#### 研究成果報告書 科学研究費助成事業

今和 6 年 5 月 2 3 日現在

機関番号: 12601

研究種目: 基盤研究(C)(一般)

研究期間: 2019~2023

課題番号: 19K03820

研究課題名(和文)場の理論における創発する対称性の研究

研究課題名(英文)Emergent Symmetries in Quantum Field Theories

#### 研究代表者

山崎 雅人 (Yamazaki, Masahito)

東京大学・カブリ数物連携宇宙研究機構・教授

研究者番号:00726599

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文):伝統的な物理学では対称性はエネルギーが低くなるについて破れていくが,逆に対称性が創発していく場合もあることが知られている.本研究では,数理的な手法を駆使して,超対称性と呼ばれる時空の対称性の創発のよりよい理解を目指した.具体的には筆者らにより構成された超対称性が低次元で創発する例が知られているが,これらの理論から位相的場の理論を構成することを示した.一方,理論自体に対称性がなくても,超対称場の理論のBPSセクターを考えることでヤンギアンと呼ばれる無限次元の対称性が創発する現象についても系統的に調べ,その可積分構造と場の理論の対応が通常の意味では成り立たない例の存在を世界で 初めて示した.

研究成果の学術的意義や社会的意義 対称性が創発する現象自体は我々の世界の理解の根源に関わる極めて基礎的な問題である。本研究ではこの問い に対して,具体的な超対称場の理論を考え,さらに超対称局所化や可積分などの数理的手法を併用して迫り,結 果として数理的構造である位相的場の理論のデータ(モジュラーテンソル圏)や可積分系(ヤンギアン)などを 同定するに至った。さらにホログラフィーのアンサンブル平均において対称性が創発する現象も議論した。これ らの成果は,物理学であるのについての根源のな問いと最先端のテクニックや数理を関係づける可能性を明示し てみせたものであり,将来におけるさらなる研究のための雛形になるものであると考えている.

研究成果の概要(英文): While more symmetries are broken as we lower the energy scale of the theory in most of the examples we know, it is known that there are some exceptional cases where symmetries emerge. In this research, we aimed for better understanding of emergence of symmetries by combination of physical and mathematical methods. More concretely, we started with examples of theories with emergent supersymmetries in the low energies (originally discovered by author and collaborators), and constructed topological quantum field theories by taking appropriate limits of the supersymmetric partition functions. We also discussed emergence of Yangian-type infinite-dimensional symmetries in the BPS sectors of supersymmetric field theories, and constructed for the first time examples where the proposed correspondence between integrable models and quantum field theories break down. We moreover discussed examples of emergent global symmetries in the discussion of ensemble averages in holography.

研究分野: 素粒子理論

キーワード: 対称性の創発サンブル平均 超対称場の理論 位相的場の理論 頂点作用素代数 可積分系 ホログラフィー アン

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等に ついては、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

#### 1.研究開始当初の背景

伝統的な物理学において,エネルギースケールが低くなるにつれ,対称性はどんどん破れていくのが一般的である.しかし,これとは逆に対称性が低エネルギーで創発する可能性があることが知られている.それでは,対称性の創発は,単に偶然に起こる現象なのだろうか,それとも何か理由があって,あるパターンを持ちより普遍的に起こる現象なのだろうか?この根源的な問題に数理的な手法を駆使して迫りたいというのが本研究開始時の動機である.

#### 2.研究の目的

本研究では,上記の問いに対する一定の手がかりを見つけることを目指す.特に場の理論において対称性(例えば超対称性)が創発する現象を,具体例の構成および一般論の探究により系統的に研究し,そのパターンを探る.この際,著者自身が長年研究してきた解析的・数値的なツール(例えば 超対称局所化,共形ブートストラップ,超弦理論からの実現,ホログラフィーなど)を組み合わせて場の理論に応用することで定量的かつ精緻な議論が可能になる.

