



K⁰T0実験のための 荷電粒子**Veto**検出器の開発

京大理,**KEK^A**

内藤大地,笹尾登,野村正^A,南條創,森井秀樹,
塩見公志,白杵亨,増田孝彦,河崎直樹,前田陽祐,
and K⁰T0 collaboration





今回の **topic**

1. introduction

2. Readout (MPPC gang 時の性質)

→ 特に **gang 時の dark current noise** とその
温度依存性

3. 東北核理研で行ったシンチチレーターの光量測定

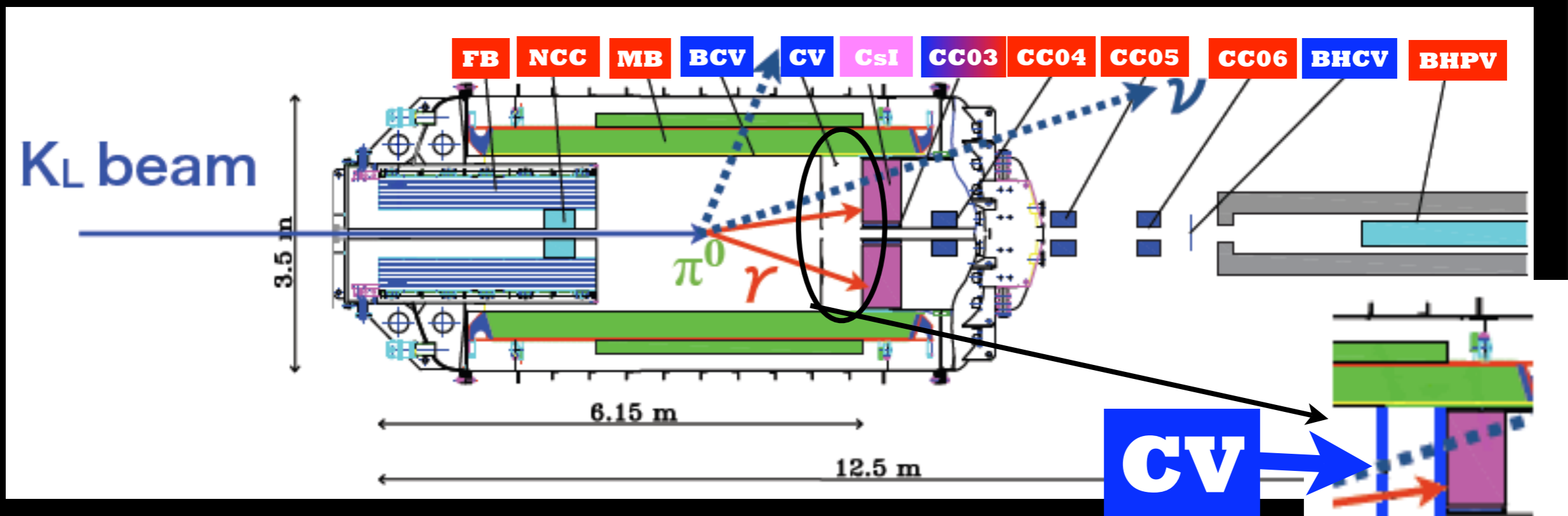
**4. 2 と 3 の結果より MPPC を荷電粒子検出器として
用いられるか**

5. summary and future plan



introduction

～荷電粒子Veto検出器(CV)の位置と役割～



役割

- $K_L \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$ によって生じる荷電粒子のVeto
- $K_L \rightarrow e^{+/-} \pi^{-/+} \nu$ によって生じる荷電粒子のVeto
- 荷電粒子に対して 10^{-4} 以下の **inefficiency** が必要
→ **detector** に対して **100 KeV threshold** を要求



introduction

~CVのdesign~

- **design concept**

- **detector**に対して**100 KeV threshold**が必要

→光量を稼ぎたい

- シンチレータの側に**PMT**を置くスペースがない

- **cost**

- **design**

Plastic scintillator

+WLS

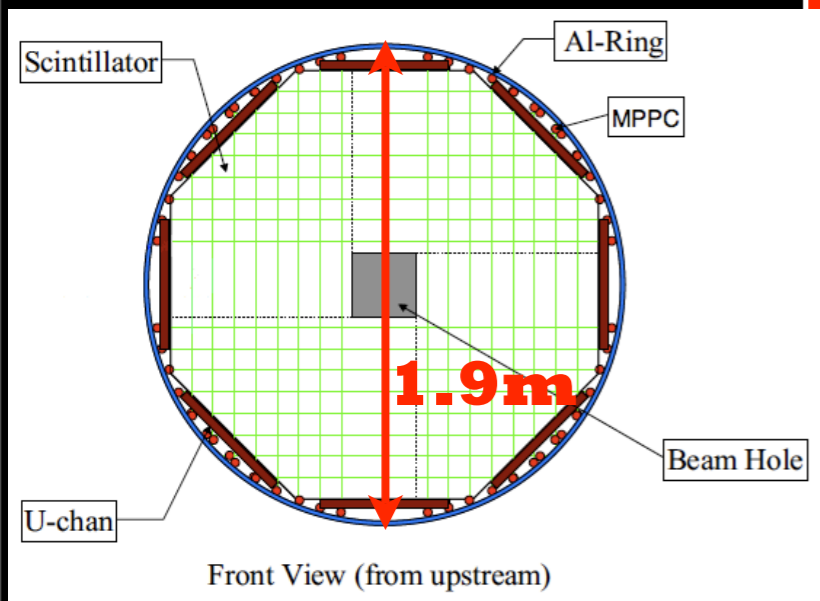
+MPPC

- **readout System**

MPPC 8個gang

→**dark current noise**による

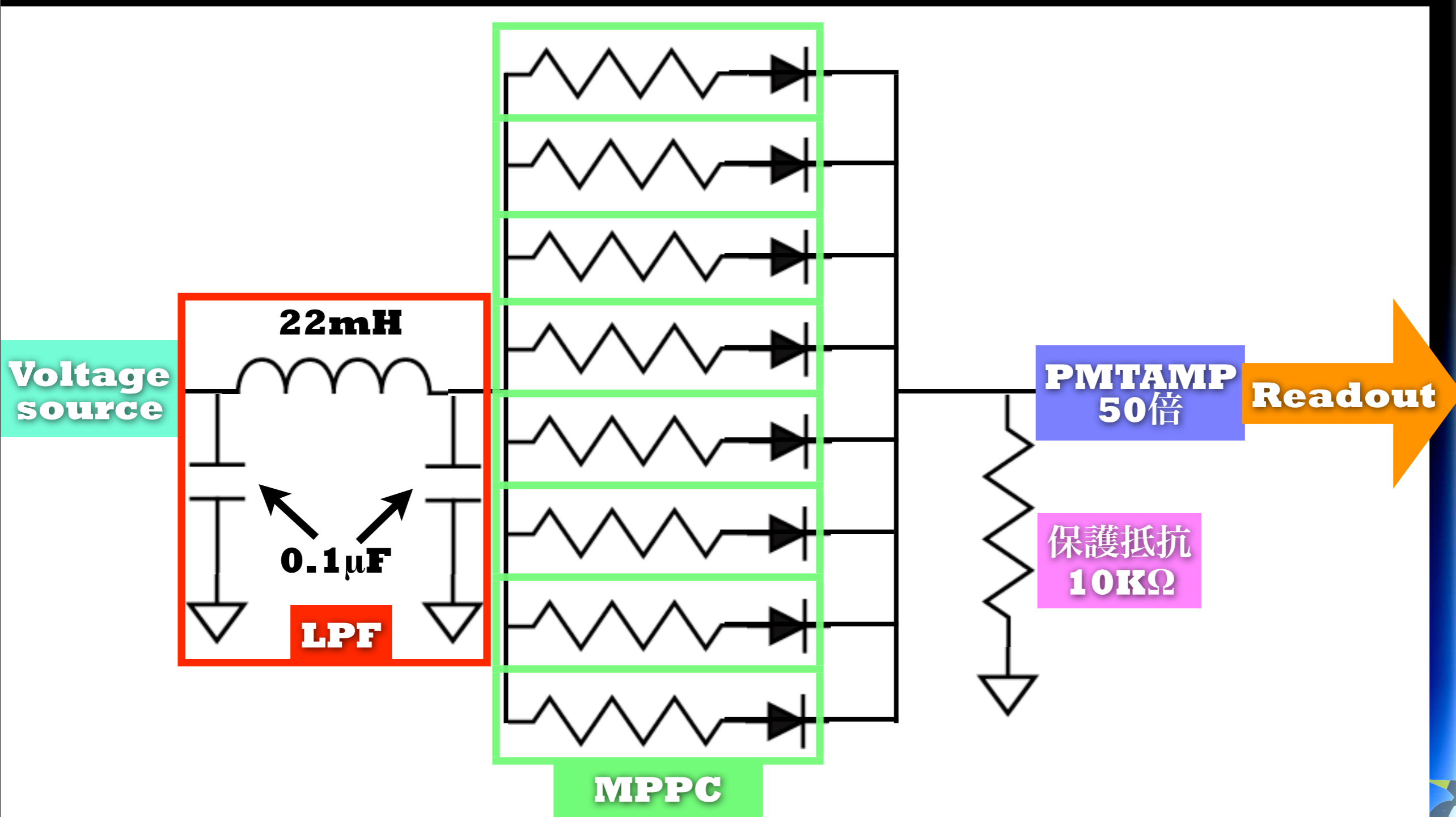
acceptance lossが問題になる



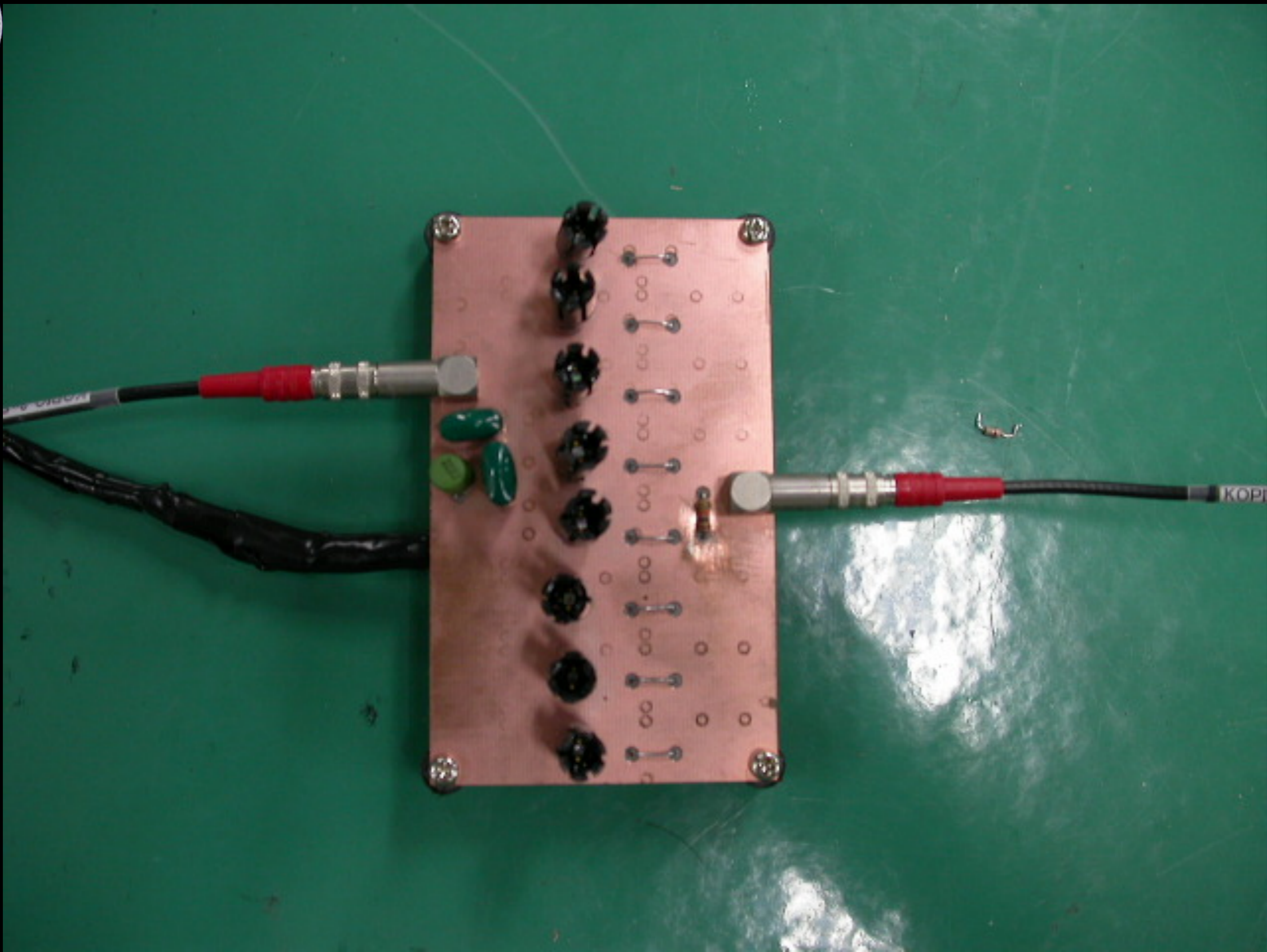


~ Readout System ~

~ Readout design(ganging) ~



09/03/30 JPS@Rikkyo University

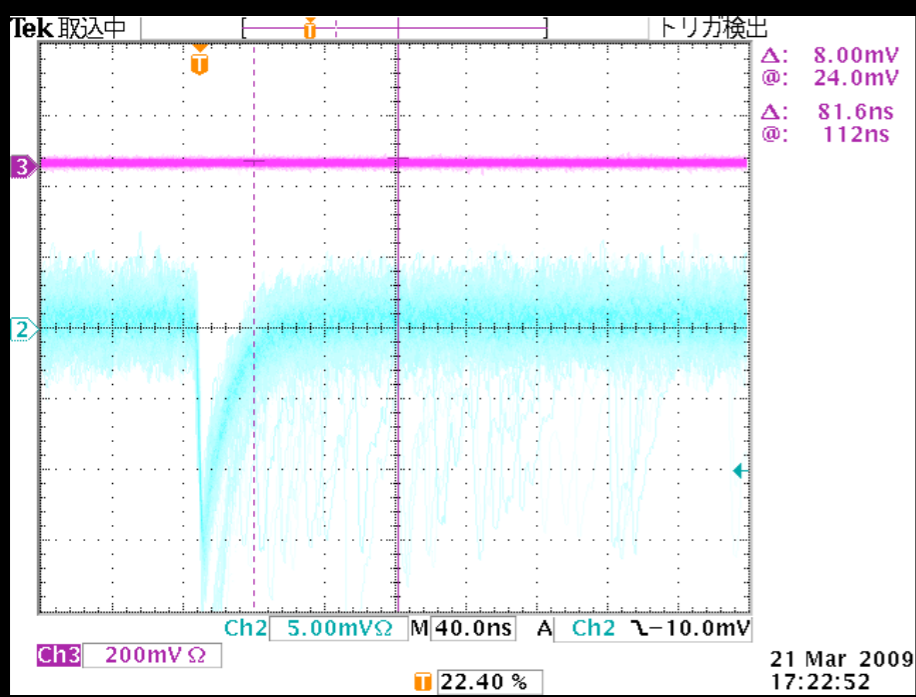


$K^0 T O$ Experiment : Search for $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$

