

第1章

サイエンスグループ

大羽 徹・若山 晃治・石川 久美
西川 陽子・斉藤 瞳

1 概要

(1) 目的

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課題探究である。本校では、授業時間内に多くの課題探究の時間がある。中学2年生・3年生の課題研究I、高校2年生・3年生のPBL課題研究II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・解析などを十分に行うことはできない。そこで、授業時間外で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。

(2) 実践内容

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、数学プロジェクト、相対論・宇宙論プロジェクト、色素プロジェクト、粘菌プロジェクト、ヒドラプロジェクトの5つのプロジェクトが探究活動を行っている。

(3) 評価

「JSEC2021（第19回高校生・高専生科学技術チャレンジ）」では、相対論・宇宙論プロジェクトに所属する生徒の研究テーマ「地球と月の二体からの太陽の摂動による月の軌道への影響」が最終審査会に採択され、「審査委員奨励賞」を受賞した。また、数学プロジェクトに所属する生徒の研究テーマ「回転敷き詰め」とそれによって得られる数列に関する研究」が最終審査会に採択され、「優秀賞」を受賞した。さらに、相対論・宇宙論プロジェクトが所属する生徒の研究テーマ「月を24時間追跡する－振り子を用いた装置の作成、月の引力の測定－」は、最終審査に選ばれなかったが、一次審査で高い評価をいただき、「敢闘賞」を受賞した。

(文責 大羽 徹)

2 数学プロジェクト

(1) 目的

本年度、数学プロジェクトには数学に興味をもつ約20名の生徒が所属した。昨年度に引き続きコロナ禍での活

動ということで、研究成果の発表会や他校との交流の機会が乏しい中、生徒の数学への興味を大切に、個々のペースで活動を行った。活動の内容は様々で、個人でテーマを決めて研究を進める生徒もいれば、部活動や他のWWLの活動にも参加しており、限られた時間の中、工夫して活動する生徒も見られた。

(2) 実践内容

高校2年生を中心に、個人でテーマを設定して数学の研究を行い、その成果を各種コンテストに応募した。特に、課題研究の授業と連動して進めたことで、継続的に研究を行うことができた。その結果、1名の生徒が坊ちゃん科学賞では入賞、JSEC科学技術チャレンジでは優秀賞を受賞することができた。賞に選ばれなかった生徒も、自身の研究を深め、まとめるよい機会となった。

研究以外にも多くの生徒が参加できる取り組みとして、校内で問題作成大会を行った。この取り組みでは生徒一人一人が数学の問題を作り、それらを集め、冊子にして配付している。今年度は2回冊子を作成したが、1回目は上記のコンテストに応募した生徒が中心だったのに対し、2回目はそれ以外の生徒も多く参加しており、そのような生徒にとってプロジェクトの活動に主体的に関わる機会となった。オリジナルの問題作成に加え、解説も作成することで、理解の深化を図った。また、面白いと思った問題を紹介するという形でも参加でき、独自の問題を作るのが難しい生徒でも、自分で問題を探すなどし、数学への興味を深めた。

また、昨年度に引き続き、中部大学創発学術院主催によるオンラインの数学ワークショップへ参加した。ワークショップでは最新の研究内容や、高校生でも理解できる数学の未解決問題について講演を聞き、数学がどのように社会と繋がっているのかや、数学の研究とはどのようなものかを知る機会となった。普段数学の研究を行っていない生徒からも「私が出した質問を拾ってもらえて嬉しかった」、「数学者がどのようなものか具体的にイメージできて良かった」という感想があり、今後のプロジェクトの活動や数学・課題探究の授業につながっていくことを期待している。

