

# LHC-ATLAS Run2実験に向けた $\tau$ 粒子トリガーの開発構築

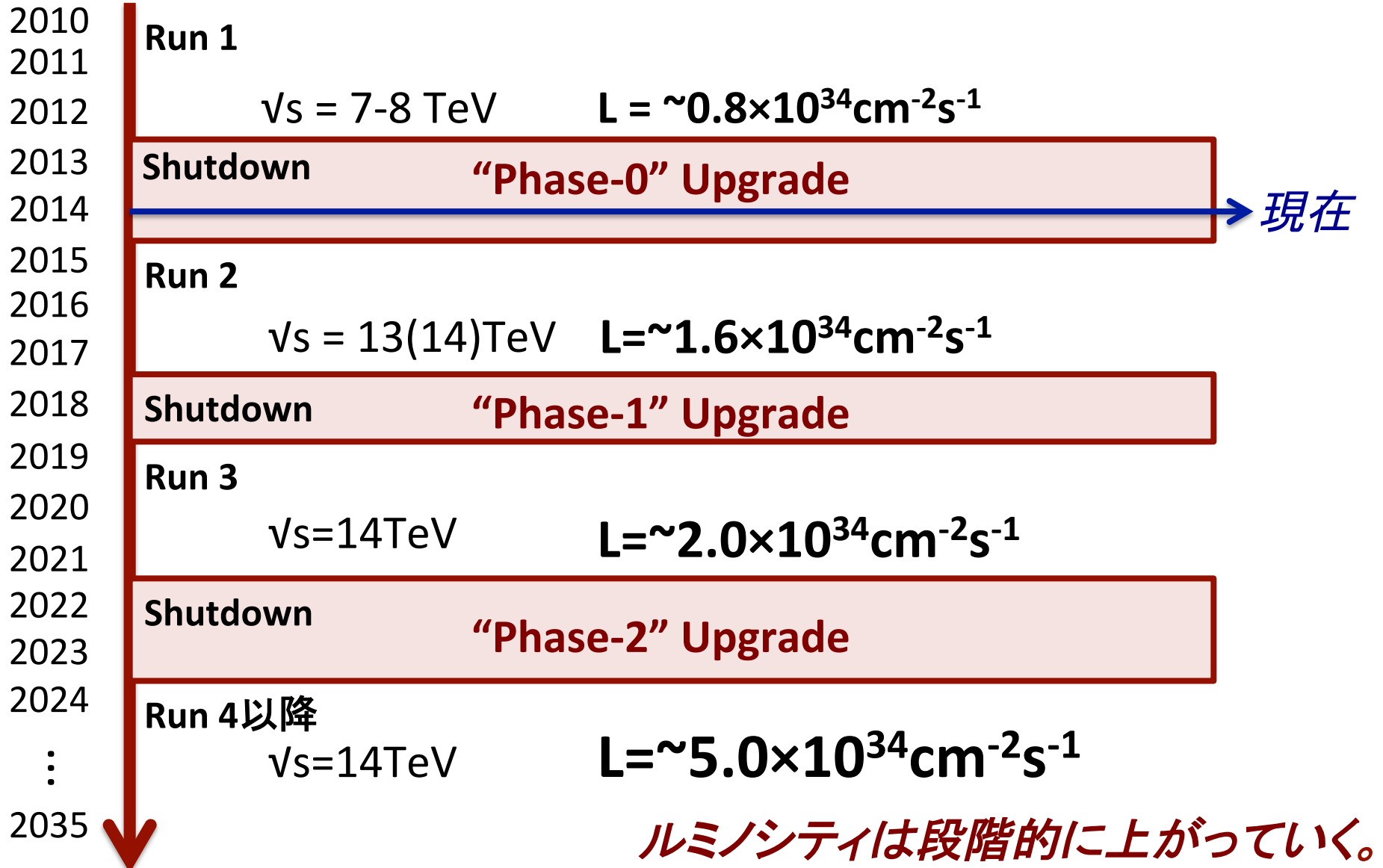
早大理工、KEK<sup>A</sup>

三谷貴志、寄田浩平、津野総司<sup>A</sup>、

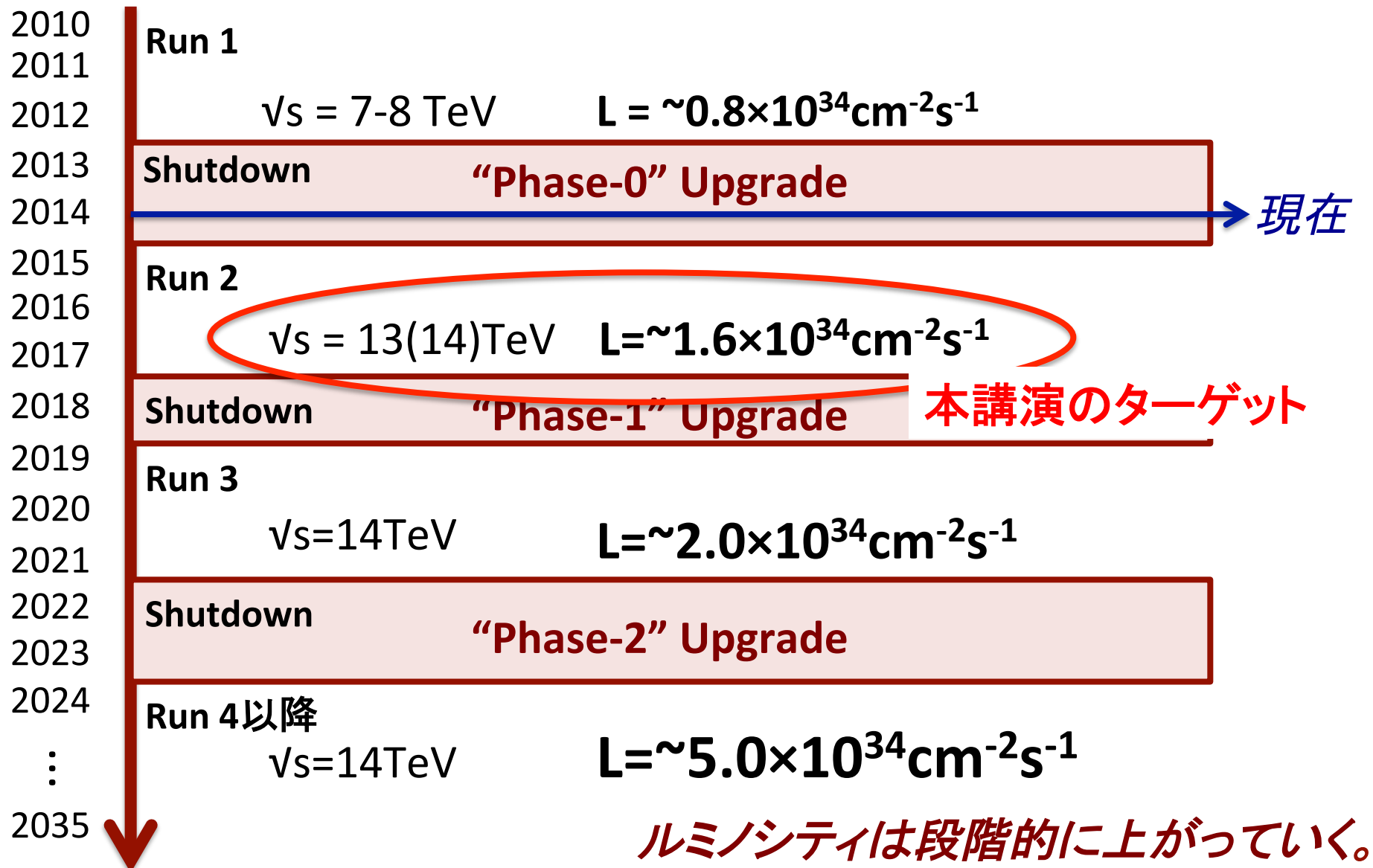
2014年3月27日(木)日本物理学会第69回年次大会

@東海大学 湘南キャンパス

# LHC Upgrade 計画



# LHC Upgrade 計画



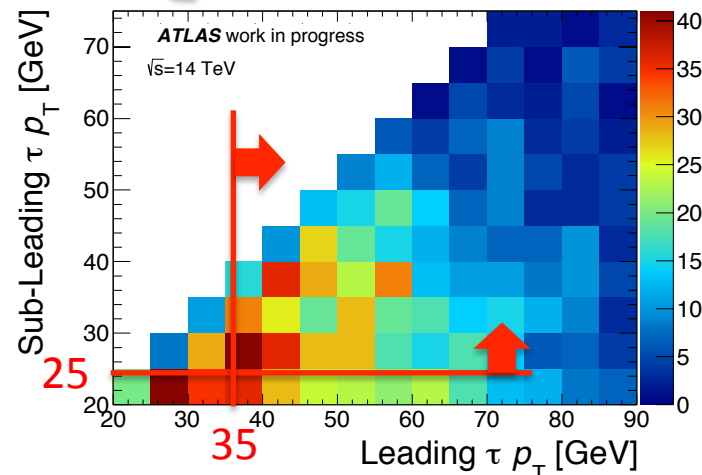
# Motivation

## Run1 Triggers for $H \rightarrow \tau\tau$ Analysis

Channel	Trigger	Trigger Threshold	Offline Thredhold
Lepton-Lepton	e- $\mu$ trigger	12(e)/8( $\mu$ ) GeV	15(e)/10( $\mu$ )GeV
Lepton-Hadron	Single-lepton	24(e/ $\mu$ )GeV	26(e/ $\mu$ )/20GeV
Hadron-Hadron	di-tau	29/20GeV	35/25GeV

