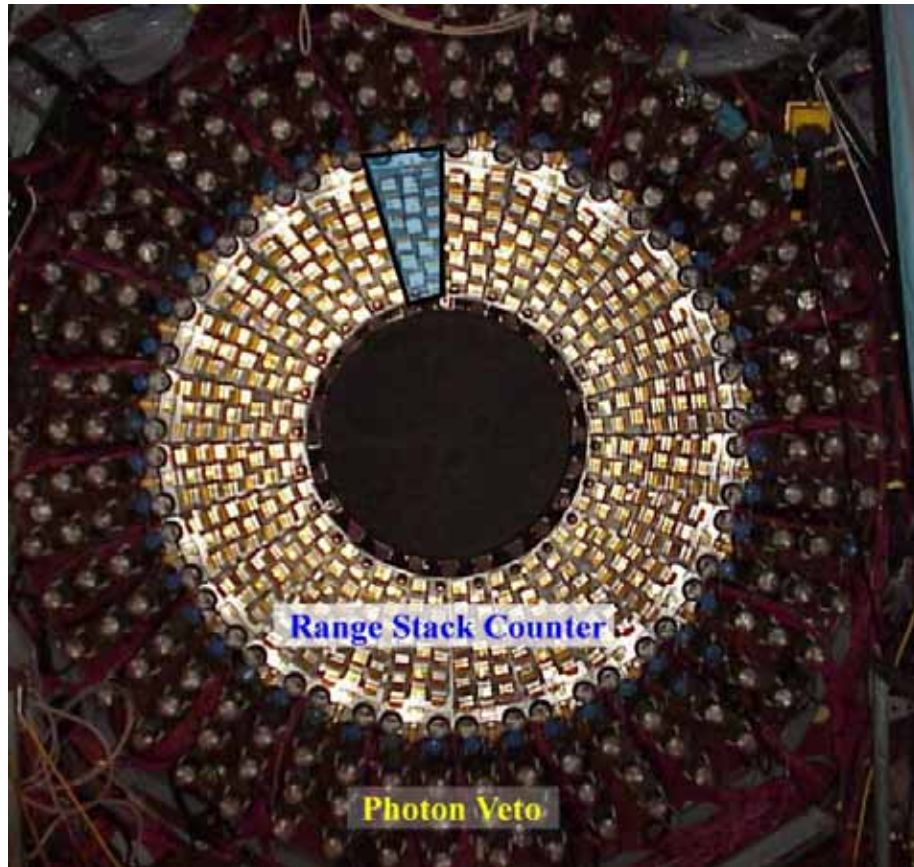


# *Photon Detection in the E949 Detector*



Kentaro MIZOUCHI  
(Kyoto)

科研費特定領域研究会 [質量起源と超対称性物理の研究]

March 09 2004 @ EPOCHAL TSUKUBA

# Outline

- Outline -

- (1) Newly installed system
- (2) How to veto photons
- (3)  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$  analysis.