その他、中学生で2名、高校生で5名の生徒が数学オ

リンピックへ参加した。コロナ禍に負けず、自主的に声を掛け合って難問に挑戦するなど、前向きに個々の力を高め合う姿が見られた。

(3) 成果と課題

全体としては多岐に渡る活動があり、また、他の活動との兼ね合いで恒常的に研究を行うことが難しい生徒でも、数学に触れられる機会を作ることができた。一方で、コロナ禍の影響もあり、プロジェクト全体で集まって発表を行ったり、他校と交流を行ったりするといった活動がほとんどなくなってしまった。数学は個人で理解を深め、研究を進めることができるという側面もあるが、他の生徒の研究に触れ、交流をする中で刺激を得たり、新たな数学の面白さを発見したりすることが、興味関心を深め、また今後の学習を充実させると考える。来年度は、生徒同士の関わりがより活発となるよう、試行錯誤をして活動の幅を広げていきたい。

(文責 若山晃治)

3 相対論・宇宙論プロジェクト

2014年度に創設した相対論・宇宙論プロジェクトは、今年度で8年目である。2021年度は、研究グループ毎に大学の先生のご指導をいただき、研究を進めた。また、愛知県立明和高等学校SSH部物理・地学班に所属する生徒との共同研究を行い、Zoomを用いて議論を行なった。

(1) 実践内容

1) 名古屋大学大学院理学研究科天体物理学研究室での研究

(愛知県立明和高等学校SSH部物理・地学班に所属する生徒との共同研究)

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 名誉教授
 立原 研悟 准教授

星と星の間に存在する、星間ガスの密度が高い領域を分子雲と呼ぶ。この分子雲が自己重力により収縮することで星が形成されるが、遠心力により星の周囲の全ての分子のガスが中心に到達できないため、中心星の周囲に円盤が形成される。これを原始惑星系円盤と呼び、この中で惑星が形成されると考えられている。11個の原始惑星系円盤の大きさと、中心星の質量を求め、それらの相関図を作成した。

解析した原始星惑星系円盤の中心星の質量は、太陽と同程度であった。原始星惑星系円盤の直径とその中心星の質量の相関係数は0.04であった。中心星の質量は、付随する分子ガスの角運動量に依存すると思われる。

一方、原始星惑星系円盤の中心星の質量と、原始星惑星系円盤の電波強度（地球から11個の原始惑星系円盤の距

離は一定とした）の間には、相関係数が0.50と、正の相関がみられた。電波強度は、原始惑星系円盤の質量にほぼ比例するため、質量の大きい星の周囲には、質量の大きな円盤が存在し、形成される惑星系の質量も大きい可能性が考えられる。

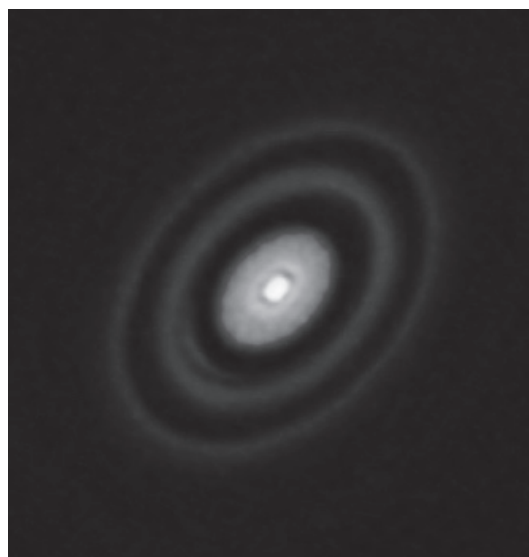


図1 原始惑星系円盤HD163296

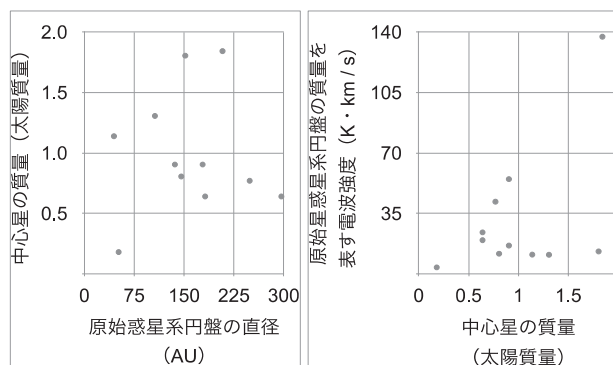


図2 原始惑星系円盤の直径と中心星の質量、中心星の質量と電波強度の関係

2) 地球と月の二体からの太陽の摂動による月の軌道への影響

指導者：慶應義塾大学 表 實 名誉教授
 名古屋大学大学院理学研究科博士前期課程2年
 神田 行宏

朔望月の時間変化を用いて地球の公転周期を求めた先行研究では、地球と月の位置関係を知るために地球-月間距離の時間変化を求めていた。他の天体からの重力の影響を考慮せず地球・月の二体のみで考えた場合、月の公転軌道は地球を焦点とする楕円になり、地球-月間距離は、月の視直径に反比例する。

