

愛知教育大学天文台一般公開と天文教育

高橋 真聡 幅 良統 政田 洋平

理科教育講座

Public Lecture of Aichi University of Education Observatory and Education of Astronomy

Masaaki TAKAHASHI, Yoshito HABA and Youhei MASADA

Department of Science Education, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan

1. はじめに

愛知教育大学の口径60 cm反射望遠鏡（西村製作所製）は、2014年にそれ以前の口径40 cm反射望遠鏡からリニューアルされ、本学における大型機器として導入された。愛知教育大学天文台には、この60 cm反射望遠鏡に加え、10台程の小型望遠鏡（口径8 cm屈折望遠鏡、口径10 cm屈折望遠鏡）があり、それらは、天文学および宇宙物理学担当の教員に依り管理・運営されている。天文学や宇宙科学に関する講義・実験（宇宙科学実験、地学、理科研究、など）での活用、卒業研究に際しての天体観測に活用するのはもちろん、社会貢献活動の一貫として、小学生・中学生を対象とした見学会、高校生向け公開講座および天体観測実習等に使用している。また、定期的に近隣の一般市民を対象とした「天文台一般公開」を開催している。

本論文では、愛知教育大天文台の活動のうち、特に「天文台一般公開」について、教員養成大学の立場から地域に密着した教育・啓蒙活動として何を実践してきたか報告し、社会貢献として何が出来るのかを検証する。

2. 天文台一般公開とその運営

愛知教育大学天文台一般公開は、口径40 cm反射望遠鏡の時代から既に澤武文氏により運営されてきており（～第101回まで）、著者らは2015年度以降に引き継ぎ年間8回開催のペースで活動している。季節ごとの定例会に加え、大学祭やオープンキャンパス、保護者懇談会の折にも一般公開を実施しており、好評である。その他、興味深い天文現象（天文ショー等）が観望できそうな場合には、臨時の天体観望会を実施している。

一般公開に際しては、メインとなる60 cm反射望遠鏡および小型望遠鏡を用いた「天体観望会」に加え、雨天・曇天となる場合も想定して「天文ミニ講座」と

「3Dシアター（プラネタリウム）」を同時開催している。また、これら通常の企画に加えて、大学祭やオープンキャンパス、保護者懇談会の折には「昼間の天体観望会」も併せて実施している。

2.1. 天体観望会

夜の部の観望会では、季節折々の星・月・惑星・星座を見て頂きながら、筆者らや学生達による解説や歓談を行う（図1）。60 cm反射望遠鏡は我々が操作し、木星や土星などの惑星、球状星団や惑星状星雲などを観望して頂いている。小型望遠鏡による観望は、宇宙科学・天文学を専攻する学生や天文サークルの学生にも手伝ってもらって、小型望遠鏡でも堪能できる月や惑星、明るい星、二重星などを観望してもらっている。

昼の部の観望会では、太陽黒点の観測、さらに昼間でも見える明るい恒星を観望してもらっている。

2.2. 天文ミニ講座

夜の観望会に先立ち（まだ空が暗くなりきらない時刻に）天文ミニ講座を開催している（図2）。主に筆者らが交代で講師を担当しており、参加者が関心を抱きやすい話題性のある天文学・宇宙科学上のトピックスを厳選している。最新宇宙ニュースや季節に関する話題などについても取り上げ、参加者のニーズに応じている。また年に1～2回程度は学外講師を招き、我々とは異なる指向の話題を提供して頂いている。さらに、年度の最終回には、宇宙科学・天文学を専攻した学生による卒業研究を、学生自身のプレゼンテーションにより紹介している。次章で紹介するように、様々な立場の広い年齢層の来場者があるため、講演の難易度に配慮して、内容や解説の道筋に工夫を凝らしている。また、美しい天体写真や動画・数値計算シミュレーションなども利用し、視覚に訴えることでプレゼンテーションとしても飽きさせないように心がけている。