Run2以降、 $\tau$ の信号だけでなく、**QCD di-jets**や**pile-up**も増加し、**トリガーレートを圧迫**。

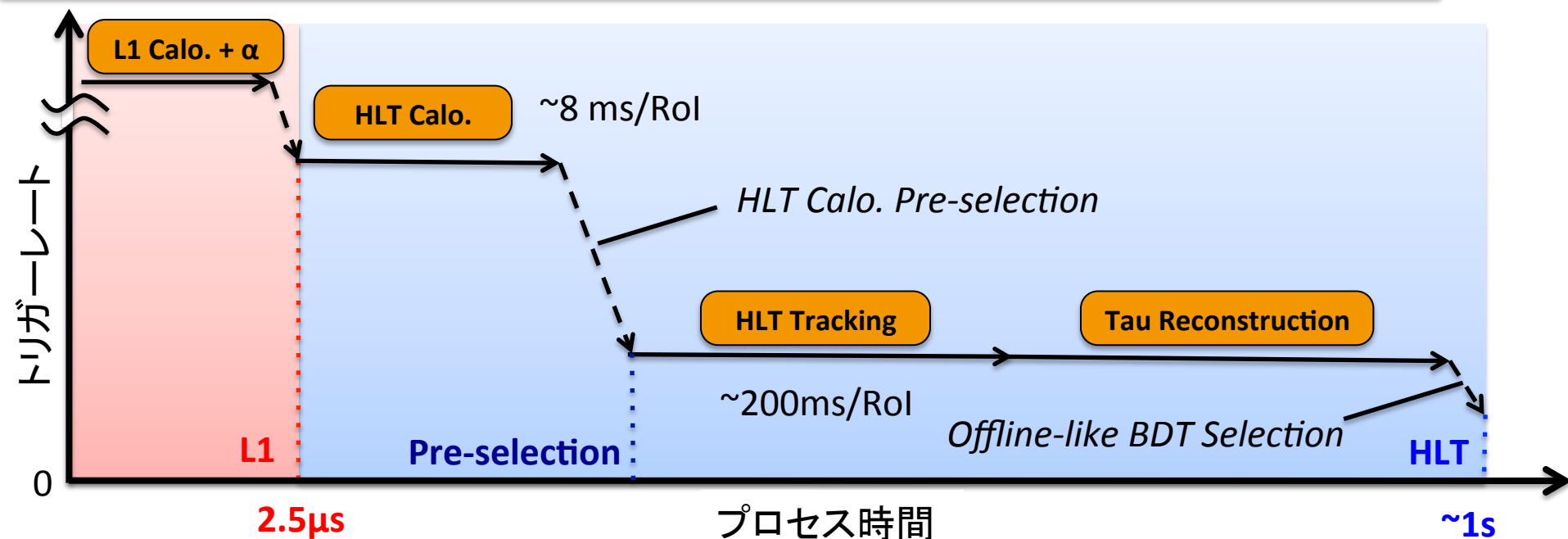
- ✓ Single-lepton トリガーの閾値上昇  
→ lepton-hadron解析でe-tau(had)、mu-tau(had)トリガーの重要性が増す。
- ✓  $\tau$ 粒子と誤同定されるジェットが無視出来ない(特に、di-tauトリガー)。  
→ 効率的にジェットを取り除くアルゴリズムが必要。



ハドロン崩壊する $\tau$ 粒子トリガーを開発することがHiggsやBSM探索等の物理解析に重要。

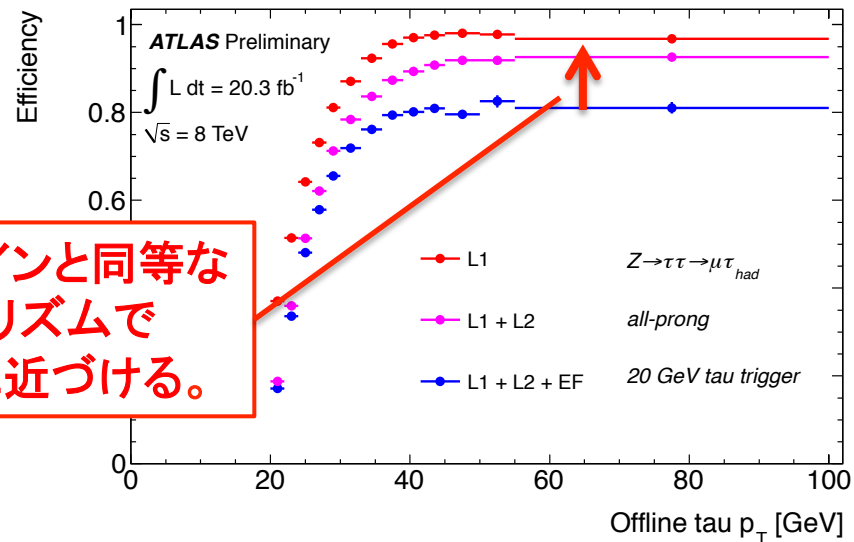
← VBFH の Sub-Leading tau  $p_T$  vs Leading tau  $p_T$

