

## 2023 年度日本天文学会林忠四郎賞

氏名：高田 昌広（たかだ まさひろ）

現職：東京大学 教授

受賞対象題目：すばる望遠鏡データを用いた精密宇宙論の探求

Exploring Precision Cosmology with Subaru Data

高田昌広氏は、すばる望遠鏡を用いた精密宇宙論の研究に長年取り組み、特にすばる望遠鏡の広視野カメラ Hyper Suprime-Cam (HSC)を用いたアンドロメダ銀河の高時間頻度観測による原始ブラックホール探査や、すばる望遠鏡 HSC 戦略枠サーベイの宇宙論解析において主導的役割を果たし、世界をリードするインパクトの高い研究成果を上げた。後者については、高田氏の弱重力レンズ宇宙論分野における先駆的な理論研究の成果が応用されており、理論面での貢献も大きい。これらの研究により、日本の天文学の特に宇宙論分野の発展に寄与し、さらに後進の育成にも多大な貢献をなしている。

高田氏の代表的な研究業績の一つが、アンドロメダ銀河の高時間頻度観測による原始ブラックホール探査の研究である。初期宇宙に大きな密度ゆらぎが存在すると、そのゆらぎの重力崩壊によって、原始ブラックホールが生成される可能性がある。このような原始ブラックホールが生成されると、冷たいダークマターとして宇宙の構造形成に主要な寄与を成すと考えられている。高田氏は、HSC の稼働後まもなく、アンドロメダ銀河の HSC 観測によって、太陽質量の  $10^{-11}$  から  $10^{-6}$  倍の原始ブラックホールを非常に効率よく探査できるという着想を得て、共同利用時間を PI として申請することで観測時間を取得した。そして、当時大学院生であった新倉氏らとの共同研究で観測データ解析を主導し、上記の質量範囲の原始ブラックホールのダークマター説を世界で初めて棄却した (Niikura, Takada, et al. 2019, Nature Astronomy, 3, 524)。さらに高田氏らは、OGLE (Optical Gravitational Lensing Experiment) の天の川銀河バルジ領域の5年間のモニターデータをもとに太陽質量の  $10^{-5}$  倍の原始ブラックホールの存在量に強い制限を課した (Niikura, Takada, et al. 2019, Phys. Rev. D, 99, 083503)。この一連の研究はきわめて独創的かつ国際的に大きなインパクトを与えた研究であり、自身の研究も含めて (Kusenko et al. (alphabetical, incl. Takada) 2020, Phys. Rev. Lett. 125, 181304) 数多くの理論研究や観測研究を誘起することとなった研究業績である。

高田氏は、長年にわたって弱重力レンズの理論研究に取り組み、多くの優れた研究業績を上げている。弱重力レンズ場の二点相関関数やパワースペクトルなどの統計解析によって、宇宙の密度ゆらぎの振幅などの重要な宇宙論パラメータが測定され、標準宇宙論モデルの確立や検証において主要な役割を果たしている。一方、高田氏は弱重力レンズ場の非ガウス性に着目した研究に精力的に取り組み、Jain 氏との一連の共同研究によって非ガウス性を定量付ける統計量の一つ、三点相関関数の重要性を世界に先駆けて指摘し、注目を浴びた (Takada & Jain 2004, MNRAS, 348, 897)。高田氏はさらに非ガウス性の研究を推し進め、Hu 氏との共同研究によって、観測領域の有限性が観測量であるパワースペクトルに与える影響について、非ガウス性の観点から理論的かつ統一的に取り扱う解析的手法を考案した (Takada & Hu 2013, Phys. Rev. D, 87, 123504)。この論文のタイトルにも使われている「super survey covariance」は、現在ではこの研究分野の共通語として定着しており、現在の宇宙論サーベイデータの解析においてはこの効果を考慮することが必須になるなど、大きなインパクトを与えた理論研究業績である。さらに高田氏は、弱重力レンズと銀河の測光的赤方偏移を組み合わせ宇宙の構造形成の時間進化を探る重力レンズトモグラフィーの

先駆的な理論研究でも知られ、例えば大栗氏との共同研究により、トモグラフィーを利用し測光的赤方偏移の不定性を自己較正するアイデアを提唱した (Oguri & Takada 2011, Phys. Rev. D, 83, 023008)。

