

13-NA23

山本義暢(山梨大学大学院医学工学総合研究部)

# 核融合炉先進ブランケットデザイン条件における 高精度MHD乱流熱伝達データベースの構築と乱流モデリング



## 1. 核融合炉・ブランケット

図 核融合炉：原研・那珂研(編)「核融合炉をめざして」

図 ブランケットモジュール

□ ブランケットの必要機能  
1)燃料増殖(トリチウム), 2)冷却  
3)中性子増倍, 4)エネルギー変換

先進ブランケットの冷却用流体 FLiBe は  
長所: ブランケットに必要な機能を組成によって兼ねている。  
短所: 高プラントル性流体( $Pr = 25$ )であるため、伝熱劣化が懸念

## 2. ブランケット熱設計

Experimental database (日米共同研究 JUPITER II)

DNS database (本プロジェクト等)

RANS code (MHD turbulence model)

Heat Transfer coefficient, MHD pressure loss, Detailed design

Blanket design code

Nuclear calculation code, Thermal design code

Blanket system design

FIG Example of blanket thermal calculation

FIG Example of channel analysis

## 3. ブランケットデザイン条件

□ FLiBe 溶融塩を用いたランケットの設計条件は

- $14000 < Re_b < 90000$
- $20 < Ha < 100$
- $Pr = 25$  (FLiBe)

■ ブランケット熱設計の高精度化においては、

- 1) 高レイノルズ数 (流動効果)、
- 2) 高ハルトマン数 (磁場効果)、
- 3) 高プラントル数 (熱拡散効果)

