

素粒子パート研究会プログラム

2017 年 8 月 21 日 (月)–2017 年 8 月 26 日 (土)

国立オリンピック記念青少年総合センター

題目と概要

1 2017 年 8 月 22 日 (火)

1.1 研究会 1-1 (14:45–17:30)

1.1.1 畠山 洸太 (静岡大学 土屋研究室)

「ファジー球面上のスカラー場理論における相関関数とくりこみ」

行列模型により実現される、ファジー球面上のスカラー場理論における相関関数の振る舞いを調べる。このとき、行列サイズは UV カットオフの役割をする。Berezin symbol を用いて、行列と場との対応をつけることにより、場の多点相関関数をモンテカルロシミュレーションにより計算する。理論のパラメーターを調節することにより、異なる行列サイズに対して 2 点相関関数と 4 点相関関数が一致することを見つけた。この結果により、ファジー球面上の場の理論がくりこみ可能であることを強く示唆された。

1.1.2 中脇 稔貴 (京都大学 素粒子論研究室)

「ユークリッド化径路積分による宇宙の量子力学的記述」

量子力学の観点から宇宙の状態について議論する手法として、J. B. Hartle と S. W. Hawking (1983) によって提唱された、ユークリッド化径路積分を用いるものがある。これは通常の量子力学でのエネルギー固有値を求める手順と同様に、3次元空間計量について径路積分を行うことで、宇宙の”基底状態”及びそこから励起を導くものである。今回の発表では Hartle と Hawking の原論文に基づき、この手法を紹介した上で、単純なモデルに適用した場合の結果について述べる。また原論文以降の展開についても、余裕があれば触れる予定である。

1.1.3 高田 慎太郎 (北海道大学 素粒子論研究室)

「Sugra」

11次元から10次元

1.1.4 平賀 祐輝 (名古屋大学 素粒子論研究室)

「Exotic brane dynamics in string theory」

弦理論において、ブレーンは非常に重要な役割を担っている。このブレーンにはよく知られた D-ブレーン等の幾何学的なブレーンと、非幾何学的なエキゾチックブレーンの2種類が存在する。本発表では、エキゾチックブレーンに注目し、特徴及び問題点を紹介し、解決策について議論する。

1.1.5 藤原 素子 (名古屋大学)

「Unity of All Elementary-Particle Forces(review)」

SU(5) 大統一理論は, 統一理論の雛形となる模型である. この模型においては, 重力を除いた強い力, 弱い力, 電磁気力の三つの相互作用の統一, および物質であるクォーク・レプトンの統一が実現される. 本発表では, SU(5) 大統一理論が有する特徴についてレビューする.

1.1.6 松下 康平 (名古屋大学 素粒子論研究室)

「最小超対称標準模型におけるヒッグス質量とミュー粒子の異常磁気能率」

ミュー粒子の異常磁気能率は測定値が標準模型の予言値から 3σ 程度ずれていることが知られている. この差を超対称性理論で説明することを考えると超対称性粒子が軽いことが求められるが, LHC 実験での新粒子探索の制限を回避した上で観測されたヒッグス粒子の質量 125GeV を再現するには重い超対称性粒子が望ましく, 同時に解決するのは困難に思える. 本研究では大統一理論の構造に注目し, 表現の間に質量の階層性がある状況でこれらを同時に説明することを試みる.

1.1.7 内田 祥紀 (名古屋大学 素粒子論研究室)

「スカラーセクターの幾何学 (review)」

スカラーセクターにおいて, スカラー場の運動項の前にかかる場の関数を計量テンソルとみなし, これがなす内部空間に注目することで新物理に関する有用な情報が取り出せる. 散乱振幅は場の表示 (極座標表示, 直交座標表示等) によらないため, 先の計量テンソルから求めた曲率テンソルを用いて書くことができる. これにより曲率テンソルは散乱振幅を通して実験による測定が可能であり, 新物理として複合ヒッグス模型を想定した場合, 散乱振幅から新物理のエネルギースケールを推定できる. 本発表では 2015 年に出された, 幾何学を用いたスカラー場の理論の定式化に関する論文 [arxiv.1511.00724] の review を行う.

1.1.8 重神 芳弘 (名古屋大学)

「Constraints of chromoelectric dipole moments to natural SUSY type sfermion spectrum」

ストップ質量が軽くなる natural SUSY-type のスフェルミオン質量スペクトラムに注目し, chromoelectric dipole moment (CEDM) の制限からスフェルミオン質量の下限を調べた. このスペクトラムでは, SUSY 粒子による FCNC は 1, 2 世代のスフェルミオン質量 (m_0) が重い場合抑制され, 同時にストップ質量が軽い場合 weak scale が安定する. しかし, ストップ質量の軽さのためアップクォークの CEDM が増大し, 一般に厳しい制限を与える. この寄与は, GUT スケールにおけるアップ型湯川 (Y_u) の構造に強く依存することが知られている. そこで, GUT スケールの Y_u の構造に依るストップ質量の下限の違いを, CEDM の制限から調べた. 口頭発表では研究結果をメインに紹介し, 計算の詳細などはポスター発表で行う.

1.1.9 大家 裕太 (北海道大学 素粒子論研究室)

「review (Electric-magnetic duality, monopole condensation, and confinement in $N=2$ supersymmetric Yang-Mills theory)」

review

1.1.10 鈴木 遊 (筑波大学 素粒子理論研究室)

「Gradient flow を用いた相関関数の計算」

近年提案された Gradient flow という手法は、理論から紫外発散を取り除くという意味で、繰り込みのスキームの一つとして様々な計算への応用が期待されている。本講演では繰り込みの基本的な考え方から出発し、「1.Gradient flow 法が何故繰り込みのスキーム足り得るのか?」「2. 格子 QCD 計算への応用例」という2つの点について説明する。あまり込み入った内容には触れず、直感的な理解の補助と興味への糸口になれば幸いである。

1.1.11 松尾 大和 (広島大学 素粒子研究室)

