

川合理論物理学研究室

Theoretical Physics Laboratory

主任研究員 川 合 光
KAWAI, Hikaru

当研究室では個々の現象の境界を超えた統合的な観点から取組み、素粒子から宇宙にいたる、広範な自然界の法則の解明に取り組んでいる。理論研究の基本的なアプローチとしては、以下のような3つの方向があるが、当研究室ではそれぞれ相互の関係を重視しながら総合的に研究を進展させていくことを目指している。(1) 自然界の微視的基本法則の解明。特に、超弦理論を矛盾なく定式化し、すべての基本法則を1つの原理から導き出す試みを追求する。(2) 多体系の理解。熱力学や、場の理論におけるユニヴァーサルリティのように、多体系が普遍的に持つ法則性と、原子核・ハドロン、凝縮物質、生物、天体・宇宙といった個々のシステムが持つ特異性の両面を追求する。(3) 計算科学。上記2つの方向を進展させるための重要な手法として、数値解析を行いつつ、数学基礎論的な考察も進め、人間が考えるとはどういうことかといった本質的な問題にも迫りたい。また、必要なアルゴリズムの新たな開発および他の分野への応用も目指す。

1. 超ひも理論等による微視的基本法則の解明

(1) 非臨界弦理論における非摂動効果 (川合, 多田, 早川, 黒木 *1)

非摂動的な定式化が形式的に知られている弦理論として一次元以下の非臨界弦理論がある。その定式化の1つとして、行列模型によるものがある。行列模型の作る面に対する(摂動)展開の各項の重みを無限に加え合わせることができる極限を取ることで、非臨界弦が定式化される。この定式化において非摂動効果がどのようにして得られているのかの詳細を調べた。閉じた弦のみの場の理論が、現時点で知られている非摂動効果を記述し得るか否かという問いは、理論を定義していく上で、開いた弦をさらに付け加えるべきか、あるいはそもそも弦の場の理論を追求していくことに意味があるのか、を考察していく上で最初に検討すべきことである。我々は、Toy 模型ではあるが非摂動的に定義されている非臨界弦を取り上げ、上の問いに対し否定的な結果を得た。より具体的には、D-brane の生成消滅する確率は、行列模型では評価可能であるが、場の理論では決して得られるものではないことを明らかにした。行列模型など弦の構成要素に相当する変数を見いだすことが、弦の理論を定義するために必要であることを示した。また行列模型による非摂動効果はユニヴァーサルであることが示され、これをユニヴァーサルな非摂動効果をあたえない連続自由度による定式化と対照すると、行列模型による定式化がより基本的であることが強く示唆される。

(2) 行列模型とゲージ理論 (川合, 黒木 *1)

Dijkgraaf-Vafa は、超対称ゲージ理論と0次元の行列模型との間の双対性を示したが、この双対性についてさらに詳しい研究を行った。すなわち $N=1^*$ 理論に対応する行列模型から出発し、この模型の自由エネルギーが $N=4$ 理論に対応する極限でゼロになるという要請によって行列模型の measure を定めると、きちんと Veneziano-Yankielowicz superpotential が再現されることを示した。

(3) 膜の量子論と力学的側面 (早川)

超弦理論の強結合極限において現れる「膜」のうち、1つ

の広がり方が11番目の方向に巻きついたものは、古典論として二次元のある行列理論で正則化できることが指摘されている。我々は、さらにこの正則化が量子論レベルでも有効化を調べるため、摂動的な量子論の枠組みを定義した。そして、この理論の Lorentz covariance が量子論として存在するには、要求される臨界次元でなければならないことを摂動の最も低い次数で確認した。

(4) 非可換超空間と行列模型 (澁佐 *2)

非可換空間の構造のさらなる理解のため、非可換性を超空間に拡張した構造を IIB 行列模型から導き出す研究を行った。非可換超空間とは、標準模型が現実の世界を記述するために必要な超対称性を記述するための超空間に、非可換の構造を導入した空間で、超弦理論において特殊な背景場として実現されるものである。IIB 行列模型が、真に超弦理論を含んだ究極理論であるならば、この背景場も内包しているはずである。しかしこの非可換超空間は IKKT 行列模型を使ってはなかなか研究されてこなかった。そこで、場の理論で使われる経路積分の方法を拡張して、IIB 行列模型で非可換超空間を扱う方法を編み出した。

