

三者若手夏の学校 素粒子論パート発表概要集

平成 28 年 7 月 27 日

1 8月1日（月）口頭発表

1.1 井黒 就平（名古屋大学）

『4th Generation Quarks'effect in LHC』

LHCでHiggs粒子が見つかって4年。この発見により四世代目のクォークに大きな制限がかかったことが知られている。今回のトークではこの理論的計算と実験による制限を見る。Higgs粒子発見で重要となったGluon Fusionと $h \rightarrow \gamma\gamma$ を追った後に、4世代目のクォークを入れて標準模型からのずれを示し、LHC実験のデータから4世代目のクォークへの制限を考える。

1.2 松下 康平（名古屋大学）

『Strong CP problem』

QCDのLagrangianにはCP対称性を破っている Θ termというものがあるが、この項はElectric dipole momentの測定から実験的に非常に小さな値であることがわかっている。この項のパラメータである θ が非常に0に近い値をとるということは不自然であり、これはStrong CP problemと呼ばれる標準模型の問題の一つである。どうして小さな値となるのか、いくつか解決法が出されているがどれが正しいのかわかっていない。本発表ではこの問題についてレビューし、解決法を紹介する。

1.3 平賀 祐輝 (名古屋大学)

『Quantization of non-abelian gauge theories ~ Gribov Problem ~』

現在、ゲージ理論の経路積分量子化はゲージ固定項を付け加えることで実現されている。ゲージ場の量子論を非摂動的に議論をする場合にはある問題が生じているということが Gribov によって指摘され、Gribov Problem として広く知られている。本発表では、この Gribov Problem と問題に対して提案されている解決策を紹介する。

1.4 坂口 諒輔 (東京大学)

『The Sachdev-Ye-Kitaev model : towards AdS₂/CFT₁』

2015年に Kitaev によって提唱された Sachdev-Ye-Kitaev model は、(0+1)次元の $N(\gg 1)$ 個のマヨラナフェルミオンがランダムな四次の相互作用を持ったモデルである。このモデルの性質として、低エネルギーの極限(強結合)では、相関関数のすべての Feynman ダイアグラムの足し上げが出来るという性質がある。さらにこの極限では、共形対称性が現れるが、4点関数においてその対称性は spontaneously かつ explicitly に破れている。この破れ方は、AdS₂にも現れることが知られている。他にも、SYK model には out-of-time-order の相関関数に chaotic な性質もある。本レビューでは、上記にある沢山の性質を時間の許す限りレビューする。参考文献 arXiv[hep-th]1604.07818 arXiv[hep-th]1606.01857

1.5 石見 涼 (新潟大学)

『格子計算と QCD 相転移』

非摂動的な計算を行うとき、最も強力で厳密な計算方法が格子正則化を取り入れた格子計算である。現象論的なモデルにより、ハドロンという物質がどのように相転移を起こしていくか調べられているが、その真偽は定かではない。本発表では、格子計算による相転移計算をレビューする。計算方法を知って、有効活用してほしい。現在の研究内容はポスター発表で行う。

1.6 簡直人 (総合研究大学院大学)

『On Dimensional Reduction of Magical Supergravity Theories』

超重力理論のスカラー場は一般に非線形シグマ模型で記述されることが知られている。そしてその対称性を調べることは、超重力理論の性質を理解する上で重要である。特に magical supergravity と呼ばれる理論は、非線形シグマ模型の持つ対称性が群の分類の中で見出された” magic square ” に対応する。この対応は magical supergravity を次元削減することで見られる。本発表では、5次元から3次元への直接的な次元削減と明示的な群多様体の構成によりこの対応の一部を見る。またその結果により与えられる、もとの5次元の Lagrangian に現れるパラメータや関数の Lie 代数的特徴について議論する。

1.7 永本 慧 (北海道大学)

『Modular symmetry of 4D low-energy effective field theory in typeII superstring thoery』

type II 超弦理論において、余剰次元をトーラスコンパクト化した有効理論を考える。この理論は、コンパクト化したトーラスのモジュラー変換の下で不変となっていて、少なくともツリーレベルでは、モジュラー変換不変という対称性をもつことを確認できた。さらに、この対称性に関するアノマリーを考え、モジュラー対称性が、非摂動的な効果をも含めた対称性であり、今後超弦理論の有効理論を考えるにあたっての重要な指針となりうるかどうかについて議論したい。

1.8 和田 大樹 (立命館大学)

『宇宙定数の消える超対称性のないオービフォールドの構成』

Type II string の真空で T-duality を伴ったトーラスの非対称オービフォールドを調べた結果、1-loop の真空エネルギーがゼロであるにも関わらず超対称性のない真空がシンプルに実現できることが分かった。そのような string 真空の構成と特徴について紹介する。

1.9 重神 芳弘 (名古屋大学)

『Flavor Physics in SO(10) GUT with light Z’』

In this talk, we show the predictions of the SO(10) Grand Unified Theory (GUT), where an extra U(1)’ gauge symmetry remains up to the supersymmetry (SUSY)

breaking scale. In order to realize the realistic Yukawa couplings at electro-weak scale, we introduce 10 representation in addition to 16 representation as a matter field. Then 5-bar representation fields are given by the linear combinations of the fields with two different $U(1)'$ charges, and flavor violating Z' interactions are generated. Such a flavor violating Z' interaction is strongly constrained by the flavor processes involving the first and second generations, so that we especially investigate the CP violations in K system and the flavor violating mu decays. We also study the correlations among the physical observables in this $SO(10)$ GUT framework.

