

CTA 報告 60

大口径望遠鏡の光検出器の開発

埼玉大学 永吉勤

猪目祐介^A, 上野遥, 大岡秀行^B, 萩野桃子^B, 折戸玲子^C, 片桐秀明^D, 櫛田淳子^E, 窪秀利^F, 郡司修一^G, 小山志勇, 佐々木浩人^A, 澤田真理^H, 高橋光成^B, 田中駿也^D, 手嶋政廣^{B,I}, 辻本晋平^E, 坪根善雄^H, 寺田幸功, 中嶋大輔^B, 西嶋恭司^E, 花畑義隆^B, 林田将明^B, 馬場彩^H, 山本常夏^A, 他 CTA-Japan Consortium

埼玉大理, 甲南大理工^A, 東大宇宙線研^B, 徳島大総科^C, 茨城大理^D, 東海大^E, 京大^F, 山形大理^G, 青山大理工^H, Max-Planck-Inst.fuerPhys.^I

大口径望遠鏡用焦点面カメラ

大口径望遠鏡

観測帯域：20 GeV – 1 TeV

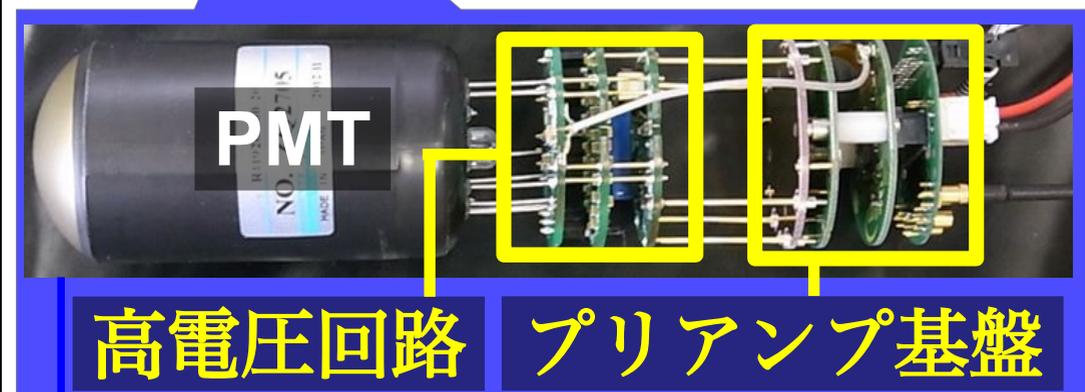
分割鏡
→ 報告63:馬場

400 m²

28 m

23 m

焦点面カメラ
直径：2.5 m
1855 pixel → PMT



浜松ホトニクスと共同開発

PMT の要求値と性能評価試験状況

項目 (一部抜粋)

要求値

試験状況

ゲイン

4×10^4

@ 高圧値範囲 850 – 1250 V

検証済みOK

量子効率

> 35 % @ peak

> 25% @ folded 260-600 nm

検証済みOK

パルス幅

< 3.0 ns (FWHM)

検証済みOK

T.T.S.

< 1.3 ns (FWHM) @ 1 p.e.

検証済みOK

Afterpulse発生確率

< 0.02 % @ >4 p.e.

→ Afterpulseに関して改良を加えたPMTを製造

PMT の要求値と性能評価試験状況

項目 (一部抜粋)	要求値	試験状況
ゲイン	4×10^4 @ 高圧値範囲 850 – 1250 V	検証済みOK
量子効率	> 35 % @ peak > 25% @ folded 260-600 nm	検証済みOK
パルス幅	< 3.0 ns (FWHM)	検証済みOK
T.T.S.	< 1.3 ns (FWHM) @ 1 p.e.	検証済みOK
Afterpulse発生確率	< 0.02 % @ >4 p.e.	改良後で 未検証

Afterpulseに関して改良を加えたPMTを製造

目的：改良を加えたPMTのAfterpulseを測定

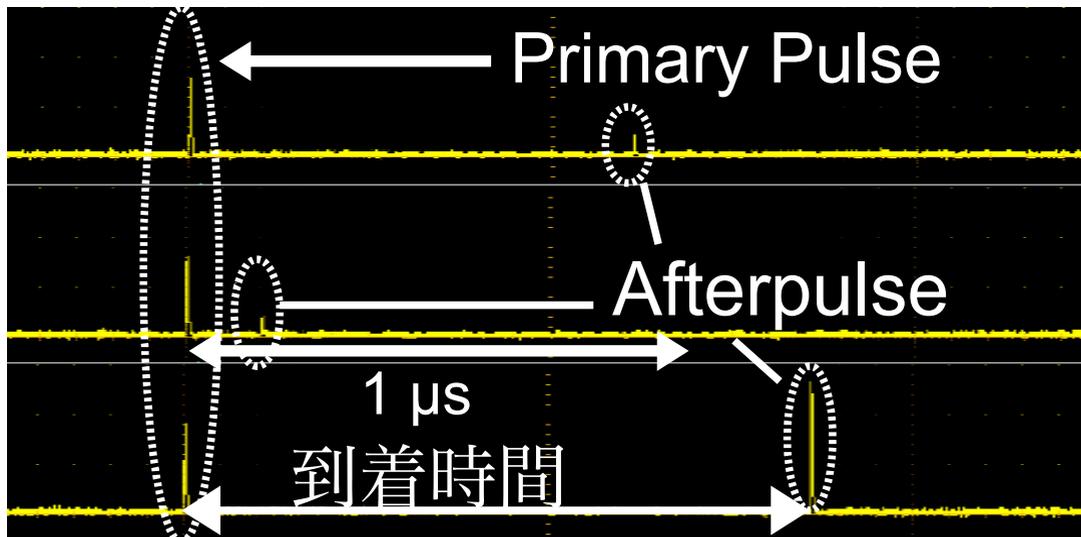
Afterpulseについて

- 電子とPMT内の残留ガスが衝突し正イオン生成され、イオンフィードバック現象により生じる疑似パルス
- 望遠鏡のエネルギー閾値劣化の要因

→ Requirement

$$\text{Afterpulse 発生確率} = \frac{\text{Afterpulse Event}}{\text{Total Event} \cdot \text{Primary Pulse Charge}} \left[\frac{\%}{\text{p.e}} \right]$$

