

# XRISM ニュース (3)

## 観測速報その2

山口 弘悦<sup>1</sup>, 野田 博文<sup>2</sup>

### XRISM チーム

〈<sup>1</sup> 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 宇宙物理学研究系 〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 3-1-1〉

〈<sup>2</sup> 東北大学大学院理学研究科天文学専攻 〒980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3〉



山口



野田

XRISM ニュース (1) ではファーストライト観測 (銀河団と超新星残骸) の成果, (2) では他の X 線衛星との相互較正作業とその国際会議の様様をお伝えしました (天文月報 2024 年 9 月号・10 月号参照)。今回は、観測成果の紹介の第 2 弾として、X 線連星や活動銀河核の精密分光観測の成果をご紹介します。

### 大質量 X 線連星 Cyg X-3

#### — 光電離プラズマが魅せた驚異のスペクトル —

地球から約 3 万光年の距離にある「はくちょう座 (Cyg) X-3」は、ウォルフ・ライエ星とコンパクト星 (ブラックホールまたは中性子星) から成る大質量 X 線連星です。2 つの星は非常に近接しており、わずか 4.8 時間の周期でお互いの周りを公転します。ウォルフ・ライエ星から放出される星風の一部はコンパクト天体に降着し、X 線を放ちます。この X 線が星風内の物質を激しく照らし、「光電離プラズマ」を形成します。Cyg X-3 は、光電離プラズマを伴う X 線天体の代表格です。

2024 年の 3 月に、Cyg X-3 は X 線で特に大光度となる “Ultrasoft state” に入りました。そこで XRISM は、プロジェクトの判断により、この天体の優先観測を行いました。得られたスペクトルを見た瞬間、「自然は人間の想像を遥かに超える」というブルーノ・ロッシの言葉が脳裏をよぎりました。観測計画時に行ったシミュレーションとは比較にならないほど、複雑な様相を見せていたからです。鉄 K 殻の帯域 (6–8 keV) だけをとっても、様々な価数のイオンによる吸収線や輝線が入り組み、それらが軌道位相に応じて変化する様子も捉えられました。「このデータは解釈が大変になるぞ」という嬉しい悲鳴が、チーム内であがりました。

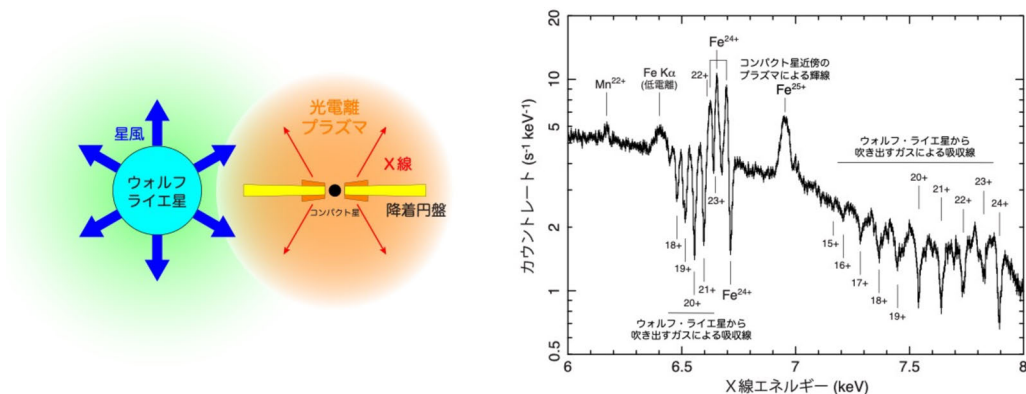


図1 Cyg X-3の概略図 (左) と軟 X 線分光装置 Resolve による 6–8 keV スペクトル (右)。

これまでの解析で、星風物質の速度分布や密度分布、コンパクト天体の公転運動の様子などが、大まかにはわかりつつあります。しかし本格的な解析はこれからです。Cyg X-3は、やがてウォルフ・ライエ星側も超新星爆発を起こし、重力波源としてお馴染みのコンパクト星連星となることが予想されます。今後XRISMのデータをより詳しく調べることで、この奇妙な天体がどのような過程で作られ、この先どのような進化を辿るのか明らかになると期待されます。

## 活動銀河核NGC 4151

### —精密X線分光で超巨大ブラックホール近傍の物質分布や物理状態を捉える—

銀河とその中心の超巨大ブラックホール（SMBH）の共進化、さらには宇宙の進化を解明する上で、SMBHへの質量降着によって多波長で明るく輝く活動銀河核（AGN）の理解は不可欠です。AGNでは、中心付近に存在するコロナや降着円盤をはじめ、数千km/sの速度幅を持つ可視光広輝線を放射する広輝線領域（BLR）、さらにそれらを取り囲むドーナツ状のダストトラスなど、複雑な構造が存在します（図2左）。しかし、各領域の詳細な構造や、どのようなメカニズムで形成・維持されるのかについては未解決の課題が多く残されています。

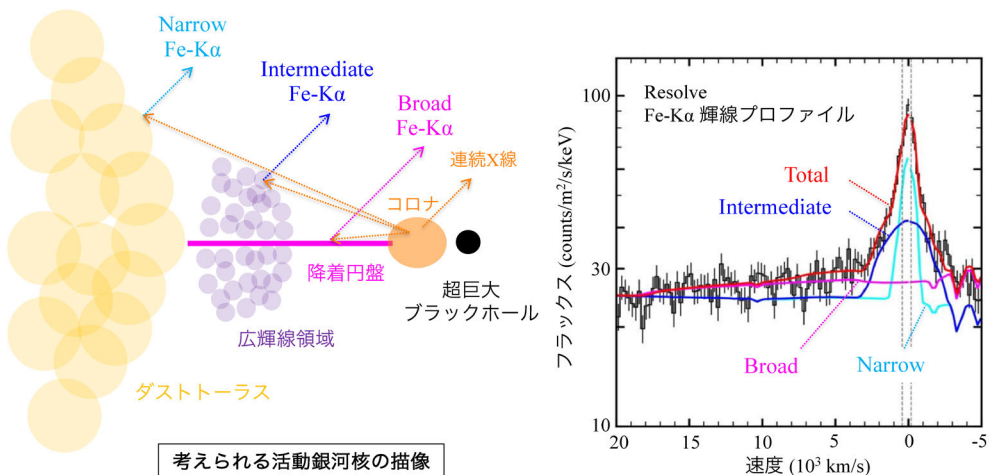


図2 超巨大ブラックホール周囲の構造（左）と軟X線分光装置ResolveによるNGC 4151の鉄K $\alpha$ （Fe-K $\alpha$ ）輝線スペクトル（右；XRISM collaboration 2024 [2] の図を改変）。Broad, Intermediate, Narrow Fe-K $\alpha$ は左図のように異なる領域から放射され则认为られる。

AGN内部を探る鍵の一つが、コロナから放射された連続X線が周囲の物質によって光電吸収を受けた結果、X線スペクトルの約6.4 keVに現れる鉄K $\alpha$ 輝線です。しかし、従来のX線観測装置では分光性能が足りず、異なる領域からの鉄K $\alpha$ 輝線を分離することは困難でした。そこで登場したのがX線分光撮像衛星XRISMです。我々は、XRISMで観測する最初のAGNとして、約16 Mpcの距離に位置し、太陽質量の約3000万倍のSMBHを持つX線で明るいNGC 4151を選定し、2023年12月から2024年6月の間に計5回の観測を実施しました。元々は4回の予定でしたが、NGC 4151は軟X線撮像装置XtendのX線CCDカメラの観測モードの検証に最適明るさだったので、最初の1回はXtendのコミッショニングの一環として検出器チームに提案し、実施されることになりました。コミッショニングを最優先に考

えたターゲット選定でしたが、科学的にも素晴らしいデータが得られるだろうという期待がなかったかと言えば嘘になります。このような流れを経て、NGC 4151の最初の観測は、実はファーストライト天体であるN132Dよりも先に行われたのでした。

我々は、XRISMの精密X線分光によって、異なる領域からの鉄K $\alpha$ 成分を分離することに成功しました（図2右）。さらに、XRISMと同時に可視光広輝線の分光観測も実施でき、鉄K $\alpha$ 輝線と可視光広輝線のプロファイルを同等の波長分解能で直接比較できるのを目の当たりにした時には、X線観測の新たな時代の到来を強く実感しました。現在、鉄K $\alpha$ 輝線の詳細なプロファイルや、可視光広輝線との類似点や相違点を調べ、BLRやダストトーラスの構造や形成過程の議論が進んでいます。XRISMによる精密X線分光は、AGN、特にSMBH近傍領域の解明に向けた新たな道を切り拓きつつあります。

上の内容は、以下の出版済論文[1, 2]で詳しく紹介されています。

[1] XRISM collaboration, 2024, ApJL, 977, 34

[2] XRISM collaboration, 2024, ApJ, 973, 25

今後もXRISMの観測成果を随時ご紹介していきたいと思います。また、XRISMの搭載装置や運用の現場についての話題も取り上げる予定です。ご期待ください！

# 初代星形成における乱流磁場の影響

定成健児エリック

〈北海道大学 大学院理学研究院 理論宇宙物理学研究室 〒060-0810 北海道札幌市北区北10条西8丁目〉

e-mail: jfkenjeric@gmail.com



宇宙で最初に誕生した星「初代星」は、宇宙進化を左右する重要な天体である。最近の流体シミュレーションによると、初代星は円盤分裂を通じて、連星系または多重星系として形成されることが知られている。しかしながら、近年、初代星形成領域内に強い乱流磁場が生み出されることが理論的に示唆されており、磁場による初代星形成への影響が調べられている。我々は3次元磁気流体シミュレーションを用いて、乱流ダイナモによって増幅した乱流磁場が、円盤分裂を抑制することを明らかにした。また、乱流磁場環境であっても、原始星ジェットの駆動が可能であることも確認した。本稿では、どのようにして初代星形成領域で磁場が成長するか説明した後、乱流磁場が初代星の性質に与える影響について述べる。

## 1. はじめに

宇宙で最初に誕生した星「初代星」は、我々が住む宇宙の歴史を語るうえで欠かせない存在である。初代星は、宇宙が誕生してから約数億年後、水素とヘリウムを主成分とした始原ガス雲から形成された。初代星が放つ輻射は、周囲のガスを電離し、宇宙全体の電離化（宇宙再電離）を促進する。また、初代星の内部では、ビッグバン時には生成できなかった炭素や酸素のような重い元素が作り出される。やがて、初代星の超新星爆発によってこれらの重元素が宇宙空間にばら撒かれ、宇宙全体の金属汚染が進行していく。そして、汚染されたガス雲から第2世代の星が誕生し、以降、星の誕生と死を繰り返しながら、現在の宇宙へとつながっていく。このように初代星誕生を契機に宇宙は劇的に変化し、その後の天体形成に影響する。

初代星が宇宙に与える影響は、形成される星の質量とその数によって決まる。例えば、初代星の

質量が異なると、電離輻射の強さ、星内部で合成される元素の種類、そして最期に起こる超新星爆発の威力に違いが生じる。しかし、遠方にある初代星を直接観測し、その質量分布などの情報を得ることは極めて困難である。そのため、初代星研究は主に数値計算に基づいた理論的アプローチによって進められてきた [1-4]。

## 2. 初代星形成過程とその性質

この章では、まず、磁場の効果を考慮していない場合の標準的な初代星形成シナリオと数値シミュレーションから明らかになってきた初代星の特徴について簡単に紹介する。

### 2.1 初代星形成シナリオ

初代星の形成は、重力作用によって形成された  $10^5\text{--}10^6 M_\odot$  程度のダークマターの塊、「ミニハロー」と呼ばれる領域から始まる（図1a）。ミニハローには、重力によって引き寄せられた始原ガスが降着し、ガス雲として蓄積する [1]。ガス雲は主に水素分子冷却によって冷えることで、その

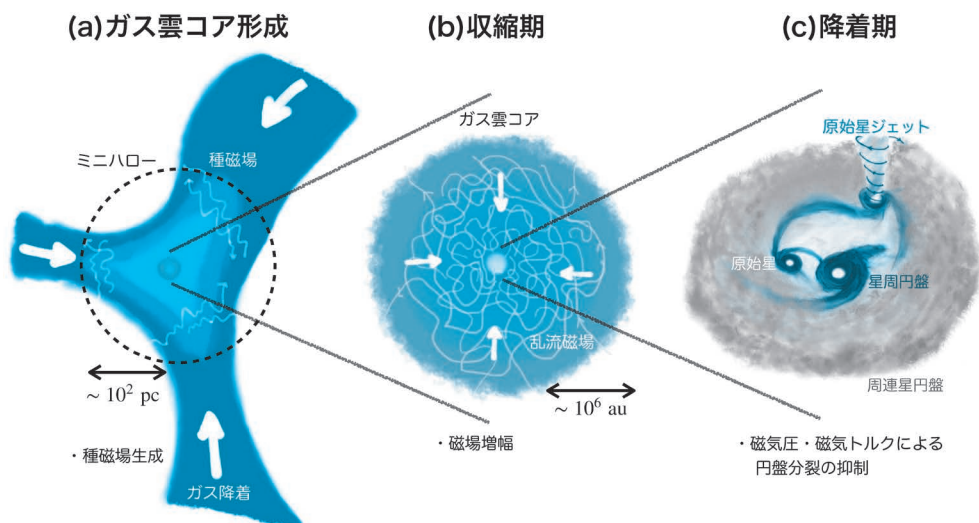


図1 磁場を考慮した初代星形成過程の模式図

中心部に特に密度が濃い「ガス雲コア」と呼ばれる領域が現れる。このガス雲コアが、圧力で支えきれないほどの質量を獲得すると、自己重力による暴走的収縮を始める。この時の臨界質量は、ジーンズ質量 $M_J$ として見積もられ、典型的には、 $1000 M_\odot$ 程度の質量を持つ。

ガス雲コアが暴走的な収縮を始めると、自由落下時間 ( $t_{\text{ff}} = \sqrt{3\pi/(32G\rho)}$ ) のスケールで密度 $\rho$ が上昇する。 $t_{\text{ff}}$ は密度の1/2乗に反比例するため、密度の高いガス雲コア中心部分が、周辺ガスを置き去りにしながら収縮する。その結果、ガス雲コアは密度一定のコアと、それを取り囲むエンベロープと呼ばれる領域に分かれる。収縮が進むにつれ、密度の上昇に伴って冷却率が低下し、コアが完全に断熱的になると収縮が止まる。この時、ガス雲コアの中心部に、「原始星」と呼ばれる断熱コアが形成する。形成直後の原始星の質量は $10^{-2} M_\odot$ 程度と非常に小さく、ガスの大部分はエンベロープに残されている [2]。一般に、重力収縮が始まって原始星ができるまでの時期を「収縮期」と呼ぶ (図1b)。

原始星は、周囲のガスが降着することで質量を増していく。この時、 $M_J$ 程度のエンベロープが

スが $t_{\text{ff}}$ の時間スケールで降着すると考えられるので、降着率は $\dot{M} \sim M_J/t_{\text{ff}}$ と見積もられる。ここで、降着率はエンベロープの温度 $T$ と $\dot{M} \propto T^{3/2}$ という関係にある。始原ガスには効率的な冷却剤となるダストや重元素が存在しないため、エンベロープの温度は数百K程度に達し、現在の星形成環境よりも高温となる。その結果、初代星形成では $10^{-3} M_\odot/\text{yr}$ 程度の高い降着率が実現される。ガス降着は、原始星からの電離放射フィードバックによって周囲のガスが吹き飛ばされ、さらに、加熱による円盤の消失 (光蒸発) によって完全に止まる [3]。原始星が降着によって成長する時期のことを一般に「降着期」と呼ぶ (図1c)。

## 2.2 初代星の特徴

すでに述べたように、初代星形成環境では降着率が高く、原始星は大量のガスを獲得できる。最終的な初代星の質量は主に電離放射フィードバックによって降着が止まることで決まるが、降着率が高いと、この効果が弱まる。実際、放射流体シミュレーションによると、初代星の典型的な質量は数十から数百 $M_\odot$ の大質量星になることが示唆されている [3, 4]。

加えて、降着率が高いと、円盤が重力不安定に

陥りやすくなり、分裂を起こす。初代星形成の流  
体シミュレーションでは、多くの場合、円盤分裂  
によって連星が誕生することが示されている  
[5–10]。また、円盤分裂は時間とともに繰り返  
し発生し、その結果、原始星の数が増加して、多  
重星系を形成することが示唆されている [11]。

多重星系では、大質量星だけでなく、軽い質  
量の初代星も形成される。一部の軽い原始星は他  
の原始星との多体重力相互作用によって円盤外へ弾  
き飛ばされることが報告されている [12]。これ  
らの原始星は質量の成長が制限されるため、低質  
量の初代星になると期待される。特に、質量が  
 $0.8 M_{\odot}$ 以下の初代星は現在の宇宙まで生き残  
ることが可能である。現在、そのような星の探索が  
活発に行われているが、まだ発見には至ってない  
[13]。

このように、数値シミュレーションから初代星  
の特徴が明らかになりつつあるが、多くの場合、  
磁場の効果は考慮されていない。これは、初期宇  
宙の磁場が極めて微弱であり、星形成に影響を与  
えないと考えられていたためである。しかし近年、  
初代星形成領域でも強い磁場が存在する可能  
性が理論的に指摘され始めており [14]、磁場の  
重要性が見直されつつある。

次に、初代星形成領域における磁場進化シナ  
リオについて紹介する。

### 3. 初期宇宙における磁場の生成と増幅

磁場は、地球や太陽、恒星、銀河、さらには物  
質が希薄なボイド領域に至るまで、宇宙全体に普  
遍的に存在する。特に、現在の星形成領域のガス  
雲コアでは、重力エネルギーに匹敵するほど強い  
数十  $\mu\text{G}$  以上の磁場が観測されており [15]、星  
形成過程において重要な役割を果たす。宇宙磁場  
生成の標準シナリオでは、まず微弱な「種磁場」が  
生成され、その後、銀河回転や乱流ダイナモなど  
の増幅プロセスを経て現在観測される磁場強度に

達すると考えられている。

#### 3.1 種磁場の生成

種磁場の生成メカニズムは、大きく分けて宇宙  
論起源と天体活動起源の2つある。宇宙論起源で  
は、インフレーション期や宇宙の晴れ上がり時に  
生成される [16–18]。これにより、宇宙全体を微  
弱な一様磁場で満たすことができる。一方、天体  
活動起源では、超新星爆発 [19] や銀河形成時の  
衝撃波 [20]、電離輻射 [21]、宇宙線 [22] などが  
種磁場を生成する。

初代星形成領域においても、ガスがミニハロー  
に降着する際に発生する衝撃波や乱流が「ビアマ  
ン機構」を引き起こし、種磁場が自然に生成され  
ると考えられている (図 1a)。ビAMAN機構とは、  
プラズマ中で圧力と密度の勾配が非平行になるこ  
とで電流が生じ、磁場が生成される現象である  
[23]。このメカニズムによって、理論的には  
 $10^{-20}$ – $10^{-18}$  G 程度の種磁場が生成されることが  
示唆されている [24]。しかし、この磁場強度の  
ままでは星形成に影響を与えるにはあまりにも弱  
すぎるため、次に説明するような磁場増幅が重要  
となる。

#### 3.2 磁場の増幅

初代星形成領域で最も重要な磁場増幅プロセス  
は、収縮期における乱流ダイナモである [25]。  
宇宙論シミュレーションによると、ミニハロー内  
のガス雲では、遷音速程度の乱流が自然に発生す  
る [26]。この時、乱流によって磁力線が引き伸  
ばされ、捻じ曲げられることで、磁場は指数関数  
的に増幅される (乱流ダイナモ)。スケール  $l$  に  
おける乱流速度を  $V_{\text{turb}}$  とすると、乱流ダイナモ  
による増幅のタイムスケールは、 $t_{\text{eddy}} \sim l/V_{\text{turb}}$  ( $l$ )  
と表される。このタイムスケールは通常、スケ  
ールが小さいほど、短いため、磁場は小スケール側  
から順に増幅される。また、 $t_{\text{eddy}}$  は、自由落下時  
間  $t_{\text{ff}}$  よりも十分短いため、ガス雲が重力収縮する  
間に、磁場はすぐに乱流エネルギーと同程度まで  
増幅される。その後、重力によるガスの圧縮で更

に強まることで、重力エネルギーに匹敵する強い磁場が生成される。

現在の星形成領域では、原始星形成まで収縮する間にガスと磁力線の動きが切り離される現象「磁気散逸」が生じる。これにより、乱流ダイナモや重力圧縮による磁場増幅が妨げられる。一方で、ダストを含まない始原ガス雲では、磁気散逸による効果が弱いことが知られている [27]。そのため、初代星形成環境下では、効率的に増幅することが可能となる。その結果、原始星周りの磁場強度は現在の星形成の場合よりも強くなり、その後の原始星進化に大きく影響する可能性がある [28]。

### 3.3 初代星形成領域における乱流磁場

磁場が星形成に与える影響は、その強度と構造によって決まる。磁場強度は、すでに説明したように、乱流ダイナモによって現在の星形成領域と同程度まで増幅できる。一方で、磁場構造は、現在の星形成領域で観測されているような一様なものではなく、乱流によってランダムにかき乱された複雑な構造をしている (図1b)。

この磁場構造の違いは、星形成過程に重要な影響を及ぼす。例えば、回転するガス雲に揃った磁場が突き刺さっていると、磁気張力が回転運動を減速させる方向に力を加え、角運動量を輸送する (磁気制動) [29]。この輸送効率は、回転軸と磁力線の向きによって大きく異なり、星周円盤の大きさに影響する [30–32]。しかし、乱流ダイナモによって生じた磁場構造が円盤構造にどのような影響を与えるかは、まだ十分に理解されていない。

また、磁場によって駆動されるアウトフローも磁場構造に大きく左右される。現在の星形成についてのシミュレーションでは、磁場構造が乱れるほどアウトフローによる質量放出が低下することが示されている [33]。そのため、乱流磁場が卓越している初代星形成においてアウトフローが発生するかは、依然として未解明であった。

次章では、これらの疑問に答えるために実施したシミュレーション結果について紹介する。

## 4. 初代星形成磁気流体シミュレーション

我々は、ガス雲コアが重力収縮する「収縮期」から、円盤分裂によって多重星系が形成される「降着期」までの一連の過程について、3次元磁気流体シミュレーションを実施した。初期条件として、異なる強度の一樣磁場 ( $B_{\text{ini}} = 0, 10^{-8}, 10^{-7}, 5 \times 10^{-7} \text{ G}$ ) を設定し、さらに乱流速度場を加えた。このような設定により、一樣磁場は収縮期において乱流ダイナモによって増幅され、降着期に至るまでに乱流磁場構造が形成される。特に、 $B_{\text{ini}} \geq 10^{-7} \text{ G}$  の場合では、乱流磁場は重力エネルギーに匹敵するほどの強度に達し、理論的に期待されている初代星形成の環境に近い状況が再現される (3.2節)。本研究では、乱流磁場強度の違いが降着期における円盤分裂に与える影響を調べた。

### 4.1 円盤分裂による多重星形成

まず、連星が形成するまでの進化について見ていく。一例として、図2に、磁場を含まない場合の3次元の密度構造の進化を示す。ガス雲コアの重力収縮によって、最初に中心に1つの原始星が形成される (図2a)。その後、エンベロープガスが角運動量と共に降着することで、自然に原始星の周囲に回転円盤が形成される (図2b)。円盤は時間と共に質量を獲得していき、次第に重力不安定な状態となる。この時、円盤には、図2(c)のような2本の渦状腕が出現する。非軸対称構造を持つ渦状腕は、重力トルクを生み出し、円盤面に沿った方向に角運動量を輸送し始める。その結果、円盤内の降着が促進され、円盤面密度が低下し、重力不安定性を解消する方向に向かう。しかし、初代星形成のように降着率が高い環境下では、円盤の質量が安定化するよりも早く増加し、不安定性がさらに強まる。その結果、渦状腕内部

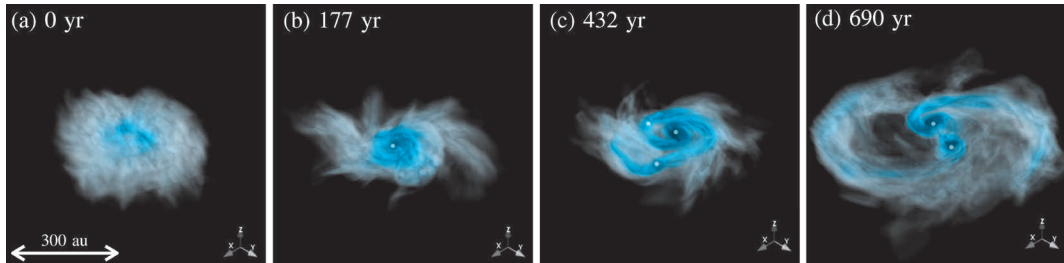


図2 磁場がない場合における (a) 最初の原始星ができてから, (b) 円盤が形成し, (c) 円盤内に現れた渦状腕が分裂することで, (d) 連星系が形成されるまでの3次元密度構造. 白丸は原始星の位置を表す.

