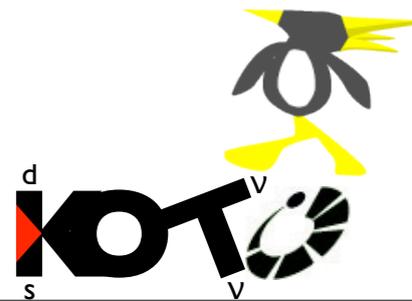


K中間子グループの研究紹介

京都高エネ研 D1 河崎、増田



京都Kグループのmember構成

- スタッフ
 - 笹尾、南條、(野村)
- 学生
 - E787 : 研究生 藤原
 - E391a : 森井(D3)
 - K^oTO : 塩見(D2)、増田(D1)、河崎(D1)、前田(M2)、内藤(M2)

なぜKなのか？

- 標準理論とCPの破れ

小林益川行列とCP対称性の破れ

小林・益川行列 (CKM行列)

$$\begin{pmatrix} d' \\ s' \\ b' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_{ud} & V_{us} & V_{ub} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\ V_{td} & V_{ts} & V_{tb} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d \\ s \\ b \end{pmatrix}$$

弱い相互作用の固有状態

質量固有状態

CKM行列は3×3のユニタリ行列

⇒自由度3+1

↯
複素位相

Wolfenstein表示

$$V_{CKM} = \begin{pmatrix} 1 - \lambda^2/2 & \lambda & A\lambda^3(\rho - i\eta) \\ -\lambda & 1 - \lambda^2/2 & A\lambda^2 \\ A\lambda^3(1 - \rho - i\eta) & -A\lambda^2 & 1 \end{pmatrix} \quad \lambda = \sin \theta_C \simeq 0.22$$

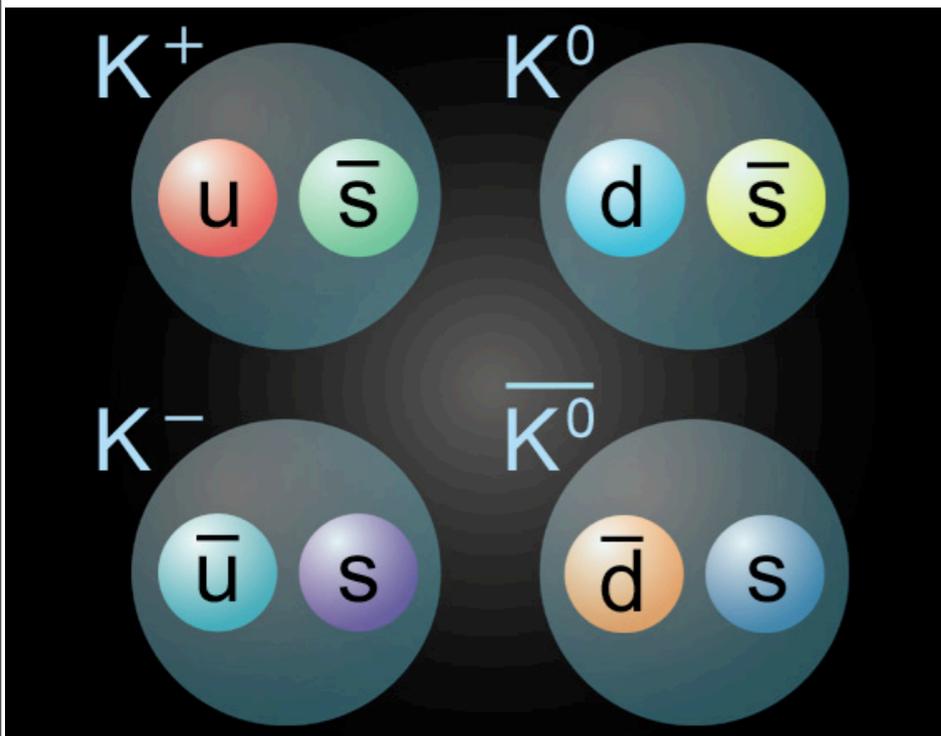
η : 標準理論でCPの破れの大きさを表す

K中間子とは

K中間子：s-quarkを含む擬スカラー粒子

$$J^P = 0^-$$

質量は~500MeV(陽子の半分)



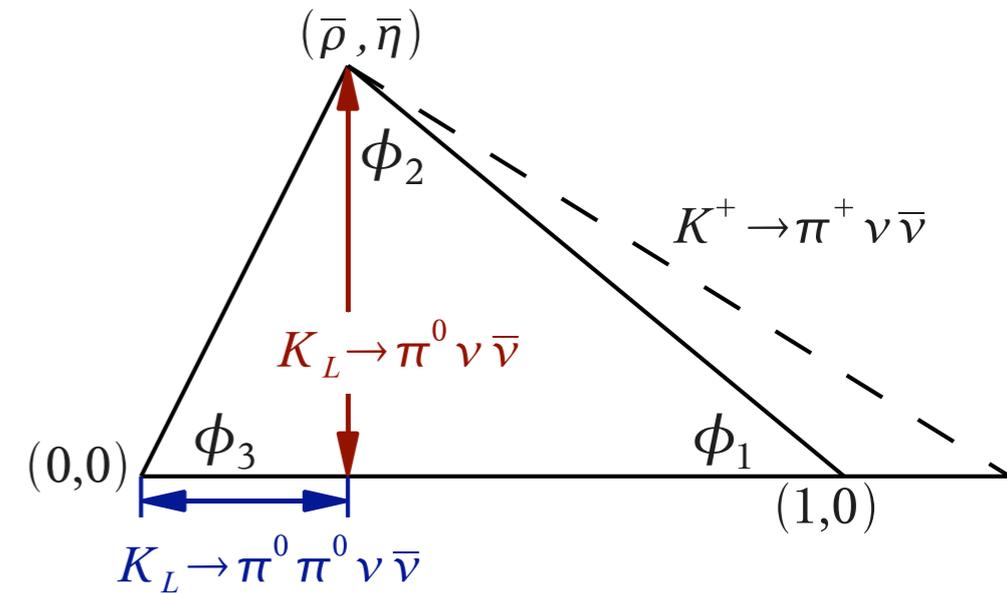
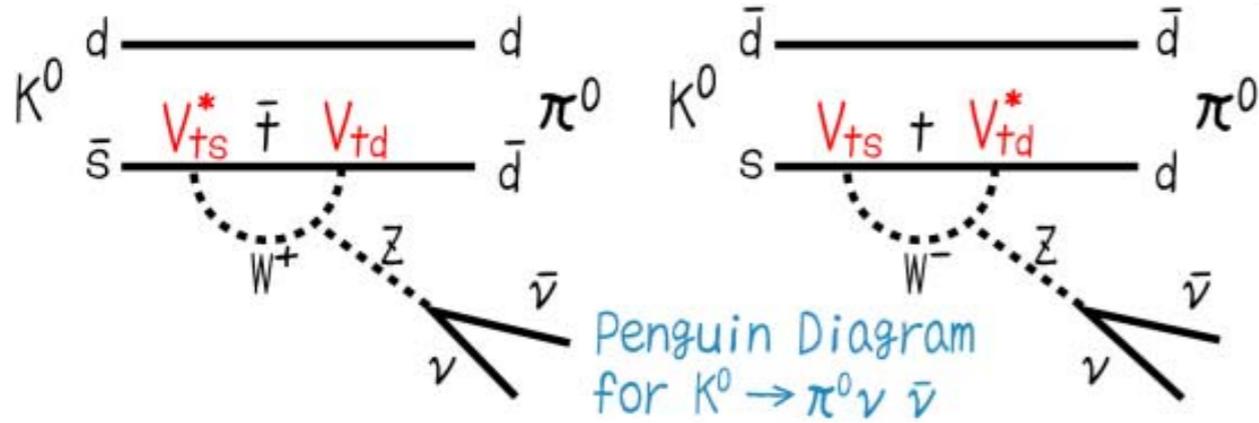
K_L と K_S

$$|K_L^0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2(1+\varepsilon^2)}} \left\{ (1+\varepsilon)|K^0\rangle - (1-\varepsilon)|\bar{K}^0\rangle \right\} \quad (\tau = 5.2 \times 10^{-8}\text{s})$$

$$|K_S^0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2(1+\varepsilon^2)}} \left\{ (1+\varepsilon)|K^0\rangle + (1-\varepsilon)|\bar{K}^0\rangle \right\} \quad (\tau = 8.9 \times 10^{-11}\text{s})$$

$K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ の物理

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



$$\begin{pmatrix} V_{ud} & V_{us} & V_{ub} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\ \color{red}{V_{td}} & \color{red}{V_{ts}} & V_{tb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - \lambda^2/2 & \lambda & A\lambda^3(\rho - i\eta) \\ -\lambda & 1 - \lambda^2/2 & A\lambda^2 \\ A\lambda^3(1 - \rho - \color{red}{i\eta}) & -A\lambda^2 & 1 \end{pmatrix}$$

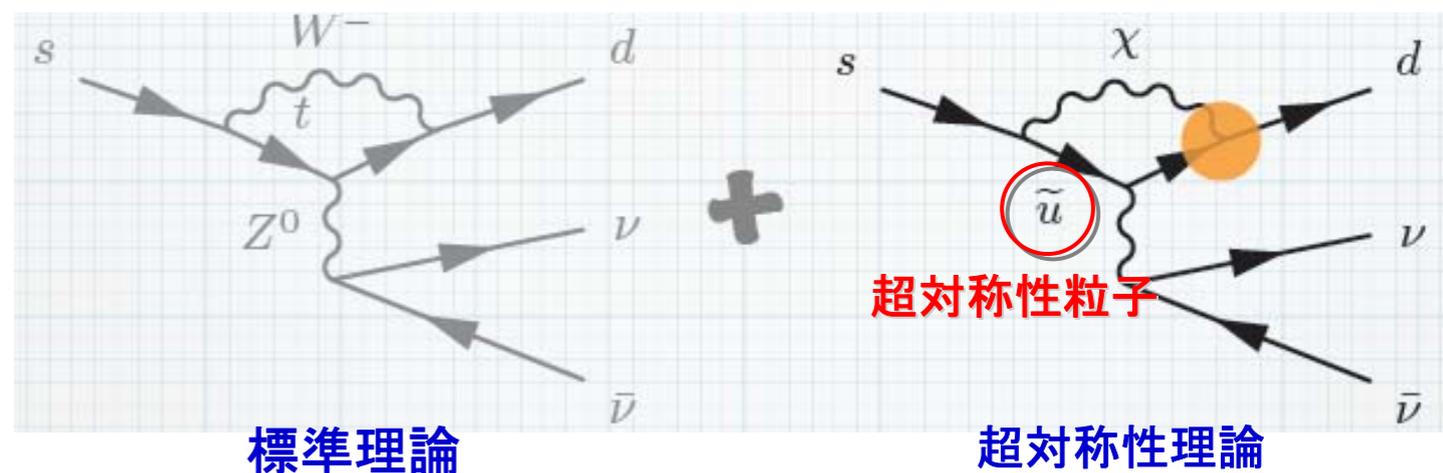
$$A(K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}) = \frac{1}{\sqrt{2}} [A(K^0 \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}) - A(\bar{K}^0 \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu})]$$

$$\propto V_{ts} V_{td}^* - V_{ts}^* V_{td} \propto \eta$$

$$Br(K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}) \propto |Im(V_{ts}^* V_{td})|^2 \propto \eta^2$$

$K_L \rightarrow \pi^0 \nu \nu$ の特徴

- 理論的不定性が小さい(1~2%) : Golden mode
- CKM行列の複素パラメータ η の直接測定
 - B中間子での結果との比較 → 標準理論の精密検証
 - New Physicsへの感度

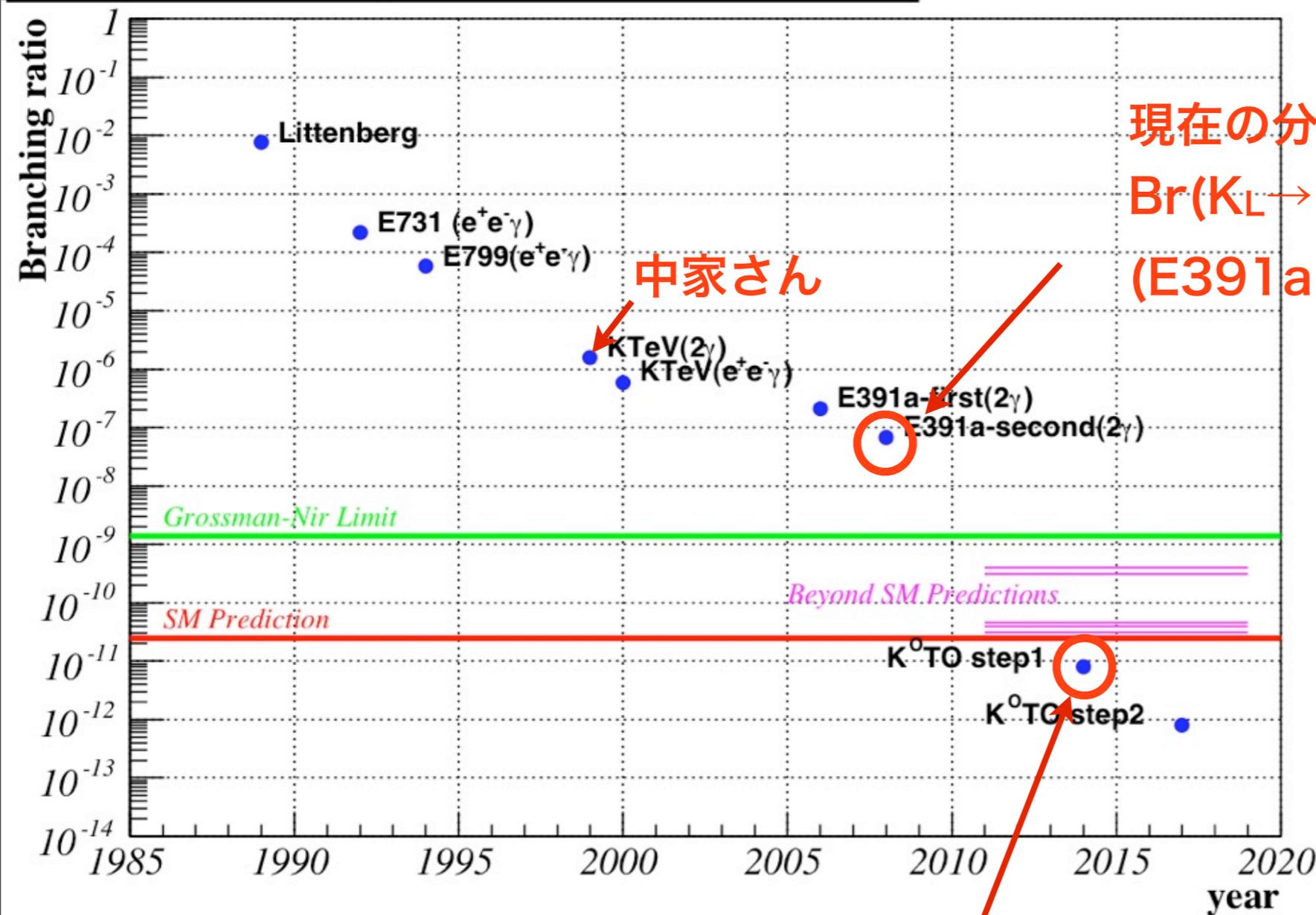


- 分岐比が小さい
 - 標準理論の予言する分岐比(2.5×10^{-11})
 - 介在する粒子が中性粒子のみ

➡ 実験的に検出が困難

$K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 探索の歴史

The history of $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ Branching ratio

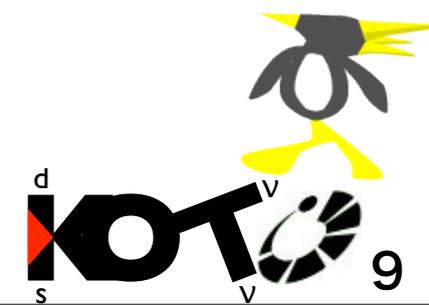


現在の分岐比の世界記録：
 $Br(K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}) < 6.7 \times 10^{-8}$ (90% C.L.)
 (E391a run2の解析結果)

