

2019年 三者若手夏の学校 研究会 発表者とアブストラクト一覧  
ver.1.4

更新 2019年7月28日

## 目次

<b>1</b>	はじめに	<b>3</b>
<b>2</b>	研究会 (素粒子) タイムテーブル	<b>4</b>
2.1	8月6日	4
2.2	8月8日	5
2.3	8月9日	6
<b>3</b>	研究会 概要集	<b>7</b>
3.1	レヴュートーク (8月9日 14:45~16:00 会場: コンベンションホール)	7
3.2	学生口頭発表 (発表 20 分+質疑応答 5 分)	7

# 1 はじめに

今回の素粒子論パートの研究会では新しい企画としてレヴェートークを設定しました。レヴェートークとはレヴェーターカーの方をお招きしご自身の最近の研究に関する話題を発表していただく企画です。また学生の口頭発表の持ち時間は1人あたり25分(発表20分+質疑応答5分)となっています。夕食後の研究会2,4,6は原子核パートの会場を借りたパラレルセッションとなっていますのでご注意ください。

時間	2019/08/05	時間	2019/08/06	2019/08/07	2019/08/08	2019/08/09
13:00 ~	受付	13:00 ~ 14:30	講義 (倉知氏)	三者共通講義 (中家氏)	講義 (園田氏)	講義 (杉本氏)
15:30		14:30	研究会1 休憩15分 No.1~3	ポスター	研究会3 休憩10分 No.19~23	研究会5 休憩15分 レビュートーク
16:00 ~	開校式 + 三者共通講義 (田中氏)	~	休憩20分		No.32~35	休憩20分
18:00		18:00	No.4~7			
18:00 ~	夕食	18:00 ~	夕食	夕食	夕食	夕食
19:00 ~	自由時間	19:00 ~	研究会2-1 No.8~11	自由時間	研究会4-1 No.24~27	研究会6-1 No.36~38
21:00		21:00	囲む会準備		囲む会準備	囲む会準備
21:00 ~ 0:00	囲む会	21:00 ~ 0:00	囲む会	囲む会	囲む会	囲む会

## パラレル(原子核会場)

19:00 ~	自由時間	19:00 ~	研究会2-2 No.12~15	自由時間	研究会4-2 No.28~31	研究会6-2 No.39~42
21:00		21:00	囲む会準備		囲む会準備	囲む会準備

※研究会3(8/8)は変則的

図 1: 数字 (No.) は口頭発表者の通し番号

## 2 研究会(素粒子) タイムテーブル

### 2.1 8月6日

#### 研究会 1 コンベンションホール (14:30 ~ 18:00)

時間	No.	発表者	題目
14:30 - 14:45		※休憩	15分
14:45 - 15:10	1	渡邊 新大	離散対称性を持つ超対称アクション模型の現象論
15:10 - 15:35	2	中川 翔太	Stochastic dark matter in the Axiverse
15:35 - 16:00	3	藤原 素子	擬スカラー粒子が媒介する暗黒物質模型の直接探索実験による検証可能性
16:00 - 16:20		※休憩	20分
16:20 - 16:45	4	濱田 佑	Stable magnetic monopole in two Higgs doublet models
16:45 - 17:10	5	井黒 就平	Flavor anomalies and collider search within a general two Higgs doublet model (G2HDM).
17:10 - 17:35	6	春名 純一	Coleman-Weinberg 機構が起こる最小限の模型としての Classically conformal $Z_2 \times Z_2$ invariant two scalar model について
17:35 - 18:00	7	阿部 慶彦	$\mu - \tau$ と親和的な $Z_n$ 模型とミュー粒子異常磁気能率

#### 研究会 2-1 コンベンションホール (19:00 ~ 21:00)

時間	No.	発表者	題目
19:00 - 19:25	8	軍司 啓宏	超共形ハイブリッドインフレーション後のレプトジェネシス
19:25 - 19:50	9	吉田 貴裕	Modular $A_4$ invariance and leptogenesis
19:50 - 20:15	10	廣瀬 拓哉	背景磁場入り 6次元 Yang-Mills 理論のスカラー場に対する質量補正の相殺機構
20:15 - 20:40	11	高田 慎太郎	Modular symmetry anomaly in magnetic flux compactification
20:40 - 21:00		※囲む会準備	

#### 研究会 2-2 本館 白鬚ホール(原子核会場) (19:00 ~ 21:00)

時間	No.	発表者	題目
19:00 - 19:25	12	石黒 奎弥	Gepner 模型に基づく湯川結合のモジュライ依存性及びその固定
19:25 - 19:50	13	山田 篤幸	5次元 SU(N) ゲージ理論における 2ループ有効ポテンシャルの有限性およびゲージ階層性問題
19:50 - 20:15	14	井上 奉紀	量子グラフ上の 5次元 Dirac フェルミオン
20:15 - 20:40	15	永野 廉人	Interface entropy in 4d $\mathcal{N} = 2$ SCFTs
20:40 - 21:00		※囲む会準備	

