

QUESTにおけるTFC電流の光CT測定に基づく反磁性計測  
**Diamagnetic Measurement Based on QUEST TFC Current  
 Measurement with Optical CT**

中村 一男<sup>1</sup>, 御手洗 修<sup>2</sup>, 飯尾 俊二<sup>3</sup>, 長谷川 真<sup>1</sup>, 徳永 和俊<sup>1</sup>, 荒木 邦明<sup>1</sup>, 関子 秀樹<sup>1</sup>,  
 花田 和明<sup>1</sup>, 藤澤 彰英<sup>1</sup>, 出射 浩<sup>1</sup>, 永島 芳彦<sup>1</sup>, 川崎 昌二<sup>1</sup>, 中島 寿年<sup>1</sup>,  
 東島 亜紀<sup>1</sup>, 永田 貴大<sup>1</sup>

K. Nakamura<sup>1</sup>, O. Mitarai<sup>2</sup>, S. Iio<sup>3</sup>, M. Hasegawa<sup>1</sup>, K. Tokunaga<sup>1</sup>, K. Araki<sup>1</sup>, H. Zushi<sup>1</sup>,  
 K. Hanada<sup>1</sup>, A. Fujisawa<sup>1</sup>, H. Idei<sup>1</sup>, Y. Nagashima<sup>1</sup>, S. Kawasaki<sup>1</sup>, H. Nakashima<sup>1</sup>,  
 A. Higashijima<sup>1</sup>, T. Nagata<sup>1</sup>

九大応力研<sup>1</sup>, 東海大<sup>2</sup>, 東工大工<sup>3</sup>  
 RIAM, Kyushu Univ<sup>1</sup>, Tokai Univ<sup>2</sup>, Tokyo Tech<sup>3</sup>

球状トカマクプラズマのエネルギーを測定する方法として、プラズマの反磁性効果を利用してプラズマエネルギーの上昇に伴うトロイダル磁束変化を検出する方法（反磁性測定法）がある。従来はトカマクプラズマの回りに小円周方向に導線（反磁性ループ）を巻いてこの磁束変化を測定する方法が採用されてきた。しかし、ファラデーの法則により、TFC（トロイダル磁場コイル）にも減少する磁場を補う方向に電圧が誘起される。この誘起電圧を測定すれば、プラズマエネルギーの上昇を逆算することが可能である。また、TFCへの印加電圧を一定にした場合は、誘導電流を測定することにより可能である。プラズマの回りにいわゆる反磁性ループを設置することなく、TFC誘起電圧もしくは誘導電流を測定（センサーレス反磁性測定）することによりプラズマエネルギーを逆算することが可能である

反磁性効果によりTFCに誘起される微小な電圧および電流を種々の方法で測定および解析する。TFC電源を通常のように定電流制御している状態で誘起電圧を測定した。サイリスタの位相制御、GTOのPWM制御などパワーエレクトロニクスに起因する、定格電圧の10分の1程度の大きなリップル電圧の中の1万分の1程度以下の反磁性誘起電圧信号を抽出する必要がある。次に、TFC電源を定電圧制御モードで運転できるようにしてから、TFCへの誘導電流を測定する。TFC電源電流は現在のところ、ホール素子を用いたDCCTで測定している。この場合も1万分の1程度の信号を抽出する必要がある。

光CTの場合は光ファイバ中を伝搬する電磁波の偏波面が進行方向の磁界により回転するファラデー効果を利用する。ログスキーコイルの場合のように時間積分する必要がない点が利点である。光ファイバをTFC給電ブスバーの回りに100回以上巻くことにより1万以上のダイナミックレンジを確保することが可能である。反磁性効果による微小な誘導電流成分を抽出するためには、ファラデー効果の感度であるベルデ定数が温度変化にてドリフトしないようにTFC給電ブスバーからの熱絶縁、周囲温度の恒温化が必要である。ファラデー回転の計測には光ファイバの形状が温度、振動により変化しても検出誤差とならず、光ファイバとの相性が良いサニャック干渉法[1]を適用する。最初はファラデー回転の計測ができる最低限の光学機器（SLD光源、偏光子、光ファイバ、パワーメータ）にてTFC電流を実環境で計測する。サニャック干渉法には2種類あり、反射型[2]の実験結果によれば、ミラーからの戻り光のパワーを一桁増やす必要がある。サニャック干渉法（ループ型）[1]の実験に必要な光学機器（ベルデ定数が大きく、複屈折率の小さな光ファイバ）および変調および計測に必要な2位相ロックインアンプにてTFC電流を実環境で計測する。そのために必要なTFC給電ブスバーへの光ファイバ巻き枠の設計、光学機器（カップラー、位相変調器、波長板、等）の購入を進め、光CT計測回路全体の組立て、調整、試験を実施する。

[1] Y. Ichinose, M. Abe: Measurement of Plasma Current Using Sagnac Interferometer Current Transformer, J. Plasma and Fusion Res. **76**, No.6, 593-600 (2000).

[2] K. Hotate, Y. Konishi: Simulation of Performance Degradation of Fiber-Optic Current Sensor, Technical Report of IEICE OME2000-115, OPE2000-67 (2000-10).