



AXEL実験のための MPPCのキャリブレーション手法の開発

2018年11月9日

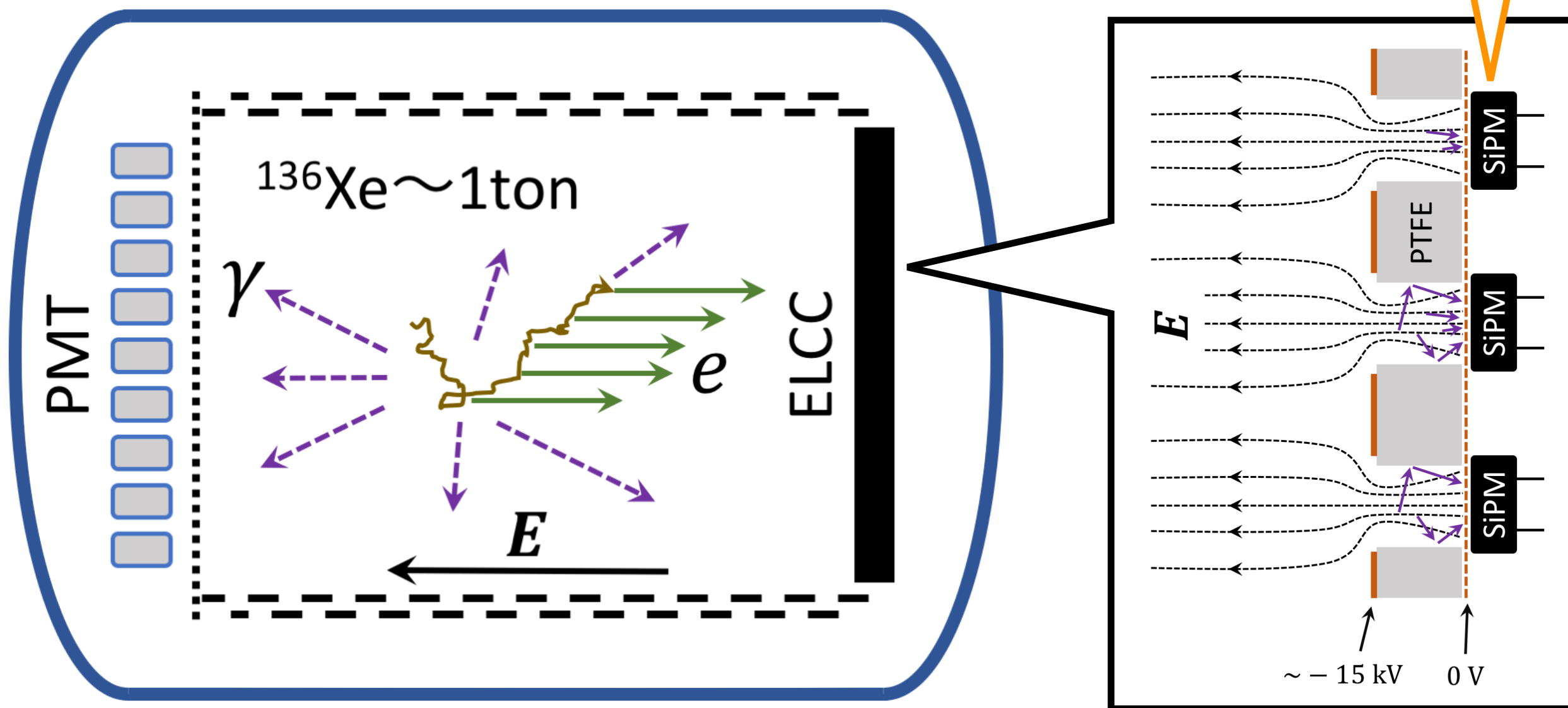
京大・A班共催 二重ベータ崩壊若手研究会

中村 和広

研究モチベーション

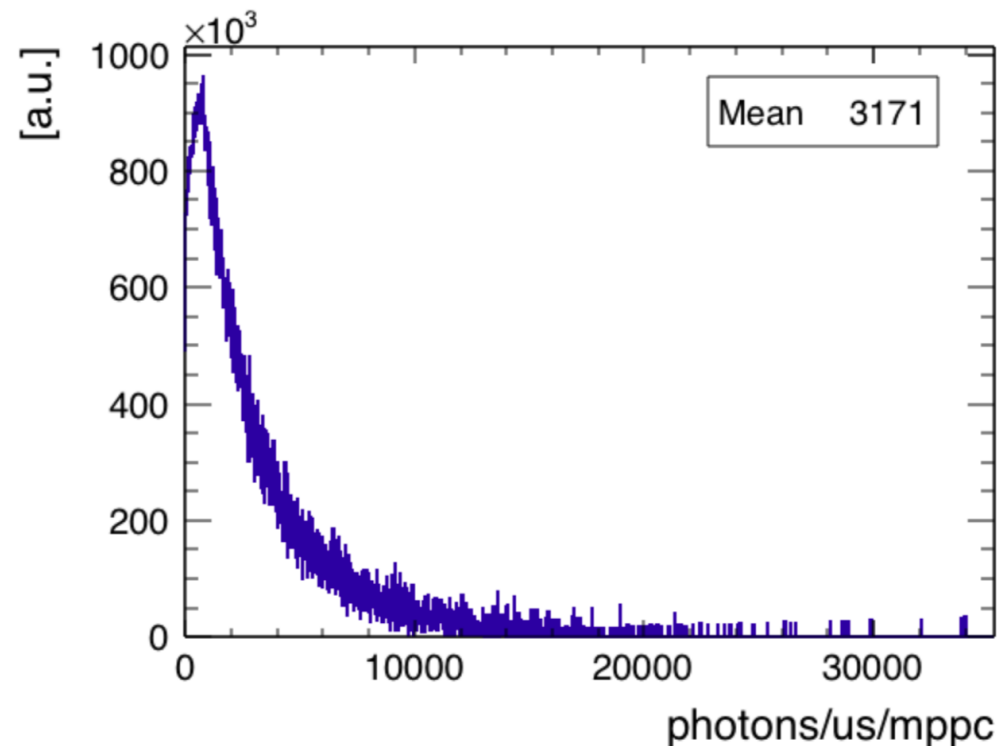
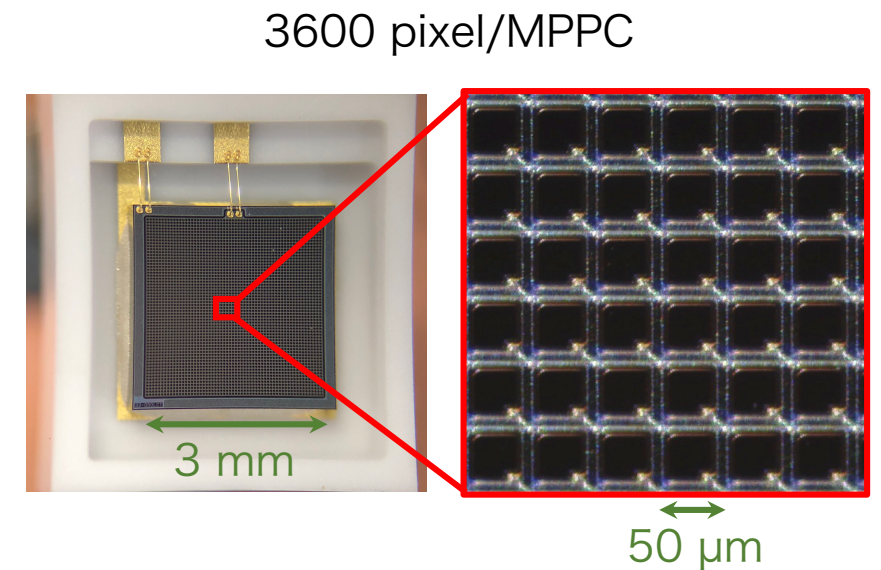
- 目標エネルギー分解能の達成 (FWHM0.5%)

