

Muon

# High Level Trigger アップグレード

石塚正基(東工大)

新学術領域研究

先端加速器LHCが切り拓くテラスケールの素粒子物理学

～真空と時空への新たな挑戦～

研究会

2013年5月23日

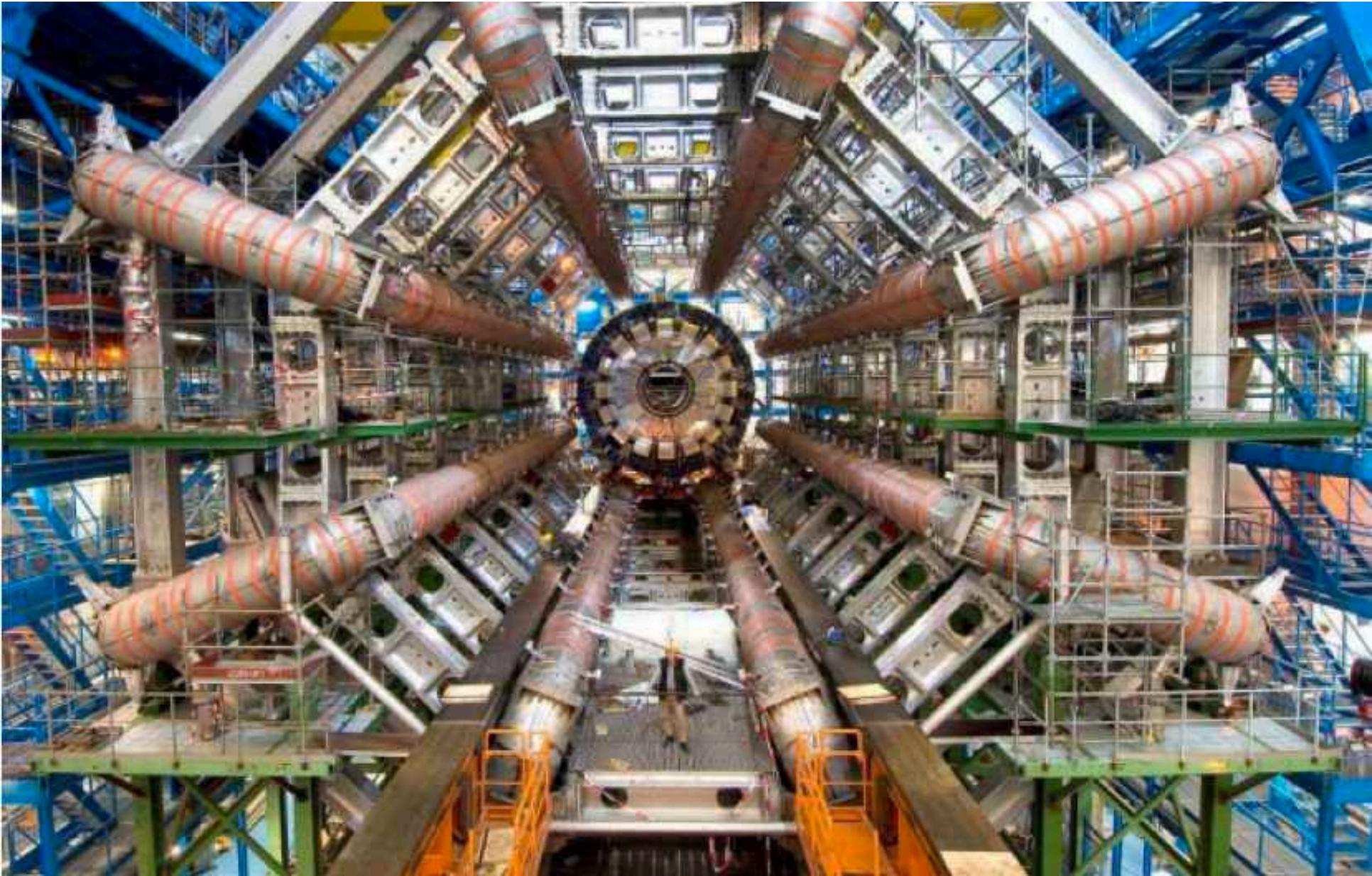
# 内容

- ATLAS detector / Muon spectrometer
- HLT in nutshell
- HLT upgrade
- MS only アルゴリズムの改良

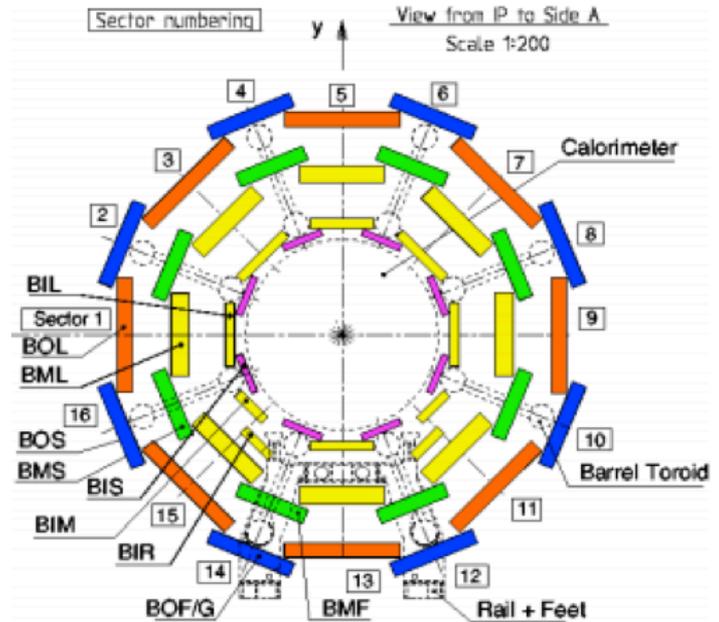
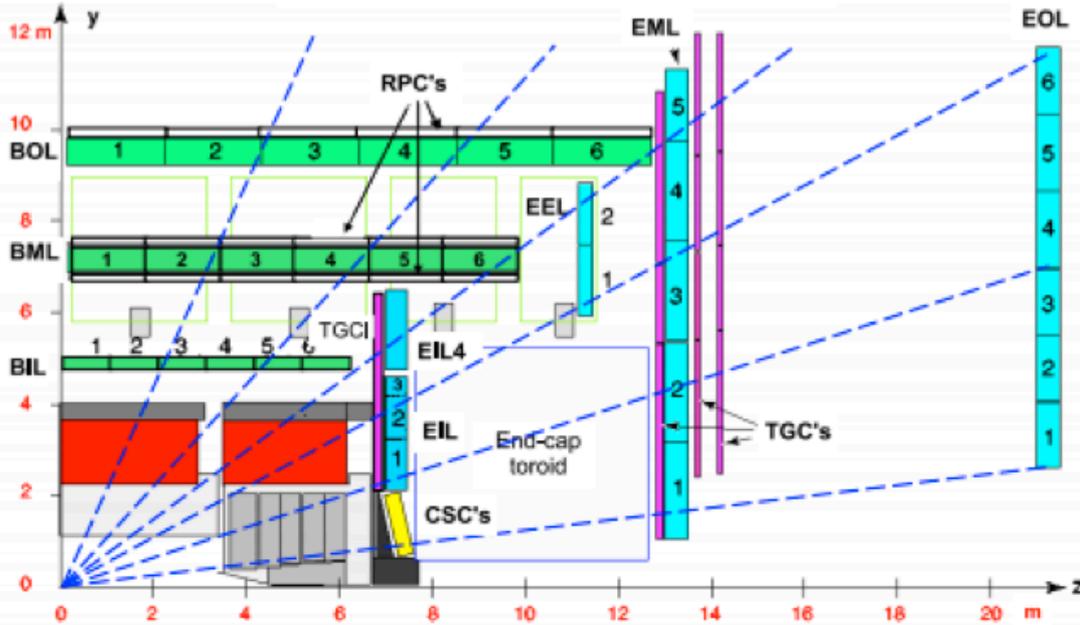
# ATLAS detector



# ATLAS detector



# Muon Spectrometer



	TGC	RPC	MDT
有感領域	$1.05 <  \eta  < 2.7$	$ \eta  < 1.05$	$ \eta  < 2.7$
チャンネル数	318k	359k	339k
位置分解能 (z/R)	3-7mm	10mm	35 $\mu$ m
応答速度	4ns	1.5ns	-
用途	トリガー	トリガー	トリガー・精密測定 <sup>5</sup>

