

LHC加速器ATLAS実験における τ レプトン対に崩壊するヒッグス粒子探索に関するシミュレーション

Introduction

中村浩二(筑波大物理),

Motivation

Tau identification

田中純一, 浅井祥仁,

神前純一, 陣内修,

Requirement for Rejection

原和彦

conclusion

Introduction(1) ... LHC

➤ LHC @ CERN



2007年開始予定
陽子-陽子衝突型加速器
重心系エネルギー 14 TeV

目的

- Higgs 粒子の発見
- 標準理論を超える物理の探索
- 標準理論の検証

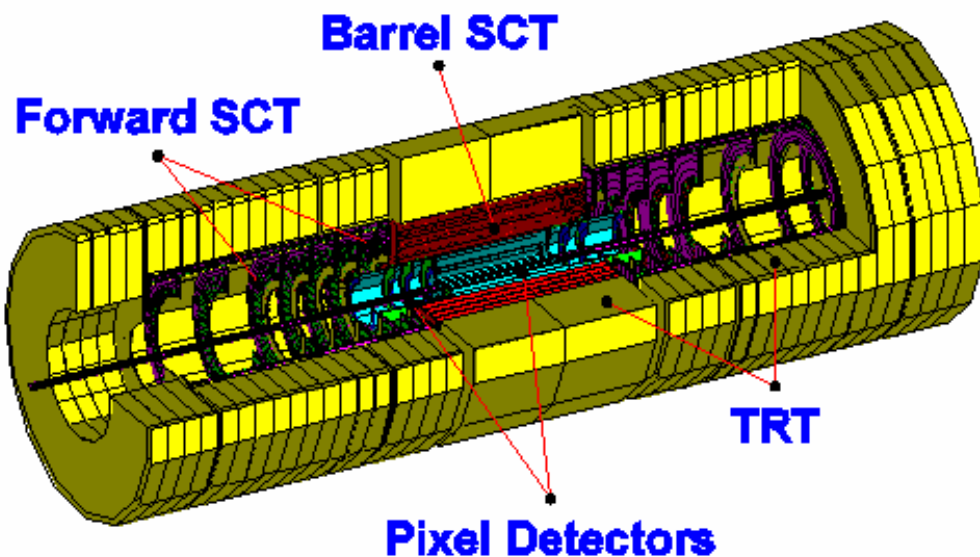
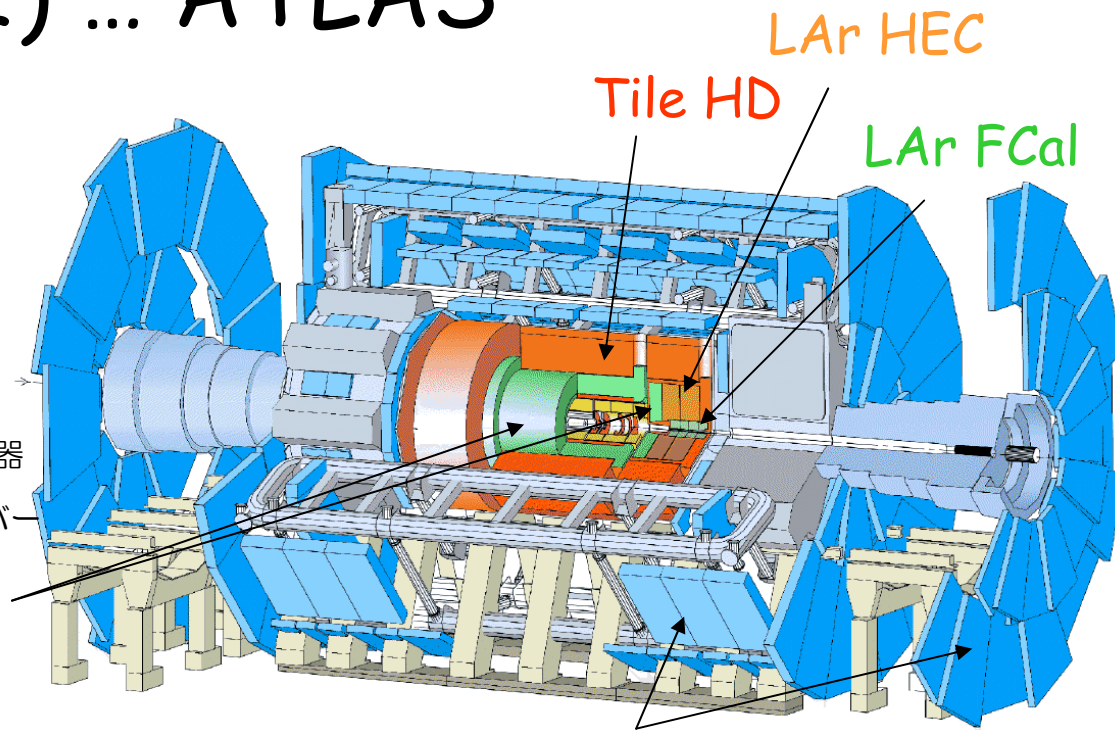
Introduction(2) ... ATLAS

➤ ATLAS検出器

✧ 飛跡検出器

- ✧ Pixel シリコンピクセル検出器
- ✧ SCT シリコンマイクロストリップ検出器
- ✧ TRT 遷移輻射ストローチューブチェンバー

LAr EM



Muon System

✧ カロリメータ

- ✧ LAr EM 液体アルゴンカロリメータ (Pb)
- ✧ Tile HD シンチレータタイルカロリメータ
- ✧ LAr HEC ハドロンエンドキャップ (Cu)
- ✧ LAr FCal 超前方カロリメータ (Pb)

