

格子ゲージ理論による重力の量子的性質の解明

Gauge theory and quantum behavior of space-time

加堂大輔

慶應義塾大学 自然科学研究教育センター

1. 研究目的

本研究では、ゲージ重力双対性の予想を格子シミュレーションにより検証し、時空の量子論的な振る舞いの解明をはじめ、様々な物理現象の理解に応用されてきた双対性予想の基礎づけを行うことを目指している。ゲージ重力双対性とは、ゲージ理論と高次元の重力理論が等価であるという理論的予想である[AdS/CFT 対応,1997年 Maldacena]。この予想に基づいて、強結合ゲージ理論を重力側から解析的に解く試み(ホログラフィック QCD etc.)や超弦理論をゲージ理論によって理解しようとする魅力的な研究が精力的に行われてきた。それ故、双対性予想の正しさを検証することは素粒子論領域における重要な課題の一つとなっている。本研究では、マルダセナの AdS/CFT 対応やその低次元版、有限温度版の予想を数値的に検証することを目指している。

2. 研究成果の内容

本年度は、変形された2次元格子理論から4次元 N=4 超対称ヤンミルズ理論を数値計算するためのプログラム開発、サイン問題を解決する計算手法の開発ならびに非自明なトポロジーを持つゲージ理論の解析コードの開発を進めてきた。特に、計算機を利用して、複数のパラメータ領域におけるデータの蓄積やコードのテストを通して、今後より複雑な解析をするため様々な知見を得た。

3. 学際共同利用として実施した意義

本研究課題で進める格子ゲージ理論を用いた重力理論の研究は現在多くの研究者によって精力的に研究が進められている分野であり国際的な競争も激しい。学際共同利用によってスーパーコンピュータを用いた計算を進めることで、国内研究の国際的なプレゼンスを高めると同時に、国際会議の場での成果発表を通して国外の研究者らと有益な交流を行い、多くの研究者らを巻き込む形で新たな研究の発展が期待できる。

4. 今後の展望

本年の研究によって計算プログラムの開発や対象とする物理系特有の問題(いわゆるサイン問題)の解決策のヒントとなるいくつかの知見を得た。また、非自明なトポロジーを持つ背景時空上のゲージ理論の数値的な解析は新しい挑戦であり、積み上げられたノウハウが存在しなかったが、本年の研究で重要な知見をいくつも得ることが出来た。これは、今後の重力の量子的な性質を調べるという目標に向けた大切なステップである。今後は、本年の成果を踏まえて、N=4 超対称ヤンミルズ理論や曲がった空間上のヤンミルズ理論の数値計算を進め、重力の量子論的性質の解明を進めていく。

5. 成果発表

(1) 学術論文

- ・ Numerical analyses of N=2 supersymmetric quantum mechanics with cyclic Leibniz rule on lattice, Daisuke Kadoh, Takeru Kamei, Hiroto So, accepted for publication in PTEP
- ・ Lattice study of supersymmetry breaking in N=2 supersymmetric quantum mechanics, Daisuke Kadoh, Katsumasa Nakayama

(2) 学会発表

- ・ 日本物理学会 2018 年秋季大会, 自発的に超対称性が破れた系の数値的研究, 中山勝政, 加堂大輔, 日本物理学会 2018 年秋季大会, 信州大学、9 月 15 日
- ・ Numerical analysis of supersymmetric quantum mechanics on lattice with cyclic Leibniz rule, 加堂大輔, 亀井武成, 宗博人、日本物理学会 2018 年秋季大会, 信州大学、9 月 15 日
- ・ Supersymmetric Lattice Gauge Theories on Discretized Riemann Surfaces, So Matsuura, 3rd Bangkok Workshop on Discrete Geometry Dynamics and Statistics

使用計算機	使用計算機 に○	配分リソース*	
		当初配分	追加配分
COMA	○	340,000	
Oakforest-PACS	○	470,000	
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			