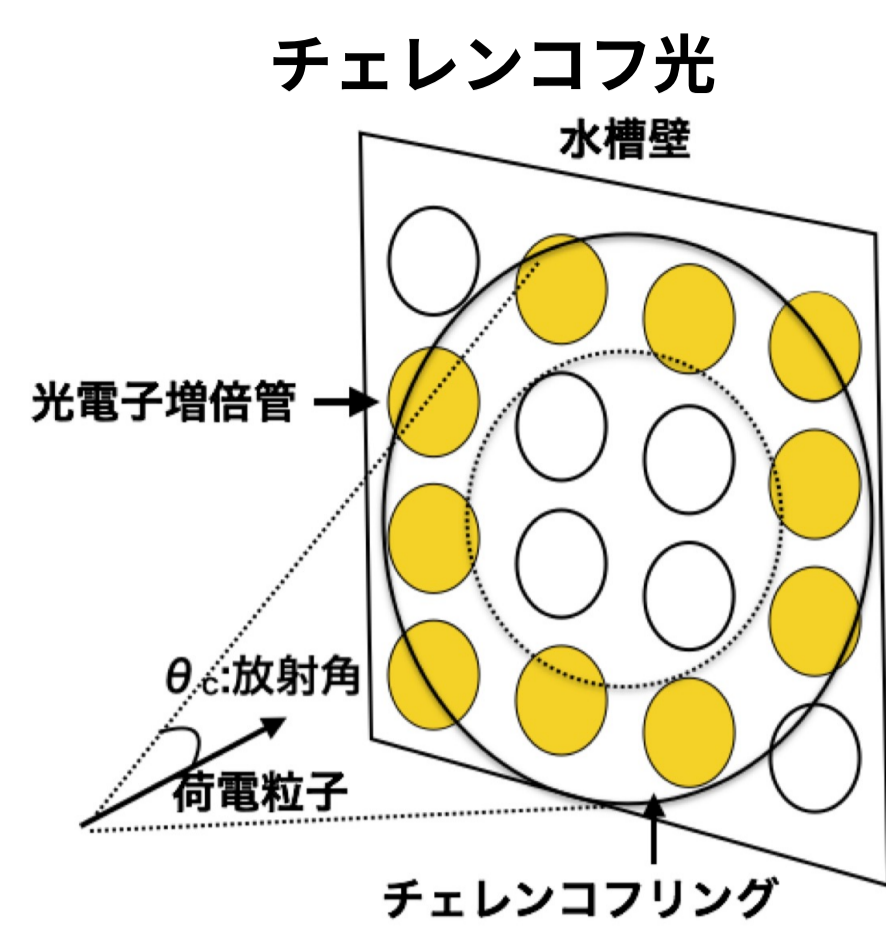
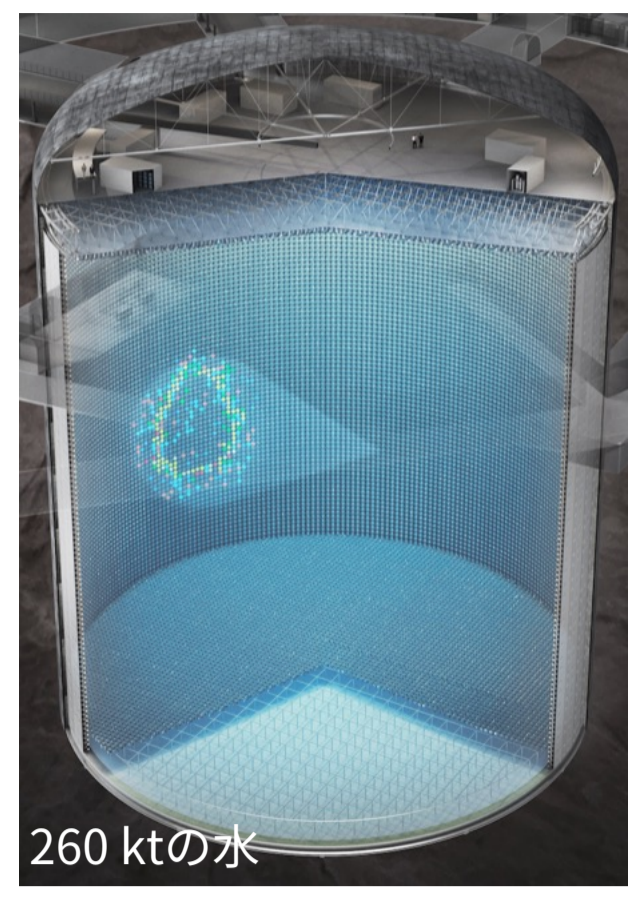


