

基研研究会「量子場理論と弦理論の発展」
講演タイトル&アブストラクト(2008年7月28日~8月1日)

— 会場：京都大学 湯川記念館 Panasonic 国際交流ホールおよび会議室 (Y206, Y306)—

7月28日(月)

鈴木 博(理化学研究所)

“Tomboulis の閉じ込めの証明について”

Tomboulis によって最近提出された、格子上の pure Yang-Mills 理論における閉じ込めの証明についてのレビューを行う。

近藤 慶一(千葉大学 大学院理学研究科)

“Magnetic monopole loops supported by a meron pair as the quark confiner”

We give an analytical solution for a circular magnetic monopole loop joining a pair of merons in SU(2) Yang-Mills theory defined on the four-dimensional Euclidean space. This is achieved by solving the differential equation for the adjoint color field extracting the gauge-invariant magnetic monopole in the two-meron background field in the recently developed reformulation of the Yang-Mills theory. Our analytical solution corresponds to the numerical solution found by Montero and Negele on a lattice. This result strongly suggests that a meron pair is the most relevant quark confiner in the original Yang-Mills theory, as Callan, Dashen and Gross suggested long ago.

阿部 泰裕(株式会社セレージャテクノロジー)

“On the deconfinement limit in (2+1)-dimensional Yang-Mills theory”

カラバリ・キム・ナイヤーによるハミルトニアンをもちいた 3次元 Yang-Mills 理論の解析を $S^1 \times S^1 \times R$ 上の時空間で考える。時間成分を一方の S^1 にとり、もう一方の S^1 の半径を無限大にする極限をとると、これは有限温度の 3次元 Yang-Mills 理論とみなすことができる。今回の発表ではカラバリらによる解析を復習しながら、どのように考えれば deconfinement 温度を予測できるかについて議論したい。

杉野 文彦(岡山光量子科学研究所)

“2次元 N=(2,2) SQCD の超対称性を保つ格子定式化”

任意の数の基本表現、反基本表現の物質場と結合した 2次元 N=(2,2) 超対称ゲージ理論を格子上で定式化した。ゲージ群は U(N) および SU(N) で、格子上の作用は厳密な超対称性をひとつ保つ。残りの超対称性は連続極限において回復する。超対称性を保ち、物質場のダブリングのない理論を得るには基本表現場と反基本表現場の数が一致する必要があり、そのため chiral anomaly のない理論が実現されている。

非自明な anomaly を持つ、基本表現場と反基本表現場の数が異なる場合を議論するために、どちらかの twisted mass を十分重くし decoupling limit をとることができる。格子摂動論の範囲内でそれを行い、正しい非自明な chiral anomaly が再現することを見る。

この模型により、Witten らにより議論された gauged linear sigma model と nonlinear sigma model の対応を格子上で非摂動的に調べることができるため、この模型の解析は興味深いと思われる。

金森逸作(理化学研究所)

“超対称性の自発的破れの格子シミュレーションによる測定”

格子を用いた数値シミュレーションで、超対称性の自発的破れを測定する方法を提唱する。格子化は、nilpotent な超対称変換を格子上で保つものであれば詳細は問わない。秩序変数としてハミルトニアンを

用い、有限温度で測定してゼロ温度極限での振る舞いを調べる。測定するハミルトニアンは、超対称代数に基づいて構成する。この方法が機能することを超対称量子力学の例で確認した後、2次元 $N=(2,2)$ 超対称 Yang-Mills 模型に用いた最新の結果を紹介する。

坂本真人 (神戸大学理学研究科物理学専攻)

“No-go theorem of Leibniz rule and supersymmetry on the lattice”

Lack of Leibniz rule on a lattice is an obstacle to realize supersymmetry on a lattice. We study a product rule and a difference operator equipped with the Leibniz rule in a general framework of lattice field theory, and prove a no-go theorem that it is impossible to construct any difference operator and product rule on a lattice with the properties of (i) translation invariance, (ii) locality and (iii) Leibniz rule. We then propose a way to escape from the no-go theorem by introducing infinite flavor systems, and present lattice supersymmetric models which realize (the lattice version of) the full supersymmetry.

加堂大輔 (筑波大学 計算科学研究センター)

“格子上の Glashow-Weinberg-Salam 模型”

Ginsparg-Wilson 関係式を満たす格子 Dirac 作用素に基づいて、ゲージ不変性を明白に保つ格子 Glashow-Weinberg-Salam 模型を構成する。この格子 Glashow-Weinberg-Salam 模型は、 $U(1)$ 群のトポロジーは自明なものに限定されるが、 $SU(2)$ 群については全ての非自明なトポロジカルセクター上で定義され、Glashow-Weinberg-Salam 模型の非摂動効果として知られるバリオン数非保存過程の記述に応用が可能である。また、無限体積格子上では、摂動展開の全てのオーダーで電弱理論のゲージ不変な正則化を与える。

山崎 剛 (京都大学基礎物理学研究所)

“Non-perturbative determination of running coupling with twisted Polyakov line calculation”

最近、running coupling を格子 QCD 数値計算で求めた研究により 12 フレーバー QCD には infrared fixed point があることが示唆された (Appelquist et al., PRL100:171607)。しかし、結果には非常に大きな系統誤差がついていた。より詳細に大きなフレーバー数での QCD fixed point を調べるため、この研究とは異なる格子 QCD scheme を用いて running coupling を求めるための基礎研究について報告する。本研究では動的クォーク効果を見捨てたクエンチ近似で格子 QCD 数値計算を行い、twisted Polyakov line を用いた scheme により running coupling を計算する。講演では摂動計算との比較や、別の方法を用いた結果との比較からこの方法の利点・欠点、有効性についても報告する。

7月29日(火)

松尾 泰 (東京大学大学院理学系研究科)

“Multiple M2 branes and Nambu bracket”

以前より量子化された Nambu 括弧式と M2 ブレーン、M5 ブレーンとの関係は予想されていたが、最近 Bagger-Lambert と Gustavsson によりその関係が非常に具体的な形で提示された。この講演では BLG 模型とその後の発展についてレビューする。

住友洋介 (総合研究大学院大学)

“Janus field theories from multiple M2 branes”

