

巨大惑星の周惑星円盤へのダストの供給

前田夏穂 (神戸大学)

利用カテゴリ XC-Trial ・ 計算サーバ

ガリレオ衛星に代表される巨大惑星の規則衛星は、巨大惑星の形成期にその周囲に形成されるガス円盤(周惑星円盤)中で、固体物質が集積することで形成されたと考えられている。近年の数値計算の結果から、衛星形成の場である周惑星円盤には、周囲の原始惑星系円盤からの連続的なガス・固体物質の供給があると考えられている。しかし、それらの衛星材料物質の周惑星円盤への供給過程は、未だに不明な点が多い。

従来の周惑星円盤への固体物質の供給に関する研究^[1]では、パラメータの簡単化のために原始惑星質量が現在の木星より小さい0.4木星質量の場合について、その周惑星円盤への固体物質の供給量を調べていた。しかし、現在観測されている衛星は、惑星形成のごく末期に形成されたと考えられるため、原始惑星質量がより大きい場合について調べるのが重要である。本研究では、原始惑星質量が1木星質量の場合について、周惑星円盤へのガス・固体物質の供給について調べた。また、先行研究^[1]では、赤道面上にある固体粒子の供給のみ調べられていたが、本研究では、赤道面上空からの3次元的な供給についても考慮した。

周惑星円盤と周囲のガス流

多重格子法を用いた3次元数値流体計算^[2,3]によって、原始惑星まわりのガスの流れ場を解き、0.4木星質量と1木星質量の場合を比較した。ガスは等温・非粘性とした。その結果、

- ・周惑星円盤の大きさは惑星重力圏の大きさに比例する
- ・周惑星円盤に降着するガスは、原始惑星質量が大きいほど、より広い動径分布を持つということがわかった。ただし、周惑星円盤へのガスの質量降着率は、原始惑星質量が大きいほど減少した。これは、ギャップ形成の進行によって周囲のガス密度が減少したことの影響を大きく受けている。

固体粒子の供給

数値流体計算で得られたガス密度・速度場を用いて固体粒子にはたらくガス抵抗力を計算し、原始惑星に接近する粒子の軌道を計算した。様々な初期動径位置・高度を与えて軌道計算を行い、周惑星円盤への捕獲頻度を求めた。その結果を、原始惑星質量が0.4木星質量の場合と1木星質量の場合について比較することで、原始惑星質量の増加が周惑星円盤への粒子の供給にどのように影響するかを調べた。

固体粒子の周惑星円盤への捕獲頻度は、粒子半径によって異なる。ガス抵抗力の効果が大きい1 mmサイズの粒子は、原始惑星質量によって捕獲頻度が大きく異なるが、ガス抵抗力の効果が小さい100 mサイズの粒子はほとんど変わらない(図1)。これは、原始惑星質量の変化による周囲のガス場の変化の影響を、小さい粒子ほど受けやすく、大きな粒子ほど受けにく

いためである。また、ガス抵抗力を大きく受ける1mm サイズの粒子は、その供給経路がガスの供給経路と対応している(図2)。このため、周惑星円盤に降着するガスが動径方向により広く分布している1木星質量の場合の方が、0.4木星質量の場合に比べて捕獲頻度が大きい。

今後は、異なる原始惑星質量の場合について同様の計算を行い、周惑星円盤へのガス・固体粒子供給の原始惑星質量依存性について、より詳細に調べる予定である。

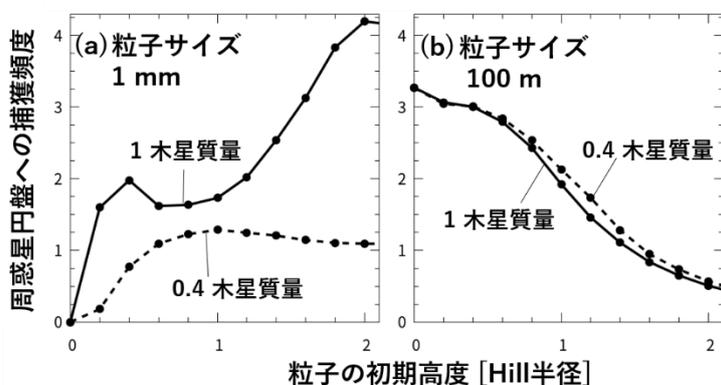


図 1: 粒子の周惑星円盤への捕獲頻度の初期高度による変化。実線は 1 木星質量の場合、破線は 0.4 木星質量の場合を表す。(a) 粒子半径 1 mm, (b) 粒子半径 100 m の結果を表している。捕獲頻度は、単位面数密度・単位ケプラー時間あたりの捕獲数。

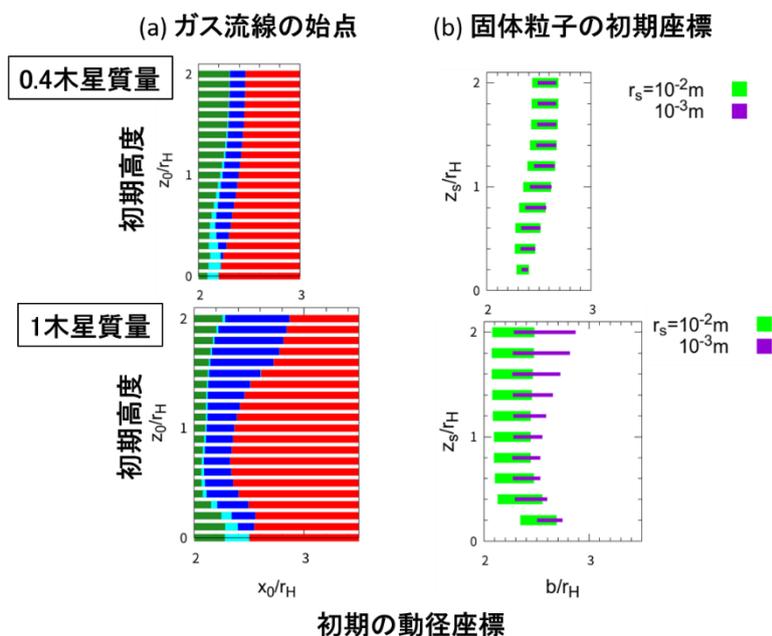


図 2 : 周惑星円盤に供給されるガス・粒子の初期座標。(a) はガス流線の始点を表し、青色が周惑星円盤に捕獲される流線である。(b) は捕獲された固体粒子の初期座標で、色の違いは粒子半径を表す。粒子半径が小さいほど、その供給経路はガスの流れと対応する。

参考文献:[1] Tanigawa, T., A. Maruta, and M. N. Machida., 2014, *Astrophys. J.* 784, 109. [2] Tanigawa, T., Ohtsuki, K., & Machida, M. N., 2012, *Astrophys. J.* 747, 47. [3] Machida, M. N., et al., 2008, *Astrophys. J.* 685, 1220.