## 3.研究の方法

筆者と共同研究者である Dongmin Gang 氏が 2018 年のプレプリントで見つけた超対称性(時空の対称性)が創発する例を研究の出発点とする.この理論は時空の3次元の理論であり,高エネルギーつまりラグランジアンで二つの超対称性のみを持つが,筆者らの議論により低エネルギーでは実は四つの超対称性を持つことの証拠が複数得られている.一方,仮に四つの超対称性が存在するのならば,対応して位相的ツイストという操作を考え,超対称場の理論から位相的場の理論を得ることができると考えられる(一般に四つの超対称性がある場合は A ツイストと B ツイストが考えられるが,両者はミラー対称性で関連しているので,一般のゲージ理論全てを考えるのならば片方だけ考えれば良い.ここではAツイストを考える).つまり,超対称性が創発する理論から出発して何らかの操作で位相的場の理論のデータが取り出せると期待できる.

## 4.研究成果

本研究の成果は多岐にわたるが,本報告書の便宜上,そのうち特に重要と考えられるもののいくつかを以下では紹介する.

(1)上記「研究の方法」で述べた筆者らにより構成された超対称性が創発する場の理論の例は,3次元のN=4超対称性を持つのみならず,その真空のモジュライ空間が(クーロン枝,ヒッグズ枝ともに)0次元である(つまり「ランク0」である)という性質を持つ.これらの理論に対して,筆者と韓国のグループとの国際共同研究である2021年の論文JHEP 2021, 158 (2021)において,筆者らは理論の超対称分配関数に極限操作を施すことで位相的場の理論のデータを復元できることを発見した.また具体的を調べることでこうして得られた位相的場の理論の定義データはユニタリーではないが,ユニタリーなデータから数論的な操作であるガロア共役をとることにより得られることを示した.これは超対称性の創発と超対称局所化,位相的場の理論などを巻き込んだ興味深い成果であり既に関連論文も世界の複数のグループでなされるに至っている.

(2)(1)に述べた研究においては、3次元 N=4の超対称性を持つ場の理論のうち、特にランクが 0である理論から出発すれば、ユニタリーではない位相的場の理論が得られるという成果を JHEP に発表した.しかし、「そもそもなぜ位相的場の理論が得られるか」の詳細については謎なところも多かった.一般に超対称場の理論から位相的場の理論が得られるときにはしばしば位相的なツイストという操作を経ることが多いので、我々の昨年度の成果を超対称場の理論のツイストそのものとして理解できないかと問うことは自然である。 そこで本研究の終盤では 3次元 N=4 理論のツイストから得られる位相的場の理論について系統的に調べた.特に非可換ゲージ群の場合に、位相的場の理論の境界に現れる頂点作用素代数を構成し、それらと真空のモジュライ空間( 箙多様体 )との関連や自由場表示について調べた(博士研究員の Ioana Coman、Myungo Shim、Yehao Zhou 氏とのプレプリント arXiv:2312.13363 [hep-th]を発表済み、現在査読中.)これらの成果は筆者により 2023 年度より開始した基盤 Bの研究ともつながっていくものである.

(3)上記(2)に関連して,我々が議論したランク0の場の理論は4次元N=4の超対称性をもつ場の理論の境界に現れる理論であることが筆者らの2011年の論文によって示されているので,4次元N=4理論のツイスト,またその境界を考えることは自然である.近年,4次元N=4理論の境界の境界から無限次元代数が現れることが示されており,2019年の筆者とWei Li 氏の論文で

は対応する代数(箙ヤンギアン)が同定された.従って,箙ヤンギアンそのものについて研究することは本研究の文脈でも重要である.そこで筆者は箙ヤンギアンの研究を更に進め,その一環として超対称場の理論と位相的場の理論の関係として昔から知られて いるゲージ・ベーテ対応が箙ゲージ理論の場合に成り立つかどうかを系統的に調べた.まず,カイラルではない箙(矢印とその逆向きがある箙)の場合にはゲージ・ベーテ対応が成り立つことを示した.次に,カイラルな箙の場合には(ある仮定のもとで)ゲージ・ベーテ対応が成り立たないことを示した(JHEP 11,119 (2022)).

ゲージ・ベーテ対応は Nekrasov と Shatashvi I による 2008 年以来盛んに研究されてきており,関連論文は 500 を超えるが,これまでの論文はゲージ・ベーテ対応を確認・導出するにとどまっており,ゲージ・ベーテ対応が成り立たないことを具体的な代数を用い正確な証明により示したのは世界でも初である.特に,後者の 否定的結果はこれまで多くの研究者が予想していなかったことであり,ゲージ・ベーテ対応の歴史に残る成果になったと自負している.