✧ Muon 検出器

- ✧ MDT ドリフトチューブチェンバー
- ✧ TGC, RPC, CSC トリガー用チェンバー

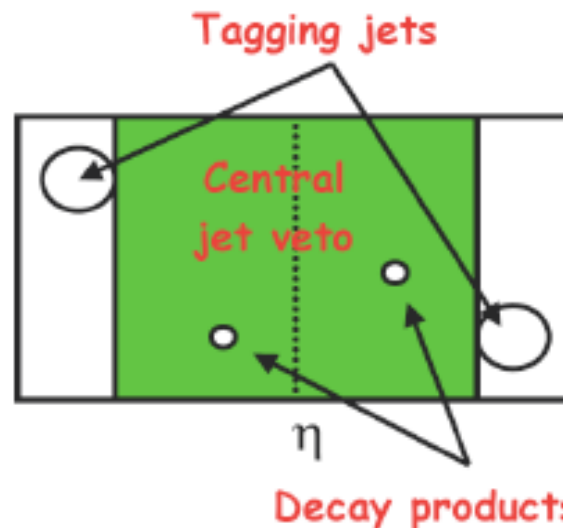
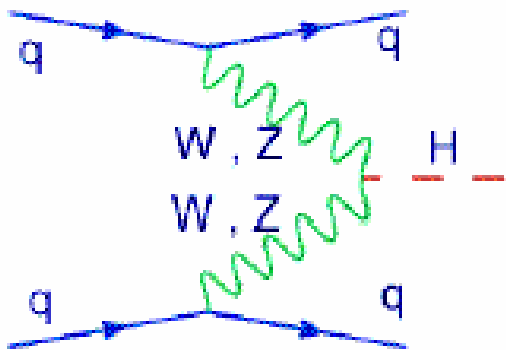
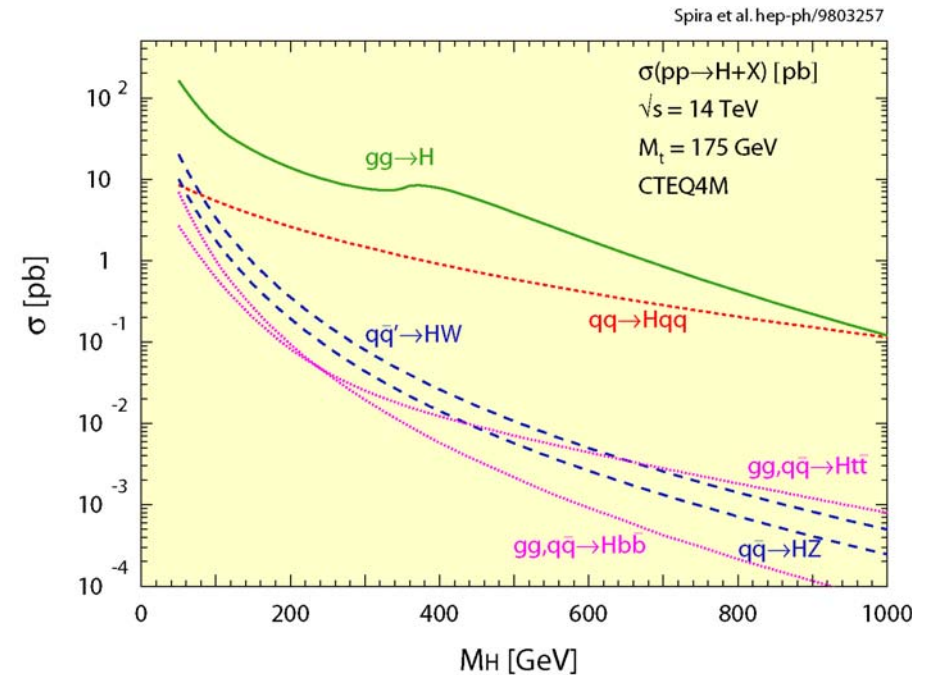
Introduction(3) ... Higgs search

Production process

➤ VBF process

特徴

- ✓ gluon fusion に次ぐ大きなcross section
- ✓ High Pt のForward jet が存在する。
- ✓ Jet の少ないrapidity gap がある。



Decay mode

$H \rightarrow \tau\tau$

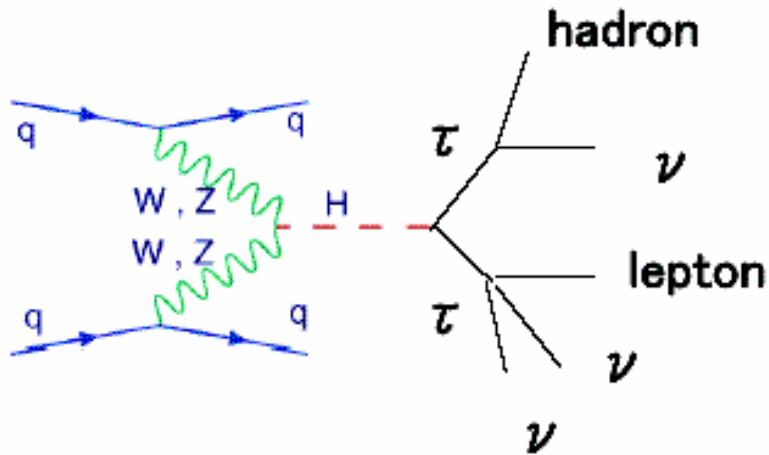
$H \rightarrow \gamma\gamma$

$H \rightarrow WW$

} Next talk and
 next next talk

➤ $H \rightarrow \tau\tau \rightarrow h\nu\nu$

Signal selection



Trigger : electron $P_t > 25 \text{ GeV}$,
muon $P_t > 20 \text{ GeV}$

Forward Jet : At least 2 Jet
 $P_t > 20 \text{ GeV}$, (Leading 40 GeV)

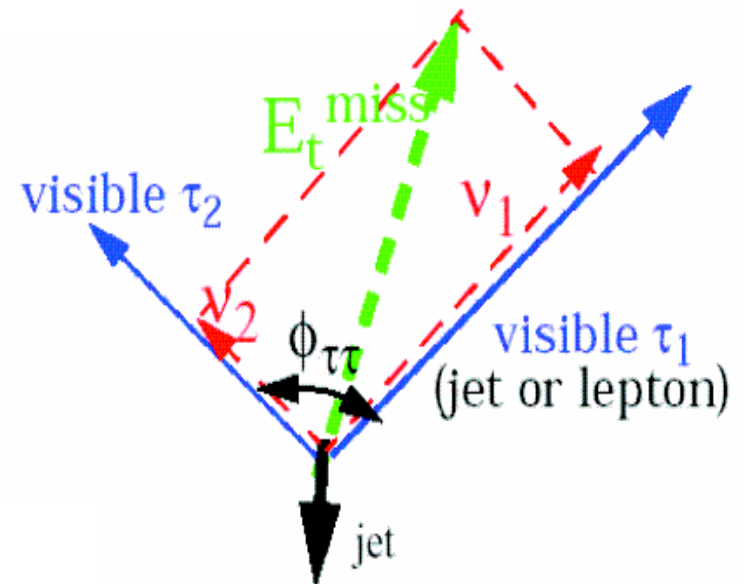
$(\eta_1 * \eta_2 < 0, |\eta_1 - \eta_2| > 4.4, M_{jj} > 700 \text{ GeV})$

