

研究テーマ紹介：課題 No. 34

# MMIアルゴリズムを基盤とするシミュレーションによる 多様性科学研究

ヘリカル研究部 基礎物理シミュレーション研究系

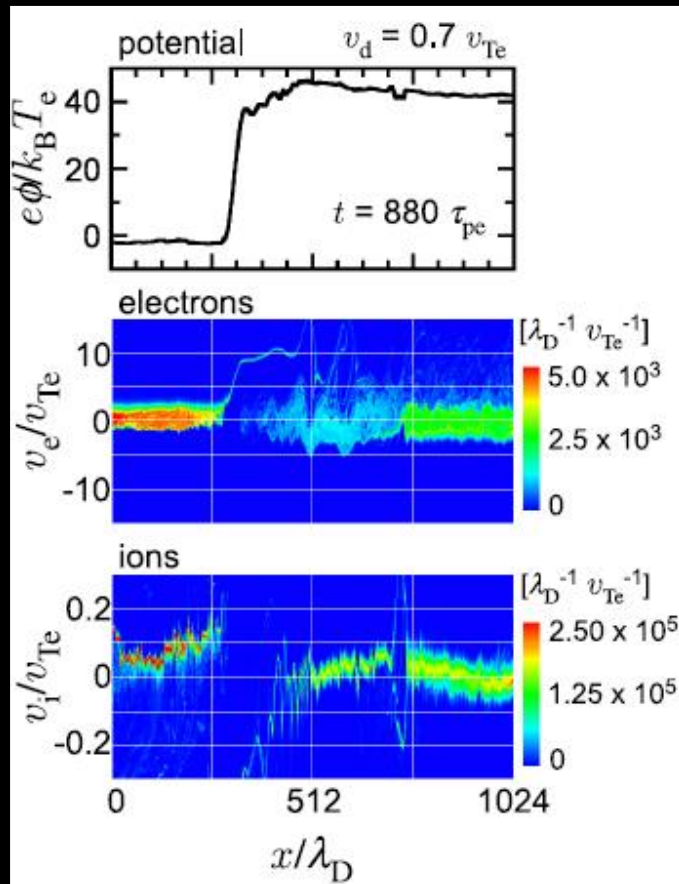
長谷川 裕記

# 核融合科学研究所における これまでの「シミュレーション科学」研究

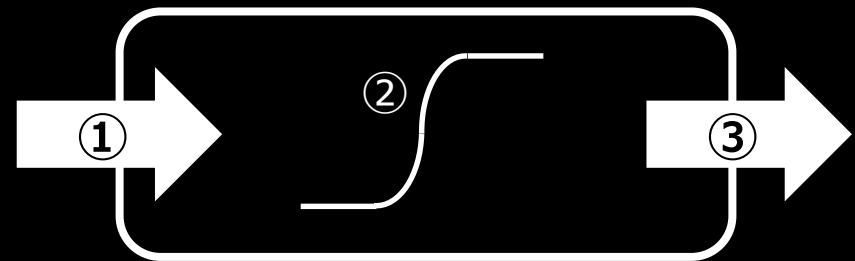
- 大規模シミュレーション
- 複雑性
- 自己組織化
  - 非閉鎖性、非平衡性、非可逆性、非線形性