しかし、観測データをモデルにフィッティングすると、月が近地点にあるとき、観測データが最適曲線の値に比べてかなり下側にずれたものがあることが分かった(図3)。先行研究では、月が近地点かつ満月のとき、満月

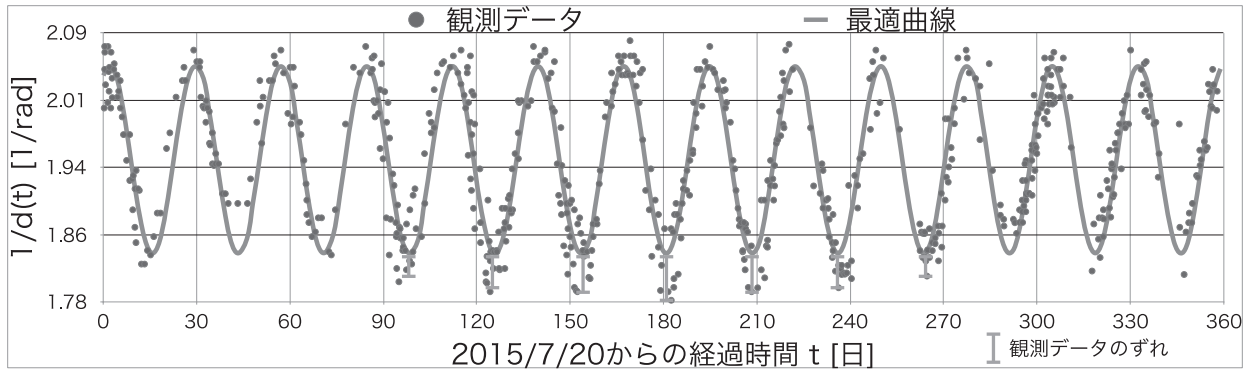


図3 先行研究での月の視直径 $d(t)$ の逆数の最適曲線と観測データとのずれ

が明るすぎて月の視直径を誤って大きく測定してしまったため、このずれが生じたと考えていた。

しかし本研究では、ずれの原因が太陽の重力である可能性に着目し、月の運動を地球の他に太陽を含めた三体系で考察することにした。三体の質点系の運動は、運動方程式を積分して簡単な形に変形させることができないため、一般に解析的に解くことは不可能とされている。しかし我々は、この系を地球と月の二体系に太陽の重力が摂動として加わっていると考え、月の運動について近似を用いて解析的に解くことを試みた。

解析の結果、月の軌道長半径と軌道離心率が時間の関数として得られた。そして、月の楕円軌道が近点月の周期で変化することが分かり、これによってずれが説明できることが示唆された。

3) 月の引力測定

指導者：名古屋大学大学院理学研究科

三浦 裕一 元准教授

主に月の引力による「潮汐力」によって1日に2回、海で干満が起きている。例えばカナダのファンディ湾では、満潮と干潮の高さの差は15mにも及ぶ。海面の高さをこれほど変えるほどの力であるにも関わらず、月の引力を日常生活の中で感じることはない。

そこで、我々は月の引力を直接測定することに挑戦した。専門の研究者でも、月の引力の測定には輸入した専門メーカーの測定器を使用することが多く、測定器の自主開発には大きな困難が予想された。月の引力の絶対値から月の質量を決定することが目標である。

これまで電子天秤 (METTLER-AG285) を用いて、地球重力の高さ依存性を精密測定し、その測定値から地球の半径を決定してきた。同じ方法で月の引力を測定しようとしたが、地球の引力 (重力) の1千万の1に過ぎず、測れる錘の重さにも制限があるため、精度が不足することが分かった。

