

高エネルギー物理学研究室(素粒子物理学研究室)は、実験を通して物質の構成要素である素粒子や時空の性質、起源を解明することを目指しています。

質量の起源？

大統一理論？

超対称性？

ニュートリノはCPを破るか？

宇宙におけるCPの破れの起源は？ etc... 将来計画のための研究も数多く行っています。

高エネルギーフロンティア → LHC(ヨーロッパ) : ATLAS実験

強度フロンティア(稀な事象の探索) → J-PARC(茨城県) : T2K実験、KOTO実験

コズミックフロンティア → Super-K実験、CMB測定実験

その他にも、ハイパーカミオカンデや超高分解能高圧キセノン検出器など

いずれの実験も今後数年以内に結果が期待されており、

新しい物理の発見に立ち会えるチャンス！

AXELグループ

● AXEL実験

AXELでは、ニュートリノを伴わない**二重ベータ崩壊($0\nu\beta\beta$ 崩壊)**の発見に向けた**検出器の開発**を進めています。 $0\nu\beta\beta$ 崩壊の発見は、いまだに未解明な部分の多い**ニュートリノの性質を説明**する上で非常に重要であるため、世界中で発見に向けた競争が繰り広げられています。AXELではこれまでとは異なる**独自の検出器**を開発することで、**世界最高感度**での観測、さらには $0\nu\beta\beta$ 崩壊の発見を目指しています。

● $0\nu\beta\beta$ 崩壊探索とは？

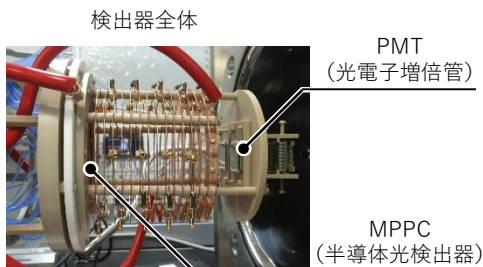
$0\nu\beta\beta$ 崩壊を発見すると、ニュートリノがマヨラナ粒子であることがわかります。ニュートリノがマヨラナ粒子であることがわかると、**ニュートリノが軽い理由**や**宇宙に反物質がほとんど存在しない理由**など、ニュートリノや宇宙に関する諸問題を解決するための鍵となることが期待されています。

$0\nu\beta\beta$ 崩壊は非常に稀な現象であるため、検出には①大量の崩壊核種を用意すること、②高い精度でのβ線のエネルギー測定、③バックグラウンドの除去が必要となります。AXELではこれら3点の要求性能を同時に達成すべく、独自の検出器開発を進めています。

● 学生が主体！

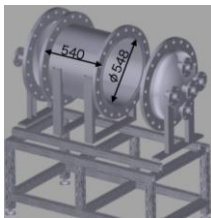
AXEL実験は**京大の学生が中心**に研究を進めています。AXELは現在、大型化に向けた検出器のアップグレード中であり、実験全体に学生が関わることのできる**非常に貴重な機会**となっています。

AXEL検出器

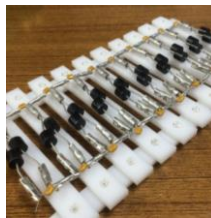


次期大型試作機開発に向けて

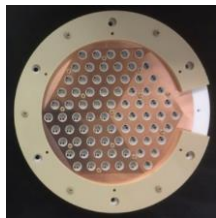
チェンバー設計



昇圧回路開発



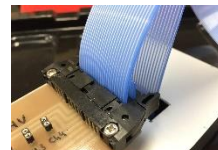
ELCCのパターン設計



読み出し回路設計



信号の読み出しの研究



K中間子グループ

● KOTO実験



KOTO実験はK中間子の $KL \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ という崩壊の探索を行う実験です。この崩壊はCP対称性を直接破るモードで、標準模型の上では稀にしか崩壊しません(崩壊確率 $\sim 3 \times 10^{-11}$)。これは**CP対称性を破る未知の粒子**が存在したときの崩壊確率の変化を見やすいということを意味します。

KOTO実験では京都K中間子グループが中核を担っており、学生が中心となって検出器の開発・データの解析を行っています。現在は**世界最高感度**の結果を目指して、2016年度までに取得した物理データを解析中です。また今後数年で**世界初**の崩壊事象の発見、標準模型を超えた物質反物質の非対称性(CP非保存)の機構の解明を目指しています。

KOTO検出器外観

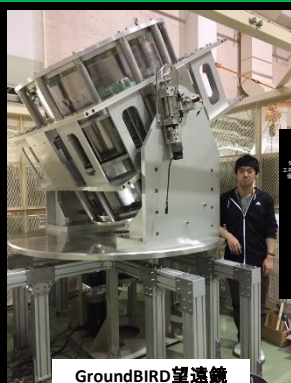


宇宙背景放射観測実験

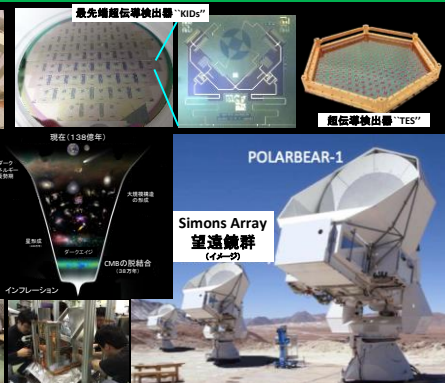
宇宙最古の光「宇宙背景放射」(CMB)の精密観測によって、宇宙創成を支配した物理法則の解明を目指しています！

