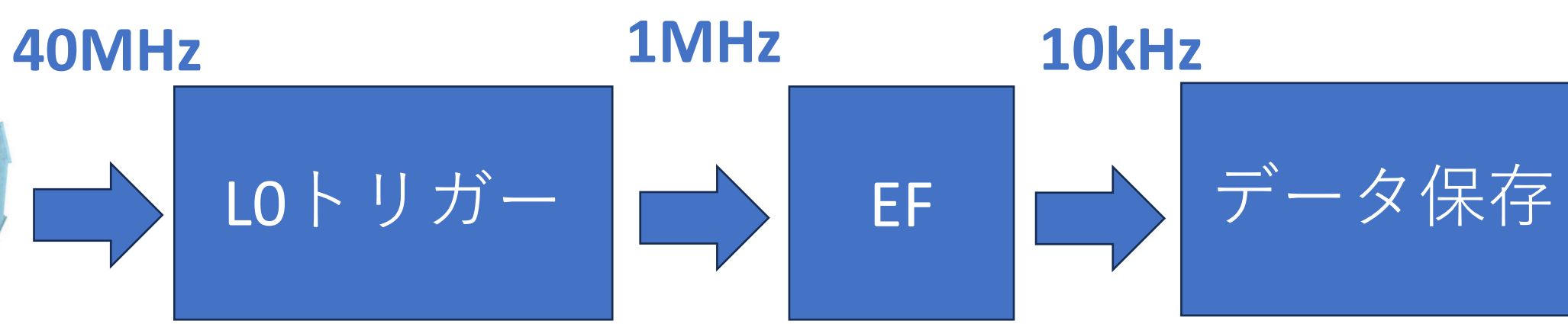
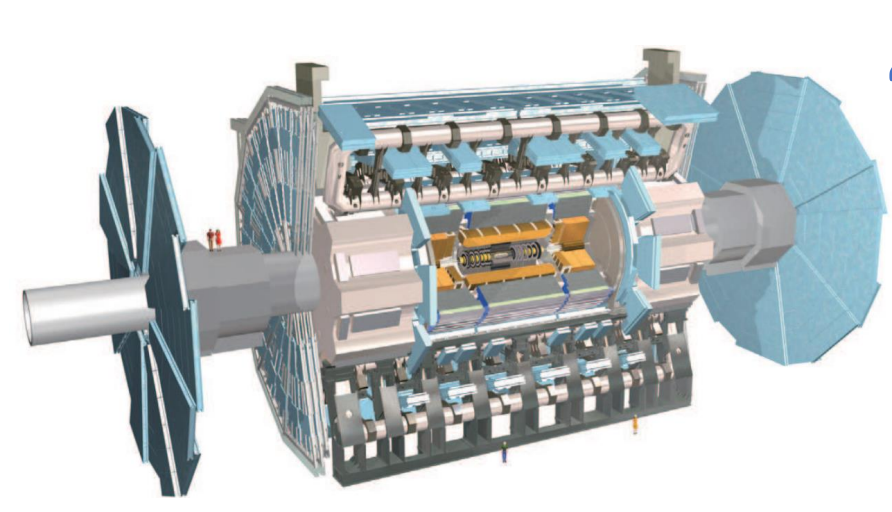
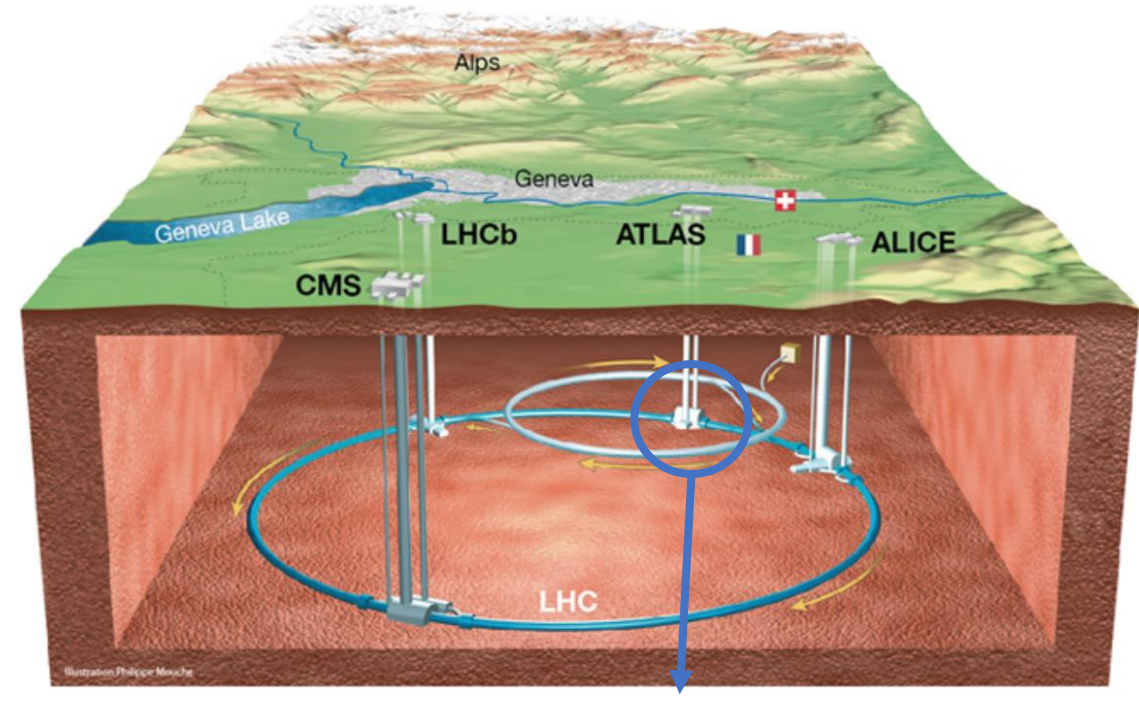


