

High Luminosity LHCに向けた ATLAS実験の 初段ミュオントリガー改良

名大理、高工研^A、東大素セ^B

堀井泰之、戸本誠、佐々木修^A、二ノ宮陽一^B、坂本宏^B、

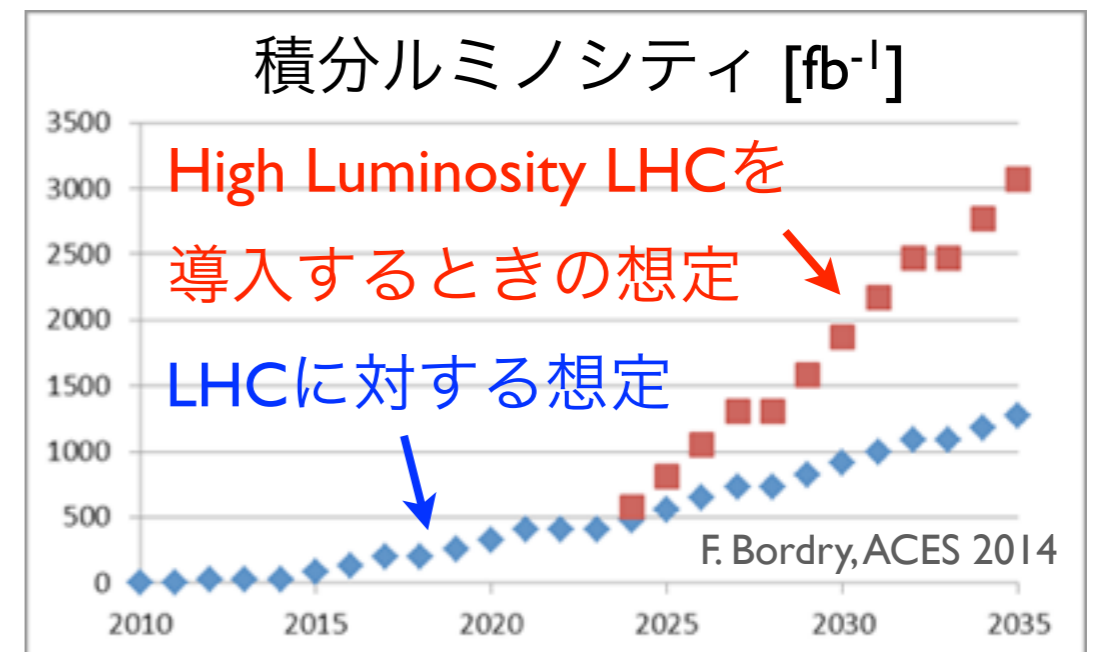
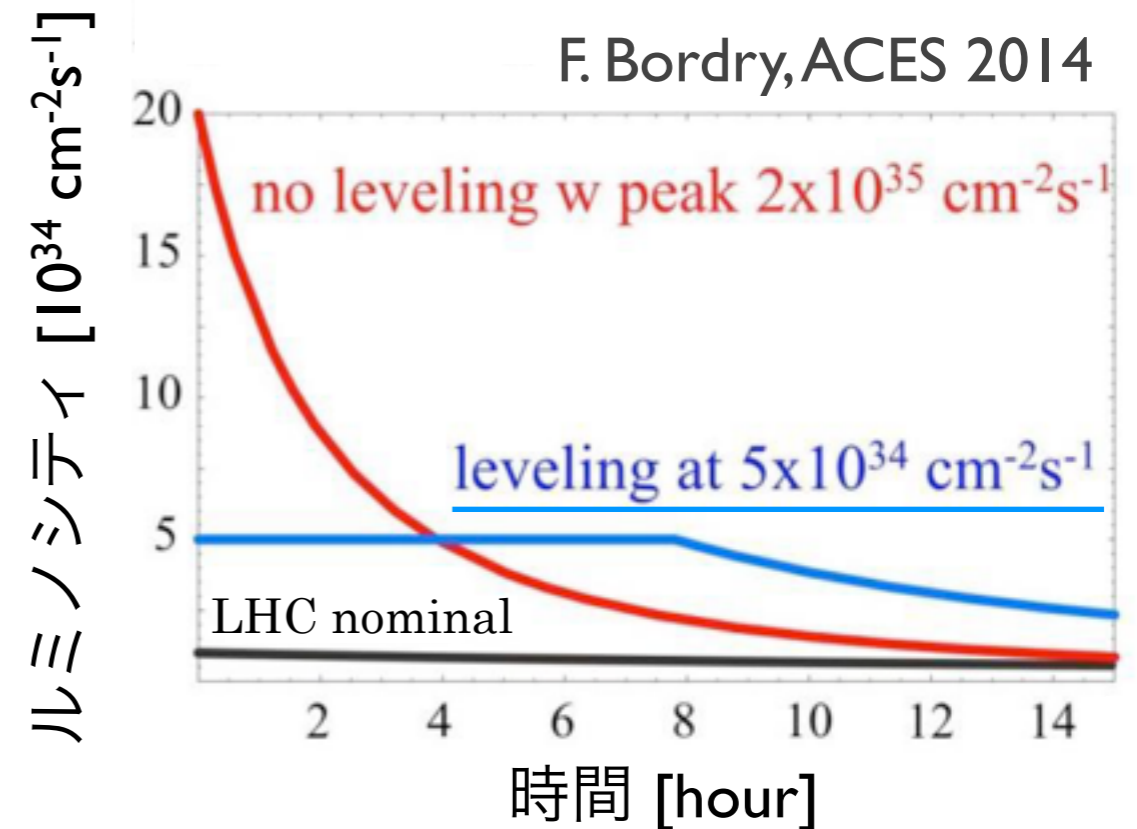
他ATLAS日本トリガーグループ

日本物理学会第69回年次大会

東海大学 2014年3月30日

High Luminosity LHC

- 陽子陽子衝突型加速器。
LHCをアップグレードして得る。
- 重心系エネルギー **14 TeV**。
- ピークルミノシティ **$5 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$** での調整運転が提案されている。
(衝突ごとの反応数を抑える。)
- 2025年頃の運転開始を想定。
- **10年程で、 3000 fb^{-1} 程のデータ**を蓄積する計画。



High Luminosity LHCにおける ATLAS実験のレベル1トリガー

- ルミノシティ $7 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ において、
High Luminosity LHC以前に想定される
ATLAS実験のレベル1トリガーを用いると、
トリガー率は**500 kHz程**と見積もられる。

Trigger	Estimated L1 Rate
EM_20 GeV	200 kHz
MU_20 GeV	> 40 kHz
TAU_50 GeV	50 kHz
di-lepton	100 kHz
JET + MET	~ 100 kHz
Total	500 kHz

- High Luminosity LHCにおいて、ATLAS実験のレベル1トリガーのトリガー率に対して、 **$\leq 200 \text{ kHz}$** が要求される。
- レベル1トリガーの各項目に対し、**アップグレード**が提案されている。
(参考：“LOI for the Phase-II Upgrade of the ATLAS Experiment”, LHCCI-023)
- **本研究では、レベル1ミュー粒子トリガーのアップグレードに着目する。**

