

令和 5 年 6 月 17 日現在

機関番号：32644

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2022

課題番号：18K13543

研究課題名（和文）Topological vertexを用いた5次元超対称性理論の分配関数の計算

研究課題名（英文）The computation of the partition functions for five-dimensional supersymmetric theories from the topological vertex

研究代表者

林 博貴（Hayashi, Hirotaka）

東海大学・理学部・准教授

研究者番号：10780273

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,100,000円

研究成果の概要（和文）：超弦理論は万物の理論の有力候補と考えられている理論であるが、幾何学的な性質から物理量を解析するという強力な手法を与えるという側面も持つ。本研究では超弦理論に存在するブレーンと呼ばれる物体を用いて、超対称ゲージ理論という種類の場の量子論の性質を調べた。我々は、従来はブレーンからは実現困難であった様々なゲージ理論をブレーンを用いて実現し、それらの分配関数をブレーンの幾何学的な特徴から計算することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

素粒子の標準模型はゲージ理論と呼ばれる理論によって記述されており、ゲージ理論の性質を理解することやゲージ理論を系統的に解析することは非常に重要である。その際に超弦理論は、通常の場合の量子論の手法とは異なる幾何学的な解析手法を与えるため、超弦理論に存在するブレーンを用いたゲージ理論の解析は以前から行われてきた。しかし、ブレーンにより全てのゲージ理論が実現されるわけではなかった。本研究はブレーンを用いて実現できるゲージ理論の種類を大幅に拡張し、また実際にそれらの分配関数の計算を行うことで、ブレーンによるゲージ理論の解析の可能性を大きく広げる役割を果たした。

研究成果の概要（英文）：While string theory may be considered as a strong candidate for the theory of everything, it can also serve as a powerful tool to analyze physical quantities from the properties of geometries. In this project, we have studied supersymmetric gauge theories, which is a type of quantum field theories, by using branes, which exist in string theory. We realized various gauge theories on branes which were supposed to be difficult to be realized on branes, and we computed their partition functions from the geometries of the branes.

研究分野：超弦理論

キーワード：超弦理論 超対称ゲージ理論 Topological vertex 't Hooft演算子 ヒッグス枝 超対称指数

## 1. 研究開始当初の背景

素粒子の標準模型はゲージ理論という種類の場の量子論によって記述されており、ゲージ理論の理解を深めることは重要である。ゲージ理論の性質を解析するための有用な量として、ゲージ理論の分配関数がある。ゲージ理論の分配関数を求めることは一般には難しいが、超対称性と呼ばれる対称性を持つゲージ理論の一部は分配関数を得られることが知られていた。その一方で超弦理論は、「万物の理論」の有力候補とも考えられている理論であるが、超対称ゲージ理論の分配関数を計算する有用な道具としての側面も持つことが知られている。M理論の背景空間として複素3次元 Calabi-Yau 空間(以降、CY3)を選ぶと、低エネルギー有効理論として5次元超対称性理論が実現される。また、CY3がトーリックという種類の場合は、topological vertex という手法を適用することで、対応する5次元超対称性理論の分配関数を計算することができる。これはCY3の用語だと、CY3の Gromov-Witten 不変量もしくは Gopakumar-Vafa 不変量の母関数を計算することに対応する。そのため、5次元超対称性理論の分配関数を計算することは数学的にも意義深い。一方で、topological vertex の元々の適用範囲がトーリックな CY3 であるため、限られた CY3、すなわち限られた5次元超対称ゲージ理論に対してしか topological vertex が適用できないという難点もあった。しかし、文献[1]、[2]、[3]により、トーリックな CY3 の双対な描像である IIB 型超弦理論のブレーンウェブの性質を利用することで、その適用範囲が拡張された。そのため、その拡張がどこまで可能であろうかということは重要な問いであった。

## 2. 研究の目的

文献[1]、[2]、[3]により、topological vertex を適用できる5次元超対称ゲージ理論の種類が拡張され、topological vertex の有用性の可能性が高まった。そこで、本研究は topological vertex の手法をより幅広い種類の5次元超対称性理論の分配関数の計算へと拡張することを目的とする。特に、場の量子論における典型的な手法では分配関数を得ることが難しい5次元超対称ゲージ理論(例えば、例外群をゲージ群とするゲージ理論など)の分配関数の計算に着目していく。

## 3. 研究の方法

5次元超対称性理論の分配関数を計算するためには、まずは topological vertex の適用が可能なブレーンウェブでその5次元超対称性理論を実現することが重要である。文献[3]では05ブレーンと呼ばれる物体を含むブレーンウェブの一部、文献[2]ではブレーンウェブを trivalent gluing もしくは quadrivalent gluing と呼ばれる手法で繋げたウェブに対して topological vertex の適用が可能となった。そこで研究の方法としては次の2つの方向性を考える。

