

原型炉における超伝導コイル由来の誤差磁場及び
補正コイル必要電流値の評価

**Evaluation of error field due to superconducting magnets
and required correction coil current in DEMO reactor**

富樫央¹, 木戸修一¹, 古閑康則¹, 阿部充志¹, 村田幸弘¹,
日渡良爾², 宇藤裕康², 松永剛³, 原型炉設計合同特別チーム²

H. Togashi¹, S. Kido¹, Y. Koga¹, M. Abe¹, Y. Murata¹,
R. Hiwatari², H. Utoh², G. Matsunaga², Joint special design team for fusion DEMO²

¹日立製作所, ²量研六ヶ所, ³量研那珂
¹Hitachi, Ltd., ²QST Rokkasho, ³QST Naka

トカマクにおいて、誤差磁場はロックモードを発生し、プラズマを不安定化する。誤差磁場によるロックモードの発生し易さの指標としては、誤差磁場の $m/n = 1/1, 2/1, 3/1$ 成分 (n : トロイダルモード数、 m : ポロイダルモード数) の組み合わせで表される B_{TMEI} (error field by Three Mode Error Index) が広く用いられる。

本研究において、原型炉で想定される超伝導コイルの製作・設置誤差に由来する誤差磁場強度を検討した。JT-60SAにおける検討方法[1]と同様に、中心ソレノイド (CS)、トロイダル磁場コイル (TFC) 及びポロイダル磁場コイル (PFC) に対し、コイル内の複数箇所ランダムな変位、あるいは各コイルにランダムな回転・変位を与えることで製作・設置誤差を模擬した誤差有コイル群を生成し、このときの B_{TMEI} をモンテカルロ法で評価した。誤差の最大値はSAの設計値と同程度の比率とした (例えば直径10 mのPFCの水平方向の最大設置誤差 ± 3.5 mm)。

結果として、10,000回の試行において累積相対度数95%となる B_{TMEI} は0.56 mTであった (図1)。

次に、誤差磁場補正コイルについて検討した。現在の原型炉設計では、誤差磁場補正コイルにより、超伝導コイル由来の B_{TMEI} を0.1 mT以下まで低減することを目標としている。本研究では、他機器との干渉を考慮して原型炉TFCの外側近傍を沿わせた計18本 (ポロイダル方向に3分割、トロイダル方向に6分割) の補正コイル (図2) を対象に、誤差磁場を補正するために必要な電流値を評価した。コイル電流の分配には、Tikhonovの正則化を適用し且つ電流値に上限を設けた最小二乗法を用いた。

結果として、コイル電流の上限値を200 kATに設定した場合、全試行の95%の B_{TMEI} が0.1 mT

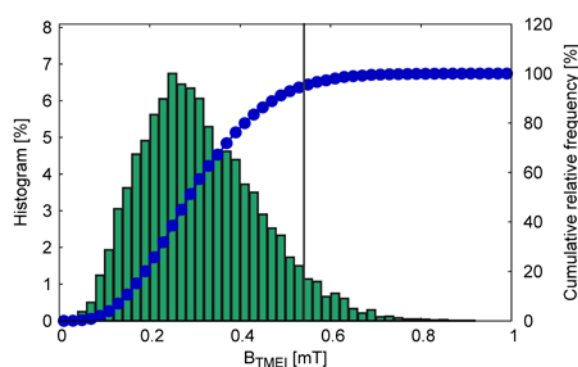


図1. B_{TMEI} のヒストグラム及び累積相対度数

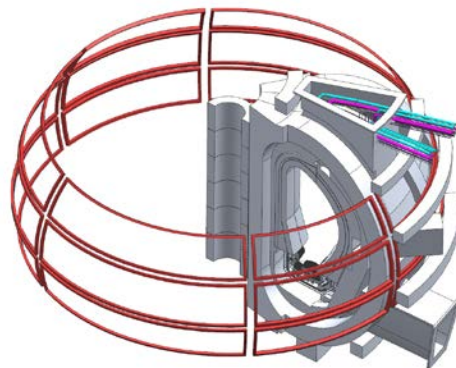


図2. 検討対象の誤差磁場補正コイル

以下となった。次に200 kATを得るために必要なコイル断面積を概算した。導体をITERと同じ仕様 (22 mm角、電流値10 kA[2]) とした場合、コイルケースの寸法は151 mm×169 mmとなり、補正コイルの設置領域に干渉が生じないことが分かった。今後は本研究で得た結果を踏まえ、他機器との整合性を取りながら補正コイルの仕様検討を進めていきたい。

[1] G. Matsunaga et al., Fusion Eng. Des. **98-99**, 1113–1117 (2015).

[2] A. Foussat et al., IEEE Trans. Appl. Supercond. **20**, 3 (2010).