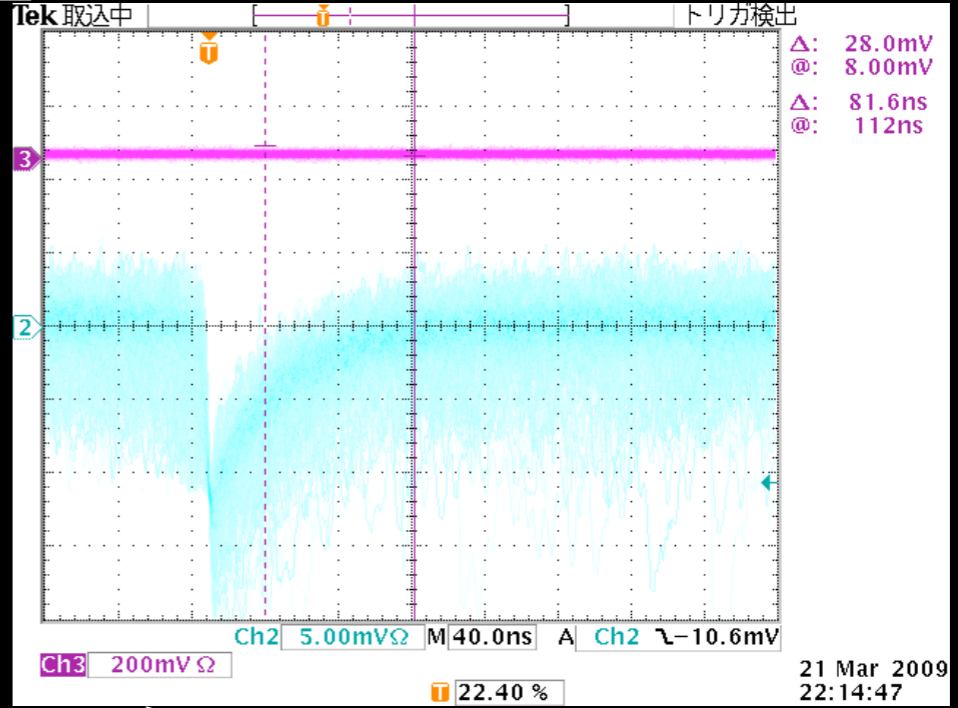


~ Readout System ~

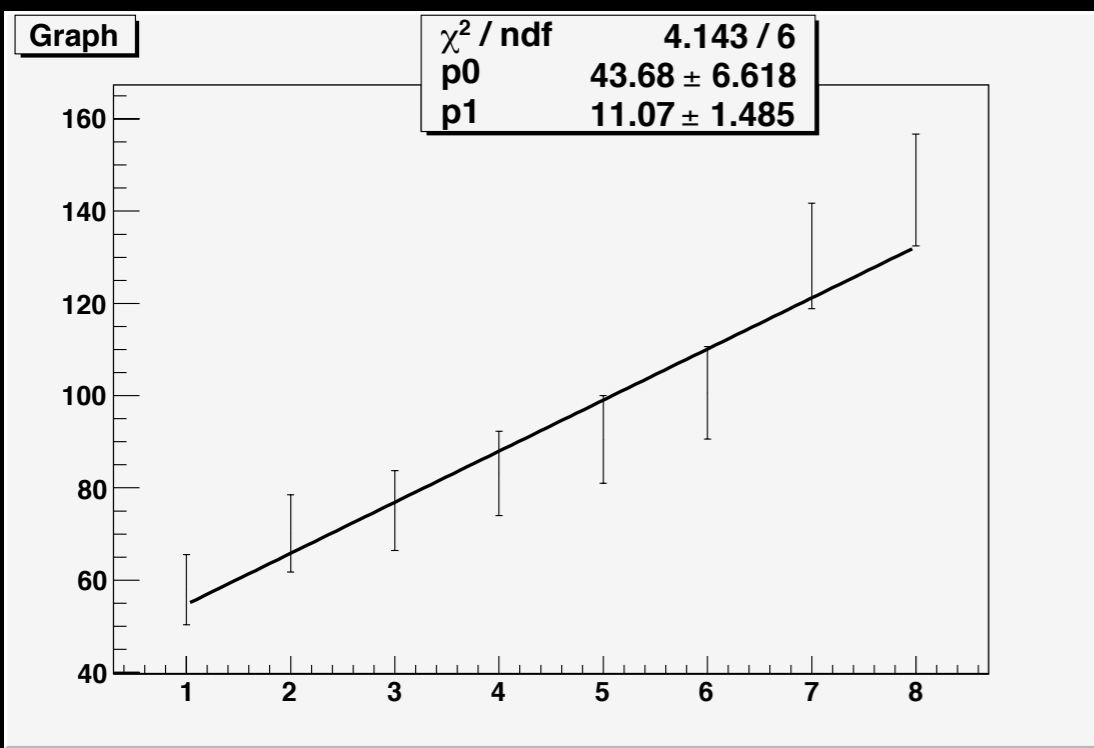
~ gangingの性質その1 ~ signal Shape



MPPC単体 readout



MPPC8個gang readout



x: number of ganging MPPCs
y: pulse width(ns)
 (オシロで立ち上がりから立ち下がりまで測定)

現在study中



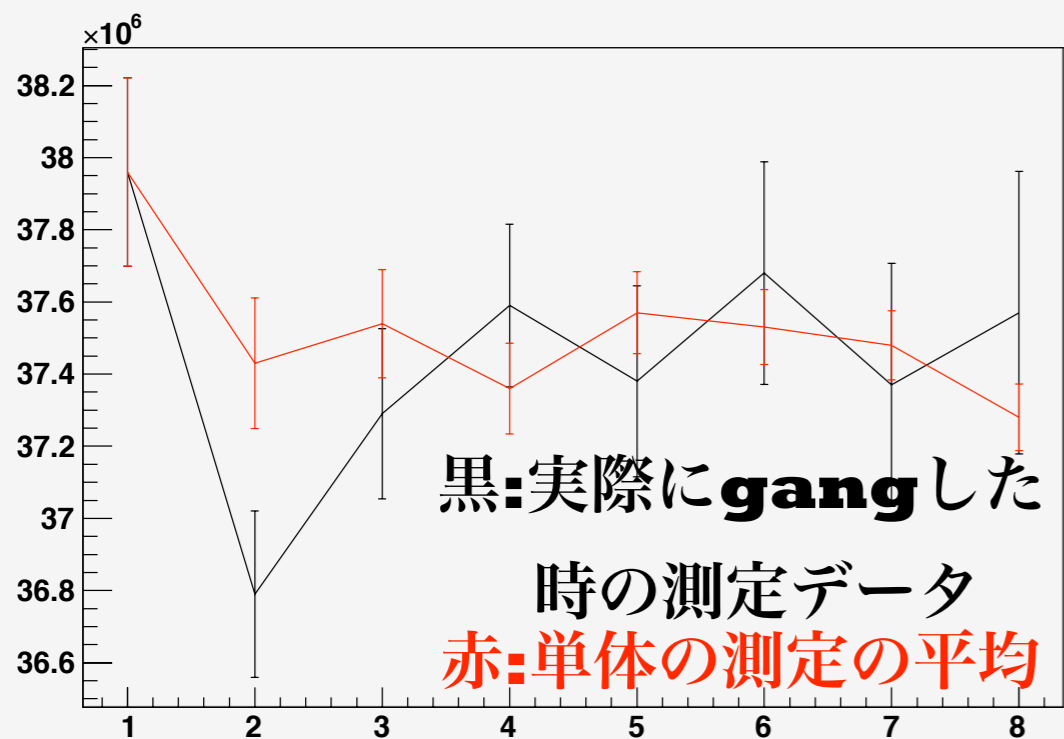


~ Readout system ~

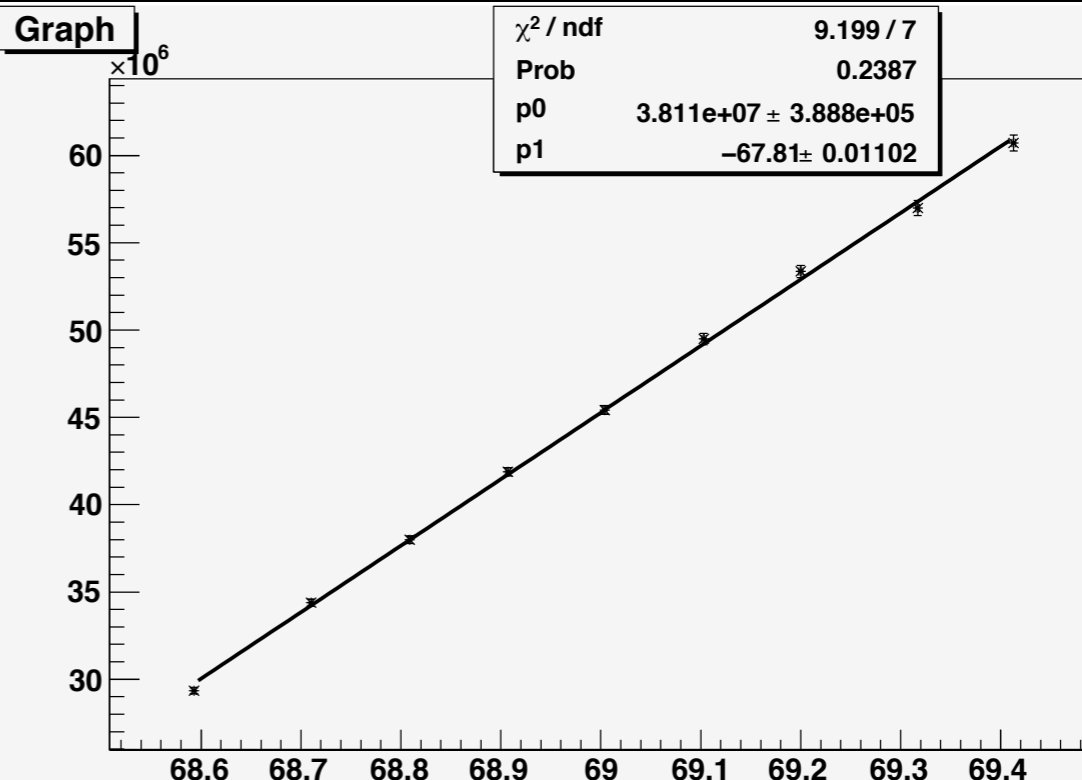
~ gangingの性質その2 ~ gain Vs Voltage

gain

- random gate(300ns)
- pedestal, one p.e.をそれぞれgaussianでfitしピークの差からone p.e.の増幅率を電圧ごとに計算



x: number of ganging MPPCs
y: gain slope



x: 印可電圧
y: gain(MPPC+50倍AMP)

K⁰T0 Experiment : Search for $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$





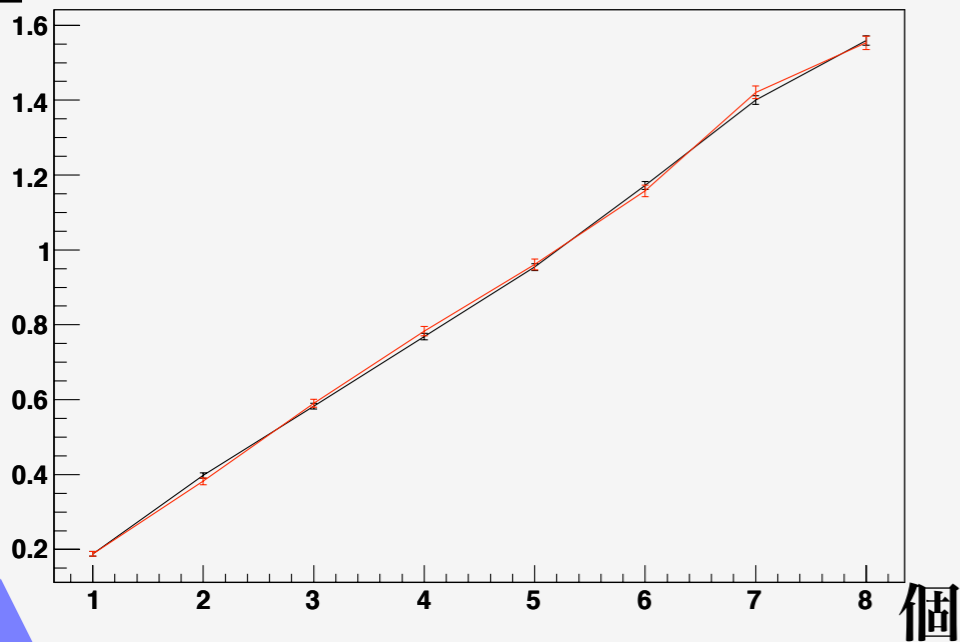
~Readout system~

~dark current noiseについて~

平均dark current noise数

・上から25°C,20°C,15°C,10°C,5°C,0°C

p.e.