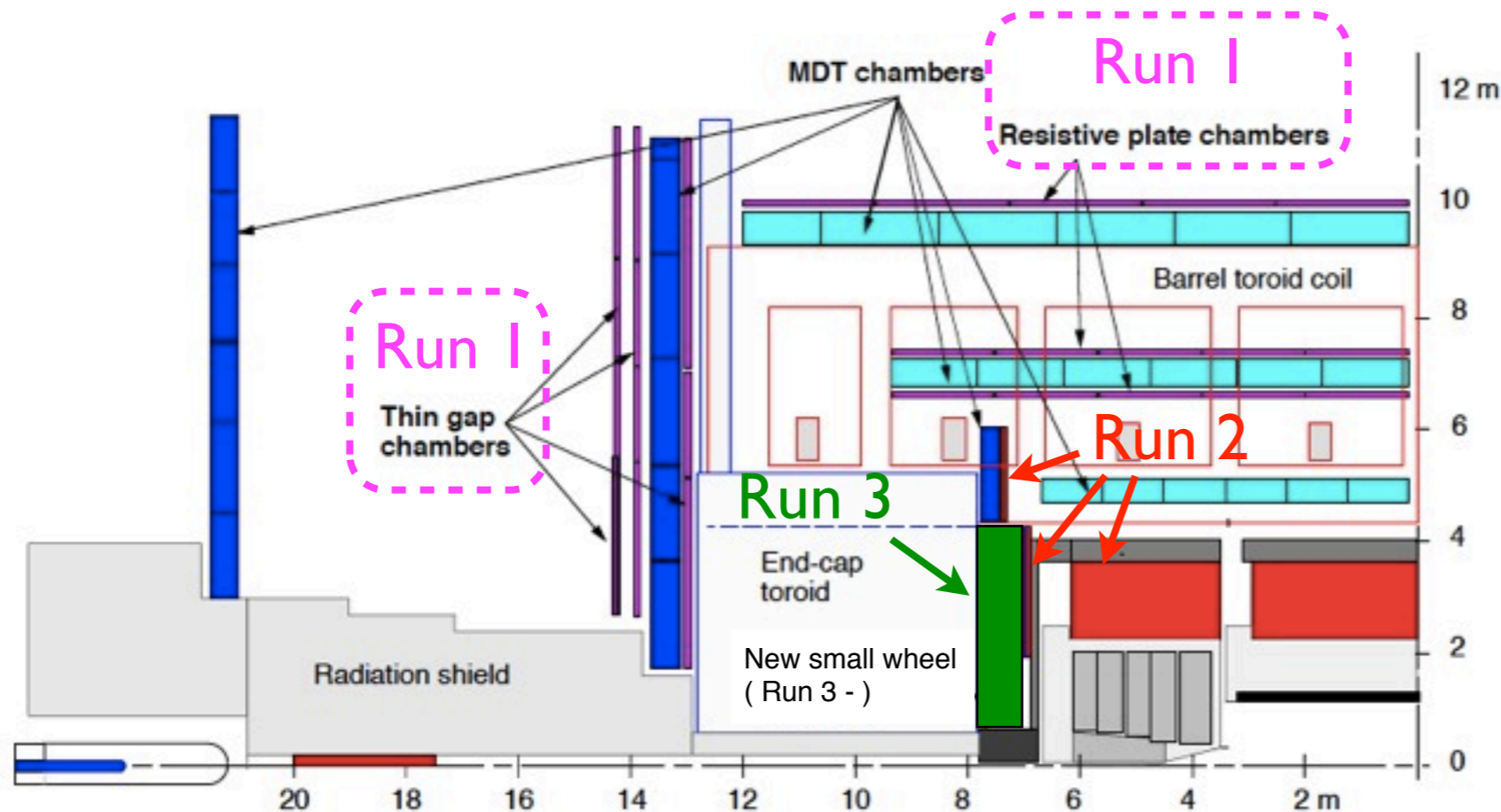
High Luminosity LHC以前に想定される ATLAS実験のレベル1 ミュー粒子トリガー

2012年まで (Run 1) のトリガー：
複数層のRPC (バレル)、TGC
(エンドキャップ) による位置測定。

参考：2008 JINST 3 S08003

2015年以降 (Run 2) のトリガー：
内層のTGC、カロリメータのヒット
とのコインシデンスを追加。

参考：ATLAS-TDR-023-2013
29pTH11 (救仁郷氏)



2020年以降 (Run 3)
のトリガー：内層の
ミュオン粒子検出器を
入れ替え、内層にお
けるベクトル情報
(~ 1 mrad) を追加。

参考：ATLAS-TDR-020-2013
ATLAS-TDR-023-2013

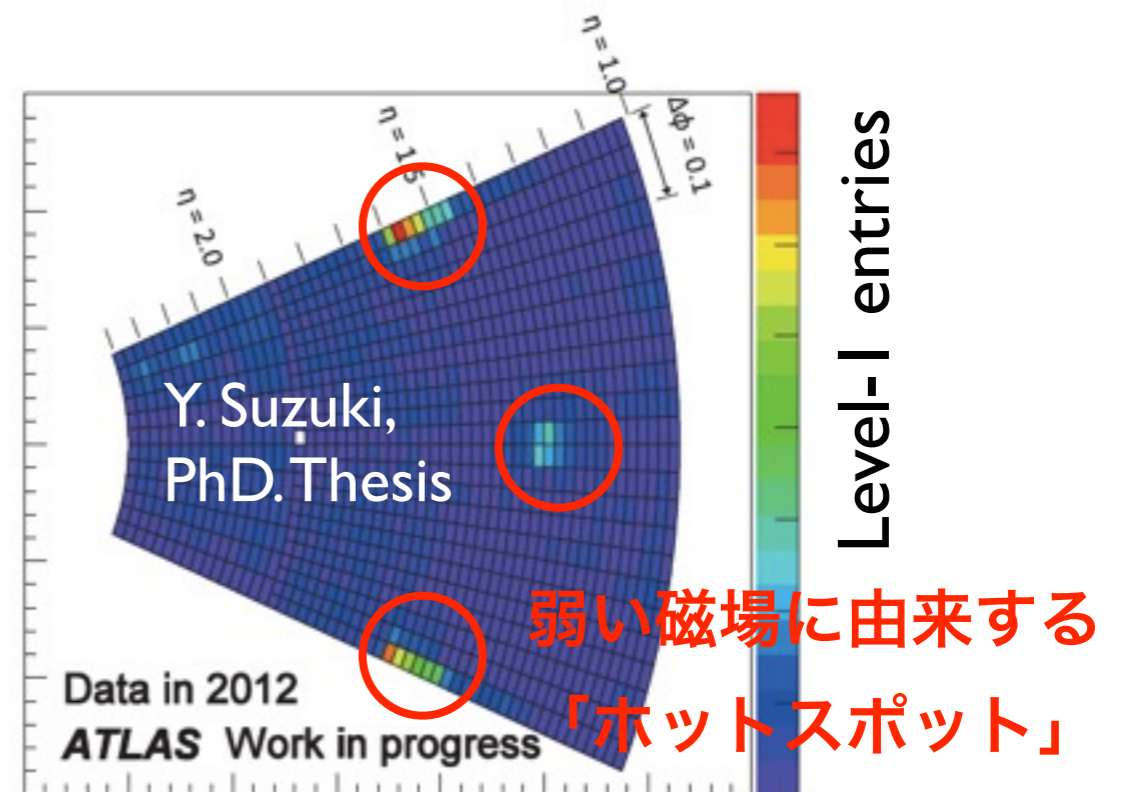
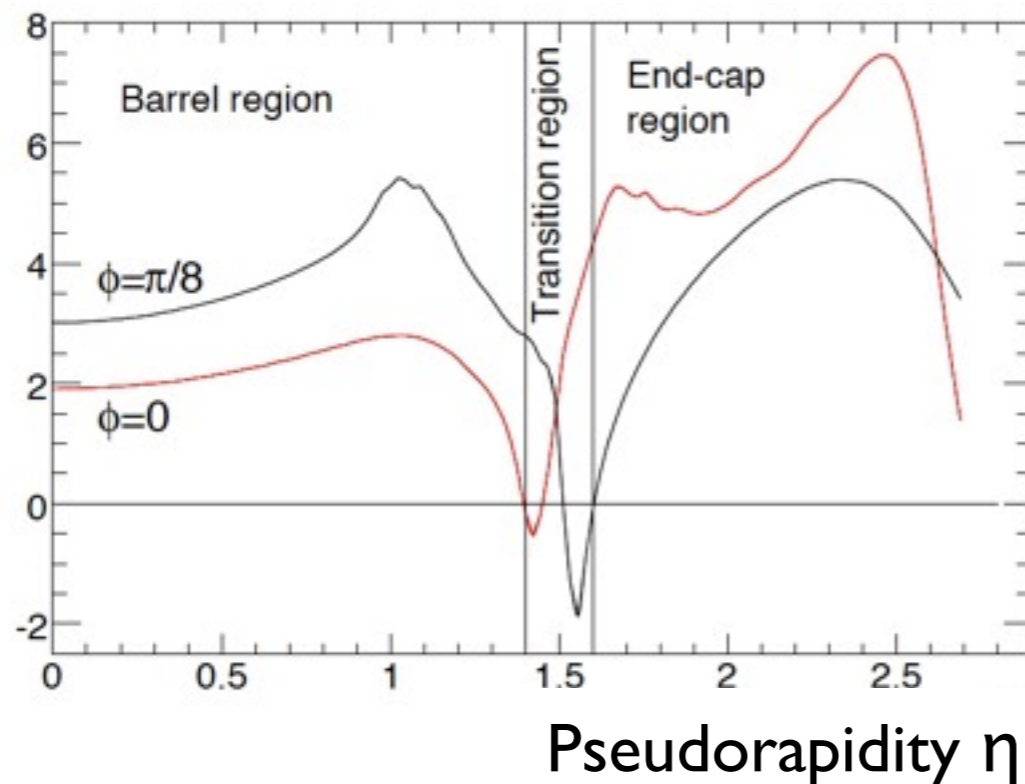
High Luminosity LHCにおける ATLAS実験のレベル1 ミュー粒子トリガー

