

渦の周りの流れ場とダストの面密度分布進化について:解析モデルと数値シミュレーションの比較

Gas velocity field around a vortex and the evolution of dust surface density distribution in a vortex

河村 恵里^{1*}, 渡邊 誠一郎¹, 稲葉知士²

Eri Kawamura^{1*}, Sei-ichiro Watanabe¹, Satoshi Inaba²

¹ 名古屋大学, ² 早稲田大学

¹Nagoya University, ²Waseda University

本研究では、渦における微惑星形成という微惑星形成シナリオの中で、渦の中にダストがどれだけの時間で初期の何倍にまで集まるかということ、渦の周りで局所的にダストの運動を半解析的に解くことで定量的に求めてきた。その結果、渦の中でダストの面密度分布はダストのサイズや渦の流れのパラメータ（楕円渦の縦横比や渦の流れの回転角速度）によらず渦の中心からの距離の -2 乗に比例する形を取るということ、mm サイズ以上のダストであれば渦の中で初期の20倍程度にまで面密度が増加し、ダスト層の自己重力不安定によって微惑星が形成されることが示唆されるということが分かった。

今回は、本研究における解析的な枠組み（local）での結果と、Inaba & Barge 2006*に基づいたガス-ダスト二層流体シミュレーションで渦形成と渦の中へのダストの集積を解いた数値シミュレーション（global）の結果との比較を行い、解析的な枠組みから得られた結果がどの程度汎用的なものなのかということの評価をする。比較に関しては、渦の周りのガスの流れ場と、渦の中でダストの面密度分布進化に関して行った。

渦の周りの流れに関しては、本研究ではこれまでに、渦の中には先行研究においても用いられている解析的な流れ**を、渦の外には渦の流れの流線関数と背景のケプラーシアの流線関数を足し合わせることで解析的にモデル化した流れを用いてきた。渦の中の流れに関しては、解析的な流れ**とシミュレーション結果が非常に良い一致を示すことが分かった。外の流れに関しても比較を行い、本研究で行っているモデル化に対する議論を行う。

ダストの面密度分布進化に関しては、ダストからガスへのバックリアクションなし、計算領域内で一定抵抗係数、背景の円盤の圧力勾配なしという解析解の状況に最も近づけた数値シミュレーションと解析解を比較しても、解析解の方がややダストを集めやすい解になっているという結果が得られた。この原因に関する考察を行うと共に、バックリアクション有の場合・非一定抵抗係数の場合・背景の円盤の圧力勾配がある場合などとの結果との比較も行って、それぞれの効果を取り入れた場合に、それがダストの集積に与える影響を定量的に評価した議論も行う。

*Inaba, S. & Barge, P. 2006, ApJ 649, 415

** Johansen, A. et al. 2004, A&A, 417, 361

キーワード: 微惑星形成, 渦, 解析解, 数値シミュレーション

Keywords: planetesimal formation, vortex, analytical solution, numerical simulation