

論文審査の結果の要旨

氏名 塚本 裕介

本論文は、星間分子雲が収縮して原始星が生まれる段階で形成され、原始惑星系円盤となる星周円盤の誕生とその進化について、原始星の存在を考慮に入れた三次元粒子法による流体力学的理論計算に基づき、新しい描像を提案するものである。

論文は、全4章より成る。第1章では、論文全体への導入の章として、原始星と星周円盤に関する従来の理論的研究を概観した後、惑星系形成の研究にあたっては、原始惑星系円盤となる星周円盤と原始星を分子雲の過程から取り扱う新たな取り組みが必要であるとの研究の動機を述べている。

第2章では、分子雲コアからの原始星と星周円盤の形成と進化について、近似的に熱力学を考慮した粒子法を用いて流体力学計算を系統的に行い、その結果を解析して、原始星と星周円盤から成るシステムの初期の形態を明らかにしている。これ以外にも原始星と星周円盤の形成に関する流体力学計算は少なからずなされているものの、初期条件の設定や乱流の影響の扱い等に様々な仮定が多く、統一のとれた描像には至っていなかった。本論文提出者は、初期に剛体回転をしている分子雲コアの進化は、分子雲が持つ熱エネルギーと重力エネルギーの比、並びに、回転エネルギーと重力エネルギーの比、という2つの量で特徴付けられることを指摘した上で、両者の異なる組み合わせの初期条件から流体力学計算を系統的に施行し、原始星・星周円盤システムの形態が、定性的には、(1) 円盤質量が原始星より大きいモード、(2) 進化初期に円盤が分裂するモード、(3) 進化後期に円盤が分裂するモード、(4) 原始星が主体となるモードの4つのモードに分類出来ることを明らかにした。

その結果、以下の様な描像が明らかになった：(1) の円盤質量が大きいモードは、熱エネルギーが大きく、言い換えれば質量降着率が小さく、且つ、回転エネルギーが大きい場合に実現する。この状況では、星周円盤の質量は原始星よりも長期に亘って大きく、その間、星周円盤は分裂することはないのが特徴である。熱エネルギーが小さく、言い換えれば質量降着率が大きく、回転エネルギーも大きい場合には、(2) のモードとなり、重力収縮する分子雲は、原始星が形成されるより前に分裂してしまう。回転エネルギーがそれ程は大きくない場合には、(3) のモードとなり、一旦原始星が形成された後に星周円盤が分裂して第二の原始星を生み、連星系が形成されるようになる。分子雲の回転エネルギーが重力エネルギーに比べて小さい場合には、熱エネルギーの大小に依らずに、(4) のモードとなって、短期間のう

ちに原始星の質量が星周円盤を凌駕する。

第3章では、前章の研究を発展させ、幾つかの例外を除いては従来の研究では扱っていなかった、分子雲コアが乱流状態にある場合の原始星と星周円盤の形成と進化について、乱流を取り入れた流体力学計算を広いパラメータ範囲で系統的に行い、長期間に亘る進化の形態を明らかにしている。その結果、乱流状態にある場合には、原始星はフィラメント状の構造となった箇所形成され、残ったフィラメント状の分子雲は原始星の周りを捻れるように囲み、やがて星周円盤となることを明らかにした。また、星周円盤の回転軸はガスの降着に伴い揺れ動くことを明らかにし、更に、特に激しい乱流状態においては、星周円盤は頻繁に分裂を起こし、距離がかなり離れた惑星質量程度の連星を形成すること、連星軌道面と星周円盤面は最終的には一致に向かうものの、長期に亘って一致していないことを明らかにした。これらの描像は、星周円盤の向きや、原始星からのガスのアウトフローの向きが、連星系や多重連星系内の星同士で一致しないという観測例を合理的に説明する。

第4章は、本研究が明らかにした原始星と惑星系形成の初期条件となる星周円盤の形成と進化についての統一的描像のまとめである。

以上要するに、本論文は、原始星と惑星系形成の初期条件となる星周円盤について、星間分子雲の多様な初期形態から、粒子法を用いた流体力学計算を系統的に行うことによって、それらの形成と進化について諸性質を明らかにし、これを基に、新たな統一的描像を提案している。これは惑星系形成の初期条件となる星周円盤の形成と進化に関する新しい知見であり、天文学、天体物理学に新たな知見を齎すものである。

本論文は、町田正博氏との共同研究に基づくものであるが、研究の動機は、論文提出者自身によるものであり、本論文の核を成す流体力学的数値計算の計画並びに実行、及び結果の検討は、論文提出者が主体となって行ったものである。よって、論文提出者の寄与は十分であると判断し、本論文提出者に、博士（理学）の学位を授与出来ると認める。