

宇宙望遠鏡群による銀河とブラックホールの物理探求

研究代表者 山田 章一
(先進理工学部 物理学科 教授)

1. 研究課題

銀河とその中心に存在する大質量ブラックホールは互いに影響しながら進化すると考えられている。この「共進化」の物理メカニズムを解明することが、宇宙物理学分野における現代的な一つの大目標となっている。米国によるジェームズウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) の成功により、138 億年の宇宙史ほぼ全体にわたる銀河とブラックホールの共進化研究が可能となった。また、昨年打上げに成功した欧州の Euclid 衛星は、その超広視野の撮像探査能力を活かし、銀河とブラックホールの大統計サンプルの構築を進めている。そこで本研究は、Euclid 衛星の大統計サンプルで初めて見つかる極めて希少な、宇宙初期の「初代ブラックホール」を宿す明るい遠方銀河に注目し、それらを JWST で観測することで、「共進化」の物理メカニズムを明らかにすることを第一の目的とする。また、JWST のこれまでの観測により浮かび上がってきた、明るい銀河の数密度超過問題の解決を第二の目的とする。従来の定説である冷たいダークマターにもとづく宇宙の構造形成シナリオで予想される銀河の数密度に比べ、非常に大きな数密度が観測されたが、統計的有意性が十分ではない。Euclid 衛星による超広域探査による初期宇宙の銀河の大統計サンプルにもとづけば、数密度超過問題の真偽をより高い統計的有意性をもって議論できる。もし数密度超過が確実となれば、初代ブラックホールの影響で明るく観測されている可能性を軸に、その物理的理由を明らかにする。さらに、2030 年代に日本が打上げを目指す次世代超広域銀河探査を主目的とした GREX-PLUS 計画の概念検討を第三の目的とする。

2. 主な研究成果

2.1 Euclid 衛星などを活用した巨大ブラックホール探査と銀河-ブラックホール「共進化」
Euclid 宇宙望遠鏡の超広域近赤外線撮像探査に呼応して、地上望遠鏡群による可視光超広域撮像探査計画 UNIONS を実施している。そのデータを活用して、約 15 万個にもおよぶ電波銀河カタログを構築、出版した[1]。この成果は今後の電波で明るい巨大ブラックホール研究の基盤となる。その他、銀河と巨大ブラックホール共進化について、多数の論文出版を果たした[2, 3, 4 など]。特に、研究成果[3]は本学の修士課程学生が第一著者として出版し、一般社会へ向けてのプレスリリース (2026 年 1 月 22 日) も実施した。

2.2 JWST などによる明るい銀河の数密度超過問題

JWST による分光観測で、観測史上最遠方の天体発見記録を更新した[5]。この銀河は比較的明るく、赤方偏移 14.44 (宇宙年齢約 3 億年)の時代に存在することはある種驚きである。このような明るい銀河が初期宇宙でどのように誕生したのか解明する必要がある。

2.3 次世代宇宙望遠鏡 GREX-PLUS 計画の推進

我が国主導の次世代宇宙望遠鏡 GREX-PLUS 計画について、JAXA 宇宙科学研究所が戦略的に進める中型計画の候補として、2030 年代の打ち上げを目指した概念検討を進めた。今年度の大きな成果として、GREX-PLUS 計画が光学赤外線天文連絡会のロードマップ 2025 において、2030 年代の最優先計画として位置付けられた。

3. 共同研究者

井上昭雄 先進理工学部 物理学科 教授 (任期付)

菅原悠馬 先進理工学部 物理学科 講師 (任期付)

市川幸平 東北大学 学際科学フロンティア研究所 准教授

4. 研究業績

4.1 学術論文

[1] UNIONS Optical Identifications for VLASS Radio Sources in the Euclid Sky (UNVEIL).
I. A Catalog of $\sim 146,000$ Radio Galaxies up to $z \sim 5$

Zhong, Y., **Ichikawa, K.**, Hildebrandt, H., ..., **Inoue, A. K.**, et al.

The Astrophysical Journal Supplement Series, Volume 281, Issue 1, id.22, 25 pp. (2025)

[2] A $z \simeq 0.4$ Galaxy Reflecting the High-redshift Little Red Dots: An Extended Starburst with an Overmassive Black Hole

Chen, X., **Ichikawa, K.**, Akiyama, M., ..., **Inoue, A. K.**, et al.

The Astrophysical Journal, Volume 999, Issue 1, id.30, 17 pp. (2026)

[3] Discovery of an X-Ray Luminous Radio-loud Quasar at $z = 3.4$: A Possible Transitional Super-Eddington Phase

Obuchi, S., **Ichikawa, K.**, Yamada, S., et al.

The Astrophysical Journal, Volume 997, Issue 2, id.156, 15 pp. (2026)

[4] Near-infrared Variability Detected in the Young Star-forming Dwarf Galaxy SBS 0335-052E

Hatano, S., Kokubo, M., Ouchi, M., ..., **Sugahara, Y.**, et al.

The Astrophysical Journal, Volume 997, Issue 2, id.241, 13 pp. (2026)

[5] A Cosmic Miracle: A Remarkably Luminous Galaxy at $z_{\text{spec}} = 14.44$ Confirmed with JWST

Naidu, R. P., Oesch, P. A., Brammer, G., ..., **Inoue, A. K.**, ..., **Sugahara, Y.**, et al.

The Open Journal of Astrophysics, Vol.9 DOI: 10.33232/001c.156033 (2026)

他、多数の論文を出版

4.2 総説・著書

特になし

4.3 招待講演

[1] 井上昭雄, “Synergy between JASMINE and GREX-PLUS” JASMINE Consortium 2025, 東北学院大学, 2025 年 8 月 18 日

[2] 井上昭雄, 「GREX-PLUS」2025 年度光赤天連シンポジウム, キャンパスプラザ京都, 2025 年 11 月 5 日

4.4 受賞・表彰

特になし

4.5 学会および社会的活動

本プロジェクト研究の構成員は、学会等のさまざまな委員会に貢献している（例：天文学会代議員、すばる望遠鏡科学諮問委員、すばる望遠鏡時間割当委員）

5. 研究活動の課題と展望

共同研究者の一人が学外へと転出したが、今後も密な連携を図りながら、次年度も引き続き、Euclid 衛星や JWST を活用した巨大ブラックホールと遠方銀河の研究を進める。また、日本独自の計画である GREX-PLUS 宇宙望遠鏡の概念検討も進める。