「修正重力理論のダークマター候補としての可能性」

ダークマターを説明する方法としてニュートラリーノやアクシオンなどが有力である。今回はそれらとは異なるアプローチを試みた。ところで、宇宙の加速度膨張のために存在が示唆されるダークエネルギーを説明する方法として修正重力理論というものがある。修正重力理論は一般相対性理論を拡張することで宇宙論における未解析の減少を説明することを目的とした理論である。この修正重力理論は、ワイル変換を行うことでスカラロンと呼ばれる粒子を含む重力理論として記述することができる。スカラロンはバックグラウンドのエネルギー密度に依存して質量が変化する性質を持っている。この性質はカメレオン機構として知られている。この機構によってスカラロンを、第5の力として実験によって観測されない模型として考えることができる。今回は、このスカラロンをダークマターの候補として議論を行う。

1.1.12 後藤 弘光 (金沢大学 素粒子・宇宙・理論物理研究室)

「重力波で探る隠れた質量起源」

本研究はスケール不変性に基づき、隠れたセクターにおけるカイラル対称性の力学的破れの機構を用いて、質量の起源と暗黒物質の存在を同時に説明する拡張模型に着目する。本模型における隠れたセクターのカイラル相転移は、先行研究により一次相転移となることが示唆されており、宇宙の一次相転移は重力波を生成することが知られている。発表では本模型が予言する重力波スペクトルと暗黒物質質量の関係、将来重力波検出実験における検出可能性を示す。

1.2 研究会 1-2 (19:00–20:15)

1.2.1 岡林 一賢 (早稲田大学 前田研究室)

「AdS/CFT による宇宙初期特異点の解析」

一般相対性理論は、宇宙の膨張を過去に遡ると、時空という概念自体が破綻する宇宙初期特異点から宇宙が生まれたことを予言する。曲率が無限に大きくなる特異点は自然界には存在しないはずで、そのため理論を変更する必要がある。その自然な理論の一つとして時空を量子的に扱う量子重力理論が挙げられるが、まだ完成していない。しかし近年ゲージ/重力対応により特異点問題に対応する量子論に置き換え、解析が困難な特異点に関して手がかりが得られないか議論されている。興味深いのは、Engelhardt 達による研究で、時空が宇宙初期特異点を持つときに対応する量子論で相関関数が極を持つことを示している。CFT 側でこの極の扱い方を調べることで特異点問題に対する解決策を探ろうというわけである。彼らの結果は特別な場合に関して示されたものであるため一般の時空

に対して同様な結果が得られるかどうかはわからない。そこで本発表では先行研究を拡張した結果を述べたい。

1.2.2 奥村 傑（京都大学 物理学第二教室素粒子論）

「Deformations of the Almheiri-Polchinski model」

Almheiri-Polchinski 模型と呼ばれる 2 次元ディラトン重力模型に着目し、その Yang-Baxter 変形を考察した。変形された模型に対してブラックホール解を構成し、その Bekenstein-Hawking エントロピーを計算した。また、変形によって生じた特異線上で定義されるエネルギー運動量テンソルからの、エントロピーのホログラフィックな再導出についても議論する。この講演は arXiv:1701.06340 と arXiv:1704.07410 にもとづく。

1.2.3 鈴木 晴侯（茨城大学 素粒子論研究室）

「Batalin – Vilkovisky 形式によるゲージ理論の取り扱い (review)」

ゲージ理論における経路積分は、そのゲージ自由度によって発散してしまう。そこで、Lagrangian の段階でのゲージ固定の処方として BRST の処方がある。しかし、この方法が適用できる範囲は既約 (irreducible) なゲージ変換の場合のみであり、BRST の処方ではゲージ固定しきれないことがある。この発表では、より一般に有効である Batalin-Vilkovisky 形式によるゲージ固定の処方をレビューする。Batalin, Fredkin, Vilkovisky は Hamilton 形式での BRST 量子化を議論する際に反場 (antifield) の必要性を示唆した。その後、Lagrange 形式でのゲージ固定に対しても antifield による手法が考えられた。この手法ではゲージ変換の可約性 (reducibility) が重要な役割を果たす。可約な理論に対してはゴースト場に対するゴースト場が現れる。そこで、可約なゲージ変換を持つモデルとして可換 p-form を例にその描像を紹介する。

1.2.4 坂口 諒輔（東京大学 大川研究室）

「Closed string field theory without the level-matching constraint」

自然界には 4 つの力が存在し、それらを統一的に理解しようとする試みが行われてきた。その中でも重力を量子力学的に取り扱うことは非常に難しい。超弦理論は素粒子を 1 次元的に広がる弦として扱うことで、重力を含む 4 つの力すべてを統一する理論として期待されている。ただし、超弦理論は散乱振幅を摂動的にしか求めることができない未完成な理論である。そこで私は超弦理論の非摂動的な定式化である「弦の場の理論」について研究をしている。弦には端点を持つ「開弦」と輪ゴムのような「閉弦」の 2 種類があるが、私は特に閉弦の場の理論を研究している。閉弦の場の理論には余分な粒子のスペクトラムが存在することが知られている。そこで場に対して拘束条件を課すことで必要な粒子のみを取り出して議論をすることが主流であったが、私は今回、そのような拘束条件を課さずに閉弦の場の理論を構成することに成功した。これについて詳しく発表する予定である。

1.2.5 花澤 聡太（茨城大学 素粒子論研究室）

「Covariant Quantization of the Superstring in Pure Spinor Formalism」

超弦理論にはいくつかの定式化がある。Ramond-Neveu-Schwarz 形式は、明白な世界面上の超対称性を持ち、散乱振幅等の計算において有効であるが、超共形場理論を用いて記述されるこの定式化では、Ramond-Ramond 場と結合する等の背景時空構造を読み取ることが難しい。Green-Schwarz 形式は明白な時空超対称性が存在し、非自明な背景時空において定式化可能であるが、RNS 形式の持つ超共形対称性は kappa 対称性と呼ばれる

フェルミオンのゲージ対称性に置き換わり共変的な量子化を行うことが困難である。2000年に提唱された Pure Spinor 形式は、GS 形式の持つ κ 対称性は BRST 対称性に置き換わり、超 Poincare 共変的に量子化を行うことが可能であるといった、従来の2つの定式化の利点を継承した新しい超弦理論の定式化である。本発表では、Pure Spinor 形式による超弦理論の定式化の有用性とこれからの課題を説明し、時間が許す限り、発表者が行った Pure Spinor 超弦の BRST 対称性による D ブレーンの分類について紹介する。

1.2.6 原 健太郎 (東京理科大学 佐古研究室)