中家さん

K⁰TO実験(step1)で初めて標準理論の予言
 する感度に到達！！

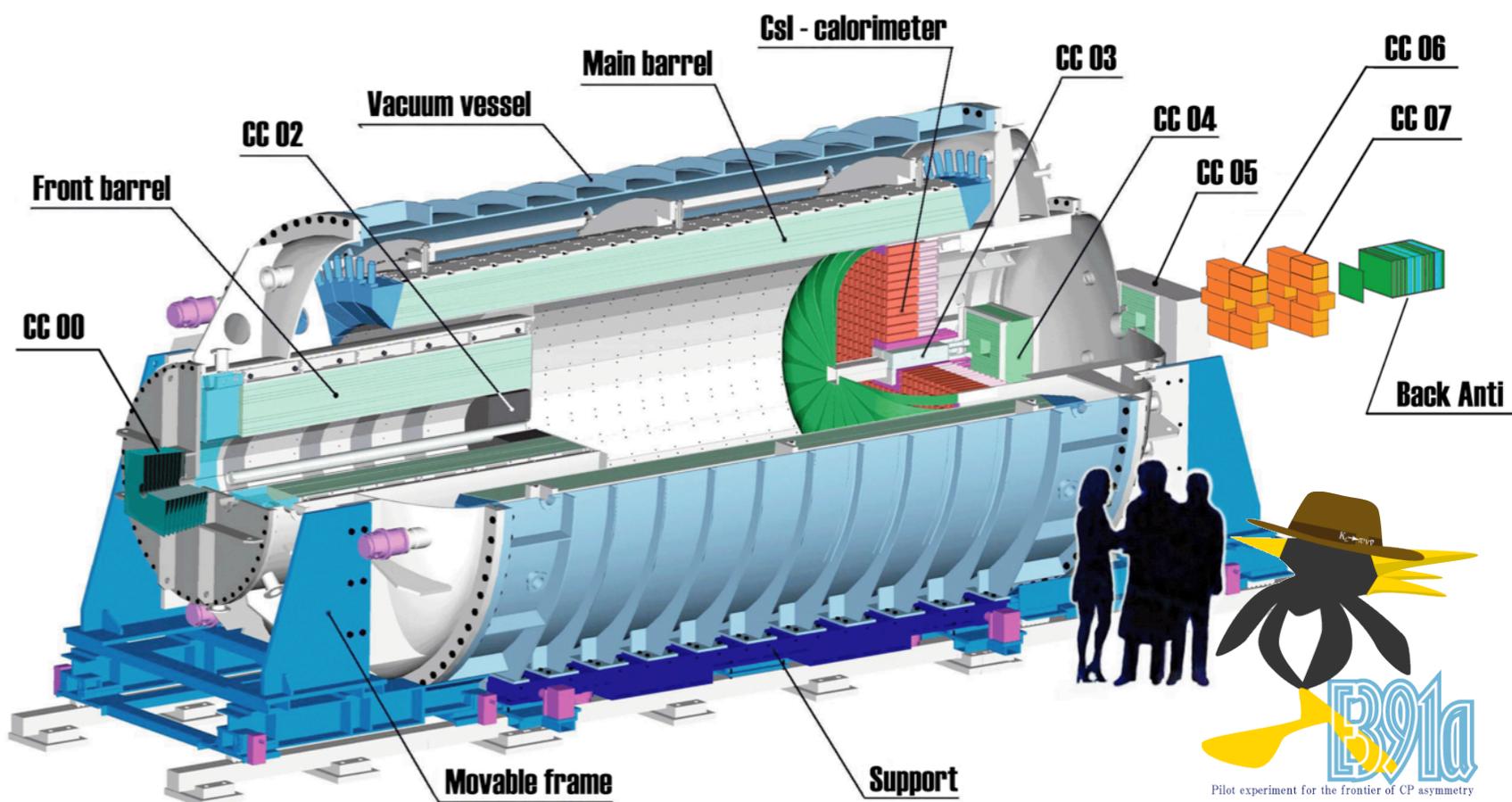
実験紹介

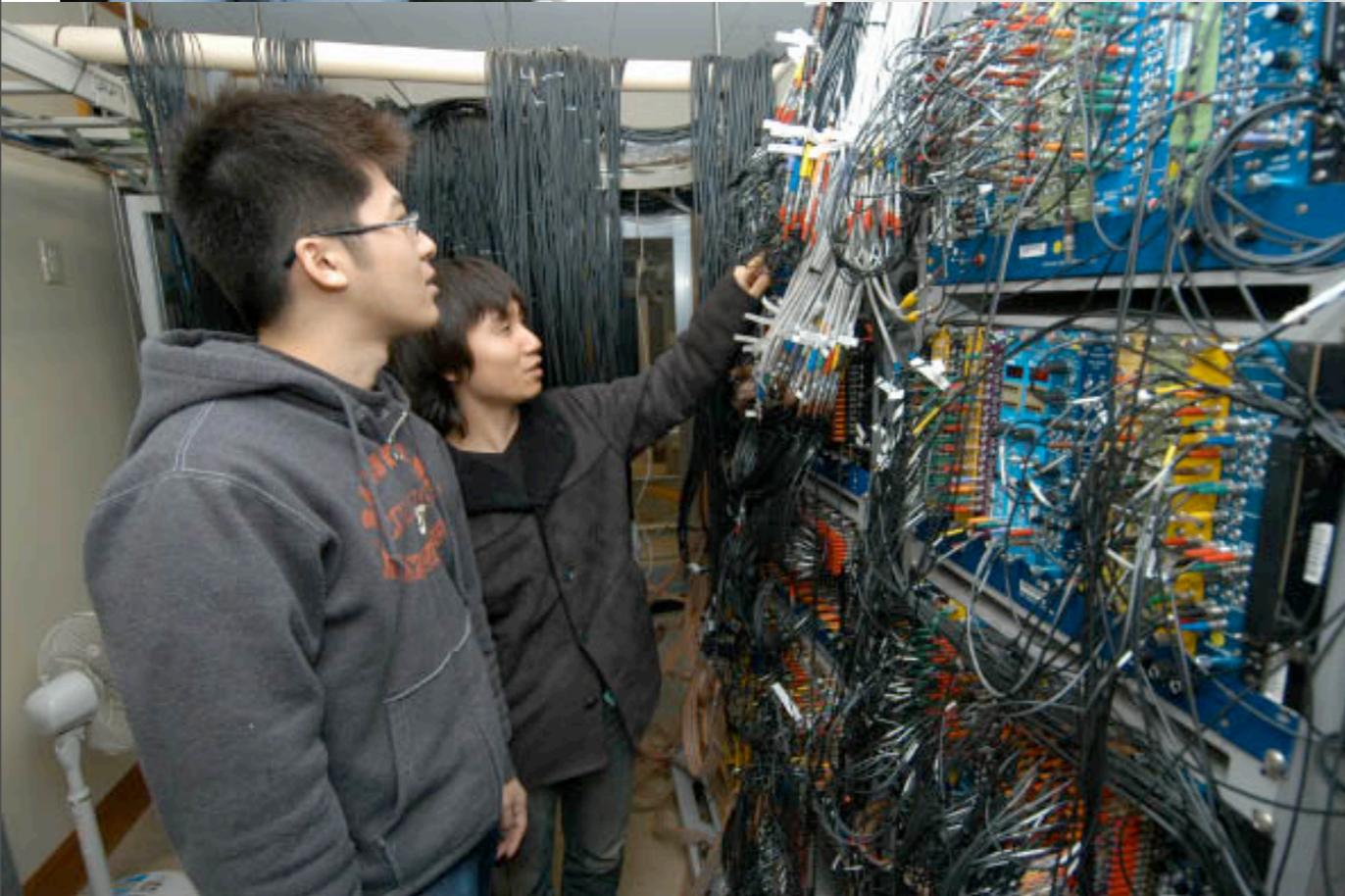


E391a実験

- KL → $\pi^0 \nu \nu$ 測定実験 @ KEK 12GeV 陽子シンクロトロン
 - 世界で初めてこのモードに特化
 - E14 ($K^0 \rightarrow \pi^0 \nu \nu$)実験の”パイロット”実験
 - 測定原理、解析手法の検証

- 3回の物理ラン
- Run1 (2004 Feb-Jul)
- Run2 (2005 Feb-Apr)
- Run3 (2005 Nov-Dec)





E391a実験の解析

● Run2の解析 (隅田さん)

- “ブラインド”手法

- シグナル領域を隠して解析

- シグナル領域にイベント無し

- 分岐比の上限値 6.7×10^{-8}

→ 世界記録を更新!

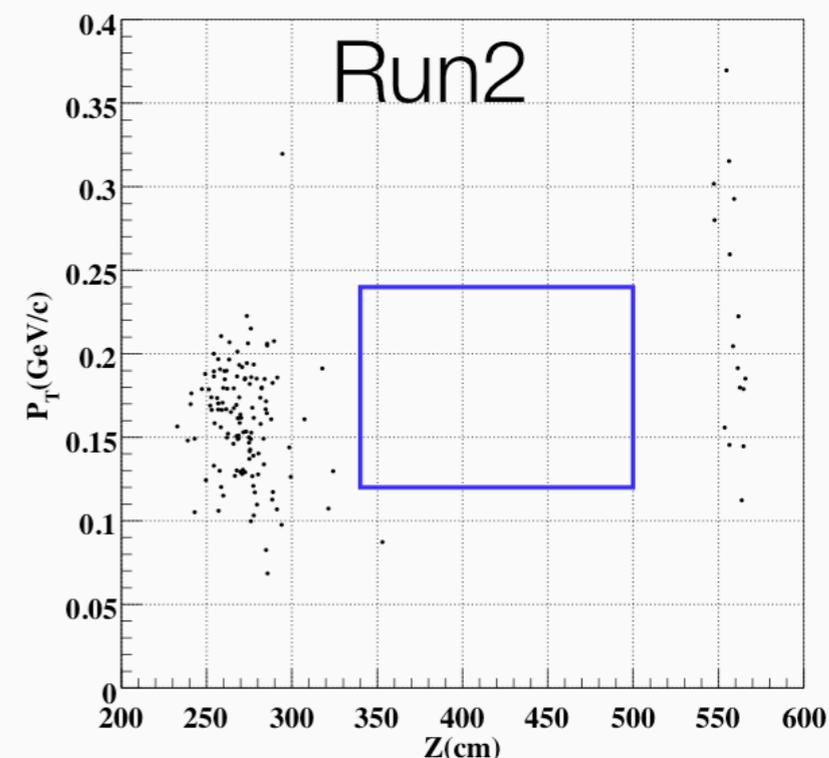
● Run3の解析 (森井)

- よりよいバックグラウンドの理解

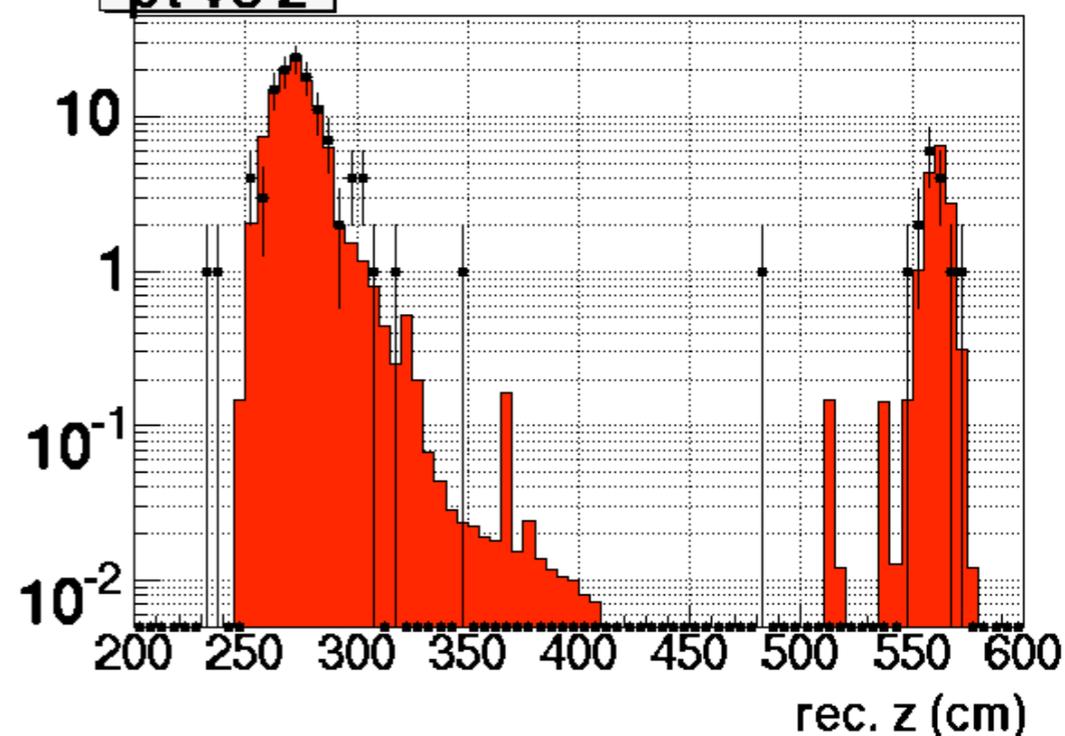
- 現在アクセプタンス向上

のための研究中

再構成された縦運動量



pt vs z



K^{OTO}実験

● K^{OTO}実験とは

- 世界最大強度のJ-PARC 50 GeV陽子シンクロトロンを使用
- E391aの検出器をアップグレード



● 目標

- Step1: 世界初の崩壊事象の観測
- Step2: ~100event観測し、標準理論の精密検証

K^oTO Collaboration

● K^oTO実験のCollaboration

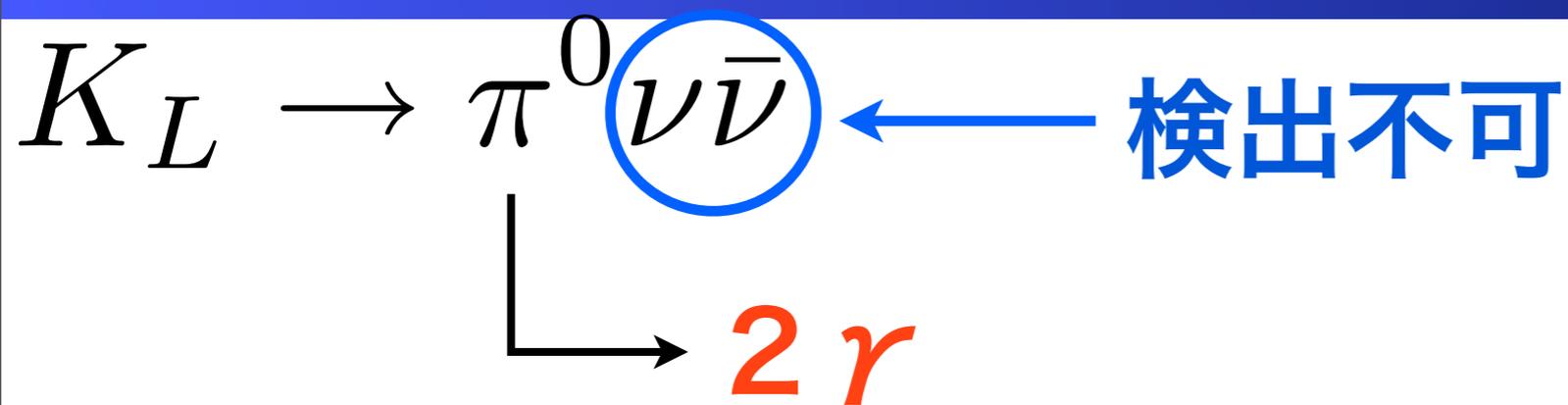
- 日本：京大、阪大、佐賀大、山形大、防衛大、KEK
- 海外
 - アメリカ：アリゾナ大、シカゴ大等
 - 韓国：ソウル大、チェジュ大、プサン大等
 - その他：台湾、ロシア等からも参加

