

液体キセノンプロジェクト 報告

KEKDTPプログラム検討会、2010年4月20日、KEK

田内利明

KEK：冷凍・純化システム、PMTシステム、TPC、テスト

田内利明、真木晶弘、春山富義、田中秀治、三原智、佐伯学行
笠見勝裕(冷凍システム構築)、鈴木祥仁 (モニター:Labview)

佐賀大：TPC、TPC/PETシミュレーション、テスト

杉山 晃、東貴俊 (D4)

東大：TPCテスト

森俊則、藤井祐樹 (M2)

放医研：PETとしての性能仕様とシミュレーション

熊田雅之、富谷武浩、寅松千枝

横浜国大：液体キセノン基本特性

中村正吾

協力支援：KEK素核研回路室、田中真伸氏

レビュワー：海野義信 (KEK)、柴村英道 (埼玉県立大)

これまでの研究内容

2007年4月 KEL測定器開発室へ提案

2007年4月 - プロトタイプ試験準備

2008年2月 新実験室完成・引越

2008年4月30日 冷凍機システムの完成

2008年5月7日 容器に液体キセノンを満たした
(TPCは設置せず、液化課程の試験)

2008年5月22日 最初のシンチレーション光の観測

2009年2月25日 最初の宇宙線による電荷シグナルの観測
(純化・循環開始後11日目)

2009年3月31日 最初の α 線による電荷シグナルの観測
(純化・循環開始後45日目, 1cmドリフト)

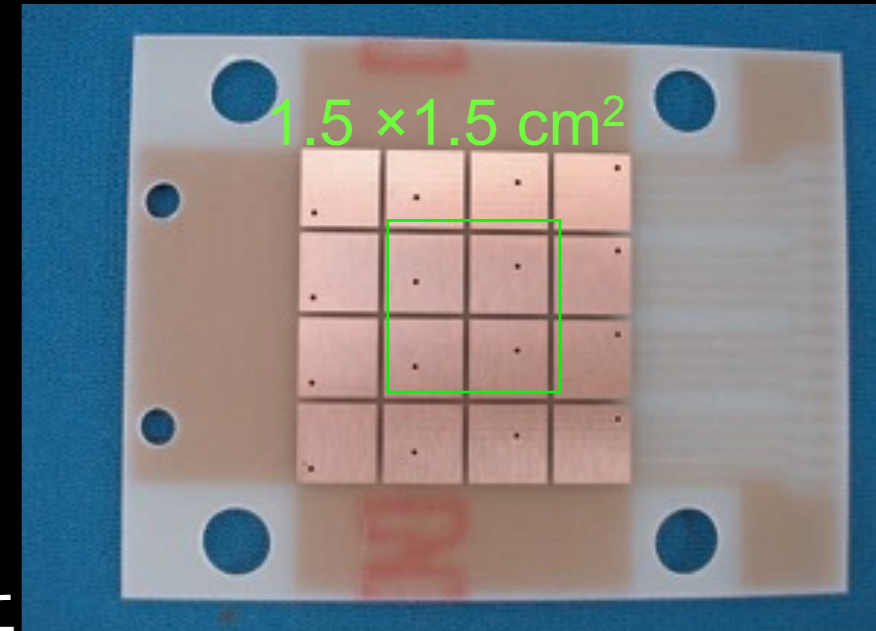
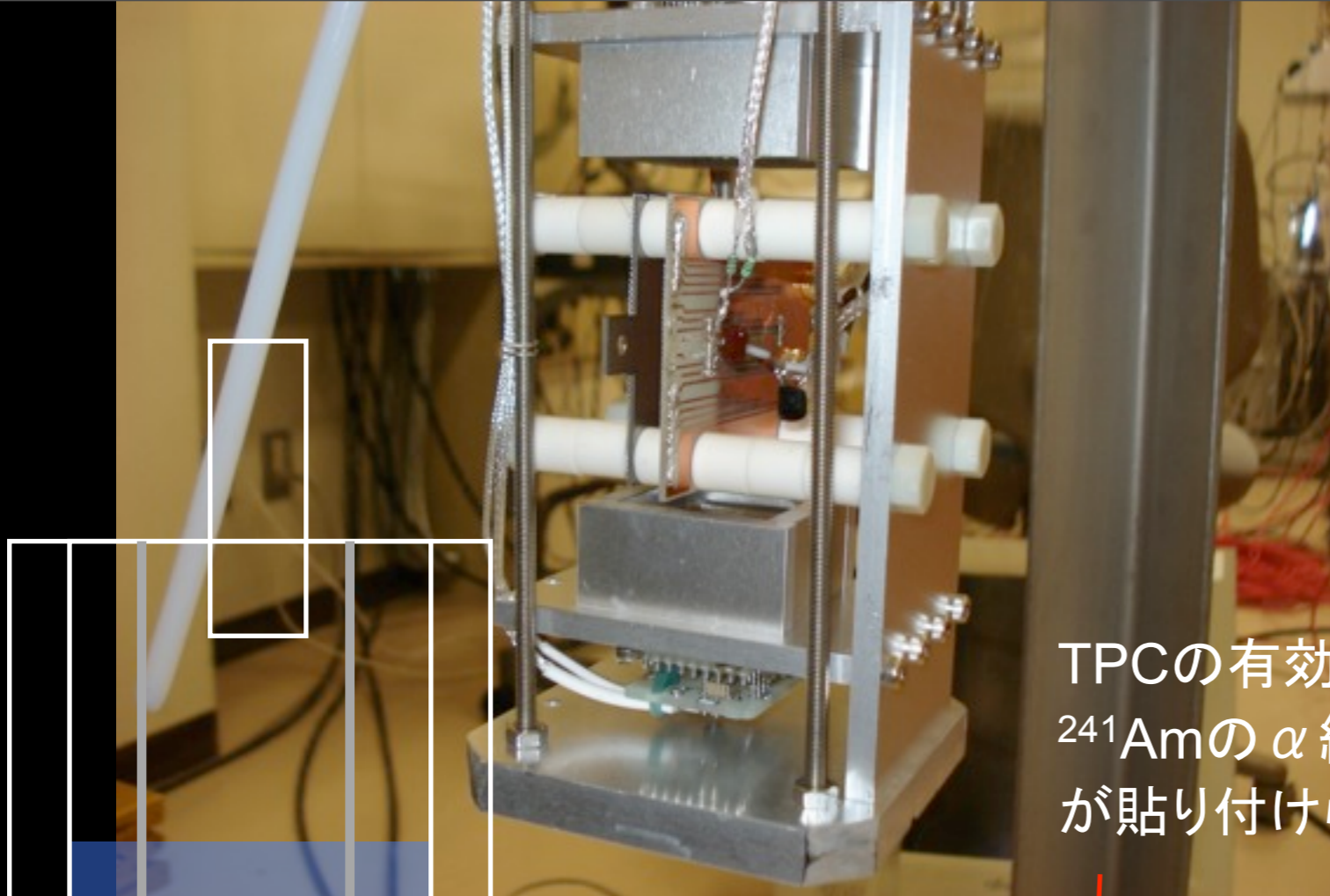
2009年4月24日 4ch PADs, 1cmドリフトTPC試験開始

2009年度 第一実験経過

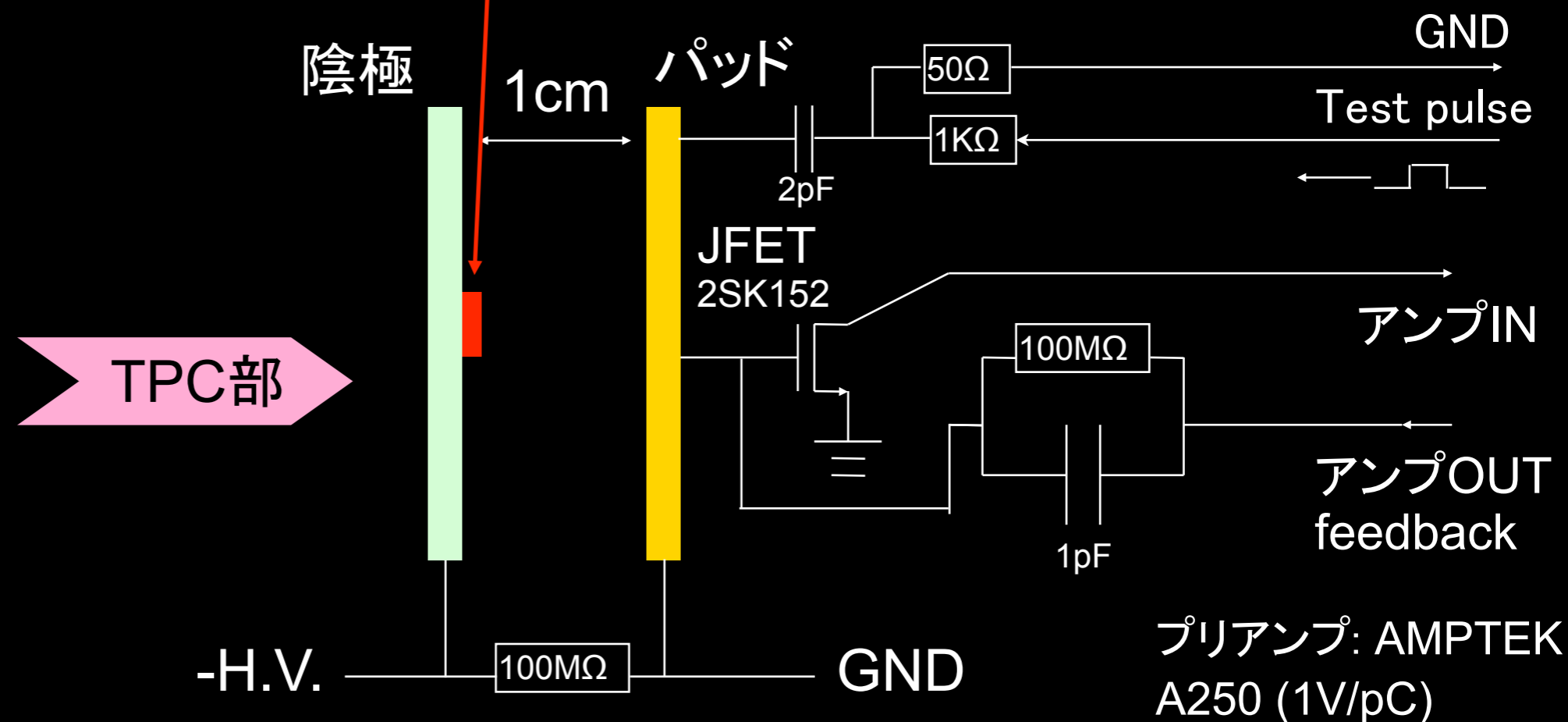
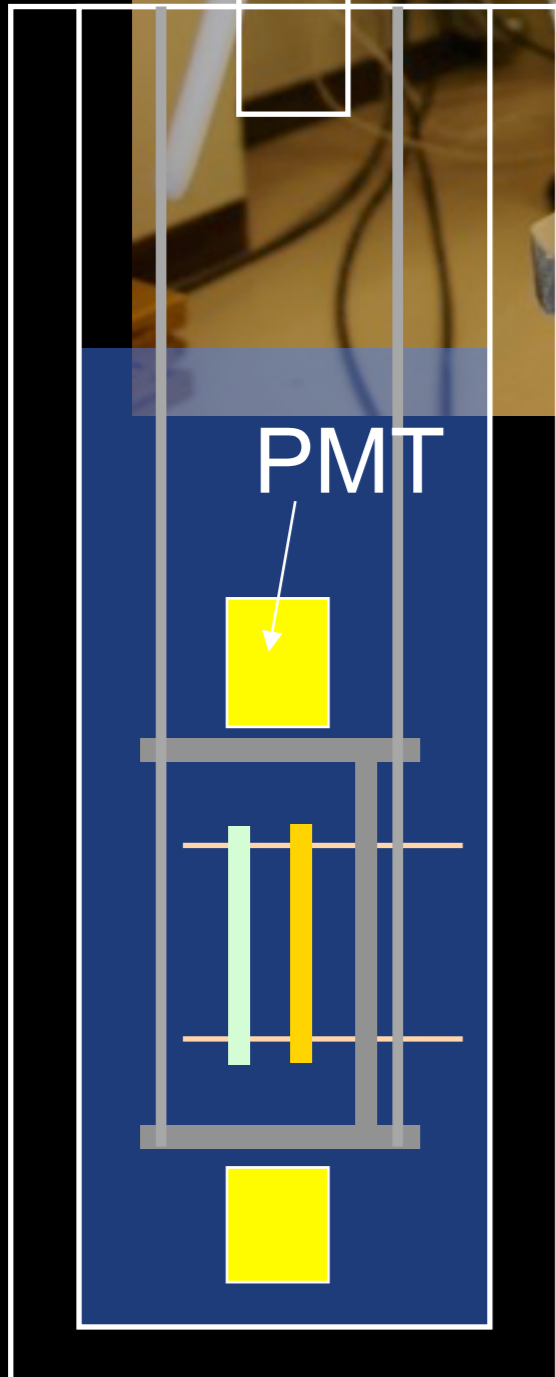
- 4/24 15:04 チェンバーの真空引きを開始
- 4/27 -30 真空ビルドアップ試験を3回行う; 到達真空度 1.4×10^{-4} Pa
- 5/2 12:15 4ℓ /分のXeガス循環速度で『ガス位相』の循環開始
- 5/10 16:52 最初の宇宙線による電荷シグナルの観測 (8日後)
- 5/20 17:40 1ℓ /分のXeガス循環速度で『液体位相』の循環へ変更
- 5/22 14:44 最初のα線による電荷シグナルの観測 (20mV)(20日後)
- 6/29 17:15 α線による電荷シグナルの大きさ=100mV w/o LPF
- 6/25 -7/9 電荷とシンチレーションシグナルのTPC電場依存性を測定
- 7/23 - 31 4chのプリアンプ(A250)を用意
- 8/14 -17 宇宙線トリガーで測定, トリガー頻度=約 1 / 分
- 9/10 藤井 (東大M1) 物理学会発表
東 (佐賀大D3) ASIC-FEチップR&D 物理学会発表

