

CTA報告135：CTA 小口径望遠鏡のトリガー性能の最適化

佐々井義矩, 大石理子 A, 奥村暁, 折戸玲子 B, 片桐秀明 C, 神本匠 D, 櫛田淳子 D,
郡司修一E, 齋藤隆之A, 榊直人A, 高橋知也E, 種田裕貴D, 千川道幸F, 中森健之 E,
西嶋恭司D, 三浦智佳C, 吉越貴紀A, 吉田龍生C, 李健F, 他 CTA-Japan コンソーシアム
名大ISEE, 東大宇宙線研 A, 徳島大総科 B, 茨城大理 C, 東海大理 D, 山形大理 E,
近畿大理工 F

2018年 3月22日

2018年 日本物理学会 第73回年次大会 (東京理科大学野田キャンパス)

* Cherenkov Telescope Array (CTA)

Large-sized Telescope (LST)	Medium-sized Telescope (MST)	Schwarzschild-Couder Telescope (SCT)	Small-sized Telescope (SST)
D = 23 m	D = 12 m	D = 9.6 m	GCT 35@South
E = 20 - 200 GeV	E = 100 GeV - 10 TeV	E = 200 GeV - 10 TeV	ASTRI 35@South
N = 4@North + 4@South	N = 15@North + 25@South	N = 25@South	Davis-Cotton 20@South

D = ~ 4 m
E = 5 - 300 TeV

SST-1M ASTRI GCT MST

© CTA consortium

- ・ 大中小の異なる口径の望遠鏡を100台規模で設置
→ 20 GeV から 300 TeV のガンマ線において現行の望遠鏡より一桁高い感度での観測を目指している
- ・ 到来頻度の低い100 TeVのガンマ線を観測するためには
小口径望遠鏡を多数設置し有効面積を拡大する

* 小口径望遠鏡 (SST)

- 3つのデザインが提案されている
- それぞれ試作機での試験観測が行われチェレンコフ光の観測に成功

Schwarzschild-Couder 光学系

Daives-Cotton 光学系

GCT



ASTRI



SST-1M

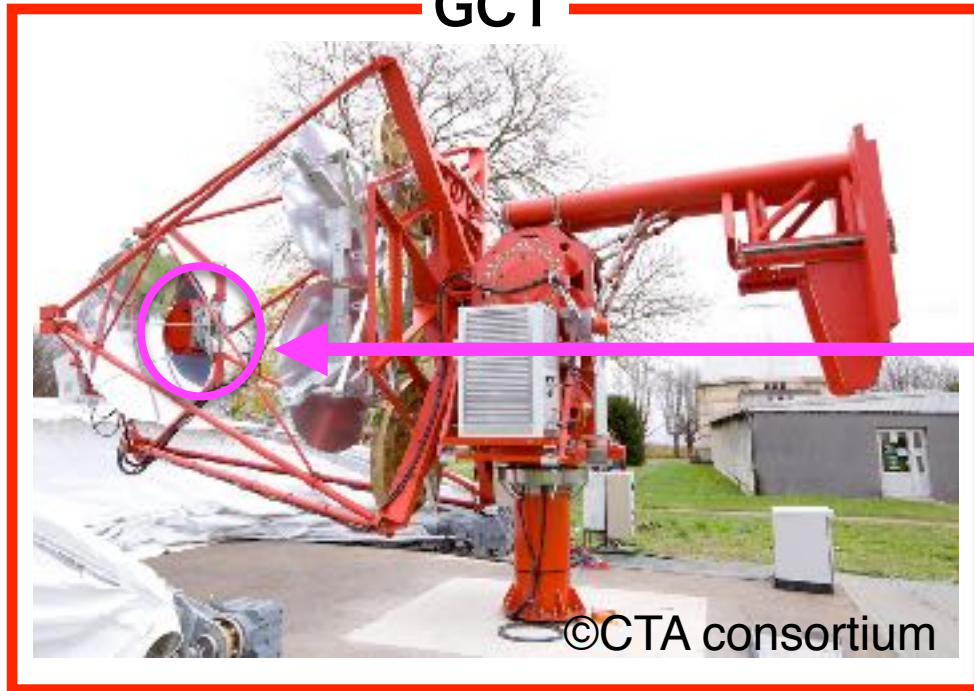


＊ 小口径望遠鏡 (SST)

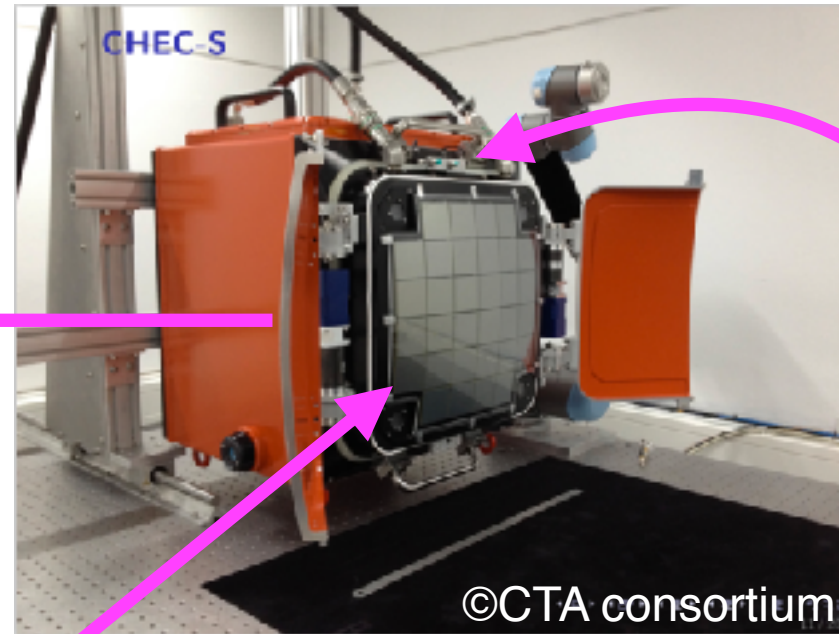
- 3つのデザインが提案されている
- それぞれ試作機での試験観測が行われチェレンコフ光の観測に成功

