

氏名(本籍)	三浦均(大分県)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	博甲第3897号
学位授与年月日	平成18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	数理解物質科学研究科
学位論文題目	<b>Shock-Wave Heating Model for Chondrule Formation: Thermal Evolution of Precursor Dust Particles and Hydrodynamics of Molten Droplets</b> (衝撃波加熱コンドリュール形成モデル: 前駆体ダスト粒子の熱進化と融解ダストの流体力学)
主査	筑波大学教授 理学博士 中井直正
副査	筑波大学教授 理学博士 石橋延幸
副査	筑波大学教授 理学博士 梅村雅之
副査	筑波大学講師 博士(理学) 中本泰史
副査	名古屋大学助教授 理学博士 渡邊誠一郎

### 論文の内容の要旨

コンドリュールとは地球に落下するコンドライト隕石に普遍的に含まれる球状の珪酸塩鉱物である。これは、惑星形成の母体である原始太陽系星雲において、mmサイズのシリケートダスト粒子が何らかのメカニズムで加熱されて融解し、再固化して形成されたと考えられている。星雲中におけるダスト加熱メカニズムとして衝撃波加熱モデルがあり、これまでの様々な理論的研究によって、コンドリュール形成を説明しうる有力なモデルだと考えられてきている。本論文では、衝撃波加熱モデルにおけるダストの熱進化、及び、融解ダストの流体力学という点に注目し解析を行った。

ダストの熱進化に関して特に注目したのが、融解前の前駆体ダストの加熱速度である。コンドリュールに含まれる硫黄の同位体組成の測定と蒸発に伴う同位体分別の研究により、加熱速度は $10^4$  K/hr程度以上(ダスト温度が1273 Kから1473 Kに変化する間)という制限が課せられている。衝撃波加熱モデルでは、衝撃波後面のガス摩擦による加熱はこれより十分速い。しかし、衝撃波通過後に加熱されたガスやダストからの放射が衝撃波通過前のダストを加熱する物理過程が存在し、それによるダスト加熱速度に関する詳細は研究はこれまで行われていなかった。本論文では、輻射輸送を考慮した衝撃波加熱のシミュレーションを行ない、様々な物理条件のもとでダスト加熱速度を求めた。その結果、ダスト加熱速度は、衝撃波面到達時のダスト温度 $T_{SF}$ が1273 Kを越えるかどうかで大きく変化し、同位体分別を抑えるためには $T_{SF} < 1273$  Kであればよいことを示した。また、計算で求められた $T_{SF}$ は、輻射拡散の式を用いて解析的に得られた値とよく一致した。さらに、 $T_{SF} < 1273$  Kを満たすためには、衝撃波前面の光学的厚さが1-10よりも小さければよい、という結果が得られた。この結論を用いれば、原始太陽系星雲で生じた衝撃波がコンドリュール形成に適しているかどうかを議論することが可能である。融解ダストの流体力学は、コンドリュール形状が完全に球でないことと関係する。衝撃波加熱モデルにおいて融解したダストが高速のガス流にさらされた結果、ガス動圧によってどのように液滴が変形するかについて3次元数値流体シミュレーションした結果、ガス動圧と回

転の効果を同時に考慮することで、観測されているコンドリュールのプロレート形状や三軸不等形状が自然に説明できることを明らかにした。このように、ガス流にさらされた液滴の回転が多様な形状を生み出すことを示し、回転速度と液滴形状の関係を明らかにした。

### 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文では、これまでコンドリュール形成の衝撃波加熱モデルで注目されていなかった「輻射輸送の効果と同位体分別との関係」、及び、「ダスト回転とその形状との関係」に関して、詳細な数値シミュレーションを行ない、さらに物理的考察に基づく明快な理由付けを行なった。いずれの結果も、コンドリュール形成の衝撃波加熱モデルという理論研究と、同位体分別やコンドリュール形状という鉱物科学の分野に密接したものであり、今後これらの分野のさらなる発展を促すものである。コンドリュールは、太陽系形成期の情報を留めていると考えられており、太陽系の起源を探る上で重要なプローブである。その意味で、本論文の研究成果は、今後の太陽系形成論にも大きな影響を与えるものであり、その学術的意義は高く評価される。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。