

アトラスレベル1ミューオントリガーにおける バックグラウンドの評価とその除去

総研大

鈴木 友

高工研^A, 京都大^B, 東大素セ^C, 佐々木修
^A, 石野雅也^B, 川本辰男^C

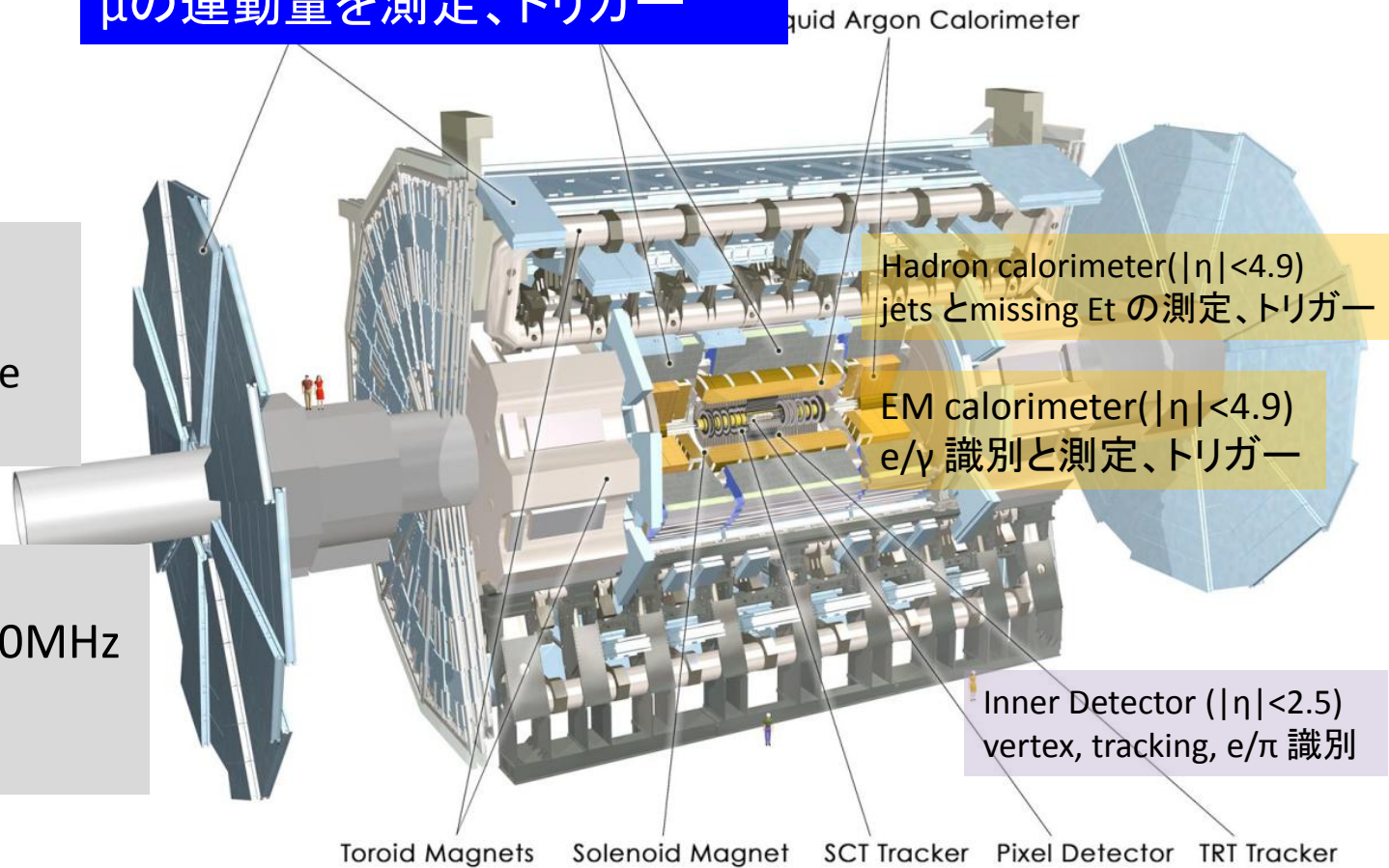
ATLAS 検出器

全長 44m
直径 25m
重量 7000 t

Muon Spectrometer ($|\eta| < 2.7$)
 μ の運動量を測定、トリガー

Magnet
0.9 - 2T Solenoid
0.2 - 3.5 T Air Core
Toroid

3 Level Trigger
Bunch crossing: 40MHz
LVL1: 75 KHz
Record: 400 Hz



ATLAS トリガー

Bunch Cross

- Rate = 40MHz

LVL1