Schwarzschild-Couder 光学系

GCT



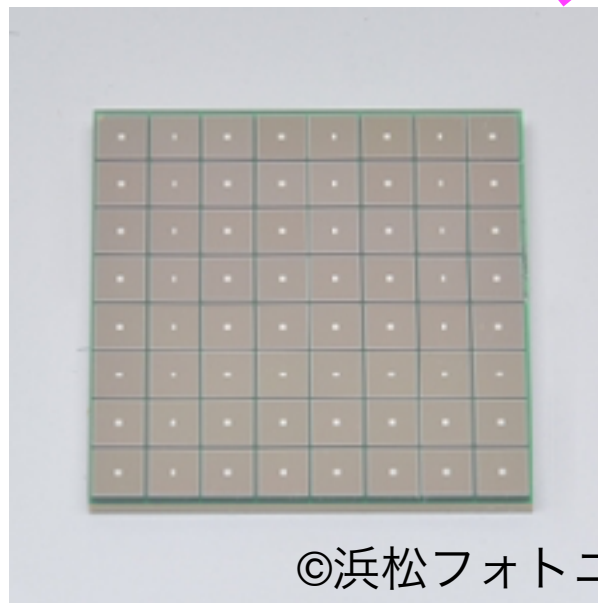
©CTA consortium



©CTA consortium

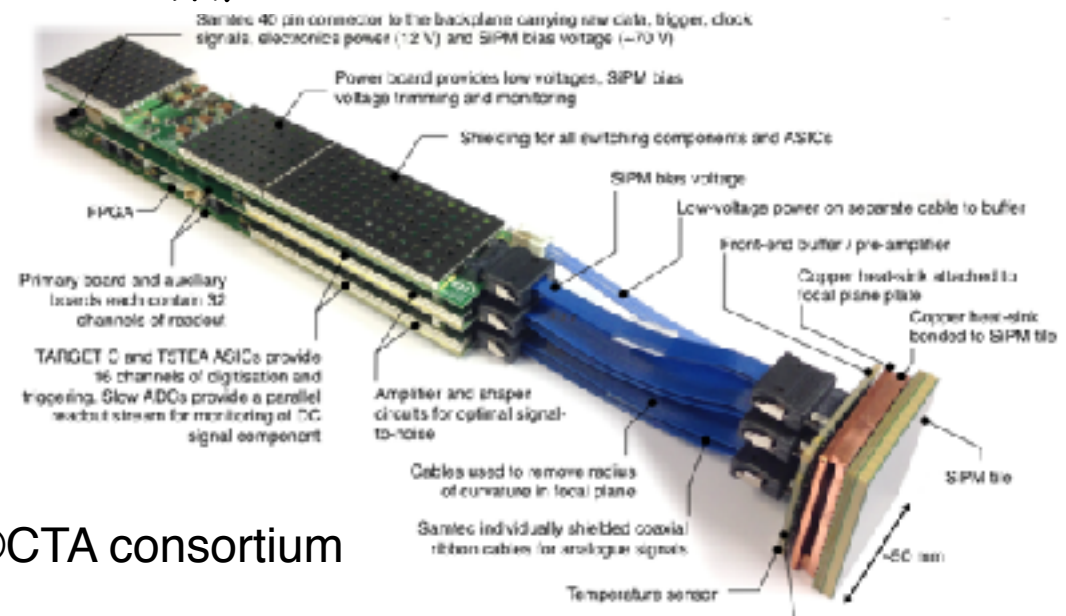
32×カメラモジュール

焦点面カメラ (2048画素)



©浜松フォトニクス

SiPM (64画素)

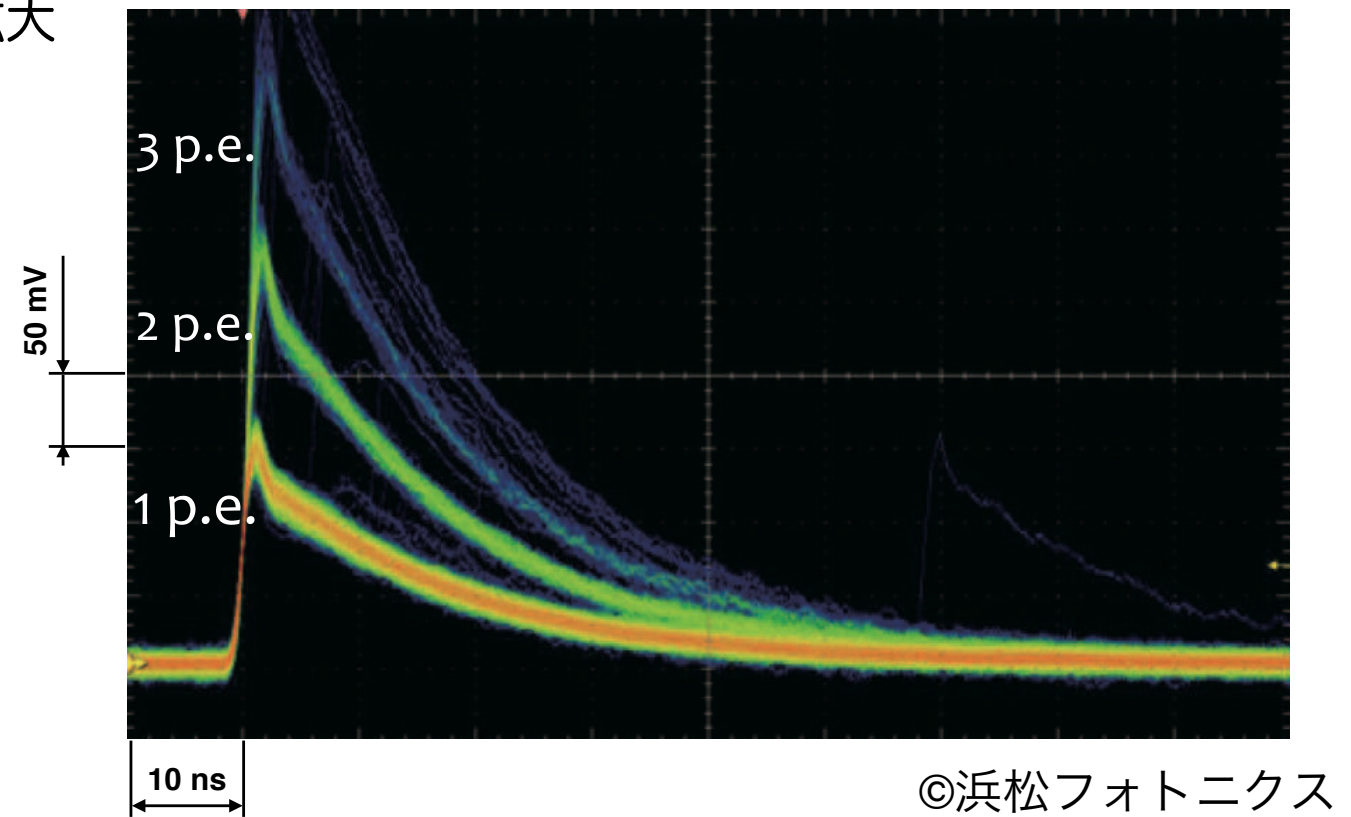
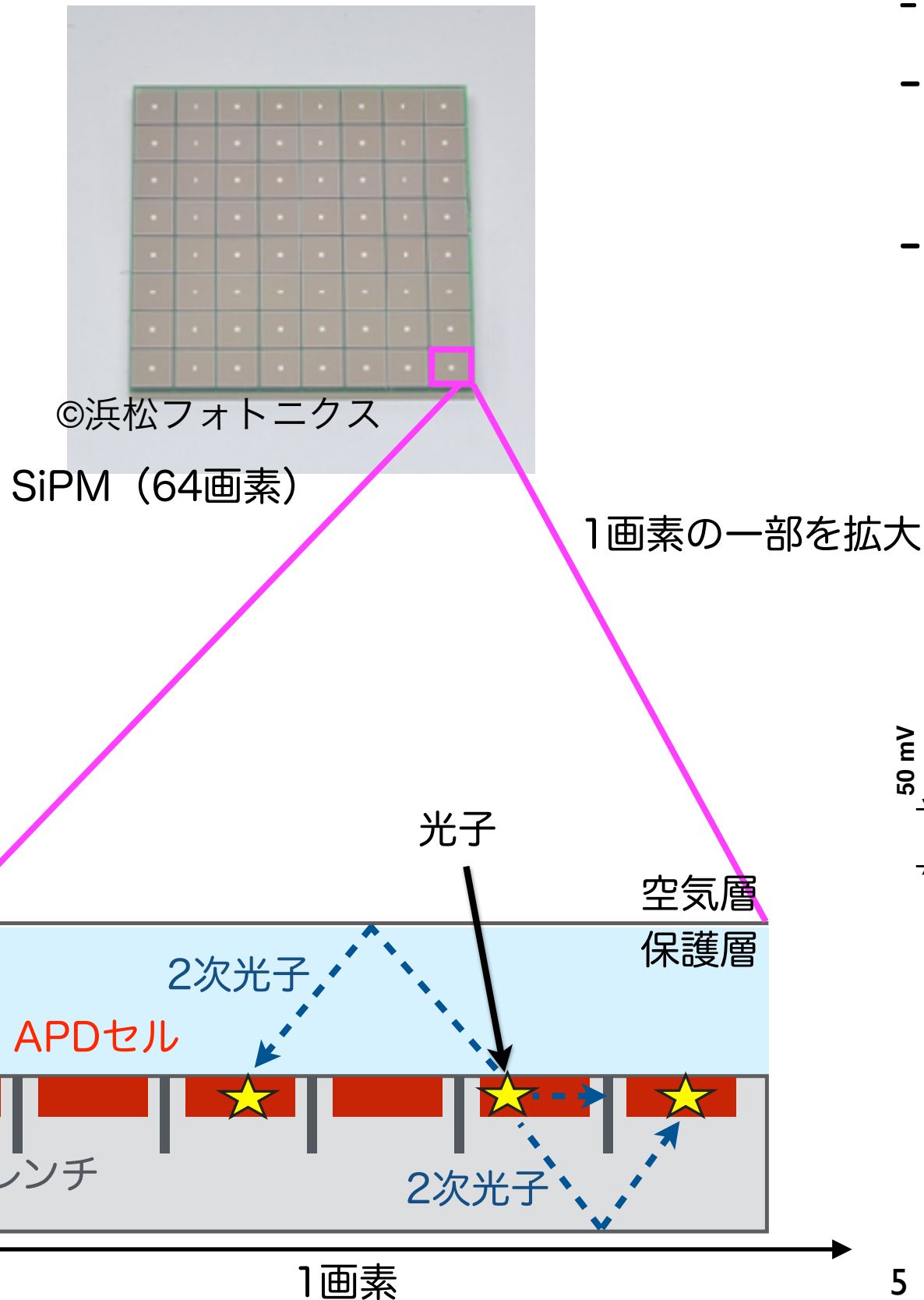


