

ATLAS実験レベル1エンドキャップ ミューオントリガーにおける Sector Logicの最適化

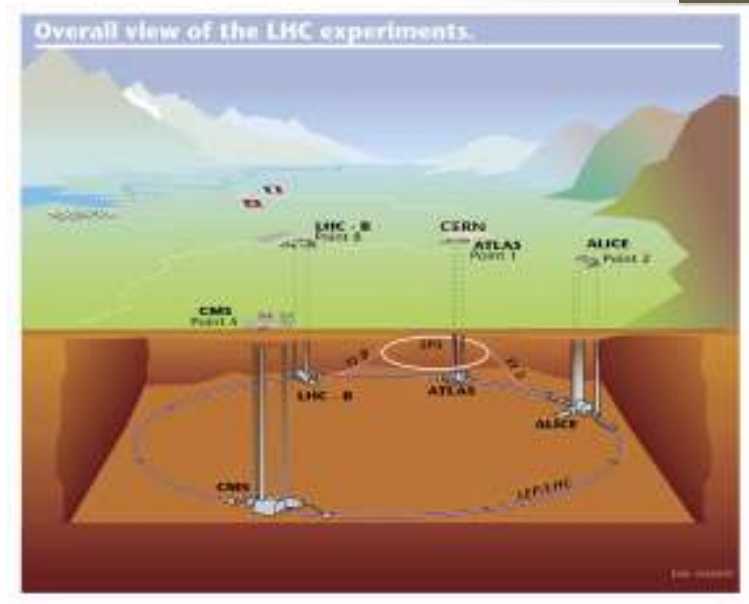
神戸大学理学研究科 早川 俊

LHC加速器 ATLAS実験 2010

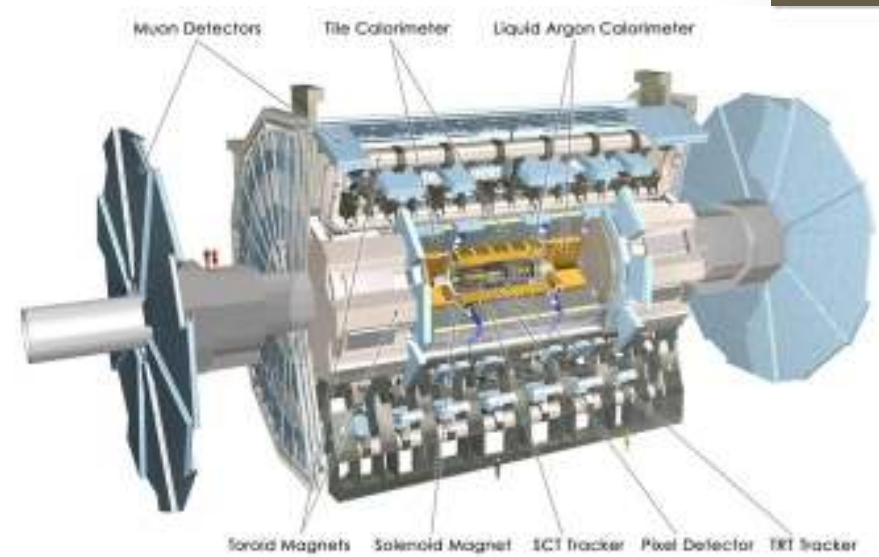
- LHC加速器
- 周長27km
- 重心系衝突エネルギー：14[TeV/c](design)
→7[TeV/c](in 2010)
- ルミノシティ： 10^{34} [cm⁻²/sec] (design)
→ 2×10^{32} [cm⁻²/sec](in 2010)
- バンチ衝突頻度：40MHz (/25nsec)

