



飯嶋徹教授

- \*飯嶋 徹 教授 *Toru Iijima, Prof.*
- 戸本 誠# 特任教授 *Makoto Tomoto, Designated Prof.*
- 居波賢二 准教授 *Kenji Inami, Assoc. Prof.*
- 堀井泰之 准教授 *Yasuyuki Horii, Assoc. Prof.*
- 松岡広大# 特任准教授 *Kodai Matsuoka, Designated Assoc. Prof.*  
#KEKとのクロスアポイントメント。

N研究室では、素粒子の世界-物質と自然法則の究極の姿-を、最先端の粒子加速器を使った実験によって探求している。現在までに知られている多くの素粒子現象は、物質の構成要素であるクォークおよびレプトン、それらの間に働く力を媒介するゲージ粒子、素粒子の質量の起源を担うヒッグス粒子で構成される「標準理論」によって説明できる。N研では、茨城県の高エネルギー加速器研究機構(KEK)におけるBファクトリー実験と、ヨーロッパの欧州原子核研究機構(CERN)におけるLHC実験に取り組み、標準理論を超える新しい物理世界の開拓を目指している。新しい現象の発見により、ダークマターの正体、素粒子の質量や世代構造の起源、真空や時空構造の理解、力の統一など、現代素粒子物理学の課題の多くに迫ることができる。

Bファクトリーにおける「Belle実験」は、世界最高強度の電子・陽電子衝突型加速器「KEKB加速器」を使った最先端素粒子実験であり、bクォーク(5番目のクォーク)を構成粒子とするB中間子を大量に生成する。その第一目的は、標準理論が予言したB中間子と反B中間子の崩壊に現れる粒子と反粒子の対称性の破れ「CP対称性の破れ」の実験的検証であり、我々は、幾つものB中間子の崩壊過程においてCP対称性の破れを発見し、小林・益川両氏のノーベル賞受賞を導いた。次なる目標は、ごく稀にしか起こらないB中間子崩壊や、B中間子と同時に大量に生成される $\tau$ レプトンの崩壊を精査し、標準理論を超える物理の兆候を捉えることである。我々は、これまでの40倍のビーム強度を持つスーパーBファクトリーと呼ばれる次世代実験の建設を主導してきた。2018年4月にデータ取得を開始し、現在、精力的にデータ解析を行っている。

一方、ヨーロッパのCERNでは、周長27kmの世界最高エネルギー(4TeV×4TeV)陽子衝突型加速器「LHC(Large Hadron Collider)」が稼働し、2012年度にヒッグス粒子を発見した。さらに、エネルギーを上げ(7TeV×7TeV)、ビーム強度も増強して、人類未踏の最高エネルギーから $10^{-19}$ mの素粒子現象を探索することで、ヒッグス粒子の測定を通じた質量の起源解明、超対称性や余剰次元など標準理論を超える新粒子の検出を目指している。N研はLHC実験のひとつである「ATLAS(アトラス)実験」に参入し、直径22m長さ43mの巨大円筒形検出器群のひとつであるミュオン測定器の建設やそのトリガーシステムの構築を精力的に進めてきた。また、ヒッグス粒子の結合測定、トップクォーク対生成の精密測定、余剰次元の探索、超対称性粒子の探索、標準理論を超える新しいヒッグス粒子の探索などの物理解析で、世界をリードしている。

近年、KEKの大強度陽子加速器施設(J-PARC)におけるミュオン異常磁気能率( $g-2$ )測定実験にも参入し、超精密測定で新物理の兆候を捉えることを目指している。大強度で広がり少ないミュオンビーム実現に向け、技術開発を進めている。

以上の研究は、本研究室が独自に所有する「高エネルギーデータ解析実験施設」を最大限に活用して進めている。解析施設とKEK、CERNを結ぶ高速ネットワークを駆使して、実験現場で収集した物理データを解析施設の高容量データ蓄積装置に集結させ、高速計算機で解析を行い最先端の素粒子研究成果を発信している。

また、このような高度な科学研究を支えるのは大学が持つ確かな技術力である。最先端の物理研究には最先端

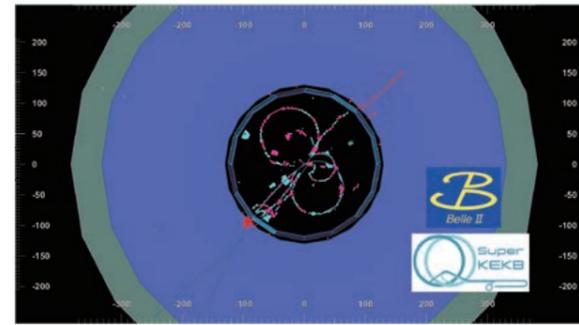


研究室メンバー

<http://www.hepl.phys.nagoya-u.ac.jp/>

\*連絡先 [ijima@hepl.phys.nagoya-u.ac.jp](mailto:ijima@hepl.phys.nagoya-u.ac.jp)

