

2022 年三者若手夏の学校 素粒子論パート研究会プログラム

最終更新日：2022 年 8 月 1 日

素粒子論パート

表 1: 発表者リスト：番号は (研究会番号)-(発表順)

番号	発表者	題目	座長
1A-1	村山 修一	AdS/CFT 対応を用いた, Argyres-Douglas 理論及び Minahan-Nemeschansky 理論の超共形指数の計算	嶋守聡一郎
1A-2	脇 隆浩	Celestial Holography from Wedge Holography	
1A-3	津田 崇史	Orbifold CFT の解析を通じた AdS/CFT 対応の調査	
1B-1	杉浦 駿	因果律が与えるカオス上限：測地線運動による導出	大久保勇利
1B-2	今井 広紀	磁場がかかった T^2/Z_2 オービフォルド上の指数定理	
1B-3	赤松 拳斗	フラックスコンパクト化された理論におけるゲージ対称性の破れ	
2A-1	滝井 悠平	Page curve と対称性	渡辺涼太
2A-2	佐藤 航平	改良されたモデルに依存しない方法による形状因子の計算	
2B-1	和田 博貴	線型 quiver ゲージ理論の相構造に対するアノマリーからの制限	藤井僚太
2B-2	西村 臯	Blown-Up Orbifold 上の高次演算子とモジュラー形式型の湯川結合	

3A-1	竹内 康太	ゲージヒッグス統一理論は電弱理論を再現できるか？ (review)	戸田陽
3A-2	高橋 晴輝	Fermion mass hierarchy and mixing in simplified grand gauge-Higgs unification	
3B-1	宮尾 光	フレーバー対称性により抑制される暗黒物質の直接検出	神田行宏
3B-2	竹下 昌之介	陽子崩壊探索で検証可能な大統一模型 (review)	
4A-1	竹田 大地	AdS/CFT 対応における 3 次元のバルク時空再構築に向けて	古賀一成
4A-2	塚本 大智	t Hooft Polyakov monopole と Callan-Rubakov 効果 (review)	
4B-1	神田 行宏	SU(N) \times U(1) ゲージ対称性の破れにおける非位相的な宇宙ひも	世田拓也
4B-2	石井 孝典	レプリカ法を用いた二次元の共形場理論のエンタングルメント・エントロピーの導出 (review)	
5A-1	中西 泰一	部分系対称性をもつフェルミオンの場の理論の性質	宮地大河
5A-2	吉岡 直樹	様々な修正重力理論：その意義とアプローチ (review)	
5A-3	池田賢矢	弱い重力予想と gravitational positivity bounds (review)	
5B-1	藤井 僚太	Pure Spinor 超弦による非可換 DBI 方程式の導出と境界フェルミオンの扱い	安藤雄史
5B-2	塚原 壮平	超弦理論における真空崩壊と触媒効果	
5B-3	吉中 譲次郎	ループホモトピー代数に基づくヘテロティック弦の場の理論の量子作用	

6A-1	渡辺 涼太	カオスのエネルギー依存性に対する上限予想	竹田大地
6A-2	長村 尚弘	ワインバーグ演算子による原子の電気双極子モーメントへの寄与	
6A-3	嶋守 聡一郎	欠損入り高次元共形場理論における鏡像法	
6B-1	鴻巣 圭佑	ホモトピー代数を用いた Dirac 場の理論の構成とその応用	名古屋雄大
6B-2	安藤 雄史	Kaku vertex を用いた弱い A_∞ 構造のあるボソン開弦の場の理論	
6B-3	世田 拓也	弦の散乱と、カオスへの遷移解析	
7A-1	青木 匠門	Curved domain-wall fermion and its anomaly inflow	村山修一
7A-2	阿部 元一	格子ゲージ理論における分数トポロジカル電荷の定式化	
7A-3	繁村 知宏	SU(N) ゲージ理論のカイラルアノマリーの Fujikawa method による定式化について (review)	
7B-1	戸田 陽	電子質量の時間変化模型に関する CMB と BBN による制限	塚原壮平
7B-2	大久保 勇利	5次元ゲージ理論による Early Dark Energy	
7B-3	吉村 果保	Review of Festina Lente bound (review)	
8A-1	宮地 大河	Tunneling in de Sitter spacetime by using stochastic approach (review)	大久保勇利
8A-2	井澤 幸邑	場の量子論と結び目不変量 (review)	
8B-1	前田 玲史	幾何代数へのいざない—微分幾何学と重力理論を中心にして— (review)	佐藤航平
8B-2	須田 友也	Witten 型ボソン開弦の場の理論における時間依存性のある解のエネルギーと Ellwood 不変量	

