

機関番号：14301

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2007~2010

課題番号：19540284

研究課題名 (和文) 超弦の明白に超対称な量子化法

研究課題名 (英文) Manifestly supersymmetric quantization of superstring

研究代表者

國友 浩 (KUNITOMO HIROSHI)

京都大学・基礎物理学研究所・准教授

研究者番号：20202046

研究成果の概要 (和文)：

低次元の DS 超弦理論を量子化し、物理的スペクトルの PS 形式との一致、及び 10 次元時空以外におけるローレンツアノマリーの存在を示した。全超空間の座標を 2 倍に増やすことで商超空間上の DS 超弦理論を構成した。混成超重力理論のキリングスピノル方程式を解析し、時空が (ワーブ因子)・ $AdS_3 \times M^7$ 型でフラックスが存在する場合の M^7 を G-構造と内部捩率に従い分類した。0-描像における NS 弦理論を量子化し、物理的スペクトルが通常と一致することを示した。修正型 Cubic 理論のゲージ固定を遂行し、物理的な伝搬関数が正しくビラソロ演算子の零点にのみ極を持つことを示した。

研究成果の概要 (英文)：

We showed that the lower-dimensional double-spinor (DS) superstring has such a physical spectrum that coincides with the pure-spinor superstring's but its Lorentz symmetry is anomalous. Duplicating the whole superspace co-ordinates, we constructed the DS superstring on the coset-superspace. Investigating the Killing spinor equations in the Heterotic supergravity for $AdS_3 \times M^7$ with fluxes, we classified M^7 based on their G-structures and intrinsic torsions. The no-ghost theorem for Neveu-Schwarz string was directly proved in 0-picture. We explicitly fixed the gauge invariance of modified cubic open superstring theory and showed that the physical propagator has poles at the zeros of the Virasoro operator L_0 .

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2008 年度	700,000	210,000	910,000
2009 年度	900,000	270,000	1,170,000
2010 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：素粒子論・超弦理論・超対称性

1. 研究開始当初の背景

超対称性を持つ場の理論における非繰り込み定理の証明など、対称性が明白な定式化

は、単に計算の見通しを良くするだけでなく、理論の性質を解析する上で本質的な役割を果たす場合が数多い。超弦理論においても、

世界面上の超共形対称性は理論のスペクトルを決定する際に本質的であり、80年代における摂動的な超弦理論の発展に非常に重要な役割を果たした。これに対して、D-ブレーンや弱・強結合双対性など90年代以降の発展においては、時空の対称性が重要となりつつある。特にBPSスペクトルの結合定数非依存性など、時空の超対称性が超弦理論の非摂動的性質を解析するのに本質的な役割を果たしている。しかしながら通常用いられるラモン・ヌボア・シュワルツ(RNS)定式化には、明白な超対称性が存在しないため、D-ブレーンが作るRR場を見通しよく取り扱うことができないという欠点がある。従ってこれまでの多くの解析のように、真空中に存在する静的なD-ブレーンを扱っている内は良いが、その反作用、即ち考えているD-ブレーンが作るRR場の効果を取り入れる際に、これを見通しよく解析することができないという問題が起こる。また、超弦理論の新しい応用の可能性として注目されるAdS/CFT双対性の解析においても、超対称性が明白な定式化は重要な役割を果たすことは明らかであろう。この双対性に関しては、そもそもの状況設定の最初からAdS時空上のRR背景場が本質的な役割を果たしており、同様の理由からRNS定式化では見通しよく解析することが困難である。

一方超対称性が明白な定式化においては、その構成からNS-NS場もRR場も対等に扱われることから、このような困難は初めから存在しないと考えられる。従って、そのような定式化が完成すれば、これを用いることにより上記の困難は克服され、より見通しよい解析が可能となり、これまで難しかった解析や、はっきりとした答えが得られなかった問題に、新しい解決の糸口を与えることは間違いのないものと期待できる。

以上の観点から、超弦理論を時空の超対称性を明白に保った形で定式化することは、単に理論的興味に留まらず、本質的に重要な問題の一つであると考えられる。しかしながら古典的な時空の超対称性が明らかなグリーン・シュワルツ(GS)超弦理論を、ローレンツ共変性と超対称性をどちらも明白に保ったまま量子化することは、統一理論としての超弦理論が誕生した当初からの難問であり、その解決については最近まで大きな進展は見られなかった。

