

計画研究A05

KOPIO実験とその検出器開発の現状



Tadashi Nomura
Kyoto Univ.

Contents

- What is KOPIO?
- KOPIO R&D in Japan
- Prospects of KOPIO

What is KOPIO?

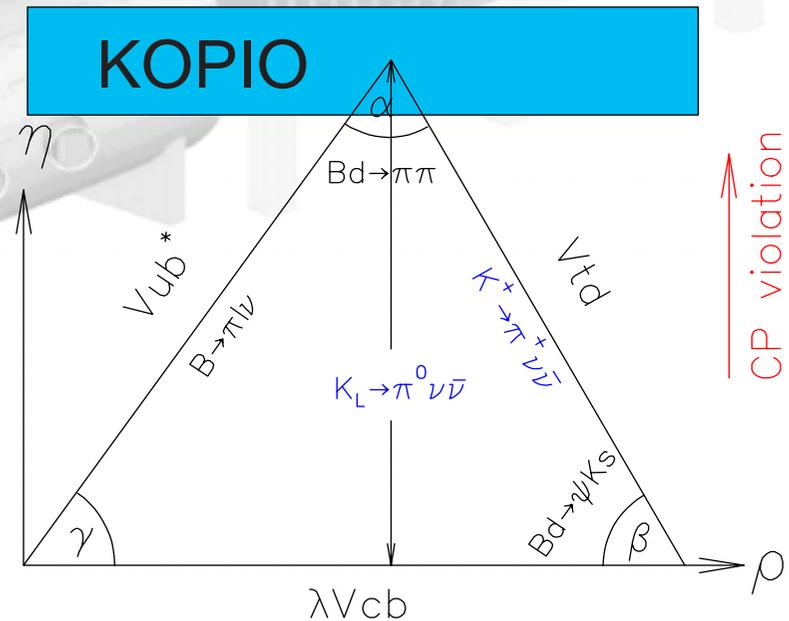
Physics in KOPIO



KOPIO = $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 測定実験 @ BNL

- Jarlskog不変量に比例
 - CP非保存を特徴付ける
- 理論的不定性が小さい
 - 標準理論を検証するスーパー
クリーンモードの一つ
 $K \rightarrow \pi \nu \bar{\nu}$, $B_d \rightarrow J/\psi K_s$, x_d/x_s
- Beyond the SMの探索
 - K系 (荷電・中性 $K \rightarrow \pi \nu \bar{\nu}$) と
B系 (内角測定) 三角形の比較

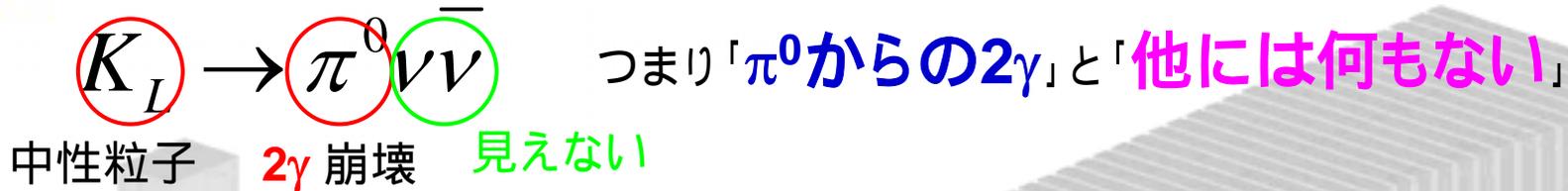
$$|J_{CP}| = |\text{Im} V_{ts}^* V_{td}| \lambda \left(1 - \frac{\lambda^2}{2}\right)$$



What is KOPIO?

