

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：34504

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2023

課題番号：16K05364

研究課題名（和文）超弦理論の動的性質に関する研究

研究課題名（英文）Study on dynamical properties of superstring theory

研究代表者

鵜沢 報仁（Uzawa, Kunihito）

関西学院大学・理学部・研究員

研究者番号：50378931

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：超弦理論に基づく時間依存解の構築及びその解が持つ宇宙論的な性質やブラックホールへの適用について研究を行った。本研究により、時間依存解は複数のブラックホールが持つ電荷量がそれぞれ同じであれば、それらの衝突現象を追跡可能にし、初期宇宙で存在していた超対称性が宇宙膨張とともに次第に破れる様子を明らかにすることができた。また、inflation及びEkpyrotic宇宙モデルが超弦理論から導くことは困難であることを示した。更に、本研究で得た極限ブラックホール解は、弱い重力予想が示唆する、極限ブラックホールがより小さな極限ブラックホールに崩壊できることを保証するものではないことを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、種々の宇宙論的な観測結果から超弦理論を検証できたこと、また超弦理論を研究する際に重力相互作用について着目し、高次元宇宙の進化を一般相対性理論の立場から解析したことは、宇宙論・素粒子論双方に対して学術的な意義があった。また、宇宙初期に起きた様々な物理現象を明らかにしたという点で社会的に意義のある研究成果を挙げることができた。

研究成果の概要（英文）：I have constructed time-dependent solutions based on superstring theory and investigated its cosmological properties and its application to black holes. This study has revealed that the time-dependent solution makes it possible to track the collisions of multi black holes if they have the same electric charge, and has presented how the supersymmetry that existed in the early universe was gradually broken as the universe expanded. We have also shown that it is difficult to obtain inflationary and ekpyrotic cosmological models from superstring theory. Furthermore, we have found that the extreme black hole solution derived in this study does not give that extreme black holes can collapse into smaller extreme black holes, as suggested by the weak gravity conjecture.

研究分野：数物系科学

キーワード：素粒子論 宇宙物理 一般相対性理論・重力理論 超重力理論 超弦理論

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

超弦理論の低エネルギー有効理論である超重力理論の宇宙論解に関する研究は、超弦理論の進展に伴い取り込まれてきた。特に具体的な超重力理論の枠組みで高次元アインシュタイン方程式の時間依存解が発見され、その宇宙論的研究、4次元有効理論の研究やブラックホールへの応用が精力的に進められた。しかしながら、超重力理論の時間依存解の研究はアインシュタイン方程式の厳密解の分類については進んでいるが、観測に直結する示唆や、超対称性の破れ、インフレーションモデル、4次元時空以外の内部空間の安定化等の課題は未だ具体的に解決されたとは言いがたかった。

2. 研究の目的

本研究の目的は実験・観測事実と矛盾しない高次元加速膨張宇宙モデルを超弦理論の解から構築することである。また、超弦理論の時間依存性に着目し、研究代表者がこれまでに挙げてきた研究成果を踏まえ、超弦理論で現実的な宇宙モデルを与える解を得るための条件作りやブラックホールの安定性に関する研究を行うことである。

3. 研究の方法

(1) 超弦理論の4次元加速膨張解の構築

初期宇宙の進化に関わる物理現象を明らかにするために、4次元時空が加速膨張する超弦理論の解を作る。4次元加速膨張解を探す目的は、4次元インフレーションモデルを構築するためである。宇宙初期にインフレーションを再現するには少なくとも理論に含まれる物質をもとにして宇宙を加速度的に膨張させなければならない。しかし、超弦理論はその理論の持つ特性から背景場について単純な仮定を課すだけでは、4次元宇宙が加速膨張する高次元アインシュタイン方程式の解を得ることは難しいことが知られている。そこで、外部的な要因により超弦理論に生み出される種々の補正要素を加えた上で加速膨張を実現させることを検討する。超弦理論は含まれる物質の違いにより複数のモデルに分類されているため、各々のモデルでどのようにすれば加速膨張解を得ることが出来るのか調べた上で高次元アインシュタイン方程式の具体的な解の構築を試みる。その際、背景時空の計量や物質場について、最初はより一般的な形を仮定し4次元時空が加速膨張を起こす高次元アインシュタイン方程式の解を探す。この方針で解が得られない場合、4次元加速膨張宇宙を導くための物質場及び内部空間の幾何学的な条件を高次元アインシュタイン方程式から読み取り、背景時空に課す対称性をある程度制限した上で超弦理論において許される物質場を導入して解を求めるとする。この方法でも4次元加速膨張宇宙を実現出来ない場合は、より特殊な内部空間の下で高次元アインシュタイン方程式の解を導出するか4次元時空の計量に関する仮定を変更し解を作ることを試みる。

