



高等学校「課題探究型授業」における 天文分野の調査結果

石田光宏（横浜市立戸塚高等学校）

Survey Results of “Inquiry-Based Classes” in the Field of Astronomy for High School

Mitsuhiro Ishida (Totsuka High School)

概要

課題探究型授業とは、生徒が課題を設定し、その解決のために主体的・協働的に学ぶ学習のことである。高等学校では2022年度より新学習指導要領となり、「探究」が中心的なキーワードとなるため、今後このような授業の果たす役割は大きくなると予想される。天文分野でも、探究活動の実施報告はあるが、長期的なデータに基づいた効果の検証例は少ない。天文分野で探究活動を実施している公立高校で、数年間のデータに基づく効果の検証を行ったところ、以下のことが分かった。①ほとんどの生徒が楽しく、研究内容を理解しながら行っており、有意義な活動であったというコメントも多い。これより、課題探究型授業を天文分野で行う意義は大きいと言える。しかし②このような授業は、希望進路へのきっかけにはなっていない。なお③実際に天体を観測した生徒ほど、天文学や天体物理学が学べる大学へ進学する、もしくは学会発表をする傾向がある。

Abstract

Inquiry-based classes are classes in which students set their own problems and learn independently and collaboratively to solve them. The role of this type of class is expected to increase in the future, as "inquiry" will become a major keyword in the new curriculum guidelines for high school students starting in 2022FY. In the field of astronomy, there are some reports on the implementation of inquiry activities, but there are few examples of verifying the effects based on long-term data. In this paper, the effect of inquiry-based classes has been verified based on several-year data of the public high school that have implemented inquiry activities in the field of astronomy. As a results, the following findings were made: (1) Most of the students enjoyed the activities and understood the research content, and many commented that the activities were meaningful. This suggests that inquiry-based classes are very meaningful in the field of astronomy. (2) This type of class is, however, unlikely to have an impact on students' career development. (3) Students who have actually observed astronomical objects tend to go on to universities where they can study astronomy and/or astrophysics, or to make presentations at academic conferences.

(Received: 23 August 2021, Accepted: 18 February 2022)

1. はじめに

1.1 課題探究型授業

課題探究型授業とは、生徒が課題を設定し、その解決のために主体的・協働的に学ぶ学習のことである[1]。1996年、文部省（現在の文部科学省）の中央教育審議会より、変化の激しい社会を生きるための「生きる力」の育成という考え方が示された[2]。それに伴い、1998年版学習指導要領で「総合的な学習の時間（以下総合学習）」が創設された。この授業では、変化の激しい社会に対応して、自ら課題を見つけ、自ら学び、考え、主体的に判断し、よりよく問題を解決する資質や能力を育てることなどをねらいとしており[3]、例えば住んでいる町のPR方法を話し合ったり、作物を育てる過程から農家の気持ちを理解するなどの活動が行われている。

「総合学習」の新設以来、このような課題探究型授業の設置が増えている。例として、理科課題研究[4]、課題研究（理数科に設置）[5]などが挙げられる。また、2022年度より「総合学習」は「総合的な探究の時間（以下総合探究）」に名前を変え、より主体的で深い学びが要求される時間となる。さらに他教科においても、古典探究、日本史探究など「探究」を付したものも増える。このように、2022年度から実施の学習指導要領では、「探究」が中心的なキーワードとなる。

1.2 本研究の目的

課題探究型授業を天文分野で行うとどのような効果が得られるかを調べるのが本研究の目的である。現在、この形態で天文の授業を実施している高等学校は非常に少ない（もちろん、部活動の中での天文研究は多く実施されている）。京都市立堀川高等学校では、「探究基礎」という授業において天文分野が設置されており、幅広いテーマで探究活動が行われている[6]。また、奈良県立青翔高等学校で

は、「スーパー探究科学」という授業において、天文分野をテーマに選べるようになっており、近隣の公開天文台や大学と連携しながらレベルの高いテーマで探究活動が行われている[7]。この文献では、公開天文台を利用した生徒の感想が記録されており、「口径1mや2mといった大きな望遠鏡を自由に使えて感動した」「大学院生から観測以外にも様々な話をしてもらい、進路選択の参考になった」などが載せられている。また、教員側の視点として探究活動を5年間実施した際の課題を以下のように述べられている。

- ・公開天文台等を利用する際のリスク（生徒の費用負担、観測期間中の天候不順など）
- ・データ解析指導の難しさ（特に分光）
- ・地学を開講している高校が少ないため、天文が、他分野の生徒や教員にとって馴染みが薄い

さらに別の高校では、調べ学習が中心と思われるが、総合学習にも天文のテーマを取り入れている例もあった[8]。

このように、課題探究型授業の天文分野で実践報告はあるが、生徒への効果のデータ（特に数値）に基づいた調査は少ない。本研究では

1. 「課題探究型授業」を天文分野で行ったときの効果をデータに基づいて検証
 2. 天文分野を選択した生徒は、どのような理由で選択し、どこへ（進学先の学部）向かっていくかを調査
- の2点を、アンケート調査などを用いて行う。

2. 研究方法

2.1 課題探究型授業 実施校

本研究は、筆者の前任校である横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校（神奈川県横浜市。以下YSFH）で行った課題探究型授業における分析結果である。YSFHは理数科であり、2009年の開校以来スーパーサイ

エンスハイスクール (SSH) の指定を受けており、授業や部活動での課題研究が盛んである。SSH とは、文部科学省が理数系教科の教育を重点的に行なう高校を指定する制度であり、SSH に応募し採択されると、理科・数学などに重点を置いたカリキュラムの開発、課題探究型授業の実践、大学や研究機関、企業と連携した授業など、理数系人材育成のためのさまざまな取り組みが行える[9]。

2.2 課題探究型授業「SLII」

図 1 に YSFH の教育課程表を示す[10]。理数科のカリキュラムが組まれている。特徴的なのは、1、2 年次の一番左側にそれぞれ存在する 2 単位授業「SLI」「SLII」である。「SL」とは「サイエンスリテラシー」の略で、課題探究型の 95 分授業を行う学校設定教科である。YSFH では、「SLI」の履修をもって、「総合的な学習の時間」の履修の全部に、「SLII」の履修をもって、「課題研究」の履修の全部に替えている。本研究では 2 年次で履修する「SLII」に着目した。