発生したEL光を正確に計測したい！



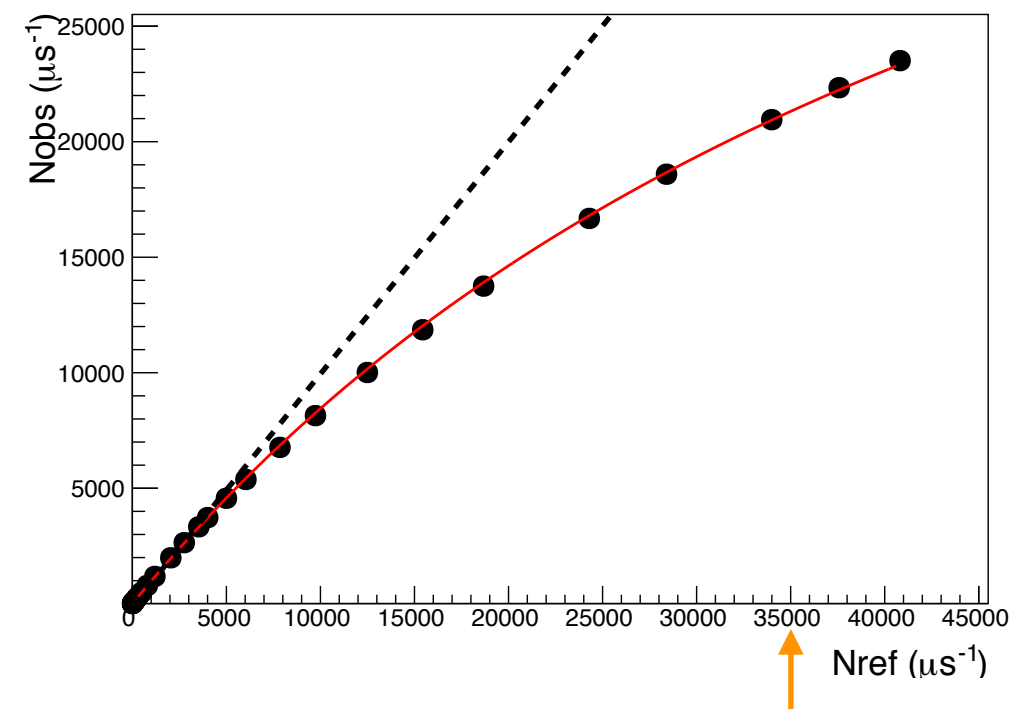
MPPCってどんな検出器？

- ピクセル状の構造をした光検出器
- 個々のピクセルが1光子に感度を持つ
- 同時に入射する光子数がピクセル数に近づくと応答が非線形になる ($\sim 10^4$ photons/ μ s)