## 2.2 8月8日

### 研究会 3 コンベンションホール (14:30 ~ 18:00)

時間	No.	発表者	題目
14:30 - 14:40		※休憩	10分
14:40 - 15:05	16	森 崇人	Tensor network and bulk entanglement
15:05 - 15:30	17	辻村 潤	重力系の MERA 解釈可能性
15:30 - 15:55	18	山代 和志	ゲージ重力対応における情報幾何とバルク幾何の関係
15:55 - 16:20	19	奥村 傑	2次元ディラトン重力系と TTbar 変形に関する研究
16:20 - 16:45	20	住本 尚之	量子重力補正とホログラフィック Wilson ループの $1/N$ 補正
16:45 - 17:10	21	藤井 大輔	ホログラフィック QCD による重いハドロンの研究
17:10 - 17:35	22	林 祐輝	クォーク・反クォーク対の全エネルギーに対する UV からの寄与
17:35 - 18:00	23	松本 信行	ハバード模型の符号問題に対する tempered Lefschetz thimble 法の適用

### 研究会 4-1 コンベンションホール (19:00 ~ 21:00)

時間	No.	発表者	題目
19:00 - 19:25	24	古賀 一成	準安定状態の崩壊における高次元静的ブラックホールの触媒効果
19:25 - 19:50	25	渡辺 展正	Partial Deconfinement
19:50 - 20:15	26	鈴木 晴侯	高階スピンゲージ理論の反場を含んだ BRST 不変な相互作用頂点
20:15 - 20:40	27	落合 誠	階段/箱型ポテンシャル散乱の場の量子論的解析
20:40 - 21:00		※囲む会準備	

### 研究会 4-2 本館 白鬚ホール (原子核会場) (19:00 ~ 21:00)

時間	No.	発表者	題目
19:00 - 19:25	28	馬場 惇	Wilson fermion の下での Gradient flow を用いた PCAC mass の計算
19:25 - 19:50	29	秋山 進一郎	高次テンソル繰り込み群による 4次元 Ising 模型の相転移の解析
19:50 - 20:15	30	黒田 航平	常微分方程式と可積分系の対応の数値検証
20:15 - 20:40	31	近藤 宇泰	微分方程式と可積分系の対応の数値検証
20:40 - 21:00		※囲む会準備	

## 2.3 8月9日

### レビュートーク + 研究会 5 コンベンションホール (14:30 ~ 18:00)

時間	No.	発表者	題目
14:30 - 14:45		※休憩	15分
14:45 - 16:00	Review Talk	西中 崇博 氏	4次元 $\mathcal{N} = 2$ 理論の研究を始めたくなる話
16:00 - 16:20		※休憩	20分
16:20 - 16:45	32	荒井 玲於奈	$\mathcal{N} = 3$ 超対称場の理論における超対称性の非自明な拡張
16:45 - 17:10	33	藤原 翔太	超共形指数を用いた AdS/CFT 対応の解析
17:10 - 17:35	34	森 達也	Finite N corrections to the superconformal index of orbifold quiver gauge theories
17:35 - 18:00	35	小泉 咲	Quantum Seiberg-Witten curve and Universality in Argyres-Douglas theories

### 研究会 6-1 コンベンションホール (19:00 ~ 21:00)

時間	No.	発表者	題目
19:00 - 19:25	36	三浦 滉平	弦理論の T 双対性と一般化幾何学
19:25 - 19:50	37	原 健太郎	非可換 $U(1)$ ヤン・ミルズ解とエルミート・アインシュタイン計量の対応関係について
19:50 - 20:15	38	嶋田 圭吾	非ゴースト性と計量アフィン幾何学
20:15 - 21:00		※囲む会準備	

### 研究会 6-2 本館 白鬚ホール (原子核会場) (19:00 ~ 21:00)

時間	No.	発表者	題目
19:00 - 19:25	39	杉山 健斗	ブラックホール形成とホーキング輻射
19:25 - 19:50	40	浅見 拓紀	AdS instability and Einstein-Vlasov system
19:50 - 20:15	41	古郡 秀雄	QED における赤外問題について
20:15 - 20:40	42	富塚 健志	Moving mirror 模型における純粋化パートナー公式
20:40 - 21:00		※囲む会準備	

### 3 研究会 概要集

#### 3.1 レビュートーク (8月9日 14:45~16:00 会場：コンベンションホール)

Talker：西中 崇博 氏 (立命館大学)

##### 4次元 $\mathcal{N} = 2$ 理論の研究を始めたくなる話

4次元で  $\mathcal{N} = 2$  超対称性を持つ場の理論といえば、かつて Seiberg-Witten によりクーロン枝上の低エネルギー有効作用が厳密に計算され、また超対称局所化により分配関数まで計算されてしまい、もう何もかも理解されてしまったのではないかと思いたくなりますが、そんなことはありません。むしろ、わからないことが日々増え続けています。このレビュートークでは、現在4次元  $\mathcal{N} = 2$  理論を研究している人々が何をを目指していて、何が解かれるべき問題なのか、またその問題を解くためにどのような手法が考えられているのかについてお話ししたいと思います。

#### 3.2 学生口頭発表 (発表 20 分+質疑応答 5 分)

研究会 1 コンベンションホール (8月6日 14:30 ~ 18:00)

口頭発表：渡邊 新大 (早稲田大学)

題目：離散対称性を持つ超対称アクシオン模型の現象論

概要：

素粒子標準模型は実験とよく整合している非常に優れた模型であるが、いくつか問題も存在する。QCD における強い CP 問題は、アクシオンと呼ばれる擬スカラー粒子を導入することで解決できる。また、電弱スケールと Planck スケールの間の階層性問題は、ボソンとフェルミオンの間の対称性である超対称性を課することで解決できる。これに基づいて、本研究では超対称性を持つアクシオン模型について考える。超対称性を課したことで超対称パートナー粒子が媒介する陽子崩壊が生じるため、これを可換な離散対称性 (Matter triality) によって抑制する。またアクシオンの超対称パートナーであるアクシーノが暗黒物質になるシナリオを想定し、対称性の下で許される右巻きニュートリノの相互作用項への制限について議論する。

