

論文審査の結果の要旨

氏名 大屋 瑤子

本論文は、原始星の周りでどのようにして原始惑星系円盤が作られるのかを解明することを最終目的として、電波干渉計 ALMA (Atakama Large Millimeter / submillimeter Array) による原始星の高分解能観測研究を行い、その解釈をモデルを用いて行ったものである。

本論文は11の章から構成される。

第1章では、本論文の背景を論じている。まず、原始星の最近の電波観測による化学的進化、物理的進化の研究の進捗が述べられている。さらに、坂井らによる L1527 の ALMA 観測を紹介し、エンベロープガスの「遠心力バリア」の発見を紹介している。さらに、その手法を他の天体に適用し、この「遠心力バリア」という考え方が普遍的であるかどうかを調べる重要性が述べられている。

続いて、本研究に用いた手法が紹介されている。まず第2章では、ALMA の紹介と、そのデータ解析手法について紹介している。さらに、第3章では、本研究で用いた3次元モデルを論じている。本論文では、(1) エンベロープには落下・回転モデルを、(2) 円盤についてはケプラー・モデルを、(3) アウトフローについては標準的なパラボリック・モデルを、それぞれ適用している。

第4章から8章にかけては、個別の天体の観測結果が議論されている。

まず第4章では、L1527の観測結果を論じている。本天体では、すでに坂井らが遠心力バリアの存在を発見していたが、本論文ではその結果を前述の3次元モデルを用いてより詳細に解析し、エンベロープ/アウトフロー構造の傾き角を決定した。さらに、遠心力バリア付近でガスの化学組成が大きく変化することを見出した。

第5章では、IRAS 15398-3359 の観測結果を論じている。本天体では、アウトフローが鮮明に捉えられ、その傾き角度が決められた。一方、エンベロープガスの速度構造は十分には分解できなかったが、遠心力バリアの内側に円盤構造が存在している可能性が示唆された。

続いて、IRAS 16293-2422 の観測結果が論じられている。本天体は連星系であるが、まず第6章ではその内の source A において、エンベロープの速度構造を調べ、遠心力バリアの存在が確認されたことが議論されている。さらに、遠心力バリアの内側に見出された円盤成分では、化学成分がエンベロープとは異なった。L1527でも見られたような遠心力バリア付近でのガスの化学組成の変化が、別の分子種で見られたのである。さらに、第7章では、同様の化学組成の変化が source B においても見られたことが議論されている。

第8章では、L483の観測結果が論じられている。本天体は、今までの低分解能観測から、WCCC (Warm Carbo-Chain Chemistry、不飽和炭素分子を豊富に含む)天体であると言われてきた。しかし、本論文での ALMA による高分解能観測により、ギ酸メチル分子などの複雑な有機分子が、原始星の高速成分に集中して存在し、hot corino 天体(複雑な飽和有機分子に富む)の性質を示す領域もあることが分かった。

続いて9章では、観測された5つの天体の観測結果から、化学組成の違いを生んだ原因が議論されている。特に、遠心力バリア近傍で化学組成が急激に変化することが見出されたことから、遠心力バリアでガスが滞留している間にその化学組成が変化する可能性を示唆している。

さらに第10章では、物理構造について議論している。5つの天体のエンベロープの観測結果が、3章で議論されている落下・回転モデルで記述されることから、エンベロープでは落下・回転運動が支配的で、それ以外の磁場やガス圧の影響が少ないと議論している。さらに、遠心力バリアでの速度構造の変化から、遠心力バリアがエンベロープから円盤が形成される境界であると議論している。重要な点は、化学的性質の違いに関わらず、遠心力バリア/円盤が普遍的に存在することを示したことである。

最後に第11章において、本論文の結論をまとめるとともに、将来の観測の課題を示している。

本論文は、ALMA による様々な分子輝線の高感度・高空間分解能観測を用い、速度構造の解析と分子の化学的性質を利用して、原始星天体内に遠心力バリア/円盤が普遍的に存在することを示し、円盤形成段階の物理的・化学的構造を探る手がかりを見出したものであり、その学術的価値は高い。本研究の一部は、すでに4編の査読論文として刊行されており、研究発表の実績も十分に高い。

なお、本論文のうち第4章から8章までの個別の天体の観測研究は他の研究者との共同研究であるが、論文提出者が主体となってデータ解析、分析及び検証を行ったものであり、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と認める。