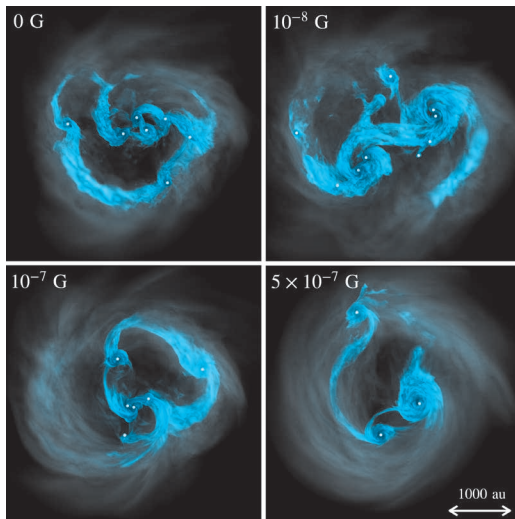


図3 最初の原始星が形成してから3500年後の密度構造. 各パネルは異なる初期磁場強度 (左上に記載) を設定したシミュレーション結果を示している. 白丸は原始星の位置を表す.

で分裂が生じ, 新たな原始星が複数形成される (図2cの白丸). その後, 合体を免れた原始星が図2(d) のような連星系を組む.

円盤分裂は円盤の質量増加とともに, 繰り返し発生し, 原始星の数は増加する. 図3に, 最初の原始星が形成してから3500年経過した時の密度構造と原始星の位置 (白丸) を示した. どの初期磁場強度の場合でも, 多重星系が形成しているのがわかる. これは乱流磁場では, 完全に円盤分裂を止められないことを示している.

一方で, 円盤分裂の頻度には違いがみられた. 図4に, 累積の分裂回数の時間進化を示した. 円

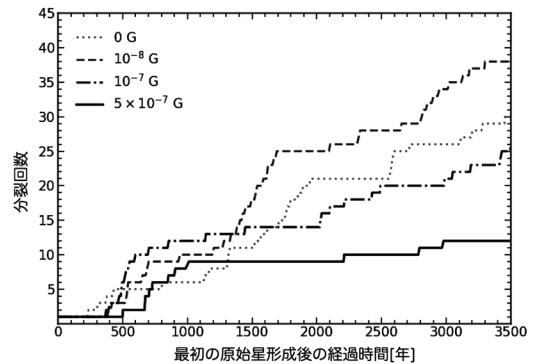


図4 最初の原始星が形成してからの分裂回数の時間進化. 異なる初期磁場強度の場合の結果を異なる線種で示している.

盤内の磁場 (初期磁場) が大きいほど, 分裂回数が減少しているのがわかる. これは次に詳しく述べる磁気効果の結果である. 本稿では, 特に磁気圧, 磁気トルク, そして磁気駆動型アウトフローの効果について紹介する.

#### 4.2 磁気圧による円盤の安定化

磁気圧 ( $p_{\text{mag}} = B^2/(8\pi)$ ) は, 熱圧  $p_{\text{th}}$  同様, 重力に対抗する力を持ち, 円盤を安定化することができる. 磁気圧の効果を調べるために, 熱圧と磁気圧の比をとったプラズマベータ  $\beta_p = p_{\text{th}}/p_{\text{mag}}$  という量を用いる.  $\beta_p$  が1に近いほど, 磁気圧による貢献度が高いことを意味する.

図5は, 3000年経過した時のプラズマベータの空間分布を表す. 初期磁場強度が強いほど, 円盤領域内の磁場は強く, プラズマベータ値は小さい. 磁場の大きさが最も強い場合では, 円盤領域

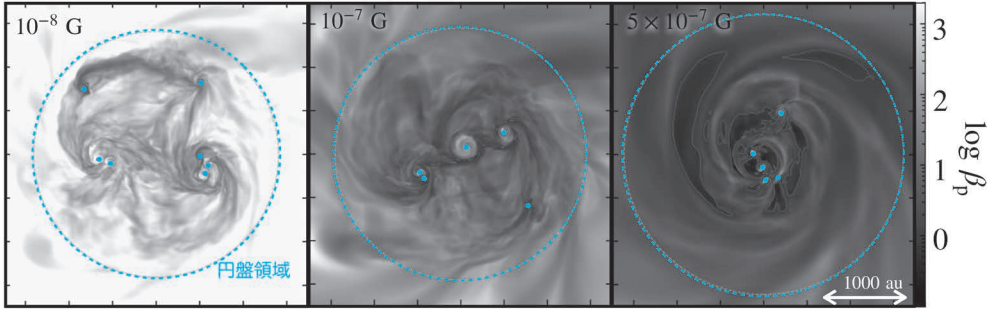


図5 降着期が始まってから3000年経過した時のプラズマベータ $\beta_p = p_{th}/p_{mag}$ の空間構造. 各パネルは異なる初期磁場強度（左上に記載）を設定したシミュレーション結果を示している. 青丸と青点線は、原始星の位置と円盤領域の大きさを表す.

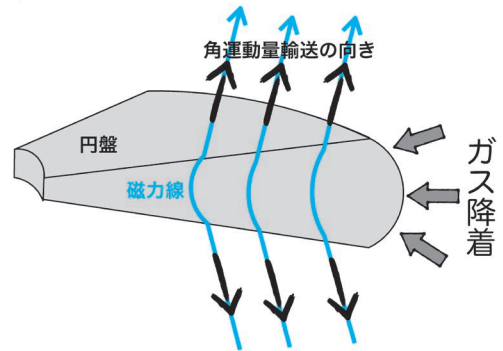
の大部分が、 $\beta_p \sim 1$ となり、磁気圧が円盤の安定化に寄与しているのがわかる．磁場強度が弱い場合でも、星周円盤内では、回転による磁場増幅により $\beta_p \sim 1$ が実現されている．その結果、星周円盤の分裂が抑制される．

#### 4.3 磁気トルクによる角運動量輸送

次に、磁気トルクによる角運動量輸送の効果について見ていく．一般に、磁気張力が回転運動を妨げる向きにトルクとして働き、角運動量を輸送する．円盤に対して垂直に一樣磁場が突き刺さっている場合（図6a）、角運動量は磁力線に沿って円盤上空へ輸送される．この時、角運動量は円盤外へ持ち出されるため、結果として円盤の半径が縮小し、円盤分裂が抑制される．

一方で、乱流磁場の場合（図6b）、角運動量は円盤面に沿った方向へ輸送されることがシミュレーション結果の解析から明らかになった．これは、乱流磁場による磁気トルクが円盤内の実効的粘性を高める効果を持つことを意味する．その結果、角運動量は外側のガスに受け渡されるだけであり、円盤サイズを縮小することはできない．実際に、図5では、円盤領域の大きさに差がないことが確認できる．しかし、円盤領域全体の磁場強度が $\beta_p \sim 1$ 程度に高い場合（ $B_{init} = 5 \times 10^{-7}$  G）では、磁気トルクによる角運動量輸送が円盤領域の安定化を促し、渦状腕の拡大が抑えられる（図3）．その結果、円盤分裂が抑制される．

#### (a) 一樣磁場



#### (b) 乱流磁場

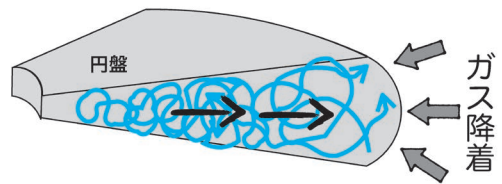


図6 (a) 一樣な垂直磁場が円盤を貫いている場合と (b) 乱流磁場が円盤内に存在している場合の磁気トルクによる角運動量輸送の向き（黒矢印）を示した模式図.

#### 4.4 原始星ジェットの駆動

星形成領域に磁場が存在すると、アウトフローが発生し、ガスが角運動量とともに放出されることで星形成に影響を与える．アウトフローの駆動メカニズムには、磁気力と遠心力によって駆動する「磁気遠心力風」[34] と磁気圧勾配力によ

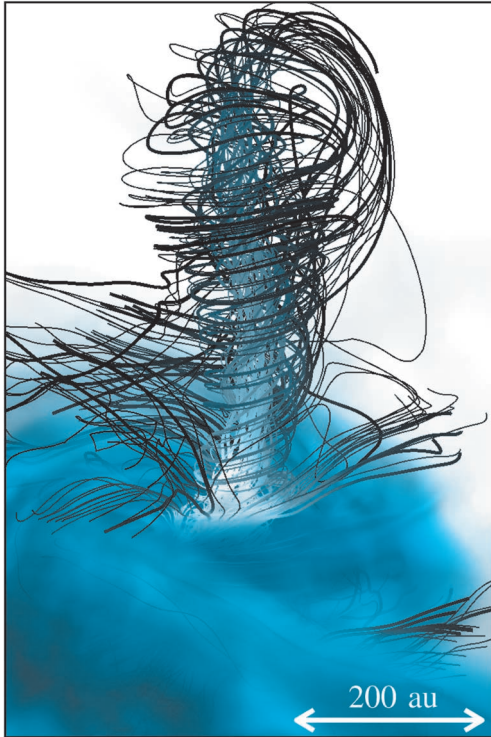


図7  $B_{\text{init}} = 10^{-7}$  Gの場合における原始星ジェット  
の3次元密度構造。線は磁力線を表し、線の色  
が黒から白に変化するにつれて磁場強度が増  
加することを表す。トロイダル磁場が卓越し  
た領域が原始星ジェットに対応する。

て駆動する「磁気圧勾配風」[35]の2種類がある。

磁気遠心力風が駆動されるには、強い一様磁場  
が円盤や原始星のような回転体に突き刺さった初  
期状態が必要である。一方、磁気圧勾配風は、初  
期の磁場構造に関係なく、回転によって磁力線が  
巻かれ、強いトロイダル磁場が生成されることで  
駆動される。しかしながら、乱流ダイナモによっ  
て生成された乱流磁場の環境でも磁気圧勾配風が  
駆動されるかどうかは、これまで明らかではな  
かった。

我々は、収縮期から計算した星形成シミュレ  
ーションにおいて、初めて、乱流磁場環境下でも原  
始星を根本に噴出する原始星ジェットが磁気圧勾  
配風によって駆動することを示した。図7は、中  
程度の初期磁場強度を持つ場合 ( $B_{\text{init}} = 10^{-7}$  G)

の原始星ジェットと、それに伴う磁力線の3次元  
構造を示している。図からわかるように、星周円  
盤と原始星の回転によって磁力線が巻かれ、トロ  
イダル磁場がタワー状に構築されている。このタ  
ワー構造内では磁気圧勾配力が重力を上回るほど  
強まり、ガスが外向きに吹き飛ばされる。乱流磁  
場が卓越した状況下では、原始星ジェットは片側  
からのみ吹き出し、細く絞られた構造を持つ。

ただし、これらの原始星ジェットの持続時間は  
短い。これは、降着率が高い状況下では、磁気圧  
が降着流の動圧に押し負けるためである。その結  
果、原始星ジェットによる角運動量や質量輸送の  
効果は限定的であり、星形成への影響は小さい。  
しかしながら、降着期の後半に輻射フィードバッ  
クが周辺ガスを吹き飛ばすことで、原始星ジェッ  
トが駆動されやすくなるかもしれない。このた  
め、条件次第では原始星ジェットが初代星形成に  
一定の影響を与える可能性がある。

## 5. まとめと今後の展望

我々は、初代星形成領域におけるダイナモ増幅  
によって生成された乱流磁場が、初代星形成に与  
える影響を、3次元磁気流体シミュレーションを  
用いて調べた。

その結果、乱流磁場によって円盤分裂を完全に  
止めることはできないが、磁気圧と磁気トルクに  
よる円盤の安定化の効果により、円盤分裂の頻度  
が低下することが明らかになった。この効果によ  
って、多体重力相互作用によって弾き飛ばされ  
る原始星の数が減少し、最終的に現在の宇宙まで  
生存可能な低質量初代星の形成が抑制される可  
能性が示唆された。現在の宇宙で初代星がまだ発見  
されない理由の一つかもしれない。

初代星の初期質量関数に磁場がどのように影響  
を与えるかをより定量的に理解するためには、初  
期の磁場構造や強度を特定する必要がある。その  
ためには、ミニハロー形成時から種磁場の生成、  
そして磁場の増幅に至るまでの計算が求められ

る。さらに、初代星の質量を決定づけるためには、輻射フィードバックによって降着が停止する時期まで計算を進める必要がある。その際、原始星ジェットと電離フィードバックの両方がどのように作用し、初代星の質量に影響するかを解明することが重要となる。また、重力波合体を引き起こすような近接連星がどのように形成されるかも、大きな課題である。

このように、初代星形成に関する理論的な課題は多く残されており、どれも磁場が重要な役割を果たす可能性がある。したがって、今後、磁場の効果を考慮した初代星形成の理論研究が引き続き求められると考える。

## 謝 辞

本稿の科学的内容は、2024年に筆者らが発表した査読付き学術論文に基づいています [36]。本研究は筆者が博士課程在学中に行いました。博士課程在学時の指導教員の大向一行氏には、深く感謝申し上げます。また、共同研究者である杉村和幸氏、松本倫明氏、富田賢吾氏には、研究の遂行にあたり多くの助言をいただき、心よりお礼申し上げます。さらに、本稿を執筆する機会を与えていただいた岩崎一成氏にも感謝いたします。なお、本研究では、国立天文台天文シミュレーションプロジェクト (CfCA) のXC50を利用させていただきました。

## 参 考 文 献

- [1] 吉田直紀, 2006, 天文月報, 99, 452
- [2] 大向一行, 2006, 天文月報, 99, 462
- [3] 細川隆史, 2013, 天文月報, 106, 772
- [4] 平野信吾, 2015, 天文月報, 108, 337
- [5] Stacy, A., et al., 2010, MNRAS, 403, 45
- [6] Smith, R. J., et al., 2011, MNRAS, 414, 3633
- [7] Stacy, A., & Bromm, V., 2013, MNRAS, 433, 1094
- [8] Chon, S., & Hosokawa, T., 2019, MNRAS, 488, 2658
- [9] Kimura, K., et al., 2021, ApJ, 911, 52
- [10] Park, J., et al., 2021, MNRAS, 508, 6176
- [11] Susa, H., 2019, ApJ, 877, 99
- [12] Clark, P. C., et al., 2008, ApJ, 672, 757
- [13] Ishiyama, T., et al., 2016, ApJ, 826, 9
- [14] McKee, C. F., et al., 2020, MNRAS, 496, 5528
- [15] Crutcher, R. M., 2012, ARA&A, 50, 29
- [16] Turner, M. S., & Widrow, L. M., 1988, Phys. Rev. D, 37, 2743
- [17] Saga, S., et al., 2015, Phys. Rev. D, 91, 123510
- [18] Subramanian, K., 2016, Rep. Prog. Phys., 79, 076901
- [19] Hanayama, H., et al., 2005, ApJ, 633, 941
- [20] Kulsrud, R. M., et al., 1997, ApJ, 480, 481
- [21] Doi, K., & Susa, H., 2011, ApJ, 741, 93
- [22] Ohira, Y., 2020, ApJ, 896, L12
- [23] Biermann, L., 1950, Zeitschrift Natur-forschung Teil A, 5, 65
- [24] Xu, H., et al., 2008, ApJ, 688, L57
- [25] Xu, S., & Lazarian, A., 2016, ApJ, 833, 215
- [26] Greif, T. H., et al., 2012, MNRAS, 424, 399
- [27] Maki, H., & Susa, H., 2004, ApJ, 609, 467
- [28] Sadanari, K. E., et al., 2023, MNRAS, 519, 3076
- [29] Gillis, J., et al., 1974, Ap&SS, 27, 167
- [30] Matsumoto, T., & Tomisaka, K., 2004, ApJ, 616, 266
- [31] Hennebelle, P., & Ciardi, A., 2009, A&A, 506, L29
- [32] Tsukamoto, Y., et al., 2018, ApJ, 868, 22
- [33] Gerrard, I. A., et al., 2019, MNRAS, 485, 5532
- [34] Blandford, R. D., & Payne, D. G., 1982, MNRAS, 199, 883
- [35] Tomisaka, K., 2002, ApJ, 575, 306
- [36] Sadanari, K. E., et al., 2024, PASJ, 76, 823

## Impact of Turbulent Magnetic Fields on First Star Formation

Kenji Eric SADANARI

Faculty of Science, Hokkaido University, Kita 10,  
Nishi 8, Kita, Sapporo, Hokkaido 060-0810,  
Japan

**Abstract:** Previous numerical simulations that did not consider magnetic fields have shown that the first stars form as multiple star systems with a wide range of masses, through disk fragmentation. However, recent theoretical studies suggest that strong turbulent magnetic fields are generated by turbulent dynamo processes. To investigate the effects of turbulent magnetic fields, we perform three-dimensional magnetohydrodynamic simulations, starting from the gravitational collapse of a gas cloud core and continuing through the formation of multiple systems. We find that although turbulent magnetic fields cannot completely prevent fragmentation, they can stabilize the disk through magnetic pressure and angular momentum transport, thereby reducing the frequency of disk fragmentation. This result suggests the possibility of suppression in the formation of low-mass first stars.

# ひさきを用いた木星放射線帯の科学

北 元

〈東北工業大学 〒981-0933 宮城県仙台市太白区八木山香澄町 35-1〉

e-mail: hajimekita@tohtech.ac.jp



固有磁場を持つ惑星には、高エネルギー粒子が磁場に捕捉された放射線帯が形成される。木星は磁場が強いため、太陽風の変動に伴う擾乱が放射線帯にどのような影響を与えるかは十分に理解されていなかった。太陽風の影響を解明する鍵は、「ひさき」の観測によって発見された磁気圏の電場変動にある。ひさきの長期観測により、太陽風による磁気圏の圧縮時に衛星イオ軌道付近の電場が増大することがわかり、放射線帯内の粒子の輸送スピードの増加や、空間分布が変化することが示された。放射線帯の粒子の輸送を記述する動径拡散モデルを用いた評価では、太陽風動圧の変動により動径拡散係数が変動し、シンクロトロン放射の年スケールの変動を良く説明できることがわかった。一方、放射線帯の空間分布変動は、電場の変動だけでは説明できず、その他の支配的な要因が存在している可能性が示唆された。

## 1. 木星放射線帯

木星は太陽系の中で最も大きな惑星であり、地球の2万倍ほどの強い磁気モーメントを持っている。この強力な磁場が太陽風と相互作用することで磁気圏と呼ばれる領域が形成される。この磁気圏内の木星近傍の領域で、高エネルギー粒子が磁場に捕捉されている領域のことを「放射線帯」と呼んでいる。木星放射線帯に捕捉された電子は、太陽風起源の電子が外部磁気圏から動径方向に拡散される (radial diffusion) ことによって放射線帯まで運ばれてきたものである [1, 2]。磁場中を運動する荷電粒子には、式 (1) に示されるような断熱不変量と呼ばれる保存量が存在している。

$$\frac{W_{\perp}}{B} = \text{const} \quad (1)$$

ここで、 $W_{\perp}$  は荷電粒子の磁力線に垂直方向のエネルギーであり、 $B$  は背景の磁場強度である。電子が惑星近傍に輸送されていく過程で、磁場の弱

い領域から強い領域に移動するため、荷電粒子のエネルギーが増加する。このような加速を「断熱加速 (ペータロン加速)」という。加速された電子のエネルギーは数十 MeV にも達すると考えられており、このような苛酷な放射線環境のために放射線帯は探査機等で直接探査することが困難な領域である。一方で、これらの高エネルギー電子はシンクロトロン放射と呼ばれる電磁波を放射しており、電子のエネルギーや磁場といった放射線帯の情報を反映している。木星シンクロトロン放射は地上の電波望遠鏡で観測することができるため、電波観測は放射線帯に働く様々な物理現象を理解する上で重要な手段となっている。図1は典型的なシンクロトロン放射の強度分布を表している。シンクロトロン放射が最も強い領域は、木星中心から  $1.5 R_J$  ( $R_J$ : 木星半径, 71,492 km) 離れた場所に位置している。シンクロトロン放射の全強度は、1 GHz 以下ではおよそ  $5 \text{ Jy}$  ( $\text{Jy} = 10^{-26} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Hz}^{-1}$ ) であり、周波数が高くなる



図1 インドの電波干渉計 GMRT (Giant Metrewave Radio Telescope) を用いて観測した、610 MHz における木星シンクロトロン放射の強度分布。木星本体はこの周波数では映らないため、可視光の画像を重ねている。シンクロトロン放射は磁気赤道領域で強く、高緯度領域にもスポット状の構造を持っている。木星は10時間で自転しているため、シンクロトロン放射も自転に伴って変動する。

ほど強度は減少していく。

放射線帯は磁場を持つ惑星に共通した領域であるため、地球や土星にも存在する。これまでの衛星観測により、地球の放射線帯は太陽風の影響を受けて数日以下の時間スケールで変化することが知られている [3]。一方で、木星放射線帯は磁場が強く、太陽風といった外部からの影響を受けにくいと考えられている。そのため、木星シンクロトロン放射は、その強度変動が安定なものだと考えられていた。しかし、1990年代以降になって木星シンクロトロン放射が数日で変動していることが明らかとなる。磁場が強く安定だと考えられていた木星放射線帯電子の状態が数日で変わる理由はまだ完全には解明されていない。

現在までのところシンクロトロン放射の変動は太陽紫外線の超高層大気加熱が原因であるという説が有力視されており、木星シンクロトロン放射の強度・空間分布は太陽紫外線と相関があることが予想されていた [4]。まず、太陽紫外線加熱により木星電離圏内に電場擾乱が引き起こされ、磁力線を介して放射線帯に電場擾乱が伝わる。その結果、動径方向の輸送が増大し、より多くの電子が内側へと輸送される。これまでの研究から、太陽紫外線強度が増減すると、シンクロトロン放射

の強度も増減することが確認されている [5, 6]。

木星放射線帯は、ひさきの主な観測対象であるイオプラズマトーラス [7] よりも内側に位置しており、一見するとひさきの観測と放射線帯は結びつかないように感じる。しかしながら、イオプラズマトーラス周辺に存在している電場構造が、放射線帯にも影響を及ぼす可能性が、ひさきを用いた研究結果から示唆された。さらに、太陽風が放射線帯にどのような影響を与えるかが明らかとなった。

## 2. 木星内部磁気圏の電場構造

### イオプラズマトーラスの朝夕非対称性

イオプラズマトーラスは、太陽から見たときに、全体が朝側にシフトしている。これは硫黄イオンの光学観測から明らかになった事実である [8]。可視光で観測したときに見られる、イオプラズマトーラス中の垂直方向に広がった領域である「リボン」に着目すると、シフト量は約  $0.14 R_J$  であった。これは、木星の朝から夕方の方角に  $4 \text{ mV/m}$  のような電場が存在することを意味する [9]。その向きから、この電場は「朝夕電場」と呼ばれている。ひさきの空間分解能では、このシフトを直接観測することはできないが、紫外線の発光強度は、その場の電子のエネルギーに依存する。木星の周りを回っている粒子の軌道が朝側にシフトすると、木星に近づく夕方側では磁場が強くなり、前述の「断熱加速」によりエネルギーが上昇する。そのため、発光強度は朝側で暗く夕方側で明るくなり、発光強度の非対称が生まれる。図2はひさきの観測によって得られた、イオプラズマトーラスの発光強度分布を表している。朝側よりも夕方側の方が発光強度が高くなっている様子が確認できる。

### 朝夕非対称性を生むメカニズム

図3に示すように、木星中間磁気圏 ( $20\text{--}30 R_J$  付近) には、赤道面付近を流れる、円盤状の電流系が存在している。この電流系は、太陽風によっ

て昼側の磁気圏が圧縮されると、昼側で流れる電流量が減少し、昼夜間の非対称が発生する。すると、昼夜の非対称を解消するために、別の電流系が発達する。この電流系は、朝側では磁力線に沿って中間磁気圏から電離圏に入り、夕側では磁力線に沿って電離圏から中間磁気圏に抜ける向きに流れる。この電流系は、地球のオーロラ帯に存

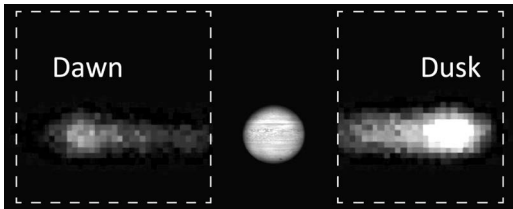


図2 ひさきによって観測された、イオプラズマトーラスのスペクトル画像。二価の硫黄イオン ( $S^{II}$ ) の  $68.0\text{ nm}$  の発光強度を示している。図1と同じように、木星の朝側が左方向、夕側が右方向である。朝夕電場により、朝側の発光は、夕側に比べて暗くなっている [6]。

在している Region-2 電流と呼ばれる電流系と類似しているが、駆動メカニズムは全く異なっている。有限の電気伝導度を持つ電離圏内を電流が流れるため、電離圏内の電流の入口と出口の間にはポテンシャル差が生じる。このポテンシャル差は、電流系が存在する高緯度領域から低緯度に向かって広がっているため、低緯度電離圏と磁力線で繋がっている内部磁気圏にも影響を及ぼす。このポテンシャル差が磁力線を伝って内部磁気圏に投影されると、朝側から夕側に向かうような電場が発生する。この電場により、木星周囲を周回しているプラズマの軌道が変化し、軌道全体が朝側にシフトする。つまり、朝側で木星から遠ざかり、夕側で木星に近付くような軌道へと変化する。すると、断熱加速により、夕側で電子のエネルギーが増大し、朝側でエネルギーが減少するため、イオプラズマトーラスにも発光強度の非対称が生まれるのである。

