

理研シンポジウム「場と弦の理論の新展開に向けて」プログラム

理化学研究所 和光キャンパス 大河内記念ホール：2008年12月20日(土) - 12月22日(月)

短時間講演のスケジュール

	講演者
12:20 - 12:30	シンポジウムの主旨説明
12:30 - 13:20	松尾 俊寛 橋本 幸士 藤田 充俊 住友 洋介 木村 哲士
13:20 - 13:30	休憩
13:30 - 14:20	長岡 悟史 太田 和俊 畔柳 竜生 黒木 経秀 伊敷 吾郎
14:20 - 14:50	休憩
14:50 - 15:40	小川 軌明 三塚 由浩 丸 信人 川村 嘉春 阪口 真
15:40 - 15:50	休憩
15:50 - 16:40	鈴木 博 伊藤 悦子 坂井 典佑 一ノ瀬 祥一 横井 直人
16:40 - 17:10	休憩
17:10 - 18:00	八木 太 柴 正太郎 岸本 功 村上 公一 水上 史絵
18:00 -	投票 及び 開票

理研シンポジウム「場と弦の理論の新展開に向けて」プログラム

理化学研究所 和光キャンパス 大河内記念ホール：2008年12月20日(土) - 12月22日(月)

シンポジウム全体のスケジュール

	12月20日(土)	12月21日(日)	12月22日(月)
9:15 - 10:45		西岡 辰磨	新田 宗土
10:45 - 11:00		休憩	休憩
11:00 - 12:30		橋本 幸士	鈴木 博
12:30 - 14:00		Lunch	
14:00 - 15:30		杉野 文彦	
15:30 - 15:45	短時間講演 (10分=講演+質問)	休憩	
15:45 - 17:15		松尾 俊寛	
17:15 - 17:30		休憩	
17:30 - 19:00		畔柳 竜生	

理研シンポジウム「場と弦の理論の新展開に向けて」 講演者一覧

理化学研究所 和光キャンパス 大河内記念ホール：2008年12月20日(土) - 12月22日(月)

氏名	講演タイトル
西岡 辰磨	CFT Duals for Extreme Black Holes
杉野 文彦	Ginsparg-Wilson formulation of 2D $\mathcal{N} = (2, 2)$ SQCD with exact lattice supersymmetry
新田 宗土	Non-Abelian Vortices — Five Years From the Discovery
松尾 俊寛	高エネルギーハドロンとゲージ/ストリング対応
橋本 幸士	Holographic Nuclei
藤田 充俊	Geometric Entropy and Hagedorn/Deconfinement Transition
住友 洋介	Squashing 変換と一般化された BMPV Black Hole
木村 哲士	Realization of AdS vacua in attractor mechanism on generalized geometries
長岡 悟史	Perturbative interactions of multiple strings in type IIB matrix model
太田 和俊	Two-Dimensional Gauge Theory and Matrix Model
畔柳 竜生	弦の世界面からみたゲージ/重力対応についての理解
黒木 経秀	AdS/CFT による固有値の時空解釈
伊敷 吾郎	Deconfinement phase transition in $\mathcal{N} = 4$ SYM on $\mathbb{R} \times S^3$ from supersymmetric quantum mechanics
小川 軌明	Holographic Duals of Kaluza-Klein Black Holes
三塚 由浩	IIB 型超重力理論の $SU(2) \times U(1) \times SO(4)$ 不変な 1/8 BPS 解について
丸 信人	Finite Gluon Fusion Amplitude in the Gauge-Higgs Unification ★
川村 嘉春	Topological Grand Unification ★
阪口 真	Super Schrödinger algebra & non-relativistic limits of supersymmetric Chern-Simons-matter theories
鈴木 博	計算機上の 2d $\mathcal{N} = (2, 2)$ SYM
伊藤 悦子	格子シミュレーションによる共形場の理論の探索
坂井 典佑	Domain Walls with Non-Abelian Clouds
一ノ瀬 祥一	Casimir Energy of Higher Dimensional Theories and New Regularization
横井 直人	Superstring in the plane-wave background with RR flux as a conformal field theory
八木 太	Orbifolding the membrane action
柴 正太郎	Some generalizations of Lorentzian BLG model
岸本 功	a -ゲージにおけるゲージ不変量の数値計算
村上 公一	D-brane States and Annulus Amplitudes in OSp Invariant Closed String Field Theory
水上 史絵	Gauge-Higgs-Inflaton unification in $(4+n)$ D Super Y-M ★