日本を始め、世界各国から多数のInstituteが参加している国際的な実験





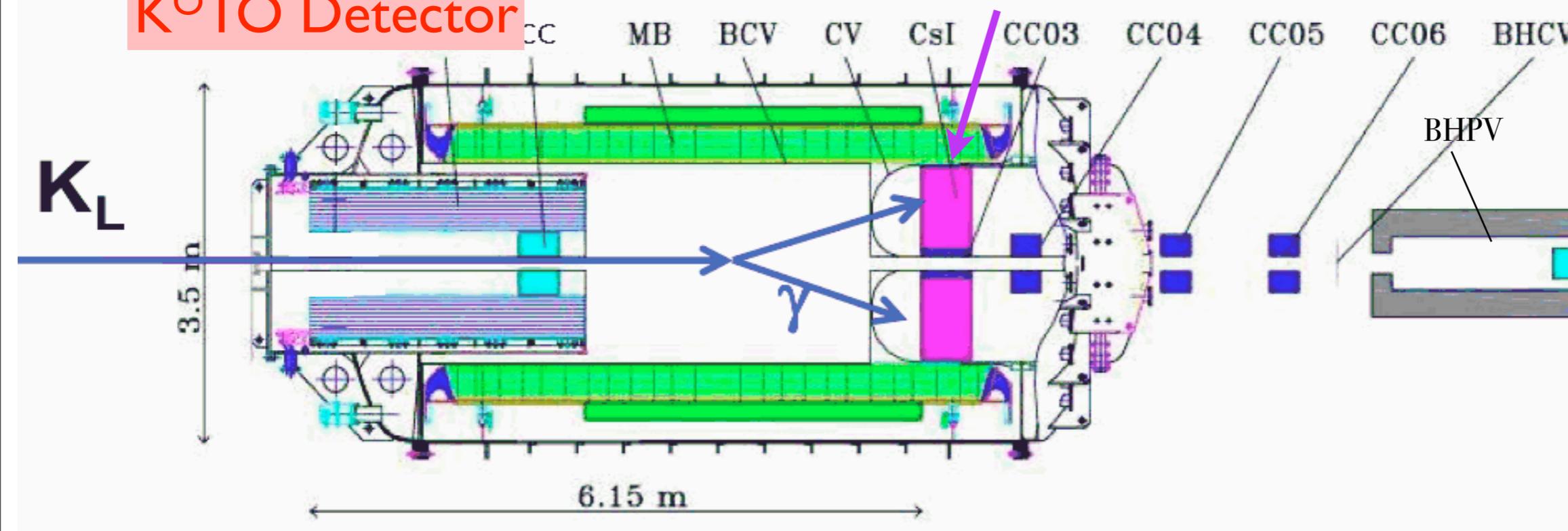
検出原理



”2 γ 以外何もない” eventをsignalと同定

CsIカロリメータで2 γ 検出

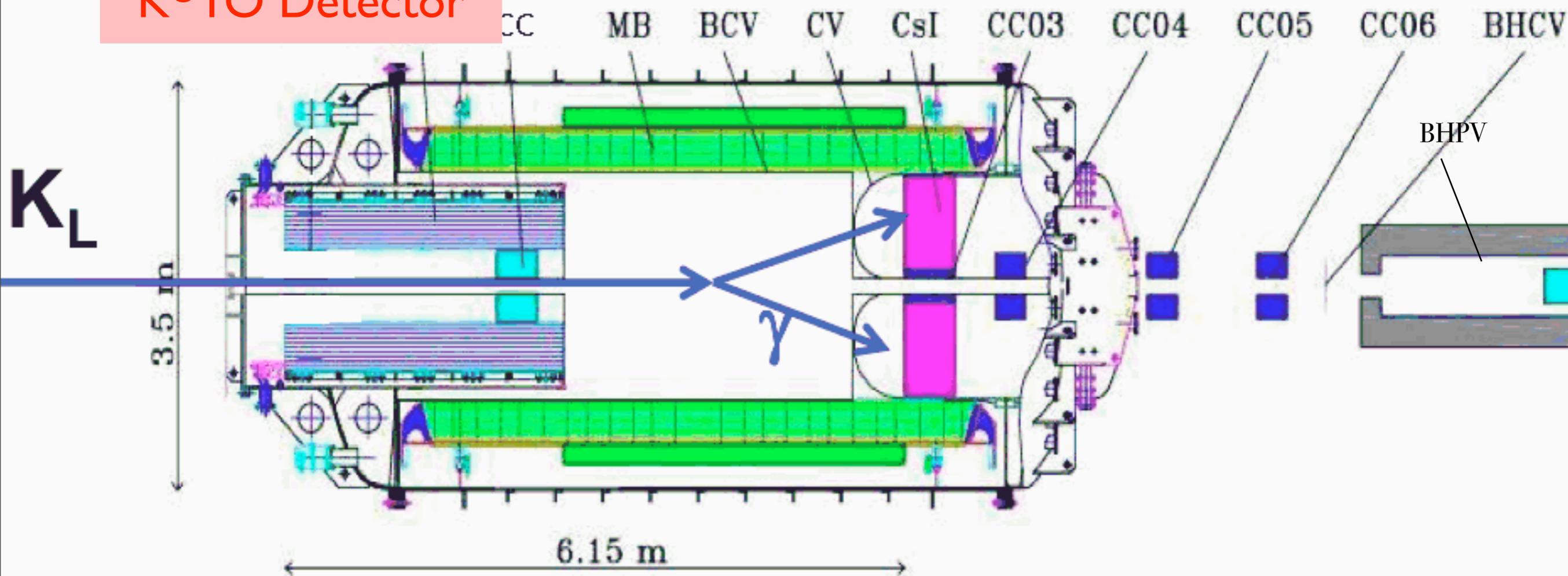
K⁰TO Detector



崩壊領域全体をveto検出器で覆い、他に粒子が無いことを保証

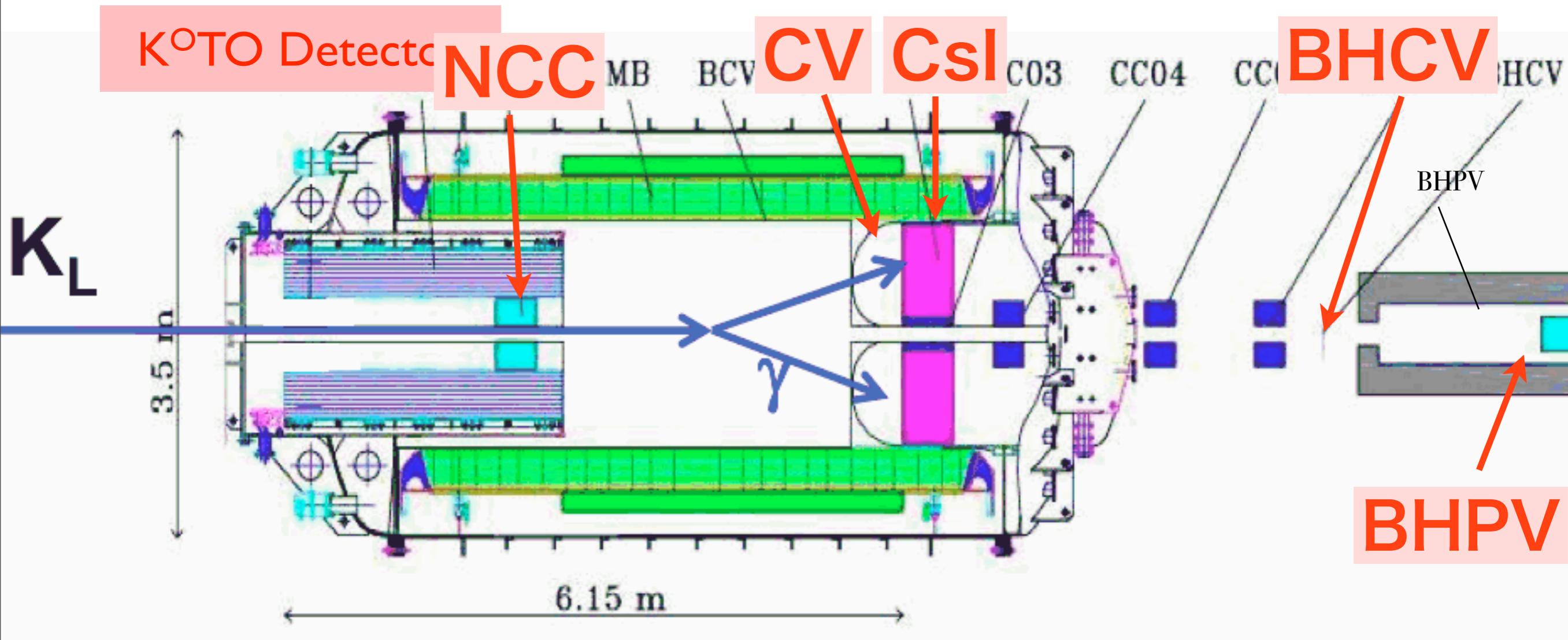
K⁰TO Detector と京都グループの主な担当箇所

K⁰TO Detector



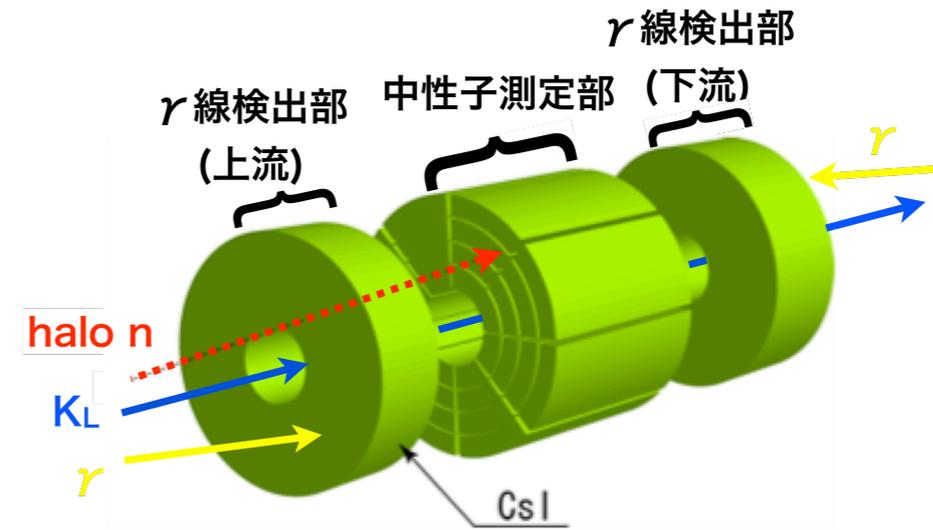
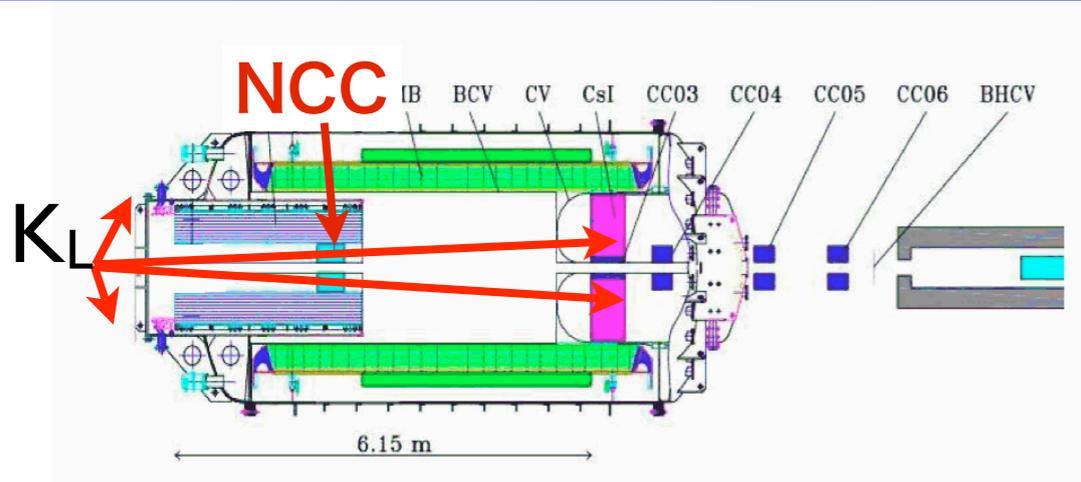
E391aからアップグレードする検出器の大半に寄与

K⁰TO Detector と京都グループの主な担当箇所



E391aからアップグレードする検出器の大半に寄与

Neutron Collar Counter (NCC)

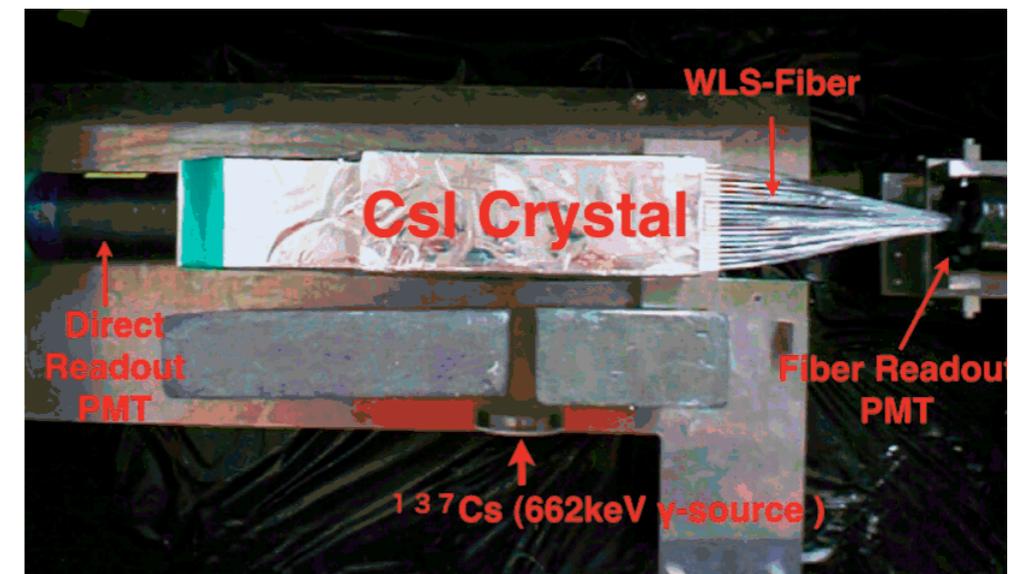


● NCCの役割

- 上流部で崩壊した K_L から生成される γ によるバックグラウンドを排除
- NCC自身がハロー中性子と反応して生じるバックグラウンドの抑制
- ハロー中性子のfluxとenergyの測定