表 1 に「SLII」の 1 年間の流れを示す。1 年次の 1~2 月に配属分野の決定がある。決

定は生徒の希望が優先されるが、定員を超えた場合は成績順となる。配属分野は全部で 6 分野、24 コースあり、分野の担当教員数は 3~4 名である (表 2)。配属分野決定後、2 年次の 4 月に授業がスタートする。各分野 1 講座の生徒数は平均 3~4 名と少人数であり、授業は基本的には生徒の活動を教員がサポートする形で進められる。また、数か月に 1 回程度来校する大学等の研究者から助言を受けることもできる。8 月下旬~9 月上旬には分野別中間発表会がある。これは一人 5 分程度の口頭発表で、終了後は教員や研究者から講評があり今後の探究活動に活かしていく。10 月下旬には海外研修 (修学旅行) があり、行先はマレーシアである。この行程の中に、YSFH の交流校を訪れる日があり、ここで全員が各教室に分かれ、英語によるポスター発表を行う (図 2 (上))。1 月上旬には分野別最終発表会がある (図 2 (下))。概要は中間発表会と同じだが、中間と異なり、実験結果や考察が重要視される。その後、研究内容をレポートにまとめ、2 月に提出して、授業が終了する。次項では、天文分野の詳細を説明する。

1 年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
	SL I	理数数学 I				理数物理	理数化学	理数生物	理数情報 A・B	現代社会 (GS I)	芸術	保健	体育	国語総合				コミュニケーション英語 I	OC PD I	L H R															
	2 年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
SL II GS II	理数数学 II				理特論数学	理数理科 (物・化・生・地) から 2 科目選択				世界史 A	日本史 A	家庭基礎	保健	体育	現代文 B	古典 B	コミュニケーション英語 II	OC PD II	L H R																
3 年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
理数数学 II	体育				現代文 B	リーディング				ライティング				理数数学探究				選択科目 (最大 16 単位) 6 単位以上選択								L H R									
														理数数学研究				選択科目 (最大 20 単位) 10 単位以上選択																	

図 1 YSFH 教育課程表 (2014 年度入学生用)

2 年次の左端にある「GSII」は「グローバルスタディーズ II」の略で、人文・社会科学の分野。2014-2018 年度まではスーパーグローバルハイスクール (SGH) [11] の指定も受けていたため、この分野もあった。

表1 「SLII」1年間の流れ

時期	内容
1~2月(1年次)	配属分野決定
4月(2年次)	探究活動開始
8月下旬	分野別中間発表会(口頭)
10月下旬	海外研修(英語ポスター発表)
1月上旬	分野別最終発表会(口頭)
2月	探究活動レポート提出
3月	探究活動終了



図2 研究発表の様子
(上)マレーシアの交流校でのポスター発表、
(下)本校での分野別最終発表会。

2.3 「SLII」天文分野の概要

天文分野は、天文・地球科学分野に属し、さらに以下の2コースに分かれている。

(A) 太陽の観測(以下太陽)

(B) マカリ[12]を使った天体の解析(太陽以外が研究対象。以下太陽以外の天体)それぞれ詳細を説明する。

(A) 太陽

太陽に関するテーマである。主なテーマは黒点観測、プロミネンス観測、分光観測である(図3)。黒点やプロミネンスは口径9cmの屈折式望遠鏡で観測している。また、分光観測はファイバーマルチチャンネル分光器を太陽に向けて行っている。図4に過去のテーマ別人数を示す。黒点観測が最も多いが、黒点相対数が少なくなった2016年度以降は分光観測が増えた。

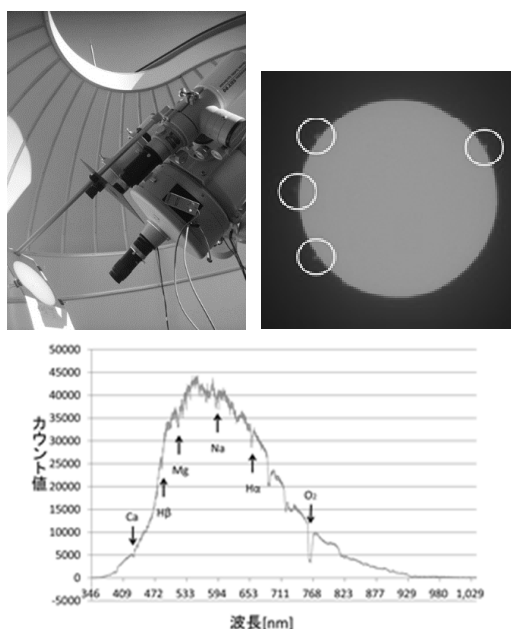


図3 太陽の観測の様子・データなど
(左上)黒点観測、(右上)プロミネンス観測(図の丸印)、(下)分光観測。

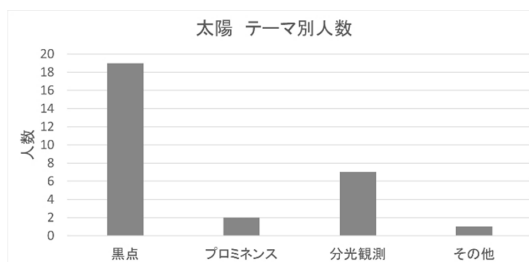


図4 太陽の観測のテーマ別人数(N=29、2013-2018年度)

表2 SL・GSⅡ分野・コース概要(2018年度)

