

ASTRO NEWS	XRISMニュース (8) 観測速報その4	都丸亮太・XRISM チーム	192
天球儀	中学2年生の職場体験における手作りパルサー望遠鏡での観測報告	林泰知	194
	地球の公転に関する教育課程の現状と課題	林隆之	200
	小惑星 (65635) Hiramashin の命名と平山信先生へのご報告	中村士・渡部潤一	209
シリーズ: アカデミアの外を知る	第5回: 科学を「鮮やか」に伝える仕事	高橋宏典	213
書評	マルコフ連鎖モンテカルロ法入門 一例からはじめるMCMCの基礎とアルゴリズム	植村誠	218
雑報	日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 <i>Star Formation in Different Environments</i>	野崎信吾	219
	日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 <i>Massive Black Holes across Cosmic Time</i>	星篤志	220
	日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 <i>One Hundred Years of Supernova Science & Binary Stars in a New Era</i>	千葉遼太郎	222
	日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 <i>Galaxy Memoirs Inferring Their Past from Their Present</i>	津久井崇史	223
追悼	追悼 谷口義明さん	福江純	225
	追悼 Jeremiah Paul Ostriker 氏	須藤靖・長峯健太郎	229
月報だより・寄贈図書リスト			236

【表紙画像説明】

ガーデンパラソルを反射鏡として用いた手作り電波望遠鏡の製作の様子。直径3mのガーデンパラソルにアルミ箔を貼付して反射鏡とし、市販部品のみを用いて電波望遠鏡を作成した。左は反射鏡の表面の補修作業、右はパラボラの直径と深さを測定し、焦点距離を算出している様子である。この望遠鏡は、中学2年時の職場体験として訪問した Square Kilometre Array Observatory (SKAO) 本部でのパルサー PSR B0329+54 の観測に使用した。

【今月の表紙デザイン】

今月は「南十字星」をモチーフにしました。日本では冬から春頃に沖縄など南方でしか見えないそうです。まだ肌寒さも感じられ、新生活をはじめることが多いこの季節に、南十字星を見つけられたら少し元気が出そうです。

XRISM ニュース (8)

観測速報その4



都丸

都丸 亮太¹, XRISM チーム

¹ 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻 〒560-0043 大阪府豊中市待兼山町 1-11)

前回の観測速報（天文月報2025年9月号XRISMニュース3）では、科学誌Natureに掲載されたケンタウルス座銀河団と活動銀河核PDS 456の観測成果をご紹介しました。実はその同じ2025年9月に、XRISMはさらにもう一つの大きな成果を生み出していました。中性子星X線連星GX 13+1の観測結果をまとめた論文が、Nature誌から出版されたのです[1]。XRISMは、中性子星の周囲に形成された高温のガス円盤（降着円盤）から噴き出す「風」（円盤風）による、予想を上回る非常に複雑な吸収線を鮮明に捉えることに成功しました。今回のXRISMニュースでは、その驚くべき観測結果について解説します。

GX 13+1

—精密分光が捉えた超臨界降着流アウトフローの異なる姿—

XRISM衛星が明らかにすると期待されていた大きな課題の一つが、X線連星中の中性子星・恒星質量ブラックホールや、活動銀河核の中心にある超巨大ブラックホールの円盤風の物理的起源の解明である。これらの円盤風は電離イオン（特にH、He likeな鉄）の青方偏移した吸収線によりその存在が示されており、周辺環境に多量の質量や運動量、エネルギーを輸送しうるため銀河進化等にとって重要な現象であるとされる。

中性子星低質量X線連星GX 13+1はこの円盤風の物理を調べるために最も適した天体の一つである。この天体はZ sourceと呼ばれる光度が大きい天体であり、さらに円盤風由来の吸収線（青方偏移100-1000 km/s）が常に観測されるからである。そのため、XRISM衛星のPerformance Verification (PV) フェイズのターゲットとして選定され、2024年の2月に観測が実施された。

今回の観測でまず目についたのは、同時観測のNuSTAR (3-30 keV) スペクトルで観測フラックスが明らかに低下し、9 keV付近に吸収エッジのような構造まで見えていた点である。普段のGX 13+1とあまりに違うため、当初は解析手順の誤りすら疑った。しかしその後に届いたXRISM搭載軟X線分光装置Resolveの高分解能スペクトルは、NuSTARが示した変化が実在することを裏づけると同時に、決定的な新情報を示した。Resolveには従来よりも遙かに多くの吸収線構造が現れており（図1）、円盤風が濃い状態（視線上の密度が高い状態）が出現していることを示唆したのである。その後にRXTE衛星の過去の観測データをすべて確認したところ、レアではあるが同様の状態が過去にもとっていたことが明らかになった。

Resolveのデータ解析の結果、詳細な円盤風の状態が明らかになり、興味深い描像が明らかになった。吸収線の多くは高電離のHe、H likeイオンに由来し、特に鉄では柱密度が非常に大きく $n=1 \rightarrow 9$ (n は主量子数、 $n=1$ が原子の基底状態)にもなる弱い遷移まで検出されていた。元素量を太陽組成と仮定すると、トムソン散乱の光学的厚さは1-2にもなり、中心からのX線が電子散乱で強く減光されていることを示唆する。この減光を補正すると、中心光度はエディントン光度^{*1} (L_{Edd}) の1-2倍となる領域に入る（通常の状態での光度は約0.5 L_{Edd} ）。つまり、見かけは暗いのに、実は中心はむしろ明るく、その強い

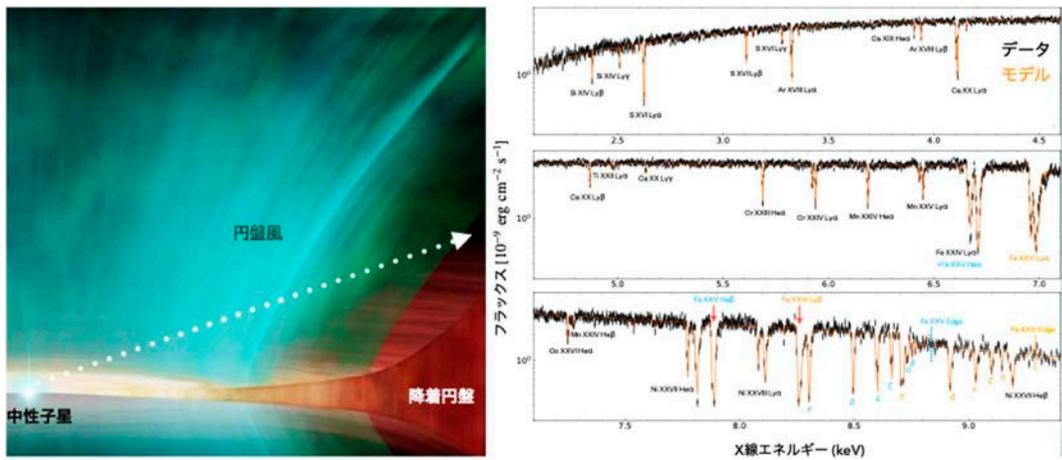


図1 XRISM搭載軟X線分光装置ResolveによるGX 13+1の観測スペクトル(右). 多数のイオンからの吸収線構造がこの円盤風の視線上の密度が大きいことを示している. X線は左図で示した中性子星近傍で発生しており, 円盤風を通して観測することで吸収線構造が観測されていると考えられる.

放射が厚い円盤風に覆い隠されている, という構図が見えてきた.

さらにResolveは吸収線プロファイルの細部も明らかにし, 単一速度の吸収体では再現できないことがわかった. 2つの速度構造をもつ光電離プラズマとして扱えば, 600 km/sと300 km/sの2成分でスペクトルを説明でき, 風が厚いだけでなく構造的であることも示された.

ただし, この結果は新たな疑問も投げかける. それは, エディントン光度を超えるような状態にも関わらず, 光速の10-30%という準相対論的な速度の吸収線が見られていないということである. 例えば, 同じようなエディントン光度比を持つ超巨大ブラックホールPDS 456では, 準相対論的なアウトフローがクランプ状に存在することが示されつつある[2, 3]. それに比べるとGX 13+1では, そのような高速な成分が明瞭には見えていない. 準相対論的な円盤風がそもそも存在しないのか, それとも存在していても強いX線照射で完全電離してしまい, 吸収線として観測されていないのか. この点は, さらなる観測とモデリングによって詰めるべき重要な課題である.

私はXRISMのGuest Observerプログラムにてこの天体を再観測した結果を解析中である. 新たな観測データは, エディントン光度よりも小さい光度を持つ, 通常のスpektral状態を捉えており, 明らかにPVフェイズとは異なる吸収線のプロファイルを示している. この2つのデータを比較することで, 円盤風の駆動メカニズムに迫れると考えている. 新たな結果に興味がある方はぜひ期待してお待ちいただきたい.

上でご紹介したPVフェイズの観測については, 以下の出版済論文[1]にまとめられています.

[1] XRISM collaboration, 2025, Nature, 646, 57

より詳細な観測結果については, こちらの論文をご覧ください.

[2] XRISM collaboration, 2025, Nature, 641, 1132

[3] 藤田 裕他, 天文月報, 2025, 534

*1 放射による外向きの力と内側への重力が釣り合う最大光度.

中学2年生の職場体験における 手作りパルサー望遠鏡での観測報告

林 泰 知

〈ロンドン日本人学校 中等部（訪問当時）〉

中学2年時の職場体験としてSKAO本部を訪問しました。専門的な技術を用いず、市販の部品のみでパルサー望遠鏡を作成し、検出に挑戦しました。ワイヤーハンガーとバーベキュー用の焼き網で自作したループフィードを、アルミ箔を貼った直径3 mのガーデンパラソルに取り付け、北半球で観測可能な最も明るいパルサーである PSR B0329+54 の検出に成功しました。この経験を通して、実際に使われている天文学の知識や技術について学ぶことができました。また、中学校で習得した数学や物理の知識が、実践的な天文学の観測にも応用できることを実感することができました。

はじめに

ロンドンで2025年7月に開催された、The Royal SocietyのSummer Science ExhibitionにてSquare Kilometre Array Observatory (SKAO)の浅山信一郎さんが実践ブースにて天の川銀河の中性水素21 cm輝線の観測を行っていたのを見て興味を持ったことが、今回の望遠鏡作成と観測に挑戦するきっかけとなりました。最近では手軽に電波天文学などの宇宙観測を体験できると知り、興味を持ち今回の職場体験に至りました。

今回は市販品を用いて電波望遠鏡を製作し、北半球で最も明るいパルサーである PSR B0329+54 の検出を目標としました。

パルサーは低周波で強く観測されますが、低周波では大型アンテナが必要となり、商用利用によるRFI (Radio Frequency Interference) の影響も大きくなるとのことです。そのため、アマチュア無線バンドの430 MHz帯付近が物品も入手しやすいこともあり、アマチュアパルサー観測にはよく使われると浅山さんから説明を受けました。今

回はネット通販で入手した400 MHz帯のBPF (Band Pass Filter) とLPF (Low Pass Filter) を使用して観測を行いました。

手作り望遠鏡作成

今回のパルサー観測に用いた電波望遠鏡は、一般的なオンラインショップで購入できる部品のみを用いて作成しました。直径3 mのガーデンパラソルにアルミ箔を貼り、それをパラボラとして利用しました。電波パラボラの焦点にワイヤーハンガーを用いて作成した自作のループフィードを設置し、使用するBPFの中心周波数403 MHzに合わせて設計しました (図1)。

望遠鏡の立ち上げのために具体的にに行った作業は以下のとおりです。

- ガーデンパラソルにアルミ箔の貼り付け、パラボラ作成 (図2, 3)
- 直径 (D) と深さ (d) の測定から焦点距離 (F) の計算 (図3)

$$F = \frac{D^2}{16d}$$



図1 市販品を用いて自作した、電波望遠鏡の全体像。図中の円の位置にループフィードを設置。

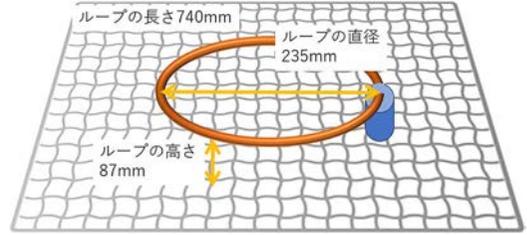


図4 403 MHz 帯用のループフィードの設計図。



図2 アルミ箔の貼られたガーデンパラソル。



図5 ループフィードの長さの調整(左). nanoVNAの画面. 画面の縦方向が周波数を表し、左に凸になっている場所が共進周波数となる403 MHzに凸部分が合うよう調節を行った(右).

- 403 MHz 帯用のループフィードをワイヤーハンガーを用いて作成(参考文献[1])をもとに、波長~74 cmにスケールしたループフィードを設計(図4).
- ループの長さ(l)から直径の計算

$$D = \frac{l}{\pi}$$

- 簡易ベクトルネットワークアナライザ(nanoVNA (Vector Network Analyzer) [2])にて共振周波数を確認しながらのループフィードの長さを調整(図5).

ループフィードをガーデンパラソルの焦点距離に設置したところ、パラソルの骨組みの金属構造体などの影響で共振周波数が室内で調整した値からずれることがわかりました。そのためパラボラの上で共振周波数が403 MHzになるようにループフィードの長さを微調整しました(図6)。



図3 (左) アルミ箔の貼り付けの様子, (右) 焦点距離の計算に必要なアンテナパラメータ(直径, 深さ)の測定。

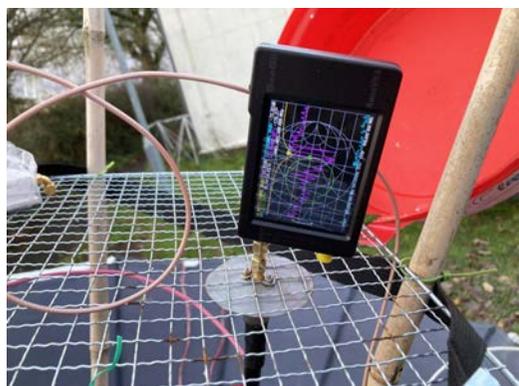


図6 nanoVNAを用いた、実際の観測環境での微調整.



図7 作成した電波望遠鏡からの受信信号をスペクトラムアナライザで確認した画面. 横軸は周波数, 縦軸は信号強度を示しています (横軸の周波数範囲は0-1 GHz, 中心周波数は500 MHz).

RFI除去

図7は、パラボラアンテナが受信した信号をスペクトラムアナライザで表示したものです。パルサーからの電波は、広い周波数帯にわたって連続的に存在する非常に弱い信号です。一方、図7で強く観測されている信号のすべては、人間の活動によって発生した人工電波（RFI）であり、地上デジタル放送、スマートフォン通信、Airwave/TETRA（Terrestrial Trunked Radio）信号などが含まれます。RFIが混在すると、強力な人工電波によって微弱なパルサー信号が埋もれてしまうため、体験学習では市販のフィルタを用いてRFIの除去を試みました。

図8は、LPFを利用して不要な高周波数の信号を抑えています。この図から効果的に高周波数を抑制することができています。今回は観測したい信号が403 MHzだったので416 MHzのLPFを用いました。

図9は、LPFとBPFによるRFI対策後の受信信号です。BPFは中心周波数403 MHz、透過帯域幅5 MHzのものを使用しました。

まだ、393 MHz（図9中央左付近において非常に強く突出している部分であり、図8の突出部分に対応している）にRFIが残ってしまっていますが、RFIはできる限り低減することが望ましいですが、今回使用した市販のBPFではこれ以上の

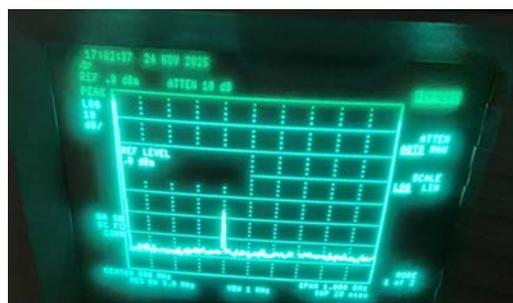


図8 LPFのみを用いてRFI対策を行った後の電波望遠鏡からの受信スペクトル (横軸の周波数範囲は0-1 GHz, 中心周波数は500 MHz).



図9 LPFとBPFを用いてRFI対策を行った後の、電波望遠鏡からの受信信号 (横軸の周波数範囲は378-428 MHz, 中心周波数は403 MHz).