口頭発表：中川 翔太 (東北大学)

題目：Stochastic dark matter in the Axiverse

概要：

アクシオンは標準模型に含まれない未発見粒子であり、ダークマターの有力候補の一つであると考えられている。本講演では2つの非摂動効果により生成されるポテンシャルを持つストリングアクシオンによりダークマターを説明する模型を紹介する。特に、インフレーション中の量子効果によるアクシオン場の確率的振る舞いに焦点を当て、ダークマターとなるパラメータ領域の評価、及びその検証可能性に関して議論する。

### 口頭発表：藤原 素子 (名古屋大学)

題目：擬スカラー粒子が媒介する暗黒物質模型の直接探索実験による検証可能性

概要：

暗黒物質と標準模型粒子の相互作用が擬スカラー粒子によって媒介される模型は、現在の直接探索実験からの制限を巧みに逃れることができる。この模型から摂動高次で予言される暗黒物質と核子の散乱断面積は、媒介粒子とヒッグス粒子の相互作用により劇的に増大することが知られていた。本講演では、模型のポテンシャル解析から導かれるこの相互作用への制限を考慮し、模型の検証可能性を包括的に議論する。

### 口頭発表：濱田 佑 (京都大学)

題目：Stable magnetic monopole in two Higgs doublet models

概要：

標準模型の simple な拡張模型のうちの一つとして、標準模型に Higgs doublet をひとつ足した模型である、two Higgs doublet model (2HDM) がある。我々は、2HDM のあるパラメータ領域において、トポロジカルソリトンとして安定な磁気モノポール解が存在することを示した。特に、ポテンシャルがある  $U(1)$  対称性と  $Z_2$  対称性を持つ場合にはモノポールの安定性はトポロジカルにかつ厳密に保証される。このモノポールは TeV 程度の質量を持ち、今後のモノポール探索で発見される可能性や、2HDM の模型の制限に使える可能性がある。本講演では、まず 2HDM における vortex string についてレビューする。その後、それらをなめらかにつなぎ合わせることでそのつなぎ目が安定な磁気モノポールとして振る舞うことを示す。最後に、 $U(1)$  対称性と  $Z_2$  対称性をあらわに破った場合についても議論する。なお、本講演は arXiv:1904.09269 [hep-ph] に基づく。

### 口頭発表：井黒 就平 (名古屋大学)

題目：Flavor anomalies and collider search within a general two Higgs doublet model (G2HDM).

概要：

There are several discrepancies between the SM prediction and experimental result in flavor physics e.g. muon  $g-2$ ,  $\epsilon_K$ ,  $RD^*$  and  $RK^*$ . G2HDM appears in the simple extension of the scalar sector and explains(improves) some deviations. In this talk, we show that collider searches in LHC can probe interesting scenarios. This talk is based on the paper: 1810.05843 and work in progress.

### 口頭発表：春名 純一 (京都大学)

題目：Coleman-Weinberg 機構が起こる最小限の模型としての Classically conformal  $Z_2 \times Z_2$  invariant two scalar model について

概要：

本講演では電弱スケールの起源を調べるために、質量スケールが dynamical に生成される最小限の模型として classically conformal  $Z_2 \times Z_2$  invariant two scalar 模型を考察する。我々はこの模型の真空を有効ポテンシャル、くりこみ群方程式、Large N 極限の 3 通りの方法で調べた。その結果、Coleman-Weinberg 機構により一方の  $Z_2$  対称性のみが自発的に破れ、その真空期待値は cutoff と非摂動的に結びついていることを発見した。時間が許せば、この模型を標準模型と couple させることにより Higgs 場の真空期待値と質量を再現できる可能性についても議論する。本講演は arXiv:1905.05656 [hep-th] に基づく。



### 口頭発表：阿部 慶彦 (京都大学)

題目： $\mu-\tau$  と親和的な  $Z_n$  模型とミュー粒子異常磁気能率

概要：

ミュー粒子  $g-2$  の予言値と実験値のズレは、標準模型の長年の未解決問題の一つである。本研究では、このズレを説明するために、大域的な  $U(1)_{L_\mu-L_\tau}$  の離散部分群である  $\mu-\tau$  と親和的な  $Z_n$  フレーバー対称性を考える。大域的なフレーバー対称性を考えるため、新たな相互作用を媒介するスカラー場を導入する。フレーバー電荷を持つ新しいスカラー場とレプトンの作用は、一般に FCNC を引き起こすが、 $\mu-\tau$  と親和的な  $Z_n$  対称性によって巧みに制御することができる。さらに、 $Z_4$  対称性を考えた場合には、たった一つのスカラー二重項によるミニマルな標準模型の拡張だけでミュー粒子  $g-2$  のズレの説明と FCNC の制御ができる。本講演では、この新しい  $Z_n$  フレーバー電荷を持つスカラー場の  $g-2$  に対する新しい寄与を求め、この模型に対する高次補正まで含めた実験の制限と理論的な制限を議論する。なお、本発表は藤間崇氏、津村浩二氏との共同研究 arXiv:1904.10908 [hep-ph] に基づく。

