

micro-TPCを用いた 電子陽電子対生成カメラの原理実証

京都大学 理学研究科 宇宙線研究室

^A産総研

^BISIS/JAXA

上野 一樹

谷森達, 窪秀利, 身内賢太郎, 株木重人, Parker Joseph,
黒澤俊介, 岩城智, 高橋慶在, 澤野達哉, 谷上幸次郎,
中村輝石, 東直樹, 豊川弘之^A, 高田淳史^B

もくじ

- ◆ イントロ
- ◆ MeVガンマ線カメラ
- ◆ ビーム試験@産総研
- ◆ まとめ

コンプトンカメラの利用

SMILE

*Sub-MeV gamma-ray Imaging
Loaded-on-balloon Experiment*

我々のMeVコンプトンカメラ

次期気球実験(SMILE2)

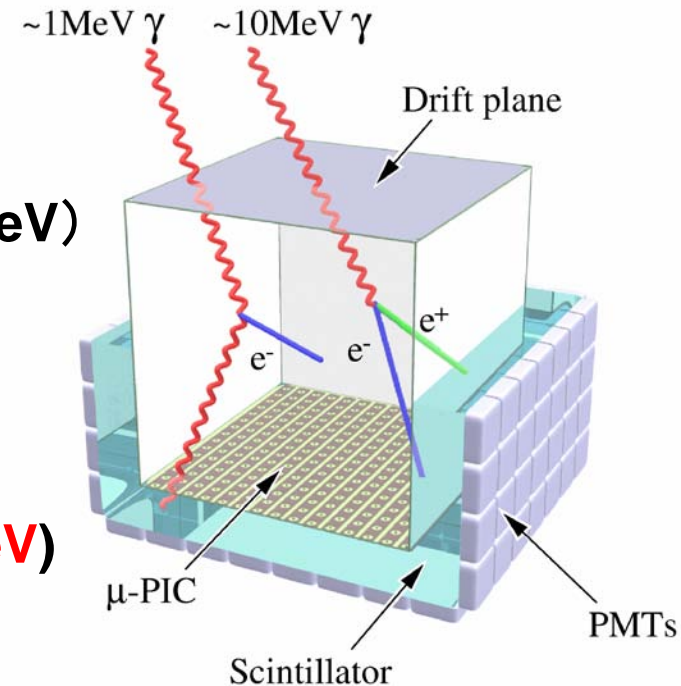
明るい天体(Crab, Cyg X-1等)の観測(0.1-1 MeV)

- ・有効面積拡大(東、高橋講演)
- ・省電力読み出し回路開発(岩城講演)

さらに将来(SMILE3以降)

銀河面・中心、遠方($z > 10$) GRB観測(0.1-100 MeV)