コースの内容や定員は年度によって多少変動する。各分野の教員数は3~4名ずつ。

分野	番号	コース	コース合計人数[人]	5・6組		
				水 3校時 10:45~12:20	1・2組	3・4組
				水 5校時 14:05~15:40	木 5校時 14:05~15:40	木 5校時 14:05~15:40
				各回人数[人]	各回人数[人]	各回人数[人]
生命科学	1	微生物	12	4	4	4
	2	動物	12	4	4	4
	3	植物	21	7	7	7
ナノテクノロジー材料科学・化学	4	タンパク質単結晶の育成と物性の評価	6	2	2	2
	5	C60フラーレン・ナノワイヤの育成と物性の評価	3	1	1	1
	6	単層カーボンナノチューブの生成と物性の評価	3	1	1	1
	7	モノづくりと分析の化学	9	3	3	3
	8	環境の化学	12	4	4	4
物性科学	9	力学物性	14	5	4	5
	10	光物性	10	4	3	3
	11	身近にある物理	14	4	5	5
情報通信・数理	12	プログラム開発	12	4	4	4
	13	NXT.EV3を用いたロボット制御	12	4	4	4
	14	自動制御	11	3	4	4
	15	様々な分野の事例における数学的考察	13	5	4	4
天文・地球科学	16	太陽の観測	3	3	0	0
	17	マカリを使った天体の解析	5	1	2	2
	18	地震	8	2	4	2
	19	岩石、化石から地質を考える	6	3	2	1
	20	身近な気象現象の観測・データ解析	12	4	4	4
GS	21	持続可能な開発と環境問題	10	3	3	4
	22	環境政策と経済発展	10	3	3	4
	23	人材育成と教育	10	3	3	4
	24	アジア各国と日本	10	3	3	4
合計			238			

(B) 太陽以外の天体

太陽以外の天体をテーマとするコースである。研究手法は、公開データ[13]を利用するもの、YSFH 天文台での観測があり、ほぼ同数ずつである(図5(上))。観測は冷却 CCD を使った本格的なものである。このコースが始まった 2013 年度付近は筆者に観測の指導技術がなかったため、必然的に公開データを利用するテーマが主流となっていた。その後筆者も勉強を重ねていき、2016 年度付近から筆者が YSFH を異動する直前の 2019 年度までは、筆者の観測指導技術の向上に伴って生徒に提供できるテーマが増えた。

主な研究テーマは図5(下)のように多岐にわたる。一番多かったのは、銀河に関する研究(宇宙年齢を含む)で、次は恒星であった。観測中の様子を図6に示す。また、図7に YSFH 天文台の観測機器を、図8に生徒の

成果物の例を示す。

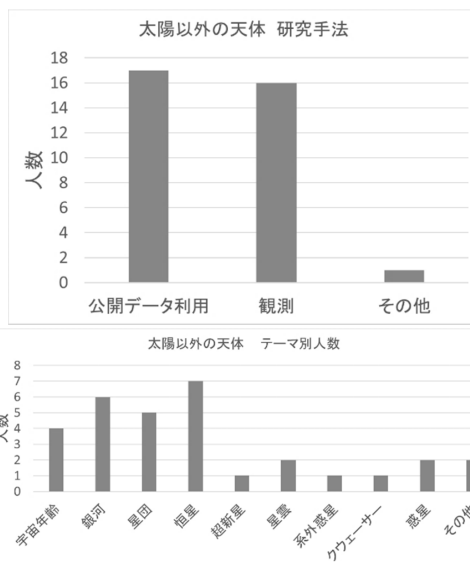


図5 太陽以外の天体(N=31、2013-2018年度)の研究手法別人数(上)とテーマ別人数(下)



図6 観測中の様子

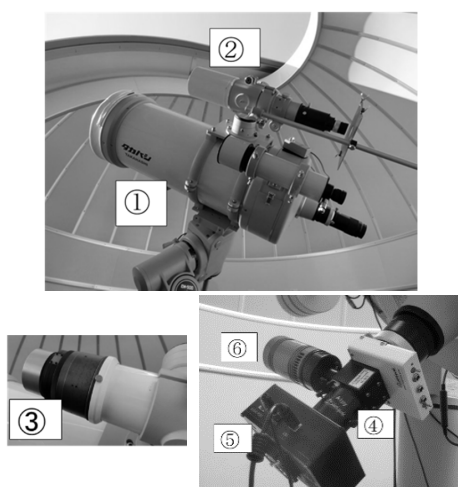


図7 YSFH天文台の観測機器

①30cm 純正カセグレン式望遠鏡、②9cm 屈折式望遠鏡、③コ罗纳ドフィルター（プロミネンス観測用）、④低分散分光器、⑤冷却 CCD カメラ、⑥冷却 CCD カメラ（ガイド用）。

ここで、筆者の指導方針の特徴として、テーマは自由とした点を述べておく。これは理数科課題研究の目標[14]「科学や数学に関する課題を生徒自らが設定」「問題解決の能力や自発的、創造的な学習態度を育てる」に沿った学習をさせたいと考えたためである。一方で、担当教員の負担も大きくなったという事実もある。口径 30 cm の望遠鏡をはじめ、冷却 CCD カメラなどの高価な機材を使って指導を行うのは容易ではない。筆者は天文分野の担当になってから、機材の使い方を研究者

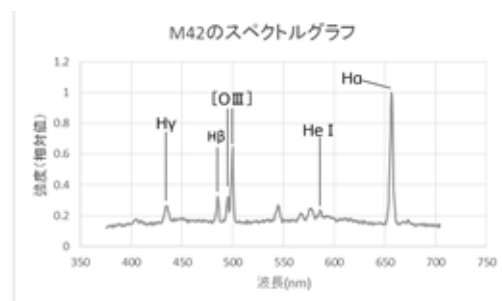
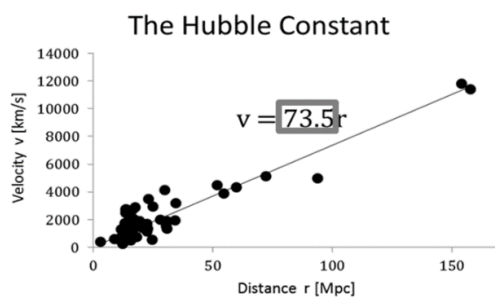


