

KOTO introduction

2015.4.28

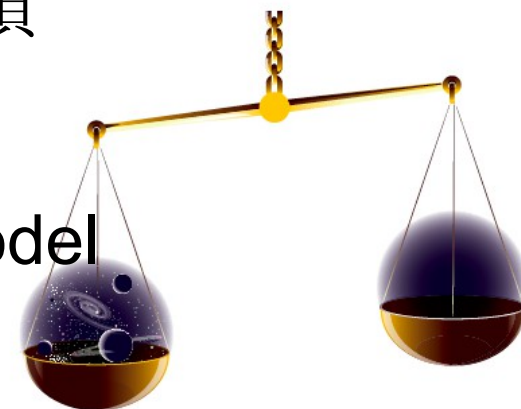
南條 創

High Energy Physics

- 物質の究極を求めて→素粒子(Particle Physics)
 - $\Delta x * \Delta p \sim h \rightarrow$ High Energy
- 登場人物(素粒子)と人間関係(相互作用)
これを記述する物理法則の枠組み (標準理論)
→物語 ⇔ 宇宙

物質優勢宇宙とCP非保存

- 1967:サハロフ:物質優勢宇宙にCP非保存必須
- 1964:Cronin and Fitch: CP非保存の発見
- 1973:小林・益川 : CP非保存 → Standard Model
- これでは物質優勢に不足



→ 必ず新しいCPを破る新物理があるはず!

2008:Nobel Prize

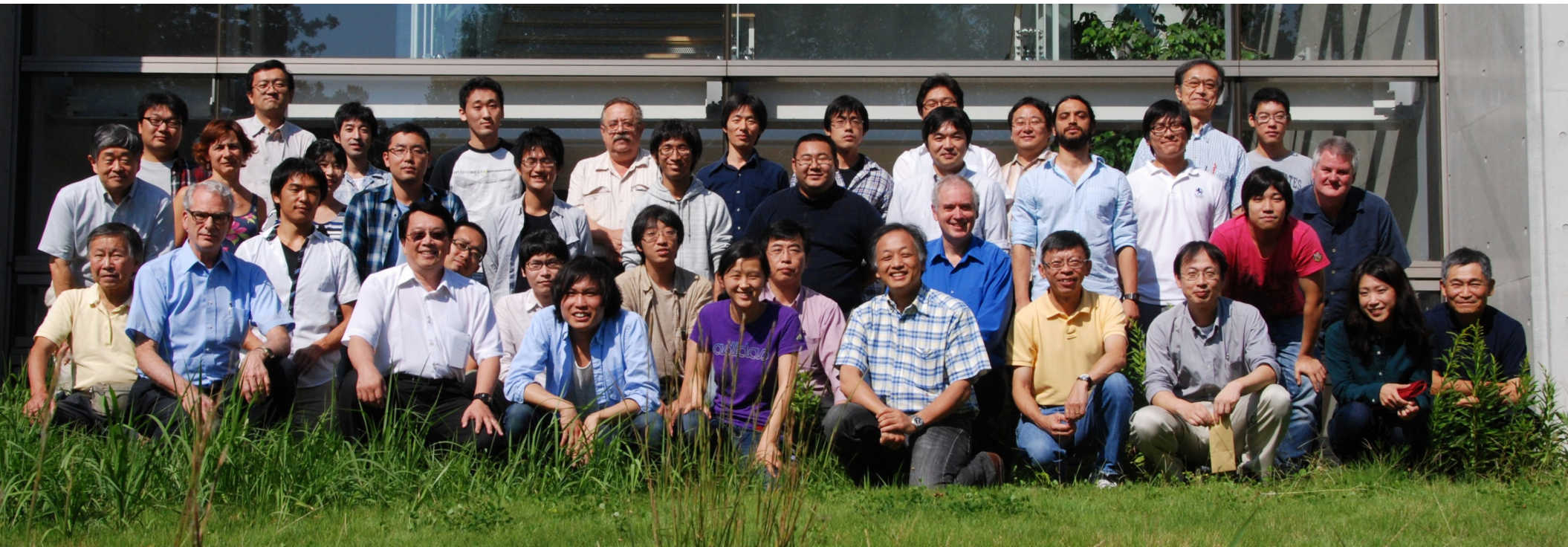
In 1967, Andrei Sakharov [83] (the Nobel Peace Prize 1975) pointed out in a famous work that *CP* violation must be the cause of the asymmetry in the universe. It contains more matter than antimatter. The *CP* violation that the KM Model gives rise to is most probably not enough to explain this phenomenon. To find the origin of this *CP* violation we probably have to go beyond the Standard Model. Such an extension should exist for other reasons as well. It is believed that at higher energies other sectors of particles, so heavy that the present day accelerators have been unable to create them, will augment the model. It is natural that these particles will also cause *CP* violations and in the tumultuous universe just after the Big Bang these particles could have been created. These particles would have been part of the hot early universe and could have influenced it, by an as yet unknown mechanism, to be dominated by matter. Only future research will tell us if this picture is correct.

高エネルギーへのアプローチ

- 直接加速器で粒子を衝突
 - Direct search, High energy frontier
- 稀な事象や、僅かなズレから
 - $\Delta E * \Delta t \sim h$
 - 短時間の事象(稀事象)に、高いエネルギースケールの物理の寄与を探る。Indirect search
 - Rare decay : 大強度ビーム : Intensity Frontier
 - B, D, K, tau, mu, protonなどの崩壊
 - Flavorを変える崩壊なので、**Flavor Physics**とも呼ばれる。

KOTO実験

- Rare decayから、High Energyへ
- 物質優勢宇宙の鍵となるCPを破る新物理探索
- 国際共同の中規模実験



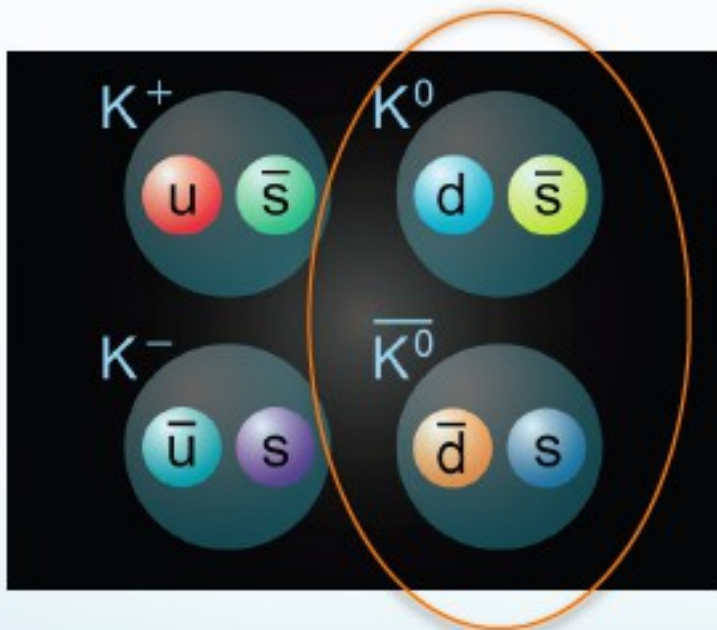
Arizona State, Chicago, Chonbuk, Jeju, JINR, KEK, Kyoto, Kyungpook,
Michigan, NDA, NTU, Okayama, Osaka, Pusan, Saga, Yamagata

K中間子	+2/3	u	c	t
	-1/3	d	s	b

- sクォークを含む
- 崩壊時にsを消す → 弱い相互作用

弱い相互作用の固有状態: K_L and K_S

質量: ~500 MeV



重ねあわせ

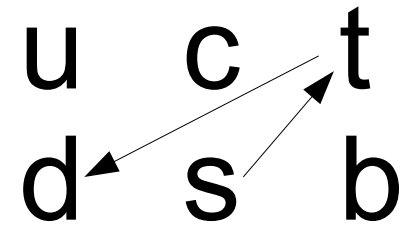


K_S
短寿命: 0.1ns

K_L
長寿命: 51ns

我々が使うのはこちら

$K_L \rightarrow \pi^0 \nu \nu$ 崩壊



- CP非保存過程

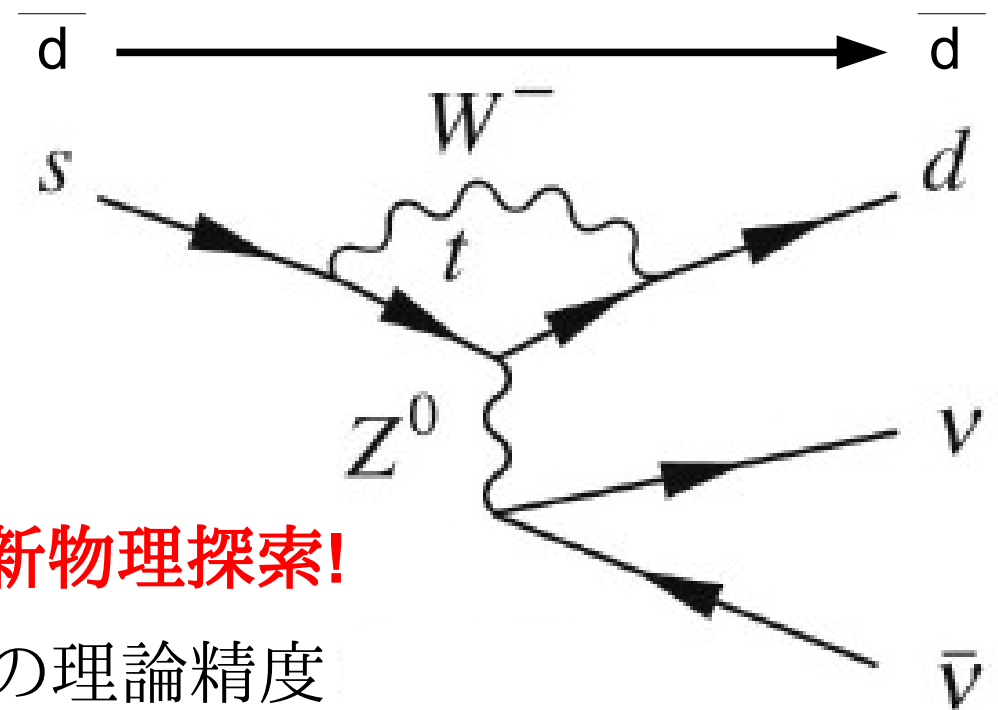
- Rare decay 崩壊分岐比 2×10^{-11} (500億に1回)

