

2023年度 核融合科学研究所 ユニット成果報告会

2024年5月9日 @NIFS

# メタ階層ダイナミクス

## メタ階層ダイナミクス ユニット

核融合科学研究所



# 本報告の構成

- ユニット活動報告 (沼波)
  - 目的と目標、メンバー、アカデミックプラン
  - 思うようにいかない点、評価委員会への要望
  - 2024年度体制
  - 実績
- 特筆される成果
  - 磁場の測地曲率を用いた乱流輸送制御に関する実験研究 (西本(永岡))
  - 天体・実験室プラズマ偏光分光に関する実験研究 (川手(後藤))
  - MHD平衡とその近傍の電磁場乱流及び衝突過程に関する理論研究 (佐藤)
- 質疑

# ユニットの研究目的と目標

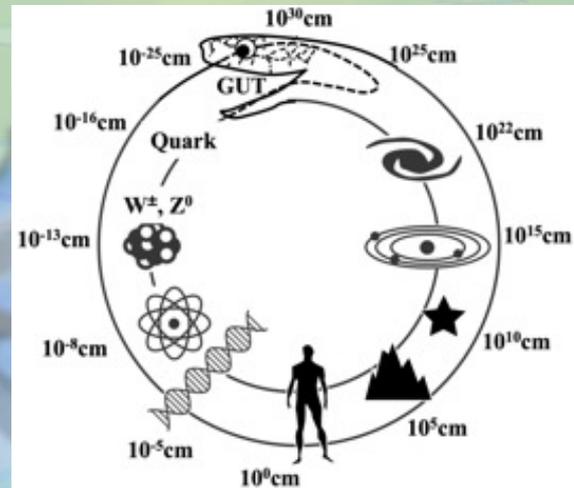
## ■ 自然界の構造

- 物質の「スケール」  
クォーク / 核子 / 原子 / 分子 / 結晶 / 生物個体 / 恒星 / 星雲 / 銀河 ...
- 生物の「機能」  
蛋白質 / 細胞膜 / 細胞 / 組織 / 生物個体 / 種 / 生態系 ...
- 物理学の「モデル(描像)」  
粒子モデル / 流体モデル / 乱流モデル / 泡モデル ...
- ウロボロスの蛇  
宇宙地平線 ( $> 10^{28}$  cm) から大統一理論 ( $\sim 10^{-30}$  cm) を蛇の頭部から尻尾までを用いて表現。

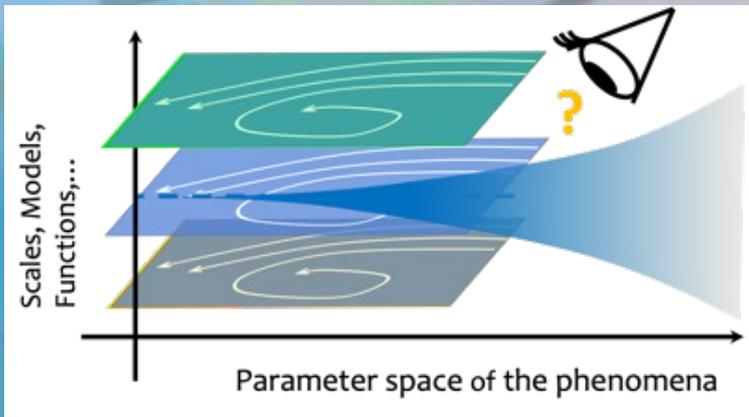
## ■ 高次 (メタな) 視点の必要性

- 要素・モデル・階層を伴うダイナミクスをメタ視点から議論することが必要

-> “Meta-hierarchy dynamics”



Cosmic Uroboros (Sheldon Glashow)



