

大学教養教育における実証的な天文教育の試み

上田 晴彦

Empirical Approach of Astronomy Education in Liberal Arts Education

Haruhiko UEDA

概要

秋田大学教養基礎教育において長らく中断していた「星の世界」という天文学の入門的な講義を、平成 24 年度に復活させた。さらに平成 26 年度には、天文学の実証的な側面を強調する内容を追加する大幅な改定をおこなったので、その実践報告をおこなう。特にインターネット望遠鏡を用いて観測データを取得し、パソコン上で解析する手順の概略を解説することで、天文学が思弁的な学問ではないことを丁寧に解説した。本論文では、その教育プログラムの内容について簡単に紹介する。また講義内容の改良点等を探るため、受講生を対象にアンケート調査を実施した。これを基に本講義の総括を行ったうえで、大学教養教育での実証的な天文教育の可能性と課題についても考察する。

キーワード：教養教育，インターネット望遠鏡，実証的な天文教育，アンケート調査

1. はじめに

観測機器の発達とコンピュータの処理能力の向上により、近年の天文学の進展は目覚ましいものがある。特に太陽系外惑星・銀河形成論・宇宙の高エネルギー現象・ダークマターとダークエネルギーなど、天文学の諸課題の解明が大いに前進し、一昔前の教科書を古いものに変えてしまった^{1,2)}。一方 1991 年に実施された大学設置基準の大綱化により、大学における教養教育の見直しがおこなわれて久しい年月が経つ。その間、大学の教養教育で天文学を教える試みが徐々に広がり、現在では教養教育で天文学を学ぶことが珍しいことではなくなった。

現在はこのような状況にあるので、大学の教養教育で天文学が教授されることについては、違和感を持たれることはほばないであろう。歴史的に見ても、例えば中世の西欧において必須の教養科目とされた自由七科の中に、天文学は含まれていた。また江戸時代の藩校においても、測量額などと並んで天文学も教えられていた。

しかしこれらの歴史的な事実とは別に、21 世

紀の大学教養教育において天文学を学ぶ意義は何であるのか、ここで再度考えてみたい。教養教育における天文教育の究極の目標は、「自分たちが住んでいる世界がどのようなものなのか」を大学生にきちんと理解してもらうことであろう。インターネット上で公開されている各大学の教養教育のシラバスを見ても、天文教育を担当しているほぼすべての大学教員が、上記のことを意識していることがわかる。例えば放送大学の天文学の入門的講義である「宇宙を読み解く」では、授業概要の最初の言葉が「宇宙とは、私たちが住む世界そのものであり、人間存在の根源である。」となっている³⁾。私が平成 17 年からの数年間、秋田大学の教養教育で実施してきた「星の世界」という授業においても、このことを主要目的としていた⁴⁾。

しかし天文学が大きく進歩した 21 世紀において、天文教育においてこの目的だけを掲げることが本当によいのであろうか。9 年前のアンケート調査で感じたことは、天体観測に関する興味の高さであった。そのことを考えると、天文学が観測と数理の力を合わせた実証的な学問であるとの見

方を教えることは、入門的講義においても大切であろう。ただし天体観測は夜間実施しなければならず、また望遠鏡などの機器も必要とするため、大人数を対象とした教養教育で取り上げることは極めて難しいと考えられる。また数理的な面を強調しすぎると、特に文系学生にとっては難解となり、教養教育としては不向きになってしまう。これらのことから、教養教育において現代天文学を実証的な面を強調しながら教えることは、かなり難しいと思えるかもしれない。

このような状況を少しでも改善するため、慶應義塾大学インターネット望遠鏡プロジェクトでは、教養教育で利用できるテキスト『インターネット望遠鏡で観測！現代天文学入門』を編纂した⁵⁾。この本ではインターネット望遠鏡を利用した観測事例を紹介し、どのようにすれば天文学にまつわる科学的事実（例えば月までの距離を求める）や自然法則（例えばケプラーの第3法則を確かめるなど）を求めたり確かめたりすることが出来るのか、について解説している。特にインターネット望遠鏡を利用すれば観測データを簡単に取得できること、パソコンを用いると複雑な計算を避けて解析できることが説明されている。そこで平成26年度から講義内容をこの本に沿って改定し、さらに教科書として利用することにした。