そこで、錘の重さに制約を受けない「振り子」を製作し、月の引力による東西方向の「振れ角」を長時間にわたり連続測定することを考えた。しかし、月の引力は非

常に小さいため、装置の製作には苦労した。

安定性やノイズ対策など、装置の改良を続け、月の引力による約24時間周期の振り子の振れを検出した。

測定結果から月の質量を求めた結果、文献値とオーダーが一致した。



図4 実験装置の全体写真

(2) 成果と課題

「JSEC2021 (第19回高校生・高専生科学技術チャレンジ)」では、研究テーマ「地球と月の二体からの太陽の摂動による月の軌道への影響」が最終審査会に採択され、「審査委員奨励賞」を受賞した。また、研究テーマ「月を24時間追跡する - 振り子を用いた装置の作成、月の引力の測定 -」は、最終審査に選ばれなかったが、一次審査で高い評価をいただき、「敢闘賞」を受賞した。

名古屋大学大学院理学研究科天体物理学研究室での研究は、Zoomで立原研悟准教授からご指導をいただいた。また、愛知県立明和高等学校SSH部物理・地学班に所属する生徒と共同で研究を行なった。週に1回、明和高校の生徒とZoomを用いて議論を行なった。研究成果を「第24回ジュニアセッション (主催：日本天文学会)」にて、研究テーマ「アルマ望遠鏡の電波観測による原始星系円盤の解析」を発表した。 (文責 大羽 徹)

4 色素プロジェクト

(1) 目的

色に興味を持つ生徒が属する色素プロジェクトには今年度約30名の生徒が登録している。生徒たちは、各自が興味をもっている内容に関する研究テーマを設定することから始める。自分たちでテーマを決めて探究活動を行う中で、仮説の設定、実験、データの分析、考察などの探究のプロセスを身につけることを目標としている。また、不思議に思った現象に対してどのようにその本質に迫るかを試行錯誤の中で学んでいく。

人数が多いため実験テーマは多様であり、小グループに分かれて活動している。グループに分けることで、各自が興味を持つテーマについて研究することができる。特に中学生では、日常生活の中で見つけるような身近な題材を選んで基本的な探究方法を学ぶことを目標としている。

(2) 実践内容

今年度は、高校2年生はメラニンについての研究に取り組んでおり、吸光度計を用いて毛髪やイカ墨から抽出したメラニン含量を測定している。これは、昨年度までの研究の継続である。毛髪から塩基性条件で抽出したメラニンは中性や酸性では不安定であるという実験結果を得たが、イカ墨においては、中性でも安定していることがわかった。毛髪からメラニンを抽出するには、強塩基性溶液でタンパク質を溶解する必要があるが、イカ墨では中性条件のまま扱うことができる。この特性を生かしながらメラニンの性質について研究を進めている。

高校2年生の別のグループは、色素増感型電池を作成しているが、加熱の温度、色素の染み込ませ方など多くの工程の中のどの部分が電池の出力に影響してくるのを探っているところである。

中学3年生のグループは、こすると摩擦熱で色が消えるインクに興味を持ち、何℃で色が変化し、酸性や塩基性条件ではその変化が異なるのかを検証している。塩基性条件では、黒色が残り、酸性条件では白色になることがわかった。今後は、同様の性質をもつインクの試作を通して、温度による色の変化のしくみについて研究していく予定である。

中学1・2年生は、校庭の植物の液性、炎色反応など基本的な実験に取り組む中で実験技術を身につけている。

(3) 成果と課題

これまで、鉱物中の銅の含量測定、蛍光塗料の合成、植物の種類と含まれるクロロフィルの種類の関係、クロマメに含まれるアントシアニンの塩による発色の変化、コムギ糠の発酵によるアントシアニンの合成、キノコに