- $s \rightarrow t \rightarrow d$

- High Energy Scale

W, Z, t

ex) SUSY contribution

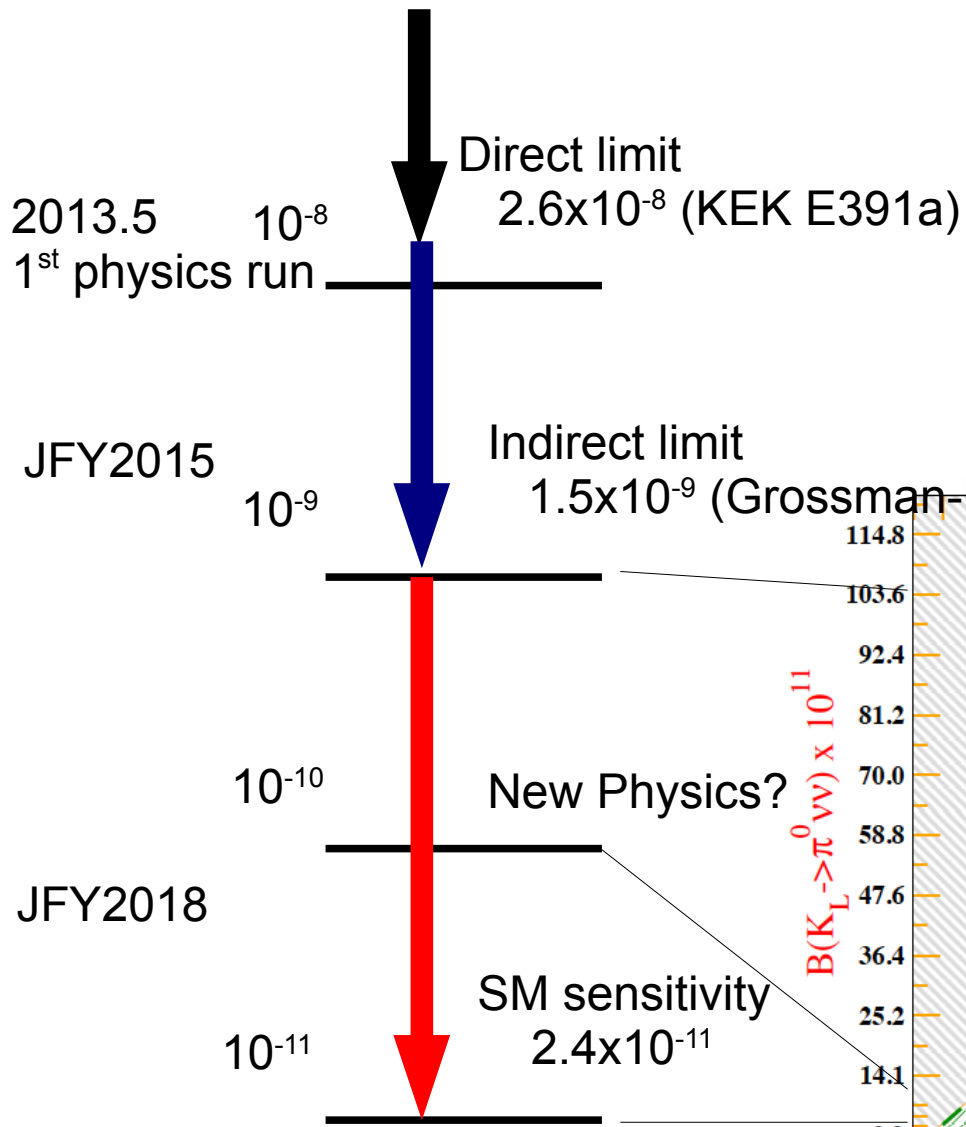


→ **物質優勢宇宙の鍵となる新物理探索!**

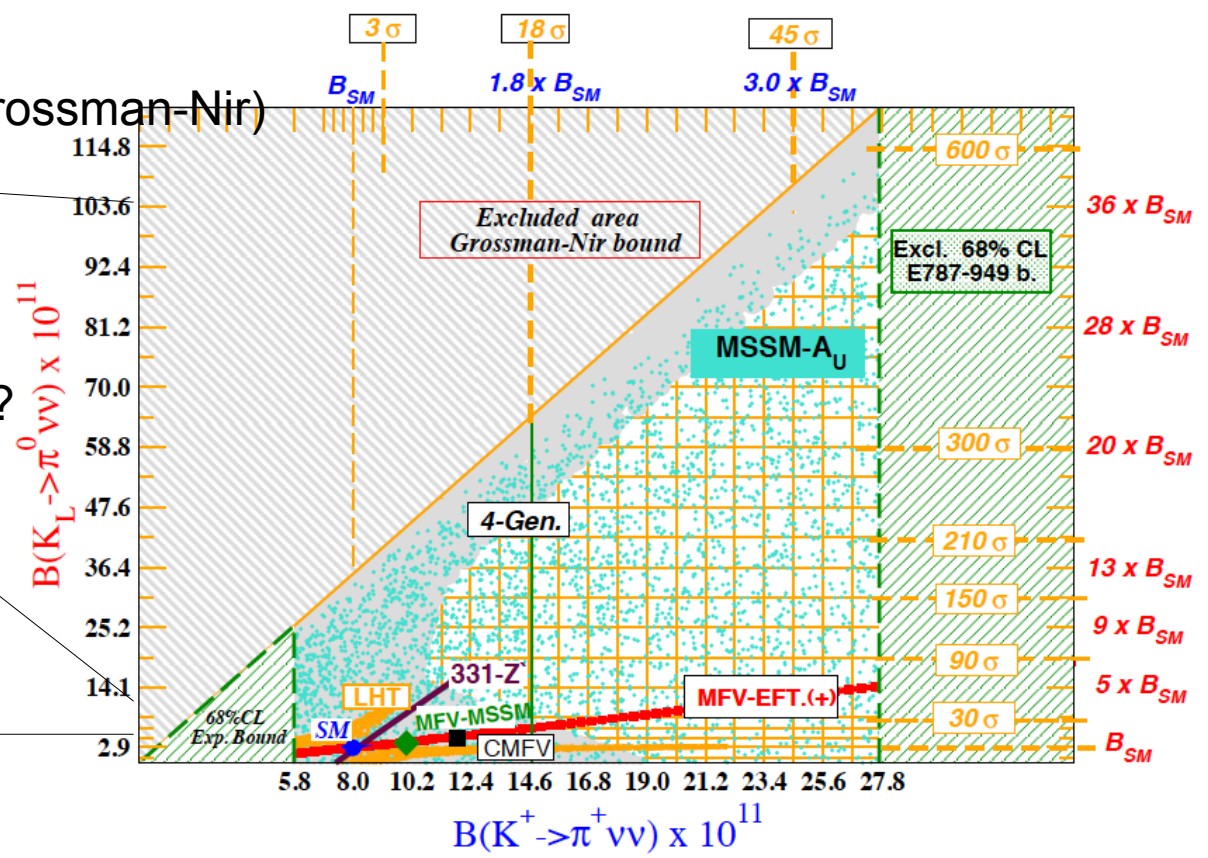
- 精密な理論予測 1-2%の理論精度

→ ちよつとのずれでも感度がある

現状と展望

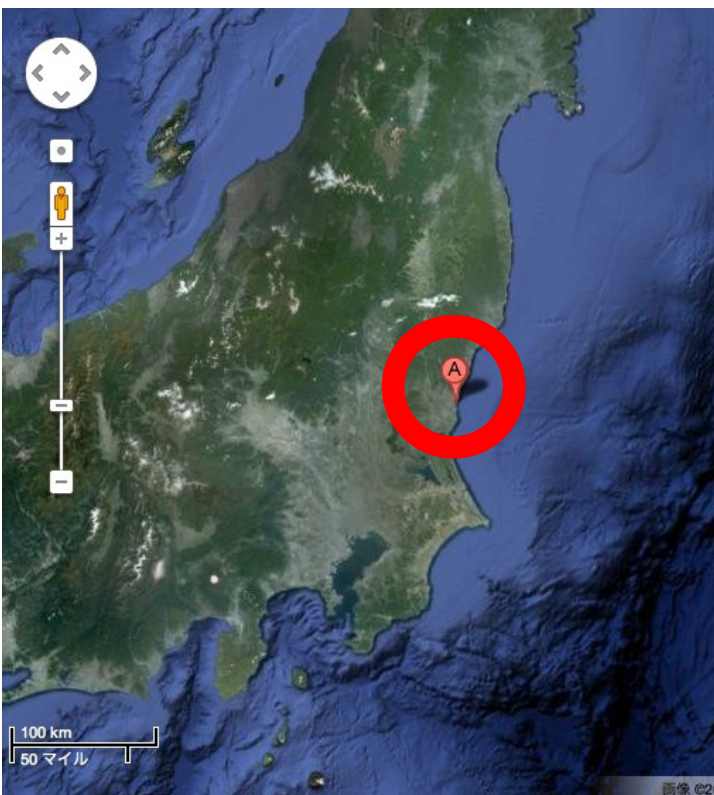


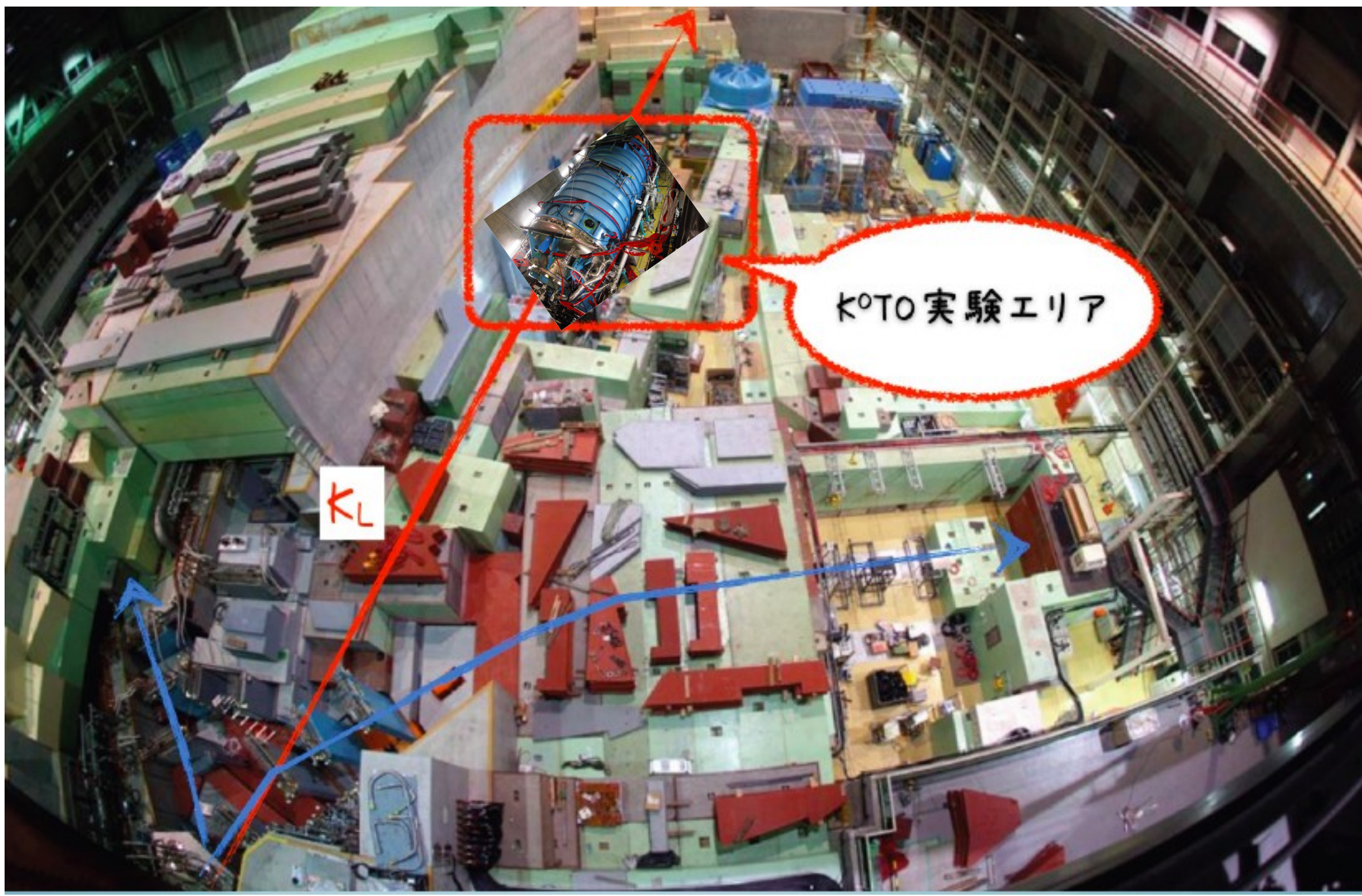
O(100) SM events or more
KOTO次期計画(Step2)



$K_L \rightarrow \pi^0 \nu \nu$ 崩壊探索

- K_L を大量に作る。
- J-PARC大強度陽子加速器施設