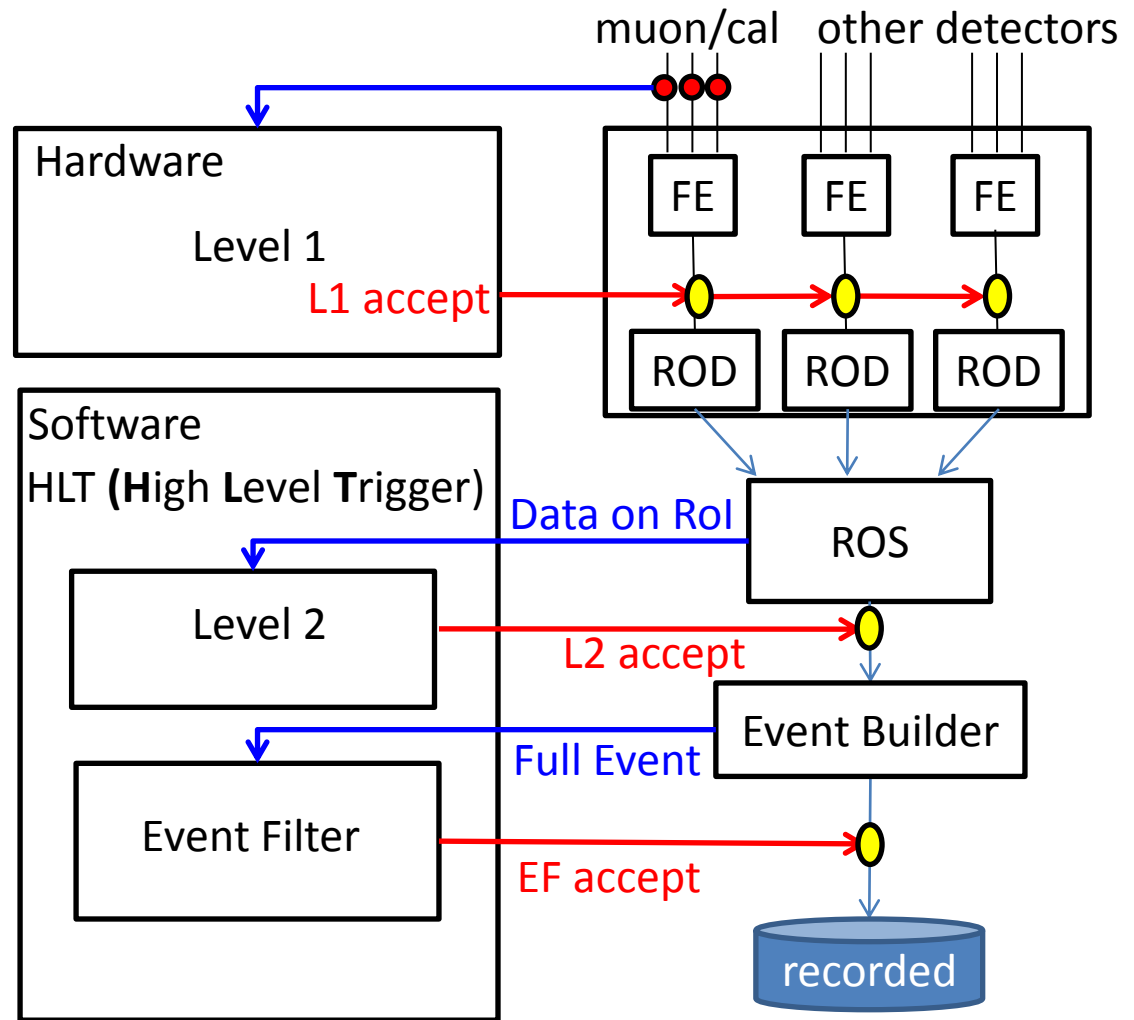
- Rate < 75K Hz
- Latency < 2.5 μ sec

LVL2

- RoI (Region of Interest) に関連するデータを用いる
- Rate = ~3K Hz

Event Filter

- 全データを用いる
- Rate = ~400 Hz



レベル1 ミューオントリガー

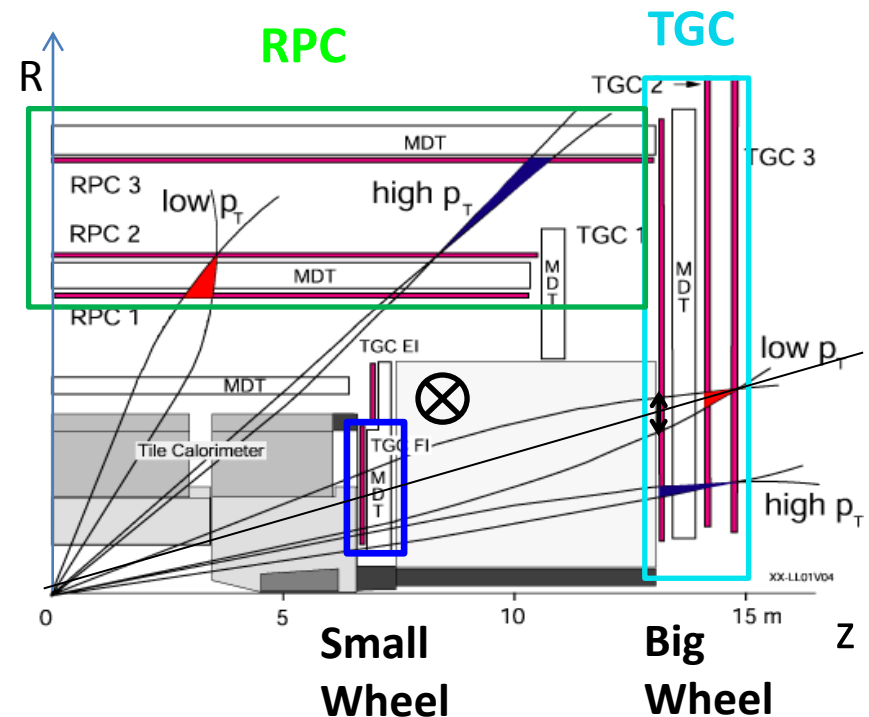
- バレル ($|\eta| < 1.05$): **RPC (Resistive Plate Chamber)**, 360 k ch
- エンドキャップ ($1.05 < |\eta| < 2.4$): **TGC (Thin Gap Chamber)**, 320 k ch, 99% efficiency for 25ns gate

