

磁気流体シミュレーションを用いた初代星形成過程についての理論的研究

理学研究科 天文学専攻 定成健児エリック

私は、宇宙で最初に誕生した恒星（初代星）の性質を明らかにすることを目的に研究を行ってきた。特に、初代星の質量分布は、宇宙全体の電離状態および化学進化に影響するため、宇宙進化を理解する上で必須である。初代星は直接観測ができないほど遠方にあるため、初代星の性質は、数値シミュレーションを用いて星形成過程を再現することで調べられてきた。最近の流体シミュレーションは、ガス雲または円盤が複数に分裂することで、太陽質量の数十倍もの重い星から太陽質量よりも軽い星までの様々な星が形成することを示唆している。

しかしながら、これら研究では、普遍的に宇宙空間に存在する磁場が考慮されていない。少なくとも、現在の星形成領域においては、一様に揃った磁場が円盤または連星の形成を抑制することが知られている。一方で、初代星形成領域においても、乱流ダイナモによって増幅された乱れた磁場が理論的に期待されている。しかしながら、このような乱流磁場構造の場合、星形成過程及び初代星の性質にどのように影響するかは明らかになっていない。

そこで、我々は乱流を含むガス雲が重力収縮して星の種となる原始星が形成するまでの収縮期と、その後のガス降着によって原始星と円盤が成長する降着期までの一連の星形成過程について、3次元磁気流体シミュレーションを実施した。

まず収縮期において、磁気散逸の効果を考慮したとしても、ダイナモによって磁場が効率的に増幅されることが明らかになった。この結果は、初代星が太陽のような通常の星よりも磁場が強い性質を持つ可能性を示唆している([1])。その後の降着期では、収縮期に増幅した乱流磁場が、円盤内の角運動量輸送を促進し、また磁気圧が円盤を安定化することがシミュレーションの解析から明らかになった。さらに、乱流磁場においても、原始星からのジェットが駆動することが初めて示された。これらの磁気効果は、円盤分裂を抑制し、特に、小質量星の形成数を減少させた。以上の結果から、初代星形成領域においても、ダイナモによって増幅された磁場が、初代星の性質に影響し、先行研究で示唆されてきた初代星の質量分布よりも、大質量側に偏った分布が期待される。



図1. 3次元磁気流体シミュレーションにおける原始星ジェットの駆動の様子。線は磁力線を表す。磁力線が原始星の回転によって巻かれることで磁気圧勾配風が駆動する。

[1] Sadanari, K. E., Omukai, K., Sugimura, K., Matsumoto, T. & Tomida, K., 2023, MNRAS, 519, 3076