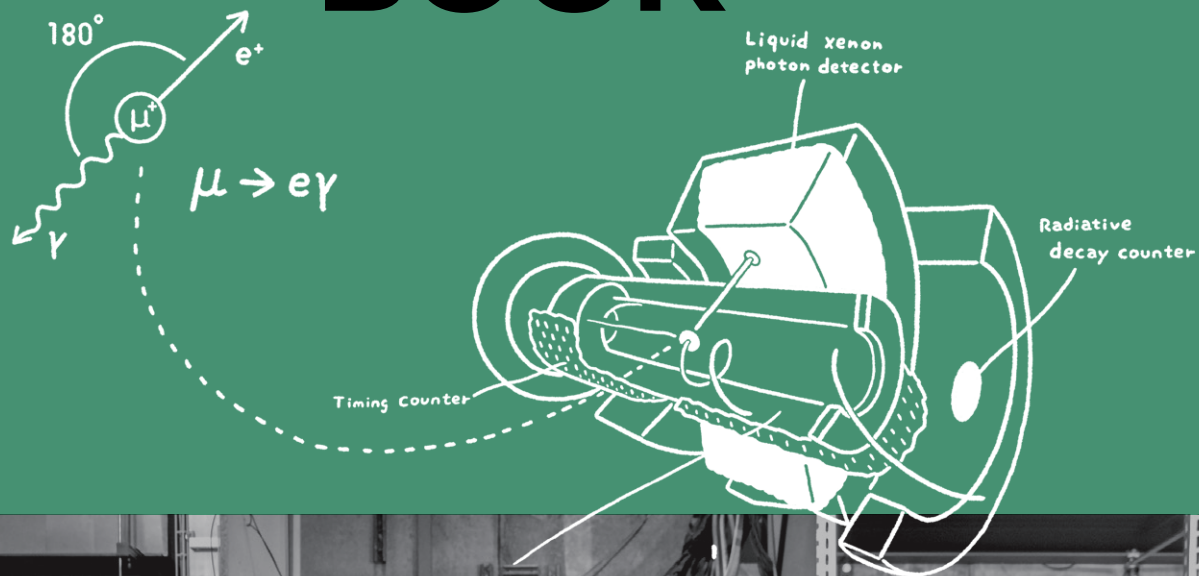


ALL RESEARCHERS' BOOK



(2025
edition)

ICEPP

ATLAS EXPERIMENT



石野雅也
教授



奥村恭幸
准教授



齋藤智之
助教



野辺拓也
助教



森永真央
特任助教



飯澤知弥
特任助教



大谷 航
准教授



大谷 航
准教授



田中純一
教授



澤田 龍
准教授



齊藤真彦
助教



Arel Cortes Gonzalez
助教



楊易霖
特任助教



飯澤知弥
特任助教



岩本敏幸
助教



岩本敏幸
助教



潘 晟
特任助教



森 俊則
特任研究員



寺師弘二
教授



飯山悠太郎
助教



永野廉人
特任助教



飯澤知弥
特任助教



加地俊瑛
特任研究員



Zhelun Li
特任研究員



大矢淳史
特任助教



森 俊則
特任研究員



寺師弘二
教授



飯山悠太郎
助教



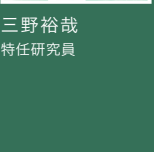
永野廉人
特任助教



飯澤知弥
特任助教



加地俊瑛
特任研究員



Zhelun Li
特任研究員



石野雅也
教授



末原大幹
特任准教授



森 俊則
特任研究員



難波俊雄
助教



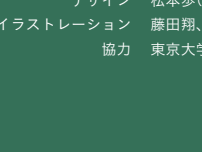
神谷好郎
助教



飯澤知弥
特任助教



加地俊瑛
特任研究員



Zhelun Li
特任研究員



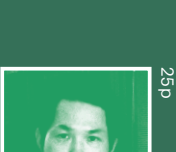
大谷 航
准教授



田俊平
助教



森 俊則
特任研究員



井上慶純
助教



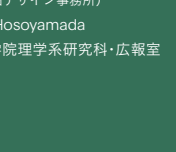
小貫良行
助教



飯澤知弥
特任助教



加地俊瑛
特任研究員



Zhelun Li
特任研究員

DIRECTOR'S MESSAGE

わたくしたちは常に
エネルギーフロンティアの
最前線を開拓して新しい
サイエンスに挑戦し続けたい

MASAYA ISHINO

石野雅也

東京大学素粒子物理国際研究センター長

半世紀の歴史を持つICEPPは、素粒子物理学の最先端かつ、“世界のど真ん中”で活躍してきた研究機関です。CERN（欧州合同原子核研究機構）の巨大加速器LEP/LHCを用いた数々の国際共同実験の現場で、ICEPPは測定器の開発から物理結果の導出まで、あらゆる局面において多大な貢献をしてきました。2012年のヒッグス粒子の発見においても、ICEPPは中心的な役割を果たしました。

このヒッグス粒子の発見を節目として、素粒子物理学は新たなフェーズに突入しました。ヒッグス場は素粒子の質量を決定しますが、「なぜ粒子の種類を見分けられるのか?」「ヒッグス粒子の種類は1つだけか?」など、多くの謎があります。また、相互作用の統一、ダークマターの正体、粒子/反粒子の非対称性が生じた機構など、素粒子の標準模型では解決できない多くの課題を解明し、初期宇宙の完全な理解へ至るためのヒントが得られると期待しています。

そんな未知の領域を探るために、高輝度LHC（High-Luminosity Large Hadron Collider）という現行のLHCの性能を大幅に上回る加速器が2030年から稼働します。また、その先を見据えて、ヒッグス粒子の精密測定によって未知領域を探索するヒッグスファクトリー、例えばILC（国際リニアコライダー）の建設を目指して準備研究を進めています。これ



らのプロジェクトによって、人類が新たな「知」を得られるように願っています。

私たちは、量子コンピュータ・量子センサーの応用にも注力しています。素粒子の現象は量子現象そのものであり、量子技術をこれらのサイエンスに応用することは自然な発想です。将来、素粒子物理学を大きく発展させる可能性を持つと考えています。歴史をふりかえると、新しいデバイスの出現とともに、新しいサイエンスが生まれてきました。量子センサーの研究に取り組むことで、私たちはそんな大きな可能性に挑戦しています。

2017年から2年間、私はCERNのATLAS実験において、測定器の運転に関する最高責任者をつとめました。世界中から集まった研究者が文化や言葉の垣根を越え、科学の成果という共通のゴールを目指して一丸となる経験を通じて、国際共同実験の面白さを心の底から感じました。素粒子・宇宙の真の姿を知りたいと感じたならば、ぜひ、一緒に実験をしましょう。ICEPPの先輩たちが開拓した土台を利用するのもアリだし、あなたが独自の道を開拓するのもアリです。あなたが真に興味深いと思うサブジェクトを追いかけてください。きっと、心ゆくまで楽しめるはずです。

編集ディレクション 清水修 (ACADEMIC GROOVE MOVEMENT)
取材・文 太田穰、清水修
撮影 貝塚純一
アートディレクション 細山田光宣
デザイン 松本歩 (細山田デザイン事務所)
イラストレーション 藤田翔、Yo Hosoyamada
協力 東京大学大学院理学系研究科・広報室

ICEPP
ALL
RESEARCHERS
2025

ATLAS EXPERIMENT

素粒子物理学の次なる次元へ

我々は、素粒子物理学の「エネルギーフロンティア」の最前線で、新粒子・新現象の直接的な発見と、すでに知られている粒子の性質の精密な測定により、宇宙の起源と自然界の基本法則の解明を目指している。ヒッグス粒子の発見は、「自発的対称性の破れ」のメカニズムにより現代の多様性を持った宇宙が実現したことを証明するもので、顕著な物理学の進展をもたらした。一方で未だに多くの謎が残る。これらの解決には現在の素粒子物理学の理論の枠組みを超える新しい物理の発見が必要不可欠であり、物理学の中で最重要課題の一つとなっている。

舞台はスイスのCERN（欧州合同原子核研究機構）。世界の素粒子物理学研究者の半数以上（約1万人）が集結する、紛れもない世界最高水準の研究拠点だ。そのCERNが誇る世界最高エネルギーの加速

器LHC（大型ハドロン衝突型加速器）を用い、宇宙と物質の原初の姿に迫る。

これまでに第1期・2期実験を終え、2022年から第3期実験を再開した。LHCの新たな陽子衝突エネルギーで物理研究を進めるため、トリガー選別能力を高めた検出器システムにアップグレードした。さらにその先には、粒子の衝突頻度を高める「高輝度LHC（HL-LHC）」が控えており、そのための検出器・加速器の準備が進む。第3期運転、HL-LHCで取得されるより高統計なデータ、HL-LHCにむけてアップグレードされる検出器の性能、AI等を活用した新奇解析技術によって、新粒子探索と精密測定を進め、サイエンスのフロンティアを開拓していく。

本センターは1980年代からCERNの国際共同実験に参加し、今も研究者や学生を派遣している。

MASAYA ISHINO



研究室 石野雅也 教授

研究分野	エネルギーフロンティア加速器を使った素粒子物理、先端実験技術の開発・大規模運用
所属学会	日本物理学会
追究したい物理	真空と対称性：電弱対称性の破れの理解と超対称性粒子の発見

世界最高エネルギーの粒子加速器LHCを使って人工的に、実験室の中に宇宙初期を再現しています。その詳細な観察・測定を通じて、新たな物理法則や新粒子の発見に挑戦しています。成功するには次の3点セットが必要です。①世界最高の実験装置、②優れたアイデア、③最後に幸運。

LHCを使うことで1つ目の条件は自動的にクリアできます。しかも圧倒的な世界一。

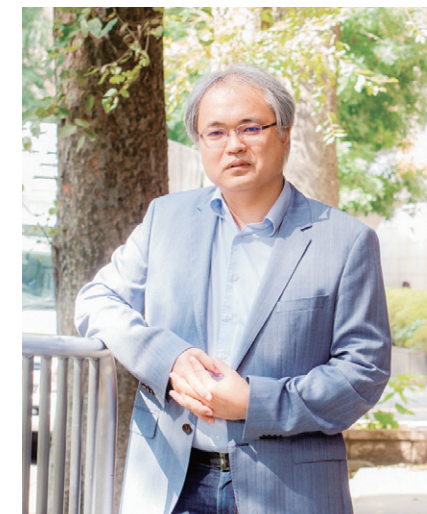
検出器の信号を高速処理する最先端エレクトロニクス応用研究を通じて、

新しい物理を捉えるためのアイデアを実現し、継続的に改良を重ねながら実験データを集めることで、2つ目の条件をクリアします。

そして、この最高の研究環境に世界最優秀の若者が集い、議論・競争・協力しながら一緒に新しいことを知ろうとしています。日々のクリエイティブな雰囲気は最高です。3つ目の条件、「幸運」はきっとこんなところに訪れると信じています。