近年 M 理論に含まれる M2-brane に関する有効作用である、3次元における最大の超対称性を持つ理論が構成され、M 理論自体を構成、またはその解析の可能性から注目を集めている。M 理論の有効作用で

ある 11 元超重力理論から 1 次元コンパクト化すると IIA 型の 10 次元超重力理論が得られる。IIA 型に含まれる D2-brane を M2-brane の有効作用から導出する方法が最近解明された。我々は質量項を導入した M2-brane にこの方法を適用して、質量項のある D2-brane を導出した。その際導出した作用は、座標に依存し弱結合から強結合へと滑らかにつなぐ結合定数を持つヤヌス場の理論となっている。ヤヌス場の理論は以前から 3 次元超対称場の理論との関係性が議論されていた。また、解についても議論する。

島田英彦 (Max Planck Institute for Gravitational Physics)

“More on beta-deformed matrix model”

After reviewing the construction of the beta-deformed matrix model and its interpretation as the matrix model for M-theory on a pp-wave background with non-constant flux, we discuss some of the properties of its stable solutions. We point out that distinct configurations in conventional membrane theory are unitary equivalent in the matrix model and thus should be considered as physically indistinguishable. The reason for this discrepancy might reside in the non-Abelian nature of membranes. We also show that in a class of the matrix model which have both beta-deformation and BMN-like mass-deformation parameters the stable solution has the topology of a sphere or a torus depending on the values of the parameters.

坂井典佑 (Tokyo Woman's Christian University)

“Intersecting Solitons, Amoeba and Tropical Geometry”

We study generic intersection (or web) of vortices with instantons inside, which is a 1/4 BPS state in the Higgs phase of five-dimensional N=1 supersymmetric $U(N_c)$ gauge theory on $R_t \times (C^*)^2 \simeq R^{2,1} \times T^2$ with $N_f = N_c$ Higgs scalars in the fundamental representation. In the case of the Abelian-Higgs model ($N_f = N_c = 1$), the intersecting vortex sheets can be beautifully understood in a mathematical framework of amoeba and tropical geometry, and we propose a dictionary relating solitons and gauge theory to amoeba and tropical geometry. A projective shape of vortex sheets is described by the amoeba. Vortex charge density is uniformly distributed among vortex sheets, and negative contribution to instanton charge density is understood as the complex Monge-Ampere measure with respect to a plurisubharmonic function on $(C^*)^2$. The Wilson loops in T^2 are related with derivatives of the Ronkin function. The general form of the Kahler potential and the asymptotic metric of the moduli space of a vortex loop are obtained as a by-product. Our discussion works generally in non-Abelian gauge theories, which suggests a non-Abelian generalization of the amoeba and tropical geometry.

笹井 裕也 (京都大学基礎物理学研究所)

“Domain wall solitons and Hopf algebraic translational symmetries in noncommutative field theories”

Domain wall solitons are the simplest topological objects in field theories. The conventional translational symmetry in a field theory is the generator of a one-parameter family of domain wall solutions, and induces a massless moduli field which propagates along a domain wall. We study similar issues in braided noncommutative field theories possessing Hopf algebraic translational symmetries. As a concrete example, we discuss a domain wall soliton in the scalar ϕ^4 braided noncommutative field theory in Lie-algebraic noncommutative spacetime, $[x^i, x^j] = 2i\kappa\epsilon^{ijk}x_k$ ($i, j, k = 1, 2, 3$), which has a Hopf algebraic translational symmetry. We first discuss the existence of a domain wall soliton in view of Derrick's theorem, and construct explicitly a one-parameter family of solutions in perturbation of the noncommutativity parameter kappa. We then find the massless moduli field which propagates on the domain wall soliton. We further extend our analysis to the general Hopf algebraic translational symmetry.

中島 宏明 (Sungkyunkwan University, Korea)

“Instantons in Deformed Super Yang-Mills Theories”

我々は R-R 3-form で変形された $N=2$ および $N=4$ 超対称 Yang-Mills 理論においてインスタントン解を導いた。さらに $N=2$ の場合にインスタントン有効作用を場の理論の立場から計算し、弦理論の立場から得られている Billo et. al. の結果と比較した。この R-R 3-form 背景と Nekrasov の Omega-background との関係についても議論する。

石田明 (Department of Physics, Sungkyunkwan University)

“On the general action of boundary (super)string field theory”

boundary superstring field theory (super BSFT) を boundary state を用いて再構成し、任意の弦の場の配位に対し action の一般形を求める。さらにこの一般形を使って super BSFT の action は disk partition function で与えられるという conjecture についても議論する。

磯野裕 (中央大学理工学部)

“開弦チャンネルの境界状態と弦の場の理論”

D-brane は、閉弦を放出吸収する状態として、閉弦チャンネルにおける境界状態によって記述される。しかし、複数の D-brane が交差するような系では、開弦が放出吸収される過程が存在する。このような過程を表す開弦チャンネルの状態として、開弦チャンネルの境界状態が定義できる。現在のところ、ボゾン弦とフェルミオン弦の両方に対して、開弦チャンネルの境界状態が具体的に定義できている。この講演では開弦チャンネルの境界状態と弦の場の理論の関係について議論する。

岸本功 (理化学研究所)

“Gauge Invariant Overlaps for Classical Solutions in Open String Field Theory”

Witten の cubic な開弦の場の理論におけるゲージ不変量として on-shell 閉弦状態を用いて構成されるものが知られている。我々は、この量を 1 パラメータを含む Schnabl 解の場合に解析的および数値的に評価した。その結果、パラメータがある値になる場合にのみ非自明な値をもつことがわかった。これは、これまでに調べられていたポテンシャルの高さの計算結果と consistent な結果である。また、level truncation による数値解としてよく知られていた Siegel ゲージの解についても計算し、Schnabl 解とほぼ同一の値を得た。この結果は以前の数値解と Schnabl 解がゲージ同値であることを示唆している。また、このゲージ不変量を通じて Schnabl 解と境界状態が関係づくこともわかった。(この研究は川野輝彦氏、高橋智彦氏との共同研究に基づいている。)

馬場裕 (理化学研究所川合理論物理学研究室)

“OSp 不変な超弦の場の理論”

OSp 不変な弦の場の理論の超対称化について議論する。特に、作用の BRST 不変性、第一量子化で得られる S 行列の再現性について議論する。

東 武大 (摂南大学工学部 数学・物理学系教室)