Transverse Mass lepton and missing
 $E_t < 30 \text{ GeV}$

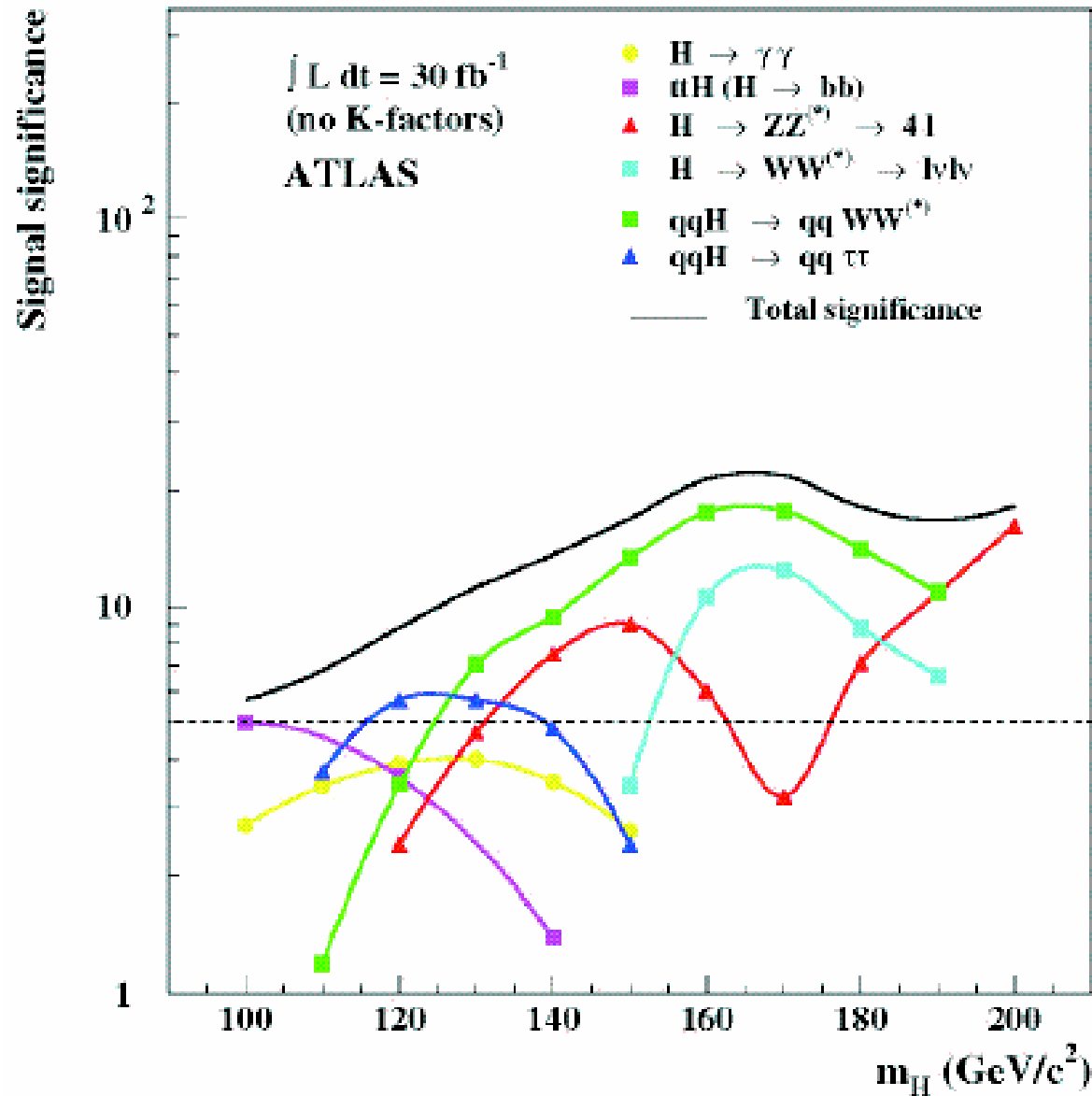
Mass reconstruction

τ の P_t に対して、mass が十分小さいので、 ν の方向を、 τ の方向と近似して、

$$\mathbf{E}_T^{\text{miss}} = \mathbf{v}_{\tau_1} |E_T^{\text{miss}}{}_{had}| + \mathbf{v}_{\tau_2} |E_T^{\text{miss}}{}_{lep}|$$



➤ Signal Significance



VBF $H \rightarrow \tau\tau$ は、
単独で、 5σ を超える。

軽いHiggs でもっとも
significance が高い

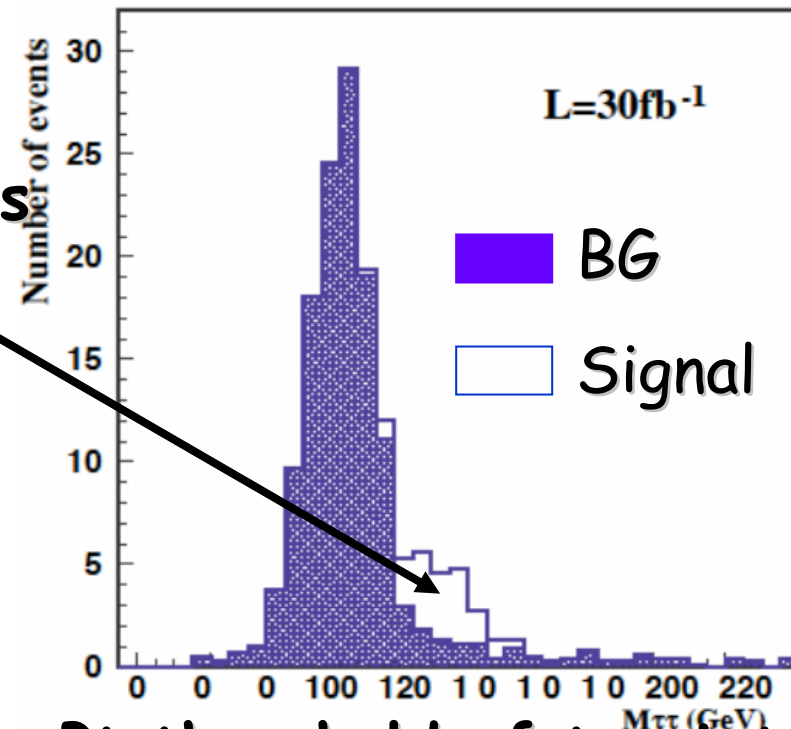
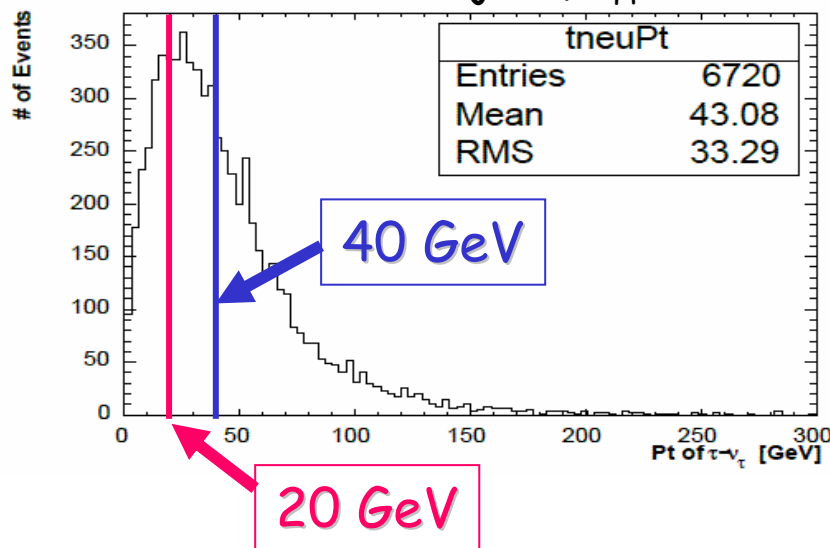
Motivation (TauIDの改良)