「ケーラー多様体の量子化と物理学への応用」

量子力学に端を発する幾何学の量子化は相空間の非可換化以外にも時空の非可換化などもあり、量子ホール効果などで再度物理学に応用されてきている。それらに向けて我々は時空にケーラー構造のある場合に量子化の方法を発見した。次に我々が注目しているのは非可換時空におけるゲージ理論である。非可換幾何学と物理学の関係について発表する。

2 2017年8月23日(水)

2.1 三者総会・ポスター発表 (13:00-17:30)

2.1.1 池田一毅 (大阪大学)

「to be announced」

to be announced

2.1.2 大野木 嵩智 (大阪市立大学 素粒子論研究室)

「Coleman-Weinberg potential についての review」

tree level で自発的対称性の破れ (SSB) を起こさない理論に対して radiative corrections が SSB を起こす可能性を調べる。その際、最も簡単な model として electrodynamics of massless scalar mesons を扱う。この理論は仮想質量をもつ理論 (Abelian Higgs model) に近く、スカラーとベクトルの質量比は $m^2(S)/m^2(V) = (3/2\pi)(e^2/4\pi)$ となる。これと同じ結果が non-Abelian gauge 理論でも得られる。Coleman と Weinberg の方法は tree level で SSB を起こす理論へ適用でき、その適用法について見ていく。

2.1.3 井黒 就平 (名古屋大学 E 研)

「 $BR(B \rightarrow D^* \tau \nu)$ in General Two Higgs Doublet Model」

現在最も大きなフレーバーのアノマリーを持つ物理量は $R(D)$, $R(D^*)$ であり標準模型の予言と実験値のズレは約 4σ もある。これらは Belle II 実験や LHCb 実験などでの追検証が見込まれ、注目度の高い物理量である。新たに導入されるヒッグスがすべてのフェルミオンと結合することができる一般的な Two Higgs Doublet Model の枠内での $R(D)$, $R(D^*)$ の予言や、アノマリーの説明可能性を包括的に調べた。top quark, charm quark 間や tau lepton, mu lepton 間のフレーバーの破れを持つ湯川結合を用いることで $R(D)$, $R(D^*)$ を改善できることを示した。また、実験的には Belle 実験の結果を 1σ 以内で説明することができることを示した。

2.1.4 太田 敏博 (大阪大学 素粒子論研究室)

「On the Classical/Quantum Chaos in String Theory (review)」

“Chaos” is one of the key words to understand how the spacetime emerges, which has been in main fashion in high energy physics community lately. I review some works on the classical and quantum chaos, which are playing the crucial role in high energy physics, especially in string theory. In addition, I will discuss recent progress and make comments on my own future direction.

2.1.5 重神 芳弘 (名古屋大学)

「Constraints of chromoelectric dipole moments to natural SUSY type sfermion spectrum」

ストップ質量が軽くなる natural SUSY-type のスフェルミオン質量スペクトラムに注目し、chromoelectric dipole moment (CEDM) の制限からスフェルミオン質量の下限を調べた。本研究では、軽いストップがループで回る寄与が重要となる。この寄与は、1、2世代のスフェルミオン質量を重くしても decouple せず、一般に実験の制限より大きい予言を与える。さらに、SUSY を破るパラメータが全て実数であってもストップの寄与は生じ、何らかの回避策を考える必要がある。先行研究により、この寄与は GUT スケールのアップ型湯川 (Yu) の構造に依存し、Yu が実数の場合に制限を満たすことができることが知られている。そこで、異なる Yu の構造でスフェルミオン質量の下限の違いを CEDM の制限から調べ、将来実験での観測可能性などを議論した。

2.1.6 東出 和也 (大阪大学 素粒子論研究室)

「AdS 上のブラックホールとエンタングルメント」

AdS 上のブラックホールは解析接続により 2 つの AdS 境界を持つことが知られている。マルダセナは、それぞれの境界上に互いに相互作用しない CFT のコピーを用意し、ある特定のエンタングルした純粋状態がブラックホールを記述するという予想を与えた。本発表ではこの提案についてレビューする。

2.1.7 秋山 進一郎 (筑波大学 素粒子理論研究室)

「Wilson の繰り込み群と場の理論への応用」

本ポスター発表では、K. G. Wilson と J. Kogut の “The Renormalization Group and the ϵ Expansion” (Phys. Rept. 12 (1974) 75-200) に基づいて、繰り込み群の考え方を review し、Wilson の繰り込み群がどのように場の理論に応用されるのかを説明する。系の定性的な特徴を保ったまま、長さスケールを大きくすることが出来れば、その系を解析する手法として数多くの可能性を考えることができる。臨界現象を示す系では、長さスケールは相関長を通じて与えられる。繰り込み群の基本的な考え方は、短距離スケールでの系の揺らぎから出発して、これらを逐次消去し、長距離スケールでの系のふるまいを浮き彫りにすることである。場の理論が記述するような無限自由度の系は、有限自由度の系と質的な違いをもち、系のふるまいは、系の自由度、そして系がもつ対称性に根差している。また、系のおかれた空間の次元も本質的に重要であることが示される。

2.1.8 杉山 健斗 (静岡大学)

「 $1/N$ 展開法の低次元ゲージ理論への応用と最近の進展」

QCD を代表とするゲージ理論の非摂動的解析は一般に難しい。1/N 展開法はゲージ理論を非摂動的に解析する場の理論の手法の 1 つである。本発表では物理的自由度の少ない低次元のゲージ理論に着目し、この非摂動的解析において 1/N 展開法が非常に有用であることを紹介する。具体的には歴史的に有名な 2 次元格子ゲージ理論と、最近の進展から超弦理論で重要な 3 次元超対称 Chern-Simons 理論に関して 1/N 展開法を適用した解析を取り上げる。これら 2 つの量子系は共に large-N 極限で良く似たメカニズムから臨界現象を起こすことが知られており、特に本発表ではこの比較から示唆される 3 次元超対称 Chern-Simons 理論のある新しい側面を我々の研究から議論する。

2.1.9 小泉 咲 (東京工業大学 今村研究室)

「Conformal Bootstrap について (Review)」

相互作用の小さな理論では、相関関数は摂動論を用いて計算することができる。しかし、ラグランジアンが存在しない理論や相互作用が大きい理論では相関関数の形は摂動論では決めることが出来ない。この問題は、理論のもつ対称性のみから相関関数の形を制限する方法である Bootstrap を用いてある程度解決出来る。ここでは、具体的に 2dCFT を例にとって相関関数の形を Bootstrap を用いて制限する。

2.1.10 杉田 和優 (日本大学理工学研究科 素粒子論研究室)

「On multiple-brane solution in Berkovits' open SFT」

近年, Erler によって Berkovits' open SFT における, D-brane の消えたタキオン真空解が構成された. この発表では, このタキオン真空解と, cubic SFT で用いられている singular gauge transformation との関係を用いて, 新たな解を構成し, これが D9-brane 二枚を記述する解であるかどうかを議論する.

