

原始惑星系円盤からの散乱偏光放射に対する解析モデル

○北出 直也¹ 田中 圭² 奥住 聡² (1.総合研究大学院大学/国立天文台 2.東京科学大学)

近年、ALMA望遠鏡によって多くの原始惑星系円盤に対してミリ波偏光観測が行われ、ダストの自己散乱に起因する偏光が広く検出されている (e.g., Stephens et al. 2017, Harrison et al. 2024)。自己散乱による偏光は、ダストの粒径や空隙率といった物理量に敏感に依存するため、ダストの性質を探る有力な手がかりとなる。これまで、この偏光放射を評価するには、モンテカルロ法 (Dullemond et al. 2012) やラムダ反復法 (Kitade & Kataoka 2026) といった、計算コストの高い輻射輸送計算が必要であった。しかし、偏光観測からダスト情報を効率的に引き出すには、低い計算コストでパラメータ探索を行える解析的な輻射輸送モデルが望まれる。

本研究では、等温の平行平板円盤に対するミリ波散乱偏光放射の解析解を初めて導出した。この解析解は、吸収・放射・散乱を含む偏光の輻射輸送方程式を、偏光強度の角度依存性に仮定を置くことで解析的に解いて得られたものである。得られた偏光度の解析解を先行研究の数値解と比較したところ、ダストの光学的厚み τ 、アルベド ω 、円盤傾斜角 i に対する依存性の傾向をよく再現することがわかった。この数値解との相対誤差は、代表的な傾斜角 $i = 45^\circ$ の場合、最大でも40 %程度であり、特に $\tau \sim 1$ の場合には数%にとどまる。さらに本解析解は、偏光度が光学的厚みやアルベドに対してピークを持つという非単調な振る舞いを、光球面付近における輻射場の異方性の変化として物理的に説明できる。本解析解を用いれば、従来必要とされてきた数値計算を行うことなく円盤の偏光度を直接評価できるため、広いパラメータ空間の探索や偏光観測データを用いたダスト特性の制限といった応用が、低い計算コストで実現できると期待される。