“Monte Carlo Studies of the GWW Phase Transition in Large-N Gauge Theories”

これまでゲージ理論における Gross-Witten-Wadia (GWW) 相転移と、超弦理論における string と black-hole の間の相転移の関係が調べられてきた。この研究では、 S^3 球面上の $N=4$ SYM の有限温度のゼロモードのボゾニックな作用について、モンテカルロシミュレーションを行い、この作用の GWW 相転移について調べた。また、 $SO(6)$ R 対称性の破れについても論じる。

松尾 俊寛 (筑波大学数理物質科学研究科素粒子論研究室)

“Quantum gravity equation in large N Yang-Mills quantum mechanics”

In this talk, I will explain a new interpretation of the large N matrix quantum mechanics (BFSS) following the novel interpretation of IKKT model proposed by Hanada-Kawai-Kimura (HKK), in which the infinitely large N matrix acts as a differential operator in curved space. In this picture, the BFSS Schrödinger equation is regarded as the Wheeler-DeWitt equation that determines the wave function of universe. I will present an explicit solution of wave function studied in a simple two-dimensional minisuperspace model and discuss cosmological implication of it.

木村祐介 (Queen Mary, University of London)

“On Diagonal Multi-Matrix Correlators”

$\mathcal{N} = 4$ SYM のゲージ不変演算子の完全直交系について議論する。 $U(N)$ 群と対称群の間の表現論の関係を用いて、演算子を対称群の言葉で分類し、その意味について議論する。この講演はラングーラム氏 (ロンドン大) との共同研究 (arXiv:0709.2158,0802.3662) に基づく。

7月30日(水)

瀧 雅人 (東京大学理学系研究科)

“Topological Vertex における最近の発展”

Topological string 理論は、Type II 弦理論の低エネルギー有効理論の解析において重要な役割を果たす。特に $N=2$ gauge 理論における Seiberg-Witten 理論は topological string 理論の枠組みに埋め込む事ができる。近年、Nekrasov により instanton 計算の立場から Seiberg-Witten 理論の拡張が与えられた。この進展に対応して、topological string 理論においても最近 refined topological vertex と呼ばれる拡張が発見された。この拡張された topological string 理論により、非自己双対背景場中における Nekrasov の理論を、弦理論の立場から理解することができる。また refined topological vertex 理論は、3D partition の理論や Macdonald 多項式など、興味深い数理的構造を持っている。本講演では、refined topological vertex 理論とその弦理論への応用、そして数理的側面について review する。

野間 唯 (大阪大学大学院理学研究科素粒子論研究室)

“Wilson Loops in Five Dimensional Cohomological Field Theories”

We discussed the correlation functions of the Wilson loops around the circle in the fifth direction in the five dimensional supersymmetric gauge theory in the Omega background in the Lagrangian formalism. We also reduced the gauge theory to a supersymmetric quantum mechanics. In the case of the gauge group is abelian the one point function of the Wilson loop can be seen as a partition function of the quantum mechanics for a particle charged under the gauge field of the universal bundle. Furthermore, the one point function corresponds to the equivariant index of a twisted Dirac operator in the moduli space of instantons. We also expressed the one point function and the generating function of the Wilson loops as summations over Young diagrams.

戴 大盛 (理研)

“Extended MQCD and Spontaneous SUSY Breaking”

We study the SUSY/non-SUSY duality proposed by Aganagic et al. from Type IIA string and M-theory perspectives.

小田一郎 (琉球大学理学部物質地球科学科物理系)

“Y-Formalism and Curved Beta-Gamma Systems”

Y-形式をベータ・ガンマ系に応用し、カレントの代数構造や分配関数を評価した。

木村哲士（京大基研）

“Supergravity and doubled geometry”

type II supergravity の torus compact 化において非自明な配位で B 場が入ると、物理的な torus 空間の他にその dual torus が導入される。弦理論の T-duality などを考える際にはこの dual torus と physical torus を同時に扱う”doubled formalism”が有益となる。この様な拡張された空間上で理論を定式化し、導入可能な D-branes の配位を紹介する。この研究は、Dr. Cecilia Albertsson と Dr. Ronald A. Reid-Edwards との共同研究である。

糸山浩司（大阪市立大学大学院理学研究科）

“Slight Violation of Alday-Maldacena Duality for Wavy Circle”

If the Alday-Maldacena version of string/gauge duality is formulated as an equivalence between double loop and area integrals, then this pure geometric relation can be tested for various choices of n-side polygons. The simplest possibility arises at $n=\infty$, with polygon substituted by an arbitrary continuous curve. If the curve is a circle, the minimal surface problem is exactly solvable. If it infinitesimally deviates from a circle, then the duality relation can be studied by expanding in powers of a small parameter. In the first approximation the Nambu-Goto (NG) equations can be linearized, and the peculiar NG Laplacian plays the central role. Making use of explicit zero-modes of this operator (NG-harmonic functions), we investigate the geometric duality in the lowest orders for small deformations of arbitrary shape lying in the plane of the original circle. We find a surprisingly strong dependence of the minimal area on regularization procedure affecting ”the boundary terms” in minimal area. If these terms are totally omitted, the remaining piece is regularization independent, but still differs by simple numerical factors like 4 from the double-loop integral which represents the BDS formula so that we stop short from the first non-trivial confirmation of the Alday-Maldacena duality. This confirms the earlier-found discrepancy for two parallel lines at $n=\infty$, but demonstrates that it actually affects only a finite number (out of infinitely many) of parameters in the functional dependence on the shape of the boundary, and the duality is only slightly violated, which allows one to call this violation an anomaly.

ポスター発表

Cecilia Albertsson（基礎物理学研究所）

“D-branes and doubled geometry”

We derive the boundary conditions of the open string nonlinear sigma model defined on the doubled group in Hull’s doubled geometry formalism. This is a geometric description of non-geometric spaces on which the transition functions include T-duality, and on which nonlinear sigma models are well-defined. We demonstrate a systematic method to derive and classify D-branes from these conditions, and apply it to the doubled three-torus with constant H-flux. We find D0-, D1-, and D2-branes, and verify that they transform consistently under T-dualities mapping the system to the tau-, Q- and R-flux scenarios.

