

E14実験におけるバックグラウンド事象 に関する研究

Contents

- $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \nu$ 探索実験 (E14実験) の紹介
- $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \nu$ 探索実験 (E14実験) における
信号の同定方法
- E14実験におけるバックグラウンド事象
- 各バックグラウンド事象の特徴
- summary

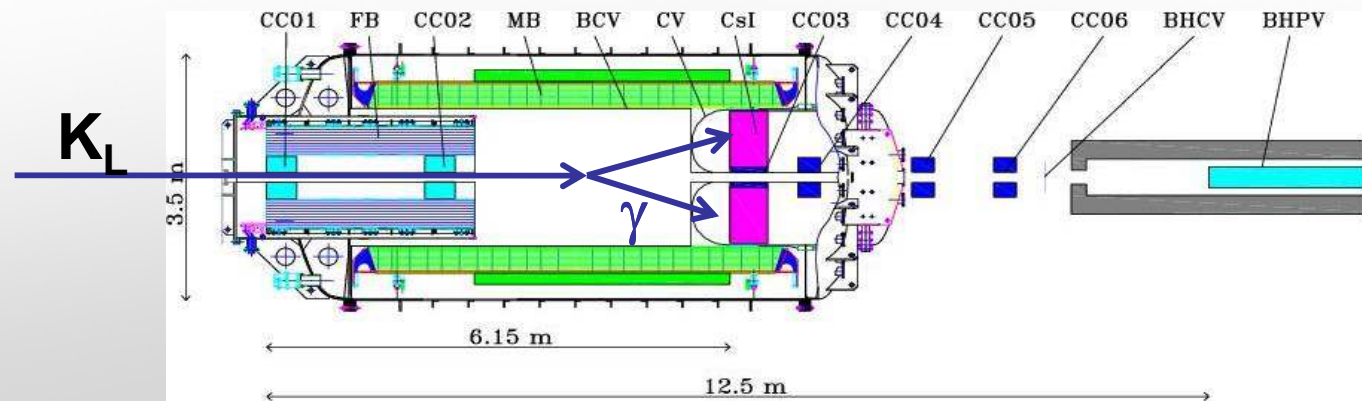
京都大

塩見公志 笹尾登 野村正
南條創 隅田土詞 森井秀樹
臼杵亨 河崎直樹 増田孝彦

2008/03/26 物理学会@近畿大学

E14実験の検出器

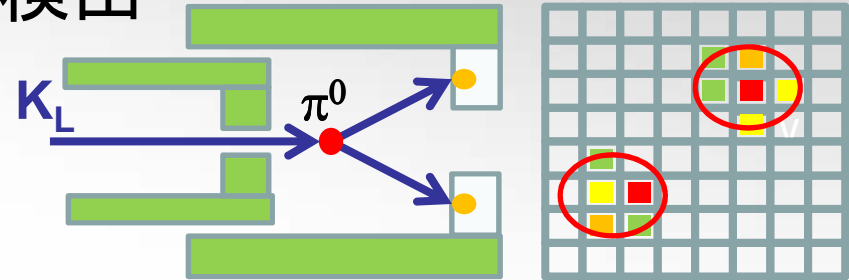
- ✿ $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \nu$ シグナルの条件
 - ✿ 「 π^0 からの 2γ 以外は何もない」
- ✿ 検出器と K_L ビームラインの特徴
 - ✿ γ 線の位置とエネルギーを検出するための電磁カロリメーター (CsI結晶を使用)
 - ✿ 崩壊領域を 4π 囲むveto検出 (CsIカロリメーター以外はveto検出器として使用)
 - ✿ 非常に細く絞ったビーム



