

Bow shock において観測された非熱的電子の太陽風パラメータ依存性

Dependence of suprathermal electrons observed at bow shock on the solar wind parameters

関 克隆[1]; 篠原 育[2]

Yoshitaka Seki[1]; Iku Shinohara[2]

[1] 宇宙研; [2] 宇宙機構 / 宇宙研

[1] ISAS/JAXA; [2] JAXA/ISAS

本研究の目的は、異なる太陽風パラメータの条件下で衝撃波遷移層中における電子の振る舞いがどのように変化するか、を調べることを通して、衝撃波における電子加速機構を理解することである。過去、ISEE1,2 により、垂直衝撃波下流において 20 keV 程度までの非熱的電子が観測されることが報告されているが、この電子の加熱 / 加速機構は十分な理解を得ていない。

そこで我々は、3つの太陽風パラメータ Ma 、 β 、 p/c に注目して、GEOTAIL 衛星による衝撃波観測データの解析を行った。GEOTAIL 衛星は、1992年に打ち上げられて以来磁気圏を観測しているので、変化に富む1太陽周期をカバーするような長期間観測によって得られた豊富な in-situ 観測データの利点を活かすことによって、衝撃波遷移層で起こる電子加速に関して統計的・定量的な議論が可能となる。そこで、この時の高 Ma 数条件下で GEOTAIL 衛星が衝撃波を通過した時の電子データに注目して解析した。

その結果、無衝突衝撃波での散逸過程の一つである、電子が強く加速されているイベントを発見した。この時のエネルギースペクトルは 40keV を超えて伸びている。以上の結果をふまえて、準垂直衝撃波において太陽風の3パラメータ Ma 、 β 、 p/c が変化することにより、どのように電子加速の有無が決定されているかどうかを調べた。衝撃波解析に必要な物理量の決定は非常に難しいが、過去に使用された様々な手法を用いて比較・検討し、決定精度の向上に努めた。厳しいイベント選別と準垂直衝撃波のイベントに限った結果、最終的なイベント数は41であった。観測された電子加速の激しさを、電子分布関数を冪乗型関数で fitting して冪指数で評価した。スペクトルも高エネルギー側、低エネルギー側との二本の直線で fitting し、二つの冪 high、low で評価した。そして、その二本の直線の接点を最高エネルギー E_{max} とし評価した。その結果、low には B_n 、 Ma 数の依存性があり、二つの値が大きいほどスペクトルはハードになることがわかった。また、加速の最高エネルギー E_{max} に対しても Ma 依存性があることがわかった。 Ma が15を超えるような大きなイベントでは、low、 E_{max} との傾向からはずれていた。 Ma が大きなイベントの p/c の分布は p/c の大きなところに分布しており、 p/c の大きさが衝撃波遷移層で加速機構の物理をかえている可能性が示唆される。

更に衝撃波遷移層における磁場の乱れを評価し、スペクトルとの関係を見た。その結果、low に依存性がみられ、磁場の乱れが激しいほど電子が加速されていることがわかった。

最後に、統計解析の結果と既存理論との比較を議論した。フェルミ加速では、理論で予想されている冪指数、分布関数の違いなどから、古典的な理論だけでは観測事実を十分に説明できない。一方、Shock Drift 加速でも、既存の理論の枠組みだけではうまく説明できず、これらの議論から、観測された衝撃波遷移層中での電子加速は、現在有力である加速理論だけで説明することは難しいことが明らかになった。講演では解析の結果について議論したい。