高輝度LHC-ATLAS実験における 近接ミュオン対を捉えるトリガーの検討

神戸大学 M1 佐野友麻

高輝度LHC-ATLAS実験

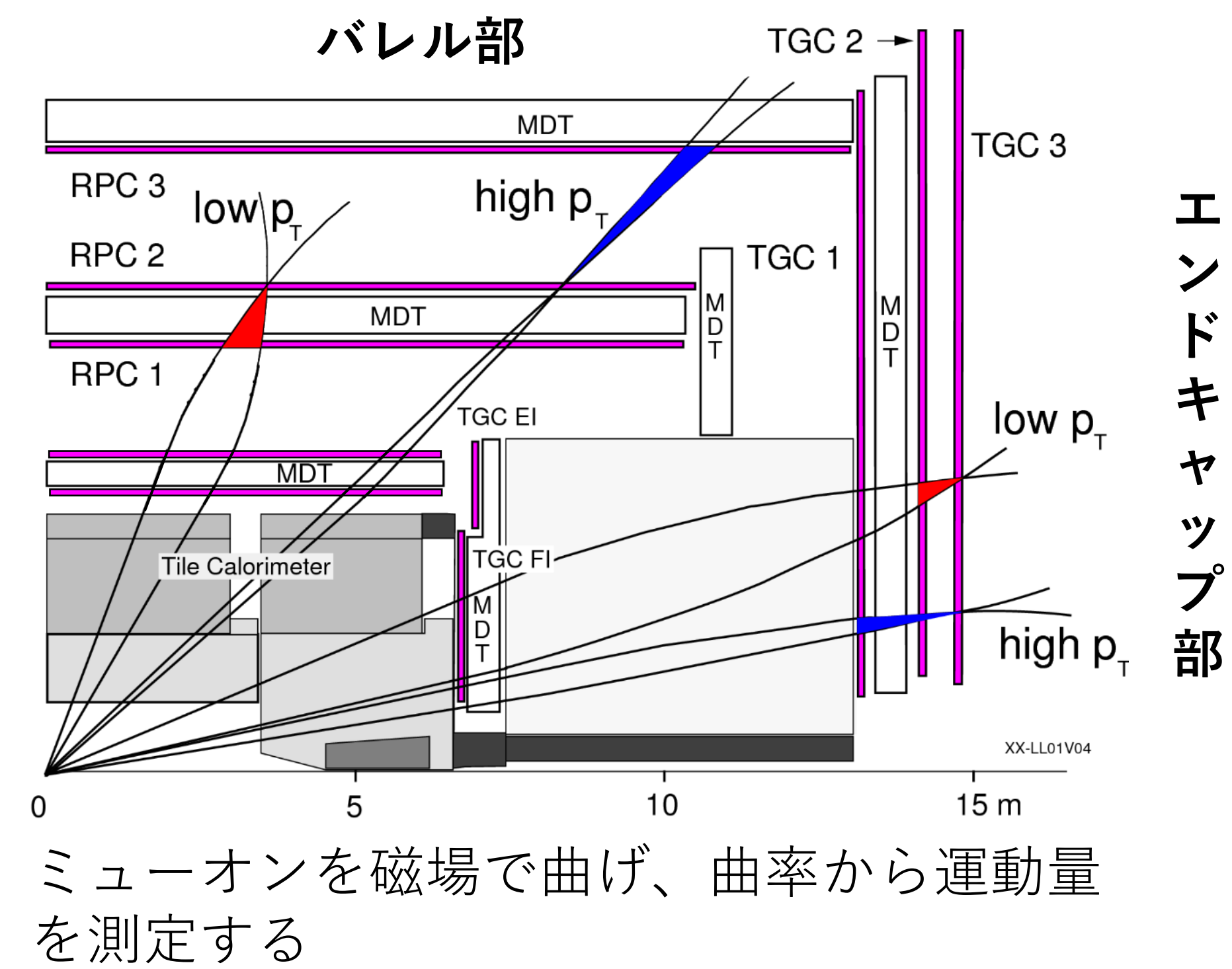


毎秒4000万回の衝突→全てのデータを保存することは不可能
⇒興味のある事象だけを選別(トリガー)し、データ量を削減

- ハードウェア高速演算による初段トリガー
- ソフトウェアを用いたHLTによる事象選別

低運動量粒子：生成頻度が高く背景事象が多い

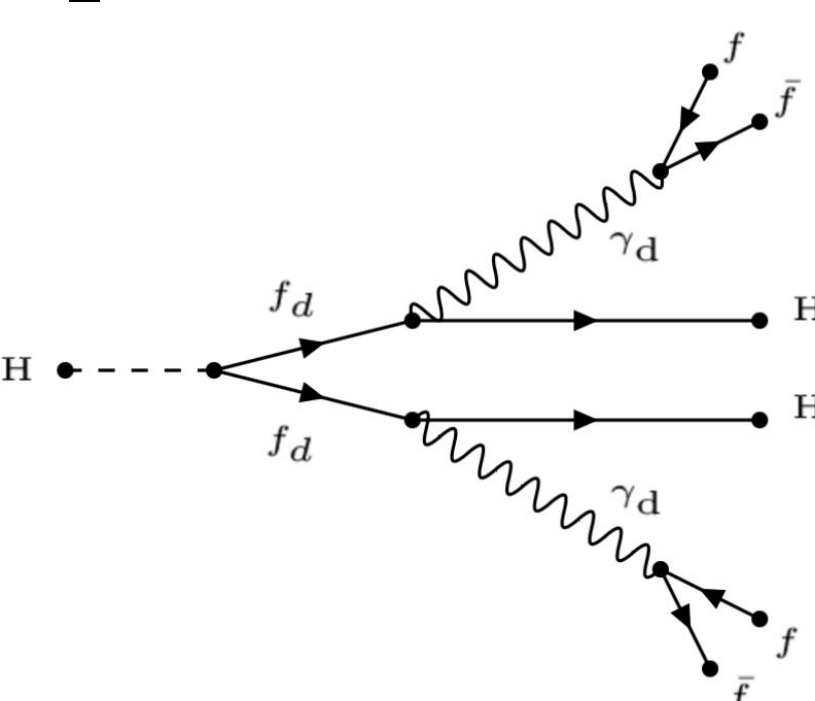
→ 粒子の個数に条件を課し、トリガー発行頻度を抑制



ミュオンを磁場で曲げ、曲率から運動量を測定する

近接ミュオン対のトリガー効率

$\nu_d \rightarrow \mu^+ + \mu^-$ のサンプルがベンチマーク