事象の再構成

❁ CsIカロリメーターで γ 線を検出

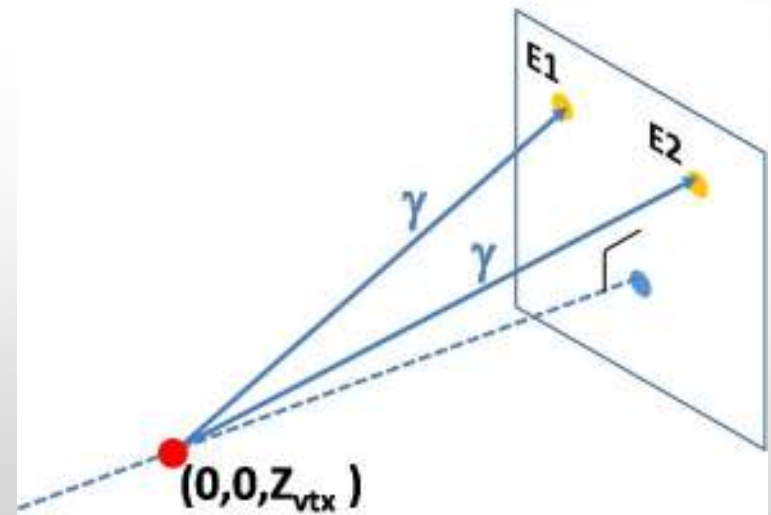
❁ 2つの γ のエネルギーと位置を測定



❁ $\pi^0 (K_L)$ の崩壊点を再構成

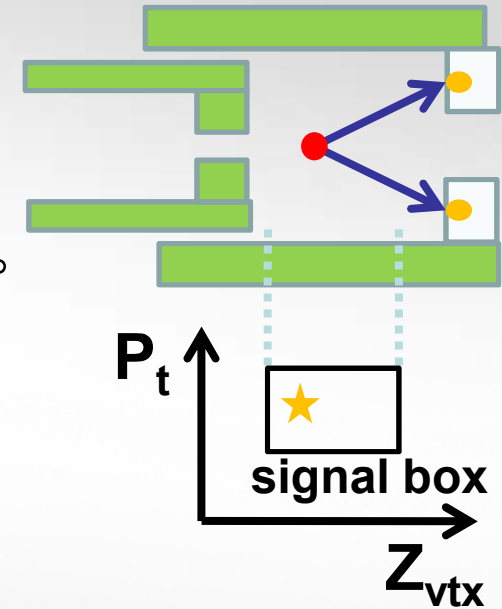
❁ 崩壊点をビーム軸上と仮定

❁ 2 γ の不変質量が π^0 の質量となる点を π^0 の崩壊点 Z_{vtx} とする。

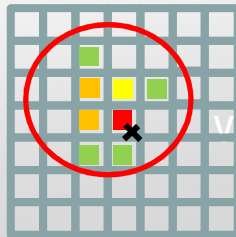


信号の同定

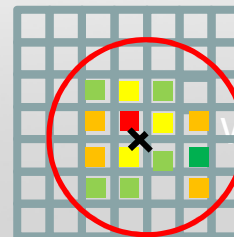
- ❁ 他に何も粒子がないことを確認 (veto)
- ❁ シグナルらしさの確認 (運動学的カット)
 - ❁ 再構成された π^0 の横運動量 P_t が高いことを要求。
 - ❁ $K_L \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ ($P_t < 133\text{MeV}$) などに有効
 - ❁ 再構成された z が崩壊領域内であることを要求
 - ❁ 崩壊点がveto検出器に囲まれていることを確認
- ❁ γ 線らしさの確認 (cluster shape cut)
 - ❁ 中性子によるハドロンクラスターの排除
 - ❁ fusionクラスターの排除



