

論文審査の結果の要旨

氏名 馬場 俊介

本論文は7章からなる。第1章は、本研究のイントロダクションである。銀河の中心には巨大ブラックホールが存在し、活動の活発なものは活動銀河核と呼ばれる。巨大ブラックホール周りにはトーラスと呼ばれる構造が存在する。しかし、トーラスが様々な活動銀河核でどの程度形状などに多様性を持つのかなど、未解明な点も多い。本論文では近赤外線での観測の現状から、CO 回転・振動吸収線に着目、トーラスの多様性を探るという本論文の目的がまとめられている。第2章は本論文で用いられた宇宙赤外線望遠鏡である AKARI と Spitzer、これらの衛星に搭載された検出器についてまとめられている。

第3章、第4章は、AKARI 衛星の冷却機稼働中(第3章)、冷却剤消失後(第4章)それぞれの時期の、Ge grism の観測較正結果について述べられている。CO 回転・振動吸収線の波長(4.5-5.0 ミクロン)は、AKARI の長波長側観測限界近くに位置する。しかし現在までの AKARI の較正には二次分散光が取り入れられておらず、特に長波長側でその影響が大きいため正しいフラックス測定が不可能であった。そのような中、論文提出者は、2次分散光も考慮に入れた再較正を行い、4.5-5.0 ミクロン帯域の検出効率再現精度を大幅に改善させた。冷却剤消失後については、検出器温度によって複数の期間ごとの較正を行っている。その結果、従来は得られなかった CO 回転・振動吸収線帯域の正しいフラックス情報が得られるようになった。

第5章では、AKARI 冷却機稼働中に観測された、赤外線で見える活動銀河核 10 天体のスペクトル中の CO 回転・振動吸収線について、AKARI と Spitzer のデータを解析した。10 天体全てから有意な CO 回転・振動吸収線を検出、温度と柱密度の測定に成功した。その結果、CO で検知される高密度ガスは数百 K と温められており、大きな柱密度を持つことを発見した。このように柱密度が高い温められたガスは、熱源として中心核からの X 線を考えることが最も妥当であり、CO 回転・振動吸収線はトーラス内縁部の物質から出ていると推論した。

第6章ではより暗い天体まで広く探査するために AKARI 冷却剤消失後のデータも使い、新たなサンプル 47 天体の CO 回転・振動吸収線測定を行った。この中には、過去の観測で上限値のみであった天体からの有意な吸収線検出も含まれる。第5章で解析した天体と併せて、CO 回転・振動吸収線から得られた温度や柱密度とそのほかの物理量に相関がないかを調べた。その結果、ダストの指標である赤外線強度が大きい活動銀河核ほど CO 柱密度が大きい傾向を発見した。これは、CO による吸収がダストの多い環境で起こっていることを示している。また、セイファート II 型とスターバーストをもつ活動銀河核を比較した結果、後者のほうが CO 柱密度が大きい傾向があり、トーラス構造が分厚い可能性を示唆した。第7章には結論と今後の展望がまとめられている。

活動銀河核のトーラスは、宇宙物理学の大きな未解決問題の銀河と巨大中心ブラックホールの共進化を知るうえで重要な役割を持つと考えられている。本論文の独創的な点

は、CO 回転・振動吸収線からトーラスの温度や柱密度といった複数の物理量を導けることに着目した点である。しかしこの吸収線は、本研究に最も有効な AKARI 衛星や Spitzer 衛星の観測可能帯域の端に位置するため、機器較正がほとんどなされていない状態であった。論文提出者は二次分散光も考慮に入れた注意深い較正を行ない、本研究を実現可能にした。冷却機稼働中に観測されたデータの較正は論文提出者らによって公開ツールに組み込まれ、誰もが AKARI の 4.5-5.0 ミクロン帯域の解析ができるようになったという点は大きな成果である。また、世界に先駆けて本手法を数十にわたる天体に系統的に適用し、CO 回転・振動吸収線が活動銀河核で比較的普遍的にみられることを発見した。この観測結果から議論を発展させ、CO 回転・振動吸収線を出す領域の典型的温度や位置、照射源などの推定を行い、トーラス内縁部の典型的な描像を示した点、天体種族ごとのトーラスの特徴を推定した点も重要な成果である。

なお本論文第 3 章および第 5 章は、中川貴雄、白旗麻衣、磯部直樹、臼井文彦、大山陽一、尾中敬、矢野健一、公地千尋と共著であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。