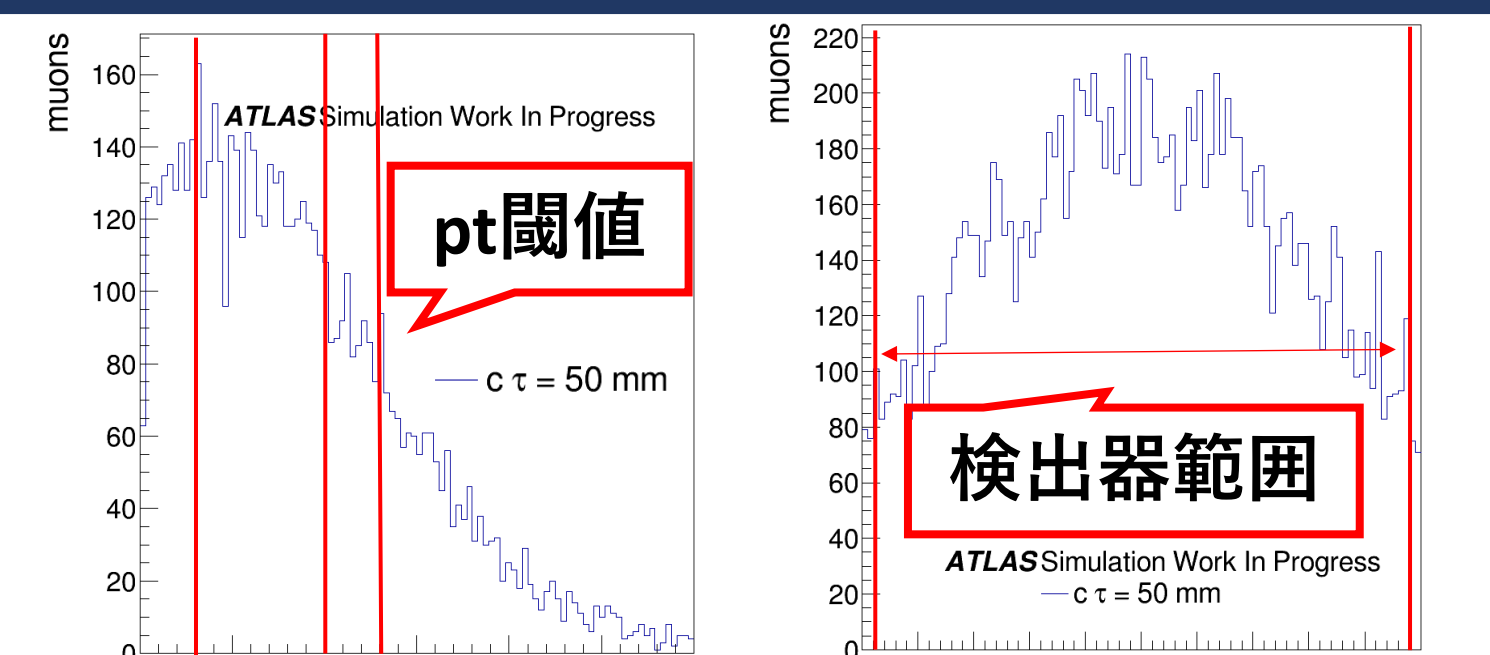
- $m_H = 125 \text{ GeV}$
- $m_{\nu_d} = 400 \text{ MeV}$
- $\nu_d \rightarrow ee : 45\%$
- $\nu_d \rightarrow \mu\mu : 45\%$
- $\nu_d \rightarrow qq : 10\%$

参考：JHEP 06 (2023) 153

Run 2の解析におけるトリガー効率

トリガー	効率	L1効率
$p_T > 6 \text{ GeV}$ の μ が3つ以上	2.64 %	4.80 %
$p_T > 20 \text{ GeV}$ の μ と、その周囲に $p_T > 6 \text{ GeV}$ の μ	4.89 %	27.9 %
$p_T > 26 \text{ GeV}$ の μ が1つ以上	0.36 %	