高田氏は、弱重力レンズ宇宙論に関するこれらの理論研究の業績を背景として、2014年から観測を開始した HSC 戦略枠サーベイにおいて主導的役割を果たしている。戦略枠サーベイの科学目標の策定やサーベイデザインの研究において中心的な役割を果たし、HSC 戦略枠サーベイの実現に本質的な貢献を行った (Aihara et al. (alphabetical, 責任著者: Takada, Strauss) 2018, PASJ, 70, S4)。サーベイ開始後は、若手研究者を多く含む国際チームを率い、弱重力レンズ効果から宇宙論観測量を精密に測定し標準宇宙論モデルを徹底検証する研究を主導した (Hikage et al. (incl. Takada in the first tier) 2019, PASJ, 71, 43; Miyatake, Sugiyama, Takada, et al. 2022, Phys. Rev. D, 106, 083520)。これらの解析において、上記の super survey covariance や測光的赤方偏移の自己較正など、高田氏の理論研究の成果が多面で活用されたことは特筆に値する。解析の結果、HSC 戦略枠サーベイと宇宙背景放射からの予言の間に、密度ゆらぎの振幅に対して  $2\sigma$  程度の矛盾が存在する可能性が示された。競合サーベイの結果も同様の  $2\sigma$  程度の矛盾を示していることから、この矛盾は  $S_8$  問題と呼ばれ、現在では宇宙論研究における最重要テーマの一つとして、幅広い理論研究や観測研究が行われており、大きな研究の潮流を作っている。

このように、高田氏は重力レンズの理論研究およびすばる望遠鏡を駆使した観測研究によって、国際的に高く評価される多数の研究成果を挙げ、宇宙論分野の発展に大いに貢献した。さらに、間もなく稼働を開始するすばる望遠鏡の広視野多天体分光器 Prime Focus Spectrograph (PFS) においても、高田氏はサイエンス検討グループを牽引し国際共同研究プロジェクトを主導するなど (Takada et al. 2014, PASJ, 66, R1)、今後さらなる国際的な活躍が期待できる。

以上の理由から、高田氏に対して、2023年度林忠四郎賞を授与することとした。

## 2023 年度日本天文学会欧文研究報告論文賞

論文題目：Cosmological constraints from cosmic shear two-point correlation functions with HSC survey first-year data

著者名：Takashi Hamana (浜名 崇), Masato Shirasaki, Satoshi Miyazaki, Chiaki Hikage, Masamune Oguri, Surhud More, Robert Armstrong, Alexie Leauthaud, Rachel Mandelbaum, Hironao Miyatake, Atsushi J. Nishizawa, Melanie Simet, Masahiro Takada, Hiroaki Aihara, James Bosch, Yutaka Komiyama, Robert Lupton, Hitoshi Murayama, Michael A. Strauss, and Masayuki Tanaka

出版年等：Vol. 72 (2020), No. 1, article id. 16 (Erratum: Vol. 74 (2022), No. 2, pp. 488-491)

本論文は、すばる望遠鏡の広視野カメラ Hyper Suprime-Cam (HSC) を用いた戦略枠プログラム (以下 HSC サーベイ) の初年度データの弱重力レンズ解析によって、密度ゆらぎの振幅などの宇宙論パラメータに強い制限を与えた論文である。

弱重力レンズは、ダークマターを含めた密度分布を直接測定できることから、ダークマターの重力によって駆動される宇宙の構造形成に関わる基礎的な宇宙論パラメータ、ダークマターの総量 ( $\Omega_m$ ) や密度ゆらぎの振幅 ( $\sigma_8$ ) を高精度で測定できる。これらの高精度測定を、宇宙背景放射などの他の宇宙論観測結果と比較することで、標準宇宙論モデルの検証、および依然としてその正体が明らかになっていないダークマターやダークエネルギーの解明の手がかりが得られると期待されている。

