

相対論的 Shear flow と乱流における粒子加速 Particle acceleration in relativistic shear flow turbulence

小尾 善男^{1*}, 寺澤 敏夫²

OBI, Yoshio^{1*}, TERASAWA, Toshio²

¹ 東京工業大学大学院理工学研究科, ² 東京大学宇宙線研究所

¹Graduate School of Science, Tokyo Tech, ²ICRR, University of Tokyo

相対論的ジェットが存在は、AGN や GRB、マイクロクエーサーといった様々な天体からの非熱的放射の観測により、明らかになっている。ジェットの周辺には、衝撃波だけでなく Shear flow や乱流などの領域が形成されると考えられており、こうした領域で加速された粒子からの放射と思われる観測結果がいくつか報告されている [1,2]。

そこで、我々は、相対論的 Shear flow とそれに付随する乱流によって粒子がどのように加速されるかを検証することにした。過去の先行研究 [3,4] でも、モデル化された乱流場や Shear を持つ速度場での粒子計算は行われてきたが、定常な乱流パワースペクトルによる計算や、定常で不連続な速度 Shear による計算なので、ジェットにより形成される Shear や乱流を適切に再現したかどうか疑問が残る。我々は、より現実的な検証をするために相対論的電磁流体 (RMHD) シミュレーション [5] を行い、そこで得られた電磁場を用いて、テスト粒子計算 [6] をすることにした。

まず、2次元 Kelvin-Helmholtz(KH) 不安定の RMHD シミュレーションを行い、成長が十分飽和するまで計算した。初期条件として、厚さ L の境界層を挟んで y 方向に $V_x = \pm 0.6c$ の速度勾配を与え、ガス圧、密度、磁場は一樣 (プラズマベータは 1) で、磁場 B_z は B_x の 5 倍、 $B_y = 0$ とした。また x 方向、 y 方向ともに周期境界条件を採用した。一方、テスト粒子計算については、 xy 面内で等方な単一エネルギーの粒子群 (13 万個) を与え、その時間発展を追跡した。

その結果、粒子の一部は統計的な加速を受けることが見いだされた。その加速過程は、KH 不安定の時間発展に伴って生じた B_z の強弱の境界に沿った B ドリフト加速によるものと解釈される。

本講演では、これらの計算結果に対して、より詳細な考察について発表を行う予定である。

[1] A. A. Abdo et al., ApJ, 719, 1433 (2010)

[2] S. Jester et al., A&A, 373 447 (2001); S. Jester et al., A&A, 431, 477 (2005)

[3] S. O'Sullivan, B. Reville, A. M. Taylor, MNRAS, 400, 248 (2009)

[4] M. Ostrowski, A&A, 335, 134 (1998); M. Ostrowski, A&A, 238, 435 (1990)

[5] A. Mignone, M. Ugliano, G. Bodo, MNRAS, 393, 1141 (2009)

[6] R. Lehe, I. J. Parrish, E. Quataert, ApJ, 707, 404 (2009)

キーワード: 相対論的 Shear flow, 乱流, RMHD シミュレーション, 粒子加速

Keywords: Relativistic shear flow, Turbulence, RMHD simulation, Particle acceleration