

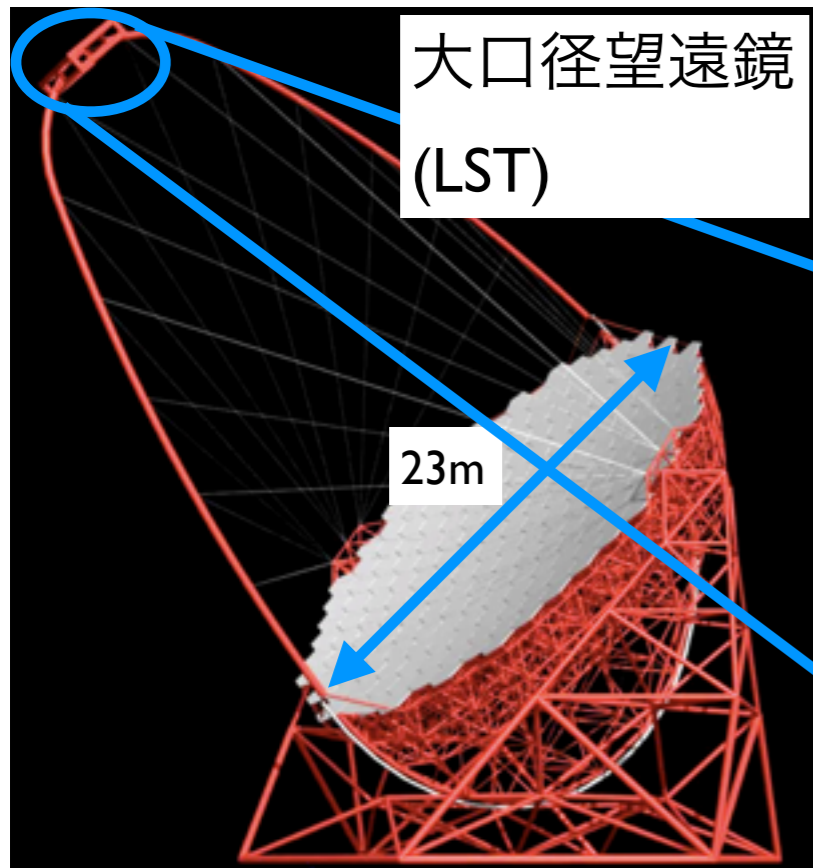
# CTA 報告79: CTA大口径望遠鏡PMTモ ジュール開発と性能評価

中嶋 大輔<sup>A</sup>

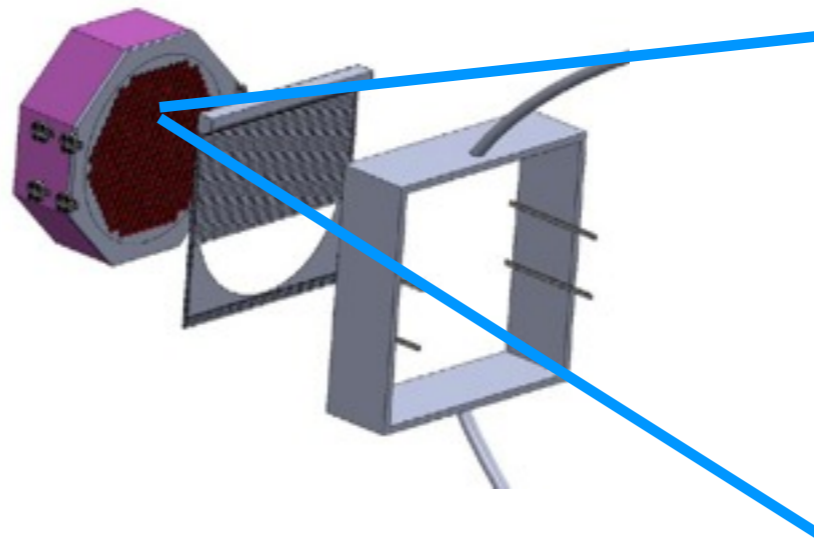
猪目祐介 B, 梅津陽平 C, 大岡秀行 A, 荻野桃子 A, 折戸玲子 D, 片桐秀明 E, 櫛田淳子 C, 窪秀利 F, 郡司修一 G, 小山志勇 H, 澤田真理 I, 高橋光成 A, 辻本晋平 C, 坪根善雄 I, 手嶋政廣 A,J, 寺田幸功 H, 友野弥生 C, 永吉勤 H, 西嶋恭 司 C, 花畑義隆 A, 林田将明 A, 馬場彩 I, 松岡俊介 H, 山本常夏 B, 他 CTA-Japan Consortium

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

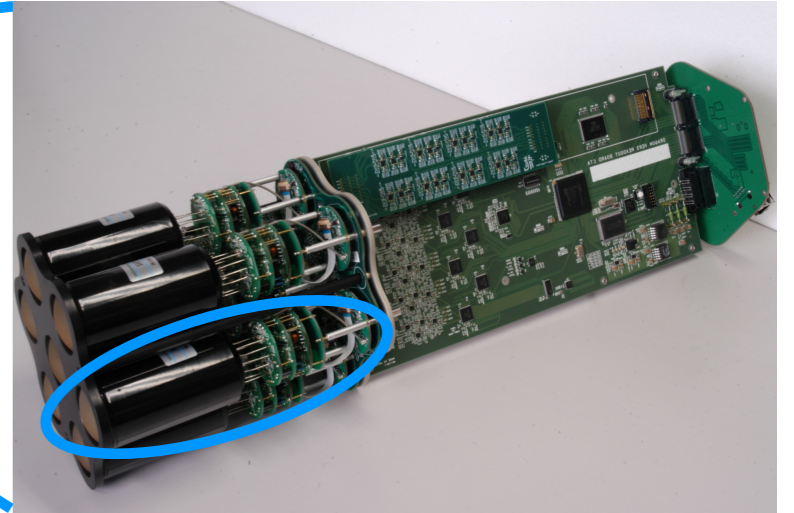
# PMTモジュール R11920-100 (Hamamatsu)



