

相対論的ソリトン加速

Relativistic Soliton Acceleration

葦満 康浩[1], 羽田 亨[1]

Yasuhiro Kuramitsu[1], Tohru Hada[2]

[1] 九大・総理工・大気海洋

[1] Earth System Sci., Kyushu Univ., [2] ESST, Kyushu Univ

http://www.esst.kyushu-u.ac.jp/CDS/index_e.html

強い空間相関を持つ大振幅磁気流体 (MHD) 波動による荷電粒子の加速過程は、これまで議論されてきた準線形理論によるエネルギー拡散とは本質的に異なる [Kuramitsu and Hada, 2000]。粒子は孤立波に連続的にミラー反射され、そのたびに波の2倍の速度加速を受ける。これは孤立波によるフェルミ加速であり、この加速過程をソリトン加速と呼ぶ。ソリトン加速では孤立波同士の衝突に際し速度分布は熱的な部分に対し非熱的な高エネルギー部分が作られる。速度分布の非熱部分は宇宙線などの超高エネルギー粒子の分布に関して非常に興味深い。本学会では相対論効果を取り入れた場合のソリトン加速について議論する。

強い空間相関を持つ大振幅磁気流体 (MHD) 波動による荷電粒子の加速過程は、これまで議論されてきた準線形理論によるエネルギー拡散とは本質的に異なる* [Kuramitsu and Hada, 2000]。粒子は実空間で波束 (孤立波) と軌道が交錯するところでミラー反射され速度空間では反射されるたびに波の2倍の速度加速を受ける。これは孤立波によるフェルミ加速であり、ここではこの加速過程をソリトン加速と呼ぶことにする。ソリトン加速による粒子の加速過程はマルコフ的でなく粒子の過去の履歴に強く依存する。過去にミラー反射された粒子ほど次の孤立波との衝突の確立が大きくなる。特に孤立波同士が衝突するところでは非常に短い時間に連続的に粒子は加速され、同時に速度分布は熱的な部分に対し非熱的な高エネルギー部分が作られる。速度分布の非熱部分は宇宙線などの超高エネルギー粒子の分布に関して非常に興味深い。本学会では相対論効果を取り入れた場合のソリトン加速について議論する。

パルサー風などの天体プラズマ中では、非常に大きな位相速度を持つ相対論的な Alfvén 波が存在すると考えられる。特に Alfvén 速度が光速に近い場合を想定し、強い空間相関を与えた場の中で粒子の加速過程を調べる。

非相対論的なソリトン加速では、粒子の速度の平行成分が大きくなるにつれて孤立波による反射確率が下がるために磁場に平行な加速過程ではあるが、ピッチ角散乱されて大きな垂直成分を持つ粒子ほど加速されやすく、結果的に粒子は速度空間で垂直方向に拡散する。これに対し相対論的ソリトン加速では孤立波による反射にともない相対論効果が効く平行方向のみに大きな加速が見られる。

* Kuramitsu Y. and Hada T., Acceleration of charged particles by large amplitude MHD waves : effect of wave spatial correlation, Geophys. Res. Lett., 27, 2000.