ハイパーカミオカンデ 50 cm径光電子増倍管 性能の入射位置依存性調査

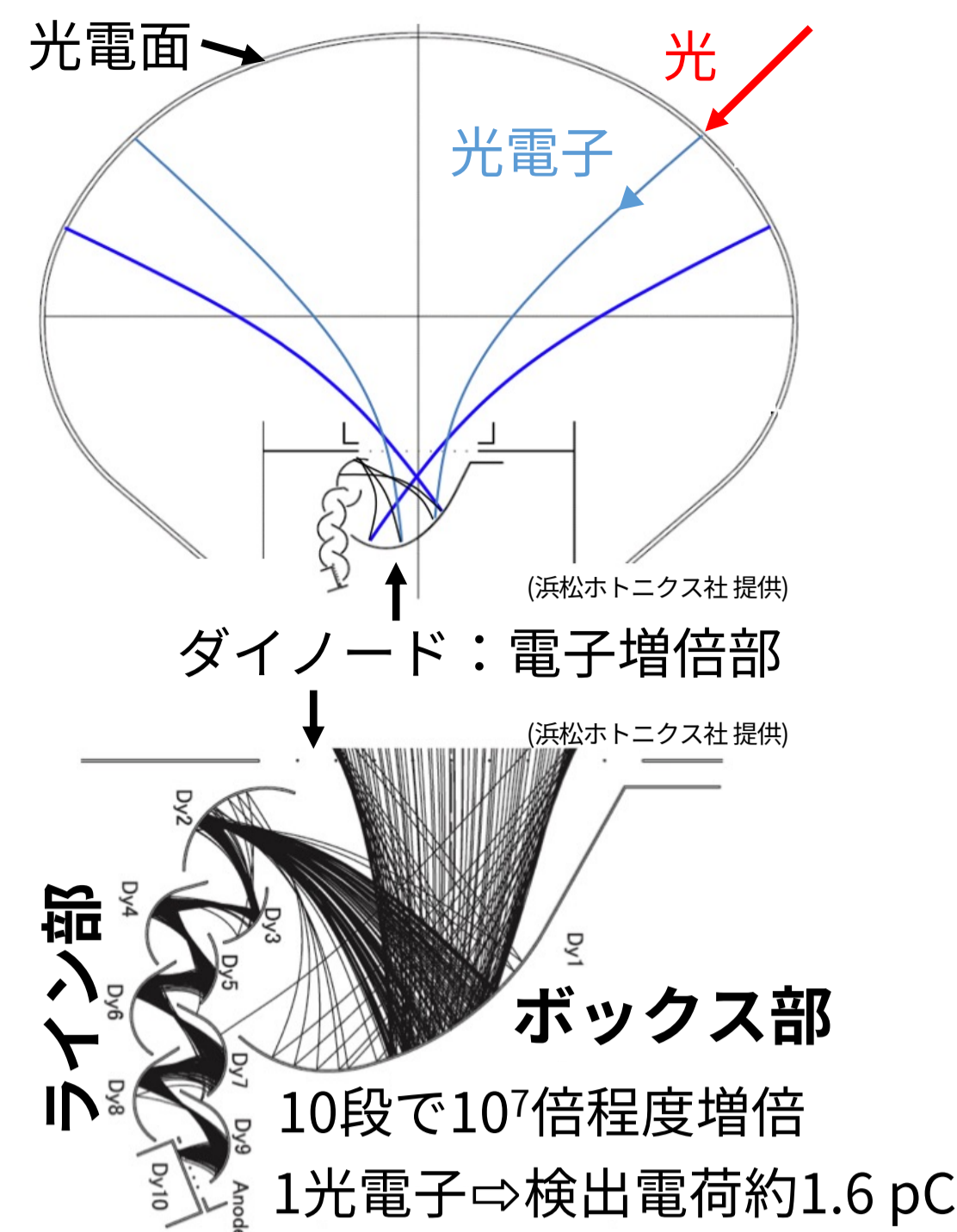
慶應大学 西村研究室 修士1年 堀内昇悟

背景 ハイパーカミオカンデ(HK)



陽子崩壊探索やニュートリノ研究
チェレンコフ光を2万本の光電子増倍管で検出
高精度の事象再構成のために
正確な時間, 光量の情報が必要

HK 50 cm径光電子増倍管(PMT: Photomultiplier Tube)



仕様と特徴

- 口径 50 cm 大型PMT
 - 光電子経路の差+非対称なダイノード
→ 光入射位置による性能差が生じる
 - 長い電子走行距離
→ 地磁気でも性能に影響
- ボックス&ライン型ダイノード
 - ボックス: 大きな第1ダイノード
→ 高い収集効率
 - ライン: 電子経路が一律
→ 高い時間分解能, 電荷分解能

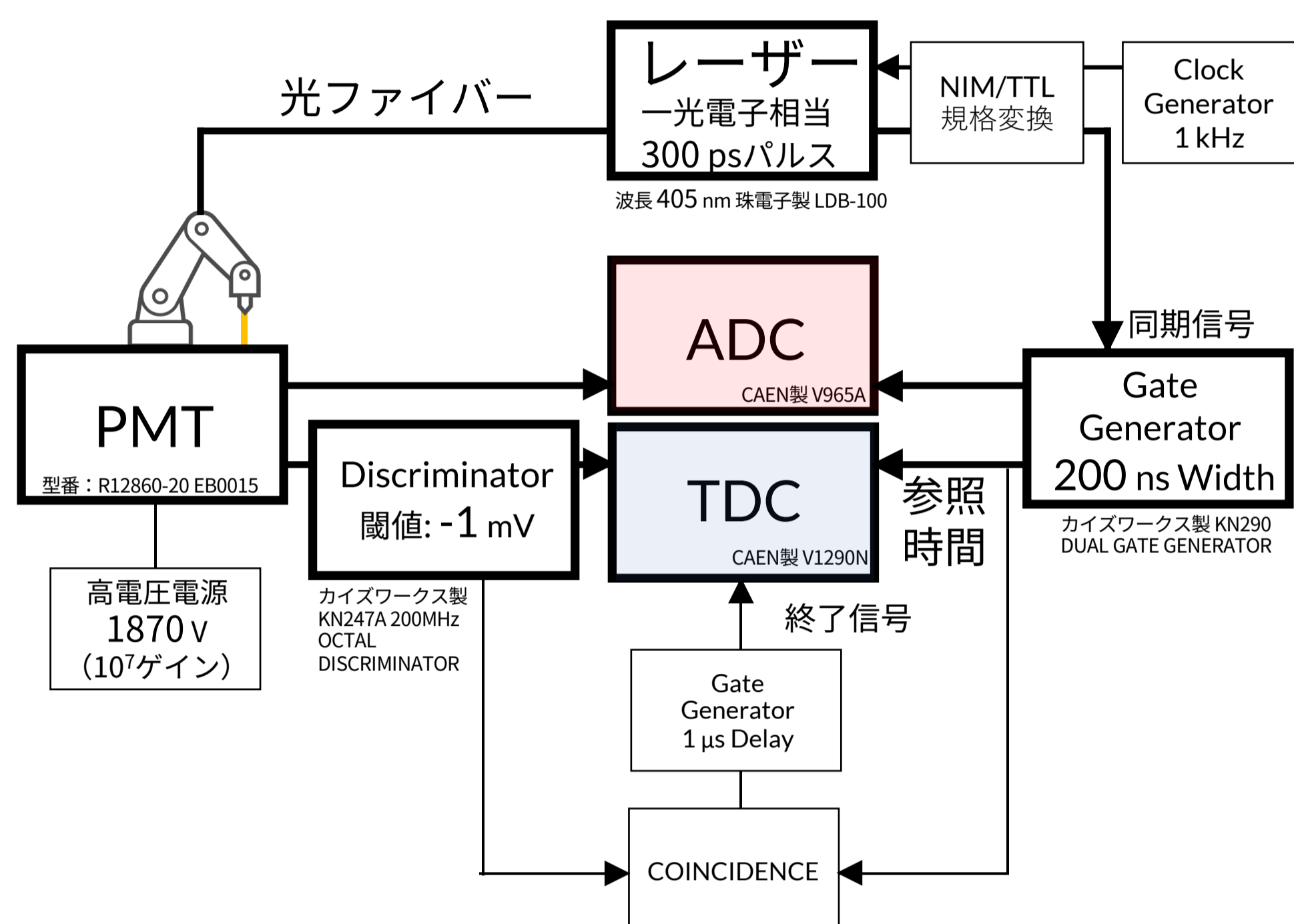
目的 | 事象再構成精度向上

Step 1. PMT性能のパラメータ依存性調査
PMTの応答は様々なパラメータに依存
入射位置, 温度, 光の波長, 供給電圧, 個体差 ...
Step 2. 性能依存性をモデル化
使用環境や光入射条件に応じた性能補正が可能
→ 事象再構成精度向上