 - 30GeV High intensity proton beam → ハドロン実験施設
 - 約2年ぶりにハドロン実験施設での利用運転再開 (4/24)

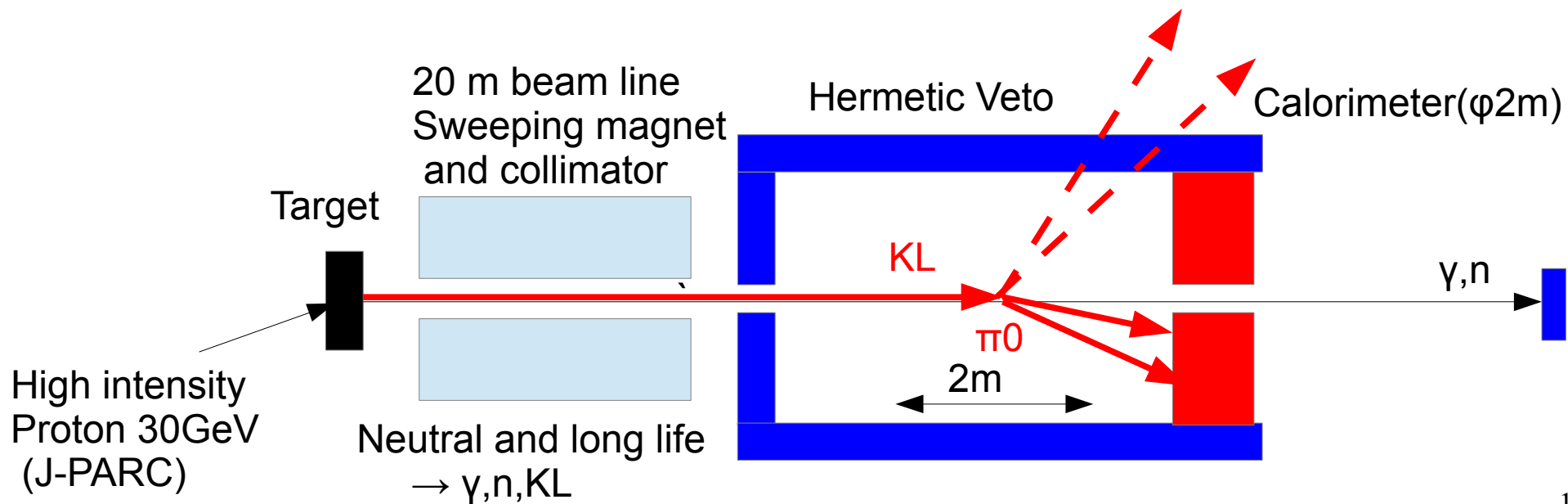




KL

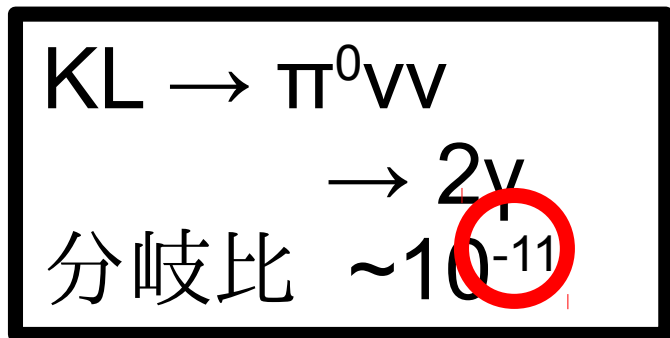
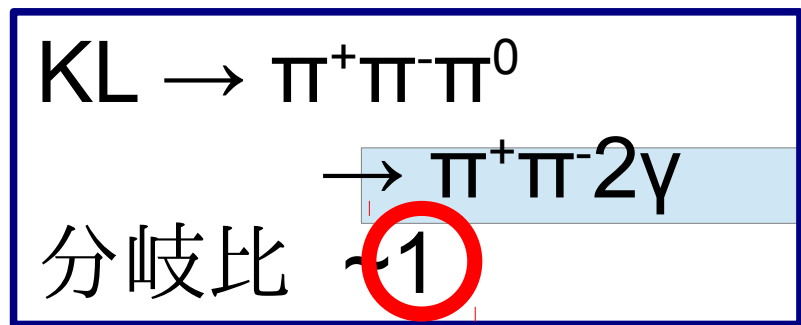
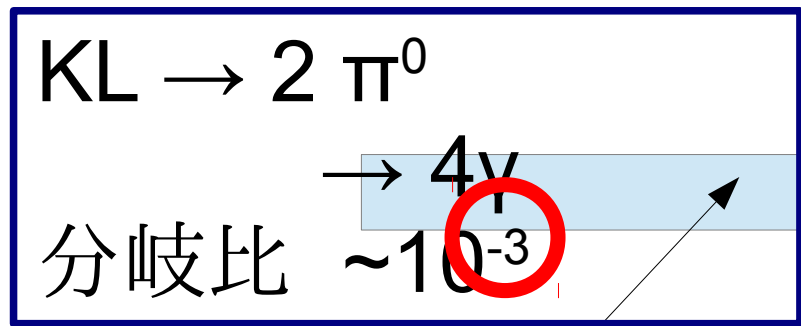
KOTO実験エリア

- 30GeV陽子ビームを、Auターゲットに当てる
- 出てくる2次粒子
 - 荷電粒子は磁石で曲げて捨てる
 - 中性が残る
 - 短寿命: 20mのコリメータ中で崩壊
 - 長寿命: ガンマ、中性子、KL → 崩壊
- $KL \rightarrow \pi^0 \nu \nu$: π^0 は2ガンマ崩壊 → only 2 gamma from π^0