# ユニットメンバー (2023年度 ユニット戦略会議)

**Arimichi TAKAYAMA**  
Plasma-wall/matter  
interaction

**Atsushi M. ITO**  
Plasma-wall/matter  
interaction

**Gakushi KAWAMURA**  
Transport modeling

**Hiroe IGAMI**  
Wave heating

**Hiroki HASEGAWA**  
Drastic transformation

**Hiroshi KASAHARA**  
Wave heating

**Kenichi NAGAOKA**  
Phase-space dynamics

**Masanori NUNAMI**  
Theoretical physics

**Motoki NAKATA**  
Plasma physics

**Motoshi GOTO**  
Plasma  
spectroscopy

**Naoki SATO**  
Theoretical  
physics

**Ryohtaroh ISHIKAWA**  
Solar physics

2023年度  
ユニット長

2023年度  
戦略会議長

**Ryuichi SAKAMOTO**  
Plasma-wall/matter  
interaction

**Seikichi MATSUOKA**  
Non-axisymmetric  
plasma

**Shinichiro TODA**  
Toroidal plasma  
physics

**Shinya MAEYAMA**  
Plasma turbulence

**Tetsuo SEKI**  
Wave-particle  
interaction

**Tomoko KAWATE**  
Plasma spectroscopy

**Yuto KATO**  
Space plasma  
(Tohoku Univ.)

**Shinji KOBAYASHI**  
Plasma physics  
(Kyoto Univ.)

**Takayoshi SANO**  
Laser Plasma  
(Osama Univ.)

**Eiichiro KAWAMORI**  
Laser spectroscopy  
(National Cheng Kung Univ.)

**Naohiro KASUYA**  
Plasma physics  
(Kyushu Univ.)

**Seiji ISHIGURO**  
Plasma simulation  
(NIFS)

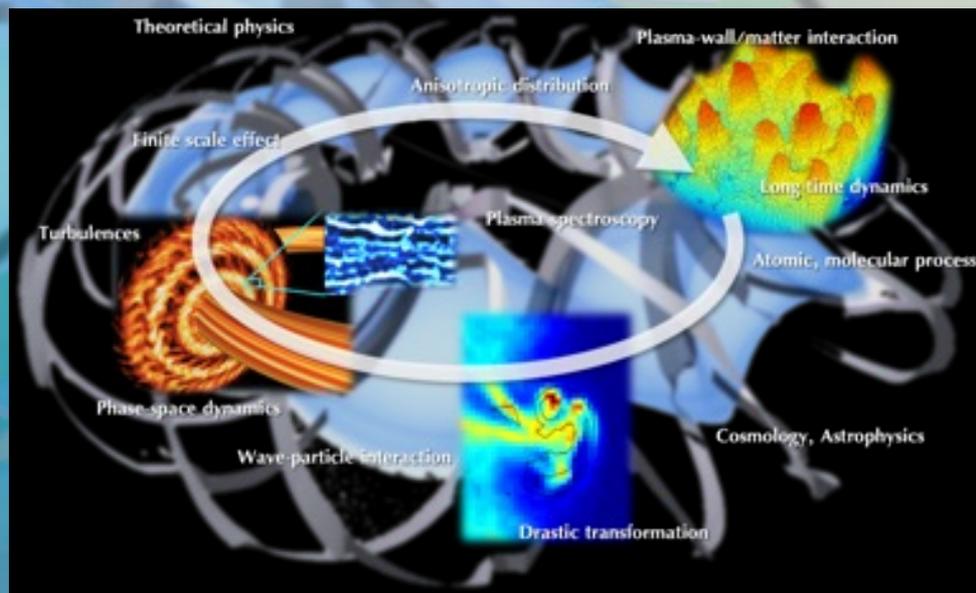
# アカデミックプラン

## ■ 戦略

- メンバー各自の研究課題に通底する階層構造やその静的・動的特徴を含む「階層性」を共通の学問的視点（楕円の一つの焦点）と捉える。
- 「サロン」としての役割に留まらないよう、研究課題全体を4つにカテゴライズして活動する。ただし、これらは常に情報を共有し有機的かつ流動的な連携を図る。

1. 階層性が内在する乱流・輸送の局所・大域的現象の解明\*
2. 非等方性速度分布下における電磁場・原子分子のエネルギーチャンネル研究\*
3. 周辺プラズマから物質表面における階層性の追求と複合過程モデリング
4. 多スケールにまたがる階層性から探る物理モデリングと普遍性の探究\*

\* 「特筆される成果」で報告





# 協力組織体制

## ■ 協力・役割分担

- WEB・セミナー・ML・ネットワーク等、遅滞ない活動開始に向けた早期の体制作り。
- メンバー専用のslackやTeamsで頻繁な議論を展開。

## ■ ユニット内外のコミュニケーション

- 共同研究者が障壁なく参加できるよう、ユニット室に常設ポスターセッション会場を設置。
- 定例の茶話会（R5:毎週木曜、R6:5と0の付く日）を設けて、常時コミュニケーションの場を整備。
- 茶話会では所内メンバーだけでなく、所外研究者による話題提供も何度も実施。
- 学術企画委員会との協力の下、Fusion Science Seminar (川合光先生、伊藤伸泰先生)、NIFS談話会（鈴木哲也先生）を開催。



常設ポスター展示 (ユニット室)



定例茶話会 (ユニット室)

# 思うようにいかない点，その原因分析と解決思案について

- セミナーや研究会、意見交換会などはハイブリッドで開催しそれ自身は非常に有意義であったが、茶話会やコーヒブレイク等の対面が基本の交流には限界がある。  
出張頻度の回復による勤務形態の変化等に対応した形を模索すべきだと考えている。
- 本ユニットのメンバーは所外研究者との共同研究を従来から精力的に進めている。  
しかし、展開される共同研究の研究内容が学際多岐に渡っており、共同研究者とその直接的な研究相手以外とは議論の場が起こらないこともある。  
ユニットが今後、分野内のハブとしてさらに機能していくような仕掛けを作りたい。
- 上記の点に関連し、ユニットの所外戦略会議メンバーを引き受けていただける先生が少ないが、ユニット活動に拘らない共同研究の形も重要であると考えている。

# ユニット評価委員会への要望

- 評価委員との研究交流は精力的に進めさせて頂き、ユニットを跨いだ討論会の開催、オンライン会議等での継続的な議論によってユニット研究の幅が広がった。
- 特に、Fusion Science Seminarにて異分野の先生（川合光先生：素粒子論）の招聘にご協力頂いたことは今後の研究の展開に向けて大変良かった。
- 評価の際だけでなく、このような学際的活動における助言を通じて、普段の研究活動でも引き続きご交流頂きたい。