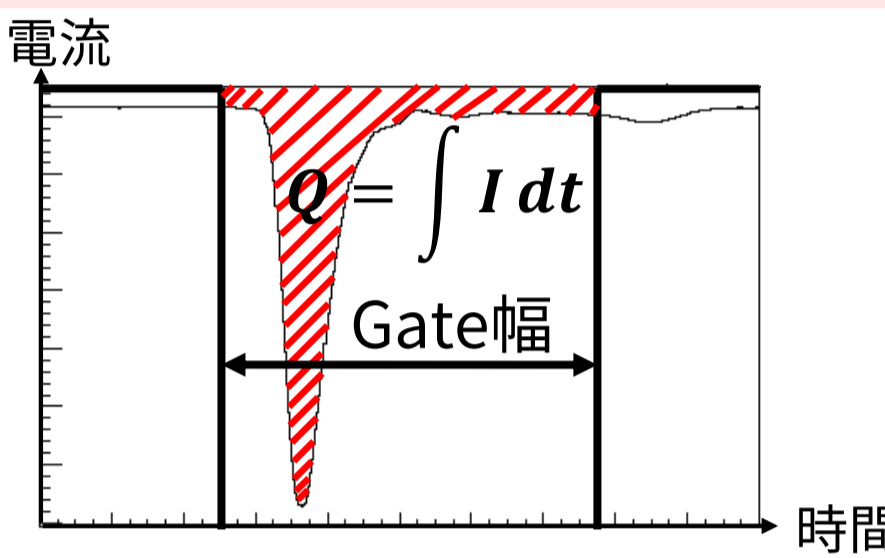
今回は時間性能・電荷性能の
光入射位置依存性調査

方法

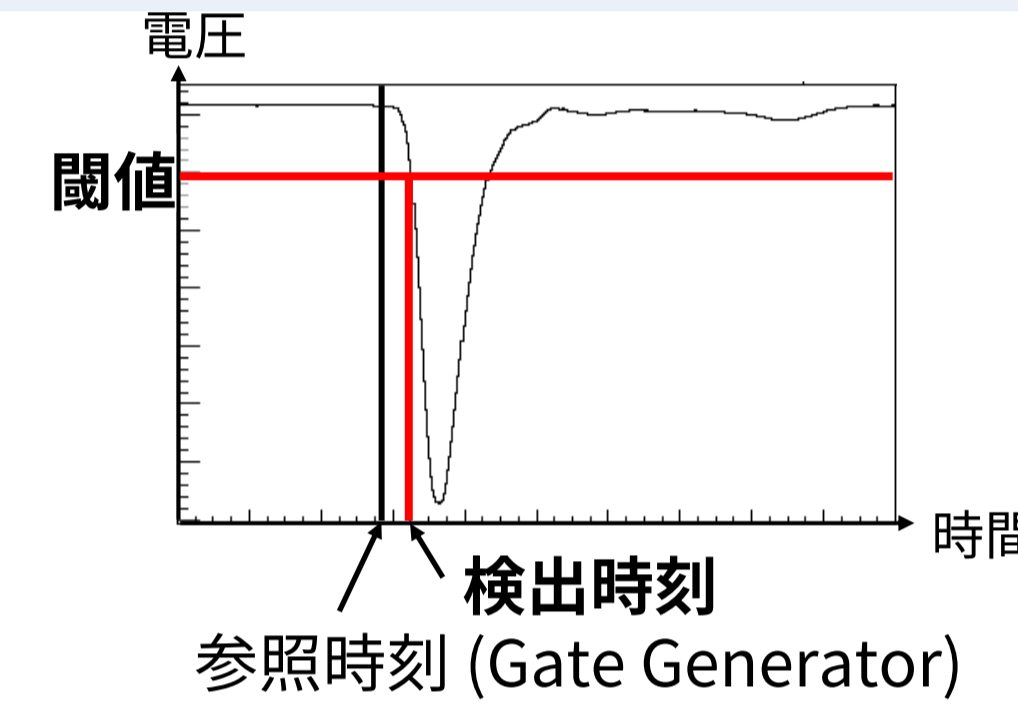
時間測定 と 電荷測定



1 光電子信号波形と電荷

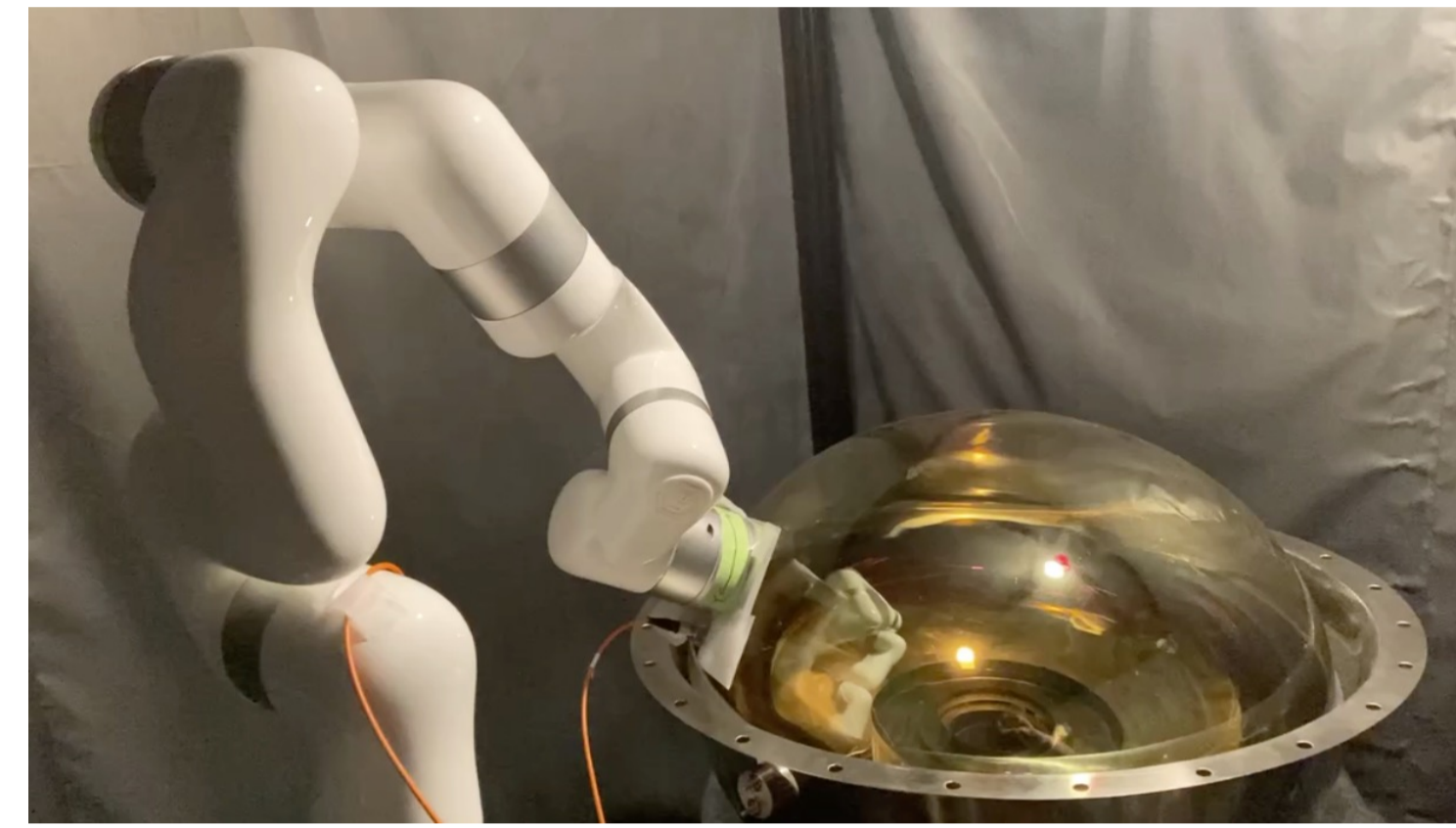


1 光電子信号波形と検出時刻



