

日本天文学会早川幸男基金渡航報告書

2019年03月10日採択

申請者氏名	馬場俊介 (会員番号 6071)
連絡先住所	〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1 すばる棟 534 号室
所属機関	国立天文台
職あるいは学年	PD：学振
任期 (再任昇格条件)	3年 (再任不可)
渡航目的	研究集会での口頭発表
講演・観測・研究題目	Revealing molecular outflow in active galaxies with SPICA high-resolution spectroscopy
渡航先 (期間)	ギリシャ (2019年5月18日～5月25日)

私は、2019年5月20日から23日にギリシャのクレタ島で開催された国際会議“Exploring the Infrared Universe: The Promise of SPICA”に参加し、“Revealing molecular outflow in active galaxies with SPICA high-resolution spectroscopy”というタイトルで口頭講演を行いました。研究会のタイトルにあるSPICAとは、日本と欧州が共同で推進している次世代赤外線天文衛星です。極低温(8 K)に冷却した口径2.5 mの望遠鏡による中間・遠赤外線の高感度観測によって「銀河進化を通しての重元素とダストによる宇宙の豊穡化」および「生命居住可能な世界に至る惑星系形成」を解き明かすことを目的としており、2030年頃の打ち上げを目指し現在計画が進められています。今回の研究会は、SPICAが可能にする新しいサイエンスを共有し、ミッションの今後の検討と開発を勢い付けることを目的とするものでした。参加者は164人にのぼり、口頭講演70件、ポスター講演77件が行われ、非常に活発な研究会となりました。

今回の私の口頭講演では、SPICAの観測装置の1つである中間赤外線観測装置SMIの高分散分光機能(HR)を用いることで、活動銀河核(AGN)からのアウトフローをどのように研究できるかについて論じました。AGNが放出する高エネルギーのアウトフローは、母銀河の星形成にまで影響を及ぼすため、銀河進化を理解するうえで欠くことのできない要素です。そのアウトフローの質量の大部分は分子ガスの状態で存在しているので、AGNフィードバックにおいて、分子ガスアウトフローの寄与は大きな割合を占めています。そのため、分子ガスアウトフローの運動状態を理解することが、宇宙史の中で星形成が最も活発であった時代(赤方偏移 $z \sim 2$)において、特に重要です。HRでは、波長 $12\text{--}18\ \mu\text{m}$ の連続的な範囲で、分解能 $R \sim 33,000$ の分光が可能です。この性能を生かして分子の輝線・吸収線の速度プロファイルを観測すれば、分子ガスアウトフローの運動状態を直接的に調べられます。今回の講演では特に、 H_2 、 CO のラインを利用した方法を提案しました。 H_2 の純回転輝線 $S(5)$ ($6.91\ \mu\text{m}$)から $S(17)$ ($3.49\ \mu\text{m}$)は、 $z=1.5\text{--}2.5$ で観測できます。これらの輝線は比較的強く、分子ガスアウトフローの効率的な探索と速度・質量の推定に役立ちます。一方、詳細な物理状態と幾何学的構造の推定には、 CO の基準振動回転遷移($\Delta v = 1 \leftarrow 0$, $\Delta J = \pm 1$)の観測が効果的です。この遷移では波長 $4.67\ \mu\text{m}$ を中心に異なる回転準位のラインが $\sim 0.01\ \mu\text{m}$ の間隔で現れるため、数十の励起レベルが同

時に測定でき、そのためにガスの密度、温度、内部速度場などの物理状態を強く制限できます。またこれらのラインは、中心核に加熱されたダストからの熱放射を背景光として、基本的に吸収線として観測されるので、中心核の近傍を実効的に高い空間分解能でプローブできます。各ラインの速度プロファイルは、アウトフローの開口角が小さければ吸収のみですが、大きい場合、吸収と放射から成る P-Cygni プロファイルとなります。このプロファイルを調べることで、中心核近傍における分子ガスアウトフローの幾何学的構造を推測することができます。このような CO P-Cygni プロファイルの分解は、SPICA HR で初めて可能になるものです。2021 年打ち上げ予定のジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の中間赤外線装置 MIRI では、波長分解能が 1 桁低く、十分ではありません。今回は、ある質量放出率、あるアウトフロー形状のときに、CO 振動回転遷移の全体的なスペクトルおよび各ラインの速度プロファイルが、SPICA SMI HR の分解能でどのように観測されると予想されるかを例示しました。

今回の研究会では、口頭かポスターかという発表の形式は、SOC によるアブストラクトの査読によって振り分けられました。錚々たる参加者の面々から口頭講演の枠に選んでいただけたことは光栄の至りです。貴重な機会をいただいたお陰で、SPICA を用いたユニークなサイエンスを、世界中の一流研究者へ向けて宣伝することができました。講演後には私がこれまで取り組んできた CO 振動回転吸収の衛星観測についてのご質問もいただき、それをきっかけに海外研究者との新たな協力関係を築けました。自らの知識と経験を他者の研究に役立てるためにも、研究成果の積極的な紹介が必要だと、改めて実感した次第です。

他の講演の聴講も非常に勉強になりました。今回の研究会は SPICA を用いたサイエンスという軸で構成されているため、発表内容は銀河進化だけでなく、遠方宇宙、星形成、惑星形成と、空間スケールでも時間スケールでも多岐に渡りました。各講演でその分野の未解決問題が示されたことで、天文学が今後十数年で取り組んでいくべき課題を俯瞰し見据えることができました。

総じて、今回の渡航はとても有意義なものとなりました。今回の渡航に対して多大な援助をいただいた日本天文学会早川幸男基金および関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。