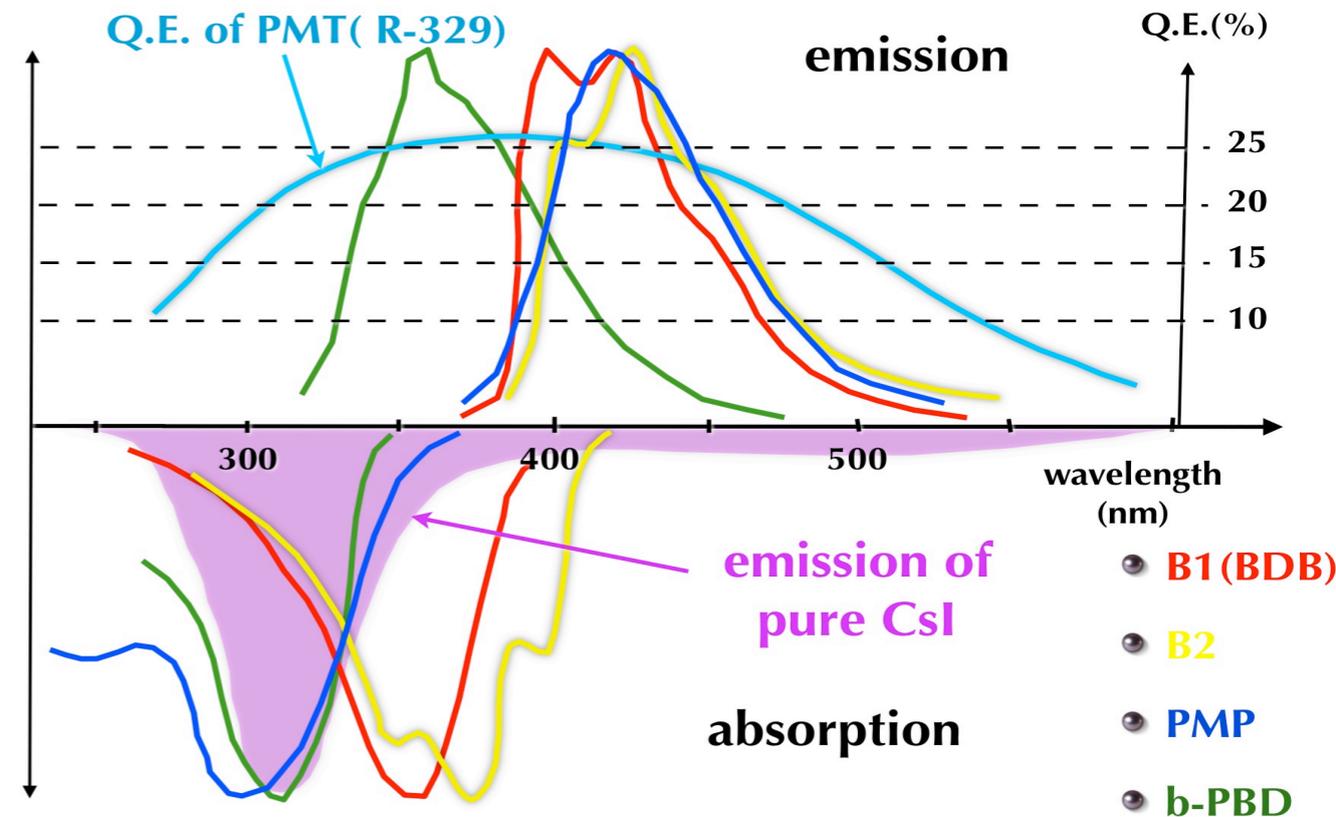
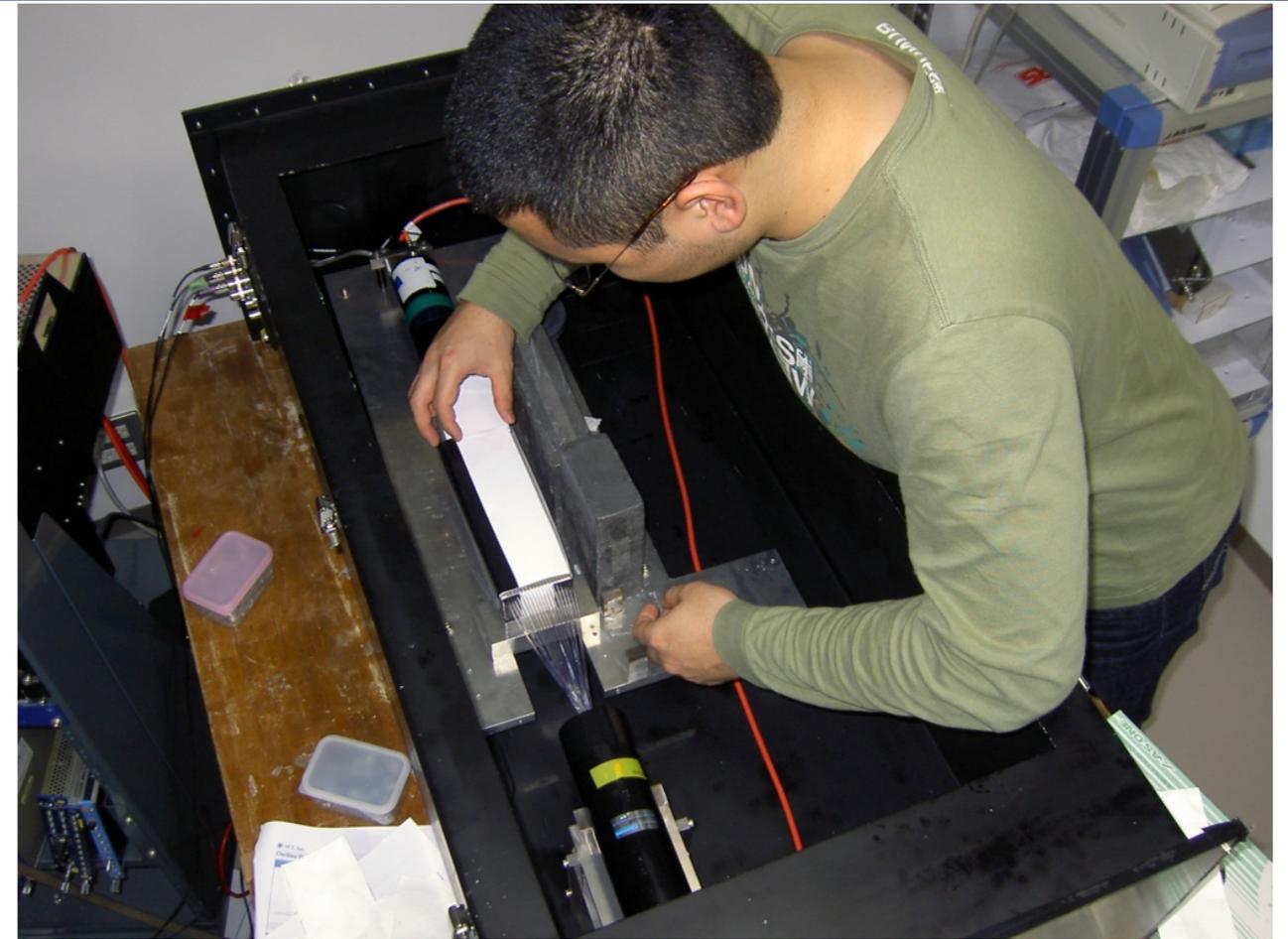
● NCCの特徴

- CsIからなるfull active counter
- 波長変換ファイバーによる読み出し

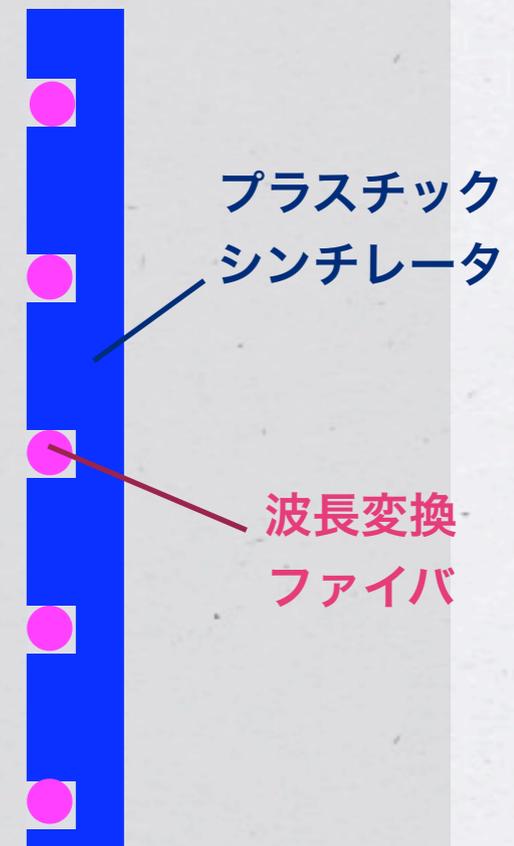
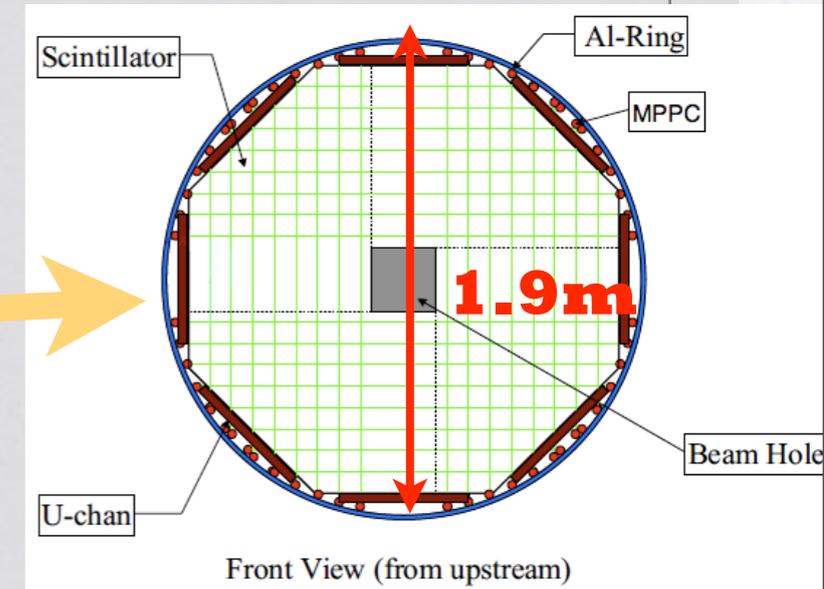
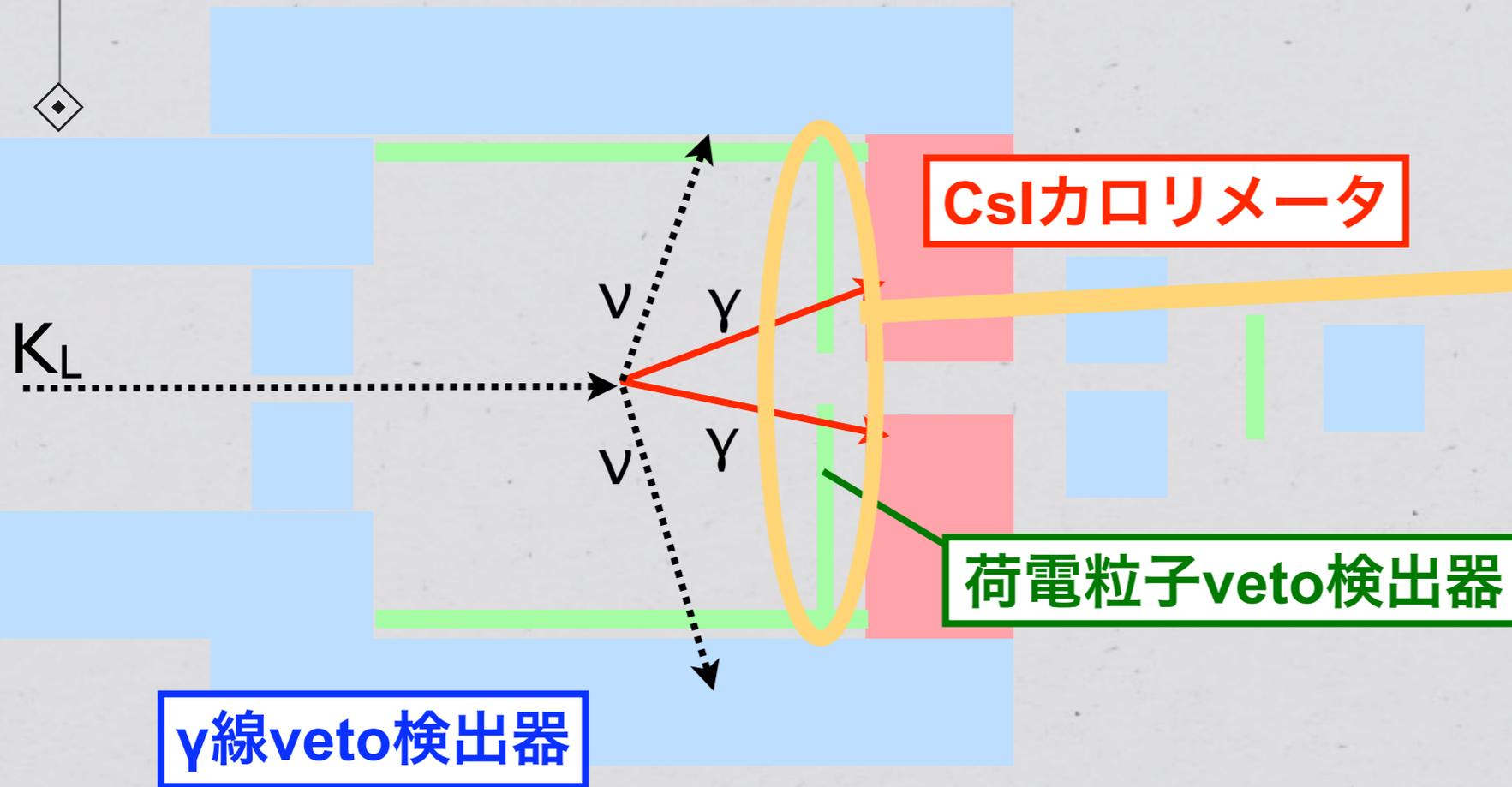


NCC開発の現状

- これまでの研究成果
 - NCC基本designの決定
 - simulationによるバックグラウンド数の評価
 - CsIの波長変換ファイバー読み出しの最適化の研究による、光量増加(4.5p.e./MeV)



CV (内藤)



✓ 役割

- $K_L \rightarrow \pi^+ \pi \pi^0, e^+ \pi \nu, e^- \pi^+ \nu$ で生じる荷電粒子のVeto

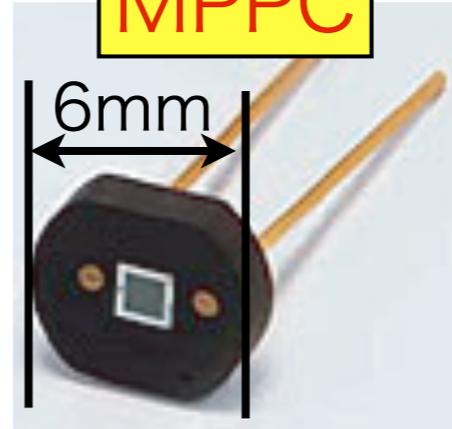
✓ デザイン

- 1m², 3mm^tのプラスチックシンチレータ8枚で構成
- 波長変換ファイバ10mmピッチ

CV 内藤君の活動記録

- 読み出しにはMPPCを使用
 - ▶ スペースがあまりない、安価
 - ▶ 信号を大きくするためのアンプ作り
- CVはできるだけ薄くしないとダメ
 - ▶ B.G.を増やしてしまう
- でも薄くすると光量(信号の大きさ)が減ってしまう
 - ▶ ノイズが気になる.....

MPPC



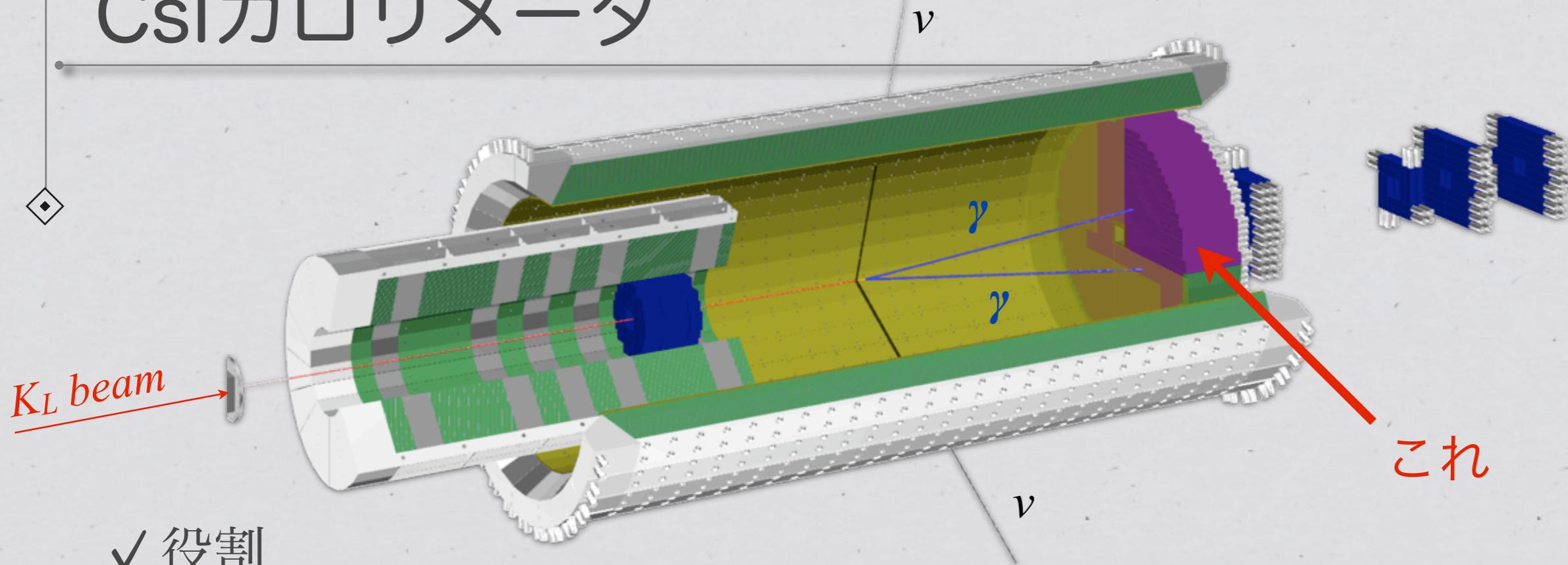
- ♪ 小型軽量
- ♪ 比較的安価
- ⊖ 温度依存性が大きい
- ⊖ ノイズが多い
- ⊖ ゲインが少ない



去年1年は[CVのデザイン]を決めて、ローコストで読み出すための[MPPC用アンプ]を開発していました。(継続中)
それとCVに使う[プラシンとファイバ]の性能を測定し最適な組合せを探しました。
今年度は[プロトタイプ]を作って実際にビームに当てて性能評価を行います。

