

J-PARC E16実験ハドロン検出器のための エアロゲル・チェレンコフ検出器の開発

中村祐喜(東工大), 徳田真(東工大),
岩崎雅彦(理研/東工大), 佐久間史典(理研),
河合秀幸(千葉大), 田端誠(千葉大)

●動機

●エアロゲルチェレンコフカウンターの開発

●SPring8/LEPSでの性能評価実験

●まとめ

動機

●J-PARC E16 実験

→ 核媒質中での ϕ 中間子の質量変化を電子対を用いて調べる

ϕ 中間子に関する話題

✓ レプトン対スペクトラムにおける質量変化

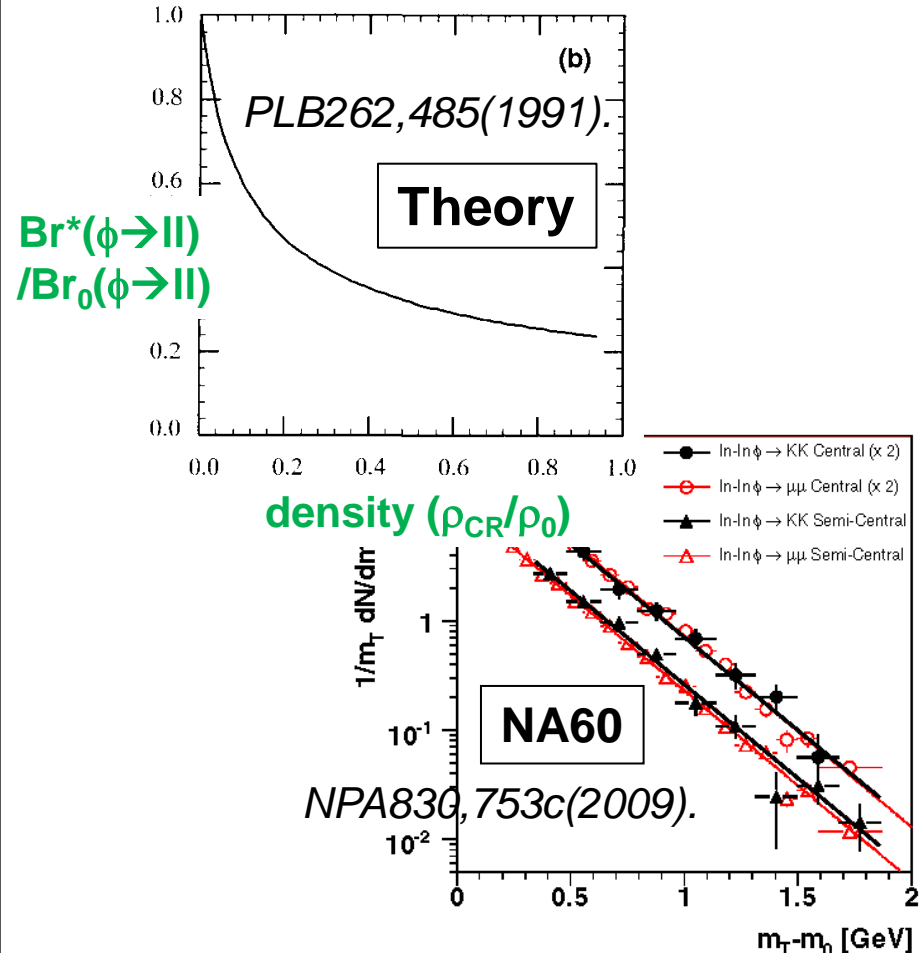
✓ $Q_{\phi \rightarrow K+K^-}$ が小さい ($32 \text{ MeV}/c^2$) ことにより、 ϕ/K 中間子のスペクトル変化が崩壊幅に影響を及ぼす、

i.e., Γ_{\parallel} vs Γ_{KK} [ϕ パズル]

● e^+e^- 測定に加えて K^+K^- 測定も行うことは、核媒質中での ϕ/K 中間子の性質を調べる上で非常に重要となる

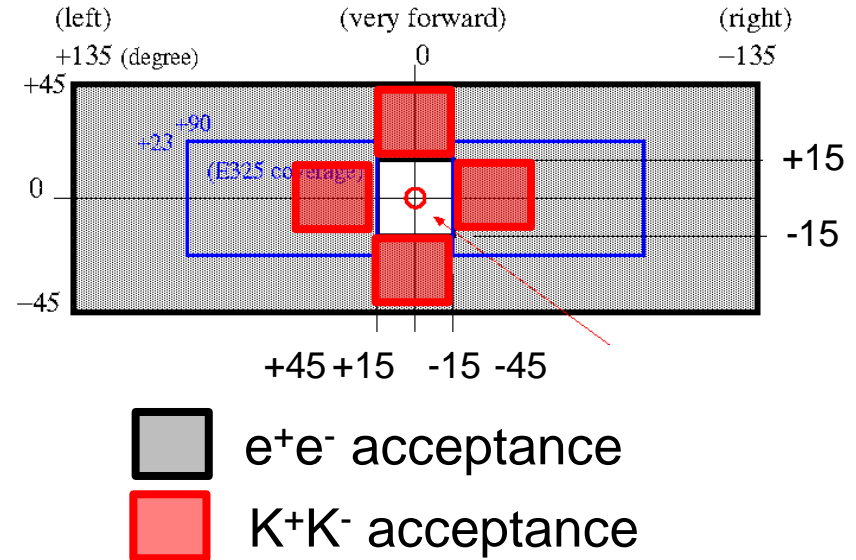
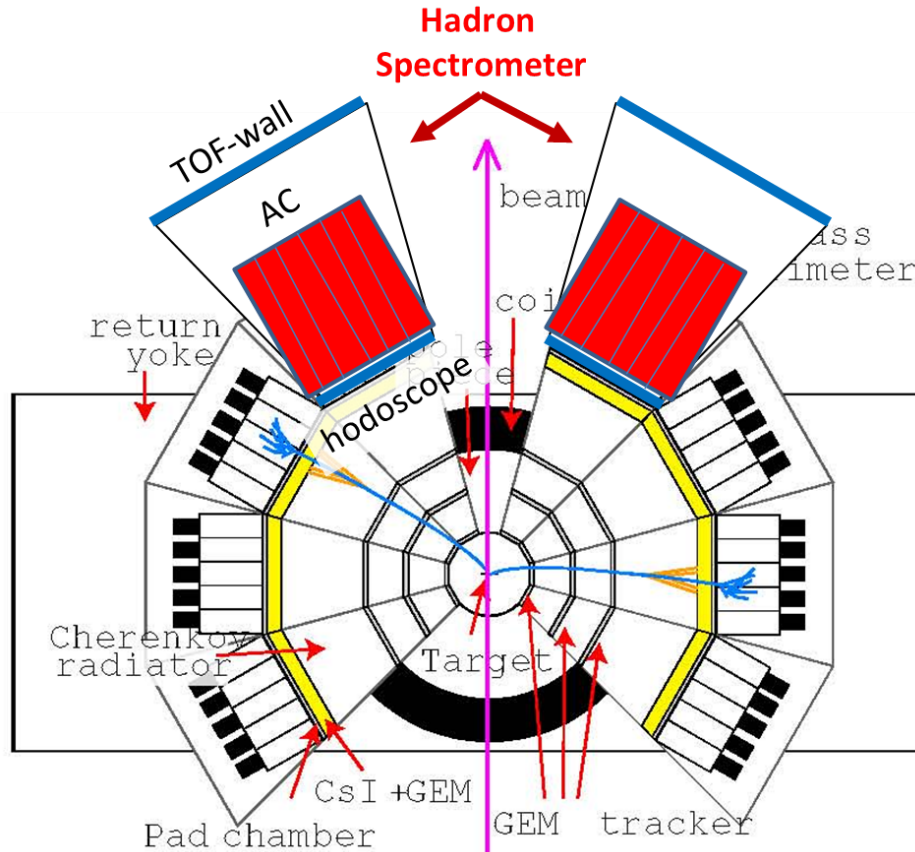
E16実験における
ハドロンスペクトロメーター
の導入を考える

ϕ/K 中間子のスペクトラム変化に起因する、 $\phi \rightarrow \parallel / KK$ の崩壊幅の変化?



