

紫外光対応MPPPCを導入した AXEL検出器の試作機の 性能評価

京大理 東大宇宙線研^A 東北大ニュートリノセンター^B 神戸大理^C

潘 晟

市川 温子, 中家 剛, 南野 彰宏, 中村 輝石, 田中 駿祐
柳田 沙緒里, 廣瀬 昌憲, 関谷 洋之^A, 上島考太^B, 身内賢太郎^C

22 Mar 2016

日本物理学会 2016年 第71回年次大会 @東北学院大学

Contents

- What's AXEL ?
- 試作機の性能評価 : 通常MPPC + 波長変換剤
- 試作機の性能評価(?) : 紫外光対応MPPC
- Summary

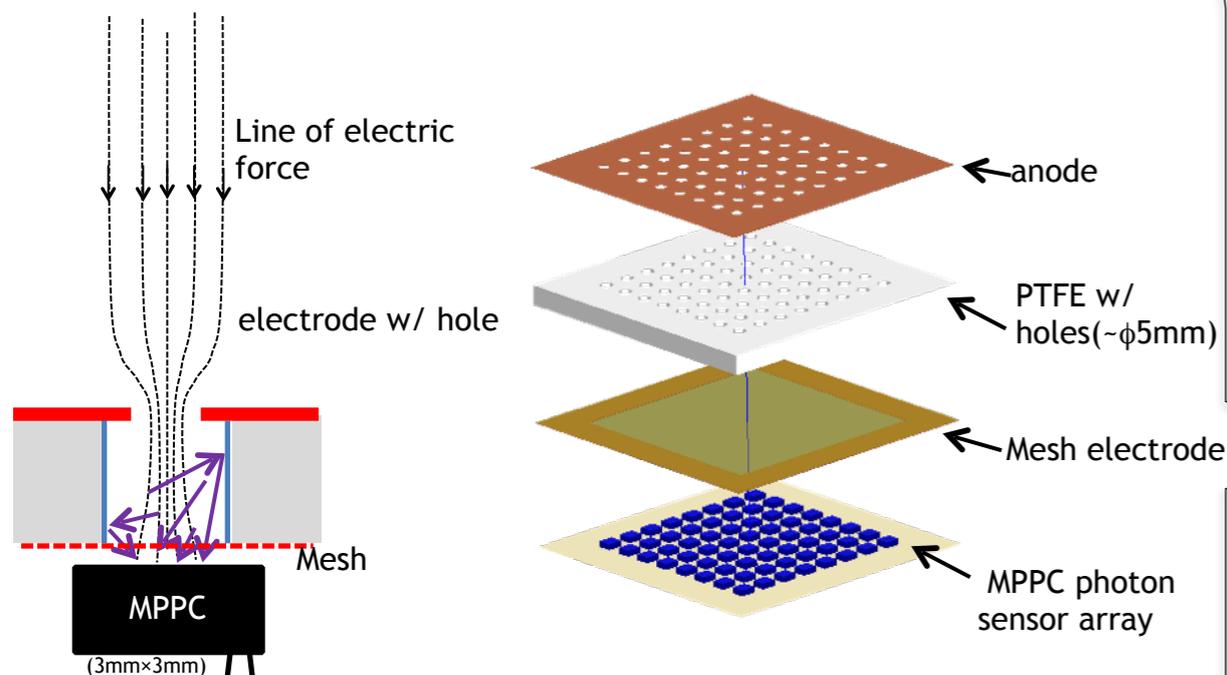
Contents

- What's AXEL ?
- 試作機の性能評価 : 通常MPPC + 波長変換剤
- 試作機の性能評価(?) : 紫外光対応MPPC
- Summary

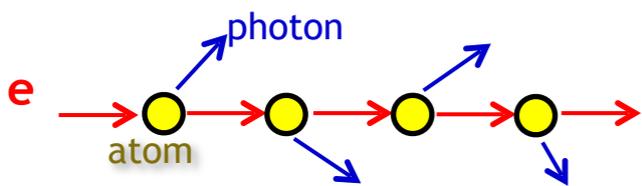
What's AXEL ?

