ライセンスの種類によって使用可能なエンジンが決まっており、免許なしでもA型エンジンで使用できます。

4. どうして甲陽学院高校のグラウンドで打ち上げるのか

(1) 航空法について

空は公共のものであり飛行物体を飛ばすためにはルールがあります。モデルロケットも例外ではありません。万が一落下したところに人がいたら怪我をしてしまうし、空港の近くで飛ばして飛行機の運航に影響があると多くの人に迷惑をかけてしまいます。そのためモデルロケットは航空法に従う必要があります。

表2 航空法第99条の2第1項ただし書き及び航空法施行規則第209条の4の規定について

高度 (地表面より)	管制区内	管制区外	半径5km圏内
250m以上		要通報	
150m以上250m以下	要通報		打ち上げ時には空港事務所へ通報する
150m以下	通報は不要	通報は不要	
<small>※通報先は最寄りの空港事務所</small>			

幸い甲陽学院高校の敷地は阪神間の学校としては珍しく人口密集地には指定されていません。（資料1を参考願います。）付近の空港（伊丹空港、関西国際空港、神戸空港）の管制区外（資料2を参考願います。）であり、最も近い伊丹空港からも10km以上離れているため250m以下であればいかなる無人飛行物体でも無許可で飛ばすことができます。（250m以上に達する場合空港事務所に通報する必要があります。）

(2) 打ち上げ地点から確保すべき保安距離

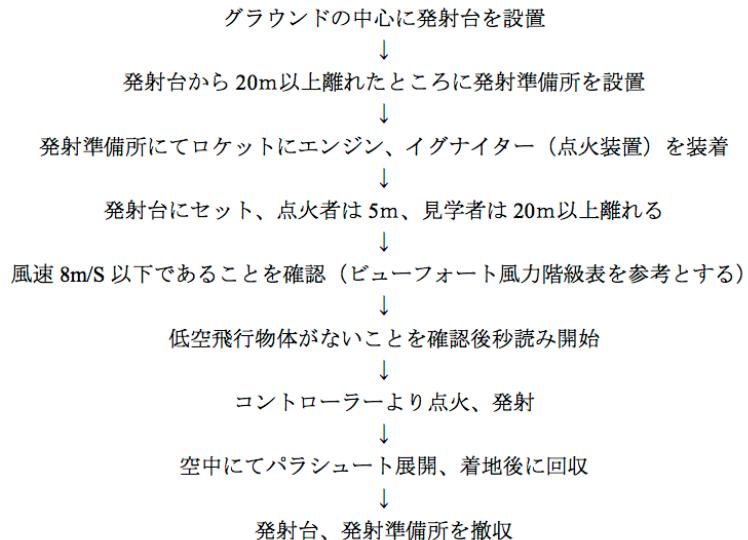
安全を確保する為には確保すべき保安距離が必要です。グラウンドを使用する事でその保安距離を確保することが可能です。甲陽学院のグラウンドではF型エンジンまでの使用が可能です。

表3 保安距離及び、消費場所外物件に対して確保すべき距離

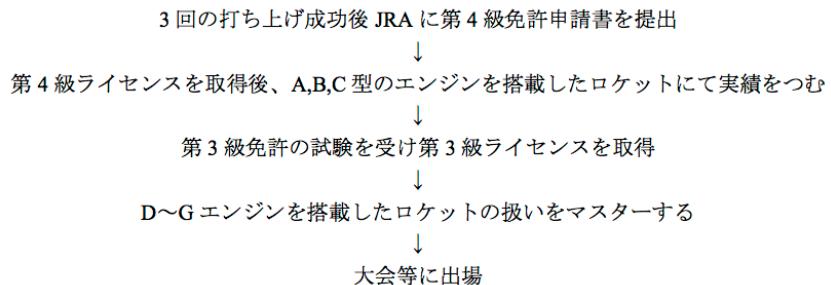
火薬量	エンジン 型式	自主保安距離			消費場所外物件に対して 確保すべき距離
		点火操作者	発射待機者	見学者	
5.7g以下	A	5m以上	10m以上	15m以上	30m以上
10.6g以下	B			20m以上	
20g以下	C				60m以上
20g超	D, E, F				
100g超	H, I	10m以上	15m以上	25m以上	100m以上
450g超	J	15m以上	20m以上	30m以上	125m以上

