

新カリキュラム3年理コース「理数探究」実践報告

加 藤 将 昭 (数 学 科)

武 田 一 孝 (数 学 科)

影 山 彰 (理 科)

梅 田 洋 一 (理 科)

1. はじめに

2022年度から導入された新カリキュラムにおいて、本校が打ち出した方針（の一部）に、以下の2点があげられる。

- ・「探究学習」の重視
- ・3年次のコース分けを「文・文理」から「文・理」へ

旧カリキュラムの文理コースは中央大学全学部におすすめ可能だったが、理コースは理工、経済、商、国際経営、国際情報の各学部にのみ推薦可能となった。つまり、法、総政、文の3学部には推薦されないということであるが、その代わりに、理系科目がより多く配置され、文コースの「論文」に対しても、理コースでは「理数探究」2単位が配置されることとなった。

この「理数探究」という科目は文科省設定の新設科目であり、それまでのカリキュラムにはなかった科目であるが、担当教科としては「理数科」となっており、本校においては理科と数学科の教員が共同で担当するという事になった。その意味でもこの科目の運営は、本校にとって画期的な取り組みと言える。ここにそのあらましを報告させていただく。

2. 実施に向けた準備

(1) 2022年度における検討

実施の2年前から、数学科・理科が合同教科会を開き、検討を開始した。さらに、「理数探究検討チーム」を発足させ、新科目がスムーズに開講されるための具体的な準備に入った。メンバーは以下のとおりである。

新井原博嗣（理科、教務部授業開発担当） 影山 彰（理科主任）

辰見 憲（数学科、教務部授業開発担当） 武田一孝（数学科主任）

理数探究検討チームからの提案事項（抜粋）

- ・理コース2クラスとも同じ曜日の5・6限に入れる。（想定人数：50人前後）
- ・担当教員は、数学科・理科から各2名ずつ計4名でお願いしたい。
- ・教員の姿勢は、「導く」ではなく「寄り添う」でいきたい。
- ・大まかなスケジュール案

1 学期 → テーマ探し、探究計画を立てる

2 学期 → 探究の実践

3 学期 → 発表（口頭・ポスター）と論文（要旨程度）

- ・その他、具体的なテーマや授業の実践例の検討

「理数探究やってみました！」

検討チームの取り組みと、その報告、提案のおかげで、数学科と理科の全教員に科目の全体像が見えてきた。特に、新井原教諭からは授業が始まってからも実践的なアドバイス、提案をいただき、おかげで授業がより充実したものになったと思っている。

(2) 2023年度における検討

前年度中に科目担当者が決まり、具体的な検討を開始した。

2024年度理数探究科目担当教員

加藤将昭（数学科） 武田一孝（数学科）

影山 彰（理科） 梅田洋一（理科）

夏休み前から4人で集まり、打ち合わせと宿題の持ち帰り行い、準備を進めた。

第1回打ち合わせ 2023年7月13日 （1学期期末試験採点期間中）

第2回打ち合わせ 2023年12月13日 （2学期期末試験採点期間中）

第3回打ち合わせ 2024年3月7日 （3学期期末試験期間中）

第4回打ち合わせ 2024年4月1日 （春休み期間中）

検討事項と結論は以下の通りである

（ただし、一応の結論は出たが、実施の段階で修正されたもの、ボツになったものもある。）

①教科書について

- ・「理数探究基礎」啓林館に決定

文科省設定科目であるから、検定教科書を持たせるべきと考えたが、「理数探究」用の教科書は出版されておらず、上記のものにした。授業中に多くの時間を取って内容について説明したり、生徒に読み込ませることをしたり、ということとはしなかったが、探究の進め方や研究発表のやり方、研究報告書の書き方などの基本事項が分かりやすく示しており、必要な時に調べるという使い方で生徒たちは重宝したと思う。

②使用教室について

- ・各HRの他に、視聴覚室、物理・化学・生物各実験室、探究ルーム（旧PC教室）を確保したい

授業の形式としては、2クラス全員で行う、2クラスに分かれて行う、4班に分かれて行う、などが考えられ、それぞれに適する教室を確保すべきと考えた。

③メインの研究はグループ実験を可とするか？

実験を自分たちで進めるためには複数名で取り掛かる方が効果的である。しかしながら、複数名で取り組む場合、評価（成績）が難しくなることや、共同研究者に頼って怠ける生徒が出てくるのではないかという懸念があった。結論としては、1名～3名での実験を認めることとし、人数が多くなると原則として評価が厳しくなるとアナウンスして、安易にグループを組ませず、しっかりと計画を立てて必要な場合にはグループで実験に取り掛かれるように配慮した。

④評価基準の大枠

- ・1学期は、基礎講座の提出物と活動ノート（Googleスライド）から評価する
- ・2学期は、プレゼン（中間発表＋最終発表）の内容と発表用スライドから評価する

⑤最終成果物の具体的な形を確認

- ・発表用スライド
- ・研究報告書

⑥理数探究やってみた！

初年度なので、担当教員がそれぞれ生徒のつもりで研究テーマを考え、取り組んだ。

生徒がイメージを掴みやすくなるように、最初の方の授業で紹介できれば良いと考えた。その結果、教員側にも実感できたこと→「興味の無いテーマで実験を継続するのは辛いな、」強制は良い結果を生まないであろう、というスタンスの確認ができた。

⑦具体的な授業計画の策定

試行錯誤を繰り返した。

探究関係の授業運営のサポートを行っている業者を活用することも探ったが、本校が目指す形（＝生徒が自分の興味関心を持つテーマに取り組む）ではなく、型にはめて一斉に指導を行う形になってしまうようで、とりあえずはお願いできる段階ではないという結論に至った。最初の授業で大学の教員など研究のプロから研究について話していただいていたかどうか、というような意見も出たが実施には至らなかった。結果は後に詳しく示す「授業計画」および「授業の詳細」の通りである。

3. 2024年度における実施内容

2024年度3年生理コースは、8組38名、9組37名の計75名（男子44名、女子31名）の生徒が在籍している。時間割は、火曜日5・6時間目の連続授業である。

（1）年間授業計画

1学期

回	日付	授業形態	場所	内容
1	4月16日	2クラス合同	視聴覚室	オリエンテーション他
2	4月23日	4班（名簿順）	4か所	基礎講座①
3	4月30日	4班（名簿順）	4か所	基礎講座②
4	5月7日	4班（名簿順）	4か所	基礎講座③
5	5月14日	4班（名簿順）	4か所	基礎講座④
6	5月21日	2クラス合同	視聴覚室	研究テーマ探し、計画立案開始
7	5月28日	合同→クラス毎	視→各HR	テーマ探し、計画立案継続
8	6月4日	クラス毎	各HR	テーマ探し、計画立案継続～研究開始
9	6月11日	クラス毎	各HR	テーマ探し、計画立案継続～研究開始

10	6月18日	4班（名簿順）	4か所	研究計画発表
11	6月25日	4班（テーマ別）	4か所	研究継続（⇔計画修正）

夏休み期間

実験室開放（物理・化学・生物の各実験室と探究ルームでの作業可能、 10時～16時）
7月22日～26日，7月29日～31日，8月26日～29日（計13日間）

2 学期

回	日付	授業形態	場所	内容
12	9月3日	4班（テーマ別）	4か所	研究継続、発表準備
13	9月10日	4班（テーマ別）	4か所	研究継続、発表準備
14	9月17日	4班（テーマ別）	4か所	第1回中間発表
15	10月8日	4班（テーマ別）	4か所	研究継続、発表準備
16	10月15日	4班（テーマ別）	4か所	研究継続、発表準備
17	10月22日	4班（テーマ別）	4か所	第2回中間発表①
18	10月29日	4班（テーマ別）	4か所	第2回中間発表②
19	11月5日	4班（テーマ別）	4か所	研究継続、発表準備
20	11月12日	4班（テーマ別）	4か所	研究継続、発表準備
21	11月19日	4班（テーマ別）	4か所	最終発表①
22	11月26日	4班（テーマ別）	4か所	最終発表②
23	12月3日	2クラス合同	視聴覚室	最終発表予備日、優秀者発表等

3 学期

回	日付	授業形態	場所	内容
1月8日(水)～11日(土)				探究ウイーク
24	1月14日	クラス毎	各HR	研究報告書作成
25	1月28日	クラス毎	各HR	研究報告書作成

（２）授業の詳細について

第0回 3月16日 春休みの宿題をclassroomに配信（担当 武田）

「興味のあるテーマとそれについて調べた内容を、スライドにまとめて提出してください。なお、初回4月16日の授業内で発表をしてもらいます。」

第1回 4月16日 オリエンテーション @視聴覚室（2クラス合同）

2時間の授業で、以下の①～④を行った。

①理数探究ガイダンス（梅田）

新規科目である理数探究について説明した。

伝えた内容としては、以下のようなことが挙げられる。

- ・理数探究では1年間「研究」に取り組む。
- ・研究と勉強の違い。勉強は、すでに明らかになっている知識、スキルを身につける作業。研究は、まだ明らかになっていない「未解決の問題」を解く作業。
- ・研究は、仮説検証の繰り返し。成功の反対は失敗ではなく、やってみないこと。
- ・この授業を通して、「科学的思考力を養う」「実験・観察・調査等を計画し、遂行する能力を養う」「研究成果を他者に伝える能力を養う」ことを期待している。
- ・研究を行うために必要な機材や装置について。学校にあるものはすべて使用可能。自分で購入してもよい。今後学校の予算で購入する計画あり。
- ・3人までのグループを作って研究することが可能。ただし条件あり。
- ・研究成果の発表は、Googleスライドを使ったプレゼンテーション。
- ・成績のつけ方
- ・年間スケジュール
- ・授業で必要なもの（chromebook、教科書、筆記用具等）

②理数探究やってみた（梅田）

「ドミノ倒しが進む速さの研究～最速ドミノ倒しの条件～」というテーマで研究発表を行った。

③活動ノートについて（加藤）

1学期は、授業の内容や各自の作業の内容をGoogleスライド1～2枚にまとめて提出し、その内容で授業への取り組みを評価する。このGoogleスライドを、今後「活動ノート」と呼ぶ。以上を伝えた。（下図参照）

先生の話聞く授業の場合

【必須項目】

- ①授業の『ポイント』や『キーワード』＋『感想』
- ②授業を聞いてわかったこと・気が付いたこと

【＋α】

- ③授業を聞いてわからなかったことは何か
- ④わからなかったことを調べてまとめる

④春休みの宿題に関して（武田）

生徒が数人のグループを組み、各自が作成したスライドを使用して、順番に発表を行った。作成段階には教員の指導が全く入っていないが、率直に言って「プレゼンに慣れているな。上手だな。」という印象を持った。新カリキュラムになって、探究学習の成果が出ているのだと強く思った。ただし、発表の内容としては、研究テーマとして壮大すぎる、あるいは非現実的なものが散見され、指導の必要性を感じた。



グループでの発表の様子

4/16(火) ガイダンス・春休み課題発表

①実験は地道なもの!