## 研究会 2-1 コンベンションホール (8月6日 19:00 ~ 21:00)

### 口頭発表：軍司 啓宏 (金沢大学)

題目：超共形ハイブリッドインフレーション後のレプトジェネシス

概要：

超共形ハイブリッドインフレーションはハイブリッドインフレーションを超共形の枠組みで考えたモデルである。通常、ハイブリッドインフレーションは曲率揺らぎのスペクトル指数が大きくなりすぎて宇宙マイクロ波背景放射の観測からの制限に合わないが、このモデルは観測に整合することが知られている。本研究では、このモデルにマヨラナ質量を持つ3世代の右巻きニュートリノとその超対称パートナーのスニュートリノを導入し、スニュートリノの1つがインフラトンとしてふるまうという状況を考える。この枠組みの中で、インフレーション後のレプトジェネシスのシナリオについて議論する。

### 口頭発表：吉田 貴裕 (新潟大学)

題目：Modular  $A_4$  invariance and leptogenesis

概要：

モジュラー不変性に由来する  $A_4$  対称性を課した模型を議論する。この模型では振動実験により観測されているニュートリノ質量や混合角を説明可能であることが示されている。我々はこの枠組みにおいて、レプトン数生成機構によって宇宙のバリオン数非対称性が説明可能かどうかを調査する。特に宇宙のバリオン数を説明するためには、PMNS 行列に現れるディラック CP 位相、マヨラナ CP 位相と右巻きニュートリノの質量が限定された領域に予言されることを示す。

### 口頭発表：廣瀬 拓哉 (大阪市立大学)

題目：背景磁場入り 6 次元 Yang-Mills 理論のスカラー場に対する質量補正の相殺機構

概要：

我々は、背景磁場入りトーラスでコンパクト化された 6 次元 Yang-Mills 理論のスカラー場のゼロモードの質

量補正を計算する。トーラス空間の並進対称性によるシフト対称性により、スカラー場の質量補正は厳密に相殺される。この結果は、スカラー場のゼロモードが並進対称性の破れで得られる南部-Goldstone ボゾンであることから予想されることである。

#### 口頭発表：高田 慎太郎 (北海道大学)

題目：Modular symmetry anomaly in magnetic flux compactification

概要：

本研究は6次元 (N) 超 Yang-Mills 理論を flux コンパクト化することで得られる4次元低エネルギー理論におけるモジュラー対称性のアノマリーについて計算することで、モジュラー群対称性の部分群がアノマリーによって敗れていることを示した。

### 研究会 2-2 本館 白鬚ホール (原子核会場) (8月6日 19:00 ~ 21:00)

#### 口頭発表：石黒 奎弥 (早稲田大学)

題目：Gepner 模型に基づく湯川結合のモジュライ依存性及びその固定

概要：

超弦理論は、世界面上の2次元超共形場理論 (SCFT) である。SCFT として厳密に解ける場合の1つ (Gepner 模型) は、モジュライ空間の特定の点にある複素3次元 Calabi-Yau 多様体 (CY) にコンパクト化された超弦理論と対応している。現象論的に重要な湯川結合は、そこで SCFT により定まるが、一方 CY 上のモジュライに依存した形でも書ける。例として  $E8 \times E8$  ヘテロ弦理論の CY コンパクト化では、フェルミオンは複素構造、Kähler 構造モジュライに対応する。一般には前者の湯川結合のみ古典的に定まる。後者のそれはミラー対称性を用いて決定できる場合がある。本研究では、あるトロイダルオービフォールドのミラー CY について、複素構造モジュライの結合を調べ、blow-up モードについても決定した。これは弦のツイスト・モードに対応しており、非ツイスト・モードとの結合が定まったことになる。更に現象論的見地から、同じ多様体上にフラックスコンパクト化した IIB 型超弦理論を考え、モジュライ固定を試みた。

#### 口頭発表：山田 篤幸 (名古屋大学)

題目：5次元  $SU(N)$  ゲージ理論における2ループ有効ポテンシャルの有限性およびゲージ階層性問題

概要：

$S^1$  コンパクト化された5次元の  $SU(N)$  ゲージ理論において有効ポテンシャルを2ループ・レベルで計算し、有限になることを示した。ヒッグス場はゲージ場の余剰次元成分のゼロ・モードと同一視されている (ゲージ・ヒッグス統合)。このとき、ヒッグス粒子の質量は量子補正のみによって与えられるので、標準理論におけるゲージ階層性問題は解決される。本発表では計算の詳細について述べる。

#### 口頭発表：井上 奉紀 (神戸大学)

題目：量子グラフ上の5次元 Dirac フェルミオン

概要：

”標準模型は素粒子の振る舞いを記述する理論として華々しい成功を収めている。しかし理論の自然さという観点からは問題が残っていることも事実である。これらの問題は標準模型を超えた物理と呼ばれ、多くの

人々によって精力的に研究がなされている。そのような中で、我々は「世代数問題」・「質量階層性問題」・「世代混合問題」の3つの問題に着目し、これらを高次元模型の枠組みで解決しようという試みを行なっている。これまでの研究で、この3つの問題を同時に解決できる可能性のある5次元模型を構築した [1]。この模型の特徴は、1次元余剰次元として1つの頂点と  $N$  個のループをもつバラ型の量子グラフを初めて導入した点である。本発表では、この模型が標準模型に残された3つの問題をどのように解決する可能性があるかについて説明する。参考文献：[1] Y. Fujimoto, T. Inoue, M. Sakamoto, K. Takenaga, I. Ueba, "5d Dirac fermion on quantum graph", arXiv:1904.12458 [hep-th]."

