

## 素粒子パート

### 8/6(金) 研究会 1-A

- 15:30 – 15:55

鈴木 光世 (大阪市立大学 素粒子論研究室)

「N=1 SQCD における超対称グラディエントフローの紫外有限性」

この講演では、4次元 N=1 SQCD において超対称グラディエントフローの紫外有限性について議論します。特に、超対称フロー方程式の逐次近似と境界のゲージ理論の摂動展開とで構成されるフロー理論の摂動論について、相関関数の具体的な 1 ループ計算を中心にお話しします。

- 16:00 – 16:25

秋山 進一郎 (筑波大学 素粒子理論研究室)

「テンソル繰り込み群による 3+1 次元有限密度 Nambu–Jona–Lasinio 模型の研究」

3+1 次元の有限密度 Nambu–Jona–Lasinio 模型は、有限温度・有限密度 QCD の低エネルギー有効理論であるため、QCD の相構造解明のプロトタイプとして重要視されているモデルである。しかし、有限密度領域上では符号問題が発生するために、Monte Carlo 法によるアプローチは非常に難しい。本研究では、決定論的手法であるテンソル繰り込み群のアルゴリズムを 3+1 次元フェルミオン系が扱えるように拡張することで、符号問題を原理的に回避しつつ、有限密度領域上でこの模型の相構造探索を行う。最大  $1024^4$  の格子体積上での計算を実施し、カイラル凝縮をオーダーパラメータとして、この模型の相転移の次数を調べる。

### 8/6(金) 研究会 1-B

- 15:30 – 15:55

藤井 僚太 (茨城大学 素粒子論研究室)

「BRST 反場形式でのボゾンの高階スピングージ場の相互作用の構成」

BRST 反場形式でのボゾンの高階スピングージ場の相互作用  $S$  を自由な作用から変換パラメーター  $g$  を用いて変形したものと仮定し、マスター方程式  $(S, S) = 0$  を低次  $g$  のから順に解くことで構成する。今発表では 1 つのモデルとして 1 次変形として環状 3 点相互作用を選択することで、全ての次数での  $g$  についてマスター方程式が解け、相互作用が構成されることを示す。さらに、この相互作用が AdS 空間へ拡張できることを示す。

- 16:00 – 16:25

金久 発 (茨城大学 素粒子論研究室)

「フェルミオニックな場の BRST 反場形式を用いた高階スピン相互作用の構成」

BRST 反場形式を用いたボソンの高階スピングージ場の相互作用モデルの構築とその AdS 空間への拡張は既になされている（藤井氏の発表を参照のこと）。今発表ではそれをフェルミオンを含む場合に一般化させた議論を行う。自由なフェルミオニックな高階スピンの満たす運動方程式とその作用は既に知られているので、そこから BRST 反場形式を用いて相互作用するフェルミオニックな高階スピンの作用を構成し、またその AdS 空間への拡張を議論する。関連する内容ですので藤井氏の発表の直後にして下さい。

8/6(金) 研究会 2-A

- 17:00 – 17:25

林 優依（千葉大学 素粒子論研究室）

「QCD 伝播関数の複素特異性とその一般的性質」

最近、Landau ゲージでのグルーオン伝播関数などの、閉じ込められた粒子の伝播関数が、Kallen-Lehmann 表示を成り立たせなくする「複素特異性」を持つ可能性が指摘されている。

そこで我々は、Euclid 的場の理論からの再構成の視点から、複素特異性を持つ伝播関数の一般的性質を厳密に導出した。その結果、解析接続された Wightman 関数は通常の場合と同様の正則性を持ち、局所性と Lorentz 対称性が保たれる一方で、緩増加性と正定値性が破れることが示された。

さらに、(不定計量の) 量子論での複素特異性の実現と、閉じ込め機構との関係を議論する。

- 17:30 – 17:55

湯本 純（秋田大学 理論物理学研究室）

「Spectral graph theory を用いた格子 Dirac 演算子の新たな解析法」

格子ゲージ理論にはダブリング問題と呼ばれる難問が存在し、これを定式化したものは「Nielsen・二宮の no-go 定理」と呼ばれる。しかし、任意の離散化された多様体上におけるフェルミオン自由度の個数 (ダブラー) はこの no-go 定理では説明できないため、この定理を包含し且つダブラー数の詳細を与える新たな定理の構成が必要不可欠となっている。この新たな定理の構成に向けて、spectral graph theory (SGT) から着想を得た新たな格子フェルミオンの解析方法を確立した。SGT とは、グラフの構造が持つ特徴を行列の固有値の問題として扱う理論および技法である。本発表では、まずダブリング問題、no-go 定理、そして SGT に関する簡単な解説と具体例を紹介する。その後 naive fermion と Wilson fermion において任意の格子点を持つ格子上のダブラー数の導出を行い、これまでに知られている結果と無矛盾であることを見る。最後に一般の多様体上の Dirac 行列についても言及する。