▶ ATLAS測定器

- ▶ 全長44m、直径22m、総重量7000t
- ▶ 汎用測定器
 - ▶ 内部飛跡検出器
 - ▶ カロリメーター
 - ▶ ミューオンスペクトロメーター



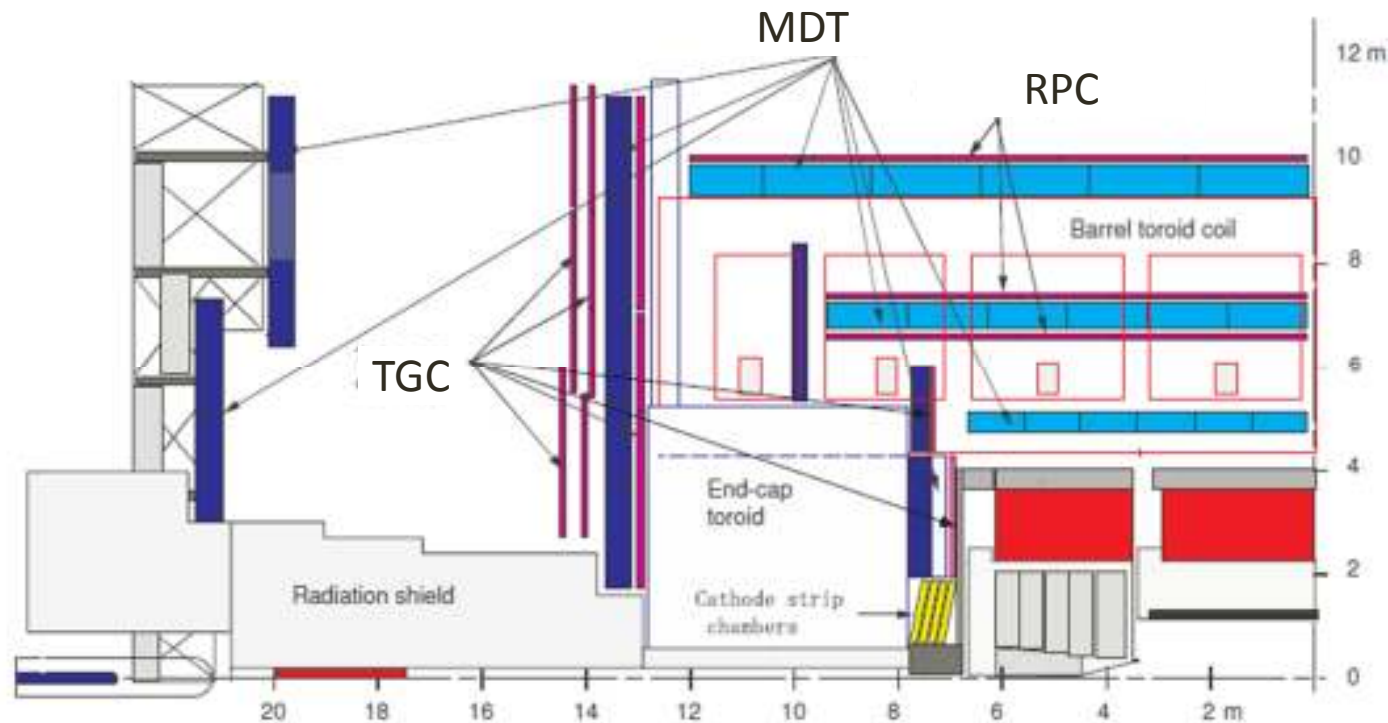
LHC Overview



ATLAS Overview

ATLAS Muon Detector

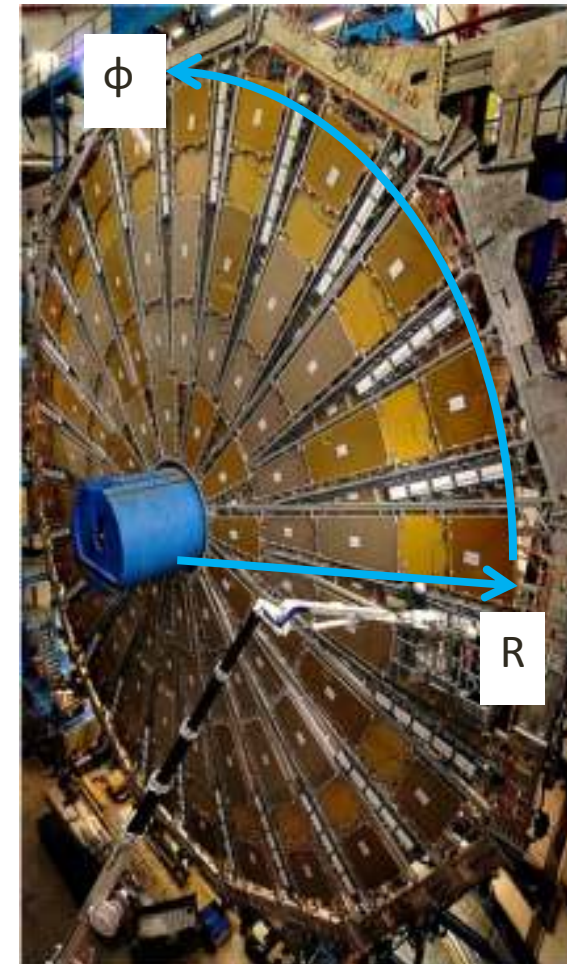
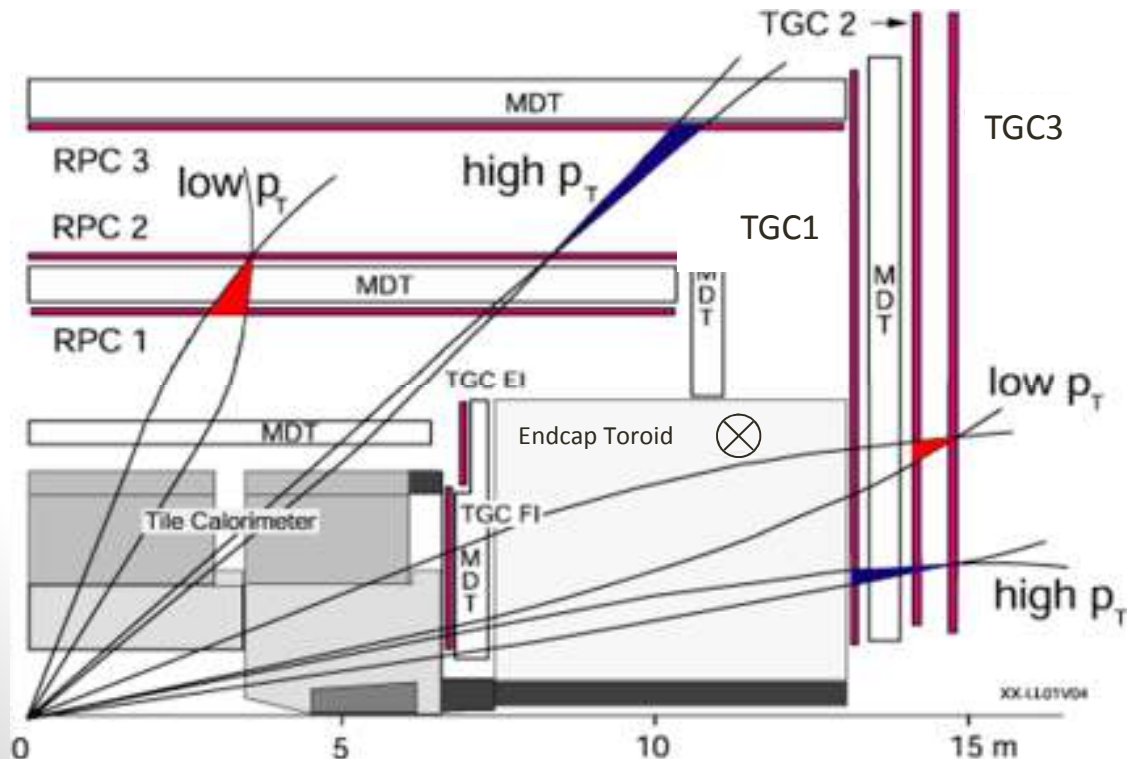
- Muon Precision Chamber
 - MDT (Monitored Drift Tube)
- Muon Trigger Chamber
 - $0 < |\eta| < 1.05$ (Barrel) \rightarrow RPC (Resistive Plate Chamber)
 - $1.05 < |\eta| < 2.4$ (Endcap) \rightarrow TGC (Thin Gap Chamber)



Position of ATLAS Muon Detector

ATLAS Endcap Muon Trigger

- $1.05 < |\eta| < 2.4$ (Endcap) の領域における Muon Trigger \rightarrow TGC
- 3 stations (7 layers), 約3700 Chamber (TGC1:3layer, TGC2:2layer, TGC3:2layer)
- wire : R direction readout
strip: ϕ direction readout



ATLAS Endcap Muon Trigger

- 2-station Coincidence (wire,strip independent)

TGC2,3から読み出された信号のCoincidenceを要求。
w/s それぞれdR, dφ (どれだけ曲がったか) を測定。

- 3-station Coincidence (wire,strip independent)