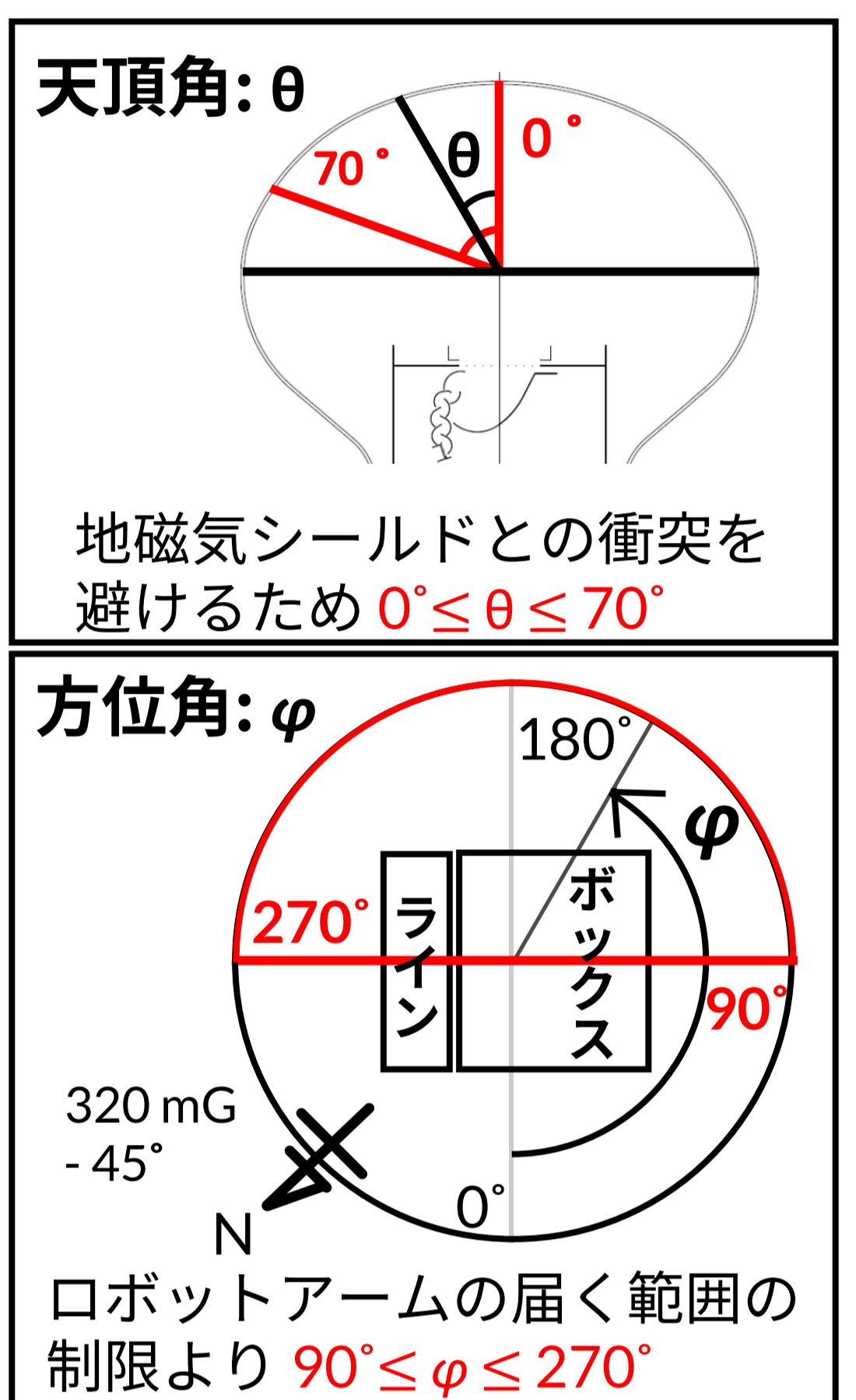
ロボットアームとPMT

光入射位置の設定にロボットアームを使用



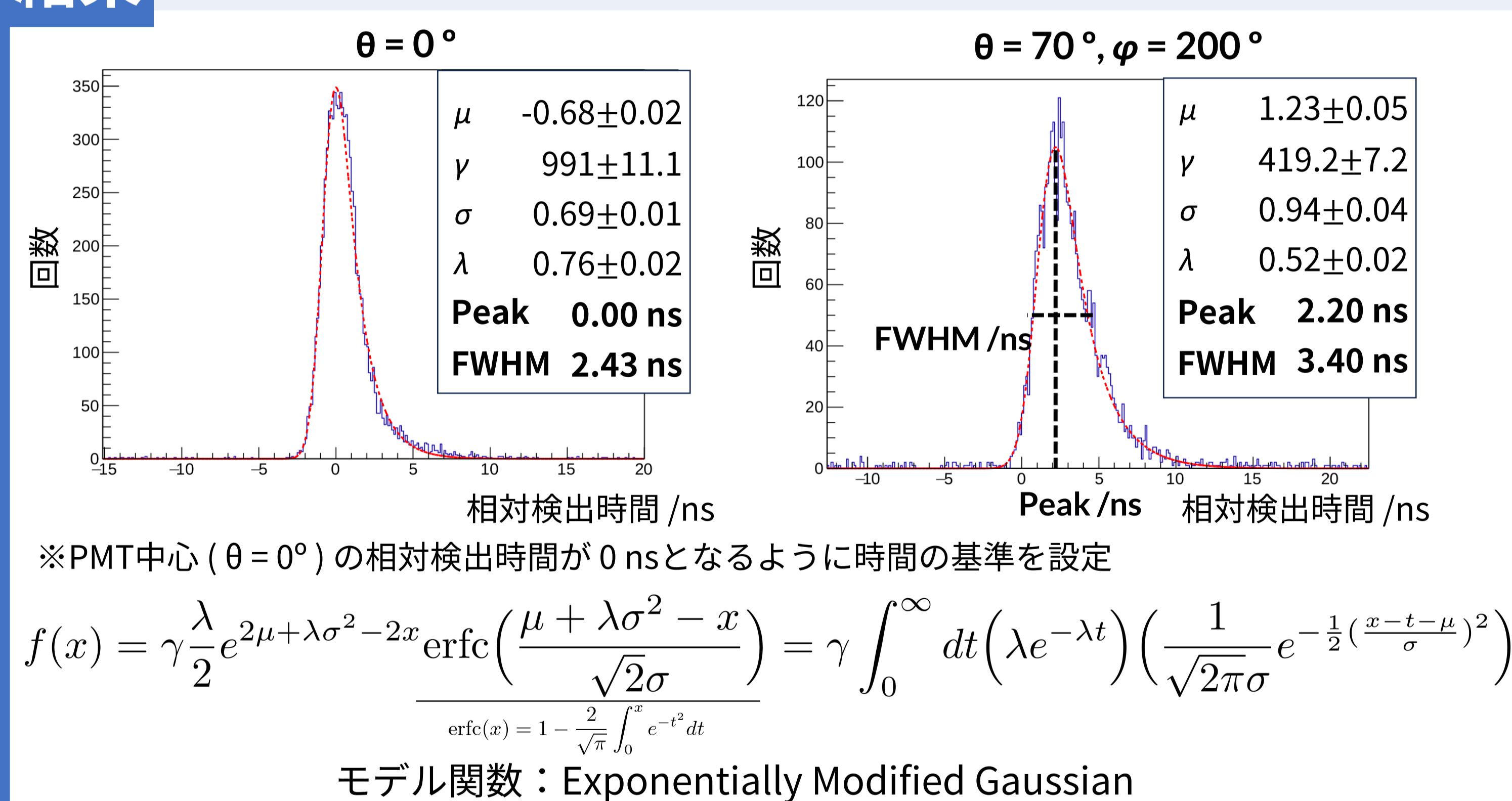
光の入射角は常に
PMT表面に垂直
アーム先端と
PMT表面の間隔は 3 cm
PMT下部には磁気遮蔽シールド (パーマロイ製)
PMT上部は磁気遮蔽なし | 地磁気: 320 mG

