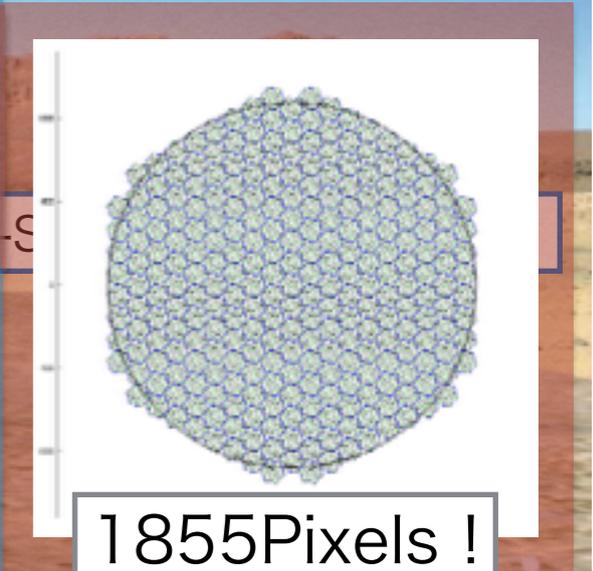
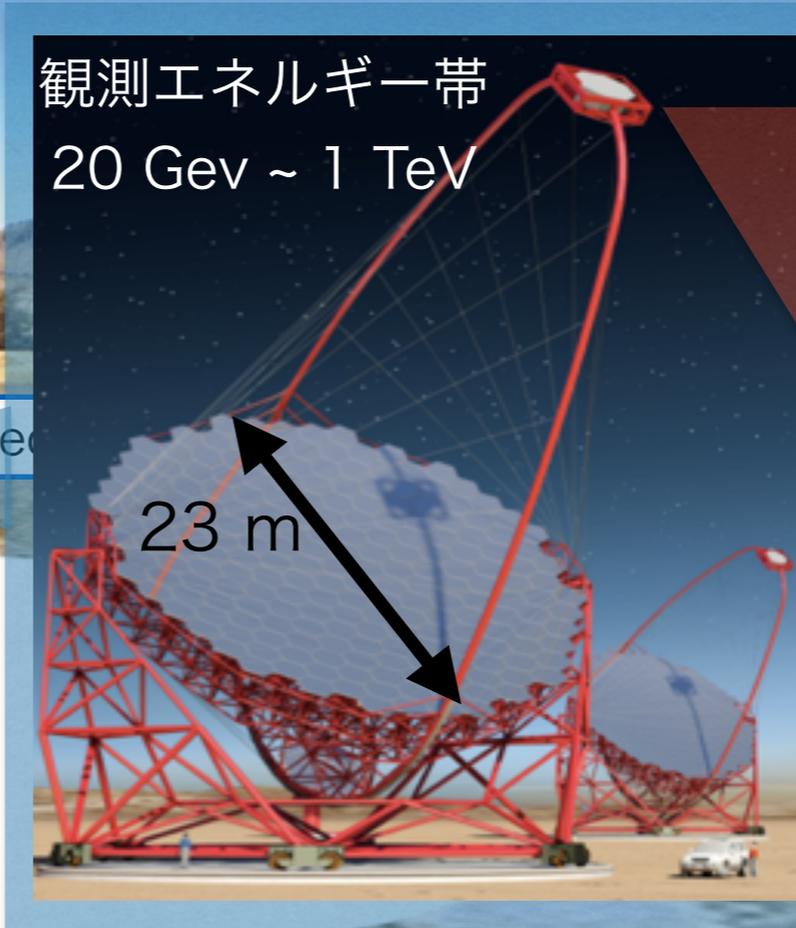
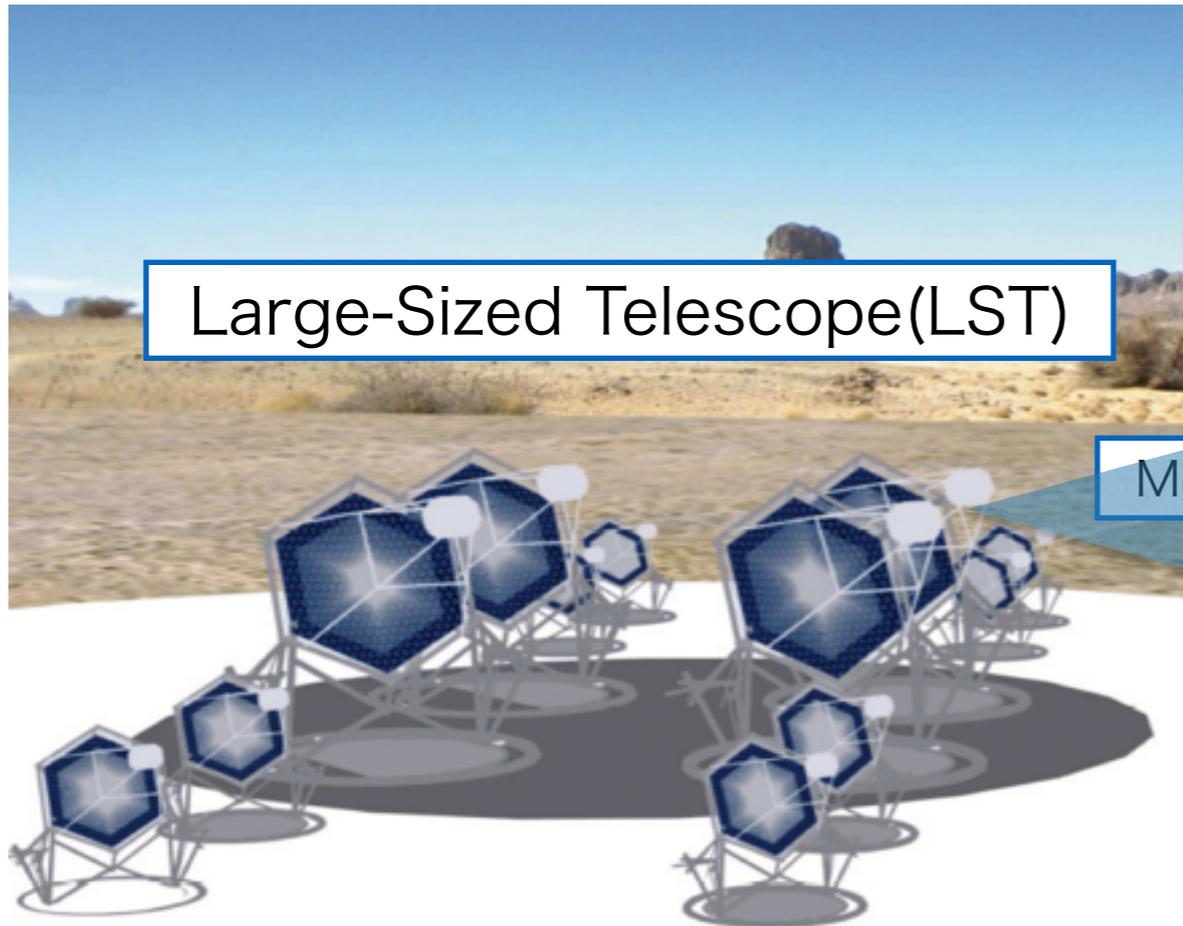