2.1.11 山代 和志 (静岡大学 土屋研究室)

「非可換空間上の場の理論と繰り込み」

本ポスター発表では、非可換空間上の場の理論の繰り込み可能性 について最近の研究結果から考察する。そのために、まず非可換空間上の場の理論が行列模型でどのように記述されるかを見る。その後、ファジー球面上でのスカラー場 の理論における相関関数について、数値シミュレーションを行った結果を示す。その結果をもとにこの理論における繰り込みについて考察する。

2.1.12 森 真輝人 (大阪大学 素粒子論研究室 (大野木))

「超対称量子力学による厳密に解ける量子力学モデルの構成」

量子力学で調和振動子を解析する際、生成、消滅演算子を定義した。これらを定義するメリットは 2 階微分の方程式 (シュレディンガー方程式) 解かずに固有状態と固有エネルギーが求められることにあった。超対称量子力学は生成、消滅演算子を一般化する。一般化されたこれらの演算子の積により 2 つの全く異なるハミルトニアンが作られる。タイトルにある「厳密に解ける」というのは固有状態と固有エネルギーが全て求まることを言う。先ほどの 2 つのハミルトニアン用いて厳密に解ける量子力学モデルを構成する。そのときに用いる性質が「超対称関係」と「形状不変性」である。超対称関係とは 2 つのハミルトニアンのエネルギー固有値が同じ固有状態を結ぶ関係のことである。一方、「形状不変性」とは 2 つのハミルトニアンのエネルギーが異なる固有状態を結ぶ関係のことである。これらを紹介したあと、具体的に厳密に解けるモデルを構成する。

2.1.13 宮崎 剛 (大阪大学 素粒子論研究室)

「AdS/CFT を用いたカオスの評価」

TBA

2.1.14 栗田 俊介 (筑波大学 素粒子論研究室)

「カー計量でのホーキング輻射」

Hawking は Schwarzschild 計量において質量 0 のスカラー場について時間的な無限遠どうしの真空状態が Bogoliubov 変換で結ばれ粒子が生成し、Hawking 温度の輻射を持つことが知られている。この発表では同様の手法を用いてカー計量においてもホーキング輻射を得られることを示すが、その際に事象の地平面付近での局所共形対称性が重要な役割を果たしていることを見る。

2.1.15 芥川 哲也 (大阪大学 素粒子論研究室)

「[review]Lyapunov 指数と Oseledec の定理」

カオスは初期値鋭敏性や非周期性などの特徴を持っている。ある力学系がカオスを伴うか識別する指標の一つとして Lyapunov 指数を計算する方法が知られている。本発表では Lyapunov 指数および、Lyapunov 指数の存在にかかわる定理である Oseledec の定理についての review を行う。

2.1.16 愛甲 将司 (大阪大学 素粒子理論研究室)

「N=2 超対称ゲージ理論における低エネルギー有効作用の決定 (Review)」

N=2 超対称ゲージ理論における低エネルギーの振る舞いは、低エネルギー有効作用で記述される。理論の持つ漸近的自由性から低エネルギー有効作用の決定には非摂動的効果を考慮する必要があるが、一般には取り扱いが難しい。しかし、対称性による制限などから N=2 超対称ゲージ理論では低エネルギー有効作用を具体的に求めることができ、ここでは双対性や真空の特異性とモノドロミーを用いた解析が行われる。本発表では、1994 年に Seiberg と Witten が行った解析とその周辺について紹介する。

2.1.17 笹 晋也 (東京大学 松尾研究室)

「Review of Quantum Integrability」

TBA

2.1.18 山崎 雅史 (名古屋大学 重力・素粒子的宇宙論研究室 (QG 研))

「Massive Gravity 理論における相対論的天体」

本発表では ghost-free な massive spin-2 粒子を記述する dRGT massive gravity 理論において、相対論的天体の質量や半径がどのように変化するか示す。dRGT massive gravity 理論では graviton が massive になるため、一般相対性理論が記述する massless spin-2 粒子に対して、追加の自由度が存在する。この自由度は天体物理学のスケールにおいて、Vainshtein 機構と呼ばれる仕組みによって遮蔽され、一般相対性理論に回復すると考えられている。しかしながらその詳細な解析計算や現実的な系での検証は行われてこなかった。本研究発表では相対論的天体の解を実際に構築することで、具体的に Vainshtein 機構がどのような場合に働くのか明らかにする。

2.1.19 渡辺 展正 (筑波大学 素粒子理論研究室)

「宇宙定数と場の量子論 (review)」

一般相対性理論における Einstein 方程式で登場する宇宙定数は、我々の宇宙で起こっている加速膨張の起源を説明すると期待されている。ところが、現在一般的とされる膨張宇宙モデルでの理論予測値と、遠方超新星や CMB などの観測による測定値との間に 10 の 120 乗程度の差異が生じる未解決問題が存在している。本発表では、まず背景として宇宙定数を現代宇宙論の言葉で紹介する。続いて、場の量子論で与えられるエネルギー運動量テンソルの真空期待値、つまり場の真空エネルギー密度を宇宙定数への寄与として考えることから出発して議論し、その後問題解決に向けた現状の取り組みと展望について review する。参考文献：arXiv[astro-ph]1205.3365 ほか

2.1.20 森 太郎 (総研大)

「Multi-field effects on Starobinsky inflation」

今回の発表では Starobinsky inflation 模型にさらにスカラー場を 1 つ追加したような Two-field inflation 模型において、曲率ゆらぎのスペクトラムがどのように計算されるかを議論し、これを評価する。この模型は Einstein frame において 2 つのスカラー場が相互作用を持ち、かつ運動項が non-canonical な模型となる。このような模型において曲率ゆらぎを計算するのに適した δN 形式を紹介し、これに基づいたパラメータサーチの結果について議論する。特に Multi-field の場合、曲率ゆらぎの 2 点相関関数と 3 点相関関数の間の Consistency relation が破れることが期待されるが、本研究では実際に Multi-field の効果によってこれらが破れることを確かめた。これは Inflaton に他の場が結合している場合の大きな特徴であり、Inflation を用いて高エネルギー物理学を prove していくための足がかりになると期待される。