（JRA ホームページより）

5. 打ち上げ時の行程

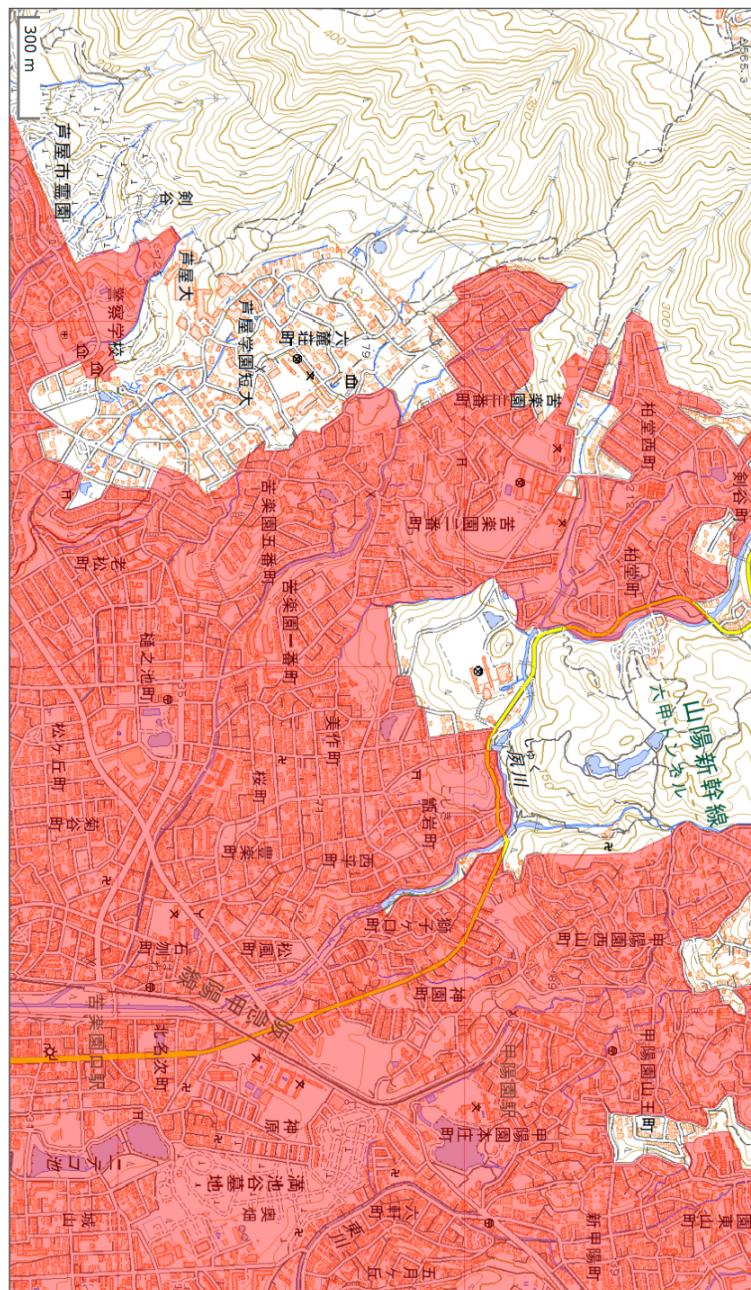


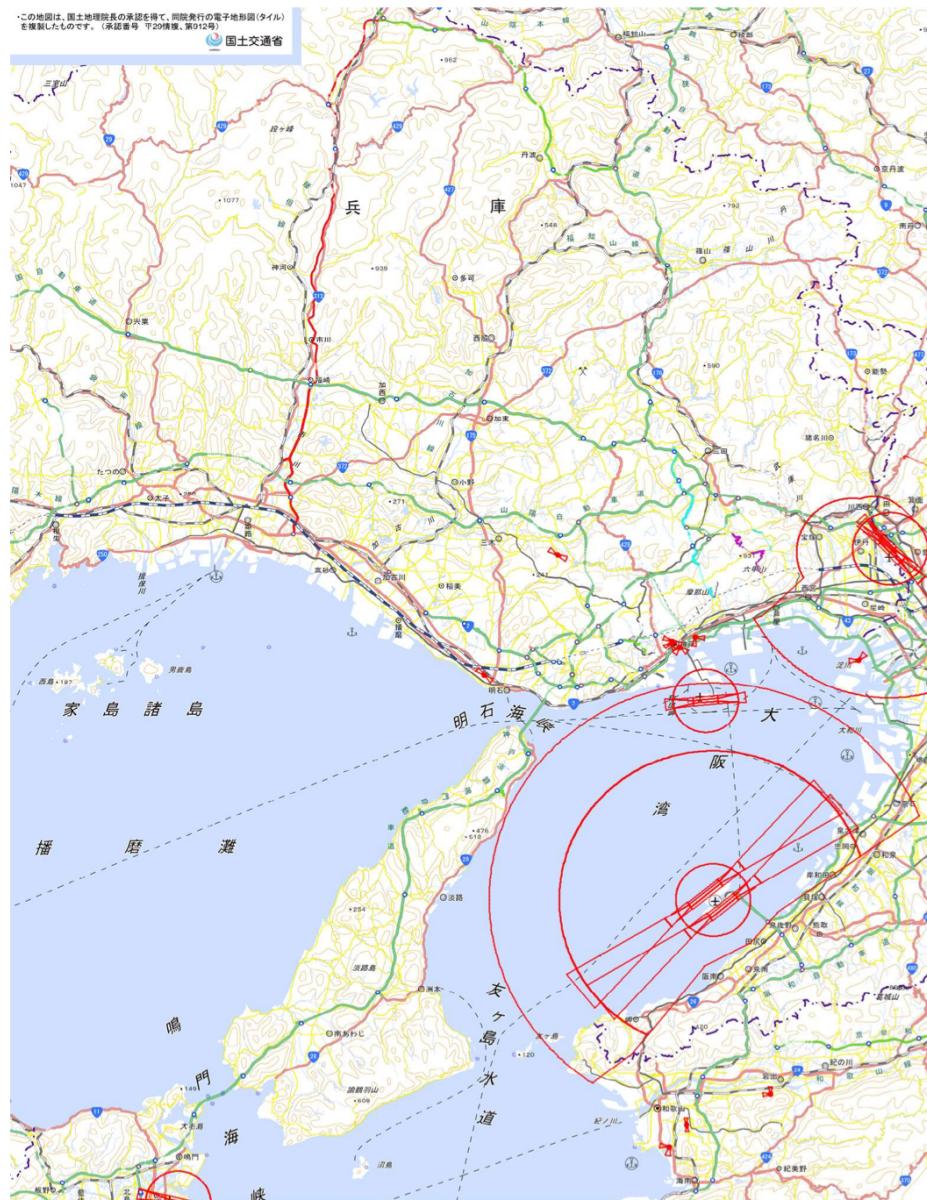
6. 打ち上げ後の展望



地理院地図

GSI Maps





1

¹編集部註：以上で進藤君の記事「ロケットを飛ばそう～モデルロケットで安全なロケット教育～」は完。