このような状況の下2000年に、パーコビッツは純スピノールと呼ばれる拘束付きの変数を用いる新しい定式化を提案し、(Super Poincare Covariant Quantization of the Superstring, N. Berkovits, Journal of High Energy Physics 0004 (2000) 018.) これまでに理論の物理的スペクトルや、いくつかの散乱振幅など多くの点で正しくRNS定式化

の結果を再現することを確かめた。(N. Berkovits, Journal of High Energy Physics 0009 (2000) 046; *ibid.* 0409 (2004) 047.) しかしながら、この定式化は拘束付きの変数を用いるため、その量子化は単純ではなく、本当に理論の共変性が確かに保たれているかどうかは必ずしも明らかではない。この点を改善する試みは、相阪・風間やニューベンホイゼンのグループによって提案されているが、(Y. Aisaka and Y. Kazama, Journal of High Energy Physics 0302 (2003) 017; P.A. Grassi, G. Policastro, M. Porrati and P van Nieuwenhuizen, Journal of High Energy Physics 0210 (2002) 054.) どちらも完全に満足のいくものではなく、更なる解析が必要とされている。また、この純スピノール変数はペンローズのツイスター理論の一般化とも捕らえることが可能で、超弦理論に新しい幾何学的な解釈を与える可能性も秘めている。これについては、最近ウィッテンにより定式化された、ツイスター空間上の超弦理論(E. Witten, Communication in Mathematical Physics, 252 (2004) 189-258.) との関係も大変興味深い。これは4次元ゲージ理論の摂動的散乱振幅を再現すると考えられており、10次元理論である超弦理論と直接の関係があるとは考えにくい。直接ツイスター空間上の超弦理論を考えるため、幾何学的な描像がはっきりしているのが利点である。従って、10次元理論と何らかの関係をつけることができれば、純スピノールを用いた定式化に幾何学的描像を与える大きな手がかりとなることが期待できる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、時空の超対称性を明白に保ちながら量子化できる、新しい超弦理論の定式化を行い、これを確立することである。また超弦理論の非摂動的な定式化として、この新しい定式化に基づく超弦の場の理論を構成し、非繰り込み定理や理論の有限性の証明等、明白な超対称性が本質的な役割を果たす解析について、一般的な計算法を開発する。

まず第一に、背景の項で述べた純スピノールを用いた、あるいはそれを拡張した定式化を更に改良、発展させることにより、時空の超対称性が明白なまま量子化が可能な、超弦理論の新しい定式化を構成することにある。

その際、本研究が他の研究と一線を画すのは、位相的弦理論との関連に着目し、より幾何学的な描像を与えることを試みる点にある。次に、近年の発展からも明らかになってきたように、超弦理論は豊富な非摂動的性質を持っており、現実世界の自然現象を説明するにはこれらの性質を正しく取り扱うことが必要不可欠である。そこで、本研究の第二の目的として、上記超弦理論の新しい定式

化を完成させた後、これを用いて超弦の場の理論を完成させることを試みる。弦の場の理論は、点粒子の場の理論の自然な拡張として弦の非摂動的定式化を与えるもので、すでにタキオン凝縮などの非摂動的解析に非常に有効であることが示されている。しかし、超弦理論に対しては、これに特徴的な、接触項からくる結合則の破れなど、幾つかの困難が存在し、これにより矛盾のない場の理論はいまだ未完成となっている。新しい定式化は、このような困難を回避できる可能性が非常に高く、有用な超弦の場の理論を完成させることができると期待される。これについては、申請者における弦の場の理論に関する過去の研究 (H. Hata, K. Itoh, T. Kugo, H. Kunitomo and K. Ogawa, Physical Review D34 (1986) 2360.) が大いに参考となると期待することができる。また弦の場の理論における最近の著しい発展を踏まえて、旧来のRNS形式に基づく量子化やこれに基づく超弦の場の理論をもう一度詳細に解析し直すことでも重要な示唆が得られるはずである。

もちろん以上の試みの真の目的は、摂動的あるいは非摂動的にかかわらず、超弦理論の種々の性質を解析するための一つの有効な手法を開発することで、ここで構成された手法を用いて超弦理論の様々な性質を実際に、具体的に解析し、超弦理論から現実世界が再現されることを示し、暗黒物質や暗黒エネルギーなどの未知の物理現象を解明することが最終的な目標となる。

