

磁気圏尾部における捕捉粒子の運動の周波数空間における非断熱パラメーター

Nonadiabatic parameter in the frequency space of trapped particle motion in the magnetotail

三浦 彰[1]

Akira Miura[1]

[1] 東大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Science, Tokyo Univ

磁気圏尾部における粒子の運動の断熱性を明らかにすることは、尾部における粒子の加速や尾部プラズマの状態方程式を考える上で重要である。

尾部の粒子はラーモア半径が最も大きくなる赤道面付近で、もし粒子のラーモア半径が磁力線の曲率半径と同程度となってくると粒子の運動において磁気モーメントの保存が破れ粒子の運動は非断熱的となることが知られている。このような粒子の非断熱性を表すパラメーターとしては、磁力線の曲率半径と粒子のラーモア半径の比の平方根であるカップパラメーターというものが使われており、カップが1より大きいと粒子の運動は断熱的、カップが1に近づいてくると粒子の運動は非断熱的となることが知られている。赤道面をはさんでミラー効果によるバウンス運動をする捕捉粒子については粒子のバウンス周波数が定義でき、赤道面での粒子のジャイロ周波数とバウンス周波数の比はバウンスの振幅が小さいという近似の元ではカップの二乗に等しいことが知られている。

そこで今回、ブラソフマクスウェル方程式の定常解から尾部の磁力線を求め捕捉粒子についてイオンのバウンス周波数を求め、イオンの運動の非断熱性について調べた。具体的には、地球からの距離が地球半径の1.5倍の距離の所でイオンのふるまいが断熱的か非断熱的かを知るために、イオンのジャイロ周波数とイオンのバウンス周波数の比を、おのおののピッチ角に対して計算することにより調べた。イオンのバウンス周波数は時間変化がイオンのジャイロ周波数より小さくイオンの磁気モーメントの保存が成り立つとして計算されている。従って、この仮定によって求めたイオンのバウンス周波数がジャイロ周波数より大きくなるとイオンの磁気モーメントの保存の、そもそもの仮定が成り立たないと考えられ、この比は非断熱性を表す一つのパラメーターと考えられる。この比は必ずしもカップパラメーターの二乗に等しくなく、ピッチ角の小さい所ではカップパラメーターの二乗よりかなり大きく、ピッチ角が大きくなってくると、バウンスの振幅が小さくなるためにカップの二乗に近づいてくることが明らかとなった。また、この比は地球からの距離が大きくなってくると小さくなり、カップと同様に非断熱性を表すふるまいをすることが明らかになった。今回用いた磁場のモデルでは、この周波数の比の非断熱パラメーターで見る限り地球半径の1.5倍の距離でもイオンのバウンス周波数はジャイロ周波数より小さくイオンの運動は断熱的と考えられることが明らかになった。カップパラメーターが赤道面での局所的なパラメーターだけで決まるのに対して、この周波数の比による非断熱パラメーターは粒子がミラー反射する点までの情報を含み、非局所的なパラメーターである。どちらの非断熱パラメーターがより良く捕捉された粒子運動の非断熱性を表すかは一概に言えないが、モデリングやシミュレーションにおいて、この周波数の比のパラメーターは一つの有用な非断熱パラメーターとして用いることができる。