

イオン反磁性モデルがペデスタル崩壊過程に与える影響に関するシミュレーション

Simulation Study on Impact of Ion-diamagnetism Models on Pedestal Collapse

瀬戸春樹¹⁾、X.Q. Xu²⁾、B.D. Dudson³⁾、矢木雅敏¹⁾
H. Seto¹⁾、X.Q. Xu²⁾、B.D. Dudson³⁾、M. Yagi¹⁾

¹⁾量研機構、²⁾ローレンスリバモア国立研、³⁾ヨーク大
¹⁾QST, ²⁾LLNL, ³⁾U. York

周辺局在化モードの動特性の理解は、間欠的に放出される熱流束を回避またはプラズマ対向材の許容熱負荷以下に抑制する必要があることから、原型炉の実現における重要課題の一つである。本研究ではイオン反磁性モデルの違いがペデスタル崩壊過程に与える影響を二流体4場の簡約化MHDモデルを導入したBOUT++コード[1]により数値的に検証した。ここで、イオン反磁性モデルは圧力テンソルがイオン反磁性速度の対流項と相殺するChang-Callen型(CC)のモデル[2]とイオン反磁性速度のラグランジュ微分と相殺するHazeltime-Meiss型(HM)のモデル[3]を用いた。図1は理想バルーニングモードが不安定な円形断面平衡に対する二流体4場モデルの線形成長率のトロイダルモード数 n に対する依存性を表しており、 $n \geq 20$ モードでCCモデルの方がより不安定となる。ここで、成長率の差は流れの圧縮性に起因するジャイロ粘性効果の違いによるものである。図2は平衡圧力勾配のピーク位置の内側領域から放出されたエネルギー量で評価した放出エネルギーの時間発展である。ペデスタル崩壊は高 n モードがより線形不安定なCCモデルで先行して起こるが、非線形飽和後の放出エネルギーレベルはHMモデルの方が大きくなる結果が得られた。これは非線形飽和過程後に生成される $E \times B$ フローシアの時空間構造の差に起因するものである(図3)。両モデルにおいて $\psi = 0.95 \sim 1.0$ から内側領域に向かう圧力勾配と $E \times B$ フローシアの減衰振動が確認された。CCモデルでは平衡圧力勾配のピーク位置(黒破線)の周辺に $E \times B$ フローシアが生成されて圧力勾配が硬直化するため放出エネルギーレベルが抑制されるが、HMモデルでは $E \times B$ フローシアが弱いため減衰振動が平衡圧力勾配のピーク位置内側まで侵入して図2で示された周期的な放出エネルギーの増大が起こるといふ描像が得られた。

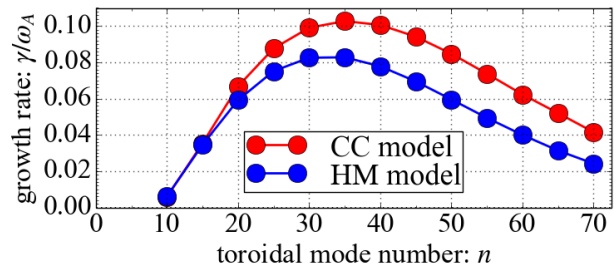


図1: CCモデル(赤)とHMモデル(青)における線形成長率 γ/ω_A のトロイダルモード数依存性

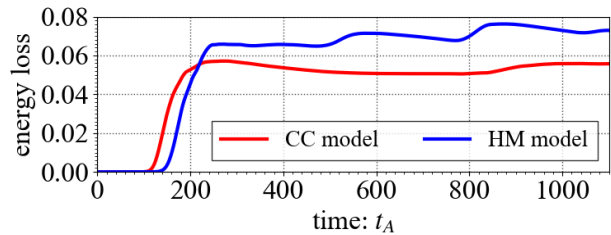


図2: CCモデル(赤)とHMモデル(青)における放出エネルギーレベルの時間発展

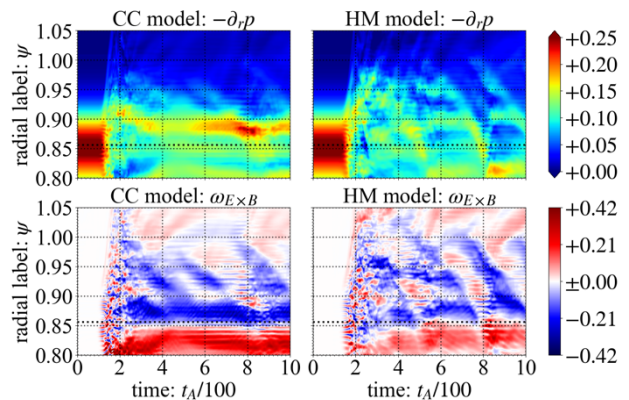


図3: CCモデル(左)とHMモデル(右)における圧力勾配(上)と $E \times B$ shearing rate (下)の時空間構造

- [1] B.D. Dudson *et al.*, Comput. Phys. Commun. **180** (2009) 1467
- [2] Z. Chang and J.D. Callen, Phys. Fluids B **4** (1992) 1766
- [3] R.D. Hazeltine *et al.*, Phys. Fluids **28** (1985) 2466