- AA反応(高温側)での結果は否定的。
- pA反応(通常核密度)では?

E16ハドロンスペクトロメーター・アップグレード



--- K中間子同定検出器に対する要求 ---

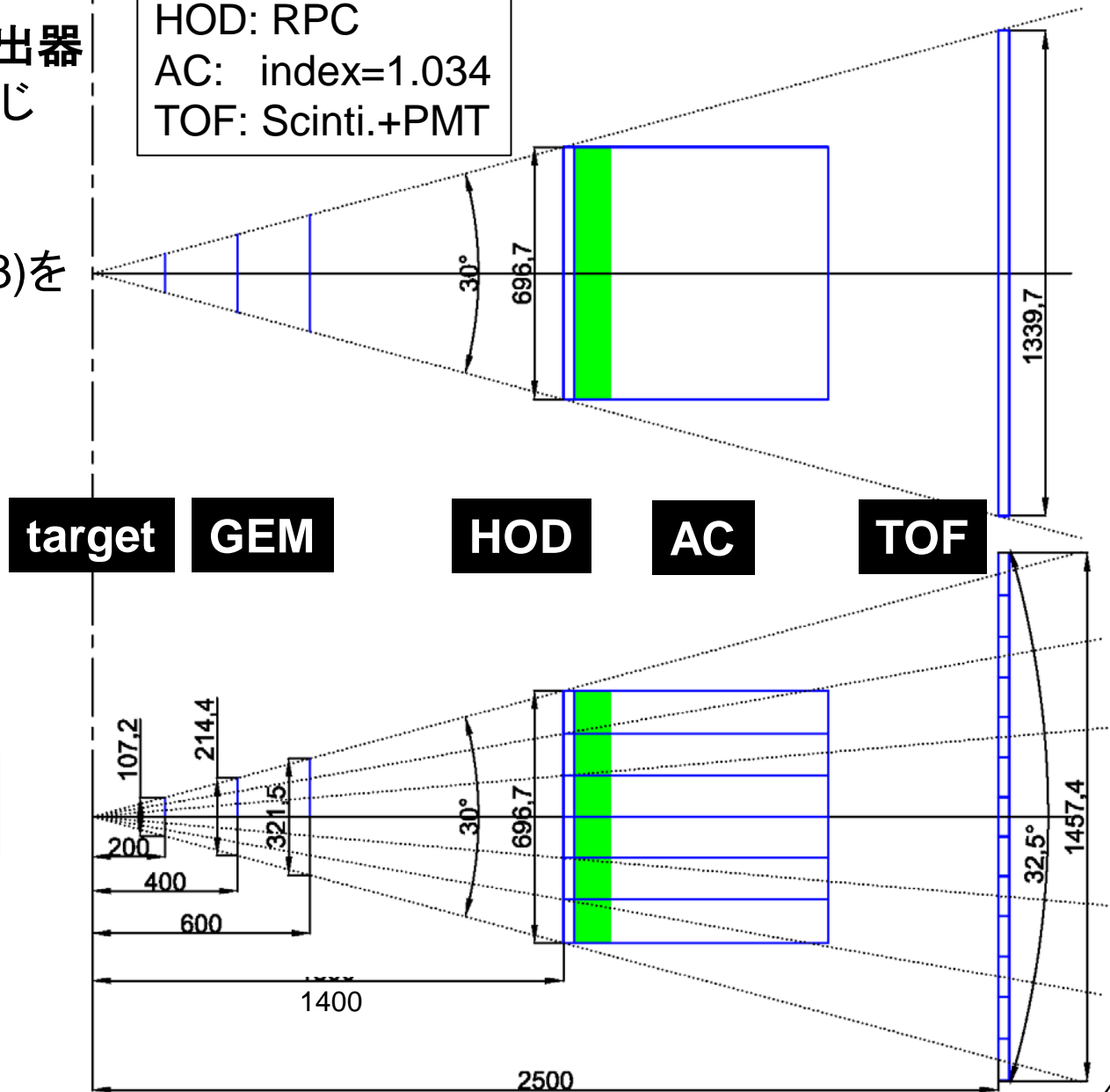
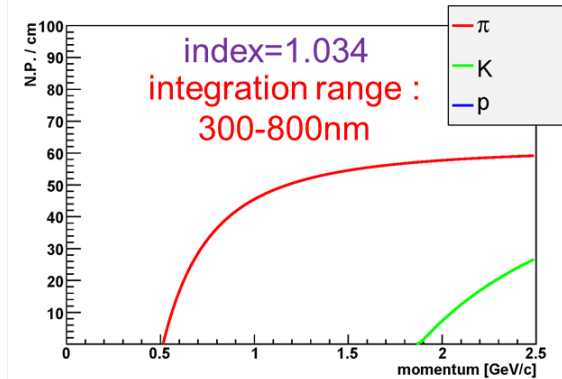
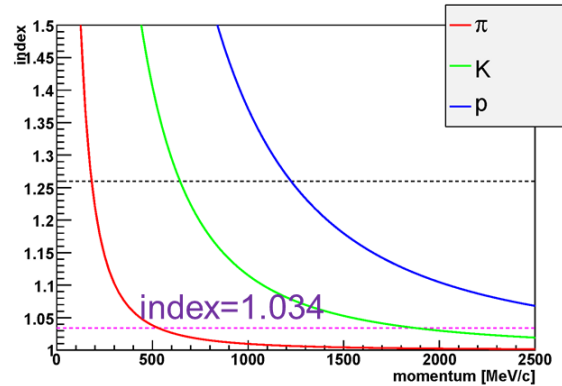
1. KKトリガーを生成する、閾値型エアロゲル・チェレンコフ検出器 (veto counter)
2. 磁場中で動作
3. 小さく、コンパクトな分割型検出器