Background

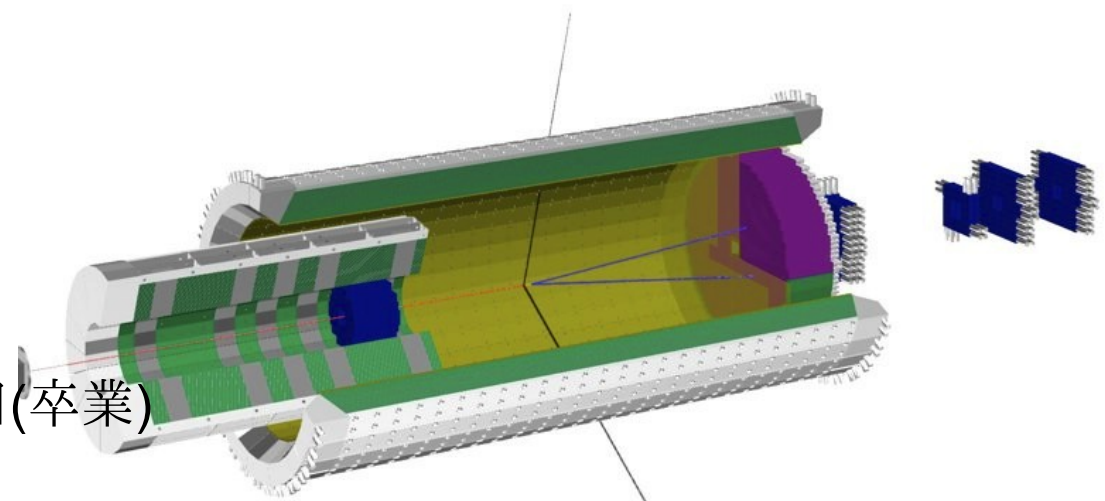
Signal



カロリメータで 2γ

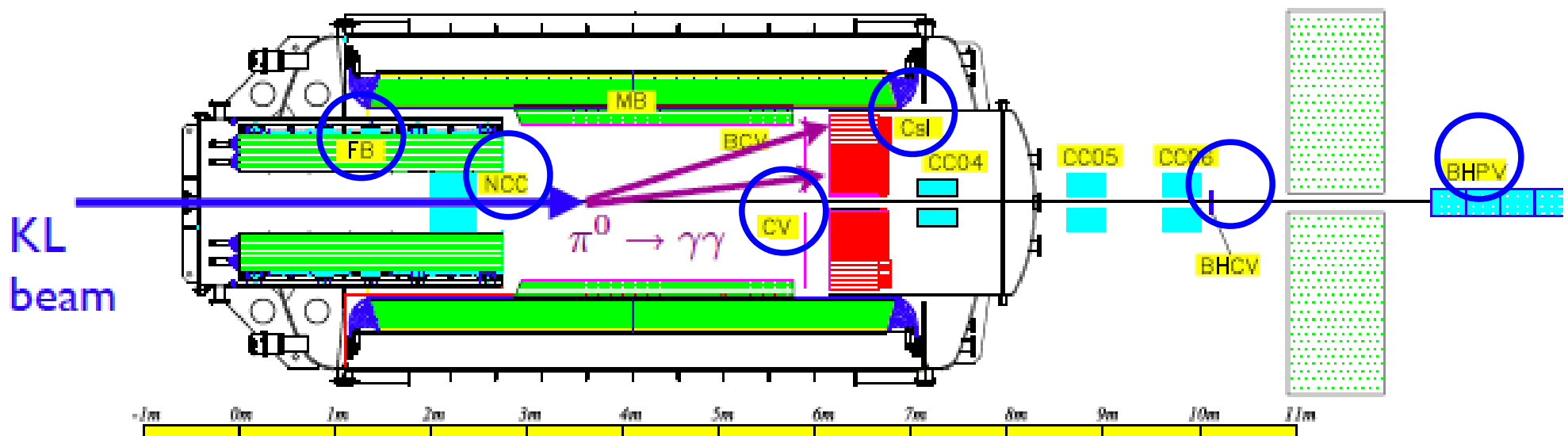
8-11桁上回るバックグラウンドに対する堤防
この粒子を確実に検出して、バックグラウンド判定
→ Veto検出器 → 実験の鍵

- NCC 河崎、**関**、日根野(卒業)
- HINEMOS 日根野(卒業) → **関**
- CV 内藤、前田 → **関**
- CSI PMT電圧供給システム 増田(卒業)
- BHPV 前田 → **篠原**
- BHGC **篠原**
- NewBHCV **中桐**、**上路**
- LED校正システム **上路**



さらに現場での運用、解析
 FB 日根野(卒業) → **関**
 LCV 前田 → **上路**
 BHCV 前田 → **上路**

大学院生が中心となって、実験を押し進めている!



京都のKOTOメンバー

- 南條 (助教)
- 河崎 (教務補佐員) 博士論文執筆
- 内藤 (教務補佐員) 博士論文執筆
- 前田 (教務補佐員) 博士論文執筆 (5月から名大ポスドク)
- 関 (D3) 実験現場リーダー
- 上路 (D1) 新規検出器install → 運用
- 中桐 (D1) 新規検出器install → 運用
- 篠原 (M2) 新規検出器install → 運用

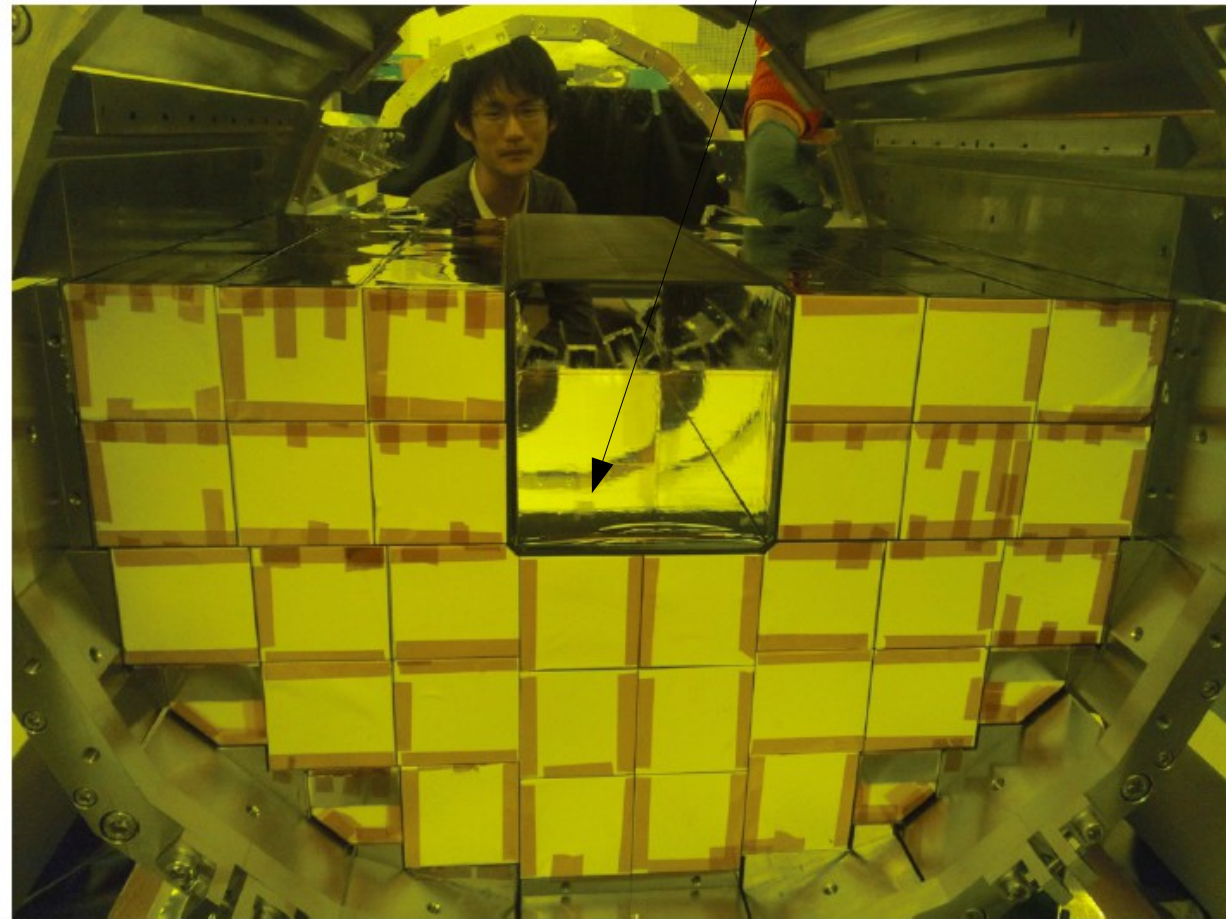
岡山大学 笹尾さん
KEK 野村さん

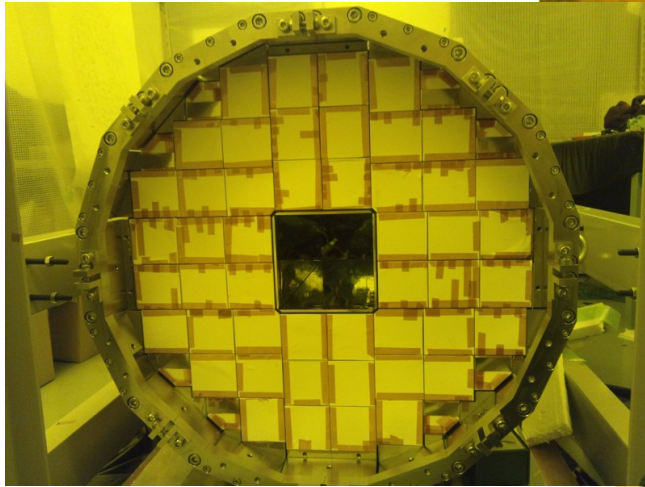
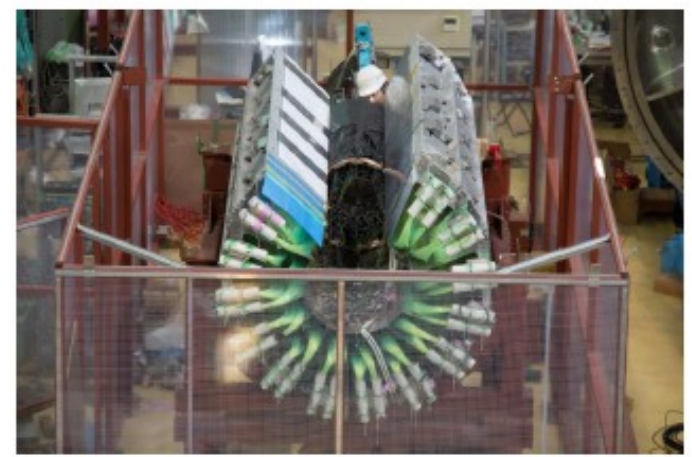
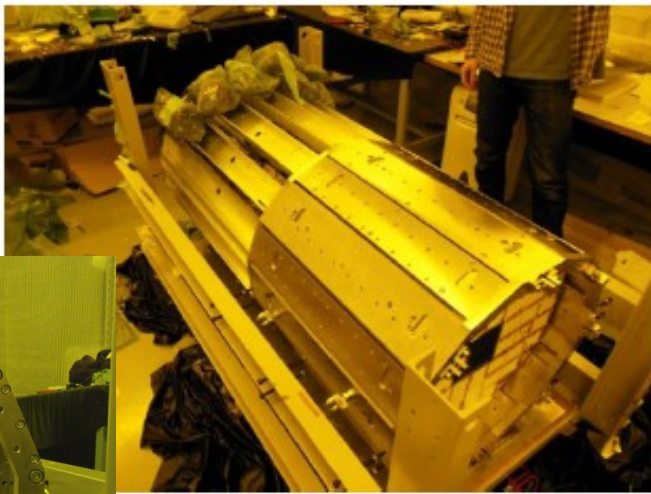
OB
塩見、増田、
臼杵、高橋、日根野