(5) 変形された正準交換関係 (澁佐 *2, 松尾 *1)

変形された正準交換関係を基にした量子力学と場の理論を研究した。それは正準変数とその共役運動量の交換関係が“q”ではなく共役運動量の2次の補正項がついたもので、超弦理論の高エネルギー散乱やブラックホールの思考実験などで提唱されたものである。

(6) 非 BPSD プレーンとタキオン凝縮 (浅川 *1, 松浦 *1)

本年度は、D プレーンやその上の開いた弦が、閉じた弦、特に時空に及ぼす影響について研究した。いわゆる BPSD プレーンは十次元中の超曲面で、閉じた弦を放出・吸収するソースである。一方、超弦理論の有効理論である十次元超重力理論でも、同じ次元に広がった古典解として black p-brane 解というものが知られており、この両者は同じものだと言われている。実際、両者の持つ質量や電荷の一致はもちろん、D プレーンを表す境界状態から放出される重

力子と、古典解の遠方での振舞いも一致している。ところで、D ブレーンには BPS 以外のものも存在する。例えば、D ブレーン・反 D ブレーンペアなどがこれにあたる。これら非 BPSD ブレーン系は不安定であり、いずれは安定な真空か、BPSD ブレーンに崩壊すると考えられる。これは、D ブレーン上の開いた弦の中のタキオン場の凝縮で表現される。ところが、これら非 BPSD ブレーンと超重力理論の古典解との対応については、これまでに満足のいく議論がなかった。これに対し我々は、3 パラメータ解と呼ばれる一群の古典解が、非 BPSD ブレーン上にタキオン場が励起したものと対応することを示した。即ち、非 BPSD ブレーンを表す境界状態からの重力子の放出と、古典解の遠方での振舞いが一致することを見た。これはタキオン凝縮を通してしか理解できない古典解の存在を意味する。

2. 場の理論と多体系の物理の研究

(1) 極限物質のカラー超伝導の研究 (橘 *1)

中性子星内部のような低温・高密度状態で実現されると予想されるカラー超伝導相でのニュートリノの散乱および生成を引き続き考察した。これは中性子星の熱的進化における、ニュートリノ放出による冷却過程に重要な影響を及ぼす可能性があるとして期待される。現在のところ実験的・観測的なカラー超伝導発現の証拠は未だ見つかっていないが、将来的な見通しに立てばここで得られた結果は必ず有用になるはずである。今後の課題としては、より現実的なモデルを仮定し冷却曲線を議論することや、中性子星内部の密度で必要な非摂動的な方法によるパラメータの決定などが挙げられる。またギンツブルグ・ランダウモデルを用いて、有限温度相転移のパターンの解析も行った。ここで得られた結果を現実の強結合のパラメータ領域までどのように拡張するかが今後の重要な課題となる。

(2) ブレーン世界における理論的、現象論的研究 (丸 *1, 橘 *1)

ハイパー多重項を持つ五次元超対称 Randall-Sundrum 模型に 1, 2 次の超ポテンシャル項をブレーン上に導入し、境界でのスカラー場の連続性を要求すると超対称性を保ちながらコンパクト化半径が安定化することを示した。五次元 $N = 1$ 超対称 T^*CP1 非線形シグマモデルにおいて非 BPS 多重ドメインウォールの厳密解を見つけた。この非 BPS 多重ドメインウォール解は、タキオンがなく安定であることを示した。 $T6/(Z2 \times Z2)$ にコンパクト化された 2A 型超弦理論において D ブレーンが交差するモデルで、従来のモデルでは再現することが困難だったクォークのアップセクターとダウンセクターの間の混合角を再現できる可能性を示した。五次元カルツァ・クライン理論で、計量テンソルの余次元成分のスカラー場の質量に対する 1 ループ量子補正を陽に計算した。ループを回るすべてのカルツァ・クラインモードを足しあげることで一般座標変換不変性が保たれ、真空泡グラフと tadpole 項が重要な役割を果たし、2 次発散が相殺し有限質量が得られることが分かった。超対称ゲージ理論の厳密解を用いて、新しく導入された閉じ込め相にある強結合ゲージダイナミクスにより、クォーク、ダイ・クォークが複合場として低エネルギー理論に現れ、ある化学ポテンシャルを境に 2 点クォーク複合場が真空期待値を持つことを解析的に示した。

