

# MC Study of $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ at J - PARC

Osaka Univ.

Yamanaka Taku Lab.

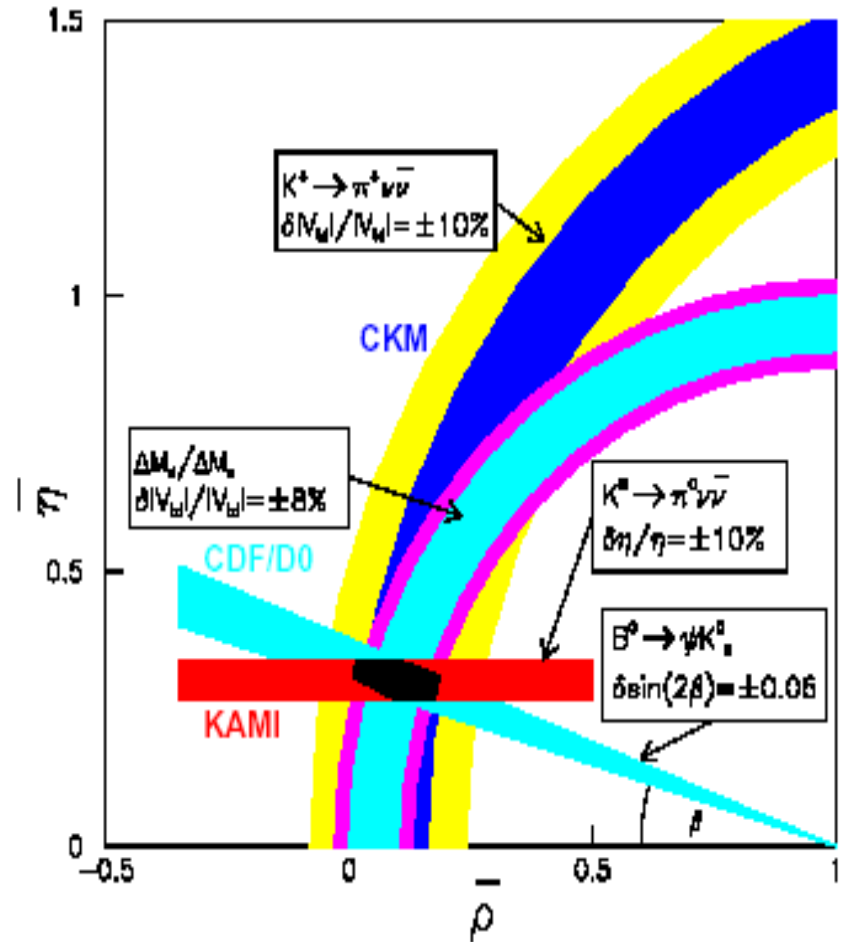
M2 Tanaka Eiiti

1. abstract
2. target
3. up to fiducial
4. fiducial volume
5. future

$$K_L \rightarrow 0$$

# の意義

- ◆ Direct CP Violation がmainの現象
  - ◆ の理論的な不定性が小さい(2%以下)
  - ◆ B中間子からの CKM fit との相違
- New Physics の「窓」となりうる



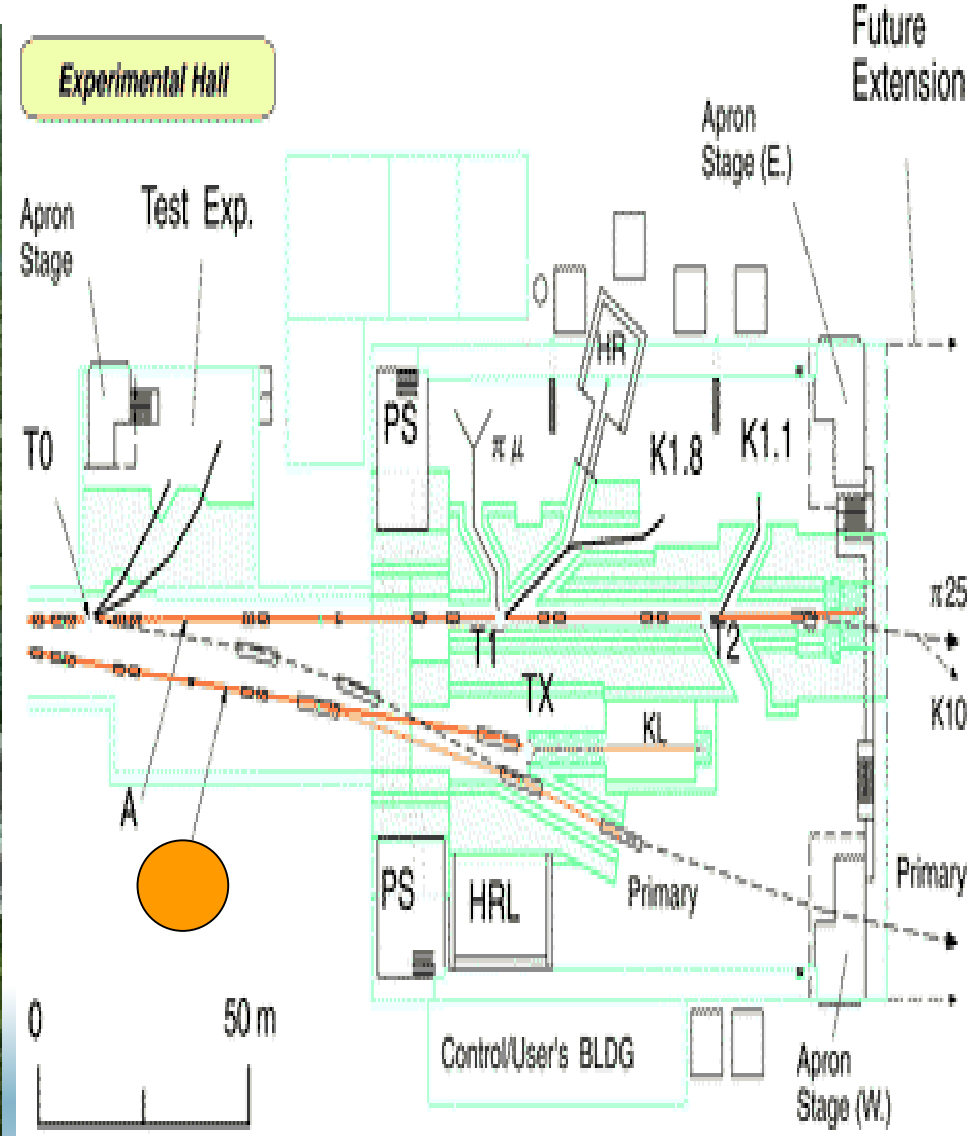
# $K_L \rightarrow 0$ をとらえるには？

## ◆ $K_L \rightarrow 0$ の特徴

- 非常に小さい Branching Ratio ( $3 \times 10^{-11}$ )  
→ 大量の  $K_L$  が測定に必要
- $K_L \rightarrow 2\pi^0$  からの Background の除去が課題  
の inefficiency を小さくしたい  
→  $K_L$  の Energy が高ければ有利