10MeV以上では
電子陽電子対生成が支配的



電子・陽電子対生成モードの原理実証

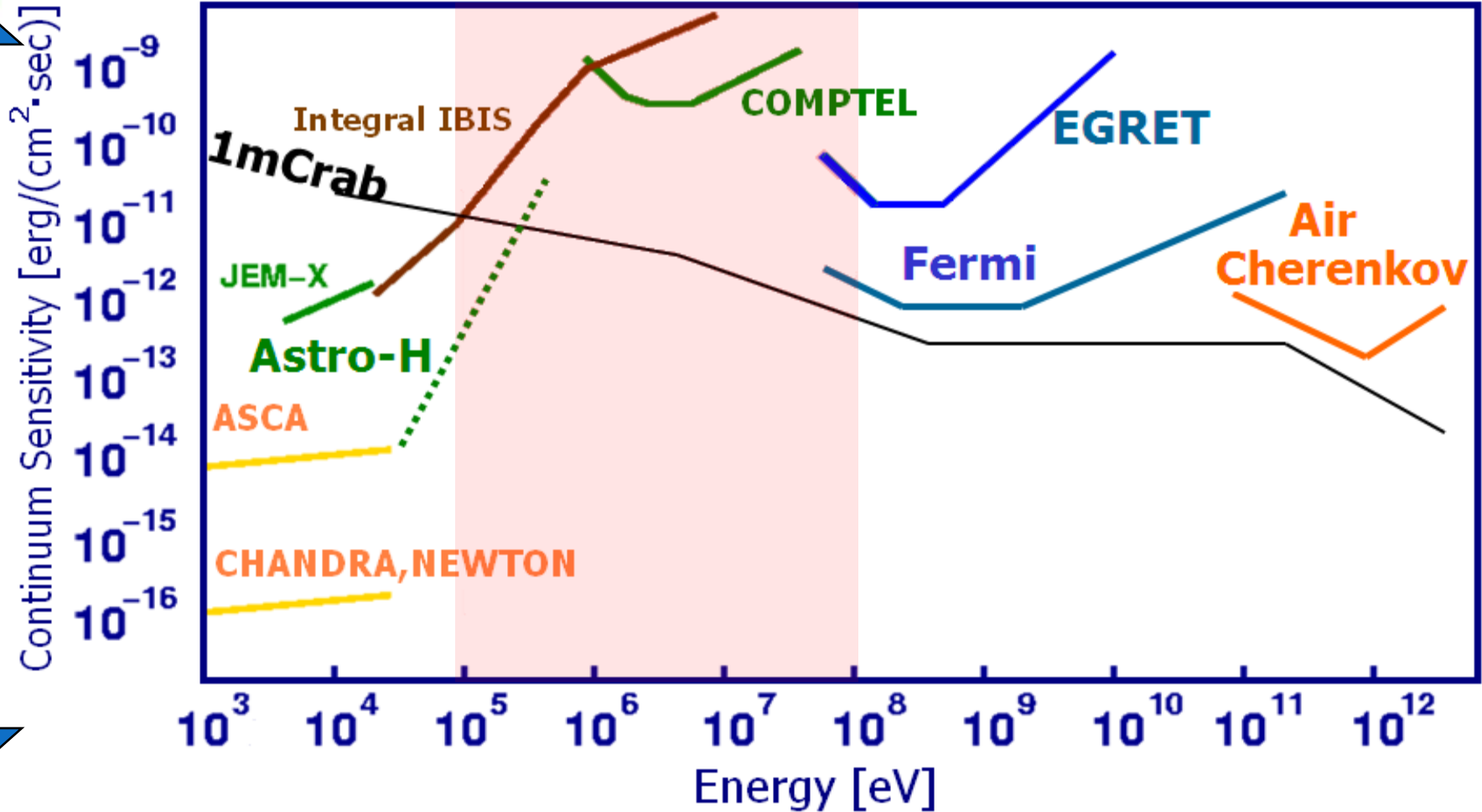
これまでのX・γ線検出感度

photo absorption ← Compton ← pair creation

keV MeV GeV TeV

↑ 高
↓ 低

検出感度



ガス⇒散乱断面積小



1m³カメラ(Xe使用)ならば Fermiと同等(~50MeV)

