

KOTO実験のための KL生成数測定実験の準備状況

京都大 KEK^A

塩見公志 笹尾登 野村正^A 南條創

森井秀樹 臼杵亨 河崎直樹 増田孝彦

前田陽祐 内藤大地

2009/03/27 物理学会@立教大学

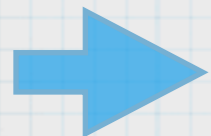
KOTO実験



($KL \rightarrow \pi^0 \nu \nu$ 探索実験)

- * $KL \rightarrow \pi^0 \nu \nu$ 崩壊
 - * CPを破る、理論的不定性の小さいモード
 - * SMの精密検証、NPの探索
 - * $Br(K_L \rightarrow \pi^0 \nu \nu) < 6.7 \times 10^{-8}$
 - * E391a Run2 result (SM $Br = 2.8 \times 10^{-11}$)
- * KOTO実験(2011年開始)
 - * J-PARC 大強度陽子ビーム
 - * long Run(3 s.m years)
 - * E391a検出器の改良

	KOTO	E391a (Run2)	
Proton energy	30GeV	12GeV	
Proton intensity	2×10^{14}	2.5×10^{12}	
spill/cycle	0.7/3.3sec	2/4sec	
KL yield/spill	7.8×10^6	3.3×10^5	x30/sec
Run Time	3s.m years = 12 months	1 month	x10
Decay Prob.	4%	2%	x2
Acceptance	3.6%*	0.67%	x5



3桁高い感度で実験を行い
世界初のシグナル事象の発見へ

Neutral KL beam line

- * neutral beam line
- * 以下の方法で不要な粒子を取り除く
 - * long beam \rightarrow short-lived particle
 - * magnet \rightarrow charged particle
 - * Pb absorber \rightarrow beam photon
 - * Collimator a shaping \rightarrow beam halo

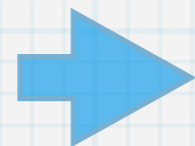
* “KL beam line”の特徴

* “Pencil beam”

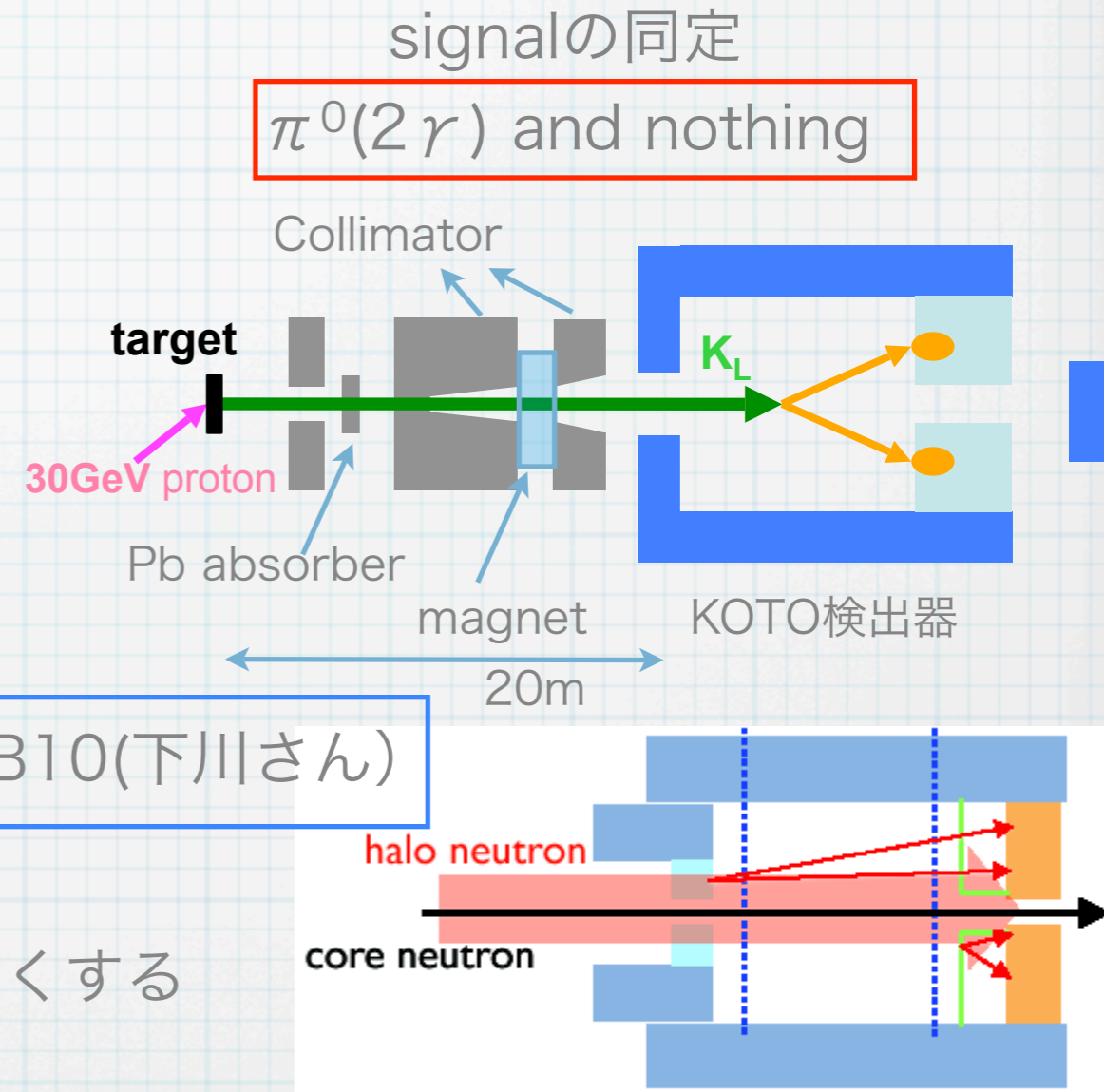
- * 非常に細く絞ったbeam($9\mu\text{Str}$)
- * 検出器のbeam holeをなるべく小さくする

* “Clean beam”

- * beam haloが少ないbeam line(halo n/core n= 10^{-4})



詳しくは27aSB10(下川さん)



