

粒子宇宙論

素粒子理論研究室

Elementary Particle Theory Group

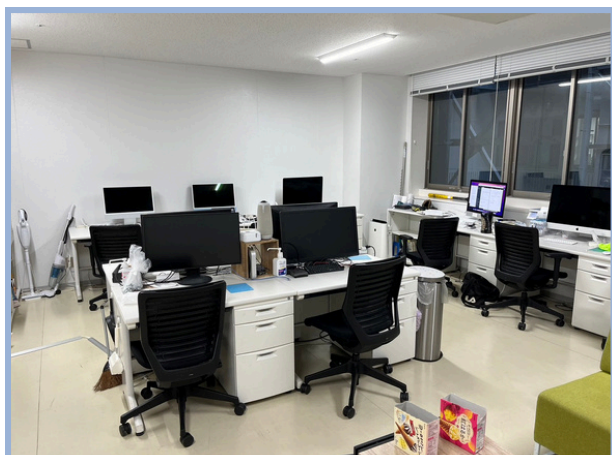
HP : <https://sites.google.com/view/kyushu-het>

コアタイム：週に1回

研究キーワード：場の量子論、量子異常、格子ゲージ理論、厳密くりこみ群、標準模型を超えた物理、素粒子模型構築とその現象論・宇宙論、超弦理論、素粒子統一理論、カラビ・ヤウコンパクト化、機械学習、量子重力、AdS/CFT対応、量子エンタングルメント、共形ブートストラップ、二次元共形場理論、圏論的対称性、アノマリー、非超対称弦理論とブレーン

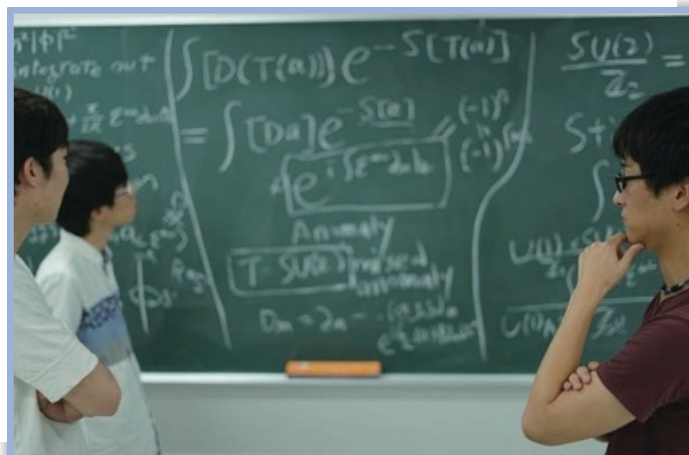


学生部屋の様子▼



Member

教授	鈴木 博
准教授	津村 浩二 楠亀 裕哉 Justin Kaidi
助教	大塚 啓
学術研究員	古賀 勇一 Yuefeng Liu
名誉教授	井上 研三
博士2年	阿部 元一 西村 皐 宮尾 光
博士1年	小野田 壮真 甲斐 貴文 中嶋 陽平 Riasat Sheikh
修士2年	内山 晴貴 船越 秀太 本田 大和
修士1年	原田 互 平崎 騎士 柳田 峻太
学部4年 (特別研究生)	キム ウソン 高橋 周大 北川 遥翔 永尾 空人 永野 陽紀



ゼミの風景▲



▲新歓BBQの様子



教員プロフィール



鈴木博 教授

前期に電磁気学IIを担当していましたので、三年生の皆さんには既におなじみかと思います。素粒子理論の中でも、場の量子論の題材を主に研究しています。場の量子論は、その摂動論的領域はよく理解されているのですが、非摂動論的領域は広大な未開の地で、この領域の開拓を目指しています。くりこみ群、格子場の理論、対称性とアノマリー、などがキーワードです。



津村 浩二 准教授

素粒子実験や宇宙観測に関係した現象論的研究を行っています。最後に発見された素粒子であるヒッグス粒子や、未だ謎の多いニュートリノや暗黒物質をどうやって検証するのかを研究しています。特に対称性とその破れの観点から新物理模型を構築し、その模型の理論予言を調べて実験結果と突き合わせることを行っています。



大塚 啓 助教

超弦理論に基づく素粒子現象論および宇宙論に関する研究を行っています。特に、6次元余剰次元空間のコンパクト化やその幾何学的対称性がもたらす素粒子現象論に注目しています。また、機械学習を用いた素粒子理論・弦理論に関する研究にも取り組んでいます。



楠亀 裕哉 准教授

素粒子理論（フォーマル）の研究をしています。去年までCaltechでポスドクをしており、今年から九大に着任しました。研究内容は量子重力理論の理解に向けた数学的手法の開発・応用です。具体的には、AdS/CFT対応、共形ブートストラップ、エンタングルメントを用いた新しい解析手法の模索です。また、こうした手法を応用して量子多体系（場の理論）の分類問題にも取り組んでいます。