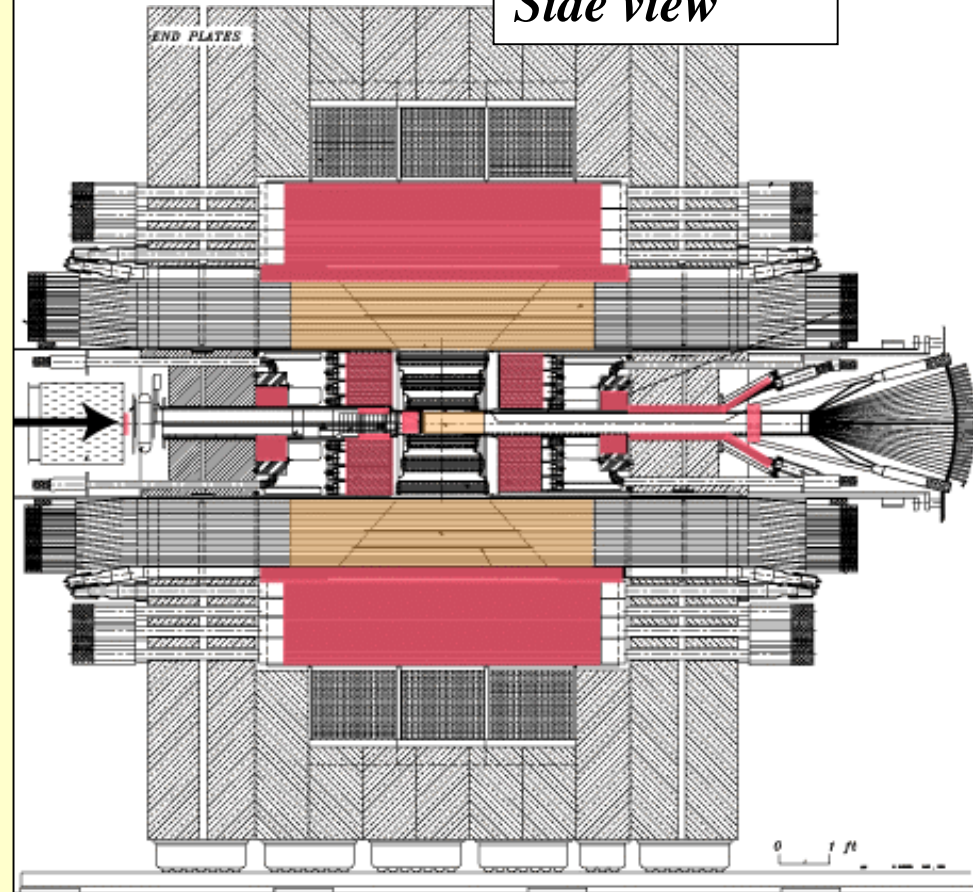
Kp2 background control

Rejection, acceptance

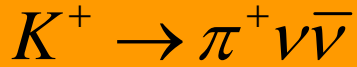
- (4) PV Related Physics

$\pi^0 \rightarrow \nu \bar{\nu}$  (or unknown  
weak interaction  
particles )

*E949 detector  
Side view*



# *E949 detector and photon veto system*



$\pi^+$  + nothing

Hermetic Veto

(\*)Extraなactivity を持つeventを棄却

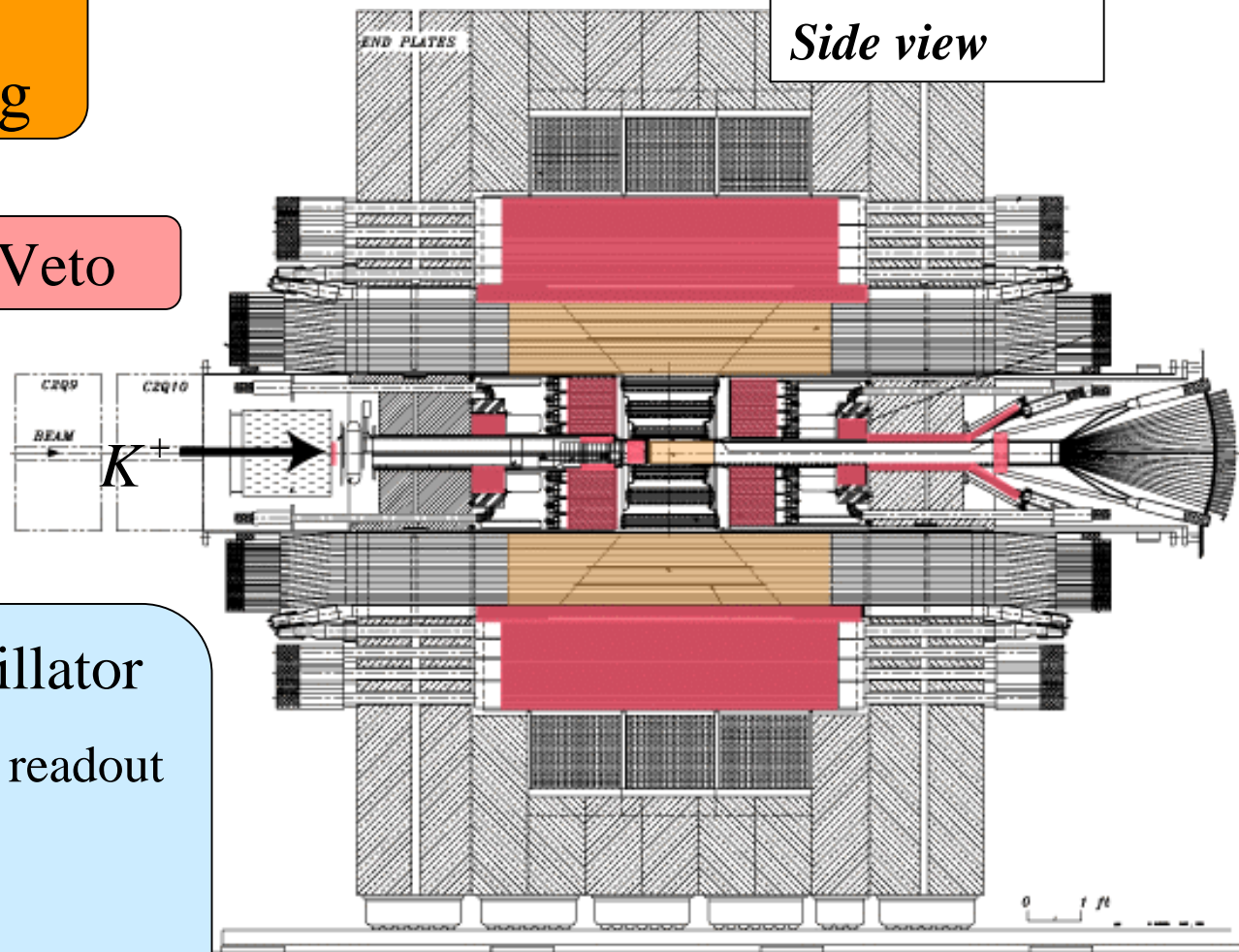
BV/BVL : Pb + scintillator

EC : CsI + CCD readout

AD : Pb glass

... : ...

