High Energy Physics
Division of Physics, Graduate School of Science, Kyoto University

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。

新しい物理を発見するためにはフロンティアで研究を行う必要があります。

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**

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**など将来計画のための研究も行っています。

CP対称性の破れ？
質量の起源？
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...

J-PARC

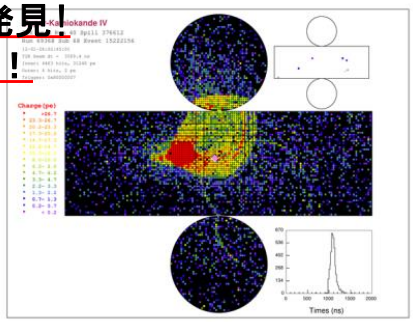
LHC

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！

ニュートリノグループ

2013年 $\nu_\mu \to \nu_e$ 振動発見！
CPの破れの測定へ！

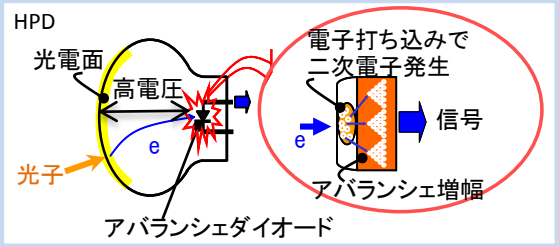


●T2K（Tokai to Kamioka）実験

ニュートリノ振動の解明を目的として2009年4月にスタートした、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 ビームと、世界最大の水チェレンコフ検出器スーパーカミオカンデでの変化を観測することにより、ニュートリノ振動を測定します。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**、検出器の開発やデータ解析等で、**学生が実験の最前線**に立って活躍しています。

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ことが知られています。この現象は現在の素粒子の標準模型では説明できておらず、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**を解明する手掛かりが得られると期待されています。



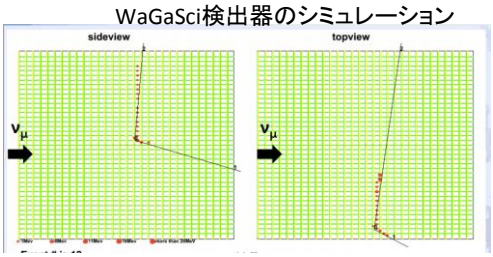
●新物理の発見を目指したアップグレード計画

ニュートリノにおける**CP対称性の破れ**の測定や**陽子崩壊**の発見といった新物理の発見に向けて、スーパーカミオカンデの20倍の大きさを誇るハイパーカミオカンデの建設が計画されています。その実現に向けて新型光検出器Hybrid Photo-Detector (HPD)の研究・開発を進めています。またニュートリノビームの強度を上げるためにJ-PARC加速器の改良なども行っています。

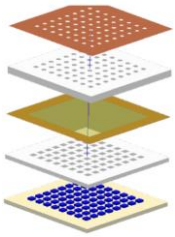
●ニュートリノ反応断面積の精密測定のための検出器開発

ニュートリノ振動を更に精密に測定するには、ニュートリノと物質の相互作用を正確に理解する必要があります。水とシンチレータでのニュートリノ反応の違いの精密測定をすべく新しい検出器（WaGaSci検出器）の開発を行っています。

WaGaSci検出器のシミュレーション



キセノン検出器


ELCCとMPPCプレーン

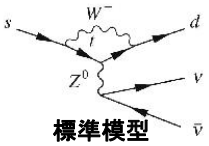
●ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊探索　-AXEL実験-

「ニュートリノと反ニュートリノは同じものか」というのは、重要な未解決問題の1つです。これを解決するには、**ニュートリノを伴わない二重ベータ（0νββ）崩壊モード**を発見することが強力です。キセノン136はニュートリノを伴う二重ベータ崩壊（2νββ）をすることが知られており、0νββ崩壊モード探索に適しています。世界最高エネルギー分解能の高圧キセノン検出器の開発をすべく、検出器の開発を行っています。

K中間子グループ（KOTO実験グループ）

● **なぜ身の回りには反物質がないのか？　カギは「CP対称性の破れ」**

人間や地球は電子や陽子などの「粒子」でできています．一方で，陽電子や反陽子などの「反粒子」でできた「反人間」や「反地球」はまだ発見されていません．このような「物質」と「反物質」の不均衡は，粒子と反粒子の従う物理法則が非対称であること（CP対称性の破れ）に起因すると考えられています．小林・益川理論（2008年ノーベル賞）によって「標準模型」はCP対称性を破ることができますが，その破れの程度は小さく，今日の**物質優勢宇宙の起源を説明できません**．このことは，「標準模型」とは異なったCP非保存機構が存在することを示唆しています．