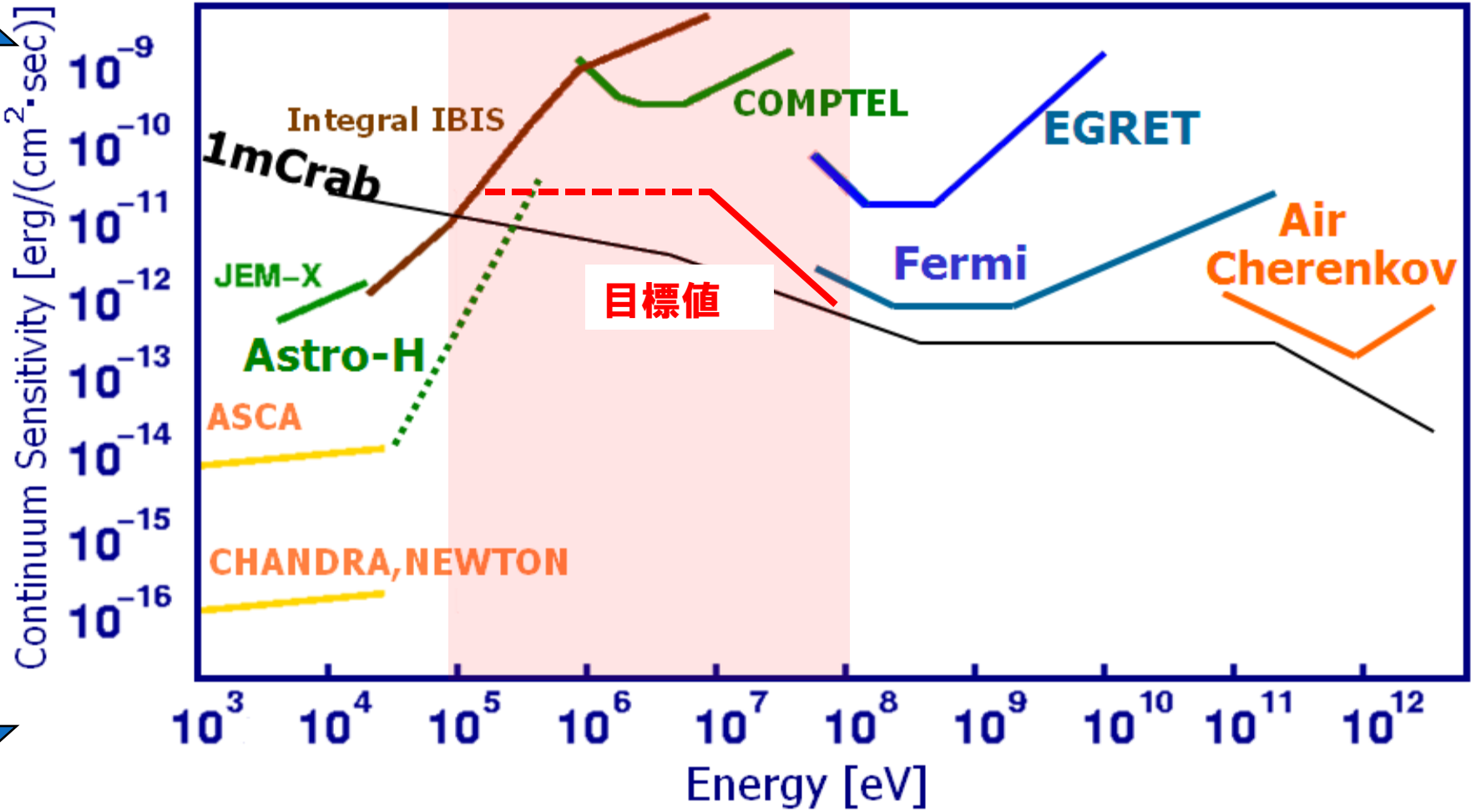
これまでのX・γ線検出感度

photo absorption ← Compton ← pair creation

keV MeV GeV TeV

↑ 強
↓ 弱

検出感度



ガス⇒散乱断面積小



1m³カメラ(Xe使用)ならば Fermiと同等(~50MeV)