2-stおよびTGC1のCoincidenceを要求。

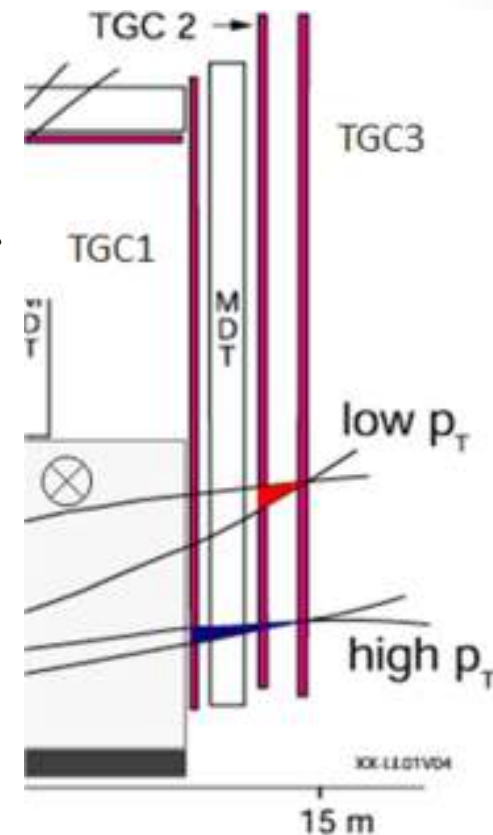
- R-φ Coincidence

wire/strip coincidenceの結果から

Coincidence Windowを利用して p_T 判定を行い、
高い p_T を持つMuon Candidateを選択し、

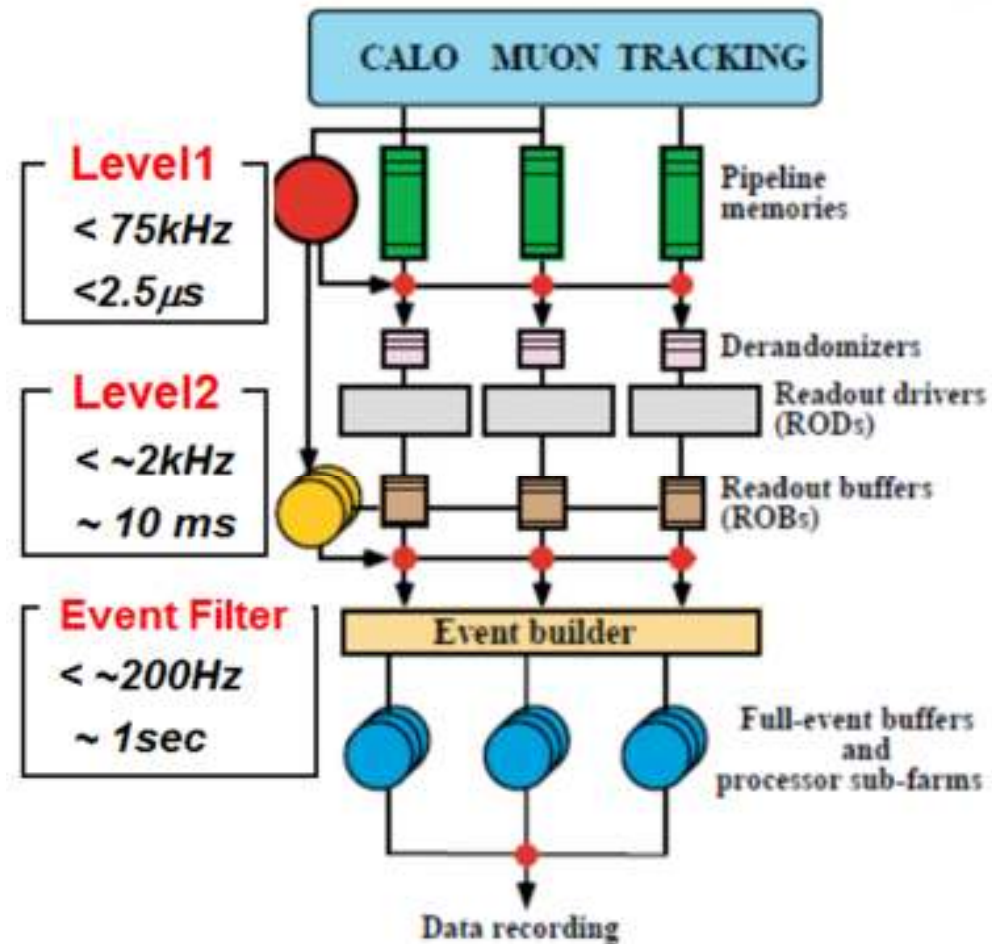
ATLAS Trigger Systemに

Trigger Candidateの情報を送る。



ATLAS Trigger System

- 以下の情報をATLASトリガーシステムに送る
 - タイミング
 - 位置情報
ROI (Region Of Interest)
 - $\eta \times \phi = 0.26 \times 0.033$
(Endcap Region)
 - 横方向運動量判定値 (p_T 判定値)
 - p_T を6段階に分けて閾値判定を行う。
- Level1では電子回路によって高速処理を行う。
(Total Latency $< 2.5\mu\text{sec}$)