# TDAQ System

See also talk by Reiner Hauser

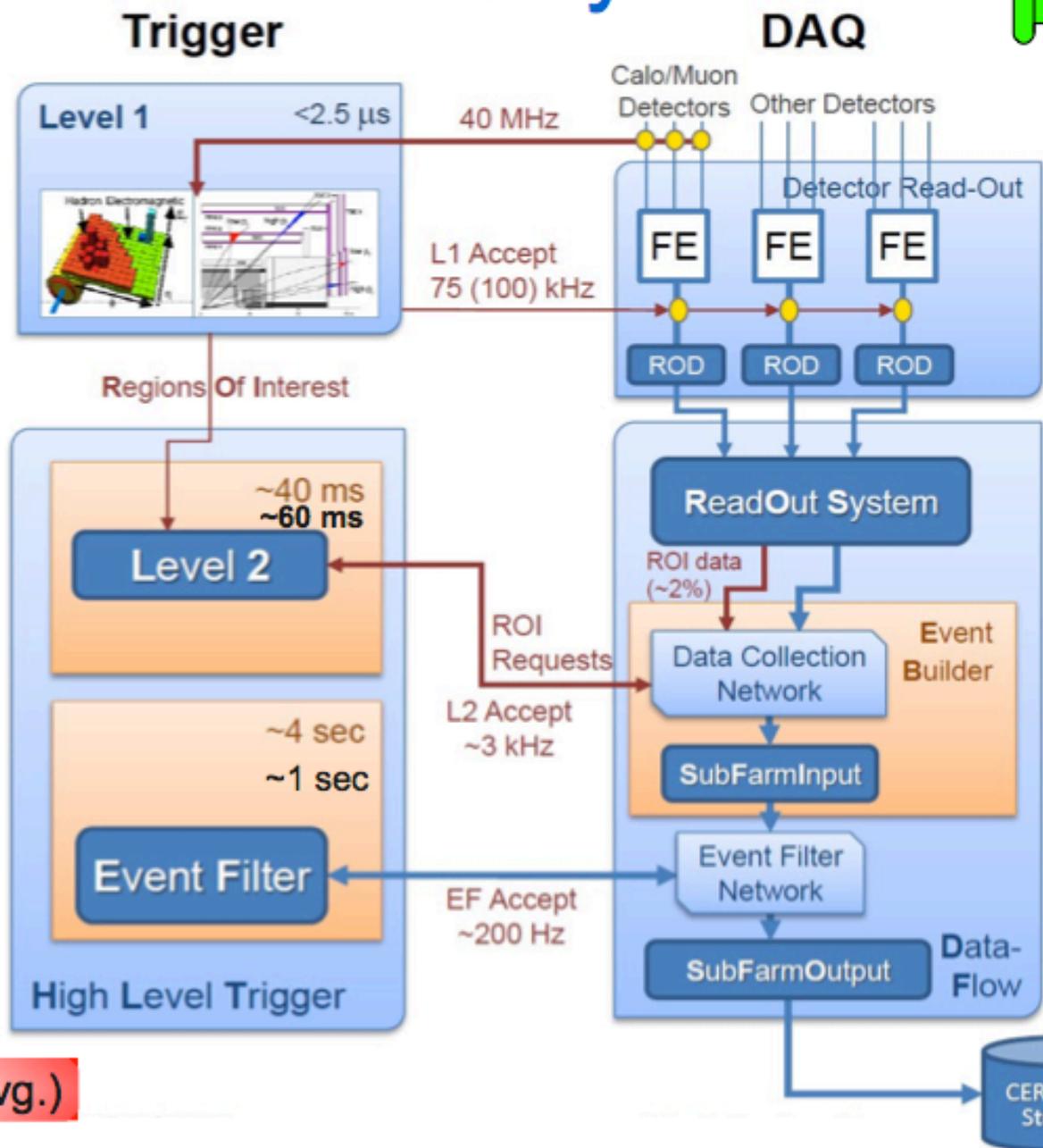
Design  
Typical 2012

40 MHz  
(20 MHz)

75 (100) kHz  
~ 65 kHz

~ 3 kHz  
~ 5 kHz

~ 200 Hz  
~ 400 Hz (avg.)



ATLAS Event  
1.5 MB/25 ns

112 (150) GB/s

~ 100 GB/s

~4.5 GB/s

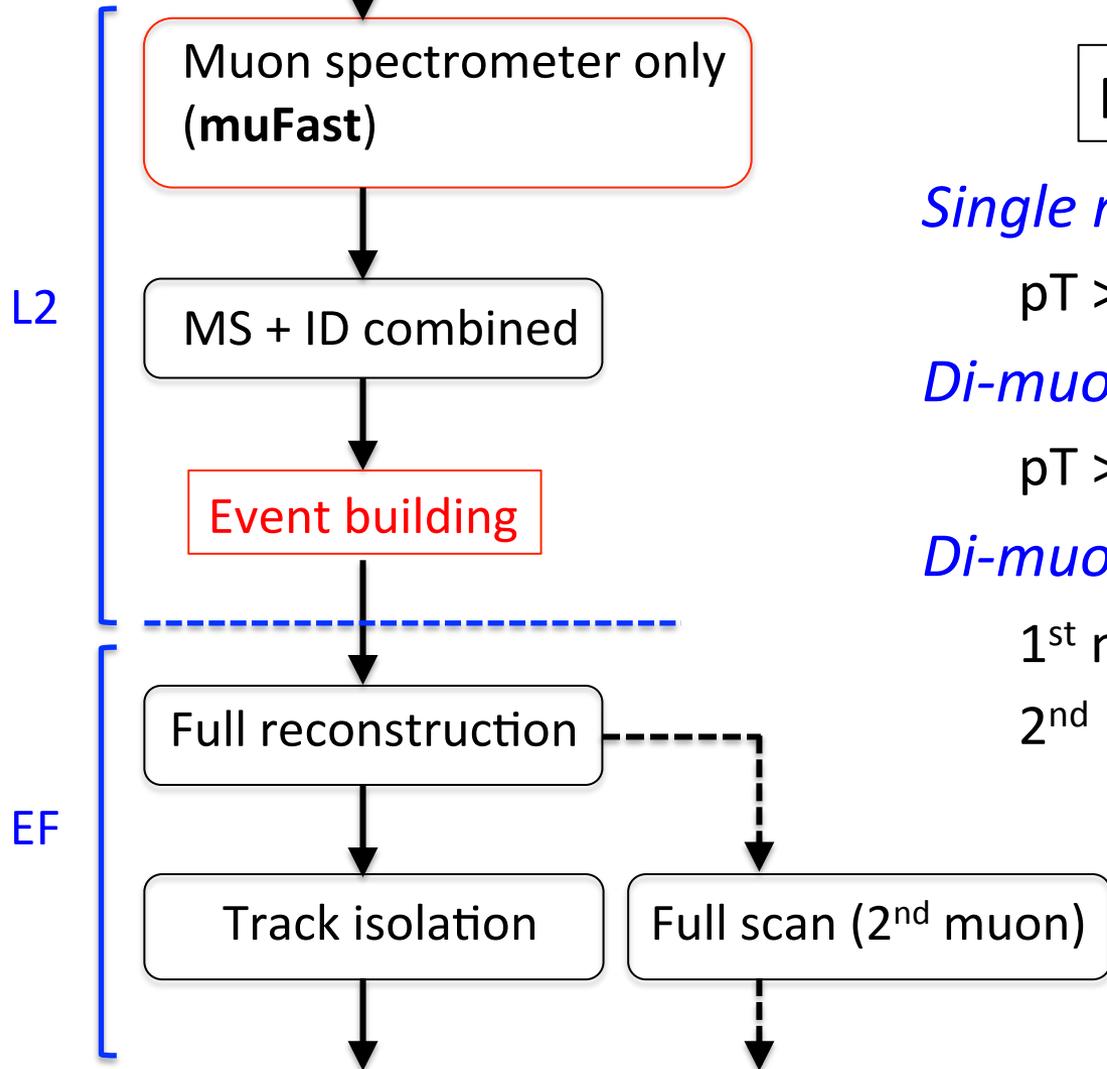
~ 7.5 GB/s

~ 300 MB/s

~ 600 MB/s

# Muon High Level Trigger

2012



Main chains (2012)

*Single muon*

$p_T > 24\text{GeV}$ , isolation

*Di-muon (symmetric)*

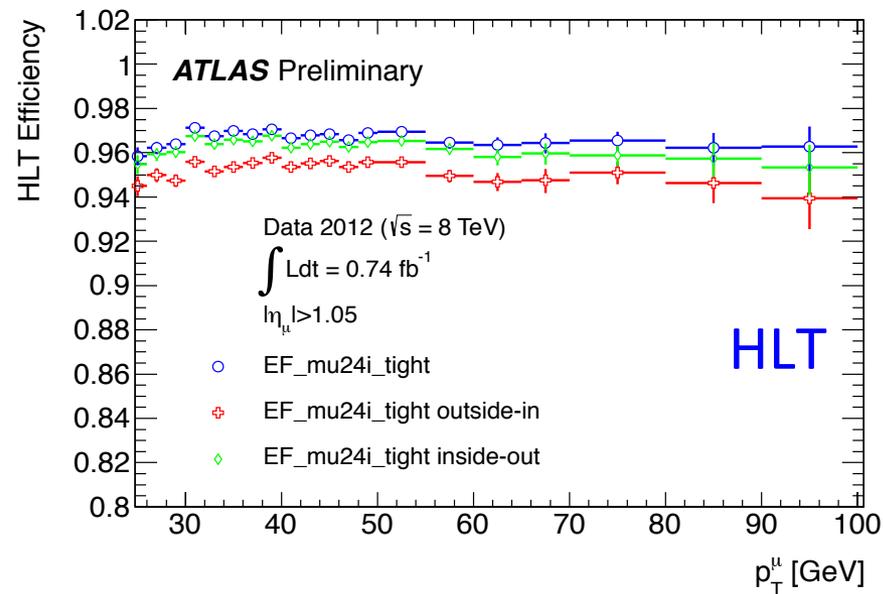
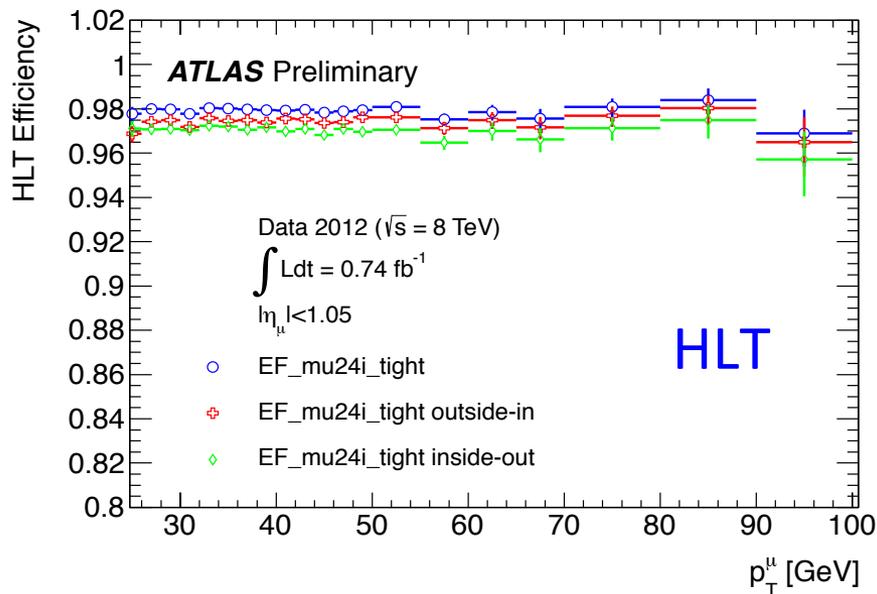
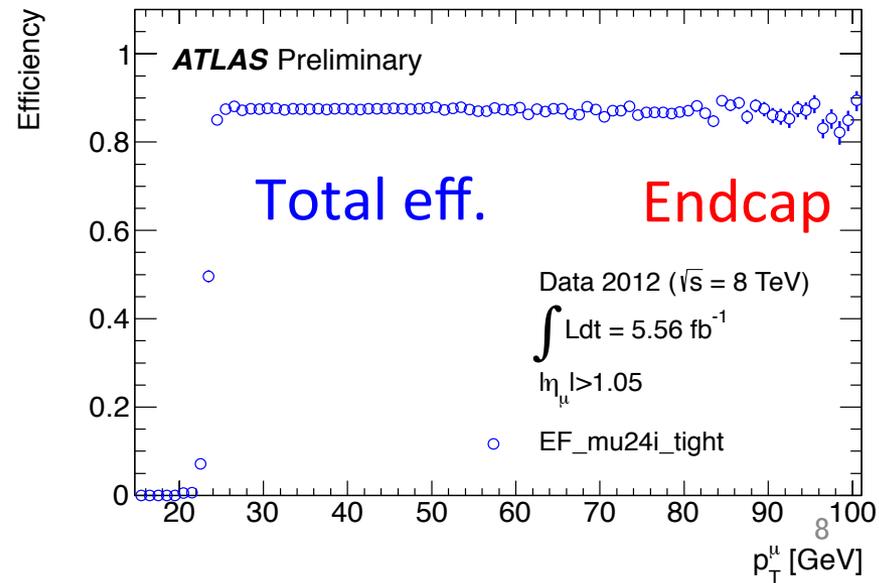
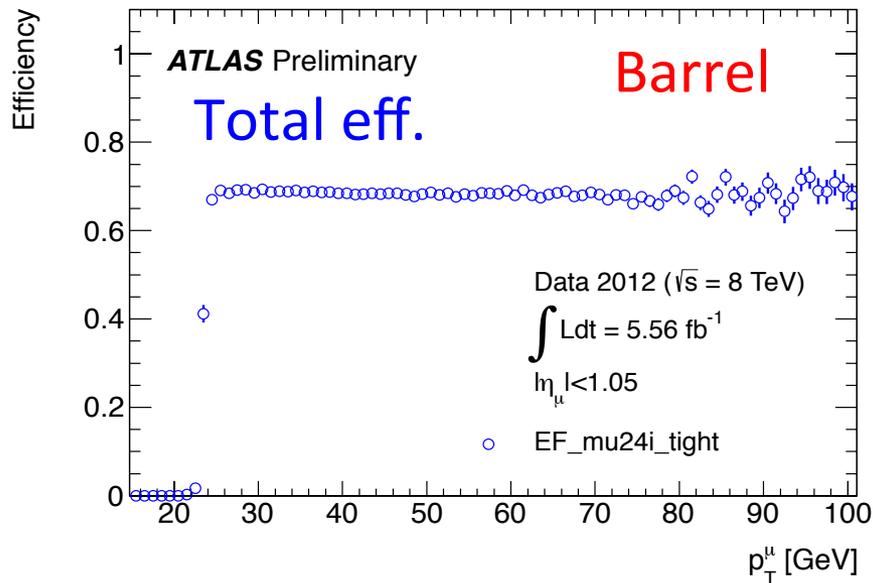
$p_T > 13\text{GeV}$  (2 muons L1 triggered)

