

# 磁場のソレノイダル条件を満たす実座標線形 MHD シミュレーション

Linear MHD Simulation Based on a Real Coordinate System

Satisfying the Solenoidal Condition of the Magnetic Field

\*高堂 渉<sup>1</sup>, 松本 裕<sup>1</sup>, 渡邊 清政<sup>2</sup>, 富岡 智<sup>1</sup>, 及川 俊一<sup>1</sup>

<sup>1</sup>北海道大学, <sup>2</sup>核融合科学研究所

磁場のソレノイダル条件を満たすためにベクトルポテンシャルを線形 MHD シミュレーションコードに導入し、大型ヘリカル装置の平衡状態のプラズマに摂動を加えた場合の時間発展計算を行った。磁場のソレノイダル条件の破綻は特に、比較的短波長の不安定性モードに影響を与えていた。

**キーワード:** 磁場のソレノイダル条件、MHD 不安定性

## 1. 緒言

大型ヘリカル装置の実座標線形 MHD シミュレーションでは、磁場のソレノイダル条件が考慮されていないことが多い。そこで、この条件を満たすためにベクトルポテンシャルを線形 MHD シミュレーションコードに導入し、平衡状態のプラズマに摂動を加えた場合の時間発展を計算し、この条件の破綻の影響を調べた。

## 2. 数値計算モデル

線形 MIPS コード[1]では、円柱座標系を用いて線形 MHD 方程式系に基づいて速度、磁場、圧力の時間発展を計算する。本研究では、磁場の代わりにベクトルポテンシャルの時間発展を以下の式に基づき計算した。

$$\frac{\partial A_1}{\partial t} = -E_1 - \nabla \phi_1 \quad (1)$$

$A_1$  はベクトルポテンシャル、 $E_1$  は電場、 $\phi_1$  はスカラーポテンシャルであり、それぞれ摂動量である。平均ベータ値 1.4% の初期平衡分布を HINT コード[2]を用いて与えた。プラズマ-真空境界を固定境界とした。

## 3. 計算結果

磁場のソレノイダル条件は成長率に対して影響を与えなかった。ポロイダル、トロイダル方向にフーリエ級数展開した圧力のコサイン関数の係数を図に示す。ベクトルポテンシャルの導入によって、モード分布のピーク値がやや変化した。

## 4. 結言

ベクトルポテンシャルの導入は計算結果に大きな影響を与えなかったが、比較的短波長の不安定性モードに違いが確認された。この原因の 1 つに、本研究で使用したコードに用いたスムージング法がソレノイダル条件を考慮していないことが挙げられる。

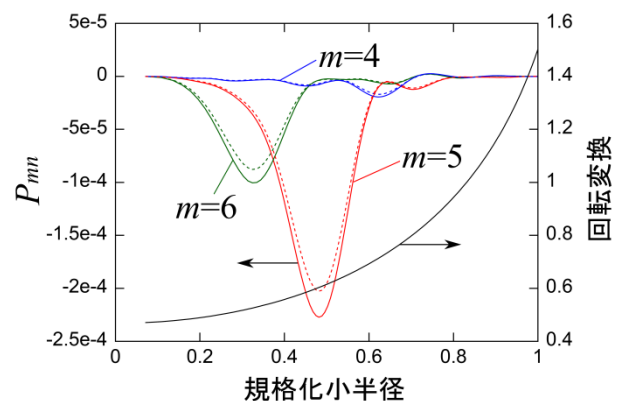
## 参考文献

[1] Y. Todo, N. Nakajima, M. Sato, and H. Miura, Plasma Fusion Res. **5**, S2062 (2010).

[2] Y. Suzuki, N. Nakajima, K. Y. Watanabe, Y. Nakamura, and T. Hayashi, Nucl. Fusion **46**, L19 (2006).

\*Wataru Takado<sup>1</sup>, Yutaka Matsumoto<sup>1</sup>, Kiyomasa Watanabe<sup>2</sup>, Satoshi Tomioka<sup>1</sup>, and Shun-ichi Oikawa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hokkaido Univ., <sup>2</sup>NIFS



図：圧力のフーリエモード。トロイダルモード数は-3。実線、破線はそれぞれベクトルポテンシャル導入後、導入前を表す。 $m$  はポロイダルモード数。