# Run2における $\tau$ 粒子トリガーの流れ

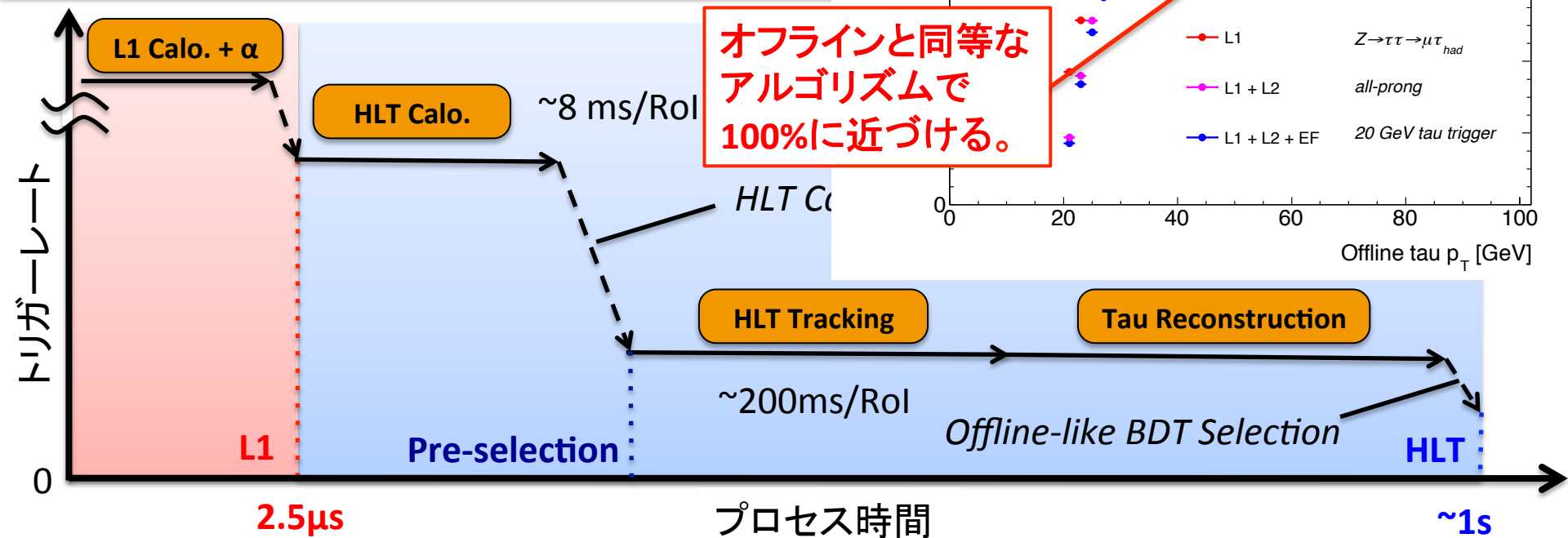


- L1ではトポロジカルトリガー等の導入により、トリガーレートを充分落す。
- Run1で、独立に存在していたL2とEFというHLTの2つのステップを、1つのPCで行えるように統合し、プロセス時間に柔軟性を持たせる。
  - HLT初期段階でトリガーレートを大きく落すことで(70-80%)、オフライン同等なアルゴリズムを用いて $\tau$ 粒子識別を行う。

# Run2における $\tau$ 粒子



オフラインと同等な  
アルゴリズムで  
100%に近づける。



- L1ではトポロジカルトリガー等の導入により、トリガーレートを充分落す。
- Run1で、独立に存在していたL2とEFというHLTの2つのステップを、1つのPCで行えるように統合し、プロセス時間に柔軟性を持たせる。
  - HLT初期段階でトリガーレートを大きく落すことで(70-80%)、オフライン同等なアルゴリズムを用いて $\tau$ 粒子識別を行う。