図8 太陽以外の天体の観測データ例

（上）SMOKA のデータを用いた宇宙年齢の算出、（下）9cm 望遠鏡+低分散分光器による M42 のスペクトル。

等に教えを乞いながらマスターした。また、テーマが自由であるため、様々な分野の知識を勉強する必要があった。特に指導法が分からないテーマは、メールなどで研究者へのコンタクトを試みたり、研究会に参加して質問したりした。そして、天文分野に限った話ではないが、発表の指導、探究活動レポートの添削などは時間がかかり、校務を圧迫する。

2.4 目的達成の手段と評価

1.2 節で述べた 2 つの目標を達成すべく、生徒の天文分野への志望度合いなどのデータ分析、授業終了後のアンケート調査などを行った。アンケート調査の項目は、「SLII」が始まる前は、天文分野の志望理由、「SLII」全授業終了後は、研究は楽しかったか、理解しながら研究していたか、探究活動を終えた後の感想である。

3. データ分析、アンケート調査結果

3.1 天文分野への志望度合い

まず、天文分野に配属となった生徒の性質を調べた。図9が結果である。本分野に配属になった生徒のおよそ70%が第1志望で来ていることが分かった。生徒の性質としては、仕方なく天文を研究するのではなく、進んで行おうとしている者が多いことが分かる。次に第2志望、第3志望・・・で来ている者の第1志望の学問系統（表2で紹介した分野・コースの内容を、再分類したもの）を調べたところ、工学・化学系統が多かった。特に、工学は3.4節の進学先の学部系統に出てくるので覚えておいていただきたい。表3に、アンケート調査で得た第1志望で天文分野を選んだ生徒の主な志望理由を示す。分析の結果、「天文への興味」「機材への興味」「課外活動の延長」の3つに大きく分類されることが分かった。

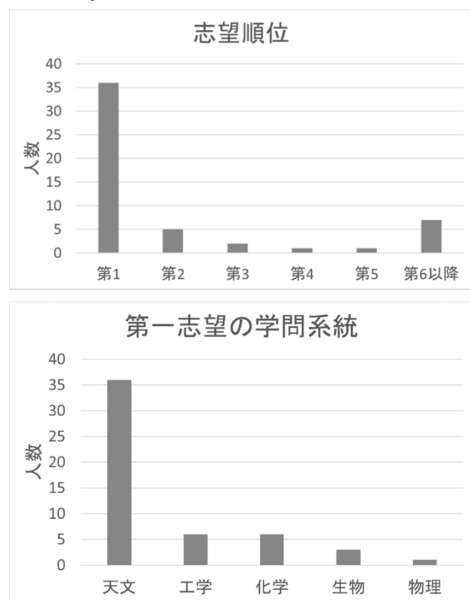


図9 天文分野への志望度合い (N=56、2013-2018年度)

(上) 第何志望で天文分野に来たか、(下) 天文分野に配属になった生徒の第1志望の学問系統。

表3 天文分野の主な志望理由

分類	生徒の回答例
天文への興味	・元から興味があったから(天文の研究をしたくてこの学校を選んだから) ・星や夜空を眺めるのが好きだから
機材への興味	ここのぐらいの望遠鏡を自分の研究に使えるのは貴重だと思ったから
課外活動の延長	部活動で天文に関わっていたため

3.2 探究活動を終えての感想

(1) 「SLII」天文分野の結果

図10に、探究活動を終えた後に行ったアンケート結果を示す。生徒の回答は2項目とも、「そう思う+ややそう思う(ポジティブ群)」が28名、「あまり思わない+思わない(ネガティブ群)」が2名という結果であった。ポジティブと感じた生徒が有意に多いと言えるかを検証するため、30名中28名以上がポジティブな回答をする偶然確率 p を算出する[15]。有意水準は5% (0.05) とする。計算の結果 $p=2.9 \times 10^{-8}$ となり、有意水準を十分に下回っている。したがって、有意に、多くの生徒が研究を楽しみと感じ、研究内容を理解しながら行っていたと言える。これは、授業が少人数(1講座平均3-4名)のため、教員との密なコミュニケーションも影響を与えたと考えられる。また、表4に探究活動を終えた後の生徒の主な感想を示す。分析の結果、やりたい研究ができたことへの「満足感」、一年間という長期間の探究活動を乗り越えた「達成感」の2つに大きく分類されることが分かった。

(2) 他授業との比較

(1)のアンケート結果を、筆者が今まで行った他の授業(通常の物理の授業、データを与える天文分野の授業)と比較する。比較群の詳細を、表5に示す。アンケート項目は「SLII」と同じ

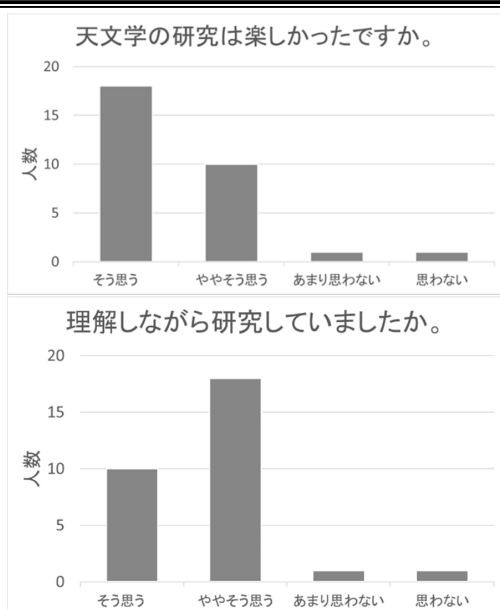


図 10 探究活動を終了後のアンケート結果 (N=30、2016-2019 年度)

(上) 天文学の研究は楽しかったか、(下) 理解しながら研究していたか。

表 4 探究活動を終了後の主な感想

分類	生徒の回答例
満足感	<ul style="list-style-type: none"> ・自分のやりたい研究ができて良かったです。 ・星空を見ながら研究ができ、もっと天文学が好きになった。
達成感	<ul style="list-style-type: none"> ・大変な面もありましたが、人生の中で忘れられない経験の一つとなりました。 ・SLII に悩まされた時もあったけど、貴重な体験になったし、将来を考える1つの要素にもなったので、やって良かったと本当に思います。