- p_T 閾値を変えずに ($p_T = 20 \text{ GeV}$)、トリガー率を落としたい。
- アップグレードに関し、いくつかの提案が成されている。
- 本研究では、2つの提案に対する評価を行う。
 1. 磁場が弱い領域に対するマスク。
 2. ミュー粒子精密位置測定器を用いた要求。
- 2012年に取得した重心系エネルギー8 TeV、バンチ衝突頻度25 nsecの実データを用い、2つの提案を導入した場合に、トリガー率がどの程度減少するか見積もる。

1. 磁場が弱い領域に対するマスク

ATLAS実験では、バレルとエンドキャップのトロイド磁石の境界において、磁場が弱い領域が存在する。磁場が弱い領域では、低運動量のミュー粒子と高運動量のミュー粒子の区別がつきにくくなる。

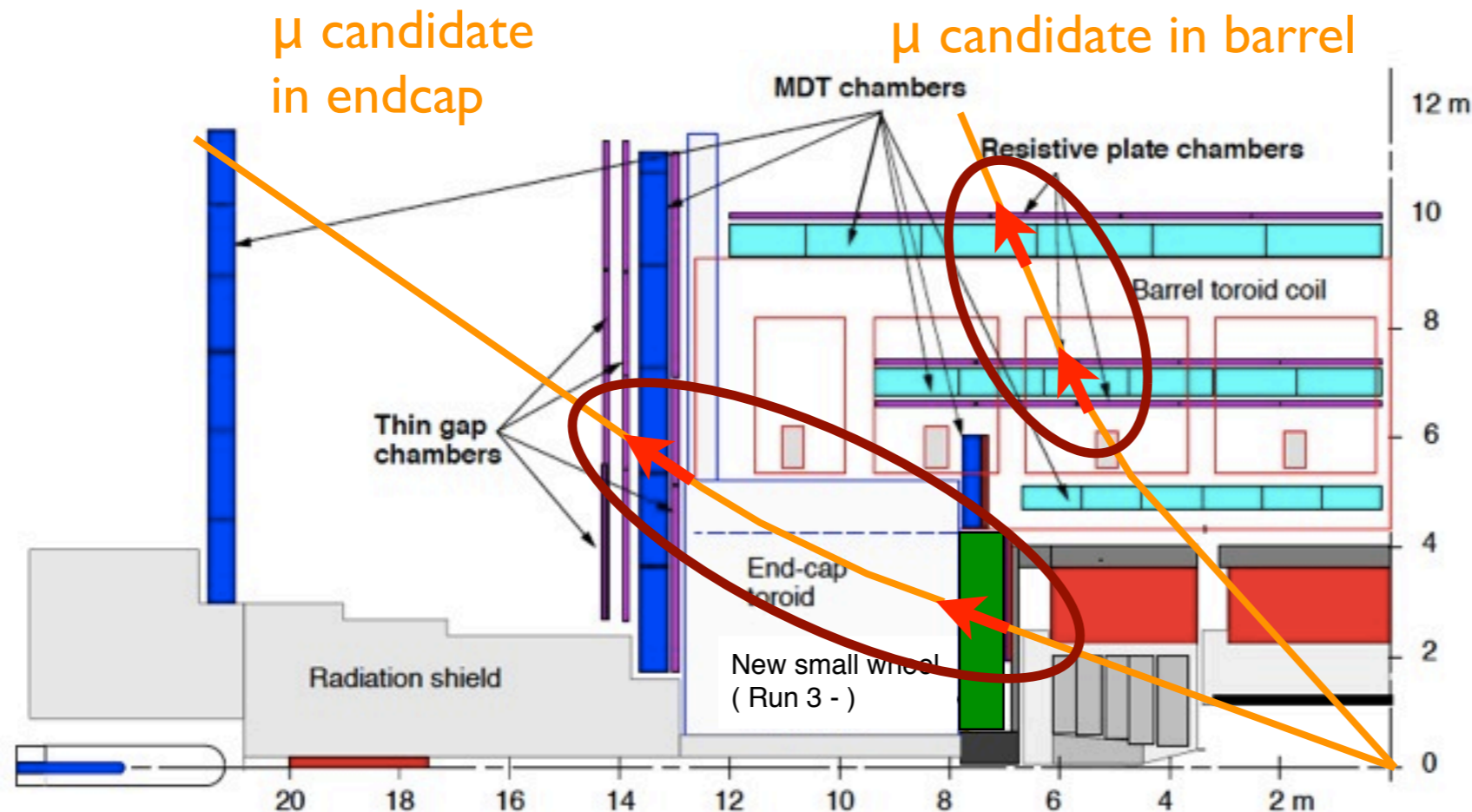
無限大運動量の荷電粒子
に対する積分磁場 [T·m]



磁場が弱い領域に対してマスクをすることで、トリガー率を10%程削減できる。この時、アクセプタンスの99%程は保持される。

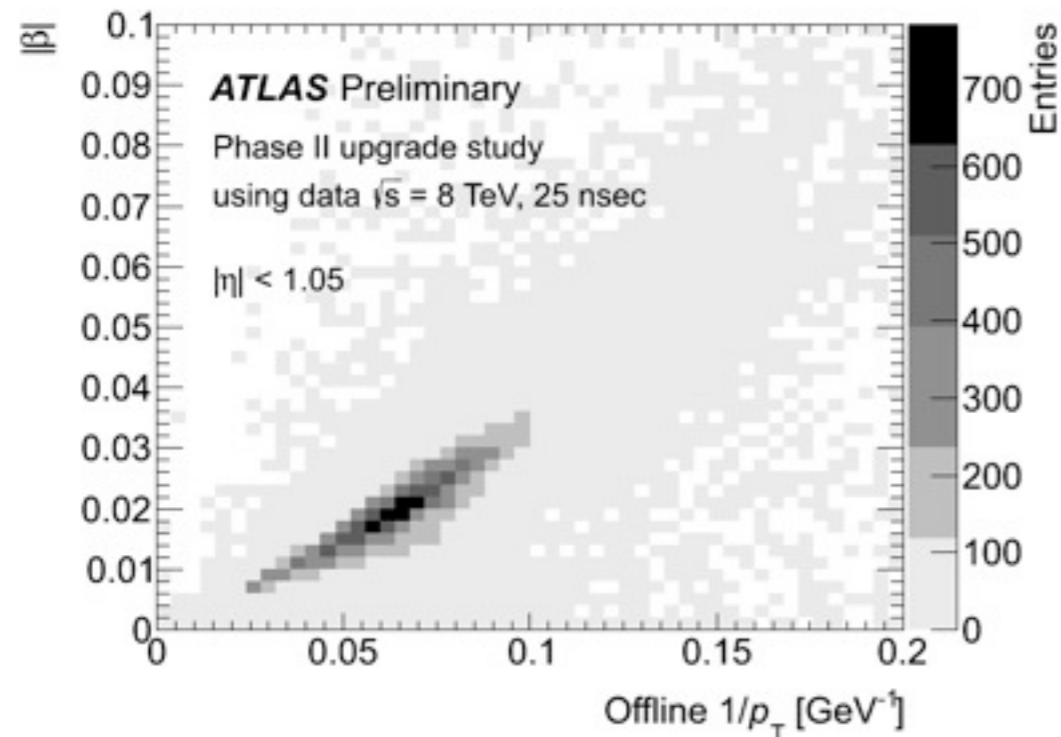
2. ミュー粒子精密位置測定器を用いた要求

- ミュー粒子精密位置測定器（ドリフトチューブ）を、ミュー粒子トリガーに用いる事が提案されている。
- バレルとエンドキャップのそれぞれに対し、2つのステーションにおけるベクトルのビーム軸に対する極角を測定し、差 (β) を得る。