一緒にLHC実験をやしましょう！

JUNICHI TANAKA



研究室 田中純一 教授

研究分野	物理解析、機械学習、量子コンピュータ、LAr検出器読み出し回路
所属学会	日本物理学会、人工知能学会
追究したい物理	新粒子・新現象の発見、および機械学習の導入によるデータ解析の革新

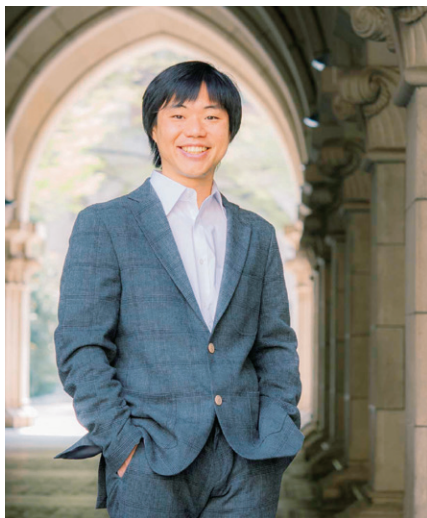
ATLAS実験で、標準理論では説明できない物理の直接的な手がかりを発見することを目指しています。大学院生とともに新物理の発見を目指し、研究をブーストする手法開発に取り組んでいます。

標準理論は手ごわく、残念ながらこれまでの膨大なデータ量や高度な解析手法を以ってしても新物理は見つかっていません。視点を変えると、これから研究を開始する皆さんにも発見のチャンスがあります。

素粒子物理学実験の習得のみならず、ATLAS実験を通じて、自分に合った専門技術を磨いてもらいます。検出器開発、データ収集・データ解析など幅広い選択肢があります。

さらに、高輝度LHCや将来の大規模実験に向けたコンピュータ科学の研究（スパコン、クラウド等を用いた拡張）、人工知能・深層学習、量子コンピュータ・量子センサーの開発に意欲のある学生さんも歓迎します。

YASUYUKI OKUMURA



研究室 奥村恭幸 准教授

研究分野 物理解析、ミュー粒子トリガーシステム、次世代トリガー

所属学会 日本物理学会

追究したい物理 新粒子の発見による標準理論を超える物理理論の構築

全く新しい自然法則の証拠を素粒子実験データから見つけるべく、ATLAS実験に参加し、国際協力・国際競争の中で研究を展開しています。

実験データを用い、素粒子の相互作用に関する考察から、時空構造・真空構造・対称性を切り口に新しい自然観の確立を目指します。データ解析に加え、実験装置の運転・開発も実験の専門家として必要不可欠な技能です。現行システムの大規模装置の運用と、将来の実験基盤技術の開拓を、同時に最

前線で進めています。最先端の装置開発、実験データ収集から物理データ解析までを通じ、総合的な研究力を持つ人材の育成を目指します。

研究は日進月歩。日々生じる問題と向き合い、実験チームで知恵を絞ってアイデアを出し、限られた時間内に解決するのは大変ワクワクする瞬間です。小さくとも確実な一歩をスピード感を持って進め、宇宙の歴史を解く大発見に挑戦する。そんな研究をCERNの実験現場で目一杯楽しみましょう。

RYU SAWADA



研究室 澤田 龍 准教授

研究分野 物理解析、機械学習、量子コンピュータ、ソフトウェアトリガー

所属学会 日本物理学会

追究したい物理 暗黒物質の理解につながる物理の探究

CERNのATLAS実験で、新粒子の発見を目指しています。また、ATLAS地域解析センター計算機システムを運用しています。

新粒子探索では、新粒子の寿命が長くなるようなモデルに着目しています。それに加え、ヒッグス粒子3点結合の研究も行なっています。機械学習や量子コンピュータを素粒子物理学に応用することに力を入れています。機械学習を用いたソフトウェアによるトリガーを開発し、LHC第3期実験で

導入しました。これを活用し、新粒子の探索能力を向上させることを狙っています。さらに、素粒子研究に応用できる量子アルゴリズムの研究と、それを実際に量子コンピュータで実行するための量子回路最適化の技術開発も行なっています。革新的な研究を進めるには、創意工夫と最新のデータ解析手法の融合が欠かせません。最先端のコンピューティング技術を習得し、新物理を発見する意欲のある方の挑戦を応援します。



TOMOYUKI
SAITO

CERN

齋藤智之 助教

研究分野 加速器を用いた素粒子物理実験、検出器・データ収集系開発

所属学会 日本物理学会

追究したい物理 超対称性や暗黒物質、暗黒エネルギーの研究による時空構造と宇宙創成の理解

超対称性や暗黒物質粒子の発見を通じて、時空構造と宇宙創成の解明を目指す。世界各国からCERNに集う研究者との国際共同研究により、先端技術を駆使した検出器やデータ収集系を開発し、未開のエネルギースケールの物理を追究する。



CERN

Arely Cortes Gonzalez 助教

研究分野 物理解析、再構成手法の高度化の研究

所属学会 —

追究したい物理 ヒッグスをプローブとした真空構造の探求

ヒッグス粒子の自己結合定数の観測を目指し、ヒッグス対生成事象の探索と再構成技術の高度化に取り組む。最新の機械学習を用いた解析技術を開発し、物理解析プログラムを牽引する(ヒッグス物理解析グループ代表)。



MASAHIKO
SAITO

齊藤真彦 助教

研究分野 物理解析、機械学習、グリッドコンピューティング

所属学会 日本物理学会、人工知能学会

追究したい物理 素粒子の標準理論を超える新物理、特に超対称性粒子の発見

ATLAS実験のための大規模計算機クラスターの運用と、HL-LHCに向けた研究開発に携わる。また、深層学習を中心とした機械学習の研究を通じて、ATLAS実験における粒子再構成および物理解析の精度向上を目指す。



MASAHIRO
MORINAGA

森永真央 特任助教

研究分野 物理解析、機械学習、トリガー・検出器の開発

所属学会 日本物理学会

追究したい物理 超対称性などの新しい物理現象の発見と革新的なアルゴリズムの開発

素粒子の崩壊に隠れた言語を最新の大規模言語モデルで解き明かす。LHCで重要なジェットや飛跡の再構成に言語モデルを応用する。超対称性理論から予測される長寿命な新粒子の探索を行なう。



TAKUYA
NOBE

CERN

野辺拓也 助教

研究分野 物理解析、ソフトウェアトリガー

所属学会 日本物理学会

追究したい物理 LHCでの新粒子・新現象発見による標準理論を超える素粒子物理の新展開

余剰次元など標準理論を超えた新物理の探索と、ボソン対終状態を用いたヒッグス機構の検証を行なう。データ取得のためのオンライントリガーシステムの開発・運用に携わる。2025年からはATLASトリガーコーディネータを務め、現地CERNでトリガー部門のみならず実験全体をリードしていく。



YI-LIN YANG

CERN

楊易霖 特任助教

研究分野 物理解析、液体アルゴン検出器

所属学会 日本物理学会

追究したい物理 標準理論の精密測定による新物理と超対称性粒子の発見

ヒッグス粒子、特に4つのレプトンに崩壊する過程の精密測定を通して標準理論を超える新物理の検証を行なう。液体アルゴンカロリメーターの運転と読み出し回路のファームウェアの開発にも取り組む。

STUDENT INTERVIEW

素粒子物理に進もうと決めたのは、大学院に入るタイミングです。その前から素粒子をやりたいという気持ちはありましたが、それには宇宙、物性、素粒子実験の3つの方法があるという視点で見ていたので、どれにしようか迷っていたんです。素粒子実験に決めたのは、やはり基礎科学的なことに組み込まれたことと、加速器実験に携わることができて、しかも同じような志を持った人たちがいるに違いないと思ったからです。

理学の研究者になるというのは子どものころから考えていました。実は父親が工学系の研究者でしたので、その影響がめちゃくちゃ大きかったですね（笑）。父親が毎日楽しそうに仕事に出かけていくのを見てましたから。私自身も研究がとても楽しいです。他の人もそうなんじゃないですか。すごく幸せなことだなと思います。

ICEPPでは、私はATLAS実験に携わっています。これは、スイスのCERNにあるLHC（大型ハドロン衝突型加速器）を使って新粒子を探すプロジェクトです。物理学におけるいま一番の大きな問いが、暗黒物質が何かということです。標準理論ではまったく説明できないのがこの暗黒物質で、説明するにはまったく新しい理論が必要なんです。私が注目しているのが超対称性理論というもので、スーパーシメトリーの頭文字を取ってSUSYとも呼ばれるのですが、この理論によって暗黒物質を説明するということを研究しています。加速器実験でSUSYが正しいと証明するには、SUSY粒子を作り、それが崩壊していく様子を検出器で観測することが必要です。それがATLAS実験で私が取り組んでいることで、いまは4年分ほどのデータを調べてSUSY粒子があるかないかを判定しようとしているという段階です。

修士の頃は、検出器の開発に主に取り組んでいました。ATLAS実験でミュオンを測定する検出器で、これは日本のグループが長年担ってきたものです。私は、FPGA（Field Programmable Gate Array）という自由にプログラミングできるLSIの回路設計のようなことを主にしていました。ATLAS実験では25ナノ秒に1回という速さでビームが衝突して、しかもそのデータが40MHzのスピードでやって来ます。このデータ一つ一つを必要か不要かを瞬

時に判断する必要があるのですが、普通のCPUでは絶対に無理なので、このFPGAで専用の回路を作って対応させるのです。コンピュータの専門知識が必要な電子工学的な作業ですが、僕はそういう作業も楽しかったんですね。

今後は解析が主な仕事になりますが、特にSUSY粒子のウィーノとビーノが暗黒物質を説明するシナリオに取り組みたいと思っています。超対称性理論でも暗黒物質を説明するためのベンチマークシナリオはいくつかありますが、私の中でも一番可能性が高いと思っているシナリオに着目して研究を続け、SUSY粒子を見つけることに貢献したいと考えているんです。でも、本当に見つかったらすごいことなんですよ。CERNとしてもヒッグス粒子発見以来の大発見になります。もちろん、自分が見つけることができたらしんとうにすごいです。いわばそれが、私のいまの一番の夢ですね。

ヒッグス粒子の発見ではICEPPの先輩の方々がとても活躍されたんですけど、そういう点でも自分がこのICEPPにいることはよかったと思いますし、意味があると感じます。ICEPPでは、同期も先輩も後輩も皆優秀です。周りを見ると自分もがんばらなきゃという気持ちに自然にさせられます。皆が憧れて目標にしているような先輩もいますし。