1.10 端野 克哉 (富山大学)

『古典的スケール不変性に基づくヒッグス模型の現象論』

電弱スケールの物理現象の殆どを説明できる模型として標準模型が存在する。標準模型は電弱対称性の自発的破れをヒッグス粒子により引き起こす事で素粒子の質量起源を説明する。しかしながら標準模型では、対称性の自発的破れを引き起こすために、ヒッグスポテンシャルに存在する質量項を負と仮定している。本講演では、質量項を禁止する古典的スケール不変性に基づき、電弱対称性を輻射補正によって自発的に破る模型における現象論について議論する。

1.11 堀米 俊一 (東京大学)

『WIMP dark matter とその観測』

宇宙の暗黒物質問題は宇宙論的にも素粒子論的にも重要な問題の一つである。現在、暗黒物質の正体として有力と考えられている候補の一つに WIMP (weakly interacted massive particle) が存在するが、これは素粒子標準模型に属さない未知の $10\text{GeV}-1\text{TeV}$ 程度の質量を持つ新たな粒子が暗黒物質の候補であるとする。今回の発表ではこの WIMP についてまずそれが提唱された背景や、有力と考えられている理由について述べた後、現在 WIMP 粒子の存在を導くモデルはどのようなものがあるのか、また WIMP 粒子を実際に観測する手段としてはどのようなものが考えられているのかについて解説することを目標とする。

1.12 桜井 巨大 (富山大学)

『イナート二重項模型暗黒物質シナリオのヒッグス結合定数の精密測定を用いた検証』

イナート二重項模型 (IDM) は最も単純な拡張ヒッグス模型の一つである。IDM は破れない離散対称性を所持し、この対称性によりその最も軽い中性イナートス

カラー粒子は、暗黒物質 (DM) の候補とみなされ得る。こういった暗黒物質を説明できるシナリオはこれまでに宇宙実験や DM の直接探索実験などにより検証されており、DM の質量はヒッグス質量の半分又は 550GeV 以上に制限されている。このような DM 探索実験で残されたパラメータ領域は、LUX や LZ 等の将来実験でも検証することが困難である。今回私たちはこの DM 探索で排除されていないパラメータ領域をヒッグス結合定数の精密測定を用いて検証できるかどうかを調べる。そのために私たちは IDM における各ヒッグス結合定数を、輻射補正を含めてワンループレベルで計算し、その標準理論からのずれを評価した。この理論的解析結果と将来加速器実験で得られる精密測定データを比較することで、このパラメータ領域がどのように検証され得るかを議論する。

1.13 万 へーきん (早稲田大学)

『ガレリオンインフレーションからスカラーテンソルモデルまで』

アメリカの LIGO での重力波の発見をきっかけに従来のスカラー場を利用したもの以外にテンソル場により引き起こされるインフレーションの研究が段々注目され始めている BD 理論 (Brans-Dick Theory) を始めガレリオン模型やホルンデスキー模型などのスカラーテンソル理論によりインフレーションが解析されるようになったこのトークではガレリオンインフレーションをレビューしてこの模型が予言する宇宙論的観測量特にスカラーとテンソルのパラメータを検討する

1.14 中西 由香理 (大阪大学)

『Higgs インフレーションとくりこみ』

Higgs インフレーションは宇宙背景放射の観測結果をうまく再現するインフレーションモデルである。本発表では宇宙論および Higgs インフレーション機構の簡単な解説の後、有効理論としての Higgs インフレーションモデルが持つ性質、及びそれを利用したモデルの拡張について述べる。

1.15 山口 幸司 (東北大学)

『Gravitational memory charges of a supertranslation and superrotation on Rindler horizons』

今年の1月に Hawking、Perry、Strominger による Black hole の情報喪失問題についての論文が公開されてから、event horizon 上の漸近的対称性に関連した charge (soft hair) に対する関心が高まっている。彼らは論文中で定常な BH に古典的な

supertranslation hair は存在しないと結論付けているが、本発表ではより物理的に自然な状況を考えると古典的レベルで horizon 上に soft hair が存在することを説明する。

2 8月2日（火）ポスター発表

2.1 清水 数馬（京都大学）

『Mass deformed ABJM Theory in Large N』

我々は $N=6$ 超対称性を保つような質量変形をした ABJM 理論の S^3 上での自由エネルギーを large N 極限で鞍点近似により求めた。様々な質量パラメーターの領域での鞍点方程式の解と自由エネルギーを紹介し、質量パラメーターにそれぞれの変化について議論する。

2.2 森竹 貫人（総合研究大学院大学）

『Affleck-Dine mechanism』

本発表では、Baryogenesis の一つである Affleck-Dine baryogenesis (ADB) について詳しく説明する。以下が、ADB についての概要である。超対称化された標準模型 (MSSM) では、スカラー場のポテンシャルに数多くの flat direction が存在する。Flat direction はスーパーポテンシャルの非線形項と SUSY の破れにより持ち上がり、特に A term は $U(1)$ 対称性を破る項として重要であった。その flat direction の存在のため、Baryon 数を持つスカラー場がインフレーション終了後に、flat direction に沿って非常に大きな期待値を持つことが可能になる。このスカラー場は、ハッブルパラメータが有効質量程度となる時に、原点まわりの振動を開始する。この時、Baryon 数を破る効果が存在し、これらのスカラー場に位相方向のトルクを与えることが出来れば、Baryon asymmetry を励起することが可能である。

2.3 中村 諒（東京理科大学）

『軸性ベクトル型相互作用を考慮した強磁場下でのクォーク物質の相図』

軸性ベクトル型まで考慮した南部-ヨナラシニオ (NJL) 模型を用い、高温高密度かつ強磁場下でのクォーク物質の相構造を研究した。最近軸性ベクトル相互作用によって、right-handed のクォーク数と left-handed クォーク数の差がある相が高温強磁場下で存在することが指摘された。本研究では先行研究を拡張し、高温高密度での相図を計算した。また cutoff の方法を変更し、依存性を調べた。

2.4 青井 隼斗 (東京理科大学)

『軸性ベクトル型相互作用を考慮した強磁場下でのクォーク物質の相図』

軸性ベクトル型まで考慮した南部-ヨナラシニオ (NJL) 模型を用い、高温高密度かつ強磁場下でのクォーク物質の相構造を研究した。最近軸性ベクトル相互作用によって、right-handed のクォーク数と left-handed クォーク数の差がある相が高温強磁場下で存在することが指摘された。本研究では先行研究を拡張し、高温高密度での相図を計算した。また cutoff の方法を変更し、依存性を調べた。

2.5 船越 元気 (大阪大学)