焦点面検出器  
光電子増倍管:1855 台



PMTクラスター



PMTモジュール = R11920-100 + 高圧発生回路+ プリアンプ回路

$\phi \sim 39 \text{ mm}$

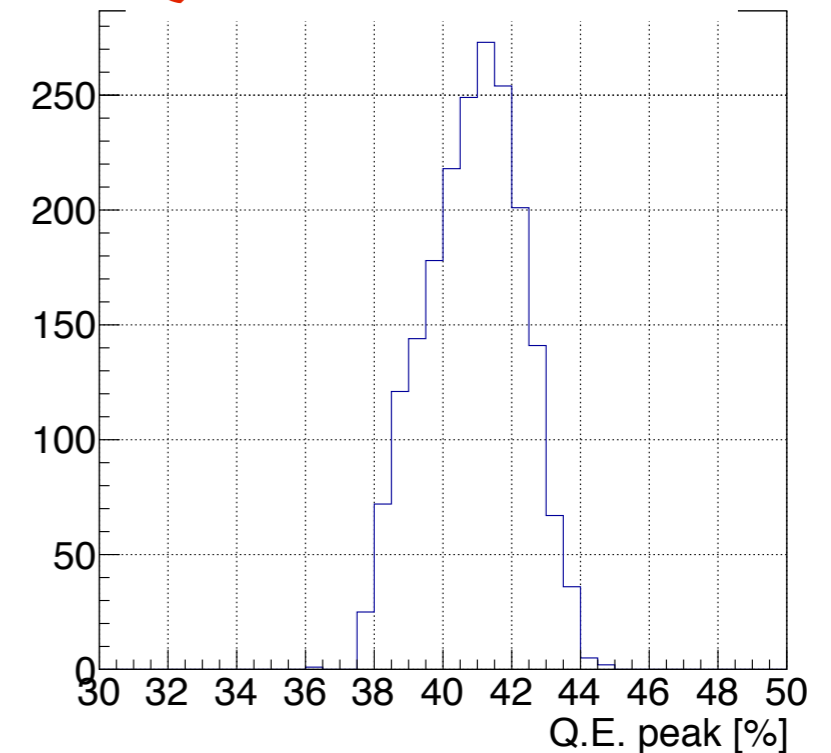


$\phi \sim 150 \text{ mm}$

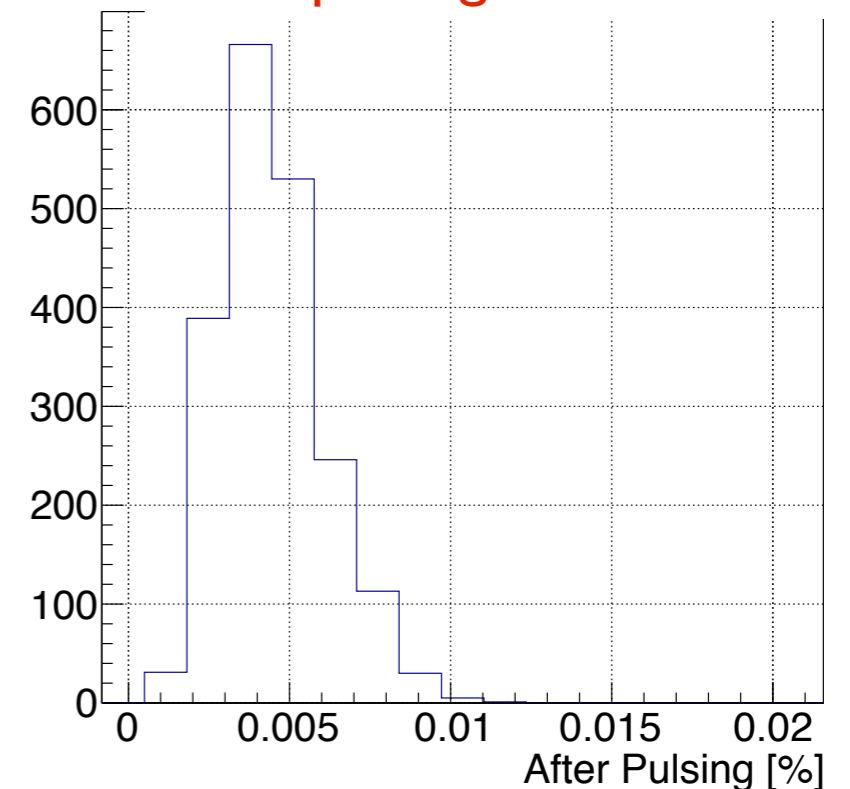
# PMT R11920-100 (Hamamatsu)

Parameters	Requirements	R11920-100 (average)
Wavelength sensitivity range	290 - 600 nm	O.K.
Peak Q.E.	> 32%	41%
Average Q.E.	> 21%	30%
Collection efficiency	> 92%	94%
P/V ratio	> 1.5	3.0
After pulsing (> 4 p.e.)	0.02%	0.0038%
<b>Pulse width (FWHM)</b>	<b>&lt; 3.0 ns</b>	<b>3.7 ns</b>
Dynamic range	1 p.e. - 1000 p.e.	O.K.
Life (50% drop in Gain)	> 200 C	O.K.