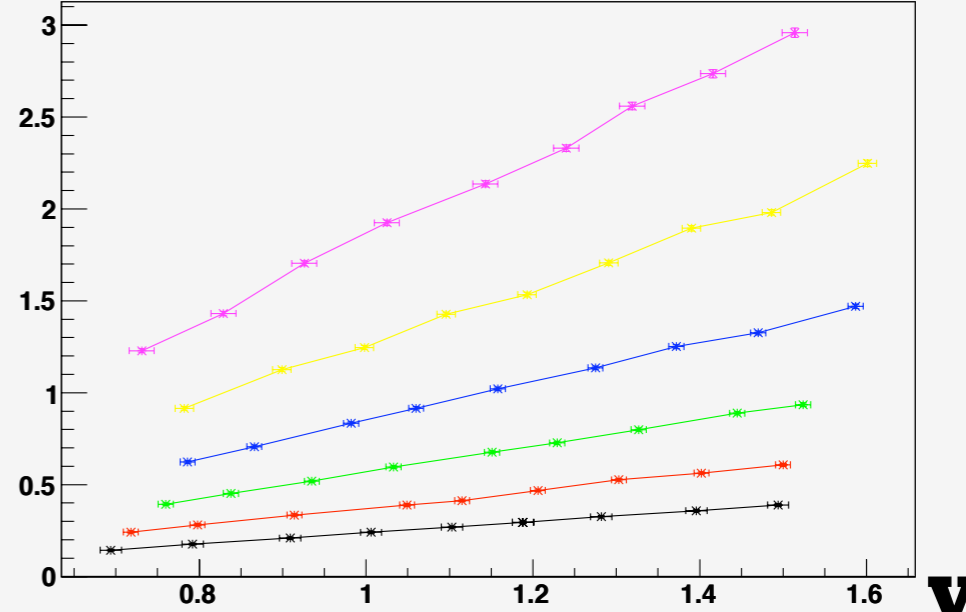


x: number of ganging MPPCs
y: dark current noiseの平均p.e.数

黒: 実際にgangして測定したデータ

赤: 単体での平均dark current noise数からの予測

p.e.



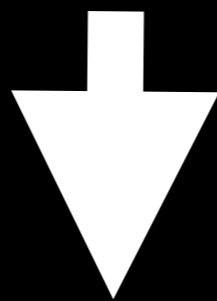
x: V_b (gainが0になる電圧)からのズレ
y: dark current noiseの平均p.e.数

平均dark current noise

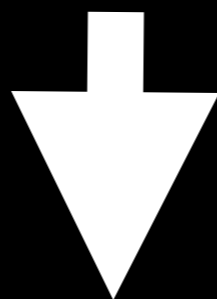
- ・ random gate (300ns)
- ・ poissonを仮定しpedestal eventから算出



常温(20°C)だと平均**dark current noise**数が
1.6p.e.と大きい



dark current noiseによる**acceptance loss**が問題になる(**dark current noise pulse**による **over veto**)



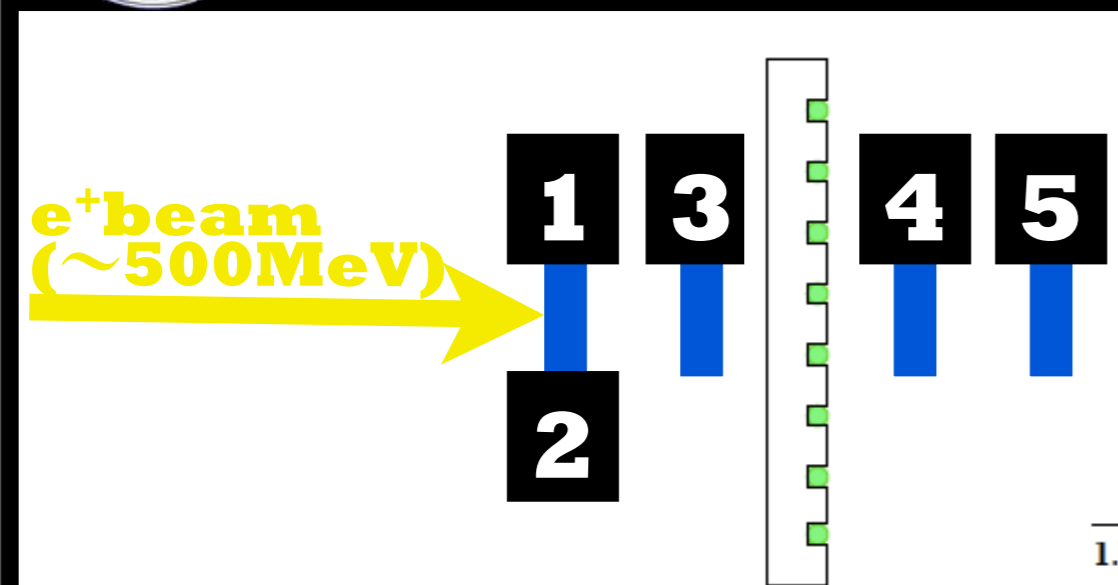
実際に**100KeV thr**をかけることが可能か



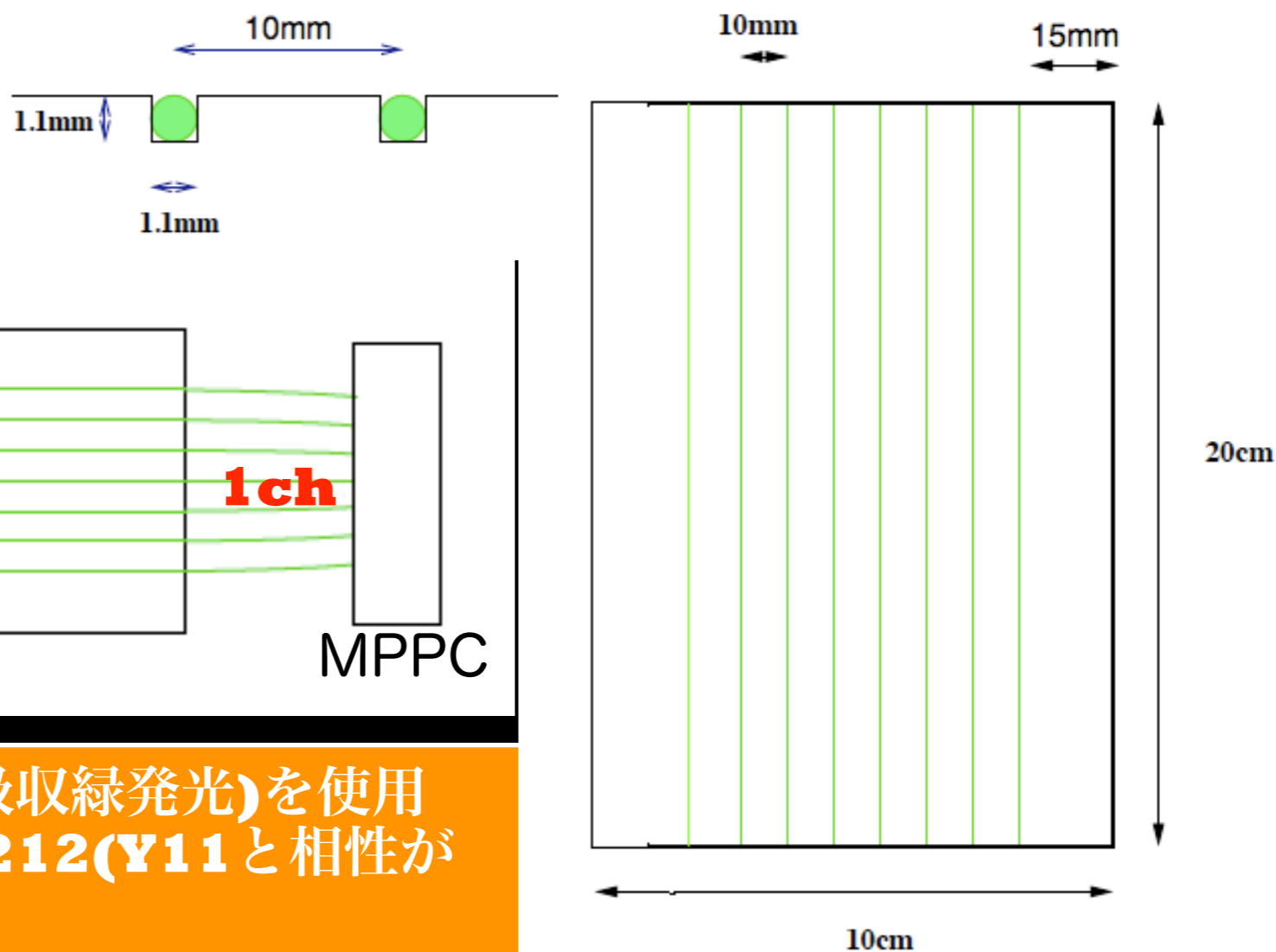
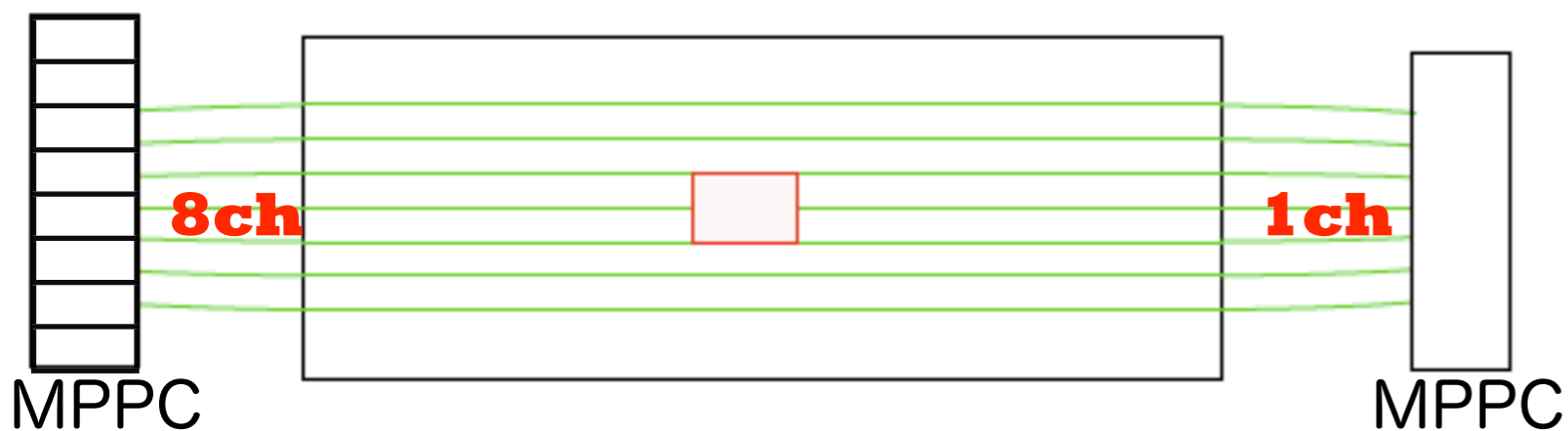
~ Beam test ~

~ set up ~

12月末に東北核理研の陽電子ビームを用いて測定



シンチ



- ・ファイバーは $\phi 1\text{mm}$ のY11(青吸収緑発光)を使用
- ・シンチは厚さ3 mm,EJ204,EJ212(Y11と相性が良い)の2種類のシンチを用意
- ・反射材は25 μ アルミナイズドマイラ



~ Beam test ~

~ 測定結果 ~

	光量 [p.e./mm]	100Kev thr相当
EJ212	8.37±0.15	~4p.e.
EJ204	10.08±0.11	~5p.e.

**$\Delta V=1.2,$
 $T=20^{\circ}C$**

3.5p.e., 4.5p.e. thr dark current noise 見積もり

3.5p.e., 4.5p.e. acceptance loss 見積もり



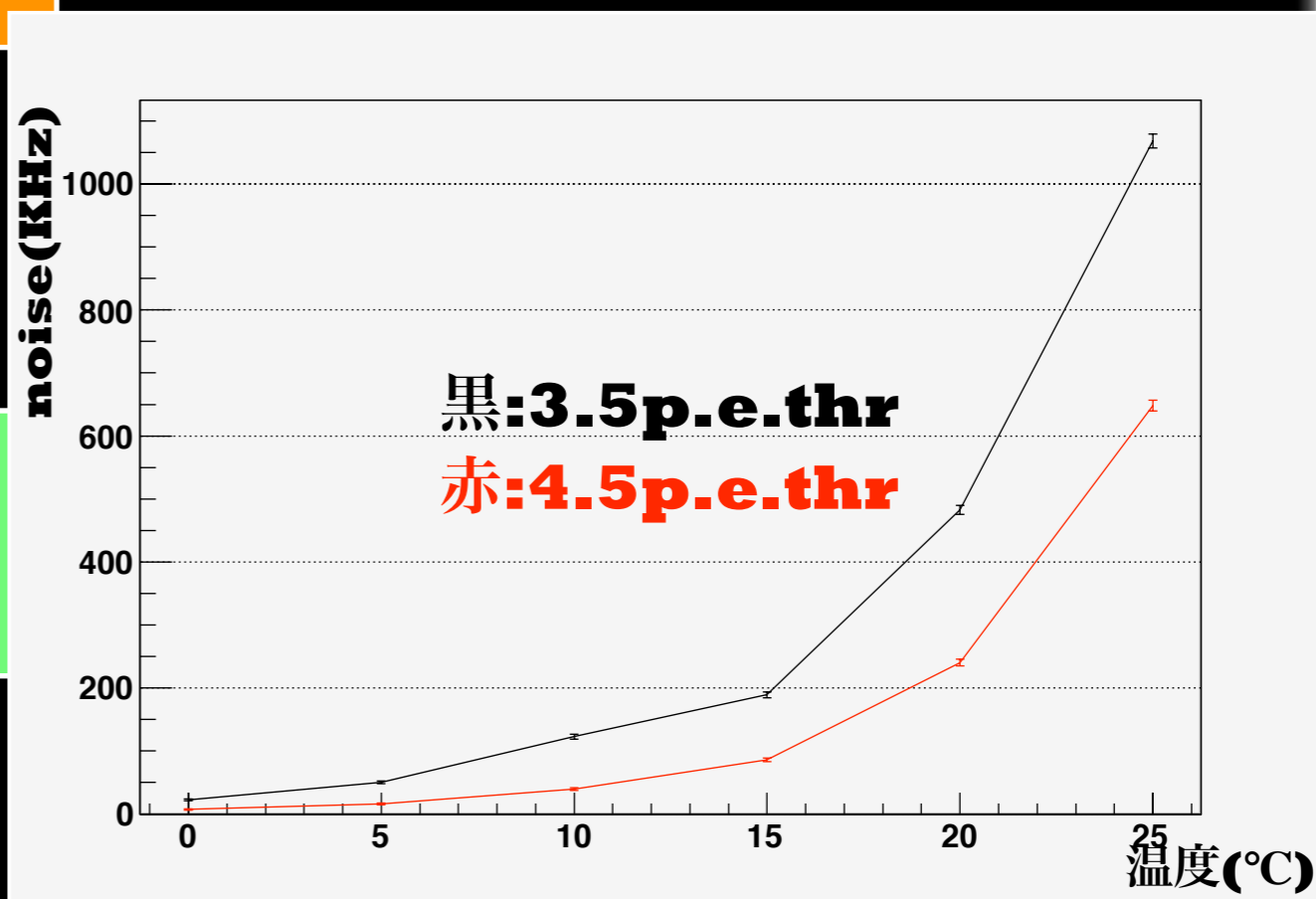


~ Acceptance loss (dark current noise 起源) ~ ~ dark current noise ~

noise rate

- random gate(300ns)
- 閾値3.5(4.5)p.e.