#### 口頭発表：永野 廉人 (東京大学)

題目：Interface entropy in 4d  $\mathcal{N} = 2$  SCFTs

概要：

我々は4次元  $\mathcal{N} = 2$  SCFTにおいて、Janus インターフェースと呼ばれる余次元1の非局所演算子を構成した。そして、このインターフェースに付随するエントロピーをエンタングルメントエントロピーを用いて定義し、局所化の方法により計算した。その結果、このインターフェースエントロピーはモジュライ空間上のKahler ポテンシャルの特定の組み合わせで書ける事が分かった。

## 研究会 3 コンベンションホール (8月8日 14:30 ~ 18:00)

### 口頭発表：森 崇人 (総合研究大学院大学)

題目：Tensor network and bulk entanglement

概要：

このトークでは、反ド・ジッター時空 (AdS) の時間一定面でのバルクのエンタングルメントを、Multi-scale entanglement renormalization ansatz (MERA) と呼ばれるテンソルネットワークの”dual” graph を用いて、コホモロジーの視点から議論する。

### 口頭発表：辻村 潤 (名古屋大学)

題目：重力系の MERA 解釈可能性

概要：

ゲージ/重力対応にはテンソルネットワークである MERA としての解釈が知られている。ゲージ/重力対応が知られていない重力系でも、その MERA としての解釈が可能な重力系が存在する可能性がある。FRW 宇宙の場合についてその検証をする。

### 口頭発表：山代 和志 (静岡大学)

題目：ゲージ重力対応における情報幾何とバルク幾何の関係

概要：

ゲージ重力対応において、場の量子論側で線り込み群に対する情報幾何と重力双対におけるバルク幾何との関係を調べる。まず、場の量子論側で CFT に摂動をかけた時、線り込み群の流れに沿った情報計量を計算する。一方、GKP-Witten の関係式に基づいて、重力側で AdS 時空からずれた対応する古典解を求める。以上から、この古典解が与える幾何と情報計量が与える幾何の間の関係を見出す。

### 口頭発表：奥村 傑 (京都大学)

題目：2次元ディラトン重力系と  $TT\bar{t}$  変形に関する研究

概要：

本公演では2次元ディラトン重力系に対しての物質場による摂動が、適切な条件の下で  $TT\bar{t}$  変形に書き直せることを示す。特に負の宇宙定数を持つ模型である Jackiw-Teitelboim 模型に対して、共形対称な物質場加えた場合にも成り立つことを見る。この結果は S. Dubovsky, V. Gorbenko, M. Mirbabayi らによる JT 模型の平坦極限についての先行研究 [arXiv:1706.06604] の一般化である。

### 口頭発表：住本 尚之 (大阪大学)

題目：量子重力補正とホログラフィック Wilson ループの  $1/N$  補正

概要：

AdS/CFT 対応は、 $N$  を無限大とする Large  $N$  極限で成立する対応関係であることが知られているが、 $N$  が有限の場合は量子補正が現れ、対応関係は非自明となる。我々は、ある極限で量子重力補正を含む解が求められている、D0-brane 時空を考え、ホログラフィック双対なゲージ理論の Wilson loop を計算することで、量子重力補正からくるゲージ理論の  $1/N$  補正を計算した。その結果は、量子重力補正が斥力的な効果を持つことを支持するものであった。このトークは [arXiv:1905.02632] に基づく。

### 口頭発表：藤井 大輔 (大阪大学)

題目：ホログラフィック QCD による重いハドロンの研究

概要：

実験の進展により近年重いハドロンの励起準位が複雑な様相を呈することが明らかになってきた。ホログラフィック QCD の一つの模型である酒井杉本模型から得られるハドロン有効理論は、その余剰次元がハドロンの励起準位を表現する役割を担っていて、軽いハドロンの研究において、定性的にも定量的にも大きな成功をおさめた。酒井杉本模型のハドロン有効理論は、励起準位を扱う上で大変優れていて、重いハドロンの複雑な励起準位、例えばエキゾチックハドロンなどの、研究においても力を発揮する可能性がある。本発表では酒井杉本模型を用いた重いハドロンの研究について、現在までに得られた成果を紹介する。

### 口頭発表：林 祐輝 (東北大学)

題目：クォーク・反クォーク対の全エネルギーに対する UV からの寄与

概要：

クォーク・反クォーク対の全エネルギー  $E_{tot} = 2m_{pole} + V_{QCD}$  は、large- $\beta_0$  近似において  $O(\Lambda^3 r^2, \Lambda^3/m^2)$  にリノーマロン不定性を残して摂動 QCD で予言可能である。本研究では  $m_{pole}$  の UV と IR の物理を MS bar 質量  $m$  で展開することで分離し、UV 寄与の具体形が明らかな OPE を得た。本講演では、その UV 寄与の物理的解釈と、リノーマロンを除去した OPE に基づいた高精度 QCD の実現についてコメントする。

### 口頭発表：松本 信行 (京都大学)

題目：ハバード模型の符号問題に対する tempered Lefschetz thimble 法の適用

概要：

有限密度の QCD や強相関電子系などにおいて作用が複素数値になる場合、素朴にモンテカルロ計算を行うと符号問題が発生する。tempered Lefschetz thimble 法 (TLT 法) [1,2] は、反正則なグラディエントフローを用いた積分面の変形と、フロー時間によるテンパリングにより、符号問題を解消するアルゴリズムである。本講演では、まず期待値の評価が正確に行われていることを保証する条件を示し、これを少数サイトのハバード模型に適用した場合に期待値の厳密値が正しく再現されることを示す。本内容は福間 将文氏、梅田直弥氏との共同研究 [2] に基づく。[1] M. Fukuma and N. Umeda, (2017) [arXiv:1703.00861]. [2] M. Fukuma, N. Matsumoto and N. Umeda, (2019) [arXiv:1906.04243].