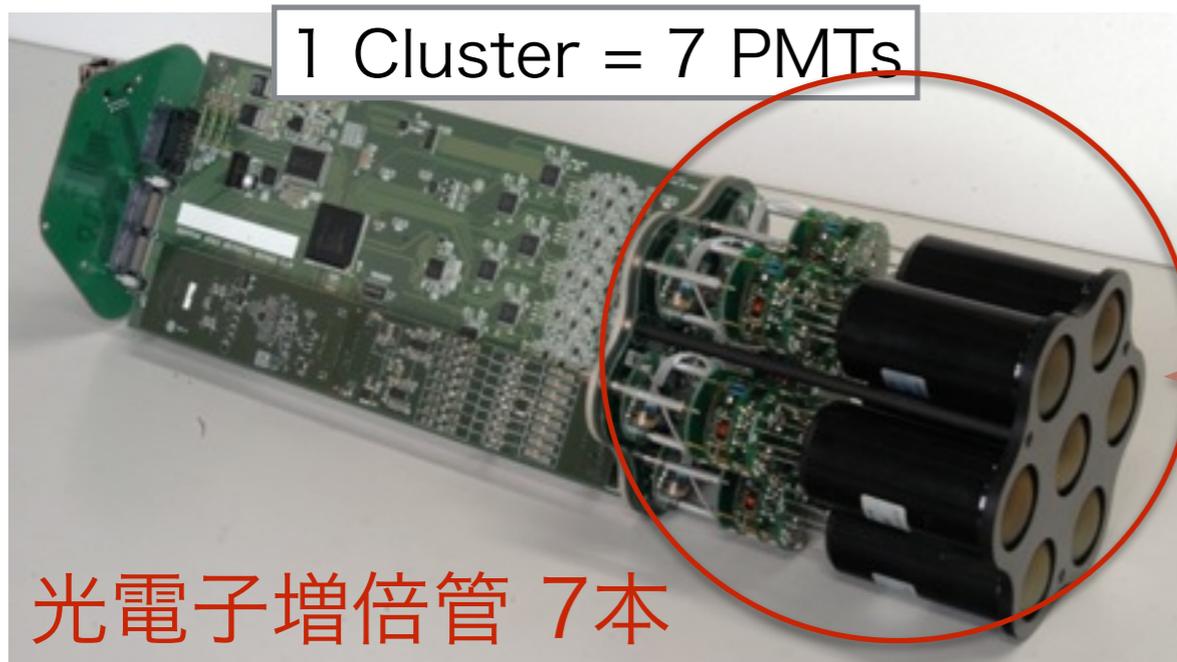
CTA大口径望遠鏡用PMTの 性能評価と較正試験報告

松岡俊介, 小山志勇, 寺田幸功, 永吉勤(埼玉理), 猪目祐介, 山本常夏(甲南大理), 梅津陽平, 櫛田淳子, 辻本晋平, 友野弥生, 西嶋恭司(東海大理), 大岡秀行, 荻野桃子, 高橋光成, 手嶋政廣, 中嶋大輔, 花畑義隆, 林田将明(東大宇宙線研), 折戸玲子(徳島大総科)片桐秀明(茨城理), 窪秀利(京大理), 郡司修一(山形大理), 澤田真理, 坪根善雄, 馬場彩(青山大理), 他 CTA-Japan Consortium

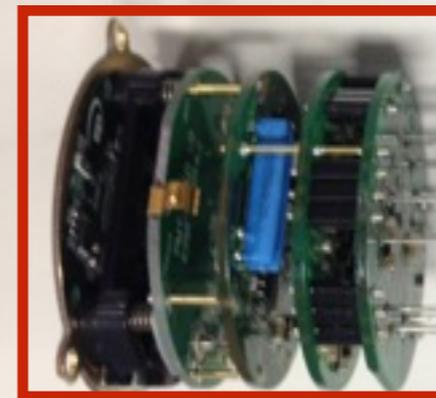
CTA計画 大口径望遠鏡



2015春季大会
全体報告(8):手嶋



磁気シールド: パーマロイ(厚さ2mm)



昇圧・分圧回路
プリアンプ



PMT開発の現状

光電子増倍管への開発要求(抜粋)

- LST初号機用PMTの開発・量産は既に終わっており2016年に望遠鏡に取付け予定となっている
- 現在納品されたPMT約2000本の全数試験を行っており、932本の校正試験が終了

光電面直径	1.5インチ (40mm)
有効波長領域	300 - 650 nm
感度	平均量子効率 35%
光電面	スーパーバイアルカリ

・校正試験項目

標準動作ゲイン(4万)でのHV

▶ 10年間でゲインの低下20%以下

パルス幅 : 平均2.5~3 ns (FWHM)

▶ LSTのエネルギー閾値
20 GeVを達成

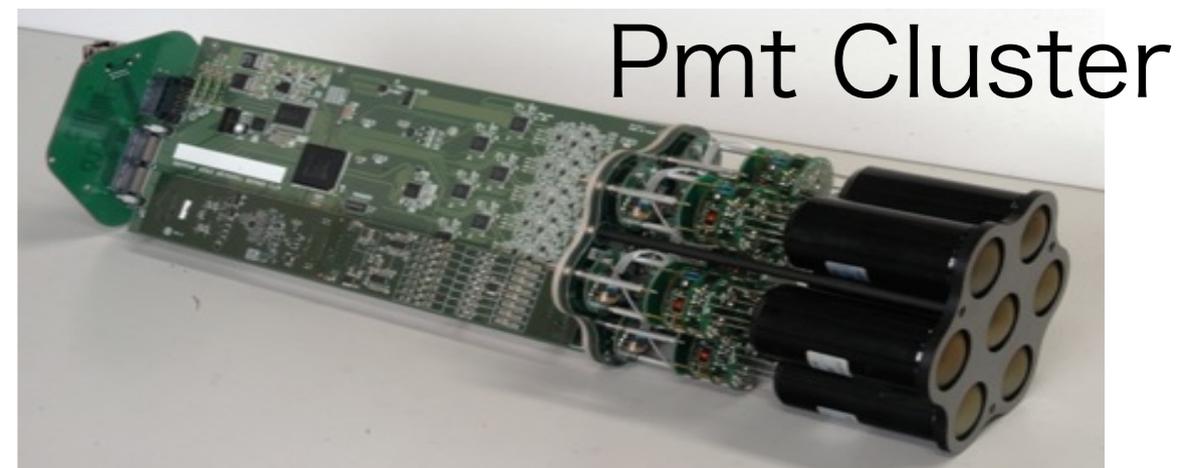
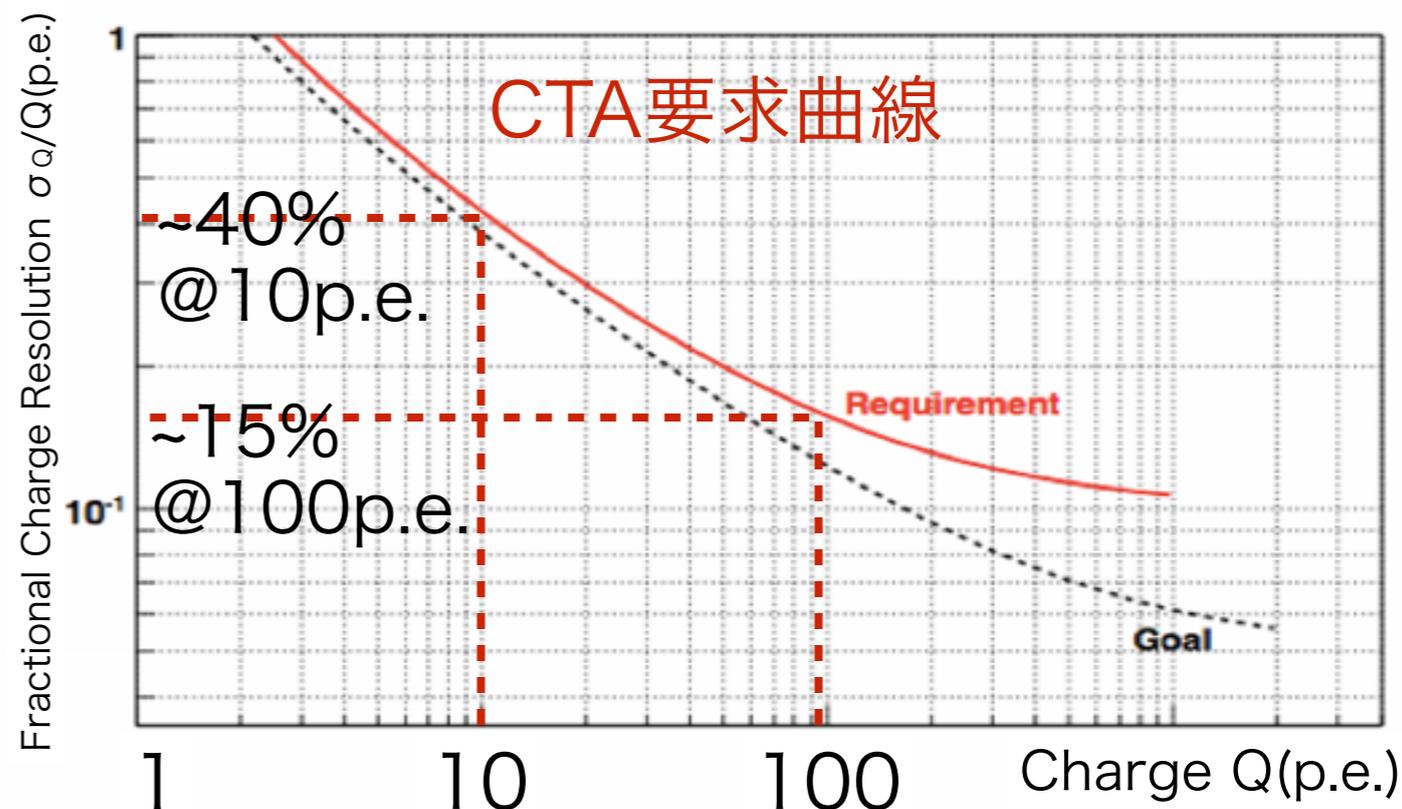
After Pulse発生率 : 2×10^{-4} 以下

本研究の目的

- CTA運用時では、PMTに対する地磁気の影響が考えられる
- CTAのPMT性能評価として磁場に対する応答が確認されていなかった



PMTゲイン, 時間特性の磁場依存性の検証及び
地磁気レベルの磁場による出力電荷量変化がCTA要求を満たすか確認



- 全数のPMTのCalが終了すると
7PMT + 読み出しBoardの試験へと移る
- クラスタでの試験において7本のPMT間で
走行時間に差が生じると後段のトリガー
ボードで問題が生じる