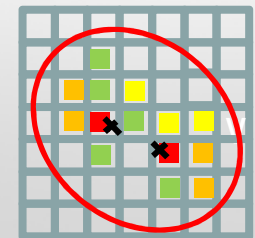
γ クラスター



ハドロンクラスター
横方向に広がりを
持つ →



fusionクラスター
二つ目の構造
を持つ →



バックグラウンド事象

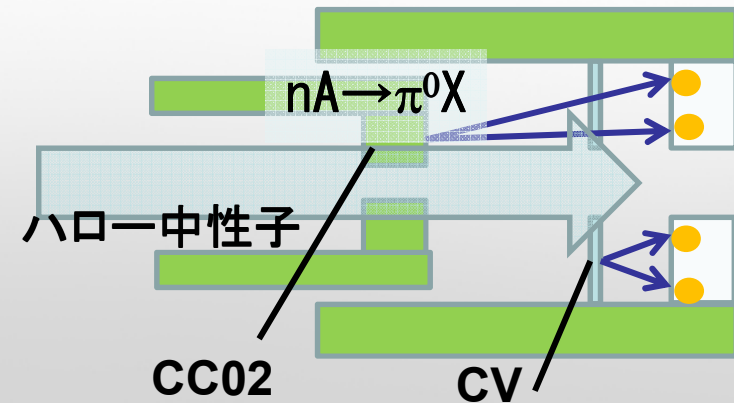
❁ K中間子起源のバックグラウンド

- ❁ $K_L \rightarrow \pi^0 \pi^0$ (2つの γ 線を検出ミス)
- ❁ $K_L \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$ (2つの荷電粒子を検出ミス)
- ❁ 他 ($K_L \rightarrow \pi^- e^+ \nu$ など)

	分岐比
$K_L \rightarrow \pi^0 \pi^0$	8.7×10^{-4}
$K_L \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$	0.125
$K_L \rightarrow \pi^- e^+ \nu$	0.20
$K_L \rightarrow \pi^0 \nu \nu$	2.8×10^{-11}

❁ ハロー中性子起源のバックグラウンド

- ❁ ハロー中性子が検出器と相互作用し、
 $\pi^0 (\rightarrow 2\gamma)$ 、 $\eta (\rightarrow 2\gamma \text{ 40\%})$ を生成。
- ❁ γ 線のエネルギーを間違える
 $\rightarrow Z_{\text{vtx}}$ が signal box の中に入る
- ❁ 生成場所 CC02、CV
- ❁ CC02, CV- π^0 , CV- η



Signal / Background Summary

❁ 3 snowmass years

		# of event
Signal	$K_L \rightarrow \pi^0 \nu \nu$	2.7 ± 0.05
KL BG	$K_L \rightarrow \pi^0 \pi^0$	1.7 ± 0.1
	$K_L \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$	0.08 ± 0.04
	$K_L \rightarrow \pi^- e^+ \nu$	0.02 ± 0.001
Hal on BG	$CV - \pi^0$	0.08
	$CV - \eta$	0.3

$K_L \rightarrow \pi^0 \pi^0$ バックグラウンド

❄️ 3つの種類に分類

❄️ even event

❄️ 正しい組み合わせ

❄️ 1つの π^0 から2つの γ

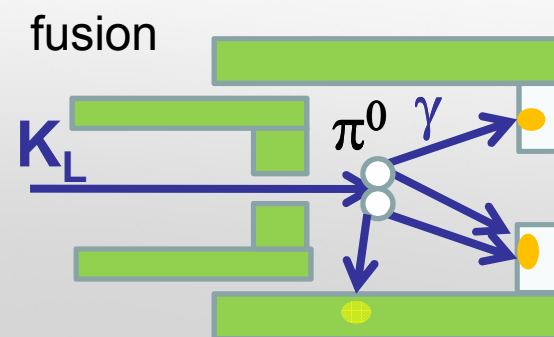
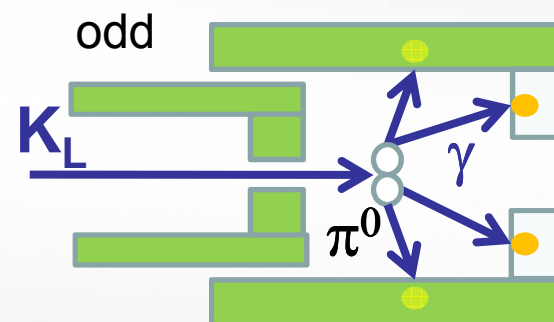
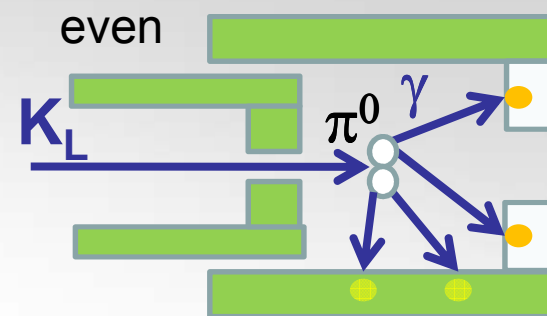
❄️ odd event