改善は見込めないとのことでした。電波を受信するSDR（Software Defined Radio）が安定して動作していたので、このまま観測を行うことにしま

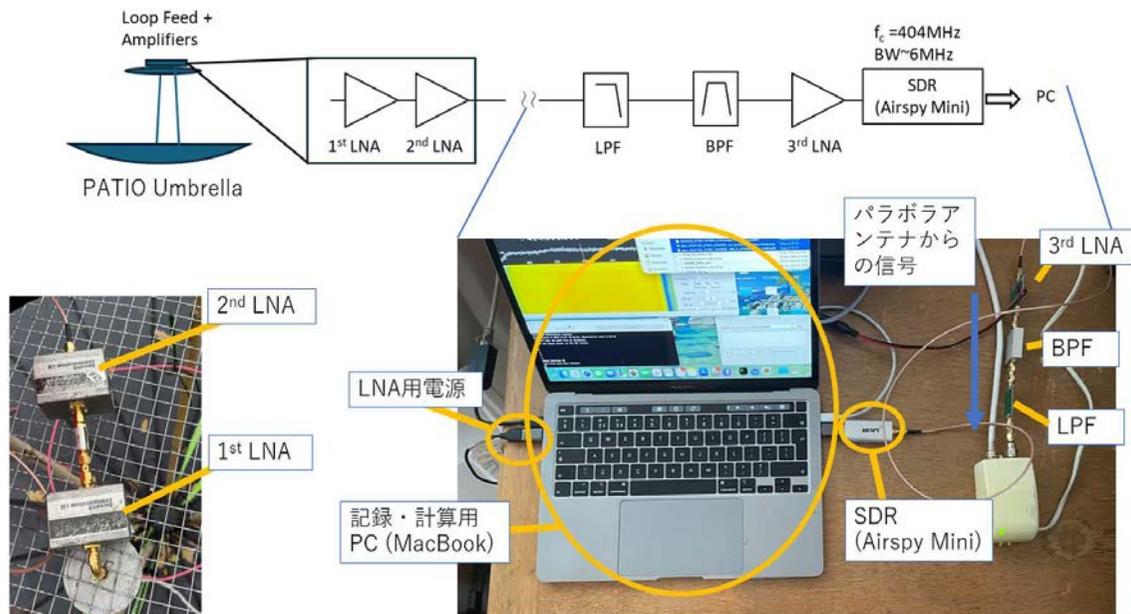


図10 最終的な観測セットアップ

した。

最終的な観測に使用したセットアップは図10の通りです。ガーデンパラソルにアルミ箔を貼ったパラボラでループフィードに向けて電波を集約し、ループフィードの上で二つの増幅器 (LNA: Low Noise Amplifier) を利用し、信号の増幅を行いました。その後LPE, BPFの二種のフィルタを用いて、RFI除去を行いました。フィルタを複数使用したため信号強度が低下したことから、最後に3つ目のLNA (3rd LNA) を設置して再度増幅し、その後SDR (Airspy Mini) へ入力しました。観測用PCにはMacBookを使用しました。

パルサー検出

観測手法や観測プログラムおよびデータ処理は、天文月報2025年9月号 [3] に報告されているものと同一の手法で行いました。パルサーデータ解析の重要な処理である群遅延補正 (De-dispersion) や、信号/雑音比を高めるために信号を周期ごとに分割して畳み込む (Folding) 処理は、

東京大学名誉教授寺澤敏夫先生が開発された解析ソフトを用いて行いました。中学2年生の私でも、このソフトのおかげで自分のPCを使ってパルサー解析を行い、信号 (Signal) と雑音 (Noise) の比であるS/N比が15を超えるパルサー信号を取得することに成功しました。図11の右下の図からは、Folding処理を714.52746 msの周期で行った際に、パルサー信号が最も明確に受信できることがわかります。右上段の図は、地球の自転や公転によるドップラー効果を考慮したPSR B0329+54の見かけのパルス周期の予想値と、観測によって得られた周期との比較です。この図により、観測によって得られた周期が予想周期と一致しており、パルサー検出が妥当であることを確認しました。

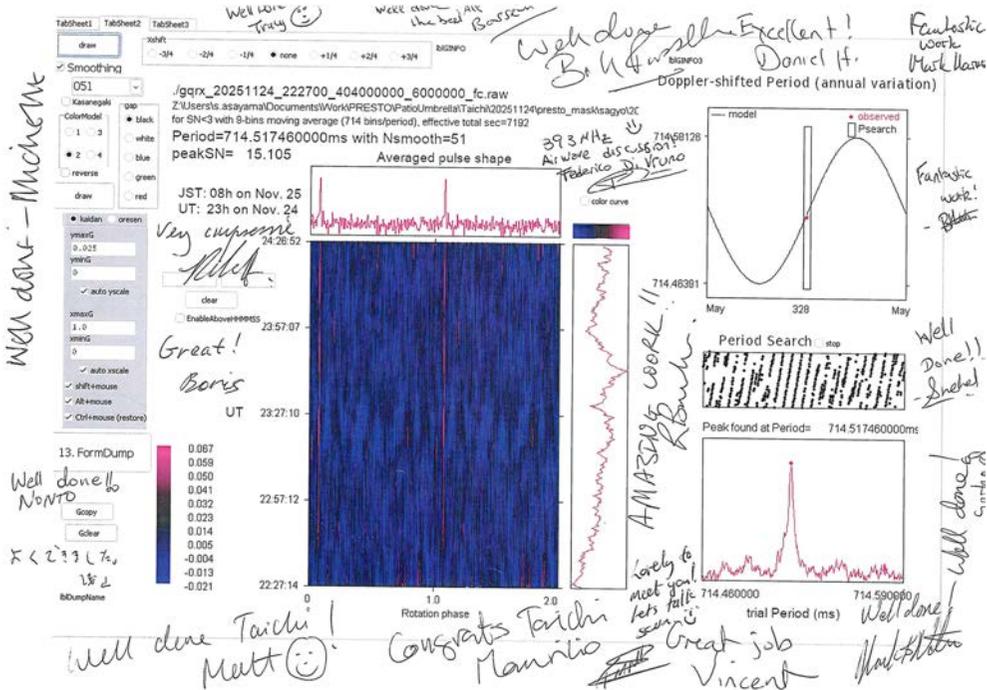


図11 2025年11月24日の観測結果。中央の下段は、観測結果をパルス周期ごとに分割し、横軸をパルス周期、縦軸を観測時間とした図。右側の下段は、受信電波の波形の図。各パルス周期の観測結果を観測時間方向に足し合わせることで、パルス部分を足し合わせて鋭くし、ノイズ部分は打ち消し合わせて小さくする処理を行った図。



図12 成果報告会の様子。



図13 SKAO職員とのディスカッションの様子。

おわりに

職業体験四日目の木曜日には、今回作成した電波望遠鏡とパルサー観測結果についてSKAO内で英語での口頭発表する機会を頂きました。また、SKAOに所属するスタッフの方々と成果を踏まえて意見交換を行い、観測方法や分析のポイントなどについて貴重なアドバイスをいただくことができました。例えば、プレゼン後にRFIの対策

を仕事としている方に393 MHzあたりに残ってしまった強力な信号について意見を求めたところ、Airwave/TETRAであると教えていただき、受信していた電波について理解を深めることができました(図12, 13)。

今回の職場体験を通じて、教本では得られない

実践的な知識を学ぶことができました。教本を読んでいたときには「自分には到底できない」と思っていたことが、導入レベルであれば、身近な装置でも再現できると知りとても驚かされました。特に、専門家が扱う大型装置ではなく手作りの電波望遠鏡でもパルサーを検出できることを知り、遠く感じていた電波天文学がより身近な分野として捉えられるようになりました。今回の経験を踏まえ、今後もアマチュア機器を活用した観測に積極的に取り組んでいきたいと考えています。

謝 辞

職場体験を受け入れ、終始ご指導くださったSKAOの浅山信一郎さんに深く御礼申し上げます。研究者という職業への理解を大きく深める貴重なきっかけとなりました。東京大学名誉教授の

寺澤敏夫先生には、データ解析用ソフトウェアの提供に加え、有益な助言をいただき、大変お世話になりました。

また、SKAO内での発表の機会を設けてくださった広報のMatthew Taylorさんにも、この場を借りて深く御礼申し上げます。

今回のSKAO訪問にあたりマンチェスターで支えてくれた父、活動に理解を示してくださったロンドン日本人学校の先生方、そしてSKAOやJodrell Bank天文台をはじめご協力くださった皆様に心より感謝いたします。

参考文献

- [1] <https://www.qrz.com/db/KK4VB> (2025.11.25)
- [2] <https://nanovna.com> (2025.11.25)
- [3] 宮本祐介, 2025, 天文月報, 118, 9

地球の公転に関する教育課程の現状と課題

林 隆 之

〈麻布中学校・高等学校 〒106-0046 東京都港区元麻布 2-3-29〉

e-mail: t.hayashi@azabu-jh.ed.jp, t.hayashi.azb@gmail.com



現代の宇宙観を構成する基本概念のひとつに地球の公転がある。地球の公転という概念自体は中学校の理科で導入され、いくつかの天体現象が公転によって合理的に説明されることが示されるものの、中学校段階では、地球が公転しない宇宙モデルを否定する観測的証拠は扱われない。現行の学習指導要領においては、地球の公転の根拠となる年周光行差や年周視差の検出は、履修者が全体の約1%にとどまる発展科目「地学」でのみ取り上げられる。その結果、学校教育において地球の公転を裏づける観測的根拠に触れない者が大多数を占める現状がある。本稿では、地球の運動が観測的に実証されてきた歴史を概観するとともに、学習指導要領における天文分野の変遷を整理し、現行課程における地球の公転に関する学習が抱える課題を明らかにしたい。

1. はじめに

地球の自転および公転は、近代以降の宇宙観を構成する基本概念である。特に地球の公転は、年周視差を生じさせ、天体までの距離測定に利用されることから、「宇宙の距離はしご」の一部として現代天文学を支えている。また、地球を不動とする天動説から、地球の自転・公転を含む地動説への転換は、単なる宇宙モデルの交替にとどまらない。この転換は、「科学革命」と称されるように [1]、科学史上きわめて重要な転機とされる。さらに、地球の運動への社会的な関心は高く、しばしば「天動説」という語は、自己中心的な態度や時代錯誤的な保守性を象徴する比喩としても用いられる。近年、漫画『チ。—地球の運動について』 [2] や、それを原作とするアニメーション作品が話題を呼んだのも、その一例だろう。こうした重要性や注目の一方で、学校教育は、地球の運動について十分な学習機会を提供できているのだろうか。

高等学校までの学校教育における学習内容は、学習指導要領で教科・科目ごとに定められており、その記載事項は教育課程の最低基準として位置づけられている。各教育現場では、この最低基準を超える独自の指導も認められているものの、全国的に共通して保障されるべき知識水準を示すという点で、学習指導要領はきわめて重要な意義をもつ。学習指導要領は時代の要請に応じておよそ10年ごとに改訂されており、天文分野の学習内容も改訂のたびに変化してきた。

地球の運動への理解は、学習指導要領における天文分野の到達目標の中でも特に重視されている事項のひとつである。ただし、地球が運動する事実を中学校で学びながらも、その観測的証拠に触れることなく高等学校を卒業する者が大多数という実態がある。その点で、高等学校までの天文分野の学習には課題が残されている。

本稿ではまず、地球の運動が観測的に証明されるまでの歴史的な経緯を概説し、あわせて学習指導要領における天文分野の学習内容を概観する。

次に、自転および公転について、学習指導要領に規定された事項が説明している点および説明できていない点を検討し、天文分野において現行の学習指導要領が抱える課題を明らかにしたい。

2. 地球の運動にかかわる科学史的背景

地球の運動に関する理解は、古代以来の天動説と、近世に確立した地動説との対立の中で、徐々に確立されていった。ここでいう天動説とは、古代ギリシアのアリストテレスが、先行する諸説を集約・再構成して確立した宇宙論を継承したものを指す。アリストテレスは、月食で大地が映す円形の影や、緯度による星の見え方の違いといった先人たちの観測事実を根拠に、大地は球形であると主張した（以後、大地は地球と表記する）。そして、重い地球は静止し、天球はその周囲を等速円運動するとされた（図1a）。さらに、不完全で変化に満ちた地上界と完全かつ永遠不変な天界という二元的構造を想定し、前者を直線運動を本質とする四元素（火・水・土・空気）からなる世界、後者を円運動を本質とする第5の元素（エーテル）から構成される世界と位置づけた。

後世にわたって天文学者を悩ませ続けたのは惑星の運動であった（当時の定義では、太陽や月も惑星に含まれる）。惑星は、天球上で恒星に対しての位置を変えるため、天球の単純な順行回転で

はその運動を説明できない。この問題に対するひとつの解決策は、2世紀にプトレマイオスにより提示された。彼は、離心円、周転円、エカントという3つの要素を含めた体系を構築することで、惑星の運動を精緻に説明することに成功し、後世に影響を及ぼした。

天動説を含む古代ギリシアの合理的知識体系の多くは、初期キリスト教の神秘主義的性格と緊張関係にあり、ラテン世界では、これらの知識の継承が一時的に断絶された。その後、幾多の変遷を経て、ラテン世界は古代ギリシアの学術的知見を再発見した。そして、キリスト教の教義と古代ギリシアの知見との整合が図られる中で、天動説を含むアリストテレスの諸学説は絶対的な権威として受け入れられていった。

15世紀に入ると、コペルニクスは、天体運動の中心を地球から太陽へと置き換えた地動説モデルを提案した（図1b）。このモデルは、数学的にはプトレマイオスのモデルに匹敵する精度を持っていた。そして16世紀には、アリストテレスを由来とする宇宙論と矛盾する現象が、ティコにより次々に観測された。たとえば、1572年の超新星（SN 1572）は「ティコの超新星」とも呼ばれ、永遠不変とされた天界における変化を示した点で、アリストテレス的宇宙観と明確に対立する。また、アリストテレスは彗星を地上の気象と解釈したが、ティコは自らの観測に基づき、彗星が天

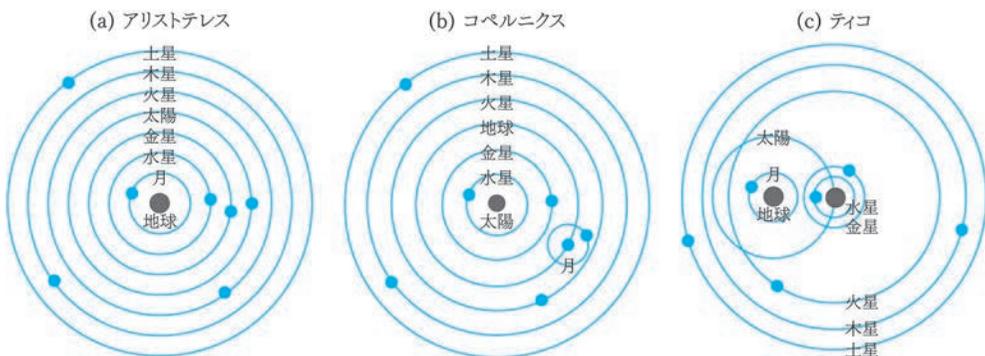


図1 (a) アリストテレス, (b) コペルニクス, (c) ティコによる太陽系モデルの概念図

界の現象であると主張した。さらに、その軌道が惑星の軌道を貫いており、アリストテレス的な宇宙観が前提とした「惑星軌道は交差しない」との見解に反することも明らかにした。

ただし、ティコはコペルニクスの地動説に対して懐疑的だった。地球が公転していれば観測されるべき恒星の年周視差を、当時の観測精度では検出できなかったためである。これらを背景としてティコは、地球を宇宙の中心に据えたまま、他の惑星が太陽の周囲を回るという修正天動説を提案した（図1c）。このモデルは、太陽の軌道といくつかの惑星の軌道が交差するという、従来の天動説には見られない斬新な特徴を備えていた。

17世紀、ガリレオは望遠鏡を用いた観測により、山や谷などの地形が月に存在することを発見した。これは、天体が完全な球体であるとしたアリストテレス的な宇宙観に対し、天界にも地上と同様の不完全性が存在することを示す発見だった。また、木星の周囲を公転する4つの衛星の発見は、地球以外の天体が回転の中心となり得ることの実証となった。これは、すべての天体が地球を中心に回っているという古典的な天動説への反証となり、地球が宇宙の特別な中心ではないことを示唆する発見であった。決定的だったのは、金星の満ち欠けとそれに連動する見かけの大きさの変化の発見である。アリストテレス的な宇宙観を

踏まえた天動説では、それぞれの惑星の軌道は交差せず、金星は常に太陽より内側を周回するとされ、満ち欠けの全過程は生じない（図2a）。しかし、実際に観測された金星の見かけの変化は、金星が太陽の背後まで回り込む（外合する）軌道を描いていることと一致し、アリストテレス的な宇宙観の説得力を大きく損なうものだった。

もっとも、ガリレオによる金星の満ち欠けの発見は、地球の公転運動を含むコペルニクスの宇宙像（図2b）を証明するものではない。金星の満ち欠けの発見は、アリストテレス的な宇宙観に基づく従来の天動説（図2a）に対する有力な反証とはなかったが、たとえばティコの修正天動説によっても説明が可能である（図2c）。地球が太陽の周囲を公転していることは、1727年のブラドリーによる年周光行差の発見、ないし1838年のベッセルによる年周視差の検出によって、初めて観測的かつ直接的に裏づけられた。

ここまで地球の公転に重点を置いて概観してきたが、自転についても、決定的な証拠は18-19世紀にかけて発見された。18世紀半ば、フランス科学アカデミーによって実施された測地遠征により、地球が回転楕円体であることが示され、遠心力による地球の変形を前提として自転の存在が支持された。さらに、1851年にはフーコーが、振り子の振動面がコリオリ力の影響を受けて回転す