梅田先生のドミノ倒しの実験を動画で見た。実験は何度も繰り返して仮説を試すものなので、「ドミノを一定間隔に並べて倒し、その時間を計る」という手間がかかることを何度もするのは心が折れそうだった。しかし、それを乗り越えたら、たとえ実験結果が失敗でも成功でも、達成感を得ることができると思う。

②友達の発表を聞いていると、理解できない考え方や数列が出てきて戸惑うことがあった。(私の勉強不足もあると思う)自分の発表でも同じようなことが聞き手に起きているかもしれないので、できるだけ簡潔に、しかし聞き手に分かりやすいスライド作りを心がけたいと思った。

③スライドへの動画の貼り付け方は?

▶[挿入]から[動画]でできる

第1回の授業後に提出された活動ノートの一例

第2回 4月23日 ～ 第5回 5月14日

「基礎講座」と題して、今後の研究に役立つ授業を4人の教員がそれぞれ担当し、生徒は名簿順に4班に分かれて順番に受講した。講座内容は生徒の提出

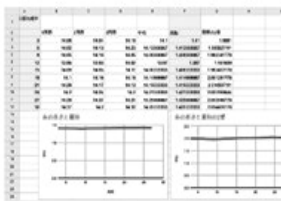
した活動ノートで紹介する。

・物理実験「振り子の周期の測定」 @物理実験室（梅田）

5月14日(火) 5、6時間目

【本日の活動内容】

- ・単振り子の周期は何によってきまるか?
- ・単振り子の糸の長さを変える実験
- ・振れ幅を大きくする実験



【実験の概要・目的】

単振り子の周期を求めることによって、その地点の重力加速度を求める。また、振れ幅が大きくなると、周期が一定ではなくなるが、そのずれの規則性について考える。初めに振り子の糸の長さを変え、周期を測定した。次に、糸の長さを同じのまま、振れ幅を変えて周期を測定した。

【実験の進捗状況】

我々の班では、振れ幅が大きくなっても周期は変わらないのではないか、という仮説を立て実験を行った。現在結果が出ているので、グラフや相関係数などで規則性を見いだしていきたい。左の四角の中にあるグラフが探究実験の結果である。

・化学実験「醤油の成分の分析」 @化学実験室（影山）

4月30日(火) 5、6時間目

【本日の活動内容】

しょう油の成分を分離する
食塩を取り出して判定



【実験の概要・目的】

塩化ナトリウム、水分、有機化合物などからなる混合物である。しょう油から、塩化ナトリウムを分離させて取り出す。塩化ナトリウムの結晶を得るためにはどのように実験を工夫すればよいかを考える。

【実験の進捗状況】

進捗は良好。取り出せた食塩は0.54g。しょう油50ml中に含まれている塩化ナトリウムの67.5%程度を分離できた。食塩水の炎色反応で Na^+ 、硝酸銀水溶液の白色沈殿で Cl^- が含まれていることが確認できた。

【考察】

塩化ナトリウムの質量の理論値は0.8gだったが、実現値は0.54gだった。これは、塩が飛び散りや、しょう油の計測のミス、ろ過後のピーカーに残っているなどの原因が考えられる。理論値に近づけるためには、もっと時間をかけてゆるやかに加熱し、できるだけ塩が飛び散らないように蓋をするといった方法が考えられる。

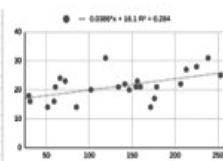
・データサイエンス「桜の開花を予想したい」 @ 3-8 (武田)

5月7日(火) 5、6時間目

【本日の活動内容】

さくらの開花を予測する

仮説を立てて検証する



年	桜の開花日	降水量
2000	106	24
2001	72	23
2002	37	16
2003	273	27
2004	203	16
2005	119	21
2006	176.5	21
2007	132	20
2008	141.5	22
2009	134	21
2010	206.5	22
2011	220	20
2012	238.5	21
2013	180	16
2014	253	20
2015	196	23
2016	160.5	21
2017	40.5	21
2018	178	17
2019	154.5	21
2020	40	14
2021	171.5	14
2022	140.5	20
2023	91.5	14
平均	134.0625	21.25

【研究の目的・概要】

東京都の各年の2/1から桜の開花日前日までの、日最高気温、降水量、日照時間の積算を求め、開花日との比較を行った。またこれらの積算と桜の開花日の相関を調べた。各班で仮説を立て、実際に検証した。

【進捗状況】

進捗は難航。我々の班では、「降水量の積算が少ないほど桜の開花が早くなる」という仮説をたて、過去23年間の東京の降水量の積算と開花日で回帰分析を行った。だがあまり関連性はなく、収穫は得られていない。左図は降水量の積算と回帰分析の結果である。

・統計的検定「適合度検定と独立性の検定」 @ 3-9 (加藤)

4月23日(火) 5、6時間目

【本日の活動内容】

適合性検定と独立性の検定

問題演習

【授業でわからなかったこと】

カイニ乗曲線とはなにか、イメージが掴めなかった。

【調べてわかったこと】

横軸が実現値と期待値の食い違いの速度、横軸が速度にあたる事象が起きた回数の相対値であることがわかった。カイニ乗曲線は期待値からのずれの割合を判定するのに使う。 $\chi^2=3.841$ 以上の、食い違いの測度が観測されたときは、5%以下となり、めったに起こらない事象であると判断できる。

【ポイント】

仮説検定をするときは、対立仮説・帰無仮説を最初に示す。

仮説検定を理数探究の主題にするのも良いが、実験の結果などの相関関係を調べるのにも有用。

【感想】

一見無関係に見える数字でも、独立性の検定に行えば、相関性を調べられることに驚いた。pHの測定の結果を調べるのに活用できそうだと考えた。

第6回 5月21日 研究テーマ探し、計画立案開始 @視聴覚室（2クラス合同）

1. 理数探究やってみた（武田、影山）
2. テーマ探し開始ガイダンス（梅田）
3. 研究計画書について（武田）

生徒達は、ここから本格的に自分の研究テーマを探し始めた。

5月21日(火) 研究の進め方

【授業の内容】先生たちの研究の紹介、研究の進め方

【ポイント】自分の身の回りにいいテーマが潜んでいないか、常にアンテナを張って生活する。得られたデータを元にグラフを作成したりして、結果を可視化する。

【感想】先生たちにも、大人になっても興味があることがそれぞれあるということが分かって、素敵だなと思った。凝りすぎる手間がかかり過ぎて收拾が付かなくなりそうだが、手を抜くと上部だけの実験で終わりそうだからそれにはなりたくないの、ちゃんと楽しめる且つ深く調査しがいのあるテーマを探したい。

【分かったこと・気づいたこと】必要な機材などが生じたら、申請して通れば買うためのお金が貰えたり、顕微鏡も借りられたりといい環境が整っていることが分かった。

【分からなかったこと】どのくらいの研究のクオリティーを実現できるのかがまだはっきり分からない。やりたいことに対し何ができるかなども漠然としていてまだ掴めない。

第6回の授業後に提出された活動ノートの一例

第7回 5月28日 テーマ探し、計画立案継続 @視聴覚室（2クラス合同）

1. 理数探究やってみた（新井原）
2. Udemy、paizaを受講する生徒への対応（加藤、梅田）
3. 各自で計画書作成

5時間目に新井原教諭を招いて、テーマ探しへのアドバイス等を話していただいた。自身でやってみた理数探究の例を報告し、テーマを探す際に手掛かりとなるような情報をたくさん話して下さり、多くの生徒たちが触発されたと思

う。

その後、各クラスに分かれて各自が作業する時間とした。

理数探究

～理数探究やってみた～

新井原 博嗣

あなたは誰ですか？って思います？

私は、理数探究をカリキュラムに入れたメンバーの一人です。

みなさんの「産みの苦しみ」を少しでも軽減できればと考えています。



新井原教諭のスライド

5月28日（火）5・6時間目

【授業の内容・ポイント】

- ・新井原先生の探究テーマ講座
- ・加藤先生のお話
- ・戦略「 $1 \Rightarrow 2$ 」「 $0 \Rightarrow 1$ 」「X」の説明

「 $0 \Rightarrow 1$ 」がおすすめ！！

【授業の感想】

理数探究と言っても、自分が想像しているよりももっと小さなスケールでテーマを考えて良いと分かり、少し安心しました。いま興味のあることを計画書に何度も書いて、先生からのGOサインが出れば良いなと思いました。

第7回の授業後に提出された活動ノートの一例

第8回 6月4日～第9回 6月11日 テーマ探し、計画立案継続 @3-8,9

この2週間は、各自の作業ということで、集中力や発想力の差が大きく出た時間であった。教員は生徒から質問されたら対応する、というスタンスであったが、まじめに考えてないのでは？という態度の生徒もあり、忍耐力のいる時間であった。この2週間で研究テーマを探し、計画を立て、担当教員のOKをもらったら次週の研究計画発表会で発表する、という手順を生徒に伝えてあったが、なかなか自分に合ったテーマを見つけることができず、前に進めない生徒が少し見られた。