MPPCへの入射光子数のシミュレーション結果

大光量下でのMPPCの非線形応答



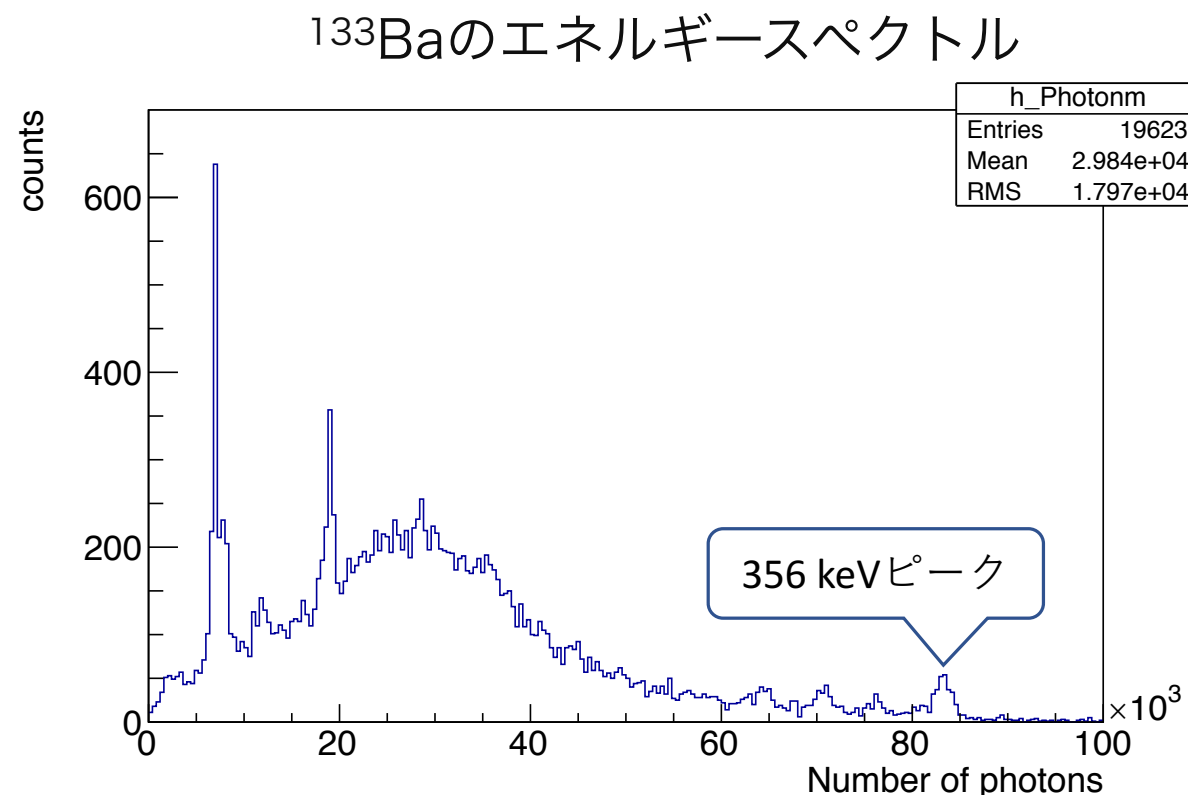
最大光量

非線形応答のモデル化

- 回復時間 τ による特徴づけ

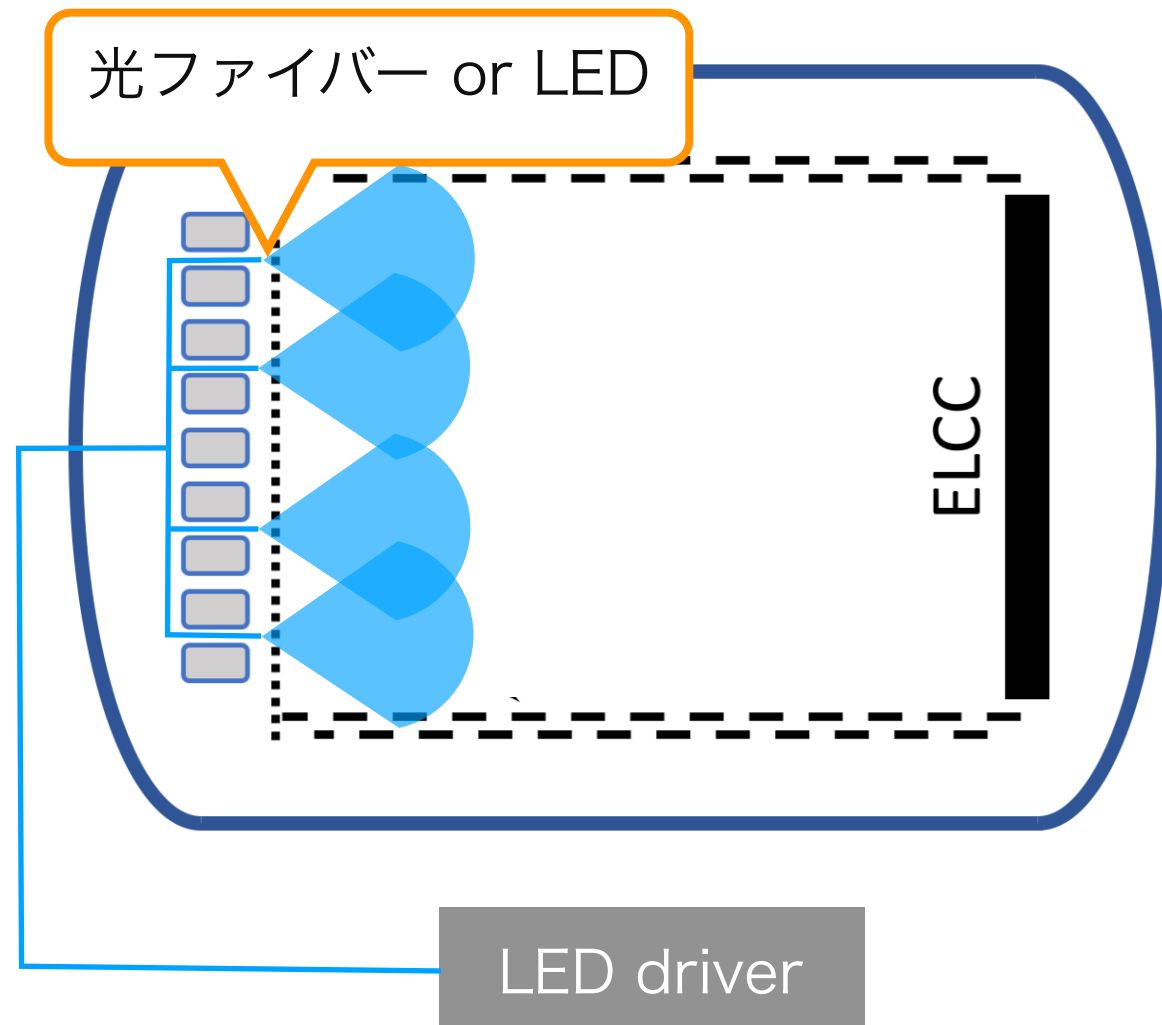
$$N_{\text{obs}} = \frac{N_{\text{ref}}}{1 + \tau / (\Delta t \cdot N_{\text{pix}}) N_{\text{ref}}}$$

- 非線形応答を補正することで、幅広い光量での運用を可能にした
- 全MPPCの応答測定、補正モデルの改良によってエネルギー分解能が改善
(FWHM)5.4%→2.5%@356 keV (^{133}Ba)



回復時間の取得

- 現在はMPPCを検出器にインストールする前に測定
→ モデル関数でフィット
- 将来的には検出器内で応答測定を行えるようにすることで、定期的にキャリブレーションを行いたい



特に、180L次期試作機では
Q値でのエネルギー分解能評価が目標

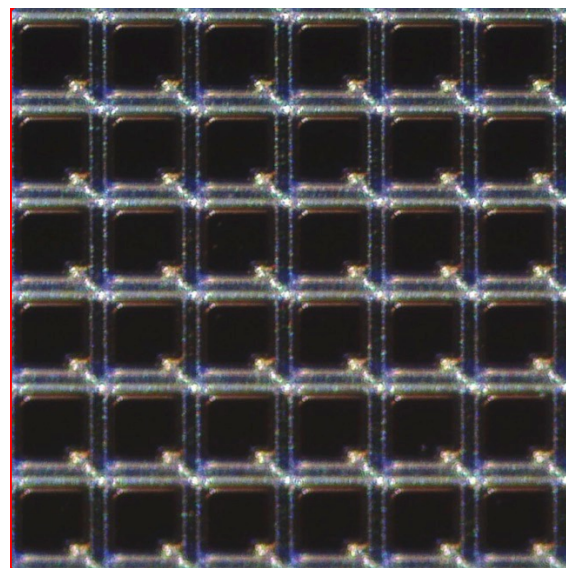


目標エネルギー分解能の達成のためには
定期的な応答測定が不可欠

これまでの測定手法の問題点

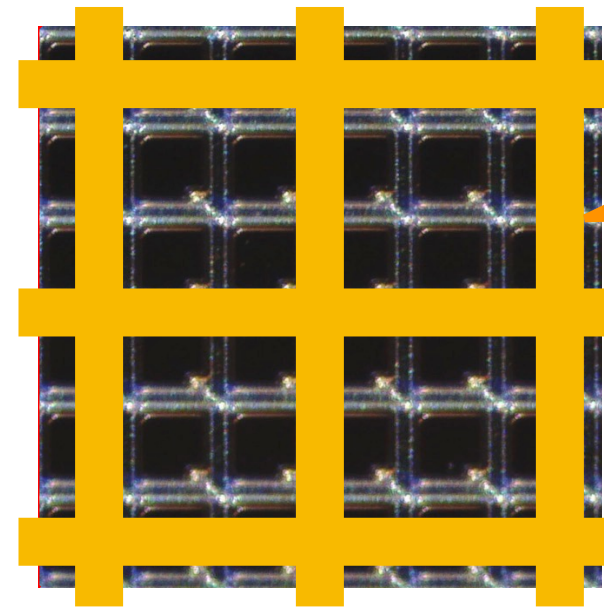
- MPPCへの光の入射の仕方がLED光とEL光では異なる
 - EL光はグランドメッシュ越しにMPPCに入射
 - グランドメッシュの影によってMPPCの有効ピクセル数が減少している可能性

$$N_{\text{obs}} = \frac{N_{\text{ref}}}{1 + \tau / (\Delta t \cdot N_{\text{pix}}) N_{\text{ref}}}$$