畔柳竜生（京都大学大学院理学研究科）

“Comments on Stability of Noncommutative Spaces”

非可換空間上の場の理論はある背景場上の超弦理論を考えた場合などに現れる、量子重力のある側面を捉えたモデルである。この非可換空間上の場の理論の非摂動的な定式化の手段として、様々な行列模型

を用いたものが提唱されている。本研究ではいくつかの行列模型において、非可換空間 (具体的には非可換球面など) 上の場の理論としてのダブルスケーリング極限について議論する。そして、その極限において非可換空間が安定性を調べることで、実際にそのダブルスケーリング極限をとることができるか、つまり、その非可換空間上の場の理論が行列模型を用いて非摂動的に定式化されるか議論する。(本研究は Weizmann Institute の花田政範氏と京大理の平田朋義氏との共同研究に基づく。)

伊藤 悦子 (基礎物理学研究所)

“Wilson loop による格子ゲージ理論の結合定数の測定”

格子ゲージ理論に基づき、シミュレーションで、ゲージ理論の running coupling constant の測定を行った。

伊藤克美 (新潟大学教育学部)

“Quantum master equation for Yang-Mills theory in the exact renormalization group”

厳密くりこみ群を用いてゲージ論を扱った際に、一見破れている対称性がどう維持されているのか、Batalin-Vilkovisky 形式を用いた方法で議論します。Yang-Mills 理論についての量子マスター方程式の導出し、Wilson 作用の反場依存性を明らかにします。これまで QED についてしか議論出来ていませんでした。Yang-Mills 理論への拡張が主な結果です。

石原 雅文 (九州大学理学府)

“Multi-quark baryons and color screening at finite temperature”

ゲージ/重力対応に基づいて、 $SU(N)$ ゲージ理論の、有限温度、非閉じ込め相における baryon を調べた。ここで、baryon は、D5-brane と N 本の fundamental string によって構成される。調べた結果、有限温度の非閉じ込め相においては、 $k (< N)$ -quark baryon が存在しうることが分かった。このモデルに基づき、 k -quark baryon 及び、 N -quark baryon の color screening distance 等の温度依存性や、baryon が完全に quark と gluon に溶けてなくなる melting 温度を調べた。

岩崎皓 (東京工業大学理工学研究科基礎物理学専攻)

“A Numerical Study of Gluon Scattering Amplitudes in $N=4$ Super Yang-Mills Theory at Strong Coupling.”

We study gluon scattering amplitudes in $N=4$ super Yang-Mills theory at strong coupling via the AdS/CFT correspondence. We solve numerically the discretized Euler-Lagrange equations on the square worldsheet for the minimal surface with light-like boundaries in AdS spacetime. We evaluate the area of the surface for the 4, 6 and 8-point amplitudes using worldsheet and radial cut-off regularizations. Their infrared singularities in the cut-off regularization are found to agree with the analytical results near the cusp less than 5

大谷 聡 (神戸大理)

“Hierarchy of quantum mechanical supersymmetries and its application to compactified field theory”

余剰次元がコンパクトな場合の高次元ゲージ理論および重力理論では、Kaluza-Klein 質量の固有値問題として常に量子力学的超対称性の hierarchy が現れる。ゲージ理論では spin-1 と spin-0 のモードの間の階数 2 の hierarchy が現れ、重力理論では spin-2 と spin-1 と spin-0 のモードの間の階数 3 の hierarchy が現れるわけである。今回の講演では、(特殊な例外を除いて)「境界条件と矛盾しない量子力学的超対称性の hierarchy は階数 3 までである」ということを一般的に証明する。応用として高階スピン粒子の次元簡約による質量生成機構の不可能性について言及する。

小川 軌明 (京都大学基礎物理学研究所)

“Coarse-graining of bubbling geometries and fuzzball conjecture”

我々はブラックホールのエントロピー、及び fuzzball 予想に基づく「ホライズン」の大きさを、LLM bubbling 幾何において重力側での粗視化に基づき計算した。ブラックホールの微視的状态間の差異は、古典的な観測では見えない。逆に、古典的に検出できない時空の変形を数え上げることにより、エントロピーを計算することができる。我々はこの方法を superstar など LLM bubbling 幾何のブラックホールに適用し、CFT(フェルミオン)側で直接的に粗視化を行った場合と同じ結果を得た。第二に、我々はこの手法を応用することで、fuzzball 予想に基づく「ホライズン」の大きさを見積もった。この「ホライズン」から計算される Bekenstein-Hawking エントロピーは、上記の統計力学的エントロピーと無矛盾である。この結果は、fuzzball 予想を支持する。(寺嶋靖治氏(基研)との共同研究に基づく。)

河井伸介 (HIP, University of Helsinki)

“Preheating after N-flation”

We study preheating in N-flation, assuming the Marcenko-Pastur mass distribution, equal energy initial conditions at the beginning of inflation and equal axion-matter couplings, where matter is taken to be a single, massless bosonic field. By numerical analysis we find that preheating via parametric resonance is suppressed, indicating that the old theory of perturbative preheating is applicable. While the tensor-to-scalar ratio, the non-Gaussianity parameters and the scalar spectral index computed for N-flation are similar to those in single field inflation (at least within an observationally viable parameter region), our results suggest that the physics of preheating can differ significantly from the single field case.

木村 圭助 (東京大学大学院理学系研究科物理学専攻)

“Anomalies and O-plane charges in orientifolded brane tilings”

プレーン・タイリングは弦理論においてプレーンを用いて超対称ゲージ理論を構成する方法の一つである。プレーン・タイリングに O5-プレーンを導入した場合について考察し、対応するゲージ理論においてアノマリーが打ち消される条件が、プレーンのチャージが保存するという条件によって導かれることを示した。

佐野 正和 (北海道大学 大学院理学院 宇宙理学専攻 素粒子論研究室)

“Moduli fixing in Type II brane gas models”

