

## 第1章

## 生徒研究員制度

石川久美

## (1) 仮説

生徒研究員制度は、授業後や長期休暇中に生徒が主体的に課題に取り組む探究活動である。

本校では、授業時間内に多くの課題探究の時間が保障されている。中学2年生・3年生のSS課題研究Ⅰ、高校1年生・2年生のSS課題研究Ⅱ、スーパーグローバルハイスクールの特設科目である課題探究Ⅰ・Ⅱ（中学1年生～高校3年生）において課題探究に取り組む機会がある。しかし、授業内だけでは、実験・観察などは十分に行うことはできない。そこで、授業時間以外の時間を使って長時間かけて多様な探究活動ができる機会として、生徒研究員制度を設けた。この生徒研究員制度を設けることによって、生徒自身が設定した課題について、長く深く探究できると考えた。

## (2) 実践

高校生と中学生が一緒に活動しており、最大6年間自分の研究を継続することが可能である。現在は、チャンドラセカールプロジェクト、数学プロジェクト、色素プロジェクト、スライモールド（粘菌）プロジェクト、ヒドロプロジェクト、相対論・宇宙論プロジェクトの6つのプロジェクトが探究活動を行っている。各プロジェクト内でいくつかのグループに分けて探究活動を行っているため、常に20以上のテーマについて課題探究を行っていることになる。

各プロジェクトの研究成果は、全国や地域の成果発表会及び学会のJr部門で発表している。また、他のSSH校とも連携を取りながら活動しており、数学プロジェクトは奈良女子大学附属中等教育学校の数学クラブと、相対論・宇宙論プロジェクトは愛知県立明和高等学校のSSH部物理地学班とそれぞれ協同研究を行っている。名古屋大学、他のSSH校と連携した研究ネットワークができ、探究活動に役立っている。

6つのプロジェクトの代表生徒が12月10日から19日の日程で、ニューヨークのBard High School Early Collegeへ行き、英語による研究発表および研究交流を行った。

各プロジェクトの活動内容は3-5-2~7で紹介する。

## (3) 評価

共通した興味関心を持つ生徒が集まった活動であるため、名古屋大学大学院理学研究科の研究室を何度も訪問して「なんてん」のデータ解析を学ぶなど、研究を深めるための様々な活動を取り入れることができた。

また、高校生が中学生と一緒に活動しているため、中学生に研究方法を教えることが、自分たちの研究の向上にも役だっている。また、中学生にとっては、高校生がよい手本となるため、科学の甲子園ジュニアで続けて上位に残れるだけの力をつけることができた。

相対論・宇宙論プロジェクトは、「分子雲衝突による大質量星の誕生」というテーマの研究で千葉大学第10回高校生理学研究発表会にて「千葉大学長賞」（全体で第2位）を受賞し、以下のコメントをいただいた。

「研究内容は国際論文投稿レベルに達していると思われる。この研究テーマの今後の発展も含めて、発表者の研究者としての可能性を強く感じた。」

生徒が強い興味関心をもって課題探究にじっくり取り組むことによって深い研究ができるようになり、このように成果が出ている。 (文責 石川久美)

## 第2章

# 各プロジェクトにおける取り組み

石川 久美・西川 陽子・竹内 史央  
渡辺 武志・斉藤 瞳・大羽 徹

### 1. 色素プロジェクト

#### 1) 実践内容

色素プロジェクトが発足して今年で11年目となる。これまで、ムラサキキャベツなどの植物に含まれるアントシアニン色素や蛍光色素であるオルセインの合成などを研究してきたが、今年度は、藍銅鉱に含まれる銅の含量測定と植物に含まれるクロロフィルの同定に関する研究を中心に活動した。

#### 2) 成果と課題

SSH東海地区フェスタと文化祭の公開日にポスター発表を行うなど、校内外で発表を行った。12月にはニューヨーク Bard High School Early Collegeでの発表に3名の生徒が参加した。すべての発表資料を英語に変える作業と、英語でスピーチ原稿を書くことにかかなりの時間がかかったが、貴重な経験となった。