現在は2009年秋の完成に向けビームライン作成のための fabricationが進められている

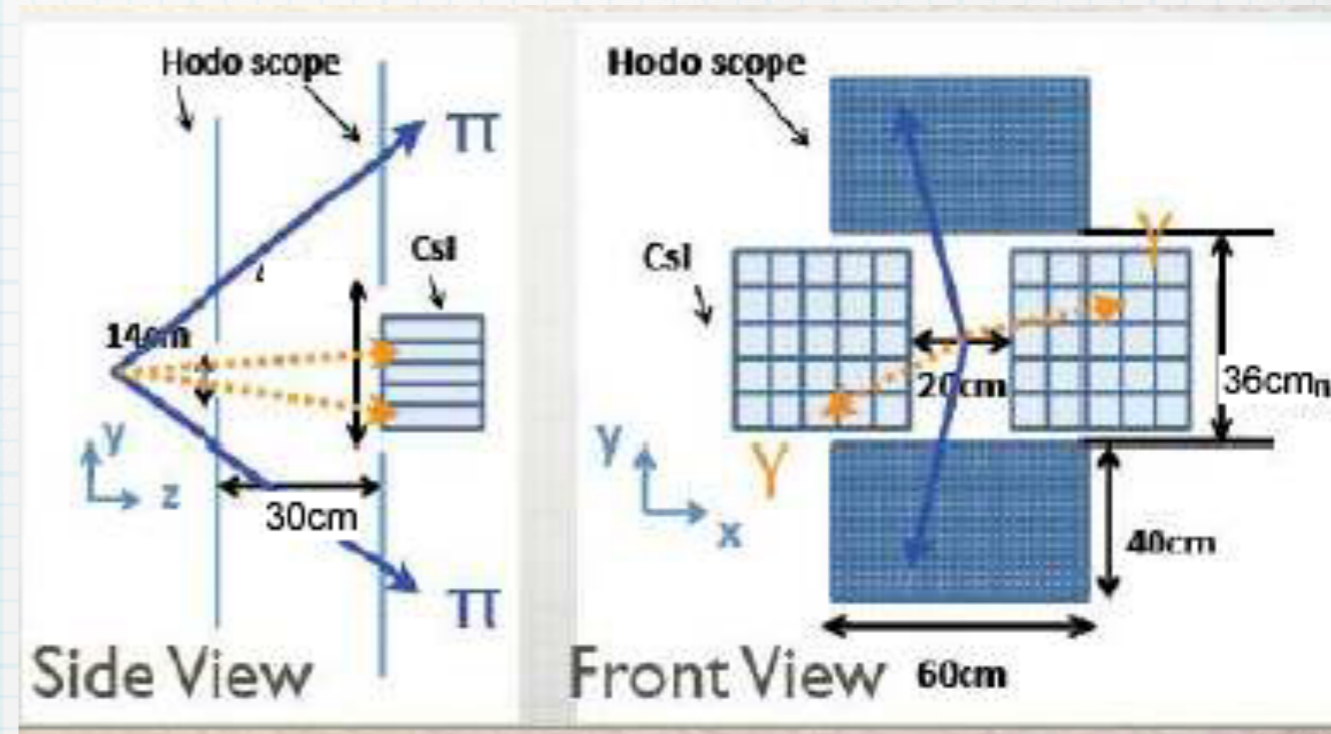
Beam Survey 2009

- * Step0 Profile of beam core
 - * Collimatorのalignmentの確認
- * Step1 KL yield measurement
 - * Fix number of KL → 最重要項目
 - * Simulation packageにより最大factor 3の違い
- * Step2 Measure core neutron
 - * n/K ratioの確認
- * Step3 Measure halo neutron
 - * halo-n/K ratioの確認

	K_L Yield per POT
GEANT3	$(3.8 \pm 0.1) \times 10^{-8}$
GEANT4(QGSP)	$(2.3 \pm 0.1) \times 10^{-8}$
GEANT4(QBBC)	$(2.7 \pm 0.3) \times 10^{-8}$
FLUKA	$(8.3 \pm 0.2) \times 10^{-8}$

KL生成数測定実験 (測定原理)

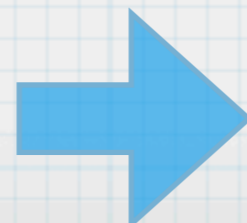
- * $KL \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$ ($\rightarrow 2\gamma$)崩壊
- * Tracker(Scintillator)
 - * π^\pm の方向をトラッキング
→崩壊位置($Z_{\text{ vtx}}$)を求める
- * Mini Calorimeter(pure CsI)
 - * 2γ 線の位置とエネルギーを測定
→ $Z_{\text{ vtx}}$ から4元運動量を求める
- * “pencil beam”
 - * KLのPtは非常に小さい
 - * x,y方向の運動量バランスから
 π^\pm の運動量を求められる
- * KLの同定
 - * $M_{2\gamma} = M_{\pi^0}$, $M_{\pi^+ \pi^- \pi^0} = M_{KL}$



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

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

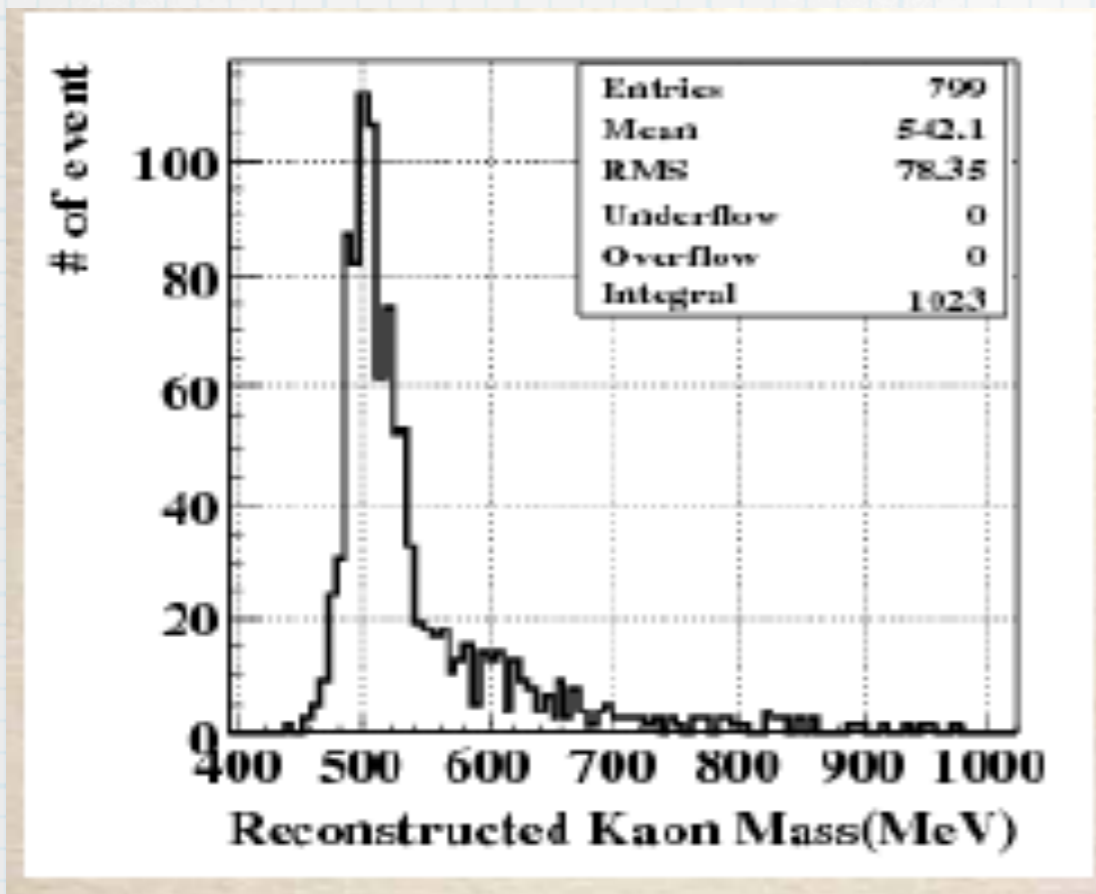
(k_1, k_2 γ 線の運動量, p^+, p^- π^\pm の運動量)



