

高エネルギー物理学とは  
 実験を通して物質の構成要素である素粒子や  
 空間の性質、起源を探究する学問。具体的には・・・

**加速器を用いた実験**

**高エネルギーフロンティア**  
 (とにかく高いエネルギーでの現象を見る)

**強度フロンティア**  
 (たくさんの粒子を生成して、  
 稀にしか起こらない現象を見る)

LHC

・ATLAS実験

J-PARC

・T2K実験  
 ・KOTO実験

**スタッフ**

教授	中家 剛	305号室	ニュートリノ実験
准教授	市川 温子	306号室	ニュートリノ実験
准教授	石野 雅也	308号室	ATLAS実験
助教	南條 創	307号室	K中間子稀崩壊実験
助教	南野 彰宏	303号室	ニュートリノ実験
助教	隅田 土詞	CERN	ATLAS実験

**地下実験**

- ・AXEL実験(二重ベータ崩壊探索実験)
- ・スーパーカミオカンデ実験
- ・ハイパーカミオカンデ計画

**T2K**

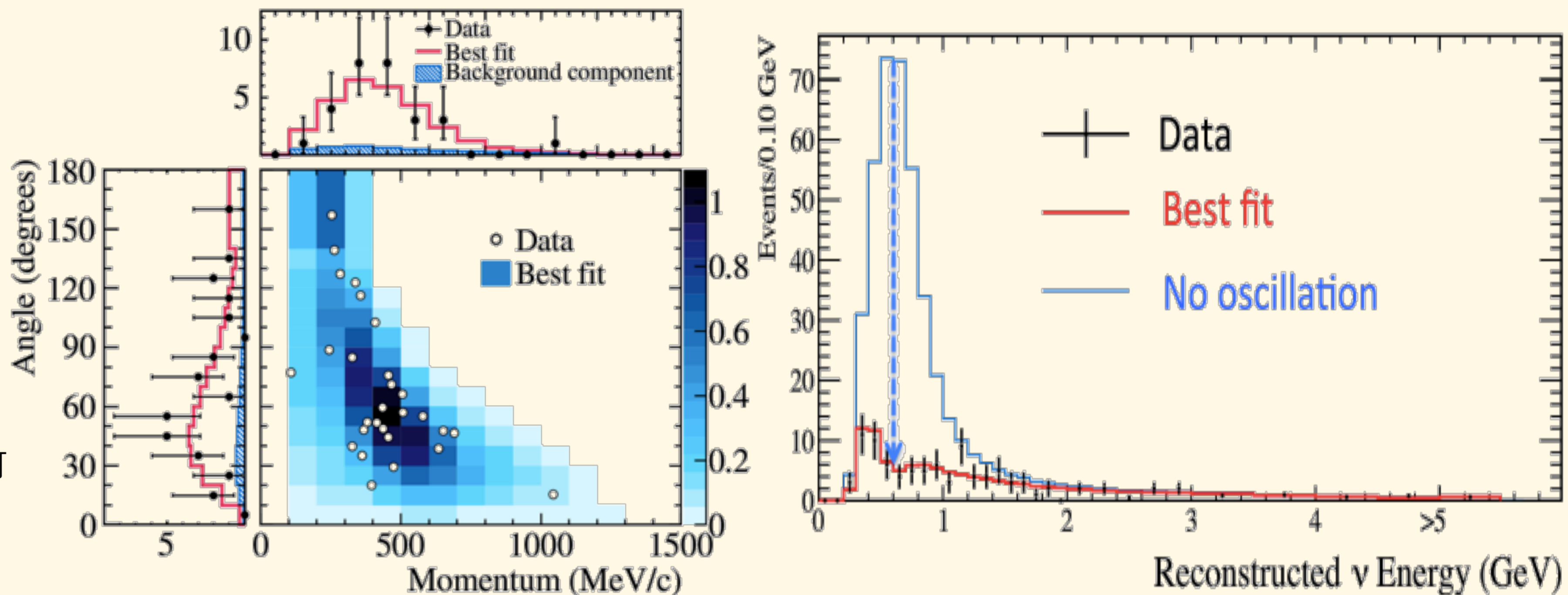
**ニュートリノ振動**

ニュートリノには3つの異なる質量を持つ量子状態と3つの異なるフレーバーを持つ量子状態( $\nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau$ )が存在し、**フレーバーと質量は同時に確定した値をもたない**。(混合)  
 このことによって飛行中のニュートリノの**フレーバーが保存せずに変化する**。(振動)  $\nu_\mu \rightarrow \nu_e, \nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$  など

Super-Kamiokande I  
 $\nu_\mu + n \rightarrow \mu + p$   
 池の山 @岐阜県飛騨市神岡町  
 ニュートリノ  
 荷電粒子  
 チェレンコフリング  
 フレーバーを見分けている  
 $\nu_e + n \rightarrow e^- + p$   
 Fuzzy ring