(3) 二次元ゲージ理論と弦理論の数学的構造 (松尾 *1, 松浦 *1, 太田 *1)

ゲージ理論と弦理論の対応は古くから議論されており、低次元、とくに二次元においては具体的にゲージ理論を用いて弦理論を記述できることが判っていた。本年度の研究では、近年の弦理論の進展の契機となった D ブレンがこの二次元のゲージ/弦理論対応のなかでどのように実現されているのかを調べた。N が有限の場合の $SU(N)$ Yang-Mills 理論の分配関数の構造を調べ、Large N の際に genus 展開 (摂動的閉弦理論) に対応する部分と、それ以外の非摂動補正に対応する部分とに分配関数を分離し、後者には D ブレン (摂動的開弦) の存在を示唆する弦理論の非摂動効果を記述する項が含まれていることを示した。さらに、近年ネクラソフらによって与えられた四次元 $N = 2$ Seiberg-Witten 理論のプリポテンシャルに対するインスタント補正の厳密に閉じた形を、二次元 Yang-Mills 理論の適当な Large N 極限を考えることで、再導出した。四次元 $N = 2$ Seiberg-Witten 理論は、ある Calabi-Yau 空間の 2-cycle に巻き付く D5 ブレン上に実現し、一方二次元ゲージ理論/弦理論対応のもとでは、二次元 Yang-Mills 理論はこの 2-cycle 上の topological 理論として非自明な形で実現する。このことにより、四次元理論のインスタント補正が直交する 2-cycle 上の理論と与えられるという物理的背景をネクラソフの公式に与えた。

(4) 対数的共形場の理論の研究 (石本 *2)

対数的共形場理論について、(i) 境界付き対数的共形場の理論の自由場表現 (ii) ミニマルストリング理論と対数的共形場の理論の関係 (iii) 砂山モデルなどの統計モデル・物性理論と対数的理論の関係を調べた。

(5) 非可換幾何とその宇宙論への応用 (古田 *2)

素粒子の統一理論の候補として、弦理論が知られているがその低エネルギー極限において非可換空間が現れうることが知られている。非可換空間においては、相互作用が非局所的になることが知られている。通常の時空間においては、因果的領域を与えるものとして光円錐が考えられるが、非可換空間においては因果的領域が変更を受ける。場の理論において、因果的領域が具体的にどのように変更を受けるかは現象論的な立場からも興味ある問題である。このような観点から場の理論における因果的領域について調べ、その具体的な形が、場の理論の詳細によらず決まることを示した。また近年の観測技術の進歩により、宇宙背景放射の詳細なデータや、宇宙項の具体的な値が与えられるようになってきた。

特に宇宙背景放射のデータから、スケール不変な密度揺らぎが得られている。この揺らぎを説明するモデルとしてインフレーションシナリオがよく知られている。一方で、現在素粒子の統一理論と考えられている弦理論からインフレーションを説明しようという試みが行われているが、インフレーションを自然に説明することには成功していない。同じ弦理論を動機として、インフレーションに代わるシナリオがいくつか考えられているが、そのようなシナリオの 1 つとして Ekpyrotic シナリオと呼ばれるものがある。このシナリオにおいては、2 枚の衝突するブレーンを考え、その衝突をビッグバンとみなす。このモデルにおいては、スケール不変な揺らぎが生成され得るかどうかが議論の的と

なってきた。この問題に対し、ブレーン上での局所性を仮定することによって得られる密度揺らぎがどのように制限されるかを調べた。その結果、局所性が成り立っている場合には、スケール不変な揺らぎを導くことはできないとの結論を得た。衝突の際に局所性を破る可能性として、時空の非可換性がある。時空の非可換性が密度揺らぎに与える影響について現在調べている。

(6) Chern-Simon Yang-Mills 理論の研究 (Bal^{*2})

Chern-Simon Yang-Mills 理論をおもに行列模型との関連の観点から詳しく調べた。ファジイ球面上の非可換ゲージ理論がこのような模型から得ることができる。ファジイ球面は D ブレーンと似ており、実際 κ 枚のかさなったファジイ球面は $U(\kappa)$ 群の対称性を持つことが示される。これらに関する問題をさらに詳しく調べている。

3. 場の理論の精密計算と計算科学

(1) QED の高精度計算 (木下^{*3}, 仁尾^{*2}, 早川, 青山^{*2})

