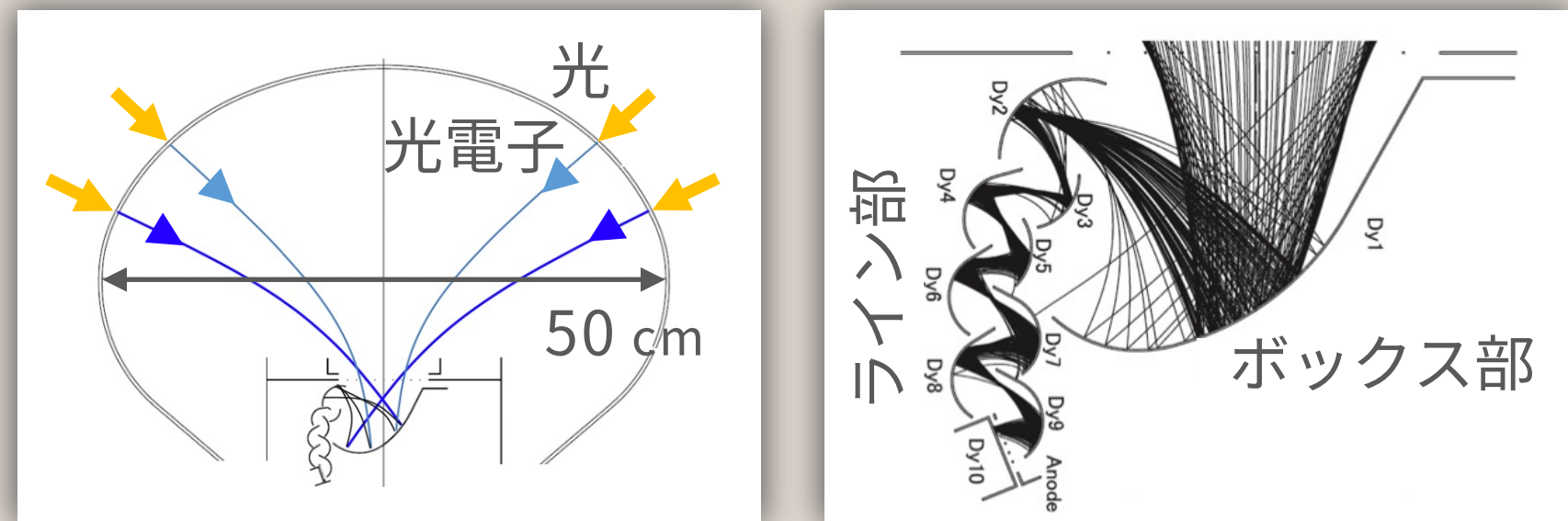


目的 | ハイパーカミオカンデの測定精度向上

ハイパーカミオカンデは次世代の水チェレンコフ検出器。ニュートリノ・陽子崩壊研究のため高精度測定が必要。高精度測定実現のため、本研究はPMT応答を精密に調査

PMT内部の電子軌道

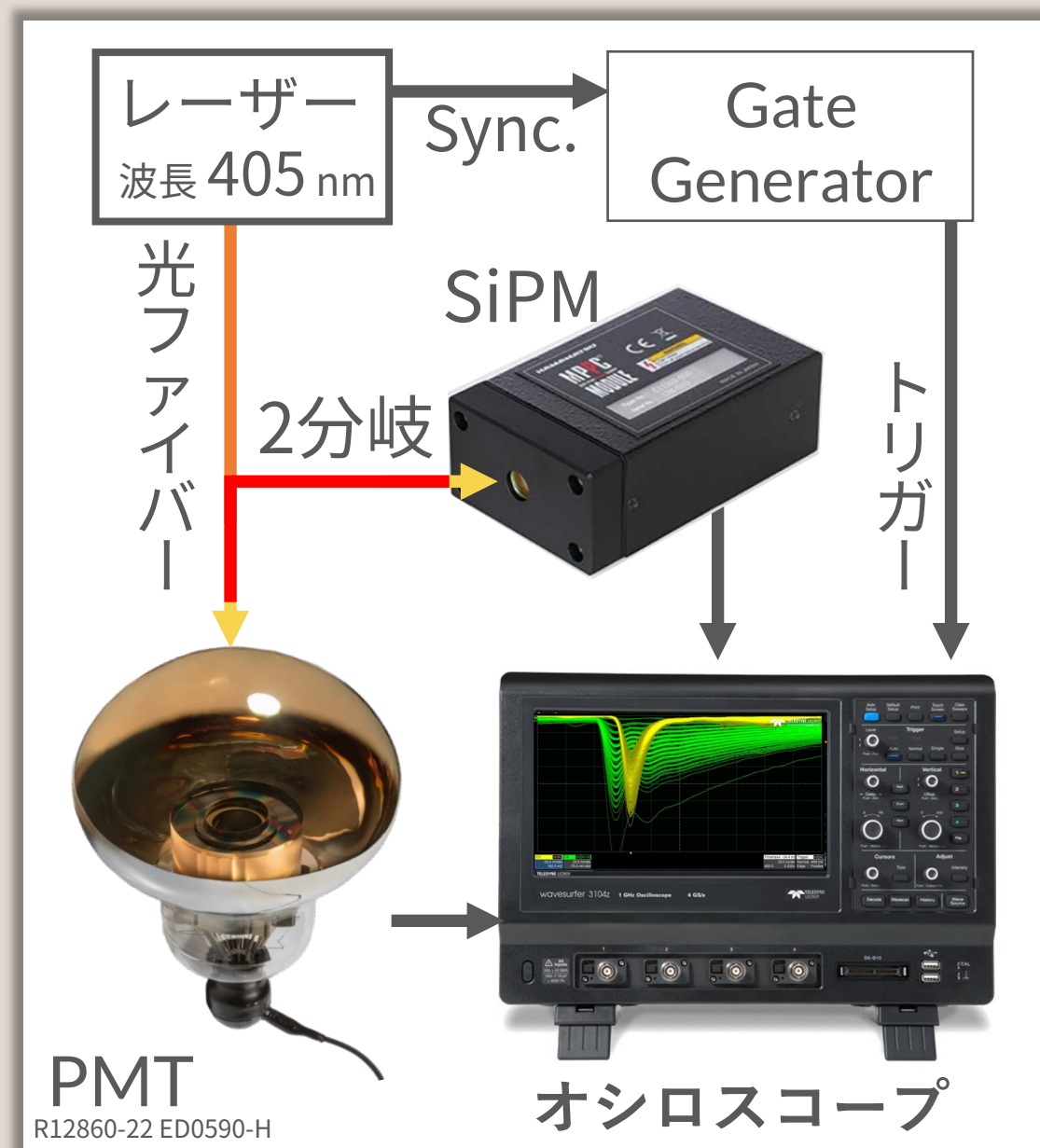


電子軌道は光入射位置・印加電圧・環境磁場に依存
ダイノード構造による非対称性も存在

PMTの光入射位置・電圧・磁場依存性を調査

方法

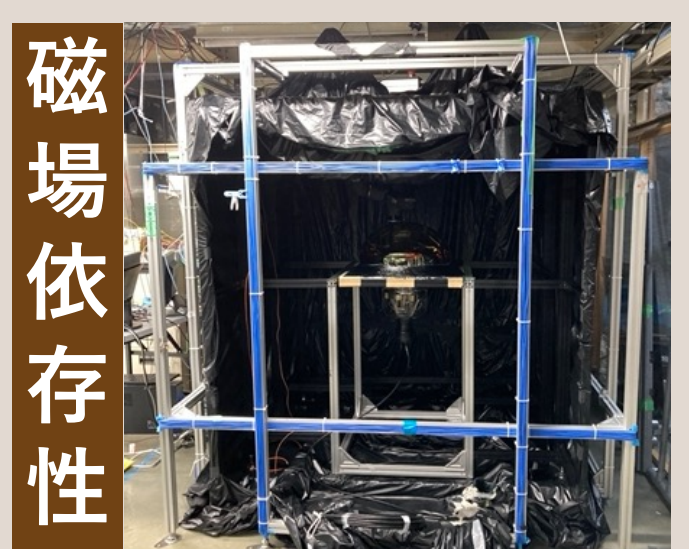
データ取得の流れ



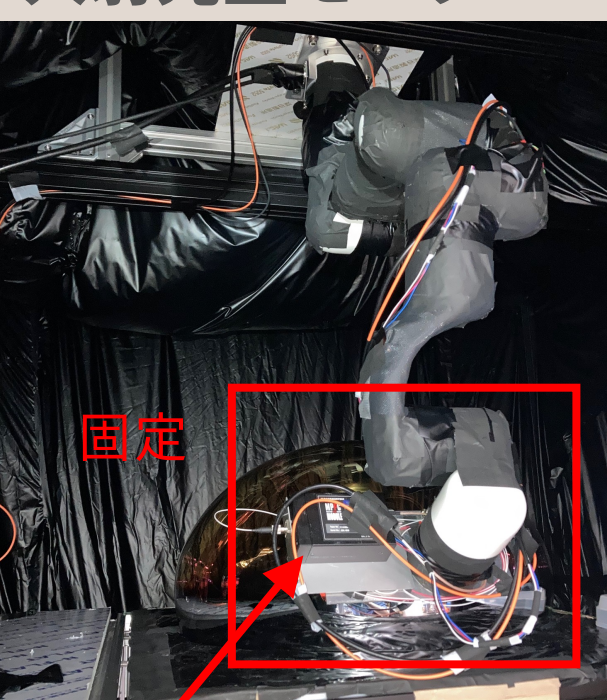
位置依存性



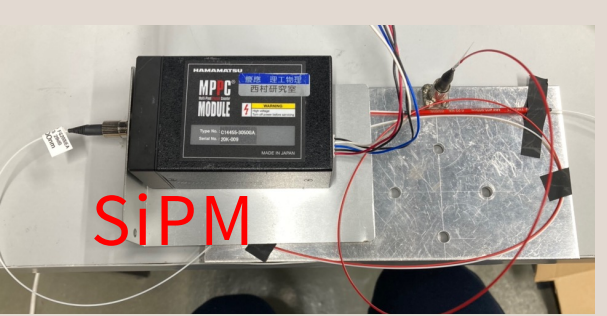
ロボットアームで
光入射位置を設定



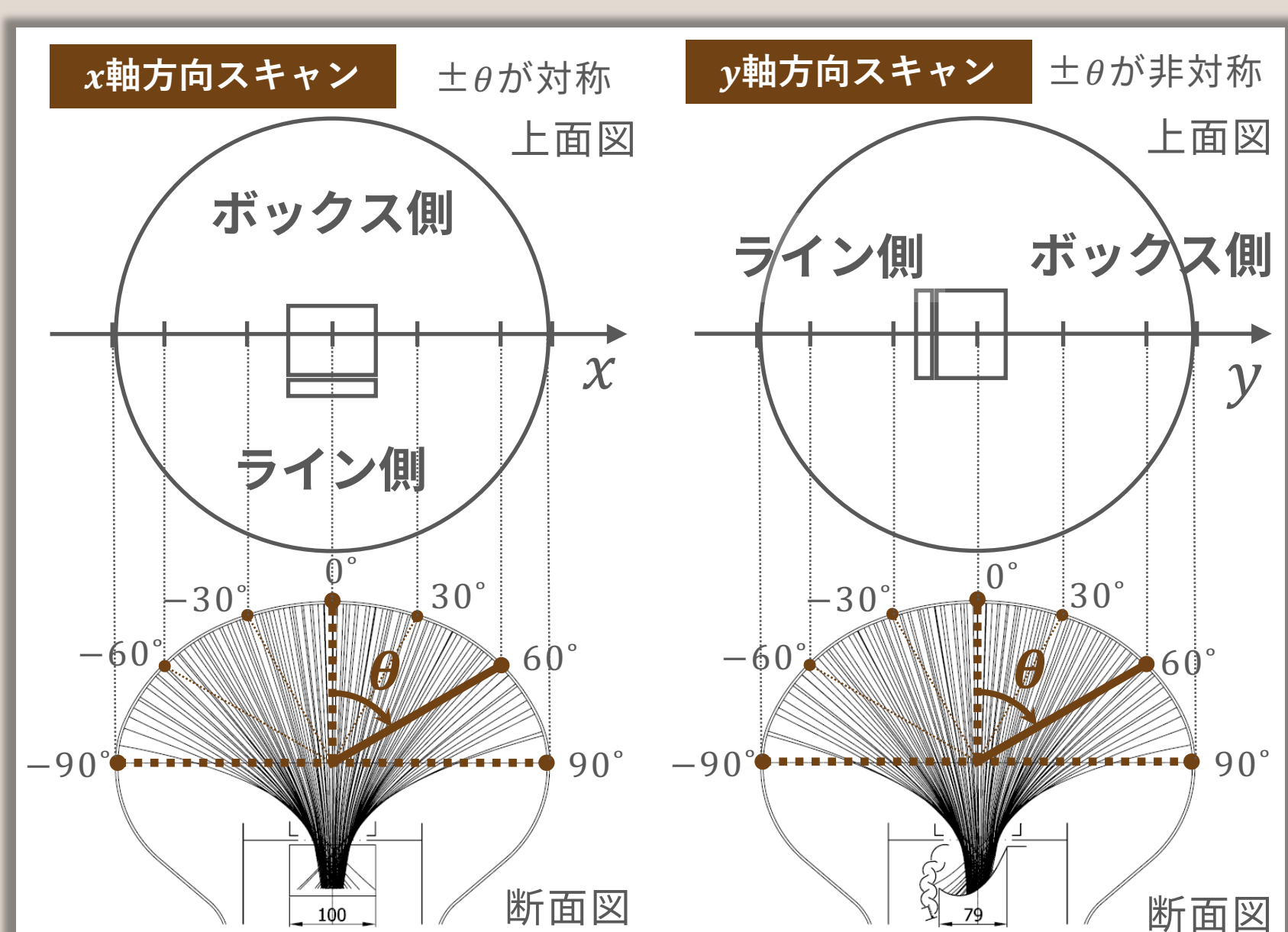
ヘルムホルツコイルで
磁場を制御

SiPMによる