研究会 1 (8/6 10:45-12:10)

研究会 1A

発表者 村山 修一 (東京工業大学) 10:45-11:10

題目 AdS/CFT 対応を用いた, Argyres-Douglas 理論及び Minahan-Nemeschansky 理論の超共形指数の計算

概要 本研究では AdS/CFT 対応を用いて, Argyres-Douglas 理論や Minahan-Nemeschansky 理論を含むような, 7-brane が存在する背景での N 枚の D3-brane 上に構成される $N=2$ 超共形場理論の超共形指数を AdS 側から計算する. 一般的に, AdS 側から超共形指数の計算が可能なのは large N 極限に限られるが, giant graviton と呼ばれる, 内部空間で 3-cycle に巻き付けられた D3 ブレーンの寄与を補正として加えることで, finite N でも AdS 側から計算を行うことができる. AdS 側で, giant graviton の寄与を補正として含め超共形指数を計算し, まだ超共形指数が計算されていない理論の超共形指数を AdS 側から予測する.

発表者 脇 隆浩 (京都大学) 11:15-11:40

題目 Celestial Holography from Wedge Holography

概要 ホログラフィー対応とは, ある時空上で定義された重力理論がその境界における場の理論に対応するという仮説である. これを実現した代表的な例は, 負の宇宙定数を持った時空と共形場理論の対応である AdS/CFT 対応である. 近年, Celestial Holography と呼ばれる $D+1$ 次元の平坦時空と $D-1$ 次元の共形場理論の対応が発見された. 対応する共形場理論の中心電荷は明らかになっていない. 本発表では, 同じく $D+1$ 次元と $D-1$ 次元の対応を導く Wedge Holography と呼ばれる手法をもちいることで, Celestial Holography の中心電荷を導く.

発表者 津田 崇史 (京都大学) 11:45-12:10

題目 Orbifold CFT の解析を通じた AdS/CFT 対応の調査

概要 さまざまな方法で解析がされている 2 次元 holographic CFT であるが, 知られている具体的構成はトップダウン的なものである $D1$ - $D5$ CFT のみとなっている. holographic CFT のボトムアップ的な構成を目指す研究は現在も盛んであり, その中でも特に有名なものが Symmetric Orbifold CFT と呼ばれるクラスの CFT を変形する手法である. Symmetric Orbifold CFT は任意の 2d CFT を N 個用意して対称積を取ることで構成されるが, large N 極限では holographic CFT と

同等の Hagedorn 相転移を示すなど、共通点を持つ。また、holographic CFT のひとつである D1-D5 CFT は、実際に T^4 あるいは $K3$ のシグマ模型の SCFT を用いた Symmetric Orbifold CFT のマージナル変形で構成できると信じられている。本研究では、2d CFT の中でも厳密な解析が可能な Dirac Fermion 模型の Symmetric Orbifold に着目し、2 点関数の時間発展やエントロピーについて議論を行った。Symmetric Orbifold が holographic CFT の性質の確認・予測に役立つことを再確認し、また Dirac Fermion 模型の Symmetric Orbifold における物理量の具体的な計算手法を明示的に与えた。

研究会 1B

発表者 杉浦 駿 (京都大学) 10:45-11:10

題目 因果律が与えるカオス上限：測地線運動による導出

概要 理論の予言可能性は因果律によって保証され、カオスによって失われる。これらふたつの概念が交錯する例として、外場のある曲がった時空中の測地線運動におけるカオスがある。そこでは、因果律はスカラーポテンシャルによって支配されている。本講演では、まず粒子のリュプノフ指数 λ を測地線のパラメトライズによらない形で解析的に評価する方法を説明する。その後、この手法を用いて λ のエネルギー依存性を評価し、因果律によって普遍的な上限 $\lambda \propto E$ ($E \rightarrow \infty$) が与えられることを見る。これは橋本・村田・棚橋・渡辺によって提唱されたカオスのエネルギー上限そのものである。また、Maldacena, Shenker, Stanford による有名な MSS 上限を調べ、因果律による制限の下でも MSS 上限は破れうることを示す。なお、本講演は橋本幸士氏との共同研究 arXiv:2205.13818 に基づく。

発表者 今井 広紀 (神戸大学) 11:15-11:40

題目 磁場がかかった T^2/Z_2 オービフォールド上の指数定理

概要 磁束がかかった 2 次元オービフォールド T^2/Z_2 を考え、独立なカイラルゼロモードの個数と固定点での巻き付き数を解析する。その結果、カイラリティーが土の場合の固定点での巻き付き数を V_{\pm} 、カイラルゼロモードの個数を n_{\pm} 、磁束量子化数を M としたとき、指数定理が $n_+ - n_- = M/2 + (-V_+ + V_-)/4$ で与えられることを導く。

