

# 集団粒子相互作用シミュレーション

藤堂 泰

ユニット構築会議/学術実験プラットフォーム検討会議（第8回, 2021年5月31日）

# 高温無衝突プラズマの学術研究

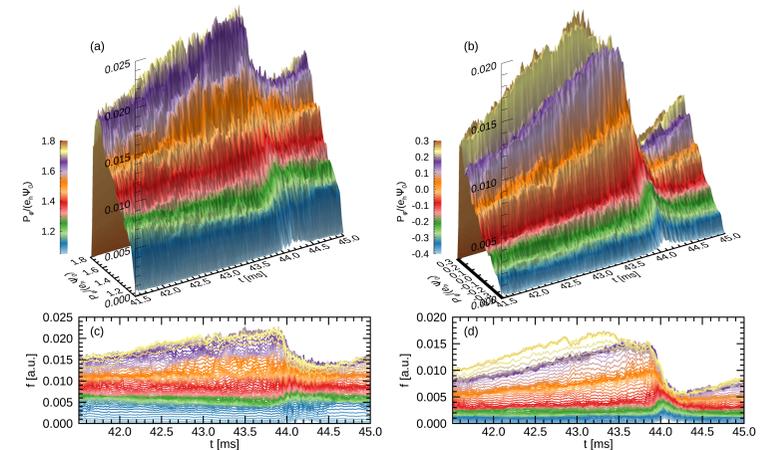
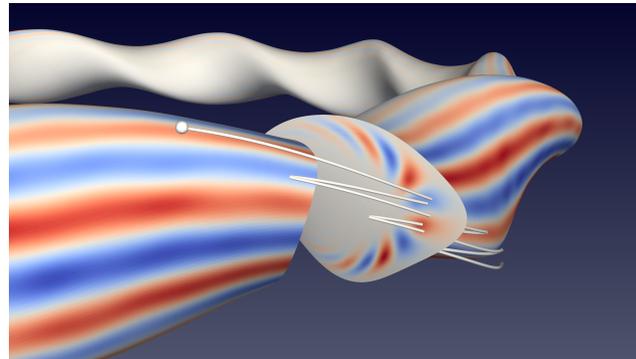
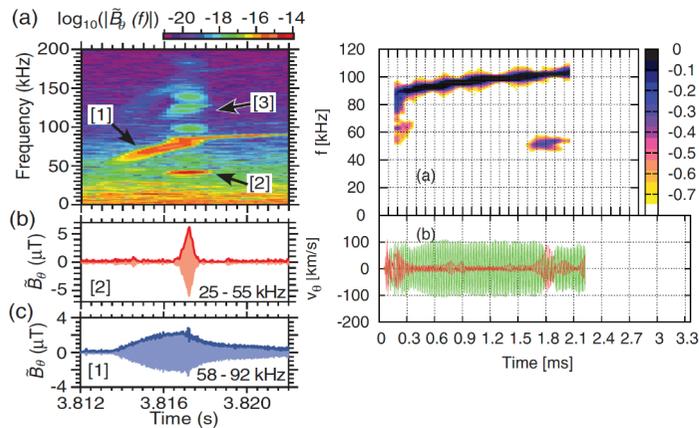
- 高温無衝突プラズマの電磁流体力学（MHD）は確立していない
  - クロージャー問題
  - 集団の挙動（=MHD）を理解する上で、個々の粒子軌道（=運動論）を考慮する必要がある
  - プラズマ物理の独自の概念である「波動粒子相互作用」が重要な役割を果たす
- 高温無衝突プラズマの学理の探求は、磁場閉じ込め核融合研究の学術的使命
  - 流体モデルだけでは不十分
  - 分布関数（非マックスウェル分布、非等方性）の研究が必要
  - 多階層非線形開放系としての普遍的な物理法則を探求すべし

# 運動論的MHDシミュレーション研究の進展

LHD実験における シミュレーション  
EGAM [Ido+ 2016] [Wang+ 2018]

LHDにおけるMHD不安定性と  
捕捉イオン軌道 [Sato+ 2019]

高速イオン分布関数の時間発展  
[Todo 2019]



LHDにおいて観測されたEGAM  
の周波数変調と第2モードの励  
起をシミュレーションで再現。

捕捉熱イオンの運動論的効果が、  
LHDプラズマの優れたMHD安定  
性の物理機構であることを解明。

複数のアルフベン固有モードの共  
鳴の重なりが**大域的に発生して**、  
バースト（突発現象）をトリガー  
し、高速イオン分布を崩壊させる  
ことを実証。

## これからの10年間で取り組むシミュレーション研究

- 波動粒子相互作用における位相空間構造の自己組織化
- 環状プラズマのベータ値限界（LHDの遺伝子）
- 核燃焼プラズマにおける高エネルギーアルファ粒子閉じ込め及びMHD・帯状流・微視的乱流の相互作用による自己組織化
- L-H遷移（周辺プラズマ領域におけるMHD安定性・乱流輸送・自己組織化）
- 
-

# 集団粒子相互作用シミュレーションユニット（仮称）

核燃焼プラズマの自己組織化

環状プラズマのベータ値限界

L-H遷移

.....

MHD(拡張, 平衡, 緩和現象)

波動粒子相互作用

高エネルギー粒子・粒子加速

磁気リコネクション

共鳴の重なり・KAM面・臨界分布

突発現象・破壊現象

多階層相互作用

自己組織化

**実証研究:**

LHD, CFQS, Heliotron J, W7-X

ITER, JT-60U/SA, TST-2, DIII-D, JET

AUG, EAST, HL-2A, KSTAR, ...

**連携研究:**

宇宙・天体プラズマ、流体物理

複雑系

シミュレーション技法・可視化技法