- ◆ 以上の2つの条件を満たす実験施設が欲しい  
→ **J-PARC B-line**

# J-PARCとは, B-line とは？



# J-PARC Beam line の現状

- A line .... experiment condition almost fixed
- B line .... unclear the experimental condition

	A line	B line
Proton energy(GeV)	30	50
Proton intensity (ppp)	$2 \times 10^{14}$	$2 \times 10^{14}$
Production target	Ni	?
Target thickness	5.4cm: 30 % loss	?
Extraction angle(deg)	16	10 ?

# Study の目的

実験装置、環境の制限を厳しくせずに、  
B-line を使った KL実験の大まかな特徴を捉える

- ◆ を理論の不定性と同程度まで求めたい。  
→ 1000 event が一つの目標 ( $d / \delta = 1.5\%$ )
  - 3年間で出来るproton の数  $\sim 2 \times 10^{21}$   
KI の数  $\sim 2 \times 10^{15}$
  - 一方で signal 1000event を得るのに必要な  
KI の数は

$$\#K_L = \frac{1000}{3 \times 10^{11} \cdot (P_{decay} \times A)}$$

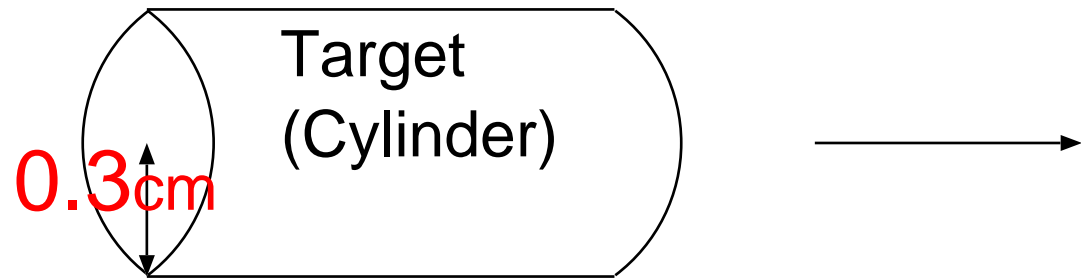
- $P_{decay} \times A_{ccept} = 0.01$  とすると  $\#K_L = 3 \times 10^{15}$   
→ 達成可能である

# 2.target simulation

- ◆ 目的はSecondary Particle の特徴を捉えること
  - ◆ 様々な設定のもとで
    - Package
    - target material
    - target の厚さ
    - angle
  - ◆ 50 GeV のproton を target に衝突させて反応をみる
    - yield
    - n/k ratio
    - momentum