N_{pix}

>



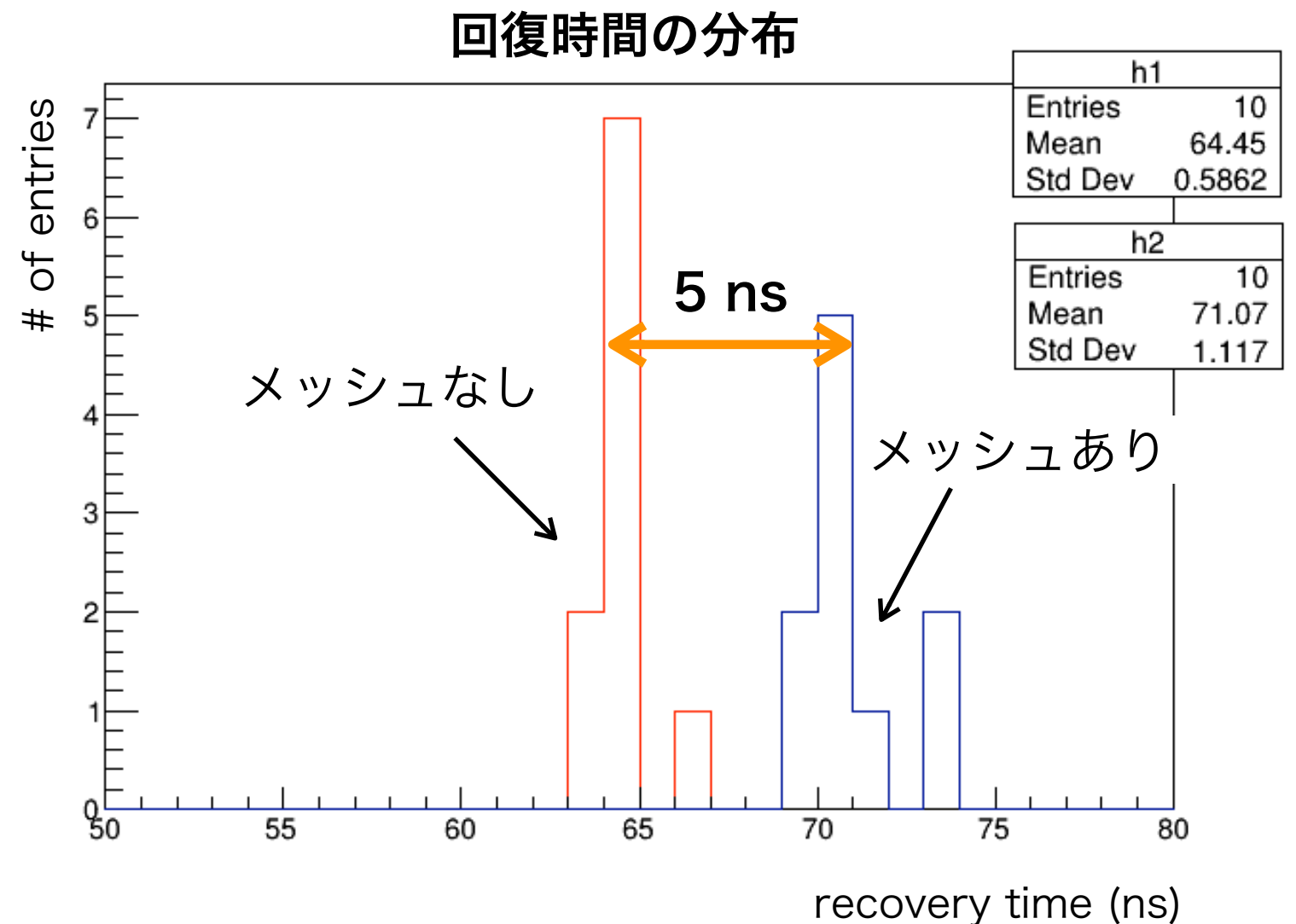
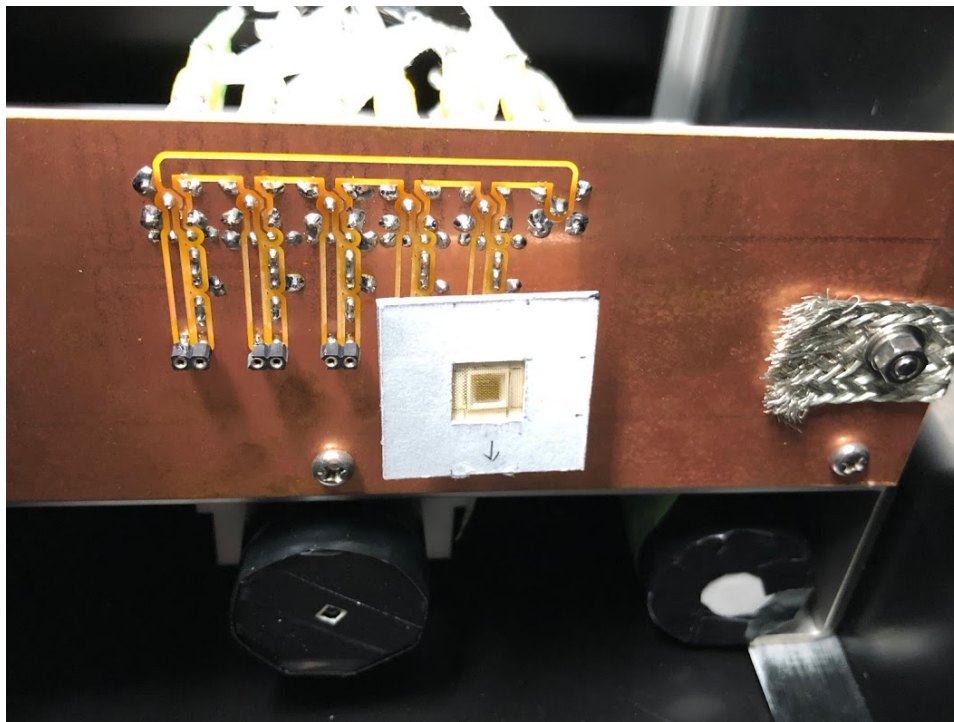
N_{pix}'

