

2023/ 3 /17

核融合炉研究のリアルと 核融合科学のパラダイム転換

吉田善章
核融合科学研究所

リアルとは

- 「現実」の二つの次元：actuality と reality
- 「be」の二つの次元：「在る」（述語）と「である」（繫辞 copula）
- 「存在はリアルな述語ではない」（カント）
- 「アクチュアリティーは何の結果も生まず、何物も生産しない。リアリティーはそれ自身以外の目的をもたない（フェイクとの違い）。」（アーレント）

核融合炉研究のリアル：

"There is a hope of fusion energy" (actuality) → 客観的で有用な真実 (reality)

「X is possible/impossible, relevant/irrelevant, rational/irrational . . . 」

核融合炉研究の actuality / reality

- 時間軸の上で

Carbon neutral 2050, 核融合炉開発ロードマップ, 前倒し？

- 地政学的な平面の上で

経済安全保障, インテグリティ, 人材確保

- 産業構造の上で

ステークホルダー, サプライチェーン, ベンチャー

- 学術の地平の上で

Singularity? Fusion constant 30年? 村? 人材育成, イノベーション

核融合科学のパラダイム転換

• 学術界からの要請：学術としてのリアル

- 「核融合という夢がある」→「〇〇現象の原理は▽▽である」
- 核融合科学の「分節化」「定式化」→ 学際化
- 学術研究としての中長期ビジョン → 未来の学術振興構想（学術会議）「プラズマ物理の学際的展開—集団現象の理解に向けて」

