

論文審査の結果の要旨

氏名 海老澤 勇治

本論文は、星間分子雲ガスの運動温度を OH 18 cm の超微細構造線の強度比から求める手法を提案し、この手法を実際の電波観測データに適用することで、天の川銀河中の星間分子雲の物理状態を示したものである。本論文は、これまで物理状態を調べるのが難しかった星間原子ガスと分子雲コアの間の境界領域に対して、独自の推定法でガスの運動温度を調べ、星間分子雲で働く物理メカニズムに迫る観測研究を行った。本論文は7章および3章の補遺からなる。第1章は、イントロダクションであり、星形成の物理過程において境界領域の星間分子雲を調べる意義を紹介している。第2章は、背景となる物理過程の解説であり、星間分子雲と4つの周波数帯 1612 と 1665, 1667, 1720 MHz に現れる OH 18cm の超微細構造線の放射過程について具体例を含めて概観している。第3章は、電波観測の原理および本論文で用いる Effelsberg 電波望遠鏡、Green Bank 電波望遠鏡、VLA 電波干渉計について説明している。第4章は、4つの星間分子雲領域に対する、Effelsberg と Green Bank 電波望遠鏡の観測を紹介し、測定された OH 18 cm 線に見られる強度比異常を独自の統計平衡モデルと比較することで、分子雲ガスの運動温度を推定した。特に、HCL2E の観測領域において 1612 MHz の吸収線を見つけ、これが 50~60K の比較的温度の高い分子雲であれば説明されることを示した。この星間分子雲では、低密度側に向かうにつれ温度が増加しているのだが、この原因が星間紫外線による加熱の影響であると議論している。第5章は、Pipe 星雲に対して Green Bank 電波望遠鏡で行われた観測により、1612 MHz に加え、1665 と 1667 MHz における吸収線を見つけ、これが回転励起状態の Λ 型二重項間の遷移で説明されることを示した上で、分子雲の温度を推定した。その結果、この星雲の Bowl 領域と呼ばれる部分では、温度が高く約 100 K に達し、これが Pipe 星雲に見られる2つの直線構造の衝突によって加熱されると推論している。第6章は、HCL2 と暗黒星雲 L183/L169 に対する Effelsberg 電波望遠鏡の観測と、HCL2 の一領域 TMC-1FN に対して行われた VLA 電波干渉計の観測について述べている。TMC-1FN において、1720 MHz で吸収線が見られるが、1612 MHz では輝線が存在し、これまでの統計平衡モデルで OH 18 cm 線の強度比を説明するのは難しい。そこで、

FIR pumping と呼ばれるダスト放射の遠赤外線による励起の影響を統計平衡モデルに組み込み、この強度比を実現する状況を考察した。TMC-1FN において遠赤外線が非常に強い場合、30K 以下の低温で柱密度が 10^{15} cm^{-2} 以上あれば、この強度比が説明できることを示した。第7章は、以上のまとめと将来の展望が述べられている。なお、補遺 A では本論文で用いた統計平衡モデルの計算結果が示され、補遺 B では衝突係数の不定性が考察され、補遺 C では TMC-1FN の構造形状を仮定した場合の遠赤外線強度について議論されている。

論文提出者の成果は、大きく分けて2つある。1つ目は、星間分子雲におけるガスの運動温度を OH 18 cm 線の強度比により推定できることを独自の統計平衡モデルで示したことである。星間分子雲の高密度領域では、これまで一酸化炭素の回転遷移によって物理状態が調べられてきたが、低密度領域では適用するのが難しかった。低密度領域でも強い輝線もしくは吸収線が観測され、物理的解釈が明確に行える OH 18 cm 線の強度比の温度推定により、星間物質の原子ガスと分子雲の物理パラメータスペースを埋める観測研究を可能にした。

2つ目は、星間分子雲に対する電波観測を行い、実際の分子雲に対して OH 18 cm 線の強度比を得て、これらの分子雲で Λ 型二重項の間の遷移や FIR pumping のメカニズムが働いているという示唆を得ながら、温度推定を通じて、星間赤外線による加熱や構造の衝突に関する議論が行えることを実証した点である。

本研究の統計平衡モデルは論文提出者が作成したものであり、観測データは Effelsberg 電波望遠鏡で得られた一部を除いて論文提出者が主体的に取得および解析を行うなど、独自性が高い。なお、本論文の第2章の一部と第4章は、猪熊宏士、坂井南美、Karl M. Menten、前澤裕之、山本智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。