図1. 天体観望会と60 cm反射望遠鏡



図2. 天文ミニ講座の様子

2.3. 3Dシアター

天文台一般公開では、学生が主体的に企画・運用する「3Dシアター」も開催している。「3Dシアター」とは、専用ソフトウェアで作成された映像を特殊なプロジェクターにてスクリーンに投影し、それを偏光眼鏡を通して見ることで、立体的な像として鑑賞するものである。「3Dシアター」では、国立天文台が開発した「Mitaka」という宇宙の立体地図を表示する無料ソフトウェアを用いて、地球から遙か彼方の銀河の果てまでの宇宙旅行をシミュレーションしている。このソフトウェアで用いられている天体データは、実際に天文観測衛星などで測定されたものが使用されていてリアルである。

2.4. その他の業務

天文台の運営に際しては、望遠鏡のメンテナンスも重要な業務となる。小型望遠鏡については、著者らや協力学生達に依り、清掃や簡単な修理や部品交換がおこなわれる。60 cm反射望遠鏡については、使用することに機器異常が無いか確認し、使用内容の記録を取っている。ただし、筆者ら望遠鏡ユーザーが手を加えられる部分は多くはなく、定期的な点検や修理等は望遠鏡製作者者に依頼している。その望遠鏡の精度についての挙動テストは、日常的に稼働させていく中で行っている。その実際の作業は、決して簡単ではないのだが、故に卒業研究テーマとして取り組む学生もいる。今後も、より発展的な使用方法が出来るように工夫していきたい。

3. 天文台一般公開への来場者について

第112回から第122回までの天文台一般公開にて実施したアンケート集計結果（人数はアンケート協力者の延べ人数：約900名、ただし若干の未回答項目や未集計実施回を含む）により、天文台一般公開への参加者の構成は、

小学生前 13名

小学生	77名
中学生	23名
高校生	63名
学生・院生	61名
社会人	616名
ご隠居等	47名

である。ミニ講座の対象が一般社会人向けであり、「高校地学履修レベル」としていることと、観望会が夜間であるためか、やはり社会人が多い。小学生以下は、大抵が保護者同伴での参加である。中学生や高校生については、夜間の観望会への参加はほとんどなく、大学祭やオープンキャンパス時などに開催する昼の部への参加が大部分である。また年齢構成は、

9歳以下	9名
10-19歳	148名
20-29歳	78名
30-39歳	47名
40-49歳	213名
50-59歳	203名
60歳以上	170名

であり、40歳以上の年齢層が多い。社会人の参加者のうち、若い年齢層の方々には、趣味で天体観測を楽しんでいる方、日頃から啓蒙書などで宇宙の知識に触れている方が多い。また、シニアの方々は、若い頃に帰ったつもりでもう一度天文学について勉強してみたいと言う方が多い。

特筆すべきは、半数程度がリピーター参加者であることである。その半数以上は6回以上の参加になる。さらにリピーターの3割以上は10回以上の参加であり、天文台一般公開が地域に定着してきていると判断できよう。

参加者の本学までの交通手段については、公共交通機関利用よりも自家用車利用が多く、刈谷市内からだけでなく名古屋市内や岡崎方面からの参加者も多い。

天文台一般公開の開催情報を知る手段としては、インターネット220件、前会開催時の案内164件、学内掲示ポスター154件、学外ポスター・チラシ144件、口コ



図3. 2011年の金環日食（上写真）。日食観望会への参加者（下写真）。薄曇りであったが屋上天文台は満員となった。

ミ144件、新聞54件、市や町の広報15件、その他108件、という状況である。今回の調査では新聞記事を読んだの参加が少ないのだが、月食や火星大接近など天文ショーについて新聞記事になるとインパクトは大きいようで、過去には（澤氏による運営の時代には）通常の2～3倍の参加になることもあった（図3）。この辺りの事情を予測し、当日の参加者誘導の工夫、例えば整理券配布などの対策をしておかなければ収拾がつかなくこともあった。そのような社会的にも関心の高い天体現象（天文ショー）は、数年に一度楽しむことが出来るが、その折には本学の天文台一般公開が一般市民の天文現象に関する興味の受け皿として機能しているといえる。

4. 天文教育としての一般公開の位置づけ

4.1. 天文教育の問題点

「宇宙」に興味はあるものの、学校教育等で系統だっで学んできた一般市民は、実は非常に少ないのが現実である。また、ここ数十年で以前は郊外であった地域にまで都市化開発が進み、街全体が明るくなってきた。こうした“光害”が進み、ちょっと郊外に出たくらいでは星空を楽しめなくなってきている。天の川を観たことが無い、満天の星空を体験したことの無い市民（特に若い世代の方々）が大多数なのも現実である。中には、月ですら、意識的に観ることの無い市民も少なくない。上弦の月と下弦の月の言葉の由来を知らな