『How to calculate primordial non-Gaussianities given some theory of inflation』

「宇宙がどのように始まったか」ということは人類誰もが見る疑問である。実際、宇宙が膨張していることが1929年に Hubble の観測によって確認されてから、宇宙は” Big bang” によって始まったと考えられた。そしてその” Big bang” は宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) が1965年に Penzias と Wilson によって発見されたこととその後の研究によって、確かな理論とされた。しかし、この理論には平坦性問題や地平線問題という問題が存在する。それらを解決するために導入したのが” Inflation” という「宇宙は初期に指数関数的な加速膨張をした」という仮説である。この仮説には可能なモデルが多く存在しているが、現在の宇宙の曲率揺らぎの2点相関関数を観測することで、ある程度モデルを淘汰できている。また、さらにモデルに制限を与えるために3点以上の相関関数 (non-gaussianity) が考えられている。その non-gaussianity の計算手法として” In-In formalism” を紹介する。

[Reference] Eugene A. Lim *Advanced Cosmology : Primordial non-Gaussianities*
Xingang Chen *Primordial Non-Gaussianities from Inflation Models*

2.6 太田 敏博 (大阪大学)

『Lax ペアと可積分系』

解析力学の一般論において知られている Arnold-Liouville の定理によると、自由度 n の力学系において独立な保存量が n 個存在すれば系の運動方程式は解けることになる。保存量を見つける方法は Noether の定理や Killing ベクトルによる方法がよく知られているが、本発表では Lax ペアを用いる方法を紹介します。その具体例や応用を議論する。

2.7 三田 明輝 (富山大学)

『混合イナート複素スカラー暗黒物質の検証可能性』

実スカラー粒子、マヨラナ粒子と異なり、複素スカラー粒子、ディラック粒子はそれぞれの反粒子と同一粒子ではない。このような性質を持つ粒子は Weakly Interacting Massive Particle としてだけでなく、非対称暗黒物質としても暗黒物質候補となり得る。我々は標準理論にイナート複素スカラー多重項を複数導入した拡張模型に注目した。本発表では暗黒物質の直接・間接検出実験や加速器実験などを用いた混合イナート複素スカラー模型の検証方法を議論する。

2.8 上床 隆裕 (立命館大学)

『Non-SUSY D-branes with Vanishing Cylinder Amplitudes in Asymmetric Orbifolds』

非対称オービフォルドによって構成される背景での D-ブレーンを境界状態の解析を用いて議論する。このような背景では、任意の D-ブレーンは SUSY を全て破ることが簡単に示されるが、ここで考える非対称オービフォルド模型における十分に一般的な D-ブレーンの配位に対しては、開弦スペクトルの bose-fermi cancellation によってシリンダー振幅がゼロになることが確認できた。本発表ではこのモデルをいくつか紹介する。

2.9 上場 一慶 (神戸大学)

『sine-Gordon model と massive Thirring model の双対性』

ソリトン解を持つ二次元の方程式として sine-Gordon 方程式があり、これを量子化したスカラー場の理論である sine-Gordon model と、スピノル場の理論である massive Thirring model の間には双対性があることが知られている。本発表ではこの双対性について紹介し、sine-Gordon model のスカラー場を用いて構成されたソリトン演算子が Thirring model でのスピノル場になっていることを示す。

2.10 松村 央 (名古屋大学)

『ドジッター時空上の量子もつれ』

ドジッター時空上にある質量 0 スカラー場の Bunch-Davies vacuum がもつ量子纏れについて調べる。その量子纏れの時間発展を数値的に扱うために、格子化されたスカラー場を用い、2つの対称的で隣り合った領域を格子空間上に導入する。

真空はガウス状態として扱えるので、その2つの領域間の量子纏れを特徴づける対数ネガティビティという量を計算するのによく知られた方法が適用できる。一般的に対数ネガティビティを調べるだけでは分離可能状態かどうか決めることはできないが、ガウス状態に対しては分離可能であることを判定するアルゴリズムが存在する。これら2つの解析を行うことにより、各時刻で2つの領域が分離可能状態にあるか否かを正確に調べ、その結果、領域の大きさと量子纏れが喪失する時間スケールの関係を見出す。このようにしてドジッター時空の構造と量子纏れの関係を明らかにしたい。

2.11 大川 翔平 (名古屋大学)

『Relic Abundance in Secluded Dark Matter Scenario with Massive Mediator』

We introduce a new thermal relic DM scenario that has recently been proposed in which the DM relic density is controlled by the DM pair annihilation into additional non-SM particles (mediator particles) through the $2 \rightarrow 2$ process instead of the DM pair annihilation into the SM particles. This scenario is called secluded scenario. In the literature however an assumption is made on an ad hoc basis that the mediator decays into the SM particles and is sufficiently lighter than the DM particle. In this presentation we point out that the secluded mechanism works well even with a degenerated mediator if the mediator life-time is short enough. We also propose a concrete model of a unified description of the mediator and the DM in which both mediator and DM particles are realized as the pseudo Nambu-Goldstone bosons in a new confining gauge sector.

2.12 馬場 惇 (筑波大学)

『くりこみ群』

TBA

2.13 大久保 隆史 (東京工業大学)

『Nekrasov Functions and Exact Bohr-Sommerfeld Integrals』

6次元時空で定義された Omega 背景変形により、 $N=2$ 超対称ゲージ理論のインスタントンモジュライ積分が正則化され、分配関数が直接計算可能なことが N. Nekrasov により示された。Omega 背景は2つの変形パラメータにより特徴づけら

れており、そのうち一方のパラメータが0となる極限を考えると、Nekrasov の分配関数は 1 次元量子可積分系と密接に関連していることが知られている。本発表では [A. Mironov A. Morozov 0910.5670] に基づき WKB 法を用いて pure N=2 超対称 SU (2) 理論が 1 次元量子 Sine-Gordon 模型と関連することを説明する。

2.14 山本順二 (京都大学)

『inflation(KKLT scenario) に関するレビュー』

コンパクト化された超弦理論では、多くの moduli が存在し、そのうち volume moduli が leading order で固定されない (no-scale structure) という問題が生じる。しかし CY 多様体にコンパクト化された IIB 型の超弦理論で、superpotential への flux による寄与と Euclidian D3-brane などによる nonperturbative な寄与を考慮することで volume moduli が固定され、supersymmetric AdS である vacua が得られる。さらに anti-D3 branes を導入することで AdS vacua を dS vacua に持ち上げる。(KKLT scenario) またその de Sitter vacua は false vacua であるが、寿命は 10^{10} year の cosmological timescale より非常に大きい。

2.15 吉田 哲 (名古屋大学)

『TBA』

TBA

2.16 京野 秀紀 (京都大学)

『Supercoset construction of Yang- Baxter deformed $AdS^5 \times S_5$ backgrounds』

Yang-Baxter deformation is a systematic way to study integrable deformations of non-linear sigma models in two dimensions. So far some well-known string backgrounds concerned with the AdS/CFT correspondence were obtained as Yang-Baxter deformations of $AdS^5 \times S^5$. The metric and the B-field can be derived directly from the deformed action. Furthermore the remaining fields including the Ramond-Ramond (R-R) fields and the dilaton were recently derived by performing the supercoset construction for some r-matrices. In this poster I will give an outline of these results.

