

# ポスター発表





# 宇宙の中心はどこか 麻布学園における宇宙を主題とした選択講座の紹介

林 隆之 (麻布中学・高等学校)

## **Introduction to a lecture course on the center of the universe presented in Azabu high school**

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

### **Abstract**

Humankind has improved its view of the universe. In ancient times, the center of the universe was thought to be positioned at the Earth. As time goes on, the supposed center had moved to the Sun and then to the Galactic center but nowadays we consider that no specific center exists. Here, one of the basis for “the absence of the center” is relativity, which is not treated in an official curriculum of Japanese school. In this paper, we would like to introduce a lecture course of relativity that is held on Azabu high school. Also a brief overview of a course on the history of astronomy is presented.

### 1. はじめに

人類は古代から現代にかけ、その宇宙観を発展させてきた。その際、「宇宙の中心」への認識に何度かのパラダイムシフトが生じている。例えば中世までは、地球と太陽のどちらに太陽系の中心があるのかが議論された。また、近代においては銀河系スケールの論争があった。今では系外銀河として認識される星雲が、銀河系の一部なのか、それとも銀河系外にあり銀河系と同様の島宇宙なのか、2つの仮説の対立があった。そして、最終的にはハッブルの法則や相対性理論をもとに宇宙には特定の中心がないと理解されるようになる。人類は、宇宙の中心を徐々に地球から遠ざけ、最終的には中心自体が存在しないと捉えるに至ったのだ。

宇宙の空間スケールは、直接的な観測量ではない奥行きに関するものであり、中学・高等学校の理科において特に時間をかけて学ばれるものである。先に述べた「宇宙の中心」に関する議論を時代背景と結びつけて考えることは、空間軸を人類の歴史という時間軸に対比させることになり、空間に対するスケール感覚を養う一助になると考えられる。ところが、これまでこのような学習は学習指導要領の範囲内では行われてこなかった。理科としては、宇宙の構造を解き明かすことにつながった観測的証拠がいくつか挙げられるに留まっている。本講演では、以上を背景として講演者が麻布学園で取り組んでいる「宇宙の中心」を主題とした選択講座を紹介したい。

### 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。高校1年までを基礎課程とみなし、特に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3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、実質的には地学基礎（場合によっては地学）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，本年度，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」を開講している．

### 3. 教養総合「宇宙物理学入門」について

#### 3.1. 講座の意図と到達目標

宇宙の中心が存在しないことの理論的根拠を与えるのが相対性理論である．今回の講座では主に特殊相対理論を扱ったが，これは観測者ごとに時間が異なるという非直感的な議論を含むため，中高で紹介されることはない．しかし，相対性理論はGPSをはじめ現代社会の基盤を支える重要な理論であり，特殊相対性理論であれば高校の数学知識さえあれば理解可能である．また，相対性理論は高校物理で学ぶニュートン力学を拡張したものであるため，これを学ぶことで高校物理の学習にも良いフィードバックをもたらさう．以上を鑑みて，希望者のみ受講する講座であれば十分取り扱うことができると判断し本講座を開講するに至った．シラバスに掲載した紹介文は以下の通りである：

中世まで，宇宙の中心は地球にあると信じられていた．そして近代になると，地球は太陽の周りを回る惑星の一つに過ぎないと理解されるようになる．宇宙の中心が太陽にあると考えられるようになったのだ．ところが現代では，宇宙には特定の中心がないとされている．その根拠の一つが，アインシュタインによる特殊相対性理論である．

特殊相対性理論は「時間が伸び縮みする」「難解で理解する人がいなかった」という断片的な情報で語られることが多い．しかし，実は高校数学（と熱意）さえあれば，その本質を十分に理解可能である．本講座では高校で学ぶニュートン力学の問題点を指摘し，特殊相対性理論の要となるローレンツ変換を導出・理解することを目標とする．その上で，余裕があれば特殊相対性理論で説明できる現象（特に天体現象）のいくつかを紹介したい．また，教員側の考える到達目標は以下の通りである：

- + 物理学的な知見
  - ・ 物理学における座標の重要性を理解する．
  - ・ ニュートン力学では慣性系という特別な座標系があり，力学法則はまずこの座標系で定義されていることを理解する．
  - ・ 一方，特殊相対論では，絶対的に特別な座標系は存在しないことを理解する．
  - ・ 特殊相対論は電磁気，波動，力学という高校物理のいくつかの分野を統一した理論であることを体感する．
- + 天文学的な知見
  - ・ 特別な座標系がないことから，この宇宙にも特別な点はない（i.e., 宇宙には中心がない）ことを理解する．
- + 総合的な知見
  - ・ 地学（天文分野）と物理は高校では別科目となるが，物理学でも宇宙を議論していること，つまり，学問分野の境界は恣意的であることを体感する．

以上を踏まえて表1のようにカリキュラムを構成し，講義を行った．

#### 3.2. カリキュラムを組む上で留意した点

ニュートンの運動法則を正確に扱う：ニュートン力学は運動3法則を出発点とする理論だが，「第2法則が第1法則を包含するので無意味」という誤解を多くの学習者が持つ．ここで，ニュートン力学では慣性系という特別な座標系を仮定している点を強調することで，ニュートン力学に潜む宇宙観（宇宙のどこかに特別な点を仮定していること）を垣間見ることができ，地学的な視点を引き出すことができる．

**座標変換に真摯に向き合う：** 座標変換自体は様々な形で高校物理に登場する。しかし、数学的な形で座標変換を取り扱うことは少ない。従って、非自明な座標変換も暗黙のうちに導入されてしまい、大学側の要求する高度な理解へ到達することへの妨げになりうる。ローレンツ変換のような、時間を含む座標変換は高校生にとって非自明ではある。しかし、このような非自明な変換を学ぶからこそ、明示的な導入が行われ誤魔化しのない正確な理解が得られると期待できる。

**波動分野で学ぶ装置の科学的意義を学ぶ：** マイケルソン干渉計は高校物理でも扱われるが、「練習問題のための装置」として終わることも多い。エーテルの検出実験としての装置として紹介することで、20世紀初頭の電磁気、相対論の進展に果たした貢献を学ぶことができる。

**一次変換の導入：** ローレンツ変換の導出を1度は行う。しかし、正規の理科の学習で既に手一杯の生徒にはローレンツ変換を覚えるほどの定着は望めない。現行指導要領で範囲外の一次変換を敢えて導入し、ローレンツ変換は2次元のミンコフスキー時空上で視覚的に処理した。

**相対論的ジェットの取り扱い：** 相対論的ジェットは観測天文学の話題であり、活動銀河核の現象という括りでは地学で学ぶ内容である。しかし、その考察には物理で学ぶ特殊相対論が重要な貢献を果たし、これは天文学を将来志す生徒にも素養として物理が必要であることを伝える一助となる。なお、講座名を「相対性理論」ではなく「宇宙物理学入門」とした意図もここにある。

**高校物理の分野同士の繋がりを見せる：** 高校物理では「力学」「熱力学」「波動」「電磁気」「原子物理」の5分野を主に学ぶ。光波は電磁波であるため、「波動」と「電磁気」は密接に関連する。また、電磁波の波動方程式を共変にし、ガリレイ変換を拡張した座標変換がローレンツ変換である。従って、特殊相対論は「力学」と「電磁気」を統一する理論である。特殊相対論を通じて、少なくとも「力学」「波動」「電磁気」の3つが独立な分野でないことを学べる。以上の流れを見せることで、現代物理学における大テーマである「力の統一」が何を意味するか垣間見られることもできる。

表 1 「宇宙物理学入門」のカリキュラム

回	内容
第1回	ニュートン力学（慣性の法則と運動方程式の関係） ガリレイ変換に対する運動方程式の共変性
第2回	光速度一定の原理とローレンツ変換 ローレンツ変換における速度の加法定理
第3回	「波動」の復習 光速度の測定実験（フィゾーの実験）
第4回	「光波の干渉」の復習 エーテルの検出実験（マイケルソン干渉計）
第5回	行列と一次変換 ミンコフスキー時空
第6回	ミンコフスキー時空上で的一次変換としてのローレンツ変換 双子のパラドックス
第7回	相対論的ジェットの超光速運動 相対論的ジェットの電波強度変動
第8回	特殊相対論的な運動方程式 等価原理と一般相対性理論の導入

#### 4. 教養総合「天動説から地動説へ」について

##### 3.1. 講座の意図と到達目標（仮）

科学的知識は歴史の中で育まれてきたが、理科のカリキュラムの中では時代背景に触れる機会

に乏しい。一方、科学的知識の進展は文化史として社会科の中で触れられるが、科学の具体的な話題になると社会科教員にとっては触れづらい話題となるだろう。結果的に科学史はどの教科でも触れられない空白領域となる。講演者はこれまでも科学史の講義を中学校で行ってきたが（林, 2014）、これを発展させ今年度は理科・社会科教員のチームティーチングを計画している。科学と社会の関係からは、現代にも応用可能な普遍的な教訓を引き出せる。今回、その題材として、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学ぶ講座「天動説から地動説へ」を開講するに至った。実際に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。

また、教員側の考える到達目標は以下の通りである：

＋ 地学的な知見

- ・ プトレマイオスの天動説にて、観測データに対する理論モデルのフィッティングを行った点は現代科学と同一であることを理解する。
- ・ 理論モデルの変数を増やせばフィッティング結果はよくなる（i.e., 周転円をどこまでも増やせば惑星運動を説明することは可能である）ことを理解する。
- ・ 一方、ただ単に周転円を増やすだけでは「金星の食」を説明できないことを理解する。

＋ 社会的な知見

- ・ ギリシアからヘレニズム、ルネサンスで宇宙観が変遷した背景を理解する。
- ・ ギリシアからヘレニズム、ルネサンスにおける学問の有り様の変化が天文学に限らず普遍的なものであったことを理解する。

＋ 総合的な知見

- ・ STAP 問題（プトレマイオスの剽窃、ガリレオの実証との比較）や原発問題（「御用学者」など）など科学と現代社会の関係について議論する。
- ・ 世界史と地学は高校では別教科となるが、これらの間には密接なつながりがあること、つまり、学問分野の境界は恣意的であることを体感する。

なお、具体的なカリキュラムについては、この講座の講義がまだ始まっていないことから本集録では割愛し、別の機会に改めて紹介したい。

## 5. おわりに

人類は時代とともに宇宙観を発展させ、各宇宙の中心は地球、太陽、銀河中心へと移り変わってきた。そして今や宇宙には特定の中心がないと理解されている。ところが、中高の理科教育ではこれらの学習に関して追求しきれていない要素が多く残る。例えば、宇宙観の進展に影響を与えた社会的背景の学習、宇宙に中心のないことの理論的根拠となる相対性理論の学習が挙げられる。麻布学園では、「教養総合」という選択講座を開講しており、その中でもこれらの内容を扱える。講演者は「教養総合」の枠内で、宇宙の中心に関する授業に取り組んでおり本稿ではこれを紹介した。今後は教材を整備するとともに、カリキュラムを改善してゆきたい。

## 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

# 市民とともに夜空の明るさ調査 「ひらつか星空調査隊」活動報告

塚田 健、藤井 大地 (平塚市博物館)、平塚市博物館天体観察会有志

## How to Write a Manuscript for the Proceedings

TSUKADA Ken, FUJII Daichi (Hiratsuka City Museum),  
Hiratsuka City Museum Astronomy Club

### Abstract

In Hiratsuka City Museum, we began working to investigate the night sky brightness with the citizen as “Hiratsuka Starry Sky Expedition”. In this paper, we will report the overview and result of the first year.