KOPIO Concept

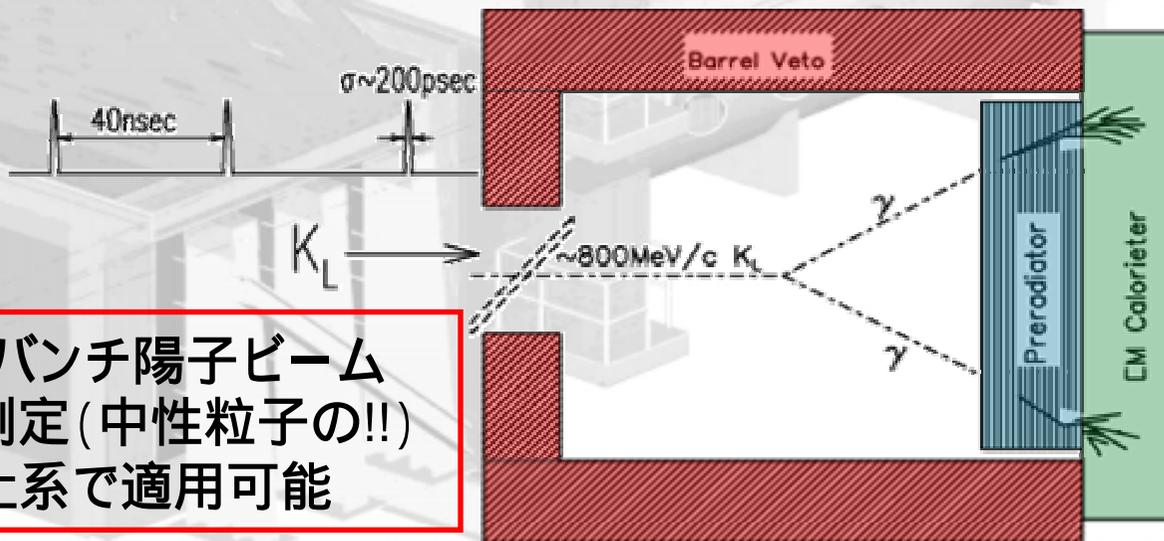
K_{KOPIO}



崩壊領域を覆うハーメチックVETO

K_L 静止系でのKinematics

マイクロバンチ陽子ビーム
TOF測定(中性粒子の!!)
 K_L 静止系で適用可能



2γ の vertex、
不変質量を
再構成

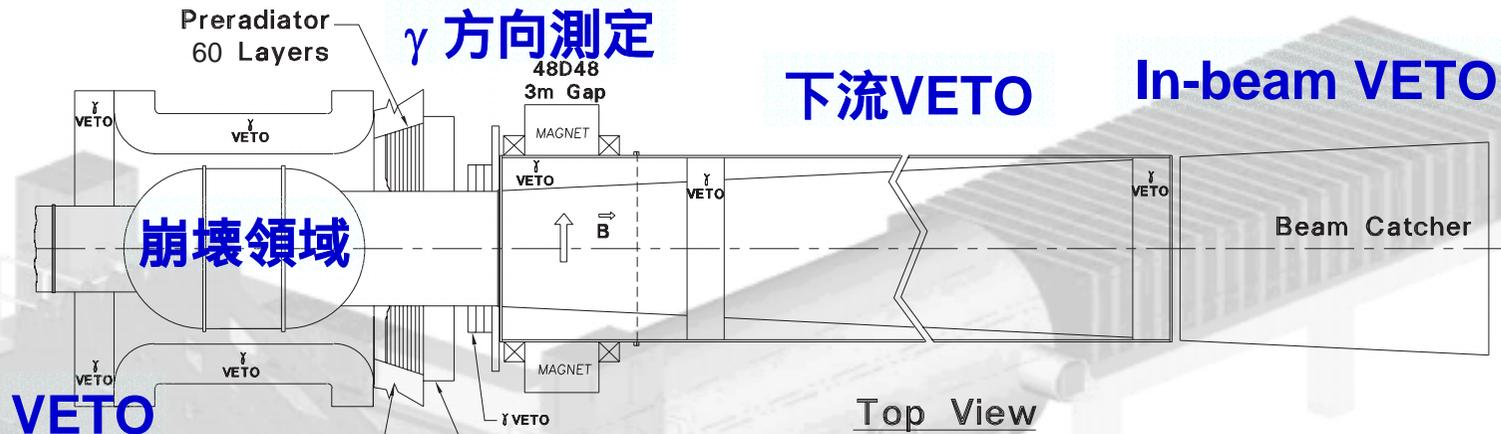
信号光子の位
置、エネルギー、
角度、時間を測
定

What is KOPIO?

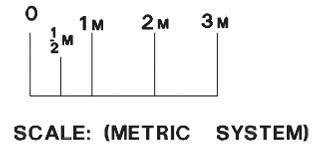
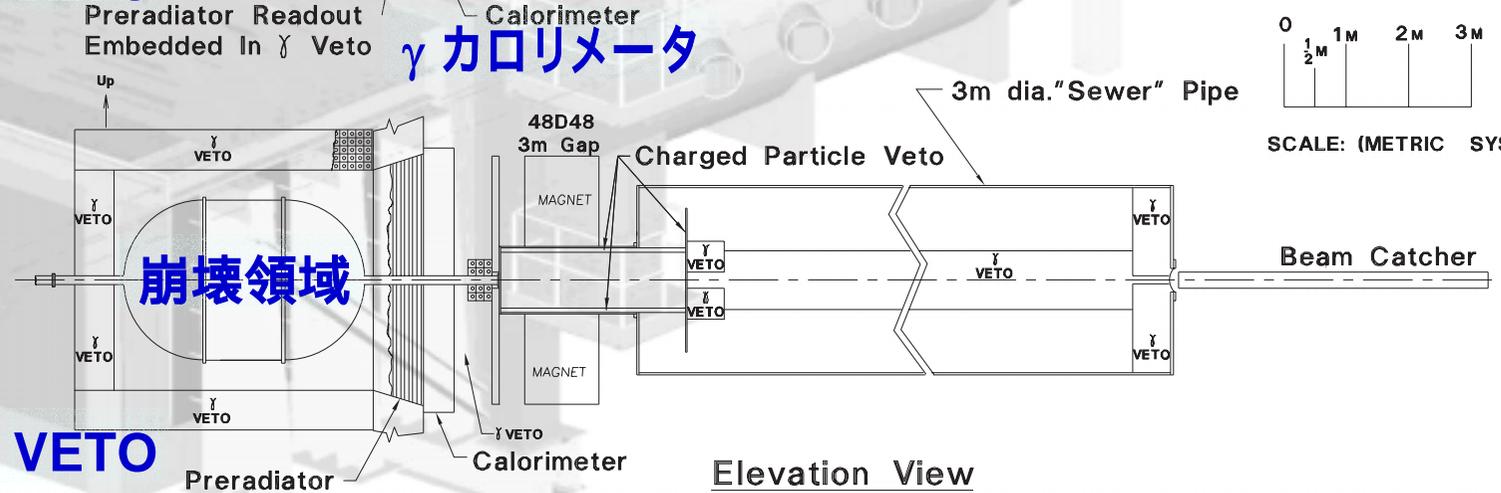
KOPIO Apparatus Drawings