レプトン粒子の磁気モーメントの g 因子はディラック方程式からの値 $g = 2$ から量子補正効果によりわずかにずれることが知られている。このずれを異常磁気モーメント ($g-2$) と呼び、電子とミュオンについては高精度で測定されている量である。レプトン粒子の $g-2$ は理論的には量子電磁気学でその値の主要な部分を説明できる。ただし実験の精度と同程度の値を得るには、高次の摂動の寄与を考慮しなければならない。

本年度の目標は、異常磁気能率の摂動計算十次の計算方法を確立することである。まず、十次の電子異常磁気能率に寄与するファイマン図形、全 12,672 個をゲージ不変な 6 つのグループに分け、そのグループごとで計算を進めることを目指した。ミュオン粒子異常磁気能率には、フェルミオンループを含むファイマン図形からなる 5 グループだけが寄与する。特にループとしてフェルミオン真空偏極を含む図形は、これまでの低次摂動計算に用いたプログラムをわずかに変更するだけで得られる。我々の計算結果は繰込み群を使った予想値とよく合っており、その差は繰込み群では得られない有限差として十分に理解可能である。十次ではじめて出現するタイプの図形として、ミュオンと電子のループの間に 5 個の光子を交換するタイプのものがある。この 5 個のうち 4 個までがクーロン光子になり残り 1 個が磁気的になる非相対論的な領域でミュオンと電子が仮の束縛状態をつくと考えられている。その結果、この図形の寄与は他に比べて非常に大きく、解析的には $(\alpha/\pi)^5$ の係数として 185 程度と大きな値が予想されており、最大の誤差の元となっていた。しかし、我々の計算結果によると、その値は 100 程度で予想値よりかなり小さいことが分かった。以上の結果から、十次の計算は十分に可能であり、特にプログラミングの自動化を行うことで、適当な時間内に最終結果を得られるであろうとの目途が立った。

(2) 行列模型の平均場近似に基づく解析と高次項の計算 (青山^{*2}, 澁佐^{*2}, 川合)

超弦理論の構成的な定式化の 1 つとして提唱されている IIB 行列模型の動力学的な側面を調べるため、改良平均場近似に基づく級数展開の手法を用い、計算機を利用した系統的な解析を行っている。この理論の 1 つの特徴として時

空そのものが力学的な自由度と解釈されることから、我々の四次元時空の由来を明らかにする可能性がある。すなわち、IIB 行列模型が本来持つ十次元時空の対称性が動力学的な機構によって破れ、四次元時空が自発的に出現する、という可能性である。これまでの研究では、級数展開の 7 次までの範囲で、特定の対称性を仮定した解について解析が行われ、四次元時空の対称性を持つ解がより安定な真空を与えることが示唆されている。今回はこれを精度よく調べることを目的として、級数の 8 次の項の評価を行った。平均場の係数として導入されたパラメーター空間での振舞いを細かく調べることで、無矛盾性条件の解であるプラトー形成の兆候が見られることが分かった。一方で、理論の最も安定な真空が実際に四次元的な対称性を尊重するものであるかを検討する必要がある、そのために平均場の解に対する対称性による制限をゆるめ、四次元的な配位を含むより広いクラスの解について考察を行った。これについての詳しい解析を現在進めている。

^{*1} 基礎科学特別研究員, ^{*2} 協力研究員, ^{*3} エミネントサイエンティスト

The ability to understand nature at its most profound level is a basic human desire. Science is founded on an accumulation of tremendous efforts driven by that aspiration. The objective of our laboratory is to participate in the endeavor to better understand nature by adding our contributions to theoretical physics. The present seems to be a particularly exciting time for this as many developments appear to be about to converge and allow formation of the ultimate theory of everything.

We organize our research activities into three segments: the pursuit of the microscopic fundamental laws of physics, the study of many-body systems, and the science and technology of computation. These three aspects have an inseparable interrelation and are investigated in an integrated manner throughout the research conducted within this laboratory.

1. Understanding the fundamental law of nature through string theory

(1) Non-perturbative effect in matrix models

It has been shown that the non-perturbative effect of matrix models, which define non-critical strings for $c < 1$, can be obtained in a universal way. This fact strongly suggests that the formulation by matrix models is a more fundamental one than that of continuum formulation, which possesses an ambiguity for the non-perturbative contribution.