## 1. はじめに

人工光の漏出は周囲の自然環境に様々な影響を及ぼし、それを光害（光もれ害）という。影響の一つが、漏れ光が大気中の微粒子で拡散されて夜空が明るくなることであり、その程度を「夜空の明るさ」と呼んでいる。平塚市博物館（以下、当館）では、環境庁（現・環境省）が実施していた「全国星空継続観察（スターウォッチング・ネットワーク）」に開始当初から参加していたが、同調査は平成 25 年度に終了をしてしまった。それを受けて当館では、市民が参加する形で広く市域全体の「夜空の明るさ」調査を行うことを目的に、『ひらつか星空調査隊』を平成 26 年度に立ち上げた。当館ではこれまでも市民参加による市内の生物相調査などを行った実績があり（「みんなで調べよう！シリーズ）、本調査はその一環でもある。最初の調査は平成 27 年 1 月～2 月にかけて行い、その結果をまとめることができた。本ポスターでは、『ひらつか星空調査隊』の概要と初年度の成果を報告する。

## 2. 光害（光もれ害）とは

本会の会員や研究会の参加者には釈迦に説法と思うが、人口光が過度に漏出し周囲の自然環境に様々な影響を及ぼすことを光害という（光もれ害の方が現象を正しく表しているのでは、という意見があり、筆者もそれに賛同するためここでは光害と光もれ害を併記しているが、意味するところは同じである）。環境省のガイドラインによれば、光害とは「良好な照明環境の形成が、漏れ光によって阻害されている状況又はそれによる悪影響」と定義されている。光害（光もれ害）の影響は農作物の生育不良や人間の睡眠障害など様々だが、その中に天体観察への影響（星が見えにくくなる）というものがある。これは過度な漏れ光

のみならず大気中の微粒子の増加（大気汚染）も影響している。平塚市内においても 60～70 年ほど前は市内で天の川が見える場所が少なからず存在していたが現在はほとんどなく、当館の活動である「星を見る会」や「天体観察会」にも大きな影響を及ぼしている。当館では特別展の開催やプ



画像 1

国際宇宙ステーションから撮影された首都圏の夜景 [NASA]

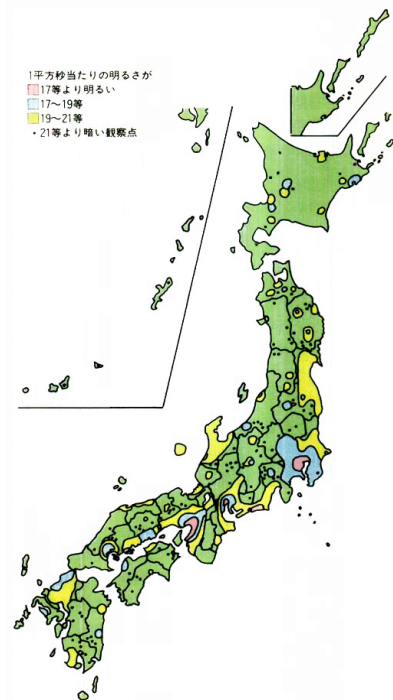
平塚市は都心から 50 km ほど離れており、市内には里山や農地が広がる地区も多いが、光害（光もれ害）の影響はかなり大きい。

ラネタリウム投影などを通じて、夜空（星）を見上げ、来館者と宇宙のつながりを認識してもらい、宇宙における自己の位置づけやこの世界（宇宙）のしくみや成り立ちを知ってもらいたいと考え活動しているが、その根本である「夜空を見上げて星を見る」という行為が、市民が日常生活を送る平塚市域において、光害（光もれ害）によって難しくなってしまう現状がある。

### 3. 平塚市博物館における光害（光もれ害）の調査

当館では、環境庁（当時）が実施した光害（光もれ害）調査「全国星空継続観察（スターウォッチング・ネットワーク）」に、定点観測団体および一般観測団体として初年度（昭和 63 年度）から参加し、定点観測団体として一眼レフカメラによる星夜写真の撮影、一般観測団体として当館の天文サークルである天体観察会会員有志による肉眼および双眼鏡による観測を行い、データを提供した。同ネットワークは全国的な調査であるが、定量的な観測を行える定点観測団体は 21 しかなく、全国の大まかな傾向はつかめても地域における細かな状況はわからない。地方自治体や地域の科学館等ではその地域独自の調査を行って光害（光もれ害）の把握に努めているところも多く、近年では日本天文学会ジュニアセッションにおける高校生による発表も多数行われている。

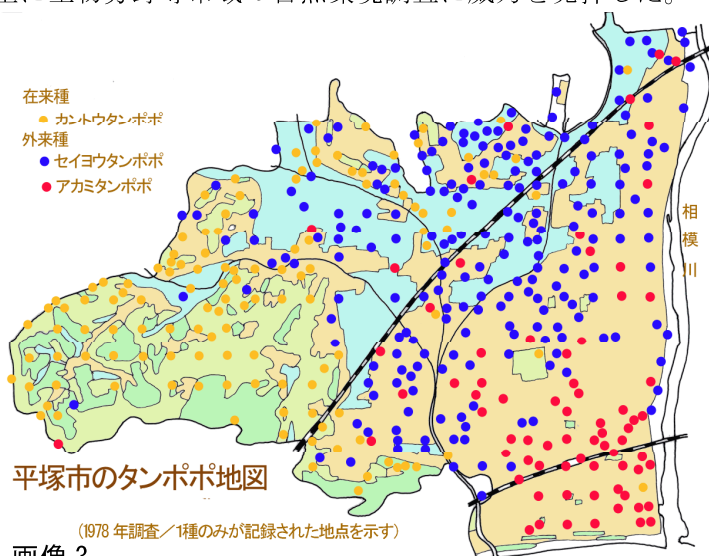
当館では市民協働型の調査活動を開館以来続けており、平成 25 年度に「星空継続観察（スターウォッチング・ネットワーク）」が終了したことを機会に、それまで当館屋上でのみ計測していた平塚市の夜空の明るさを、市民の協力のもと市域全体で調査することとした。



画像 2  
日本の夜空の明るさ分布（平成 9 年）[環境省]

### 3. 平塚市博物館の「みんなで調べよう！」

当館では、博物館活動（資料収集保存・調査研究・展示等資料活用など）のすべてに市民が関わることを基本としている。それはサークル活動であり、普及活動（イベント）であるが、そのうちの一つに「みんなで調べよう！」シリーズがある。開館直後から行われてきたこの活動は、主に生物分野等市域の自然環境調査に威力を発揮した。



平塚市のタンポポ地図

(1978 年調査 / 1種のみが記録された地点を示す)

画像 3

みんなで調べよう「たんぽぽの分布調査」の成果

一例として、1978 年から 1979 年にかけて行われた「たんぽぽの分布調査」や「セミのぬげがら調査」がある。それぞれ調査方法を学芸員より学び、参加者は各自自宅周辺で決められた期間内に調査を行う。その結果は持ち寄り集積され活用されていく。「セミのぬげがら調査」では、種毎の市域における分布の違いが調べられるとともに、ぬげがらを資料として収集し展示に供し、また成果は出版されるなどして他の博物館でも活用できるようにした。

そこで、夜空の明るさ調査についても、「みんなで調べよう！」シリー



ズとして行うことにした。

#### 4. 「ひらつか星空調査隊」平成 26 年度の成果と今後の方向性

「みんなで調べよう！」シリーズの一つとして夜空の明るさを調査するために、「ひらつか星空調査隊」を結成、調査に参加する市民を広く公募した。多くの人に参加してもらうためには、ある程度精度を犠牲にしても簡便な方法を用いる必要がある。そこで、「オリオン座観察カード」を用意し、それを実際に夜空と見比べ、どのカードが近いかを判定し報告してもらうことにした。これは国際ダークスカイ協会が実施している Globe at Night とほぼ同じ方式である。晴天率と薄明終了時刻を勘案して調査時期は 1 月から 2 月にかけての月明かりのない時期とし、調査域であるオリオン座が高く昇っている時間帯を調査時刻とした。対象域としてオリオン座を設定したのは、誰もがかんたんに夜空で見つけられる形であり、明るい星から暗い星までバランスよく存在しているからである。

入隊申し込みをした参加者には隊員証を発行、昼と夜の 2 回の講習を受けた後に調査を行ってもらった。昼の講習では光害（光もれ害）についての解説と調査の概要説明、プラネタリウムを用いた練習を行い、夜の講習では博物館の屋上で実際の星空の下での調査練習を行った。調査はそれぞれ自宅前で行ってもらったこととしたが、周辺の複数個所を調査した隊員や市内を巡って調査した隊員もいた。



画像 4  
「ひらつか星空調査隊」隊員証

#### ひらつか星空調査隊 オリオン座観察カード

##### ☆観察するときのポイント☆

- ✓ 街灯などの明かりが直接、目に入らないようにしましょう。
- ✓ 家の中やベランダから空を見るときは、部屋の中の照明は消しましょう。
- ✓ 5～10分程度、目を星空に慣らしてから観察しましょう。
- ✓ 冬の夜は寒いです。暖かい恰好で観察しましょう。

氏名



③ベテルギウスとリゲル、三ツ星以外にもいくつか星が見える

画像 5

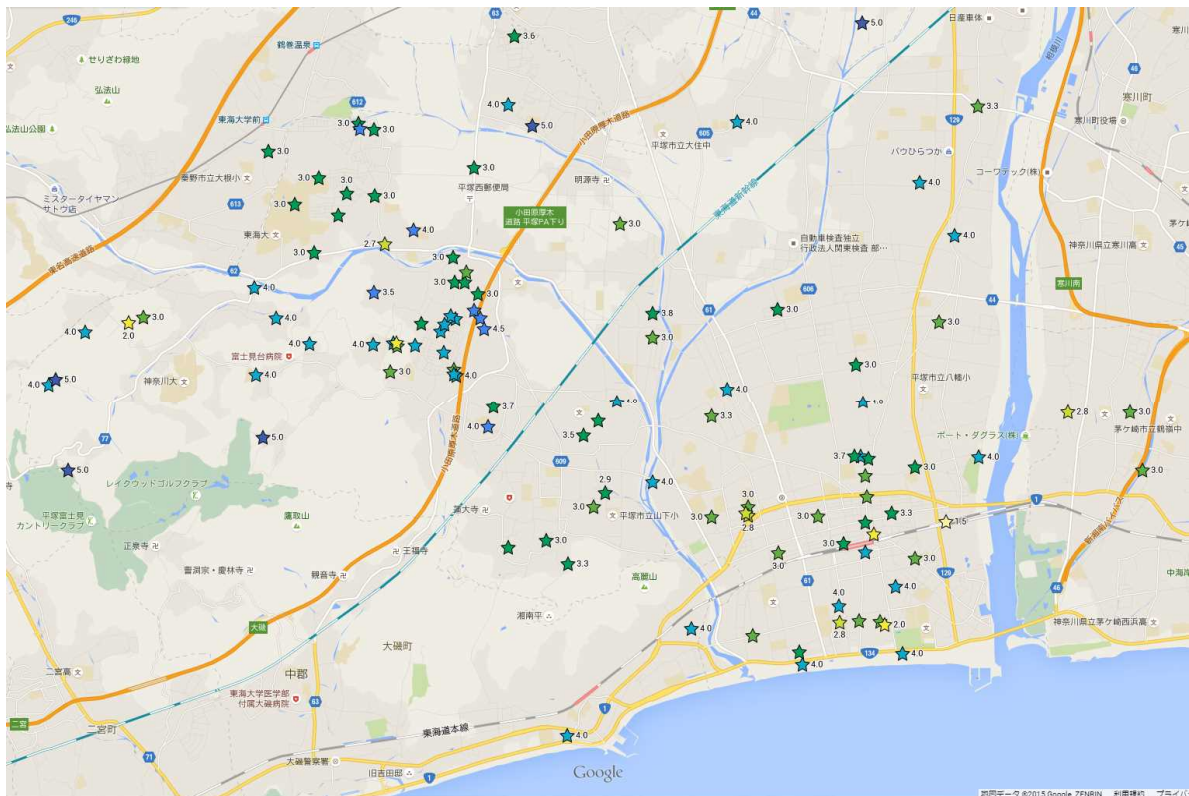
「ひらつか星空調査隊」オリオン座観察カード

#### 5. 「ひらつか星空調査隊」平成 26 年度の成果と今後の方向性

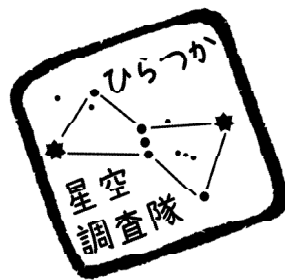
平成 26 年度の「ひらつか星空調査隊」には、平塚市民を中心に周辺市町からの参加も合わせて計 133 人が登録し、うち 91 名から 105 地点のべ 284 報告があげられた。その結果を地図上にプロットしたのが図 7 である。調査の結果、冬で空の透明度が高く、市内でも 4 等台前半を見ることはそれほど困難ではないことがわかった。しかし、市の中心部（平塚駅周辺）はやはり明るく、反面、市域の北側と西側ではかなり暗いところもあった。また観測地の照明環境が大きく影響しているため、その結果が影響を及ぼしている観測地もあった。