## 具体例：超イオン音波ダブルレイヤー



- ① Shifted-Maxwellian の速度分布を持つ電子の流入

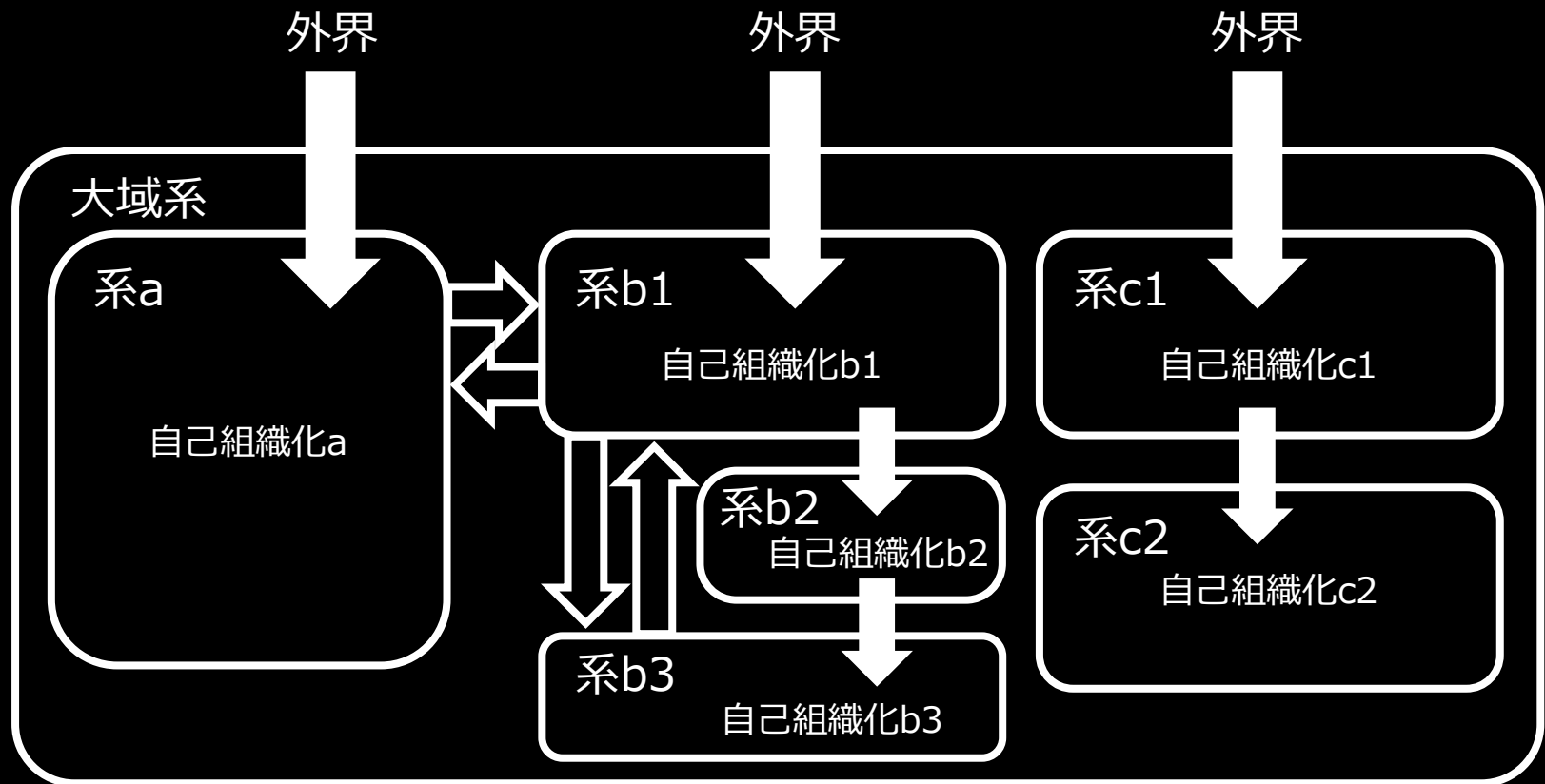


- ② イオン音波不安定性による大振幅電位構造の間歇的な形成
- ③ 高エネルギー電子の生成

この例では、1つの階層、  