< 0.02 % @ 4 p.e. 以上の大きさをもったAfterpulse

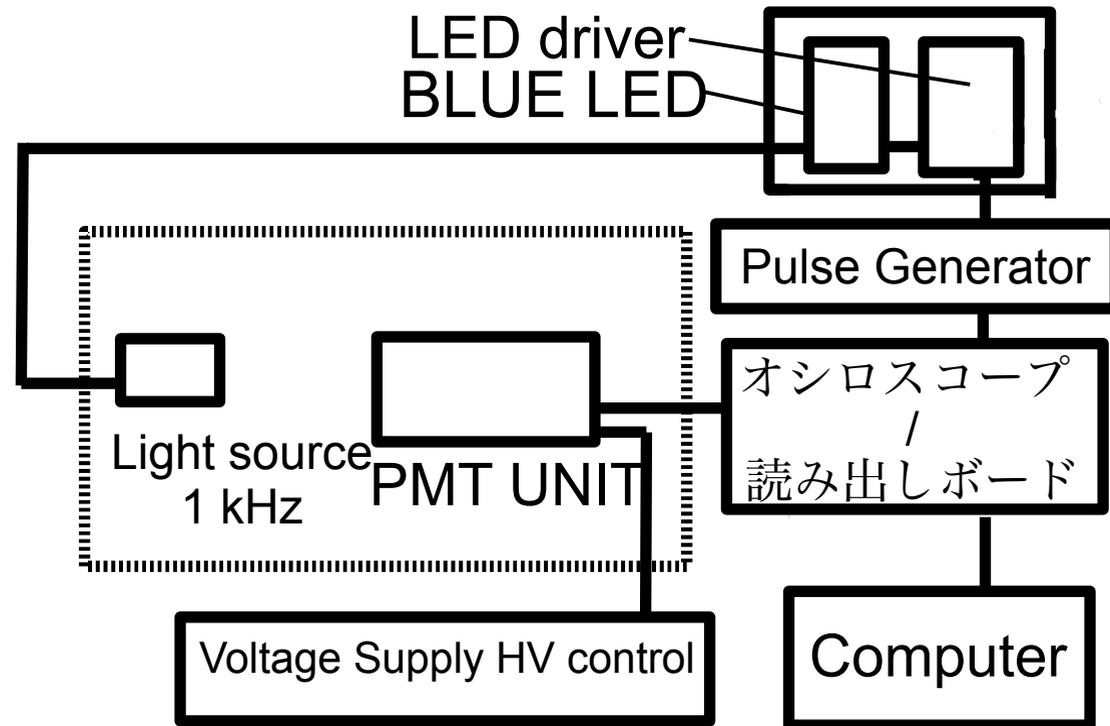


- 数百 ns ~ 数 μs の範囲に分布
- フィードバックするイオン種類で Afterpulseの到着時間が異なる
- 電子と残留ガスの衝突確率
発生確率 \propto 電子数 \propto ゲイン
→ ゲインによって変化するおそれ

測定項目

1. 改良前PMTと改良後PMTの性能を比較
 - 1-1. Afterpulse 発生確率を測定
 - 1-2. Afterpulse 到着時間を測定
2. 改良後PMTのAfterpulse発生確率をゲインをかえて測定

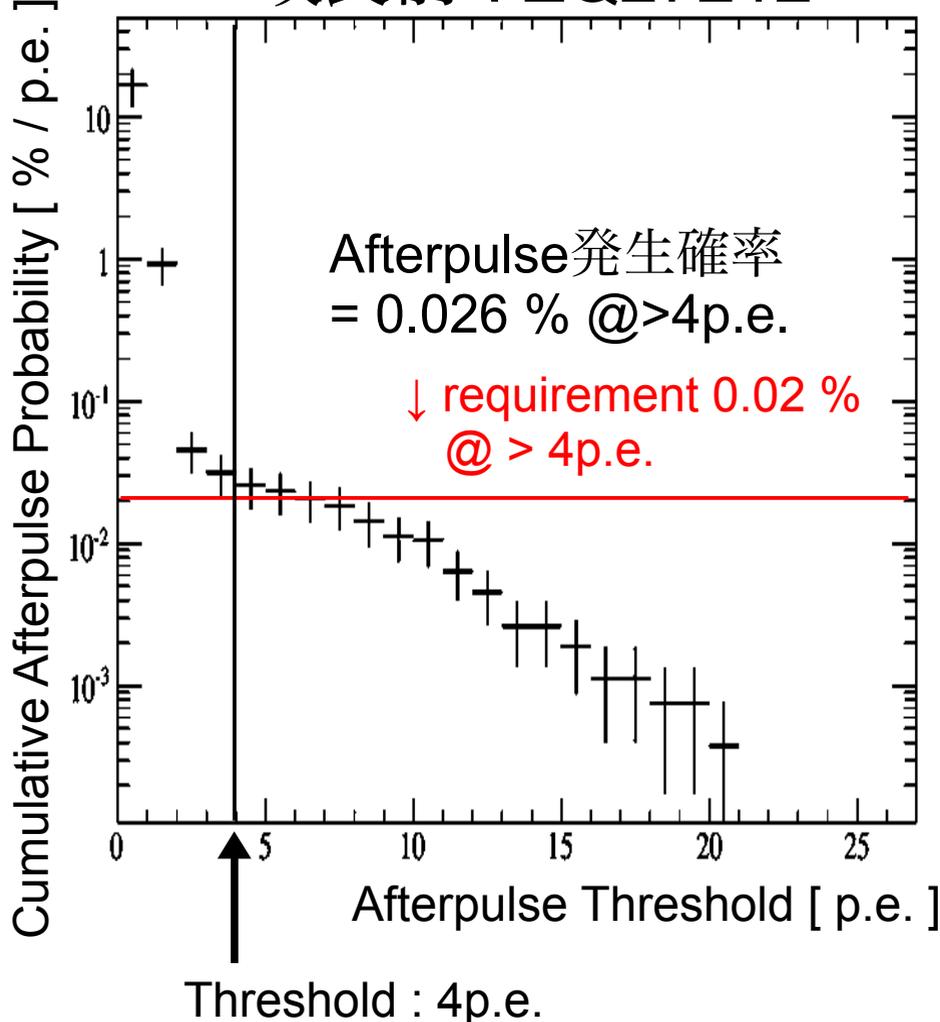
Set up



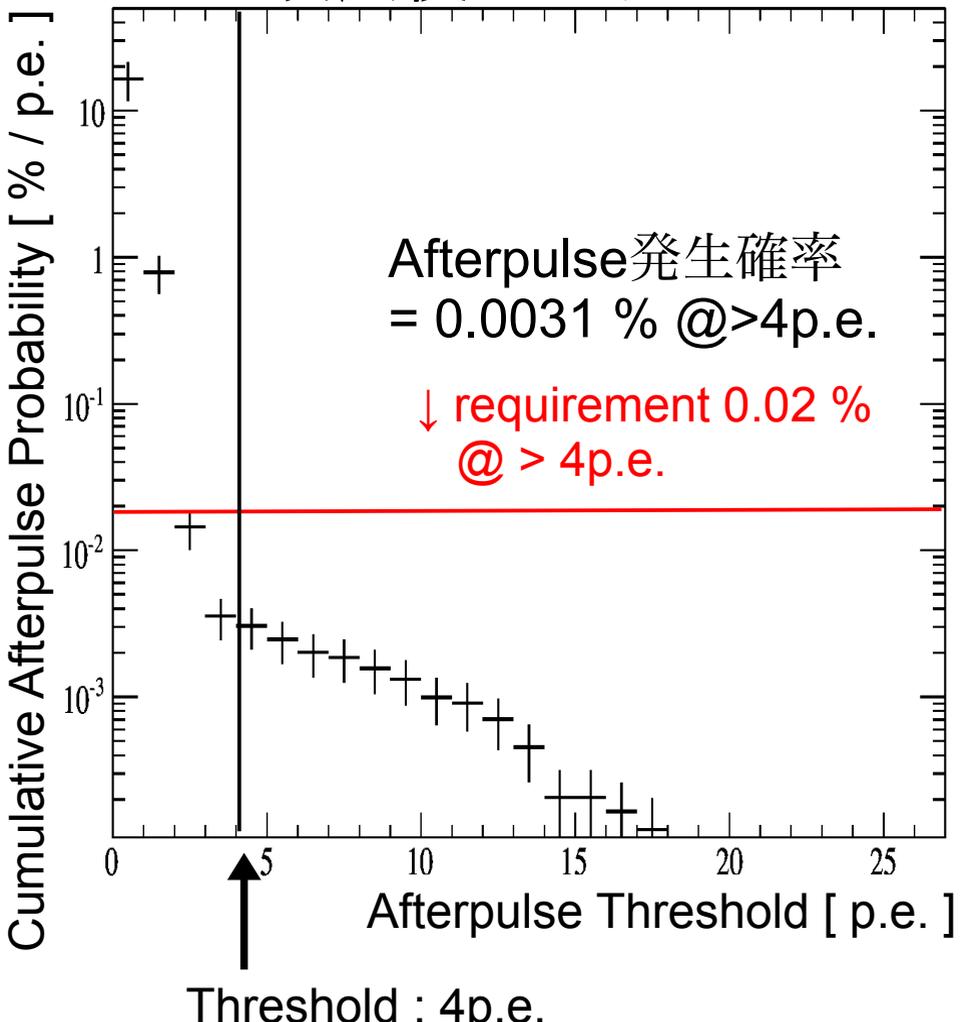
測定結果 1-1.