noise = event(more than thr)
÷ measurement time
(gatewidth × 全event数)





~ Acceptance loss (dark current noise起源) ~

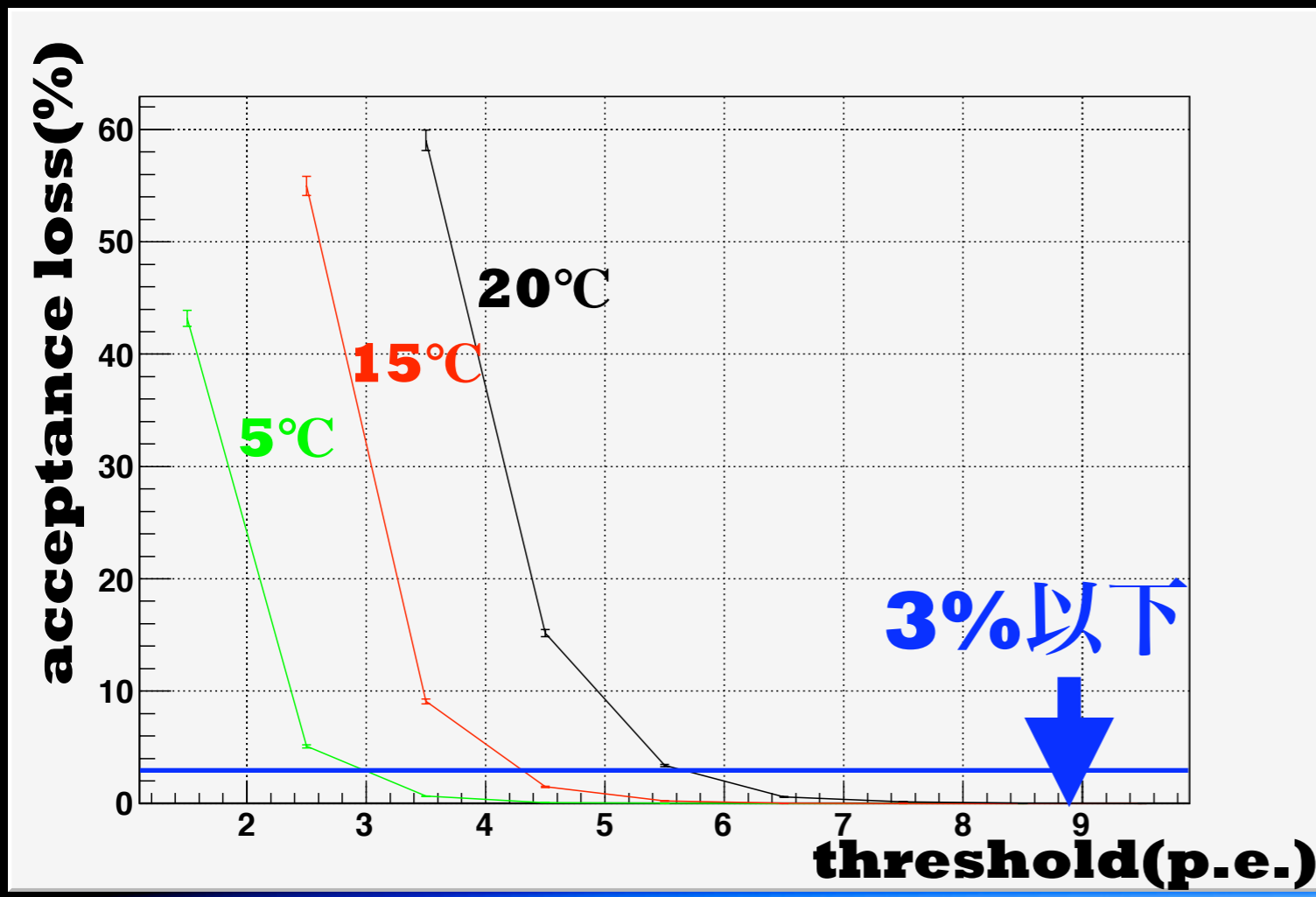
~ acceptance lossの見積もり ~

09/03/30 JPS@Rikkyo University

Acceptance loss
= (noise rate × pulse width)²

× ch数

- 全ch数は352ch
- **Fiber**の両端で**coincidence**
- **coincidence**したchの**or**で考える
- **pulse width** ~ 120ns



• **acceptance loss 3%以下**を要求すると **EJ212**では**5°C**, **EJ204**では**15°C**まで下げる必要がある

cf: 常温(20°C)で使用するには **12p.e./mm@MIP peak**が必要

※ **6.0p.e.thr/100KeV**
200keV/mm@MIP peak





Summary and Future plan

- **ganging**時の基礎特性
→波形が広がる問題以外は概ね押さえた

- 波形が広がるメカニズムの理解
- 新しい**MPPC**等価回路の構築

- 光量測定の結果
→**EJ212**なら**15°C**,**EJ204**なら**5°C**まで下げると
acceptance loss 3% 以下を満たせる

- 冷却システムの開発
- 光量の増加(シンチ,ファイバーの種類,クオリティの改善)

- **timing resolution**の評価
- **read out System**の改良



ぼっくあっぶ

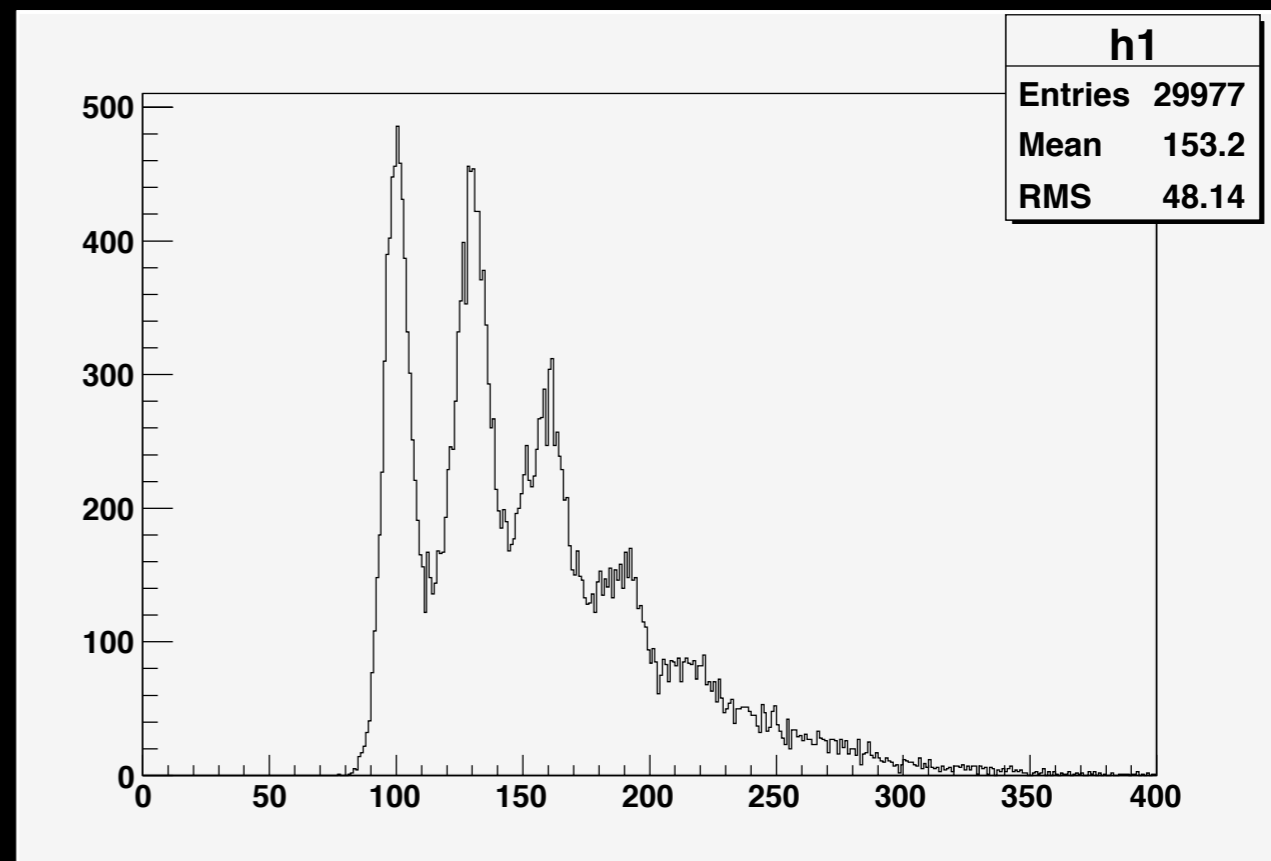
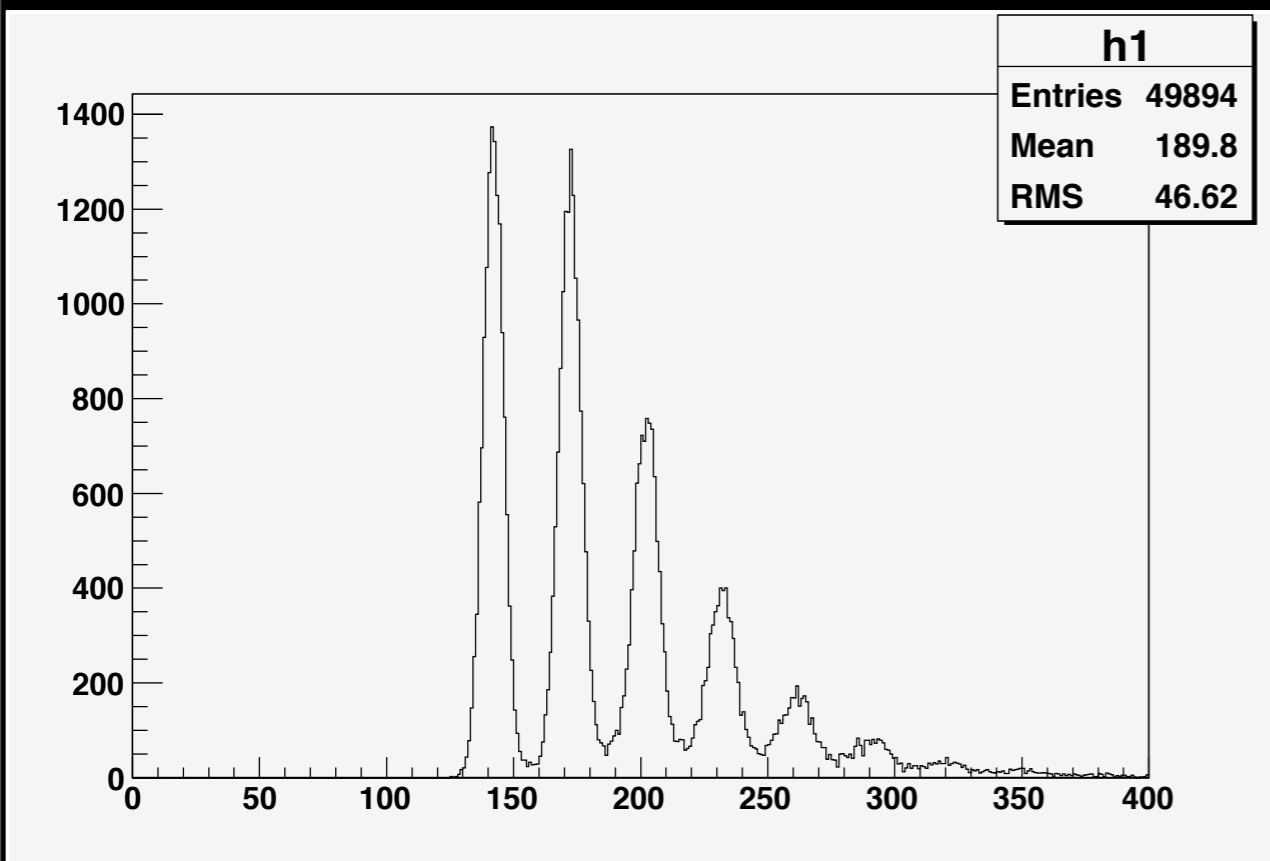
K^0 T0 Experiment : Search for $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$