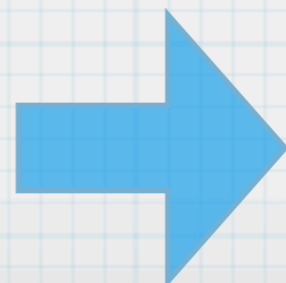
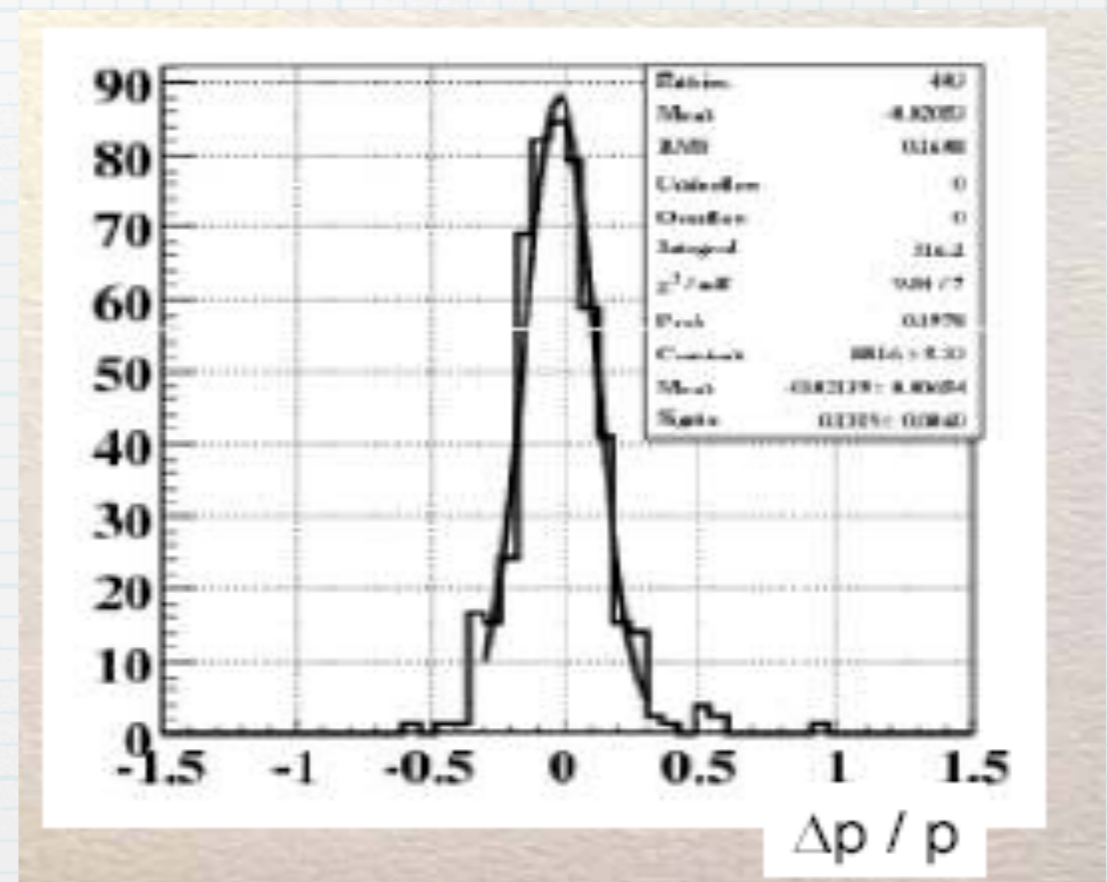
Simpleでrobustな方法

Expected performance

* Reconstructed KL mass



* KL momentum resolution
 $\{P(\text{Rec}) - P(\text{True})\} / P(\text{True})$



運動量分解能は13%を達成

Expected performance

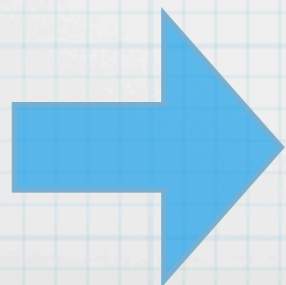
- * Trigger
 - * 各バンクに1hit以上
 - * E_γ thr. = 5MeV
- * Event/day

	Geom	Good recons	KL mass cut
$KL \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$	~1500	~1250	~500
$KL \rightarrow \pi^0 \pi^0 \pi^0$	16	4	N/A

1% of FULL INTENSITY

Source	Rate (Hz)
$KL \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$	2.3
$KL \rightarrow \pi e \nu$	0.8
$KL \rightarrow \pi \mu \nu$	0.2
$KL \rightarrow \pi^0 \pi^0 \pi^0$	0.2
Core n	
He bag	0.25
Air(*)	2.9