# ユニットメンバー (2023年度 ユニット戦略会議)

**Arimichi TAKAYAMA**  
Plasma-wall/matter  
interaction

**Atsushi M. ITO**  
Plasma-wall/matter  
interaction

2024年度  
戦略会議長

**Hiroe IGAMI**  
Wave heating

**Hiroki HASEGAWA**  
Drastic transformation

**Kenichi NAGAOKA**  
Phase-space dynamics

**Masanori NUNAMI**  
Theoretical physics

**Motoshi GOTO**  
Plasma  
spectroscopy

2024年度  
ユニット長

**Naoki SATO**  
Theoretical  
physics

**Ryohtaroh ISHIKAWA**  
Solar physics

**Ryuichi SAKAMOTO**  
Plasma-wall/matter  
interaction

**Shinichiro TODA**  
Toroidal plasma  
physics

**Shinya MAEYAMA**  
Plasma turbulence

**Tetsuo SEKI**  
Wave-particle  
interaction

**Tomoko KAWATE**  
Plasma spectroscopy

**Michio YAMADA**  
Fluid dynamics  
(Kyoto Univ.)

**Makoto HIROTA**  
Plasma physics  
(Tohoku Univ.)

**Yuto KATOH**  
Space plasma  
(Tohoku Univ.)

**Shinji KOBAYASHI**  
Plasma physics  
(Kyoto Univ.)

**Takayoshi SANO**  
Laser Plasma  
(Osama Univ.)

**Eiichiro KAWAMORI**  
Laser spectroscopy  
(National Cheng Kung Univ.)

**Naohiro KASUYA**  
Plasma physics  
(Kyushu Univ.)

**Seiji ISHIGURO**  
Plasma simulation  
(NIFS)

# 実績

- 論文：36報
- 国内外の主要な研究集会における研究発表：39件 (含 OV x1, 招待講演 x9, 受賞 x1)
- セミナー実施：9件
- 競争的資金獲得：31件
  - 2024年度新規採択：4件 (学変A x1, 基盤B x3)
  - 2023年度新規採択：10件  
(JSTさきがけ x1, 基盤S(分担) x2, 萌芽 x1, 基盤B x1, 基盤C x2, 他 x3)
  - 2023年度継続採択：17件

# 実績 (資金獲得例)

- 自然科学研究機構 ネットワーク型研究加速事業 分野融合ネットワーク型共同研究加速
- 「多階層現象の複合大域シミュレーション研究拠点の構築」 (責任者: 三浦英昭)
  - サブテーマ5 「エネルギー循環における劇的変容現象のシミュレーション研究」 (代表者: 長谷川裕記) (R5年7月~R8年3月)
- 連携: 可知化センシングユニット、神戸大学、兵庫県立大学
- 概要: プラズマにおける劇的変容現象 (太陽風-磁気圏-電離層結合系における諸現象、ダイナモ機構における磁場反転現象など) の物理機構に迫るとともに、先進的なマクロ-マイクロ連結 (MMI) シミュレーション手法・可視化手法を確立する。これらの研究・開発を通じて、プラズマや地球物理のみならず、幅広い自然科学の学際領域との異分野融合を実現することを目標。

プラズマ中の劇的変容現象の予測・解明

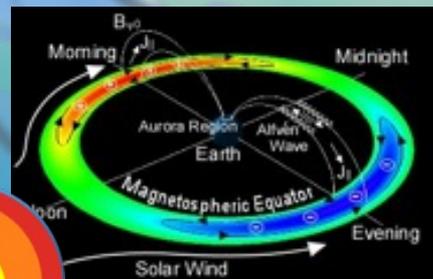
階層間連結などのシミュレーション手法・機器の研究開発

可視化手法の研究開発



ユニット間連携 / 学際連携 etc.

異分野融合



# 特筆される成果

- **磁場の測地曲率を用いた乱流輸送制御に関する実験研究** （西本（永岡））
  - ゾーナルフローを磁力線の測地曲率依存性を調べる実験をLHDで行った。統計的手法と簡約化輸送モデルを使った解析により、乱流輸送に対する測地曲率依存性を明らかにした。
- **天体・実験室プラズマ偏光分光に関する実験研究** （川手（後藤））
  - 小型プラズマ装置を用いた太陽プラズマと実験室プラズマの直接比較による分光偏光計測原理の検証を行なっている。また分子分光計測・分子-電子衝突励起断面積を計算し、LHDの不純物粉末入射実験においてプラズマ対向壁周辺でのホウ素堆積・脱離過程の観測と定量評価を行った。
- **MHD平衡とその近傍の電磁場乱流及び衝突過程に関する理論研究** （佐藤）
  - 非等方圧力によるユークリッド空間の連続対称性を持たない滑らかなMHD平衡解の存在証明を行い、平衡周辺の電磁場乱流を記述する方程式を開発した。また、ランダウ衝突作用素を非正準ハミルトン力学系へ拡張した。