

トロイダル磁場変調による周辺のストキャスティック化 Edge stochastization by toroidal magnetic field modulation

松永 剛¹、鈴木康浩²、篠原孝司¹、井手俊介¹、宇藤裕康¹、坂本宜照¹
Go MATSUNAGA¹, Yasuhiro SUZUKI², Koji SHINOHARA¹, Shunsuke IDE¹
Hiroyasu UTO¹, Yoshiteru SAKAMOTO¹

量研機構¹, 核融合研²
QST¹, NIFS²

ITERおよび原型炉では、プラズマ対向壁への熱負荷を低減する運転の確立が急務となっている。特に、プラズマ周辺で発生する大振幅の周辺局在化モード(ELM)は過渡的な熱負荷を対向壁へ与えるため、金属(タングステン)の第一壁およびダイバータを当初から採用するITERでは問題となっている。この大振幅ELMを抑制あるいは緩和する手法として、プラズマ外部に設置した磁場コイルによって、閉じ込め磁場と共鳴する摂動磁場(共鳴磁場摂動:RMP)を印加する手法が有効であることが示されており[1]、共鳴磁場摂動が周辺磁場構造をストキャスティックにすることでELM発生を抑えられたと理解されている。しかしながら、この手法では、磁場コイルをプラズマ近傍に設置する必要があり、原型炉においては、真空容器内の構造および高い中性子束を考慮すると困難である。そこで、我々はトロイダル磁場コイルの電流を空間的に変調することで、共鳴磁場を生成する手法、トロイダル磁場(TF)変調法を提案している[2]。

図1にTF変調法の概略図を示す。TFコイルを二つのグループに分け、低トロイダル周期($N=3$)のリップルを生成するよう電流を増減させる。図2に、TF変調法およびRMPコイルによるRMP印加時の磁場分布を示す(JT-60SAのパラメータを使用)。RMPコイルによる磁場が局所的な摂動であるのに対し、TF変調による磁場はプラズマ全体に及んでいる。磁力線追跡によると、変調度 $\pm 3\%$ のTF変調でELMの発生するペデスタル領域がストキャスティックな構造になることが分かった。また、プラズマ応答を考慮した三次元平衡計算では、僅か $\pm 1\%$ のTF変調で周辺のストキャスティック化を確認した。さらに、原型炉への適応を目指し、本手法の工学的な成立性の評価を行った。図3に有限要素法により求めた、TF変調時のTFコイルの向心力を示す。TFコイルに発生する向心力は変調度に比例して発生し、TFコイルの構造上、実現可能であることが確認できた。本ポスターでは、TF変調法の詳細について報告する。

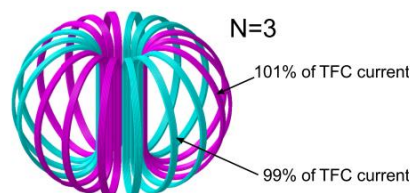


図1 TF変調法の概念図(変調度 $\pm 1\%$)。

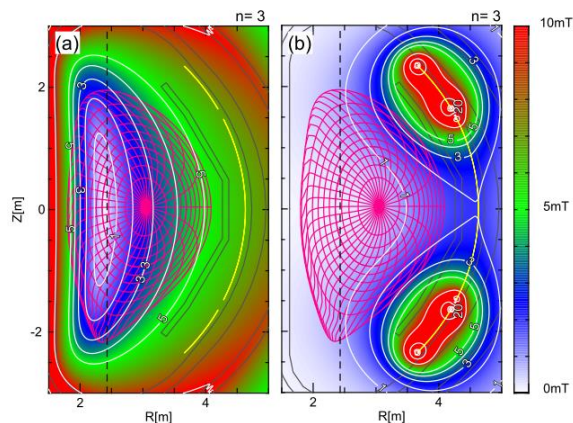


図2 (a)TF変調法、(b)RMPコイルによる磁場強度分布(ポロイダル断面、変調度 $\pm 1\%$)。

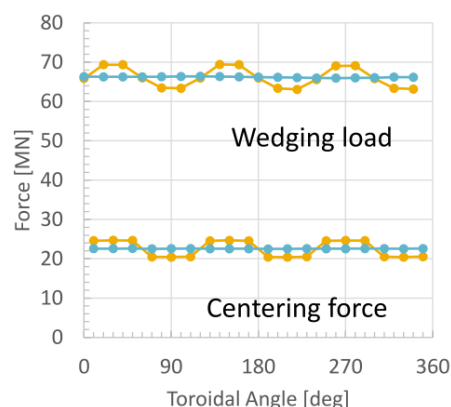


図3 TF変調時のTFコイルに発生する向心力(変調度 $\pm 10\%$)。

- [1] T. Evans et al., Nuclear Fusion 45, 595 (2005).
- [2] G. Matsunaga, et al., the 43rd EPS, P4.055, July 4-8, 2016, Leuven, Belgium (2016).