原始重力波をCMB偏光の特殊なパターンとして検出した暁には、**宇宙インフレーション仮説と重力の量子化**の決定的証拠となります。さらに、CMBの精密観測で**宇宙背景ニュートリノの絶対質量・世代数、ダークマター**の研究も可能です。

国内外の実験を**装置開発とデータ解析**で牽引します。



GroundBIRD望遠鏡



最先端偏光検出器 "KIDS"

現在(1388年)

超伝導検出器 "TES"

Simons Array 望遠鏡群 (イローラ)

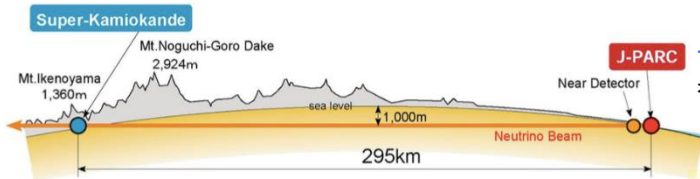
POLARBEAR-1

T2K実験グループ

2015年 T2K実験・スーパーカミオカンデ実験が、米国ブレークスルー賞財団
2016年 基礎物理学ブレークスルー賞を共同受賞！！

● T2K(Tokai to Kamioka)実験

T2K実験は、ニュートリノ振動の解明を目的として2009年にスタートした12カ国・500人以上から成る国際実験です。大強度陽子加速器施設J-PARCで生成した ν_μ ビームを、J-PARC構内の前置検出器および後置検出器であるスーパーカミオカンデでの両方で観測することで、ニュートリノ振動のパラメータを測定してきました。現在は、この振動を用いてレプトンでのCP対称性の破れの発見を目指しています。



T2K実験において、**京都グループは中心的役割**を果たしており、**データ解析**だけでなく**新しい検出器の開発**など、様々なテーマで研究をしています。

● スーパーカミオカンデ実験

スーパーカミオカンデでは様々なニュートリノ研究がなされています。**2015年にノーベル物理学賞を受賞**した梶田隆章博士の研究もスーパーカミオカンデによるものです。

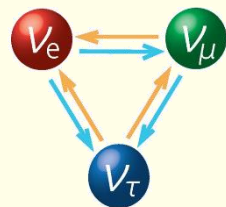
大気ニュートリノ、太陽ニュートリノや加速器ニュートリノを使った研究だけでなく、宇宙から来るニュートリノを調べることで宇宙を



直接調べる「ニュートリノ天文学」も盛んに行われています。また、**陽子崩壊**や**モノポール探索**など、**素粒子大統一理論スケール**の物理探索も行われています。本研究室では以上のような物理探索の他に、これらの探索に向けた基礎研究や、アップグレード計画である**ハイパーカミオカンデに向けた研究**が行われています。

● ニュートリノ振動とは？

ニュートリノは3種類(ν_e, ν_μ, ν_τ)あり、飛行中にその種類が変化してしまう、標準模型を超えた現象が存在します。この現象を解明することで、**宇宙における物質・反物質の非対称**を理解する手掛かりが得られると期待されています。



● J-PARC加速器



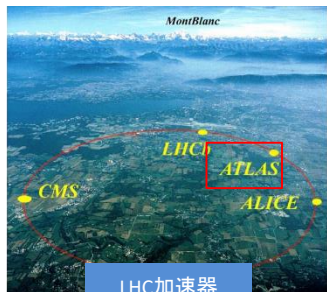
T2K実験では**J-PARC加速器**の陽子ビームからニュートリノを作っています。たくさんのニュートリノを観測するには、その源である陽子を安定かつ大量に加速することが大切です。そのため、京都グループは**加速器のアップグレード**

にも携わっています。**世界最高強度の加速器**をさらに進化させようと研究を進めています。

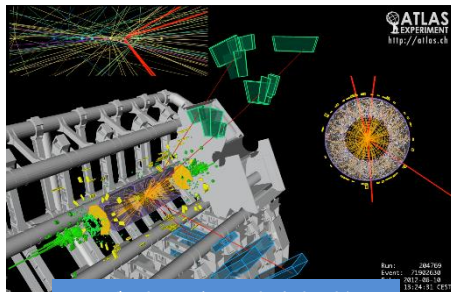
ATLASグループ

● ATLAS実験とは？

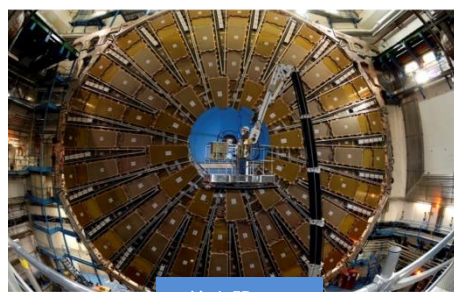
世界最高エネルギーの陽子陽子衝突型加速器(LHC)がスイス・フランスの国境に建設されました。ヒッグス粒子発見以降も、超対称性などの標準模型を超えた新しい物理事象の探索を精力的に行っています。



LHC加速器
周長約 27 km



ヒッグス粒子が 4μ に崩壊する様子
京都ATLASは主に μ 検出器(TGC)のグループに所属している



μ 検出器(TGC)

● ATLAS実験の現状

LHCでは2015年からヒッグス粒子発見時よりも高いエネルギー(8 → 13 TeV)で順調に運転しています。ヒッグス粒子発見以降も、超対称性などの**標準模型を超えた新しい物理事象**の探索なども行われています。

● 学生の活躍

大規模な国際共同実験ですが、学生一人ひとりが新物理のために重要です。教員や他の研究者と議論しながら、研究を進めています。



研究の現場で学生も活躍
D3敦仁郷が作業を行っている様子