~ Readout System ~

ADC Spectrum



MPPPC 単体, 光源あり (LED)
gateはLEDと同期

MPPPC 8個gang, 光源なし
Random trigger

20°C(恒温槽), 69V, ADC gate:300 ns

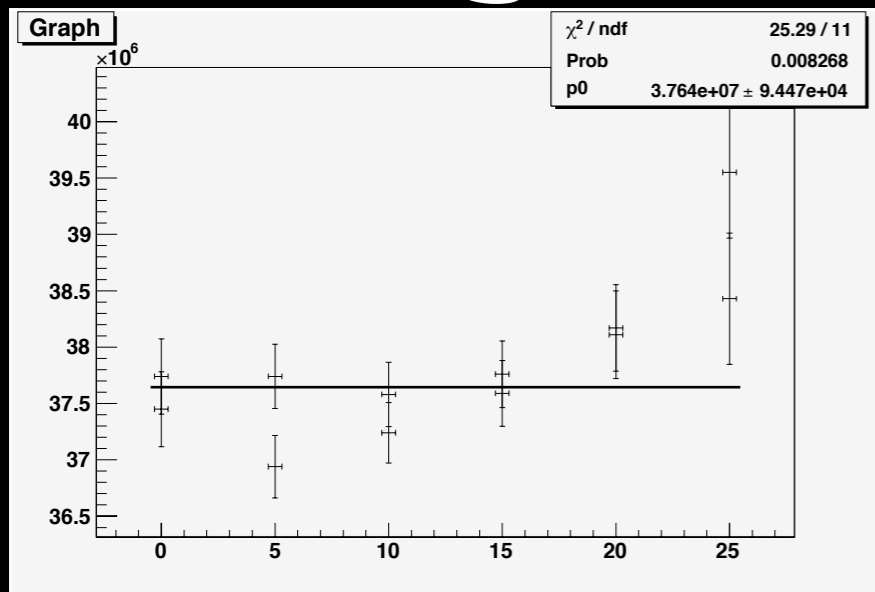




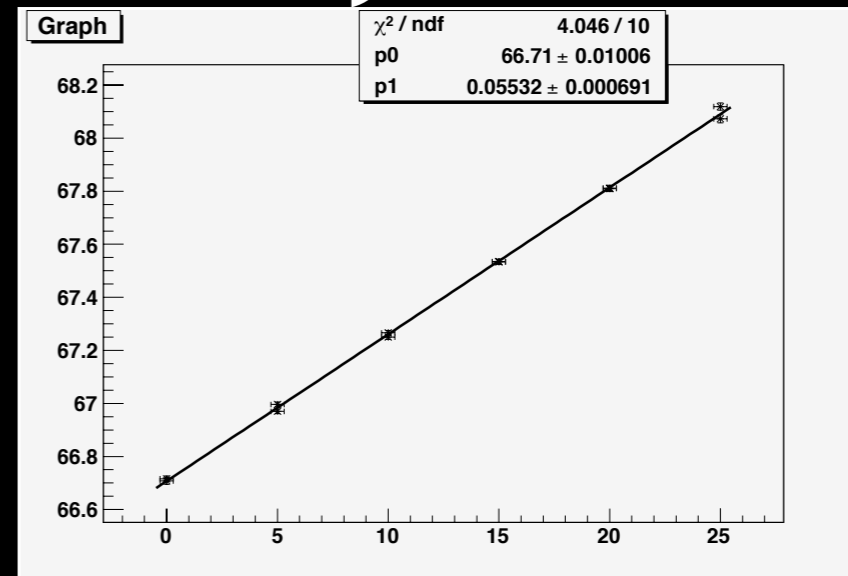
~ Readout system ~

~ gangingの性質その3 ~

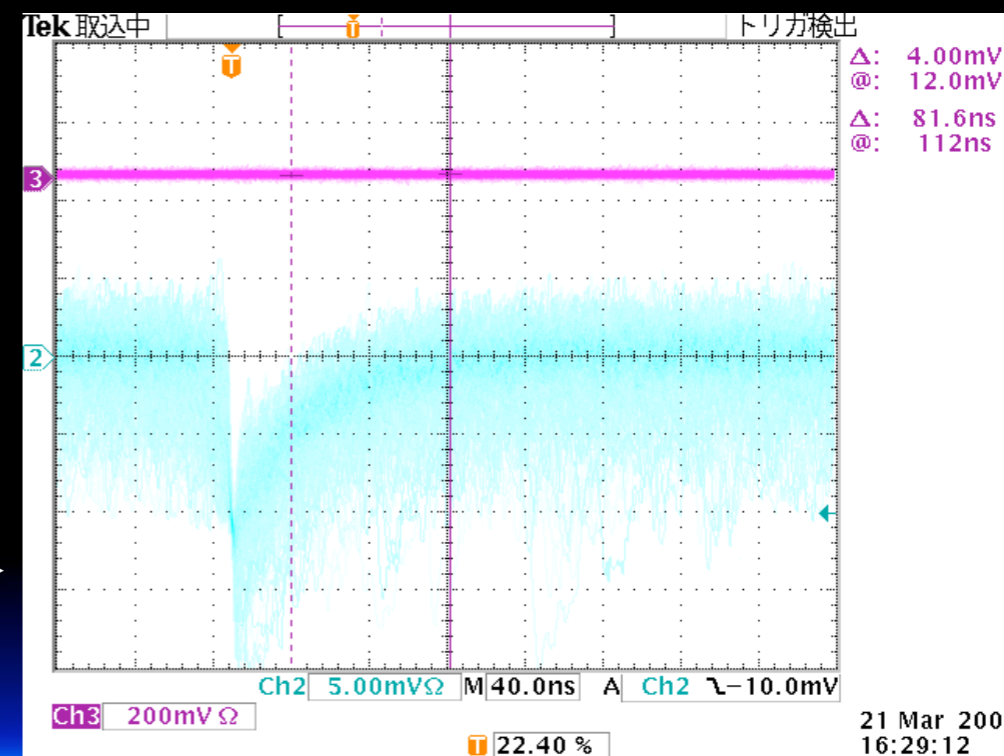
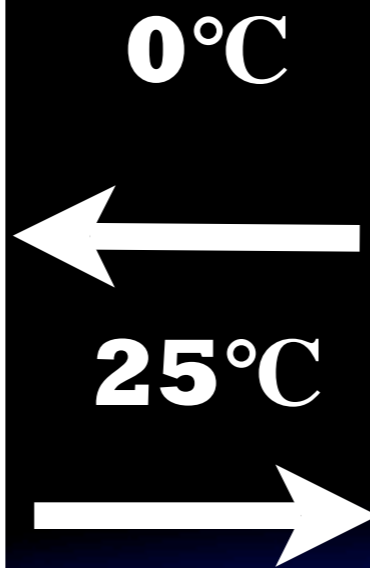
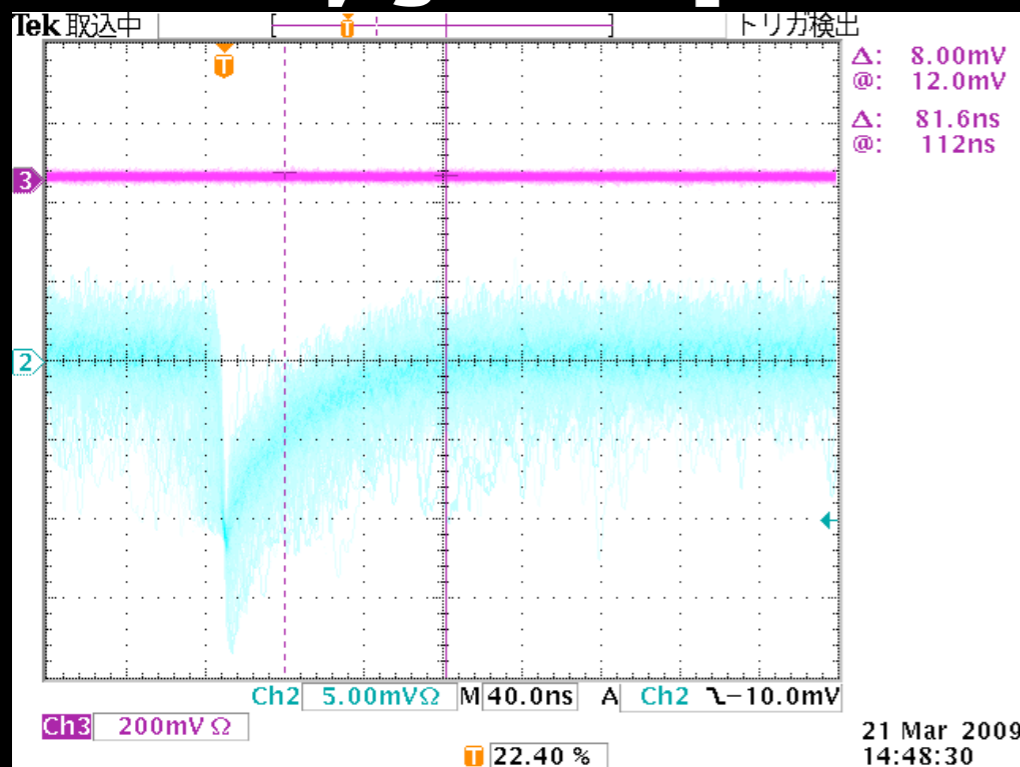
gain Vs Voltage (温度特性)



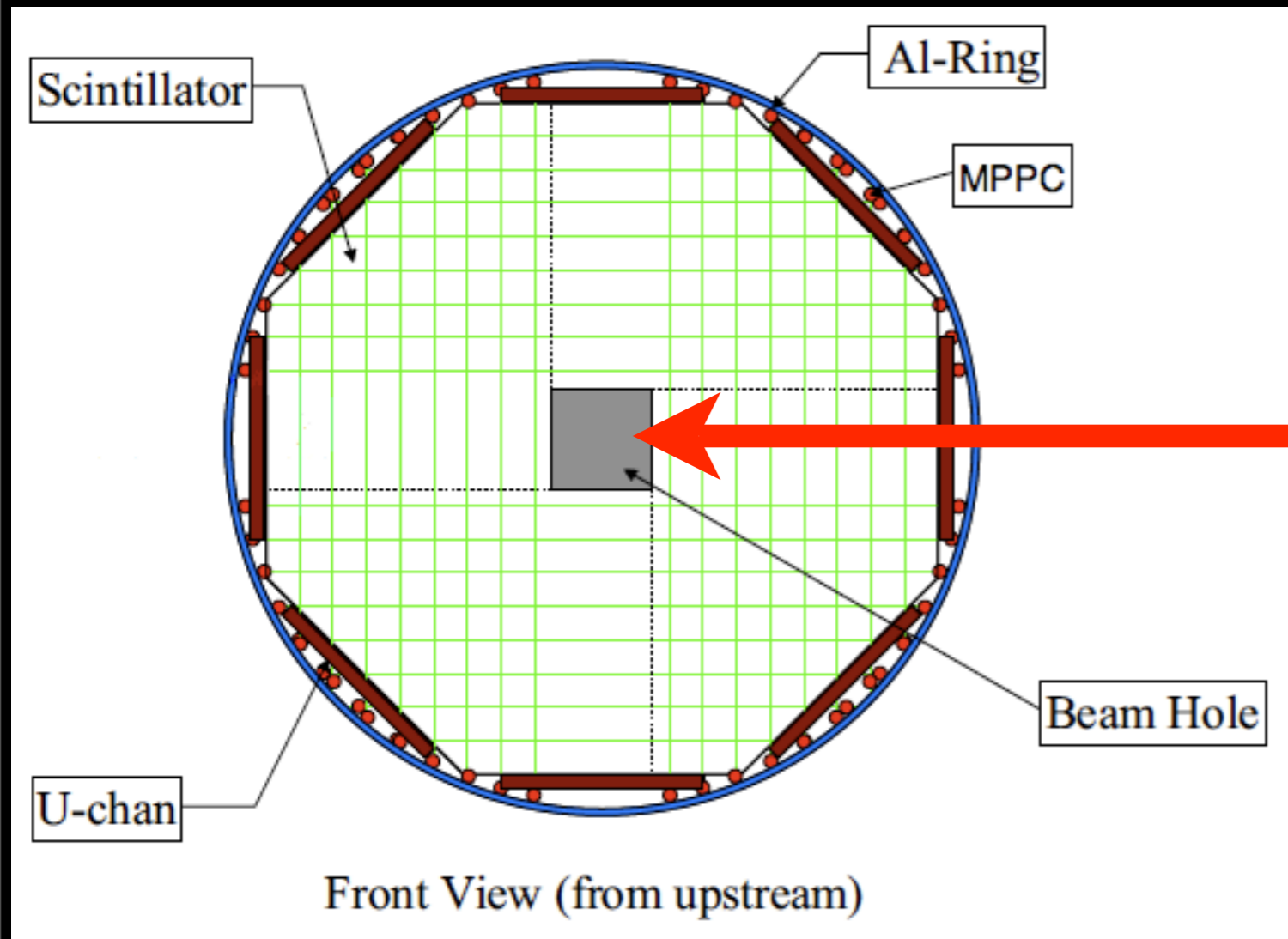
x: 温度
y: gain slope



x: 温度
y: Vb (gainが0になる電圧)