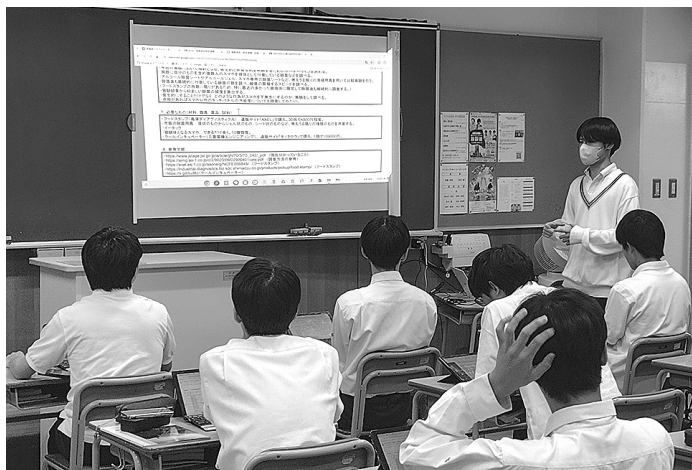
研究計画報告書はスプレッドシート形式で作成して提出させた（武田）。入力する項目は以下の通りである。

1. 研究課題
2. メンバー（共同研究の場合）
3. 現在わかっていること（簡単な先行研究）
4. 明らかにしたい課題
5. 仮説
6. 研究計画
7. 必要なもの（材料、器具、薬品、試料）
8. 参考文献

第10回 6月18日 研究計画発表

全員が名簿順の4グループに分かれ、自分の研究テーマと研究計画を発表した。スクリーンに各自が作成した研究計画書を映し、それについて4分以内で発表するという形式で行った。グループの発表場所と担当は以下の通りである。

- A班：8組前半 @3-8（影山）
B班：8組後半 @多目的教室3（武田）
C班：9組前半 @3-9（加藤）
D班：9組後半 @多目的教室1（梅田）



発表の様子

生徒達が漫然と聞くのではなく集中して聞くようにと、質問記録シートをclassroomで配信した。自分の発表のとき以外は、他の班員の発表を聞きながら抱いた感想や質問事項をシートに入力する形にした。自分の発表に対して示された質問や感想はすべて見る事ができるので、それらを研究計画の修正に反映できた生徒もいると感じた。よい試みだったと思う。

入力されたコメントの一例

- ・一年の時に習ったプログラミングの発展をテーマにしているので、ある程度進んだところからスタートできそう。
- ・自分のわかることわからないこと、が明確に分けられていて、それに伴い考察もできていると感じた。
- ・物理で習ったことを使い、机上ではなく現実で使える技術を求めようとしていて良いと思う。
- ・色をどのような指標で判断するのか気になった。
- ・条件の組み合わせ方によって結果は変わってくるのか？他に影響してきそうな条件は？

生徒達が研究テーマおよび研究計画を考え出してからは、我々教員側もかなり忙しくなった。生徒が提出してきた計画をどこまで可とするか、どれは不可とするか、機材の購入を希望している生徒への対応や、ほとんど進まない生徒にはどのように対処するか、など忙しい時期ではあったが、なるべく集まって打ち合わせを重ねた。また、このタイミングで、生徒を研究テーマ別の4グループに再編した。

物理班（梅田）、化学生物班（影山）、数学情報A班（武田）、
数学情報B班（加藤）

今後は最終発表まで、この4班に分かれて活動を行うことに決め、各担当者は原則として自分の班の指導に専念する態勢となった。

第11回 6月25日 研究開始、計画立案継続

この日はテーマ別の新しい班に分かれて、研究を進めるという時間であったが、期末試験も近づいており、時間の使い方にはかなり個人差が見られた。また、この時点でも現実的な研究テーマや計画が定まっていない生徒もある程度おり、各担当者が個別指導を行った。活動場所は以下の通り。

物理班（梅田） @物理実験室
化学生物班（影山） @化学実験室
数学情報A班（武田） @3-8
数学情報B班（加藤） @3-9

夏休み中の実験室開放

- ・ 7月22日(月)から31日(水)と8月26日(月)から30日(金)の平日13日間
- ・ 時間は10:00～16:00
- ・ 担当教員の4人のうち最低1人が監督します。(教員室)
- ・ 研究の相談に乗ってくれる大学生（卒業生）が来てくれる日もある予定です。

以上の計画で実験室を開放した。大学生とは、物理科・化学科の実験助手3名（59期）である。自宅でできる研究テーマの生徒も多かったのですが、この期間中に実験室に来て研究を行った生徒はそれほど多くはなかったが、物理・化学系のテーマの生徒は、大学生に実験を手伝ってもらったり、助言をもらったり、有意義な時間を過ごせていたと思う。



夏休み中の活動の様子

第12回 9月3日～第13回 9月10日 研究継続、中間発表準備

2学期に入り、研究を継続しながら2回の中間発表および最終発表に向けての準備を行う時間が続くことになった。

2学期の活動場所は、発表の時間も含めて以下の通り。

物理班（梅田）@物理実験室・探究ルーム 数学情報A班（武田）@3-8

化学生物班（影山）@化学実験室・生物実験室 数学情報B班（加藤）@3-9

旧PC教室が、大規模な改装を経て「探究ルーム」となった。可動式の長机と椅子の他に、スペースを生かした棚やキャビネットが完備され、非常に使い勝手の良い部屋となった。理数探究では3Dプリンタや高性能パソコンを設置し、必要な生徒が自由に使えるようにし、物理班の活動場所、発表会場としても使用することとした。

第14回 9月17日 第1回中間発表

これまでの研究への取り組み状況を4班に分かれて発表した。

生徒に指示した主な内容は以下の通り。

- ・発表は「物理」「化学生物」「数学情報A」「数学情報B」の各班毎に行います。
- ・時間は4分間を目安とします。
- ・今までの研究について、スライドにまとめて提出をしてください。（締切：9月14日）
- ・以下の内容について、スライド作成をしてください。
 - 1）テーマについての先行研究の内容
 - 2）夏休みまでに行った研究内容（うまくいかなかったことも含めて）
 - 3）発表できるような段階に至ってない場合は今後の具体的な計画を報告計画発表の時と同様、全員が、他の生徒の発表を聞きながら質問や感想を「コメントシート」に入力する形にした。

教員は、進行役を務めるとともに、全員分をスマートフォンで録画した。発表の様子を収めた動画は、担当教員が班員全員分をYouTube動画として残し、

教員が評価を決める際に使用したり、生徒に自分の発表を振り返らせるために使用したりした。スマートフォンは、DX予算によって購入したSIMフリーのandroid版高性能機で、大変重宝した。おかげで、班毎の発表をすぐに担当者全員で見始めることができた。

第15回 10月8日～第16回 10月15日 研究継続、第2回中間発表準備

第1回中間発表のあと、緑苑祭と保護者面談の期間により2週間連続で授業がなかったが、生徒には計画に沿って研究を進めるように指導した。そしてその後の2週間は引き続き研究継続と発表準備ということで、この期間を有効に活用できたかどうか研究の充実度に大きく影響したと思う。実験系の生徒のうち何人かは、頻繁に実験室の使用許可を求めてきた。3Dプリンタを使用する生徒のうち何人かは、放課後にセットして、翌朝完成品を取りに来る、ということを繰り返した。

この期間で、教員は全員分の第1回の発表動画やスライドを見て評価を行った。また、担当班に関しては、各生徒に第1回発表の評価を伝え、改善点のアドバイスを行った。週2時間の授業であるが、授業時間以外の業務がかなり多くなった。

第17回 10月22日～第18回 10月29日 第2回中間発表

第1回中間発表は全員が一日で発表できるように、発表時間を4分としたが、研究内容も充実してきて発表内容が増えている生徒が多くなり、第2回中間発表は発表時間を8分とし、2週に渡って行うことにした。

生徒に指示した主な内容は以下の通り。

- ・発表時間は8分以内を原則とし、ペアで研究を行っているところは2分程度の延長を可とします。
- ・発表順（どちらの日に発表するかを含めて）は、22日当日に伝えます。
- ・第2回中間発表のスライドは、全員10月19日までに提出とします。

コメントシートの配信、スマートフォンでの録画等、基本的に第1回と同様に行った。

第19回 11月5日～第20回 11月12日 研究継続、最終発表準備

第1回中間発表の後と同様に、生徒は研究継続、教員は個別指導を行いながら第2回中間発表の評価を行い、忙しい日々を過ごした。

第21回 11月19日～第22回 11月26日 最終発表

生徒に指示した主な内容は以下の通り。

- ・発表時間は、1人最大10分です。
- ・最終発表なので、第1回中間発表の内容も含めて発表(スライド作成)してください。

ただし、何にどのくらいの時間を使うのかという時間配分は各自で決めてください。

- ・発表スライドは11月18日(月)までに提出してください。
- ・最終発表ではコメントシートの入力ではなく、生徒のみなさんにも採点してもらいます。評価の観点は以下の通りです。それぞれの観点で採点を行ってもらいます。生徒からの評価は成績に算入しませんが、教員が評価する際の参考にします。

(1)研究内容について（テーマの設定と研究の進め方は適切と感じたか、実験データや結果に説得力があると感じたか、等）

(2)発表の仕方について（発語は明瞭だったか、聞き取りやすい声量だったか、発表態度が適切と感じたか、等）

(3)スライドについて（示してある内容やレイアウトが分かりやすいと感じたか、データ（グラフ、表）や画像（動画）の示し方に工夫を感じたか）

第23回 12月3日 最終発表予備日 @視聴覚室（2クラス合同）

2学期最後の授業となったこの日は、まず最終発表のやり残しがある班が各
部屋でその続きを行い、終了後、視聴覚室に合流した。

全体で行った主な内容は以下の通り。

1. 2学期および内申の成績評価についての説明（梅田）
2. 3学期の授業内容（探究ウイーク、研究報告書の作成）についての説明
（梅田）
3. 各班の代表による発表