# Calo. Pre-selection

- HLTのエネルギー情報から、ハドロン崩壊する $\tau$ 粒子と、QCDジェットの形状の違いを用いて、トリガーレートを落す。

しかし。。。

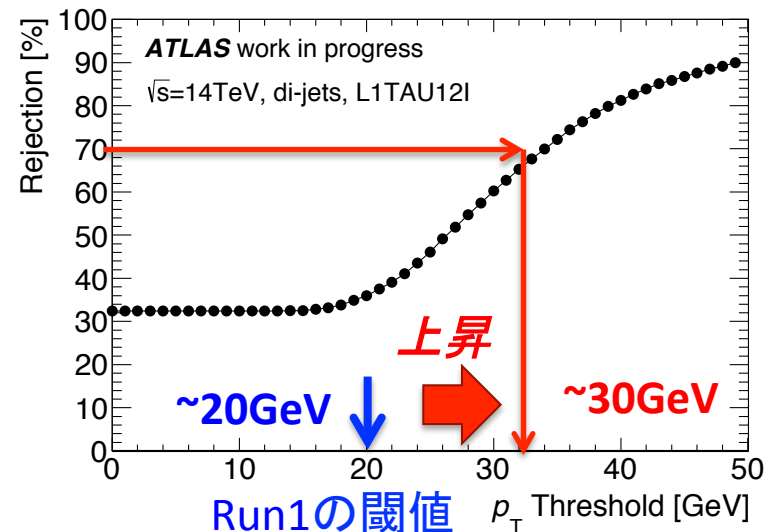
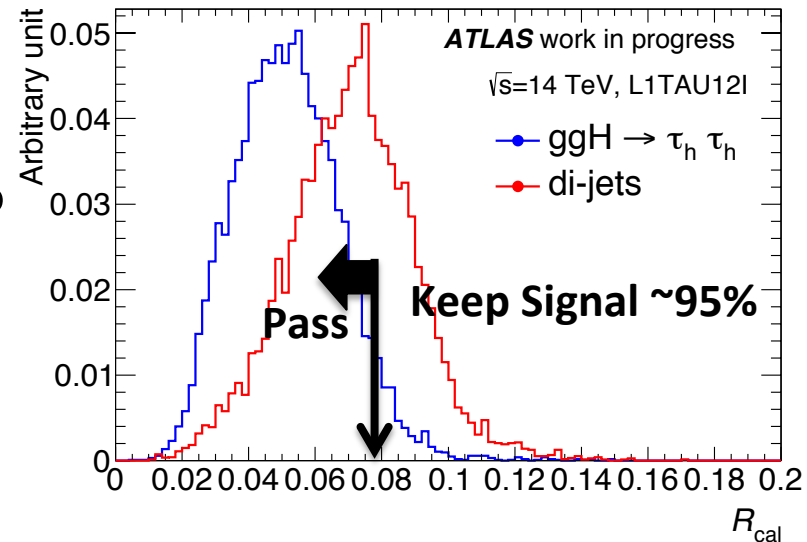
エネルギー情報のみで、トリガーレートを充分落す( $\sim 70\sim 80\%$ )には、 $p_T$  閾値 $\sim 30\text{GeV}$ 以上にしなければならない。

**信号感度を悪化させる**

さらに飛跡情報を用いることによって、より多くのジェットを除去して、低い $p_T$ 閾値を維持したい。

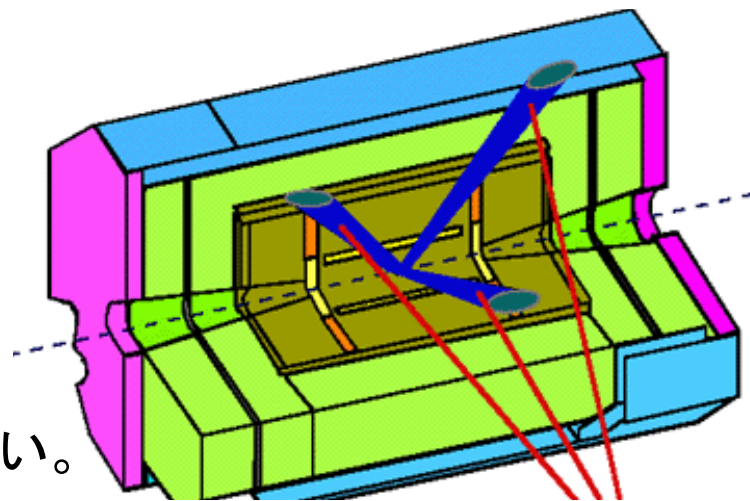
**→ FTKを用いたPre-selection**

エネルギー重み付き半径



# Fast Tracker (FTK)

- ATLASトリガーの飛跡再構成  
L1トリガーを鳴らしたオブジェクト周りの領域にある飛跡のみを再構成する。
  - オブジェクトから遠い飛跡は再構成出来ない。
- FTK (高速飛跡トリガー)
  - Run2より新たに導入される(本年挿入開始!)
  - $O(100)\mu\text{s}$ 以内で全飛跡を再構成
  - 詳細は29日の講演を参照 (29pTH-1,2,3)

