

非線形スペクトル解析によるRFPの周辺磁場揺動の研究

京都工芸繊維大学工芸科学研究科

池添竜也, RELAXグループ

RFPは核融合研究のための磁気閉じ込め方式の1つである。パルスポロイダル電流駆動 (Pulsed Poloidal Current Drive, PPCD) を用いた最近の閉じ込め改善研究の進展により、ベータ値が $\sim 30\%$ でトカマクと同程度の閉じ込めが実現されている[1]。一方、準単一ヘリシティ (Quasi-Single Helicity, QSH) 状態と呼ばれる閉じ込め改善モードも実現されており、このQSH状態では磁力線がストキャスティックな領域に単一のテアリングモードが成長して大きな磁気島が形成され、磁気島内部では閉じた磁気面が回復している。これら最近の研究結果は、RFPにおけるテアリングモードの重要性を示している。RFPのアスペクト比 (A) を低くすると磁気軸上の安全係数 q_0 の値が上昇すると共に中心部のモード有理面間隔が広がるということが平衡解析により示され、この効果がMHDダイナミクスに及ぼす影響が注目されている。特に低アスペクト比RFP配位では、MHDダイナミクスがより単純になる可能性があること、QSH状態への遷移が容易になる可能性があることなどが期待される。

RFPにおける上述の低アスペクト比領域を開拓するために、我々はアスペクト比が2のRFP実験装置RELAX ($R/a=0.5\text{m}/0.25\text{m}$) において実験研究を開始した[2]。RELAXでは、周辺磁場測定用磁気プローブを同一ポロイダル断面内において上下の2ヶ所に、そしてそれをトロイダル方向に1周を16分割した各断面 (ポロイダルギャップ部を除く) に設置してトロイダルアレイを形成している。これを用いて、磁場揺動のポロイダルモード数の偶奇を分離し、それらをトロイダル方向にトロイダルモード数 $0 \leq n \leq 8$ まで分解して測定する。また、1ポロイダル断面に設置した6本の磁気プローブからなるポロイダルアレイを用いてポロイダルモード数 $0 \leq m \leq 3$ を分解して測定する。

我々は、広い放電領域にわたってRELAXのMHDの振る舞いを調べた。その結果、主要モードが準周期的に成長・減衰を繰り返す現象が、ほとんどの放電において観測された。成長するモードは放電条件により $m=1/n=4$ もしくは $m=1/n=5$ である。いずれもプラズマ中心領域で共鳴するテアリングモードである。また、別の特徴として、 $m=2$ モード振幅が $m=1$ モード振幅の3分の1程度であることが挙げられる。これは、他の $A \sim 3$ のRFPとは明らかに異なるMHD特性であり、RFP配位の形成と維持における $m=1$ モードと $m=2$ モードの役割が $A \sim 3$ のRFPとは異なる可能性が高い。そこで、これらモード間の非線形相互作用を定量的に調べるために、周辺磁場揺動のバイスペクトル解析を行った。 $m=1$ モード同士の結合で $m=2$ モードが生じる三波結合の強さを表すバイコヒーレンス $b(1,1,2)$ を求めたところ、以前MSTにおいて報告された値[3]と比較して非常に小さいことがわかった。この結果は、低アスペクト比RFP配位の中心領域において、モード有理面間隔が広がっていることを示唆している。これらの詳細について講演で発表する。

[1] H. Koguchi *et al.*, Plasma Fusion Res. **2**, 050 (2007).

[2] S. Masamune *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **76**, 123501 (2007).

[3] S. Assadi, S. C. Prager, and K. L. Sidikman, Phys. Rev. Lett. **69**, 281 (1992).