# Target Simulation

Proton 50 GeV/c



## Simulation Condition

Geant 3 FLUKA package

100 keV threshold

beam cross section = 0

target material : Be,Al,Ni,Pt

taking data at 1mm from target

Normarization:  $\sin(\theta)$

Secondary Particle

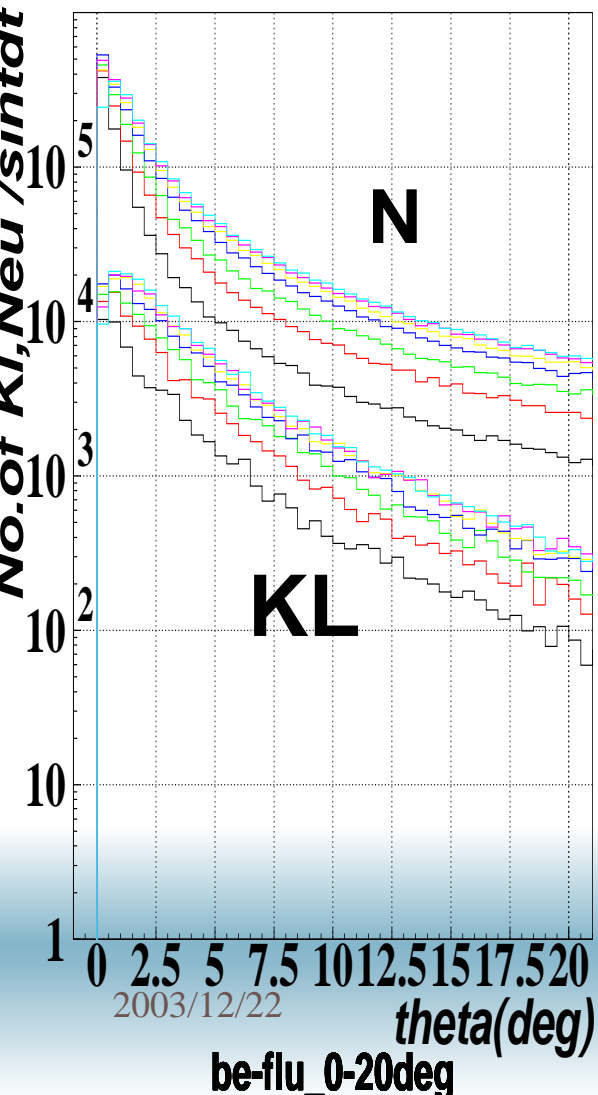


# yieldの角度依存性

fluka, Be

色の違いは厚さ

2003/12/22 03.32

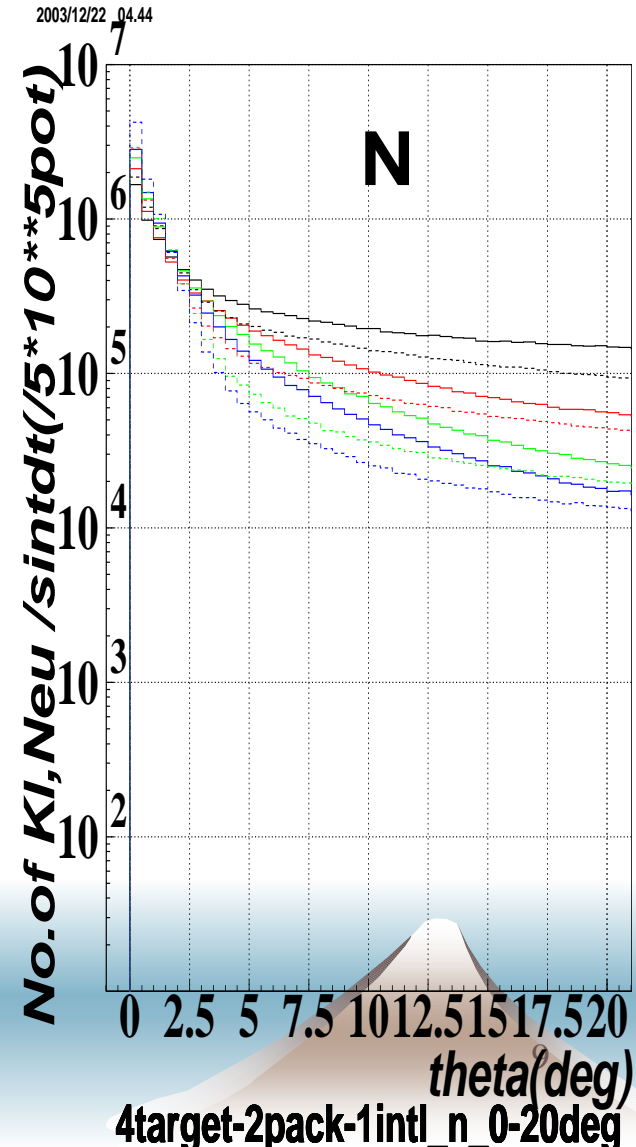
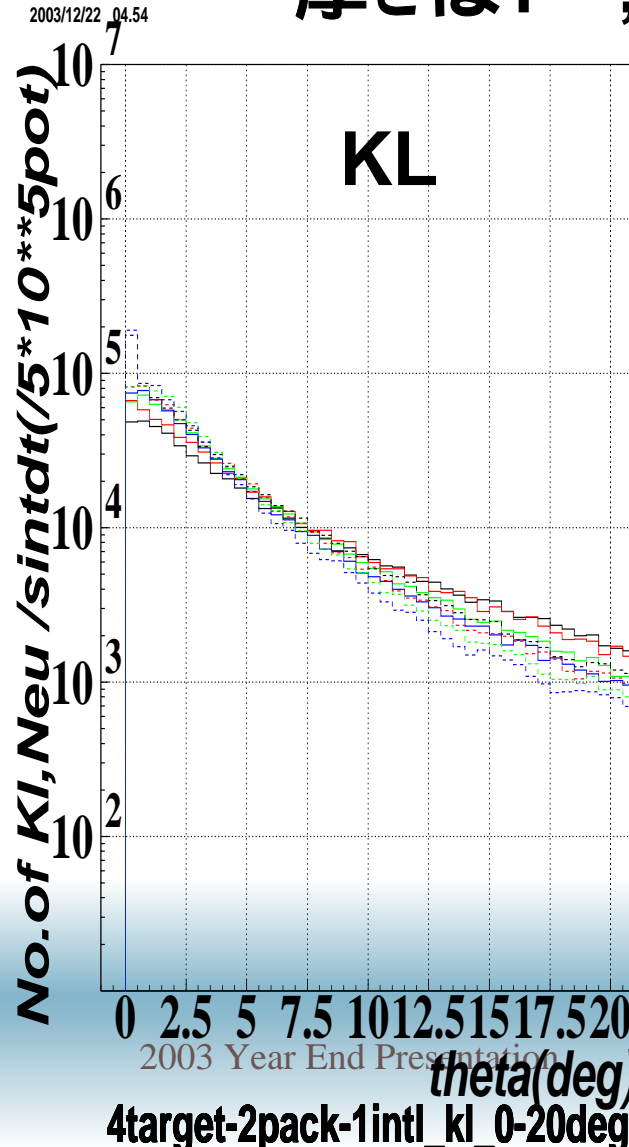


