

# Qマシンプラズマ中フロー速度シア駆動低周波不安定性

東北大学大学院工学研究科電子工学専攻  
市来龍大, 金子俊郎, 齋藤洋孝, 畠山力三

Low-Frequency Instabilities Driven by Flow Velocity Shear in Q-machine Plasmas

Department of Electronic Engineering, Tohoku University

R. Ichiki, T. Kaneko, H. Saito, and R. Hatakeyama

プラズマフロー速度がフローの向きと垂直に変化するものを「フロー速度シア」と呼ぶ。フロー速度シアは、核融合プラズマ及び宇宙プラズマの安定性・不安定性に関わる重要な物理現象として注目を集めている。磁化プラズマ中では磁力線に垂直方向と平行方向のフローの性質は大きく異なるため、我々ははこの2種類のフローの速度シアを選択的に生成・制御し、それらが低周波揺動に与える効果の実験的解明を行ってきた。

## (1) 磁力線垂直方向フロー速度シア

実験は東北大学の Q<sub>T</sub>-Upgrade マシンを用いて行った。同心円状に3分割したタンゲステン電極のそれぞれの電極に独立に電位を印加してプラズマの空間電位を変化させ、境界領域に形成される径方向電場を制御する。これにより、径方向電場と外部磁場の  $E \times B$  ドリフトによる磁力線垂直方向のフロー及びフロー速度シアが生成される。

我々はこの実験系において、イオンサイクロトロン波及びドリフト波に対する速度シアの効果調べた。講演では電流駆動型・電位駆動型イオンサイクロトロン不安定性の独立観測、特性の相違、及びフロー速度シアによる両不安定性の抑制について報告する。

## (2) 磁力線平行方向フロー速度シア

磁力線平行方向フロー速度シアの独立生成を実現するためには、まず磁力線垂直方向フロー速度シアを抑制する必要がある。図 1(a) に示されるように負に印加したメッシュグリッドで分割型電極からの実験領域への電子の流入を押さえ、径方向電場の染み出しを防ぐ。実験領域への電子の供給はイオン源の対向に搭載した電子源により行い、径方向の電位分布を一様化して垂直方向フローを抑制する。イオンは分割型電極の各電極電位と実験領域空間電位との差により、シアを持つ磁力線平行方向のフローを形成する。

講演では、ドリフト波及び負イオンプラズマ中の低周波揺動の研究について報告する。速度シア強度  $\sigma^2 = 1 - (k_y/k_z)(V_d'/\omega_c)$  ( $V_d'$  はイオンフロー速度の勾配) が増加すると、揺動はまずイオン Landau 減衰の減少に伴う電子逆 Landau 減衰の顕著化により不安定化し、その後は電子逆 Landau 減衰の効果も減少し安定化することが分かった(図 1(b) 参照)。さらに、周方向モードに依存して揺動を励起するシア強度閾値が異なることを明らかにした。負イオンプラズマ中においては、負イオンの導入による安定化・不安定化の傾向が、あるシア強度を境に逆転する揺動を観測した。これらに加え、我々は実験及び粒子シミュレーションによるイオンサイクロトロン波への磁力線平行方向フロー速度シアの効果の研究も行っている。

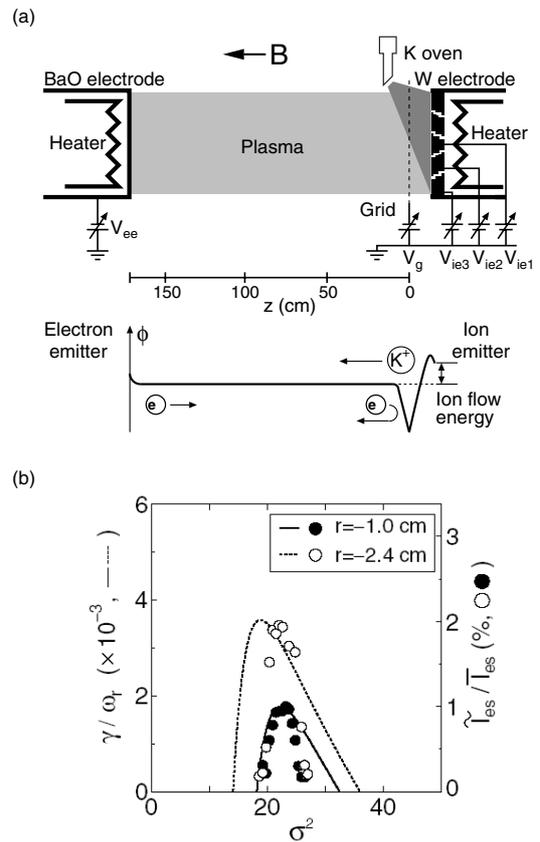


図 1: (a) 磁力線平行方向フロー速度シア生成実験系。(b) 揺動振幅のシア強度  $\sigma^2$  依存性。曲線は速度シア駆動ドリフト波成長率の理論値。