

## 原始惑星系円盤中における原始惑星への降着円盤

## Accretion disks onto protoplanets in protoplanetary disks

# 谷川 享行[1], 渡邊 誠一郎[1]

# Takayuki Tanigawa[1], Sei-ichiro Watanabe[1]

[1] 名大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Nagoya Univ.

我々は木星型惑星のガス捕獲ステージの猫像を得るため2次元数値流体計算を行い、原始惑星系円盤ガスが惑星へ降着する流れの構造、降着率を求めた。原始惑星系円盤ガスが惑星へ降着する際に、惑星重力圏内にディスクが形成され、中心星潮汐力により2本の衝撃波が形成されることが分かった。惑星の成長のタイムスケールは木星質量で約500年となった。また、惑星が原始惑星系円盤から受ける中心星回りのトルクを求めたところ、周惑星系円盤による寄与が大きい可能性が示唆されたのでそれを報告する予定である。

我々の太陽系は地球型惑星と木星型惑星に分類することができる。木星型惑星の特徴を以下に挙げる：(1) 質量が大きく(15~300地球質量)、その大部分は星雲ガス成分(水素・ヘリウム)からなる。(2) 1~10地球質量程度の固体コアが存在する。これらの特長を説明するために、1980年代の研究により nucleated instability model が提唱された。このモデルは静水圧構造の解がなくなることによる不安定な成長プロセス

固体コアの成長につれその重力により大気中のガス密度が上昇し、大気の自己重力も効きさらにガスを集めるのである。このモデルは球対称1次元静水圧を仮定しているが、実際に捕獲すべきガスは作動回転する原始惑星系円盤中のガスである。このように、原始惑星系円盤のガスを惑星がどのような流れで捕獲するかは良く分かっていない。そこで、本研究では、ガス捕獲ステージにおいて、原始惑星系円盤ガスが惑星へどのように降着するかを2次元数値流体計算を用いて詳しく調べた。

まず大まかな惑星周囲の流れの構造から説明する。流れの構造から領域を3つに分類することができる：(1) pass-by flow region (2) hairpin flow region (3) accretion flow region。(1)は惑星との軌道長半径の差が約2倍の重力圏半径(以後ヒル半径と呼ぶ)以上離れている領域で、その領域のガスが惑星と会合するときに弱重力散乱されるがあまり軌道は変化されず、再び惑星から離れていく。この重力散乱により原始惑星系円盤にスパイラル状の衝撃波を立てる。(2)は惑星との軌道長半径の差が2ヒル半径以内の領域で、その領域のガスは(1)の領域のガスより惑星との軌道長半径の差が小さいためゆっくり惑星へ近づき、惑星と重力相互作用をすることにより中心星周りの角運動量を交換し惑星軌道を交差してUターンして遠ざかっていく。(3)は(1)と(2)の間の惑星との軌道長半径の差が約2ヒル半径付近のわずかな幅の領域で、その領域のガスは惑星へ近づきラグランジュポイント付近でガス速度が一旦最小となり、惑星重力圏内へと流れ込む。

次に惑星へ降着する流れの構造を詳しく説明する。惑星両脇のラグランジュポイント付近から惑星重力圏内へ流れ込んできたガスは、惑星へ向かって落ちる際にコリオリ力を受け順行(公転と同じ向き)に回転を始め、すぐに惑星周りのケプラー回転に達する。この惑星周りのガスはケプラー回転を行っているため、ディスクを形成していると言うことができる。このディスクをサブディスクと呼ぶ。サブディスク中のガスは中心星潮汐力によりゆがめられたポテンシャルの中を回転する。そのため、サブディスクには2本のスパイラル状の衝撃波を形成し、ガスはその波面で角運動量を失い惑星へと落下していく。この2本のスパイラルを伴った惑星への降着流を示したのは我々がはじめてである。

次に降着流の構造が明らかになったことから、以下の2つのことに関して考察する。(1) 成長のタイムスケール(2) 惑星の太陽への落下。(1)は様々な惑星質量、軌道長半径で計算を行い、その降着率から成長のタイムスケールが得られた。例えば、現在の木星軌道・木星質量の惑星で約500年であった。ただしこの値は、惑星質量が大きい時にその惑星自身が存在することにより原始惑星系円盤に形成されるギャップ(惑星軌道上のドーナツ状の低密度領域)の影響を考慮していないため、我々の得たタイムスケールは最小値を与えていることになる。(2) 現在の惑星形成論の問題点の一つに、惑星が原始惑星系円盤との重力相互作用により中心星周りの角運動量を失うことで、惑星は成長する間もなく中心星へ落下してしまう、という問題がある。我々の計算から惑星近傍の密度構造が明らかになったので、惑星が受けるトルクを再び調べてみた。その結果、惑星周囲のガスが惑星へ与えるトルクが惑星の移動に効く可能性が示唆されたので、さらに解析し報告する予定である。