❄️ 間違った組み合わせ

❄️ 2つの π^0 から1つずつの γ

❄️ fusion event

❄️ fusionクラスターと
普通のクラスターで2クラスター



$K_L \rightarrow \pi^0 \pi^0$ even BG

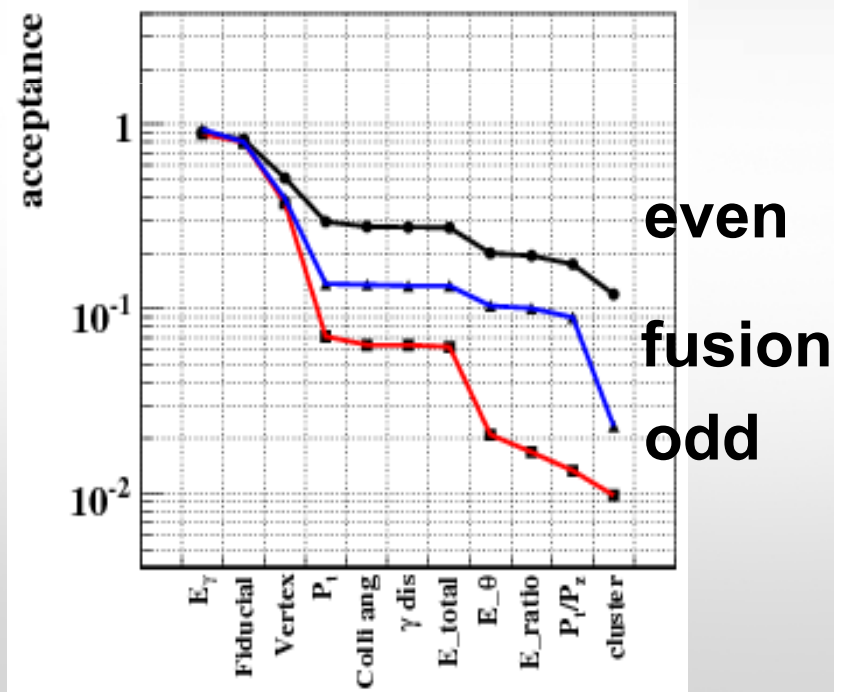
❄ even event

- ❄ 正しい組み合わせ。
- ❄ Z_{vtx} 、 P_t 分布がシグナルと似てる
 - ❄ 運動力学的カットが効きにくい。
- ❄ 余分な γ 線2個 \rightarrow vetoしやすい