本論文では、秋田大学教養教育「星の世界」の講義内容を紹介するとともに、実証的に天文教育がどの程度学生に理解され受け入れられたのかについて、アンケート調査結果に基づいた報告をする。さらに、大学教養教育での実証的な天文教育の可能性と課題についても考察する。

2. 講義内容と実施状況

アンケート調査とその分析に入る前に、まずは「星の世界」の講義内容を紹介する。先にも述べたように、本講義の目的は自分たちが住んでいる世界の理解であるので、講義内容は天文学全般に及ぶものでなければならない。また天文学が観測と数理の力を合わせた実証的な学問であるとの見方も教授したいが、観測データの集め方やデータ解析にも触れる必要がある。ただし大規模教室でおこなう授業であったので、それらを実際におこなうことはせず、あくまでもその概略を説明するだけにとどめた。

本講義では数式も利用したが、そのレベルは受講生の高等学校での数学・理科の履修状況を考え、次のように設定した。まず数学であるが、高校2年次までで学習するIA・IIBを予備知識として仮定した。そのため、三角関数については既知として使用した。物理学の基礎知識については、基本的に何も仮定しなかった。ただし遠心力や重力など、中学校理科で出てくる概念については、その意味するところを随時説明したうえで使用した。化学についても水素・ヘリウム・炭素・酸素など日常生活に出てくる元素等については既知のものとした。また本講義では原子の知識は随所に必要であったが、原子・陽子・電子など中学校理科での学習が期待できる言葉も既知であるとして使用した。

本授業の実施状況であるが、本学が Semester 制を取っているため1回90分の授業を15回で、天文学全般にわたる学習項目を終えなければならない。ただし初回は履修登録が済んでおらず、受講生の入れ替わりが頻繁に起きるため、ガイダンスにせざるを得ない。また複数回の試験結果で成績を付けることが推奨されているため、途中で中間試験（小テスト）をおこなう必要がある。さらに天体観測室見学など、教室外でおこなう見学会も実施しなければならない。

これらの制限のもとで、本講義の15回の内容を以下のようにした。ここでは各回の講義タイトルと、その概要を示している。ただし星印が付いているものは、観測データの取得方法やデータ解析の方法など、本論文で注目している実証的な教育内容を入れた回である。

第1回 ガイダンス

本講義の目的を説明したうえで、到達目標を示した。さらに今後14回にわたって学習していく各項目について、簡単に説明した。

第2回 天文学とは何か

天文学は古い歴史を持つ学問分野であるが、ここ100年ほどで急速に発展した学問分野であること、それは観測機器や手法の進歩と現代物理学の誕生によって可能となったことを説明した。インターネット望遠鏡もおこなった。

第3回 天体としての地球

地球の構造とその自転・公転について、簡潔

に説明した。それを踏まえて、地球から見た太陽の動きについても解説した。最後に地球に生命体が生まれた理由と、太陽系の他の天体に生命体がないのかについて、現時点で分かっていることを解説した。

第4回 天文台見学

秋田大学教育文化学部3の天体観測室を訪問し、天体ドーム・天体望遠鏡を見学した。その際に天体望遠鏡の構造について概説するとともに、日食メガネや太陽望遠鏡による太陽観察についても体験した。さらに経緯台式の屈折望遠鏡の操作体験も実施した。

第5回 月

我々にとって最も身近な天体である「月」について、解説した。月の基本的なことがらについて説明した後、月の公転に関するさまざまな周期（朔望月・恒星月・近点月など）について、その違いを分かりやすく論述した。さらに月食についても、その概要を説明した。

第6回* 月の観測

インターネット望遠鏡を用いた3つの観測について、解説した。最初はクレーターなど月そのものの観察である。次に第5回で説明した月の周期を求める手法について解説した。最後に三角法を用いて月までの距離を測る方法についての説明をした。

第7回 太陽系

太陽系内の天体、及びそれに関連する事柄について論述した。特に惑星・衛星・準惑星・小惑星に力点を置いて説明したが、太陽系外縁天体についても若干コメントをした。さらにこれに関連して、ケプラーの3つの法則についても、その概略を解説した。

第8回* 彗星とガリレオ衛星の観測

彗星の概略を説明した後、インターネット望遠鏡を利用して彗星の測光観測をおこなう方法を論述した。なるべく簡単に測光観測を行うために、ここでは相対測光に限定した。さらに第7回に解説したケプラーの法則のうち、ガリレオ衛星を利用して第3法則を証明する方法について説明した。