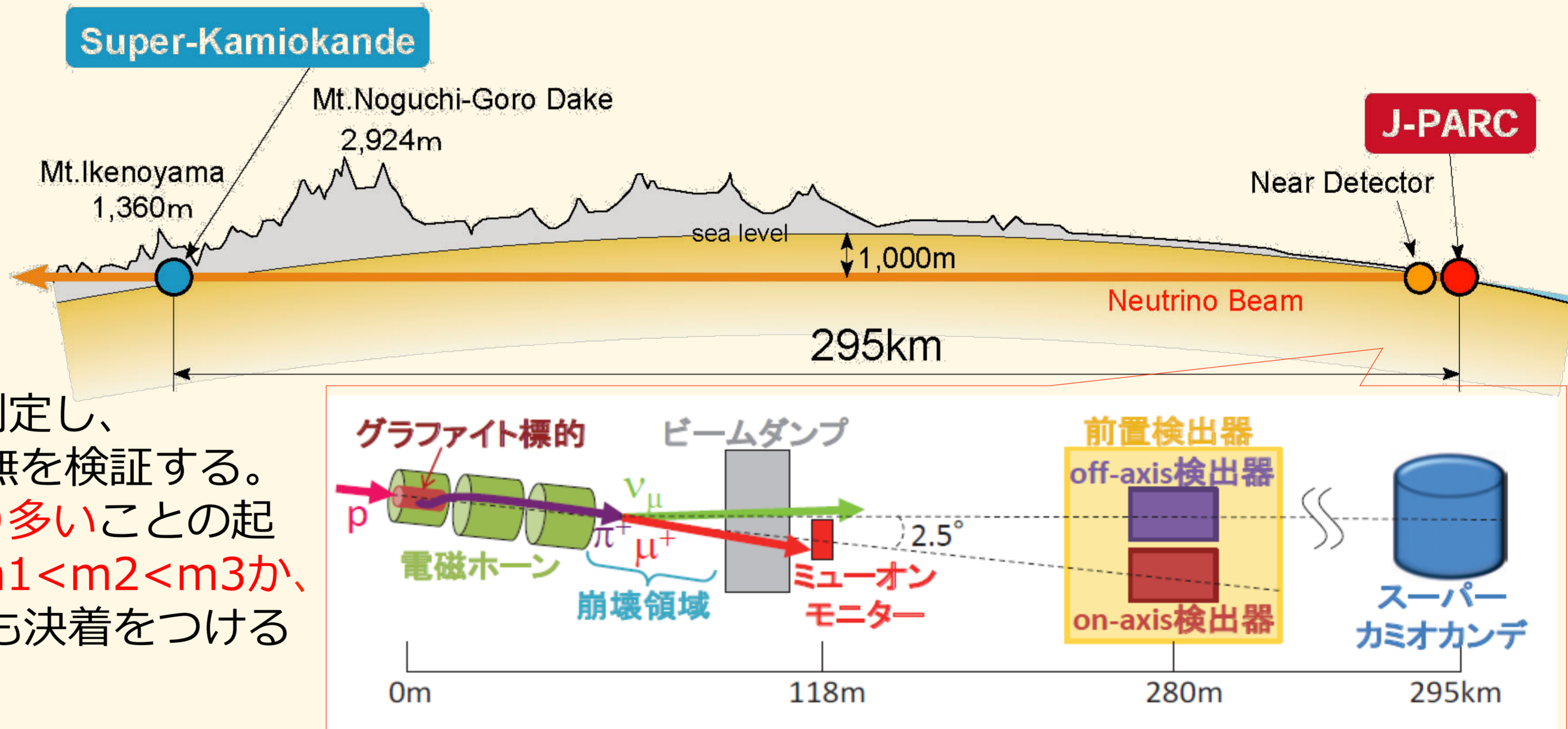
**現在の成果**

- ① **eニュートリノの出現**の観測。  
 2011(世界初)  
 2013(出現現象の存在を確立7.3 $\sigma$ )
- ②  **$\mu$ ニュートリノの消失**の観測。  
 2013(精度世界一)



**どんな実験をしてるの？**

J-PARC (Tokai) から発射された $\mu$ ニュートリノと反 $\mu$ ニュートリノのフレーバーの変化を**Super-Kamiokande**で検出・測定することで質量・フレーバー混合のパラメータを調べる。