1. ミューオンが存在するバンチ衝突を見つけ、レベル1トリガーを発行する
2. RoI (レベル1ミューオンの位置情報)をHLTへ送る
3. ϕ 座標を飛跡検出器へ提供する

P_t 判定

3ステーションコインシデンスにより得られる、無限大運動量飛跡からのずれより、6段階で P_t の判定を行う

R-Z 断面図



LHCアップグレード

LHC アップグレード 計画

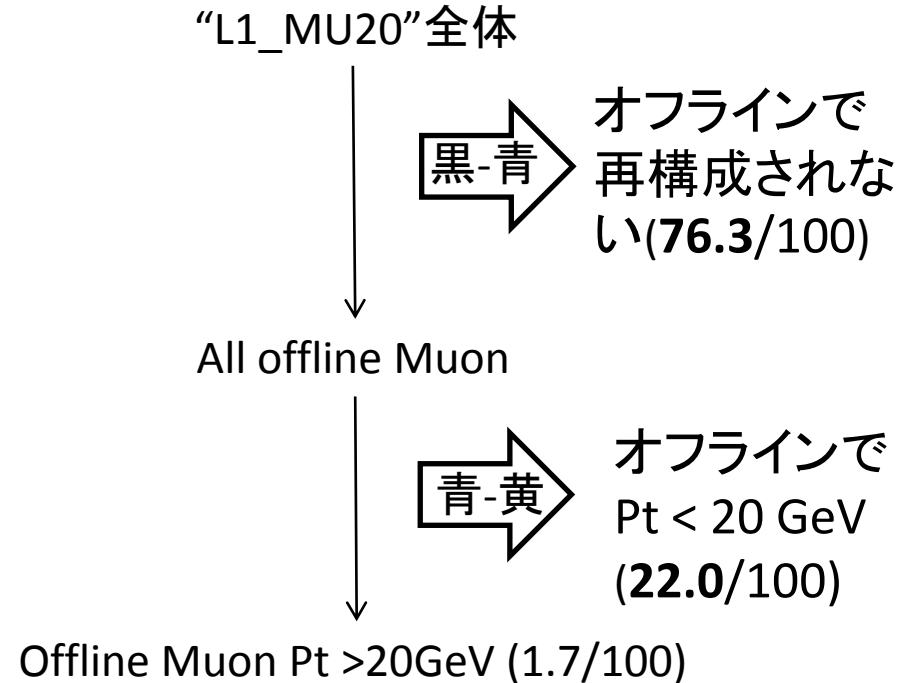
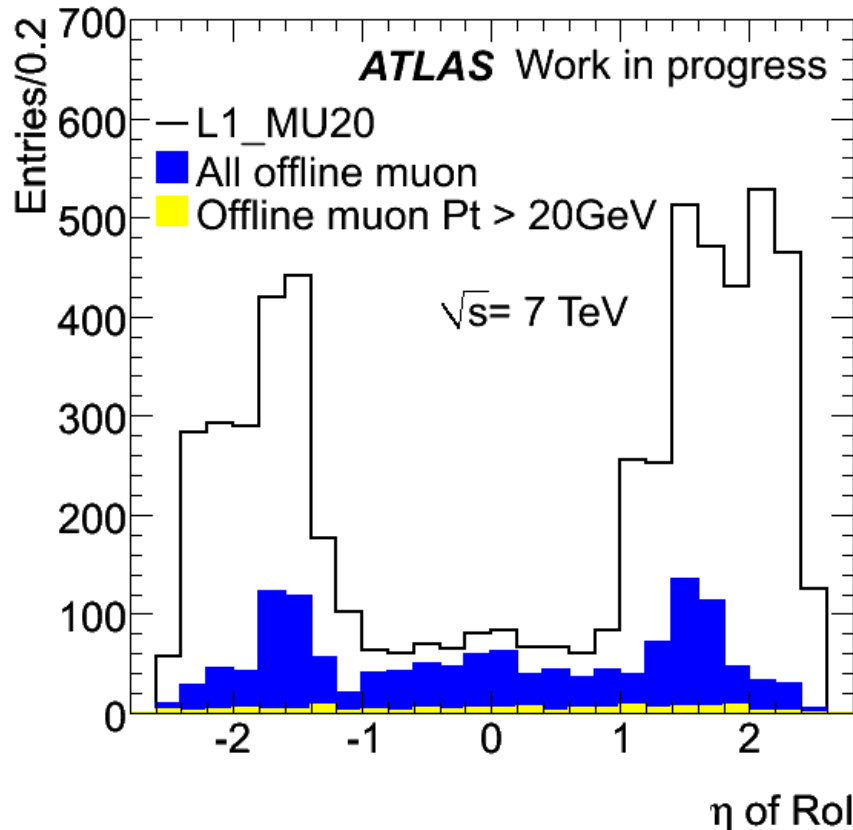
	Energy (TeV)	Inst Lumi ($\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	L1_MU20 Rate (Hz)
現在 (2011)	7 TeV	$2 \cdot 10^{33}$	2 KHz
デザイン値 (2014)	14 TeV	$1 \cdot 10^{34}$	20 KHz
Phase-1 upgrade (2019)	14 TeV	$2 \cdot 10^{34}$	40 KHz
Phase-2 upgrade(2023)	14 TeV	$5 \cdot 10^{34}$	100 KHz