(4)本研究の進展は目覚ましく、その問題意識は単に超対称性の創発という問題を超え、より一般の対称性の創発を議論する方向へと拡大をみせた。例として、上記(1)-(3)で議論したような位相的場の理論のもっとも簡単な例であるアーベリアンのチャーン=サイモンズ理論がバルク理論である設定において最新のホログラフィーの成果を取り入れた論文をカブリ IPMUのポスドクらと共に発表しており(JHEP 2021, 44 (2021))、更にはこの設定においてホログラフィーのアンサンブル平均における創発する対称性について研究を行った(博士研究員 Meer Ashwinkumar および Jacob Leedom 氏とのプレプリント arXiv:2305.10224 [hep-th]を発表、現在査読中).このように、当初計画を大きく越えた成果が得られたことは特筆に値する.

# 5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件(うち査読付論文 12件/うち国際共著 9件/うちオープンアクセス 9件)

<u> 【 雑誌論文 】 計12件(うち査読付論文 12件 / うち国際共著 9件 / うちオープンアクセス 9件</u>	
1.著者名	4 . 巻
Dmitry Galakhov, Wei Li, Masahito Yamazaki	110
Dilitty Galakilov, Wel Li, Wasailito Taliazaki	110
2 . 論文標題	5.発行年
Gauge/Bethe correspondence from quiver BPS algebras	2022年
	·
3 . 雑誌名	6.最初と最後の頁
JHEP	119
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10.1007/JHEP11(2022)119	有
10.1007/JnEF11(2022)119	[
	Control II att
オープンアクセス	国際共著
オープンアクセスとしている(また、その予定である)	該当する
• 2	1
1 . 著者名	4.巻
Masahito Yamazaki	64
2.論文標題	5.発行年
	2023年
Quiver Yangians and Crystal Melting: A Concise Summary	20234
3.雑誌名	6.最初と最後の頁
J. Math. Phys.	11101
·	
	本柱の左便
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10.1063/5.0089785	有
オープンアクセス	国際共著
	日际八日
オープンアクセスとしている(また、その予定である)	-
1.著者名	4.巻
Dmitry Galakhov, Wei Li, Masahito Yamazaki	2022
Smirry daraktion, not 21, madain to ramazakt	·
2.論文標題	F 延仁左
	5 . 発行年
Toroidal and Elliptic Quiver BPS Algebras and Beyond	2022年
3 . 雑誌名	6.最初と最後の頁
JHEP	24
JHEF	24
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10 . 1007/JHEP02(2022)024	有
10.1007/JHEP02(2022)024	有
オープンアクセス	国際共著
オープンアクセス	国際共著
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) 1.著者名	国際共著 該当する
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) 1 . 著者名 Dmitry Galakhov, Wei Li, Masahito Yamazaki	国際共著 該当する 4 . 巻 2022
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) 1.著者名	国際共著 該当する
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) 1 . 著者名 Dmitry Galakhov, Wei Li, Masahito Yamazaki 2 . 論文標題	国際共著 該当する 4 . 巻 2022 5 . 発行年
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) 1 . 著者名 Dmitry Galakhov, Wei Li, Masahito Yamazaki	国際共著 該当する 4 . 巻 2022
オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Dmitry Galakhov, Wei Li, Masahito Yamazaki  2 . 論文標題 Toroidal and Elliptic Quiver BPS Algebras and Beyond	国際共著 該当する 4 . 巻 2022 5 . 発行年 2022年
オープンアクセス  オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Dmitry Galakhov, Wei Li, Masahito Yamazaki  2 . 論文標題 Toroidal and Elliptic Quiver BPS Algebras and Beyond  3 . 雑誌名	国際共著 該当する 4 . 巻 2022 5 . 発行年 2022年 6 . 最初と最後の頁
オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Dmitry Galakhov, Wei Li, Masahito Yamazaki  2 . 論文標題 Toroidal and Elliptic Quiver BPS Algebras and Beyond	国際共著 該当する 4 . 巻 2022 5 . 発行年 2022年
オープンアクセス  オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Dmitry Galakhov, Wei Li, Masahito Yamazaki  2 . 論文標題 Toroidal and Elliptic Quiver BPS Algebras and Beyond  3 . 雑誌名	国際共著 該当する 4 . 巻 2022 5 . 発行年 2022年 6 . 最初と最後の頁
オープンアクセス  オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Dmitry Galakhov, Wei Li, Masahito Yamazaki  2 . 論文標題 Toroidal and Elliptic Quiver BPS Algebras and Beyond  3 . 雑誌名	国際共著 該当する 4 . 巻 2022 5 . 発行年 2022年 6 . 最初と最後の頁
オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Dmitry Galakhov, Wei Li, Masahito Yamazaki  2 . 論文標題 Toroidal and Elliptic Quiver BPS Algebras and Beyond  3 . 雑誌名 JHEP	国際共著 該当する 4 . 巻 2022 5 . 発行年 2022年 6 . 最初と最後の頁 24
オープンアクセス	国際共著 該当する 4 . 巻 2022 5 . 発行年 2022年 6 . 最初と最後の頁 24
オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Dmitry Galakhov, Wei Li, Masahito Yamazaki  2 . 論文標題 Toroidal and Elliptic Quiver BPS Algebras and Beyond  3 . 雑誌名 JHEP	国際共著 該当する 4 . 巻 2022 5 . 発行年 2022年 6 . 最初と最後の頁 24
オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Dmitry Galakhov, Wei Li, Masahito Yamazaki  2 . 論文標題 Toroidal and Elliptic Quiver BPS Algebras and Beyond  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP02(2022)024	国際共著 is 当する  4 . 巻 2022  5 . 発行年 2022年  6 . 最初と最後の頁 24  査読の有無 有
オープンアクセス  オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Dmitry Galakhov, Wei Li, Masahito Yamazaki  2 . 論文標題 Toroidal and Elliptic Quiver BPS Algebras and Beyond  3 . 雑誌名 JHEP	国際共著 該当する 4 . 巻 2022 5 . 発行年 2022年 6 . 最初と最後の頁 24
オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Dmitry Galakhov, Wei Li, Masahito Yamazaki  2 . 論文標題 Toroidal and Elliptic Quiver BPS Algebras and Beyond  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP02(2022)024	国際共著 is 当する  4 . 巻 2022  5 . 発行年 2022年  6 . 最初と最後の頁 24  査読の有無 有