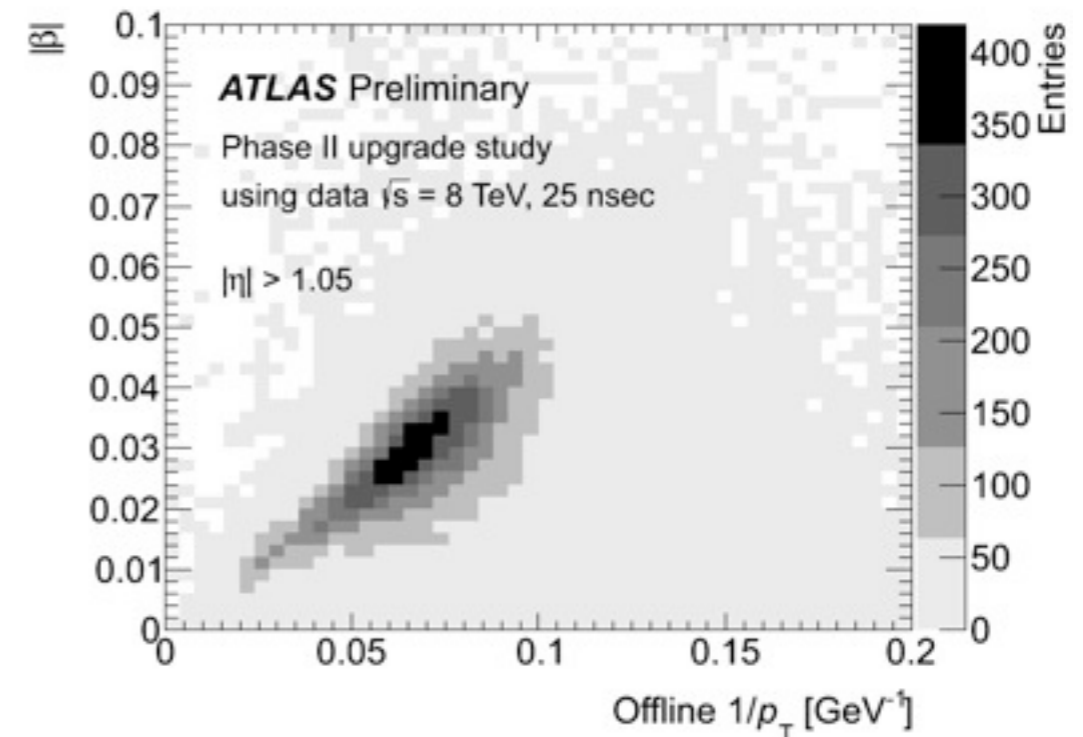


- 2つの赤い矢印が成す角： β 。
- $|\beta|$ に要求を行う。

バレル ($|\eta| < 1.05$)



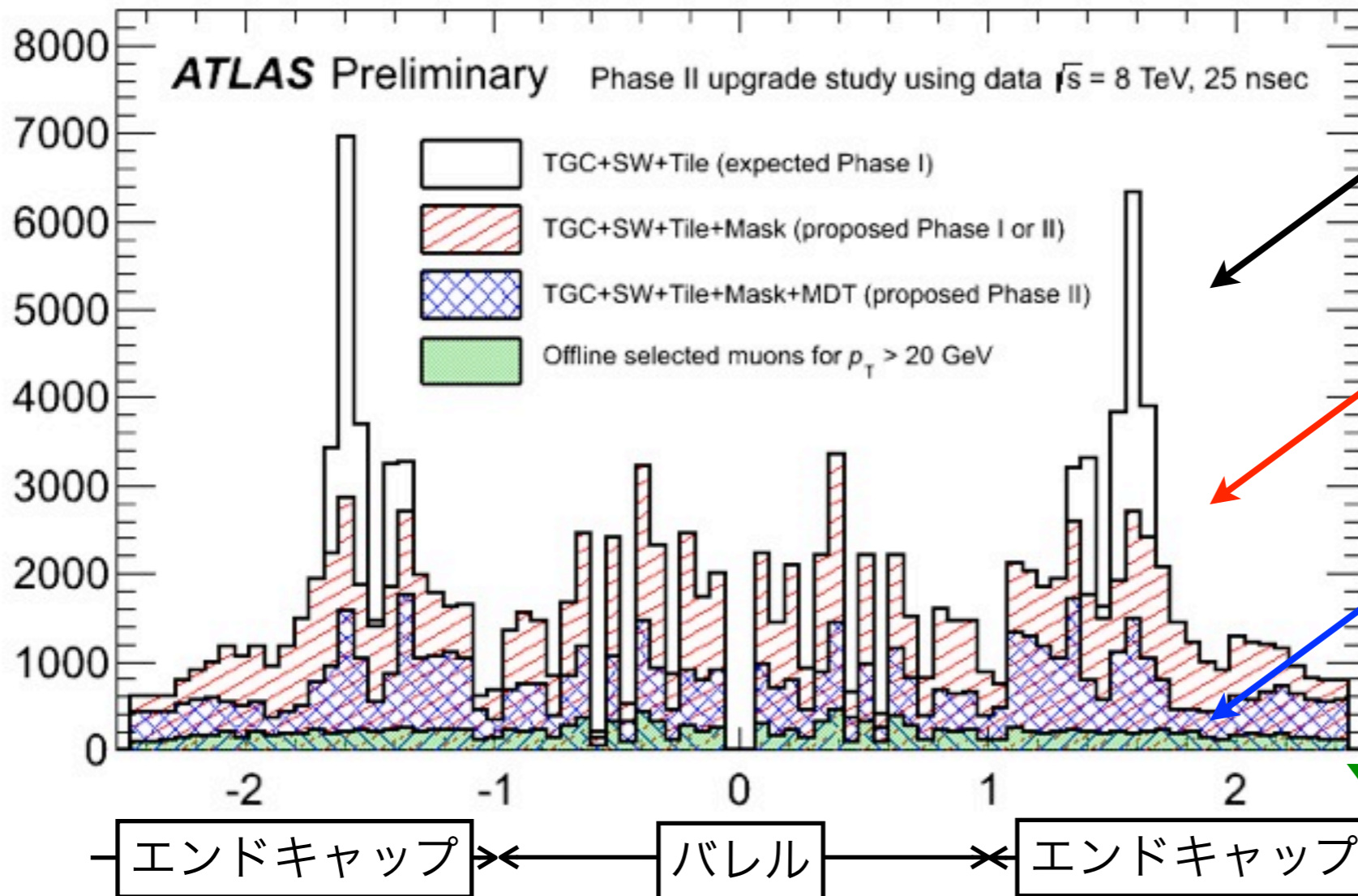
エンドキャップ ($|\eta| > 1.05$)



- 上図は、ミュオン粒子精密位置測定器から得られる $|\beta|$ と $1/p_T$ の分布を示す。
- 強い相関は、 $|\beta|$ への要求で p_T 領域を効率的に選別できる事を示唆する。
- 本研究では、ビーム軸に対する極角と方位角で分割した24領域に対し、 $|\beta|$ 要求を設定。結果的に、トリガー率を50%程に落とせると見積もった。

性能評価の結果 (η 分布)