- 18:00 – 18:25

高寺 喜裕 (東北大学 素粒子宇宙理論)

「QCD Lamb Shift の新しい計算法」

QCD 束縛状態における Lamb Shift の計算を, pNRQCD とのマッチングを用いて, 更に最新のループ計算手法を取り入れて改良する. Lamb Shift の理論は, H.A.Bethe により, 電子と光子による Loop 積分に由来する水素原子のエネルギー準位のずれとして説明されている. 同様の効果は, QCD の束縛状態のエネルギー準位についても現れる. ヘビークォークoniumにおけるこの効果の計算を, 束縛状態を扱う低エネルギー有効場の理論である pNRQCD とのマッチングを通じて行う方法について説明する. その際, 現代流のループ計算法を取り入れて計算を改良する. 特に Loop 積分の計算に微分方程式を用いる. この手法を用いた場合, Loop 積分を微分方程式の解として計算することができ, 計算量を減らすことができる.

8/6(金) 研究会 2-B

- 17:00 – 17:25

世田 拓也 (京都大学 理学研究科)

「超対称量子力学と Atiyah–Patodi–Singer 指数定理」

Atiyah–Patodi–Singer 指数定理とはバルク/境界のアノマリー相殺を記述する定理であり, 近年トポロジカル相を記述するものとして注目されている. 特に境界が無い場合の Atiyah–Singer 指数定理では超対称量子力学を用いた証明が知られていたが, 境界が有る場合の同様の証明は知られていなかった. 本講演では有質量ディラック演算子を用いて, Atiyah–Patodi–Singer 指数定理の超対称量子力学による再定式化を行う.

- 17:30 – 17:55

竹内 万記 (神戸大学 素粒子理論研究室)

「一様磁場のかかった  $T^2/Z_2$  オービフォールド模型における指数定理」

Atiyah–Singer の指数定理はカイラルゼロモード数を知る上で重要な定理である. 我々は標準模型の謎を解決しうる有力な模型である一様磁場のかかった  $T^2/Z_N$  オービフォールド模型においてカイラルゼロモード数を与える一般公式を発見法的に得た. しかし本公式が指数定理であるかは未だ明らかではない. 本講演では,  $T^2/Z_2$  オービフォールド模型において, 実際に指数を計算し, 我々が得た公式が導かれるかどうかを確かめる.

- 18:00 – 18:25

村山 修一 (東京工業大学 今村研究室)

「超共形指数を用いた  $N=2$  超共形場理論に対する AdS/CFT 対応の評価」

本発表では超共形指数を用いて, 4次元  $N=2$   $Sp(N)$  超共形場理論に対する AdS/CFT 対応を有限のランクの場合を含めて検証する. この超共形場理論は IIB 型超弦理論において, D3-brane と D7-brane を用いて構成することができる. そのため, 4次元  $N=2$   $Sp(N)$  超共

形場理論と D7-brane の加わった  $\text{AdS}_5 \times M_5$  ( $M_5$  は 5 次元コンパクト時空) 時空上の IIB 型超弦理論との AdS/CFT 対応が予想されている。

有限のランクの CFT 側に対する AdS/CFT 対応を解析するには、AdS 側に  $\text{AdS}_5$  の 1 次元と  $M_5$  の 3 次元の計 4 次元に伸びる D3-brane (wrapped D3-brane) 上に伸びる開弦の寄与を加えることが必要である。この寄与を含めて AdS 側の超共形指数を計算し、有限のランクの場合でも AdS 側と CFT 側の超共形指数が一致するかどうか確認する。その後、Argyres-Douglas 理論 (AD 理論) の AdS/CFT 対応について議論する。AD 理論の一部は  $N=2 \text{ Sp}(N)$  超共形場理論と同様 D3-brane と D7-brane を用いて構成可能である。そのため、 $N=2 \text{ Sp}(N)$  超共形場理論に対する AdS/CFT 対応を解析する手法を応用することで、これらの AD 理論に対する AdS/CFT 対応も解析できると考えられる。

