

フィジカル空間とサイバー空間を融合した“未来を見る望遠鏡”

① ビジョンの概要

昨今の地球温暖化の環境破壊は人々の未来に対する不安を掻き立てる。その背景には、科学が安心して暮らせる未来像を描き出せないことに一因がある。連結階層計算処理法（MMI アルゴリズム）は未来に生起する自然現象を物理法則に則ってありのままに描き出す機能を持つ。MMI シミュレータと XR を融合した「未来を見る望遠鏡」により、科学的根拠に基づき未来現象を可視化し、人々の科学への信頼を取り戻す。

② ビジョンの内容

本研究戦略は、社会的ビジョンと学術的ビジョンの二つを柱として構成される。社会的ビジョンは、地球温暖化の進行や大規模自然災害の頻発などにより、科学が未来に対する明確で信頼できる展望を示せていないとの不信が広がる現状を踏まえ、物理法則に基づく未来像を提示することで科学への信頼を回復することを目的とする。学術ビジョンは、従来の科学が主として物事の成り立ちを解明してきたのに対し、その解明した物理法則体系を出発点として、「未来の空間」の出来事を解明する研究手段を構築する。これを「未来を見る望遠鏡」と名付ける。

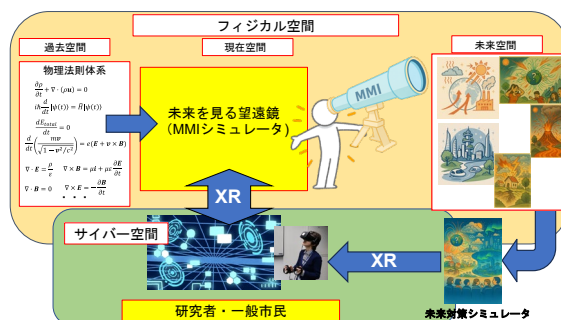


図1 全体構想

本装置は単なるシミュレータではない。その特異性はマクロ階層（現象界）とミクロ階層（粒子界）の世界を自己無撞着に解析できる MMI アルゴリズムを用いることにある。MMI は物理的本質を保ったまま両者を統合し、マクロとミクロが協働して発現する突発現象や異常現象の発展を見ることを可能にする。実際にオーロラ生成過程などの解析を通じてその有効性は実証されている。

本装置は未来の出来事を「フィジカル空間」として見ることができ、XR 技術を用いて「サイバー空間」に映し出すことによって観測者が五感で体験できる機能も備える。加えて、本装置が映し出す自然災害現象を背景データとして、人間の集団行動を模擬する AI 未来対策シミュレーション手法を付加し、一般の市民がその「サイバー空間」で自然現象を自由に体験できる「未来を見る望遠鏡館」を開設する。一般市民が未来対策シミュレータに直接触れることによって科学への信頼向上を図る。

③ 学術研究構想の名称

フィジカル空間とサイバー空間を融合した“未来を見る望遠鏡”

④ 学術研究構想の概要

オーロラや地震を代表とする自然現象では、無限に広がるマクロ空間のエネルギーが特定の領域に流れ込み、その滞留点に集中することで、特異点近傍の粒子群が非平衡状態となり、不安定崩壊を経て蓄積されたマクロエネルギーが爆発的に放出される。この一連の突発的異常現象のプロセスを「爆発仮説」と名づけている。この仮説は、太陽フレア、磁気圏サブストーム、オーロラの出現、積乱雲の発生、地震、火山噴火、地磁気の反転、磁場閉じ込め装置の L/H 遷移やディスラプション、相転移、脳溢血や心筋梗塞などの血流異常現象、細胞間の信号伝達機能不全、タンパク質合成・細胞分裂等々、宇宙空間・気象・固体地球・物性・生命科学のあらゆる自然科学分野に共通する仮説といえる。人間集団が形成する社会においても、戦争や経済恐慌などの突発事象が生じる点で自然の爆発現象と類似の姿を呈する。

本研究基盤は自然科学のみならず、社会科学や人文科学分野にも適用可能な普遍性を有している。分野の違いは、マクロ階層を支配している法則体系とミクロ階層を支配している法則体系がそれぞれ異なっていることである。それぞれの分野の法則体系に適した手法を本研究基盤に組み込むことによって、それぞれの分野の飛躍的な発展に寄与することができる。

⑤ 学術的な意義

提案の背景：従来のシミュレーション研究はマクロとミクロを分離した階層構造として扱い、相互を既知と仮定して解析してきた。しかし、自然界の現象には階層という人工の枠はなく、異なった物性領域にまたがる現象もある。この解析の困難さは自然界は開放系であることからきており、外部エネルギー流入やシス