*Di-muon (asymmetric)*

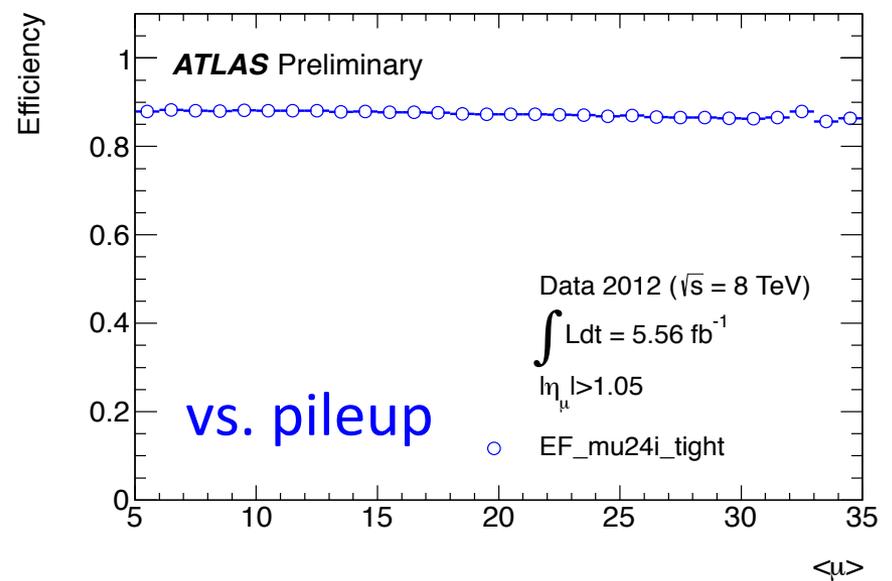
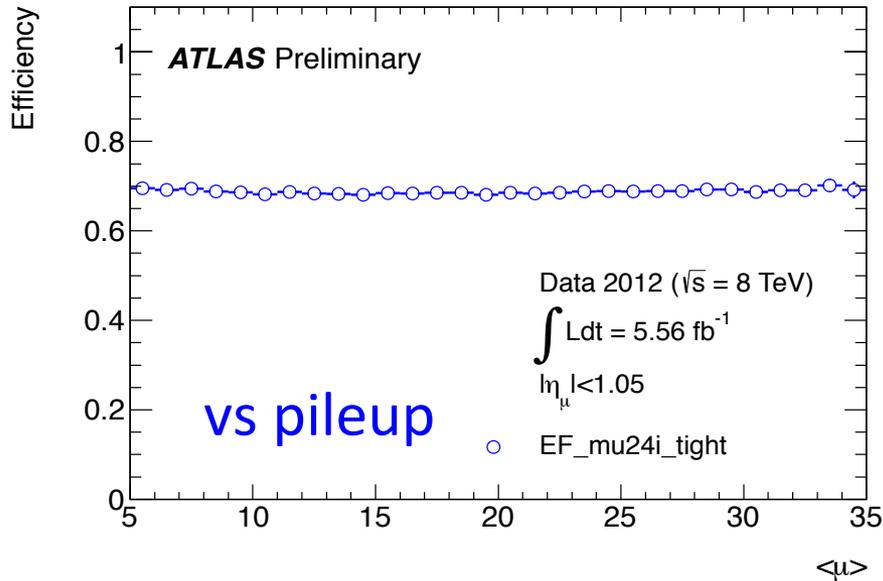
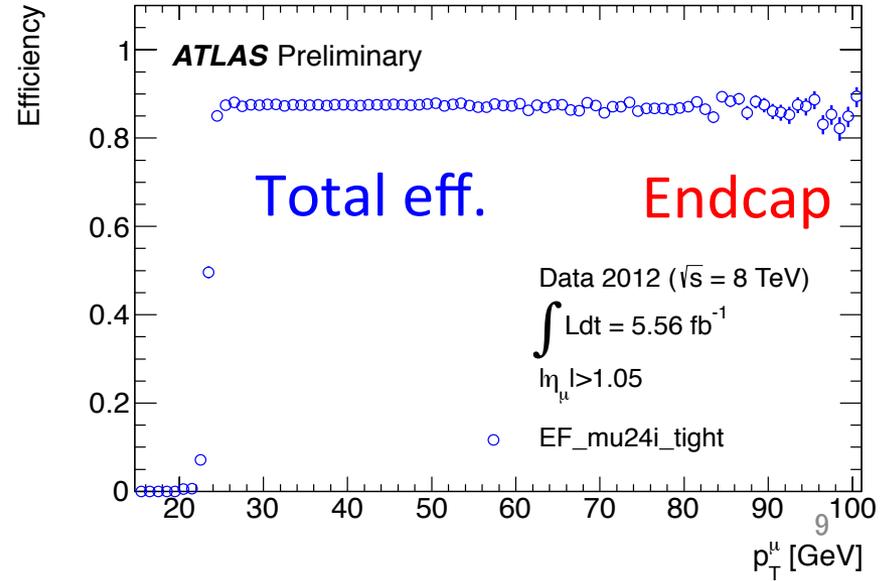
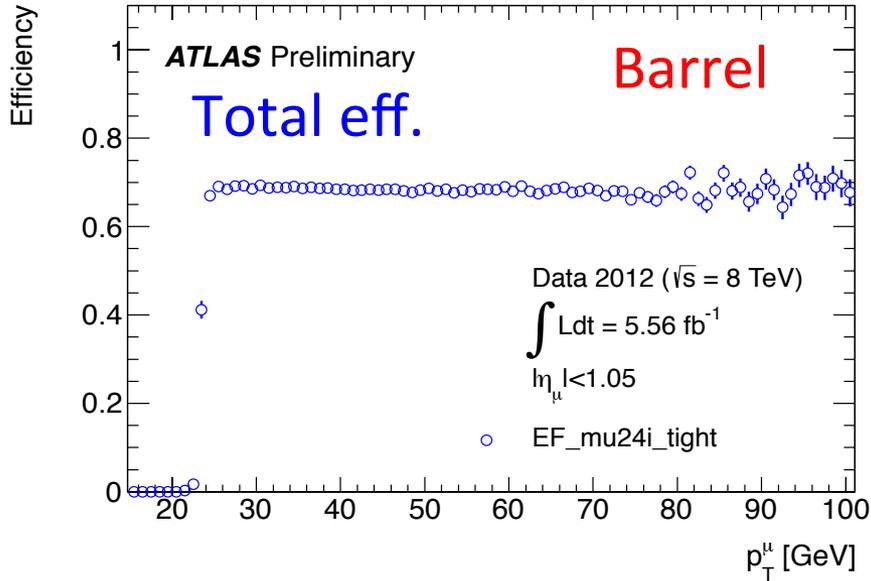
1<sup>st</sup> muon:  $p_T > 18\text{GeV}$  (L1 triggered)

2<sup>nd</sup> muon:  $p_T > 8\text{GeV}$  (full scan)