藍銅鉱のグループは、銅を濃硝酸で溶かし、抽出液の吸光度を測定することで、およその含量を算出する方法を考えた。しかし、鉱物は均一ではないため、正確なデータをとるには、まだ実験を繰り返す必要がある。今まで多くの他校の研究発表を見てきたが、その中にはないテーマであり、不正確ながら銅含量を自分たちなりの方法で定量できたことは成果である。

クロロフィルグループは、カラムクロマトグラフィーを用いて、クロロフィルa, b, cの分離とその吸光度を測定することができた。しかし、一部カロテンと一緒に流出するため、結果が曖昧になった。また、多くの植物のクロロフィルの同定によってクロロフィルの違いと進化の関係を考えるという目標を達成するには、継続的に実験する必要がある。(文責 石川久美)

### 2. Slime Mold Project

#### (1) 目標

真正粘菌であるモジホコリの行動及び生態を研究しており、粘菌の様々なパターンにおける行動からその規則性を調べることを目標としている。

#### (2) 学習方法

粘菌を用いて、自分たちで実験計画を立てて研究を行っている。

#### (3) 実践内容

##### 1) 研究内容

粘菌は餌に向かって広がり、管を伸ばすことから、粘菌と餌の距離によって変形体の広がりを操作できるのではないかという仮説から、餌と変形体の距離と変形体の広がりとの関係性についての実験を行った。

##### 2) 発表活動

- ①SSH東海地区フェスタ〈名城大学〉
- ②2016 Exchange Program With BHSEC〈ニューヨーク〉

#### (4) 成果と課題

十分な実験データの収集のため、引き続きデータの蓄積を行っていくとともに、近距離で行った実験よりもっと近くに餌を置いたり、餌を置く間隔をさらに細かくしたりする実験を行っていく必要がある。

また、来年度はニューヨークで発表を行った化学走性に関する実験を深めていきたいと思う。

(文責 西川陽子)

### 3. チャンドラセカールプロジェクト

#### (1) 目標

主に物理系のテーマについての探求活動を行う。特定のテーマに基づくプロジェクトではないため、テーマ選定能力を伸ばすことを重視している。

#### (2) 学習方法

興味のあるテーマを生徒自身が探すことからプロジェクトを始め、実験・考察・改良のサイクルを数回繰り返した後に結果をまとめ、年に数回校外発表を行う。発表は、プレゼンテーション能力を養うだけでなく、研究内容や方法の改善につながる重要な機会である。

### (3) 実践内容と課題

研究グループが増えたため、テーマのみを列挙する。

- ①エコカイロを長持ちさせる研究
- ②楕円内での光の反射について
- ③ディープラーニングのプロセスについて
- ④果物の皮の滑りやすさについて
- ⑤脳波の測定について
- ⑥ゼラチンの反発係数
- ⑦シャボン玉の寿命
- ⑧光の屈折による虹の見え方
- ⑨電池から取り出せるエネルギー(物理チャレンジ)

①は日本物理学会ジュニアセッションで発表した。①～⑥は科学三昧inあいち2016においてポスター発表を行った。テーマ選定の段階から、確実な計測を意識させることが次年度への課題と考えている。

(文責 竹内史央)

## 4. 数学プロジェクト

### 1) 活動内容

数学クラブは現在、SSHのプロジェクトの下、火曜日、木曜日、金曜日の朝8時から8時20分まで活動している。中高生30名ほど在籍している。そのうち常時10名ほどが活動している。

#### 今年度の取り組み

○連続自然数のグループ分け(生徒の研究紹介)

$n, n+1, n+2, \dots, n+k-1$ の $k$ 個の連続する自然数を2つのグループA,Bに分ける。A,Bそれぞれの要素の総積(PA), (PB)について、等しくならない条件について研究した。 $k$ が素数の時は $(PA) \neq (PB)$ となる。他のどの数とも互いに素な数が含まれることによる証明から、 $k < 18$ について示した。 $k$ が合成数のとき、うまく数学的帰納法を定義し、素数と素数の間において、真偽が一致することを証明した。計算機により $k \leq 26$ まで実証した。

