

非常に重い星の形成における輻射フィードバックの再検討：円盤スケール構造とダスト粒径の影響

○都筑 小和¹ 田中 圭¹ 岩崎 一成² 奥住 聡¹ (1.東京科学大学 2.国立天文台)

大質量星の形成過程を理解することは、銀河進化を理解するうえで重要である。特に、100Msunを超える非常に重い大質量星の存在が確認されているが、その形成過程は明らかになっていない。その大きな課題の一つは、 10^6 Lsunを超える強烈な中心星輻射によるフィードバックのもとで、どのように降着が維持されるのかという点である。近年の理論・数値シミュレーション研究では、高密度で光学的に厚い円盤が中心星輻射を遮蔽することで、円盤赤道面からの質量降着を維持できる可能性が示唆されている (Kuiper & Hosokawa 2018等)。しかし、従来の分子雲コアスケールのシミュレーションでは円盤スケールハイトを十分に解像できるだけの空間分解能を持たず、円盤領域におけるフィードバック過程を正確に評価することが困難であった。さらに、近年のALMA観測から大質量原始星円盤内に成長したダスト粒子の存在が示唆されている (Girart et al. 2018)。ダスト成長はオパシティの低下を招き、輻射フィードバックに影響を与える可能性がある。

本研究では、流体シミュレーションコードAthena++ (Stone et al. 2020)を用いて、100Msunの恒星まわりの円盤に対する輻射力と光電離を実装した輻射流体力学計算を行い、ダスト粒径の変化が輻射フィードバックに与える影響を定量的に評価した。計算領域を100 auに限定することで、従来研究よりも一桁高い空間分解能を実現した。さらに、ダストオパシティを低下させることでダスト成長の物理を模擬した。

シミュレーションの結果、従来研究では捉えられなかった円盤内部、円盤大気、および円盤風における詳細な輻射流体構造が明らかになった。円盤からの質量損失率は約 10^{-5} Msun/yrであり、大質量星形成に典型的な降着率である約 10^{-3} Msun/yrを大きく下回ることから、円盤は輻射フィードバック下でも存続することが分かった。ダストが小さい場合、円盤大気と円盤風は光学的に厚く、恒星輻射のかなりの割合が1000 auを超えるエンベロープスケールへ到達するのを遮蔽する。一方、成長ダストを考慮すると、ダストオパシティの低下によってこの遮蔽効果が弱まり、輻射はより遠方まで伝播する。その結果、エンベロープから円盤へのさらなる質量流入が抑制される。これらの結果は、成長ダストの存在が、大質量星形成におけるエンベロープスケールでの質量供給とフィードバックを制御することを示している。