改良前と改良後のAfterpulse発生確率の比較

改良前 : ZQ27212



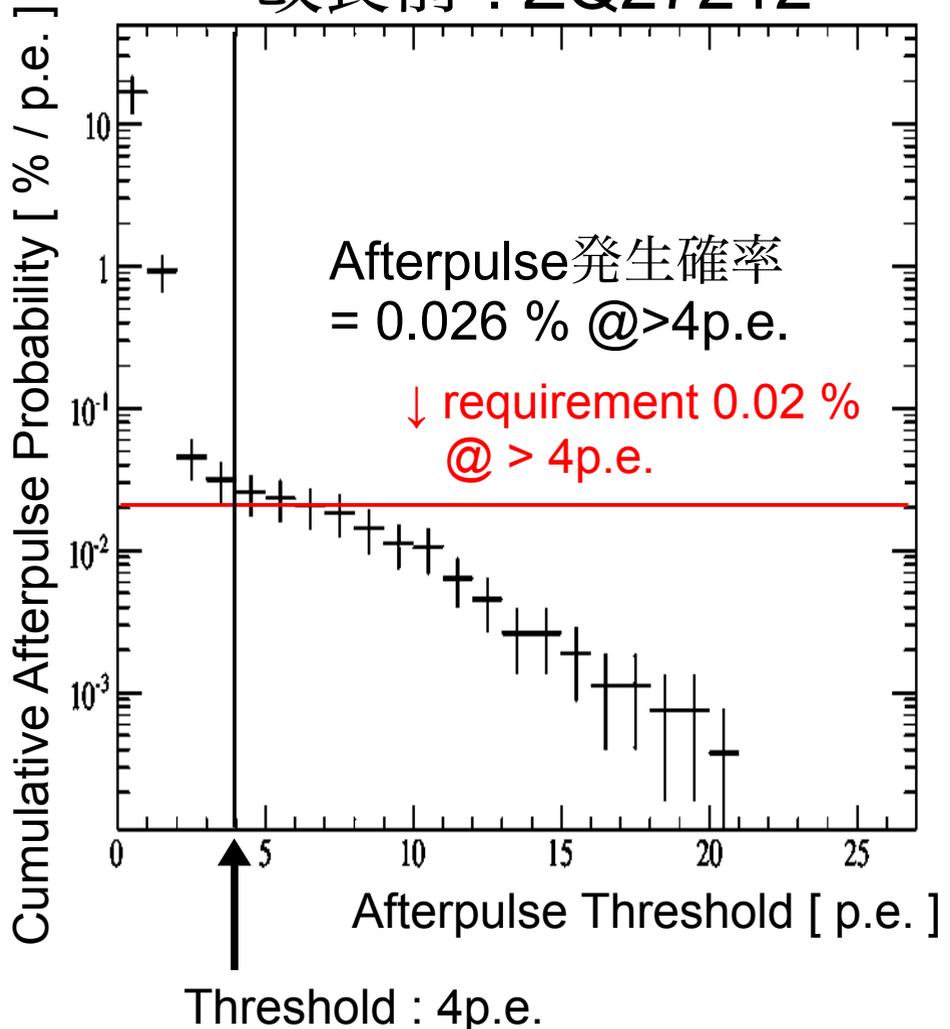
改良後 : ZQ5851



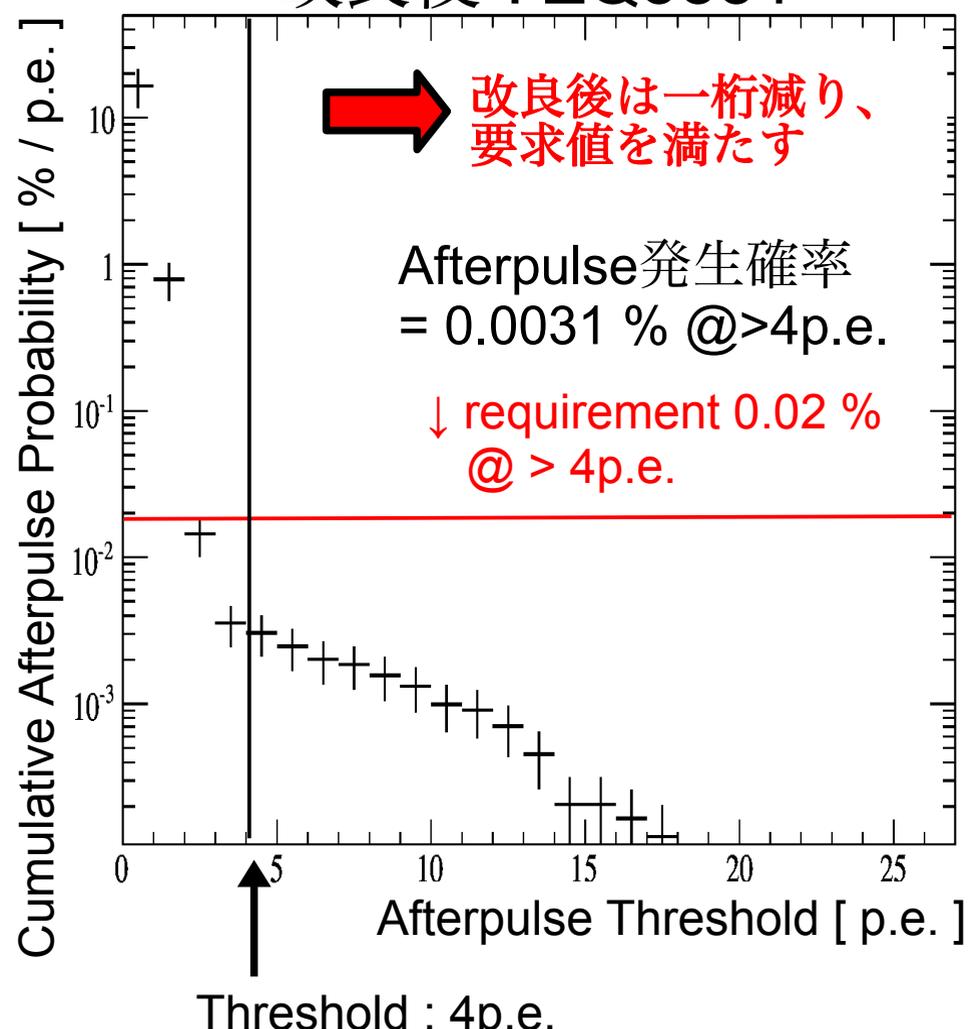
測定結果 1-1.

