

# AXEL次期試作機開発に向けた 信号の読み出しに関する研究

23rd ICEPP Symposium@白馬  
京都大学 高エネルギー物理学研究室  
修士1年 中村 和広

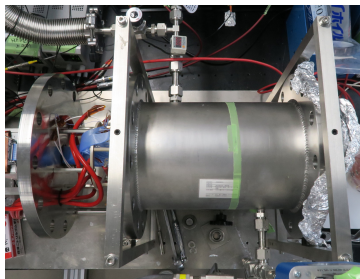
# 目次

---

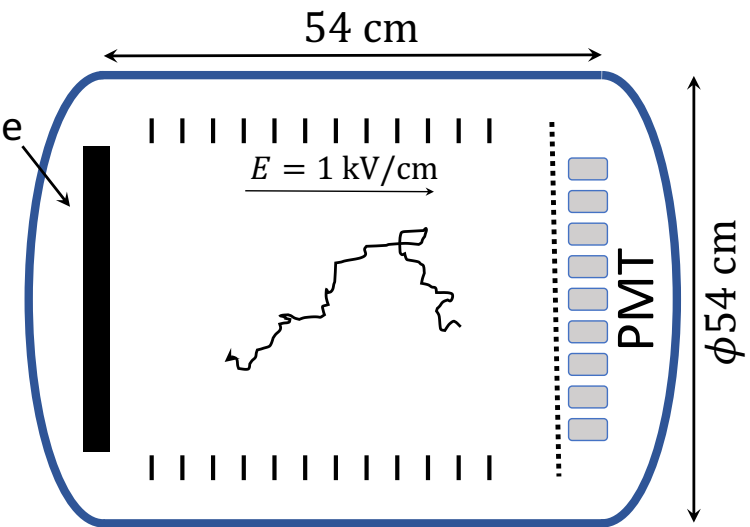
- ✓次期試作機開発に向けた課題
- ✓ケーブルを伝わる信号に関して
- ✓MPPCのキャリブレーションシステム開発
- ✓まとめ・今後の展望
- ✓おまけ（時間があれば）

# 次期試作機開発に向けて

現行：10L級チェンバー



来年度：100L級チェンバー

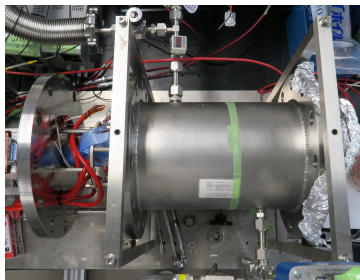


そこで生じる課題…

- ✓MPPCと読み出し回路を結ぶケーブル長が伸びる
- ✓大量（約1000 ch）のMPPCのキャリブレーションが必要

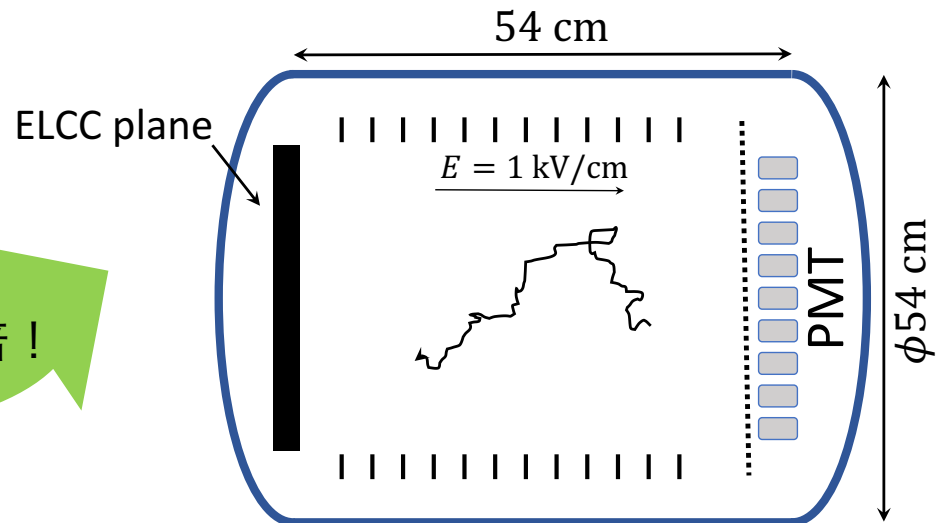
# 次期試作機開発に向けて

現行：10L級チェンバー



約10倍！

来年度：100L級チェンバー



そこで生じる課題…

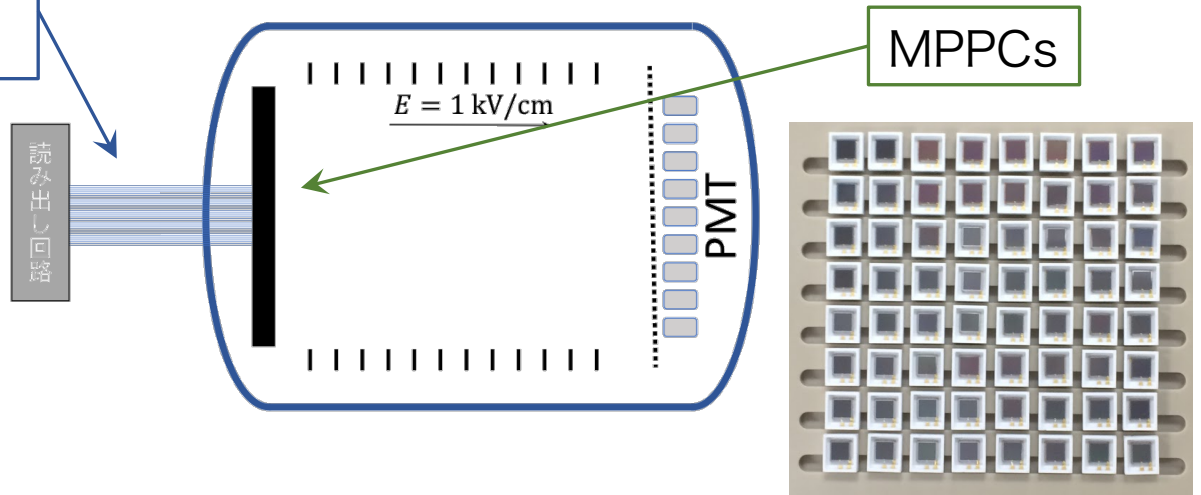
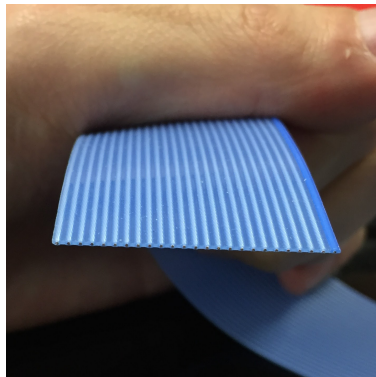
✓MPPCと読み出し回路を結ぶケーブル長が伸びる

✓大量（約1000 ch）のMPPCのキャリブレーションが必要



# ケーブル長に関して

フラットケーブル  
~20 cm → ~1.5 m



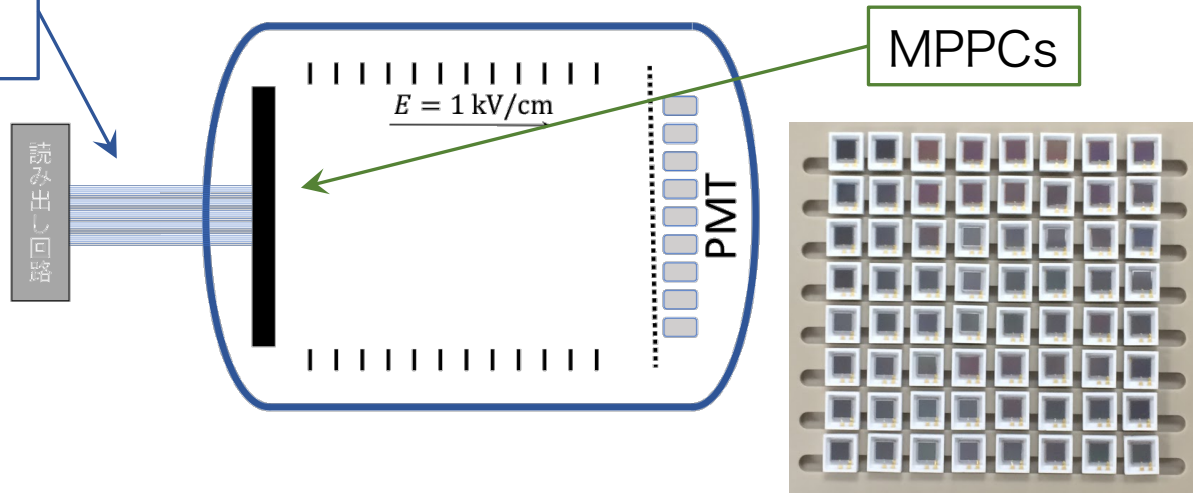
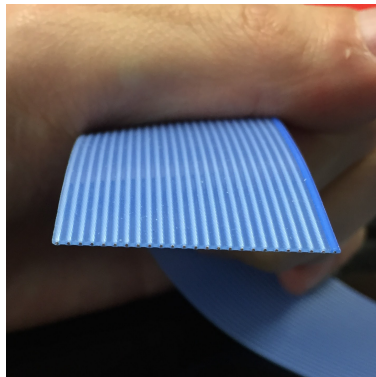
- ✓信号の減衰は？
- ✓ノイズの影響は？
- ✓クロストークは？
- ✓ケーブルをツイストペアにするとどうか？