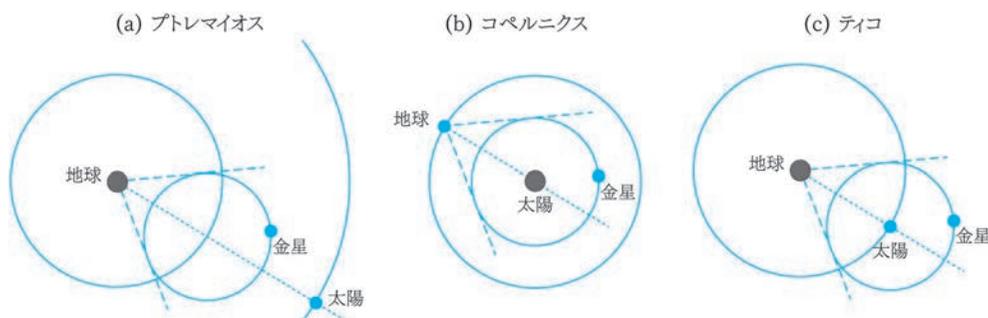


図2 (a) プトレマイオス（天動説）、(b) コペルニクス（地動説）、(c) ティコ（修正天動説）による太陽系モデルにおける地球・太陽・金星の関係の概念図。各図において、地球から見た太陽の方向を点線で、地球から金星の見える範囲を破線で示した。なお、プトレマイオスの天動説では、金星が周転する円が太陽と同期して地球をまわることで、実際に観測される金星と太陽の離角が説明される。

ることを示し、地球の自転をより直接的に証明した。

3. 学習指導要領における天文分野

現行の小学校・中学校の学習指導要領 [3, 4] は2017年に告示され、小学校では2020年度から、中学校では2021年度から実施されている。高等学校の学習指導要領 [5] は2018年に告示され、2022年度の入学生から年次進行で実施された。

3.1 小学校・中学校における天文分野の学習状況

現行の学習指導要領における、小学校・中学校の天文分野に関する学習内容を表1に示した。小

学校および中学校では、大型または高精度な装置を用いた観測により得られた知見ではなく、身近な天文現象を中心に学習する。特に小学校では、肉眼による観測が可能な現象の規則性の理解に重点が置かれている。たとえば、第5学年の「月の形と位置の変化」では、月の満ち欠けが周期的であることを学び、第6学年の「月の位置や形と太陽の位置」では、満ち欠けする月の輝いている側に太陽が位置することを学ぶ [3]。ここで注目すべきは、学習指導要領においては、太陽・月・地球の3天体の運動学的関係の理解は求められていない点である。天球上での太陽と月の見かけの位

表1 現行の学習指導要領における理科の学習内容（中学校までの天文分野を抜粋 [3, 4]）

〔小学校〕理科（B 生命・地球）	
第3学年	<p>(2) 太陽と地面の様子</p> <p>太陽と地面の様子との関係について、日なたと日陰の様子に着目して、それらを比較しながら調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。</p> <p>(ア) 日陰は太陽の光を遮るとでき、日陰の位置は太陽の位置の変化によって変わる。</p> <p>(イ) 地面は太陽によって暖められ、日なたと日陰では地面の暖かさや湿り気に違いがある。</p>
第4学年	<p>(5) 月と星</p> <p>月や星の特徴について、位置の変化や時間の経過に着目して、それらを関係付けて調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。</p> <p>(ア) 月は日によって形が変わって見え、1日のうちでも時刻によって位置が変わる。</p> <p>(イ) 空には、明るさや色の違う星がある。</p> <p>(ウ) 星の集まりは、1日のうちでも時刻によって、並び方は変わらないが、位置が変わる。</p>
第6学年	<p>(5) 月と太陽</p> <p>月の形の見え方について、月と太陽の位置に着目して、それらの位置関係を多面的に調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。</p> <p>(ア) 月の輝いている側に太陽がある。また、月の形の見え方は、太陽と月との位置関係によって変わる。</p>
〔中学校〕理科（第2分野）	
第3学年	<p>(6) 地球と宇宙</p> <p>身近な天体の観察、実験などを通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。</p> <p>ア 天体の動きと地球の自転・公転</p> <p>(ア) 日周運動と自転：天体の日周運動の観察を行い、その観察記録を地球の自転と関連付けて理解すること。</p> <p>(イ) 年周運動と公転：星座の年周運動や太陽の南中高度の変化などの観察を行い、その観察記録を地球の公転や地軸の傾きと関連付けて理解すること。</p> <p>イ 太陽系と恒星</p> <p>(ア) 太陽の様子：太陽の観察を行い、その観察記録や資料に基づいて、太陽の特徴を見いだして理解すること。</p> <p>(イ) 惑星と恒星：観測資料などを基に、惑星と恒星などの特徴を見いだして理解するとともに、太陽系の構造について理解すること。</p> <p>(ウ) 月や金星の運動と見え方：月の観察を行い、その観察記録や資料に基づいて、月の公転と見え方を関連付けて理解すること。また、金星の観測資料などを基に、金星の公転と見え方を関連付けて理解すること。</p>

置関係と、月の満ち欠けとのあいだに見られる法則性を、観測を通して理解することが目標とされており^{*1}、天動説や地動説といった宇宙観にかかわる内容は、学習すべき内容に含まれていない。

太陽・月・地球の3天体に関する運動学的関係は、中学校の理科で取り扱われる。中学校第3学年の理科では、恒星の日周運動および年周運動が、それぞれ地球の自転および公転によって生じることを学ぶ。さらに、地球の公転を観測的に支持する根拠として、金星の満ち欠けが取り上げられている [4]。ここで重要なのは、それぞれの学習内容が地球の自転ないし公転の十分にに着目しており、それらの必要性までは論じられていない点である。すなわち、地球が運動しない可能性を、中学校段階では否定しきれていないのだ。この点については、後の章にて改めて検討を加える。

3.2 高等学校における地学分野の履修状況

高等学校における地学分野の学習は選択制である。現行の学習指導要領では、理科はいわゆる「2階建て」構造となっており、まず2単位の基礎科目を履修し、その後4単位の発展科目を履修する形をとる。卒業要件としては、物理・化学・生物・地学の各分野の基礎科目（「物理基礎」「化学基礎」「生物基礎」「地学基礎」）のうち3科目を履修するか、基礎科目から1科目と総合科目「科学と人間生活」を履修することが求められている。この履修形態は2009年告示の学習指導要領 [6] から導入されたものであり、それ以前の課程と比べ、基礎科目のみで卒業する場合の履修科目数が増加している。

履修形態の変更にもとない、地学分野の基礎科目の履修率は明らかな増加を示した（表2）。2019年には「地学基礎」の履修率が25%を超え

表2 高等学校における理科の履修率

科目	年度			
	2010	2015	2019	
基礎科目	地学I	7.0%	…	…
	地学基礎	…	26.1%	26.2%
発展科目	地学II	0.7%	…	…
	地学	…	1.2%	0.9%
総合科目	理科基礎	7.5%	…	…
	理科総合B	36.0%	…	…
	科学と人間生活	…	33.4%	34.0%

教科書採択数に基づく推計 [7]。地学分野の内容を含む科目のみ抜粋した。

表3 現行の学習指導要領における高等学校「科学と人間生活」の学習項目 [5]

- (1) 科学技術の発展
- (2) 人間生活の中の科学
 - (ア) 光や熱の科学
 - ア 光の性質とその利用
 - イ 熱の性質とその利用
 - (イ) 物質の科学
 - ア 材料とその再利用
 - イ 衣料と食品
 - (ウ) 生命の科学
 - ア ヒトの生命現象
 - イ 微生物とその利用
 - (エ) 宇宙や地球の科学
 - ア 太陽と地球
 - イ 自然景観と自然災害
- (3) これからの科学と人間生活

学習項目に関する記述のみ抜粋し、探究活動など学習のあり方に関する記述は割愛した。天文分野にかかわる項目をハイライトした。

ている。一方で、発展科目「地学」については、開設している学校に限られており、その履修率は1%程度にとどまっている [7]。

地学分野の内容は、総合科目「科学と人間生活」にも盛り込まれている（表3）。「科学と人間生活」の履修率は33-34%程度である [7]、なお、「科学と人間生活」は、大学入学共通テストの試

^{*1} 気象衛星などによって宇宙から地球を俯瞰する視点が日常化した現代において、月の満ち欠けに関する学習を地球からの視点のみに限定することは、かえって現象理解を妨げる可能性があると言われている。この点に関して、地球外から月や太陽を観察する視点を学習に取り入れるよう、2015年および2024年に、天文教育普及研究会から学習指導要領の改訂に向けた提言がなされている。

験科目として設定されていないこともあり，大学進学率の低い高等学校で履修される傾向がある [8].

以上を踏まえると，高等学校卒業者の地学的素養を評価する指標としては，総合科目「科学と人間生活」と基礎科目「地学基礎」の学習内容が有力な目安となるだろう。

3.3 高等学校における天文分野の学習状況

高等学校における地学分野の学習状況は，履修率の向上という点では改善しているように見える。だが，天文分野の学習内容を見ると，前向きとは言い難い現状もある。以下，履修率の高い「科学と人間生活」と「地学基礎」を概観する。

「科学と人間生活」の天文分野には，宇宙観にかかわる内容は含まれていない。天文分野を学ぶ単元「太陽と地球」において，「太陽などの身近に見られる天体の運動や太陽の放射エネルギーについて，人間生活と関連付けて理解すること」が求められているにとどまる [5].

「地学基礎」についても，天文分野の学習内容

が充実しているとは言い難い。図3に，基礎科目における天文分野の学習内容の変遷を示した。高等学校における地学では，伝統的には，空間軸および時間軸に沿って整理された次の4分野ごとのカリキュラムが編成されてきた。

- ・大地の成り立ちと変遷（地質・地球史）
- ・地球内部とその活動（地震・火山）
- ・気象と海洋のしくみ（大気・海洋）
- ・宇宙の構造と進化（宇宙）

1999年告示の学習指導要領における基礎科目「地学I」の内容では，この構成を確認できる。さらに，「地学I」の天文分野では，太陽から現代宇宙論に至るまで，広範な空間スケールを対象とした内容が系統的に配置されていた。ところが，2018年告示の現行課程における「地学基礎」では，この空間軸に沿った網羅性が失われている。

2009年告示の学習指導要領では，単元「宇宙のすがた」において「宇宙の誕生と銀河の分布について理解すること」が求められていたが [6]，現行の学習指導要領における唯一の天文分野の単

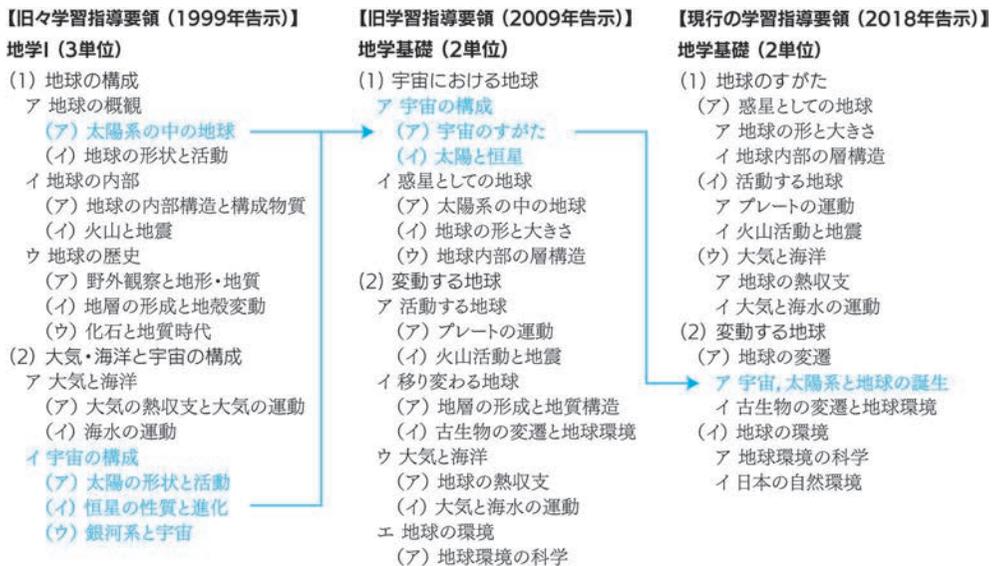


図3 高等学校「地学基礎」の学習項目の変遷 [5, 6, 9]. 学習項目に関する記述のみを抜粋し，探究活動など学習のあり方に関する記述は割愛した。天文分野にかかわる項目をハイライトした。1999年告示の課程に設置された「地学I」では，単元「太陽系の中の地球」において地球の自転および公転の観測の根拠が扱われていた。しかし，2009年告示の「地学基礎」以降は，これらを取り上げる単元は設けられていない。

元「宇宙、太陽系と地球の誕生」では、「宇宙の誕生、太陽系の誕生と生命を生み出す条件を備えた地球の特徴を理解すること」が目標とされ [5]、宇宙の起源や惑星系に関する内容は含まれているものの、銀河の構造やその分布といった空間スケールの大きな現象は、学習内容から外された。

以上の背景として、「地学基礎」が2009年告示の学習指導要領において「日常生活や社会との関連を意識しながら地球や地球を取り巻く環境を理解させ」る科目として設置されたことが考えられる [6]。この改訂により、高等学校における地学分野の基礎科目の構成は、空間軸に沿って自然現象を網羅的に扱う体系から、時間軸に沿って現在の地球に至る過程の理解に重点を置く体系へと転換された*2。

限られた授業時間の中で全自然現象を扱うことは不可能であり、特定の観点に基づいて学習内容を取捨選択することはやむを得ない対応である。ただし、天文分野の科学的リテラシーの涵養を重視する立場に立てば、現行課程は内容が著しく限定された構成と評価せざるを得ない。基礎科目において天文分野が結果として「犠牲」となったことは*3、今後の検討課題として指摘されるべきであろう。

4. 地球の公転の学習における課題

現行の学習指導要領のもとでの学校教育は、現代的な宇宙観を観測的根拠に基づく科学として適切に学ぶ機会を提供できているのだろうか。

中学校では、地球の自転および公転について学習するものの、学習指導要領の記述に照らす限り、それらの運動によって生じる天体现象の説明にとどまっている。つまり、自転や公転が必然的に導かれるような構成にはなっておらず、自転お

よび公転が天卜的に与えられているだけなのである (表1)。

もともと、ある理論モデルが多様な自然現象を合理的に説明できることを出発点とし、その妥当性をまず認識させるという教授法は、必ずしも否定されるべきものではない。実際、化学分野の教育では、このような手法が広く議論されている [10]。たとえば、ボーアモデルによって原子構造や元素の性質を説明する際、このモデルを前期量子論の枠組みから厳密に導出しようとすれば、初学者にとって理解が困難となり、学習意欲の低下を招くおそれがあることは容易に想像される。

中学校段階において、地球の自転や公転の結論のみ与えるのであれば、その観測的根拠については、高等学校の基礎科目で扱うことが望ましいだろう。現行の履修形態のもとでは、理想的には「科学と人間生活」でもこの点に触れることが期待されるが、同科目における天文分野の内容および分量 (表3) を踏まえると、それは現実的ではないかもしれない。また、これは理科の総合科目のあり方そのものにかかわる問題であり、本稿の射程を超えるため、ここでは立ち入らない。

まず、地球の自転に関しては、地球が回転楕円体であること、および振り子の振動面が見かけの上で回転することによって示されてきた。前者については、自転を示す直接的根拠であることの明示こそされていないが、現行課程の「地学基礎」において単元「地球の形と大きさ」での学習項目とされている (図3)。自転の観測的根拠のひとつは「地学基礎」に含まれており、自転の必要性の理解へとつなげる余地が残されているといえる。

一方、公転についてはどうであろうか。観測的

*2 学習指導要領における単元の配列は、必ずしも教科書の構成と一致するものではない。多くの出版社による『地学基礎』の教科書では、現場での指導のしやすさを考慮し、伝統的な4分野構成を意識した配列が採用されている。

*3 冒頭で述べたとおり、学習指導要領に記載されている学習事項は最低水準であり、改訂により全体の「犠牲」となって削減された内容 (たとえば、銀河の構造や分布) であっても、発展事項として教科書に記載されている例はある。

証拠である年周光行差および年周視差は、いずれも現行課程の「地学基礎」では取り上げられておらず、「地学」での学習事項とされている [5]. かつての基礎科目「地学I」では、地球の自転および公転の証拠がともに学習事項とされていたが(図3)、「地学基礎」への改編にあたって単位数が削減されたことにもない、これらの内容は発展科目へ先送りされた。そのため、「地学」を履修しない約99%の学習者は、地球の公転を裏づける観測的根拠を学校教育で学ばないまま高等学校を卒業していることになる。

