

太陽風“非共鳴”アルフェン乱流によるイオン加速・加熱

Heating and acceleration of ions in non-resonant solar wind Alfvénic turbulence

成行 泰裕^{1*}, 羽田亨², 坪内健³

Yasuhiro Nariyuki^{1*}, Tohru Hada², Ken Tsubouchi³

¹高知高専・電気情報, ²九州大学・総理工, ³情報通信研究機構

¹Kochi National College of Technology, ²E.S.S.T., Kyushu Univ., ³NICT

本講演では、太陽風中に遍在する低周波・有限振幅のアルフェン乱流によるイオンサイクロトロン共鳴を伴わないイオン加熱・加速過程について報告する。我々は1次元ハイブリッドコードを用いた計算を行い、波動間相互作用（パラメトリック不安定性）が非常に弱い場合でも、振幅変調による非線形ランダウ減衰によってイオン加熱が生じることを明らかにした。一方で、非線形ランダウ減衰とパラメトリック不安定性の一種である変調不安定性とはアルフェン波の磁気エネルギーの散逸過程は非常によく似ている一方、変調不安定性が生じた場合には波動間の位相相関による急峻な波束が形成され、非線形ランダウ減衰により主に減衰する場合とで磁場の振幅に2倍近くの差ができることがわかった。

このような波束は、相対運動する磁場構造による加速（ソリトン加速）などによりイオンを平行方向に加速する一方で、有限振幅の電磁波による“非共鳴捕捉”によって擬似的な垂直方向の加速を生じる。この非共鳴捕捉は、いわゆるワレンの関係で表される“アルフェン的な”平衡状態を表す位相空間での平衡点周りの非線形捕捉であり、その捕捉領域は平行方向の速度に対して非対称な形をしている。これらの結果は、イオンサイクロトロン共鳴を起こさない低周波のアルフェン乱流が、太陽風中で観測されるような温度異方性を伴う非対称なイオンの速度分布の形成に深く関わっていることを示唆している。

また、太陽表面などの低ベータプラズマ中のアルフェン乱流では、イオンの垂直方向のエネルギーは垂直方向のアルフェン的なバルク運動に担われているが、これは速度空間上では“見かけ上の”温度異方性として観測される。非共鳴なアルフェン乱流の非線形発展においては、“見かけ上の”温度異方性として蓄えられているイオンの垂直方向のエネルギーが局所的な熱エネルギーに対応する“実質的な”温度異方性に変換されていることが分かった。

キーワード: 太陽風プラズマ, アルフェン乱流, イオン加速・加熱

Keywords: solar wind plasmas, Alfvénic turbulence, heating and acceleration of ions