NCC, HINEMOS (河崎、関、日根野)

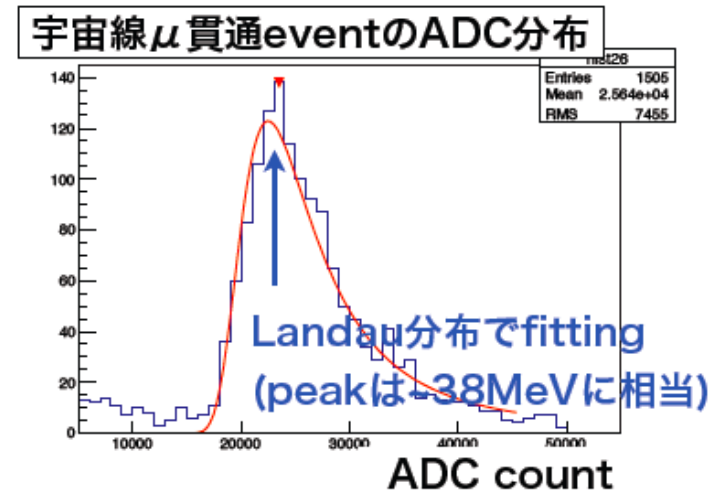
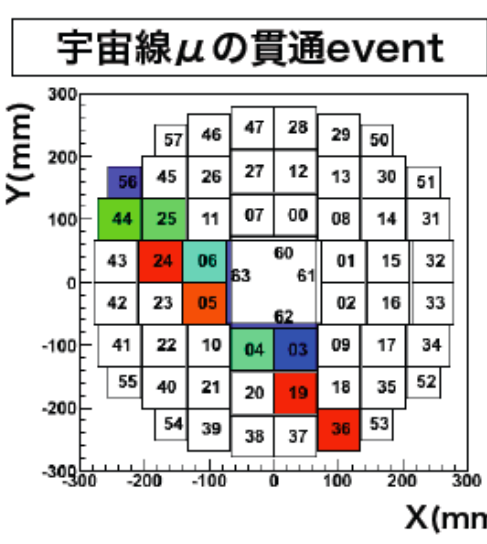
- NCC: 上流部ガンマ線、中性子検出器
 - Pure CsI結晶の波長変換ファイバー読み出しによる
中性子、ガンマ弁別 → 世界初 → D論へ

HINEMOS





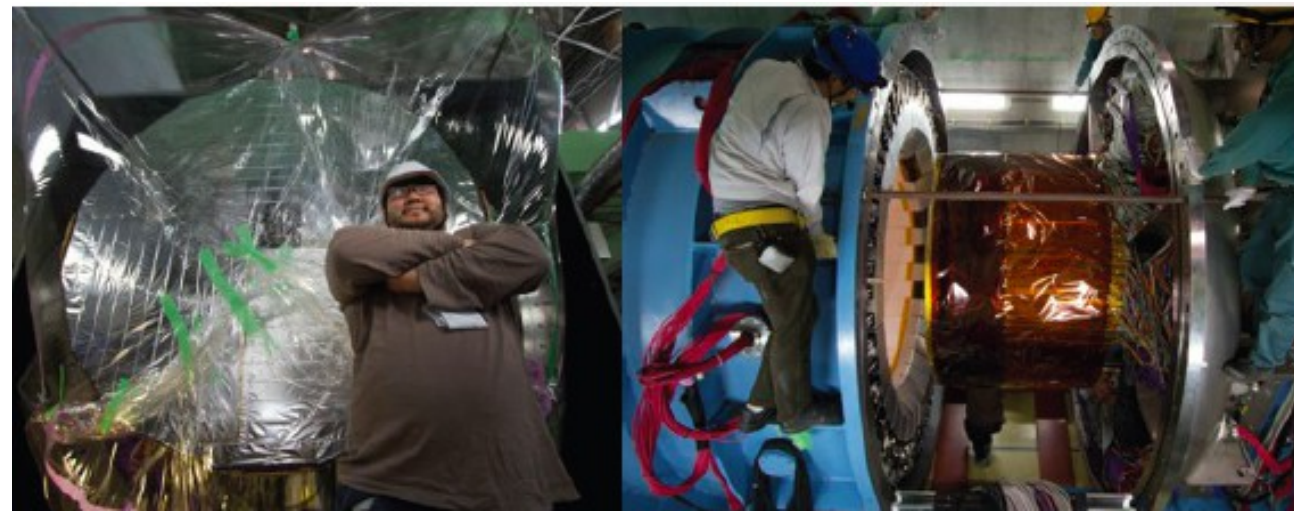
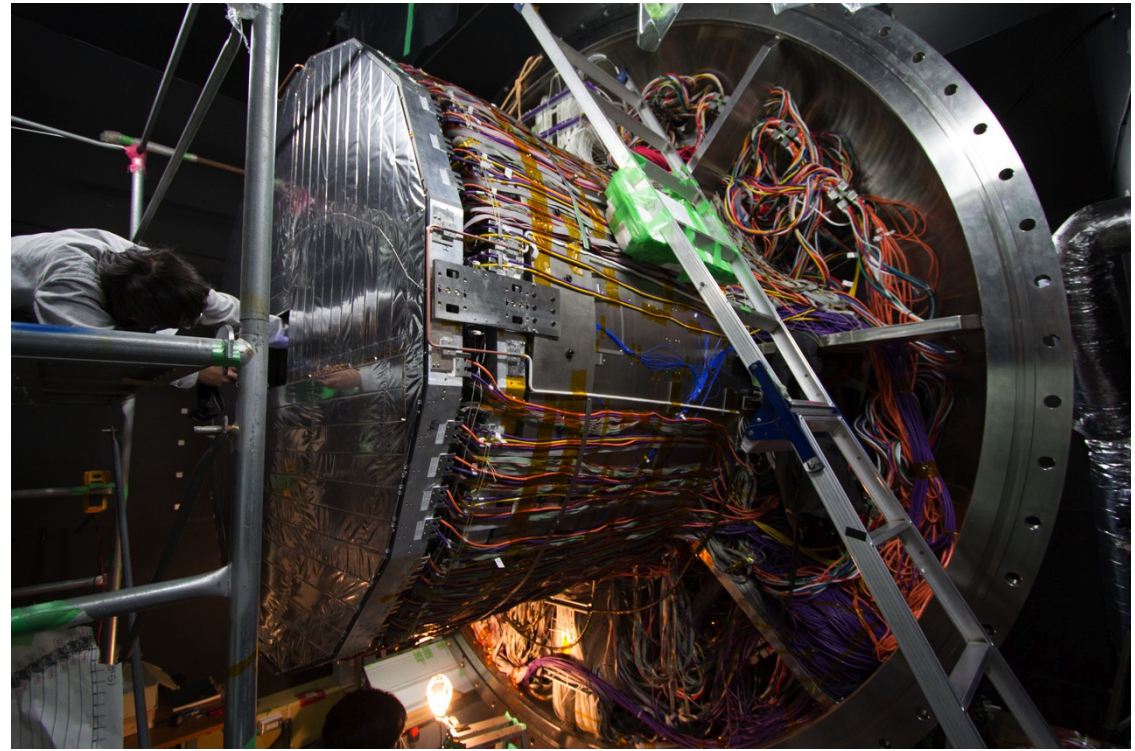
FB



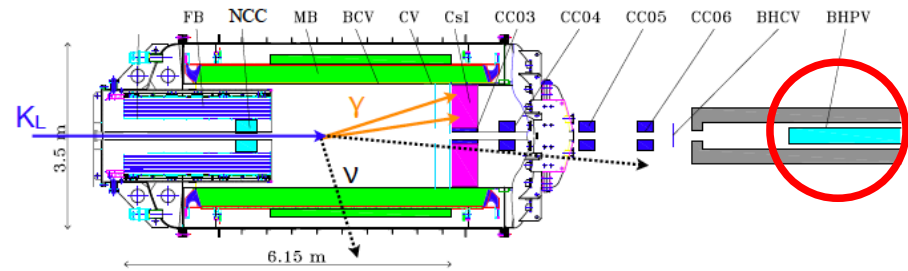
CV(内藤、前田)

低物質量高感度
荷電粒子検出器
検出感度: $>99.99\%$
3mm厚プラシン
波長変換ファイバー
MPPC

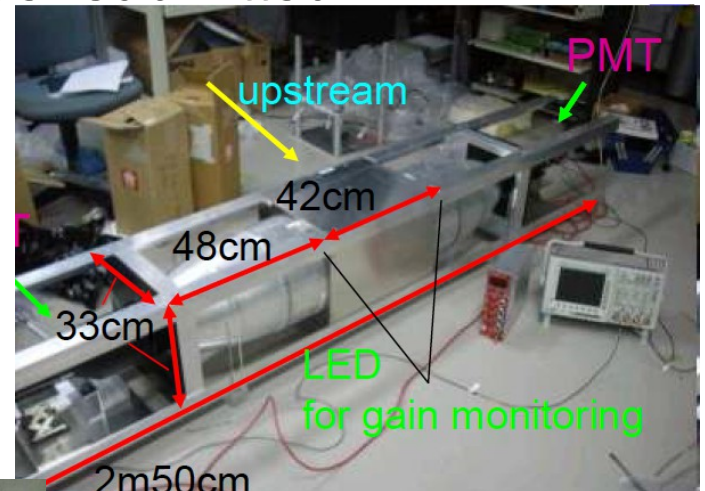
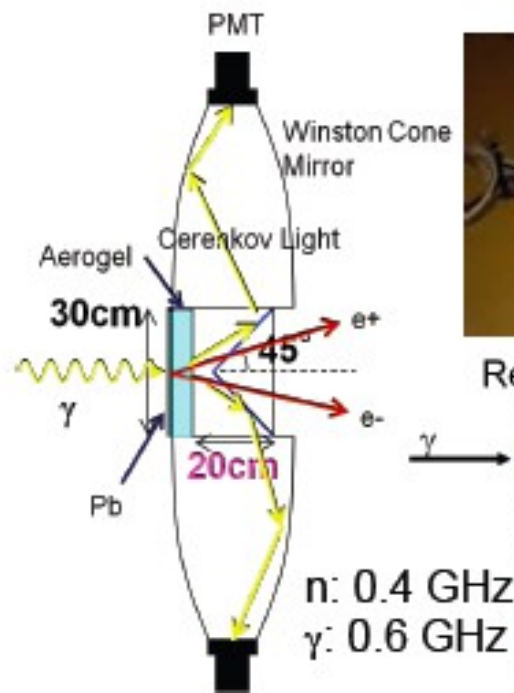
内藤:性能評価
高性能検出器
Paper submitted \rightarrow D論