各班の代表は担当教員が決め、該当生徒に打診した。代表の研究テーマは以
下の通り。

テンセグリティ構造の仕組みと強度（物理班）

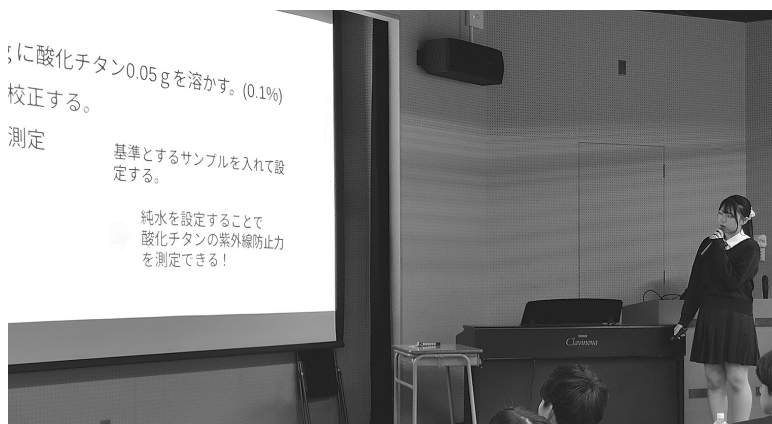
日焼け止めと紫外可視分光光度計（化学生物班）

Unityを用いた音楽ゲーム制作（数学情報A班）

Raspberry Piを利用して赤外線センサーを活用する（数学情報B班）



代表による発表の様子



代表による発表の様子

探究 action week（1月8日(水)～11日(土)）における活動

・1月8日

1～3時間目 グループ内発表用のスライド作成、研究報告書作成

・1月10日

1時間目 論文・理数探究グループ内発表会

文クラスも含め4人でグループを作り一人7分の発表を順番に行った。

2,3時間目 教科内交流発表会

理クラスだけで他の班の人達とグループを作り順番に発表を行った。

・1月11日 論文・理数探究発表会

文クラス、理クラスの代表が第1体育館で発表を行った。

理クラス代表2名の研究テーマは、

「化学・立体構造の教育方法」「スマートフォンの画面の衛生について」

第24回 1月14日～第25回 1月28日 研究報告書作成 @ 3-8, 3-9

2週の授業を使って研究報告書を作成し、完成した生徒から提出するように指示した。提出された原稿は各担当が確認し、必要に応じて返却、再提出を繰り返した。1月中に完成できた生徒はそれほど多くなく、最終的に全員の原稿が揃ったのは、2月中旬であった。

研究報告書の仕様等については後述する。

4. 研究テーマについて

研究テーマを見つけることから理数探究における各生徒のメインの探究活動（研究）が始まるが、多くの生徒にとって、研究テーマを見つけることはとても難しいことだったようだ。以下のような指導をしたが、何週間経っても自分の研究テーマが決まらない生徒も少なからずいて、担当全員が指導に苦慮したが、与えられたテーマではなく自分で研究してみたいと思うテーマを探すことが重要であると教員側も確認し、指導を続けた。

- ・研究テーマを選ぶときのポイント

「自分が興味をもっている」「身近なものに注目する」「テーマが大きすぎない」「内容が専門的すぎない」「問いの形になっている」

- ・分野別研究テーマの例（教科書も参考にしよう）

「生物分野」「化学分野」「物理分野」「地学分野」「数学・情報分野」「横断分野」「ものづくり分野＊」

＊教科書にも、「多くの『ものづくり』は探究的な活動として取り組むことができる。何かをつくろうと思ったとき、設計そのもの、すなわちどのようにすればそれができるかを考えることが、『仮説の設定』および『検証計画』の立案にあたる。」と示しており、物理や情報（プログラミング）関係での自作はイメージしやすいようで、それを目指す生徒は多かった。

- ・テーマが見つからない生徒へのアドバイス

①「paizaランクチャレンジ」を探究のはじまりにしては？

中央大学データセンターから案内が届いたもので、中央大学・附属4校限定企画のプログラミング学習「paizaランクチャレンジ」は、paiza株式会社が提供するpaizaラーニングの機能を利用した自学自修のイベントである。夏季休暇中を中心に自宅でプログラミングを学ぶ企画なので、理数探究で取り組むテーマが見つからない人で、プログラミングに興味がある人は、まずはこれに挑戦してみることを選択肢にしてはどうかと勧めた。

振り返ると、この企画は主に就職に向けてプログラミング技術を身に着けたい学生に向けてのもので、理数探究の研究につながった生徒はあまりいなかった。来年度の継続は慎重に検討した方がよいと思われる。



paizaラーニング 中央大学・附属4校 限定企画

プログラミング学習応援企画

挑戦期間：paizaランクチャレンジ用クーポンコード配布日～10月31日(木) 23:59

参加無料

**paizaランク
チャレンジ**

AI・データサイエンス時代に求められる
プログラミングのスキルを高めよう

中央大学 paiza

あなたのレベルにあったプログラミング学習に

paizaランクチャレンジの案内チラシ

②「Udemy business」への取り組みから研究テーマを探しては？

「Udemy business（ユーデミービジネス）」はオンライン学習プラットフォーム「Udemy」が提供する法人向けの学習サービスである。企業や組織が従業員のスキルアップや研修のために活用するeラーニングプログラムであり、AIやデータ分析、プログラミングなどの最先端スキルを学ぶことができる。法人契約のプランであるが、後述するDX予算を利用して20人程度が学べるように契約した。このプログラムの利用は、準備段階で中心となって検討を進めた新井原教諭の提案であったが、多くの生徒が「Udemy business」でプログラミングなどの基礎を学ぶことができ、次の段階に進むことができていた。この提案にはとても助けられた。

③「ラズパイ」や「3Dプリンタ」の利用を考えてみては？

ラズパイ（Raspberry Pi）は英国で教育目的に開発されたシングルボードコンピュータで、LEDやセンサー、モーターなどのさまざまな電子部品を接続して制御できる。前年度の理科の予算で10台程度を用意できていたので、ラズパイの使い方を学んで、電気工作＋プログラミングに挑戦してはどうかと勧めた。

また、3Dプリンタとそれを制御する高性能パソコンを、DX予算で購入した。生徒には、まずは使い方を学ぶことが探究の第1歩になると勧めた。

最終的に生徒が決めた研究テーマは以下の通りである。

担当教員が4人ということで、以下のように4つに分類した。

物理班

フリーズドライを作りたい （2名での共同研究）

紙飛行機を飛ばそう～飛行距離を伸ばす条件を探る～ （2名での共同研究）

ペガサス～風で物を運ぶ～ （2名での共同研究）

ダ・ヴィンチの橋の耐久性と実用化についての研究 （2名での共同研究）

Raspberry Pi を用いた自作ラジコンの作成 (2名での共同研究)

摩擦係数 μ の変化条件 (2名での共同研究)

ゴムの強度研究

磁力線の性質

ボールの回転と力学的エネルギーの減衰

安価なエフェクターでいい歪みを作る

雨の中を走るべきか

音の距離減衰

表面張力の限界～人間は水面に乗れるのか～

テンセグリティ構造の仕組みと強度

単振り子の周期実験～ペンデュラムウェーブ～

ルアーの重心移動システムが与える飛距離への影響

紙飛行機の飛距離向上

ミルククラウンの直径の変化

化学生物班

有機溶媒と中和反応～中和熱を利用して溶媒の比熱を求める～

消しカスを消しゴムに戻すことは可能なのか

石鹸の濃度と泡立ちの関係

砂浜温と構成鉱物の関係

ハーブティーを使った色が変わるお菓子の作成

アミノ酸の定量方法とコンブからの抽出

植物の成長と肥料の関係

香水作りを実験の授業に導入することは可能なのか

ゲルの離水を防ぐには

日焼け止めと紫外可視分光光度計

人工的に雨を降らせる条件

葉の形を決めるものは何か

スマートフォンの画面の衛生について
プロトプラスの生成
チョコレートの抗酸化作用について
より効果的な納豆肥料を作るにはどうすればよいか

数学情報A班

スポーツの優勝予想
Dialogflowを用いたこども食堂・予約システムの作成
野球の成績管理サイトの作成
Gpi case2を用いてゲーム機を作る
～「緊張しい」を脱却する～緊張と心拍の関係性
化学・立体構造の教育方法
人間の反射実験に使う機械の作成
スマートリモコンの作成
中杉学食アプリの作成
待ち時間の予測～プログラミングによる計算～
音声合成システムの作成
企業の売上成長率を予測する
立体のシルエット錯視～錯覚はなぜ起こるのか～
入浴における心拍数と水温の関係
Unityを用いた音楽ゲーム制作
天気情報取得アプリを作成する
アプリケーション開発～TODOアプリの作成～
ヒット曲の法則

数学情報B班

マリオの身体能力の凄さ～現実世界に置き換えて～
ハニカム構造の耐久性～3Dプリンタを用いた研究～
Raspberry Piを利用して赤外線センサーを活用する

IoTキットを用いた植物の栽培管理

原神育成素材計算機

Raspberry Piで目覚まし時計を作る

タイタニックにおける生存予測

ラズパイを用いた超音波距離センサーの作成

flutterで地図アプリと天気アプリをつくる

最速経路 荻窪駅改札～中央大学杉並高校

座り過ぎによる足の高血圧についての研究

リラックス効果の高い香水

Pythonを利用した株価のテクニカル分析

プログラミングを利用した勉強の効率化

音楽の気分誘導効果

中杉オンラインショップの完成までの道筋 （2名での共同研究）

3学期に、生徒達がなぜその研究テーマを選んだのかについて、アンケートを取った（加藤）が、研究が充実していた生徒は、より自分の興味のあるテーマを見つけていることが分かった。

研究テーマを選んだ理由の例

- ・味の素などのうま味調味料に興味を持ったから
- ・よく使う日焼け止めはほんとに紫外線から肌を守っているのか気になったから
- ・生物や植物に興味があり、市販の肥料について疑問をいだいたため
- ・ラズパイに興味があった、物体間の距離を非接触で測れる仕組みに興味があった
- ・プログラミングに興味があったから
- ・以前から衛生の分野に興味があったため