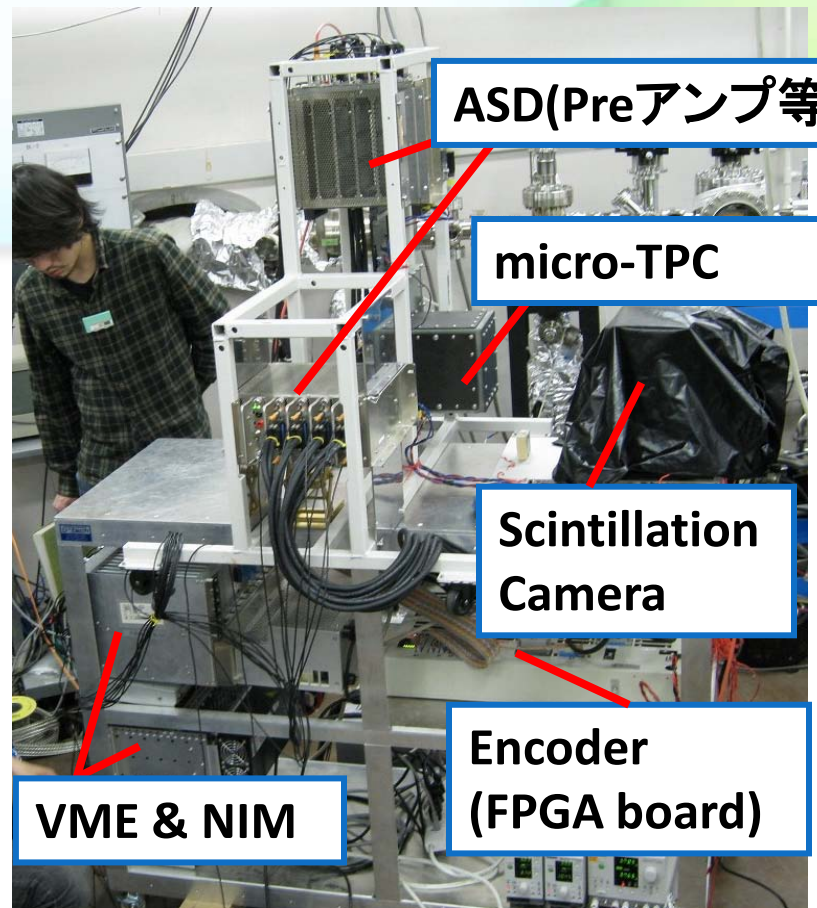
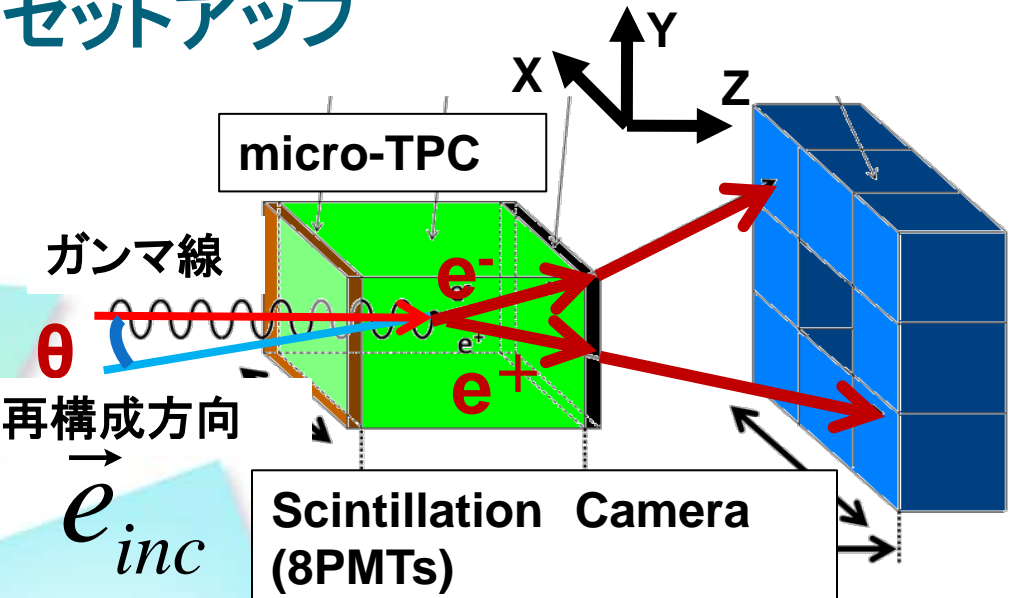
原理実証用ガンマ線カメラ micro-TPC

サイズ: $10 \times 10 \times 15 \text{ cm}^3$
 ガス: Ar 90% + C_2H_6 10% 1atm 封じ切り
 ゲイン: ~ 36000
 位置分解能: $\sim 200 \mu\text{m}$

Scintillation Camera

総ピクセル数: 512
 結晶: GSO(Ce)
 ピクセルサイズ: $6 \times 6 \times 13 \text{ mm}^3$
 光読み出し: 64chMAPMT

セットアップ



ASD(Preアンプ等)

micro-TPC

Scintillation Camera

Encoder (FPGA board)

VME & NIM

再構成法 (no energy info.)