2.17 細田 寛人 (名古屋大学)

『On three-dimensional trace anomaly from holographic local RG』

1+2次元のQFTでは適当な外場を導入しパリティを破るような項を導入することによって非自明なトレースアノマリーが得られる可能性がある。しかし、本研究ではholographicな双対を持つようなQFTではそうではないことを局所くりこみ群という手法を使って実際に計算することによって示した。

2.18 坂本 純一 (京都大学)

『Generalized type IIB supergravity equations and non-Abelian classical r-matrices』

本発表ではhomogeneousなYang-Baxter方程式の解である非可換古典r-行列による $AdS_5 \times S^5$ のYang-Baxter変形について考える。supercoset構成を実行することで、様々な変形された $AdS_5 \times S^5$ 背景を得る。可換r-行列に対してはIIB型超重力理論の解である一方で、非可換r-行列において得られる背景は一般化されたIIB型超重力理論の解であることがわかる。さらに、得られた解のいくつかに対して、ディラトンに座標の線形項を加えることで、超重力理論の解であるようなT-双対解が構成される。特にいくつかのT双対解は適当な座標変換のもとで、変形前の $AdS_5 \times S^5$ に局所的に等価であることを示すことができる。なお、本発表はhep-th/1607.00795に基づく。

2.19 鈴木 昭博 (名古屋大学)

『Conformal manifolds and anomalies』

TBA

2.20 石見 涼 (新潟大学)

『格子QCD計算を用いたO(4)スケーリングによる相転移線の曲率』

改良されたウィルソンクォークを用いた2フレーバーQCDのシミュレーションでは、カイラル秩序変数のスケーリング則が3次元O(4)スピン模型のスケーリング則と同じであることがわかってきた。我々はこの解析を有限温度・密度QCDに拡張し、低密度におけるカイラル相転移の振舞を議論していきたい。

2.21 梅田 直弥 (京都大学)

『Critical behavior of triangle-hinge models』

膜の量子力学は膜の世界体積の3次元量子重力にスカラー場を結合させたもので表せ、これは膜のランダム世界体積を生成するモデルで表せる。我々が構築した triangle-hinge models は膜のランダム世界体積を生成する行列モデルであり、行列のサイズが無大の極限 (ラージ N 極限) での臨界点近傍が連続極限に対応すると考えられる。我々はこのモデルの数値計算を行い、ラージ N 極限で2次以上の臨界点が存在することを確認したのでこれを紹介する。

2.22 西 雅人 (京都大学)

『de Sitter thin brane model』

プランクスケールとウィークスケールの間には 10^{17} 倍という非常に大きな階層性が存在し、これは「重力についての階層性問題」と呼ばれる。この階層性問題を解決可能な理論の1つとして「ブレーンワールドモデル」が挙げられ、このモデルでは、我々の宇宙が高次元空間に埋め込まれたブレーン上に存在すると考えている。特に5次元理論である「Randall-Sundrum model (RS model)」では、階層性問題の解決のみならず、ウィークスケール程度の高次元粒子 (Kaluza-Klein 粒子) の存在が予言されており、将来の高エネルギー実験において観測可能性が示唆されるなど、非常に大きな注目を浴びた。一方で、RS model ではブレーン上の時空を平坦であると仮定しているために、加速膨張宇宙を再現できないという問題を抱えている。そこで本発表では、階層性問題の解決と加速膨張宇宙の再現の両立を目指し、ブレーン上の時空を dS_4 とした「de Sitter thin brane model」を紹介する。そして、RS model における議論が同じように適用でき、また高次元粒子の質量に Hubble 定数が寄与しないことを見る。[Ref. arXiv:1508.06371]

2.23 築地 秀和 (京都大学)

『量子論的分布関数を用いた相対論的重イオン衝突初期のエントロピー生成に関する研究』

RHIC、LHC での相対論的重イオン衝突実験における流体モデルは生成される物質が衝突後極めて早い時間で局所熱平衡に達することを示唆しており、その機構を解明することは理論的に興味深い課題である。衝突直後に有効であると考えられている古典ヤン・ミルズ場は初期の量子揺らぎに対して不安定性を持つことが知られているため、揺らぎの起源となる量子効果を何らかの形で取り入れることが重要である。本研究では、量子論的な分布関数であるウィグナー関数の半古典的な時間発展を数値的に計算することで量子揺らぎを初期の波動関数の広がりとし

て取り入れた解析手法を開発する。その手法を実際にヤン・ミルズ場の理論に適用し、量子論的なエントロピーである伏見-バールエントロピーの半古典的なダイナミクスが記述できることを見る。さらに、衝突直後に有効であると考えられている McLerran-Venugopalan 模型を古典的な初期条件として、そのまわりに広がった波動関数から始めた HW エントロピーの時間発展を静止系で解析する。

3 8月3日（水）口頭発表

3.1 高野 恭史（北海道大学）

『TBA』

TBA

3.2 深田 裕之（神戸大学）

『プランクの輻射公式から量子論へ』

量子力学においてプランク定数 h は重要な役割を果たす。この定数はもともと Planck が輻射公式を導く際に導入されたものである。まずはこの Planck の輻射公式がどのような歴史的背景の元、どのように導かれたのかをレビューし、その後どう量子論へ繋がるのかということを紹介する。