### 2) 奈良女子大学附属中等教育学校数学研究班との交流

今年度も11月19日(土)と3月18日(土)に相互交流を実施している。

午前中はそれぞれのクラブ、研究会の紹介、研究内容の紹介、学校案内、午後はそれぞれの学校から問題を出題し、検討をする時間となった。

### 3) 最近の結果

SSH生徒研究発表会 連続自然数のグループ分けでは、第10回高校生理科研究発表会で優秀賞受賞し、日本

数学コンクールでは団体戦 優秀賞 受賞(高校1年生)、個人戦 奨励賞 受賞(中学1年生)となった。

(文責 渡辺武志)

## 5. ヒドラプロジェクト

### (1) 目標

授業でおこなう実験は、単元ごとに観察する目的である現象があり、生徒が自ら興味を持った現象を研究課題に設定し、自由に実験計画を設定するのが難しい。そのため、本プロジェクトでは自分たちでヒドラの生態や特徴を調べ、身の回りにあるものを使用して飼育方法や観察に工夫を凝らす事で、研究課題の設定と解決をおこなう力を育てることを目標とする。

### (2) 学習方法

希望した生徒を集めて、エサと出芽数の相関、再生能力、ヒドラの移動方法、その他の4種項目でグループ分けをし、それぞれのグループの生徒たち自身で研究課題と実験計画をたてた。

### (3) 実践内容

昨年度からの継続で、エサの量による出芽数の変化とエサとなるアルテミアの孵化率の検討を行っている。またヒドラの移動についてさらに検証を進めている。ヒドラは、環境の悪化から逃れるために水流に乗って移動することが分かっていた。しかし、シャーレ内でも移動をしている。移動の様子を観察する為、連続写真撮影機を用いて撮影し、ヒドラが移動の様子を撮影した。ここから、尺取り虫のような移動と幅跳びのようなジャンプ運動の2種類を行っていることが判明した。今後、ヒドラの移動をより細かく検証する方法の開発と各現象の定量的データの取得を目指す。また、SSH東海フェスタ2016に参加し、ポスター発表をおこなった。学校祭で一般の方へのポスター発表をおこなった。他には科学三昧in愛知の会場にてポスター発表を行った。

### (4) 成果と課題

本年度の成果は、生徒たちが自主的に新たな実験を試み、実行しようとしたことである。その一方で、今後の課題としては過去のデータと照らし合わせ、より考察を深めることである。また、今後の活動で自分たちの研究成果、考察を発表するスキルの習得を目指していきたい。

(文責 斉藤 瞳)

## 6. 相対論・宇宙論プロジェクト

### 1 実践内容

今年度、愛知県立明和高等学校と名古屋大学天体物理学研究室での生徒研究、インターネット望遠鏡を用いた月の観測・解析の研究、ガウス加速器による射出速度の研究、愛知県立明和高等学校との重力レンズの研究、特殊相対性理論を用いた研究を行った。

