

2021 年度日本天文学会研究奨励賞

氏名：稲吉 恒平 (いなよし こうへい)

現職：北京大学 Kavli 天文天体物理学研究所 助教

授賞対象となる研究：巨大ブラックホールの形成・成長過程に関する理論的研究

Theoretical study on the formation and growth of supermassive black holes

現代宇宙論に基づく巨大ブラックホール (BH) の起源と銀河との共進化に関する研究は、天文学における最も重要なテーマの一つである。この分野の観測的進展は目覚ましく、特に最遠方宇宙に発見された太陽の 10 億倍程度の質量を持つ巨大 BH の存在は、その起源や形成過程、そして銀河形成に及ぼす影響など多様な問題を提起している。このような問題に対して、稲吉氏は宇宙初期における超巨大 BH の種形成、BH のガス降着による成長過程、そしてそれらが宇宙再電離や重力波放射に寄与する可能性、など多角的視点をもって研究に取り組んできた。

稲吉氏の研究は構造形成の枠組みに基づく初期天体形成、特に巨大 BH の種となる超大質量星形成過程を端緒としている。さらにこの研究を拓げる形で種 BH が巨大 BH になるまでの成長過程に関する研究を行い広く注目された (Inayoshi, Haiman & Ostriker, 2016, MNRAS, 459, 3738)。BH 降着過程においては、BH に供給されるガスの総量を決める銀河スケールと、BH へのガス降着率を決定する中心核の降着円盤スケールの物理が密接に関わりあっている。しかしながら、これ以前の大半の先行研究では、そのいずれか一方のみに焦点が当てられており、各々の領域で得られた結果はしばしば矛盾するものであった。氏はその点に着目し、この 2 つの空間スケールを繋ぐ中間領域でのガス降着過程を輻射流体シミュレーションにより調べた。その結果、原始銀河中心部で誕生した種 BH はエディントン降着率を大きく超える勢いで成長可能なことが分かった。この論文で導出された BH 急成長の条件は、その後の研究からもその妥当性が確かめられており、近年は宇宙論的銀河形成シミュレーションの BH 降着モデルの 1 つとして幅広く用いられている。また、重力波天文学の進展により、通常の恒星進化理論の枠組みでは説明することが難しい大質量連星 BH (GW190521; 総質量が 150 太陽質量を超える連星 BH の観測例) が報告されているが、超臨界降着による BH 成長の議論はこの起源を説明することにも応用され、多様な研究分野にインパクトを与えている。

これを含む一連の研究成果が評価され、稲吉氏は Annual Review of Astronomy and Astrophysics に筆頭著者として論文を出版する機会を得た (Inayoshi, Visbal & Haiman, 2020, ARA&A, 58, 27)。この論文では、原始銀河が形成される環境の統計的な性質、始原ガス雲の直接崩壊により生まれる大質量星の進化、最終的に形成される種 BH の性質、その後の成長過程に至るまでの、銀河から星スケールに渡る物理過程を包括した「巨大 BH の形成」モデルが統一的に議論されている。この論文は、最近 10 年間の当該分野の成果をまとめて標準モデルを構築するという重要な貢献をしたのみでなく、未解決問題に対する解決策や今後 10 年内の将来観測 (光赤外、電波、重力波) による理論モデルの制限などの議論が幅広く展開されている点も評価が高い。日本人若手研究者で当該学術誌に総説論文を筆頭著者として出版した前例はこれまで殆どなく、この事実は稲吉氏がこの研究分野の第一人者として世界的に認知されていることを示している。

さらに稲吉氏は、宇宙初期の連星進化や重力波、宇宙再電離など幅広い関連分野で研究成果を上げていく点も特筆すべきである。特に、氏は早くから、いわゆる初代星起源の連星 BH が LIGO/Virgo により検出される重力波天体の性質を良い精度で説明するという点を、観測結果に先んじて共同研究者とともに

予言していた。続いて、そのような高赤方偏移かつ大質量（～30 太陽質量）の連星 BH 合体により放射された重力波は、従来期待されているものより低周波側にピーク値を持つ背景放射になるということを予言し、もしこれまでに検出された連星 BH 合体が初代星 BH 起源であれば、その背景場が数年以内に LIGO/Virgo/KAGRA により検出されることを示した (Inayoshi, Kashiyama, Visbal & Haiman, 2016, MNRAS, 461, 2722)。上述の GW190521 に代表される大質量連星 BH の発見は、高赤方偏移宇宙において大質量の連星 BH 合体イベントが頻繁に発生していたことを強く示唆しており、この論文で予言された形の背景重力波スペクトルが近い将来に検出される期待が高まっている。

以上のように、稲吉氏は初期宇宙における巨大 BH の形成と成長過程に関する包括的研究を中心に顕著な業績を残してきた。更にそれに留まらず、関連分野に広い視野を持ち、実際に分野横断型の研究スタイルを体現している成功例である。氏は今後も星・巨大 BH 形成の両方の分野で活躍が期待できる数少ない若手研究者であり、分野の枠組みを超えて宇宙再電離や重力波までも融合した新しい研究分野を開拓しつつある。これは単なる分野間横断にとどまらず、「マルチメッセンジャー観測による宇宙初期の星、銀河、BH 形成史の解明」という将来の観測計画とも密接に関わる重要な分野の創出に繋がるが大いに期待される。

以上の理由により、稲吉恒平氏に 2021 年度日本天文学会研究奨励賞を授与する。