(*) Among 100 triggers, no events left after all cuts



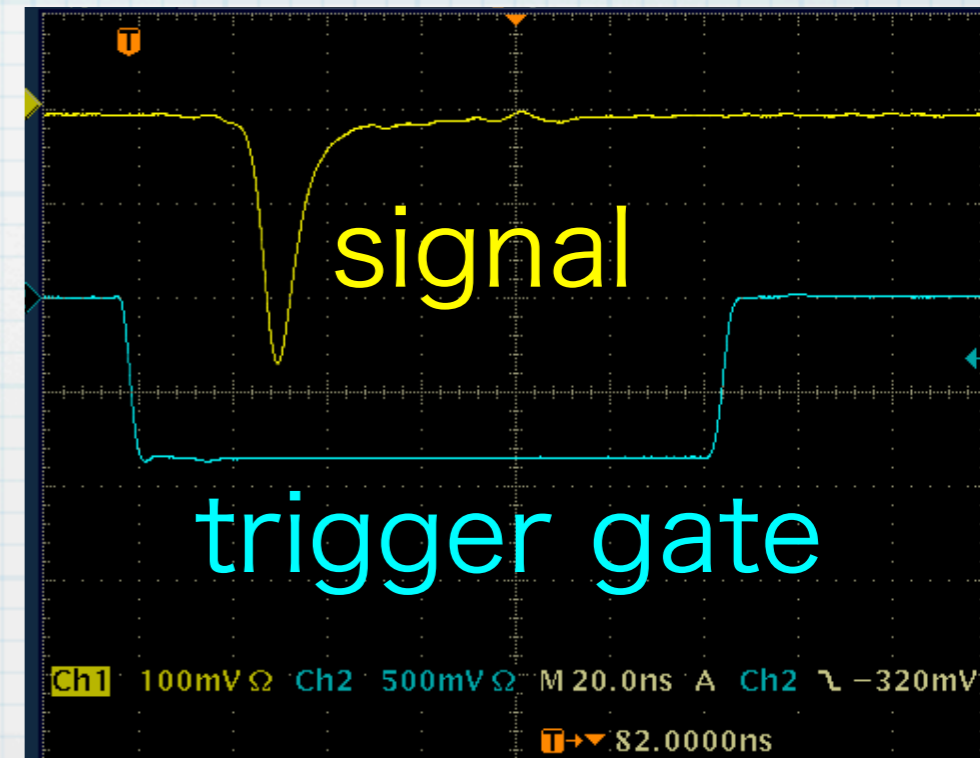
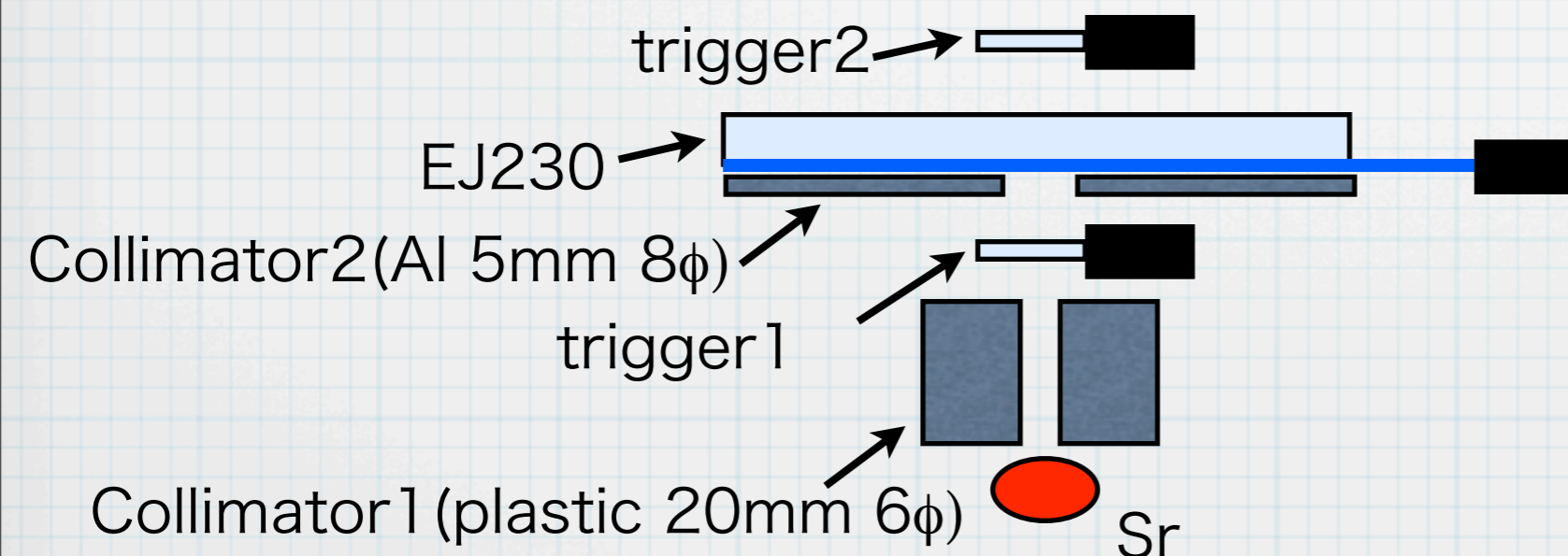
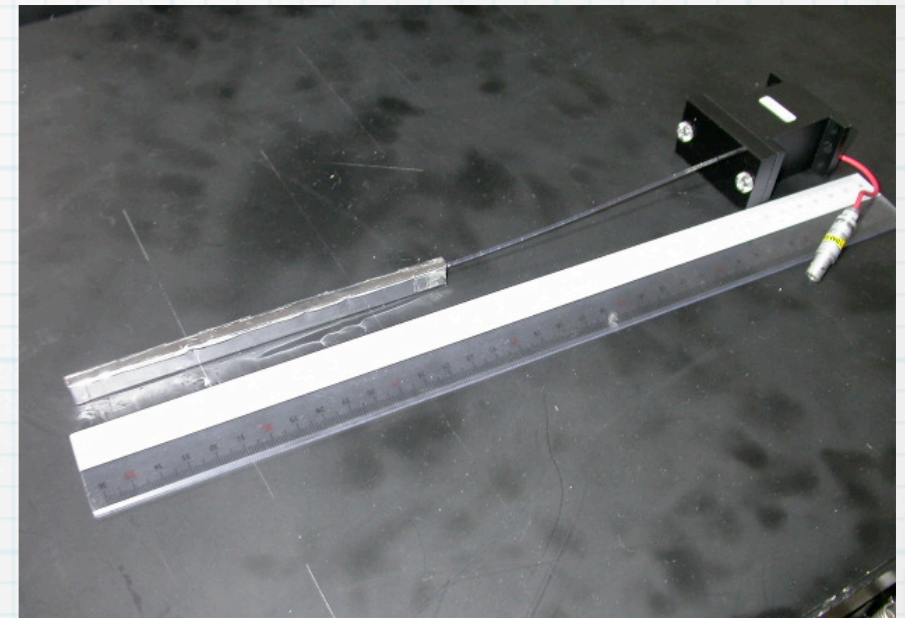
5% stat. errorであり、十分な精度を達成

KL生成数測定実験 (検出器)

- * Tracker
 - * Scinti+WLS
 - * 5mmx10mmx400(600)mm
 - * total 400ch
 - * 読み出し方法
 - * MAPMT(64ch)+Frontend board(FB)+VME module
 - * FBにはVA/TA chipが搭載
 - * 64chのcharge情報をシリアル化
 - * 32ch-orの2つのtimingシグナル
 - * K2K実験、SciBooNE実験で使用された物を再利用
- * Mini calorimeter
 - * pure CsI(7cmx7cmx30cm)
 - * 25x2 block →E391a実験で使用したものを再利用
 - * 読み出し方法
 - * PMT+Amp/Discriminator+ADC →E391a実験で使用したものを再利用

Scintillatorの選定

- * EJ230(ELJEN Technology)
- * 紫外発光
- * B2(クラレ)
- * 吸収波長 紫外
- * 発光波長 青
- * 光量測定
- * trigger1 と trigger2 によるコインシデンス
- * 13p.e/5mm@20cm from PMT



まとめ

- * KOTO実験
 - * $KL \rightarrow \pi^0 \nu \nu$ 探索実験
 - * 世界初のシグナル事象の発見
 - * 現在beam line作成に向けたfabricationが進められている
 - * 2009年秋完成予定
- * 2009 beam survey
 - * KL生成数測定が最重要課題
 - * $KL \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$ 崩壊をタグ
 - * Simpleでrobustな方法
 - * Scintillator hodo scope + Mini calorimeter
 - * 運動量分解能 13% 収量 500event/day
- * Tracker用Scintillatorの選定
 - * EJ230(ELJEN Technology)+B2(クラレ)
 - * 光量 13p.e./5mm

