

星風衝撃波が駆動する原始惑星系円盤光蒸発モデルの提案

Stellar wind driven photoevaporation

海野真輝¹, 高棹真介¹Masaki Unno¹, Shinsuke Takasao¹,大阪大学¹Osaka University¹

惑星誕生の場である原始惑星系円盤は低温な水素分子ガスで主に構成されている。円盤は惑星形成の初期、境界条件となるため、惑星形成論の完成には円盤進化の解明が不可欠となる。過去の円盤進化に関する研究では、その中心星は光源かつ重力源として円盤と相互作用すると考えられていた。特に、円盤寿命の決定には中心星起源の極端紫外線や軟 X 線といった電離光子が重要である。電離光子は円盤ガスを電離し、その熱エネルギーにより中心星重力から電離ガスを散逸（光蒸発）させ円盤寿命を制限する [1]。一方で、中心星からは星風と呼ばれる超音速のプラズマが放出されると考えられており、そのエネルギー放出率は中心星の紫外線光度 $\sim 10^{31}$ erg s⁻¹ に匹敵する [2]。しかし、過去の理論研究では星風が円盤進化にもたらす影響を十分に考慮されていなかった。その背景には星風の質量放出率が観測から十分に制約されていないことに起因する。そのため、星風が円盤進化に与える影響を解き明かすには、星風自体の物理量を観測から制約する手法も提案する必要がある。

我々はこれまで考慮されてこなかった星風と円盤の相互作用を調べるために、遷移円盤と呼ばれる中心星周りに半径 10-30 au の穴を持つ進化後期段階の円盤が星風にさらされている状況を考慮することにした。我々は円盤進化において星風を考慮することにより、(1) 円盤ガス散逸を促す新しい電離光子の起源と (2) 星風質量放出率の新しい観測手法の二つを提案できると考えている。星風は数 100-1000 km/s 程度の超音速流であるため、円盤内縁に衝突すると衝撃波が形成される。その後面のプラズマの温度は十萬 K を超えることが予想され、多種イオンからのラインスペクトルを考慮すれば衝撃波後面プラズマからは極端紫外線の放射が期待される。星風による質量損失率の推定値: $10^{-13} \sim 10^{-10} M_{\odot}/\text{yr}$ [2] を考慮すると、星風のエネルギー放出率の 1-10% が衝撃波により電離光子の放射へ変換されれば、衝撃波後面も中心星に匹敵する光源になり得ると考えている。また、星風衝撃波が形成

されると、星のスペクトルは衝撃波後面ガスの吸収を受けて変調することが予想される。その吸収の深さやドップラーシフトを観測することで星風質量放出率を推定できると考えている。我々の着想には円盤進化のみならず、星の進化にも制限を与える強みがある。

この新しい着眼点のもと、我々は遷移円盤と星風の流体モデルを 2 次元軸対称球座標系で構築し、磁気流体シミュレーションを用いてその相互作用を調査した。その結果、星風により弓形上の衝撃波 (bow shock) が円盤内縁近傍から上空にかけて形成されるのが確認できた (Fig. 1)。さらに、衝撃波後面のプラズマの温度は十萬 K を超えることがわかり、円盤広範囲への極端紫外線の放射が期待される。衝撃波後面の十萬 K を超える領域で極端紫外線の光度を近似的に見積もると、その光度は円盤ガス散逸に貢献できる光度 $\sim 10^{29}$ erg s⁻¹ となった。このことから若い星からの星風は円盤寿命を決める要因の一つになりえると考えられる。

本講演では、星風質量放出率によるパラメータサーベイの結果を報告し、星風衝撃波駆動の光蒸発の可能性について議論する。

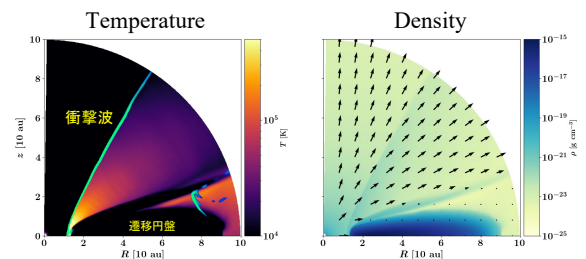


Fig. 1: シミュレーション結果：衝撃波（緑線）

References

- [1] Alexander et al., 2014, Protostars and Planets VI, 475
- [2] Cranmer, S. R et al., 2017, SSRv, 212, 1345