高压XeガスTPC for $0\nu\beta\beta$ decay search

ELCC plane

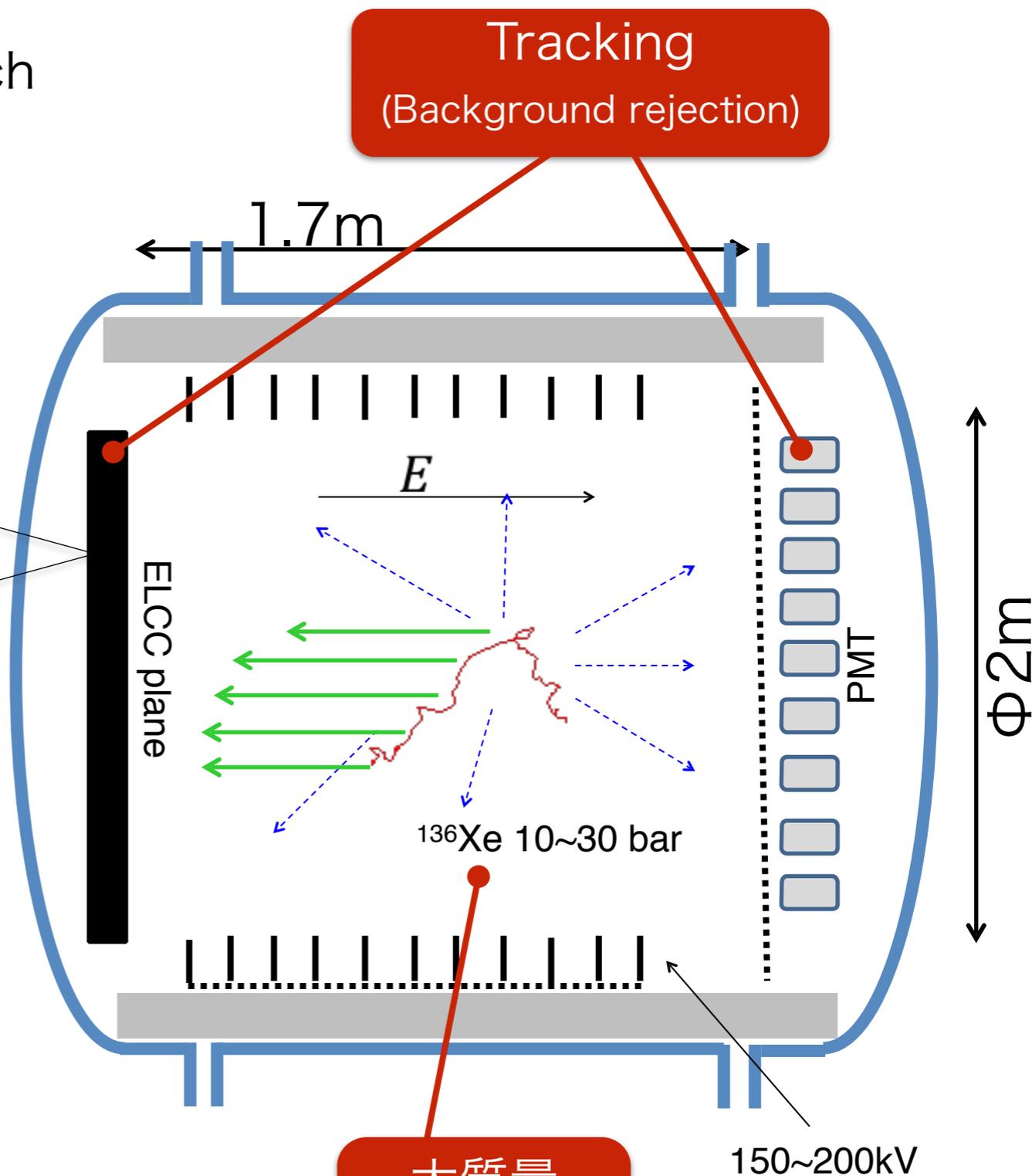


Electroluminescence process



linear process
-> Good linearity and stability

高エネルギー分解能
-> Goal : 0.5%FWHM @Q値



大質量

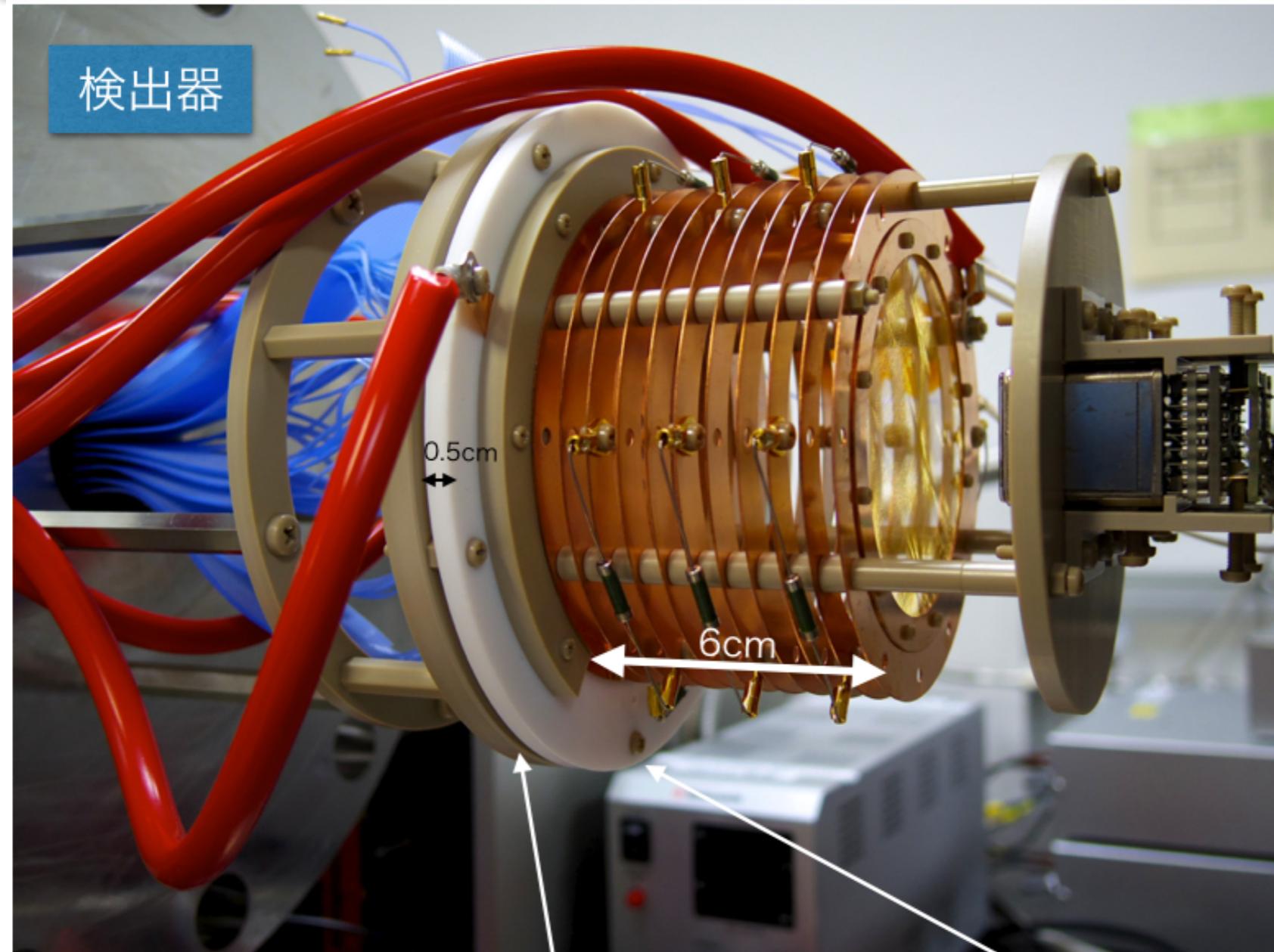
-> ~1 ton enriched ^{136}Xe gas

Contents

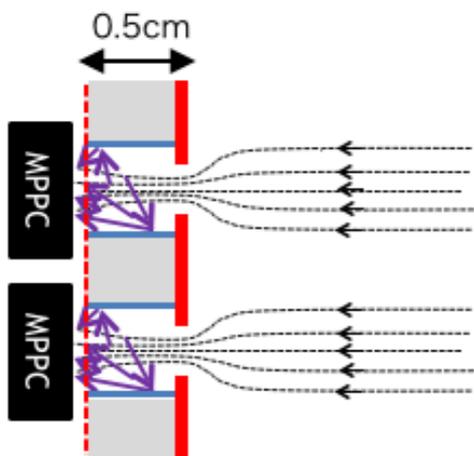
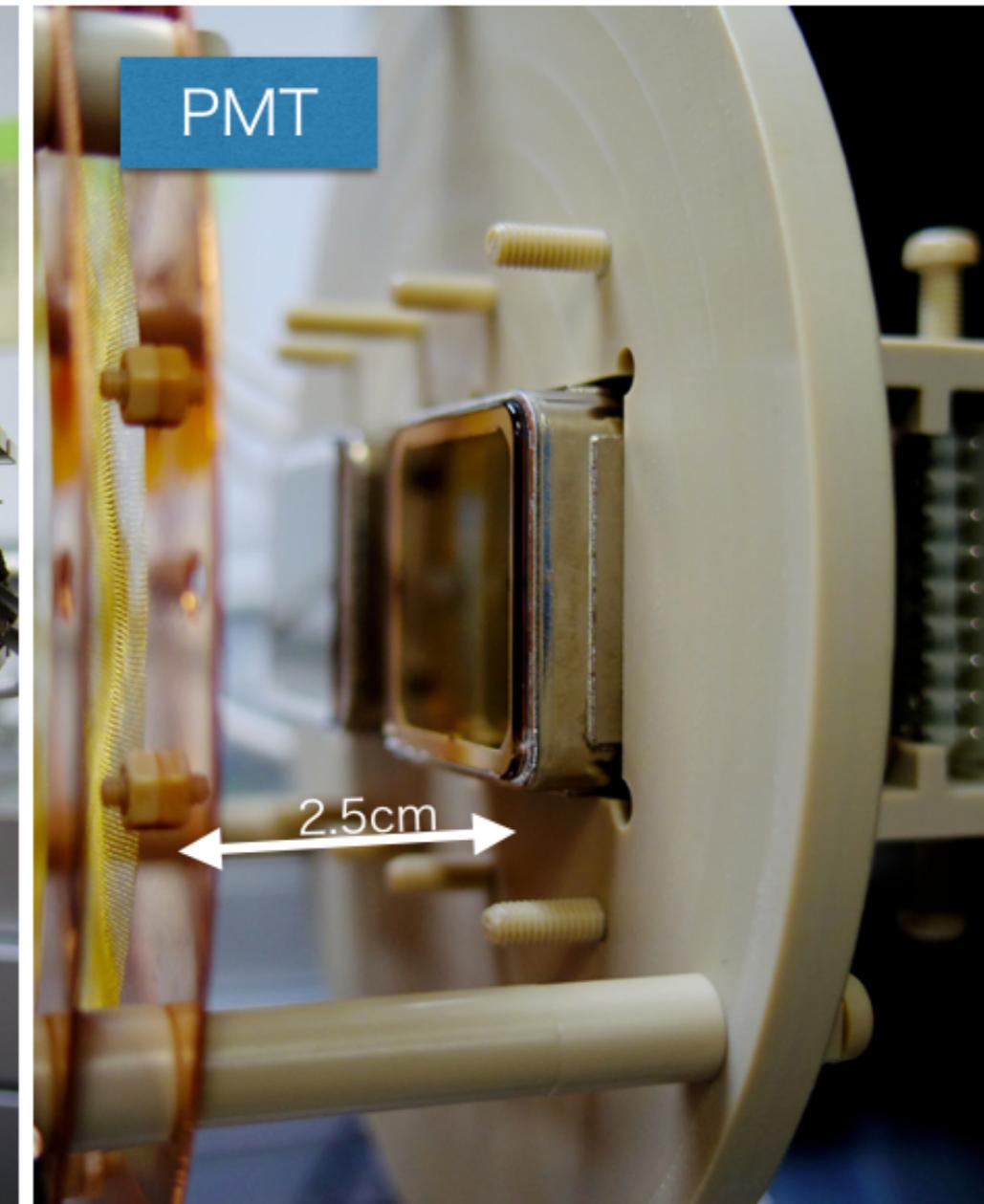
- What's AXEL ?
- 試作機の性能評価 : 通常MPPC + 波長変換剤
- 試作機の性能評価(?) : 紫外光対応MPPC
- Summary

Prototype Chamber : Setup

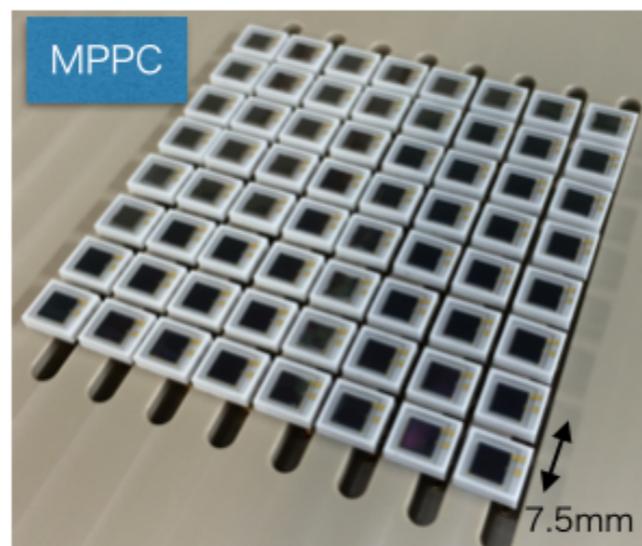
検出器



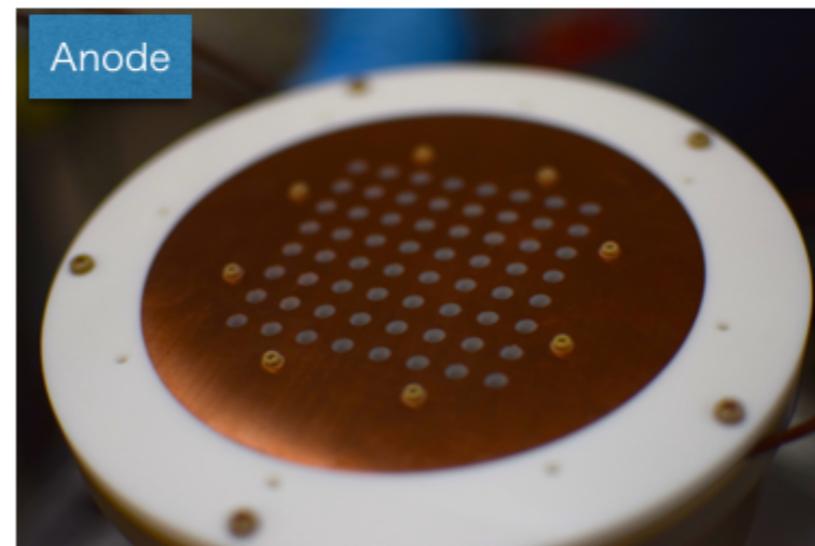
PMT



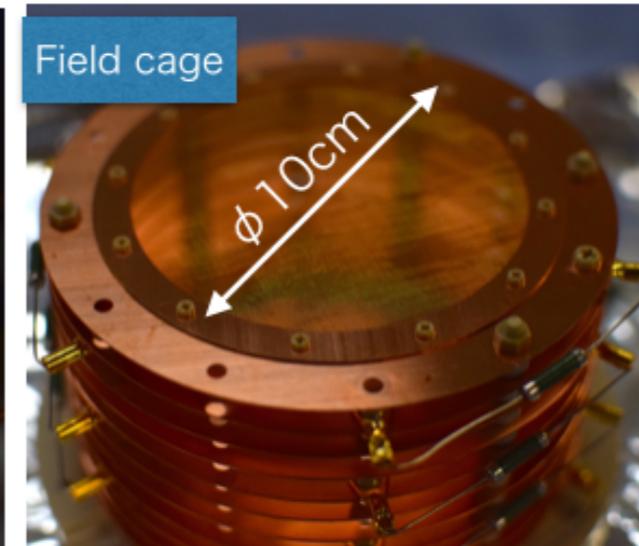
MPPC



Anode



Field cage



Prototype Chamber : Setup

田中くん

通常の製品のMPPCに波長変換剤(TPB)を塗布
(刷毛を用いてMPPCの受光面に直接塗布)