角度の定義と測定範囲

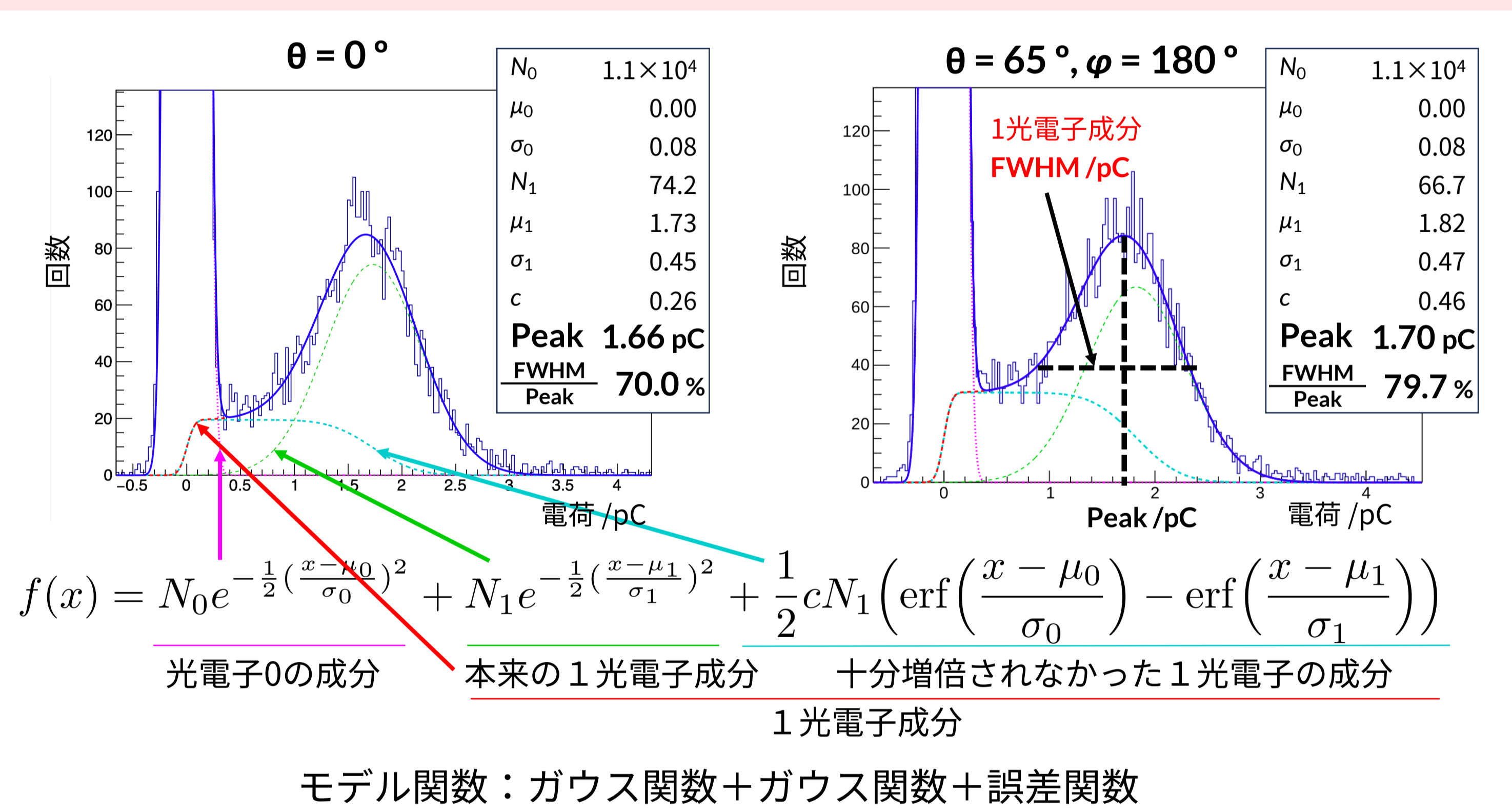


結果

1光電子相対検出時間測定1万回分の結果

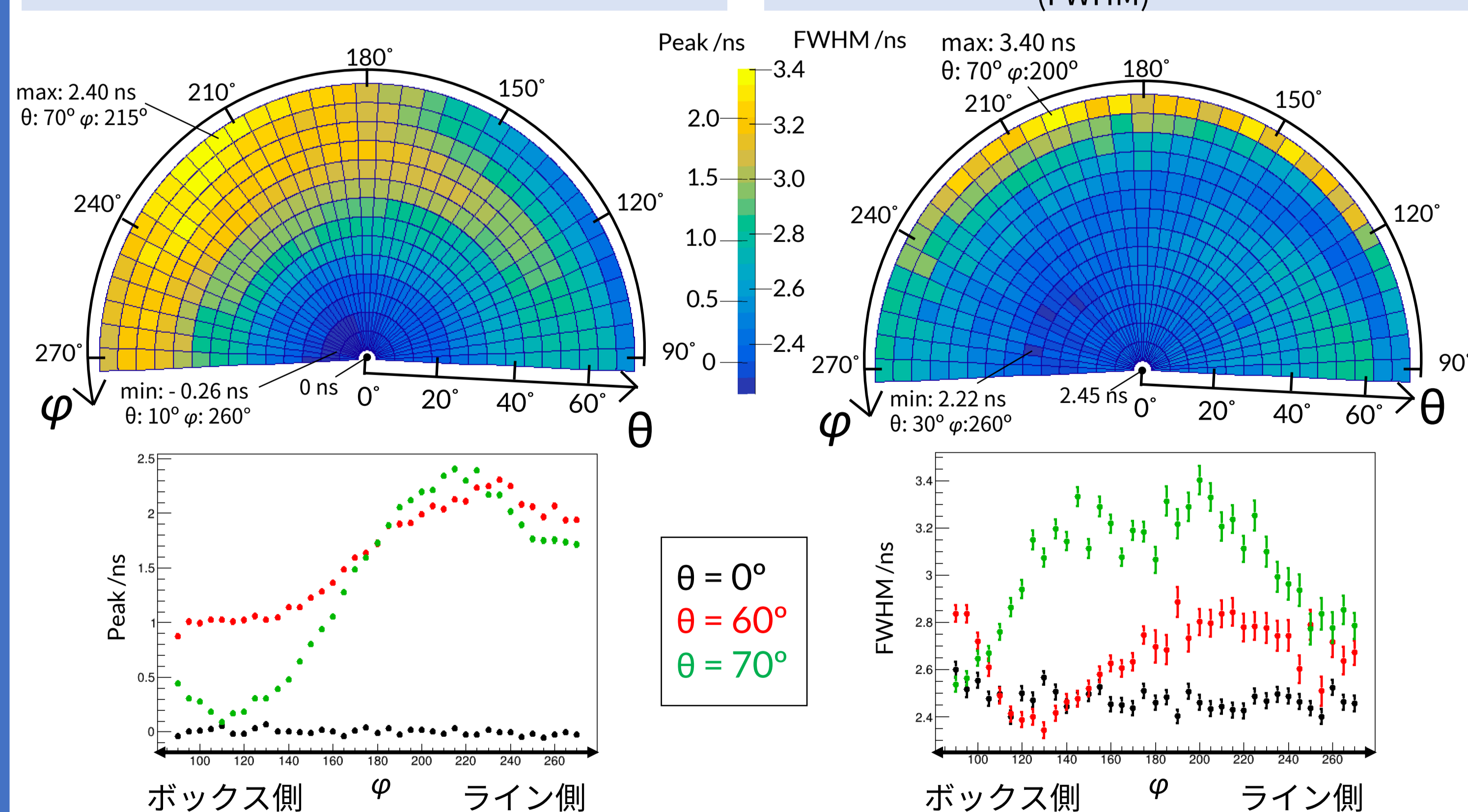


1 光電子電荷測定10万回分の結果



検出時間の位置依存性

時間分解能(FWHM)の位置依存性

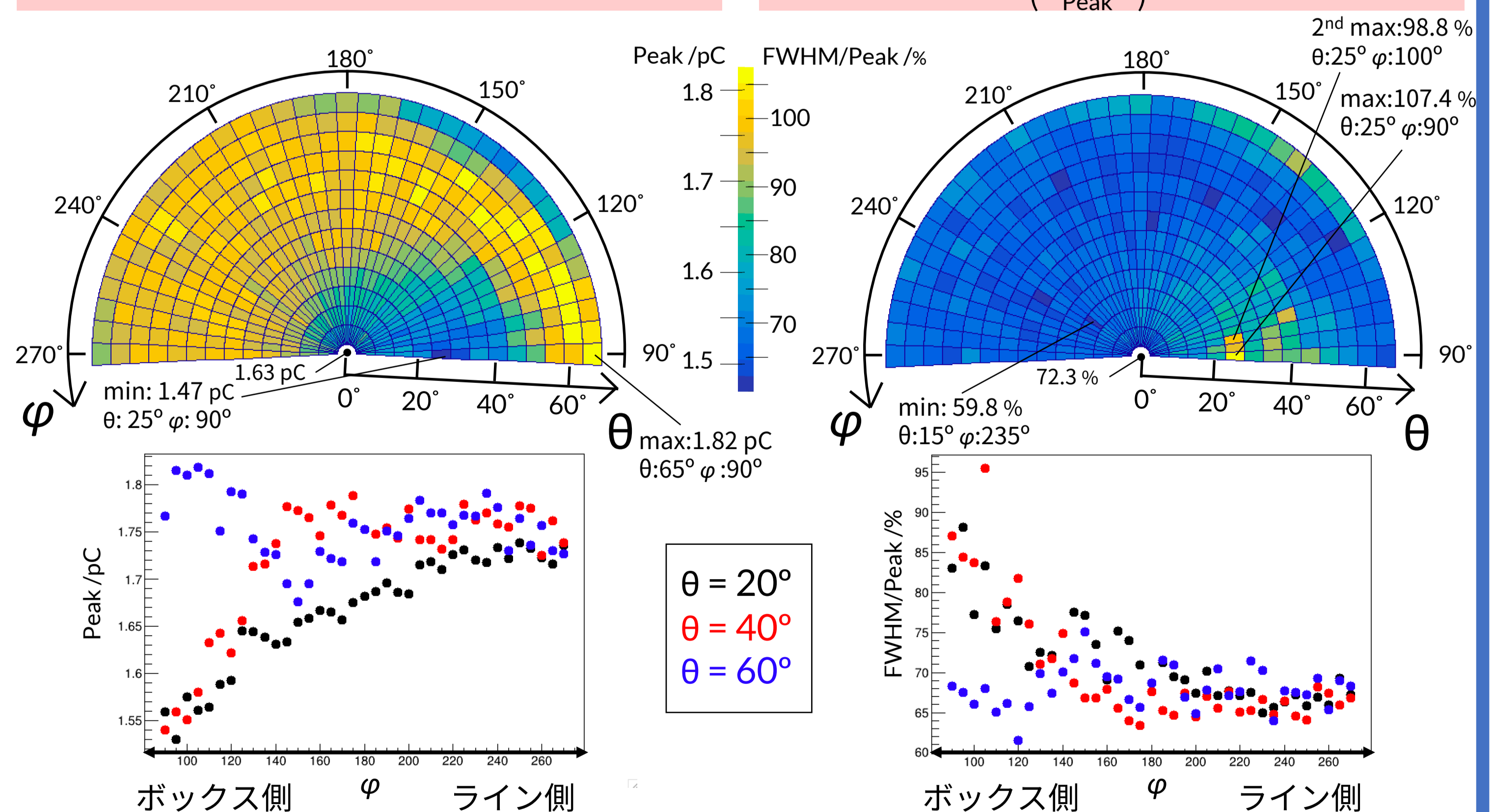


PMTの端よりも中心
ライン側よりもボックス側
→ 検出時間が早い傾向

θ が60°程度までは時間分解能3 ns以下の
良い性能が一樣に保たれた。

1光電子ピーク電荷の位置依存性

電荷分解能(FWHM/Peak)の位置依存性



- PMTの端($\theta = 60^\circ$)ではピーク電荷低下や電荷分解能の悪化はなし
- ボックス側の一部領域でピーク電荷低下・電荷分解能悪化
→ 原因は第1ダイノード上の光電子衝突位置から第2ダイノードまでの距離
最も遠く電子が届きにくくなる