1 英字句	
1.著者名	4.巻
Dmitry Galakhov, Wei Li, Masahito Yamazaki	2021
bilitry darakilov, nor Er, masairre ramazaki	202.
2 . 論文標題	5 . 発行年
Shifted Quiver Yangians and Representations from BPS Crystals	2021年
difficult duriver rangians and representations from bio orystats	2021—
3.雑誌名	6.最初と最後の頁
JHEP	146
JILI	140
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10.1007/JHEP08(2021)146	有
オープンアクセス	国際共著
オープンアクセスとしている(また、その予定である)	該当する
3 7777 EXECUTIVE ( & & CO) X COO )	M = 7 0
1.著者名	4.巻
Meer Ashwinkumar, Matthew Dodelson, Abhiram Kidambi, Jacob M. Leedom, Masahito Yamazaki	2021
moor Asim Hitaliar, watthew bouerson, Abilitam Middill, Jacob W. Leedon, Wasaiillo TallidzdKi	2021
2.論文標題	5.発行年
Chern-Simons Invariants from Ensemble Averages	2021年
OHETH-STINOTS THVATTAITS TOUL CHSCHIDTE AVELAGES	20214
3.雑誌名	6.最初と最後の頁
JHEP JHEP2021, 44 (2021	44
JILI JILI 2021, 44 (2021	***
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10.1007/JHEP08(2021)044	有
オープンアクセス	国際共著
· · · · · · = · ·	
オープンアクセスとしている(また、その予定である)	該当する
1 . 著者名	4 . 巻
	_
Dongmin Gang, Sungjoon Kim, Kimyeong Lee, Myungbo Shim, Masahito Yamazaki	2021
, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	===:
3 2 3, 2 3, 2 7 , 3 2 7 , 5 3 2 7 , 2 2 7	
2 . 論文標題	5.発行年
2 . 論文標題	5.発行年
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs	5.発行年 2021年
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs	5.発行年 2021年
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158  オープンアクセス	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158  オープンアクセス	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158  オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有 国際共著 該当する
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158  オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有 国際共著 該当する
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158  オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有 国際共著 該当する
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158  オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有 国際共著 該当する
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158  オープンアクセス  オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Gang, D., Yamazaki, M	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有 国際共著 該当する
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158  オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Gang, D., Yamazaki, M  2 . 論文標題	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 2020 5 . 発行年
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158  オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Gang, D., Yamazaki, M  2 . 論文標題	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有 国際共著 該当する
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158  オープンアクセス  オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Gang, D., Yamazaki, M	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 2020 5 . 発行年
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158  オープンアクセス  オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Gang, D., Yamazaki, M  2 . 論文標題 Expanding 3d N = 2 theories around the round sphere	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 2020 5 . 発行年 2020年
2. 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3. 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158  オープンアクセス  オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1. 著者名 Gang, D., Yamazaki, M  2. 論文標題 Expanding 3d N = 2 theories around the round sphere  3. 雑誌名	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 2020 5 . 発行年 2020年 6 . 最初と最後の頁
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158  オープンアクセス  オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Gang, D., Yamazaki, M  2 . 論文標題 Expanding 3d N = 2 theories around the round sphere	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 2020 5 . 発行年 2020年
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158  オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Gang, D., Yamazaki, M  2 . 論文標題 Expanding 3d N = 2 theories around the round sphere  3 . 雑誌名	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 2020 5 . 発行年 2020年 6 . 最初と最後の頁
2. 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3. 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158  オープンアクセス  オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1. 著者名 Gang, D., Yamazaki, M  2. 論文標題 Expanding 3d N = 2 theories around the round sphere  3. 雑誌名	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 2020 5 . 発行年 2020年 6 . 最初と最後の頁
2.論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3.雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158  オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1.著者名 Gang, D., Yamazaki, M  2.論文標題 Expanding 3d N = 2 theories around the round sphere  3.雑誌名 JHEP	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 2020 5 . 発行年 2020年 6 . 最初と最後の頁 102
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158  オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Gang, D., Yamazaki, M  2 . 論文標題 Expanding 3d N = 2 theories around the round sphere  3 . 雑誌名 JHEP	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 2020 5 . 発行年 2020年 6 . 最初と最後の頁
2.論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3.雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158  オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1.著者名 Gang, D., Yamazaki, M  2.論文標題 Expanding 3d N = 2 theories around the round sphere  3.雑誌名 JHEP	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 2020 5 . 発行年 2020年 6 . 最初と最後の頁 102
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158  オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Gang, D., Yamazaki, M  2 . 論文標題 Expanding 3d N = 2 theories around the round sphere  3 . 雑誌名 JHEP	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 2020 5 . 発行年 2020年 6 . 最初と最後の頁 102
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158  オープンアクセス  オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Gang, D., Yamazaki, M  2 . 論文標題 Expanding 3d N = 2 theories around the round sphere  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP02(2020)102	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 2020 5 . 発行年 2020年 6 . 最初と最後の頁 102 査読の有無 有
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158  オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Gang, D., Yamazaki, M  2 . 論文標題 Expanding 3d N = 2 theories around the round sphere  3 . 雑誌名 JHEP	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 2020 5 . 発行年 2020年 6 . 最初と最後の頁 102
2 . 論文標題 Non-unitary TQFTs from 3D N = 4 rank 0 SCFTs  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP08(2021)158  オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)  1 . 著者名 Gang, D., Yamazaki, M  2 . 論文標題 Expanding 3d N = 2 theories around the round sphere  3 . 雑誌名 JHEP  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP02(2020)102	5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁 158 査読の有無 有 国際共著 該当する 4 . 巻 2020 5 . 発行年 2020年 6 . 最初と最後の頁 102 査読の有無 有