$$\vec{e}_{inc} = \vec{e}_{electron} + \vec{e}_{positron}$$

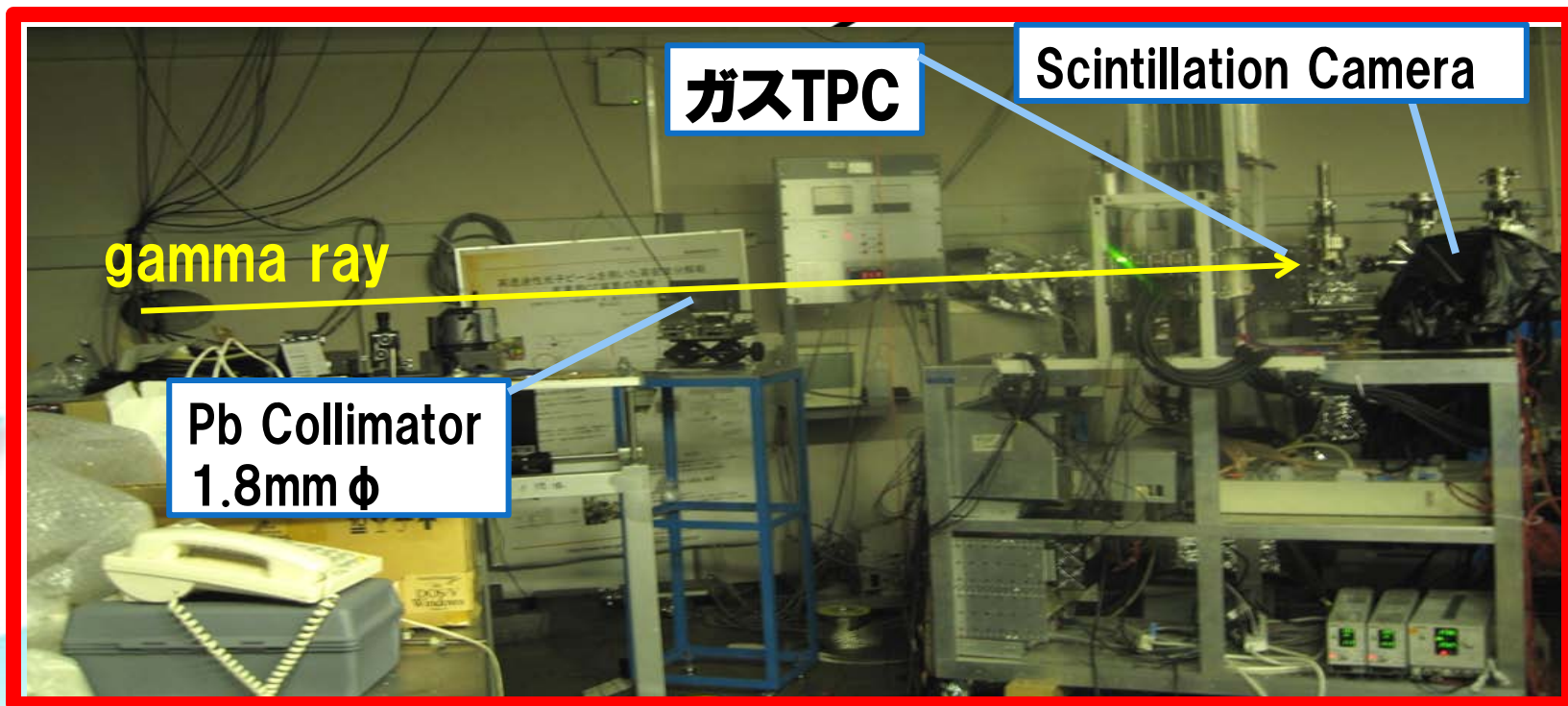
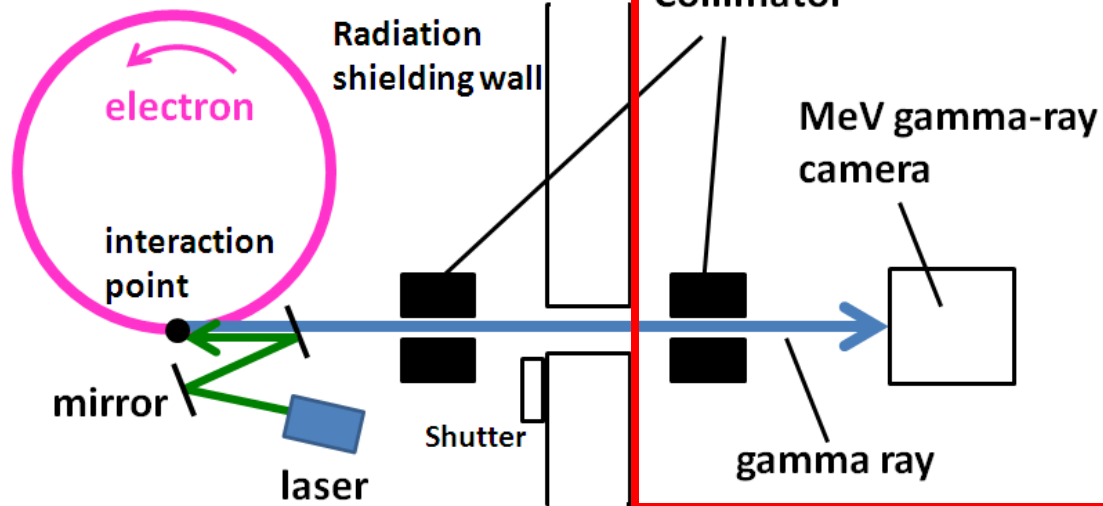
$\vec{e}_{electron}$: 電子飛跡方向