実線 fluka, 点線 gheisha

黒Pt, 赤Ni, 緑Al, 青Be

厚さは1

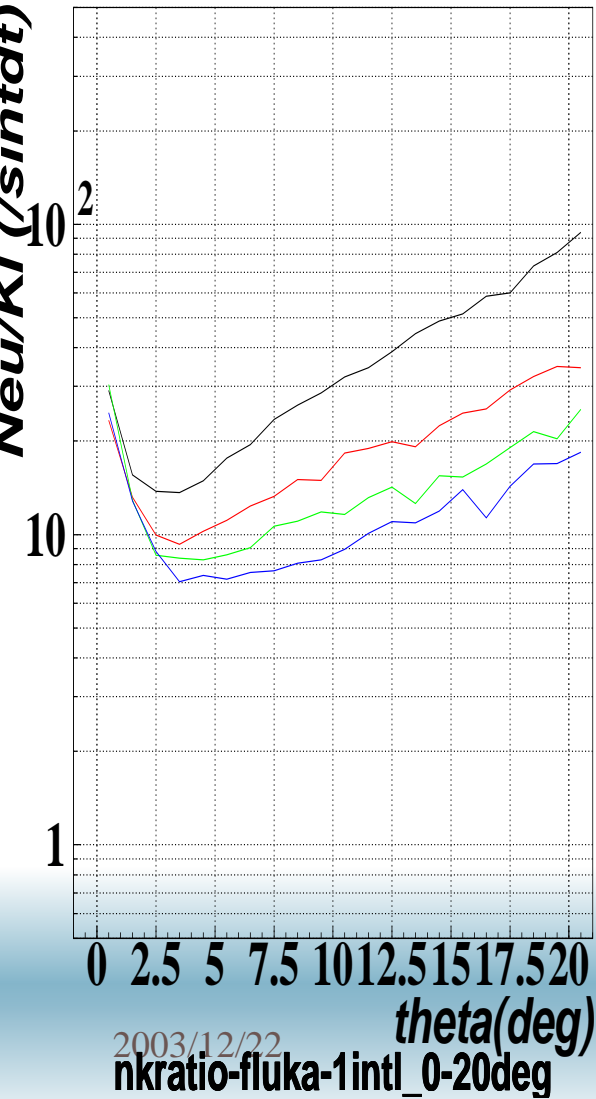
2003/12/22 04.44



# 黒Pt, 赤Ni, 緑Al, 青Be 厚さは1 , fluka

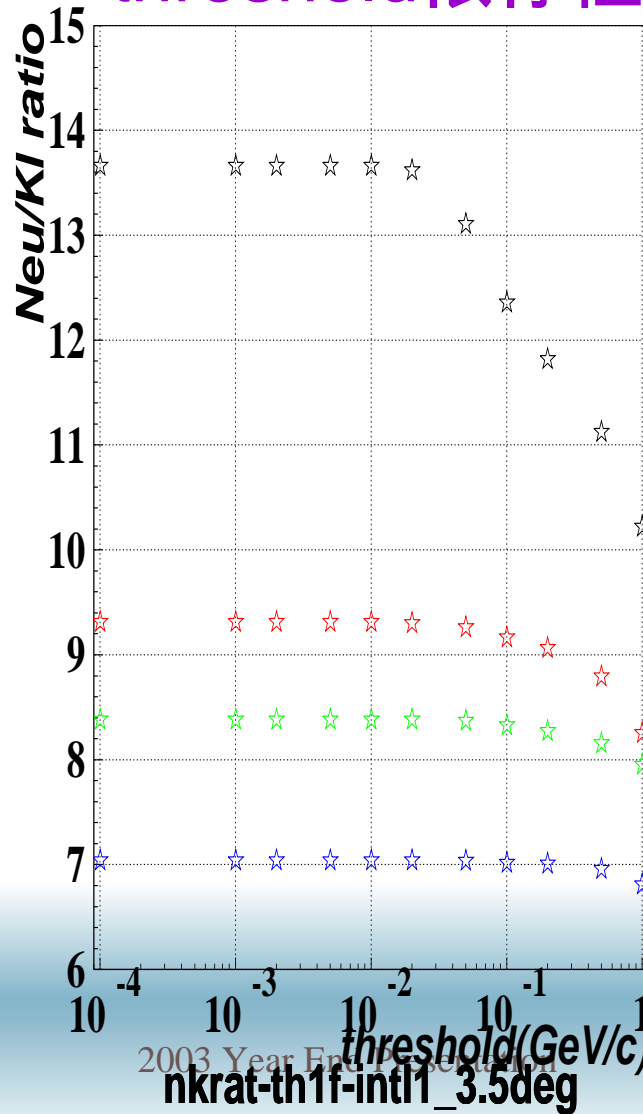
N/K ratio  
角度依存性

2003/12/22 04.22



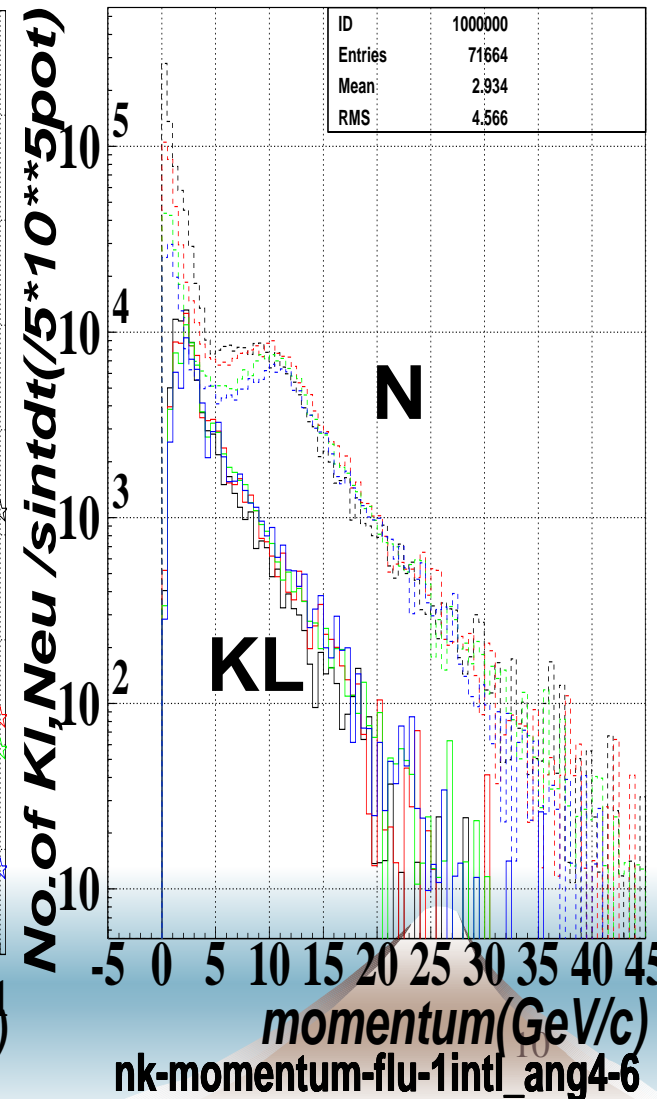
N/K ratio  
threshold依存性

2003/12/16 20.20



momentum dist.  
実線KI, 点線N

2003/12/22 04.49



# Result

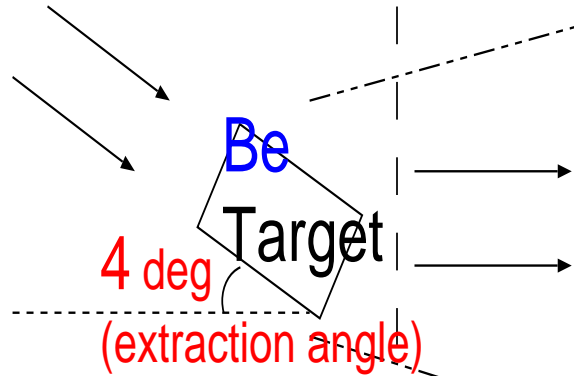
- ◆ target material で  $K_L$  yield、momentum を比較するとき、interaction length で規格化すれば違いはほとんどない
- ◆ 低い momentum (特に 50 MeV/c 周辺) の neutron の発生数が target material ごとに違う  
n/k ratio が target material によって違う原因になっている
- ◆ n/k ratio の target material による違いは Threshold を上げると小さくなる。密度が大きい物質ほど soft な neutron が発生することがわかる。
- ◆ 今後は Be  $10$  ( $4^\circ$ ) を採用することにする
  - n/k ratio が 他の target 粒子と比べて小さい
  - 厚すぎない target にする