### (1) 05 プレーン入りのブレーンウェブを用いた拡張

文献[4]によりゲージ群が  $G_2$  のゲージ理論が05-ブレーン入りのブレーンウェブで実現された。これによりランクが2のゲージ群は全てブレーンウェブを用いて実現できることになった。よって、これらのウェブに物質場がどれだけ入れられるかを調べることで、ランク2のゲージ群をもつ5次元超対称ゲージ理論の多くをブレーンウェブで実現していく。

また、文献[3]の方法では、topological vertex を適用できない05ブレーン入りのブレーンウェブが存在した。そこでまずは、文献[3]の手法が適用できる05ブレーン入りのブレーンウェブを分解することにより、より基礎的な構成要素に対する分配関数を求める。この構成要素を用いることで、topological vertex が適用できる05ブレーン入りのブレーンウェブの種類を増やしていく。

### (2) Trivalent/quadrivalent gluing を用いた拡張

文献[2]ではトーリックな CY3 と双対なブレーンウェブを trivalent gluing もしくは quadrivalent gluing で繋げたウェブを考えた。そこで、トーリックな CY3 と双対なブレーンウェブに、ヒッグスに対応する操作をして得られるウェブの trivalent/quadrivalent gluing を考えることで、より多くの5次元超対称ゲージ理論を実現していくことを考える。

## 4. 研究成果

研究方法(1)やその拡張により次の成果を得た。

### (1) ランク2のゲージ群を持つゲージ理論の多くをブレーンウェブで実現

元々、SU(3)もしくは Sp(2)をゲージ群とするゲージ理論の多くは(必要ならば07ブレーンを用いた)ブレーンウェブで実現されていた。さらに、05ブレーン入りのブレーンウェブを考えることで、ゲージ群を  $G_2$  とし、基本表現の物質場を含むゲージ理論の全て及びゲージ群が SU(3)で Chern-Simons レベルが9のゲージ理論を実現した。この成果により、ランクが2のゲージ群を持つかなりの種類の5次元超対称ゲージ理論をブレーンウェブで実現できたことになる。

## (2) ゲージ群が $SU(6)$ もしくは $Sp(3)$ で、3 階反対称表現の物質場を含むゲージ理論をブレーンウェブで実現

研究成果(1)の拡張として、より大きいランクのゲージ群を持つゲージ理論のブレーンウェブによる実現がある。興味深いものとしては複雑な表現の場を含む場合であるが、我々は、ゲージ群が  $SU(6)$  もしくは  $Sp(3)$  で 3 階反対称表現の物質場を含むゲージ理論をブレーンウェブにより実現した。また、得られたブレーンウェブを利用することで、ゲージ群が  $SU(6)$  で 3 階反対称表現の物質場を含むゲージ理論の双対なゲージ理論も発見した。

## (3) 05 プレーン入りのブレーンウェブに対する topological vertex 手法の拡張

文献[3]によって 05 プレーン入りのブレーンウェブの一部に topological vertex が適用できるようになったが、得られた分配関数の適切な極限をとることで、より基本的な構成要素である、05 プレーンと 1 つのブレーンの組み合わせに対する分配関数が得られた。この寄与を 0-vertex と名付け、topological vertex の手法に組み入れることで、より多くの種類の 05 プレーン入りのブレーンウェブに対して topological vertex を適用できるようになった。この手法を用いて、ゲージ群が  $SU(3)$  で Chern-Simons レベルが 9 のゲージ理論の分配関数を計算した。

次に、研究方法(2)やその拡張により次の成果を得た。

## (4) トーリックと双対ではないウェブを trivalent/quadrivalent gluing で繋げたウェブによる 5 次元超対称性理論の実現

Conformal matter と呼ばれる 6 次元超対称性理論を円周上にコンパクト化して得られる 5 次元超対称ゲージ理論は trivalent/quadrivalent gluing を用いたウェブで実現することができる。そのウェブにヒッグスに対応する操作を行うことで、トーリックと双対ではないブレーンウェブを trivalent/quadrivalent gluing で繋げて構成されるウェブを多く得た。このように構成したウェブは、出発点の 6 次元超対称性理論を円周上にコンパクト化して得られる理論に、対応するヒッグスを行ったものを実現している。その解析を通して、例外群  $G_2$ ,  $F_4$ ,  $E_n$  ( $n=6, 7, 8$ ) をゲージ群とする 5 次元超対称ゲージ理論を実現するウェブを得ることができた。この成果により、全ての例外群をウェブにより実現することに成功し、また topological vertex を適用することで、それらのゲージ理論の分配関数を計算することができた。

