

10 auスケールでのDG Tau原始星円盤のミリ波偏光観測と3次元磁場強度の推定

○大橋 聡史¹ 百瀬 宗武⁷ 塚本 祐介² 武藤 恭之³ 花輪 知幸⁵ Codella Claudio¹⁰ Podio Linda¹⁰ Maureira Maria Jose¹¹ 奥住 聡⁴ 坂井 南美⁶ 塚越 崇⁸ 植田 高啓⁷ 田中 秀和⁹ (1.東京大学 2.甲南大学 3.工学院大学 4.東京科学大学 5.千葉大学 6.理化学研究所 7.国立天文台 8.足利大学 9.東北大学 10.INAF, Osservatorio Astrofisico di Arcetri 11.Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik (MPE))

原始惑星系円盤における磁場は惑星形成や質量降着、円盤進化において非常に重要な役割をするが、これまで分解能や感度が悪く磁場を観測することが困難であった。星間空間では、小さなダストが磁場に整列するため、ダスト熱放射の偏光観測は磁場構造の有力な探査手法である。一方、原始惑星系円盤ではダスト成長に伴う散乱や他の整列機構によって偏光が生じるため、その解釈は容易ではない。しかし、局所的に小さなダストが存在する領域では、磁場に整列したダストによる偏光が観測される可能性が指摘されている (Ohashi et al. 2025)。

今回、我々はDG Tau原始惑星系円盤に着目し、ALMA Band 4のダスト偏光観測を行った。過去の観測では、円盤の内側領域では小さなダスト（サイズ～100 micron以下）が存在することが示唆されている (Ohashi et al. 2023)。Band 4の空間分解能は0.08秒角（～10 au）程度で、過去の1.3 mm ダスト熱放射の観測結果と同様に円盤にはリングなどの下部構造はなく、80 au程度のサイズにスムーズに広がった円盤であることを確かめた。さらに偏光パターンは20 au以内では動径方向を示すのに対し、20 au以遠では円周方向を示すことがわかった。この偏光パターンの変化は空間分解能以下の範囲で遷移している。また過去の0.87 mmダスト偏光データも解析したところ、空間分解能は0.2 秒角程度ではあるが、同様の偏光パターンが見られた。このような内側の動径方向の偏光パターンは、トロイダル磁場によるダスト整列と整合的である。

我々は、円盤の20 auより内側の偏光が磁場による整列であると仮定し、Stokes QとStokes Uの偏光画像から円盤の3次元磁場強度比を推定するモデルを開発し、本天体に適用した。その結果、円盤磁場構造は領域によって多少の変動があり、円盤磁場の3次元相対強度比はおおよそ、 $B_r:B_\phi:B_z \sim 0.15\text{-}0.25:1:0.15$ 程度であることがわかった。