現行の学習指導要領における地球の公転に関する学習内容を、歴史と比較して考えると、多くの学習者はティコの修正天動説(図1cおよび図2c)を排除できないことになる。ティコは自身の精密な観測結果に基づき、アリストテレスの主張を踏襲する天動説に疑問を抱いたものの、年周視差が検出されなかったことから地球は静止していると信じ、コペルニクスの地動説を支持するには至らなかった。ガリレオが発見した金星の満ち欠けも、金星が太陽の背後を通過することを示すものであり、コペルニクスの体系を一義的に支持する証拠とはならない(図2)。したがって、ほとんどの高校生が年周光行差ないし年周視差を学ばない現状は、彼らの太陽系の構造に関する理解が限定的であることを意味する。

天文分野は他分野と比べて関心が高く、学校外で知識を得ている学習者が多いと指摘されている [11]. 学校教育は必ずしも唯一の学習機会ではない。また、各学術分野からの要請に応じて、学習指導要領で定める学習内容を際限なく拡充することはできない。それでも、地球の運動のように社会的な関心の高い科学概念については、学校教育が学習機会を責任をもって提供すべきだろう。現状の履修形態および科目の開設状況を踏まえるならば、まずは地学分野の基礎科目において、年周光行差または年周視差に関する学習を含める方向で、教育内容の見直しを検討する必要がある。

ある。

5. さいごに

漫画『チ。—地球の運動について』の第4巻には「第三者による(地動説への)反証が許されないならばそれは信仰だ」という台詞がある [2]. 自己中心的な態度や時代錯誤的な言動を「天動説」と形容して揶揄する一方で、地動説を天卜的に受け入れ、その妥当性や天動説を否定する根拠を説明できないばかりか、そうした内容を学習した経験すらないという皮肉な状況が生じている恐れがある。このような地動説の受容は、科学的理解に基づくものではなく、かつてアリストテレス的な宇宙観に立脚した天動説が権威として受け入れられていた状況と同様に、信仰の域にとどまっている。地球の公転を必然とする観測的根拠を、多くの学習者が学校教育の中で学べるよう、学習内容の再検討を求めたい。

謝辞

本稿の内容の一部は、筆者が麻布中学校・高等学校の村本ひろみ教諭と共同で取り組んだ授業で得た知見によるものです。ここに感謝の意を表します。また、本稿にかかわる調査・研究は科学研究費助成事業(奨励研究)22H04065「科学史を活用して宇宙の階層構造を学ぶ探究的教材の開発」の支援を受けています。本稿の改訂にあたって有益な助言をくださった天文月報編集委員の小山翔子氏に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] H. バターフィールド, (渡辺正雄 訳)1978, 近代科学の誕生(講談社)
- [2] 魚豊, 2020, チ。—地球の運動について—(小学館)
- [3] 文部科学省, 2017a, 小学校学習指導要領(平成29年告示)
- [4] 文部科学省, 2017b, 中学校学習指導要領(平成29年告示)
- [5] 文部科学省, 2018, 高等学校学習指導要領(平成30年告示)

- [6] 文部科学省, 2009, 高等学校学習指導要領(平成21年告示)
- [7] 吉田幸平, 高木秀雄, 2020, 地学雑誌, 129, 337
- [8] 日本理化学協会, 2015, 平成27年度アンケート集計結果
- [9] 文部科学省, 1999, 高等学校学習指導要領(平成11年告示)
- [10] 雲財寛, 2016, 広島大学大学院教育学研究科紀要. 第二部 文化教育開発関連領域, 65, 19
- [11] 縣秀彦, 2004, 天文月報, 97, 726

Current Status and Issues in Japanese Education Curricula Related to the Earth's Revolution

Takayuki J. HAYASHI

Azabu Junior and Senior Highschool, 2-3-29 Motoazabu, Minato, Tokyo 106-0046, Japan

Abstract: The orbital revolution of Earth is one of the fundamental concepts that underlies our modern understanding of the universe. Historically, this motion has been confirmed by detecting annual aberration or parallax. Current Japanese national curriculum guidelines only include this type of evidence in an advanced course, which approximately 1% of high school students take. Although the concept of orbital revolution is introduced as a reasonable explanation for various astronomical phenomena, instruction does not extend to its empirical necessity or observational basis. Consequently, most students finish high school without learning about the observations that verified Earth's orbital motion.

小惑星（65635）Hirayamashinの命名と 平山信先生へのご報告

中村 士¹・渡部 潤一²

〈¹大東文化大学東洋研究所・兼任研究員 〒175-0083 東京都板橋区徳丸 2-19-10〉

〈²自然科学研究機構国立天文台天文情報センター 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1〉

e-mail: ¹tsukonk@yahoo.co.jp, ²jun.watanabe@nao.ac.jp

日本人で初めて1900年に小惑星を発見した天文学者平山信の名前が今まで小惑星名につけられていなかったことを、私たちは偶然知った。日本における小惑星天文学の創始者と呼んでもよい平山信の歴史的偉業を改めて称えるために、IAUの小天体命名委員会（Working Group Small Bodies Nomenclature (WGSBN)）に申請し、2025年9月に（65635）Hirayamashinという命名を得ることができた。本稿では、その経緯について紹介する。

2024年の10月上旬、本報告の第一著者へ旧知の米国の天文学者から一通のメールが届いた。ある日本人が発見した小惑星の名前の意味に関する問い合わせだった。シュマデル（L. D. Schmadel）が編纂した『小惑星名辞典』の頁を繰ってみた[1]。番号順に見てゆくと、1918年に小惑星の族を発見した平山清次は（1999）Hirayamaとして載っている。では、日本人として最初の新小惑星を発見した平山信^{*1}の名前は何番だろうかと探してみたが、不思議なことに見つからない。念のため、平山清次の研究を長年されてきた北大の吉

田省子氏[2, 3]にも確認していただいたが、平山信を示すと思われる小惑星の名前はやはりないとのことだった。また、東京天文台の天体掃索部所属で、IAUの小惑星命名委員会の委員を務めた、故富田弘一郎氏の刊行になる『日本の小惑星命名宝鑑』（1998年）も参照したが[4]、手がかりは得られなかった。

周知のように、第2代の東京天文台長を務めた平山信は、1900年という早い時期に、麻布にあった東京天文台のブラッシャー天体写真儀を用いて新たな小惑星を2個発見した^{*2}。しかし、楢

^{*1} 二人の名前の読みであるが、アルファベット表記にすると、平山清次（せいじ）も平山信（しん）もどちらもS. Hirayamaになり、しかも同じ東京天文台教授だったから区別がつかない。そのため、後輩だった清次の方が譲って、英語表記ではKiyotsugu Hirayamaと改めたという話は本などにも載っている。実際、平山清次の名著『小惑星』再版（岩波全書、1949年）の巻末著者名には、清次に「せいじ」とカナがふってあったから、本来の名前の読みはやはり「せいじ」なのだろう。

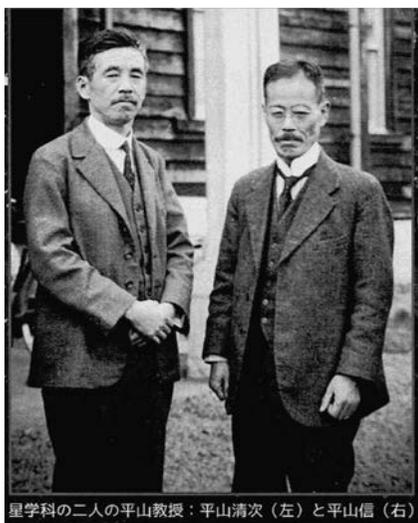
^{*2} 平山信は、「天体の写真に就いて」（『東洋学芸雑誌』、第80巻、235号、明治34年4月）の記事の末尾に、「一枚の乾板の上に五ツ六ツの小遊星を発見した事がある」と述べている。

この歴史的な発見の乾板は、戦時中の東京天文台本館の火災により焼失したと思われていた。実際、古い乾板類が廃棄される寸前で救出された中にあったブラッシャー天体写真儀の乾板のデータは目録化されたが[6]、戦後のものが主であり平山信の乾板は含まれていなかった。ちなみに、これらブラッシャー乾板の目録表の実質的な編纂・制作を行ったのが、著者の一人Hisako Hirose、つまり東京天文台長を務め、日本人のアマチュアによる小惑星大量発見時代の基礎を築いた広瀬秀雄氏のお嬢さん、故・広瀬尚子氏であったことは記しておきたい。その後創設された天文情報センター・アーカイブ室の活動により、旧図書館の中から新たに戦前の古い乾板が発見され、その中に当該の平山による小惑星検出時の乾板も含まれていた[7, 8]。これらは、現在はデジタル化されて広く公開されている[9]。

天球儀

円軌道が計算できる観測回数に足りなかったため命名権は得られなかった。1個は1902年にニース天文台のシャルロワ (A. H. Charlois) が見つけた小惑星と同定された結果、(498) Tokioと命名

された。他の1個は1912年にハイデルベルグで発見され、最初に観測した平山信に敬意を表して彼に命名権が与えられ、(727) Nipponiaと名づけたという。



星学科の二人の平山教授：平山清次（左）と平山信（右）

図1 東京大学星学科教授の平山信と平山清次。「天文月報」特集平山族100周年、第112巻、第9号（2019年9月）の表紙から引用。

平山信は、フランスで近代天文学を身につけ東京大学星学科の教授と初代東京天文台長になった寺尾寿（ひさし）の最初の学生（1888年卒業）であり、小惑星の族の発見者平山清次より8年先輩にあたる。平山清次は、第1次世界大戦中の1915-17年にアメリカに留学し、イエール大学のブラウン (E.W. Brown) のもとで彼の有名な月運動論の完成を手伝った。その時、ブラウンの示唆を受けて小惑星の天体力学的研究を始めたとされる [5]。

しかし、ずっとそれ以前から平山信による新小惑星の発見について、同僚だった平山清次は当然認識していたはずだから、平山信の発見が平山清次が小惑星に興味を抱く動機の一つになったであろうことは大いに考えられる (図1)。その意味で、平山信は「わが国における小惑星天文学の創

https://minorplanetcenter.net/db_search/show_object?object_id=65635

IAU The International Astronomical Union
Minor Planet Center

OBSERVERS DATA NEW STATUS DOCUME

(65635) Hiramashin = 1977 EA8 = 1999 RL171
Discovered at Kiso on 1977-03-12 by H. Kosai and K. Hurokawa.
(65635) Hiramashin

Shin Hirayama (1867–1945) was a Japanese astrophysicist, and became the second director of Tokyo Astronomical Observatory in 1920. Because he found two new asteroids in 1900, later identified as prediscoversy observations of (498) and (727), he is regarded as the Japanese pioneer in asteroid astronomy. [Ref: WGSBN Bull. 5, #20, 6]

図2 小惑星 (65635) Hiramashin (平山信) の新規登録を告げるIAU小惑星センター (MPC) の回報 (2025年9月)。引用文には、「平山信は日本の天体物理学者で、1920年に第2代の東京天文台長に就任した。彼は1900年に初めて2個の小惑星を発見し、後に (498) と (727) 番と登録されたので、小惑星天文学における日本人のパイオニアとみなすことができる」、と書かれている。

始者」と呼ぶにふさわしい。その平山信の名前が、現在までに名づけられた多数の小惑星名の中にみつからないのである。これはゆゆしき問題ではないだろうか*3。

以上のような危惧感を抱いた第一著者中村は、第二著者である国立天文台の渡部に相談した。渡部も、今まで誰もこの異常事態に気づかなかったことに驚き、単に個人的な立場だけでなく、平山信が属した天文台として早急に彼の名前を小惑星に命名したいと考えた。ただ、渡部は公務が多忙だったため、新たに命名可能な小惑星の候補をリストアップするのにかなり時間を要した。特に顕著な業績がある場合は、切りの良い小惑星番号を選ぶので*4、渡部はその交渉も試みたが、現在はその種の配慮はしていないとIAU WGSBNから断られたため、検討の結果、著者二人が候補リストから選んだ小惑星が(65635)番だった。

この小惑星(65635)番は、小惑星センター(Minor Planet Center) 回報(図2)の引用文からわかるように、東京天文台の職員だった香西洋樹氏と故古川麒一郎氏が東京大学木曾観測所の105 cm シュミット望遠鏡を用いて1977年3月12日に発見した新小惑星である。ほかにも候補はあったが、平山信という大先輩と同じ組織に属する観測者が見つけた小惑星に平山信の名前をつけることに、より意義があると私たち著者は判断した選択だった。その命名は、香西氏および故・古川氏の奥様である鈴子氏の許可を得た上で、

IAUへ申請した。予想したより早く2025年9月のMPC回報に発表されたのを見て、私たちはようやく安堵感を覚えた次第である。

最後に、私たち著者の現在の率直な気持ちを述べたい。「平山信先生、日本の小惑星天文学の創始者たる先生のお名前が今まで小惑星名になかったこと、その事実にも誰も気づかなかったことは実に驚くべきこと、恥ずべきことで、深くお詫び申し上げます。あまりにも遅ればせですが、先生の発見年1900年から1世紀と4分の1が経過した2025年にやっと、(65635) Hirayamashinというお名前をつけさせていただきました。IAU WGSBNの最近の方針で、私たちが希望した番号の小惑星を選べなかったのは残念ですが、何とぞご了解をお願い申し上げます。

このメッセージが宇宙の平山信先生に届くことを心より祈るものである。

参考文献

- [1] Schmadel, L. D.(ed.), 2003, Dictionary of Minor Planet Names, 5th revised and enlarged edition, (Springer-Verlag, Berlin)
- [2] 吉田省子, 杉山滋郎, 1997, 科学史研究, 36, 218
- [3] 吉田省子, 2019, 天文月報, 112, 601
- [4] 富田弘一郎, 1998, 日本の小惑星命名宝鑑, 私家版
- [5] [https://astro-dic.jp/hirayama-kiyotsugu/\(2025.12.26\)](https://astro-dic.jp/hirayama-kiyotsugu/(2025.12.26))
- [6] Nakamura, T., et al., 1990, Publ. Natl. Astron. Obs. Japan, 1, 341
- [7] 佐々木五郎他, 2012, 日本天文学会春季年会(京都市, 龍谷大学), Y32a
- [8] 佐々木五郎他, 2013, 国立天文台報, 15(3-4), 37
- [9] [https://prc.nao.ac.jp/prc_arc/brashear/\(2025.12.26\)](https://prc.nao.ac.jp/prc_arc/brashear/(2025.12.26))

*3 日本の天文学者で2000番より若い番号がついているのは、広瀬秀雄(1612) Hirose, 萩原雄祐(1971) Hagihara, 平山清次(1999) Hirayamaだけである。

*4 以前は、著名人の名前がついた番号は切りのよいラウンドナンバーかその前後の番号が多かった。例えば、(1000) Piazzia (ピアジ), (1001) Gaussia (ガウス), (1999) Hirayama (平山清次), (2000) Herschel (ハーシェル), (2001) Einstein (アインシュタイン), (2002) Euler (オイラー), (2999) Dante (ダンテ), (3000) Leonardo (レオナルド・ダ・ヴィンチ), (3001) Michelangelo (ミケランジェロ) などである。



New Naming of Asteroid (65635) Hiramashin as the Founder of Asteroidal Astronomy in Japan

Tsuko NAKAMURA¹ and Junichi WATANABE²

¹Institute for Oriental Studies, Daito-bunka University, 2-19-10 Tokumaru, Itabashi-ku, Tokyo 175-0083, Japan

²National Astronomical Observatory of Japan, 2-21-1 Osawa, Mitaka, Tokyo 181-8588, Japan

Abstract: Prof. Shin Hirayama (1867–1945), the second director of Tokyo Astronomical Observatory, discovered two new asteroids as early as in 1900 which later obtained official numbers as (498) and (727). The authors of this note recently happened to know that his name had not been given to any asteroids before. In order to praise anew his historical achievements as the Japanese pioneer in asteroid astronomy, we proposed his name to an asteroid discovered in 1977 by the TAO staff requesting to Working Group Small Bodies Nomenclature of IAU. As a result, we were announced from MPC the new naming of (65635) Hiramashin in September 2025.