改良前と改良後のAfterpulse発生確率の比較

改良前 : ZQ27212



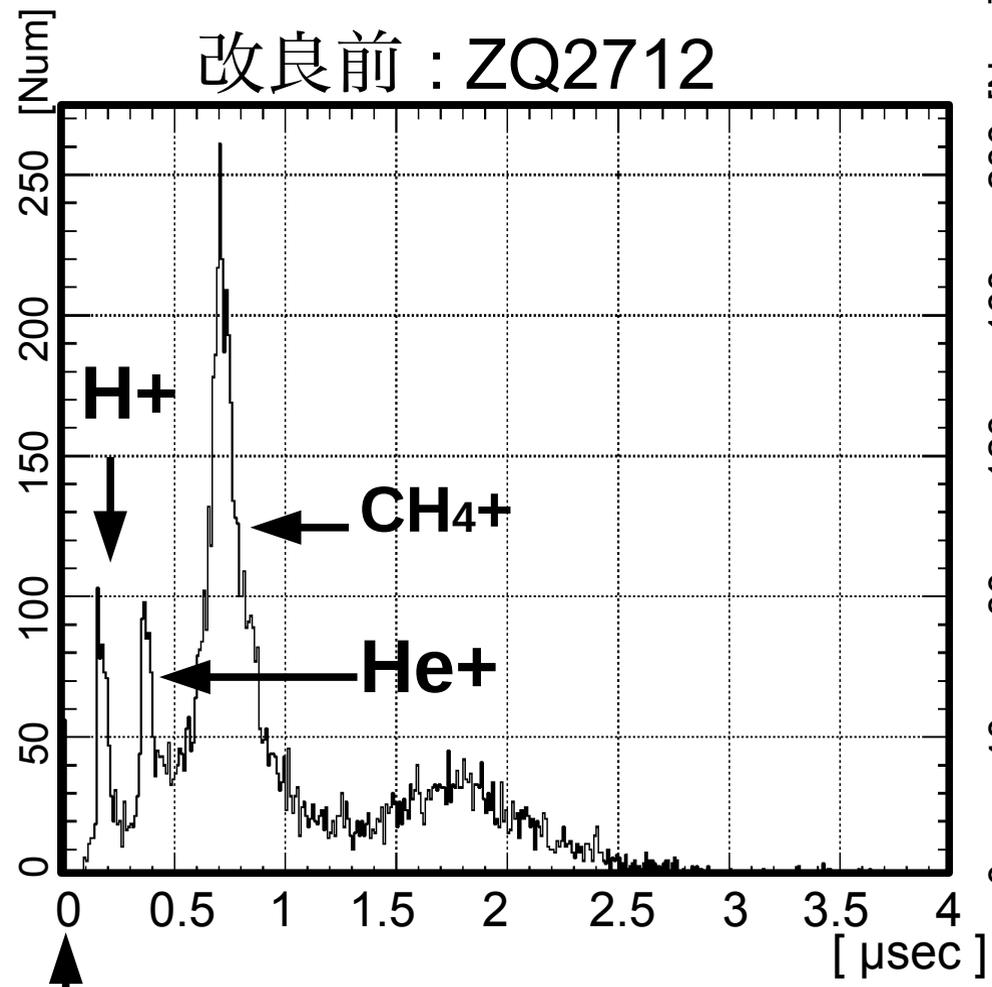
改良後 : ZQ5851



測定結果 1-2.