私は手を動かしていたい人間なので、実験は続けていきたいと思っています。超弦理論にも大きな関心がありますが、ただ、超弦理論を実験で検証するには、いまある加速器の何十倍、何百倍のエネルギーが必要になり、現在では困難です。でも、50年後、100年後には可能になると思いますので、その時に実験に取り組みたいですね。だって、たぶん、未来には150歳ぐらいまで生きられるようになってるはずですし、定年だって120歳とかになっていると思いますから（笑）。

すぐにまたCERNへ出張ですが、もう町にも馴染みましたし、家も借りてありますし、車だって買っちゃいました。走行距離23万キロで20万円のオーディイです。住んでいるところがものすごい田舎で、1時間に1本しかないバスが平気で30分遅れるし、車がないとけっこうたいへんなんです。

01

夢は150歳まで生きて
超弦理論の
加速器実験をすること



REN NAGASAKA

長坂 錬

大学院理学系研究科物理学専攻
奥村研究室 博士課程2年TOMOYA
IIZAWA

CERN

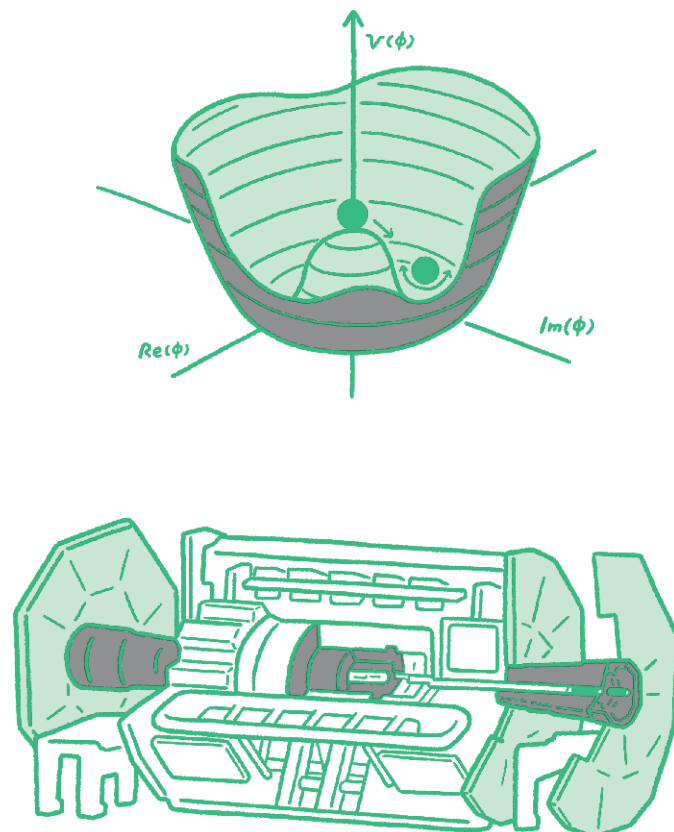
飯澤知弥 特任助教

研究分野 物理解析、ミュオン検出器、
トリガー

所属学会 日本物理学会

追究したい 新粒子・新現象の発見による標準
物理 模型を超える物理

タウ粒子の異常磁気能率測定とヒッグス粒子対生成事象の探索を軸に、標準模型の精密測定や標準模型を超える物理の探索を行なう。トリガーアルゴリズム開発やオペレーション、高輝度LHCに向けたミュオン検出器の読み出し回路の増強にも取り組む。



ICEPP
ALL
RESEARCHERS
2025MEG
EXPERIMENT

新理論の手がかりを掴め

スイスのPSI（ポールシェラー研究所）を舞台に行なわれるMEG実験の目的は、標準理論を超える新理論「超対称大統一理論」の検証にある。本センターの研究グループが設計・提案し、趣旨に賛同したイタリア・スイス・アメリカ・ロシア・英国の研究者たちと取り組む国際共同実験だ。

目指すのは、電子の仲間「 μ 粒子」が γ 線を出しながら電子に崩壊する、「 $\mu \rightarrow e\gamma$ 」事象の観測だ。これは標準理論では起こりえないが、「超対

称大統一理論」では数千億～数十兆回に1回程度起こると言われる。事象が観測されてもされなくとも、MEG実験の結果は、その理論の正否を問うことになる。 μ 粒子の振る舞いが、新理論の方向性を左右する。

2013年夏に第1期実験を終え、観測感度を1桁高めた第2期実験（MEG II）を、2022年から開始した。MEG II実験でも先の基本戦略を継承しつつ発展させて、日本の研究チームが主要部分を担当するとともに、研究グループ全体を統括する。

WATARU OOTANI



研究室 大谷 航 准教授

研究分野	ミューオン稀崩壊探索実験、パイ中間子崩壊精密測定実験、次世代電子陽電子コライダー実験
所属学会	日本物理学会
追究したい物理	標準理論を超える新物理、素粒子の大統一、電弱対称性の破れの謎の解明

MEG実験の物理解析責任者として国際グループを牽引。第1期実験では先行実験を30倍上回る感度で $\mu \rightarrow e\gamma$ を探索しました。いよいよ始まった第2期実験（MEG II）では探索感度を究極まで高めるため、検出器の改良に取り組みました。

探索感度の向上には、PSIの陽子サイクロトロンで生成可能な最大強度の μ 粒子ビームを使用する必要があります。第1期実験に比べてビーム強度が増加するため、信号と背景事象をより精度よく分離するには、検出器のエネ

ルギー・時間・位置の分解能を大きく改善することが求められました。実験の鍵を握る液体キセノン γ 線検出器と陽電子タイミングカウンターのアップグレードを提案し、実験開始後はその運用を主導しています。

MEG II実験の遂行と並行して、将来の $\mu \rightarrow e\gamma$ 探索実験に向けた研究開発にも取り組んでいます。大幅に改善した探索感度により $\mu \rightarrow e\gamma$ を発見し、標準理論を超える新理論の解明を目指します。

TOSHIYUKI
IWAMOTO

PSI

岩本敏幸 助教

研究分野 低エネルギーミュー粒子、パイ中間子ビームを使った素粒子実験

所属学会 日本物理学会

追究したい物理 ミュー粒子を使った超対称大統一理論など標準理論を超える物理の検証

MEG II実験のランコーディネータ、テクニカルコーディネータとして実験を推進、液体キセノン γ 線検出器の運転・校正も担当する。観測感度をさらに高め、超対称大統一理論などが予測する新物理の発見を目指す。



SEI BAN

PSI

潘晟 特任助教

研究分野 検出器(検出器校正)、物理解析

所属学会 日本物理学会

追究したい物理 大統一理論の検証、シーソー機構の検証

ビームオフ期間中に液体キセノン検出器の光センサーMPPCのアニーリングによる検出効率の性能回復を行ない、安定した実験遂行に貢献する。ビームタイム中は同検出器の校正・モニタリングを担う。また、物理データ解析にも取り組む。

ATSUSHI
OYA

PSI

大矢淳史 特任助教

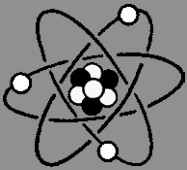
研究分野 物理解析、再構成アルゴリズム(機械学習含む)

所属学会 日本物理学会

追究したい物理 標準模型を超えた物理の探索、物質起源の理解

MEG II実験における物理解析ワーキンググループを主導する。並行して、機械学習をはじめとした最先端の解析手法にも取り組み、陽電子の飛跡再構成や検出器校正を改善し、新物理発見のチャンスを高めていく。





SPECIAL COLUMN

最終講義より

YouTubeで
公開中

時空は素粒子——加速器を使った研究の軌跡を辿る

森 俊則

東工大バンデグラフと高エネルギー研の
陽子シンクロトロン（PS）

東工大の卒業研究でバンデグラフ加速器の運転を習って実験したのが、加速器との出会い。その後修士ではKEKのPSカウンターホールで実験。KEKはいつも学生が大勢いて熱気があった。楽しかったが、サイエンスに貢献したとは思えない。トリスタン計画の準備が始まるとKEKは「トリスタンにあらずんば人にあらず」という雰囲気。その頃CERNのショッパー所長がKEK訪問中に Z^0 粒子が発見され、その興奮を身近に感じた。

米国留学とトリスタン

そんな時大学の掲示板で留学奨学金の公募を見かけ、応募したら採用となった。米国ロチェスター大学に行き、そこのオルセン教授が率いるトリスタンのAMY実験をやることに。トリスタンは世界最高エネルギーの電子・陽電子コライダー。新粒子発見の期待と共に、 Z^0 粒子の効果も見える。測定したハドロン断面積は予想より大きかったがトップクォークは見つからず。断面積から Z^0 の質量を求めると、CERNの直接測定より軽かった。この研究でPh.D.を授与。KEKは最初の本格的な国際共同実験AMYへの対応に試行錯誤。それを「米国の学生」として体験した。

CERNのLEPコライダー

東大に職を得て、トリスタンを超える最高エネルギーコライダーLEPへ。実験開始後すぐに東大チームで主導権を取って物理結果を次々出した。まずは必死にヒッグス粒子の探索。LEP/LEP IIで必ず見つかると思われていた。のちに量子補正のせいで見つかるとは限らないという論文が出て愕然とする。一方でハドロン断面積を0.05%以下の精度で求め、電弱統一理論を精密に検証した。その結果、素粒子の世代数が正確に3であることが分かり、さらに3つの相互作用が宇宙誕生（ビッグバン）時に統一されていた間接的証拠を得た。

この「超対称大統一理論」の証拠は、その後「リニアコライダー」と「MEG実験」の2つの研究に繋がることになる。

リニアコライダー

衝突エネルギー300GeVのリニアコライダーでヒッグス粒子を発見、さなければ

超対称理論を完全に棄却、という1991年の「JLC-I」の提案は、その後のLHCでのヒッグス粒子の発見、そして第一段階をヒッグスファクトリーとする現在のILCにそのままつながっている。加速器をどんどん大きくしていこう、という頭の悪い発想はやめて、将来のため革新的な加速器を開拓していく必要がある。リニアコライダーはその第一歩である。

MEG/MEG II 実験

小柴先生がカミオカンデで探した陽子崩壊は大統一理論の大きな証拠となるが、LEPが見つけた超対称大統一理論では陽子の寿命がずっと長く、1995年当時建設中のスーパーカミオカンデですら発見が難しいと思われた。そこでミュー粒子の崩壊「ミューイーガンマ」に注目した。大統一理論では、重いトップクォークの効果でミューイーガンマが観測できるほど多く起こると予想された。ただそのような観測が可能なのは世界で唯一、ポールシェラー研究所（PSI）。早速PSIに行き、実験を検討する研究会を年数回開催することにした。その後波瀾万丈の展開の末、東大・KEKの提案がPSIに認められ、スイスに加えてイタリア・米国の研究グループが後から参加して、MEG実験が始まった。現在はアップグレード実験MEG IIを実施中で、来月最新結果を発表予定 [注]。

