

バウショック周辺における波動-粒子相互作用

Wave-particle interactions around the bow shock

松本 紘 [1], 小嶋 浩嗣 [1], 荒川 真志 [1], 中尾 健司 [1]

Hiroshi Matsumoto [1], Hirotsugu Kojima [1], Shinji Arakawa [1], Kenji Nakao [1]

[1] 京大・超高層

[1] RASC, Kyoto Univ.

<http://www.kurasc.kyoto-u.ac.jp>

地球磁気圏バウショック領域におけるGeotail衛星の観測はそこで発生している波動が電子のダイナミクスと密接に関係していることを示唆している。我々は、このバウショック周辺におけるプラズマ波動の励起メカニズムを解析するために、1次元のFull particle計算機実験を行った。計算機実験空間内に磁気ポンプを置き、それによってショックを発生・伝搬させることにより、そこで発生しているミクロなスケールでの物理現象を解析することができる。計算機実験では、ショックポテンシャルが形成されることが確認できた他、衛星でも実際に観測されているフラットトップの電子分布関数の再現にも成功している。

GEOTAIL衛星の波形観測により、地球Bow shock周辺においては、非常に速い時間スケールで異なった波動が次々と観測されることが明らかになった。そこで観測される波動は、数100Hzから数十kHzに至る静電波で準正弦波状の波形、或いは、プラズマシート境界層でみつかるとような孤立波動的な波動など非常に様々であり、短い時間スケールでこれらの波動が変化していく。この短い時間スケールでの波動の変化は、これらのプラズマ波動が、Bow shockにおける電子のダイナミクスと複雑に関係していることを象徴している。また、プラズマシート境界層でみつかるとような孤立波動的な波動が観測されていることから、そこでは強い非線形現象が発生していると予想される。GEOTAILによる高時間分解能観測は、以上の様なこれまで認識されたことのない時間スケールでのプラズマ波動の変動を捉えている。そして、Bow shock周辺におけるミクロな波動-粒子相互作用に関する物理現象とその時間発展を詳細に解析する必要性が観測から提言された。

このような解析をするにあたって、我々は、Full particle simulation codeによる1次元計算機実験を行い、Bow shock周辺におけるミクロな波動-粒子相互作用の時間発展について調べた。まず、計算機実験空間内を真空領域とプラズマ領域に分け、その真空領域内に「磁気ポンプ」を設定し、ショック構造を形成・伝搬させ、計算機実験空間を十分に広くとることによりそのショック周辺での波動-粒子相互作用を解析した。計算ではParallel shock, Quasi-parallel shock, Perpendicular shock, Quasi-perpendicular shockの4通りについてショック構造を形成させ、そのショック遷移領域において形成されるショックポテンシャルにおける粒子の加速・減速・拡散・捕捉をイオン、電子についてそれぞれ調べる。またそれらのアルフベンマッハ数の変化による依存性について調査する。そして、衛星でも実際に観測される下流領域でのフラットトップ電子分布関数が形成されるまでの過程を詳細に追跡し、そのフラットトップ分布関数形成におけるプラズマ波動の役割について調べる他、ショックの遷移領域において発生しているプラズマ波動についてその励起メカニズムを含めて解析し、実際のGEOTAIL衛星で観測されている静電波動との比較を行う。