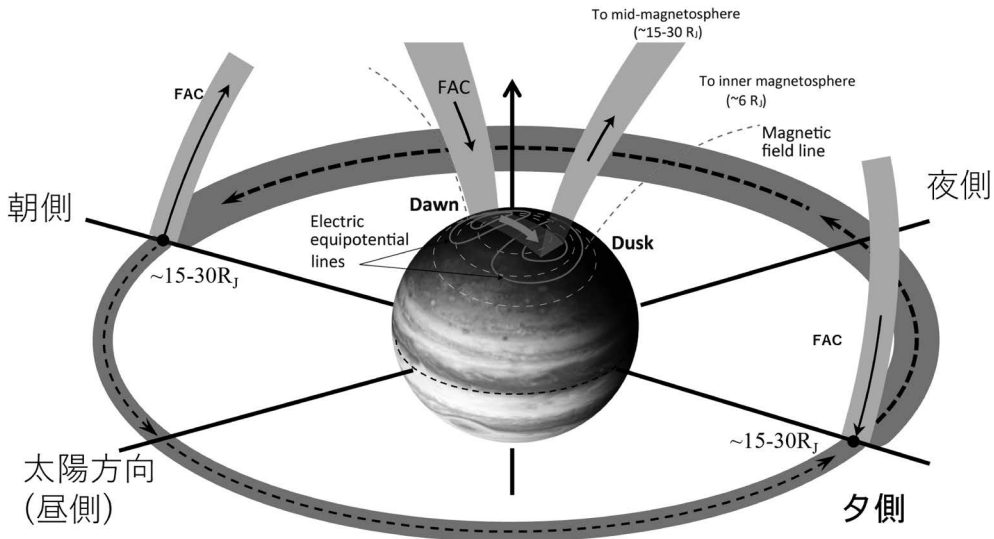


図3 木星中間磁気圏 ( $\sim 15\text{--}30 R_J$ ) に存在している、電流系の模式図 (ノンスケール)。沿磁力線電流 (Field aligned current, FAC) が朝側中間磁気圏から、電離圏を介して夕側磁気圏へと流れる。このとき、電離圏内で電流が流れることで電離圏内にポテンシャル差が生じる。磁気圏と電離圏は磁力線を介して強く結合しており、磁力線上は等ポテンシャルとみなすことができることから、電離圏内のポテンシャル差は磁気圏におけるポテンシャル差となる。このように、中間磁気圏から流出・流入する沿磁力線電流により電離圏内にポテンシャル差が生まれ、発生したポテンシャル差が、磁力線を介してイオ軌道周辺の内部磁気圏 ( $\sim 6 R_J$ ) に投影されることで、イオ軌道周辺に朝夕電場が発生する (文献 [10] より改変)。

## 朝夕非対称性の短期変動現象

磁気圏前面がより圧縮され、赤道面を流れる電流系の昼夜非対称がより大きくなると、結果として沿磁力線電流の量が増える。つまり、太陽風動圧の増大によって、沿磁力線電流が増え、電離圏に生じるポテンシャル差がさらに大きくなる。すると、イオプラズマトーラスのシフト量も大きくなり、発光強度の朝夕非対称が生じる。そのため、太陽風動圧の変動により朝夕非対称が変化することが予想されていた。文献[8]の観測時も、イオプラズマトーラスの位置が数日で変動していることが報告されている。

そこで、ひさきの長期観測データを用いて、イオプラズマトーラスの朝夕発光強度比がどのように変動するかを調べた[10]。図4(a)は、ひさきが2014年1月に観測した、イオプラズマトーラスの発光強度比を表している。図2に示すような発光分布を波長方向に680–800 nmまで積分し、朝側と夕側の発光強度の比をプロットしたものである。イオが木星の周りを回る影響で、朝夕発光強度比もイオの公転周期(42時間)で周期的に

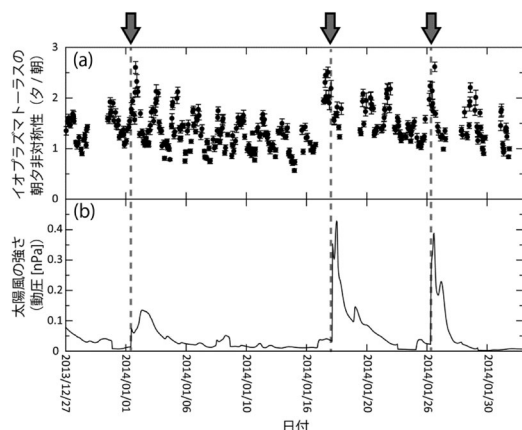


図4 (a)「ひさき」が2014年1月に観測したイオプラズマトーラスにおける朝夕非対称性の時間変化と(b)木星近傍における太陽風動圧の時間変化の様子。矢印で示された日時は、朝夕ピーク比が2.5を超える場所を示しており、太陽風動圧も同じ時間帯に上昇していることがわかる(文献[10]より改変)。

変動している様子が見られる。注目したいのは、発光強度比が突発的に増大している時間帯である。図4の矢印で示された時間帯は、発光強度比のピークが2.5を超えている場所をハイライトしているが、これは太陽風動圧が増大した時間帯に対応していることがわかった。図4(b)は、地球近傍の衛星によって観測された太陽風のデータを用いて、木星近傍の太陽風動圧の変動を見積もったものである[11]。これまでは太陽風は木星の磁気圏内部には影響を及ぼさないと考えられていたが、ひさきの観測により、この定説が覆されることとなった。

この事実は、イオ軌道周辺の電場構造の理解に繋がるだけでなく、放射線帯の変動とも関係している。内部磁気圏で数日の時間スケールの電場変動があるということは、放射線帯粒子が電場擾乱を受け、動径方向の輸送スピードが上昇することを意味するのだ。

## 電離圏ポテンシャルソルバを用いた定量的理解

ひさきの観測で見つかった朝夕電場変動を定量的に理解するために、文献[12]によって予想された沿磁力線電流が電離圏に流れ込んだ時、イオ周辺での電場強度がどの程度になるか検証する必要がある。そこで、地球の電離圏研究で用いられている、電離圏のポテンシャルソルバ[13]を木星に適応し、木星電離圏内にどのような電場が発生するかについても検証した。電離圏のモデルは、まず、木星で使用されている電離圏の光化学モデルを使用し、イオ周辺での電場強度を調べた(図5)。ひさきの観測から予想される電場強度は4–9 mV/mであったが、このモデルでは100 mV/m以上となることがわかった。そこで、隕石由来のFeやMg原子が、衝突電離・光電離・電荷交換などの過程によって $\text{Fe}^+$ や $\text{Mg}^+$ といったイオンとなり、電子密度を上昇させるというモデルに着目した[14]。隕石起因の金属イオンの効果を取り入れた新たな光化学モデルを構築し[15]、イオ周辺での電場強度を見積もったところ、10–20 mV/mとな

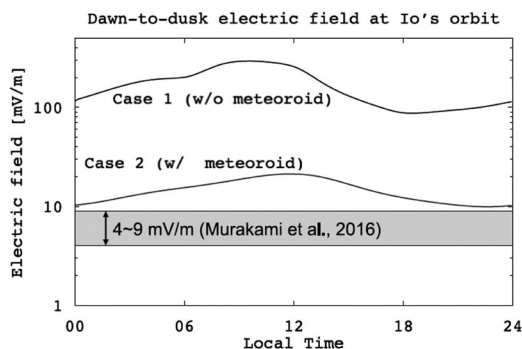


図5 電離圏のポテンシャルソルバを用いた朝夕電場の計算結果。イオ軌道での電場強度を、Local time横軸にプロットしている。隕石起因のイオンが無いケース (w/o meteoroid) と有るケース (w/meteoroid) と比較して、1桁程度電場強度が低下している。文献[7]で予想される電場強度は4-9 mV/mであり、隕石起因のイオンの効果が確認できた(文献[16]より改変)。

り、金属イオンの効果が認められた[16]。さらに、実際に沿磁力線電流量を増やすと電場強度も増すことも再現された。以上のことから、太陽風動圧によって磁気圏前面が圧縮されると沿磁力線電流が増大し、朝夕電場強度が増加する、という一連のシナリオが定量的に評価された。

### 3. 朝夕電場が放射線帯に与える影響とは

#### 長期変動現象

シンクロトン放射の年スケールの変動現象については、1970年代からNASAのDeep Space Network (DSN)のアンテナを用いた研究が進められており、2.3 GHzで継続して観測が行われてきた。近年では、Goldstone Apple Valley Radio Telescope (GAVRT)と名前を変えて、退役したDSNのアンテナを用いた観測が継続されている。GAVRTは主に教育用途で使用されており、学生や教師が自分で電波望遠鏡を操作し、NASAの実際のミッションに積極的に参加している。DSNの長年のデータより、木星シンクロトン放射の強度は太陽風動圧と2年のラグでよい相関がある

ことが示されている[17]。その後もモデルとの比較が行われており、木星の自転軸の傾きの影響についても示唆されている[18]。また、Nançay radio telescopeを用いて1994年から1999年に行った観測では、太陽風の密度や温度といった様々なパラメータとの相関を調べている。1年未満のラグでよい相関がある場合や、600-700日のラグでよい相関がある場合が報告されており、総じて太陽風との関係性が疑われた[19]。太陽風と1-2年で相関が見られたというこれらの結果は、文献[20]で報告された動径拡散係数と矛盾しない。文献[20]の動径拡散係数から想定される電子の輸送スピードを見積もると、外部磁気圏から内部磁気圏に到達するまでの時間スケールは数年となる。つまり、太陽風の変動により、太陽風起源の電子の供給量が変化すると、その影響が外部磁気圏から放射線帯に到達するまでに数年を要することを意味する。

ここで、改めてひさきの観測で明らかになった朝夕電場の変動に着目したい。朝夕電場は太陽風動圧の影響を受けて、数日スケールで変動する。朝夕電場が変動することで、中間磁気圏～内部磁気圏全体が揺すられるため、電子の輸送スピードが上昇する。そこで、放射線帯の粒子の輸送を記述する動径拡散モデルを用いた数値計算を行い、太陽風動圧の変動と放射線帯電子の輸送の関係を調べた[21]。まず、地球周辺で観測された太陽風動圧を基に木星周辺における太陽風動圧を求める[11]。ひさきの結果を用いて太陽風動圧の変動を朝夕電場の変動に変換し、最終的に粒子の輸送スピード(動径拡散係数)の変動に変換する。そして、惑星放射線帯の拡散過程を記述するうえで、広く用いられているFokker-Planck方程式を用いて、拡散係数の変動によって放射線帯電子の分布が変化した際にシンクロトン放射がどのように変動するか調べた。元々、放射線帯には太陽紫外線の超高層大気加熱による動径拡散が存在しているが[4]、これに加えて太陽風の状態に依存

する新しい拡散係数をモデルに適用し、1971年から2018年初頭までの木星シンクロtron放射の長期変動を再現した。

結果を図6に示す。1994年の局所的な増大は、シューメーカー・レービー第9彗星が木星に衝突した際に生じた増大である。太陽風とは無関係なイベントであるため、比較の際は注意が必要である。これまでに提唱されている拡散係数の値は100倍程度の幅があり、ここでは最も遅い拡散係数を用いて計算したときに、最も相関係数が高くなった。そして、太陽紫外線による動径拡散係数が、これよりも速い場合は、長期変動を再現することができないことがわかった。2015年から2018年のシンクロtron放射の強度変動について、シミュレーションでは増加傾向であったが、その後のGAVRTの結果でも同様の傾向が見られた[22]。さらに文献[23]では、2020年から2022年の観測を追加し、シミュレーションを比較した結果、2018年末から2020年にかけて強度が1 Jy程度減少した様子を、シミュレーションでも再現することができた。以上より、長期変動で見られていた2年のラグタイムの要因は、太陽風動圧が朝夕電場の変動を引き起こし、放射線帯電子の輸送スピードが変調を受けたためだということがわかった。輸送スピードの変動により、外部磁気圏からの電子の供給量が変動する。この変動は外部磁気圏から内部磁気圏に到達するまで、数年を要することから、太陽風動圧とシンクロtron放射の間

には2年のラグが生じていたと考えられる。

### 短期変動現象

文献[4]のモデルは、シンクロtron放射の空間変動について次のようなシナリオを提唱している：太陽紫外線が熱圏大気の昼側を加熱して昼夜間対流が発生する。昼夜対流により生じる電離圏ダイナモ電場のポテンシャルが朝側と夕側で異なることにより、磁力線を介して電離圏と結ばれた放射線帯粒子の空間分布が変化し、シンクロtron放射の空間分布に朝夕非対称が生じることが予想されている。これまでの研究から太陽紫外線の変動に応答したシンクロtron放射の強度変動が存在することは確認されているが、太陽紫外線がシンクロtron放射の空間分布に与える影響については調べられたことがなかった。そこで、米国の電波干渉計Very Large Array (VLA)で過去に連続観測されたデータを解析し太陽紫外線が木星シンクロtron放射の空間分布に与える影響を調べた[24]。その結果、空間分布の変動は単純に太陽紫外線加熱のみでは説明できず、その他の物理過程の存在が示唆された。

次に、前述の朝夕電場に着目し、朝夕電場の変動によって、シンクロtron放射の朝夕変化が引き起こされるか確認した[25]。放射線帯内部にも、イオ軌道と同様の様な朝夕電場が働いているとすると、イオプラズマトーラスのシフトと同じような断熱加速により、シンクロtron放射の朝夕強度比が変動することが予想される。2014

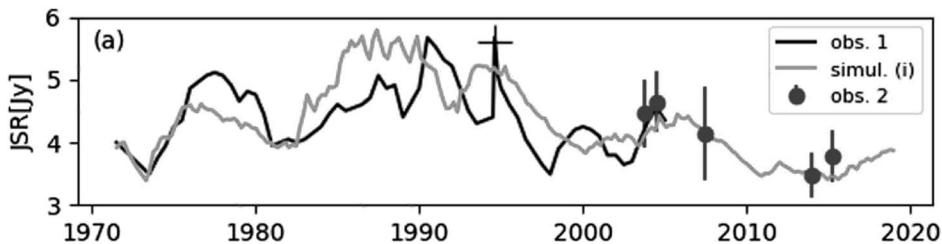


図6 木星シンクロtron放射のシミュレーションと地上観測データをまとめてプロットしたもの。obs.1はDSNで観測されたシンクロtron放射の強度であり、1971年から2005年の間の半年ごとの中央値を表している。obs.2は情報通信研究機構の鹿島宇宙技術センターにある34 m電波望遠鏡で観測されたシンクロtron放射の強度である（文献[20]より改変）。

年に実施された、ハッブル宇宙望遠鏡とひさきの協調観測と、2016年のJuno協調観測のキャンペーン期を利用し、GMRTを用いたシンクロトロン放射の観測を行った。観測周波数は610 MHz (2014年) 及び1.4 GHz (2016年) である。

結果を図7に示す。図7 (a) が2014年に610 MHzで行った観測の結果で、図7 (b) が2016年に1.4 GHzで行った観測の結果である。1.4 GHzの方が周波数が高いため、空間分解能が2倍程度高くなっており、朝夕強度比の変化が大きくなっている。2016年のDOY150–165周辺はイオプラズマトーラスの朝夕強度比とシンクロトロン放射の朝夕強度比の間に相関があるように見えるが、相関係数を求めると、2014年・2016年共に両者に有意な相関は見られなかった。以上のことから、放射線帯の空間変化は、朝夕電場よりも支配的な要因が存在している可能性が示唆された。放射線帯には経度方向にホットスポットのような非一様

構造が生じていることは過去の観測からも明らかとなっており、そういったホットスポットが特定の経度上に生じていたために、朝夕電場の効果がマスクされた可能性は否定できない。

#### 4. まとめと今後の展望

太陽風が木星の内部磁気圏に影響を及ぼさないのではないかというこれまでの見解は、ひさきの観測によりアップデートされることとなった。ひさきの観測によりイオプラズマトーラス周辺の朝夕電場が、太陽風の影響を受けることが明らかとなった。そこから、朝夕電場が放射線帯にも影響すると考え、シンクロトロン放射の長期変化・短期変化に与える影響を調べた。すると、長期変動については太陽風動圧の変動による影響が現れることがあきらかになった。シンクロトロン放射の空間分布は、朝夕電場の影響のみでは説明できないことがわかった。

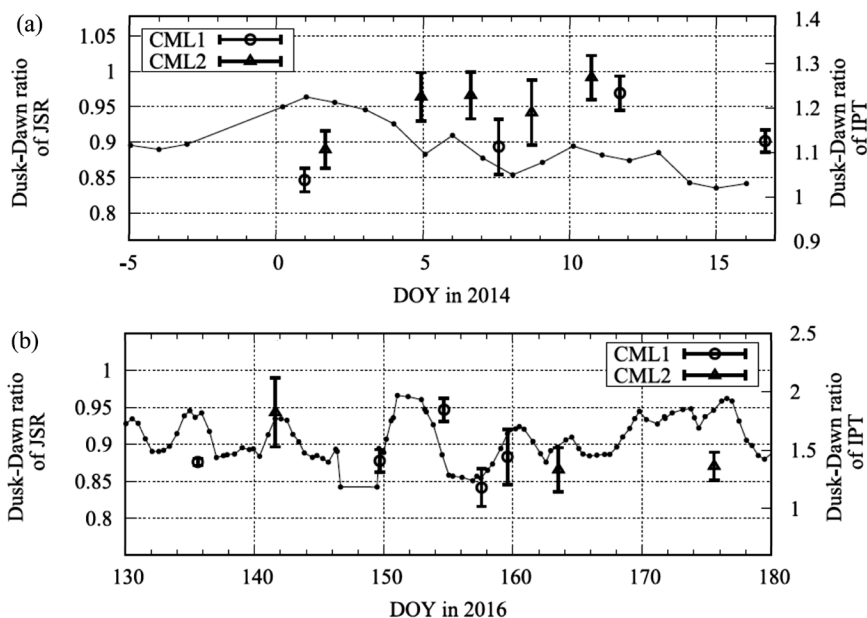


図7 (a) 2014年および (b) 2016年におけるIPT (イオプラズマトーラス) とJSR (木星シンクロトロン放射) の朝夕非対称性の比較結果。それぞれパネルはシンクロトロン放射の夕側から朝側への比率を示している。円と三角形で表されている離散的なデータは、それぞれ二種類の経度 (CML1: 中心経度0–160°, CML2: 中心経度200–360°) で観測されたシンクロトロン放射の強度比を示している。実線でつながれたデータ点は、IPT朝夕強度比の平滑化されたプロファイルである (文献[25]より改変)。

朝夕電場の観測については文献[8]のように光学観測でも調べることができる。文献[26]は、ハワイ・ハレアカラにある東北大学のT60望遠鏡を使用し、ひさきにより観測されたイオプラズマトーラスの朝夕発光強度比と光学観測により求められたイオプラズマトーラスのシフト量の関係を調べたところ、両者の間に相関がみられ、太陽風動圧時にシフト量が増大するという傾向も確認できた。そのため、次のステップとしては、運用が終了したひさきに代わって地上望遠鏡を用いた朝夕シフト量の観測結果を使うのが良いだろう。GMRTは2016年以降にuGMRTとして観測システムが更新され、帯域幅が数百MHz帯に増加し、広帯域での観測が可能となった。使用できる帯域幅が広がることで、より高精細なシンクロトロン放射のイメージングが可能となり、精度のよい朝夕強度比の変化を求めることが可能となるだろう。また、電波干渉計の解析方法についても、電離圏変動の影響を補正するパイプラインが開発され[27]、多くのGMRTのデータで使用されている実績がある。このパイプラインを使用することで、従来の解析よりも、より精度の高いイメージングをすることができる。今後はこういった手法を駆使して本テーマを引き続き追及していきたい。

## 参考文献

- [1] de Pater, I., & Goertz, C. K., 1990, JGR: Space Physics, 95, 39
- [2] de Pater, I., & Goertz, C. K., 1994, JGR: Space Physics, 99, 2271
- [3] Miyoshi Y., & Kataoka R., 2005, Geophys. Res. Lett., 32, L21105
- [4] Brice, N. M., & McDonough, T. R., 1973, Icarus, 18, 206
- [5] Miyoshi, Y., et al., 1999, Geophys. Res. Lett., 26, 9
- [6] Tsuchiya, F., et al., 2011, JGR: Space Physics, 116, A09202
- [7] 吉岡和夫, 2025, 天文月報, 118, 212
- [8] Schneider, N. M., & Trauger, J. T., 1995, ApJ, 450, 450
- [9] Smyth, W. H., et al., 2011, JGR: Space Physics, 116, A07205
- [10] Murakami, G., et al., 2016, Geophys. Res. Lett., 43, 12308
- [11] Tao, C., et al., 2005, JGR: Space Physics, 110, A11208
- [12] Khurana, K. K., 2001, JGR: Space Physics, 106, 25999
- [13] Nakamizo, A., et al., 2012, J. Geophys. Res., 117, A9, A09231
- [14] Kim, Y. H., et al., 2001, Icarus, 150, 261
- [15] Nakamura, Y., et al., 2022, J. Geophys. Res., 127, e2022JA030312
- [16] Nakamura, Y., et al., 2023, J. Geophys. Res., 128, e2022JA031248
- [17] Bolton, S. J., et al., 1989, JGR: Space Physics, 94, 121
- [18] Hood, L. L., 1993, JGR: Space Physics, 98, 5769
- [19] Galopeau, P. H. M., & Gérard, E., 2001, Planet. Space Sci., 49, 1379
- [20] Birmingham, T., et al., 1974, J. Geophys. Res., 79, 87
- [21] Han, S., et al., 2018, JGR: Space Physics, 123, 9508
- [22] Velusamy, T., et al., 2020, PASP, 132, 104402
- [23] Matuszewska, K., et al., 2022, PASP 134, 084401
- [24] Kita, H., et al. 2013, JGR: Space Physics, 118, 6106
- [25] Kita, H., et al., 2019, ApJ, 872, L24
- [26] Kondo, H., et al., 2024, JGR: Space Physics, 129, e2024JA032840
- [27] Intema H. T., et al., 2009, A&A, 501, 1185

## Jupiter's Radiation Belt Science Using Hisaki Satellite

Hajime KITA

Tohoku Institute of Technology, 35-1, Kasumicho, Yagiyama, Taihaku, Sendai, Miyagi 981-0933, Japan.

**Abstract:** Jupiter's synchrotron radiation is emitted by relativistic electrons trapped in the radiation belt. The intensity and frequency of the synchrotron radiation depend on electron energy, number density, and magnetic field strength. The influence of the solar wind on the radiation belt is not well understood. The key to revealing the solar wind effect is the dawn-dusk electric field found by Hisaki's observation. The observation indicates that the dawn-dusk electric field around Io orbit is enhanced under solar wind compression, implying that radial diffusion increases with the solar wind. We evaluated this idea using the radial diffusion model, which shows good agreement with the long-term variation of the synchrotron radiation between 1971 and 2022. On the other hand, we also try to reveal variations in the brightness distribution of the synchrotron radiation from coordinated observations with Hisaki and the Giant Metrewave Radio Telescope. The dawn-dusk electric field is expected to change the distribution of both the Io plasma torus and the synchrotron radiation. Statistical analysis indicates that synchrotron radiation and Io plasma torus are not significantly correlated.