研究会 4-1 コンベンションホール (8月8日 19:00 ~ 21:00)

### 口頭発表：古賀 一成 (九州大学)

題目：準安定状態の崩壊における高次元静的ブラックホールの触媒効果

概要：

近年の素粒子理論、宇宙論の研究において我々の宇宙が準安定な真空に存在し、崩壊しようとの示唆がある。この準安定な真空の崩壊において、4次元の静的なブラックホールが触媒として振舞うことが先行研究で明らかになっている。作用をユークリッド化することから求められるバウンス作用を計算することで準安定状態の真空の崩壊を定量的に評価できる。超弦理論の下でこの触媒効果を明らかにすることを目標としており、

本研究はその最初の段階として 5~10 次元で静的なブラックホールが 4 次元の場合と同様に触媒効果を持つことを示したものである。

#### 口頭発表：渡辺 展正 (筑波大学)

題目：Partial Deconfinement

概要：

超対称ヤン・ミルズ理論とゲージ/重力双対な超重力理論では、系の AdS ブラックホールのエネルギーが減少してくるとスモールブラックホール (SBH) へ転移する。この SBH は比熱が負で熱力学的に不安定であることから、ゲージ理論側でこの状態をどう記述できるかが問題となっていた。本発表では、SBH がゲージ理論で定義できる”partial deconfinement”という概念で記述できることを提案し、その性質や一般のゲージ理論の閉じ込め現象への応用について議論する。

#### 口頭発表：鈴木 晴侯 (茨城大学)

題目：高階スピゲージ理論の反場を含んだ BRST 不変な相互作用頂点

概要：

AdS 空間上の高階スピゲージ理論は AdS/CFT 対応のより深い理解を与えると期待されている。また高階スピンのダイナミクスは弦理論のテンションレス極限に対応していると考えられる。しかし、相互作用を含む高階スピゲージ理論は完全には作用が知られておらず量子化が難しい。そこで量子化を目標に、高階スピゲージ理論の相互作用を議論する。そのために de Witt と Freedman の作用で無質量高階スピゲージ理論の相互作用を考え、Henneaux によって提案された BRST 反場コホモロジーを用いた手法で 3 点頂点の計算を行う。本発表ではまず、de Witt-Freedman の Lagrangian に対し反場を用いることで構成した BRST 不変な作用を示す。そして、BRST コホモロジーを使い高階スピゲージ場の平坦空間上での異なる 3 つのスピンの相互作用頂点を計算する。そして、その作用の AdS 空間への拡張を議論する。

#### 口頭発表：落合 誠 (早稲田大学)

題目：階段/箱型ポテンシャル散乱の場の量子論的解析

概要：

相対論的量子力学では、Klein パラドックスと呼ばれるポテンシャル障壁の剛体壁極限に対するトンネル現象が予言される。この現象は外部電場中の真空崩壊すなわち Schwinger 効果と関連するとされ、外場中の場の量子論に基づいて長年研究されてきた。近年、 $\tanh$  型のスカラーポテンシャルに対する Dirac 方程式の厳密解を用いた場の正準量子化により、相対論的量子力学の予言する反射率と透過率を再現する枠組みが与えられた (Gavrilov and Gitman, 2016)。このような解析手法は、場の正準量子化に用いられるモード関数の選び方が一通りではない等の問題を含むため、既存の方法とは異なる定式化を構築し比較する必要がある。本講演では、階段ポテンシャルと箱型ポテンシャルに対し、平面波と散乱波動関数の 2 つの完全系を用いて場を正準量子化し、S 行列の非摂動的解析を行う。S 行列要素から相対論的量子力学における反射率と透過率が導かれることを示す。

研究会 4-2 本館 白鬚ホール (8月8日 19:00 ~ 21:00)

口頭発表：馬場 惇 (筑波大学)

題目：Wilson fermion の下での Gradient flow を用いた PCAC mass の計算

概要：

Gradient flow 法は、非摂動的なくりこみ手法として、格子 QCD におけるエネルギー運動量テンソルやカイラル凝縮のくりこみ係数の定義などに用いられている。この手法は、正則化に依存しないくりこみを行う手法であり、例えば Wilson fermion のようなカイラル対称性を破るような定式化の下でも、非自明な加法くりこみなしでカイラル凝縮をはじめとするカイラル対称性に関する演算子のくりこみを行うことができる。本研究では、gradient flow 法を用いて、Wilson fermion の下で PCAC mass を計算する。

口頭発表：秋山 進一郎 (筑波大学)

