

原始惑星周りのガスディスクの質量輸送率

Mass transport Rate of Gas Discs around Protoplanets

谷川 享行 [1], 渡邊 誠一郎 [1], 竹内 拓 [2]

Takayuki Tanigawa [1], Sei-ichiro Watanabe [1], Taku Takeuchi [2]

[1] 名大・理・地球惑星, [2] 東工大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Nagoya Univ., [2] Earth and Planetary Sci., Tokyo Inst. Tech.

木星型惑星の形成において、現在の惑星質量の大部分を短時間で獲得する core instability 後の成長ステージの理解が重要であるが、現在良く分かっていない。従来、木星型惑星の形成理論は球対称が仮定されていたが、core instability 後の成長では、惑星の周りにガスディスクが形成され、そのディスクの質量輸送率が惑星の成長速度を決定することが予想される。そこで、我々は原始惑星系円盤内における原始惑星周囲のガスの流れについて、惑星重力圏内に着目して、局所近似等温 2 次元数値流体計算を行い、原始惑星周りのガスディスクの質量輸送率を、様々な惑星質量に対し見積もった。

近年、観測技術の発達により、系外惑星系の発見が相次いでいる。特に、ガス惑星と思われる巨大惑星が多数発見されており、比較惑星学において、木星型惑星の、より一般的な形成プロセスの理解の重要度は高い。木星型惑星の形成において、現在の惑星質量の大部分を短時間で獲得する core instability 後の成長ステージの理解が重要であるが、現在良く分かっていない。従来、木星型惑星の形成理論は球対称が仮定されており、回転が考慮されていなかったが、core instability 後の成長では、それ以前に比べ、圧倒的にガスの内側への移動速度が速いため、惑星の周りにガスディスクが形成され、そのディスクの質量輸送率が惑星の成長速度を決定することが予想される。これまで、原始惑星周囲のガスの数値計算は、主に原始惑星系円盤と原始惑星の角運動量相互作用に関するものであり、惑星重力圏内のガスの運動に着目した研究は少ない。そこで、我々は原始惑星系円盤内における原始惑星周囲のガスの流れについて、惑星重力圏内に着目して、局所近似等温 2 次元数値流体計算を行い、原始惑星周りのガスディスクの質量輸送率を、様々な惑星質量に対し見積もった。

計算から得られた流れの特徴を示す。惑星周りのガスディスクには、太陽潮汐力のため 2 本の trailing arm 状の衝撃波が形成され、その中のガスは衝撃波により角運動量を失い惑星の周りを回りながら螺旋状に落ちていくのが分かる。また、衝撃波面のピッチアングルは、惑星質量が大きいほど小さく（良く巻かれたスパイラルに）なり、内側へ行くほど小さくなる。また、ディスク中の質量輸送率は、そのうち、あらゆる半径で定常な一定値に落ち着く。これは、ディスクの面密度、衝撃波の形状などが調整されて、どの半径で見ても質量輸送率が一定になると考えることができる。また、惑星質量が大きいほど衝撃波面での物理量の変化が大きくなり、質量輸送率は惑星質量にほぼ比例することが分かった。この質量輸送率を惑星の成長のタイムスケールになおすと、惑星質量や軌道長半径にあまり依存せず、500から1000年となった。得られた成長のタイムスケールから、木星の core instability 後の成長時間が計算でき、3000から4000年と見積もられた。ただし、周囲のガスは常に京都モデルで与えられる面密度を仮定しているため、原始惑星系円盤にギャップが形成される惑星成長後期には、この時間は延びると考えられる。

今後は、惑星周りのほぼケプラー回転しているディスクからガスが惑星へ降着すると、惑星の角運動量が過剰になってしまい、その角運動量を捨てるメカニズムが、重要になってくるであろう。また、ディスクの内側では等温の近似が破れると考えられ、非等温の計算が今後必要であろう。