Justin Kaidi 准教授

2024年から素粒子理論研究室に所属しています。主な研究分野は場の量子論と超弦理論です。最近では圏論的対称性という、量子力学独特の対称性の研究を進めています。通常の対称性が現代物理学の基礎的な考え方の一つになったのと同様、圏論的対称性もいつか物理学の大きな進歩に繋がると期待されています。



アピールポイント

雰囲気

自由活発な雰囲気で、ゼミや研究室行事に関すること以外は基本的に自由です。メンバー同士の交流が盛んで、今年度は院試が一段落してからは、修士学生と学部学生と一緒に自主ゼミに取り組む様子も見られました。素粒子物理学の内容を理解するにはじっくり勉強をする必要があるので、学問や研究に対して自主的に積極的に向かうと、より楽しく充実した生活が送れるでしょう。

人

物理好きはもちろん、皆さんが何かしらの好み・趣味を持っているため、ひとたび話が盛り上がればなかなか止まりません。お話好きが多いのでしょうか。個性豊かで好奇心旺盛、というのが一番ピッタリな言葉です。

環境

文献紹介やセミナー等の行事では粒子系理論物理学研究室・宇宙物理理論研究室などとの交流もあり、そちらの方からも質問・アドバイス・指導を受けられるので、より一層充実した環境で研究ができると思います。



イベント

年間スケジュール

4月	新入生歓迎会
5月	粒子宇宙論合同新歓コンパ
8月	原子核三者若手夏の学校（東京）
1月	博士論文公聴会
2月	修士論文公聴会
3月	追い出しコンパ
不定期開催	文献紹介・セミナー
毎週金曜日	研究室会議

週に1回の頻度で研究室会議とセミナーを行っています。文献紹介では担当者が面白そうな論文を探してきて皆に紹介します。セミナーでは外部から講師を招き、最新の研究内容について解説してもらいます。状況が許せば、セミナーの後に講師の方を交えて食事に行くこともあります。



実績

研究

<https://inspirehep.net/literature?sort=mostrecent&size=25&page=1&q=rn%20KYUSHU-HET%2A>

就職先

公務員／三井住友海上火災保険／三菱スペース・ソフトウェア／ソニーセミコンダクタマニュファクチャリング／大和証券／TIS 西日本／フソウ／昭和発酵キリン／インディアナ大学／株式会社 NS ソリューションズ西日本／住重加速器サービス株式会社／新潟大学／台湾国立交通大学／高エネルギー加速器研究機構／九州大学高等教育開発推進センター／アクセンチュア／NTT コムウェア／構造計画研究所／富士総研／日立エンジニアリング／NEC／野村総研／ニトリ／文部科学省／西教特許事務所／塾講師／予備校講師／高校教員など

学部学生のほとんどは大学院に進学し、修士卒業生は博士後期課程に進学する人、企業に就職する人がいます。博士後期課程に進学した人の民間企業への就職も概ね良好です。いつの時代も研究職への道は険しいですが、ポスドクとして海外で研究される方も多いです。



研究内容

素粒子とは全ての物質を構成するこの世界で最も基本的な存在であり、様々な種類のものが知られています。我々の観察する多種多様な現象は、全てこの素粒子の性質とその間に働く力がもとになって起こっており、従って素粒子物理学は我々が自然をより深く理解するためには欠くことのできない重要な研究分野です。素粒子の世界は我々の直感と相反するような不思議な世界であり、未だによく理解されていない部分が数多く残されています。当研究室ではそれら素粒子に関する謎の解明を目標とし、具体的には以下のようなことを研究しています。

1. 素粒子標準模型を超えた現象論

現在、実験的に検証されている限りで最も基本的な物理理論は**標準模型**と呼ばれるものであり、約10のマイナス18乗メートル（原子核の1000分の1）の大きさまでの物理を正しく記述します。2012年には**ヒッグス粒子**が発見され、LHC実験の最先端はヒッグス粒子の精密検証のフェーズへと移っています。一方で、実験・観測の進展により標準模型を超えたさまざまな現象が見つかってきています。なかでもニュートリノがゼロでない微小質量をもつことや**暗黒物質**の存在することは疑いないものとなっており、その起源を明らかにすることがますます重要になってきています。

特に我々は標準模型において全ての粒子の質量の起源となっている**電弱対称性の破れ**がどのように実現されているのかに興味を持って研究しています。標準模型においてヒッグス粒子の質量はパラメタですが、発見されたヒッグス粒子の質量は理論的に「自然な」値ではありません。この標準模型に内包された問題が電弱対称性の破れの起源に強く結びついていると考えられています。我々はそのような物理が何であるかについて想像を巡らし、それを実験や観測からどのように検証すればよいのかを考察しています。また比較的新しい考え方である、超高エネルギーでの境界条件による理解など新しい可能性についても模索しています。

