

磁気圏型配位 RT-1 におけるホイッスラー波揺動の出現条件

東大新領域, 核融合研^A,

齋藤晴彦, 吉田善章, 釘持尚輝, 西浦正樹^A, 中村香織, 森敬洋, 横田侑己, 上田研二

Conditions for the appearance of whistler fluctuations in the RT-1 magnetospheric experiment

U.Tokyo, NIFS^A, H. Saitoh, Z. Yoshida, N. Kenmochi, M. Nishiura^A, K. Nakamura, T. Mori, Y. Yokota, K. Ueda

磁気浮上させた超伝導コイルが作り出すダイポール磁場中でプラズマを生成する RT-1 では, 高温電子が主体となる高 β プラズマ中で, ホイッスラー波に対応する中間周波数帯 ($f_{ci} < f < f_{ce}$) の磁場揺動の自発的発生が観測されている. 波動と粒子の相互作用は, ダイポール磁場配位における高 β プラズマの形成や, また惑星磁気圏で観測される相対論的粒子加速現象とも関連が深く, RT-1 では揺動の機構や出現条件に着目した実験研究が進められている. RT-1 では複数の揺動モードが出現し, それらはプラズマの自己組織化を駆動する低周波 (~kHz) 揺動と, より高周波の現象に大別される. 高周波の揺動は更に, 数 MHz 程度の周波数帯で観測される交換型不安定性と考えられるフルート状のモードと, より高周波 (閉じ込め領域周辺部の計測点における磁場強度に対して $0.1 \sim 0.4 f_{ce}$ 程度) の揺動に分類される. 高周波側の揺動はフルートモードとは異なり, 磁力線方向に伝搬し, 磁力線垂直方向 (ダイポール磁場中ではトロイダル方向) には局在化して出現する傾向が強い (図1). 特徴的な挙動として, 継続時間が $100 \mu\text{s}$ 程度のオーダーのコヒーレントな揺動が間欠的に発生して周波数変調を示し, ライジングトーンとフォーリングトーンの双方の発生が確認されている (出現頻度としては後者が多い). 揺動の出現頻度は ECH により生成維持された高温電子によるプラズマ圧力と強い相関を持ち, ホイッスラー波帯の揺動が出現するためには, 反磁性信号が約 0.8 mWb (最大局所 β 値 ~15%) を上回る必要がある. リミタや超伝導コイルの支持機構の導入により, プラズマ圧力の低下と共に発生頻度は低下する. また, プラズマ圧力のコントロールパラメータとして封入ガス圧力と 2.45 GHz マイクロ波電力を変化させた場合, 揺動の出現頻度は異なる依存性を示した. ECH 電力を一定に保ちガス圧力を低下させた場合よりも, 一定のガス圧力で ECH 電力を増大させることで同程度のプラズマ圧力を得た場合の方が, 揺動は非常に活性化される (図2). これは揺動の発生条件としてプラズマ圧力だけではなく電子温度や非等方性等の効果が重要なパラメータであることを示唆しており, これらの計測準備を進めている.

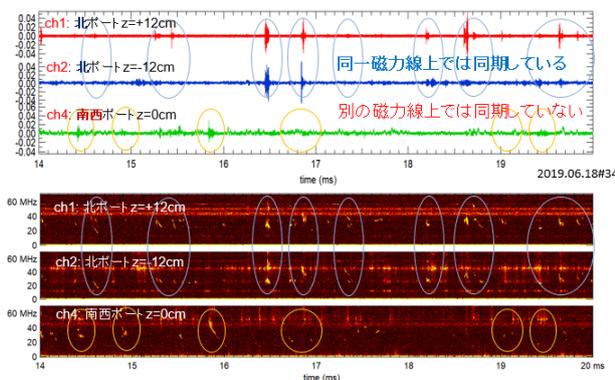


図1: トロイダル方向に同一位置 (ch1/ch2) 及び異なる位置 (ch3) に配置した磁気プローブで観測した揺動信号. 同一磁力線上では揺動発生が同期して観測されるが, トロイダル方向に異なる位置で同期した信号が観測される頻度は少ない.

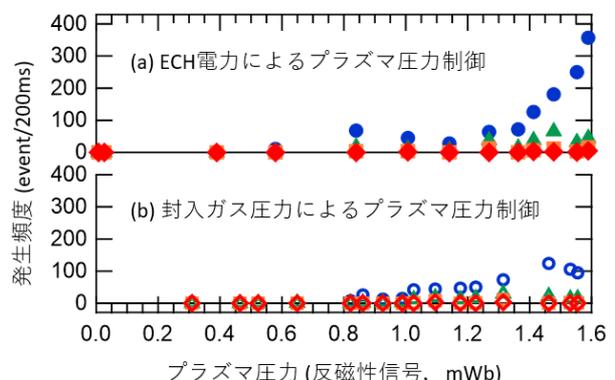


図2: 揺動の発生頻度 (○, △, △, ◇はカウント対象とした揺動振幅の下限値を表し, ◇が最も大振幅を), (a) 入射電力と (b) 封入ガス圧力をコントロールパラメータとして制御し, プラズマ圧力の関数としてプロットした.