1.楽しかったか

2.理解できたか

を問うもので、回答項目も「SLII」と全く同じ文言である(図10参照)。ただし、通常授業のみアンケート項目1がない。表5の3つ

の授業において、異なる母集団の母比率の差を χ^2 検定した結果を表6に示す。

まずアンケート項目1に関して、データを与える授業と「SLII」を比較したところ、5%水準で有意差が認められる。これは、生徒にとっては天文データの解析という似たような作業でも、自らテーマを考えデータを取得することで面白いと認識する生徒の割合が増えた結果なのではないか。

次にアンケート項目2に関して、通常授業とデータを与える授業に有意差はなく、通常授業と「SLII」、データを与える授業と「SLII」にそれぞれ1%水準の強い有意差が見られる。これより、「SLII」のように自らデータを得る授業は、他の方法に比べて理解したという認識を持たせることができると言えるのではないか。

以上のような結果からも、課題探究型授業を行う意義は大きいと考えている。

3.3 学会発表率

生徒の中には、探究活動の成果を学会[16]で発表した者もいた。調べたところ、筆者が指導した全生徒60名のうち9名で、割合にするとおよそ15%であった。この数字が高いか低いか評価するため、他分野・コースとも比較してみた(表7)。結果、天文コースは低い数字ではないように見える。しかし、学会発表を行うかは生徒の性格や指導教員の勧め方などにも依るため、発表率の高低は一概には言えないのではないかと考える。筆者の場合、成果が出た生徒には発表を勧めはするが、強制はしない。

3.4 進学先の学部系統、天文との関係

図11は、生徒の進学先の学部系統をまとめたものである。バリエーションに富んでいるが、なかでも工学部(情報系、機械系が多い)進学者が最も多く、15名であった。続き

表 5 他授業との比較
実施年度はアンケートがある年度

番号	分類	授業の名称	内容	実施年度
1	通常授業	理数物理（2年次）	物理基礎・物理の授業	2015&2016&2018
2	データを与える授業	SLI（SLIIを行うための基礎を作る、1年次全員が同じ内容の授業を受ける）	星団のアーカイブデータから、マカリを用いて星団の年齢を求める	2017
3	自らデータを得る授業	SLII	自らテーマを決め、探究する	2016-2019

表 6 他授業を含めたアンケートの回答項目別の χ^2 検定

1. 楽しかったか

番号	分類	ポジティブ群[人]	ネガティブ群[人]	N[人]	Pos比率 =ポジティブ群/N	χ^2 値	p値	判定
2	データを与える授業	151	46	197	0.77	4.35	0.037	有意水準5%で棄却される
3	自らデータを得る授業	28	2	30	0.93			

2. 理解できたか

番号2は、アンケートで理解度を複数の項目（講義、データ解析など）に分けてとっており、それらの合計値

番号	分類	ポジティブ群[人]	ネガティブ群[人]	N[人]	Pos比率 =ポジティブ群/N	χ^2 値	p値	判定
1	通常授業	88	48	136	0.65	0.40	0.53	有意水準5%で棄却されない
2	データを与える授業	367	227	594	0.62			

番号	分類	ポジティブ群[人]	ネガティブ群[人]	N[人]	Pos比率 =ポジティブ群/N	χ^2 値	p値	判定
1	通常授業	88	48	136	0.65	9.57	0.0020	有意水準1%で棄却される
3	自らデータを得る授業	28	2	30	0.93			

番号	分類	ポジティブ群[人]	ネガティブ群[人]	N[人]	Pos比率 =ポジティブ群/N	χ^2 値	p値	判定
2	データを与える授業	367	227	594	0.62	12	0.00047	有意水準1%で棄却される
3	自らデータを得る授業	28	2	30	0.93			

表 7 分野別学会発表率一覧

学会発表率[%] = (学会発表者数/コース所属者数) × 100。物性科学分野に関しては、データが入手できた年度のみ集計した。

分野	コース	学会発表者数[人]	コース所属者数[人]	学会発表率[%]	SLII年度	発表した学会
天文・地球科学	天文	9	60	15	2013-2018	天文学会ジュニアセッション[16]、日本地球惑星科学連合[16]
天文・地球科学	気象	24	46	52	2014-2018	日本気象学会ジュニアセッション[17]、日本地球惑星科学連合
天文・地球科学	地質・地震	7	70	10	2013-2018	日本地球惑星科学連合
物性科学	全て	5	73	7	2017&2019	日本物理学会Jr.セッション[18]
生命科学	植物	36	102	35	2015-2019	日本植物学会[19]、日本植物生理学会[20]

て理学部（11名）、教育学部（7名）という結果であった。

次に進学先のうち、天文学や天体物理学を学べる学部[22]（以下天文系）へ進学した人数を調べた。主に理・教育学部となるが、12名であり、全体のおよそ22%であった。

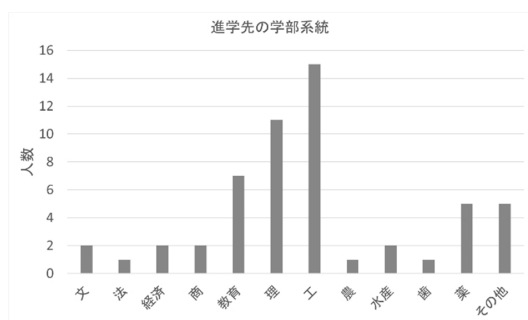


図 11 進学先の学部系統 (N=54、2013-2018 年度、2020 年 3 月までに判明したもの) 学問系統は、文部科学省 学部系統[21]を参考にした。

4. 考察

4.1 天文分野への志望度と進学先の関係

ここでは「SLII」が始まる前の天文分野への志望度に応じた生徒の進学先について考察していく。ただし、進学先に関しては言うまでもなく「SLII」以外にも影響する要因が多くあるので、下記で述べることはあくまでも「SLII」で得られた生徒のデータのみから導いた解釈であることに注意していただきたい。