平面図

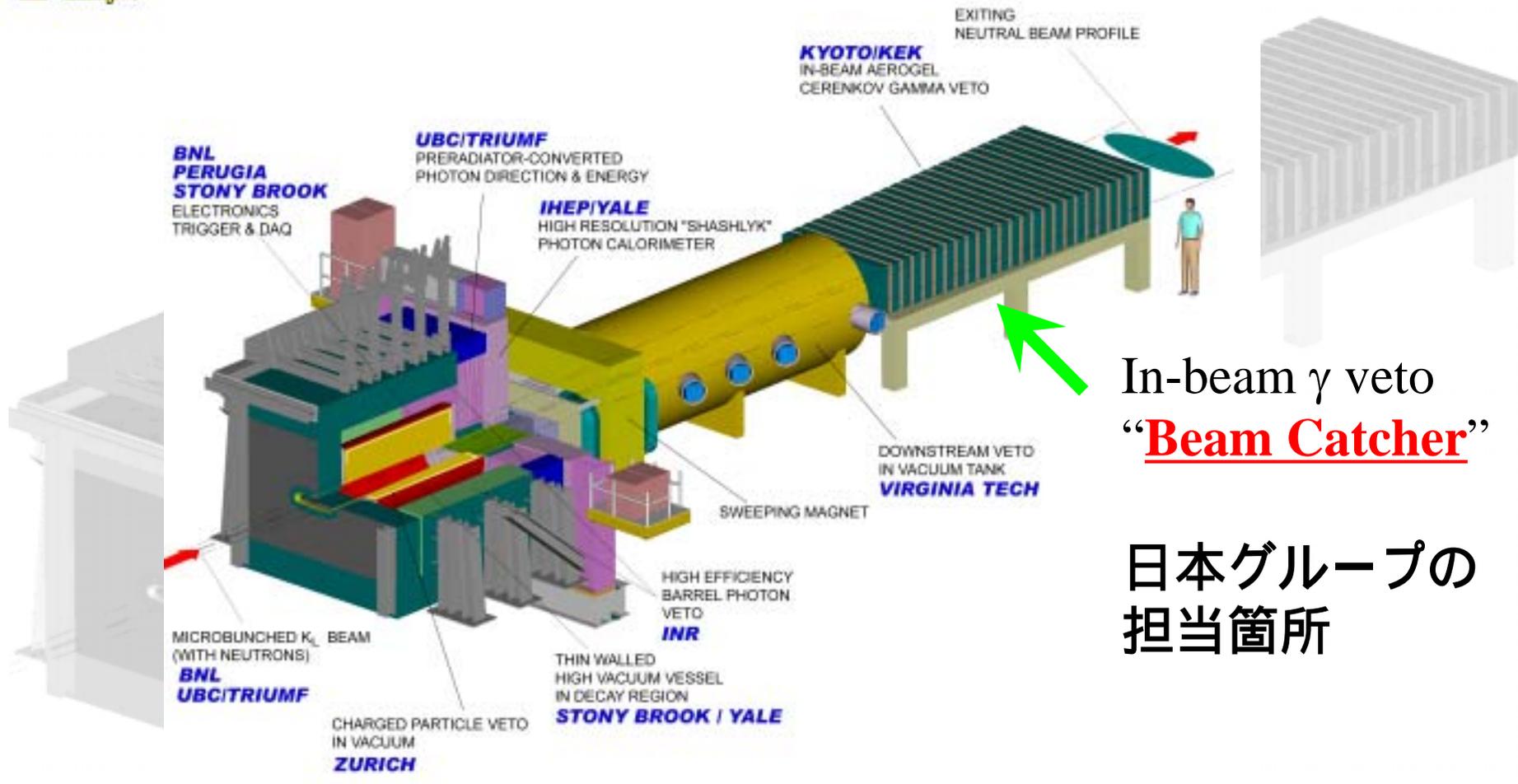


側面図



What is KOPIO?