©CTA consortium

カメラモジュール (集積回路により波形記録)

* 半導体光電子増倍素子 (SiPM)

- 検出効率が高い (最大約55%@402 nm)
- 月光下でのガンマ線観測が可能
- オプティカルクロストーク
 - アバランシェ増幅時に、2次光子が発生し、他の増幅セルで検出される



オプティカルクロストークの抑制については、
CTA 報告136 (中村) で詳しく述べる

* オプティカルクロストーク (OCT) のトリガーへの影響

理想的な場合は、
(OCTなし)

低エネルギーガンマ線 or 陽子

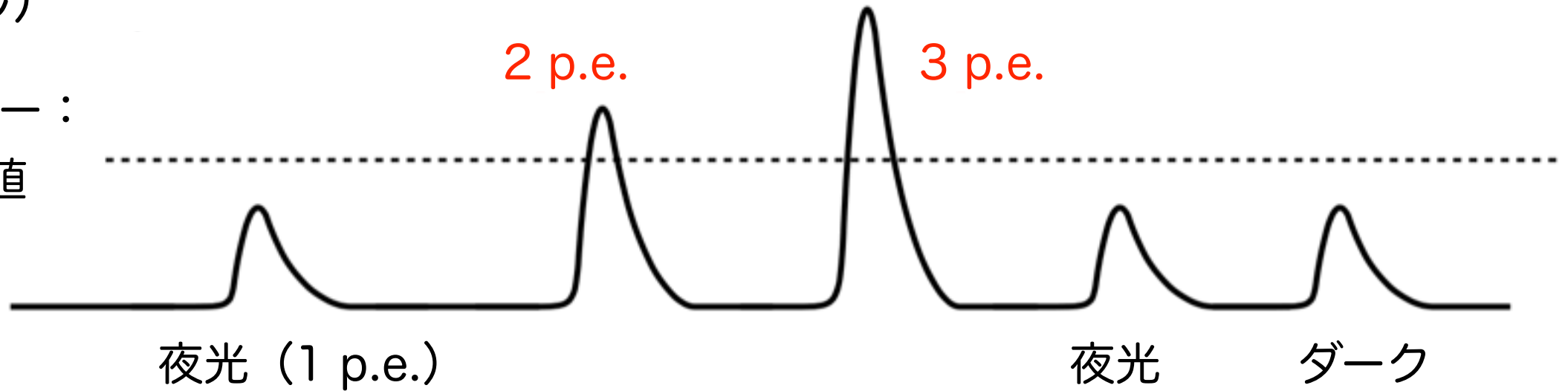
2 p.e.

3 p.e.

レベル1トリガー:

トリガー閾値

1.5 p.e.



現実には、

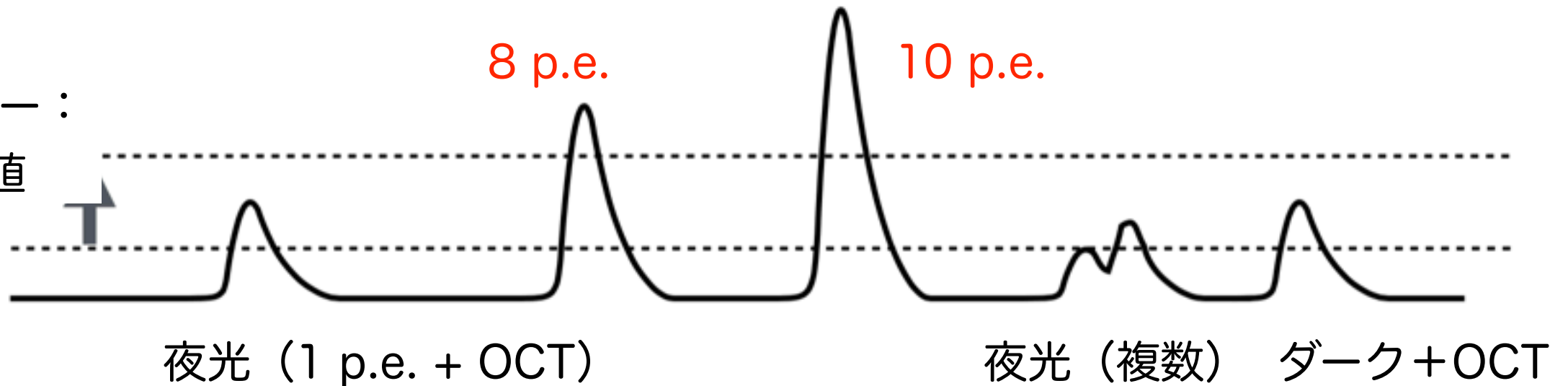
レベル1トリガー:

トリガー閾値

1 p.e.

8 p.e.