#### 8/7(土) 研究会 3-A

- 13:30 – 13:55

渡辺 涼太 (大阪大学 素粒子論研究室)

“Bulk reconstruction of metrics inside black holes by complexity”

ブラックホール時空に双対な場の理論の complexity の時間依存性が与えられた場合に、complexity=volume 予想を利用することでブラックホールの内部の計量を明示的に再構築する公式を与える。現状では一般に complexity の計算は困難であるが、この方法はバルクの重力理論を将来的に決定する上での基礎となる。

- 14:00 – 14:25

富塚 健志 (東北大学大学院理学研究科 素粒子・宇宙理論研究室)

“Building block approach to asymptotic symmetries in general relativity”

Asymptotic symmetries of black hole spacetimes have received much attention as a possible origin of the Bekenstein–Hawking entropy in black hole thermodynamics. In general, it takes heavy efforts to find appropriate asymptotic conditions on a metric and a Lie algebra generating the transformation of symmetries with which the corresponding charges are integrable. We here propose a powerful approach to construct building blocks of asymptotic symmetries of a given spacetime metric. As an explicit application, we analyze the asymptotic symmetries on Killing horizon.

- 14:30 – 14:55

金澤 慶季 (東京大学 素粒子論研究室)

「複素スカラー場の動径成分と重力の結合による  $U(1)$  クオリティ問題の解消」

アキシオン理論において、ワームホール解と呼ばれる一般相対論の非摂動効果によって  $U(1)$  Peccei–Quinn (PQ) 対称性が明示的に破れることが知られている。これをクオリティ問題

という。本研究は、複素スカラー場の動径方向成分と重力の結合項を加えることで、 $U(1)$  PQ 対称性の明示的な破れを抑制し、クオリティ問題を解消し得ることを示す。

8/7(土) 研究会 3-B

● 13:30 – 13:55

藤原 素子 (名古屋大学 理学研究科)

「虹」が架かるのはいつ? そしてなぜ? ~電気双極子モーメントの簡約公式とその応用~  
標準模型において中性子の電気双極子モーメント (EDM) を誘起する摂動最低次の効果は、素朴には  $W$  ボソンの世代を変える結合に比例した 2 ループの“虹型”ダイアグラムから誘起されると期待できる。しかし、実際に摂動計算を行うと、ダイアグラム間で非自明な相殺が起こり、この次数で誘起される EDM は完全に 0 になってしまう。この相殺の背後には、ゲージ対称性が隠れていることが知られている。虹型ダイアグラムからは、異なる世代のフェルミオンの間の自己エネルギー・頂点補正の副グラフが見出せるが、それらは Ward-高橋恒等式を通して非自明に結びついているのである。

本研究では、この Ward-高橋恒等式を利用した EDM 計算の簡約化に注目し、2 ループ以上の任意の振幅に適用できる枠組みで簡約公式を導出した。発表では、導出した公式から読み取れる「虹型ダイアグラムが EDM を誘起する条件」を明示し、公式の適用例を示す。

● 14:00 – 14:25

田中 和樹 (新潟大学 素粒子論研究室)

「ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊の観測に右巻きニュートリノが与える影響」

振動実験で示されるニュートリノ質量を説明するために、標準模型に 2 世代の右巻きニュートリノを導入したシーソー機構を考える。この機構では、ニュートリノが粒子・反粒子を区別できないマヨラナ粒子となり、標準模型では許されない、レプトン数を破る反応が引き起こされる。このような反応として、ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊があり、ニュートリノのマヨラナ性を検証できる最有力候補として、活発に実験が行われている。シーソー機構では、アクティブニュートリノに加え、質量の軽い右巻きニュートリノも崩壊過程に寄与する。

本講演では、初めに、右巻きニュートリノによる付加的な寄与が崩壊を制御し、特定の条件下で崩壊が起こらなくなる可能性を示す。次に、今後の崩壊観測実験結果が、右巻きニュートリノの性質に与える影響を、崩壊が観測された場合と観測されなかった場合についてまとめ、将来の右巻きニュートリノの直接探索に向けた提言を示す。

● 14:30 – 14:55

阿部 慶彦 (京大 物二素論)

“Does the existence of dark matter imply the grand unification?”