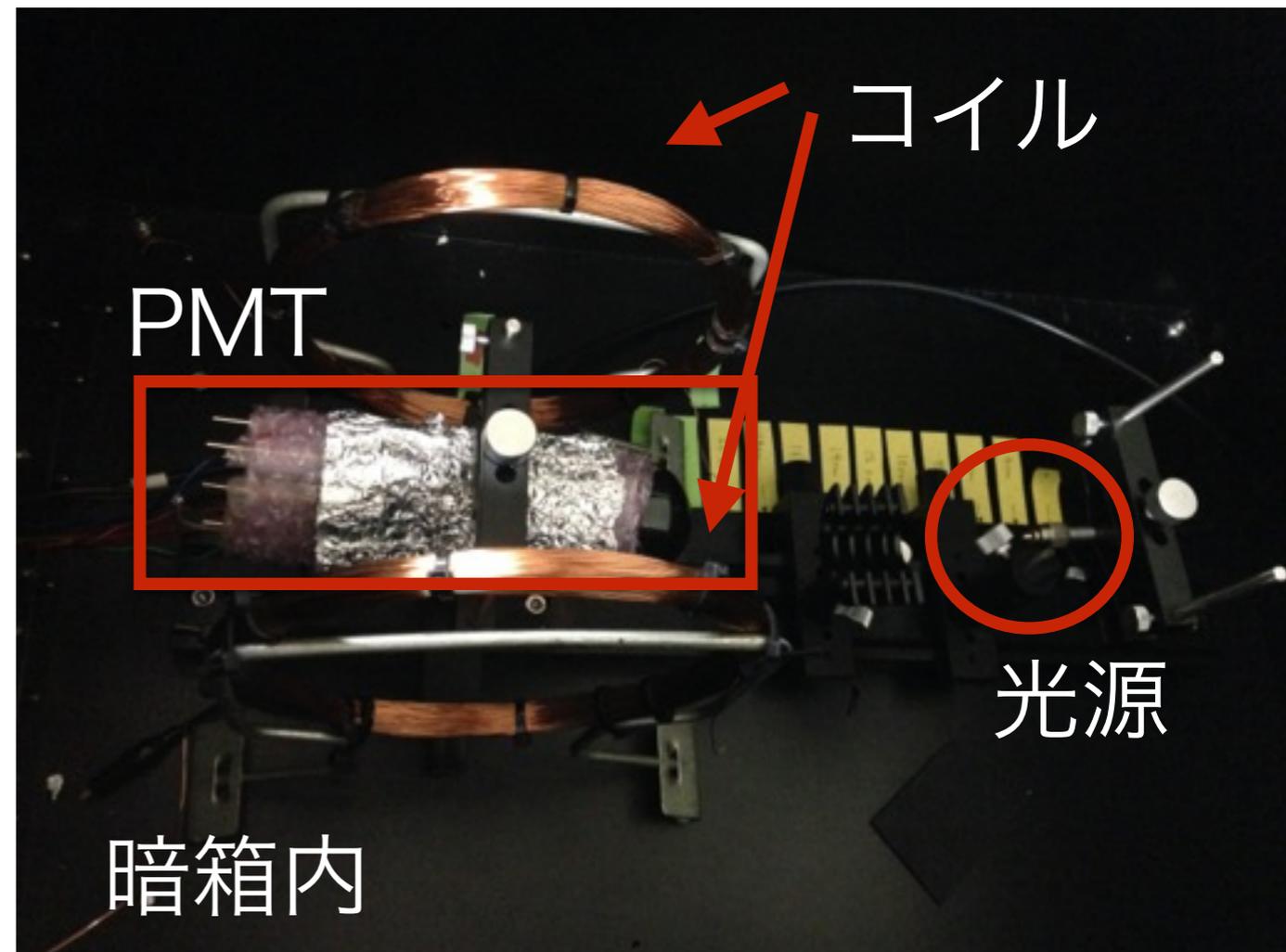


Calibration Dataから各PMTの
走行時間を新たに調査した

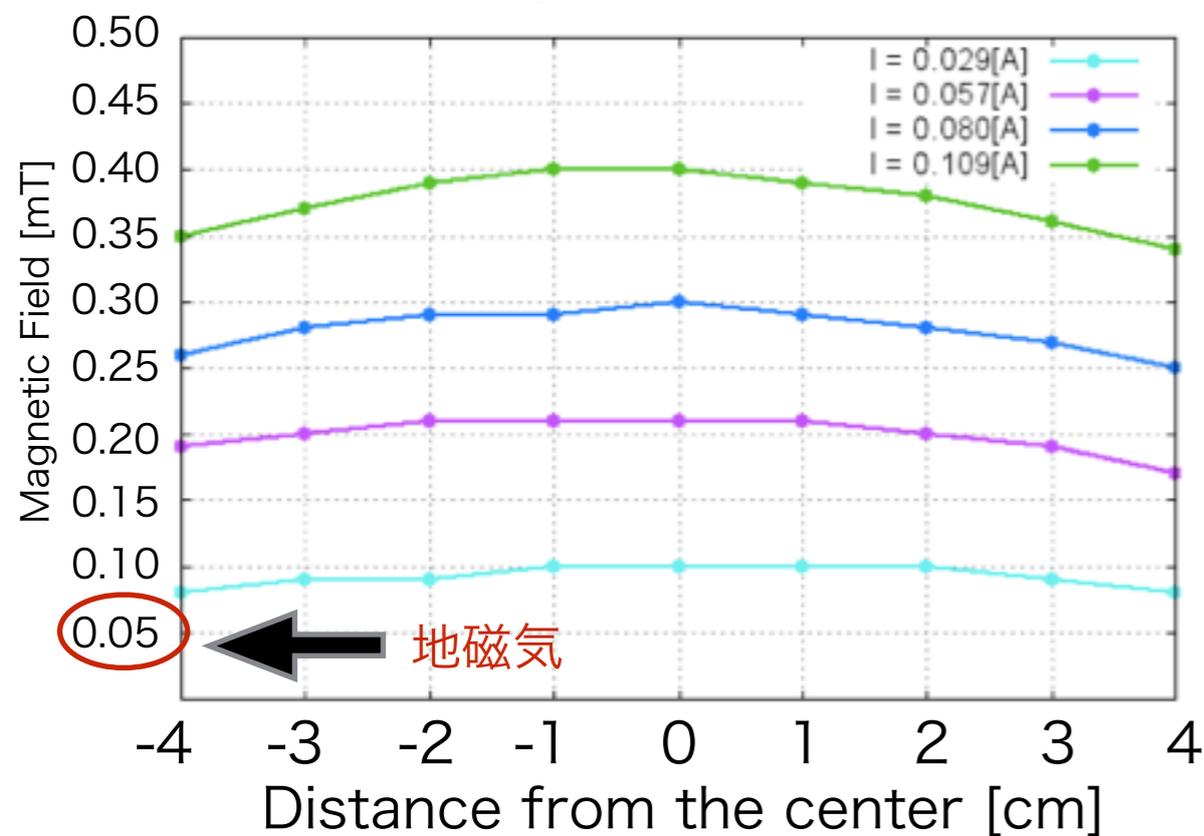
磁場依存性：Set Up

- PMTの性能評価として磁場依存性を検証
- 地磁気による影響はCTA要求を満たすのか確認
- 出力される波形の時間特性の磁場依存性を検証