# LAPYUTA計画に向けて

土屋 史紀<sup>1</sup>・村上 豪<sup>2</sup>・山崎 敦<sup>3</sup>

〈<sup>1</sup> 東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター 〒980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3〉

〈<sup>2,3</sup> 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 3-1-1〉

e-mail: <sup>1</sup>tsuchiya.f@tohoku.ac.jp, <sup>2</sup>go@stp.isas.jaxa.jp, <sup>3</sup>yamazaki@stp.isas.jaxa.jp



土屋史紀

LAPYUTA計画は、「宇宙の生命生存可能環境の探求」と「宇宙の構造と物質の起源の理解」に関する未解決問題の中から2030年代に取り組む課題として、(1) 太陽系内天体の生命生存可能環境、(2) 系外惑星の大気、(3) 銀河の形成過程、及び(4) 重元素の起源、を科学目標として抽出し、紫外線宇宙望遠鏡によって実現を目指す計画です。JAXAの公募型小型計画による実施検討を進めており、科学目標に性能要求を最適化することによって、高解像度・高感度紫外線望遠鏡の実現を狙います。本稿では、LAPYUTA計画の検討の経緯と現在位置を紹介します。

## LAPYUTA 事始め

この度は、極端紫外線望遠鏡衛星「ひさき」の研究成果を紹介する特集を企画していただきました。特集企画の最後に、「ひさき」に続く紫外線宇宙望遠鏡として、2030年代前半の打ち上げを目標として検討しているLAPYUTA計画を紹介します。

### 「ひさき」の打ち上げから12年

ひさき衛星が2013年9月14日に内之浦宇宙空間観測所から打ち上げられてから12年が経ちました。この間も惑星探査計画は着実に進行しており、2015年12月には金星探査機「あかつき」が日本として初めて惑星の周回探査機となることに成功し[1]、2018年10月に打ち上げられた水星探査機「みお」は水星や金星などでフライバイを繰り返しながら2026年11月の水星周回軌道投入に向けて飛翔中です[2]。2026年度には火星に向けて日本の探査機MMXも打ち上げられます[3]。2023年と2024年には、欧州と米国が開発を主導した木星探査機JUICEとEuropa Clipperが相次

いで打ち上げられ、2030年代には木星系の国際探査が行われることになります。JUICEには日本の複数のチームが科学検討と観測機器提供で参加しています[4]。

惑星探査の焦点の一つが宇宙における生命生存可能環境の探求です。現在の火星と金星は、表層に液体の水が安定に存在できない環境ですが、かつての火星には温暖な気候と深い海が存在し、金星にも大量の水が存在した可能性が指摘されています。水や、表層を温暖な環境に保つために必要な温室効果ガス(二酸化炭素など)が失われた要因の一つとして、宇宙への流出が重要視されています。これらの惑星からは現在も大気の流出が続いており、流出過程の解明は大気進化の理解に必要とされています。木星を周回するガリレオ衛星のうち、「氷衛星」と呼ばれているエウロパやガニメデには表面の氷の下に内部海が存在する可能性があり、地球とは異なるメカニズムの「第二のハビタブル環境」を持ちうる天体として注目されています。太陽系は私たちが最も詳しく観測することができる惑星系であり、惑星・衛星が多様な

姿を持つに至った過程を探究することが今後の惑星探査の目標となっています。

太陽系の外に目を向けると、NASAの系外惑星探索衛星ケプラーなどによって多数の系外惑星が発見されています。ひさき衛星の打ち上げ当時は1,000個程度であった系外惑星の発見数の累計は、今では5,800個を超えました[5]。この中にはハビタブルゾーンを公転する地球型惑星の候補が含まれています。これまでに木星型や海王星型の系外惑星については大気の詳細報告があるものの、ハビタブルゾーン付近の地球型の系外惑星については大気の詳細報告はありません。生命をはぐくむ環境を持つ系外惑星があるのかどうか、今後の観測的な課題となっています。

宇宙における生命生存可能環境の探求の背後には、宇宙そのものの進化や、宇宙の構造が現在の姿に至る過程についての興味があります。宇宙の構造形成史に残る基本的な問題のひとつとして、銀河の形成過程が挙げられます。銀河には、星形成銀河を含むハッブル系列の銀河のほか、活動的な超巨大ブラックホールを持つAGN (active galactic nucleus) やQSO (quasi-stellar object) など、多種多様な銀河が存在します。宇宙論スケールでの銀河分布が示す物質のフィラメント構造は標準的な理論の枠組みで説明されていますが、銀河形成に関わる様々なバリオン過程は、宇宙史を通して多くの課題と疑問が残されています。理論的な研究によって提案されている銀河形成のシナリオを検証するには、現在は欠落している重要な観測的証拠を新たに得る必要があります。

宇宙の物質進化においても、重元素の元素合成過程の解明など、根本的な問題が残されています。ビッグバンにおけるヘリウムなどの軽元素の合成過程や、宇宙に豊富に存在するヘリウムから鉄までの元素が恒星中心での核融合反応で合成される過程はよく理解されていますが、鉄より重い重元素の起源は十分に分かっていません。中性子星合体などの爆発直後に出現する高温ガス中の重

元素の観測ができれば、元素合成過程を明らかにできます[6]。このためには、爆発現象の発生直後の最初期放射を、現在は欠落している紫外線波長域の即応観測により捉える必要があります。

### 紫外線で見えるもの

本稿で紹介するLAPYUTA計画は、紫外線宇宙望遠鏡です(図1)。可視光や赤外線による観測は、大気の窓を通じて地上の望遠鏡で実現できますが、紫外線の中でも、真空紫外と呼ばれる200 nm以下の波長は地球の大気を透過できないため、宇宙望遠鏡による観測が必須になります。紫外線波長の観測には、大きな利点があります。大気の密度が希薄になる惑星大気の上層は、熱圏(地球では高度90–500 km)や外圏(高度500 km以上に広がり、コロナとも呼ばれる)と呼ばれており、惑星の大気が中心星(太陽)の紫外線放射の影響を直接受けるとともに、宇宙空間への大気の散逸が生じている領域です。この高度域では、中心星の紫外線照射によって大気中の水蒸気や温室効果ガスは解離・電離し、水素、酸素、炭素の原子あるいはイオンの状態になります。紫外線波長域には原子やイオンの輝線・吸収線が多数存在しているため、分光観測を行うことで惑星上層大気の物理状態を診断できます。濃い大気を持たな

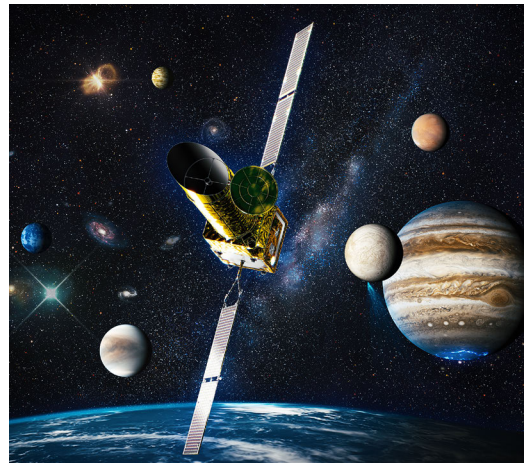


図1 LAPYUTAのイメージ図。

い木星の氷衛星の場合、衛星の公転軌道が木星の磁気圏にあるため、太陽放射の照射に加えて、木星磁気圏の高温プラズマが衛星表面に直接衝突することによって、衛星表面が変性を受け、水分子や酸素分子からなる希薄な外圏大気が形成されます。紫外線の波長域では太陽放射が弱いので、分子の解離によって生じる水素、酸素原子の微弱な紫外線発光は太陽反射光に対して高いコントラストで観測でき、これも紫外線観測の有利な点です。

水素、酸素、炭素は、安定な元素であるヘリウムを除くと、宇宙で最も存在量が多い3元素です。宇宙にありふれた元素であるが故に、紫外線でこれらの元素を観測することは、惑星や衛星の大気の形成だけではなく、宇宙の大規模構造から、銀河、恒星を構成するガスの観測においても威力を発揮します。紫外線天文学は、今日までハッブル宇宙望遠鏡（HST）により発展してきましたが、そのHSTにも弱点があります。1つ目は、HSTの軌道高度（約560 km）が低いために地球の外圏大気中の水素原子と酸素原子の強い前景放射の影響を受け、これらの原子輝線の波長で高感度観測が実現できていないこと、2つ目は、観測時間の確保が必要なモニタ観測と、突発天体現象に対する即応観測が難しいことです。

### 「ひさき」からのアップグレード

ひさき衛星の最大の特徴は、太陽系の惑星観測に十分な時間を割り当て、観測データに時間軸をつけたこと、すなわち観測対象の時間変化を捉えたことでした。地球の気象現象に例えると、気象衛星ひまわりが連続的に地球を撮像することによって雲の動きを把握することができるように、時々刻々と変化する惑星の姿を捉えるには長時間の連続観測が欠かせません。ひさき衛星によって、木星、火星、金星など、太陽系天体の大気やその周りに広がるガスの動的な様相を明らかにすることができ、惑星観測におけるモニタ観測の重要性を示すことができました [7, 8]。

一方で、ひさき衛星では手が届かなかった課題もあります。ひさき衛星が搭載した極端紫外線望遠鏡の主鏡の口径は20 cmで、感度と空間分解能の制約から惑星大気の空間構造を分解した観測、衛星のような小天体の観測、および系外惑星の観測は実現できませんでした。ひさき衛星は太陽系内の天体の観測に設計を最適化したため、観測可能な範囲が黄道面付近に制限されました。これはひさき衛星で天文観測を行う上での制約になりました。ひさき衛星の次の紫外線宇宙望遠鏡を立案するに当たり、これらの制約からの解放が、開発課題となります。

## LAPYUTA計画の概要

### 4つの科学目標

ここまで述べてきた背景のもとに、LAPYUTA計画の科学検討を進めています。「宇宙の生命生存可能環境の探求」と「宇宙の構造と物質の起源の理解」を大目標に据えて、4つの課題を科学目標として掲げています。LAPYUTAはLife-environmentology, Astronomy, and Planetary Ultraviolet Telescope Assemblyからとった名前で、この計画が目指す大目標と実施するミッションの特徴を表しています。

### 課題1：木星系の物質・エネルギー輸送と地球型惑星の大気進化

太陽系内天体の課題は、木星の氷衛星の物質・エネルギー輸送と地球型惑星の大気進化です。氷衛星は木星の磁気圏内を公転しており、衛星イオの火山ガスを起源とする重イオン（主に硫黄と酸素）と磁気圏内で加熱を受けた高温プラズマに晒されています。氷衛星の表層の変性と大気の生成に影響を及ぼすこれらのプラズマの生成・加熱・輸送過程を明らかにすることと、氷衛星の表層から噴出する水蒸気プルームの検出を目指したモニタ観測を実現します。

金星と火星では、惑星大気の下層から宇宙へ輸送される、水や温室効果ガス起源の水素・酸素・

炭素の全球分布を観測します。太陽放射・太陽風の変動や下層大気の変動に対する応答から、大気が宇宙空間へ散逸する条件を明らかにすることによって、今日までに失われた水や温室効果ガスの総量に制約を与え、地球型惑星の大気や表層環境の進化の理解につなげます。

**課題2：ハビタブルゾーン近傍の系外惑星大気の特徴づけ**

系外惑星大気に対する目標は、ハビタブルゾーン近傍の惑星大気の特徴づけです。低温のM型星ではハビタブルゾーンが恒星の近傍に形成されます。そこを公転する惑星は、恒星の強い高エネルギー放射によって大きく広がった外圏大気を持つと推測されます。紫外線波長で恒星放射の惑星トランジット観測を行うことによって、外圏大気の広がりを捉えることが可能です。地球型系外惑星の酸素大気や、大規模流出大気の検出を通して、温暖な気候を持つハビタブル惑星候補の発見や、惑星進化の系統的理解を目指します。

惑星系の環境は、中心星が惑星に及ぼす影響と密接に関連しています。惑星環境に影響を与える恒星活動（恒星フレア等の高エネルギー放射）も大事な研究課題となります。

**課題3：銀河の形成過程**

宇宙の構造形成史の中で残された基本的な問題の一つである銀河の形成過程に取り組みます。銀河天文学において大きく欠落している、ごく近傍の銀河に対する水素Ly- $\alpha$ 波長の撮像および分光観測を系統的に行い、近傍銀河の水素Ly- $\alpha$ アトラスを獲得します。観測対象は、赤方偏移 $z < 0.02$ の168個の様々なタイプの銀河を想定しています。銀河の構造に水素Ly- $\alpha$ ハローが普遍的に含まれているかどうかを調べ、Ly- $\alpha$ ハローの物理的起源が理論で予言されている星形成を引き起こすコールドストリームと呼ばれる低温のガス降着なのか、それとも衛星銀河や銀河周辺のHIガスを明らかにします。

**課題4：重元素の起源**

時間領域天文学で鍵となる突発天体の紫外線即応観測を行います。突発天体の検出後、3時間以内に観測を開始することを計画しています。2030年代の重力波観測と連携した紫外線観測によって、中性子星合体の重元素合成、特に爆発放出物質の最外層における元素合成（r-process）を明らかにします。また、広視野時間領域サーベイと連携した超新星の紫外線観測によって、爆発直前の大質量星の質量放出を定量化します。探索範囲は、中性子星合体が300 Mpc以内、超新星爆発は500 Mpc以内を想定しています。

**紫外線望遠鏡：2つの分光器と2つのカメラ**

LAPYUTA計画は、JAXA宇宙科学研究所の公募型小型計画による実施を目指しています。4つの科学目標を達成するため、LAPYUTAは口径60 cmの主鏡（F=2.5）をもつ紫外線望遠鏡のカセグレン焦点（合成焦点距離19,200 mm）に、2台の紫外線分光器（中分散分光器MRSと高分散分光器HRS）、紫外線スリットイメージャUVSI、及びファインガイドセンサFGSを搭載します。望遠鏡の副鏡には、焦点調整機構が取り付けられます。表1と2に紫外分光器と紫外スリットイメージャの設計目標を、図2にこれらの装置の配置案を示します。

**紫外線分光器：MRSとHRS**

MRSは広い視野と高い空間分解能を合わせ持つ紫外分光器です。水素、酸素、炭素の輝線を含む波長域をカバーしつつ、これらの輝線を分解す

表1 紫外分光器MRSとHRSの設計目標。

|       |                                                                    |
|-------|--------------------------------------------------------------------|
| 空間分解能 | 0.1秒角（MRS）, 0.6秒角（HRS）                                             |
| 視野    | 100秒角（MRS）, 13.5秒角（HRS）                                            |
| 波長分解能 | 0.02 nm（MRS）（R=6,500 @ 130 nm）<br>0.003 nm（HRS）（R=43,000 @ 130 nm） |
| 波長範囲  | 113–190 nm                                                         |
| 有効面積  | >350 cm <sup>2</sup> @ 130 nm（MRS）                                 |
| スリット幅 | 0.55, 1.0, 2.0, 2.8, 20秒角                                          |

表2 紫外線スリットイメージャ UVSI の設計目標.

|          |                               |                |
|----------|-------------------------------|----------------|
| 空間分解能    | 0.2 秒角                        |                |
| 視野       | 180 秒角×180 秒角                 |                |
| フィルタ透過帯域 | (1) Blank                     | (4) >160 nm    |
|          | (2) >122 nm                   | (5) 125-155 nm |
|          | (3) 115-180 nm                | (6) 145-170 nm |
|          |                               |                |
| 有効面積     | >300 cm <sup>2</sup> @ 130 nm |                |

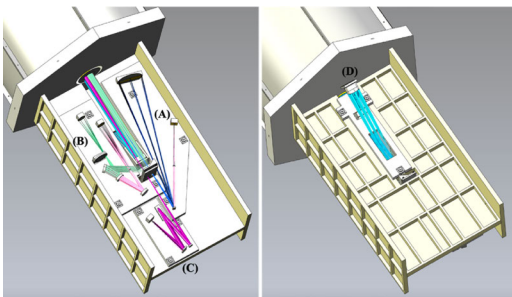


図2 LAPYUTAの焦点面装置の光学配置。(A) 中分散分光器MRS, (B) 紫外スリットイメージャUVSI, (C) 高分散分光器HRS, および (D) フェインガイドセンサFGS.

る波長分解能, 惑星大気の空間構造全体を俯瞰できる視野を持ちます。木星の水衛星（視直径1秒角）の空間構造を分解するため, 空間分解能0.1秒角を設計目標としています。

HRSは系外惑星大気の観測に設計を最適化した高分散分光器です。輝線幅が広い恒星の高温放射と, 系外惑星大気のトランジットにより生じる幅の狭い吸収線プロファイルを分解するために波長分解能 $R=43,000$  (@ 130 nm) を設計目標とします。これによって, 恒星の高温放射の変動と, トランジットによる減光の両方を観測することが可能となります。太陽系天体の大気の水素・重水素比 (D/H) の観測にも使用されます。D/Hは惑星大気からの水散逸の指標となります。

#### 紫外線スリットイメージャ: UVSI

3分角の視野を持つ広視野イメージャで, 木星紫外オーロラ, 銀河Ly- $\alpha$ ハロー, および突発天体の観測に用いられます。MRSと視野が重複し

ており, 分光と撮像の同時観測が可能です。木星紫外オーロラの空間構造を観測するため, 空間分解能0.2秒角を設計目標としています。異なる波長帯での観測強度の比を用いた物理量の導出や, 背景光の差引を行うため, フィルタホイールによって6枚のフィルタの切り替えを可能とします。

#### ガイドカメラ: FGSと「電子式手ぶれ補正機能」

FGSは可視光の広視野ガイドカメラで, 主に系外惑星, 銀河, 突発天体の観測時に用います。視野角が400秒角×400秒角のカメラを望遠鏡の光軸から500秒角ずれた位置に設置し, 光軸周りの望遠鏡の姿勢の回転を組み合わせることによって, 20分角×20分角の有効視野を持ちます。この視野は天球の90%の範囲で, AB等級で12等よりも明るいガイド星を1つ以上捉えるのに必要な広さです。

FGSとは別に, MRSとUVSIには, 観測目標天体自身の明るい可視光像（惑星本体や6等級より明るい衛星）を高速で撮像するモニタカメラが搭載され, 目標天体の可視像からリアルタイムでその重心位置を計算します。望遠鏡の姿勢擾乱によって生じる重心位置の変動の内, 時間スケールが長い擾乱（～3秒）については, 重心位置情報を衛星バス部にフィードバックし, 衛星の姿勢制御により補償します。時間スケールの短い擾乱のために分散する紫外線の光子は, 検出器により1つ1つの位置が記録された後, 光子と同期して揺れる重心位置の情報をを用いて補正されます。この処理はミッション部に搭載される計算機か地上での後処理によって実施されます。私たちはこの機能を「電子式手ぶれ補正」と呼んでおり, LAPYUTAのMRSによるスリットレス分光観測とUVSIによる観測で, それぞれ0.1秒角, 0.2秒角の空間分解能を達成するためのキー技術となっています。

#### 小型科学衛星でHST級の感度を目指す

LAPYUTA計画ではひさき衛星に対して, 空間

分解能だけでなく、感度も格段に向上させる必要があります。望遠鏡のサイズは衛星の打ち上げに使われるイプシロンロケットのフェアリングサイズで、衛星の重量はロケットの打ち上げ能力と投入軌道の兼ね合いで決まってきます。LAPYUTAはこれらを勘案して、望遠鏡の主鏡口径は60 cm、衛星の軌道は近地点1,000 km、遠地点2,000 km、軌道傾斜角30度の楕円軌道を基本案として検討しています。

真空紫外の波長域では、透過光学素子（レンズ）が使えないこと、可視光・赤外線に比べミラーの反射率や検出器の効率が低いことが、高感度観測を困難にする要因となってきましたが、検出器や紫外用ミラー成膜の技術開発によって、真空紫外波長域でも高い集光効率の達成が可能となってきました。図3に、LAPYUTAに搭載するMRSと同程度の空間分解能と波長分解能を持つHSTのSTIS/G140Mとの感度の比較を示します。口径が2.4 mのHSTと比べるとLAPYUTAの主鏡の面積は1/16ですが、LAPYUTAでは使用する光学素子数を最小限に減らし、高効率化の技術を使うことによってSTIS/G140Mとの感度の差を全波長域で1/3にまで縮め、水素Ly- $\alpha$ より短い波

長域では上回る感度とすることを目指します。検出器と紫外用ミラーの高効率化技術もLAPYUTAが目標性能を達成するためのキー技術です。

遠地点高度2,000 kmは、放射線ノイズの影響を回避しつつ、天体観測時に前景光となる地球外圏大気の酸素・水素原子発光の影響を低減するためのものです。これによって、HSTでは困難であった、水素原子と酸素原子の波長における高感度観測を実現します。

### 観測計画案

LAPYUTAは、4つの科学目標を達成するために、打ち上げ後3年間を必要な観測期間として確保します。それぞれの観測対象の観測好機は、地球から見た太陽と観測対象の離角で決まります。太陽系の外惑星は衝の時期を中心に、内惑星は最大離角の時期を中心に観測期間を割り当て、残りの時期を中心に系外惑星と銀河の観測を割り当てます。突発天体は発生予測ができません。このため、年間3ヵ月間は常時即応観測に対応する24時間運用キャンペーンを企画します。残りの9ヵ月間も日中の通常運用時間の範囲内で即応観測に対応する予定です。観測目標ごとの観測割り当て時間は、現時点では試算段階ですが、太陽系天体が年間6ヵ月、系外惑星と銀河がそれぞれ年間2ヵ月弱、突発天体が年間1ヵ月弱を見込んでいます。年間1-2ヵ月の時間は一般観測枠に設定し、広い科学コミュニティに観測機会を提供することを計画しています。

### 今後に向けて

LAPYUTA計画は2023年4月に公募型小型計画6号機候補に選定されたのち、2024年8月にプリプロジェクト候補移行審査を受審し、現在はJAXA宇宙科学研究所の「プリプロジェクト候補チーム」として活動を行っています。今後、数年間に渡り概念検討をさらに進めたのち、最後の選定プロセス（ダウンセレクション前審査）を受けることになります。

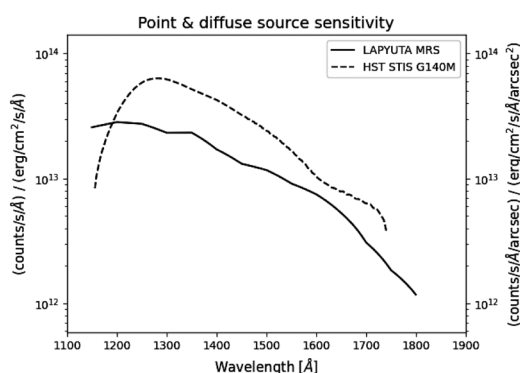


図3 LAPYUTA の中分散分光器の設計目標（実線）と同程度の空間分解能（0.1秒角）を持つハッブル宇宙望遠鏡STIS G140M[9]（破線）との感度の比較。左の軸が点源に対する感度、右の軸が広がった光源に対する感度（スリット幅は1秒角を仮定）を示します。

LAPYUTA計画の検討は、2018年頃に「ひさき」のメンバーを中心に太陽系科学の検討からスタートしました。その後、天文学、系外惑星、太陽・恒星分野のメンバーも参加し、現在は約50名のチームで検討を進めています。本稿の著者リストにはチームのメンバー全員を含めることができませんでしたが、本稿の内容は、チームメンバーによる検討結果の集積となっています[10]。

LAPYUTAは走り始めたばかりの計画です。この計画をより魅力的なものとするため、計画のブラッシュアップを進めながら、科学成果を獲得していくための準備を進めています。

### コラボレーション！

本稿の冒頭で紹介した通り、LAPYUTA計画の実現を目指す2030年代には、多くの太陽系内天体で直接探査が計画されています。LAPYUTAは地球周回軌道から天体を観測する望遠鏡です。望遠鏡による観測の最大の利点は、空間構造を俯瞰することによって、空間構造と時間変動を分離することが可能となることです。探査機による観測はその場の物理量を詳細に計測することが可能ですが、空間構造の中を飛翔しながら観測するため、空間構造と時間変動を分離することが原理的にできません。直接探査と相補的なLAPYUTAとの協調観測によって科学成果を最大化します。望遠鏡のもう一つの利点は、一つのプラットフォームでさまざまな天体を観測対象とすることができることです。これらの強みを活かし、国内外の惑星探査計画との協調を進めていく予定です。

地上望遠鏡とケプラーやTESSのような宇宙望遠鏡によるサーベイによって、多くの地球サイズの系外惑星が発見されました。系外惑星の更なる発見をめざす計画としてはTESSの他に、日本のJASMINE計画や、ナンシー・グレース・ローマン宇宙望遠鏡、PLATOがあり、可視赤外線トランジット分光による大気観測を行うジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡やARIELがあります。LAPYUTAは発見

済みの地球サイズの系外惑星をじっくり観測し、大気の特徴づけを行う計画です。地上の大型望遠鏡を含め、LAPYUTAに先行して実施されるミッションと協力して、LAPYUTAの観測に適した系外惑星の候補を選定していきます。

### LAPYUTAの実現と、さらにその先に向けて

「ひさき」の検討が始まった頃は、HSTが退役する状況は想像もつきませんでしたが、2009年に行われた最後のサービスミッションから15年が経過し、徐々に退役が近づいてきているようです。HSTの後継ミッションとしては、NASAが6 mクラスの紫外線可視近赤外線望遠鏡Habit-able Worlds Observatory (HWO)を計画しています。HWOは2040年代の実現を目指しており、2030年代は紫外線波長域をカバーする高解像度観測が不在となるかもしれません。この意味で、LAPYUTAは2030年代の紫外線プラットフォームを担うポテンシャルがあります。

HWOには、日本から技術開発を含めた参画が検討されています。LAPYUTAで開発される高感度検出器や紫外用高効率分光器や紫外用ミラー成膜の技術は、将来の大型宇宙望遠鏡計画でも必須となる技術です。LAPYUTAの開発を通して実証される技術は、日本がHWOに参加する足掛かりともなります。科学的な観点からも、2030年代にLAPYUTAで実施した紫外線観測は、更に高感度化するHWOによって、2040年代に発展させることができます。観測計画案の節で紹介した通り、LAPYUTAでは年間1-2ヵ月の時間を一般観測枠に設定することを計画しています。LAPYUTA計画の検討の進捗は関連する学協会でご報告して参りますので、一般観測枠で実施する紫外線観測を、是非ご提案ください。

### 参考文献

- [1] 中村 正人ほか, 2016, 日本惑星科学会誌遊星人, 25 (1), 4
- [2] <https://mio.isas.jaxa.jp/> (2025.4.10)
- [3] 倉本 圭, 2023, 日本惑星科学会誌遊星人, 32(2),

123

- [4] 木村淳ほか, 2013, 日本惑星科学会誌遊星人, 22(3), 146
- [5] <https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/> (2024.12.26)
- [6] 田中雅臣, 2021, 天文月報, 116, 16
- [7] 吉川一朗ほか, 2012, 日本惑星科学会誌遊星人, 21(1), 16
- [8] 山崎 敦ほか, 2018, ISASニュース, 443, 1
- [9] STIS Instrument Handbook, Version 24.0—December 2024
- [10] Tsuchiya, F., et al., 2024, Proc.SPIE, 13093, 130930I

## Toward the LAPYUTA Mission

Fuminori TSUCHIYA<sup>1</sup>, Go MURAKAMI<sup>2</sup> and  
Atsushi YAMAZAKI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Panetary Plasma & Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University, 6-3 Aramaki Aza Aoba, Aoba-ku, Sendai, Miyagi 980-8578, Japan*

<sup>2,3</sup>*Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 3-1-1 Yoshinodai, Chuo-ku, Sagami-hara, Kanagawa 252-5210, Japan*

Abstract: The LAPYUTA mission aims “to explore the habitable environment of the Universe” and “to understand the origin of matter and space in the Universe”. From unresolved issues related to the two goals, we selected four scientific objectives to be addressed in the 2030s: (1) habitable environments of solar system bodies, (2) atmospheres of exoplanets, (3) galaxy formation, and (4) the origin of heavy elements, which will be realized by the ultraviolet space telescope. LAPYUTA was selected as one of candidates of JAXA’s M-class mission, and aims to realize a high-resolution, high-sensitivity ultraviolet telescope by optimizing the performance requirements to the science objectives. This paper introduces the background and status of the LAPYUTA mission.