これらの解析を行う過程で、超弦理論の各々のモデルでどのような条件を課すと加速膨張を再現することが出来るのかを明らかにする。また、最終的には具体的な加速膨張解を導出し、得られた解をもとに宇宙モデルを提示する。その解が複数得られれば、各々の特徴について詳しく調べる。

(2) 超対称性の破れに関する考察

超弦理論や超重力理論を初期宇宙論に適用する際、超対称性の破れがどのように実現されるのかということが問題となる。超重力理論で議論されている殆どのモデルは静的時空を背景としており、超対称性の破れの動力学については専ら4次元有効理論で解析が行われてきた。本研究では得られた時間依存解を用いて高次元理論の立場から超対称性の破れについて解析を行い、その破れの時間発展を明らかにする。また、超対称性の破れの動力学と高次元時空の進化との関係についても調べる。仮に背景時空が時間依存していても、超対称性が保たれる場合があるならば、その物理的な理由について明らかにする。

(3) 超弦理論におけるブラックホール及び時空特異点に関する研究

高次元アインシュタイン方程式の解、特にブラックホール解の存在の可否やその安定性は、超弦理論が重力まで含めた統一理論として宇宙論的側面から整合的であるかどうかの重要な判断基準となる課題である。本研究では、ブラックホールの時間依存解を追求し、それらの持つ時空の性質や進化、安定性等を調べる。また、それらの厳密解を発見できない場合にも、時空特異点の有無や遠方での漸近的振る舞い等を解析し、それらから少なくとも大局的・定性的性質に関する理解を深める。こうした研究は、純理論的な超弦理論の整合性の問題に重要なだけでなく、将来の加速器実験による高次元ブラックホール形成の可能性を論ずる際の基礎ともなる。

(4) 弱い重力予想に関する研究

整合性のある重力理論では、重力は他のどのような力よりも弱いという弱い重力予想が素粒

子論で提案され、それ以来、インフレーションモデルに制限を与える等、宇宙論や素粒子論に対してインパクトのある仮説として注目されてきた。この予想によると極大対称ブラックホールは、超対称性等の対称性により守られていない場合、崩壊現象が起こり、ブラックホールが崩壊した後も時空には裸の特異点は現れないとされている。しかし一般相対性理論では、熱力学的な考察から極大対称ブラックホールの温度は 0 となり安定であると考えられているため、一見すると奇妙な予想である。

本研究ではこの予想を検証する。つまり、超弦理論のモデルにおいて初期に大きな質量を持った極大対称ブラックホールがより小さな質量のブラックホールへと次々に崩壊する動力学を解析する研究を行う。現在、4次元 Einstein-Maxwell 理論に量子補正を加えたモデルで極大対称ブラックホールが崩壊する様子を描いた先行研究があるため、超弦理論と関連したスカラー場を含むモデルで解析を行い、予想を支持するか或いは反例となるかを調べる。

4. 研究成果

(1) 超弦理論の時間依存 D-brane 解の構築

超弦理論の時間依存 (動的) D-brane 解を構築し、その解から導かれる高次元宇宙の進化及び D-brane の衝突現象について明らかにした。D-brane は一般相対性理論の観点から眺めると高次元時空上に広がった電荷を表現したものであり、超弦理論においても自然に現れる基本的な物体として様々な角度から研究されてきた。特に複数の D-brane が互いに角度を持って交差している様子を記述する angled D-brane 解は、素粒子の標準模型と密接な関わりを持つ数多くの例が過去に報告されている。