1つの不安定性/散逸過程で完結。

# 多様性を有する自然現象

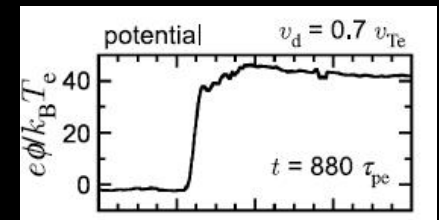
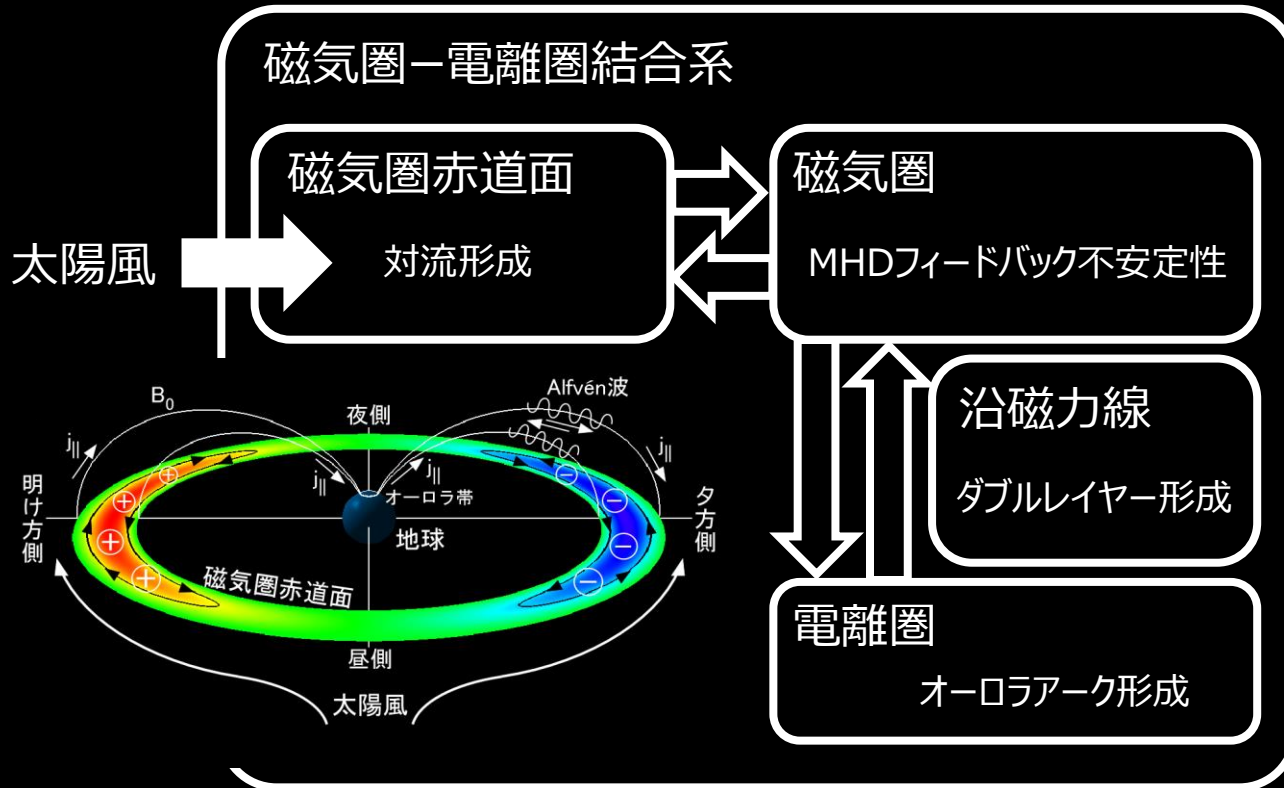
— 大域的な自然系におけるエネルギーの複雑・多様な伝搬・形態変容の解明