# 日江井榮二郎氏ロングインタビュー

## 第3回：乗鞍コロナ観測所（1）



高橋 慶太郎

〈熊本大学大学院先端科学研究部 〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2-39-1〉

e-mail: keitaro@kumamoto-u.ac.jp

日江井榮二郎氏のインタビューの第3回です。日江井氏は、修士卒業後に東京大学物理教室の小穴研究室で望遠鏡のための光学を学びつつ、東京天文台の太陽物理部に助手として配属されました。当時の東京天文台は天文台の任務として定められた観測・研究があり、その遂行が業務となって優先されました。日江井氏は三鷹での太陽H $\alpha$ 線の観測や、乗鞍コロナ観測所でのコロナ観測などに従事しました。コロナ観測所は戦後間もない頃から太陽物理部長の野附誠夫氏が準備研究や予算確保に尽力して実現したもので、国際的な共同観測の一員となり、戦後の日本において「科学の殿堂」と称されました。そしてコロナ観測所の建設がきっかけとなり、東京天文台はその後様々な観測所を作ったり研究者を増やしたりなど拡張していくことになったのです。また、現在の国立天文台に比べてまだ規模が小さかった頃の東京天文台の様子も聞いていきます。

### ●小穴研究室で光学の修行

高橋：前は東大の天文教室での修士課程のお話まででした。修士論文で太陽の大気構造の研究をされたということでしたよね。先生は1955年の3月に修士を取られたということですが、今回はその続きのお話をお願いします。

日江井：修士論文発表会を終えたとき、末元（善三郎）さんに「どうしてドクターへ行かないんだ」と言われたんです。私の同期では堀（源一郎）がドクターへ行くと行っていましたね。

高橋：ええと、修士が終わってすぐ助手になったということですか？

日江井：すぐではないです。助手になったのは7月1日です。その頃、東京天文台で助手のポストの予算要求をしてたんですが、なかなか通らなかったんですね。だからドクターコースへ行ったら予算が通ったらそのまま東京天文台に応募すると

いうのがスムーズではないかってお考えだったんだと思います。

高橋：では修士が終わってどうされたんですか？

日江井：私は修士を終わってドクターに行く前に、もう少し光学の勉強をしようと思ったんです。天文をするには望遠鏡のことを、望遠鏡を使うのには光学の機器のことを知る必要があると思って、東大物理の小穴（純）研に入ったんです。そしたら6月に天文台で助手に採用してくれるという話が来たんですね。でもせっかく小穴先生のところに行ってるんで、1年間通って勉強させてもらいました。ずいぶんよかったなあと思いますね。

高橋：じゃあ自分で観測したいっていう思いがあったということですか？

日江井：そういうことですね。自分で望遠鏡を使って観測したいと。それで小穴先生に教えてくださいってお願いしたんですね。

**高橋:** 前回の話でも、銀河をやるにはまず星から、星をやるにはまず太陽からという感じで、先生は基礎をちゃんと固めてから次に進むっていうお考えをお持ちだったっていうことなんですね。

**日江井:** そう思っていましたね。ところが太陽コロナに惹きつけられてですね、さらに私は頭が固いものですから、太陽から抜け出ることができなかったですけどもね。

それで小穴先生の話をするんですけど、小穴先生ってのは非常に厳格な先生なんです。同期の物理学科の友人に聞くと非常に厳格な先生で、怖いと言うんですね。でも先生に実際に接してみると、厳格ではあるんですけども人の面倒見が非常にいい、思いやりのある先生でした。人の噂とは全然違うなど実感しましたね。

その頃、小穴先生は高分解能の写真術を調べていたんです。切手サイズに『チャタレイ夫人の恋人』の小説を全部入れるというんですね。それで小穴先生にお会いしたとき、まず光学機械の設計図を描けっていうわけ。私はそんなことをしたことがなかったんで戸惑いましたけども、それで描いてですね。本郷の物理教室の地下に工場があったんですが、そこへ行って職工さんにそれを見せて作ってくださいと頼みに行きました。そういう図面描きを何回かやってたんです。

**高橋:** 望遠鏡のですか？

**日江井:** 主に分光器です。それから時にはフレネルレンズの設計をおおせつかった。焦点距離がどれくらいで、口径比がどれくらいのフレネルレンズを設計してみても小穴先生に言われたんです。旋盤のバイトをコロに載せて、水平に削るとフレネルレンズの原型ができます。そういう図面引きとか、工場の人との接し方なんていうのも教えていただいた。それだけではなくて、光学関係の人がずいぶん先生のところへ相談に来てて、紹介していただいたのもよかったですね。例えばその当時フィルムを使ってましたから、マイクロ・フォトメーターのことで相談に来た人がいたんですね。

**高橋:** 写真の濃度を測ってスペクトルを出す装置ですね？

**日江井:** そうです、本郷にもナルミ製のマイクロ・フォトメーターがありましたけれども、精度のよいマイクロフォトメーターを作るにはどうしたらいいかという相談でした。それから小穴研卒の日本光学（現ニコン）の方も来ましたね。マイクロ・ニッコールだとかウルトラマイクロ・ニッコールを設計した脇本（善司）さんや藤原（史郎）さん、『光の鉛筆』を執筆した鶴田（匡夫）さんなどを紹介していただきました。

**高橋:** メーカーの人をいろいろ紹介してもらったということですか。

**日江井:** はい、日本真空（日本真空光学株式会社）の原（和雄）さんも紹介していただきました。日本真空の社長さんの自宅で月1度サロンみたいに集まってね、いろんな光学機械の会社の人たちが来てくれて、そこで飲みながら談笑するわけですよ。そうすると、例えば天文台のH $\alpha$ 単色太陽写真儀のシャッターが動かなくなったときに、「じゃあ診てあげよう」なんていって修理をしてもらえてね。それからH $\alpha$ の干渉フィルターを日本光学の藤原さんに頼んだり、皆既日食の観測をするときH $\alpha$ 線に感度がいいような乳剤はないかって富士フィルムにお願いをしたり、小穴先生のところにいたことでいろんな人と知り合いになれて、ずいぶん私にとっては役に立ちましたね。

**高橋:** 小穴先生自身は何か望遠鏡とか天文に携わってたんですか？

**日江井:** 小穴先生自身も日食の観測に行かれましたね。1934年のローソップ島の日食とか、1936年の北海道厚岸の日食とかです。これらの日食観測は藤田（良雄）先生も行かれていますね。小穴先生の先生は田中務先生という方だったんですが、藤田先生によると、小穴先生は田中先生の助手のように仕えていたそうです。1942年には中国に日食観測に行かれたんですが、その当時はグレーティング（回折格子）が手に入りづらくて、

8個のプリズムを使った分光器を使ってコロナの分光観測をされたそうです。コロナ輝線の論文を書いていますね。それから小穴先生はアインシュタイン塔望遠鏡（編集部注：東京天文台（現国立天文台三鷹キャンパス）にある施設）も使われていましたし、天文台の隣の調布飛行場の光害問題にぶつかったときには委員になっていただいたりしました。だから小穴先生自身も天文台に関心があったんですよね。田中務先生もアインシュタイン塔望遠鏡を使われてましたからね。藤田先生は田中先生と台長の両先生の対応をされて、大変だったようです。

## ●東京天文台太陽物理部

**高橋：**では東京天文台で働きながら小穴先生のところに通ったということですかね？

**日江井：**そうですよ。給料は天文台からもらってますから、上司の許可を得てですね、週1度だけ行かせていただいた。

**高橋：**なるほど、天文台ではどこの部署なんですか？

**日江井：**太陽物理部というところで野附（誠夫）先生のところに配属になったわけです。

**高橋：**太陽物理部の部長が野附先生ということですね。太陽物理部に配属されて、何か業務というか、仕事があるわけですか？

**日江井：**そのねえ、天文台は天文学教室とは違ってですね、なんか重々しい感じを受けました。当時（1955年頃）、麻布の天文学教室の助手に、石田（五郎）さん、青木（信仰）さん、河鱈（公昭）さんがおられて、のびのびと自由に研究をされている様子を見ていたので、天文台もそのような感じなのかなあと考えてたんですが、そうではないことがわかってね。それで考えてみれば天文台には天文台特有の仕事があるんですね。天文台へ入って業務連絡という話を聞いてね、びっくりしたわけですよ。だから自分の持ってる時間っていうものが全部自分で使えるわけじゃない。

**高橋：**自由な研究だけでなく業務もあるわけですね。

**日江井：**天文台という組織はもともとそういう組織だったんですね。天文学教室の青木さんに、天文台は天文学の観測研究のほかにも暦書を編纂したり中央標準時を決めたりという大事な仕事をするところだと教えてもらいました。戦後は天文台の体質改善が始まって、萩原（雄祐）先生が東京大学の付置研究所であるからにはそれまでの部長課長制から教官制に移行しようとして天文台を改組したんですね。それは立派だったと思う。萩原先生が台長になってから、今までの部長とか課長という人が教官になっていった。でもすぐにはみんな教官になれないですから、10年くらいかかって全部教官にしたんです。

**高橋：**教官っていうのは教授とか助教授っていうことですね？

**日江井：**そうです。それまでは部長、課長ですよ。それだと官僚的になりますよね。

**高橋：**日江井先生が入ったときには、もう改組されてたわけですか？

**日江井：**まだ改組の途中だったんですね。だからまだ官僚的というか、重苦しさがあったんです。でも今は研究・観測・教育が重要ということになってずいぶん変わりましたね。だからね、天文台の中も時代とともに変わっていった、というのをひしひしと感じますね。私が入ったときはまだ研究が主ではないというふうに感じていました。

私自身はですね、昭和24年に乗鞍コロナ観測所ができていたんで、コロナの観測に行くという仕事がありました。それと三鷹のスペクトロヘリオスコープを使って、太陽面の活動現象の観測をして記録するというのが私のルーティンでした。それ以外は自由なんですけども。

**高橋：**スペクトロヘリオスコープというのはどこにあったんですか？

**日江井：**今はなくなっちゃいましたけども、「オバケ」っていう観測室があったんですね。今、東大

の天文学教育研究センターの建物が立ってるでしょ。そのちょっと手前くらいにあったんですよ。

高橋: 実際、どういうものを観測をしていたんですか？

日江井: シーロスタットで太陽光をその建物内の対物レンズに導いて、分光器の入り口のスリット上に太陽像を結ばせるんです。そうすると幅は狭いけれども、スリットに入る太陽光のスペクトルが見える。それで出口のスリットを所定の波長にとるとその波長の太陽像が見えます。このような状態で分光器を動かして、入り口のスリット上の太陽像の東端のリムから西のリムに移動させると、出口のスリットには所定の波長の太陽像が見えるんですね。そこにカメラを置いて写真を撮れば、その波長の単色像が得られるんです。これがスペクトロヘリオグラフで、それとは違って分光器を移動させずにスリット前に角柱プリズムを置いて高速で回転させることで太陽像を動かす装置がヘリオスコープです。実際には私たちはH $\alpha$ 線像を観測していました。H $\alpha$ だと彩層の活動がよく見えるんですね。

高橋: その望遠鏡は太陽を観測する専用のものだったんですか？

日江井: そうです。太陽彩層の現象を観測する装置です。

高橋: そのオバケってのは何なんですか？

日江井: なんかねえ、オバケが出るようなおっかないような建物で、オバケオバケと。

高橋: 古い建物ということですか？

日江井: 大正時代の古い建物なんですよ。どうしてオバケっていうのかは先輩に聞いても、あそこはオバケが出るんだよ、くらいにしか教えてくれなかったんですけど。そこにはヘリオスコープとヘリオグラフ、それから暗室などがあったんですよ。

そのルーティン観測はH $\alpha$ ですからねえ、H $\alpha$ というのは6563(Å)の赤い光でね、人間の視感度のまあギリギリでしょうか。1時間も見ると疲れ

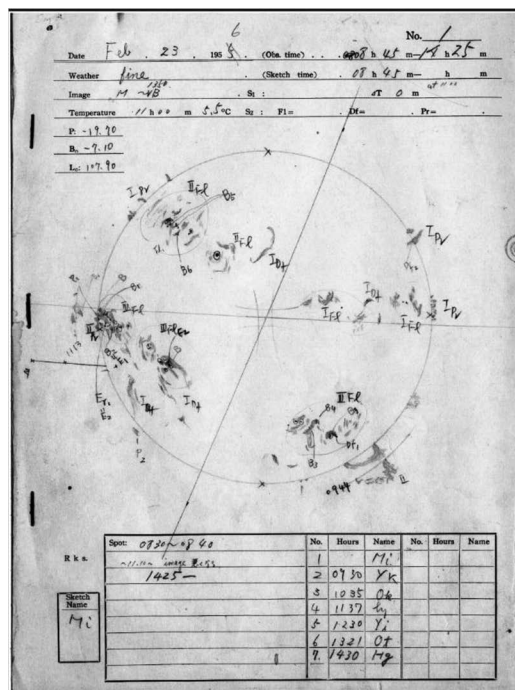


写真1 1956年2月23日のスケッチ(国立天文台提供)。  
日江井氏は11:37からの観測を担当した。

るわけで、1時間交代なんです。私は右目で観測してたんですけど、左右の目で感度が違って、左目の方が感度がよかったですね。

高橋: 目で見て、何かデータを取るんですか？

日江井: それをスケッチするんです(写真1)。

高橋: ああ、スケッチをするんですか。

日江井: フレアが起こるとフレアの形態の時間変化を描いて、フレアがないときはプロミネンスをスケッチしたり。後になってH $\alpha$ のリオフィルターを使った望遠鏡で写真撮影できるようになりましたけど、それまではヘリオスコープでスケッチをしましたね。

高橋: ずっと見てなきゃいけないんですか？

日江井: ずうっと見てる。大変なんですよ。フレアはどこで起こるかかわかんないからしょっちゅう太陽像を動かして、あっちを見たりこっちを見たり、それでプロミネンスが急にこんなふうに変動とか。それでね、残念だったのはですね、

1956年2月に大きな白色光フレアが起こったんですよ。私はその直前まで観測してたんですが、1時間で交代だから交代したの。それで交代した後それが起こったんですね。

高橋：じゃあその次の人が見たってことですか？

日江井：次の人が見たわけですよ。そのとき海野（和三郎）さんがアインシュタイン塔望遠鏡で清水実さんと一緒に黒点の磁場を観測しようとしていて、輝くように明るく見えたそうです。昔、キャリントンの白色光フレアってのがあったのと同じなんですね。なおかつ海野さんは青みがあった“reddish blue”のガスが太陽縁の外に噴出して動くのが見えたと言話会で話をしてくれました。それはH $\alpha$ 線とH $\beta$ 線が輝線になったんでしょうね。それは本当にあともうちょっと、2,3分後に交代すればと自分で見れたのに、本当に惜しいことしちゃいましたよね。

高橋：じゃあ1時間交代でしょっちゅう入れ替わって観測していたと。

日江井：そうです。それで私が配属になったのが、3号官舎です。今はもうないんですが、アインシュタイン塔望遠鏡へ行くすぐそばに木造家屋があって、10人ほど観測者がいました。その室長というのが宮沢（正英）さんという方でしたけどいい人でしてね、結構無理を聞いてくれた。例えばあるときルーティンの観測時間なんだけど天文台の談話会だとかマイナーに聞きに行きたいので交代してという、いいように言ってくれて、宮沢さんがずいぶん便宜をはかってくれて助かりました。

高橋：太陽物理部の人たちで観測をまわしていたわけですね。その観測者が十数人いたという話ですけど、それはみんな太陽物理部の方たちなんですか？

日江井：そうです。

高橋：結構大きなグループだったわけですね。

日江井：大きいですよ。（手元の資料を見て）その当時、天文台全体で120～130人いて、そのう

ち太陽物理部が41名。

高橋：そんなにいたんですか。

## ●当時の東京天文台

日江井：私が入った当時、東京天文台は天文時部、子午線部、太陽物理部、天体搜索部、分光部、天体電波部、測光部、天文計算部などの部に分かれていました。1957年に世界地球観測年というのが始まって、天文台で人員増加の予算が取れたんですね。それで各々ルーティン的な仕事をやっていました。太陽物理部の連中はさっき言ったように乗鞍のコロナ観測に行ったり、三鷹では黒点を観測したり、ヘリオスコープで観測したり、ヘリオグラフで観測したり、そういう仕事をしてたわけですね。

高橋：今では見慣れないような部がいくつかありますね。

日江井：天文時部の部長は宮地（政司）先生でした。宮地先生は戦争中は兵隊に行っちゃったんですね。ジャワにはボスカ天文台というオランダ人が運営していた天文台があってですね、そこを日本が占領したときに、宮地先生がその台長になったんです。宮地先生は天文屋だからそこにいるオランダ人の天文学者、軍にとってみれば敵国の人なんでしょうけど、彼らを天文屋として大事に遇したという話ですね。私はインドネシアへ行ったとき、宮地先生が住まわれたという台長官舎を訪れたんです。その官舎のそばにニッキの木があってね、皮をむくとそこから匂いがするんです。それを宮地先生にお土産で差し上げたんですね。宮地先生は教養のある人っていう感じだったなあ。

それから子午線部ってのがあってですね、子午線部というのは空の中での星の位置、東経何度北緯何度という場所を決めることです。星表、星の戸籍ですね。星の位置をきっちり決めることによって、海の上で自分の場所がわかるなんてことで、大事な話なわけですね。それをやってたのは

辻光之助先生。辻先生というのはですね、なんだろう、あのう江戸の旦那というか、非常に粋な人でね、飄々としておりました。定年で辞めたときに自分は袈裟を着て全国を廻るとかいて、面白方でした。

私が助手のときに、辻先生にちょっと家へ来いよって言われて行ったんですよ。そしたら若い女の人が出てきてね、お茶をこうやってくださって。それは見合いだったんですね、私は知らなかったんだけど。結局振られちゃいましたけどもね(笑)。

高橋: そうなんですか。

日江井: 辻さんは子午線部長で、子午儀を使って星のカタログを作っていたんですが、観測されたデータを調べるために女子職員がいたんですね。あのう、戦後まもなくしっかりした女の人們が天文台に仕事に来られていたんです。だから天文台ではカップルが何組か出ましたね。カップルをよく的中するのが大沢(清輝)先生だとか言われてました。あれとあれはカップルになるぞ、とかね(笑)。それでそういう女性陣は私よりちょっと年上だったわけです。だから女性陣にいい相手は私よりも上の先輩だったわけですよ。

高橋: じゃあその世代の方々は結構カップルになったと。

日江井: カップルになったんですよ。ついでにそのカップルの話をするとね、台長官舎(現在は食堂・売店のある場所)には広い部屋がありまして、正月になると、そこでみんなで百人一首をするわけです。そこに結構女の子も遊びにきてましたよ。百人一首は高瀬(文志郎)さんが上手なんです。そうすると古在(由秀)さんは負けず嫌いでしたね(笑)。それでまあ仲良く遊んでいました。

高橋: 台長官舎でそんなことされてたんですか。楽しそうですね(笑)。

日江井: 当時は住宅事情が悪くて、古在さん、田鍋(浩義)さん、土屋(淳)さんたちが台長官舎に寝泊まりして、よく花札やトランプで遊んでいま

したね。

高橋: そういうところでカップルになったりするわけですね。

日江井: そういうことなんでしょうねえ。それだとか花見なんていうとですね、みんなで自転車だね、多磨霊園に行った。私も行きたかったんだけど、「お前は自転車がないからだめだ」って連れて行ってもらえなかった。みんな女の子を後ろに乗せて行ってね。こちらは指をくわえてね(笑)。まあそんなような時代だったですね。ちょっと話が外れちゃった(笑)。

高橋: 天文台内でそういう交流があったわけですね。

日江井: ありました。あと昼休みはグラウンドで野球やったりね。事務の人も技官の人もみんなで楽しみましたね。古在さんは、俺は三塁を守るんだって言って三塁の守備をやってたね。古在さんはずいぶん運動をやってましたね。甲斐(敬造)君ってのがピッチャーで、それから磯部(琇三)君。磯部君は東大の軟式の野球部だった。それはうまいはずですよ。天文台ではその当時、部局対抗の運動会というのがあってですね、綱引きもしました。事務の人と一緒にやってやったんです。

高橋: 天文台だけで運動会をやるんですか？

日江井: 天文台だけで。ここのグラウンドでね。当時、だいたい130人ちょっとですからね。結構仲良くわいわいやって、事務の人とも一緒に遊んだのはよかったですね。だから観測とか実験に必要な器具で何か足りないものがあるときには、事務に行ってこれこれが必要なんだけどって聞くと、それは別の部にあるから聞いてみるって、用意してくれたりしましたよ。事務の人たちは研究を進めていく上での支えとなってくれますからね。そういう点でも事務の人たちとも個人的に話すことは大切だなと思います。今の国立天文台は500人を超す大きな規模になったけれども、研究者と職員の交流は大事だと思いますね。

高橋: なるほど。まあ大きな組織になってしまうと、なかなかそういう交流は難しくなってしまうかもしれないですね。天文台には当時、食堂はあったんですか？

日江井: あ、食堂の話ね。食堂はですね、そのグラウンドの西南の角にあったんです。井上食堂って、そこに井上さんという人がいてですね。私が天文台に入ったときはまだ食料事情が悪かったんですが、井上さんが昼飯を作ってくれました。井上さんってのはいい人でね、牛乳がまだ不足してたんで、山羊をグラウンドで飼ってね。山羊のミルクを僕らに飲ませてくれました。それは助かりましたね。

高橋: 当時、天文台の周りにはどんな感じだったんですか？

日江井: 天文台の前の南北の道路は、南の調布方面からくると、ゆったりした坂を上って天文台の正門に着きますけども、趣のある街道のようでしたね。さらにその道の東側には急な坂があって、底には川が流れていました。そこでワサビが採れたんです。大沢のワサビ。川がきれいだったんで蛭がいた。でもそのうち建設業者がその坂を平らにして、平らな土地にしちゃいましたね。坂を埋めるとき酷かったですよ。そこらのものをワーツと埋めて。

高橋: 坂を埋めて平らにしたんですね。

日江井: 土管を使って川の水を流して、周りを埋めたんです。私が天文台に来たときには夜は暗くてですね、天文台の構内の道を歩くときに上を向いて歩いた。そうすると並木の間の夜空に星が見えてですね、ああここが通る道だなというのがわかった。

高橋: 最初助手になったころ、給料はどうだったんですか？

日江井: 給料は2回に分けてくれたなあ。月給1万円いかなかったんじゃないかと思いますけどね。

高橋: 1ヵ月の間に2回ですか？

日江井: うん、月半ばと後半に。

高橋: それは普通に暮らせるくらいの給料だったわけですか？

日江井: そうですね。私は官舎にいましたので、安くすんだんでしょうね。

## ●乗鞍コロナ観測所

日江井: それから天文台はですね、だんだん近代化していったんですが、さっき言った萩原先生が進めた教官制が1つ。それから2つ目は天文台の拡張です。1949年に乗鞍のコロナ観測所が東京天文台の郊外施設として新設されるんですね。太陽物理部の部長の野附誠夫先生、この先生は東北の出で口数は少ないんですけども、なんか非常に粘り強くてですね。予算要求するときに大蔵省へ行って、課長か課長補佐か、そういう人の出勤前に行って廊下で待ってたっていう先生なんです。1週間も続けられたらしいですね。

高橋: 萩原先生も教官制をするときにそういうことをされたというのが天文月報の記事に書いてありますね（1955年1月号）。大蔵省の予算担当の人のところに通って、とか。

日江井: たぶんそうやって熱意が伝わって、コロナ観測所の予算が認められたんじゃないかと思いますね。それくらいに熱心にやられた先生なんですよね。

実は野附先生は戦前からコロナ観測をしようと試みていたんですが、戦時中でできなかった。それで昭和21年、戦争が終わってすぐに塔望遠鏡の分光器室でレンズの散乱光を大沢先生・末元先生と一緒に調べて調べ始めたんですね。昭和22年にはコロナグラフを工場で作って八ヶ岳へ持って行ったりしたんですよ。地上では空気の散乱光が多いからっていうんで、車で行ける八ヶ岳へ持って行ってテスト観測をしたんです。それから昭和23年には乗鞍山頂近くまではバスが行くっていうのを野附先生が知ったらしくて、それじゃあ乗鞍へ行こうって言って乗鞍へ行ってますね、