5. DXハイスクール予算、輝け中杉！スマイルアクション応援金について

今年度の理数探究は、2つの予算抜きでは語れない。これらのおかげで生徒の研究の幅が大きく広がった。

（1）DXハイスクール予算

文部科学省が2024年度から開始した「高等学校DX加速化推進事業（DXハイスクール）」は、情報や数学などの教育を強化し、ICTを活用した探究的な学びを支援するための補助金制度である。総額1,000万円の補助金を1,000校程度に支給という情報が2023年の年末に入り、新井原教諭が中心となって申請し、採択を受けることができた。これによって、理数探究に必要な機材等を大量に購入することができ、当初の予定を大幅に上回る機材を生徒に提供できることとなった。

主な購入機材

- ・ 3Dプリンタ（3台）、3Dスキャナー、高性能パソコン
- ・ カラーレーザープリンター、モノクロレーザープリンター（3台）
- ・ ポスタープリンター
- ・ 紫外可視分光光度計
- ・ デジタルワイヤレスセンサー一式
- ・ 高性能スマートフォンSIMフリーandroid版（4台）

何買った？

smile ワイヤレスセンサ導入セット (500名用) 
E31-6202-01 500名用 ¥1,000,000 (税別)
E31-6202-02 100名用 ¥1,000,000 (税別)

センサー式(370万)

プリンター(100万)

狭いスペースにも設置可能な
コンパクト設計!!



カラーレーザー×1台
モノカラーレーザー×3台



ポスタープリンター
×1台



紫外可視分光光度計
×1台(ASUV-SP3)
50万



ゲーミングパソコン(80万)
= グラボ積んだ高性能PC
デスクトップ×2台
ノートパソコン×1台



3Dプリンター×3台
(Creality K1)45万



3Dスキャナー×1台
(SOL 3D Scanner)30万

DX予算で購入した主な機材 (新井原教諭より)

(2) 輝け中杉！スマイルアクション応援金

第3学年の「理数探究」「論文」内での活動に対して、上限35万円の応援金がいただけることとなった。この応援金のおかげで、生徒が研究計画を考える際に、学校にある機材以外のものを購入することが許されることになった。上限もあり、すべてが許可されたわけではないが、多くの生徒が自分で考えた装置や材料を購入し、研究に使うことができた。これは、生徒たちのモチベーションの向上に大きく作用したと感じた。

主な購入品(金額)とそれを使用した

Smile Action プロジェクト委員会



輝け中杉！Smile Action プロジェクト募集

応援対象となる活動
第3学年の「理数探究」「論文」内での活動
第2学年の「アカデミックプロジェクト」「研修リーダープロジェクト」内での活動

応援金の使途
物品購入、活動に伴う謝礼金

応援金申請期限
第1次募集 6月末(交付 1学期末)
第2次募集 11月末(交付 2学期末)

応援金を希望する生徒は担当教員に期限までに申し出ること。
学年で調整の上、応援金が支給される。

研究テーマ

- ・インキュベーター＋フードスタンプ（約7万円）
「スマートフォンの画面の衛生について」
- ・脳活動計測デバイスMuse2+nose stick（約7万円）
「リラックス効果の高い香水」
- ・テクニカルピッチ（約3万円）
「ボールの回転と力学的エネルギーの減衰」
- ・Raspberry Pi4 ModelB 4GB 他（約2万円）
「人間の反射実験に使う機械の作成」
「Raspberry Pi を用いた自作ラジコンの作成」

6. 成績評価について

理数探究は試験のない科目なので、授業に対する日々の取り組みを評価して成績を算出することになる。最初の授業のガイダンスで生徒に示したことは以下の通り。

- ① 1学期評価は、「基礎講座の提出物」「毎週提出の活動ノート（スライド）」
「研究計画発表のスライドおよびプレゼンテーション全般」より算出
- ② 2学期評価は、「最終発表のプレゼンテーションおよびスライド」と
「毎週提出の活動ノート」より算出
- ③ 内申評価は、原則として「1学期評価：2学期評価＝1：2」で算出

①の「基礎講座の提出物」は、4人の教員が自分の講座の提出物のみ全生徒分を採点した。「毎週提出の活動ノート」は、4人の教員が全生徒分を毎週必ずチェックして採点した。「研究計画発表のスライドおよびプレゼンテーション全般」については、全教員が全生徒を採点したが、担当教員以外はスライドのみで採点した。活動ノートを分担して採点することも検討したが、4人

の採点基準を揃えることが不可能に近いという判断から、「全担当者が生徒全員を評価する」という形で基準の公平性を担保した。

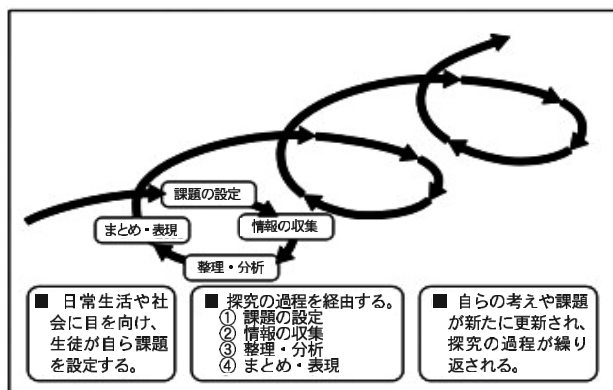
1学期の授業が終わったところで学期末評定の算出に取り掛かったが、もちろん4人とも専門科目を10時間以上持っているのも、そちらの学期末作業も大変な中、理数探究のための時間を捻出することは大変であった。

②については一部変更し、9月の最初の授業で生徒に伝えた。2学期は2回の中間発表と最終発表の計3回の発表を行うので、生徒がその準備に専念できるように、「活動ノート」の提出はなしとした。その代わりに、3回の発表（プレゼンテーションおよびスライド）をすべて評価した。発表は班毎に行われたので、各班の担当教員はまず自分の班の評価を行い、その後、他の班の評価を、YouTubeにアップされたプレゼン動画を見ながら行った。配点に差をつけたが、2学期も1学期と同様、全教員が全生徒を採点することにした。これも1学期末同様忙しい中で負担が大きい作業であった。

③については、その通りに行った。

7. 深い学びにするために

2018年に改訂された高等学校学習指導要領では、学ぶ上で「主体的な学び」「対話的な学び」と並んで「深い学び」という視点が鍵となることが唱えられている。また、学習指導要領【理数編】においては「深い学び」にするための授業改善を考える上で、新たに獲得した資質・能力に基づいた「数学的な見方・考え方」や「理科の見方・考え方」を次の学習や日常生活などにおける課題の発見や解決の場面で働かせているか、さらに、課題を設定し、課題解決の過程を通して物事の本質に近づいているかなどの視点が挙げられている。これまで本校で行ってきた探究学習（C.S. Journey）においても図の様なスパイラルを繰り返していくことによって生徒の学びが深まっていく様子が見て取れた。



探究における生徒の学習の姿(学習指導要領「総合的な探究の時間編」より)

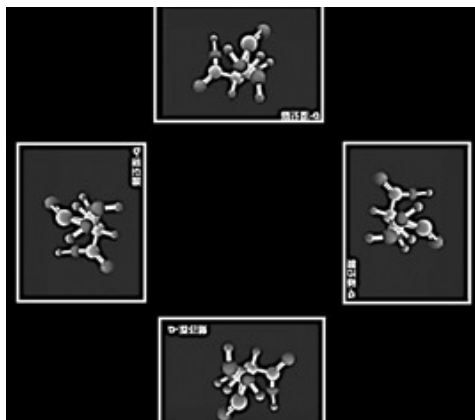
本章では、今年度行った理数探究において生徒の学びがどのように深くなり課題解決に向かっていったのかを記す。

先述したように、生徒たちは9月の中旬から下旬にかけて第1回中間発表、10月中旬から下旬にかけて第2回中間発表を行った。その際に、お互いの研究発表に対してのコメントを提出させている。第1回中間発表は主に夏休みまでで行った研究報告なのでその時点でまとめに到達している生徒はほぼいなかったが、第2回中間発表辺りになると結論やまとめのようなアウトラインが見られるようになってきた。以下では、2人の生徒がそれぞれの課題の解決に向けて、どのように思考が深まっていったのかを検証する。

生徒Aは初期に「3Dプリンターで結晶構造を作る」というテーマを設定した。この背景には、化学の授業で結晶構造が出てきた際に立体的(3D)に理解した方が理解度が上がるのではないかと感じた生徒自身の経験があった。このテーマに対して、夏休み中に3Dプリンターの印刷手法をマスターし、第1回中間発表では結晶の立体構造を印刷し再現したことを発表した。そして、改めて結晶構造を平面で見るよりも立体物として見た方が理解しやすいと結論付けた。しかしながら、3Dプリンターで印刷した物は白一色であり、原子毎に

異なる色で塗り分けることで立体構造に関する理解度が更に上がるのではないかと考えた。第2回中間発表では、平面図では見分けが難しい立体異性体（L-酒石酸、D-酒石酸）に着目して発表を行った。原子毎の色分けを行ったことで見分けが付きやすく、コメントシートを見ても、立体の方が見分けが付きやすいと感じた生徒は多かったようである。これらを踏まえ、最終発表では「化学・立体構造の教育方法」とテーマを発展させて研究を進めた。3Dプリンターで印刷した物は確かに分かりやすかったが、教育現場での実用性・汎用性を考えた際に十分ではないと感じたようである。そこで、この生徒は教科書などの教材への汎用性を考えてホログラム化を試みた。原理は以下ようになる。まず1つの動画を90°ずつ回転させて配置（反転）させた動画を下図のように4種類貼り付けた映像を作成する。次に、等脚台形に型どった4枚のプラスチック板を四角推台（ピラミッド状）に組み合わせたスクリーンを作成する。作成した映像をスマートフォン等に映し、このスクリーンを逆さま（上方が幅広になるよう）に設置する。投影された像を横から覗くと先程の結晶構造が浮き出て見えるという仕組みである。これは、必ずしも動画である必要はなく、立体構造を4方向から見た映像を貼り付けることさえ出来れば浮き出て見えるようになるので、汎用性がある。このように、スクリーンを作成するといった手間こそあるものの、4方向から見た映像に飛ぶことのできるQRコードを教科書に貼り付け、スクリーンに投影させるといった、立体的なものを立体的に理解することを可能とするシステムを考え出した。

