

多成分プラズマにおける重イオンの波動による新しい加熱過程

New wave heating process of heavy ions in multi-component plasmas

水田 孝信[1], 星野 真弘[2]

Takanobu Mizuta[1], Masahiro Hoshino[2]

[1] 東大・理・地球惑星, [2] 東大・理・地球物理

[1] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ., [2] Earth and Planetary Phys., Univ of Tokyo

<http://stp-www.eps.s.u-tokyo.ac.jp/~mizuta/>

多くの無衝突プラズマ環境において、陽子より重い重イオンの選択的加熱が観測されている。観測衛星 SOHO により、太陽コロナ中で O5+ が選択的に加熱されている事が明らかになった[e. g., Cranmar et al., SSR, 1998]。また、オーロラ領域では electromagnetic ion cyclotron (EMIC) wave に伴って、He+, O+ の選択的加熱が報告されている[e. g., Lund et al., GRL, 1998]。これらの観測事実は、電子、陽子のみで構成された 2 成分プラズマでは説明できない。電子、陽子に加えて重イオンで構成された多成分プラズマは、2 成分プラズマが持たない特性を持ち、その特性が選択的加熱を生み出していると考えられるようになってきた。この選択的加熱は、太陽・地球惑星科学のみならず、プラズマ物理学においても重要な問題である。

これまで我々は、重イオンが混ざった多成分プラズマ中での波動 - 粒子相互作用に着目し、選択的垂直方向加熱を議論してきた。多成分プラズマ中では、位相速度が Alfvén 速度より十分速い長波長の Super-Alfvénic EMIC 波動 (SPA) が存在する。この波動と通常の EMIC 波動、Sub-Alfvénic EMIC 波動 (SBA)、が混在するときの波動 - 粒子相互作用を議論した。テスト粒子シミュレーション実験により、重イオンのみ強く垂直方向に、しかも、非統計的に、加熱されることを見いだした。この“強い”加熱の加熱効率は、準線形理論やフェルミ加速など従来のモデルでは説明出来ない。というのも、粒子は統計的な振る舞いをしないため、“拡散”という概念では、この加熱は説明できないからである。それに対して、我々が提唱した純電波 - 磁波モデル [Mizuta and Hoshino, GRL, 2001] により、この加熱率は説明された。この加熱をさらに考察した結果、

- 1、どちらの波動が欠けても選択的強い加熱は起きない。
- 2、SPA は粒子を電場方向に phase bunching する。
- 3、SBA は、SPA によるピッチ角散乱を妨げ、phase bunching を持続させる。

ということが分かった。これらをもとに、波動の振幅に課せられる、選択的強い加熱が起こる条件を求め、数値実験と比較した結果、良い一致を示した。

我々は、さらに多くのプラズマ環境で適応可能なモデルを構築するため、弱乱流場中にコヒーレントな SPA が存在するときの波動 - 粒子相互作用についても考察した。強い加熱が起きるためには、SPA は、phase bunching を行うため、コヒーレントであることが必要であるが、SBA はコヒーレントである必要はない。つまり、弱乱流が SBA と同様の役割を果たせると考えられる。この場合においても、確かに選択的加熱が存在することを確認した。現在、その詳しい解析を行っており、その結果も発表する予定である。