本年度は初回であったため、問題点や課題も数多く浮かび上がった。まず、眼視で観察を行うため、視力などの個人差が大きくなってしまった。同一地点で家族など複数人が観察をすると平均化されるので、近隣の観察地点を含めて隊員を増やすことで対応するとともに、より定量的な議論が行えるようにいくつかの地点ではデジタルカメラによる写真撮影を取り入れるなど、データの客観性を高めていく必要がある。また、参加人数はまだまだ足りず、市域をカバーするはいたっていない。学校や公民館にも働きかけるなど、より地域を巻き込んだ調査に発展させていきたいと考えている。

さらに、当館がある平塚市は七夕祭りの街として知られている。市民に対する興味関心を高めるためにも、七夕（旧暦含む）の時期である下記の調査も行っていきたいと考えている。皆さんの中にも夜空の明るさ調査を行っている方がいれば、ぜひ著者（zaq02020@nifty.com）までご助言等いただきたい。



画像 6  
「ひらつか星空調査隊」平成 26 年度調査結果



画像 7  
「ひらつか星空調査隊」シンボルマーク  
講習を受講した際などに、隊員証にこのスタンプを押印した。

# 学術研究としての天文教育・普及 — 論文投稿の勧め —

縣 秀彦 (自然科学研究機構 国立天文台)

鷹野 重之 (九州産業大学工学部)

松本 直記 (慶應義塾高等学校)

## Astronomy educations as a branch of academic discipline

### - Recommendation of Submission papers about astronomy education

Hidehiko Agata (NINS, National Astronomical Observatory of Japan)

Shigeyuki Karino (Kyushu Sangyo University)

Naoki Matsumoto (Keio High-School)

## Abstract

We discuss significances to organize our studies about astronomy educations and out-reach activities in (academic, peer-reviewed) papers. We research the trend of recent (peer-reviewed) papers about astronomy education, and we show that the papers are severely dispersed. For the establishment of astronomical education field as an important branch of academic discipline, broad sharing of knowledge in this field is highly required.

## 1. はじめに

昨年、天文教育研究会@東京学芸大学にて問題提起したように、私たち当会の会員各位が取り組んでいる天文教育や天文普及に関して、会員による新しい知見や新規性や普遍性の高い実践の評価等が論文としては十分に記録されていない。このことは、今の時代の天文教育・普及分野での貴重な前進の記録が後世に十分伝えられないばかりか、今日、国内外で同様の研究や実践活動に取り組む方々への情報提供になっていないと強く危惧される。

近年、初等中等教育の現場や生涯学習施設のみならず、大学や研究機関においても教育活動と普及活動は研究活動と並んで重要な業務とみなされるようになってきている。しかし、研究成果とは異なり、教育・普及に関する知見の共有はここでもあまり進んでいない。天文教育や普及活動により得られた知見を、とくに査読論文として発表することは意義がある。査読を経ることで、これらの知見が認められ、深化され、広く共有されていく。天文教育・普及分野も査読審査を通じた学問の標準的な進め方を受け入れることで、多くの学際的な学問分野同様に学問の一分野としての基盤を確立していくことが可能であろう。

さらに現状の問題点として、天文教育・普及に関心のある同士が、現状では多くの学術団体に分散してしまっていることが、知見の共有の大きな障害となっている。天文教育普及研究会が中心となって、天文教育・普及に関心のある全ての人にアクセス可能な形で、知見の共有を実現することを提案したい。また、当天文教育普及研究会会員は「天文教育」誌に進んで論文を投稿してほしいと願う。なお、本ポスター発表は天文月報に投稿した縣ほか(2015)の要約である。詳細については是非、そちらも読んでいただければと思う。

## 2. 学術研究の動向

最初に日本天文学会年会「天文教育・その他」講演の推移を調べた。日本天文学会では 1994

年秋季年会より「天文教育」セッションが設置されている（注：1997 年秋より「その他」と一体になり「天文教育・その他」セッションとなる。また、1994 年春は「その他」セッションのみ開催）。天文学会年会における天文教育セッションにおける講演数は設置以降おおむね増え続けており、2015 年春季まででは全 713 講演が行われている。図 1 に、年会における天文教育セッションでの講演数の推移と、全講演に対する割合の推移を示す。年会における講演申し込み募集の案内において、「講演は完成度の高いものに限る」と明記されていることから、天文教育分野は学術的に価値のある、天文学会内で議論すべき一分野としての価値が学会内では認識されていると考えてよいだろう。

しかし、残念ながら天文学会年会における講演は、査読付き学術誌に掲載された論文のように厳正な審査を経た研究結果ではない。これは、学会年会での講演は、完成された研究のゴールとは認識されておらず、研究を進める過程での中間作業として捉えられることが多いからだ。学会発表が研究の一過程であるならば、その研究が完成した段階では、学術誌に投稿するのが通常の研究プロセスである。ところが、「天文教育・その他」の講演が PASJ はもちろん他の学会誌等に掲載された例を調べてみると、査読論文として出版された例は極めて少なく、この分野の多くの貴重な研究成果が日の目を見ることなく終わっていると推察される。

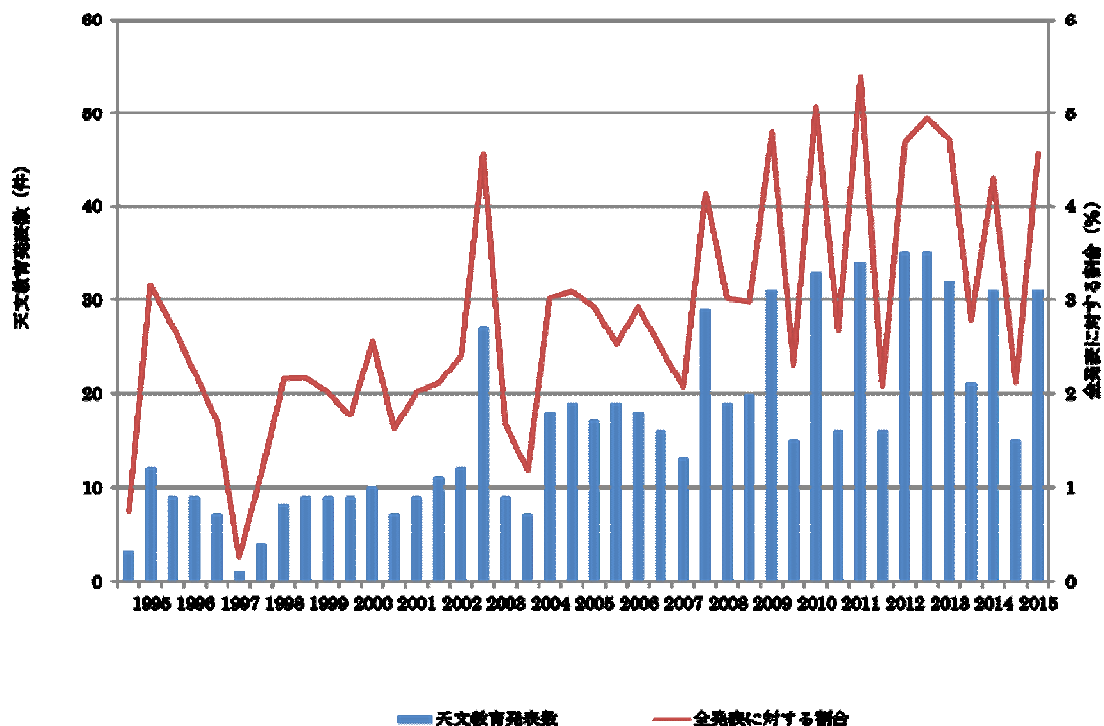


図 1 天文学会年会における「天文教育・その他」セッションでの発表数と、全発表数に対する割合 (%) の推移

なぜ、「論文」というと、例えば「天文教育」誌内の記事や天文教育研究会集録への投稿文章、各支部会での発表原稿などは専門家の査読を受けていないため、その主張や論旨、研究の過程や結果等に客観性が保たれないと一般的には認識されてしまう。そのため、これらの文章は一般的には利用価値が論文より低いと見なされやすく、その後の発表機会において引用されにくいということになる。このため、後発の研究者・実践者が世間の膨大な情報の中からエビデンスの高い知見を探し出すことが難しい。また、図書館や学術に関する様々なデータベースに置いてもらうことが困難である。一方、論文という形態にまで実践や研究を深化させておくことで自身の業績としてもカウント出来るので、キャリアを繋ぐ上ではメリットがある。したがって、論文にすることはこの分野を職業としたい若い人たちに特に重要な意味を持っている。天文教育・普

及に携わっている人が、同好会的な活動から一步踏み出し、より広範な人々と知見を共有し、その意義を認めてもらうことと、より後世の人々に研究成果や新基軸を伝承していくことは、論文として発表することの意義と言えるだろう。

次に、和文論文誌への天文教育・普及論文掲載数を調べた(表1)。調べたのは天文教育普及研究会の「天文教育」他、関連性が深いと推察される日本地学教育学会「地学教育」、日本科学教育学会「科学教育研究」、日本理科教育学会「理科教育学研究」、日本教育工学会「日本教育工学会論文誌」、日本サイエンスコミュニケーション協会「サイエンスコミュニケーション」、日本物理学会「大学の物理教育」、そして日本物理教育学会「物理教育」の8誌である。さらに、該当論文数上位5誌間での天文教育・普及論文の相互の引用数を調査した(表2)。

表1の学術誌に掲載された査読付き論文の中で、筆頭著者が日本天文学会員であるものは37%にすぎず、多数は教育関係者・教育学研究者によるものとなっている(天文学会会員名簿2014年版に基づいて算出)。また、天文教育普及研究会会員によるものも同程度と推察される。

表1 日本国内の天文教育に関連する学術誌

査読誌	部数(会員数) <sup>※1</sup>	発行(年)	web公開	CiNii	天文教育論文数 <sup>※2</sup>
天文教育	650	6回	○	△(一部)	5本
地学教育	650	6回	△(一部)	×	42本
科学教育研究	1,300	6回	タイトルのみ	○有料	12本
理科教育学研究	2,100	3回	○	△(一部)	14本
教育工学会誌	2,600	6回	会員のみ	○無料	13本
サイエンスコミュニケーション	500	2回	○(1年後)	×	2本
大学の物理教育	1,800	3回	○	○	3本
物理教育	1,200	4回	タイトルのみ	○	2本
査読無					
天文月報 (読み物として)	3,350	12回	○	○	

