



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Observational Studies on Physical Properties of Molecular Gas in Nearby Galaxies [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	矢島, 義之; Yajima, Yoshiyuki
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第14787号
Issue Date	2022-03-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/85888
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Yoshiyuki_Yajima_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（理 学） 氏 名 矢 島 義 之

審査担当者	主査	教 授	徂 徠 和 夫
	副査	教 授	渡 部 直 樹
	副査	教 授	佐 藤 光 輝
	副査	教 授	木 村 真 明
	副査	講 師	岡 本 崇

学 位 論 文 題 名

Observational Studies on Physical Properties of Molecular Gas in Nearby Galaxies
(近傍銀河における分子ガスの物理状態に関する観測的研究)

博士学位論文審査等の結果について（報告）

宇宙の基本構成要素である銀河がどのように進化してきたのかということは、現在の天文・宇宙物理学分野において解決すべき非常に重要な課題である。銀河は星間ガスを恒星へと転換しながら進化してきたが、その過程は銀河ごとに、また、同じ銀河でも場所によって異なることがわかってきているが、その要因については未だ明確ではなく、特に恒星の材料となる低温の分子ガスは観測技術の制約もあり、その性質や正確な分量を含め未解明な点が多い。

本論文は、このような現況にある銀河における星生成について、分子ガスの物理状態、運動との関連について、観測データをもとに研究し、銀河における星生成活動の多様性の原因を明らかにすることを目的としたものである。

まず、分子ガスの探査針となる一酸化炭素分子の異なる遷移間のスペクトル線の強度比が、分子ガスの物理状態によって銀河ごとにあるいは銀河の内部で変化することを示している。分子ガスは温度が数 10 K 程度以下と低いため、主要な要素である水素分子は放射しない。このため、一酸化炭素分子の回転遷移に伴うスペクトル線が観測されるが、感度の良さ等から第 2 励起状態からの遷移を観測し、第 1 励起状態からのスペクトルとの強度比を固定値として分子ガス量が推定されることがしばしば行われてきた。本論文は、24 個の近傍銀河について、銀河内部を空間分解した両遷移スペクトルの強度を比較し、励起状態が一定ではなく、強度比を固定した質量推定方法が誤った結論を導き出しかねないことを明らかにした。

次に、天の川銀河のように棒状の構造を有する棒渦巻銀河において、恒星の形成されやすさが分子ガスのどのような性質と関係するのかということを示している。近傍の 3 つの棒渦巻銀河について、銀河内部を空間分解した一酸化炭素分子のデータと星生成の割合を示す赤外線及び紫外線のデータを用いて、単位質量あたりの分子ガスから単位時間内に恒星が生成される割合（星生成効率）が分子ガスの密度と正の相関を持つこと、分子ガスの速度分散が上昇するにつれて分子ガスの密度も上昇するが、速度分散が大きくなりすぎるとガスの密度が減少に転じることを初めて明らかにした。これは、棒状構造に付随する運動の激しい分子ガスが、恒星を生成しにくいという従来の観測結果を定性的に説明した重要な結果である。

以上を踏まえ、分子ガスを重力的に束縛された雲状成分とそれを取り巻く希薄な成分へと分離することを近傍銀河について初めて試み、両成分と星生成、さらに銀河の構造との関係について示している。著者は、国立天文台野辺山宇宙電波観測所 45 m 電波望遠鏡を使い、近傍の棒渦巻銀河 Maffei 2 について、一酸化炭素とその同位体のスペクトル線を観測した。この銀河は天の川の背後にあるが、著者は独自に開発した方法により高い精度で前景の天の川の成分を取り除くことに成功している。その上で、希薄なガスからは放射されにくい一酸化炭素の同位体のスペクトル線の検出の有無から、雲状成分と希薄な成分を分離し、銀河のどの場所でも雲状成分の星生成効率に大きな違いが見られないこと、また、分子ガス全体に対する雲状成分の割合が銀河内部で変化することを明らかにした。これは、星生成効率の違いを規定するものは分子ガスにおける雲状成分の割合であること、銀河の構造は分子ガスの凝集あるいは破壊により、希薄な成分との割合を変化させることを示している。

最後に、より極端な環境下での分子ガスの性質と星生成の関係について示している。著者は、銀河の中心部で短期間に多数の恒星が形成されているスターバースト銀河 NGC 1808 について、アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計で観測された一酸化炭素分子のスペクトル線データを解析し、渦状腕から棒状構造、その内側のリング状の構造に向かうにつれて分子ガスの重力的束縛は緩くなること、対してリング状構造から銀河の中心核領域に向けて分子ガスの量が急激に増え、重力的に不安定になることを示した。これは、棒状構造では星生成が起こりにくい一方で分子ガスを銀河の中心領域に輸送し、中心領域では溜まったガスが重力的に不安定になり爆発的に恒星を生成することを予想させる結果である。

これを要するに、著者は、銀河における星生成活動の多様性について分子ガスの密度、特に雲状成分の割合が原因となるという新知見を得たものであり、銀河における大局的な星生成の理解について貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。