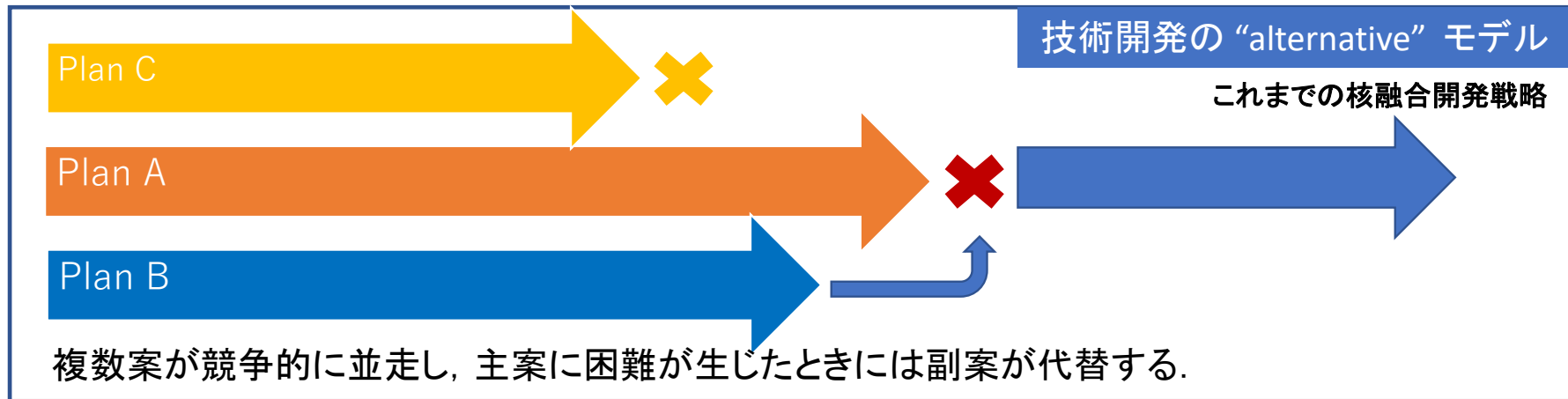
• 核融合エネルギー実現に向けた社会の期待：核融合技術のリアル

- 「〇〇のアイデアがある」→「〇〇は▽▽の解決策である」
- ステークホルダーのインセンティブは？
- イノベーションの担い手は？

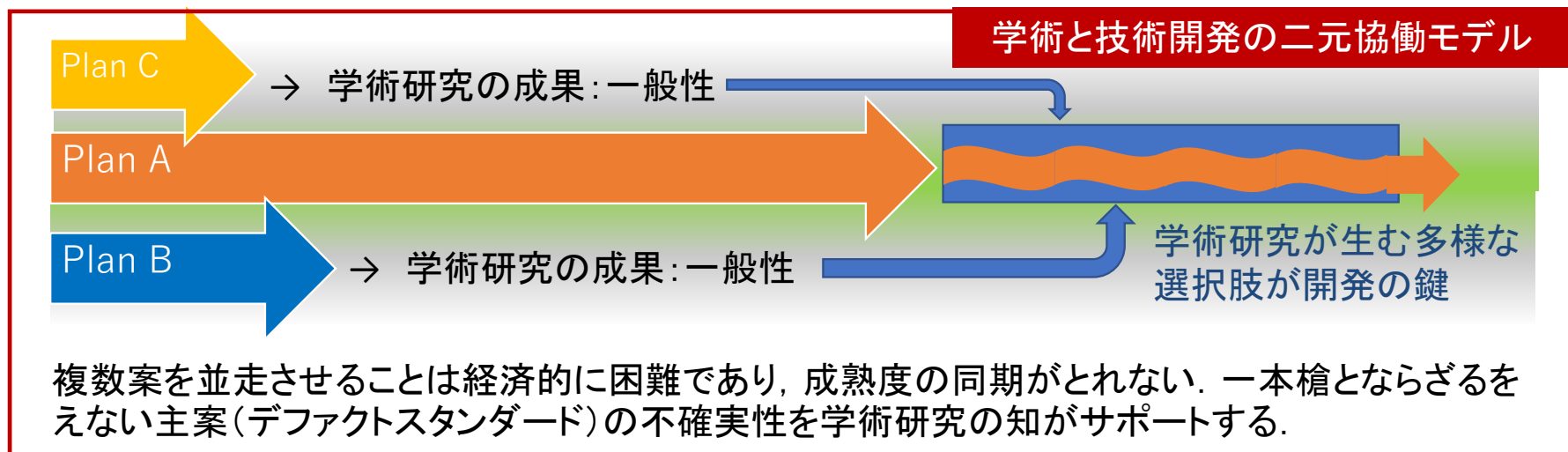
• パラダイム転換

- 学術＝多様な選択肢 alternative のリアルは？
- 装置・方式の「パラメタ競争」 → 装置・方式を超えた一般性の理解
- パラダイム＝活用表： 装置・方式の一覧表 → 学術テーマの一覧表

