



核融合エネルギーへ向けた学術研究の役割

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

2022年3月8日

吉田善章
(核融合科学研究所)

開発と学術

一緒にしない, ごちゃ混ぜにしない → 違いを統合する(Aufheben) → より高い段階



定式化 (formulation)

農業は科学なのか?

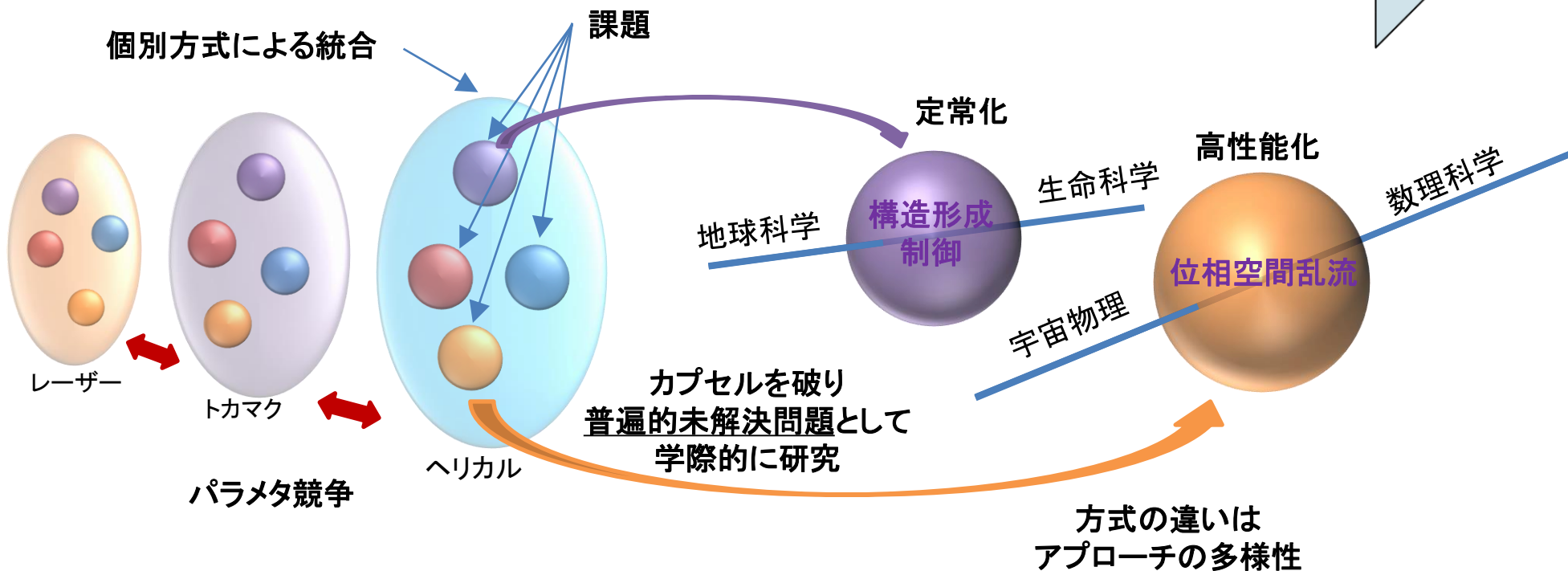
対象 = 目的によって定義される農業と 領野によって定義される農学

この違いは「定式化」という次元を出現させる。

ジャック・ラカン『精神分析の四基本概念』（アラン・ミレール編；小出浩之，新宮一成，鈴木國文，小川豊明 訳；岩波文庫）から部分引用

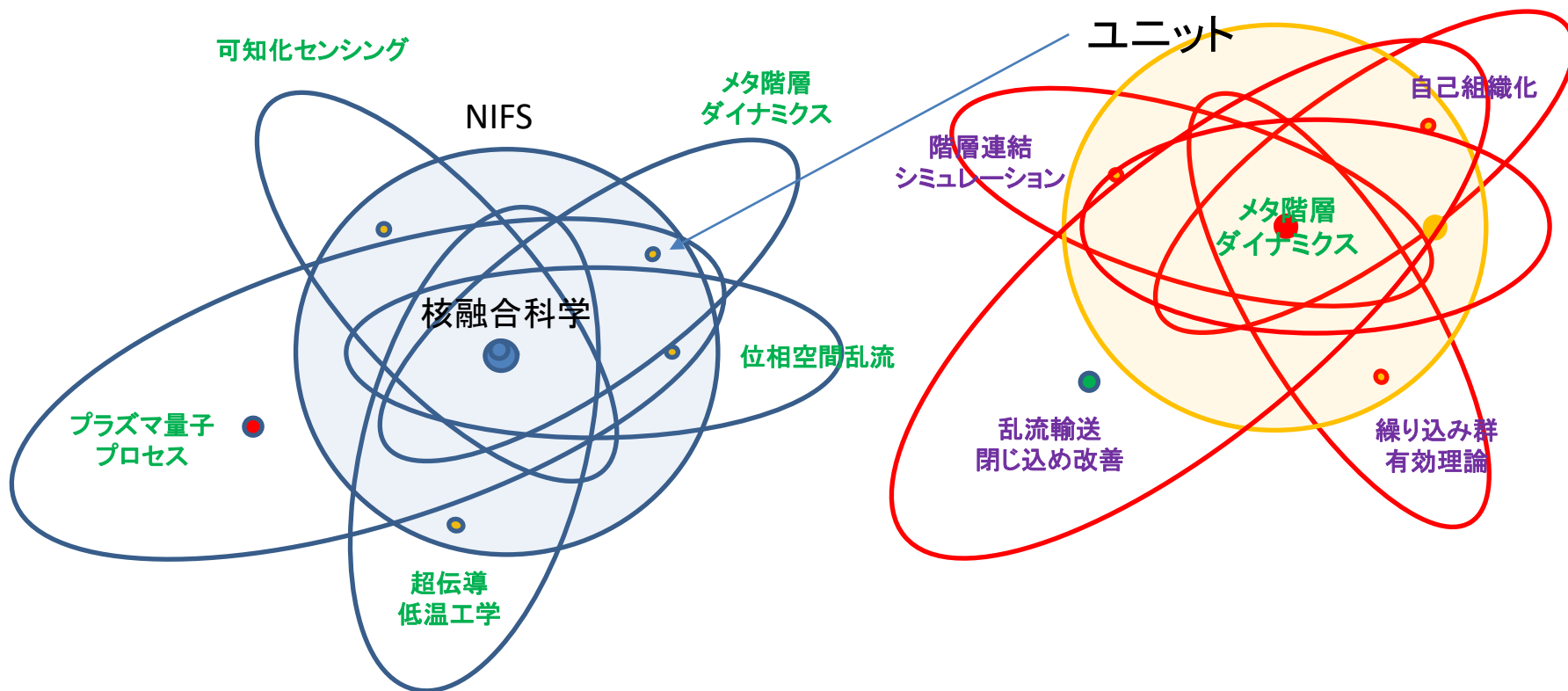
装置方式の性能比較

未解決問題の総合研究



「核融合科学」の分節化：ユニット

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。



「ユニット＝学術的意味の単位」の協働によって プロジェクト を構成する。

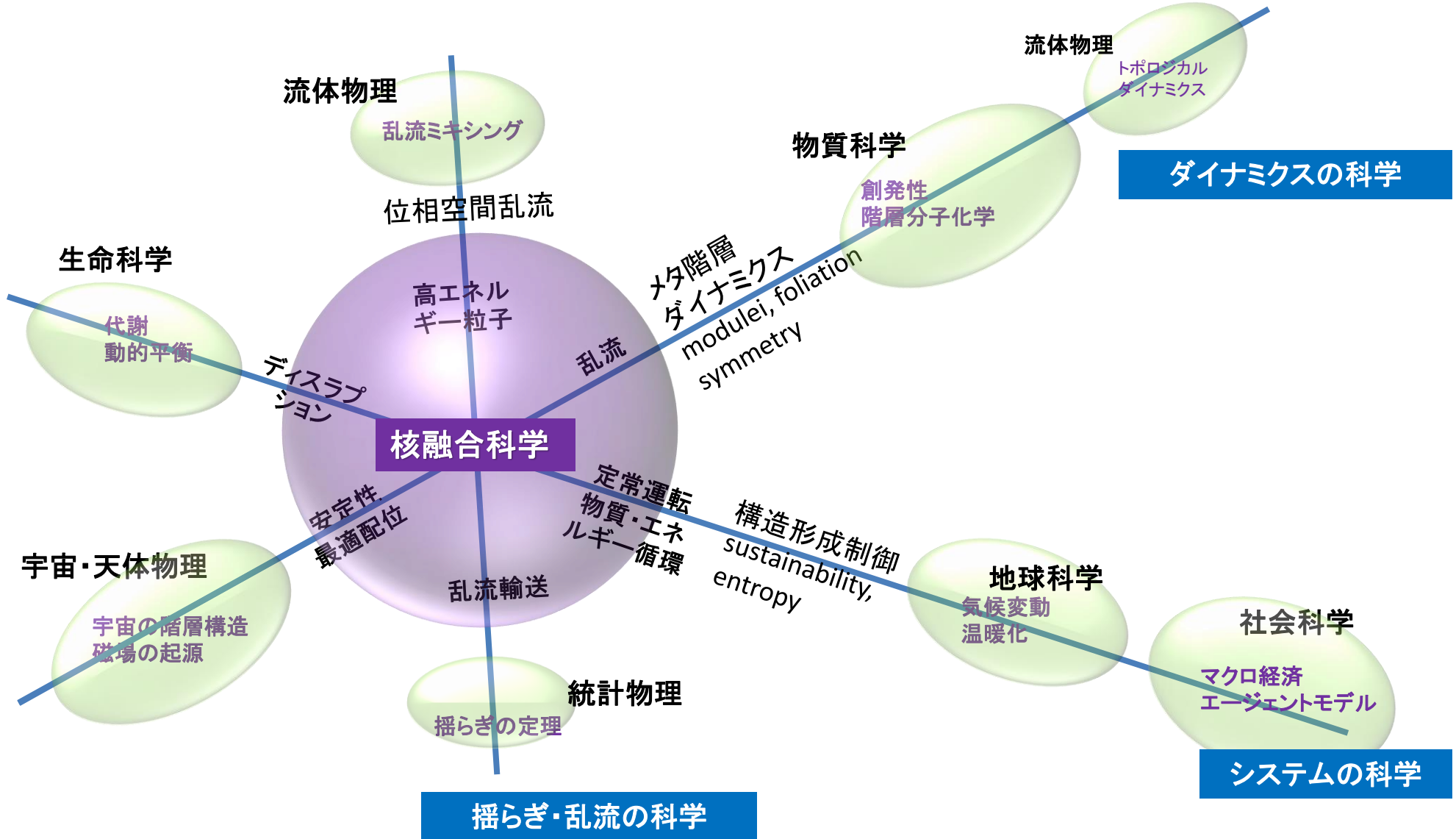