放射能耐性



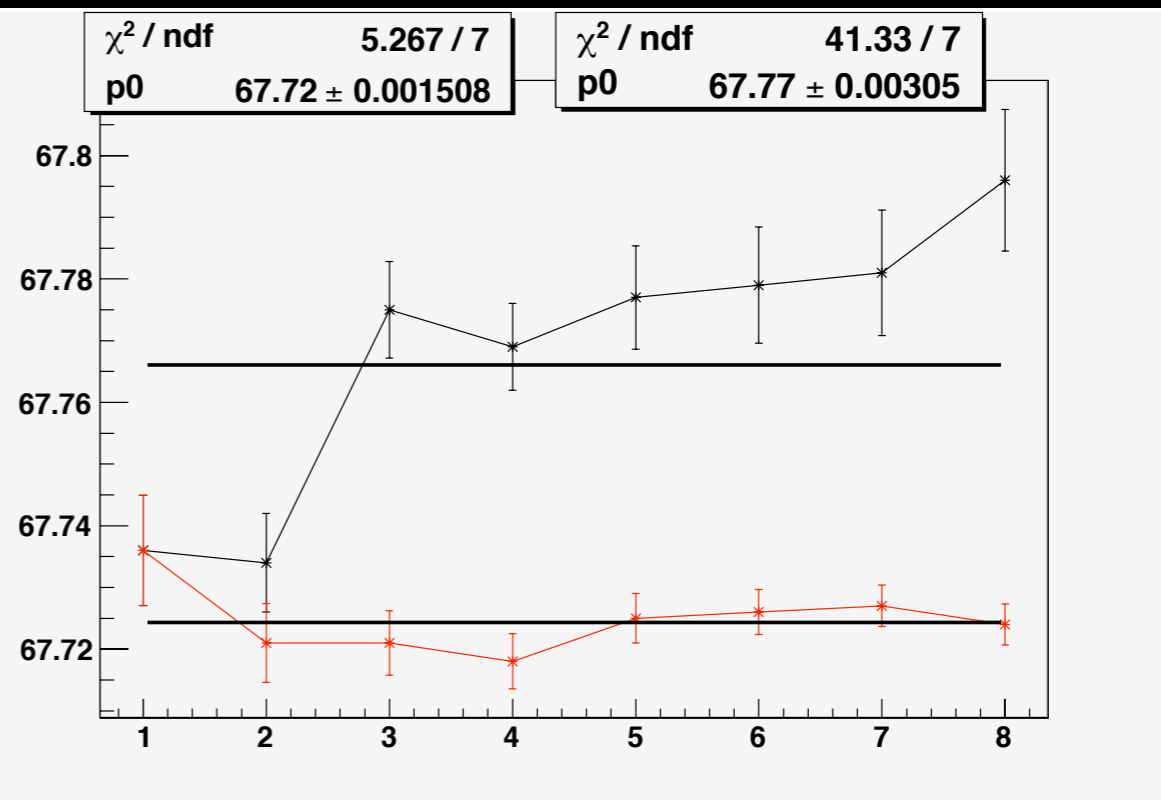
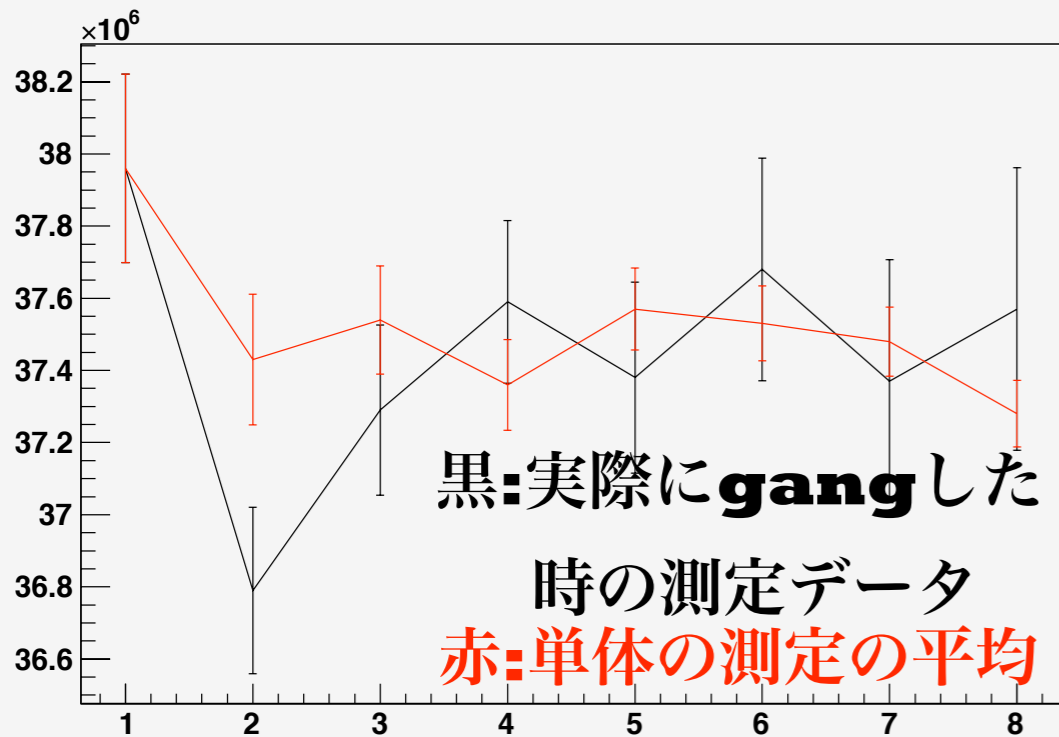
3年間のrunを通して
合計0.1Krad

全く問題なし



gang時のgain

09/03/30 JPS@Rikkyo University



x: number of ganging MPPCs
y: gain slope

x: number of ganging MPPCs
y: Vb (gainが0になる電圧)

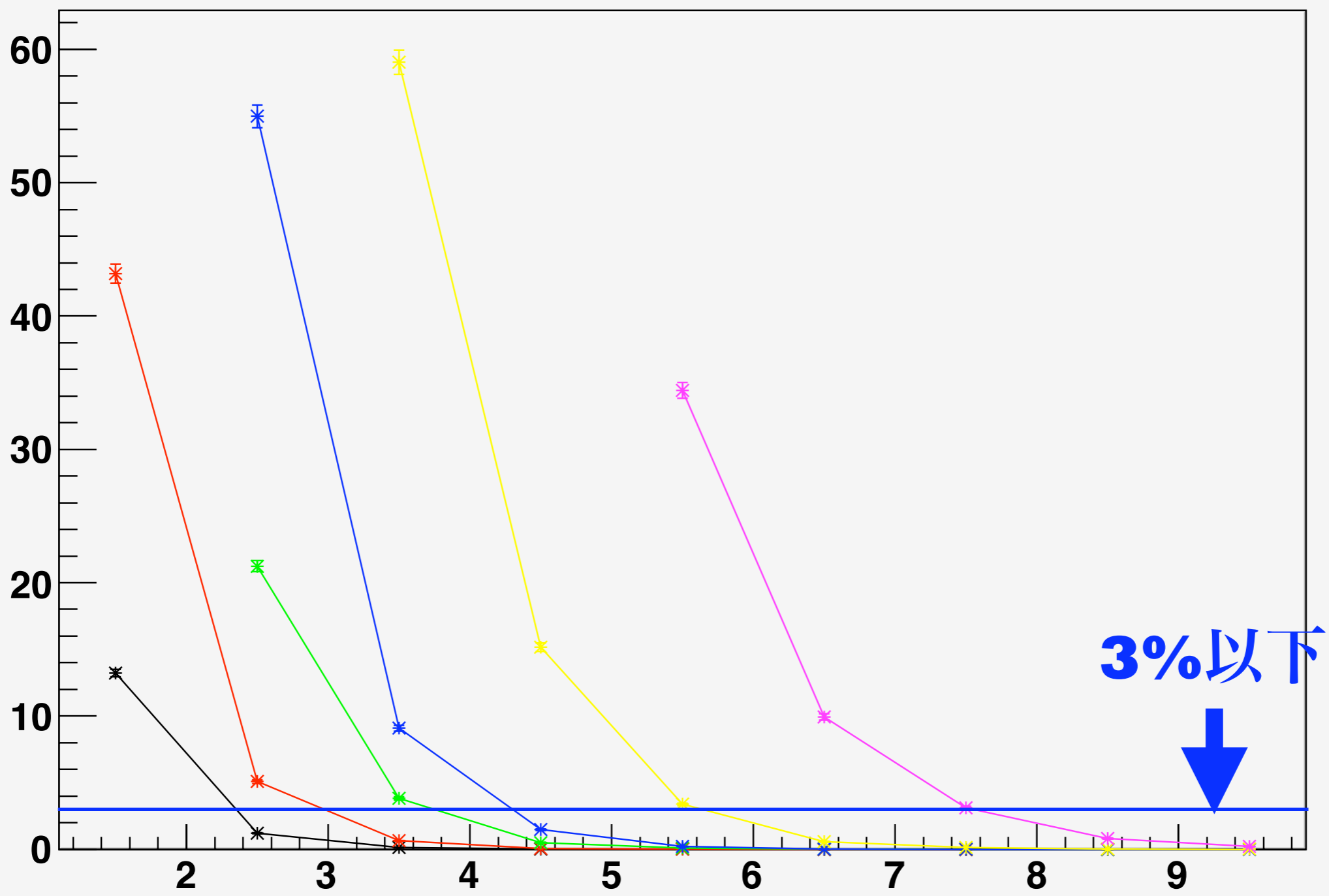
gangするとgainが5%程度単体の平均より小さく見える





acceptance loss

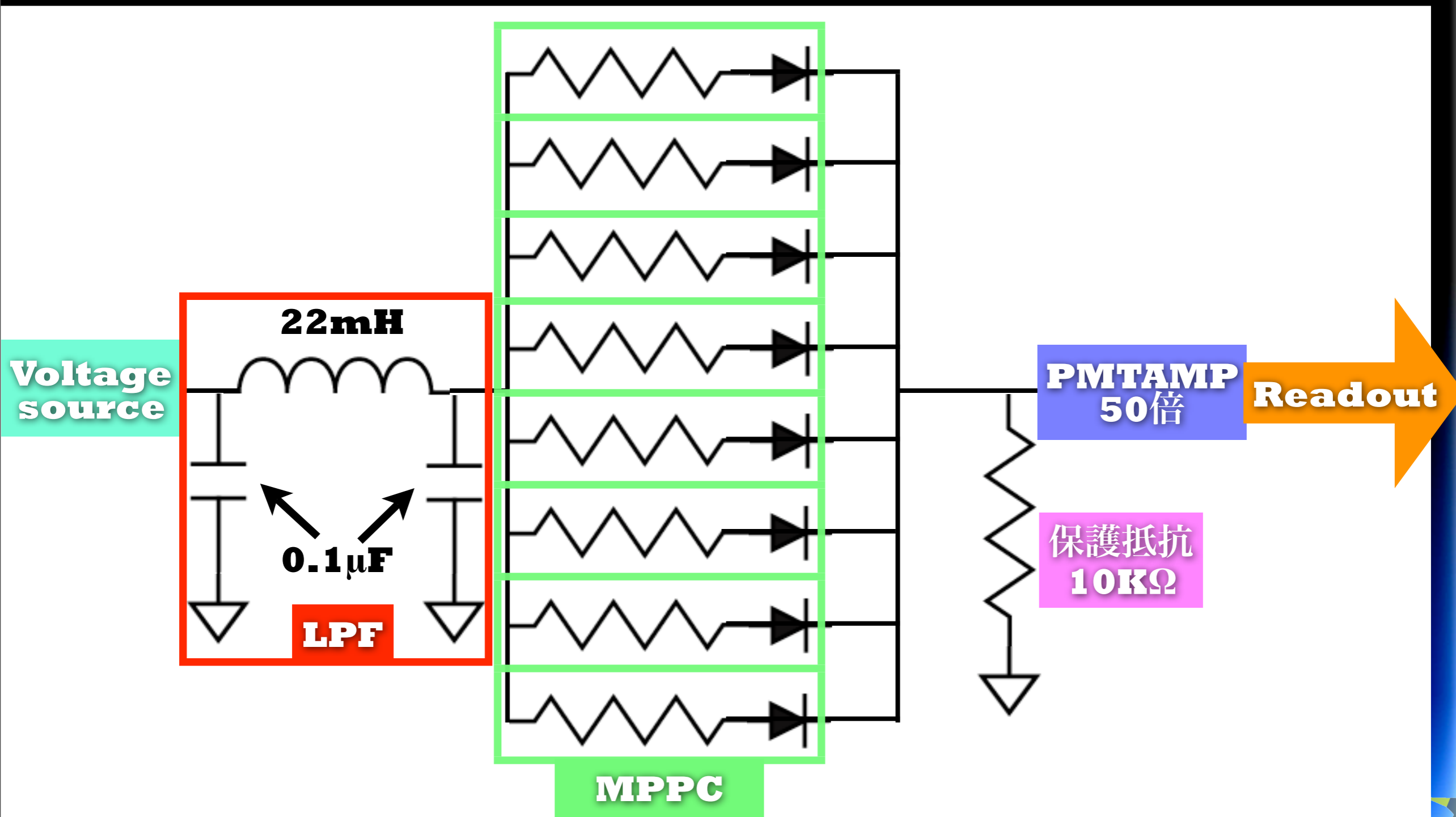
	25°C	20°C	15°C	10°C	5°C	0°C
3.5p.e.thr	100	59.0	9.09	3.82	0.64	0.13
4.5p.e.thr	100	15.2	1.47	0.50	0.07	0.01



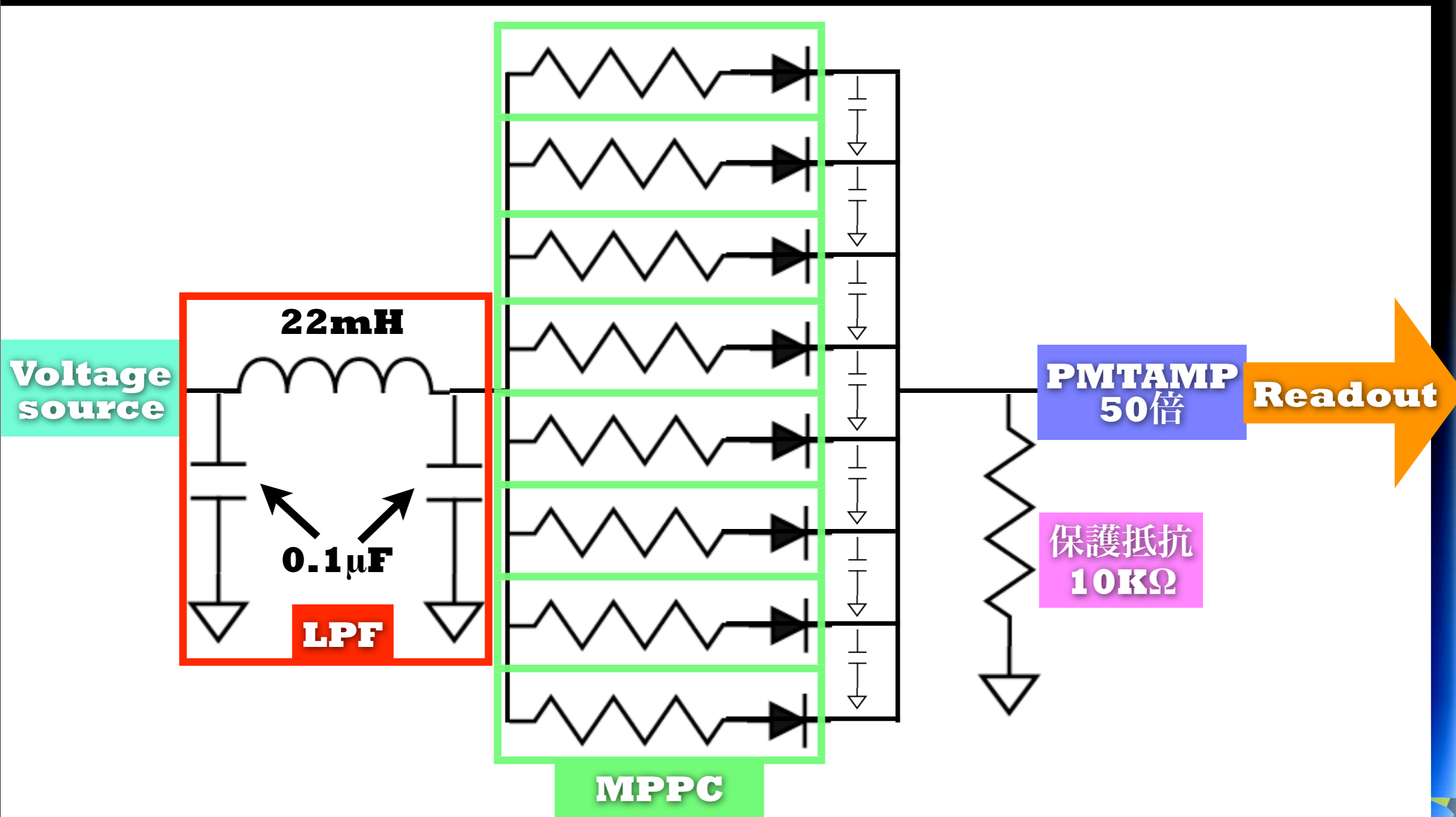
K^0 TO Experiment : Search for $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$



