

1. はじめまして、素粒子論研究室です。

物質や力を構成する最小単位の粒子、それを素粒子と呼びます。

私たちは、素粒子の振舞をはじめとする最も基本的な物理現象が、どのような必然の結果生まれたのかを、実験や観測の事実を手がかりとして定量的に明らかにする研究をしています。

素粒子論は、日常とかけ離れているため、実感が持てない人も多いと思います。確かに、素粒子の多くは加速器内でしか見ることができません。しかし突き詰めると、私たちの日常に見かける物理現象の多くも、加速器内の現象を作り出すものと同じ物理法則が作られているといえます。一見人々と関係がなさそうな素粒子は、素粒子論を通じて私たちの世界全体を説明する根拠になっているのです。

これからの素粒子論がどのように発展するのかは誰にも分かりません。次世代の素粒子論をつくるために、どの物理に注目し、どの方策を取れば良いのか、様々な可能性が残されています。そのため、素粒子論は幅広い研究領域を持つ特徴があります。

私たちの世界には、未だ分からないことがたくさんあります。しかし、私たちがこれまで分からないままに許容していた基本現象を解明し、私たちの世界に1つの説明を与えることができる段階に、素粒子論は来ていると感じています。素粒子論研究室は、この時代に生まれた偶然に感謝して、私たちの世界に正しい描像を与えるために日々研究活動を続けています。

2. 論文速報風景

毎週水曜日の午後に、研究室メンバー全員が集まって、論文速報とセミナーをしています。論文速報では、博士学生以上が持ち回りで最近公開された論文を紹介し、全員で議論しています。セミナーでは、他大学の研究者を招いて、研究内容を約1時間にわたり紹介して頂いています。

この研究室行事を通じて、素粒子論業界の流行を知るだけでなく、論文を読むだけではなかなか身につかない論理性や着眼点を養うことができます。また、この場から新しい研究の構想が生まれることも少なくありません。

研究室全体としての主な行事は、この毎週水曜日の午後だけです。残りの時間は、特に拘束はありません。各自が自己の裁量で、活発に議論しながら自由に研究をしています。



論文速報風景。発表者の書いた式の内容について、皆で考察している場面。右上には、かつて本研究室に在籍していた4人のノーベル物理学賞受賞者の肖像写真が飾られている。

3. 入学後と進路

修士1回次は、物理学第二分野の同期学生と同室になります。ゼミ漬けの生活を1年間送り、素粒子理論研究に必要な知識を基礎から積み上げると同時に、分野を横断する広い視野を身につけます。また、修士1回次から研究を始める人もいます。

修士1回次の10月から、素粒子論研究室に席が配置されます。

修士2回次の4月に、興味を持っている研究内容に関連した論文紹介をしてもらいます。その内容をテーマに、修士論文の研究を行う人が多いようです。11月に行われる研究室内の修士論文中間発表会までには、ある程度の見通しが立っていることが求められます。必要であれば、スタッフのサポートも受けられます。

博士課程に進むと、本格的に研究活動が始まります。本研究室は人数が多く、多様な知識を持つ人々がいます。また、既存の研究に囚われない新しい発想を受け入れる風土があり、あなたの独自性のある研究が実現できる場所があります。

博士課程修了後は、半数が素粒子論研究を続ける道に進みます。博士の一般企業就職については、研究で培った論理的思考力を武器にする人もいれば、研究の合間に就職に向けた知識を独学で習得する人もいます。研究と就職、どちらの道に進んだとしても、それぞれの分野で活躍している卒業生がたくさんいます。あなたの未来につながる選択として、ぜひ素粒子論研究室を考えてみて下さい。



2008年度ノーベル物理学賞を受賞した益川さんが、記念に研究室に寄せたサイン。

4. 現象論研究

現象論分野では、素粒子実験や宇宙観測実験の結果と整合性が取れた、現実的な素粒子モデルを構築することを目的としています。

現在の素粒子論では、加速器実験で観測されているTeVスケールの物理までは、場の理論の枠組みで構築された標準模型と呼ばれるモデルにより精度良く記述されることが知られています。しかし、標準模型では説明ができない暗黒物質の存在や、標準模型の理論的不自然さ等、未だ多くの問題が残されており、それらを解決する新しいモデルが必要とされています。

標準模型を越える物理を説明する新しいモデルは既に数多く提案されていますが、近年ではCERNにおけるヒッグス粒子の発見を始め、標準模型の確かさが強固になる一方で、超対称粒子などの期待されていた新物理の証拠は見つかっていない現状です。このような状況で、依然としてある諸問題を解決するべく、これまでにない新しい発想や着眼点が求められています。

そして、よいモデルとは予言力の強いモデルであり、それは少数のパラメータから多くの現象を説明できるものを指します。僅かな模型の拡張から可能な限り多くの問題を解決しようという試みもなされています。