★: 短時間講演のみ

理研シンポジウム「場と弦の理論の新展開に向けて」 講演概要集

長時間講演 概要一覧 (敬称略, 講演順)

[[1]] 西岡 辰磨 (京大理)

CFT Duals for Extreme Black Holes

It is argued that the general four-dimensional extremal Kerr-Newman-AdS-dS black hole is holographically dual to a (chiral half of a) two-dimensional CFT, generalizing an argument given recently for the special case of extremal Kerr. Specifically, the asymptotic symmetries of the near-horizon region of the general extremal black hole are shown to be generated by a Virasoro algebra. Semiclassical formulae are derived for the central charge and temperature of the dual CFT as functions of the cosmological constant, Newton's constant and the black hole charges and spin. We then show, assuming the Cardy formula, that the microscopic entropy of the dual CFT precisely reproduces the macroscopic Bekenstein-Hawking area law. This CFT description becomes singular in the extreme Reissner-Nordstrom limit where the black hole has no spin. At this point a second dual CFT description is proposed in which the global part of the $U(1)$ gauge symmetry is promoted to a Virasoro algebra. This second description is also found to reproduce the area law. Various further generalizations including higher dimensions are discussed.

[[2]] 杉野 文彦 (岡山光量子研)

Ginsparg-Wilson formulation of 2D $\mathcal{N} = (2, 2)$ SQCD with exact lattice supersymmetry

2次元 $\mathcal{N} = (2, 2)$ 超対称 QCD 系の格子定式化において、ギンスパーグ-ウィルソン関係式を満たすオーバーラップ差分演算子をひとつの超対称電荷を保った上で導入できた。これにより、物質場のカイラルフレーバー対称性が格子上で厳密に保たれ、任意の数の基本表現、反基本表現の物質場に対し、格子作用を定義することが可能になった。また、超ポテンシャルのカイラル構造も格子上で厳密に保たれるため、格子上で非繰り込み定理が成り立つことが期待され、gauged linear sigma 模型への応用も可能である。これは我々の知るところ、ゲージ対称性を持つ系の格子定式化で超対称性と (フレーバー) カイラル対称性を同時に保つ最初の構成例である。

[[3]] 新田 宗土 (慶應大日吉物理)

Non-Abelian Vortices — Five Years From the Discovery

Five years ago, non-Abelian vortices were discovered in supersymmetric gauge theories and string theory independently. Those were suggested to be a key to understand confinement and duality of supersymmetric QCD, as a generalization of the old idea of Nambu and Mandelstam. In 2005 similar but a bit different non-Abelian vortices happened to be found in the color-flavor locked phase (color superconductor) of dense QCD, which is expected to be realized in core of neutron stars. It has turned out that the moduli space of the vortex solutions in the BPS case has very ample structures, like the one of Yang-Mills instantons. There has been a lot of developments in various directions. For instance, those vortices are candidates of non-Abelian cosmic strings; When two of them collide, their reconnection is inevitable. Vortices in SO and USp generalization has been found recently, and these may offer a fundamental tool toward a proof of the GNO duality. I will explain those developments in these five years.

短時間講演 概要一覧 (敬称略, 講演順)

[1] 松尾 俊寛 (筑波大学)

高エネルギーハドロンとゲージ/ストリング対応

We consider an analog of e^+e^- annihilation in gauge theories which have a dual string description in asymptotically AdS_5 space. We compute the inclusive spectrum of produced particles in the process and show that the momentum distribution exhibits a thermal behavior. We also discuss the nature of jet fragmentation. We construct the timelike anomalous dimension which governs the scale dependence of the fragmentation function and show that in the limit of infinite 't Hooft coupling the average multiplicity rises linearly with the energy and the inclusive spectrum is peaked at the kinematical boundary which is consistent with the thermal behavior of the hadron spectrum.