まとめ 今回のセットアップで時間・電荷応答の位置依存性を調査できた。

- 検出時間は最大2.7 nsの時間差, 時間分解能は最大3.40 ns
- ピーク電荷は1.47 pC~1.82 pC, ボックス領域で低い傾向
- 電荷分解能(FWHM/peak)は65%~85%程度

展望

- 次は磁場を制御した環境にセットアップ全体を移行
- 特に磁場の影響を受けやすい検出効率等の応答を含め調査
- 磁場をパラメータとして含めた応答の位置依存性モデルを作成
- PMTの性能を補正し, 事象再構成精度の向上を目指す。

ポスターに入りきらなかったP/V比
PMTの端でP/V比の低下が見られた。

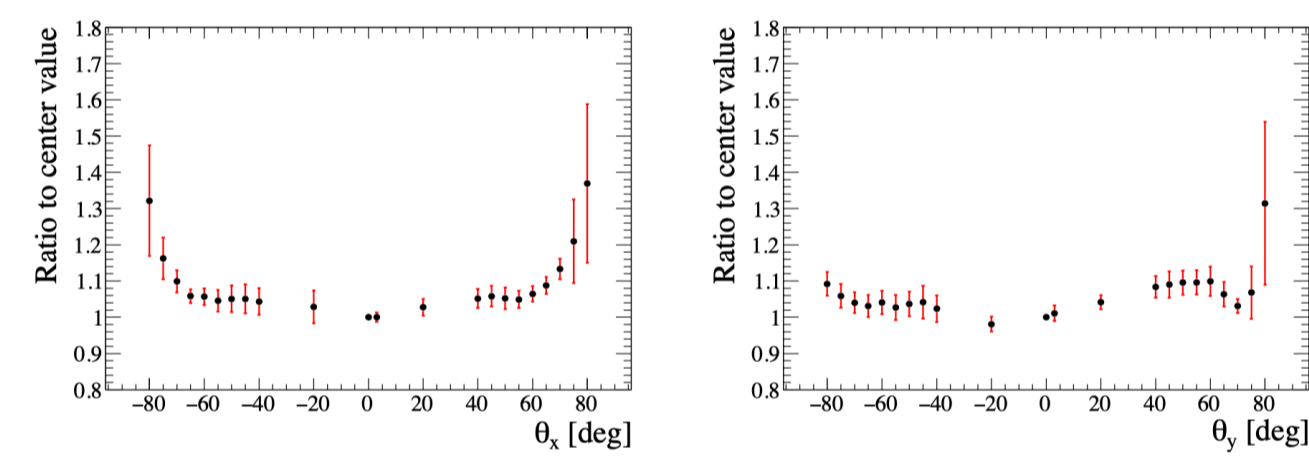
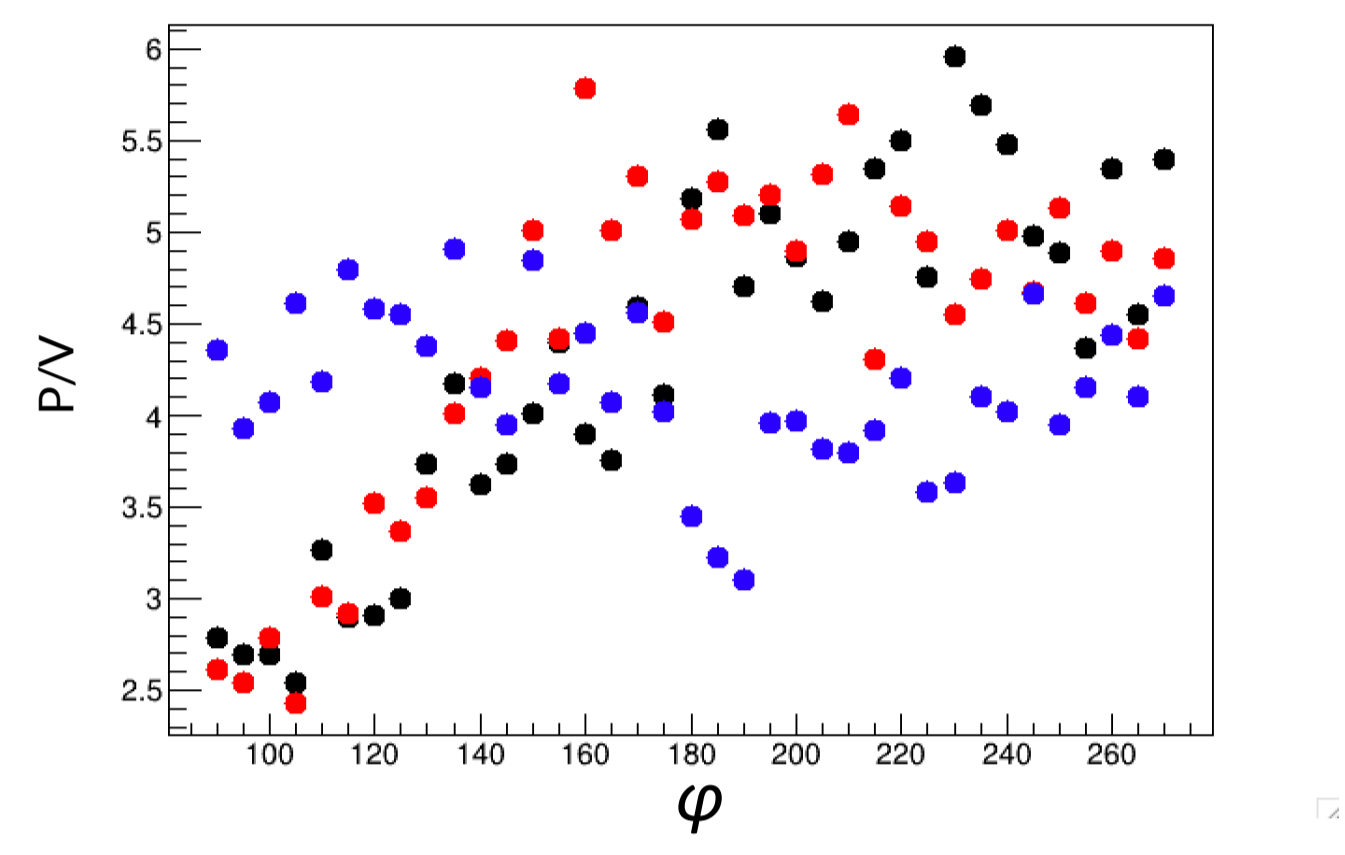
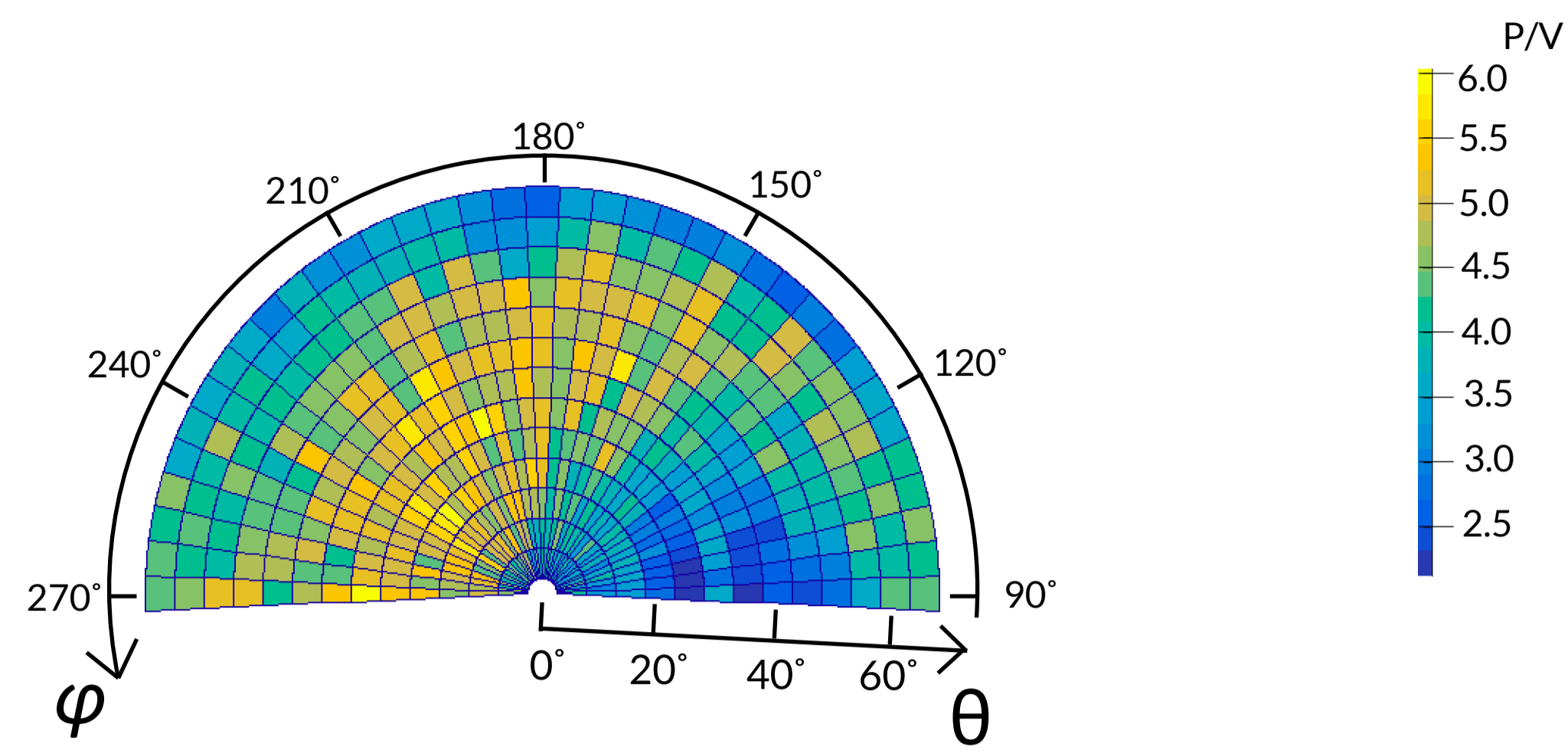


