

## 7.23 C1, PC1 素粒子理論（兼村）グループ（物理学専攻）

### ■ スタッフ：

兼村晋哉（教授）、尾田欣也（准教授）

### ■ 研究分野：

素粒子物理学、特に素粒子論的宇宙論、素粒子現象論

### ■ 研究目的：

現代の素粒子物理学が抱える諸問題を解決し、テラスケールからプランクスケールに至る物理現象を統一的に記述する新理論を探究する。理論的考察と実験からのインプットを用いて実証的に研究することにより、宇宙をより根本的なレベルで理解することを目指す。

### ■ 研究テーマ：

素粒子物理や宇宙物理の様々な未解決問題を説明できる新物理の理論を構築する。それらの理論を様々な高エネルギー実験や宇宙実験で検証する為の現象論的研究を実施する。2012年に発見されたヒッグス粒子の性質を手がかりに、電弱対称性の自発的破れの機構と、その背後にある新物理を理論的に探る。さらに2016年の重力波の直接検出を受けて、重力波による素粒子理論の検証可能性を研究する。

### ■ 研究内容：

1. 初期宇宙の真空構造とヒッグス物理、新しい統一理論  
電弱対称性の自発的破れの力学的要因・背後に潜む新しい物理学のパラダイムを探究するための理論的研究（新モデルの構築とその検証法に関する研究）
2. 標準理論を超えた諸問題  
ニュートリノ微小質量問題、宇宙暗黒物質問題、宇宙バリオン数非対称問題、宇宙インフレーション問題などの未解決問題を説明する新機構、新モデルに関する理論的研究
3. 素粒子現象論  
新物理学の様々なモデルを、欧州のLHCや計画中の国際リニアコライダー等の高エネルギー加速器実験や各種宇宙線実験等で検証する為の理論的研究
4. 重力波物理学  
LISA計画等の宇宙における重力波の精密測定実験を用いて、テラ電子ボルト領域からプランクエネルギー領域に至る様々な素粒子・宇宙の理論やモデルを検証する為の理論的研究

### ■ 研究協力：

他の素粒子理論（大野木、橋本）グループと一体となり研究活動する。毎週セミナーを開催、他大学や研究所の理論グループとも積極的な交流を行う。

### ■ ホームページ：<http://www-het.phys.sci.osaka-u.ac.jp/>

### ■ 連絡先：

兼村晋哉 06-6850-5340 /kanemu@phys.sci.osaka-u.ac.jp

尾田欣也 06-6850-5732 /odakin@phys.sci.osaka-u.ac.jp

## 7.24 C1, PC1 素粒子理論（大野木）グループ（物理学専攻）

### ■ スタッフ：

大野木哲也 (教授), 田中実 (助教), 深谷英則 (助教), 高杉英一 (招へい教授), 細谷裕 (招へい  
研究員)

### ■ 研究分野：

素粒子物理学、対称性とダイナミックス、格子ゲージ理論

### ■ 研究目的：

ゲージ理論にもとづいた素粒子の基礎理論を研究する。標準理論で説明できない現象や、現象の背後に隠されたダイナミックスや対称性の破れに着目し、新しい時代の素粒子の基礎理論の確立を目指す。

### ■ 研究テーマ：

1. 格子ゲージ理論とその応用
2. フレーバー構造と CP 対称性の破れ

### ■ 研究内容：

#### 1. 格子ゲージ理論とその応用

格子ゲージ理論は離散化された格子上で場の理論を定義する手法である。これを QCD に適用し、クォーク閉じ込めやカイラル対称性の自発的破れを第一原理計算により導くことができる。特に近年発見されたカイラル対称性を厳密に保つフェルミオン作用を用いて、素粒子のフレーバー構造の研究や QCD の有限温度相転移などの現象の予言をめざす。

格子ゲージ理論で開発された非摂動繰り込みや Gradient Flow などの手法を用いて、場の理論の繰り込み群やカイラルゲージ理論の定式化など新しい場の理論に対する理論的研究も行っている。

また、近年はグラフェンやトポロジカル絶縁体など物質中のディラックフェルミオンと格子ゲージ理論における格子上のフェルミオン理論的類似性が発見された。それを出発点に素粒子・物性分野間の境界領域の開拓を行っている。