発表者 赤松 拳斗 (大阪公立大学) 11:45-12:10

題目 フラックスコンパクト化された理論におけるゲージ対称性の破れ

概要 我々はフラックスとスカラー場の真空期待値を持つ、フラックスコンパクト化された理論を議論する。フラックス単体の場合は有効ポテンシャルが生成されないことが知られているが、我々はスカラー場に対する真空期待値を考慮することで、有効ポテンシャルを生成することに成功し、ゲージ対称性の破れを議論する。

研究会 2 (8/6 13:45-14:40)

研究会 2A

発表者 滝井 悠平 (神戸大学) 13:45-14:10

題目 Page curve と対称性

概要 ブラックホールの蒸発の量子的な過程とその対称性への示唆を議論するため、ランダムなダイナミクスを持つ qubit の系を考える。この系で電荷が保存される場合とされない場合における symmetry-resolved エントロピーを計算し、symmetry-resolved エントロピーに対する Page curve を導く。特に、後者の場合はブラックホールの蒸発におけるグローバル対称性の破れを表すモデルとして機能している。単純なモデルだが、symmetry-resolved エントロピーはこのモデルでのブラックホールの蒸発過程の特徴を捉えていることが分かる。

発表者 佐藤 航平 (筑波大学) 14:15-14:40

題目 改良されたモデルに依存しない方法による形状因子の計算

概要 格子 QCD における形状因子の計算法に関する基礎研究について発表する。本発表では、近年提案されたモデルに依存すること無くパイ中間子荷電半径を直接計算する手法 (Phys.Rev.D101,051502(R)(2020)) の問題点とその改良方法を議論する。さらに、改良された手法を実際の格子 QCD データに適用し、上手く機能することも報告する。

研究会 2B

発表者 和田 博貴 (大阪大学) 13:45-14:10

題目 線型 quiver ゲージ理論の相構造に対するアノマリーからの制限

概要 本研究では線型 quiver ゲージ理論に対するアノマリーマッチングからの制限について調べた。線型 quiver ゲージ理論は bifundamental フェルミオンを含むため、純粋な Yang-Mills 理論のような中心対称性は存在しないが、それに類似した 1-形式対称性を備えている。加えて、この 1-対称性はカイラル対称性との間に混合アノマリーがあるため、理論の低エネルギー領域の振る舞いを調べる上で有用である。本講演ではこの混合アノマリーなどから得られる帰結について議論する。

発表者 西村 阜 (九州大学) 14:15-14:40

題目 Blown-Up Orbifold 上の高次演算子とモジュラー形式型の湯川結合

概要 S.Ferrara らの先行研究 (1990) では T2/Z3 Blown-Up Orbifold の 1 つの特異点のみを考慮し、シンプレクティック変換による Kahler Potential の不変性から、moduli の湯川結合がモジュラー形式の性質を満たすことが示されていた。我々はこの議論を複数の特異点に拡張し、その場合に湯川結合が満たすモジュラー形式としての性質を導いた。更にその具体形を考察し、模型が持ちうる相互作用へ制限を与えた。

研究会 3 (8/7 15:30-16:25)

研究会 3A

発表者 竹内 康太 (広島大学) 15:30-15:55

題目 ゲージヒッグス統一理論は電弱理論を再現できるか? (review)

概要 現在の素粒子標準模型には、ヒッグス質量の階層性問題やヒッグスにまつわる予言できない多くのパラメータの問題が残されており、これらの理論的問題へのアプローチの 1 つに「ゲージヒッグス統一理論 (GHU 統一理論)」がある。GHU 理論では、ヒッグス場をゲージ場の余剰次元成分に同定することで、ヒッグスボソンをゲージボソンの 1 つと見なす。本発表では、 $M^4 \times S^1/Z_2$ 上の SU(3) 模型において、適切な Z_2 境界条件を選ぶことで 4 次元的な電弱対称性が再現されることを確認する。またヒッグスポテンシャルを導入せずに対称性を自発的に破る機構として「細谷機構」を紹介し、SU(3) 模型に適用する。