Brandenberger らによるプレーンガスモデルは、なぜ、10次元時空が4+6次元になったのかを説明できる可能性があるモデルとして研究されてきた。しかし、従来のプレーンガスモデルの研究では、モジュライがうまく固定できないという問題点があった。具体的には dilaton を固定することが困難であった。本研究では TypeII の超弦理論をもとにしたプレーンガスモデルを用いて、モジュライ固定を宇宙論的な時空上で研究した。本研究では、D-brane の DBI 作用に加えて Kaluza-Klein(KK) monopole や NS5-brane の DBI 作用も取り入れモジュライ固定を研究した。その結果、D1-brane と KK-monopole のプレーンガスモデルで、6次元トーラスの各サイクルのスケールと dilaton を同時に固定できるモデルを古典的な場合に構成できた。本研究は 鈴木 久男氏(北大)との共同研究である。

竹内 紳悟 (高エネルギー加速器研究機構)

“BFSS マトリックス理論における SO(9) 対称性の自発的対称性の破れ”

近年超弦理論における時空次元の起源の解明を目指して、IKKT 模型における SO(10) 対称性の破れが盛んに議論されてきた。本研究では、この問題を SO(9) 対称性を持つ BFSS タイプのマトリックス理論において論ずる。この理論には時間が陽に含まれているため、それをユークリッド化し、有限温度の系として扱う。これまでに筆者らはこの系のシミュレーションを行い、ゲージ/重力対応の検証やブラッ

クホール熱力学の微視的起源などに成功したが、本研究では、シミュレーションが困難なゼロ温度付近での性質をガウス展開法を用いて解析し、SO(9) 対称性の自発的破れの有無を明らかにする。

中村 厚 (北里大学理学部)

“非自明ホロノミー多重 caloron 解のモジュライ空間”

時間方向に周期をもつ背景時空における、自己双対 Yang-Mills 方程式の古典解は、caloron または周期 instanton と呼ばれる。このような解のうち、空間遠方において周期方向に非自明なホロノミーをもつものは、quark confinement や D-brane の物理において重要な研究対象である。この 10 年来、ADHM/Nahm 形式によって非自明ホロノミー caloron 解の構成が具体的に成され、その諸性質が盛んに議論されている。本講演では、SU(2) 多重 caloron 解のうち charge (2,2) のモジュライ空間について詳細な考察をする。

西中 崇博 (大阪大学大学院理学研究科物理学専攻素粒子論研究室)

“All orders analysis of three dimensional $CP^{(N-1)}$ model in $1/N$ -expansion”

The renormalizability of the three dimensional supersymmetric $CP^{(N-1)}$ model is discussed in the $1/N$ -expansion method, to all orders of $1/N$. The model has N copies of the dynamical field and the amplitudes are expanded in powers of $1/N$. In order to see the effects of supersymmetry explicitly, Feynman rules for superfields are used. All divergences in amplitudes can be eliminated by the renormalizations of the coupling constant and the wavefunction of the dynamical field to all orders of $1/N$. The beta function of the coupling constant is also calculated to all orders of $1/N$. It is shown that this model has a non-trivial ultraviolet fixed point. The beta function is shown to have no higher order correction in the $1/N$ -expansion.

西山 精哉 (Centro de Física Teórica, Departamento de Física, Universidade de Coimbra)

“Extended Supersymmetric Sigma-Model Based on the SO(2N+1) Lie Algebra of the Fermion Operators - Optimization of a Reduced Scalar Potential and a Proper Solution -”

Extended supersymmetric Sigma-Model is given, standing on the SO(2N+1) Lie algebra of fermion operators composed of annihilation-creation operators and pair operators. Canonical transformation, the extension of the SO(2N) Bogoliubov transformation to the SO(2N+1) group, is introduced. Embedding the SO(2N+1) group into an SO(2N+2) group and using SO(2N+1)/U(N+1) coset variables, we investigate a new aspect of the supersymmetric Sigma-Model on the Kaehler manifold of the symmetric space SO(2N+1)/U(N+1). We construct a Killing potential which is just the extension of the Killing potential in the SO(2N)/U(N) coset space given by van Holten et al. to that in the SO(2N+1)/U(N+1) coset space. The Killing potential is equivalent with the generalized density matrix. Its diagonal-block matrix is related to a reduced scalar potential with a Fayet-Iliopoulos term. The reduced scalar potential is optimized in order to see the behaviour of the vacuum expectation value of the Sigma-Model fields and a proper solution for one of the SO(2N+1) group parameters is obtained. (To appear in Nucl. Phys. B)

藤田充俊 (京都大学 大学院 理学研究科 物理学第二教室)

“Non-equilibrium thermodynamics near the horizon and holography”

Small perturbations of a black brane are interpreted as small deviations from thermodynamic equilibrium in a dual theory with the AdS/CFT correspondence. In this paper, we calculate hydrodynamics of the dual Yang-Mills theory in the gravity side using membrane paradigm. This method is different from the usual AdS/CFT correspondence and evaluate classical solutions not at boundaries but at

slightly away from a horizon. There are sound modes or shear modes for gravity perturbation. For sound modes, such calculation at the horizon has not yet been done. Then, we find that boundary stress tensor at the horizon satisfies conservation law in flat space and can represent dissipative parts of stress tensor in the dual theory by holography. Using them, we can read off directly shear and bulk viscosity of the dual theory. Quasinormal modes are solutions to linearized equations obeyed by classical fluctuations of a gravitational background subject to specific boundary conditions and are also gauge-invariant quantities. We use solutions for each fluctuation that compose such quantities and show that quasinormal modes are consistent with the membrane paradigm.

藤森俊明 (東京工業大学)

“Constructing Non-Abelian Vortices with Arbitrary Gauge Groups”

We construct the general vortex solution in the fully-Higgsed, color-flavor locked vacuum of a non-Abelian gauge theory, where the gauge group is taken to be the product of an arbitrary simple group and $U(1)$, with a Fayet-Iliopoulos term. The specific property of non-Abelian vortices is, unlike Abelian vortices, they carry orientational moduli in the internal space, in addition to the usual position moduli. A simple framework for writing the most general non-Abelian BPS vortex solutions is presented.