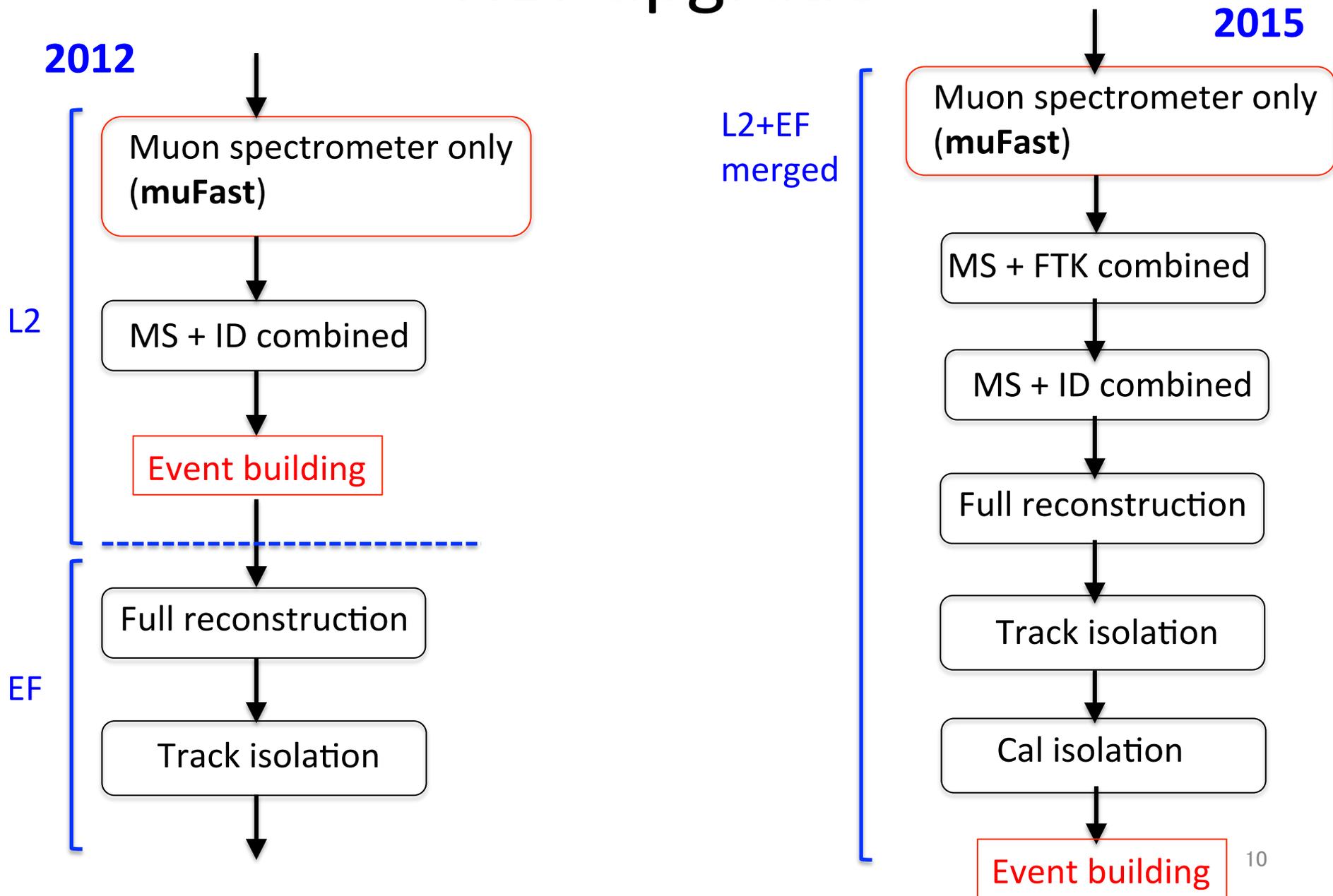
# Muon High Level Trigger



# Muon High Level Trigger



# HLT upgrade



# HLT upgrade

## L2とEFの統合

データアクセスを減らして高速化

Event builderによるrateの制限の撤廃

コンピューターリソースの増強

17k cores (L2+EF) → 21k cores (HLT)

アルゴリズムの改良

高速化・高精度化・共通のデータアクセス

リジェクションの向上

Isolationの強化 → 必要なmuonだけ残す

カロリメータを用いたisolation

早い段階でできるだけ落とすことが重要

muFastの改良 → 早い段階でのpTカット

MS – FTK マッチング (L1.5)

FTKを利用した早い段階でのisolation

検出効率の向上

FTK tagによるfull scan (L1効率の悪い場所)

→ FTKの利用が鍵

L2+EF  
merged

2015

Muon spectrometer only  
(muFast)

MS + FTK combined

MS + ID combined

Full reconstruction

Track isolation

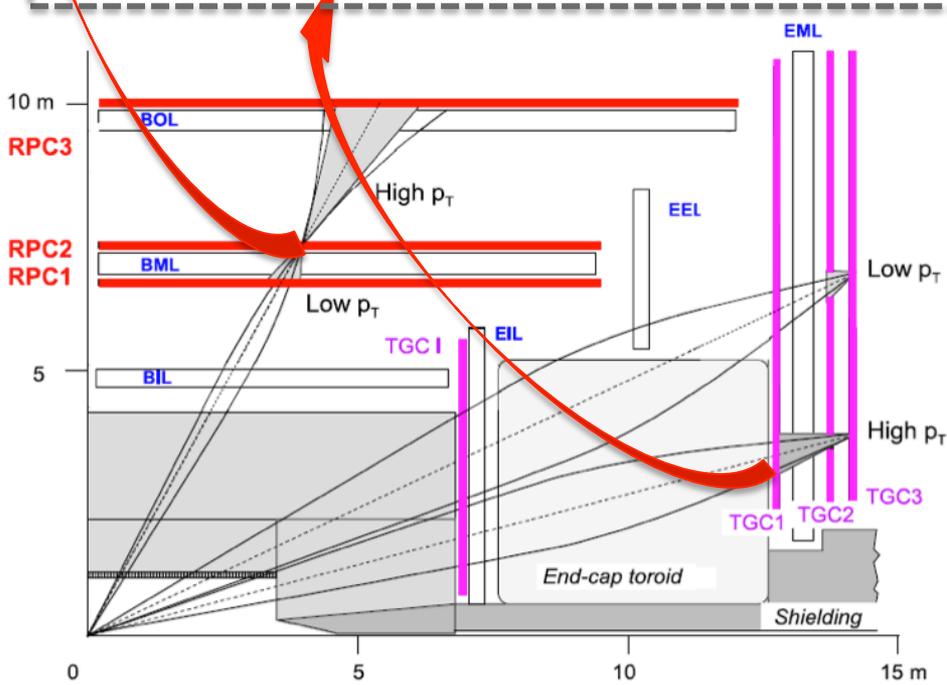
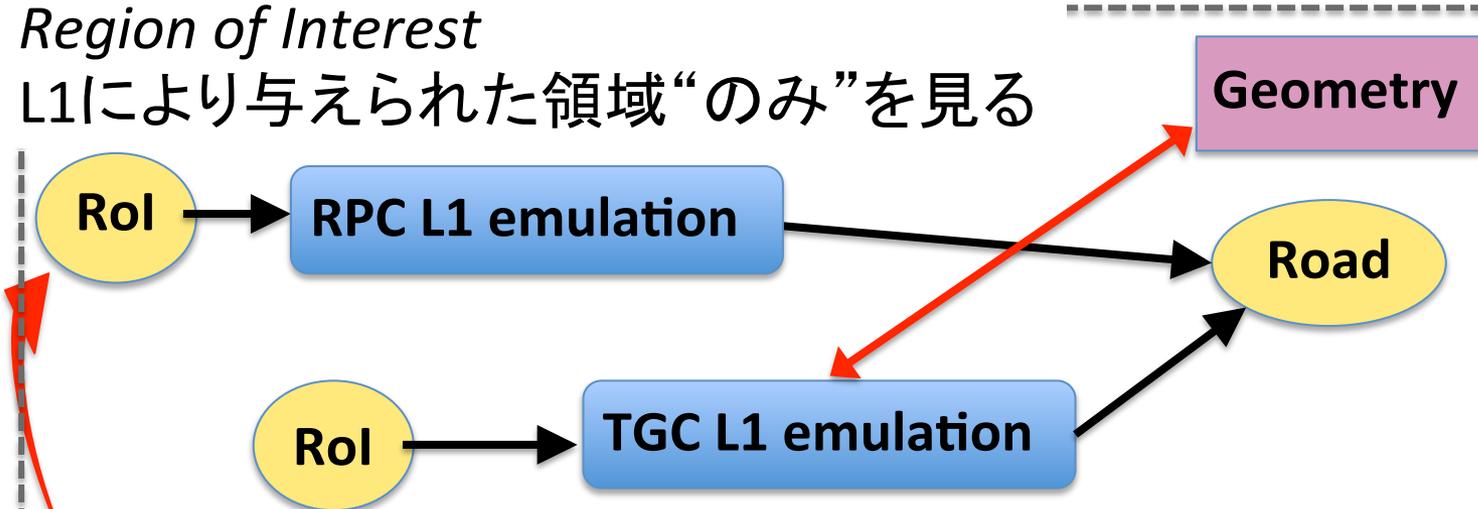
Cal isolation