*E949 detector  
Side view*



赤 : photon veto system

橙 : charged track の測定 + photon veto

# Newly installed detector subsystem (1)

## New Detectors

### (A) Barrel Veto Liner (BVL)

- (1) 2.5 radiation length
- (2) covering 45 degree hole

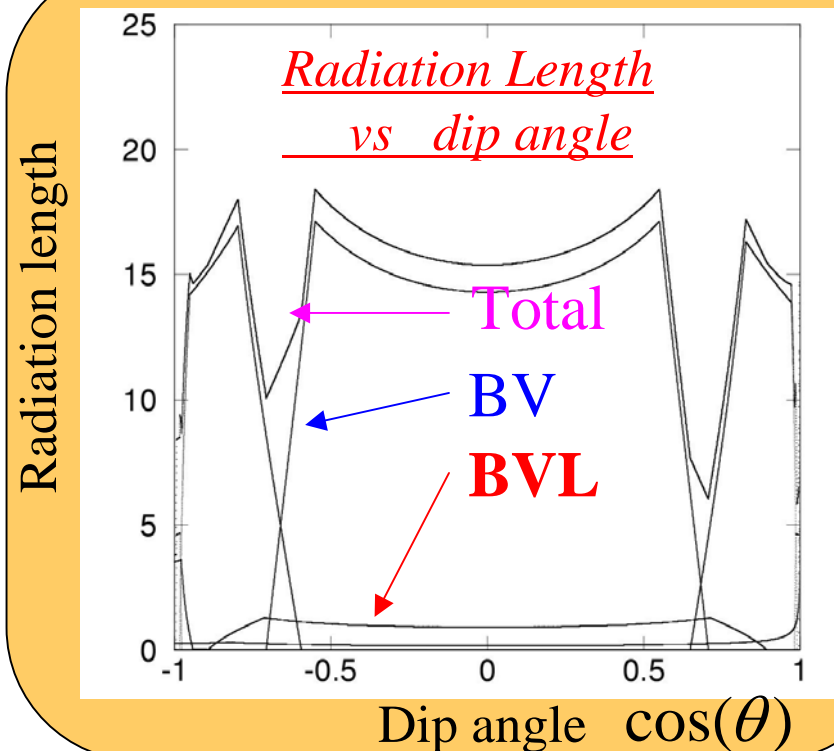
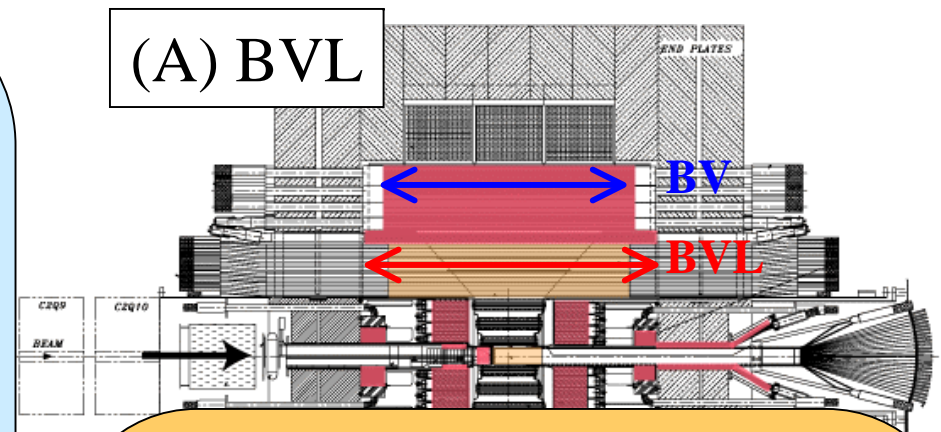
### (B) Beam line PV

UPV, DPV, AD, ...