ケーブルの長さ・形状を変えて評価

- フラットケーブル 10 cm
- フラットケーブル 1 m
- ツイストケーブル 1 m

# ケーブル長に関して

フラットケーブル  
~20 cm → ~1.5 m



- ✓信号の減衰は？
- ✓ノイズの影響は？
- ✓クロストークは？
- ✓ケーブルをツイストペアにするとどうか？

ケーブルの長さ・形状を変えて評価

- フラットケーブル 10 cm
- フラットケーブル 1 m
- ツイストケーブル 1 m

ツイストケーブルにすれば  
信号の減衰・ノイズが減らせるんじゃないか

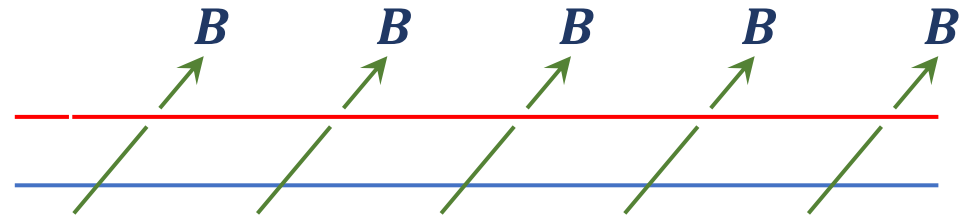
# ツイストケーブル

✓ノイズ軽減のためにLANケーブルなどで用いられる技術

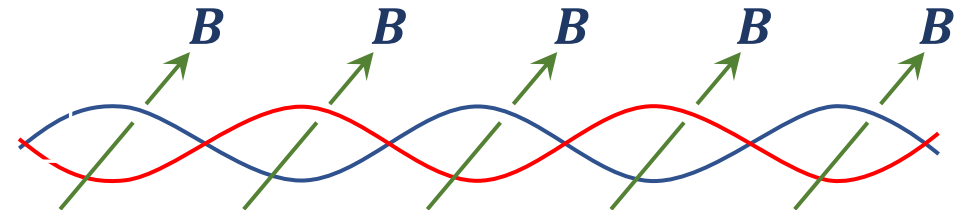
UTPケーブル(一般的なLANケーブル)



平行線



ツイスト線



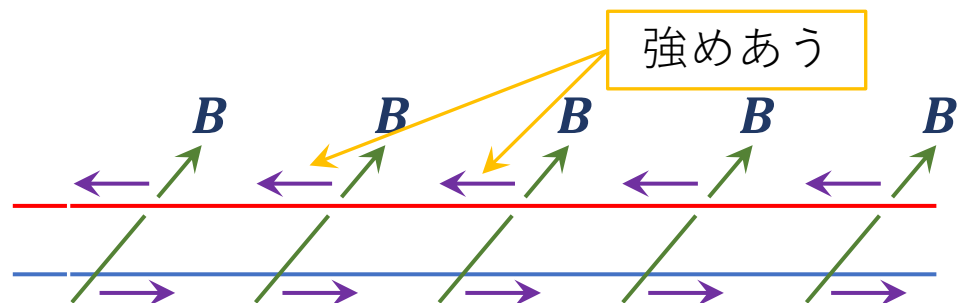
# ツイストケーブル

✓ノイズ軽減のためにLANケーブルなどで用いられる技術

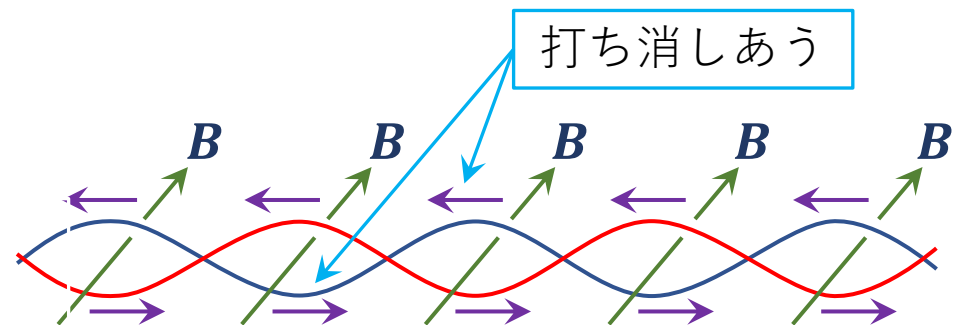
UTPケーブル(一般的なLANケーブル)



平行線  
→ノイズ大



ツイスト線  
→ノイズ小



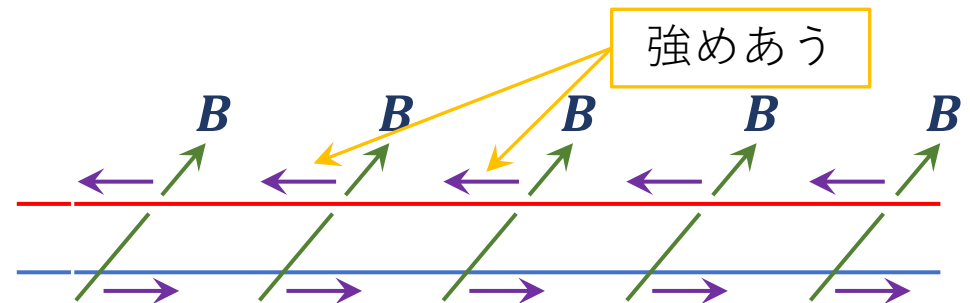
# ツイストケーブル

✓ノイズ軽減のためにLANケーブルなどで用いられる技術

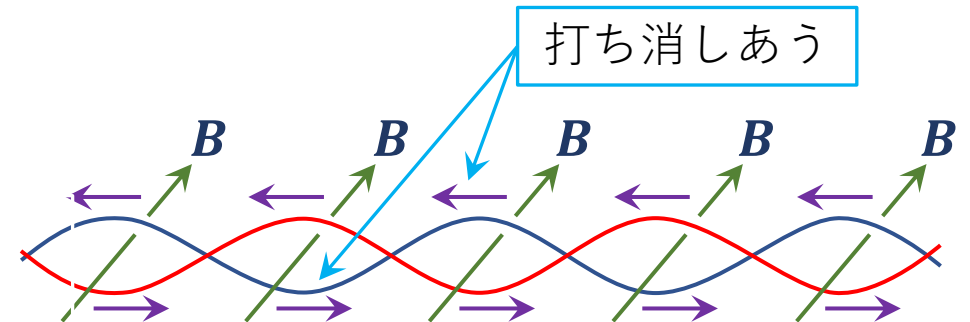
UTPケーブル(一般的なLANケーブル)



平行線  
→ノイズ大



ツイスト線  
→ノイズ小

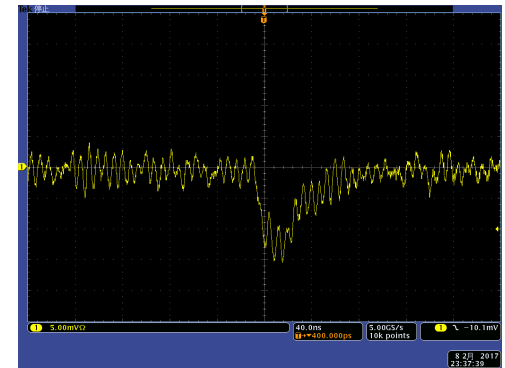
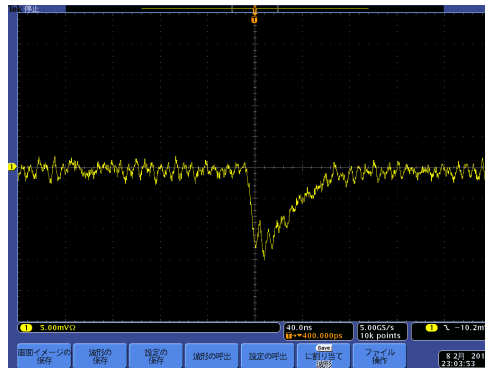
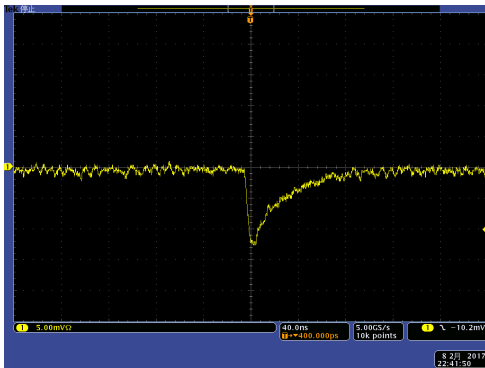


→ うまくいかなかった。。。 (The arrow points to the right)

# ノイズの評価

✓ダークの信号

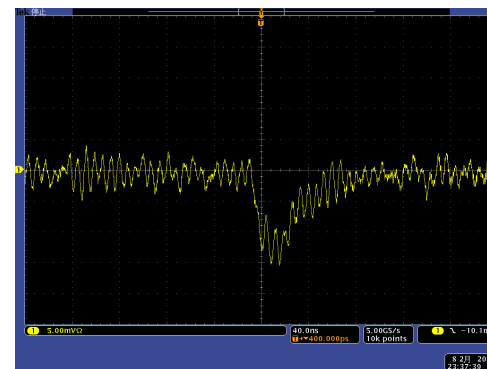
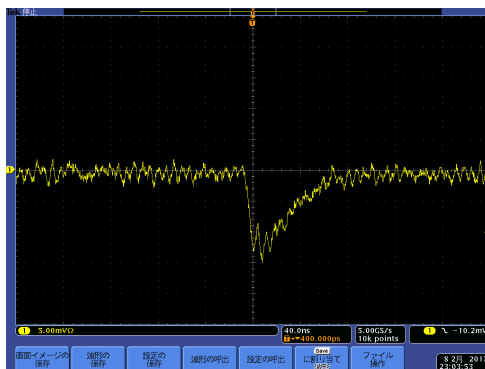
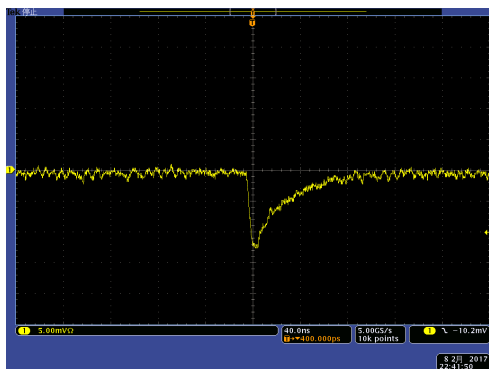
フラットケーブル 10 cm    フラットケーブル 1 m    ツイストケーブル 1 m



