

計算基礎科学分野の振興

計算基礎科学連携拠点では、計算科学の研究開発体制を充実させるための様々な研究支援活動を行っています。

また、計算基礎科学に対する信頼度、重要性に対する理解度を上げるために広報活動に取り組んでいます。

月刊 JICFuS



計算基礎科学連携拠点が推進しているプロジェクトに参加している研究者にインタビューを行い、研究の内容について解説するウェブ用記事です。若手からシニアまで幅広い年齢層の研究者に対して、様々な切り口から行っている研究について説明をしていただいています。

月刊 JICFuS ムービー



計算基礎科学連携拠点が推進しているプロジェクトに参加している研究者の紹介ムービー。各研究者の扱っている課題を5分ほどの短い時間でまとめており、Youtube で公開されています。

クォーク・カード・ディーラー

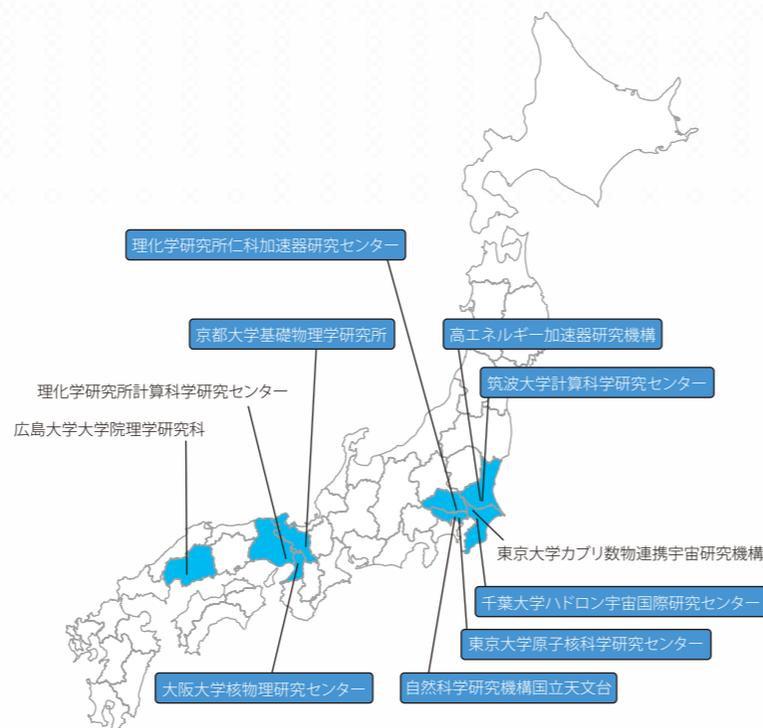


量子色力学 (QCD) の色荷をモチーフにしており、各色に対応するクォークカードを集めてバリオンやメソンと呼ばれる粒子のカードを集めるゲームです。計算基礎科学連携拠点の参加研究機関の一般公開で試遊

計算基礎科学連携拠点

計算基礎科学連携拠点 (Joint Institute for Computational Fundamental Science : JICFuS) は、国内 8 機関により構成されています。これまで「京」など国内のスーパーコンピュータを活用して HPCI 戦略プログラム分野 5 プロジェクトを推進し、素粒子・原子核・宇宙研究および計算基礎科学推進体制構築を行い、ACM ゴードン・ベル賞を受賞するなど多大な成果をあげてきました。

2015 年度から新たにポスト「京」重点課題⑨「宇宙の基本法則と進化の解明」が始まり、さらなる研究成果の創出を目指します。また、計算基礎科学振興として、①計算基礎科学者へのサポート、②計算基礎科学者と計算機科学者の協同の場の提供、③新しい研究分野の創出、を行います。



<https://www.jicfus.jp/jp/>

計算基礎科学連携拠点



Joint Institute for Computational Fundamental Science



科学第3の手法

「計算科学」

科学とは、自然界にひそむ法則を見つけ出し、さまざまな現象を理解し、再現・予測する営みです。これまで人類は、理論と実験(観測)の2つを柱とし、見出した法則を方程式などに表してきました。しかし、素粒子の性質や宇宙の進化といった現象は、方程式が解析的な方法で解けるほど単純ではありません。そのとき助けになるのがスーパーコンピュータです。理論と実験に加え、スーパーコンピュータを用いる「計算科学」が3番目の大きな柱になっています。

宇宙の基本法則と進化の解明

宇宙の歴史は約 138 億年前に、ビッグバンとよばれる超高温・超高密度の状態から始まりました。膨張により温度が下がるにつれて、クォークから陽子や中性子といったバリオンが作られ、その後、陽子と中性子が結合して軽い原子核が生成されていきました。一方で宇宙には、正体不明のダークマターがバリオンの数倍存在するとされています。始めにダークマターが重力により集まって構造を作り、それに引き寄せられて通常のバリオン物質が銀河や星を形成し、現在の姿になったと考えられています。銀河では星が活発に誕生する一方、重力崩壊・超新星爆発などで死滅しています。この過程で、より重い原子核が生まれます。