KOPIO Apparatus with Institution Labels



March 4-5, 2003

特定領域「質量起源と超対称性の物理」研究会 (筑波大)

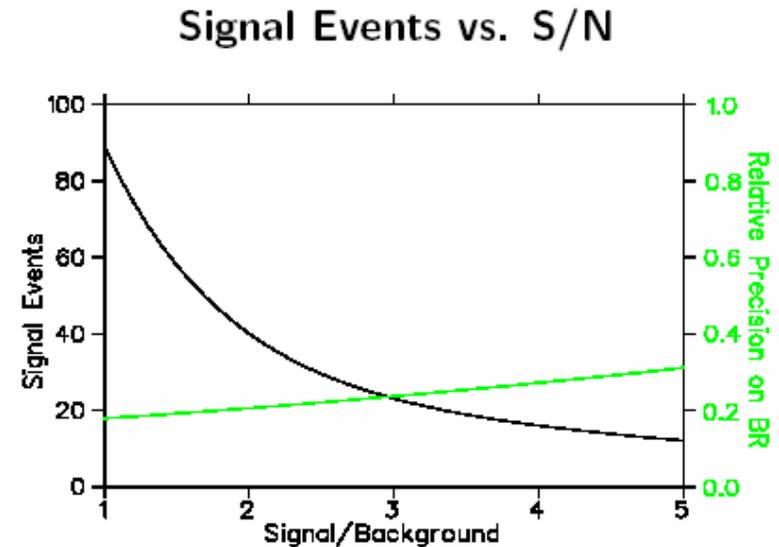
5

What is KOPIO?

KOPIO Goal



- 40 信号イベント
 - 陽子強度 100 TP / pulse × 6000 hours
- S / N 比 2
 - 予想されるバックグラウンドの内訳
 - $K \rightarrow \pi^0 \pi^0$ 13
 - $K \rightarrow \pi^0 \pi^+ \pi^-$ 1
 - $K \rightarrow \pi^- e^+ \nu \gamma$ 4



R&D Highlights in 2002



- BNL-AGS マイクロバンチテスト (BNL)
 - バンチ幅(r.m.s.) 244ps 要求 250ps
 - バンチ間 extinction 3-4% 要求 10^{-3}
 - » **パワーサプライのリップルの問題**
- Pre-radiator プロトタイプ (TRIUMF)
 - 小型タイプ=テスト中、2mタイプ=建設中、読み出し回路開発
- Calorimeter プロトタイプ (Yale)
 - 20モジュール製作、宇宙線テスト、PMT/APD読み出し
- Beam Catcher プロトタイプ (Kyoto/KEK)

R&D Highlights in Japan



• Beam Catcher

– 第一次、第二次プロトタイプ

Done

– エアロジェル発光量評価システム

In progress

• 線源 + ギャップ型ソレノイド磁石 テーブルトップ・ β ビーム

– エアロジェル品質チェックシステム

Done

• 屈折率・透過率測定

• Charged Veto

– 光検出器(相対)量子効率評価システム

In progress

• バイアルカリ(通常カソード)PMTと

GaAsPカソード(超高量子効率)、**緑感度増強**PMTなどの比較

What is Beam Catcher?

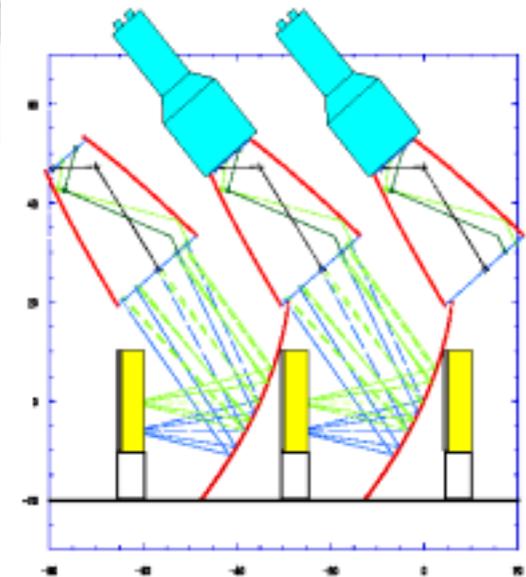


ビームホールをカバーする光子VETO

- 守備範囲 水平方向4m 高さ20cmまたは40cm
- 大量のビーム中性粒子(主に中性子)にさらされる
 - 300個/ μ -bunch (>830 MeV)、10GHz相当
- 性能要求
 - >99% for 300 MeV photon
 - $<3 \times 10^{-3}$ for 830 MeV neutron