まず第1志望で天文分野へ来た生徒を調べると、人数は36名であった(図9)。このうち、天文系への進学者数は11名で割合にするとおよそ31%であった。これは3.4節で求めた全生徒に対する割合(22%)に比べて高くなっており、探究活動を経験した後、行う前の興味・関心を失わずに目標とする進路へ進んだと解釈できる。一方で、およそ69%の生徒は天文系へは進学していない。これに関しては後述する。

次に第1志望以外で天文分野へ来た生徒について、人数は16名であった(図9)。このうち、天文系への進学者数は1名で割合にするとおよそ6%であった。一方で、残りの15名は、希望通りの進路へ進んでいる傾向が高い(例えば、第1志望が工学系→進路は工学部、化学系→薬学部など)。

以上のデータより分かることは、少なくとも天文分野の「SLII」は、生徒に満足感を与えるが(図10)、希望進路へのきっかけにはなっていないということである。3.4節で述べた天文系への進学意欲も、「SLII」で培われたものではないと解釈できる。なお、4.2節で述べる表8に、生徒毎の天文分野への志望順位、天文系への進学の記録などがある。

4.2 研究手法と天文系への進学者数および学会発表者数の関係

3.3~3.4節で得られた結果について、もう少し詳しく分析してみる。具体的には、筆者が受け持った60名全ての生徒について、天文分野への志望順位、天文系へ進学したか、学会発表の有無、研究手法(観測か、公開データ利用か)の記録を表8にまとめた。さらに、生徒を2013年度~2014年度(以下前半、30名)と2015年度~2018年度(以下後半、30名)に分けて考える。

(A) 太陽は天文系への進学者数が前半後半それぞれ1名ずつで、学会発表者数はトータルで0名であった。これは生徒数(29名)に比較して少ない。一方、(B) 太陽以外は、前半は、天文系への進学者数(2名)および学会発表者数(3名)が生徒数(30名)と比較して少なかったが、後半は、同じ生徒数に対し、前者(8名)、後者(6名)とかなり増えている。この変化の原因は何であろうか。生徒の質の変化も要因の一つだと考えられるが、最も大きいのは研究手法で、新たに「観測的研究」のテーマが増え、それらを選択する生

表 8 各年度の生徒の天文分野への志望順位、天文系への進学、学会発表、研究手法の記録。

天文系へ進学した生徒、学会発表をした生徒それぞれに○がついている。

年度	氏名	コース	志望順位	天文系への進学	学会発表	観測 or 公開データ
2013	A	太陽	1			観測
2013	B	太陽	6以降			観測
2013	C	太陽	1			観測
2013	D	太陽	6以降			観測
2013	E	太陽	6以降			観測
2013	F	太陽	6以降			観測
2013	G	太陽	1			観測
2013	H	太陽	1			観測
2013	I	太陽	6以降			観測
2013	J	太陽以外	1	○		公開データ
2013	K	太陽以外	1			公開データ
2013	L	太陽以外	1	○	○	観測、公開データ
2013	M	太陽以外	1		○	観測、公開データ
2014	N	太陽	1			観測
2014	O	太陽	1			観測
2014	P	太陽	1	○		観測
2014	Q	太陽	3			観測
2014	R	太陽	1			観測
2014	S	太陽	1			観測
2014	T	太陽	1			観測
2014	U	太陽	1			観測
2014	V	太陽	2			観測
2014	W	太陽	2			観測
2014	X	太陽	1			観測
2014	Y	太陽	2			観測
2014	Z	太陽以外	1			公開データ
2014	AA	太陽以外	1			公開データ
2014	AB	太陽以外	1			公開データ
2014	AC	太陽以外	1		○	公開データ
2014	AD	太陽以外	1			公開データ
2015	AE	太陽	6以降			観測
2015	AF	太陽	3			観測
2015	AG	太陽以外	1			公開データ
2015	AH	太陽以外	1	○		その他
2015	AI	太陽以外	1			公開データ
2015	AJ	太陽以外	1			観測
2015	AK	太陽以外	1			公開データ
2015	AL	太陽以外	1	○		公開データ
2015	AM	太陽以外	2			観測
2016	AN	太陽	1	○		観測
2016	AO	太陽	5			観測
2016	AP	太陽以外	4			観測
2016	AQ	太陽以外	1			観測
2016	AR	太陽以外	2	○	○	公開データ
2016	AS	太陽以外	6以降			観測
2016	AT	太陽以外	1	○	○	観測
2016	AU	太陽以外	1	○	○	観測
2017	AV	太陽	1			観測
2017	AW	太陽以外	1	○		観測
2017	AX	太陽以外	1		○	観測
2017	AY	太陽以外	1			観測
2017	AZ	太陽以外	1		○	観測
2018	BA	太陽	?			観測
2018	BB	太陽	?			観測
2018	BC	太陽	1			観測
2018	BD	太陽以外	1	○		観測
2018	BE	太陽以外	?			公開データ
2018	BF	太陽以外	1	○	○	公開データ
2018	BG	太陽以外	?			観測
2018	BH	太陽以外	1			観測、公開データ

徒も増えたことだと考えている。後半の時期、筆者は研究テーマを増やそうと低分散分光器（図 7 参照）を購入した。これにより、「天体の分光観測」というテーマが加わった。同時に「測光観測」に関しても研究者等から助言を受け、これに関するテーマも増やした。このように、実際に天体を観測することが、大学でも研究を続けたい、あるいは学会で発表してみたいという原動力になったと解釈できるのではないかと。また、教員の指導力も生徒の探究活動に大いに影響を与えるという事実の裏付けにもなるのではないだろうか。このように、課題探究型授業は教員も成長させる。実際、生徒の発言から勉強させられることも多いし、筆者はここで得た技術をもとに日本天文学会 2020 年秋季年会の恒星・恒星

進化セッションなどで発表を行っている[23]。

新たな「観測的研究」のテーマがあるかに注目すると、(A) 太陽の天文系進学者や学会発表者の少ない理由も説明できる。(A) 太陽に関しては、筆者が「観測的研究」のテーマを増やせなかったことが大きな原因であると考える。これらのことも、前述した「教員の指導力も生徒の探究活動に大いに影響を与えるという事実」の、(負の側面としての)裏付けにもなるのではないだろうか。