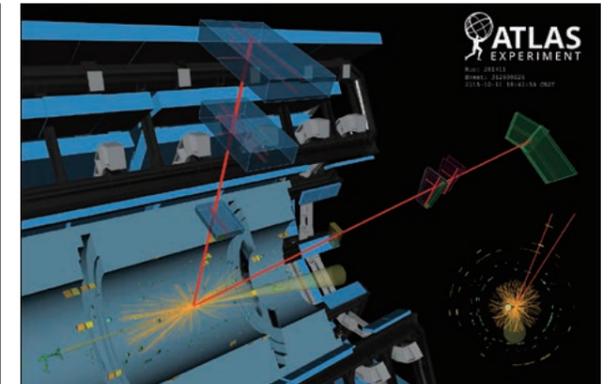
教授: 1 / 特任教授: 1 / 准教授: 2 / 特任准教授: 1 / DC: 10 / MC: 5



スーパーBファクトリーで観測された電子・陽電子衝突の様子。

の技術を駆使する必要がある。Belle実験やATLAS実験の測定器も、研究者が自ら設計、製作したものである。N研では、TOPカウンター、エアロジェルRICHと呼ばれる次世代検出器の独自開発を行ってきた。これらは、荷電粒子が媒質中を通過するときに放射するチェレンコフ光を検出する最先端の装置であり、表面を数Å程度の精度で磨いた石英や40ピコ秒の精度でチェレンコフ光を検出する究極の光検出器などで構成される。2016年にスーパーBファクトリー実験への実装を完了させた。LHC実験では、2026-2029年に加速器・検出器の大改良を計画している。N研ではATLAS実験のミュオントリガー用回路開発を推進している。毎秒3テラバイトの高速データ通信やLHCの高放射線環境下で動作する回路の構築などでATLAS実験グループを先導している。また、機械学習を用いたトリガーアルゴリズムの開発や検出器のミュオンイメージングへの応用研究も行っている。

以上のように、N研では、世界最高強度のBファクトリーと世界最高エネルギーのLHCを両輪とした最先端の加速器実験を行い、標準理論の未解決課題を解明するとともに、新しい粒子世界の発見を目指している。素粒子研究は、こういった未知の素粒子世界を切り開く胎動期にあると言ってもよく、それはまた、初期宇宙を支配した物理の歴史をさかのぼることにもつながる。その道のりは、決して容易なものではないが、大学院生にも、不断の努力と少しの幸運によって、この未知の素粒子世界を自ら開拓できるチャンスが十分にある。



LHC-ATLAS実験で捉えたヒッグス粒子のミュオン対への崩壊の兆候(提供: CERN ATLASグループ)。



2022年の物理データ取得後に、ATLAS検出器前でCERNでの充実した日々を振り返り、取得したデータを用いた新たな成果創出に期待を膨らませる大学院生。

### 大学院での方針・研究テーマ

近年の素粒子実験は、大型装置を用いる高度な科学研究に発展し、Bファクトリー実験はおおよそ1000人、アトラス実験はおおよそ3000人の研究者が参加する国際共同実験である。しかしながら、研究のオリジナリティーは、参加する個々の研究者のアイデアにある。そこで、N研では、自らのアイデアに基づく検出器開発や物理解析を重視している。大学院生は、博士前期課程では、主に検出器の開発研究に携わって実験家に必須となるハードウェアの腕を磨き、博士後期課程では、実験データの解析によって第一線の物理成果を得ることを目指す。また、研究遂行にあたっては、アイデアや研究内容を表現する発表能力、問題点を自らの思考と仲間との議論によって解決する能力など、卒業後の進路に関わらず重要となる能力を磨くことにも力点を置く。

研究室では、学部生・大学院生がスタッフと協力して、活気あふれる研究を展開している。最近の研究としては、Belle II実験におけるレプトンフレーバーを破る $\tau$ レプトン崩壊の探索(都築)、新しいハドロンの存在形態の研究(平田)、ATLAS実験におけるヒッグス対生成を用いた真空起源の探求(林田)、長寿命の超対称性粒子の探索(脇田)などがある。また、TOPカウンターのモニタリング技術開発(児島)、ドリフト・チェンバーを用いた飛跡トリガーの技術開発(須江)、ATLASミュオン測定器のトリガー技術開発(麻田)、ミュオン $g-2$ 測定のためのミュオンビーム輸送系の開発(四塚)、比較的安価で大型化できる次世代光検出器の開発(大久保)などがある。卒業後の進路状況については、研究室ウェブページを参照してほしい。