3.3 居石 直久（名古屋大学）

『Casimir Energy と zeta function』

TBA

3.4 松戸 竜太郎（千葉大学）

『クォーク閉じ込めに対するモノポールの役割』

クォーク閉じ込めのメカニズムはいまだ不明である。ひとつの候補として双対超伝導描像がある。これが実現されるためには通常の超伝導体におけるクーパー対の凝縮のかわりにモノポールの凝縮が起きなければならないが、どのようにモノポールを pure Yang Mills において定義するのかということが問題になった。モノポールを定義するひとつの方法として場の分解の方法、というものがある。この分解は $SU(N)$ ($N \geq 2$) の場合には複数の可能性があることが指摘されていて、どの分解を用いるのが適切か、ということが問題になる。今回の発表では、まず場の分解によってどのようにモノポールを定義するのかを説明する。その後、複数

の可能性のうちどの分解を用いるべきかということについて、ウィルソンループの面積分表示を介してひとつの示唆が得られることを見る。また、分解を一般の単純な Lie 群に拡張する方法を $G(2)$ を例としてみる。

3.5 荻野 孝浩 (筑波大学)

『Rotating strings confronting PDG mesons』

アップクォークやダウンクォークなどの軽いクォークからなるメソンに対する Regge 軌道は線形的なふるまいを示すが、重いクォークからなるメソンの Regge 軌道は非線形的なふるまいを示す。この軽いメソンと重いメソンの間の Regge 軌道の違いは、有質量端をもつ回転弦を用いたゲージ/重力対応に基づくメソン模型を考えることによって説明でき、この模型によってすべてのメソンが統一的に記述できるようになることが期待される。軽いメソンから重いメソンまで実験的に得られた様々なメソンに対するデータを用いて、角運動量と動径量子数に対する Regge 軌道を調べ、クォーク質量である端点質量や Regge スロープなどの物理量のとり得る値を調べることによって、このメソン模型を評価する。

3.6 濱田 佑 (京都大学)

『Kaluza-Klein theories』

Kaluza-Klein 理論は、1920 年代に Kaluza と Klein によって提唱された理論である。この理論では 4 次元時空に余剰次元を加えた 5 次元時空を考え、重力場と電磁場はその時空上の幾何学として記述される。その際、5 つ目の次元を Planck scale 程度に小さく丸め込むことで (コンパクト化)、有効理論として 4 次元時空の理論が得られる。ただし、この理論は非可換ゲージ場を含まないなど、いくつかの欠陥がありそのままでは成功していない。しかしながら、余剰次元とコンパクト化の概念は昨今の統一理論の研究に受け継がれている。本発表では、始めに 5 次元時空の Kaluza-Klein 理論を考え、次に Yang-Mills 場を含むように拡張された 4+D 次元時空を議論する。最後に、超重力理論との関連を紹介する。

3.7 田中 謙太郎 (北海道大学)

『Gauge coupling threshold correction with magnetized flux』

弦理論などのコンパクト化された余剰空間を持つ模型において 0 モードの低エネルギー有効理論は Kaluza-Klein モードからの量子効果を受けることが知られている。そのため gauge coupling の running が余剰次元からの寄与を受けることが

考えられる。今回の発表では余剰空間をトーラスにコンパクト化し、さらにそのトーラス上に magnetic flux が存在するときの gauge coupling の running が受ける余剰次元からの補正について考察する。特に、モジュライ dependence や flux の入り方について考えたい。

3.8 立石 卓也 (北海道大学)

『SO(32) ヘテロティック弦理論による MSSM の再現に向けた研究』

超弦理論から MSSM を再現するために、SO(32) ヘテロティック弦理論で背景磁場を含んだトーラスコンパクト化を行う。理論にもともと含まれる SO(32) ゲージ群が背景磁場の効果により $SU(3)_C \times SU(2)_L \times U(1)_Y \times U(1)^{13}$ へと分解され、SO(32) ゲージノの一部から MSSM のフェルミオンが得られる。また、磁場のあるトーラス上の Dirac 方程式を解くことで、複数世代のカイラルフェルミオンが得られる。さらに、実験で測定されているゲージ結合の大きさを再現することのできるコンパクト空間の大きさと背景磁場の値を探索し、ディラトンおよびケーラーモジュライの固定を行う。

3.9 助野 裕紀 (東京大学)

『Fermion scattering amplitudes from gauge invariant actions for open superstring field theory』

超弦理論の散乱振幅において相関関数がリーマン面のモジュライ空間全体で積分されている事は、非物理的自由度が現れない事に対して本質的な役割を果たす。一方で超弦の場の理論では、散乱振幅はさまざまなファインマン図の足し上げで与えられる。開いた超弦の場の理論の作用の構成の指導原理はゲージ対称性である。昨年、長年の懸案であったフェルミオン自由度を相互作用に導入する事に成功し、開いた超弦の場の理論のゲージ不変な作用が構成された。本研究では、開いた超弦の場の理論のゲージ対称性から要求される高次の相互作用の役割を調べ、4点・5点ツリーレベル散乱振幅が円盤トポロジーの正しい超モジュライ空間を記述している事を計算から明らかにした。本発表では開いた超弦の場の理論の定式化をレビューし、弦の場の理論のゲージ対称性と散乱振幅との関係を議論する。

3.10 佐賀 郁美 (北海道大学)

『Small field axion inflation』

弦理論において考えられるアクシオン場は、その並進対象性から、宇宙のインフレーションを引き起こすための平坦なポテンシャルを実現する。このため、アクシオンはインフラトンの候補となる。このとき場の持つポテンシャルの形として、余弦関数の形が期待される。またこれは、アクシオンの崩壊定数 f に依存する形で表される。このようなポテンシャルを用いて揺らぎを計算すれば、宇宙の再加熱温度を f のべき乗で制限することができる。今回は、場のべき乗および余弦関数からなる具体的なポテンシャルを設定し、テンソル・スカラー比 r やその他の物理量の f 依存性を調べた。

3.11 本多 正樹 (早稲田大学)

『Axion decay constants at special points in type II superstring theory』

アクシオンは QCD における強い CP 問題の解決やダークマターの候補として有力視されている粒子である。超弦理論ではその崩壊定数が通常 GUT スケール程度になることが知られている。今回我々は II 型超弦理論において、背景の Calabi-Yau 多様体に付随する Picard-Fuchs 方程式の特異点に注目することで、GUT スケールに限らないアクシオンの崩壊定数の値が可能かどうかを議論した。必要に応じてモジュライ固定の議論も行った。