入射光量モニター

検出効率の測定に使用



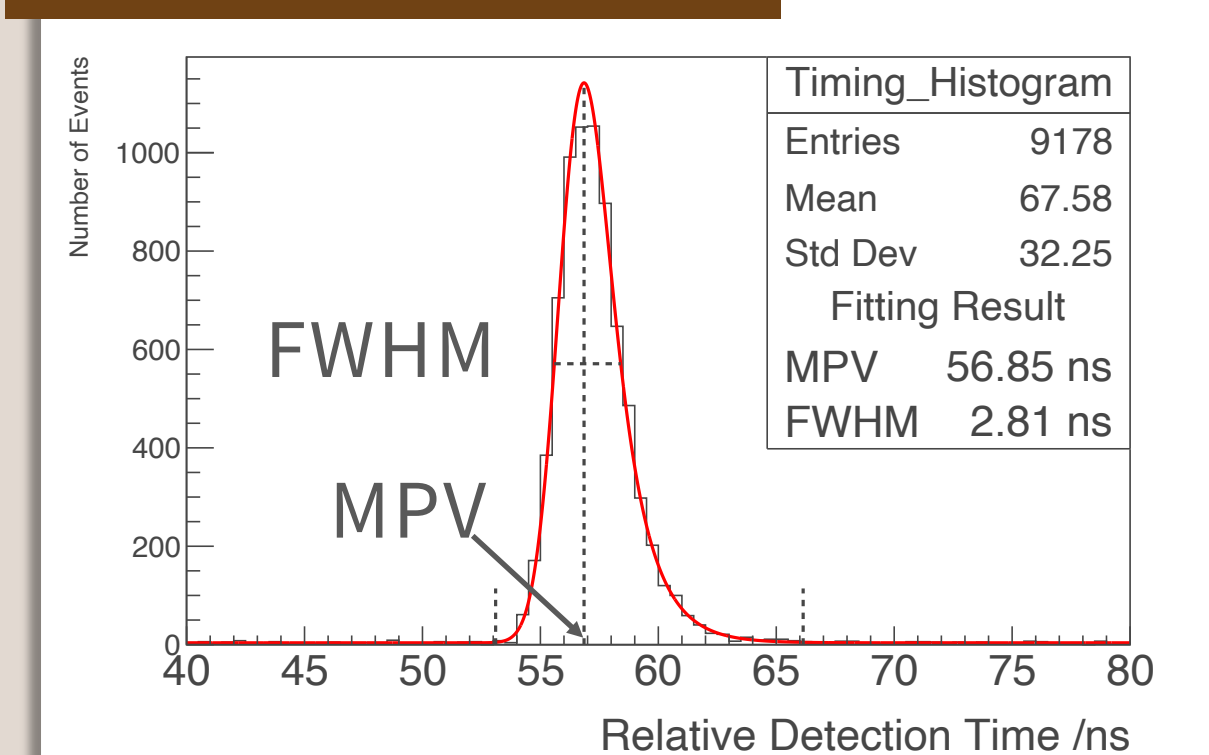
検出効率の測定に使用

光入射位置 (角度 θ) の定義

結果

1光電子検出時間

$\theta = 0^\circ$, 1700 Vの結果



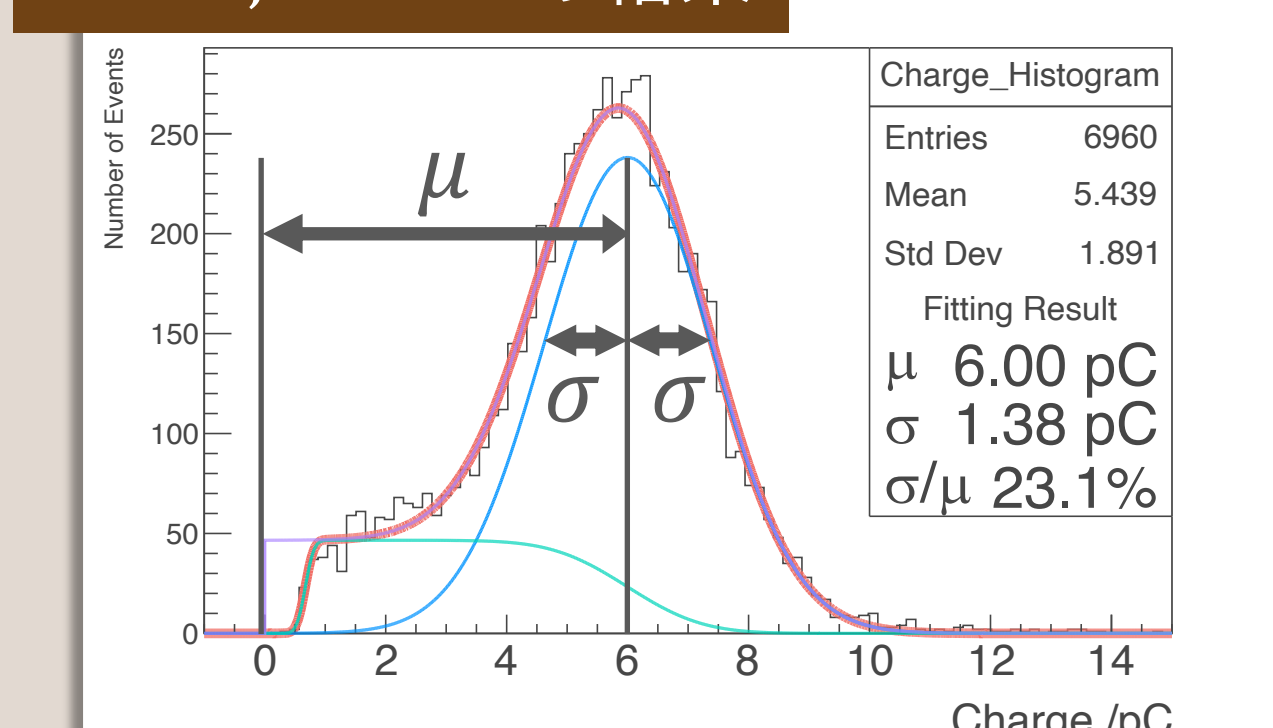
モデル関数 | Exponentially Modified Gaussian

$$f(x) = \gamma \frac{\lambda}{2} e^{-2(x-\mu-\lambda\sigma^2/2)} \operatorname{erfc}\left(\frac{-(x-\mu-\lambda\sigma^2)}{\sqrt{2}\sigma}\right)$$
$$= \gamma \int_0^\infty (\lambda e^{-\lambda t}) \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu-t}{\sigma}\right)^2} \right) dt$$