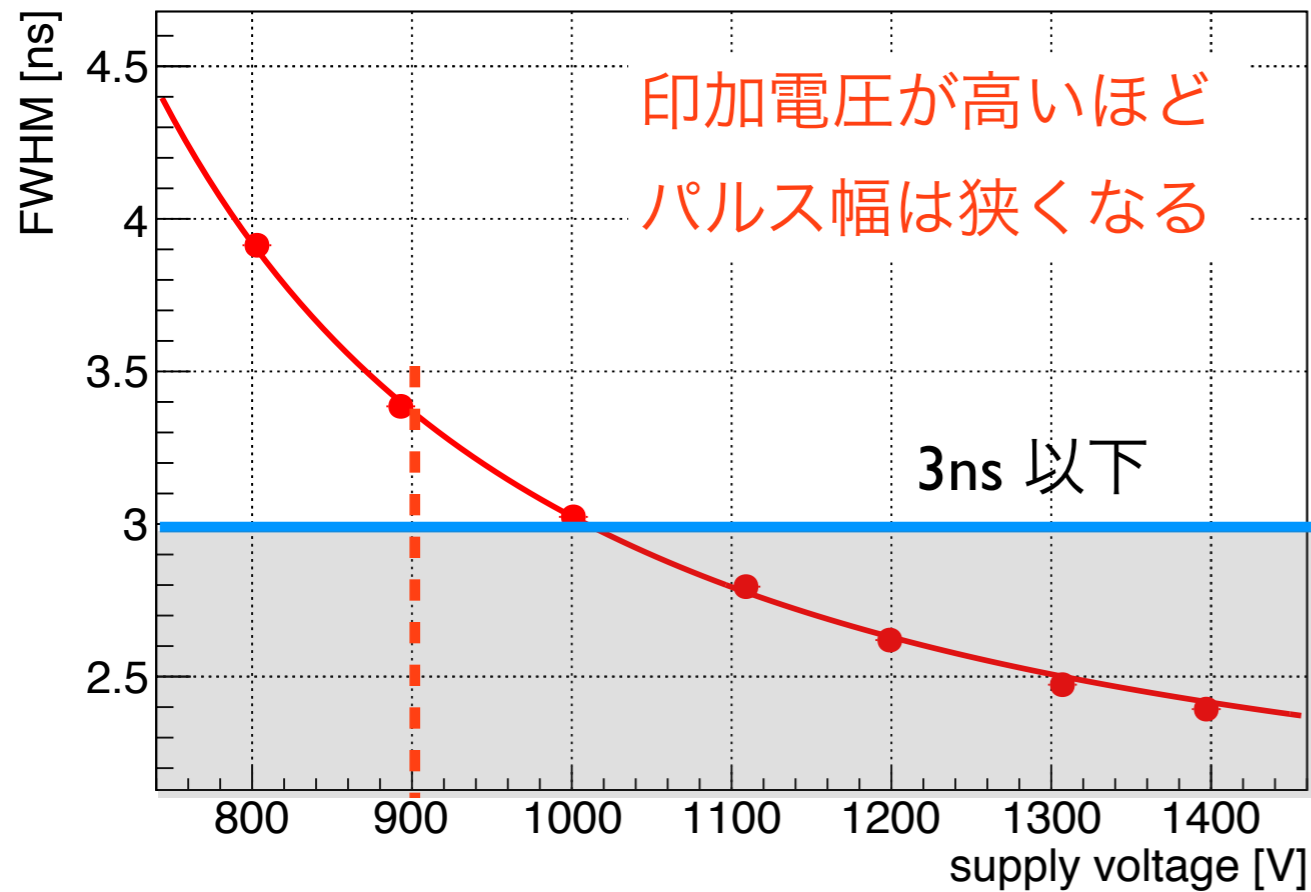
QEピーク値平均41%



After pulsing 平均0.0038%



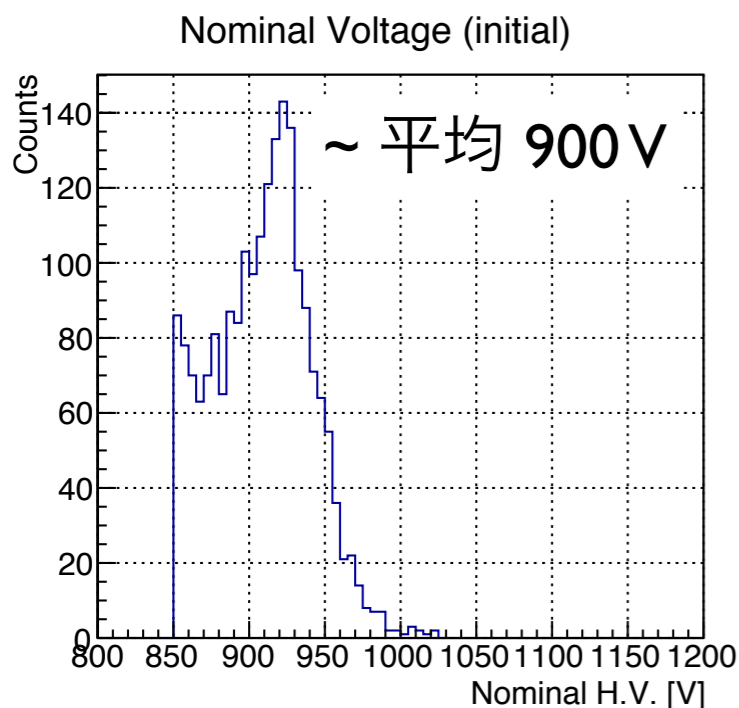
# パルス幅の問題



- パルス幅を3ns以下にしたい。
- 後段のアンプに入るところではPMTのゲインが4万(に見えるよう)にしたい。

ゲインの高いPMTには、プリアンプ (PACTA)入力前に抵抗分割回路を入れて、ゲインを減らす。

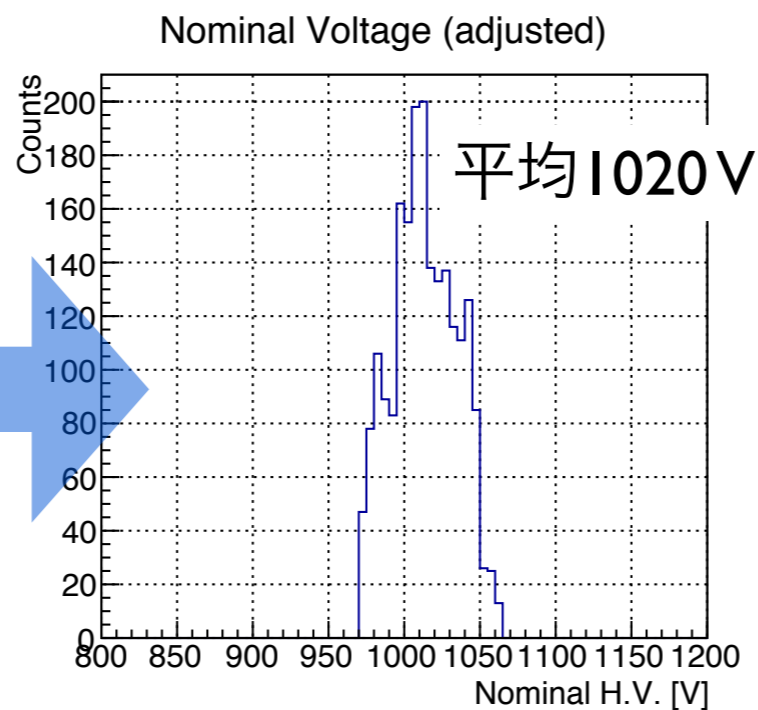
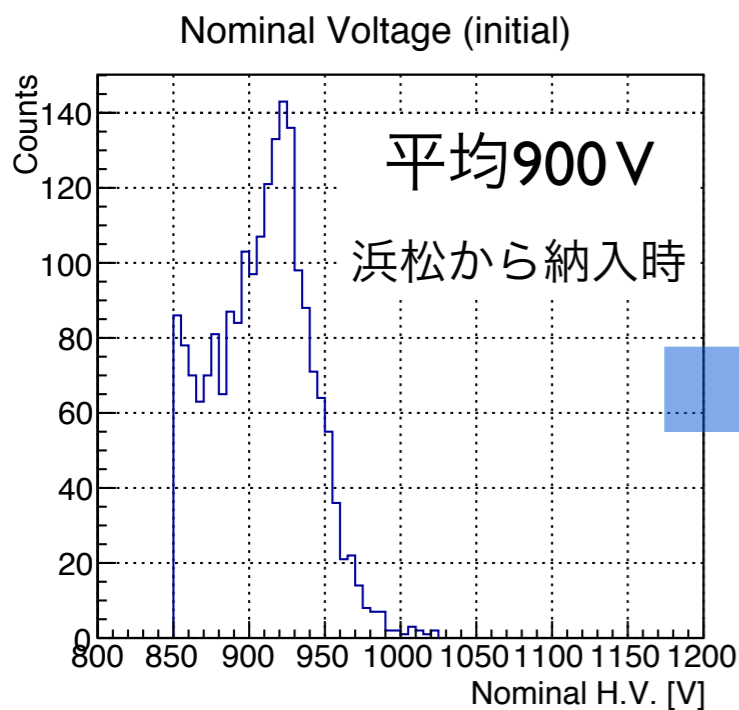
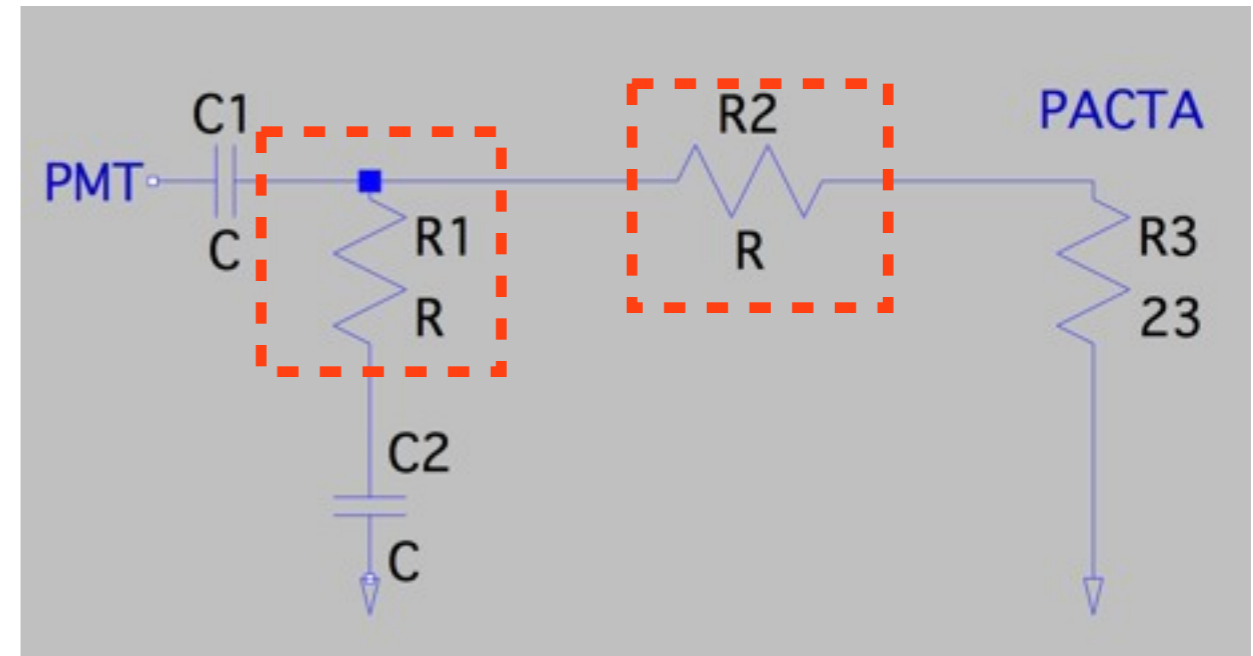
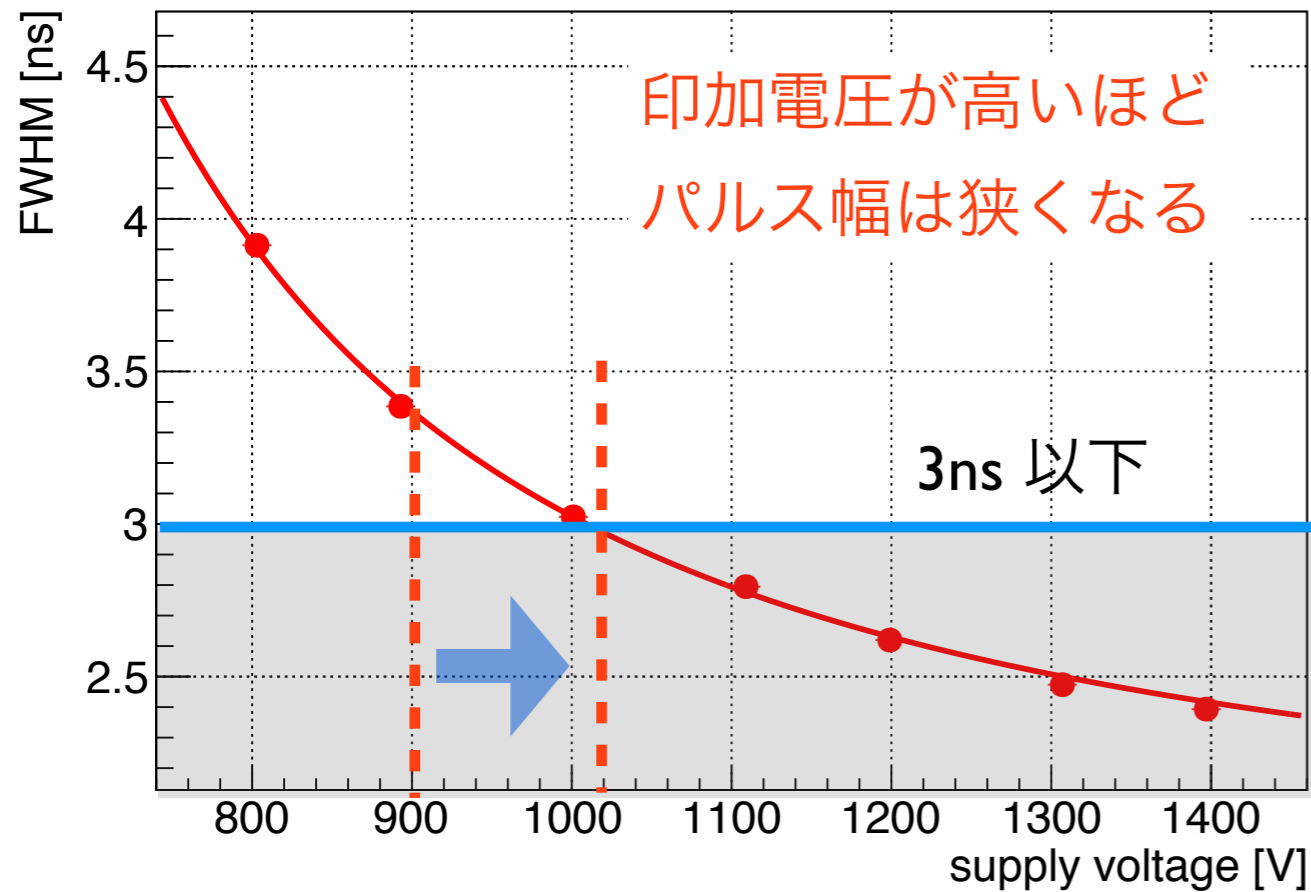
2014春季大会 : 高橋講演



浜松から納入時のゲイン4万になるH.V.値  
~ 平均 900 V

# PACTAチップ入力前に3種類の抵抗分割回路を挿入

PMTをゲイン毎に3グループに分けて、それぞれにあう減衰率を用意



R1[Ω]	R2 [Ω]	減衰
69.8	154	1/3.5
100	76.8	1/2
open	27	1

# Possible problems I : 夜光下でのオペレーション

## CW回路の出力電流 : 200 $\mu\text{A}$ まで

夜光 : 300 MHz

-> ゲイン4万のとき2  $\mu\text{A}$

$$= 300 [\text{MHz}] \times 1.6 \times 10^{-19} [\text{C}] \times 4 \times 10^4$$