2.1.21 富田 克樹 (金沢大学 理論物理学研究室)

「Hidden QCD による電弱対称性の破れ」

標準模型では説明できない問題として、電弱対称性の破れの起源がある。今回レビューする模型では、QCD-like な隠れたセクターを導入し、そこでのカイラル対称性の破れによりダイナミカルに質量を生成し、その質量が標準模型に伝達されることにより電弱対称性の破れが起こる。この模型にはダークマター候補も含まれている。Hidden QCD の解析には NJL 模型を用いる。レビュー論文:M. Holthausen, J. Kubo, K. S. Lim, and M. Lindner, JHEP 1312, 076 (2013), [arXiv:1310.4423 [hep-ph]]

2.1.22 板垣 翔太 (新潟大学 素粒子論研究室)

「格子 QCD における重いクォーク領域の臨界質量の連続極限について」

SU(3) ゲージ理論において、クォークが重い領域での有限温度相転移は、ある臨界質量において相転移の次数が一次転移からクロスオーバーに変化する。本研究では格子間隔をいくつか変えてシミュレーションを行い、ホッピングパラメータ展開で近似した再重みづけ法を用いることにより臨界質量を決定する。それにより臨界質量の格子間隔依存性を調べ、連続極限について考察する。

2.1.23 松本 祥 (総合研究大学院大学 高エネルギー加速器科学研究科 素粒子原子核専攻)

「共形場理論に基づく量子重力理論の概要 (review)」

Einstein 重力は量子化するにあたり、くりこみ不可能な理論であることが知られている。重力の量子的揺らぎを導入することは、時空そのものの量子化である。すなわち、Planck スケールでは時間や距離の概念が失われ、背景時空独立な世界になることを意味する。このことから、高エネルギー極限で共形不変性を持つ理論が期待される。ここでは、くりこみ可能な理論として、共形場理論を基礎とする量子重力理論について簡単に紹介する。さらに、この理論からインフレーションモデルを構成でき、CMB 観測と照合できることを見ていく。

2.1.24 石川 力 (総合研究大学院大学 素粒子原子核専攻)

「格子場での gradient flow とその応用 (review)」

Lattice QCD は QCD を非摂動的に解析する上で重要な役割を担っている。近年、LQCD など gradient flow を用いた研究がなされ、その有用性が見出されてきた。ゲージ場に対する gradient flow は仮想的な時間を用いて、flow equation という微分方程式によって定義される。これを用いて、格子上の Yang-Mills 場に対しエネルギー運動量テンソルを定義する方法が考案され、QGP への応用が期待されている。本発表では gradient flow について、基本的な性質から始まり、エネルギー運動量テンソルに関する応用などを紹介する。

2.1.25 田代 眸 (総合研究大学院大学 高エネルギー加速器科学研究科 素粒子原子核専攻)

「Alice Electrodynamics (review)」

対称性が自発的に破れる模型において、種々の位相的欠陥が生じることが知られている。本発表では、SU(2) から $U(1) \times Z_2$ に破れる模型において線欠陥 (Alice string) と点欠陥 (monopole) の二種類の位相的欠陥が現れることを示し、具体的に構成する。また、Alice string によって引き起こされる特殊な電磁相互作用について纏める。

3 2017年8月24日(木)

3.1 研究会 2-1 (10:45–11:45)

3.1.1 萩原 大佑 (東京大学 素粒子論研究室)

「Chiral Lagrangian を用いた axion mass の導出 (review)」

標準模型では説明できない問題の一つに、strong CP problem が存在する。その解決法の一つに新たな $U(1)$ 対称性の導入があり、そこでは axion と呼ばれる粒子が現れ、dynamical に CP 不変な真空を実現する。同時に axion の存在は、多様な物理現象に影響を与える。その影響を考察する上で、axion の質量は重要なパラメータであり、元々は current algebra を用いて導出されたが、その後別の方法として chiral Lagrangian を用いても導出された。この review では、より直感的に理解できる後者の手法を用いた axion の質量の導出について説明する。

3.1.2 石田 誠 (早稲田大学 中里・安倍研究室)

「局在質量項を持つ一世代ヒッグス背景磁場模型によるニュートリノ質量行列の解析」

素粒子標準模型は数々の現象の予言に成功しているが、世代構造やカイラル構造の起源が不明であることなど様々な問題がある。特に近年左巻きニュートリノが他の素粒子と比べ極端に軽い質量と大きな混合角を持つことが実験により明らかになりその起源も不明である。余剰次元空間に背景磁場の存在を仮定すると世代構造やカイラル構造を説明でき、オービフォールド固定点に局在質量が存在すると局在する固定点の数だけ4次元有効理論において縮退したゼロモードが重くなることが知られている。また小さい左巻きニュートリノ質量は大きい右巻きニュートリノのマヨラナ質量項の存在によって、シーソー機構を使って説明することができる。今回は大きい右巻きニュートリノマヨラナ質量項が固定点に局在したマヨラナ質量項由来であると仮定して、小さい左巻きニュートリノ質量や大きな混合角、CP 対称性の破れの実験値を再現できる一世代ヒッグス模型について議論する。

3.1.3 上場 一慶 (神戸大学 素粒子理論研究室)

「TBA」

TBA

3.1.4 大畠 隆弘 (京都大学 物理学第二教室素粒子論研究室)

「強い CP 問題とニュートリノ質量問題の同時解決」

強い CP 問題とニュートリノ質量問題は標準模型において最も大きな問題の一つである。本発表では、これらを同時に解決しうる模型を紹介する。

3.1.5 山本 順二 (京都大学素粒子論研究室)

「Poly-instanton axion inflation」

TBA

3.2 研究会 2-2 (19:00–20:15)

3.2.1 居石 直久 (名古屋大学 E 研)

「Introduction to Resurgence」

TBA

3.2.2 松本 信行 (京都大学 素粒子論研究室)