堀田暁介 (大阪大学)

“Brown-Henneaux’s Canonical Approach to Topologically Massive Gravity”

We analyze the symmetry realized asymptotically on the two dimensional boundary of AdS_3 geometry in topologically massive gravity, which consists of the gravitational Chern-Simons term as well as the usual Einstein-Hilbert and negative cosmological constant terms. Our analysis is based on the conventional canonical method and proceeds along the line completely parallel to the original Brown and Henneaux’s. In spite of the presence of the gravitational Chern-Simons term, it is confirmed by the canonical method that the boundary theory actually has the conformal symmetry satisfying the left and right moving Virasoro algebras. The central charges of the Virasoro algebras are computed explicitly and are shown to be left-right asymmetric due to the gravitational Chern-Simons term. It is also argued that the Cardy’s formula for the BTZ black hole entropy capturing all higher derivative corrections agrees with the extended version of the Wald’s entropy formula. The M5-brane system is illustrated as an application of the present calculation.

堀田 健司 (北海道大学大学院 理学院 宇宙理学専攻 素粒子論研究室)

“Creation of D9-brane–anti-D9-brane Pairs from Hagedorn Transition of Closed Strings”

It is well known that one-loop free energy of closed strings diverges above the Hagedorn temperature. One explanation for this divergence is that a ‘winding mode’ in the Euclidean time direction becomes tachyonic above the Hagedorn temperature. Atick and Witten have proposed the Hagedorn transition of closed strings via condensation of this closed string winding tachyon. But we have not known the stable minimum of this tachyon potential yet. On the other hand, we have previously shown that a phase transition occurs near the Hagedorn temperature and D9-brane–anti-D9-brane pairs become stable by calculating the finite temperature effective potential of open strings on these pairs. We present a conjecture that D9-brane–anti-D9-brane pairs are created by the Hagedorn transition of closed strings. We show that the potential energy at the open string vacuum is much lower than that of closed string vacuum near the Hagedorn temperature. We also show that various types of the free energy of open strings in the closed string vacuum limit approaches to the free energy of closed strings with winding tachyon vertex near the Hagedorn temperature. For example, one-loop free energy of open strings approaches to the propagator of winding tachyon.

松本拓也（名古屋大学 多元数理科学研究科）

“An Exceptional Algebraic Origin of the AdS/CFT Yangian Symmetry”

超弦理論における AdS/CFT 対応を解析する上での困難の一つは、これが強結合と弱結合の双対関係になっていることである。しかし、両理論の対称性（可積分構造）に注目すると結合定数の領域に依らない対応を構成することができる。その具体的な実現の一つが N.Beisert によって提唱された $SU(2|2)$ スピン鎖模型である。このスピン鎖模型で定義される S 行列は、リー代数の対称性のみならず、可積分性の帰結としてリー代数を含むより大きな代数（ヤンギアン代数）の対称性をもつことが知られている。本研究では、この S 行列がリー代数 $SU(2|2)$ に起源をもたずヤンギアン代数のレベルで初めて現れる「隠れた」対称性をもつことを示した。さらに、この「隠れた」対称性の起源が例外超リー代数 $d(2, 1; \epsilon)$ の「 ϵ -補正」として解釈できることを、この対称性を導入する契機となった古典 r 行列が例外超リー代数の標準的な古典 r 行列のある極限として再現できること等を通じて示した。この研究は、森山翔文氏（名古屋大多元数理）との共同研究に基づく。

安井幸則（大阪市立大学大学院理学研究科）

“コンフォーマル Killing - 矢野テンソルを持つ Einstein 空間の分類”

階数 2 のコンフォーマル Killing - 矢野テンソルを持つ空間を分類した。このような空間は、局所的には、底空間を Einstein-Kähler 多様体の積空間、ファイバーを Kerr-NUT-de Sitter ブラックホールとするファイバー束となる。また、そのようなファイバー束上に Einstein 計量を構成した。

山崎雅人（東京大学理学系研究科物理学専攻）

“A New N=4 Membrane Action via Orbifold”

我々は、3次元の N=4 超対称共形場理論を記述する新たな Lagrangian を提唱した。この理論は、オービフォールドに置かれた M2-brane 上に実現されていると考えられ、近年 Bagger-Lambert によって提唱された M2-brane 上の理論の Z_2 -orbifold として得られる。我々はまた、この理論のモジュライ空間を調べ、それが $O(4)$ のゲージ群を持つ D2-brane 上のモジュライ空間と一致することを確かめた。我々の提唱した Lagrangian は、11次元の M 理論において二つの R^4/Z_2 を入れ替える対称性を持ち、これは R^4/Z_2 上に置かれた $O2^-$ -brane と、 $O2^-$ -brane と D6-brane の複合系との間の新たな双対性を示唆している。

吉田 豊（京都大学大学院理学研究科）

“超対称シグマ模型による supermanifold の解析”

我々は超対称シグマ模型の立場から supermanifold についての解析を行い、整合性条件を得た。それに基づき supermanifold について種々の性質の解析を行った。

7月31日(木)

中山 優（UC Berkeley）

“Theoretical Aspects of Unparticle Physics”

Unparticle について、理論的な側面からレビューをする（予定）。

河本 祥一（大阪市立大学数学研究所）

“Circular Wilson loop operator and master field”

超対称 Yang-Mills 理論における円環状の Wilson loop 演算子の期待値は、One hermitian matrix model で記述されることが知られている。本講演では、AdS/CFT 対応による D3-brane と Wilson loop 演算子の関係を通して、Matrix model の master field である Resolvent が、どのように String 理論側で記述さ

れているかを説明する。

中村 真 (Center for Quantum Spacetime, Sogang University)

“Apparent Horizons in Holographic Dual of Hydrodynamics”

RHIC での重イオン衝突実験で生成される quark-gluon plasma (QGP) に関する研究は、近年さかんに行われている。また近日中に運用が開始される LHC においても、QGP の生成が期待されている。RHIC における QGP は膨張する系であり、相互作用が強く摂動的 QCD の適用が難しい系であることが知られている。そこで本研究では強結合 YM 理論の膨張する plasma を AdS/CFT を用いて記述する試みを行った。AdS/CFT を用いると、有限温度のゲージ理論プラズマは AdS black hole を用いて記述できるが、時間依存性のある系では動的 black hole を扱う必要がある。現在までのところ、そのような setup での dual geometry の horizon について、正確な議論がなされていなかった。本研究では、Bjorken のモデルに従い、一次的に膨張するゲージ理論プラズマの dual geometry を Eddington-Finkelstein 座標を用いてあらわに構成し、apparent horizon の存在を初めて確認した。講演ではその詳細と、プラズマの粘性などの物理量が dual geometry の regularity (「宇宙検閲仮説」) で決定される事についても述べる予定である。