※1: webなどの掲載情報からの推計

※2: 2000年以降本稿執筆時まで

表1の掲載された査読付き論文数を見ればわかる通り、天文教育に関する学術論文は、天文学に関する学術論文よりはるかに少ない。天文学会年会の天文教育セッション発表数と比べても著しく少なくなっている。このような、科学と科学教育の乖離や、論文発表数自体の少なさは、私たち天文教育・普及のコミュニティにあってはさまざまなデメリットを生じさせている。

学術研究の成果は、その研究に関する研究者が参照し、後世へと継いでいく共有財産である。しかし、せっかくの研究成果が一部読者の目にしか留まらず、研究成果が共有されない状況では、そのような分野の今後の発展に重要な支障が出るのが危惧される。たとえば、誰かが過去に行った研究があるとき、天文学分野であればarXivなりADSなりを通じ、また学術論文の参考文献を参照することにより、過去の研究にアクセスすることが可能である。しかし、現状では、天文教育・普及に関心のある読者が、全ての関連論文にアクセスするにはかなりの努力が必要である。

表2 「縦」の論文における、「横」からの引用数

	科学教育研究	理科教育研究	地学教育	教育工学会論文誌	天文教育
科学教育研究	11	2	6	1	0
理科教育研究	6	6	19	0	0
地学教育	1	12	69	0	9
教育工学会論文誌	10	3	2	11	0
天文教育	0	0	2	0	3

表2に天文教育論文の引用数を示した。比較的多くの天文教育論文が掲載される「地学教育」でさえも、他の論文誌からの引用数は少ない。これは、各学術誌を発行する学術団体に所属する天文教育関係者の数に依存している。また、ある学術団体に属する研究者は、他団体の学術誌まで目が届いていない（あるいは、届いていても無視している）ということである。日本語で書かれた論文の一部は CiNii により検索することができるが、それも十分生かされていない。知見を共有し、読み継いでいくという目的は、現状では残念ながら小さなコミュニティの中だけでしか達成されておらず、広く天文教育・普及に興味のある読者に対する知見の共有は進んでいないと結論づけられる。

### 3. まとめ

現状として、日本においては天文教育・普及論文および関連する研究成果発表は分散して存在しており、この分野の研究者や関係者が相互に理解を深めることを強く阻害していることを本発表では指摘した。このため、天文教育や天文普及に関しての論文データベースまたは論文データベースへリンクした論文紹介のポータルサイトが必要である。一方、「地学教育」誌や「サイエンスコミュニケーション」誌などはオープンアクセス化が強く求められる。

現在、日本地学教育学会に対して、論文誌の J-Stage 登録の促進、パスワード等を設けず、会員・非会員に広く公開することを地学教育編集委員会に要請している。

天文教育普及研究会としては、編集委員会およびウェブ委員会と協力して毎年の天文教育関係論文の一覧を「天文教育」やウェブサイトに掲載可能なよう、新たなワーキンググループ（仮称「天文教育論文アーカイブ検討」WG）の設置を提案する予定である。

### 参考文献

縣、鴈野、松本、「学術研究としての天文教育・普及」、天文月報、Vol.108(8)、2015

# 熊本市立博物館における天文講話概要について

中山 健二 (熊本市立北部東小学校)

## About Outline of the Astronomy Talk in Kumamoto City Museum

Kenji Nakayama (Kumamoto municipal Hokubuhigasi Elementary School)

### Abstract

I came to feel hard about "Irreplaceable of the Life" by learning about a Star. In Kumamoto City Museum, There was a chance to talk about " Star and the Life~a basis of Astronomy from the view point of Astronomy Education~ "

#### 1. はじめに

4月に熊本市立博物館より天文講演会の講師依頼があった。初任以来一貫して「いのち」の大切さについて考えてきた。また天文について興味があり、いろいろな活動をしてきた。そこで天文教育の立場から「いのち」について考えたいと思い、

「星といのち～天文の基礎、天文教育の立場から～」

という演題で話をすることにした。参加者の年齢は小学生から60代までと幅広く、また天文の経験も様々であり内容には配慮する必要があった。

#### 2. なぜ「星といのち」なのか

私は教え子を7人亡くしている。ひとりひとりの子どもや親御さん、お世話になった方々のことを今でもはっきり思い出す。6年生の最後の授業では

「いのちには限りがあります。しかし、遇わなくていい事故やならなくていい病気で親や先生より早く死んではいけません」

と話をして終わることになっている。

多くの「いのち」が失われる事故や事件が日々報道されている。いのちは大切だと誰でも知っている。しかし

「なぜ人を殺してはいけないのですか？」

という問いに明確に答えることができる人はどれだけいるだろうか。理科、とりわけ天文学は科学的な証拠にもとづいてこの問いに答えることができる。星について学ぶことは「いのちのかけがえのなさ」を感じることである。

#### 3. 「天文の基礎」とは何か (天文≠天文学)

天文の基礎とは、「天体の階層性」と「星の一生」だと考えている。

##### (1) 天体の階層性

天体は円い天井に張り付いているように見える。しかし、それぞれ距離が違っており、大きさも明るさも違う。流星を見て

「本当に星が流れている！！」

と感動している大学生がいた。

はしゃぐ学生たちのすぐ横にいた私は強いショックを受けた。天体の階層性について理解していないのである。階層性について学習する機会がなかったのだ。地球から天体までの距離について学ぶことで宇宙の構造を知ることができる。そして、そのことで宇宙の中の自分の位置や存在

を確かめることができる。

## (2) 星の一生

「私たちの体はお星さまのかけらでできている」とよく言われる。これを理解するためには星の一生を知る必要がある。自分の体が水素や炭素、酸素などでできていることは知っていても、酸素や炭素がどこでどのようにつくられたかを毎日の生活で考えることはない。

理科の教師であっても天文に興味があれば知らないことが多い。星も成長し死んでいく。その過程で星の内部で重い元素が次々にできていく。星は元素製造工場である。自分の体の材料が、星の中でできたことを知ることで宇宙と自分のつながりを感じることができる。

## 4. 内容について

どのように「天体の階層性」と「いのち」を関連づけて構成するか、具体的にどんな内容にするのか、どのような流れで話すのかに心を砕いた。以下の6項目について話をする予定だった。実際は時間の都合で(5)の一部と(6)の話はできなかった。

- (1) 天体の階層性・・・天体までの距離を知る。
  - ゲーム感覚で8つの天体を地球に近い順に並べる
  - アンドロメダ星雲、M42、土星、宇宙ステーション、太陽、月、流星、ベテルギウス
  - 1光年について
- (2) 地球と生き物・・・地球は私たち人間の母である。
  - 地球はどんな星か・・・地球について私たちは知っているようでよく知らない。
  - DNAについて・・・地球にはDNA型生物しかいない。
  - いのちの連続性について・・・生き物、ご先祖様、父母とつながっている。
- (3) 星の一生
  - 星の一生は星が生まれたときの質量で決まる。
  - 星の内部構造
  - 星の一生
- (4) 星と私たちのいのち・・・宇宙の創生から現在まで「いのち」はつながっている。
  - 星の中でつくられた元素で私たちの体はできている。
  - 「いのちのつながり」について
- (5) 宇宙を見る・・・宇宙を感じる。
  - 身の回りの生物および天体画像
- (6) 天文機材および天体写真の撮影方法について
  - 天文機材について
  - 天体写真の撮影方法について

## 4. 終わりに

予想したより参加者の年齢に差があり、内容を補うために話の途中で幼児用に作成したプレゼンを行った。事後のアンケートでは概ね好評だったが、内容にもっと配慮が必要だったように思う。

理科の教師としてセンスオブワンダーを育てること、そして天文関係の活動を通して天文の新しい知見をわかり易く伝えるアウトリーチ活動が重要なことを強く感じるようになった。これからも伝えるために活動していきたいと思う。



# S2 星を用いた銀河系中心大質量ブラックホールの

## 質量を求める教材の開発

松本 直記 (慶應義塾高等学校)、黒田 健治 ([株] 麹町企画)

### Development of a student's activity for investigate the mass of the ultra-massive black hole at the centre of the our galaxy using the S2 star

Naoki Matsumoto (Keio Senior High School), Kenji Kuroda(Koujimachi Planning)

#### Abstract

We made student's activity for the mass of the black hole at the centre of the Milky way galaxy. The mass is found from the orbit of S2. This activity can caricature the mass exactly in simple method.

#### 1. はじめに

われわれの銀河系の中心に位置するいて座 A\*は巨大質量ブラックホールであることが確実視されている。R. Schödel らマックス・プランク宇宙物理学研究所チームによる赤外線カメラ観測によって、いて座 A\*の周囲の恒星が公転運動をしていることがわかっている。そのうちのひとつ、S2 は 2002 年の段階で、太陽を回る彗星のような細長い軌道を持ち、およそ 2/3 周した様子が観測された。論文に示された軌道図には近 BH 点と遠 BH 点とその日付、軌道半径を推算できる条件が整っており、この情報を用いて我々の銀河中心ブラックホールの質量を求める生徒実習を作成しようと思い立った。

#### 2. ブラックホールの質量を求める演習

ブラックホールの質量を求める演習について、先行研究として篠原ら (2015) を挙げる事ができる。この論文では NGC4258(M106) の水メーザー電波観測の結果から銀河中心付近のガス雲のドップラーシフトを求め、大質量ブラックホールの質量を導いている。またこの報告から高校の生徒のブラックホールに対する興味が非常に高いことも示されている。

また、加藤ら (2004) は、大学生対象に調査を行い、文系は科学用語に対する認知率、興味も大きく低下するが、ブラックホールに関しては理系・文系問わず、興味が高いことを示した。

本研究で作成した実習では、我々の銀河系が対象であり、もともと高い興味度がある上により親近感を持ちやすいと期待できる。また、重力源の周りを回る天体の位置から物理量を読み取り質量を決定するので、ドップラーシフトを用いるより一手間少なく行え、理解も容易であるだろう。なお、篠原ら(2015)

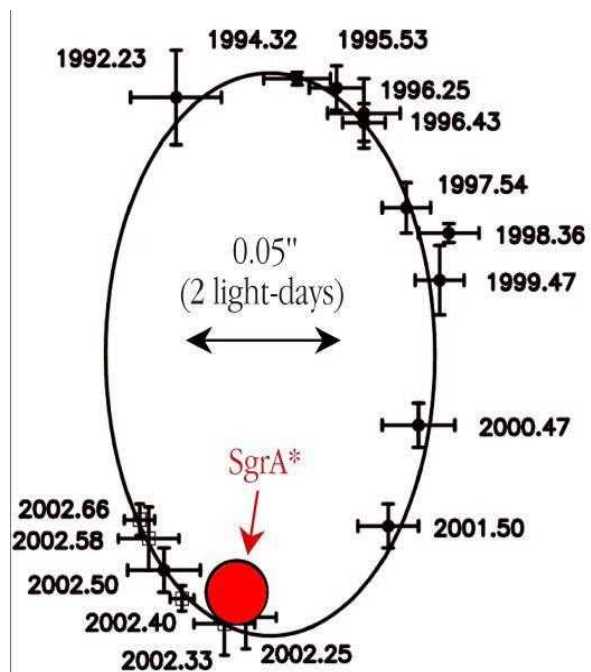


図1 S2の軌道 R. Schödelら(2002)より

の演習では科目として物理からのアプローチであったが、本研究の演習は軌道半径の理解、つまりケプラー第1法則の学習が必要なため、科目として地学からのアプローチに適している。