[2] 橋本 幸士 (理研)

Holographic Nuclei

重原子核にゲージ・重力対応を適用する。ホログラフィック QCD ではバリオン (核子) は高次元球に巻きつく D ブレーンとして記述される。この核子 D ブレーンを A 枚集めることが質量数 A の原子核に対応する。従って原子核の上には $U(A)$ の Yang-Mills-Higgs 理論が住み、この large A 極限は、等価な双対の重力幾何で記述される。重力側でスペクトルを計算し、原子核の振動励起である巨大共鳴スペクトルを導出する。結果は実験結果と比較でき、 A 依存性などについて定性的な一致が見られた。

[3] 藤田 充俊 (京大理)

Geometric Entropy and Hagedorn/Deconfinement Transition

It has recently been proposed that the entanglement entropy can be an order parameter of confinement/deconfinement transitions. To find a clear evidence, we introduce a new quantity called the geometric entropy, which is related to the entanglement entropy via a double Wick rotation. We analyze the geometric entropy and manifestly show that its value becomes discontinuous at the Hagedorn temperature both in the free $\mathcal{N} = 4$ super Yang-Mills and in its supergravity dual.

[4] 住友 洋介 (総合研究大学院大学)

Squashing 変換と一般化された BMPV Black Hole

5次元の超重力理論において、新しい超対称重力解が得られたので紹介する。5次元において一般化された Breckenridge-Myers-Peet-Vafa 解が存在することは知られていたが、この解は Gödel 解のように closed time-like curve を持つ解であった。我々はこの解を squashing することによって closed time-like curve を含まない新しい解を作ることに成功したので紹介する。また、11次元超重力との関係についても言及する。

[5] 木村 哲士 (京大基研)

Realization of AdS vacua in attractor mechanism on generalized geometries

We evaluate flux vacua attractor equations in type IIA string theory compactified on generalized geometries with orientifold projections. The four-dimensional $\mathcal{N} = 1$ superpotential in this compactification is described as a sum of the Ramond-Ramond superpotential and the one described by the (non)geometric flux charges. We demonstrate a single modulus model in which supersymmetric AdS and Minkowski solutions are classified

by means of the discriminants of the two superpotentials. We further study various configurations without the Ramond-Ramond flux charges. There we also find supersymmetric AdS vacua both in the case of compactifications on the generalized geometry with $SU(3) \times SU(3)$ structures, and on the manifold with $SU(3)$ -structure without the nongeometric flux charges. Especially, in the latter case, we have to introduce a correction into the prepotential of the special geometry in order to realize consistent vacua. This deformation is interpreted as the α' corrections caused by the back reaction of the geometric fluxes on the compactified space.

[6] 長岡 悟史 (KEK)

Perturbative interactions of multiple strings in type IIB matrix model

We introduce the interactions of multiple strings in IIB matrix model. String worldsheets are constructed as the two dimensional background in IIB matrix model. The leading interaction of perturbative string is realized by the recombination of two strings. We reproduce this interaction from IIB matrix model and identify the string coupling g_s .

[7] 太田 和俊 (東北大理)

Two-Dimensional Gauge Theory and Matrix Model

S^3 上の Chern-Simons 理論を dimensional reduction した matrix model ($\mathcal{N} = 1^*$ matrix model) の分配関数について議論する。分配関数の経路積分は厳密に実行することができて、異なる sector は $SU(2)$ の表現によって分類することができるが、この matrix model の特定の sector に関して行列サイズが非常に大きい極限をとると、厳密に知られている S^2 上の 2 次元 Yang-Mills 理論の分配関数を再現する事を示す。また、この結果の局所化定理による理解や 2 次元の超対称格子ゲージ理論に対する応用についても紹介したい。

[8] 畔柳 竜生 (京大理)

