

原始惑星系円盤内の渦におけるダストのサイズ分布

Size distribution of dust grains in vortices in a protoplanetary disk

河村 恵里 [1]; 渡邊 誠一郎 [2]

Eri Kawamura[1]; Sei-ichiro Watanabe[2]

[1] 名大・環境・地球; [2] 名大・環境学・地球環境科学

[1] Earth and Environmental Sci., Nagoya Univ.; [2] Earth and Planetary Sci., Nagoya Univ.

惑星形成過程のうち、ダストから微惑星への形成過程がまだよく分かっていない。直接合体成長や自己重力不安定による形成が提案されているが、ダスト落下問題やダスト層とガス層の間のシアによる巻き上げによってダスト層が薄くなれないなどの問題があり、それらだけでは微惑星が形成されないと考えられる。しかし、原始惑星系円盤の標準モデルでダストの面密度が初期の 16.8 倍 (1AU) になるとダスト層の自己重力不安定が起きて微惑星が形成されることが示されている (Sekiya, 1998)。よって、何らかの過程でダストの面密度が上昇すると微惑星の形成が可能になる。

この微惑星形成過程に対し、Inaba & Barge (2006) らによって原始惑星系円盤内で生成された渦における微惑星形成説が提案されている。円盤内では、乱流渦の合体や、密度ギャップから発生するロスビー不安定によって、数百ケプラー時間もの間安定に存在する大規模な渦が生成される。その渦は円盤の回転とは逆行で高気圧性であることから、周りのケプラー回転しているダストを捕獲し、渦の中心にダストを濃集してダストの面密度を上げる働きを持っている。

本研究においても渦における微惑星形成を考える。本研究では渦は円盤中に形成されるものとし、渦におけるダストの面密度分布と渦の中に集まるダストの総質量とそのサイズ分布を求めて、渦におけるダストの集積を調べることを目的としている。また、本研究では半解析的な手法を用いることによって、渦におけるダストの集積過程をより一般的に理解することも目的とする。

渦の流れを、楕円形をしている渦の中は Johansen et al. 2004 に従って求め、渦の外側の流れは渦とケプラーシアの流れをなめらかにつないで求めた。ガスは二次元で考え、ダストからの反作用は受けずに定常であるとし、この単純化された渦を成すガスの流れの中でのダストの運動を、ダストの運動方程式を半解析的に解いて求めた。その結果、ダストの定常状態での面密度分布は渦の形にもダストの大きさにもよらず渦の中心からの距離の -2 乗に比例すると求めた。渦の中心部に集まるダストの質量の増加率は円盤のダストのサイズ分布と渦におけるダストの捕獲距離と時間との関数で表した。

渦の中のダストのサイズ分布に関しては、渦の中心部へのダストの落下速度と渦の寿命 (数百ケプラー時間程度) を比較した結果から、cm サイズよりも大きなダストは渦の中で定常な面密度分布を達成することができ、円盤に対して渦の中の面密度が十分に高くなる。しかし、mm サイズ以下程度では面密度分布が定常な分布に達する前に渦が壊れてしまい、大きなサイズほどは効果的に円盤に対して面密度が上昇しない。つまり、渦の中心部では円盤でのダストのサイズ分布よりも、より大きなダストが多くなるようなサイズ分布になることがわかった。以上の結果から見積もられる渦の中に集積するダストの総質量と微惑星の質量との比較や、渦の中に集積するダストのサイズ分布とコンドライト構成粒子のサイズ分布の比較に関する議論も行う。

参考文献

Sekiya, M. 1998, *Icarus* 133, 298.Inaba, S. & Barge, P. 2006, *ApJ* 649, 415.Johansen, A., Andersen, A. C., & Brandenburg, A. 2004, *A&A* 417,361