テムの幾何学形状から局所的非平衡状態が生じ、媒質定数という仮定は成立しない。この課題に応えるものが MMI アルゴリズムであり、本構想の基盤である。

学術的重要性：本研究基盤は、物事のありのままの姿を物理法則に忠実に再現できる機能を備えている。シミュレーションは「非平衡空間」に留まらず、「未来空間」を「予測空間」から「フィジカル空間」へと転換する機能を持ち、観測された複雑な現象を定量的に明かす物理機構解明という従来の受身的立場から、学術を先導する画期的な研究へと昇華できることを意味している。

期待されるブレークスルーと学術成果及びさまざまな効果：本構想は、科学の対象を過去・現在から非平衡空間、さらに未来空間へと広げ、学術分野の閉塞感を打破する。仮定に依らず、物理法則に則って描き出す非平衡科学の研究基盤を提供する。社会科学や人文科学へ波及して、「未来を見る望遠鏡館」を通じて一般市民が未来空間を体験することによって、科学への信頼性と安心感の増大を図る。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

近年、AI やデータ法に基づく未来予測が国内外で広く進展しているが、これらは過去データに基づく統計的予測にとどまり、科学的因果法則に基づく自然現象の再現とは言えない。我が国ではかつてシミュレーション科学で世界を先導したが、計算機開発の潮流の変化により物理法則に立脚したシミュレーション研究は停滞している。本構想は MMI アルゴリズムを基盤に仮定やモデルを排して自然現象を再現し、AI・XR と融合して「未来の空間」と「非平衡の空間」の解明に科学的信頼性をもって挑む革新的枠組みを提示する。

⑦ 社会的価値

「未来を見る望遠鏡館」は子供から高齢者までが自然現象や災害のメカニズムを「サイバー空間」で体験し、科学への信頼回復と科学リテラシー向上に寄与する社会基盤となる。本構想は、科学的根拠に基づいて未来の自然現象を再現する研究基盤であり、「未来の空間」が科学の対象となる学術的転換となる。高性能計算機や可視化技術産業への新しい需要を喚起し、防災・環境政策への科学的根拠を与えるとともに、市民参加型の意思決定を支える基盤を形成して、SDGs 目標 13、11、4 の達成に貢献する。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール：本提案は3段階に分けて推進する。第1段階（初期3年間）では、地磁気の逆転機構やオーロラ電子加速による位相空間の特異構造を代表例として MMI シミュレーションを実行し、MMI アルゴリズムの高度化と汎用化を図るとともに、各自然科学分野の典型的な研究課題の洗い出し、最適アーキテクチャの調査・検討、XR 連携を含むデータ蓄積・可視化基盤技術の開発を進める。第2段階（中期3年間）では、MMI シミュレータが出力する「フィジカル空間」と XR による「サイバー空間」を完成させ、MMI シミュレータのアーキテクチャを決定し、本装置を構築する。併せて、AI によるデータ駆動型手法を取り入れ、リアルタイムで変換するソフトウェア方式の最適化、「サイバー空間」装置への実装、異分野連携体制を拡充する。第3段階（後期4年間）では、学術研究として、宇宙空間、核融合、物性、生命分野の代表的な非平衡現象の具体的解明を実現し、社会の突発現象に対して適用できる MMI アルゴリズムを提案するとともに「未来を見る望遠鏡館」を開設して社会実装と普及を図る。

実施機関と実施体制：日本シミュレーション学会は、シミュレーション科学の普及活動に力を注ぎ、企業からの会員の研究委員会への参加も推奨し、また、講習会等を開催してシミュレーションに関係する人材育成に力を入れている。核融合科学研究所は大学共同利用機関として世界最大級のスーパーコンピュータを骨格とする専用シミュレーション研究用解析装置と世界初の大規模 VR 装置を導入し、世界最高水準の成果を挙げた。本計画は両者を中核にシミュレーション科学を「非平衡の世界」から「未来の世界」へと導く研究課題、計算科学の観点からアルゴリズムの開発、新しい並列化技法などに関する共同研究課題を実施する。

所要経費：試験用スーパーコンピュータ借料 50 億円（10 億円/年×5 年）、「未来を見る望遠鏡」開発費及び借料 300 億円（開発費 200 億円、借料 20 億/年×5 年）、電気料 17.5 億円（1 億 5 千万円/年×5 年+2 億/年×5 年）、XR 装置 2.6 億円（0.2 億/年×4 年+0.3 億/年×6 年）、人件費：特任研究員及びポストドク研究員 9 億円（0.05 億円×4 人×10 年=2 億円、0.07 億円×10 人×10 年=7 億円）。総経費 379.1 億円。

⑨ 連絡先

剣持 貴弘（同志社大学/日本シミュレーション学会）