はんだづけに勤しむ内藤君

CsIカロリメータ

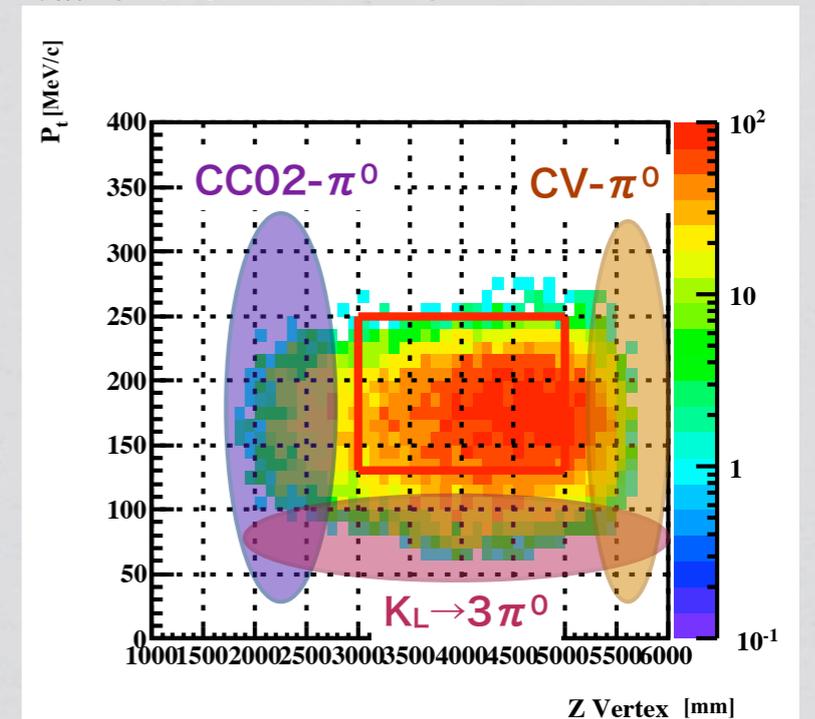


✓ 役割

- $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ の位置とエネルギーを詳細測定 → $P_t - Z_{vtx}$ 平面上の位置決め
 - ▶ $\pi^0\nu\nu$ とそのほかのB.G.の分離

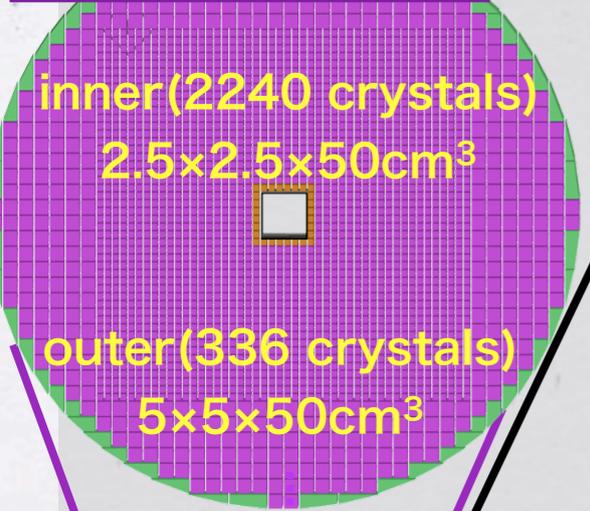
✓ 特徴

- 2800本程度のCsI結晶を使用
 - ▶ KTeV(@FNAL 1996-2000)の物を再利用
 - ▶ $5 \times 5 \times 50\text{cm}$:350本、 $2.5 \times 2.5 \times 50\text{cm}$:2240本
- 1MeV~1GeVの3桁にわたるエネルギーレンジ
- PMTの低消費電力化

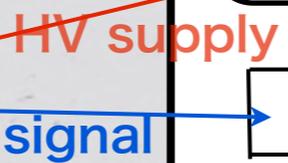
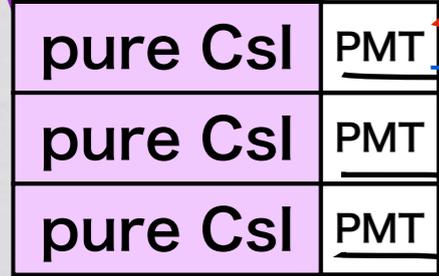


CsIカロリメータ全貌

CsI calorimeter front view



**2 types PMT
φ34mm, φ15mm**

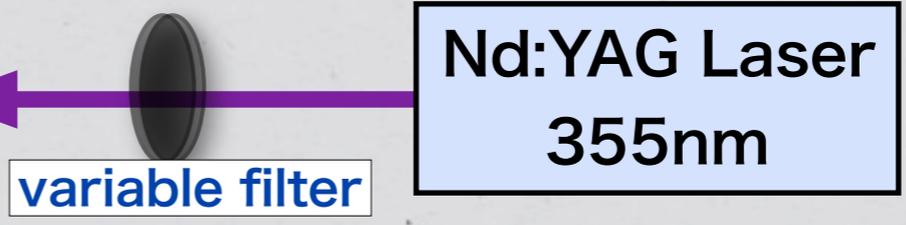
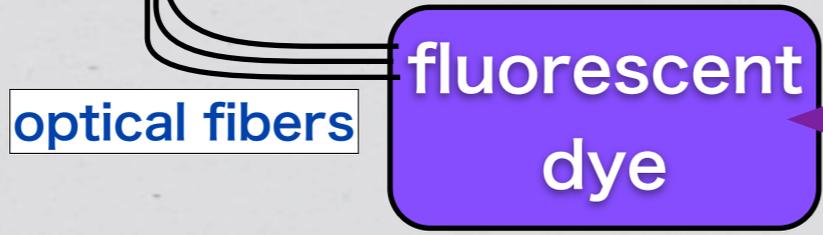
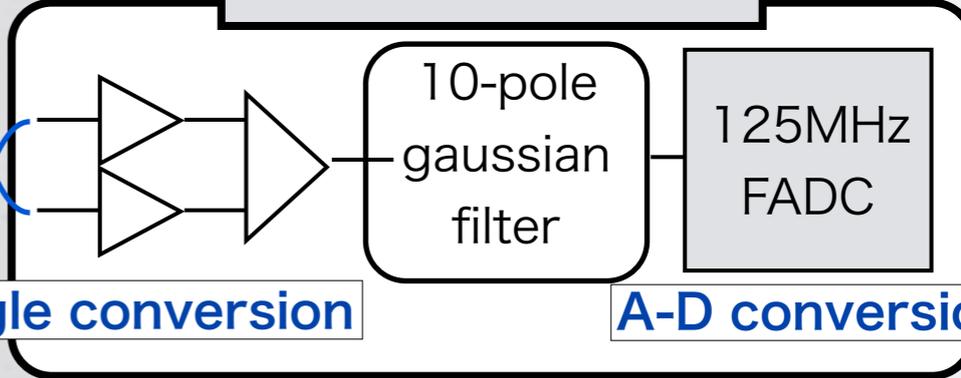


single-diff. conversion



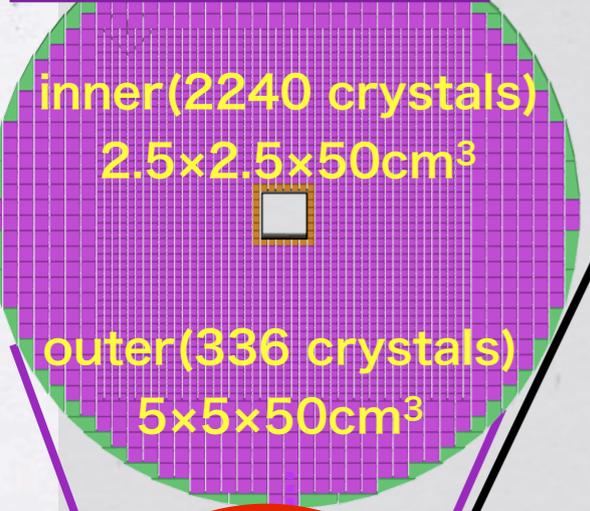
diff.-single conversion

FADC module

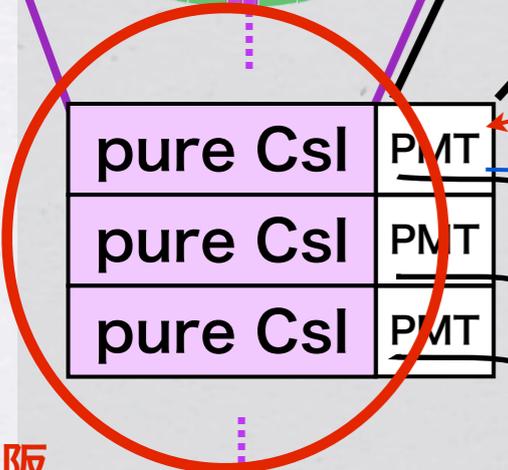


CsIカロリメータ全貌

CsI calorimeter front view



2 types PMT
φ34mm, φ15mm

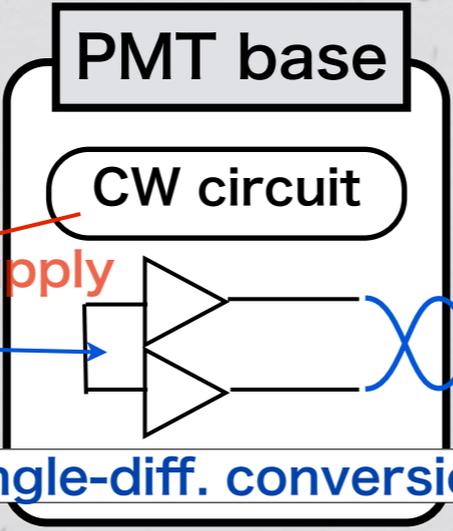


大阪
光量の一様性の確認

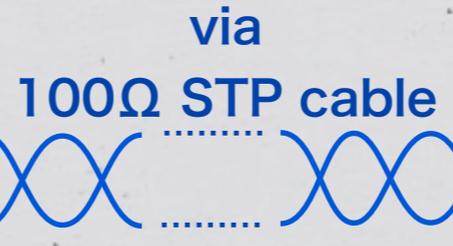
optical fibers



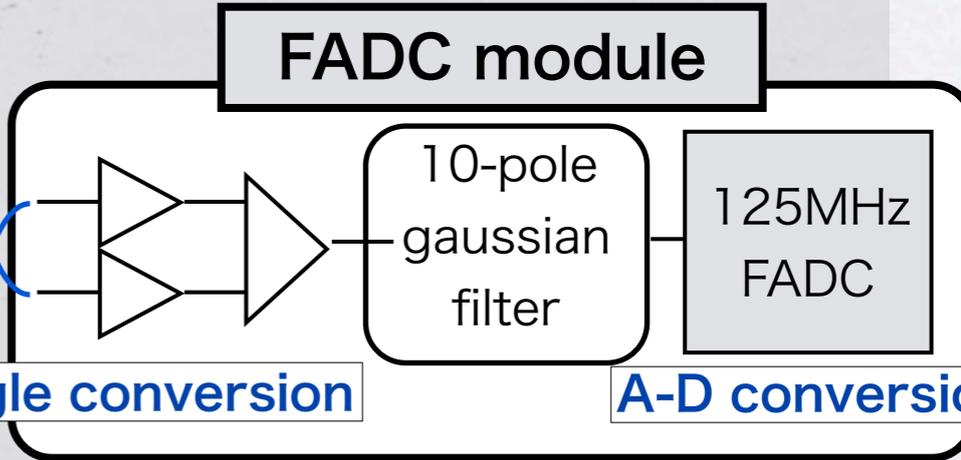
variable filter



HV supply
signal

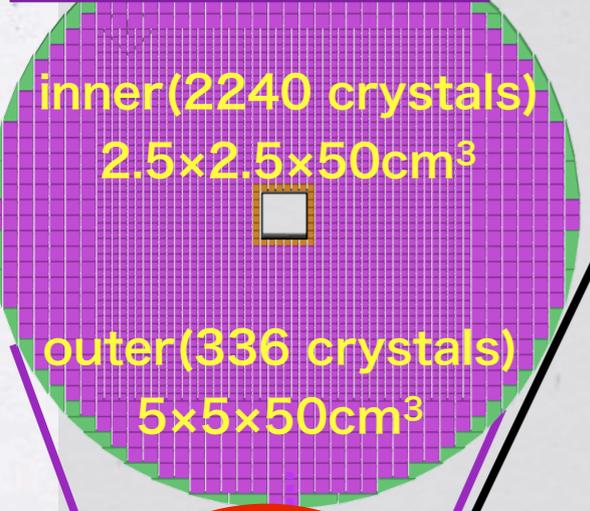


diff.-single conversion

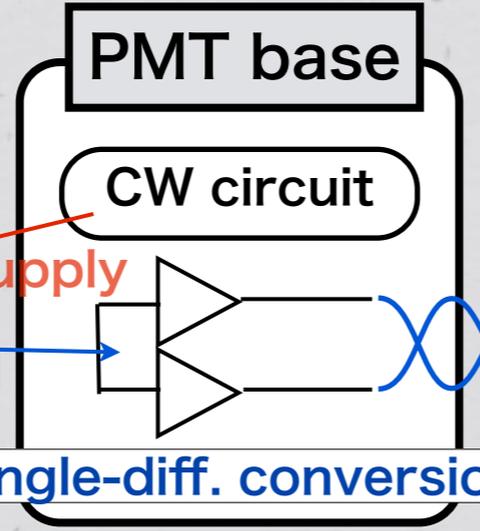
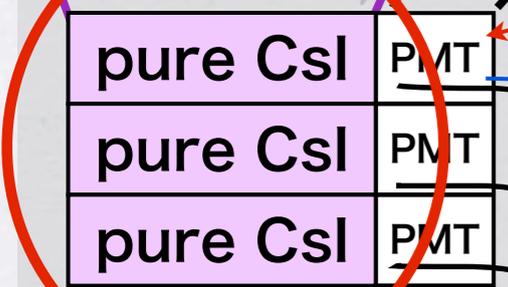


CsIカロリメータ全貌

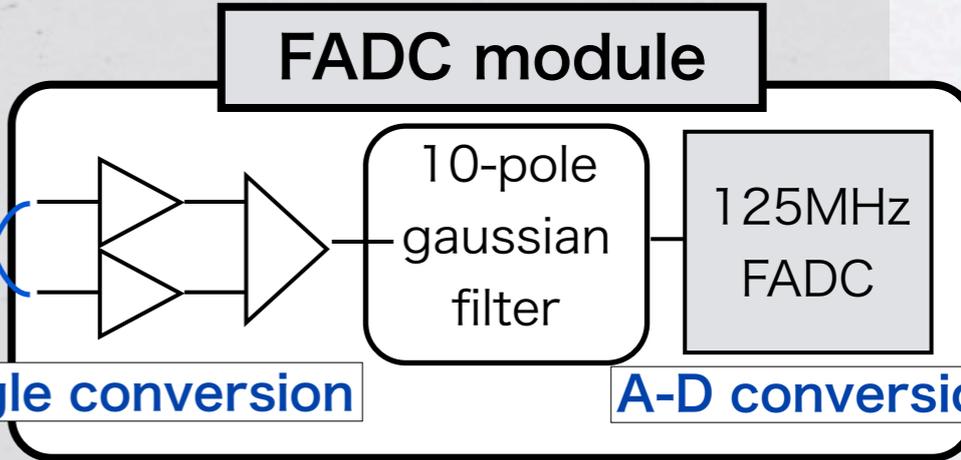
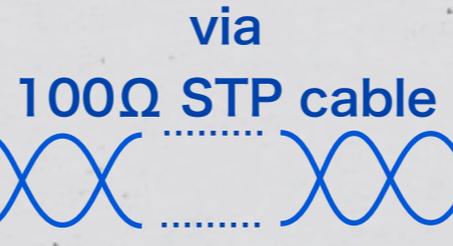
CsI calorimeter front view



2 types PMT
φ34mm, φ15mm



HV supply
signal



大阪
光量の一様性の確認

optical fibers



大阪
実験中のPMTゲインモニタ

CsIカロリメータ全貌

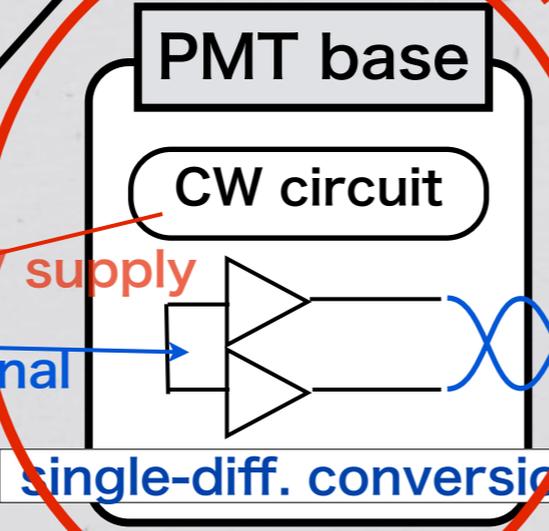
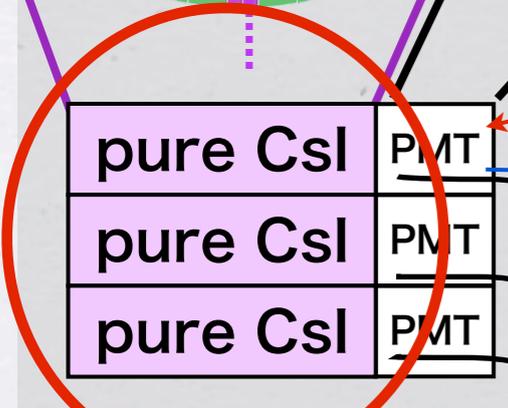
CsI calorimeter front view