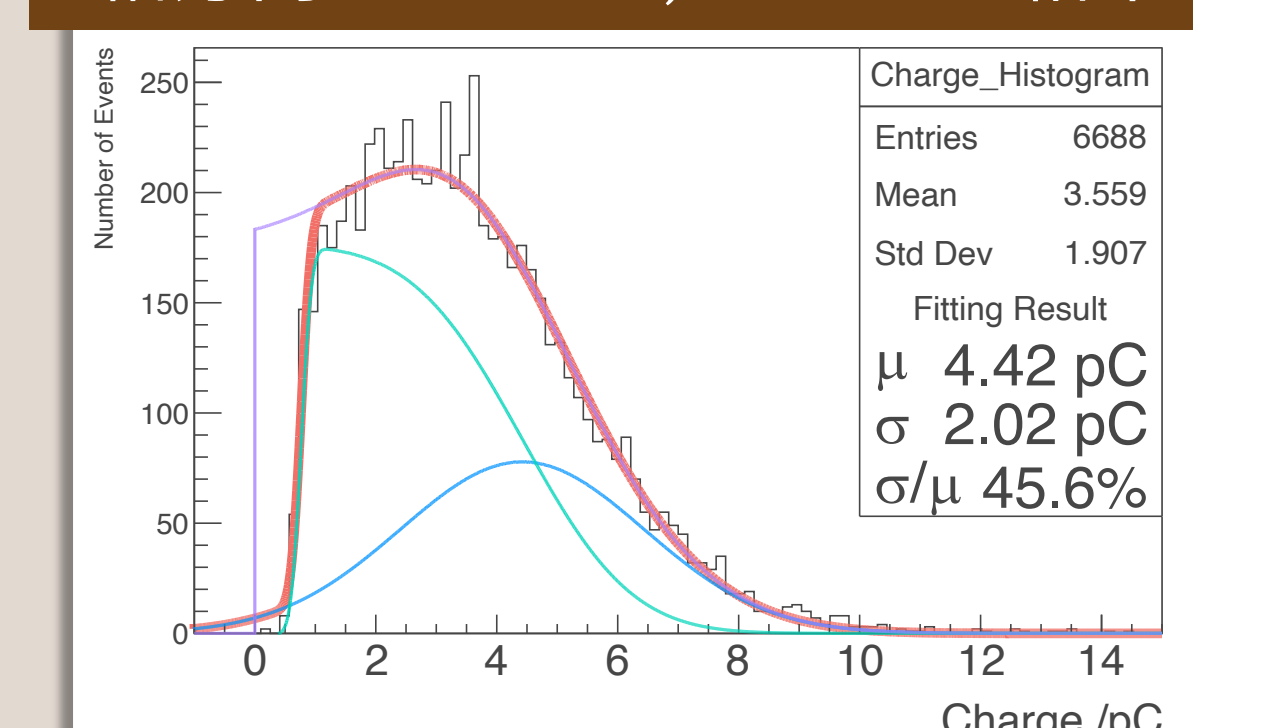
指数関数 ガウス関数

1光電子検出電荷

$\theta = 0^\circ$, 2000 Vの結果



x軸方向 $\theta = -82^\circ$, 2000 Vの結果



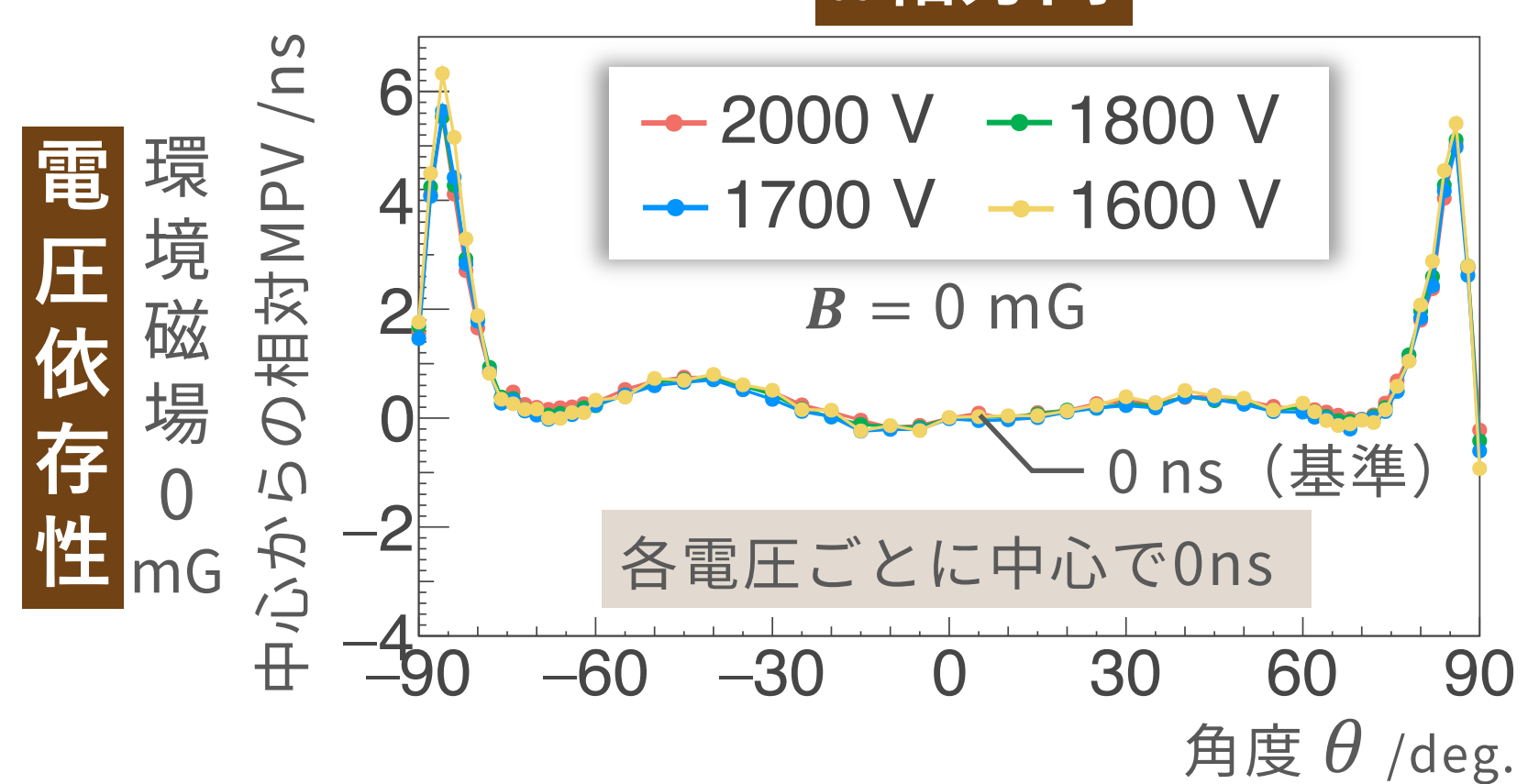
$$f(x) = P \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right) + V \frac{1}{2} \left(\operatorname{erfc}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right) - \operatorname{erfc}\left(\frac{-x+\mu'}{\sigma'}\right) \right)$$

