

2022 年度日本天文学会研究奨励賞

氏名：野田 博文 (のだ ひろふみ)

現職：大阪大学大学院理学研究科 宇宙地球科学専攻 助教

授賞対象となる研究：活動銀河核エンジンに関する新描像の確立と飛翔体搭載機器の開発

Establishment of new pictures on the engine of active galactic nuclei
and leading role in developing instruments onboard ASTRO-H and
XRISM missions

ほぼ全ての銀河の中心には超巨大ブラックホール(SMBH)が存在し、物質が降着することで活動銀河核 (AGN)となる。降着物質の重力エネルギーを変換して放射やジェットを生み出す機構「AGN エンジン」は、SMBH 近傍の高温電子雲(コロナ)と降着円盤から構成されると考えられており、SMBH を成長させ星や銀河の進化にも影響を与える重要な存在である。しかし、空間構造や降着率に伴う状態変化など基本的な事項は不明のままであった。

このような中、野田氏は、エネルギー帯ごとの強度変動を利用して、AGN エンジンからの連続 X 線を複数の起源に切り分ける独自の手法を提案した。その結果、広帯域にわたる硬い連続 X 線を生成するコロナに加え、もう一成分軟 X 線放射を担う光学的に厚いコロナが一般に存在する新描像を打ち立てた(Noda et al. 2013 PASJ, 65, 4)。さらに、降着流の幾何を決定するため、野田氏は多波長の研究者を巻き込んで、X 線天文衛星と 1.5 m 級の 5 台の地上望遠鏡を組み合わせ、AGN の X 線と可視赤外光を 1 年にわたり同時モニターするプロジェクトを立ち上げた。その結果、X 線と可視光の変動に約 2 日の時間差を検出し、全く分かっていなかった広帯域連続 X 線を放射するコロナの大きさを、数百シュバルツシルト半径と初めて精密に決定した。さらに、理論で予想される輻射非効率降着流が内側に形成され、光学的に厚いコロナと降着円盤が外側に広がる描像を確立した(Noda et al. 2016, ApJ, 828, 78)。

野田氏は、AGN エンジンの質量降着率に依存した状態変化に関しても業績をあげている。野田氏は、激しく光度変動する AGN の多波長スペクトル変化を解析し、AGN スペクトルの「状態遷移」を世界で初めて発見した。これは、降着率が特定の閾値をまたいで変化するとき、熱い降着流と光学的に厚いコロナ(+降着円盤)の間で蒸発と凝縮が生じることを示唆する。従来理論予想では状態変化のタイムスケールは 1 万年以上と予想されていたが、本研究はその予想を覆した。状態遷移は恒星質量 BH で頻繁にみられる現象であり、質量が約 1 千万倍も小さい両者を統一的に解釈できる画期的成果である。さらに、数年という短い期間にタイプが変化する「Changing-Look AGN」は、この降着流の状態遷移が原因であると世界で初めて提唱した。これらを報告した論文は X 線観測の枠組みを超えて、可視赤外や理論の専門家からも大きな注目を集め、2022 年 12 月の時点で 120 回引用されている(Noda and Done 2018 MNRAS, 480, 3898)。

野田氏は、AGN 周辺の物質分布に関しても重要な成果を上げた。AGN エンジンの質量供給源はドーナツ状に覆うダストトラスであることが広く受け入れられている。しかしその形成機構や、形状・物質分布はわかっていなかった。野田氏は、AGN のスペクトルに現れる中性鉄特性 X 線に着目した。中性鉄特性 X 線は AGN エンジンからの X 線が周辺物質で光電吸収されて生じるため、強度・エネルギー中心値・線幅から、吸収体の立体角や AGN エンジンからの距離を推定できるが、従来は検出器のエネルギー分解能が足りず制限が困難だった。野田氏は「ひとみ」衛星で降着率が低くジェットの強い NGC 1275 を観測し、中性鉄特性 X 線の精密分光観測から速度幅を $500-1600 \text{ km s}^{-1}$ と史上最高精度で測定した。この結果

は可視光の広輝線(約 2750 km s^{-1})より有意に狭く、中性鉄特性 X 線がトーラス以遠で生成されると結論付けた。また中性鉄特性 X 線の等価幅が通常の AGN のものより小さいことを示した。これは、NGC 1275 のトーラスが発達しておらず、平たい特異な構造を持つことを意味する。トーラスの発達が降着率やジェットに依存する可能性を示し、トーラスの形成機構に迫る上で重要な成果である。同時に、今後 XRISM 衛星などの中性鉄特性 X 線精密分光が、AGN 構造にこれまでに無い制限を与えることを示す先駆的な研究である (Hitomi collaboration 2018, PASJ, 70, 13. 野田氏は corresponding author)。

天文学の発展には、サイエンスの発展に加えて、機器開発の発展も不可欠である。「ひとみ」衛星の X 線マイクロカロリメーターは、衛星軌道上で複数の冷凍機と液体ヘリウムを用いて 50 mK という極低温で運用する。そのため、内部の熱流を極めて精密に制御する「熱設計」が不可欠であった。野田氏は、熱設計に知見をもつ稀少な実験物理学者として、この熱流制御を含め熱設計・熱解析をリードした。そして、単体の動作試験、衛星に搭載した状態での性能試験、種子島からの衛星打ち上げ、軌道上運用の全ての段階に全面的に参加した。特に、野田氏が構築し、地上較正した冷却システムの熱数学モデルによる数値計算結果は、「ひとみ」衛星を軌道投入する H2A ロケットの打ち上げ条件として採用され、打ち上げ成功に不可欠な研究となった。これらの結果は「ひとみ」開発項目の中でも重要な成果の一つとして、「ひとみ」特集号にて論文を出版した (Noda et al. 2018, JATIS, 4, 011202)。2018 年の阪大着任後は、XRISM 衛星搭載 X 線 CCD の開発を全面的にリードしている。野田氏は、フライト素子選別と地上較正のための「フライト CCD 測定システム」を構築してフライト素子を選別し、地上較正を成功させ、SXI 全体での性能試験を完遂した。ハードウェア構築、ソフトウェア整備、試験計画、実験本番に至るまで、大学院生と協力しながら、ほぼ全ての面を野田氏がリードしている。

これまでの野田氏のサイエンス・機器開発両面での活躍は、野田氏が将来の天文学を担う存在であることを示している。

以上の理由により、野田博文氏に 2022 年度日本天文学会研究奨励賞を授与する。