

斜め伝搬ホイッスラー波動による電子のピッチ角拡散過程

大塚 史子 [1]; 岡 光夫 [2]; 松清 修一 [3]

[1] 九大総理工; [2] カリフォルニア大学バークレー校・宇宙科学; [3] 九大・総理工

Pitch angle diffusion of electrons by oblique whistler waves

Fumiko Otsuka[1]; Mitsuo Oka[2]; Shuichi Matsukiyo[3]

[1] ESST, Kyushu Univ; [2] SSL, UC Berkeley; [3] ESST Kyushu Univ.

Wave-particle interaction plays an important role in particle scattering process in collisionless plasma. Especially the pitch angle diffusion is essential and fundamental to the energy and spatial diffusion processes. Electromagnetic whistler mode waves have been observed near the Earth's bow shock and in the Earth's magnetosphere. These waves are thought to be responsible for the electron scattering (e.g., Oka et al., 2017, Wang et al., 2019). For obliquely propagating whistler waves, not only fundamental cyclotron resonance, but also other resonances, such as transit time resonance, anomalous cyclotron resonance, higher-harmonic cyclotron resonance can come into play (Terasawa and Matsukiyo, 2012).

In this presentation, we study the interaction between electrons and oblique whistler waves by performing test particle simulations. We specify the oblique whistler waves obeying cold plasma dispersion relation. We integrate the motion of relativistic electrons in the given electromagnetic field, and evaluate the pitch angle diffusion coefficient. We compare the scattering processes for the monochromatic wave and multi-waves with broadband spectrum, and also discuss the dependence of the wave propagation angle relative to the background magnetic field. The results will be applied to understanding of the electron scattering process in the Earth's bow shock.

無衝突プラズマでは、波動-粒子相互作用が粒子の散乱過程において重要な役割を果たす。特にピッチ角拡散は、エネルギー拡散や空間拡散過程において不可欠な基本過程である。ホイッスラー波動は地球バウショック近傍や地球磁気圏内で観測されており、電子の散乱・加速に寄与していると考えられる (e.g., Oka et al., 2017, Wang et al., 2019)。ホイッスラー波動が背景磁場に対して斜めに伝搬する場合、基本のサイクロトロン共鳴に加え、ランダウ共鳴や異常サイクロトロン共鳴が起こり、伝搬角が大きい領域でこれらの効果が有意になることが報告されている (Terasawa and Matsukiyo, 2012)。

本講演では、斜め伝搬ホイッスラー波動と電子の相互作用をテスト粒子計算により議論する。冷たいプラズマの分散関係に従うホイッスラー波動を与え、ピッチ角拡散係数を評価する。まず、平行伝搬ホイッスラー波動において、単色な波動と広い周波数帯を持った複数波動を仮定し、ピッチ角拡散係数を比較する。次に斜め伝搬ホイッスラー波動においても同様の計算を行い、ランダウ共鳴や異常サイクロトロン共鳴の効果を議論する。平行伝搬ホイッスラー波動において、広帯域の波動スペクトルを仮定した場合、波動の振幅が十分小さければ準線形理論が適用できる (e.g., Tao, et al., 2011)。斜め伝搬ホイッスラー波動を用いた場合、散乱の効率が準線形理論の予測よりも上昇するか否かを検証する。最後に、テスト粒子計算により得られたピッチ角拡散係数をもとに、無衝突衝撃波の PIC シミュレーション (Otsuka, et al., 2019, JpGU poster) で得られる高エネルギー電子のピッチ角分布や空間分布を考察する。