初段ミュオン粒子候補数 / 0.06



High Luminosity LHC前
に想定される要求後

磁場が弱い領域に対す
るマスク後

ミュオン粒子精密位置測
定器を用いた要求後

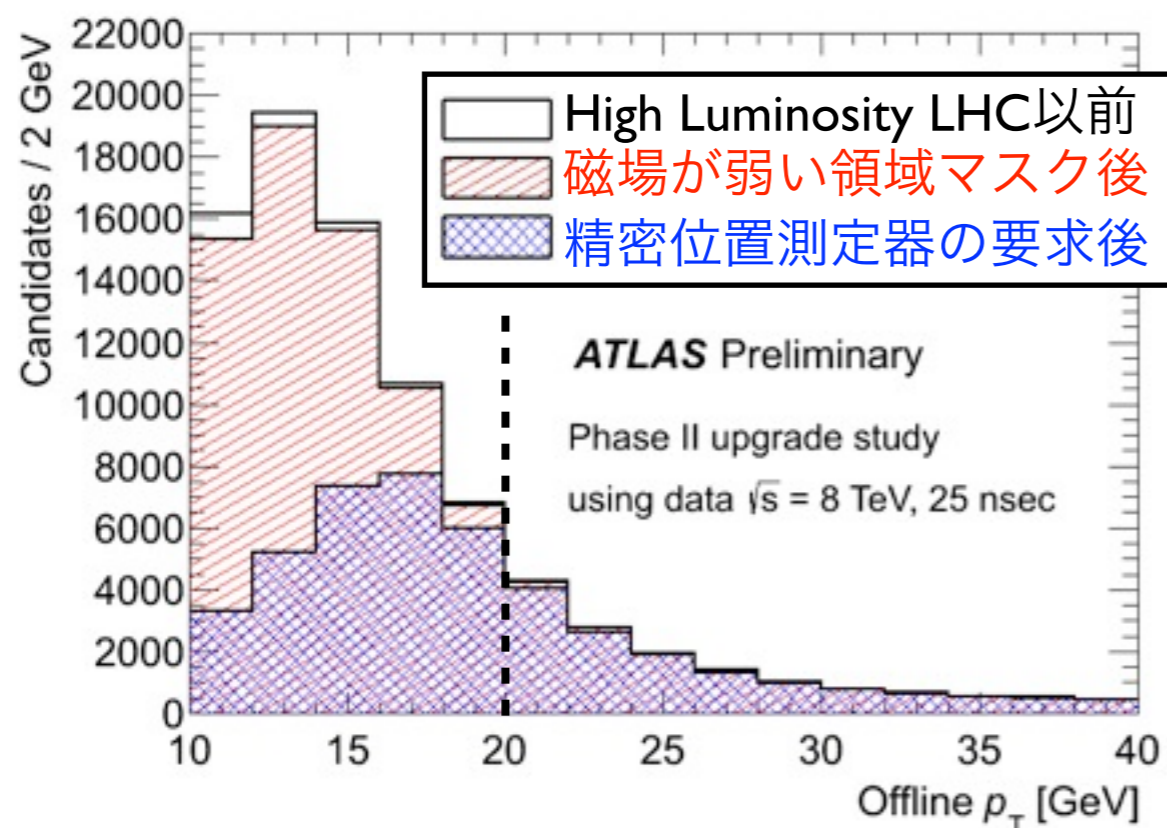
オフライン解析 $p_T > 20$
GeVのミュオン粒子候補

初段ミュオン粒子トリガー検出器で得られる η

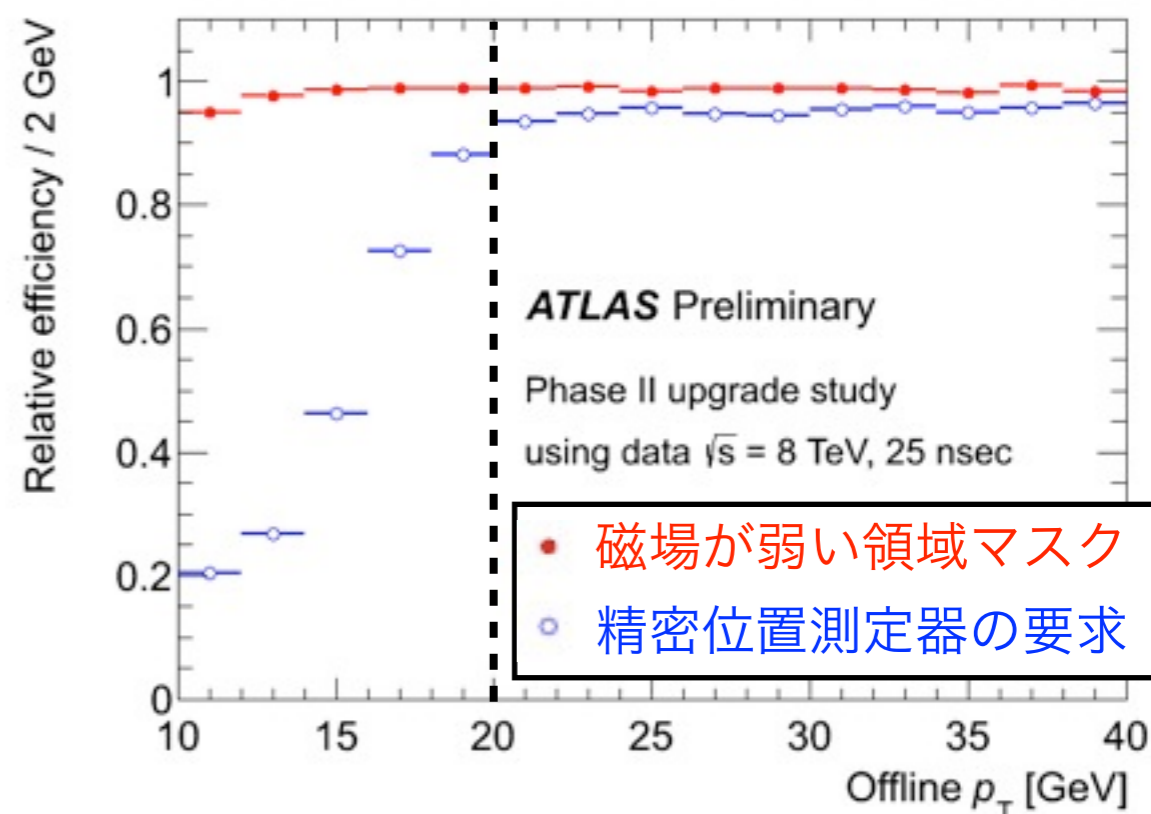
- 磁場が弱い領域に対するマスクで、トリガー率が10%程削減される。
- ミュオン粒子精密位置測定器を用いた要求で、トリガー率が50%程削減される。

性能評価の結果 (p_T分布、相対効率)