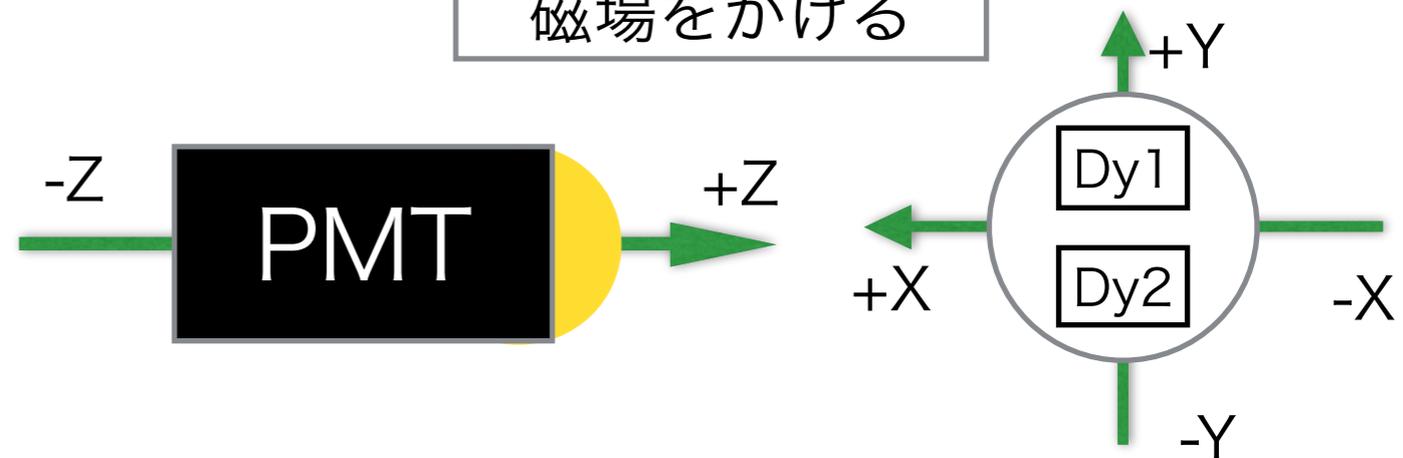
磁場依存性測定のためのSet Up



コイルが作る磁場分布

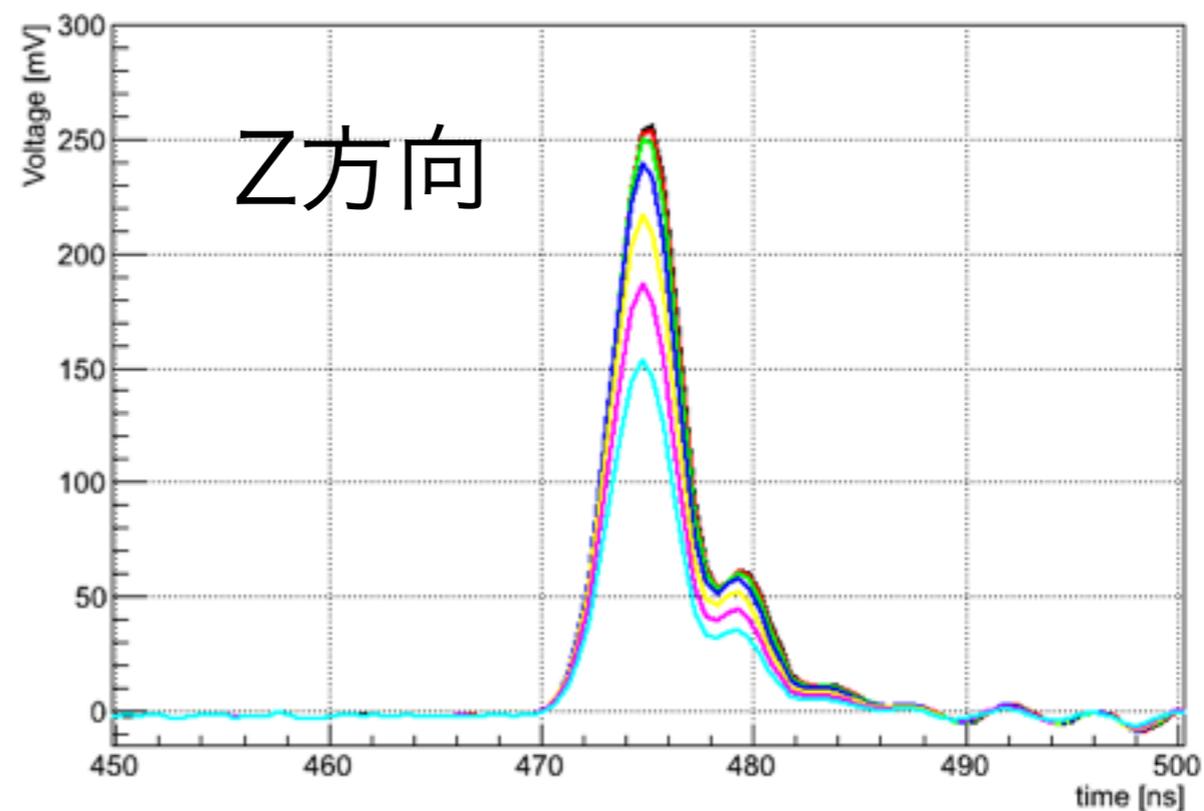
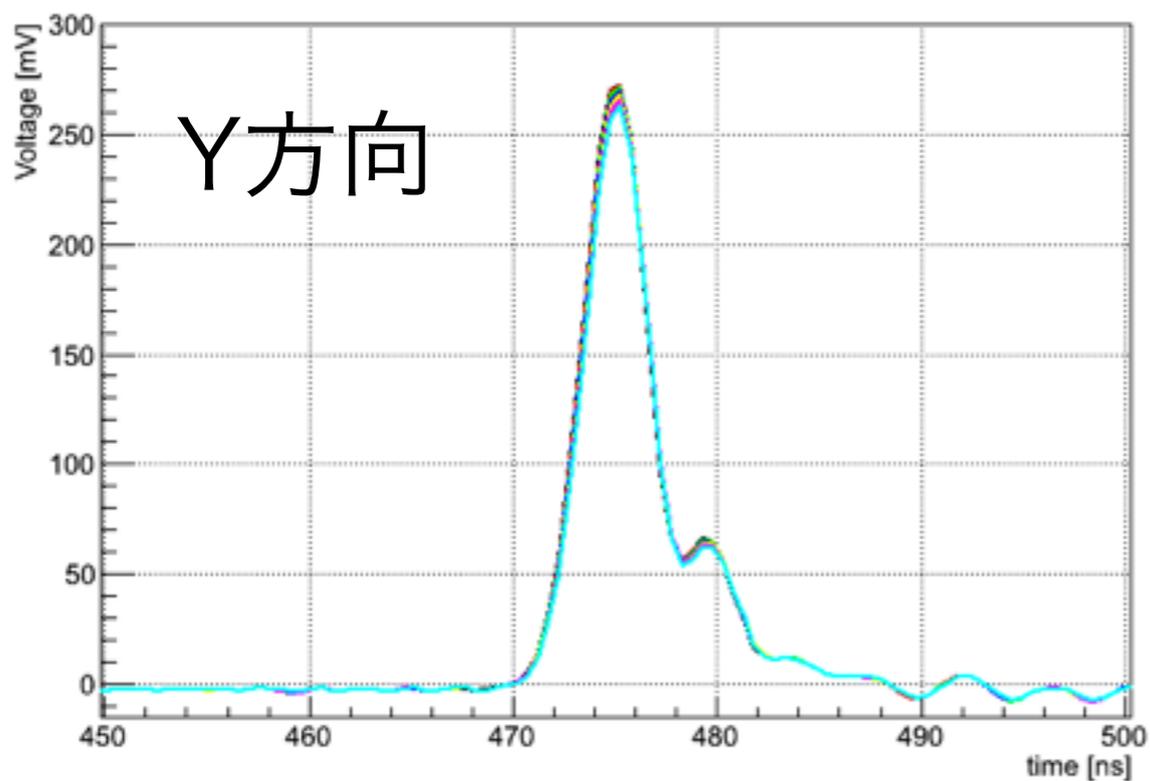
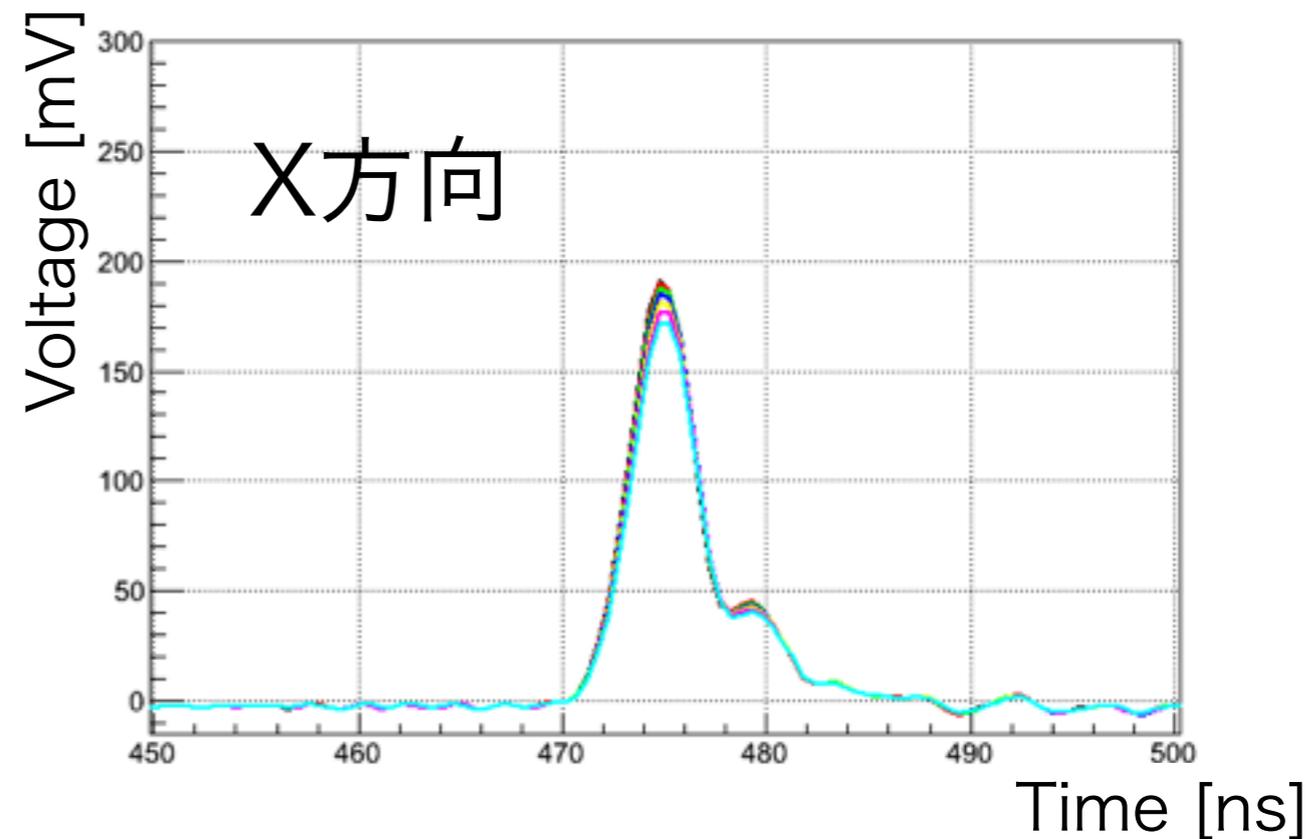