#### 2. フレーバー構造と CP 対称性の破れ

フレーバー（世代、ファミリーともいう）構造は、素粒子物理の大きな謎であり、フレーバー構造に伴う CP の破れは、宇宙の物質生成の鍵でもある。クォークのフレーバー構造とその起源について、スーパー B ファクトリーの物理を中心として研究を行っている。また、レプトンのフレーバー構造に迫るために、高度なレーザー技術を用いた原子物理によるニュートリノの性質の解明を目指し、実験家と協力して研究を推進している。

### ■ 研究協力：

他の素粒子理論（兼村, 橋本）グループと一体となり研究活動をする。毎週、セミナーを開催、他大学や研究所の理論グループとも積極的な交流を行う。

### ■ ホームページ：

<http://www-het.phys.sci.osaka-u.ac.jp/>

### ■ 連絡先：

大野木哲也: 06-6850-5727 / onogi@phys.sci.osaka-u.ac.jp

田中実: 06-6850-5733 / tanaka@phys.sci.osaka-u.ac.jp

深谷英則: 06-6850-5729 / hfukaya@phys.sci.osaka-u.ac.jp

## 7.25 C1 素粒子理論 (橋本) グループ (物理学専攻)

### ■ スタッフ :

橋本 幸士 (教授)、山口 哲 (准教授)、飯塚 則裕 (助教)

### ■ 研究分野 : 場の量子論と超弦理論

### ■ 研究目的 :

この宇宙を造っている究極の物質は何だろう、この宇宙はどうやって始まったのだろう、という素朴な疑問に答えようとするのが素粒子論です。我々のまわりの運動はニュートンの力学に従っていますが、クォークやレプトン等の素粒子の世界を記述する言葉は、相対性理論と量子力学を融合した場の量子論と呼ばれる法則です。場の量子論は、粒子と波と力を統一した理論であり、人類がこれまでに到達した最高の力学形式ですが、アインシュタインの重力理論だけは統一されていません。すべてを統一する究極の力学形式として超弦理論が考えられていますが、未だ完成していません。私達は場の量子論と超弦理論を研究して、上の素朴な疑問に答えたいと思っています。

### ■ 研究テーマ : 場の量子論、超弦理論、超対称ゲージ理論、数理論理、量子重力など

### ■ 研究内容 :

1. 超弦理論 : 超弦理論は、重力の量子論として非常に有望な理論です。超弦理論は通常、10次元時空と言った高次元で定式化されるので、現実世界の4次元時空との関係、特に丸まっている残り6次元の数学的構造や、弦に加えて膜のような物体(ブレーン)の構造などを調べて、理解を進めています。
2. ゲージ理論 : 電磁気学や量子色力学などのゲージ理論は、大変豊富な構造を持つ場の量子論であり、クォークの閉じ込めやカイラル対称性の自発的破れ等、興味深い現象が起こります。素粒子の標準模型の根幹を成すゲージ理論の構造を調べることは、広い立場から素粒子の記述の方法を知ることにつながります。超対称性がある場合や、共形対称性がある場合、そして様々な時空次元の場合を調べることで、弦理論や素粒子論への応用等が拓けます。
3. 数理論理 : 超弦理論や統計系、対称性の高いゲージ理論などの解析は、幅広い応用の可能性を秘めています。超弦理論で発見されたゲージ重力対応は、強く相互作用して解析が困難なゲージ理論を、等価な高次元重力理論にマップして解くことを可能にします。また、場の理論に現れるソリトンを通じて、様々な場の理論が関係づいたり、解析が可能になったりします。数理論理のカバーする対象や手法は幅広く、素粒子論を中心として、研究が展開されています。
4. 量子重力 : ブラックホールは古典的にはものを吸い込むだけですが、量子論を考慮すると蒸発します。そのような状況では量子重力の効果が劇的に重要になります。ブラックホールの量子論について深く理解する事は、時空の特異点について深く理解する事にもつながります。近年、ゲージ重力対応で量子論的に時空自身を扱う事が可能になってきました。これらの研究を通じて、時空自身の本質にせまる研究を進めています。

### ■ 研究協力 : 素粒子理論(兼村)グループ、素粒子理論(大野木)グループとは共同で研究活動を行っています。毎週一回、セミナーとジャーナルクラブ(文献紹介)を行っています。また、月一回程度、近隣の大学と連携してセミナーを開催しています。

### ■ ホームページ : <http://www-het.phys.sci.osaka-u.ac.jp/>

### ■ 連絡先 :

橋本 幸士 Tel: 06-6850-5731 / email: koji@phys.sci.osaka-u.ac.jp