## (5) コンパクトな CY3 の Gopakumar-Vafa 不変量の部分的な計算

Trivalent gluing を多く用いることで、ある特定のコンパクトな CY3 に対応するウェブを得た。その場合は、trivalent gluing に対する topological vertex の手法を直接適用することはできなかったが、ある例においては、修正を加えることで Gopakumar-Vafa 不変量の一部を計算することができた。この結果は、数学者が別の手法で計算した結果と一致した。また、ある特定の楕円ファイバーを持つ CY3 に対しては、対応する 6 次元理論に存在する 2 次元の弦上の理論の分配関数と Gopakumar-Vafa 不変量との関係を議論した。

また、これらの成果以外にも、研究を行う中で、研究の方向性を広げ、ブレーンを用いて様々な次元のゲージ理論の性質を解析した。以下にその成果を簡潔に記載する。

## (6) 't Hooft 演算子の相関関数の計算

4 次元超対称ゲージ理論では、磁荷を帯びた線演算子である 't Hooft 演算子を考えることができる。超弦理論を用いると 't Hooft 演算子をブレーンにより実現することができるが、その構成法を利用して、ゲージ群が  $U(N)$ ,  $SO(N)$ ,  $Sp(N)$  の 4 次元 ( $N=2$ ) 超対称ゲージ理論における 't Hooft 演算子の相関関数を計算した。

## (7) 超対称性の拡大に関する幾何学的な理解

ある特定の 4 次元超対称ゲージ理論では、低エネルギー領域において超対称性が拡大する現象が知られている。我々はそれを、4 次元超対称ゲージ理論を記述する代数曲線 (Seiberg-Witten 曲線) の立場からの理解を与えた。

## (8) 5 次元超対称性理論におけるプレポテンシャルの拡張

5 次元超対称ゲージ理論の物理量の特徴づける量としてプレポテンシャルと呼ばれるものがある。元々プレポテンシャルは、5 次元超対称ゲージ理論に摂動的に現れる粒子の寄与を用いて表されていたが、我々は非摂動的に現れる粒子の寄与を含めたプレポテンシャルを提唱した。そのような寄与を取り入れることで、プレポテンシャルから大域的対称性を確認することができた。

## (9) 5 次元超対称ゲージ理論のヒッグス枝のブレーンウェブを用いた解析

5 次元超対称ゲージ理論にはヒッグス枝と呼ばれる真空があるが、ゲージ結合定数が発散するときにヒッグス枝が変化する場合がある。そのようなヒッグス枝を求める方法として、5 次元超対称ゲージ理論を実現するブレーンウェブから、ヒッグス枝を記述する 3 次元クイバー理論を用いる手法がある。我々は、05 プレーン入りのブレーンウェブから 3 次元クイバー理論を読み取る規則のさらなる拡張を行い、また  $SO(4)$ ,  $SO(6)$ ,  $SO(8)$  をゲージ群とする 5 次元超対称ゲージ理論のヒッグス枝を記述する 3 次元クイバー理論を求めた。

### (10) 3次元超対称指数の計算と双対性の解析

ある特異点近傍の M2 ブレーンを考え、そのような M2 ブレーン上に実現される 3 次元超対称性理論の超対称指数を求めた。大域的対称性のフガシティーを含めて超対称指数を計算し、双対な理論の超対称指数がフガシティーも含めて一致することを確認した。また、超対称指数のある極限をとって得られる式の新たな表式も得た。

#### 引用文献

- [1] 「Topological strings and 5d  $T_N$  partition functions」 林博貴、Hee-Cheol Kim、西中崇博著、JHEP 06(2014)014、2014 年
- [2] 「5d/6d DE instantons from trivalent gluing of web diagrams」 林博貴、大森寛太郎著、JHEP 06(2017)078、2017 年
- [3] 「Topological vertex formalism with 05-plane」 Sung-Soo Kim、八木太著、Physical Review D 97(2018)2、026011、2018 年、026011-1 - 026011-7
- [4] 「5-brane webs for 5d  $N=1$   $G_2$  gauge theories」 林博貴、Sung-Soo Kim、Kimyeong Lee、八木太著、JHEP 03(2018)125、2018 年

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件／うち国際共著 11件／うちオープンアクセス 13件）