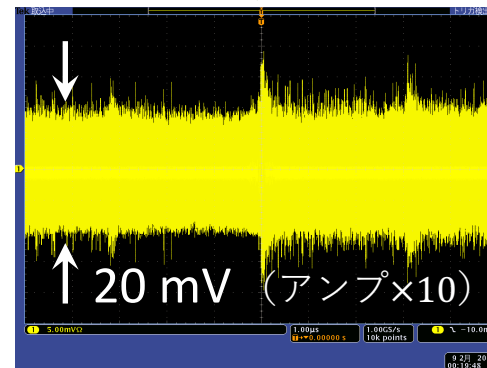
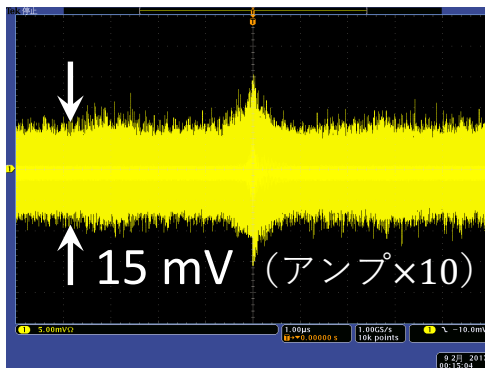
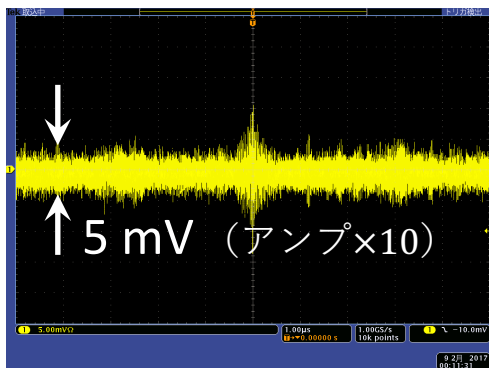
# ノイズの評価

✓ダークの信号

フラットケーブル 10 cm    フラットケーブル 1 m    ツイストケーブル 1 m

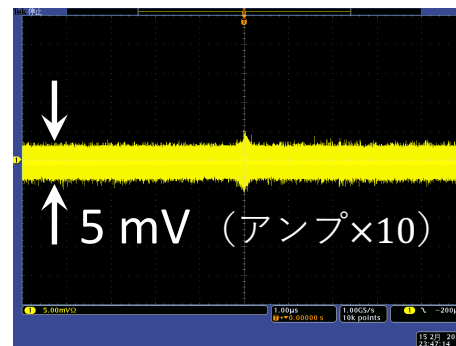
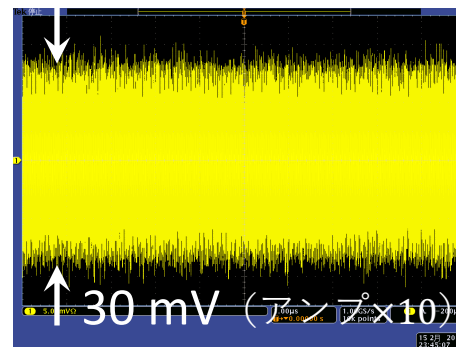
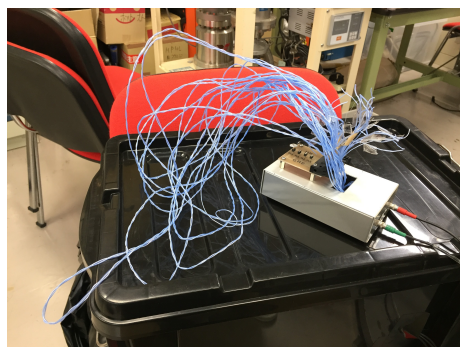


MPPPCのHV : 0 V, オシロのパーシスト : 500 ms



# ノイズの評価

ツイストケーブルのときにノイズが大きくなるのはなぜか？



ノイズの原因

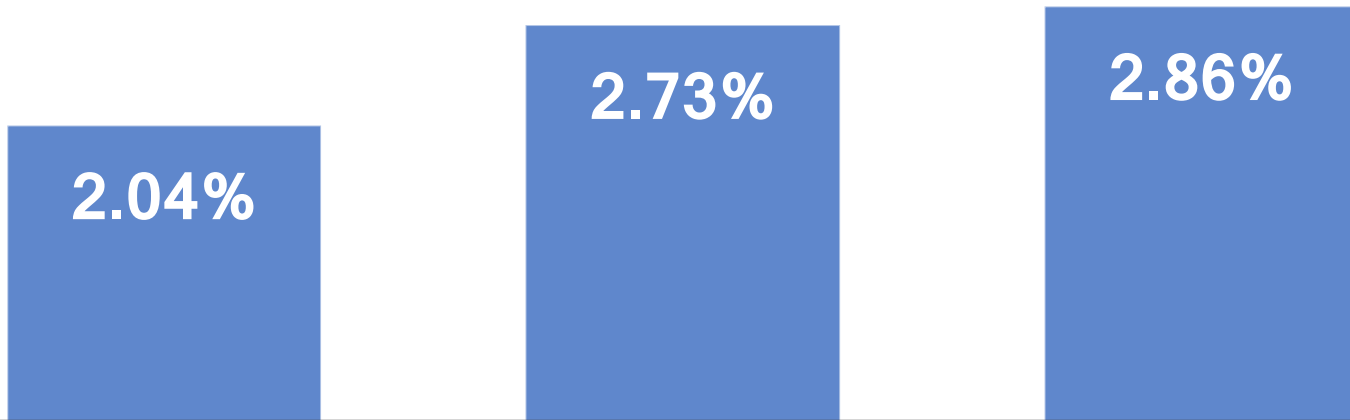
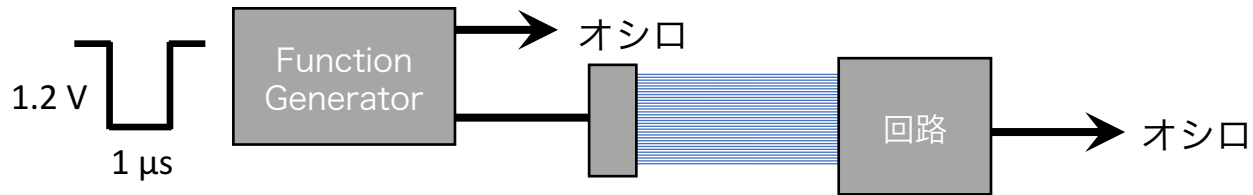
→ケーブルの不安定さによるもの

2017/2/20



# 減衰の評価

✓入力信号と出力信号の積分値を比較

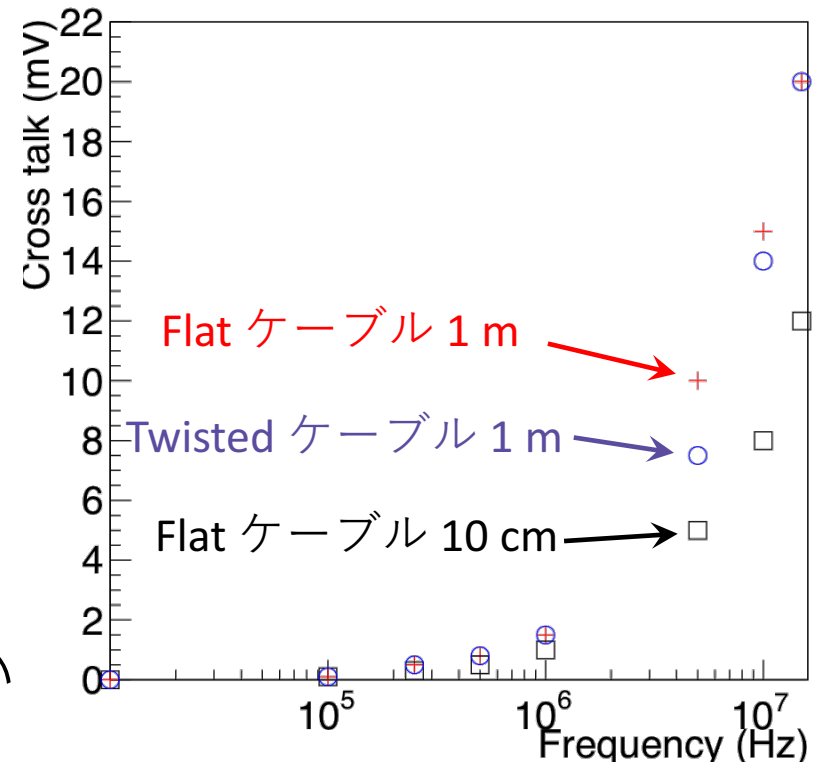
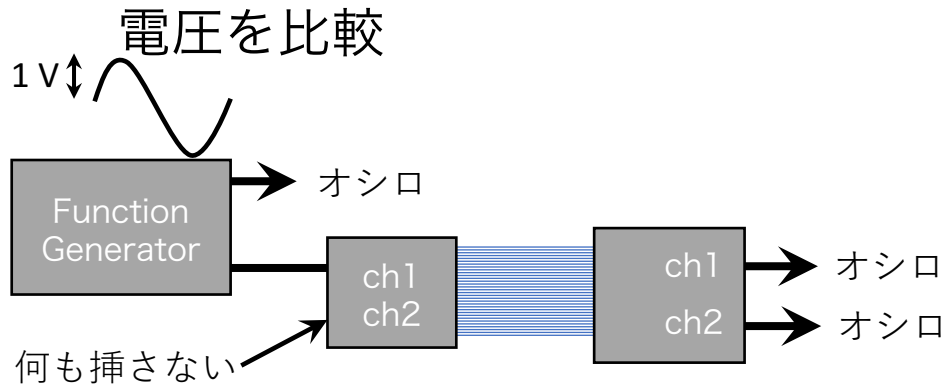