MPPC

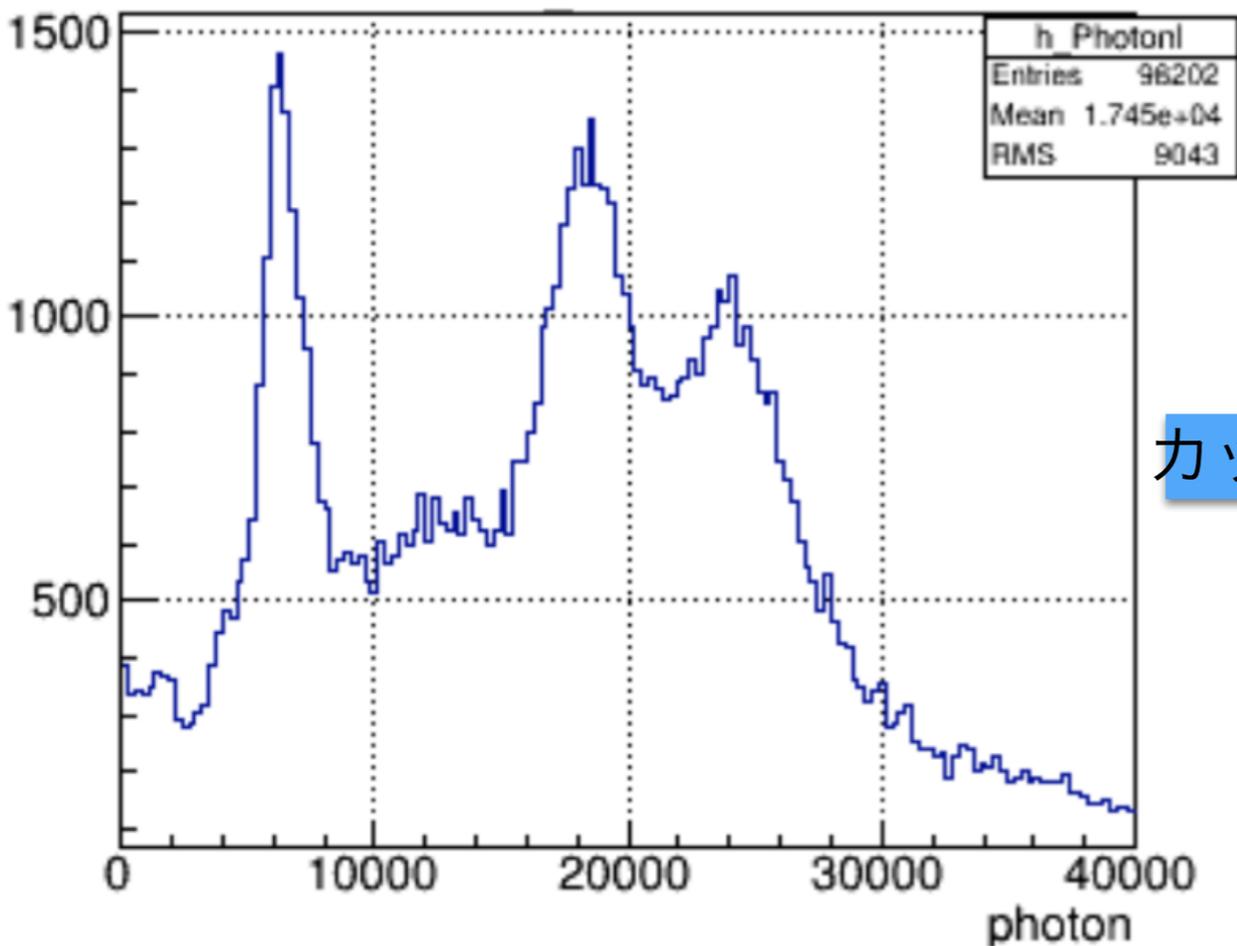
7.5mm

前回学会

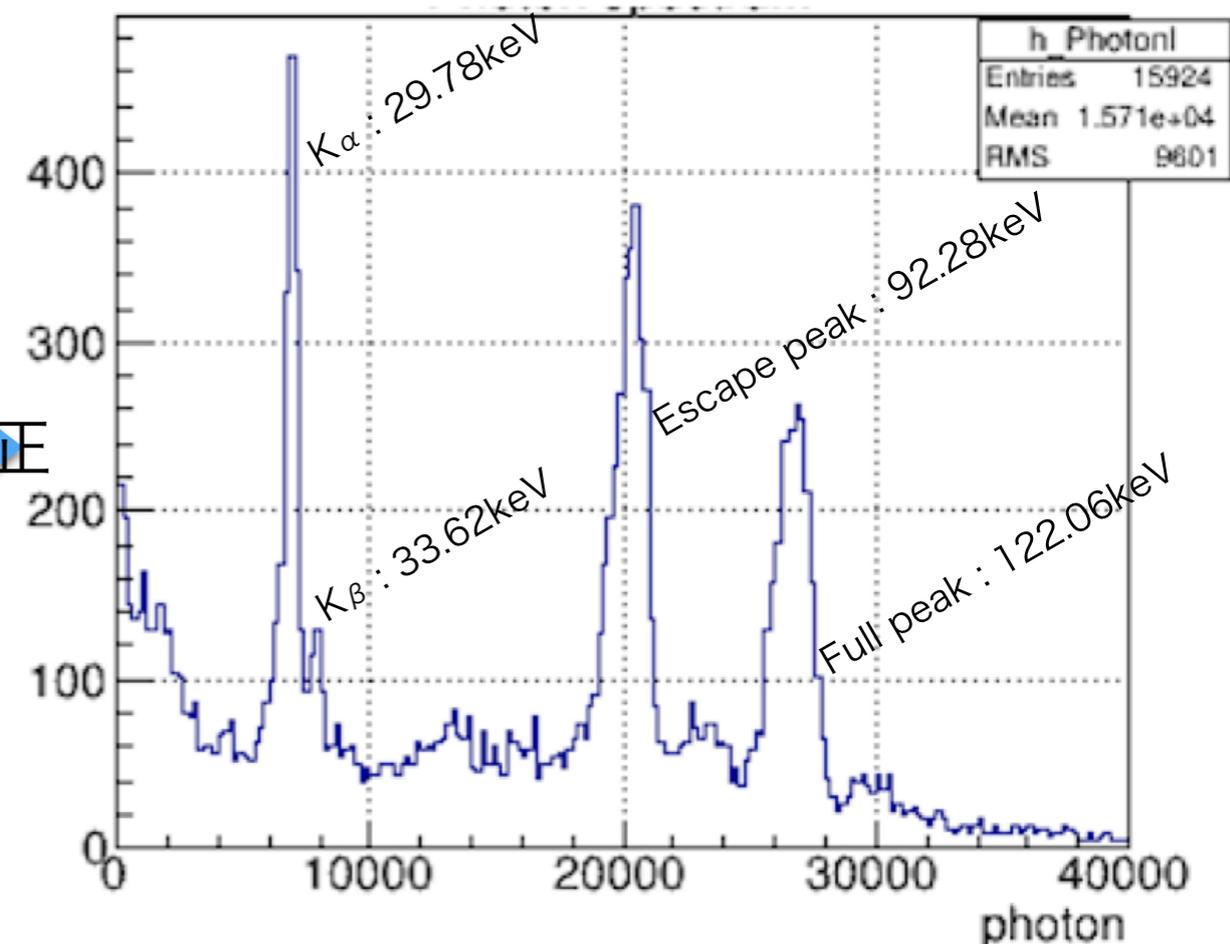
波長変換剤(TPB)を1枚の
アクリル板に塗布する方法
(可視光MPPC+波長変換シート)

試作機の性能評価

- ・ 4気圧のキセノンガス
- ・ ^{57}Co ガンマ線源を用いて性能評価(122keV)
- ・ 有効体積カット、時間経過による光量補正、セルごとのキャリブレーションを行うことで、4つのピークを確認