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1. 著者名<br>Hayashi Hirotaka, Nosaka Tomoki, Okazaki Tadashi   | 4. 巻<br>2022    |
| 2. 論文標題<br>Dualities and flavored indices of M2-brane SCFTs  | 5. 発行年<br>2022年 |
| 3. 雑誌名<br>Journal of High Energy Physics   | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1007/JHEP10(2022)023   | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する    |
| 1. 著者名<br>Akhond Mohammad, Carta Federico, Dwivedi Siddharth, Hayashi Hirotaka, Kim Sung-Soo, Yagi Futoshi | 4. 巻<br>2022    |
| 2. 論文標題<br>Exploring the orthosymplectic zoo   | 5. 発行年<br>2022年 |
| 3. 雑誌名<br>Journal of High Energy Physics   | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1007/JHEP05(2022)054   | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する    |
| 1. 著者名<br>Hayashi Hirotaka, Okuda Takuya, Yoshida Yutaka   | 4. 巻<br>2021    |
| 2. 論文標題<br>ABCD of 't Hooft operators  | 5. 発行年<br>2021年 |
| 3. 雑誌名<br>Journal of High Energy Physics   | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1007/JHEP04(2021)241   | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>-       |
| 1. 著者名<br>Hayashi Hirotaka, Zhu Rui-Dong   | 4. 巻<br>2021    |
| 2. 論文標題<br>More on topological vertex formalism for 5-brane webs with 05-plane                             | 5. 発行年<br>2021年 |
| 3. 雑誌名<br>Journal of High Energy Physics   | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1007/JHEP04(2021)292   | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する    |

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1. 著者名<br>Akhond Mohammad, Carta Federico, Dwivedi Siddharth, Hayashi Hirotaka, Kim Sung-Soo, Yagi Futoshi | 4. 巻<br>2021    |
| 2. 論文標題<br>Factorised 3d $\mathcal{N} = 4$ orthosymplectic quivers   | 5. 発行年<br>2021年 |
| 3. 雑誌名<br>Journal of High Energy Physics   | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/JHEP05(2021)269  | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する    |

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1. 著者名<br>Hayashi Hirotaka, Kim Hee-Cheol, Ohmori Kantaro     | 4. 巻<br>2021    |
| 2. 論文標題<br>6d/5d exceptional gauge theories from web diagrams | 5. 発行年<br>2021年 |
| 3. 雑誌名<br>Journal of High Energy Physics                      | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/JHEP07(2021)128           | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する    |

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1. 著者名<br>Akhond Mohammad, Carta Federico, Dwivedi Siddharth, Hayashi Hirotaka, Kim Sung-Soo, Yagi Futoshi | 4. 巻<br>2020    |
| 2. 論文標題<br>Five-brane webs, Higgs branches and unitary/orthosymplectic magnetic quivers                    | 5. 発行年<br>2020年 |
| 3. 雑誌名<br>Journal of High Energy Physics   | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/JHEP12(2020)164  | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する    |

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1. 著者名<br>Hayashi Hirotaka, Kim Sung-Soo, Lee Kimyeong, Yagi Futoshi | 4. 巻<br>2019    |
| 2. 論文標題<br>Rank-3 antisymmetric matter on 5-brane webs               | 5. 発行年<br>2019年 |
| 3. 雑誌名<br>Journal of High Energy Physics                             | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/JHEP05(2019)133                  | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する    |

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1. 著者名<br>Hayashi Hirotaka, Okuda Takuya, Yoshida Yutaka  | 4. 巻<br>11/116  |
| 2. 論文標題<br>Wall-crossing and operator ordering for 't Hooft operators in $\mathcal{N} = 2$ gauge theories | 5. 発行年<br>2019年 |
| 3. 雑誌名<br>Journal of High Energy Physics  | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/JHEP11(2019)116   | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>-       |

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1. 著者名<br>Hayashi Hirotaka, Kim Sung-Soo, Lee Kimyeong, Yagi Futoshi                    | 4. 巻<br>2020    |
| 2. 論文標題<br>Complete prepotential for 5d $\mathcal{N} = 1$ superconformal field theories | 5. 発行年<br>2020年 |
| 3. 雑誌名<br>Journal of High Energy Physics  | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/JHEP02(2020)074                                     | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する    |

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1. 著者名<br>Carta Federico, Giacomelli Simone, Hayashi Hirotaka, Savelli Raffaele | 4. 巻<br>02/106  |
| 2. 論文標題<br>The geometry of SUSY enhancement                                     | 5. 発行年<br>2020年 |
| 3. 雑誌名<br>Journal of High Energy Physics  | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/JHEP02(2020)106                             | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する    |