(A) 太陽の天文系進学者や学会発表者の少ない他の理由としては、(A) 太陽の第 1 志望者数の、コース配属者数に占める割合が (B) 太陽以外のそれに比べて少ない点も関係しているのではないかと考えている。具体的な数字を出すと、前者が 52%、後者が 86% とな

る。より詳しく、図 12 に天文分野コース別の志望度合いの分布を示す。(A) 太陽で最も多い人数は第 1 志望だが、第 2～第 6 以降も一定数おり、これらを合計すると第 1 志望の人数とあまり変わらないものとなる。一方、(B) 太陽以外は第 2～第 6 以降が (A) 太陽より少ない。別の観点から、3.2 節で述べた探究活動を終えた後に行ったアンケート結果に関しては、調査人数に差があるが、(A) 太陽、(B) 太陽以外で傾向はほとんど変わらず、2 コースとも有意にポジティブ群が多い結果（ネガティブ群の回答があった (B) 太陽以外の偶然確率 $p=5.5 \times 10^{-6}$ ）である（図 13）。

以上の結果より、配属に至るまでの志望度の差が、探究活動を授業のみでとどめるか、あるいはもう一步踏み出して外部と繋がる領域まで発展させるかという境界を決める傾向にある、という見方もできるのではないだろうか。

5. まとめ

ここまでの生徒の活動記録やアンケート調査結果を通して、1.2 節で掲げた目標「課題探究型授業」を天文分野で行ったときの効果の検証を行う。まず 2.3 節で述べた、「SLII」の基にある理数科 課題研究の目標「問題解決の能力や自発的、創造的な学習態度を育てる」

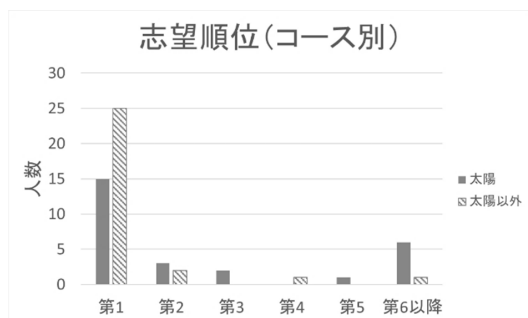


図 12 天文分野コース別の志望度合い
図 9 をコース別に分類したもの。N=56（太陽 27、太陽以外 29）、2013—2018 年度。

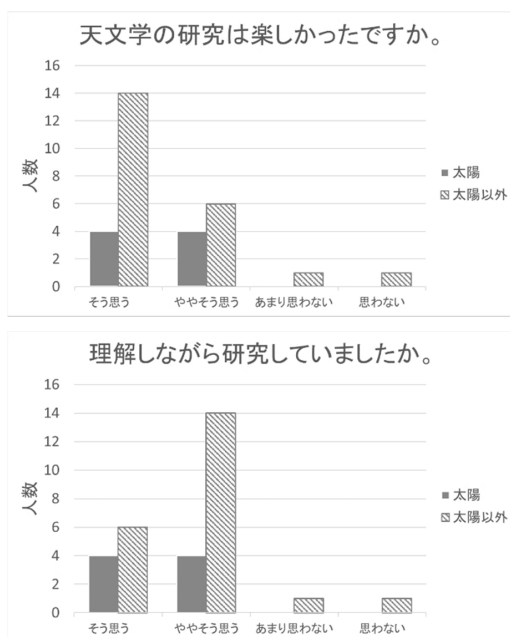


図 13 天文分野コース別の探究活動を終えた後のアンケート結果

N=30(太陽 8、太陽以外 22)、2016—2019 年度。

(上) 天文学の研究は楽しかったか、(下) 理解しながら研究していたか。

については 3.2 節のアンケート結果より、ほとんどの生徒が楽しく、内容を理解しながら探究活動をしていることが分かる点、生徒の感想からも有意義な活動であったというコメントが多かった点を踏まえ、十分に達成していると感じる。「SLII」は生徒の希望進路へのきっかけにはなっていないが、多くの生徒にとって、他授業と比較しても満足度の高い活動となったため、このような「課題探究型授業」を天文分野で行う意義は大きいと言える。

6. 今後の展望

今回の研究から分かったことは、他の場所でも役立てられるだろうか。筆者の現勤務校のような普通科高校の授業では難しいかもしれない。しかし、以下のような場所で役立つ

可能性があると考えている。1 つ目は大学 4 年の卒業研究である。授業当初に毎回感じることは、天文の基礎知識を持っている生徒がほとんどいないことである。これは高校では地学基礎履修者が少なく [24]、天文を学ぶ機会が極めて少ないことによる。したがって研究初期段階における天文の知識に関しては、高校 2 年生も大学 4 年生もあまり変わらないことが多いと筆者は考えている。課題探究型授業と卒業研究は共通点も多いと考えているので、指導にお困りの先生がいれば参考にしていただきたい。2 つ目は、天文部などの部活動である。「SLII」は 1 年間で一人での探究活動であったが、部活動では数年の長期に亘って、更にグループでも行うことができる。実際、学会で発表している高校は、部活動での成果が多い。YSFH のような機材が揃っている高校は多くないかもしれないが、大事なものは実際に天体を「観測」することである（装置開発等も同様だと考える）。探究活動をしている部活で、指導方針にお困りの先生がいれば参考にしていただきたい。

最後に、課題探究型の授業や活動の導入は、各学校の環境や人材、校務負担など様々な要因で敷居が高いが、新学習指導要領で改革されつつある大学入試にも活かせることが期待される。例として大学入学共通テストを挙げる。大学入試センターが公表している問題作成の基本的な考え方によると、従来の共通一次やセンター試験と異なり、「社会生活や日常生活の中から課題を発見し解決方法を構想する場面、資料やデータ等を基に考察する場面など、学習の過程を意識した問題の場面設定を重視 [25]」という文言がある。これはまさに課題探究型授業でのプロセスそのものである。もちろん、通常の授業でも行えるが、教えるべき内容も多く、十分に時間が取れない可能性もある。

