

ピッチ角異方性を伴った衝撃波遷移層における統計的ドリフト加速のモデリング

Stochastic Shock Drift Acceleration in the Shock Transition Region with Finite Pitch-Angle Anisotropy

*加藤 拓馬¹、天野 孝伸¹

*Takuma Katou¹, Takanobu Amano¹

1. 東京大学

1. The University of Tokyo

非熱的電子の加速機構の解明は宇宙空間物理における重要な課題の一つである。地球バウ・ショックにおいて非熱的な電子が、稀ではあるが人工衛星によって観測されている(e.g., Gostling et al. 1989)。これらの電子は、およそ1keVから100keVまでのエネルギーを持ち、その分布はベキ型であることがわかっている。しかし、この分布を自然に説明するような加速モデルは未だに提唱されていない。また最近の衛星観測によると、非熱的電子が観測されるイベントにおいて、衝撃波遷移層における電子とホイッスラー波の共鳴が検出されている(Oka et al. 2017)。これは、地球バウ・ショックにおける電子加速にこの共鳴が重要な役割を果たしている可能性を示唆している。

これらの結果を説明するために、我々は新しい電子加速モデルである統計的電子加速を提唱した。統計的衝撃波ドリフト加速は、既存の加速モデルである衝撃波ドリフト加速(Wu 1984, Leroy and Mangeney 1984)にピッチ角散乱を取り入れたモデルであり、散乱の導入によって電子の加速効率を向上させることができる。このモデルに関する理論的な解析の結果、電子のエネルギースペクトルは、散乱が強く電子分布が等方的とみなせる場合には観測と整合するベキ型になるという結果が得られた。また統計的ドリフト加速による電子の最大エネルギーが、ピッチ角散乱の強度を表すピッチ角散乱係数に比例することが示された。これまでの研究では、有効的な衝撃波速度 $u/\cos\theta$ (u は衝撃波速度、 θ は衝撃波角)が非相対論的であり、電子のピッチ角分布を等方であることを仮定していた。しかしパラメーターの制約が強い粒子シミュレーションにおいては、この有効的な衝撃波速度が容易に相対論的になってしまう。有効的な衝撃波速度が光速に近づくと、ピッチ角分布の等方性が崩れることが知られていて、そのため粒子シミュレーションと従来の理論との間で比較を行うことができなかった。そこで我々はこれまで構築した統計的ドリフト加速の理論を、電子のピッチ角異方性を考慮し、有効的な衝撃波速度が相対論的な場合にも適用できる形に拡張する。本発表では、拡張した理論とPICシミュレーションの結果を比較し、その整合性を議論する。

キーワード：粒子加速、地球、衝撃波

Keywords: acceleration of particle, Earth, shock waves