た”という体験をきっかけに、科学に興味を持つ人が一人でも増えてほしい——そこには、小松さんをはじめとする『Newton』編集部の思いが込められています。小松さんの言葉の奥からは、科学を伝えることへの確かな情熱と、この仕事ならではの楽しさが伝わってきました。

さらに今、ニュートンプレスでは新しいウェブメディアの立ち上げを進めているといいます。小松さんは、そのプロジェクトマネージャーとして、さらに多くの人たちに科学の面白さを伝える基盤づくりに挑戦しています。

おわりに

天文学という分野は「就職にはあまり役に立たない」と言われることもあります。しかし、私たち大学院生は日々、専門性を磨きながら、自分の研究内容を日本語・英語でわかりやすく伝える訓練を積んでいます。進捗報告やセミナー、国内外での研究会発表、観測・実験のためのプロポーザル（提案書）、研究継続のための申請書、そして最も重要な論文執筆——こうした経験の積み重ねを通して、私たちは自然と「伝える力」を養っているのではないのでしょうか。この総合的な力は、研究に没頭してきた博士号取得者にしかない強みだと感じます。

このように考えると、大学院生や研究者は、“ライター”であり“リポーター”でもあると言

えるでしょう。天文学が直接的には社会に役立ちにくく、就職面で不安を抱く方もいるかもしれませんが。しかし、小松さんが語ってくださったように、「社会には、研究者のように物事を正確に、わかりやすく伝えられる人が求められている」という言葉の通り、博士号を取得する過程で身につけた力そのものが、大きな武器になるはずですよ。

もちろん、自分の将来を見据えてアカデミア以外の可能性に視野を広げることは大切です。しかし、勉学や研究に情熱を注ぎ“一人の研究者”として没頭する時間の中にも、日々鍛えられている力があります。小松さんが「伝える力」を武器に編集者として活躍されているように、研究の中で自ら鍛えてきた力を活かすことで、新たな可能性が拓かれるのかもしれない。

謝辞

お忙しい中、貴重なインタビューのお時間をいただき、写真を提供くださいました小松研吾さん、本稿の執筆機会をくださいました日本天文学会キャリア支援委員会の大工原一貴さん（ISAS/JAXA）、久世陸さん（京都大学）にお礼申し上げます。

参考文献

- [1] 天文学辞典「バンアレン帯」<https://astro-dic.jp/van-allen-radiation-belt/> (2026.3.9)



マルコフ連鎖モンテカルロ法入門 —例からはじめるMCMCの基礎と アルゴリズム

福島孝治・西川宜彦 著，赤穂昭太郎・須山敦志 監修

教科書
お薦め度
5
☆☆☆☆☆

東京図書，256頁，定価3,520円

マルコフ連鎖モンテカルロ法 (MCMC) を使ってモデルパラメータの事後確率分布を調べるのは天文学の研究で「日常」となった。Pythonで実装されたNUTSサンプラーやemceeは多くの研究者によって使われているが、使い勝手がよすぎて、中身がよくわからないまま動いてしまうこともあるかもしれない。しかし、MCMCは簡単ではない。高次元の多峰で複雑な形をした確率分布では、うまく収束しないこともある。よくわかっていないのに使うのは大失敗のもとである。では基本から勉強しようとして日本語の教科書を探すと、特定のアルゴリズムと応用先に絞ったものが多く見つかる。広大なMCMCの世界を専門家が体系的に概説した本格的な入門書が欲しいが、意外と少ない。

今回紹介するのは、まさにそのような本である。著者である福島先生はレプリカ交換モンテカルロ法の提案者の一人であり、この分野の第一人者であるが、一方で大変気さくな方でもあり、お話が面白い。その影響か、本書には「サイコロぐるぐる遷移モデル」など、ユニークかつ本質を突いた表現が多い。著者の専門が統計物理・計算物理なので、情報系の専門家による本と比較して、読み易く感じるのは気のせいではないだろう。

0章と1章ではMCMCがそもそもサンプリングの手法であること、その意味とメリットがわかりやすい例と共に丁寧に説明されている。ここを理解するだけで、MCMCがそもそも何をしているのかが理解でき、その生成物を適切に処理できるようになるだろう。2章と3章では現在よく使わ

れているMCMCアルゴリズムが解説されている。アルゴリズムをただ羅列するのではなく、互いの関係性が整理されているため、それぞれの理解が深まる。4章はアドバンスドな手法として拡張アンサンブル法である交換法とマルチカノニカル法が紹介されている。これらは局所解のある問題で強力な手法であり、研究のアプローチそのものを変え得る手法である。5章はがらっと変わって、MCMCサンプルから何かしらの値を評価したい時に、サンプルが有限であるが故につきまとう統計誤差について議論されている。収束判定の方法を紹介しつつも、それを過信しない姿勢が興味深い。個人的に最も嬉しかったのは6章で比較的最近の話題に触れていることだ。詳細釣り合いを満たさないMCMCや、ポピュレーション・アニーリング、ネステッド・サンプリングといったモンテカルロ法が紹介されており、現在、手元の問題で行き詰まっている人にとっては打開策になるかもしれない。

本書の特色の一つは、アルゴリズムがすべて「疑似コード」として整理されていることである。しかも、すべての疑似コードが十数行に収められているため、理解が容易である。スクラッチからプログラムを書いてみる助けにもなるだろう。

以上の内容で本文230ページとコンパクトにまとめられているのは、驚きである。本書からMCMCを学び始められる学生が羨ましい。

植村 誠 (広島大学)

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書

Star Formation in Different Environments

氏 名：野崎信吾（九州大学大学院理学府 地球惑星科学専攻D2（渡航当時））

渡航先：ベトナム クイニョン

期 間：2025年8月10～17日

本渡航では、2025年8月11日から15日にかけてベトナム・クイニョンの国際学術拠点ICISEで開催された国際会議Star Formation in Different Environmentsに参加し、“Influence of Gas Inflow from the Surroundings of Star-Forming Cores on Protostellar Mass Growth”というタイトルで口頭発表を行った。本会議は2016年から継続して開催されており、今回で第4回を迎える。会期5日間のあいだに54件の口頭発表と35件のポスター発表が行われ、星形成分野の観測および理論の研究者が世界各地から集まる大規模な国際会議であった。私は、自身の研究成果を広く発信するとともに、星間分子雲（数パーセク）から原始星（数au）に至る多様なスケールでの星形成の理論・観測研究者と議論を深めることができた。さらに、今後の研究の方向性を再認識するうえでも非常に有意義で貴重な経験となった。

私は本会議において、星形成過程では分子雲コアそのものの自己重力収縮だけでなく、外部からの質量供給も重要な役割を果たす可能性があることを示唆する研究成果を発表した。星は、分子雲内の高密度領域（分子雲コア）で誕生する。そのため、これまでの多くの数値シミュレーションでは、孤立した分子雲コアを初期条件として、その後の星形成過程を追う研究が行われてきた。しかし、近年の観測では、コア外部からの質量流入が数多く報告されており、星形成を理解するには外部環境の影響を考慮する必要があることが明らかになりつつある。そこで、まず本発表の導入で

は、Nozaki et al. (2025) の成果に基づき、レーザー粒子を用いたシミュレーションによって、星のもととなるガスが3次元的にどこまで広がり、どのように星へ降着していくかを示した。この成果は、観測で指摘される分子雲コア外部からの質量供給を理論的に裏付ける点で重要であり、発表後には私のコア同定手法や乱流駆動の妥当性について質問をいただき、活発な議論につながった。

さらに本題として、異なる外部密度をもつ分子雲コアを初期条件とした3次元非理想磁気流体数値シミュレーションの結果を報告した。具体的には、比較的高密度な外部環境をもつ分子雲コアでは、星への質量降着率が高いまま維持され、その時間進化が自己相似解に基づく自己重力的な降着からBondi降着への移行として説明できる可能性があることを示した。また、分子雲コア単位で見た局所的な星形成効率が100%を超えることも明らかにした。これらの成果は、分子雲スケールではアウトフローのサブグリッドモデルの改良に、また円盤スケールでは星周円盤進化の理解に、大きな示唆を与えるものである。質疑応答や発表後の交流では、特にBondi降着の見積もり方法に関して多くの関心が寄せられ、研究をさらに発展させる貴重な機会となった。

口頭発表以外にも、会場でのセッション間の休憩時間（コーヒープレイク）やランチ、ディナーでは、多くの研究者と密に議論する機会があった。自身の口頭発表は最終日の午後であったが、それまでの時間を通して、多様な研究者と交流できたことは非常に有意義であり、研究上も大きな収穫となった。特に、オーストラリア国立大学のChristoph Federrath氏とは、初対面であったにもかかわらず、偶然にもフライトが重なったこと

から、最寄り空港から会場近くのホテルまでの移動を共にし、その後も会議期間中のブレイクタイムや食事の場で数多くの議論を重ねることができた。議論の内容は今回の発表テーマにとどまらず、私の研究 (Nozaki et al. 2025) で扱ったパーセクスケールの集団的星形成シミュレーションにおける初期条件の妥当性や乱流駆動の設定、さらに今後の研究方向性にまで及んだ。

また、同世代の博士課程の学生やポスドクの方々とも積極的に交流する機会を得た。MPIAの博士課程学生 Alexander Mayer 氏とは、同様のスケールの数値シミュレーションを行っていることもあり、計算の詳細設定について議論するとともに、今後の星形成シミュレーションでどのような理論研究を行うべきかについて意見交換することができた。

さらに、オーストラリア国立大学のポスドク Chong-Chong He 氏からは、GPU ベースの銀河スケールの超高解像度星形成シミュレーションコードの開発に関する知見を得ることで、現状の星形成シミュレーションの限界と今後の展望に関して理解を深めることができた。このように、本会議では国際的な研究者との議論を通じて、自らの研究を広く発信するとともに、今後の研究の方向性を国際的な視点から再確認する貴重な機会となった。



ICISEでの口頭発表の様子

以上のように、今回の渡航を通じて、星形成分野における国際的な最前線に直接触れることができ、自分の研究が世界の中でどのような位置づけにあるのかを改めて実感することができた。また、多くの研究者との議論を通じて、今後の研究課題や進むべき方向性を明確にする非常によい機会となった。得られた国際的なつながりや知見は、今後の研究活動を大きく発展させる原動力となるものであり、これらを生かして国際的な枠組みの中で研究をさらに推進していきたい。これらの貴重な経験は、ひとえに今回の渡航をご支援いただいた早川幸男基金ならびに関係者の皆様のお力添えによるものです。ご支援に対し、ここに深く感謝を申し上げます。

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 *Massive Black Holes across Cosmic Time*

氏 名：星 篤志 (東北大学天文学教室/宇宙科学研究所 D3 (渡航当時))

渡航先：イギリス ケンブリッジ

期 間：2025年9月6~14日

今回の渡航では、イギリス・ケンブリッジ大学で開かれた国際研究会 Massive Black Holes across

Cosmic Time で、“Low-mass SMBHs at intermediate redshift from JADES survey” というタイトルでポスター発表を行った。私の研究テーマは、銀河の中心にある超巨大ブラックホール (SMHB) と銀河そのものが、宇宙の歴史の中でどのように一緒に成長してきたのかを明らかにすることである。今回の発表では、最新の赤外線宇

宇宙望遠鏡である JWST (ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡) による国際共同プロジェクト「JADES (JWST Advanced Deep Extragalactic Survey)」から得られたデータを用い、SMBH が十分に成長する前段階の低質量ブラックホールにおける銀河との関係を調査した観測結果を紹介した。本研究は、JWST の分光データと撮像データの両方を用いることで、遠方宇宙における低質量のブラックホールと銀河のバルジ関係を調査し、銀河バルジ質量が、現在の宇宙で観測される早期型銀河よりも成長している系を発見し「銀河先行型の進化経路」を初めて示した最新の研究結果である。

今回参加した国際研究会は、世界各国から研究者が集まる大規模な会議であり、特に JWST によるブラックホール／銀河研究を牽引している Roberto Maiolino 氏の研究グループが LOC を務めていたことから、私の研究内容と非常に親和性が高く、有意義な議論を交わすことができた。本研究会には、AGN (活動銀河核) 観測を専門とする研究者だけでなく、銀河進化やブラックホール形成モデルを理論的に扱う研究者も多く参加していた。私はこれまで観測的手法を中心に研究を進めてきたが、議論を通じて理論研究やシミュレーションの成果を自身の研究にどのように取り入れられるかを学ぶことができた。特に、金属量の進化やフィードバック効果が銀河とブラックホールの関係に及ぼす影響について、多角的な視点を得られたことは大きな成果である。また、興味深かったのは、JWST による面分光観測を用いて従来とは異なる手法で SMBH 質量を推定する最新の報告である。まだ 1 天体だけの解析であったが、すでに数十天体規模で観測が進んでおり、今後統計的に検証されることで、新しい手法の妥当性が明らかになることが期待される。

今回の会議を通じて、最前線で活躍する研究者

との交流の機会を得られた。議論の中で、私の研究が「銀河先行型の進化経路」を実証する上で重要な観測的基盤を提供していることを再認識すると同時に、星形成、化学進化、フィードバックなど幅広いテーマと密接に関わる学際的な共同研究の必要性を強く感じた。これにより、自身の研究をより広い文脈の中で位置づけられるようになった。

さらに今回の渡航は、私にとって海外での初めてのポスター発表でもあった。英語で自身の研究をイントロダクションから結論まで説明し、質疑応答や対話を通じて議論を行えたことは、研究者としての大きな自信につながった。

また、研究会の開催場所であるケンブリッジ大学キャベンディッシュ研究所は、天文学だけでなく物理学や医学など幅広い分野の研究室が集まる環境であり、このような研究環境や生活環境を直接体験できたことは、今後のキャリア形成において大きな意味を持つ。今後は今回得られた国際的なネットワークを活かし、低質量ブラックホールの統計的研究をさらに発展させるとともに、理論やシミュレーションを取り入れた共同研究を推進し、銀河とブラックホールの成長メカニズムを包括的に理解する新しい枠組みの構築に貢献したいと考えている。今回の会議参加は、自身の専門性を深めるとともに、学際的視点や国際共同研究への足がかりを得る極めて重要な機会となった。世界の第一線で活躍する研究者との直接的な議論を通じて、自身の研究が国際的な文脈においてどのように位置づけられるかを実感し、今後の研究展開に向けた明確なビジョンを得ることができた。この経験を基盤として、国際的に通用する研究者として成長していきたいと強く考えている。

最後に、本研究会への参加に際して旅費をご支援いただいたことに、心より感謝申し上げます。

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書

One Hundred Years of Supernova Science & Binary Stars in a New Era

氏 名：千葉遼太郎（国立天文台／総合研究大学
院大学M2（渡航当時））

渡航先：スウェーデン スtockホルム／
中国 雲南省

期 間：2025年8月16～31日

本渡航では、スウェーデン・ストックホルムで8月18日から22日にかけて開催された研究会“*One Hundred Years of Supernova Science*”と、中国・麗江で8月25日から29日にかけて開催された研究会“*Binary Stars in a New Era*”にそれぞれ参加した。私は、超新星の観測結果を手掛かりに、超新星が発生した環境、ひいては超新星爆発を起こす直前の恒星の活動を調査する研究を行っている。研究会期間中にMNRAS誌に受理された論文（Chiba & Moriya 2025, arXiv:2504.06445）では、一部のIbc型の超新星の光度曲線が、爆発直前の恒星からの質量放出によって形成された高密度のガス（星周物質）の存在によって説明できることを、輻射流体力学シミュレーションによって示した。また、現在は、爆発直前のヘリウム星を含む連星間の相互作用に伴う「周連星円盤」の形成によって、前述したような高密度の星周物質の形成を説明できるかを、流体力学シミュレーションを用いて検証を行っている。両研究会では、これらの研究成果に基づいた口頭発表をそれぞれ行った。

“*One Hundred Years of Supernova Science*”はストックホルム市街からバスで1時間ほど離れた歴史あるホテルで開催され、世界中から100名を超える参加者が集まった。論文でよく名前を拝見していたが、実際に対面するのは初めて、という参加者も多く、5日間を通して幅広く議論を行うことができた。

私の発表後の質疑では、Philipp Podsiadlowski氏（オックスフォード大学）からの膨張したヘリウム星の表層での不安定性に関するコメント、Wynn Jacobson-Galán氏（カリフォルニア工科大学）からのX線観測の結果との整合性に関する質問をはじめ、多くの有益な指摘を頂くことができた。また、Chiba & Moriya (2025) のベースとなった観測論文（Das+24, ApJ, 972, 91）の筆頭著者であるKaustav Kashyap Das氏（カリフォルニア工科大学）、論文で扱ったような光度曲線によく適用される標準的な解析モデル（Piro+21, ApJ, 909, 209）をまとめたAnthony Piro氏（カーネギー観測所）、および論文中のサンプルに含まれる超新星2022oqmを解析した論文（Irani+24, ApJ, 962, 109）の主要著者の一人である陳平氏（浙江大学）と、それぞれ直接論文の内容について議論する機会を得た。

発表内容のほかには、特異な星周物質を持つIa型超新星2020aeuhに関する共同研究の結果を論文（Tsalapatas+25, arXiv:2507.08532）として発表したばかりの、実行委員会メンバーのKostas Tsalapatas氏、Jesper Sollerman氏（共にストックホルム大学）と、星周物質の形成過程と連星相互作用の関連について意見交換を行った。また、X線・電波・可視光による観測結果を総合して解析した結果から、連星に起因する非対称な星周物質の中で爆発したことが示唆されている超新星2022ywx（Baer-Way+25, ApJ, 983, 101）について、超新星の解析を行ったRaphael Baer-Way氏、Soham Mandal氏（共にヴァージニア大学）、前田啓一氏（京都大学）と、非対称な星周物質内の爆発を理論モデル化する方法について議論した。

“*Binary Stars in a New Era*”は、旧市街が世界遺産に指定されている雲南省麗江市の中心部にあるホ

テルで開催され、こちらも200名以上が参加する大規模な研究会であった。参加の主目的は、現在行っている連星間の相互作用による星周物質形成のシミュレーションについて、問題設定が妥当か連星研究の専門家から広くコメントを頂くことであった。聴衆は必ずしも超新星の専門家に限られないため、発表内容が適切に伝わるか懸念もあったが、発表後に多数の質問を頂き、活発な議論につながった。