VBF $H \rightarrow \tau\tau$ is promising channel for Higgs discovery

But as we can see the statistics of the signal is limited.

Invariant mass distribution of VBF $H \rightarrow \tau\tau$ ($M_H=120\text{GeV}$) with fast simulation

Pt distribution of tau jet ($M_H=125\text{GeV}$)



Our Pt threshold of tau jet is 40GeV

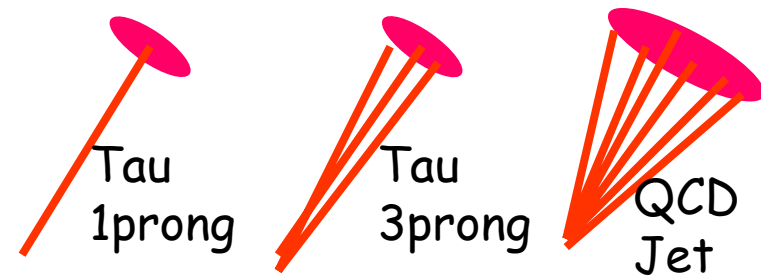
But many signals are in the lower Pt region.

Low Pt Tau jet identification and reconstruction are very important to increase statistics.

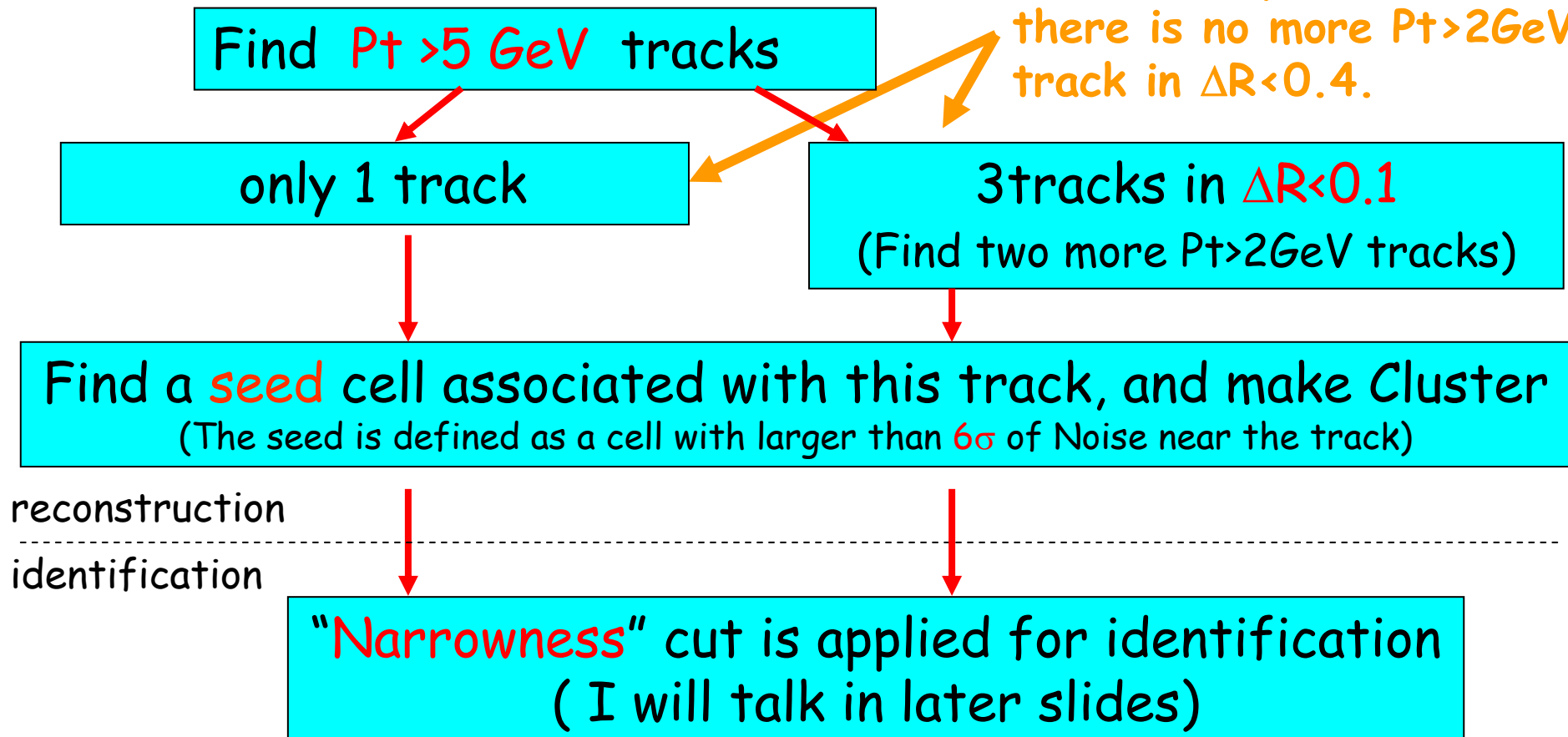
→ We have developed tau identification optimized low Pt region

Tau identification

- ✧ Tau candidates are selected based on **track** (finding Isolate 1 track or 3 tracks)
- ✧ We also use **cells** information.