エアロゲル・チェレンコフ検出器

エアロゲル・チェレンコフ検出器

- ✓ KEK-PS E325実験と同じ
n=1.034を使用
- ✓ 70x70cm²を6つに分割
- ✓ 3インチFM-PMT(R5543)を使用

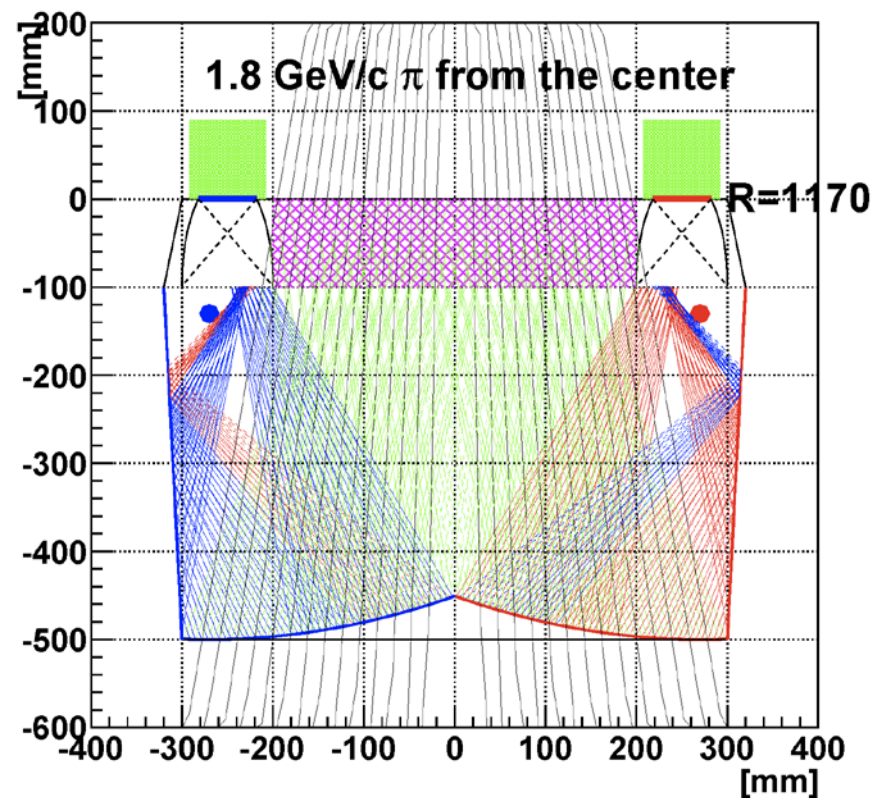
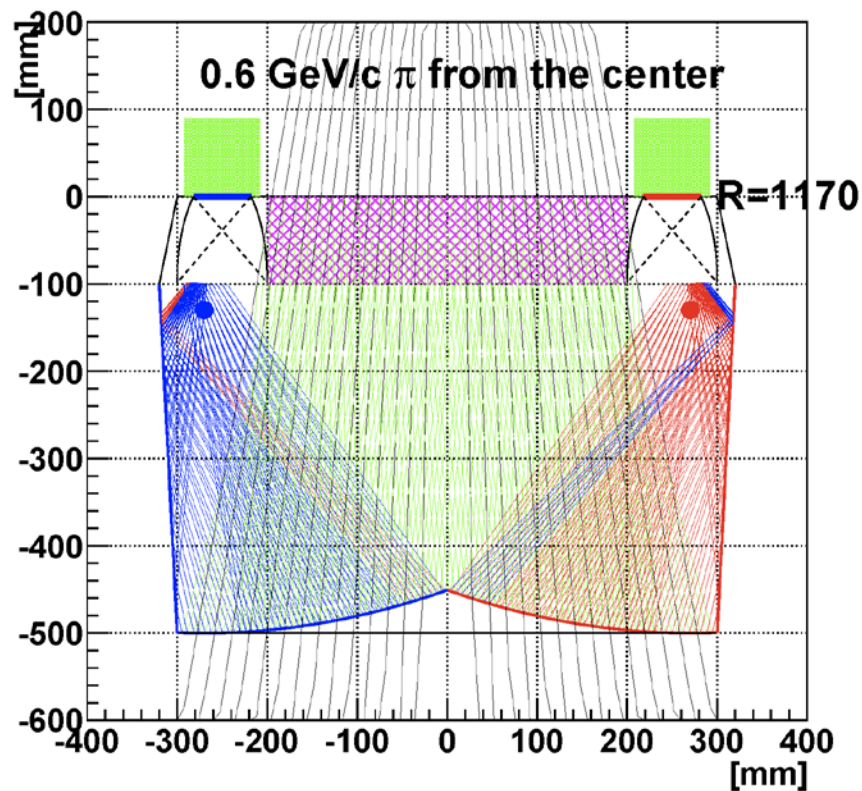
HOD: RPC
AC: index=1.034
TOF: Scinti.+PMT



エアロゲル・チェレンコフ検出器の光学計算

まずは、小型プロトタイプで性能評価

K中間子の運動量0.6~1.8GeV/cで集光率100%を目指す。(小型化が課題)

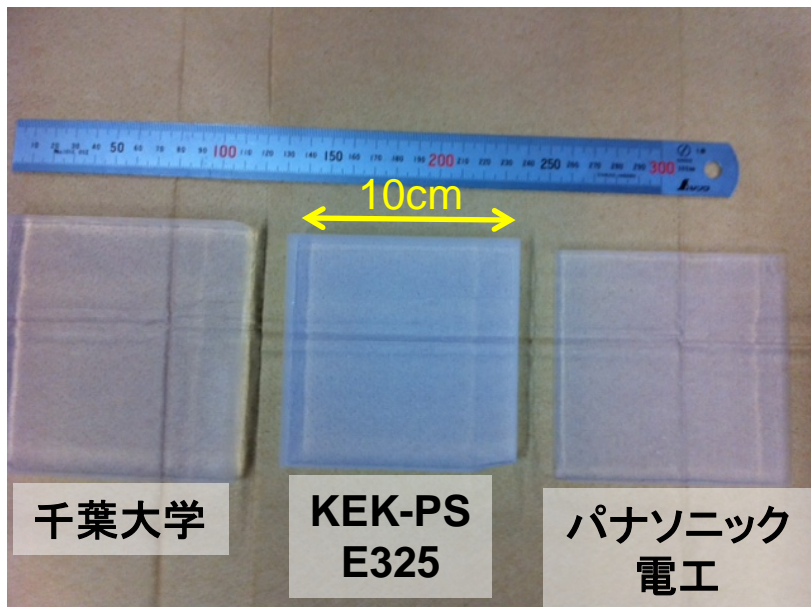


parabolic mirror + flat mirror + Winston Cone

用いたエアロゲルとプロトタイプ

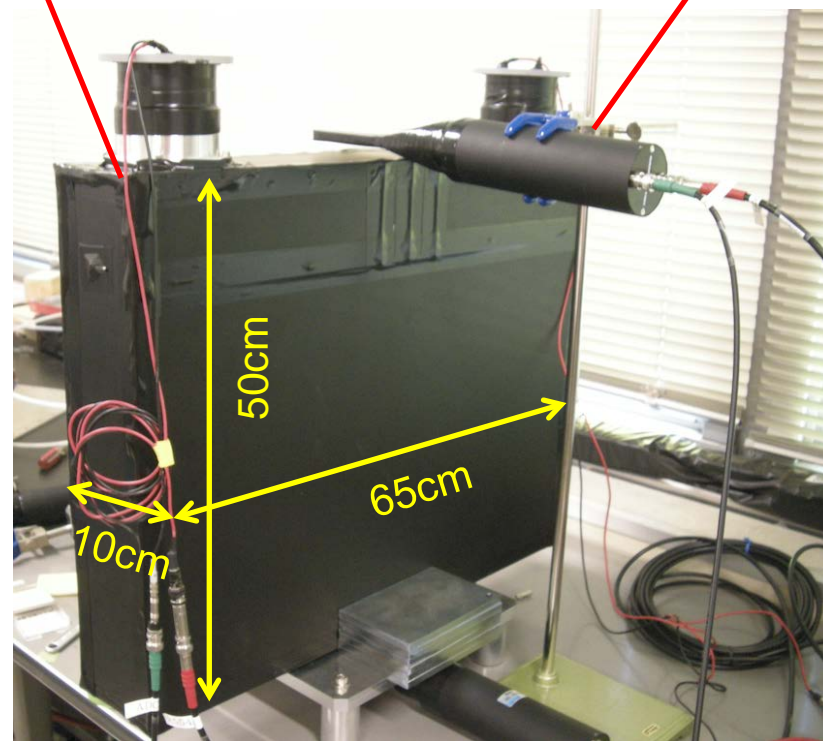
3つのエアロゲルで性能評価:
($n \sim 1.034$):