第9回* 日影曲線と小テスト

授業内容のほぼ半分が終了したため、小テストをおこなった。また余った時間を利用して、

日影曲線の観測方法について、簡単に概説した。

第10回 太陽

地球上の生命の母なる天体である太陽について、その要点を簡潔に説明した。最初に太陽研究の意義を述べたのち、太陽までの距離・質量、及び太陽の構造について説明した。さらに太陽のエネルギー源についても、言及した。

第11回* 日食と太陽観測

太陽と地球環境の関連について説明した後、日食（特に皆既日食）について、その原理を簡潔に解説した。最後にインターネット望遠鏡を利用した太陽の観測について、解説した。

第12回 いろいろな恒星

恒星の定義を述べた後、星座についてその歴史的な成立過程を中心に解説した。次に星の位置を表現するための天球座標系について、簡潔に解説した。最後に恒星の明るさ（見かけの等級）と距離を考慮した明るさ（絶対等級）との違いについて、説明した。

第13回* 恒星の進化

恒星の色と表面温度の関係を説明した後、恒星のHR図と質量・光度関係について解説した。またこれに関連して、恒星の死についても述べた。さらに恒星の誕生についても、簡単に解説した。最後に、インターネット望遠鏡を利用した変光星と超新星の光度測定について、その手法を説明した。

第14回 星雲・星団・銀河

非恒星状天体（星雲・星団・銀河）について、その概略を解説した。ただし銀河系及び銀河については、かなり詳細に解説した。

第15回 宇宙論

本講義の最後として、宇宙について論述した。特に宇宙膨張と進化について、やや詳しく解説した。また宇宙から見た人間の位置付けについても、合わせて述べた。

3. 実証的な教育内容について

本論文で注目しているのは、教養教育で天文学を実証的に教えることが、どの程度受け入れられたかである。そのためここでは、実証的な教育プログラムについて、その内容の概略を述べる。ここで取り上げた教育プログラムは7つあるが、より詳しい内容については、慶應義塾大学インター

ネット望遠鏡プロジェクト編『インターネット望遠鏡で観測！ 現代天文学入門』の第2部を参照してほしい。

先に見たように、15回の講義のうち、5回が実証的な教育内容を含んでいる。なお天文学に慣れるまでの第1回から第5回については、実証的な内容を含ませないという教育的配慮をしている。以下がその内容である。(括弧内は本講義で取り上げた時期を示す)

A 日影曲線の観測 (第9回)

地面に垂直に立てた棒の影の先端が作り出す曲線は、日影曲線と呼ばれる。日影曲線を作る方法と、観測した地点の緯度の情報から、その離心率を計算する方法を紹介した。

B 月の観測 (第6回)

インターネット望遠鏡を利用して、月までの距離の時間変化、及び月の満ち欠けによる輝面比の時間変化の観測を行う方法を解説した。これらはそれぞれ近点月及び朔望月に相当するが、最適曲線を利用することで小数点1桁の範囲で求めることが出来ることを解説した。ただし最適曲線の求め方については解説せず、エクセルのソルバーを利用することを前提としている。

C 彗星の観測 (第8回)

彗星の測光観測、特に標準星との明るさの差を取ることで、その明るさを相対的に求める相対測光の方法について、簡単に説明した。実際におこなう場合は、インターネット望遠鏡で得られる画像のほかに、測光用のソフトウェアが必要となるが、それについては解説を省略している。

D ガリレオ衛星の観測 (第8回)

木星の周りを回るガリレオ衛星(イオ、エウロパ、ガニメデ、カリスト)の様子をインターネット望遠鏡で観測し、その公転周期と公転半径を求める。そして各々について公転周期の2乗と軌道半径の3乗の比を求め、それが一定になることを示す方法を解説した。

E 太陽の観測 (第11回)

インターネット望遠鏡のサブスコープを太陽望遠鏡に替え、太陽の様子を1日中観測する。特にプロミネンスに着目し、多数のプロミネン

ス長さの時間変化を、時系列グラフとして表わす方法を紹介した。

F 地上2地点での同時天体観測 (第6回)