夜光が通常の30倍(月が出ているときなど)

-> ~57  $\mu\text{A}$

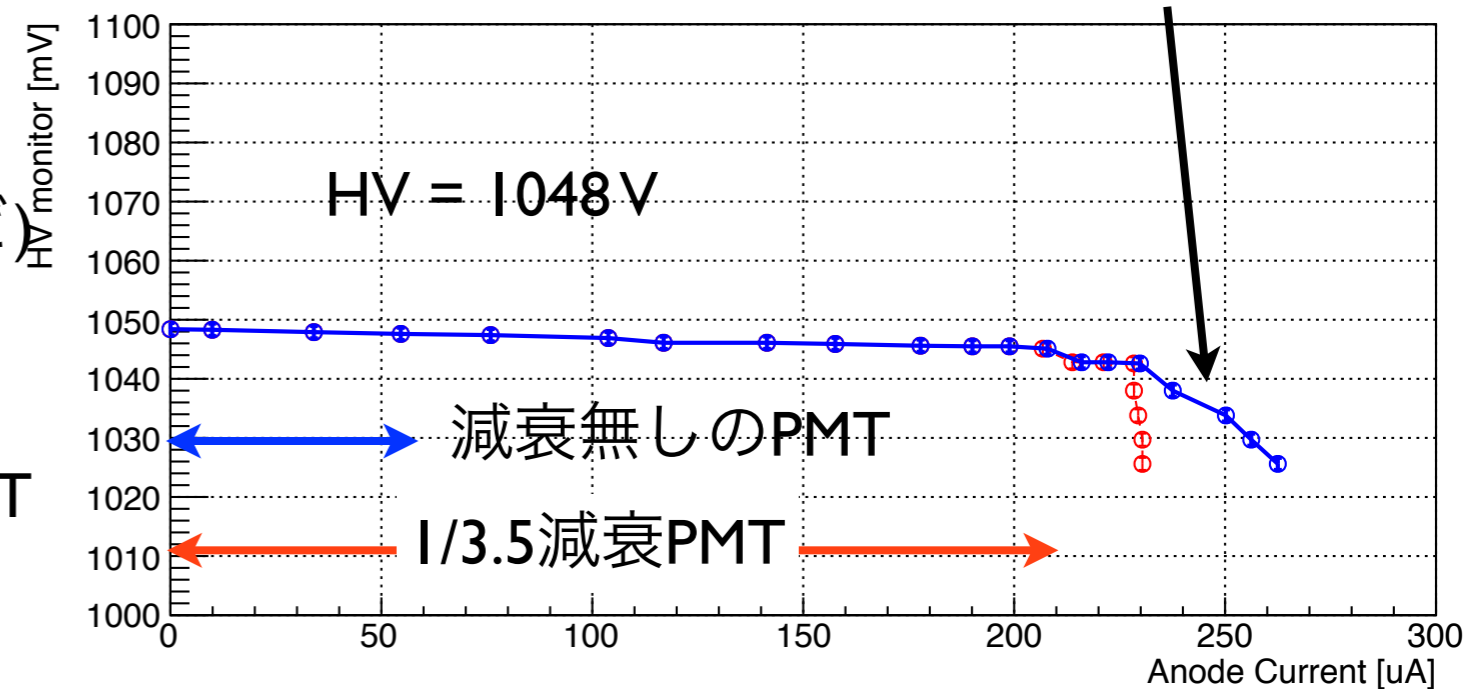
PACTAの入力で1/3.5に減衰しているPMTは、実際には14万( $4 \times 3.5$ )ゲインで動作している

-> ~210  $\mu\text{A}$  (CWの限界に近くなってしまう)

夜光が通常の<30倍までであればゲインを下げずに観測可能

~230  $\mu\text{A}$ で電流値が飽和し電圧降下を起こす(赤)

200  $\mu\text{A}$ 以降Reference PMTでの測定から外挿(青)



夜光量(LED)を変えながらHV monitorを測定

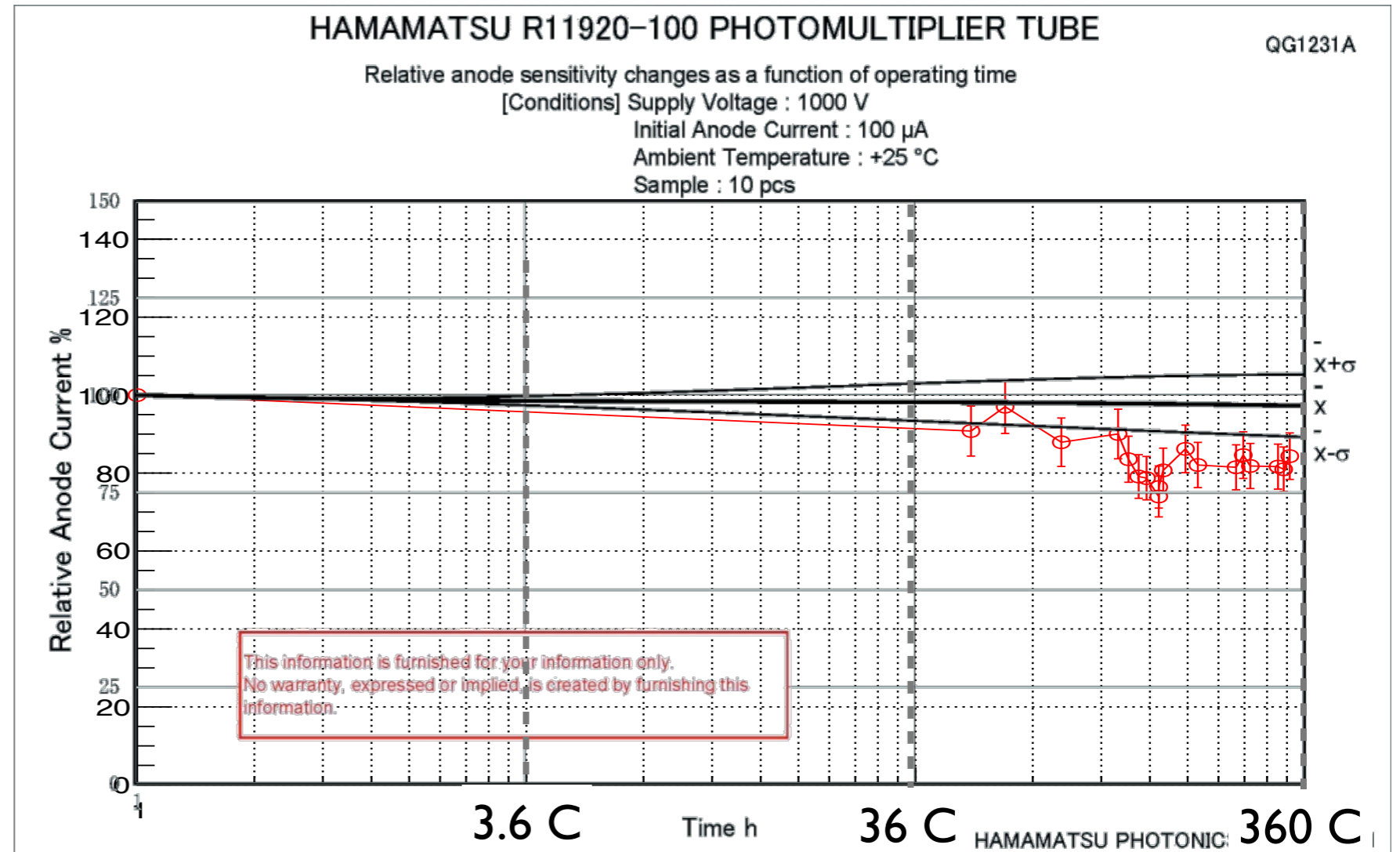
\* PACTA factor=1/3.5

10Vの電圧降下で約7%のゲイン減少

# Possible problems 2 : Aging

高いゲインで動作させているのでAgingの進みが早い  
(CWは最大で1500Vまで)