ATLASの各検出器は LVL1レートが75KHzまでしか運転できない設計
その中で、ミュオンへの割り当ては[20KHz](#)

→LVL1ミュオントリガーは Phase-1 upgrade でFactor 2 の
レートリダクションが必要

現状の L1_MU20 トリガーのクオリティ

- “L1_MU20”: LVL1で20GeV以上と判断されたイベント
- Offline muon: オフラインで再構成されたイベント



Endcap領域を改善することで大きなレトリダクションが得られる
→ $|\eta| > 1.3$ についてのトーク

フェイクトリガーとその除去方法

フェイクトリガーの起源

- A) SWとBW-TGCの間で生じる粒子
- B) ビームハロー
- C) 多重散乱の影響

現在のシステムでは除去ができない



Small Wheel の情報を利用

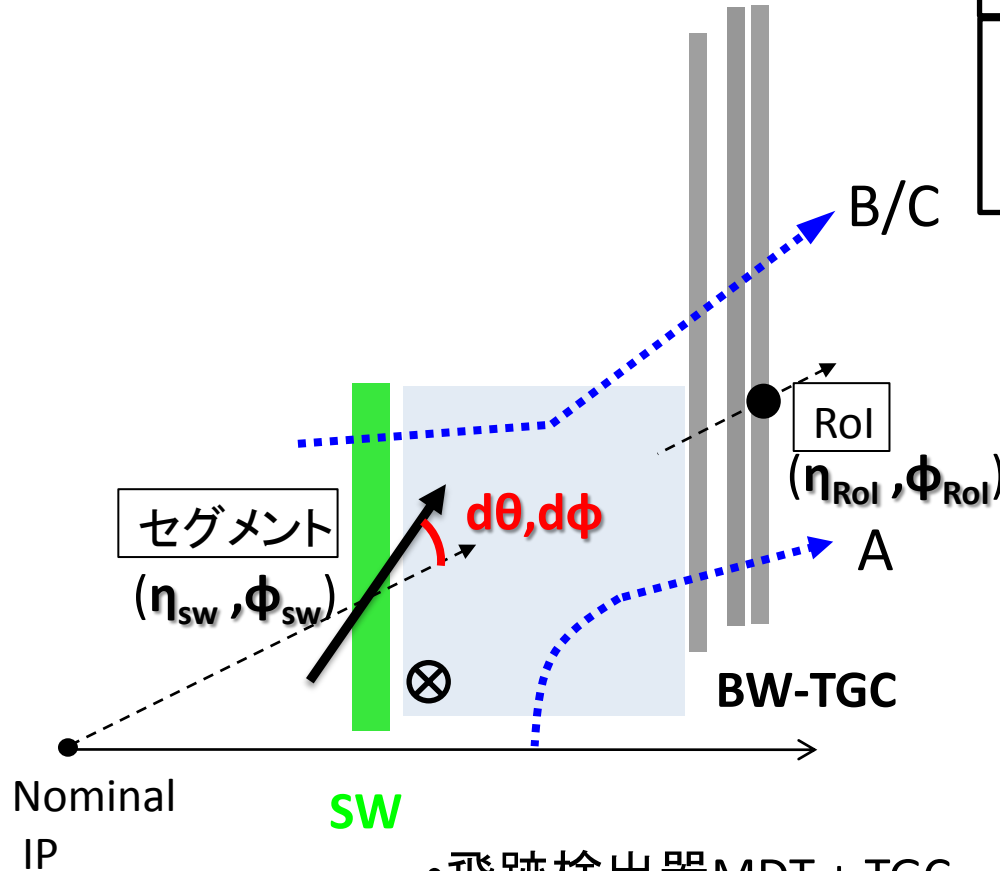
- A) トラックセグメントの存在
- B,C) セグメントの IP 指向性

- $d\theta$
- $d\phi$

RoIとの位置関係

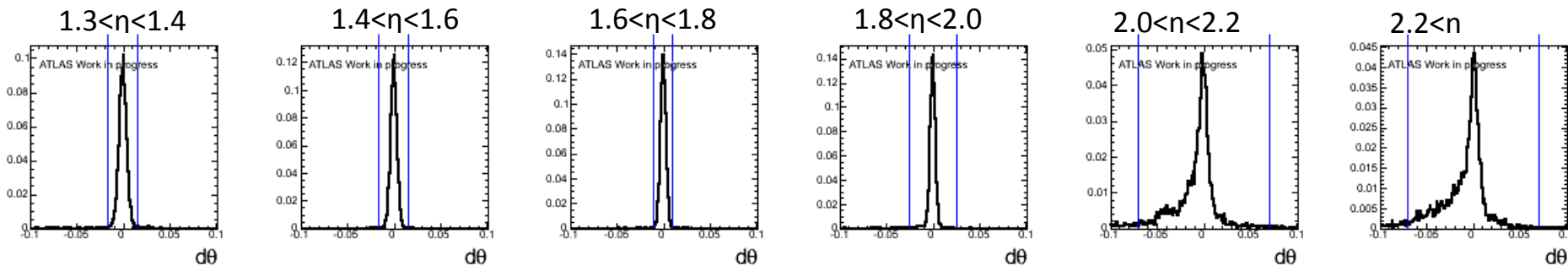
- $dL_\eta = \eta_{SW} - \eta_{RoI}$
