



課題参加者：陰山聡<sup>1</sup> (副代表)、宇佐見俊介<sup>2</sup> (副代表)、中島研吾<sup>3</sup>、片桐孝洋<sup>4</sup>、半場藤弘<sup>3</sup>、大谷寛明<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>神戸大、<sup>2</sup>核融合研、<sup>3</sup>東大、<sup>4</sup>名大

1. 研究目的と背景

**大レイノルズ数(無衝突に近い)プラズマの乱流を解くための新しいシミュレーション手法の開発**

背景(1):

スーパーコンピュータの発展  
 ⇒シミュレーションの大規模化  
 ⇒新しい発見 (数年前までの物理的知識の更新)  
 ⇒応用シミュレーション：現在シミュレーション可能な最大規模に計算規模を限定、微小なスケールはモデル化して取り込む(信頼できるモデルを作る)

繰り返し

背景(2):

プラズマ乱流の階層性 (マクロスケールとミクロスケールでの支配方程式の分離)  
 マクロスケール … 電磁流体力学(MHD)モデル  
 ミクロスケール … **Hall項**など微視的效果  
 ⇒**応用に必要なのはマクロ、ミクロはモデル化**

**背景(1)+(2)= 微視的效果(Hall 項)を取り入れた Large Eddy Simulation (LES)手法による、MHD乱流シミュレーション**

2. 研究課題

- 【A】 Hall MHD乱流のLESモデル(SGSモデル)構築
- 【B】 Hall MHD用SGSモデルを実装した高並列LESコードの開発とLES実施
- 【C】大規模並列シミュレーションデータ解析用可視化手法「4次元ストリートビュー」を開発

※Hall MHD = MHD + Hall効果  
 微視的なスケールで磁力線は電子速度に凍り付く

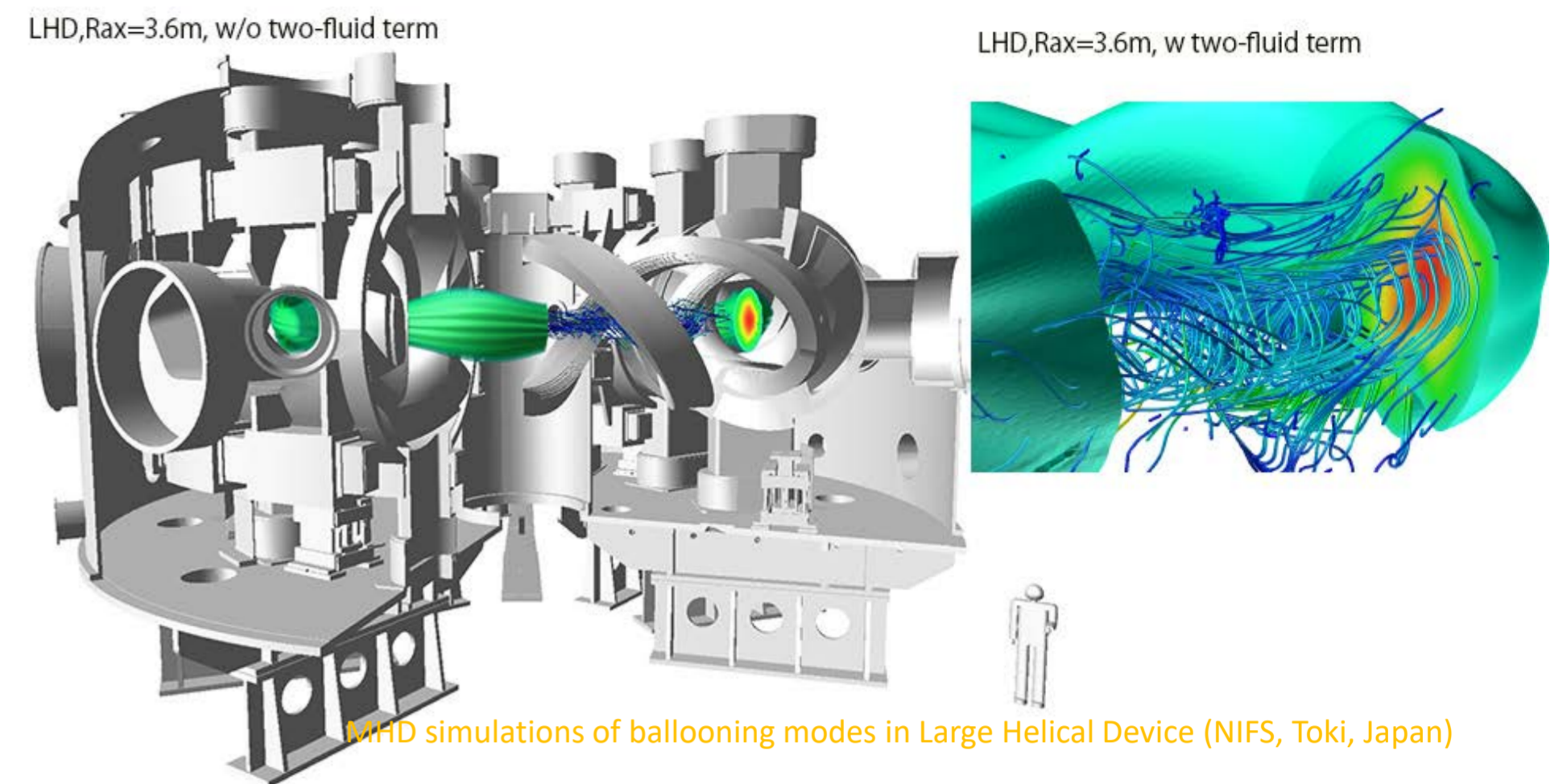


図2: Hall MHD LESの応用例、核融合研大型ヘリカル装置中のバルーニング不安定性の非線形シミュレーション。(左) Hall項がない場合、(右) Hall項のある場合。