- 千葉大学 ← この結果を報告
- KEK-PS E325
- パナソニック電工



Transmission length @400nm

千葉大学	KEK	パナソニック
65 ± 2mm	25 ± 4mm	21 ± 2mm

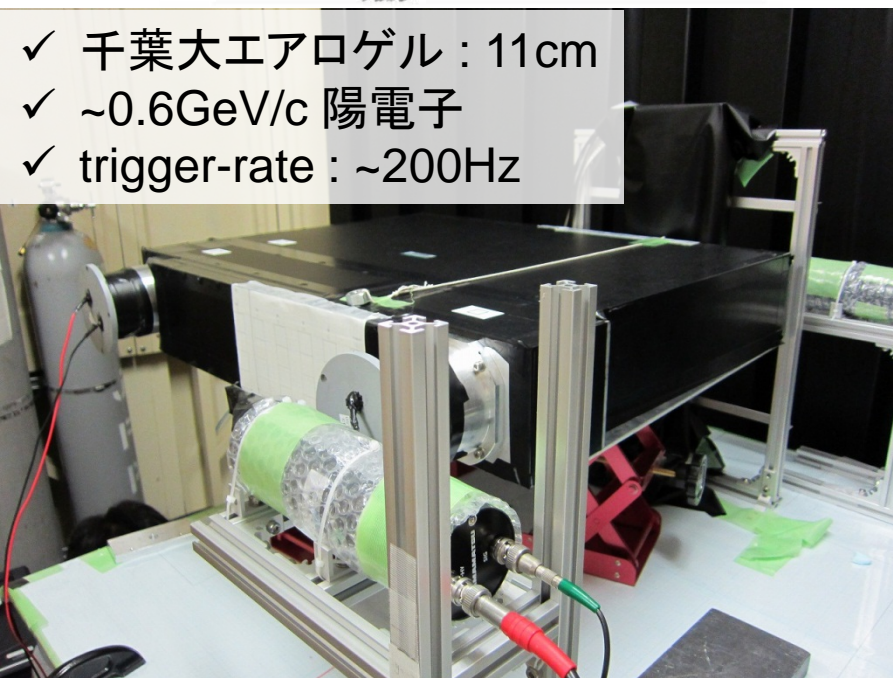
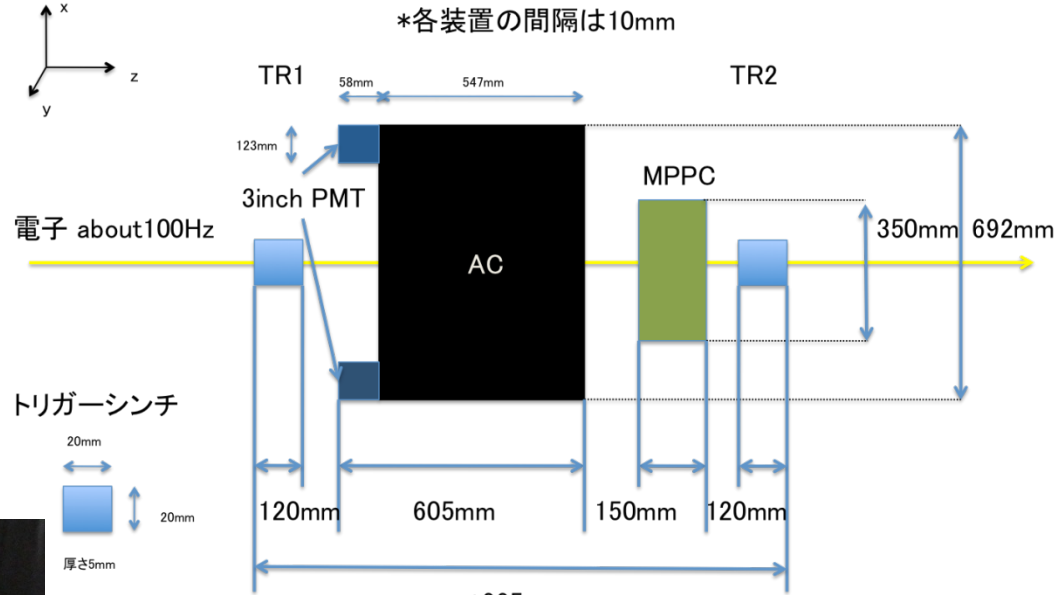
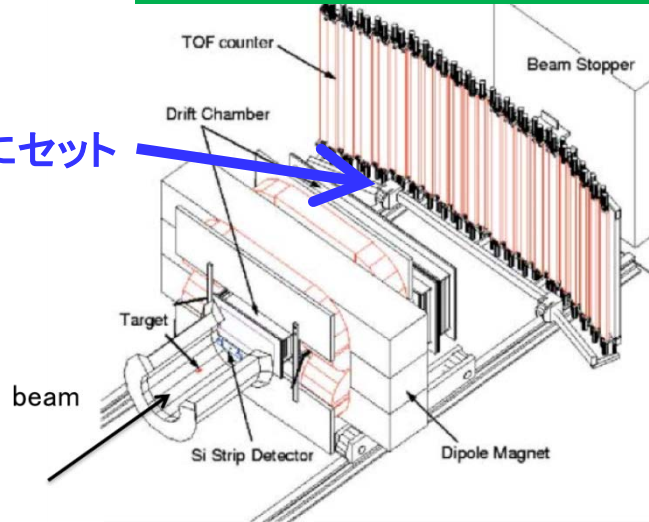


千葉大エアロゲル: PMTのQ.E.とtrans. len.の掛け合わせからは、 $L=11\text{cm}/\beta=1$ の時に# of p.e. ~ 34 が期待される

