

複数衛星解析による地球bow shockにおけるホイッスラーモード波束の波束の空間構造の推定

Estimation of spatial structure of whistler mode wave packets in Earth's bow shock by multiple spacecraft analysis

*梅垣 千賀¹、天野 孝伸¹、北村 成寿¹

*Chika Umegaki¹, Takanobu Amano¹, Naritoshi Kitamura¹

1. 東京大学

1. The university of tokyo

宇宙空間に普遍的に存在する非熱的な荷電粒子の生成メカニズムについては、未だ明らかになっていない部分が多い。そのメカニズムの有力な候補の1つとして衝撃波近傍で発生するフェルミ加速が挙げられる。フェルミ加速では非熱的粒子を衝撃波近傍に閉じ込める必要があり、そのためには波動粒子相互作用によるピッチ角散乱が重要となる。電子の場合、ピッチ角散乱に大きな役割を果たすと考えられている波動にホイッスラーモード波動がある。ホイッスラーモード波動は背景磁場に対し右円偏波する電磁波動であり、電子と向かい合って相互作用し、サイクロトロン共鳴を起こすことで電子の散乱に寄与していると考えられている。実際に、衝撃波の近傍で磁場に対し平行伝播するコヒーレントなホイッスラーモード波動は多く見つかっており(Hull et al., 2012)、ホイッスラーモード波動と電子が相互作用する様子も観測されている(Oka et al., 2017)。しかし、衝撃波における電子加速の観測例は少なく、実際の衝撃波近傍における電子の散乱効率とホイッスラーモード波動の関係性は明らかではない。特に衝撃波遷移層で観測されるコヒーレントなホイッスラーモード波動については標準的な準線形理論の適用可能性は議論されていない。ホイッスラーモード波動はコヒーレントな波束を伴って観測されることが分かっており、その波束の時空間スケールの同定が散乱効率の決定のためには不可欠である。

本研究では衝撃波遷移層で観測されるホイッスラーモード波動の波束の空間スケールを推定することを目的とする。例えば波束の磁場に対し垂直な方向の空間スケールを見積もることができれば、共鳴散乱される電子のジャイロ半径はそれより十分小さくなければならないため、散乱される電子のエネルギーに制限をつけることが可能となる。このためには複数衛星による同時観測が必要である。本研究では高周波(~ 100 Hz)の電磁的波動についてNASAのMMS(Magnetospheric MultiScale)衛星を用いた複数衛星観測による解析を行った。

本研究では特に2015年10月7日11時44分(イベント1)、および2016年12月6日10時29分(イベント2)のバウショック観測データを解析した結果を報告する。衛星間距離はイベント1の期間で20 km、イベント2の期間で7 kmであり、両者の比較によって波束の時空間スケールの推定が可能である。最初にホイッスラーモード波動の存在を確認するために、磁場のパワースペクトルが増大する周波数帯として、イベント1では100-250 Hz($f_{ce} > 1$ kHz)、イベント2では50-150 Hz($f_{ce} = 300$ Hz)の波動にバンドパスフィルタをかけた。ここで短い時間スケール(50-100 ms)で散発的に現れるホイッスラーモード波動の波束が確認された。これらの波束についてMVA(Minimum Variance Analysis)を用いて波の伝播方向を定めた。ただしポインティングベクトルを考慮することにより伝播方向を一意に決定した。また、電場と磁場の大きさの比からファラデーの法則を用いて波長を計算した。これより、各期間で観測されたホイッスラーモード波動の波長は10 km程度であり、イベント1の期間は衛星間距離が波の波長より大きく、イベント2の期間は衛星間距離が波長よりも小さいことが分かった。同様の解析を各衛星で行った結果、イベント1では衛星間で波束の対応がほぼとれなかった。一方でイベント2では波束の対応がとれる場合ととれない場合があることが確認できた。このことから、ホイッスラーモード波動の波束の空間スケールは数km程度であると推察できる。本発表では、各衛星で観測された波束の比較から、波束の磁場に対し垂直および平行な方向の空間スケールを見積もった結果を報告する。

キーワード：ホイッスラー波、MMS衛星

Keywords: whistler wave, MMS spacecraft