Event building

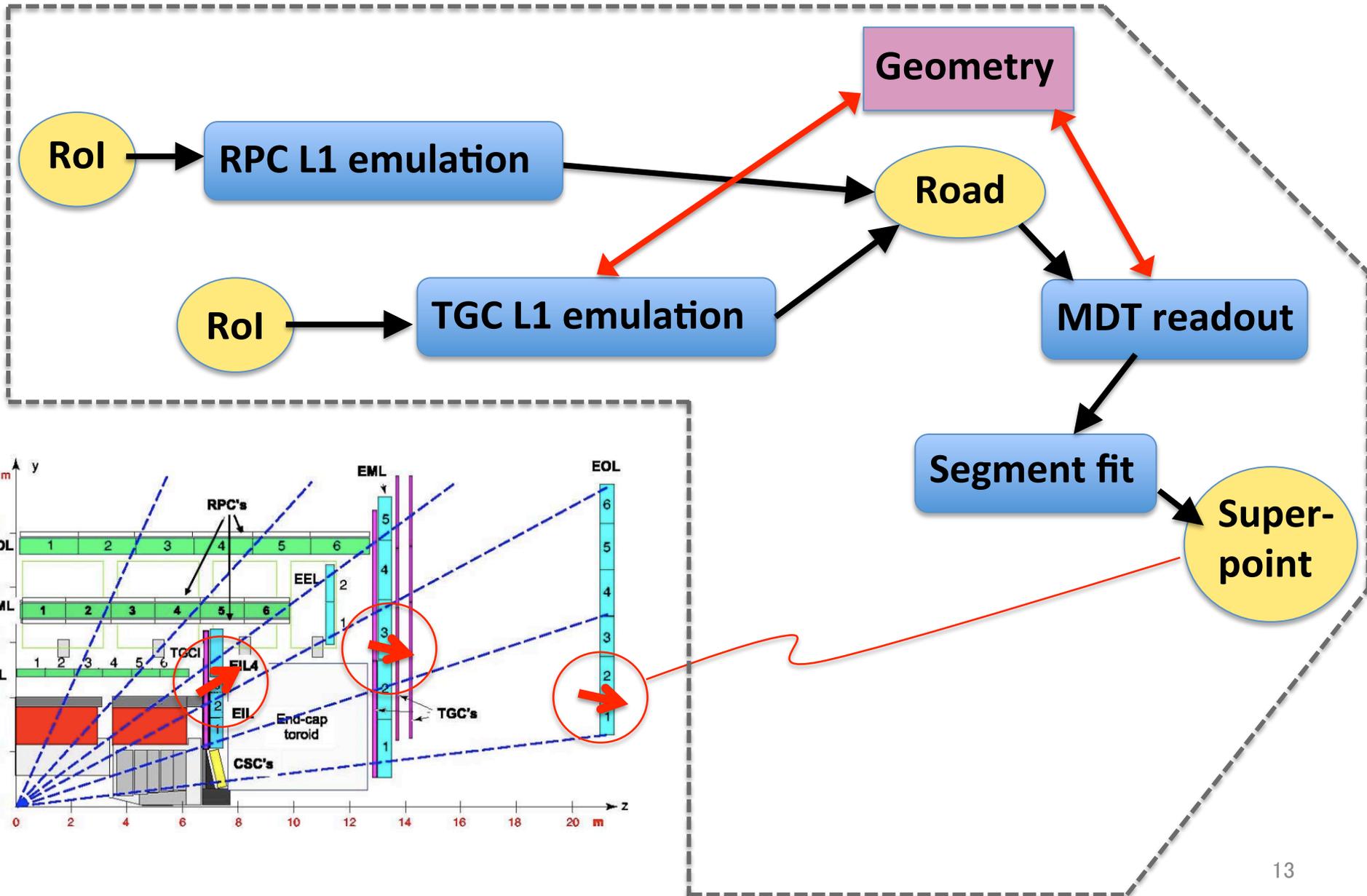
# muFast (2012)

*Region of Interest*

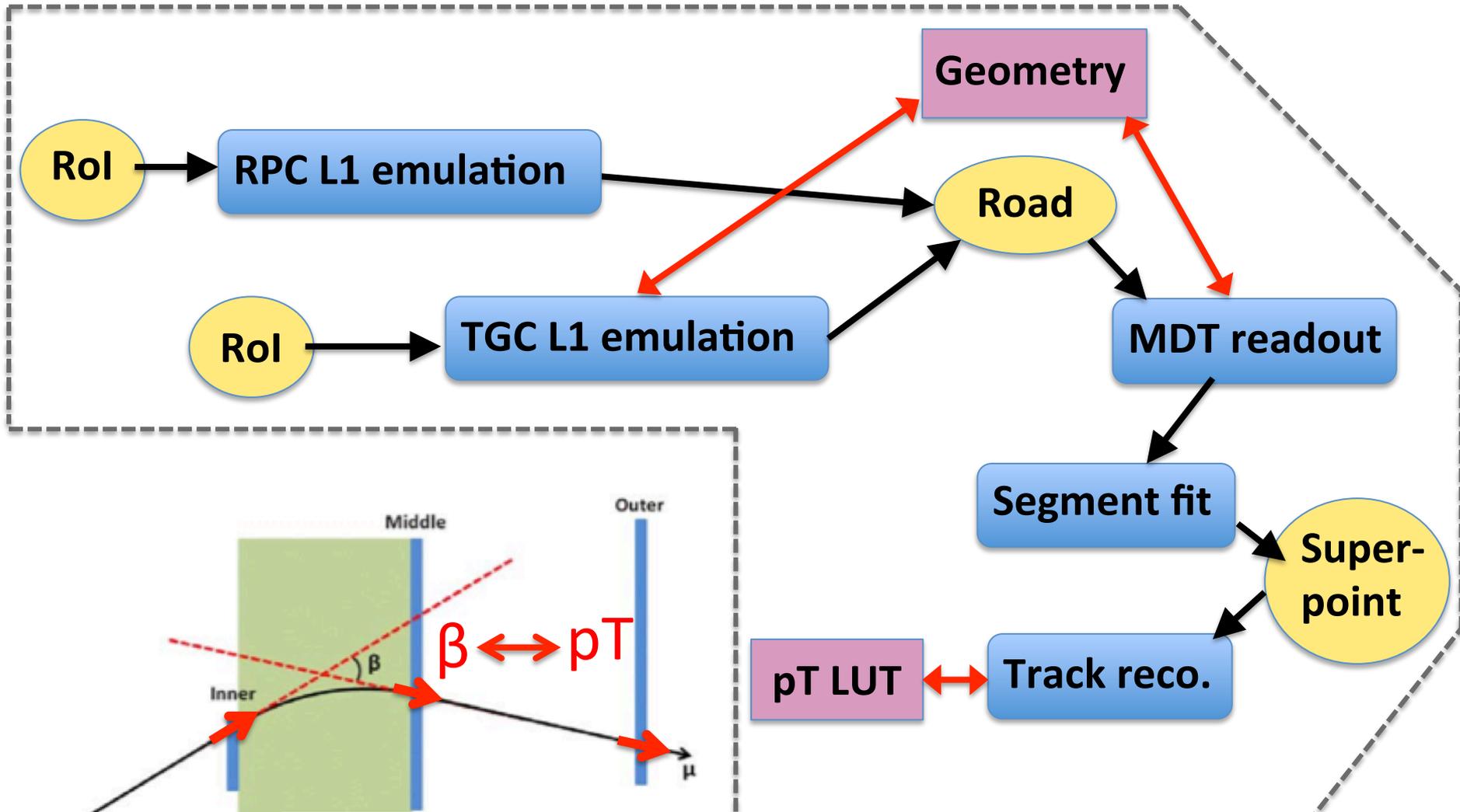
L1により与えられた領域“のみ”を見る



# muFast (2012)



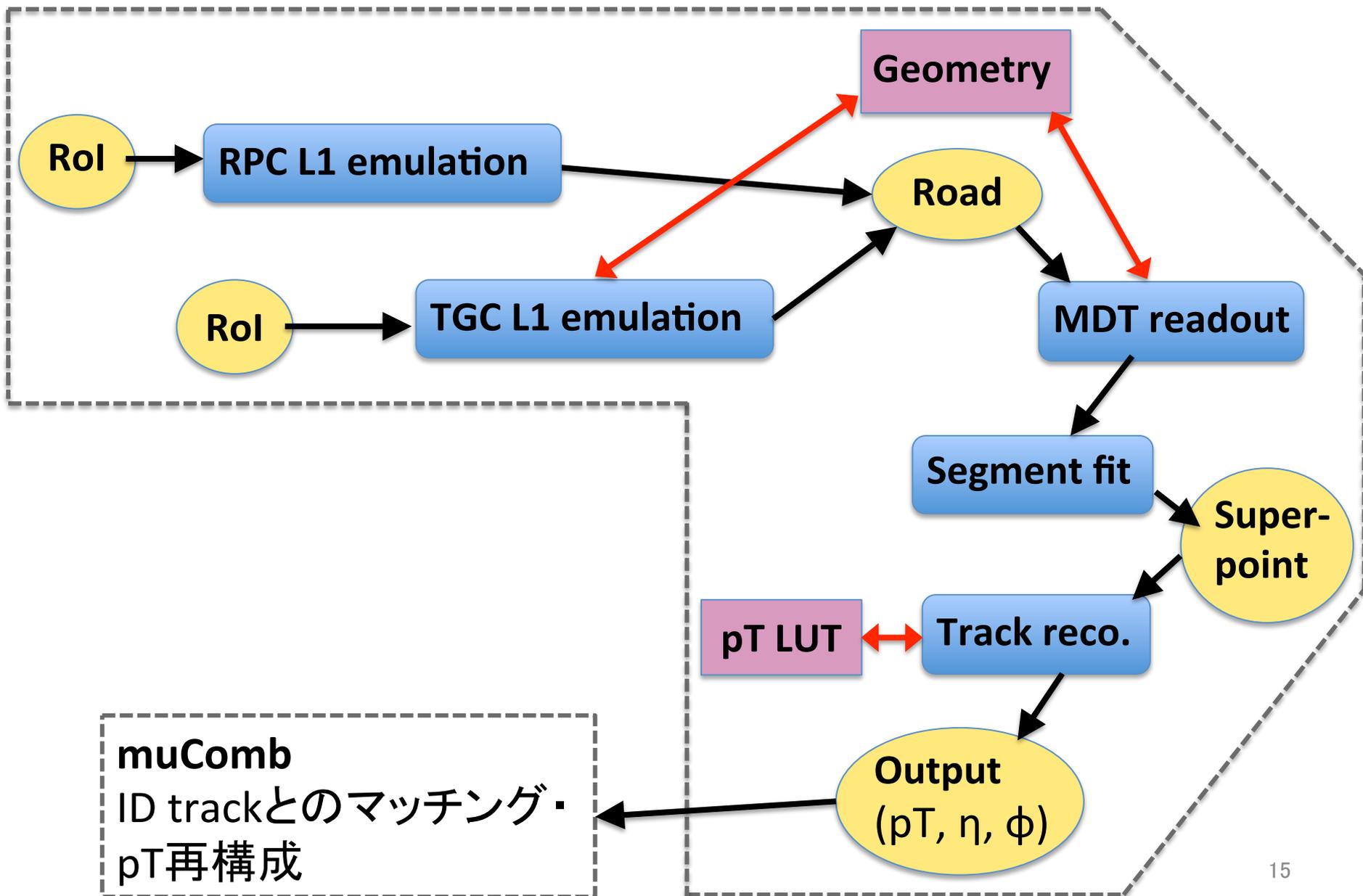
# muFast (2012)