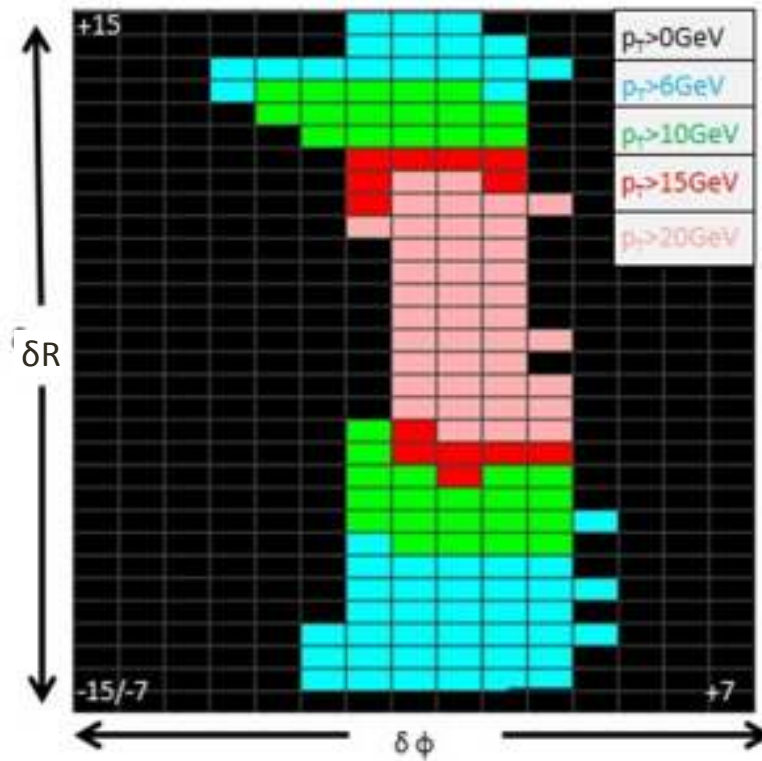


ATLAS Trigger Scheme

ATLAS Endcap Muon Trigger

- p_T 判定にはCoincidence Window(CW)をROIごとに用意。
(ROI総数17,280)

- p_T 判定値(in2010)
 - p_{T1} → 2-station coincidence
(Full opened Coincidence Window)
 - p_{T2} → 6GeV以上の μ をTarget(mu6)
 - p_{T3} → 10GeV以上(mu10)
 - p_{T4} → NA (RPC Special)
 - p_{T5} → 15GeV以上(mu15)
 - p_{T6} → 20GeV以上(mu20)



An Example of Coincidence Window

ATLAS Endcap Muon Trigger

- Sector Logic
 - R- ϕ coincidenceを行う電子回路。
 - 書き換え可能な**FPGA**(Xilinx Vertex II)を搭載。
 - 各ROIごとに違うCWをLook Up Tableとして実装。
 - 2010年では
合計1080パターンの
CWを用意して運用した。



Sector Logic Board

TGC Inefficient from Strip Cross Talk

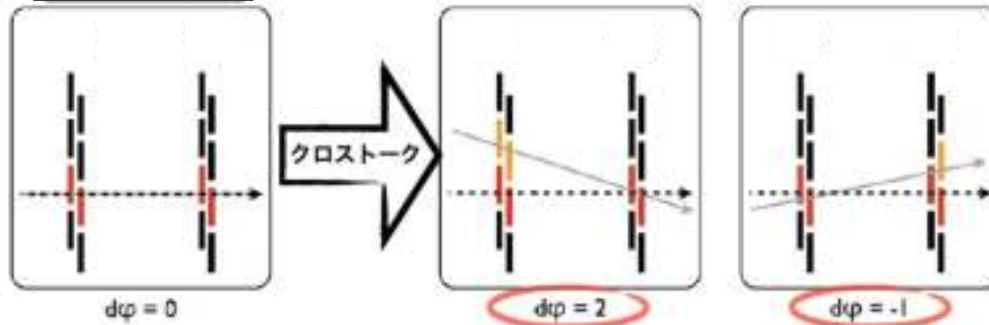
- 2010年7月の段階での p_{T2} のTrigger Efficiency

Single Muon MC → 94.5%

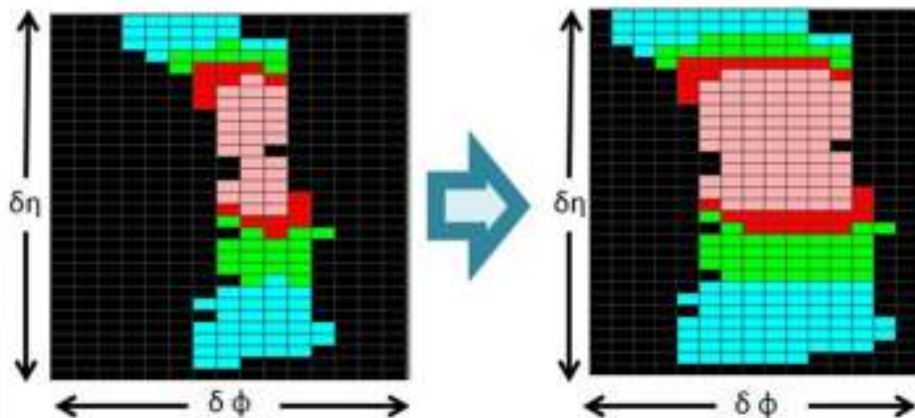
Data → 86.3%

Simulationと実データの間で
Efficiencyの開きがある。

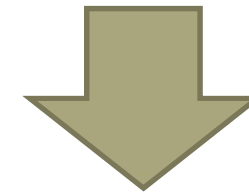
TGC1 strip



- TGCのStrip cross talkによる $d\phi$ 方向の広がり。
→ Coincidence Windowを広くとることで対応



Eff (p_{T2}) : 0.863 ± 0.015



Eff (p_{T2}) : 0.936 ± 0.006

TGC Inefficient from TGC1 Low Efficiency

▶ TGC1 Inefficient

- ▶ 2-st coincidenceと3-st coincidenceの間に3%のLossが見られた。
- ▶ 他のstationと比べてHit Efficiencyが低い。
 - ▶ Noisy Channelが多く、Thresholdが高く設定されている場所が多い。
 - ▶ Designでは3.0kVだが、実際には~2.8kVの印加電圧で運転。(TGC1に限らない)

▶ 解決策

→2-stでも $p_{T2}(\mu 6)$, $p_{T3}(\mu 10)$ を出せるようにして対処。

→ p_{T2} のTrigger Efficiencyが94%→97%に向上。

▶ 一方で...