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1. 著者名<br>Hayashi Hirotaka, Kim Sung-Soo, Lee Kimyeong, Yagi Futoshi | 4. 巻<br>2019    |
| 2. 論文標題<br>6d SCFTs, 5d dualities and Tao web diagrams               | 5. 発行年<br>2019年 |
| 3. 雑誌名<br>Journal of High Energy Physics                             | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/JHEP05(2019)203                  | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する    |

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1. 著者名<br>Hayashi Hirotaka, Kim Sung-Soo, Lee Kimyeong, Yagi Futoshi | 4. 巻<br>2018    |
| 2. 論文標題<br>Dualities and 5-brane webs for 5d rank 2 SCFTs            | 5. 発行年<br>2018年 |
| 3. 雑誌名<br>Journal of High Energy Physics                             | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/JHEP12(2018)016                  | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する    |

[学会発表] 計13件(うち招待講演 2件/うち国際学会 3件)

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>林 博貴                                       |
| 2. 発表標題<br>6d S0 gauge theories from trivalent gluing |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2023年春季大会                            |
| 4. 発表年<br>2023年                                       |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>林 博貴   |
| 2. 発表標題<br>On Higgsings of D-type conformal matter theories from web diagrams |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2022年秋季大会(素核宇)   |
| 4. 発表年<br>2022年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Hirotaka Hayashi                                   |
| 2. 発表標題<br>6d/5d exceptional gauge theories from web diagrams |
| 3. 学会等名<br>Strings and Fields 2021(国際学会)                      |
| 4. 発表年<br>2021年   |



|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>林 博貴  |
| 2. 発表標題<br>More on topological vertex formalism for 5-brane webs with 05-plane |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2021年秋季大会(素核宇)  |
| 4. 発表年<br>2021年  |

|                                       |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>林 博貴                       |
| 2. 発表標題<br>ABCD of 't Hooft operators |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2020年秋季大会(素核宇)       |
| 4. 発表年<br>2020年                       |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>林 博貴   |
| 2. 発表標題<br>Exceptional gauge theories from trivalent gluing |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会第76回年次大会                                   |
| 4. 発表年<br>2021年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Hiroataka Hayashi  |
| 2. 発表標題<br>Wall-crossing and operator ordering for 't Hooft operators in $N = 2$ gauge theories |
| 3. 学会等名<br>Strings and Fields 2019 (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>林 博貴  |
| 2. 発表標題<br>On prepotentials of 5d $N = 1$ gauge theories |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2019年秋季大会(素核宇)                          |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Hirotaka Hayashi                                      |
| 2. 発表標題<br>Complete prepotentials for 5d $N = 1$ gauge theories  |
| 3. 学会等名<br>Quantum Field Theories and Strings 2019 (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Hirotaka Hayashi                                     |
| 2. 発表標題<br>Complete prepotentials for 5d $N = 1$ gauge theories |
| 3. 学会等名<br>Branes, supergravity and string phenomenology (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2020年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>林 博貴                             |
| 2. 発表標題<br>The Geometry of SUSY Enhancement |
| 3. 学会等名<br>日本物理大会第75回年次大会                   |
| 4. 発表年<br>2020年                             |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>林博貴   |
| 2. 発表標題<br>Rank-3 antisymmetric matter from 5-brane webs |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会第74回年次大会                                |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>林博貴   |
| 2. 発表標題<br>Dualities and 5-brane webs for 5d N=1 rank 2 theories |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2018年秋季大会(素宇)                                   |
| 4. 発表年<br>2018年  |

〔図書〕 計1件

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1. 著者名<br>Huai-Dong Cao (編), Shing-Tung Yau (編)   | 4. 発行年<br>2020年 |
| 2. 出版社<br>International Press of Boston, Inc.   | 5. 総ページ数<br>346 |
| 3. 書名<br>Differential geometry, Calabi-Yau theory, and general relativity (担当箇所タイトル: SCFTs, holography, and topological strings, 共著者名: Hiroataka Hayashi, Patrick Jefferson, Hee-Cheol Kim, Kantaro Ohmori, Cumrun Vafa, 該当ページ: pp.105 ~ 212) |                 |

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号) | 所属研究機関・部局・職<br>(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 |
|---------|---------|

|     |          |             |                  |  |
|-----|----------|-------------|------------------|--|
| 英国  | スウォンジー大学 | ダラム大学       |                  |  |
| 中国  | 四川大学     | 電子科技大学      | 西南交通大学           |  |
| ドイツ | DESY     |             |                  |  |
| 米国  | ハーバード大学  | プリンストン高等研究所 | サイモンズ幾何学・物理学センター |  |
| 韓国  | 韓国高等科学院  | 浦項工科大学校     |                  |  |