# 3.up to fiducial simulation

- ◆ target で作った粒子群をfiducial region までもっていくためのsimulation
  - absorber
  - decay
  - half cone の 大きさ
  - 距離

# Up To Fiducial simulation

Proton 50GeV/c



Magnet zone

Absorber zone

Magnet zone

Be

Pb

In Front of Fiducial Volume

Half Cone Angle(mrad)

## Simulation Condition

1MeV Threshold

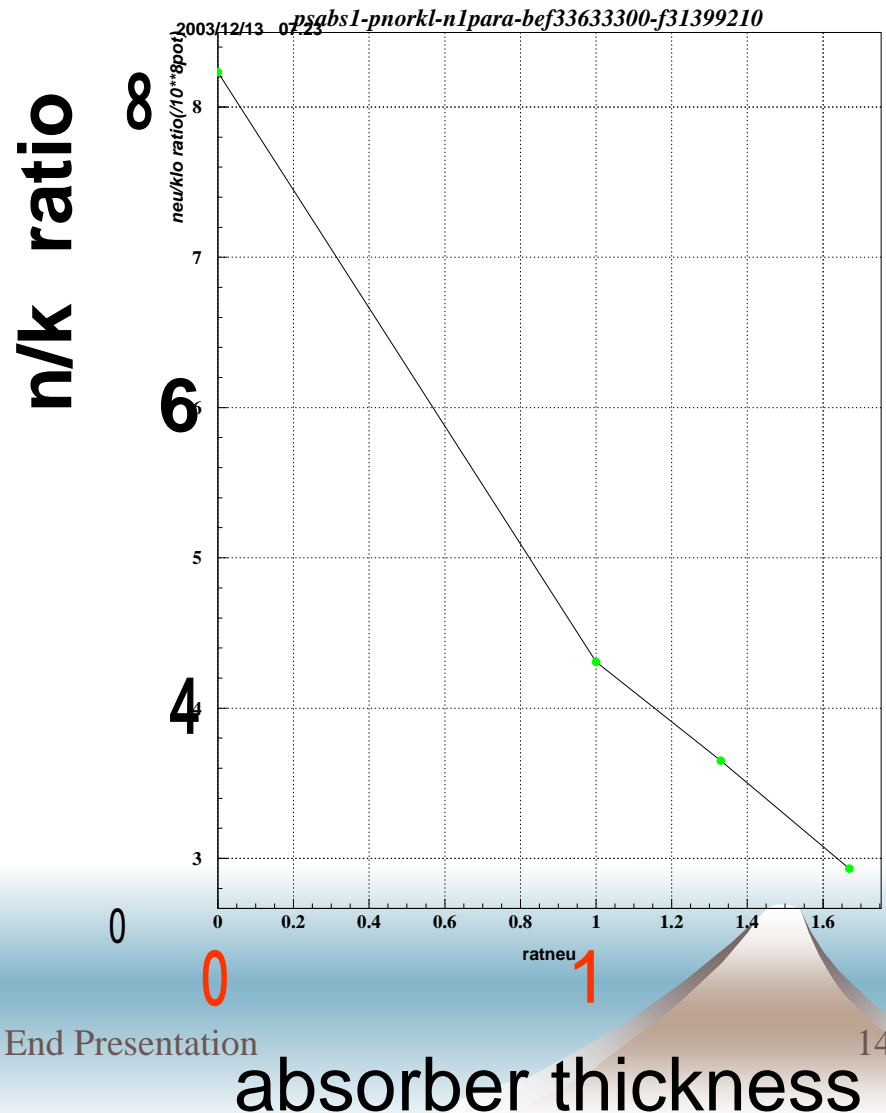
Use Magnet to Exclude Charged Particle

No Collimator

# absorber effect

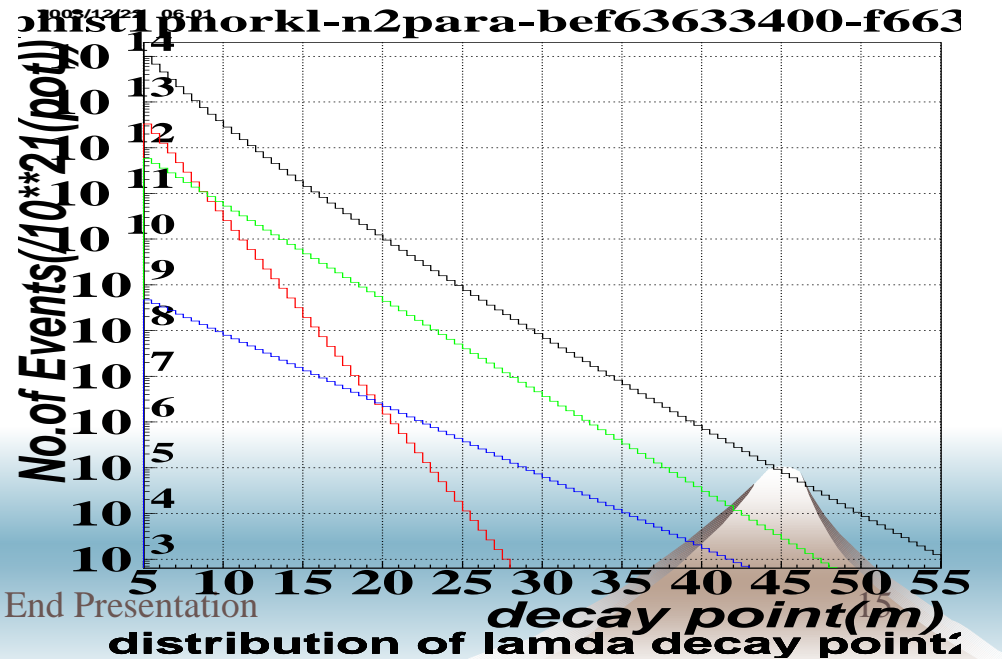
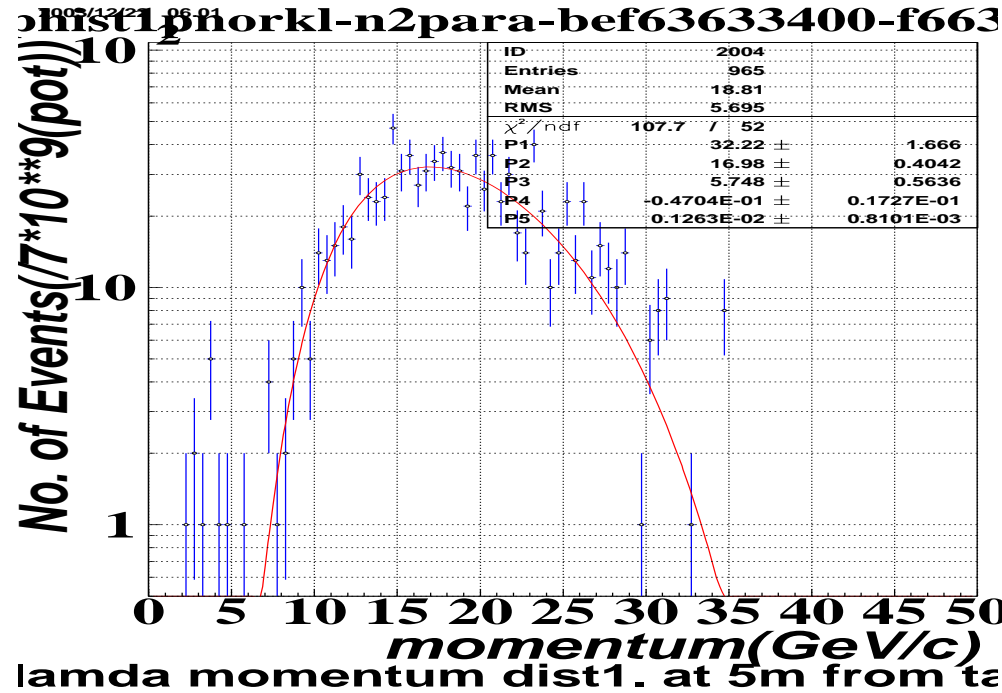
## n/k ratio

