

原始惑星系円盤におけるダスト沈殿層でのストリーミング不安定性によるダスト濃集過程

長谷川 稜 [1]; 藤本 正樹 [2]
[1] 東大・理・地惑; [2] 宇宙研

Dust Enrichment process by streaming instability in the dust layer of a protoplanetary disk

Ryo Hasegawa[1]; Masaki Fujimoto[2]
[1] Geosciences, Tokyo Univ.; [2] ISAS, JAXA

The formation process of planetesimals is one of the most important unresolved problems in our understanding of the origin of the solar system. Understanding the process is crucial for our universal understanding of planetary system formation as well. Protoplanetary disks, where the planetary system formation process is taking place, are made up of gas and dust and the dust-to-gas mass ratio is around ~ 0.01 overall. This led previous research on the planetesimal formation to consider only the effects of gas on the dust motion but to neglect the back-reaction from dust to gas dynamics. Recent studies, however, has proposed the scenario that the streaming instability, excited by the velocity gap between gas and dust in the presence of gas pressure radial gradient, may create concentrated dust patches that may become seeds for the self-gravitational instability which forms planetesimals. In particular, the streaming instability is enhanced strongly when the local dust density is comparable or higher than that of the gas. This leads to the recognition that it is necessary to consider precisely the interaction between gas and dust in the dust layer where dust density is enhanced due to vertical precipitation onto the disk plane.

In this study, to take the interaction between gas and dust into account, we perform hybrid simulations, where gas and dust are treated as fluid and particles, respectively, and the dust-to-gas mass ratio is set to be ~ 1 in the dust layer. A focus is given to investigating the relationship between the stopping time of dust particles and dust enrichment resulting from the streaming instability.

惑星形成の初期段階に存在していたとされる微惑星の形成過程は未解明な部分が多く、それを解決することは普遍的な形で惑星系形成過程を理解していく上で非常に重要である。微惑星形成の現場である原始惑星系円盤はガスとダストで構成されており、ダスト・ガス質量比は ~ 0.01 程度であることが知られている。そのため、微惑星形成を調べた先行研究では、質量において卓越するガスの運動に対するダストからの影響 (back-reaction) は無視されてきた。しかし近年の研究によって、動径方向のガス圧力勾配に伴いガスとダストとの間に速度差が生じる場合、ストリーミング不安定性と呼ばれる機構によってダストを濃集させ、重力不安定を引き起こすシナリオが提唱されている。特に、この不安定性はダスト質量密度が局所的にガス質量密度と同等か支配的な状況においてより強く働くことが分かっている (Johansen & Youdin 2007)。以上の理由から、ダスト沈殿層のようなダストが集積した状況を考える際、ガスとダストの相互作用を正確に解くことが必要である。

本研究では、ダスト・ガス質量密度比 ~ 1 のダスト層を考え、ストリーミング不安定性によるダスト濃集過程を様々なダストサイズ (すなわち、ガス抵抗によりガスとの速度差が緩和する Stopping time) を仮定して数値実験で調査する。本研究は、ガスとダスト間の相互作用を導入するために、ガスは流体、ダストは粒子として扱う、プラズマ物理におけるハイブリッドシミュレーションの手法を応用した計算コードを活用して行った。