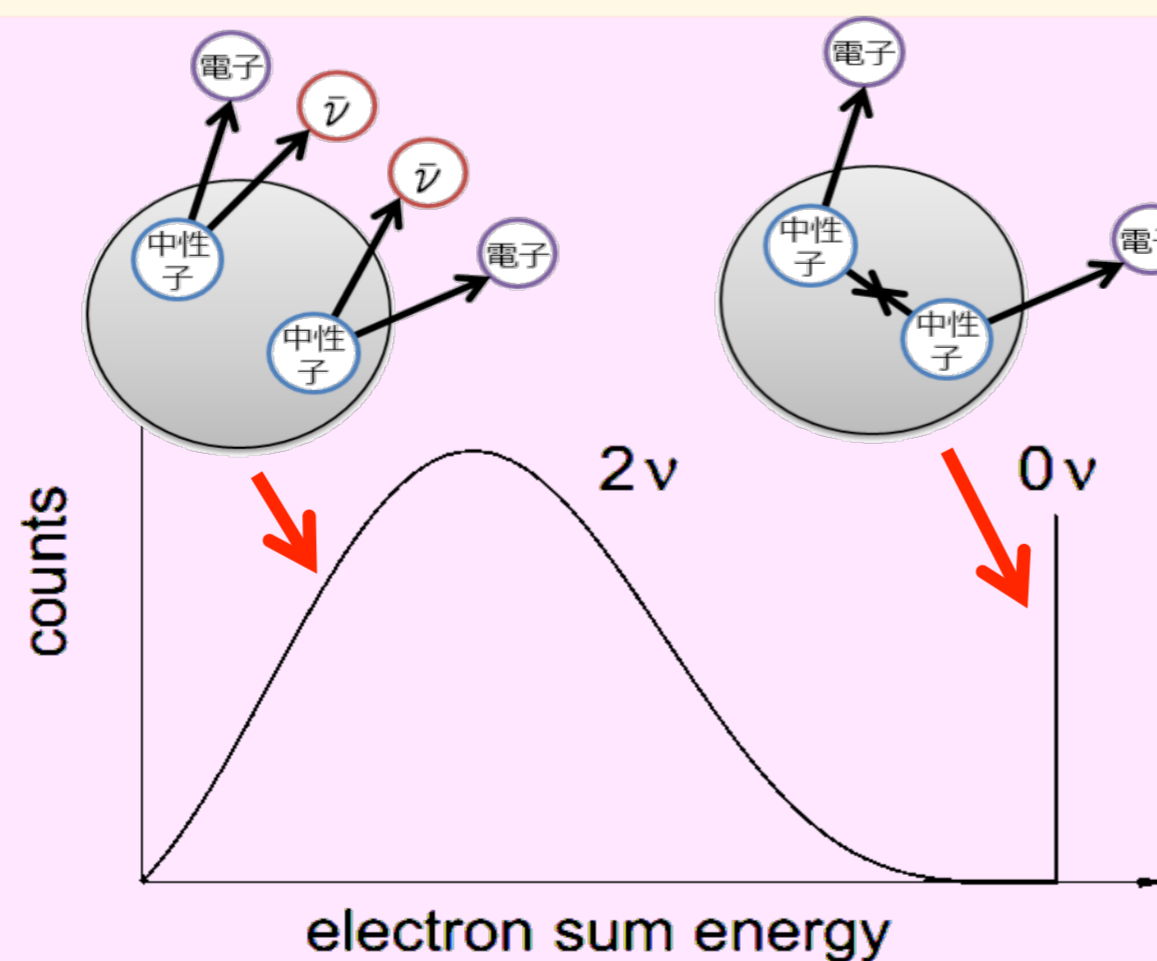


**今後の展望**

質量フレーバー混合の様式を精度よく測定し、レプトンに対して**CP対称性の破れ**の有無を検証する。このことはこの宇宙で**物質が反物質より多い**ことの起源を考えるうえで重要である。さらに **$m_1 < m_2 < m_3$** か、 **$m_3 < m_1 < m_2$**  (質量階層性) についても決着をつける糸口が得られることが期待される。

**AXEL**

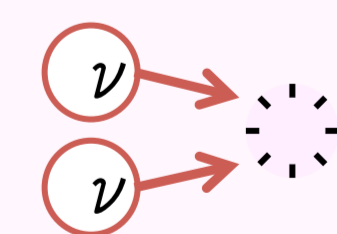
A Xenon ElectroLuminescence detector



**0  $\nu\beta\beta$ 崩壊の探索**

- ニュートリノの未解決問題
- ・なぜニュートリノは非常に軽いのか
  - ・ニュートリノの絶対質量
  - ・ニュートリノはMajorana粒子か
  - ・ニュートリノの質量階層性