擬南部-ゴールドストーン粒子 (pNGB) は現在の DM 直接検出実験の厳しい限界を自然に回避する、暗黒物質の魅力的な候補である。

我々は先行研究で、pNGB 暗黒物質の模型としてゲージ化された  $U(1)_{B-L}$  対称性に基づく模型を提案した。本研究では、この模型を  $SO(10)$  大統一理論の枠組みへの埋め込みを議論し、pNGB 暗黒物質がどのような力の大統一を示唆するか、ということを考えている。

先行研究でフリーパラメータであった  $U(1)_{B-L}$  のゲージ結合や、 $U(1) \times U(1)_{B-L}$  の kinetic mixing のパラメータは、ゲージ群の統一によって決定される。

このパラメータに対して、pNGB が宇宙線観測の制限を満たしながら、現在の残存量を再現できるかを議論し、そこから得られる暗黒物質の質量についての条件を紹介したい。

本発表は、藤間崇氏、津村浩二氏、山津直樹氏との共同研究 arXiv:2104.13523 [hep-ph] に基づく。

#### 8/7(土) 研究会 4-A

- 15:30 – 15:55

竹田 大地 (京都大学 素粒子論研究室)

「開弦の場の理論の KBc セクターにおける多様体構造の研究」

Witten の開弦の場の理論は従来から Chern-Simons 理論との対応が知られていた。本講演では、タキオン凝縮などの古典解を説明する際に重要な KBc セクターに話を限り、弦の場の理論に内部積や Lie 微分の概念を導入する。さらにこれらを用いて KBc セクターに多様体の構造を見出し、その上の Wilson line を構成する。

- 16:00 – 16:25

渡邊 圭一 (東京大学 宇宙線研究所)

“Chiral Composite Asymmetric Dark Matter”

これまでに QCD-like な  $SU(3)$ 、QED-like な  $U(1)$  ゲージ相互作用を持つダークセクターによって構成される複合的な非対称暗黒物質 (ADM) 模型が提案されている。この模型では、ダークマター以外の余剰なダークセクター粒子を標準模型 (SM) 粒子に崩壊、対消滅させるために  $U(1)$  ゲージボソンとしてダークフォトンを導入している。ダークフォトンにはダークヒッグスの真空期待値を通じて質量を得るが、その質量は現象論的に矛盾しない値が仮定されていた。さらに、ダークヒッグスを導入しているにも関わらず、それによって起こる現象には一切言及されていなかった。ここでは、QED-like な  $U(1)$  ゲージ相互作用をカイラルにすることで QCD-like な  $SU(3)$  の閉じ込めスケールで与えられる質量を持つダークフォトンを含む複合 ADM 模型を紹介する。

#### 8/7(土) 研究会 4-B

- 15:30 – 15:55

森 崇人（総研大/KEK 理論センター）

“Entanglement entropy in interacting QFTs”

場の理論の手法を用いて、相互作用する系の半空間のエンタングルメントエントロピーを議論する。特に、半空間の場合はオービフォールド上の自由エネルギーの計算に帰着することを用いて、新しい計算手法を提案する。

結果として、エンタングルメントエントロピーのガウシアン寄与を分離し、基本場のくりこまれた 2 点関数で書けることがわかった。一方、ファインマンダイアグラムの頂点から非ガウシアン寄与の一部を特定した。これは複合場のくりこまれた 2 点関数で書けることがわかった。この相互作用頂点を分割することにより現れる、真に非ガウシアン寄与はこれまで知られてなかったものである。さらに、これらが低エネルギー有効理論での寄与を尽くすことをウィルソン流くりこみの観点から示す。

この講演は arXiv:2103.05303、2105.02598、2105.14834 に基づく。

- 16:00 – 16:25

福島 理（京都大学 素粒子論研究室）

「4次元 Chern–Simon 理論による可積分系の導出」

可積分系は理論物理のいたるところに現れ、系の厳密な解析による洞察を与えてきた。様々な可積分系を系統的に導出する理論として近年着目されているのが 4次元 Chern–Simons (CS) 理論である。この視点に立つと、Yang–Baxter 関係式や Lax pair といった可積分系を特徴付ける概念が自然に現れることが知られている。特に我々は弦理論の文脈でも重要な非線形シグマ模型や、その新たな可積分変形を 4次元 CS 理論の立場から導出した。本公演では、種々の可積分模型が 4次元 CS 理論にどのように組み込まれているかを概観し、それらの応用について議論する。