フラットケーブル 10 cm フラットケーブル 1 m ツイストケーブル 1m

→ツイストケーブルのときが一番減衰が大きい

# クロストークの評価

✓正弦波を入力したときの隣りのケーブルに載るクロストークの



- 1 MHzを超えたあたりから急激にクロストークが増加  
→EL光の立ち上がり速度  
( $0.8 \text{ V}/\mu\text{s} \approx 250 \text{ kHz}$ ) では小さい
- 5MHzと10 MHzを入力した際はツイストケーブルではクロストークが多少減少

# フラットケーブル vs ツイストケーブル

---

✓ノイズ

→ツイストケーブルのほうが大きい

✓信号の減衰

→ツイストケーブルのほうが大きい

✓クロストーク

→大きな違いは現れず

ツイストケーブルに淡い期待を抱いたが。。。。

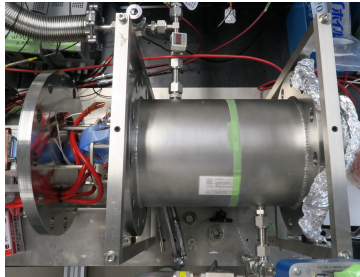
→次期AXEL試作機ではフラットケーブルを採用

# 次期試作機開発に向けて

来年度：100L級チェンバー

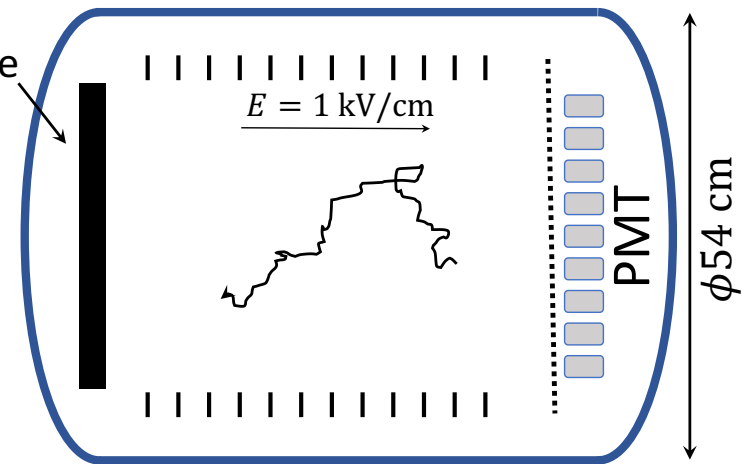
54 cm

現行：10L級チェンバー



約10倍！

ELCC plane



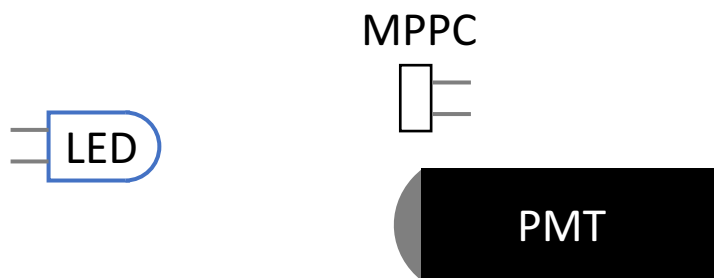
そこで生じる課題…

✓MPPCと読み出し回路を結ぶケーブル長が伸びる

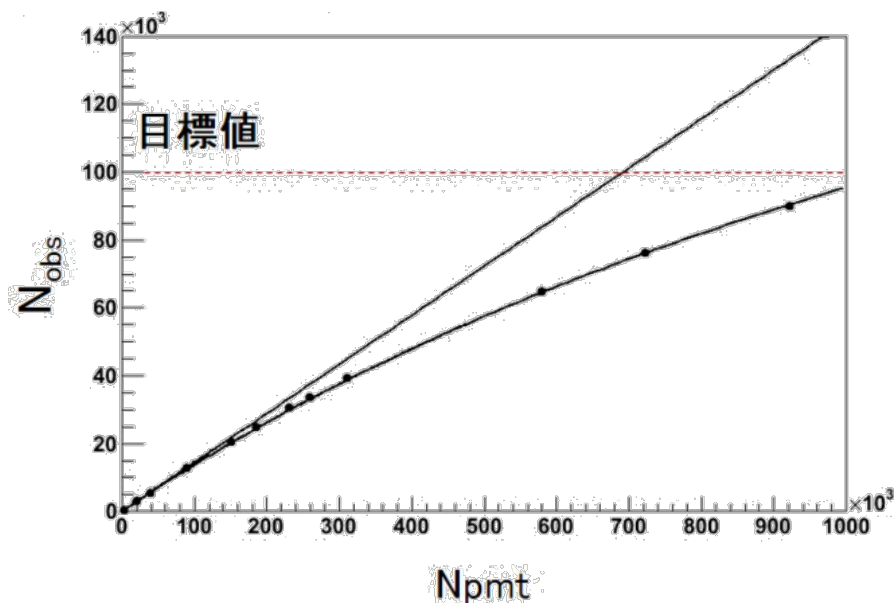
✓大量（約1000 ch）のMPPCのキャリブレーションが必要

# MPPCのキャリブレーション

✓MPPCは光子計数能力をもつが、大光量のもとでは非線形性をもつことがわかっている。



5  $\mu$ sのパルスに対するVUV-MPPCの線型性



(柳田沙緒里, 2016年修士論文)

✓現在1個のMPPCの測定に約1日必要

✓次期試作機のチャンネル数：1000 ch

➡ MPPCの効率的なキャリブレーションに向けたシステム開発が必要

# まとめ・今後の展望

---

## ✓ケーブルの評価

### ・まとめ

クロストークでは大きな違いは現れず、ノイズ、信号の減衰ではフラットケーブルのほうが良い結果が得られた。

→次期試作機ではフラットケーブルを採用することになった。

### ・これから

クロストークのチェック側には何も繋がなかったので、MPPCを挿した場合の振る舞いについて調べる

ケーブルの評価を早くまとめて、キャリブレーションシステム開発の仕事に取り掛かりたい

# おまけ

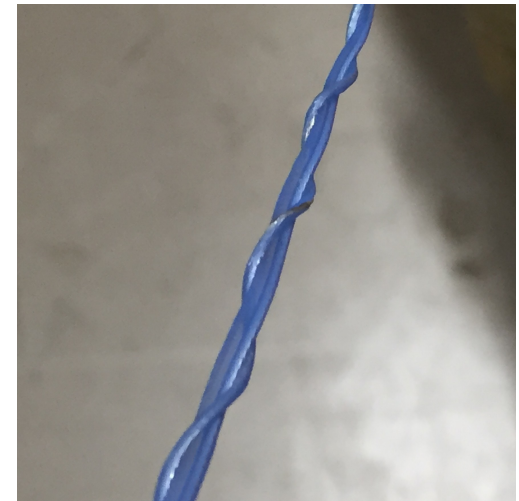
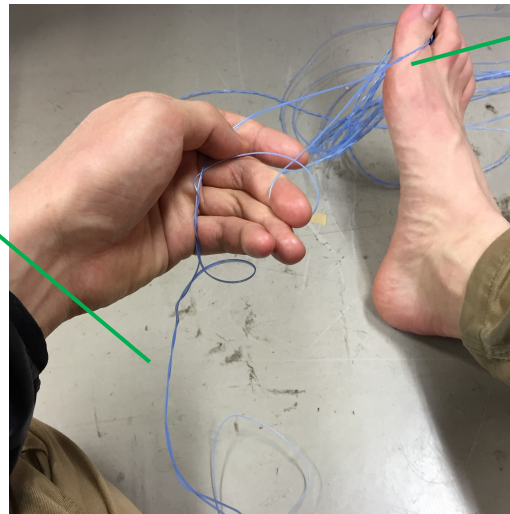
# ツイストケーブルの作製

✓ツイストケーブルをどうやってつくるか

→手でねじる

片側のケーブルに巻きつく

反対側がからまる



手で巻くのは意外に難しい。。。

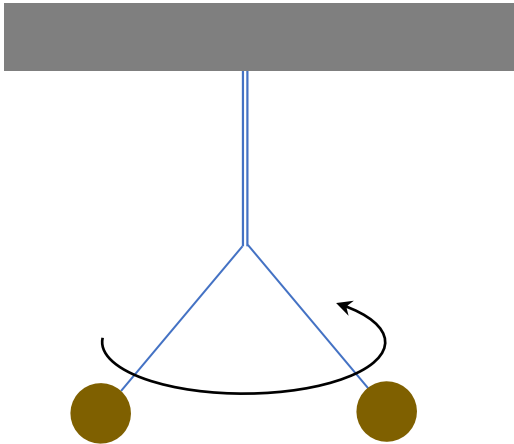


# ツイストケーブルの作製

✓けん玉メソッド

→両手けん玉のときに

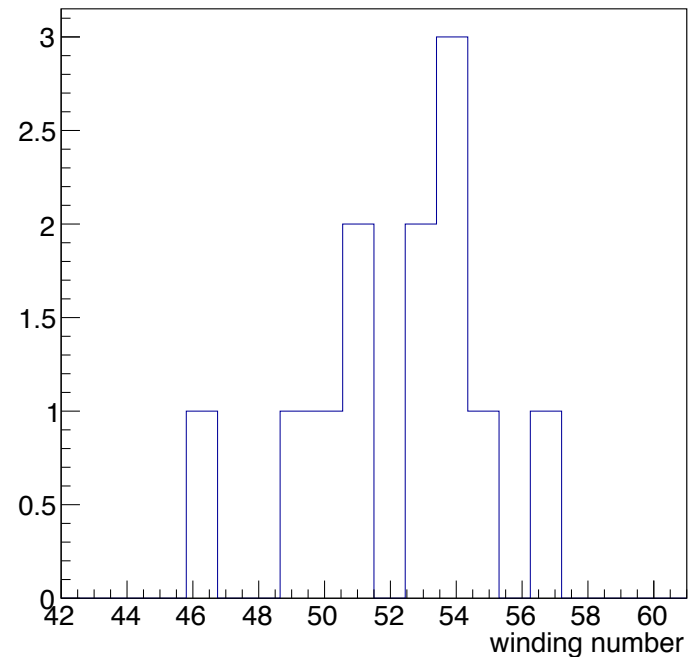
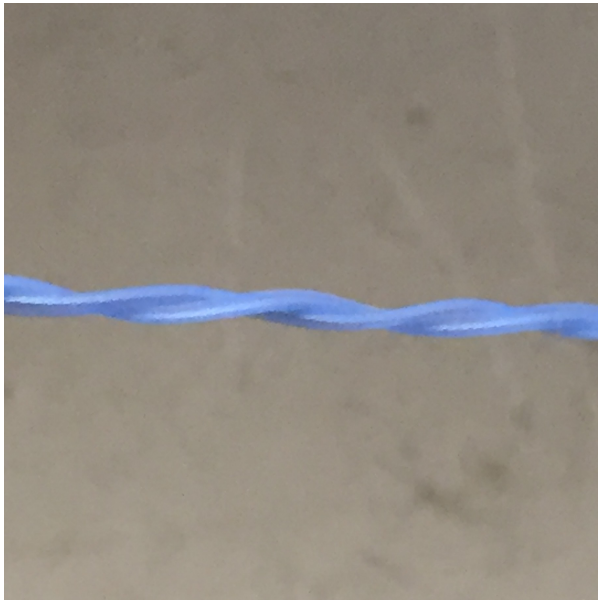
玉同士がからまる現象を応用