#105	T - w
1 . 著者名	4.巻
Wei Li, Masahito Yamazaki	2020
2.論文標題	5.発行年
Quiver Yangian from Crystal Melting	2020年
darron rangian from oryotal morting	2020 1
3.雑誌名	6.最初と最後の頁
JHEP	35
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10.1007/JHEP11(2020)035	有
オープンアクセス	
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	該当する
7 777 7 67 60 677 8 (876, 60) 7.6 600	N 3 9 0
1 . 著者名	4 . 巻
Dongmin Gang, Masahito Yamazaki	2020
g saig, moonitie ismaenti	
2.論文標題	5.発行年
Expanding 3d N=2 Theories around the Round Sphere	2020年
	·
3.雑誌名	6.最初と最後の頁
JHEP	102
日野冷かの2017でジャルナイジーカー神中ファ	本はの左伽
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10.1007/JHEP02(2020)102	有
オープンアクセス	 国際共著
オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	該当する
カープラックと人ではない、人はカープラックと人が四年	以当りる
1 . 著者名	4 . 巻
Masahito Yamazaki, Kazuya Yonekura	2
madainto tamazanti, tazaja totolara	
2.論文標題	5.発行年
Confinement as Analytic Continuation Beyond Infinity	2020年
3 . 雑誌名	6.最初と最後の頁
Phys. Rev. Research	13383
曷載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子)	本性の左征
埼載論又のDUT(テンタルオフシェクト識別士) 10.1103/PhysRevResearch.2.013383	査読の有無
IU. I IUS/FIIYSKEVKESEATCII. Z. U I SSOS	有
オープンアクセス	国際共著
オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	
TO TO TO THE STATE OF THE STATE	
1 . 著者名	4 . 巻
Masahito Yamazaki	2019
2 . 論文標題	5.発行年
New T-duality for Chern-Simons Theory	2019年
3 . 雑誌名	6.最初と最後の頁
JHEP	90
日野公立のDOL / ごごん   ナブジー クト 端回 フヽ	木柱の左伽
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10.1007/JHEP12(2019)090	有
オープンアクセス	   国際共著
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	
カーファットへいるないに メはカーファットへかが無	-

