

ヘリオトロンJにおける磁気島の外部摂動磁場による制御と計測 Control and Measurement of Magnetic Island by Resonant Magnetic Perturbation and Magnetics in Heliotron J

山本 聡¹⁾、鈴木康浩^{2,3)}、岡田浩之¹⁾、榊原悟^{2,3)}、成嶋吉朗^{2,3)}、長崎百伸¹⁾、南貴司¹⁾、
門信一郎¹⁾、小林進二¹⁾、大島慎介¹⁾、中村祐司⁴⁾、木島滋¹⁾、大谷芳明⁴⁾、呂湘浚⁴⁾、
N. Inklin⁴⁾、飯村幹⁴⁾、國分大⁴⁾、白波瀬一貴⁴⁾、野崎勇樹⁴⁾、多和田斉興⁴⁾、
望月聡一郎⁴⁾、水内亨¹⁾
S. Yamamoto¹⁾, Y. Suzuki^{2,3)}, H. Okada¹⁾, S. Sakakibara^{2,3)}, Y. Narushima^{2,3)}, et al.,

1)京大エネ理工研、2)核融合研、3)総研大、4)京大エネ科
1)IAE Kyoto Univ., 2)NIFS, 3)SOKENDAI, 4)GSES Kyoto Univ.

磁場閉じ込めプラズマにおいて、入れ子状の磁気面構造を阻害する磁気島は、プラズマ閉じ込めを悪化させる恐れがあることから多くのトラス装置で研究が進められてきた。また、トカマクでは磁気島を種として成長する MHD 不安定性がある一方で、統計的な磁場構造の外部制御により別の MHD 不安定性の安定化が図られたり、ヘリカルではプラズマ内外の磁気島による閉じ込め改善との関連性が指摘されたりしていることなどから、磁気島の物理機構解明と制御が重要であり、実時間制御の手法やシステムが精力的に研究・開発されている。

我々は、このような磁気島の特性を明らかにすることを目的として、簡便且つ高い時間、空間分解能が期待される磁気計測を用いて磁気島検出器を Heliotron J において設計・開発した。Heliotron J は低次有理面を避けられるような低磁気シアを有するが、逆に有理面を横切際には磁気島幅が大きくなりがちで閉じ込めに深刻な影響を与える可能性がある。その一方、前述のように閉じ込め改善との関連性も議論されており、磁気島研究が重要と考えられる。本研究で用いる磁気島検出器は、図 1 に示すように真空容器壁面上に設置されポロイダル方向に 6 個のサドルループ(SL)から構成されたものが 2 セットあり、それぞれのセットはトロイダル方向に 180 deg. 離れている。設置位置や形状は有限ベータ効果を考慮した MHD 平衡計算により最適化され、平衡電流である Pfirsch-Schlüter 電流(PS 電流)による垂直磁場を測定する。磁気島が無い際には両セットは同じ信号となるが、ステラレータ対称性の無い $m=2/n=1$ (m/n : ポロイダル/トロイダルモード数)のような磁気島が存在する際には PS 電流分布がステラレータ対称性を失い、PS 電流由来の垂直磁場が両セット間で異なるようになることを利用するのが本システム

の特徴である。また、計測対象となる磁気島を外部制御することにより計測精度改善が図れると共に磁気島のプラズマ閉じ込めへの影響を詳細に調べられることから、外部共鳴摂動磁場コイルを設置した。これは $m=2/n=1$ の摂動磁場をプラズマに印加することが可能で、プラズマ中に回転変換 0.5 の有理面が存在する際には $m=2/n=1$ の磁気島の位相、幅を外部制御できる。

回転変換 0.5 が存在する磁場配位において、摂動磁場強度 ($O(-2)T$) を変え磁気島幅ならびにその位相を変化させた際に磁気島検出器信号の摂動磁場強度に依存した変化を観測した。また、磁気島が存在しない配位においてコイル電流値に依存した磁気島検出器信号の変化は観測されていないことから、磁気島による影響を磁気計測により観測したものと思われる(図 2)。

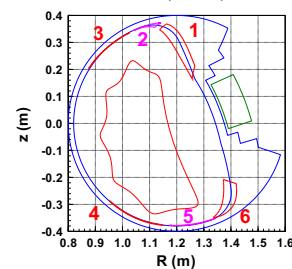


図 1. サドルループの設置位置、形状

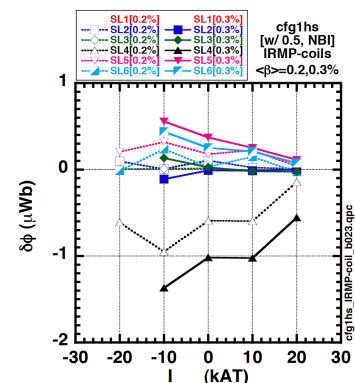


図 2. 摂動磁場強度に対する SL 信号変化