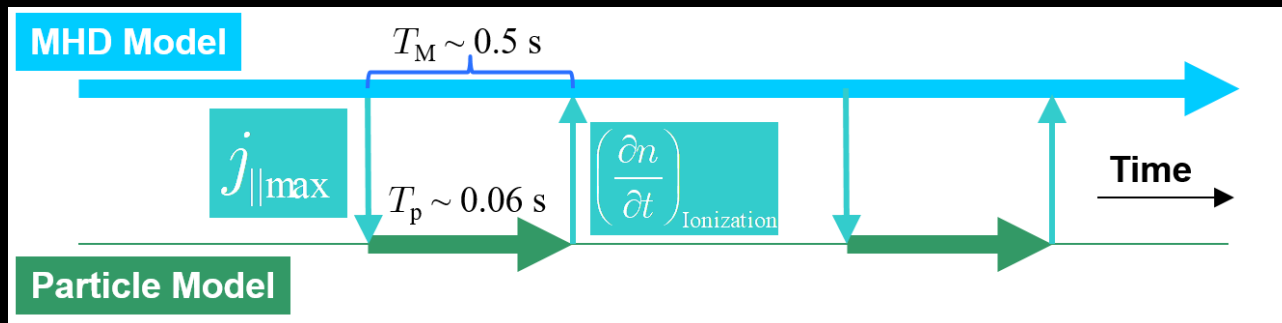
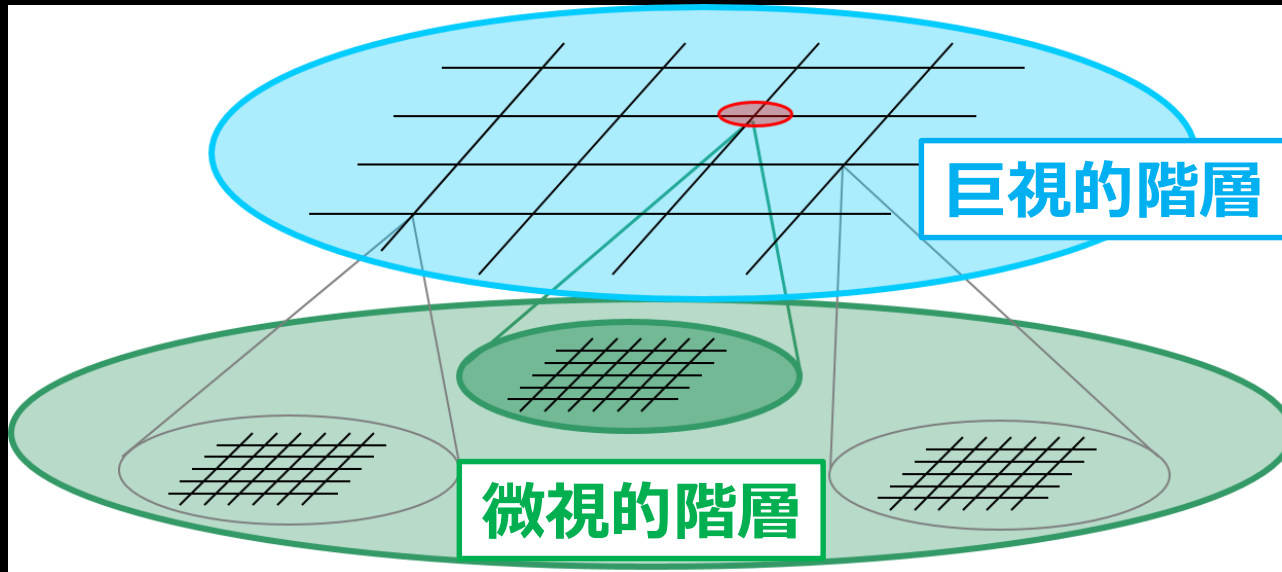
## cf. 生物多様性

- |           |           |   |           |
|-----------|-----------|---|-----------|
| • 生態系の多様性 | 生態系間の相互作用 | } | レベル間の相互作用 |
| • 種の多様性   | 種間の相互作用   |   |           |
| • 遺伝子の多様性 | 個体間の相互作用  |   |           |

# 具体例：太陽圏-磁気圏-電離圏；静穏オーロラアーク



# Macro-Micro Interlocked (MMI; 連結階層) アルゴリズム



## 今後10年間での課題

**MMIアルゴリズム**等に基づく大規模シミュレーションを通して、非平衡/開放系で生じる**多様性**を有するプラズマ現象等における**エネルギーの伝搬・形態変容**

(微視的視点では6次元位相空間における分布の変容過程)を解明し、そこから導かれる**多様性に起因する特異性の抽出**を試みることにより、多様性を有する系の普遍的な法則性を追究する。

### 具体的対象

- 磁気プラズマ閉じ込め装置の境界領域
- 太陽圏-磁気圏-電離圏



### 他分野展開

- 神経科学 (エネルギー ⇒ 情報)、社会科学、etc.

プラズマ以外の分野では、必ずしもマクロ、ミクロ双方の方程式系が確立していない。実験データ等から**データ科学的**にモデル (方程式) を構築し、MMIシミュレーションに取り入れる、という手法も考えられる。



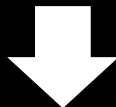
## 今後10年間に必要とされるプラットフォーム



スーパーコンピュータ  
(プラズマシミュレータ)

及び、周辺サーバ群  
& 可視化装置

現行機: NEC SX-Aurora TSUBASA A412-8 540ノード、4320ベクトルエンジン  
総ベクトルエンジン主記憶容量(メモリ): 202 TiB  
総ベクトルエンジン演算性能: 10.5 PFlops  
外部記憶装置: 32.1 Petabytes



将来的には…

総主記憶容量: **1 PiB**

総演算性能: **50 PFlops** (「富岳」のおよそ10分の1)

CPU には、**ヘテロジニアス**なアーキテクチャを採用。

ご清聴、ありがとうございました。