生徒Bは6月時点で「人間の反応速度に関する研究」を考えていた。人間の反応速度に関する研究とそれに利用するアプリケーションやデバイスを作成し、それを使



い人間の反応速度に関して考察する研究を予定していた。しかしながら、「人間の反射」に関する先行研究を読み込んでいく過程でそれらの速度を測ることのできる安価な機器が少ないということを知り、第2回中間発表以降はraspberry piを用いた機器の作成に専念することにした。当初考えていたテーマと比較するとスケールが小さくなった様に感じるかもしれないが、このようなことは特に研究内容に関して理解度が深まった際に起こることの特徴であるようにも思える。この生徒の研究では、raspberry piの接続方法、プログラミング(python)の知識習得が行われているが、当初ここまで苦戦するとは想定していなかった。また、最終的に反応速度を測定する機器を作成することこそ出来たものの、その機器の精度の評価が十分に行われたとは言い難い。このような大変さは実際にやってみないと分からない部分もあり、その目安を立てることも容易ではなく、ある意味仕方ないことであると言える。

ここでは2人の例を挙げたが、それぞれの生徒が各々の形で理解を深めていく様子を記した。いずれの生徒においてもその都度ふりかえりをし、そこまでの評価と、場合によっては課題の見直しを行うことによって次のスパイラルに移行しているという特徴がある。ここまで学習指導要領でも使われている「スパイラルを繰り返す」という言い方をしてきたが実際にやっていることは日頃私たちが勉強やスポーツ、もしくは仕事などで目標を達成するために試みている事と大して変わらない。私たちはまず全体の目標（これを「大目標」と呼ぶこととする）を立てて、そこまでの過程をスモールステップに切り分けて、その都度その都度少し上の目標（これを「小目標」と呼ぶこととする）を設定し、その小目標の達成に向かっていく。この際に、どのようにすればより効率よく確実に達成に近づけるかを考え（これが「深い学び」に対応している）、その小目標が達成したら次の小目標を設定し、最終的に大目標達成を目指す。また、大目標の達成が難しい場合には、大目標自体の目標を修正する（生徒Bの事例がこれにあたる）。「スパイラルを繰り返す」ことは深い学びに繋がるのであるが、このように大きな目標（テーマ）達成に向けて、小さな目標達成を積み重

ねることが自然と深い学びに繋がっていると考えられる。

8. 研究報告書について

2学期末には推薦に関わる成績評価が決まっており、3学期の活動を充実させるにはどのようにしたらよいかと考え、文コースの「論文」で作成する「要旨集成」のような、全員分の研究内容が分かるダイジェスト版を作成することにした。生徒には、特に評価に関わるようなことを言わず、自分の努力の成果をまとめて記録に残そうと呼びかけた。

研究報告書について生徒に伝えた内容は以下の通り。

- ・A4版 2枚から3枚で作成する。
- ・2段組みでフォント、サイズを指定
- ・原則chromebookで作成 →雛形を作成して配布した（武田）。
- ・基本的な構成

研究テーマ、組・番・氏名（共同実験者）

概要：研究内容について、200字以内に要約して紹介する。

序論：研究テーマを選んだ動機、自分が考える研究の意義、仮説、研究のために行った先行研究、等

研究方法：具体的に行ったことを説明する。使用した装置、機材、試料などがある場合は、分かりやすく説明する。

結果：得られた結果を分かりやすく示す。数値データがある場合は、グラフ、表などを利用しても良い。作成したものや観察したものがある場合は、写真を入れても良い。

考察：結果から考えたこと、さらなる問いなどが見つければ示す。

結論・今後の展望：仮説の答えを結論として述べる。上手くいかなかった部分に関しては、反省点、改善案など。

参考文献等：参考にした文献名、URL、等

研究報告書印刷製本について（注文書仕様）

- ・予算 DX予算より
- ・ページ数 120ページ程度を想定
- ・サイズA4 左綴じ
- ・原稿形式 Googleドキュメント あるいは PDF
- ・カラー あり（写真等）
- ・表紙 厚紙（サンプル参照）
- ・部数 50冊×2種類（50冊ずつ2クラス分作成）
- ・原稿完成 1月末
- ・納期 2月末（卒業式で配布予定）

製本のための予算は、DX予算に含まれている。事務室を通して、泰成印刷株式会社に発注した（梅田）。研究報告書については、優秀作を巻末に資料として載せている。参考までにご覧いただきたい。

9. 生徒の感想

「理数探究」の授業を終えて、当の生徒達はどのような感想を抱いているのか、アンケートを取ってみた（加藤）。回答率があまりよくないが、肯定的なもの、否定的なもの、どちらも寄せられたので、いくつか紹介したい。

- ・大変だったけど自分の興味のあることをできるのは楽しかった。時間がなくて、もっと早く始めるべきだったと何度も思った。
- ・プレゼン力がついたと思う。
- ・自分の得意なことを一番活かした科目だったので楽しかったです。
- ・テーマが幅広く、自分の考えたことを自由に研究できるのでとても楽しかったです。「研究」というものが楽しいと感じました。今少しでも疑問に思っていることを確かめたらより知識が広がるのかなと感じました。

- ・摩擦の測定に関して、やる内容が多かったので苦労はしたが、その過程も楽しんで理数探究に臨めたのではないかと思う。実験計画を立ててから実際に実験に取り組んだ際の想定とのギャップも感じたうえで、どのように解決させたり進展させたりしていくかということを考えられた。自分たちで実験をしていくことで実験手法はもちろん自分の知りたいことを深掘りしていく方法も学べたと思う。
- ・何回も実験室に行って、先生のところに行って、失敗して、を繰り返して大変だったけど、少しでも成功に近づいたり、なんでダメだったのか考えたりするのが楽しかった。大学の実験はもっと過酷だろうから、練習ができて良かった。
- ・最初はそのままでプログラミングに興味があるわけでもなかったけど、エラーを試行錯誤しながら進めていくうちにどんどん理解が深まってプログラミングに対する意欲が湧いてきたように感じた。元々プログラミングを学んだことがある人以外にとっては少し大変な研究かもしれないけど、理クラスだからこそできる研究でもあるし、今やらなかったら将来的に取って自分からやろうと思えるものでもないかもしれないから、迷ったらプログラミングをやるのもいいと思う。プログラムが正しく実行されたときの感動がすごい。
- ・とにかく楽しかった。最初はうまくいかないことの連続だったが、試行錯誤していくうちにだんだん良い結果が出てくるようになった。最終的に自分の理想的な成果を得られたときの達成感は何にも変えられない喜びだった。実験方法と実験器具があらかじめ与えられた理科の授業の実験とは違い、理数探究は一から自分で取り組むものなので、達成したときの喜びは授業のときのそれとは全く違った。
- ・大変だった。一人で作成するということもあり、時間をかけないと成果が出ないので、なかなか研究が進まないときがありました。
- ・一番苦しかったのはテーマ決めて、理数探究を始める直前ではなく、平日頃から身近なことに目を向けて興味・関心を広げるべきだったなと反省した

- ・プログラミングだから楽だと正直思っていたが大変だった。最終発表の時などまとめるのに苦労した。
- ・地獄です。

10. 終わりに

私（梅田）は、40年前に卒業した大学（理学部物理学科）の4年間で、一番充実していて楽しかったのは、4年次に取り組んだ卒業研究であると思っている。大学を卒業してから20年後、当時の職場から国内留学という形で同じ大学の大学院（理数教育専攻）に通ったが、やはり2年次に取り組んだ修士論文のための研究が、苦しくもあったがとても充実して楽しいものだった。修士論文の内容の一部を物理教育学会で発表したり、学会誌に掲載していただいたりと、研究を通してインプット、アウトプットの鍛錬を積むことができ、その後の人生に少なからず役立っているとも感じている。そのようなことから、今回の「理数探究」には特別な思いを持って臨んだ。年度初めに学年主任から、「理数探究をお願いします」と科目担当の代表に指名していただき、不安も大きかったが、多くの生徒に「大変だったけど楽しかった」「充実していた」と思ってもらえるような科目にしたいという思いを抱いて臨むことができたと思う。

しかしながら、「理数探究」という新規の科目がそう簡単にはいかない障壁もあった。まずは、カリキュラム上の問題である。大学のカリキュラムでは、それほど怠けなければ3年次までに卒業単位の大部分を取得することができる。私も、4年次は卒業研究の他は教職科目くらいしかなく、ほぼ毎日研究室にこもって研究を続けることができた。一方、高校のカリキュラムでは、3年次にもびっしりと授業が詰まっている。3年理コースの生徒は普段から数学（5単位）、化学（4単位）、物理（5単位）に追われる。（もちろん英語などその他の勉強も！）多くの授業は、家庭での予習や復習に毎日ある程度の時間をかけることを前提として授業を進めている。その生徒達に、さらに大きな負担をか

けるのは難しい。これについては、次のような点を、早い段階で担当4人が確認した。

- ・あくまでも2単位の授業ということを忘れず、結果ありきの指導はなしにしよう。
- ・夏休みのほとんどを奪うようなスケジュール設定もしたくない。
- ・興味を持った生徒が自主的に研究に打ち込んでくれるのが理想である。