## 8/7(土) 研究会 5-A

- 17:00 – 17:25

春名 純一（京都大学 素粒子理論研究室）

“Burgers Equation vs. Large N Limit in TTbar-deformed  $O(N)$  Vector Model”

本講演では静的ゲージの Nambu–Goto 作用と古典的に等価な、TTbar 変形された  $O(N)$  ベクトル模型について調べる。この模型の熱的自由エネルギー密度は TTbar 変形の特殊な性質である Burgers 方程式を用いて正確に計算することができる。ここで得られた式は任意の  $N$  の値に対して厳密に成立する。

さらにその表式が有効な範囲内でラージ  $N$  極限を考えることができるが、我々はこの極限における熱的自由エネルギー密度を場の理論的な方法で直接導くことを試みた。

その結果、ラージ  $N$  展開の主要項が厳密な結果と一致することを発見した。これは  $1/N$  補

正が自明ではないメカニズムにより打ち消されていることを示唆する。

- 17:30 – 17:55

藤原 素子（名古屋大学 理学研究科）

「ガンマ線線スペクトルに注目した電弱相互作用を持つベクトル暗黒物質の探索」

電弱相互作用を持つ暗黒物質 (DM) は、DM の最有力候補の一つである。DM がスピン 0 とスピン 1/2 のシナリオに関しては、理論模型の体系的な構築と、現象論の研究がすでに行われている。さらに近年、スピン 1 の DM に関してもくりこみ可能な理論模型が構築され、DM のスピンに依存した理論予言値の違いを実験的に比較し識別する枠組みが整った。本研究では、ガンマ線線スペクトルの探索における DM スピンの識別可能性に注目する。電弱相互作用を持つ DM 候補が、DM のエネルギー密度の観測値と適合するのは、数 TeV の DM 質量域である。この質量域の DM には、電弱相互作用が長距離力的にはたらくため、DM の対消滅断面積が増幅を受ける。本講演では、ガンマ線線スペクトルの予言値、およびその増幅の構造を DM のスピンごとに比較し、スピンの識別可能性を示す。

- 18:00 – 18:25

宮地 大河（神戸大学 宇宙論研究室）

「2次元ブラックホール時空中の偽の真空崩壊」

スカラー場のポテンシャルに縮退していない2つの安定点がある場合を考える。スカラー場の値がエネルギーの高い方の安定点にある状態は偽の真空、低い方の安定点にある状態は真の真空と呼ばれている。スカラー場が偽の真空にある時、量子的な効果によって、スカラー場が偽の真空から真の真空へ遷移する。この遷移現象は偽の真空崩壊と呼ばれている。特に、ブラックホールがある場合、この偽の真空崩壊の確率が大きくなることが指摘されている。

本発表では、ブラックホールから離れた位置で偽の真空崩壊が起こる確率を、背景時空を固定した上で計算した我々の研究を紹介する。ただし簡単のため、背景時空は2次元 Schwarzschild 時空を考えている。数値計算の結果、ブラックホールから離れている場合でも偽の真空崩壊が起こる確率は大きくなることがわかった。ブラックホールのホライゾンでこの確率は最も大きくなり、無限遠では平坦時空の場合と一致する。

## 8/8(日) 研究会 6-A

- 13:30 – 13:55

石黒 奎弥（総合研究大学院大学 高エネルギー加速器科学科 素粒子原子核専攻）

「タドポール電荷によるフラックスランドスケープ/スワンプランドの境界の特徴づけ」

近年、超弦理論の予言する真空全体の集合(ランドスケープ)が満たさない性質に関する仮説(スワンプランド問題)が多く提唱されてきた。これらの仮説は、超弦理論を用いた観測事実

の再現可能性に関係し、検証を必要とする。そこで本講演は、検証の第一歩として、フラックスコンパクト化によるランドスケープのもつ性質を支配する量について議論する。結果の一例として、理論の整合性に関わるタドポール電荷が、非自明な形でド・ジッター仮説に関係することが明らかになった。