3.12 奥村 傑 (京都大学)

『開弦の場の理論の構成とタキオン凝縮』

Bosonic な弦理論にはタキオンが含まれているが、これは与えられた真空が不安定であることを意味する。そこで安定な真空が別に存在するかを調べるために、弦理論の off-shell な定式化である弦の場の理論が必要となる。今回は Bosonic な開弦の場の理論の構成を概説し、安定な真空が存在することを Sen と Zwiebach による近似的手法で調べる。

3.13 杉田 和優 (日本大学)

『超弦の場の理論における多重 Exotic Solution について』

超弦の場の理論における exotic solution は、D-brane のエネルギーが半分になる解である。本発表では、exotic solution を pure gauge で書く際の gauge parameter を複数回用いて得られる解の性質を議論する。

3.14 加藤 洋崇 (東京工業大学)

『Supersymmetry Enhancement and Junctions in S-folds』

4次元の超対称場の理論としては、これまで $N=1,2,4$ のものがよく知られていたが、近年 $N=3$ の超対称性をもつ理論が構成された。 $N=3$ 理論はS-foldと呼ばれる空間にDブレーンを配置することで得られるが、特殊な場合として、S-fold上のブレーン配位でも超対称性が $N=4$ に拡張される可能性があることがAharony, Tachikawaらによって示唆された。今回の研究で我々は、string junctionを用いてS-fold上の理論と、 $N=4$ 超対称場の理論を実現する既存のDブレーン配位を調べ、これらの間に対応関係があることをみつけた。

3.15 Choi Jaewang (京都大学)

『Super Yang-Mills theory with position dependent gauge coupling』

D3ブレーン上の有効作用である $N=4$ super Yang-Mills理論は色々な方面で研究され、多くの物理を理解するのに用いられた。我々は、超対称性を破らず、ゲージ結合定数に座標依存性を持たせる状況の一般的なラグランジアンを求めた。特に、 $\theta + 4\pi i/g^2$ が4次元の内、2次元の面上の座標だけの依存性を持った時に、 $N=2$ の超対称性を保つためには、2次元面の座標に正則な関数であることを導いた。この状況は、D3ブレーンとD7が2次元だけ共有して交差しているところのD3ブレーン上の有効作用に対応し、この系での様々な側面を調べる。(In progress)

4 8月4日(木) 口頭発表

4.1 宮地 昂志 (大阪市立大学)

『Analytic approximation for WIMP Dark Matter』

宇宙の様々な観測結果から、baryonicな物質は宇宙における全エネルギーの5%ほどにすぎず、その約5~6倍は未知の物質で占められていると考えられ、“Dark Matter”と呼ばれている。しかし、その正体はいまだ謎のままであり、現代物理学の大きな課題の一つとされ、興味深い。そこでまずCMBやビッグバン核種合成そしてバリオン音響振動に基づく実験データ、そして銀河の回転曲線によるDark Matterの必要性を論じ、これまで考えられてきたDark Matterの候補をいくつか簡単に紹介する。本発表ではWIMP (Cold Dark Matter)の立場をとるとし、WIMP同士の対消滅について考える。主に、simpleな計算による近似的な解析と Boltzmann

方程式による数値的な解析を論じ、現在の宇宙における Dark Matter の割合を説明するためには、WIMP 対消滅による annihilation cross section が 10^{-9}GeV のオーダー となり、またその WIMP の質量は 100GeV のオーダーとなる必要があることを示す。この質量スケールは、電弱対称性の破れや階層性問題を考慮するうえで、新粒子としては妥当なスケールであると考えられる。

4.2 松野 阜 (大阪市立大学)

『ABJM 行列模型における Giambelli 整合性』

古典的な表現論においてあるヤング図によって特徴づけられる指標がより簡単な表現 (hook 表現) の指標の行列式で書けるという Giambelli 恒等式がある。ある Young 図で特徴づけられる量が Giambelli 恒等式と類似の関係式をみたすとき、この量は Giambelli 整合性をみたすという。本研究ではある量が Giambelli 整合性をみたす十分条件をあたえ、その応用として ABJM 理論 ($N=6$ の超対称チャーンサイモンズ理論) の分配関数が Giambelli 整合性をみたす、すなわち ABJM 理論が Giambelli 整合性をもつことを示した。また本研究で明らかになった十分条件が他のチャーンサイモンズ理論も Giambelli 整合性をもつ可能性を示唆していることもわかった。

4.3 大畠 隆弘 (京都大学)

『Photons and Gravitons in Perturbation Theory: Derivation of Maxwell's and Einstein's Equations』

S 行列の Lorentz invariance から、相互作用表示の Hamiltonian と、Heisenberg 表示の Maxwell eq. と Einstein eq. を導出した 1965 年の論文の review を行う。

4.4 永野 廉人 (東京大学)

『ラージ N 極限』

ラージ N 極限と呼ばれる、系の自由度を大きくする極限を取ると、ダイアグラムの足しあげが簡単になるモデルがある。この極限では、プラナーダイアグラムと呼ばれる平面上に書くことができるダイアグラムのみがリーディングな寄与をするためである。今回は、 $O(N)$ ベクターモデルと $SU(N)$ ゲージ理論を例にとり、ラージ N 極限における寄与の大きさと、ダイアグラムのトポロジーが対応していることを説明する。

4.5 酒井 勝太 (京都大学)

『一般背景中の massive higher spin 粒子の定式化』

higher spin 粒子の定式化は 1939 年の Fierz-Pauli の仕事以降、いくつかの特定の背景の上で整備されてきた。その一方で、一般背景上での議論は今まで限定的であり、特に massive の場合には不明な点が多くある。本発表では、一般背景上での massive spin 2,3 の場合の解析を通してこの問題を紹介し、さらに古典論、時空の曲率に関して 1 次のオーダーで consistent な理論が構成可能か否か議論する。この発表は、arXiv:1605.03363[hep-th] に基づく。

4.6 松本 信行 (京都大学)