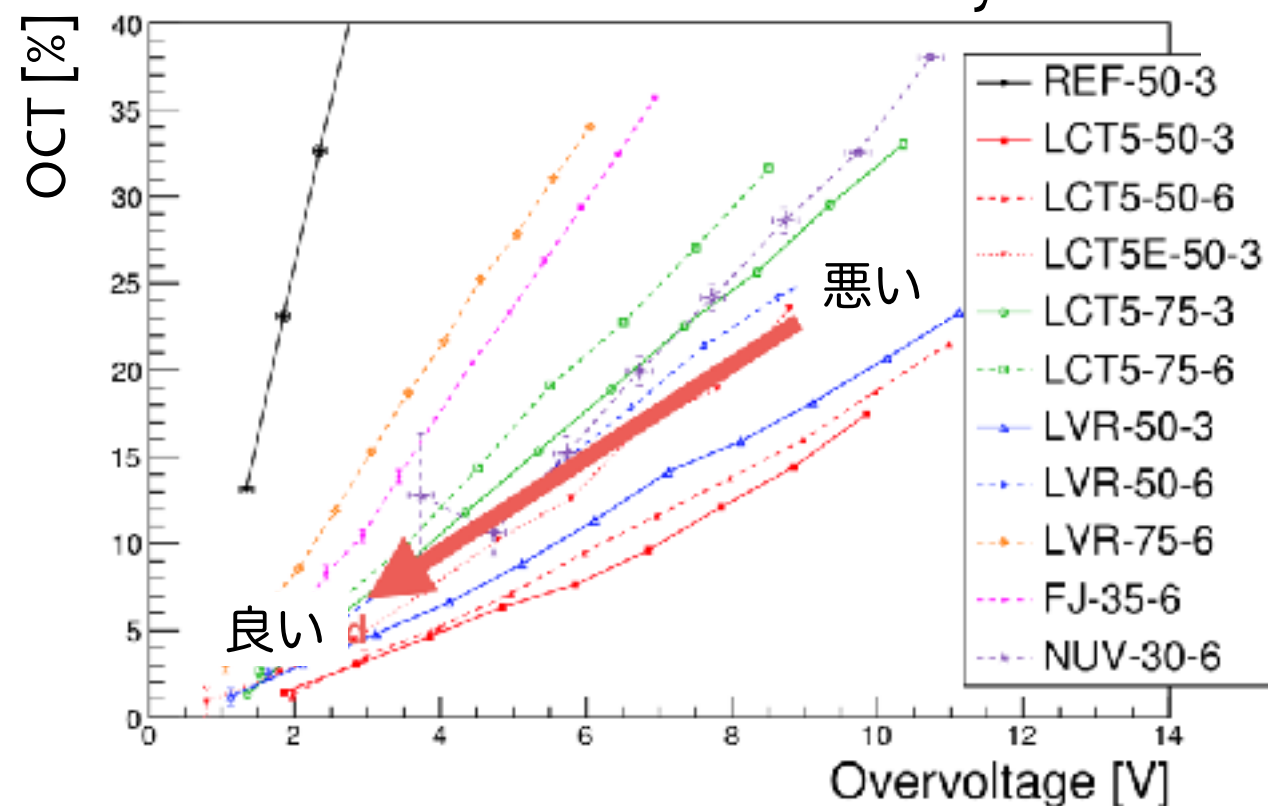
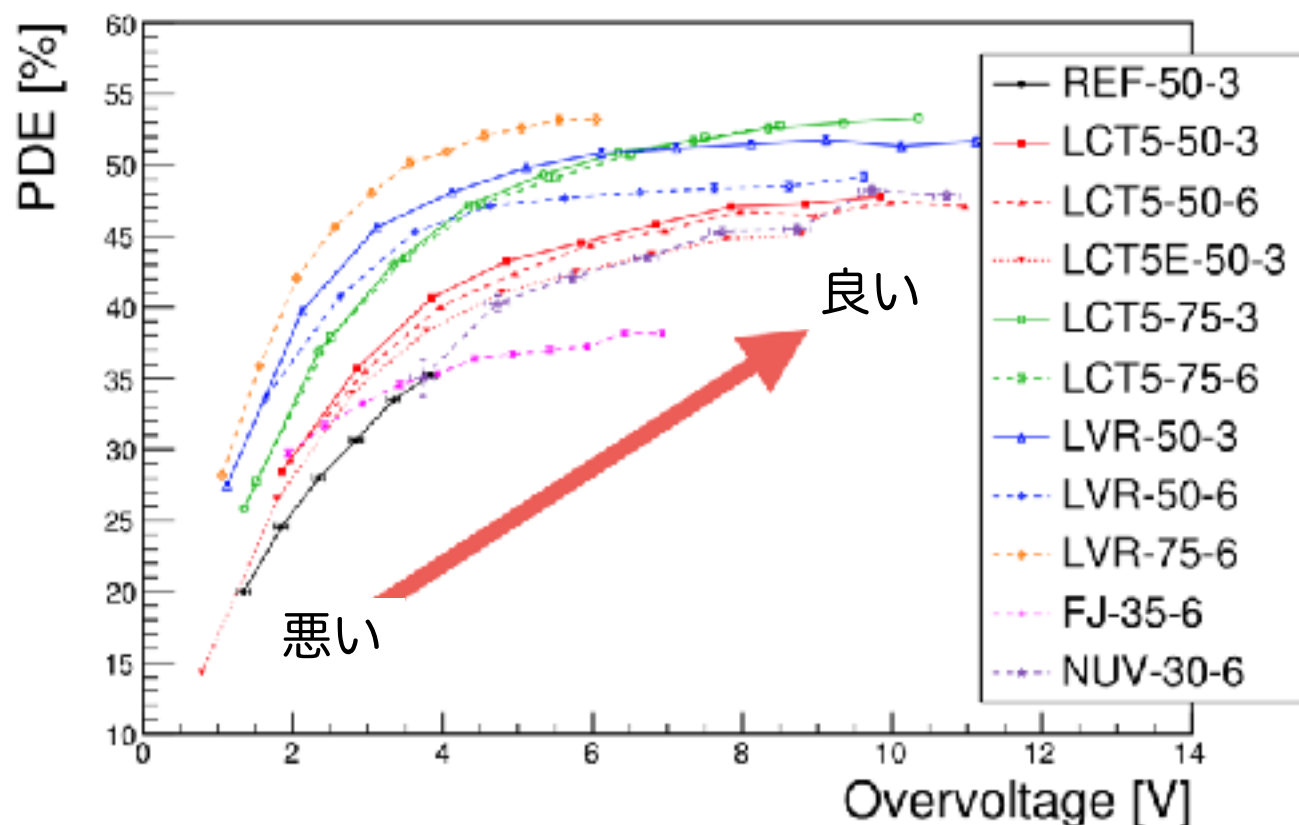
10 p.e.



- 夜光は、常に 1 p.e. とは限らない (クロストークやパイルアップ)
- 低エネルギーガンマ線の有効面積減少及びエネルギー分解能悪化

* 光検出効率 (PDE) とオプティカルクロストーク (OCT)