→鉛 + エアロジェル、分散配置を採用

- 遅い核反応生成粒子では発光しない
- ビーム方向モジュール間コインシデンスで γ の方向情報が得られる
 - 二次 π^0 からの崩壊 γ を排除できる



Expected Performance by Simulation

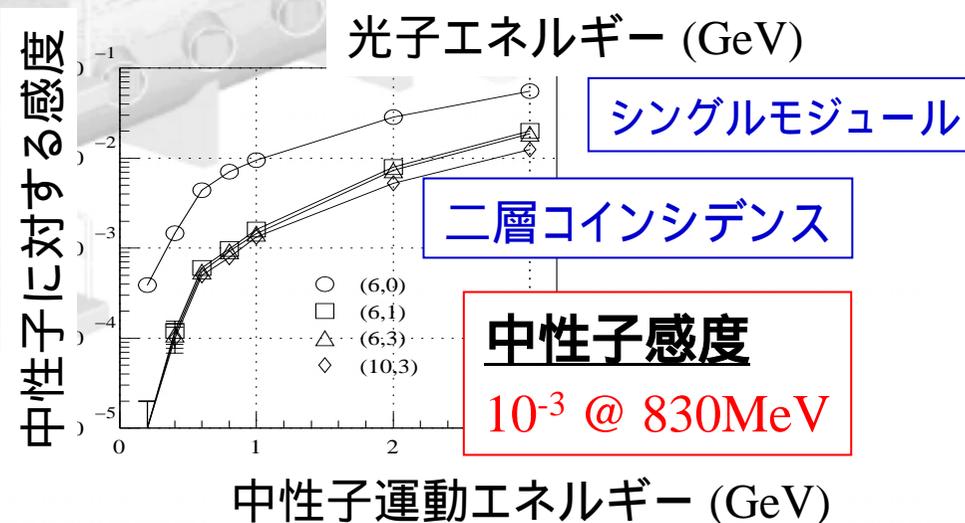
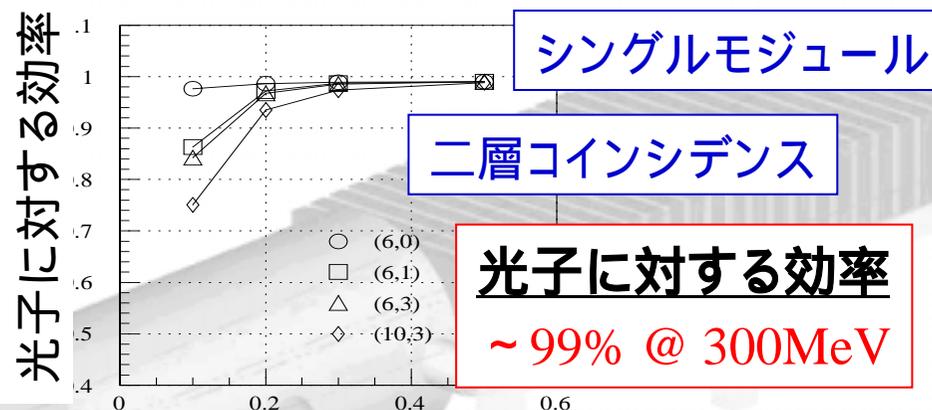


シミュレーションによれば

- 光子に対する効率
 - 中性子感度
- とも要求を満たせる

しかし、1GeV辺りの原子核
反応シミュレーションを誰が
信じるだろうか?