『BRST 量子化』

量子化を行うにあたって、ゲージ固定の方法は少し厄介である。ここでは BRST 量子化という手法について基礎的な部分を説明し、数学的な側面にも簡単に触れる。

4.7 花澤 聡太 (茨城大学)

『D-brane Configurations from Pure Spinor Superstring in AdS5 x S5 Background』

Green-Schwarz 形式の開弦が変換の下で不変であるためのフェルミオンの境界条件から、AdS5 x S5 時空上の D ブレーンの配位が導けることが知られている [M. Sakaguchi and K. Yoshida 2004]。一方で、Green-Schwarz 形式での不変性は、Pure Spinor 形式では BRST 不変性として実現される。今回の発表では、Pure Spinor 形式による開弦が BRST 変換の下で不変であるための境界条件を構成し、得られた条件を解析することで AdS5 x S5 時空上の D ブレーンの配位を導く。これによって、上記の先行研究よりも容易に導けることを示す。

4.8 細田 寛人 (名古屋大学)

『Holographic Entanglement Negativity』

近年ホログラフィー原理の理解においてエンタングルメントエントロピー (EE) が非常に重要な役割を果たしている。考えている全体系が純粋状態の時には EE はよい量子もつれ指標として使うことが出来る。しかし、もし全体系が混合状態の場合には EE は量子エンタングルメント以外に古典的な相関も拾ってしまいよい量子もつれ指標として使えなくなってしまう。そこでこのような全体系が混合状態の時でもよい量子もつれ指標として使える量としてエンタングルメントネガティ

ビティ (EN) という量が知られている。本発表ではこの EN の場の理論での計算とホログラフィックな計算についてのレビューを行い、この計算によって EE を考えているだけでは得られなかった新たな知見について議論する。

4.9 吾郷 太一 (東京大学)

『強い CP 問題と Peccei-Quinn 機構』

現在、素粒子物理学では標準模型により多くの実験結果を説明できることが分かっている。そして、標準模型の中で QCD 理論は強い相互作用をうまく記述できていることも分かっている。しかし、1970 年代の真空の構造の研究から新たな問題が浮上してきた。QCD ラグランジアンには CP 対称性を破る項があり、この項の大きさは θ -真空における真空角およびクォークの質量行列の行列式の位相の和に比例する。この和は自然には任意の値を取りうるので強い相互作用においてそれなりの大きさの CP の破れを観測するはずである。しかし、実際にはそのような現象は観測されておらず、CP の破れは非常に小さいことが中性子の電気双極子モーメントの測定から判明している。この問題は強い CP 問題と呼ばれている。本口頭発表ではこの問題の解決方法として有力視されている Peccei-Quinn 機構について説明する。

4.10 河内 比花留 (金沢大学)

『テンソルくりこみ群によるシータ項を含む CP(N-1) モデルの解析』

QCD の Toy Model である CP(N-1) モデルの解析は、強い CP 問題に関する研究の第一段階としてふさわしい。これまでの格子ゲージ理論に基づいた解析では数値計算として主にモンテカルロ法が用いられてきたが、シータ項を含む場合、符号問題が生じるために解析が困難となる。そこで本研究では、近年提案されたテンソルくりこみ群という符号問題の生じない手法を用いて、CP(N-1) モデルの相構造の解析を行う。

4.11 中川 裕也 (京都大学)

『1+1 dimensional QCD and its holographic dual』

カラー閉じ込めやカイラル対称性の破れをはじめとする QCD の非摂動的性質の解析はその低エネルギーにおける強結合性から解析が困難である。この強結合領域の QCD の解析に対して、超弦理論を用いた解析が行われた [1]。この解析は QCD におけるアノマリーなどの情報を再現するだけでなく、メソンの相互作用な

どの、QCD そのものからの解析が困難であるためにこれまで現象論的に考えられてきた法則を導くことに成功した。今回はこの解析を紹介するとともにこの解析を一般の次元の QCD に拡張することの意義と 1+1 次元において現在までに得られた結果を紹介する。

[1]T. Sakai, S. Sugimoto, Prog.Theor.Phys. 113 (2005) 843-882;Prog.Theor.Phys. 114 (2005) 1083-1118.

4.12 鈴木 遊 (筑波大学)

『QCD の相構造の研究と符号問題』

QCD はハドロン層、クォークグルーオンプラズマ層、カラー超伝導層といった豊かな相構造をもつと予想されている理論である。QCD は摂動理論の適用が難しい強結合の理論であるため、時空を離散化した格子 QCD という枠組みでの計算が行われている。ところが、格子 QCD を用いた相構造の探索においては符号問題という難問に直面することが良く知られている。本発表では符号問題に対するアプローチとして、カノニカル法という手法を用いた研究についてその最新の結果を含めて発表を行う予定である。また、符号問題に対するその他の取り組みについても簡単な紹介を行う。

4.13 賀数 淳平 (筑波大学)

『格子 QCD によるパイオンの形状因子の研究』

本研究では、 $m_\pi = 145$ MeV、 $N_f = 2+1$ の改良された Wilson fermion と Iwasaki gauge action を用いて、ベクトルカレントの π 中間子 3 点関数から、微小な運動量移行での π 中間子形状因子を求めた。2 体 π 中間子の効果を考慮した解析から得られた形状因子を ChPT(Chiral Perturbation Theory) 公式でフィットし、荷電半径の 2 乗平均を求めた。講演では、本研究で得られた結果を実験や他のシミュレーションの結果と比較し、その違いにも言及する。