$\pm X, \pm Y, \pm Z$ 方向に
磁場をかける



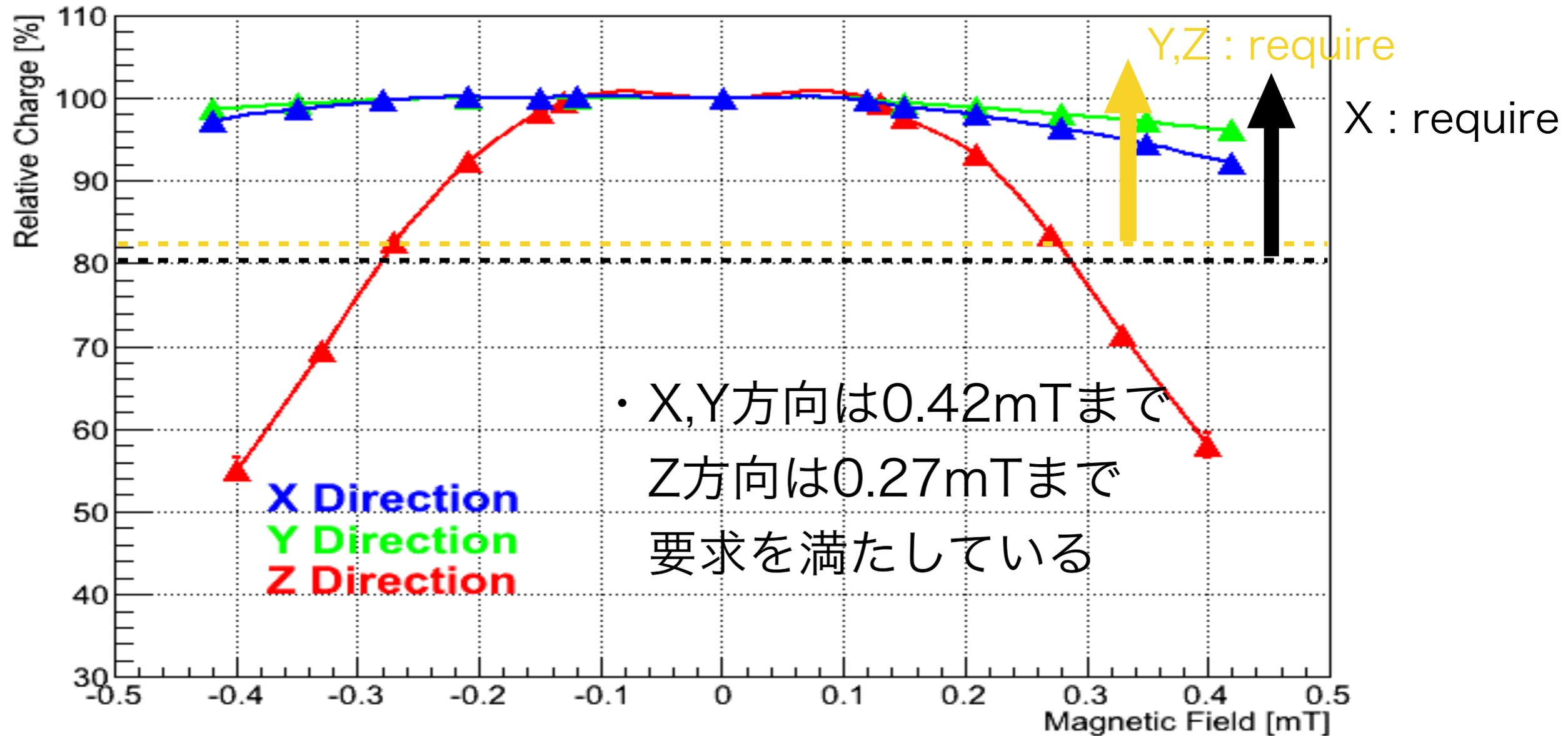
磁場依存性

- 各磁場での平均波形をplot
- 磁場の大きさは
水色>マゼンタ>黄>青>緑>赤>黒
- Z方向は磁場により波高値が大きく
落ちている



磁場依存性