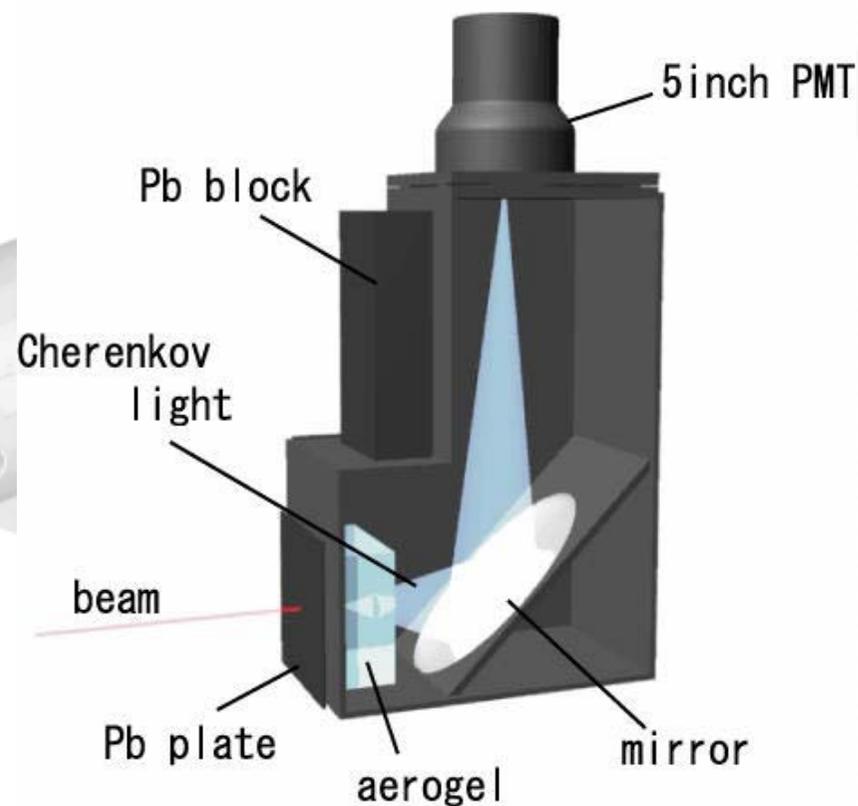
→ 検証が必要



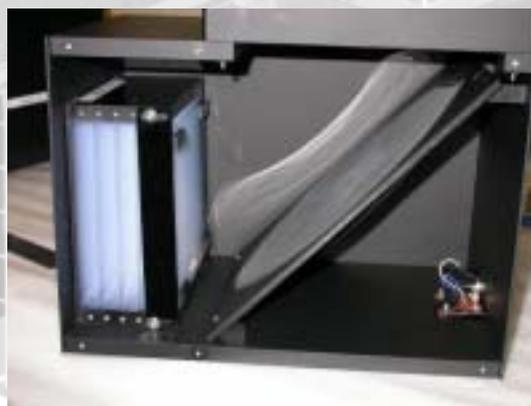
Beam Catcher 第二次プロトタイプ



- 二軸非対称パラボラ鏡
- 陽子に対するレスポンスを評価(中性子の代用)
 - シングルモジュール
 - 多層(二層)配置



エアロジェルと鏡部分



第二次プロトタイプ光量確認



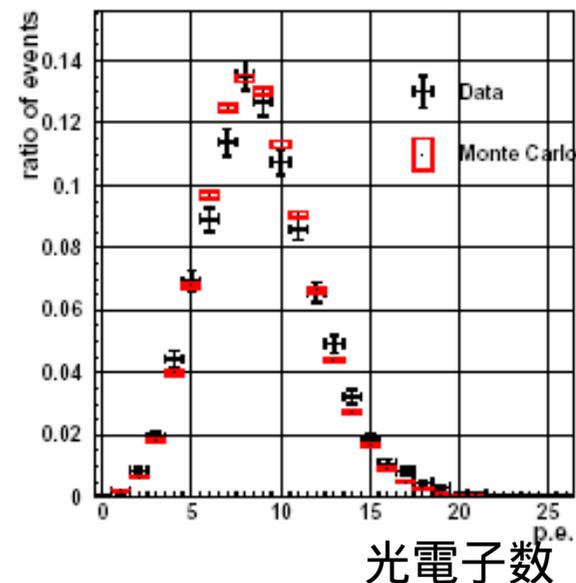
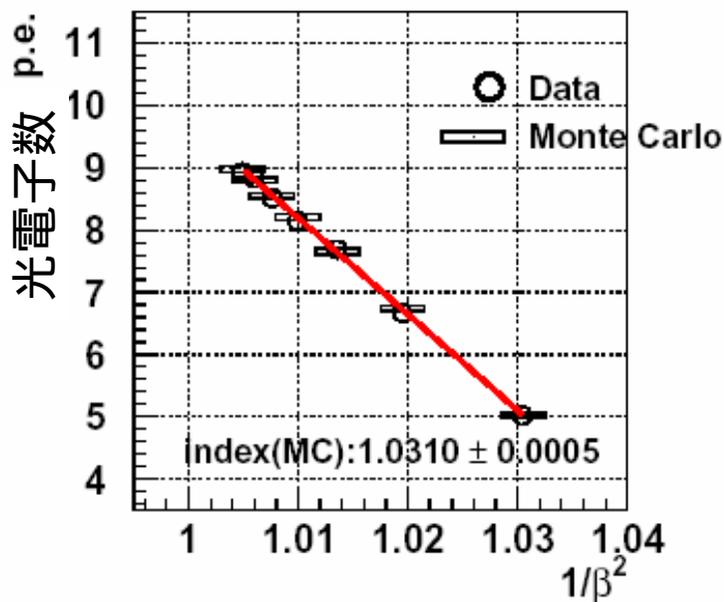
- π^+ に対する光量

$1/\beta^2$ 依存性

光量 $1-1/n^2\beta^2$

光量分布

~ 9 p.e.

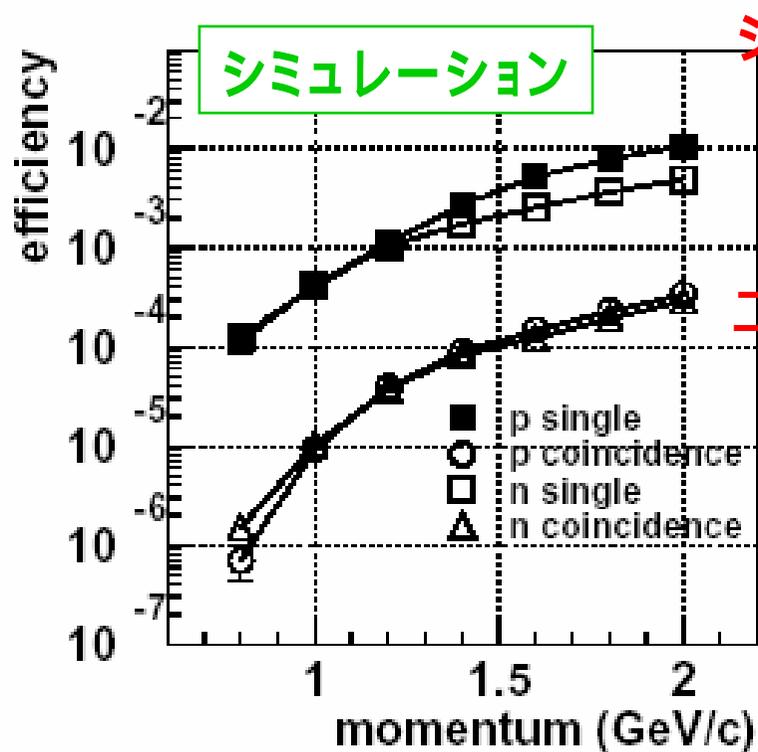


- 光量はシミュレーションをよく再現
- 但し、理解できていないモジュール間ばらつきが残る (約15%)

