



素粒子の新物理探索と非摂動ダイナミクスの研究

自然科学系・物理学領域

大木 洋

准教授 OKI Hiroshi

博士(理学)(京都大学)

■研究キーワード 素粒子現象論,非摂動ダイナミクス,超弦理論,格子場の理論,素粒子論

■主な所属学会 日本物理学会

■研究者総覧 <https://koto10.nara-wu.ac.jp/profile/ja.5575e8bc48a246ed520e17560c007669.html>



研究者総覧

研究概要

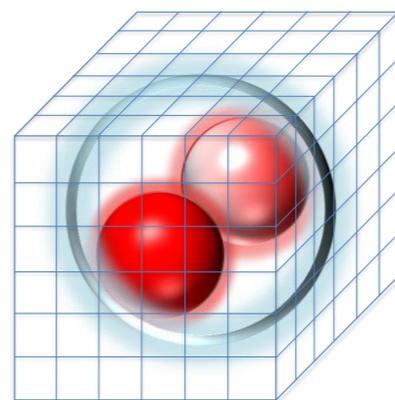
約100年前に誕生した量子力学は現代の科学技術の根幹をなす物理法則であり、またミクロな世界を記述する自然法則でもあります。実際、自然界の最も基本的な力である電磁気力・弱い力・強い力は、素粒子の標準模型と呼ばれる場の量子論(量子力学)の枠組みで説明出来ることが分かっています。しかしながら、その素粒子の標準模型には、

- ・暗黒物質(ダークマター)の候補が存在しない
- ・素粒子の質量の起源(ヒッグス粒子の正体)が分かっていない
- ・宇宙の起源を説明出来ない
- ・重力を記述出来ない

といった様々な問題も存在していることが知られており、標準模型を超えたより基本的な物理法則があるのではないかと考えられており、そのような未知の物理を探求する理論的研究を行っています。



格子場の量子論のモンテカルロ計算に用いる計算機(128ノード、GPU搭載)。



格子場の量子論の概念図。二つの素粒子が結合し、複合ヒッグス粒子を構成する。

アピールポイント

未知の物理法則を探究するうえで、まずは既知の素粒子の標準模型を理解することが重要です。実は、素粒子を記述する場の量子論の枠組みは、豊富な数学的構造を持ち広範な物理現象に有効であると考えられていますが、その複雑さのために具体的に物理量を厳密に計算することが困難であることが分かっています。そのため、これまで摂動計算などの様々な近似計算手法が考案されてきましたが、強い力に対してはその摂動計算が有効ではないため、強い力特有の物理現象を理論的に解明することは困難であり、これは「ヤン-ミルズ方程式の存在と質量ギャップ問題」と呼ばれる数学上の未解決問題としても知られています。

そのため強結合理論については、場の量子論の第一原理計算である格子正則化を用いた量子モンテカルロ計算が重要となってきます。これは時空を格子状に分割することで位相空間を有限自由度に置き換えることに対応し、この格子時空上での素粒子の運動を計算機を用いてシミュレーションすることにより物理量の高精度決定を行い、強い力が引き起こす興味深い物理現象を定量的に理解することが可能です。

また未知の物理現象に関しても、その素粒子模型を格子上で定式化しシミュレーションすることで、標準模型を超えた物理に対する理論的予言が可能となります。例えば複合ヒッグス粒子模型は、質量の起源を説明出来る可能性があり、暗黒物質の候補も存在している魅力的な新物理模型ですが、強結合ダイナミクスが重要であるため、このような新物理模型においてもスーパーコンピュータを用いた計算による研究を行なっています。また相転移現象や宇宙の進化における非摂動的物理現象の量子モンテカルロ計算の研究も行なっており、宇宙論や物性物理への応用も期待されます。