

7.23 C1, PC1 素粒子理論 1 (大野木) グループ (物理学専攻)

- スタッフ :

尾田欣也 (准教授), 高杉英一 (招へい教授)

- 研究分野 : 素粒子物理学、場の理論、宇宙論

- 研究目的 :

物理の基本原理は何か。物理の基本法則は何か。素粒子と宇宙を支配する真理を探求する。宇宙の誕生から今日までの歴史を解きほぐす。現在の最大のテーマはヒッグスボゾンや暗黒物質の正体、宇宙のインフレーションの解明である。背後には、余剰次元や超対称性が潜んでいる可能性があり、超弦理論も現実にも届くかもしれない。

- 研究テーマ : 素粒子統一理論、初期宇宙論、余剰次元、暗黒物質、インフレーション

- 研究内容 :

1. 素粒子の統一理論

素粒子相互作用の統一はゲージ理論で実現される。統一の背後には超弦理論がある。LHCでヒッグス粒子が発見されたが、その正体は完全には分かっていない。高次元空間においてゲージ場とヒッグス粒子を統合する理論、ボゾンとフェルミオンを結ぶ超対称性理論、素粒子相互作用の大統一理論などを通じて重力と時空の起源に迫る。

2. 宇宙論、暗黒物質、インフレーション

標準宇宙論と素粒子標準模型はどちらも輝かしい成功を取めたが、標準宇宙論において宇宙のエネルギーの95%は標準模型では説明がつかない暗黒物質と暗黒エネルギーで占められていることが確定した。宇宙論は標準模型を越えた新物理の窓である。この先10年にわたって宇宙背景放射のBモードや暗黒物質の直接探索などの新データが続々と出てくることが予想され、宇宙のインフレーションの起源とからめて素粒子物理の大きな進展が期待される。

3. 細谷機構

対称性原理と対称性の自発的破れは物理を支配する。細谷機構は、余剰次元の量子効果でゲージ対称性を自発的に破る機構である。ヒッグス粒子とゲージ場を統一し、力を統合する。この細谷機構は格子ゲージ理論の数値シミュレーションでも非摂動的に確立できる。これから5年、遂に、加速器実験での検証の時代に入る。

4. 博士 (Ph.D) の輩出

2015年度は4名、2014年度は5名、2013年度は3名、2012年度は1名が博士 (Ph.D) を取得した。そのうち、研究職については、各年度、2名、3名、3名、1名である。

- 研究協力 : 他の素粒子理論 (大野木, 橋本, 窪田) 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 : 尾田欣也: 06-6850-5732 / odakin@phys.sci.osaka-u.ac.jp

7.24 C1, PC1 素粒子理論 2 (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)
- 研究分野： 素粒子物理学、対称性とダイナミクス、格子理論
- 研究目的： ゲージ理論に基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. 格子理論を用いた場の理論の研究
 - 格子 QCD のフレーバー物理とカイラルダイナミクスへの応用
 - 新しい場の理論の非摂動的定式化の研究
 - 物性系への応用
 2. フレーバー構造と CP 対称性の破れ
 - B 中間子の物理
 - ニュートリノの物理
- 研究協力： 素粒子理論 (細谷) グループ、素粒子理論 (橋本) グループ、素粒子理論 (窪田) グループとは共同でさまざまな研究活動を行っている。毎週、コロキウムと文献紹介セミナーを全員参加で開催している。実験や観測との関連を特に重視し、阪大の実験グループや他大学、研究所の実験・理論グループとも積極的な交流を行っている。
- ホームページ：<http://www-het.phys.sci.osaka-u.ac.jp/>
- 連絡先：
大野木 哲也 Tel: 06-6850-5727 / email: onogi@phys.sci.osaka-u.ac.jp

7.25 C1, PC1 素粒子理論3 (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か、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、数理解論、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. 数理解論 : 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。数理解論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(細谷)グループ、素粒子理論(大野木)グループ、素粒子理論(窪田)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、近隣の大学と一しょに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

7.26 C1, PC1 素粒子理論4 (窪田) グループ (全学教育推進機構)

- スタッフ : 窪田 高弘 (教授)
- 研究分野 : 素粒子論、重力理論、素粒子論的宇宙論
- 研究目的 : 素粒子実験や宇宙観測の最新のデータを視野に入れた、現象中心の素粒子理論を発展させるのみならず、重力理論、超弦理論をも含めた数理的な方法による解析も同時並行で進めていく。そうすることによって素粒子の標準理論の奥に潜むものを追究していく。
- 研究テーマ : 超対称ゲージ理論、超重力理論、超弦理論、インフレーション宇宙論、CP 対称性の破れ、ヒッグス粒子、ニュートリノ物理学
- 研究内容 :
 1. ゲージ理論と重力理論の双対性
反ド・ジッター空間上の超重力理論とその境界上の共形不変なゲージ理論の間には、神秘的な対応関係があることが指摘されている。その事実刺激を受けて、われわれは3次元アインシュタイン重力にチャーン・サイモンズ項を加えた理論でのヴィラソロ代数の導出法、境界の場の理論でのくりこみ群の流れ等を研究してきた。現在われわれは、4次元カー・ブラックホールのホライズン上の共形場理論の基礎付けを研究中であり、ブラックホールの構造研究の新しい手法開発に努力している。
 2. 場の理論の手法の宇宙論への応用
宇宙の3度K背景輻射の揺らぎ観測は、揺らぎの非ガウス性の発見への期待から、場の量子論の手法を宇宙論に応用する研究を刺激している。われわれも曲率摂動の相関関数の共形変換不変性を証明するなど、素粒子論の手法の適用領域拡大に努めてきた。現在はド・ジッター空間のSO(1,4)対称性を非ガウス性に応用する研究、QCDで開発された有効場理論の方法をインフレーション宇宙論に適用する研究を進めている。
 3. CP非対称性の新しい起源を探る
初期宇宙でのバリオン数生成を実現するためには、小林・益川理論を越えた新しいCP対称性の破れの起源を探究する必要がある。J-PARC等での電気双極子能率の測定実験はその意味で大変に刺激的で、われわれもR-parityを破る超対称模型を用いて実験データの分析を行っている。また、中性子崩壊における様々な非対称パラメーターの測定もPSIやJ-PARCで進捗しつつあり、それらの解析も進めている。これらの研究では原子核理論グループとの連携が不可欠になる。
 4. ヒッグス粒子やニュートリノの諸性質
ヒッグス粒子崩壊の確率をQCD補正まで含めて精度良く計算することは長年の研究テーマである。LHC実験のデータ蓄積に歩調を合わせ、今後は輻射補正の再検討を通じて、次なる新粒子の発見のヒントを得る研究に繋げていきたい。また長基線ニュートリノ実験を基礎にして、レプトン・セクターにおけるCPの破れを発見する研究にも今後進んでいきたいと考えている。
- 研究協力 : 素粒子理論(細谷)グループ、素粒子理論(大野木)グループ、素粒子理論(橋本)グループと共同でさまざまな研究活動を行っている。毎週コロキウムと文献紹介セミナーを全員参加で開催している。実験や観測との関連を特に重視し、阪大の実験グループや他大学、研究所の実験・理論グループとも積極的に交流を行っている。
- ホームページ : <http://www-het.phys.sci.osaka-u.ac.jp/>
- 連絡先 : 窪田高弘 Tel: 06-6850-6955 / email: kubota@celas.osaka-u.ac.jp