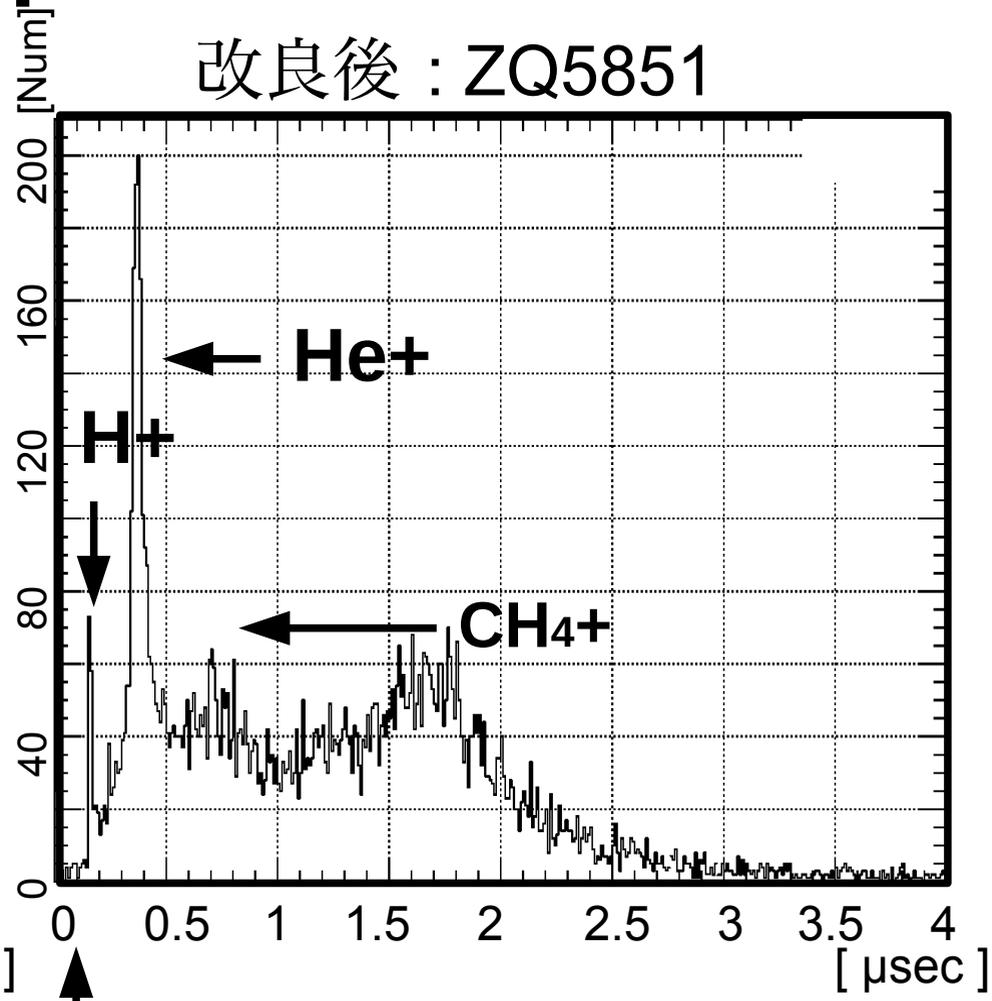
改良前と改良後のAfterpulse到着時間の比較

改良前 : ZQ2712



Primary Pulse

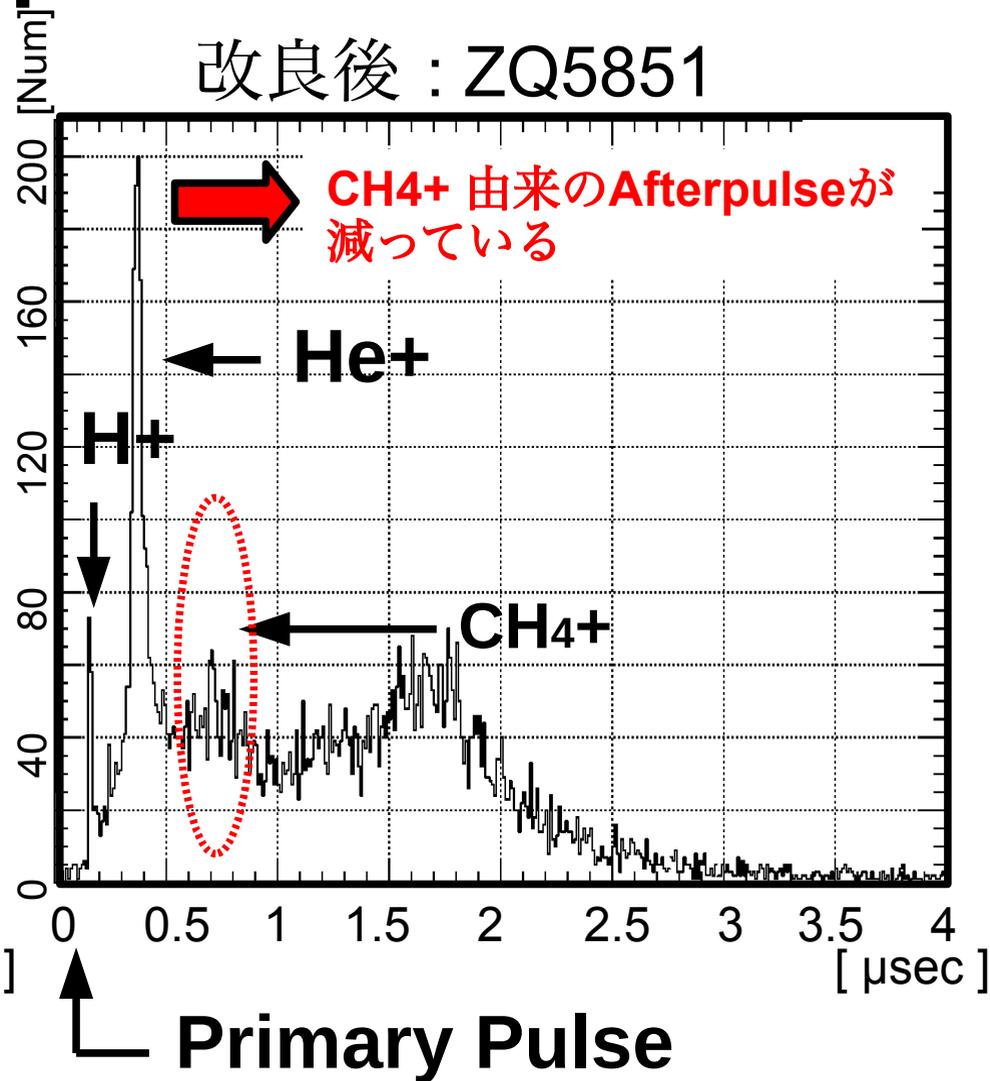
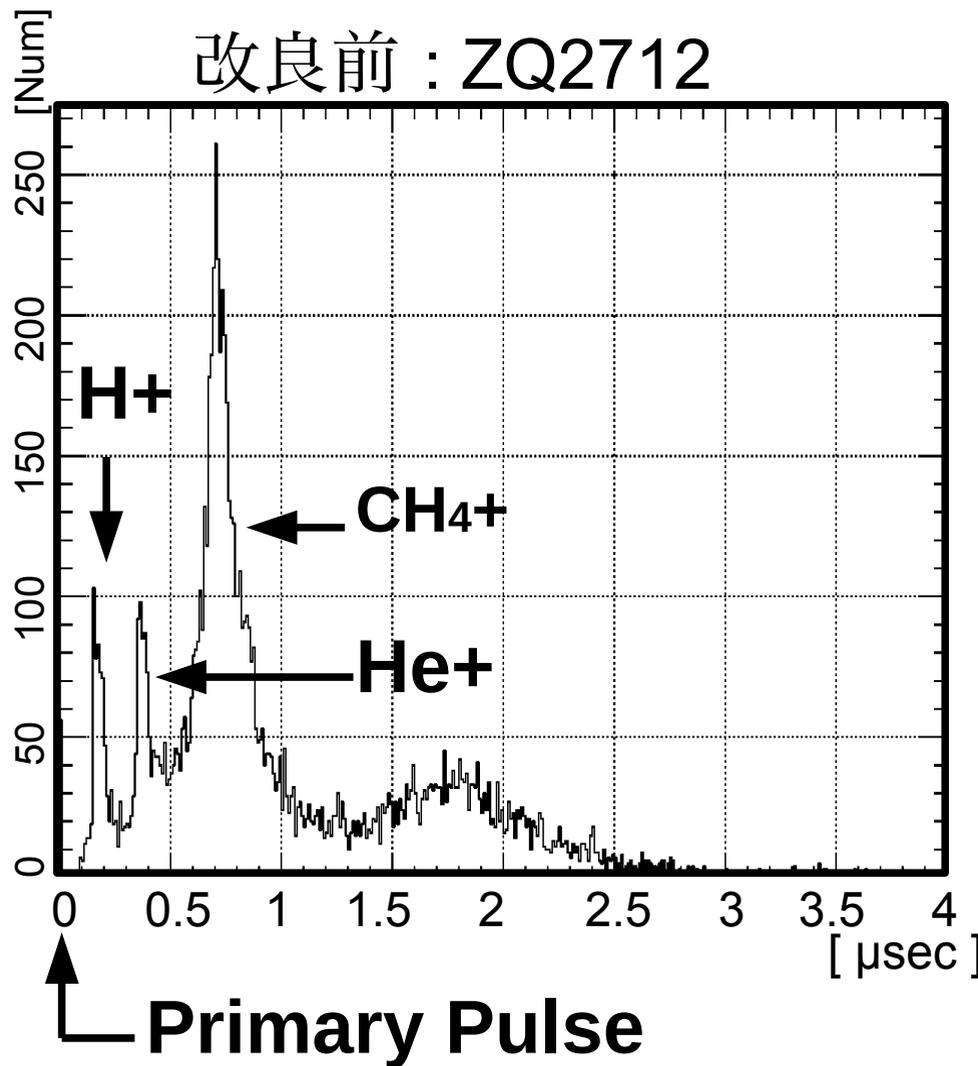
改良後 : ZQ5851



Primary Pulse

測定結果 1-2.