冬至近くでは、府中市(東京)とニューヨークが同時に夜となる。このことを利用して2地点で同時に月を観測し、その視差から月までの距離を求めることをおこなう方法を紹介した。なお府中—ニューヨーク間の地球表面に追った最短距離については、その値を計算することが出来るウェブサイトを利用する⁶⁾。

G 変光星と超新星の光度測定 (第13回)

変光星・超新星の測光観測について、その手法の概略を説明した。手法自体はCの彗星の観測と同じであるが、変光星の事例として、セファイド変光星を挙げている。セファイド変光星は周期・光度関係を持っているので、その周期から絶対光度がわかり、最終的には地球からの距離がわかることも、若干触れた。

本講義では上にあげた7つの話題について、入門的な講義内容と調和させながら取り入れた。またその説明をおこなう際には、インターネット望遠鏡を利用すると観測データを短時間でかつ簡単に得られること、コンピュータを利用すると面倒な計算を回避することが出来ること、の2点を強調するようにした。

なお講義内容が無味乾燥にならないように、各回において天文学に関連した話題を、コーヒブレイクとして入れた。1セメスターの期間で天文学全般について述べ、さらに観測データの取得とデータ解析という実証的な話題を説明し、そのうえコーヒブレイクまで入れて論述することは、かなり大変であった。また時間的な制約のため取り扱いが不十分な単元があったこと、実証的な取扱いには欠かすことが出来ない数式についても、その一部を省かざるを得なかったことなどが心残りである。それでも長らく開講できなかった天文学の授業を、秋田大学の教養基礎教育で再開できたこと、授業内容を改定し実証的な内容を追加した講義を予定通り実施出来たことに満足している。

4. アンケート調査とその考察

先にも述べたように、「星の世界」は天文学全

般を取り扱った入門的な講義であるとともに、実証的な内容を強調したものになっている。このような天文学の入門的講義が、どの程度学生に理解され受け入れられたのかについて調べるため、アンケート調査を実施した。ここでは、その結果を報告する。

4.1 調査対象者、調査時期

「星の世界受講者に対するアンケート調査」と題して、平成28年度の受講者に対して調査をおこなった。アンケート調査の対象者は本授業受講者であるが、その大部分は大学1・2年次の学生であった。ただし受講人数が150名を超えたためクラスを2つに分けているが、それぞれで同一内容の授業・アンケート調査をおこなった。なおここで示す結果は、これら2クラスのアンケート調査をまとめたものである。調査は無記名方式で実施したが、有効回答者数は196名であった。また調査時期は平成28年8月3日及び4日であり、いずれも最終試験の終了後におこなった。

4.2 調査内容と結果

以下にアンケートの質問事項の概略と、その調査結果を示す。アンケートの質問事項は大きく4項目にわかれ、その内訳は回答者に関すること（質問1・2）、天文学の事前知識に関すること（質問3）、天文学の入門的な部分に関すること（質問4・5）、実証的な観測テーマに関すること（質問6・7・8）である。

今回のアンケート調査結果を提示する前に、若干の注意を述べておきたい。多くの回答者がアンケート調査項目の全てに答えてくれたが、なかには一部の調査項目に記述のないものもあった。そのため調査項目ごとの母数は一定ではない。また結果は回答者全員の集計だけでなく、回答者の専攻ごと（「理系」・「文系」・「どちらでもない」）の集計もおこなった。ただし最初に断っておくが、全体の集計結果と専攻ごとの集計結果には、大きな相違がなかった。