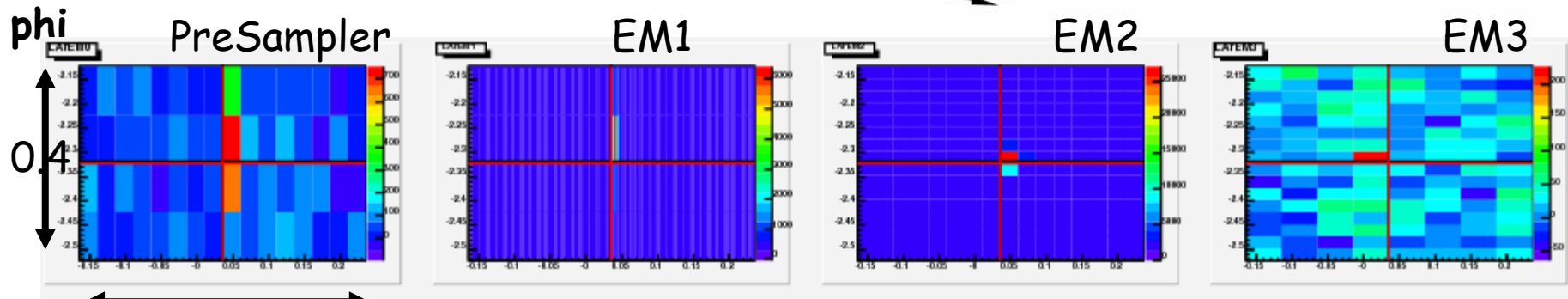
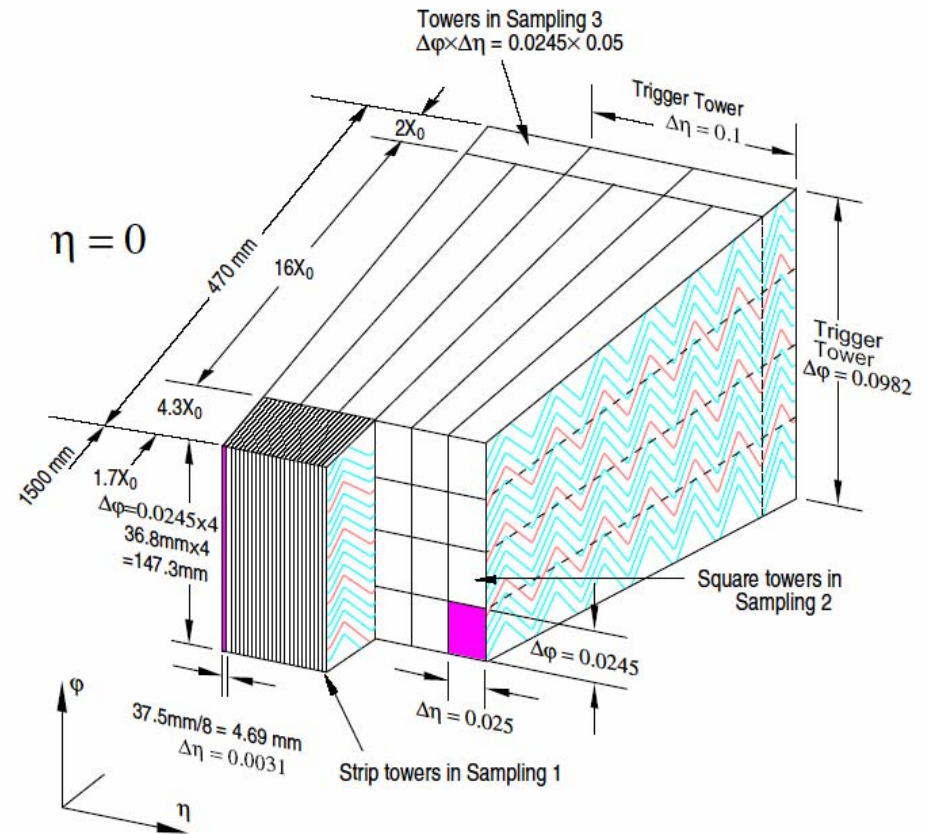
We also required isolation there is no more $P_t > 2\text{GeV}$ track in $\Delta R < 0.4$.