3. 研究の方法

研究の方法としては、まず、純スピノール形式あるいはこれを拡張した定式化を詳細に解析し、どの部分が成功しているか、またどの部分が修正、変更を必要としているかの分析を進める。

純スピノール形式は拘束付きの変数を用いるため、その量子化は非自明で、ローレンツ共変性や超対称性が明白であることは必ずしも明らかではない。東京大学の相阪、風間両氏や米国ニューヨーク市立大学のニューベンホイゼン氏のグループは、この点を改善するために、新たなゴースト変数を導入することで拘束条件を必要としない定式化を提案した。これらの定式化はどれもそれぞれ長所と短所を持っており、依然として明らかにしなければならない点を多く含んでいる。本計画では当面

これらの試みについて詳細に解析し、より完全な定式化を構成する足がかりとする。

その際に具体的に着目したい点として、まず状態空間中、特に純スピノール変数に関する内積の問題を考察したい。これは純スピノール変数のエルミート性に密接に関連した問題で、上記の拡張に関する試みでも完全に

克服されていない重要な問題である。具体的には、理論のユニタリティーが純スピノール変数が実であることを要請するにもかかわらず、実スピノールに純スピノール条件を課すと解が存在しなくなってしまうという問題である。これは量子論、特に不定計量のヒルベルト空間を必要とする理論では、エルミートな演算子の固有値が実とは限らない事を利用することを用いてうまく回避することが可能である。しかしそのように無矛盾なエルミート性を導く内積をどのように定義すれば良いかは依然として不明であり、この点を明らかにすることを考えたい。

これはまた、散乱振幅の計算規則を与える際にも考慮しなければならない問題でもある。これに関連して最近、本来の純スピノール形式を用いたファインマン規則がパーコビッツによって提案された。この規則は、新たな種類の描像変換演算子の挿入を含んでいるが、この演算子の起源や意味などは明らかになっていない。一方拡張された定式化では、リーマン面のモジュライ積分測度を与える b - (反ゴースト) 演算子を容易に構成できるという利点があるが、具体的な計算が煩雑であるために、更に描像変換演算子の挿入が必要かどうかは不明である。本計画ではこの点を明らかにするために、拡張された定式化における散乱振幅の計算に焦点を絞り、パーコビッツの与えた規則を参考としながら、必要とされる描像変換演算子の形などを確立する。これは内積の問題と同時に考察していく必要がある。

この散乱振幅の計算規則に関して現在具体的に考えているのは、ハイブリッド形式で成功している方法を修正、拡張して適用する可能性である。ハイブリッド形式では、これを $N=4$ 位相的弦理論と解釈することで(超)リーマン面のモジュライ積分測度を正しく再現するファインマン規則を導くことができる。しかもこれらの規則は経路積分から導かれるよう定式化することも可能であり、その幾何学的意味が明確になっている。残念ながら純スピノール形式はこれに対応する対称性そのものは持っていないが、その名残である類似の対称性を持っているため、ハイブリッド形式の規則を拡張し適用できる可能性も十分考えられる。またこの位相的弦理論との関連は、以下のように内積の定義に関連しても別の指針を与えている可能性がある。

位相的弦理論に特徴的なツイストと呼ばれる操作は、一般に理論のエネルギー運動量テンソルを再定義するものとして知られているが、実はエルミート性の再定義も同時に必要となることはあまり認識されていない。ハイブリッド形式の場合のように、純スピノール形式のBRS演算子を何らかの意味で世界面の超対称カレント G^+ と同定できる

なら、これをツイストすると同時にうまく純スピノール変数のエルミート性を変更できる可能性がある。単純な考察からは、このような対応がそのまま成立する可能性は低いようにも思われるが、アイデアは非常に魅力的であり、何らかの修正・拡張により正しい内積の構造を発見する重要な手がかりとなり得るものと期待される。

この観点については、つい最近バーコビッツにより、新たに幾つかの拘束付き場を導入することにより、部分的に実現された。この仕事は上に述べた私の考え方と非常に近いところがあり、これとの関係を早急に明らかにすることが私の計画を発展させる上で、非常に重要であると思われる。