- ◆ Be, Pb 2種のabsorber
  - n/k , g/k ratio の向上
  - target から後方 5 m に absorberをおく
  - targetから15m での データを比較する
- ◆ E391aと同じサイズの absorber でn/k ratioは 約半分に改善できる



# の残留

- ◆  $\rightarrow 0n$  の反応がバックグラウンドになりうる
- ◆ targetから5m でのデータを検討する
- ◆  $c(\lambda) = 7.89\text{cm}$   
 $\rightarrow$  fiducial までの距離をとれば大きく減らすことが可能



# Result

- ◆ absorber を入れることで n/k ratio, g/k ratio を改善  
→ E391a n/k ratio ~ 60 と比べると  
factor 15倍 小さくなり ~ 4程度になる
- ◆ の残留数が target 後方20m で  $10^{**}10$  個ある
- ◆ 以後のsimulation は  
E391a と同じabsorber  
target 後方20mを fiducial volume の入り口  
とする
- ◆ の残留数が多いが、fiducial volume の大きさを確保することも考えてこの大きさにする



# 4.fiducial volume simulation

- ◆ 今までのsimulation で求めた KL momentum distribution をもとに  $K_L \rightarrow 0$  event を作って、崩壊率、アクセプタンス、fiducial volume の関係を得たい。

- ◆ simulation condition

- $10^{**6}$  の  $K_L \rightarrow 0$  を作る
- E391aと同じdetector 形態、calorimeter はfiducial volumeの後方のみ
- Beam Hole の半径は20cm