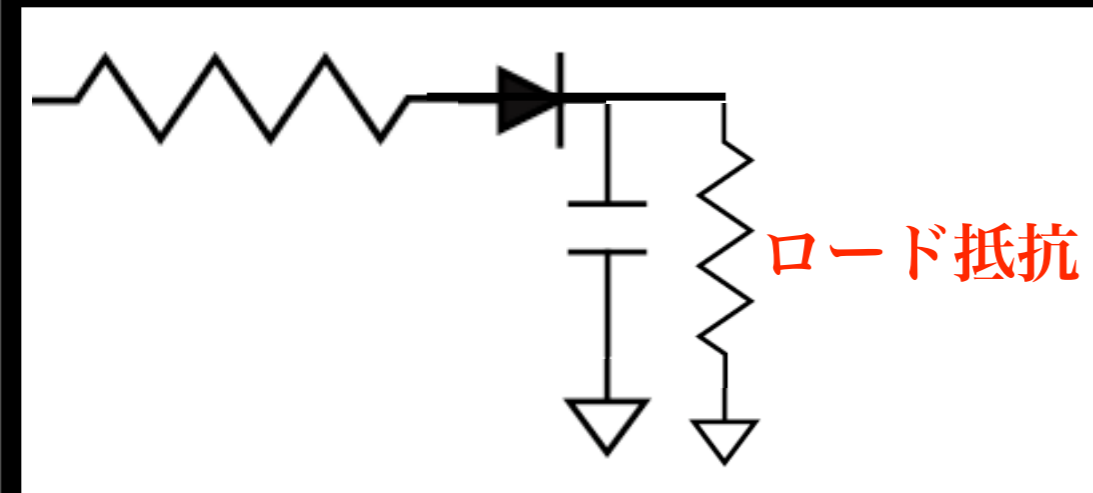
波形が伸びる問題の定性的理解



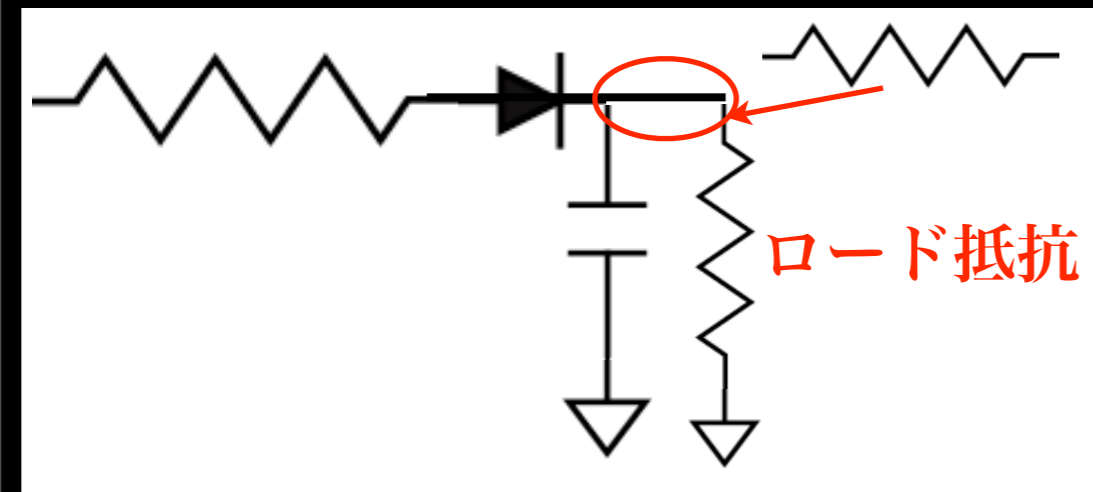
波形が伸びる問題の定性的理解



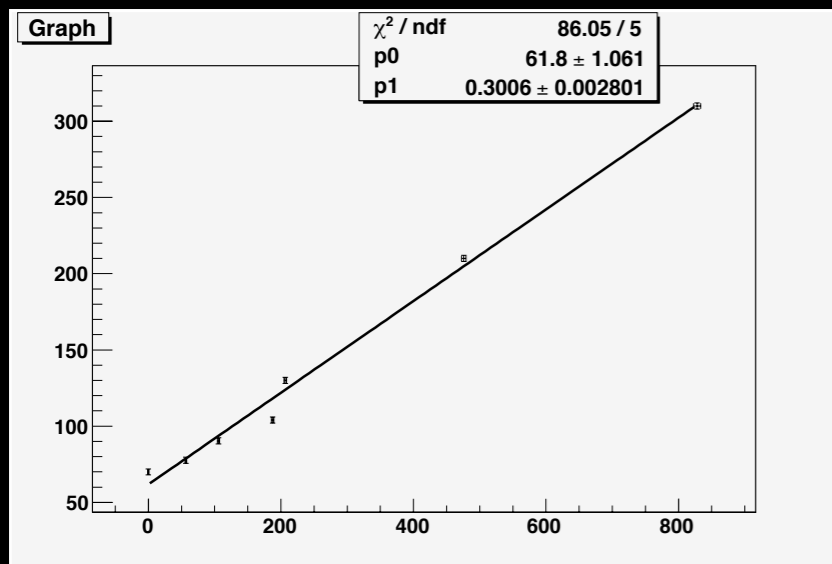
波形が伸びる問題の定性的理解



Cが存在するとロード抵抗とのカップリングで時定数が伸びるはず



ロード抵抗の前に抵抗を入れてロード抵抗を大きくしてみた



x: 入れた抵抗の値

y: pulse width

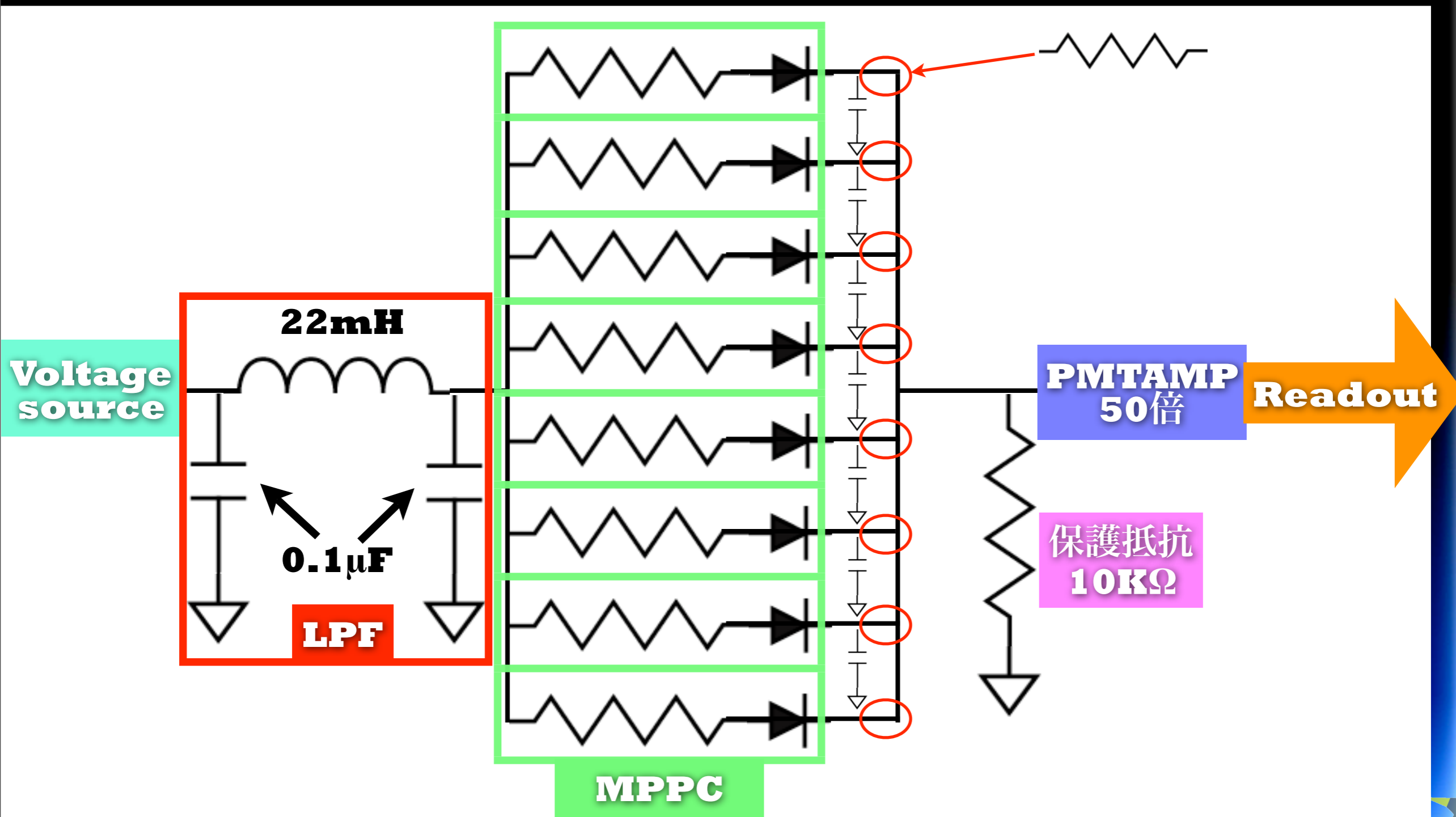
(オシロのカーソルで測定)



波形が伸びる問題の定性的理解

- ・ 静電容量とローディング抵抗のカップリングが存在するなら**MPPC**とローディング抵抗の間にいくらの抵抗をいれても単体と**gang**時の**pulse** 幅の差は一定のはず

波形が伸びる問題の定性的理解

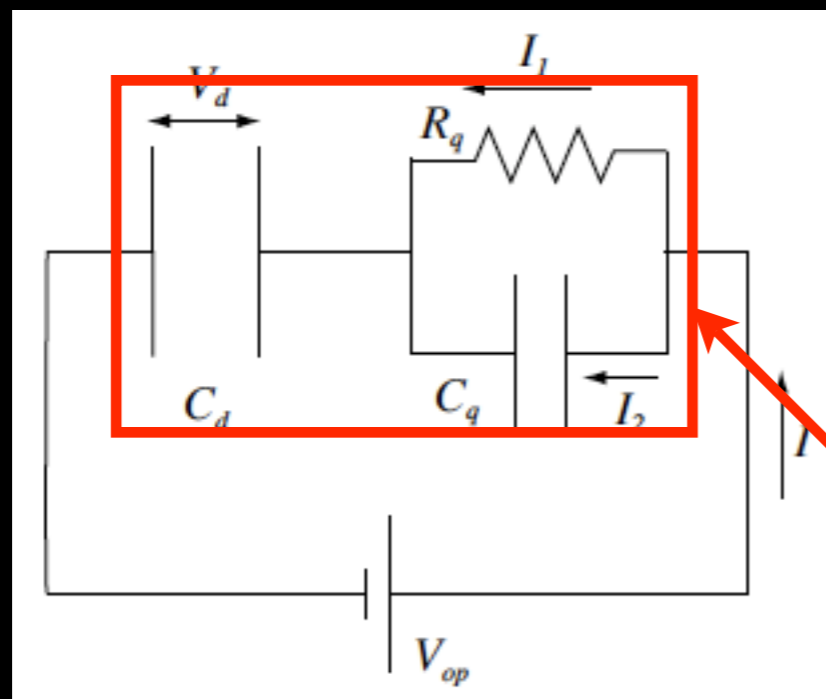




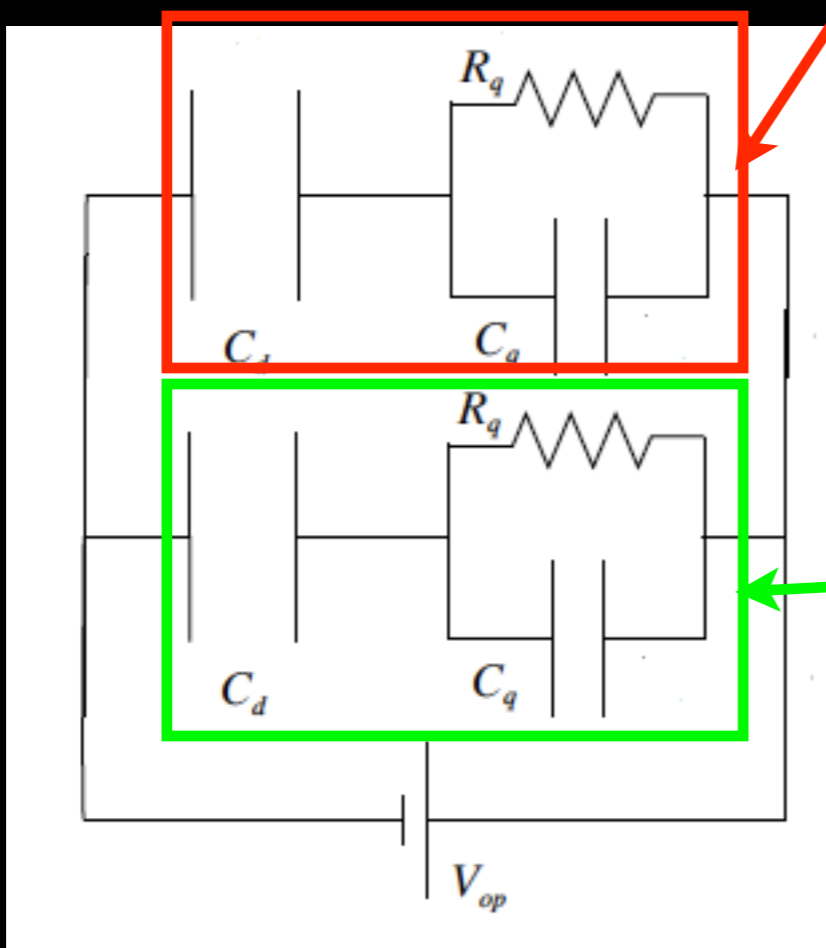
波形が伸びる問題の定性的理解

	single(ns)	gang(ns)	差分(ns)
0Ω	59.85	135.41	75.56
240Ω	89.76	184	94.24
1.1kΩ	260.7	352	91.3