(精製循環開始からの日数)

第1実験の装置

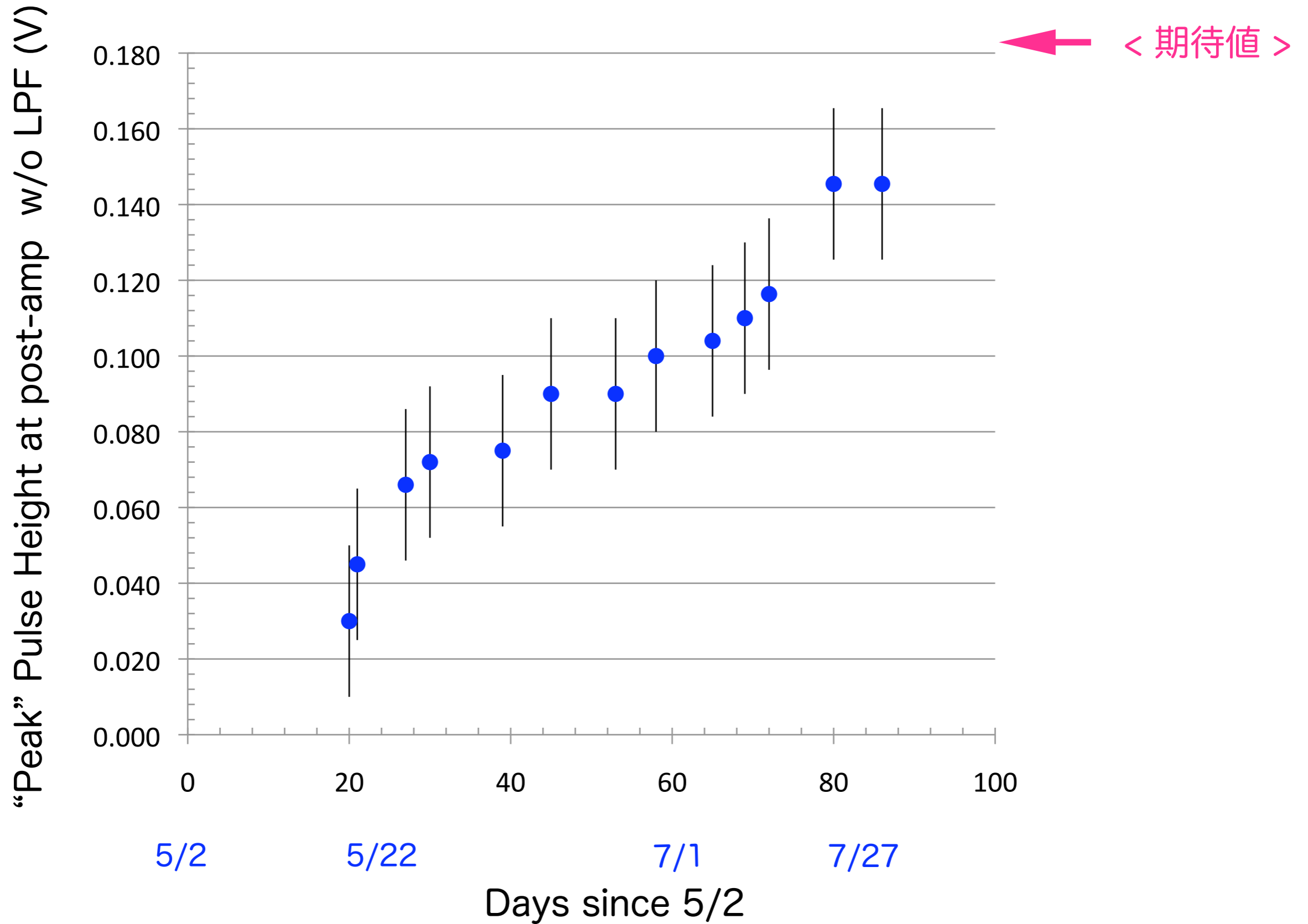


TPCの有効体積中に²⁴¹Amの α 線源(約200Bq)が貼り付けられている



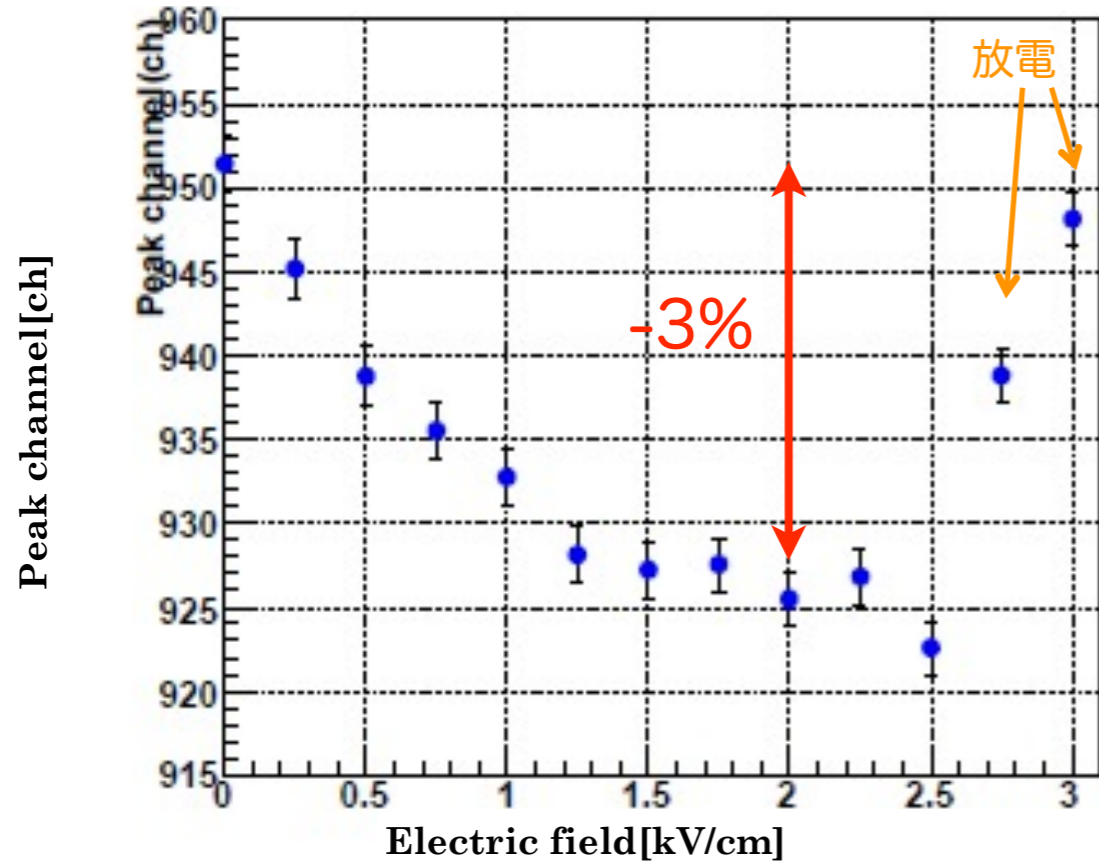
プリアンプ: AMPTEK A250 (1V/pC)

α 線シグナル (ch1, x80)



note - pulse height : w/o : w LPF = 1.5 : 1

シンチレーション光



α線による電場依存性の測定

注：不純物による減衰効果とドリフト時間の電場依存性も含まれる

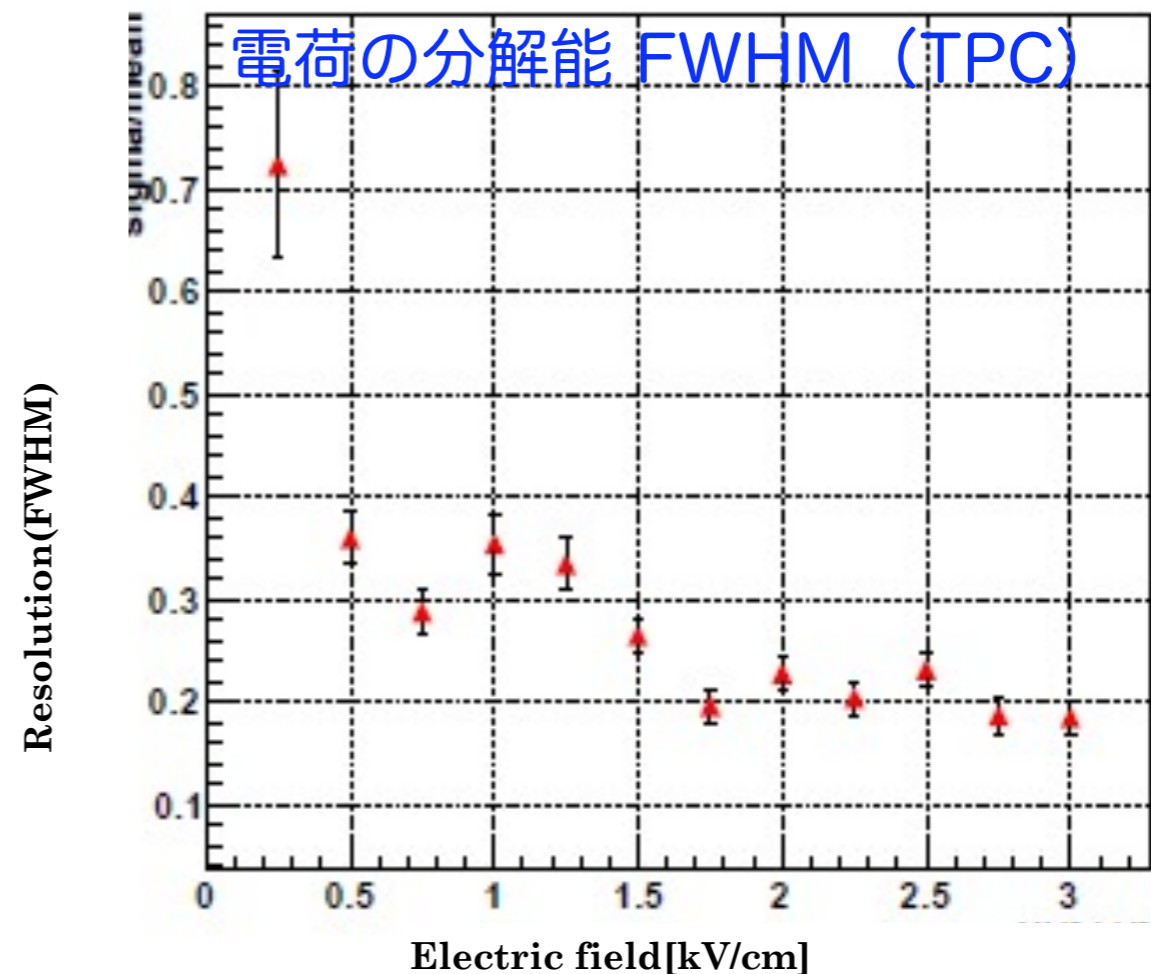
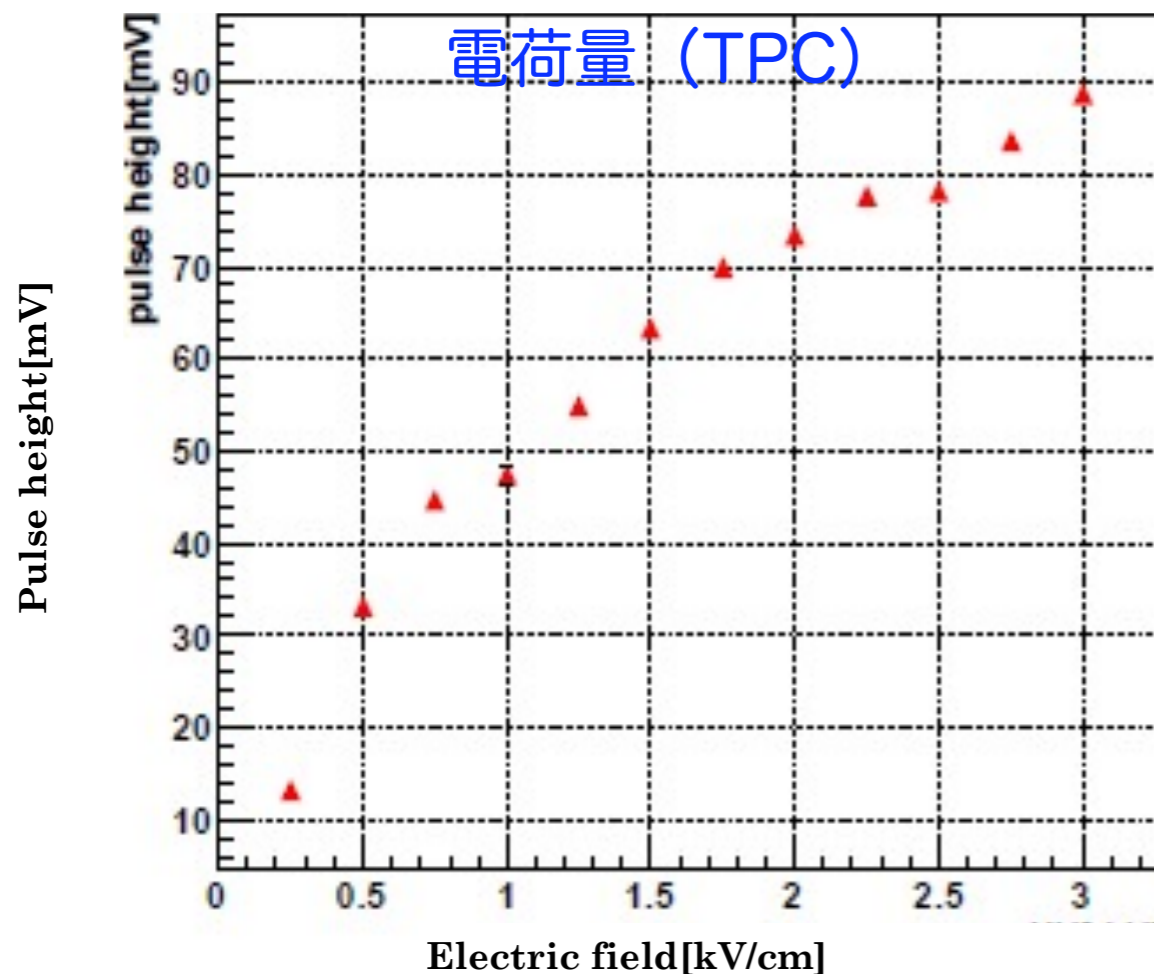
電場 = - 2kV / 1kV

