

円盤ガスとの重力相互作用による原始惑星のランダム速度の減衰

Damping of velocity dispersion of a protoplanet due to gravitational interaction with disk gas

酒井 圭[1], 井田 茂[2]

kei sakai[1], Shigeru Ida[2]

[1] 東工大・理・地球惑星, [2] 東工大・地惑

[1] Earth and Planetary Sci., Titech, [2] Dept. of Earth and Planetary Sci., Tokyo Inst. of Tech.

原始惑星系円盤において、原始惑星の質量が現在の月程度より重くなると、原始惑星とガス円盤との重力的な相互作用による影響が無視できなくなる。その結果として、原始惑星の軌道要素（軌道長半径、軌道離心率、軌道面傾斜角）が大きく減衰することが知られている。軌道要素の変化はその後の原始惑星の進化を左右するため、原始惑星とガス円盤との重力相互作用を調べることは非常に重要である。

そこで我々は原始惑星系円盤ガスとの重力相互作用による、原始惑星のランダム速度の減衰を、流体シミュレーションによって調べた。

原始惑星系円盤ガスとの重力相互作用による、原始惑星のランダム速度の減衰を、流体シミュレーションによって調べた。

原始惑星系円盤において、原始惑星の質量が現在の月程度より重くなると、原始惑星とガス円盤との重力的な相互作用による影響が無視できなくなる。その結果として、原始惑星の軌道要素（軌道長半径、軌道離心率、軌道面傾斜角）が大きく減衰することが知られている。軌道要素の変化はその後の原始惑星の進化を左右するため、原始惑星とガス円盤との重力相互作用を調べることは非常に重要である。

軌道長半径の減衰率は離心率や傾斜角の減衰率に比べて数桁小さいので、ここでは離心率や傾斜角（ランダム速度）について考える。原始惑星とガス円盤との重力相互作用によるランダム速度の減衰に関して、いくつかの研究がなされている。Ward(1993)と Artymowicz(1993)は、線形計算によって原始惑星とガス円盤中に励起される密度波について解析し、ランダム速度の減衰時間を見積もった。その結果によると地球くらいの大きさでは、減衰時間はわずか1000年程度であり、地球形成の典型的な時間の見積もり 10^6 - 10^7 年に比べて十分短く、地球形成に大きく影響を与えるはずである。この線形計算が正しいかどうかは数値計算によって確かめられなければならないが、数値計算例は極めて少ない。Takeda et al.(1985)は、重力相互作用の物理過程を二次元軸対称系での数値計算によって調べた。これは、円軌道のガス円盤中を楕円軌道でまわっている原始惑星を、軸対称一様流の筒の中に固定された原始惑星で近似している。一様流の速さは、惑星が楕円軌道を描いていることによる、円軌道からのズレの速度に等しいとする。その近似自体は、離心率がある程度大きければ妥当であるが、ここでは亜音速領域での計算が数例しかなく、原始惑星系円盤での物理について多くを議論するのが困難であった。

そこで我々は Takeda et al.(1985)の数値計算を拡張し、亜音速の広いパラメータ範囲で計算し、原始惑星のランダム速度の減衰の物理過程を明らかにする。Takeda et al.(1985)と同じ一様軸対称流を考える。レイノルズ数は1より十分大きくとり、マッハ数をいろいろ変えて計算する。流体コードとしてCIP法(Yabe et al. 1991)を用い、典型的なグリッド数は 1000×500 である。一定の流入を与えて、ある初期状態からはじめて、定常状態が達成されるまで時間発展を計算し、定常状態に達したら、流れの場から原始惑星に働く重力と圧力を計算する。これまでの計算によると、原始惑星の重力によって引きつけられたガスは原始惑星の下流にたまり、そのたまったガスの重力によって、惑星が引きつけられる様子が分かる。ガスがたまる典型的な空間スケールはボンディ半径(Bondi & Hoyle 1944)に一致する。

講演においては、より詳しい結果を報告し、Ward(1993)と Artymowicz(1993)による線形計算の妥当性を議論する。