# ツイストケーブルの作製

✓けん玉メソッドで作ったケーブルの評価

- 断線したケーブル：なし
- 終端での長さの違いも少ない



作製したケーブル数：12本

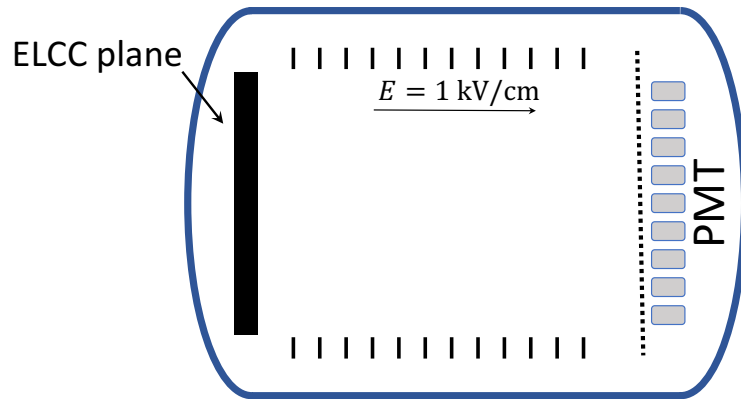
Mean : 52.5巻

Std Dev : 2.9巻

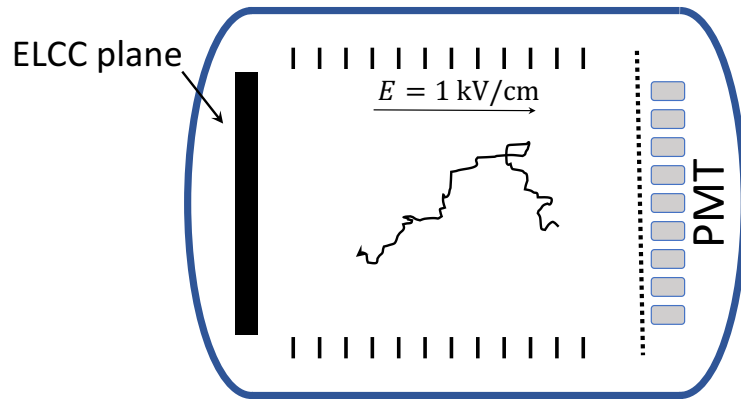
# Backup

# AXELのエネルギーの測定原理

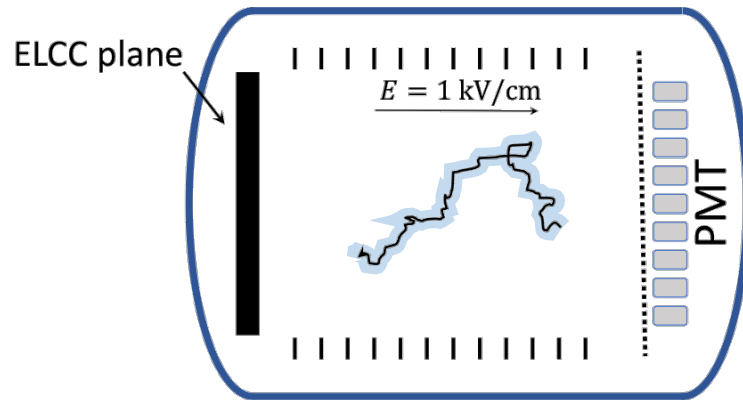
---



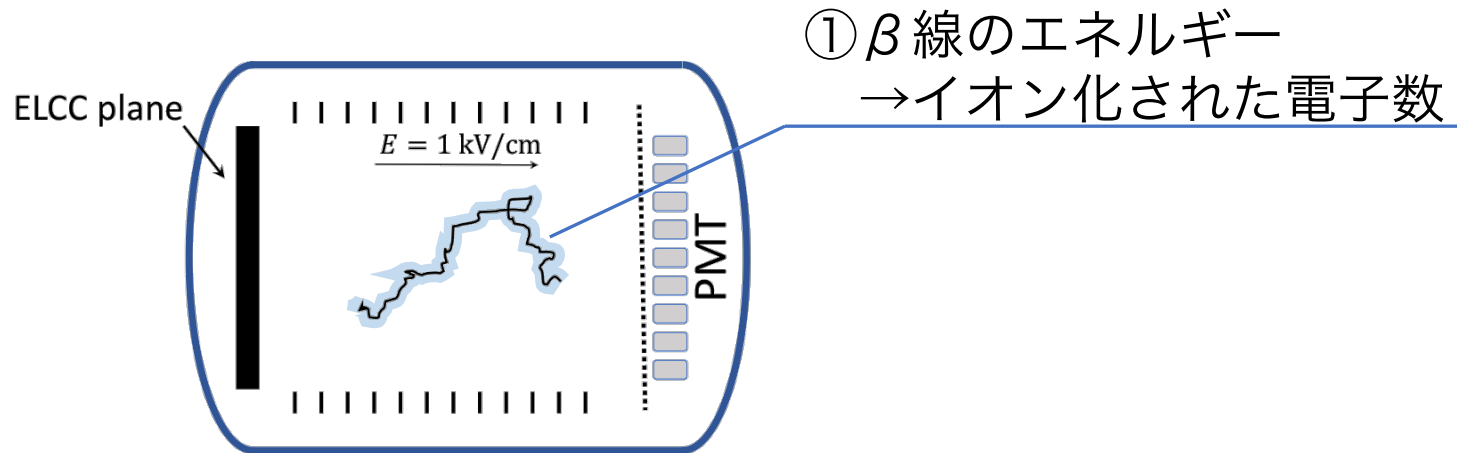
# AXELのエネルギーの測定原理



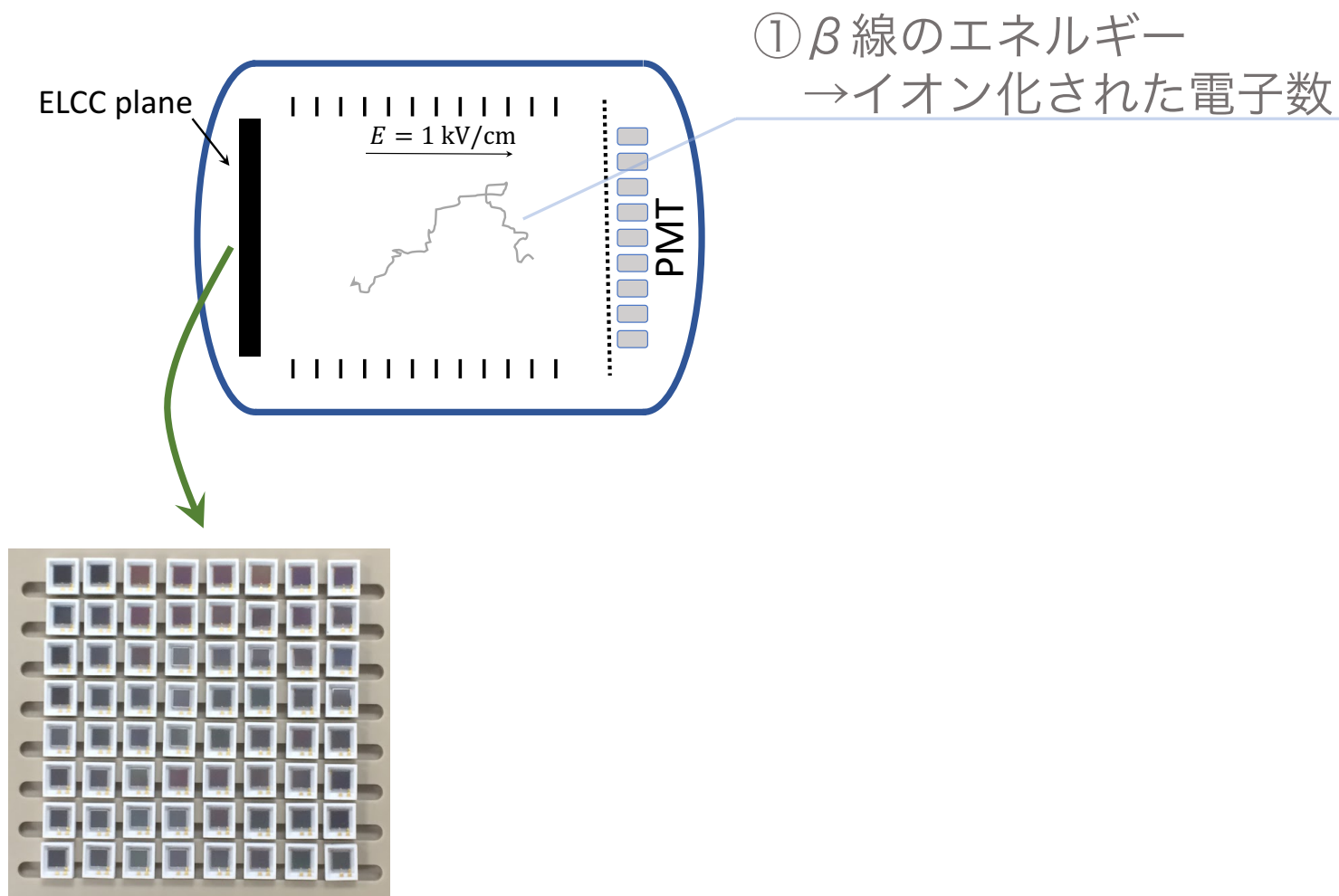