弦の世界面からみたゲージ/重力対応についての理解

前年、ゲージ/重力対応について弦の世界面の立場から理解する試みがなされた (川合-須山)。本講演ではその試みを洗練すると共に、低次元や有限温度の場合への拡張を議論する (畔柳-花田-川合-松尾)。

[9] 黒木 経秀 (立教大学)

AdS/CFT による固有値の時空解釈

4次元の Super Yang-Mills 理論において、circular Wilson loop の計算は one-matrix model に落ちることが知られていて、かつ巻き数が $O(N)$ の Wilson loop は one-matrix model における isolated eigenvalue に対応することが分かる。AdS/CFT を用いると、この isolated eigenvalue の時空解釈が直接与えられることを示す。これは非摂動的弦理論において中心的テーマである、行列模型の固有値の時空解釈を AdS/CFT を用いて具体的に与えた良い例となっている。その際、Wilson loop が D-brane にどのような境界条件を課すかを議論する。

[10] 伊敷 吾郎 (大阪大学/KEK)

Deconfinement phase transition in $\mathcal{N} = 4$ SYM on $\mathbb{R} \times S^3$ from supersymmetric quantum mechanics

最近、plane wave 行列模型を用いた $\mathcal{N} = 4$ SYM 理論の非摂動的な正則化が提唱された。この方法はゲージ対称性と $SU(2|4)$ 対称性 (16 個の超対称性を含む) を保っている。本講演では、この方法に基づいた、有限温度での $\mathbb{R} \times S^3$ 上の $\mathcal{N} = 4$ SYM の相構造の解析について議論する。弱結合極限では、この理論には一次

相転移が存在することが知られていた。我々は、この結果が plane wave 行列模型の連続極限として正しく導かれることを示した。

[11] 小川 軌明 (京大基研)

Holographic Duals of Kaluza-Klein Black Holes

最近、Brown-Henneaux の方法を用いて、extremal な 4 次元 Kerr ブラックホールの統計力学的なエントロピーが正しく求められた (Kerr/CFT 対応)。これは様々な面において、従来の AdS/CFT 対応とは大きく異なっている。

我々はこの方法を、角運動量を持つ extremal な Kaluza-Klein ブラックホールに適用した。結果、この系に対しては central charge などの異なる 2 つの双対 CFT を考えることができ、両者で各々、Bekenstein-Hawking エントロピーを完全に再現可能であることを示した。

弦理論への埋め込みではこの系は D0-D6 の束縛状態に対応しており、その観点からも興味深い結果であると考えている。

(畔柳竜生氏 [京大理]、寺嶋靖治氏 [京大基研] との共同研究に基づく。)

[12] 三塚 由浩 (東大駒場)

IIB 型超重力理論の $SU(2) \times U(1) \times SO(4)$ 不変な 1/8 BPS 解について

$\mathcal{N} = 4$ 超対称ゲージ理論の中のあるクラスの 1/8 BPS 演算子に双対な $SU(2) \times U(1) \times SO(4)$ 対称な IIB 型超重力理論の BPS 解が hep-th/0611065 (Gava et al.) によって分類されたが、そこで為された BPS 条件の変形操作を詳細に吟味した結果、解に課されるべき新たな微分方程式を見つけた。また特殊な場合に BPS 条件と運動方程式から得られるすべての制限を尽くした。

[13] 丸 信人 (中央大理工)

Finite Gluon Fusion Amplitude in the Gauge-Higgs Unification

標準模型ヒッグス場を高次元ゲージ場の余剰成分とみなすゲージ・ヒッグス統一モデルでは、繰り込み不可能にもかかわらず高次元ゲージ対称性のために、ヒッグス質量に対する量子補正が任意の次元で有限になります。今回の講演では、LHC の物理で大変重要になる 2 グルーオン融合過程振幅 (と 2 光子崩壊過程振幅) がゲージ・ヒッグス統一モデルにおいては任意の次元で有限になることを紹介します。ヒッグス質量以外で有限な物理量の初めての例になります。

[14] 川村 嘉春 (信州大学)

Topological Grand Unification

We propose a new grand unification scenario to guarantee the proton stability and the triplet-doublet Higgs mass splitting with the help of a big local symmetry. The derivation of the standard model or its minimal supersymmetric one is carried out by using Paris-Sourlas type dimensional reduction.

