

日本天文学会早川幸男基金渡航報告書

2018年09月10日採択

申請者氏名	寺尾航暉 (会員番号 6302)
連絡先住所	〒790-8577 愛媛県松山市文京町 2-5 愛媛大学宇宙進化研究センター
所属機関	愛媛大学大学院 理工学研究科
職あるいは学年	D3
任期 (再任昇格条件)	
渡航目的	観測
講演・観測・研究題目	Do jets in radio galaxies really ionize the surrounding gas clouds?
渡航先 (期間)	チリ (2018年10月20日～10月31日)

私は、チリの La Silla Observatory において European Southern Observatory の Period 102 で採択された「Do jets in radio galaxies really ionize the surrounding gas clouds?」というタイトルの New Technology Telescope (NTT) を用いた共同利用観測を行いました。本観測の目的は、巨大な電波ジェットが存在する電波銀河において、その電波ジェットが衝撃波によって周囲のガスを電離させているのか否かを調査することです。

宇宙の基本的構成要素である銀河の形成・進化を解明することは、現代天文学の重要なテーマの一つとなっており、特に銀河中心に存在する超大質量ブラックホール (SMBH) の質量と母銀河のバルジ成分の質量や速度分散の間に確認された強い相関が注目されています (e.g., Kormendy & Ho 2013, ARA&A, 51, 511)。この関係は、SMBH と銀河が互いに影響を及ぼし合いながら進化してきたことを示唆しています (SMBH と銀河の共進化)。この共進化を解明するためには、活動銀河核 (AGN) によるフィードバック現象の解明が重要です。AGN フィードバックとは、中心核からの放射やアウトフローによって星間物質を加熱する、あるいは銀河外へ吹き飛ばすことで SMBH への質量降着や星形成を抑制する、逆に星間物質を圧縮することで星形成を誘発するなど、母銀河中の星間物質へ影響を与える現象のことです。このことから、AGN フィードバックは銀河進化および SMBH 進化を制御する重要な物理機構であると考えられています (e.g., Fabian 2012, ARA&A, 50, 455)。

しかし、AGN フィードバックがどのような物理機構で母銀河の星間物質へエネルギーを渡しているのか分かっていないため、共進化に対して AGN フィードバックが果たす役割は理解が進んでいません。そこで我々は一つの物理機構の候補として、AGN からのアウトフロー現象に起因する衝撃波が星間物質を電離することで、エネルギーを渡している可能性に注目しました。母銀河スケール (~ 数 kpc) に渡って衝撃波が存在しているのか調査するために、同様に kpc スケールまで広がった輝線放射領域である狭輝線領域 (NLR) に着目しました。NLR で起こる電離メカニズムは主に中心核からの電離光子による光電離であると考えられています (e.g., Groves et al. 2004, ApJS, 153, 75)。一方で電波ジェッ

トなどのアウトフローに起因した衝撃波による NLR の電離の可能性も指摘されています (e.g., Knop et al. 2001, AJ, 122, 764)。これまで、可視分光観測による輝線診断によって NLR の電離メカニズムを切り分ける研究が行われてきましたが、光電離と衝撃波の理論予測結果が良く似ているため、うまく観測結果を切り分けることができていません (e.g., Kewley et al. 2013, ApJ, 774, 100)。その中で、近赤外線の *J*-band で観測される鉄とリンの禁制線、 $[\text{Fe II}]1.257\mu\text{m}$ と $[\text{P II}]1.188\mu\text{m}$ の輝線比による診断が有用であると Oliva et al. (2001, A&A, 369, L9) において提案されました。この 2 本の輝線を用いる理由は、鉄がリンと比べてダストへの吸着率が高いために、ガス中の鉄とリンの存在比はダストを破壊できる衝撃波の有無で変化し、それに伴い輝線比も存在比を反映して変化することが期待されるためです。そこで我々は、近傍 AGN の中心核領域 ($< 1 \text{ kpc}$) について、岡山天体物理観測所/ISLE による近赤外線分光サーベイを遂行し、 $[\text{Fe II}]/[\text{P II}]$ 輝線比を用いて NLR の電離メカニズムへの衝撃波の影響を調査しました (Terao et al. 2016, ApJ, 833, 190)。その結果、NLR は多くの天体において光電離で説明できるが、9 天体は NLR において衝撃波の存在が示唆される高い $[\text{Fe II}]/[\text{P II}]$ 輝線比 (> 5) を示すことが分かりました。この衝撃波の起源として電波ジェットが考えられるので、電波ジェットの強弱の指標となる radio-loudness と輝線比に相関が見られるか調査しました。しかし、これらの間に有意な相関は見られず、NLR における衝撃波の起源は電波ジェットだけではないことが示唆されました。ただ、ここで議論したサンプルにはそれほど radio-loud 天体はおらず ($\log R \lesssim 1$)、電波ジェットによる電離を理解するには、より radio-loud な天体 ($\log R \gg 1$) の調査が必要です。そこで、最大で Mpc スケールまで広がる巨大な電波ジェットを持つ電波銀河 5 天体をターゲットとして、NTT/SOFI を用いて $[\text{Fe II}]$ 、 $[\text{P II}]$ 輝線の検出を目指した深い近赤外線 (*J*-band) ロングスリット分光観測を行いました。

本観測には 4 夜の時間をいただいて、2 名のオペレーターの協力の下で観測を行いました。時折薄雲が出る程度で天候には恵まれ、全てのターゲットについてデータが取得できました。簡易解析からは $[\text{Fe II}]$ や $\text{Pa}\beta$ 、 $\text{He I}\lambda 1.083\mu\text{m}$ など AGN で強い輝線が見えています。 $[\text{P II}]$ 輝線の検出については、輝線強度が非常に弱いため夜光やノイズの差し引きなどの本解析後には見えてくると思っています。今回の観測を $[\text{Fe II}]/[\text{P II}]$ 輝線比の統計調査に向けた足掛りとして、今後も継続して観測を続けたいと思っています。そして、NLR において衝撃波の影響が卓越している天体を確認することで、アウトフロー起源の衝撃波が母銀河の星間物質へ電離という形でエネルギーを渡しているかの検証を可能として、AGN フィードバックが発生している現場を捉えることを目指して研究を続けたいと考えています。La Silla Observatory には、NTT の他にも 3.6 m 望遠鏡や 2.2 m Max-Planck 望遠鏡、1.2 m Swiss 望遠鏡など多数の中小口径望遠鏡が集まっています。そのため、食堂や観測室で他の望遠鏡のユーザーやオペレーターとの交流があり、望遠鏡を見学させていただいたりもできました。宿泊施設ではブレーカーが落ちたり、お湯が出なくなったりとトラブルに遭遇しましたが、チリにある観測所ということでスペイン語しか話せない方がほとんどでした。そのため、調べたスペイン語を紙に書いて身振り手振りも交えて修理をお願いすることでなんとか解決できたのは、海外でのトラブル対応の良い経験となりました。

最後に、本観測の遂行に関する渡航に対して多大なご支援をいただいた早川幸男基金の関係者の皆様に厚く感謝申し上げます。