ユニット：核融合の未解決問題を学際的に研究する体制

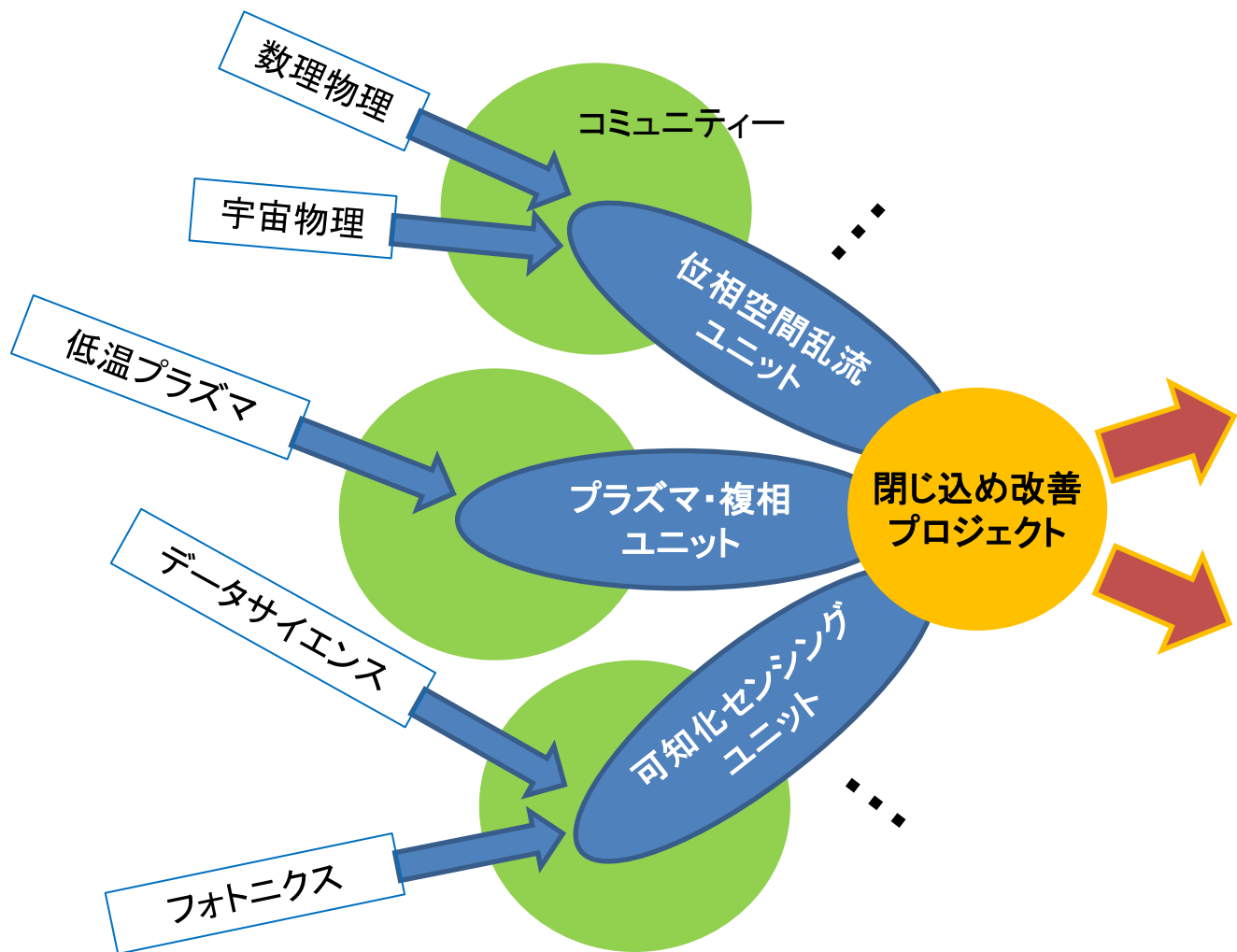
核融合の「未解決問題」を「学術的に定式化」し「学際的な共同研究体制」を構築して取り組む。

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	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 線り込み群・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 天体・宇宙地球環境・生物など
システム	3次元構造形成制御 (仮) 3-D structure-formation control	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	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
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Z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 長時間・高空間分解能 速度分布開数 