- $dL_\phi = \phi_{SW} - \phi_{RoI}$

- 飛跡検出器MDT + TGC
- Coverage: $|\eta| > 1.3$
- Phase1 upgrade で交換を予定

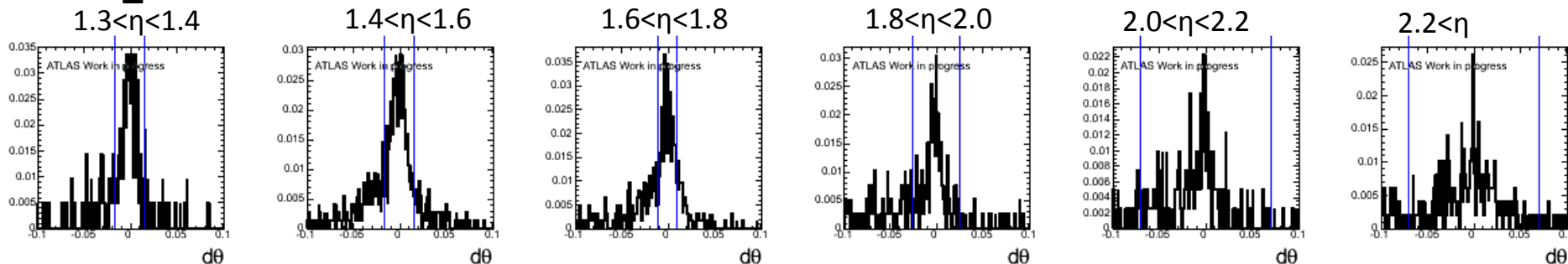


SWにおけるIP指向性

•Signal(offline $Pt > 20\text{GeV}$)の $d\theta$ 分布



•“L1_MU20”の $d\theta$ 分布



Cut	Reduction ($ \eta > 1.3$)	Efficiency ($ \eta > 1.3$)
SWセグメント	0.631 A	0.983
$d\theta$ cut	0.318 B	0.946
$d\phi$ cut	0.498 C	0.970
$d\theta$ & $d\phi$ cut	0.288	0.938

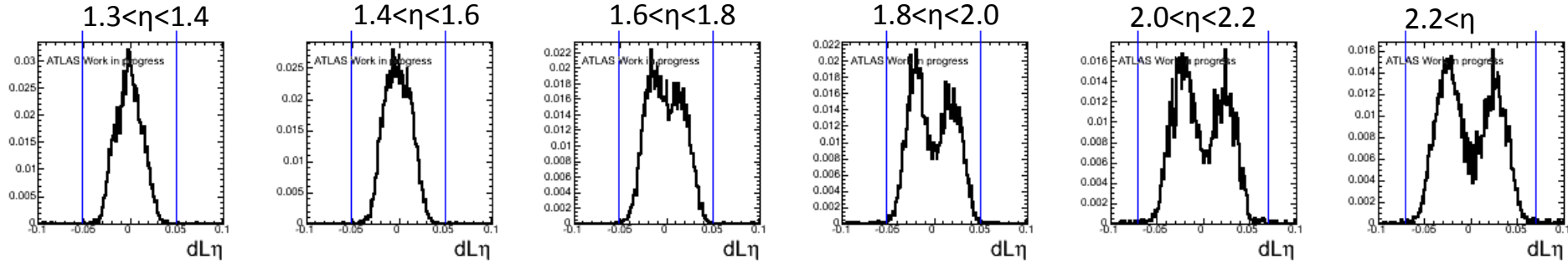
A) セグメントの要求で 37% 減少

B) θ 方向カットのみでFactor 2を得る

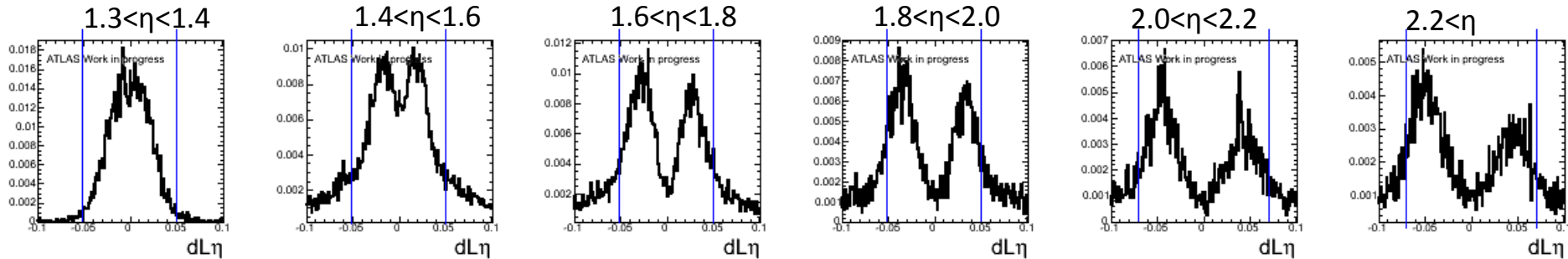
C) ϕ 方向のカットを加えても大きな効果無し(~3%)