核融合炉開発戦略における学術研究の役割

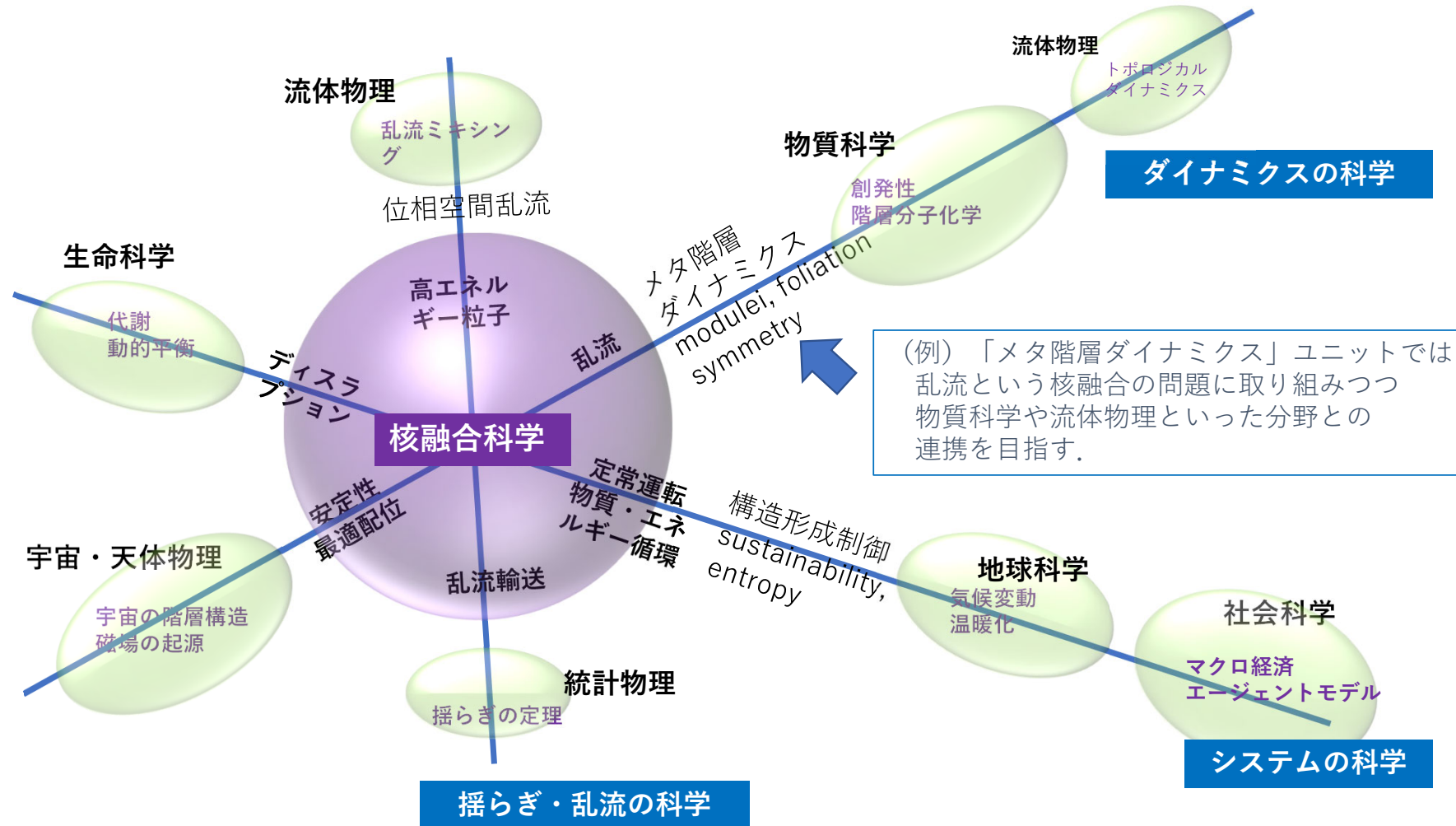


これからの核融合開発戦略



ユニット：分野連携の軸 → 11次元のパラダイム

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

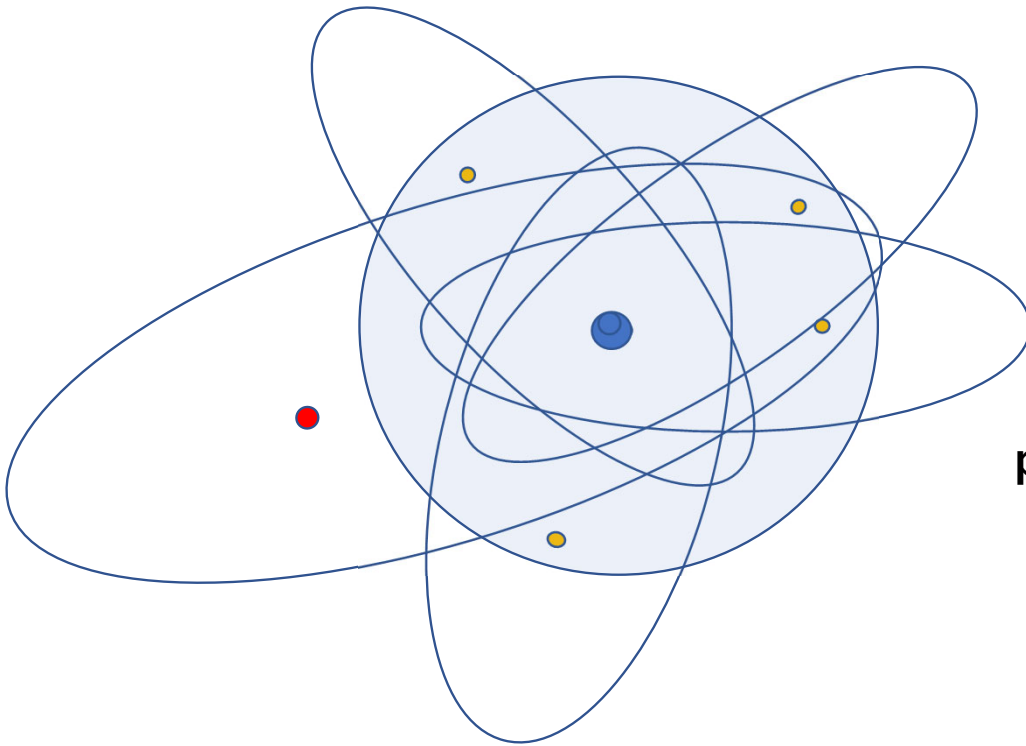


ユニット体制による学際的共同研究の推進

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	プラズマ・物質表面層の物理階層 速度空間ダイナミクス 多階層モデリング 非平衡プラズマの加熱	渦・輸送現象・自己組織化 非平衡開放性と突発現象 有効理論 非線形波動粒子相互作用
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 先進的閉じ込め配位 統合モデリング	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 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 速度空間計測 位相空間構造計測	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 集団性
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 レーザープラズマ相互作用 非等温・非線形・非弾性衝突	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 天体プラズマ 重元素起源 極端紫外・軟X線光源開発
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 微細構造解析
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 環境放射線(能)計測	統計数理モデリング データ駆動 レーザー・光工学 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 基礎/応用プラズマ装置	量子ビーム科学 反物質科学 ミュオン科学 アクション探索 宇宙機
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 低放射化材 燃料増殖材 中性子増倍材 水素同位体挙動 高熱流束 重照射	照射損傷 自己組織化 メソスケール構造 水素超透過 拡散 複合材料
低温	超伝導・低温工学 Applied Superconductivity and Cryogenics	高信頼性 安全性 先進超伝導導体 大型超伝導コイル 極低温流体 高強度・高磁場化	SDGs（省電力） 超伝導応用 極低温流体 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 水素同位体挙動 制御システム 安全解析 ブランケット ハイブリッド電力システム	閉鎖系物質循環 熱化学分解 水素製造 エネルギー貯蔵 エネルギー変換 モデル予測制御

Ellipse model of *aufheben* → strategy of expanding dimension



Reverse input/output

(input → output)

physics knowledge → fusion energy

challenge of fusion → frontier of science



サロン

新しい時代の核融合科学研究所

吉田 善章

YOSHIDA Zensho

核融合科学研究所

(原稿受付：2022年7月12日)

核融合研究は新しい時代を迎えようとしている。その変化に対応するため、いやむしろ変化を先導するために、核融合研（NIFS）は大きな改革を行う。広い学术界の期待を担える共同研究機関として、生まれ変わる。2021年度から、コミュニティーをあげて行っている議論の中間まとめをここに記録し、これからどのような変化を起こそうとしているのかを述べて、より広く深いコミュニケーションを喚起したい。