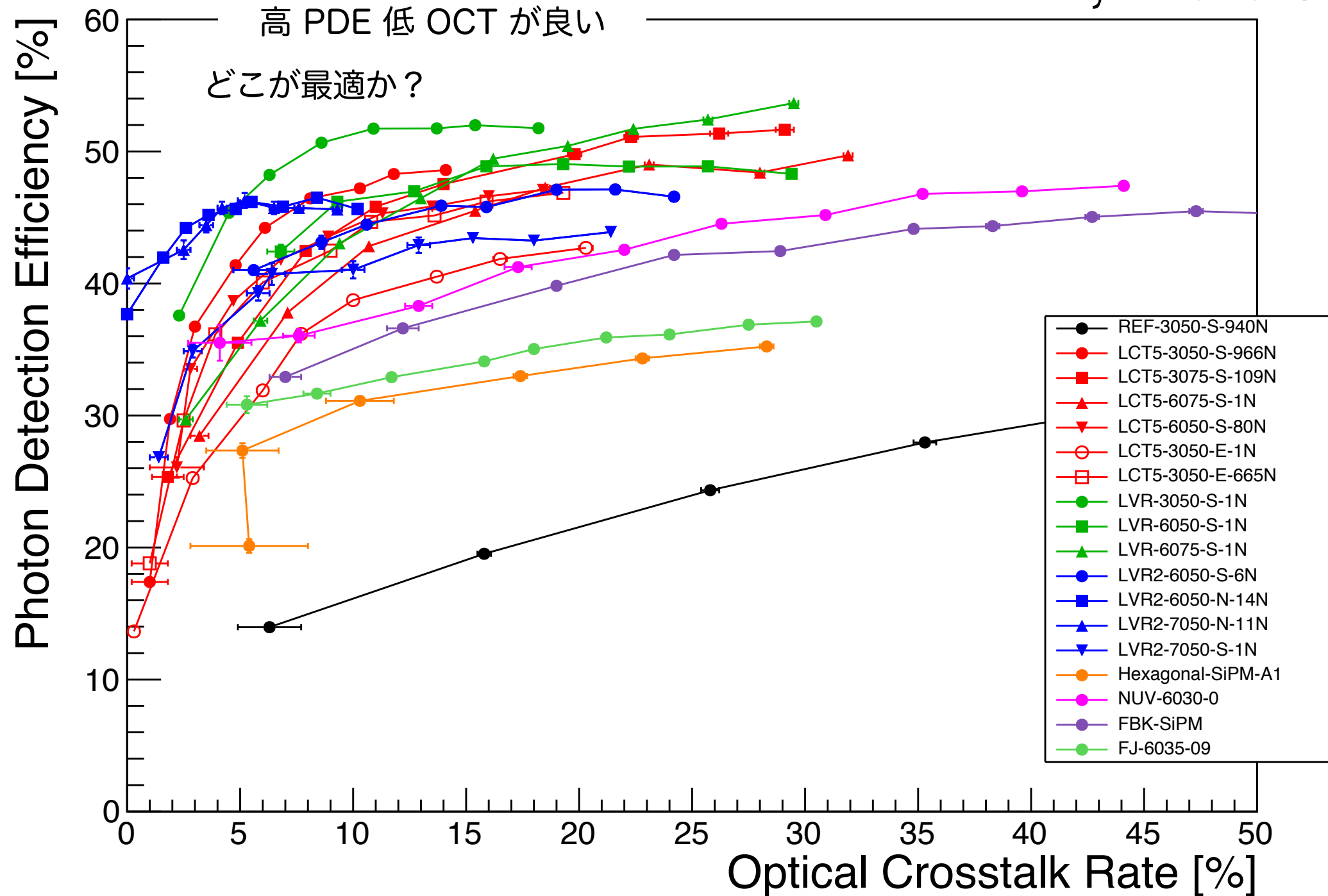
By N. Yamane



- PDE と OCT は超過電圧 ($OV = \text{印加電圧} - \text{降伏電圧}$) の関数
- これまでに多数の製品の測定@名大が行われてきた (山根講演など)
 - OV が大きくなると、PDE は良くなる
 - OV が大きくなると、OCT が大きくなる (>30%)
 - OV が大きいと PDE が良くなるが、反対に OCT は悪くなる

* PDE vs OCT

By N. Yamane

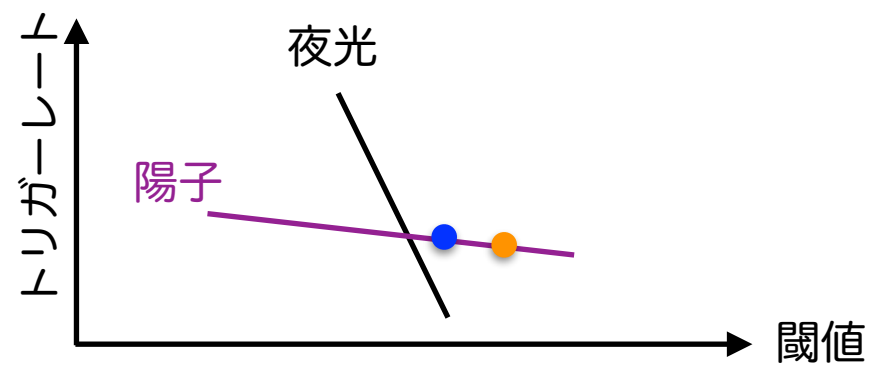


- GCT にとって、最適な PDE と OCT の組み合わせを見つけたい
- 本研究では、異なる PDE と OCT の組み合わせに対し、GCT でトリガー可能なガンマ線事象数を見積もり、比較を行う

* シミュレーション方法

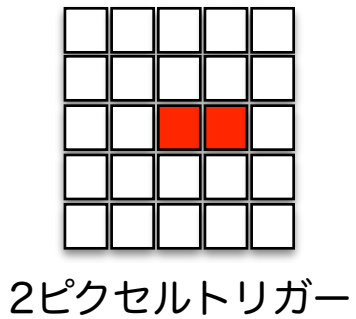
1. CORSIKA (空気シャワー) と sim_telarray (光学系、エレキ、トリガー) による GCT のシミュレーション

- 4つの GCT 望遠鏡を設置
- ガンマ線や陽子 ($dN/dE \propto E^{-2.7}$) を発生させる



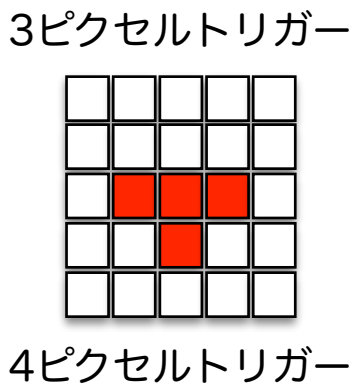
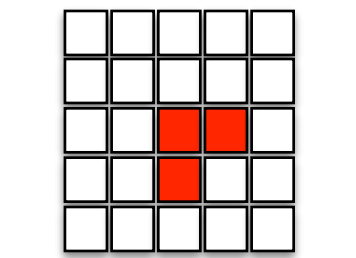
2. 夜光と陽子のシミュレーションを行い、閾値 (レベル1トリガー) を決定する

- $Th_{NSB < p}$: 夜光よりも陽子が優位になる閾値
- $Th_{+1 \text{ p.e.}}$: $Th_{NSB < p}$ より 1 p.e. 高く、夜光が十分少なくなる閾値
- トリガー頻度をカメラの最大取得レート (<600 Hz) 以下に抑える