オフライン解析で得たp_T
に対するエントリー分布



オフライン解析で得たp_T
に依存した相対効率

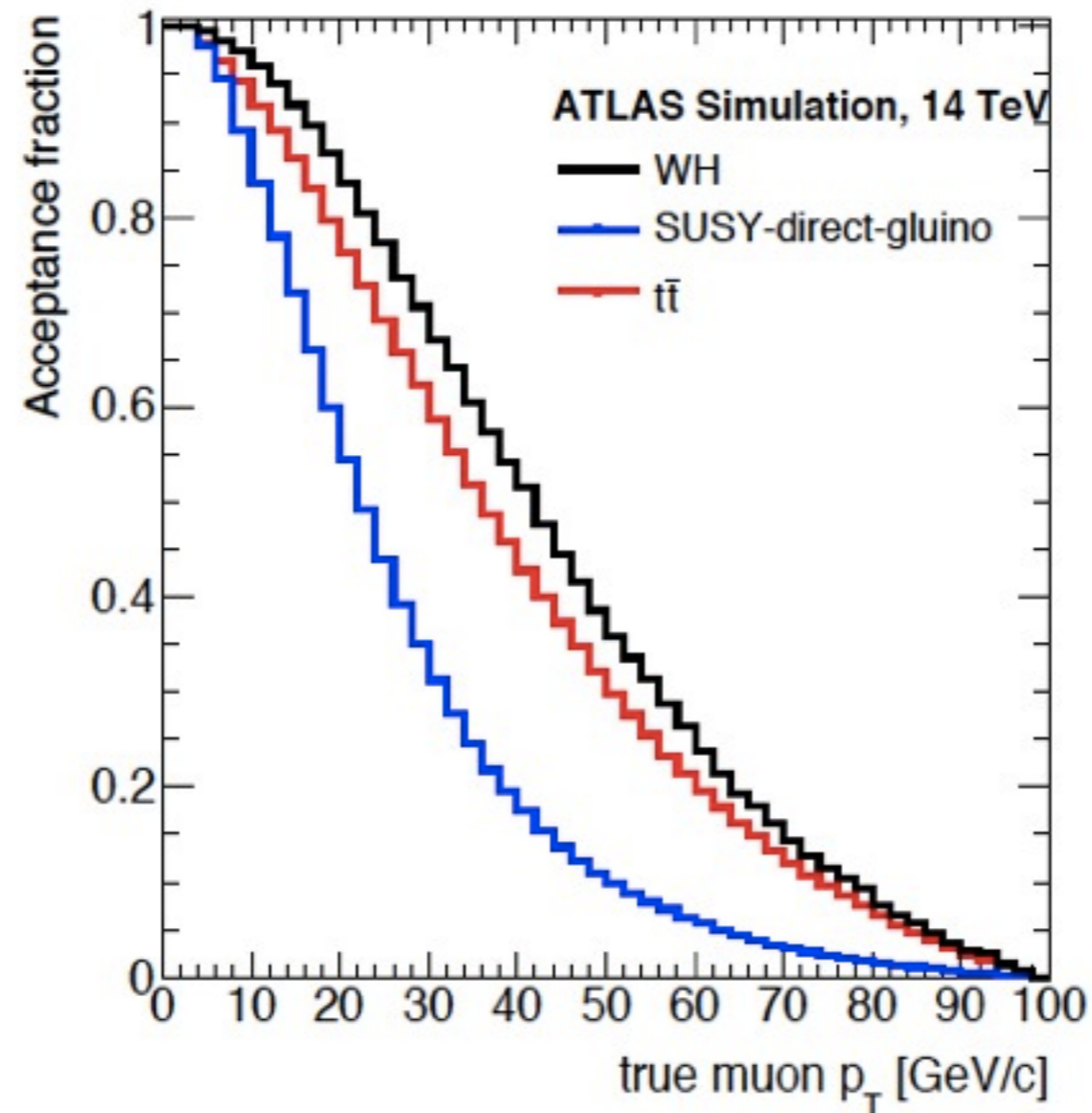


p_T > 20 GeVのミュー粒子候補の大部分を保持しつつ、
p_T < 20 GeVのミュー粒子候補を効率的に除去。

まとめ

- High Luminosity LHCに向けて、ATLAS実験の初段ミュー粒子トリガーに対するアップグレードが提案されている。
- 2012年に取得した重心系エネルギー8 TeV、衝突頻度25 nsecのデータを用い、2つの提案に対し評価を行った。
 - 磁場が弱い領域に対するマスクにより、ミュー粒子トリガー率が10%程削減されると見積もった。
 - ミュー粒子精密位置測定器を用いた要求により、ミュー粒子トリガー率が50%程削減されると見積もった。

予備のスライド



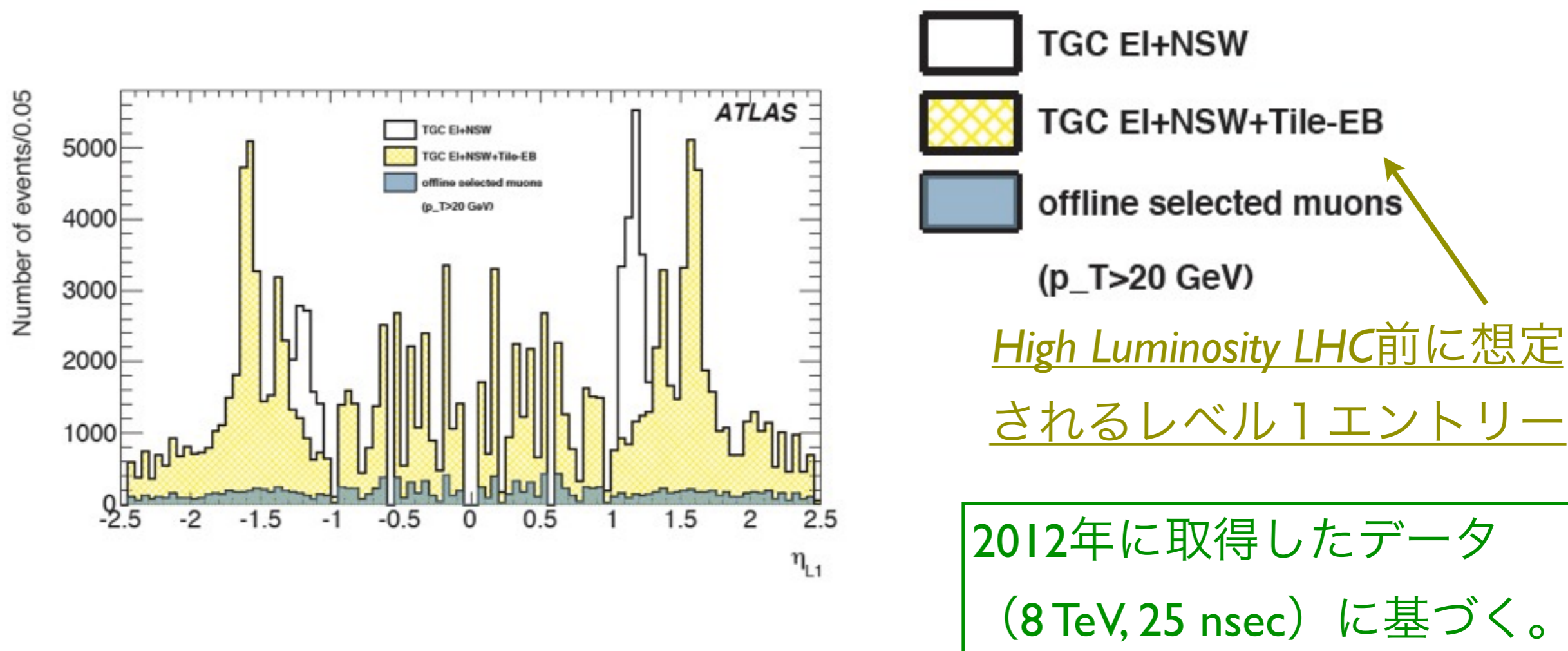
The acceptance for muons from $t\bar{t}$, WH, and SUSY processes as a function of the true muon p_T .

An increase in threshold from 20 GeV to 30 GeV results in a reduction in acceptance of between 1.3-1.8.