RoIとSWの位置関係

•Signal(offline $Pt > 20\text{GeV}$)の dL_η 分布



•“L1_MU20”の dL_η 分布

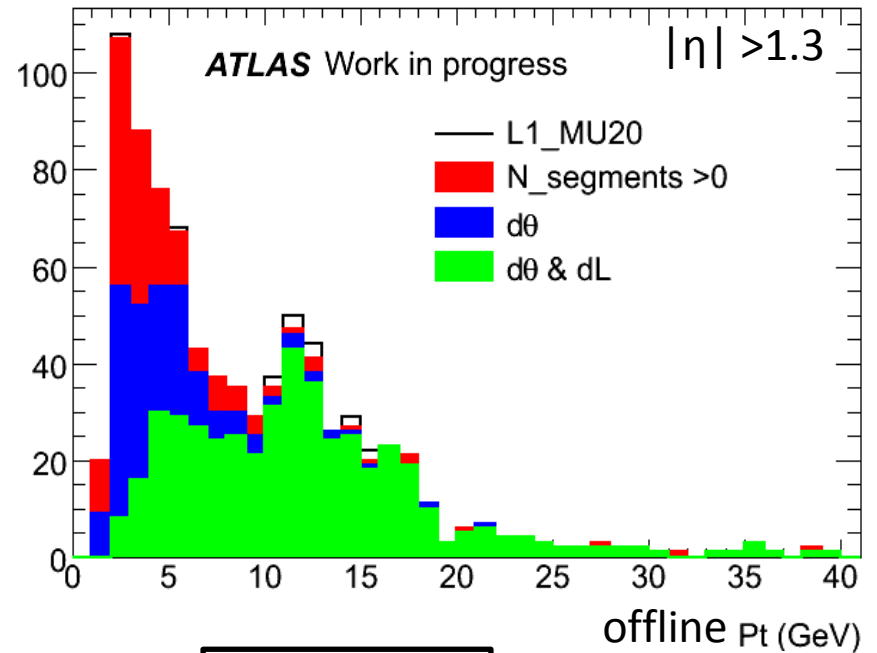
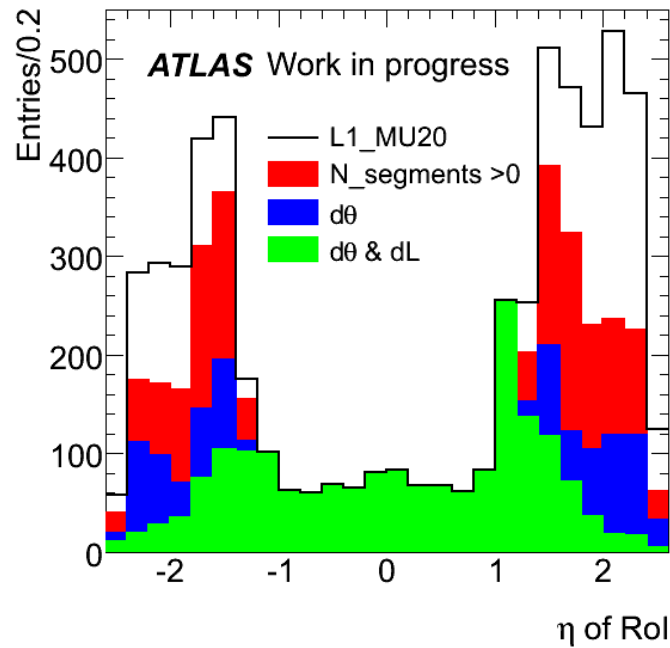


Cut	Reduction ($ \eta > 1.3$)	Efficiency ($ \eta > 1.3$)
$d\theta$	0.288	0.938
dL_η	0.150	0.933
dL_ϕ	0.217	0.924
dL_η & dL_ϕ	0.136	0.923