陽子に対するレスポンス



中性子の代替としての陽子ビーム (KEKPS-T1)



シングルモジュール

陽子

1.2GeV/c以上の差は

中性子

knock-on 電子によるもの

二層コインシデンス

陽子と中性子の差

はほとんどない

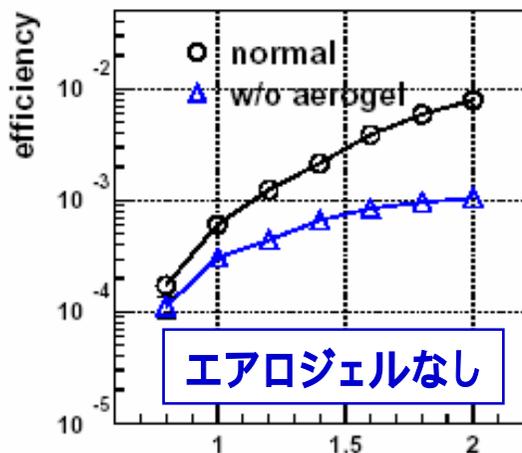
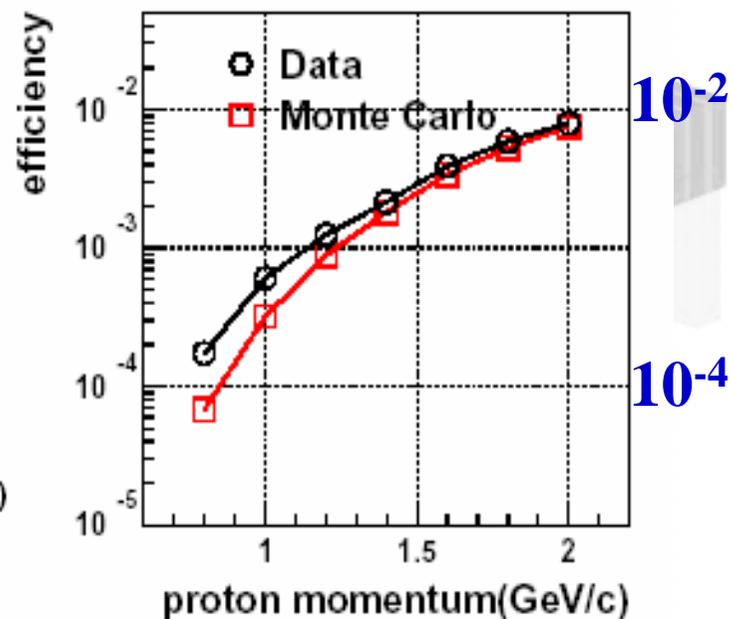
原子核反応をエンハンスして
テストすれば十分類推が可能

陽子に対するレスポンス(1)

