

タイプ I 軌道移動するコアからのガス惑星形成 The formation of gas planets from cores in type I migration

前島 直彦^{1*}; 渡邊 誠一郎¹
MAESHIMA, Naohiko^{1*}; WATANABE, Sei-ichiro¹

¹名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻

¹Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Nagoya University

観測により、ガスをまとっていると考えられる巨大惑星が多数発見されている。そのようなガス惑星の原始惑星系円盤中の形成のためには、円盤ガスが完全に散逸する前に固体惑星（ガス惑星のコア部分に相当）は臨界コア質量 M_{crit} まで成長する必要がある。ただし、コアは円盤ガスとの相互作用により、トルクを受けて動径方向に移動する（タイプ I 軌道移動）。従来の研究では、コアは M_{crit} に達する前に負のトルクにより短時間で中心星に落下するとされていた（Ward 1997, Tanaka et al. 2002）。しかし最近の研究によれば、ガスについて非等温過程を考慮すると共回転トルクと呼ばれるトルクにより、コアが外向きに動ける領域が円盤中に形成される（Baruteau & Masset 2008, Paardekooper & Papaloizou 2008）。結果としてトルクが 0 になる「平衡半径」ができ、もしコアがその場所に捕らえられれば軌道移動速度は円盤進化速度程度に低下するため、内側へ落下せずガスを捕獲できる可能性が示唆される。ただし正のトルクは限られた質量（ $M_{p,min} < M_p < M_{p,max}$ ）のコアにしか働かない（Kretz & Lin 2012）。そのため $M_p = M_{p,min}$ となるまでに時間がかかると、その間に負のトルクによって大きく内側へ移動してしまうということも起こりうる。本研究では円盤物理量に依存してどのようにコアが軌道移動・質量成長を行うのかを調べ、ガス惑星形成のために円盤が持つべき条件を求めた。

円盤のガス面密度分布は粘性拡散・photoevaporationによって進化し、温度は粘性加熱・中心星放射で与える。そのような円盤では加熱機構が粘性加熱から中心星放射へ遷移する領域に平衡半径ができる。本研究ではその平衡半径でのガス惑星形成可能性について調べる。惑星コアは自身の重力圏にある微惑星を集積しながら成長し、 M_{crit} に達したら周囲のガスを捕獲する。

結果、円盤物理量に依存して、ガス惑星形成条件は以下のように決まることが分かった。進化の速い円盤（乱流粘性の α パラメータ = 0.005）では、円盤質量が大きい段階（初期ガス質量降着率 $\sim 10^{-7} M_{\odot} yr^{-1}$ ）で、しかもコア成長の材料が豊富にある状況（固体物質/ガス比 > 0.03 ）でコア成長が始まれば、円盤の中間領域（ ~ 10 AU）で形成されたコアは成長途中で平衡半径に捕らえられ、そこで M_{crit} に達した結果、ガス惑星が形成される。それに対し、進化の遅い円盤（ $\alpha = 0.001$ ）あれば、円盤質量が小さくなった段階（初期ガス質量降着率 $\sim 10^{-8} M_{\odot} yr^{-1}$ ）でコア成長が始まってもガス惑星は形成される。この場合、固体/ガス比に対する依存性は弱い。

キーワード: タイプ I 軌道移動

Keywords: type I migration