

宇宙プラズマ中の物体近傍シース領域における電磁環境

Study on electromagnetic environment at plasma sheath region in space

臼井 英之[1], 宮田 克也[2], 松本 紘[1]

Hideyuki Usui[1], Katsuya Miyata[2], Hiroshi Matsumoto[2]

[1] 京大・宙空電波, [2] 京大・超高層

[1] RASC, Kyoto Univ, [2] RASC, Kyoto Univ.

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

本講演では、宇宙プラズマ中の物体近傍に形成されるプラズマシース領域における電磁環境に関して行った粒子モデルの計算機シミュレーションについて報告する。特にシース内を伝搬するシース波動に着目した。定性的には理論で示されたようにカットオフ周波数より低い伝搬モードがシミュレーションでも確認できたが、その周波数特性は理論とは若干異なり、シースの大きさが波動モードの周波数特性に影響を与えることが明らかになった。

本講演では、宇宙プラズマ中の物体近傍に形成されるプラズマシース領域における電磁環境に関して行った粒子モデルの計算機シミュレーションについて報告する。

これまでの理論およびロケット実験研究により、物体近傍プラズマシース領域では一様プラズマ中のプラズマ波動モードとは違うシース波動が存在することが確認されている。理論では、金属物体とプラズマ領域で挟まれたシース領域を真空と仮定したモデルを用いてコールドプラズマ近似線形解析が行われており、シース領域における電磁波モードは一様プラズマ中ものとは異なりカットオフ周波数よりも低い周波数において伝搬モードが存在することが確認されている。また、外部磁場方向との伝搬モード依存性も解析されている。また、カナダのテザーロケット(OEDIPUS)を用いた宇宙実験においても、親ロケットから放射された電波がテザー近傍のシース領域をテザーに沿って伝搬し、背景プラズマにおけるカットオフ周波数より低い周波数の波動が子ロケットで受信された。

これらの研究を踏まえ、我々はプラズマの運動論効果を考慮できる粒子シミュレーション(PIC(Particle-In-Cell)モデル)によりセルフコンシステントなシース形成、そこでの電磁環境を上述のシース波動という観点から解析を行った。モデルとしては2次元平面の片側に金属物体、片側に一様等温プラズマを置き、その時間発展を追った。一般に等温プラズマにおいては電子の熱速度が速いため、物体に入る電子フラックスが卓越し、その結果背景プラズマに対し、物体は負に帯電する。このことにより物体への電子流入は抑えられ、電子電流、イオン電流がバランスする状況で平衡状態に達する。この時、物体近傍では電子密度が低く電荷的に非中性領域であるプラズマシースが形成される。

上述の理論では、このシースを真空と仮定しているため、背景プラズマとの密度差は不連続となっており、波動モード解析においてその影響が否めない。すなわち、現実の状況では背景プラズマからシースまでの遷移領域が存在するため、シース波動特性においても理論との違いが生じる。我々のシミュレーションではシースから背景プラズマへの遷移領域においても密度は滑らかに変化しており、このモデルにおいてシース波動がどのように観測され、それが理論とどのように違うのか、またシース波動の空間分布などについて詳細解析を行った。定性的には理論で示されたようにカットオフ周波数より低い伝搬モードがシミュレーションでも確認できたが、その周波数特性は理論とは若干異なり、シースの大きさが波動モードの周波数特性に影響を与えることが明らかになった。