## New Electronics

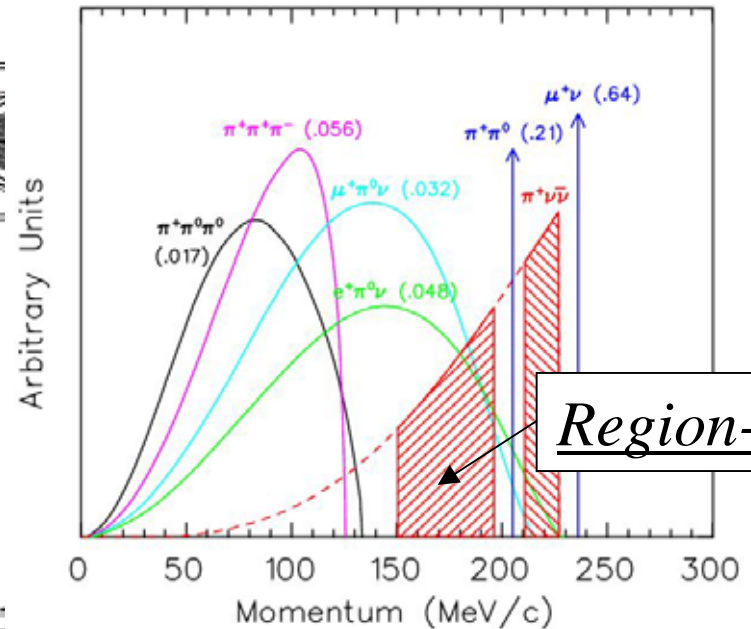
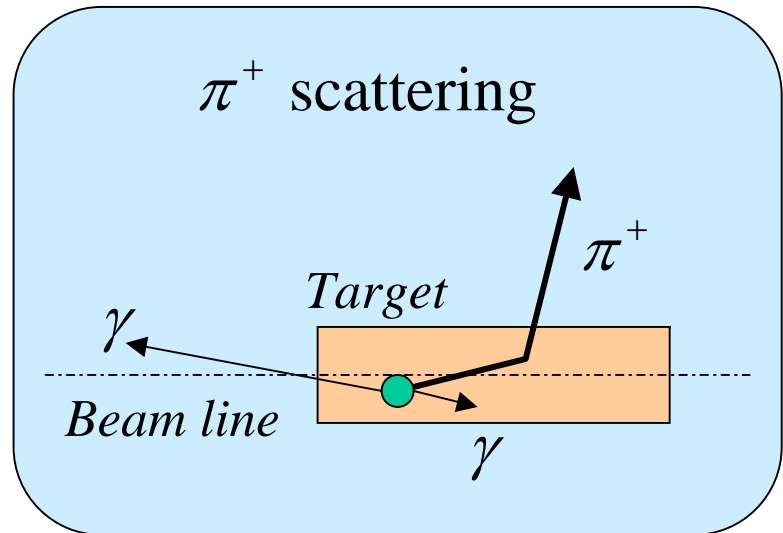
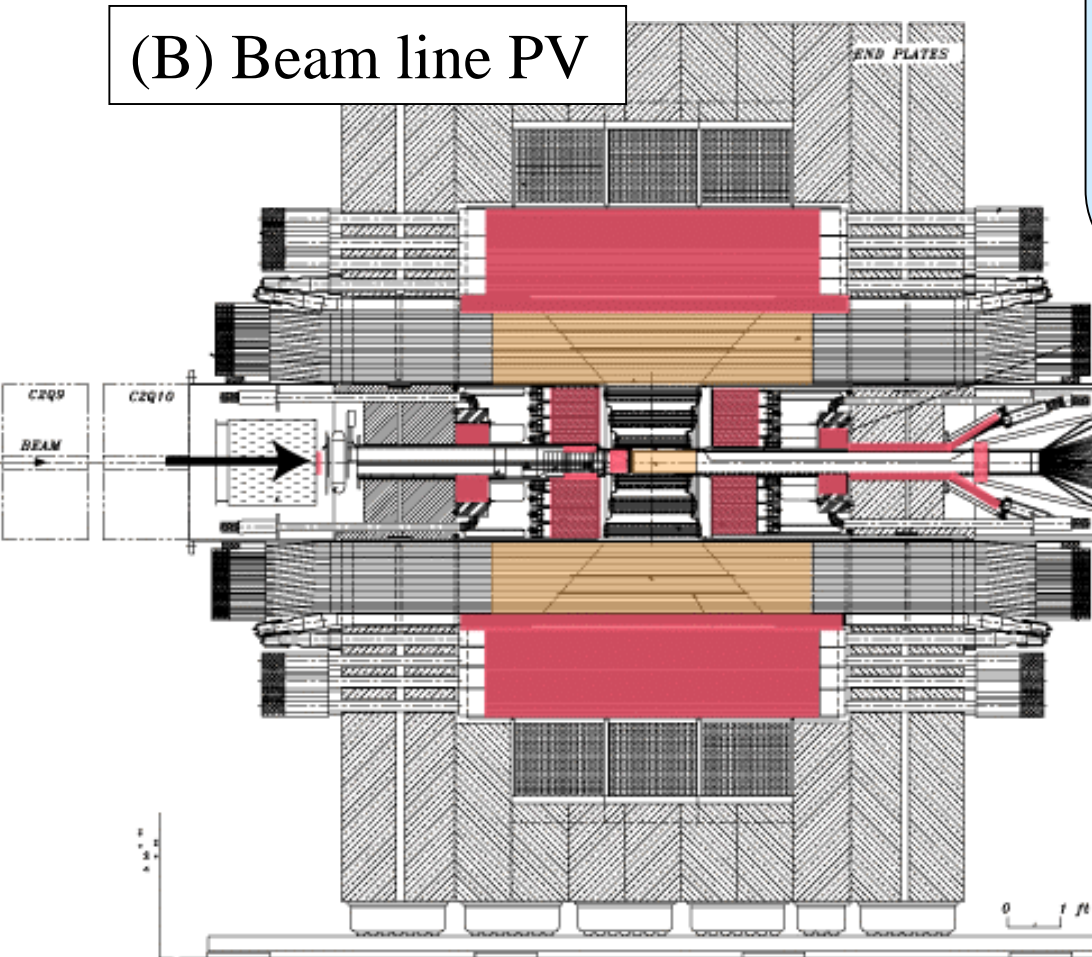
### (C) Mean-timer Module

