

反復法を用いたMHD平衡コードの開発2
Development of MHD equilibrium code by iterative method 2

松山顕也, 中村祐司, 石澤明宏
 Kenya Matsuyama, Yuji Nakamura, Akihiro Ishizawa

京都大学大学院エネルギー科学研究科
 Graduate School of Energy Science, Kyoto University

磁場閉じ込め核融合炉においてはプラズマ形状と磁場構造の解析が重要であり、電磁流体力学 (MHD) 理論に基づきプラズマの平衡が計算されている。その際、これまでヘリカルでは3次元計算、トカマクではおよそ軸対称が仮定できるとしGrad-Shafranov方程式による2次元計算が行われてきた。しかし、近年トカマクでも厳密な3次元計算が求められている。

本研究では、既存コードの問題点を改善した新たな3次元非軸対称MHD平衡計算コードの開発を最終的な目的とし、開発の初期段階として軸対称トカマクでの反復法を用いたMHD平衡計算コードの開発を行っている。

本発表では、前発表時まで完成した軸対称計算コードの検証のため、計算の一部を軸対称の条件に基づいた解析的な計算に置き換えたコードを開発し、以下の3点について報告する。

(1) 図1に示す本コードの平衡計算フローチャートの③、④において以下の変更を行った。変更前ではプラズマ電流によるポロイダル磁束を計算するため、磁場に垂直および平行なプラズマ電流 j_{\perp} 、 j_{\parallel} を計算し、そこから電流のトロイダル成分 j_{tor} を求めている。これを軸対称での解析式

$$\frac{\langle \mathbf{j} \cdot \mathbf{B} \rangle}{\langle B^2 \rangle} = -\frac{1}{\langle B^2 \rangle} \frac{\partial p}{\partial \psi} f - \frac{1}{\mu_0} \frac{\partial f}{\partial \psi},$$

$$\mathbf{j}_{tor} = R \frac{\partial p}{\partial \psi} + \frac{f}{\mu_0 R} \frac{\partial f}{\partial \psi}$$

を用いた計算に置き換え、両者がほぼ一致することを示した。図2はITERプラズマのMHD平衡に対応する計算結果のポロイダル磁束分布である。

(2) 計算精度の向上のために、前発表時は磁場のトロイダル成分を固定して計算を行っていた点を、反復のたびに計算し直すよう変更した。

(3) 前発表時は数値的な不安定性を防ぐため、プラズマの形状を入力として与え、コイル電流によるフィードバック制御を行った。本発表では、与えられたコイル電流に対する出力としてプラズマ形状を計算できるよう改良を行い、その計算結果を発表する予定である。

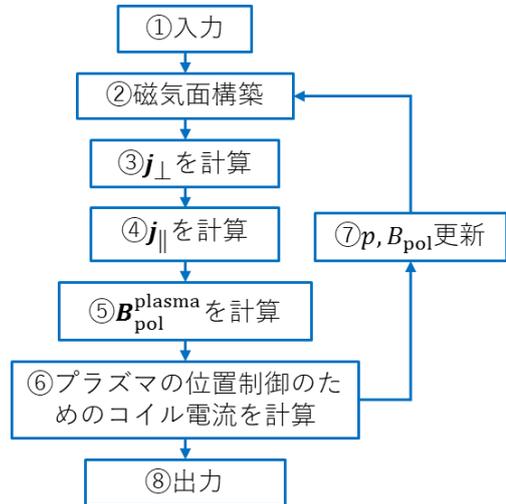


図1：MHD 平衡計算フローチャート

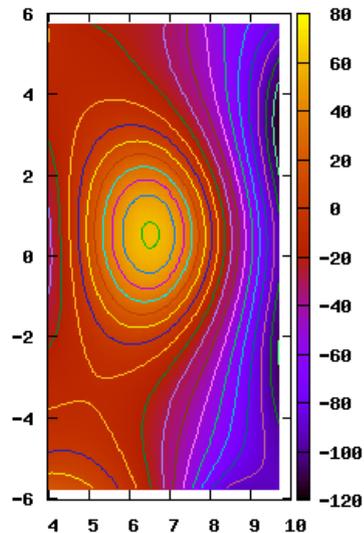


図2：計算収束時のポロイダル磁束分布