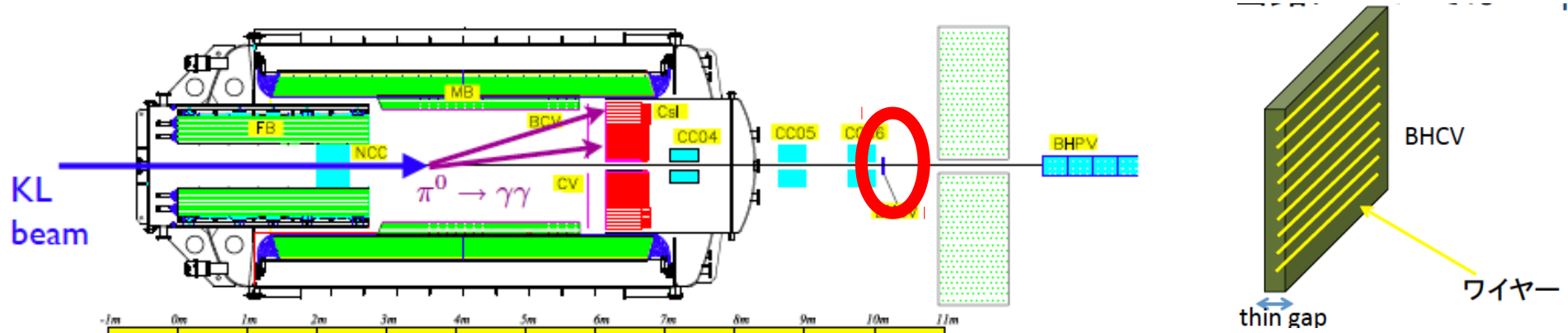
Beam Hole Photon Veto (BHPV) (前田)



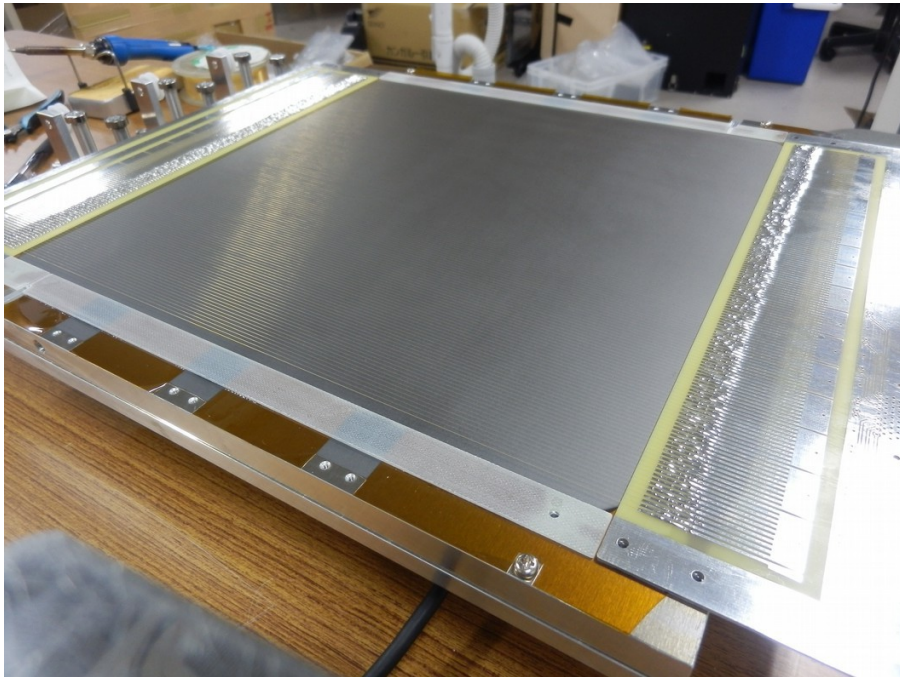
- ビーム中に設置 (中性子、ガンマが大量)
- 鉛コンバータ+エアロゲル チェレンコフ検出器
 - 中性子不感型ガンマ線検出：世界初 → Paper submitted



New BHCV (Wire Chamber) 中桐、上路



- ガンマ線0.6GHz/中性子0.6GHzの暴風雨
- この中でも耐えて、荷電粒子検出感度 99.5%

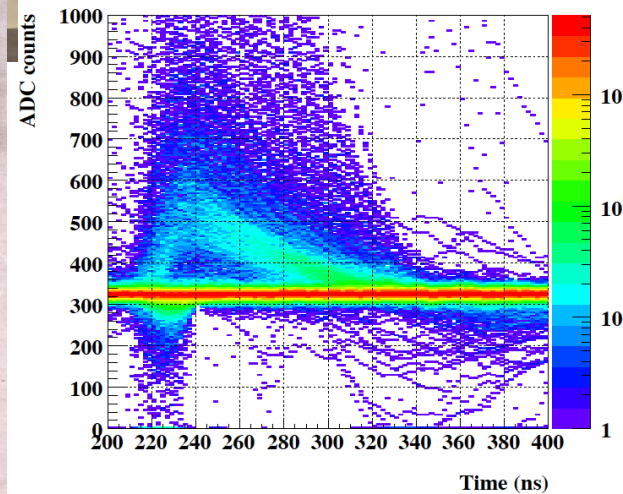
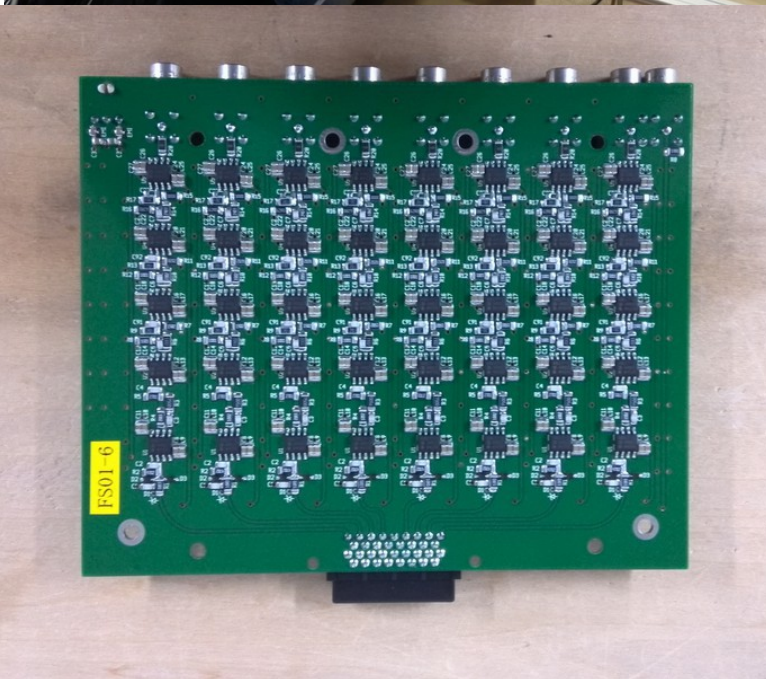
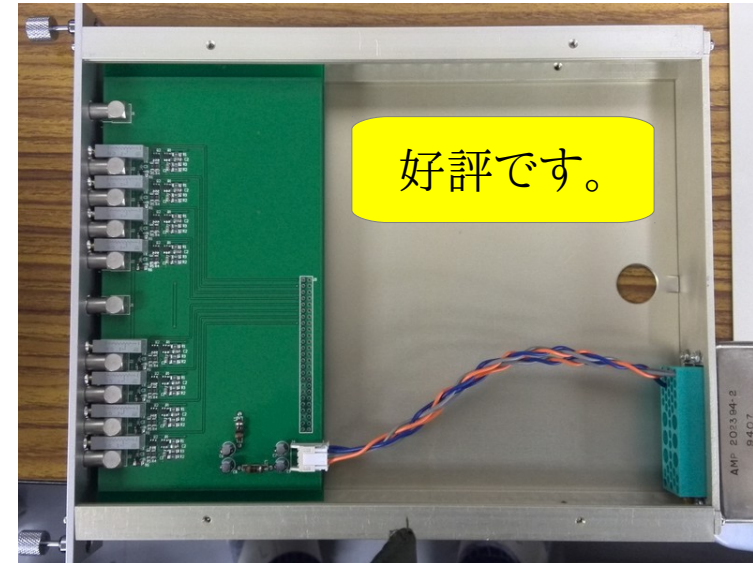
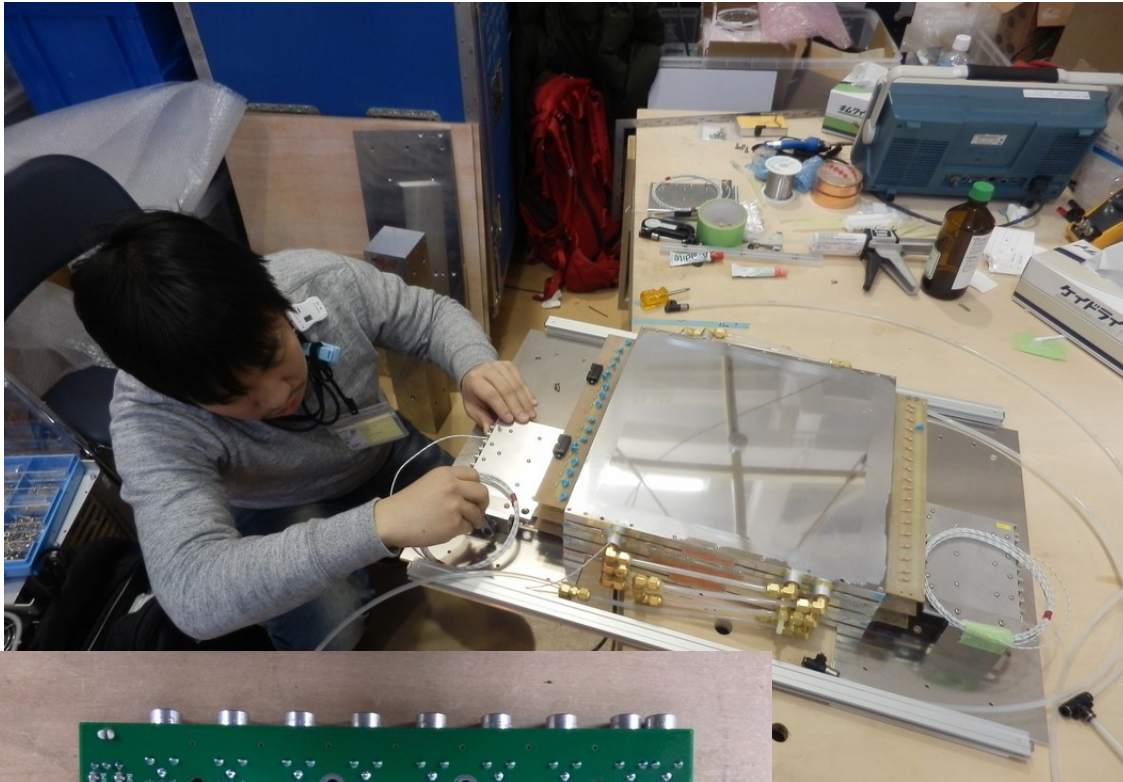