2. 場の量子論の非摂動論的研究

素粒子を記述する基本言語が場の量子論です。ファインマンダイアグラムで表される場の量子論の摂動論は、摂動論的くりこみ理論により不定性なく定式化されており、とてもよく理解されています。一方、クォークの閉じ込めや**カイラル対称性**の自発的破れ、トンネル現象など、自然界には摂動論では理解できない非摂動論的現象があることが知られており、場の量子論の非摂動論的側面には多大の関心が持たれます。しかし、場の量子論の非摂動論的研究には一般的な処方箋が存在せず、広大な未踏の地が広がっています。我々のグループは、この場の量子論の非摂動論的側面の研究を可能にする枠組みの開発に取り組んでいます。場の量子論の非摂動論的計算手法としては、4次元時空間を離散化することでゲージ場の量子論の非摂動論的側面を解析する**格子ゲージ理論**が代表的なものですが、我々は**グラディエントフロー**という手法を用いて格子ゲージ理論におけるエネルギー運動量テンソルの構成に成功しました。この構成はスーパーコンピュータを用いた数値シミュレーションに実際に応用されています。また最近では**ゲージ対称性を保った厳密くりこみ群**の定式化にも成功し、これを用いてゲージ場の量子論の非摂動論的くりこみ固定点を探索する研究にも取り組んでいます。

3. 超弦理論に基づく素粒子現象論

自然界で観測されている4つの力（重力・電磁気力・強い力・弱い力）を量子論的に記述する統一理論の最有力候補が「**超弦理論**」です。超弦理論は、素粒子ではなく「**弦**」を基本要素とする理論で、我々が認識している4次元（空間3次元＋時間1次元）に加えて6次元の余剰次元空間を预言します。この余剰次元空間は観測されない程度に小さくコンパクト化されていると考え、我々は直接認識できません。超弦理論の誕生後36年以上、**カラビ-ヤウ多様体**をはじめとする膨大な数の6次元コンパクト空間が調べられてきましたが、未だコンパクト化のルールの全貌は不明であり、素粒子標準模型の導出には至っていません。

6次元コンパクト空間の幾何学量や幾何学的対称性は、素粒子の世代数、世代構造、結合の強さ、CP対称性の破れ等を決定します。我々は、6次元コンパクト空間の持つ豊かな幾何学的構造に注目し、超弦理論に基づく素粒子現象論を研究しています。また、超弦理論に現れる6次元コンパクト空間とその真空構造の探索手法として、近年発展が著しい機械学習・深層学習等を用いた研究も行っています。



特別研究（学部 4 年）

どんな特研をやりますか？

今のところ未定ですが、素粒子標準模型・場の量子論に関するテキストを輪講する予定です。後期の後半には、勉強したことの中からテーマを選び、卒業論文（レポート）を作成してもらおうと思います。（英語の）論文で知識を補ったり、自分で考えたり、紙と鉛筆またはコンピュータで計算したことなどをTeXでまとめ、最後には大学院生や教員の前で発表をしてもらう予定です。

輪講はどんなふうにやるのですか？

発表者（レポーター）には参加者の前で黒板を使いながらテキストの内容について解説し、議論をリードしてもらいます。レポーターは前もって決めずに、ゼミの当日にランダムにレポーターを決めています。つまり参加者全員が毎回発表の準備をしてくる必要があります。このようにすることで、輪講を単なる英文の和訳の会ではなく、本当の物理の内容だけを議論するexcitingな場にするのが狙いです。

研究にあたって必要な知識・技能

微分積分、線形代数、解析力学、量子力学、特殊相対性理論、物理数学等の基礎的な事柄を十分に理解していること。



修士課程

修士1年

週に1回ゼミが開かれます。そこで1年かけて素粒子を記述する上で基礎となる素粒子標準模型・場の量子論を勉強します。

修士2年

ゼミやセミナー、学会、研究会などを通じて修士論文に向けて自分の研究テーマを探っていくことになるでしょう。

Message

・学生部屋が広く、各人に割り当てられた机の他にも、ソファ・冷蔵庫といった設備が充実しています。（アイスが食べられますよ♪）

・大きなホワイトボードも設置されており、議論がはかどります。

・学生部屋の近くにはお茶部屋があり、宇宙論の方々と交流する機会などもあります。

以下、修士学生の趣味など！

- ・APEXやりましょう。
- ・仮面ライダー好きな人語りましょう。
- ・動画制作とか小説執筆とか、気ままに創作活動やっています。電車旅も好きです。
- ・YouTube鑑賞だいすき。ホロライブ大好き。
- ・にじさんじ大好き。
- ・アークナイツ、プロセカユーザー待っています。
- ・先達もする「すれどにき」といふものを我等もしてみむとてするなり。
- ・プロ野球観戦（阪神）、ゲームが大好きです。
- ・日向坂46（だけじゃない）、milet、ヴィッセル神戸が大好きです。
- ・物理が趣味です（物理最高！）