Majorana粒子...  
 粒子と反粒子が同一である粒子  
 ニュートリノはその**唯一**の候補



**0  $\nu\beta\beta$ 崩壊の発見がこれらの謎を解く鍵に！**

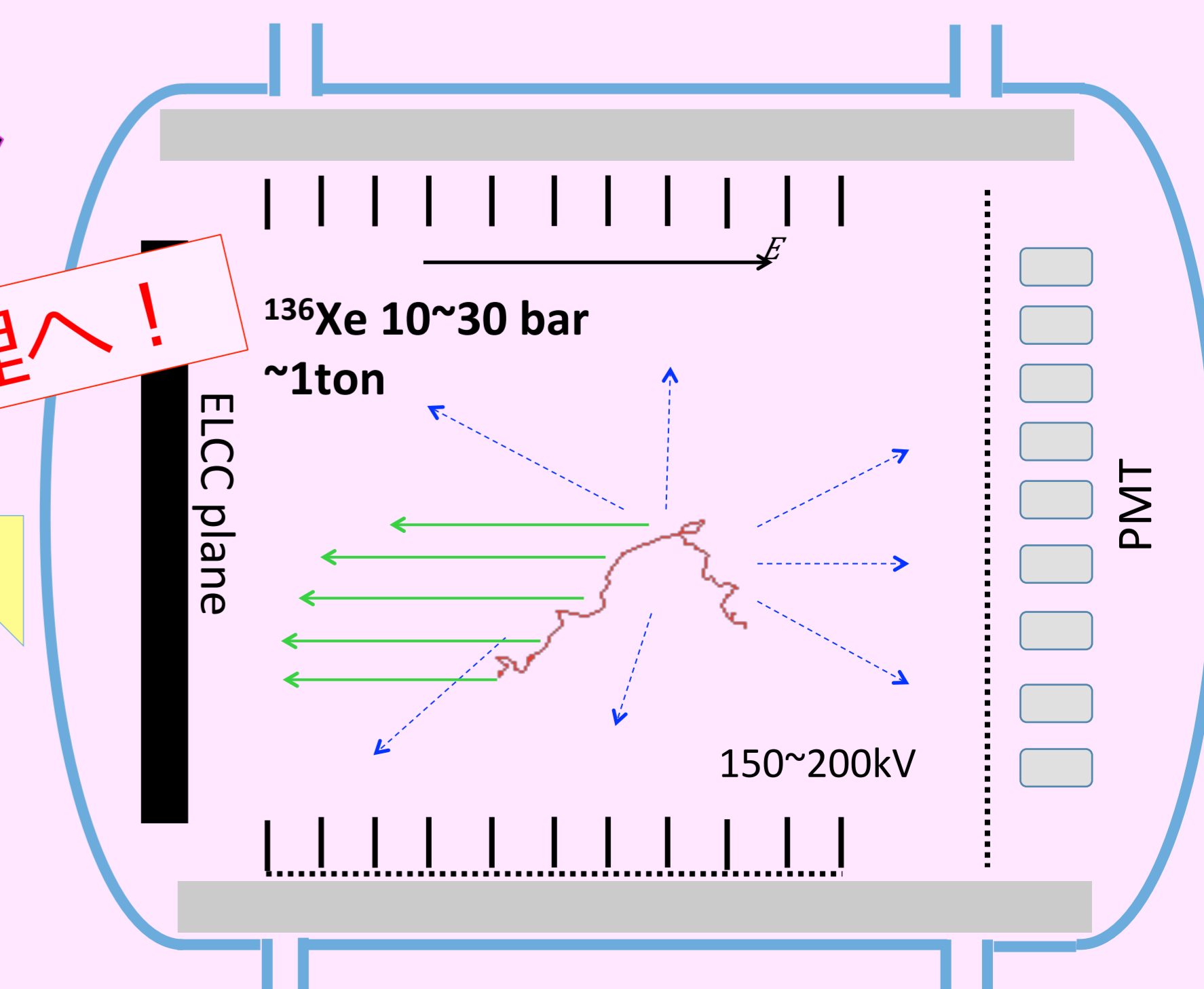
**究極の0  $\nu\beta\beta$ 検出器へ**

高圧Xeガス  
 →**世界最高級**のエネルギー分解能と高統計の両立

**新物理へ！**

201X年  
 1000倍  
**世界記録更新！**

202X年  
 40倍





# K中間子グループ

~K中間子で探る 小林益川理論を超える物理~

## ◆KOTO実験は何をやるの？

$K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  の崩壊を  
世界初観測する。

$K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  崩壊は

- ・標準理論で計算される崩壊分岐比が非常に小さい。
  - ・標準理論における理論的誤差が小さい。
- 「新しい物理」の効果が見えやすい。

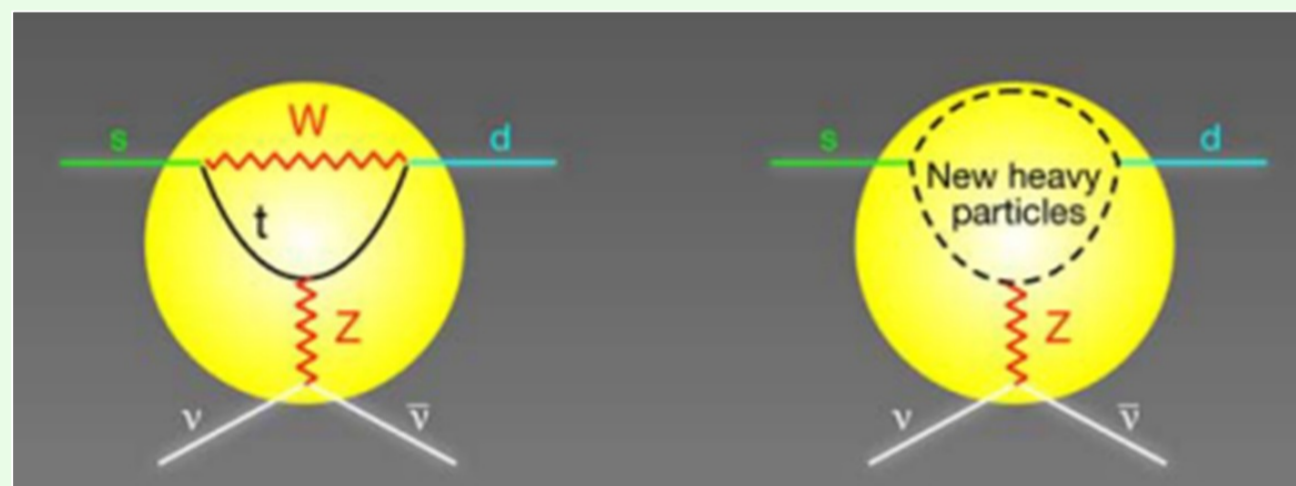
## ◆何が分かるの？

$K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  崩壊は  
CP対称性を破っている。

CP対称性は小林・益川によって破れがあることが証明された。(ノーベル賞受賞!)  
しかし最近の研究ではこの破れが小さすぎることも明らかに。

標準理論を超える物理が発見できる!!

