

⑨ 宇宙の基本法則と進化の解明

概要・意義・必要性

- (1) 必要性の観点: 自然界の基本法則と宇宙の進化過程には多くの謎が残されている。実験・観測だけでは到達できない情報を得るための精密計算や、素粒子から宇宙まで複数の階層にまたがるシミュレーションを実現し、未解決問題を解明できる。
- (2) 有効性の観点: 「京」を通じて計算機科学者、応用数学者との連携体制が確立。更なる成果創出に向けて実験・観測との連携も進んでいる。計算科学を軸として分野を横断し研究手法を超えて連携する世界にも類のない体制が構築されつつある。
- (3) 戦略的活用の観点: ポスト「京」で初めて可能になる精密計算や階層をまたぐ現象の計算を大型実験・観測のデータと合わせることで、計算科学のみならず素粒子・原子核・宇宙物理学全体にわたる物質創成史解明へのブレークスルーが得られる。

内容の詳細

サブ課題A「究極の物理法則と宇宙開闢の解明」

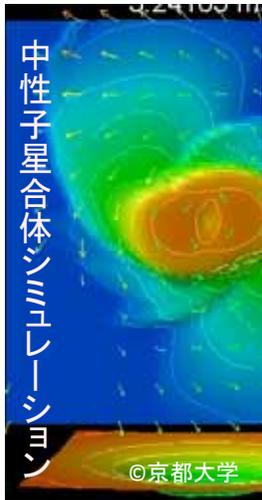
- 素粒子の精密実験と呼応する精密計算を実現し、標準模型を超える物理法則の発見を目指す。実現すれば、素粒子物理全体のブレークスルーとなる。物質と時空の究極理論として期待される超弦理論を解析して、将来的に基本法則の解明につなげる。

サブ課題B「物質創成史の解明と物質変換」

- 元素合成機構を明らかにするため、バリオン間相互作用、原子核の構造・中性子星の形成、超新星爆発・中性子星合体という複数の階層をシミュレーションで橋渡しする。放射性核廃棄物の核変換の基礎的データを与え、社会貢献につなげる。

サブ課題C「現代物理学が紐解く宇宙進化の謎」

- 初代星、銀河、巨大ブラックホールなどの異なる階層をつなぐシミュレーションを実現し、宇宙の進化を明らかにする。



ポスト「京」利用の必要性

- 計算の精密化や複数の階層をまたがる大規模計算を実現するには、「京」の能力を大幅に超える計算量が必要。
- 計算の高速化・効率化を進めて、ポスト「京」の能力により最大限の科学的成果を得られるようにする。
- アプリケーションの内容に応じ、HPCI全体で最適な資源配分の実現を検討。

必要な計算資源 (実行効率を1EFLOPSの15%程度と仮定)
 サブ課題A 60日、サブ課題B (バリオン間相互作用60日／原子核・核変換60日／超新星爆発60日)、サブ課題C 60日、を目安。全300日のうち100日をポスト「京」で、残りは他のHPCI資源の活用を想定。

期待される成果・波及効果

- 素粒子標準理論を超える新しい物理法則の発見や、究極理論の理解に貢献
- 多様な元素が生まれた宇宙における物質創成過程を統一的に理解
- 宇宙進化において天体が階層的に形成された仕組みや、銀河中心に巨大ブラックホールが存在する起源を解明
- 核変換の基礎データ提供を通じて、放射性核廃棄物の削減に向けた社会貢献が可能

重点課題 宇宙の基本法則と進化の解明

● 重点課題 概要

- 素粒子・原子核・宇宙分野にまたがる物質創成史の解明を目指します。素粒子から宇宙まで極端にスケールが異なる現象の精密シミュレーションを実現させ、J-PARC、KAGRA、TMTといった大型実験・観測装置のデータと組み合わせて、宇宙進化の謎に挑みます。
- 素粒子標準模型の検証、超弦理論の探求、素粒子間相互作用や重原子核構造の決定、爆発的天体現象の解明、宇宙進化の解明などを可能にするコード開発を行います。

● ポスト「京」で出来るようになる事

- 小林益川理論を検証し、素粒子標準模型を超える新しい物理法則の手がかりを見つけます。超弦理論シミュレーションによって宇宙開闢の謎に迫ります。
- 重元素合成や核変換反応などの解明を目指します。素粒子反応、原子核の構造と反応、超新星爆発など天体現象をシミュレーションでつなぎます。
- 世界最高分解能の天体疑似カタログを作成し、ニュートリノの分布を計算します。すばる望遠鏡などの観測データと融合したビッグデータ宇宙論を展開します。