

背景磁場変化を伴う LHD プラズマの MHD 数値シミュレーション MHD Simulation of LHD Plasma in Change of Background Field

市口勝治^{1,2}, 榊原悟^{1,2}, 大館暁^{1,2}, 成嶋吉朗^{1,2}, Benjamin A. CARRERAS³
Katsuji ICHIGUCHI^{1,2}, Satoru SAKAKIBARA^{1,2}, Satoshi OHDACHI^{1,2}, Yoshiro NARUSHIMA^{1,2},
Benjamin A. CARRERAS³

核融合研¹, 総研大², BACV Sol.Inc.³
NIFS¹, SOKENDAI², BACV Sol.Inc.³

LHD 実験では、真空磁気軸位置 (R_{ax}) に対する安定限界を調べるために、磁気軸スイング放電が行われた [1]。この実験では、放電中に垂直磁場を実時間制御して、対応する真空磁気軸位置を $R_{ax}=3.6\text{m}$ から 3.5m まで磁気軸を内側へスイングさせている。このとき、 $R_{ax}=3.55\text{m}$ 付近において、急激な中心領域でのコア崩壊現象が観測された。また同時に、 $m=2/n=1$ の磁場揺動が顕著に観測されている。そこで、このコア崩壊現象のメカニズムを解明するために、NORM コード [2] を用いた非線型 MHD シミュレーションを行った。このシミュレーションにおいては、磁気軸スイングに対応する背景磁場の変化を取り入れることが本質的となる。ところが、この背景磁場はプラズマのダイナミクスに比べてはるかに長い時間スケールで変化している。そこで、この変化を取り入れるために、平衡磁場計算と非線型ダイナミクス計算を組み合わせたマルチスケール手法を用いた [3]。

このシミュレーションの結果、図 1 に示すように、磁気軸スイングのない場合にはプラズマは安定であるが、次期軸スイングを行った場合には崩壊現象が生じるという、実験結果に対応した結果が得られた。磁気軸スイングを行った場合では、コア領域の圧力崩壊により、中心ベータ値が大きく低下する。また、一度飽和したあとで、加熱効果にベータ値は上昇し、臨界状態に達したところで再度崩壊現象が生じることも得られた。この状況も実験結果とよく一致している。また、この崩壊を引き起こした摂動は、図 2 に示すように、 $m=2/n=1$ 成分が支配的なインファーマルモードであることもわかった。このモード数は観測された磁場揺動モード数に対応している。このインファーマルモードは圧力駆動型モードであり、磁気井戸/磁気丘の影響を受ける。一方、図 2 に示すように、内寄せ磁気軸スイングの場合には磁気丘が強くなる。従って、この磁気丘の変化がインファーマルモードを不安定化したと考えられる [4]。

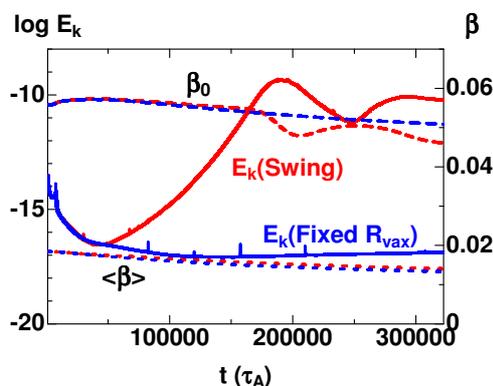


図 1 : 運動エネルギーとベータ値の時間発展

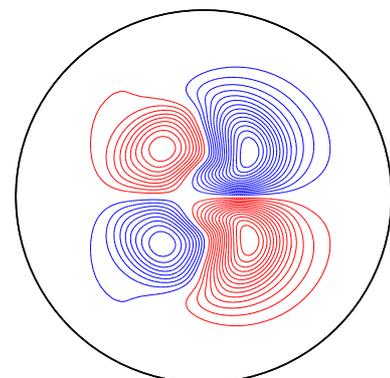


図 2 : $t = 187500\tau_A$ での流線図

- [1] SAKAKIBARA, S., et al., Proc. 23rd Fusion Energy Conf. Oct.11-16, 2010, Daejeon, EXS/P5-13.
[2] ICHIGUCHI, K., et al., Nucl. Fusion **43** (2003) 1101.
[3] ICHIGUCHI, K., CARRERAS, B.A., Nucl. Fusion, **51**, (2011) 053021.
[4] ICHIGUCHI, K., CARRERAS, B.A., Plasma Phys. Control. Fusion **55** (2013) 014009.