(2) Supersymmetric large- N reduced model with multiple matter

It has been showed that the Dijkgraaf-Vafa theory can be regarded as large- N reduction in the case of $N = 1$ supersymmetric $U(N)$ gauge theories, with single adjoint matter. We generalize this to gauge theories with gauge groups being the products of some unitary groups coupled to bifundamental or fundamental matter. We show that some large- N reduced models of these theories are supermatrix models, whose free energy is equivalent to the prepotentials of the original gauge theories.

(3) Quantum theory of membranes and its dynamical aspects

The superstring in a flat space-time has the critical dimension equal to 10. On the other hand, the strongly coupled strings are known to be described by the membranes living in 11 dimension, by observing the dynamical aspects for which classical approximation is exact. The quantization of membranes is one of concrete attitude to realize the complete formulation of the string theory with net interactions. From such a standpoint, we proposed the quantum theory of membrane based on perturbative two-dimensional matrix field theory. In order to investigate its dynamical aspect, we checked that it reproduces the desired critical dimension at the lowest order of perturbation.

(4) Noncommutative superspace and matrix model

Recently active search has been done in noncommutative space. Especially we study noncommutativity in the string theory because we can obtain noncommutative structure when we deal with strings in some background fields. "Noncommutative superspace" is the special superspace which has non-anticommuting grassmannian coordinates. We expected "noncommutative superspace" as an extension of usual noncommutative space. In fact, we can also obtain a non-anticommutative structure when we deal with strings in special backgrounds. If the IIB matrix model contains the string theory, noncommutative superspace must appear as a solution of the IIB matrix model. Here, noncommutative superspace as a solution of the IIB matrix model is actually obtained.

(5) Deformed canonical commutation relation

A quantum field theory based on deformed canonical commutation relations is investigated.

(6) Non-BPS branes and Tachyon condensation

We studied the correspondences between the non-BPS D-brane systems and the classical solutions for supergravity. We show that the deformed boundary states which represent Dp-brane/anti Dp-brane with a width and a graduation are the microscopic counterpart of the three-parameter solution known in supergravity.

2. Quantum field theory and physics of many body systems

(1) Aspects of matter in extreme conditions-Search for color superconductivity-

The neutrino interaction rates such as emissivity and opacity in color superconducting quark matter, which has been expected to occur at high baryon density and low temperature, is studied. We also tried to understand the finite temperature phase transition using the Ginzburg-Landau model. As a result, a new pattern of the phase structure at the weak coupling limit is found. The extension to the strong coupling regime would be the most important issue to be explored.

(2) Phenomenological particle physics and cosmology

The following subjects are studied:

(i) A model of SUSY stabilization was proposed in a 5D SUSY RS model with a hypermultiplet.

(ii) An exact stable non-BPS multi wall solution was found.

(iii) The possibility to reproduce the mixing angles was shown in some intersecting D-brane model.

(iv) 1-loop quantum corrections to the graviscalar mass in 5D Kaluza-Klein theory was shown to be finite.

(v) A simple SUSY composite model of color superconductivity was proposed.

(3) Cosmological constant and the size of an extra dimension

Recently, it has been derived by Nekrasov a formula of instanton corrections to the prepotential of the $N =$

2 Seiberg-Witten theory in a complete and closed form. However, in deriving the formula he just considered the concept of random partitions for which physical meaning has been so far rather unclear.

In this year we have re-derived the Nekrasov partition function from 2dYM in an appropriate large N limit. Furthermore, we succeed in revealing an underlying physical picture via an argument of D-brane configuration. In there 2dYM emerges as a theory of D-strings, in a sense a la Gross-Taylor, wrapped on the 2-cycle on Calabi-Yau space with D5-branes on which $N = 2$ Seiberg-Witten theory is realized. We also argued the 2d $U(N)$ Yang-Mills theory and we re-examined it as a string theory in the case of finite N , which is required to explore nonperturbative aspects in view of the string theory. We find a characteristic feature in nonperturbative physics, namely terms of order the exponent of $-1/N$, which is responsible for the existence of D-brane string theory.

(4) Logarithmic Conformal Field Theory

The following topics are investigated: Free field representation for LCFT with boundary; The relation between Minimal String theory and LCFT; The relation between statistical models and LCFT.

