

楕円運動をする原始惑星による摂動を受けた原始惑星系円盤における原始惑星の固体天体集積率の理論的研究

○山田 理仁¹ 小林 浩¹ (1.名古屋大学大学院 理学研究科 物理科学領域 理論宇宙物理学研究室 (TA研))

巨大ガス惑星は、地球質量の10倍にまで成長した固体の原始惑星が、原始惑星系円盤からガスを集積することで形成される。しかし、10倍地球質量もの重い固体天体は、円盤との相互作用により数十万年程度で中心星へ向かって、螺旋軌道を描きながら落下してしまう。したがって、数十万年という時間スケールで核となる原始惑星を形成する必要がある。

固体核は、周囲の小天体を集積して成長する。現在多くの研究では、1-100kmサイズの微惑星を集積する微惑星集積モデルや、1-100 μ mサイズのペブルを集積するペブル集積モデルが考えられている。微惑星集積の場合は、固体核成長に数十万年以上の時間がかかってしまう。一方、ペブルでは、円盤ガスからの抵抗による散逸で衝突断面積が増加するが、このガス抵抗により短時間で中心星に落下してしまうため、固体核を横切って落下していくペブルの総質量の0.01%以下しか固体核に集積されない。そのため、円盤内の全固体質量がペブルとして存在していたとしても、10倍地球質量の形成は難しいことが指摘されている(Kobayashi & Tanaka 2021)。

固体核の重力により、固体核周りの閉じた流れ（大気）や、前後方向での「馬蹄軌道」と呼ばれる、固体核に向かう流体がUターンする流れ、鉛直方向からの流れ込みが生む、赤道面で固体核から離れていく流れなど、いくつかの特徴的なガス流れ構造が存在する。ペブルだけでなく微惑星もこれらの影響を受けることが分かっており(Okamura and Kobayashi 2021)、微惑星集積とペブル集積の双方でこのガス流れを正確に取り扱うことが必須となる。

先行研究では、固体核が円軌道で軌道面と赤道面が一致する場合が調べられた。しかし、先に形成された巨大ガス惑星などからの摂動によって、固体核が大きな離心率や傾斜角を持つだろう。本研究では、傾斜角・離心率を持つ固体核がつくる円盤のガス流れや固体核大気の構造を3次元流体シミュレーションにより調べる。さらにそれが与える固体核の小天体集積率への影響についても計算した。以上の結果が惑星形成にもたらす影響を議論する。