Narrower veto window  
but excellent online  
rejection is kept somewhat.



# Newly installed detector subsystems (2)

(B) Beam line PV



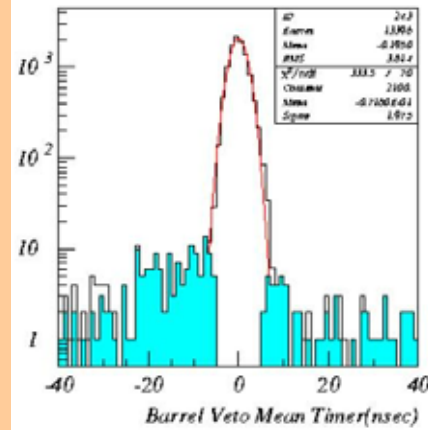
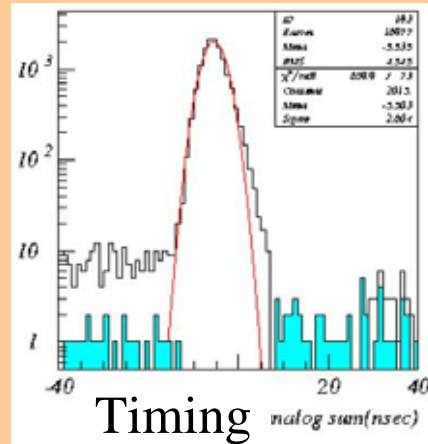
# Newly installed detector subsystem (3)

## (C) Mean-Timer

Online Photon  
Timing  
distribution

(0) E787 Method  
(Analog sum)

**(1) E949 Method**  
(Mean-timed  
signal arrival  
time)



High intensity 環境下で  
acceptance を出来るだけ  
失わない為の工夫



Rejectionを保ったまま、veto  
windowを狭くする事に成功。

(20ns 10ns)

# An idea – How to veto photon(s)

## ユニークな Veto algorithm

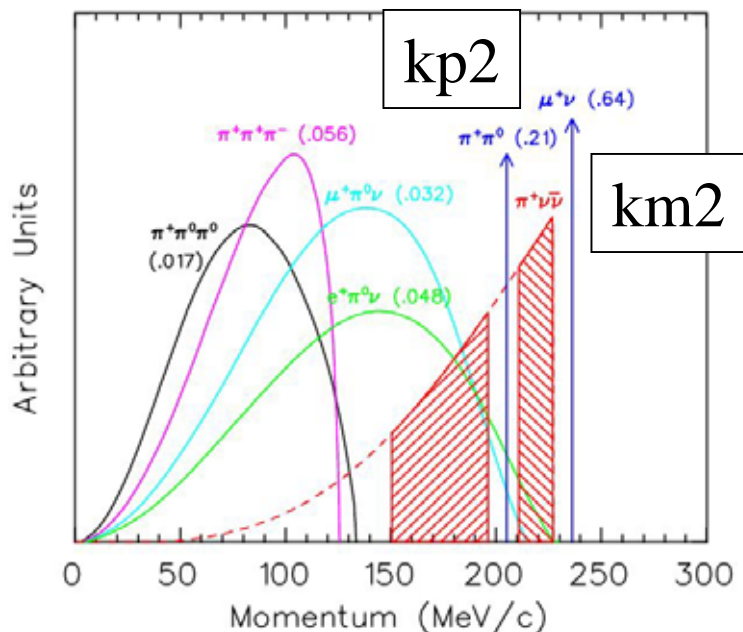
各 subsystem 毎に veto time window を設定。その範囲でエネルギー和が閾値を超えるかどうかで棄却を判定。

- Point. (1)  $\pi^0$  等を再構成しない。  
(2) Charged track の kinematics を利用しない。  
(3) カロリーメータよりも veto Photon activity の clustering energy と場所 を測定。