未知の粒子が媒介していれば崩壊確率が標準理論の予想と変わってくる。



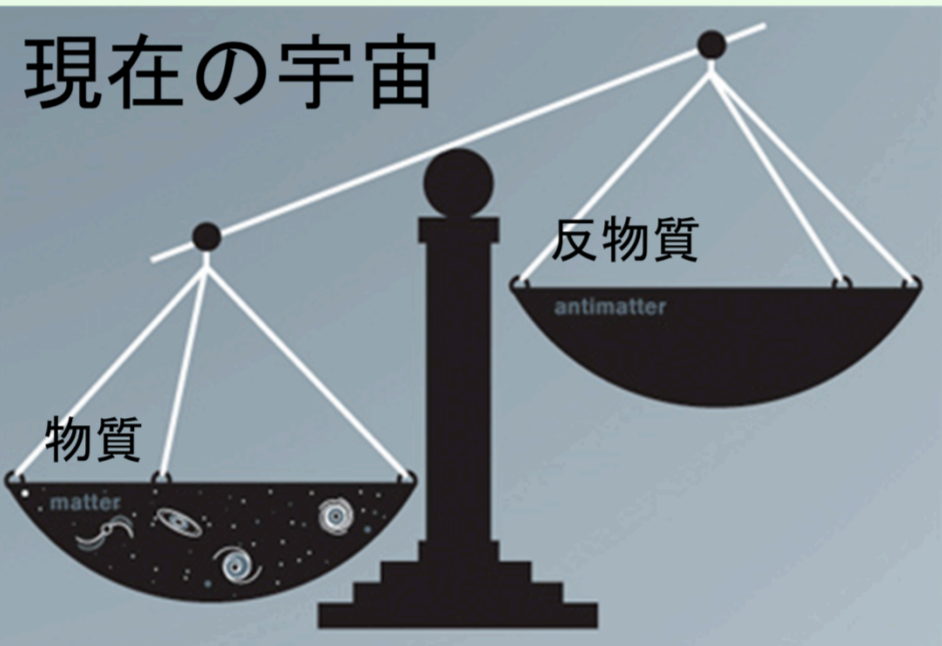
左は標準理論での崩壊  
右では新粒子が飛んでいる。

宇宙初期

物質 = 反物質

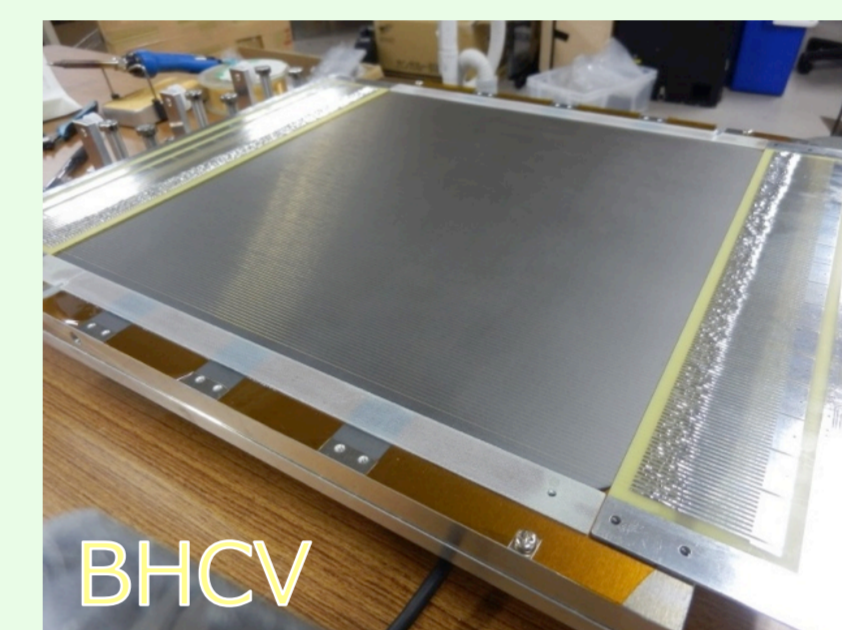
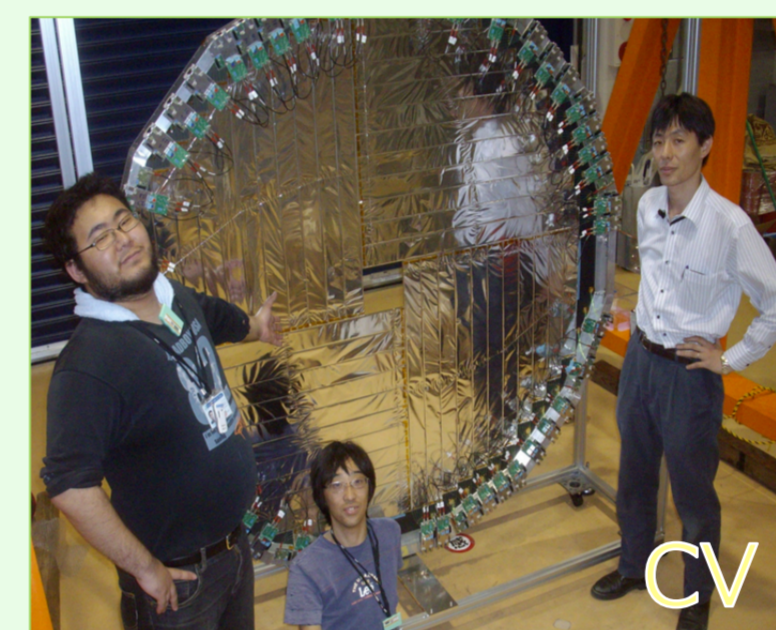
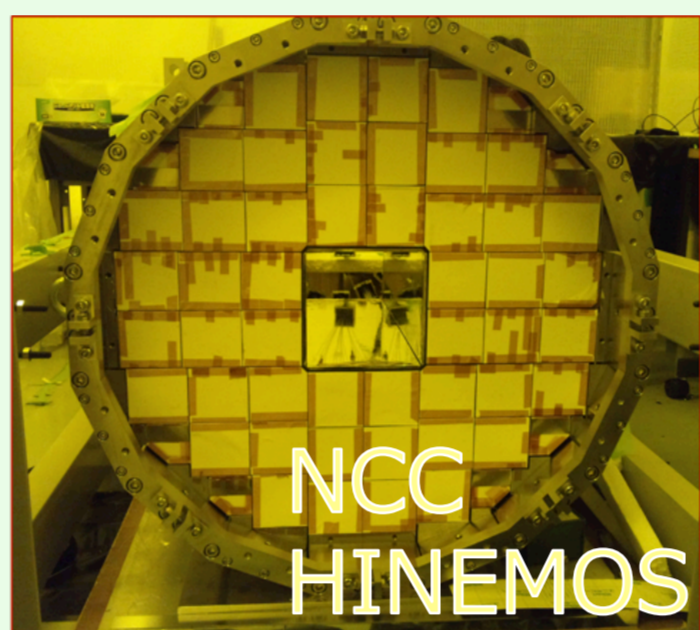
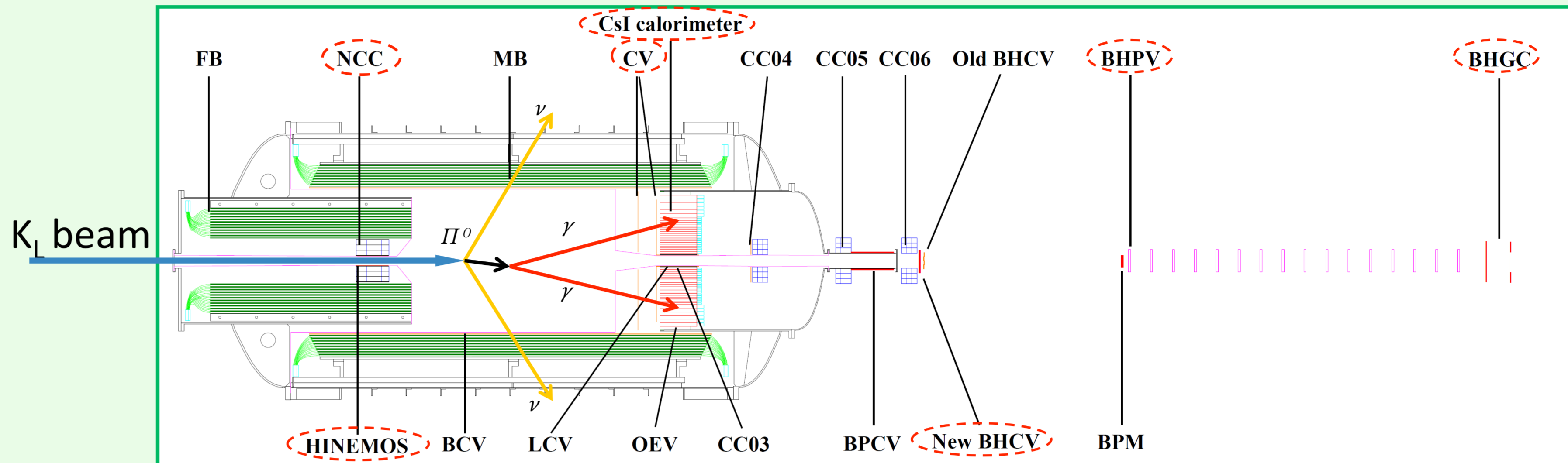
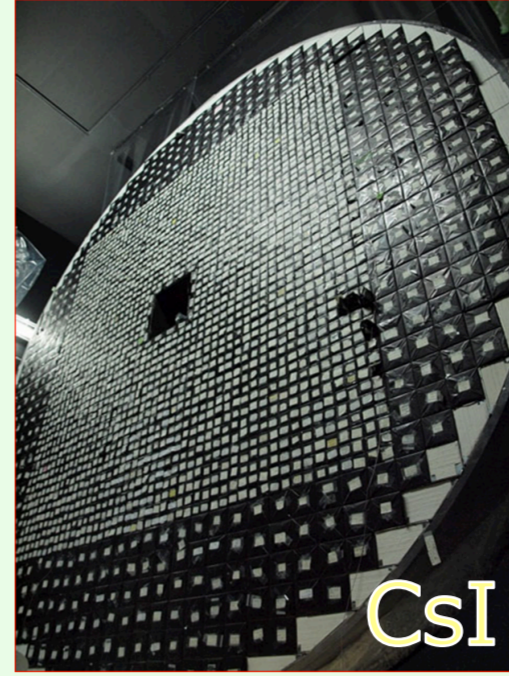
↓ CP対称性の破れ