写真2 初期の頃のコロナ観測所（乗鞍コロナ観測所提供）。

大沢先生とかたくさんの人たちと交代でテスト観測した。清水（一郎）、小野（実）、大江（恒彦）、千場（達）、森下（博三）、岡田（宗之）、野島（幸雄）、名取（正）、河野（節夫）、渋谷（五郎）、萩野（友七）さんたちですね。そこで5303(Å)のコロナの輝線を見ることができたんです。乗鞍は八ヶ岳に比べたら遠いけど、空気の清澄さを調べたら乗鞍の方がいいっていうんでそちらに決めたというふうに聞いています。

**高橋：**じゃあ野附先生がいろいろ調べて予算も取ったと。

**日江井：**そうです。とにかく高い山で観測できる場所っていうのは少ないんですね。その頃、萩原先生も「鼎の三脚」って言い出したんですよ。コロナの観測はヨーロッパとアメリカで行われてて、そこに日本も入ると。

**高橋：**いつでも世界のどこかで太陽を観測するということですね。

**日江井：**そうです。鼎の三脚の観測が大事だと。だから萩原先生の励ましもあって、24年に建物が完成した。昭和24年なんてのはね、日本はまだ戦後大変なときだったんですよ。そういうときに作るっていうんで皆さん心配して、東大の施設部の人々が冬場でも過ごせるようになっていうので一生懸命考えてくれまして、山小屋風の石を使った建物を作ってくれたんですね。それが乗鞍コロ



写真3 1955年頃、左は萩原雄祐台長、右は長澤進午氏（乗鞍コロナ観測所提供）。

ナ観測所です（写真2）。あなたは乗鞍へ行かれたことがありますか？

**高橋：**いや、ないですね。

**日江井：**乗鞍はですね、山頂近くの豊平までバスで行けるんです。そこは3,000メートルぐらいですね。そこにはですね、戦時中に高い空で動く飛行機のエンジンを開発するっていうことで、研究所が作られたみたいです。だからそのための道路があって、戦後すぐにそこへバスで行けたんです。その研究所のそばに観測所を作るという案もあったんですけど、その辺は賑やかになって観測には向かないだろうからって少し離れた摩利支天岳山頂に決めたんですね。萩原先生だとか畑中（武夫）先生だとか、そういう先生方も設置場所を視察に行ったんですね（写真3）。これはまだ私がいなかった昭和24年頃の観測所の中での写真です（写真4）。

**高橋：**へえ～、野附先生はこの中にいらっしゃるんですか？

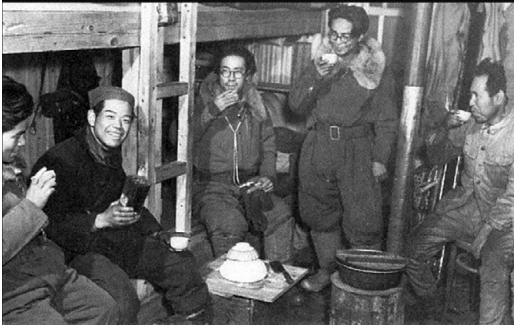


写真4 1948年頃のコロナ観測所観測員，左より山本康郎，森下博三，野附誠夫，清水一郎，河野節夫（乗鞍コロナ観測所提供）。

**日江井：**野附先生はですね，この真ん中が野附先生です。こういうストーブがあってですね，蚕棚で寝ましたね。こういうふうには24年に越冬をしたわけです。そのときの連絡手段はトンツートンしかない。

**高橋：**モールス信号ですか。

**日江井：**はい，この河野さんという人がトンツートンツートンができる。正月の一日にですね，トンツートンをやって「全員無事である」と天文台に送信したんですね。それを東大の総長（南原繁）とか天文台長の萩原先生に送ったんです。心配ですよ，そんな山の上でね。それで無事だったというのがわかったんですよ。

それから不思議な話なんですけど，昭和24年っていうと私は駒場の1年生でした。前に言いましたけど私はスキー山岳部に入っていて，実はその12月の冬休みに乗鞍へ行ってるんです。乗鞍に東大寮があるのでそこに泊まって，訓練のために乗鞍山頂まで雪道を登山したんですね。そのときに先輩から，あれがコロナ観測所だって教えられました。

**高橋：**え，そうなんですか？

**日江井：**不思議だねえ。

**高橋：**ちょうどできたばかりの？

**日江井：**できたばかり。こちらはスキー山岳部で冬山訓練をして乗鞍に登山したんですが，その

ときコロナ観測所の観測員がそんな苦労してるなんてのを私は知らなかった。摩利支天岳の頂に堂々としていて，厳かな観測所っていう印象を持ちましたね。数年後にそのコロナ観測所に勤めることになるとは思いませんでした。

**高橋：**それは不思議な縁ですね。

**日江井：**その頃の新聞ではですね，コロナ観測所は「科学の殿堂」といわれていました。だから当時敗戦ですね，人々はもう非常にいやあな気分になってるわけですよ。昭和24年っていうのは湯川（秀樹）先生がノーベル賞を取った年。それから水泳の古橋（廣之進）がロサンゼルスで非常にいい記録を出したっていうんでね，日本中が喜んでた。そういうとき乗鞍に「科学の殿堂」ができるっていったね，日本中で喜んでくれたんですよ。

**高橋：**そんなに話題になっていたわけですか。そうですね，戦後すぐですからね。

**日江井：**だからいろんな新聞に出たりね，いろんな人が慰問に来ましたね。そのときお酒だとか，塩だとか砂糖だとかたばこだとかね，そういうのを持ってきてくれるんです。慰問してくれる人も冬山に登ってきてくれて，大変だったと思いますけど。

**高橋：**まだ食料が大変な頃ですよ？

**日江井：**大変ですよ！昭和24年っていうのは前にも言いましたが私は駒場の寮に入っていてですね，主食なんかは配給制で朝はトウモロコシ粉の蒸しパン，昼はサツマイモが2本。それでお米の配給券ってのがありましてね，みんなで渋谷へ行行ってね，お米粒の多い雑炊が食べられる店へ行行って食べてたんです。昭和24年ってのはまだまだ食糧事情が悪いころ。そんなときにこんなのを建てたっていうのは大変なことだね。

**高橋：**そうですねえ。すごいですよね。

**日江井：**それから今度はコロナグラフを作るについてはね，昭和25年に日本光学で新しい，今も使われてるようなコロナグラフを入れたわけです。

よ。でもそれを運ぶ道がないわけですね。そのときに地元の人に担いで上がってもらった。ボッカ担ぎっていうんですけど、それが大変でね、地元の人が動いてくれましたね。地元の人にはずいぶんお世話になった。

**高橋:** 地元の人にも協力してもらって。

**日江井:** そうです。でね、これに予算をつけた役人としても大変なわけですよ。予算では大蔵省の高木（文雄）さんという方にお世話になったよと聞いています。高木さんは後で国鉄の総裁をやった人で、30年以上も経ってお暇ができたときにコロナ観測所に来てくださった。私はお会いできませんでしたが、訪名簿にお書きになっているので知りましたね。自分が予算をつけたコロナ観測所がどんな所かを見に来られたんですね。

**高橋:** へえ～、来られたんですね。

**日江井:** あといろんな人が来ましたがね。こんな生活環境じゃだめだと、ちゃんと観測するためにはもう少し観測者を増やさなきゃいかんといっているんですね。その後にも人と建物の予算を付けてくれた。だから天文台はですね、その頃から人数が増えたんです。予算も増えました。もちろん天文台は東京大学に属してたから、予算要求は天文台から東京大学、東京大学から文部省に予算要求がいくわけですよ。だから天文台がコロナ観測所を作ったという実績がその後の天文台の発展へのきっかけを作ったんじゃないかと思うんです。さっきも言いましたが、天文台の近代化の1つ目は萩原先生の教官制、2つ目はコロナ観測所を作ったことで天文台が拡張されていったということなんです。

**高橋:** なるほど、その後いろいろな観測所ができていきますけど、コロナ観測所がきっかけになったということですね。

**日江井:** はい、それは東京大学としても、当時学外に施設を作るのは大変だったわけですよ。それからコロナ観測所は運営も大変で、これは野附先生がうまく途を作られましたねえ。やっぱりもの

を運営するには人が大事だということを知ってらしたんでしょう。乗鞍というのは僕らにはよくわからない。それで高山の測候所にすごい男がいるというのを聞き出してですね、当時、和達（清夫）さんって中央气象台（後の気象庁）の台長がいて、野附先生の一高の友達だったんですよ。野附先生がその台長に、森下博三という男をこっちに移管替えしてくれとお願いしてですね、その人が来てくれた。森下さんてのは、「カモシカ仙人」とあだ名されてました。カモシカのようにぴょんぴょんぴょん岩の上を歩いて、仙人のように神出鬼没で山のあちこちに現れる人なんです。もう本当に飄々としてるんですね。山では天候が急変するから急に出張予定を変更しなきゃいけないっていうので、その度に事務の方に迷惑をかけてたんですが、森下さんがいてくれたおかげで乗鞍コロナ観測所では大きな事故が起らなかった。乗鞍での観測はですね、僕らは1回行けばほぼひと月いるんです。

**高橋:** 1ヵ月行くわけですか。

**日江井:** 1ヵ月いる。それに冬場だって行かない。冬に登山してるときには雪崩が起りもするわけです。「あそこは雪崩が起きる恐れがあるから危ないよ、こっちの道から行け」だとかですね、非常に厳しく指示してくれました。ああいう山で観測するために森下さんという人を探ってくれたのは非常によかったと思いますね。

**高橋:** 現場での指示をしてもらっていたわけですか。

**日江井:** 指示だけでなく自分でも体が動く人なんですね。ああいうすごい人がいるんだよね。昭和24年とか25年でしょ、その頃まだお米が配給でね、米をコロナ観測所に運ぶのが大変なんです。それで森下さんが高山のどこかでお米を調達してですね、自転車でコロナ観測所へ運ぼうとしたときに警官に捕まってしまったらしいんですね。でも「コロナ観測所に持って行くんだ」と言って。

高橋: ああ、闇米だと思われたっていうことですかね。

日江井: そうかもしれないですね。その当時はですね、コロナ観測所に行くと白米を食べられるよっていうんでね、所員で「俺がコロナ観測所に入ったのは白米が食えるという話を聞いたからだ」ということを言う人がいるくらい(笑)。でもまあとにかく山の上だから、ある程度エネルギーを取らなきゃいけないわけです。

(第4回に続く)

## 謝 辞

本活動は天文学振興財団からの助成を受けています。

## A Long Interview with Prof. Eijiro Hiei [3]

Keitaro TAKAHASHI

*Faculty of Advanced Science and Technology,  
Kumamoto University, 2-39-1 Kurokami,  
Kumamoto 860-8555, Japan*

Abstract: This is the third article of the series of a long interview with Prof. Eijiro Hiei. He pursued optical studies for telescopes at Prof. Koana's laboratory in the Physics Department of the University of Tokyo after completing his master's degree. At about the same time, he was assigned as an assistant professor at the Solar Physics Section of the Tokyo Astronomical Observatory. At that time, the observatory prioritized government-mandated tasks over independent research, and he was engaged in H $\alpha$  observations of the Sun in Mitaka, as well as corona observations at the Norikura Solar Observatory. The establishment of the Observatory was realized through the dedicated efforts of Prof. Notsuki, the head of the Solar Physics Section, who had been conducting preparatory research and securing funding since the early postwar period. The observatory was regarded as a "Science Hall of Fame" in postwar Japan. Its construction became a turning point, leading to the expansion of the Tokyo Astronomical Observatory, which subsequently established more observatories and increased the number of researchers. Additionally, he talks on what the Tokyo Astronomical Observatory was like when it was still relatively small compared to the present-day National Astronomical Observatory of Japan.

## 日本天文学会早川幸男基金渡航報告書

### *The 56th AAS Division for Planetary Science (DPS) Meeting*

氏 名：黄宇坤（国立天文台特任研究員）

渡航先：アメリカ合衆国アイダホ州ボイシ

期 間：2024年10月6日～11日

With the generous support of the Hayakawa Fund, I had the privilege of attending the 56th AAS Division for Planetary Sciences (DPS) Meeting in Boise, Idaho, from October 6 to 10, 2024. This experience was invaluable for my research and provided numerous opportunities to present my work, engage with leading experts, and build connections within the planetary science community.

I arrived in Boise on October 6, just as the meeting commenced. My oral presentation, titled “Dynamics of Binary Planets within Star Clusters,” was scheduled on the morning of October 7 as part of the “106-Exoplanet Dynamics and Census” session. The presentation went smoothly, and during the Q&A session, I received two insightful questions. One question asked about the potential role of tidal forces during stellar flybys and whether they should be considered in my models. Another question concerned the discovery of JuMBOs (Jupiter-Mass Binary Objects) and why they have only been found in the Trapezium Cluster. These questions stimulated engaging discussions and provided fresh perspectives on the implications of my work.

After my presentation, I had meaningful conversations with several researchers who share a similar interest. Notably, I connected with Stephen Kane from the University of California, Riverside, Gongjie Li from the Georgia Institute of

Technology, and Xing Wei from Beijing Normal University. Gongjie Li expressed particular interest in my work, as she is conducting similar simulations on the formation of binary planets, opening up the possibility of future collaboration. These interactions were particularly valuable for expanding my understanding of binary planet dynamics and exploring new ideas for future research.

In addition to my presentation, I served as a session chair for the “109-Centaurs TNOs: Dynamics” session. During this session, Charles Chen from the Academia Sinica Institute of Astronomy and Astrophysics (ASIAA) presented the discovery of the 4th Sedna-like body by the FOSSIL collaboration, a project in which I was directly involved. I contributed to the analysis of this distant object’s dynamics, demonstrating its stability over the age of the Solar System. The presentation was well received, and the discovery sparked significant discussions about the possible origins of these distant objects and the early dynamical processes of the Solar System. Throughout the meeting, I also had the opportunity to connect with several Japanese astronomers, including 小林仁美 from PHOTOCROSS and 河北秀世 from Kyoto Sangyo University. Both are conducting research on comets, and we had productive discussions on potential collaborations. We also explored the possibility of me visiting their research institute in Kyoto this December, where I could contribute to their ongoing studies on comet dynamics and share insights from my work on binary planets.

Overall, the AAS DPS 2024 Meeting was a highly productive and enriching experience. It not only allowed me to present my research on binary planets to a wider audience but also provided numerous opportunities to engage with leading experts in the field. I am particularly grateful for the connections I made, as these interactions will help shape the future direction of my research and open doors to potential collaborations. The discussions and feedback I received have already started to refine my work, and the networking opportunities will likely result in continued collaborations.

I am deeply appreciative of the support from the Hayakawa Fund, which made my participation in this important meeting possible. This experience has significantly advanced my research and allowed me to become more integrated into the Japanese and the international planetary science community.

〈日本語訳〉

早川基金による支援を受けて、私は2024年10月6日から10日の日程でアメリカ合衆国アイダホ州ボイシで開催されたThe 56th AAS Division for Planetary Science (DPS) Meetingに参加する機会を得ました。この経験は私の研究にとって非常に貴重なものであり、研究成果を発表する機会や第一線で活躍する研究者と交流する機会、そして惑星科学のコミュニティでのコネクションを築く機会を数多く得ました。

私は2024年10月6日にボイシに到着し、ちょうどその日に会議が始まりました。私の口頭講演「Dynamics of Binary Planets within Star Clusters」は、「106-Exoplanet Dynamics and Census」セッションにおいて、10月7日の朝に予定されていました。発表は順調に進み、質疑応答の時間には2つの鋭い質問をいただきました。一つ目の質問では、星の近接遭遇時における潮汐力の潜在的



写真 研究会での口頭講演の様子。



写真 ポスター会場の様子。

な役割と、それらを私のモデルで考慮すべきかどうかを尋ねられました。もう一方は、JuMBOs (Jupiter-Mass Binary Objects) の発見に関するもので、なぜそれらがトラペジウム星団でしか見つかっていないのか、という質問でした。これらの質問をきっかけに活発な議論が生まれ、私の研究の意義について新たな視点を得ることができました。

口頭講演の後、私は同じ研究分野に関心をもつ研究者の方々と、有意義な議論を交わすことができました。特にカリフォルニア大学リバーサイド校のStephen Kane氏とジョージア工科大学のGongjie Li氏、そして北京師範大学のXing Wei氏と交流することができました。Gongjie Li氏は、連惑星の形成に関する類似のシミュレーショ

ンをおこなっていることから、特に私の研究に興味をもっていただき、将来的な共同研究の可能性が生まれました。これらの交流は、私の連惑星の動力学への理解を広げ、将来研究の新しいアイデアを探す上で非常に有意義でした。

口頭講演に加えて、私は「109-Centaurs TNOs: Dynamics」セッションで座長を務めました。このセッション中に、中央研究院天文及天文物理研究所（ASIAA）の Charles Chen 氏が、私が直接関与したプロジェクトである FOSSIL collaboration によるセドナに類似した第4の天体の発見について報告しました。私はこの遠方天体の動力学の解析に寄与し、太陽系の年齢に渡って安定であることを示しました。この講演は好評を博し、この発見をきっかけに、これらの遠方天体の起源や太陽系初期の力学的過程についての活発な議論が生まれました。

この会議では、株式会社フォトクロスの小林仁美氏と京都産業大学の河北秀世氏を含め、何人かの日本人の天文学者とも交流する機会を得ました。お二方とも彗星に関する研究をしておられ、私たちは将来の共同研究について生産的な議論をしました。将来京都にある彼らの研究所に訪問

し、彗星の動力学についての彼らの進行中の研究に貢献するとともに、連惑星についての私の研究成果の知見を共有する可能性についても話し合う予定です。

全体として、AAS DPS 2024 Meetingへの参加は、非常に充実した有意義な経験となりました。この会議では、連惑星に関する私の研究をより多くの研究者の方々に発表する機会が得られただけでなく、分野の第一線で活躍する専門家と交流する貴重な場ともなりました。今回得たコネクションには特に感謝しており、これらの交流が今後の研究の方向性を作るうえで役立ち、さらなる共同研究の可能性を広げるきっかけになると期待しています。議論や受けたフィードバックは、既に私の研究の発展につながっており、また、今回築いたコネクションを活かして、今後の継続的な共同研究へと発展させていきたいと考えています。

私は早川基金による支援に深く感謝します。この支援によってこの重要な会議に参加することができました。この経験を通じて、研究を大きく進展させることができ、また日本および国際的な惑星科学コミュニティへより深く溶け込むことができました。

## 日本天文学会 2025 年秋季年会のお知らせ

2025 年秋季年会は、2025 年 9 月 9 日(火) から 9 月 11 日(木) までの 3 日間、海峡メッセ下関（山口県下関市）にて開催を予定しております。参加方法の詳細については、tennet や年会ホームページで随時お知らせいたしますので、注視していただくようお願いいたします (<https://www.asj.or.jp/jp/activities/nenkai/>)。

### 開催にあたっての注意事項

- ・遠隔地から参加していただけるように、現地およびオンライン（ベストエフォート）のハイブリッド開催とする予定です。
- ・現地でのご入場受付では、QR コードのご提示が必要となります。
- ・ご入金の確認が完了次第、QR コードをメールにてお送りいたしますので、当日は忘れずにご持参くださいようお願いいたします。

### (1) 年会参加費、講演登録費、および年会予稿集代について

#### ・料金表

| 項目    | 会 員                                                            | 非会員                              | 備考                         |
|-------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| 参 加 費 | 正会員学生：2,000 円（不課税）<br>正会員一般：5,000 円（不課税）<br>準 会 員：5,000 円（不課税） | 5,000 円（消費税込み）                   | 参加申込が必要です                  |
| 講演登録費 | 2,000 円（不課税）                                                   | 5,000 円<br>（消費税込み・<br>企画セッションのみ） | 1 講演につき、一緒に<br>参加費の支払も必要です |
| 講演予稿集 | 2,000 円（消費税込み）                                                 | 2,000 円（消費税込み）                   |                            |

※事前に講演登録費のお支払いがない場合、銀行振込にて 1,000 円を足してお支払いいただきます。

※領収書は入金確認完了メールからダウンロードが可能です。

※お支払いいただいた参加費・講演登録費は、原則として返金いたしません。重複払いにお気をつけください。

#### ●参加証明について

現地参加の場合：当日受付でお渡しする名札で、年会の参加証明といたします。

オンライン参加の場合：必要な場合のみ、参加申込時にフォーム上でお申し込みください。年会終了後に証明書をメールで送付いたします。

#### ●講演予稿集について

年間購読され、会費と一緒に料金を支払われている方には事前にお送りします。

それ以外の方で講演予稿集が必要な方は、参加申込時にお申込・ご精算ください。郵送いたします。

## ・支払期間

## ●講演登録費：2025年6月3日(火) 正午～6月17日(火) 正午

講演者の方は、上記期間に参加申込と参加費のお支払いが必要です。お支払いがない場合には講演が取消になる場合がございますのでご注意ください。

## ●参加費：2025年8月5日(火) 正午～9月11日(木) 正午

原則として会期前にお申し込みください。会期中でもお申し込みは可能ですが、クレジットカードでの精算となります。現金での精算は行いません。申込は、後日ホームページなどでお知らせする Web フォーム上で行っていただきます。

## ・支払方法

## ●原則クレジットカード支払です。

※講演申込時の決済ページの URL は、自動返信メールに記載されています。

※支払期間中に必ず手続きを済ませてください。

※クレジットカード決済代行サービス (Stripe) を利用しております。

※取り扱いカードは、VISA, MasterCard, JCB, AMEX, DINERS の5種類です。

※クレジットカード支払が困難な方は、支払期間内に銀行振込でお支払いください。

## ●銀行振込

銀行名：三菱UFJ銀行

支店名：三鷹支店

口座番号：普通 4434400

口座名義：シャダンハウジンニホンテンモンガツカイ

※振込人の名前の前に、会員番号（入会申請中の方は入会申請受付番号）をお書きください。

## (2) 受付期間

通常セッションにおける講演は会員（正会員・準会員）に限られております。非会員の方は、講演申込の前に学会への入会申請をする必要があります。詳しくは年会ホームページをご参照ください。

| 事 項                           | 受付期間・期限（日本標準時）                   | 関連項目            |
|-------------------------------|----------------------------------|-----------------|
| 講演申込（電子メール）                   | 2025年6月3日(火) 正午～2025年6月10日(火) 正午 | (3), (4), (5)参照 |
| 講演登録費支払                       | 2025年6月3日(火) 正午～2025年6月17日(火) 正午 | (1) 参照          |
| 参加申込・支払                       | 2025年8月5日(火) 正午～2025年9月11日(木) 正午 | (1) 参照          |
| 複数講演の順序指定                     | 2025年6月17日(火) 正午まで               | (6) 参照          |
| ポストデッドライン・ペーパー                | 2025年8月26日(火) 正午まで               | (7) 参照          |
| 最新情報コーナー                      | 2025年8月26日(火) 正午まで               | (8) 参照          |
| 講演の変更など                       | わかった時点で直ちにご連絡ください                | (9) 参照          |
| 特別セッションの企画<br>招待講演・特別講演の講演者推薦 | 今回は募集しません                        | (10) 参照         |

|           |                    |         |
|-----------|--------------------|---------|
| 正会員用展示ブース | 2025年6月3日(火) 正午まで  | (11) 参照 |
| 旅費一部補助    | 2025年6月10日(火) まで   | (12) 参照 |
| 各種の会合申込   | 2025年6月17日(火) 正午まで | (13) 参照 |
| 保育室の利用申込  | 2025年8月8日(金) 正午まで  | (14) 参照 |
| 懇親会の申込    | 2025年8月10日(日) まで   | (15) 参照 |

### (3) 分野と「企画セッション」

- ・講演分野は次の16分野です。

M. 太陽, N. 恒星・恒星進化, P1. 星・惑星形成 (星形成), P2. 星・惑星形成 (原始惑星系円盤), P3. 星・惑星形成 (惑星系), Q. 星間現象, R. 銀河, S. 活動銀河核, T. 銀河団, U. 宇宙論, V1. 観測機器 (電波), V2. 観測機器 (光赤外・重力波・その他), V3. 観測機器 (X線・ $\gamma$ 線), W. コンパクト天体, X. 銀河形成・進化, Y. 天文教育・広報普及・その他

- ・「企画セッション」は次の2件です。○印は世話人代表者です。

Z1. 「微分可能プログラミングで楽しむ天文学研究」(略称: 微分可能天文学)

世話人: ○河原創 (宇宙航空研究開発機構), 大里健 (千葉大学), 増田賢人 (大阪大学), 和泉究 (宇宙航空研究開発機構), 高田昌広 (Kavli IPMU)

Z2. 「地上・宇宙望遠鏡の連携による近赤外線広視野深宇宙探査時代における我が国の戦略」(略称: 広視野赤外)

世話人: ○小山佑世 (国立天文台), 吉田道利 (国立天文台), 守屋堯 (国立天文台), 宮武広直 (名古屋大学), 鈴木大介 (大阪大学)

