

2次元凝集体の圧密数値シミュレーション： ジャミング転移における初期構造の影響

荒川創太 (JAMSTEC)

ダストアグリゲイトの圧密過程の理解は、原始惑星系円盤におけるダストアグリゲイトの成長や、小天体の内部構造の進化を明らかにするうえで不可欠である。これまで惑星科学の文脈では、とくに粒子間の転がり抵抗が大きい場合を中心に、低密度アグリゲイトの圧密に関する数値シミュレーションが行われてきた。一方、高密度側の圧密挙動を理解するためには、粒子間摩擦が無視できる極限における力学応答を把握することが有用であると期待される。

本研究では、凝集力をもち摩擦のない粒子からなる二次元の低密度凝集体を対象とし、圧密によって駆動されるジャミング挙動を調べた。凝集体形態の影響を検討するため、初期構造として反応律速凝集 (RLA)、弾道粒子-クラスター凝集 (BPCA)、拡散律速凝集 (DLA) の 3 種類を用意した。個別要素法による数値シミュレーションの結果、ジャミング転移点 ϕ_J は初期構造に強く依存し、系によって大きく異なることが分かった。一方、 $\phi > \phi_J$ の領域では圧力が $P \propto (\phi - \phi_J)^2$ に従い、このスケーリングは初期構造に依存しないことが明らかになった。さらに、ジャミング状態に対して剛体クラスター解析を行ったところ、ランダムばねネットワークで期待される弾性応答と整合的な振る舞いが確認され、圧力の充填率依存性もこの枠組みで説明できることが示された。

詳細は発表資料および Arakawa (2026) を参照してください。

<https://doi.org/10.1039/D5SM00650C>