また、生徒達が研究テーマを探す際も、まだ3年生になったばかりで、理科と言えば「生物基礎」「化学基礎」「物理基礎」の基礎科目（すべて2単位）を学んだだけの経験値で考えなくてはならなかった、という点が挙げられる。理数探究と並行して「化学」「物理」の応用科目を学んだ生徒達が、「これを研究テーマにしたかった！」と思うこともあったと思う。現実的には難しいが、もう少し2年までに教わる内容が多ければ、研究テーマの選択肢が大きく広がるのではないかと思う。

最後に、4人の教員で担当したことについて感想を述べたい。成績の出ない総合探究などと違い、「成績を付ける科目」を、数学科と理科（の中でも物理科と化学科）という「違う教科の教員が合同で受け持つ」のは本校初のことであろう。どこの学校でもできることではなく、実現が難しい学校も多いのではないかと思う。このようなことが簡単に（？）実現できるところは本校の強みであると思われる。しかし教科が違えば、授業運営に関してほとんど意見を交わしたこともなく、成績評価の付け方もそれぞれ相違点があるはずで、やはり慎重な対応が必要だと感じた。これに関しては、いたずらに打ち合わせや会議が増えることがないように、可能な限り私の方から素案を示し、しかしながら担当教員のコミュニケーションを大切にして、誰もが自由に意見を出せるような雰囲気を大切にした。「何かをやってみたい教員の意向は最大限尊重し、ただし他の教員へ負担がかかるようなことはなるべく避けるように運営しよう。」4人の合言葉は、「持続可能な科目運営」であった。

一年の取り組みを終えての感想は、「期待以上の結果が出せたのでは？」であり、率直に言って皆満足している。振り返れば担当教員4人はそれぞれ忙しい毎日を過ごしてきた。その努力の賜物であると思う。また本校の1, 2年次における「総合探究」の取り組みの成果、そして本校生徒の資質の高さによるものも大きいと思う。今年度の成果を生かして、来年度以降さらに充実した「理数探究」が繰り広げられることを期待している。

【謝辞】

本校国語科の齋藤祐教諭から、中央大学附属高等学校で理系卒業研究をご担当の三輪貴信先生を紹介していただきました。理数探究を始める前年に、附属高校の理系卒業研究のポスター発表を見学させていただき、また三輪先生作成のガイダンス用パワーポイント資料をいただきとても参考になりました。改めて感謝申し上げます。

資料（次ページより） 研究報告書の例

摩擦係数 μ の変化条件

東京都中央大学杉並高等学校 3年

概要

物体が接触面から受ける力のうち、面に水平な分力である摩擦力は垂直荷重に比例しており、そのときの比例定数を摩擦係数という。本研究では、この摩擦係数が、摩擦力を受ける物体の素材や、気温・湿度といった周囲の環境などによってどのように変化するかを検証した。

結果としては、物質の組み合わせによって摩擦係数が大きくなる場合があること、空気中の水蒸気量の増加によって摩擦係数も増加する可能性があることがわかった。

I. 序論

摩擦力とは物体に力を加えたときに物体が接触面から受ける力のうち、接触面に水平な分力のことであり、物体が静止しているときは静止摩擦力、物体が運動しているときは動摩擦力となる。

摩擦力は人が歩いたり、鉛筆で文字を書いたりするという当たり前のことをするために必要なものであり、意識していなくても私たちの生活にはとても身近な力である。本研究では摩擦力が力を受ける物体や接触面の変化、温度、湿度といった外的要因によってどのように変化するかを検証する。カセンサを用いて最大静止摩擦力を複数回測定し、データ分析を行うことで関係を考察していく。

II. 研究方法

1. 研究の目的

本研究の目的は以下の5つを確認することである。

- ・最大摩擦力が垂直抗力に比例している。
- ・摩擦係数は接触面積と無関係である。
- ・摩擦係数は物体毎に異なる。
- ・物質の組み合わせで摩擦係数が変化する。
- ・気温や湿度によって摩擦係数が変化する。

2. 実験の概要

目的で挙げた5つを確認するために我々は4つの実験を行った。

- ・実験1：木片の摩擦係数の測定
 - ・実験2：4種類の金属の摩擦係数の測定
 - ・実験3：金属同士の摩擦係数の測定
 - ・実験4：気温・湿度ごとの摩擦係数の比較
- 実験では、はかりで物体の質量を、「scibox」の「ワイヤレス力/加速度センサ GDX-FOR (Go Direct)」で摩擦力を測定し、これから垂直抗力と摩擦係数を算出した。

すべての実験において、同じ手順で摩擦の測定を行った。まず、測定する物体とセンサを紐

で結び、平面に物体を置く。測定する物体の上におもりを置いて、全体の質量を変化させる。センサを手で引っ張り、カセンサによって最大摩擦力を測定する。おもりをえて垂直抗力を変化させる。各垂直抗力毎に8回ずつ測定し、その平均を取る。

3. 各実験の詳細

・実験1：木片の摩擦係数の測定

片側の一部をくり抜いた木片を用いて、くり抜いた面を下側にして平面に置いたときと、くり抜いていない面を下側にして平面に置いたときに分けて、摩擦係数を測定する。この実験によって、摩擦係数が垂直抗力に比例しているかを確認する。また、両面で測定することで、接触面積は異なるが、質量や材質は等しい状態を作り、その時の摩擦係数が一致するかを確認する。

・実験2：4種類の金属の摩擦係数の測定

銅、鉛、アルミ、ステンレスの4種類の金属の摩擦係数を測定する。この実験によって、摩擦係数が物体の種類によって異なることを確認する。

・実験3：金属同士の摩擦係数の測定

銅、アルミ、ステンレスの3種類の金属を平面に敷いた状態で同じ3種類の金属の摩擦係数を測定する。この実験によって、物質の組み合わせによって摩擦係数が変化することがあるかを確認する。

・実験4：気温・湿度ごとの摩擦係数の比較

気温や湿度が異なる日における摩擦係数を測定し、その摩擦係数を比較する。また、気温と湿度から、その時の空気中の水蒸気量を算出した。

測定日は以下の3日間である。

- ・10月2日
(気温:24.7~25.0℃、湿度:73~75%)
- ・10月15日
(気温:22.9~23.0℃、湿度:67~68%)

・11月5日

(気温:24.0～24.8℃、湿度:48～49%)

この実験によって、気温や湿度が摩擦係数を変化させることがあるかを確認する。

Ⅲ. 結果

1. 実験1：木片の摩擦係数の測定

実験の結果から、摩擦係数を縦軸に、垂直抗力を横軸にしてグラフを作成すると、図1が得られた。グラフ中の青色の線はくり抜いていない面(凹みなし)での結果、赤色の線はくり抜いた面(凹みあり)の結果を表している。摩擦係数はどちらも0.25になっている。

垂直抗力[N]と最大摩擦力[N](凹みありとなしを比較)

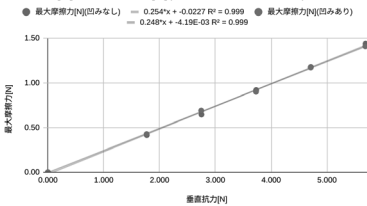


図1:垂直抗力[N]と最大摩擦力[N] (横軸：垂直抗力[N]、縦軸：最大摩擦力[N])

2. 実験2：4種類の金属の摩擦係数の測定

各金属の摩擦係数は以下ようになった。

- ・銅：0.22
- ・鉛：0.26
- ・アルミ：0.28
- ・ステンレス：0.25

3. 実験3：金属同士の摩擦係数の測定

3-1.銅と金属の摩擦係数

銅を敷いたときの各金属の摩擦係数は以下ようになった。

- ・銅：0.25
- ・アルミ：0.35
- ・ステンレス：0.34

3-2.アルミと金属の摩擦係数

アルミを敷いたときの各金属の摩擦係数は以下ようになった。

- ・銅：0.36
- ・アルミ：0.26
- ・ステンレス：0.26

3-3.ステンレスと金属の摩擦係数

ステンレスを敷いたときの各金属の摩擦係数は以下ようになった。

- ・銅：0.39
- ・アルミ：0.45
- ・ステンレス：0.50

4. 実験4：気温・湿度ごとの摩擦係数の比較

4-1.空気中の水蒸気量と摩擦係数

実験の結果から、摩擦係数を縦軸に、空気中の水蒸気量を横軸にしてグラフを作成すると、図2が得られた。グラフ中の黄色の線は10月2日に測定した結果、赤色の線は10月15日に測定した結果、青色の線は11月5日に測定した結果、緑色の線は3日間で測定した結果を示している。

空気中の水蒸気量[g/m³]と木片の摩擦係数

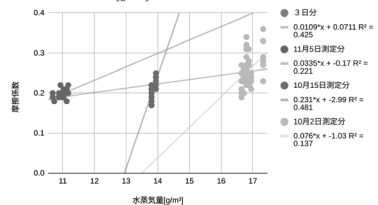


図2:空気中の水蒸気量[g/m³]と木片の摩擦係数 (横軸：空気中の水蒸気量[g/m³]、縦軸：木片の摩擦係数)

また、それぞれの日における相関係数を求めると次のようになった。

- ・10月2日：0.37
- ・10月15日：0.69
- ・11月5日：0.47
- ・3日間：0.65

4-2.気温と摩擦係数

実験の結果から、摩擦係数を縦軸に、気温を横軸にしてグラフを作成すると、図2が得られた。グラフ中の黄色の線は10月2日に測定した結果、赤色の線は10月15日に測定した結果、青色の線は11月5日に測定した結果、緑色の線は3日間で測定した結果を示している。

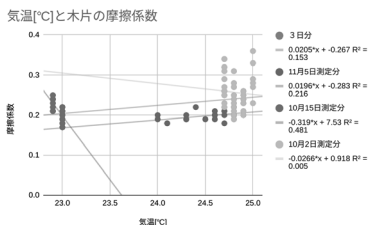


図3:気温[°C]と木片の摩擦係数 (横軸: 気温[°C]、縦軸: 木片の摩擦係数)