HSC サーベイ初年度データの弱重力レンズ解析の結果として、Hikage et al. (2020 年度日本天文学会欧文研究報告論文賞受賞) によるフーリエ空間のパワースペクトルを用いた解析結果が報告されていたが、本論文では実空間の二点相関関数を用いた解析結果が報告された。同じ観測データを用いたパワースペクトル解析と二点相関関数解析は原理的には同等と期待されるが、実際にはサーベイ形状の効果の補正や系統誤差の影響の違いにより相補的であると考えられている。本論文では、ダークマターの総量と密度ゆらぎの振幅の組み合わせに対して  $S_8 = \sigma_8(\Omega_m/0.3)^{0.5} = 0.823_{-0.028}^{+0.032}$  という測定値が得られた。近年、宇宙背景放射から予言される  $S_8$  と近傍宇宙の観測から測定される  $S_8$  の値の矛盾、いわゆる  $S_8$  問題が注目を浴びているが、本論文の結果は宇宙背景放射から期待される  $S_8$  に近い値であり、 $S_8$  問題に一石を投じることとなった。

特筆すべきは、本論文で得られた  $S_8$  は、Hikage et al. のパワースペクトル解析から得られた  $S_8$  よりも高い値であった点である。模擬観測データを活用した本論文の解析によって、例え同じ観測データを用いても、パワースペクトル解析と二点相関関数解析では測定するゆらぎの長さスケールが異なることもあり、違う  $S_8$  の値が得られることが統計的に起こりうる事が明らかになった。この解析によって、パワースペクトル解析と二点相関関数解析の更なる相補性が明らかになり、その後の HSC サーベイや海外の競合サーベイの弱重力レンズ宇宙論解析にも大きな影響を与えている。本論文の 2024 年 1 月 15 日時点での被引用数は 196 (NASA/ADS) となっており、その注目度の高さは明らかである。

以上の理由により、2023 年度日本天文学会欧文研究報告論文賞を授与することとした。

## 2023 年度日本天文学会欧文研究報告論文賞

論文題目：Optical and X-ray observations of stellar flares on an active M dwarf AD Leonis with the Seimei Telescope, SCAT, NICER, and OISTER

著者名：Kosuke Namekata (行方宏介), Hiroyuki Maehara, Ryo Sasaki, Hiroki Kawai, Yuta Notsu, Adam F. Kowalski, Joel C. Allred, Wataru Iwakiri, Yohko Tsuboi, Katsuhiko L. Murata, Masafumi Niwano, Kazuki Shiraishi, Ryo Adachi, Kota Iida, Motoki Oeda, Satoshi Honda, Miyako Tozuka, Noriyuki Katoh, Hiroki Onozato, Soshi Okamoto, Keisuke Isogai, Mariko Kimura, Naoto Kojiguchi, Yasuyuki Wakamatsu, Yusuke Tampo, Daisaku Nogami, and Kazunari Shibata

出版年等：Vol. 72(2020), No. 4, article id. 68 (Erratum: Vol. 73 (2021), No. 2, p. 485)

恒星フレア現象の研究は、星で生じる粒子加速の理解や、星周環境に与える影響の理解につながる。磁気的な活動性の高い T Tauri 型星や M 型星などにおいては、太陽の場合よりも数桁大きなエネルギーの解放を伴うスーパーフレア現象が起こることが知られており、系外惑星の大気進化、habitability に与える影響といった面からも近年注目されている。しかし、フレアは発生予測が困難な短時間現象であり、多波長での詳細な観測は実現していなかった。

本論文では、M 型星 AD Leo に着目し、大学連携 OISTER 観測網と X 線衛星 NICER により複数夜にわたる多波長同時観測を計画し、総エネルギー  $2 \times 10^{33}$  erg と推定されるスーパーフレア 1 回を含む計 12 回のフレアを観測した。多波長でのライトカーブの相関およびそのフレアごとの相違、スーパーフレア中の  $H\alpha$  輝線幅の増加、静穏時の周期的時間変動における  $H\alpha$  と X 線強度の相関など新たな現象をとらえた。さらにフレアモデルの輻射流体計算により太陽フレアのモデルと比較し、より高エネルギー電子を必要とすることを示した。

このように本論文は、多波長同時観測により恒星フレアの発生機構に迫る新たな結果を示し、プレスリリースがされるとともに 2024 年 1 月 15 日現在 37 件の引用 (ADS 調べ) がされ、また 2019–2020 年の「High Impact Articles from PASJ」にもリストされている。国内望遠鏡ネットワークの強みを活かした論文であり、恒星の同時観測の意義を示したことにより、同様の観測が計画されるなどインパクトは大きい。