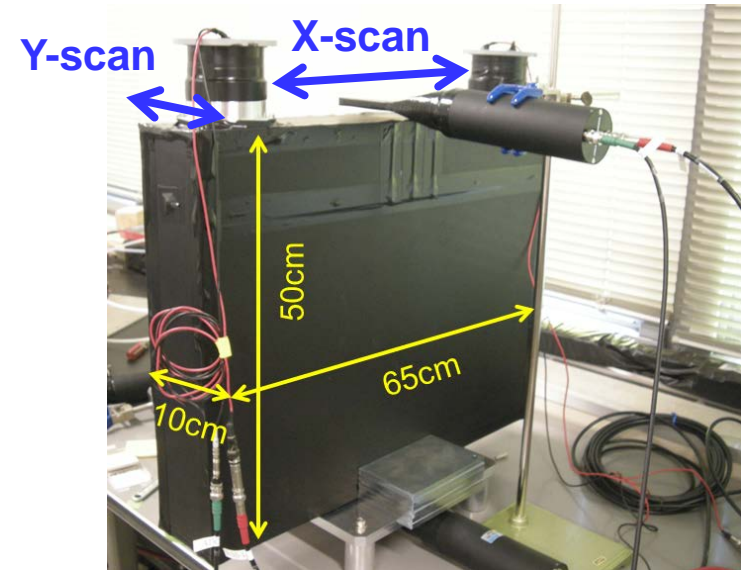
SPring-8/LEPSでのテスト実験

光量/効率の入射位置依存性を見るのが主な目的

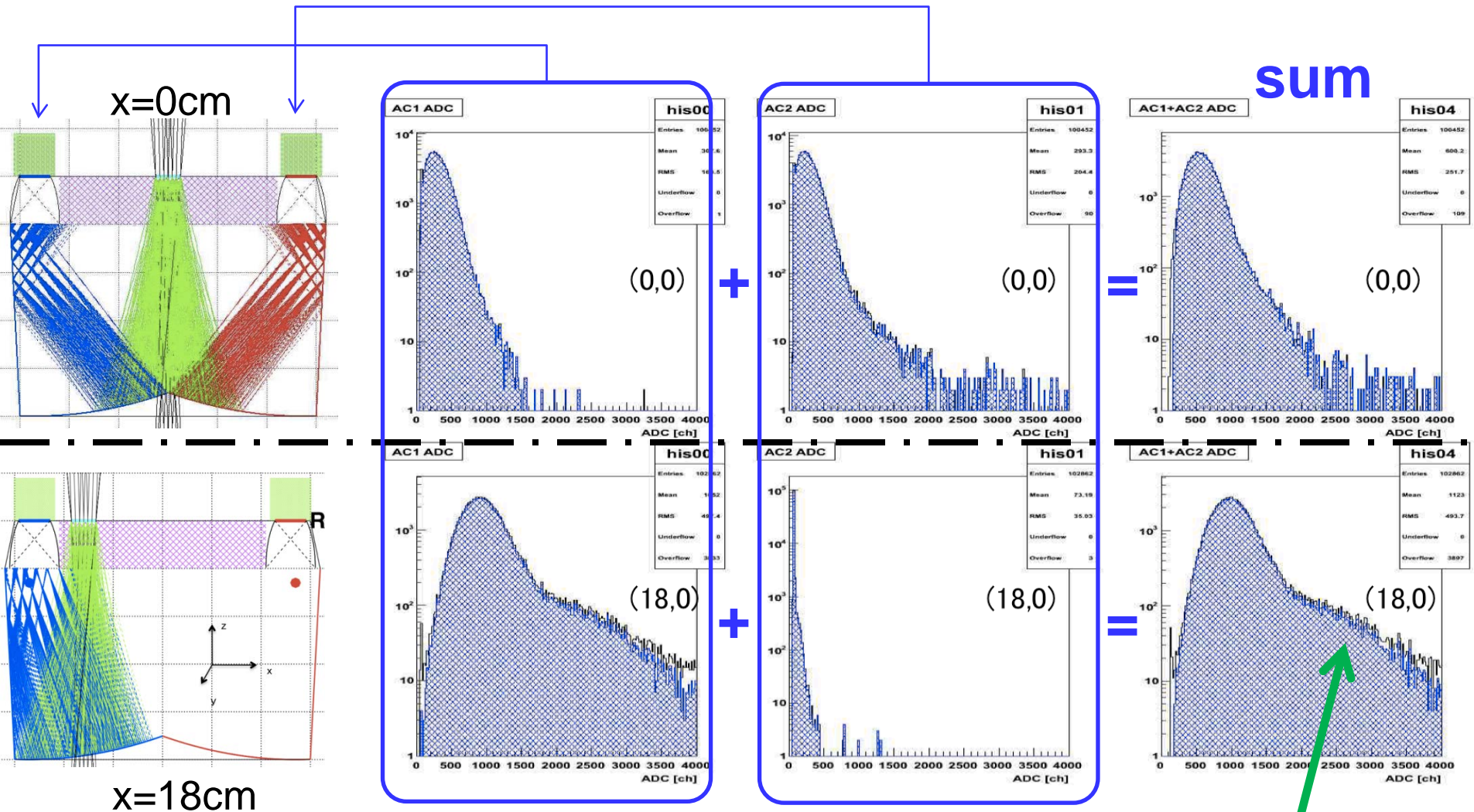
ここにセット



- ✓ 千葉大エアロゲル : 11cm
- ✓ ~0.6GeV/c 陽電子
- ✓ trigger-rate : ~200Hz



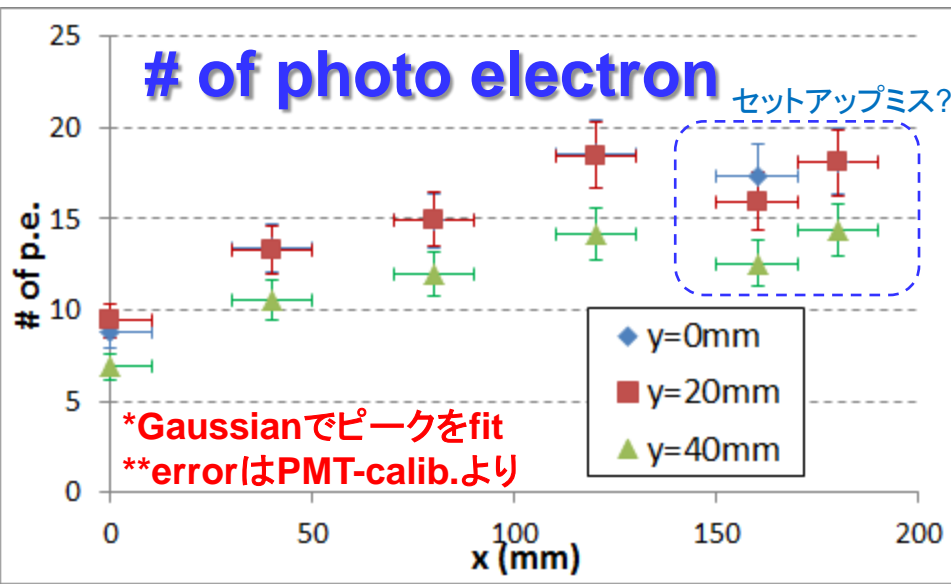
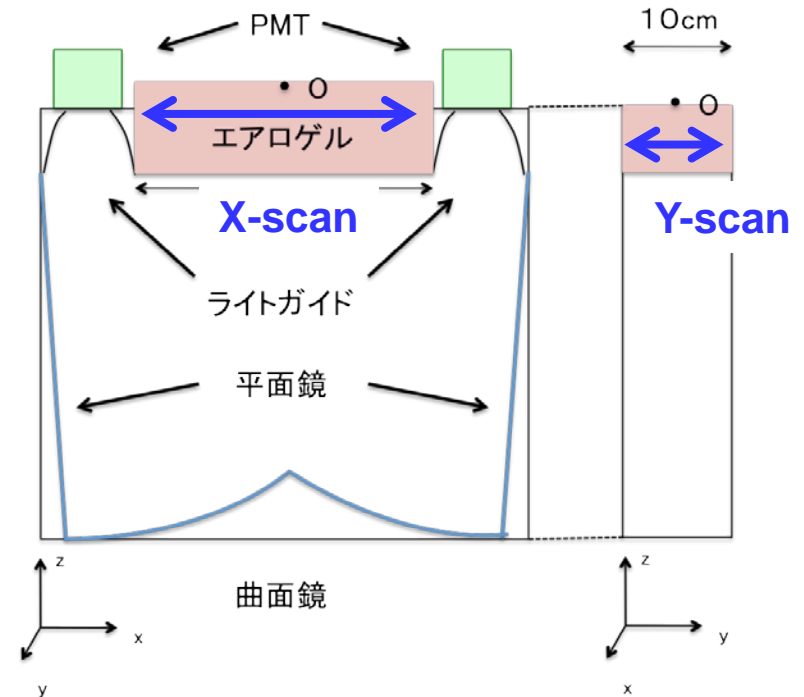
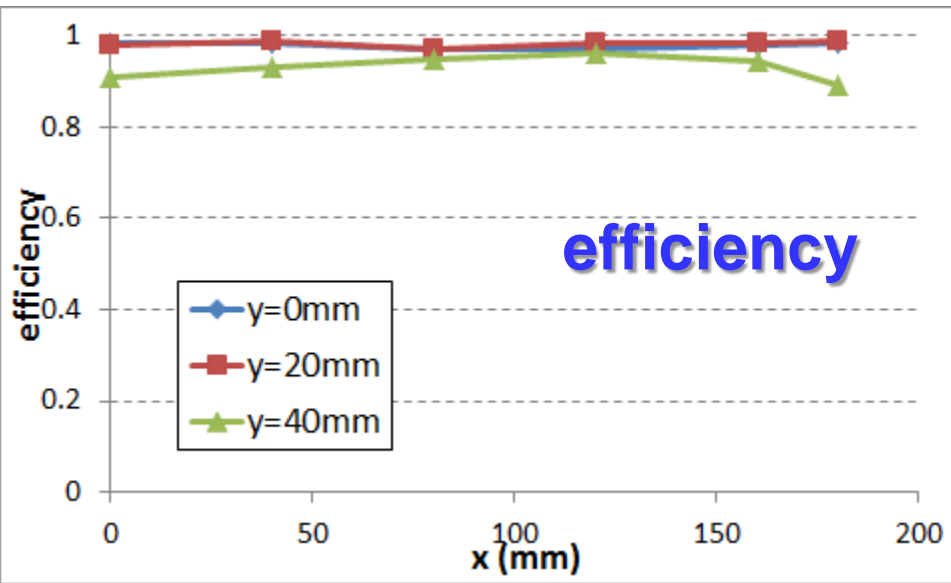
例)ADCスペクトラム



- Gainで横軸をp.e.に直して光量を得る
- どちらかのPMTに1p.e.相当以上の光量がある場合をhitと見なす。

10%程度、2track以上が1eventに混入?