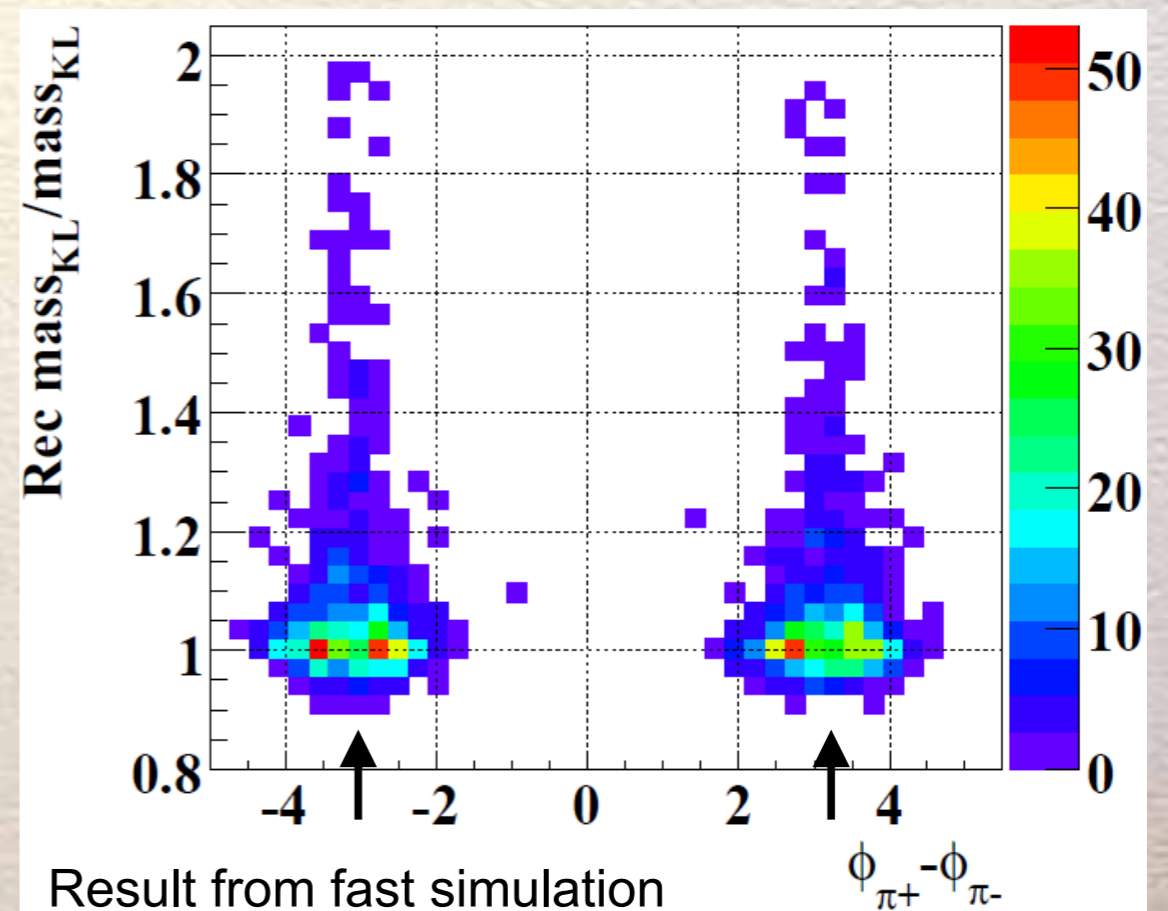
今後の予定

- * 6、7月にビームテストを
東北大核理研で予定
- * 6月
 - * ホドスコープの性能測定
- * 7月
 - * ホドスコープ+Mini Calの性能測定
- * 10月、beam survey実験
KLの生成数を確定

Further consideration (I)

- What is a tail in higher mass region?
→ Events with a certain geometry make a tail

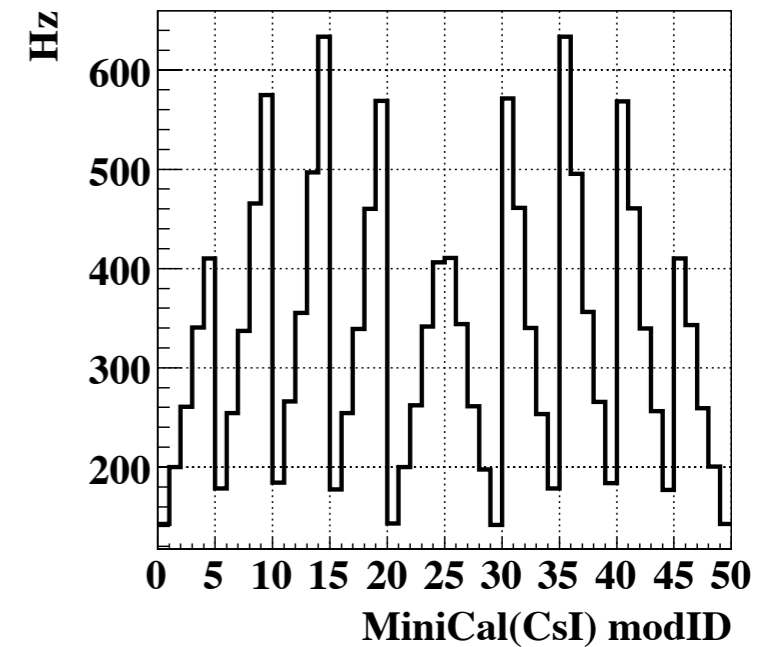
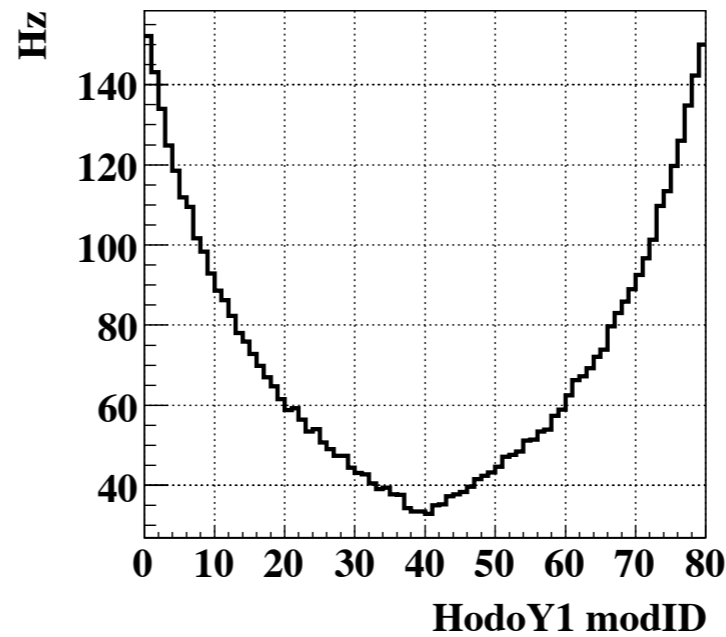
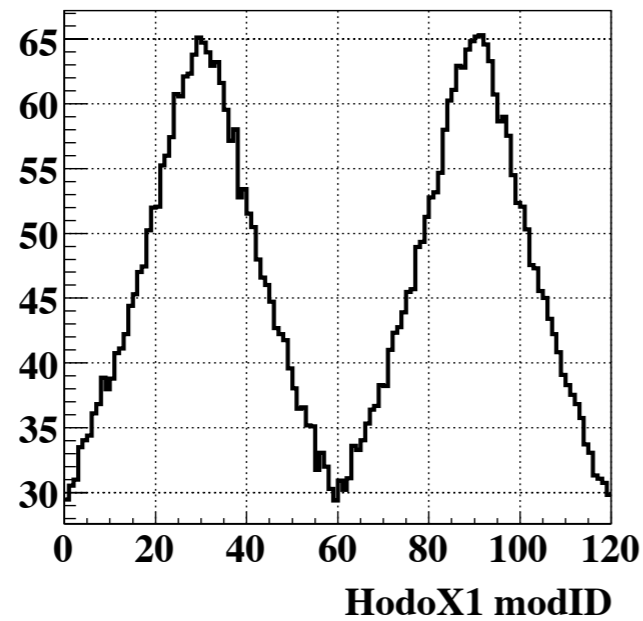
When π^+/π^- go back-to-back in the transverse plane and π^0 happens to get P_T in other direction (due to resolution or assumption of $K_L P_T=0$), resultant P_{π^+}/P_{π^-} become large to compensate fake $\pi^0 P_T$