連星合体の専門家であるNadejda Blagorodnova氏（バルセロナ大学）と質量移動の安定性に関する議論を行ったほか、陳卓氏（清華大学）と超新星の高次元シミュレーションについて、孫寧晨氏（国家天文台）と超新星2024aecxの光度曲線に私のモデルが適用できるかについて議論した。また、離心率の大きい軌道を持つ連星間の相互作用について研究しているAdam Parkosidis氏（アムステルダム大学）に、自分のモデルに離心率を考慮するとどのように描像が変化するかについて議論した。さらに、周連星円盤に関する教科書的なレ

ビュー論文（Lai & Muñoz 2023, ARA&A, 61, 517）を著した頼東氏（上海交通大学）に直接自分のモデルの詳細について紹介することができた。発表内容と離れたところでは、Ia型超新星2020eyjの電波による新たな観測結果について発表された柳正偉氏（雲南天文台）と、理論モデルの構築と解釈について議論することができた。

私が現在行っている研究は、超新星の星周物質に関する観測結果と、連星のシミュレーションの結果の両面から、爆発前後の恒星の活動について調べることを目的としている。

このような研究を成功させるためには、超新星の専門家だけではなく、連星の専門家とも議論することが不可欠であり、2つの研究会を通してそれを実現することができたのは、非常に貴重な機会であった。本渡航で得られた知見と人的ネットワークを、今後の研究に活かしていきたい。最後に、本渡航をご支援いただいた早川幸男基金、関係者の皆様に深く感謝を申し上げる。

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 *Galaxy Memoirs Inferring Their Past from Their Present*

氏 名：津久井崇史（東北大学理学研究科 天文学専攻 研究員（渡航当時））

渡航先：ブラジル リオデジャネイロ

期 間：2025年8月8～18日

本渡航では、ブラジル（リオデジャネイロ）で行われた、Galaxy Memoirs inferring their past from their presentと題する国際研究会に参加し、“Disk Galaxy Formation and Evolution Across Cosmic Time with JWST and ALMA”というタイトルで口頭発表を行った。本研究会は天の川銀河・近傍・遠方銀河の観測的知見を統合し銀河形成・進化を包括的に理解することを目的としており、議論の約半数は近傍銀河、残り半数は遠方銀

河を対象としたものであった。私はその両者の中間に位置づけられる研究成果を発表し、幅広い研究者から有益なフィードバックを得るとともに、現在進行中の共同研究や、今後の研究に向けた具体的な議論を深めることができた。

天の川銀河を含む近傍銀河では、金属量の多い若い星からなる「薄い円盤」と、金属量の少ない年老いた星からなる「厚い円盤」という二層構造の存在が知られている。しかし、こうした二層構造が銀河内でいつ・どのように形成されたのかは未解明であり、現在もGaiaや大規模分光サーベイのデータによって活発な議論が行われている。ただし、現在観測される二層構造は複数の形成メカニズムが作用した結果であり、個々の痕跡やいつ起こったのかなどの情報

の大半は失われてしまう。そのため私は、遠方（＝過去）の銀河を直接観測することで宇宙の平均的な二層構造の形成過程を探る研究を進めている。

従来のハッブル宇宙望遠鏡（HST）では分解能や感度の限界から、遠方銀河において薄い円盤と厚い円盤を分離して調べることは困難であった。本研究では、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（JWST）の観測データを用い、円盤を真横から観測できる円盤銀河（エッジオン銀河）に対して星の分布を詳細に解析し、13億年前から100億年前に相当する44の銀河において、薄い円盤と厚い円盤からなる二層構造を同定した。その結果、円盤銀河はまず厚い円盤を形成し、その後、その内側に薄い円盤が形成されるという進化の過程を明らかにした。また銀河質量が大きいほど薄い円盤の形成開始が早い傾向が見られ、天の川銀河と同程度の質量を持つ銀河では、その開始時期が天の川銀河の星年齢から推定される年代（80-90億年前）とおおよそ一致することがわかった。さらに、星の円盤構造とガスの力学を比較した結果、厚い円盤から薄い円盤の銀河質量に依存した形成の変遷は、ガス円盤が臨界不安定性を保ちながら星形成するモデルでよく説明できることを示した。

本研究会のテーマが *inferring their past from their present*（現在から過去を推測する）であるのに対し、私の研究は *inferring their present from the past*（過去から現在を理解する）という立場にある。発表した研究では過去の銀河を「タイムマシンの」に観測することで、薄い円盤の形成が始まる年代を明らかにした。その年代は、天の川銀河内の星年齢から「考古学的」に推定される薄い円盤形成年代とおおよそ一致し、遠方観測と銀河考古学という異なる手法の整合性を示す結果となった。これは、天の川銀河が厚い円盤・薄い円盤の形成の観点において宇宙の平均的な銀河の進化と大きく外れていないことを意味する。本発表で遠方銀河と近傍銀河の観測をつなぐ研究例としてアピールでき、よい話題提供ができた。さらに

会議中には、Nicholas Boardman氏と本研究の発展となる銀河内の金属量測定を含めた円盤二層構造形成モデルについて、Shiyin Shen氏、Daniela Barrientos Acevedo氏とダストが及ぼす構造や力学測定への影響について、Tutku Kolcu氏と現在進行中のガスの力学測定研究について議論を深めた。また、私の参加するMUSE large program GECKOチームのDimitri Gadotti氏とは、近傍エッジオン銀河における厚い円盤と薄い円盤の構造分離解析の手法について意見交換を行った。

本研究会は、University of Nottinghamで多くの研究者を育て上げたAlfonso AragonSalamanca氏とMichael Merrifield氏（『Galactic Astronomy』の教科書で広く知られる）のキャリアを祝う目的も兼ねて開催された。会場では多くの研究者が両氏の思い出や関連研究を紹介した。その中で、両氏が築いた研究グループは、所属を離れた後も共同研究を通じて戻ってくる研究者や学生が多いことが繰り返し語られていた。私自身も将来研究グループを立ち上げる際には、人が集まり、長く共同研究が続く場を築きたいと感じた。

最後に、世界情勢が不安定な中であっても、同じ熱意を持って銀河研究に取り組む仲間と集まり議論できたことの有り難さを感じました。この有意義な渡航をご支援くださり、可能にしてくださいました早川幸男基金、そして関係者の皆様深く感謝を申し上げます。



研究会での発表の様子

追悼 谷口義明さん

宿敵？谷口義明くんの思い出

福江 純

e-mail: KHF07427@nifty.com

今年（2026年）はじめ、tennetに流れた訃報を読んで一瞬目を疑った。え、1月9日に亡くなっただって？ あの絶対に死にそうにない男が！？ あれほど型破りな人間には、少しだけ型破りな人間からの、かなり型破りな思い出話が似合いそうだ（勇者ヒンメル*1なら、そうしただろう）。以下、ほんとにバカバカしいことしか書いていないので、真面目な方は読まない選択を推奨する。

まずは面倒だが略歴ぐらい書いておこう。

1954年12月23日 北海道旭川生まれ
 1973年 東北大学入学
 1978年 東北大学大学院へ進学
 1984年 同博士後期課程終了
 1985年 日本学術振興会一般研究員
 1987年 東京大学東京天文台助手
 1988年 東京大学天文学教育研究センター助手
 1991年 東北大学助教授
 2006年 愛媛大学教授
 2007年 愛媛大学宇宙進化研究センター長
 2016年 放送大学教授
 2026年1月9日 逝去

専門は広く銀河の観測でいいのかな。「すばるディープフィールド」や「COSMOS」など、多くの重要な観測プロジェクトに関わっている。そして論文・著書多数、この話はあとでたっぷりし

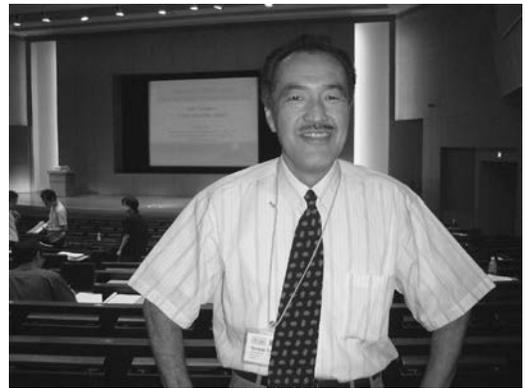


写真1 国際天文学連合IAU第8回アジア太平洋地域大会（2002年2月，東京一橋学術総合センター）にて。二人とも40代の最盛期？なころ。

よう。ネットで検索していたら、ぼくが撮影した写真もヒットしたので、手元のHDDから探し出した元画像を載せておこう（写真1）。

谷口くんと最初に会ったのは天文天体物理若手夏の学校、半世紀も前、1970年代も末のころだ。二人ともM1から参加していたと思うが、夏の学校集録の目次（図1）をみると、以下の話は二人がD1のときだ。宇宙線夏の学校から1971年に天文関係が独立して10年目だったようである。

彼のところでは当時天文分野で使われ始めたCCD（図1ではまだ半導体検出器と呼ばれている）をいち早く導入していて、ダークカレントの処理が問題になっていたんだと思う。ぼくは

*1 『週刊少年サンデー』（小学館）で連載中の漫画・日本テレビ系で放映中のアニメ『葬送のフリーレン』の作中に登場する勇者（編集委員注）

	目次	ページ
○はじめに		1
○目次		2
○知夏の学校プログラム		3
○会場風景		4
○全体企画		
Galactic Structure —電波で見たGalaxy—	花輪知寿	6
I-ray bursts	金光 理, 大石勝典, 横田雅男 香 宇麻, 花輪知寿, 加藤万里子	8
X線バーストと中性子星表面での観測機	花輪知寿	11
Active Galaxies —高エネルギー中心として—	森田光司, 加藤万里子	13
Active Galaxies	藤江 純	16
銀河による銀河系の非外銀河観測	小泉 敏	19
手塚誠雄先生の天体物理研究への応用	谷口英明	25
Opticalの現状と将来	仲野 敏	28
Magnetic Stars	川上 肇	31
○全体講演		
X線天文学	G. S. Vaiana	35
The Development in Astronomy in 1970's and The Aspect in 1980's	R. J. Taylor	40
I-ray and space astronomy	早川孝男	53
○分科会		
(1) 銀河		
銀河の進化 — AN OVERVIEW —	藤澤隆男	55
(2) 太陽		
太陽分科会	柴田一成	57
電波によるコロナの観測	森田耕一郎	59
コロナの加熱	柴田一成	61
○懇談会		
日本における光天文学の将来計画		64
○出席者名簿		68

図1 第10回天文天体物理若手夏の学校(1980年)の集録目次.

理論なので、ダークカレントはもちろん、そもそも CCD の話もそのとき初めて聞いたかもしれない。そんな話のときに、同時期のヒット映画『スターウォーズ』のダースペーダーになぞらえて、“ダースペーダーが出た、ダースペーダーが出た”と連呼していた。いやそれはちょっと無理筋だろうと思いつつ、口調でねじ伏せ笑いを取っていたことをはっきり覚えている。同世代とは思えないほど自信たっぷり、大阪の吉本でも通用しそうな、けったいなやつだと思ったのが第一印象である。

ぼくと同世代にはなぜか優秀なやつが多くて、お互いに切磋琢磨できた(その理由は推測検証し

たことがあり、実証データなどとともに、「研究者40歳ピーク説」として岩波『科学』に掲載されている)。そんな中で、谷口くんは観測系ですごく目立っていた一人だった。

その谷口くんとぼくとは、手法(観測と理論)には共通点はないし、研究対象(銀河と銀河中心方面)も少し異なるし、性格もまったく違うのに*2、なぜかウマがあい、夏の学校やその後も会うたびによく“議論”した。でも、なに話したかほとんど記憶にも残っていないので、しょーもないバカ話ばかりしていたのだろう。

そうこうするうちに、お互いに論文をどんどん書き始める時期になった。ぼくは玉石混交だったが、谷口くんの論文はどうだったやら。分野も違うし読んだこともないので評価しようもないが、きっと似たようなもんだったんじゃないかなあ。そして、お互いに論文が増えてくると、学会で会うたびに“ふくえくん、いま何本になったよー”と論文の数を自慢しに来るので、こっちも自慢しあうという…。しかし、論文って量より質が大事なんだから、なんだか方向性間違っていない? だいたい、量にせよ質にせよ人と業績を自慢しあっても不毛で、比較するなら昨日の自分と比べるべきだろう。いずれにせよ、同世代の優秀な研究者がどんどん良質な論文を書きだして、どんぐりの背比べになってきたためか、だんだんなくなっていく。でも、そんな子供っぽいバカげたことができる唯一の相手だったと思う。

またこれは多少差し障りがあるが、当時は有名な事件だったし、まあ、時効だろう。時間は院生時代に戻るが、すごい実話として、1980年代は大学院生の自治組織である院生会が各大学で活発な時期である*3。東北大で助手の昇進を(一時的だったとは思いますが)院生会が阻んだことがあり、谷口くんはその中心人物だった。いつの時代も天

*2 かれは当時から無茶苦茶系で傍若無人だが、ぼくは少なくとも当時は大人しく人見知りのマジメくんだった——まあ、生き残って言ったもの勝ちの話だけぞ。

文は最先端を走っていると思うが、院生たちがもっとも尖っていた時代かもしれない。にしても、院生たちが昇任人事を覆したのは当時の天文界限では一大事件だったし、瞬時にして全国津々浦々に伝わった、当時はよく知られた逸話だった。

もちろん京大の宇宙物理学教室にも院生会があり、理学部全体や全学などの上位組織もあって、ぼくも上の会議にはパシリで参加したこともある。ぼくより少し上の世代が活発で、ぼくたちの世代はやや大人しくなりはじめていたが、まあ、多少は活発ミームを受け継いだのかもしれない。天文天体物理若手夏の学校も、そんな活動的な世代の院生たちが自主的に分離独立してはじめてものだっただろう。そして京大宇宙物理の院生会も、教室運営をめぐる教室スタッフとしばしば衝突もとい議論し、実際、部分的だが教室運営にも院生が関与していた時代である。そして京大宇宙物理でも院生の目からみて無能なスタッフもいたが（いや、あちこちの大学でも無能なスタッフは結構居た；東大のだれそれとか、名大のだれそれとか、当時の全国の院生はみな知っていた）^{*4}、さすがに教室人事まで干渉はできなかった。

ともあれ、当然の帰結として、谷口くんは東北大ではすぐには職が得られなくなったんだろうか、いったん東北大を出ることになった（そのころは理不尽だと思ったが、スタッフを経験した現在では、まあ、わかる。ぼくだってあんなヤツは採用したくないだろう）。そして助教授で東北大に出戻り、さらには、愛媛で一旗揚げることに

なったわけだが、愛媛でも他でも好き勝手に振る舞っていたのは想像に難くない。最後は放送大学だったが、これは故海部宣男さんに後任を頼まれたと聞いた覚えがある。しかし、いまま昔もあんな骨のある（暴走する）院生はいないだろう。このよしあしはさておき、本当にすごいやつだと思っていたし、いまま思う。

そうそう、共同研究も少しした。ぼくが大阪教育大学の地学に赴任して間もなく、天文分野の前任助教授について、その下の助教授から、“あの人は業績（論文）がないので、このままじゃ、教授になれん。業績をつけてやってくれ”なんて言われたのが発端である。ふつう、助教授が助手に言うかいな、そんなこと。そもそもその助教授自身がやればいいじゃん、とは思ったが、いずれにせよ、論文を書くのはもう苦ではなくなっていたし、新しい分野の研究にも関心はあった。件の前任助教授の一応の専門分野は銀河の理論だったので、谷口くんに相談して協力してもらい、3人の共著論文ができあがったわけである。ぼくが書いたスターバースト銀河の論文は後にも先にもこれだけである。その原著論文の後押しもあって、前任助教授は教授に昇進できたのは後日の話。“ふくえくんも大変だなあ〜”と谷口くんにはしみじみと言われた。

そういえば、谷口くんとは著書数“競争？”もしたなあ。一般向けの解説書はぼくの方が早く、30歳ぐらいから書き始めたが、そのうち谷口くんも一般書籍を書き出すと、それがまあ、どんど

^{*3} 大学に入学したころは、東大安田講堂占拠（1969年）よりは少し後で、大学紛争は下火になりはじめての時期だ。まだバリスト（バリケードを築いて大学に入構できなくすること）はあったし、講義中に白ヘル×手ぬぐいマスクのお兄さんたちが乱入してきて講義をつぶすこともときおりあった。しかし、ぼくたちの世代はいわゆるノンポリ学生（ノンポリはノンポリティクスのことだと思うが、その意味にも無関心なぐらい）で、おいおい、こっちは勉強したいんだよー、と冷ややかな目で眺めていたものだ。大学院時代はその数年後の時期である。

^{*4} 念のために書いておくけど、メールなどまったくない（SNSはもちろんインターネットさえ）。そんな時代（！）にさまざまなことが全国に知れ渡るんだから、当時の院生間の情報連絡網はたぶんすごかったと思う。たとえば、公募があったときなども、どこそこの大学の助手公募には、某大学のだれそれクンがすでに決まっているから、公募しても無理だ、などという情報も流れる。そして結果は事前情報どおりだったりする。メールないのにと驚くかもしれないが、むしろメールがないからこそ、証拠を残さない口コミで精度の高い情報が広がったのかもしれない。