2 types PMT
φ34mm, φ15mm



京都(増田)
低消費電力型PMTベース



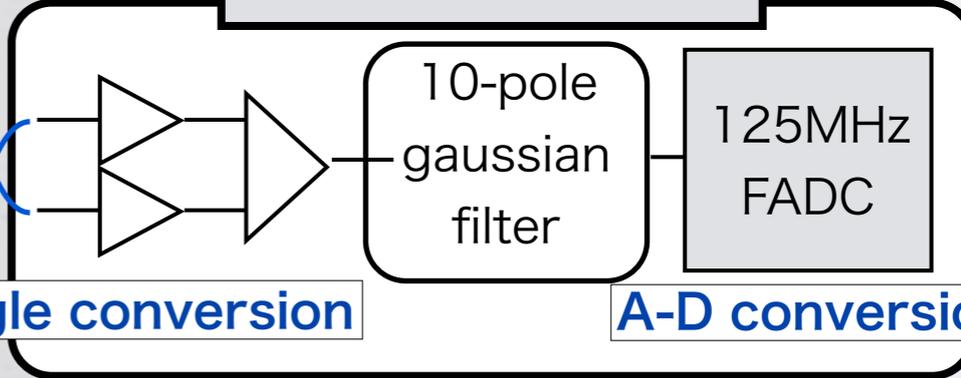
HV supply
signal

single-diff. conversion

via
100Ω STP cable

diff.-single conversion

FADC module



大阪
光量の一様性の確認

optical fibers



variable filter



大阪
実験中のPMTゲインモニタ

CsIカロリメータ全貌

CsI calorimeter front view

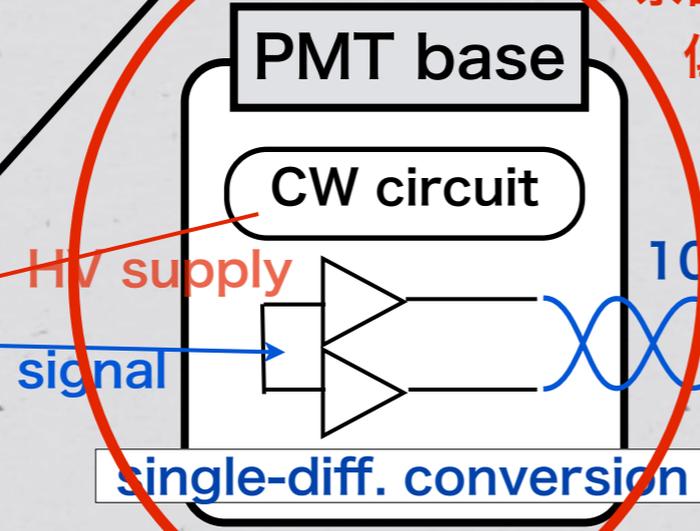
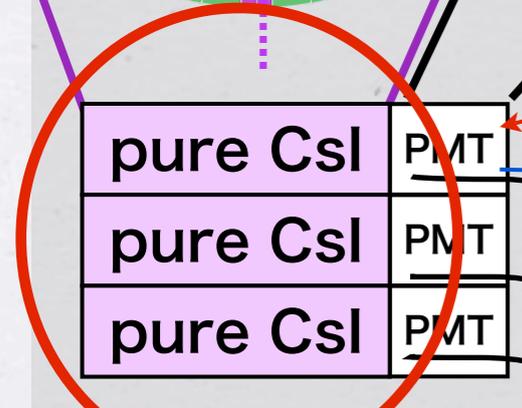


2 types PMT
φ34mm, φ15mm

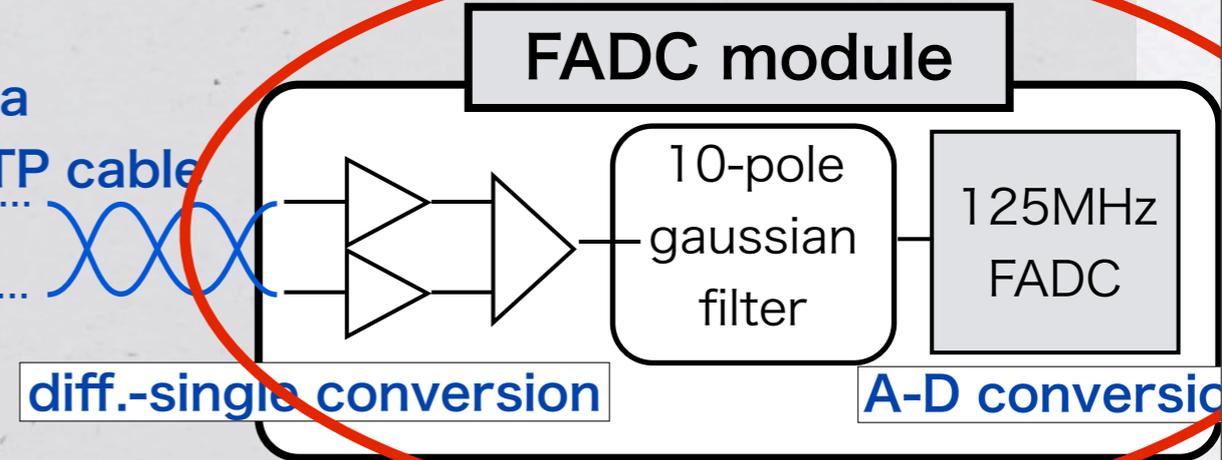


京都(増田)
低消費電力型PMTベース

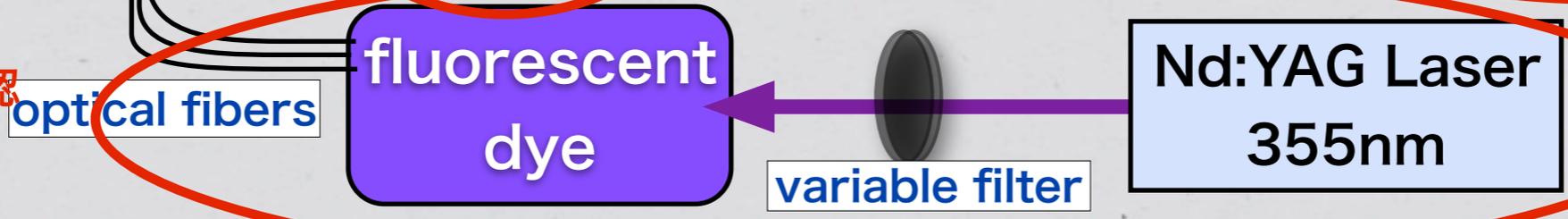
シカゴ・大阪
読出エレクトロニクス



via
100Ω STP cable

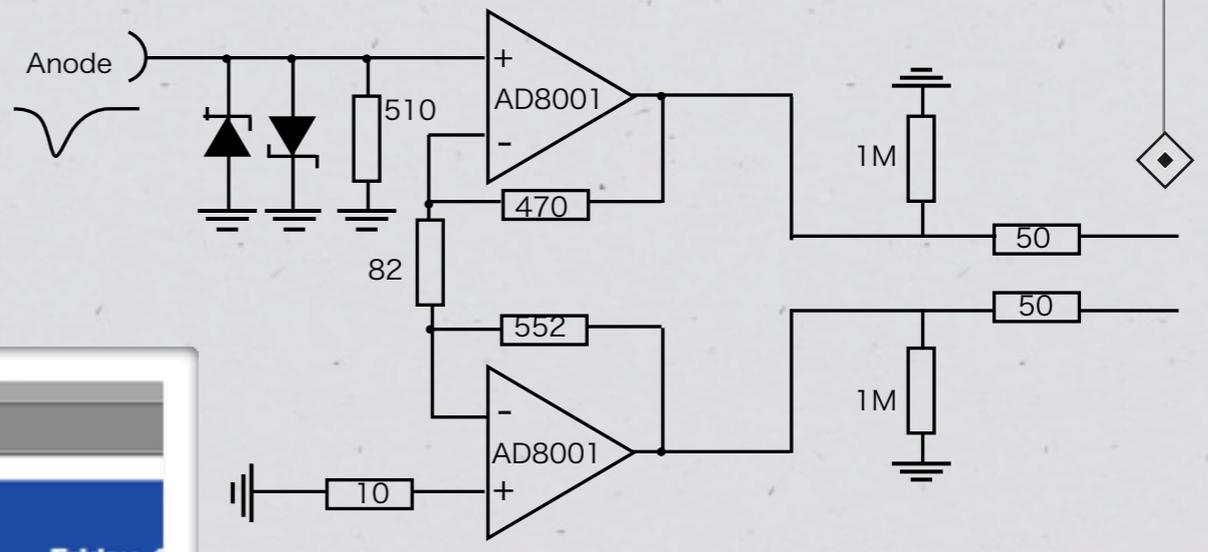
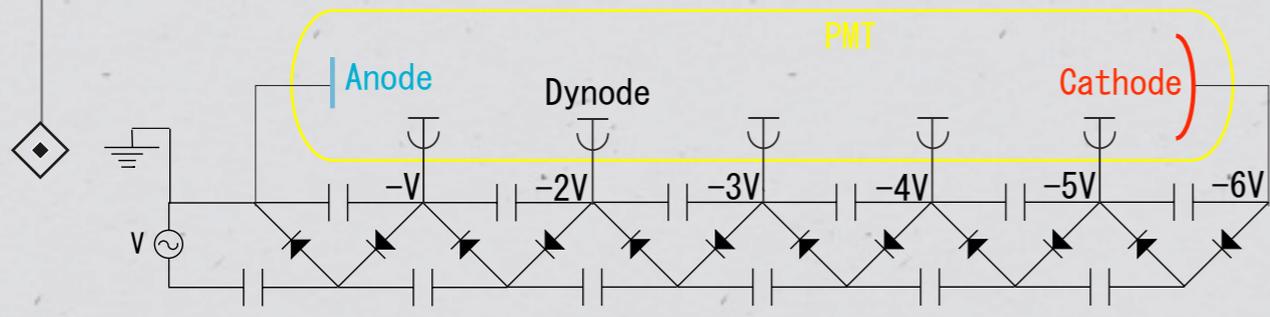


大阪
光量の一様性の確認



大阪
実験中のPMTゲインモニタ

私の活動記録



Fermilab Today

Fermilab Today Friday, Oct 24

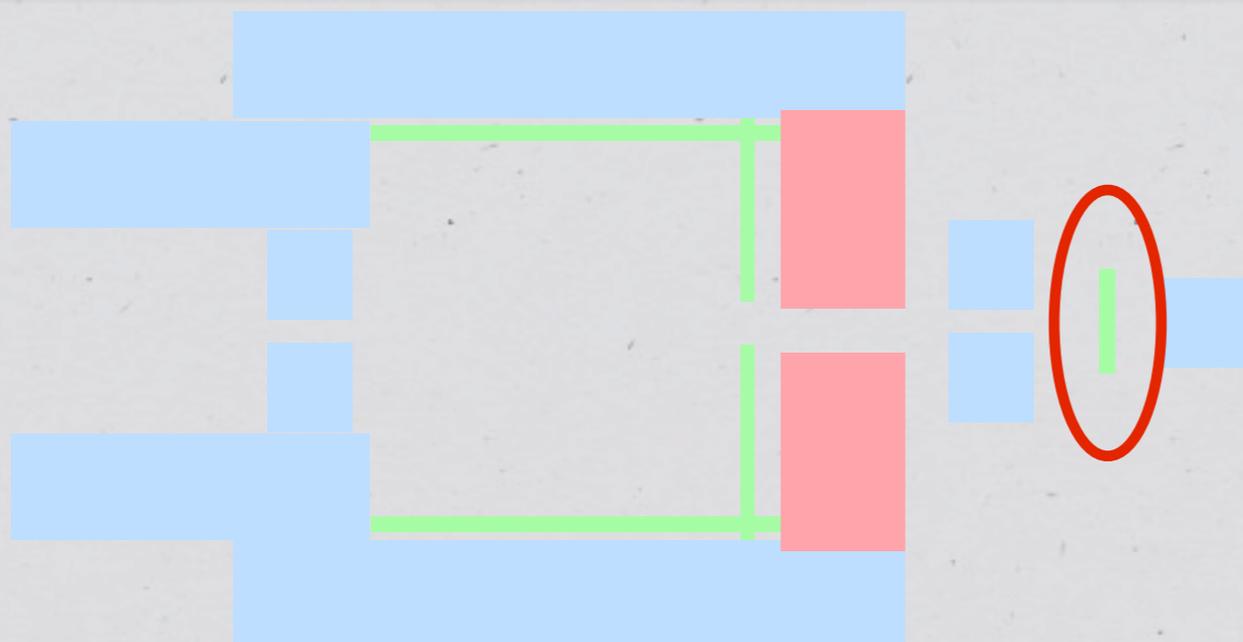
Subscribe | Contact Fermilab Today | Archive | Classifieds Search

Calendar	Feature	From ISGTW
<p>Friday, Oct. 24 11:50 a.m. - 12:20 p.m. LHC Users meeting lecture - One West Title: Perspectives from OSTP Speaker: Jean Cottam, OSTP 3:30 p.m. DIRECTOR'S COFFEE BREAK - 2nd Flr X-Over 4 p.m.</p> <p>Speaker: Alan Boyle, MSNBC Title: Magnetic Attraction: A Journalist's View of the LHC's Status in Popular Culture 8 p.m. Fermilab International Film Society - Auditorium</p>	<p>KTeV crystals to shine again</p>  <p>Experiment for shipment. ST-ARK will use the crystals in an experiment that will look for rare kaon decays.</p> <p>From 1997 to 1999, scientists at Fermilab conducted an experiment using the most accurate energy-measuring device ever built for high-energy physics.</p> <p>Then researchers carefully stored the</p>	<p>Catching quakes with</p> <p>Inside your laptop is a small chip, there to protect the delicate parts of your hard disk from s</p> <p>... turns out that the same chip</p>

せっせとCslを梱包する私

去年は、アメリカ(シカゴ)から日本(大阪)への
[Csl移送作業]に従事していました。
 そのほかに、PMT信号を増幅する**[アンプのデザイン]**や
 低消費電力型PMT**[ベースの性能評価]**をなどを行いました。
 今年はPMTベースを完成させて、
 大阪やシカゴと一緒にテストをしたいなあと思っています。

BHCV (白杵)



✓ 役割

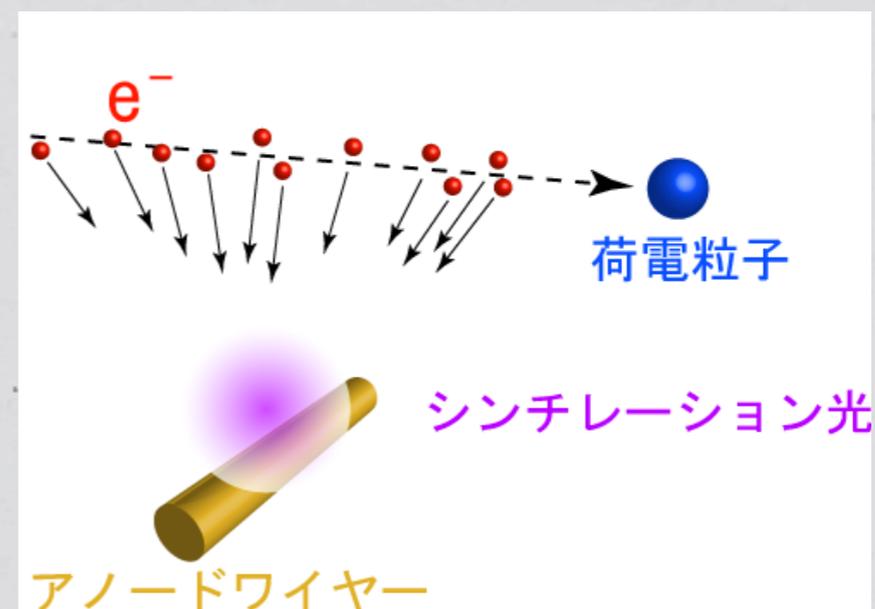
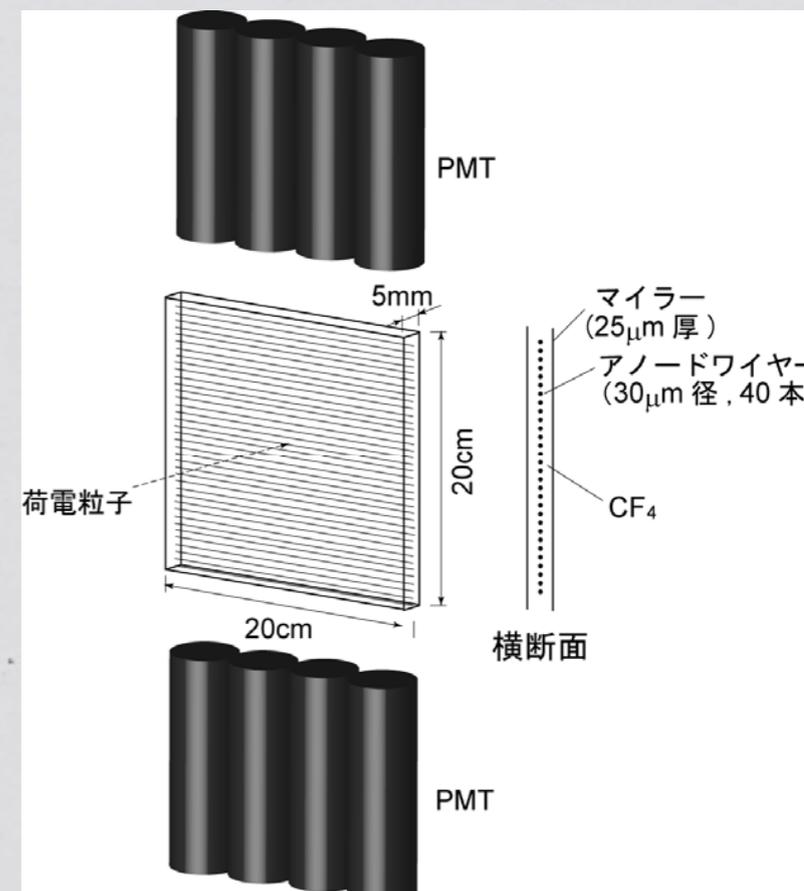
- K_L 崩壊による荷電粒子(π^\pm, μ^\pm, e^\pm)をveto