シンチレーション光 -3% / -2%

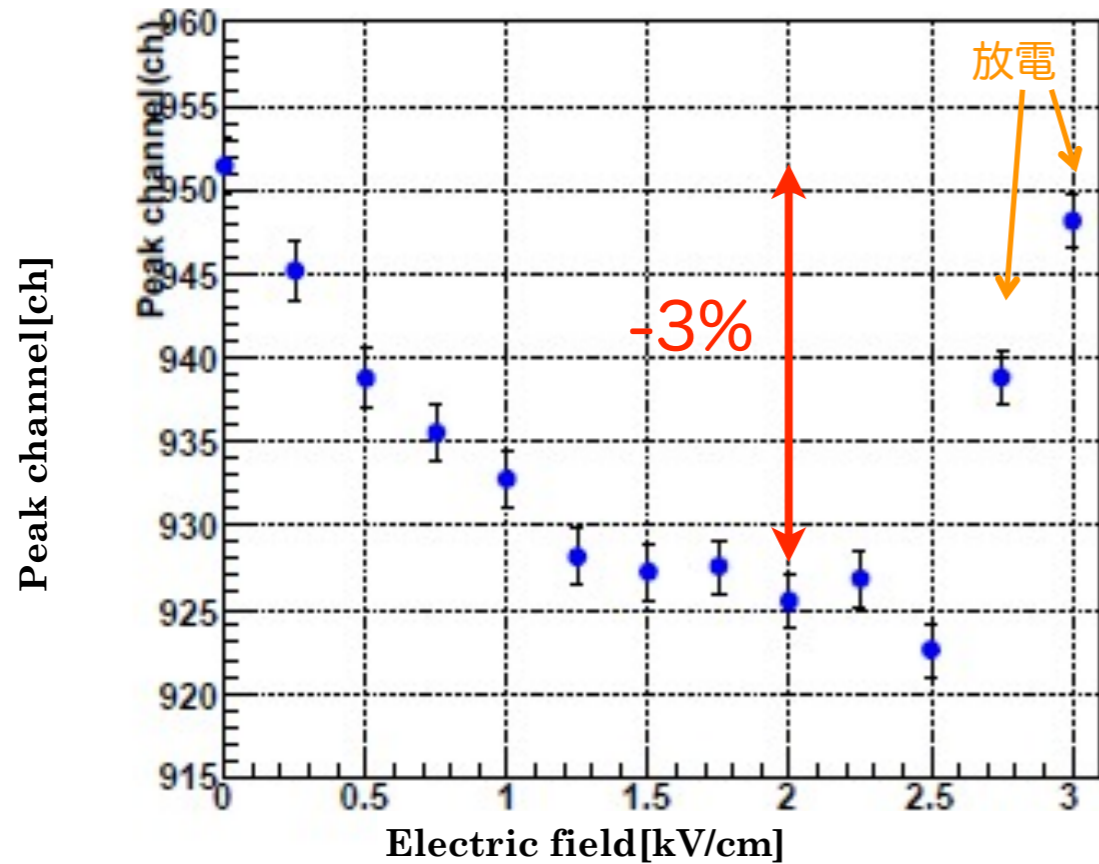
電荷量 73mV / 46mV = 1.6

電荷量分解能 FWHM 0.22 / 0.35 = 0.6

HV vs resolution



シンチレーション光



α線による電場依存性の測定

注：不純物による減衰効果とドリフト時間の電場依存性も含まれる

電場 = - 2kV / 1kV

シンチレーション光 -3% / -2%

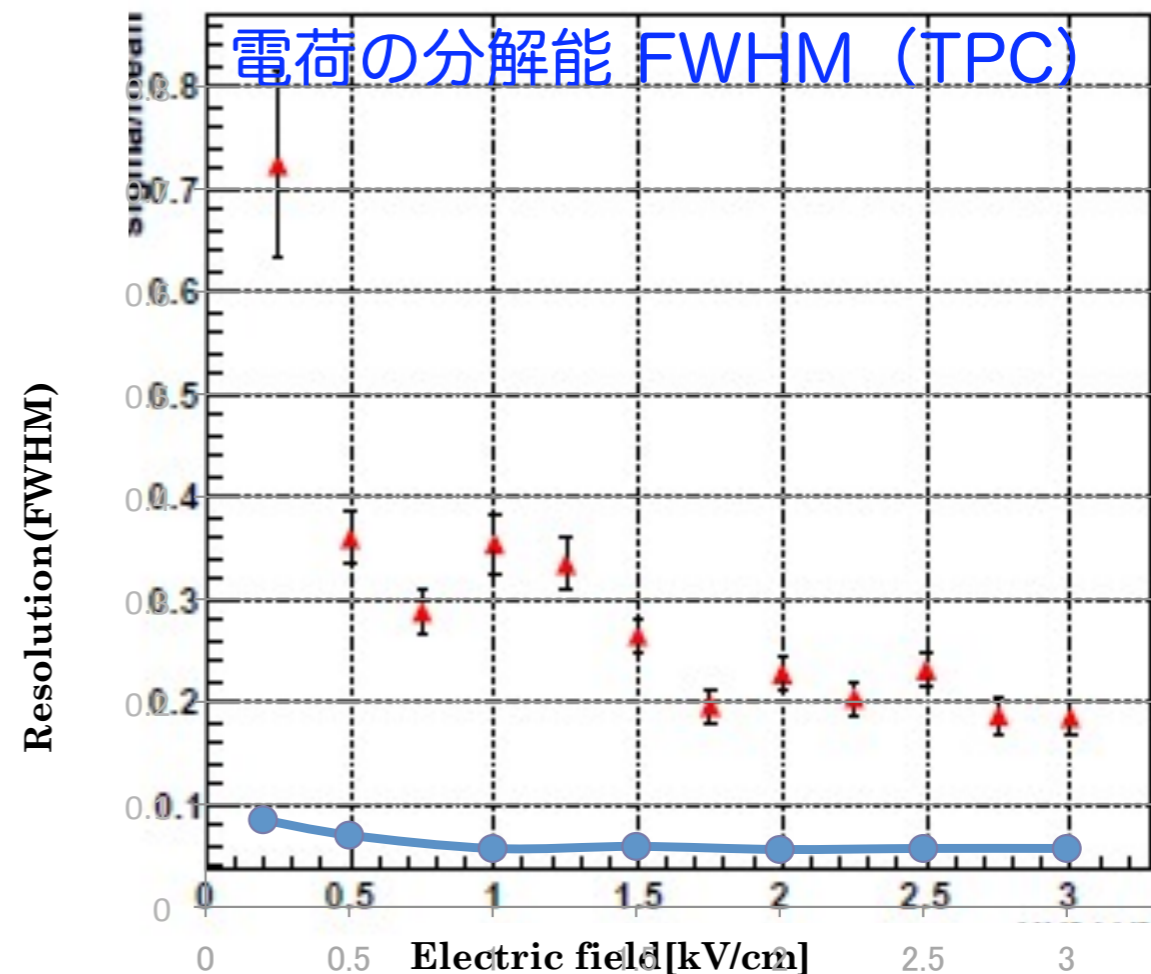
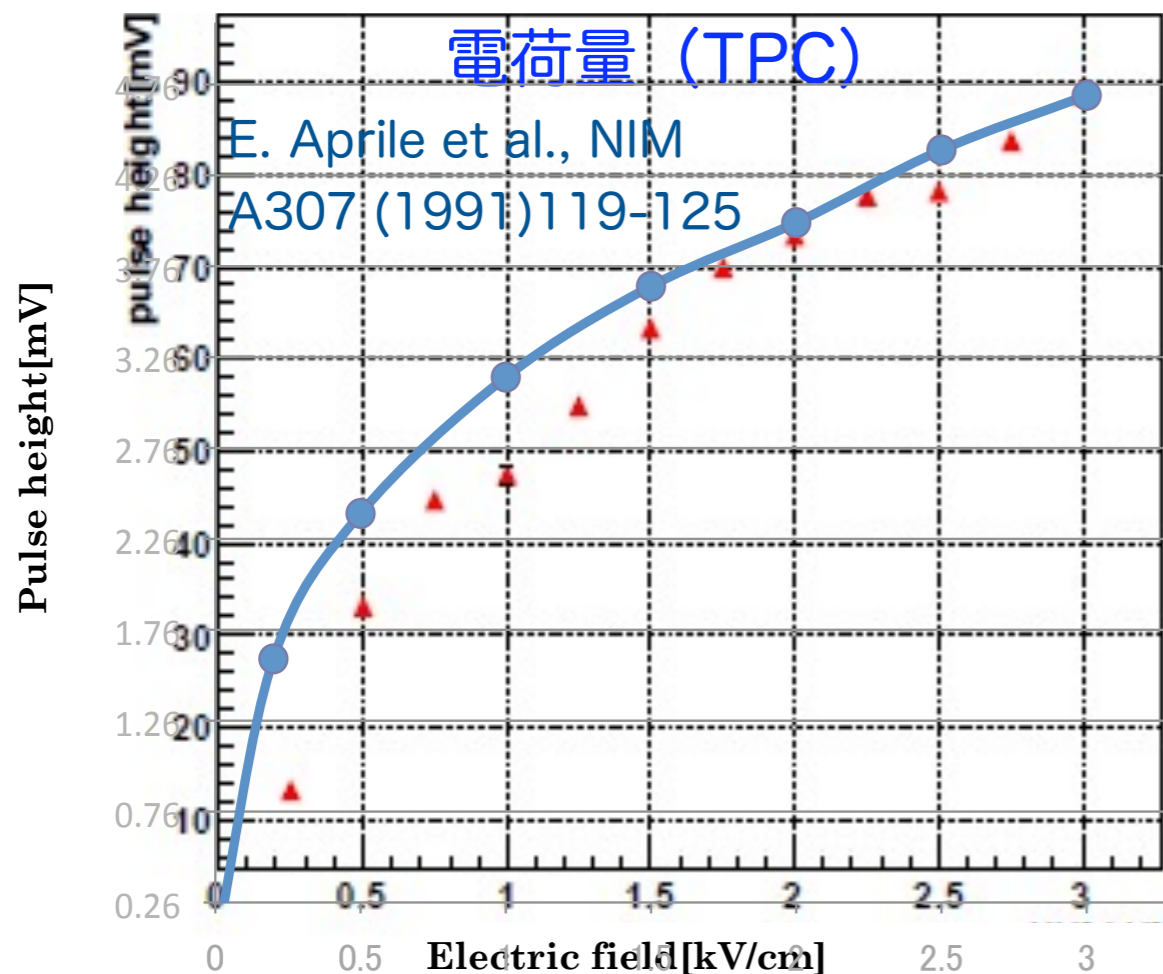
電荷量 73mV / 46mV = 1.6