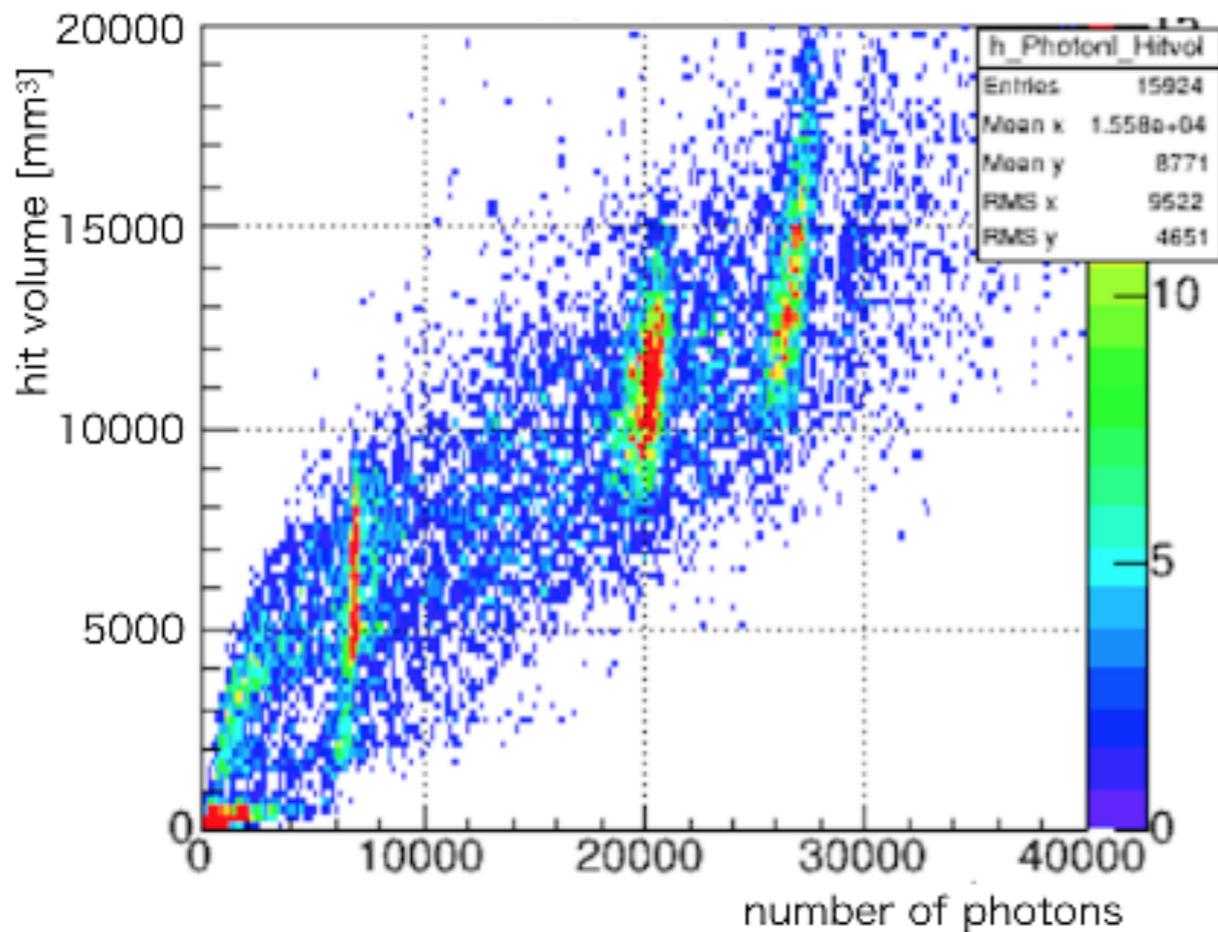


カット、補正

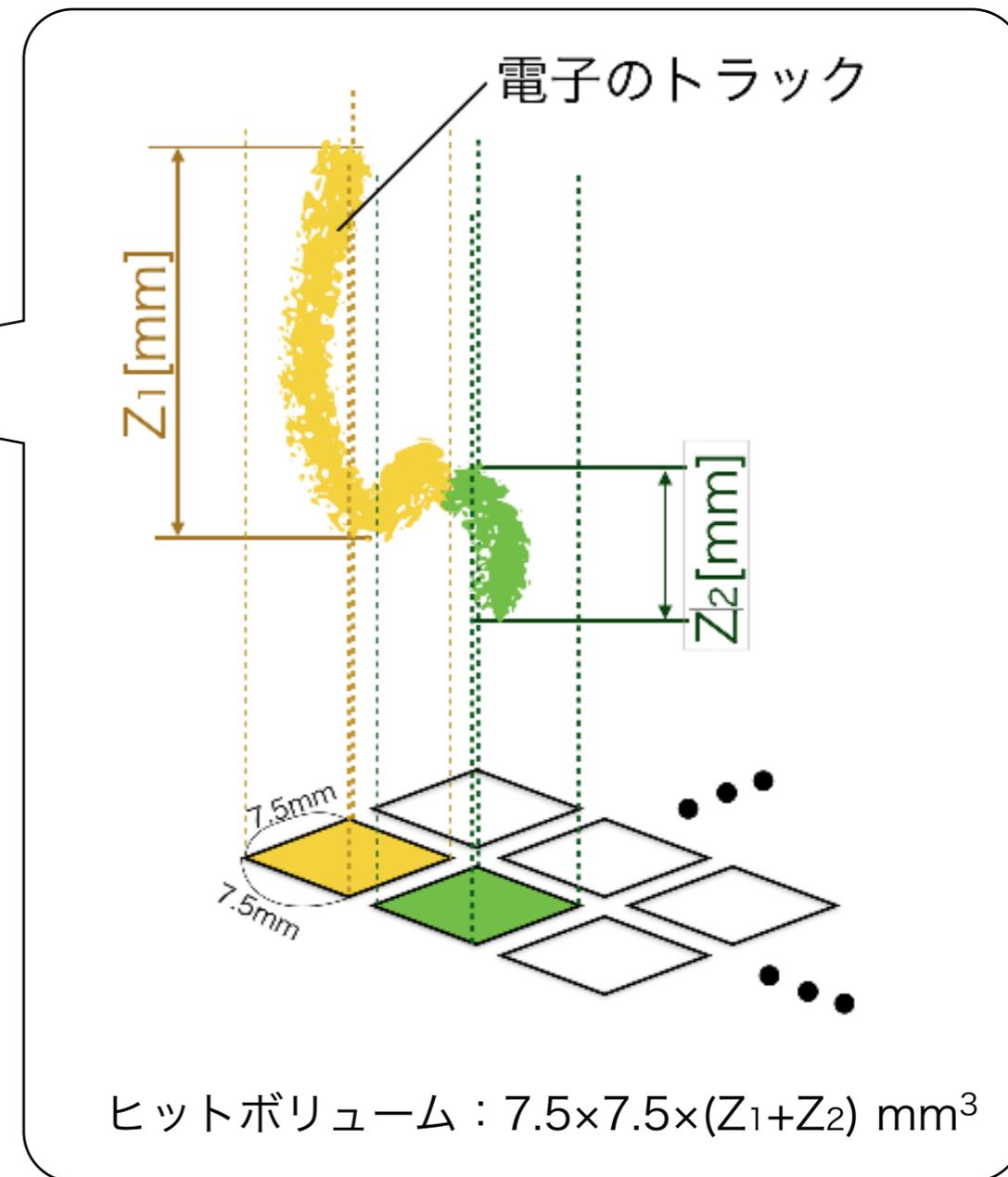


試作機の性能評価

ヒットボリュームと光子数の相関

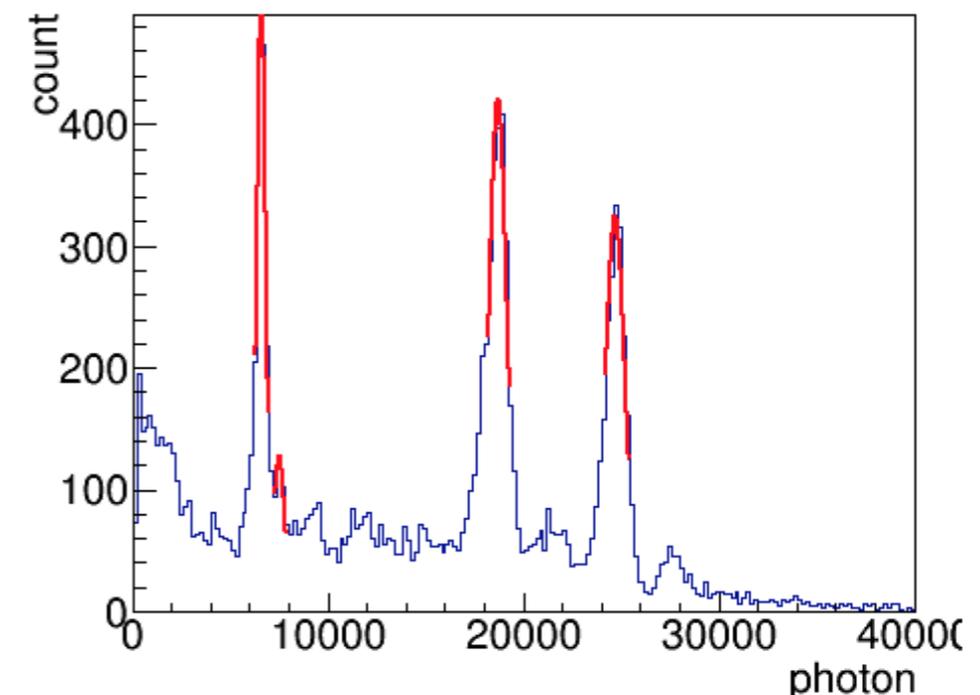
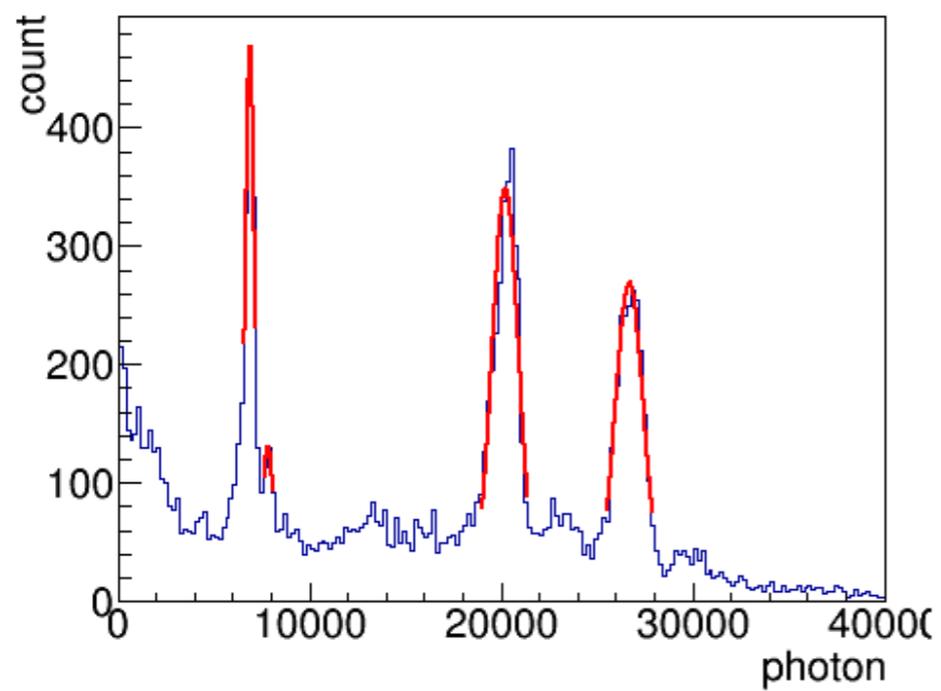
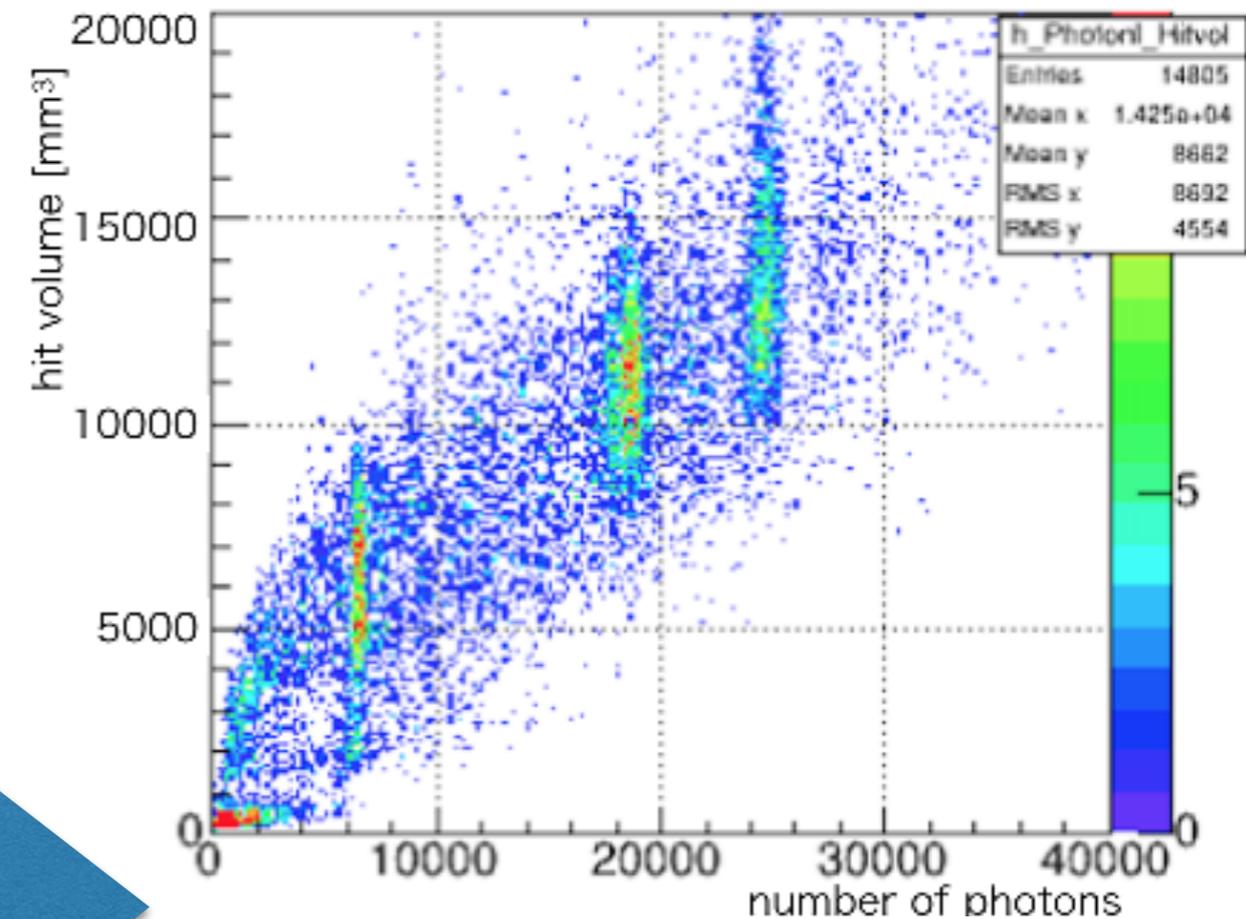
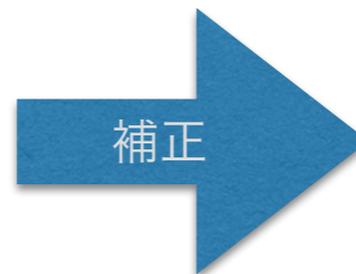
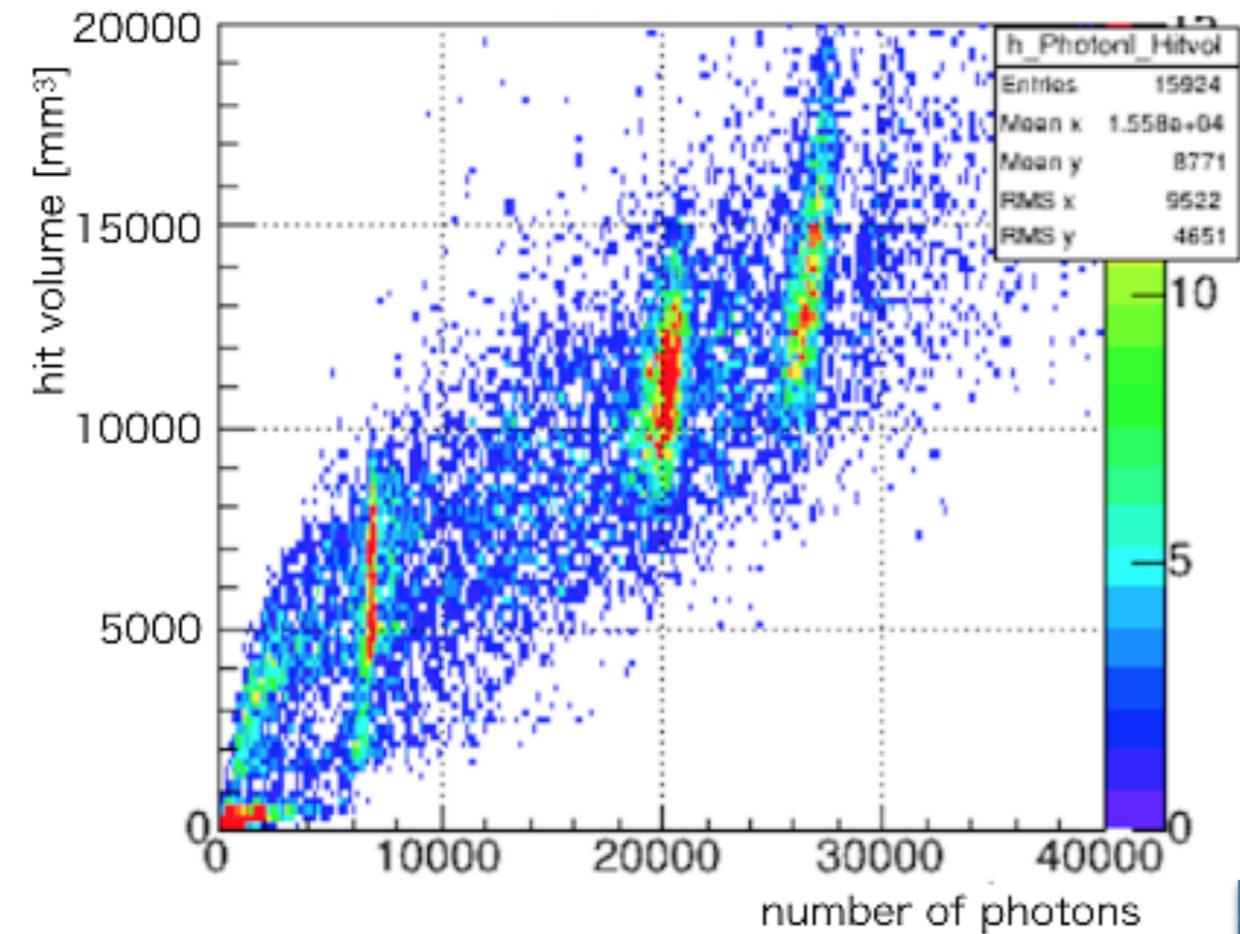