物質優勢宇宙



## ◆どんなことをやっているの？

京都大学グループはNCC、CV、CsI、HINEMOS、BHCV、BHPV等の主要な検出器の開発、運用、解析などを行い、中心となって活動している。



$2\gamma + \text{nothing}$ を見たいので、CsIで $2\gamma$ をとらえ、その他の検出器で「他ににも検出されない」ことを保証している。

$K_L$ にはいろんな崩壊モードがあり、見つけたい崩壊の分岐比は  $\sim 10^{-11}$  と非常に小さい。全立体角を囲んだ検出器群によりバックグラウンドとなる事象をもらさず観測する。

2015年  
物理ラン再開!!  
世界最高精度の測定で標準模型を超えた物理に迫る!!

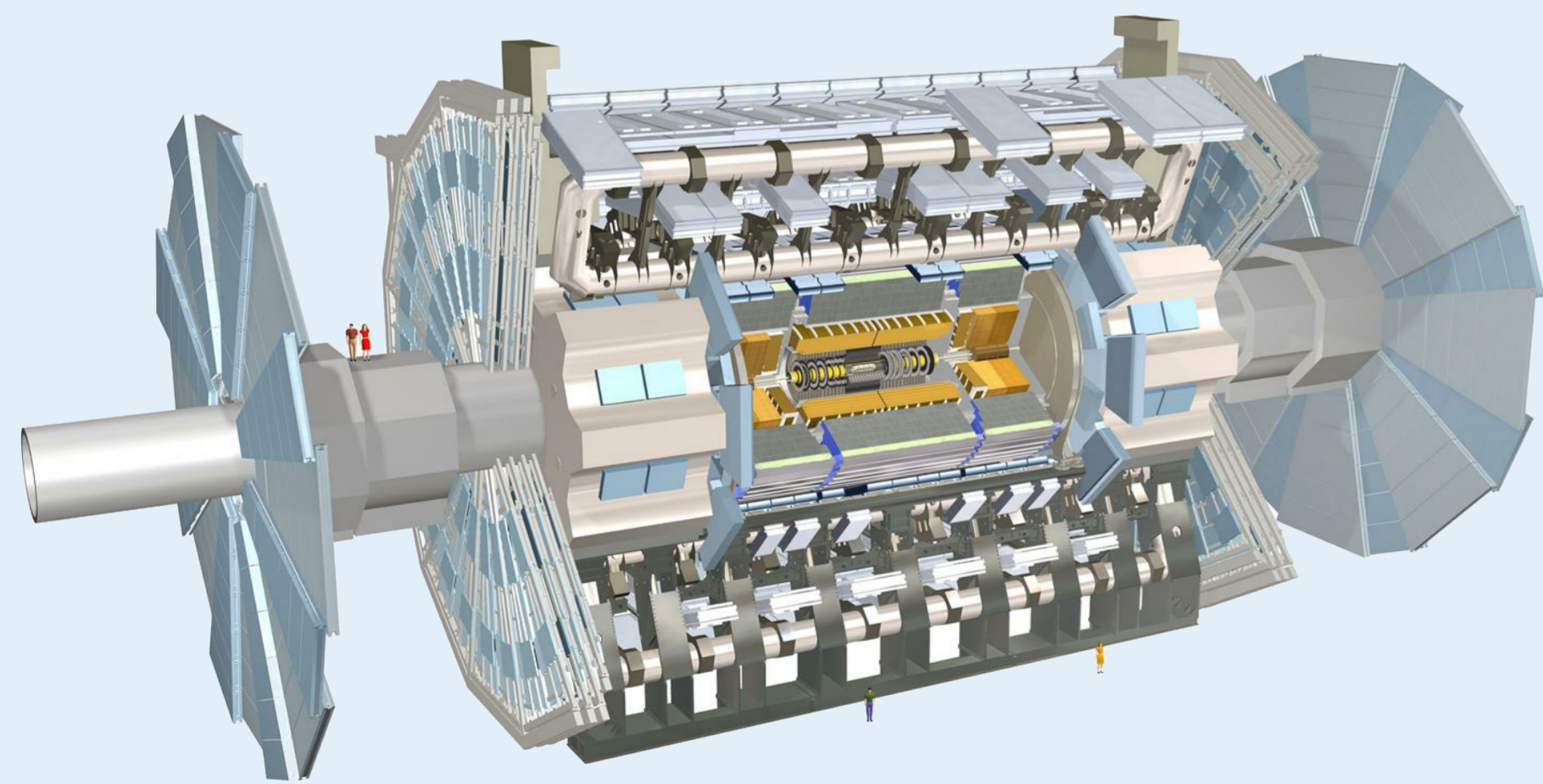
新物理発見のチャンス!!

