

ユニット体制の構築

— 核融合科学のパラダイム転換による新たな学際的共同研究体制の構築 —

運営会議(臨時)説明資料

2022年7月29日

大学共同利用機関法人

自然科学研究機構 核融合科学研究所

❖ プラズマ・核融合コミュニティ全体への呼びかけ (~1600名)

- NIFS全共同研究者ML
- 核融合ネットワークML
- プラズマ核融合学会ML

❖ 様々な議論と情報発信

- 在り方WG（運営会議で設置）からの提言：幅広い学術研究の必要性，分野の発展を支える学術基盤の必要性
- 学術会議・プラズマサイエンス小委員会設置，物理学会シンポジウム開催
→「見解」及び「未来の学術振興構想」策定に向けて
- ユニットテーマの策定：毎週定例のユニット構築会議（40回）やテーマ別Zoom会議（>120回）による議論，公聴会を経て11のテーマを構築
- LHD資産の学術基盤としての利用：研究会を開催して議論

❖ コミュニティからの意見

■ 学問論としてあった意見

- ・ 研究グループ間ではもとより核融合コミュニティにとどまらないより広い学際的なつながりを横断・拡大できる柔軟で開かれた仕組みを持つ必要
- ・ 学問の進展に対応した大学共同利用機関の先導的なモデルが形成されることを期待

■ NIFSと大学の「関係」に関する意見

- ・ 広く大学等の研究者を巻き込んだ学際的な研究グループを組織化
- ・ 大学単独では実現不可能な大型の学際的・国際的プロジェクトを可能とするために，所員と大学などの研究者コミュニティが協力して未来設計

■ 改革への期待

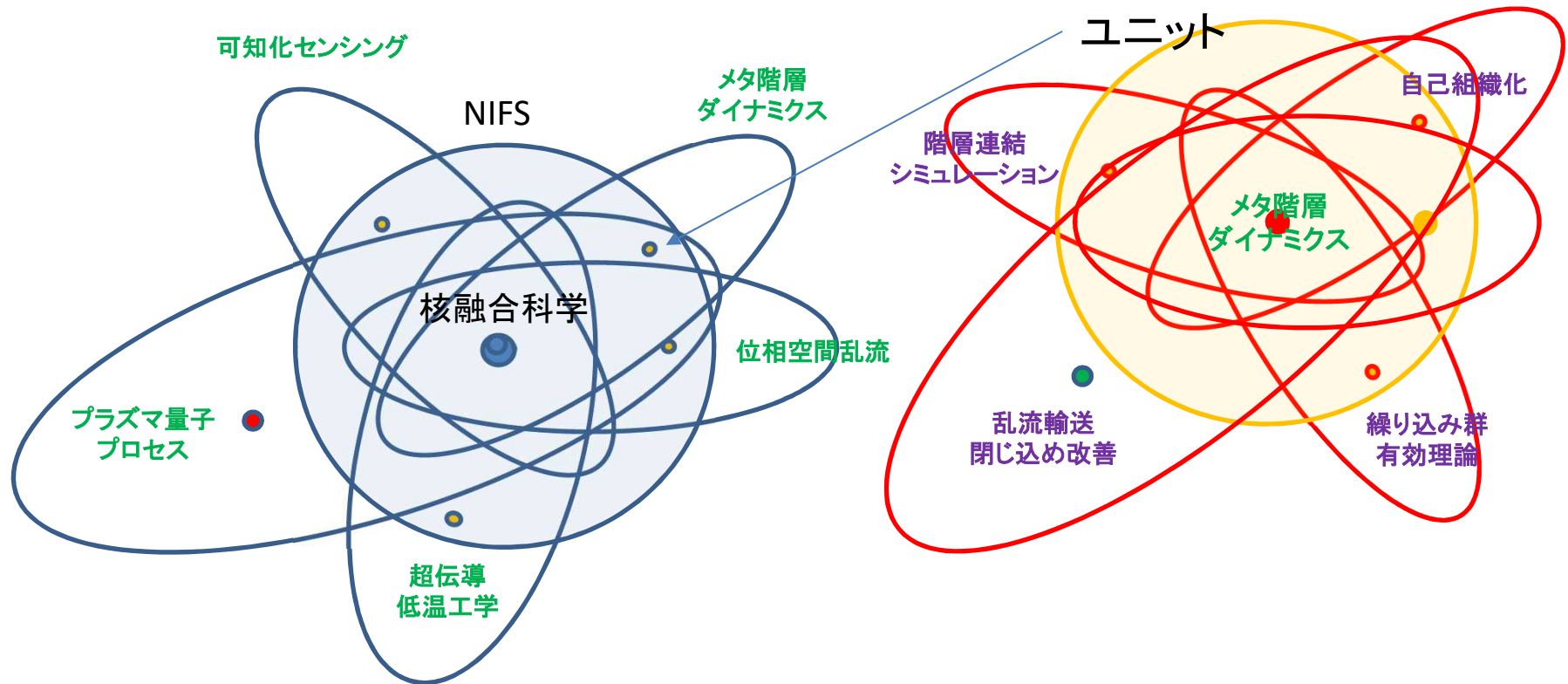
- ・ ユニット体制により，研究推進力を核とする複数の求心力が核融合研にあることは，複数分野間の連携の観点から，そのメリットは大きい

