

中高生を対象とした天文学史概論講座の開講

林 隆之（麻布中学校・高等学校，国立天文台水沢 VLBI 観測所）

A lecture course of the astronomical history for junior and senior high school students

Takayuki Hayashi (Azabu Junior and Senior High School, National Astronomical Observatory of Japan)

Abstract

An official curriculum of Japanese junior and senior high schools is defined under each subject. In this situation, cross-sectional topic could be overlooked. Hence, because the classification of the subjects is an arbitrary one, bird's-eye perspective for academic fields cannot be formed. Now, one of the effective ways to overcome this problem is considered to be studying the history of science, with which we can understand the connection between social studies and science. For this purpose, at Azabu high school we held an one-semester lecture course of astronomical history. Astronomy is one of the oldest scholarly fields. Thus, studying this field, students can also study the establishment of modern science. In this proceeding, we would like to introduce a brief overview of the lecture course.

1. はじめに

中学校・高等学校では学習指導要領に基づき，各教科の教員免許を取得した教員が授業を担当する．これは各教科の授業が専門性を持った教員により展開される利点を持つ一方で，多分野にまたがる連続的な学習内容がいくつかの教科に分断される弊害を含む．また，中学校・高等学校では教科「理科」を通して自然科学に触れられるが，自然科学を含む近代科学全体を俯瞰的に捉える教科は存在しない．それゆえ，現行の学習内容だけでは，各種の疑似科学や陰謀論など近代科学の土俵に乗らないものに対処する力を養えない．

科学史は，中学校・高等学校における「理科」と「社会」の2教科にまたがる学問分野である．従って，科学史を学校教育で取り扱うことで，学問分野の区分がときには恣意的であることを学べる．先述した一点目の課題を克服し，学問に対して俯瞰的な視点を身につけることができると期待される．また，最古の学問の1つである天文学の歴史を特に扱うことで，自然哲学から近代科学への発展を追うことができる．過去と現在のコントラストを通じて近代科学の成立背景に触れられ，先述した二点目の課題も克服できる．

科学史，さらには天文学史を学ぶことはこのように多くの利点を持つ．しかし，同時にその困難も考えられる．一般に「社会」では通史の学習で手一杯になり，科学史のような文化史は項目羅列的になりがちである．また，理科学的内容を含む科学史には苦手意識を持つ社会科教員も多いだろう．同様に「理科」としても，科学者の生きた社会背景への教員の理解は不足がちであり，科学者に影響を与えた思想を授業で扱うまでは手が届かない．以上の困難を解決しつつ，科学史教育の恩恵にあずかるため，理科教諭である筆者は，社会科教諭とのチーム・ティーチングにより天文学の通史を扱う選択講座を私立麻布中学校・高等学校（以下，麻布学園）にて開いた．本稿ではその概要を報告する．

2. 麻布学園のカリキュラム

麻布学園は6年間の一貫教育を行う中学校・高等学校である．麻布学園では高校1年までを基礎課程とみなし，例えば理科に関してはこの時期までに物理，化学，生物，地学の4分野を均等に学習する．4年間の週あたり授業時間数の合計は，物理と化学が各4.5時間（中学1年の理科実験の授業にて物理・化学の分野を半数ずつ週1時間で扱う），生物と地学が各4時間となって

いる。中学生も学習指導要領の範囲に留まらない学習を進めるため、例えば地学ならば、実質的には高等学校「地学基礎」相当の内容を全生徒が触れるカリキュラムとなっている。なお、高校2年では4分野から2分野を選択必修としており、高校3年では文理に分かれて最大2分野の選択となっている。

麻布学園ではさらに「教養総合」という連続2時間の選択講座を開講している。これは高校1、2年生を対象としたもので、生徒は全8回の講座を学期ごとに1つずつ選択する。約70種の講座が開講されており、語学、文学や社会学などに関連した人文系の講座や、プログラミングなどの理数系の講座、さらにスポーツ、芸術に取り組む講座などが開かれる。理科的な内容の講座も開講されており、2015年度、講演者は1、2学期に相対性理論を扱う「宇宙物理学入門」、3学期に社会科教諭とチーム・ティーチングで天文学史を扱う「天動説から地動説へ」を開講した。前者は、相対性理論を学ぶことで宇宙に特定の中心がないことの理論的根拠を学ぶ講座で、後者は宇宙の中心が地球から太陽へ転換した経緯を追う講座である。2つの講座を連続受講することで、「宇宙の中心」をキーワードに、人類の宇宙観の変遷を古代から現代まで辿ることができる。