[15] 阪口 真 (岡山光量子研)

Super Schrödinger algebra & non-relativistic limits of supersymmetric Chern-Simons-matter theories

We discuss non-relativistic limits of the $\mathcal{N} = 3$ supersymmetric Chern-Simons matter system in 1+2 dimensions. The relativistic theory can generate several inequivalent super Schrödinger invariant theories, depending on the degrees of freedom we choose to retain in the non-relativistic limit. The maximally supersymmetric Schrödinger

invariant theory is obtained by keeping all particle degrees of freedom. Non-relativistic limits of $\mathcal{N} = 6$ Chern-Simons matter system (mass-deformed ABJM model) are also discussed.

[16] 鈴木 博 (理研)

計算機上の $2d \mathcal{N} = (2, 2)$ SYM

従来の解析的研究と相補的なものになるべく、超対称性ゲージ理論の格子定式化による数値的研究の分野を形成することを目指している。しかしながら、格子構造は本質的に超対称性と相容れないため、これは容易ではない。最近、我々は、その第一歩として、2次元の $\mathcal{N} = (2, 2)$ 超対称 Yang-Mills 理論の杉野による格子定式化において、超対称性 Ward-高橋恒等式をモンテカルロシミュレーションで測定し、連続極限では全ての超対称性が回復している強い証左を得た。これは、超対称ゲージ理論を格子上で実現することが可能であることを数値的に確認した初めての例である。また、この定式化の応用として、gapless spectrum の観測、基本表現間の静的ポテンシャルの測定を行った。これらの成果を報告する。

[17] 伊藤 悦子 (工学院大学)

格子シミュレーションによる共形場の理論の探索

格子シミュレーションの手法を用い、大きなフレーバー数をもつゲージ理論に非自明な赤外固定点が存在するかどうか、調べる。そのために、まず、効率的に計算でき、小さい系統誤差をもつ新しい繰りこみスキームを提案した。今発表では、その新しい繰りこみスキームの有用性、また、その新しい繰りこみスキームを用いて running coupling constant がどのように測定できるか、最新のデータを交えて報告する。

[18] 坂井 典佑 (東京女子大学)

Domain Walls with Non-Abelian Clouds

Domain walls in $U(N)$ gauge theories, coupled to Higgs scalar fields with degenerate masses, are shown to possess normalizable non-Abelian Nambu-Goldstone (NG) modes, which we call non-Abelian clouds. We construct the moduli space metric and its Kaehler potential of the effective field theory on the domain walls, by focusing on two models: a $U(1)$ gauge theory with several charged Higgs fields, and a $U(N)$ gauge theory with $2N$ Higgs fields in the fundamental representation. We find that non-Abelian clouds spread between two domain walls and that their rotation induces long-range repulsive force, in contrast to a $U(1)$ mode in models with fully non-degenerate masses which gives short-range force. We also construct a bound state of dyonic domain walls by introducing the imaginary part of the Higgs masses. In the latter model we find that when all walls coincide $SU(N)_L \times SU(N)_R \times U(1)$ symmetry is broken down to $SU(N)_V$, and $U(N)_A$ NG modes and the same number of quasi-NG modes are localized on the wall. When n walls separate, off diagonal elements of $U(n)$ NG modes have wave functions spreading between two separated walls (non-Abelian clouds), whereas some quasi-NG modes turn to NG bosons as a result of further symmetry breaking $U(n)_V \rightarrow U(1)_V^n$. In the case of 4+1 dimensional bulk, we can dualize the effective theory to the supersymmetric Freedman-Townsend model of non-Abelian 2-form fields.