ある天体 A の周りを公転する天体 B の軌道半径  $a$  と公転周期  $P$  が求めれば、天体 A の質量は、

$$M = \frac{4\pi^2 a^3}{GP^2} \text{ と求めることができる。}$$

図1の、いて座 A\* と楕円の中心を通って軌道の曲線と交わる点が近 BH 点と遠 BH 点となる。また S2 の軌道傾斜角は  $135^\circ$  であるので、軌道半径  $a$  は近 BH 点と遠 BH 点の長さの半分を  $\cos 45^\circ$  で除した値となる。

図中の  $0.05''$  のスケールと、銀河系の中心までの距離  $8.3\text{kpc}$  を用いれば、軌道半径  $a$  を  $1.53 \times 10^{14} \text{ (m)}$  と求めることができる。

公転周期  $P$  は、図1の観測日時と作図で求めた近 BH 点と遠 BH 点の位置から、観測日時を内挿して近 BH 点と遠 BH 点の日時を決定した(図2)。両点の日時の差は公転周期の半分の期間であるので、2倍して S2 の公転周期を求める。

表1 実習で求められる物理量

このようにして求めた、それぞれの物理量と、銀河中心大質量ブラックホールの質量を表1に示す。

我々の銀河中心の大質量ブラックホールの質量はおよそ 400 万太陽質量といわれているので、かなり正確な値が、実際の研究データを用いながら比較的簡単に求められる。

教材化については、様々なレベルに応じてアレンジが考えられる。最新の天文学と教室を繋ぐという意味で論文に掲載された図版をそのまま用いるのが望ましい。

しかし対象に応じて平易な方法を提示することもできる。例えば、近 BH 点、遠 BH 点を作図して求めるのに対し予め点をプロットする、角度スケールと銀河中心の距離から軌道半径を求めるのを距離スケールにする、軌道傾斜の影響を考察・計算させるのに対し、軌道傾斜補正済みの図を用意する、などの方法が考えられる。

比較的平易にアレンジした実習の生徒用プリントを次ページより示す。高校や大学の一般教養などでぜひ実践して頂き感想などを頂ければ幸いである。

### 3. おわりに

この実習は現在制作中の科学技術振興機構デジタルコンテンツ「関係マップで学ぶ最新宇宙論」(暫定公開中)制作の一環で作成したものです。また、教材化にあたり慶應義塾大学岡朋治先生にアドバイスをいただきました。この場を借りてお礼申し上げます。この実習のデジタル版は理科ねっとわーく(要登録: <http://www.rikanet.jst.go.jp>)よりダウンロードすることができます。

### 参考文献

- [1] Schödel, R., et al., 2002. A star in a 15.2-year orbit around the supermassive black hole at the centre of the Milky Way. *Nature* 419, pp. 694-696.
- [2] 篠原秀雄ほか(2015), 高校物理における天文研究データの教材利用ーブラックホールの質量導出教材を事例としてー, 天文教育 Vol27, No.1, pp.37-47
- [3] 加藤万里子ほか(2004), 大学一年生の物理への関心度と知識度調査, 慶應義塾大学日吉紀要自然科学 Vol.35, pp.45-61

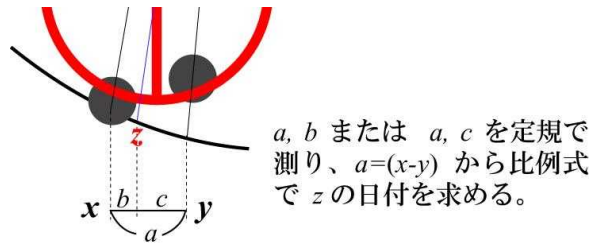


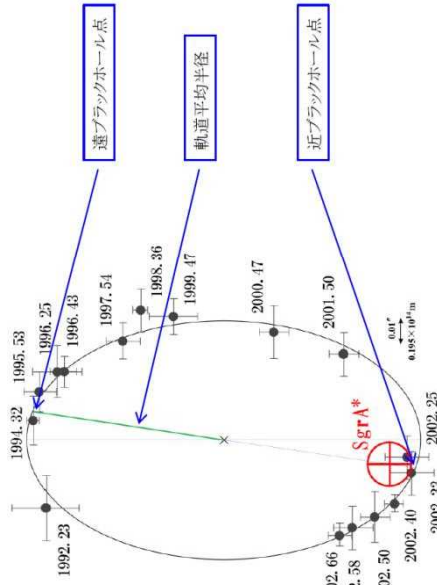
図2 近 BH 点日時の決定

近 BH 点	=1994.64(年)
遠 BH 点	=2002.31(年)
公転周期 $P=(\text{遠}-\text{近}) \times 2$	=15.34(年)
	= $4.84 \times 10^8$ (秒)
軌道半径 $a=0.123'' / \cos 45^\circ$	= $1.53 \times 10^{14} \text{ (m)}$
質量 $M=4\pi^2 a^3 / GP^2$	= $9.04 \times 10^{36} \text{ (kg)}$
	= $4.55 \times 10^6 M_\odot$

演習—銀河中心の巨大ブラックホールの質量を推定する

【課題】

① 図1は、S2の10数年にわたる位置観測の結果を示している(十字バーは測定誤差)。楕円はこの結果から推定されるS2の公転軌道である<sup>※1</sup>。この図をA4用紙に印刷して、楕円軌道の長半径(軌道平均半径に等しい)を定規で測り、0.01"の長さから、その距離を換算する。



② 楕円軌道の中心と、Sgr A\*の中心を結ぶ線が軌道と交わる点(近ブラックホール点と遠ブラックホール点)の日時を、比例式を使って求め、その2倍を公転周期とする。(1年は365.2422日で計算する)。日時は年単位で表してある。

③ (1)式を用いて、中心部の巨大ブラックホールの質量  $M$  を求める。ただし、万有引力定数は  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{s}^2 \cdot \text{kg})$ 、 $M$  は太陽質量 ( $1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$ ) で換算すること。

【補足】 Z. Q. Chen らのグループによる VLBI (超長基線電波干渉計) での、Sgr A\* の 3.5mm 電磁波観測では<sup>※2</sup>、この波長で光っている領域の大きさは約 1 au (天文単位) であることがわかり、この小さな領域に Gillessen らが求めたものとほぼ同じ質量が存在することから、Sgr A\* が巨大ブラックホールの有力な候補であると考えられるようになった。

※1 Gillessen, S. et al. 『Monitoring Stellar Orbits Around The Massive Black Hole in The Galactic Center』, 2009, ApJ, p.19, fig13にSgrA\*の位置と観測点の日付を付加

※2 Zhi-Qiang Shen, 2006 J. Phys.: Conf. Ser. 54 377 『High-Resolution Millimeter-VLBI Imaging of Sgr A\*』

演習—銀河中心の巨大ブラックホールの質量を推定する

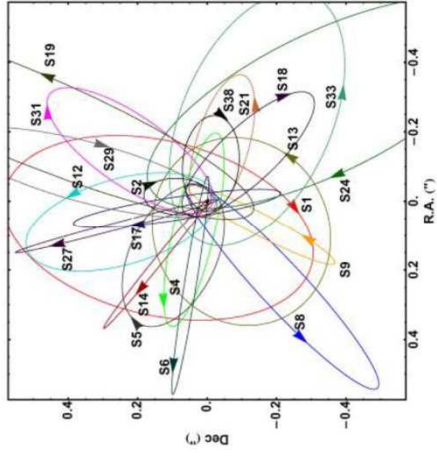
銀河中心の巨大ブラックホールの質量を推定する

【目的】 近年の観測で、銀河中心に巨大なブラックホールが存在することがわかってきた。これは星の進化の最終段階である星質量ブラックホールとは生成過程が異なると考えられている。ここでは、私たちの銀河系中心に存在すると考えられている巨大ブラックホールの質量を、いて座 A\* の最新の観測結果をもとに推定する。

【予備知識】

- いて座 A\* (Sgr A\*)  
いて座 A\* は地球から約 8.3 kpc にあり、銀河中心の巨大ブラックホールとして近年注目を集めている。ブラックホールそのものは観測することができないが、いて座 A\* の周囲を公転する恒星の軌道を観測することで、中心部のブラックホールの質量を推定することができる。ここでは、いて座 A\* の周囲を公転する数十の星のうち、特に詳細な観測が行われている「S2」と呼ばれる星のデータを用いる。

• S2  
いて座 A\* の周囲には数十の星が公転していることがわかっている(下図<sup>※1</sup>)。その中でもっとも公転周期の短い S2 の軌道は、いくつかの研究グループによる十数年の地道な観測により、近年その公転周期が判明した天体である。ここでは Gillessen らの 2009 年の論文に掲載された公転軌道の図をもとに(3ページ)、中心部のブラックホールの質量を推定する。



• ケプラーの第3法則の発展形の式  
木星の質量を求める演習で使ったケプラー運動の式を  $M$  について解いた以下の式を用いる。

$$M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2} \quad (1)$$

ここで  $r$  は楕円軌道の長半径、 $T$  は公転周期である。

【楕円軌道の長半径  $r$ 】

cm →  m

【公転周期  $T$ 】

・近ブラックホール点： 年

・遠ブラックホール点： 年

・公転周期  $T = (a-b) \times 2$  :  年 →  秒  
 (  $\times 365, 2422 \times 24 \times 60 \times 60$  )

【ブラックホールの質量  $M$ 】

kg →   $M_{\odot}$  (太陽質量)

(  $M = (1.99 \times 10^{30} \text{ kg})$  で太陽質量に換算する )

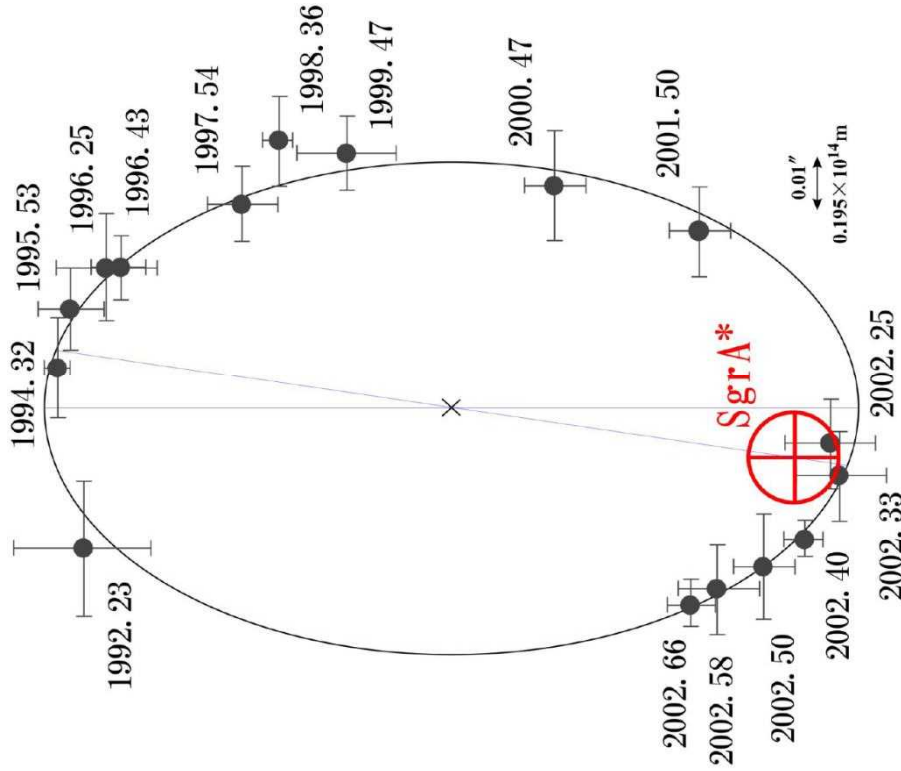
※インターネットなどで銀河中心ブラックホールの質量を調べ、自分が求めた値と比較せよ。

