

氏 名 金子 紘之

学位（専攻分野） 博士（理学）

学位記番号 総研大甲第 1481 号

学位授与の日付 平成 24 年 3 月 23 日

学位授与の要件 物理科学研究科 天文科学専攻
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 Molecular Gas Properties and Star Formation in
Interacting Galaxies

論文審査委員 主 査 准教授 中村 文隆
教授 松原 英雄
准教授 兒玉 忠恭
教授 河野 孝太郎 東京大学
教授 中井 直正 筑波大学

論文内容の要旨

衝突・合体に代表される銀河同士の相互作用は、銀河の進化を探る上で鍵となる重要な過程である。これまでの研究から、相互作用している銀河では、星形成活動が活発になる傾向にあることが示唆されている。しかしながら、これまでの観測では、銀河の内部構造が十分に分解されていなかったり、相互作用中にある銀河の性質が十分に調べられておらず、相互作用している銀河内で起こっている星形成活動の詳細は良く分かっていない。本研究の目的は、相互作用している銀河内で星形成の母胎となる分子ガスの分布や性質を観測的に明らかにし、銀河同士の相互作用が星形成活動に与える影響を解明することである。

そこで、本論文では、近傍にある4組の相互作用銀河(Arp 84, VV219, VV254, アンテナ銀河)について、一酸化炭素分子輝線 CO(J=1-0)観測を行い、銀河内の分子ガスの分布をキロパーセクスケールの空間分解能で明らかにし、水素原子ガス分布や星形成活動度の指標となる H α 輝線の観測データと比較することで、銀河同士の相互作用が内部で起こる星形成過程に与える影響を調べた。系外銀河からの分子輝線は微弱であり空間的にも広がっているため、このような観測は、干渉計データのようなミッシングフラックス問題がなく、かつ高い集光力のある単一鏡を用いた観測が必須である。そこで、大口径の単一鏡である野辺山観測所 45m 電波望遠鏡に搭載された 25 ビーム BEARS 受信機を用いたマッピング観測を行った。

その結果、相互作用している銀河では、相互作用していない孤立銀河に比べて分子ガスの割合が有意に大きいことがわかった。例えば、観測した4組の相互作用銀河では、星間ガス中の分子ガスの割合は、銀河全体で平均すると 0.71 ± 0.15 であるのに対し、孤立銀河では、 0.5 ± 0.18 であった。さらに、分子ガスの割合が多い領域は孤立銀河の場合には銀河中心で高くなるのに対し、相互作用銀河では、しばしば銀河の中心からずれた領域で高くなることが明らかとなった。さらに、相互作用銀河では、表面密度の低い領域でも分子ガスの割合が高くなる場合も見られた。相互作用銀河で分子ガスの割合が多い理由を探るため、銀河内での分子ガスの生成過程をモデル化した簡単な理論モデルを用いて観測データをフィッティングした結果、相互作用銀河では星間ガスの圧力が高いことが示唆された。高い圧力は、銀河同士の相互作用中に星間ガスで起こると予想される衝撃波圧縮などが原因であると予想された。これまでの相互作用銀河の数値シミュレーションでは、相互作用により星間ガスが銀河中心付近に落ち込み、銀河中心付近で分子ガスの割合が高くなると予想されていたが、今回の観測結果は、相互作用銀河では、圧力の高い領域が銀河中心だけでなく、銀河全体に渡って広がるため、星形成も銀河中心だけでなく銀河全体に広がって起こることが示唆された。本研究から、相互作用銀河内の分子ガスの分布がキロパーセクスケールで初めて系統的に明らかとなり、銀河同士の相互作用が星形成活動に直接影響を及ぼしている様子が明らかにされた。

銀河同士の衝突・合体過程を十分に理解することは、宇宙における銀河の形成・進化過程を解明する上で非常に重要である。本研究では、ミリ波単一望遠鏡としては世界最大級の野辺山 45m 電波望遠鏡を用いて、近傍にある 4 組の相互作用銀河について一酸化炭素分子輝線 CO(J=1-0)を用いて観測し、銀河内の分子ガスの分布をキロパーセクスケールの空間分解能で明らかにし、銀河同士の相互作用が内部で起こる星形成過程に与える影響を調べることを目的としている。系外銀河からの分子輝線は微弱であり空間的にも広がっているため、このような研究は、干渉計データのようなミッシングフラックスの問題がなく、かつ高い集光力のある単一鏡を用いた観測が必須である。高分解能のミリ波帯単一鏡としては、世界的には、野辺山 45m 鏡とヨーロッパの IRAM30m 鏡などがあるが、出願者は、IRAM30m 鏡の装置を凌駕している野辺山 45m 鏡 25 ビーム BEARS 受信機のマッピング能力に着目し、相互作用中にある系外銀河の分子ガス分布を初めて系統的に明らかにした。本博士論文では、その研究成果が簡潔にまとめられている。

論文は 5 章からなる。第 1 章は序論であり、宇宙における相互作用銀河に関するこれまでの研究の概要が述べられている。第 2 章では、本研究でターゲットとした 4 組の相互作用銀河の選定方法や野辺山 45m 鏡 BEARS 受信機を用いた観測手法が詳細に示されている。今回は、相互作用の直接的な影響が見えやすいと期待される相互作用初期から中期段階にある銀河のペアをターゲットとして選んだ。また、比較のために用いた相互作用していない銀河のサンプルは、既存の野辺山 45m アトラスから選定した。第 3 章では、観測結果が詳細に示されている。今回の観測から、相互作用している銀河では、相互作用をしていない孤立銀河に比べて分子ガスの割合が有意に大きいことがわかった。さらに、分子ガスの割合が大きい領域は、孤立銀河の場合には銀河の中心付近で高くなる傾向にあるが、相互作用銀河では、銀河の中心からオフセットしていたり、表面密度の低い銀河の外縁部付近でも高くなる場合があることが明らかとなった。第 4 章では、相互作用銀河で分子ガスの割合が高くなる物理過程を理論モデルと比較することで詳細に議論している。理論モデルとの比較から、相互作用銀河で分子ガスの割合が高くなるのは、相互作用によって星間ガスの圧力が高くなり、星間ガスが圧縮され、原子ガスが効率的に分子ガスに変換されるからと解釈された。相互作用銀河の数値シミュレーションでは、相互作用により星間ガスが銀河中心付近に落ち込み、銀河中心付近で分子ガスの割合が高くなると予想されていたが、今回の観測結果は、相互作用初期から中期段階では、分子ガスの割合が高い領域は銀河全体に広がるため、星形成も銀河中心だけでなく、銀河全体に広がって起こることが示唆された。

これまでは観測装置や観測時間の制約のため、系統的に調べられてこなかった相互作用初期から中期段階にある系外銀河内の分子ガスの空間分布を初めてキロパーセクスケールで系統的に明らかにし、自ら取得した観測データに基づいて、相互作用銀河では星間ガスの圧力が上昇し、分子ガス量が増大することを明らかにした点は高く評価できる。また本研究は、今後 ALMA によって遠方銀河を空間分解し、その形成過程を明らかにする上での、近傍宇宙での基礎データを構築するという意味でも意義は大きく、タイムリーな研究である。また、観測の立案・遂行、解析結果の取りまとめ、議論など、論文作成の一連の過程

において、出願者が主体的に研究を行っていることが認められる。これにより審査委員会は、全員一致で本論文が博士論文として十分な価値を有し、合格であると判断した。