い方、月の満ち欠け自体を認識していない方も少なからずおられる。夜に空を観る機会がないまま、自分が宇宙の中の一員であるという実感が持てないのは残念なことなのかもしれない。

4.2. 何を伝えたいか？

大学教員として、一般市民に伝えたい天文学的素養は何か？天文学に関する知識はもちろんだが、それが得られるに至る研究者の歴史やその背景についても伝えたい。それらの人類の知識を、我々としては一般市民向けに紐解きたい。とはいえ、学校の授業のような座学的な方式ではおそらく成功しないだろう。我々としては、中学校・高校レベルの知識や概念を活用しつつも、参加者が主体的に学び理解するという形態での学習を支援したい。

この目的のため「天文ミニ講座」では、参加者が興味を持ちやすいトピックスからスタートし、それをワンランク深いレベルで理解して頂くための基礎知識として、講座の随所に、概ね高校地学や高校物理の学習内容を、時には高校数学の内容も紛れ込ませて解説している。こうすることで、曖昧な説明に依る曖昧な理解を多少なりとも回避でき、少し難しいと感じながらも、より正確な理解に誘導できると考えている。もちろん、学校の講義ではないので（学習到達点があるわけではないので）、いたずらに難しくすることは避け、いくつかの異なるレベルの表現で繰り返して説明している。この言い方で分からなくとも、あの言い方で理解できた、となるように説明に工夫を加えている。

天文ミニ講座で取り上げた内容については、回答数726件のうち「とても楽しかった」309件、「楽しかった」408件、「つまらなかった」9件であった。講座のレベルについては、回答数522件のうち「とても楽しかった」65件、「少し楽しかった」210件、「適度であった」233件、「やさしかった」14件であった。好奇心を持って足を運んで下さる参加者に対して、新しい知識や概念を伝えたいので、少しだけ難易度の高い話題を提供して興味関心を深めて頂こうと考えている。このアンケート結果はその効果の現れと判断している。一方で、難しすぎるとの感想もあることを思えば、難しい概念や複雑な知識の体系であっても、さらに噛み砕いて分かりやすく解説する必要があると考えており、より工夫が出来ないかを模索している。

各回の天文ミニ講座のテーマには、出来るだけ今はやりの天文学や宇宙科学からのトピックスを厳選している。実は同様のテーマは、テレビやインターネットで配信される科学番組や、科学に関する啓蒙書籍・雑誌などにより、巷に溢れているものも多い。ただし、それら限られた時間や紙面で提供される情報に対しては、（そのレベルにも依るのだが）正確な理解に至っていないことも、時にはあるようだ。それら一般向け科

学情報の配信に異を唱えるつもりは毛頭無いが、より深い知的好奇心を満たすためには専門的学術書等に触れる機会も必要なのだろう。ただし、そのハードルは高い。もっと手軽に知的好奇心を満たしたい方々のためには別の学習アプローチも必要だろう。フェイス・トゥ・フェイスでの学習の場である天文ミニ講座は、聴講して分からない部分を講師に直接的に問うことができる。担当の講師は質問者の理解度に即した解説を再度試み、討論することが出来る。質問者から「やっと理解できた」との声を聞けることもしばしばである。我々講師は、天文ミニ講座を継続することで培ったノウハウを駆使することで参加者が解決したい疑問点を付度できるようになり、教育的効果が上がっていると自負している。

4.3. 宇宙を観て感じて欲しい

一方で、我々としては天文学の知識に限定せず、そもそもの宇宙を直に観察して何かを感じて欲しいと考えている。このためには(星空探訪のためには)、街の明かりの影響を受けない程の暗い場所に出向くのがベストであるが、残念ながら本学天文台はそのような場所に立地していない。

もちろん、小型望遠鏡や60 cm 反射望遠鏡で星空を望めば、暗い天体もある程度は観察できる。我々は、天体望遠鏡という装置により、(裸眼では)見えないものを見せることで、宇宙についての好奇心を掻き立て、その魅力を感じて欲しいと願っている。