実験結果から、背後に隠された素粒子構造をボトムアップ的に探る現象論のアプローチは、素粒子論研究の主軸として今後とも活躍が期待されます。

(以下研究例)

- ・ ヒッグス粒子に関連した高エネルギー理論の探索
- ・ 暗黒物質、ニュートリノ質量を説明する模型の構築
- ・ 複数の未解決問題に答える最小限の模型拡張
- ・ プランクスケールの物理と階層性問題の解決に向けた研究
- ・ 超弦理論の構成から作られる、現象論的に有用な模型の解析
- ・ 新理論の実験的検証方法の考案

5. 理論研究

極小スケールの物理は、この宇宙を成立させる最も基本的なルールです。そしてそれを理解するためには、物質と時空、重力を統一的に記述せねばならないと考えられています。私たちはそれを目指した理論研究を行っています。

例えば、標準模型と重力を統一する理論の候補として超弦理論があります。これは世界の基本要素を空間1次元方向に広がった弦であると仮定するものです。

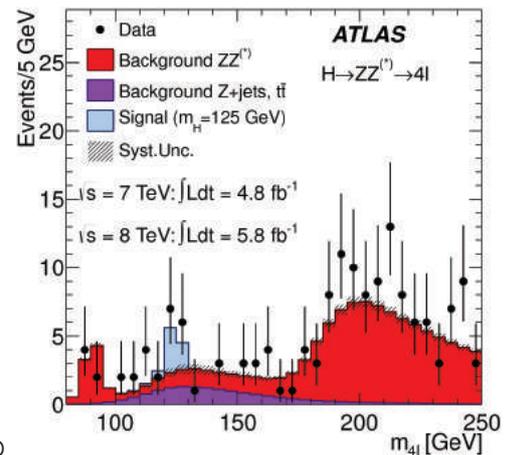
弦理論の仮定は単純ですが、ここから生まれる物理は多彩です。もし本当に弦理論の仮定が正しければ、私たちの時空が4次元であることや、重力の扱い方など、現在の素粒子論では説明が難しい多くの問題を一気に解決できる可能性があります。しかし現状では、弦理論の非摂動論まで含めた定式化は完成していません。そのため、弦理論の持つ性質を様々な方法で理解しながら、弦理論の全貌を解き明かそうとしています。

また、弦理論だけでなく、場の理論における微妙な問題にも取り組んでいます。場の理論の構造や解析手法を研究することは、理論体系を整備するだけでなく、極小スケールの物理学と場の理論を接続する手掛かりになると考えられます。

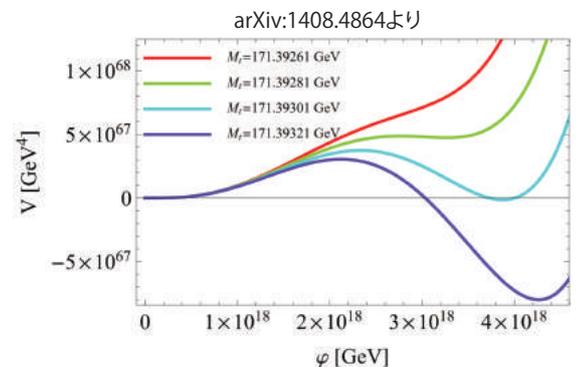
(以下研究例)

- ・ 行列模型による超弦理論の非摂動的定式化と、時空の創発の解明
- ・ 弦の場の理論を用いた、非摂動的定式化
- ・ 弦理論の構成から現れる、ゲージ理論と重力理論の対応
- ・ 超弦理論の可積分変形
- ・ 非可換ゲージ理論の解析
- ・ 膜の量子論の研究
- ・ 厳密くりこみ群の手法の開発
- ・ 符号問題の解決に向けた研究

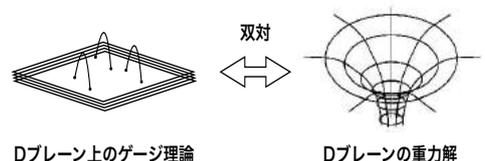
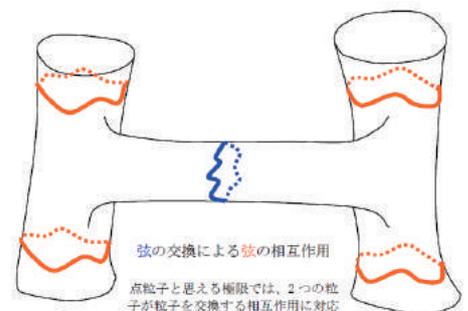
ATLAS Experiment © 2013 CERN



CERNのATLAS実験グループが見つけたヒッグス粒子のシグナル。



標準模型のヒッグス粒子が感じるポテンシャル。物質の質量次第で性質が大きく異なる。



Dブレーン上のゲージ理論 Dブレーンの重力解
ある種のゲージ理論が、より高次元の重力理論と双対関係にある。