「モンテカルロシミュレーションにおける配位間の距離の定義とその応用」

モンテカルロ法を用いた数値計算では、考えている作用のギブス分布を生成するため、これを平衡分布とする緩和過程が用いられている。しかし、配位間にポテンシャル障壁がある場合には、緩和に時間がかかりすぎてしまう問題がある。我々は、系の配位間に新たに距離を定義し、配位間の遷移の難しさを定量的に扱う手法を与えた。さらには、この配位間の距離から配位空間の計量が定義できるので、配位空間に幾何構造を入れることが可能である。この発表では特に、Tempering 法という緩和を促進させる方法が、配位空間の AdS 的な幾何的性質によって理解できることを紹介し、Tempering 法のパラメータを設定する際、我々の距離が新たな指標となることを説明する。

3.2.3 朝野 佑亮（島根大学 波場研究室）

「Heavy neutrino mixing in the T2HK, the T2HKK and an extension of the T2HK with a detector at Oki Islands」

T2K実験を拡張し、重いアイソスピン-シングレットニュートリノの混合の可能性を研究した。具体的には、現在スーパーカミオカンデの検出性能を強化し、ハイパーカミオカンデにする計画がある。このハイパーカミオカンデによるT2HK(Tokai-to-Hyper-Kamiokande)実験計画、韓国に検出器を設置するT2HKK(Tokai-to-Hyper-Kamiokande-to-Korea)実験計画また、隠岐の島に検出器を設置する計画がある。これらの検出器のパラメーターを用いて重いニュートリノが混合している可能性の他、ニュートリノの質量階層の測定、重いシングレットニュートリノが混合しない場合と混合する場合のフィッティングから混合しない場合とのCP位相の差について追及した。

3.2.4 日向 敦（早稲田大学 中里・安倍研究室）

「アノマリーのない離散対称性による陽子崩壊の抑制」

超対称性を課した素粒子標準模型は電弱スケールを安定化できるモデルとして注目されてきた。超対称性を持つモデルでは陽子の崩壊を防ぐためR パリティと呼ばれる離散対称性を課すが、R パリティでは陽子崩壊に繋がる高次の相互作用項を禁止できない。またモデルを構成するヒッグス場や右巻きニュートリノの数を特定するには至っていない。本講演ではヒッグスセクターが世代構造を持つ場合を考慮する。R パリティに代わり、高次の相互作用項を禁止できる離散対称性を考える。さらにこれがU(1)ゲージ対称性由来であるとする。ゲージ化に伴い問題となるアノマリーが相殺する条件を調べ、ヒッグスセクターや右巻きニュートリノ等の世代数との関係を明らかにした。また離散対称性の電荷がクォーク・レプトンの世代ごとに異なる場合に、クォーク・レプトンの湯川行列がCKM混合行列や質量固有値を再現できるか議論した。

3.2.5 石島 俊（名古屋大学 素粒子論研究室）

「グルイーノ崩壊で探る超対称性の破れ」

超対称性(SUSY)の破れの起源を知ることは標準模型を超える物理のヒントになり、重要である。現在、実験的に favored な SUSY 質量スペクトルは anomaly mediation 仮説で予言される。もし SUSY スケール付近に新しい物質場があるとする、これに gauge mediation の寄与が加わりうるのだが、将来グルイーノが見つかって質量が分かったとしても、anomaly mediation 以外の寄与があるかは分からない。しかし、新たな物質場があると次元5演算子を通した2体崩壊モードが効き始める。つまりグルイーノ崩壊モードを調べることにより gauge mediation の有無を判別できる。

3.2.6 濱田 佑（京都大学 素粒子論研究室）

「Axial U(1) current in Grabowska and Kaplan's formulation」

TBA

4 2017年8月25日(金)

4.1 研究会3-1 (14:45–17:30)

4.1.1 阿部 慶彦 (京都大学 物理学第二教室素粒子論研究室)

「Plane-Wave String/Gauge Duality (レビュー)」

ゲージ理論と弦理論の間の対応は、1970年代から現代まで研究が続けられてきた。74年に't Hooftはlarge N の $U(N)$ Yang-Mills理論と弦理論の対応を予想し、97年にはMaldacenaによってAdS/CFT対応が提唱された。しかし、AdS/CFT対応は当初、その計算の困難さのため弦理論側がTypeIIB古典超重力理論近似となる領域で主に研究が行われていた。そのような中、2002年にBerenstein, Maldacena, Nastaseらは、ある極限を考慮することで、量子化されたTypeIIBの弦理論とCFTのあるセクターの間の対応(BMN対応)を提唱した。本発表では、興味深い弦理論とゲージ理論の対応やその具体形であるBMN対応についてレビューする。

4.1.2 荒井 玲於奈 (東京工業大学 今村研究室)

「酒井杉本模型 (hep-th/0412141 の review)」

近年、弦理論の枠組みからゲージ理論の非摂動的側面を記述する方法が開発されてきている。その中でも、AdS/CFT対応に代表されるゲージ/重力対応は、ゲージ理論の強結合領域を対応する重力理論の弱結合領域に結び付けるため、ゲージ理論の非摂動的側面を解析する最も主要な方法である。Wittenはこのゲージ/重力対応の方法で超対称性を破ったlarge N pure QCDを構成する方法を提案し、これは酒井杉本模型でフレーバーのあるlarge N massless QCDへと一般化された。そのためこの模型では、一般にはクォークの閉じ込めという非摂動効果のため、計算の難しいハドロンの様々な性質が少なくとも定性的に予言可能である。今回の発表では酒井杉本模型のレビューを行い、どのようにして超対称性を破るのか、またフレーバーをどのように導入するのか、そして具体的にどんな物理量が予言できるのかを紹介する。さらに $N=3$ の場合でも、実際のQCDの性質を定性的によく再現することを見る。

4.1.3 森竹 貴人 (総合研究大学院大学 (KEK))

「複素ランジュバン法によるカイラルランダム行列模型の数値シミュレーション」

有限密度QCDの数値計算は、符号問題のために難しい。これに対して、複素ランジュバン法は符号問題を回避する有望な1つの方法である。これを用いることで、高密度領域においても高温領域またはクォークの質量が大きい場合では、今までの方法では得ることができなかった結果を得ることができた。しかし、閉じ込め相で軽いクォーク質量の領域では、正しい結果を与えないことが知られている。その原因は、ディラック演算子の固有値が零に近い値を持つことにより、ドリフト項(作用の微分項)が特異点に近づくためであることが知られている。この問題を避けるために、ディラック演算子をいったん変形してから外挿するという方法が最近提案された。本講演では、有限密度QCDを単純化した模型であるカイラルランダム行列理論にこの方法を適用することにより、この方法の有用性を検証する。