実は、本学の60 cm 反射望遠鏡で覗けば、昼間でも青空の中に輝く一点の恒星の姿を観ることが出来る(恒星の輝度が高いため)。このことは、参加者にとっては大きな衝撃のようで、そもそもなぜ星は光るか、なぜ昼間は空が青いのか(窒素分子によって太陽光が散乱されるため)、もしも空気の無い月面で空を観ると太陽や星々はどのように見えるのか? などなど、身近な物理現象の解説が始まることもある。まずは自分の目で直に観察する経験が、更なる興味の自己発見に繋がると考えている。本学大学生向けの観測実習においても、自分の目で観て「スケッチ」する作業を重視している。観望会参加者には、つぶさに観ることで何かに気が付くことを期待している。

天文ミニ講座の参加者の興味については次章で紹介するが、ブラックホール、タイムマシン、宇宙の開闢や、宇宙の終焉、宇宙の果て、宇宙人はいるのか(地球以外に生命体がいるか否か)など、多種多様である。それらについて様々な学説や思想がある中で、大学教員である我々にも回答不能の問題は多々ある。それでも、分からないことは分からないと答えつつ、共に討論することで、何らかの情報提供や知的好奇心を刺激できないものかと工夫を重ねてきている。

私たちが伝えたいのは、天文学を通じての「自分な

りの発見」「ものごとの論理的考え方」、また天文学以外の学際領域との関連(物理学、生物学、哲学、宗教、芸術、など)について掘り下げて考えることと言えるだろう。

5. 参加者が求める天文学

愛知教育大学は、名古屋市の郊外に位置するとはいえ、夜空はかなり明るい(夜空を楽しむには明るすぎる)。観望会を実施しても実際に肉眼で見える星はせいぜい二等星までである。それでも、一般市民が足を運んで星を見に来るのはなぜだろうか?

観望会の際には、小型望遠鏡を複数台設置して、少ない待ち時間で観望できるよう配慮している。惑星や二重星など明るい天体は十分に観望できる。さらに60 cm 反射望遠鏡を使えば、星団や明るい星雲も楽しめる。惑星などは、小型望遠鏡に比べて迫力のある姿を楽しめる。

この観望会については、回答数465件のうち、「とてもためになった」118件、「楽しかった」342件、「つまらなかった」5件である。参加者の行動を見てみると、まずは望遠鏡を覗いてみたいという関心が大きいようだ。その割には遠慮してか、ちょっと望遠鏡を覗いては次の参加者と交代している。お行儀が良いと言えばそれまでだが、恐らくは、星像が意外と小さい、あるいは星雲などは暗くて分かりづらい、といった印象を持ってしまふからなのだろう。参加者の多くには、その天体について写真集などで見た折のイメージが多少なりともあるようだ。しかし、実際に目視すると、それと同等に見えることは決して無い(天体写真は天体からの光を蓄積できるので明るい像となる)。それでも、自分の目で直に望遠鏡を覗いたときのインパクトは大きいらしく、みなさん声を出して喜んで下さる。星はやはり、この上なく美しいのだろう。

5.1. 参加者が観たい宇宙

一般参加者の天体観望会への関心としては、

- * 望遠鏡の上手な使い方を知りたい
- * 天体写真の撮り方を知りたい。どうすれば上手に撮影できるの?
- * 赤道儀式望遠鏡の使い方を知りたい
- * 流星・流星群を観たい
- * 彗星を観たい
- * 水星を観たい
- * 天の川を観たい
- * 大口径望遠鏡でないと見えない天体を観たい
- * 天王星や海王星を観たい

などがある。参加回数の多い常連の参加者に至っては、その辺りの望遠鏡の性能については把握した上で、各種の星雲・星団を導入するようリクエストして

くる。それらのうち対応可能なものについては、観望会の折にケースバイケースで対応・解説している。例えば、天体写真に興味のある参加者に対しては、その場でスマートフォンを使って、月面や土星などの写真撮影に挑戦して頂いている。月面については十分に明るいので、望遠鏡の覗き口にスマートフォンやデジタルカメラを充てるだけで気軽に撮影が出来る。上手に撮影できる場合もあればピンぼけの場合もあるのだが、いずれにしても参加者は自分で手軽に撮影する作業がこの上なく楽しいようである。スマートフォンでも結構綺麗に撮影できると、多いに喜んでいただける。とはいえ、観望会に際しての(屋上で)対応・解説については、質問者ごとへの個別対応になっている感があるため、その情報を共有し参加者全体に向けての情報発信も必要だろう。今後の課題である。