表 1: 8月1日(月) 研究会タイムテーブル

氏名	所属	発表タイトル
前半セッション 19:00 - 20:24 (発表 10分 + 質疑応答 2分)		
井黒 就平	名古屋大学	4th Generation Quarks'effect in LHC
松下 康平	名古屋大学	Strong CP problem
平賀 祐輝	名古屋大学	Quantization of non-abelian gauge theories ～ Gribov Problem ～
坂口 諒輔	東京大学	The Sachdev-Ye-Kitaev model : towards AdS2/CFT1
石見 涼	新潟大学	格子計算と QCD 相転移
簡 直人	総合研究 大学院大学	On Dimensional Reduction of Magical Supergravity Theories
永本 慧	北海道大学	Modular symmetry of 4D low-energy effective field theory in typeII superstring thoery
休憩 20:24 - 20:39 (15分間)		
後半セッション 20:39 - 22:15 (発表 10分 + 質疑応答 2分)		
和田 大樹	立命館大学	宇宙定数の消える超対称性のないオービフォルドの構成
重神 芳弘	名古屋大学	Flavor Physics in SO(10) GUT with light Z'
端野 克哉	富山大学	古典的スケール不変性に基づくヒッグス模型の現象論
堀米 俊一	東京大学	WIMP dark matter とその観測
桜井 亘大	富山大学	イナート二重項模型暗黒物質シナリオの ヒッグス結合定数の精密測定を用いた検証
万 へーきん	早稲田大学	ガレリオンインフレーションから スカラーテンソルモデルまで
中西 由香理	大阪大学	Higgs インフレーションとくりこみ
山口 幸司	東北大学	Gravitational memory charges of a supertranslation and superrotation on Rindler horizons

表 2: 8月2日 (火) ポスター発表一覧その1

氏名	所属	発表タイトル
清水 数馬	京都大学	Mass deformed ABJM Theory in Large N
森竹 貫人	総合研究大学院大学	Affleck-Dine mechanism
中村 諒	東京理科大学	軸性ベクトル型相互作用を考慮した 強磁場下でのクォーク物質の相図
青井 隼斗	東京理科大学	同上 (中村 諒さんと共同発表)
船越 元気	大阪大学	How to calculate primordial non-Gaussianities given some theory of inflation
太田 敏博	大阪大学	Lax ペアと可積分系
三田 明輝	富山大学	混合イナート複素スカラー暗黒物質の検証可能性
上床 隆裕	立命館大学	Non-SUSY D-branes with Vanishing Cylinder Amplitudes in Asymmetric Orbifolds
上場 一慶	神戸大学	sine-Gordon model と massive Thirring model の双対性
松村 央	名古屋大学	ドジッター時空上の量子もつれ
大川 翔平	名古屋大学	Relic Abundance in Secluded Dark Matter Scenario with Massive Mediator

表 3: 8月2日（火）ポスター発表一覧その2

氏名	所属	発表タイトル
馬場 惇	筑波大学	くりこみ群
大久保 隆史	東京工業大学	Nekrasov Functions and Exact Bohr-Sommerfeld Integrals
山本順二	京都大学	inflation(KKLT scenario) に関するレビュー
吉田 哲	名古屋大学	TBA
京野 秀紀	京都大学	Supercoset construction of Yang- Baxter deformed $AdS^5 \times S_5$ backgrounds
細田 寛人	名古屋大学	On three-dimensional trace anomaly from holographic local RG
坂本 純一	京都大学	Generalized type IIB supergravity equations and non-Abelian classical r-matrices
鈴木 昭博	名古屋大学	Conformal manifolds and anomalies
石見 涼	新潟大学	格子 QCD 計算を用いた $O(4)$ スケーリングによる相転移線の曲率
梅田 直弥	京都大学	Critical behavior of triangle-hinge models
西 雅人	京都大学	de Sitter thin brane model
築地 秀和	京都大学	量子論的分布関数を用いた 相対論的重イオン衝突初期のエントロピー生成に関する研究

表 4: 8月3日 (水) 研究会タイムテーブル

氏名	所属	発表タイトル
前半セッション 19:00 - 20:24 (発表 10 分 + 質疑応答 2 分)		
高野 恭史	北海道大学	TBA
深田 裕之	神戸大学	プランクの輻射公式から量子論へ
居石 直久	名古屋大学	Casimir Energy と zeta function
松戸 竜太郎	千葉大学	クォーク閉じ込めに対するモノポールの役割
荻野 孝浩	筑波大学	Rotating strings confronting PDG mesons
濱田 佑	京都大学	Kaluza-Klein theories
田中 謙太郎	北海道大学	Gauge coupling threshold correction with magnetized flux
休憩 20:24 - 20:39 (15 分間)		
後半セッション 20:39 - 22:15 (発表 10 分 + 質疑応答 2 分)		
立石 卓也	北海道大学	SO(32) ヘテロティック弦理論による MSSM の再現に向けた研究
助野 裕紀	東京大学	Fermion scattering amplitudes from gauge invariant actions for open superstring field theory
佐賀 郁美	北海道大学	Small field axion inflation
本多 正樹	早稲田大学	Axion decay constants at special points in type II superstring theory
奥村 傑	京都大学	開弦の場の理論の構成とタキオン凝縮
杉田 和優	日本大学	超弦の場の理論における多重 Exotic Solution について
加藤 洋崇	東京工業大学	Supersymmetry Enhancement and Junctions in S-folds
Choi Jaewang	京都大学	Super Yang-Mills theory with position dependent gauge coupling

表 5: 8月4日 (木) 研究会タイムテーブル

氏名	所属	発表タイトル
前半セッション 19:00 - 20:36 (発表 10 分 + 質疑応答 2 分)		
宮地 昂志	大阪市立大学	Analytic approximation for WIMP Dark Matter
松野 皐	大阪市立大学	ABJM 行列模型における Giambelli 整合性
大畠 隆弘	京都大学	Photons and Gravitons in Perturbation Theory: Derivation of Maxwell's and Einstein's Equations
永野 廉人	東京大学	ラージ N 極限
酒井 勝太	京都大学	一般背景中の massive higher spin 粒子の定式化
松本 信行	京都大学	BRST 量子化
花澤 聡太	茨城大学	D-brane Configurations from Pure Spinor Superstring in AdS5 x S5 Background
休憩 20:24 - 20:39 (15 分間)		
後半セッション 20:39 - 21:51 (発表 10 分 + 質疑応答 2 分)		
細田 寛人	名古屋大	Holographic Entanglement Negativity
吾郷 太一	東京大学	強い CP 問題と Peccei-Quinn 機構
河内 比花留	金沢大学	テンソルくりこみ群によるシータ項を含む CP(N-1) モデルの解析
中川 裕也	京都大学	1+1 dimensional QCD and its holographic dual
鈴木 遊	筑波大学	QCD の相構造の研究と符号問題
賀数 淳平	筑波大学	格子 QCD によるパイオンの形状因子の研究