グランドメッシュ

メッシュが回復時間に与える影響

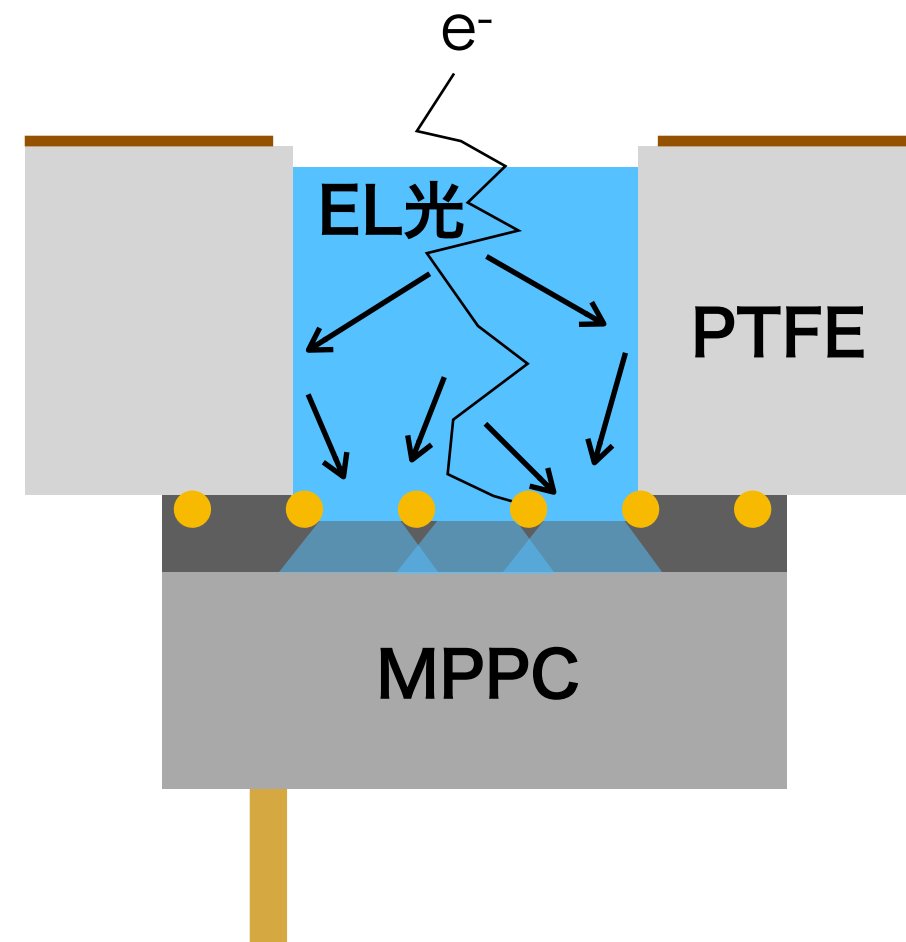
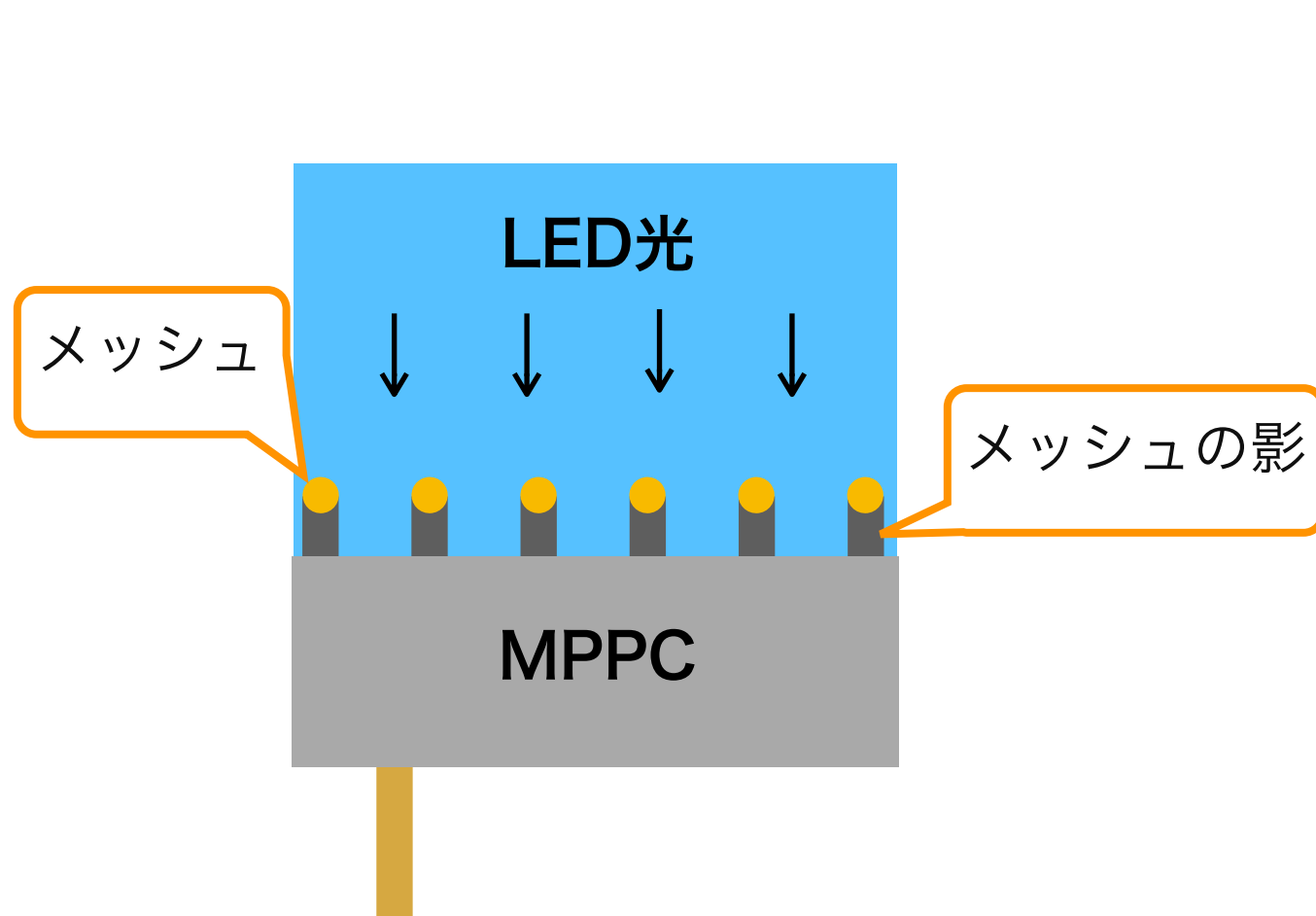
● MPPCにメッシュをつけて回復時間を測定・比較