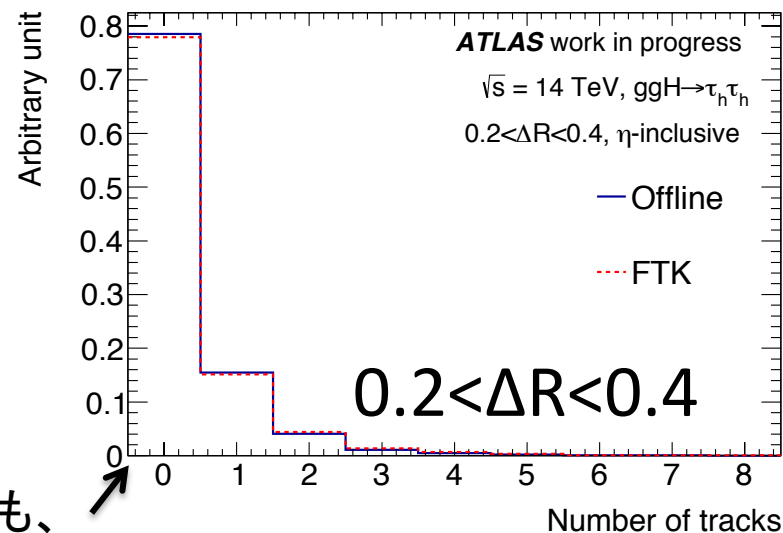


L1トリガーを鳴らしたオブジェクト

## Run2で新たに出来る事

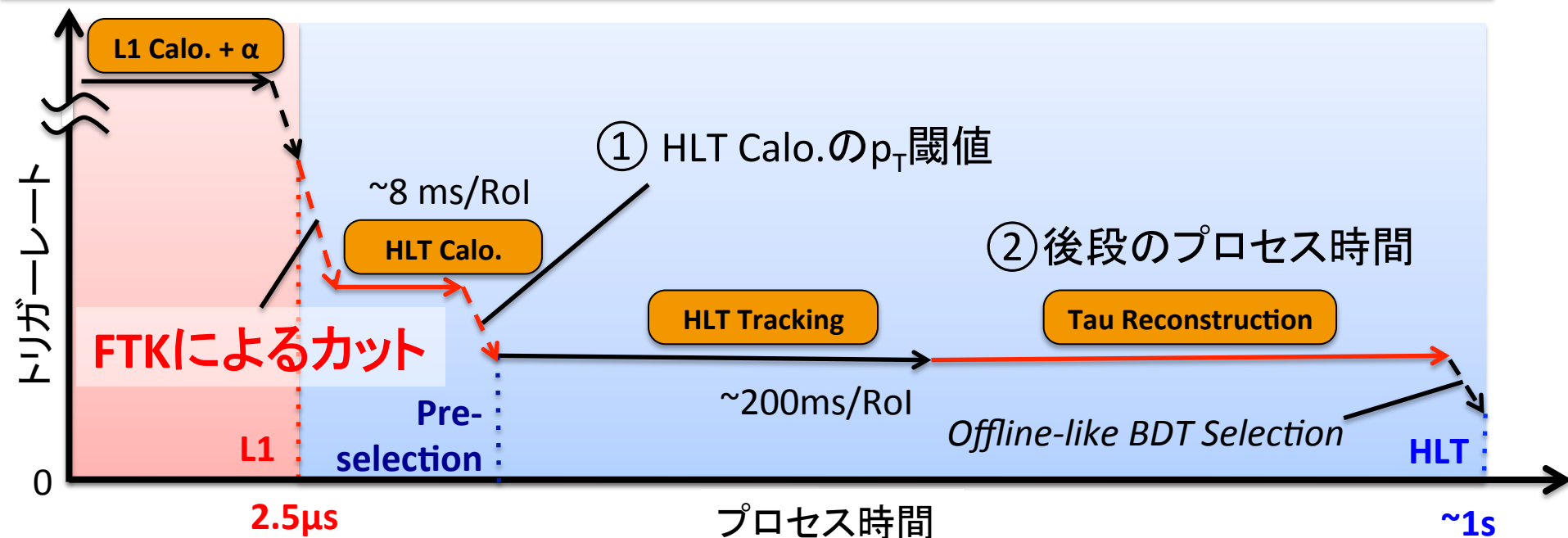
HLTの初期段階から、トリガーオブジェクト周りの広い領域にある飛跡情報を用いて、ジェットを効率良く除去出来る。