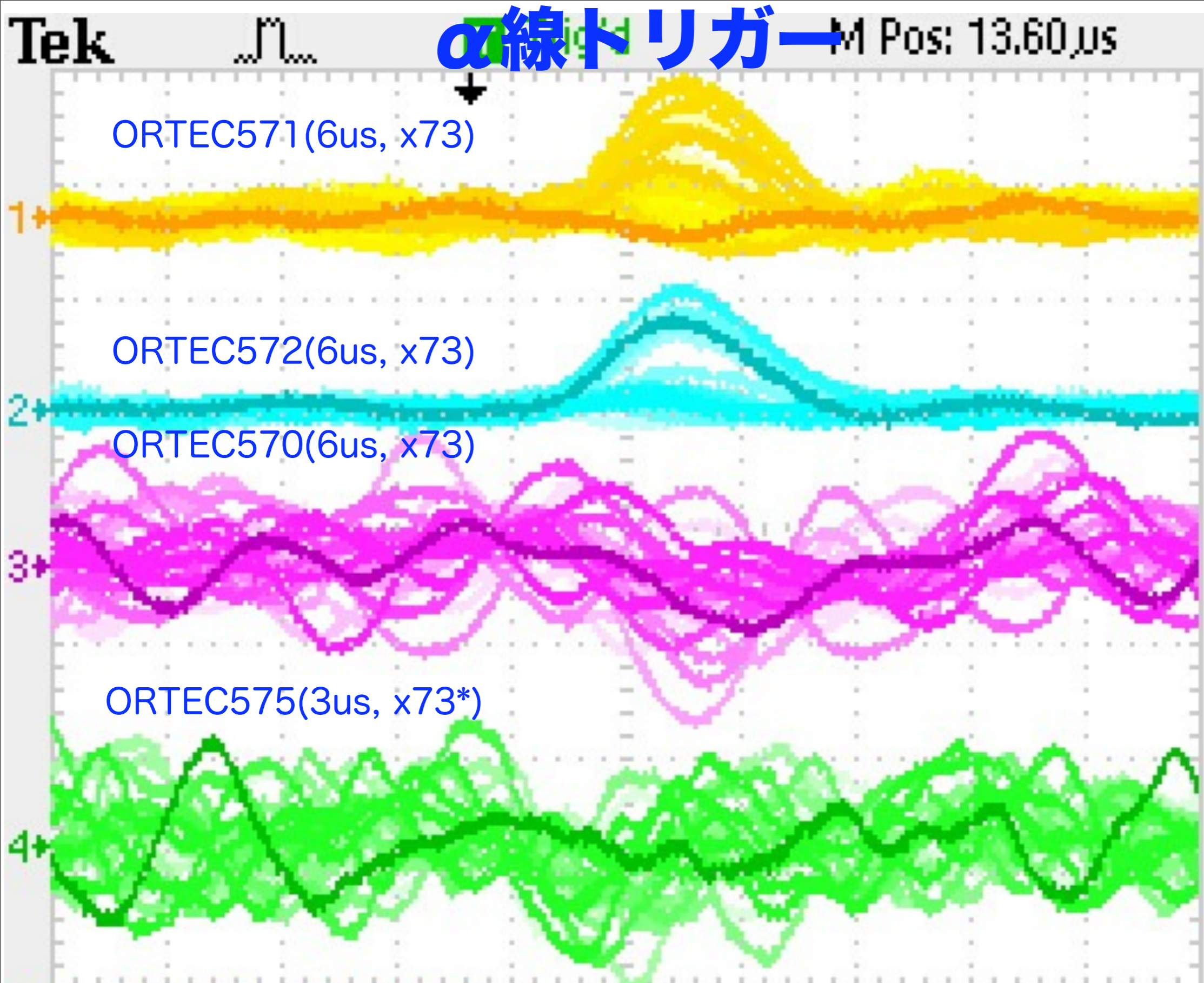
1.27

電荷量分解能 FWHM 0.22 / 0.35 = 0.6

0.056/0.057 = ~1

HV vs resolution





DISPLAY

表示形式

ライン

表示時間

1秒

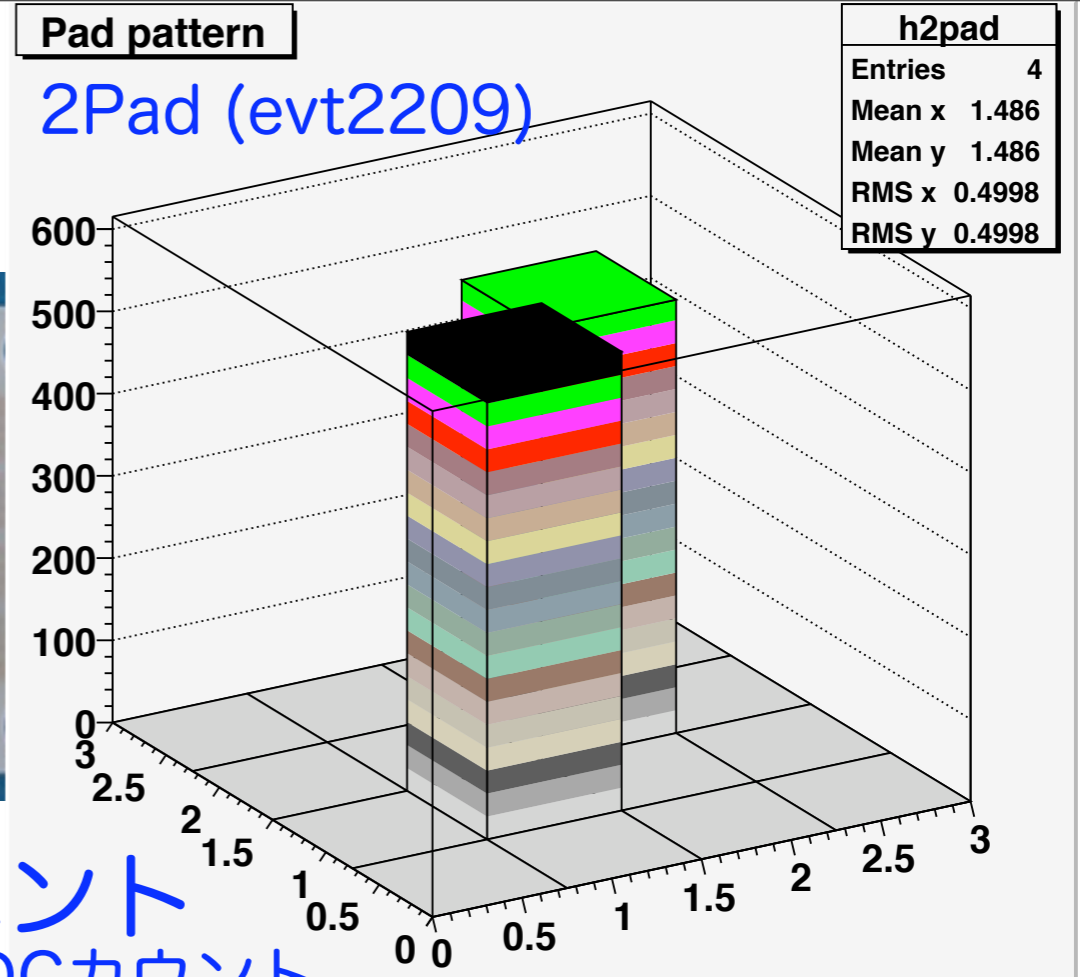
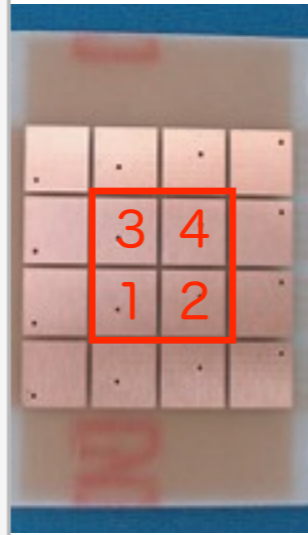
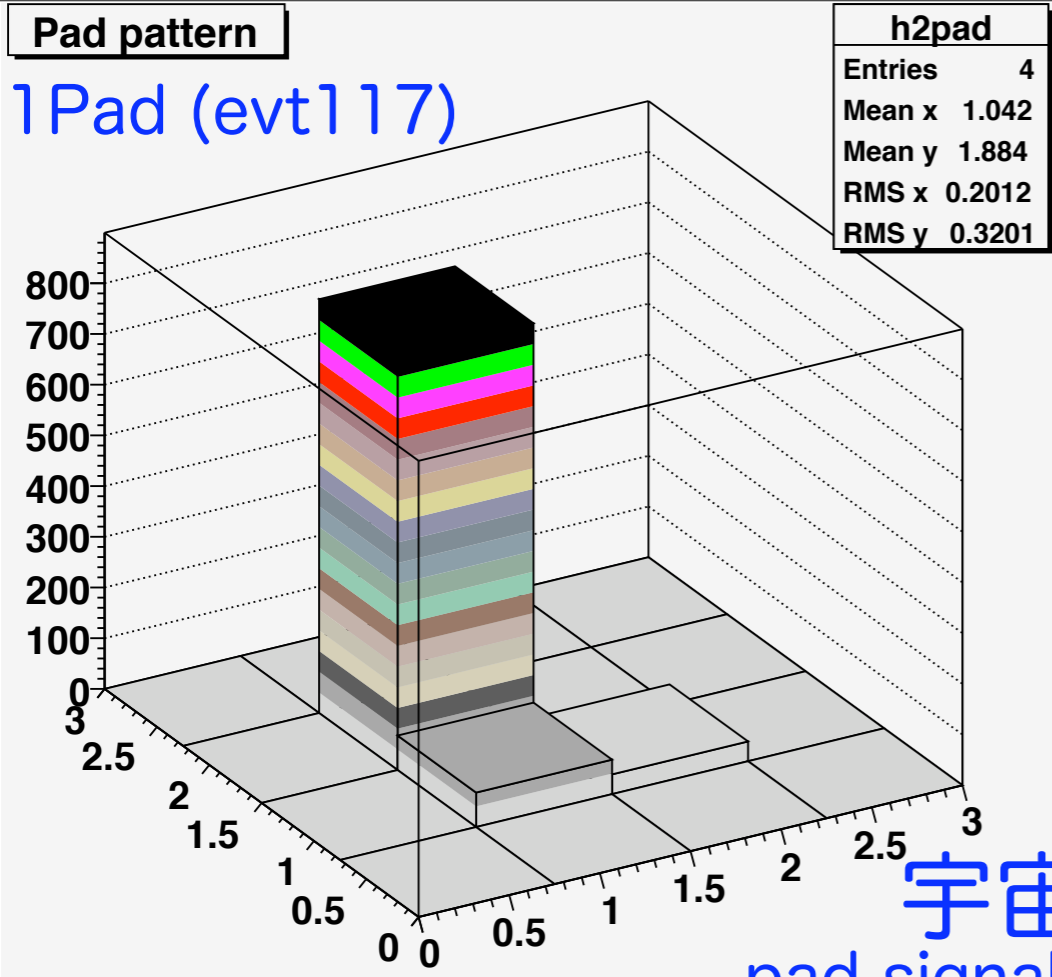
軸設定

