

シミュレーション・XR を用いたサイバー空間とフィジカル空間の融合による 人と人工知能の相補的アプローチに基づく究極のクリーンエネルギー創出

① ビジョンの概要

我が国は、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させた社会構想 Society5.0 の実現を通じて、SDGs の達成を目指している。本申請は、SDGs の7番目のゴール「エネルギーをみんなにそしてクリーンに」に関連して、クリーンエネルギー創出を目指す。具体的には、シミュレーション・XR を用いたサイバー空間とフィジカル空間の融合による人と AI の相補的アプローチに基づいて、核融合発電の実現に貢献する。

② ビジョンの内容

国産資源の乏しい我が国は、エネルギー自給率の向上を目指して、再生可能エネルギーやクリーンエネルギーの開発を進めている。その中でも究極のクリーンエネルギーと呼ばれる核融合発電は、各国がその早期実用化に尽力している。日本が参加している超大型国際プロジェクト ITER 計画は、核融合反応によるエネルギー生成が自律的に保持される核燃焼プラズマの実現を目指しており、その性能と挙動に関する信頼性の高い予測が求められる。そこで本申請では、物理モデルを基盤とした核融合プラズマシミュレーションの開発を推進し、既存装置の実験データを対象とした実証研究により信頼性の検証・向上を通じて、核燃焼プラズマの性能と挙動を予測する。これまで、大量のデータの共有・連携や学問分野毎の知識や情報の共有・連携が不十分であったため、高度なデータ処理・解析が有効に行われてこなかった。そこで我々は、学問分野を横断的に俯瞰できるシミュレーションであれば、この問題を包括的に解決できると考えた。具体的には、物理法則やモデルを基盤とした研究、AI によるデータの解析研究、更にそれらを相補的に組み合わせる研究で、実験などの現実データとシミュレーションデータのギャップを埋める。また、得られた出力データを即座に効率よく利用するため、ポスト処理として XR による認知の深化を進める。XR によってサイバー空間とフィジカル空間を融合した新しい世界「サイバermanダラ」で、現実データとシミュレーションデータをリアルタイムに補完し合い、人と AI の相補的アプローチによって、核融合発電の実現に寄与する。

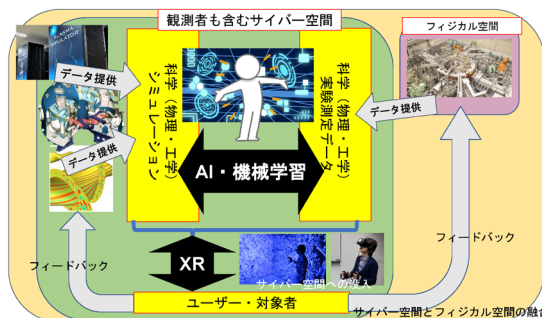


図1 全体の構想

核燃焼プラズマの性能と挙動を予測する。これまで、大量のデータの共有・連携や学問分野毎の知識や情報の共有・連携が不十分であったため、高度なデータ処理・解析が有効に行われてこなかった。そこで我々は、学問分野を横断的に俯瞰できるシミュレーションであれば、この問題を包括的に解決できると考えた。具体的には、物理法則やモデルを基盤とした研究、AI によるデータの解析研究、更にそれらを相補的に組み合わせる研究で、実験などの現実データとシミュレーションデータのギャップを埋める。また、得られた出力データを即座に効率よく利用するため、ポスト処理として XR による認知の深化を進める。XR によってサイバー空間とフィジカル空間を融合した新しい世界「サイバermanダラ」で、現実データとシミュレーションデータをリアルタイムに補完し合い、人と AI の相補的アプローチによって、核融合発電の実現に寄与する。

③ 学術研究構想の名称

サイバermanダラ プロジェクト

④ 学術研究構想の概要

シミュレーションは科学・工学において、実験・理論に次ぐ第3の研究手法として20世紀末から発展してきた。我が国でもスーパーコンピュータの開発と科学・工学の基礎理論の基盤の上に、世界をリードする分野である。このシミュレーションの発展と相補的に、可視化技法の開発も行われてきた。日本シミュレーション学会(JSST)では、昭和56年の設立以来、シミュレーション研究者と可視化研究者に活動の場を提供してきた。本申請では、シミュレーションと可視化に加え、データ科学も連携させることで、実験などの現実データとシミュレーションデータのギャップを埋め、XR 技術による認知の深化で、シミュレーション・現実データをシームレスに繋ぐサイバー空間の実現を目指す。XR によってサイバー空間とフィジカル空間を融合した新しい世界「サイバermanダラ」で、現実データとシミュレーションデータをリアルタイムに補完し合い、人と AI の相補的アプローチによりデータ内部に潜む複雑な構造や相関関係を解明する。具体的には、物理シミュレーションと AI を活用したシミュレーションを推進し、既存装置の実験データを対象とした実証研究によりその信頼性を検証・向上して、核燃焼プラズマの性能と挙動を予測する。