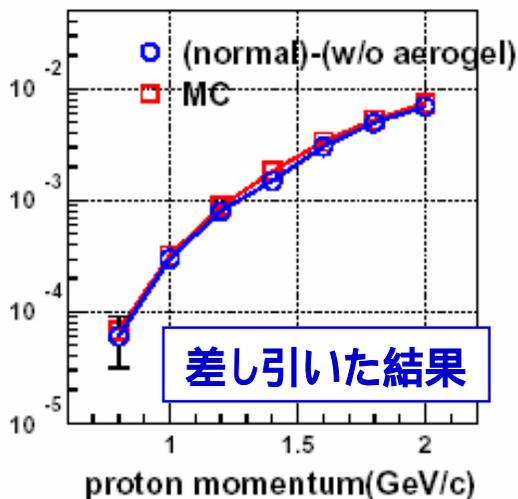


- シングルモジュール感度
 - 低運動量でMCからずれる
 - 高い側はよく一致

下図参照



エアロジェルなし



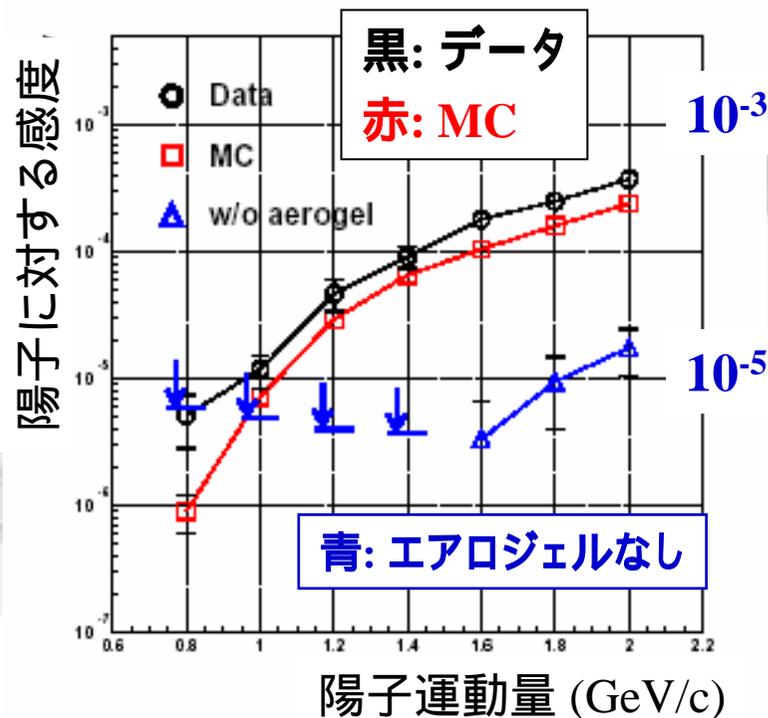
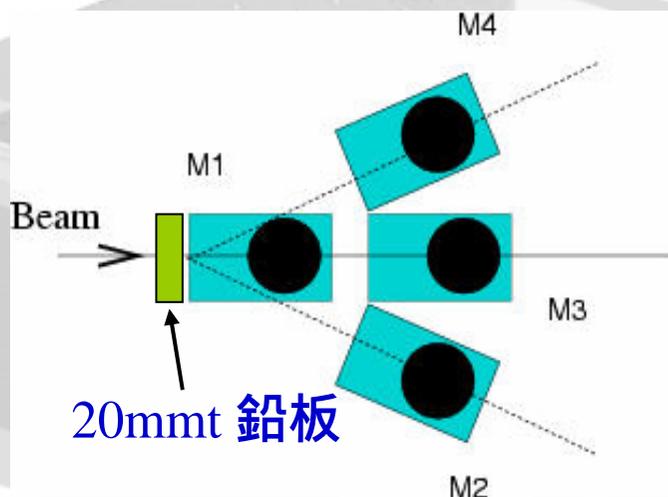
差し引いた結果

エアロジェルなしでの発光
おそらくガスシンチレーション

陽子に対するレスポンス(2)



- 二層コインシデンスでの感度
 - 上流に厚い鉛板を置いて原子核反応をエンハンス
 - 鉛板を見込むように下流層のモジュールを配置



二層コインシデンス結果

- 傾向は再現
- MC予測よりデータは約50%増

Beam Catcher R&D summary



• 第二次プロトタイプ

- 実機と類似の二軸非対称パラボラ鏡の試作
- パイオンでの光量評価 (KEK-PS T1)
 - MCとよく一致 エアロジェル透過率の詳査が鍵
- 陽子での中性子反応の類推 (KEK-PS T1)
 - シングルモジュール
 - 放射体なしでのバックグラウンド N_2 シンチ?
 - 差し引けばMCを再現
- 二層コインシデンス
 - 50%程度でMCを再現

原理試験の完了

Prospects of KOPIO

スケジュール – Budget Status –



NSF Funding for MREFC Projects, FY 2002 through FY 2008¹
(Dollars in Millions)

米国2004年度 NSF予算要求

	FY 2002 ² Actual	FY 2003 Request	FY 2004 Request	FY 2005 Request	FY 2006 Request	FY 2007 Request	FY 2008 Request
ONGOING PROJECTS							
ALMA Construction	12.50	30.00	50.84	49.67	48.84	47.89	46.49
EarthScope: USArray, SAFOD, PBO		35.00	45.00	54.26	40.00	23.00	
High-performance Instrumented Airborne Platform for Environmental Research	35.00		25.53				
IceCube Neutrino Observatory	10.12		60.00	33.40	34.30	35.30	36.30
Polar Aircraft Upgrades	0.89						
Large Hadron Collider	16.90	9.72					
Network for Earthquake Engineering Simulation	24.40	13.56	8.00				
National Ecological Observatories Network ³		12.00	12.00	16.00	20.00	20.00	20.00
South Pole Station	15.55	6.00	0.96				
Terascale Computing Systems		20.00					
NEW STARTS							
Scientific Ocean Drilling				76.85	23.00		
Rare Symmetry Violating Processes					30.00	42.66	44.00
Ocean Observatories					24.76	40.33	72.46
Totals	\$115.35	\$126.28	\$202.33	\$230.18	\$220.90	\$209.18	\$219.25

RSVP (KOPIOを含む) 建設は**米国2006年度からスタート**
と明示された (2005年10月からの予算年度)

スケジュール – ダイジェスト –



– 2003 - 2004

- ビームライン設計および各検出器の開発

– 2005 - 2007

- 本格建設期間
- ビームライン完成 (2006)

– 2006末 - 2008

- ビームサーベイ、エンジニアリングラン
- データ収集開始

Summary



- 計画研究A05の一つの柱としてKOPIO実験のための開発が進んでいる
- 日本グループ担当のBeam Catcherは二世代のプロトタイプを経て原理試験を完了するなど順調に開発を進めている
- NSFの予算計画でKOPIO/RSVPの予定が明確に示され、US2006年度からの建設に向かう
- 本科研費はKOPIOの開発遂行と建設の一端において重要かつ適宜な役割を果たすものである