

## 周惑星円盤による微惑星捕獲 Capture of planetesimals by circumplanetary disks

藤田 哲也<sup>1\*</sup>, 大槻 圭史<sup>2</sup>, 谷川 享行<sup>3</sup>

FUJITA, Tetsuya<sup>1\*</sup>, OHTSUKI, Keiji<sup>2</sup>, TANIGAWA, Takayuki<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 神戸大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 神戸大学大学院理学研究科, <sup>3</sup> 北海道大学低温科学研究所

<sup>1</sup>Dept. Earth Planet. Sci., Kobe Univ., <sup>2</sup>Dept. Earth Planet. Sci., Kobe Univ./CPS, <sup>3</sup>Low Temp. Sci. Inst., Hokkaido Univ./CPS

惑星の形成過程において、惑星はその重力により原始惑星系円盤からガスや固体微粒子を得て、周惑星円盤を形成する。ガリレオ衛星のような巨大惑星の規則衛星は、順行の円に近い軌道を持っているため、周惑星円盤の中で固体粒子が衝突合体して形成したと考えられている。大量のガスと固体粒子が周惑星円盤を通して成長途中の巨大惑星に供給されるため、周惑星円盤中の固体粒子の量は、衛星だけでなく、巨大惑星の形成や構成する重元素の起源に対しても重要な役割を果たす。円盤に供給される固体微粒子がメートルサイズ以下であると仮定すると、ガス抵抗力を強く受けるためにガスとともにやってくると考えられる。一方、大きい微惑星はそのランダム速度に依存した軌道で接近し、ガス抵抗を受けることで周惑星円盤に捕獲されることが考えられる。我々は巨大惑星に接近する微惑星の軌道進化を計算し、周惑星円盤への降着確率を調べた。

惑星が球対称な大気を持つ場合については、Tanigawa & Ohtsuki(2010) で研究されている。我々はそれと同様の手法で、円盤の場合について研究を行った。中心星、惑星、微惑星の3体を考え、惑星の周りには周惑星円盤を仮定する。円盤は、惑星を原点とする局所直行座標系において円運動しているとする。円盤の赤道面に対する円筒座標系において、ガス密度は動径方向に距離のあるべきで減少し、赤道面に垂直な方向には指数関数的に減少する。この構造により、円盤はケプラー速度よりもわずかに遅い速度で回転する。微惑星は Hill 圏内でのみガス抵抗を受けると仮定する。ガス抵抗を含んだ Hill 方程式を8次のルンゲクッタ法で解き、様々な軌道要素の微惑星について軌道進化を調べた。降着として、(i) エネルギーの減少に関係なく、惑星に衝突する場合、(ii) 円盤を通過することでガス抵抗を受け、エネルギーが十分減少し捕獲される場合の2種類を考える。衝突については、ランダム速度が大きい場合の衝突確率と衝突頻度が解析的に得られている。また数値計算もすでに行われているので、我々は主に(ii)の場合について計算を行った。

初めに、2次元の場合について解析を行った。円盤を通過する微惑星はガス抵抗を受けるため、エネルギーが散逸する。ガスは円運動しているために、ガスに対して順行か逆行かによりエネルギー散逸の値が違ってくるのが分かった。逆行の場合は、順行に比べてガスに対する相対速度が大きいため、強くガス抵抗を受ける。したがって、エネルギー散逸は逆行の方が大きい。また、ガス抵抗によってエネルギーが大きく散逸されるのは、ガス密度が大きい円盤内側の領域を通過したときであるため、微惑星の惑星に対する最近距離を考えることで、エネルギー散逸を見積もることができる。ランダム速度が小さい場合と大きい場合の2つの極限について、順行と逆行それぞれの解析解を得て、数値計算はそれに概ね一致することが分かった。

これを用いて、捕獲について考える。Hill 圏内で微惑星の力学的エネルギーが0以下となれば、微惑星は周惑星円盤によって捕獲されたとみなせる。エネルギー散逸量が無限遠での微惑星のエネルギーの値と等しくなる時の惑星からの距離を、捕獲半径とおく。これについても、2次元の場合はエネルギー散逸から解析解を得ることができる。さらに、ランダム速度が大きい場合については、捕獲半径と衝突確率から捕獲確率も解析的に得られる。実際に、捕獲確率の計算結果は解析解に一致することが分かった。捕獲頻度については、捕獲確率を解析的に積分することが困難であるため、数値積分と解析解との比較を行った。

3次元の場合は、微惑星が円盤をどのように通過するかは軌道傾斜角や近点経度によるため、エネルギー散逸の見積もりはさらに複雑になる。したがって、この場合は解析解を得ることが困難であるため、主に数値計算の結果に対して議論を行う予定である。

キーワード: 周惑星円盤, ガス抵抗, 衛星

Keywords: circumplanetary disk, gas drag, satellite