YT

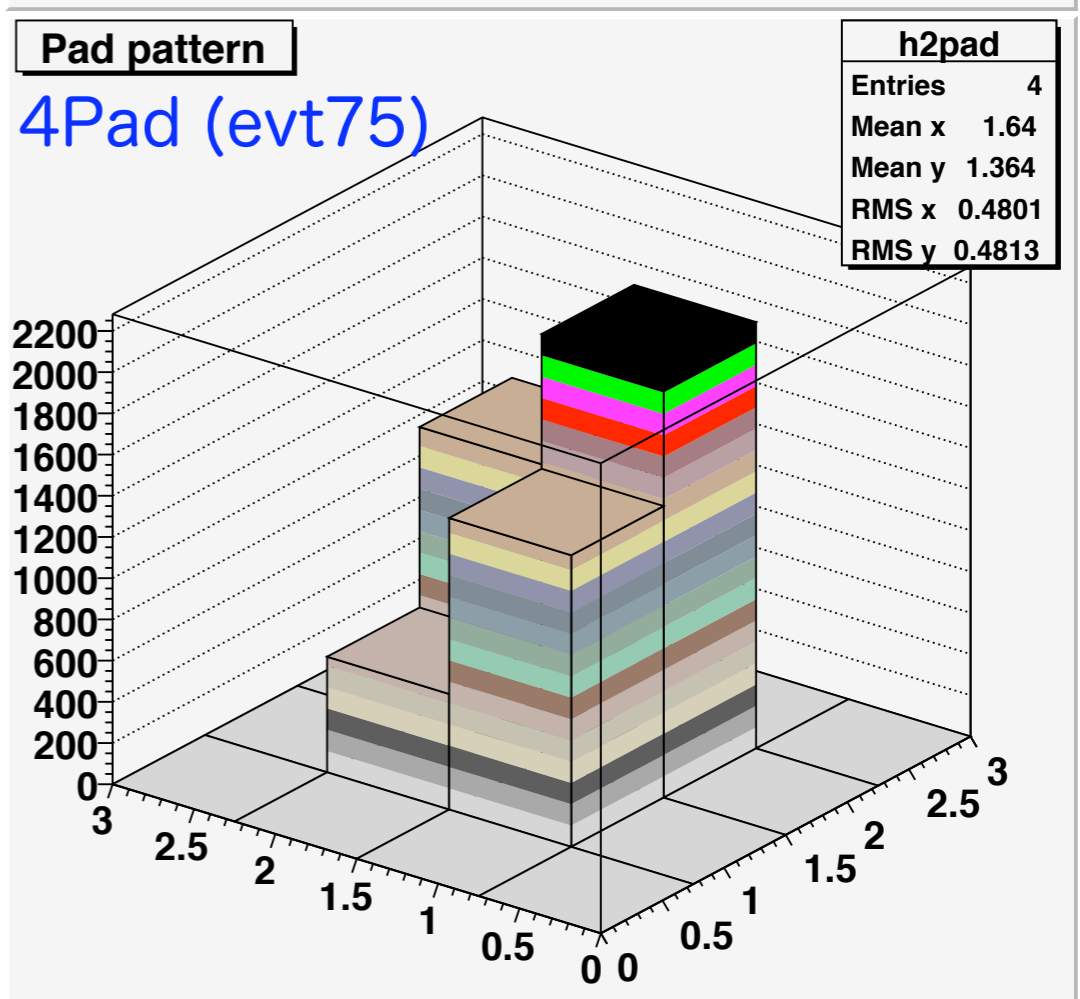
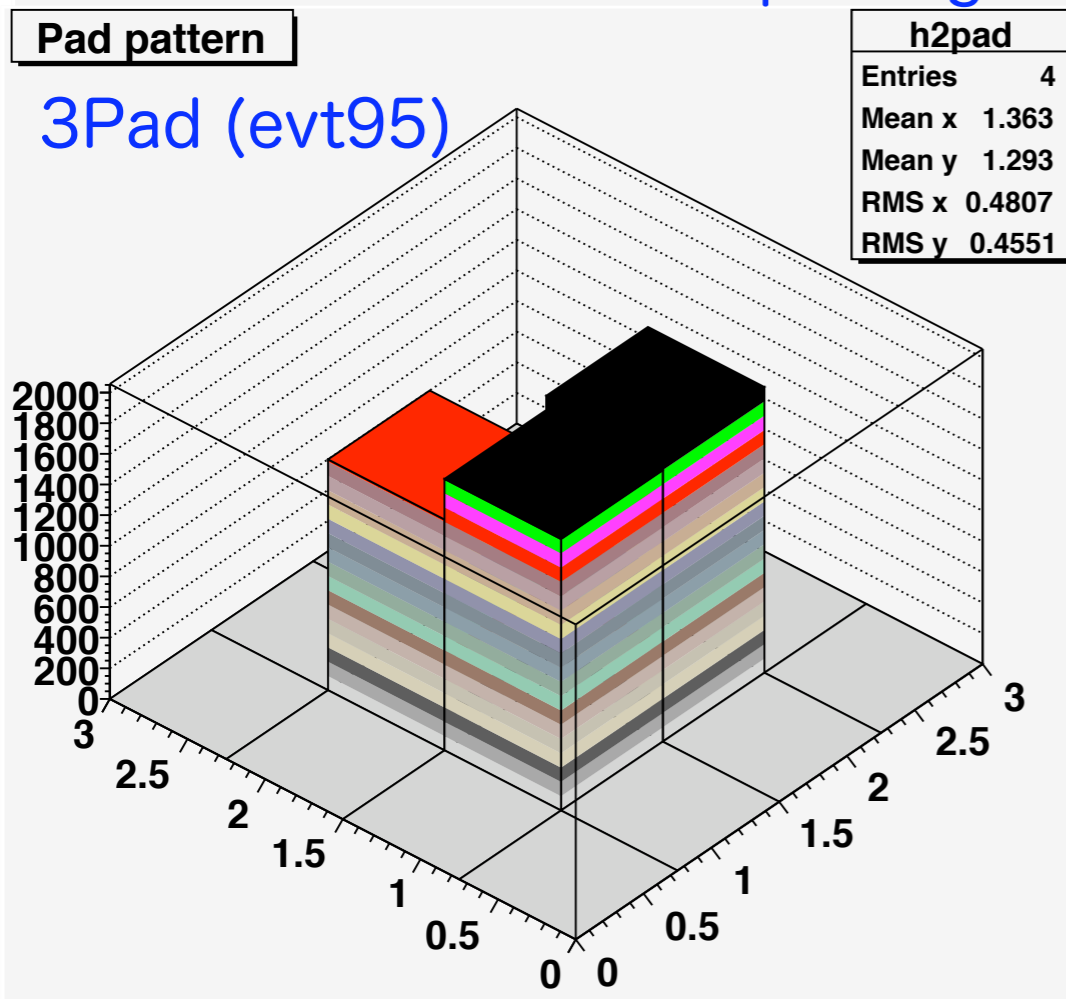
明暗

56%

CH1 100mV CH2 100mV M 10.0 μs Ext \sim -88.0mV
 CH3 200mV CH4 200mV 12-AUG-09 19:26 86.1659Hz



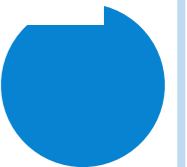
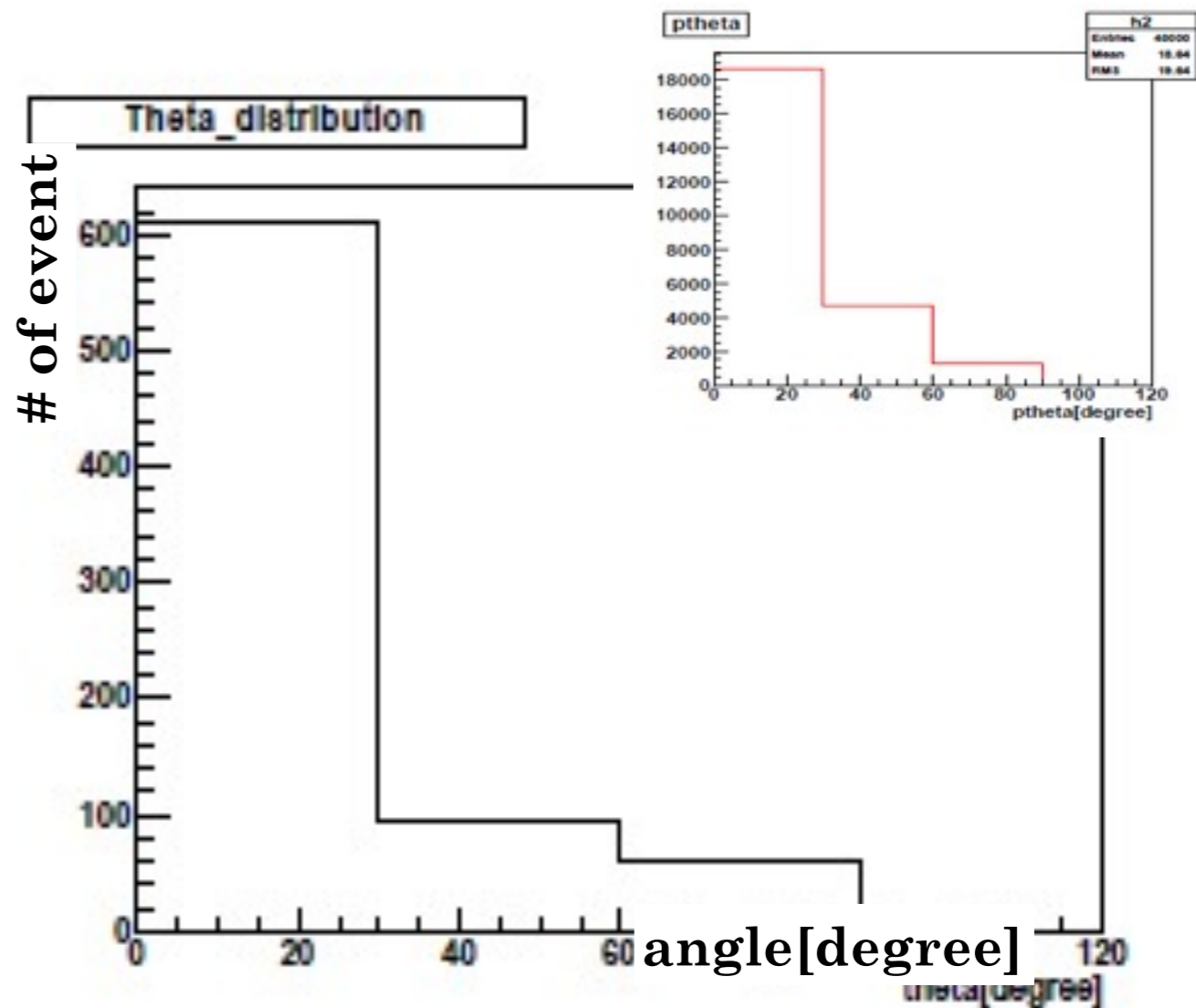
宇宙線イベント
pad signal > 100 ADCカウント



ZENITH ANGLE DISTRIBUTION OF CRM

○ 結果

- 右図の天頂角分布が得られた
- 宇宙線ミュオンは天頂角で $\cos^2 \theta$ に従うことが知られている
 - ▶ パッド上で角度を求めているので、 $\cos^2 \theta$ の分布を経面に射影した分布と比較する
 - ▶ 赤い線のヒストグラムが $\cos^2 \theta$ を平面に射影したときの分布(monte carlo)
 - ▶ 不完全ではあるが理論と近い傾向が見られる
- ちゃんと議論するには壁や天井の効果も考慮して比較する必要があるが、今回の目的からはそれ



役割分担

すべてに必ずスタッフが加わるべき

- 全体総括 田内
- 解析 佐伯
 - データ解析とシミュレーション
- TPCハードウェア 三原
 - パッド、メッシュ、ケーブル、洗浄の準備
 - セットアップ
- エレクトロニクス 田中
 - プリアンプ、シェーパー
 - WFD
 - セットアップ
- 各種試験 三原(田内)
 - PMT試験
 - 電荷信号収集中の各種試験
 - シフトするのは容易ではなさそう
- 純化装置、クライオジェニクス 春山
- DAQ(ソフトウェア) 田中
 - 現有CAMACで16チャンネル位のDAQができるように整備
 - オシロスコープによる波形読み込み
- 調査/検討 田内、真木、佐伯
 - エンドプレート
 - カプトンフィードスルー

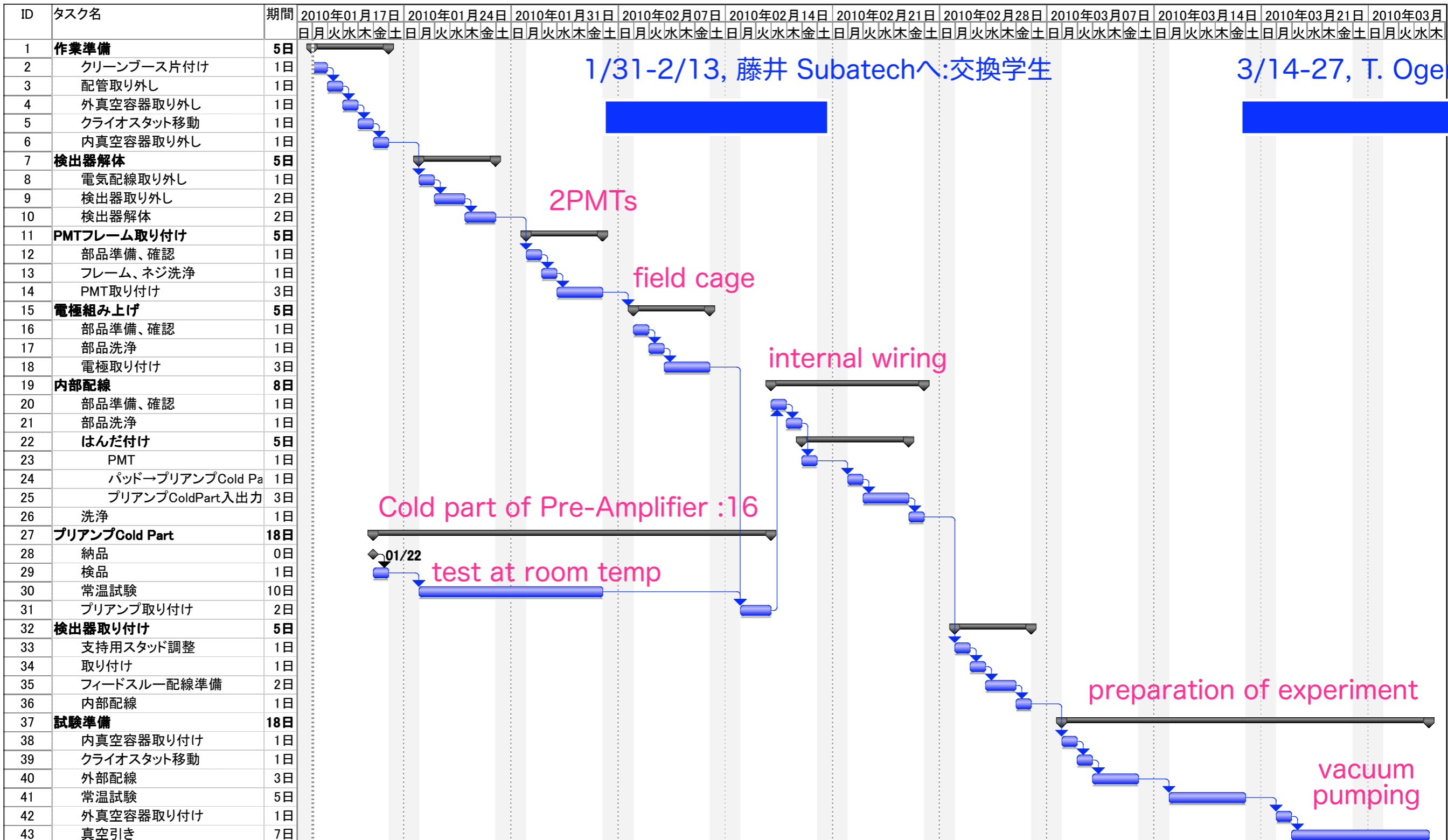
第2実験 : 5cm drift with grid(mesh) & 16 pad readout

Jan.