ヒットボリューム(飛跡の体積に対応)と検出光子数
に正の相関が見える
- 原因は現在考察中



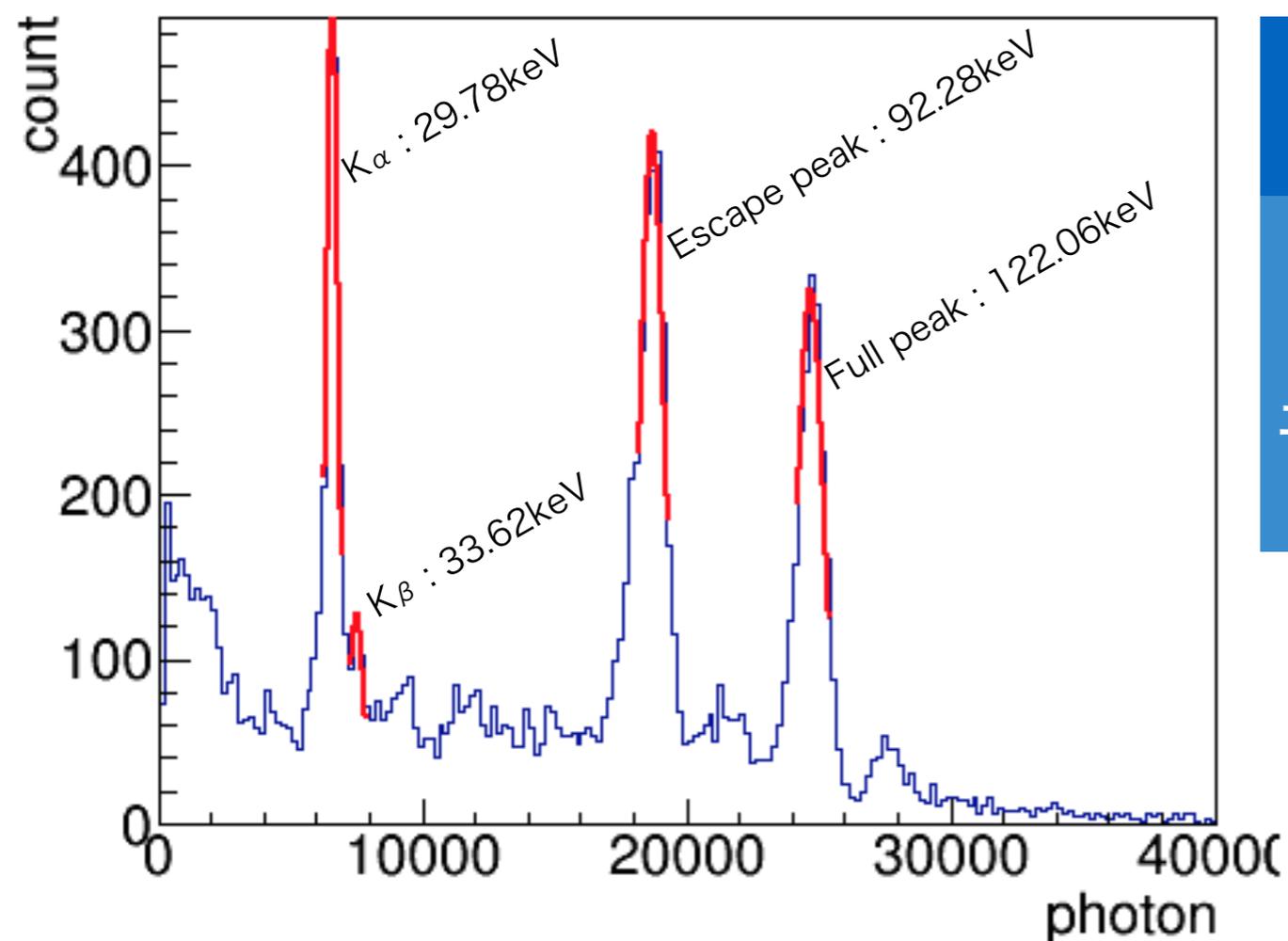
試作機の性能評価

ヒットボリュームと光子数の相関の補正



試作機の性能評価

- ・ 4気圧のキセノンガス
 - ・ ^{57}Co ガンマ線源を用いて性能評価(122keV)
 - ・ 4つのピークを観測
- > それぞれのピークをガウス関数でフィットし、エネルギー分解能(FWHM)を評価



ピーク[keV]	29.78	33.62	92.28	122.06
Photon数	6605	7516	18711	24710
エネルギー分解能 (FWHM)	7.9%	8.7%	5.6%	4.7%

前回学会

・ improved !

ピーク[keV]	29.78	33.62	92.28	122.06
Photon数	4245.1	4791.4	12256.8	16221.2
エネルギー分解能 (FWHM)	7.2%	8.8%	9.9%	5.7%

試作機の性能評価

各ピークのエネルギーと分解能(FWHM)をプロット
(エラーバーはフィッティングの際の誤差)

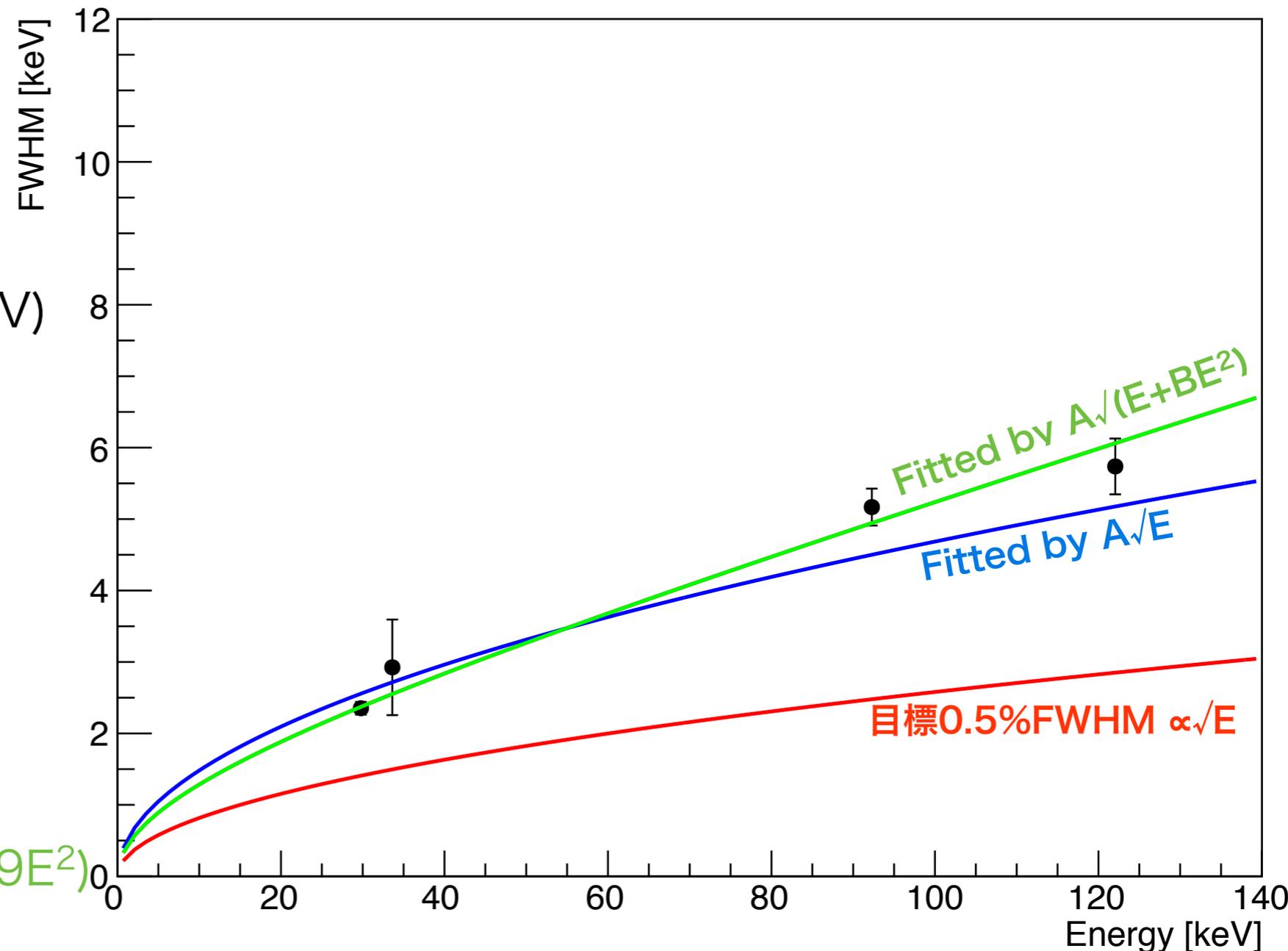
エネルギー分解能 @ Q値(2458keV) : 3.6% (FWHM)

-> 目標(0.5%)に比べると1桁ほど悪い(constant termを除くことができれば1.03%(FWHM))

改善点:

- ・ VUV-sensitive MPPC化
- ・ ガスの純化
- ・ もっと高いエネルギー(511keV)での測定

etc.....



$$\text{FWHM} = 0.47\sqrt{E}$$

$$\text{FWHM} = 0.39\sqrt{(E+0.0079E^2)}$$

試作機の性能評価

各ピークのエネルギーと分解能(FWHM)をプロット
(エラーバーはフィッティングの際の誤差)

エネルギー分解能 @ Q値(2458keV) : 3.6% (FWHM)

-> 目標(0.5%)に比べると1桁ほど悪い(constant termを除くことができれば1.03%(FWHM))

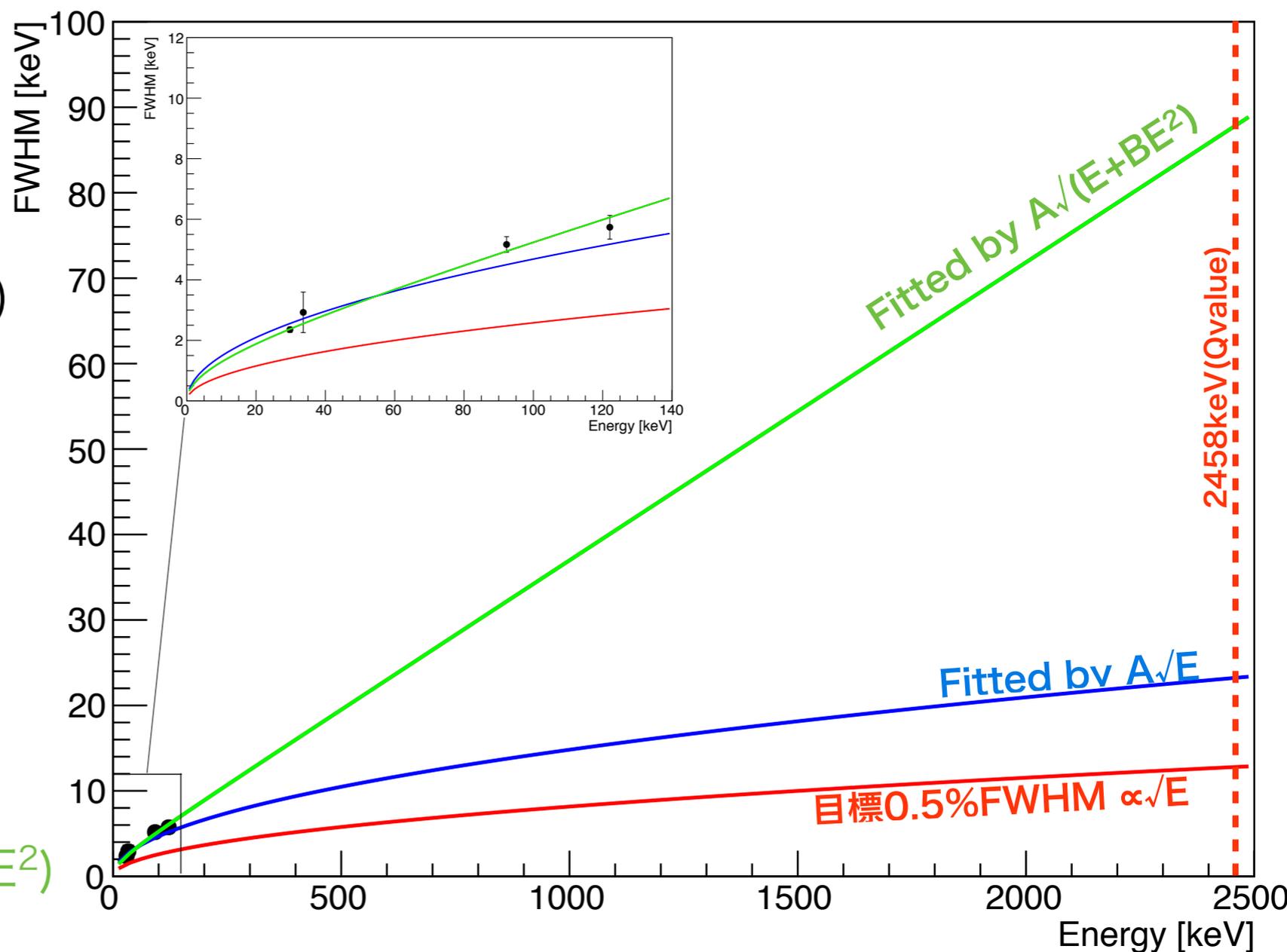
改善点:

