

研究会番号 : YITP-W-24-08

研究会報告書

研究会名 (日本語) : 場の理論と弦理論 2024
研究会名 (英語) : Strings and Fields 2024
開催日時 : 2024年 8月5日～9日
開催場所 : 基礎物理学研究所 湯川記念館 パナソニック国際交流ホール

[Abstract]

The purpose of the workshop is to stimulate researches in string theory and quantum field theory by bringing together researchers in Japan and providing an opportunity to discuss recent advances in various subjects of these fields. In particular, encouraging experts on different subjects to have discussions and find new ideas is one of our most important goals. Another important aim of this workshop is to provide young researchers with opportunities to give a presentation and communicate with experts on various subjects. This year we had 236 participants, 175 of whom participated on-site while 61 joined remotely via Zoom.

The workshop involved 43 talks (6 invited talks, 34 on-site contributed talks, and 3 online contributed talks) and 25 poster presentations. The invited speakers were Etsuko Ito, Yoichi Kazama, Yuya Kusuki, Shota Komatsu, Mihoko Nojiri, and Masataka Watanabe, who gave clear talks on recent advances in the study of numerical simulations of QFT, an algebraic approach to quantum gravity, an application of non-invertible symmetry to scattering amplitudes, the machine learning technique applied to particle physics, and large charge expansion in QFT, respectively. The topics of the contributed talks covered holography, black hole entropy, string field theory, defects in supersymmetry field theories, branes in string theory, quark confinement, and matrix models.

The participants including 99 young researchers had active discussions on various topics during the workshop. It can be seen from the feedback survey that about 91% found the workshop satisfactory or very satisfactory. We believe these facts to mean that this workshop has successfully achieved the two main goals described above.

[世話人]

<u>氏 名 (Name)</u>	<u>所 属 (Affiliation)</u>	<u>備 考</u>
大森寛太郎	東京大学	
国友浩	京都大学	
酒井忠勝	名古屋大学	
酒谷雄峰	京都府立医科大学	
坂本真人	神戸大学	
杉本茂樹	京都大学	
高柳匡	京都大学	
玉岡幸太郎	日本大学	
立川裕二	東京大学	
新居慶太	水産大学校	
西中崇博	大阪公立大学	代表・連絡責任者
野海俊文	東京大学	
浜中真志	名古屋大学	
疋田泰章	京都大学	
本多正純	京都大学	
丸吉一暢	成蹊大学	
森田健	静岡大学	
山口哲	大阪大学	
吉田健太郎	埼玉大学	

[研究会の目的・趣旨]

場の量子論と弦理論の分野ではこれまで、様々な小テーマに関する研究の進展が両分野全体に広く影響を与え、それにより多くの革新的な発見がなされてきた。例えば「AdS/CFT 対応」と呼ばれる弦理論の双対性の発見により、重力を含まない場の量子論が曲がった時空の重力理論を用いて解析されたり、またブラックホールの性質が共形場理論や位相的場の理論、量子情報理論の手法により解明されるといった具合である。さらに最近では、対称性の概念を拡張した「一般化対称性」を用いることで、場の量子論の様々な問題に示唆を与えられることが明らかになりつつある。これは弦理論や場の量子論の多くの問題が互いに複雑に関係しており、異なる分野の問題が本質的に同じ問題に帰着することが頻繁に起こるためである。

基研研究会「場の理論と弦理論 2024」は、国内の研究者が場の量子論と弦理論の様々なテーマについて広く議論を行える場を提供することにより、このような異なる小テーマ同士の予期せぬ相互作用や、各テーマに留まっていたは気づけない斬新なアイデアの発見を促すことを大きな目標のひとつとして開催された。この目標の達成のために、本研究会では、招待講演者によるレビュートークと、多岐にわたるトピックの一般研究発表を組み合わせることで、参加者同士の接点を最大化する試みが行われている。また、ひとりあたりの一般講演の時間を比較的長めにとった上で、セッション間の休憩時間を多く配置することにより、参加者の活発なディスカッションを促した。このように本研究会では、最近の進展に対する理解を深めるためのレビュートーク・研究発表と、情報交換・専門知識の共有を行うための休憩・ディスカッションを両輪としてうまく組み合わせることにより、全国の研究者が研究の新しいアイデアを探るための場の形成を目指している。

また本研究会のもうひとつの大きな目標は、若手研究者の育成である。特に駆け出しの大学院生にとっては、本研究会で全国の研究者と議論し、最新の研究に触れることが、今後の研究の方向性を見定めるための重要な機会となる。このため、特にポスターセッションでは多くの大学院生に発表の機会を提供し、駆け出しの若手が新たな共同研究の糸口をつかむための場を提供した。また大学院生を含む若手が活発に発表・議論できるように、本研究会では日本語での開催とした。さらに、若い研究者の積極的な参加を促すために、基礎物理学研究所及びその他からご支援をいただき、希望者に対する宿泊費、交通費の補助を行った。

[研究会の成果]