# AXELのエネルギーの測定原理



# AXELのエネルギーの測定原理

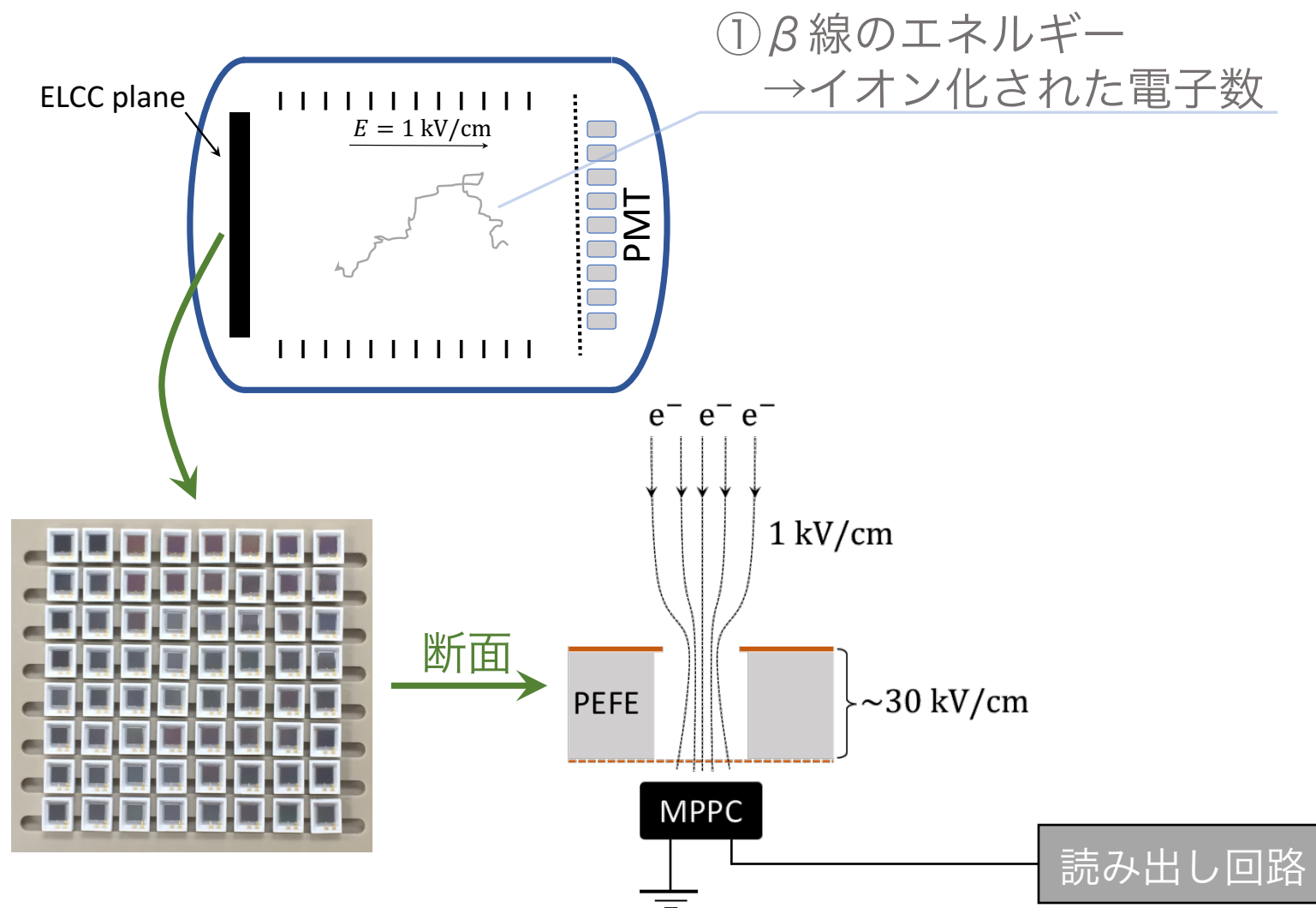


# AXELのエネルギーの測定原理

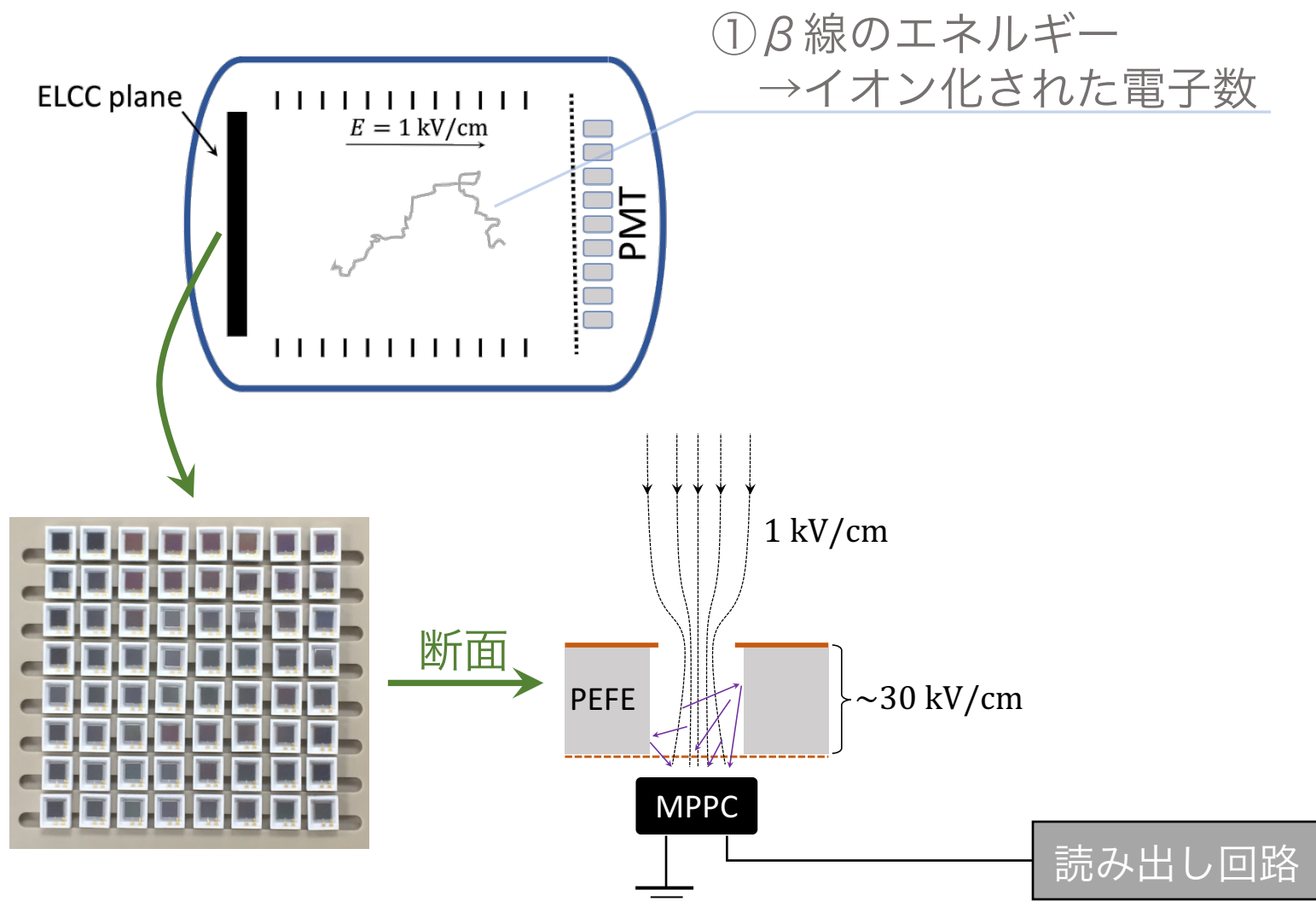




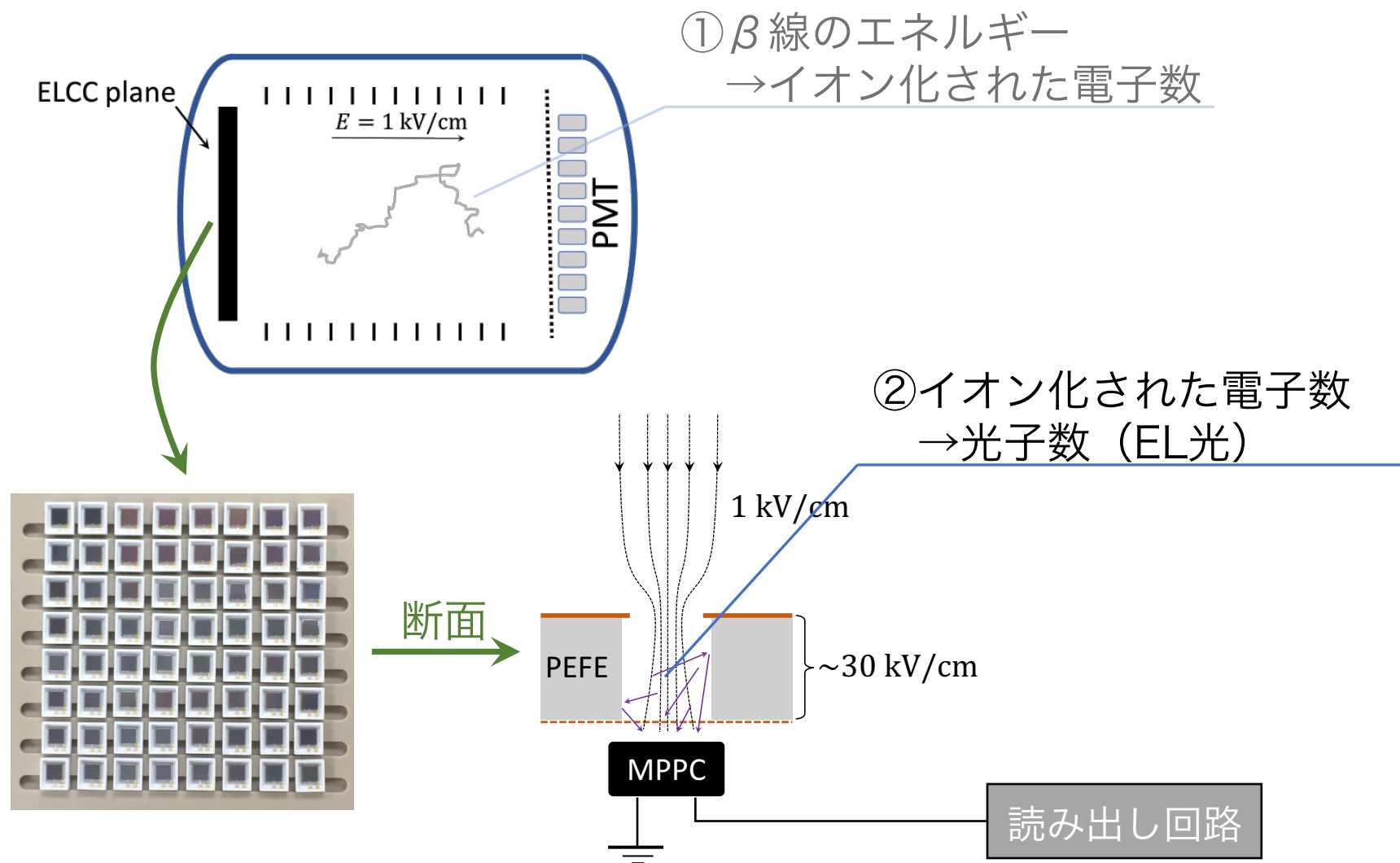
# AXELのエネルギーの測定原理



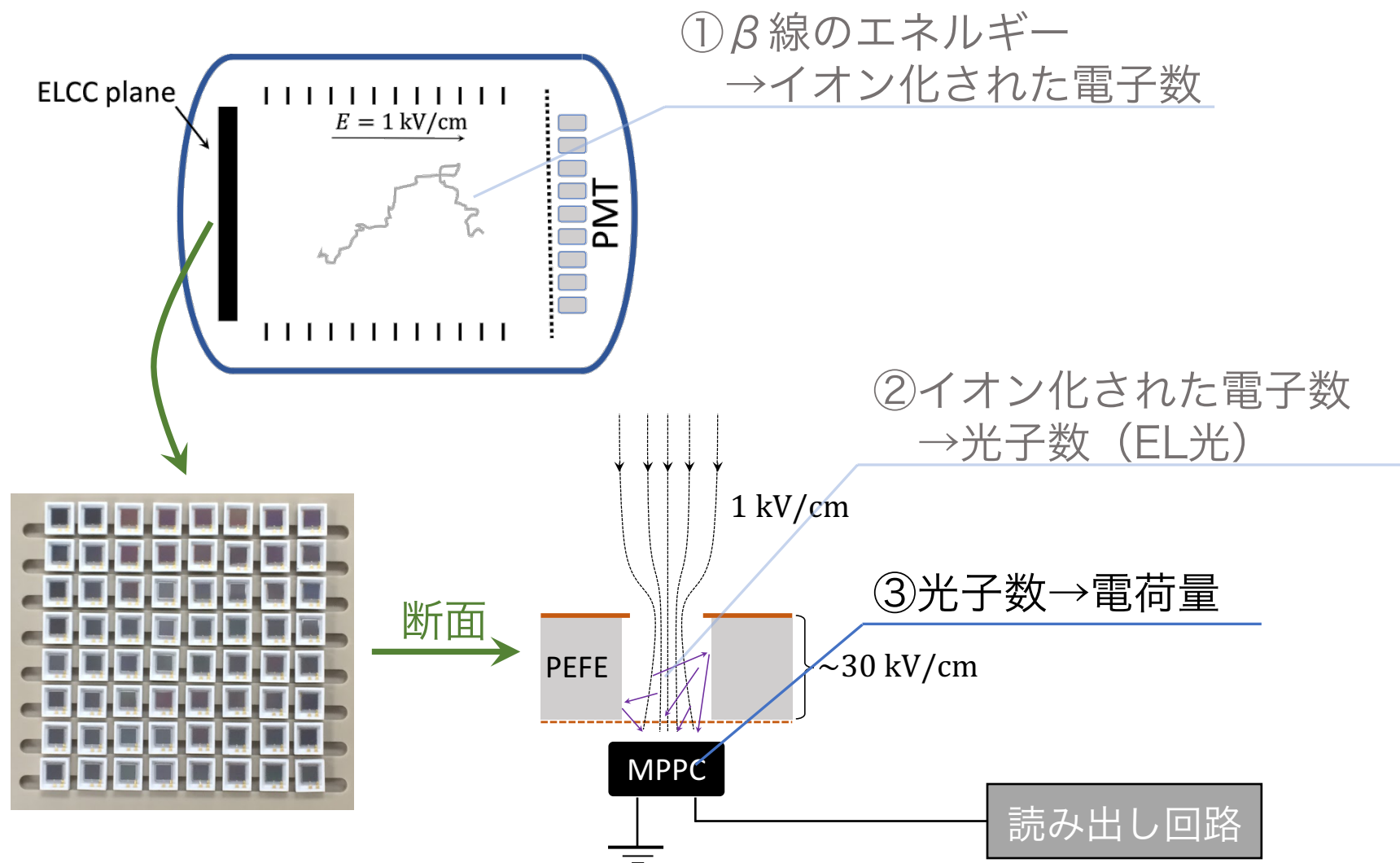
# AXELのエネルギーの測定原理



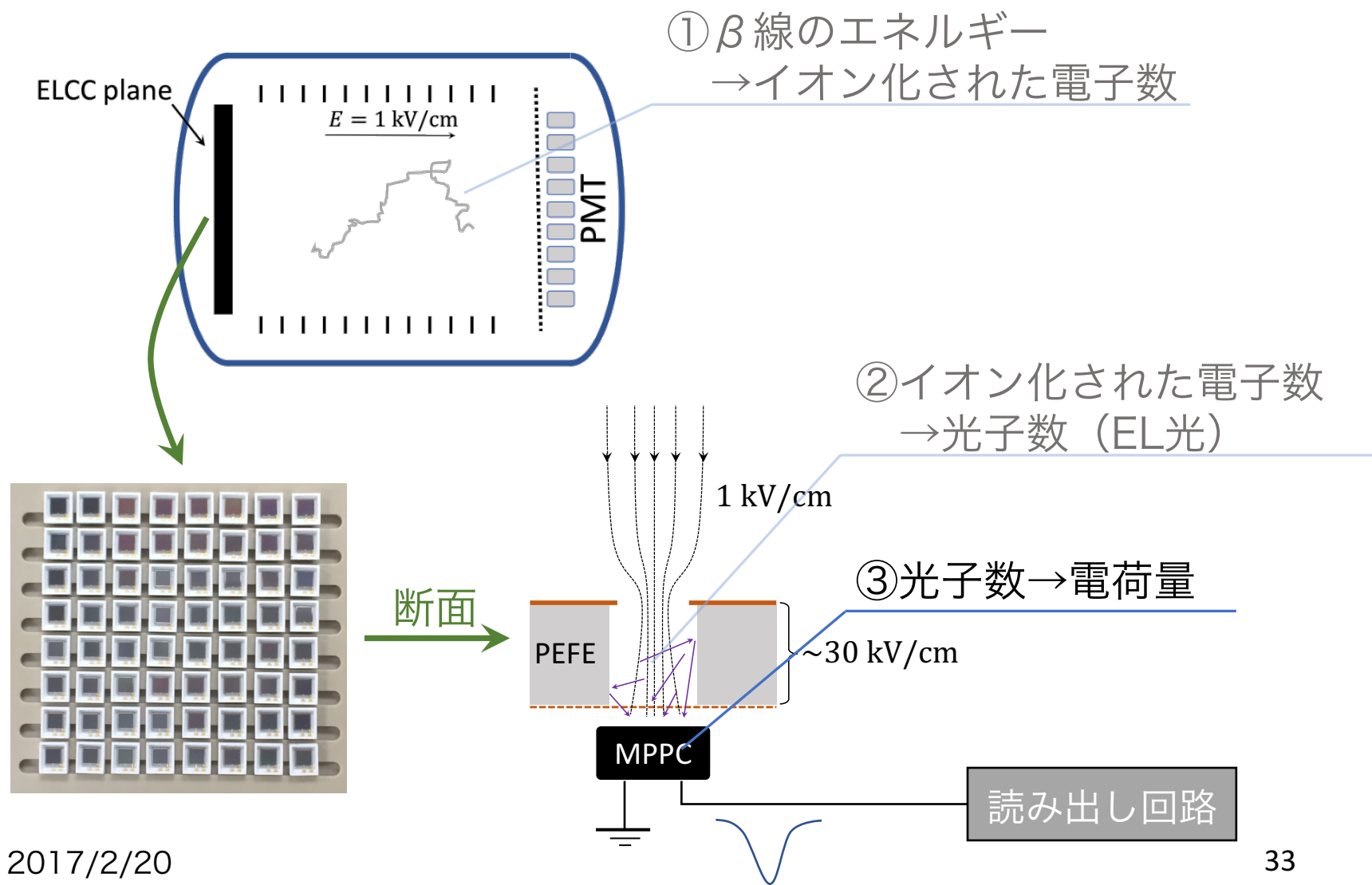