改良前と改良後のAfterpulse到着時間の比較



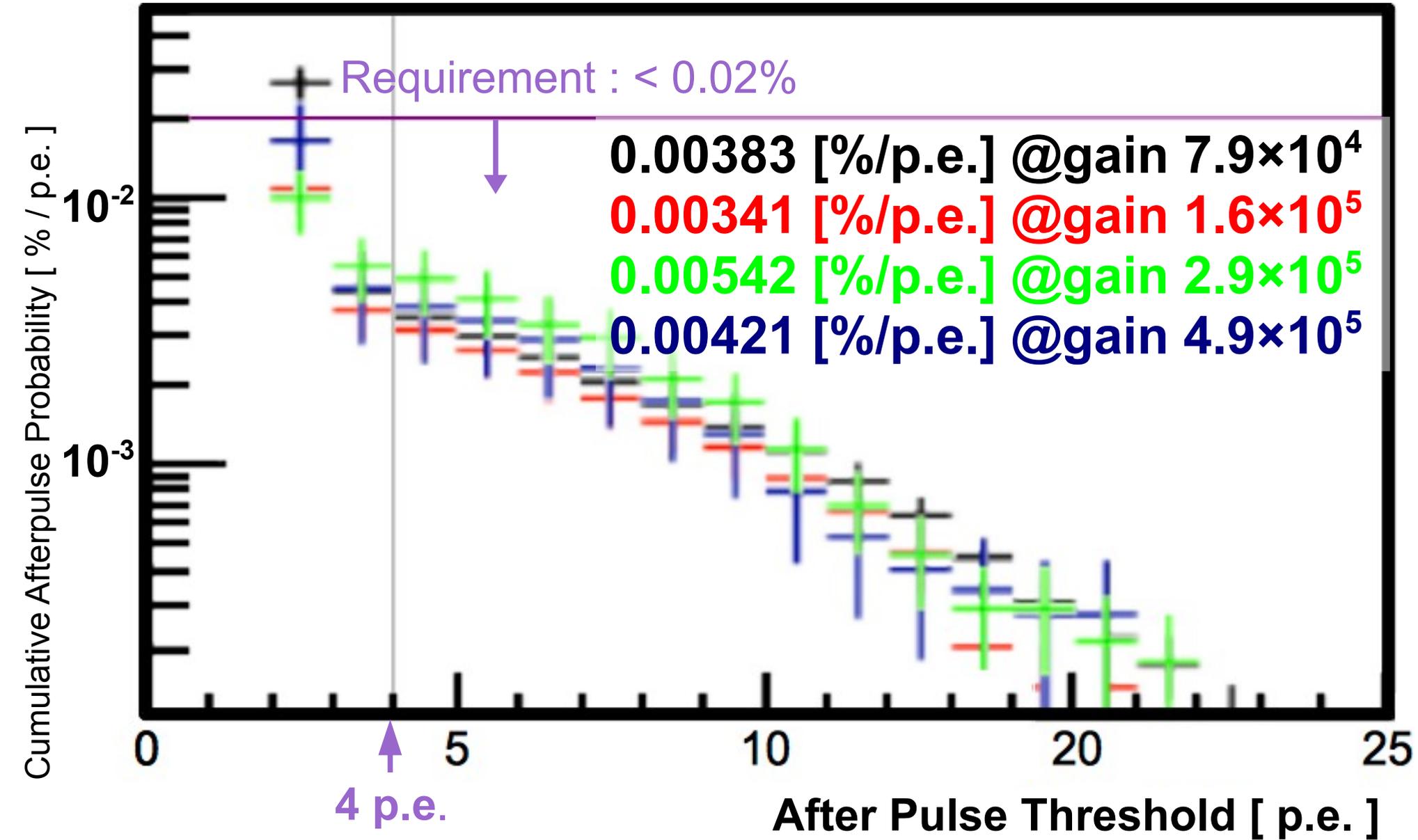
2. ゲインをかえた場合の Afterpulse発生確率

- 改良後PMTのZQ5851, ZQ5853, ZQ5861を測定
- 予想される高電圧のオペレーション範囲より高めの1000 V, 1100 V, 1200 V, 1300 V の場合のゲインで測定