以上の理由により、2023 年度日本天文学会欧文研究報告論文賞を授与することとした。

## 2023 年度日本天文学会研究奨励賞

氏名：木邑 真理子（きむら まりこ）

現職：金沢大学 先端宇宙理工学研究センター 助教

受賞対象題目：多波長観測と数値計算によるコンパクト星への突発的ガス降着メカニズムの研究

Research on the Mechanism of Transient Accretion onto Compact Stars via  
Multi-wavelength Observations and Numerical Simulations

ブラックホール・中性子星と恒星からなる X 線連星や、白色矮星と恒星からなる激変星といった、コンパクト星と恒星からなる連星系では、コンパクト星の周囲に降着円盤が形成されており、降着円盤からコンパクト星へのガス降着により、大量の重力エネルギーを、電磁波放射やプラズマ噴出として解放する。これらの天体が突発的に増光するアウトバースト現象は、長年、研究されてきた。しかしながら、近年の観測により、メインの増光後の再増光や、アウトバースト中の激しい短時間変動など、従来のシンプルな描像では説明できない変則的な現象が数多く発見され、多様なアウトバーストを統一的に説明するモデルの構築が求められている。木邑氏は、ガス降着の時間発展の全貌を明らかにするには多波長観測が鍵を握ると着想し、人工衛星・地上望遠鏡を組み合わせ、アマチュア天文家とも協力しながら世界規模かつ独自の観測網を構築し、アウトバーストの多波長同時観測を主導してきた。加えて、数値シミュレーションに基づいて多様な観測事実の再現を試みるなど、観測と理論の両面でアウトバーストに関する物理現象の解明に貢献してきた。

大型望遠鏡を用いる観測が主流となる中、木邑氏の研究のユニークな点は、アマチュア天文家が用いるような小口径の望遠鏡を駆使して科学的に重要な成果を挙げた点である。世界中のプロ・アマチュア天文家による変光星観測ネットワーク Variable Star Network (VSNET) を通して、大規模な可視光観測を指揮し、それに X 線をはじめとする同時観測データを組み合わせることで、様々なアウトバースト現象に関する科学的成果を挙げてきた。ブラックホールを主星に持つ低質量 X 線連星 V404 Cyg の観測的研究である (Kimura et al. 2016, Nature, 529, 54) はその先駆けとなったものである。

木邑氏は V404 Cyg に関する研究と同様の手法による多波長観測を、コンパクト星として白色矮星を持つ激変星の一種である矮新星に適用し、様々な成果を挙げてきた。中でも、ブラックホールを主星として低質量 X 線連星と似た振る舞いを示す WZ Sge 型矮新星の研究を多数行ってきた (e.g., Kimura et al. 2018, PASJ, 70, 47; Kimura et al. 2021, PASJ, 73, 1)。また、WZ Sge 型矮新星について得られた知見を低質量 X 線連星に関する研究に活かすことにより、低質量 X 線連星では従来考慮されていなかった、伴星が及ぼす潮汐トルクによる降着円盤の加熱が、標準的な X 線照射では説明できない可視光放射の超過成分に寄与している可能性を初めて指摘した (Kimura & Done 2019, MNRAS, 482, 626)。また、これまで準周期的にアウトバーストを繰り返してきた矮新星 SS Cyg については、静穏期とアウトバースト期の区別がつかなくなる、ほとんど光度一定に見える異常な光度変動をいち早く察知し、可視光と X 線の長期間のモニタリング観測を行うことで、降着円盤から白色矮星への質量降着率が上昇していることを発見した。さらに、その原因が粘性の増加であることを示唆した。矮新星の中にはアウトバーストを繰り返す時期と中間的な光度でほぼ安定する時期 (standstill) の 2 つの状態を示すものがあり、standstill の原因は長年の謎である。木邑氏らの研究により、今まで考慮されていなかった粘性の増加の可能性が指摘されたことで、多様な standstill を一時的な粘性の増加で統一的に説明できる可能性が拓けた。また、木邑氏らは「X 線を放射する白色矮星近傍の高温プラズマは白色矮星より小さい」という既存の描像では説明できない観測的特徴を

発見し、空間分解できない高温プラズマの幾何学構造も制限した (Kimura et al. 2021, PASJ, 73, 1225; Nishino, Kimura et al. 2022, PASJ, 74, L17)。