~330 Cで20%のゲイン減少  
->動作電圧+約30V

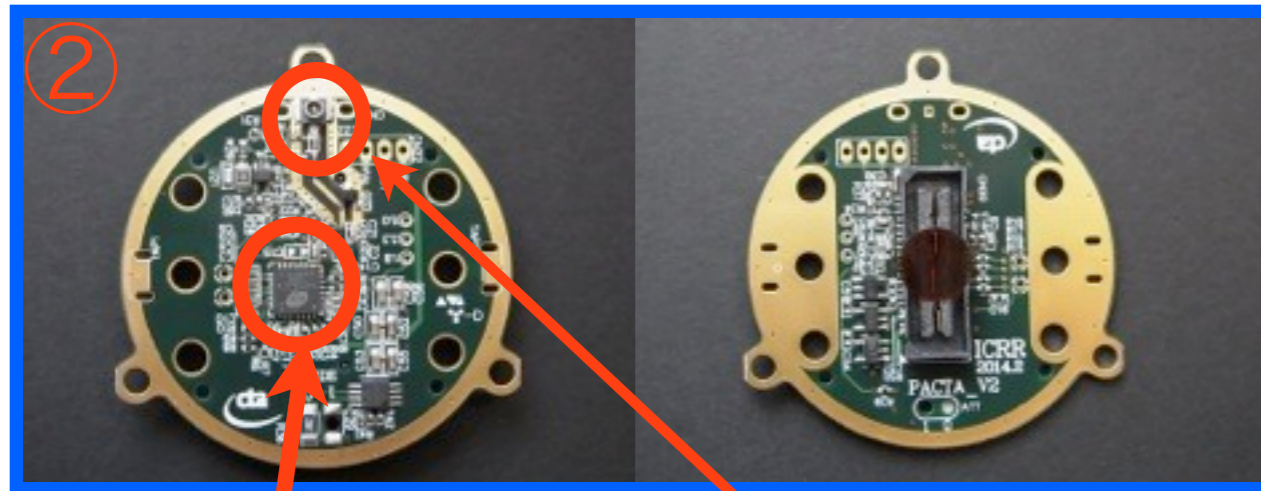
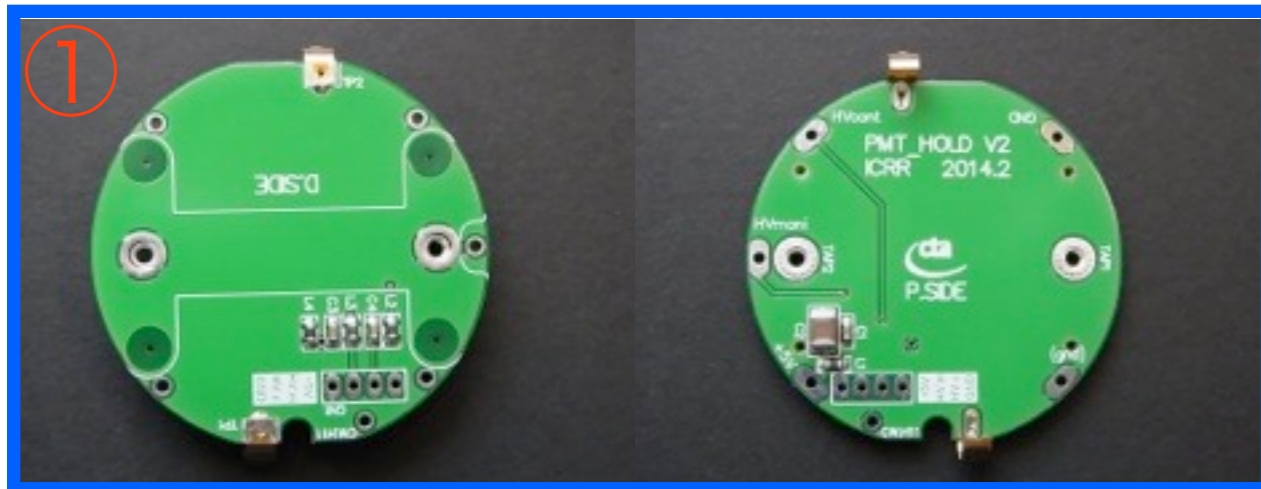


浜松ホトニクスによる測定(@1000V 100  $\mu$ A x 1000 h)

宇宙線研での測定 (@700V 150  $\mu$ A x 600 h)