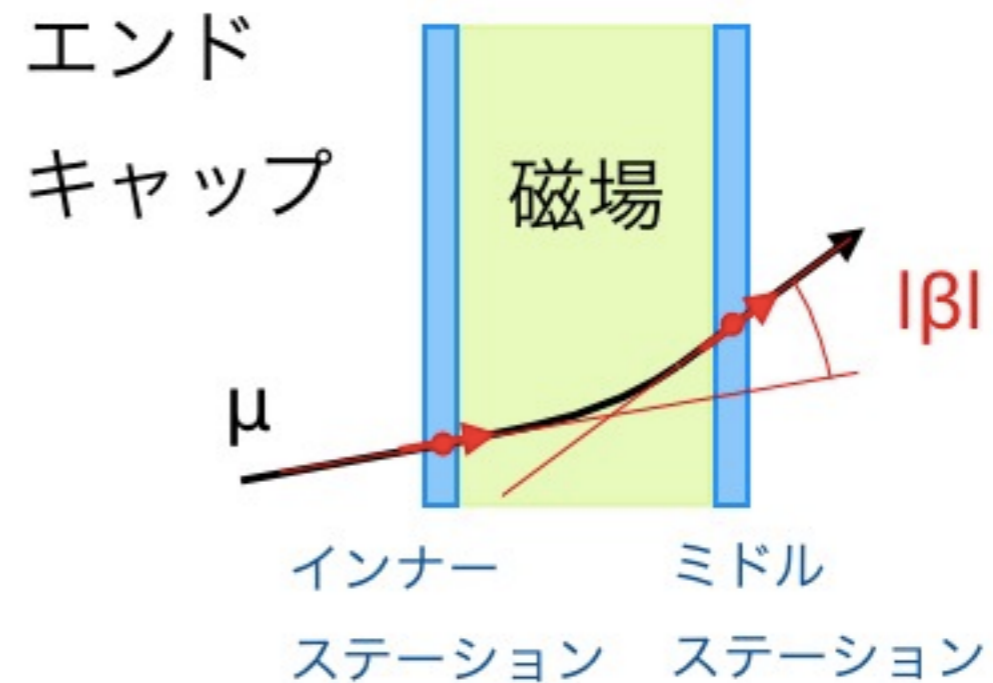
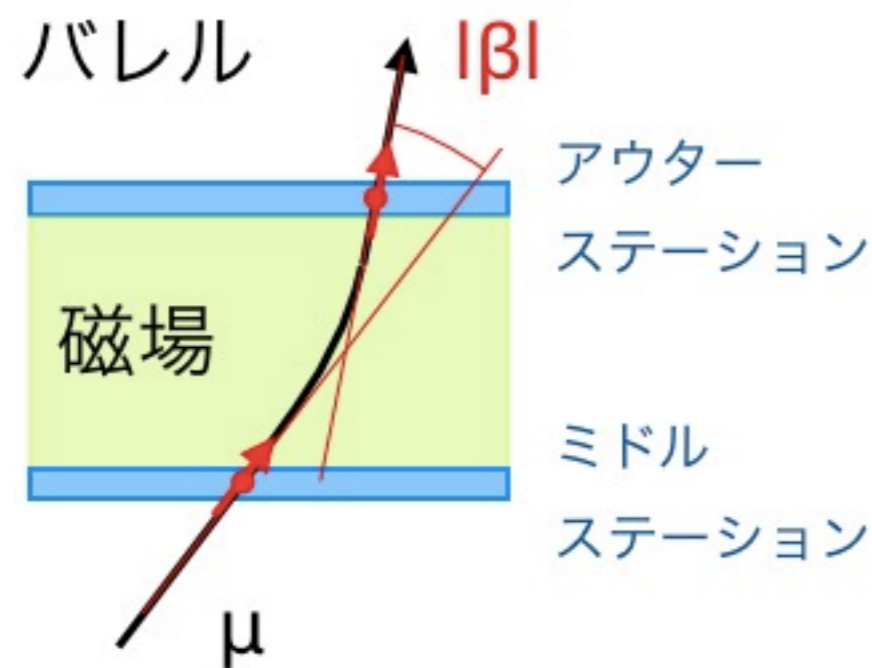
“LOI for the Phase-II Upgrade of the ATLAS Experiment”, LHCCI-023.

High Luminosity LHC前に想定される ATLAS実験のレベル1 ミュー粒子トリガー

High Luminosity LHC前に想定されるレベル1 ミュー粒子トリガーの性能が評価された [CERN-LHCC-2013-018]。



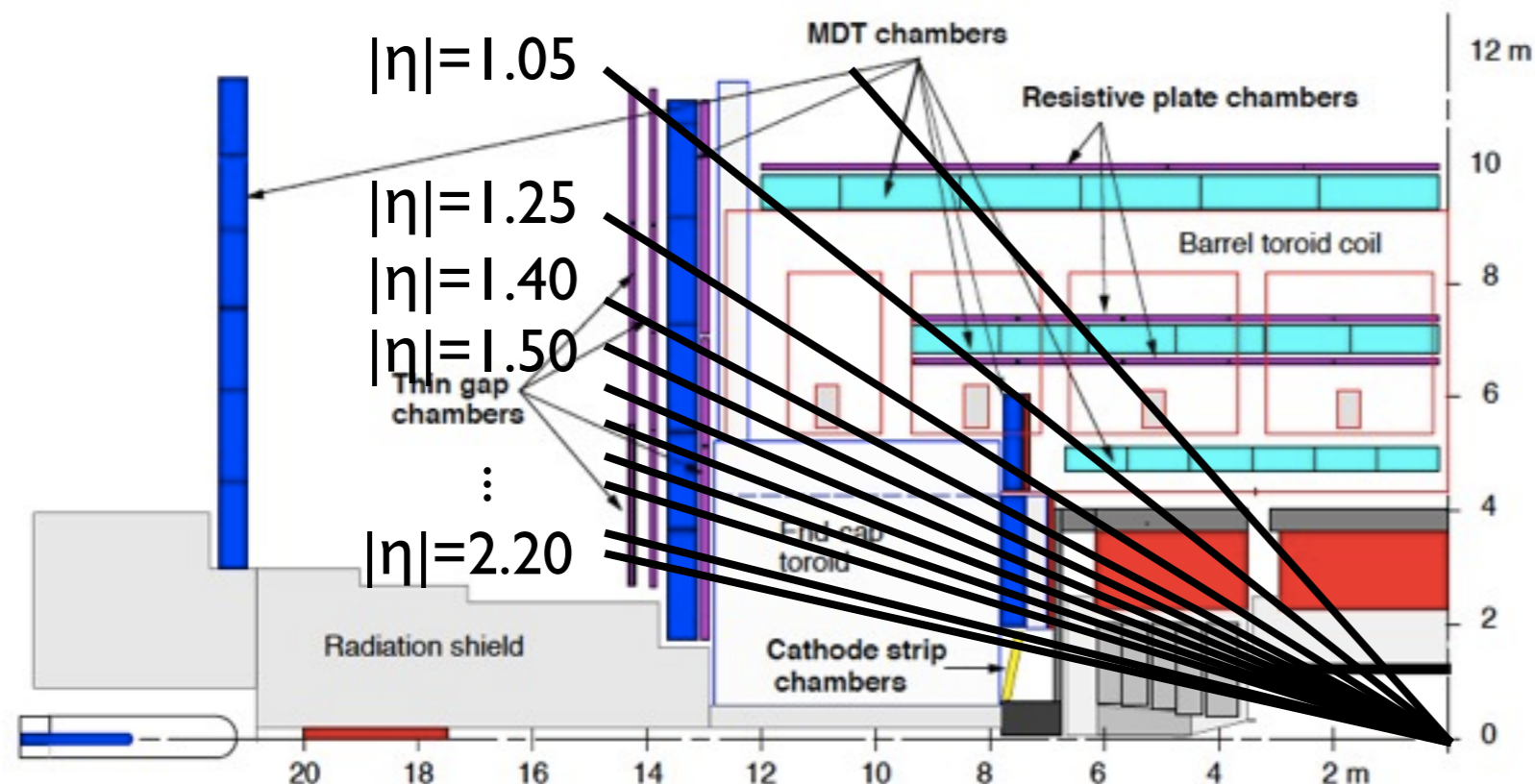
- 本研究では、オフライン解析の情報を用い、2つのステーションで得られた線分のビーム軸に対する極角の差 (β) を用いる。



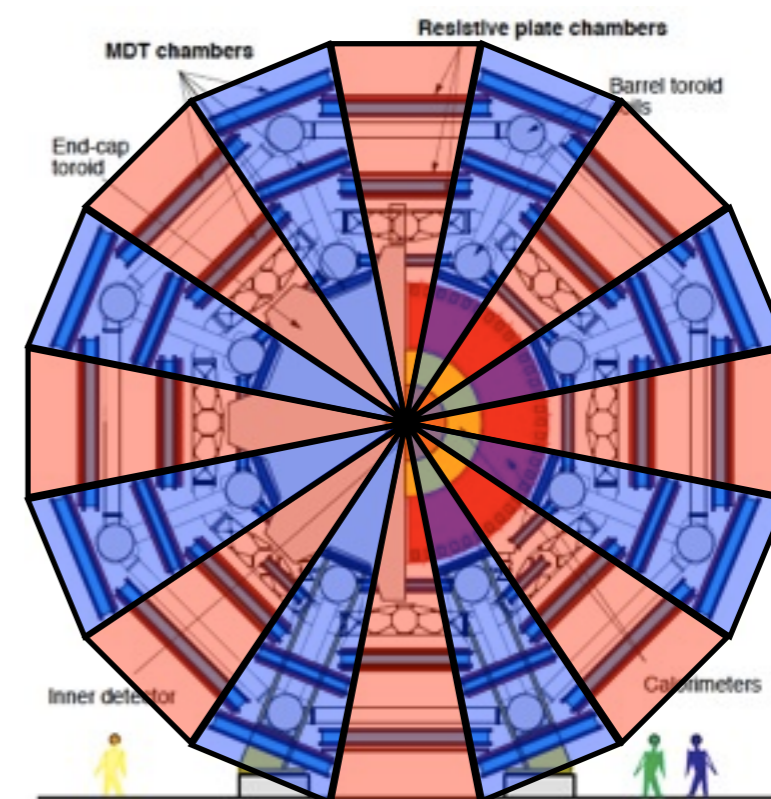
- 運動量の磁場と垂直な成分が大きい程、 $|\beta|$ は小さくなる。
- 本評価において、線分は初段ミュオン粒子トリガーにおける測定位置 (η, φ) からの差 $\sqrt{(d\eta)^2 + (d\varphi)^2}$ が、0.1以下の線分を選ぶ。
- 複数の線分の組があるとき、 $|\beta|$ が最も小さくなる組を選ぶ。