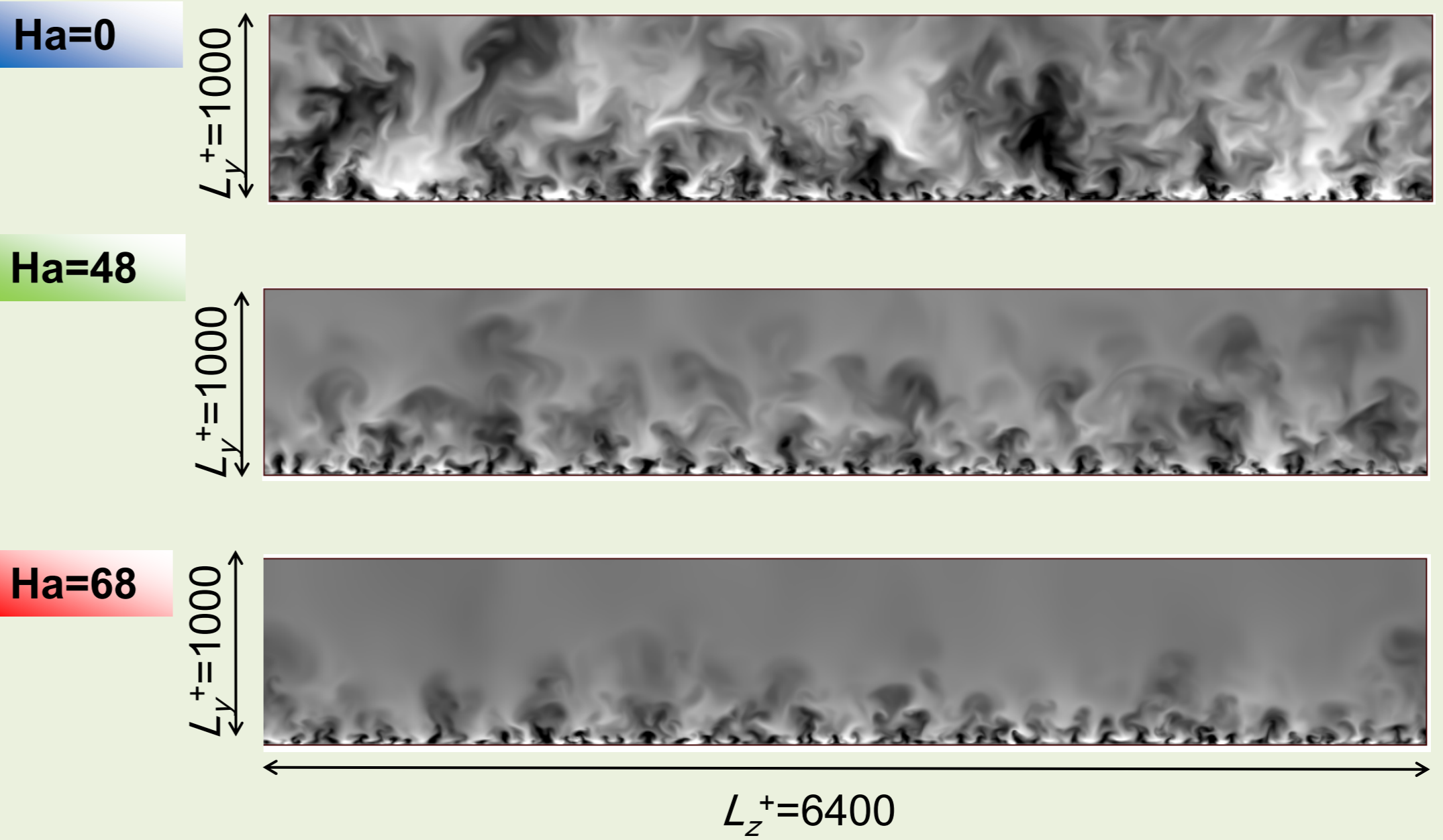
条件下を対象とした MHD 乱流熱伝達データベースが不可欠

図 ブランケットのデザイン条件

- ・レイノルズ数:  $Re_b = U_b h / \nu$  (慣性力/粘性力)
- ・ハルトマン数:  $Ha = 2B_c h (\sigma / \rho \nu)^{1/2}$  (ローレンツ力/粘性力)
- ・プラントル数:  $Pr = \nu / \alpha$  (運動量拡散/熱拡散)

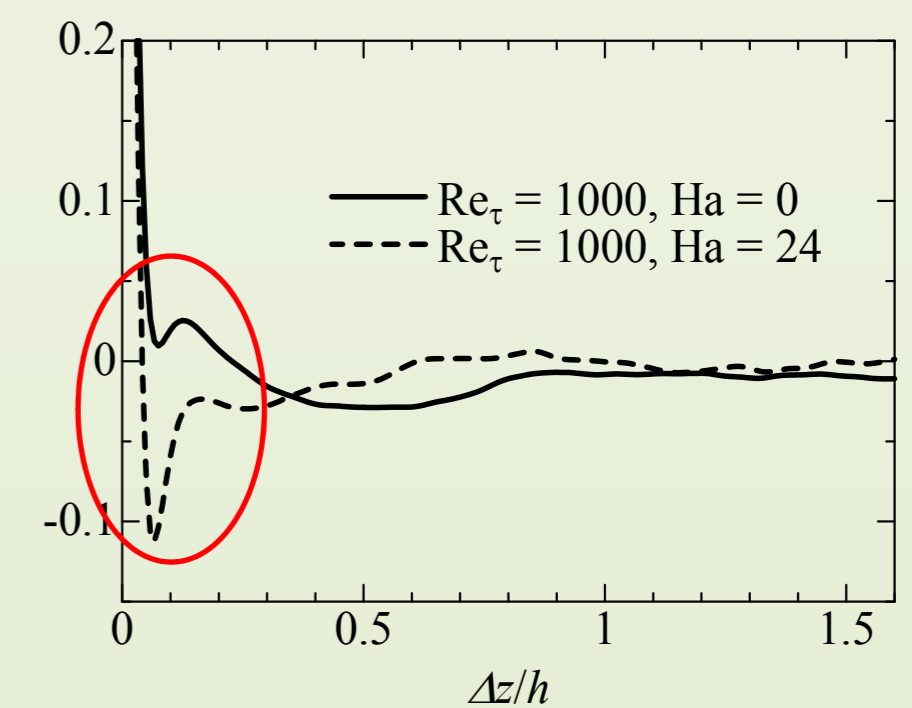
## 4. DNSデータベースの構築とMHD乱流モデリング

■ 現在までに、速度場を対象としたDNSデータベースの構築に成功



- 高レイノルズ数条件特有の大規模構造を確認
  - 磁場下では、大規模構造の縮退を確認
  - 磁場下では、2点間相関に負の相関が出現
- 磁場効果のスケージングと乱流モデル開発における重要な知見

核融合炉デザイン条件における、磁場効果による乱流低減を確認



### ■ MHD乱流モデリング

□ 磁場下のスケージングパラメータ:

磁場の影響によって、乱流スケールが縮退することから内層乱流構造の強度とスケールをレイノルズ応力の勾配に基づいたレイノルズ数(実効レイノルズ数)をスケージングパラメータに用いたMHD乱流モデルを開発

■ ベースとしたMHD乱流モデル

- MK: 低レイノルズ型k-εモデル(Myong & Kasagi)
- KH: MHD散逸モデル(Kenjerse & Hanjatic)

図 乱流エネルギー分布(左)と平均温度分布(右) (DNSと改良モデルの比較)

■ DNSデータベースを用いたMHD乱流モデリングを改良し、予測精度の大幅な向上を達成(DNSデータベースとの誤差は5%以内)