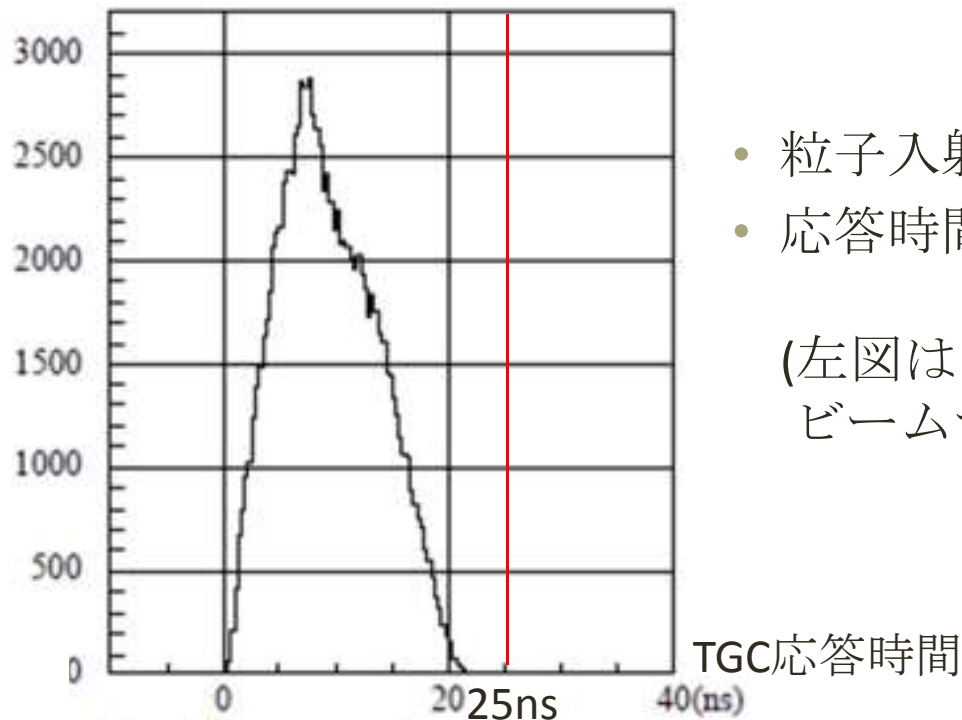
変更前後で比較した、Trigger Rateの上昇率

・ p_{T2} →2.3倍 p_{T3} →2.4倍

- ▶ Trigger Rateが上がりすぎてしまったため、2011年最初のPhysics Runからは止めることに。

TGC Time Jitter

- TGCはMWPCの一種
→ μ 入射後、応答に時間がかかる。
→Time Jitterは25nsecに納まるよう設計。
- TGC systemでは、信号読み出しタイミングを
Time Of FlightおよびCable長を考慮して最適化。



