

ダスト沈殿に伴う原始惑星系円盤の温度構造の変化

平田 圭佑 (東京大学大学院理学系研究科天文学専攻)

利用カテゴリ XC-MD

我々は原始惑星系円盤の分子輝線の高空間分解能観測を行う ALMA Large Program に参画している。円盤内でのさまざまな分子の存在度分布およびその輝線強度分布は円盤内の温度分布に強く依存する。我々は、これら分子輝線観測結果と比較可能な個々の円盤の参照モデルの構築を目指しており、本研究ではその第一歩として円盤の温度構造を数値計算で求めた。

原始惑星系円盤は惑星が形成されている現場と考えられている。円盤はダスト成分とガス成分から構成されており、それぞれの物理に従う運動をする。円盤のダストはダスト同士の衝突合体を繰り返して、マイクロメートルサイズからミリメートルサイズさらには微惑星と呼ばれる惑星の種まで成長する。マイクロメートルサイズの小さなダストは円盤の全体に存在する一方で、ミリメートルサイズの大きなダストは重力で沈殿し円盤のミッドプレーンに集中している。また、惑星と円盤の相互作用などで円盤ダスト分布にはギャップ・リング構造が生じる。これらのダスト分布とガス分布の違いはそれぞれの温度分布に影響を与える。

本研究では、円盤内のガスとダストの温度分布を輻射流体コード PLUTON によって求めた。先行研究(Nakatani et al 2018)では円盤内でのダスト/ガス比を一様としていた。仲谷峻平氏(理化学研究所)の協力を得て、ダストを、ガスにカップルした小さなダストと、大きなダストの二成分に分け、大きなダストの沈殿によるダスト/ガス比の空間分布を計算に取り入れられるようコードを改良した。

問題設定と計算結果

ここではダストが沈殿した円盤モデルの計算例の1つを報告する。図1はガス密度分布、図2は半径100 AUにおけるガスとダストの鉛直分布を示す。図2の円盤中心面付近($Z < 0.1 \text{ AU}$)は大きなダストが占めている。小さなダストと大きなダスト、それぞれのオパシティを図3に示す。改良版 PLUTON で得られたガスとダストの温度分布を図4に示す。円盤の加熱源は中心星からの輻射であり、その可視・紫外域での光学的厚さはほぼダストが担っている。円盤上空のダストが沈殿で減少したことで円盤内部がより温められていることがわかる。

今後はALMAの円盤観測で見られるリング・ギャップ構造を反映したダスト分布を計算すること、輻射の散乱を計算に組み込むことが課題となる。

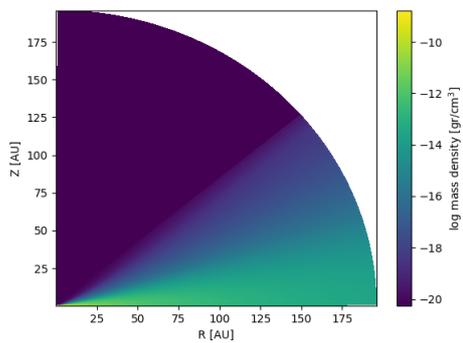


図 1. ガスの質量密度分布

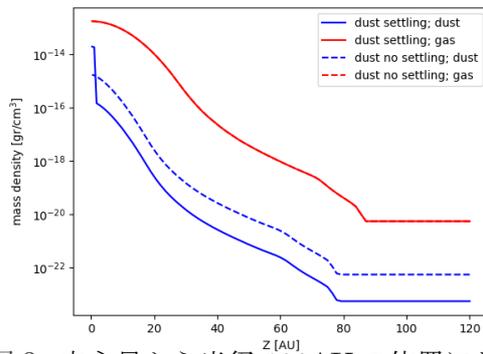


図 2. 中心星から半径 100AU の位置におけるガス (赤) とダストの鉛直分布。比較のためダストが沈殿していない場合のダスト分布を破線で示す。

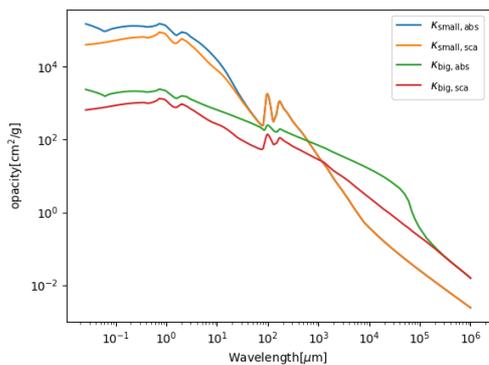


図 3. ダストの質量オパシテイ。
小粒ダストの吸収係数(青)、散乱係数(黄)と
大粒ダストの吸収係数(緑)、散乱係数(赤)

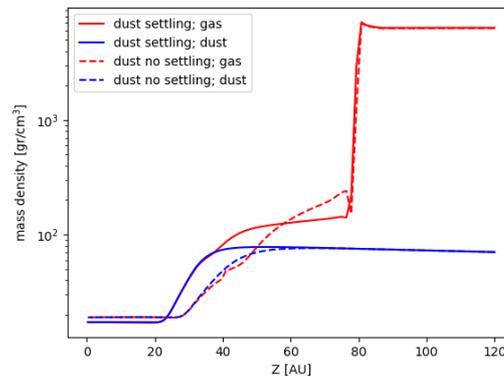


図 4. 半径 100AU におけるダスト温度 (青) とガス温度 (赤) の鉛直分布。参考のため沈殿のない円盤モデルでの結果を破線で示す。