〔学会発表〕 計15件(うち招待講演 15件/うち国際学会 11件)
1. 発表者名
Masahito Yamazaki
2.発表標題
Elliptic Hypergeometric Integrals in Mathematics and Physics
3 . 学会等名
SCGP weekly week(招待講演)(国際学会)
4.発表年
2022年
1.発表者名 Masahito Yamazaki
maduri (
2.発表標題
Quiver Yangians and Crystal Melting
3 . 学会等名
Enumerative Invariants, Quantum Fields and String Theory Correspondences(招待講演)(国際学会)
4.発表年
2022年
1
1.発表者名 Masahito Yamazaki
MaSalli to Tamazaki
MaSallitto Tamazani
2 . 発表標題 Gauge/Bethe Correspondence Revisited
2.発表標題
2.発表標題
2 . 発表標題 Gauge/Bethe Correspondence Revisited  3 . 学会等名
2 . 発表標題 Gauge/Bethe Correspondence Revisited
2 . 発表標題 Gauge/Bethe Correspondence Revisited  3 . 学会等名
2 . 発表標題 Gauge/Bethe Correspondence Revisited  3 . 学会等名 Strings and Fields 2022 (招待講演)
2 . 発表標題 Gauge/Bethe Correspondence Revisited  3 . 学会等名 Strings and Fields 2022 (招待講演)  4 . 発表年 2022年
2 . 発表標題 Gauge/Bethe Correspondence Revisited  3 . 学会等名 Strings and Fields 2022 (招待講演)  4 . 発表年
2 . 発表標題 Gauge/Bethe Correspondence Revisited  3 . 学会等名 Strings and Fields 2022 (招待講演)  4 . 発表年 2022年
2 . 発表標題 Gauge/Bethe Correspondence Revisited  3 . 学会等名 Strings and Fields 2022 (招待講演)  4 . 発表年 2022年
2.発表標題 Gauge/Bethe Correspondence Revisited  3.学会等名 Strings and Fields 2022 (招待講演)  4.発表年 2022年  1.発表者名 Masahito Yamazaki
2 . 発表標題 Gauge/Bethe Correspondence Revisited  3 . 学会等名 Strings and Fields 2022 (招待講演)  4 . 発表年 2022年  1 . 発表者名 Masahito Yamazaki
2.発表標題 Gauge/Bethe Correspondence Revisited  3.学会等名 Strings and Fields 2022 (招待講演)  4.発表年 2022年  1.発表者名 Masahito Yamazaki
2 . 発表標題 Gauge/Bethe Correspondence Revisited  3 . 学会等名 Strings and Fields 2022 (招待講演)  4 . 発表年 2022年  1 . 発表者名 Masahito Yamazaki  2 . 発表標題 Crystal Meltings Revisited
2 . 発表標題 Gauge/Bethe Correspondence Revisited  3 . 学会等名 Strings and Fields 2022 (招待講演)  4 . 発表年 2022年  1 . 発表者名 Masahito Yamazaki  2 . 発表標題 Crystal Meltings Revisited
2 . 発表標題 Gauge/Bethe Correspondence Revisited  3 . 学会等名 Strings and Fields 2022 (招待講演)  4 . 発表年 2022年  1 . 発表者名 Masahito Yamazaki  2 . 発表標題 Crystal Meltings Revisited
2 . 発表標題 Gauge/Bethe Correspondence Revisited  3 . 学会等名 Strings and Fields 2022 (招待講演)  4 . 発表年 2022年  1 . 発表者名 Masahito Yamazaki  2 . 発表標題 Crystal Meltings Revisited  3 . 学会等名 Hirosifest ® Kavli IPMU (招待講演) (国際学会)  4 . 発表年
2 . 発表標題 Gauge/Bethe Correspondence Revisited  3 . 学会等名 Strings and Fields 2022 (招待講演)  4 . 発表年 2022年  1 . 発表者名 Masahito Yamazaki  2 . 発表標題 Crystal Meltings Revisited  3 . 学会等名 Hirosifest ® Kavli IPMU (招待講演) (国際学会)
2 . 発表標題 Gauge/Bethe Correspondence Revisited  3 . 学会等名 Strings and Fields 2022 (招待講演)  4 . 発表年 2022年  1 . 発表者名 Masahito Yamazaki  2 . 発表標題 Crystal Meltings Revisited  3 . 学会等名 Hirosifest ® Kavli IPMU (招待講演) (国際学会)  4 . 発表年