Feb.

Mar.

2010



第2実験

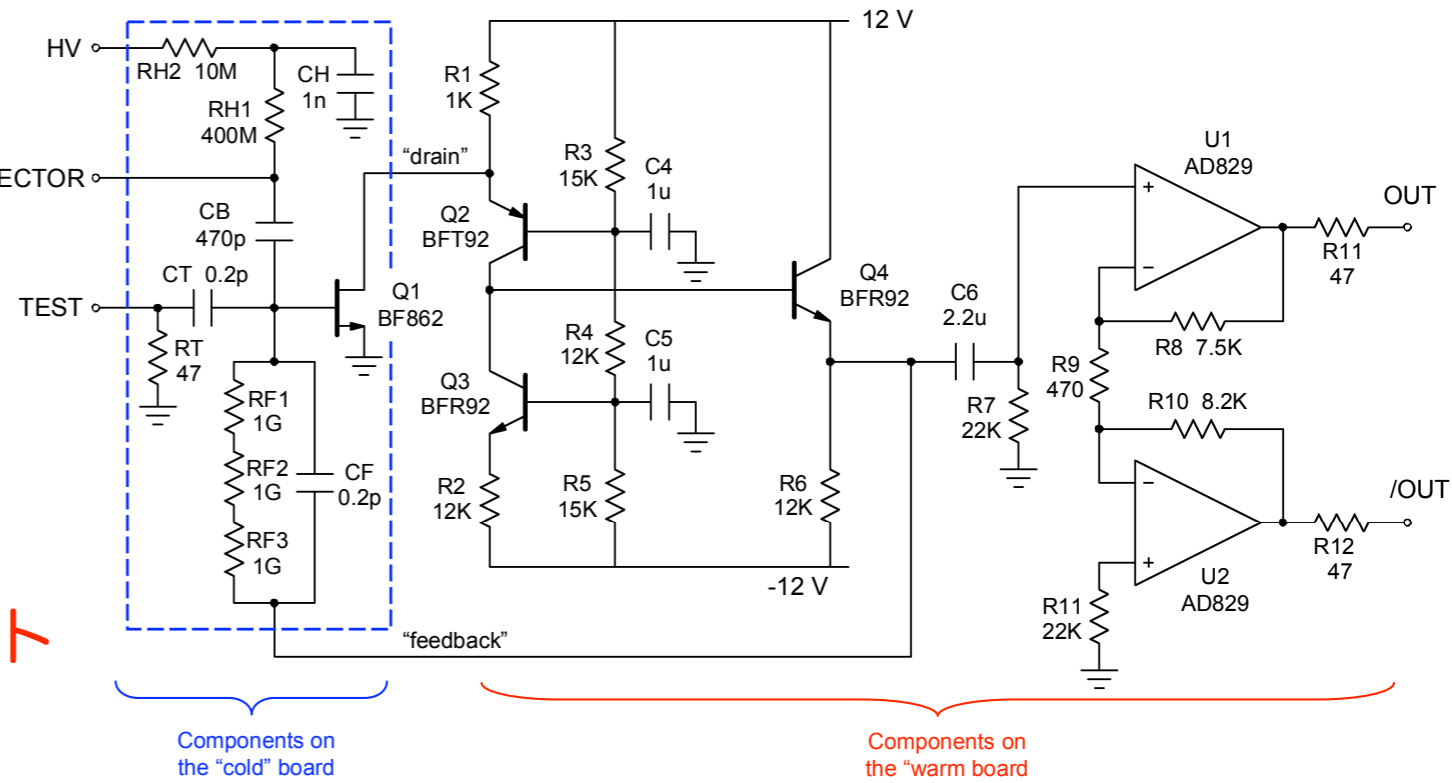
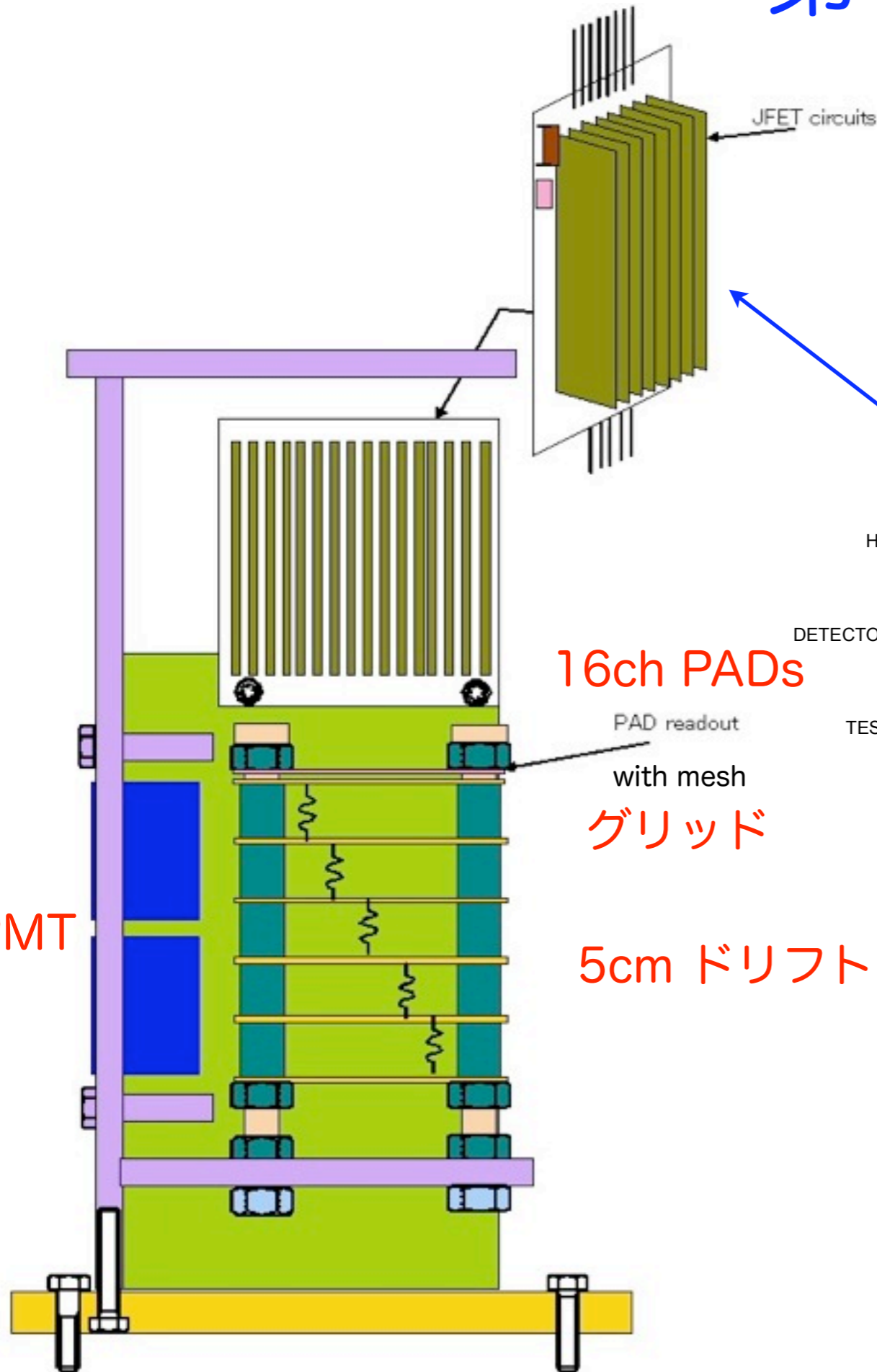
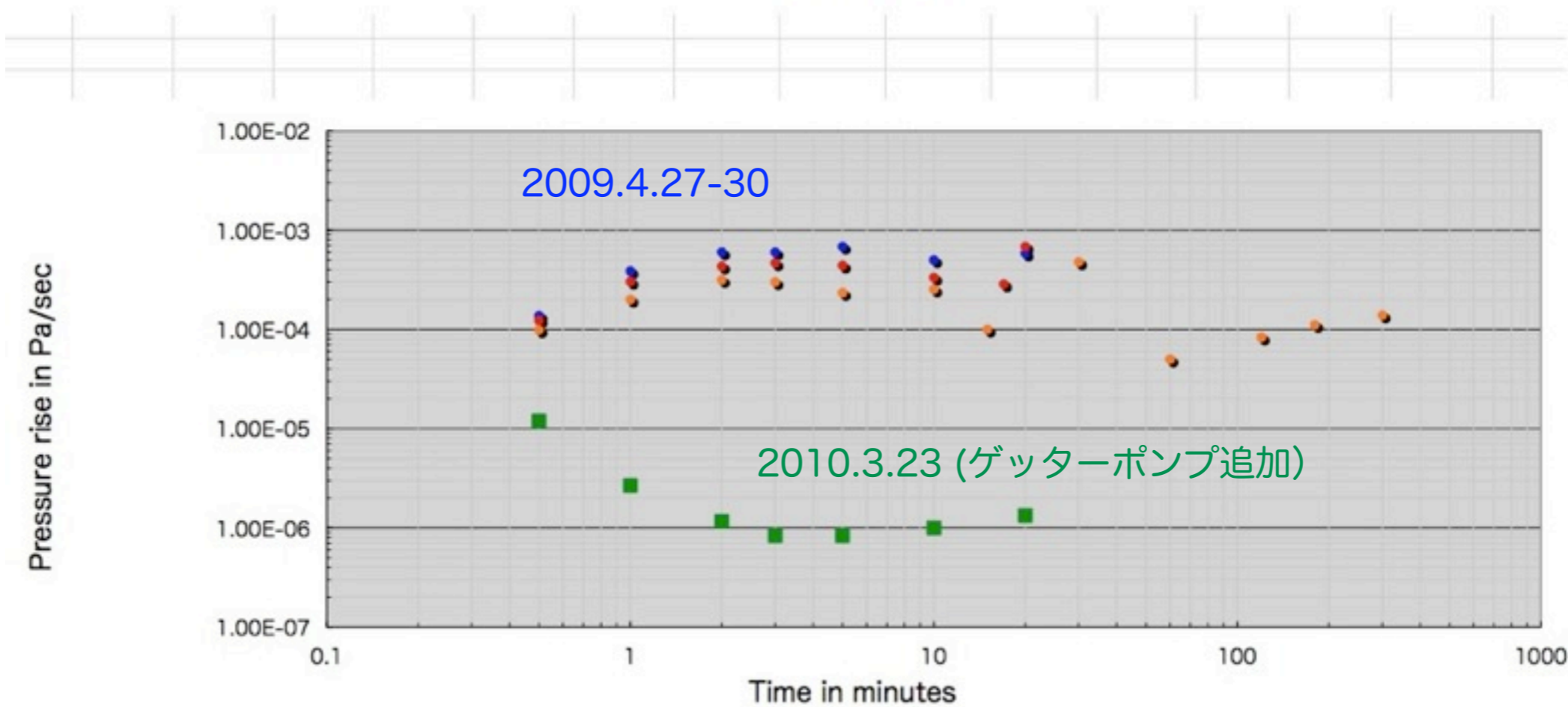
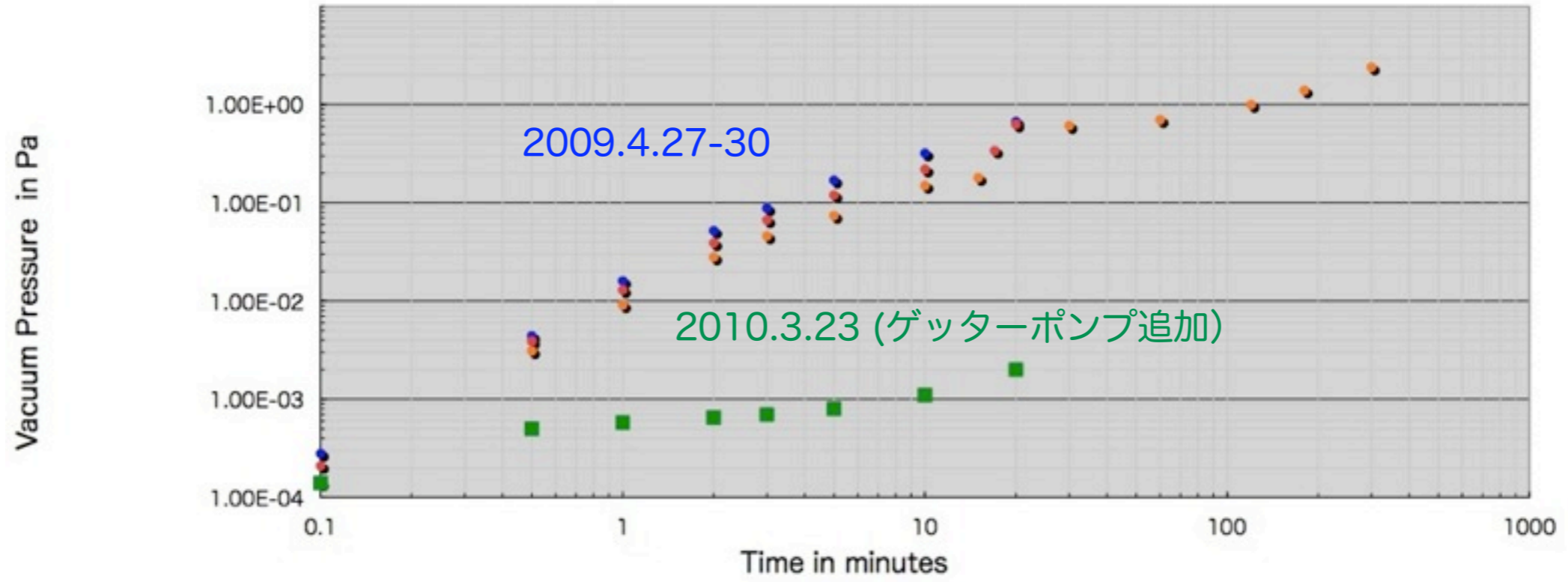


Fig. 3. Simplified schematic diagram of the charge sensitive preamplifier.

