

2021年8月6日

ユニットテーマ提案書

1. ユニットテーマ

核融合先鋭技術が創るエボリューショントリガー

2. 提案者（氏名・所属）

後藤拓也、柳長門、宮澤順一、田村仁（以上 NIFS）、江原真司（東北大）、近藤正聡（東工大）、森芳孝（光産業創成大）、福本直之（兵庫県立大）、御手洗修（先進フュージョン研）

3. テーマと研究内容の概要

【テーマの意味】 人類活動は地球環境に大きな影響を及ぼしており、既に地質年代としては人類活動の痕跡が検出可能な「人新世」に移行したとみられている。しかし人新世は気候変動・人工廃棄物・生物多様性喪失など人類活動の負の側面に特徴づけられており、恒久的な人類文明の継続と発展のためには、これを超える新たなステージへの飛躍が必要である。本テーマに掲げた「エボリューショントリガー」は、人類が人新世に続く「知生代」へ向けて知的進化するために必要となるキーテクノロジーである、核融合、カーボンニュートラル、フロン・高レベル廃棄物等の有害物質処理、海水淡水化、食料生産、地磁気逆転対策、大規模気候変動対策などを総合した概念である。

【具体的な研究課題】 核融合研究が生み出した先鋭工学技術を具現化し、核融合炉設計におけるゲームチェンジャーを創出するとともに、人類の知的進化のトリガーとなる先鋭工学システムの要素技術の実証を行う。具体的な研究課題の例を以下に示す。

- ・ コンパクト・高効率・高信頼性・低廃棄物量の次世代核融合炉設計
- ・ 下記に代表される先鋭工学システムの技術要素の明確化、物理検討、技術検証、単独実証
 - 大口径・高強度・高電流密度の超伝導マグネットを用いた大空間強磁場生成システム
 - 液体金属・溶融塩等を用いた極限環境・制約条件下での高効率熱除去・熱利用システム、高能率水素同位体回収システム
 - 放射線環境・制約空間下での大型重量物高精度取扱いシステム・遠隔保守用複雑動作システム
 - プラズマを用いた廃棄物分解・分離・再利用システム（CO₂・有害物質の分解・分離、水処理）
 - 効率的な水素製造・貯蔵・利用システム、連続高効率気体分離システム
- ・ 大規模・多要素・多階層工学システムの統合・最適化設計の手法開発

【10年間で達成する目標】 次世代核融合炉の基本設計を完了するとともに、複数の先鋭工学システムについて単独実証を行い、それらの技術成熟度（TRL）を5に高める。また、この単独実証に至る工学実験・シミュレーション解析結果をモデリングし、工学システム設計にフィードバックすることで、核融合炉に代表される大規模・多要素・多階層工学システムの製作・市場導入・管理・運用までを考慮した設計統合・設計最適化のための計算ツールを完成させる。

【予想される成果の学術的な意義】 先鋭工学システムの実証を通じ、学際・複合的分野である総合工学の実践のモデルケースとなる。また社会的要請に応じて有用な人工物や環境を構築する、という従来の工学の枠を超越した、人類の知的進化を促す知識体系を創出する新たな学問体系を生み出す。

4. 位置づけ

【研究課題の背景】核融合炉設計活動・核融合工学研究は種々の設計・解析手法や先鋭技術を生み出してきた。これらの手法・技術を継承、発展させ、人類の知的進化を促す知識体系へと昇華させ、その成果を広く社会還元することも核融合科学研究の重要な役割である。

【関連するテーマとの比較】核融合炉をはじめとする先鋭工学システムを念頭に置いたニーズ駆動かつ工学主体のテーマとして、他のテーマとの相補的な連携が可能である。同じく先鋭技術を扱う宇宙・加速器分野などの分野とは互いの特徴を生かした共同研究開発の展開が期待される。

【特徴、独創性、優位性】核融合炉は極限・限定環境において長期間・高信頼性運転が要求される大規模・多要素・多階層の工学システムという際立った特徴を持ち、このような先鋭工学システムをシステム全体として取り扱うことが研究としての独創性・優位性である。国内外の工学研究の取りまとめとしての役割を担うという点、社会科学分野にも跨る学際的研究を行う点も大きな特徴である。

5. 研究の方法

本テーマでは①先鋭工学システム実験研究と②大規模・多要素・多階層工学システム社会実装研究の2つを柱とした研究を展開する。

①では核融合研（超伝導マグネット研究棟・総合工学実験棟・開発実験棟）及び共同利用・共同研究拠点の工学実験装置を複数組み合わせ活用し、先鋭工学システムの原理実証に必要な各種物理パラメータの取得や数値解析結果の実験検証を行う。必要に応じて既存装置・設備の改造・増設および小型装置の新設も検討する。②では専用の共用計算機環境を整備し、システム設計、性能評価、運転・安全解析、シナリオ分析等の計算ツールのオープンソース化も視野に入れた開発、計算ツールに用いる数値モデル開発のためのシミュレーション研究、開発した計算ツールを統合した設計・開発手法最適化のための数理手法開発の研究を行う。

6. 自己評価

1) 未来志向であること

人類の知的進化を促す先鋭工学システムに関する研究テーマであり、既存の工学概念からの脱却や現在想定 of 物理パラメータ領域からの飛躍的な進展を求める、未来志向の研究テーマである。

2) 目標を具体的に示していること

次世代核融合炉設計については基本設計の完了、先鋭工学システムについては企業などによる本格的な研究開発への展開につながる基礎研究（技術要素の単独実証、TRL=5）段階までの達成を想定しており、目標が明確な研究テーマである。

3) 10年後に学术界に輝くテーマに育つこと

人類の知的進化を促す知識体系の礎を築くことで、工学のみならず関連する自然科学・社会科学分野の学術研究に大きな進展と変化をもたらす。また、カーボンニュートラル社会・水素社会実現への貢献など、10年後の社会にも大きなインパクトをもたらす研究テーマである。

4) 多様な「個人のテーマ」を包摂できること

核融合分野の幅広い研究テーマはもちろんのこと、一般工学分野から社会科学分野まで多岐にわたる分野の研究者の個人のテーマを包摂できる研究テーマである。