■ NIFSの未来への懸念

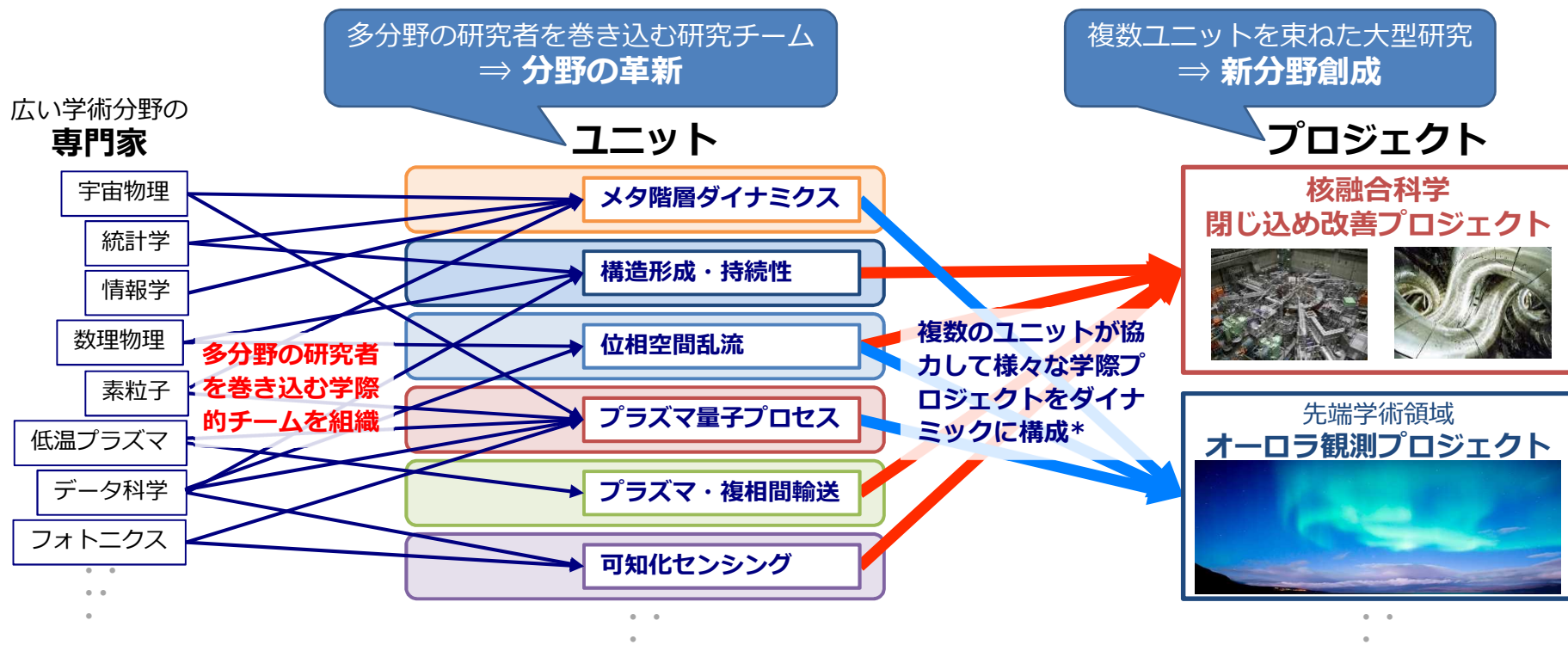
- ・ 核融合研究は長年の研究を通じて知識を蓄積することで進んできた．中核装置がなくなることにより，これまでのNIFSの蓄積が失われるのではないかと懸念
- ・ 中核研で行うべき（大学では実施できない）プロジェクトが未定．NIFSが大学と同じレベルになることを懸念

ユニットテーマ： 核融合の「未解決問題」を「学術的研究テーマ」に分節化する。

下図の例では、プラズマの乱流をよりよく理解するために、「メタ階層ダイナミクス」(後述)というユニットテーマを設定し、そのテーマに取り組むために、自己組織化や階層連結シミュレーションといった多様な研究分野の研究者から成るユニットを構築する。