$K_L \rightarrow \pi^0 \pi^0$ even BG: 1.2

Keys: Veto検出器の光子検出能力

横軸 運動力学的カットの名前



$K_L \rightarrow \pi^0 \pi^0$ odd BG

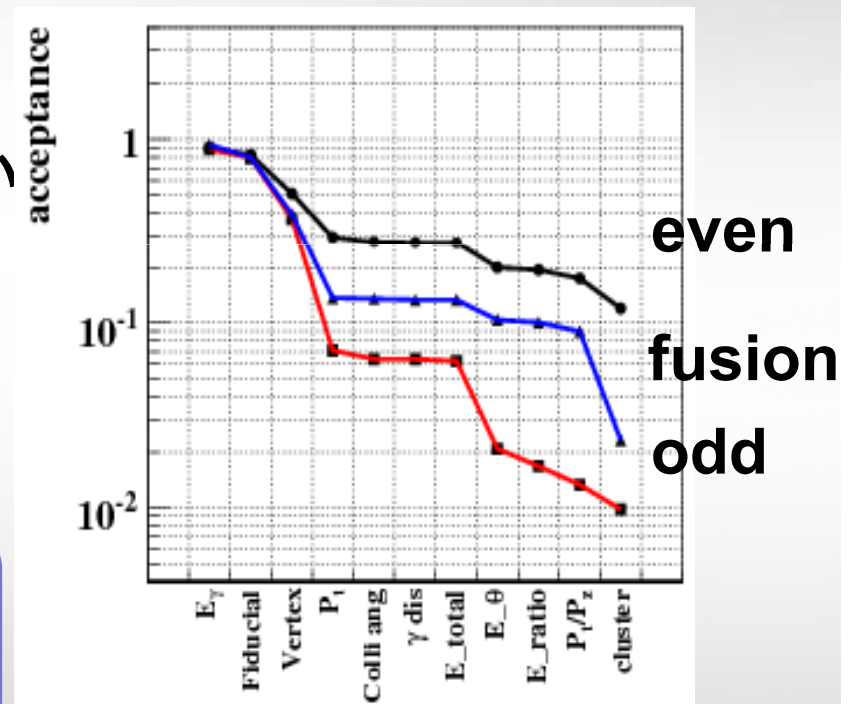
❄ odd event

- ❄ 間違った組み合わせ。
- ❄ 運動学的カットが有効。
- ❄ 余分な γ 線2個 \rightarrow vetoしやすい

$K_L \rightarrow \pi^0 \pi^0$ odd BG: 0.01

Keys: 運動学的カット
Veto検出器の光子検出能力

横軸 運動学的カットの名前



$K_L \rightarrow \pi^0 \pi^0$ fusion BG

❄ fusion event

❄ fusion クラスタ

❄ クラスタの形状を歪ませる。

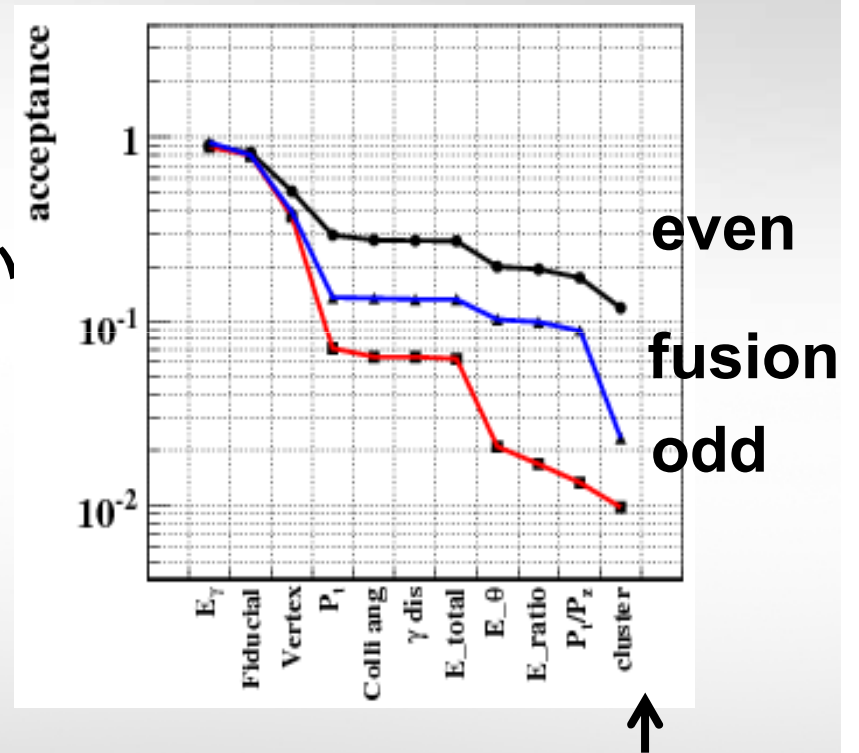
❄ cluster shape cut が有効

❄ 余分な γ 線 1 個 \rightarrow veto しにくい

$K_L \rightarrow \pi^0 \pi^0$ fusion BG: 0.5