以上のような計画に従って、まずこれまでの手法の詳細な分析を通じて新たな定式化の可能性を探ることを考える。また既に触れたように、純スピノール形式の拡張に関しては東大の風間氏らが先行して研究を進めている。本計画を進めるに当たって彼らと議論をすることは非常に有用なので、うまく連携を計りながら計画を遂行していきたい。

続いて上で行った分析を元に、明白な超対称性を完全に保った量子化が可能な新しい定式化を完成させる。具体的にどのようにこの計画を遂行して行くかに関しては第1年度の計画の進行状況に依存するため、これに関しては臨機応変に対処していきたい。もし求める定式化が完成したなら、その有効性を証明するために散乱振幅の計算など具体的な計算を試みる必要がある。そのためには超場形式の拡張など、新しい計算手法を開発する必要があるかもしれない。しかし一般に超対称性を明白に保った定式化は、具体的な計算よりも定性的な性質を一般的に証明しようとするときに有用な場合が多い。非線り込み定理など一般的な性質の証明を与えることも、具体的な計算手法の開発と共に取り組むべき課題である。

一方最近、摂動的な超対称ゲージ理論の振幅を再現する超弦模型として、ツイスター空間を伝搬する超弦理論がやはりウィッテンによって考察された。これは本研究課題と直接の関係はないように思えるが、ツイスター空間上のブレインのモデュライとして時空が現れるという、大変奇抜で新しい可能性を与えている。もしこのような構成が通常の超弦理論においても実現可能であるならば、時空の超対称性も全く異なる形で表現されることになるかもしれない。またそこから超弦理論の背後にある時空の幾何学がかいま見えてくる可能性も考えられる。時間が許せばこのような野心的な可能性についても考察を進めていきたい。

更には新しい定式化を用いた超弦の場の理論を構成する事が次の計画となる。これま

でに幾つか提案されている非摂動的な弦理論の定式化の中で、弦の場の理論に対しては既に多くの解析手法が開発されており、具体的な解析に対して非常に有用な枠組みであることが明らかになっている。特に、超対称性が明白な超弦の場の理論が完成した暁には、超弦理論の有限性など、理論として非常に重要な性質の証明が可能になるかもしれない。最終的にはこのような定式化を完成させ、具体的な解析に役立てることも視野に入れて研究を進める。

4. 研究成果

上でも再三述べたように、PS形式は共形場の理論を用いて構成的に定義するため、弦理論においてよく知られた臨界次元のような基本的な性質がどのように現れるかが、これまで明らかではなかった。実際ウィラードらによって解析されたPS形式に基づく低次元の超弦理論はローレンツ共変ではあるが、光円錐ゲージを用いた量子化から期待されるものとは異なるスペクトルを持っており、その明確な意味付けがよく分かっているとは言えないものであった。

そこで私はKEKの溝口俊哉氏と共に、DS形式に基づく4, 6次元の超弦理論を半光円錐ゲージに基づいて量子化し、DS形式の物理的スペクトルがPS形式と同じとなることを具体的に示した。PS形式とは異なりDS形式の超弦理論はラグランジアンに基づく理論であり、この結果はDS(あるいはPS)形式においては、臨界次元が物理的スペクトルの不一致という全く新しい形で現れるということの意味している。これはこれまで正しく認識されていなかった全く新しい知見であり、この分野の発展に大きな寄与を与えるものである。またこの共変な低次元超弦理論を残りのコンパクト空間上の自由度を記述する $N=2$ 共形場理論とどのように結合すれば良いかを明らかにした。

また上記半光円錐ゲージにおけるDS形式超弦理論のローレンツ対称性を詳細に解析した。具体的には、まずBRST不変な物理的ローレンツ対称性の生成子を構成し、その生成子が満たす代数がBRSTコホモロジーの意味で自明な寄与を除いて、正しいローレンツ代数を満たすかどうかを具体的な計算で確かめた。その結果、量子論的には臨界次元である10次元時空を除いてローレンツアノマリーが存在し、ローレンツ対称性が破れることを示した。

またこれまで平坦時空上でしか考えられていなかったDS形式に基づく定式化を、 $AdS_5 \times S^5$ 時空を含む商(超)空間の場合に拡張した。その結果として、フェルミオン座標のみならずボソン座標も含めて、全超空間