5.2. 参加者が知りたい宇宙の謎

天体観望とは別途に、参加者には宇宙の謎や宇宙の最先端についても大きな関心があるようである。例えば、

- * 中性子星・パルサーのことを知りたい
 - * ブラックホールとは？
 - * X線天文学と電波天文学について知りたい
 - * ダークマター、ダークエネルギーについて
 - * 宇宙のインフレーションについて。宇宙と素粒子の始まりは？
 - * ベテルギウスでいま何が起きているか(近々大爆発すると予想されている天体)
 - * 地球外生命体の発見はいつ頃になるのか？
 - * (木星の衛星の) エウロパには液体の水の存在が確認されているが、生命体発見の可能性はあるのか？
 - * 宇宙エレベーターについて
 - * 宇宙旅行について
 - * 火星移住について
- など、多岐にわたるテーマがある。

今後の愛教大天文台一般公開会に期待することについてのアンケート結果は、以下の通りである。回答数356件(複数回答あり)のうち、

「天文学の基礎的知識」	56件
「宇宙を支配する物理学」	38件
「宇宙の不可思議」	63件
「最新宇宙ニュース」	66件
「星空(惑星や恒星など)の観望」	82件
「天体望遠鏡に興味アリ」	51件

であった。やはり、天文台一般公開の折に参加者に接してみて感じた通り、素直に望遠鏡を通して星空を見てみたい、宇宙の不思議や発見にふれたい、という気持ちが大いようだ。この切り口の場合、小さな子供でも素直に宇宙を楽しめそうだ。実際、小さな子供を連れてくるご家族が、各回あたり数組ある。赤ちゃん



図4. 3Dシアター準備の様子(上写真)。学生どうしでの上映に向けての最終チェックの様子(下写真)。偏光メガネの個数が限られており、一回あたりの定員は30名まで。上映は、数回に分けて行われる。

や幼児を連れてくる家族もあるが、親自身が宇宙に関心があるため、比較的気楽に参加できる形態の本学一般公開に参加して下さるようだ。幼児などぐずる場合や、講座に飽きてしまった小学生もしばしば現れるのだが、本学学生達の多くは教員志望であり、別室等にて対応してくれる。小さなお子様のいる家族にとっては、このような柔軟性も愛教大のメリットなのだろう。

一方で、天文学の基礎的知識には期待感があるものの、特に”物理学”という言い方すると、無条件で苦手意識を持つ方が少なくない。我々としては、天文学上の発見や天文学の深い理解のために不可欠な物理学の方法や数学の助けを借りた論理的考察といった切り口を紹介したいところもあるのだが、やや敷居が高いと感じているようである。我々は、あえて”物理学”という言い方はせずに、天文学の説明に際して必要に応じて、その(物理学・数学の)方法を”天文学のツボ”あるいは”まめ知識”などとして(断片的ではあるが)紹介している。

6. 学生ボランティアと天文学教育

本学の天文学および宇宙物理学分野を専攻している学生の有志諸君達は、天文台一般公開の企画の段階から関わり、またその運営に重要な寄与を果たしてきた。それらの業務内容は教員の指導に依る部分もあるのだが、それも年度初めのうちだけで、やがて自主的

に企画を提案するなど、一般講演の参加者の誘導などを通じて思うところも増えてくるようだ。そして、運営の在り方や手法について建設的な意見交換をしてもらえる。我々教員とは異なる視点でのコメントが得られることもしばしばで、大いに参考になっている。