- ・ VUV-sensitive MPPC化
- ・ ガスの純化
- ・ もっと高いエネルギー(511keV)での測定

etc.....

$$\text{FWHM} = 0.47\sqrt{E}$$

$$\text{FWHM} = 0.39\sqrt{(E+0.0079E^2)}$$

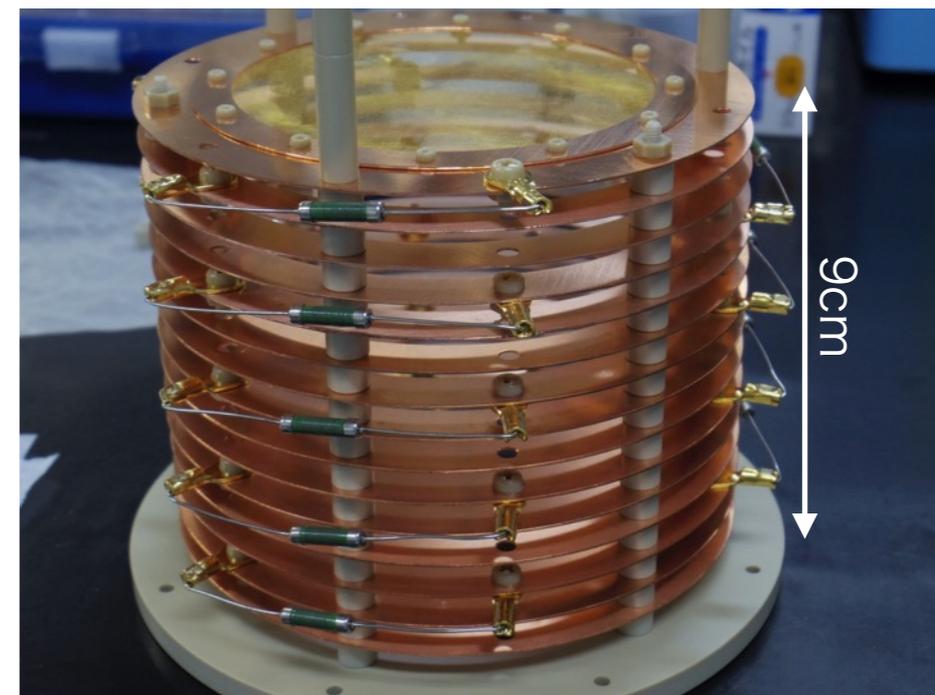
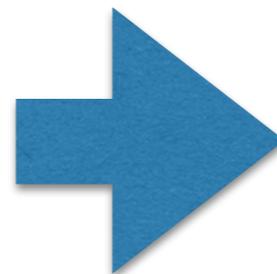
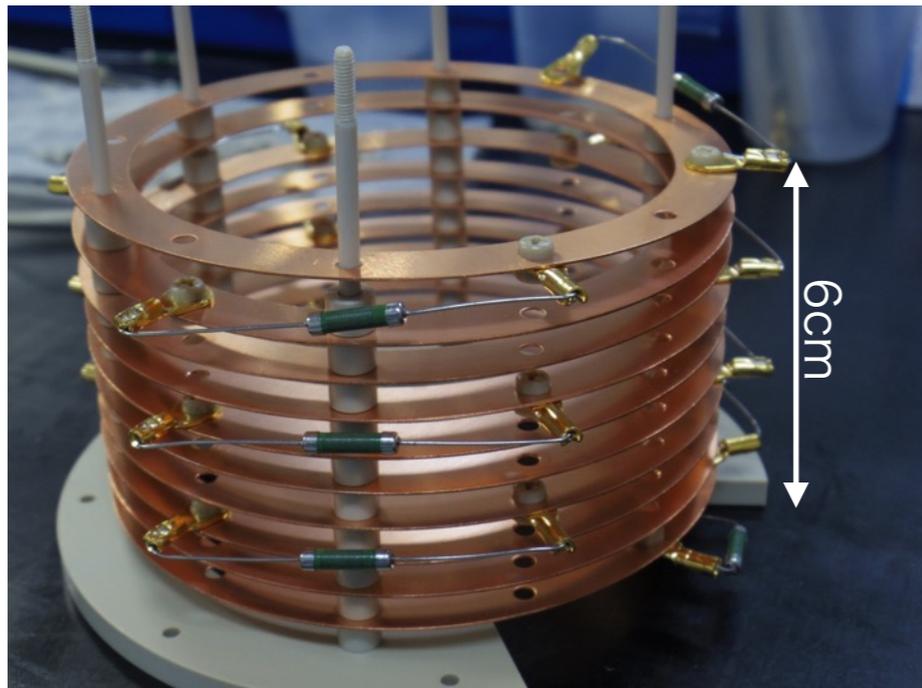
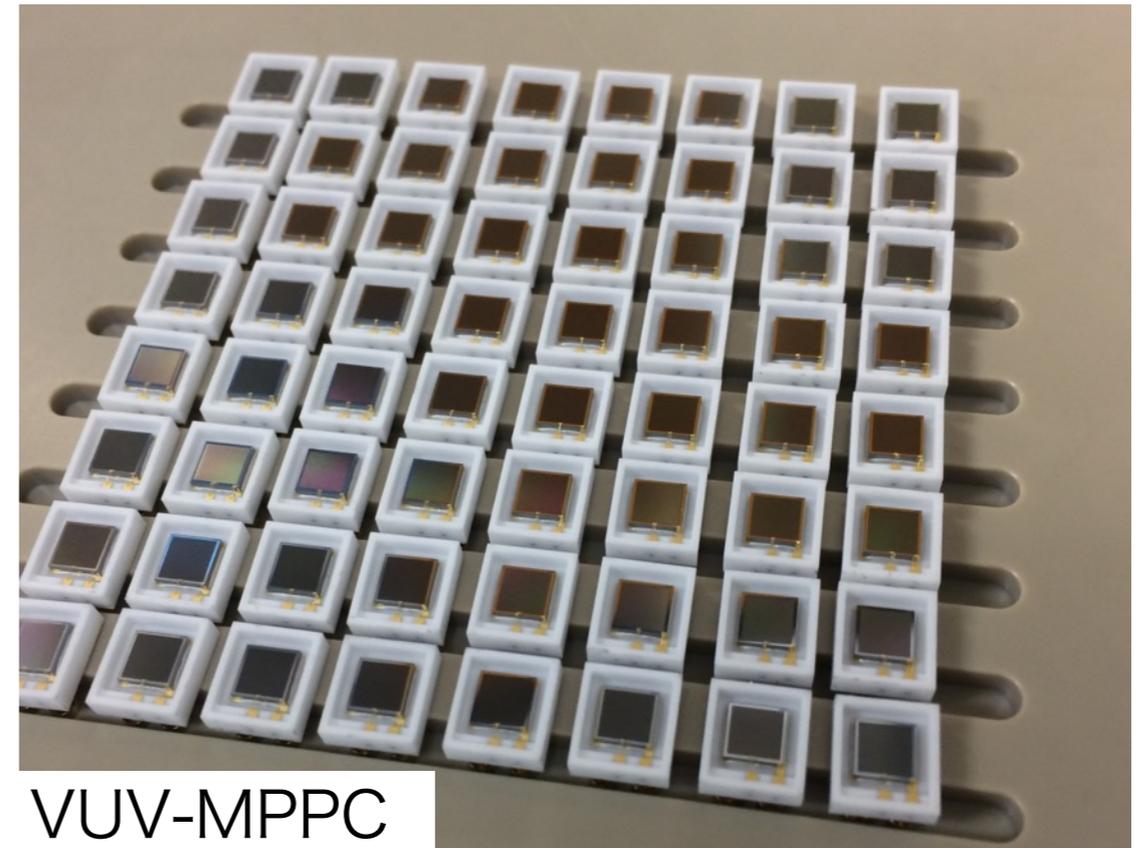
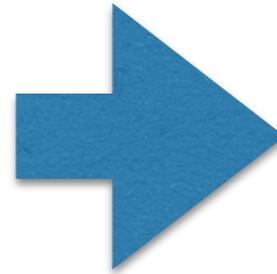
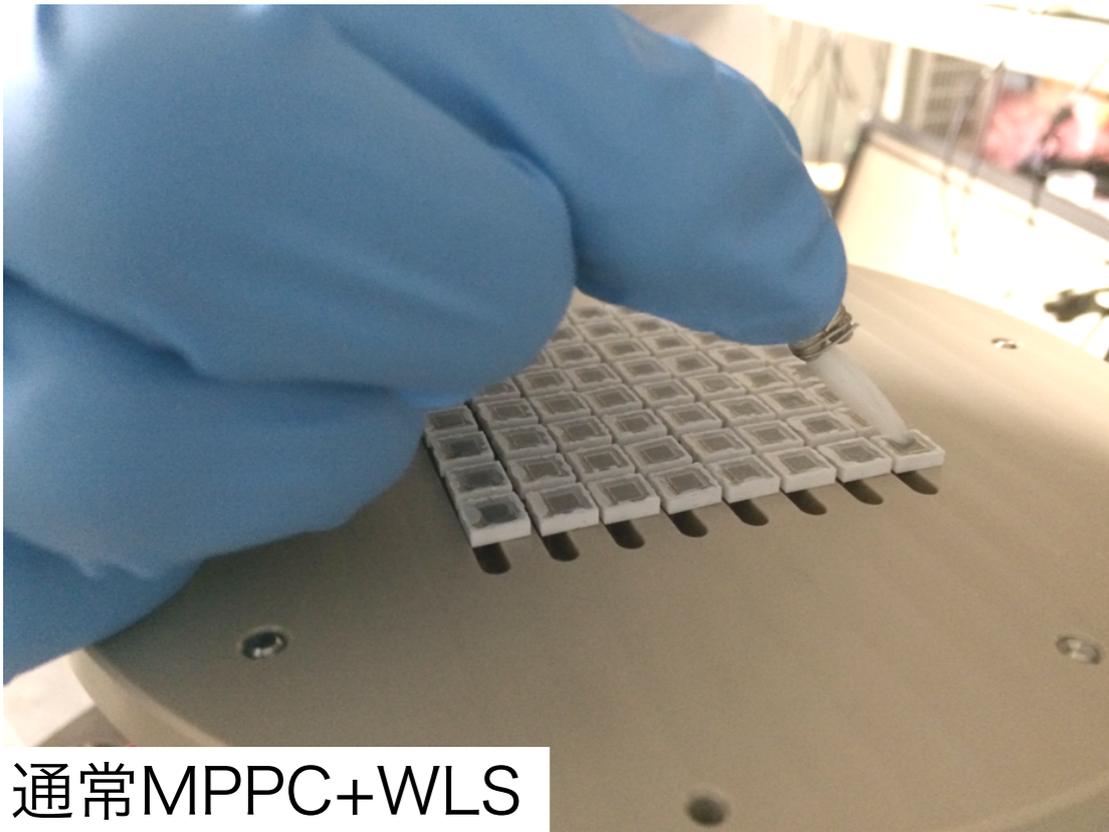