“A Cold Low Noise Preamplifier for Use in Liquid Xenon”, A. Pullia et al.

真空 Build Up 試験

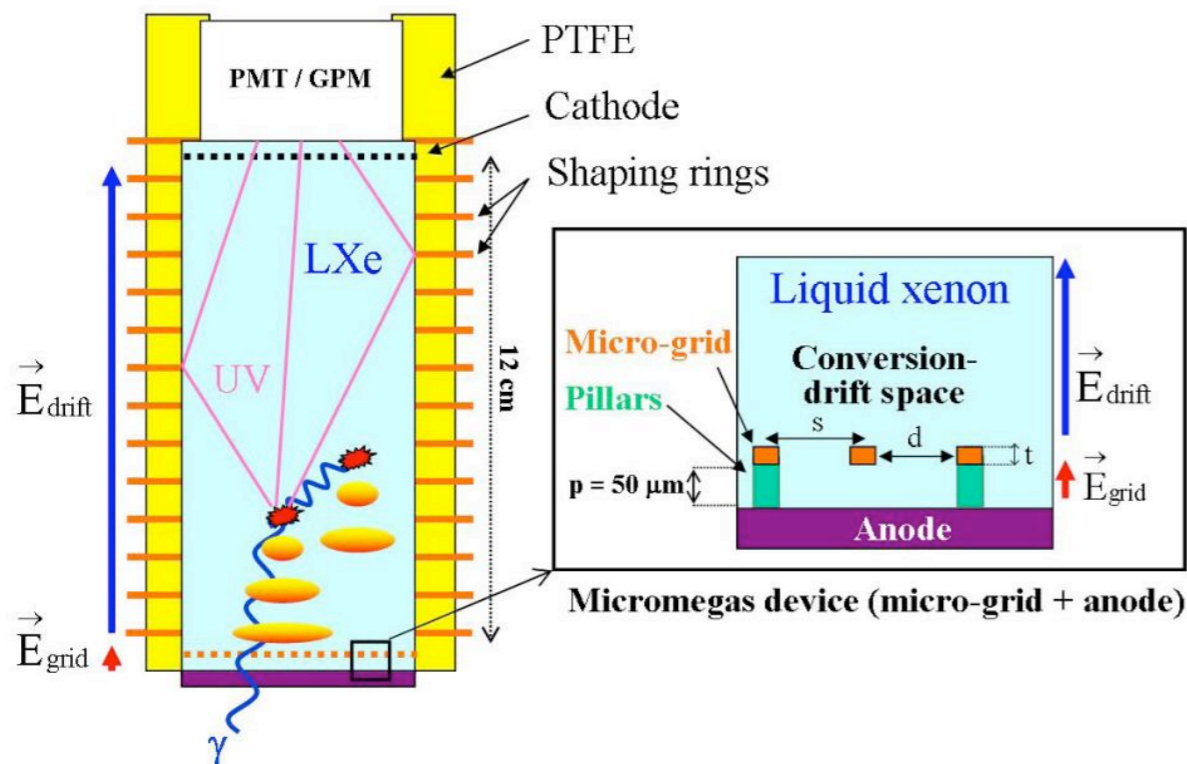
"Less than 1 Pa overnight", 道家先生のゴールデン則



Purpose of staying

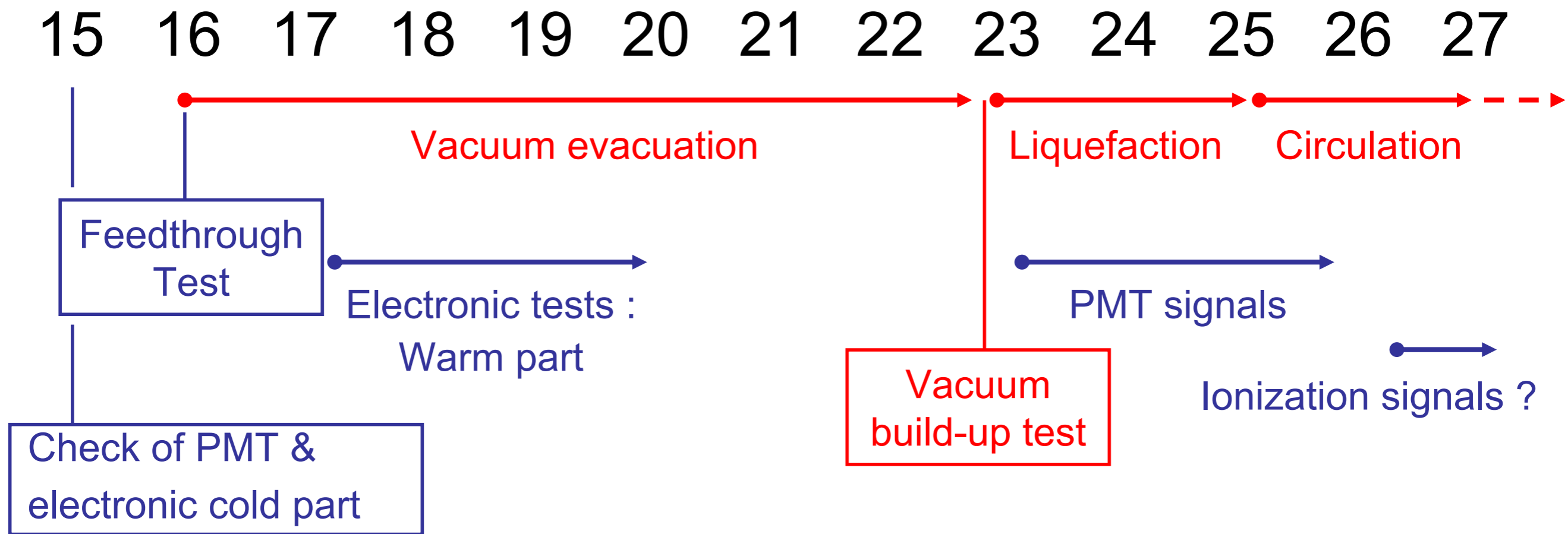
1/31 -2/13,2010

- Research difference between Subatech's LXe PET experiment and KEK's one
- Discuss about some common problem and learn their good point

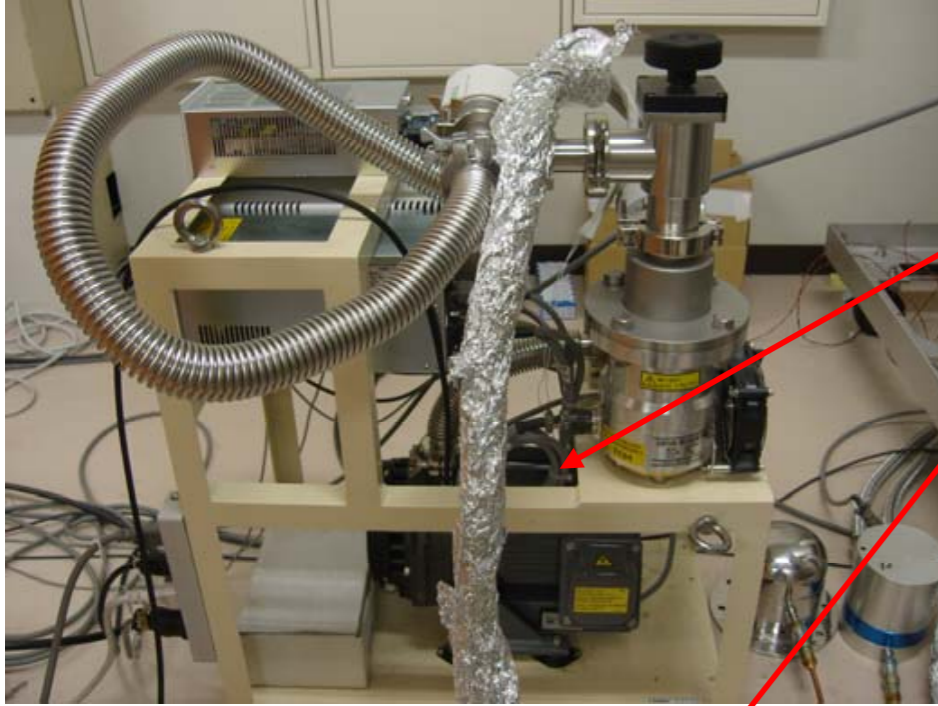




Planning of visit



Vacuum evacuation



Three pumps are used :

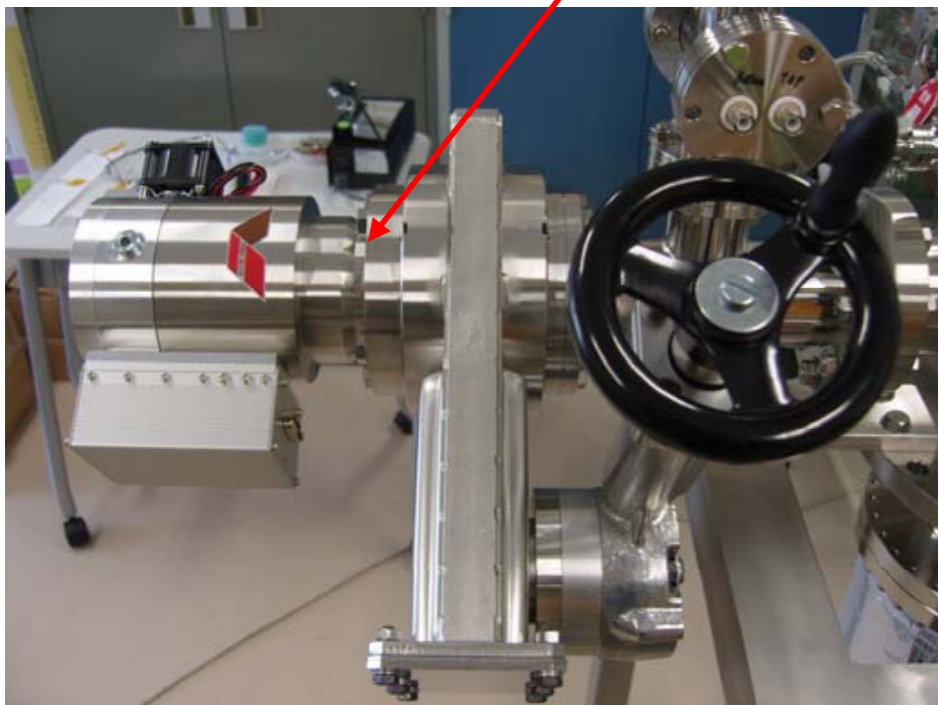
- A primary pump
- A turbomolecular pump
- A getter pump (CapaciTorr-D400-2)

Time of pumping : **6 days**

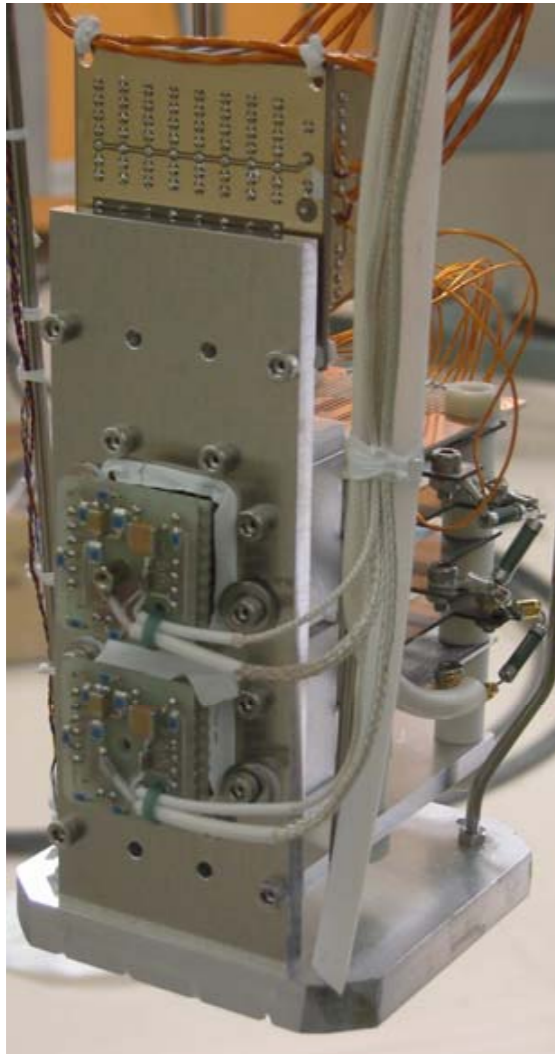
Result of the vacuum build-up test : **$6 \cdot 10^{-3}$ Pa**
after one hour of stopping pumping