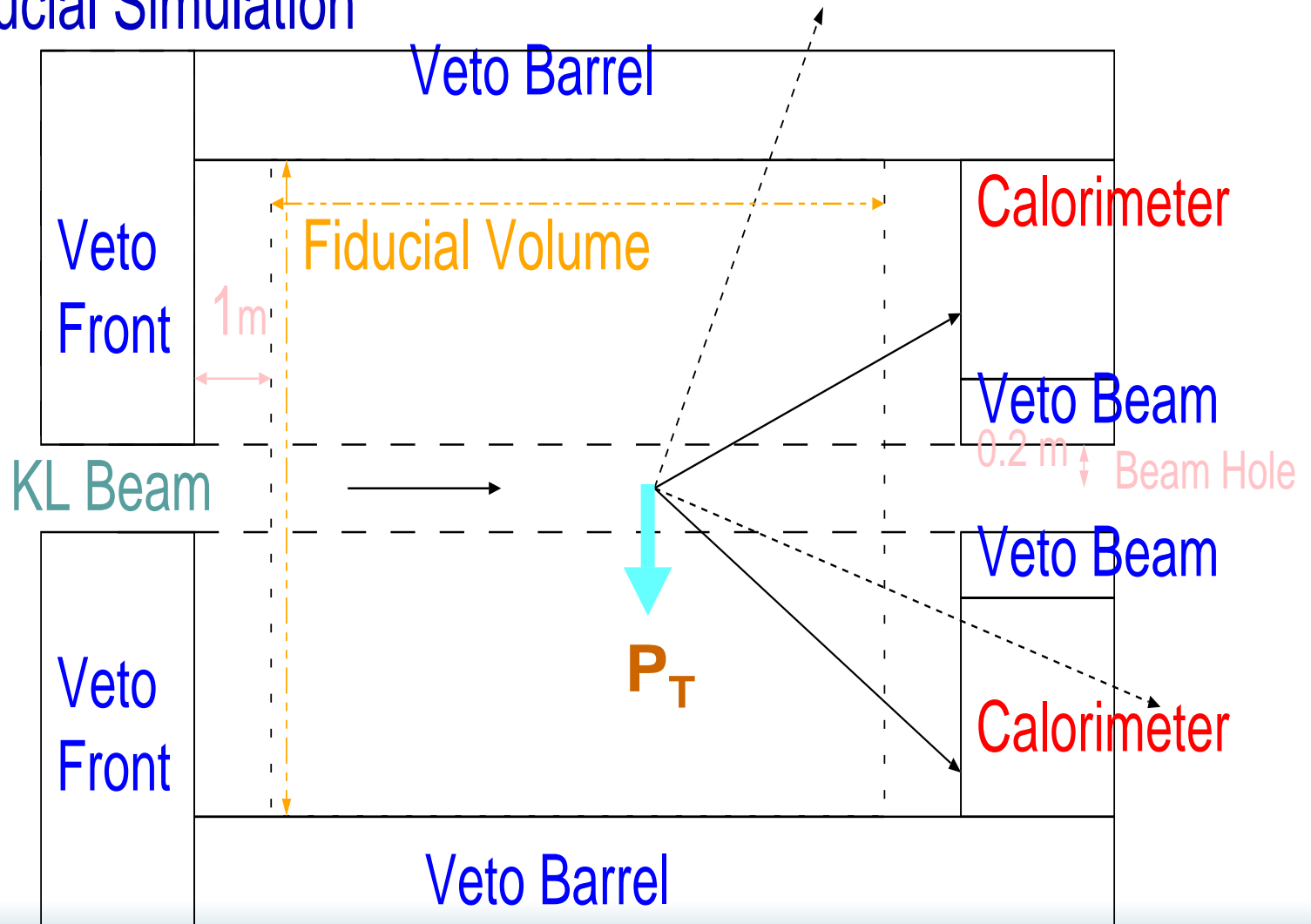
2003/12/22

2003 Year End Presentation

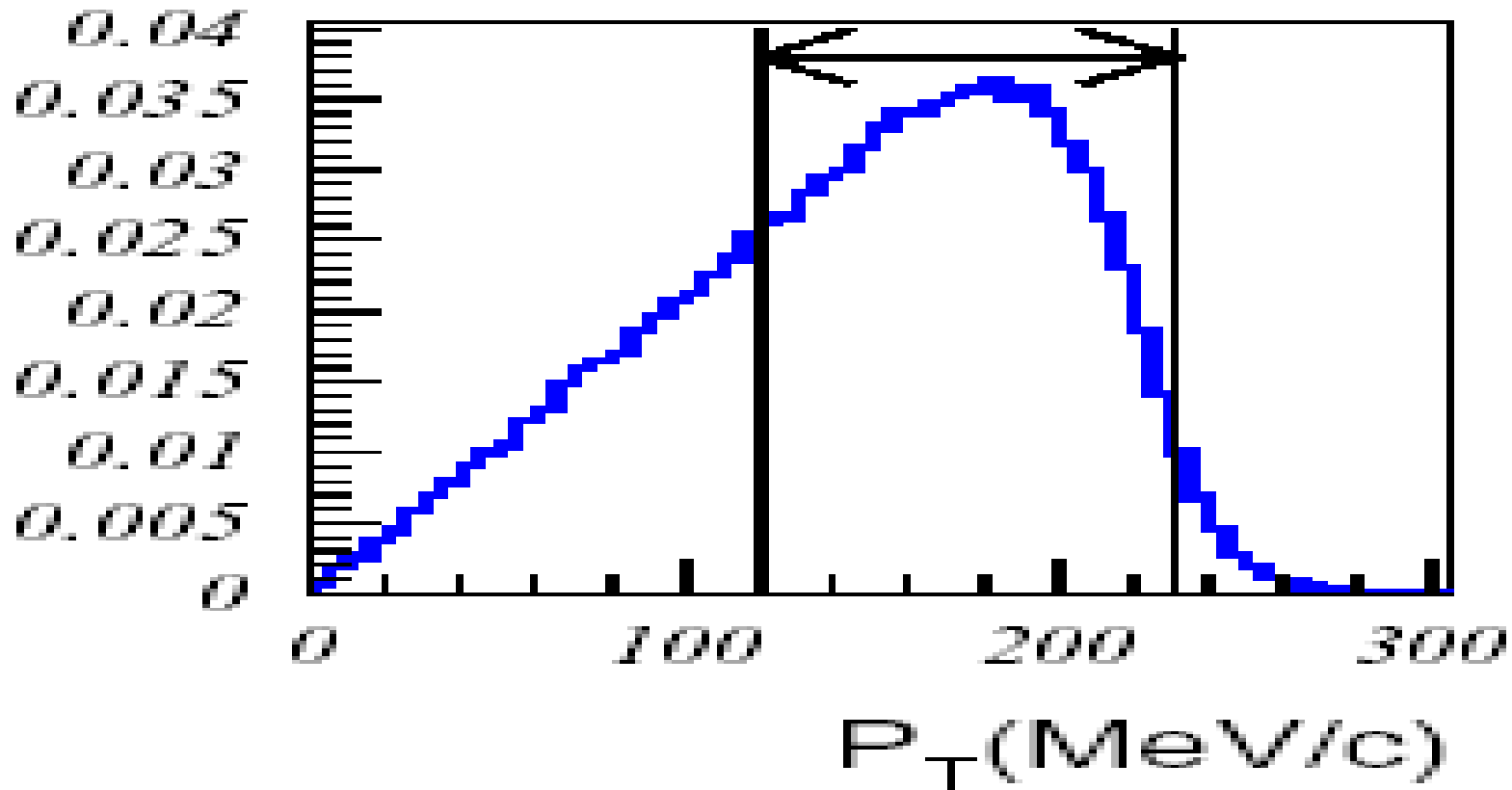
2003/12/22 05:49 -tmpphorkl-n2para-bef33633300-f382



# Fiducial Simulation



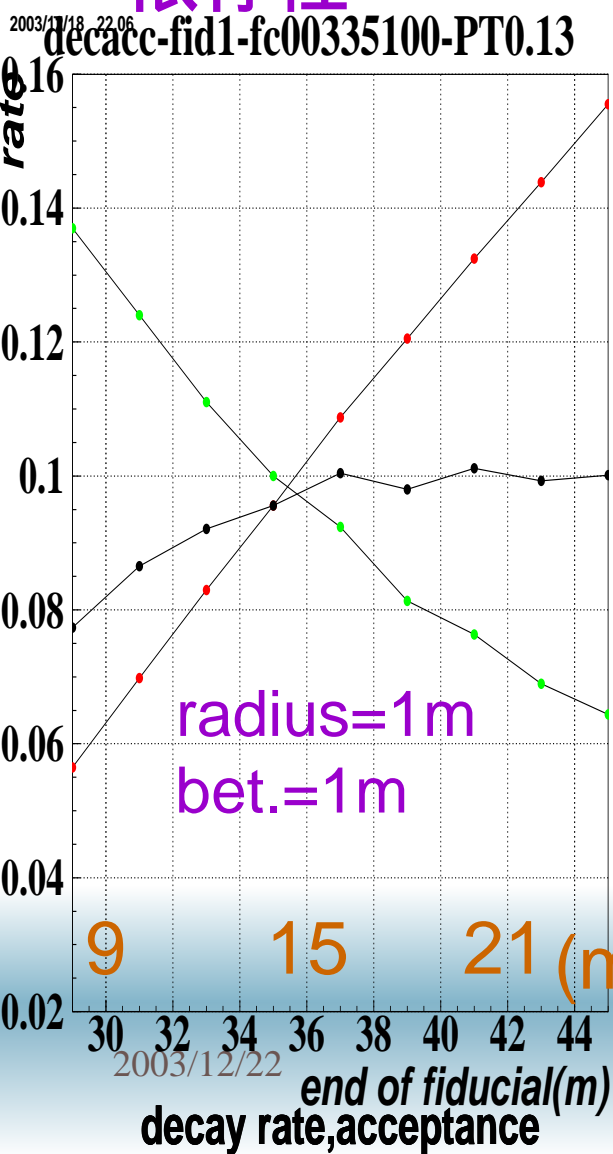
# $P_T$ 分布とカットの例 (E391a simulation)