(1) 回答者に関すること

質問1 あなたの所属学部について、教えてください。

| 学部名 | 人数 |
|------|----|
| 国際資源 | 18 |
| 教育文化 | 81 |
| 医学 | 49 |
| 理工 | 48 |

質問2 あなたは「理系」・「文系」・「どちらでもない」のうち、どれに当てはまると思いますか。

| 文理別 | 人数 |
|---------|-----|
| 理系 | 100 |
| 文系 | 77 |
| どちらでもない | 19 |

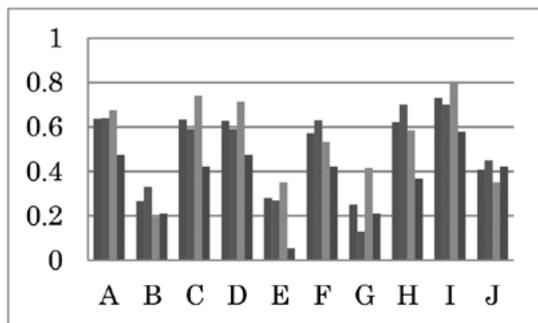
(2) 天文学の事前知識に関すること

質問3 以下の項目の中で、本講義を受講する前の段階で知っていたものを、全て選択してください。

- A 月の表面には海と呼ばれる黒っぽい部分と、陸と呼ばれる白っぽい部分がある。
- B 夏至の太陽は、真東より北寄りから昇る。
- C 木星は固体惑星ではなく、ガス惑星である。
- D 冥王星は惑星ではなく、準惑星である。
- E 肉眼で見える星の明るさは、6等星までである。
- F 星は1時間に15度動く。
- G 銀河は渦巻銀河だけではなく、楕円銀河などもある。
- H 銀河中心には、巨大なブラックホールがあるらしい。
- I 宇宙は、ビッグバンと呼ばれる超高温・超高密度の状態から始まった。
- J 宇宙には、正体不明のダークエネルギーが満ち溢れている。

| 知識 | 全体 | 理系 | 文系 | どちらでもない |
|----|-----|----|----|---------|
| A | 125 | 64 | 52 | 9 |
| B | 52 | 33 | 15 | 4 |
| C | 124 | 59 | 57 | 8 |
| D | 123 | 59 | 55 | 9 |

| | | | | |
|---|-----|----|----|----|
| E | 55 | 27 | 27 | 1 |
| F | 112 | 63 | 41 | 8 |
| G | 49 | 13 | 32 | 4 |
| H | 122 | 70 | 45 | 7 |
| I | 143 | 70 | 62 | 11 |
| J | 80 | 45 | 27 | 8 |



(3) 天文学の入門的な部分に関すること

質問4 本授業の天文学の入門的内容の部分は、どの程度難しかったですか。5段評価で教えてください。(5が最も難しい。)

| 難易度 | 全体 | 理系 | 文系 | どちらでもない |
|-----|------|------|------|---------|
| 1 | 5 | 2 | 2 | 1 |
| 2 | 26 | 13 | 11 | 2 |
| 3 | 110 | 60 | 40 | 10 |
| 4 | 45 | 23 | 17 | 5 |
| 5 | 9 | 2 | 6 | 1 |
| 平均値 | 3.13 | 3.10 | 3.18 | 3.16 |

質問5 天文学の入門的内容の部分について、興味を持った単元はどれですか？(2つ以内で回答)

| 興味を持った単元 | 全体 | 理系 | 文系 | どちらでもない |
|----------|----|----|----|---------|
| 天文学とは | 36 | 19 | 12 | 5 |
| 地球 | 20 | 7 | 11 | 2 |
| 月 | 69 | 33 | 28 | 8 |
| 太陽系 | 47 | 30 | 11 | 6 |
| 太陽 | 21 | 6 | 14 | 1 |
| 恒星 | 38 | 21 | 16 | 1 |
| 銀河宇宙 | 98 | 58 | 33 | 7 |

(4) 観測テーマに関すること

質問6 本授業の観測テーマの部分は、どの程度難しかったですか。5段評価で教えてください。(5が最も難しい。)

| 難易度 | 全体 | 理系 | 文系 | どちらでもない |
|-----|------|------|------|---------|
| 1 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| 2 | 28 | 16 | 10 | 2 |
| 3 | 103 | 58 | 34 | 11 |
| 4 | 43 | 19 | 22 | 2 |
| 5 | 10 | 2 | 6 | 2 |
| 平均値 | 3.12 | 3.03 | 3.30 | 3.11 |

質問7 観測テーマの部分について、興味を持った単元はどれですか？(2つ以内で回答)

| 興味を持った単元 | 全体 | 理系 | 文系 | どちらでもない |
|----------|----|----|----|---------|
| 日影曲線 | 13 | 9 | 4 | 0 |
| 月 | 86 | 36 | 41 | 9 |
| 彗星 | 68 | 36 | 29 | 3 |
| ガリレオ衛星 | 52 | 32 | 16 | 4 |
| 太陽 | 49 | 24 | 18 | 7 |
| 2地点同時観測 | 17 | 12 | 5 | 0 |
| 光度測定 | 31 | 19 | 8 | 4 |