広い領域で見ても、オフラインとFTKの飛跡数が良く一致





# FTKを用いたときの $\tau$ 粒子トリガーの流れ



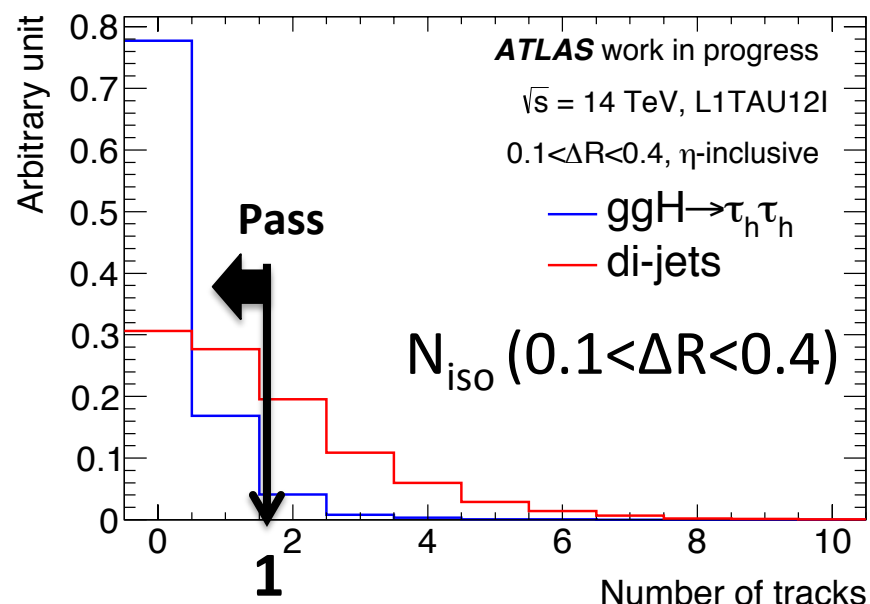
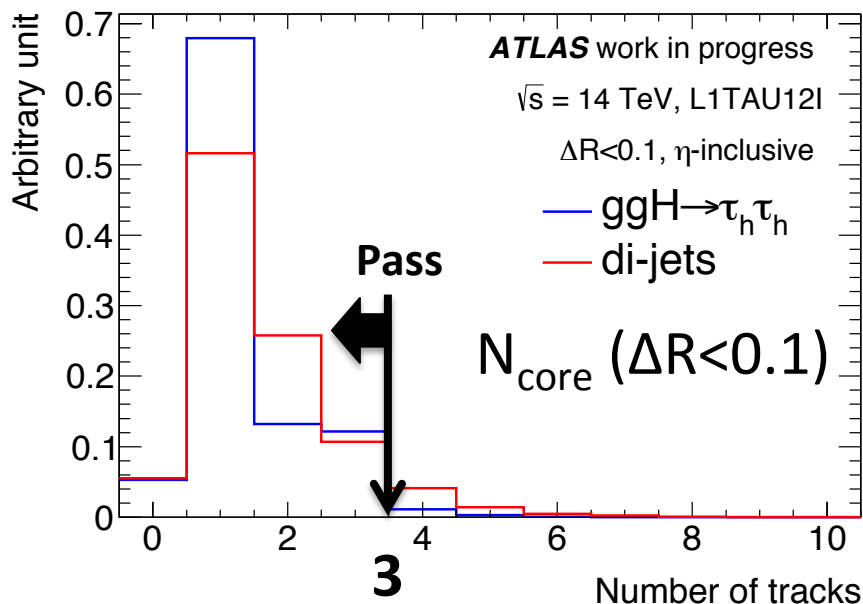
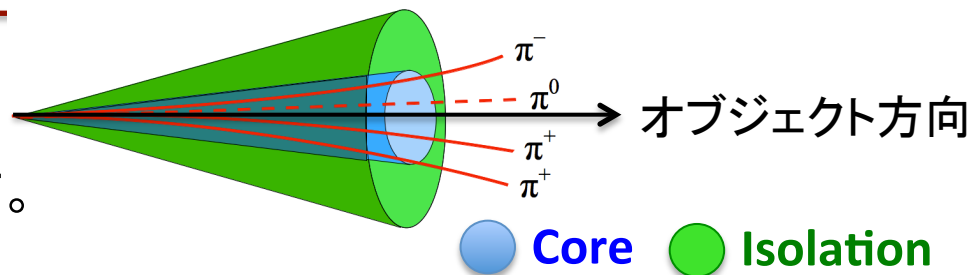
- FTKをPre-selectionに用いた事による利点

- ① 飛跡情報でジェットを除去する事で、 $p_T$ 閾値を下げる事が出来る。
- ② HLTの初期段階で高速にPre-selectionをかけられるため、後段のプロセス時間に余裕を与え、よりオフライン同等な $\tau$ 粒子識別を行う事が出来る。