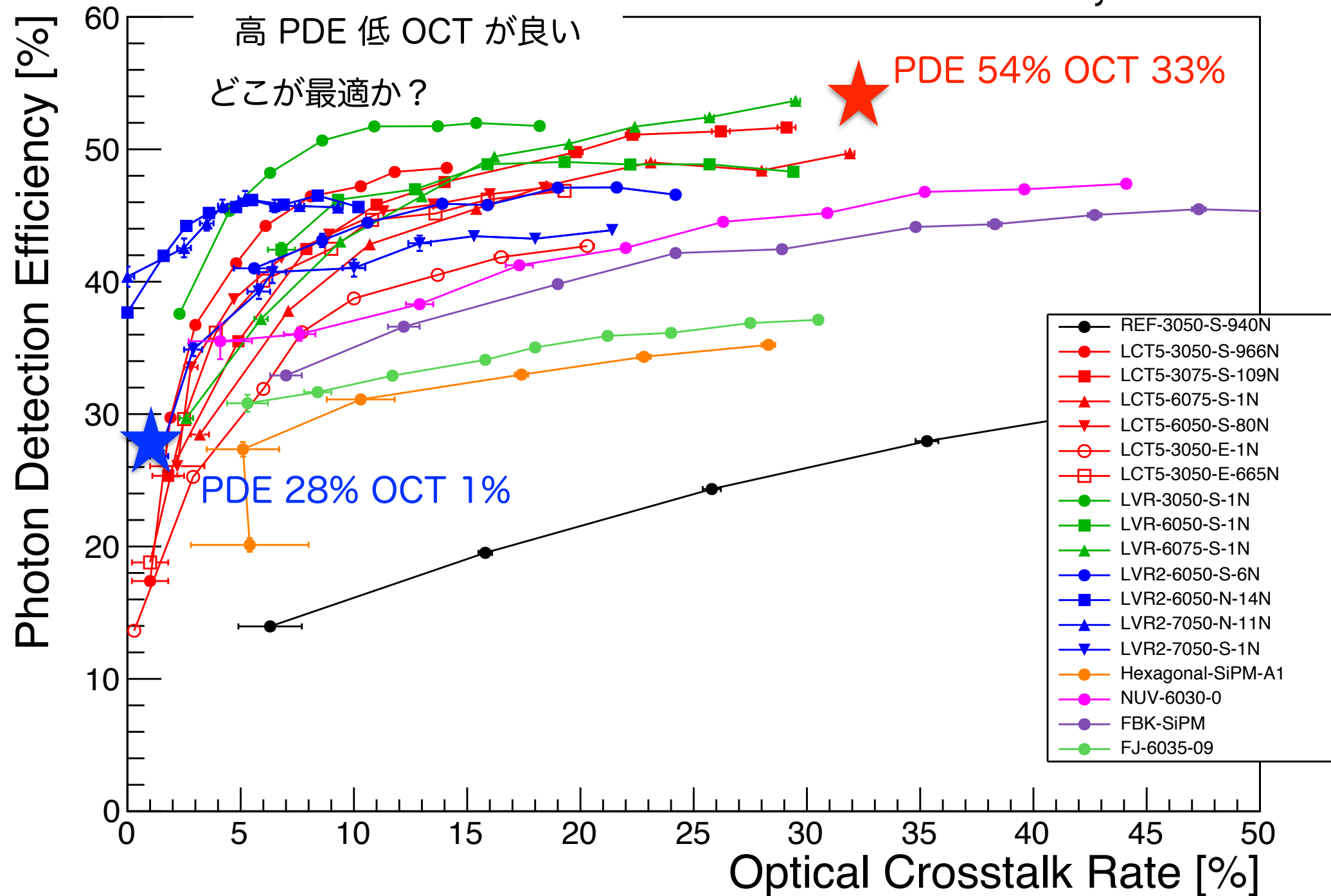
3. トリガーされたガンマ線の数、異なる条件同士で比較する

- レベル2トリガー: 2, 3, 4ピクセルトリガー
- レベル3トリガー: アレイトリガーあり (100 ns の窓幅) or なし
- 異なる PDE, OCT の組み合わせに対してシミュレーション
 - PDE, OCT: (28%, 1%), (54%, 33%)