今回のbeamでも性能確認中



Wire Chamber Amp/Shaper 上路

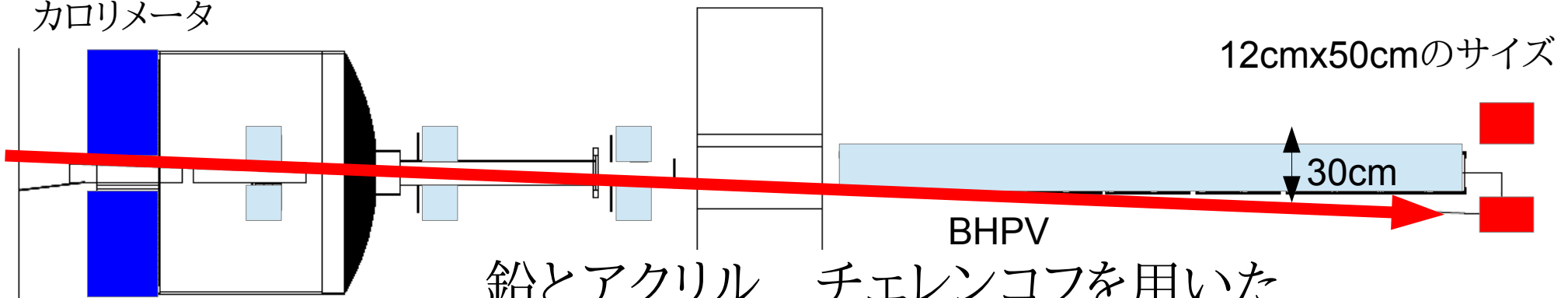
LED較正システムも



きれいにMIPがみえているね。

Beam Hole Guard Counter (篠原)

カロリメータ

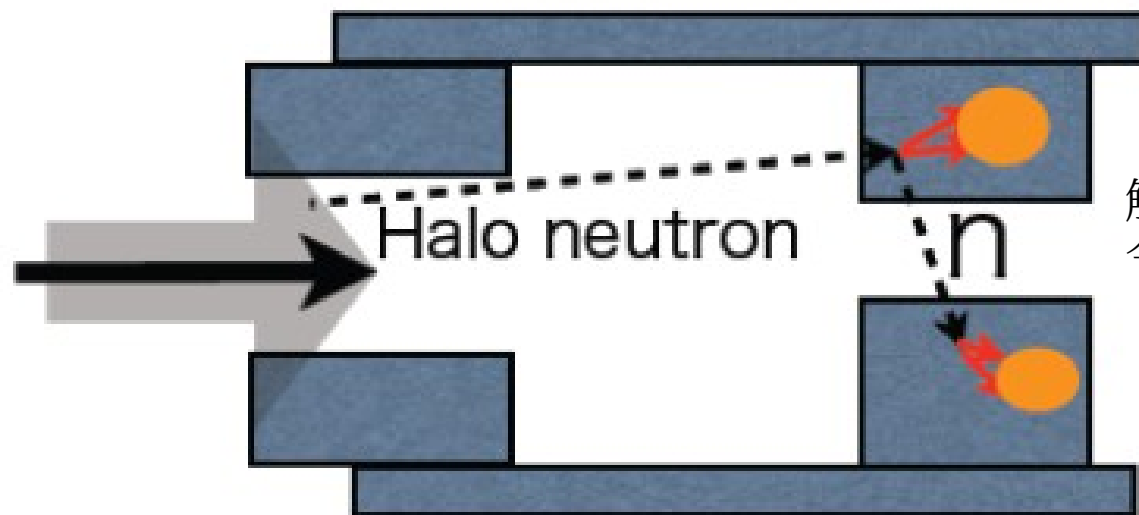


鉛とアクリル チェレンコフを用いた
中性子不感型ガンマ線検出器
設計、テスト、電子ビームテスト、
実機製作install → KOTO実験で稼働中
Calibration, 発光量の確認など終わっている。



2013.5月の物理Run解析 (前田)

- わずか5dayの物理Runデータ
 - ハドロン実験施設の事故で中断
- 世界最高感度の前実験同等の感度を達成.
 - 前実験は5ヶ月のデータ取得
- 新たなバックグラウンド: 中性子による 2クラスター



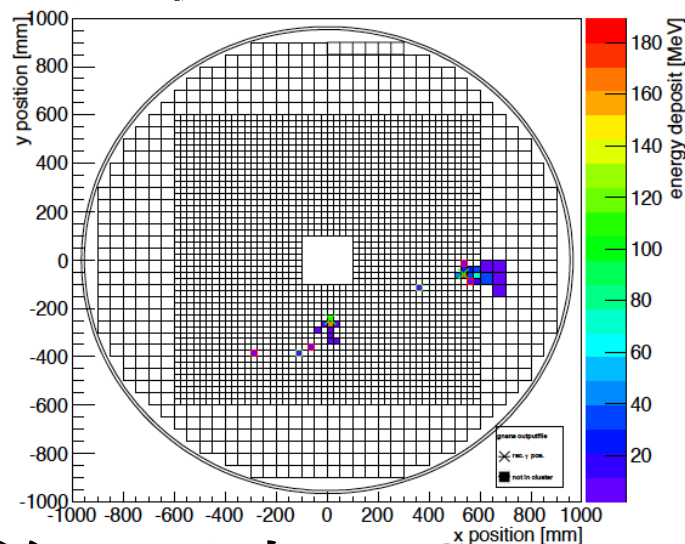
解析で1桁は下げられそうだが、今回のビームで検証する。

M1のみなさんへ

CsI結晶での中性子事象削減の研究

- 2次元のシャワー形状

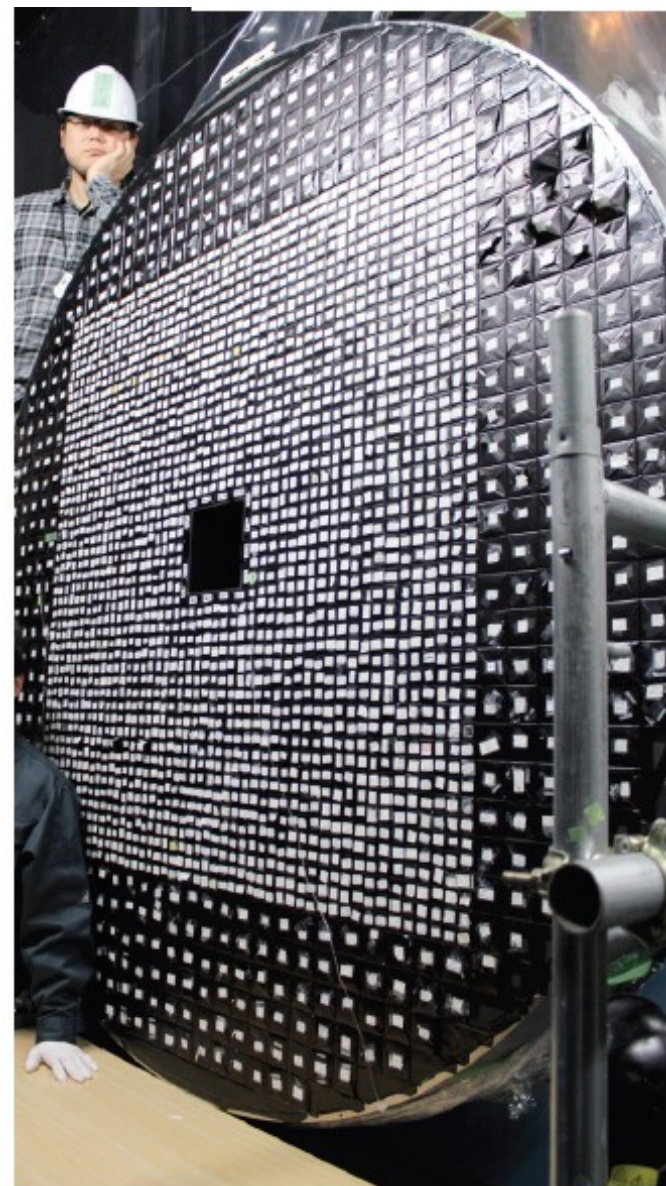
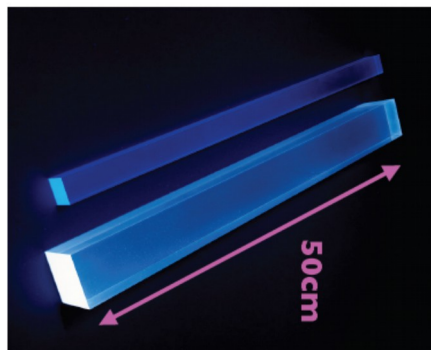
実データの解析
シミュレーション



- 3次元の情報

ガンマ線は手前で反応
中性子はおくまで侵入

検出器の基礎
いろいろなトライ
アイデア



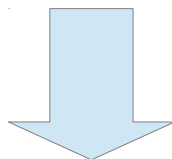


PMT or APD or MPPC

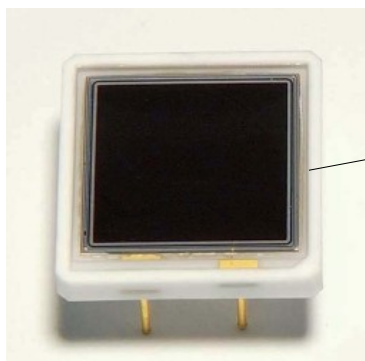


Csl(pure) 50cm

PMT



シンチレーション光の到達時間差



1. チェッキングソース、宇宙線でテスト
2. 電子ビームによるテスト
3. 中性子ビーム at RCNP?