題目：高次テンソル繰り込み群による 4 次元 Ising 模型の相転移の解析

概要：

平均場近似によると Ising 模型の相転移は 2 次元であることが結論され、摂動繰り込み群を用いると 4 次元では平均場の臨界指数に対数補正が伴うことが導かれる。一方、モンテカルロ計算では非摂動的な解析が可能となるものの、強い有限体積効果に起因して信頼できる熱力学極限への外挿が困難であり、摂動繰り込み群の結果の再現には今日に至るまで成功していない。本研究では、テンソルネットワーク法的一种である高次テンソル繰り込み群を 4 次元系へと拡張し、最大  $1024^4$  サイトの超立方格子上で Ising 模型の内部エネルギーと磁化の振る舞いを調べることによって、その相転移現象について議論する。

口頭発表：黒田 航平 (東京工業大学)

題目：常微分方程式と可積分系の対応の数値検証

概要：

常微分方程式と可積分系の対応関係である ODE/IM 対応について検証を行う。pseudo-ODE とよばれる方程式系に着目し、エネルギースペクトルを数値計算により比較した。またこの方程式は affine Toda 方程式の正則部分のみをとる極限で実現されることから、さらに広い対応関係が期待される。本発表では、対応を簡単に説明し検証結果を紹介する。

口頭発表：近藤 宇泰 (東京工業大学)

題目：微分方程式と可積分系の対応の数値検証

概要：

ODE/IM 対応とは微分方程式と可積分系の数理解物理的な対応である。ODE/IM 対応とは微分方程式と 2 次元可積分系の数理解物理的な対応である。2 次元可積分系はリー群  $G$  で指定される Bethe 仮説方程式によって特徴付けられるが、対応する微分方程式は  $G$  のラングランズ双対で指定される Affine 戸田方程式から導かれる。数値検証においては、微分方程式と可積分系それぞれのエネルギー固有値を用いることができる。本発表では、ODE/IM 対応と応用について概観し、現在行なっている数値検証について紹介する。

研究会 5 コンベンションホール (8月9日 14:30 ~ 18:00)

**口頭発表：荒井 玲於奈 (東京工業大学)**

**題目：** $\mathcal{N} = 3$  超対称場の理論における超対称性の非自明な拡張

**概要：**

超対称性を3つ持つ  $\mathcal{N} = 3$  場の理論は、ラグランジアンで書くと超対称性が自明に  $\mathcal{N} = 4$  に拡張してしまうことが知られている。したがって、 $\mathcal{N} = 4$  に自明に拡大しない  $\mathcal{N} = 3$  理論はラグランジアンで記述できない。近年、この性質を持った具体的な  $\mathcal{N} = 3$  理論が構成され、その性質が少しずつ明らかになってきた。その中でも、ランクが1と2の理論は  $\mathcal{N} = 3$  超対称性が非自明に  $\mathcal{N} = 4$  に拡張してしまう現象が予想されており、本研究ではこの予想を超共形指数と呼ばれる一種の分配関数で検証する。この発表では  $\mathcal{N} = 3$  理論を概観し、超対称性の拡張が超共形指数を用いてどのように確認できるかを議論する。

**口頭発表：藤原 翔太 (東京工業大学)**

**題目：**超共形指数を用いた AdS/CFT 対応の解析

**概要：**

超対称性を持つ理論を特徴付ける量として「超共形指数」が存在する。超共形指数は結合定数などの理論に含まれるパラメータの連続的な変化で不変であるという性質を持つため、AdS/CFT 対応などの理論の双対性を調べるのに適した量である。今発表では、超共形指数を用いた有限の  $N$  での AdS/CFT 対応の検証の進展について説明を行う。

**口頭発表：森 達也 (東京工業大学)**

**題目：**Finite  $N$  corrections to the superconformal index of orbifold quiver gauge theories

**概要：**

$AdS_5 \times S^5/\Gamma$  上の IIB 型超弦理論とクイバーゲージ理論の間における有限の  $N$  での AdS/CFT 対応を調べる。そのために AdS 側と CFT 側の両方で超共形指数を調べる。AdS 側の超共形指数への有限の  $N$  の補正は内部空間内の3サイクルに巻きついた D3 ブレーンから与えられると考えられる。巻きつき D3 ブレーンの超共形指数を計算し、クイバーゲージ理論からの局所化法による結果と比較すると、有限の  $N$  の補正の leading な部分が一致することがわかる。

**口頭発表：小泉 咲 (東京工業大学)**

**題目：**Quantum Seiberg-Witten curve and Universality in Argyres-Douglas theories

**概要：**

$(A_1, G)$  型の Argyres-Douglas(AD) 理論の量子 SW 曲線から得られる量子周期を、 $N = 2$  でゲージ群  $G$  をもつ理論の量子周期のスケールング極限をとることで変形パラメータの4次のオーダーまで比較した。 $G = A_r$  のとき、AD 理論の量子 SW 曲線はスケールング極限と無矛盾である。 $G = D_r$  のとき、AD 理論の SW 曲線には量子補正が必要であり、それはもとの SW 曲線の量子化条件に依存する。また、異なる UV 理論から得られる  $(A_1, A_3)$  型や  $(A_1, D_4)$  型の AD 理論の普遍性についても調べた。