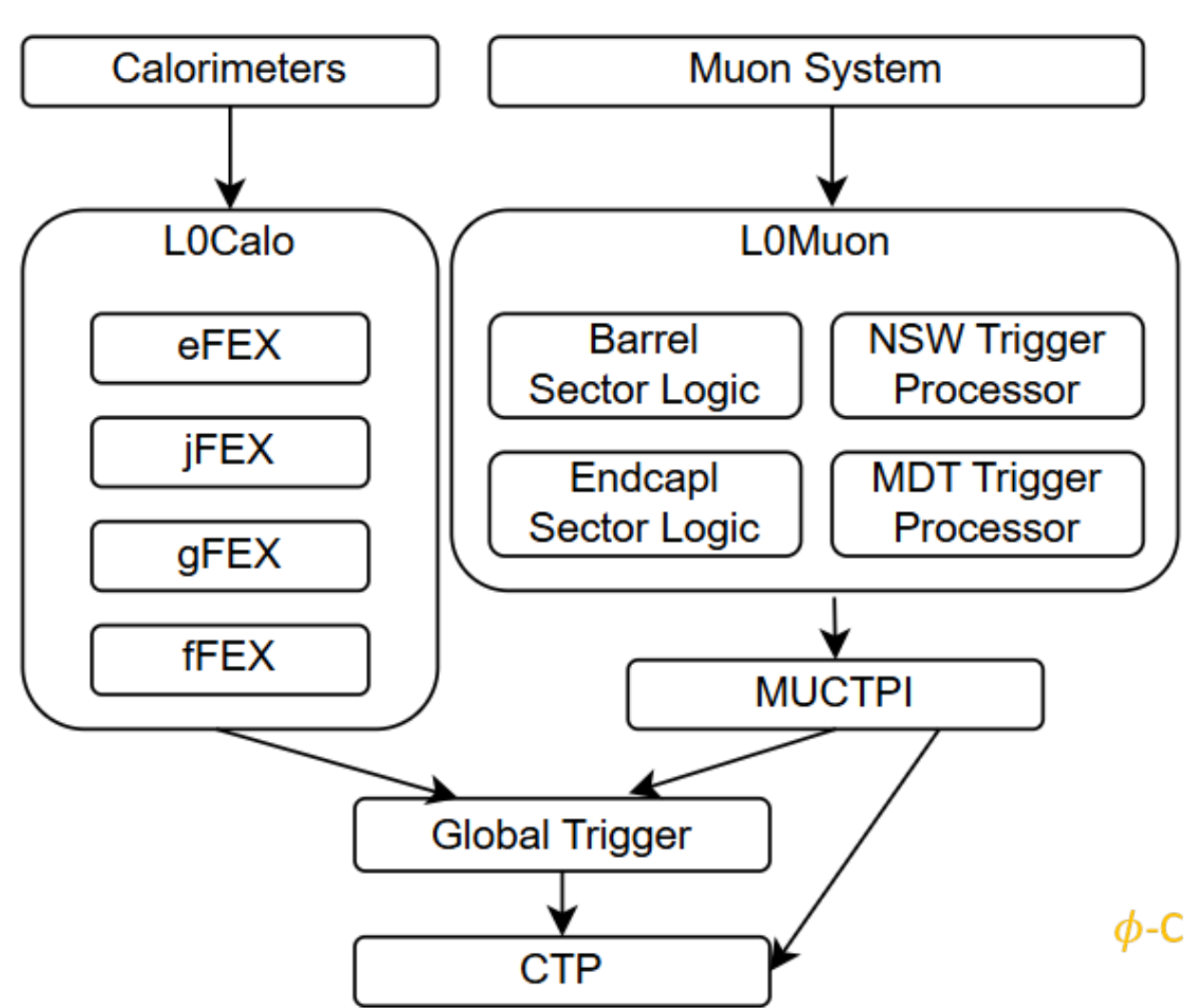
$c\tau = 50 \text{ mm}$ の場合



運動量、擬ラピディティの分布から考えられるよりも低いトリガー効率

→ 初段トリガーからの改善を目指す

初段トリガーシステム

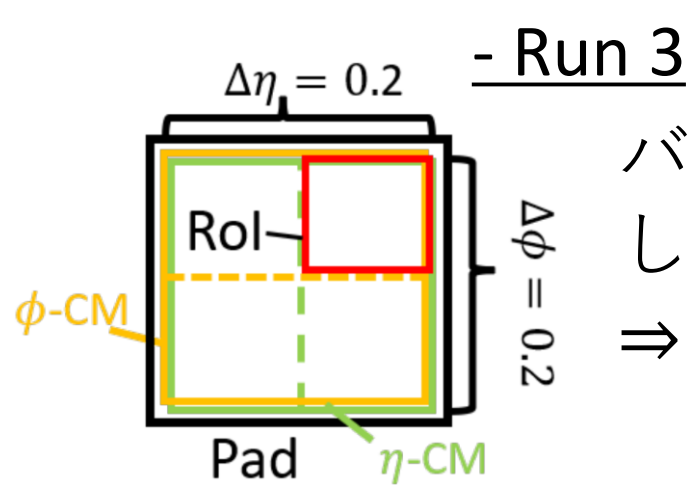


バレル部

- RPC 2を基準面に他の層のヒットとのコインシデンス
- ミュオンを認識できる最小単位であるRoIのサイズは $\Delta\eta \times \Delta\Phi = 0.1 \times 0.1$

エンドキャップ部

- TGC 3を基準面に他の層のヒットとのコインシデンス
- RoIのサイズは $\Delta\eta \times \Delta\Phi = 0.04 \times 0.04$