Keys: cluster shape cut

横軸 運動力学的カットの名前



Cluster shape cut

$K_L \rightarrow \pi^0 \pi^0$ BGのまとめ

$K_L \rightarrow \pi^0 \pi^0$ even BG	: 1.2
$K_L \rightarrow \pi^0 \pi^0$ odd BG	: 0.01
$K_L \rightarrow \pi^0 \pi^0$ fusion BG	: 0.5
all	: 1.7



各バックグラウンドともに
良く抑えられている。

Signal : 2.7

✿ Even event

Keys: Veto検出器の
光子検出能力

✿ Fusion event

Keys: cluster shape cut

CV- η バックグラウンド

✱ ハロー中性子が η を生成

✱ 生成点 CV

✱ $\text{Br}(\eta \rightarrow 2\gamma) = 0.4$

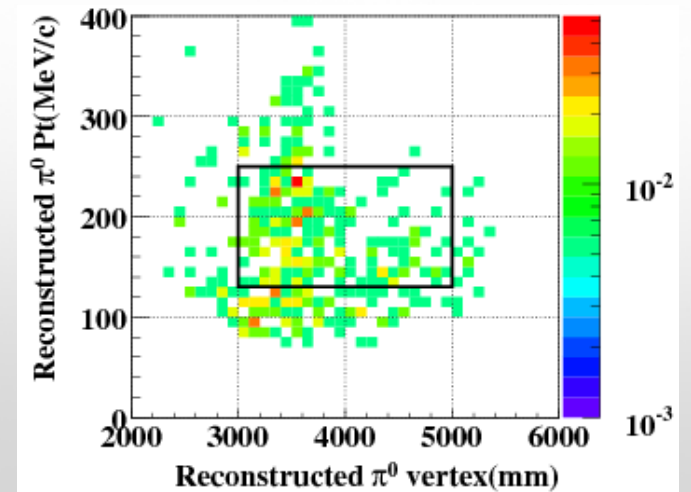
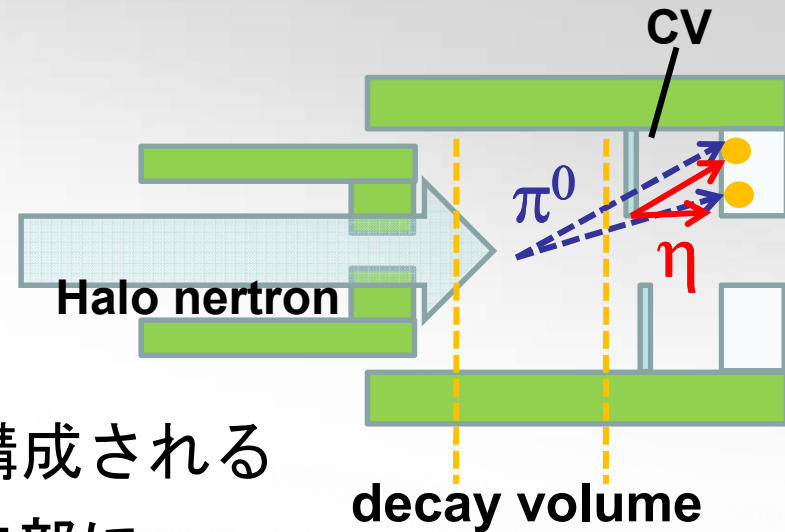
✱ $M_\eta \doteq 4 \times M_\pi$