## 研究会 6-1 コンベンションホール (8月9日 19:00 ~ 21:00)

### 口頭発表：三浦 滉平 (東北大学)

題目：弦理論の T 双対性と一般化幾何学

概要：

弦理論は理論の整合性から 10 次元時空上の理論であることが知られている。一方で、弦理論が現象論的に意味を持つためには、有効理論において 4 次元時空の理論である標準理論と一致する必要がある。そのため、弦理論に含まれる余剰な 6 次元空間は低エネルギーで無視できるように“小さく丸める (コンパクト化する)”必要がある。この時、どのような空間にコンパクト化するかによって弦理論から得られる 4 次元有効理論が異なるものになる。現在までに標準理論を得ることができるコンパクト化の方法は未発見であり、研究中の課題である。これまでの研究で、コンパクト化する空間として通常の高次元多様体を選ぶと標準理論を得られないことが知られている。そのため、通常の高次元多様体にはない弦理論特有の幾何学的構造である“T 双対性”を理解する必要がある。本発表では通常の高次元幾何学の拡張である一般化幾何学を用いて T 双対性を系統的に理解する方法を議論する。

### 口頭発表：原 健太郎 (東京理科大学)

題目：非可換  $U(1)$  ヤン・ミルズ解とエルミート・アインシュタイン計量の対応関係について

概要：

我々は今回、局所的なエルミート・アインシュタイン計量が“Gravitational instantons from gauge theory,” H. S. Yang and M. Salizzoni, Phys. Rev. Lett. (2006) 201602, [hep-th/0512215] で紹介されている写像によって (反) 自己双対 2-形式から構成されることを示した。この方法は元々非可換  $R^4$  上のゲージ理論についてのものであったが、今回に限っては可換空間上の (反) 自己双対 2-形式に対しても有効である。我々は今回 (反) 自己双対 2-形式の具体例として非可換  $R^4$  上のインスタントンを用いることでエルミート・アインシュタイン計量を構成している。またインスタントン以外のヤン・ミルズ解についても議論する。

### 口頭発表：嶋田 圭吾 (東京工業大学)

題目：非ゴースト性と計量アフィン幾何学

概要：

現在、一般相対性理論を越える重力理論の構築が基礎物理における課題である。これら拡張された重力理論には、満たす性質が複数あり、例えば理論の予言性を損なうゴーストが存在しないと望ましい。さて重力が計量とスカラーによって媒介するスカラーテンソル理論の文脈において、スカラーの高階微分項が含まれる場合、本来のスカラー自由度以外にもゴースト自由度が現れることが知られている。本研究は、スカラーテンソル理論をリーマン幾何学から計量と接続を独立に扱う計量アフィン幾何学へと拡張し、新たに現れる対称性にゴーストを吸収させることによって、理論が非ゴーストになることを示した。以上は [1],[2] についてであり、幾何学、対称性、非ゴースト性の関連性をひもとく研究である。参考文献:[1]K. Aoki K. Shimada, "Galileon and generalized Galileon with projective invariance in a metric-affine formalism" Phys.Rev. D98 (2018) no.4, 044038 [2]K. Aoki K. Shimada, "Scalar-metric-affine theories: Can we get ghost-free theories from symmetry?" arXiv:1904.10175 [hep-th]

研究会 6-2 本館 白鬚ホール (8月9日 19:00 ~ 21:00)

口頭発表：杉山 健斗 (静岡大学)

題目：ブラックホール形成とホーキング輻射

概要：

ブラックホールの情報喪失問題は現代物理学における難問の1つであり、この解決に向けて様々な提案が行われている。近年、ホーキング輻射の寄与を考慮すると、ブラックホール(事象の地平線)が形成されないという議論が盛んになされている。私達は、shell 状の massive な物質の重力崩壊においてこの問題を研究した。本講演ではその結果を紹介する。

口頭発表：浅見 拓紀 (名古屋大学)

題目：AdS instability and Einstein-Vlasov system

概要：

近年、AdS 時空は AdS/CFT などの観点から注目され盛んに研究が行われている。しかし、AdS 時空にはその漸近構造に由来する不安定性が存在することが知られており、その動的な性質は未だに理解されていない。本講演では、無衝突粒子の自己重力系である Einstein-Vlasov 系のモデルを用いることで AdS 時空の動的な性質について議論する。

口頭発表：古郡 秀雄 (名古屋大学)

題目：QED における赤外問題について

概要：

量子電磁気学 (QED) を含む massless 粒子が相互作用する理論ではある状態から別のある状態への遷移確率が0になってしまうという赤外発散の問題が存在する。この問題を解決する方法は大別して2通りあり、1つは観測にかからない程の低エネルギー粒子が無数に放出されることを考慮するというもので、2つ目は低エネルギー粒子の相互作用がいつまでも残り続けることを考慮するというものである。1つ目の方法はS行列に関しては ill-defined であるという問題が存在し、2つ目の方法に関しては相互作用の効果を取り入れた漸近状態-dressed state の定義やS行列の定義に議論が多く残っている段階である。本講演では2つ目の方法-dressed state の方法によって赤外発散やそれにまつわる諸々の物理について考える道を今後の展望とともに紹介する。

口頭発表：富塚 健志 (東北大学)

題目：Moving mirror 模型における純粋化パートナー公式

概要：

ブラックホール情報損失問題においてユニタリティが保たれるとすると、ホーキング輻射と量子的に纏れ純粋化する”純粋化パートナー”が必要である。ガウス状態の場合に純粋化パートナーを求める公式が昨年導出されており、今回はこの公式をブラックホールの輻射、蒸発過程を模した Moving Mirror 模型に拡張し具体的なパートナーの解析、さらに情報の蓄積の仕方についての考察を行った。参考文献: (1) J. Trevison, K. Yamaguchi, and M. Hotta, J.Phys A: Math Theor.52(12) 2019 (2) arXiv:T.Tomitsuka, K.Yamaguchi and M.Hotta :1906.05009