※私たちの銀河系以外にも銀河中心ブラックホールは存在するだろうか。

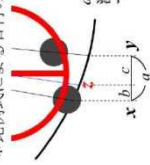


理科ねっとわーく <http://www.nikanet.jst.go.jp/>

図 1<sup>※1</sup>



\* 比例式による日付の求め方



$a, b$  または  $a, c$  を定数で測り、 $a = (c^2)$  から比例式で  $c$  の日付を求める。

※地球から観測した S2 の軌道に、1 方向の歪みを補正した図。軌道半径は、直接測っても差し支えない図になっている。

# International Astronomical Union (IAU)

## Directory for World Astronomy Network

*Lina Canas, lina.canas@iau.org, Sze-leung Cheung, cheungszeleung@iau.org  
International Astronomical Union (IAU), National Astronomical Observatory of Japan  
(NAOJ), Japan*

### **Abstract**

*The Office for Astronomy Outreach (OAO) has devoted intensive means to create and support a global network of public astronomical organizations around the world. Focused on bringing established and newly formed amateur astronomy organizations together, providing communications channels and platforms for disseminating news to the global community and the sharing of best practices and resources among these associations around the world. In establishing the importance that these organizations have for the dissemination of activities globally and acting as key participants in IAU various campaigns social media have played a key role in keeping this network engaged and connected. Here we discuss the implementation process of maintaining this extensive network, the processing and gathering of information and the interactions between active local members at a national and international level.*

### **1. Background**

#### *IAU Office for Astronomy Outreach (OAO)*

The IAU Office for Astronomy Outreach (OAO) is the IAU's hub for coordinating its public outreach activities around the world. The OAO's aim is to build networks to support and disseminate information to the amateur astronomy and public outreach communities and ultimately to facilitate the public's access to information about our Universe.

#### *IAU Directory for World Astronomy*

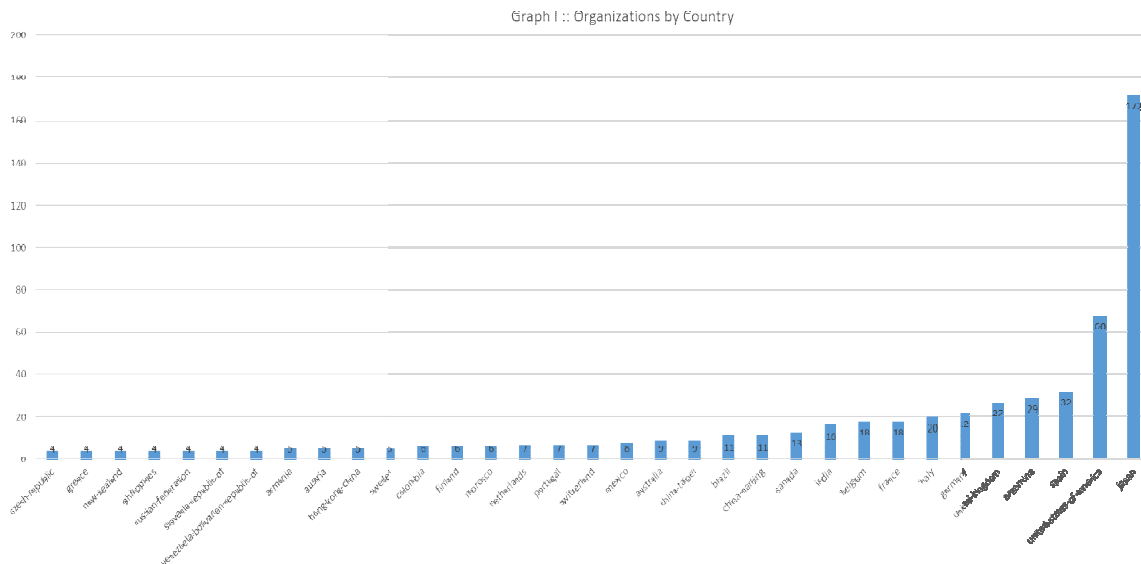
Understanding the paramount need to create a sustainable global detailed database of astronomical organizations, the IAU decided to launch the Directory of World Astronomy. The first phase of the Directory was to function as a registration platform for the IAU NameExoWorlds contest, but this is just one of the many planned functions. The Directory for World Astronomy will function as a permanent platform for the global astronomical community, comprising a list of astronomy-related institutions. By registering in the Directory every organization creates their own user ID to login to the system and enter specific details, maintaining an up-to-date information platform of astronomical organizations. But the Directory scope is much wider as it will function as a platform for the global astronomical community to meet, and act as an information portal for the public to learn about astronomy activities internationally and locally.

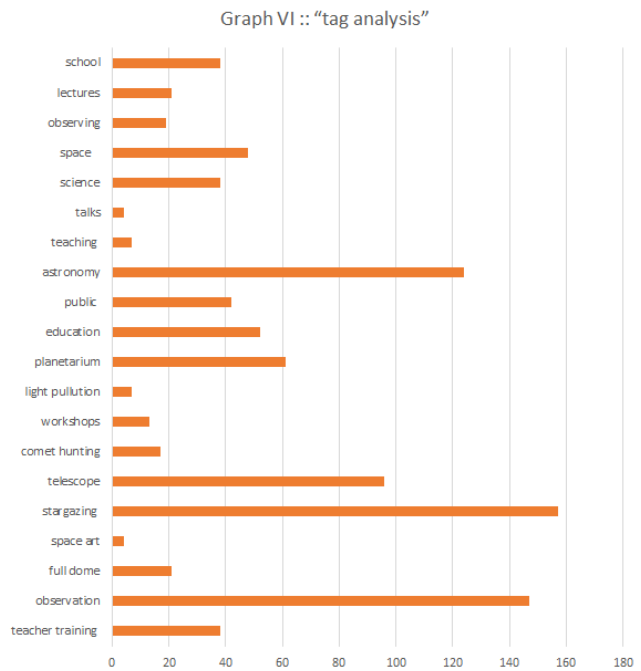
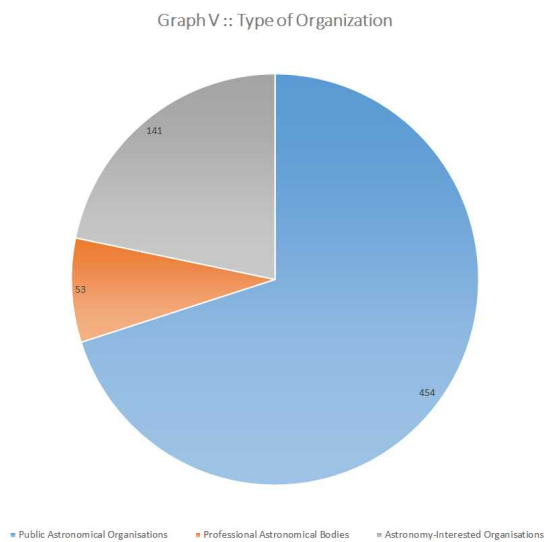
## 2. Implementation

The study began by having a comprehensive look at the overall data and different elements of the currently registered organizations on the IAU Directory for World Astronomy. In parallel, an analysis of the social media insights and statistics was also being carried out. The monitored data result from community directed engagement campaigns. These campaigns include globally oriented online initiatives, such as NameExoWorlds and IAU's celebrations of the 2015 International Year of Light - Cosmic Light activities and resources. On social media, the most recent engagement strategy focuses on highlighting the different organizations in the Directory to tentatively understand how the organizations interact and disseminate the shared content. All data is updated monthly, as new organizations register and analysed as needed.

## 3. Preliminary Analysis

The first phase of this ongoing study focuses on the geographical distribution and the type of the organizations that registers in the Directory. As for the time of data gathering (June 2015) from the IAU Directory for World Astronomy, 650 clubs were registered and approved by the moderating team. They belong to 74 different countries, the top three registered countries being Japan (172), USA (68) and Spain (32) (Graph I). From the different types of organizations (where Graphs V stand as an example) we found that 70% are Public Astronomical Organizations (38% being Amateur Astronomer Societies), 8% are Professional Astronomical Bodies (58% being Research Institutes/Universities) and 22% Astronomy-Interested Organizations (28% being High Schools). Graph VI presents the





#### 4. Comments & Future Plans

Here presented is the procedure of the preliminary analysis originated from the first phase of this ongoing study. This data monitoring besides helping us understand how the community engages and responds to the different campaigns IAU OAO launches, also allows us to adjust future campaigns (translated into contents, activities and resources). After analyzing our community geographically and the type of organizations, we will then move to understand if the numbers reflect the same level of engagement in IAU OAO known activities. All analysis result is followed by new community engagement campaigns via Social Media and Mailing Systems and then again cross analyzed in terms of impact response. This way we plan to keep perfect and adjusting our action plans to better engage and reach the majority of community members.

*Reference list:*

“IAU Directory for World Astronomy”, retrieved from <https://directory.iau.org/>  
 “IAU for the Public”, retried from <http://www.iau.org/public/>

# 簡単な天文工作の紹介

船越 浩海 (生涯学習センターハートピア安八・天文台)

## Introduction of a simple astronomical crafts

Hiromi Funakoshi (Lifelong learning center Heartopia Anpachi astronomical observatory)

### Abstract

We can make H-II rocket models with simple preparations, simple work. And we can show a star with a special LED light comfortably.

I introduce how to make such convenient things.

### 1. はじめに

全国各地で行われている天体観望会では、スタッフの多くの努力で、分かりやすく宇宙の姿や天文学の一端が紹介され、望遠鏡で観るという生の体験で得られる感動をもって、日々、天文普及がなされています。ハートピア安八天文台でもいくつかのアイデアで、より分かりやすく伝え、雨などで星が見えない日の対応を行っています。

そんなアイデアの中で、観望会が曇りや雨の日になった時の対応で行っている簡単な工作と、レーザーポインターを使わない星の指示ライトの工作事例を紹介します。

### 2. 簡単で見栄えも良い「HⅡ-A」ロケットの工作

観望会の雨・曇りの日プログラムは、多く担当者を悩ましています。このHⅡ-Aロケット模型は、雨の日のプログラムの一つとして行う工作教室で、作成しています。図1は、HⅡロケットとはやぶさ2の完成写真です。今回紹介するのは、部品の準備が簡単な、HⅡロケットです。部品は、図2に示した丸棒と角材の4ピースと、プリントしたデカールですので、工作教室の中で、切り出すこともできます。もちろん事前の準備でキット化するのも簡単です。工作は比較的短時間に終了するため、時間をかけた天文工作教室ではなく、ブースイベントなどに向いています。

工作には材料のほか、はさみ、木工用ボンド、スティックのり、手動鉛筆削り(図3)が必要です。

#### 2-1 材料(1機分) 図2参照

- ・ロケット本体：直径10mm丸棒(12cm)：1本
- ・ブースター：直径8mm丸棒(3.5cm)：2本
- ・台座：3×4cm、厚さ1cm位の板：1個
- ・外装飾り：ロケット塗装プリント：1枚

#### 2-2 作り方

①丸棒の片方を、手動の鉛筆削りで、先を平らに少し残し削る。(10mm丸棒が入り、鈍角に削れる鉛筆削り(図3)を使用。長短3本を削る。(図2)