所内外の連携チームであるユニットを組織し、異分野融合を推進し新分野創成につながる共同研究を実施する。ユニットのアカデミックプランはコミュニティをあげた議論によって策定し、不断のC&Rによってダイナミックに再編する。



- ❖ 研究部は11個のユニットによって構成 (2023年度計画)
- ❖ ユニットはコミュニティをあげた議論で構築
 - ・ 所外委員を中心とする評価委員会によって不断のC&R
 - ・ 臨機応変に再編する

データシェアリングにより異分野融合を推進

*オーロラ, オゾンホール, ペンギンなどの研究チーム(ユニット)を束ねて南極観測プロジェクトが構成される。オーロラのチームは別途、磁気圏観測衛星プロジェクトへも参画するというイメージ

広い学術界
との連携

核融合研

所長

リーダーシップ

運営会議

共同利用機関としての運営

戦略室

分析と改善策

学術経営委員会

ユニットとプラットフォーム
の総合調整

ユニット等評価委員会

アカデミックプランのC&R

ユニット

コンテンポラリーな課題を
学際的に「定式化」

1. メタ階層ダイナミクス
2. 構造形成・持続性
3. 位相空間乱流
4. プラズマ量子プロセス
5. プラズマ・複相関輸送
6. 可知化センシング
7. プラズマ装置学
8. 複合大域シミュレーション
9. 超高流束協奏材料
10. 超伝導・低温工学
11. 核融合安全性科学

プラットフォーム
企画・運営チーム

- 世界をリードする
共同研究を支える
ハードウェアとデータベース
1. 超高温プラズマ学術研究基盤 (LHD)
 2. スーパーコンピュータ (雷神)
 3. 革新的計測技術開発施設
 4. 低温・超伝導工学研究施設
 5. ビーム工学研究施設
 6. ブランケット工学研究施設

学際連携センター
(連携事業の推進)

開発研究
との連携

所外の新鋭
研究施設
(ITER, BA等)

先端技術
社会実装

(水素技術, レーザ,
超伝導等)

ユニットに
参画する
共同研究者

クロアポ等
による連携

従来の体制と運営（～2022）

- LHDフロンティア促進事業を中核とするパラメタ競争集中型研究
- ヘリカル研究部一部門体制によるヘリカルに特化した研究

主要成果

- ヘリカル型プラズマの高性能化（重水素プラズマによる高温化）
- プラズマの物理メカニズム解明（乱流, 高エネルギー粒子, 速度空間構造, 磁場対称性）
- 独創的基幹技術（n-NBI, 超伝導, レーザー応用技術, 統合シミュレーション, VR等）

課題

- 学際的展開
- 産学連携, 社会実装
- 人材育成



改革後の体制と運営（2023～）

パラダイム転換

これまでのヘリカル方式高性能化プロジェクトから, 幅広い学術研究による学際的展開・社会的貢献へ転換

- 核融合プラズマという極限状態の研究から, 様々な集団現象に共通する, 複雑性の原理を明らかにする学術研究ネットワークを構築
- 広領域にわたる共同研究者と連携する研究グループ「ユニット」を組織（共同研究の分野を大幅に拡大）
- ユニットテーマは長・中期ビジョンに基づいて不断のC&R. 広い学術界のニーズを受け止める学際的な研究チームを機動的に構築
- 多角的な「学際」における人材育成: 先端学術領域, 開発領域, 技術領域