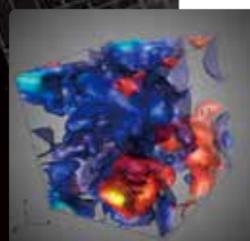
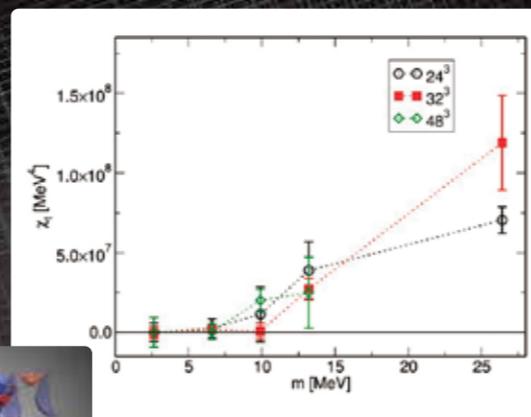
JICFuS では、素粒子から宇宙までの異なるスケールにまたがる現象の精密なシミュレーションを行い、大型実験・観測のデータと組み合わせて、素粒子・原子核・宇宙物理学全体にわたる物質創成史を解明していきます。

素粒子標準模型と超弦理論に挑む

格子 QCD の大規模数値シミュレーションなどにより、素粒子標準模型を検証します。標準模型からのずれが見つければ、新しい物理法則発見の手がかりとなります。検証は、SuperKEKB や J-PARC など素粒子の精密実験と呼応して行います。また超弦理論のシミュレーションにより、宇宙開闢の謎に迫ります。

主な成果

生まれて間もない熱い宇宙が冷える過程で、水が氷になる様な劇的な変化があったかもしれません。現実世界に近いモデルによる格子 QCD の大規模シミュレーションによりそんな可能性も見えてきました。下のグラフは温度が 200 兆 K のシミュレーションで u, d クォーク質量を横軸に、グルーオン場の幾何学的揺らぎを縦軸に取ったものです。今まで分かっていたことがシミュレーションで見えていることは確かで、更なる追求を続けています。



◀ 量子色力学のシミュレーションで得られた真空のクォーク場の様子 (©Guido Cossu)

物質創成史を解き明かす

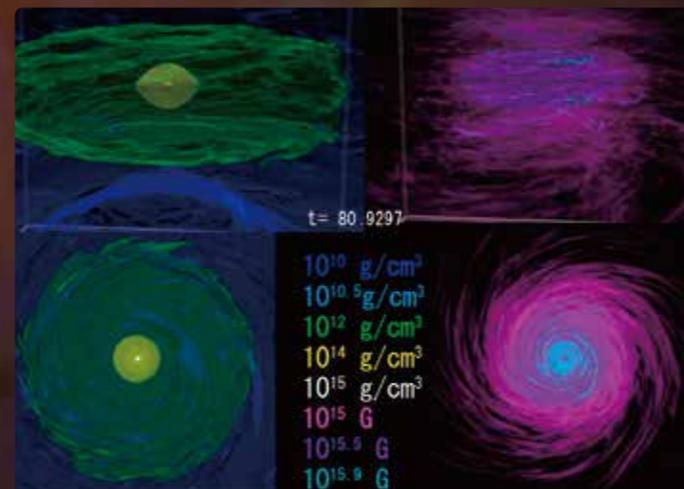
バリオン間相互作用、原子核の構造と反応、超新星爆発・中性子星連星合体という素粒子現象から天体現象までをシミュレーション研究でつなぎます。物質創成・変換過程を理解し、重元素合成など未解決の基礎科学現象の解明を目指します。ポスト「京」と同時期に稼働予定の大規模実験・観測計画(J-PARC、RIBF、KAGRA、TMT など)との連携により、計算科学と実験・観測のポテンシャルを最大限に引き出します。

主な成果

連星中性子星合体後に形成される重い高速回転中性子星の内部状態をシミュレーションした。左図は密度、右図は磁場強度の等値面をあらわしています。

遠心力のため星が歪んでいることがわかると同時に内部では超強磁場が生成され乱流状態になっていることがわかります。

乱流により粘性が生み出され角運動量が輸送され、星の運命を決定することになります。



ビッグデータ宇宙論

宇宙の階層的構造や銀河形成、ブラックホール進化を融合した大規模計算を行い、宇宙はじめての 10 億年の進化過程を明らかにします。すばる望遠鏡などの広域観測データを統計解析し、シミュレーションに必要な宇宙論パラメータを精密決定します。大規模データと観測データを融合したビッグデータ宇宙論を展開し、宇宙進化を解明します。

主な成果

「京」で約 5500 億個のダークマター粒子の重力進化を計算し、一辺 54 億光年の宇宙における現在のダークマター分布を再現しました(背景画像)。右下の拡大図はこのシミュレーションで形成した一番大きい銀河団サイズのダークマターハローです。多くのハローが形成され、その中心には銀河が、さらに銀河中心にはブラックホールが存在していると考えられています。