このような状況を踏まえ、angled D-brane の動的性質について高次元 Einstein 方程式の解析解をもとに研究を行った。そして、10次元 II 型超弦理論での様々な angled D-brane の時間依存解について調べた結果、Einstein 方程式の解の特徴として、計量に現れる複数の湾曲因子のうち、時間依存性を含めることができるのは 1 つだけであることが分かった。また、4次元宇宙モデルとの関連が指摘されている 10次元 IIB 型超弦理論の時間依存 angled D3-brane 解に注目し、D3-brane の衝突現象を追跡した。その結果、2つの D3-brane が互いに衝突するのは同じ大きさの電荷を持つ等、特殊な場合のみに限られ、それ以外では D3-brane 同士が接近する過程で背景時空上に裸の特異点が現れるために衝突不可能であることが分かった。

(2) 超重力理論における超対称性の破れ

11次元超重力理論において超対称性を保つ時間依存解の存在の有無について調べ、11次元超重力理論には背景時空が時間に依存しつつ超対称性を保つ古典解(動的 M2-brane 解)が特殊な条件のもとで存在することが分かった。超対称性の有無は M-brane の持つエネルギーの非一様性に強く依存し、背景時空が M-brane の世界体積座標 (M-brane が広がっている方向の空間座標) に依存していない様時空な解は、超対称性が保持されない。従って、初期宇宙で存在していた超対称性が、宇宙膨張とともにこの非一様性が失われることにより次第に破れることが明らかとなった。更に、M-brane からの距離に応じて時空構造のみならず超対称性の個数も変化することが判明した。一方、動的 brane 解に特有の特異点については、この時間依存 M2-brane 時空上には裸の特異点が出現するものの、潮汐力の発散は認められず、計量の正則性は保持されるという結果が得られた。

(3) 超弦理論における 4次元加速膨張宇宙モデル(inflation)及び Ekpyrotic 宇宙モデルの実現可能性に関する研究

inflation 及び Ekpyrotic 宇宙モデルが超弦理論から導かれる可能性について研究を行った。inflation は宇宙の大域的・等方・平坦性を実現すると共に、量子揺らぎの生成によって構造形成の初期条件を与える、初期宇宙モデルの有力な候補である一方、Ekpyrotic 宇宙論は加速膨張を必要とせず宇宙の・等方・平坦性や宇宙の構造形成を説明するうえ、宇宙の膨張・収縮が永遠に続くサイクリック宇宙モデルとも関連しているために現在まで宇宙論で注目されてきた。本研究では、10次元 II 型超弦理論の単純なコンパクト化に注目し、得られた inflation 宇宙や Ekpyrotic 宇宙モデルと宇宙論の観測結果とを照らし合わせた結果、現実的な宇宙モデルを導くことが出来ないことを示した。

(4) 超弦理論における 4次元加速膨張宇宙モデルの実現性に関する研究

重力を含む場の量子論において、その低エネルギー有効理論から生じる真空が、整合性のある量子重力理論となるのか (ランドスケープ) そうでないのか (Swampland) を評価するために、現在までに複数の基準 (Swampland 予想) が提案されている。これらの基準のうちの一つはスカラー場のポテンシャルとその一階微分との間を結びつける式で、ド・ジッター真空の安定性やインフレーションモデルの実現性を判定する材料となっている。本研究ではインフレーション宇宙の進化を記述するスカラー場の振る舞いを Swampland 予想の観点から議論し、理論が Swampland かどうかを判断するための基準となる式にインフレーションモデルの slow-roll 条件を組み込み、インフレーションの動力学に対する制限を明示した。