理想的な検出電荷分布を
表すガウス関数

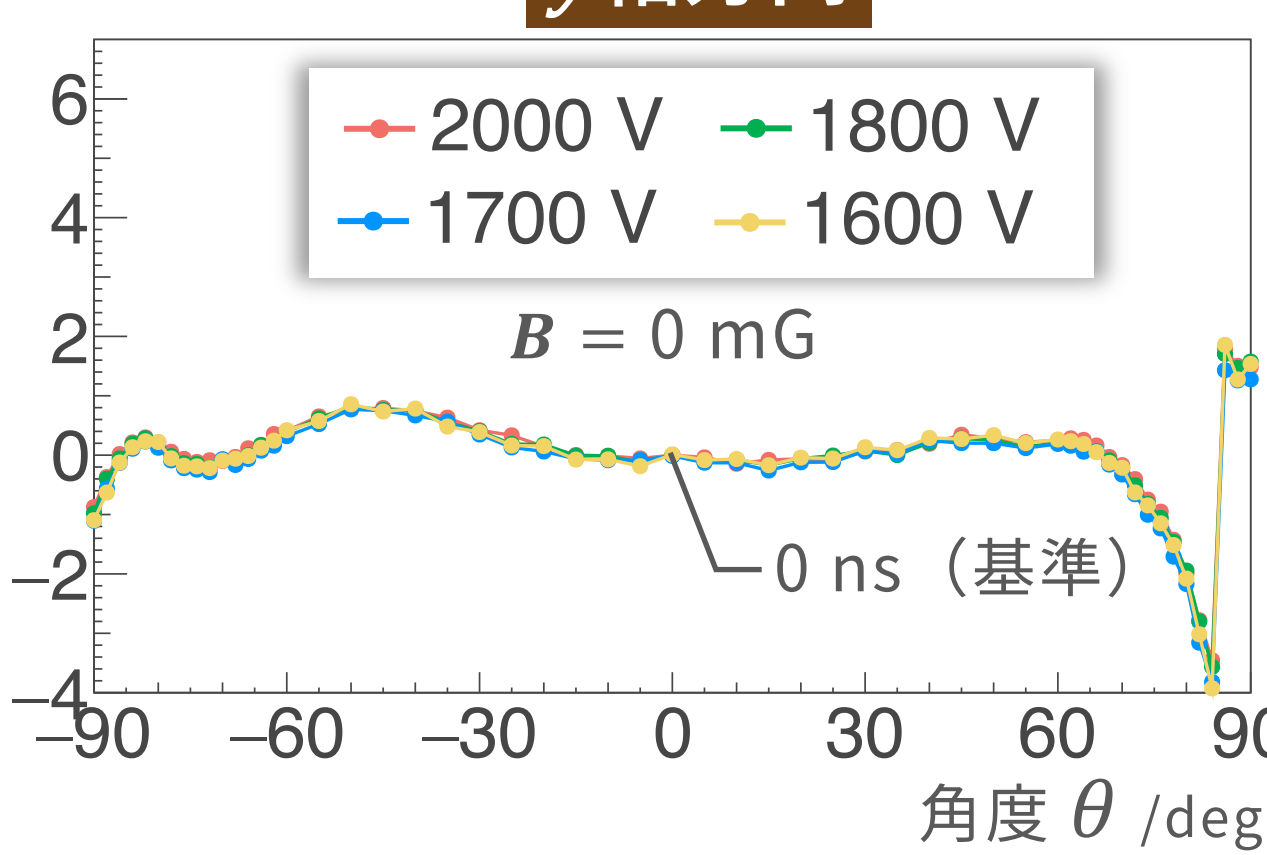
十分に増幅されなかった光電子の
検出電荷分布を表す相補誤差関数

MPV

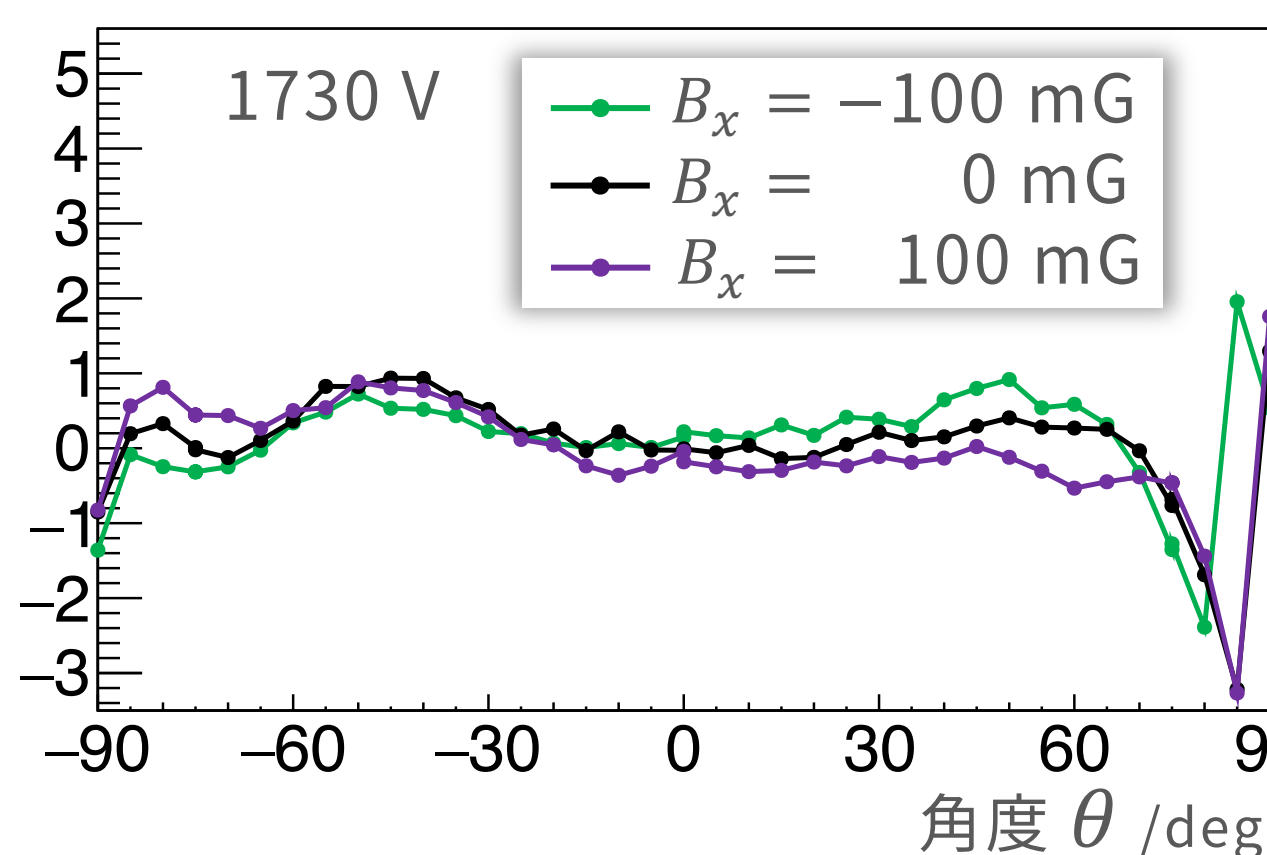
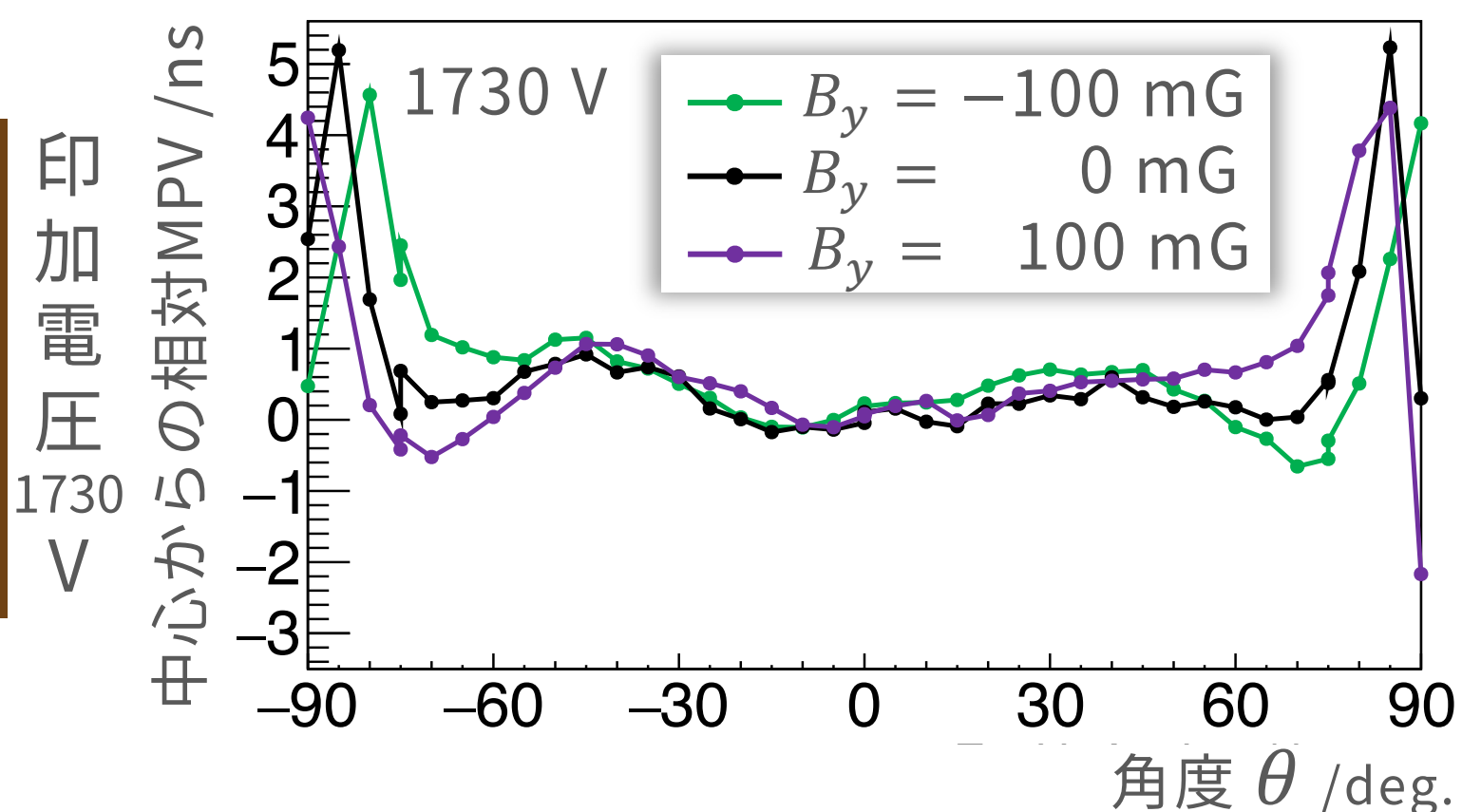
x軸方向