効率/光量の位置依存性



- $y=0/20$ では $\text{eff.} > 95\%$ を達成。しかし $y=40$ で90%程度まで低下。ウィンストンコーンの開口率が問題か？
- $y=0/20$ では $\sim 10\text{p.e.}$ 以上を達成。しかし $y=40$ の時は2/3程度まで低下。
- 中心部分ほど光量が低下する。反射回数が多くなるためだと思われる。

まとめ

- E16に新たにハドロンスペクトロメーターを組み込むことによって $\phi \rightarrow e^+e^-/K^+K^-$ 両測定を可能にし、核内物質中における ϕ/K 中間子のスペクトラル関数の変化を検証する
- K中間子同定検出器として、 $n=1.034$ のエアロゲルを用いた反射式チェレンコフ検出器を開発している
- 小型プロトタイプを開発し、SPring-8/LEPSにおいてテスト実験を行った。その結果、一部の部分を除いて10p.e.以上の光量と、95%以上の効率を得ることが出来た。壁際の性能が低下する問題はウィンストンコーンの開口率のためであろうか？
- 現在、ウィンストンコーンを改良した実機サイズのプロトタイプ検出器の性能評価を行っている。

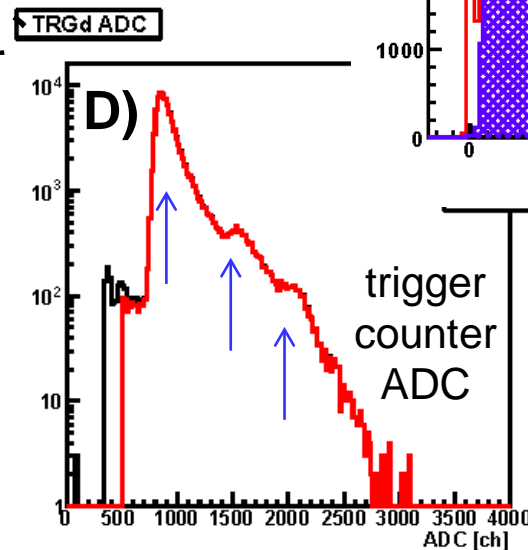
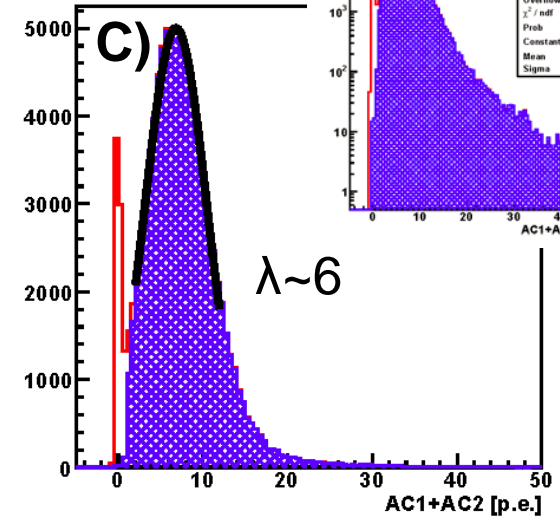
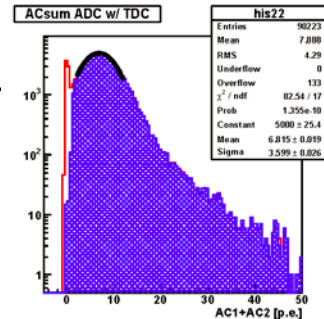
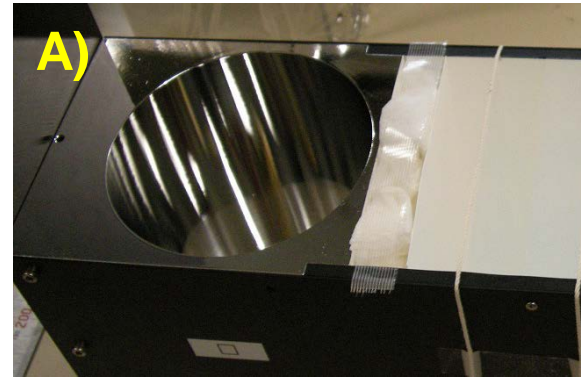
現在の問題点など

A) ウィンストンコーンの開口率が端で低い → 次のバージョンで広げる

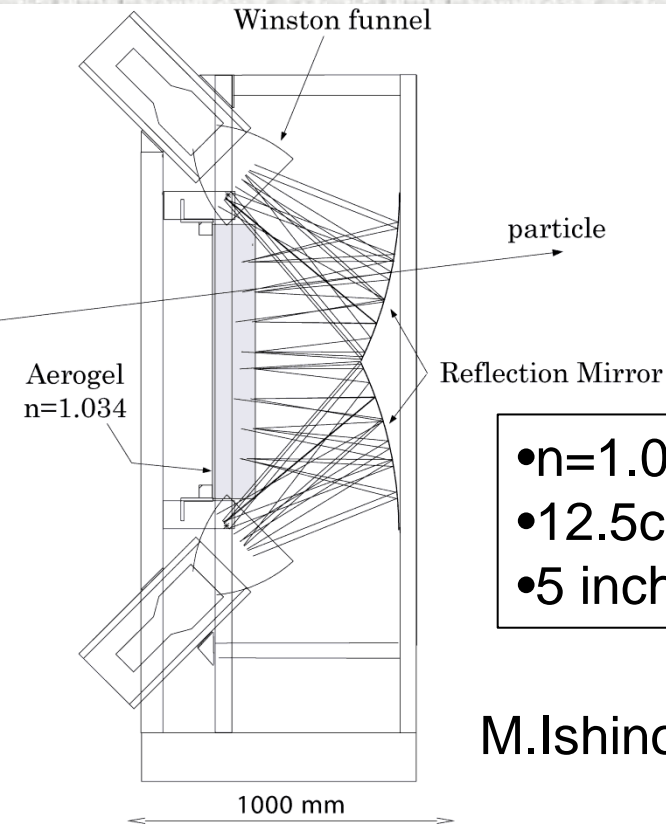
B) PMT calibration本当に正しいか? → 2インチPMT(H6410)との比較では正しそう。しかし10%のsystematic-errorは付く。要再check。

C) $\lambda \sim 6$ のポアソン分布にもかかわらず pedestalが多いのは? → 取り切れていないゴミを拾っている?

D) 2 tracks in 1 event??? → せいぜい10%程度

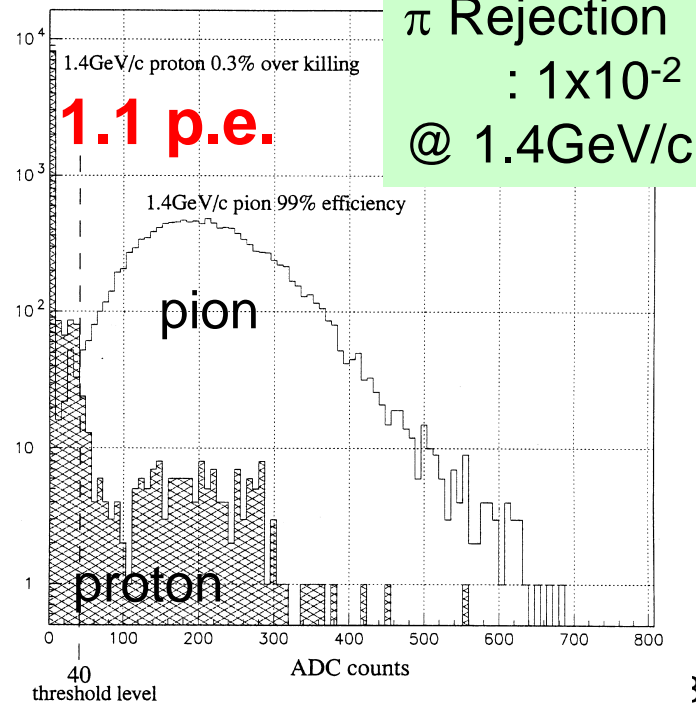
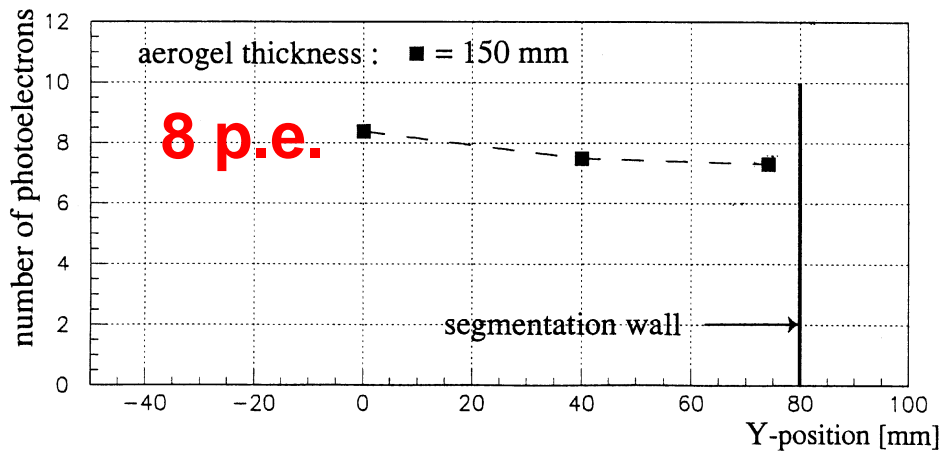
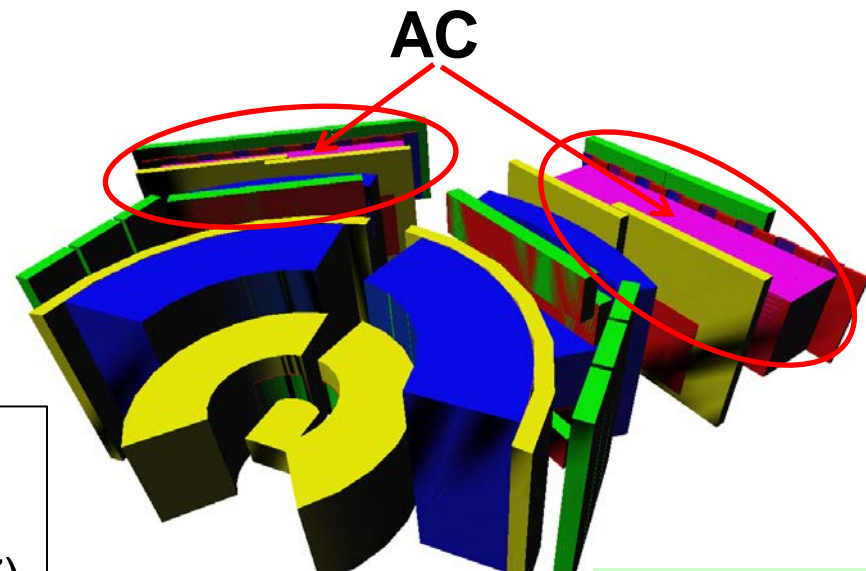