課題探究型授業を導入する敷居は低くない

が、導入できれば教員・生徒ともに得るものは大きい。

謝 辞

「SLII」を進めるにあたり、様々な方々から多くの助言をいただいた。横浜サイエンスフロンティア高校科学技術顧問の遠山御幸先生には、生徒の太陽観測指導のみならず、筆者の天文台や太陽に関する質問への丁寧な回答等、大変お世話になった。国立科学博物館の洞口俊博氏は、マカリの使い方に対する質問に何度もお答えいただき、マカリユーザーの研究会である天体画像教育利用ワークショップを紹介していただいた。ここで得た知識や技術が生徒指導に大いに役立った。JAXA の飯塚亮氏には、低分散分光器の初期設定の仕方、使い方を教わった。東京学芸大学の西浦慎悟先生には、観測データの意味や解析の仕方を教わり、特に 2018・2019 年度にかけて、生徒一人ひとりへの丁寧な助言をいただいた。元大阪教育大学の定金晃三先生、国立天文台の青木和光先生、西はりま天文台の小倉和幸氏には、「SLII」分野別中間（最終）発表会で貴重なコメントをいただいた。他にも多くの教員・研究者から、様々な研究会（天体スペクトル研究会、日本天文教育普及研究会年会など）やメール等で助言をいただいた。そして、この論文を作成するにあたっては、元同僚である横浜サイエンスフロンティア高校の古橋卓教諭と利根川翔教諭からはデータ提供や有益な助言をいただいた。また、匿名の 2 名の査読者からも専門的な助言を多くいただいた。最後に、筆者をここまで成長させてくれたのは、熱心に探究活動を行っていた生徒達である。ここに感謝の意を表したい。

文 献

- [1] キャリア教育ラボ 「問題解決型学習と課題探究型学習の違いとは？」
<https://career-ed-lab.mynavi.jp/info/1988>
- [2] 中央教育審議会 「21世紀を展望した我が国の教育の在り方について」
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chuuou/toushin/960701.htm
- [3] 文部科学省 「総合的な学習の時間」
https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/sougou/main14_a2.htm
- [4] 例えば、群馬県立下仁田高等学校の理科課題研究：島田具広、佐藤諒奈（2019）「高等学校「理科課題研究」の実践」，下仁田町自然史館研究報告，第4号
[https://www.shimonita-geopark.jp/shizen-shikan/data/bulletin04/Shimada,Satou\(2019\)Practice%20report%20of%20the%20Shimonita%20high%20school.pdf](https://www.shimonita-geopark.jp/shizen-shikan/data/bulletin04/Shimada,Satou(2019)Practice%20report%20of%20the%20Shimonita%20high%20school.pdf)
- [5] 例えば、山梨県立吉田高等学校の課題研究：志村和美（2020）「理数科課題研究への取り組み」，令和2年度山梨県南都留地域教育フォーラム提案書
<https://www.pref.yamanashi.jp/kyoikufft/documents/r2yosidakoutougakkou.pdf>
- [6] 中山浩（2014）「高等学校における宇宙・天文教育の現場から」，京都大学宇宙総合学研究ユニットシンポジウム
http://www.uss.kyoto-u.ac.jp/wp-content/uploads/2021/03/nakayama_h.pdf
- [7] 山田隆文（2016）「青翔高校における天文分野の探究活動」，2016年天文教育普及研究会年会 集録，114：116.
- [8] 直井雅文（2014）「総合学習『宇宙人はいるか』の実践報告」，2014年天文教育普及研究会年会 集録，173：176.
- [9] 科学技術振興機構 「スーパーサイエンスハイスクールとは」
<https://www.jst.go.jp/cpse/ssh/ssh/public/about.html>
- [10] 横浜サイエンスフロンティア高校 HP
<https://www.edu.city.yokohama.lg.jp/school/hs/sfh/>
- [11] スーパーグローバルハイスクール 「スーパーグローバルハイスクールとは」
<https://sgh.b-wwl.jp/>
- [12] すばる望遠鏡などで得られた FITS データを解析することができるソフトの名称
<https://makalii.mtk.nao.ac.jp/index.html.ja>
- [13] 主に使用したのは国立天文台 SMOKA Science Archive
<https://smoka.nao.ac.jp/index.ja.jsp>
- [14] 文部科学省（2009）『高等学校学習指導要領解説 理数編』第8節 課題研究
- [15] 中野博幸、田中敏（2012）『フリーソフト js-STAR でかんたん統計データ分析』，技術評論社.
- [16] 発表したのは以下の学会
・日本天文学会ジュニアセッション
<https://www.asj.or.jp/jsession/>
・日本地球惑星科学連合高校生セッション
http://www.jpogu.org/highschool_session/2021/index.html
- [17] 日本気象学会ジュニアセッション
https://www.metsoc.jp/about/educational_activities/junior_session
- [18] 日本物理学会 Jr.セッション
<https://gakkai-web.net/butsuri-jrsession/>
- [19] 日本植物学会「高校生研究ポスター発表」
http://bsj.or.jp/bsj85/student_poster.html
- [20] 日本植物生理学会高校生生物研究発表会
<https://jspp.org/annualmeeting/62/hsinfo.php>
- [21] 文部科学省 学部系統
http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/001/08010901/006/004.htm

[22] 筆者が全生徒の進学先の学部の研究室を調べて判断。天文分野の内容に合わせるため、宇宙工学等は除いている（全体で1名いた）。

[23] 石田光宏（2020）「水素輝線等価幅とバルマー通減率のモニタリングから探る Be 星の円盤構造」, 日本天文学会 2020 年秋季年会 恒星・恒星進化セッション

<https://www.asj.or.jp/nenkai/archive/2020b/session-N.html>

[24] 文部科学省 「平成 27 年度公立高等学校における教育課程の編成・実施状況調査の結果について」

https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/_icsFiles/afieldfile/2019/02/12/1413569_002_1.pdf

[25] 大学入試センター 「令和 3 年度大学入学者選抜に係る大学入学共通テスト問題作成方針」

<https://www.dnc.ac.jp/albums/abm00038183.pdf>



石田光宏

mi06-ishida@city.yokohama.jp

* * * * *