図2 本プロジェクトからの社会的波及効果

本申請では、シミュレーションと可視化に加え、データ科学も連携させることで、実験などの現実データとシミュレーションデータのギャップを埋め、XR 技術による認知の深化で、シミュレーション・現実データをシームレスに繋ぐサイバー空間の実現を目指す。XR によってサイバー空間とフィジカル空間を融合した新しい世界「サイバermanダラ」で、現実データとシミュレーションデータをリアルタイムに補完し合い、人と AI の相補的アプローチによりデータ内部に潜む複雑な構造や相関関係を解明する。具体的には、物理シミュレーションと AI を活用したシミュレーションを推進し、既存装置の実験データを対象とした実証研究によりその信頼性を検証・向上して、核燃焼プラズマの性能と挙動を予測する。

⑤ 学術的な意義

提案の背景：2050年のカーボンニュートラルの実現に向け、クリーンエネルギーとして脱炭素電源、特に

再生可能エネルギーを主電源化させるとともに、基盤エネルギー源として核融合発電も注目されている。また、我が国が実現を目指す Society5.0 では、フィジカル空間の膨大な情報がサイバー空間に蓄積され、サイバー空間ではこのビッグデータを AI が解析し、その結果がフィジカル空間の人間にフィードバックされる。

学術的重要性：このようなグリーンイノベーションと Society5.0 の実現に対して、本提案では人とモノとをつなぐことで新たな価値を生み出すことを試みる。

期待されるブレークスルーと研究成果及び様々な効果(他の学術分野への波及効果を含む)：シミュレーション・AI・XR によるフィジカル空間とサイバー空間の融合により、人類の夢である核融合発電の実現に貢献できると考える。また、XR による解析は、物理・工学系や認知科学、医学など全ての自然科学で不可欠であり、防災・社会科学・情報科学など自然科学以外の分野でも重要な役割を果たす。科学の教育・啓発活動においても、XR 表現法は研究成果を分かりやすく伝える重要な手段であり、本提案は有効性と安全性の評価科学といわれるレギュラトリーサイエンスや人類・社会のウェルビーイングへの貢献も期待できる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

本申請は、シミュレーション・AI・XR 技術の融合による革新的な共同研究により、人類初の核融合実験炉を実現しようとする ITER 計画やトカマク型実験装置 JT-60SA の計画の推進に貢献できる。

現象にまつわるデータを基盤とした、いわゆるデータ駆動型の研究は第4のパラダイムとして広く認知され、様々な産学分野で組織的な研究が AI を活用して進められている。また、XR を含む可視化技術は革新的な進歩がソフト・ハード両面で進んでいる。このような中、本提案は、シミュレーション・AI・XR の融合を図り、新しい研究領域を開拓する。

⑦ 社会的価値

国産資源の乏しい我が国にとって、本申請のクリーンエネルギー創出は SDGs への貢献のみならず、経済的・産業的価値も非常に高い。また、シミュレーション・XR を用いたサイバー空間とフィジカル空間の融合による人と AI の相補的アプローチに基づいて、我々が目指す人と社会との調和が実現すれば、人と AI の統合システム開発が可能となり、世界をリードする知的財産を構築できる。さらに、今後問題となるトリチウムや廃炉問題をサイバー空間でシミュレーションすることで、その安全性評価に貢献する。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール：本提案を実現するため、シミュレーションと XR の2面で並行して研究を展開する。シミュレーションの前半5年は、核燃焼プラズマの性能と挙動の予測を目的として、微視的乱流と巨視的プラズマ現象および帯状流の三者相互作用を計算することが可能なシミュレーションを構築する。後半5年は、前半で得たシミュレーションに基づいて炉心プラズマと周辺プラズマを包含するプラズマ全体のシミュレーションを実現する炉心プラズマ統合シミュレーションを開発する。AI と XR によるデータ分析研究の前半5年は、情報の描画とともに、人による対話操作や AI による自動操作・視覚認知・データ分析を組み合わせ、可視化技術を中心に据えた総合的な視覚的情報分析、並びに視覚の他に聴覚・触覚・嗅覚をも使った多感覚型情報伝達・分析を行い、協調的分析や没入型情報分析手法を実現する。後半5年でシミュレーション側の取り組みと融合させ、知的探求プロセスの体系化を目指す。

実施機関と実施体制：大学共同利用機関である核融合科学研究所を中心機関として、全国の大学、高専の教員が連携して実施する。特に、JSST は、企業からの会員も研究委員会に参加しているため、産官学の多様かつ自由な組み合わせで研究を担っていく。また、同学会では、シミュレーション技法・科学技術の講習会・学習会を開催し、若手研究者や大学院生などの若手育成に力を入れていく。

所要経費：シミュレーションノード群と GPU を搭載したデータ科学ノード群で構成される総理論演算性能 50PFLOPS クラスのスーパーコンピュータシステムを導入する。研究期間の5年経過時に機種更新を実施し、スーパーコンピュータシステムの性能を向上させる。大型の XR 装置の更新は5年経過時に行う。研究推進のためポスドク研究員を雇用する。総経費は 160 億円 (10 年間)、内訳は以下の通りである。スーパーコンピュータ借料 120 億円 (年間 12 億円)、スーパーコンピュータ電気料 30 億円 (年間 3 億円)、XR 装置 3 億円 (年間 1 千万円×複数台)、人件費 ポスドク研究員 7 億円 (年間 700 万円×10 人=7 千万円)。

⑨ 連絡先

藤原 進(京都工芸繊維大学)