- ・企画セッションは, 世話人から依頼される講演と通常の講演, 議論の時間などから構成され, その割り振りは世話人が決めます。講演者は世話人に対して講演申込みを行います。tennetなどに流れる世話人からのアナウンスに注意し, 講演申込みに際しては世話人からの指示に従ってください。なお, 講演登録費をお支払いの際には, 世話人が全ての講演を投稿した後に, 世話人から届く受付番号が必要となります。

### (4) 講演の形式

- ・a 口頭講演 (9分間の口頭発表と3分間の質疑応答); b ポスター講演・口頭発表付き (ポスターと3分間の口頭発表); c ポスター講演・口頭発表なし (ポスターのみ) の3種類を予定しています。講演時間は, 講演数によって変更することがあります。講演は現地で行っていただくことを想定していますが, オンライン講演も受け付ける予定です (ベストエフォート)。開催地および運営の負担を減らすため, 子育てや介護など特別の理由がある場合以外は, 現地での講演をお願いいたします。詳細が決まり次第ご案内いたします。またポスターは, 現地会場で掲示するとともに Web 上でも公開する予定です。Slack などの交流の場を用意する予定です。実施方法の詳細については年会ホームページに掲載いたしますので, 注視していただくようお願いいたします (<https://www.asj.or.jp/jp/activities/nenkai/>)。
- ・講演者1人あたり可能な講演数は最大3件です。また, a講演は1人1講演までで, 3件目の講演はc講演 (ポスターのみ) に限ります。

## (5) 講演の申込方法（電子メール）

- ・年会ホームページに掲載します。説明をよく読んで申込を行ってください。
- ・年会直前に行われる記者会見の受付も同時に行います。詳細はtennetや年会ホームページでお知らせします。

※郵送による申込は受け付けておりません。

※締め切りは2025年6月10日(火) 正午を厳守してください。この締め切り日時を過ぎた申請は原則として一切受け付けません。また、締め切り当日のトラブルには対応できない場合もありますので、できるだけ締め切り前日の夕方までに投稿されることをお勧めします。

※講演は完成度の高いものに限ります。予稿の紙面を有効利用してください。予稿集は広範な読者が読むことを想定し、(i) 十分な背景説明を行うこと、(ii) 研究内容や結果・考察について具体的記述を含めること、の2点を心がけてください。これらに留意すれば、大抵は10行以上の予稿になるはずです。以上のような配慮に欠ける極端に短い予稿など不適切な講演申込は、受理しない場合があります。

※年間予約をいただいている予稿集は事前配布となっており、2025年8月20日(水) 付で発行する予定です。年会ホームページでも発行と同時に内容が公開されます。公開後は講演の内容がメディアによって紹介されることもあります。出版前の論文、特許に関係した論文等の講演をする際には、十分ご注意ください。

※講演者は必ずしも筆頭著者でなくても結構です。講演登録費はこの講演者が支払ってください。

※講演予稿の「キーワード」は、Y分野以外は、下記のPASJ Keyword listを使用いただきますようお願いいたします。

[https://academic.oup.com/pasj/pages/Pasj\\_Keywords](https://academic.oup.com/pasj/pages/Pasj_Keywords)

## (6) 複数講演の順序指定

- ・グループ等で複数の講演を指定した順序で続けたい場合は、申込後、期限内に年会ホームページのWebフォームから申請してください。
- ・講演日時に関する要望は一切受け付けられません。
- ・b講演は2時間のセッションの最後にスケジュールする予定です。順序指定にa講演とb講演が含まれる場合は、b講演を最後に並べてください。ご希望に添えない場合もありますのでご承知おきください。

## (7) ポストデッドライン・ペーパー（PDL）

- ・PDLは、緊急性・トピックス性に富んだ内容について、通常の講演申込の〆切後にも講演を受け付ける制度です。約半年後の次の年会まで待つことができない明確な理由（個人・グループの事情は不可）が必要です。
- ・申請される場合は上記の理由を明記の上、年会実行委員会までお問い合わせください。申請いただいた内容は年会実行委員会が審査し、受理の可否を判断いたします。なお、通常の申込よりも受理の基準がかなり厳しくなります。
- ・PDLの講演形式は、原則、cポスター講演・口頭発表なし（ポスターのみ）になります。ただし、プロ

グラムに余裕がある場合は、bポスター講演・口頭発表付き（ポスターと3分間の口頭発表）も可能です。希望する形式を記入してください。

- ・PDLの受付期間を過ぎた後の申請については、年会実行委員会にご相談ください。
- ・日本天文学会年会における発表は、PDLも含め天文学会員に限られているため、非会員の方は天文学会員になる必要があります。PDLの審査に加え、会員になる手続きにも時間を要しますので、PDL申請を考えている非会員の方は、まず年会実行委員会にお問い合わせください。

#### (8) 最新情報コーナー

- ・最新の情報を掲示するコーナーを設けます。通常の講演に相当する内容で、本年会で公表する緊急性のないものは最新情報として受け付けません。また、最新情報は年会での講演とはなりません。予稿集等にも掲載されません。発表の形式はポスターのみです。
- ・掲示を希望する場合は、掲示内容の概要と掲示者の情報を年会実行委員会に事前に申請してください。
- ・スペースが無くなれば受け付けを終了することがあります。

#### (9) 講演のキャンセルや変更

- ・申し込んだ講演については、年会実行委員会の承認なくキャンセルすることはもちろん、登壇者、講演題名、講演著者、講演内容も変更することはできません。
- ・やむをえず講演をキャンセルしたり、登壇者を変更したりする場合は、共著者の承諾を得た上で、年会実行委員会にて承認の手続きが必要になります。キャンセルや変更を希望する理由を添えて、原則講演者（登壇予定の方）が速やかに年会ホームページのWebフォームから申請してください。ただし、キャンセルは極力避け、可能な限り代理登壇者を立ててください。なお代理登壇者は原則学会員（正会員・準会員）とします。会期中、直前の申し出は承認できない場合があります。
- ・講演申込後に講演をキャンセル等しても、講演登録費および参加費の返金はいりません。
- ・講演の申込時に、筆頭著者と講演者を別にすることはできます。筆頭著者は「講演予稿集」の講演者リストの先頭に記され、申込時の講演者（登壇者）は「年会プログラム」で確認することができます。

#### (10) 特別セッション・特別講演・招待講演

- ・多くの会員が関心を持つ話題について、特別セッションを開くことができますが、秋季年会では原則募集しません。これらについては、年会実行委員会にご相談ください。

#### (11) 正会員用展示ブース

- ・正会員用の展示ブースのスペースを設けます。展示を希望される場合は、ブース名・趣旨・世話人（正会員3名以上）を記載して、期日までに年会実行委員会までお申込ください。面積は1区画2×2m～3×3m（開催地の事情により異なる）、展示費は50,000円です。
- ・賛助会員の皆様への展示案内は、別途郵送いたします。

#### (12) 旅費一部補助

- ・日本天文学会では、正会員（学生）に年会出席旅費（交通費）の一部補助を行っております。希望者

は、年会の Web ページ [https://www.asj.or.jp/jp/activities/expenses/travel\\_grant/](https://www.asj.or.jp/jp/activities/expenses/travel_grant/) をご覧ください。

- ・オンライン講演の場合、補助はありません。

### (13) 年会時の各種会合

- ・会合などのために講演会場などを使用したい場合には、年会実行委員会が承認の上、部屋を使用できます。年会ホームページの Web フォームからお申込ください。会合が開けるのは、会期中の昼休み時間に限ります。プロジェクターを含め機材のサポートは行いません。並行して午後のセッション準備が行われますのでご注意ください。また、部屋の人数にも制限があることをご了承ください。

### (14) 年会会期中の保育室

- ・保育室を設置する予定です。詳細は年会の Web ページに掲載します。不明な点は年会実行委員（保育室担当）へ e-mail（[nenkai-hoiku@asj.or.jp](mailto:nenkai-hoiku@asj.or.jp)）でお問い合わせください。

### (15) 懇親会

- ・懇親会は、年会2日目にあたる2025年9月10日(水) 夜に、下関グランドホテルにて開催予定です。
- ・会費は2025年8月10日(日) までに事前予約された場合は日本天文学会・非会員共に、一般7,500円、学生5,500円。それ以降に申し込まれた場合は、一般8,500円、学生6,500円の予定です。
- ・会場の都合により、参加人数は200名までとさせていただきます。
- ・詳細は、後日 tennet でお知らせする WEB ページをご確認下さい。

### (16) 連絡先

◆年会実行委員会      e-mail : [nenkai-committee@asj.or.jp](mailto:nenkai-committee@asj.or.jp)

委員長 和泉 究（年会実行理事・宇宙航空研究開発機構）

電話：070-1170-2758

年会係 田口谷怜奈（日本天文学会）

〒181-8588 東京都三鷹市大沢2-21-1 国立天文台内 日本天文学会

電話：0422-31-5488 FAX：0422-31-5487 e-mail : [nenkai@asj.or.jp](mailto:nenkai@asj.or.jp)

◆開催地組織委員会      e-mail : [nenkai2025a-l-yuk@mlex.cc.yamaguchi-u.ac.jp](mailto:nenkai2025a-l-yuk@mlex.cc.yamaguchi-u.ac.jp)

ホームページ URL : <https://sites.google.com/view/nenkai2025kg>

委員長 新沼浩太郎（年会開催地理事・山口大学）

〒753-8512 山口県山口市吉田1677-1 山口大学大学院創成科学研究科

電話：083-933-5759

年会開催期間（2025年9月9日～11日）の連絡先は、プログラムおよび予稿集に掲載します。

年会ホームページ： <https://www.asj.or.jp/jp/activities/nenkai/>

和泉 究（年会実行委員長）

## 寄贈図書リスト

- ① 新天文学ライブラリー第8巻 ダークマター，川崎雅裕，A5判，272ページ，3,000円＋税，日本評論社
- ② 星の文化史 世界13地域における星の知識・伝

承・信仰，後藤明，A5判，254ページ，4,500円＋税，丸善出版

- ③ 見たこともない宇宙，キャロライン・ハーパー著，中野太郎訳，B5変形判，224ページ，3,500円＋税，柏書房

## 月報だより

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](mailto: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。

## 賞の推薦

### 2025年度の島津賞・島津奨励賞の推薦募集 (学会推薦)

#### 1. 島津賞候補者の推薦

わが国の科学技術振興のため，科学技術，主として科学計測に係る領域で，基礎的研究および応用・実用化研究において，著しい成果をあげた功労者を表彰します。日本天文学会を含む島津賞・島津奨励賞推薦依頼学会等から推薦のあった候補者を，選考委員会が選考し，島津科学技術振興財団理事会の審議を経て決定します。

毎年度1件，賞状，賞牌，副賞500万円を贈呈します。

#### 2. 島津奨励賞候補者の推薦

わが国の科学技術振興のため，科学技術，主として科学計測に係る領域で，基礎的研究および応用・実用化研究において独創的成果をあげ，かつその研究の発展が期待される45歳以下（4月1日時点）の若手研究者を表彰します。日本天文学会を含む島津賞・島津奨励賞推薦依頼学会および当財団関係者等から推薦のあった候補者を，選考委員会が選考し，島津科学技術振興財団理事会の審議を経て決定します。

毎年度3件以下，賞状，トロフィ，副賞100万円を贈呈します。

#### ■募集締切

いずれの推薦も2025年7月10日（木）までに推薦書ファイル一式をメール添付にて日本天文学会事務長宛 [jimucho@asj.or.jp](mailto:jimucho@asj.or.jp) に送付してください。

#### ■島津科学技術振興財団 問い合わせ先

〒604-8445 京都市中京区西ノ京徳大寺町1番地  
公益財団法人 島津科学技術振興財団  
事務局 TEL: (075)823-3240 FAX: (075)823-3241  
URL: <https://www.shimadzu.co.jp/ssf>  
E-mail: [admin@ssf2012.onmicrosoft.com](mailto:admin@ssf2012.onmicrosoft.com)

### 第42回（2025年度）井上学術賞推薦要項

学会推薦による応募であるため，本会にて提出書類を審査のうえ，推薦いたします。

対象：自然科学の基礎的研究で特に顕著な業績をあげた50歳未満（2025年9月20日現在）の研究者  
助成金額および推薦数：賞状および金メダル，副賞200万円。

学会からの推薦件数：2件以内。

推薦要項：推薦要項の詳細および推薦書の書式は下記サイトをご覧ください。

<http://www.inoue-zaidan.or.jp/f-01.html>

締切：

2025年8月28日（木）（学会締切）

提出先：推薦書および主要文献（5編以内）のファール一式をメール添付またはダウンロード情報を [jimucho@asj.or.jp](mailto:jimucho@asj.or.jp) へ送付してください。

問い合わせ先：

賞に関する問い合わせは，井上科学振興財団（<http://www.inoue-zaidan.or.jp>）

学会推薦関係は学会事務所にお問い合わせください。

## 研究助成

公益財団法人住友財団  
2025 年度 2 件の研究助成

## 基礎科学研究助成

助成の趣旨：重要でありながら研究資金が不十分とされている基礎科学研究，とりわけ新しい発想が期待される若手研究者による萌芽的な研究に対する助成を行うものです。

助成対象研究：理学（数学，物理学，化学，生物学）の各分野およびこれらの複合分野ならびに工学の基礎分野における萌芽的研究。

応募資格：2025年4月1日時点で45歳以下の若手研究者。産前・産後休暇，育児休業等の取得により研究期間の中断がある場合は年齢要件を考慮しますので，応募前に事務局にお問い合わせ下さい。

①国籍に関係なく，日本の大学等の研究機関に所属し，申請に関する所属機関長の承諾がとれるのであれば応募可能です。

②上記①以外であっても，日本国籍を持つ者または日本に永住を許可されている外国人は応募可能です。なお，海外の大学等の研究機関に所属している者は所属機関長の承諾を得ることが必要です。

\*申請者の所属が営利企業等（兼務を含む）の場合には応募不可です。

\*申請者が研究計画の推進に責任を持ち，助成金の管理及び助成期間満了後の報告を確実にこなすことを条件とします。

\*申請者は，本年度当財団の研究助成に複数又は重複して応募はできません。なお，他の申請者の共同研究者として名前が記されることは問題ありません。

\*2024年度基礎科学研究助成に採択された研究者の，同一テーマでの継続研究の応募も可とします（採択された研究の経過状況を含め「継続研究希望の理由」を申請書に付記。ただし，この取扱いは1回限りとしします）。なお，この場合も上記の年齢要件を満たさないときは応募できません。

助成金：総額2億円（1件当たり最大500万円）

## 環境研究助成

助成の趣旨：現在，人類が直面している大きな問題の一つに環境問題があります。地球温暖化，オゾン層破壊，酸性雨，生物種の減少，食料と人口，砂漠化，公害等様々な問題があり，また，生物多様性の保全，カーボンニュートラル実現に向けた再生資源・エネルギーの利用や持続可能な開発目標

（SDGs）の達成など課題も山積しております。

この助成は，これらの問題・課題の解決のためには多面的アプローチによる分析と様々な対応策の構築が必要と考え，そのためのいろいろな観点（人文科学・社会科学・自然科学）からの研究に対する支援を行うものです。

助成対象研究：

- ・一般研究：環境に関する研究（テーマ，分野は問いません。）
- ・課題研究：2025年度募集課題「地球のネイチャーポジティブを実現するための学際的または国際的研究」

応募資格：研究者個人または研究グループ

①国籍に関係なく，日本の大学等の研究機関に所属し，申請に関する所属機関長の承諾がとれるのであれば応募可能です。

②上記①以外であっても，日本国籍を持つ者または日本に永住を許可されている外国人は応募可能です。なお，海外の大学等の研究機関に所属している者は所属機関長の承諾を得ることが必要です。

ただし，申請者の所属が営利企業等（兼務を含む）の場合には応募不可です。

助成金：総額1億円

一般研究 7,000万円 1件当たり最大 500万円

課題研究 3,000万円 1件当たり最大1,000万円

助成件数のめやす

一般研究 40件程度

課題研究 3件程度

## 共通事項

募集期間：

2025年4月15日(火)～6月30日(月) 日本標準時17:00

応募方法：財団ホームページ（本項最下部URL）から応募ページにアクセスし，手順に従って申請書類を作成して，システムにアップロードすることで申請を行って下さい。

連絡先：〒105-0012 東京都港区芝大門1-12-16

住友芝大門ビル2号館

公益財団法人 住友財団

TEL：03-5473-0161 FAX：03-5473-8471

E-mail：foundation@sumitomo.or.jp

URL：http://www.sumitomo.or.jp/

2025 年度島津科学技術振興財団  
研究開発助成の募集

「主として科学計測に係る科学技術領域全般」と，

毎年度当財団が定める科学技術領域の「新分野」における独創的研究を対象とし、申請時点で国内の研究機関に所属する45歳以下（本年4月1日時点）の新進気鋭の研究者（国籍不問）に助成します。

助成金額は総額2300万円（23件以下）で、以下の分野ごとに募集します。

○「主として科学計測に係る科学技術領域全般」

助成金総額：2,000万円（1件につき100万円）を予定

○「新分野」

助成金総額：300万円（1件につき100万円）を予定

当年度の対象分野は、「先進情報技術の研究分野、または先進情報技術やデータサイエンスを用いて科学的課題解決を目指す研究分野」です。

■応募方法

必要書類一式を当財団ホームページよりダウンロードして提出してください。

島津科学技術振興財団 研究開発助成公募情報：

<https://www.shimadzu.co.jp/ssf/grants/apply.html>

■募集締切・提出先

2025年7月31日（木）17:00までに、島津科学技術振興財団指定のサイトへ提出してください。

詳細は「募集要項」（<https://www.shimadzu.co.jp/ssf/doc/apply/srg.pdf>）を参照してください。

■島津科学技術振興財団 問い合わせ先

〒604-8445 京都市中京区西ノ京徳大寺町1番地  
公益財団法人 島津科学技術振興財団  
事務局 TEL: (075)823-3240 FAX: (075)823-3241  
URL: <https://www.shimadzu.co.jp/SSF>  
E-mail: [ssf@zaidan.shimadzu.co.jp](mailto:ssf@zaidan.shimadzu.co.jp)

## 会 務 案 内

### 日本天文学会 2025 年春季年会報告

2025年春季年会は、3月17日（月）から20日（木）までの4日間、水戸市民会館（茨城県水戸市、ホスト・後援：茨城大学）にて開催された。遠隔地から参加していただけるように、現地およびオンライン（ベストエフォート）のハイブリッド開催であった。講演は現地で行っていただくことを原則としたが、子育てや介護など特別の理由がある場合はオンライン講演も受け付けた。年会参加者数は、会員986名、非会員63名の計1,049名（うち現地参加者は811名）であっ

た。講演件数は、口頭講演（a）が508件、ポスター講演（b, c）が105件（うちポストデッドラインペーパー1件）の計613件であった。天文教育フォーラム、特別セッション（天文学白書）、および受賞記念講演も開催された。企画セッションは募集しなかった。開催地である茨城大学および参加者の皆様のご理解とご協力により、大きなトラブルなく、有効な年会とすることができた。参加者・関係者の皆様にこの場を借りてお礼申し上げたい。座長は次頁の方々に務めていただいた。会場・時間帯別にお名前を示し、感謝の意を表する（敬称略）。

〈記者会見〉

日本天文学会2025年春季年会記者会見は、2025年3月14日（金）13:00から、オンライン及び茨城大学水戸駅南サテライトでのハイブリッド形式にて開催された。冒頭、百瀬副会長による挨拶、日本天文学会の組織・活動概要の説明と各賞受賞者の紹介、及び、本春季年会の紹介が行われた。それに続き、百瀬副会長の司会・進行により、天文教育普及賞の受賞理由と日本天文遺産の認定についての報告、及び学術発表2件が行われた。当日は報道機関から7名、それ以外の関係者2名の参加があった。天文遺産の認定を中心に、多くの全国紙・地方紙（オンライン版含む）やウェブメディアにおける報道、研究機関のホームページでの紹介が幅広く行われたことを確認している。

第7回（2024年度）天文教育普及賞（3件）

「一般社団法人星つむぎの村」

「加藤恒彦（かとうつねひこ）・立教大学特任教授」

「村松修（むらまつおさむ）・コスモプラネタリウム渋谷/元五島プラネタリウム解説員」

渡部潤一（天文教育普及賞選考委員会委員長）

第7回（2024年度）日本天文遺産（3件）

「臨時緯度観測所本館（木村榮記念館）（岩手県奥州市）」

「三鷹200 MHz太陽電波望遠鏡（長野県南佐久郡南牧村）」

「花山天文台（本館、別館、子午線館）（京都府京都市）」

松尾厚（日本天文遺産選考委員会委員長）

|   | 3月17日                     |                                    | 3月18日                               |                            | 3月19日                               |                                     | 3月20日                      |
|---|---------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
|   | 10:30-12:40               | 14:00-16:10                        | 9:30-11:40                          | 13:00-15:10                | 9:30-11:40                          | 13:00-15:10                         | 9:30-11:40                 |
| A | 銀河団<br>三石郁之<br>(名古屋大学)    | 銀河団/宇宙論<br>石山智明<br>(千葉大学)          | 宇宙論<br>正木彰伍<br>(中京大学)               | 太陽<br>今田晋亮<br>(東京大学)       | 太陽<br>上野悟<br>(京都大学)                 | 太陽<br>石川遼太郎<br>(核融合科学<br>研究所)       | 太陽<br>松本琢磨<br>(名古屋大学)      |
| B | 星間現象<br>川中宣太<br>(東京都立大学)  | 星間現象<br>田中周太<br>(青山学院大学)           | 星間現象<br>山本宏昭<br>(名古屋大学)             | 星間現象<br>岩田悠平<br>(国立天文台)    | 観測機器<br>新沼浩太郎<br>(山口大学)             | 観測機器<br>村瀬建<br>(岐阜大学)               | 観測機器<br>谷口暁星<br>(北見工業大学)   |
| C | 恒星・恒星進化<br>上塚貴史<br>(東京大学) | 恒星・恒星進化<br>松永典之<br>(東京大学)          | 恒星・恒星進化<br>西村信哉<br>(東京大学)           | 恒星・恒星進化<br>小形美沙<br>(早稲田大学) | 活動銀河核<br>川室太希<br>(大阪大学)             | 活動銀河核<br>秦和弘<br>(名古屋市立大学)           | 活動銀河核<br>小出眞路<br>(熊本大学)    |
| D | 教育・広報・他<br>伊藤信成<br>(三重大学) | 教育・広報・他<br>林隆之<br>(麻布中学校・<br>高等学校) | 観測機器<br>江副祐一郎<br>(東京都立大学)           | 観測機器<br>北本俊二<br>(立教大学)     | 観測機器<br>玉川徹<br>(理化学研究所)             | 観測機器<br>中嶋大<br>(関東学院大学)             |                            |
| E | 銀河<br>小麥真也<br>(工学院大学)     | 星形成<br>大橋聡史<br>(国立天文台)             | 星形成<br>廣田朋也<br>(国立天文台)              | 星形成<br>下西隆<br>(新潟大学)       | 星形成/原始惑星<br>系円盤<br>安井千香子<br>(国立天文台) | 原始惑星系円盤<br>田崎亮<br>(東京大学)            | 原始惑星系円盤<br>奥住聡<br>(東京科学大学) |
| F | 惑星系<br>青山雄彦<br>(中山大學)     | 惑星系<br>小林浩<br>(名古屋大学)              | 観測機器<br>本田充彦<br>(岡山理科大学)            | 観測機器<br>樺引洸佑<br>(国立天文台)    | 観測機器<br>平原靖大<br>(名古屋大学)             | 観測機器<br>白崎裕治<br>(国立天文台)             | 観測機器<br>松浦周二<br>(関西学院大学)   |
| G | 銀河形成・進化<br>馬渡健<br>(早稲田大学) | 銀河形成・進化<br>札本佳伸<br>(千葉大学)          | 銀河形成・進化<br>兒玉忠恭<br>(東北大学)           | 銀河形成・進化<br>長島雅裕<br>(文教大学)  | 銀河形成・進化<br>泉拓磨<br>(国立天文台)           | 銀河形成・進化<br>小久保充<br>(国立天文台)          | 銀河形成・進化<br>市川幸平<br>(早稲田大学) |
| H | コンパクト天体<br>柴田晋平<br>(山形大学) | コンパクト天体<br>土肥明<br>(理化学研究所)         | コンパクト天体<br>山口弘悦<br>(宇宙航空研究<br>開発機構) | コンパクト天体<br>樫山和己<br>(東北大学)  | コンパクト天体<br>水本岬希<br>(福岡教育大学)         | コンパクト天体<br>鈴木寛大<br>(宇宙航空研究<br>開発機構) |                            |

学術発表その1

深宇宙から届く謎の天体現象、高速電波パーストの新  
事実発見—そのほぼ全てが「繰り返す」爆発だった！  
山崎翔太郎（國立中興大學）、後藤友嗣（國立清華大  
學）、橋本哲也（國立中興大學）

学術発表その2

天文学・宇宙物理学用語の知見獲得に対するポップカ  
ルチャーの影響～「○○ばかり見てないで勉強しなさい！」は正しいか？～  
山崎大（茨城大学）、日下部展彦（アストロバイオロ  
ジーセンター/国立天文台）、川越至桜（東京大学）  
（百瀬宗武）