バレル部においては4つのRoIで構成されたPadの単位でしかミュオンを定義できない
⇒ 同じPad内にヒットしたミュオン対が1つと認識される

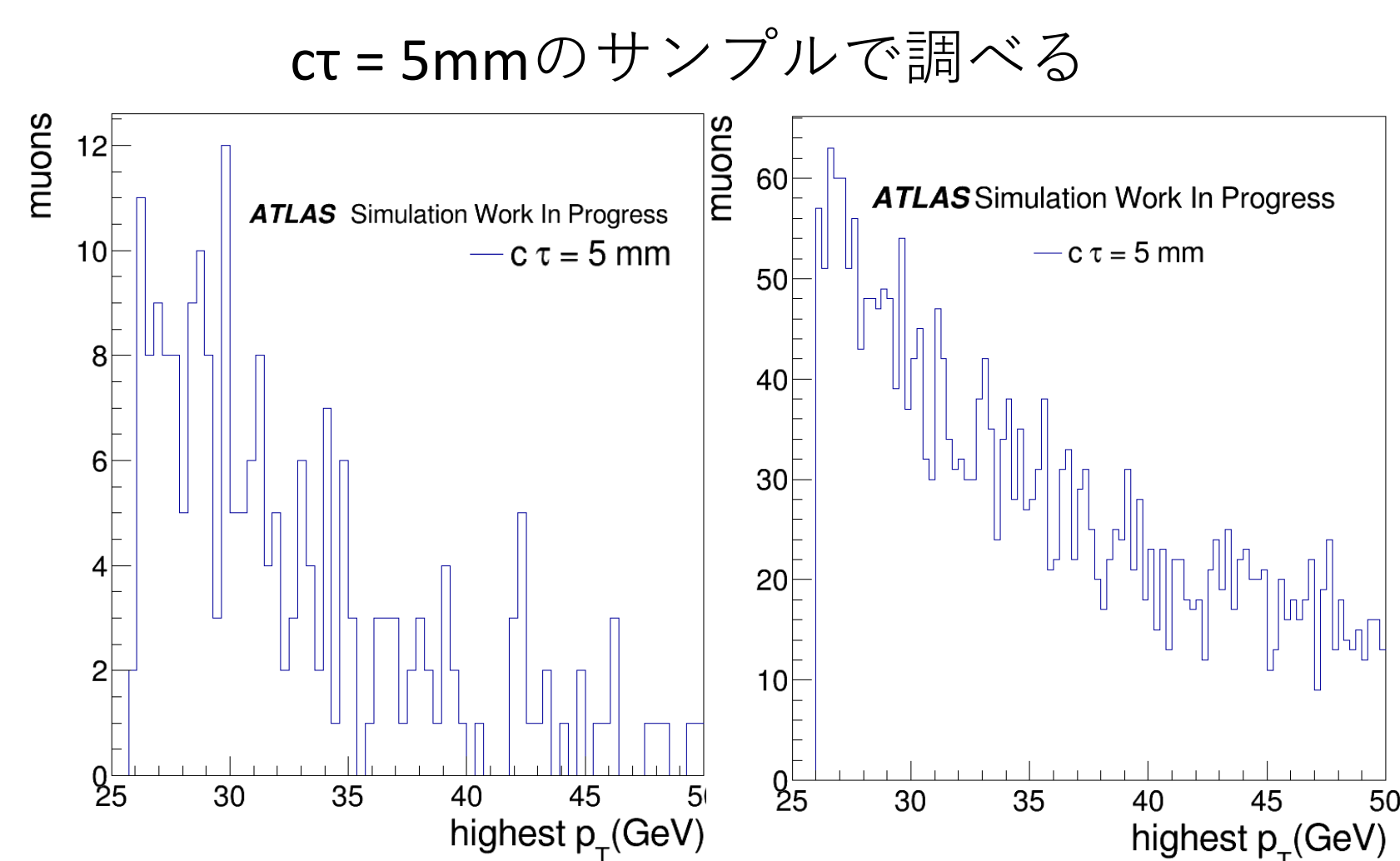
ミュオンの個数の誤認識
⇒ トリガーレートの制約により物理の感度低下

トリガー	p_T 閾値 @ Run 4	初段トリガーレート
single μ	20 GeV	45 kHz
Di- μ	10 GeV, 10 GeV	10 kHz

→ Run 4以降では分解能の向上によりミュオンの個数への感度が改善されることが期待される。