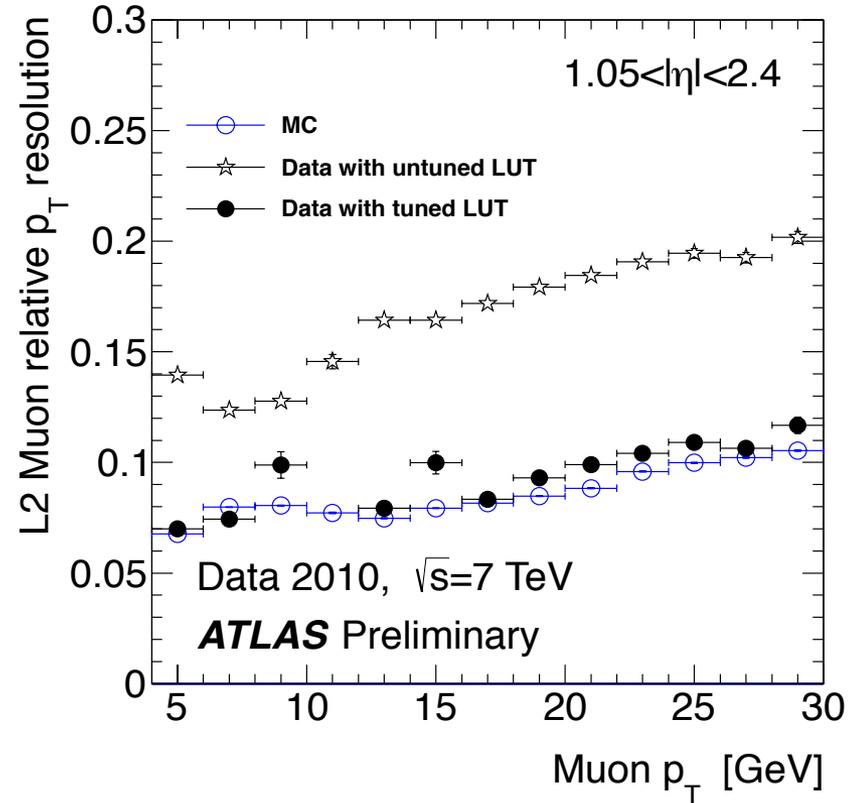
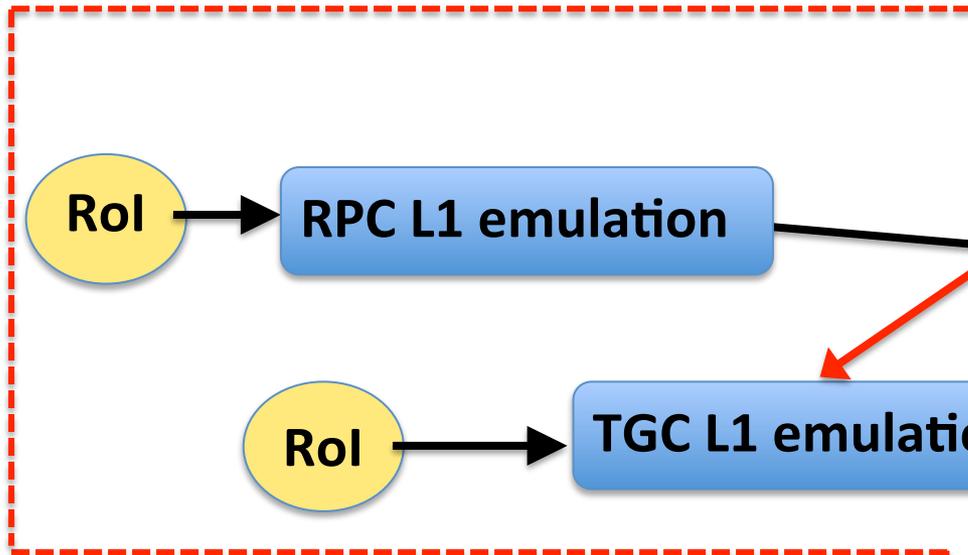
計算速度を早めるため

曲がり具合をパラメータ化 →  $pT$ に一発変換 (*Look Up Table*)