$\vec{e}_{positron}$: 陽電子飛跡方向

ビーム試験@産総研

ビーム：
レーザー逆コンプトンビーム
エネルギー：
10MeV、20MeV

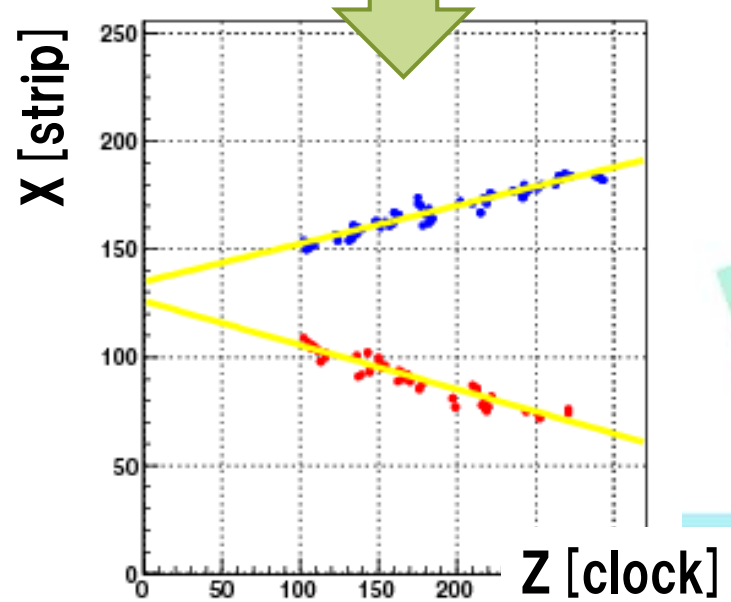