# AXELのエネルギーの測定原理



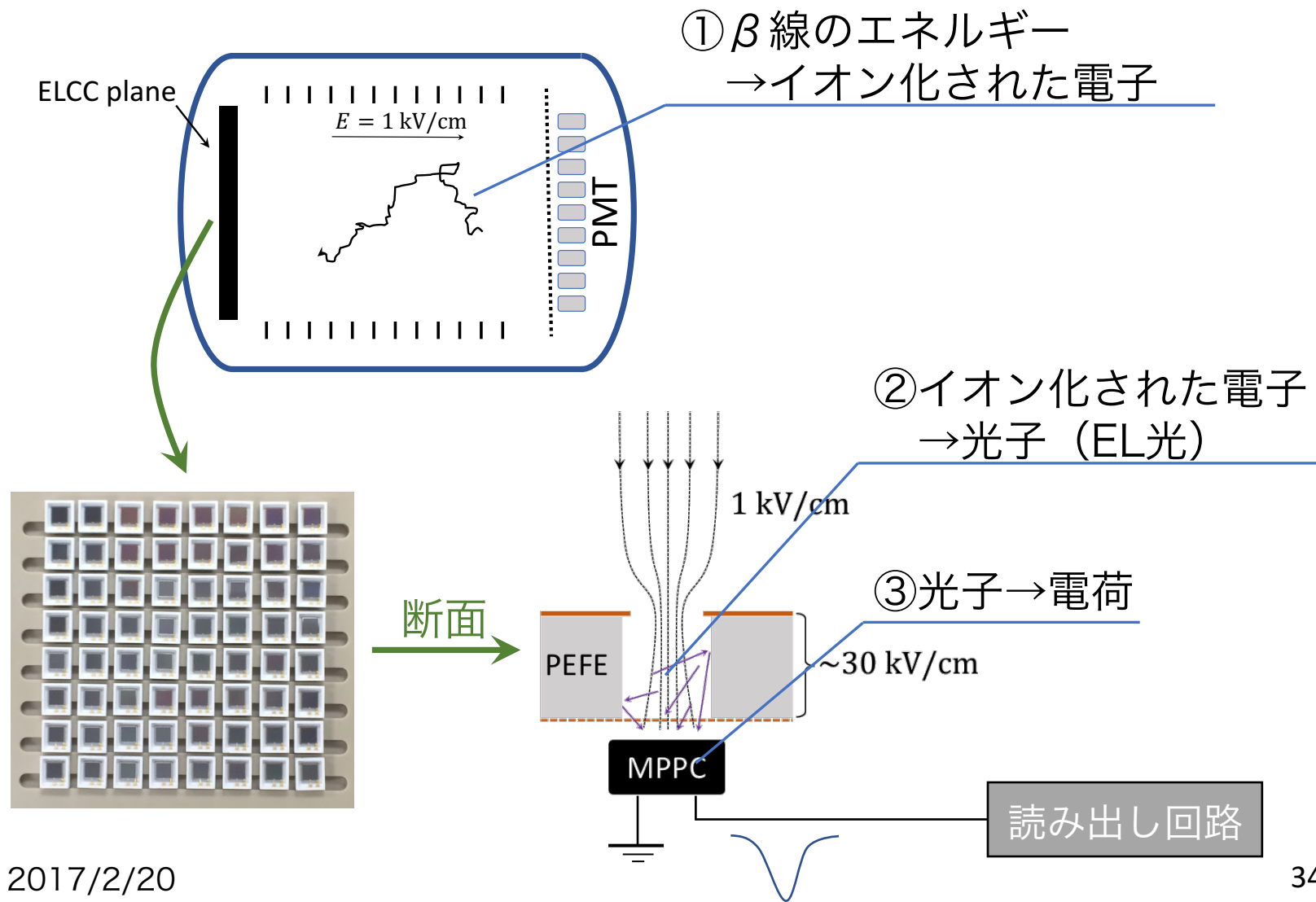
# AXELのエネルギーの測定原理



# AXELのエネルギーの測定原理

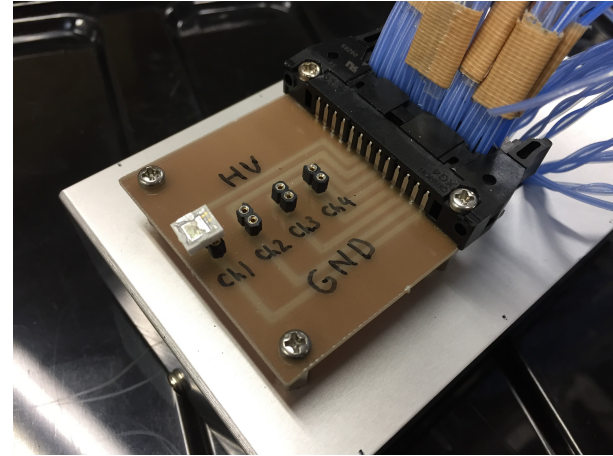
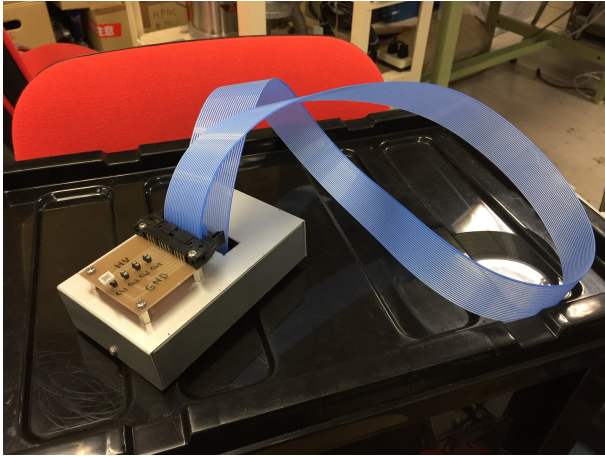


# エネルギーの測定原理

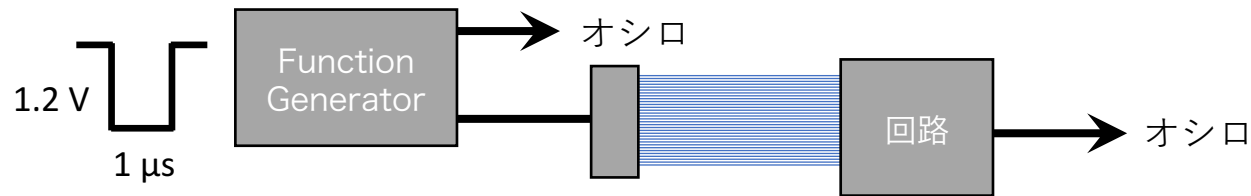


# セットアップ

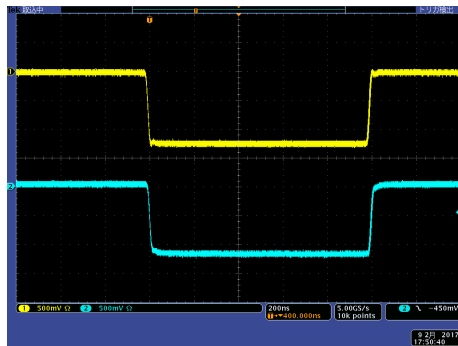
---



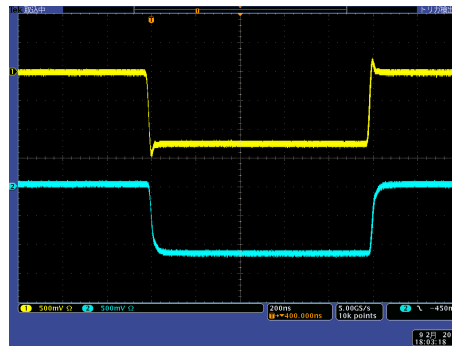