- タングステン金メッキメッシュ（線幅30 μm 、mesh100、開口率77.8%）
- メッシュをつけた場合は、回復時間は約5 ns長くなった



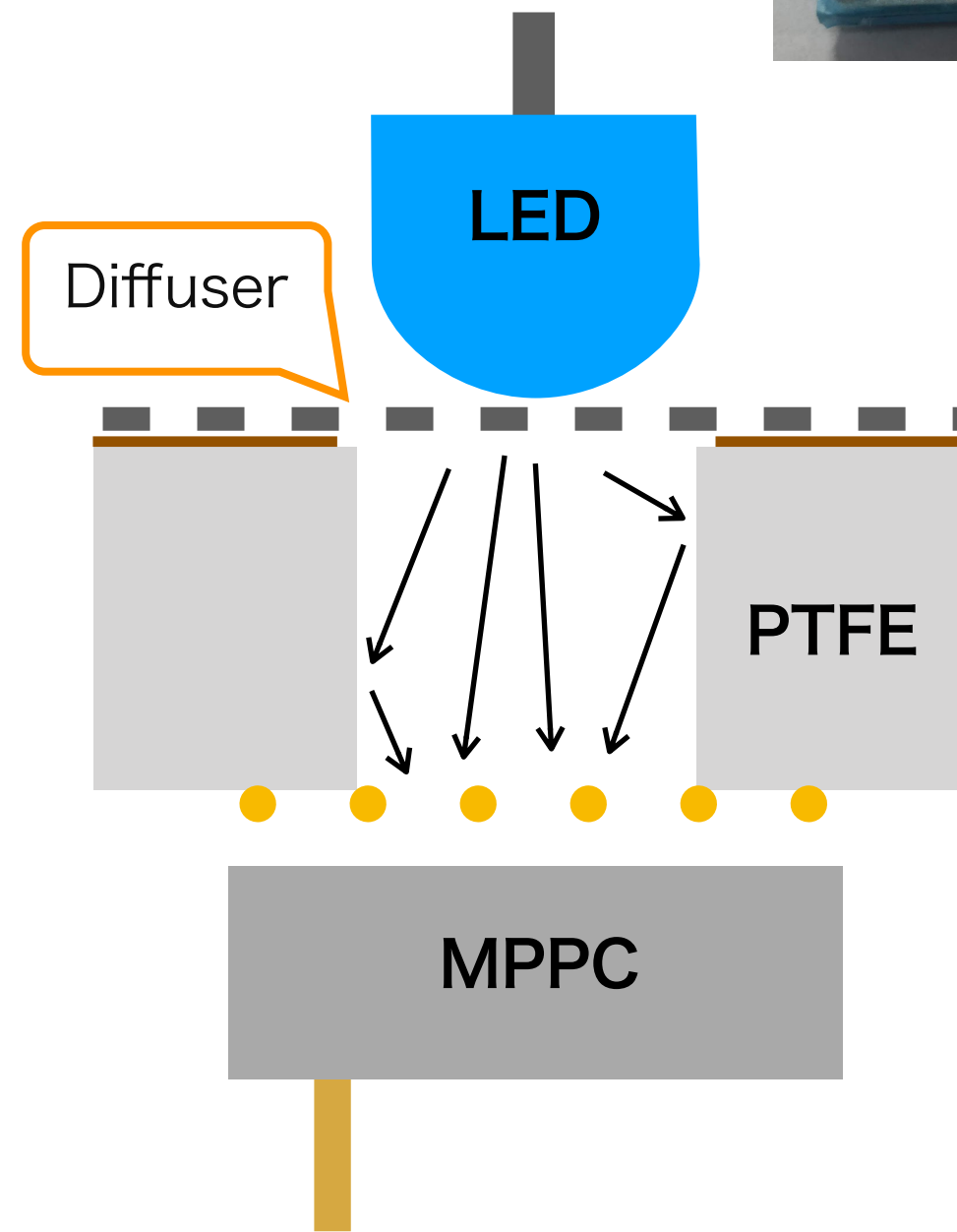
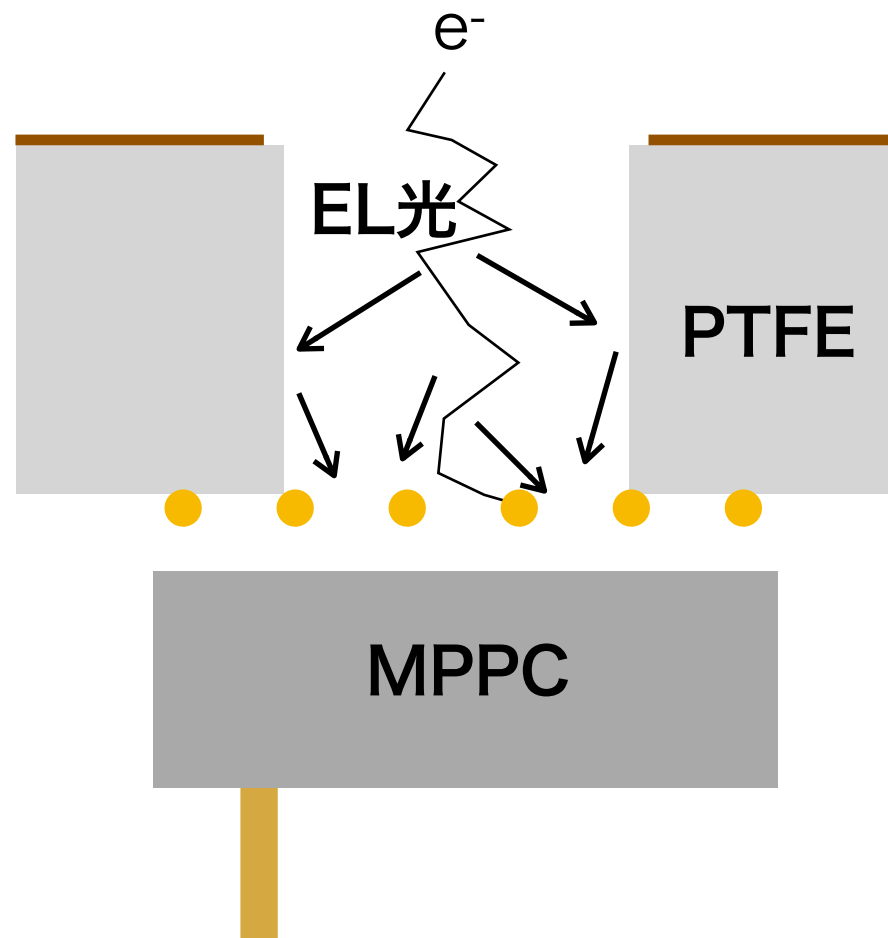
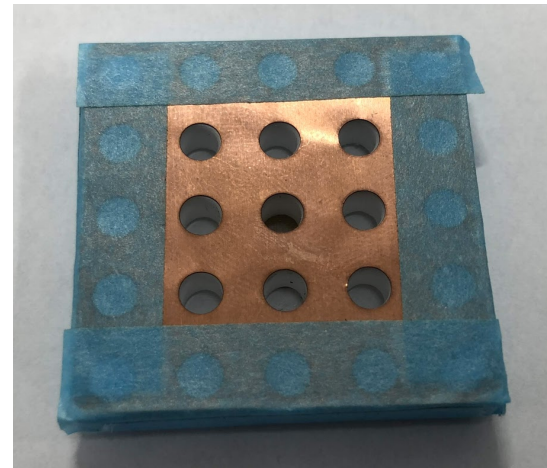
EL光を再現した回復時間測定

