

Anomaly of Hydrogen Recombination Line Ratio in Ultraluminous Infrared Galaxies

その他のタイトル	超高光度赤外線銀河における水素再結合輝線強度比異常
学位授与年月日	2017-03-23
URL	http://doi.org/10.15083/00075557

論文審査の結果の要旨

氏名 矢野 健一

本論文は、超高光度赤外線銀河(ultraluminous infrared galaxy; ULIRG)の水素再結合線 $\text{Br } \alpha$ と $\text{Br } \beta$ の光度を測定し、ULIRG の赤外線放射のエネルギー源を調べると共に、 $\text{Br } \beta / \text{Br } \alpha$ 輝線比が高い ULIRG があることを見つけ、その物理的原因が高密度環境における星形成で説明できることを示している。ULIRG は、放射する赤外線のエネルギー源をはじめとした物理的性質の詳細が明らかにされておらず、銀河進化の研究において重要な位置を占める天体である。本論文は5章および2章の補遺からなる。第1章は、イントロダクションであり、ULIRG の観測的性質と $\text{Br } \beta / \text{Br } \alpha$ 輝線比を調べる意義を紹介している。第2章は、本研究に用いたあかり赤外線衛星と赤外線カメラ(infrared camera; IRC)による分光観測の例が示されている。第3章は、最初に ULIRG の IRC 分光観測と解析について説明している。次に、 $\text{Br } \alpha$ 線の光度($L_{\text{Br } \alpha}$)を文献から得た $3.3 \mu\text{m}$ および全赤外線光度(L_{IR})と比較した結果、 $\text{Br } \alpha$ 線が星形成由来であると論じた上で、 $L_{\text{Br } \alpha} / L_{\text{IR}}$ 比が低い LINER と Seyfert に分類される ULIRG では、赤外線光度の $67 \pm 9\%$ が星形成、 $33 \pm 9\%$ が活動銀河中心核によってもたらされていると述べている。第4章は、IRAS10494+4424 と IRAS10565+2448, Mrk273 の3つの ULIRG では、 $\text{Br } \beta / \text{Br } \alpha$ 輝線比が大きく、case B 再結合の理論値よりも 3σ 以上有意に大きいこと(これを輝線比異常と呼ぶ)を示した。これら3つの ULIRG の輝線比異常の原因について定量的な検討を行っている。原因として、まず分子輝線 $\text{H}_2(1,0) \text{O}(2)$ 輝線の $\text{Br } \beta$ 線への混入が考えられるが、 $\text{H}_2(1,0) \text{O}(3)$ 輝線を用いて $\text{H}_2(1,0) \text{O}(2)$ 輝線の混入量を見積もった結果、輝線比異常を説明できるほどの混入は認められなかった。次に $\text{Br } \alpha$ 輝線が光学的に薄い場合、再結合、衝突励起、共鳴励起いずれによっても輝線比異常を説明できないと論じている。最後に、 $\text{Br } \alpha$ 輝線が光学的に厚い場合は、 $\text{Br } \alpha$ が選択的に散乱されることから、 $\text{Br } \alpha$ の光学的厚さが1程度になる密度約 10^8cm^{-3} の電離領域の再結合過程で説明できることを示した。これに基づいて、輝線比異常の原因は、 10^8cm^{-3} 程度の極めて高密度の電離領域によるものだと提案している。第5章は以上のまとめである。なお、補遺 A では本研究で用いた ULIRG の赤外線スペクトルが提示され、補遺 B では過去の研究で得られた銀河系内の電離領域の Br

$\beta/\text{Br}\alpha$ 輝線比がまとめられている。

論文提出者の成果は、大きく分けて2つある。1つ目は、あかり衛星で得られた ULIRG の IRC スペクトルを解析し、 $\text{Br}\alpha$ および $\text{Br}\beta$ 輝線の光度を測定して適切な誤差を評価したことである。2つ目は、3つの ULIRG について $\text{Br}\beta/\text{Br}\alpha$ 輝線比異常を見つけ、その物理的原因を定量的に精査し、極めて高密度の電離領域における再結合過程で説明可能であることを示したことである。

本研究で用いた ULIRG の IRC スペクトルは共同研究者を含めた過去の研究で取得されたものであるが、論文提出者はこれを再解析し、 $\text{Br}\alpha$ および $\text{Br}\beta$ 輝線の光度を得るとともに、これらに対して信頼性の高い誤差を評価した。さらに、有意に $\text{Br}\beta/\text{Br}\alpha$ 輝線比異常をもつ ULIRG の存在を初めて報告し、その物理的原因として、高密度の電離領域で説明可能であることを示したことは独自性が高い。なお、本論文の第3章は中川貴雄、磯部直樹、白旗麻衣との共同研究、第4章は中川貴雄、Matthew A. Malkan、磯部直樹、白旗麻衣、馬場俊介、道井亮介、Vanshree Bhalotia との共同研究であるが、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。

以上により、博士（理学）の学位を授与できると認める。