Minimum Goal : KEK-PS E325 AC



- $n=1.034$
- 12.5cm Aerogel
- 5 inch PMT (H6527)

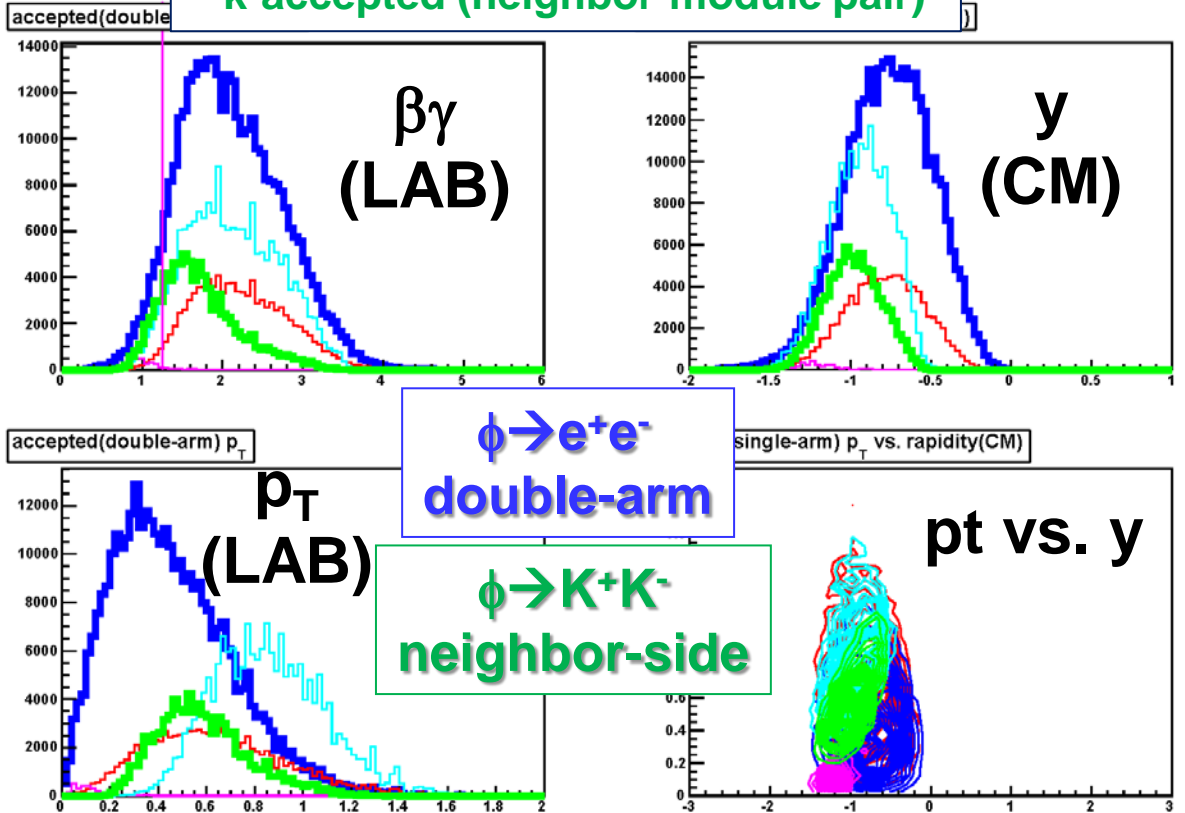
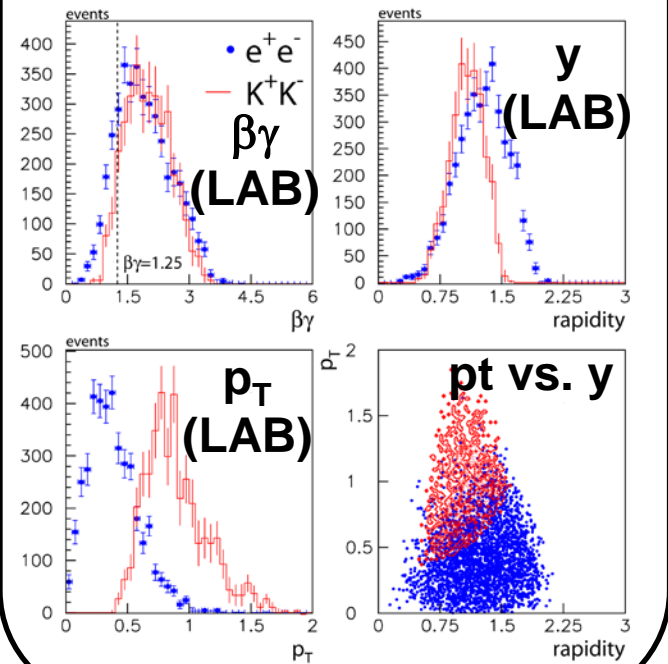
M.Ishino *et al.*, NIM **A457**, 581



$\phi \rightarrow e^+e^- / K^+K^-$ acceptance

- e-accepted (double-arm)
- e-accepted (single-arm)
- k-accepted (opposite-module pair)
- k-accepted (same-module pair)
- k-accepted (neighbor-module pair)