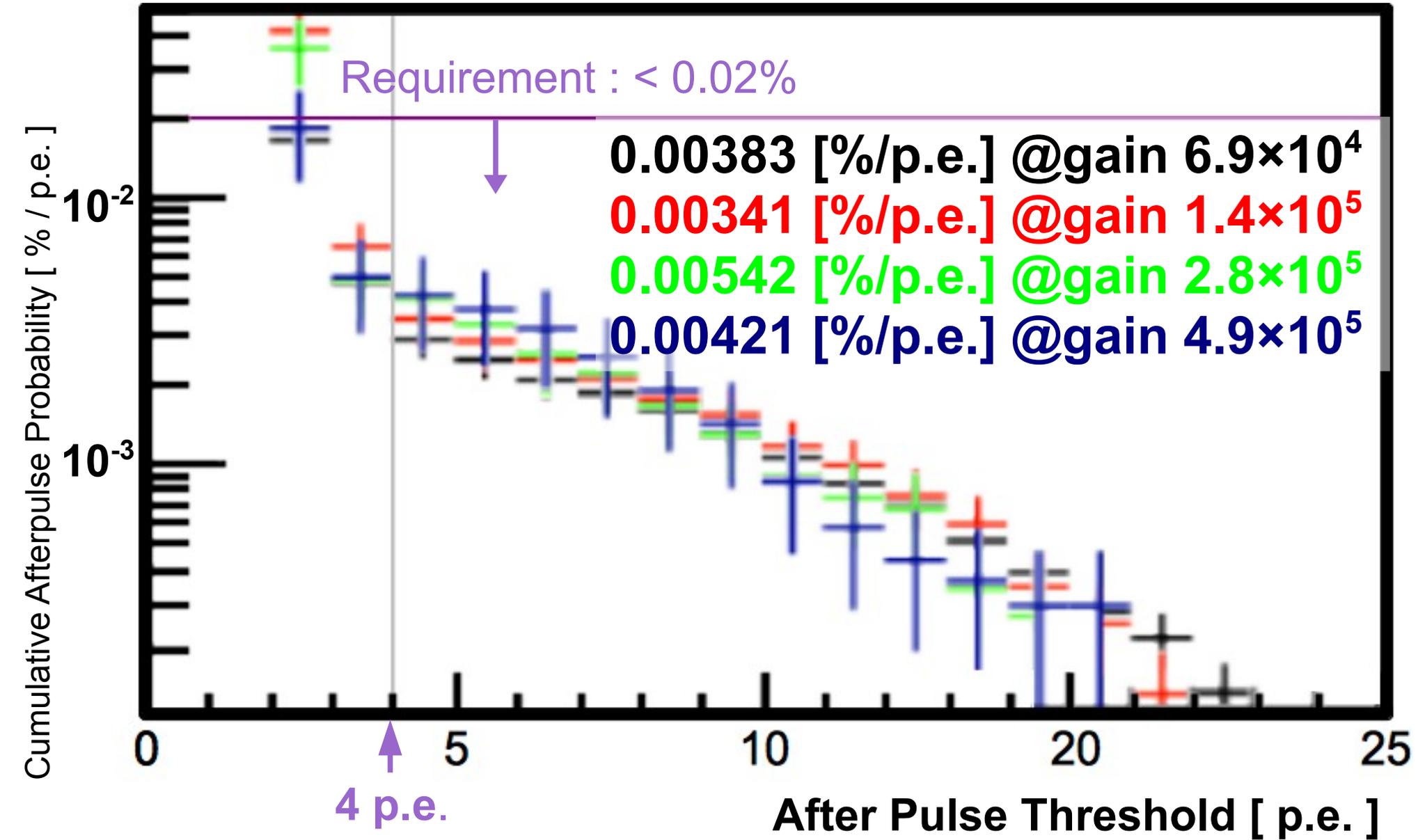
PMTの各高圧値でのゲイン

	1000 V	1100 V	1200 V	1300 V
ZQ5851	7.9×10^4	1.6×10^5	2.9×10^5	4.9×10^5
ZQ5853	6.9×10^4	1.4×10^5	2.8×10^5	4.9×10^5
ZQ5861	8.0×10^4	1.7×10^5	3.0×10^5	5.0×10^5