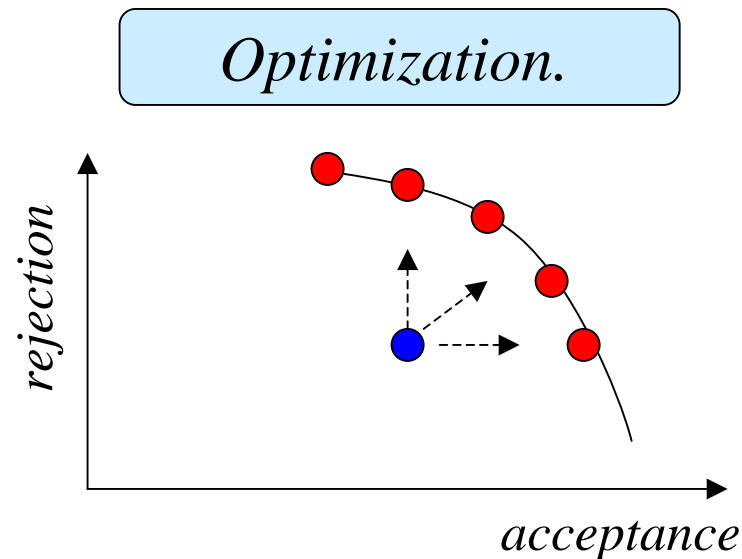
	$T_{\text{offset}}$ [ns]	$T_{\text{win}}$ [ns]	$E_{\text{thr}}$ [MeV]
BV	0.50	4.50	0.20
BL	0.75	2.00	0.00
EC	0.25	2.25	3.80
RD	-0.75	1.50	3.80
...	...	...	...

実際のビームデータを用いて、性能を正確に評価出来る信頼性の高い体系を持つ。 (see next)

# How to control backgrounds (kp2)



veto cut を実際データに適用、  
(1) kp2 に対する rejection  
(2) Km2に対する acceptance  
(or false veto)  
を常に評価。



Cut parameter を微小変化させながら、プロファイルを得る。

- (A) より効率的なcutの探索。
- (B) Cut position の正当性への確信。
- (C) Acceptance とのトレードオフと積極的background control.



# *Kp2 rejection*

## E949/E787 Photon Veto Power (\*)

E787 ('98)	E949
Online rejection $7250 \pm 2550$	$6550 \pm 1025$
Offline rejection ~50	$175.7 \pm 7.4$
<b>Total rejection</b> $(0.47 \pm 0.2) \times 10^6$	$(1.15 \pm 0.23) \times 10^6$