#### 1-1 名古屋大学大学院理学研究科天体物理学研究室での生徒研究 (明和高校との共同研究)

テーマ:「NANTEN 2」電波望遠鏡で観測したデータ解析

指導者: 名古屋大学大学院理学研究科天体物理学研究室  
 福井 康雄 教授  
 立原 研悟 准教授  
 佐野 栄俊 特任助教

太陽の20倍から150倍ほどの質量を持つ大質量星は、誕生の仕組みが20年以上に渡り研究されている。2009年以降、名古屋大学の研究グループが分子雲同士の超音速衝突によりO型星が誕生している例を10個以上発見した。この研究に興味を持った生徒が2015年度から愛知県立明和高等学校SSH部物理・地学班との共同で分子雲衝突による大質量星を含む星団の誕生の仕組みを研究している。昨年度、南天に位置する巨大星団Westerlund2の解析を行い、分子雲が恒星風のエネルギーの一部を受けて加速しているという結果を得た。今年度、銀河系の中でも特に若い星団であるRCW 36に着目した。画像解析から視線速度の違う2つの分子雲が衝突したことで星が誕生したという仮説を立てた。しかし、解析画像では分子雲が直線的な運動をしているのか円運動をしているのかが明確でない。分子雲と星団の空間的な位置関係、地球から分子雲までの距離、分子雲の質量を使って2つの分子雲が重力的束縛を受けて運動しているのかどうかを計算した。その結果、互いに独立して運動している分子雲は、約10万年前に衝突し、大質量星を二つ形成した。加えて空間分布の解析の結果から今は通り過ぎていることが分かった。

○平成28年3月14日 (月)

日本天文学会 第18回ジュニアセッション  
 会場: 首都大学東京南大沢キャンパス  
 ポスター発表 テーマ「分子雲の質量測定と星の誕生」  
 ポスター発表 テーマ「分子雲からのジェットについて」

○平成28年9月24日 (土)

第10回 高校生理科研究発表会  
 会場: 千葉大学西千葉キャンパス

ポスター発表 テーマ「RCW 36に付随する分子雲の研究」

○平成29年3月18日 (土)

第13回日本物理学会Jr.セッション (2017)  
 会場: 日本物理学会 第72回年次大会 大阪大学豊中キャンパス会場  
 ポスター発表 テーマ「帆座領域における分子雲衝突による大星団の誕生」

#### 1-2 インターネット望遠鏡を用いた月の観測・解析の研究

テーマ:「恒星月・朔望月を用いた地球の公転周期の測定」  
 指導者: 慶應義塾大学 表 實 名誉教授

慶應義塾大学が運営しているインターネット望遠鏡プロジェクトを使った月の観測・解析、さらに地球の公転周期の測定の方法について、昨年度から研究を行っている。昨年度、近点月と朔望月の解析方法を確立し、その2つの測定結果の差を使って地球の公転周期を測定した。しかし、地球の軌道を円軌道として考えたため、431.6日となり精度が悪かった。今年度、地球の軌道を楕円軌道として地球の公転周期を求める方法を考案した。また、近点月ではなく恒星月を用いることにより、昨年度よりかなり精度が向上した。

○平成28年3月21日 (月)

2016年度 日本物理学会 第12回Jr.セッション  
 会場: 日本物理学会 第71回年次大会 東北学院大学泉キャンパス会場  
 ポスター発表 テーマ「インターネット望遠鏡を利用した月までの距離・月の2周期の算出」

○平成28年9月24日 (土)

第10回 高校生理科研究発表会  
 会場: 千葉大学西千葉キャンパス  
 ポスター発表 テーマ「近点月・朔望月を用いた地球の公転周期の算出」

○平成29年3月18日 (土)

第13回日本物理学会Jr.セッション (2017)  
 会場: 日本物理学会 第72回年次大会 大阪大学豊中キャンパス会場  
 ポスター発表 テーマ「恒星月・朔望月を用いた地球の公転周期の測定」

#### 1-3 ガウス加速器による射出速度の研究 (日本科学協会のサイエンスメンター制度事業)

テーマ「120個-長大ガウス加速器の射出速度の減衰率測定」  
 指導者: 名古屋大学大学院理学研究科  
 三浦 裕一 准教授

ガウス加速器において、磁気的な位置エネルギーが運



動エネルギーに変換され、鉄球が射出される。ガウス加速器に関する過去の研究において、連結する鉄球の数が増えるにつれて非弾性衝突の影響が大きくなることが明らかにされている。そこで、射出速度は連結球の個数を用いた指数関数で記述できるという仮説を立て、連結球を従来のガウス加速器実験をはるかに上回る120個まで増やして実験した。射出速度を速度センサを用いずに測定する方法を新たに開発・採用した。従来の方法では2つのゲート式センサを用いて速度を測定していたが、ゲート間で減速した場合には誤差が大きくなってしまふ。そこで、射出球の運動を定規と共に240コマ毎秒で撮影してコマ送りする方法を考案した。この方法の正確さを検証するため、まず、鉄球の運動エネルギーを「振り子」を用いて位置エネルギーに変換して速度を求めた。次に、鉄球を机の端から自由落下させ、水平移動の距離から速度を求めた。その結果、画像解析から求めた射出速度は、後者の値と99.5%まで一致し、正確さが確認された。実験の結果、射出速度が連結球の個数に対する指数関数で記述されることがわかり、仮説が実証された。また、射出球の速度が鉄球1個あたり0.303%減衰することがわかった。