図1 簡単工作のHⅡロケットとはやぶさ2



②本体（長さ 12cm）に、ロケット塗装のデカルプリントとネーム板を切り取る。（図2）

③本体とブースターロケットに塗装デカルプリントをスティックのり、または木工用ボンドで貼る。ネームプレート上台座用板に貼る。（ロケットを立てるための余白空けておく。）

④ロケット本体を台座に木工用ボンドで接着する。ブースロケットを本体の両側に貼る。

模型はこれでできあがりです。

### 2-3 明日からできる簡単工作の今後

丸棒を切っただけの簡単な材料にしては、見栄えが良いロケット模型ができます。参加者の感想も上々で、人気がある工作です。カットした丸棒を大量に用意しておけば、観望会の雨の日プログラムや、イベントのブースなどでも、工作教室ができます。紙工作に比べると準備は少し手間ですが、工作は楽で丈夫です。是非お試しを！

このほかに、「はやぶさ2」、「ハッブル宇宙望遠鏡」、「ニュートン反射望遠鏡レプリカ風」などを試作しています。今後実施予定です。



図2 H2ロケット模型の材料（右は切り出した丸棒）



図3 鉛筆削り

### 3. LEDライトポインター「簡単コリメートフード」の作り方

図4は、市販の200ルーメンの明るさのLEDライトを使い、一番光束が細くなるスポット光で、星を示した写真です。光束は目立つものの、その範囲は、さそり座のアンタレスを含む、三ツ星の並び全体を優に越えます。もう少し収束してほしいと思うのは、私だけではないでしょう。そこで、円錐型の光束を円柱型（線状）にする工作をしました。

近年では安全に考慮して、高出力レーザーポインターの使用を控える動きもあります。安価でより使いやすいLEDポインターの需要も高まっています。



図4 スポットライトの円錐型の光束

#### 3-1 実験で確かめるコリメート収束光

すべてのLEDライトで、線上の光束が得られるわけではありません。そこで、始めに光束が改善されるか否かのテスト実験が必要です。実験に使ったLEDライトは、LED LENSER社の「T7」という光束調整ができるものです。凸レンズは、100円ショップの虫眼鏡で、プラスチック（アクリル？）製です。（図5、図8参照）

まず、図6に示した簡単な実験を行います。LEDライトを壁に照射し、その光路上で凸レンズを挿入します。光束が細くなり、壁にLEDの発光素子（角が落ちた四角形）が結像することを確認します。このように結像すれば、コリメートレンズ系を作ることができます。ここで、LEDライトの光束はワイド端にします。スポット端では結像しないことがあります。



図5 コリメーターフードとレンズ

このレンズの位置が、フードの長さを決める目安になります。

### 3-2 コリメーターフードの作成

図8に示したとおり、少し長めのフードの先に、凸レンズを固定します。フードは、装着後にスライドできるようにします。【材料】100均の虫眼鏡（径はLEDライトの外径と同じ位のもの、倍率は2〜3倍くらい）、画用紙、のり、ビニールテープなど

作り方の手順は次のとおりです。

(図7、図8を参照)

- ① . ライトの発光部の筒（外径）に合うように、画用紙を丸めてフードを作る。3重以上丸めると強度があがる。長さは10〜15cm程。フードの長さは、図7の実験でおおそよ求めたライトから凸レンズまでの距離とライトに装着しスライドができる距離を足した長さ。
- ②. 凸レンズをフードの端にビニールテープなどでつける。
- ③. ライトを点灯する。（集光レンズワイド端）
- ④. ②の凸レンズ付のコリメーターフードをライトに装着し、数m先の壁を照射。
- ⑤. フードを抜き差しして（スライドさせて）、光束が一番小さくなる位置を探す。（フードが長い場合は適当な長さに切断）
- ⑥. 実際の夜空で光束を確認する。

### 3-3 凸レンズの倍率と光束

同じライトでも凸レンズの倍率によって、光束の太さが変わります。光束の太さの目安は、図7の結像(LED素子)の大きさです。凸レンズの倍率と光束の太さの関係は次のとおりです。

- ・凸レンズの倍率が（大）：フードは短くなり、光束は太くなる。
- ・凸レンズの倍率が（小）：フードは長くなり、光束は細くなる。

c. f. 虫眼鏡の倍率：倍率 =  $(250 \div \text{ルーペの焦点距離}) + 1$

\*実験例が少ないので確実性が低いかもしれません。是非、皆さんも確かめてください。

(レンズの屈折率(ディオプター)から求めることもできます。)

### 3-3 コリメーターフードの効果

図9は、実際にコリメーターフードを使ったときの写真です。図5のフードなしのスポット光束にくらべ、効果が絶大なことが分かります。これで、アンタレスのみを指し示すことができます。

### 3-4 空の条件と使用感

空が暗く天の川が見られるような条件下では、満月時でも何とか使用できます。肉眼の極限等級が3〜4等星の所（ハートピア安八天文台）では、満月時でなければ使用できます。一方、街灯ネオンが多い都市部、明るい駅前や商店が明るいショッピングモール（商店の照明が多く明るい）では、残念ながら、光束は薄く、使えないことが少なくありません。



図6 凸レンズでの光束実験

図7 コリメーターフードの作成



図8 コリメーターフード



図9 コリメーターフードを付けたライトの光束

# 大阪市立科学館の科学教育・普及活動における 学芸員の取り組みについて

西野 藍子 (大阪市立科学館)

## Approaches of curators concerning science education and promotion activities

Aiko Nishino (Osaka Science Museum /municipal museum)

### Abstract

At our museum, the curators themselves transmit as well as offer science information putting various kinds of media sources to good use, and connect to get support of visitors and citizens. Now in here, I introduce the approaches on science education and promotion activities of the curators and prospects for the future.

### 1. はじめに

大阪市立科学館には、2015年現在、天文や化学、物理などさまざまな分野を専門とする学芸員が11名在籍している。当館の学芸員は、自ら顔を出し名前を公開して科学情報の発信・提供を行い、調査研究の成果を日々、来館者や市民のみなさまに届けている。大阪市立科学館の使命として掲げる「科学を楽しむ文化の振興」を達成するためには、学芸員が表立って自らの言葉で伝えていくことこそ、必要不可欠と考えるからである。

ここでは、当館の学芸員が取り組む情報発信の方法と、その成果を紹介する。



写真1：当館の学芸員11名

### 2. 学芸員による企画・制作・解説の強調

#### ① 番組および展示物の制作

プラネタリウムやサイエンスショーは、学芸員が企画し制作を行っている。展示物についても、館の方針のもと学芸員がコンセプトを考え企画、数回のリニューアルや日々のマイナーチェンジを行っている。

#### ② 担当者を提示

プラネタリウムやサイエンスショーの制作担当者を公表。また、当日のプラネタリウムやサイエンスショーの担当者を顔つきで館内掲示・HP掲載している。

#### ③ 見どころを学芸員が紹介

プラネタリウム番組やサイエンスショーの詳しい解説や見どころを、制作を担当した学芸員自らがホームページ等で紹介している。



写真2：プラネタリウム担当者の表示

写真3：見どころを学芸員がHPで紹介

### 3. 研究活動の公開と科学情報の発信

#### ① 科学館 HP

科学館 HP に学芸員のページを設け、各学芸員の調査・研究活動を随時配信している。

#### ② Twitter

学芸員の公式 Twitter で、学芸員全員が科学や天文トピックスの情報配信や、自身が担当するイベント情報の発信を行っている。→ 学芸員 Twitter @gakugei\_osc

#### ③ YouTube

学芸員が制作したプラネタリウム番組のトレーラーや、担当学芸員自らが解説を行う、展示物の紹介動画を YouTube にて配信している。

#### ④ 刊行誌

館の機関誌として『月刊うちゅう』や『研究報告誌』を発行し、科学の話題や研究成果を紹介。来館者向けには無料の B5 見開きチラシ『星空かわら版』を毎月発行し、季節の星空や天文トピックスなどを紹介。どちらも PDF 化して、科学館 HP で公開している。

### 4. 成果と今後の展望

#### ① 25 年のあゆみと成果

プラネタリウムは 2004 年の機器リニューアル、2008 年のオムニマックスの廃止を経て、現在の 1 日 6~7 回の生解説スタイルに、展示場は 1999 年、2008 年の大きなリニューアルを行い実物資料と体験型展示を主体とした構成を確立。こうした段階を経ることが来館者数の増加と好調の継続につながっており、学芸員という専門性を持った人材が、責任を持って科学教育・普及活動を行うことの重要性を示す結果と考え、さらなる飛躍を目指したい。

#### ② 今後の展望と課題

今後も、近年急速に普及してきたスマートフォンなど様々な媒体を大いに活用し、学芸員が表立って情報発信を行っていききたい。そのためには、10 年後次々と定年を迎える学芸員を引き継ぐ人材の確保・育成が急務である。



写真 4：学芸員と研究活動の紹介ページ



写真 5：学芸員 Twitter

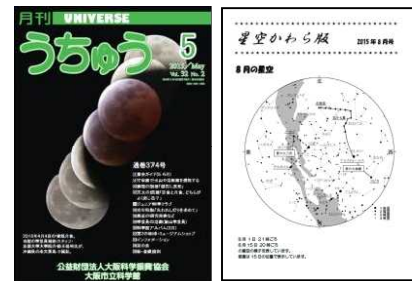


写真 6,7：月刊うちゅう、星空かわら版

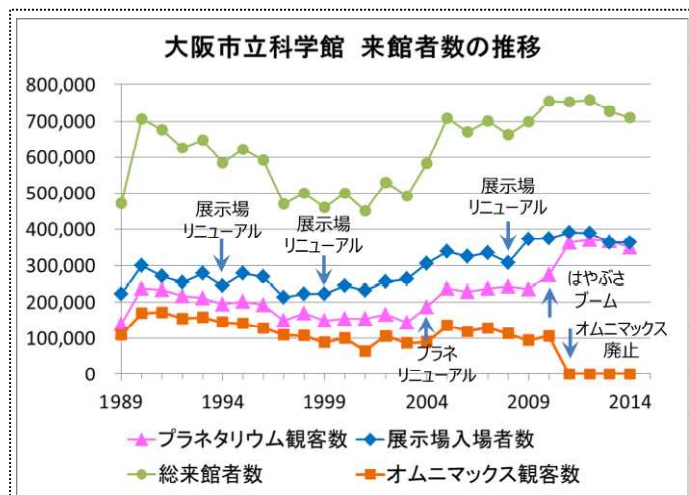


図 1：大阪市立科学館 来館者数の推移

## ブラックホールを題材にした天文教育ネットワークの構築へ

大西浩次（長野工業高等専門学校）

To construct the astronomy educational network using "black hole"

Kouji Ohnishi (Nagano National College of Technology)

### Abstract

In 2014, Sgr A\*; massive black hole in the galaxy center has been very attention. At this time, we have formed a group to make "astronomical education program" that the subject is the research on black hole and massive black hole in the galactic center. We are manufacturing the teaching materials which can be used at a high school and a university now. We expect the participation of many collaborators.