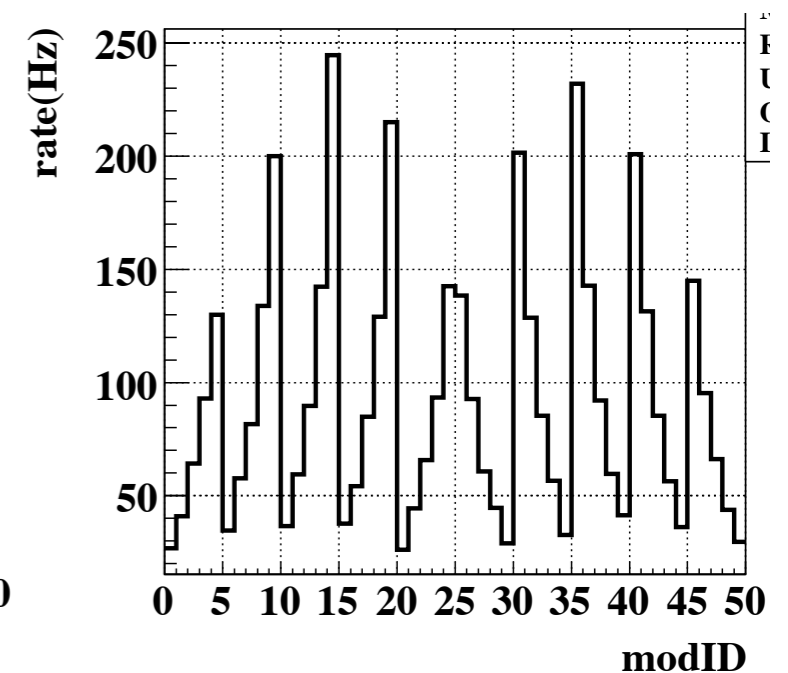
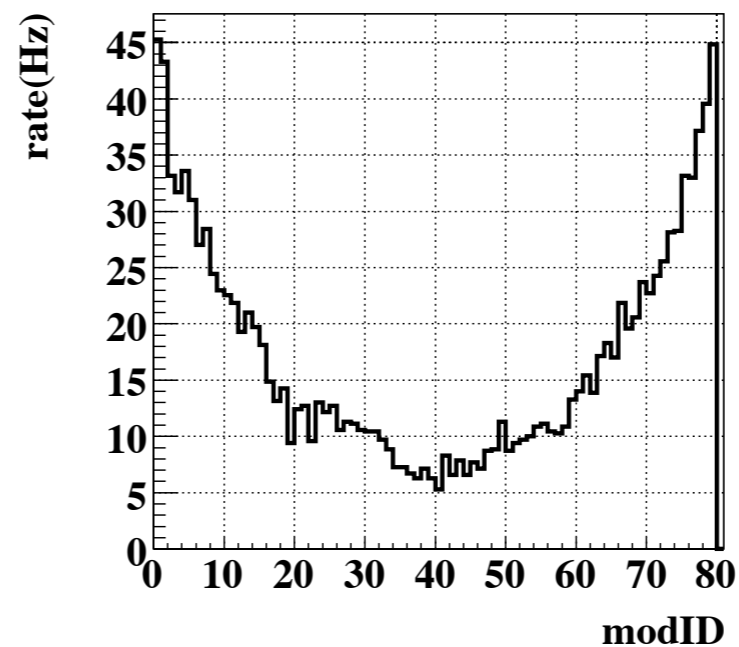
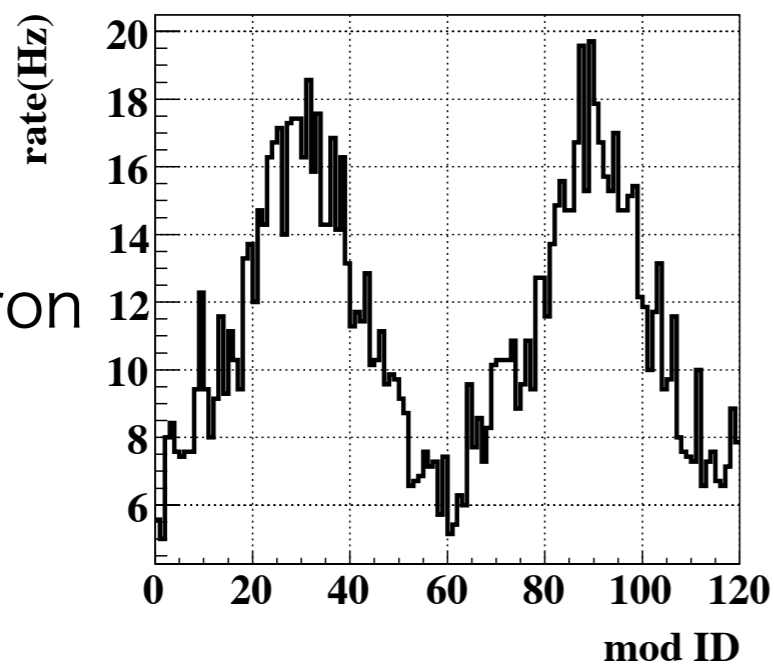
Result from fast simulation
with smearing by resolution

