

## MMS 衛星を使った衝撃波前面のホイッスラー波観測

# 成田 康人 [1]

[1] オーストリア・宇宙科学研究所

## Shock-upstream whistler waves observed by MMS spacecraft

# Yasuhito Narita[1]

[1] IWF Graz

With the advent of the MMS mission, it has become possible to study electron-scale plasma phenomena in situ in space, a logical extension of what has been done using the Cluster mission on the ion-scale physics. Here I show two MMS events of electron-scale whistlers in the shock-upstream region, ahead of Earth's bow shock. Using the magnetometer data and the wave telescope projection method, the magnetic fluctuation energy is determined not only as a function of the frequencies but also as a function of the three-dimensional wavevectors. The wave dispersion relation can then directly be compared between the observations and the wave or instability theories. One case is a foreshock wave event, upstream of the quasi-parallel shock. Whistlers propagate nearly along the magnetic field. The other case is a shock-foot event, upstream of the quasi-perpendicular shock, and here again, whistlers are observed that propagate obliquely to the mean magnetic field. An important lesson is that the whistler waves are excited ahead of the shock wave regardless the geometry or angle of the upstream magnetic field to the shock normal direction. Excitation of the whistlers is an important channel of the energy dissipation of the collisionless shocks.

MMS 衛星の到来により、宇宙空間プラズマの現象の理解に向けて、従来のクラスター衛星を使ったイオンスケールの物理だけでなく、電子スケールでの物理も直接解明できるようになってきた。MMS 衛星の衝撃波（地球前面のバウショック）観測 2 例から、衝撃波前面でホイッスラー波が励起されている現象を紹介する。解析は、MMS 衛星の磁場データと wave telescope（波動望遠鏡）射影法を使って、周波数と 3 次元の波数空間で磁場のゆらぎのエネルギー分布を測定し、エネルギーの極大値（ピーク値）での周波数と波数ベクトルを見つける作業をする。解析作業の結果、プラズマの平均流に乗ったプラズマ静止系での分散関係が観測から得られ、周波数と波長ともにイオンと電子のスケールの中間にあたるスケールで波の分散関係をプラズマ理論のものと直接比較をすることが可能になる。観測結果は、(1) 準平行衝撃波前面のフォアショック領域では磁場方向に平行伝搬するホイッスラー波動が見つかり、(2) 準垂直衝撃波前面の遷移域（フット領域）では磁場方向に斜め伝搬するホイッスラー波動が見つかった。具体的な励起機構はさまざまであるが、磁場と衝撃波のなす角度に関わらずホイッスラー波が衝撃波前面で励起されていることが分かる。すなわち、衝撃波の散逸機構およびエネルギー分配先としてホイッスラー波動は大事な役割を果たしている。