の座標を2倍に増やした定式化が必要であることを明らかにした。この定式化は、DS形式の幾何学的な解釈に際して本質的であると思われ、より一般的な時空への拡張を考える際、非常に重要である。

明白に超対称な超弦の定式化が可能であるためには、時空は超対称性が存在するようなものでなくてはならない。従って、一般の曲がった時空上で超対称性を議論するにはどのような時空がキリングスピノルの存在を許すかを調べるのが重要な問題となる。私はこれを解析するために、大学院生の太田満久氏と共に、10次元ヘテロ型超重力理論の超対称古典解の分類を試みた。具体的には、時空が(ワープ因子) $\cdot \text{AdS}_3 \times \text{M}^7$ のような構造を持ち、かつ非自明なフラックスが存在する場合について、キリングスピノル方程式を用いた解析により M^7 の持つべき性質を議論した。その結果、超対称性の個数が $N=1, 2, 3$ の場合に、 M^7 が各々 $G_2, \text{SU}(3), \text{SU}(2)$ 構造を持つ事を示し、その振率類を分類した。また、最初の α' 補正まで含めた近似において、ビアンキ恒等式とキリングスピノル方程式の可積分性からすべての運動方程式が導かれることを示した。

最後に旧来のRNS形式に基づく超弦理論、超弦の場の理論について、近年の発展を踏まえてもう一度詳細に解析し直した。ウィッテンによるCubic型の超弦の場の理論は描像変換演算子の衝突から来る接触型の発散のためうまく定義することができない。この困難を回避するために考案された修正Cubic型の理論は、NS場を通常の-1描像ではなく0描像にとるところに特徴がある。私は大学院生の村田仁樹氏、高力麻衣子氏と共に、改めてこの0描像におけるNS弦理論の量子化を詳細に解析し、これまで間接的にしか示されていなかった物理的スペクトルの同等性を具体的なヒルベルト空間の解析から直接証明することに成功した。その後この証明を相似変換を用いる、よりエレガントなものに修正した。その際、副産物として新しい逆描像変換演算子を発見した。この新しい演算子は、残念ながらローレンツ共変ではないが、衝突しても発散を産まない性質の良いものとなっており、新しい超弦の場の理論の構築に対して非常に示唆的なものとなっている。

また、修正型Cubic理論のゲージ固定についても解析を行った。これまでは修正型Cubic理論に関する量子化を議論する際、そのゲージ固定についてはきちんとした考察がなされていなかった。そこで私は上記二名の大学院生、及び、九後汰一郎氏、ポスドクの岸本功氏らと共同で、ゲージ固定の問題を正統的なBV形式に基づいて詳細に解析した。最終的には、高力、九後両氏との共同研究として、ゲージ固定を場と反場の分離が明らか

なものとの摂動計算に便利なものというそれぞれ異なる利点を持つ二つの条件に基づいて行い、後者の場合に物理的な伝搬関数が正しくビラソロ演算子の零点にのみ極を持つことを示した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計8件)

- ① M. Korriki, T. Kugo and H. Kunitomo, “Gauge Fixing of Modified Cubic Open Superstring Field Theory”, Progress of Theoretical Physics, (査読有), 127, (2012), 243-370.
- ② M. Kohriki, H. Kunitomo and M. Murata, “No-ghost Theorem for Neveu-Schwarz String in 0-picture”, Progress of Theoretical Physics, (査読有), 124, (2010), 953-968.
- ③ H. Kunitomo and M. Ohta, “Supersymmetric AdS(3) solutions in heterotic supergravity”, Progress of Theoretical Physics, (査読有), 122, (2009), 631-657.
- ④ H. Kunitomo, “Double-spinor superstrings on coset superspace”, Progress of Theoretical Physics, (査読有), 120, (2008), 1029-1040.
- ⑤ H. Kunitomo and S. Mizoguchi, “Lower-dimensional superstrings in the double-spinor formalism”, Progress of Theoretical Physics (査読有), 117, (2007), 765-793.
- ⑥ H. Kunitomo and S. Mizoguchi, “Lorentz anomaly in the semi-light-cone gauge superstrings”, Progress of Theoretical Physics, 査読有, 118, (2007), 559-576.

