

Q37a 衝撃波による高エネルギー電子加速:サーフィン加速

星野 真弘 (東大理)、島田 延枝 (通総研)

マッハ数の大きな衝撃波で、従来知られている加速過程よりも効率のよい電子加速過程が明らかになってきたことを報告する。この新しい加速過程は、衝撃波遷移領域に形成された大振幅静電場に補足された電子が、衝撃波を横切る $v \times B$ 電場に沿って加速される過程であり、衝撃波の波乗り加速 (shock surfing acceleration) と呼ぶことが出来る。従来波乗り加速はイオンについて議論されていたが、今回は衝撃波遷移領域で形成される小スケールの大振幅電場の性質に着目した結果、電子にも拡張できることが分った。さらに大切な点は、マッハ数が数 10 を越えると電子が相対論的エネルギーまで容易に加速されることである。

臨界マッハ数である 3 程度を超えると、衝撃波遷移領域は、イオンのジャイロ半径程度の厚さになり、上流から下流に向かうイオン粒子の一部が衝撃波上流に反射されることが知られている。このためイオンと電子の相対速度を持ったマックスウェル分布から外れたプラズマ速度分布関数が形成されており、2 流体不安定により大振幅の静電場が励起される。従来はこの励起された波動は即座に乱流スペクトルへと崩壊すると考えられていたが、最近の磁気圏衛星観測により必ずしも乱流状態ではなく、電子慣性長程度以上のスケールをもつソリトンの電場構造を維持することが分ってきた。このような発見にもとづき、電子の運動論を考慮した衝撃波の粒子シミュレーションを行い電子加速過程を研究した。臨界マッハ数を越えると電子の非熱的加速が始まりエネルギースペクトルの非熱的成分が卓越し始め、さらにマッハ数が数 10 を越えると加速限界がなくなり相対論的電子形成が効率よく形成されることが分ってきた。超新星衝撃波での加速や太陽フレアによって励起された惑星間空間衝撃波など、様々な衝撃波における電子加速の応用を含めて議論する。