E325 acceptance



Improvement of the acceptance overlap between e^+e^- and K^+K^-

ϕ Puzzle

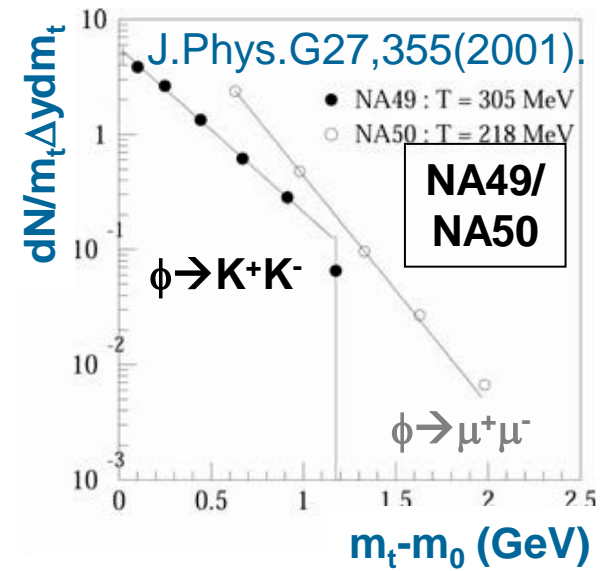
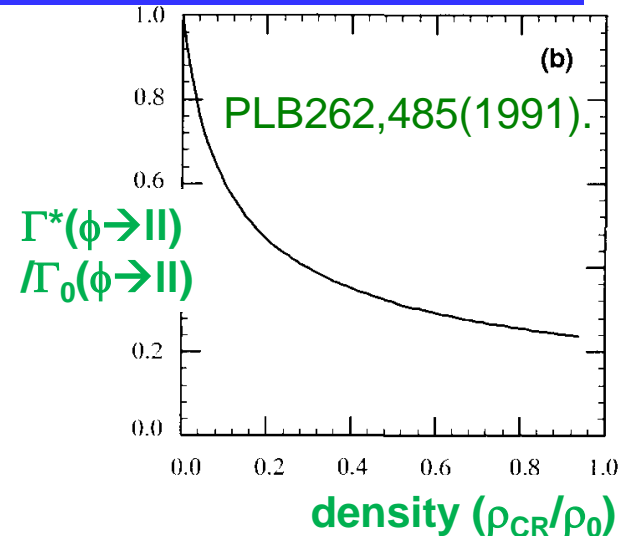
核物質中での ϕ または K のスペクトラル関数の変化によって、 $\phi \rightarrow \Pi/KK$ の崩壊幅が変化するのはではないか？

● theoretical predictions

- D.Lissauer and V.Shuryak, PLB253,15(1991).
 $\Gamma^*(\phi \rightarrow KK)/\Gamma^*(\phi \rightarrow \Pi)$ の増加
- P.-Z. Bi and J.Rafelski, PLB262,485(1991).
 $\Gamma^*(\phi \rightarrow KK)/\Gamma^*(\phi \rightarrow \Pi)$ の増加
- J.P.Blaziot and R.M.Galain, PLB271,32(1991).
 $\Gamma^*(\phi \rightarrow KK)/\Gamma^*(\phi \rightarrow \Pi)$ の減少
- etc.

● NA49/NA50 @ CERN-SPS

- PLB491,59(2000).; PLB555,147(2003).;
J.Phys,G27,355(2001).
- $\phi \rightarrow K^+K^-/\mu^+\mu^-$, 158A GeV Pb+Pb
- production CS's are **inconsistent**



ϕ Meson Measurements

Hot Matter

● CERES(NA45)@CERN-SPS

- PRL96,152301(2006).
- $\phi \rightarrow e^+e^-/K^+K^-$, 158AGeV Pb+Au
- production CS's are consistent

● PHENIX@BNL-RHIC

- EPJ,A31,836(2007).
- $\phi \rightarrow e^+e^-/K^+K^-$, $\sqrt{s_{NN}}=200\text{GeV}$ Au+Au
- production CS's are consistent

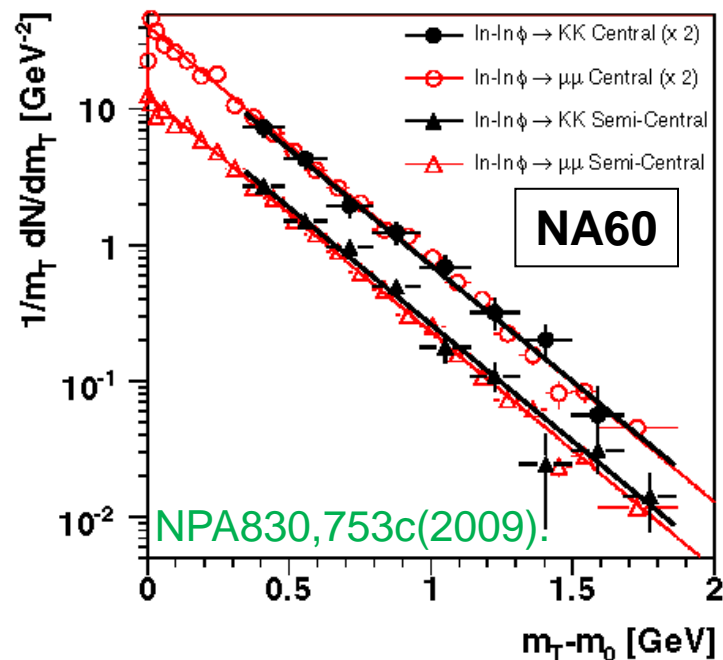
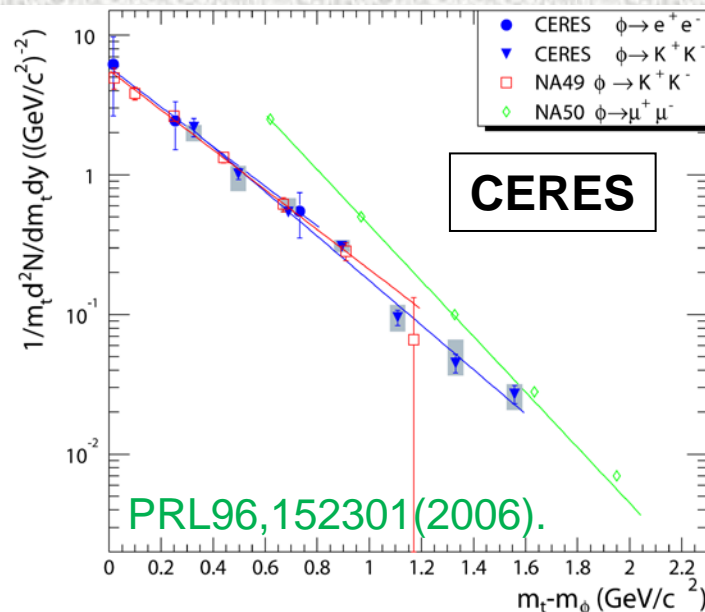
● NA60@CERN-SPS

- NPA830,753c(2009).
- $\phi \rightarrow \mu^+\mu^-/K^+K^-$, 158AGeV In+In
- production CS's are consistent

Cold Matter

● E325@KEK-PS

- PRL98, 152302(2007).
- $\phi \rightarrow e^+e^-/K^+K^-$, 12GeV p+C/Cu



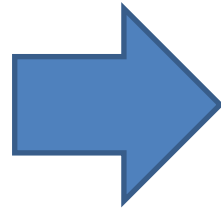
FM-PMT Calibration

FM-PMTは1p.e.見る事が不可能に近いので、
Poisson分布の性質を利用してcalibrationを行う

Poisson分布の確率関数

$$P(X = r) = \frac{\mu^r e^{-\mu}}{r!}$$

$$P(X = 0) = e^{-\mu}$$



より、

$$P(X = 0) = e^{-\mu} = \frac{N_0}{N_{all}}$$

を用いてPoisson分布の平均 μ
が出る。

LEDをPMTに照射した時にその
spectrumがPoisson分布に従うと
仮定し、pedestalの数 N_0 、全体
の数 N_{all} よりPoisson分布の平均
 μ を出す。これと、spectrumの平
均meanを用いることにより、

$$gain = \frac{mean - pedestal}{\mu}$$

よりgain、すなわち1p.e.あたり
のch数を求める。

実際の処方

- ① pedestalを取る。
- ② LEDでそこそこの光量を当てて、spectrumを取り、meanの値を出す。このときに、photo-cathodeに確実にphotonが届いていることがPoisson分布となるために必要。
- ③ ②におけるpedestalの割合(①を高さでnormalizeして出した)を用いて平均光電子数 μ を出し、①で得たpedestalの値と②で得たmeanの値を用いて 1p.e.あたりのch数を出す。
- ④ 絞ったLEDで1p.e.もどきのspectrumを取り、1p.e.をfixしてPMT-resolution σ を得る。

