

N33b 一般相対論的な Resistive-MHD コードによるリコネクションの計算

萬本忠宏 (千葉大理)

今回、従来とは全く異なるアプローチで、理想 MHD (電気抵抗がない場合) の制限にとらわれない一般相対論的 MHD のコードを開発した。従来の一般相対論的理想 MHD コード (小出ら (1999) など) は、保存系の基礎方程式を用いた TVD スキームに基づいているのに対し、我々のコードは、非保存系の基礎方程式を用いた CIP スキームに基づいている。保存量を変数とする TVD スキームでは、保存量に流体の物理変数と磁場の物理変数が混在するため、 β が大きい場合には計算が困難になるという点や、一般相対論的なコードの場合、resistive な磁気流体の定式化が困難であるという点に問題があった。我々はこれらの問題点を、CIPMOCCT スキームを用いることで解決した。

我々のコードでは、時間発展を直接解く変数として、ZAMO が局所的に観測する静止質量密度、速度場、圧力を用いる。今回、カー時空に適用できるように、より一般的な時空における resistive な磁気流体の基礎方程式を示した。horizon での境界条件は membrane paradigm に基づき、magneto-gravito induction を直感的に扱える。一方で、一般相対論的な基礎方程式には従来の CIPMOCCT スキームでは扱えない時間微分が出現する。それは相対論的エントロピーと変位電流であり、これらの時間微分を CIPMOCCT スキームに組み込む方法を示す。

今回は、2次元 (x - z) Rindler 時空での計算を行った。Rindler 時空は3次元空間の曲率がなく、重力は z 方向のみで、 $z=0$ が horizon となるので扱いやすい。計算結果として、相対論的エンタルピーの時間微分を解く必要がない等温の場合をまず示し、さらに変位電流、電気抵抗をいれて、一般相対論的なリコネクションを計算した。今回のコードは Kerr 時空に直ちに拡張可能であり、Kerr 時空での計算結果は次回以降に発表する。

今回の研究の基となった非相対論的なコードは、JST の桑原匠史さんが一般公開に先駆けて研究室内で公開されたコードを参考にさせていただきました。この場を借りてお礼申し上げます。