3. 研究計画

- 【A】 Hall MHD乱流のLESモデル(SGSモデル)構築  
**一様乱流、Rayleigh-Taylor型乱流シミュレーションDNS**  
 ⇒スケール間エネルギー伝達解析とSGSモデルの開発  
 Hall項の分散性を考慮に入れたSGSモデルの開発  
 最適モデル係数の決定

主要な課題：LESとDNSの比較によるSGSモデルの検証

- 【B】 Hall MHD用SGSモデルを実装した高並列LESコードの開発と実施  
 性能解析、KNLにおけるホットスポットの特定と改善
- 【C】「4次元ストリートビュー」開発

主要な課題: KNLシステム上での基本機能の確認  
 可視化ポイントの配置法などの検討

Refs.

H. Miura, F.Hamba and A.Ito, Nucl. Fusion 57 (2017).  
 H. Miura, K.Araki and F. Hamba, J. Comput. Phys. 316 (2016).  
 R. Goto, H.Miura, et al., Physics of Plasmas 22 (2015).  
 H.Miura, K.Araki, Physics of Plasmas 21 (2014).  
 H. Hayashi and A.Kageyama J. Comput. Physics 305 (2015).  
 A.Kageyama and T. Yamada Comp. Phys. Comm. 185 (2014).

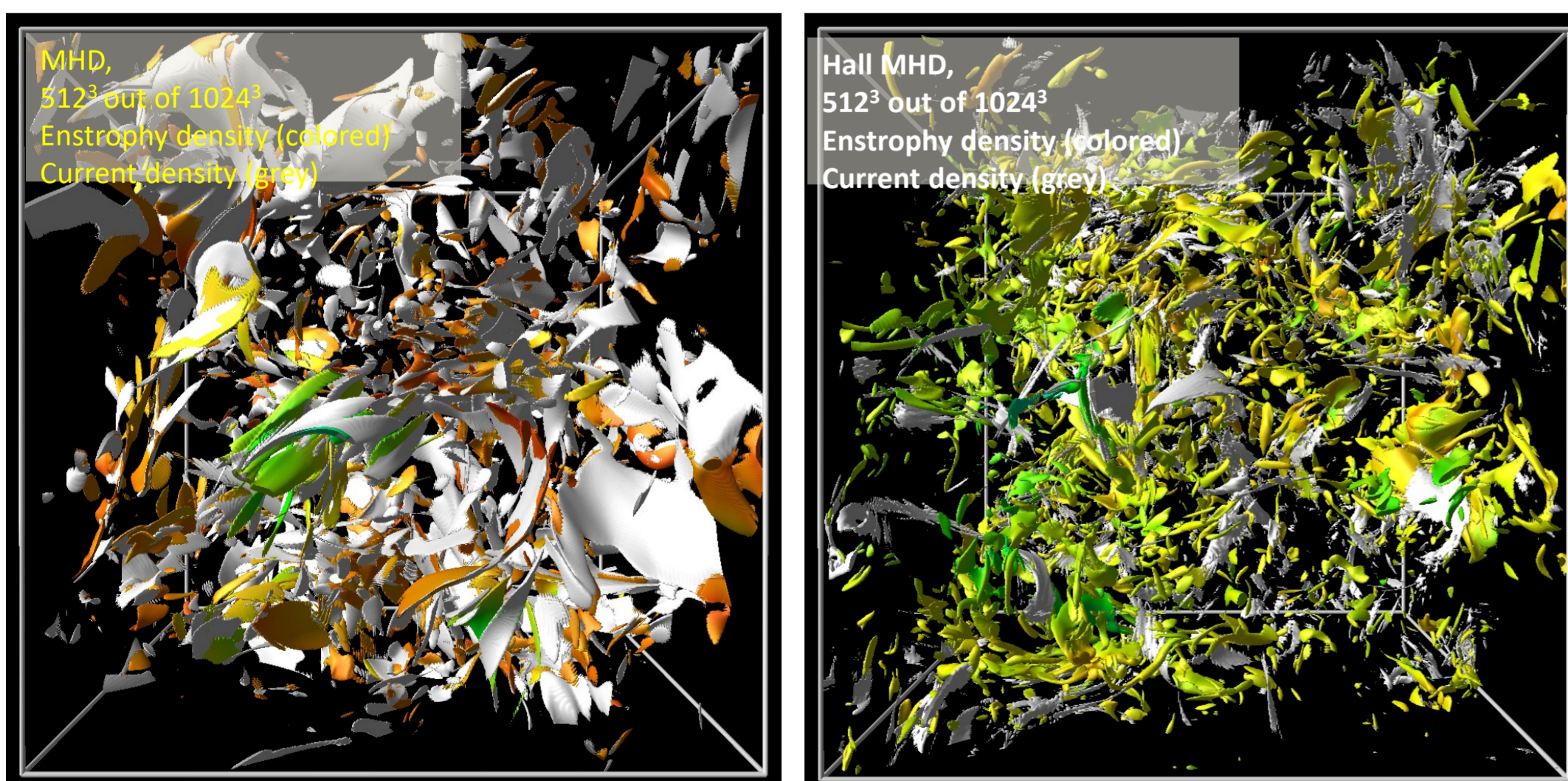


図1:(左) MHD乱流 (右) Hall MHD乱流における渦度等値面(カラー)と電流密度等値面(灰色); 微視的效果(Hall項)の導入で乱流場の構造が変化.Hall 効果を取り入れるための計算コストは莫大に(分散性波動の発生などによる)。