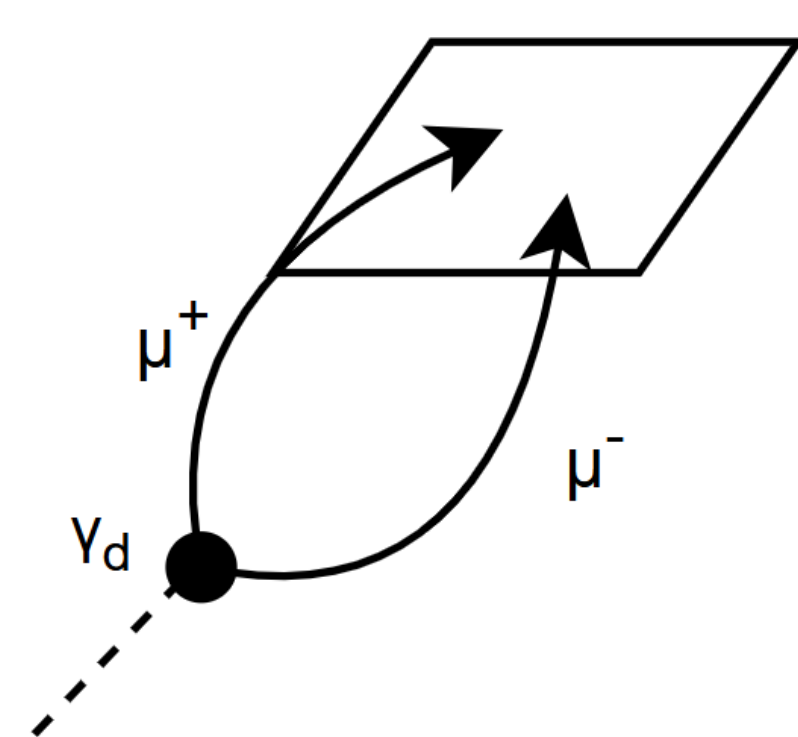
近接ミュオン対捕捉へ向けて

MCサンプルの真の情報と発行した初段トリガーの位置ベクトルをマッチング



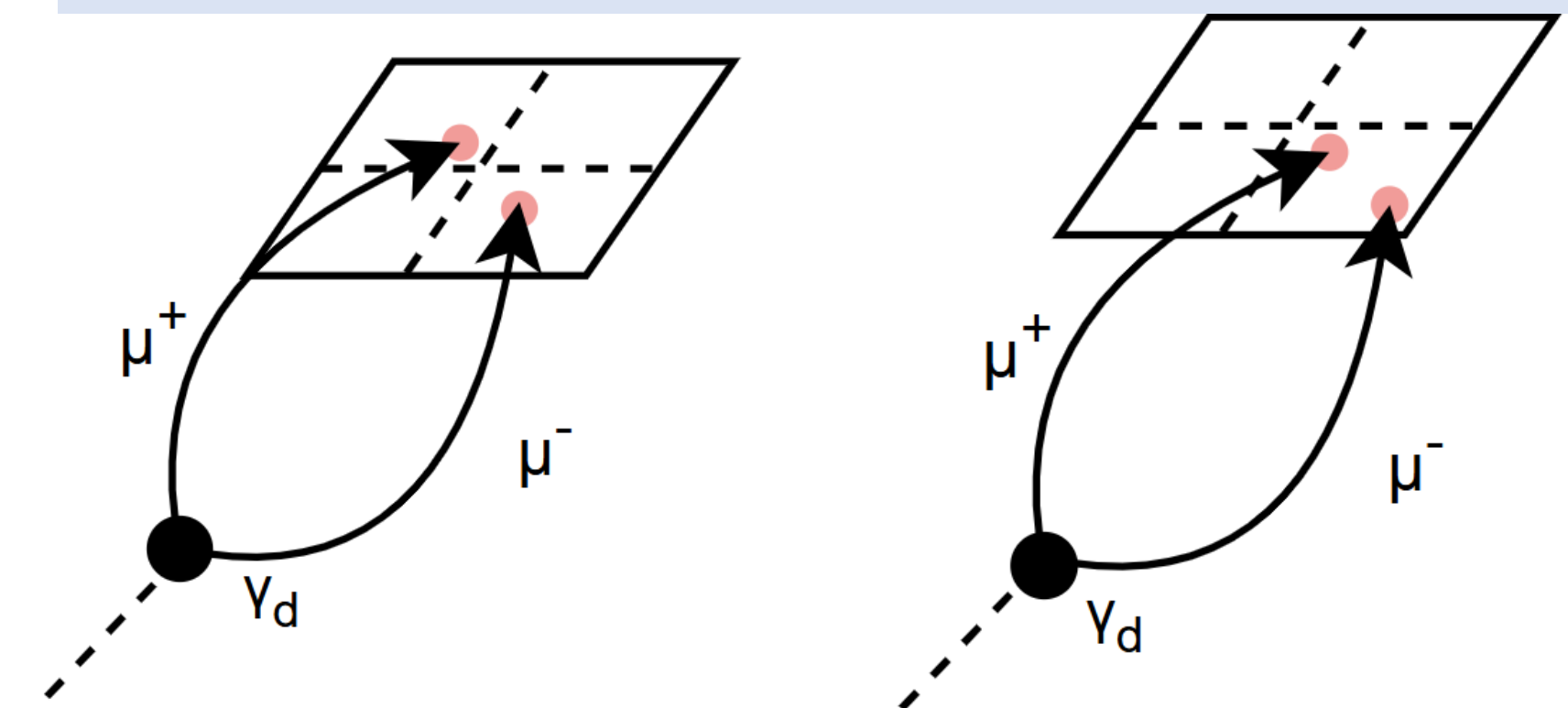
エントリー数比 1 : 15

2つと識別できたもの(左)よりも、同時に1つのミュオン検出器とマッチしたミュオン(右)が圧倒的に多い



Run 3におけるバレル部での改善

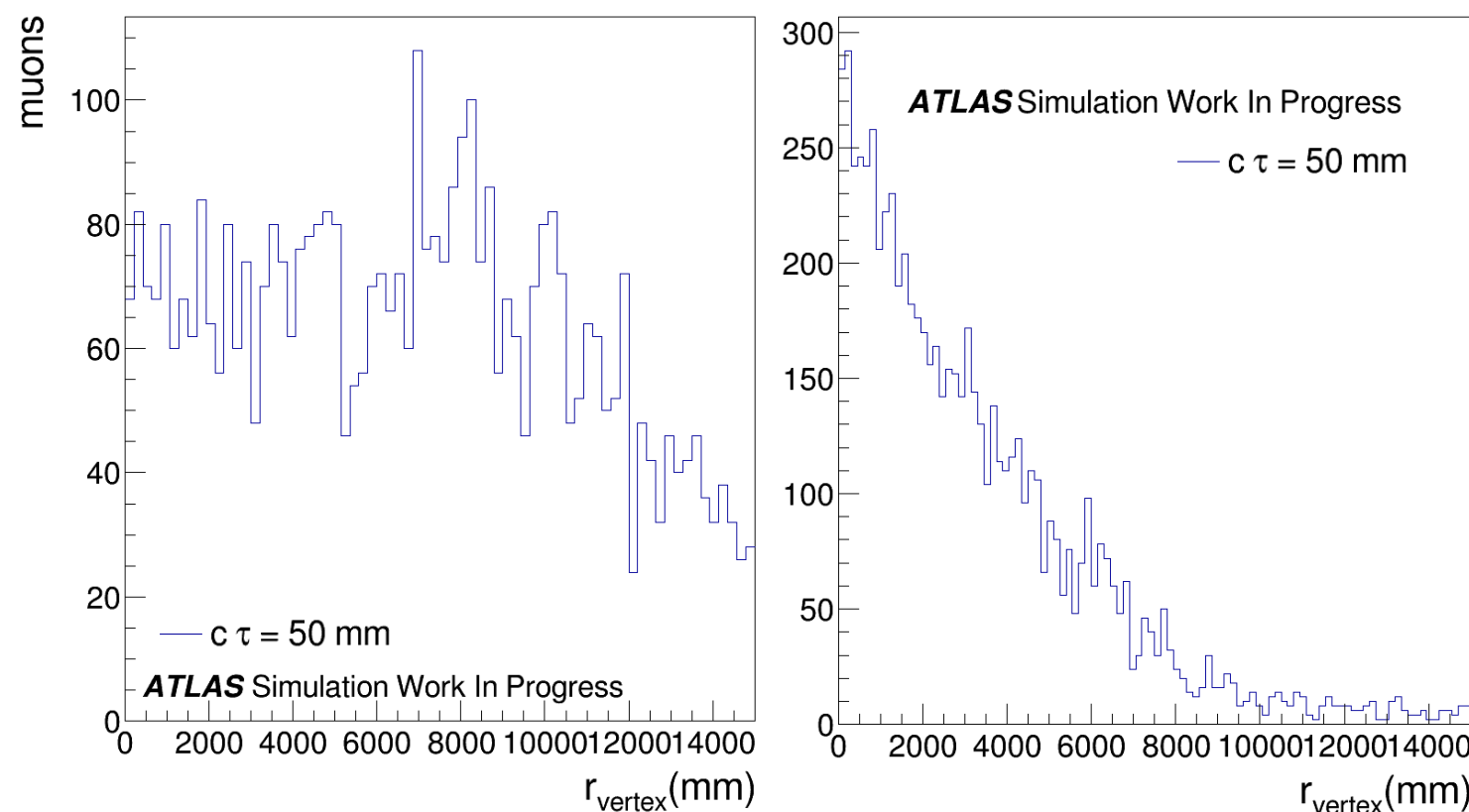
近接ミュオン対への感度向上へ焦点を絞る
→ 近接ミュオン向けの初段トリガーの使用