4.1.4 松戸 竜太郎 (千葉大学 素粒子論研究室)

「閉じ込めのメカニズムとトポロジカル配位」

閉じ込めに寄与するトポロジカルな配位として、センター・ボルテックスとモノポールの二つが有力視されている。これらの配位を閉じ込めとの関係において概説する。

4.1.5 武田 潤 (筑波大学 素粒子理論研究室)

「ポアンカレ群の既約表現」

平坦な時空での物理はポアンカレ群による変換に対して不変であるという考えのもと、粒子の状態空間はポアンカレ群の既約表現の表現空間になっているとされる。例えば、なぜ電子が二成分スピノールで表せるのかも、ポアンカレ群の既約表現を考えるとわかる。既約表現が、すなわち粒子の状態空間が半整数のスピンと質量の有無で分類されるという結果は諸兄既知のことであろうが、どのようにして分類されるに至るのかは知らない方もおられるだろう。そこで今回、諸般の書籍文献をもとに、ポアンカレ群の既約表現の導出について調べ、発表するに至った。

4.1.6 岩島 呂帆 (京都大学 素粒子論研究室)

「Infrared Structure of QED」

QEDの真空状態が無限に縮退していることが、D. Kapec, M. Pate, and A. Strominger, "New Symmetries of QED," arXiv:1506.02906 によって示された。本発表では、この論文のレビューとして、縮退した状態間での遷移が赤外領域で非自明な散乱振幅を与えることをみる。

4.1.7 樋口 翔 (京都大学 素粒子論研究室)

「Soft hair on black holes」本発表は arXiv:1601.00921 のレビューを行う。1970 年台半ばに、ブラックホールは表面からの radiation によりエネルギーを失うことがわかり、あたかもブラックホール内部の情報が失われているように見える問題があった。1990 年台後半に主に弦理論の発展により情報が外に出てくると信じられるようになったが、どのように出るかは未だわかっていない。2014 年に A. Strominger により graviton scattering において無限個の対称性が発見され、電磁場でも同様の対称性があることがわかった。本発表では、ブラックホールの存在下での電磁場を考え、上の議論との類推からブラックホールが soft hair (エネルギーがほぼ 0 の photon) をもつことを見る。また余裕があれば、1970 年台の議論がなぜ間違っていたか、や soft hair ができるプロセスなどについても簡単に触れたいと思う。

4.1.8 佐々木 伸 (北海道大学 素粒子論研究室)

「Newman-Janis algorithm on asymptotically flat spacetimes」

Newman-Janis algorithm は無回転ブラックホール解から回転するブラックホール解を生成する複素座標変換として知られているが、それが単なる数学的なトリックなのか、物理的な意味を持ちうるのかということは明らかになっていない。一方で近年、ブラックホール情報喪失問題に対して BMS 対称性を用いたアプローチが注目を集めている。本発表では Newman-Janis algorithm と BMS 対称性との類似性を指摘し、これらの統一の可能性を議論する。また、具体的な試みの一つとして、漸近的に平坦な時空に対して Newman-Janis algorithm の適用可能性を示す。

4.1.9 前海 真志 (名古屋大学 素粒子論研究室)

「Exactly marginal deformation of Partition function of SCFT on branched S^4 」
TBA

4.1.10 久保 尚敬 (京都大学 基礎物理学研究所)

「Wilson loop と M 理論」

Wilson loop は、ゲージ理論における主要な観測可能量の一つである。本発表では、M 理論とかかわりの深い理論である ABJ 模型中の Wilson loop について、主に M 理論との関わりにスポットを当てて述べる予定である。

4.1.11 加藤 洋崇 (東京工業大学 素粒子論研究室)

「U-fold 背景の M 理論から構成される場の理論」

2015 年に Garcia-Etxebarria, Regalado らにより 4 次元で $N=3$ の超対称場の理論が超弦理論を使って構成された。その後彼らの後続の研究により、M 理論を非幾何学的な対称性を使い構成された多様体 (U-fold) でコンパクト化することで 4 次元の $N=3$ 理論を構成する方法が見出された。この際、U-fold 背景の M 理論で 4 次元 $N=3$ 理論を再現することのみ議論がなされていたが、U-fold 背景を使うことで、様々な超対称性場の理論が構成されることが予想される。今回我々は U-fold 背景上で残すことができる超対称性について研究を行った。

4.1.12 大久保 隆史 (東京工業大学伊藤研究室)

「Quantum periods and prepotential in $N=2$ $SU(2)$ SQCD」

4 次元 $N=2$ 超対称ゲージ理論の真空のモジュライ空間は Seiberg-Witten (SW) 曲線と呼ばれる楕円曲線によって特徴づけられ、この曲線で得られた解を用いることにより $N=2$ 理論における低エネルギー有効作用を求めることができる。近年、SW 曲線を量子化すると、その解は Nekrasov-Shatashvili (NS) 極限をとったオメガ背景時空中の理論を記述することがわかった。本発表では NS 極限をとったオメガ背景時空中の $N=2$ $SU(2)$ SQCD における有効作用が量子化された SW 曲線から導出できることを議論する。

4.2 研究会 3-2 (19:00–20:15)

4.2.1 永野 廉人 (東京大学大学院 総合文化研究科 広域科学専攻 相関基礎科学系 大川祐司研究室)

「重力双対をもつ CFT のクラスは何か?(Review)」

AdS/CFT 対応は、 $N=4$ Super Yang-Mills 理論について最も研究が進められているが、重力双対をもつ CFT はこのモデルに限らないと考えられている。それでは、どのようなクラスの CFT が重力双対をもつのだろうか。この問いに対する共形ブートストラップを用いたアプローチが近年急速に進展している。この進展について Review し、今後の進展について議論する。

4.2.2 助野 裕紀 (東京大学 大川研究室)

「Gauge-invariant formulations in superstring field theories (review)」

Witten のボソン開弦の場の理論に代表されるように、弦の場の理論においては作用が時空のゲージ不変性を指導原理として構成される。一方で、超弦の場の理論におけるゲージ不変な定式化を構成しようとする、様々な困難が知られていたが、ここ数年、フェルミオン場の自由度を導入した超弦の場の理論の構成に進展があった。本発表では、Witten や Berkovits による時空ボソン場の定式化や、近年のフェルミオンを含むゲージ不変な超弦の場の理論の定式化に関してレビューをしたい。時間が許せば、弦の場の理論の量子化に重要であろうと期待されている A_∞ 代数構造についても触れたい。

