

P232a 微惑星形成過程解明のための乱流の大規模直接数値計算と粒子追跡

小林直樹, 江野畑圭, 石原卓, 白石賢二 (名古屋大学), 梅村雅之 (筑波大学)

原始惑星系円盤のガス乱流中のダストは円盤内で衝突・合体を繰り返して成長し、km サイズの微惑星、そして惑星が形成されると考えられている。しかし、その過程には微惑星形成を妨げる障壁 (中心星への落下問題や衝突破壊問題など) が存在し未解決である。障壁の一つである衝突破壊問題は、岩石ダストが高速衝突するため合体できずに破壊してしまい、成長できないというものである。微惑星形成過程の衝突破壊問題の解決のためには、 $St = \tau_p/T = 10^{-3} \sim 1$ (τ_p : 粒子の制動時間、 T : 乱流中の最大渦の時間スケール) のダストの乱流中の衝突速度や衝突頻度の正確な評価が必要である。近年、Pan et al. ApJ (2015) は圧縮性流体の近似計算を用いて、乱流中のダストの衝突速度等の評価を行い、惑星科学分野で従来採用されている Völk-type モデルの検証を行った。結果は、中間サイズ ($Re^{-1/2} < St < 1$) で、Völk-type モデルの予測が衝突速度を若干過大評価 (2 倍程度) するというものであった (ここで Re はレイノルズ数)。しかし、Pan らの計算は $Re = 10^3$ 相当の近似計算で慣性領域も狭いため、正確な検証ができていない保証はない。そこで本研究では、非圧縮ナビエ・ストークス方程式の大規模な直接数値計算 (DNS) を用いて、慣性領域がより広い高解像度な乱流場 ($Re > 10^4$) 中で粒子追跡を行い、 $St \sim 0.01 - 0.1$ のダストの衝突速度などの評価を行い、それらの Re 数依存性を調べた。DNS では、 $St \sim 0.01 - 0.1$ の粒子間の相対速度、衝突速度、衝突頻度因子 (相対速度と動径分布関数の積) が Pan らの結果と比較してどれも大きくなるという結果を得た。また、 Re が大きいほど衝突頻度因子が大きくなる傾向があった。動径相対速度の PDF は St が大きいほど裾野が広がるが、衝突限界速度以下の粒子も多く存在していることも確認できた。