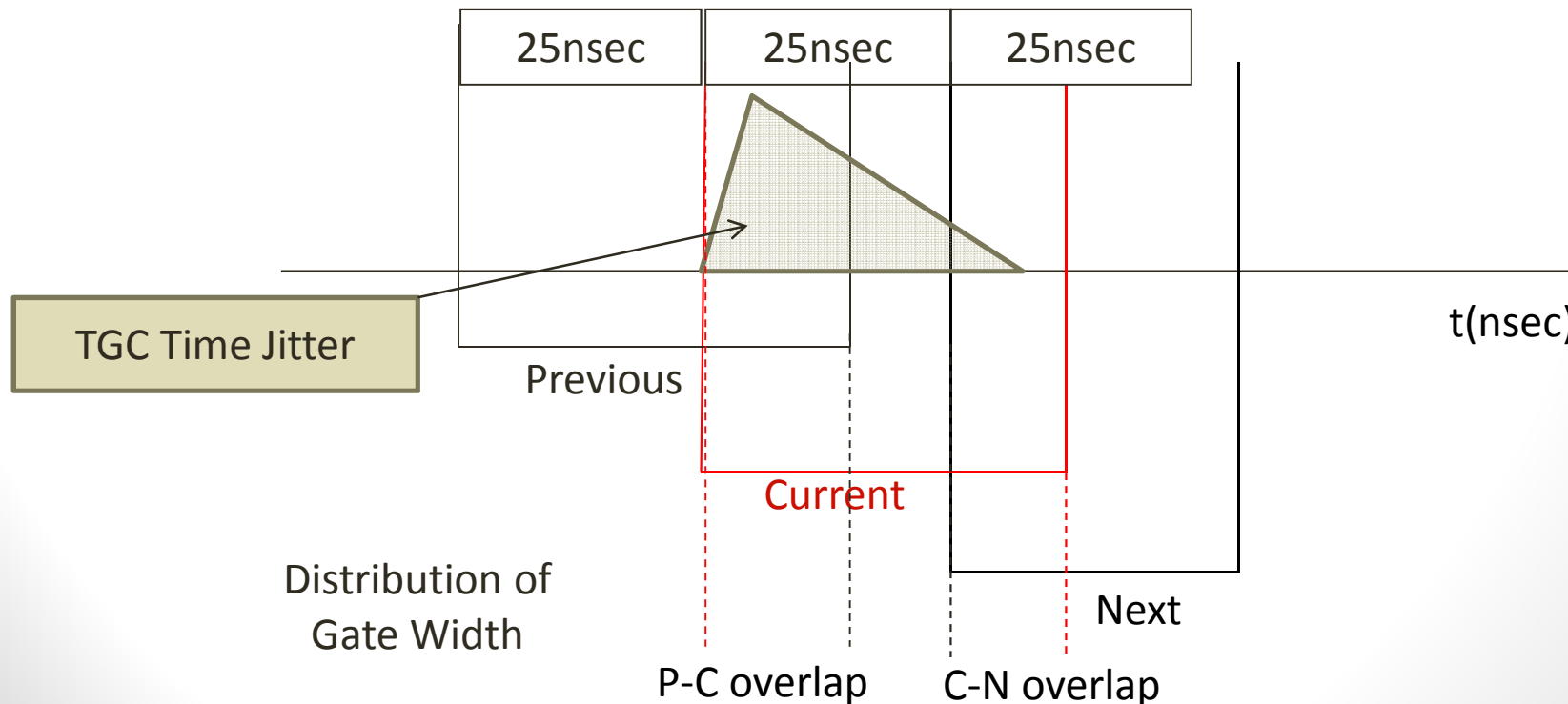
TGC応答時間分布

- 粒子入射タイミングを $t=0$ と設定。
- 応答時間を測定。

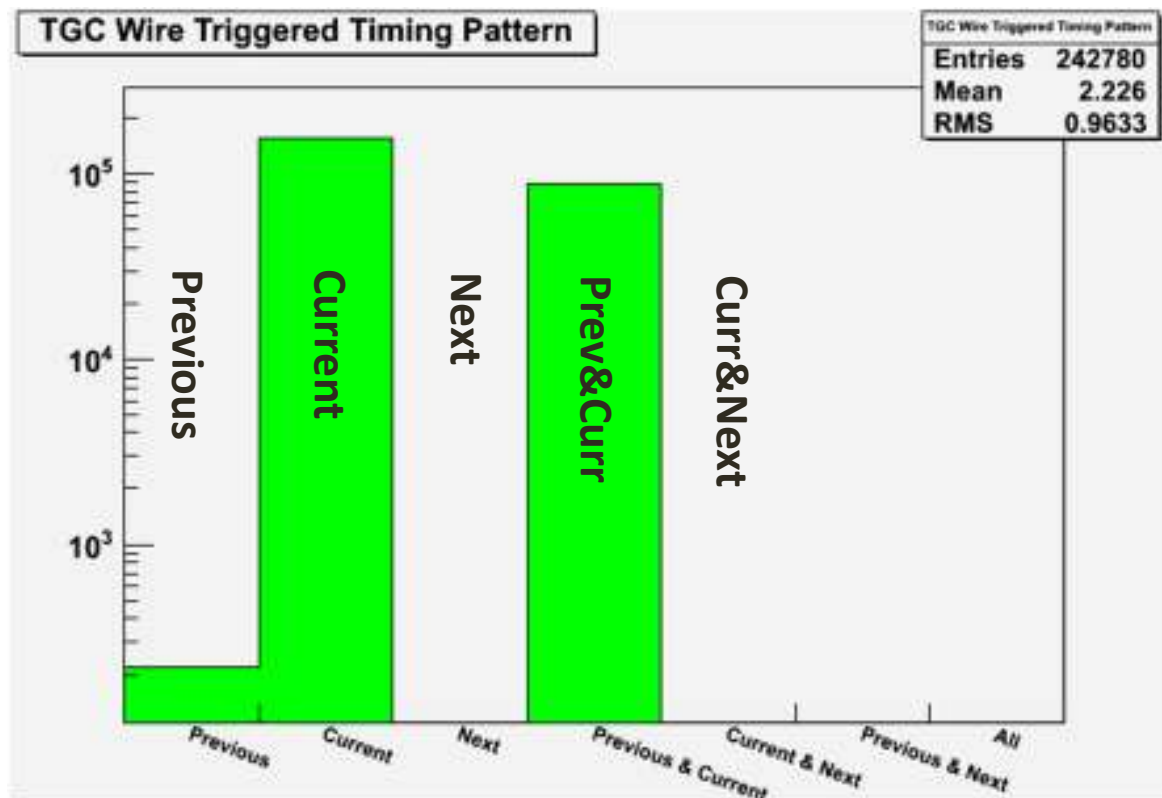
(左図は日本で行われた
ビームテストの結果)