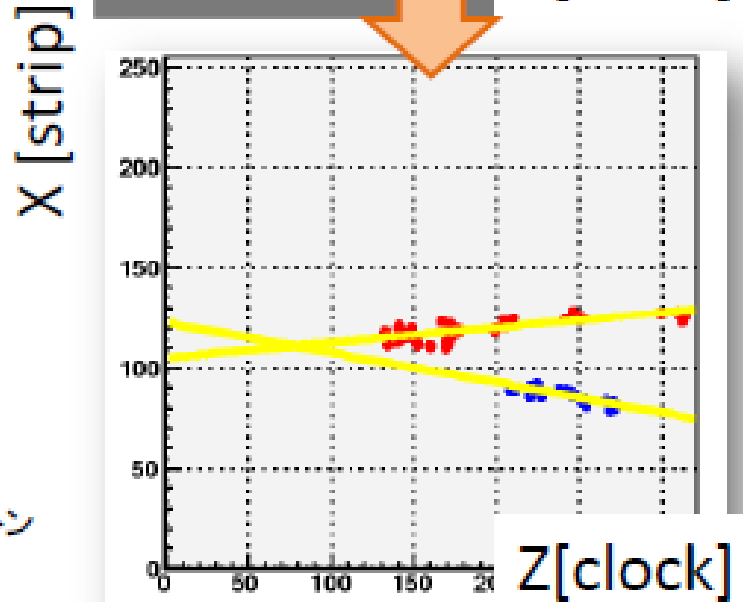
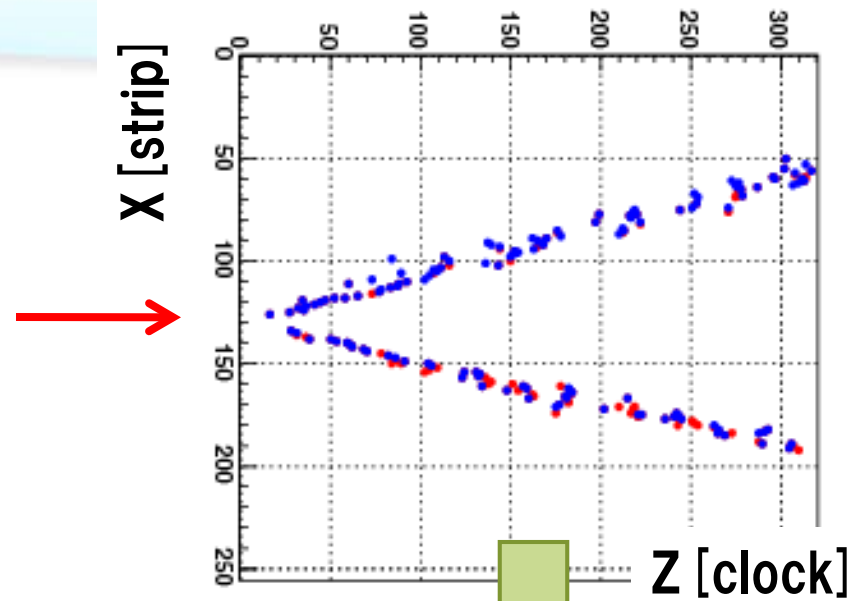
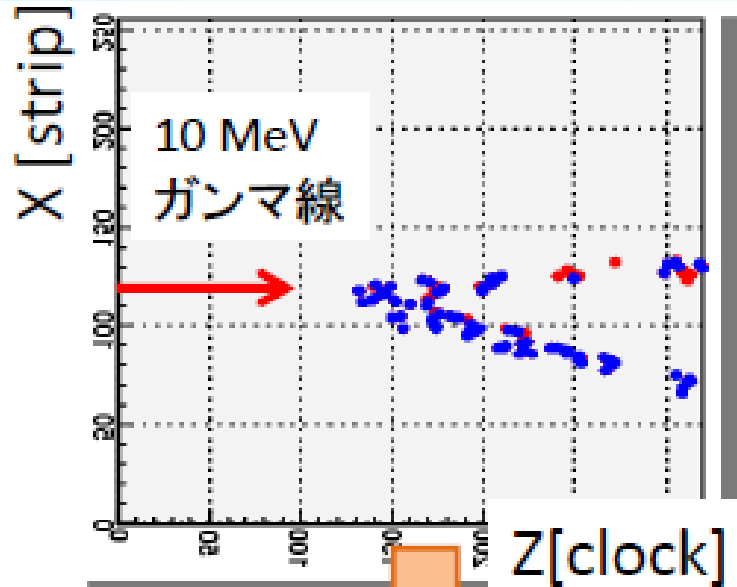
TERAS (300-800MeV)