Very good cleaning of the circuit

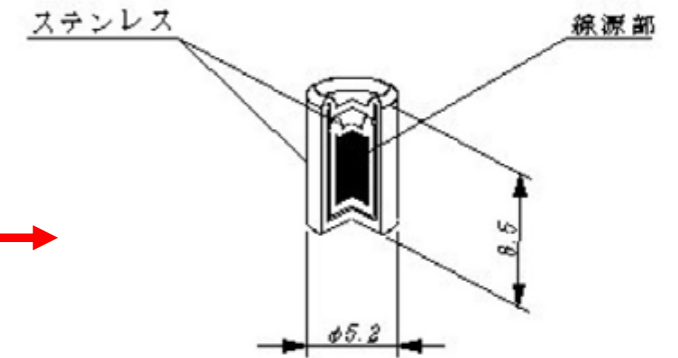
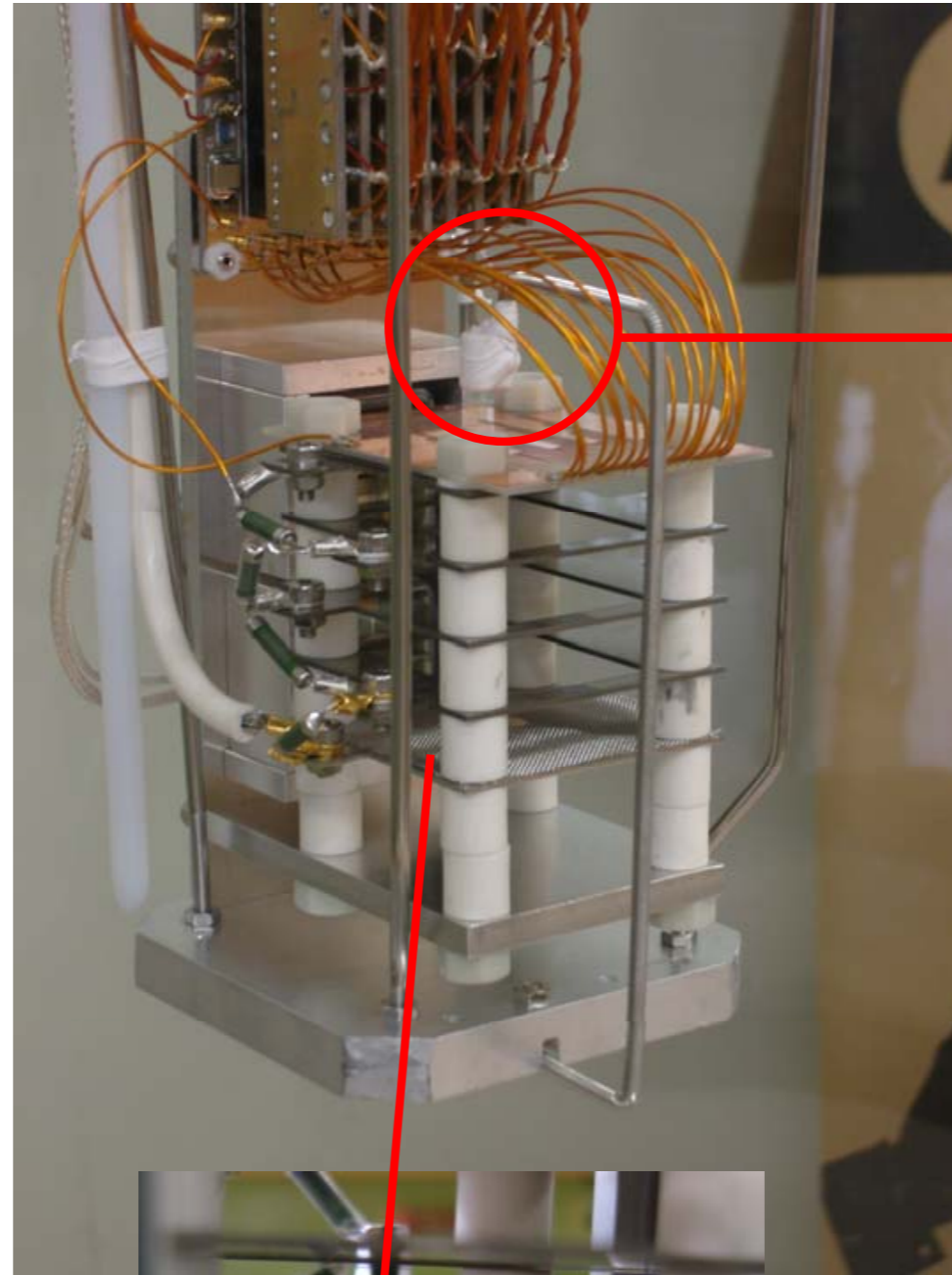


The TPC

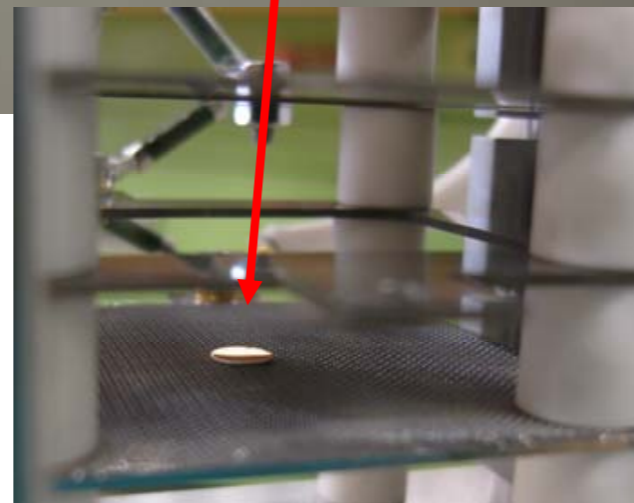


2 PMT :

- RS900-06AL12S-ASSY
- R7600-06MODASSY



Cs¹³⁷ gamma source
(7.34 kBq)

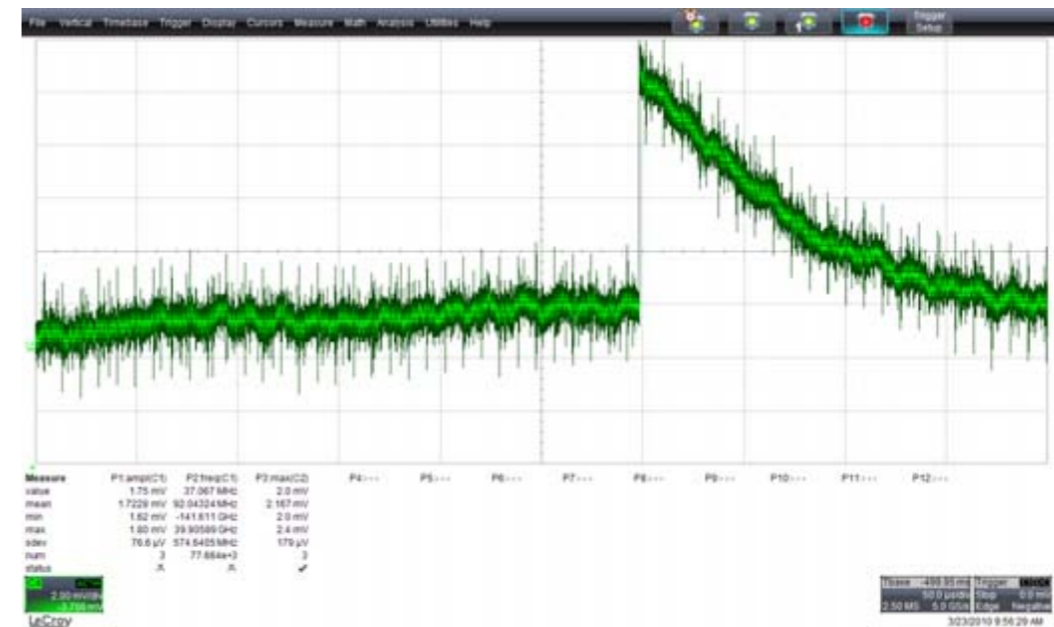


Am²⁴¹ alpha source
(200 Bq)

Check-out of electronics

The following check-out have been done :

- The two PMTs : replacement of an old one by a new R7200 one
- Feedthroughs : OK
- Daughter cards : all are working. The decreasing constant appears near from $80 \mu\text{s}$ ($250 \mu\text{s}$ expected).



- Warm part of the pre-amplifier : several mistakes have been done by the constructor company, have to be improved.

3月29日 (月) すべてのchでシグナルが見えなくなっていた！

-- email from T. Oger --

yes, I have seen signals on friday morning 26 march, by using the test pulse generator, the 4 channel warm-part of the pre-amplifier and the amplifier CAEN-N568B. I watch it with the Lecroy oscilloscope, by triggering on the generator output.

I think that it was without any particular condition.

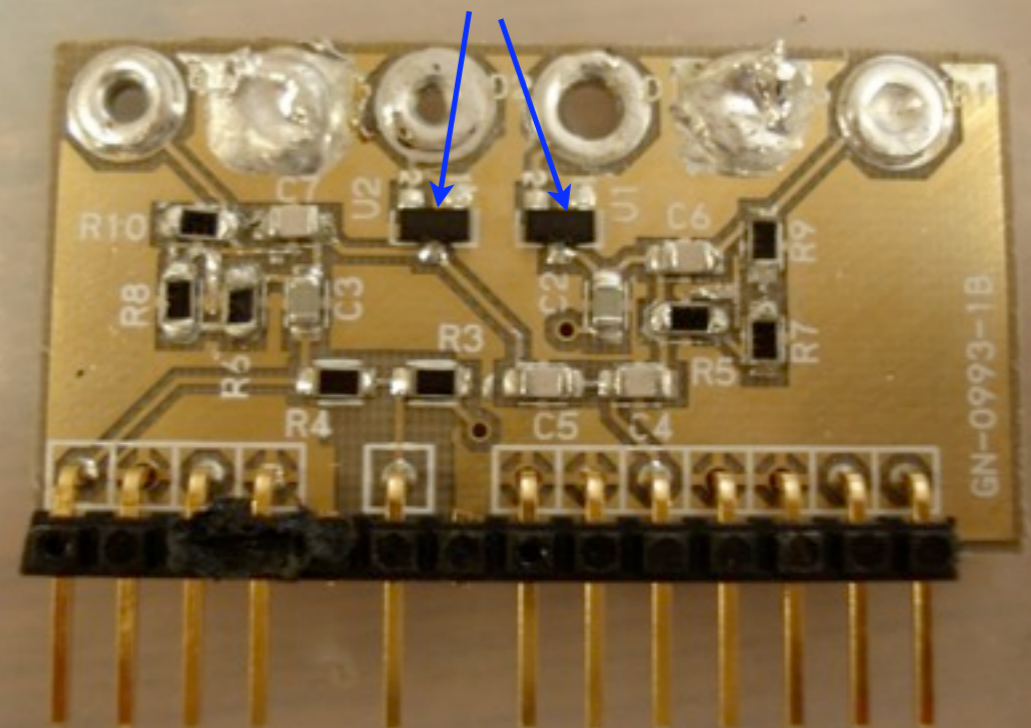
I saw also a few number of (cosmic rays ?) signals during the end of the morning or the beginning of the afternoon. But I don't remember to have seen it after this period.

3月26日（金）一緒にいた藤井も
宇宙線シグナルを見た。



2010.3.20

すべてのJFET BF862が死んでいた！



PreAMP cold partのドーターカード (2ch)

まとめ

1. 2009年度：第1実験終了：

1cmドリフト, グリッド無し, 4ch PAD

2. 液体キセノンの純化過程を α 線からのシンチレーション光量と電荷量でモニターした。精製循環開始より90日で不純度は約90 ppb (酸素換算, 1ppb 目標)であった。

3. 第2実験を準備

5cmドリフト, 1mmギャップグリッド, 16ch PAD

4. 真空ビルドアップ：2桁以上の性能向上

5. 精製循環開始後1日目で、宇宙線シグナルを観測したが、放電?によりすべてのJFETが死んだ。

6. 2010年度：実験継続 (放電対策等)、

FE-ASIC実装のエンドキャップとフィードスルーのR&D

Subatech group (D.Thers, Nantes)との日仏協力(FJPPL)