木邑氏が観測のみならず理論研究も推進していることも特筆すべき点である。降着円盤の熱不安定の時間進化を解く数値計算コードを一から作成し、連星軌道面から傾いた降着円盤を持つ矮新星のアウトバーストの数値シミュレーションを行った (Kimura et al. 2020, PASJ, 72, 22)。これにより、これまで全く原因が分かっていなかった IW And 型矮新星の光度変動が、傾いた降着円盤で起こる熱不安定によって引き起こされる可能性があることを初めて指摘した。前述の矮新星 SS Cyg の光度変動の数値シミュレーションによる再現も行っており (Kimura & Ozaki 2023, PASJ, 75, 250)、自らが観測した天体現象を自らの理論モデルで解釈する域に達している。

このように、木邑氏は世界規模かつ独自の多波長観測網で、長年行われてきた X 線連星や激変星のアウトバーストの研究を新たなステージへと押し上げ、多数の成果を挙げている。また、観測と理論の両面からコンパクト天体へのガス降着メカニズムを研究できる稀有な人材である。

以上の理由により、木邑真理子氏に 2023 年度日本天文学会研究奨励賞を授与する。

## 2023 年度日本天文学会研究奨励賞

氏名：田崎 亮（たざき りょう）

現職：グルノーブル・アルプ大学 CNES Postdoctoral Fellow

受賞対象題目：惑星形成領域のダストの光学特性と多波長偏光放射に関する理論的研究

Theoretical studies on the optical properties and multi-wavelength polarized radiation of dust grains in planet-forming regions

宇宙空間に普遍的に存在するダスト（塵粒子）は、その場所に存在する固体物質の観測的なトレーサーとして、星間空間における主要な冷却源として、また、惑星の原材料として、天文学的に重要な意味を持つ。ダストの性質を明らかにすることは、天文学における根本的な課題の一つである。特に、原始惑星系円盤のような高密度環境においては、ダストの成長過程の理解は多様な惑星系の起源解明に不可欠である。また、観測技術の発展によって、原始惑星系円盤の詳細な姿が次々に明らかになっている現在、その観測結果を理解するための信頼できる精緻なダストモデルの構築は急務となっている。しかし、ダストの光学特性の計算においては、球形で内部が一様であるなど、非常に単純な仮定が用いられているものが多く、現在の観測を解釈するには不十分な点が多くあった。

田崎氏は、大学院生時代より一貫してこの「ダスト」を軸とした研究を行い、原始惑星系円盤を中心に観測的にも理論的にも重要な成果を挙げてきた。田崎氏の研究は、「ダストをトレーサーとした惑星形成環境の解明」を起点として、「空隙のあるダストの光学モデルの構築とそれを用いた原始惑星系円盤観測データ解析」へと発展している。

前者の代表的な研究として、原始惑星系円盤のダスト偏光観測に関する研究が挙げられる。ALMA によるダスト連続波の偏光観測の結果が出る以前は、原始惑星系円盤におけるミリ波・サブミリ波帯の連続波偏光は、磁場の方向の情報を持っていると考えられていた。しかし田崎氏は、ダストの整列に関する基礎過程を検討することで、ミリ波の偏光は磁場とは独立である可能性を提案した (Tazaki et al. 2017, ApJ, 839, 56)。この予想の後、実際に ALMA で磁場によるダスト整列では説明困難であるような観測が次々と報告され、田崎氏の予想が観測的に裏付けられた。この成果は国際的に高く評価され、2024年1月現在で100件以上の引用を受けている。

後者の研究は、きわめて高い独自性・発展性を持つものである。田崎氏は、惑星形成の過程において自然に生じると考えられる空隙を含むダスト粒子について、その光学的性質を簡便に計算する近似解法を定式化の段階から考案した (Tazaki et al. 2016, ApJ, 823, 70; Tazaki et al. 2018, ApJ, 860, 79; Tazaki et al. 2019, MNRAS, 485, 4951; Tazaki 2021, MNRAS, 504, 2811)。このモデルでは、可視・赤外線から電波に至るまでの幅広い波長域においてダストの散乱光の角度分布や偏光を正確に計算することができる。田崎氏はこの定式化を数値計算コードに実装し、原始惑星系円盤の三次元輻射輸送計算に取り入れたうえで ALMA による偏光観測結果と比較することにより、観測を再現するためには空隙の比較的少ないダストが必要であることを示した (Tazaki et al. 2019, ApJ, 885, 52)。田崎氏はダストの光学的性質の計算という物理的素過程、現実的な原始惑星系円盤の輻射モデルの作成、さらには観測との比較という、研究の全ての段階を、独自のアイデアで実行した。田崎氏の作成したダスト光学モデルは、彗星塵の散乱光・デブリ円盤・系外惑星大気等にまで応用されており、そのコードは、汎用ダスト光学特性計算コードとして、アムステルダム大学と共同で公開<sup>\*1</sup>されている。