$|\beta|$ 要求を決める上での領域分け

η で分割（12領域）



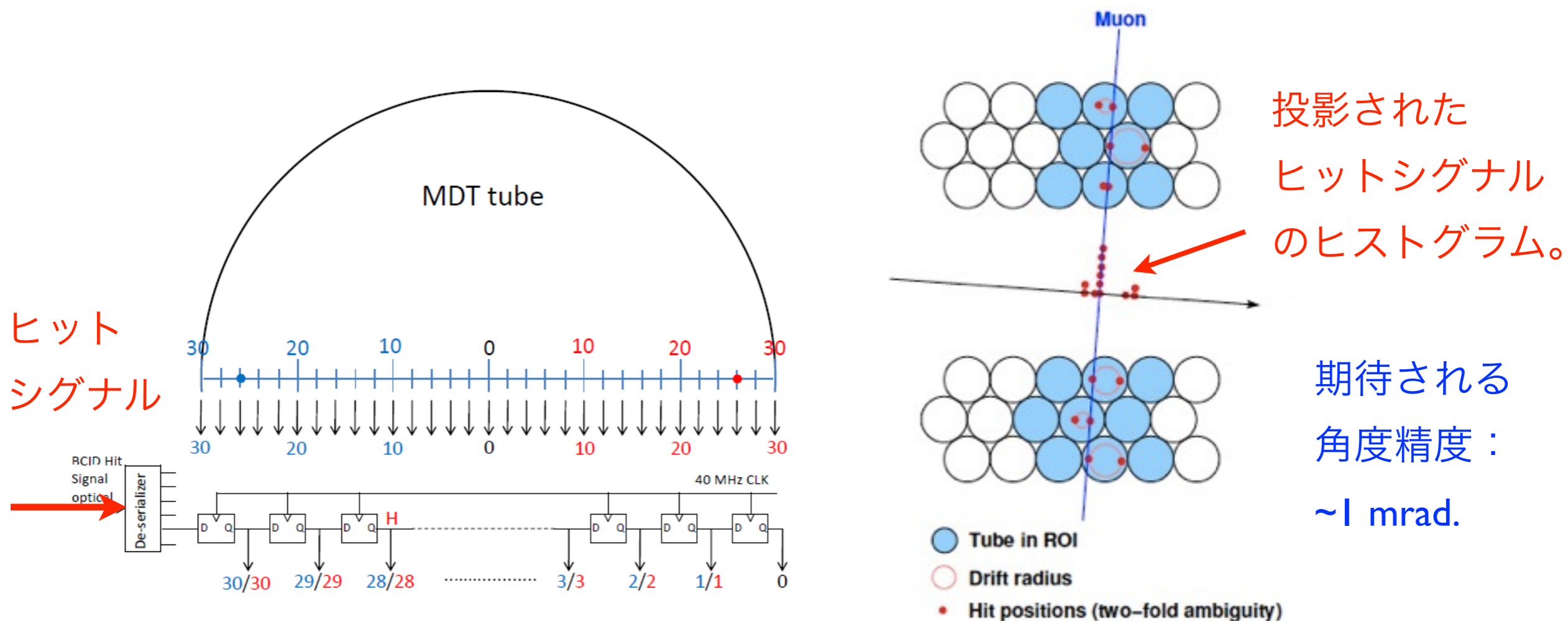
φ で分割（2領域）



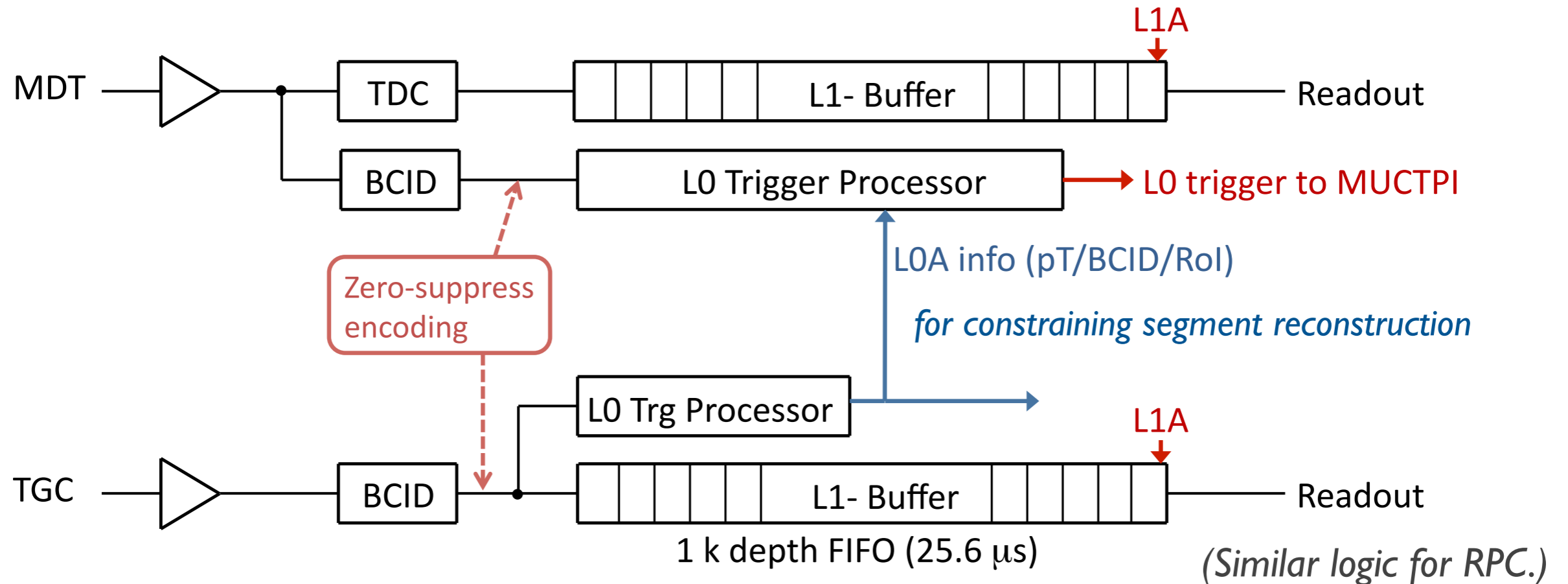
各領域に対し、オフライン解析で得られた p_T が20 GeV以上の
ミュー粒子候補を95%以上の効率で選別できる $|\beta|$ 要求を設定。

初段ミュオン粒子トリガーにおけるセグメント再構成

- 初段ミュオン粒子トリガーにおいては、オフライン解析に対する精度でセグメントを再構成できない。
- シフトレジスタまたはFIFOを用いた手法が考案されている。
- トリガー用測定器で得られた時間・位置情報を用い、セグメント再構成に制約を与える事が考えられている。



High Luminosity LHCでのATLAS実験における ミュオン粒子トリガーのロジック案



- 精密測定器（MDT）の情報を、トリガー測定器（TGC, RPC）の情報を併せて電子回路室（検出器から100 m程）に送る。
- 期待されるトリガー発行までの必要時間： $< 4 \mu\text{sec}$ 。