また、それぞれの日における相関係数を求めると次のようになった。

- ・10月2日: -0.07
- ・10月15日: -0.69
- ・11月5日: 0.46
- ・3日間: 0.39

IV. 考察

実験1からは、最大摩擦力が垂直抗力に比例しており、その時の比例定数が摩擦係数になっていること、摩擦係数は接触面積が変わっても値が変わらないことが確認できた。

実験2からは、摩擦係数は物体によって異なり、摩擦係数が低いものから順に、銅、ステンレス、鉛、アルミの順になることがわかった。

実験3からは、ステンレス同士や、銅とアルミなど特定の組み合わせの場合に、摩擦係数がより大きくなっていることを確認できた。

実験4からは、湿度を決めている、空気中の水蒸気量と摩擦係数の間には正の相関があり、水蒸気量が増えることによって、摩擦係数が大きくなる可能性があると考えられる。また、気温と摩擦係数の間には相関関係があまりなく、気温が変化しても摩擦係数は変化しないと考えられる。

V. 結論・今後の展望

この実験から結論として、以下のようなことがいえる。

- ・最大摩擦力が垂直抗力に比例している。
- ・摩擦係数の決定に接触面積は関係しない。
- ・摩擦係数は物体毎に異なる。
- ・物質の組み合わせによって摩擦係数が大きく異なる場合がある。
- ・空気中の水蒸気量は摩擦係数の決定に影響する可能性がある。

・気温は摩擦係数の決定に影響しない可能性が高い。

実験期間が短かったこともあり、実験4を中心に十分な量のデータを得られず、説得力があまりない箇所があるため、試行回数を増やす必要があると考えられる。

また、同じ実験方法でゴムの摩擦係数を測ったところ0.95という値が得られた。これと比較すると、金属の摩擦係数はほとんど同じであるように思えるため、摩擦係数の差が大きいもの同士の摩擦係数を調べてみてもいいかもしれない。また、気温や水蒸気量の実験についても、元から摩擦係数が大きいゴムのほうが顕著な結果を得られそうであり、試す価値がある。

VI. 参考文献等

1. 長谷亜蘭(2015)『トライボロジーの基礎』精密工学会誌Vol.81,No.7
2. 松川宏,大槻道夫,中野健(2015)『局所的前駆滑りによるアモントン則の破れと新しい摩擦法則』表面科学 Vol.36,No.5,pp.222-229
3. Makasaka's Home.高校ぶつり実験 摩擦力 <http://www.makasaka.net/physics/masatu2/masatu2.html>(参照2024-11-18)
4. ナツの研究室. 相関係数とは?】検定方法や目安、結果の解釈の注意点などまとめて分かりやすく解説します!! <https://natsu-laboratory.com/correlation-coefficient/>(参照2024-11-18)

Raspberry Piを利用して赤外線センサを活用する

東京都中央大学杉並高等学校 3年

概要

この研究では、はじめにpaizaラーニングでPythonを学び、その後Raspberry Piでプログラムを作成し、赤外線センサを利用してLEDを点灯させた。結果として、赤外線センサの調整が非常に難しく、緻密な調整が必要であるとわかった。

1. 序論

赤外線センサとは、名前の通り赤外線を感知して反応するセンサのことだ。身の回りのものでは、テレビのリモコンや自動ドア、IHクッキングヒーターなどに使われている。

本研究では、暗い場所で人が近づくとLEDが点灯するシステムを作成した。このシステムにおいては、Raspberry Piという最低限の機能を備えたシングルコンピュータを用いた。

Raspberry Piは、非常にシンプルな構造で電子工作に適しており、本研究で用いることにした。赤外線センサで感知を行い、LEDを点灯する。その間の入出力をRaspberry Piで行う。この研究では、Raspberry Piの入出力のプログラムを作成し、LEDを点灯させるために配線を行う。

2. 作成方法

この研究の目的は、Pythonを使用してRaspberry Piでプログラムを作成し、赤外線センサからLEDを点灯させることだ。はじめに、Pythonを理解するために、プログラミング学習サイトであるpaizaラーニングを利用した。今回使用したソフトウェアはThonnyで、Pythonの開発環境であり、Raspberry Piにデフォルトでインストールされていることから、最も研究に適していると考えた。使用した道具は以下の通りである。

- ・ Raspberry Pi400
- ・ モニター
- ・ マウス
- ・ ブレッドボード
- ・ T字型エクステンションボード
- ・ ジャンパーワイヤー
- ・ 抵抗器(1kΩ)
- ・ 赤外線センサ
- ・ 白色LED
- ・ GPIOケーブル

これらを図1のように配置した。

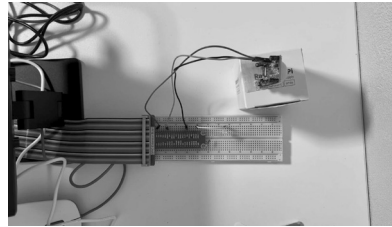


図1 LEDと赤外線センサの配線

赤外線センサは、GNDピン、GPIO18ピン、5Vピンと繋いでいる。GNDピンは電位の基準を決め、電気をスムーズに流す役割を持つ。GPIO18ピンは、Raspberry Piで赤外線センサを18番と表す役割を持つ。5Vピンは5Vの電気を流す電源の役割を持つ。LEDは、プラス側をGPIO21ピン、マイナス側を1kΩの抵抗器と繋げている。抵抗器はGNDピンと繋げている。

この配線に対応するよう、Thonnyでプログラムを作成した。以下がプログラムのコードである。

```
import RPi.GPIO as GPIO
import time

LED_PIN = 21
IR_PIN = 18

GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(LED_PIN,GPIO.OUT)
GPIO.setup(IR_PIN,GPIO.IN)

while True:
    if(GPIO.input(IR_PIN) == GPIO.HIGH):
        GPIO.output(LED_PIN,GPIO.HIGH)
        time.sleep(1)
        print("反応あり!")
        time.sleep(1)

    else:
        print("反応なし")
        time.sleep(1)
```

はじめにLEDと赤外線センサのピンの番号を、配線と一致するように設定する。その後、LEDと赤外線の入出力の役割を指定する。条件式に、赤外線が動作している場合とそうでない場合を作り、動作していた場合“反応あり！”と表示させ、LEDを点灯させる。動作のない場合は、“反応なし”と表示させる。while文とtime.sleepを利用することで、継続して赤外線センサの感知を可能にさせ、1秒毎に反応があるかないかを表示させる。簡潔かつ修正しやすいシンプルなプログラムを作成した。

3. 検証

プログラムを実行すると、図2のように反応の有無が標準出力の欄に表示された。また、図34で示されるように、手を近づけるとLEDが点灯し、手を離すとLEDが消灯することが確認できた。



図2 Thonnyのスクリーンショット



図3 消灯しているLED



図4 点灯しているLED

4. 考察

配線とプログラムは合致して、理想通りに動いたものの、手を近づけていないのにLEDが光り続ける、手を近づけているのにLEDが一切反応しないなど、赤外線センサの反応に問題が発生した。そのため、赤外線センサの感度の調整を行った。赤外線センサにはつまみが2つあり、使用していた赤外線センサの説明書には、遅延調整と距離調整とあった。そのため、図5のように、反時計回りに回転させて、どちらも最小に設定し、再びプログラムを実行した。

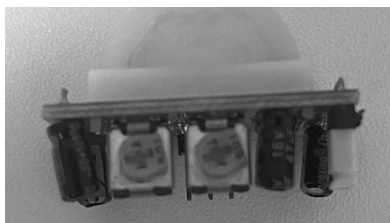


図5 赤外線センサのつまみの調整の様子

しかし、LEDはプログラムに反する不審な点灯や消灯を繰り返した。つまみの調整を様々なパターンで行っても、改善は見られなかった。熱源が近くにあった、調整が正しく行われなかった、などの理由が考えられるが、赤外線センサの感知が安定しない原因は不明である。

5. 結論・今後の展望

この研究では、赤外線センサの感度の調整は非常に難しく、赤外線センサを日常的に取り入れるには、緻密な調整が必要であるということがわかった。また、Raspberry PiとPythonはとても相性が良く、Pythonを利用すれば、簡単なコードでGPIOピンを制御できるということがわかった。

今後は、赤外線センサがうまく反応しない原因を特定し、日常的に使えるよう改良していきたいと思う。この研究で学んだRaspberry PiとPythonの技術を活用し、他の道具も駆使して様々な電子工作を行っていききたいと思う。

6. 参考文献等

・福田和宏,“ラズベリー・パイ 超入門”,改訂第7版 株式会社ソーテック社,2022

・そぞら”【レビュー】「Raspberry Pi 400 日本語版」を分解！キーボード一体型ラズパイででき

ること”

2023-10-02<https://sozorablog.com/raspberry-pi-400-explanation/#raspberry-pi-400%E3%81%A7%E9%9B%BB%E5%AD%90%E5%B7%A5%E4%BD%9C%E2%91%A0led%E3%83%81%E3%82%AB%E3%83%81%E3%82%AB>(参照2024-11-17)

・ © Copyright 2024, SunFounder. “PIR Motion Sensor Module”

2024-01-05https://docs.sunfounder.com/projects/raphael-kit/en/latest/component/component_pir.html(参照2024-11-17)

・ paizaラーニング<https://paiza.jp/works/mypage>
(参照2024-11-17)

・ Dospara “GPIOとは？機能や使用例は？組み込み式プログラムでも利用”

2017-10-04https://www.dospara.co.jp/5info/cts_st_r_pc_gpio.html(参照2024-11-17)

・ 株式会社ほいで”PIRセンサーとは？”

2017-09-27<https://hoide.jp/archives/ufaqs/how-to-pir-motion-sensor-works> (参照2024-11-17)

・ Raspberry Pi “For home”2022-08-04

<https://www.raspberrypi.com/> (参照2024-11-17)

・ Device Plus 編集部 ”ラズパイ（Raspberry Pi）のGPIOを再確認！”2020-11-08

<https://deviceplus.jp/raspberrypi/raspberrypi-gpio/>
(参照2024-11-17)

・ Softonic International SA

“Thonny”2024-09-01<https://thonny.softonic.jp/> (参照2024-11-17)