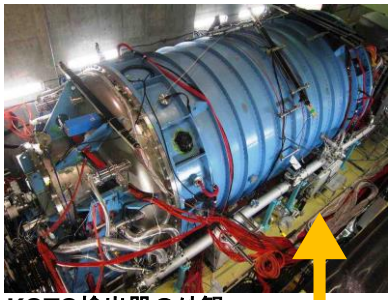


標準模型

新粒子の寄与

● **「標準模型」のスキを突け！　$K_L \to \pi^0 \nu\bar{\nu}$ 崩壊**

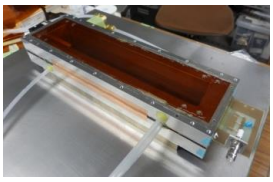
K_L中間子の崩壊モード $K_L \to \pi^0 \nu\bar{\nu}$ は，CP対称性を直接破る崩壊です．この崩壊は「標準模型」ではほとんど起こらない（崩壊確率：2×10^{-11}）とされています．逆に言うと，「未知の粒子」（例えば超対称性粒子など）の寄与による崩壊確率の変動が見やすいということを意味します．さらにこの崩壊は理論的な予測の不定性が小さいため，CP対称性を破る物理モデルの精密な検証を行うことが可能です．


KOTO検出器の外観

● **KOTO実験って？**

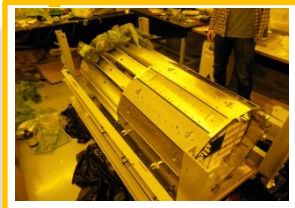
「**KOTO実験**」は，茨城県東海村にある大強度陽子加速器施設J-PARCにて $K_L \to \pi^0 \nu\bar{\nu}$ の探索を行う国際共同実験です．本実験は，2013年5月に崩壊事象の探索のための初の物理ランを行い，先行実験であるE391aの与えた崩壊確率の上限値の更新を目指してデータの解析を行っています．今年度から来年度にかけて検出器のアップグレードと更なる物理データの取得を行い，**世界初の崩壊事象発見**と**「標準模型」を超えたCP非保存機構の検証**を目指します．

開発中の検出器

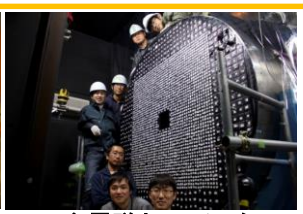

ビーム中荷電粒子検出器
試作機製作の様子

KOTO実験では，
- **検出器の設計・開発**
- **実験データの解析**

において学生が中心的な役割を担っています．


光子中性子検出器

荷電粒子検出器


主電磁カロリメータ

中性子不感型光子検出器

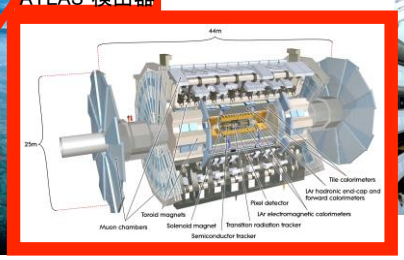
ATLASグループ

・ ATLAS実験とは？

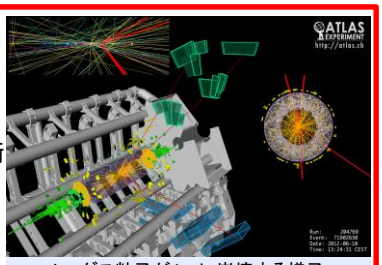
世界最高エネルギーの陽子陽子衝突型加速器、LHCがスイス・フランスの国境をまたいで建設されました。LHCの衝突点の1つにATLAS検出器を設置して、実験を行っています。ATLAS実験ではエネルギーフロンティアでの新物理の探索を行っていて、2012年には世界で初めて**ヒッグス粒子を発見**しました。

LHC加速器
直径約 9 km

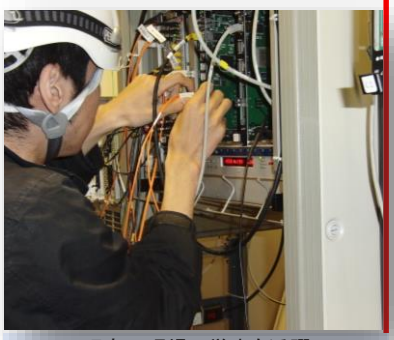
ATLAS 検出器



世界中から3000人が集って
実験を進めている



ヒッグス粒子が4μに崩壊する様子
このμ検出装置を作成し、運転している


研究の現場で学生も活躍
D2田代が作業を行っている様子

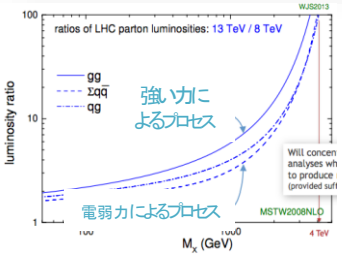
・ 学生の活躍

とても大きな実験ではありますが、研究の現場で**学生の活躍はとても重要**です。頑張り次第では、学生でも新物理の発見に不可欠な研究をするチャンスがあります。その研究を色んな人に説明して議論をするというところまで、教員のサポートを受けながら進めていきます。

・ 更なる高エネルギー領域へ

LHCは現在改良のために休止中です。2015年には2012年までの**2倍近くのエネルギー**（ 8 TeV ⇒ 14 TeV ）で運転が再開されます。この未知のエネルギー領域で、ひょっとすると新しい物理が見えてくるかもしれません。

この研究に参加して、そんな瞬間を私達と迎えませんか？



13/8 TeV