y軸方向

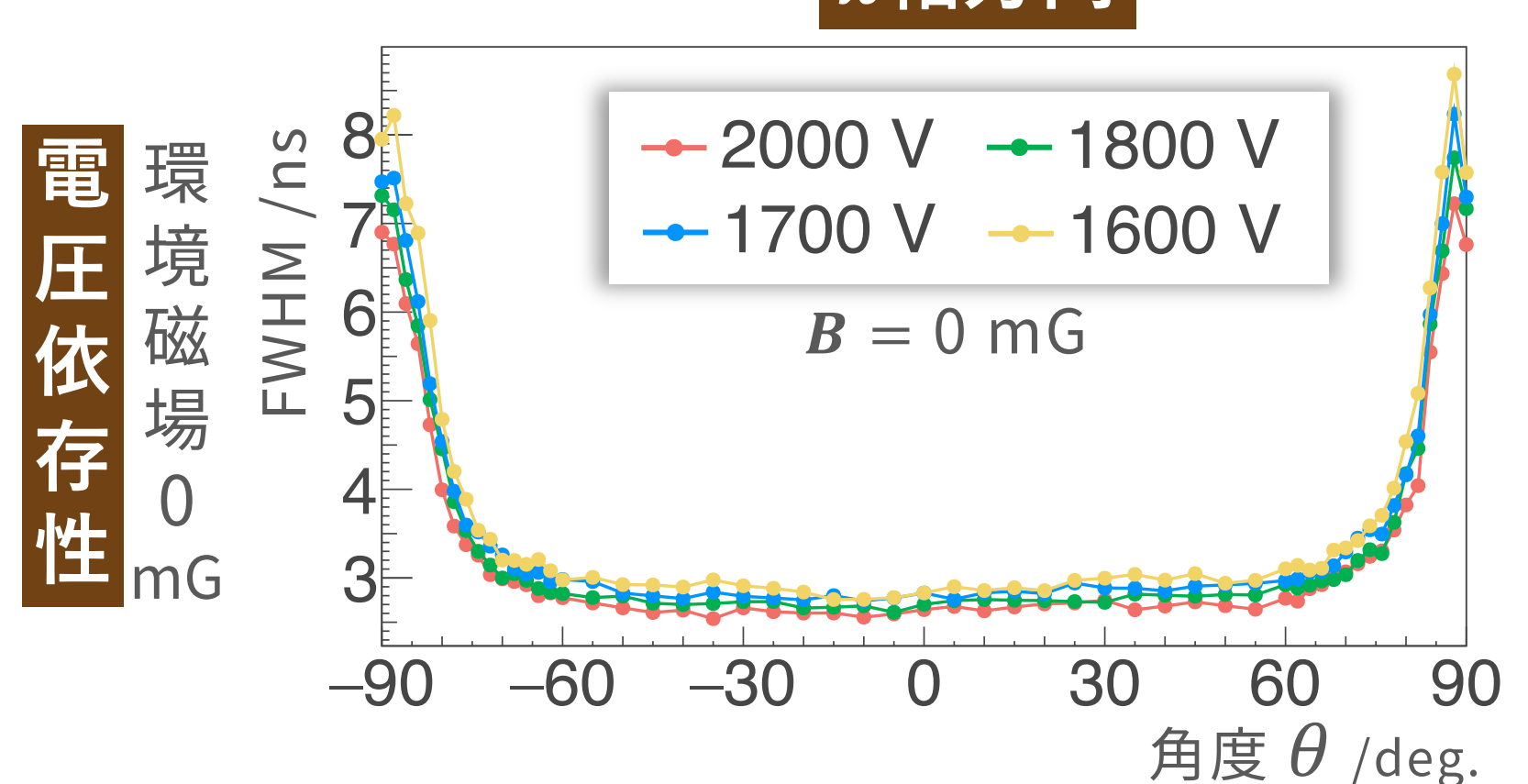


磁場依存性

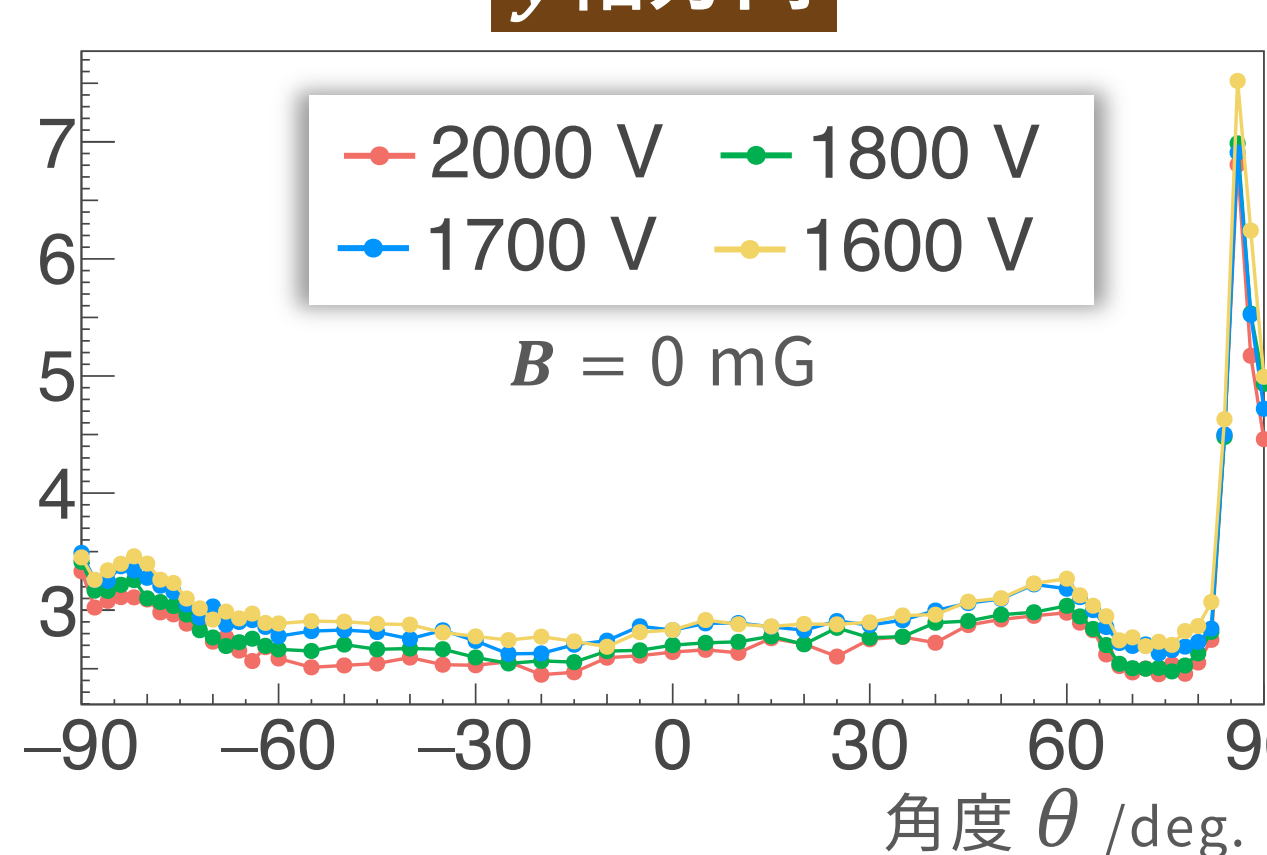


FWHM

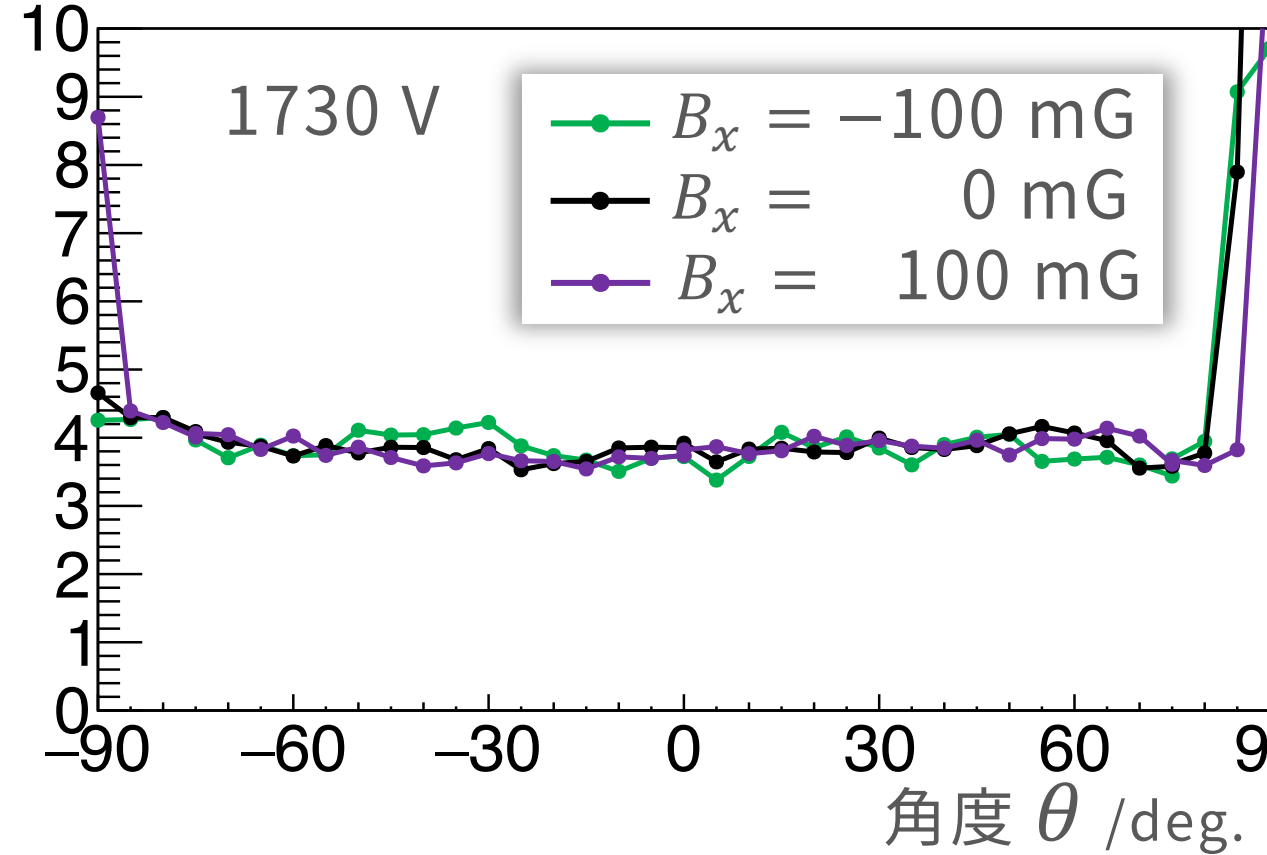
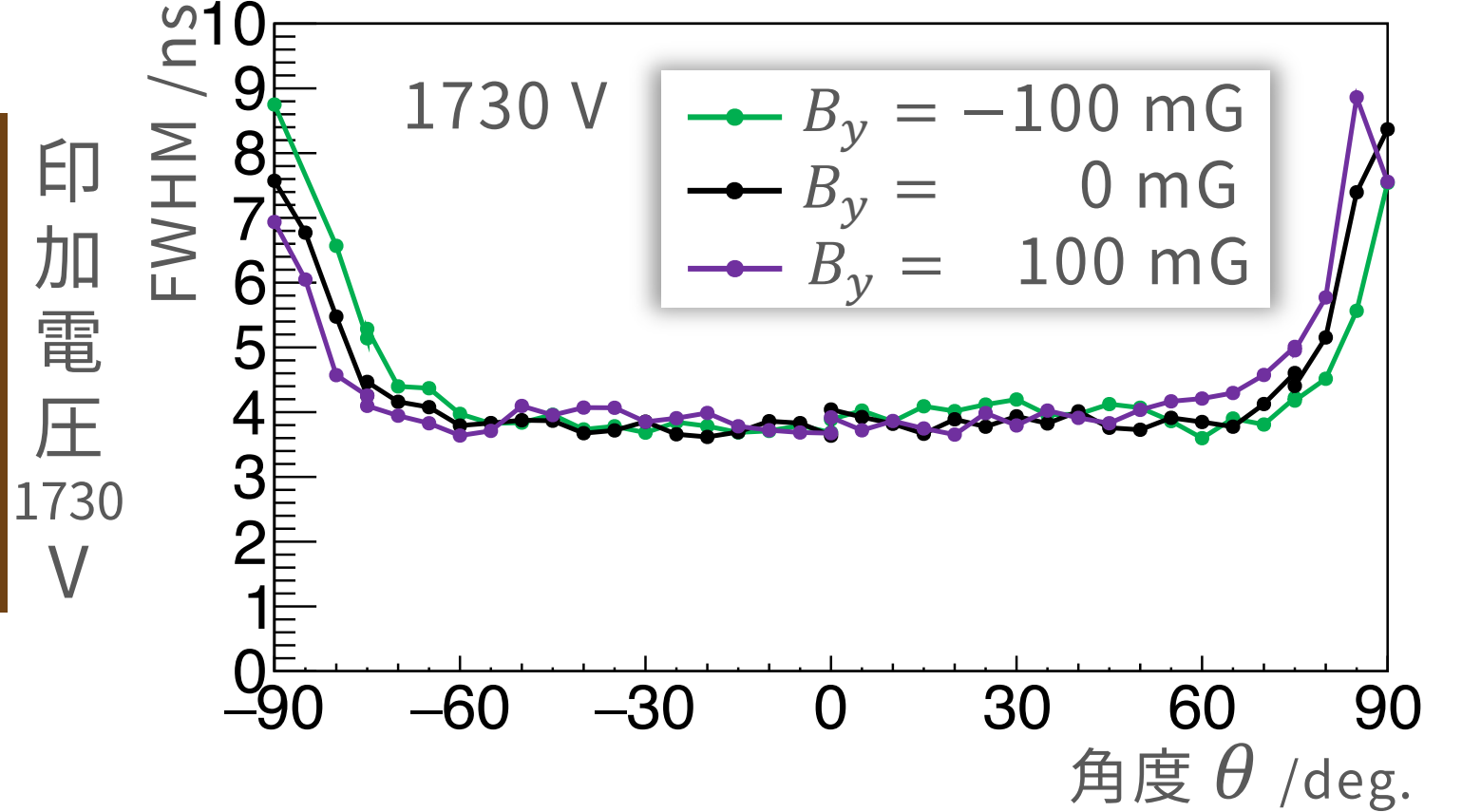
x軸方向