加速器で時空の起源に迫る

そこに何の動きも変化もなければ時空は存在しないのと同じである。ヒッグス場が宇宙を充し、そのダイナミクスが時空を生み出しているのかもしれない。さらに、大統一理論による真空の相転移、インフレーションとダークエネルギーのダイナミクスも絡み合って、この時空があるのではないか。大統一理論やヒッグス場を探るMEGやILCは、時空の起源に迫る第一歩と考えられるかもしれない。

[注] ICEPPウェブサイトに2025年4月23日プレスリリースを掲載

TOSHINORI MORI

1989年米国ロチェスター大学大学院Ph.D.、東京大学理学部附属素粒子物理国際センター助手、1994年東京大学大学院理学系研究科助手、同年素粒子物理国際研究センター助手、1996年東京大学素粒子物理国際研究センター助教授、2003年東京大学素粒子物理国際研究センター教授。高エネルギー委員、米国物理学会P5委員、国際将来加速器委員会(ICFA)などの要職を歴任。



STUDENT INTERVIEW

2023年の修士1年の秋から、スイスにあるポールシェラー研究所（PSI）でMEG II 実験に携わっています。修士1年の時は120日間、2年の昨年は241日間、つごう1年もスイスにいました。今では日本よりスイスの方が馴染み深いかもしれません。ICEPPの説明会でスイスに行くのは聞いていましたが、まさかこれほど長くいることになるとは想像していませんでした。修士1年前期で修了要件の授業を全部取りきったら、その後気兼ねなく行けると聞いていたので、とにかく頑張って、念願のスイスに飛び立ちました。

とはいえ、実際にスイスに行ってみると、英語は向こうの人のほうが断然うまくて驚きました。そもそも研究所があるのはドイツ語圏の地方でしたので、最初のころは現地の人とまったく会話ができませんでした。PSIでの研究も想像以上に大変でした。私は学部生時代に理論を卒業研究でやっていたので、実験で手を動かす経験がありませんでした。ほんとうに何もわからないゼロからの出発でした。

MEG II 実験というのは、 μ （ミュー）粒子が γ （ガンマ）線を放出して電子に変わる $\mu \rightarrow e \gamma$ 崩壊を探索するプロジェクトです。この $\mu \rightarrow e \gamma$ 崩壊が発見されれば、現代の素粒子論の標準模型を超える「新物理」が見えてくるという重要なものです。この実験では、 γ 線を測定するために液体キセノンを用います。 γ 線が液体キセノンの中に入ると、キセノンの原子を励起させてシンチレーション光という小さな光を出します。その発光の位置、時間およびエネルギーを測定するのが液体キセノン検出器で、この検出器に関連することが私の研究テーマです。

PSIでは、この検出器の運用自体も私の大きな任務の一つで、2024年には貴重な液体キセノンが検出器から漏れて失われるという問題の解決にもあたりました。二つの原因を特定して、バルブに起因した大きな漏出のほうは解決できましたが、キセノンが入った容器から外に染み出ていく漏出のほうは今も続いていて、これはこれからスイスに戻ってきっちり直す予定です。

液体キセノン検出器では、紫外線よりさらに波長が短いシンチレーション光を検出できるように、特殊な加工を施したVUV-MPPCと呼ばれる半導体光センサー（SiPM）が使われています。

このVUV-MPPCの光子検出効率（PDE）がMEG II実験中に下がっていますが、まだ原因はわかっていません。一種の放射線損傷だと考えられますが、そのメカニズムは謎のままです。私はこのVUV-MPPCの放射線損傷の原因解明に向けて、PSIでラボ実験を行ないました。その結果、実機のVUV-MPPCで見られるPDE減少再現の可能性を示すことができました。今後、さらに測定の精度を上げた実験を行ない、PDE減少再現を目指していくことが、私の今の目標です。

また、液体キセノン検出器の最大の謎として、エネルギー分解能の悪化というのがあります。これは分解能の実測値がシミュレーションから得られた値より2倍悪いというもので、これが感度を大きく制限しています。エネルギー分解能の改善が強く期待されており、仮に改善が見込めない場合でも分解能悪化の原因を特定しなければなりません。液体キセノン検出器は900Lの液体キセノン、それを取り囲む4,760個のVUV-MPPC・光電子増倍管で構成されています。分解能悪化の原因が液体キセノンの性質にあるのか、それとも光センサーにあるのかを区別し、明らかにするのはMEG II実験だけでなく、関連するその他の実験でも重要となってきます。VUV-MPPCのPDE減少の原因解明の研究は光センサーの特性を理解するという観点から、まさに分解能悪化の原因解明に直結しています。私は研究活動において、小さな疑問に一つ一つ丁寧に向き合っていくことで大きな問題を解決することができると思っています。

もしも、自分がPSIでMEG II 実験に携わっている間に $\mu \rightarrow e \gamma$ 崩壊が発見されたとしたらですか？ それはノーベル賞級の研究に自分が少しでも役に立ったということになるので、ものすごいロマンを感じます。それに、MEG II 実験を提案したのが私たちの研究室のボスの森俊則先生ですし、長年にわたっての東大とICEPPの貢献度はものすごく大きいと思うので、そういう意味でのロマンもあります。海外の一流の研究者たちと切磋琢磨しながら実験に取り組めるのは研究冥利に尽きますし、異文化を見聞きたり周りのひとと交流する楽しさを、言葉では言い表せないくらい実感しています。

02

新しい物理の誕生を
告げる $\mu \rightarrow e \gamma$ 崩壊
発見にスイスで挑む

RYUSEI UMAKOSHI

馬越隆成

大学院理学系研究科物理学専攻
大谷研究室 博士課程1年

QUANTUM SCIENCE

ICEPP
ALL
RESEARCHERS
2025

IBM Qua

量子コンピュータにより開かれる世界

高

輝度LHC実験（2030年開始予定）によって素粒子物理に大きな変革が期待されるなか、量子技術を中心とした新しい計算手法や実験技術を開発することによって、素粒子物理や物性物理の次のパラダイムシフトを目指した研究を進めている。一つ目は量子AIの研究だ。得られた実験データを効率的に解析し、素粒子現象の量子的な振る舞いを理解するには、量子機械学習の技術が鍵となる。二つ目は素粒子・物質反応の量子シミュレーション研究。場の理論で記述される素

粒子現象や多体量子系を量子コンピュータを使って効率的にシミュレートし、計算精度や計算リソースの改善を目指す。三つ目は量子ハードウェアの研究開発。高度な量子AI・量子シミュレーションを量子コンピュータで実現するための超伝導量子デバイスの開発や、新しい基礎物理実験を可能にする量子センサーの研究開発を行なっている。本センターではCERNや米国立研究所との国際共同研究を基点に、民間企業との共同研究を含め、これらの研究を多角的に進めている。

KOJI TERASHI



研究室

寺師弘二 教授

研究分野 量子コンピュータ、機械学習、物理解析

所属学会 日本物理学会、情報処理学会

追究したい物理 量子AIの実現と素粒子物理・新粒子探索への応用

ATLAS実験に参加し、超対称性粒子や余剰次元の探索など物理解析を主導してきました。2030年に開始される高輝度LHCでは、大量のデータによって予想外の大発見が起こるかもしれません。私たちは次のパラダイムシフトを目指し、量子技術を中心とした新しい計算手法や実験技術の開発を進めています。

量子コンピュータを応用した量子機械学習や量子シミュレーションによって物理研究の領域を広げ、新しい創発

現象の発見や解明を目指しています。また、暗黒物質など新物理の世界を量子センサーを使って探索する研究も進めています。量子AIなど、量子計算を用いたアプリケーションを社会実装へと繋げていくことも目標の一つです。量子コンピュータを含む量子情報技術の進展は目覚ましいですが、私たちはこの技術が切り拓く世界の入り口に立っているに過ぎません。この世界に飛び込み、新しい研究領域を開拓しようと思う方の挑戦を待っています。

NOBUYUKI YOSHIOKA



研究室

吉岡信行 准教授

研究分野 量子物理、量子計算

所属学会 日本物理学会、情報処理学会

追究したい物理 量子多体系における情報の理解と制御

量子・古典双方の情報技術が驚異的な速度で進化している今、前人未踏の量子シミュレーションへの道が開かれています。我々の研究の究極目標は、量子多体系の普遍的な振る舞いを理解し、それを自在に制御することです。力を入れている研究分野の一つが、科学的発見を加速するための量子計算理論です。量子アルゴリズムの開発から、実際の量子コンピュータを使った大規模シミュレーションに至るまで、幅広いアプローチでの研究を推進していま

す。また、機械学習手法を用いた量子多体系のシミュレーションにも取り組み、非従来の手法の最前線を開拓しています。このような研究を推進するためには、科学的探究心に溢れた理学者から、技術の限界を押し広げる工学者まで、幅広いスキルを持つ仲間との協力が欠かせません。未知なる量子の世界を共に切り拓く仲間と出会えることを、心から楽しみにしています。





YUTARO
IIYAMA

飯山悠太郎 助教

研究分野 量子コンピュータの発展的利用法の考案と素粒子物理学への応用の検討

所属学会 日本物理学会

追究したい 量子力学の本質を素粒子を通じて物理 探る

量子コンピュータや機械学習を素粒子物理学に応用する手法を模索する。量子デバイスの制御から、基本的な量子アルゴリズム、アプリケーション開発に至るまで、素粒子物理の知見を取り入れた研究を展開する。



KAZUYUKI
NAKAYAMA

中山和之 特任助教

研究分野 量子エレクトロニクス、量子光学、メタマテリアル、ブラックホール

所属学会 日本物理学会

追究したい 量子古典境界、量子時空物理

物性物理学のアプローチに基づき、光とメタマテリアルを用いた量子時空の新しい研究領域を開拓する。人工ブラックホールや疑似ゲージ場の基礎特性を明らかにし、新奇情報処理デバイスの研究開発を行なう。



TOSHIAKI
INADA

稲田聡明 助教

研究分野 超伝導量子回路、量子光学・非線形光学、ブラックホール

所属学会 日本物理学会、応用物理学会

追究したい スピントロニクス、XFEL、超強物理 磁場現象

量子コンピュータに纏わる超伝導・光デバイスの開発を行なう。また種々の量子センサーを用いて、人工ブラックホールや重力の量子性に関する研究およびアクシオンの探索を行なう。



TOSHIAKI
KAJI

加地俊瑛 特任研究員

研究分野 量子アルゴリズム開発、物理解析

所属学会 日本物理学会

追究したい 標準理論を超える新粒子、特に暗黒物質の発見と正体解明

量子コンピュータ回路や量子アルゴリズムの開発及び最適化を行なう。また、高エネルギー加速器実験におけるオブジェクトや事象再構成への応用可能性を模索し、トリガーとしての実用可能性も検討する。