発表者 高橋 晴輝 (総合研究大学院大学) 16:00-16:25

題目 Fermion mass hierarchy and mixing in simplified grand gauge-Higgs unification

概要 ゲージヒッグス統一モデルにおいて、標準模型のヒッグス粒子は高次元ゲージ場の余剰次元成分とみなされる。その大統一理論への拡張モデルである S1/Z2 にコンパクト化された平坦な 5 次元 SU(6) ゲージ・ヒッグス統一モデルについて議論する。先行研究では、固定点上のクォークおよびレプトンと混合する重いバルクフェルミオンを導入することで指数関数的に抑えられた湯川結合定数が得られ、さらに 4 次元境界上に局在するゲージ場の運動項によって (トップクォークも含めて) クォークとレプトンの質量階層性を再現した。しかし、導入したバルクフェルミオンの数が多いことに起因して、大統一理論としての成否を握るゲージ結合定数の統一を実現することができなかった。そこで本研究では、バルクフェルミオンの数を減らした上でクォークとレプトンの質量階層性を得ることを目的にモデルを再構築した。これにより、クォークとレプトンの質量階層性だけでなく世代間混合をも同時に再現することに成功した。

研究会 3B

発表者 宮尾 光 (九州大学) 15:30-15:55

題目 フレーバー対称性により抑制される暗黒物質の直接検出

概要 本研究では、フレーバー対称性を持つ媒介粒子を通して μ τ と結合するスカラー暗黒物質 (DM) のくりこみ可能なモデルを構築し、研究した。モデル中の媒介粒子はミューオン $g-2$ の補正に寄与するため、これを考慮して DM の残存量を説明可能なパラメータ領域を特定した。また、DM は媒介粒子のフレーバー構造により現在の実験からの厳しい制限を回避でき、量子効果を通じて直接検出が可能であることを確認した。本発表は [arXiv:2205.08998] に基づく。

発表者 竹下 昌之介 (広島大学) 16:00-16:25

題目 陽子崩壊探索で検証可能な大統一モデル (review)

概要 自然界に存在する 4 つの相互作用のうち、電磁相互作用、弱い相互作用、強い相互作用の 3 つを統一的に記述することができる理論は、大統一理論と呼ばれている。大統一理論の候補の 1 つとして SU(5) 模型があるのだが、現在の陽子崩壊探索の結果と矛盾が生じている。そこで、この SU(5) 模型を拡張して今後稼働予定のハイパーカミオカンデ実験による陽子崩壊探索で検証可能となるような大統一モデルについて研究が行われている。本発表では、標準模型の粒子に加えて新粒子の存

在を仮定するような大統一模型について紹介し、3つの相互作用のゲージ結合定数が統一されることとハイパーカミオカンデ実験による陽子崩壊探索で検証可能となることを確認していく。またそれに加えて新粒子に対称性を仮定することで暗黒物質やインフレーションの説明が可能なることにも少し触れたいと思う。なお本発表は、Phys. Rev. D 104, no.5, 055041 (2021) 等に基づくレビュー発表である。

研究会 4 (8/8 15:30-16:25)

研究会 4A

発表者 竹田 大地 (京都大学) 15:30-15:55

題目 AdS/CFT 対応における 3次元のバルク時空再構築に向けて

概要 AdS/CFT 対応において、ある QFT に重力双対が存在するならばバルク時空及びその計量は境界の QFT の言葉で表現できるはずである。バルク時空再構築とは境界の QFT からバルク時空を構成することであり、これに向けて特に Holography/光円錐切断処方という 2つの方法が独立に研究されてきた。しかし完全な再構築プロセスからはまだ遠い。本講演では、バルクが 3次元局所 AdS 時空であると想定した場合には 2つの手法を組み合わせることで互いの欠点を補え、エンタングルメント・エントロピーを用いた再構築が可能となることを紹介する。

発表者 塚本 大智 (京都大学) 16:00-16:25

題目 't Hooft Polyakov monopole と Callan-Rubakov 効果 (review)

概要 Higgs 場と結合した Yang-mills 理論では対称性が自発的に破れることで 't Hooft-Polyakov monopole と呼ばれる位相的ソリトンが存在することが知られている。SU(5) GUT では't Hooft-Polyakov monopole が存在するとき ABJ アノマリーを通してバリオン数やレプトン数が破れる。これにより monopole を触媒とした陽子崩壊などの現象が起こると考えられ、これを Callan-Rubakov 効果と呼ぶ。本発表では Rubakov の原論文のレビューをもとに monopole と massless フェルミオンの相互作用を議論し、SU(5)GUT でモノポールがバリオン数の破れを引き起こしていることを見ていく。本発表は V.A. Rubakov, Nucl. Phys. B 203 (1982) 311-348 に基づく。