5 タイムテーブル

- 原則、一人あたり発表 10 分間＋質疑応答 2 分間。
- 原則、休憩 10 分間。
- 発表者は事前に接続確認を済ませておくこと。

5.1 2017 年 8 月 22 日 (火)

5.1.1 研究会 1-1 (14:45–17:30)

時間帯	氏名 (所属)	発表題目
14:45–14:57	畠山 洸太 (静岡大学)	ファジー球面上のスカラー場理論における 相関関数とくりこみ
14:57–15:09	中脇 稔貴 (京都大学)	ユークリッド化経路積分による宇宙の量子 力学的記述
15:09–15:21	高田 慎太郎 (北海道大学)	Sugra
15:21–15:33	平賀 祐輝 (名古屋大学)	Exotic brane dynamics in string theory
15:33–15:43	休憩 (10 分間)	
15:43–15:55	藤原 素子 (名古屋大学)	Unity of All Elementary-Particle Forces(review)
15:55–16:07	松下 康平 (名古屋大学)	最小超対称標準模型におけるヒッグス質量 とミュオン粒子の異常磁気能率
16:07–16:19	内田 祥紀 (名古屋大学)	スカラーセクターの幾何学 (review)
16:19–16:31	重神 芳弘 (名古屋大学)	Constraints of chromoelectric dipole mo- ments to natural SUSY type sfermion spectrum
16:31–16:41	休憩 (10 分間)	
16:41–16:53	大家 裕太 (北海道大学)	review (Electric-magnetic duality, monopole condensation, and confine- ment in N=2 supersymmetric Yang-Mills theory)
16:53–17:05	鈴木 遊 (筑波大学)	Gradient flow を用いた相関関数の計算
17:05–17:17	松尾 大和 (広島大学)	修正重力理論のダークマター候補としての 可能性
17:17–17:29	後藤 弘光 (金沢大学)	重力波で探る隠れた質量起源

5.1.2 研究会 1-2 (19:00–20:15)

時間帯	氏名 (所属)	発表題目
19:00–19:12	岡林 一賢 (早稲田大学)	AdS/CFT による宇宙初期特異点の解析
19:12–19:24	奥村 傑 (京都大学)	Deformations of the Almheiri-Polchinski model
19:24–19:36	鈴木 晴侯 (茨城大学)	Batalin – Vilkovisky 形式によるゲージ理論の取り扱い (review)
19:36–19:48	坂口 諒輔 (東京大学)	Closed string field theory without the level-matching constraint
19:48–20:00	花澤 聡太 (茨城大学)	Covariant Quantization of the Superstring in Pure Spinor Formalism
20:00–20:12	原 健太郎 (東京理科大学)	ケーラー多様体の量子化と物理学への応用

5.2 2017年8月24日(木)

5.2.1 研究会 2-1 (10:45–11:45)

時間帯	氏名 (所属)	発表題目
10:45–10:57	萩原 大佑 (東京大学)	Chiral Lagrangian を用いた axion mass の導出 (review)
10:57–11:09	石田 誠 (早稲田大学)	局在質量項を持つ一世代ヒッグス背景磁場モデルによるニュートリノ質量行列の解析
11:09–11:21	上場 一慶 (神戸大学)	TBA
11:21–11:33	大島 隆弘 (京都大学)	強い CP 問題とニュートリノ質量問題の同時解決
11:33–11:45	山本 順二 (京都大学)	Poly-instanton axion inflation

5.2.2 研究会 2-2 (19:00–20:15)

時間帯	氏名 (所属)	発表題目
19:00–19:12	居石 直久 (名古屋大学)	Introduction to Resurgence
19:12–19:24	松本 信行 (京都大学)	モンテカルロシミュレーションにおける配位間の距離の定義とその応用
19:24–19:34	朝野 佑亮 (島根大学)	Heavy neutrino mixing in the T2HK, the T2HKK and an extension of the T2HK with a detector at Oki Islands
19:34–19:46	日向 敦 (早稲田大学)	アノマリーのない離散対称性による陽子崩壊の抑制
19:46–19:58	石島 俊 (名古屋大学)	グルイーノ崩壊で探る超対称性の破れ
19:58–20:10	濱田 佑 (京都大学)	Axial U(1) current in Grabowska and Kaplan's formulation

5.3 2017年8月25日(金)

5.3.1 研究会 3-1 (14:45–17:30)

時間帯	氏名(所属)	発表題目
14:45–14:57	阿部 慶彦(京都大学)	Plane-Wave String/Gauge Duality (レビュー)
14:57–15:09	荒井 玲於奈(東京工業大学)	酒井杉本模型 (hep-th/0412141 の review)
15:09–15:21	森竹 貫人(総研大)	複素ランジュバン法によるカイラルランダム行列模型の数値シミュレーション
15:21–15:33	松戸 竜太郎(千葉大学)	閉じ込めのメカニズムとトポロジカル配位
15:33–15:43	休憩(10分間)	
15:43–15:55	武田 潤(筑波大学)	ポアンカレ群の既約表現
15:55–16:07	岩島 呂帆(京都大学)	Infrared Structure of QED
16:07–16:19	樋口 翔(京都大学)	Soft hair on black holes
16:19–16:31	佐々木 伸(北海道大学)	Newman-Janis algorithm on asymptotically flat spacetimes
16:31–16:41	休憩(10分間)	
16:41–16:53	前海 真志(名古屋大学)	Exactly marginal deformation of Partition function of SCFT on branched S^4
16:53–17:05	久保 尚敬(京大基研)	Wilson loop と M 理論
17:05–17:17	加藤 洋崇(東京工業大学)	U-fold 背景の M 理論から構成される場の理論
17:17–17:29	大久保 隆史(東京工業大学)	Quantum periods and prepotential in $N=2$ $SU(2)$ SQCD

5.3.2 研究会 3-2 (19:00–20:15)

時間帯	氏名(所属)	発表題目
19:00–19:12	永野 廉人(東京大学)	重力双対をもつ CFT のクラスは何か?(Review)
19:12–19:24	助野 裕紀(東京大学)	Gauge-invariant formulations in superstring field theories (review)