Contents

- What's AXEL ?
- 試作機の性能評価 : 通常MPPC + 波長変換剤
- 試作機の性能評価(?) : 紫外光対応MPPC
- Summary

Prototype Chamber w/ VUV-MPPC : setup

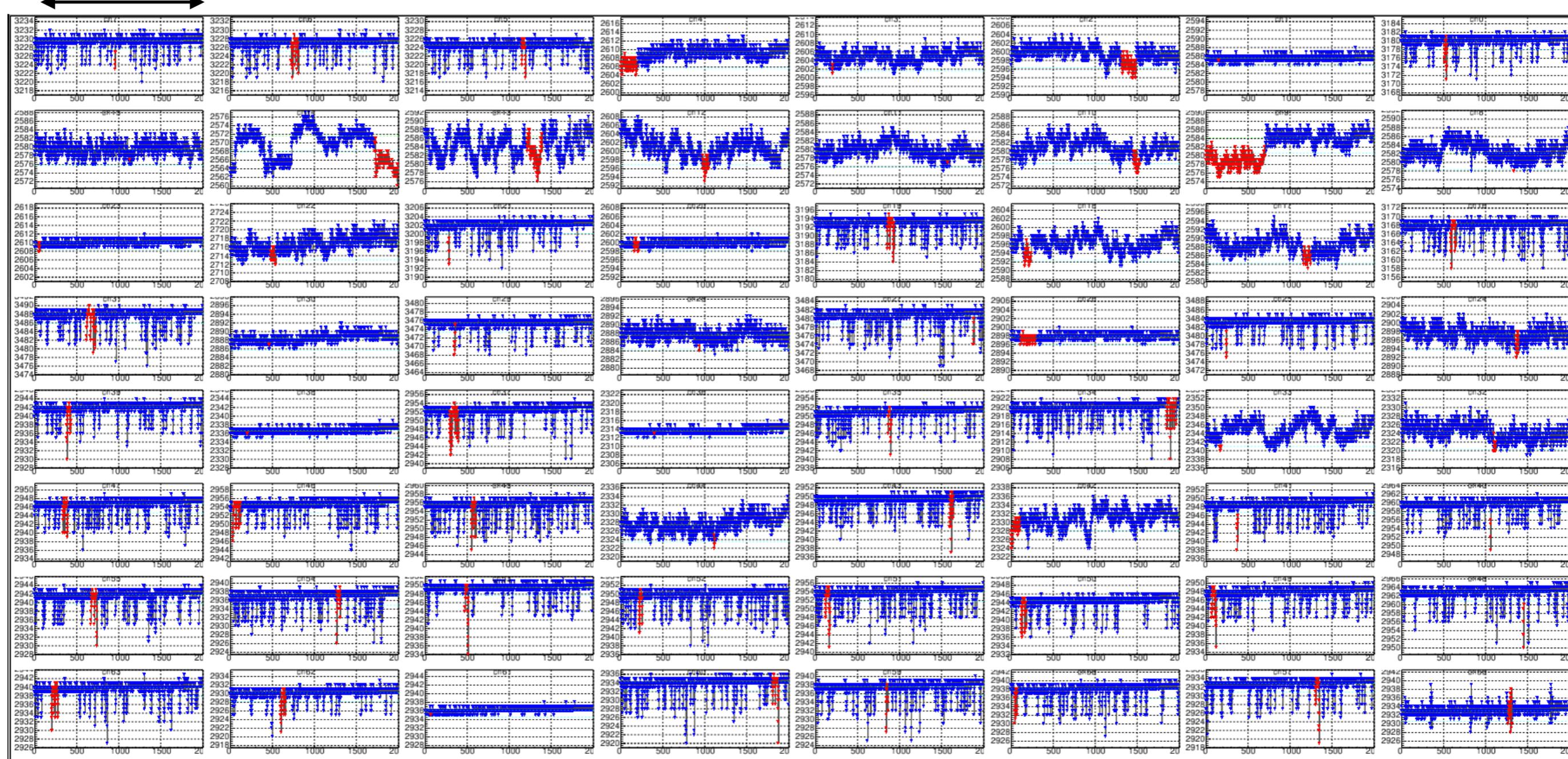
Upgrade



MPPC故障問題

64チャンネル分のダークカレントの波形 (クロックジェネレータによるランダムトリガー)

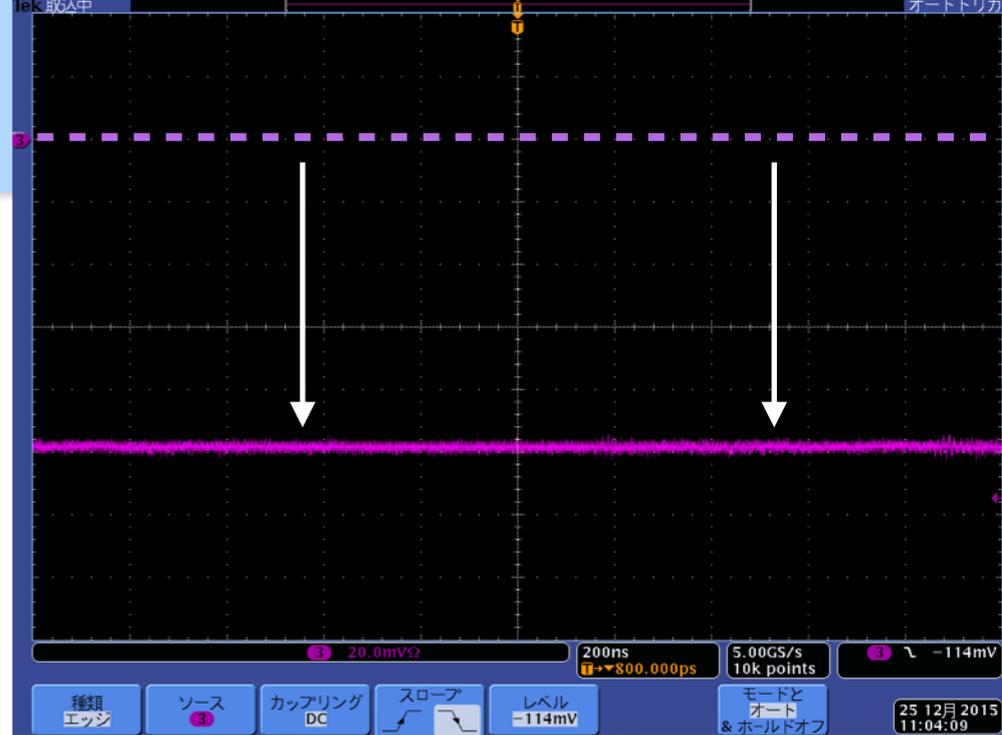
32 us



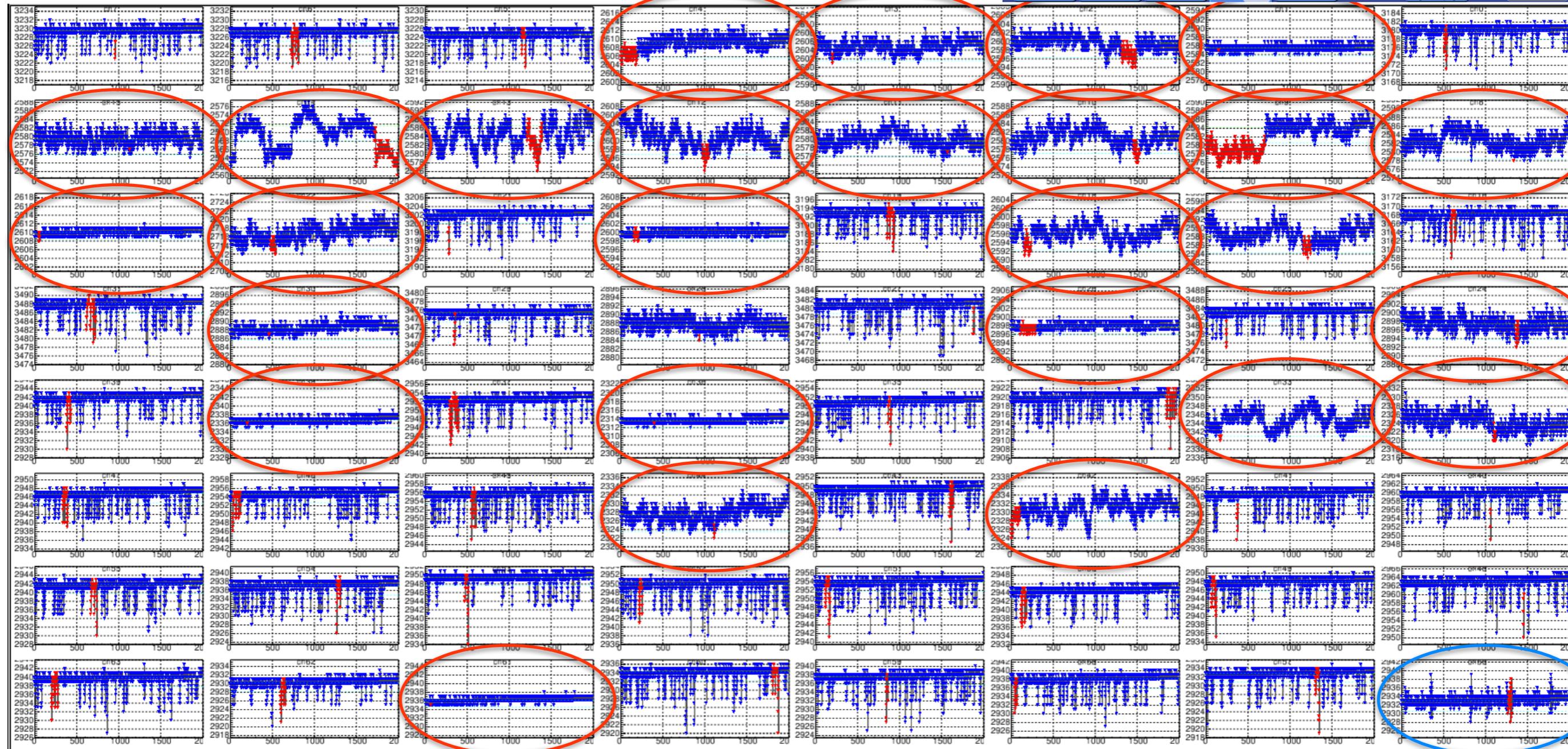
MPPC故障問題

丸のついているチャンネルが故障(?) ← 27/64

バイアス電圧の印加と共に、ベースラインが降下 (右図)



