

多種イオンプラズマ中の超臨界垂直衝撃波の非定常性

Non-stationary characteristic of supercritical perpendicular shock waves in a two-ion-species plasma

寺田 直樹 [1], 町田 忍 [2]

Naoki Terada [1], Shinobu Machida [2]

[1] 京大・理, [2] 京大・理・地球惑星

[1] Department of Geophysics, Kyoto University, [2] Dept. of Geophys., Kyoto Univ.

<http://www-step.kugi.kyoto-u.ac.jp/~teradan/>

多種イオンプラズマ中を伝搬する超臨界垂直衝撃波において、プラズマ中に含まれる重イオンの数密度比が増加するに伴い、衝撃波構造が周期的な変動を示すことを見出した。これは、衝撃波下流に発生するイオン・イオン混成波と呼ばれる大振幅の長波長波の存在により、プロトンの運動に変動が生じ、衝撃波構造は非定常となることに起因する。この現象は、重イオンの数密度比の他に、粒子の熱速度や衝撃波のマッハ数、電子異常抵抗値などにも依存することがわかった。

多種イオンプラズマ中を伝搬する超臨界垂直衝撃波を、一次元の電磁ハイブリッドコードによる数値シミュレーションを用いて解析を行った。その結果、入射プラズマ中に含まれる重イオンの数密度比が増加するに伴い、衝撃波構造が準周期的な変動を示すことを見出した。衝撃波上流から同じ流速で入射してきた異種の粒子は、衝撃波遷移領域での電磁場に対する応答の違いから、衝撃波下流に移動するに従いそれぞれ異なる速度を持つことになる。この速度差は衝撃波下流においてイオン・イオン混成波と呼ばれる長波長波を発生させ、重イオンの数密度比と磁場強度が周辺部より相対的に大きな値を持つ領域を生じさせる事になる。衝撃波上流から入射してきたプロトンは、衝撃波面で反射され下流でジャイロ運動を行うが、この重イオンが存在するために生じる相対的な磁場強度増大がプロトンのジャイロ運動に影響を及ぼす程の大きさを持つ場合、衝撃波構造に変化が生じる。プロトンの旋回位置の移動、及びそれに伴う磁場強度増大領域の移動が起こり、またそれにより、次は逆に重イオンがその運動に影響を受ける様になるのであるが、重イオンが大きな数密度を持つ領域は再びプロトンの運動に影響を及ぼす位置に移動するため、上記のプロセスが繰り返される事になる。

講演では、この現象のパラメーター依存性についての議論も行う。垂直衝撃波の非定常性は、例えば He^{++} 粒子の数密度比が7%を超える辺りから顕著になるが、この現象はまた、それぞれの粒子の熱速度や衝撃波のマッハ数にも強く依存している。プロトンの熱速度が大きく、重イオンの熱速度が小さい時、すなわちプロトンと重イオンの熱速度比が高い時や、マッハ数が大きな時に、衝撃波はより容易に非定常な様相を呈する。これらの結果をふまえて、多種イオン垂直衝撃波の非定常性のメカニズムについての考察を行う。