# ATLAS group

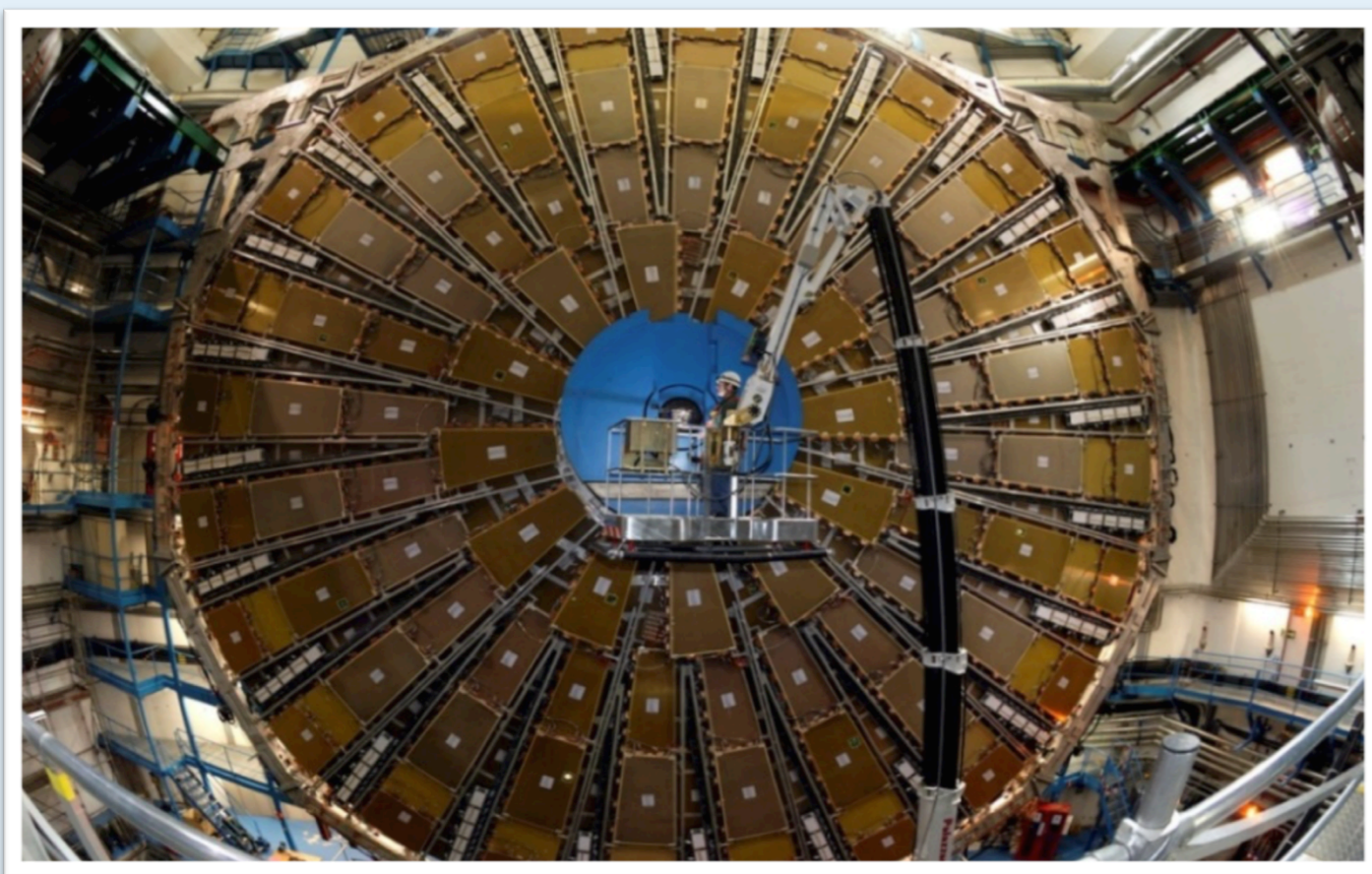
## □ATLASって何？

世界最高エネルギー衝突型加速器LHCにより陽子陽子衝突を行う実験。

高エネルギーフロンティア



## □京都ATLASが頑張っているところ



$\mu$  trigger upgrade

高エネルギー陽子の衝突による膨大な量の反応から、見たい反応だけを選別する必要がある。ATLAS実験では、興味ある粒子が高エネルギーの $\mu$ 粒子に崩壊する特徴的なイベントをtriggerのひとつとしており、京都大学は、 $\mu$  triggerの性能向上のための研究を行っている。

