

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書

Galaxy origins in the JWST era: a “crisol” of stars, ISM, and supermassive black holes in the City of the Three Cultures & COSMOS Conference 2025

氏 名：田中 匠（東京大学理学系研究科天文学専攻（渡航当時））

渡航先：スペイン トレド，フランス マルセイユ

期 間：2025年5月10日～24日

本渡航では、トレド（スペイン）で5月12～16日に開催された（1）“Galaxy origins in the JWST era: a “crisol” of stars, ISM, and Supermassive black holes in the City of the Three Cultures”，およびマルセイユ（フランス）で5月19～23日に開催された（2）“COSMOS Conference 2025”の2つの国際研究会に参加し、両研究会で口頭発表を行った。研究会（1）のテーマは、James Webb Space Telescope (JWST) により明らかになった遠方宇宙の銀河や超大質量ブラックホール (SMBH) の形成・進化過程である。スペイン語で「るつぼ」を意味する “crisol” という名前の通り、この研究会では恒星・星間物質・SMBHなどの様々な構成成分が混ざり合う複雑な銀河の進化を理解するため、観測・理論両面の研究者が集まり、様々な観点から近年の研究成果や今後の研究戦略などが議論された。研究会（2）は、系外銀河分野で様々な望遠鏡を用いて重点的にサーベイが行われている領域の1つである COSMOS 領域についての研究会である。COSMOS 領域では、JWST Cycle 1 の COSMOS-Web (GO1727) において、NIRCam と MIRI を用いたサーベイとしてこれまでで最も広い領域（約0.54 平方度）を探索した撮像サーベイが実施された。さらに Cycle 3 では、一部の COSMOS-Web 探索領域において、スリットレス分光と新たなフィルターによる撮像を行う COSMOS-3D (GO5893) が展開されている。COSMOS 領域での研究を加速させるため、研究会内

では同領域における研究成果の共有や今後の研究・観測戦略が議論された。研究会（1）、（2）ともに、観測・理論の両面から遠方銀河関連の発表があり、自分が追い切れていなかった分野の最新成果なども知ることができた。さらに休憩時間の議論なども含めて、様々な分野からの多くの参加者と議論することができ、大変有意義な研究会であった。

私は両研究会にて、“The discovery of dual and offset “little red dots” with a pixel-by-pixel color selection method” というタイトルで口頭発表を行った。本研究は little red dot (LRD) と呼ばれる、JWST で発見された新たな天体種族に関する研究である。LRD は静止系紫外から可視域で Balmer 端付近に谷が来る V 字型の SED を持ち、コンパクトな形態を示す。幅の広い Balmer 輝線を持つことから活動銀河核であるとの見方が強いが、顕著な変光が確認されず、X 線や電波で検出されず、熱いトラスからの放射が見られるはずの中間赤外線域で平たい SED を示すなど、一般的な活動銀河核とは異なる性質を示すことから、正体は未だに議論され続けている。また母銀河成分もほとんど検出されず、ブラックホール質量 (M_{BH}) を幅の広い輝線を用いて推定した場合には、近傍宇宙におけるブラックホール質量と銀河の星質量 (M_*) との間の関係 ($M_{\text{BH}}-M_*$ 関係) よりも高い質量比 (M_{BH}/M_*) を持つことが示唆されている。そして高赤方偏移 ($z \sim 5-8$) において高い数密度を持つものの、低赤方偏移 ($z \sim 2-4$) においては数密度が急激に低下することが報告されている。このように既存の種類の天体とは異なる特徴を持つ初期宇宙に特有の種族であり、超 Eddington 降着や、種 BH に近い種族であ

る可能性など、SMBH形成の初期段階に対応する天体なのではないかという見方もなされている。

私はLRDが低赤方偏移に向けてどのように進化するのかという観点で研究を進めている。LRDを急激にLRDではなくするためのプロセスとして、私は銀河合体に注目しているものの、これまでの研究ではLRDの合体はあまり注目されていない。その要因の一つが、既存のLRD選択手法にあると考えている。先行研究では異なる半径での開口測光の結果を基に色やコンパクトさを評価してLRDを選択しているが、合体直前のようにLRDが近接する別の天体を持つ場合には、その天体が開口測光の結果に寄与するため見逃してしまう可能性がある。そこで私は、観測画像内のピクセルごとの色に注目した選択手法を新規に開発し、COSMOS-WebのNIRCam画像に適用した(Tanaka et al. in prep.). その結果、2つのLRDが近接しており合体途中にあると考えられる系(dual LRD)を世界で初めて発見した(Tanaka et al. 2024, arXiv:2412.14246). またLRDと銀河が近接している系も多数発見することに成功した。こうしたLRDの合体現象は、LRDやその母銀河の進化に大きく影響する重要な現象である可能性がある。口頭発表ではこの研究成果について、理論研究の成果(Tanaka et al. submitted)も踏まえながら議論した。

LRDは遠方銀河分野において非常に注目を集めており、中でも私の研究は独創的な手法を使い非常にユニークなサンプルを構築しているため、両研究会で多くの方から興味を持ってもらい議論を深めることができた。研究会(1)では、LRD分野で精力的な研究を行っているRoberto Maioli-

no氏やAnthony Taylor氏ともお互いのサンプルについて議論できた。私と同じようにLRDの合体現象やLRDに付随する成分について研究しているChang-Hao Chen氏、Rosa Mérida氏とは、互いの研究についての認識を深めながら、JWSTやALMAを用いた将来の観測計画について議論することができた。またDaniel Anglés-Alcázar氏とは、銀河合体を通じての $M_{\text{BH}}-M_*$ 関係の形成について、理論方面から議論を行うことができた。研究会(2)では、COSMOS領域でLRDの研究を行っているHollis Akins氏やCaitlin Casey氏、さらにはCOSMOSチームの中心人物の一人であるJeyhan Kartaltepe氏らと今後の観測方針について議論を行うことができた。また私自身が主導する、COSMOS領域からの $z \geq 10$ のLRD探査プロジェクトの初期成果を共有し、今後の研究・観測計画について議論を行うことができた。チーム内で普段行っているようなSlackやZoom上での議論よりもスムーズに話が進んだほか、共同研究者が所持しているデータをすぐにチェックしてもらうこともでき、研究が一気に進展した(なお、この $z \geq 10$ でのLRD探査の成果は既にTanaka et al. 2025, arXiv:2508.00057で報告されている)。

本渡航を通じて、最新成果を知るとともに、自身の研究結果を国際的にアピールし、JWST Cycle 5も含めた今後の研究・観測方針について深く議論することができた。特に日本国内には多くないLRDの研究者との議論は、非常に有意義な機会であった。本渡航中の議論は、今後の自身の研究および観測計画の立案に大きく貢献するものになると確信している。最後に、この有意義な渡航をご支援いただいた早川幸男基金、関係者の皆様に深く感謝を申し上げる。