(5)Swampland 予想とコンパクト星

超弦理論で注目されている swampland 予想が boson star 等のコンパクト星の進化や安定性とのように関係しているかについて研究を行った。重力を含まない場の量子論では、繰り込み可能な有効理論は何らかの量子論に矛盾なく組み込むことができる一方、重力と結合する場の理論には、その低エネルギー有効理論に非自明な制限がある。その制限について近年様々な提案がなされ、それら一連の議論を swampland 予想として扱われている。ここで、swampland とは重力を含む理論のモデルの中で整合性のある量子論に組み込むことができないものの集まりのことを指す。この研究では boson star の進化を記述するスカラー場の振る舞いを swampland 予想の観点から議論し、それにより得られるスカラー場の動力学に対する制限を明示することであった。本研究により、球対称や回転をするコンパクト星の不安定性と swampland とが互いに密接に関連していることを明らかにした。

(6)弱い重力予想とブラックホールの進化

整合性のある重力理論では、重力は他のどの力よりも弱いという弱い重力予想が素粒子論分野で議論されている。「超対称性等の高い対称性を保持していないブラックホールは例え極限ブラックホールであっても崩壊する(安定ではない)」という仮説にこの予想を適用すると、極限ブラックホールの崩壊後も時空には裸の特異点は存在しないという結論が得られる。この結果を受け、本研究では Einstein-Maxwell-dilaton 理論での極限ブラックホールに注目し、高次曲率項を考慮した場合、弱い重力予想は極限ブラックホールの崩壊を導くのかどうかをブラックホールエントロピーの増減により考察した。その結果、弱い重力予想が主張する荷電粒子の質量電荷比を満たす場合、質量の小さな極限ブラックホールに崩壊する方向に必ずしもエントロピーが増大しないことが分かった。

次にヘテロ型弦理論の極限ブラックホール解に関して弱い重力予想の検証を行った。背景に高次曲率補正項のあるヘテロ型弦理論の解として Gibbons-Maeda-Garnke-Horowitz-Strominger (GMGHS) ブラックホールが知られているが、本研究では GMGHS 解の拡張を数値的な手法を用いて行い、弱い重力予想とブラックホールの進化との関係について調査を行った。得られた解の特徴として、荷電ブラックホールの質量が減少すると、電荷(Q)と質量(M)の比 Q/M が減少することが判明した。 Q/M が増加するか減少するかは、高階微分項の特定の構造に依存する。本研究で着目したヘテロ型弦理論の場合、 $Q/M > 1$ が得られるが、質量が減少すると電荷対質量比は減少する。従って、我々の結果は、弱い重力予想が示唆する、極限ブラックホールがより小さな極限ブラックホールに崩壊できることを保証するものではないことを明らかにした。

(7) orbifold 上の black brane 解

複素射影空間を含む orbifold 上で p-brane を描く Einstein 方程式の解を任意次元の重力理論で追求した。Einstein-Maxwell 理論で構築した black hole 解の議論を参考に、高階の gauge field strength が現れる重力理論に注目し、複素射影空間を背景時空に持ち、裸の特異点が存在しない高次元 Einstein 方程式の解の有無について調べた。その結果、Einstein-Maxwell 理論で導出した black hole 解の自然な拡張となる解析解が適当な背景場の仮定のもとで得られた。この厳密解は black p-brane を記述する上、Eguchi-Hanson 空間を背景に持つ、5次元 black hole 解の高次元時空への拡張解であり、背景時空には裸の特異点が出てこないことも分かった。

本研究では更にこれらの時空の背景を参考に時間依存解を追求し、動的解の性質を調べた。その結果、Einstein-Maxwell 理論で導出した静的 black hole 解の自然な拡張となる時間依存解析解が適当な背景場の仮定のもとで得られた。この厳密解は動的 p-brane を記述し、加速膨張は実現せず背景時空には裸の特異点が出現することも分かった。また、上述の時間依存解に加え、複素射影空間を考慮することでこれまで知られていなかった、計量が時間の 2 次の関数に依存する Einstein 方程式の解析解を構築することができた。これは p-brane 解ではないものの、計量が具体的な関数で記述可能な時間依存解で、これまでには知られていなかった厳密解である。更にこの宇宙論解は非一様状態から時間が経過するにつれて一様宇宙に遷移する宇宙モデルを与えることも判明した。