スケジュール

2015

- 中性子バックグラウンド削減
 - クラスタースhape
- World Record更新を目指す

ハードウェアを追加して、さらなる削減を目指す。

R&D

2016

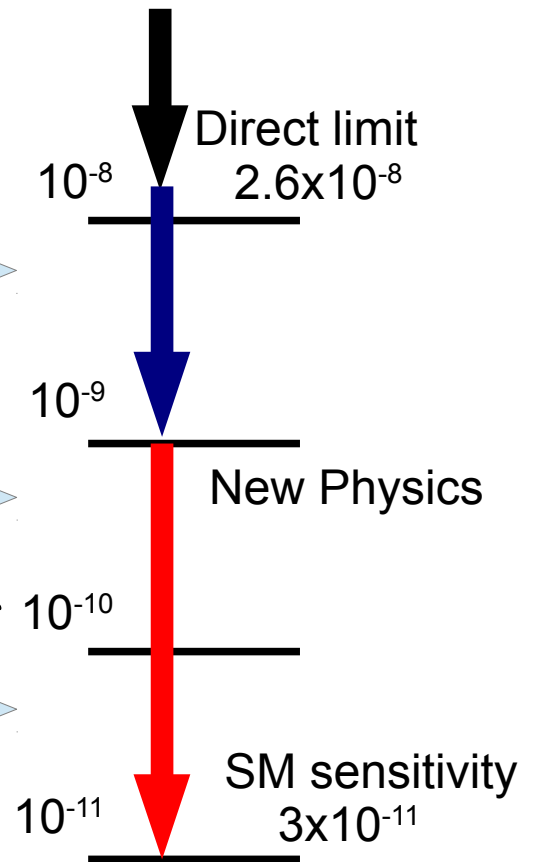
修士論文でFeasibilityをまとめる。

製作、install

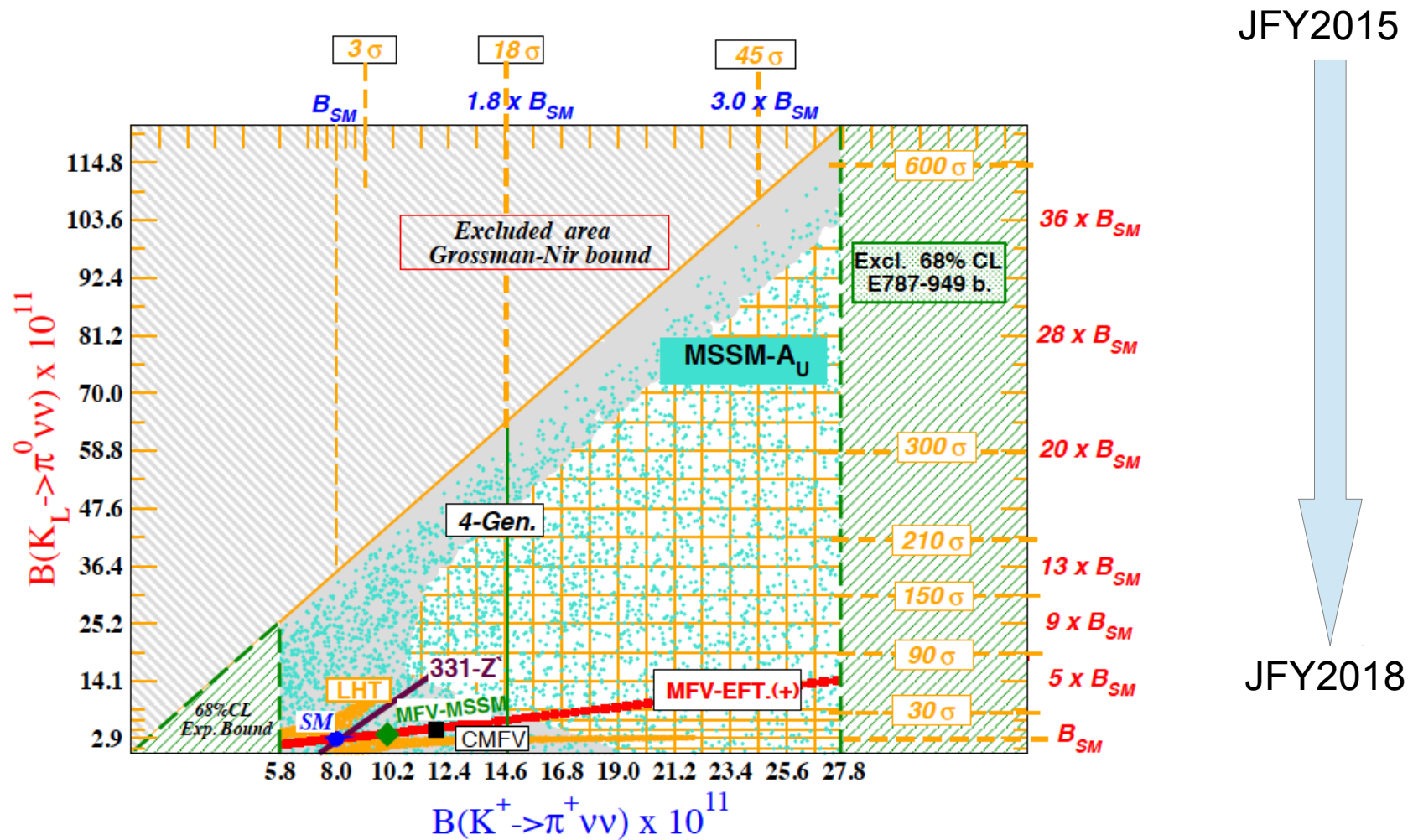
新物理探索

これを用いて、世界最高感度へ

2018



- 自分の検出器を準備して、
KOTOに乗り込み、世界最高感度の物理解析
- いつ、なにが出てくるか？

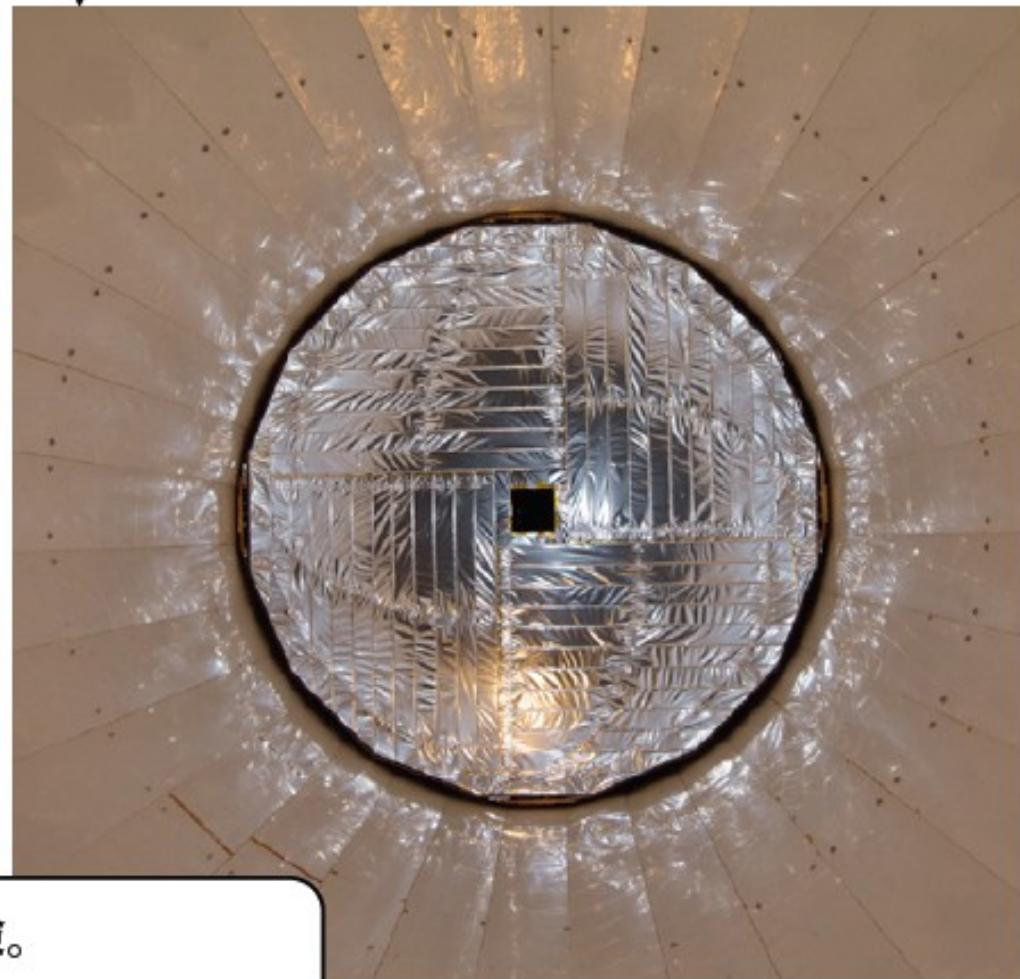


M1さんに向けて



← 完成した検出器と記念写真

↓ 無事インストールされた検出器



KOTO実験は小規模実験。

京都の学生が中心となり行っている。

君の力が明日のKOTO実験を作る！！