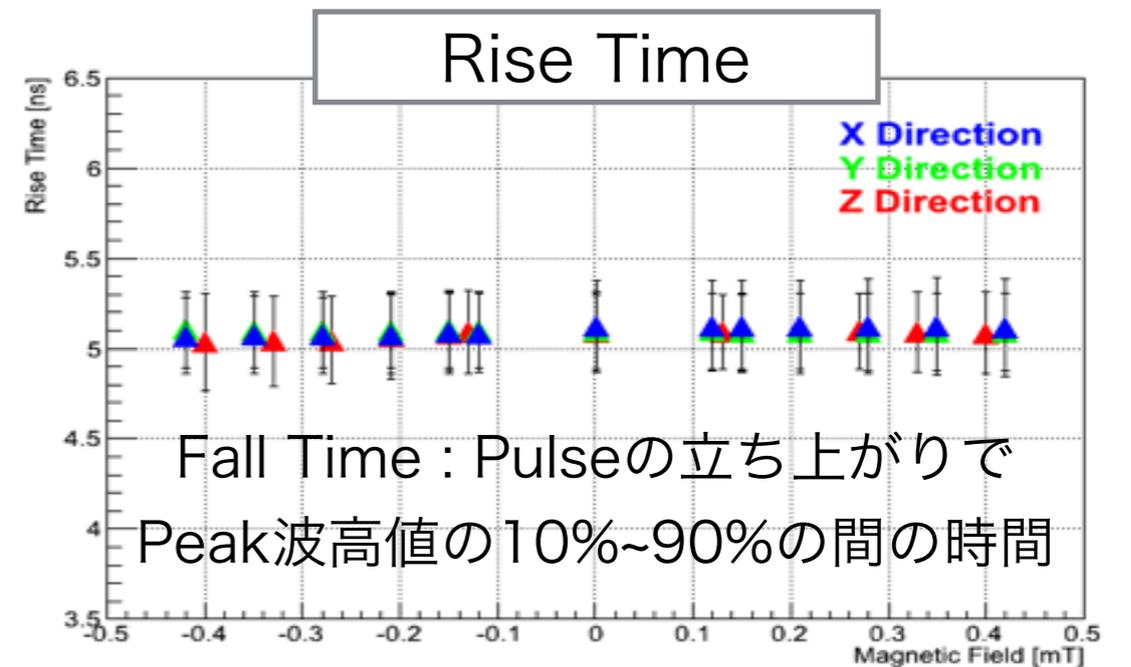
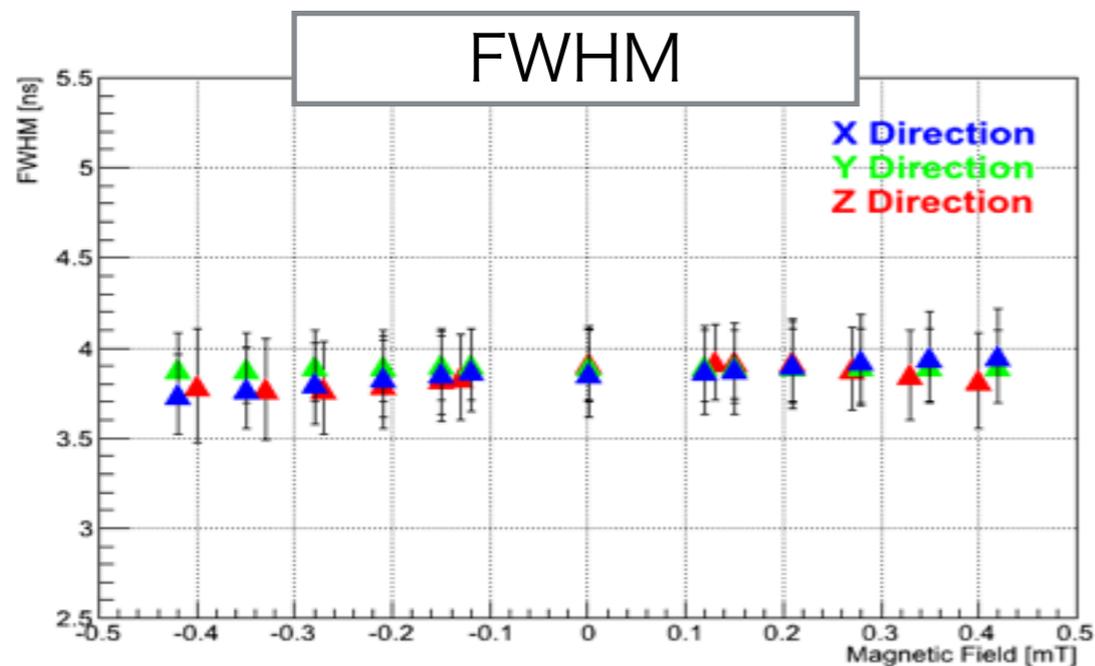
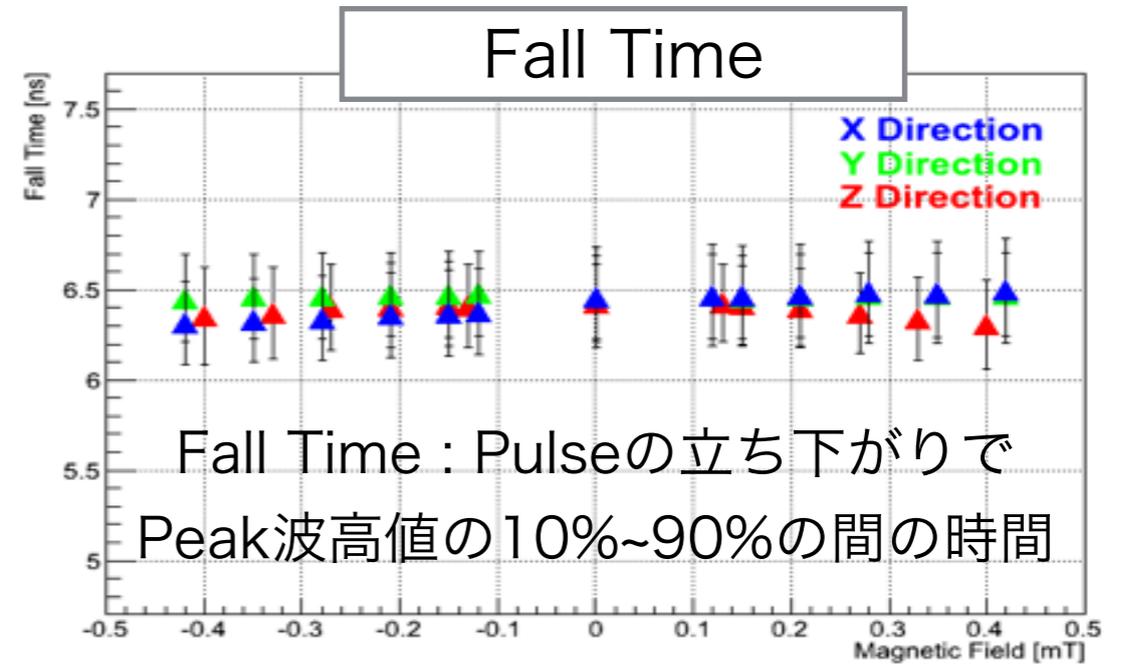
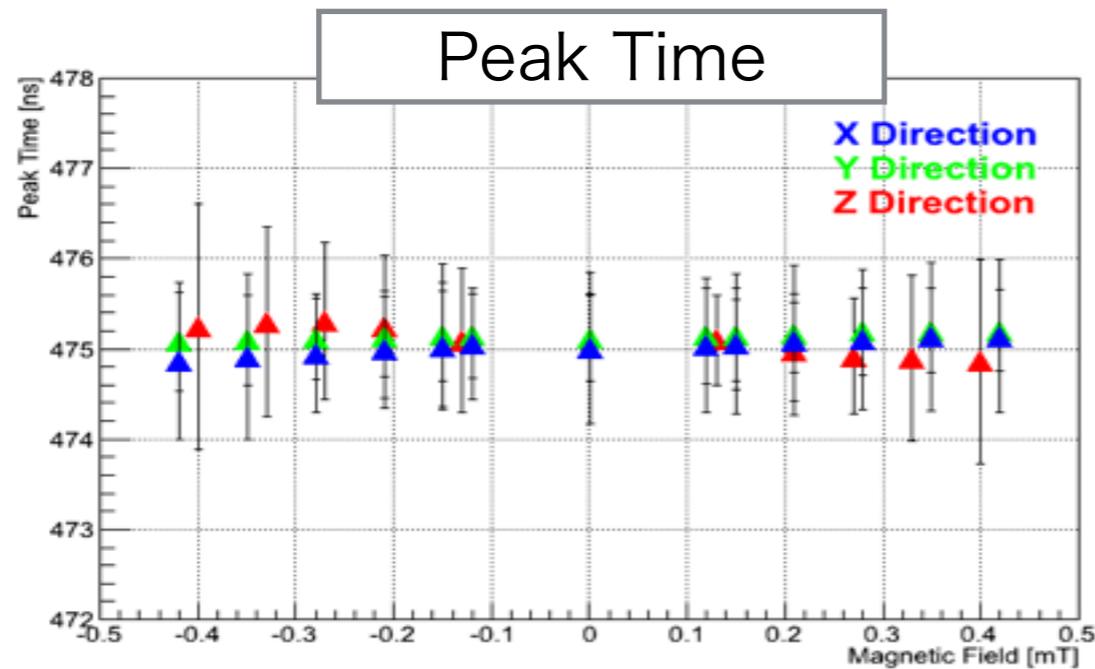
Magnetic Field Characteristics



