

氏名(本籍)	おおごち こう じ 大越智 幸 司(三重 都)		
学位の種類	博 士(物 理)		
学位記番号	博 甲 第 2299 号		
学位授与年月日	平成12年3月24日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	物理学研究科		
学位論文題目	A Study of Gravitational Collapse of Filaments in Molecular Clouds with Radiation Hydrodynamics Simulations (輻射流体力学計算による分子雲中フィラメントの重力収縮の研究)		
主査	筑波大学教授	理学博士	宇 川 彰
副査	筑波大学助教授	理学博士	金 谷 和 至
副査	筑波大学助教授	理学博士	梅 村 雅 之
副査	名古屋大学助教授	理学博士	花 輪 知 幸

論 文 の 内 容 の 要 旨

星は、宇宙における最も基本的な天体であり、その形成プロセスに関する研究は長い歴史をもつ。星はガス雲の重力収縮により高密度のコアが形成されることで誕生すると一般に考えられている。しかし、このプロセスに関わる物理は複雑かつ多様であり、まだ多くの問題が未解決のまま残されている。星形成は、分子雲と呼ばれる比較的密度の高い領域で起っている。観測によれば、この分子雲は細長いフィラメント状の構造を持つものが多い。しかしながら、フィラメント状分子雲が、どのように星の誕生につながるのかは、まだ明らかにされていない。よってフィラメント状分子雲の力学的進化の研究は、星形成の初期段階を明らかにするために極めて重要であると言える。

フィラメント形状のガス雲は、等温的に進化する場合には重力収縮が可能であるが、等温でなくなると収縮が止まってしまう。従来の研究では、ガス雲内部のエネルギー輸送を決定付ける輻射の取り扱いが近似的であり、フィラメント状分子雲の進化について決定的な結論を得ることができなかった。そこで、本研究では、輻射によるエネルギー輸送を正確に扱い、フィラメント状分子雲の熱的・力学的進化に関する輻射流体力学計算を行った。この目的のため、輻射場と温度場を自己矛盾なく正確に決めることのできる数値計算スキームを開発した。フィラメントの重力収縮について、完全な輻射輸送を解きつつ力学進化を計算したのはこの研究が世界で始めてである。

数値シミュレーションは、1次元軸対称性を仮定し、現実的な範囲の初期温度、密度を初期条件として行った。その結果、フィラメントが光学的に厚くなったにもかかわらず等温的に収縮する場合や、光学的に薄い段階から温度上昇が起こる場合が確認された。様々な数値解析の結果、ガス雲の等温性が破れるのは、収縮に伴う重力エネルギー解放率が、輻射によるエネルギー放射率を上回った時であることがわかった。この結果は、従来信じられてきた「光学的厚みが1を超え、輻射による冷却効率が低下したとき等温性が破れる」という物理的推論が誤りであったことを示している。またこの結果を、収縮のタイムスケールと輻射冷却のタイムスケールの観点から求めた解析的等温性条件と比較した所、非常に良い一致を示すことがわかった。これを用いて、等温性が破れる臨界密度を初期温度の関数として求めることができた。等温性が破れた後は、収縮のタイムスケールが長くなり、フィラメントの軸方向の重力不安定性が成長することで、フィラメントは分裂すると期待される。このことを踏

まえ、臨界密度における分裂体の質量を見積もった所、分裂体はおよそ太陽質量の100分の1程度になるという結果を得た。実際、近年の観測により、この程度の質量の星が観測されてきている。

審査の結果の要旨

本研究は、星形成の初期段階を決定付けるフィラメント状分子雲の自己重力収縮を、輻射流体力学を用いて数値解析したものである。この研究の独創的な点は、これまで近似的にしか扱われてこなかった輻射と物質の相互作用を正確に扱って力学進化を計算したことにある。その数値計算スキームは、ノウハウがほとんどない所から、独自にくみ上げられたものであり、今後の計算宇宙物理学の発展にも多いに寄与するであろう秀逸なものと言える。

本研究の眼目は、星形成の前期課程を決定付けるフィラメント状分子雲の熱的・力学的進化に向けられている。重力不安定に基づく星形成理論では、親の分子雲はどこかで必ずフィラメント状の分子雲に分裂することがこれまでの理論的研究で示されている。従って、フィラメント状分子雲から星形成への道筋を明らかにすることは、星形成理論のミッシングリンクを解くことにつながる。フィラメント状のガスの場合には、等温(断熱指数が1)であるか否かが重力収縮が可能であるか否かの境目になっている。この点で、断熱指数が $4/3$ 以下であれば必ず重力収縮を起こすことのできる球状ガス雲とは力学的特性が大きく異なる。よって、フィラメント状分子雲の力学進化過程では、等温性が破れる条件を調べるこそが本質的であり、同時にこれはエネルギー収支の注意深い取り扱いが要求されるデリケートな問題でもある。

1977年のJ.Silkによる先駆的研究から今日まで、フィラメント状分子雲の重力収縮は、輻射に対する光学的厚みが1を超えるまでは等温的に進み、光学的厚みが1を超えた所で温度上昇に転ずると信じられてきた。そして、光学的厚みが1を超えたとき、フィラメントの収縮が止まってバウンスが起こり、分裂に至ることで星の種ができるというシナリオが標準的なものとなってきた。しかし、本研究は、重力エネルギー解放と輻射エネルギー放射の拮抗関係こそが等温性を決定付ける本質的物理条件を与えることを見出し、これまでの物理的描像が妥当でないことを明確に示した。この結論は、単に数値シミュレーション結果に基づくものでなく、素過程の十分な考察によって物理的にも信頼性の高いものに昇華せしめられている。その意味で、本研究が星形成論において持つ意味は極めて大きく、新たなブレークスルーにもつながる重要な結果であると高く評価できる。

よって、著者は博士(物理)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。