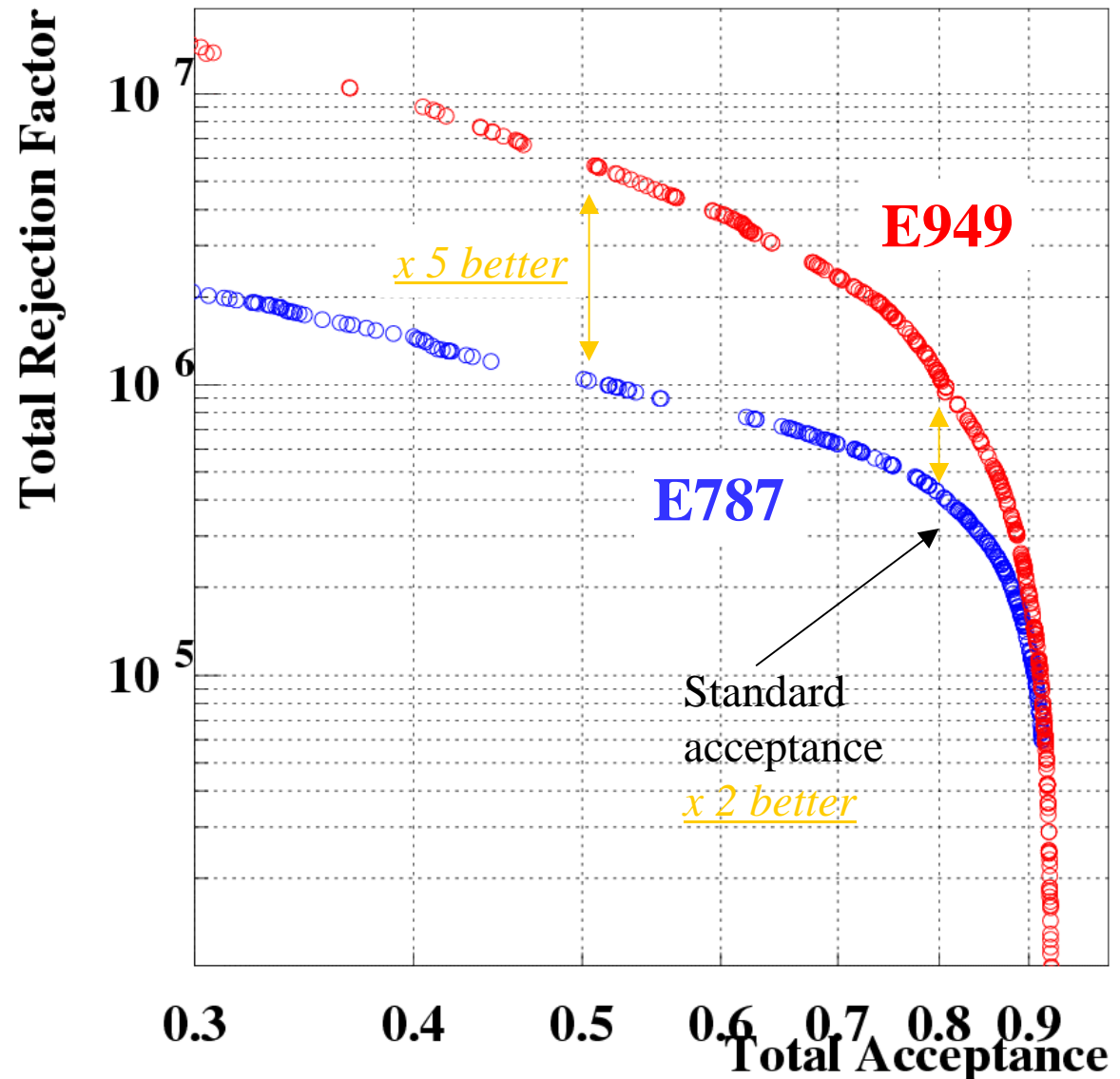
(\*) : *Kp2 rejection factor*

およそ2倍程度の  
Rejection powerの  
増強

Note : Both rejection scores are at the same acceptance points (80%).

# *E949 acceptance and rejection*

Acceptance vs  
Rejection Curve.



# *PV Related Physics*

$$\pi^0 \rightarrow \nu\bar{\nu}$$

Physics :

ヘリシティサプレッション

$\pi^0$  : Spin 0

$\nu$  : (純粹)左巻き

右巻き $\nu$ が存在して $Z^0$ とカップルすればチャンネルが生まれる。

(1)  $\nu\bar{\nu}$  の部分はdetector に引っかからない粒子なら何でも良い。

$\pi^0 \rightarrow \tilde{\gamma}\tilde{\gamma}$  : light photino への崩壊

[Sov. J. Nucl. Phys 47, 296 (1988)]

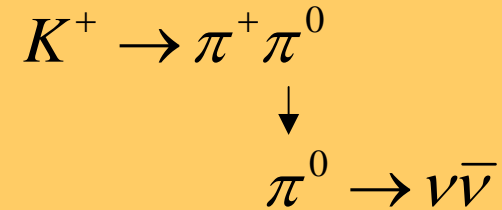
(2) 宇宙論からの予測:  $\gamma\gamma \rightarrow \pi^0 \rightarrow \nu\bar{\nu}$

宇宙の冷却過程モデル (輻射  $\nu\bar{\nu}$ )