1. 発表者名
Masahito Yamazaki
2.発表標題
BPS Algebras for Toric Calabi-Yau Manifolds
Die Angebrae für förre darab frau mannförde
3.学会等名
Geometry and Automorphicity of Supersymmetric Partitions(招待講演)(国際学会)
4. 発表年
2023年
1.発表者名
Masahito Yamazaki
2 . 発表標題
M5-branes and topological phases
ind brance and topological phases
3.学会等名
CREST tutorial workshop(招待講演)
4. 発表年
2023年
1. 発表者名
Masahito Yamazaki
2. 発表標題
Quiver Yangians
tang-tang-tang-tang-tang-tang-tang-tang-
3 . 学会等名
International Congress on Mathematical Physics(招待講演)(国際学会)
=
4. 発表年
2021年
1. 発表者名
Masahito Yamazaki
2 . 発表標題
Quiver Yangians and Donaldson-Thomas Invariants
3. 学会等名
幾何学シンポジウム(招待講演)
4. 発表年
2021年

1. 発表者名
Masahito Yamazaki
2.発表標題
場の理論の最近の発展から
物の注酬の取点の元次がら
W.F.E.
3. 学会等名
原子核三者若手夏の学校(招待講演)
4.発表年
2021年
1.発表者名
Masahito Yamazaki
W + 1707
2.発表標題
Quiver Yangians
3.学会等名
Randomness, Integrability and Representation Theory in Quantum Field Theory(招待講演)(国際学会)
Manadamicos, The grad Titty and Representation Theory The Manadamic Title Theory (山内山)
4.発表年
2021年
1.発表者名
Masahito Yamazaki
2 . 発表標題
Integraphility and Perturbative Quantum Field Theory
Integrability and Perturbative Quantum Field Theory
Integrability and Perturbative Quantum Field Theory
Integrability and Perturbative Quantum Field Theory
3. 学会等名
3 . 学会等名 Algebraic structures in quantum field theory(招待講演)(国際学会)
3 . 学会等名 Algebraic structures in quantum field theory (招待講演) (国際学会) 4 . 発表年
3 . 学会等名 Algebraic structures in quantum field theory(招待講演)(国際学会)
3 . 学会等名 Algebraic structures in quantum field theory (招待講演) (国際学会) 4 . 発表年
3 . 学会等名 Algebraic structures in quantum field theory (招待講演) (国際学会)  4 . 発表年 2020年
3 . 学会等名 Algebraic structures in quantum field theory (招待講演) (国際学会)  4 . 発表年 2020年
3 . 学会等名 Algebraic structures in quantum field theory (招待講演) (国際学会)  4 . 発表年 2020年
3 . 学会等名 Algebraic structures in quantum field theory (招待講演) (国際学会)  4 . 発表年 2020年
3 . 学会等名 Algebraic structures in quantum field theory (招待講演) (国際学会)  4 . 発表年 2020年
3 . 学会等名 Algebraic structures in quantum field theory (招待講演) (国際学会)  4 . 発表年 2020年  1 . 発表者名 Masahi to Yamazaki
3 . 学会等名 Algebraic structures in quantum field theory (招待講演) (国際学会)  4 . 発表年 2020年  1 . 発表者名 Masahito Yamazaki  2 . 発表標題
3 . 学会等名 Algebraic structures in quantum field theory (招待講演) (国際学会)  4 . 発表年 2020年  1 . 発表者名 Masahi to Yamazaki
3 . 学会等名 Algebraic structures in quantum field theory (招待講演) (国際学会)  4 . 発表年 2020年  1 . 発表者名 Masahito Yamazaki  2 . 発表標題