(5) Noncommutative geometry and the application to cosmology

Noncommutative geometry appears as the low energy description of the string theory, a candidate of the unified theory. We studied the causality and the locality of field theories in noncommutative space. The modification of the causal region has been shown to be generic and independent of the details of theories. Recently, cosmology is becoming a good arena for testing ideas in unified theory. We studied ekpyrotic scenario, a cosmological scenario motivated by string theory, from a locality point of view. It turned out that non-local effects are necessary in this scenario to match with the observation. Possible effects of noncommutativity of the space-time in this scenario are under current investigation.

(6) Chern Simons Yang Mills Model

We have studied the Chern Simons Yang Mills Model. Non-commutative gauge theories on fuzzy spheres were obtained in such models. Fuzzy spheres look like dbrane configuration. κ coincident fuzzy spheres generates the $U(\kappa)$ gauge group. In this direction, we are continuing efforts to address some of the related issues.

3. High precision calculation of field theory and computational science

(1) High precision calculation of QED

We have started calculating the contribution to lepton anomalous magnetic moments from the tenth-order QED perturbation theory. First, we examined the diagrams which include vacuum polarization loops and compared our results with estimates obtained by means of renormalization group technique. They are in good agreement. Second, we calculated the diagrams which exchange five photons between the muon line and the electron loop. This diagram used to be the largest source for the uncertainty, but it is now known with good precision. From these calculations we have concluded that we can finish the tenth-order calculation within a reasonable time.

(2) Higher order calculation of the matrix model

We examined the IIB matrix model by the improved mean-field approximation, to reveal the dynamical aspect of the theory, especially the emergence of our four dimensional space-time out of the original ten dimensional formulation. In the present study, we evaluated higher order

contribution of the series expansion and obtained signals that indicate formation of the ‘plateau’, solutions to the consistency condition of the mean-field. We also extended the class of configuration to confirm that the four dimensional one is actually favoured in the original theory. Precise analysis is currently in progress.

Staff

Head

Dr. Hikaru KAWAI

Members

Dr. Tsukasa TADA
 Dr. Masashi HAYAKAWA
 Dr. Motoi TACHIBANA^{*1}
 Dr. Toshihiro MATSUO^{*1}
 Dr. Nobuhito MARU^{*1}
 Dr. So MATSUURA^{*1}
 Dr. Kazutoshi OHTA^{*1}
 Dr. Tsuguhiko ASAKAWA^{*1}
 Dr. Tsunehide KUROKI^{*1}
 Dr. Makiko (MATSUKAWA) NIO^{*2}
 Dr. Tatsumi AOYAMA^{*2}
 Dr. Yuuichirou SHIBUSA^{*2}
 Dr. Yukitaka ISHIMOTO^{*2}
 Dr. Subrata BAL^{*2}
 Dr. Ko FURUTA^{*2}

^{*1} Special Postdoctoral Researcher

^{*2} Contract Researcher

Visiting Members

Dr. Hajime AOKI (Dept. Phys., Saga Univ.)
 Dr. Zyun F. EZAWA (Dept. Phys., Tohoku Univ.)
 Dr. Kazuo FUJIKAWA (Nihon Univ.)
 Dr. Keiji IGI (Dept. Inf. Sci., Kanagawa Univ.)
 Dr. Nobuyuki ISHIBASHI (Dept. Phys., Univ. Tsukuba)
 Dr. Satoshi ISO (Theory Div., Inst. Particle Nucl. Stud., KEK)
 Dr. Hiroshi ITOYAMA (Dept. Math. Phys., Osaka City Univ.)
 Dr. Toichiro KINOSHITA (Cornell Univ., USA)
 Dr. Yoshihisa KITAZAWA (Theory Div., Inst. Particle Nucl. Stud., KEK)
 Dr. Jun NISHIMURA (Dept. Phys., Nagoya Univ.)
 Dr. Fumihiko SUGINO (Dept. Phys., Seoul Natl. Univ., Korea)
 Dr. Asato TSUCHIYA (Dept. Phys., Osaka Univ.)
 Dr. Kensuke YOSHIDA (Dept. Phys., Univ. Rome, Italy)

誌上発表 Publications

[雑誌]