ん書き出したわけだ。そしてまた、学会などで会うたびに、“ふくえくん、今度はこんな本を書いたんだよー”とにやにや笑いながら自慢しに来る。実際のところ、監修本などを除いた単著や数人の共著レベルの書籍は、池内（了）さんや佐藤（文隆）さんは別格として、ぼくと谷口くんが群を抜いて多かったと思う。しかし、その二人が、まるで子供同士がカードの数を自慢しあうような、なんとも幼稚なことである。もっとも、トータル著書数ではぼくの方がまだ確実に多かったはずなので、こちらはハイハイと大人のフリして相手していた（と思う）。しかし、ブルーバックスなどの売れる系新書は、彼の方がたくさん書いたし、まあいいけど。書店で彼の最新刊本をみるたびに、なんか“銀河”とか“暗黒”とかの同じキーワードが入った似たような本ばかり書きやがって、どんな口八丁手八丁で編集者を丸めこんだんだよお。それに、出版社もいっぱい紹介してやったじゃん。などと、ちょっとイラつくのも常だった。でもまあ、これもまた、相手が谷口くんだったからこそ、成り立つドアホ同士のドアホ関係であった。

だけど、そんな関係の谷口くんだったが、ブラックホールシャドーが観測されたとき、いの一番に喜んでくれたのも谷口くんだった。2019年のシャドー発見発表後にはじめて会った際、すぐやってきて、“ふくえくん、よかったねー!!”と心から褒めてくれた。社交辞令などというようなヤツじゃないので、ぼくも彼の言葉がすごく嬉しかったし、なによりもの勲章だと思っている。

しかし、友として語らうのは楽しいし面白い男だったが、同僚や上司としては煩くて困ったやつだったんじゃないかな。そんな面倒な人間を長年にわたり支えてくれた愛媛大学の長尾透さんに

は、悪友にかわり、深く感謝したい。またいろいろ意見をいただいた太田耕司天文学会会長にもお礼申し上げる。そしてこんなメチャクチャな思いつきを掲載してくれた（かもしれない）天文月報編集部にも謝意を表したい。

コロナ禍以降、長いこと会っていなかったが、相変わらず本もどンドン書いていたし、まさか病気があったとは思わなかった。大阪教育大学で始めた高校生への大学進学合同説明会やその各地版などでは、説明会を夏休みにすることが多かったということもあるが、よく、アロハシャツと半ズボンの珍妙ないで立ちで現れた。カウボーイハットみたいなものかぶっていたっけ。おいおい、女子高生も多いのに、すね毛丸出しはなかろう、ていうか、そんなヘンテコな先生がいるところ避けられないか。こっちはたいていスタッフ側で忙しく、あのけったいなスタイルを撮っていなかったことが悔やまれる（写真1にアロハシャツを着せれば少し想像がつかろう）。最後に会ったのもそんな会合だった。いまでもあの元気で飄々とした姿が思い浮かぶ。

彼は絶対ぼくよりは長生きすると思っていたので、あまりにも予想外で早すぎた。もっとも、彼の扱いは閻魔様でも困っただろう。舌先三寸で丸め込まれたんじゃないだろうか。いずれぼくが閻魔様の前で取り調べを受けるときには、“ふくえくん、ぼく獄卒頭になっちゃったよー”と、横合いから言われそうな気がする（イヤな予感しかしない）。だから冥福なのは間違いないのだが、いちおう、最後は型どおりに締めくくるとした。

研究者として人として自由奔放に生き抜いた、終生のライバル谷口義明くんの冥福を祈ります。

追悼 Jeremiah Paul Ostriker 氏

理論宇宙物理学者 Jeremiah Paul Ostriker 氏を悼む

須藤 靖

高知工科大学総合研究所 e-mail: suto.yasushi@kochi-tech.ac.jp

宇宙物理学の巨人

2025年4月7日午前（日本時間）、プリンストンの友人であるEd Turnerから、Jeremiah Paul Ostriker氏（以下“Jerry”）が逝去された旨のメールを受け取りました。以前より、体調がおもわしくないと聞いていたものの、大きなショックでした。心からお悔やみ申し上げます。

Jerryはあらゆることに好奇心を持ち、ユニークな視点から謎を発見し、それを解く達人でした。私が最初に読んだ彼の論文は、Jim Gunnとの共著のパルサーモデル[1]でした。その後、円盤銀河の力学的不安定に関するOstriker-Peebles条件[2]、そして銀河に大量のダークマターが付随していることを結論した論文[3]を勉強しました。銀河の典型的スケールを基礎物理定数と関係づけたMartin Reesとの共著論文[4]からは、この2人の物理屋としての深い洞察力が感じられます。私の専門分野ではないのですが、星間物質に関するMcKee-Ostrikerモデル[5]、衝撃波による宇宙線加速モデル[6]など、広範なテーマにわたりその後の発展を牽引するようなパラダイムの基礎理論を提唱してきました。彼の学問的業績や受賞を書き始めるときりがないので、このあたりにおいておき、以下は私が特に記憶に残っていることをご紹介します。

きっかけ

私が初めてJerryを見かけたのは、1985年にプ

リンストンで行われたIAUシンポジウム“Dark Matter in the Universe”でした。これは大学院生だった私にとって初めての国際会議で、論文で名前だけを知っていた著名な宇宙論研究者を直接「見る」経験となりました。なかでも、あらゆる講演に対して、最前列から鋭い質問を矢継ぎ早に繰り出すGunnとJerryの姿に圧倒されたことを思い出します。

しかし実際に彼と初めて会話をしたのは、パークレーの博士研究員時代、ニューメキシコ州タオスでの宇宙の構造形成に関する会議のときでした。外国ではよくあるように、この会議も講演は午前と夜だけで、午後はスキー場で「自由討論」となっていました[7]。私も当時パークレーでホストだったJoe Silkが運転するレンタカーにJim Peeblesと同乗して往復し、一緒にスキー場での議論を楽しみました（Peeblesのスキーの腕前はなかなかでした）。Jerryはスキー場にはいなかったように思いますが、夜のセッション前の夕食時に議論しました。具体的に何を話したのかは覚えていませんが、そこで夏にプリンストンに来るように誘ってもらったのが契機となって共同研究を始めました[8, 9]。

今思えば、当時のJerryはまだ50歳を少し過ぎただけでしたが、私にとってはまさに大先生でした。ただし、国際会議で受けた辛辣な印象とは全く異なり、若い学生や博士研究員にはとても親切に接してくれました。彼は、若者と一緒に研究することを心底楽しんでいたようです。プリンスト

ン宇宙物理学科主任の多忙なスケジュールをぬって、毎日30分程度議論の時間をとってくれるのですが、予定終了時刻になると別の学生が部屋の外で待っているのが普通でした。彼の頭は数多くのアイデアで満ちあふれており、その物理の本質を簡単な式を用いて具体的な数値で説明する、いわばフェルミ推定の達人でした。彼と議論した直後は、その刺激的なアイデアに興奮するものの、落ち着いて自分で考え直すといろいろな問題点に気づきます。1-2週間の滞在中、その修正点を持って議論してはすぐまた別のアイデアを浴びせられるという繰り返しでした。おかげで、毎日かなりのプレッシャーを感じながらも、充実した楽しい時間を過ごしました。

プリンストンと日本の橋渡し

プリンストン宇宙物理学科は、ペイトンホールというこぢんまりとした建物にあります。私が博士研究員をしていたパークレー天文学科に比べるとはるかに少人数だったので、多くの人と知り合いになることができました。Jim Gunn, Jill Knapp, Bohdan Paczynski, Neta Bahcall, Ed Turnerなどのファカルティーに加えて、博士研究員や大学院生であったDavid Weinberg, David Spergel, Avi Loeb, Michael Strauss, Changbom Park, Shude Mao, Renyue Cen, Ue-Li Penなど、現在世界中で活躍している同世代と知己を得たのもまた、ペイトンホールでした。

その頃は私がプリンストンを訪れるたびにJerryは自宅での夕食に招待してくれました。その際にはほぼ毎回同席していたのがTurner夫妻とRenyueです。それをきっかけとして、Edと奥さんのJoyceと仲良くなった結果、私のみならず多くの日本の天文学者とプリンストンとの共同研究が行われるようになります。RenyueとJerryによる宇宙のミッシングバリオンの論文[10]は、日本で軟X線サーベイ衛星計画を検討する契機となりました。このように、Jerryを通じて構築した

人間関係は、日本の天文学に大きな影響を与えています。とりわけ重要だったのは、日本の光天文学者チームが参加した初めての大規模国際共同プロジェクトと言えるSDSS（スローン・デジタル・スカイ・サーベイ）でしょう。

SDSSはGunnのアイデアに基づいて、プリンストン大学、シカゴ大学を始めとするアメリカの7研究機関が当初DSSと名付けた米国プロジェクトとして検討していたものです。Jerryは、1990年前後からプリンストンを頻繁に訪問していた池内了さん、福來正孝さんと私の3人に、日本のDSSへの参加を打診してきました。彼は日本と国際協力することのメリットを十分理解していたのです。この日米協力の鍵となったのは、当時、東京大学の岡村定矩さんと国立天文台の関口真木さんのグループが開発していたモザイクCCDカメラで、DSSの心臓部となるこの技術を知ったGunnが、日米協力を強く賛同してくれました。

その後、池内さん、岡村さん、福來さんを中心として、13名からなる日本グループが組織され、1992年にはスローン財団からの支援を受けてSDSSが始動しました。日本グループは、関口真木さんがGunnと共に中心となって開発したモザイクCCDカメラ、フィルター製作と測光システムの校正をはじめ、ハード・ソフトの開発に大きな貢献をしました。SDSSの科学的重要性は言うまでもありませんが、その経験を通じて培われたプリンストンの天文学者たちとの人間関係は、現在のHSCおよびPFSというすばる望遠鏡を用いた国際共同サーベイを日本が主導する原動力となったと言えるでしょう。Jerryは後者には直接関与していないものの、現在日本の光天文学者が国際的枠組みの中で活躍する礎を築いてくれたのは彼だったとって過言ではありません。

人柄

Jerryはユーモアに溢れた人で、研究は言うま

でもなく人生のすべてを楽しんでいることが伝わってきました。

彼はシカゴ大学大学院の指導教員であった Chandrasekhar, そしてロシアの Zel'dovich を特に尊敬していました。1990年頃に彼の家に行くと、*Astrophysical Journal* のバックナンバーが書棚にずらっと並んでおり、「第一巻からすべての論文に目を通してはいるのだが、もうすぐ最新号に追いつくところだ」と言うのを聞いて仰天したことを覚えています（Chandrasekhar は1952年から1977年まで *Astrophysical Journal* の編集長でした。Jerry が彼の大学院生だったのはこの時期と重なっています）。また、Jerry は「Zel'dovich の論文は読むたびに新たな発見がある」と言っていました。プリンストン大学出版会から1992年に出た Zel'dovich 論文選集の editor を務めていることもその証でしょう。

プリンストンで行われた Peebles の一般講演会では、聴衆から「宇宙が膨張しているならば全ての物体もまた同じく相似拡大しているのではないか」という質問がありました。司会をしていた Jerry は、「天文学者としてはその質問に対する答えは No であるが、長年自分のお腹を眺めてきた経験からは、実はその解答は間違っているような気がしてならない」と答えて場内を沸かせました。

1995年、奥様の Alicia さんが招待されて講演を行うため一緒に来日した際には「自分が講演する目的ではなく、単なる同伴者として外国に来たのはこれが初めてだ」と嬉しそうに話していました。多分その時だと思いますが、東大物理教室で教室談話会をお願いしました。Jerry は講演の冒頭で「プリンストンの大学院には世界中から優秀な学生が来てくれる。例外はアフリカと日本だけである」と述べました。その影響なのかどうかはわかりませんが、その講演を聞いていた当時学部4年生の長峯健太郎君がその後プリンストンの大学院に進学し、Jerry との共同研究を通じて学位

を取得しました（彼は最初の半年だけ私の研究室の大学院に在籍し、1996年9月に渡米しました）。

Jerry は1995年から2001年まではプリンストン大学の provost を務めました。その直後に彼から聞いたのは「後年自分の論文リストを見ても provost の時期がいつだったかわからないことを目指している」と笑っていました。それを思い出して、ADS を使って査読論文出版数の年次変化を調べたところ、まさにその通りであることが確認できました（図1）。その頃の彼は大学運営のことをしばしば口にするようになりました。「女性教員を増やすために女性枠で限定公募するのは弊害のほうが多い。通常の公募の結果優秀な女性教員を採用した学部には本部から新たなポジションを提供する、と伝えたところ多くの学部で女性教員採用が急増した」、「大学の財政を安定させるには、経済的に恵まれない学生に対して授業料を撤廃し生活費までも支給すべきである」などと、繰り返し教えられました。

前者は特別枠で採用された女性教員に対する不当な偏見をなくすためです。後者は「経済的に恵まれていない学生がプリンストン大学から支援を受けて成功すれば、卒業後にはその支援額の10倍あるいは100倍もの寄付をしてくれる可能性が高い。したがって学生に対する支援は、長期的にはむしろ大学にとって大きなメリットとなるのだ」とのことでした。私も歳を重ねるにつれ、そのような意見を表明する機会が増えましたが、正

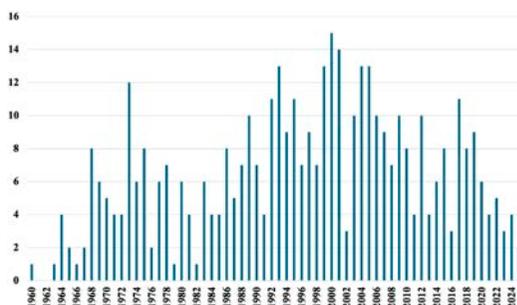


図1 Jerry Ostriker の出版年別査読論文数 (ADS のデータをもとに作成)。

直に告白すればそれらはすべて、20年ほど前のJerryからの受け売りでした。

私は2009年から3年間、プリンストン大学のglobal scholarという客員教授のポストに就き、毎年1ヵ月以上ペイトンホールに滞在しました(写真1は2009年に一緒に撮った写真です)。ただし2011年は東日本大震災のために延期し、2013年の秋に滞在しました。3回目となる2013年の講演は、Spiegelの勧めにしたがって、ペイトンホールではなく、Department of East Asian Studiesで行いました。その事情も少し考慮して、村上春樹の小説『アフターダーク』に挿入されている逸話をもとに、知的好奇心について少し喋りました。詳しくは拙著[11]に譲りますが、登場人物2人が以下の会話を交わす場面をその主題としました。

タカハシ「ハワイにまで来て、霜をなめて苔を食べて暮らしたいとは誰も思わないよな。たしかに。でも長男には、世界を少しでも遠くまで見たいという好奇心があったし、それを押さえることができなかつたんだよ。そのために支払わなくちゃいけないものがどんなに大きかったとしてもさ」

マリ「知的好奇心」

タカハシ「まさに」

「何かを本当に知りたと思ったらそれに応じた代価を払わなくてはならない」は、おそらく日本人的感性からは納得してもらえらるでしょう。のみならず日本人以外の多くの聴講者にもそれなりに響いたという印象を持ちました。たまたまプリンストン高等研に滞在中のRashid Sunyaevにも褒めてもらいました(正確には私の講演ではなく村上春樹の文章を、と言うべきでしょう)。ところが講演直後に近づいてきたJerryは「Yasushi, あの部分は何を言いたいのか全く理解できない。私はこれまで自分が知りたいたことをずっと研究し



写真1 2009年客員教授としてプリンストンに滞在中、夕食に招待してくれたレストランにて



写真2 1997年のIAU京都総会の際の「自由討論」(左から、Craig Hogan, Jerry Ostriker, Joe Silk, 私, Dick Bond)

てきたが、そのために犠牲にしたものは何一つない」と言い放ちました。これこそまさに彼の人生を象徴する言葉だなあ、と感心させられたことを思い出します。

ついつい、個人的な話が多い追悼文になってしまいました。ご容赦いただければ幸いです。しかし、特に若い皆さんには、Jerryが日本の天文学研究に色々な意味で大きな影響を与えていることを覚えていてほしいと思います。改めてJerryの御冥福をお祈りします。

出会いと博士学位研究

長峯健太郎

大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻 e-mail: kn@astro-osaka.jp

私は、須藤先生が書かれている通り、1995年に東大物理教室の教室談話会において、初めてJerry Ostrikerに出会いました。講演後、私は「プリンストンに行ってみたいが、天文学だけでなく物理学にも強い関心がある」と伝えました。すると彼は、「それならばまず物理学科に進学し、その後宇宙物理学で博士学位研究を行うという道もあるよ」と親切に助言してくれました。その言葉に背中を押されるようにして、私は東大宇宙理論研究室の修士課程に半年間だけ在籍した後、プリンストン大の大学院物理学科に進学し、1996-2001年の5年間をプリンストンで過ごしました。

