

J36a プラズマ中の電磁波波束の伝播の相対論的 MHD シミュレーション

小出眞路，森野了悟（熊本大学）

相対論的理想 MHD 数値計算はブラックホール磁気圏で磁気リコネクションが頻繁に起こることを示唆している (Koide, Kudoh, Shibata 2006, McKinney 2006)。ブラックホール磁気圏の磁気リコネクションを取り扱うためには、電気抵抗を考慮した相対論的 MHD (RRMHD) を用いる必要がある。RRMHD の標準的な方程式では電磁波の群速度が光速度を超え、その因果律の問題が議論されてきた (小出, 天文学会 2009 年春季年会)。例えば、相対論的速度で一様に流れる有限電気抵抗のプラズマに向かって電磁波の波束を入射すると、その波束の振幅が増大することが憂慮された。これは、静止したプラズマ中の波束が減衰する現象の時間反転であり、エントロピーは減少する。一方、プラズマ中の電磁波による情報の伝播速度はその先頭速度で決まることが証明されている。それは光速度となることから、情報の伝播は光速度を超えられないことになり、群速度の議論と矛盾するように見える。このような因果律をめぐる混乱から標準的 RRMHD 方程式の利用は限定的なものとなってきた。

今回、この混乱を終息させるためにプラズマ中を伝播する電磁波波束の標準的 RRMHD 数値計算を行った。まず、プラズマが静止している場合は波束が光速度を超えた群速度で伝播することを確認した。次に、因果律を破ると憂慮される流れの速いプラズマに逆らって進む波束の数値計算を試みた。そこで電磁波の波形はプラズマの下流に向かって無限に増大し、初期条件が設定できないことに行き当たった。これにより波束はローレンツ変換に対し不変な概念ではなく、群速度という概念に基盤がないことが認識された。実際、群速度は 4 元ベクトルを成しえない。よって、群速度が光速度を超えることと因果律の問題は関係なく、標準的 RRMHD の因果律問題はまさに杞憂であることが分かった。今後、標準的 RRMHD の数値計算が盛んに行われることが期待される。