山口 哲 (Seoul National University)

“AdS/CFT 対応での渦糸とクォークのポテンシャルの計算”

4 次元 $N=4$ 超対称 Yang-Mills 理論において、試験渦糸と試験クォークを導入したとき、その間のポテンシャルについて、AdS/CFT 対応を使って考察した。このポテンシャルは、サーフェス演算子と Wilson ループ演算子の相関関数を考えることにより計算できる。我々は、AdS の弦理論側と Yang-Mills 理論側でそれぞれ計算し、ある種の極限でそれらが一致することを示した。また、その極限からの摂動的補正についても考察した。

阪口 真 (岡山光量子科学研究所)

“Super Schrodinger in Super Conformal”

Schrodinger 対称性は非相対論的共形場理論 (NR CFT) の対称性として知られている。この理論は、凝縮系の物理への AdS/CFT 対応の応用の可能性から、最近注目をされている。ここでは NR CFT の超対称化を目指して、Schrodinger 対称性を超対称化した超 Schrodinger 代数の構成法について議論する。特に、超電荷を 24、12、6 個もつ超 Schrodinger 代数を、超共形代数 $\mathfrak{psu}(2, 2|4)$ の部分代数として誘導できることを示す。さらに 6 つの超電荷を持つ超 Schrodinger 代数と $N=2$ 非相対論的超対称 Chern-Simons matter system との関係性を議論する。また、超共形代数 $\mathfrak{osp}(8|4)$ 、 $\mathfrak{osp}(8^*|4)$ の部分代数として得られる超 Schrodinger 代数についても議論する。

この発表はカブリ理論物理研 UCSB の吉田健太郎氏との共同研究で、arXiv/0805.2661、arXiv:0806.3612 及びその後の進展に基づく。

横井 直人 (東京大学大学院総合文化研究科)

“Superstring in the plane-wave background with RR flux as a conformal field theory”

We discuss the type IIB superstring in the plane-wave background with Ramond-Ramond flux and formulate it as an exact conformal field theory in operator formalism. One of the characteristic features of the superstring in a consistent background with RR flux is that the left- and the right-moving degrees of freedom on the worldsheet are inherently coupled. By adopting the semi-light-cone conformal gauge in the plane-wave background, we will show that, despite the existence of such non-linear left-right couplings, one can construct two independent sets of quantum Virasoro operators in terms of fields obeying the free-field commutation relations. Furthermore, we demonstrate that the BRST cohomology analysis reproduces the physical spectrum obtained in the light-cone gauge.

太田 信義 (近畿大学理工学部)

“Black Holes in the Dilatonic Einstein-Gauss-Bonnet Theory in Various Dimensions”

超弦理論の有効理論である高次元 Einstein-Gauss-Bonnet-Dilaton 系において、静的球対称かつ漸近的に平坦なブラックホール解を 4 次元から 10 次元を含むいろいろな次元に対して求め、時空の性質と熱力学的性質を調べた。Dilaton 場が無い場合、および 4 次元の場合との比較を行い、Dilaton 場の影響と次元による性質の違いを議論する。可能ならば、現在進行中の AdS の場合なども議論する。

平山貴之 (Physics Division, National Center for Theoretical Sciences, Taiwan)

“Negative modes of Schwarzschild black hole in Einstein-Gauss-Bonnet theory”

ブラックホールの安定性を半古典量子重力の枠内で議論する。

摂動に対する安定性と熱力学的安定性は一致すると単純には期待する。実際アインシュタイン重力では一致することが知られている。

弦理論などから期待される補正項であるガウスボネット項を加えた場合に、この二つの安定性が一致するかを調べる。

すると両者が一致しないケースがあることが分かったので、それを報告し、これが何を意味するか議論する。

長谷部一気 (詫間電波高等専門学校)

“Geometrical Construction of Supertwistor Theory”

Supertwistor theory is geometrically constructed based on the SUSY Hopf map. We derive a new incidence relation for the geometrical supertwistor theory. The present supertwistor exhibits remarkable properties: Minkowski space need not be complexified to introduce spin degrees of freedom, and even number SUSY is automatically incorporated by the geometrical set-up. We also develop a theory for massless free particle in Minkowski superspace, which physically corresponds to the geometrical supertwistor theory. The spin degrees of freedom are originated from fermionic momenta as well as fermionic coordinates. The geometrical supertwistor is quantized to reproduce same physical contents as in the original supertwistor theory. Relationships to superspin formalism and SUSY quantum Hall effect are also discussed.

吉岡礼治 (大阪市立大学)

“行列模型に於ける有効相互作用とオリエンティフォルディング”

行列模型において時空点は行列の固有値として与えられ、それらの間に働く相互作用は非対角成分の積分によって得られる。そこで時空点間の有効相互作用を計算し、オリエンティフォルディングによってどのような効果が生じるかを見る。

伊敷吾郎 (大阪大学大学院 理学研究科)

“ $N = 1^*$ 行列模型と 2 次元 Yang-Mills 理論の関係”

行列模型は超弦理論の非説動的定式化として提唱されており、この模型が時空のトポロジーの情報を含んでいるかどうかは重要な問題である。このため本講演では、行列模型による位相不変量の記述について議論する。我々は以前、 S^3 上の Chern-Simons 理論や S^2 上の BF 理論 (2 次元 Yang-Mills 理論) の古典的作用が、 $N = 1^*$ 行列模型の作用のある極限として得られることをしめした。これは、非可換球面上のモノポールの構成と、Taylor によって示されたゲージ理論における T-duality のある拡張を用いることで示された。このような構成を用いて、我々は、位相不変量の一つである、2 次元 Yang-Mills 理論の分配関数が、 $N = 1^*$ 行列模型から得られることを示した。我々は、非可換球面解の周りの $N = 1^*$ 行列模型の経路積分を実行し、分配関数を求めた。そして可換極限で、この分配関数が Minahan-Polychronakos

によって得られた2次元 Yang-Mills 理論の分配関数に帰着することを示した。

(この講演は、島崎信二氏、太田和俊氏、土屋麻人氏との共同研究に基づく)

島崎 信二 (大阪大学大学院理学研究科)

“plane wave matrix model による N=4 超対称 Yang-Mills 理論の非摂動的定義について”

N=4 超対称 Yang-Mills 理論 (SYM) の非摂動的定義を与えること AdS/CFT 対応の理解において重要となる。本講演では、plane wave matrix model(PWMM) による $R \times S^3$ 上の planar N=4 SYM の非摂動的な定義について議論する。PWMM による正則化では、ゲージ不変性を保ち、もともとあった32個の supercharge のうち半分の16個を保つ。今回は特に、連続極限をとる際に問題になり得る UV/IR mixing や、真空の安定性について議論する。また、連続極限のもとで超共形対称性が回復するかどうかについても議論したい。(本講演は石井貴昭氏、伊敷吾郎氏、土屋麻人氏との共同研究に基づく。)

松本 耕一郎 (高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 理論研究系)

“Supersymmetric Yang-Mills on S^3 in plane-wave matrix model at finite temperature.”