世界トップレベルの学際的研究推進と連携構築のために

- LHDの再定義: 超高温プラズマ学術研究基盤

フロンティア促進事業 →

学術研究基盤事業

- 多様な財源によるプロジェクトのためのプラットフォーム

ユニット：核融合の未解決問題を学際的に研究する体制

核融合の「未解決問題」を「学術的に定式化※」し「学際的な共同研究体制」を構築して取り組む。

※定式化とは、複雑な対象を論理的に整理し、一般性のある道具や概念で研究できるようにすること。

軸	ユニットテーマ	核融合科学としてのキーワード	学際的なキーワード
ダイナミクス・時空	メタ階層ダイナミクス meta-hierarchy dynamics	大域的マルチスケール乱流 遷移・崩壊現象 境界層・原子分子・照射表面 速度空間ダイナミクス 多階層シミュレーション・モデリング 非平衡プラズマの高効率・大電力加熱 非等方的電子・イオン温度 非接触プラズマ プラズマ-壁相互作用	階層性 渦・輸送現象・自己組織化 非平衡開放性と突発現象 運動論・流体ダイナミクス 繰り込み群・有効理論 自由エネルギーランドスケープ アクティブマター 非線形波動粒子相互作用 非等方速度分布 エネルギー循環 誘電率計測・モデリング 偏光プラズマ分光 連結階層アルゴリズム 粒子シミュレーション 分子動力学 密度汎関数理論 高次元非線形構造 天体・宇宙地球環境・生物など
システム	構造形成・持続性 Structure formation and sustainability	閉じ込め遷移現象 フロー分布と安定性 プラズマ加熱 複数イオン種輸送 先進的閉じ込め配位 統合モデリング コイル設計 小型化	自己組織化 エントロピー 非熱的粒子 隠れた対称性 多目的最適化 不変測度 構造形成 レジリエンス
揺らぎ・乱流・輸送	位相空間乱流 Phase space turbulence	乱流輸送 非拡散・非局所輸送 瞬時・突発輸送 無衝突プラズマ 核燃焼プラズマ ノンマックスウェル分布 速度空間計測 位相空間構造計測 波動加熱	多次元乱流スケールリング 乱流ミキシング 非平衡プラズマ物性 ゆらぎの定理 エントロピー トポロジカル電磁波 集団性 深層学習
素過程・相互作用	プラズマ量子プロセス Plasma Quantum Process	高2多価イオン 非等方非平衡プラズマ プラズマ物質相互作用 負イオン レーザー核融合 レーザープラズマ相互作用 量子エネルギー変換 連成現象制御 連成現象モデル化	原子分子素過程 ミュオン原子分子 高エネルギー密度プラズマ 太陽コロナ キロノバ X線天体 重元素起源 星間物質 極端紫外・軟X線光源開発 地球大気・惑星大気 プラズマエッチング 医療 バイオプラズマ超高压物性科学 レーザー量子ビーム科学 量子真空物理学 新材料 放射線化学 同位体科学 中性子リソグラフィ
異相連成現象	プラズマ・複相間輸送 Transports in Plasma Multi-Phase Matter System	周辺プラズマ・不純物輸送 非接触プラズマ プラズマ・壁相互作用 粒子・エネルギー循環 プラズマ対向機器	プラズマと固・液・気体間相互作用 非平衡交差輸送 原子・分子過程 プラズマ誘起構造形成 固体表面物性 微細構造解析 異材接合
計測・データ	可知化センシング S&I: Sensing and Intellectualization	プラズマ計測技術 高時間・高空間分解能 速度分布関数 乱流・揺動計測 核融合炉心プラズマ制御 環境放射線(能)計測 遠隔実験	データ同化制御 統計数理モデリング データ駆動 レーザー・光工学 光渦 レギユラトリーサイエンス 可視化情報学 オープンサイエンス 地球化学・環境科学
装置学・技術	プラズマ装置学 Plasma Apparatus	プラズマ装置取扱技術 プラズマ・荷電粒子の生成・閉じ込め・輸送・制御技術 プラズマ加熱装置技術 プラズマ計測装置技術 数値計算技術 基礎応用プラズマ装置 プラズマ理工学 ミュオン触媒核融合	学術ネットワーク型研究 量子ビーム科学 反物質科学 ミュオン科学 アクション探査 宇宙機 宇宙天気予報
計算科学	複合大域シミュレーション Complex Global Simulation	核燃焼プラズマ MHD ジャイロ運動論 乱流 周辺プラズマ 不安定性・飽和	大域的シミュレーション 多階層 秩序構造 散逸構造 データ科学 計算科学
材料学	超高流束協奏材料 Ultrahigh-flux concerting materials	核融合炉材料 ブランケット ダイバータ 真空容器 低放射化材 燃料増殖材 中性子増倍材 水素同位体 水素透過 高熱流束 重照射	準安定定相 自己組織化 メソスケール構造 物性 新材料創製 強度 水素透過 水素貯蔵 格子欠陥 変形 拡散 金属 セラミクス 複合材料 被覆 界面
低温	超伝導・低温工学 Applied Superconductivity and Cryogenics	高信頼性 安全性 先進超伝導体 大型超伝導コイル コイル冷却 極低温流体 高強度・高磁場化	SDGs (省電力) 超伝導応用 超極細線材加工 液体水素 液体ヘリウム 量子技術 AI予知保全 規格化・標準化
核融合炉システム	核融合安全性科学 Safety Science for Nuclear Fusion	核融合原型炉 磁場閉じ込め核融合 レーザー核融合 燃料トリチウム循環 水素同位体挙動 環境・生体トリチウム 固体金属・液体金属 溶融塩 制御システム 安全解析 データ駆動科学 ブランケット ダイバータ ハイブリッド電力システム	閉鎖系物質循環 熱化学分解 触媒効果 水素製造 電力需給調整力 エネルギー貯蔵 エネルギー変換 モデル予測制御