含まれる色素など多様なテーマを研究してきた。

このように生徒たちが自分でテーマを設定して研究を行うことによって、生徒の興味・関心を深めることができる。しかし、研究テーマが異なると、下級生へのアドバイスの難しい部分もあり、各グループがそれぞれに研究する状態になる。このため、プロジェクト内で発表会を行って、それぞれのグループの進み具合を共有する機会を設けている。どのグループも試行錯誤を重ねているところであるが、自分たちが考えたテーマであるため粘り強く取り組んでいる。(文責 石川久美)

5 Slime Mold Project

(1) 仮説と実践

スライムモールドプロジェクトでは、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。今年度は、新型コロナウイルス感染症の影響もあり、十分な活動には至らなかったが、次年度につなげるため、初年度から前年度までに行った実験の確認をし、愛知県を5つの地域に分け、迷路実験を行うための事前実験を行った。

(2) 評価

プロジェクトの生徒たちは、「モジホコリの変形体の活動規則に基づくシミュレーション作り」を目標にしている。

今後については、自分たちで実験計画をたて、試行錯誤しながら、研究を進めていき、プロジェクト立ち上げ当初に行っていた粘菌の交通網の実験やクエン酸のストレス耐性の実験を組み合わせ、どのように行っていくとよいかを考えているので、実験計画とともに、実験の確証を高めていきたい。特に、愛知県を5つの地域(北西部、中部、東部、知多、渥美)に分ける実験では、粘菌が作り出した経路が実用的であるかも検証していく予定である。(文責 西川陽子)

6 ヒドラプロジェクト

(1) 目的

授業で取り組む実験は、單元ごとに定まった観察・実験対象がある。そのため、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ことが難しい。本プロジェクトでは主に生物を実験の題材とする。自身で見つけた題材について生態や特徴を調べ、仮説の設定と、仮説に基づいた課題を解決する力を育てることを目的とする。さらに、実験の題材とする生物を通して生命の大切さを意識させる。

(2) 実践内容

各自題材とする生物に基づいて事前調査をおこなう。書籍やインターネットなどを活用し、何が知られているのか、何が解明されていないのかを検証する。事前調査後に仮説を立て、自身ができる解決方法について熟考させる。この時、無闇に実験生物を酷使する内容や実現不可能な実験であれば教員から再考すべき点を指摘し、実験手法の再考を促す。また、失敗することが予測される実験であっても、危険性が伴うことや備品の大きな損失がないようならば、難しいことを伝えつつも実施することは止めない。このことで、事前の実験計画の大切さを学習させる。

実験中は実験ノートにまとめることで、正確に記録を残す指導をする。ごく当たり前のことであるが、授業でしか実験を実施したことがない場合、実験ノートを作成できない。実験ノートの作成指導を通して、記録の大切さを意識させる。

プロジェクトの発足時にはヒドラを用いて実験をおこなっていた。しかし、プロジェクトの発足から今年度までの間に、生徒達の興味関心の幅が広がったことで、研究対象を多くの生物に変更している。現在は、アルテミア、メダカ、カイミジンコ、オオカナダモ、ケイ藻など、大小様々な分類の生物にそれぞれ興味を持って取り組んでいる。

高校生の考える生物の研究は、定性的なものが非常に多く、定量的な実験を組むことを重点的に指導した。生徒自身もその必要性を理解することで、同じ実験を繰り返して行うことや条件をそろえて一回の試行数を増やすなど試行錯誤している。

(3) 成果と課題

計画性無く、むやみに実験をおこなうことが大いに減少した。大規模な検証をおこなう前に、関係する場所の管理者や物品の確認をおこなうようになった。研究とは異なるが、生徒自身の視野が広がったと考えられる。

また、不十分ではあるものの、生徒自身が仮説を意識的に設定するように成長した。このことにより、実験で何を優先的に解析すべきかが明確になり、「なんとなく」実施していた実験に正確性が見られるようになった。

今後の課題は、大規模に実験をおこなう前に予備実験をおこなうように意識づけることである。予備実験を通して、改めて仮説や実験の手順に不備がないかを確認することで、より精度の高い実験結果を得られると考えられる。また、自然科学の研究ではないが実験をおこなう際の心構え、モラル・マナーについて引き続き根気良く指導していきたい。(文責 齊藤 瞳)