# muFast (2012)

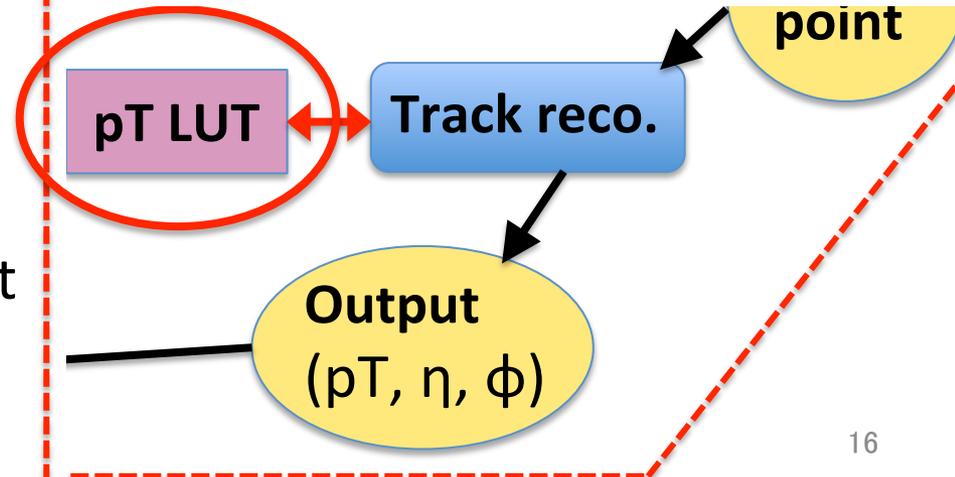


# muFast (2011)

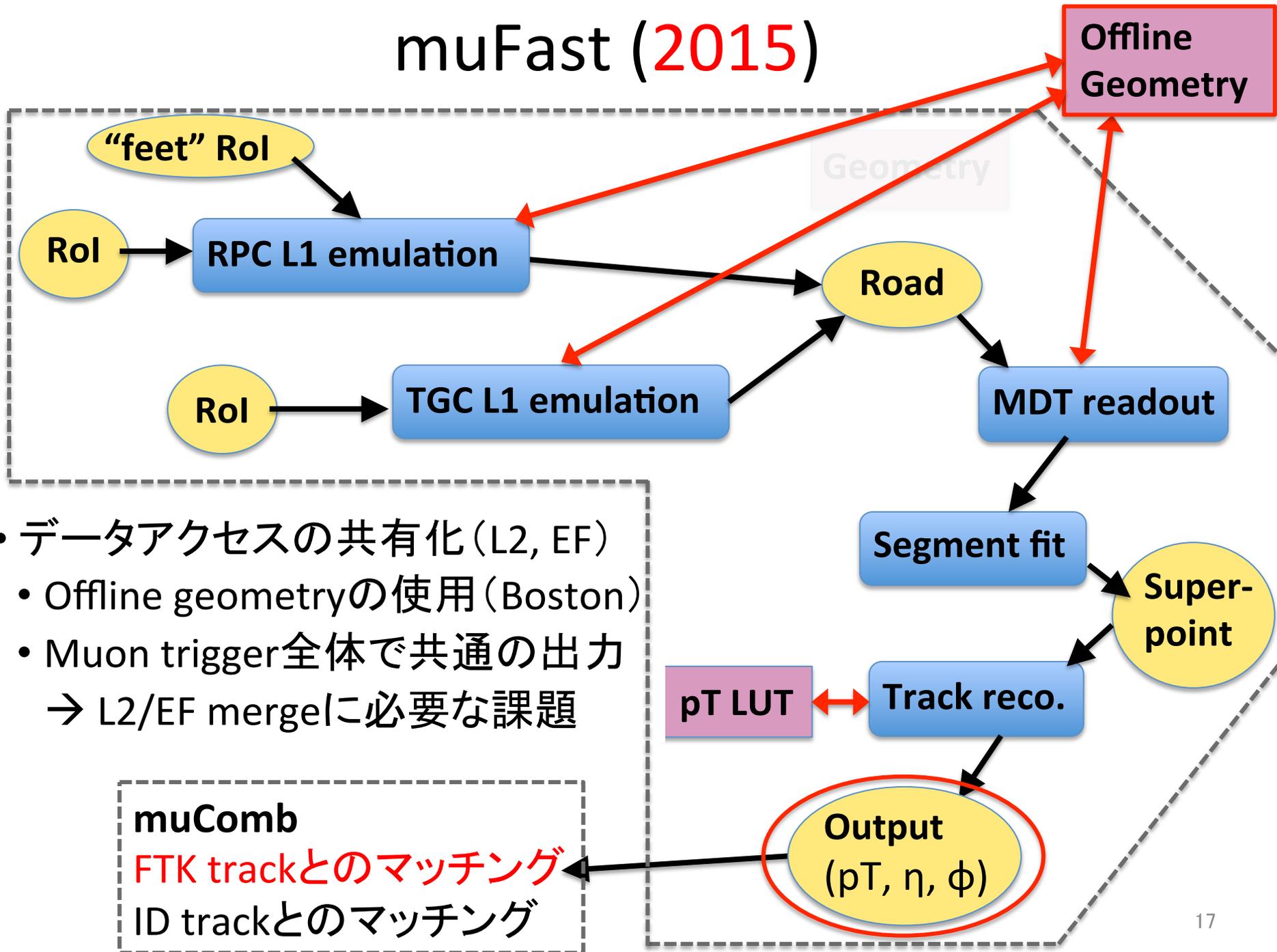


## 2011-2012

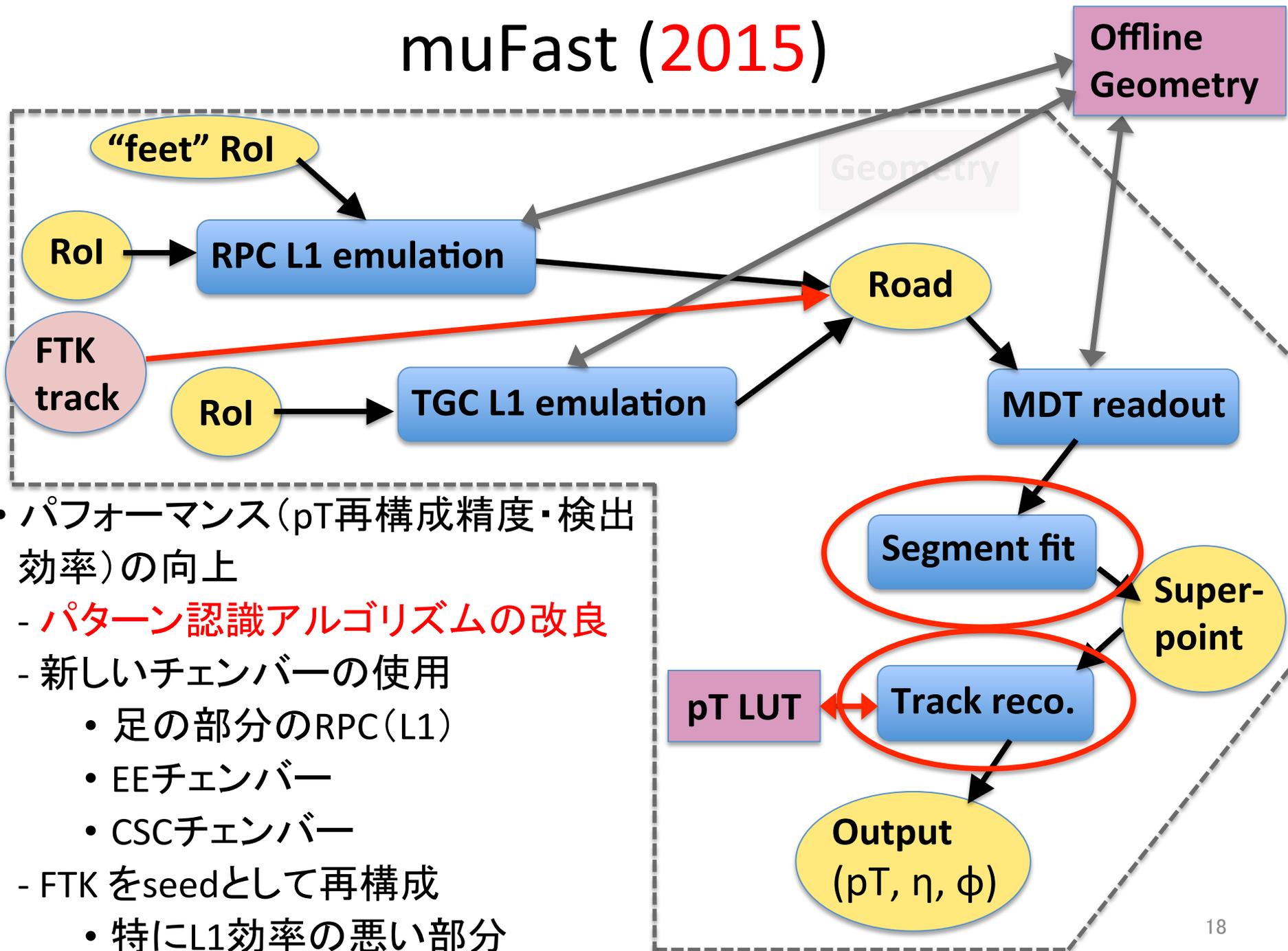
- $p_T$  LUT tuningによる再構成精度の大幅な向上 (2011)  
→ muFastでの $p_T$ カットの実現
- モジュール化された新しいmuFastをオンラインに導入 (2012)  
→ 平行した開発・維持が可能に



# muFast (2015)



# muFast (2015)



• パフォーマンス (pT再構成精度・検出効率) の向上

- **パターン認識アルゴリズムの改良**

- 新しいチェンバーの使用

- 足の部分のRPC (L1)
- EEチェンバー
- CSCチェンバー

- FTK をseedとして再構成

- 特にL1効率の悪い部分

# パターン認識アルゴリズムの改良

## 1. Fake hitsの除去

- Drift timeによるカット
- イテレーションによりロードを最適化し、幅を狭める

北村、山崎、Chen(神戸)  
日本物理学会 2012秋に報告

## 2. パターン認識の改良

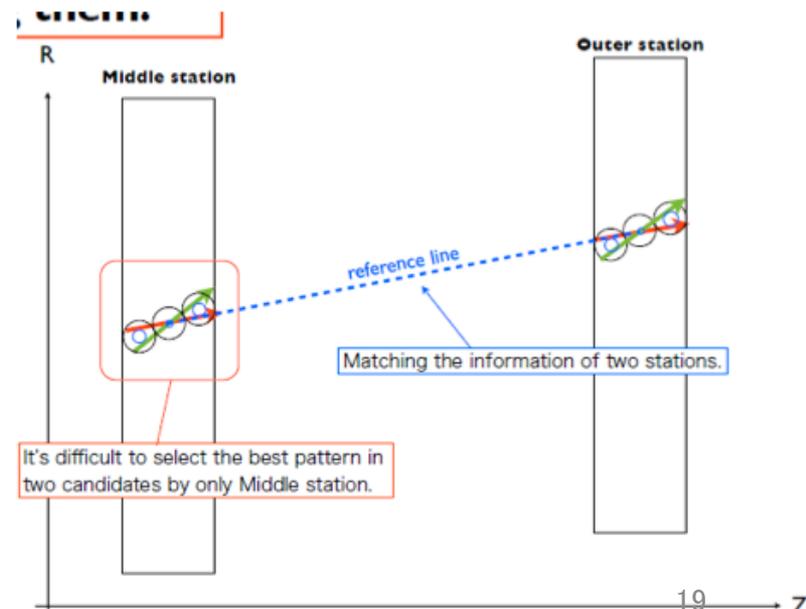
- 各層でふたつまでヒットを保持し(これまで各層ひとつ)全ての組み合わせから最適なものを選択