学生達の活動は、天文台一般公開の運営の立場からは「学生ボランティア」ということになるが（授業でもないし、サークル活動でもない）、一般市民および生徒・児童との交流、天文学を解説する体験、星空に詳しい天文マニアとの交流、という活動内容は、学生達にとって具合の良い教育実践の場になっているようだ。彼らはそのことを理解した上で、都合の付く範囲で協力してくれるし、担当業務の振り分け等の管理も大学院生・4年生の中のリーダー格の学生が仕切ってくれる。筆者らとしては、天文台一般公開という社会的活動と同時に、学生に対しては教育実践経験の修行の場を提供していると考えている。我々は、大きな逸脱的な振る舞い、および事故が起こる兆候が無い限り、学生を監視しつつも自由に活動させている。時には、学生の立場でのユニークなアイデアが出てくることもあり、我々が教わることも少なくないのが現状である。

学生主体の企画としては、「3Dシアター」がある（図4）。総括的な管理は我々教員が行うものの、3D宇宙地図ソフト“Mitaka”を活用した番組づくりについては、すべて学生達が仕切っている。先輩達は卒業時に後輩達に引き継ぎ、解説に際してのノウハウなども蓄積してきたようだ。学生による宇宙旅行ガイド（太陽系、銀河系、銀河・銀河団などの解説）には、おそらく不正確な部分もあって、参加者からお叱りを受ける場合もあるかと覚悟はしているのだが、直接的なクレームは一件も頂いていない。上映中、あるいは上映後の学生達との会話の中で自然と自己解決しているようだ。

学生による「3Dシアター」上映の内容については、回答数380件のうち、「とてもためになった」111件、「楽しかった」263件、「つまらなかった」6件。レベルについては、「とても難しかった」12件、「少し難しかった」69件、「適度であった」271件、「やさしかった」39件となっている。学生による番組には、つたない解説もあるだろうが、筆者らの心配をよそに、学生達は高い評価を得ている。迫力のある映像を提供してくれる“Mitaka”ソフトウェアにも助けられて、参加者方は「太陽系と銀河系の位置関係が分かって良かった」「子供でも楽しめる」「質問への対応が良かった」など感想を頂いており、十分楽しんでいただけているようだ。このことは学生達自身の自信にも繋がっているようで、（このような機会に訓練を積んだ学生は）4年時の卒業研究発表時のプレゼンテーションの質が相当に高くなっている。

このことは、天体観望会についても言えることで、

小型望遠鏡の操作と観望会参加者への解説、また質問への回答、といった適度な緊張感の中でのやり取りは、いずれ社会に旅立った折に生きてくると期待している。

筆者らは学生のボランティア的活動に助けられ、学生はよい教育実践の場を得て、そして一般公開参加者は層の厚いサポートを得ることになる。本学天文台一般公開は、（当初から意図していた訳ではないのだが）天文教育実践の場として、社会人教育と学生教育を相補的に実行できている。

7. まとめと今後の課題

我々が大学教員（天文学・宇宙物理学の専門家）として伝えたいことと、参加者が興味・教養として求める内容に多少の距離感があることは事実である。このことは、実際に天文台一般公開を数年に渡って開催してきて感じる実感である。それゆえに、講座時にはその反応やその後の質疑応答の様子を顧みて、その距離感を縮めるべく工夫している。繰り返し参加して下さる方々には、一段一段と（知らず知らずのうちに）知識や考え方を伝授できそうであるが、一回きりの参加者を満足させるためには、更なる工夫が必要だろう。この工夫については、天文台一般公開では（特に講座において）何をどこまで伝えるのがベストか、それを具現化する方策は？飽きさせない工夫は？など、さらなる改善が必要である。時代とともに天文学の宇宙探査技術は向上し、新しい発見が次々ともたらされる。天文学の最先端も移り変わり、時として宇宙の概念に修正が入ることすらある。筆者らは、大学人・研究者としてこれら新たな変化に柔軟に対応して、専門的知識や概念を咀嚼し、教育・啓蒙と言う形で社会に還元したいと考えている。

愛知教育大学天文台一般公開の今後の予定、および過去の一般公開の開催状況、アンケート集計結果、その他天文学・宇宙物理学に関するQ&Aについては、愛教大天文台ホームページ：

<http://www.phyas.aichi-edu.ac.jp/~takahasi/AUE60Tel/index.html>

で公開している。

国立天文台「Mitaka」

<http://4d2u.nao.ac.jp/html/program/mitaka/>

謝辞

本論文の執筆にあたり、一般公開時のアンケートを取りまとめ集計してくれた現在と歴代の学生の皆様に感謝致します。

（2017年9月25日受理）