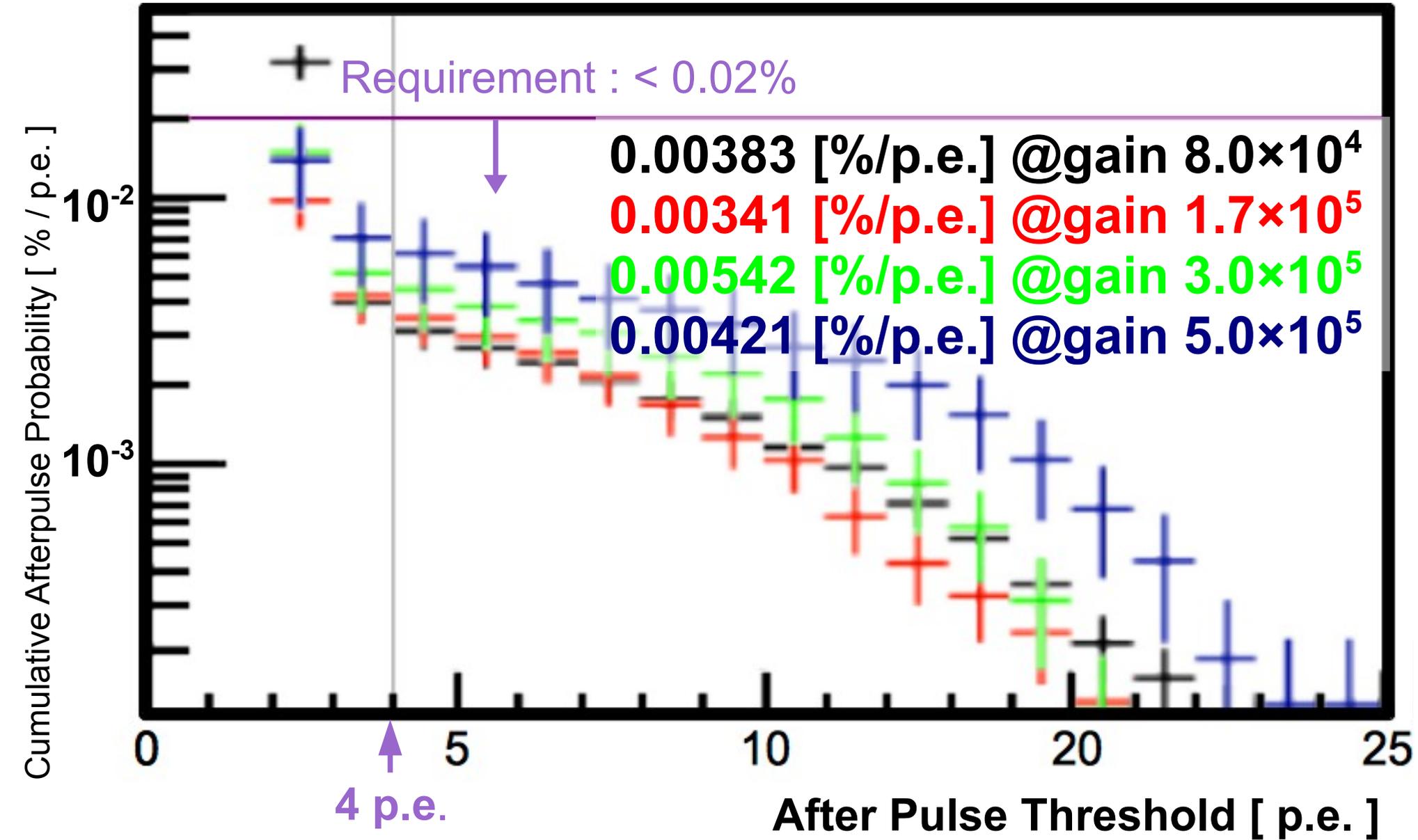
測定結果 : ZQ5851



測定結果 : ZQ5853

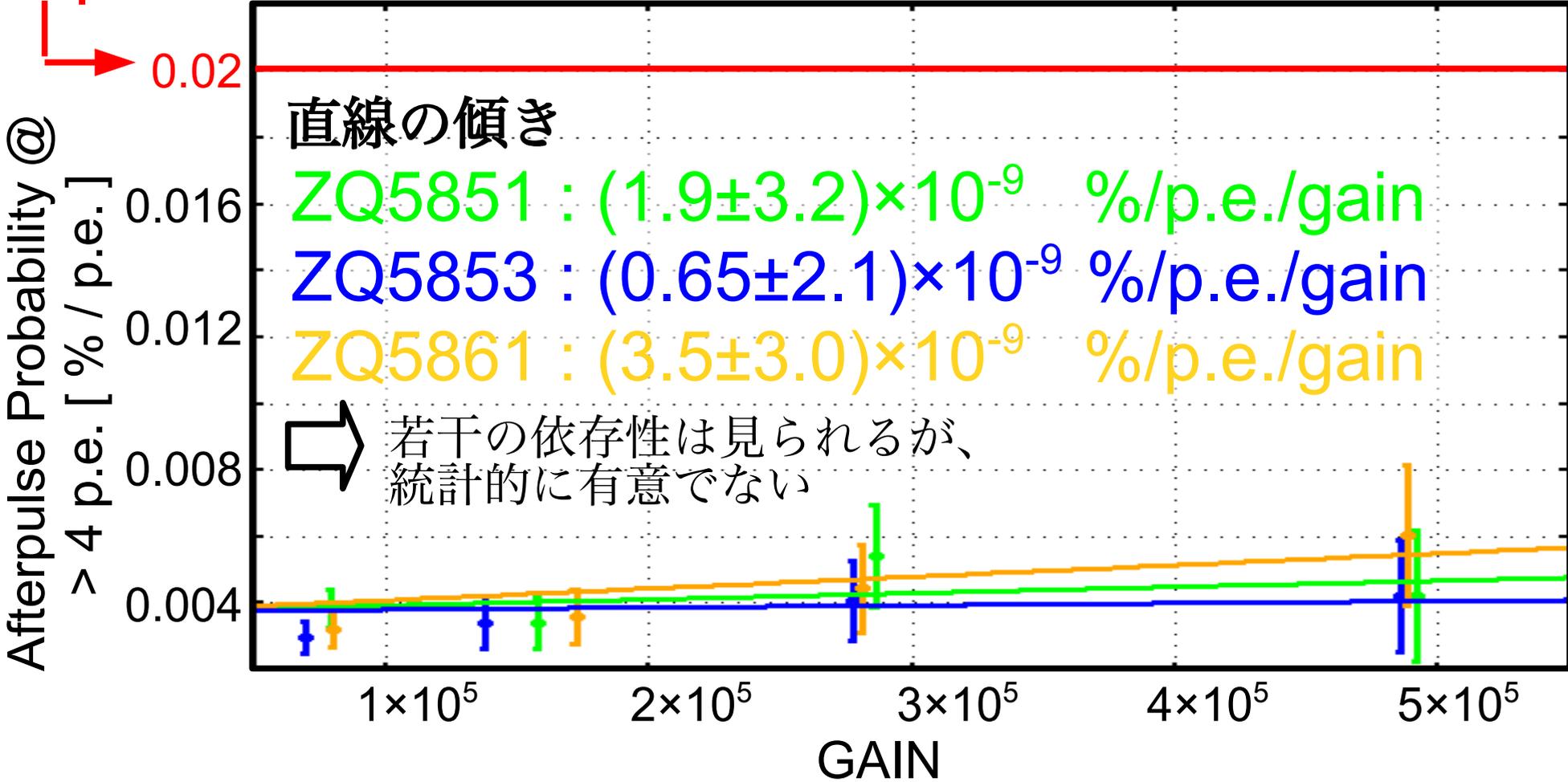


測定結果 : ZQ5861



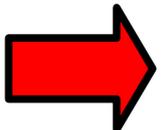
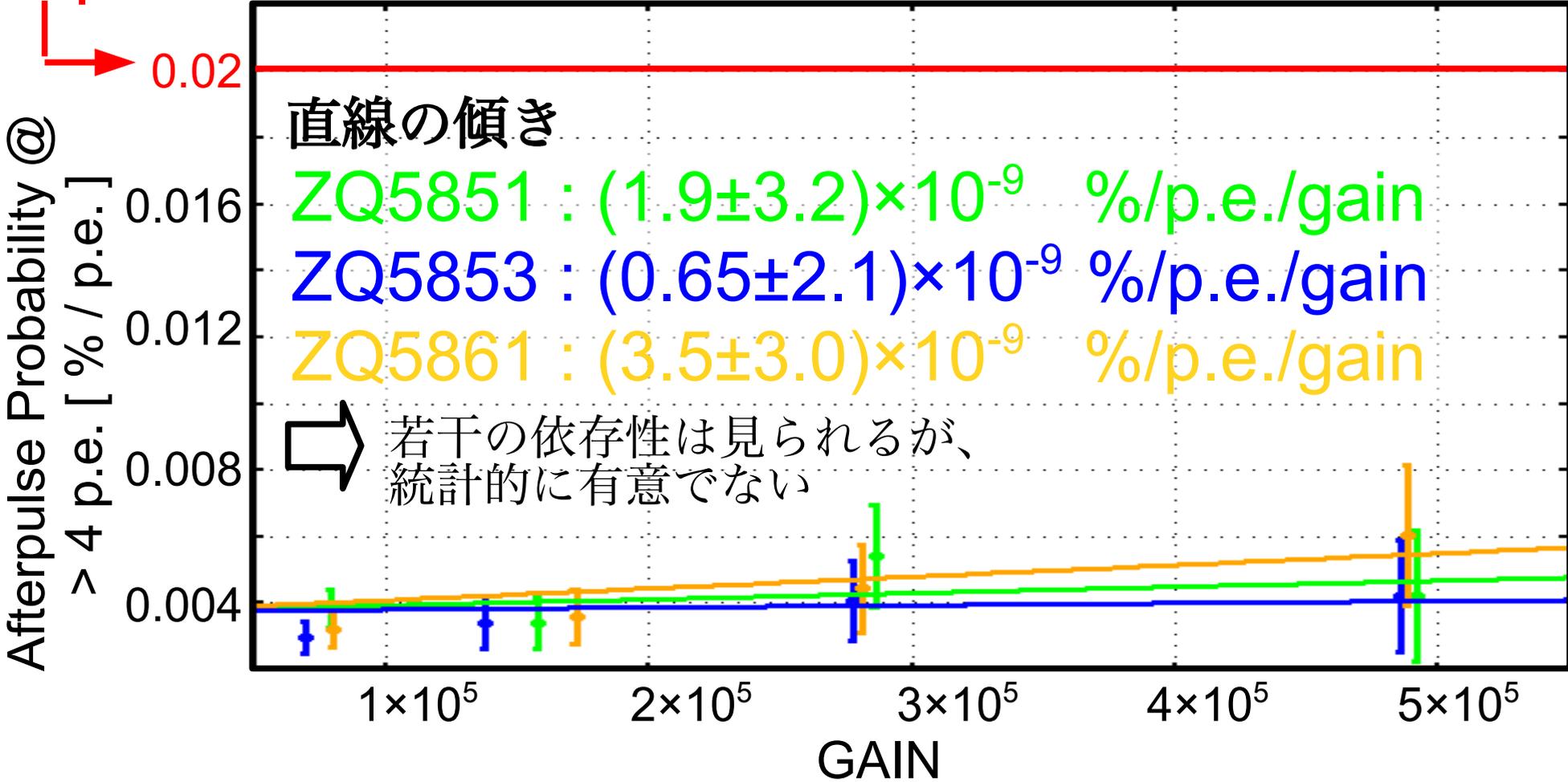
Afterpulse発生確率 のゲイン依存性

Requirement



Afterpulse発生確率 のゲイン依存性

Requirement



測定した範囲のゲインで要求値を満たした

まとめ

- 背景

Afterpulseに関して改良したPMTを製造
本研究は改良後PMTの、Afterpulseを測定した

- 結果

- メタンイオン由来のAfterpulseが取り除かれていた
- 改良後PMTは予想されるオペレーション範囲で要求値を満たす

今後のスケジュール



→ 改良後PMTは現在すでに量産体制に入っている

本年度1200本納品済み

来年度1000本納品決定

- 較正試験系を開発中

1855PMTs × 4(大口径望遠鏡) × 2(観測ステーション) = ~16000 PMTs

→ 効率の良い試験系が要求される