- メッシュをつけた場合でも、LED光とEL光ではMPPCへの入射の仕方が異なる
 - LED光：光源が離れている（～150 mm） → ほぼ平行
 - EL光：直接光とPTFEでの反射光 → 2π 方向
- EL光では影が薄くなることで、MPPCの応答がメッシュなしの結果に近くなるのか？



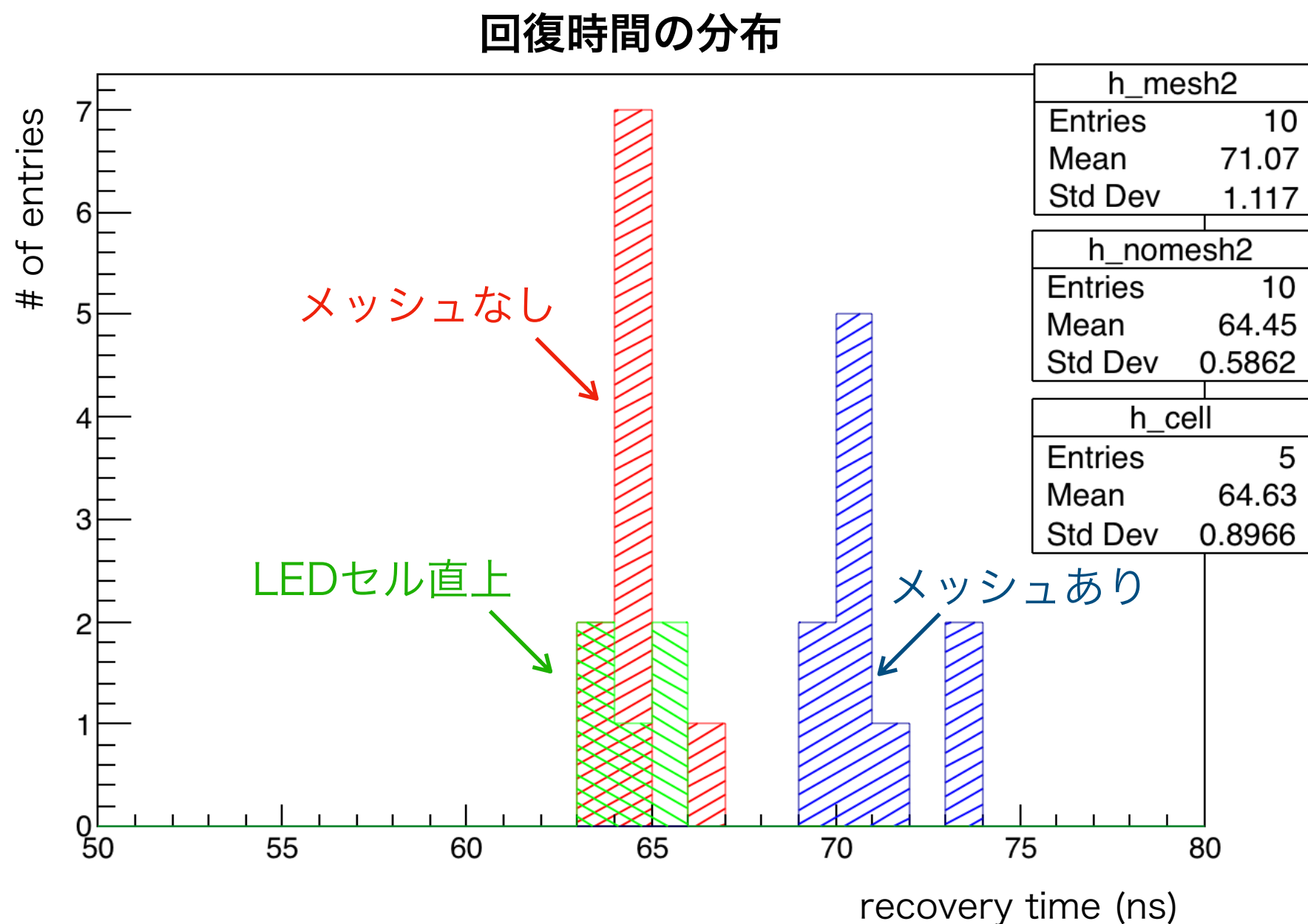
EL光を再現した回復時間測定

- EL光の条件に近づくために、ELCCのセルを用いて測定
- LEDセルの直上にLEDを配置することで、直接光と反射光の両方が入射するようにセット



EL光を再現した回復時間測定

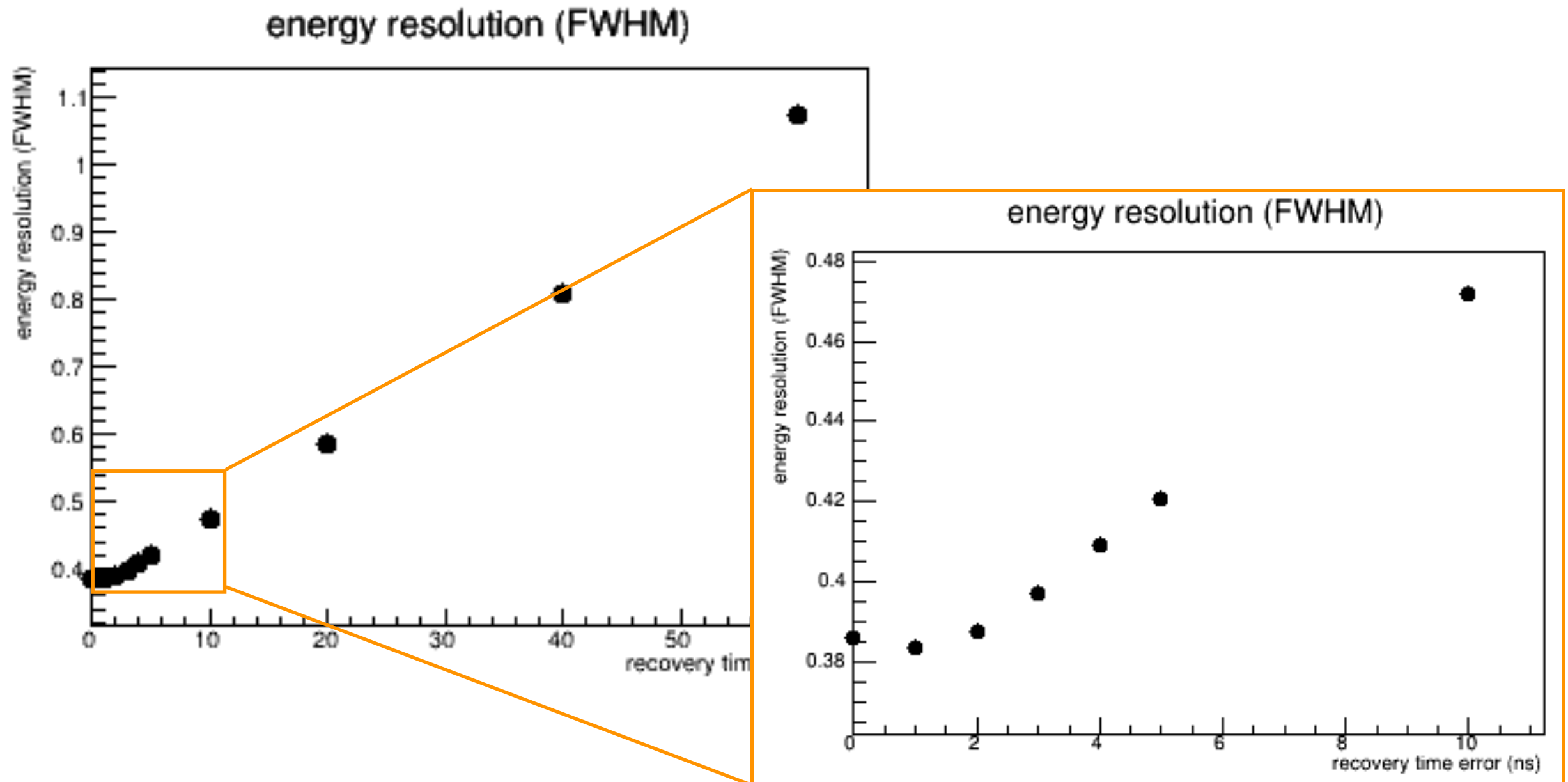
- 回復時間はメッシュなしで測定した場合に一致



エネルギー分解能への影響

● Geant4によるシミュレーション

- $\Delta E = 0.385\% \rightarrow 0.420\% @ \delta \tau = 5\text{ns}$
- 回復時間の系統誤差を $\delta \tau < 2\text{ ns}$ にする必要がある



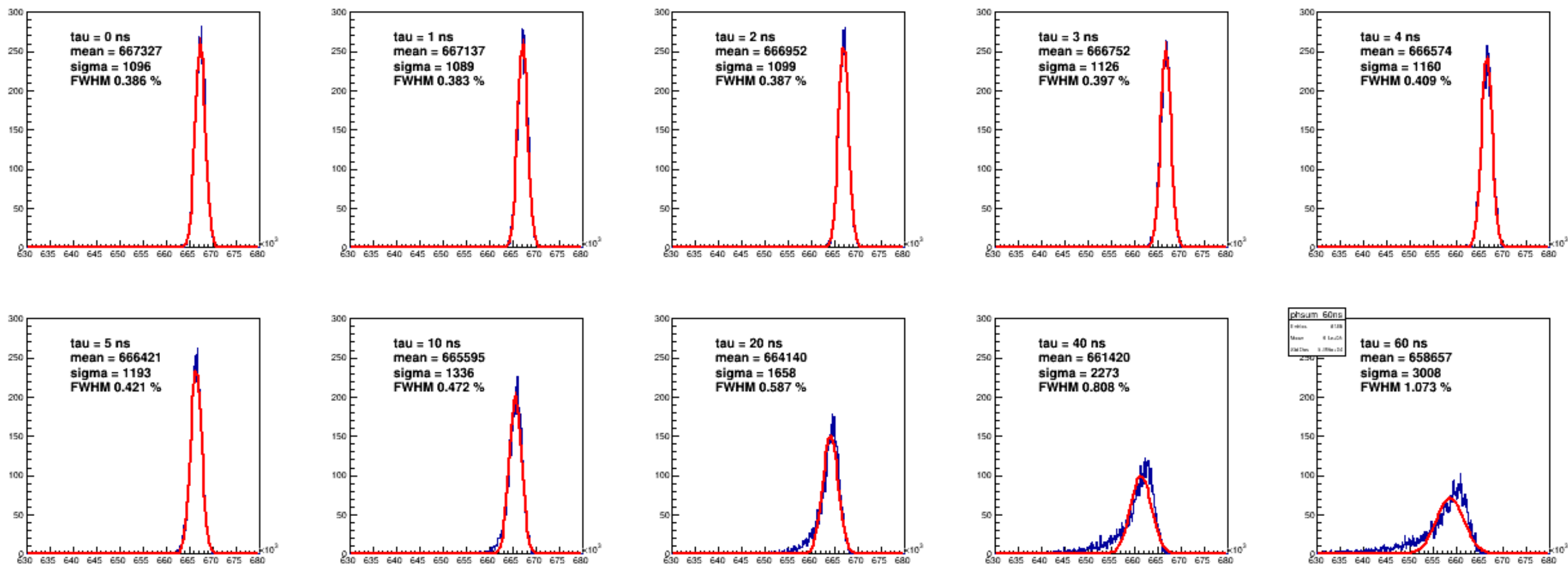
まとめ

- 目標エネルギー分解能達成のためには、MPPCの非線形応答が問題
→ 非線形応答の補正が不可欠