➤ Energy deposit on EM calorimeter

ATLASのEM calorimeterは、presamplerと、3つのsampling層からなる。

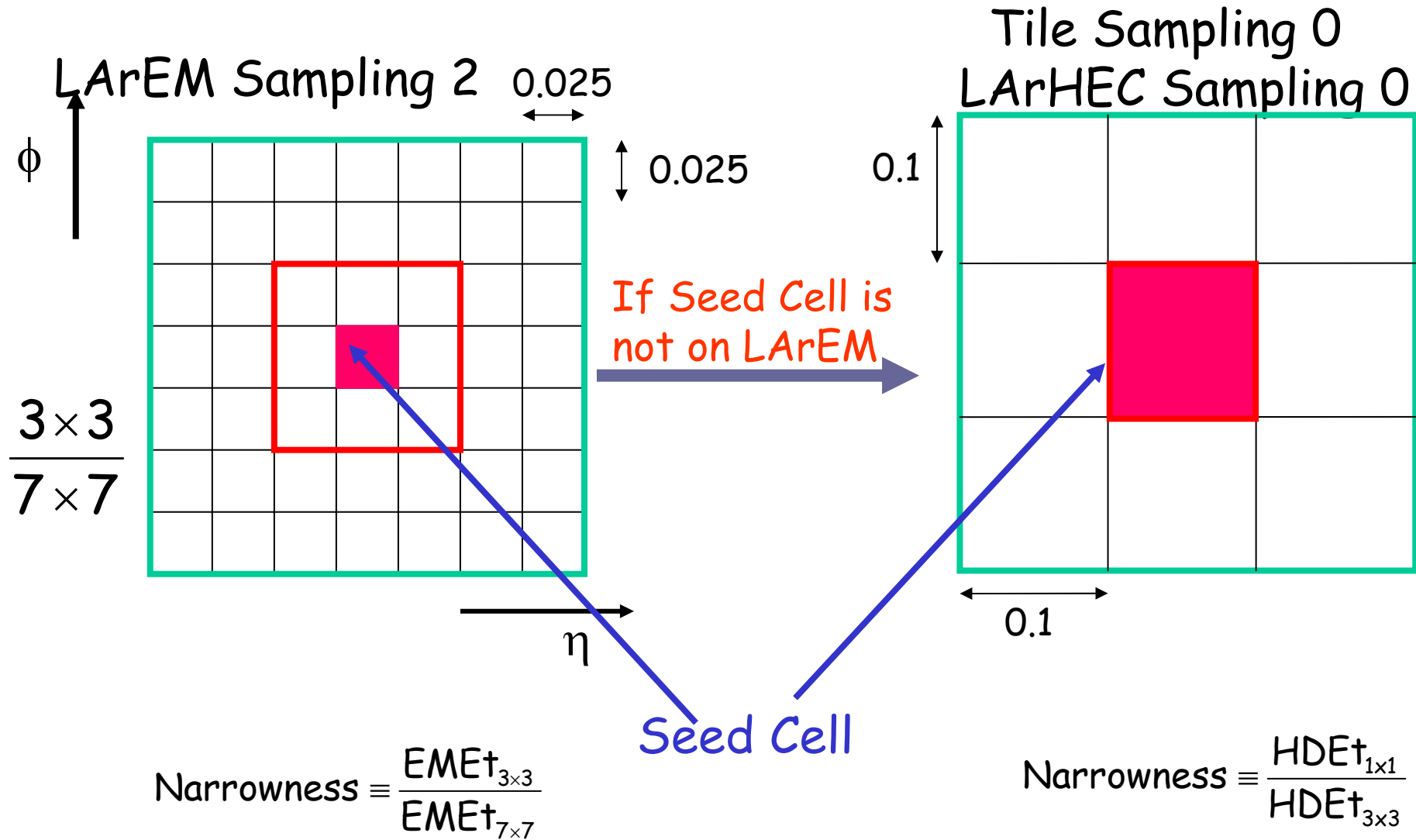
Sampling 2が、main componentで、 $\Delta\eta \times \Delta\phi = 0.025 \times 0.025$ と、segmentが細かい。



0.4 eta

We use cell based narrowness definition not ΔR .

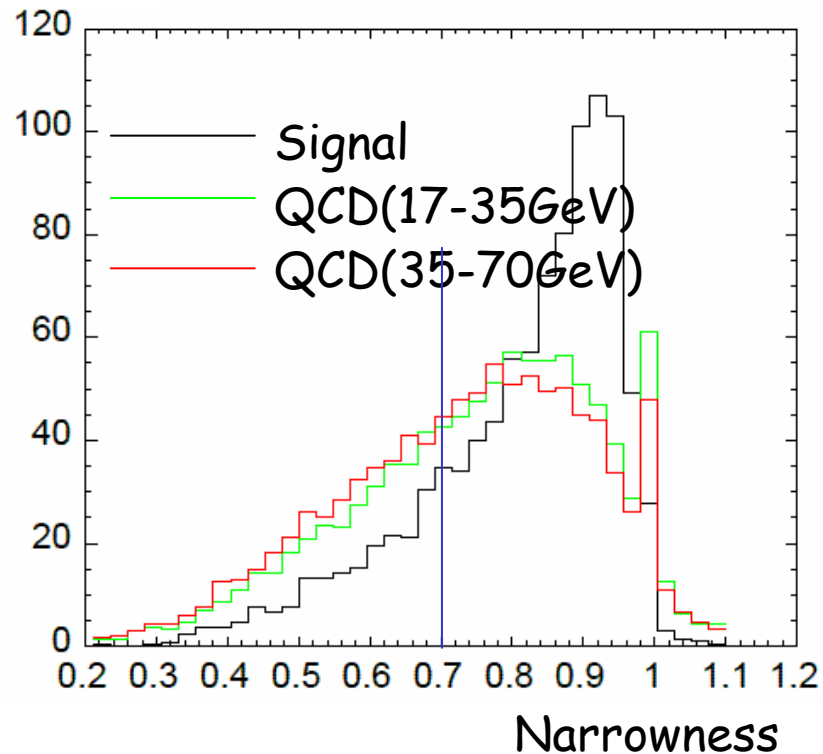
➤ Cell-based narrowness



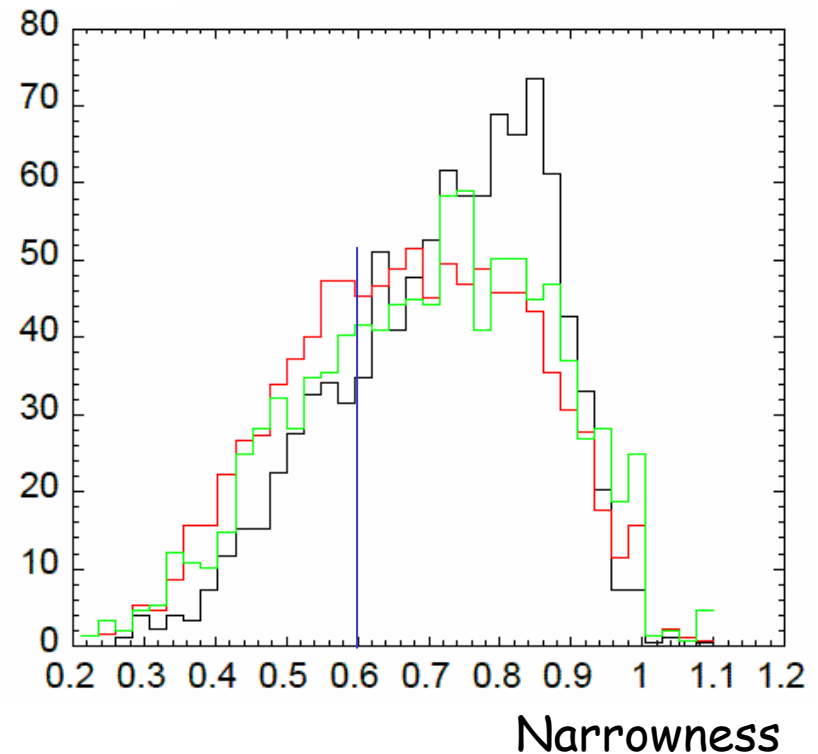
Narrowness distribution after 1prong/3prong selection

We can enhance the signal against the BG by setting narrowness threshold. For example 0.7/0.6(1prong/3prong)

