

# 巨大ガス惑星の形成: 流体シミュレーションを用いた惑星へのガス降着流の研究

谷川 享行<sup>1</sup>, 渡邊 誠一郎<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学理学研究科、<sup>2</sup> 名古屋大学環境学研究科

**背景:** 木星型惑星のような巨大ガス惑星の形成過程において、惑星質量の大部分を占めるガスがどのような流れで惑星へ降着したかを知ることは、特に以下の2点に関して重要である。(1) 惑星の落下問題: 惑星は、それを産み出す母体である原始惑星系円盤との重力相互作用により角運動量を失いかなり短いタイムスケールで中心星へ落下すると考えられており、その移動時間を求めるためには惑星周囲のガスの密度分布を正確に求める必要がある。(2) 観測可能性への予測: すばる望遠鏡や来るべき ALMA による高空間分解能電波観測により捕えられるであろう、ガス惑星形成中のイメージ・SED・明るさなどを、あらかじめ理論的に予測しておくことは重要である。本研究では、2次元・3次元数値流体シミュレーションを用いて原始惑星が原始惑星系円盤ガスを捕獲して成長していく様子を調べたので報告する。

**計算手法:** 惑星近傍で高解像度の流れを得るための我々の計算の特徴として以下の2点が挙げられる: (1) 原始惑星系円盤の惑星近傍のみを切り出す局所近似回転座標系、(2) 必要な領域だけ計算の解像度を上げることができる数値計算法である多重格子法 (3次元計算のみ)。ガスの運動方程式は非粘性・非自己重力で、状態方程式は等温で行った。惑星大気重力不安定後の状態を表現するために、0.1 ヒル半径 (2次元では 0.05 ヒル半径) 内に入ったガスは一定の割合で系から除去するようにした。計算領域は惑星を中心として半径方向に 12 ヒル半径、回転角方向に 24 ヒル半径、鉛直方向には中心面から 3 ヒル半径をとった。多重格子は4層の格子を設定し、最小グリッド間隔は 0.025 ヒル半径 (2次元では 0.005 ヒル半径) である。計算は流れがほぼ定常状態になるまで行った。

**結果:** 2次元計算より、2種類の衝撃波、すなわちヒル圏の外側に形成されるバウショックと、ヒル圏内に形成されるスパイラルショックが現われる。この内、バウショックによってガスがヒル圏に入る直前に速度が大きく減少し、スパイラルショックによってヒル圏内に入ったガスの角運動量を奪いガスが内側へと移動することが明らかになった。さらに、求めた惑星へのガス降着率から、ガス捕獲による典型的な成長時間は数千年、ガス降着によるルミノシティは  $10^{-3}$  太陽輝度と求めた。さらに3次元計算を行うことにより、降着流の構造はヒル圏内で3次元的な流れを示すものの (Figure 1)、降着率に関しては2次元計算から得られた値と大きな違いはみられなかった。また本研究により得られた惑星周りのスパイラル構造が、惑星の移動に大きな影響を与える可能性が示された。

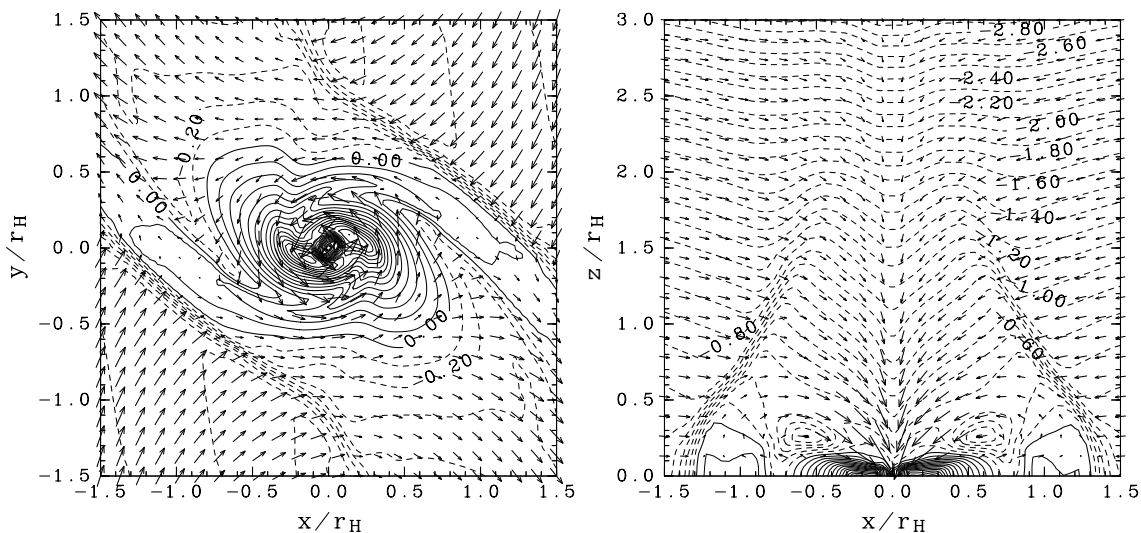


Figure 1: 3次元計算から得られた密度コンターと流速ベクトルを重ねた図で、左が  $z = 0$  面、右が  $y = 0$  面の断面図で、原点に惑星がある。惑星質量が約 130 地球質量の時の流れで、右の図から惑星の周りにディスク上の構造が形成されていることが分かる。