Optimization of TGC Trigger Timing

- TGCはTime Jitterが25nsec (LHCのバンチ衝突間隔)に納まるように設計されている。
→25nsecよりも大きくなっている。
- Currentを衝突タイミング、Previous, Nextをその前後とする。
- Gateを広く取らなければいけない。
→オーバーラップでは両タイミングでトリガーを発行。
Triggerタイミングを誤る。



Optimization of TGC Trigger Timing



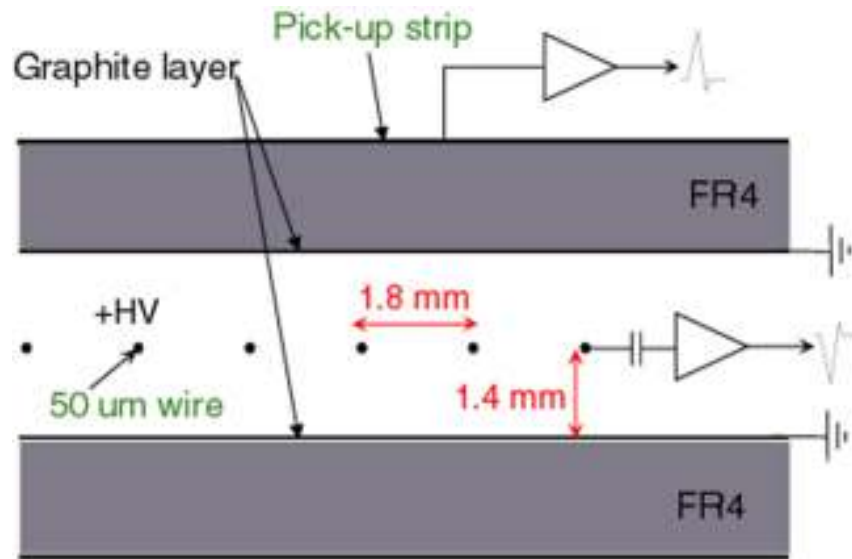
TGC wire Triggered Pattern

- ▶ Wireに注目。Prev&CurrのoverlapでのTriggerが多い。
→Wireのみ、同じ場所で二連続でTriggerした場合、先に来たTrigger (Previous)を無効化することで対応。
→近々 Sector Logicに新機能を実装。

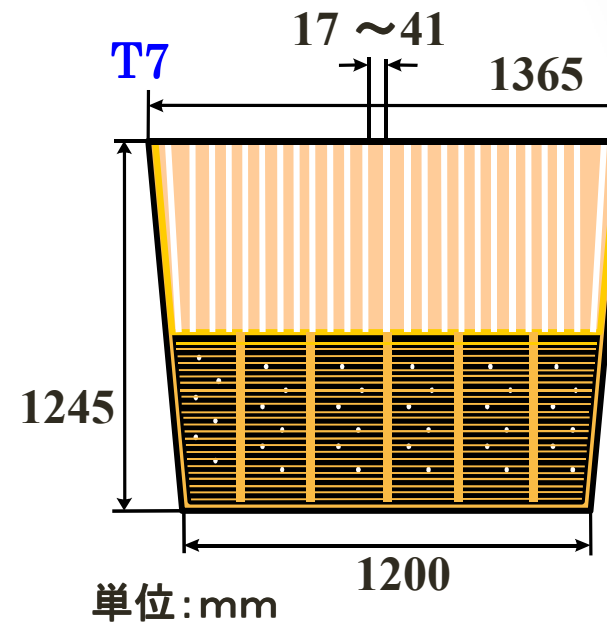
Summary

- 2010年のデータを用いた
LVL1 Endcap Muon Trigger Systemの調整を行い、
Trigger Efficiencyを高く保つことが出来た。
 - Cross TalkによるTrigger Efficiency Lossを
広くしたCoincidence Windowを使用することで解消。
 - TGC1のInefficientによるTrigger Efficiency Lossを
2-station coincidenceでも
 p_T2 , p_T3 のメニューを発行することで解消。
 - しかしTrigger Rateが上がりすぎてしまったので止めることに。
- 2011年からはwireの連続Triggerに対し
正しいタイミングのみTriggerするための機能を実装する。

Backup: Structure of TGC



TGCの構造



- MWPCの一種
- 50μmのタングステンワイヤー
 - ワイヤー間隔 1.8mm
 - アノード・カソード間隔 1.4mm
- ガス CO₂ / n-pentane(55:45)
- 設計印加電圧 : 3.0kV