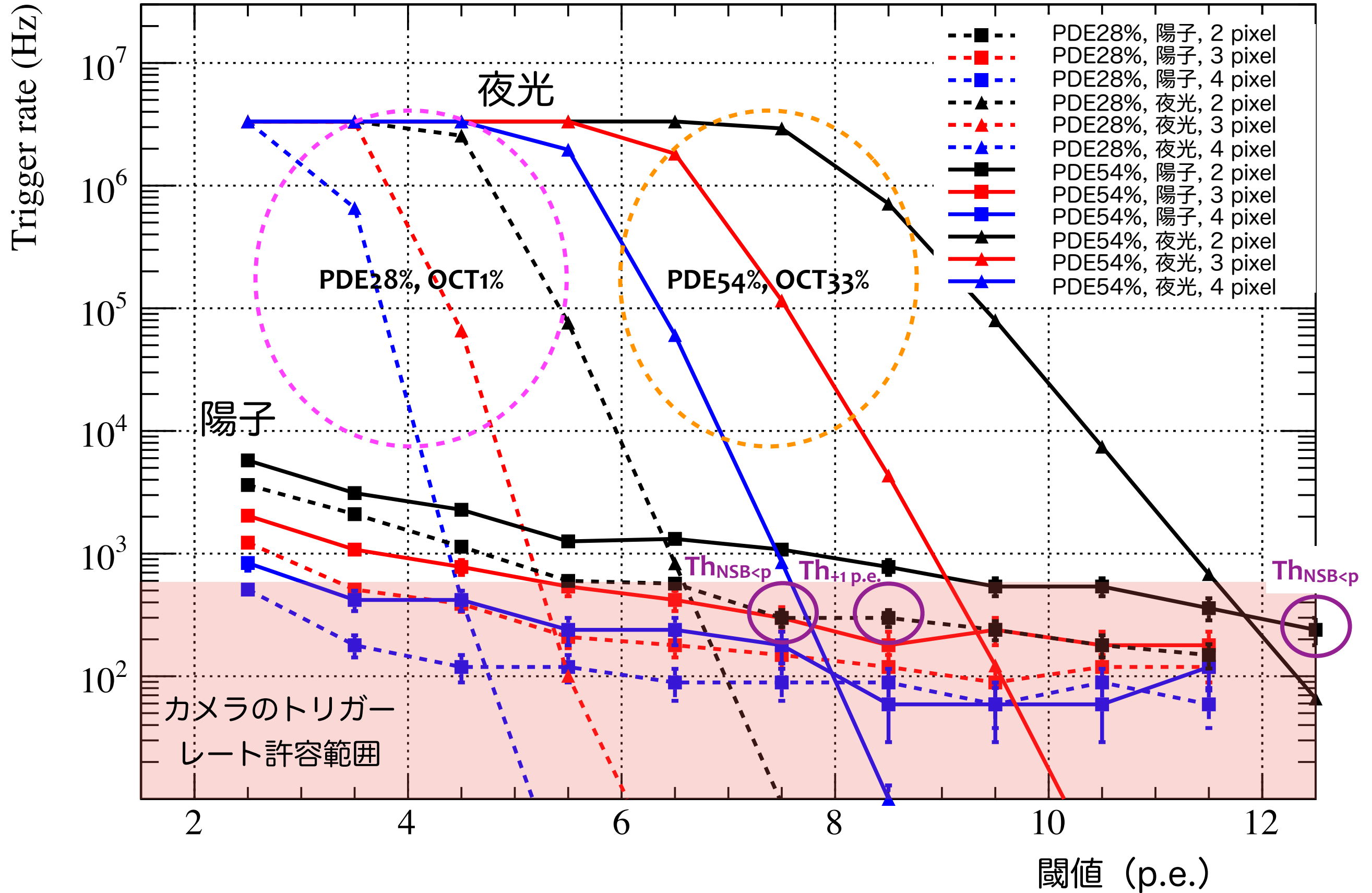
* PDE vs OCT

By N. Yamane

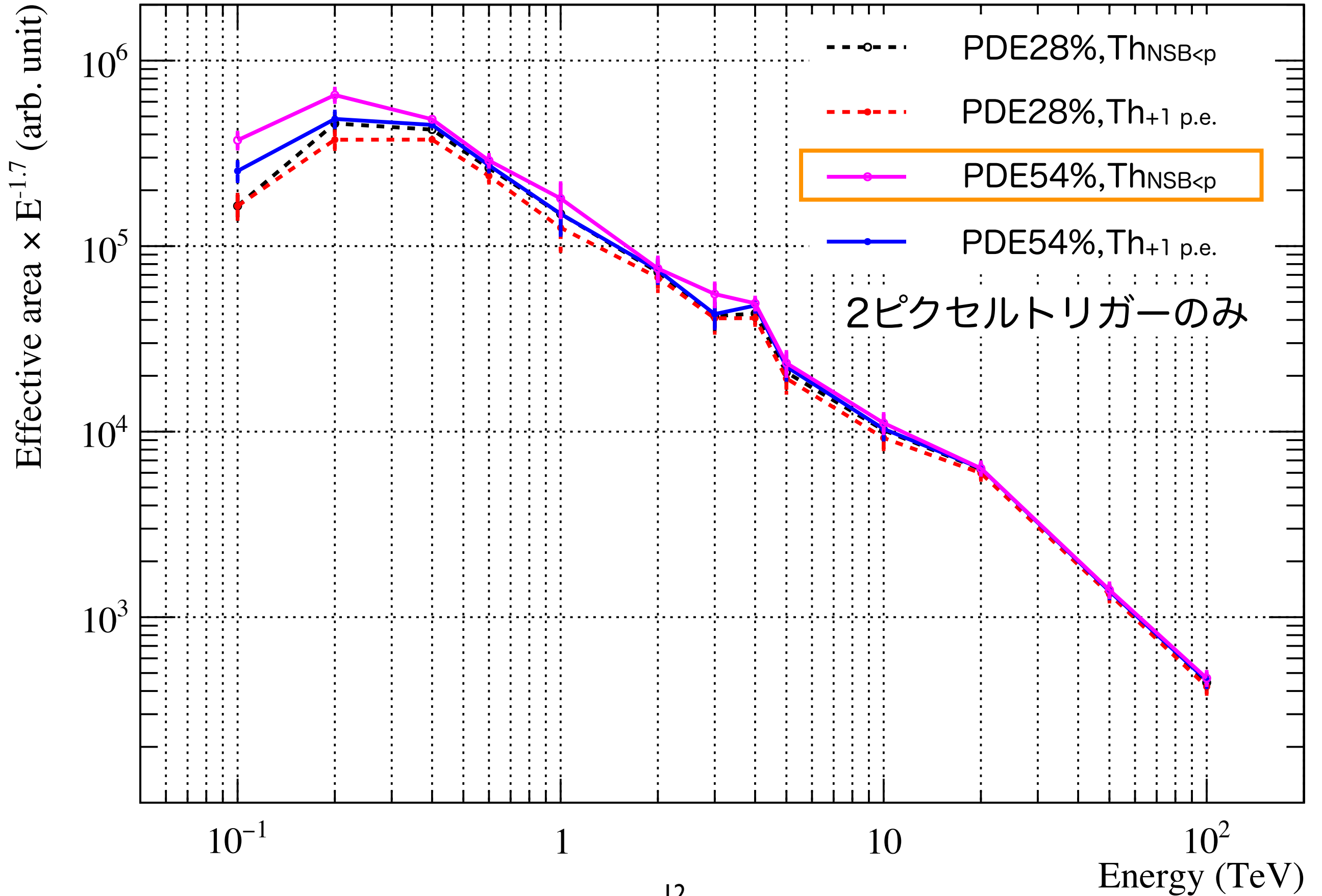


- GCT にとって、最適な PDE と OCT の組み合わせを見つけたい
- 本研究では、異なる PDE と OCT の組み合わせに対し、GCT でトリガー可能なガンマ線事象数を見積もり、比較を行う

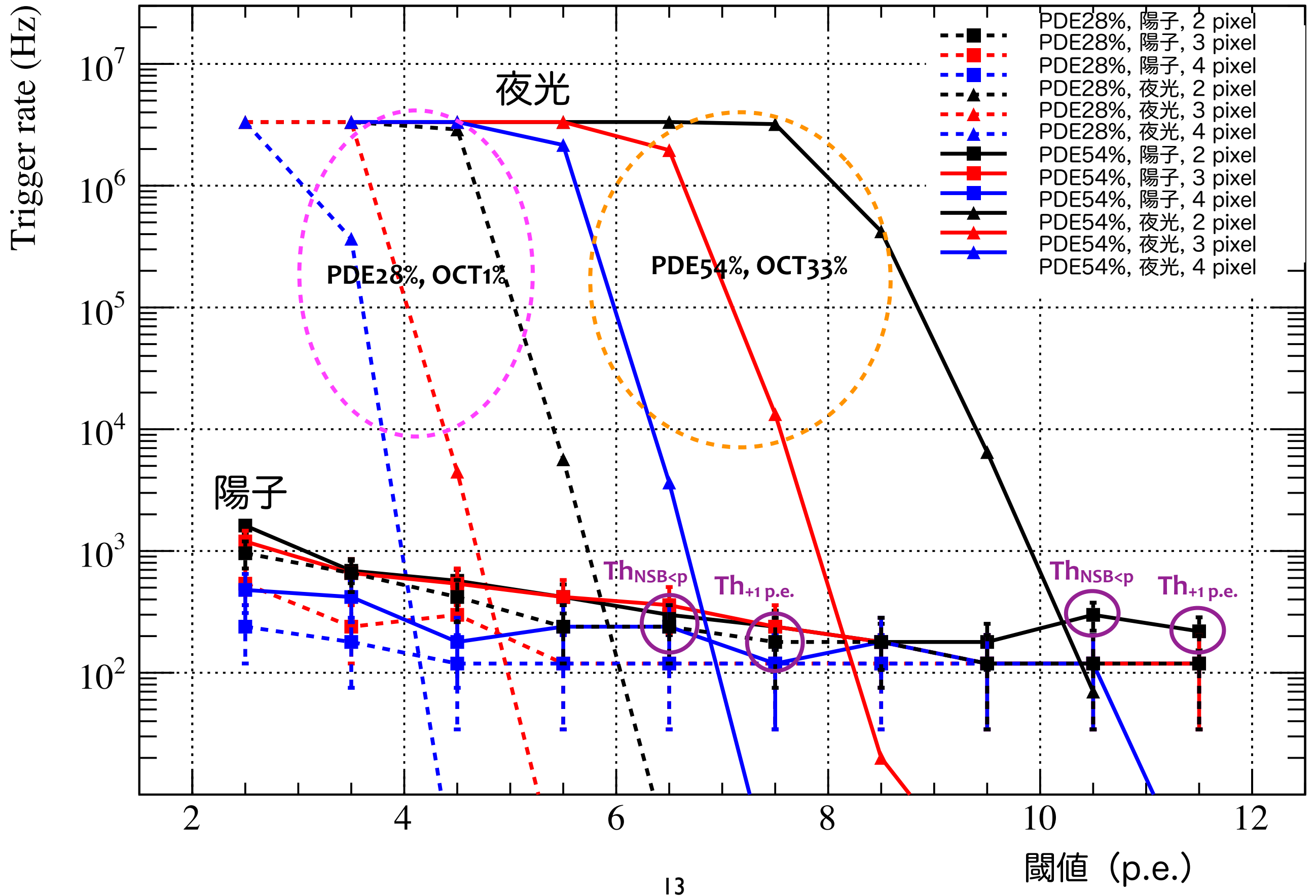
* 閾値の決定 (アレイトリガーなし)