PACTA(1/3.5)のPMTで2000時間/年 $\times$ 7年  
でH.V.を+約30V

# PACTA基板回路Fix & 初号機用の生産完了



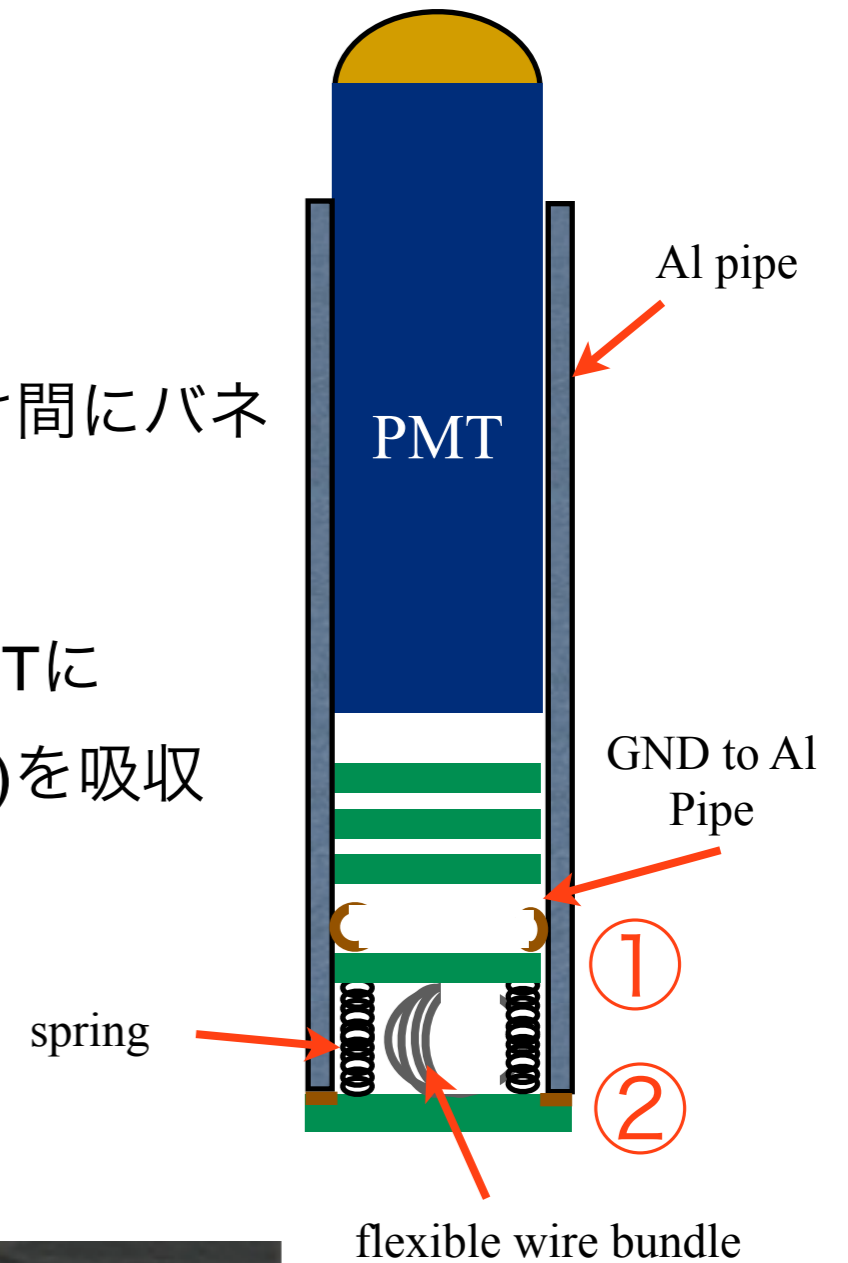
PACTA chip  
- 差動プリアンプ  
- トランスインピーダンス  
1200  $\Omega$  (HG)  
80  $\Omega$  (LG)

抵抗分割回路

2枚の基板にわけ間にバネ



高速回転時にPMTにか  
かかる負荷(~3G)を吸収





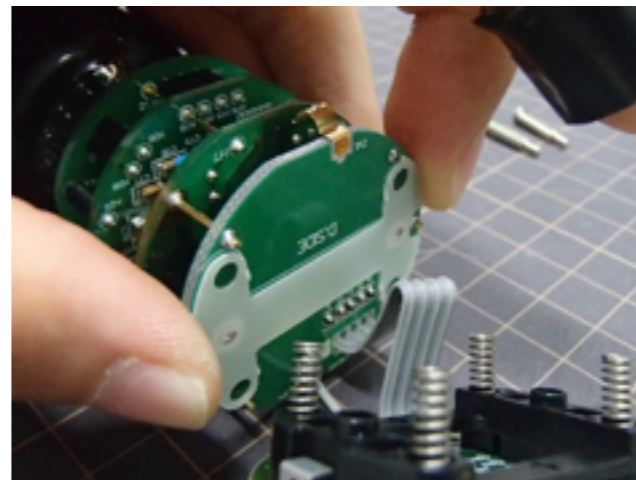
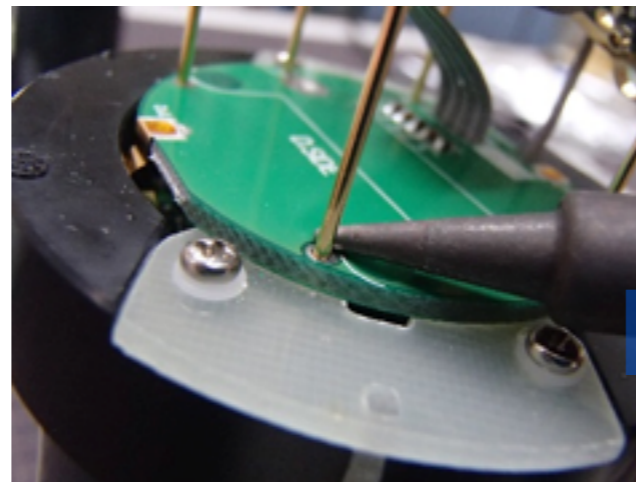
# PACTA基板ハンダ付け&組み立て作業



CW回路が接続された  
状態で納入(~2000本)