〈特別セッション〉

「みんなで天文学の未来を語ろう！第2回」

世話人：天文学白書委員会第1期委員

赤堀卓也（国立天文台）、石川遼子（国立天文台）、  
岡本桜子（国立天文台）、鷹野重之（九州産業大  
学）、河原 創（JAXA/宇宙科学研究所）、高橋慶  
太郎（熊本大学・委員長）、田中雅臣（東北大学）、

富田賢吾（東北大学）、野田浩司（千葉大学）、野田  
博文（東北大学）、米徳大輔（金沢大学）

年会最終日の3月20日(木) 14:00-16:00に天文学白  
書に関する特別セッションがハイブリッド形式で開催  
されました。本セッションは2024年秋季年会での  
キックオフに続く第2回で、天文学の社会的側面にス  
ポットを当てました。参加者の人数は現地が約50名、  
オンラインが約30名と多くの方に参加していただき  
ました。

本セッションではまず委員長の高橋から天文学白書  
委員会の趣旨が改めて説明されました。この事業は日  
本天文学会員が波長横断・分野横断で天文学全体につ  
いて楽しく語り合う場を作って天文学コミュニティを  
盛り上げていくこと、そしてコミュニティの夢を白書  
としてまとめることを主な目的としています。白書の  
章立てとしてはサイエンス5章（「太陽と恒星」「星と  
生命」「高エネルギー現象」「銀河と銀河団」「宇宙  
論」）と天文学を支える諸要素に関する5章（「天文学  
を支える技術と実験」「ICTで飛躍する天文学」「天文  
学と歴史」「持続可能なコミュニティ」「天文学と社

会)」が予定されています。詳しくは天文月報2025年2月号の記事をご参照ください。

最初の基調講演はTMT国際天文台の嘉数悠子氏による「地域社会に根ざした天文学を目指して—マウナケアの教訓」でした。ハワイでのTMT建設をめぐる議論は、科学と先住民文化の共存の重要性を改めて私たちに認識させてくれました。ここ数年、TMTは地域社会と連携し、尊重・包摂・共同管理の精神に基づいて教育や環境保全に取り組んでいます。講演ではこれらの取り組みが具体的に紹介され、その教訓をもとに他のプロジェクトへの有益な知見が提供されました。

次の基調講演は九州産業大学の鴈野重之氏による「天文学と社会の接点」です。鴈野氏は第1回の集会には一般の聴衆として参加していましたが、積極的に意見を述べていただき委員に熱意が伝わったため、その後に声をかけて委員会に加わっていただくことになりました。鴈野氏の講演は教育・普及・キャリアパス・市民天文学・メディアなど天文学と社会の様々な接点を広く紹介するもので、天文学者が活躍できる場が広がっていることを感じさせてくれるものでした。

当初は2つの基調講演の後に35分間のパネルディスカッションを行う予定でしたが、聴衆の皆さんの質問やコメントが非常に多く盛り上がったため、委員を中心としたパネリストの皆さんにはほんの一言ずつ述べていただくだけとなりました。嬉しい誤算です。最後に、白書の執筆者を募集する旨を告知し、どのような白書になるかのイメージを説明する予定でしたが、これも時間が足りなかったためほんの少し案内するだけとなりました。白書の執筆者募集に関しては何らかの形で改めて告知する予定です。2025年の秋季年会でもまた特別セッションを開催したいと考えておりますのでご期待ください。

#### 〈天文教育フォーラム〉

会期初日の17時から18時30分まで、日本天文教育普及研究会との共催にて天文教育フォーラムが開催された。今回は水戸市民会館の中ホール（天文学会G会場）とオンラインとのハイブリッド開催であり、対面とオンライン合わせて約100名の方にご参加いただいた。

今回のフォーラムのテーマは、「天文教育におけるSTEM/STEAMとこれから」であった。STEM/STEAM教育という言葉が聞かれるようになって久しい。STEMはScience（科学）、Technology（技術）、Engineering（工学）、Mathematics（数学）の頭文字を取り、これらの教育を横断的・総合的に進めていくもの

で、これにArt(s)（芸術、リベラルアーツ）を加えたSTEAM教育として各国に広がりつつある。本フォーラムでも2016年秋季年会にて「STEM/STEAM教育と天文学」というテーマで取り上げたことがあったが、DX（デジタル・トランスフォーメーション）化や、生成AI技術の急速な発展など、社会情勢の変化を受けて、いま再び注目を集めるようになってきている。天文学は、もとより科学や技術だけでなく、芸術や哲学なども扱うことができる総合的な分野であるが、よりその姿を明確にするため、今回の天文教育フォーラムでは招待講演者よりSTEAM教育の現状、また天文学に関わるSTEAMの実践例などを共有し、STEAM教育の課題や今後の方向などの議論を行う場として、今回のテーマが設定された。

今回は話題提供として、東京大学の川越至桜氏と、東京学芸大学の大谷忠氏、株式会社steAm代表取締役を務められている中島さち子氏を招待講師としてお招きし、STEAMの背景からそれぞれの活動についてご紹介いただいた。2016年の時点ではメジャーではなかった生成AIやビッグデータなどの技術も広まり、教育現場を含め、様々なSTEAM教育の活動の実践があることが共有された。その後、参加者全体を含めた意見交換の場を設け、天文学におけるSTEAMはどういうことが考えられるかについての議論を行った。招待講師の方からの丁寧な回答もあり、「実社会の問題解決」にとどまらない、「課題発見能力」を培う上での天文学におけるSTEAM教育の可能性について議論された。天文学の研究をしていると、宇宙ステーションなど地球のごく近傍の宇宙空間のことは「自分のやっている天文学とは違う」と思うことも多い。しかし、天文学をやっているからこそ、遠くの宇宙だけではなく、地球を含めた近くの宇宙やそこにいる生命を含めた、広義の天文学を捉え直すと、天文学におけるSTEAM教育の可能性が広がるのではないだろうか。

教育関係者を含め研究者においても、様々な活動がされている方も多いことと思う。すでにSTEAM的な活動がされている方も、そう思ってやっていない方も、本フォーラムの知見を得て、さらに発展的な活動に進展してもらえるのであれば、望外の喜びである。

（日下部展彦）

#### 〈受賞記念講演〉

年会2日目の3月18日16:00からの会員全体集会にて、2024年度の林忠四郎賞、研究奨励賞、欧文研究報告論文賞、天体発見賞、天体発見功労賞、天文功労賞、天文教育普及賞の授賞式が行われた。また、翌

3月19日16:00からは、林忠四郎賞と研究奨励賞の受賞記念講演が行なわれた。受賞記念講演における講演者（敬称略）および講演タイトルは以下の通りである。

#### 林忠四郎賞受賞記念講演

井岡邦仁（京都大学）「高エネルギー突発天体の理論的研究」

#### 研究奨励賞受賞記念講演

Nugroho Stevanus（アストロバイオロジーセンター）  
「Decoding Exoplanet Atmospheres using High-resolution Spectroscopy: New Chemical Species, Temperature Inversions and the Path Forward」

藤林翔（東北大学）「連星中性子星合体における質量放出と重元素合成」

札本佳伸（千葉大学）「遠方銀河の観測的研究と海外への旅」

井岡氏の講演では、長年にわたる高エネルギー突発天体への先駆的な理論研究の取り組みが、その時々緑のあった方々とのエピソードと共に紹介されるとともに、いかにユニークで訴求力のある研究を展開していくかについて、若手研究者や学生に向けたメッセージも紹介された。研究奨励賞の3氏による講演も熱意に溢れており、参加者はおおいに刺激を受けたことだと思う。なお、欧文研究報告論文賞はHirano et al. 2020, PASJ, 72, 93とKitaki et al. 2021, PASJ, 73, 450の2編に授与された。受賞記念講演は2025年度の秋季年会で実施される予定である。

#### 〈保育室〉

水戸市民会館4階の和室にて保育室を開設した。本年会では4家族5名が一時保育を利用した。保育室の準備にあたり、茨城大学のスタッフの方々にはさまざまな協力をお願いしたことを感謝する。

#### 〈ジュニアセッション〉

第27回ジュニアセッションを、春季年会最終日の3月20日（木・祝）に、現地とオンラインでのハイブリッド形式で開催した。発表数は63件、そのうち現地会場での発表が41件であった。参加者数は、現地会場が発表者生徒168名、指導者38名に加え、保護者や教育関係者などの一般の参加者、運営関係者合わせて305名であった。オンライン参加者は、発表関係者が33接続、その他が39接続であった。これに加えて、年会参加の研究者が数十名参加しており、全体

として約430名がセッションに参加したことになる。3月の比較的遅い時期かつ祝日の開催だったこと、年会中の開催だったことから、発表数、参加者数ともに昨年を超える盛況となった。

当日は井田会長の挨拶に始まり、午前、午後それぞれ約2時間の口頭発表セッションを行った。座長は、午前中が濤崎智佳（上越教育大学）、西健一郎（鹿児島県立国分高等学校）、午後が鳥羽儀樹（国立天文台）、布施亮平（駿台学園高等学校）の各氏にお願いした。例年通り口頭発表の希望が多く、1件あたりの発表時間は3分だったが、各発表者は研究の要点をうまくまとめて発表し、座長の的確な進行も相まって午前・午後ともほぼスケジュール通りに進められた。昼の時間帯と午後の口頭セッション終了後に、現地会場ではポスターセッションを行い、年会参加の研究者も含めて熱気あふれる活発な議論が行われた。ジュニアセッションでは、口頭発表の有無にかかわらずすべての発表がポスターセッションに参加することが基本で、現地参加できなかった発表はホームページ上にPDFを掲示し、コメントを収集して発表者に送付することとしている。また、今年も、タイの高校生から6件の発表があった。残念ながらオンラインによる発表だったため、対面での深い議論ができなかったが、レベルの高い研究は、参加者にも印象的だったと思う。

近年では、大学や研究機関が主催あるいは学校と連携するなどして研究を指導するケースが増え、またインターネットの普及により最先端の観測データを誰でも利用できる環境が整っているため、ジュニアセッションで発表される研究の専門度、レベルが格段に上昇している。それは一方で、研究が迷走する危険性もはらんでいる。これらの意欲的な研究が適確な方向に進むよう、ジュニアセッション実行委員会はもちろんのこと、天文学会に所属する研究者のアドバイスがますます必要になってきていると考えている。一方で、部活による数十年に渡る継続的な観測に基づく研究など、天文学的に重要な資料の提示もあり、ぜひ今後も発展させていってほしいと願っている。

今回のジュニアセッションは、水戸市民ホールの大ホールを割り当てていただいた。会場に入るなり、その広さに感嘆の声を上げる生徒たちが何人もいて、発表者の意欲もさらに高まったことと思う。逆にホール設備との関係から、オンライン参加者にとっては音声品質が悪く、発表を十分に伝えられなかったことは申し訳なく思う。昨年来会場との調整を行ってくださった開催地の関係者の皆様、年会実行委員会、予稿や発表資料の確認、前日の準備から当日の運営を手分けし

て行った世話人の皆様には改めて感謝したい。

ジュニアセッション実行委員会では、今後も運営方法の安定化と改善をはかり、より充実したセッションが行えるように活動を進めて行きたいと考えている。ジュニアセッションでは、例年参加者同士またプロの研究者との深い議論を行うことで、生徒たちのみならず指導する先生方も強い刺激を受けて、天文学研究への理解と研究力向上につながってきた。引き続き天文学会会員の皆様のご理解とご協力をお願いしたい。

最後になったが、本ジュニアセッションは、日本天文学会が主催し、日本天文教育普及研究会が共催、日本学術会議が後援した。参加者およびご協力いただいた関係各位に御礼申し上げる。

(山村一誠)

#### 〈公開講演会〉

日本天文学会第74回公開講演会は、2025年3月16日(日) 13:30から16:30まで、茨城大学の後援を得て、水戸市民会館ユードムホール(中ホール)で開催された。120名の聴衆が参加し、「宇宙の始まりから生命が集う星へ～最新天文学と宇宙天気予報の挑戦～」を統一タイトルに、以下の3講演が行われた。

- (1)「アルマ望遠鏡とジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡が明らかにした宇宙の始まりの銀河たち」講師：橋本拓也氏(筑波大学・助教)
- (2)「第二の地球を探る～将来観測から解き明かすその誕生と環境～」講師：逢澤正嵩氏(茨城大学・助教)
- (3)「気象予報士が考える宇宙天気キャスターが活躍する未来」講師：齊田季実治氏(株式会社ヒンメル・コンサルティング代表取締役、気象予報士)

これに引き続いて行われた講演者と聴衆の議論セッションでは、講演内容に加えAIデータサイエンスまで話が広がり、活発な質疑応答が交わされた。参加者にはこの分野が学術的な進展だけでなく、身の回りの日常生活にも寄与していることを伝えられた。司会は百瀬宗武副会長(茨城大学)が務めた。

(百瀬宗武)

#### 〈懇親会およびビアスタンド〉

年会3日目の3月19日(水) 18:00より、講演会場と同じ建物内の1階やぐら広場において、2019年秋季年会以来5年半ぶりの懇親会が行われた。事前申込者391名(一般191名、学生200名)、年会開催期間中の参加申込者37名(一般21名、学生16名)のほか、来賓3名および年会開催に尽力いただいた学生など23名を合わせて計454名の参加があった。この参加

者数は、参加者数の集計結果が残されている2007年以降では、2011年秋季年会(鹿児島大学)次ぐ歴代2位であった。事前申込はオンライン決済サービス「イベントペイ」を用いて事前決済を行う事により年会開催期間中の受付業務を極力簡略化するとともに、キャンセルのリスクを軽減させた。一方、年会開催期間中の参加申込みは懇親会開始直前まで現金払いにて受け付けた。懇親会開始30分前から、懇親会会場入り口にて水戸の梅大使2名、水戸黄門様御一行、地元のキャラクター「みとちゃん」による出迎えがあり、参加者は記念写真を撮るなど大いに盛り上がっていた。懇親会は茨城大学の野澤恵開催地理事の進行で18:00より始まり、高橋靖水戸市長、太田寛行茨城大学学長、岡田誠茨城大学理学部長による挨拶をいただいた。その後百瀬宗武天文学会副会長、梅大使、水戸黄門様御一行、みとちゃんも加わって、水戸の酒蔵である明利酒類の「副将軍」の酒樽の鏡開きを行い、百瀬氏による挨拶および乾杯のご発声で飲食がスタートした。懇親会中頃に、梅大使2名の挨拶、水戸黄門様御一行(〔一社〕水戸葵社中)による演劇が行われた。終盤には、次回開催地である山口大学の新沼浩太郎開催地理事より挨拶と次期年会への参加の呼びかけがあった。その後、予定を30分超過した20:30に散会となった。企画制作・メニュー監修・和食提供を地元の鰻屋である「蒲焼割烹ぬりや」にお願いし、シェフ戸田康利氏、スーシェフ戸田明子氏が洋食提供を担当し、あんこう鍋、すみつかれ、けんちん汁などの郷土料理や、常陸牛ローストビーフ、うなぎの炊き込みご飯、チャーシュー、牛すじ煮込みなどの料理が提供された。アルコールは、カクテル提供を水戸市内のBar Areaに、クラフトビール提供を、水戸ブルーイング大工町醸造所(水戸市)、ビーチカルチャーブルーイング(茨城県大洗町)、イエローピアワークス(福島市)にお願いした。

また、おそらく初の試みとして、年会1, 2, 3日目の午後から夕方にかけて、元山町ブルワリー／ビアスタンド(水戸市)およびイエローピアワークス(福島市)の協力でクラフトビアスタンドの営業が、講演会場と同じ建物内の2階ホワイエにて行われた。連日100名程度がクラフトビールを片手に研究などの議論などを行い大盛況であった。

(米倉覚則)

(年会実行委員長：廿日出文洋)

#### 入会・移籍・退会のお知らせ

2025年3月17日に開催された公益社団法人日本天

文学会理事会において、正式に入会・移籍が承認された方、退会が報告された方の人数をお知らせします。

入会 正会員：19名 準会員：3名  
2025年度入会 正会員：2名 準会員4名  
退会 正会員：5名  
移籍 準→正：3名 正→準：12名

## 2026 年度日本天文学会「国内研修支援金」の公募

### 〈募集要項〉

応募資格：応募時点で日本天文学会会員であること（内規第3条）。

募集人数：若干名

研修期間：2026年4月から2027年3月までの12カ月のうち希望する期間。

※受入機関、指導教員（受入研究者）と相談の上で決めていただきます。

※研究終了後、2カ月以内に研究報告書を提出していただきます。

支給額：総額25万円以下（2026年4月支給予定）

申込み：応募申請書に必要事項を記入し、電子ファイルをEメールで送付してください。郵送の場合は、国立天文台内「日本天文学会事務長」宛てに紙面を送付してください。

送付先：日本天文学会事務長

住 所：〒181-8588 東京都三鷹市大沢2-21-1

国立天文台内

email: jimucho@asj.or.jp

応募締切：2025年8月29日（金）必着。

審 査：国内研修支援金選考委員会（内規第5条）で審査し、10月中旬までに通知いたします。

申請用紙：学会ホームページからダウンロードいただくか、日本天文学会事務所（jimucho@asj.or.jp）までご請求ください。

<https://www.asj.or.jp/jp/activities/expenses/kensyu/>  
（申請書の書き方例もご参照ください）

成果の発表：研修期間終了後2ヶ月以内に「研修成果報告書」を提出していただきます（「天文月報」に掲載されます）。また、天文学会年会において研究報告（発表）を行うことを推奨します。

なお、国内研修支援金に関する内規は天文学会ホームページの「定款・細則・内規」に掲載されています。

<https://www.asj.or.jp/jp/about/articles/#naichi>

問い合わせ先：国内研修支援金選考委員会（委員長：

高妻真次郎）

kokunai-kenshu2023@asj.or.jp

## 編集委員会より

### 天文月報編集委員 退任の言葉

私は『天文月報』の編集委員を2期4年間、その中の後半2年間は編集長を務めさせていただきました。『天文月報』という歴史ある刊行物の編集長という大役を無事に何とか務めあげることができたのも、編集委員としての役割を見事に果たして頂けた他の編集委員の皆さん、月報編集事務としての豊富な経験をもとに様々な場面で適切な助言をもとに編集活動を支えてくださった越田さんと栗田さん、そして何よりいつも素晴らしい記事を投稿するなど、天文月報の活動を支えていただいている天文学会の会員の皆さんのお陰だと思っています。

これからは『天文月報』の1読者として、毎月の記事を楽しみにしたいと思っています。ありがとうございます。

（津村耕司）

2期4年にわたって務めた編集委員を退任します。編集委員の重要な仕事である原稿チェックでは、私に関係する研究分野だけでなく、様々な種類の熱意あふれる記事をじっくり読み込むことができ、私自身にとって非常に有意義な経験でした。始めはマニュアルを逐一確認しながらの作業でしたので、想像以上に大変な作業でしたが、徐々にペースを掴んで2期目には楽しく仕事ができるようになりました。4年間で特集記事をメインで担当することがなく、アクティブな編集委員とは言えなかったことは申し訳なく思っています。星・惑星形成分野で活躍する、特に若手の方々の記事収集が十分できたとは言えませんが、それでも少しでも該当分野の研究成果をわかりやすく伝える一助になれたのであれば嬉しい限りです。4年間本当にありがとうございました。

（岩崎一成）

2期4年にわたり編集委員を務めさせていただきました、この度退任することとなりました。100年以上の歴史を持つ天文月報の編集に関わる機会を得ることができたことを光栄に思います。特に印象深いのは、編集委員として最初に担当した高橋慶太郎さんによる小平桂一先生の12回連載のロングインタビューです。私が

現在働いているすばる望遠鏡の計画をリードされた小平先生の幼少期から現在まで、誰よりも先に原稿を読むことができる貴重な機会に恵まれ、毎回とても楽しく編集作業に取り組むことができました。また、自分の専門外の内容も含めて、幅広い天文学の話題について、また幅広い世代の著者の方々の個性がうかがえる文章に触れることができ、編集委員としてのみならず、一読者としても学ぶことの多い時間だったと思います。天文月報が今後もますます発展していくことを心より願っております。最後に、いつも丁寧に作業の面倒をみてくださった日本天文学会の越田さんと栗田さん、編集長をはじめ委員の皆様には深く感謝申し上げます。

(小野寺仁人)

天文月報編集委員を2期4年務めさせていただきました。天文月報は査読のない雑誌ですが、実情は、分野の異なる3名の編集委員が記事を確認し、適宜改善案を出し、これに著者が対応し、さらに仕上げの事務点検が入ります。この一連の編集作業には数カ月を要するのが一般的で、1つ1つの記事が大変な手間をかけ、丁寧に作り上げられていることを知りました。私自身は編集委員として目立った仕事はできませんでしたが、編集作業を通じ、天文学の普及に少しばかり貢献できたことを嬉しく思っています。実際には貢献というのもおこがましく、編集委員でなければ読まないかもしれない、自分の専門分野以外の記事をしっかりと読む良い勉強の機会を得たようなもので、編集委員の機会を頂いたことに感謝しています。今後は一読者として、天文月報を楽しませていただきます。ありがとうございました。

(勝田哲)

このたび、天文月報の編集委員としての4年間の任期を終えることとなりました。この期間に多くの記事・企画を担当し、特集にも一つ（「光赤外位置天文学」；2023年5月号～7月号）携わることができ、大変充実した任期であったように思います。

編集委員としての活動を通じて、これまで以上にじっくりと月報を読み込む機会を得、掲載される記事の内容の豊富さと奥深さに改めて深く感銘を受けました。特に、校閲の段階では、自分の研究テーマとは異なる分野の記事を扱うことも多く、少しでも分野が異なれば知らないことが多いことを痛感いたしました。同時に、他分野の研究者や非研究者の方々に、自分の研究の面白さをどのように伝えるかをじっくり考えるきっかけにもなりました。月1回の編集会議では、他

の編集委員の皆さまの高い意識に刺激を受け、自分もいち研究者として天文学の振興・普及に少しでも貢献したいという思いを新たにいたしました。また、会議での報告やSNS等で読者の方々からの感想を知る機会もあり、特に自分が担当した記事に良い反応があったときは大きな喜びを感じました。4年間の任期を経て、天文月報が日本の天文学界に果たしている役割の重要性に、遅まきながら気づかされた次第です。

編集・校閲作業は大変ではありましたが、もともと文章を読むことが好きなこともあり、楽しみのひとつでもありました。ですので、退任に際し、寂しさを感じる部分もありますが、今後は一読者として引き続き天文月報を楽しませていただければと思います。

最後に、他の編集委員の皆さま、月報係の越田さん、栗田さん、記事を寄せてくださった執筆者の皆さま、そして天文月報を愛読して下さっている皆さまに、心から感謝を申し上げるとともに、天文月報のますますの発展を心より願っております。

(川中宣太)

4年間にわたり、編集委員というこれまでにない貴重な経験をさせていただき、心より感謝申し上げます。着任当初は、自分に編集委員という大役が務まるのか不安でしたが、当時編集長の江草さんをはじめ、事務局の皆さま、そして他の編集委員の皆さまに支えられ、4年間走り続けることができました。

着任早々には機械学習の特集を担当させていただき、その際、天文学のさまざまな分野で多様な形で機械学習が活用されていることに改めて驚かされた記憶があります。また、日々の業務として行ってきた校閲や点検などを通して、これまで以上に入念に記事を読み込むようになり、自然と分野外の知識も広がっていききました。楽しみながら、とても有意義な時間を過ごさせていただきました。偶然にも大学院時代の同期が多く編集委員を務めており、リラックスした雰囲気の中で活動に参加できたのも幸運でした。これまでお世話になったすべての方々に深く感謝申し上げ、退任のご挨拶とさせていただきます。

(西澤淳)

2期4年にわたって編集委員を務めさせていただきました。記事の担当や原稿チェックを通じて、天文学に携わる多くの方々と関わる事ができ、有意義な4年間でした。自分の専門外の分野や、天文普及に関するものなど様々なジャンルの記事を読者の皆様に届けることができ、大変光栄に思います。執筆者と読者の皆様、またお世話になった委員と月報係の皆様は心

から感謝致します。

今後も天文月報が天文学の発展・普及に貢献していくことを期待しています。

(仏坂健太)

## 訃 報

会員の木村博氏は2025年4月2日に逝去されました。満87歳でした。ご冥福をお祈り申し上げます。

### 天文月報118巻7月号 主な掲載予定記事

アストロバイオロジーセンター10周年特集(1): アストロバイオロジーセンターの10年【田村元秀】 アストロバイオロジーセンターにおける系外惑星系の高コントラスト撮像【葛原昌幸】 系外惑星における光合成【滝澤謙二】

EUREKA: 相互作用銀河の電波観測から探る銀河衝突がもたらす分子ガスの性質変化【金子紘之】

〈シリーズ〉天文学者たちの昭和: 日江井榮二郎氏ロングインタビュー [第4回] 乗鞍コロナ観測所(2)【高橋慶太郎】

編集委員: 津村耕司(委員長), 岩崎一成, 小野寺仁人, 勝田哲, 川中宣太, 西澤淳, 仏坂健太, 岡本文典, 日下部展彦, 小山翔子, 志達めぐみ, 鈴木大介, 烏海森, 信川久美子, 橋本拓也, 宮本祐介

令和7年5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](mailto: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2025年(本誌掲載記事は無断転載を禁じます)