✓ 特徴

- ビーム中の中性子や γ に反応しない

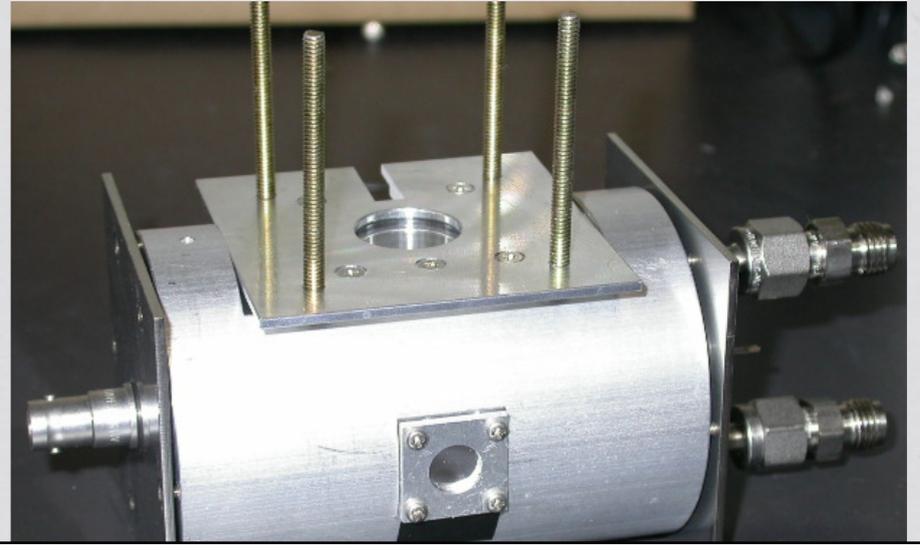
➡ ガスシンチレーション比例計数管

- ▶ ガスだから薄くて軽い
- ▶ 比例計数管とPMTの2段増幅で荷電粒子は残さずキャッチ



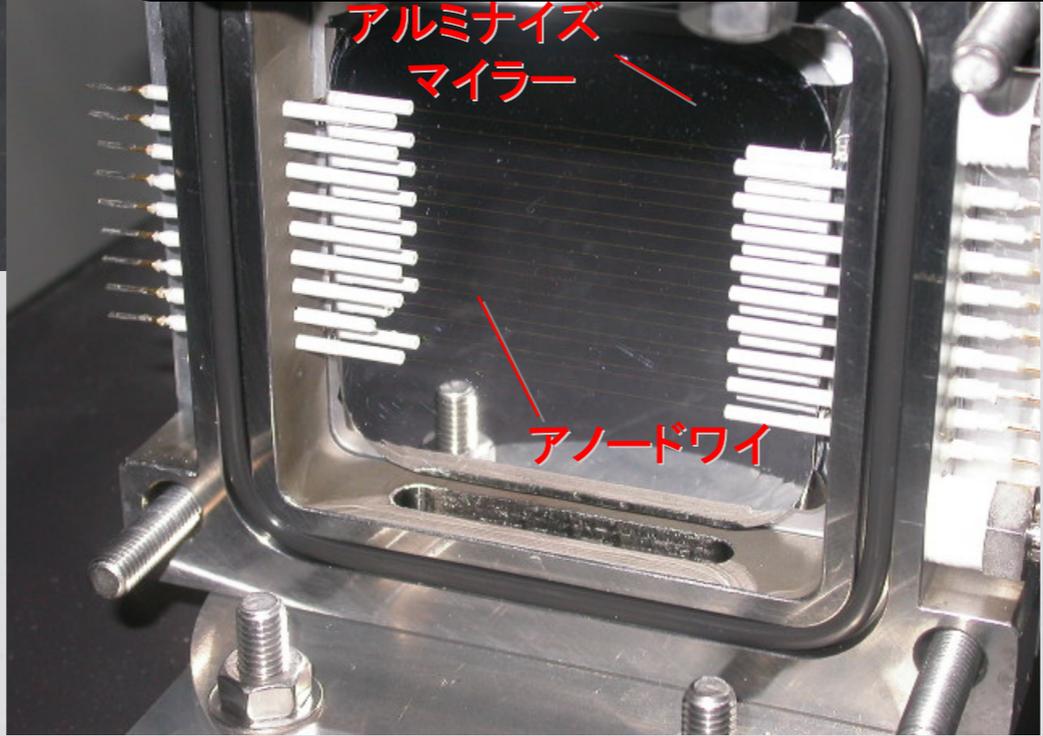
BHCV 臼杵さんの活動記録

初代 BHCV



BHCV試作機の全体

試作機を製作して、
最適な形状やガスの選定などを行いました



BHCV試作機の内部

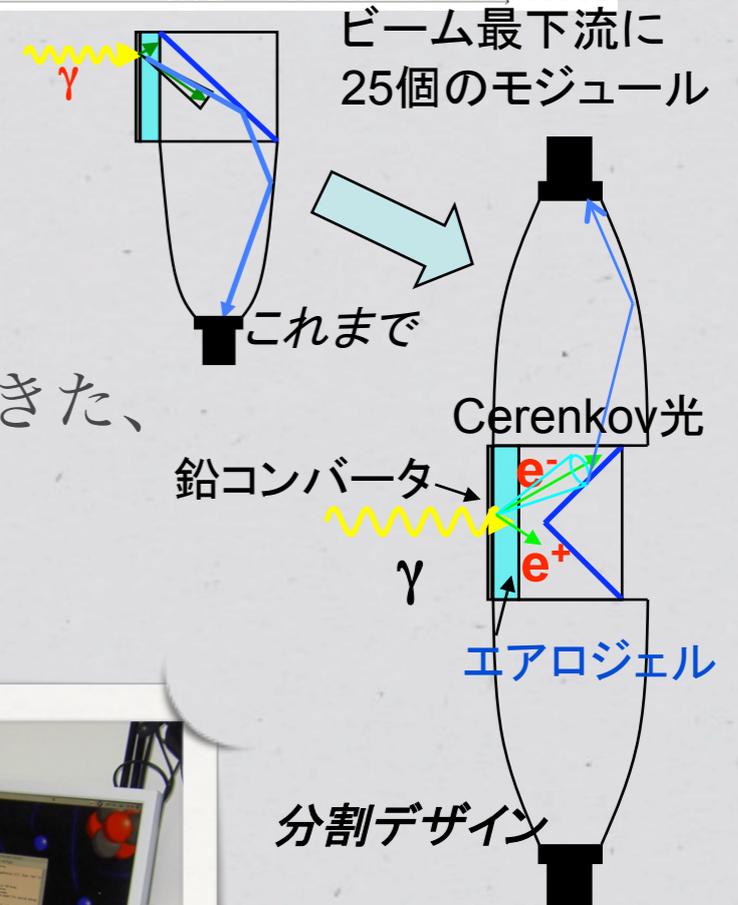
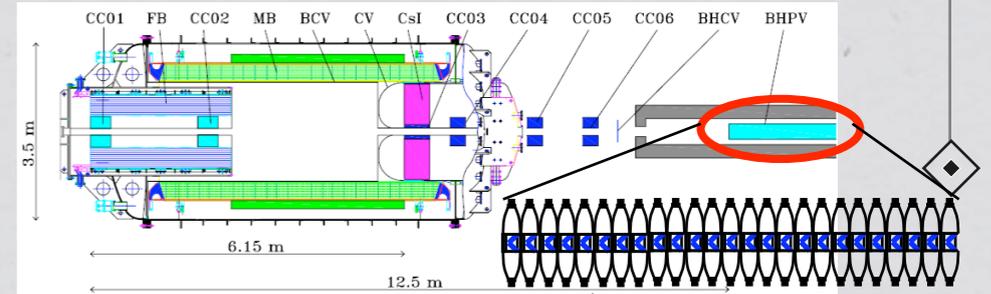
BHPV (前田)

✓ 役割

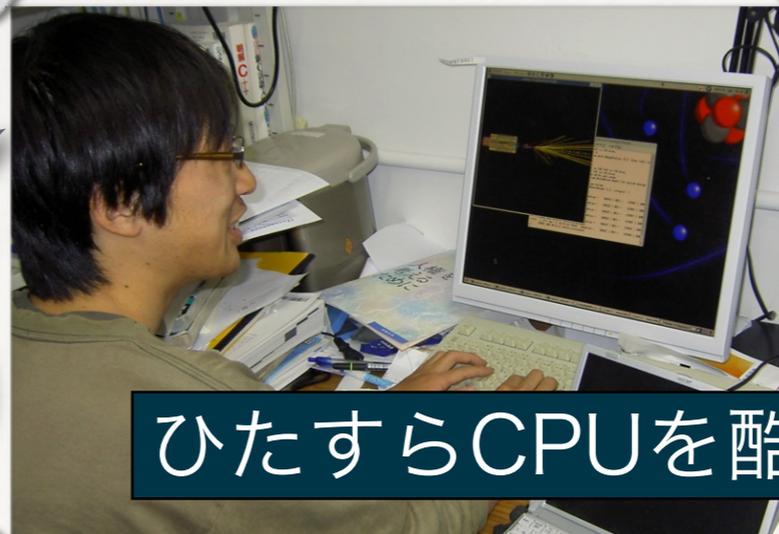
- ビームホールに逃げた γ をveto

✓ 特徴

- 中性子に対して不感
 - ▶ エアロジェルを使ったCherenkov検出器
- レートがとても高い(>MHz)
- 京都Kグループで長年にわたりR&Dが重ねられてきた、
伝統ある検出器
 - ▶ K⁰TO実験でようやく実用化！！



シミュレーションを使って、
実用に耐えるBHPVデザインを決めました。
これから実際にプロトタイプを作って、
期待通りの性能が出ているかを
確かめます。



ひたすらCPUを酷使う前田君

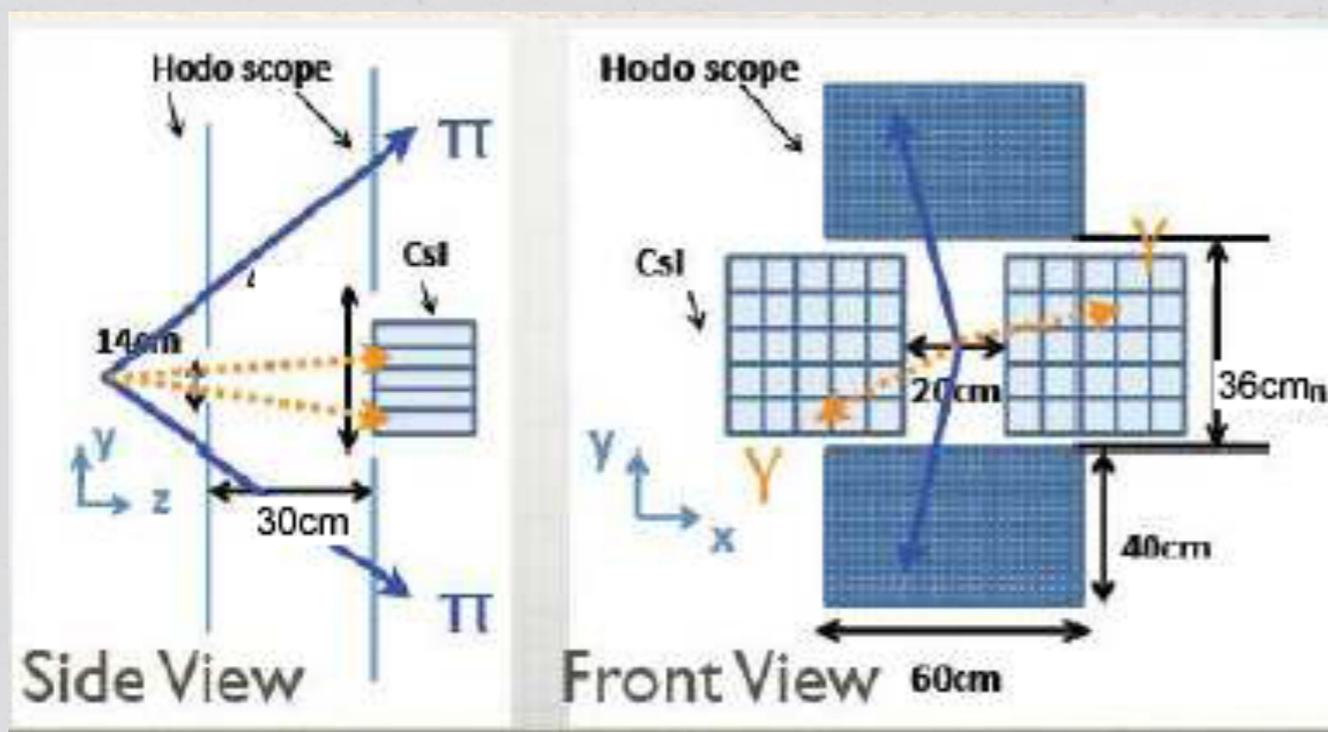
K_L生成数測定実験 (塩見)

✓ K_Lの数も実験の最重要事項

- K_L数がそのまま分岐比感度になる!!
- 実験を始める前に、K_Lの数を知っておきたい

✓ 測定原理

- K_L → π⁺ π⁻ π⁰ (π⁰ → 2γ) 崩壊の数を測定し、K_L数に焼き直す
 - ▶ π[±]はHodo scope(細いプラシンとファイバ)でトラッキング
 - ▶ π⁰はMini calorimeter(CsIブロック)で2γを検出