y軸方向

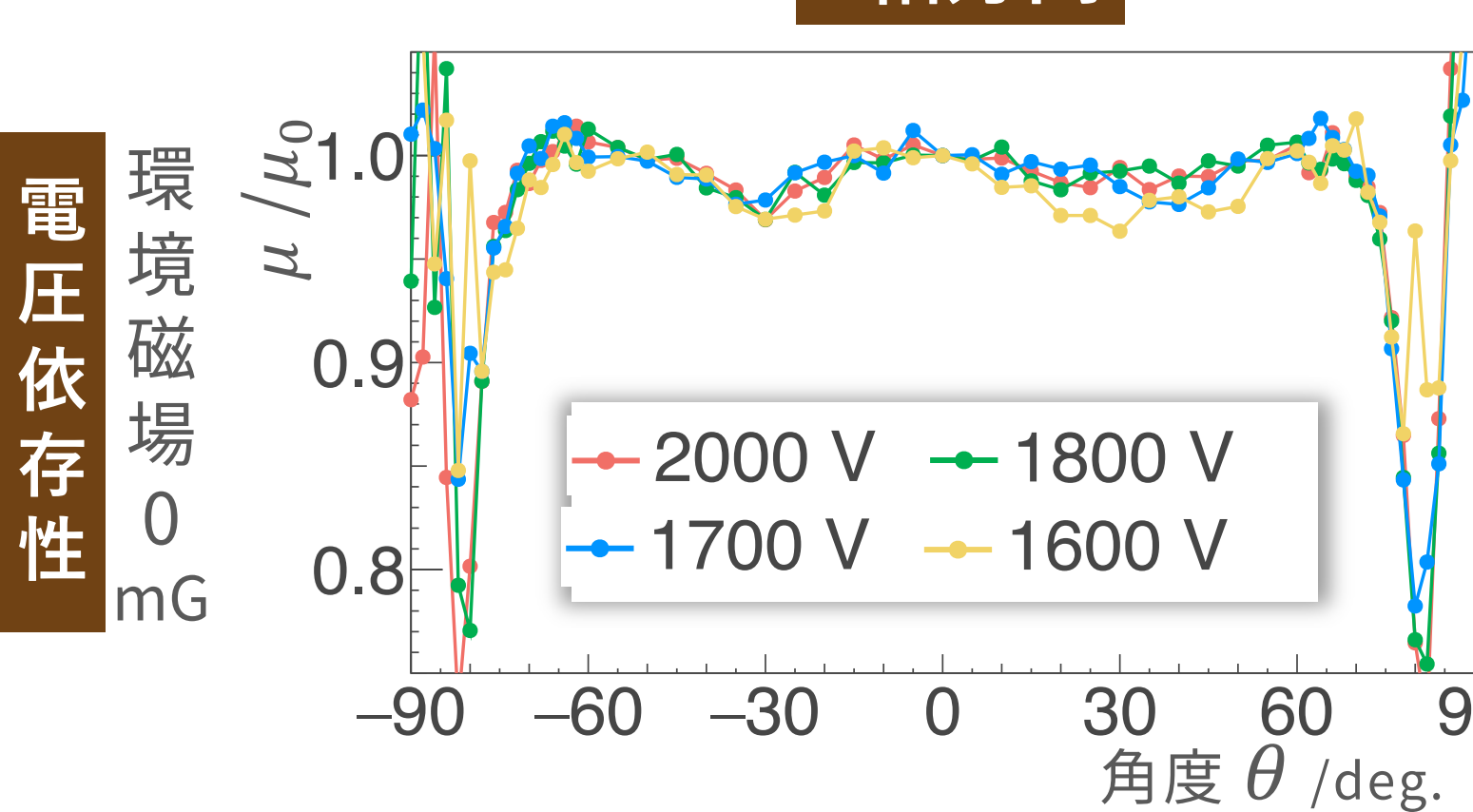


磁場依存性

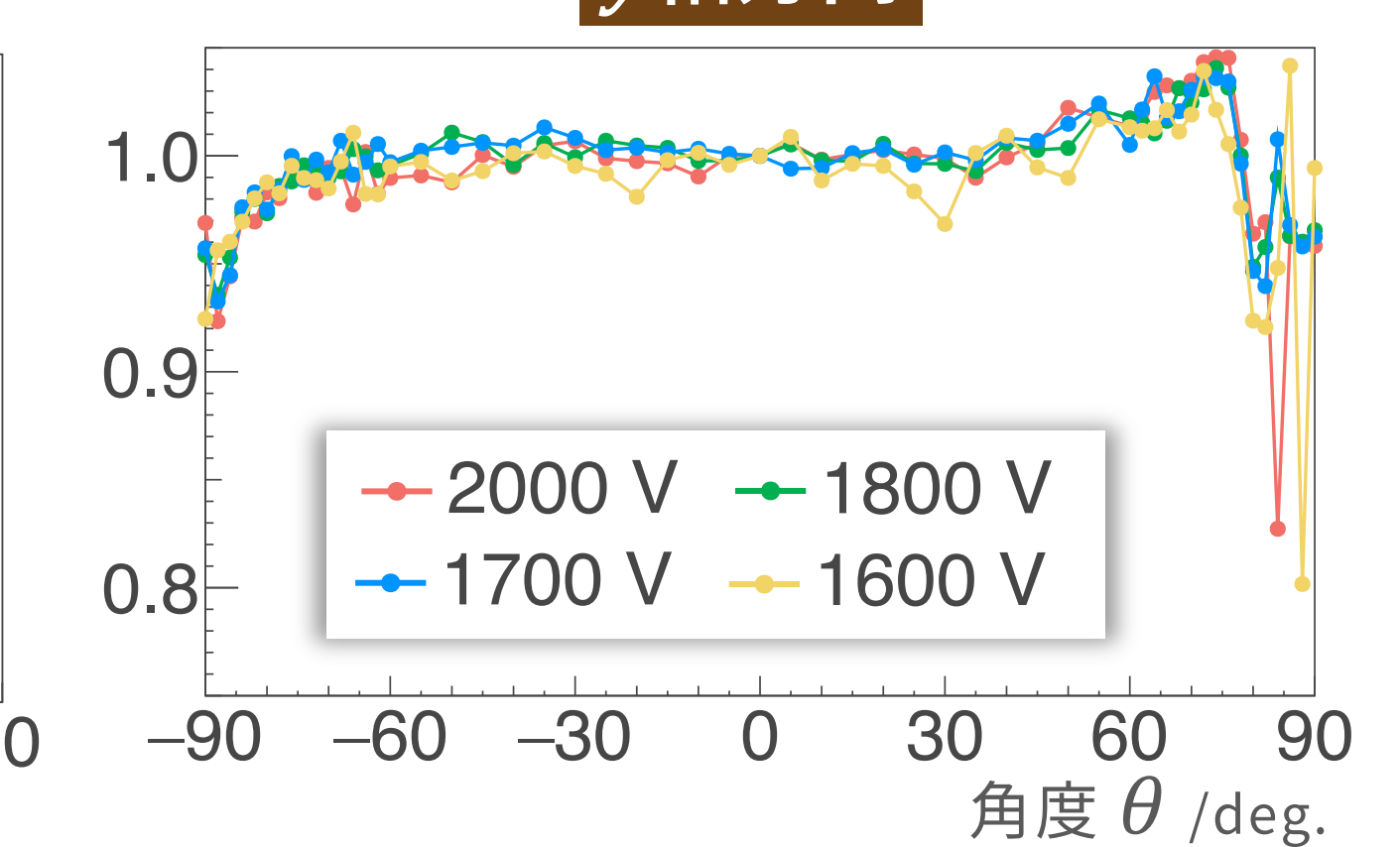


相対ゲイン

x軸方向

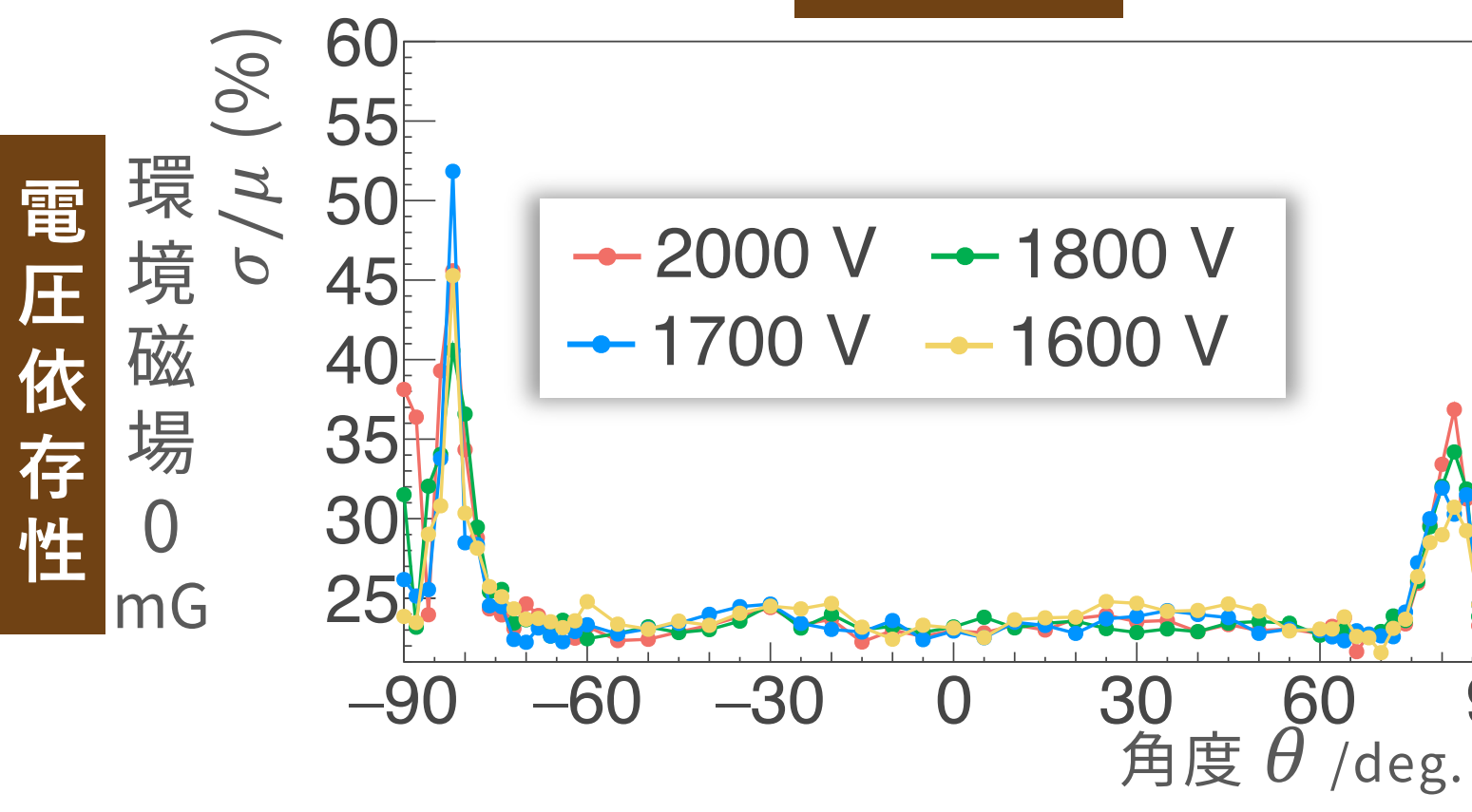


y軸方向

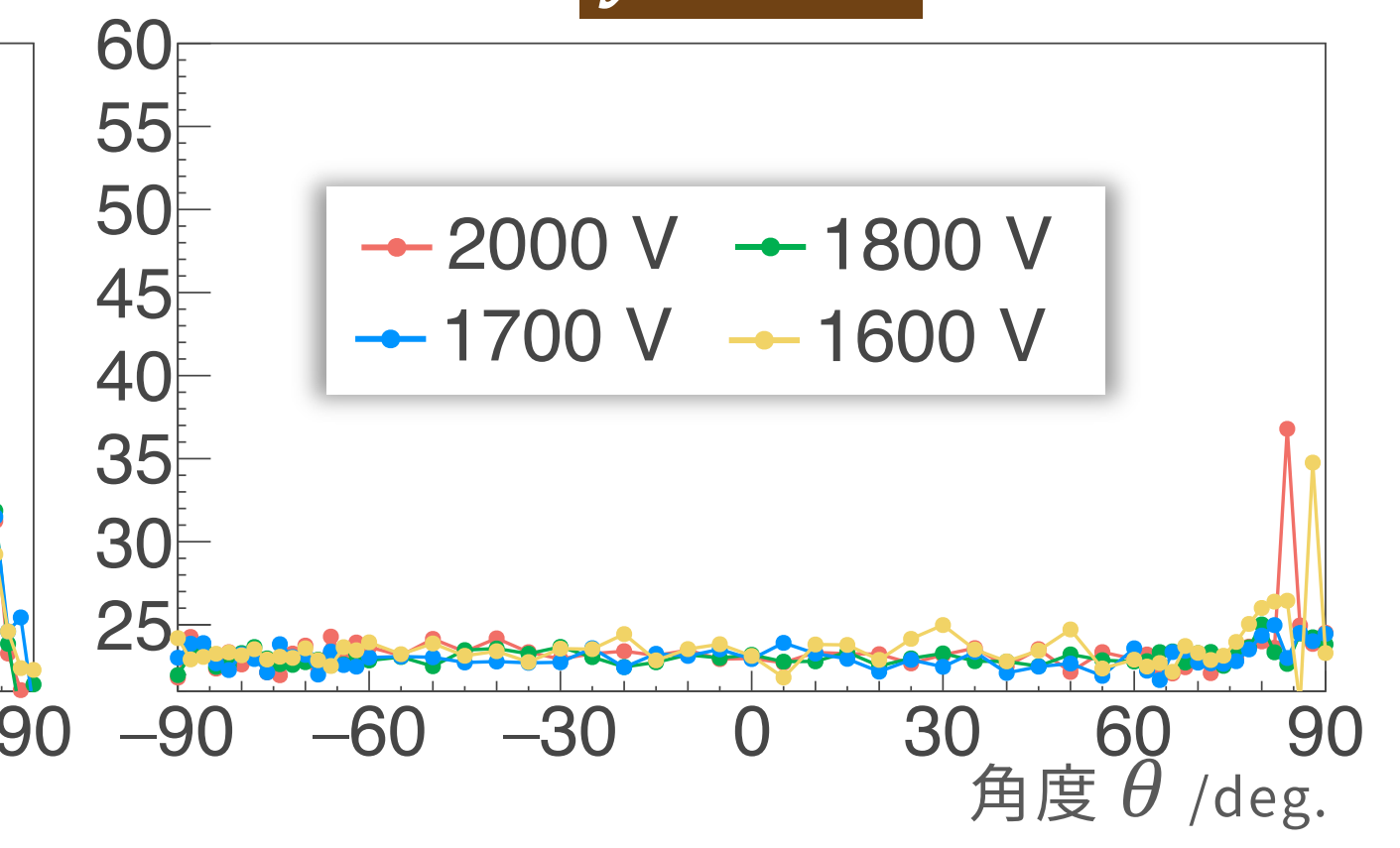


分解能

x軸方向

