

W46a 相対論的流体シミュレーションのためのパデ型状態方程式

銭谷誠司 (オーストリア科学アカデミー), Indu K. Dihingia, Yunming Zhu, 水野陽介 (上海交通大学李政道研究所)

近年、ブラックホール観測の劇的な進展に伴って、磁気圏・ジェットなどのプラズマ環境を予測する（一般）相対論的磁気流体シミュレーションの重要性が増している。これらのシミュレーションでは、基礎方程式を閉じるクロージャーとしてエネルギーと密度・圧力を関連づける状態方程式（EoS）を使っている。相対論的流体の理想状態方程式（Synge 解）は修正ベッセル関数を含むため、数値計算では非常に使いにくい。そこで、本来ならば $\Gamma = 5/3$ （非相対論極限）から $\Gamma = 4/3$ （超相対論）に滑らかに変化するはずの非熱比を $\Gamma = 4/3$ に固定するなど、さまざまな近似が使われてきた。最近では、より Synge 解に近い EoS (variable EoS) を使った計算も少しずつ行われるようになってきた。

今回我々は、テイラー展開を分数式に拡張したパデ近似を用いて、相対論的流体の Synge 解のより良い近似式を導出した。この新しい EoS は、代表的な variable EoS (Taub-Mathews 解) よりも Synge 解を 2 桁正確に近似することができる。この EoS をシミュレーションで使うためには、グリッドの保存変数を個々の物理量に直す基本変数変換 (primitive variable recovery / inversion) が必要だが、既存の数値解法 (Mignone & McKinney 2007) を新 EoS 用に修正することにも成功した。

本発表では、新 EoS の導出・関数形と基本変数変換を説明した後、GRMHD シミュレーションに組み込んで、MHD 基本問題やブラックホール降着円盤を計算した結果を紹介する。