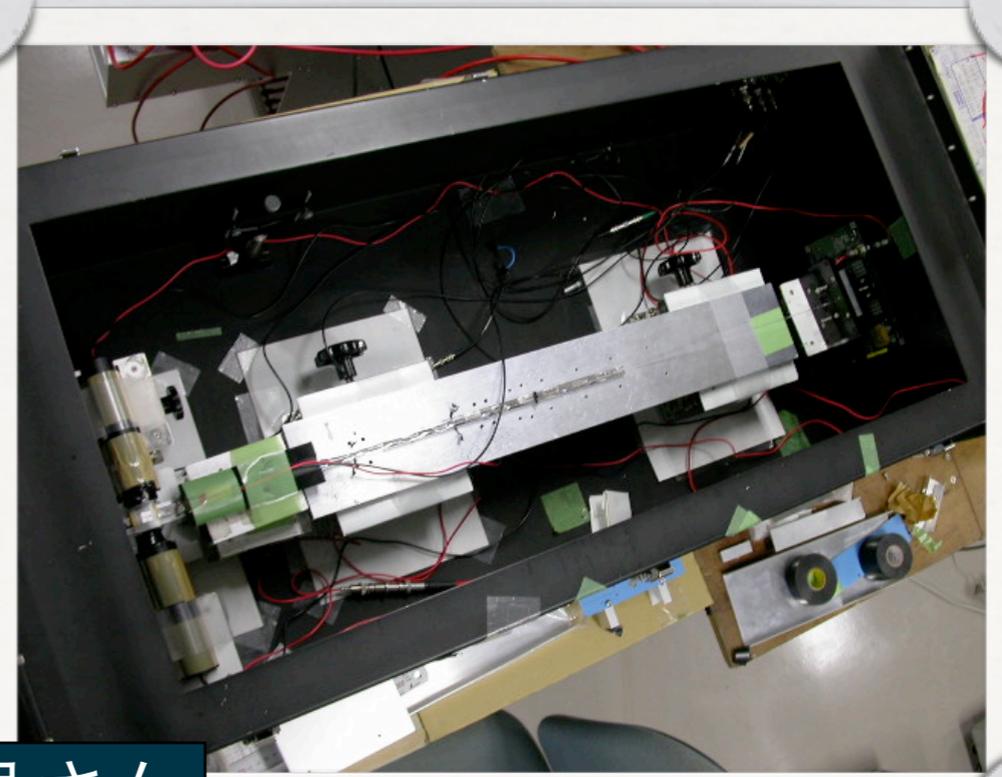
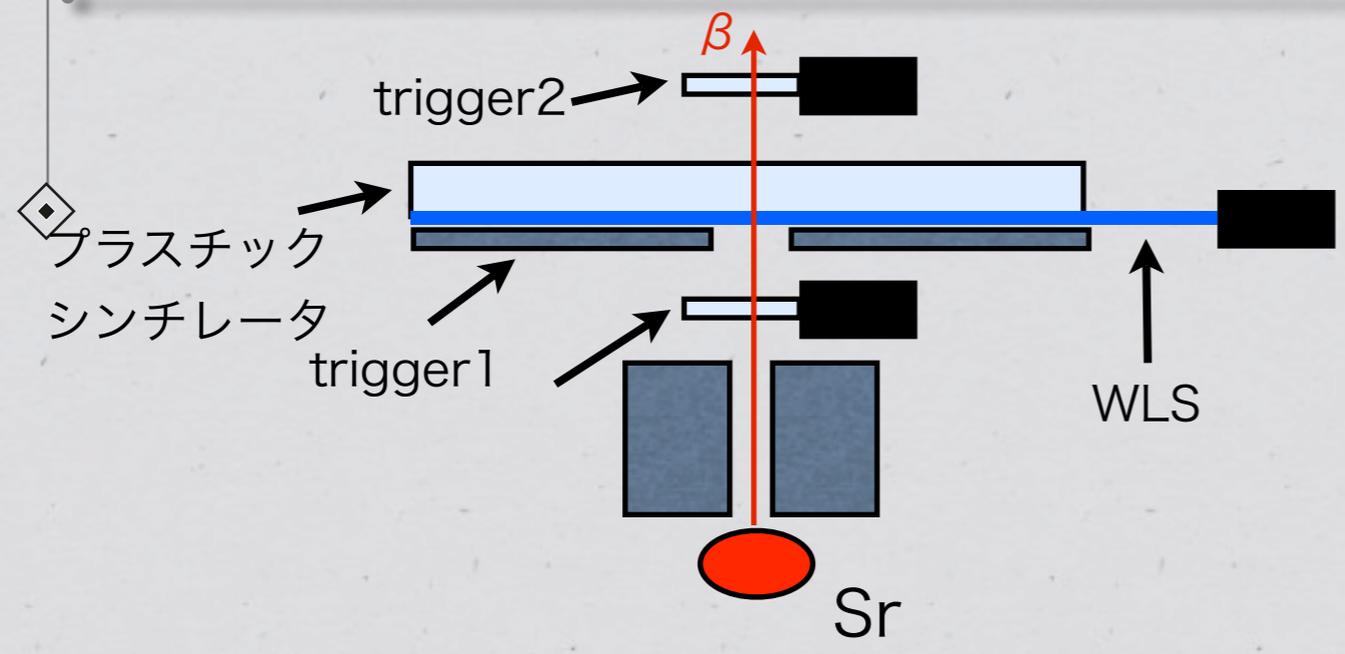


$$p_x^+ + p_x^- + k_{1x} + k_{2x} = 0$$

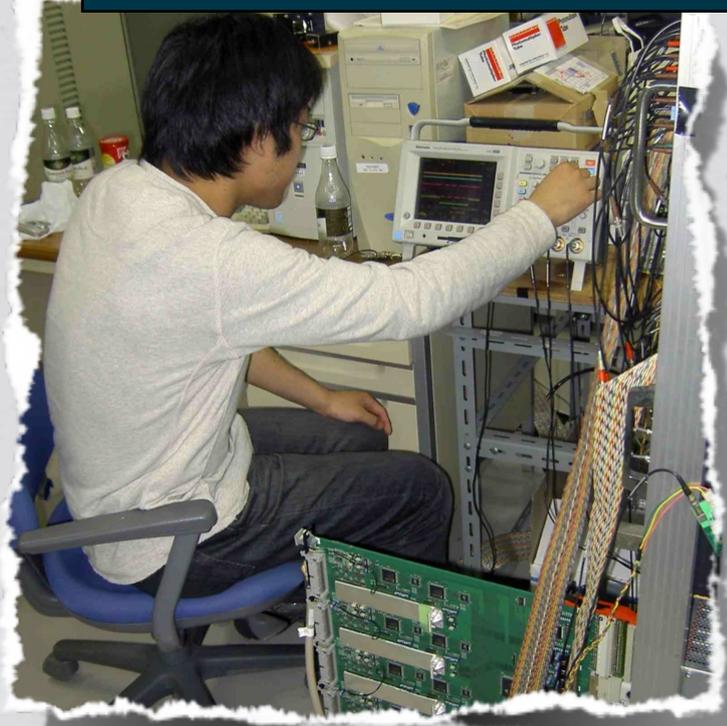
$$p_y^+ + p_y^- + k_{1y} + k_{2y} = 0$$

(k₁, k₂ γ 線の運動量, p⁺, p⁻ π[±]の運動量)

塩見さんの活動記録



久しぶりにハードがさわられて喜ぶ塩見さん



修士の間は、
[K⁰TO実験全体のバックグラウンド]を見積もりました。
 去年は**[KL数測定実験の考案]**、シミュレーションによる
 実験の**[パフォーマンスの評価]**を行いました。
 今年は実験に使うプラシンとファイバの選定や
 カロリメータの性能評価を行い、
 下旬には**[J-PARCで測定実験]**を行います。

regular schedule

毎週火曜 17:00

京都グループミーティング
京都、台湾、KEK(野村さん)

毎週の進捗状況を皆に伝えて、
あーだこーだと議論します。
細かいところまで考えるので
長時間になることもしばしば・・・
これが無いとお話になりません。

隔週金曜 9:00

ビデオミーティング
コラボレーション全員

コラボレーション全員に知ってほしい事、
まとまった進展があったことを報告します。

毎月1回

JUM
日本のコラボレーション

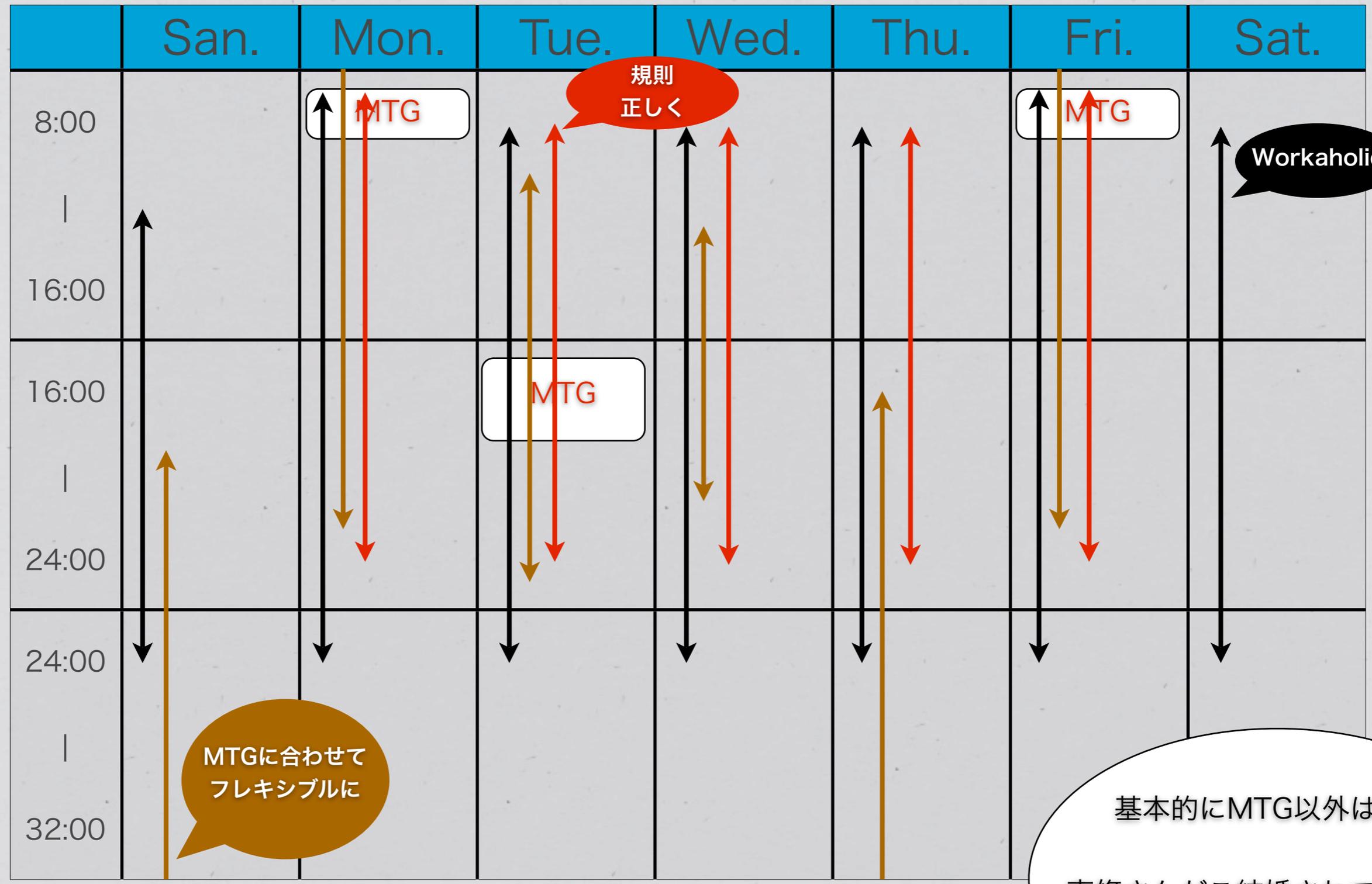
Japanese University Meeting(?)です。
みんなの進捗状況をinformalに報告しあいます。
KOTOのミーティングの中で一番重要かも。
各大学同士の交流の場です。

年2回

コラボレーションミーティング
コラボレーション全員

日本以外のコラボレーション全員が
一堂に会する数少ない機会です。

日常生活



MTGに合わせて
フレキシブルに

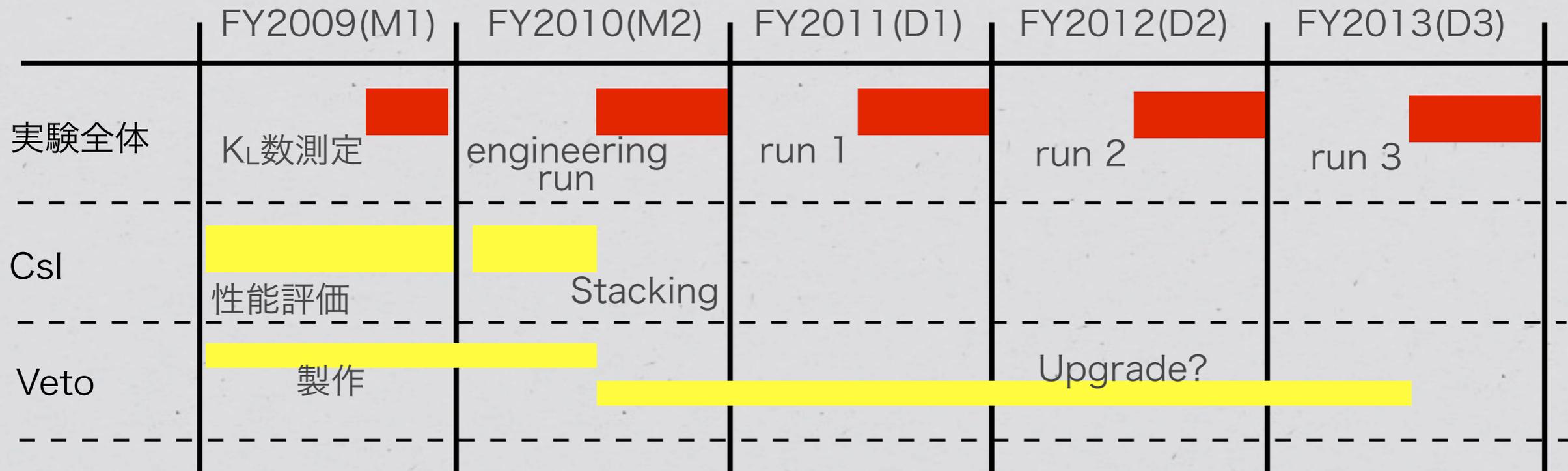
規則
正しく

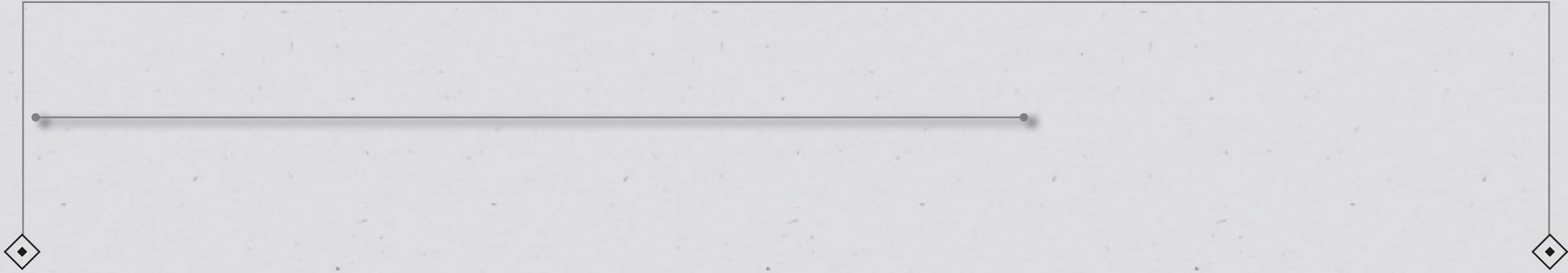
Workaholic

基本的にMTG以外はFlex.
南條さんをご結婚されて以降は、
朝型推進志向がある？

今後の予定

09/4	25: JUM
5	22-24: コラボレーションミーティング
6	1-3: 東北大核理研ビームテスト Phase1
7	6-10: 東北大核理研ビームテスト Phase2
9	10-13: 学会@甲南大学
10 ~ ?	KL生成数測定実験



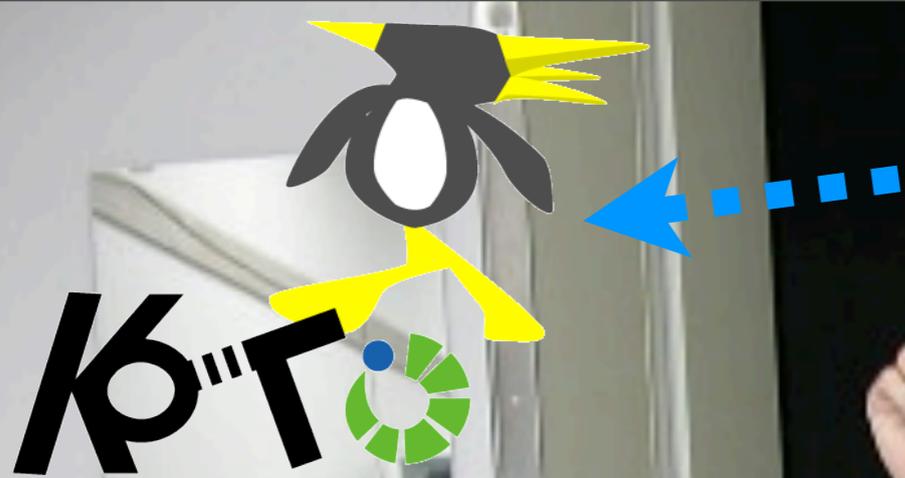




M1さんにやってもらいたいこと

- 塩見さんと共に **K_L Measurement**の準備を進める
- **Beam Survey**用にプラシンを用いて**BHCV**を開発する
 - プラスチックシンチレーターを用いた場合の性能評価(ガスクェンバーとの比較)
 - 読み出し**system**の**study**(**Flash ADC**等)





夢が心から

いっしょにゆめ
みようぜ!