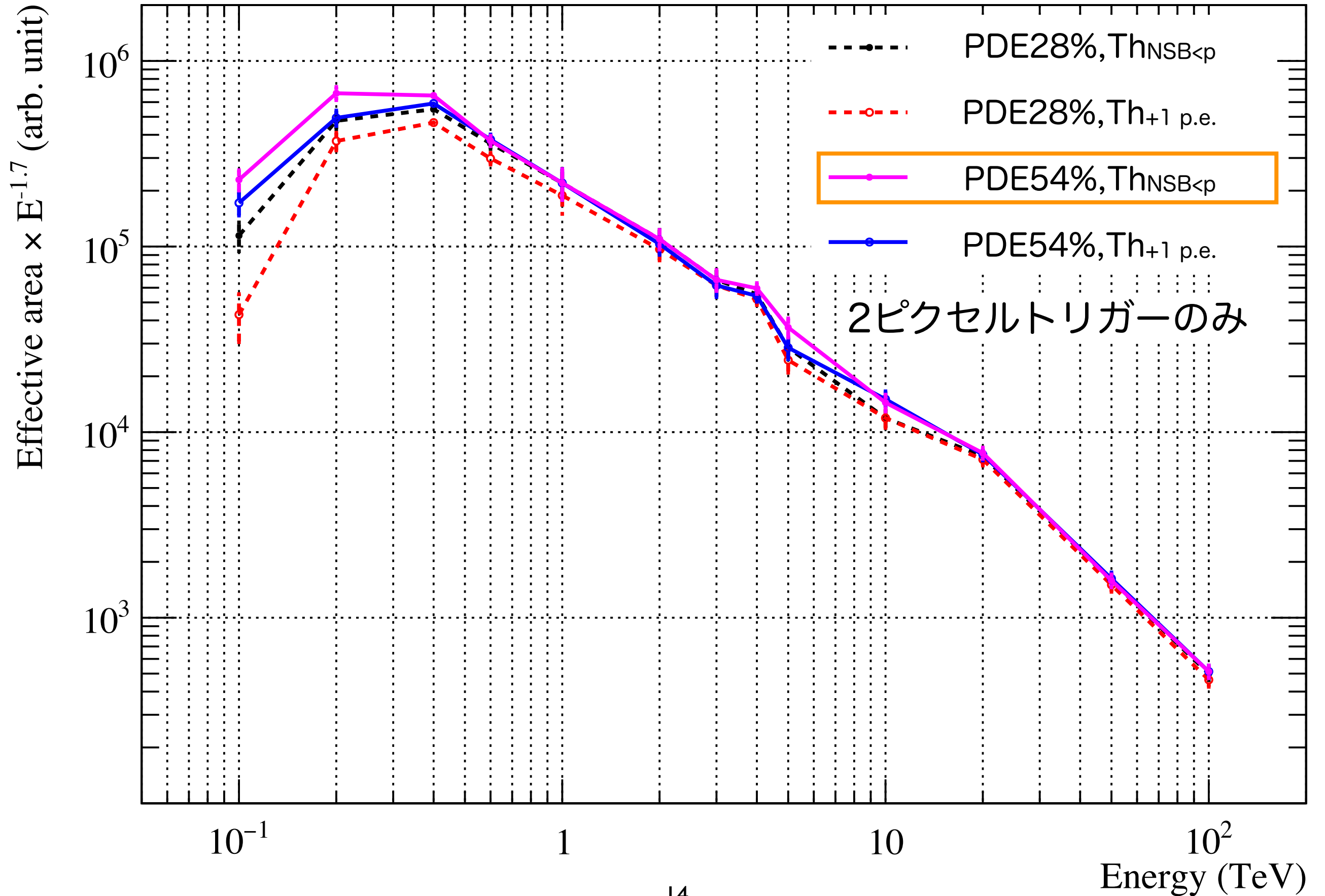
＊ トリガーされたガンマ線イベント (アレイトリガーなし)



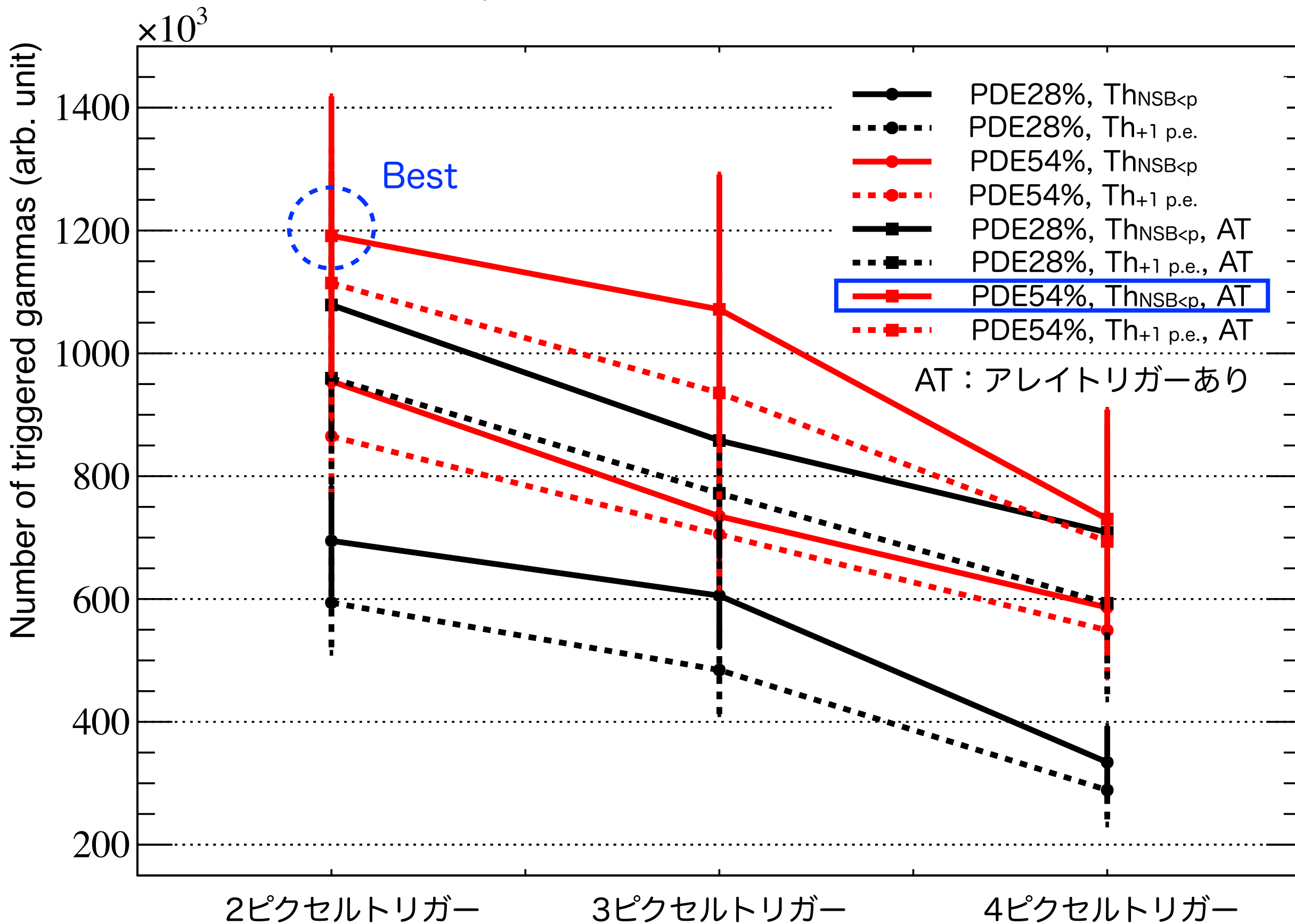
＊ 閾値の決定 (アレイトリガーあり)



＊ トリガーされたガンマ線イベント (アレイトリガーあり)



* アレイトリガーあり/なしの比較



* まとめ

- 以下の PDE と OCT の組み合わせに対し、CORSIKA と simtelarray でシミュレーションを行った
 - PDE, OCT: (28%, 1%), (54%, 33%)
- 上記の組み合わせの中で、ベストなケースは PDE 54%、OCT 33%、2ピクセルトリガー、アレイトリガーあり
- 今後、さらにベストなケースを探す
 - 例えば、PDE, OCT: (54%, 33%), (50%, 10%) どちらが最適か？

- さらなる課題

- Higher NSB rate
- イメージング解析