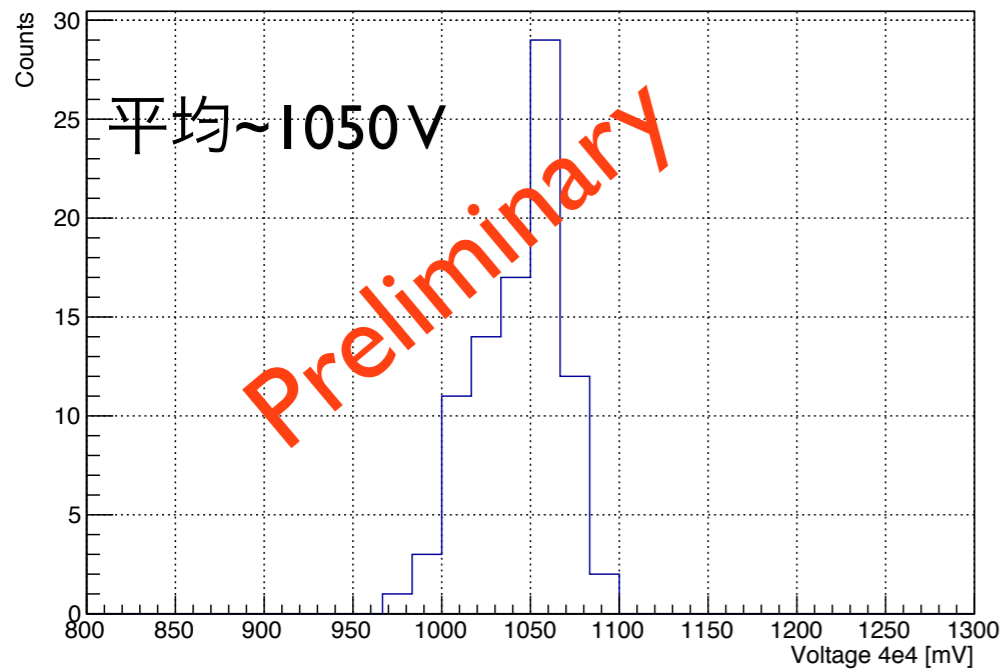
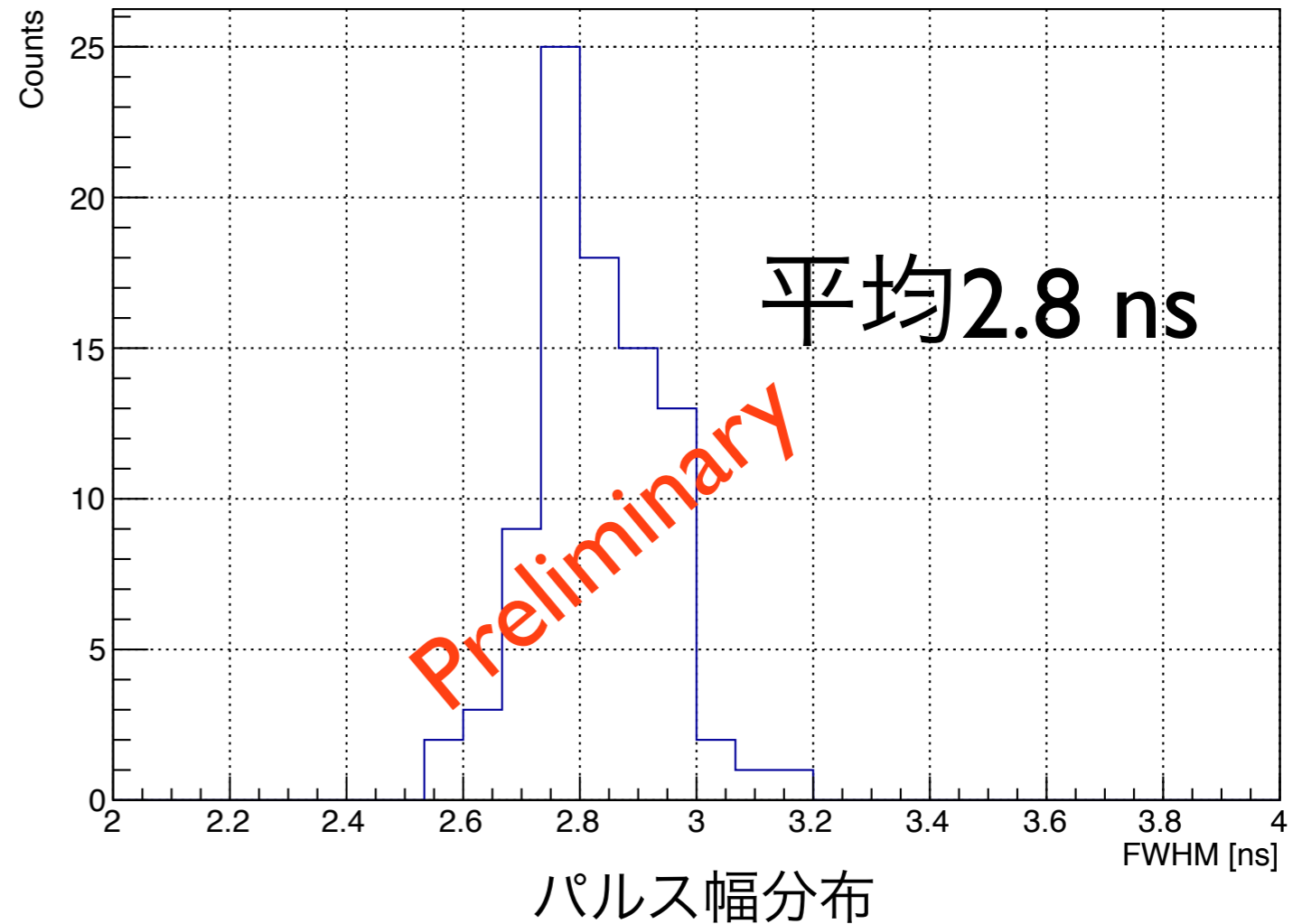
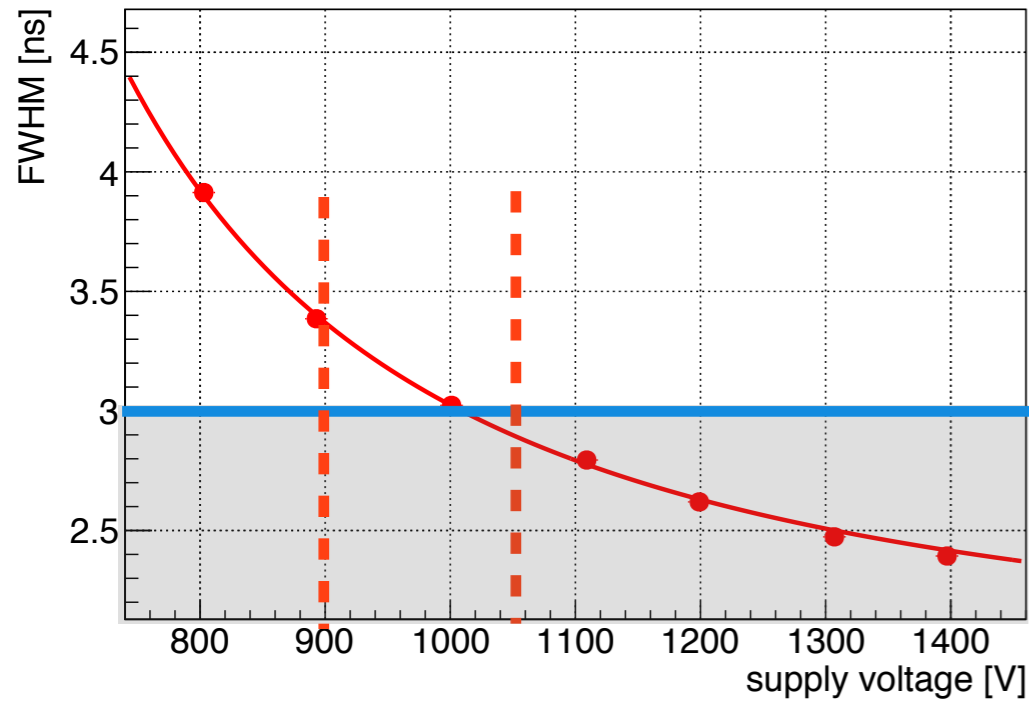
専用の治具を作り  
自分たちでハンダ付け



動作チェック&calibration  
(高橋による講演)



# 約100本のPMTの測定結果



ゲイン4万を与える電圧値分布

平均パルス幅3ns以下を達成する事が出来ている

# まとめ

- PACTA基板の回路設計をFixし、望遠鏡初号機用の生産を行った
  - 3種類の減衰率を用意した
- PMTモジュールの製作(PACTA基板取り付け)作業を開始
- これまでに約100本のPMTを測定し目標通り平均パルス幅を3 ns以下に出来ていることがわかった(詳細はCTA 報告80:高橋講演)
- 減衰率3.5を用いているPMTでも30倍夜光まではほとんどのPMTで動作可能
- 減衰率3.5を用いているPMTはAgingが早く進むが10年単位では大きな問題にはならなさそう (1500Vまでというレンジを超える事はなさそう)