LENTO
NAGANO

永野廉人 特任助教

研究分野 量子コンピュータ、素粒子理論

所属学会 日本物理学会

追究したい 場の量子論の非摂動的な性質、量物理 子計算の素粒子論への応用

場の量子論の非摂動的な性質を調べるために、量子アルゴリズムを用いたシミュレーションやアルゴリズムの改良を行なう。また、計算資源や計算精度を評価し、それらの改善方法を模索する。



Kirill Shulga 特任研究員

研究分野 超伝導量子ビット、メタマテリアル、量子現象、時間結晶、時間の理論、量子情報

所属学会 —

追究したい アナログ・ホーキング放射：超電物理 導メタマテリアルを用いた真空中での光子対生成の研究

相対論的量子情報の効果を探索し、特に超電導量子マテリアルにおけるホーキング輻射に焦点を当てている。この実現に向けて、新しい超電導回路とユニークな特性の量子ビットを開発している。



Zhelun Li 特任研究員

研究分野 量子コンピュータ、量子機械学習

所属学会 日本物理学会

追究したい 高エネルギー物理学への実用に向けたアルゴリズム開発

高エネルギー物理学の分野で、対称性を用いた量子機械学習技術の応用研究を進める。また、変分量子回路を用いた量子多体系のシミュレーションにも取り組む。



YUYA
MINO

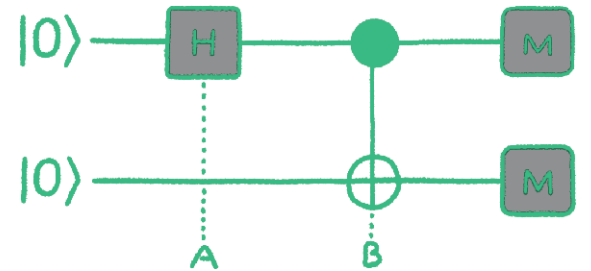
三野裕哉 特任研究員

研究分野 超伝導量子回路、暗黒物質

所属学会 日本物理学会

追究したい 素粒子物理へ応用可能な超伝導量子ビットの開発、暗黒物質の発見

暗黒物質の候補であるダークフォトンやアクシオンの発見を目指し、超伝導量子ビットの開発や応用手法を模索する。また、素粒子物理学への応用に加え、量子コンピュータの実現に向けた高周波回路素子の開発も行なう。



STUDENT INTERVIEW

超伝導量子ビットを用いて暗黒物質を探索する。それが私の研究テーマです。修士1年になったときに先生方から「こういう面白いテーマがあるよ」と教えていただき、それで取り組みはじめました。

暗黒物質（ダークマター）とは、大まかには、宇宙に存在していることは確実なのに、いまだ見つかっていない素粒子のことです。なぜ見つからないかという、今の検出技術では捉えられないほど暗黒物質からの信号がとても微弱だからなんです。ということは、より敏感なセンサーを開発すればよいのですが、いわば古典的な機械工学でつくられるセンサーではすでに限界ギリギリです。そこで、古典的ではない、進化したセンサー技術によるより感度の高いものが必要になってきます。それが、量子的な効果をセンサーとして利用する、つまり量子ビットをセンサーとして使うということになるわけです。量子ビットでは人為的に光子（フォトン）を打ち込むことで0か1の状態にセットするのですが、これは自然に飛んできた光子にも量子ビットは敏感に反応するという点でもあります。それが私たちICEPPの研究チームがセンサーとして量子ビットを用いる理由です。

検出を目指しているのは、ダークフォトンという暗黒物質です。最先端の理論からは、暗黒物質Aは粒子Bに変換されるといった変換法則がいくつか予測されているのですが、その中で一番シンプルなのがダークフォトンからフォトンへの変換です。ダークフォトン自体はそのままでは検出されないのですが、ダークフォトンから変換されたフォトンを見つけることで、ダークフォトンの存在を明らかにしようというわけです。

私は探索に使う量子ビットの作製から手がけています。これは超伝導量子コンピュータに使うものと同じデザインのチップです。量子ビット自体の一番重要な部分は0.2 μ m程度の大きさで、作り方は半導体技術にかなり近いです。ウェハーというサファイアやシリコンの板の上に、専用の機械を使ってアルミウムなどの金属で回路を作ります。

そうやって作製した超伝導量子ビットを、0.01ケルビン（摂氏

-273.14度）に冷やした計測系の希釈冷凍機に入れ、自分で計測データを取得し、そのデータを解析します。つまり、量子ビットを作るところから最終的に結果を出すまでのすべてのプロセスを全部自分で行えるという点が、とても面白くてやりがいを感じます。

検出では、背景事象のノイズの中の特定周波数のところに鋭い山が立ったら、そこにダークマターがあるということになります。ノイズに対して信号のピークが5倍程度の高さであれば、ダークフォトンが発見されたと見なされます。ですから、外部から飛んてくるノイズを遮断することが大事です。物質が温度を持っているだけでも電磁波が放射されてしまうためです。

超伝導量子ビットで暗黒物質を探索するこの研究は、いま世界中で始まったばかりです。一番最初の論文がシカゴ大学から出たのは2021年で本当に最近のことです。私たち、ICEPPの研究チームが研究を始めたのがその翌年ぐらいからです。これからますますホットになるテーマだと確信していますし、そういった意味でも高揚感のようなものが強くあります。2024年にギリシャでの国際学会に出席したのですが、そこでもかなり注目を集めていて、世界中でこの研究が行なわれているというのを肌で感じることができました。私もいろいろな研究者の方から話しかけてもらえたので、個人のモチベーションにもとてもつながりました。

世界の一番新しい研究の一翼に自分が連なっていることは、とてもすごいことですし、ICEPPには本当に感謝しています。ICEPPには暗黒物質探索の専門家の先生が大勢いらっしゃいますし、量子ビットや量子ソフトウェア関係の先生方もいらっしゃるし、どちらにも強みを持っているので、そういうなかで研究できるのは、知識の吸収という意味でも、とても素晴らしいことだと感じています。

今はダークフォトンの探索を行っていますが、ゆくゆくは別の粒子も探したいと思っています。それはアクシオンという暗黒物質ですが、検出の難易度がとても高いんです。博士課程ではアクシオンを検出するためのセットアップを整えることに力を注いでいきたいと思います。このアクシオンをちゃんと検出するとともに、検出の最高感度を更新するのが今の私の目標です。

03

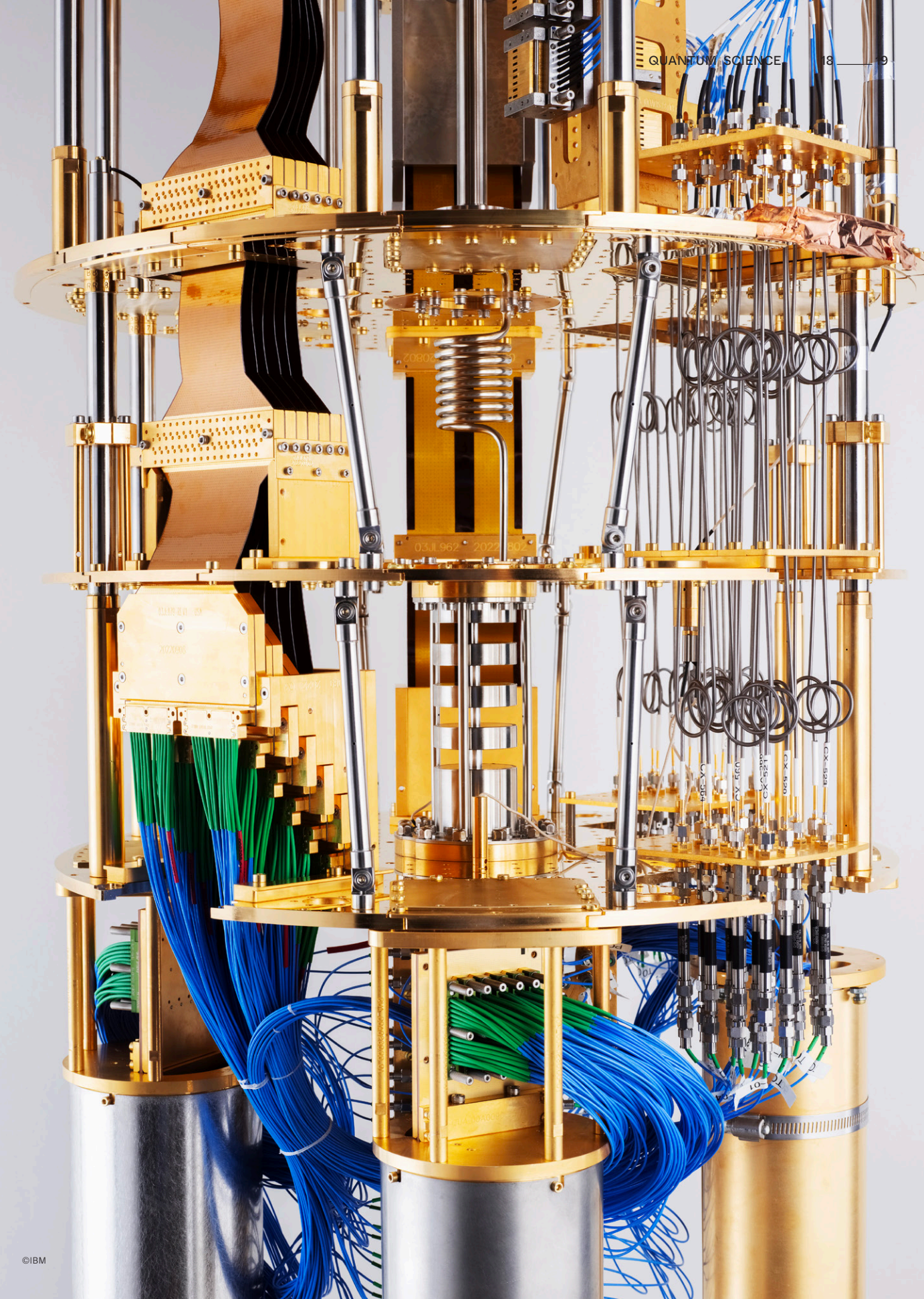
暗黒物質
ダークフォトン
超伝導量子ビットで
見つけたい



KAN NAKAZONO

中園 寛

大学院理学系研究科物理学専攻
澤田研究室 博士課程1年



ICEPP
ALL
RESEARCHERS
2025ILC
PROJECT

新物理を探索する次の切り札

ヒッグス粒子の詳細研究を筆頭に、新物理探索の切り札と期待される素粒子物理学の次世代基幹プロジェクト。「International Linear Collider (国際リニアコライダー)」の略称で、LHCとは異なり電子・陽電子を衝突させる加速器の建設を目指している。

重心系エネルギー250GeVで電子・陽電子を衝突させることにより、ヒッグス粒子を大量に生成・観測し、その精密測定から素粒子の標準模型を超えた物理を解明する。素粒子どうしの衝突は