研究会 4B

発表者 神田 行宏 (名古屋大学) 15:30-15:55

題目 $SU(N) \times U(1)$ ゲージ対称性の破れにおける非位相的な宇宙ひも

概要 相転移で生じる線状のエネルギー励起領域である宇宙ひもは、将来の重力波観測を通してその存在を確かめることができる。したがって標準模型を超えるモデルでどのような宇宙ひもが予言されるかを調べることは、重力波観測によるモデルの検証可能性を考える上で重要である。従来の研究では、主に位相欠陥の宇宙ひもの存在のみが調べられていたが、宇宙ひもにはトポロジカルに安定性が保証されていないものも存在する。我々は、そのような非位相的な宇宙ひもが $SU(N) \times U(1) \rightarrow SU(N-1) \times U(1)$ の対称性の破れをともなう相転移で生成される条件について明らかにし、その超対称性による拡張も調べた。本講演では、arXiv:2205.12638 と現在執筆中の論文に基づき、 $SU(N) \times U(1)$ ゲージ理論における非位相的な宇宙ひもとその生成のための条件を紹介する。

発表者 石井 孝典 (京都大学) 16:00-16:25

題目 レプリカ法を用いた二次元の共形場理論のエンタングルメント・エントロピーの導出 (review)

概要 量子系を二つに分けたとき両者の量子相関を表す量としてエンタングルメント・エントロピー (EE) が知られている。この EE は重力理論において、ブラックホールのエントロピーとして解釈されるなど、現在の物理学においても精力的に研究されている。EE の計算手法としてレプリカ法というトリックがしばしば用いられる。レプリカ法とはもとの系を複製したより大きな系を考えることで計算の見通しを良くするという非常に有用な計算手法である。本講演では最も基本的な有限自由度系における EE から始め、境界のない二次元の共形場理論における EE のレプリカ法を用いた導出をレビューする。(参考文献は arXiv:0405152[hep-th] と arXiv:1201.4865 [hep-th])

研究会 5 (8/9 9:00-10:25)

研究会 5A

発表者 中西 泰一 (京都大学) 9:00-9:25

題目 部分系対称性をもつフェルミオンの場の理論の性質

概要 物性物理において注目を集めるフラクトンを記述する場の理論的モデルは部分系対称性と呼ばれる非ローレンツ共変的な対称性を持つ理論であることが知られている。さらに最近、フラクトンに関係すると思われるフェルミオンの場の理論が構成された。本発表では、このフェルミオンの場の理論の詳細な性質について議論する。本研究は本多正純氏との共同研究に基づく。

発表者 吉岡 直樹 (広島大学) 9:30-9:55

題目 様々な修正重力理論：その意義とアプローチ (review)

概要 等価原理とリーマン幾何学によって時空及び重力を説明するのが、アインシュタインにより作り上げられた一般相対性理論である。この理論はニュートンの理論よりも天体の軌道などを良く説明したり、ブラックホールの存在の示唆及びその性質を説明するなど現実に対して有効な理論となっているといえる。しかし一般相対性理論で説明出来ていない大きな未解決問題がマクロとマイクロ両方のスケールで存在する。それが現在の宇宙の加速膨張と初期宇宙のインフレーションだ。一般相対性理論では、加速膨張は通常のラグランジアンである時空の曲率 R に加え定数 Λ を入れるという外挿的な方法でしか状況を説明できない。よって観測事実である Λ の極端な小ささに体系的な説明を加える事ができない。インフレーションにしても、一般相対性理論のままではそれが起こるメカニズムや重力が寄与する影響を議論するのは難しい。そこでこれら二つを同時に説明する事を目的としたのが修正重力理論である。最もシンプルなものがラグランジアン密度を R から $F(R)$ にするようなアプローチである。シンプルではあるが Starobinsky model などの有力なモデルが存在する理論でもある。他にも R 以外の量を用いた $F(T)$ 、 $F(G)$ 理論や異なる幾何学を用いる理論が存在する。これらアプローチについてその意義や性質等を紹介する事を本発表の目的とする。可能ならばいくつかの理論の具体例を見る。

発表者 池田賢矢 (京都大学) 10:00-10:25

題目 弱い重力予想と gravitational positivity bounds (review)

概要 弱い重力予想とは、低エネルギー理論が量子重力理論と整合するための条件を与える予想であり、現象論模型と量子重力理論を関係づけるものとして注目されている。この予想は荷電ブラックホールの崩壊過程などいくつかの議論を傍証に持つが、厳密な導出はまだ明らかではない。一方、理論の散乱振幅に対するユニタリ性、解析性といった基本的な仮定から、低エネルギー有効理論に対する制約を与えることができ、これらは positivity bounds と呼ばれる。近年、重力と結合した理論において positivity bounds を考えることにより、弱い重力予想と関係しうる新たな条件が得られ活発に議論されている。本発表では、この弱い重力予想と gravitational positivity bounds の関係および関連する最近の進展について紹介する。