3. 教養総合「天動説から地動説へ」について

3.1. 講座の概要・カリキュラム

筆者はこれまでも天文学史の講義を中学校で行ってきたが（林，2014）、これを発展させ2015年度は理科教諭と社会科教諭によるチーム・ティーチングに取り組んだ。今回は、人類の認識する宇宙の中心が地球から太陽へ移った経緯を題材として「天動説から地動説へ」というタイトルで講座を開いた。シラバスに掲載した講座紹介文は以下の通りである：

1、2学期、林担当の「宇宙物理学入門」では現代の宇宙観（宇宙には特定の中心がないこと）を学ぶが、3学期には過去の宇宙観に触れてみたい。具体的には、天動説から地動説の流れをおってみたい。天文学史をたどる講座となる。

現代でも有名な学説は、それぞれの学者が生きた社会を背景に生まれてきた。それぞれの学説がなぜ生まれたのか考える上で、歴史の学習は不可欠である。その意味では、曆に関係し「最古の学問」の1つと言える天文学は、「科学」に分類されるが「社会科」にも近い学問となるだろう。本講座は、天文学の発展を世界史の文化史と結びつけ、多角的に捉えることを目標とする。

講義は、他の教養総合の講座と同様に全8回で行った。最初の1回はガイダンスにあて、受講者の知識や学習状況の把握に努めた。また、最後の8回は、教員の設定したいくつかのテーマを題材に、現代社会と科学の関係を班ごとに討論して貰った。本編に相当する残り6回分の講義は、3回ずつを前後半と捉え、前半ではプトレマイオスの天動説が登場・浸透する中世まで、後半ではコペルニクスの地動説が登場してからニュートン力学が完成する近世までを扱った。

3.2. 学際的な視点の提供

ここでは、講義で扱った話題のうち、天文学史を通じて複数の教科・科目が接点を持つ具体的な事例をいくつか挙げたい。これらを学習することで、単教科の学習では得られない学際的な視点を持つことが期待される。

天動説は、ガリレオの宗教裁判が有名であるため、どうしても宗教的なものとして認知されてしまう。しかし、少なくともプトレマイオス（トレミー）の天動説は、現代から見ても数学的に精緻な理論である。実際、プトレマイオスの天動説における「周転円」「離心円」「エカント」の各要素はアポロニウスやヒッパルコス、そしてプトレマイオスによる古代ギリシアの幾何学の粋を集めたものである。ここで、例えば、アポロニウスの円錐曲線理論、トレミーの定理など、天動説の土台となった学者らの理論は高校数学にも登場するものであり、高校で学ぶ数学が天文学と不可分の存在であることが学べる。

このようにプトレマイオスの天動説は古代ギリシアの数学を土台としているが、それは思想的な面でも同様である。例えば、万物の起源を数に求めたピタゴラス学派では真円や球に特別な意

味を求めた。これは天動説と深く結びつく。アリストテレスらによる宇宙観は、地上の世界と星々の世界、そしてそれらの間で光を伝達するエーテルの世界を基にしたものである。これはプラトンのイデア論を土台にしており、星々の世界こそまさにイデア世界に対応する。このように、星々の世界の現象を真円の組み合わせで論じようとした起源はピタゴラス学派にあると考えられる。ピタゴラス学派を含む自然哲学は高校倫理で学ぶことになっているが、天文学史に触れることで、倫理と理科との連続性を確認できるだろう。

近世に完成した地動説理論でも同様の事例がある。ガリレオは自身の開発した天体望遠鏡により地動説を実証したが、他にも落体の法則など地上の現象に関してもいくつかの法則を見出した。ガリレオは優れた実験屋だったと言える。一方で、同時代に生きたケプラーは惑星運動の3法則を発見するなど、観測データの解釈に優れた功績を残しており、優れた理論屋であったと言える。しかし、彼らも完璧ではなく、現代から振り返るとその成果には誤りも含んでいた。ここで、その判断基準となる「現代の理論」を完成させたのはニュートンである。彼はケプラーやガリレオの見出した法則を基に力学体系をつくり上げた。ニュートン力学は高校物理で学習することになる一方で、ガリレオやケプラーによる地動説の立証は地学で主に学習する。つまり、近世における地動説の立証は、科学的に眺めると物理と地学の接点を与えることになるのだ。