○平成28年9月24日（土）

第10回 高校生理科研究発表会

会場：千葉大学西千葉キャンパス

ポスター発表 テーマ「ガウス加速器による射出エネルギーの新しい測定方法の開発」

○平成29年3月18日（土）

第13回日本物理学会Jr.セッション（2017）

会場：日本物理学会 第72回年次大会 大阪大学豊中キャンパス会場

ポスター発表 テーマ「120個-長大ガウス加速器の射出速度の減衰率測定」

#### 1-4 重力レンズの研究（明和高校との共同研究）

テーマ「重力レンズと等価な光学レンズの作成」

指導者：名古屋大学大学院理学研究科

南部 保貞 准教授

天体の作る重力場によって光線が曲げられ、レンズのような働きをする重力レンズについて研究を行っている。重力レンズを視覚的に理解することができる、それと同じ曲がり方をする等価な光学レンズを作成、その精度、性能を検証するための特別な機器を使わない方法を考案し実験を行った。光学レンズは、星による重力レンズと等価なものと同様に銀河による重力レンズと等価なものを2種類考えた。一般相対性理論により導かれた光学レンズの形を、塩ビ板で型を作り、そこに樹脂を流し込み作成した。

○平成29年3月18日（土）

第13回日本物理学会Jr.セッション（2017）

会場：日本物理学会 第72回年次大会 大阪大学豊中キャンパス会場

ポスター発表 テーマ「重力レンズと等価な光学レンズの作成」

#### 1-5 特殊相対性理論を用いた研究

テーマ「大気圏上空におけるミュー粒子の速度分布」

指導者：大同大学 齊田 浩見 准教授

大気圏上空におけるミュー粒子の速度分布を地上におけるミュー粒子の速度実験データから求めた。2本のシンチレータを地面と平行に置き、ミュー粒子が上のシンチレータを通過してから下のシンチレータを通過するまでの時間から、地上におけるミュー粒子の速度を測定した。ミュー粒子は地上からの大気の厚さに依存するエネルギーロス、飛行距離に依存する自然崩壊を経て地上に到達する。このことを考慮して、大気圏上空におけるミュー粒子の速度、個数を測定した。そして、ミュー粒子の速度分布が正規分布であると仮定して、大気圏上空におけるミュー粒子の速度分布を求めた。

○平成28年3月21日（月）

2016年度 日本物理学会 第12回Jr.セッション

会場：日本物理学会 第71回年次大会 東北学院大学泉キャンパス会場

ポスター発表 テーマ「宇宙線が地表に届く確率」

○平成28年9月24日（土）

第10回 高校生理科研究発表会

会場：千葉大学西千葉キャンパス

ポスター発表 テーマ「大気圏上空におけるミュー粒子の速度分布」

## 2 成果と課題

「2016年度 日本物理学会 第12回Jr.セッション」では、テーマ「インターネット望遠鏡を利用した月までの距離・月の2周期の算出」が奨励賞を受賞した。また、「第10回 高校生理科研究発表会」では、テーマ「RCW 36に付随する分子雲の研究」が千葉大学長賞、優秀賞、テーマ「近点月・朔望月を用いた地球の公転周期の算出」が優秀賞を受賞した。2015年度から愛知県立明和高等学校との共同研究を行っている。本校生徒が他校生徒と研究することにより、議論が非常に活発になった。

今後、長期的に研究が行われるテーマがあり、次の世代に引き継ぎを行うことが課題である。

（文責 大羽 徹）