1prong



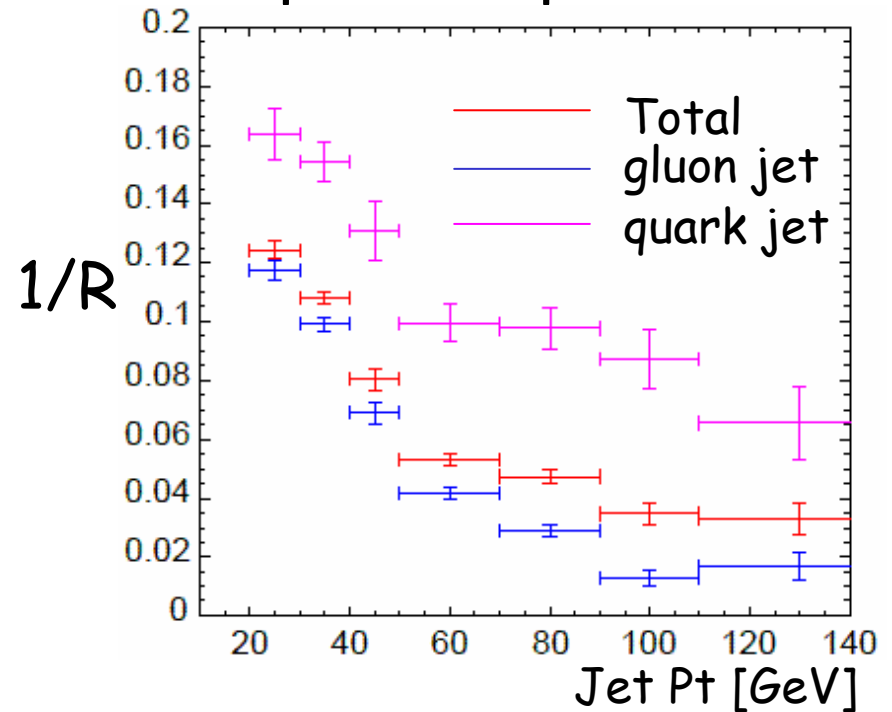
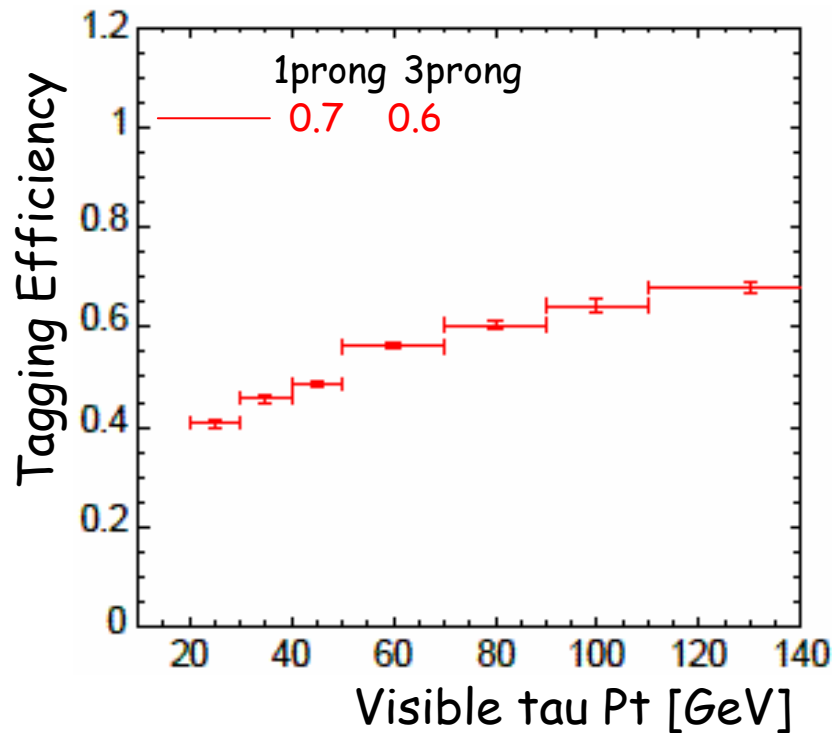
3prong



➤ Efficiency & Rejection

We plotted efficiency/rejection as the function of visible Tau Pt.

For di-jet sample
(20GeV-140GeV)
1pr...0.7 3pr...0.6



50%のefficiency が得られる。Rejectionに関しては、full simulation に問題があり、改善の可能性がある。

Requirement for Rejection

➤ QCD Background

✓ $W+3\text{jets}$: $Wjjj \rightarrow l\text{tau}jj$

Jet をtau に間違えるもの。

TauID のrejectionに対する要求を与える。

✓ 4jets : $jjjj \rightarrow l\text{tau}jj$

Jet をtau に間違え、さらにもう一つの

Jet をleptonに間違える。

2重のsuppression だが、 σ が大きい

-> 後のtalk

W+3jets background

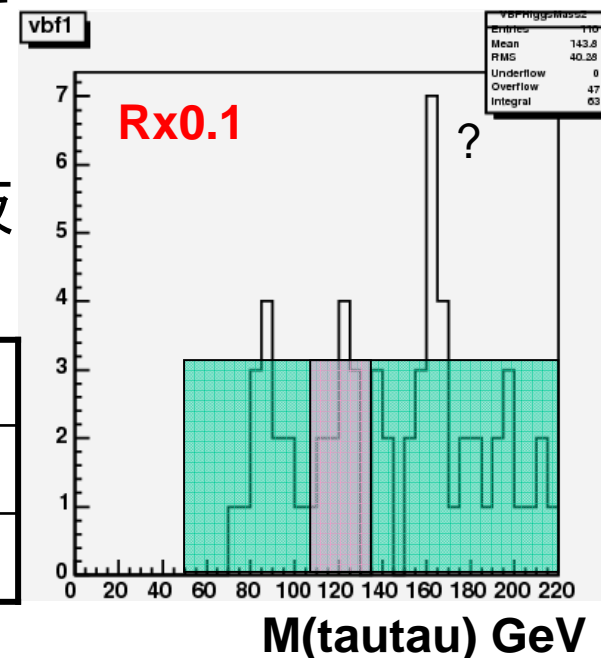
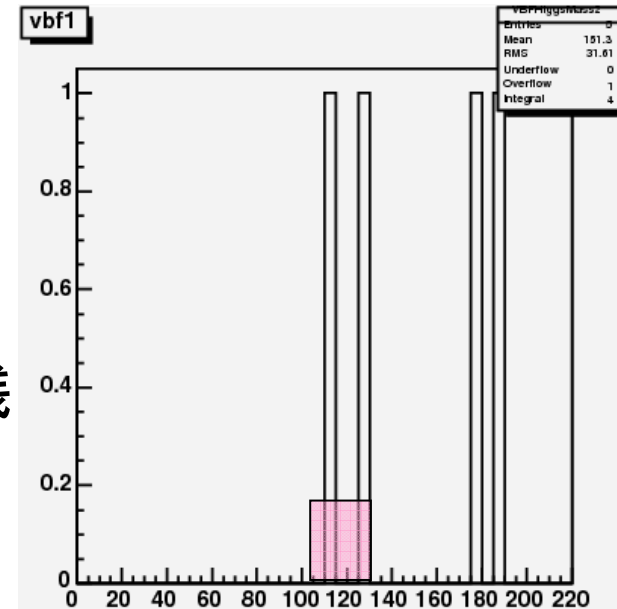
Sample : 4.9M event (3.48 fb⁻¹)