- 地磁気の大きさはおよそ0.04~0.06mT
- 今回の測定において、かけた磁場の下限値は0.12mTでありその時のCharge Depositは2%以下

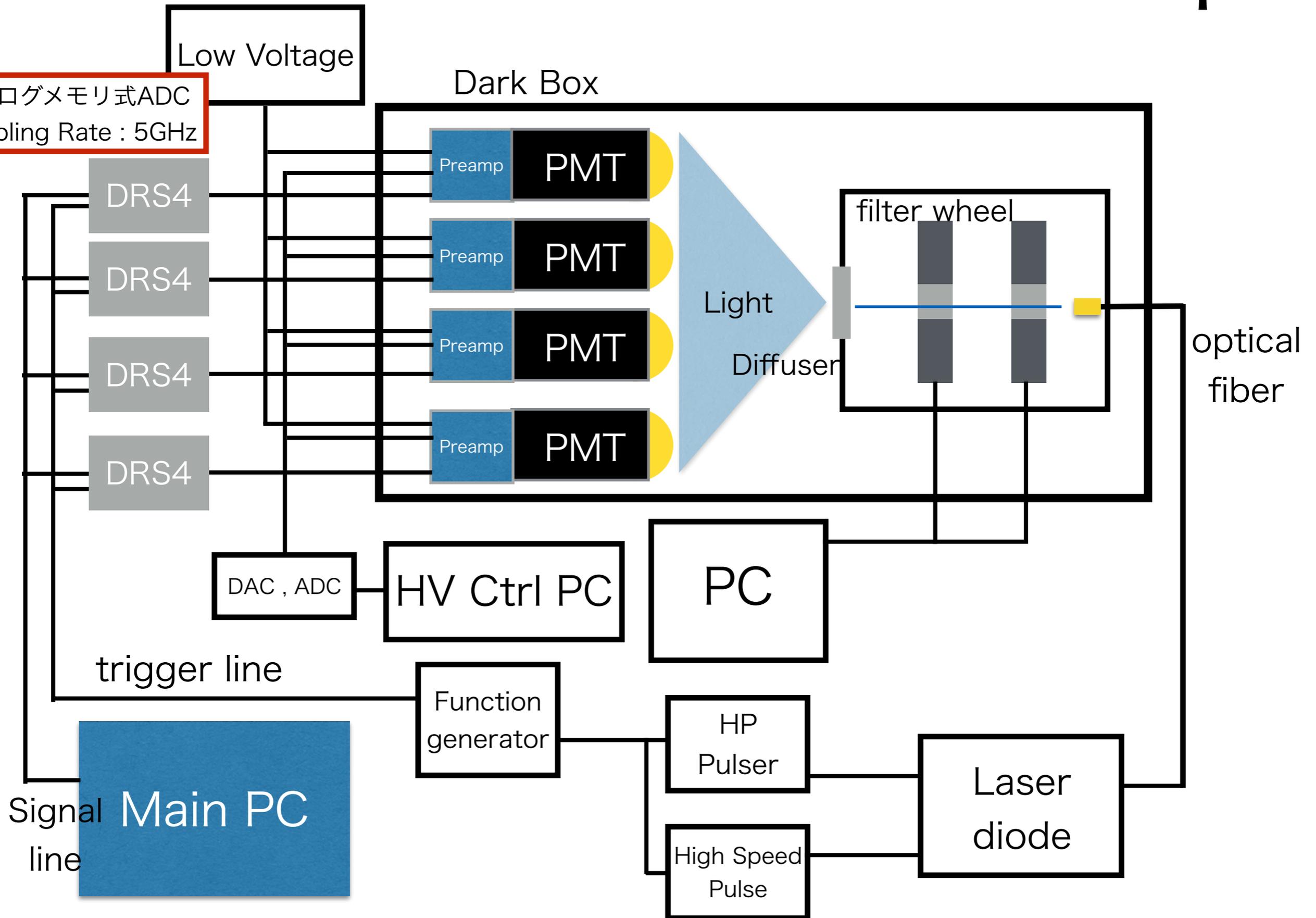
磁場依存性

- PMTの時間特性が磁場により変化するか調べた



- どのパラメータも明らかな磁場依存性は見られない

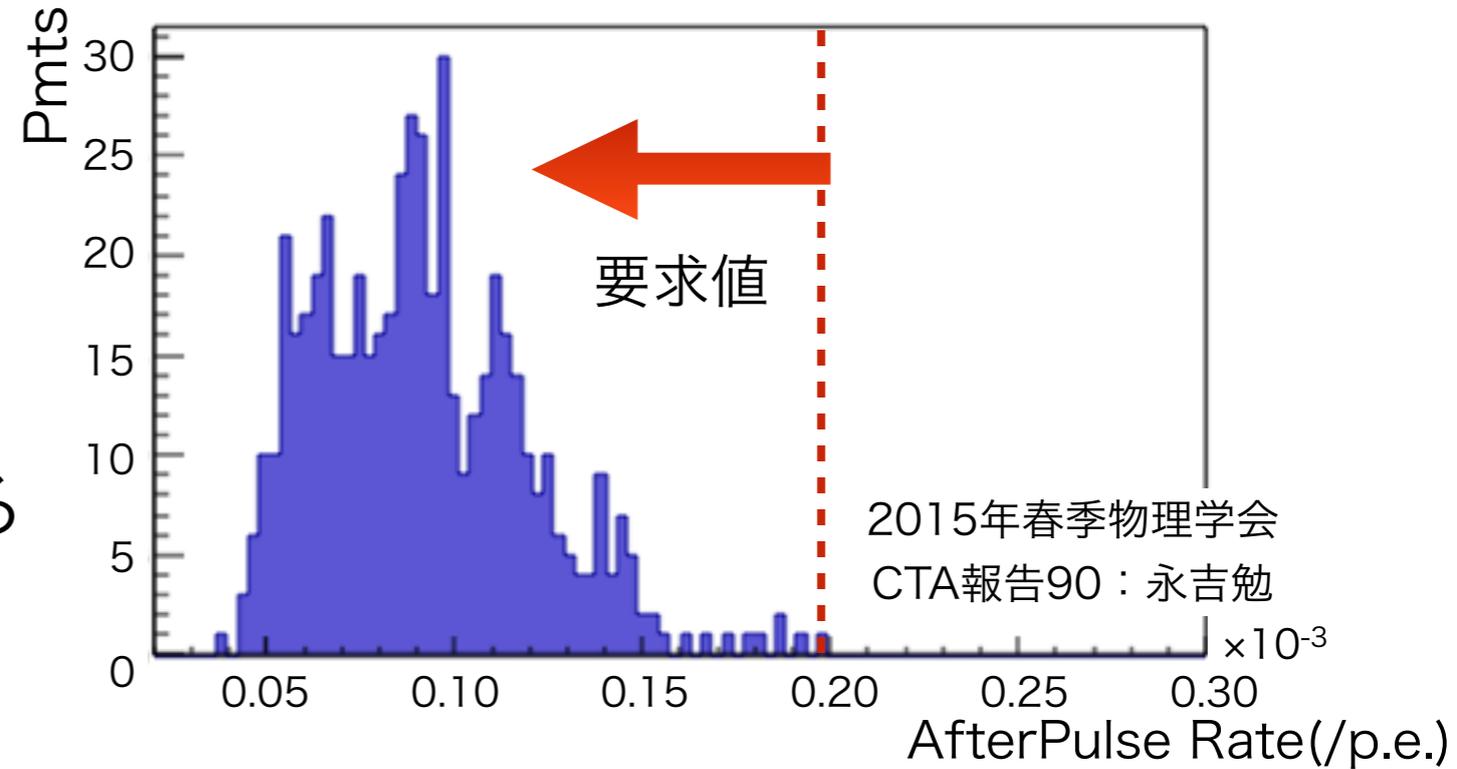
PMT Calibration : Set Up



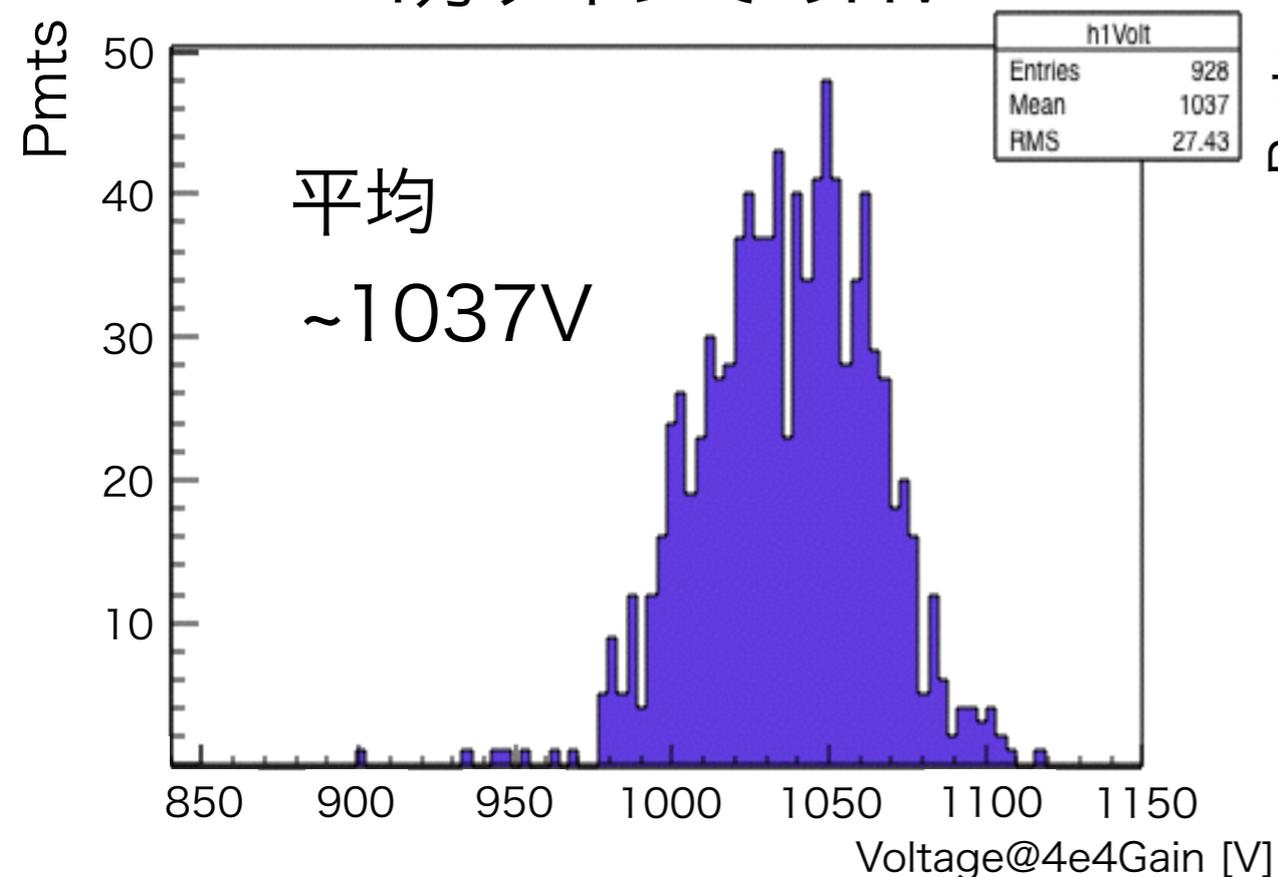
較正試験結果

- 較正試験項目であるAfterPulse発生確率、4万ゲインでのHV値、パルス幅(FWHM)の結果
- AfterPulse発生確率0.02%以下
パルス幅平均3ns以下を満たしている