A) η 方向のカットでFactor 2を得る

B) 最終的に約 14% にレートが落ちる

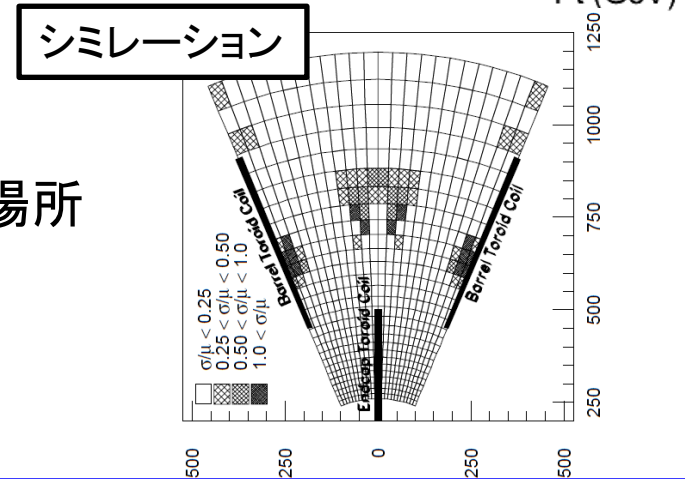
Eta, Pt 分布



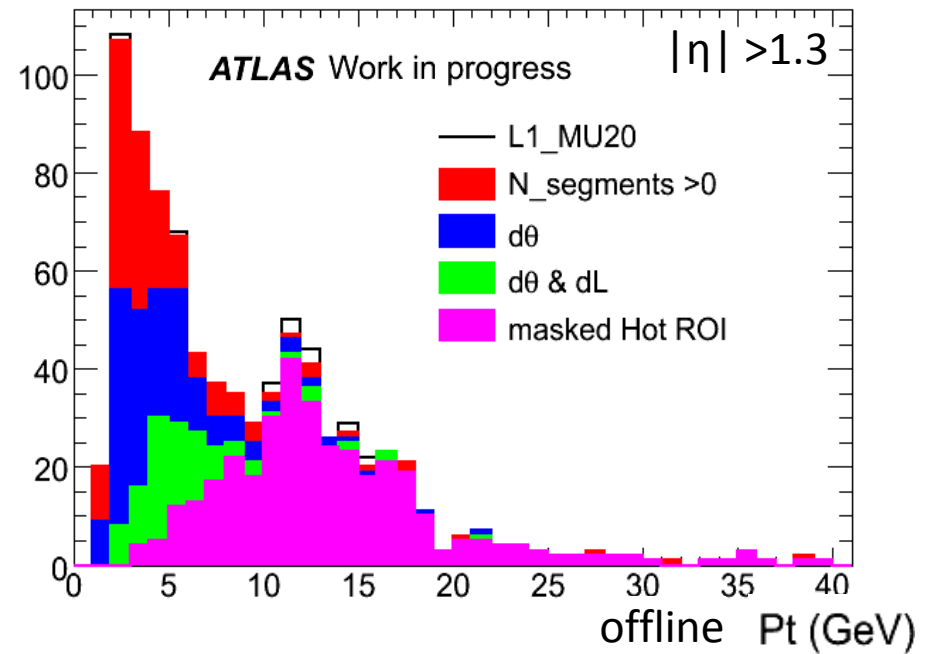
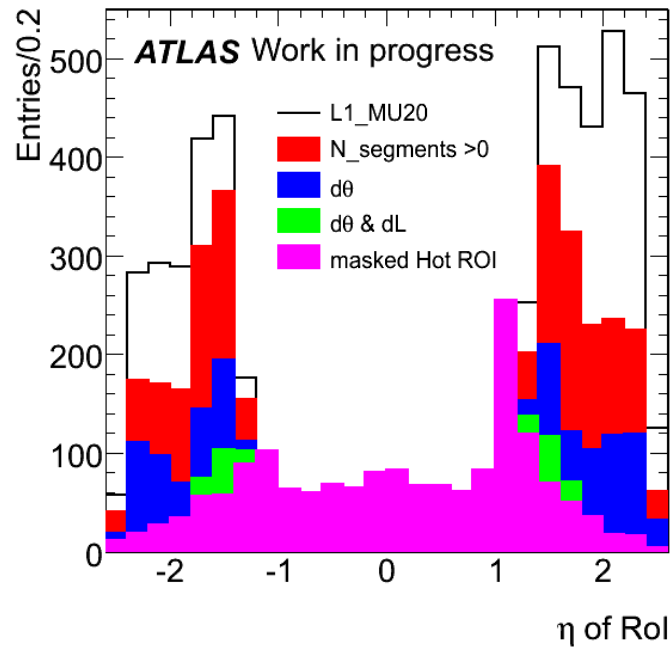
$|\eta|=1.5$ 付近のエントリーが多い

\leftrightarrow 運動量分解能が悪い場所

全 1080 RoI中24 RoI をマスク (~2.2%)



Eta, Pt 分布 (RoIマスク後)