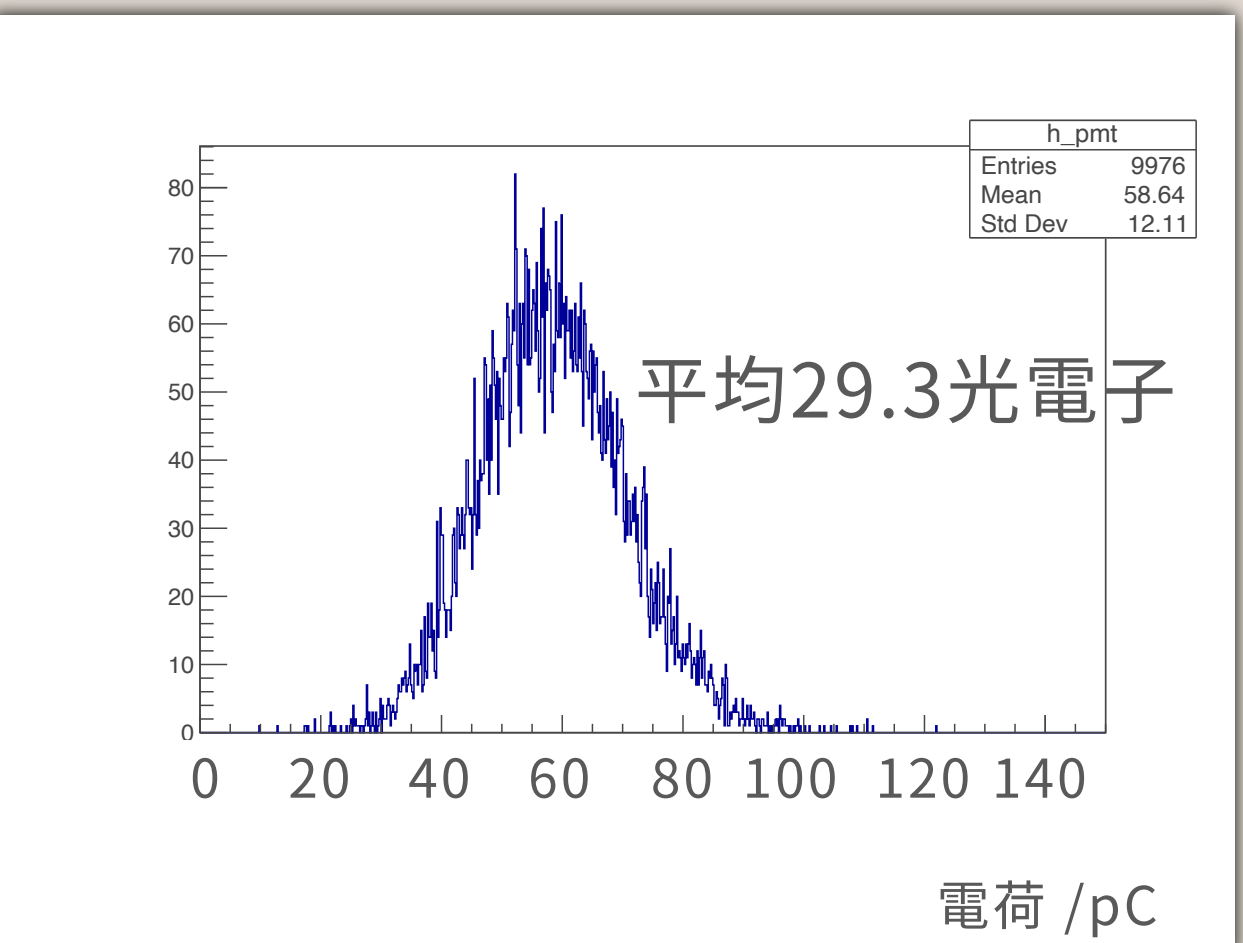


y軸方向

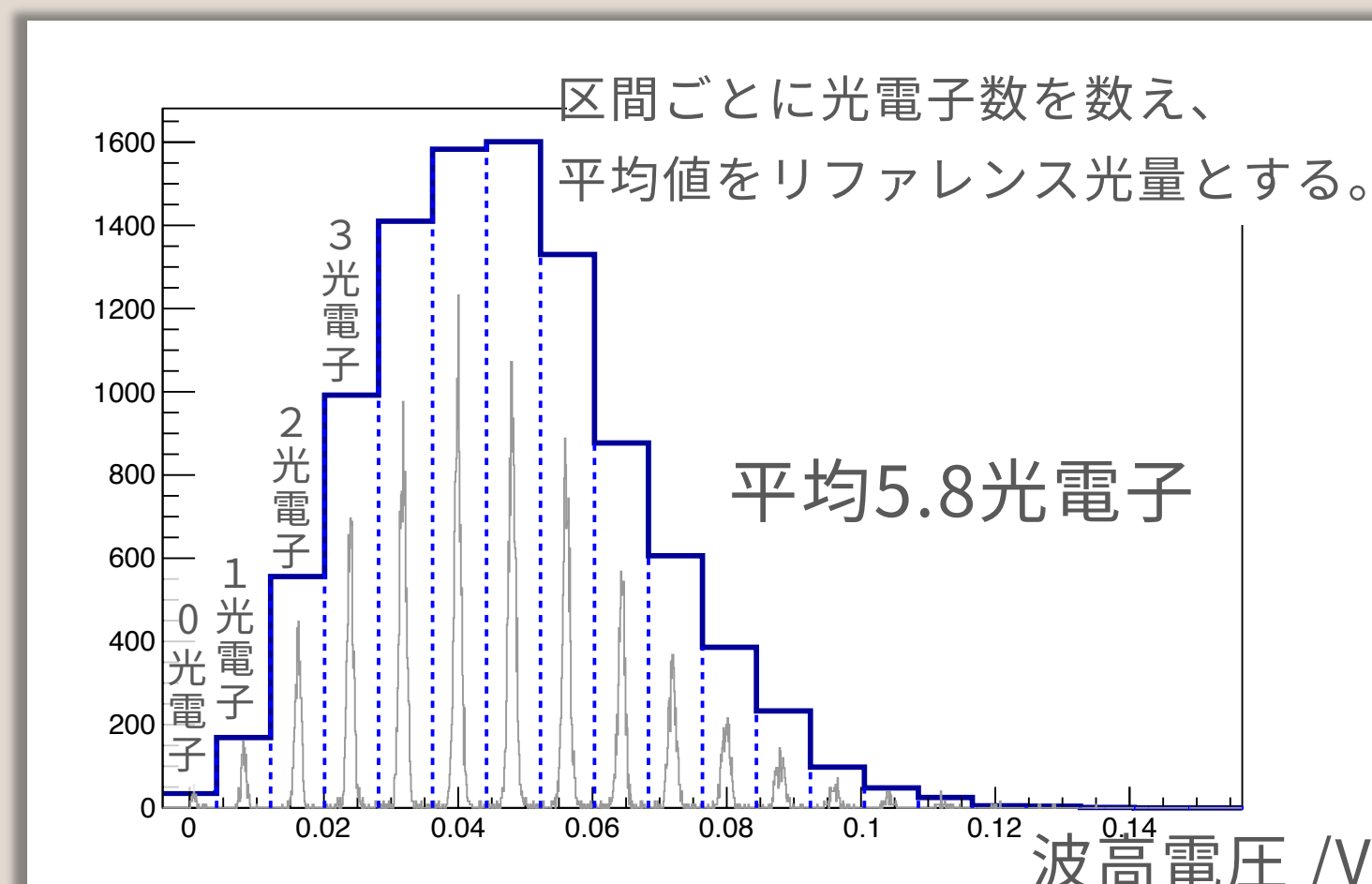


検出効率

PMT 検出電荷分布

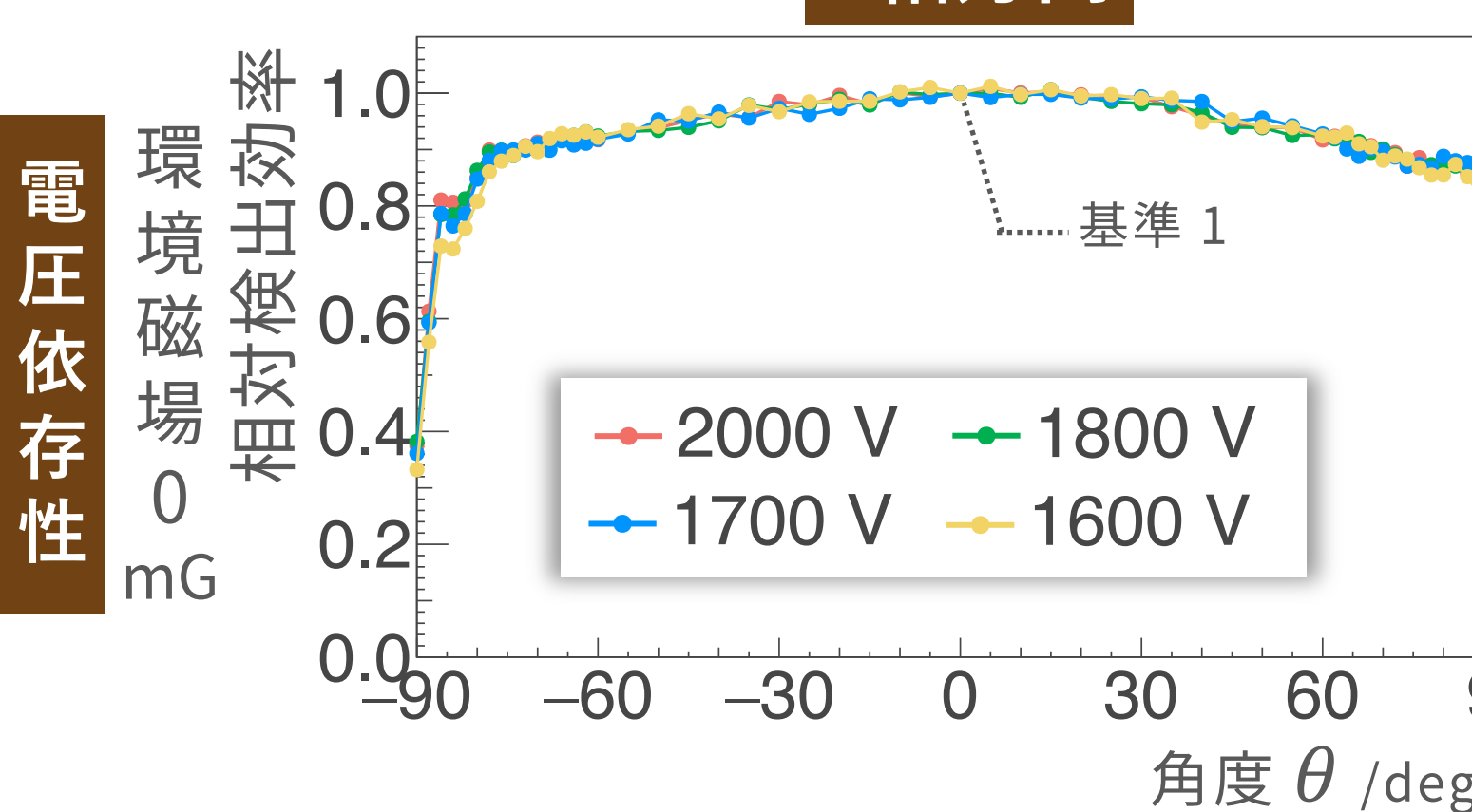


SiPM 波高分布

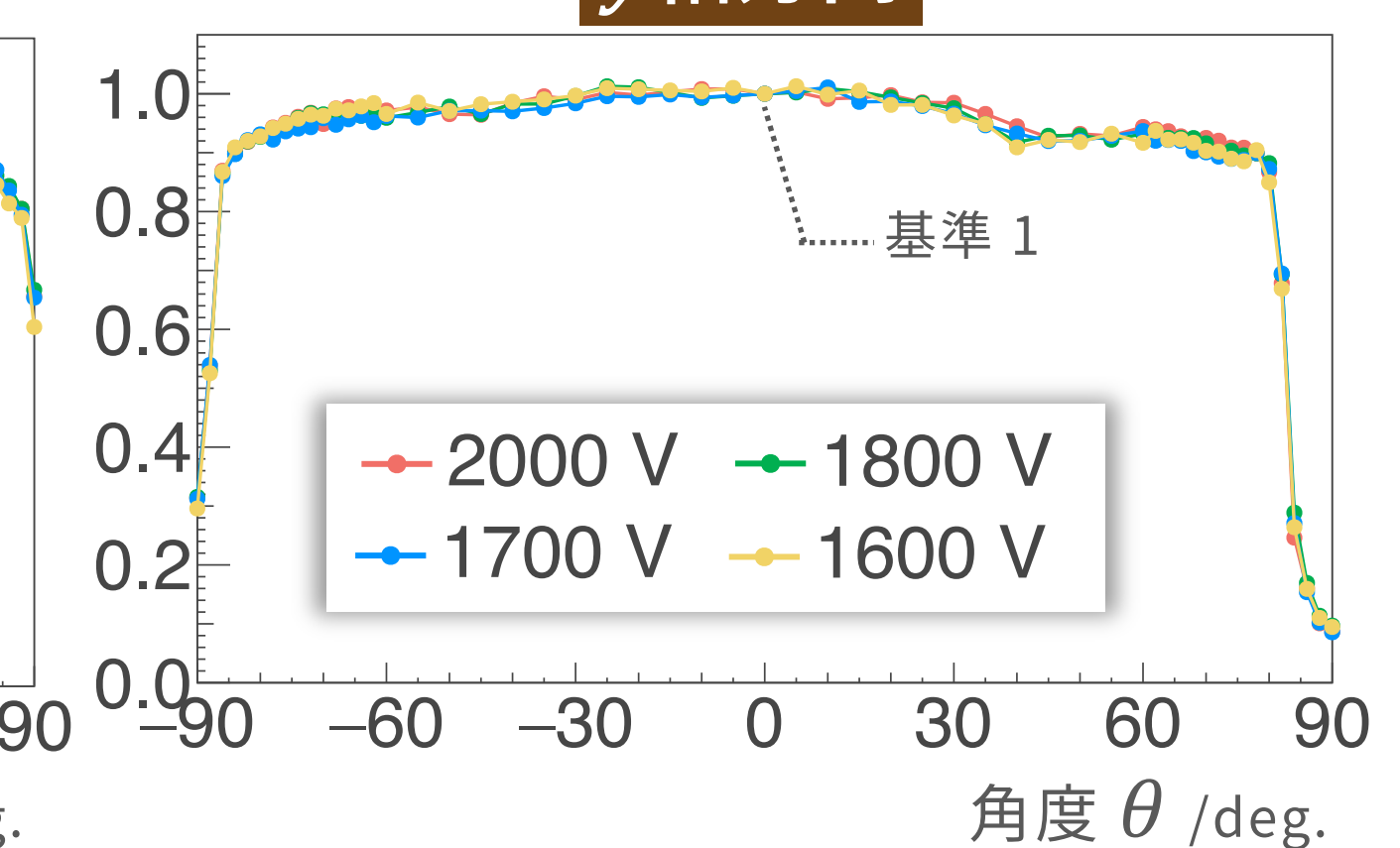


相対検出効率 = PMT検出光電子数 ÷ SiPM検出光電子数

x軸方向



y軸方向



まとめと展望

- 50 cm PMTの時間、電荷、検出効率の位置・電圧・磁場依存性を調査した。
- 光入射位置による応答の非一様性は電圧には大きく依存しなかった。

- 検出効率、検出電荷の磁場依存性の調査や全面での測定も実施予定。
- 今後はハイパーカミオカンデで使用予定のデータ読み出し回路を使用する。
- 水チェレンコフ検出器内における観測で、位置依存性が与える影響を調査する。