32 us



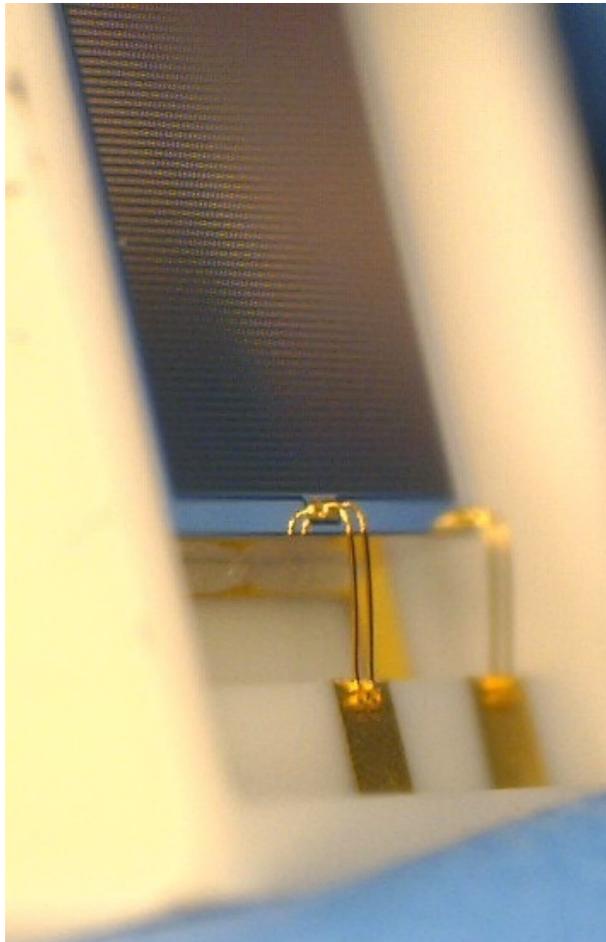
MPPC故障問題

VUV光を透過するために表面の樹脂コーティングが無く、配線部分がむき出し
-> 試作機にインストールする際に配線部分に触れてしまい、導通した可能性

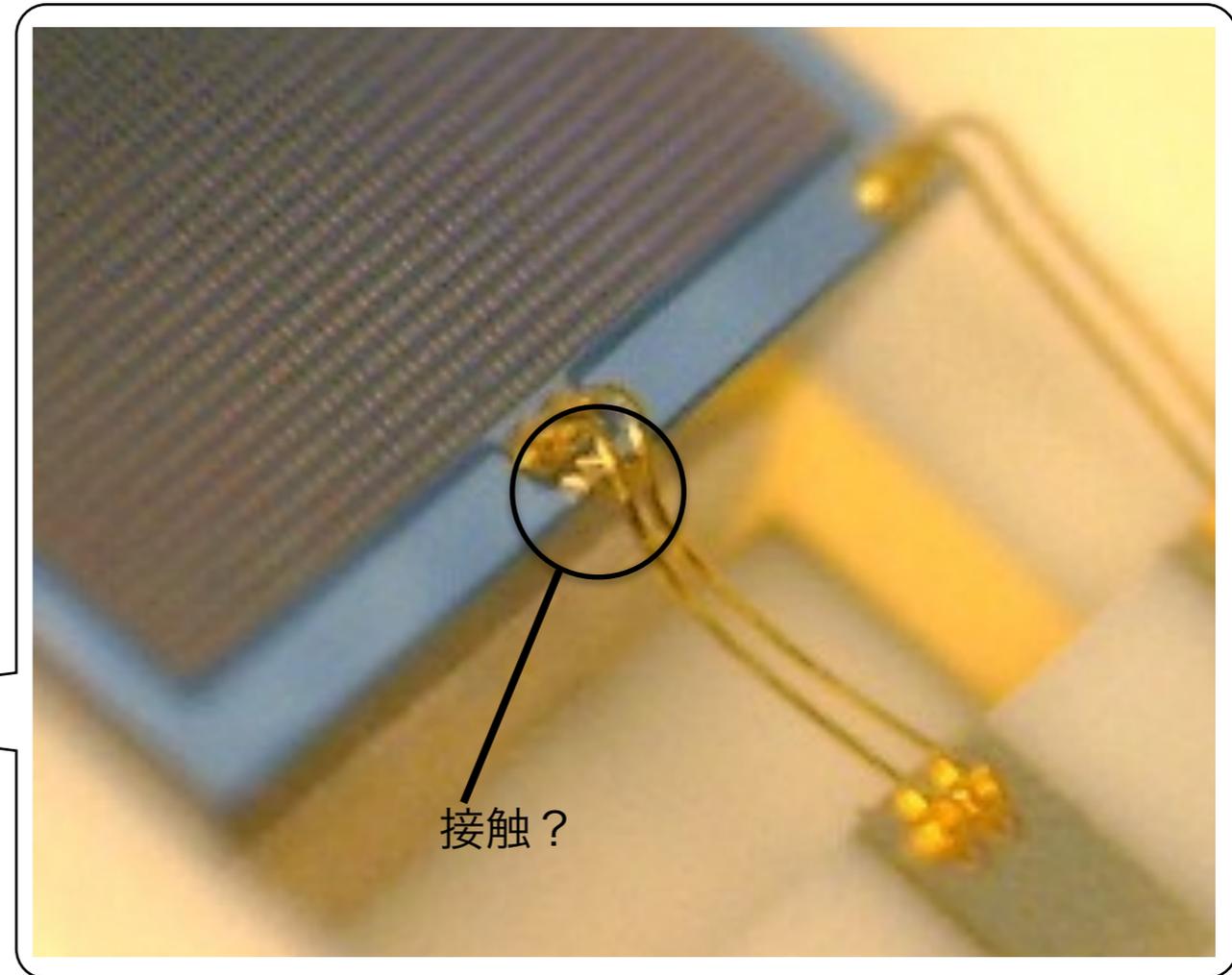
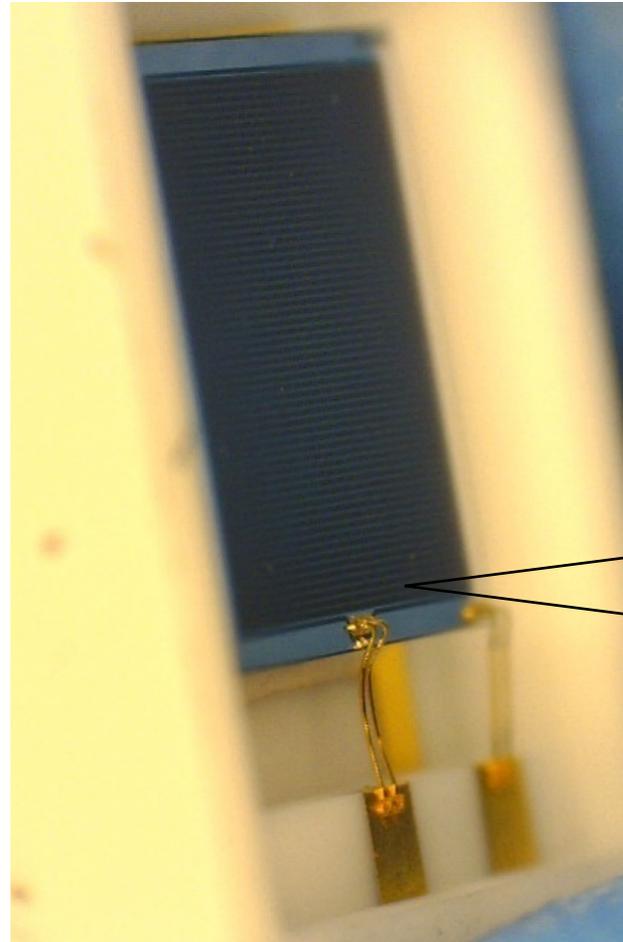
ピンセットで配線部分を調整することで、直る素子があることを確認

ただし、配線部を調整しても直らない素子や、別の壊れ方をする素子もあったため、要調査

正常なMPPC



故障したMPPC

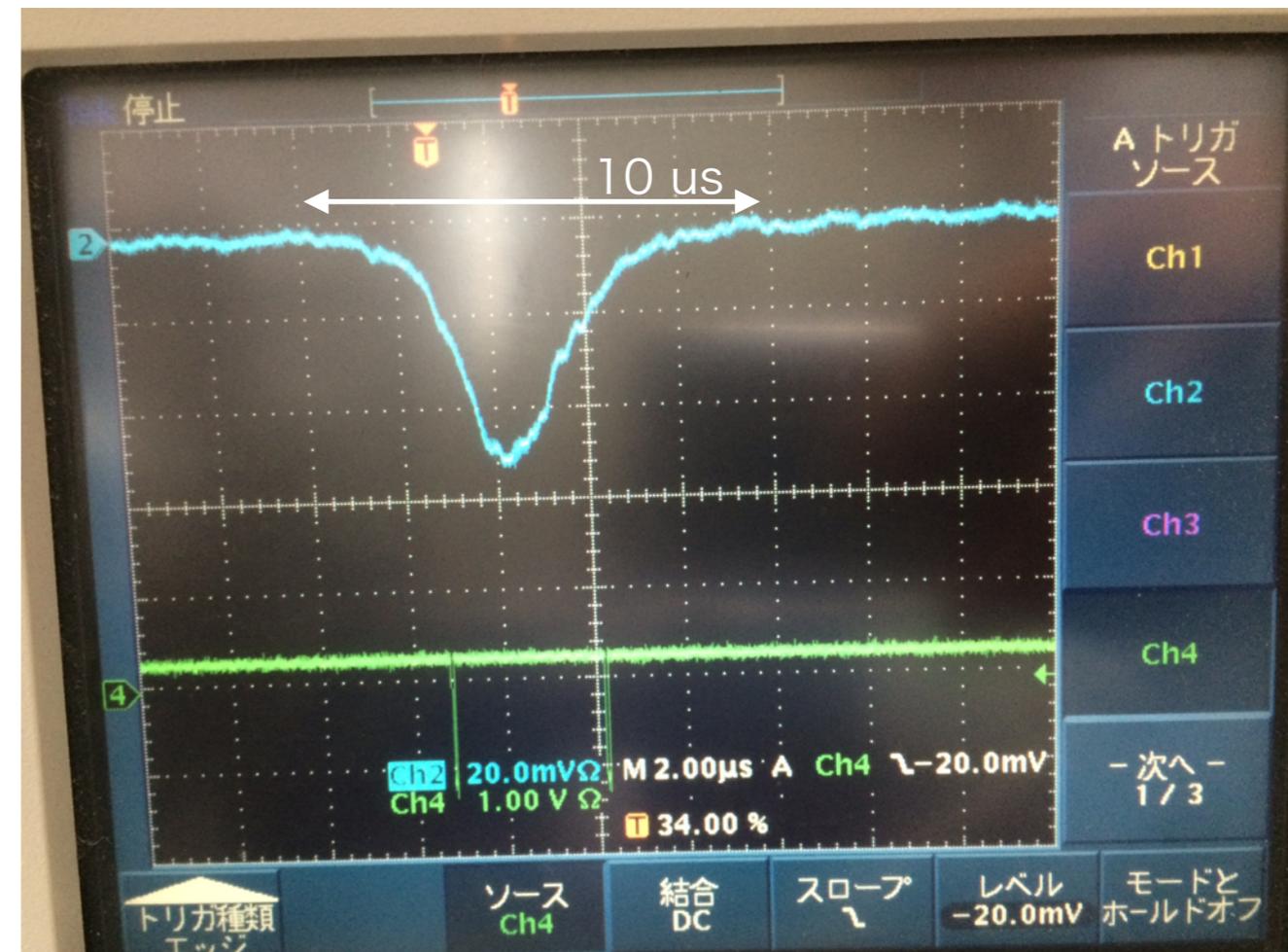


試作機の製作：VUV-MPPC

Xeを4気圧(絶対圧)封入し、 ^{57}Co ガンマ線源を当てることで、電子事象をオシロで確認

ほとんどのチャンネルでMPPCが正常に動作していることを確認

データ取得はこれから



Contents

- What's AXEL ?
- 試作機の性能評価 : 通常MPPC + 波長変換剤
- 試作機の性能評価(?) : 紫外光対応MPPC
- Summary

Summary

AXEL

- ・ 大質量、高エネルギー分解能、トポロジーによる背景事象除去の全てを満たした検出器開発を目指し、奮闘中

試作機の製作と性能評価

- ・ キセノン4気圧を封入し、 ^{57}Co ガンマ線源を当てて性能評価を行った
- ・ 通常のMPPCに波長変換剤を塗布したタイプの試作機では、Q値におけるエネルギー分解能として3.6%(FWHM)を達成
- ・ 真空紫外光に感度を持つMPPCを導入した試作機では、MPPCが大量に壊れるというトラブルに見舞われたものの、原因を特定し、修復を行うことが出来た
- ・ 今後は真空紫外光に感度を持つMPPCを用いて試作機の性能評価を行っていく
- ・ また、より高いエネルギー(511keV、662keVなど)のガンマ線での評価も行う