(8)曲がった背景時空における摂動弦の経路積分法の定式化

弦幾何学理論は、弦多様体上の経路積分で定式化される、非摂動的効果を含む弦理論の候補として知られており、この理論の平坦背景からの揺らぎを考えることにより摂動的超弦の経路積分が超リーマン面の係数を含めて導出されることで注目を集めている。また、弦幾何学理論における場の配位は、10次元の超重力理論に現れるすべての場を含み、弦幾何学理論の無限個の運動方程式は、超重力理論の有限個の運動方程式に帰着することが示されている。従って、弦背景上

の摂動弦の経路積分は弦幾何理論でそれに対応する場の配位の周りの揺らぎを考慮することにより導かれることが期待される。更に、弦の摂動論では、各背景について1つの理論が定式化される一方、非摂動弦理論は平坦及び非自明な背景の両方に対する摂動的弦理論が1つの理論から導出されることが本研究により明らかになり、その超対称性理論への一般化も実現することができた。この一般化は理論にタキオンを含まないようにするためにも必要な作業である。この観点から、本研究では、弦幾何学理論において、ボソン弦と超弦背景のスカラー摂動を考慮することによりスカラーゆらぎの2点相関関数から弦背景上の摂動弦に対する経路積分の定式化に成功した。これらの研究により、弦幾何学理論から摂動弦を弦の結合定数の任意の次数まで導き出すことが tree level で可能となり、弦幾何学理論が経路積分の古典的な極限によって定義できることが判明した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 4件）

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 Muneto Nitta, Kunihito Uzawa | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Dynamical branes on expanding orbifold and complex projective space | 5. 発行年 2024年 |
| 3. 雑誌名 Physics Review D | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.48550/arXiv.2211.13501 | 査読の有無 有 |
| 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 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 Muneto Nitta, Kunihito Uzawa | 4. 巻 81 |
| 2. 論文標題 Orbifold black holes | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 The European Physical Journal C | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epjc/s10052-021-09289-0 | 査読の有無 有 |
| 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 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 Matsuo Sato, Kunihito Uzawa | 4. 巻 107 |
| 2. 論文標題 Path integrals of perturbative superstrings on curved backgrounds from string geometry theory | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Physics Review D | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.107.066023 | 査読の有無 有 |
| 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 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 Matsuo Sato, Kunihito Uzawa | 4. 巻 106 |
| 2. 論文標題 Path integrals of perturbative strings on curved backgrounds from string geometry theory | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Physics Review D | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.106.086006 | 査読の有無 有 |
| 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 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 Carlos Herdeiro, Eugen Radu, Kunihito Uzawa | 4. 巻 818 |
| 2. 論文標題 De-singularizing the extremal GMGHS black hole via higher derivatives corrections | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Physics Letters B | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2021.136357 | 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) | 国際共著 該当する |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 Muneto Nitta, Kunihito Uzawa | 4. 巻 3 |
| 2. 論文標題 Fractional black p-branes on orbifold Cn/Zn | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP03(2021)018 | 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) | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 Kunihito Uzawa | 4. 巻 6 |
| 2. 論文標題 No-Go theorems for ekpyrosis from ten-dimensional supergravity | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP06(2018)041 | 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) | 国際共著 該当する |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 Carlos A.R. Herdeiro, Eugen Radu, Kunihito Uzawa | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Compact objects and the swampland | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP01(2019)215 | 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) | 国際共著 該当する |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 Kengo Maeda, Kunihito Uzawa | 4. 巻 96 |
| 2. 論文標題 Supersymmetry in a dynamical M-brane background | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Physical Review D | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.96.084053 | 査読の有無 有 |
| 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 | 国際共著 該当する |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 Kengo Maeda, Kunihito Uzawa | 4. 巻 6 |
| 2. 論文標題 Supersymmetric M-brane Solution in a Dynamical Background | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Galaxies | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/galaxies6010011 | 査読の有無 有 |
| 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 | 国際共著 該当する |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 Kei-ichi Maeda, Kunihito Uzawa | 4. 巻 94 |
| 2. 論文標題 Dynamical angled brane | 5. 発行年 2016年 |
| 3. 雑誌名 Physical Review D | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.94.126016 | 査読の有無 有 |
| 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 | 国際共著 該当する |