研究会 5B

発表者 藤井 僚太 (茨城大学) 9:00-9:25

題目 Pure Spinor 超弦による非可換 DBI 方程式の導出と境界フェルミオンの扱い

概要 任意の D ブレーン上に存在する背景超場と結合した Pure Spinor 形式の開弦の BRST 不変性を調べることで、任意の D ブレーンに対する超対称非可換な Born-Infeld 方程式が導出できることを示す。本発表では、boundary fermion の BRST 変換の冪零性と boundary fermion を量子化し行列に置き換えることで、非可換な Born-Infeld 方程式が得られることを示す。さらに、 $\alpha' \rightarrow 0$ 極限で Yang-Mills 方程式に帰着することを示す。

発表者 塚原 壮平 (九州大学) 9:30-9:55

題目 超弦理論における真空崩壊と触媒効果

概要 Trans-Planckian 検閲官予想 (TCC) は準安定な dS 真空の寿命に強い制限をかけることが知られている。我々は Dp-brane を用いて幾何学的に構成した準安定状態に、触媒としての Dp-brane を導入することで、系の不安定性を増強するモデルを考えた。ここでは従来の 1-ループ計算に加え、ポテンシャル障壁が消失する臨界点付近での基底エネルギーの摂動計算を実行し、正確な寿命の評価を試みた。ここで得られた結果を TCC 条件と比較し、パラメータ空間に対する制限を議論する。

発表者 吉中 譲次郎 (京都大学) 10:00-10:25

題目 ループホモトピー代数に基づくヘテロティック弦の場の理論の量子作用

概要 NS と R の二つのセクターを含むヘテロティック弦の場の理論は、 L_∞ に基づいて構成することができる。この理論が与えるツリーレベルの S 行列は第一量子化の方法で計算したものと一致するが、これを量子化し、ループレベルの S 行列を再現するためには、BV マスター方程式を満たすように量子補正を加えた量子作用を求める必要がある。本講演では、 L_∞ の拡張である、ループホモトピー代数に基づいて、これを構成する。

研究会 6 (8/9 10:45-12:10)

研究会 6A

発表者 渡辺 涼太 (京都大学) 10:45-11:10

題目 カオスのエネルギー依存性に対する上限予想

概要 カオスは我々の身の回りをはじめとして様々な場面で登場する普遍的な概念である。カオスの特徴の一つである初期値鋭敏性を評価するのがリアプノフ指数であり、量子論的には非時間順序相関関数 (OTOC) の指数によって与えられると考えられている。我々は十分に一般的な古典および量子ハミルトン系においてリアプノフ指数のエネルギー依存性に上限が存在するという新しい予想を提示する。我々が提案する上限は我々の知る限り全ての古典カオス系で満たされており、また有限温度多自由度量子系の Maldacena-Shenker-Stanford 上限とコンシステントである。本発表では我々の予想とそれを裏付ける幾つかの具体的な例を紹介する。我々の新しい予想は広範な物理系における基本的な原理となる可能性がある。本発表は、橋本幸士氏、村田佳樹氏、棚橋典大氏との共同研究 arXiv:2112.11163 [hep-th] に基づく。

発表者 長村 尚弘 (名古屋大学) 11:15-11:40

題目 ワインバーグ演算子による原子の電気双極子モーメントへの寄与

概要 ワインバーグ演算子 (またの名グルーオンのカラー電気双極子モーメント) は拡張されたヒッグス模型など様々な標準模型を超えた物理において現れる CP 対称性を破る過程であり、現在実験が進められている中性子や原子の電気双極子モーメントに寄与する。本研究ではワインバーグ演算子により生成されたパイ中間子が核子-核子散乱に結合することで生じる原子核の電気双極子モーメントを QCD 和則

により評価する。

発表者 嶋守 聡一郎 (大阪大学) 11:45-12:10

題目 欠損入り高次元共形場理論における鏡像法

概要 欠損入り高次元共形場理論 (DCFT) とは欠損方向の共形対称性と欠損まわりの回転対称性がある場の量子論である。そして DCFT は不純物などを含む欠損系の赤外固定点として現れる普遍的な理論である。ところが、通常の共形場理論 (CFT) と比較して対称性による制限が弱いため DCFT 相関関数の構造は一般に複雑になってしまう。本講演では我々の研究成果である「鏡像法によって DCFT 相関関数を、欠損の無い CFT 相関関数で置き換えることができる」ことを具体例も含めて紹介する。本研究は Cardy により発見された 2 次元境界有り共形場理論における鏡像法の高次元への拡張である。[arXiv: 2205.05370]