✱ Z_{vtx} は η の生成点より上流で再構成される

→これらの事象はsignal boxの内部に入り込む恐れがある。

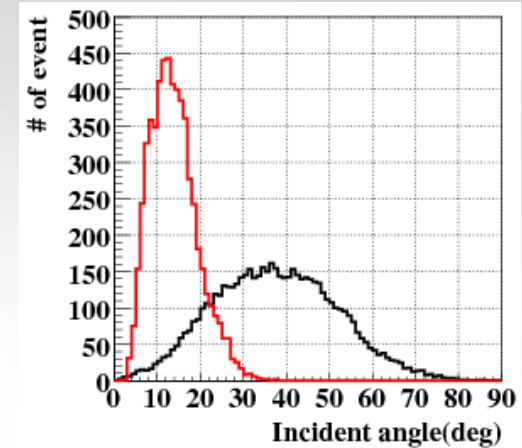
✱ $Z_{\text{vtx}} - P_t$ 分布

✱ η BGはsignal boxの中に広く分布している

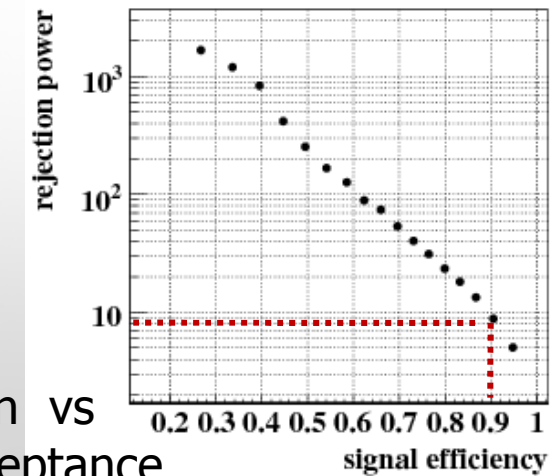


CV- η BGに対するカット

- ✿ 入射角度分布
 - ✿ signalと η BGで異なった分布をしている
- ✿ 効果的なカットの導入
 - ✿ γ 線の入射角度とクラスターの形状には相関がある
 - クラスターの形状によるカット、Artificial Neural Net (ANN)の導入
 - signal efficiency 90%に対し、CV- η BGを10分の1に抑えることが可能



signal (red) と η (black)の真の入射角度分布



ANN : BG Rejection VS signal acceptance

CV- η BG
0.3

Keys: "cluster shape cut"

Summary

❁ E14実験におけるバックグラウンド事象

❁ K中間子起源のバックグラウンド

❁ $K_L \rightarrow 2\pi^0$, $K_L \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$, $K_L \rightarrow \pi^- e^+ \nu$

❁ ハロー中性子バックグラウンド

❁ $CCO2$, $CV-\pi^0$, $CV-\eta$



各BG事象の特徴
を理解

❁ バックグラウンド事象削減のKey Point

❁ $K_L \rightarrow 2\pi^0$ even event

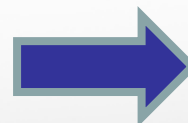
❁ Veto検出器の光子検出能力

❁ $K_L \rightarrow 2\pi^0$ fusion event

❁ Cluster shape cut

❁ $CV-\eta$ バックグラウンド

❁ Cluster shape cut



特徴を生かした
Cutの開発

❁ TO do

❁ 各バックグラウンド事象に対するさらなる詳細な研究

$K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 探索実験

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

☀ Standard model

☀ $A(K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}) \propto V_{td} - V_{td}^* = 2 \text{Im}(V_{td}) \propto \eta$

☀ $\text{Br}(K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}) = (2.8 \pm 0.4) \times 10^{-11}$

☀ 理論的不定性が小さい(1-2%)

☀ Beyond standard model

☀ 新粒子の寄与を受けると分岐比が変わる。

☀ E14実験

☀ 茨城県東海村に建設中の
大強度陽子加速器(J-PARC)で行われる。

☀ 2011年開始予定

☀ Step1 世界初のeventの観測

☀ Step2 η の精密測定(10%以下)