〔学会発表〕 計58件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 43件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 鵜沢報仁 |
| 2. 発表標題 Dynamical branes on expanding orbifold and complex projective space |
| 3. 学会等名 XV Black Holes Workshops (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 De-singularizing the extremal GMGHS black hole via higher derivatives corrections |
| 3. 学会等名 The 31th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 De-singularizing the extremal GMGHS black hole via higher derivatives corrections |
| 3. 学会等名 Avenues of Quantum Field Theory in Curved Spacetime (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 De-singularizing the extremal GMGHS black hole via higher derivatives corrections |
| 3. 学会等名 Workshop on Classical Gravity and Applications (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 De-singularizing the extremal GMGHS black hole via higher derivatives corrections |
| 3. 学会等名 Cosmo 22 (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Dynamical brane on orbifold |
| 3. 学会等名 The 30th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Dynamical brane on orbifolds |
| 3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Black holes on CPn space in Einstein-Maxwell theory |
| 3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Dilatonic black holes and the weak gravity conjecture |
| 3. 学会等名 The 30th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 p-brane black holes on orbifolds |
| 3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 No-Go theorems for ekpyrosis from ten-dimensional supergravity |
| 3. 学会等名 String Phenomenology 2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 No-Go theorems for ekpyrosis from ten-dimensional supergravity |
| 3. 学会等名 PASCOS 2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Compact Objects And The Swampland |
| 3. 学会等名 The 22st International Conference on General Relativity and Gravitation (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Compact objects and the swampland |
| 3. 学会等名 Cosmo 19 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Slow-roll inflation and the swampland |
| 3. 学会等名 日本物理学会2019年度秋季大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 No-Go theorems for ekpyrosis and inflation from string theory |
| 3. 学会等名 Kavli Institute for Cosmological Physics' conference: Cosmic Controversies. (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Compact Objects And The Swampland |
| 3. 学会等名 14th Asia-Pacific Physics Conference 2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Slow-roll inflation and the swampland |
| 3. 学会等名 The 29th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Slow-roll inflation and the swampland |
| 3. 学会等名 10th Australasian Conference on General Relativity and Gravitation (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Slow-roll inflation and the swampland |
| 3. 学会等名 30th Texas Symposium on Relativistic Astrophysics (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Slow-roll inflation and the swampland |
| 3. 学会等名 XII Black Holes Workshops (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Slow-roll inflation and the swampland |
| 3. 学会等名 第21回「特異点と時空、および関連する物理」研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Dilatonic black holes and the weak gravity conjecture |
| 3. 学会等名 Gravitational Waves, Black Holes and Fundamental Physics (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Slow-roll inflation and the swampland |
| 3. 学会等名 Eighth Tux Workshop on Quantum Gravity (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Slow-roll inflation and the swampland |
| 3. 学会等名 VI Cosmology and the Quantum Vacuum (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Dilatonic black holes and the weak gravity conjecture |
| 3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Supersymmetry and singularity in a dynamical M-brane background |
| 3. 学会等名 15th Marcel Grossmann Meeting on General Relativity and Gravitation (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 No-Go theorems for ekpyrosis from ten-dimensional supergravity |
| 3. 学会等名 15th Marcel Grossmann Meeting on General Relativity and Gravitation (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 No-Go theorems for ekpyrosis from ten-dimensional supergravity |
| 3. 学会等名 7th International Conference on New Frontiers in Physics (ICNFP 2018) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Singularity and geometrical structure in ten-dimensional supergravity |