- 14:00 – 14:25

西井 莞治（神戸大学 宇宙論研究室）

「インフレーション宇宙の初期特異点による弦の励起」

インフレーションモデルは、現在最も精力的に研究されている初期宇宙モデルである。一方で、インフレーションモデルは未だ解決されていない問題をいくつか抱えている。その一つとして、宇宙のインフレーションは、その最初期にスカラー曲率が発散しないような特異点を生じるという研究がなされている。観測と最も整合するスタロビンスキーモデルをはじめとした多くのインフレーションモデルは、上記で述べたような初期特異点を持つ。この特異点については、重力の量子効果による解消が期待されている。しかし、インフレーションモデルが量子重力理論の低エネルギー有効理論であると考えたとき、そもそもこのようなスカラー曲率が発散しない特異点がある有効理論の破綻を意味するかは明らかでない。そこで私たちは、この問いに対し量子重力理論の有力候補である弦理論を用いてアプローチした。

- 14:30 – 14:55

渡辺 展正（筑波大学 素粒子理論研究室）

「基本スカラー場を含む行列模型における部分閉じ込め」

ラージ  $N$  ゲージ理論の有限温度系では非閉じ込め相転移が起こる場合があるが、閉じ込め相と非閉じ込め相の中間領域で両者が共存する「部分閉じ込め」という現象が近年示唆されている。弱結合な理論での具体例の構成に加え、先行研究である  $0+1$  次元の行列模型の数値計算では弱結合領域を超えても二相共存が起こることを確認した。加えて、これまでの議論ではゲージ場の独立な自由度での二相分離が議論されてきたが、この研究にてスカラー場の自由度についてもそれと相関するように分離現象が起こることが確かめられた。

今後、フェルミオンなど他の物質場での二相共存現象を調べることはより現実に近いモデルを調べる上では不可欠である。そこで本発表では行列模型に基本スカラー場も導入したモデルを解析的・数値的に調べ、相構造や部分閉じ込めなどの議論を紹介する予定である。特に数値解析では先行研究で構成した手法を適用し、場の自由度に着目した二相共存の解析について報告する。

8/8(日) 研究会 6-B

- 13:30 – 13:55

菅野 聡（筑波大学 素粒子論研究室）

「BT 量子化による弦理論の自由度の記述」

弦理論の完全な定式化の候補の候補として行列模型が知られている。行列模型は有限サイズの行列の理論で、行列サイズの無限大の極限で弦理論を実現すると予想される。この際、行列模型が弦理論に含まれる弦やブレーンの幾何学をどのように実現するかは行列正則化という数学的な操作により定式化されている。行列正則化は膜 (の上の関数) と行列、ポアソン括弧と交換関係を対応づける操作である。本発表では [hep-th/2103.09967] に基づき、行列正則化の拡張として電荷を持つ対象の行列正則化について話す。

● 14:00 – 14:25

廣瀬 拓哉 (大阪市立大学 素粒子論研究室)

「フラックスコンパクト化におけるスカラー場の有限な質量補正とインフレーションへの応用」

本発表では、フラックスコンパクト化における、高次元ゲージ場由来の Wilson line (WL) スカラー場の有限な質量補正を実現できる理論について議論する。量子補正に現れるループ積分を一般化し、そのループ積分が有限になる条件を求め、その条件から 3 点、4 点相互作用項を推測し、分類する。分類された相互作用項のうち、ある 3 点相互作用項に着目し、6 次元スカラー QED と着目する 3 点相互作用項を加えた理論を考える。この理論で実際に WL スカラー場の有限な質量が得られることを見る。また、この理論をインフレーションに応用できることについても議論する。

● 14:30 – 14:55

安藤 雄史 (筑波大学 素粒子論研究室)

「flag 状態を用いた摂動的真空解」

弦理論を考える際、D ブレーンは重要な役割を担う。特に開弦は常になんらかの D ブレーンに張り付き、これらは密接に関係している。非摂動的な弦理論の候補として知られる弦の場の理論では、弦の場を導入する際「初めに考える弦がどの D ブレーンに張り付いているのか」、1 枚基準となる D ブレーンを決める必要がありこれを reference D ブレーンと呼ぶ。Witten によって提案されたボソン開弦の場の理論では様々な D ブレーンの配位に対応する古典解が構成され、reference D ブレーン 1 枚に対応する自明な解の他に D ブレーンが全て崩壊した非自明な解が知られている。更に近年 reference D ブレーン以外の D ブレーンを含む、あらゆる D ブレーン 1 枚に対応する解が構成された。