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 レギュ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	プラズマ装置技術 Technology and engineering of plasma apparatus		
計算科学	スマートグローバルシミュレーション Smart 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	エネルギー・粒子高流束下材料学 (仮) Materials technology at high flux of energy and particles	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 水素超透過 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 Superconductivity and cryogenics		
核融合炉システム	原型炉における固有安全性を有する予測制御法 Model predictive control techniques with the inherent safety in fusion DEMO		

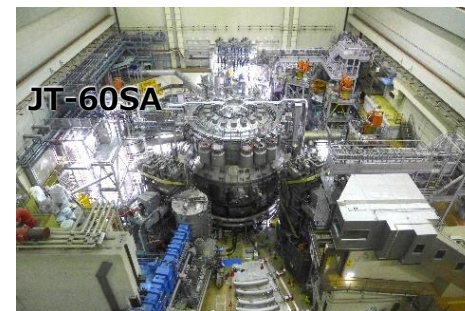
「ユニット」が掲げる学術的テーマの軸に沿った共同研究および人材の水平移動を実現



ユニットを通じた学際的ネットワークの構築 → 核融合コミュニティの拡大



プラットフォーム



・
・



核融合科学の未来に向けて

- ✓ **学術的定式化**は、人材育成を支える大学研究室等の発展のための喫緊の課題.
- ✓ **分節化**は、学際的連携を構築するための喫緊の課題.
- ✓ 核融合科学を分節化し、学術の次元を張る**ユニット**を構築. ユニットは学際的共同研究の単位.
- ✓ 核融合分野の研究基盤を**プラットフォーム**としてネットワーク化し、学際化したユニットが最新鋭の実験施設(LHD, JT60SA, ITER等)を共同利用する体制を構築することで、高度な異分野融合研究を実現する.

核融合研HP「ユニット構築について」

- [ユニットテーマの策定について](#) (2021年7月26日)
- [「ユニットテーマ」の考え方について](#) (2021年8月2日)
- [ユニット構築に向けて](#) (2021年9月13日)
- [ユニットテーマの定式化について](#) (2021年12月20日)
- [分節化について](#) (2022年1月31日)