研究会 6B

発表者 鴻巣 圭佑 (東京大学) 10:45-11:10

題目 ホモトピー代数を用いた Dirac 場の理論の構成とその応用

概要 A_∞ 代数とよばれるクラスのホモトピー代数はゲージ対称性と密接に関わっており、非常に一般性の高いゲージ理論の量子化の手法である Batalin-Vilkovisky 形式によって量子化可能な理論は全て A_∞ 代数によって書き直すことができる。 A_∞ 代数を用いた記述は普遍的かつ系統的であり、場の量子論で記述される情報を多く含んでいると考えられていることから、場の量子論に対する新たなアプローチとして有望である。本発表では、 A_∞ 代数を用いた Dirac 場の理論の構成と相関関数や散乱振幅の計算について議論する。

発表者 安藤 雄史 (筑波大学) 11:15-11:40

題目 Kaku vertex を用いた弱い A_∞ 構造のあるボソン開弦の場の理論

概要 弦の場の理論は、相互作用 vertex の非一意性から複数の模型が存在し、構成した複数の模型が等価か否かは自明でない。近年、開弦の場の理論は A_∞ 構造と呼ばれる数学的な構造を持つことを利用し、複数の模型の関係性を理解する研究が行われている。特に、ボソン開弦の場の理論における複数の模型は、Kaku vertex と呼ばれる一般的な vertex を用いることで、Witten によって提案された共変な模型と、Kaku-Kikkawa によって提案された光円錐ゲージで固定した模型の関係性が示された。本講演では弱い A_∞ 構造のある理論が開弦-閉弦相互作用を含むことに注

目し、Kaku vertex を使って弱い A_∞ 構造のあるボソン開弦の場の理論を構成する。また、この理論を考えることで、これまでわかっていた複数の開弦の場の理論の関係性が、閉弦の寄与を入れることで、どのように補正されるかを見る。

発表者 世田 拓也 (京都大学) 11:45-12:10

題目 弦の散乱と、カオスへの遷移解析

概要 近年、情報喪失問題の観点から、ブラックホールのカオス性が盛んに議論されている。特にミクロスコピックなブラックホールは、自重で潰れた弦と連続的に繋がると考えられているため、そのカオス性は弦に由来するものと予想される。そこで本講演では、高く励起された重い弦の散乱振幅を調べ、弦の散乱にはカオス的に振る舞う兆候が見られるということを示す。

研究会 7 (8/9 13:45-15:10)

研究会 7A

発表者 青木 匠門 (大阪大学) 13:45-14:10

題目 Curved domain-wall fermion and its anomaly inflow

概要 正方格子上のフェルミオン場に曲がったドメインウォール構造を持つ質量項を与えると、スピン接続が誘導され、重力場中のカイラルフェルミオンを扱うことが可能になる。本研究ではさらにリンク変数を通してゲージ場を与え、その効果を定量的に評価する。特に重力場との混合アノマリーを含むアノマリー流入について議論し、Euler 標数を含む、格子理論によるアノマリーの非摂動的な記述を探る。

発表者 阿部 元一 (九州大学) 14:15-14:40

題目 格子ゲージ理論における分数トポロジカル電荷の定式化

概要 近年、Gaiotto らにより従来の連続的な対称性ではなく離散的な対称性や高次対称性の間に混合 t Hooft アノマリーが存在することが示唆されて盛んに研究されている。その中で 1-form \mathbb{Z}_N 対称性を局所的に課すことと twist は関係があり、混合アノマリーを理解する上で重要だと考えられる。本研究では格子ゲージ理論において、twist を考えたときに分数トポロジカル電荷が計算できることを Lüscher の方法を利用して定式化する。

発表者 繁村 知宏 (京都大学) 14:45-15:10

題目 SU(N) ゲージ理論のカイラルアノマリーの Fujikawa method による定式化について (review)

概要 場の量子論におけるアノマリーは 1949 年にくりこみ理論に関する問題として初めて計算された。具体的にはパイ中間子が 2 つの光子に崩壊するダイアグラムの計算結果がくりこみ理論の予言と一致しないというもので、これは現在カイラルアノマリーと呼ばれている。1969 年にはこのカイラルアノマリーによってパイ中間子の崩壊の実験結果を説明できることが指摘され、以降アノマリーの研究が盛んになった。その後、1979 年に藤川はカイラルアノマリーの摂動計算によらない定式化の手法を示した。具体的には経路積分において積分変数の変換に伴うヤコビアンとしてアノマリー項を導出し、Ward-高橋恒等式として表示する。この手法はアノマリーが摂動により生じる問題ではなく、場の量子論に元来備わっているものであることを明確に示している。本発表では藤川の論文のレビューを行い、SU(N) ゲージ理論のカイラルアノマリーとその物理的な意味を論じる。