最初の2年間はひたすらPrelim/Qualifying Exam^{*1}に向けた物理の勉強でした。また、当時の学科ルールとして、理論志望の学生であっても一度は実験プロジェクトに関わる必要があり、私はBorexinoニュートリノ実験に短期間参加しました。その後、博士課程後半の3年間は主にPeyton Hallで過ごし、Jerryの指導のもとで博士学位研究を進めました。

しかしその頃、彼は副学長として平日は大学本部に詰めていることが多く、学生との研究議論はもっぱら週末に行われていました。私は、平日は主にRenyue Cenと議論しながら研究を進め、週末にJerryに進捗を報告するというサイクルだったと思います。土曜日、地下のオフィスで待っていると、彼が順番に学生部屋を回ってくるのです。まるでお医者さんの巡回診療のようでした。

我々学生は、その週に作成した図などを印刷して準備し、彼が自分のオフィスの前に現れるのを今か今かと待ち構えていました。須藤先生が示しておられるように、Jerryの年間論文出版数が14本に達しピークを迎えていたのが、ちょうど副学長として極めて多忙だったこの時期であり、その事実には驚かされます。

ある土曜の朝、彼が私のオフィスの前にジーンズ姿でいかにもリラックスした様子で現れました。膝には土がたくさん付いており、転んで怪我でもしたのかと思って「どうされたのですか?」と尋ねると、彼は笑いながら「いや、家の前庭のガーデニングをしていただけだよ」と答えました。このように、彼は普段は穏やかで温かい人でした。英語で言えば、まさに“down to earth”（地に足のついた、現実的で気取らない）という言葉がふさわしい人物でした。しかしその一方で、頭の中では常に思考がパルサーのように高速回転しており、いつもサイエンスのことを考えている様子でした。

毎週の学科コロキウムでは、彼はしばしば立ち上がって質問をしていました。「私は70年代に同じ研究をやっていたね…」と話し始めると、後方の学生たちは「また始まったぞ」といった雰囲気です。クスクス笑いながらも、活発な議論を楽しんでいました。そうした発言を快く思わない人もいたかもしれませんが、後でオフィスに戻って調べてみると、彼が本当に70年代にその分野の基礎となる大方の仕事を成し遂げていたことを確認する

^{*1} 当時は、1年次(M1)の終わりにPreliminary Exam(力学、電磁気学、熱力学および統計力学についての筆記・口頭試験)、2年次(M2)にQualifying Exam(統計力学II、量子力学、相対論)という二段階の試験が課されており、これらを通じた者のみが博士学位研究を開始することを許されていて、現在の口頭試問のみの制度と比べてはるかに厳格なものであった。5年一貫制の博士課程であったため、これらの試験は実質的に修士論文に相当する役割を果たしていた。

ことがよくありました。そうした場で、学生たちは議論の仕方を学んでいたと思います。

Jerryの研究スタイルは、緻密な数式を積み重ねていくというよりも、鋭い直感に基づいてズバリと観測と直結するような一つの数式を提示するような感じでした。後年の宇宙論的流体シミュレーションにおいても、「Jerryは答えをあらかじめ知っていて、その直感を表現するためにシミュレーションを実行しているのだ」と評されることがよくありました。私自身も彼との共同研究を通じて、そのように感じる場面に何度も遭遇しました。

須藤先生も触れておられますが、後年、Jerryから「経済的に恵まれない学生の授業料を段階的に免除する制度を初めて導入したのは私なんだ」と何度か聞いたことがあります。これは、副学長としての彼にとって誇りに思う成果の一つだったのでしょう。教育に関する思い入れの強さは、佐藤勝彦先生と共通するところがあると感じられます。また彼は、『SDSSに“Digital”というキーワードを挿入したのが、私のSDSSへの最大の貢献だ!』と冗談まじりによく語っていました。写真乾板からCCDの時代への転換を、持ち前のセンスで象徴的に切り取ったのでしょう。さらにJerryは文学にも造詣が深く、夫人のAlicia Ostrikerは著名な詩人として知られています。ある追悼文[12]には、学生時代にはサイエンスよりも文学に費やした時間の方が多かった、と記されています。

私がプリンストンで過ごした博士研究の期間にはあまりにも濃密すぎて、今でもうまく言葉に表せないところがあります。博士論文の指導教員は「自分の奥さんよりも指導している学生との会話時間の方が長い」という冗談がありますが、Jerryは長い間、実際にそのような生活を送っていたのではないかと思います。

2000年頃には、宇宙論的流体シミュレーションの比較・開発を目的としたGrand Challenge

Cosmology Consortium (GC³)というプロジェクトがあり、私はその関係でLars Hernquist, Mike Norman, Ed Bertschinger, Greg Bryanらと知り合う機会を得ました。その出会いは、その後のポストドクへと繋がる契機となりました。GC³のような研究スタイルは、現在もAGORAコード比較プロジェクト[13]などに受け継がれていると感じています。

また、当時プリンストン高等研究所を定期的に訪問されていた福來正孝先生とは、博士論文に関連した共同研究や議論を重ね、何本かの共著論文を執筆しました。特に印象に残っているのは、福來さんが日本に帰国された後、レフェリーへの回答をめぐって緊急のテレコンを行う必要が生じたことです。双方の都合が合わず、東海岸の週末早朝5時に設定せざるを得ませんでした。その際、Jerryは嫌な顔一つせずオフィスに来てくれ、まだ暗い早朝に彼のオフィスから電話をつないでテレコンを実施しました。当時は文字通り「電話会議」でした。私は院生として、ただ無我夢中で1分でも早くレフェリーへの回答を仕上げたい一心でしたが、現在の教員の立場から振り返ると、学生のためにそこまで尽力する指導者はそう多くないのではないのでしょうか。

プリンストン大やフランスIAPから発表された追悼文[14, 15]には、彼の宇宙物理学・宇宙論への膨大な貢献が簡潔にまとめられていますので、ここで改めて繰り返すことは控えたいと思います。ただ一点、若い研究者達に心に留めておいてほしいのは、宇宙背景放射の温度揺らぎ観測によって宇宙論パラメータが精密に決定されるよりもはるか以前から、彼がダークマターとダークエネルギーΛの存在を見抜いていたという事実です。その萌芽は、須藤先生が引用されている1970年代初頭の銀河に関する論文に始まり、1990年代の論文[16, 17]で宇宙論的スケールへと結実しました。私は、その結実が進む1990年代後半の現場を間近で目撃することができ、非常に

幸運でした。私の記憶の中の Jerry は、写真3が一番近いかなと思います。

心からお悔やみ申し上げます。

Jerry, may you rest in peace.

2025年は、Jerryをはじめ、Joel Primack, Avishai Dekelといった Λ cold dark matterモデルの構築と、その枠組みにおける構造形成研究に大きく貢献した研究者たちが相次いで逝去し、宇宙論研究の一時代が終わったことを痛感させられます。彼らが築き上げた知の灯を、今度は私たちが確実に次世代へと受け継ぎ、さらに発展させていかなければならないことを考えさせられます。



写真3 Jerryの近影（Ostrikerご家族より）

参考文献

- [1] Ostriker, J. P. & Gunn, J. E., 1969, ApJ, 157, 1395
- [2] Ostriker, J. P. & Peebles, P. J. E., 1973, ApJ, 186, 467
- [3] Ostriker, J. P., et al., 1974, ApJ, 193, L1
- [4] Rees, M. J. & Ostriker, J. P., 1977, MNRAS, 179, 541
- [5] McKee, C. F. & Ostriker, J. P., 1977, ApJ, 218, 148
- [6] Blandford, R. D. & Ostriker, J. P., 1978, ApJ 221, L29
- [7] 須藤靖, 1988, 天文月報, 81, 161.
- [8] Ostriker, J. P & Suto, Y., 1990, ApJ, 348, 378.
- [9] 須藤靖, 1991天文月報, 84, 56.
- [10] Cen, R. & Ostriker, J. P., 1999, ApJ, 514, 1
- [11] 須藤靖, 2014『宇宙人の見る地球』（毎日新聞出版社）
- [12] <https://tinyurl.com/4z75uzza> (2026.2.24)
- [13] <https://tinyurl.com/2a7h56cs> (2026.2.24)
- [14] <https://tinyurl.com/yve7b67s> (2026.2.24)
- [15] <https://tinyurl.com/5suc79jt> (2026.2.24)
- [16] Ostriker, J. P & Steinhardt, P. J., 1995, Nature, 377, 600
- [17] Bahcall, N., et al., 1999, Science, 284, 1481

寄贈図書リスト

- ① 系外惑星の物理, 犬塚修一郎・小林浩 編著, 田村元秀・大西利和・小久保英一郎・百瀬宗武・生駒大洋 著, A5判, 272ページ, 5,000円+税, 講談社
- ② 世界の暦文化事典 普及版, 中牧弘允 編, A5判, 462ページ, 5,800円+税, 丸善出版



月報だよりの原稿は毎月20日に締切り, 翌月に発行の「天文月報」に掲載いたします。ご投稿いただいた記事は, 翌月初旬に一度校正をお願いいたします。

記事の投稿は, e-mailで toukou@geppou.asj.or.jp宛にお送りください。折り返し, 受領の連絡をいたします。

研究会・集案案内

茨城大学理学部附属宇宙科学教育研究センター／ 国立天文台水沢 VLBI 観測所茨城観測局 第17回【公開天文台】のお知らせ

日立市と高萩市に跨ってある32mパラボラアンテナ2基は, 衛星通信アンテナから電波望遠鏡へのアップグレードがなされ, 日本・東アジアVLBIの主要施設として, 国際的に優れた天文学研究の成果を挙げています。子どもたちを含め, 多くの地域のみなさんに, 宇宙の科学に親しんでいただきたいと考え, 今年度も公開天文台を開催することとなりました。

日時: 2026年4月18日(土) 10時30分~14時30分
(雨天決行)

場所: 茨城県高萩市石滝627-1
(さくら宇宙公園内)

茨城大学理学部附属宇宙科学教育研究センター
国立天文台水沢 VLBI 観測所茨城観測局

主催: 茨城大学

共催: 国立天文台

後援: 高萩市観光協会, 日立市教育委員会, 日立市観光物産協会

内容: パラボラアンテナ施設・地下道見学

(10:30-13:00 [12:30受付終了])

講演「宇宙を照らす謎の閃光」(橋山 和明
[国立天文台 水沢 VLBI 観測所 特任研究員])

(13:00-14:30 [12:30より受付, 先着100名])

参加料: 無料

アクセス:

[1] 鉄道: JR常磐線高萩駅下車

(1) 会場まで徒歩 約30分

(2) MyRideのるる(オンデマンドバス)利用:
さくら宇宙公園下車すぐ(当日の運行時間9時から15時)

[2] 乗用車: 常磐自動車道 高萩インターもしくは日立北インターより高萩市街方面約15分9km, 明秀学園高萩キャンパス前を山側住宅街に曲がり600m先

駐車場: 無料 普通車約300台駐車可

注意: アンテナ見学は動きやすい服装, 靴で参加ください。

問い合わせ: 茨城大学理学部附属宇宙科学教育研究センター

〒318-0022 茨城県高萩市石滝627-1

Tel: 0293-24-9516

Fax: 0293-24-9517

メールアドレス: infoast@ml.ibaraki.ac.jp

URL: <http://www.asec.ibaraki.ac.jp/>

会務案内

会員の受賞報告

このたび, 日本天文学会が推薦した会員が以下の通り選考されましたので, 報告いたします。

第66回(2025年度)東レ科学技術研究助成

三石郁之氏(名古屋大学大学院理学研究科 講師)

研究題目: 精密光学と小型衛星による天文X線イメージングの研究

公益社団法人日本天文学会 2026年度(2026年4月1日～2027年3月31日) 事業計画書と予算書

2026年1月13日に開催された代議員総会において2026年度の事業計画書と予算書が承認されました。事業計画書と予算書は日本天文学会ホームページ(<https://www.asj.or.jp>)で公開しています。ホームページ上部の「日本天文学会について」の情報公開をご覧ください。

日本天文学会 2026年度事業計画書の概要

事業計画はおおむね例年どおりです。欧文研究報告・天文月報・年会予稿集・ジュニアセッション予稿集・「シリーズ現代の天文学」英語版および日本語改訂版の刊行、年会の開催、全国同時七夕講演会、学会各賞の授与、助成金、後援事業、民間団体等の各賞への推薦、衛星設計コンテスト、キャリア支援事業、男女共同参画事業、天文教育普及事業、インターネット天文学辞典の編集、ウェブサイト・TENNET等の運用、天文学白書作成に関する事業を行う予定です。2026年度は新たに、若手国際交流研究会基金の設置と、ハラスメント外部相談窓口の設置を予定しています。また、2026年度中に2027～2028年度の会長候補者を選出する会長候補者選挙を行います。

日本天文学会 2026年度予算書の概要

公益社団法人として、公益目的事業の適切な実施とともに、保有上限額がある遊休財産額の適正化を考慮して予算書を作成しました。全体としては事業収益120,005千円・事業費用131,071千円と、費用が収益を上回る予定です。予算上最も大きな事業である欧文報告事業では、論文アクセス制限解除(オープンアクセス)の需要増及び円安の影響で引き続き収益が費用を上回る見込みです。年会事業では、新投稿システムへの移行のため新たな費用を計上していますが、予稿集の印刷版廃止による費用削減、開催地費用の減少見込により、全体として前年度と同程度の費用となる見込みです。その他については、現会員数に基づく会費収益など、ほぼ例年どおりの経常収益です。経常費用については、事業/法人活動を維持するための定常的費用に加えて、2026年度から新たにハラスメント外部相談窓口を設置するための費用、及び寄付金に基づく新たな助成事業である若手国際交流研究会基金のた

めの費用を計上しています。

(文責 庶務理事: 永井洋, 会計理事: 美濃和陽典)

2025年度日本天文遺産について

2025年度日本天文遺産は、2026年1月13日の代議員総会において次のように決定しましたのでご報告いたします。

◇「星座石と陸奥州気仙郡唐丹村測量之碑」

所有者: 釜石市

管理者: 本郷文化財愛護少年団育成会・釜石市教育委員会

◇「上松赤外線望遠鏡」

所有者: 兵庫県公立大学法人

管理者: 兵庫県公立大学法人(兵庫県立大学西はりま天文台)

欧文研究報告 (Publications of the Astronomical Society of Japan: PASJ) からのお知らせ

昨年4月から実施しております「本文掲載料の半額化」につきまして、多くの論文をご投稿いただきありがとうございます。

引き続き皆様にご利用いただけるよう、半額適用の期間をさらに1年間延長することにいたしました。

新たな期間終了日は「2027年3月31日」です。期間内に投稿され、受理時にStandard License(非オープンアクセス論文)を選択された場合、会員資格の有無にかかわらず、本文掲載料が半額となります。

従来通り、条件を満たす場合は正会員割引が適用されます。正会員割引は、筆頭かどうかにかかわらず著者に正会員が含まれており、投稿査読システムに正会員(1名)の方の会員番号を入力した場合にのみ適用されます。

標準 3,000円/頁

正会員割引 2,100円/頁

なお、オープンアクセス論文は半額化の対象外です。

皆さまからの投稿をお待ちしております。

欧文研究報告編集委員会

天文月報 119巻5月号 主な掲載予定記事

すばる望遠鏡 学生PI現地観測プログラム特集 (1): 巻頭言【宮崎聡】 化学特異星の近赤外線高分散分光観測と中性子星合体からの電磁波放射への応用【土本菜々恵】 すばる望遠鏡で探るビッグバン元素合成時のヘリウム量【松本明訓】 はやぶさ2拡張ミッション探査先小惑星1998 KY26の可視分光および偏光観測【紅山仁】 ホットジュピターの最期を追った掩蔽観測【河合優悟】 すばる望遠鏡の現地観測を通じて学んだこと【鈴木善久】

天球儀: 講書始の儀【家正則】

〈シリーズ〉海外の研究室から: 海外で研究する, という選択肢—NASAでの6年間【村松はるか】

編集委員: 日下部展彦 (編集長), 岡本文典, 小山翔子, 志達めぐみ, 鈴木大介, 高橋葵, 田中壱, 谷川衝, 鳥海森, 中島亜紗美, 信川久実子, 橋本拓也, 福島肇, 藤澤幸太郎, 宮武広直, 宮本祐介, 守屋堯

令和8年4月20日 発行人 〒181-8588 東京都三鷹市大沢2-21-1 国立天文台内 公益社団法人 日本天文学会

印刷発行 印刷所 〒162-0801 新宿区山吹町332-6 株式会社 国際文献社

定価733円 (本体667円) 発行所 〒181-8588 東京都三鷹市大沢2-21-1 国立天文台内 公益社団法人 日本天文学会

Tel: 0422-31-1359 (事務所) / 0422-31-5488 (月報) Fax: 0422-31-5487

振込口座: 郵便振替口座00160-1-13595 日本天文学会

三菱UFJ銀行 三鷹支店 (普) 4434400 公益社団法人 日本天文学会

日本天文学会のウェブサイト <https://www.asj.or.jp/> 月報編集 e-mail: toukou@geppou.asj.or.jp

会費には天文月報購読料が含まれます。

©公益社団法人日本天文学会2026年 (本誌掲載記事は無断転載を禁じます)