基研研究会「場の理論と弦理論 2024」は、弦理論と場の理論、およびそれに関連する分野における研究の進展の共有を目的として開催された。本研究会は現地と Zoom によるオンラインのハイブリッドで開催し、175 名が現地参加、61 名がオンラインで参加した。昨年度は一昨年度に比べて現地参加者が増加したが、今年度はそこからさらに 46 名の現地参加者が増加しており、本研究会に対する期待の高まりがうかがえる。

なお現地参加者のうち、99 名 (56%以上) がポスドクや学生、76 名がよりシニアの研究者であり、多くの若手に現地参加していただけたと言える。また本年度の女性の現地参加者数については、まだ決して多いとは言えないものの、昨年度と比べて 2.5 倍以上に増加している点は注目に値する。このように、参加者に占める「若手・シニア」および「男女」のバランスが過去に比べて改善しているのは、どちらの意味でも偏りのない招待講演者 6 名を選出した成果であると考えられる。

研究発表は、合計で 6 つの招待研究発表、34 の現地口頭発表、3 つのオンライン口頭発表、25 の現地ポスター発表が行われた。特にポスター発表者のうち 24 名は大学院生であり、多くの若手研究者に発表の機会を提供することができた。

今年度の招待研究発表は、伊藤悦子氏、風間洋一氏、楠亀裕哉氏、小松尚太氏、野尻美保子氏、渡邊真隆氏の 6 名の招待講演者の方々に依頼した結果、それぞれの専門分野における最近の進展について丁寧な解説をいただくことができた。これら招待研究発表の目的は、最近の重要なトピックを多くの参加者、とりわけ若い研究者たちに共有していただくことによって、参加者が今後の研究のアイデアや糸口をつかむ機会を生み出すことにある。

伊藤悦子氏 (京大基研・理研 iTHEMS) は、近年目覚ましい発展を遂げているハミルトニアン形式の場の理論の数値計算法について、その重要性と有用性だけでなく、非可換ゲージ理論や高次元への応用など、現在どのような問題が焦点となっているかについても非常にわかりやすいレビューをしてくださった。また風間洋一氏 (立教大・東京大) は、近年注目されている von Neumann 代数を用いた量子重力理論の考察について、基礎的な事柄の解説から最新の発展までを、今後期待される方向性まで含めて明快に解説してくださった。特に量子重力で **split property** が成り立たない可能性があることの重要性について解説をいただいた。さらに楠亀裕哉氏 (九州大) は、2 次元の **Boundary CFT** および **Interface CFT** の最近の発展について、わかりやすい解説をしてくださった。特

に共形ブーツストラップと AdS/CFT という 2 つの手法がこれらの CFT の解析にどのように用いられるかについて、具体的な計算まで含めた詳しい解説をいただいた。そして小松尚太氏 (CERN) からは、近年注目されている非可逆的対称性が場の理論の散乱振幅にどのような示唆を与えるかに関して、非常にわかりやすい解説をしていただいた。特に、非可逆的対称性を用いて **modified crossing symmetry** をどのように特定できるかについて明快な解説をいただいた。また野尻美保子氏 (KEK) からは、深層学習の発展が素粒子物理学の実験と理論にどのような影響を与えているかについて、包括的な解説をいただいた。特に素粒子実験のデータ生成・解析において、深層学習による革新的進展が起こりつつあることを、**Transformer** 等の最新技術の本質にも触れつつ明快に解説していただいた。最後に渡邊真隆氏 (名古屋大) は、強結合な共形場理論の性質を **large charge** 展開により解析する手法に関して、具体的な計算を交えた解説をしてくださった。特に、鞍点周りの有効作用の構成法とそれにより得られる **scaling dimension** への補正の計算法について詳しい解説をいただいた。

また一般講演においては、招待講演に直接関連したトピックに加えて、ホログラフィ、弦の場の理論とホモトピー代数、ブラックホールエントロピー、超対称場の理論のディフェクトや弦理論のブレーン、クォークの閉じ込め、行列模型の最近の進展など多岐にわたるテーマが取り上げられた。その結果、ほぼ全ての口頭発表において非常に活発な質疑応答があり、またポスターセッションでは、部屋に入りきれないほどの参加者がポスターの周りに集まり活発な議論を行った。このような多様なトピックに関する議論により、国内の研究者同士の知識の共有と新しい視点の提供がなされたと考えられる。

講演には非常に多くの質問が寄せられ、初日から最終日まで活発なディスカッションが行われた。特に休憩時間には、パナソニックホール前のサロンにおいて参加者同士のディスカッションが絶えず行われ、当初の計画以上に異なる分野の研究者の活発な交流・情報共有が実現した。またこれにより、若手を含む多くの参加者に新しい知見や視点を提供することができ、今後の業界の活性化と若手育成に大きく貢献できたと考えられる。特に多くの若手研究者・女性研究者の参加・発表があったことは大きな成果である。

なおアンケートによると、約 91% の参加者が本研究会を「満足」または「かなり満足」と評価してくださっており、参加者の満足度も非常に高かったと考えられる。アンケートで挙げていただいた改善点や要望については、今後、本研究会シリーズをより良くするために活用したい。