質問8 観測テーマの割合をもっと増やしたほうがよいか。

| 観測テーマの割合 | 全体 | 理系 | 文系 | どちらでもない |
|----------|-----|----|----|---------|
| 増やす | 18 | 12 | 4 | 2 |
| このまま | 163 | 82 | 67 | 14 |
| 減らす | 8 | 3 | 3 | 2 |

4.3 調査結果の考察

(1) 回答者に関すること

質問1に対する回答結果より、教育文化学部所属の回答者数が他学部に比べ多いことがわかる。平成17年度におこなったアンケート調査では、理系(工学資源学部所属)の回答者が多かったので、受講者の質に変化が見られる。その理由は不

明であるが、恐らくカリキュラム上の問題と思われる。

最近文理融合型の学部が増えており、回答者の所属学部から理系・文系のどちらであるかわからない。またどちらとも答えられない分野も増えてきている。秋田大学も例外ではないため、質問2で回答者が「理系」・「文系」・「どちらでもない」のどれに該当するかを聞いた。結果をみると、若干理系の学生が多いものの、文理入り混じった状態であることがわかる。

(2) 天文学の事前知識に関すること

本授業を受講する前段階での知識を、質問3で調べた。「理系」・「文系」・「どちらでもない」の3者を比較するために、母数で割った値をグラフ化したものも掲載した。アンケート結果から、B（夏至の太陽は、真東より北寄りから昇る）、E（肉眼で見える星の明るさは、6等星までである）、G（銀河は渦巻銀河だけではなく、楕円銀河などもある）の理解度が、他と比べて低いことがわかった。なお最先端の話題であるJ（宇宙には、正体不明のダークエネルギーが満ち溢れている）の理解度も、若干低いことがわかる。B、Eはいずれも小中学校で学習する内容であるので、意外な感じもする。ただしBについては、これまでの教育経験から学生の知識不足を認識していたのでまだ納得できたが、Eについては予想外であった。逆にH（銀河中心には、巨大なブラックホールがあるらしい）については、理解度が高いのに感心した。

(3) 天文学の入門的な部分に関すること

これまで繰り返し述べたように、本授業では天文学の入門的内容だけではなく、インターネット望遠鏡を利用した観測テーマについても取り上げた。前者（天文学の入門的内容）の部分の難易度を調べるために、質問4をおこなった。その回答結果から、入門的部分の難易度設定は適切であったと結論してよいと思われる。またその結果も、「理系」・「文系」・「どちらでもない」間で、ほとんど差がなかった。質問3でもわかるように、これら3者間で事前知識に差がないため、このような結果になったのでは、と推測できる。教養教育においては、各科目は全学共通科目として設定さ

れることが多い。当然受講生の予備知識には相当の開きがあることになるので、特に理系科目については開講しづらいことであろう。今回の調査結果から、天文学についてはあまりそのようなことを考えなくても良いと思われる。

次に質問5の天文学の入門的内容の部分で興味を持った単元であるが、「銀河宇宙」と共に「月」や「太陽系」に興味を持つ人が多かった。平成17年度の調査でも銀河宇宙、及び太陽系内の天体に対する関心が高いという結果が得られたが、今回も同様の結果が得られたことになる。

(4) 観測テーマに関すること

質問6の観測テーマの部分の難易度についても、難易度設定は適切であったと結論してよいと思われる。また「理系」・「文系」・「どちらでもない」でほとんど差がなかったこと、入門部分の難易度と比べても大差がなかったこともわかった。観測テーマの部分は数式も入ってくるので難しく感じるのではと懸念していたが、結果はそうならなかった。これは今回のアンケート調査で、大いに注目すべき結果であると考えられる。数式の使用を控え、パソコンで計算できることを強調したことがよかったのかもしれない。

質問7の観測テーマで興味を持った単元であるが、「月」「彗星」「ガリレオ衛星」が多かった。これも質問5と対応していると考えられるが、「太陽」については若干の温度さも見られる。比較的身近な天体について、繰り返し観測しデータを取ることで、様々な事実を突き止められることが、興味を引いたものと推察できる。なおアンケート調査前には、2地点同時観測に興味を持つ回答者が多いのではと想定していたが、結果はそうならなかった。取り上げ方に工夫が必要かもしれない。