Single count rate

Kaon decay



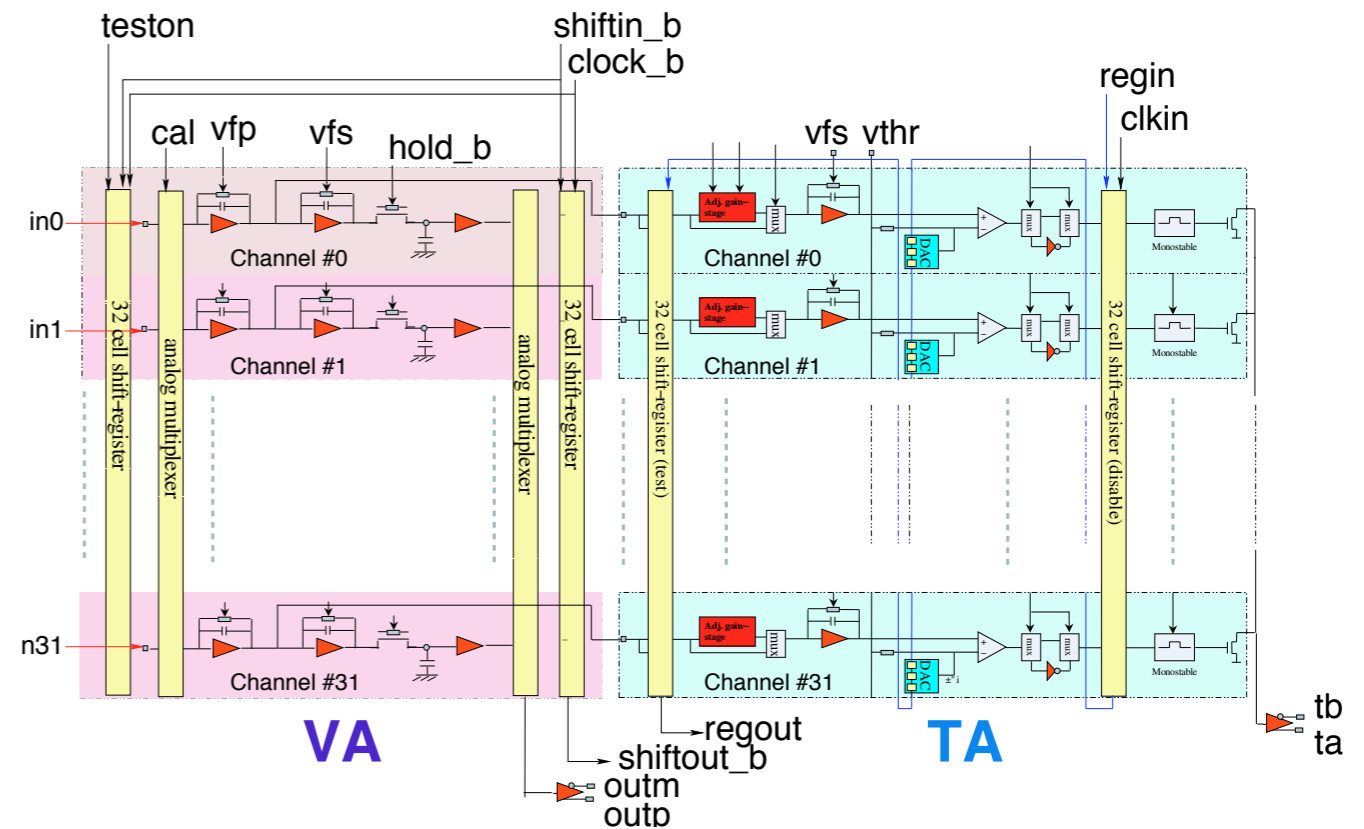
Core neutron



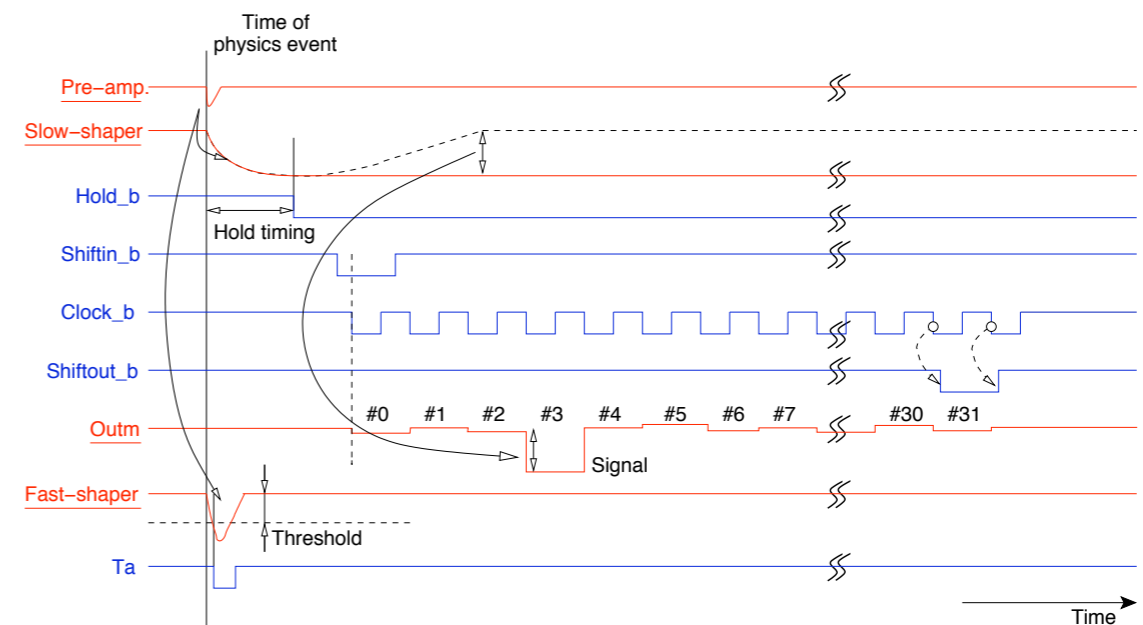
注 ビームコアはヘリウムバック

Scibar DAQ (VA/TA)