さらに、近似的な取り扱いが難しいダストについても、田崎氏は厳密計算を用いてその光学特性を求め (Tazaki and Dominik, 2022, A&A, 663, A57)、データベース化して公開<sup>\*2</sup>をしている。そして、これらの計算をもとに、IM Lup という星の周囲の原始惑星系円盤に、内部密度の低いサブミクロン程度の大きさのダストが存在していることを近赤外線観測から示唆する (Tazaki et al. 2023, ApJL, 944, L43) など、ダストの合体成長、ひいては惑星形成に重要な制限を与える結果を出している。

田崎氏は、精密かつ強力なダスト光学モデルの構築を成功させた稀有な存在であり、惑星形成理論における主要な未解決問題の一つである、微惑星形成過程の理解を大きく前進させた。さらに、原始惑星系円盤の研究で重要な成果を挙げているのみならず、ダストに関する深い専門的知識を駆使し、活動銀河核 (Tazaki et al. 2020, ApJ, 892, 84; Tazaki and Ichikawa 2020, ApJ, 892, 149) やアキシオン・ダークマター (Fujita, Tazaki, Toma, 2019, PRL, 122, 191101) に関する研究など、天文学の他分野にも研究の幅を広げつつある。また、自身が所属した機関でそれぞれ共同研究を展開し、高い相乗効果を生み出している。その結果、近年では JWST を用いた円盤観測にも関わるなど、海外の研究者からもその実力が十分に認められている。コードやデータベースの公開を通じたコミュニティへの貢献にも尽力しており、今後のさらなる活躍が期待される。

以上の理由により、田崎亮氏に 2023 年度日本天文学会研究奨励賞を授与する。

<sup>\*1</sup> Dominik, Min, and Tazaki, Astrophysics Source Code Library, 2021, record ascl:2104.010

<sup>\*2</sup> Tazaki, Ginski, and Dominik: AggScatVIR. Zenodo, 2023, doi: 10.5281/zenodo.754760

## 2023 年度日本天文学会研究奨励賞

氏名：播金 優一（はりかね ゆういち）

現職：東京大学 助教

受賞対象題目：高赤方偏移観測限界における先駆的な銀河形成研究

Pioneering studies of galaxy formation at the observational redshift limit

現在の宇宙に存在する無数の銀河が、ビッグバンで誕生した宇宙において、いつどのように形作られ、進化してきたかを明らかにすることは、現代天文学における最重要課題の一つである。宇宙初期の銀河の探査では、すばる望遠鏡などに基づく 8 m 級地上望遠鏡の可視光・近赤外線観測により赤方偏移 6–10 程度の初期銀河の候補天体を検出するところまで到達した。一方で、個別の天体の詳細な物理的性質を調べることや、宇宙初期の構造形成と銀河形成の関係を調べることは困難であった。また、さらに高赤方偏移にある銀河の研究はほぼ手つかずであった。このような背景のもと、播金氏は、大型観測施設で得られたデータを駆使して、高赤方偏移にある銀河を波長によらず系統的に探査し、理論モデルとの比較を通じて、宇宙初期の構造形成にともなって進む銀河形成の描像を観測と理論の両方から明らかにすることに大きく貢献している。

播金氏はすばる望遠鏡 Hyper Suprime-Cam による大規模探査観測で得られたデータを用いて、赤方偏移 4 から 6 の銀河の 50 万個を超える大規模なサンプルを構築し、そのクラスタリング解析から暗黒物質ハローの集積にともなって成長する宇宙初期の銀河形成の描像を明らかにした (Harikane et al. 2018, PASJ, 70, S11)。高い統計精度の議論によって世界的にも評価される論文となり 2022 年度日本天文学会欧文研究報告論文賞にも選ばれている。これを発展させた赤方偏移 2 から 7 の銀河 400 万個に基づくクラスタリング解析の結果も発表し (Harikane et al. 2022, ApJS, 259, 20)、こちらも高い評価を得ている。

