

非軸対称渦電流を考慮したディスラプションプロセス予測のための
統合シミュレーションコード

**Integrated simulation code for predicting disruption process
with non-axisymmetric eddy currents**

山下湧志朗, 中村祐司, 石澤明宏

YAMASHITA Yushiro, NAKAMURA Yuji, ISHIZAWA Akihiro

京大エネ科

Grad. Sch. of Energy Science, Kyoto Univ.

1. 目的

近年、トカマクの実用化に向けて JT-60SA や ITER といった大型実験装置の運用が始まりつつある。そこで大きな障害となりうるのが、ディスラプションとその関連現象である。大型装置ではディスラプション発生時の被害が深刻になりやすいことから、その阻止・緩和策は必須であるといえる。

ディスラプションによる被害を阻止するためには関連現象の包括的な理解が重要であるが、現時点で関連現象が十分に理解されているとは言い難い。特にハロー電流などの現象では実験上で非軸対称性の存在が示唆されている [1] が、シミュレーションでは軸対称の仮定が適用できないための計算コストが高く、また現象を特徴づける時間スケールは電磁流体力学 (MHD) 現象と比べて非常に長いことから、既存のシミュレーションコードで一貫したシミュレーション解析を行うことは困難である。

そこで本研究では、効率的な長時間非軸対称ディスラプションシミュレーションの実現を目標に、シミュレーションコードの新規開発を行う。コードが完成すれば、共鳴擾乱磁場印加がディスラプションに与える影響の解析や、非軸対称性を持つ現象の詳細な解析が行えるようになる見込みである。

2. 手法

現在ディスラプションの非軸対称シミュレーションに使われているのは、M3D-C¹ [2] など、MHD 時間発展コードを拡張したものである。その一方で軸対称シミュレーションにおいて代表的なコードである DINA [3] は、MHD 平衡計算とプラズマ輸送計算および渦電流計算を組み合わせた計算方式であり、MHD 時間スケールの制約を受けずに時間刻みを大きく取ることができる。本研究では、DINA と同様の計

算スキームで非軸対称計算コードを構成する。

図 1 に開発したコードの計算スキームを示す。プラズマ輸送計算と渦電流計算の時間ステップに対し、MHD 平衡は各時刻で瞬時に成り立つものとしている。MHD 平衡計算およびプラズマ輸送計算には既存コードを改良し、渦電流計算には計算負荷が軽く扱いやすい KEDDY3D コード [4] を新規開発して使用した。

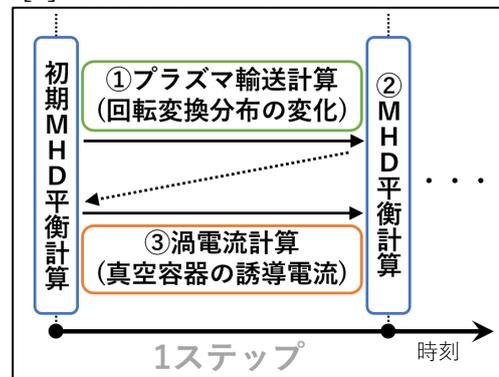


図 1 開発したコードの計算スキーム

3. 結果

現在までに各モジュールコードの開発を概ね完了し、統合シミュレーションにおける妥当性確認を行っている。発表においては、電流消滅を模したテスト計算の結果を報告する。

謝辞

本研究は JST 科学技術イノベーション創出に向けた大学フェローシップ創設事業 JPMJFS2123 の支援を受けたものです。

参考文献

- [1] R.S. Granetz *et al.*, Nucl. Fusion **36**, 545 (1996)
- [2] F. J. Artola *et al.*, Phys. Plasmas **28**, 052511 (2021)
- [3] R.R. Khayrutdinov *et al.*, J. Comput. Phys. **109**, 193 (1993)
- [4] Y. Yamashita *et al.*, Plasma Fusion Res. (in press)