Padの構成単位であるRoIのうち、別々のRoIをミュオンが通過したときに判別することができるフラグ(Run3-)

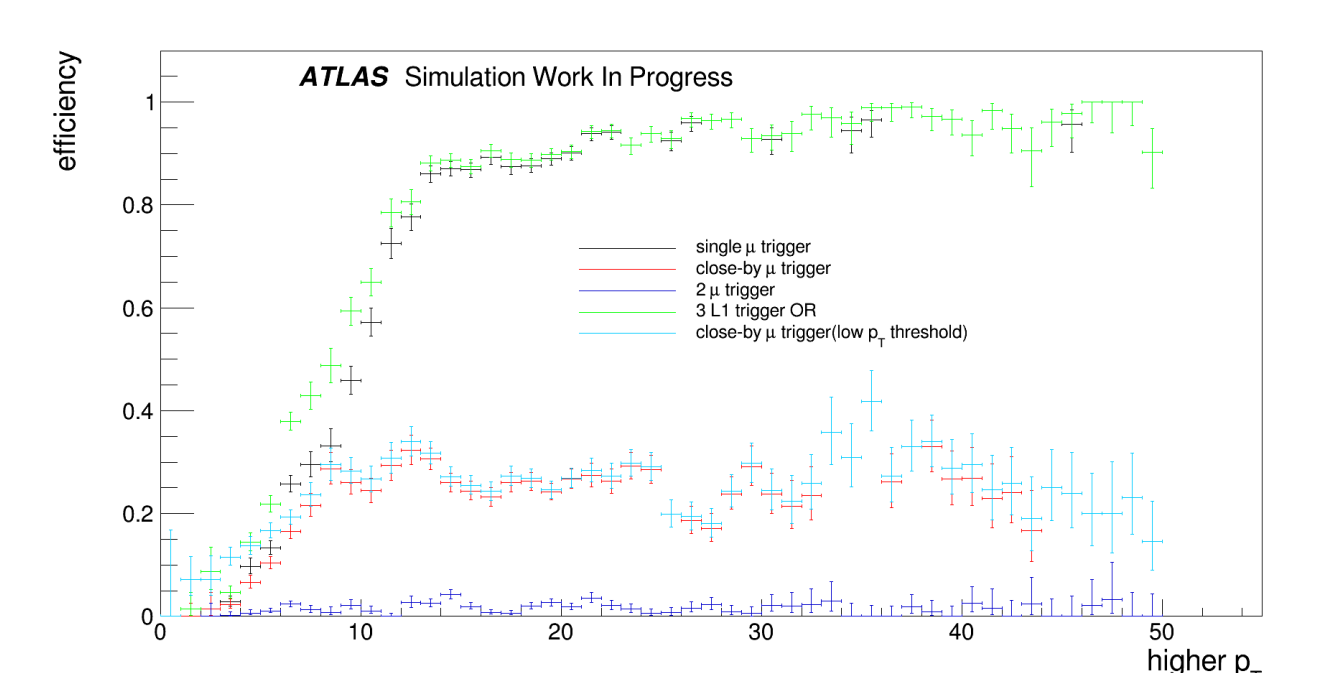
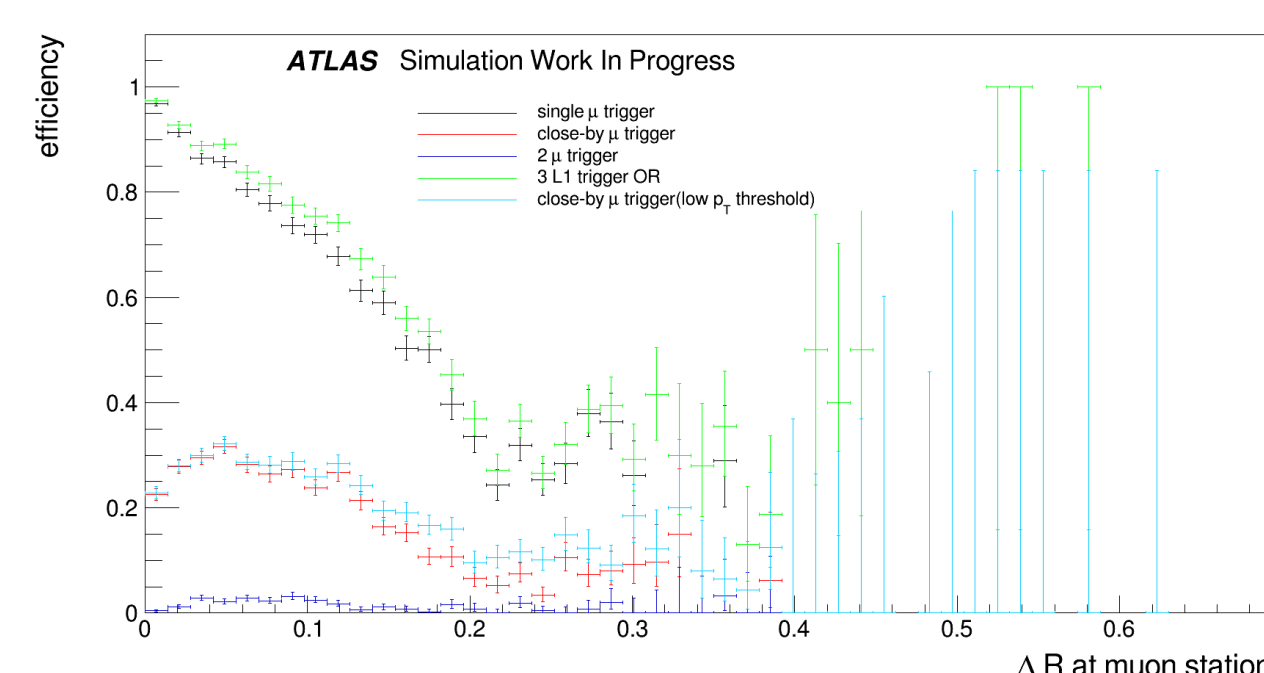
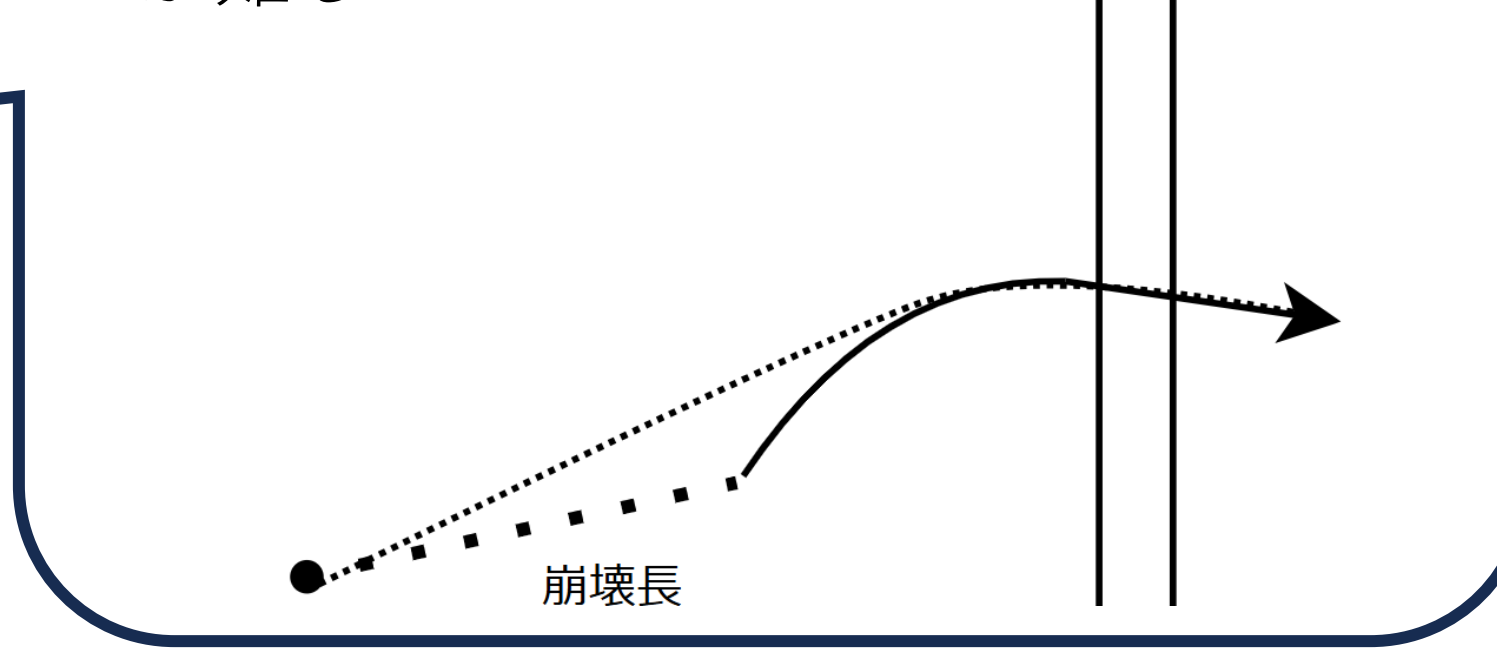
長い崩壊長粒子への課題

2ミュオンに崩壊して、かつ $p_T > 26 \text{ GeV}$ の μ が1つ以上のイベントでの初段トリガーが鳴ったイベント(左)と鳴らなかったイベント(右)



⇒ ν_d の崩壊点が遠いものが原因の1つ

衝突点から粒子が飛ぶことを前提としており、崩壊長が長い場合の再構成が難しい



シングルミュオントリガーと、近接ミュオン対向けの初段トリガーを含めた複数の初段トリガーの論理和をとった際のトリガー効率
⇒ 近接、低運動量範囲において若干のトリガー効率向上

今後の研究方針

- 近接ミュオン対へのトリガー効率向上を目指す
- 既存の近接ミュオン向けの初段トリガーでは数%程度の向上しか期待できない
⇒ 現行のミュオントリガーよりも運動量閾値を下げる必要がある
- 2030年からのLHC高輝度化にも対応したトリガーの開発を目指す

エンドキャップ部での効率

- inner coincidenceの要求を除くと長崩壊長 ν_d への効率が上昇
- Φ 分布で見ると効率の差は数%の違いに留まる