# $\pi^0 \rightarrow \nu\bar{\nu}$ analysis

## 解析の手法

$K^+ \rightarrow \pi^+\pi^0$  をタグした上で  
 $\pi^+$  以外のactivityが無いevent  
を探索。



(1) **kp2のidentification に対する優れた能力**

$\pi^+ \rightarrow \mu^+ \rightarrow e^+$  decay chain

静止 $K^+$  単色  $\pi^+$

独立した E, p, R 測定

(2) **優れたphoton veto 能力**

Acceptance を削った更にtight なカット

(3) Background subtraction

# Single photon inefficiency study

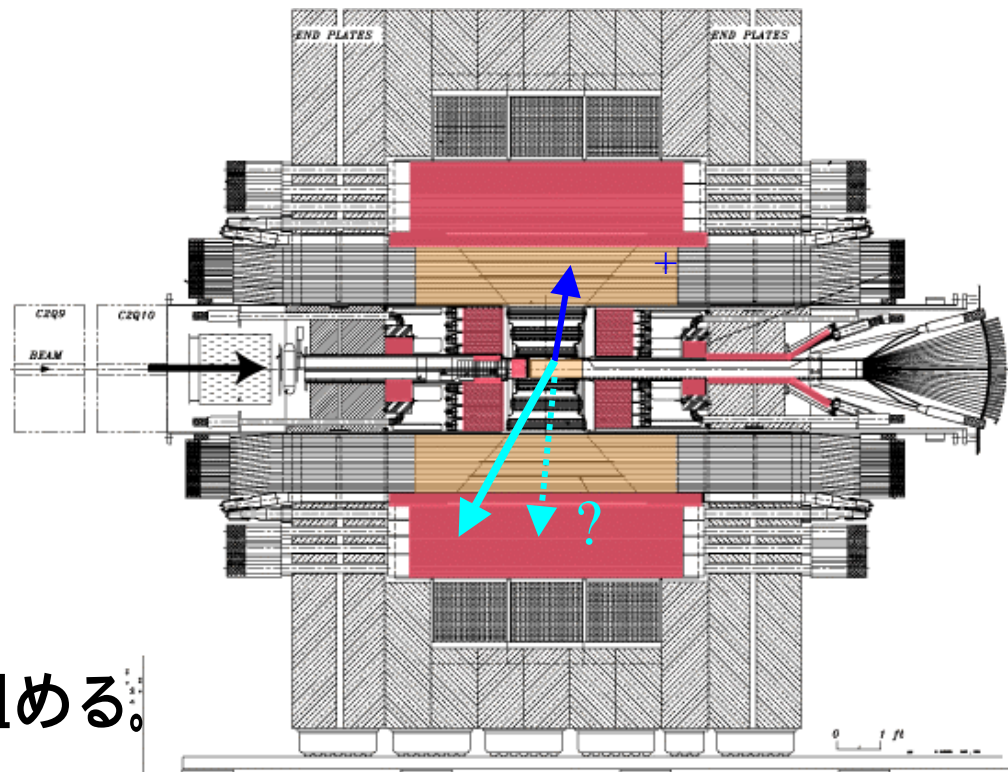
photon の片方を detection miss したイベントを利用。

Missing photon の kinematics が決定出来る。

↓  
**Photon Inefficiency map**  
(方向、エネルギー)

↓ *convolution*

$\pi^0$  を取り損なう確率が組める。



積極的なbackground subtraction

- (1) Detector hole のチェック
- (2) Photonuclear interaction, giant delta resonance への probe
- (3) Photon veto の性能 ( $\pi^0$  rejection) の cross check

# Summary

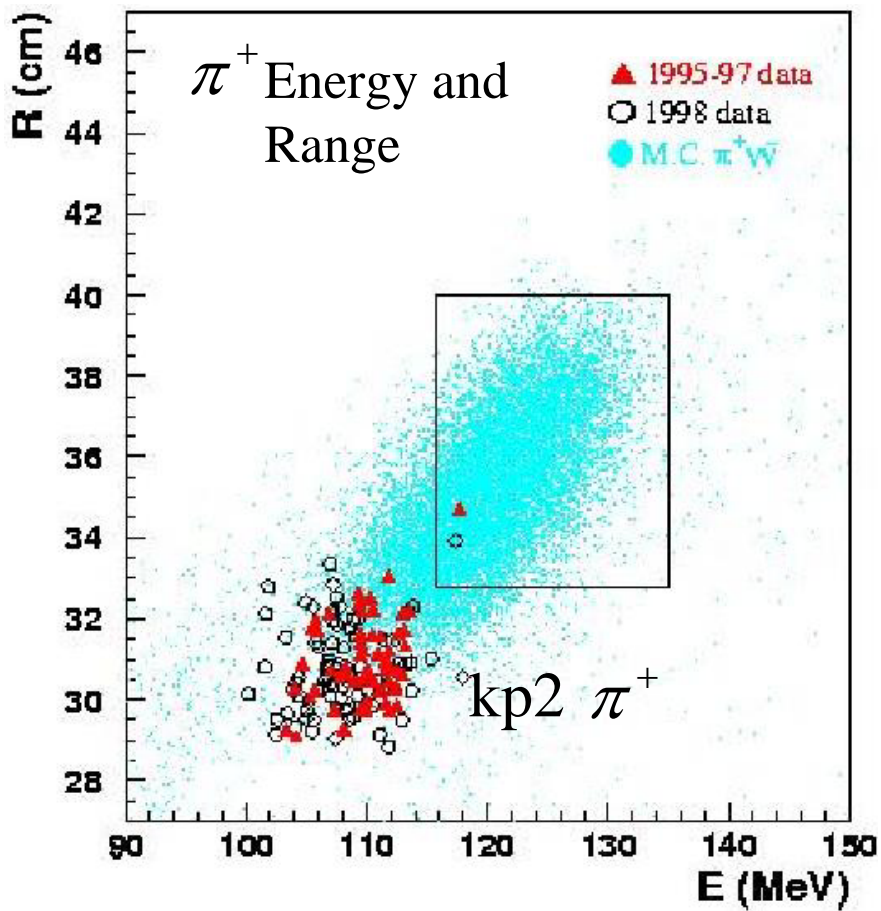
(1) Solid angle 4  $\pi$  を覆う hermetic veto  
Extra な activity を棄却。

(2) 実データを用いた信頼性の高い  
background control と rejection,  
acceptance の評価。

(3) 80 % acceptance で  $10^6$  を誇る高い photon 棄却能力

(4)  $\pi^0 \rightarrow \nu\bar{\nu}$  解析に対する高い sensitivity.

# Appendix



E787 :Phys. Rev. Lett. **88**, 041803 (2002)