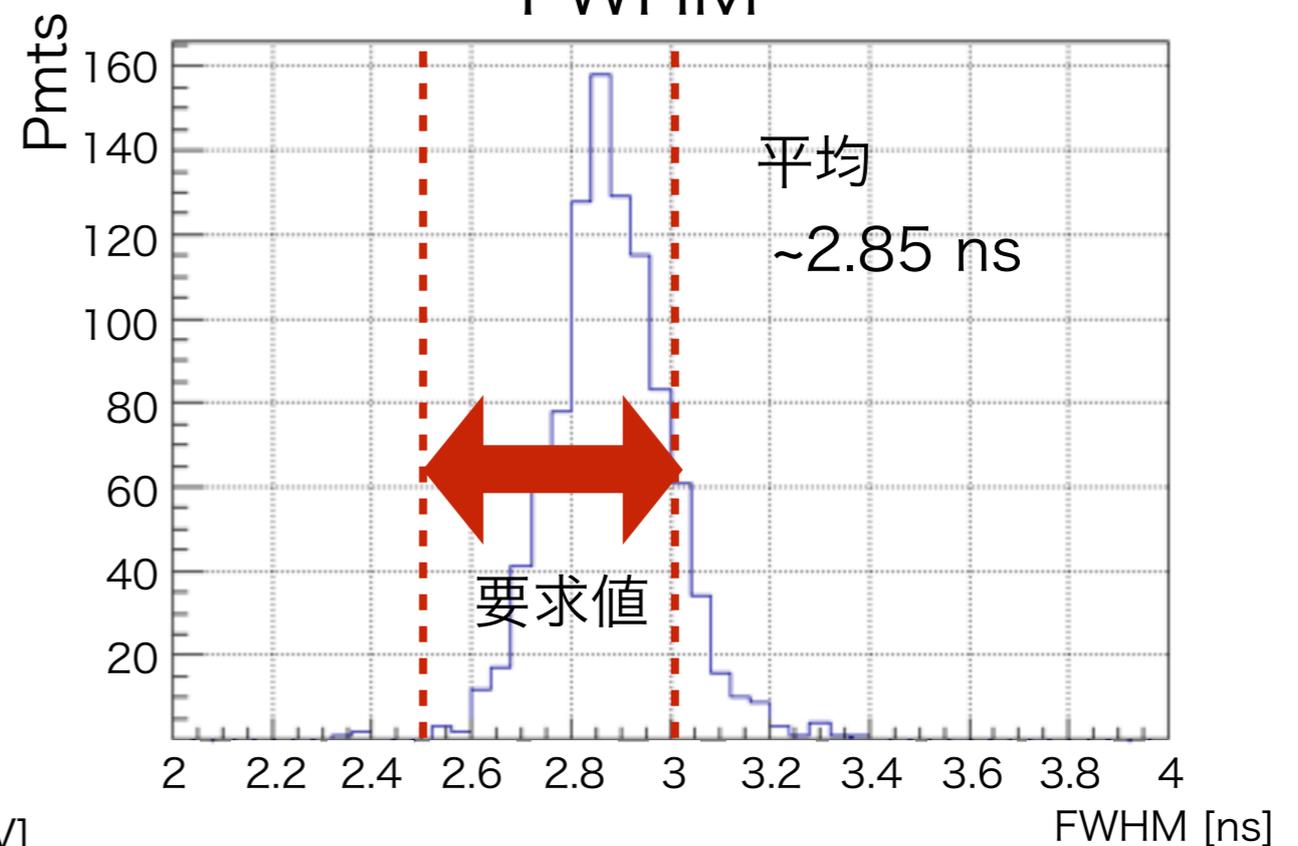
After Pulse発生率



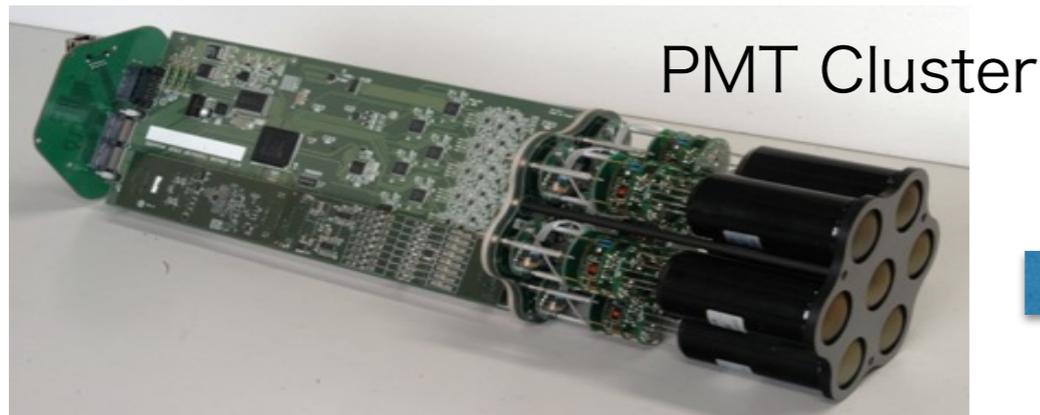
4万ゲインでのHV



FWHM



Transit Time Distribution

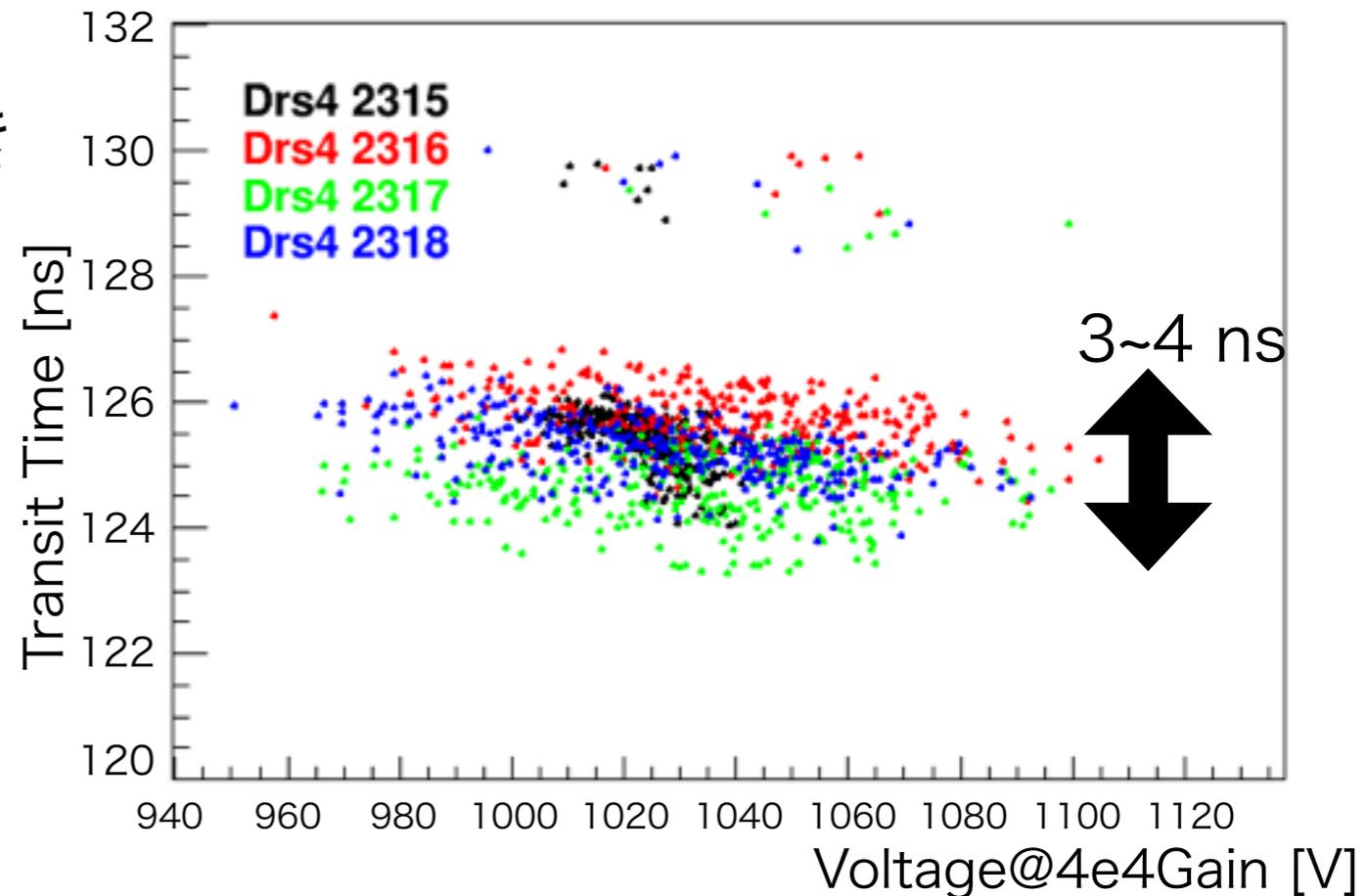


Transit Timeがばらばらだと
トリガーボードで問題に



- 現在の試験項目に加え
Transit Timeを調査
- 測定済みの全PMTの到着時間を
調べた

トリガータイミングからprimary pulse
までの時間分布



- 全体として3 - 4ns程度のばらつき
を持っている
- 波形記録用ADC(DRS4)の個性
が見られる
- trigger board上の遅延回路
(最大**5.75ns**)で対応可能

Summary

- 性能評価試験

- PMTの磁場依存性を検証した
- 測定結果から見積もると地磁気(0.04 ~ 0.06mT)によるChargeの変化への寄与は上限値2%程であり、CTA要求値に対し十分小さいことが分かった

- 較正試験報告

- 現在937本のPMTの較正試験が終了している
- 各測定項目において要求値を満たす結果が得られている
- Transit Time Spreadについては各PMTごとで数nsのばらつきは見られるものの、後段のtrigger board上の遅延回路で十分対応可能である。
- 今後も残りのPMTの較正試験を進めていく