最後に質問8で観測テーマの割合について聞いているが、現在のままでという回答が多数を占めた。大雑把に言って、授業時間の2～3割を観測テーマの解説に充てているが、この程度がちょうどよいであろう。

5. まとめと考察

アンケート項目ごとの結果については、先に述べた通りである。ここでは調査結果全体を見渡してその要点をまとめると同時に、実証的な要素を

取り入れた天文教育の可能性と今後の課題について、述べてみたい。

まずアンケート結果について判明した主要点をまとめてみる。第1に言えることは、観測テーマの選定やレベルの設定に十分な注意を払えば、実証的な側面を強調した天文学の入門的講義を教養教育の中でおこなうことは可能、ということである。先にも述べたように、教養教育では様々な素養を持った学生が集まる。そのため難解な数式を避けたり、基本的な概念についても丁寧に説明したりするなどの工夫をおこなう必要があるが、やり方次第でどのようなタイプの受講生に対しても一定の理解が得られる講義とすることが出来ると思われる。第2に「銀河宇宙」と共に、「月」「太陽系」という身近な天体も人気が高い、ということである。天文学というと天体物理学的な内容に傾きがちであるが、身近な天体についても、十分な時間を割いて取り上げたほうが良いと考えられる。第3に言えることは、天文学については義務教育で学習済みの内容でもあまり理解されていないこともある一方、学習してなくてもよく知っている事項もある、ということである。そのため、かなり基本的なことでも省略せずに、きちんと説明したほうが良いと思われる。また場合によっては、最先端の事項にも触れても問題ないと考えられる。

これらの結果を踏まえた上で、実証的な要素を取り入れた天文教育の可能性について若干補足しておきたい。今回のような講義をおこなえた背景としては、インターネット望遠鏡の存在がある。インターネット望遠鏡を利用すると、いつでも簡単に観測データを得ることが出来る。例えば昼休みの空き時間など、昼間の僅かな時間内でも利用できる。さらにインターネット望遠鏡の利用を助けるテキストやウェブページもある⁷⁾。インターネットの教育利用を進めるためにも、このような成功例を増やしていくことが重要である。そしてそのことが、実証的な内容を強調した新しいタイプの授業の出現につながる。

最後になるが、今回の教育実践についての課題について述べてみたい。今回は「銀河宇宙」単位における観測テーマを設定しなかった。この単位における観測テーマとして、遠方銀河の観測や、銀河スペクトル解析から後退速度を測るなどが考

えられるが、これは現在のインターネット望遠鏡の性能では実現不可能なためである。より高性能のインターネット望遠鏡の開発は、今後の課題である。また現時点では南半球にインターネット望遠鏡がないので、北半球と南半球では月の満ち欠けの様子が違うことなどを、観測テーマに入れることもできなかった。月に関する関心の高さを考えると、インターネット望遠鏡のネットワークを広げていくことも、今後の重要課題である。

これまで見てきたように、本講義でおこなったような実践的なテーマは、インターネット望遠鏡というものに大きく依存している。世界的に見ても、日本のインターネット望遠鏡はライブ中継型である点に、大きな特徴を持つ。今後とも、このような強みを生かし、教育への支援機器となることを目指していきたい。

謝辞

最後になりましたが、アンケート調査に協力してくださった秋田大学の受講生の皆さんに、心から感謝致します。なお、本研究は科学研究費補助金交付 研究基盤 (C) (課題番号 15K00909) の補助を受けています。

参考文献

- 1) 半田利弘『基礎からわかる天文学』誠文堂新光社 2011年
- 2) Seeds, Backman『最新天文百科 - 宇宙・惑星・生命をつなぐサイエンス -』丸善 2010年
- 3) <http://www.ouj.ac.jp/hp/kamoku/H28/kyouyou/C/shizen/1234161.html>
- 4) 上田晴彦, 林信太郎, 早坂匡, 林良雄 「教養教育としての「星の世界」の実践と課題」秋田大学教育推進総合センター 8号, 75-84 2006年
- 5) 慶應義塾大学インターネット望遠鏡プロジェクト『インターネット望遠鏡で観測! 現代天文学入門』森北出版 2015年
- 6) http://www.benricho.org/map_straightdistance/
- 7) <http://arcadia.koeki-u.ac.jp/itp/>