# 減衰の評価



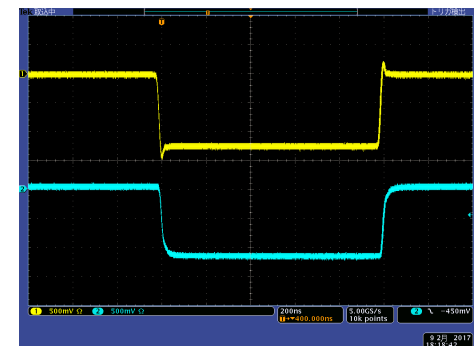
フラットケーブル 10 cm    フラットケーブル 1 m    ツイストケーブル 1 m



積分値  
入力 : 24.57 nC  
出力 : 24.06 nC  
減衰 : 2.04%



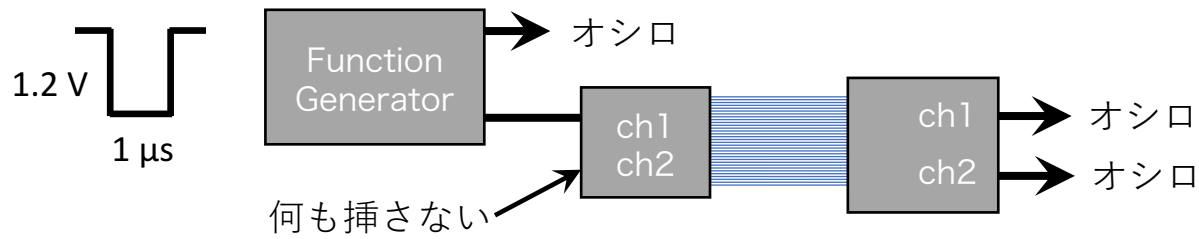
積分値  
入力 : 24.69 nC  
出力 : 24.01 nC  
減衰 : 2.73%



積分値  
入力 : 24.67 nC  
出力 : 23.96 nC  
減衰 : 2.86%



# 隣のチャンネルに載るクロストーク



フラットケーブル 10 cm    フラットケーブル 1 m    ツイストケーブル 1 m

