

場の量子論・素粒子論研究室

三角 樹弘 准教授

学部生 6 名

研究指導委託 博士 1 名 修士 3 名

研究の概要

- **リサージェンス理論を用いた相転移現象の解明**

リサージェンス理論とは場の量子論の摂動級数をボレル変換・ボレル和により再定義することで非摂動効果の解析を行う体系を指す。我々は、場の量子論における相転移現象が、摂動的ボレル変換が持つ特異点の衝突と散乱として記述されること、さらに相転移次数が衝突する特異点の数と散乱角から読み取れることを一般的に証明した。この成果は、摂動級数のみから相転移現象を理解できることを示した初めての結果であり、素粒子論から物性論まで幅広い分野で応用が進むものと考えられる。(PTEP, 2021, 103B04)

- **グラフ理論の観点に基づく格子場の理論の理解**

格子場の理論は時空間を格子化し、素粒子に対応する変数である「場」を格子上に定義することで、数学的に厳密に場の量子論を定式化する理論である。我々は、格子場の理論を代数学におけるグラフ理論として捉え直せることを発見し、格子理論の諸々の問題をグラフ理論の問題に焼き直すことが可能であることを示した。中でも、格子理論におけるダブラーと呼ばれる自由度数が、グラフの位相幾何学的不変量として得られることなど、格子理論への新しい知見の獲得につながっている。(JHEP, 2022(02), 104)

- **Exact-WKB 法を用いた周期ポテンシャル量子系の厳密量子化条件の導出**

Exact-WKB 法は代数解析学におけるシュレディンガー型の固有値方程式をストークスグラフと呼ばれる図を用いて求める手法であり、我々の研究グループを中心に近年物理現象への応用研究が進んでいる。ここでは、さまざまな物理現象で登場する周期ポテンシャルを持つ量子力学系にこの手法を応用し、エネルギー固有値や分配関数を導出するための厳密な量子化条件の導出、さらに摂動的寄与の非摂動寄与の関係(リサージェンス関係)の解明に成功した。(JHEP, 2021(07), 096)

メディア掲載

- 「Understanding Phase Transitions in Supersymmetric Quantum Electrodynamics With Resurgence Theory」

JPS HOT Topics No.1, 063 (2021)
DOI:10.7566/JPSHT.1.063

学術論文 (査読付)

1. “Lattice fermions as spectral graphs”
Jun Yumoto, Tatsuhiko Misumi
Journal of High Energy Physics, **2022**(02), 104 (2022) (2月号)
DOI:10.1007/jhep02(2022)104
2. “Effective field theory of magnons: Chiral magnets and the Schwinger mechanism”
Masaru Hongo, Toshiaki Fujimori, Tatsuhiko Misumi, Muneto Nitta, and Norisuke Sakai
Physical Review B, **104**(13), 134403 (2021) (10月号)
DOI:10.1103/physrevb.104.134403
3. “Quantum phase transition and resurgence: Lessons from three-dimensional $N=4$ supersymmetric quantum electrodynamics”
Toshiaki Fujimori, Masazumi Honda, Syo Kamata, Tatsuhiko Misumi, Norisuke Sakai, Takuya Yoda
Progress of Theoretical and Experimental Physics, **2021**(10), 103B04 (2021) (10月号)
DOI:10.1093/ptep/ptab086
4. “Exact-WKB, complete resurgent structure, and mixed anomaly in quantum mechanics on S^1 ”
Naohisa Sueishi, Syo Kamata, Tatsuhiko Misumi, Mithat Unsal
Journal of High Energy Physics, **2021**(07), 096 (2021) (7月号)
DOI:10.1007/jhep07(2021)096

国際学会・研究会講演

1. Tatsuhiko Misumi (presenter)
「Application of resurgence theory to quantum theories」
RIMS online workshop ”Exact WKB Analysis, Microlocal Analysis, Painleve Equations and Related Topic” Research Institute for Mathematical Sciences, Kyoto University [12 Oct. 2021]

2. Tatsuhiko Misumi (presenter)
「Applications of Resurgence Theory to Quantum Theories: ZN-twist, Exact-WKB and Phase Transition」
”Applicable resurgent asymptotics: Summary meeting” Isaac Newton Institute of Mathematical Sciences, University of Cambridge [17 Jun. 2021]

国内学会・研究会講演

1. 湯本純 (presenter), 三角樹弘
「グラフ理論に基づいた格子 Dirac 演算子の新たな解析方法と S4 上における格子 fermion の解析」
日本物理学会 第 77 回年次大会, 講演番号 15pA533-9, オンライン [Mar. 2022]
2. 湯本純 (presenter), 三角樹弘,
「グラフ理論に基づいた格子 Dirac 演算子の新たな解析方法」
第 26 回奥羽越素粒子研究会, オンライン [Nov. 2021]
3. 湯本純 (presenter), 三角樹弘,
「spectral graph theory を用いた格子 Dirac 演算子の新たな解析方法」
基研研究会 素粒子物理学の進展 2021, 京都大学基礎物理学研究所 オンライン [Sep. 2021]
4. 三角 樹弘 (presenter)
「S1 コンパクト化とトーフト量子異常」
基研国内モレキュール型研究会「周期駆動系におけるカイラル量子異常」京都大学基礎物理学研究所 [8 Aug. 2021]
5. 三角 樹弘 (presenter)
「リサージェンス理論で挑む量子非摂動現象の解明」
広島大学 第 64 回 (2021 年度第 2 回) Core-U セミナー [16 May. 2021]

競争的外部資金

- 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 2019 年度-2022 年度「量子異常・リサージェンス・格子理論を組み合わせた非摂動解析」 19K03817
研究代表者:三角 樹弘 直接経費 800,000 円 (2021 年度)

学内委員

- 理工学部図書広報委員会委員、SNS 小委員会委員長（後期）
- 物理学コースオープンキャンパス係（前，後期）

学外委員

- 文部科学省 学術変革領域研究 (A) 専門委員会審査委員
- ケンブリッジ大学ニュートン研究所 プラグラム世話人 「Applicable resurgent asymptotics: towards a universal theory 」
- 日本学術振興会 特別研究員等審査会専門委員，卓越研究員候補者選考員会書面審査委員及び国際事業委員会書面審査委員・書面評価委員