# FTK Pre-selection

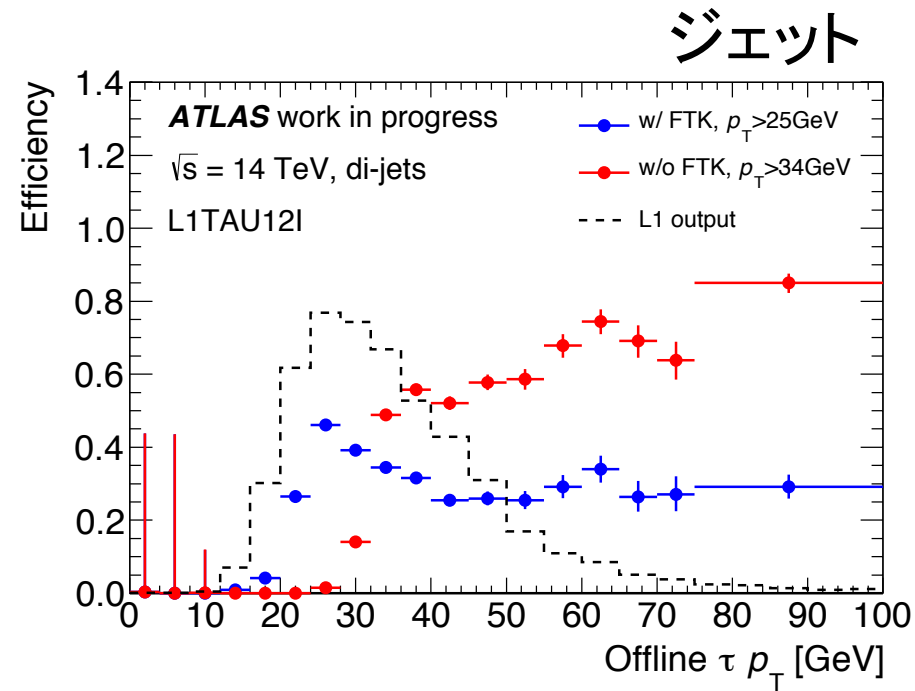
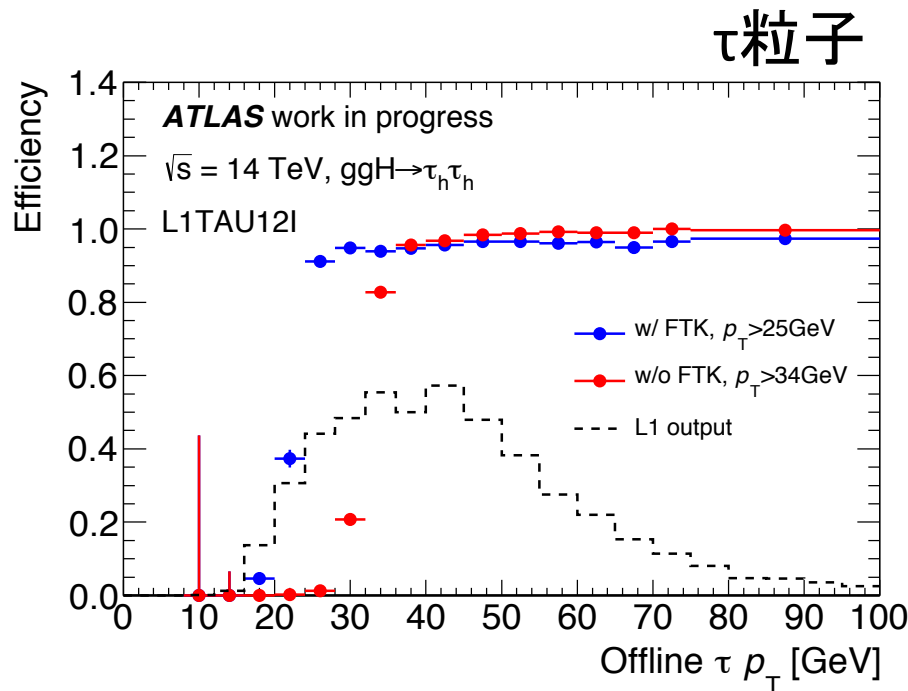
## $\tau$ 粒子の特徴:

...Core coneに1,3本の飛跡を残す。



- L1を鳴らしたオブジェクト周りで、Core/Isolationの領域を定義。
- 各領域の飛跡数( $N_{\text{core}}/N_{\text{iso}}$ )が $\tau$ 粒子とジェットで異なることを用いて、ジェットを効率良く除去する。

# HLT Pre-selectionの比較



- ジェット除去率を70%に合わせたとき、FTK有無での比較を行った。
  - FTK Pre-selectionはCalo. Pre-selectionと比べて、広い $p_T$ 領域でジェットの除去が可能。
- FTK Pre-selectionを用いる事で、低い $p_T$ 領域も含めて、より多くのτ粒子を取得する事が可能になった。

# まとめと展望

- FTK Pre-selectionにより、低い $p_T$ 閾値を維持して、信号感度を保持したまま、トリガーレートを充分落とす事が出来た。
- Pre-selectionを高速でかけることで、HLT後段のプロセス時間を確保することが可能になったため、トリガー段階でオフライン同等の $\tau$ 粒子識別を行う事が可能。  
→ $\tau$ 粒子トリガー効率Turn-on-CurveのPlateau領域の改善

更に今後は、

Run2で新たに使用可能な、FTK vertex情報をHLTに組み込むことで、 $\tau$ 粒子トリガーの改善を図る。

(FTK vertex詳細: 講演番号29pTH-3)

$\tau$ 粒子トリガーは、Run2以降の高輝度環境下においても、Run1同様に信号を取得することが可能であり、今後も、HiggsやBSM探索等に貢献していく。