### 1. はじめに

2014年に、銀河系中心にある巨大ブラックホール Sgr A\*のすぐ近傍を、ガス雲 G2 が通過するとき、銀河系中心で何が起きるのか、理論・観測から数々の研究が行なわれた。ちょうど、新学習指導要領では、中学校理科の第2分野で「銀河」と「銀河系」が導入された時期でもある。しかし、これまで天文教育の中心は太陽系(惑星系)までであり、銀河を素材の教育プログラムは、まだまだ例が少ない。また銀河系中心は可視光で見通すことができないため、学校現場では実感を得にくいという側面もある。

このことをきっかけに、銀河系中心に「巨大ブラックホールが存在する」証拠を得るための天文学的知見や研究手法を、学校の教育や科学リテラシーに反映させるプログラムを作る組織が作られた。メンバーは、ブラックホールを光学、電波、X線、理論などで研究する研究者と学校教育や科学館などで活躍する教育者である。

### 2. 第1回研究会（2014年11月）

第1回目の研究会（2014年11月15日から16日@長野市戸隠）では、銀河系中心のレビュー、電波 VLBI の観測原理とブラックホール研究、X線による観測法のレビュー、ブラックホール探査の理論的取り組みなどのレビューと共に、ブラックホール物理に関する各自の研究紹介、及び、高校や大学の教育現場からの高校教育・大学教育での天文学の状況などの報告があった。また、これらを踏まえて総合討論が行なわれた。なお、以下の発表タイトルである。

- ・西山正吾：銀河系中心領域の近赤外線観測とガス雲 G2 に関する最新動向
- ・三好 真：電波干渉計の原理、ブラックホールの VLBI 観測+銀河中心モニター
- ・嶺重 慎：X線観測の話題(歴史、降着モード、スペクトル特性、今後の展開)
- ・高橋真聡：ブラックホール探査に向けての理論的取り組み
- ・斉田浩見：Sgr A\*を巡る恒星 S2 観測を通じた重力理論の制限への期待

- ・西山正吾：超巨大ブラックホールを周回する星の近赤外線分光観測
- ・川島朋尚：ガス雲 G2 がブラックホール降着流に与える影響
- ・南部保貞：干渉効果を用いたブラックホール時空の検証
- ・孝森洋介：銀河中心 BH のスピンを **over spinning** の可能性を含めて再検討する
- ・大西浩次：銀河系中心方向のマイクロな重力レンズとマクロな重力レンズ
- ・有本淳一・篠原秀雄：学習指導要領と教科書にみる銀河系
- ・篠原秀雄：ブラックホールを素材にした高校物理の実践例の紹介 ~ NGC4258
- ・大西浩次：銀河系中心巨大ブラックホールから天の川キャンペーンへ
- ・渡會健也：高校物理で天文する
- ・総合討論 モデレーター:嶺重 慎

### 3. 第2回研究会 (2015年5月)

第2回目の研究会(2015年5月30日から31日@長野高専)では、超巨大ブラックホール探査の最前線のレビューや教育現場の報告を行ないつつ、高校や大学の教育現場で使える教材製作の可能性などを議論しつつ、研究者と教育関係者のつながりを構築することを目的とした。なお、以下は、その発表タイトルである。

- ・大西浩次:研究会の趣旨
- ・嶺重 慎:前回の研究系のまとめ
- ・篠原秀雄:前回の教育系のまとめ
- ・田村隆幸:衛星観測データを用いた宇宙科学
- ・秦和弘・秋山和徳:VLBIによるブラックホール撮像最前線
- ・亀谷 収:水沢での SgrA\*モニター観測
- ・亀谷 収:ブラックホールと天の川銀河のアウトリーチ活動
- ・三好 真:銀河 NGC4258 におけるブラックホール近傍のケプラー運動
- ・高橋真聡:ブラックホール探査で天文教育
- ・高橋 芳太:ブラックホールの時空での光の振る舞い
- ・斉藤秀樹:博物館での天文教育
- ・波田野聡美:映像で見せるブラックホール
- ・嶺重 慎:ブラックホールシミュレーション事情とプラネ番組
- ・大羽 徹:相対論・宇宙論の授業実践と生徒研究員制度の活動
- ・竹浦史朗:小・中学校の天文教育
- ・高橋 淳:さわるブラックホールが欲しい
- ・孝森洋介:重力レンズの製作
- ・総合討論 モデレーター:嶺重慎・総合討論 モデレーター:嶺重 慎

#### 4. まとめとお誘い

第1回目の研究会（2014年11月）では、ブラックホールに関する観測的・理論的取り組みなどのレビューと高校や大学の教育現場からの高校教育・大学教育での天文学の状況などの報告があり、これらを踏まえて総合討論を行なった。

第2回目の研究会（2015年5月）では、VLBIで探る超巨大ブラックホール探査の最前線のレビューと共に、より具来的な、衛星データを使ったブラックホール教材や高校や大学の教育現場で使える教材製作の可能性などについて議論した。

これらを踏まえて、実際に高校や大学の教育現場で使える教材を製作・評価するためのワーキンググループを作ることになった。今後、この教材の開発を進めると同時に、研究者と教育者を連携させるプログラムを作る手法自体を研究し、このスタイルの科学教育の進め方をほかの分野にも広げたい。

なお、これら2回のWeb集録は、下記で見ることができる。

<http://www.phyas.aichi-edu.ac.jp/~takahasi/GCF2014/index.html>

<http://www.phyas.aichi-edu.ac.jp/~takahasi/GCF2015/index.html>

ところで、アインシュタインの一般相対論が発表された1915年、この年の11月、第1次世界大戦従軍中のシュヴァルツシルトが、シュヴァルツシルト解を求めている。これをブラックホール解の発見だとすれば、今年、ブラックホールからちょうど100年目の年でもある。この2015年6月15日、ブラックホール連星である「はくちょう座V404 Cyg」がアウトバーストを起こした。X線では全天で最も明るく輝き、光学的にも、翌日に16等星、17日以降さらに増光し、Vバンドで11等星、Iバンドで9等星まで明るくなった。わずか1時間位でも2等級ほどの増光・減光が受かるなど、非常に激しい活動を見せた。これは、ブラックホール研究に最適な対象であり、また「ブラックホール教材」としても貴重な現象であった。あいにく、梅雨の時期で、ブラックホールの増光を肉眼で見る機会に恵まれなかった。6月28日、JAPOS総会のイベントで訪れたハートピア安八で、梅雨の晴れ間に、同天文台の70cm望遠鏡をV404 Cygに向けた。肉眼で、13-14等星までの星が確認できるのに、対象の天体は見えなかった。カメラで撮影すると、辛うじて17等級で写っている天体が確認できた。どうも、この前日から急激な減光を始めて、6等級も暗くなったのだ。これだから、ブラックホールは面白い。皆さんも、ブラックホールを使った天文教育と一緒にやりませんか？

本研究は、科研費基盤研究C「銀河系中心天体 Sgr A\*事象を使った教育活動とその評価」（代表：大西浩次）の助成を受けています。

## 美術館でのアートと天文学のコラボレーション

大西 浩次 (長野工業高等専門学校)

Collaboration of the Art and Astronomy at the Museum

Kouji Ohnishi (Nagano National College of Technology)

Abstract

Where did astronomy expand our COSMOS (Sense of Universe) ?. In the 21 century, it will be possible to answer a human very fundamental question about the "Origin of the universe, life and the Earth". How we will be able to reduce the difference between the knowledge of the latest astronomy and the sense of people. It would be possible to expand a horizon of people's sense from the collaboration with the latest astronomy and contemporary art. The exhibition "The Eye to see the Universe; Collaboration of Art and Astronomy" was held at Shiga-Kogen Roman Museum. This try will be a new style of Astronomical Education.

### 1. はじめに

かつて天文学は、音楽や美術や哲学と同様に、真理を探究する学問として存在していた。しかし、科学としての天文学が発展するにつれ、真理を探究法が美術とは正反対の方向に向かっていった。しかし、21世紀になって、ビックバーン、インフレーションなどの宇宙の起源の証拠を探したり、生命の起源を探したり、系外惑星の探査などの研究の進展によって、天文学を研究する意味が質的に変わりつつある。すなわち、現代の天文学が、人間が誰でも思い描く根源的な疑問、すなわち、「私たちがなぜここにいるか、私たちがどこからきたか」といった疑問について直接答えることが出来るようになってきたからだ。このような時代において、以前にも増して、天文学が他分野との、例えば、アートとの共同作業が必要とし来ている、そこで、志賀高原ロマン美術館において、アートと天文学の目をとおして見たさまざまな宇宙像を提示する展覧会を企画し、天文学者とアーティストの遭遇や交流を図り、天文学とアートのコラボレーションを促したいと考えた。

### 2. 志賀高原ロマン美術館での「宇宙をみる眼」のコンセプト

「宇宙をみる眼」をテーマに、天文観測装置などからアート作品まで、さまざまな「眼」を通した「宇宙とはなにか」を提示する展覧会を企画した。「宇宙とはなにか」は、究極的には「人間とはなにか」という自分自身への問いに繋がる。これは、天文学とアートの共通の出発点であり、天体望遠鏡や写真、あるいは、アーティストの心を通して見る「眼」(視覚・知覚)によって発展してきた。最先端テクノロジーが天文学とアートに多種多様な「眼」をもたらしつつある現代において、双方の融合の可能性に満ちた多様な価値観の世界において、「宇宙とはなにか」を改めて考える機会を作りたい。



### 3. アーティスト イン レジデンス in 野辺山

企画展のイベントとして、「アーティスト イン レジデンス in 野辺山」を今年の 5 月 25 日から 28 日に実施した。「アーティスト・イン・レジデンス」とは、アーティストが実際に開催地などに数日から数ヶ月間滞在し、そこでの体験からインスピレーションを得て作品を制作する企画である。アートの世界では、国内外を問わず頻繁に実施されている。日本では地方公共団体等が地域活性化のひとつとして取り組み、広がりを見せているが、天文研究機関での実施は、国内において初めての試みであった。

今回のアーティスト イン レジデンスは、志賀高原ロマン美術館主催、国立天文台野辺山が協力して行い、長野県ゆかりのアーティスト 5 名が参加した。期間中、国立天文台野辺山では、45m 電波望遠鏡の制御室や受信機室の見学、研究者の開催している談話会への参加、観測所長をはじめとする研究者・技術者へのインタビューなど、アーティストの方々が、観測や研究の最前線を体感していただけるプログラムを提供した。同時に、天文学者とアーティストとの交流を図った。参加された 5 人のアーティストの方々から、それぞれ「貴重な体験」が出来たと好評で、滞在中に得たインスピレーションをもとに誕生した作品が美術館で展示されている。

### 4. 受信機、CCD カメラの美

天文学の「眼」としての受信機と CCD カメラを美術館で展示した。電波では、国立天文台が開発したアルマのバンド 10 受信機(2012)と国立天文台野辺山で 2005 年まで使用されていた 45m 電波望遠鏡用ミリ波帯 20GHz 帯 HEMT 受信機(1996)を展示した。一方、光学では、東京大学木曾観測所シュミット望遠鏡用に開発・使用された CCD カメラ 2 号機である 1KCCD カメラ(1992)と広視野赤外カメラ KONIC(1997)を展示した。これら 4 つを装置の展示ケースを囲むように、木曾シュミット望遠鏡によるプレート乾板写真や同望遠鏡用フィルターが展示されている。このような究極的な装置は、その性能を最大限に活かしたものであり、アート作品ではないが、固有の美を持っている。これらを実験作品と同時に共存させることで、一種の緊張と協調をさせることを意図している。

### 5. 「宇宙を見る眼」の目指したものとその向こうに

今回の企画展「宇宙を見る眼」のような試みは、科学と科学技術を活用したアートとのコラボレーションという、これまでの展示のアプローチとは異なったものであった。国立天文台野辺山でのレジデンスでは、アーティストと天文学者の「face to face」の交流が、アートと天文学の新しいコラボレーションへと結実した。今回の天文研究機関としては、初めてのアーティスト イン レジデンスをきっかけに、今後、ますます天文研究者とアーティストの交流するチャンスが増えて行くに違いない。同時に、このような多くの天文学者やアーティストが出会い交流する場を作る、それぞれの活動をサポートする企画の自体が、一つのアートの表現であり、また、新しい天文教育の可能性を広げる場であるといえる。

