

ダスト濃集による原始惑星系円盤表層の影の理論モデリング

植田 高啓 (東京工業大学)

利用カテゴリ XC Trial

岩石惑星の材料である岩石微惑星の形成メカニズムとして、岩石ダストの局所濃集に続く重力不安定が挙げられる。このモデルでは、岩石ダストが衝突時に壊れやすいという"衝突破壊問題"や、ダストが円盤ガスからのガス抵抗によって角運動量を失い中心星に落下してしまうという"ダスト落下問題"を回避して、岩石惑星が形成可能であると期待されている。特に、デッドゾーン内側境界と呼ばれる、円盤ガスが 1000K 程度になる領域では、円盤ガス乱流の強さが大きく変化することで、ダスト落下が止まり、ダストが濃集することが期待される。このようなダストの局所濃集は、中心星からの光をさえぎることで、円盤表層に影を形成しうる。そこで、ダスト濃集を考慮したダスト分布に基づいた輻射輸送計算を行うことで、ダスト濃集が作る影の大きさおよびその円盤構造への影響を調べた。

計算の結果、デッドゾーン内側境界(~1au)にダストが濃集している場合、~10au スケールの影を形成しうることがわかった(図 1)。影領域では、影がない場合に比べて 2 桁近く散乱光強度が減少する。さらに、影領域では、中心星からの輻射を受けないために、円盤中心面の温度が大きく減少することを確認した(図 2)。この効果により、円盤赤道面の温度分布は、従来想定されてきたべき分布とは大きく異なり、ダスト濃集領域のすぐ後ろで~40K 程度まで温度が下がることがわかった。この温度変化によって、水氷の昇華線が従来予想される位置の~5 倍程度内側に位置しうる。また、特定の状況下では複数の水氷昇華線を形成しうることもわかった。

一方でダストが濃集しない場合では、thermal wave instability が発生し、円盤温度構造が収束しないことがわかった。これは、ダストが濃集しないようなパラメータ範囲では、ダスト成長が破壊によって抑制され、小さいダストが豊富に存在し、円盤の光学的な厚みが大きくなるからである。この不安定によって、円盤表面に波が発生し、ダスト濃集がなくてもリングおよび影構造が形成されることがわかった。

今回の計算では、輻射輸送計算によって得た円盤構造からダスト成長への影響は考慮していない。しかし、このような円盤の温度構造の変化はダスト成長に大きな影響を与えるため、ダスト成長と輻射輸送計算を自己無動着に行うことが求められる。

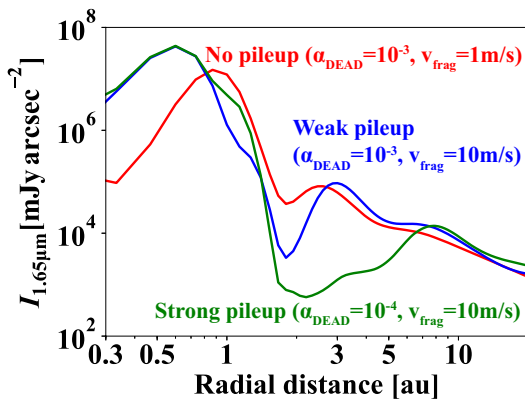


図 1. 波長 $1.65\mu\text{m}$ における動径方向輻射強度分布。

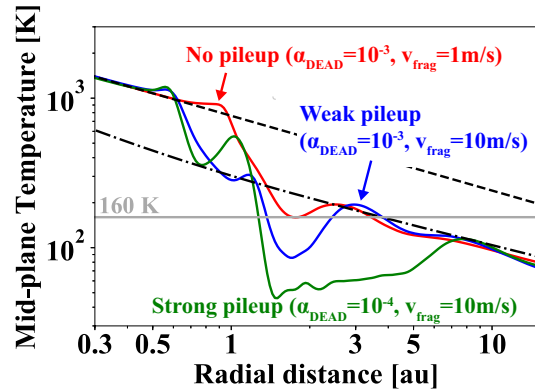


図 2. 円盤赤道面温度分布。