[学会発表] (計17件)

(*印が発表者)

- ① 高力麻衣子*, 九後汰一郎、國友浩、
「Gauge Fixing of Modified Cubic Open Superstring Field Theory」、
日本物理学会第67回年次大会、2012年3月25日、関西学院大学
- ② 高力麻衣子*, 九後汰一郎、國友浩、
「Gauge Fixing of Modified Cubic Open Superstring Field Theory」、
KEK理論研究会、2012年3月6日、KEK
- ③ 高力麻衣子*, 九後汰一郎、國友浩、
「BV形式による超弦の場の理論のゲージ固

定)、
日本物理学会 2011 年秋季大会、2011 年 9 月
17 日、弘前大学

④ 高力麻衣子*、九後汰一郎、國友浩、村田
仁樹、

「Cubic 型超弦の場の理論におけるゲージ固
定」、

日本物理学会第 66 回年次大会、2011 年 3 月
26 日、新潟大学 (東日本大震災のため中止、
発表資料は物理学会 HP に掲載)

⑤ 高力麻衣子*、國友浩、村田仁樹、

「No-Ghost Theorem for Neveu-Schwarz-Ra-
mond String via Similarity Transformati-
on」、(ポスター発表)

KEK 理論研究会、2011 年 3 月 14-17 日、KEK
(東日本大震災のため中止、ポスターは研究
会 HP に掲載)

⑥ M. Kohriki*, H. Kunitomo, M. Murata,
“No-Ghost Theorem for Neveu-Schwarz Str-
ing in 0-Picture via Similarity Transformati-
on”,

International Conference ‘String Field
Theory and Related Aspects (SFT2010)’ ,
October 22 2010, YITP Kyoto.

⑦ M. Kohriki, I. Kishimoto, T. Kugo, H.
Kunitomo and M. Murata*,

“Gauge-Fixing Problem in Modified Cubic
Superstring Field Theory” ,

International Conference ‘String Field
Theory and Related Aspects (SFT2010)’ ,
October 22 2010, YITP Kyoto.

⑧ 高力麻衣子*、九後汰一郎、國友浩、村田
仁樹、

「BRST 不変性に基づく 0-picture superst-
ring の量子化」、

日本物理学会 2010 年秋季大会、2010 年 9 月
13 日、九州工業大学

⑨ 高力麻衣子、九後汰一郎、國友浩、村田
仁樹*、

「0-picture superstring における no
ghost 定理」、

研究会『場の理論と超弦理論の最先端』、2010
年 7 月 21 日、京都大学

⑩ 高力麻衣子*、九後汰一郎、國友浩、村田
仁樹、

「開いた超弦の場の理論におけるゲージ固
定」、(ポスター発表)

研究会『場の理論と超弦理論の最先端』、2010
年 7 月 21 日、京都大学

⑪ 國友浩*、

「超弦の場の理論におけるゲージ固定につ
いて」、

弦理論研究会 (2010)、2010 年 1 月 5 日、立
教大学

⑫ T. Kugo*, M. Kohriki, H. Kunitomo and

M. Murata,

“Gauge fixing problem is superstring
field theory, APCTP Focus Program on
Current Trends in String Field Theory”,
2009 年 12 月 14 日、Asia Pacific Center for
Theoretical Physics (Korea)

⑬ 高力麻衣子*、九後汰一郎、國友浩、村田
仁樹、

「自然な描像に基づく超対称開弦の場の理
論」、

日本物理学会第 64 回年次大会、2009 年 3 月
30 日、立教大学

⑭ 高力麻衣子、九後汰一郎、國友浩、村田
仁樹*、

「超対称開弦の場の理論における古典解」、
日本物理学会第 64 回年次大会、2009 年 3 月
30 日、立教大学

⑮ 國友浩*、

“Double-spinor superstrings on coset
superspaces” ,

日本物理学会 2008 年秋季大会、2008 年 9 月
21 日、山形大学

⑯ 太田満久*、國友浩、

「超重力理論における超対称 AdS 古典解」、
日本物理学会 2008 年秋季大会、2008 年 9 月
20 日、山形大学

⑰ 國友浩*、溝口俊弥、

“Lorentz anomaly in the semi-light-cone
gauge superstrings” ,

日本物理学会第 62 回年次大会、2007 年 9 月
21 日、北海道大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

國友 浩 (KUNITOMO, HIROSHI)

京都大学・基礎物理学研究所・准教授

研究者番号：20202046

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：