- 検出器内部での応答測定に向けて、メッシュが回復時間におよぼす影響を評価した
 - MPPCの直上で発光するEL光に対して、平行光に近いLEDではメッシュによる系統誤差によって5 ns程度回復時間が長くなった
- Geant4によるエネルギー分解能の見積もり
 - $\delta \tau > 2 \text{ ns}$ ではエネルギー分解能の悪化がみられた
- 内部での応答測定方法について検討中
 - 光ファイバー or LED

 **Back Up**

総光量分布

● エネルギー分解能の $\delta \tau$ 依存性



LED

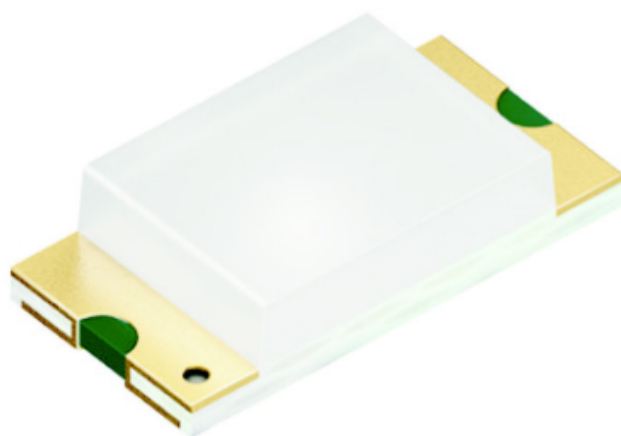
● NEXT実験がPMTのキャリブレーション用に使っているLED



Country Home OSRAM Group Careers Sustainability Company Press Contact

Applications Products News Tools & Services

CHIPLED® 0603, LB Q39E



CHIPLED 0603, blue (470 nm), compact package



Datasheet



Application note



Optical simulation



CAD files

Contact

Support