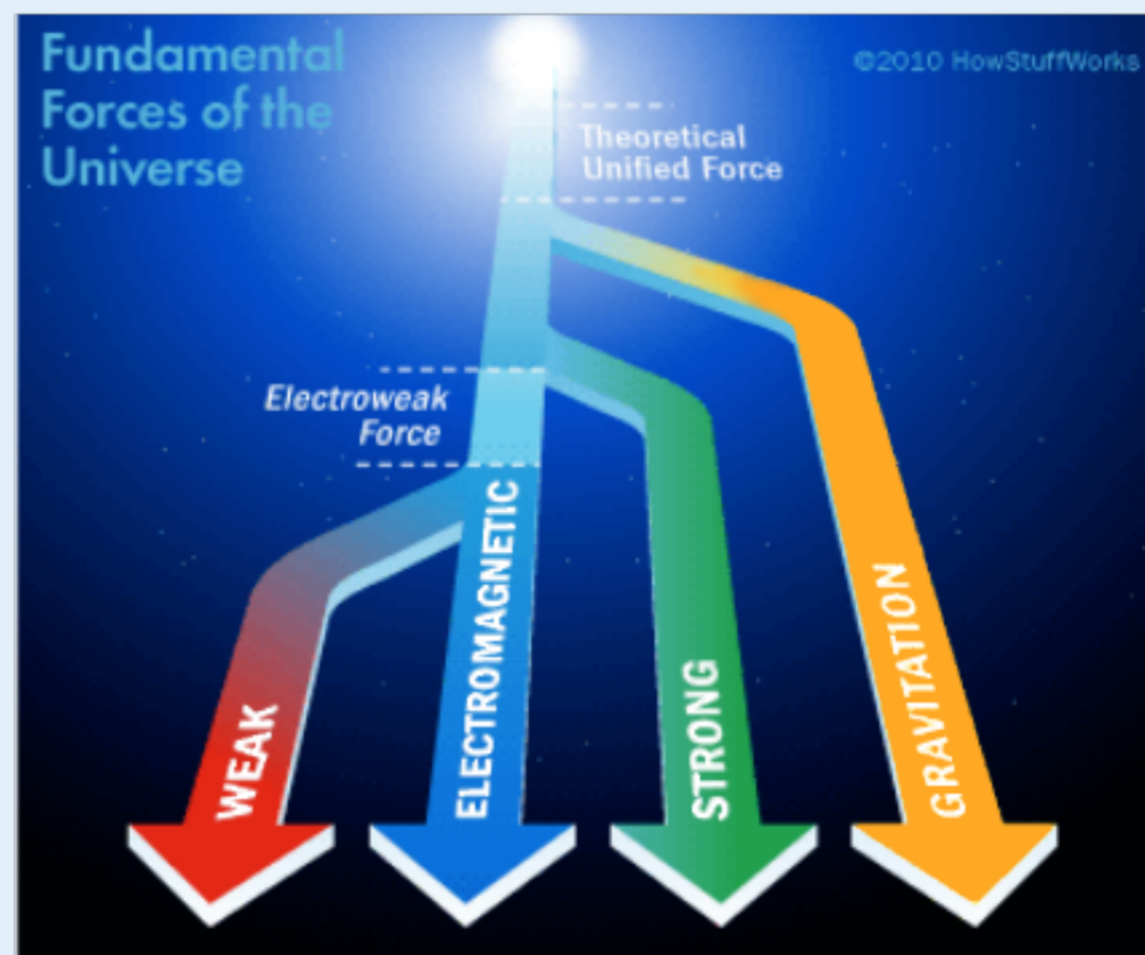
## □ATLASで何が分かるの？

世界最高エネルギー

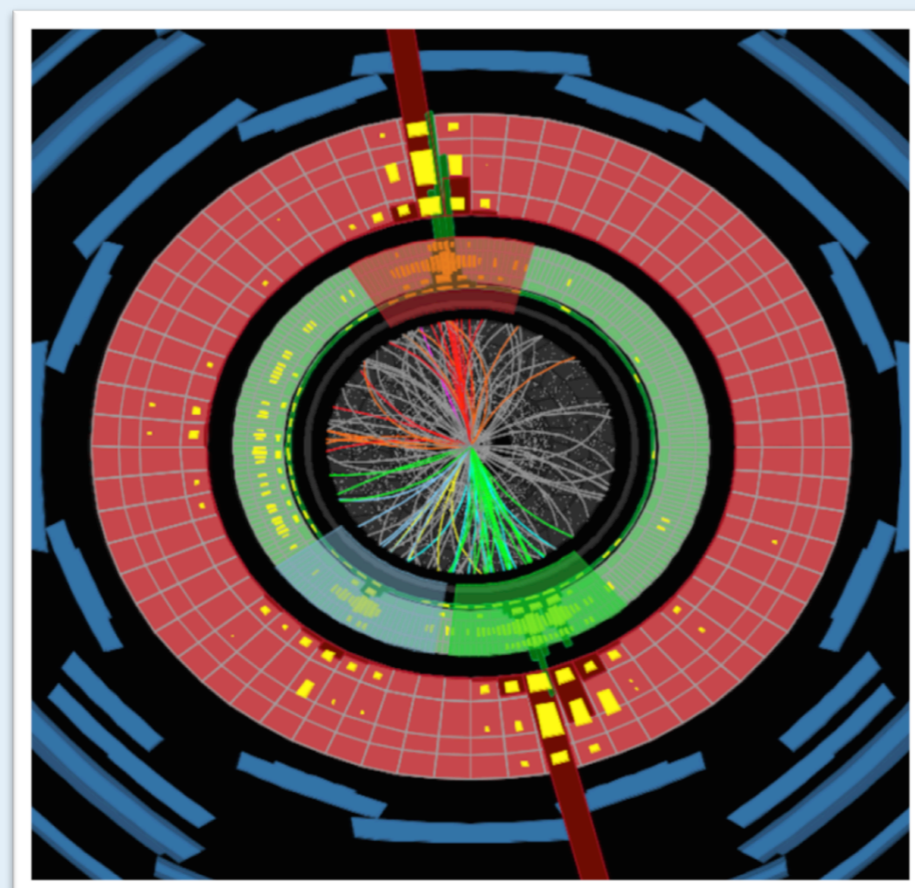
宇宙のより基本的な理解へ

新粒子の直接検出!

★標準理論を超えた新しい物理の発見



弱い力 電磁気力 強い力 重力  
大統一理論etc...



Jet calibration

陽子衝突により、多くのクォーク、グルーオンjetが生じる。LHCにおける物理とjetは切り離せないもので、京都大学は、jetの精密なエネルギー較正のための研究を行っている。

新物理発見のチャンス!

2015年  
8TeV⇒13TeVにエネルギーを上げ実験を再開

Higgs粒子は質量の起源!

2013年  
Peter Higgs  
ノーベル物理学賞受賞!

LHC

2012  
 $H^0$   
126GeV

1995  
テクオーク  
172GeV

1983  
W± 80GeV  
Z 90GeV

1979 g (グルーオン)

1976 J/ψ 3GeV