Fig. 3. Relative TTS as a function of the photon hit position (1 for a hit at $\theta = 0$). Points correspond to the average ratios obtained for the 9 measured R12860 PMTs, and error bars to the dispersion over the 9 PMTs. Axes x and y are defined on fig. 1.

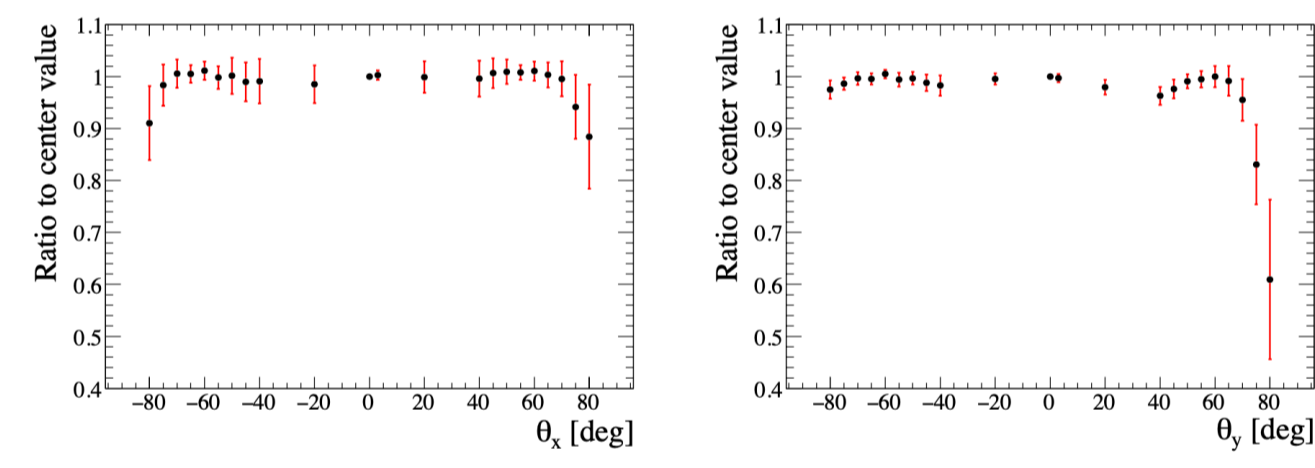


Fig. 2. Relative gain as a function of the photon hit position (1 for a hit at $\theta = 0$). Points correspond to the average ratios obtained for the 9 measured R12860 PMTs, and error bars to the dispersion over the 9 PMTs. Axes x and y are defined on fig. 1.