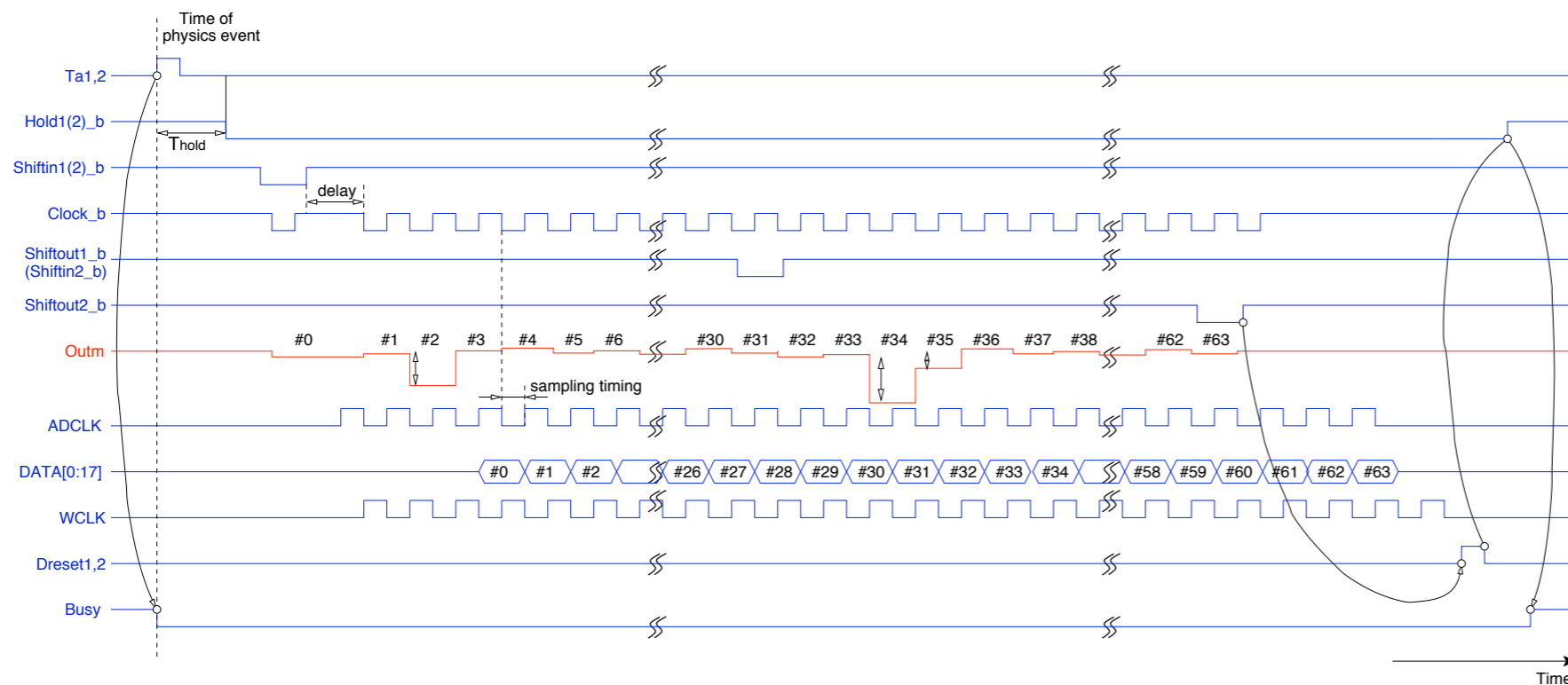
- slow shaper
 - $\sim 1.2\mu s$
- fast shaper
 - $\sim 100ns$
- VA Outm, Outp
 - アナログ差動出力(current)
 - DAQ boardとの間でノイズがのりやすい
- TA ta, tb
 - トリガー出力(current)
 - 32chのor出力
- trigger mode
 - Hold_enable mode
 - extra trigger mode



Hold time $1.2\mu s$



Scibar DAQ (DAQ board)

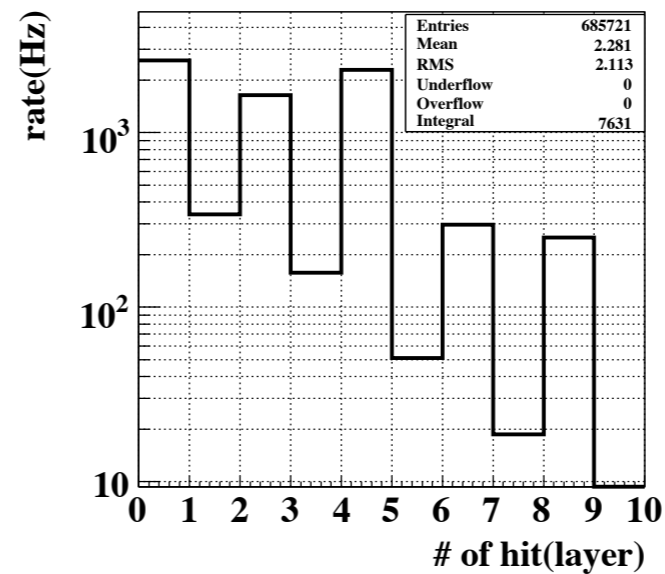


- A/D converter
 - FADC
- FADC range(2.5-5V,11 bit)
- sampling clock 1MHz

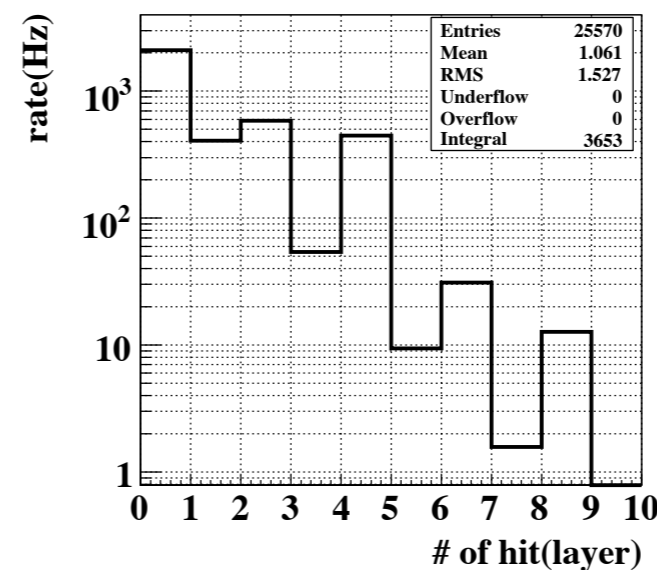
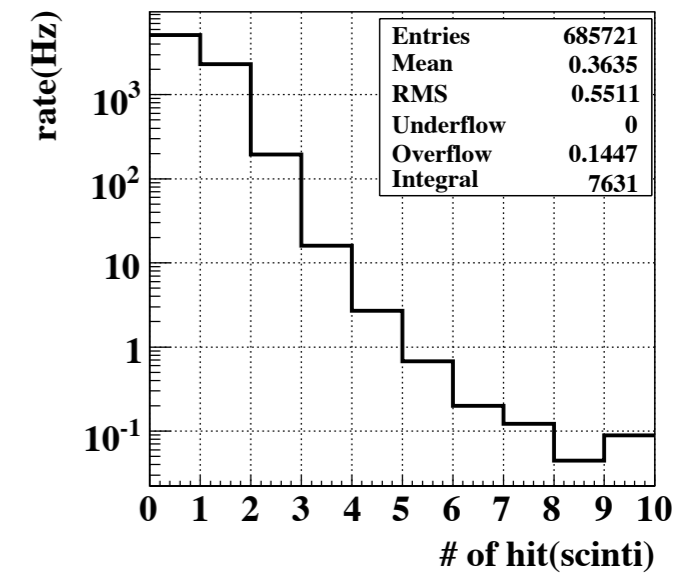


multiplicity

- Kaon decay
 - 5000Hz
- Core neutron
 - 1500Hz
- time window
 - 1us
 - >scibarのshaping time
- full intensity時の accidental hitがおこる確率
 - $1\text{us} \times 6500 \times 100 = 0.65$
 - 20%のシグナルロス



Kaon decay



Core neutron