3.3. 近代科学を俯瞰する視点の提供

先に述べたように、天動説理論は古代ギリシアの学者の知識を総合して完成されたものである。それは精緻なものではあるが、近代科学の方法論を経たものではない点で、自然科学ではなく自然哲学に過ぎなかったといえる。実際、プトレマイオスの「アルマゲスト」には一部観測結果に剽窃の疑惑があるが、今では禁忌とされるこの行為も当時の学問の方法論では禁じられていなかったと考えられる。実験を絶対視する現代と異なり、著作の中で理論に「観測を合わせる」ことも平然と行われていたようである。このような事例を古代ギリシアの思想とともに紹介することで、過去と現代のコントラストから、自然科学の方法論が明確になると考えられる。

ニュートンが力学体系を発表した著作「プリンキピア」は、正式には「自然哲学の数学的諸原理」という名称が与えられている。彼の生きた時代において自然を探究する学問は自然哲学と呼ばれており、彼の自然哲学が後世から自然科学と評価されていることが伺える。つまり、ニュートンは自然哲学から自然科学への転換点を生きた学者である。従って、彼以前の学者による理論の中で、現代にて否定されているものを考えることで、自然哲学と自然科学の違いを引き出すことができる。例えば、アリストテレスの天動説やケプラーの多面体宇宙など観念的な仮説が非科学的とされる所以を、実験的に確認できる力学法則と比較することは有意義だろう。

3.4. 社会と科学の関係への示唆

最終回に、教員の提示したテーマ・資料を題材に班ごとの討論に取り組んでもらった。題材は下記の通りである：

- － 科学とは何か
 - ・ キャラとして登場する「マッドサイエンティスト」のイメージ
 - ・ 数字を含む根拠があれば科学なのか
 - ・ 残した実績が「失敗」でも優秀な「科学者」か
- － 科学に社会としてどう向き合うか
 - ・ 生命倫理と憲法、クローン人間は許されるか
 - ・ 横田めぐみさんの遺骨 DNA 鑑定をめぐる動き
 - ・ 「美味しんぼ」における放射線被害の描写

一部に難解なテーマが含まれていたこと、班員に議論をリードできる生徒が必ずしも含まれていなかったことから、すべての班が満足ゆく結論を導き出せなかったことは反省点として残った。

3.5. 受講者の声から見る講座の成果

毎回の講義でアンケートをとった。その最終回分のから一部を抜粋する。少なくとも、ここで

取り上げた生徒に対しては講座開講の当初に掲げたねらいを達成できたと考えられる。

- － この講座を通して（特に最後）物事を証明している事柄の脆弱さを知ることができました。全体と押して凄く頭使いました。一週間で一番考える授業でした。
- － 社会と科学との関係性について、天動説と地動説以外のものでも考えてみても、より複雑な問題に感じて、科学への絶対視というよりも、むしろ、社会的な要素との関係において、不可分で、むしろ、科学の絶対に対して疑問を投げかけてみるこそ科学的な態度ではというように感じられました。
- － 科学と社会的思想を結びつけて考えることはしてこなかったのが、新しい観点を手に入れて面白かったです。
- － 自分は生物・化学・地理選択なのでこの講座は受験には全く役立たないし、麻布に在る間に世界史・地学を学ぶ機会はないと思うが、今回の講座で学問の面白さが多少なりともわかったような気がする。

4. おわりに

人類は時代とともに宇宙観を発展させ、古代から近世にかけて、宇宙の中心は地球から太陽へと移り変わってきた。その観測的根拠は地学で学習するものの、宇宙観の進展に影響を与えた社会的・歴史的背景の学習は十分に行われているとはいえない。このような教科横断型のテーマを正規の授業で扱うには困難が伴うが、麻布学園では「教養総合」という選択講座を開講しており、その中でならこれらの内容を扱える。講演者は「教養総合」の枠内で、天文学史の講座を昨年度に開講し、本稿ではその取り組みを紹介した。講義によって受講者は、学際的な視点や近代科学を相対化する視点を学べると考えられる。今回は古代から近世のヨーロッパを題材としたが、今後は、他の地域・時代を題材として新たなカリキュラムを構築してゆきたい。

参考文献

「天文学を通じた社会と理科の総合学習の試行」, 2014, 林隆之, 第 28 回天文教育研究会年會集録より