

# 論文審査の結果の要旨

氏名 黒野泰隆

本論文は、低質量星(太陽と同程度の質量を持つ恒星)の形成過程を解明する上で鍵となる分子雲コアの重力収縮過程に迫るため、単一型電波望遠鏡(単一鏡)と電波干渉計のデータ結合手法の確立にシミュレーションおよび解析的な考察から取り組んだものである。更に、ここで得た新たなデータ結合の手法を実際の分子雲コアの観測データに適用し、星形成の初期条件に観測的な制限を与えることに成功している。

本論文は5章からなる。第1章では、低質量星の形成過程に関する重大な未解明課題として、星形成の初期条件となる分子雲コアの重力収縮過程に着目し、本研究の背景と目的をまとめている。分子雲コアの重力収縮過程を記述する理論モデルとして、2つの解、すなわち、準静的な初期条件から重力収縮する解(シュール解)および初期から動的に収縮する解(ラーソン・ペンストン解)が並立しており、いずれが実際の星形成コアを説明するのか明瞭な決着はついていない。この問題に観測的な制限をつけるためには、分子雲コアの密度構造と速度構造について、半径依存性とその絶対値を得ることが重要である。これを実現する上で、空間分解能は低い広がった構造の観測に威力を発揮する単一鏡と、高い空間分解能を達成できるが広がった構造を再現できない電波干渉計とを組み合わせる手法(データ結合手法)が最も有効と考えられる。実際、過去にもそのような試みが為されてきたが、どのように最適化すればよいかの定量的な指針がないため、得られた結果の信頼性が低いという問題点が述べられている。

第2章では、データ結合手法の定式化について、簡潔に論じている。単一鏡により取得したデータと、干渉計により取得したデータとを結合して画像を生成する際、2つのデータの相対的な重み付けの違いが、合成ビームにどのような影響を与えるかを示した上で、その重み付けの最適化が重要であることを指摘している。

第3章では、データ結合手法の最適化について、シミュレーションおよび解析的な考察を行っている。その結果、単一鏡と干渉計のデータを結合する際、その相対的な重み付けには最適値があり、そこから離れた場合には、得られた画像の信頼性が大きく損なわれることを見出した。その最適な重み付けとは、結合結果の合成ビームから CLEAN ビームを差し引いた残差が極小になる、すなわち、合成ビームが理想的なガウシアンビームに最も近くなるような場合であった。これは、空間周波数成分のサンプリング分布の違いによらず一般的に成り立つ重要な条件であることが示唆された。また、干渉計のデータと結合するための単一鏡データが達成すべきデータの性質、すなわち、使用する単一鏡の口径や、信号対雑

音比に関する条件を定量的に示すことにも成功した。

第4章では、星形成初期段階にある天体 (B335-IRS、L1448C、およびCB244-IRS) に付随する分子雲コアの観測結果について詳述している。第3章で最適化したデータ結合手法により、野辺山45m電波望遠鏡と野辺山ミリ波干渉計で得た $\text{H}^{13}\text{CO}^+$  ( $J=1-0$ ) 輝線データの結合を行い、これらの分子雲コアに対して、かつてない高い空間ダイナミックレンジでの分子輝線画像を得ることに成功した。この結果、B335分子雲コアでは、半径約4800AUを境として密度構造が有意に異なること、すなわち、その内側では半径の-1.5乗、外側では半径の-2.0乗で表される半径依存性を持つことを明らかにした。更に、得られた分子雲コアの速度構造を、位置-速度図を用いて理論モデルと比較した。以上の結果から、B335分子雲コアは、準静的な初期条件から重力収縮を始めたモデルで説明できることがわかった。これはシュー解、もしくは、僅かに自己重力と外圧のバランスが崩れた準静水圧平衡にある等温ガス球 (ボナー・エバート球) の収縮として解釈できることを観測的に明瞭に示したものである。

第5章では本研究で得た知見が、今後の研究の展望と共に要約されている。

以上、本論文は、単一鏡と干渉計のデータを結合して信頼性の高い電波画像を得るための条件を定量的に明らかにした初めての研究である。更に、得られた知見を実際の分子雲コアの観測に適用し、かつてない高い空間ダイナミックレンジの分子輝線画像を得て、その密度・速度構造が、従来提唱されてきた2つの極端な理論モデルのうち、少なくとも一方を明快に棄却するものであること、また、その中間的な状態 (ボナー・エバート球) と整合する可能性があることを、実際の観測データに基づいて示した研究として、高く評価できる。

なお、本論文の一部は、森田耕一郎および鎌崎剛との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析及び論証を行ったもので、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ものと認める。