(arXiv:0802.3135 [hep-th], Phys.Rev.D77 (2008) 125008-1-25)

[19] 一ノ瀬 祥一 (静岡県立大学)

Casimir Energy of Higher Dimensional Theories and New Regularization

高次元理論の場の量子化について、新しい試みを紹介する。AdS/CFT のアイデアをストレートに場の量子化に適用したものである。また String Configuration が regularization procedure に現れている点が新しい。

具体的には 5D Electro-magnetism, 5D Scalar Theory, 5D Yang-Mills での Casimir Energy、 β -function 等を計算する。もちろん有限の意味ある値として。

[20] 横井 直人 (東大駒場)

[Superstring in the plane-wave background with RR flux as a conformal field theory](#)

AdS/CFT 対応の観点からも重要である Ramond-Ramond flux が存在し、かつ、曲がった時空中の超弦理論の一例として pp-wave と呼ばれる時空中の超弦理論を、その世界面上の厳密に共形不変な理論として定式化する。その定式化を用いて BRST 量子化を行い、その cohomology を求めることにより、光円錐ゲージでられていた massive な理論のスペクトラムを再現する。

[21] 八木 太 (京大基研)

[Orbifolding the membrane action](#)

最近、 $\mathbb{C}^4/\mathbb{Z}_k$ をプローブする M2 ブレーン上の理論が Aharony, Bergman, Jafferis, Maldacena らによって提唱された。この理論について、さらに \mathbb{Z}_n の作用でオービフォールドした理論を提唱する。その理論のモジュライ空間を調べ、確かに $(\mathbb{C}^4/\mathbb{Z}_k)/\mathbb{Z}_n$ を M2 ブレーンがプローブするという描像と一致していることを確かめる。

[22] 柴 正太郎 (東大本郷)

[Some generalizations of Lorentzian BLG model](#)

Bagger-Lambert-Gustavsson (BLG) 模型は、M 理論において M2-brane が複数枚重なった系を記述する理論として提唱されており、Lie 3-algebra を用いて定式化されるという特徴を持っている。この Lie 3-algebra の具体例として、ノルムが負になる generator が 1 個存在するものを採用した場合は Lorentzian BLG 模型と呼ばれ、IIA 型超弦理論において D2-brane が複数枚重なった系を記述する理論を再現することが知られている。我々はさらに負ノルムの generator が複数個存在する Lie 3-algebra を採用した場合について解析を行い、BLG 模型が内包する新たな模型を構築することに成功した。今回の講演にて、それらの新たな模型が持つ性質について紹介する。

[23] 岸本 功 (理研)

[a-ゲージにおけるゲージ不変量の数値計算](#)

開弦の場の理論のゲージ不変量として、作用のほかに開弦場と on-shell 閉弦状態との内積 (gauge invariant overlap) が知られている。これらの量を浅野-加藤の a-ゲージにおける数値解に対して計算した。その結果 Siegel ゲージの数値解や Schnabl の解析解の結果とほぼ同一の値を得た。このことはこれらの解が互いにゲージ同値であり、非摂動的真空の唯一性を示唆していると考えられる。また解の「BRST 不変性」についても議論する。

[24] 村上 公一 (理研)

[D-brane States and Annulus Amplitudes in \$OSp\$ Invariant Closed String Field Theory](#)

OSp 不変な bosonic な閉弦の場の理論において、複数枚の平坦な D-brane が平行におかれた場合に対応する第二量子化の状態を構成した。この状態を使って、端が D-brane 上にある annulus 振幅を計算し、これが、第一量子化での結果と一致することを示した。この解析は、我々の構成した D-brane 状態の正当性のさらなる証拠となっている。

(この研究は、馬場裕氏 (理研) と石橋延幸氏 (筑波大) との共同研究 JHEP 0807 (2008) 046 [arXiv:0805.3744] に基づいています。)

[25] 水上 史絵 (中央大理工)

Gauge-Higgs-Inflaton unification in $(4+n)$ D Super Y-M

Gauge-Higgs 統一模型の発展として Gauge-Higgs-Inflaton 統一を提案する。 $(4+n)$ D super Yang-Mills 理論をとり、ゲージ場の余剰次元成分 A_y が Higgs で同時に / 又は inflaton であると解釈する。1-loop ポテンシャルを計算し、ヒッグスとインフラトンの fine-tuning 問題を同時に解決したい。