高精度の測定を可能とし、CERNのLHCでは捉えきれない事象を明らかにすることが期待される。またTeVスケールへのエネルギー増強も視野に入っており、世界中の素粒子物理学者たちがその実現を目指しているプロジェクトである。

本学・本センターの研究者が計画推進組織の要職に就き、2030年代後半の稼働を目指して積極的に活動している。日本でILC建設が決まれば、世界の人材と企業が終結する一大グローバル科学都市が日本に誕生することになる。

MASAYA ISHINO



研究室 石野雅也 教授

研究分野 エネルギーフロンティア加速器を使った素粒子物理、先端実験技術の開発・大規模運用

所属学会 日本物理学会

追究したい物理 真空と対称性：電弱対称性の破れの理解と超対称性粒子の発見

ILC-Japan（国内研究者によるILCの実現を推進するグループ）の代表として、ポストLHC時代の世界的な基幹プロジェクトとしてのILC計画を推進しています。ヒッグス粒子の発見（2012年）によって素粒子物理の標準模型が完成したことを境に、素粒子物理は新たなフェーズに突入しました。

暗黒物質の正体が不明、電弱対称性の破れのメカニズムが不明、物質優勢の宇宙となったしかけが不明、重力を含めた相互作用を統一的に理解できて

いないなど、素粒子分野の観点からも初期宇宙の観点からも、多くの宿題を残しているのが「標準模型」ですが、ヒッグス粒子の精密測定が、解決のヒントを与えるだろうと考えています。

研究室では、LHC実験にも取り組んでおり、ILC実験に活かせる測定器・エレクトロニクスの技術、解析技術、物理のアイデアなど、協力しながら相補的に取り組むことで成果をあげていこうとしています。



WATARU OOTANI



研究室 大谷 航 准教授

研究分野 ミューオン稀崩壊探索実験、パイ中間子崩壊精密測定実験、次世代電子陽電子コライダー実験

所属学会 日本物理学会

追究したい物理 標準理論を超える新物理、素粒子の大統一、電弱対称性の破れの謎の解明

次世代エネルギーフロンティア実験ILCの早期実現に向け、かつてない性能を持ったILC用測定器の開発と、ILCで期待される物理研究に取り組んでいます。

ILCでは、レプトン（単体粒子）である電子と陽電子を衝突させるため、背景事象の少ない環境で精密な測定を行なえるのが特徴です。その特徴を十分に活かすため、ILC測定器への導入が検討されているのが、「Particle Flow Algorithm (PFA)」という画期的な手

法です。測定器内で発生した粒子のエネルギーを粒子の種類ごとに個別に測定し、エネルギー分解能を高めるのが狙いです。それにより、ヒッグス粒子の精密測定が可能になります。

本研究室では、国内外の研究グループと協力してILC測定器の要となる高精細PFAカロリメータの開発を行なうとともに、最新のセンサー技術をもとにした将来のエネルギーフロンティア実験のための先端測定器開発も進めています。

TAIKAN SUEHARA



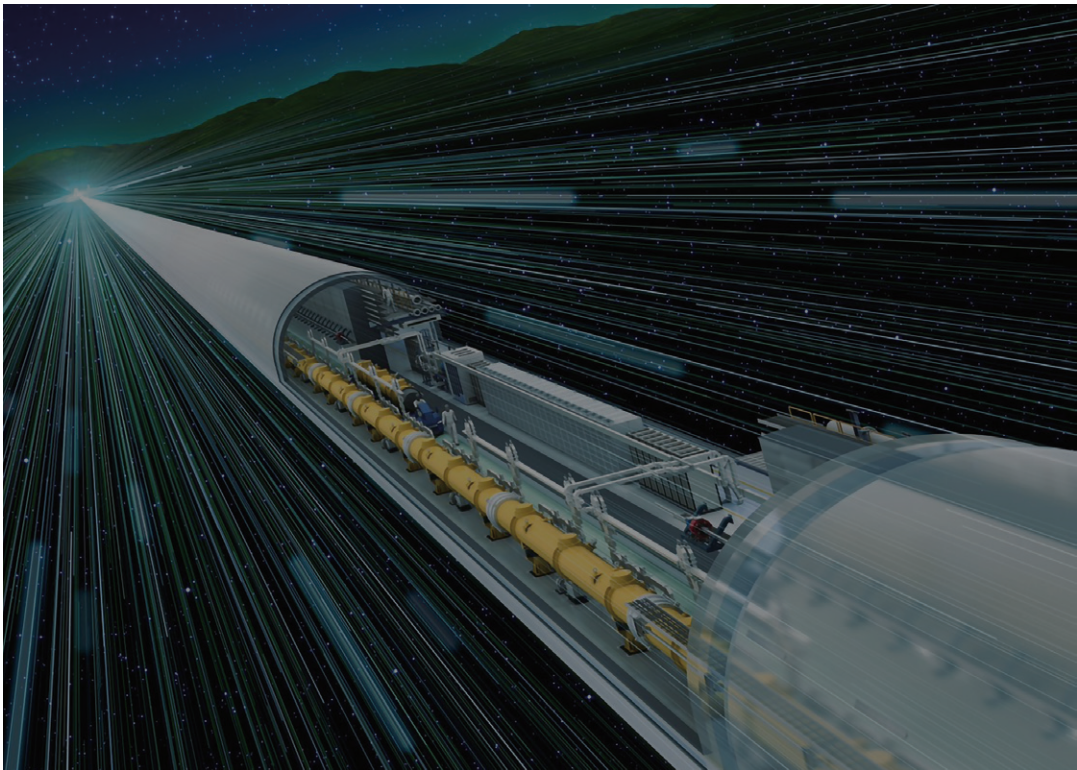
研究室 末原大幹 特任准教授

研究分野	次世代電子陽電子コライダー実験と深層学習の応用
所属学会	日本物理学会
追究したい物理	ヒッグス粒子の精密測定を通じた新物理探索、時空の構造解明、軽い新粒子の探索

新しい発見には、新しい実験と新しい技術が必要です。私は、次世代大型計画であるヒッグスファクトリーと、近年急速に進歩した深層学習や高精度測定器技術を組み合わせて研究を進めています。ヒッグスファクトリーは、2012年にLHCで発見されたヒッグス粒子を超高精度に測定し、未知の新粒子や時空の構造解明への道を開く次世代コライダーで、世界中で複数の計画が実現に向けしのぎを削っています。その中でも、世界中の研究者が日本に集まるILC計画を是非とも実現させたいと思っています。

また、ChatGPT等のベースとなったTransformerという深層学習手法は素粒子分野にも大きなインパクトを与えています。大量の訓練データと大規模計算により飛躍的に性能が向上するTransformerの特徴と、次世代測定器から得られる高精細データを生かして、素粒子実験の普遍的な「頭脳」の開発に挑戦していきます。

新しい研究室で「道を切り開く」意欲にあふれた皆さんとの研究を楽しみにしています。



©Ray Hori



JUNPING
TIAN

田 俊平 助教

研究分野	ILC物理、検出器(最適化)
所属学会	日本物理学会
追究したい物理	電弱対称性の破れの謎の解明、ヒッグス粒子の精密測定

ILCの物理および測定器の最適化に携わる。ILCの物理的意義を高めるため、電弱対称性の破れの謎に迫るヒッグス自己結合の研究を進める。また、ILD測定器の物理研究能力を高めるため、最適化にも取り組む。



TOSHINORI
MORI

森 俊則 特任研究員

研究分野	荷電レプトンフレーバー物理、最高エネルギーレプトンコライダー物理、革新的実験提案とその為の最先端測定器開発
所属学会	日本物理学会
追究したい物理	超対称大統一理論と宇宙開闢の物理、ヒッグス精密測定による時空の物理

退職後もJAHEPでの活動や海外の研究者コミュニティとの連携を通して、ILC実現に力を注ぐ。ヒッグスによってどのように時空の相転移が引き起こされ、現在の複雑で豊かな宇宙が作られたのか、その解明に必要な測定器と物理の研究に取り組む。



©Ray Hori

TABLETOP & OTHERS

EXPERIMENT

ICEPP
ALL
RESEARCHERS
2025

多彩な技術とアイデアで素粒子の謎に迫る

標 準理論を超える新物理は実験室でも見つかるかもしれない。素粒子現象を直接探るには大型加速器の高エネルギーが必要だが、低エネルギーでもアイデア次第、実験手法次第で、間接的に現象を探ることができる。テーブルトップサイズと小規模ながらも、自分自身のプロジェクトとして企画、設計、製作、測定、解析までのすべてを手がけ、未知の現象に迫るのがTabletop実験だ。コヒーレントな光を用いた異方性を持つ真空の歪みの観測、X線レーザーどうしをぶつけ

て歪みを検出する実験、陽電子ビームによって反物質を含んだコヒーレント状態を作る実験、自作の特殊レーザー光源を用いたポジトロニウム冷却実験等、実に多彩なアプローチによって研究が進められている。

また、Tabletop実験以外に、国内外の大学・研究機関との協力体制を拡張し、新しい知見に基づく研究も進められている。未知の素粒子、素粒子の知られざる性質、素粒子の世界では弱すぎる重力といった謎は、あらゆる実験で解明されていく。



TOSHIO
NAMBA

難波俊雄 助教

研究分野 標準理論精密検証、暗黒物質探索、検出器開発

所属学会 日本物理学会、日本陽電子科学会

追究したい物理 小規模実験による標準理論を超えた物理の探索

量子ビームや量子センサーを利用し、標準理論を超えた物理現象を探索する。小規模ながら高感度でユニークな実験により、暗黒物質の正体や真空の構造などを解明する。



YOSHIYUKI
ONUKE

小貫良行 助教

研究分野 物質・反物質非対称性の研究、未発見粒子アクシオンの探索

所属学会 日本物理学会、日本アイソトープ協会

追究したい物理 B中間子を用いた新物理の発見、世界最高感度のアクシオン探索

B中間子を用いた物質反物質対称性の破れ測定や未知の素粒子探索実験等で、標準理論を超えた現象の発見を目指す。将来実験で使用する半導体放射線検出器の開発にも取り組む。



YOSHIZUMI
INOUE

井上慶純 助教

研究分野 Tabletop実験、検出器

所属学会 日本物理学会

追究したい物理 アクシオン、暗黒物質

暗黒物質の正体が隠れたセクターのU(1)ゲージボソンとなる隠れた光子(hidden photon)を想定した検出実験や、SOIPIX検出器を利用した太陽アクシオン検出実験などに携わる。