| 3. 学会等名 日本物理学会2018年度秋季大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 No-Go theorems for ekpyrosis from ten-dimensional supergravity |
| 3. 学会等名 DICE 2018 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Compact objects and the swampland |
| 3. 学会等名 XI Black Holes Workshops (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Compact objects and the swampland |
| 3. 学会等名 2019 YITP Asian-Pacific Winter School and Workshop on Gravitation and Cosmology (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 No-Go theorems for inflation and ekpyrosis from string theory |
| 3. 学会等名 Accelerating Universe in the Dark (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Compact objects and the swampland |
| 3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 No-Go theorems for ekpyrosis and inflation from string theory |
| 3. 学会等名 The 2nd Workshop on "Mathematics and Physics in General Relativity" |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Supersymmetry in dynamical M-brane systems |
| 3. 学会等名 PASCOS 2017 (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Supersymmetry and singularity in dynamical M-brane background |
| 3. 学会等名 3rd Karl Schwarzschild Meeting (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Supersymmetric M-brane solution in dynamical background |
| 3. 学会等名 IV Cosmology and the Quantum Vacuum (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Supersymmetric solution in dynamical M-brane background |
| 3. 学会等名 Spanish-Portuguese Relativity Meetings 2017 (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Supersymmetry and geometrical structure in dynamical M-brane background |
| 3. 学会等名 KIAS-YITP joint workshop 2017 "Strings, Gravity and Cosmology" (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Time-dependent backgrounds in supergravity |
| 3. 学会等名 生物から宇宙までの非平衡現象 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Supersymmetry breaking and singularity in dynamical brane backgrounds |
| 3. 学会等名 The 27th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Supersymmetry breaking and singularity in dynamical M-brane background |
| 3. 学会等名 CosPA 2017 (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Supersymmetry breaking and singularity in string theory |
| 3. 学会等名 X Black Holes Workshops (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Ekpyrotic scenario in string theory |
| 3. 学会等名 YKIS2018a Symposium “General Relativity - The Next Generation - ” (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Ekpyrotic scenario in string theory |
| 3. 学会等名 YITP long-term workshop “Gravity and Cosmology 2018 ” (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Nogo theorems for Ekpyrosis from 10D supergravity |
| 3. 学会等名 第2回若手による重力・宇宙論研究会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢報仁 |
| 2. 発表標題 Ekpyrotic scenario in string theory |
| 3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鶴沢 報仁 |
| 2. 発表標題 Cosmic censorship in dynamical brane systems |
| 3. 学会等名 The 21st International Conference on General Relativity and Gravitation (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢 報仁 |
| 2. 発表標題 Violation of cosmic censorship in dynamical p-brane systems |
| 3. 学会等名 Spanish-Portuguese Relativity Meetings 2016 (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 鶴沢 報仁、前田 恵一 |
| 2. 発表標題 Dynamical angled brane |
| 3. 学会等名 日本物理学会2016年度秋季大会 |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢 報仁 |
| 2. 発表標題 Dynamical angled brane |
| 3. 学会等名 The 26th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鶴沢 報仁 |
| 2. 発表標題 Dynamical brane backgrounds |
| 3. 学会等名 The 13th International Symposium on Cosmology and Particle Astrophysics, "CosPA 2016" (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢 報仁 |
| 2. 発表標題 Dynamical angled brane |
| 3. 学会等名 Joint 13th Asia Pacific Physics Conference and 22nd Australian Institute of Physics Congress "APPC-AIP 2016" (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢 報仁 |
| 2. 発表標題 Violation of cosmic censorship in dynamical p-brane systems |
| 3. 学会等名 Joint 13th Asia Pacific Physics Conference and 22nd Australian Institute of Physics Congress "APPC-AIP 2016" (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢 報仁 |
| 2. 発表標題 Supersymmetric branes in expanding universe |
| 3. 学会等名 若手による重力・宇宙論研究会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鶴沢 報仁、前田 健吾 |
| 2. 発表標題 Supersymmetry in dynamical M-brane background |
| 3. 学会等名 日本物理学会第72回年次大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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 |
|---------|---------|
|---------|---------|