

## Bow shock 周辺におけるマイクロ現象に関する計算機シミュレーション

### Computer simulations on microscopic processes around the Bow shock

# 松本 紘[1], 中尾 健司[1], 小嶋 浩嗣[1]  
# Hiroshi Matsumoto[1], Kenji Nakao[1], Hirotsugu Kojima[1]

[1] 京大・宙空電波  
[1] RASC, Kyoto Univ.

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

科学衛星 Geotail によるプラズマ波動観測により Bow shock 周辺におけるプラズマ波動は、電子のダイナミクスと密接に関係し、また、強非線形性を示すことがわかってきた。そのマイクロな物理過程を解明するために、粒子コードによる計算機シミュレーションを行い、ショック周辺でのイオン、電子の挙動をはじめ、イオン音波などのプラズマ波動の励起プロセスについて再現することに成功した。

Bow shock 周辺におけるプラズマ波動の Activity の高さは、これまでの衛星による観測により示されているが、わが国の Geotail 衛星による波形による高精度観測により、その波動特性の詳細が明らかにされた。それは、従来のスペクトル受信機では観測できなかったような、数 msec から数 10msec オーダーでの波動現象の急激な変化、そして静電孤立波 (ESW) に代表されるような強非線形性を示す波形といったものである。そしてこの早い時間スケールでの波動現象の変化は電子のダイナミクスと密接にかかわっていることを示し、また、ESW 波形はそれらのダイナミクスとの関係で励起された波動が非線形状態にまで発展していることを示唆している。電子のダイナミクスが密接に関係した非線形現象を理論的に解析するためには、従来よりショック周辺の物理の解析で用いられてきた MHD シミュレーションやハイブリッドシミュレーションではなく、電子とイオンの両方を「粒子」として取り扱う粒子コードによる計算機シミュレーションが必要となる。我々は、Bow shock 周辺でのマイクロな物理現象を解析し観測事実を説明するモデルを構築することを目的として、これまで開発を行ってきた KEMPO コードを用いて粒子シミュレーションを行った。

計算機シミュレーション空間内に、磁気ピストン法によりショックを実現し、ショックが空間内を伝搬していく過程でのイオン、電子のふるまいとそれに伴うプラズマ波動の励起について解析を行った。その結果、Quasi-perpendicular shock、Quasi-parallel shock のどちらでも、いわゆるショックポテンシャルの形成が確認されたが、その形成機構においてミラー力が大きな役割を示していることがわかった。また、このミラー力やショックポテンシャルによって反射されたり、加速されたりする電子、イオンにより、様々な波動が励起されている様子もわかってきた。例えば、Quasi-parallel shock では、ショックの遷移領域におけるイオンと電子の速度差による Current-driven instability が発生し、そこにイオン音波が励起される。また、上流では反射された電子により Langmuir wave が励起されるが、それと同時に反対方向へ伝搬する Langmuir wave も励起されており、非線形現象の存在を示唆している。また、2次元のシミュレーションでは、ショック前面での Lower-Hybrid Drift 不安定性の存在が確認できるなど、Bow shock 周辺でのかなりのマイクロな物理現象を総括的に解析することができた。本講演では、KEMPO コードを用いた1次元、2次元計算機シミュレーションの結果を中心に Geotail 衛星で観測されるプラズマ波動と対比させつつ、Bow shock 周辺での波動の励起現象、イオン・電子の挙動についての総括的な解析結果を示して議論を行う。