3 . 学会等名 Algebraic structures in quantum field theory (招待講演) (国際学会)  4 . 発表年 2020年  1 . 発表者名 Masahito Yamazaki  2 . 発表標題
3 . 学会等名 Algebraic structures in quantum field theory (招待講演) (国際学会)  4 . 発表年 2020年  1 . 発表者名 Masahi to Yamazaki  2 . 発表標題 A New Class of Integrable Field Theories
3 . 学会等名 Algebraic structures in quantum field theory (招待講演) (国際学会)  4 . 発表年 2020年  1 . 発表者名 Masahito Yamazaki  2 . 発表標題 A New Class of Integrable Field Theories
3 . 学会等名 Algebraic structures in quantum field theory (招待講演) (国際学会)  4 . 発表年 2020年  1 . 発表者名 Masahi to Yamazaki  2 . 発表標題 A New Class of Integrable Field Theories
3 . 学会等名 Algebraic structures in quantum field theory (招待講演) (国際学会)  4 . 発表年 2020年  1 . 発表者名 Masahi to Yamazaki  2 . 発表標題 A New Class of Integrable Field Theories  3 . 学会等名 Exact computations in AdS/CFT (招待講演) (国際学会)
3 . 学会等名 Algebraic structures in quantum field theory (招待講演) (国際学会)  4 . 発表年 2020年  1 . 発表者名 Masahito Yamazaki  2 . 発表標題 A New Class of Integrable Field Theories  3 . 学会等名 Exact computations in AdS/CFT (招待講演) (国際学会)  4 . 発表年
3 . 学会等名 Algebraic structures in quantum field theory (招待講演) (国際学会)  4 . 発表年 2020年  1 . 発表者名 Masahi to Yamazaki  2 . 発表標題 A New Class of Integrable Field Theories  3 . 学会等名 Exact computations in AdS/CFT (招待講演) (国際学会)
3 . 学会等名 Algebraic structures in quantum field theory (招待講演) (国際学会)  4 . 発表年 2020年  1 . 発表者名 Masahito Yamazaki  2 . 発表標題 A New Class of Integrable Field Theories  3 . 学会等名 Exact computations in AdS/CFT (招待講演) (国際学会)  4 . 発表年

4 B=20
1.発表者名 Masahito Yamazaki
masarrito ramazarri
2.発表標題
Integrable Field Theories from Four-dimensional Chern-Simons Theory
Pollica Summer Workshop 2019(招待講演)(国際学会)
4.発表年
2019年
1.発表者名
Masahito Yamazaki
Four-Dimensional Origin of Integrability
2 4644
3.学会等名
New Trends in Integrable Systems 2019(招待講演)(国際学会)
2019年
1.発表者名
Masahito Yamazaki
A New Class of Integrable Field Theories
3 . 学会等名
KIAS-YITP workshop 2019(招待講演)(国際学会)
4 . 発表年
2019年
〔図書〕 計0件
〔産業財産権〕
(在來n) IZ IE /
[その他]
Masahito Yamazaki, a physicist/mathematician
http://member.ipmu.jp/masahito.yamazaki/
Masahito Yamazaki 【 山崎雅人(物理学者・数学者)】 https://www.youtube.com/channel/UCz7Jg2ZzDxYwcBU4tDakAlg
HITTHS.//www.youtube.Com/Ghanner/ocz/byzzzoktwobo4tbakkig
$oldsymbol{i}$

6.研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7.科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------