YOSHIO
KAMIYA

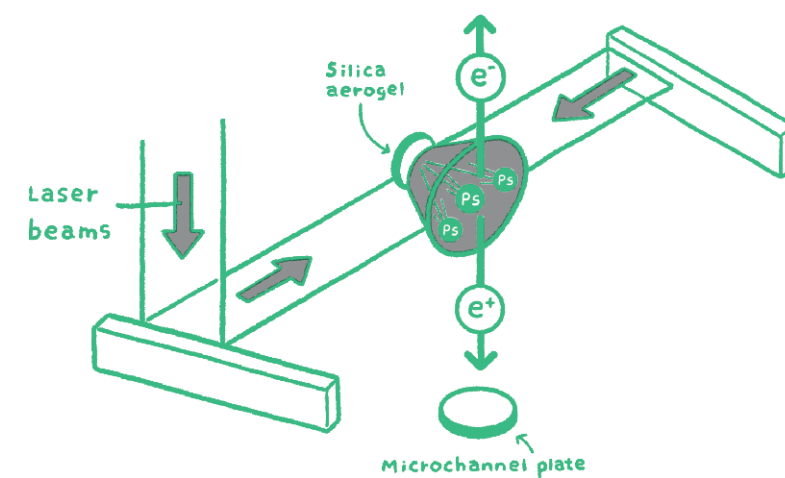
神谷好郎 助教

研究分野 微視的観点からの重力の研究、量子論における真空／時空の研究

所属学会 日本物理学会、JGRG、ISGRG

追究したい物理 重力、標準理論のその先

低速中性子等を用いた重力の検証、未知の相互作用と新粒子探索、高強度レーザー場の下での非摂動論的非線形QEDの研究、次世代量子検出技術の開発などに取り組む。



ICEPPでの1年の過ごし方

本センターでは、1年間を通してさまざまな教育プログラムがあります。
「国際研究センター」の名が示すとおり、国際的な研究拠点に研究者や学生を派遣し、
国際共同実験に参画しているのが特徴です。



入学式

新入生ガイダンス

授業Sセメスター (4~7月)



撮影・本部広報課

高エネルギー物理春の学校

素粒子物理学の面白さを伝え、若手研究者同士の繋がりを広げる機会となるよう、有志の世話人（国内の大学・研究機関の教員）の支援により毎年5月に開催されています。修士1年を中心に約80名が参加し、入学後のスタートアップとなっています。

粒子物理
コンピューティングスクール

粒子物理分野では大規模検出器を用いてビッグデータを収集するため、最先端のコンピューティング・ソフトウェア技術の習熟が不可欠です。KEK・全国の大学とともに専門的なスクールを開講し、修士課程大学院生が参加しています。

日本物理学会
秋季大会授業Aセメスター
(9~1月)

ICEPPシンポジウム

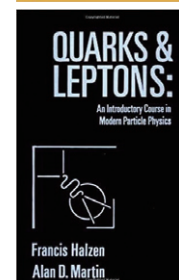
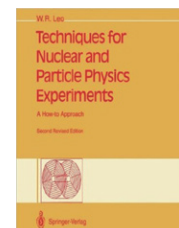
ICEPP主催のウィンタースクールで、全国の大学の大学院生・若手研究者約40名が参加します。素粒子・原子核・宇宙物理等の分野の垣根を越えて多様な研究成果を理解し合い、相互交流を深めるユニークな場を提供します。



入学前 — 4月 — 5月 — 8月 — 9月 — 1月 — 2月 — 3月

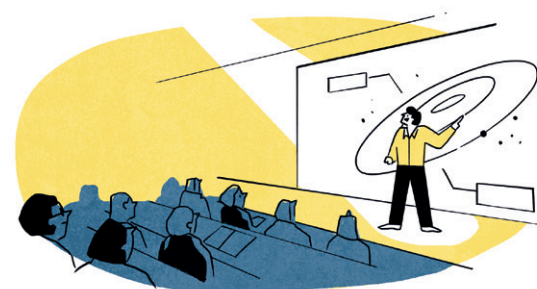
MOゼミ (教科書輪講)

1週間に3時間程度、素粒子物理学実験の基礎を学びます。



オープンデー (一般公開)

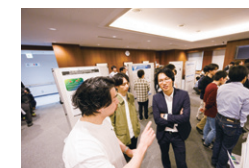
東京大学においてどのような教育や研究が行なわれ、どのように社会とつながっているのかを、高校生やこれから大学を目指す方に知っていただくための催しです。ICEPPでは理学部合同のオープンキャンパスと単独のオープンデーを開催しています。

CERN夏の学校、
PSIスチューデントプログラム

修士1年の夏に、ATLAS実験の学生はCERNに、MEG実験の学生はPSIに約1カ月滞在します。現地の実験装置や加速器施設を自分の目で確かめ、第一線で活躍する研究者との交流を通して知識を深めると同時に、国際的視野を広げる経験を積みます。

論文審査
(修士課程2年・
博士課程3年)

ポスター発表会



ICEPP内の交流促進を目的に、直前の物理学会での発表を活かしたポスターセッションを行います。互いの研究を知ることでの新たな発想や楽しさが生まれるとの期待から、帰国者の多い3月末に開催しています。

日本物理学会年次大会

学位記授与式
(修士課程2年・博士課程3年)

撮影・尾関祐治



私は2024年からKEKの助教というポジションで、SuperKEKB加速器を用いたBelle II実験のランコーディネータ（運転責任者）を務めています。32歳の私は歴代で一番若いランコーディネータですが、加速器の技術者や研究者の皆さんと一緒に実験を進めていく際は、最後の判断は私が下さないといけない場面が多く、責任の重大さを痛感する日々です。実験はいったん始まると数ヶ月休みなく続きます。いろいろなトラブルも発生しますし、眠れない日々も続き、とても大変な仕事ですが、やりがいを感じています。「加速器は生き物、暴れ馬のようだ」とよく言われます。まだ理解できていないことが多いため、前日は調子が良かったのに、今日は良くないということもしょっちゅうです。

一方で、昨年12月27日に、SuperKEKB加速器自身が保持するルミノシティの世界最高記録を更新した時は本当に嬉しかったですね。ルミノシティというのは、加速器で粒子を衝突させた時の衝突頻度のことです。衝突頻度が上がると、それだけ大量のデータが取れるようになります。その世界記録を2年半ぶりに塗り替えたのですが、それが実験期間の最終日の深夜1時すぎのことでした。見えてきた色々な問題を克服した末の記録達成でしたので、ホッとしたのが正直な気持ちですが、まだまだ目標値まで届いていないので頑張らないといけないと思っています。

素粒子物理に興味が湧いたのは大学2年の頃で、ヒッグス粒子発見のニュースがきっかけです。ヒッグス粒子って何だと調べるうちに面白くなって、もっと知りたくなったんです。ICEPPに入ったのも、ヒッグス

粒子が発見されて終わりじゃないんだ、さらに多くの謎がまだまだあるんだと知ったからです。謎を解明する有力な実験の一つとしてATLAS実験があり、ちょうど重心系エネルギーを大幅に上げたRun2運転が始まることを知りました。これで新物理を探せるのなら、挑戦しないという選択はない。それが一番の理由です。

修士1年ですぐにCERNに行かされたのですが、海外旅行は韓国に行ったことがあるだけ。いざフランス行きの飛行機に乗った時は、めちゃくちゃ不安でした。でも、CERNに着けば、ICEPPの先輩たちもいるので案外大丈夫。その後は毎年出張し、2017年から2年半はほとんどの時間をCERNで過ごしました。CERNでの日々は非常に楽しく、博士論文のため帰国することになった時はかなり寂しかったですね。ATLAS実験で行なった研究は、LHC加速器で取ったデータを解析して、未知の新粒子、超対称性粒子の探索でした。当時、その解析の過程で機械学習は積極的に使われていませんでした。これは、データを用いた妥当性の検証など多くのややこしいことがあるからです。実際、私は機械学習を使いたいと言っても難色を示されることが多かったんです。そこで、データとシミュレーションがきちんと合っているかなどを泥臭く確認し、それを反映させた解析結果を公表しました。今では当たり前のように超対称性粒子探索で機械学習は導入されていますが、その足掛かりになったかもしれないと思っています。

私の夢は、博士の頃もそして今も、未知の現象を、新しい物理を見たいということにつきます。それが究極の目標ですが、まずはBelle II実験をランコーディネータとして成功させて、新しい物理現象を探索したいです！それには、ルミノシティの世界記録をさらに更新することが大事です。目標値に到達できれば、異次元のデータ量が取れるようになるのですから。

KEKでの今の仕事も、ATLAS実験の巨大プロジェクトに携わっていなければできていなかったと思います。海外で研究し、海外に多くの友人ができるのは自分の視野を広げてくれるので、研究職を目指す人にとっても人生での大切な経験になるはずです。ICEPPというオンリーワンの環境に、多くの若者に興味を持っていただけたらと思います。

新しい物理を求めて

生き物のような加速器と格闘



宇野健太

ATLAS実験⇒Belle II実験

≫ 高エネルギー加速器研究機構（KEK）素粒子原子核研究所 助教

2017年東京大学大学院理学系研究科物理学専攻（田中研究室）修士課程修了。2020年同博士課程修了、博士（理学）。新潟大学理学部特任助教を経て、2023年6月より現職。

ものの本質を見つめようとする力はその分野に進んでも強みになります

東大の物理学科で一緒だった友だちと、彼女も今は研究者ではありませんが、どうしても物理のニュースが気になってしまう私たちって一生、物理屋なんだねという話を先日したばかりです。博士課程まで物理を勉強すると、やはりそれが自分の心のコアになるものなんです。

理系の選択をしたのは高校生の時です。父が化学の研究者でしたので、その影響が大きかったと思います。小学生の私を学会に連れていってくれたのですが、ポスターセッションなどをわけもわからず憧れを持って見てました。駒場時代に会った、ものごとをスッキリ説明していく量子力学がとても魅力的に感じました。ものがわかった、腑に落ちた瞬間というのは、何にも代えがたい喜びなんです。それは最先端の研究でも同じで、データ解析をして「こういうことなのか！」とわかった瞬間の喜びは他では味わえない深いものですね。

私はICEPPという名称になってからの女子大学院生第一号だったんです。学部生だったころも、物理学科で女性は私ともう一人の二名だけで、仲良く二人で勉強したり、遊びにいったりしていましたから（笑）、私自身は特に意識はしませんでした。周囲の皆さんはとても配慮してくださったように思います。ICEPPでは、一度実験を始めたら、みんなでシフトを組んで夜通しデータを取り続けるのですが、女性だから夜は帰るということはしたくはなかったですし、みんなで一緒にやろうという雰囲気でしたので、夜泊まり込みで真空ポンプの横でデータを取って解析してというのをしていました。研究室の先輩方と夕食一緒に安田講堂地下の学生食堂に行きましたが、赤門ラーメンを食べながら、たわいのない冗談を息抜きに過ごした時間はとても良い思い出です。