## 3. Middle-Outerの比較(右図)

- Left-right symmetryの解消

## 4. Innerロードの改良

- 現行: middle TGC slopeから外挿
- 改良: Middle+Outer MDTで再構成されたmuon trackから外挿

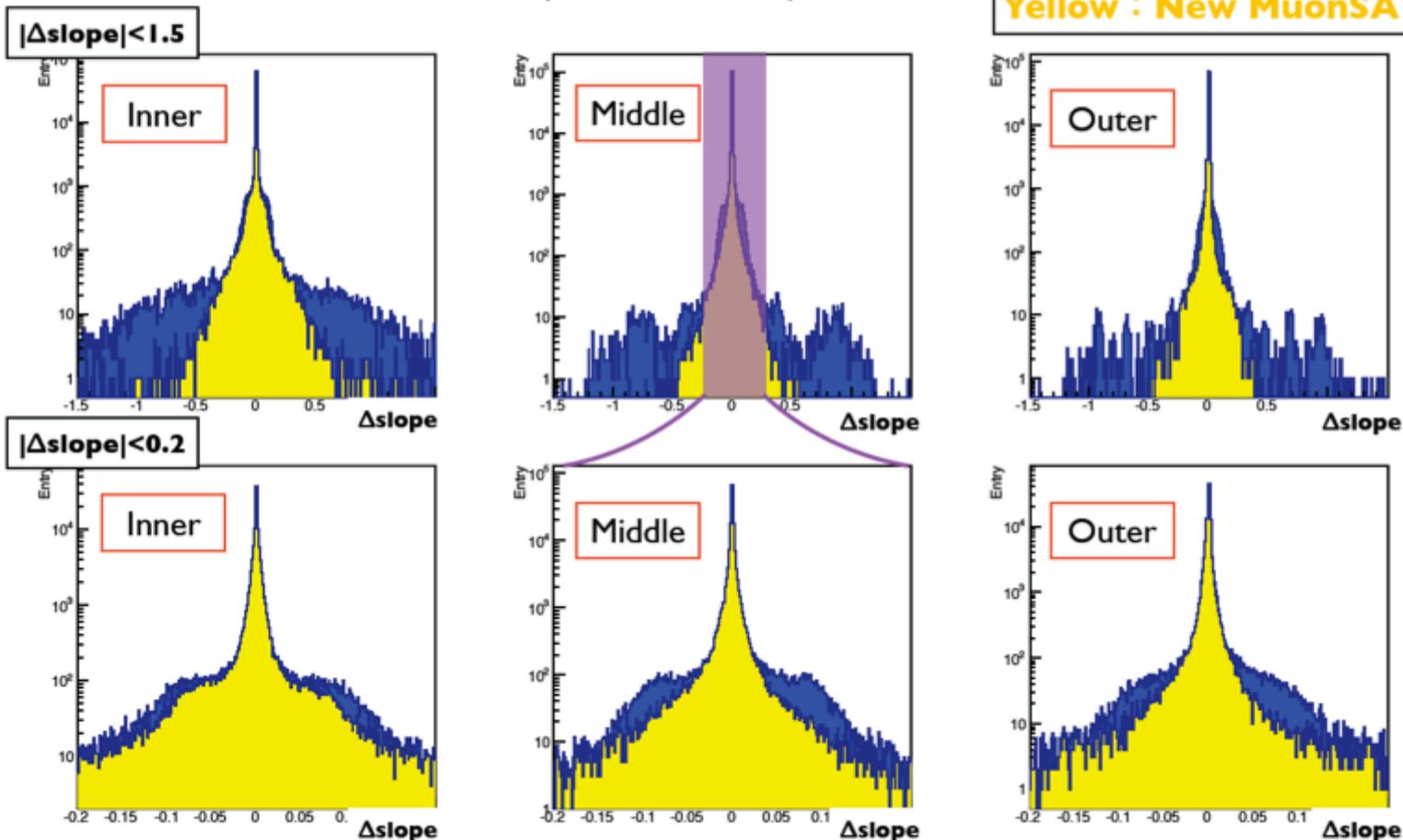


# パターン認識アルゴリズムの改良

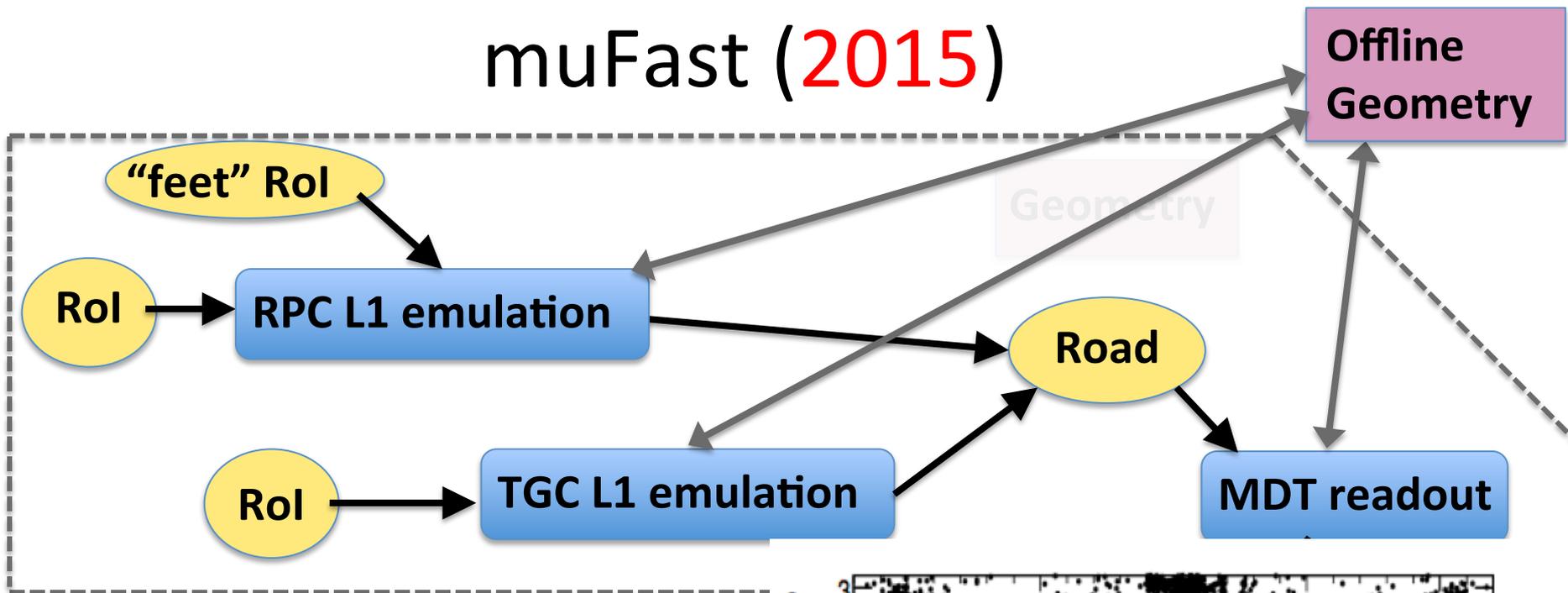
北村、山崎、Chen(神戸)  
日本物理学会 2012秋に報告

- Performance of the New MuonSA  
included all modifications(Local and Global).

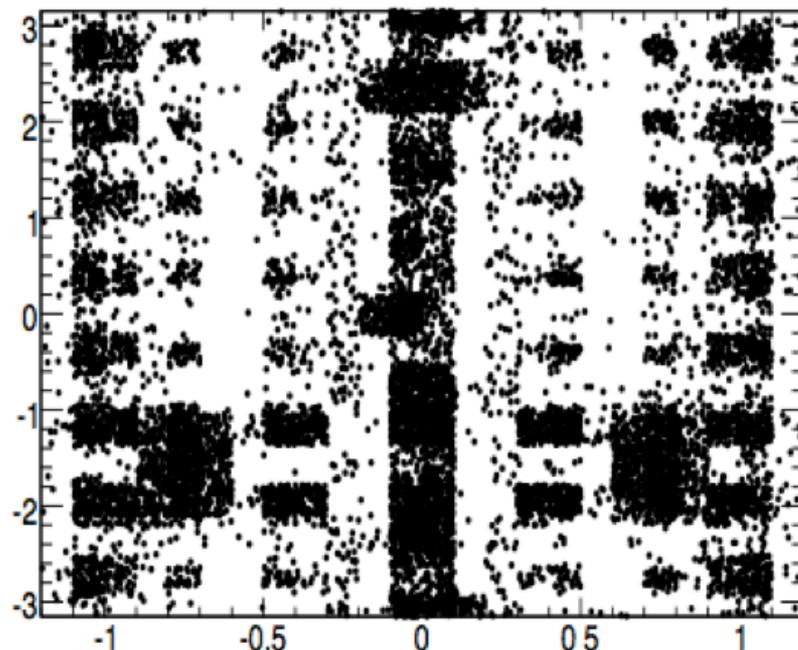
Blue : Current MuonSA  
Yellow : New MuonSA



# muFast (2015)

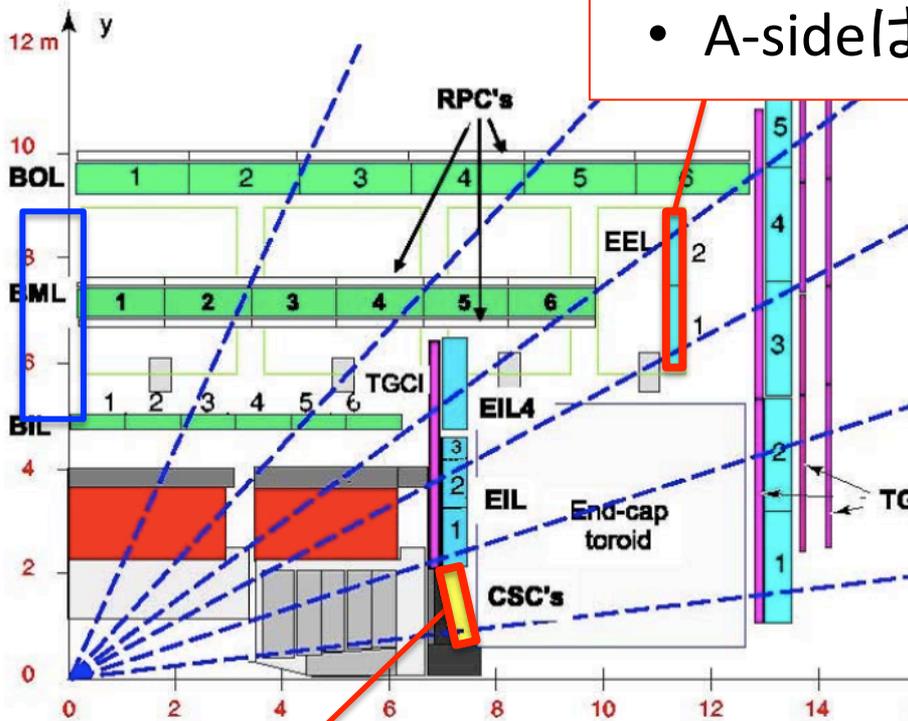


- パフォーマンス (pT再構成精度・検出効率) の向上
  - パターン認識アルゴリズムの改良
  - 新しいチェンバーの使用
    - 足の部分のRPC(L1)
    - EEチェンバー
    - CSCチェンバー
  - FTK をseedとして再構成
    - 特にL1効率の悪い部分



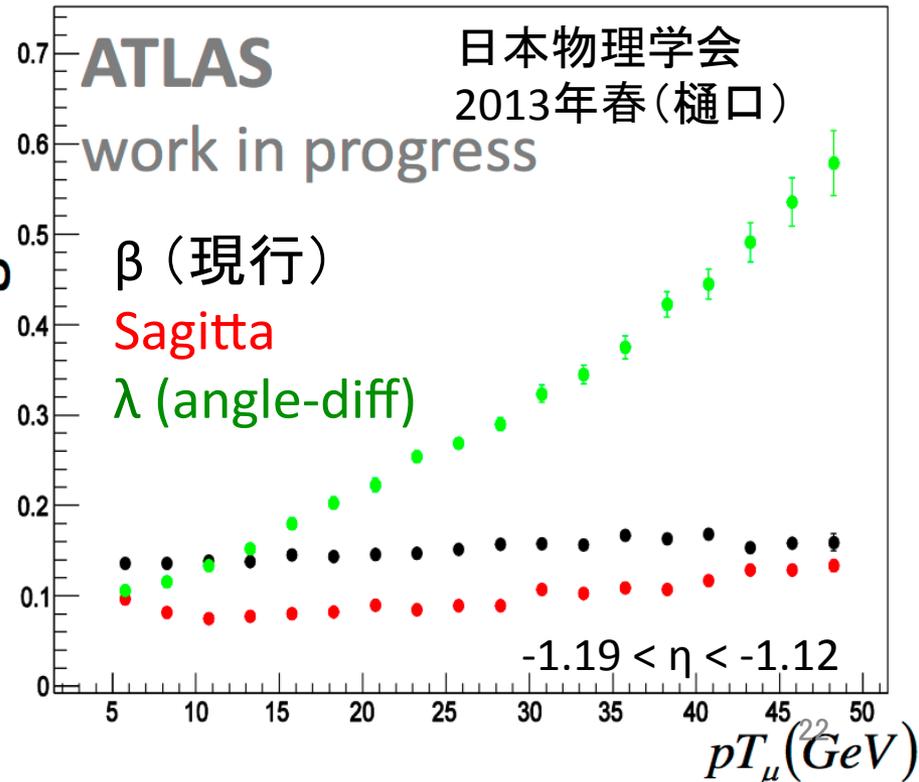
# EE/CSCチェンバーの導入

- **EE**
  - 磁場が弱い領域に対応 ( $1.05 < |\eta| < 1.35$ )
  - C-sideの一部は2013にインストール済み
  - A-sideはLS中にインストール予定



- **CSC**
  - $2.0 < |\eta| < 2.7$  に対応

gaussian  $\sigma$



# HLT updateのまとめ

- 2015年ランからはL2とEFを統合
  - データアクセスの削減による高速化
  - L2, EFでのデータアクセスの共通化・出力形式の統一・統合によるトリガーチェーンの最適化が課題
- 高エネルギー化・高輝度化への対応
  - コンピュータリソースの増強
  - アルゴリズムの高速化
  - **早めのリジェクションが重要**
    - MS onlyアルゴリズム (muFast) の改良
      - 早い段階でのpTカット
    - FTKの利用
      - MS – FTK マッチングによるリジェクション
      - 早い段階でのisolation

日本グループが  
中心的な役割を  
果たす