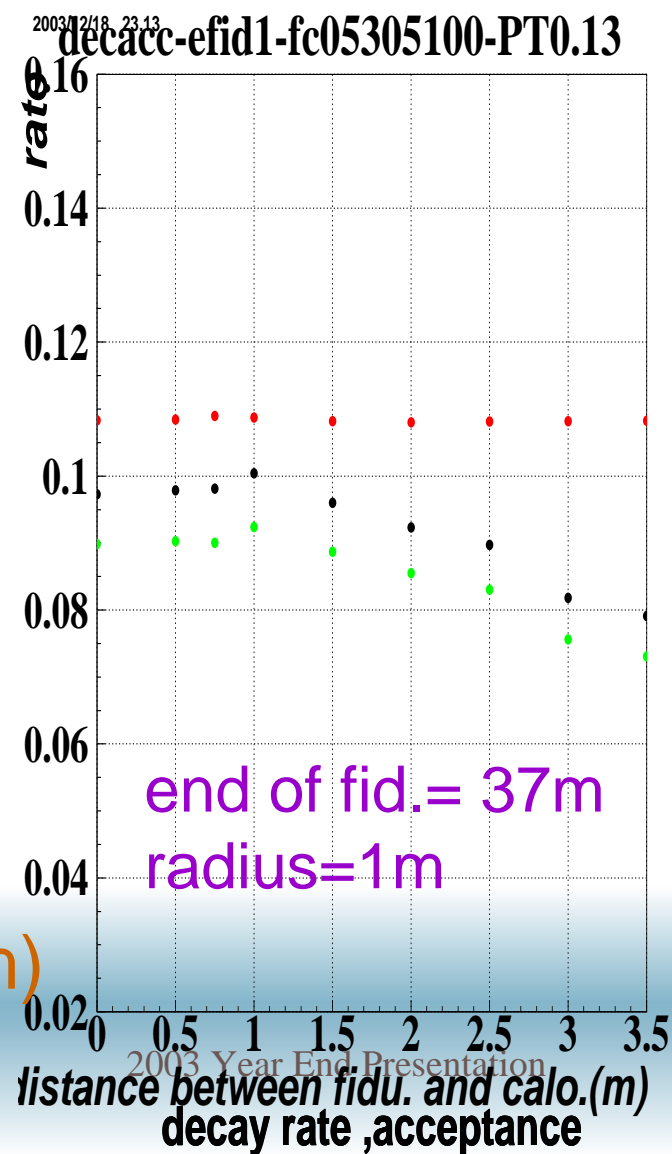
今回は130MeV/c でカットをかけたときの例を示す。

赤:decay rate 緑:acceptance 黒:10xdecayratexacceptance

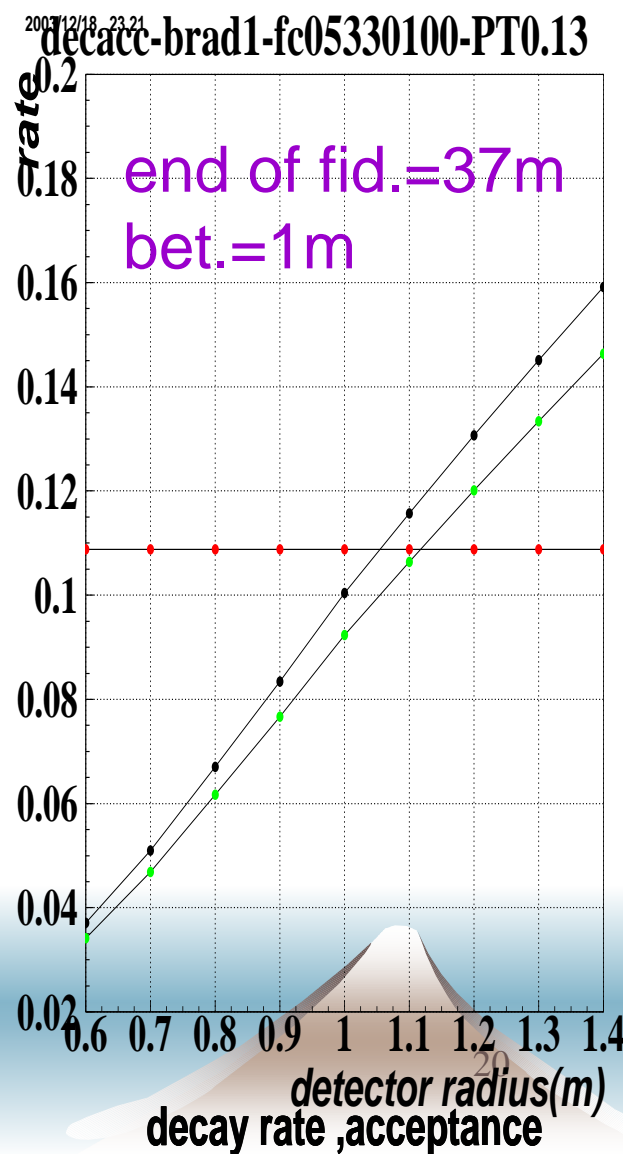
Fiducial length  
依存性



distance bet. fidu.  
end and calo. 依存性



radius  
依存性



# 5.future

- ◆ 現在のsimulationは最適化されていない  
→ 最適化を施す必要がある
- ◆ calorimeter region を下流面だけでなく側面まで増やすとアクセプタンスを大幅に増やすことができる。2 の方向をstudyして効率のいい配置を考えなければならない
- ◆ background studyを進める
  - S/N を上げるために  
→ 角度を見ることができれば、抑えることができる