実験というのは、うまくいくことのほうが少ないんです。苦労の連続ですが、確実に言えるのは、あの頃の経験があるからこそ、今日があるんだということです。また、駒宮幸男先生（2000年より素粒子物理国際研究センター長）や小柴昌俊先生にもたいへんお世話になりました。駒宮先生は「お前ら、基本がなってない。



基本だ、基本だ」とよくおっしゃっていました。その言葉は自分の心の中に強く残っています。私はいま金融の世界にいますが、新しい現象に対して数式を使って説明する時、本当にその数式がわかっているのか、根本の根本を理解しているのかと自問します。

小柴先生には、毎年シシリー島で開かれるErice Schoolに推薦していただき、参加することができました。そこでMEG実験について発表をして、最優秀学生（Best Student Award）に選ばれました。「ワー、楽しかった」で終わっちゃいけない、小柴先生に恩返ししなきゃという気持ちで研究発表を行ないましたが、その内容を評価いただき、とても光栄な経験でした。

スイスのポールシェラー研究所にも派遣していただきました。イタリアの女子学生と大の仲良しになり、一つの夢に向かって頑張り合える仲間というのは、言葉の壁を越えてわかり合えるんだと、大切な思い出もたくさんできました。

金融の世界に入ったのは、環境を変えて新しいスタートを切りたいという思いが募ったからでしたが、当時は物理学から金融の分野に行くというのはそれほど珍しいことではありませんでした。楽しかった研究から離れるのは辛いという気持ちもありましたが、

基本を大事にし、ものの本質を見つめようとする力、そういう視線は素粒子物理をしているからこそ身につくものですし、将来どんな仕事に進んでも必ずその人を助けてくれると思います。素粒子物理の研究をぜひ楽しんでもらいたいなと思います。

久松康子

MEG実験⇒BES-II実験⇒金融

≫ BNPパリバ証券株式会社 取締役
BNPパリバ銀行東京支店 最高リスク管理責任者

2005年3月東京大学大学院理学系研究科物理学専攻（森研究室）修士課程修了。2009年1月同博士課程修了、博士（理学）。同年4月に入社後、金融リスク管理の分野での主要なテーマに関連するプロジェクトに携わる。2017年6月リスク・オペレーションリスク管理部長、2021年7月グローバルマーケット・リスク管理部長を歴任。2023年6月より現職。

ICEPPから
巣立つ先輩たち

進路データ

本センターで受け入れた大学院生の半数以上は、修士課程修了後に博士課程へと進学し、博士課程修了者の多くが、国内外の研究機関に進みます。それは、本センターが次代の研究者養成に力を入れていることの確かな証です。

しかし、卒業生のキャリアはかつてないほど多様化しています。修士課程修了者の半数近くは民間企業へと就職し、就職先も、情報通信、電機、機械、金融、サービスなど多岐にわたります。その傾向は、博士課

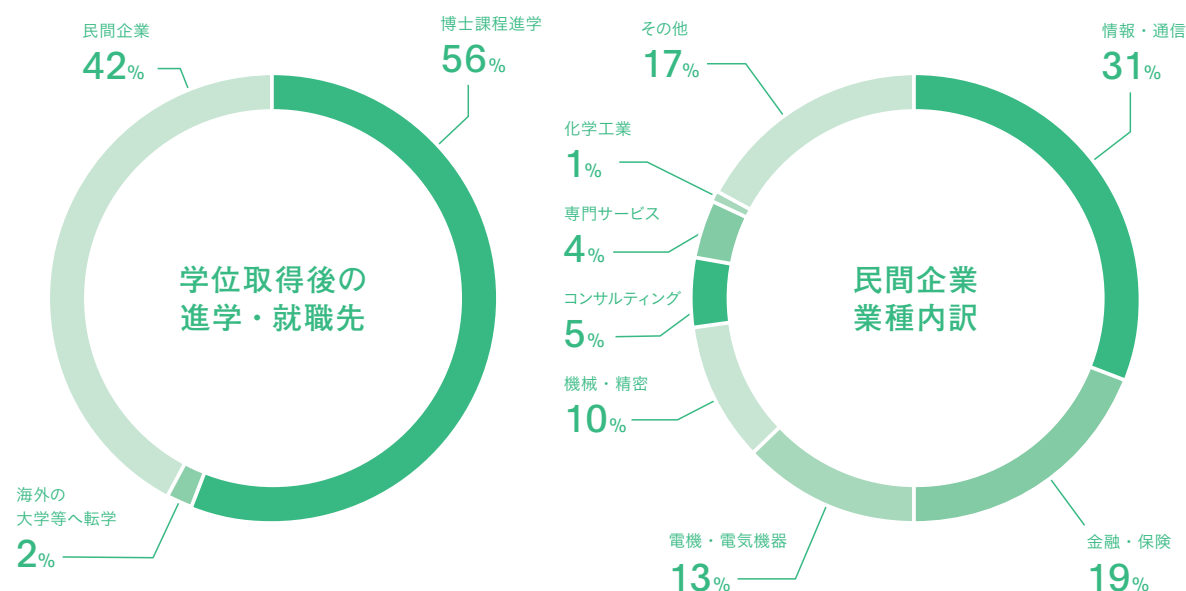
程修了者にもあらわれています。かつてなら、博士号取得者はそのまま研究の道に進むのが当たり前でしたが、今では民間企業への就職も増えています。それだけではなく、博士号を持つ卒業生のなかには、自ら会社を立ち上げた人もいます。

また、博士号取得者が研究職に就く際にも、実に多彩な道が拓けています。国内の大学や研究機関はもちろん、米国・欧州・中国などさまざまな国の大学や研究機関で、先輩たちは研究者として活躍しています。



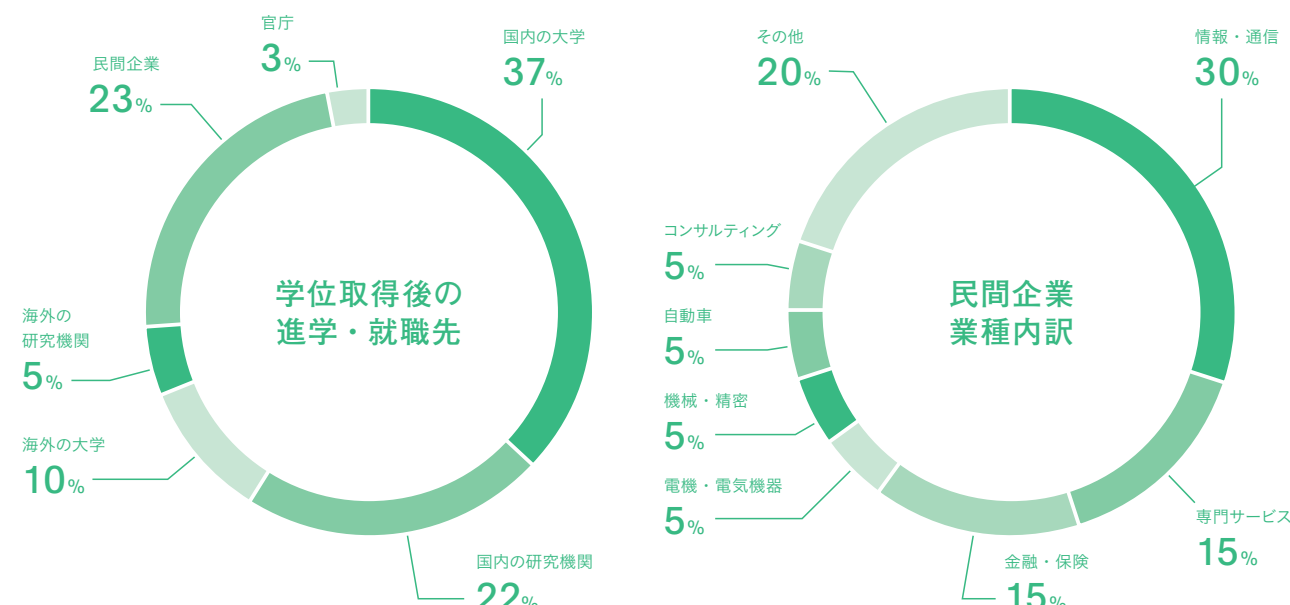
修士課程

※2000～2024年度調べ



博士課程

※2000～2024年度調べ



主な民間企業就職先

情報・通信	日本電気株式会社、日本IBM株式会社、株式会社NTTデータ、富士通株式会社、ヤフー株式会社、任天堂株式会社
金融・保険	みずほ証券株式会社、ゴールドマン・サックス証券株式会社、三菱UFJモルガン・スタンレー証券株式会社、SMBC日興証券株式会社、株式会社三菱UFJ銀行、株式会社三井住友銀行、東京海上日動火災保険株式会社、明治安田生命保険相互会社
電機・電気機器	三菱電機株式会社、ダイキン工業株式会社、住友電気工業株式会社
機械・精密	株式会社日立製作所、キヤノン株式会社、株式会社キーエンス
コンサルティング	監査法人、デロイトトーマツ コンサルティング合同会社
専門サービス	株式会社野村総合研究所、株式会社三菱総合研究所
化学工業	住友化学株式会社

主な大学・研究機関

国内の大学	東京大学、京都大学、大阪大学、名古屋大学、東北大学、早稲田大学、新潟大学
国内の研究機関	高エネルギー加速器研究機構（KEK）、宇宙航空研究開発機構（JAXA）、理化学研究所（RIKEN）
海外の大学	カリフォルニア大学バークレー校、ペンシルバニア大学、中国科学院、上海交通大学
海外の研究機関	欧州合同原子核研究機構（CERN）

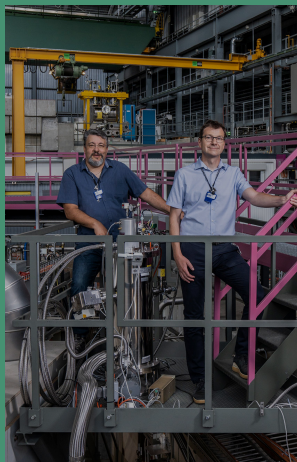
主な民間企業就職先

情報・通信	日本電気株式会社、楽天グループ株式会社
金融・保険	野村證券株式会社、BNPパリバ証券株式会社
専門サービス	京都フュージョニアリング株式会社
電機・電気機器	矢崎総業株式会社
機械・精密	株式会社キーエンス
自動車	トヨタ自動車株式会社
コンサルティング	マッキンゼー・アンド・カンパニー日本支社



COLUMN

前人未踏を突っ走る



MEG実験のルーツは、LEPコライダーで掴んだ「大統一理論」の間接証拠。ビッグバンが一体どう始まったのか、その答えを探る実験は、PSIなど世界の研究者たちのサポートを受け、四半世紀にわたり前人未踏の最先鋒を走り続けてきた。それは最高エネルギーの未踏領域を探るリニアコライダー実験へと繋がっていく。

