

## 原始惑星系円盤形成過程のシミュレーションを再現する解析モデル

高橋実道(京都大学)

利用カテゴリ 汎用PC

近年の太陽系外惑星観測の進展により、中心星から 30AU 以上離れたガス惑星が見つかった (Thalmann et al.2009 等)。遠方のガス惑星の形成では、原始惑星系円盤の自己重力不安定で説明するモデルが有力だと考えられている(Dodson-Robinson et al. 2009)。このシナリオでガス惑星形成を説明するためには密度・温度の空間分布といった原始惑星系円盤の構造を知る必要がある。近年、計算機の発達とともに分子雲コアの重力崩壊から原始星・原始惑星系円盤の形成初期までの一貫したシミュレーションが可能となった(Machida et al. 2010,2011, Hennebelle & Ciardi, 2009 等)。しかし、これら計算には時間がかかり、形成した原始惑星系円盤のその後の進化と、最終的に実現される円盤構造については理論的解析が不十分である。この問題を解決するには、原始惑星系円盤形成過程で重要となる物理過程を理解し、それを再現する解析的モデルを構築することが極めて有効である。現実をより正確に表す解析的モデルを構築するため、原始惑星系円盤形成の 3 次元流体力学シミュレーションを行いガスの挙動を調べ、それを再現する解析的モデルを構築した。

形成初期の原始惑星系円盤は、原始星よりも重いことが近年の数値計算から示唆されている (Inutsuka et. al. 2010)。このような原始惑星系円盤は重力的に不安定となり、密度の疎密の波である渦状腕が形成される。渦状腕が形成されると重力によるトルクが働きガスの角運動量が輸送される。重力不安定な円盤では主に渦状腕による角運動量輸送によってガスが移動すると考えられている。従って、円盤の長時間進化を計算する上で、渦状腕による角運動量輸送を再現するモデルを構築することが重要である。

本研究では重力トルクによる角運動量輸送を実効的粘性としてモデル化し、円盤の長時間進化計算を行った。その結果、実効的粘性が重力不安定に敏感なモデルを用いる限り、形成される円盤構想に大きな違いはなく自己重力円盤は普遍的な進化をたどることを示した。また、解析的モデルと同じ初期条件の円盤形成の3次元シミュレーションのデータを用い、解析的モデルの結果がシミュレーションを再現していることを明らかにした(図1)。この結果は円盤に現れる渦状腕の構造の差異が円盤の角運動量輸送に大きな変化を与えないことを示唆している。

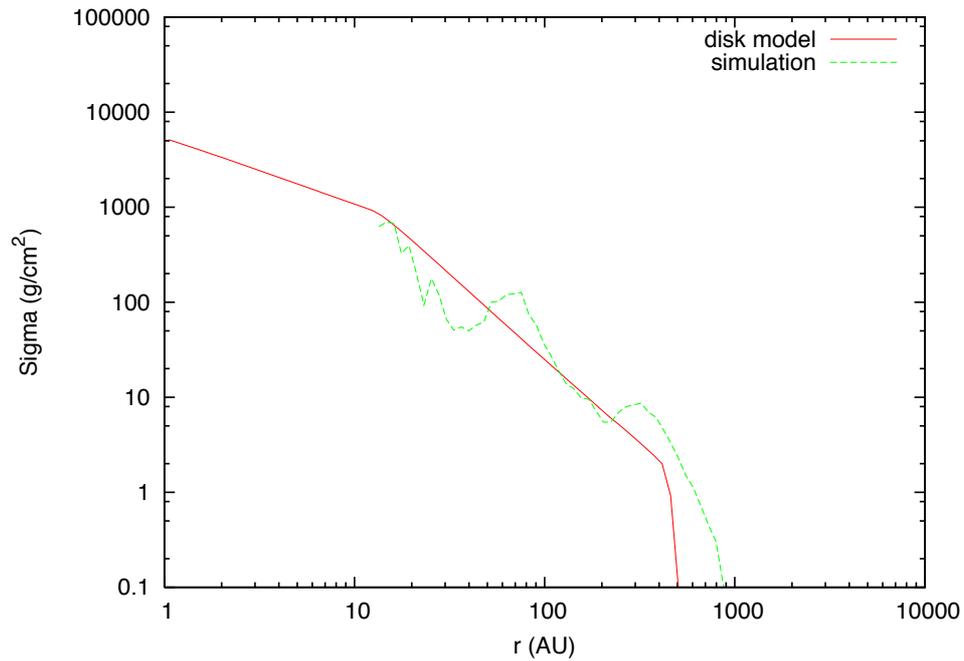


図1 : 解析的モデルと3次元シミュレーションから得られた円盤の面密度分布の比較。赤の実線が解析的モデル、緑の点線がシミュレーションの結果を表す。解析的モデルがシミュレーションを再現していることがわかる。

### 参考文献

- Dodson-Robinson, E. S. et al., *ApJ*, (2009), 707, 79  
 Hennebelle, P., & Ciardi, A., *A&A*, (2009), 506, L29  
 Inutsuka, S. et al., *ApJ*, (2010), 718, L58  
 Machida, M. N. et al., *ApJ*, (2010), 724, 1006  
 Machida, M. N. et al., *ApJ*, (2011), 729, 42  
 Machida, M. N. et al., *PASJ*, (2011), 63, 555  
 Thalmann, C. et al., *ApJ*, (2009), 707, L123