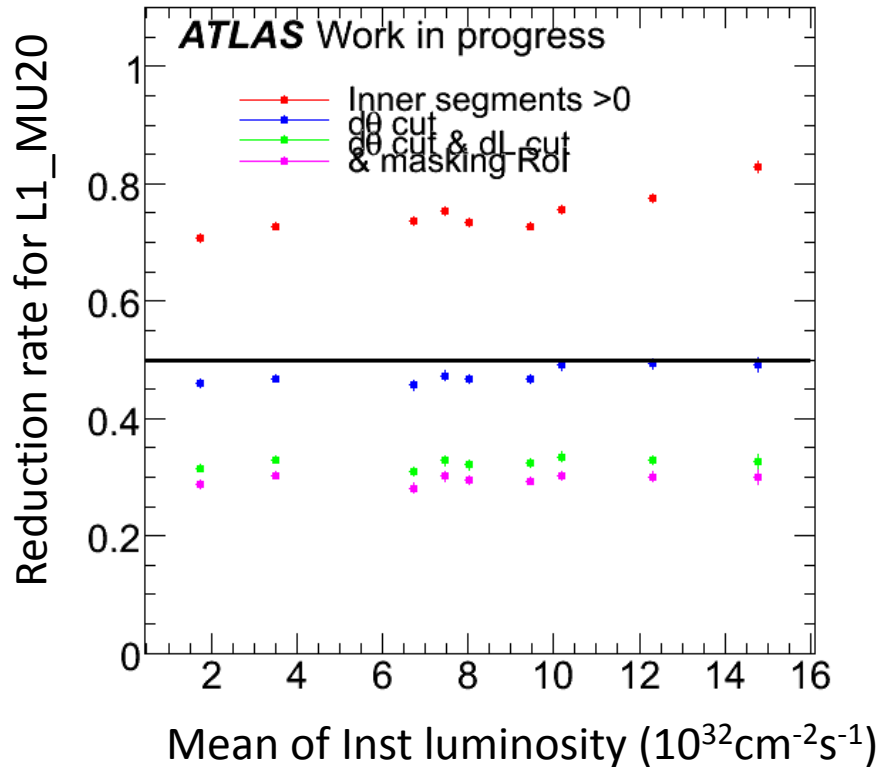


Cut	Reduction		Efficiency	
	$ \eta > 1.3$	All eta	$ \eta > 1.3$	All eta
N_segment > 0	0.631	0.707	0.983	0.993
dθ	0.318	0.459	0.946	0.976
dθ & dL_η & dL_φ	0.136	0.315	0.923	0.966
RoI mask	0.100	0.287	0.900	0.957

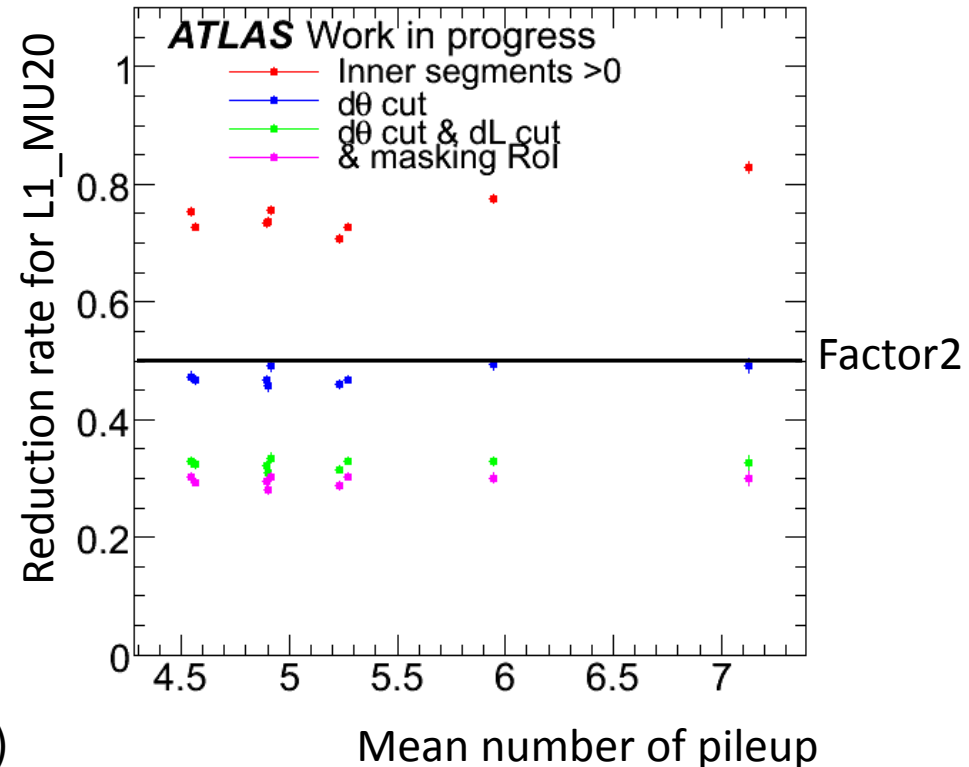
Reduction vs Luminosity , Pileup

現在までの、ルミノシティ、パイルアップでリダクションをキープしている。

Reduction vs Luminosity



Reduction vs Pileup



現在:Peak ルミノシティ= $3 \cdot 10^{33}$ 、パイルアップ= ~ 15

Phase1 upgrade後:Peakルミノシティ= $2 \cdot 10^{34}$ 、パイルアップ= ~ 50

まとめ

- Phase-1 upgradeの後、L1_MU20はリダクションファクター2 が必要
 - L1_MU20 の多くはフェイク
 - New Small Wheelの情報を用いてフェイクレートを減らす方法考案
 - 以下の分布に制限
 - SWにおけるIP指向性($d\theta$)
 - SW とRoIと位置関係 (dL)
 - 加えて
 - 運動量分解能の悪い部分のRoIをマスク
- する事で、95 %以上のエフィシエンシーで目標のリダクションレートを達成する

Cut	Reduction		Efficiency	
	$ \eta >1.3$	All eta	$ \eta >1.3$	All eta
$d\theta$ & dL	0.136	0.315	0.923	0.966
RoI mask	0.100	0.287	0.900	0.957

- リダクションレートはPileup, Luminosityに大きく依存しない、phase-1 upgrade 後の見積もりが必要である