研究会 7B

発表者 戸田 陽 (北海道大学) 13:45-14:10

題目 電子質量の時間変化模型に関する CMB と BBN による制限

概要 近年、Hubble tension の解決方法として、電子質量が時間変化したモデルが注目されている。このモデルについて、ビッグバン元素合成による軽元素比の計算を行った。また、CMB,BAO,BBN の複合解析による制限を与えた。

発表者 大久保 勇利 (九州大学) 14:15-14:40

題目 5次元ゲージ理論による Early Dark Energy

概要 宇宙論における CMB 観測と局所的な観測との間でハッブル定数の不一致が報告されている。この問題に対し、Early Dark Energy と呼ばれる時間変化するダークエネルギーが解決策になり得ることが指摘されている。本研究では 5次元 U(1) ゲージ理論に含まれるゲージ場の余剰次元成分が、このようなダークエネルギーを与える可能性を検討する。

発表者 吉村 果保 (神戸大学) 14:45-15:10

題目 Review of Festina Lente bound (review)

概要 量子重力と整合的な場の量子論モデルの判定条件は一般にスワンプランド条件と呼ばれている。本発表では、de Sitter 時空中で荷電粒子が満たすべきスワンプランド条件として提案された Festina Lente bound についてレビューする。特に、荷電ブラックホールがホーキング放射などによって蒸発する過程を考えることで、荷電粒子の質量に対する下限の存在を動機付ける。

研究会 8 (8/9 15:30-16:25)

研究会 8A

発表者 宮地 大河 (神戸大学) 15:30-15:55

題目 Tunneling in de Sitter spacetime by using stochastic approach (review)

概要 de Sitter 時空中におけるスカラー場のトンネリングを、Stochastic approach を用いることで記述し、従来のユークリッド時空中における鞍点法の結果と比較する。

発表者 井澤 幸邑 (広島大学) 16:00-16:25

題目 場の量子論と結び目不変量 (review)

概要 私たちは物理を理解するために数学を用いるが、逆に数学を理解するうえで物理が役に立つことがある。これは物理と数学の分野をより深く絡めて考える数理物理学の分野とされる。本発表では数理物理的手法を行う上で必要な数学物理の基礎的な知識に触れながら、Witten の論文「Quantum Field Theory and Jones Polynomial」を紹介する。結び目の不変量である Jones 多項式が場の量子論を用いて得られることをこの論文に沿って見ていく。本発表は数理物理の専門家にとっては基礎的な内容であるかもしれないが、それでも本発表を通し、数理物理や位相的場の量子論に興味のある方々と議論を交わし、交流を深めていけたらと考えている。

研究会 8B

発表者 前田 玲史 (広島大学) 15:30-15:55

題目 幾何代数へのいざない—微分幾何学と重力理論を中心にして— (review)

概要 近年注目を集めている数学的手法として幾何代数 (クリフォード代数) の方法がある。これは 19 世紀なかばに数学者クリフォードが理論を打ち立て、その後、20 世紀末から現在にかけて物理学者ヘステネスらが中心となりそれを再興したものである。幾何代数は物理学を始めとして制御工学やコンピュータグラフィックスなど実に幅広い応用を持つが、ここでは特に微分幾何学および重力理論への応用に焦点を当てたい。そこでは厄介で煩雑な添字計算や、無限小量にまつわる非直感的な説明は影を潜め、代わりに対象それ自体の持つ幾何学的性質が直接的に立ち現れてくることになる。この例を通して、幾何代数の持つ簡明さと美しさ、そして実用性を紹介することが今回の目標である。

発表者 須田 友也 (筑波大学) 16:00-16:25

題目 Witten 型ボソン開弦の場の理論における時間依存性のある解のエネルギーと Ellwood 不変量

概要 Baba, Ishibashi によってある条件下で Witten 型の弦の場の理論の時間に依存しない古典解のエネルギーが Ellwood invariant というゲージ不変量を用いて計算できること示された。本研究ではこの理論で時間依存性を持つ解についても考察し、古典解の物理的な性質を明らかにする足掛かりにしたいというものである。なお本研究は筑波大学 D2 の安藤雄史氏との共同研究である。