オシロの立ち上がり立ち下がり測定機能を用いた



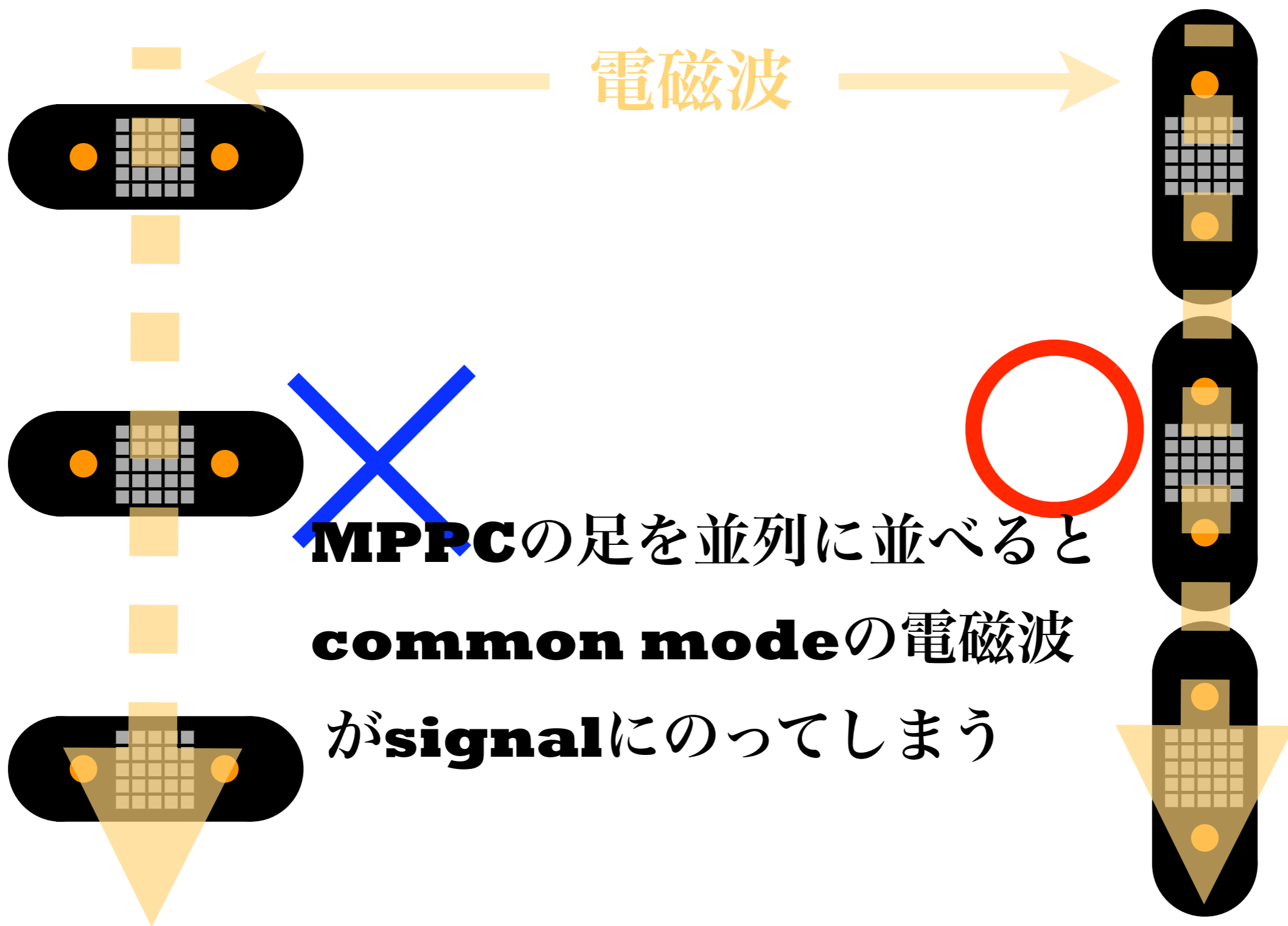
1 pixelの等価回路



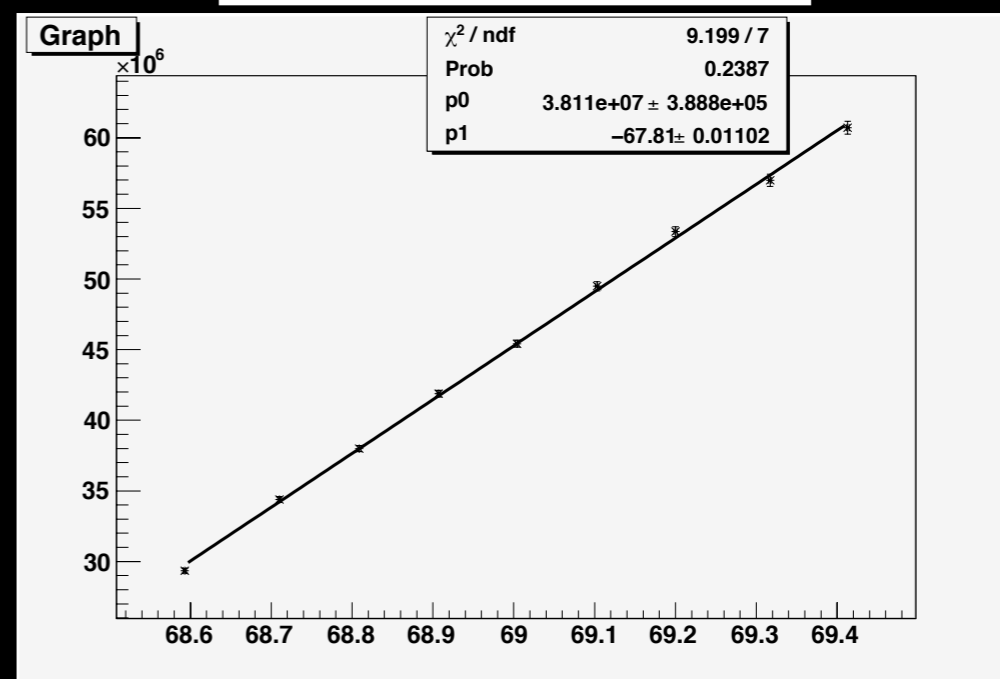
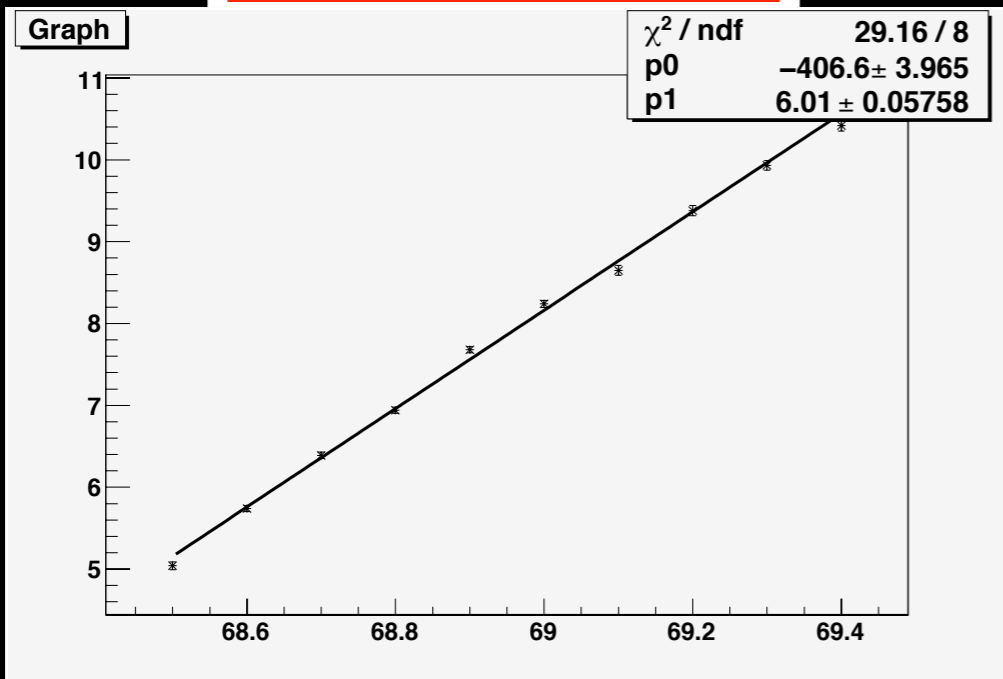
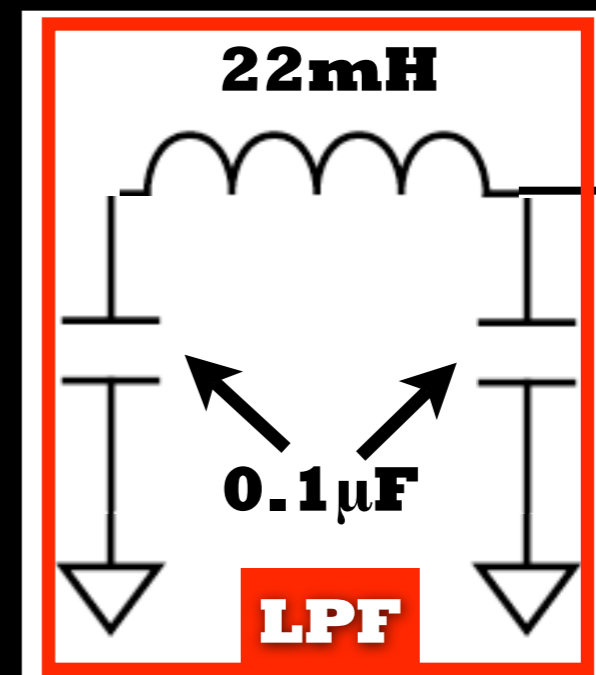
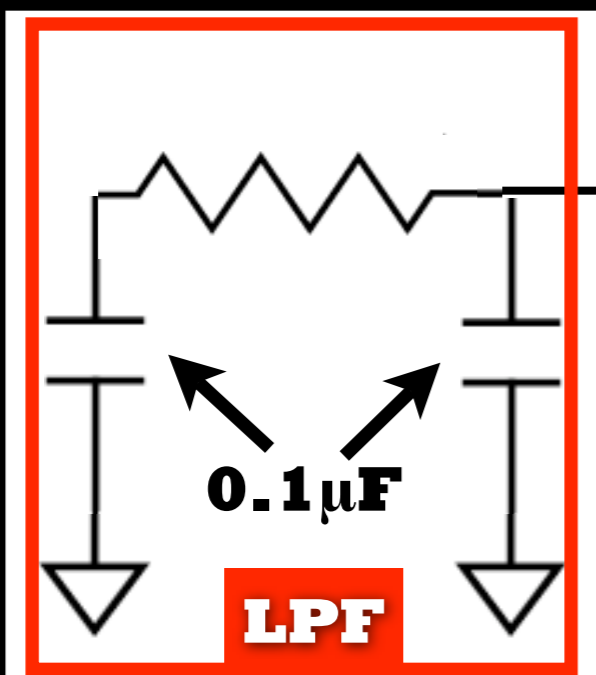
アヴァランシェを起こして
いない**pixel**の合成容量と
合成抵抗

~making for ganging circuit~

~MPPCの配置~

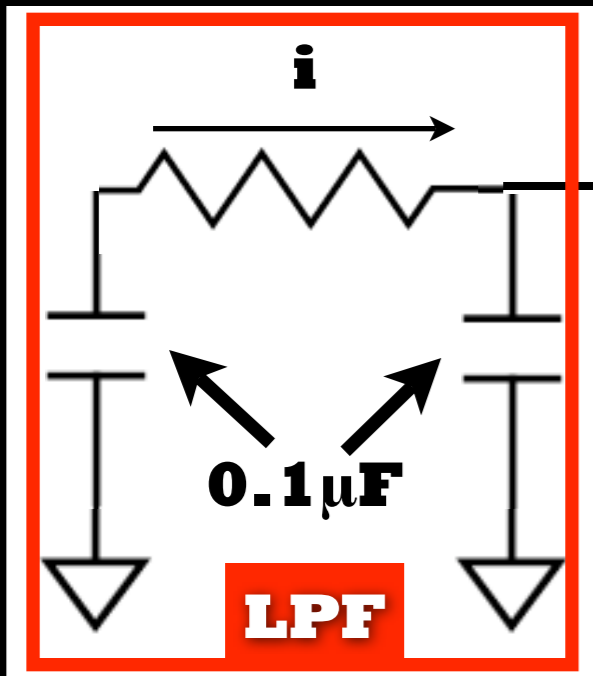


LPFについて1



高電圧でlinearityが悪くなる

LPFについて2



LPFの抵抗での電圧降下により回路にフィードバックがかかる

回路に流れる電流