播金氏は、宇宙初期にある個々の天体の物理的性質を調べるため、自身がすばる望遠鏡で見つけた赤方偏移 6 を超える銀河に対して ALMA 望遠鏡を用いて [O III]88  $\mu\text{m}$  と [C II]158  $\mu\text{m}$  輝線の観測を実施し、論文で公表されていたデータも合わせて、赤方偏移 6 から 9 にある 9 個の銀河を調べ、いずれも [O III]88  $\mu\text{m}$  が卓越し、 $L_{[\text{O III}]88 \mu\text{m}}/L_{[\text{C II}]158 \mu\text{m}}$  が現在の銀河より 10 倍程度大きいことを示した。光電離モデルと星種族合成モデルを合わせた計算を行い、宇宙初期の銀河では星間物質の電離パラメータが高く、中性の光電離領域 (PDR) が大きくかけていることで、相対的に [O III]88  $\mu\text{m}$  が卓越し、[C II]158  $\mu\text{m}$  が弱まることを示した (Harikane et al. 2020, ApJ, 896, 93)。この結果は、宇宙初期の銀河に対して、電離領域だけでなく、PDR の性質も含めて包括的な理解を進めた画期的な研究として評価されている。

赤方偏移 10 を超える初期銀河の探査においても播金氏は世界に先駆けた研究を推進してきた。すばる望遠鏡と VISTA、UKIRT 望遠鏡、スピッツァー宇宙望遠鏡の広領域撮像探査のアーカイブデータを用いて、可視光から近赤外線の天体の測光カタログを構築し、赤方偏移 12 から 16 の銀河候補を検出した (Harikane et al. 2022, ApJ, 929, 1)。この成果はジェームズ・ウェブ宇宙望遠鏡 (JWST) が打ちあがる以前の高赤方偏移の観測限界を大きく押し上げるものとなった。この研究は国際共同研究として、理論モデルとの比較、ALMA での追観測、さらに JWST 第一期の観測時間の獲得 (播金氏 PI) へと発展している。

2022 年 7 月に JWST の観測データが公開され始めると、播金氏はさまざまな初期プログラムの観測で得られた近赤外線撮像データをもとに、赤方偏移 9 から 16 の銀河候補 23 個のサンプルを構築し、紫外線光度関数を導き、紫外線で明るい銀河の個数密度が高く、現在の銀河形成の理論モデルでの説明が難しい

ことを報告した。さらに、星形成率密度 (SFRD) の進化は赤方偏移 10 を超える宇宙では、それより低赤方偏移の宇宙とは異なり、標準的な構造形成モデルに星形成効率一定を仮定した場合の SFRD の進化よりも超過していることを示し、赤方偏移10を超える宇宙では、高効率な星形成が行われていたか、金属量の低い始原ガスでの星形成に伴うと予想される高光度の紫外線が観測された可能性を指摘した (Harikane et al. 2023, ApJS, 265, 5)。赤方偏移10以上の銀河候補を報告する論文は同時期に多数出版されたが、これらの論文で報告されたサンプルとの比較を注意深く行い、信頼性の高いサンプルを構築したことで、高赤方偏移の銀河の統計的議論の決定打となる論文と世界的に認知され、発表以来多数の引用がなされている。その引用数は JWST のデータを用いて 2023 年 12 月現在までに発表されている全論文の中でも最上位にあたる数字となっている。播金氏はこの論文の他にも JWST のデータを用いて、高赤方偏移銀河の分光追観測の結果や高赤方偏移の星形成銀河の多くに活動銀河中心核が付随している結果を報告するなど、JWST を用いた高赤方偏移銀河の研究を牽引しており、2023 年だけでも国際研究会において 8 件もの招待講演を行っている。

さらに、播金氏は次世代赤外線衛星計画である Roman 衛星や GREX-PLUS 衛星の計画検討においても高赤方偏移銀河探査の観点から研究計画の検討において主導的な役割を果たしている。さらに高エネルギー分野を中心とする HiZ-GUNDAM 計画においても、高赤方偏移ガンマ線バーストの光学追観測のリーダーとなっている。高赤方偏移宇宙の探査の観点から様々な分野の将来計画を主導する立場となっており、幅広いコミュニティへの貢献も高く評価される。

以上の理由により、播金優一氏に 2023 年度日本天文学会研究奨励賞を授与する。