今回、私たちは BMN 行列模型から3次元球面上の超対称ゲージ理論の作用を、ラージ N 極限をとることで導いた。また、BMN 行列模型の時間方向を S^1 コンパクト化し、その古典解である3次元球面まわりの有効作用を求めることで、有限温度系における3次元球面上の超対称ゲージ理論の自由エネルギーを導くことに成功した。つまり、私たちは BMN 行列模型と3次元球面上の超対称ゲージ理論との等価性が、ラージ N 極限のもとで、古典論的にも量子論的にも成り立つことを示した。

8月1日(金)

村山 齊 (東京大学数物連携宇宙研究機構)

“Update on Particle Physics and Cosmology”

素粒子物理と観測論的宇宙論はかつてのパラダイムを覆し、新しい時代に突入した。ニュートリノ振動の発見、暗黒物質が原子でないことの確証、宇宙の加速膨張の発見、非因果的な宇宙の密度揺らぎ、そして物質・反物質の非対称性は全て標準模型を超える物理を必要としている。今までの観測・実験事実、今年始まる LHC 実験、今後の実験計画を通じて何を学ぶことが期待できるかを考えてみる。

丸 信人 (神戸大学大学院 理学研究科 物理学専攻 素粒子理論研究室)

“Supersymmetry Breaking and Radius Stabilization by Constant Boundary Superpotentials in a Warped Space”

SUSY Randall-Sundrum 模型にハイパー多重項を導入し、ブレーン上に定数スーパーポテンシャルを加えるだけで、コンパクト化半径が安定化することを示した。定数スーパーポテンシャルの存在により超対称性が破れるので、そのスペクトルを求め、アノマリー伝達機構優勢な超対称粒子スペクトルになるパラメタ領域を求めた。現在進行中の Negative slepton problem を D 項の寄与で解決する可能性についても紹介したい。

参考文献:

- 1: Supersymmetry Breaking by Constant Boundary Superpotentials in Warped Space, N. Maru, N. Sakai and N. Uekusa, Phys. Rev. D74 (2006) 045017.
- 2: Radius Stabilization by Constant Boundary Superpotentials in Warped Space, N. Maru, N. Sakai and N. Uekusa, Phys. Rev. D75 (2007) 125014.
- 3: Work in progress, N. Maru, N. Sakai and N. Uekusa

渡利 泰山 (東京大学 理学系研究科)

“Heterotic-F Theory Duality Revisited”

クォークやレプトンの湯川結合を記述するには、摂動的 Type IIB string よりも、F-理論のほうが適した枠組みである。しかしながら、F-理論においてクォークやレプトンをどう記述すべきか、これまで実は理解されていなかった。arXiv:0805.1057 においては、Heterotic 理論と F-理論の間の双対性を丁寧に追いかけることによって、この問題に解決を与えた。

橋本幸士 (理化学研究所 理論物理学研究室)

“Quark Mass in Holographic QCD”

酒井杉本模型にクォーク質量を導入することに成功した。その結果、カイラル対称性が尊重されたこのホログラフィック QCD 模型において、カイラル凝縮、パイオン質量などのダイナミカルな諸量を計算することが可能となった。

川嶋一裕 (立教大学理学研究科理論物理学研究室)

“Infrared behavior of dynamically massive field and reliability of the effective Lagrangian with dynamical mass terms”

Schwinger-Dyson(SD) 方程式を用いて、力学的に重い場の低エネルギー領域における振る舞いを調べた。本研究の目的は、非摂動領域において、力学的に重い場の寄与が非結合定理に従うかどうかを調べる事である。特に、力学的に重い場が引力相互作用をしている場合に注目し、そのようなチャンネルにおける低エネルギー領域でのフェルミオン凝縮の有無について解析した。その結果として、次の二つの結論を得た。第一に、Cornwall-Jackiw-Tomboulis 有効作用の停留条件を保ちながら上の解析を行う為には、少なくとも full coupled SD 方程式を解かなければならない。この帰結は ladder 近似を使っても必ず生じてしまう。従って、上記のチャンネルにおける凝縮は未解決の問題であり、単純に非結合定理に因って決定する事はできない。第二に、力学的質量項を含んだ有効ラグランジアンが使えるエネルギースケールに下限が存在する。具体的には、ずっと低いエネルギー領域における物理を解析する際に、有効ラグランジアンを使うことはできない。

一ノ瀬祥一 (静岡県立大学食品栄養科学部)

“五次元場の理論の量子化と新しい正則化”

5次元場の理論 (5D Φ^4 理論、5D YM 理論等) を背景場法を用いて定式化する。新しい正則化 (Sphere Lattice Regularization) 法を使い、Feynman Rule, Self Energy 計算、beta 関数計算を行う。5D Bulk Geometry は flat の場合と warped の場合を考察する。場の理論の範囲内で高次元理論は定義可能であることを主張する。関連論文 arXiv:/0712.4043, arXiv:/0801.3064, arXiv:/0804.0945,

阪村 豊 (理研)

“Moduli stabilization and flavor structure in 5D SUGRA with multi moduli”

Moduli stabilization, SUSY breaking and flavor structure are discussed in 5D gauged supergravity models with two vector-multiplet moduli fields. One of the moduli realizes the fermion mass hierarchy. Due to the extra modulus, the flavor structure of the soft SUSY-breaking terms is different from that in the single modulus case. We analyse such flavor structure and the moduli stabilization from the viewpoint of the 4D effective theory.