典型的な電子・陽電子trackイベント

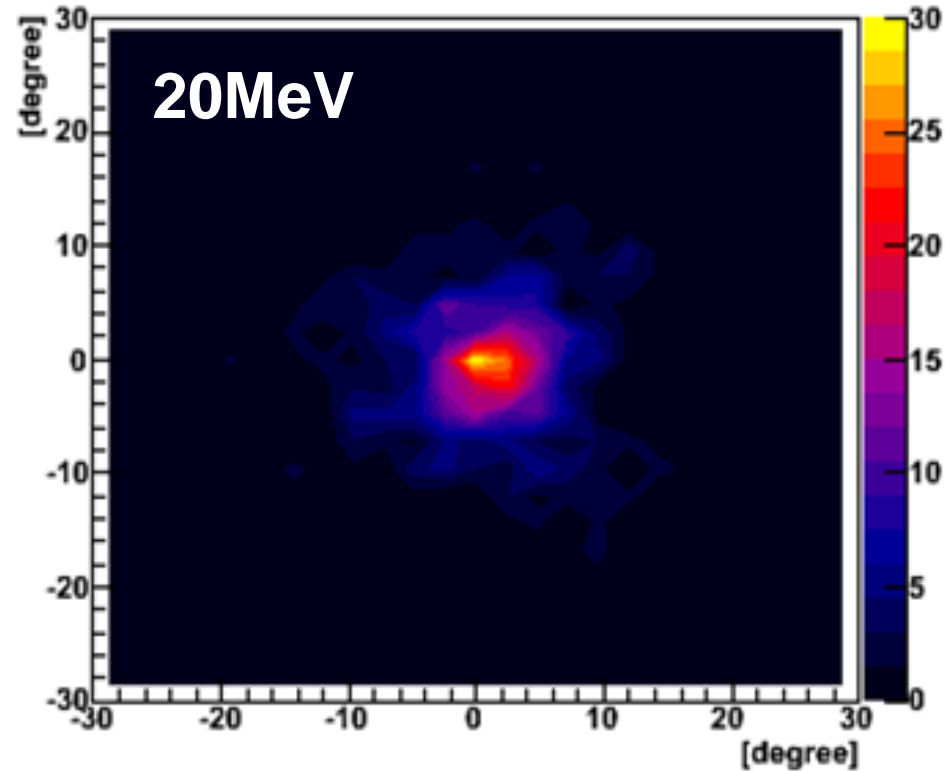
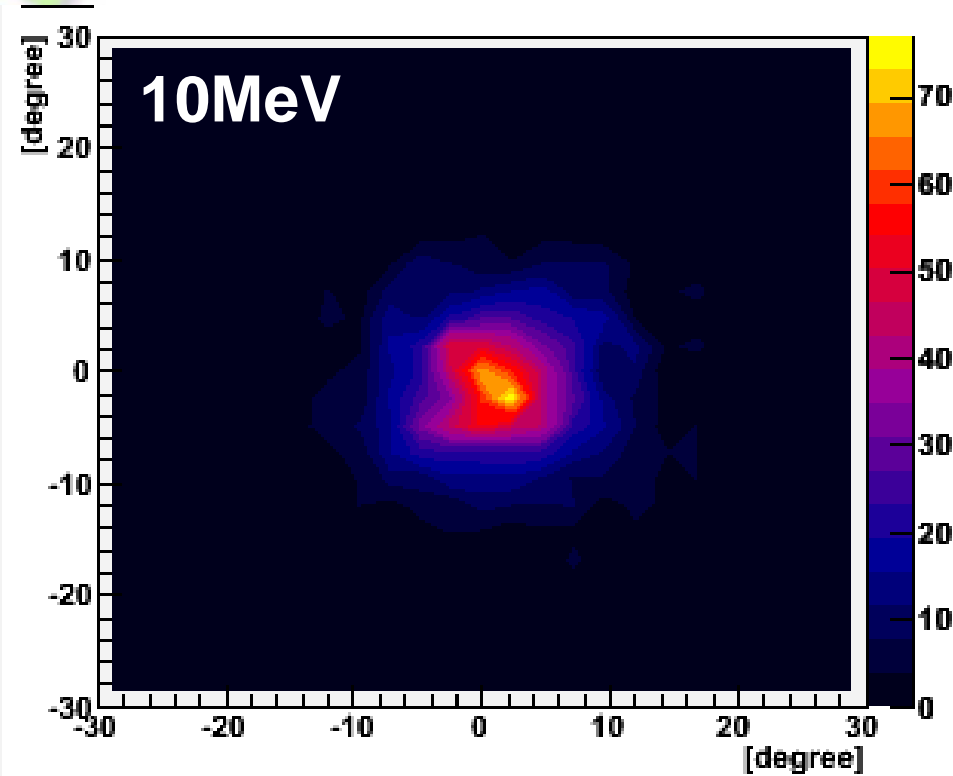
ガス中イベント

容器イベント



イメージング

ガス中で反応したイベントのみ使用



イメージングに成功！

Angular Resolution

MEGA
(Si strip)

EGRET
(spark chamber)

This work

理想値
(Ar:C₂H₆=90:10)
energy情報なし

理想値
(Ar:C₂H₆=90:10)

入射ガンマ線と再構成ガンマ線との
角度のずれの二乗分布@20MeV

半導体よりも～1.5倍良い結果

今後、検出器(ピクセル読み出し等)、解析の
改良により更なる分解能向上が期待できる

Detection Efficiency

対生成確率 in micro-TPC(Xe)

対生成確率 in micro-TPC
(Ar:C₂H₆=90:10)

This work

今後、検出器の改良(Scinti.カメラの拡大等)
により更なる検出効率向上が期待できる

まとめ

- ◆ MeVガンマ線カメラ開発
- ◆ SMILE計画
- ◆ 対生成モード実証試験@産総研
(レーザー逆コンプトンビーム)
- ◆ **イメージングに成功**
- ◆ 角度分解能 @20MeV (68% containment)
(energy情報ありの理想値 **0.6度**@20MeV)
- ◆ 検出効率 @20MeV

今後

- ◆ 解析法改良
- ◆ 検出器改良 (Scinti.拡大、ピクセル読み出し)
- ◆ ビーム試験