

チュートリアル: 宇宙・実験室における相対論プラズマと粒子加速 - 最近の話題 -

Tutorial: Relativistic Plasmas and Particle Acceleration in Space and Laboratory – Recent Topics –

高部 英明 [1]; 柴田 晋平 [2]; # 松清 修一 [3]

Hideaki Takabe[1]; Shinpei Shibata[2]; # Shuichi Matsukiyo[3]

[1] 阪大レーザー研; [2] 山大・理; [3] 九大総理工

[1] ILE, Osaka University; [2] Sci., Yamagata Univ; [3] ESST, Kyushu Univ.

本講演では、3学会で最近話題になっているトピックの中から、特に相対論プラズマと粒子加速に関連したテーマについての紹介を試みる。

ブラックホールや中性子星 (パルサー) 磁気圏では相対論的プラズマの加速はより鮮明に現れる。パルサーでは磁場のエネルギー密度がプラズマの静止質量のエネルギー密度の百万倍もあり、磁気圧にバランスするガス圧は無い。ブラックホールからは光速に近い速さまで加速されたジェットが観測されている。理論的観点では、(1) 非相対論で無視されていた電気力が重要になり圧力や慣性力の代わりにするようになる、(2) 強い重力および回転により時空の曲がり電磁場の構造を変える、といったことが新しい物理現象を生む。このような相対論的プラズマや電磁流体の研究はまだ多くの課題をかかえているので、この点について議論する予定である。特に、磁気中性面の電磁場構造は今後解決されるべき問題として重要である。

一方、中心のコンパクト天体から十分離れた領域では、波動 - 粒子相互作用を介した統計的粒子加速が本質的になる。衝撃波近傍における荷電粒子の加速機構は、宇宙線の生成機構に絡めて長年にわたり研究されてきている。しかし、宇宙線スペクトルの Knee の位置は DSA モデルに基づいた標準理論ではうまく説明できておらず、また、DSA 過程の前段階として必要な非熱的粒子の生成機構の問題 (いわゆる注入問題) も未解決である。最近では、標準モデルに修正を加えたものや、DSA 以外の加速機構なども提案されており、今後の展開が興味深い。ここでは、人工衛星で直接観測される地球近傍の無衝突衝撃波のデータを用いたモデルの検証や、最近の数値シミュレーションの例などを中心に、最近話題になっているその他のテーマについても簡単に紹介する。

実験室においては、トカマクにおける相対論的逃走電子の制御や、超高強度レーザーを用いて生成される数 10 MeV の相対論的電子流とプラズマの非線形相互作用などの話題があり、それらについて簡単な紹介を試みる。