(原著論文) *印は査読制度がある論文

- Haba N. and Maru N.: “Fat branes, orbifolds and doublet-triplet splitting”, *Eur. Phys. J. C* **33**, 457–461 (2004). *
- Eto M., Maru N., and Sakai N.: “Non-BPS walls and their stability in 5D supersymmetric theory”, *Nucl. Phys. B* **696**, 3–35 (2004). *
- Hasegawa K., Lim C. S., and Maru N.: “An attempt to solve the hierarchy problem based on gravity-gauge-Higgs unification scenario”, *Phys. Lett. B* **604**, 133–143 (2004). *
- Maru N. and Okada N.: “Supersymmetric radius stabilization in warped extra dimensions”, *Phys. Rev. D* **70**, 025002-1–025002-6 (2004). *
- Eto M., Maru N., and Sakai N.: “Radius stabilization in a supersymmetric warped compactification”, *Phys. Rev. D* **70**, 086002-1–086002-6 (2004). *
- Iida K., Matsuura T., Tachibana M., and Hatsuda T.: “Melting pattern of diquark condensates in quark matter”, *Phys. Rev. Lett.* **93**, 132001-1–132001-4 (2004). *
- Maru N. and Sakai N.: “Localized vector multiplet on a wall”, *Prog. Theor. Phys.* **111**, 907–921 (2004). *
- Hanada M., Hayakawa M., Ishibashi N., Kawai H., Kuroki T., Matsuo Y., and Tada T.: “Loops versus matrices: *The nonperturbative aspects of noncritical string*”, *Prog. Theor. Phys.* **112**, 131–181 (2004). *
- Shibusa Y.: “Path integral formulation of noncommutative superspace in the IKKT matrix model”, *Prog. Theor. Phys.* **112**, 687–697 (2004). *

口頭発表 Oral Presentations

(国内会議)

- 丸信人, 濱口幸一: “Nonanomalous discrete R-symmetry and light gravitino”, 基礎物理学研究所 2003 年度研究会「素粒子物理学の進展」, (京都大学基礎物理学研究所), 京都, 7 月 (2003).
- 丸信人, 濱口幸一: “Nonanomalous discrete R-symmetry and light gravitino”, 日本物理学会 2003 年秋季大会, 宮崎, 岡山, 9 月 (2003).
- 丸信人, 岡田宣親: “Supersymmetric radius stabilization in warped extra dimensions”, 京都大学基礎物理学研究所研究会「場の量子論の基礎的諸問題と応用」, 京都, 12 月 (2003).
- 丸信人, 岡田宣親: “Supersymmetric radius stabilization in warped extra dimensions”, 日本物理学会第 59 回年次大会, 福岡, 3 月 (2004).
- 丸信人: “Supersymmetric radius stabilization in warped extra dimensions”, 基研 2004 年度研究会「素粒子物理学の進展」, (京都大学基礎物理学研究所), 京都, 6–7 月 (2004).
- 黒木経秀, 川合光, 松尾善典: “D-branes in the $c=1/2$ string theory”, 基研研究会「場の量子論 2004」, (京都大学基礎物理学研究所), 京都, 7 月 (2004).
- 丸信人: “Gravity-gauge-higgs unification にむけて”, 基研研究会「場の量子論 2004」, (京都大学基礎物理学研究所),

- 京都, 7 月 (2004).
- 松尾俊寛, 松浦壮: “String interpretation for finite N yang-mills theory in two dimensions”, 基研研究会「場の量子論 2004」, (京都大学基礎物理学研究所), 京都, 7 月 (2004).
- 長谷川耕平, 林青司, 丸信人: “Gravity-gauge-higgs unification にむけて”, 日本物理学会 2004 年秋季大会, 青森, 高知, 9 月 (2004).
- 澁佐雄一郎: “IKKT 行列モデルによる非可換超空間の表現”, 日本物理学会 2004 年秋季大会, 青森, 高知, 9 月 (2004).
- 黒木経秀, 川合光, 松尾善典: “ $c=1/2$ 弦理論における非摂動効果”, 日本物理学会 2004 年秋季大会, 青森, 高知, 9 月 (2004).
- 青山龍美, 川合光: “改良摂動法の高次項の評価による IIB 行列モデルの解析と 4 次元時空の生成”, 日本物理学会 2004 年秋季大会, 青森, 高知, 9 月 (2004).
- 澁佐雄一郎, 松尾俊寛: “変形正準交換関係に基づく場の量子論”, 日本物理学会 2004 年秋季大会, 青森, 高知, 9 月 (2004).
- 丸信人, 橘基: “Color superconductivity from supersymmetry”, 京都大学基礎物理学研究所研究会「場の量子論の基礎的諸問題と応用」, 京都, 12 月 (2004).