本講演ではこの解に着目すると reference D ブレーン 1 枚に対応する解には「他の D ブレーンが崩壊した情報を持っている解」と「他の D ブレーンの情報を持たず崩壊したかどうかわからない解」が存在することについて議論する。

- 15:30 – 15:55

阿部 慶彦（京都大学 物理学第二教室素粒子論研究室）

“4D effective action from non-Abelian DBI action with magnetic flux background”

10次元の non-abelian Dirac–Born–Infeld(DBI) 作用を、背景磁場を持つような余剰次元でコンパクト化することで得られる、4次元の有効理論について議論する。

このような系のゲージ結合や open string moduli の Kaehler metric は、双対な intersecting brane models で知られているが、その結果を再現することを見る。

次に、特に背景の磁場によって現れる bi-fundamental な物質場について、磁場の寄与を含んだ Kahler metric を具体的に与える。

そして、F-term のスカラーポテンシャルに注目し、non-abelian DBI 作用の reduction によって得られる有効理論が、4次元の超重力理論の関係式を満たし、スカラーの4点結合が Yukawa 結合によってどのように与えられるかを議論する。

本発表は、檜垣徹太郎氏、小林達夫氏、高田慎太郎氏、高橋礼氏との共同研究に基づく。

- 16:00 – 16:25

久代 翔大（京都大学 素粒子論研究室）

「変形された  $T^{1,1}$  時空上のカオスの弦のダイナミクス」

最近、Arutyunov, Bassi, Lacroix によって、変形した  $T^{1,1}$  を背景とする 2次元非線形シグマモデルが古典可積分であることが示された。その標的空間には、Kalb–Ramond 2-形式が含まれている。この 2-形式の大きさが臨界値を外れたとき、このモデルは非可積分と予想される。我々は巻き付いた弦のアンサッツを仮定することで、系を常微分方程式系に簡略化した。そして、いくつかの初期条件に対するポアンカレ断面とリアプノフスペクトルを数値的に計算することで古典的カオスを示し、非可積分性の検証を行った。

## 8/8(日) 研究会 7-B

- 15:30 – 15:55

井上 奉紀（神戸大学 素粒子論研究室）

「量子グラフ上の Berry 接続とインスタントン」

量子グラフとは、いくつかの線分と頂点で構成される 1次元回路上の量子力学系である。頂点では多様な境界条件が許されるという特徴を持つことから、様々な分野で研究対象となっている。例えば、量子カオス・グラフ上の散乱理論・超対称量子力学・余剰次元への応用などである。このように、低エネルギーから高エネルギーまでの広い範囲で応用されている理由は、境界条件から多様な物理が生まれるからである。そのため、量子グラフの境界条件について色々な角度からより深く研究することにした。本発表では、1つの頂点に  $N$  本の線分が繋がった量子グラフに対して、頂点での許される境界条件のトポロジカルな性質を調べるといった研究について話す。具体的には、境界条件全体がなすパラメータ空間の Berry 接続と

して、インスタントン配位を得ることができることを説明する。本発表は、上場一慶氏・坂本真人氏との共同研究 arXiv:2104.02311 [hep-th] に基づくものである。

- 16:00 – 16:25

宮下 優一（東京工業大学 山口研究室）

「宇宙論における非局所場理論」

一般相対論は重力の古典的側面を記述する、最も優れた重力理論であり、その予言能力は数多の実験で検証されている。その一方で、宇宙論における初期特異点やブラックホールにおける特異点の問題、量子論における摂動論的非くりこみ性などの未解決の問題もまた存在し、一般相対論は高エネルギー領域における予言能力に欠けているのもまた事実である。

これらの問題に対し、一般相対論を拡張することで、重力理論の量子補完を構成する試みが行われてきた。そのなかで、無限次の微分項による非局所演算子を持つ二次曲率項を作用に導入する事で一般相対論を拡張するアプローチがある。

本発表では、まずスカラー場の場合に注目し、非局所場理論の導入、及びその理論的性質についてレビューする。その後、非局所演算子を持つ重力理論について説明し、その弱重力場におけるダイナミクスや、一般相対論が抱える問題に関連した理論的性質を具体的に見る。