Rejection factor : **R~70** として、すべての signal selection cut を適応すると、Higgs Mass window (110-135GeV) に、2event 残る。 -> 0.57 fb ... too low stat.

BGの統計を増やすため、Rejection factor を0.1倍し、結果のcross section を0.1倍にするという方法をとる。

50GeV-220GeV のbackgroundをflatだと仮定すると、Mass window には、0.27fb残る。

	σ in M.W.	Event@30fb ⁻¹
signal	0.42 fb	12.6 event
Wjjj	0.27 fb	8.1 event



Wjjjはserious なBGになる可能性がある。Rを現在の3-5倍にする必要がある。

Conclusion

- ◇ VBF process で生成し、tau レプトン対に崩壊するHiggs 粒子探索で、統計を増やすため、low Ptのtauにoptimizeした、track base のtauIDのアルゴリズムを開発中である。
- ◇ Efficiency に関しては、50%程度出ているが、full simulationの問題から、Rejectionに関しては、十分な性能が出ていない。
- ◇ 新しいQCD backgroundの研究として、W+3jetsや、4jetsのcross sectionを見積もっている。今後統計を増やす必要があるが、serious なbackgroundlになる可能性がある。
- ◇ これらのQCD background をsuppress するため、Rejection factor を、現在の3-5倍よくする必要がある。

Back Up

Signal selection

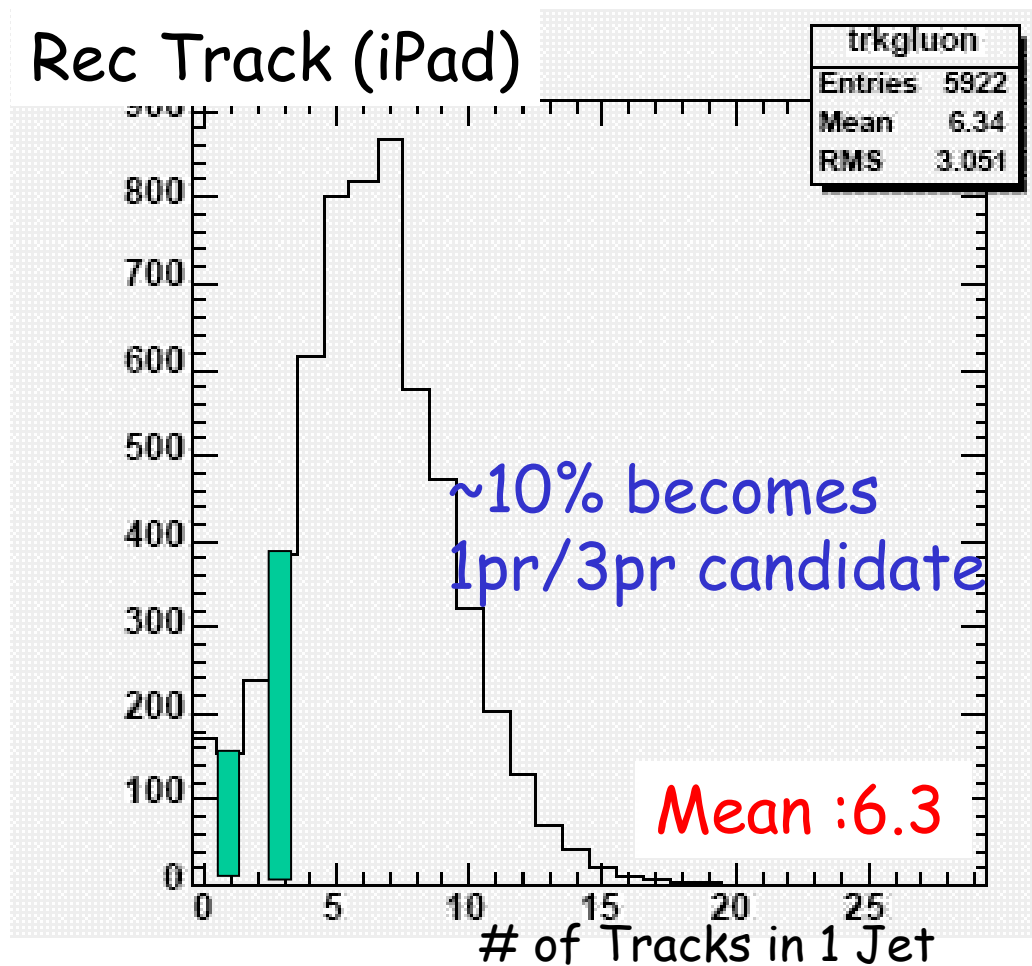
- (1) electron $P_t > 25 \text{ GeV}$, muon $P_t > 20 \text{ GeV}$
- (2) Tau jet with $P_t > 40 \text{ GeV}$ $\Delta R > 0.7$ (from lepton)
- (3) Forward Jet : At least 2 Jet , $P_t > 20 \text{ GeV}$ (Leading 40 GeV)
- (4) Forward Jet : $\eta_1 * \eta_2 < 0, |\eta_1 - \eta_2| > 4.4$
- (5) $\eta_1 + 0.7 < \eta_{l,\tau} < \eta_2 - 0.7$
- (6) $|\cos \phi_{lh}| < 0.9$ for missing E_t
- (7) Transverse mass between lepton and missing energy less than 30 GeV
- (8) Missing $E_t > 30 \text{ GeV}$
- (9) Invariant mass of the tagged forward jets larger than 700 GeV
- (10) Central Jet Veto : There is no $P_t > 20 \text{ GeV}$ jet in $\eta_1 + 0.7 < \eta < \eta_2 - 0.7$

As a full simulation problem...

Track multiplicity in Jet

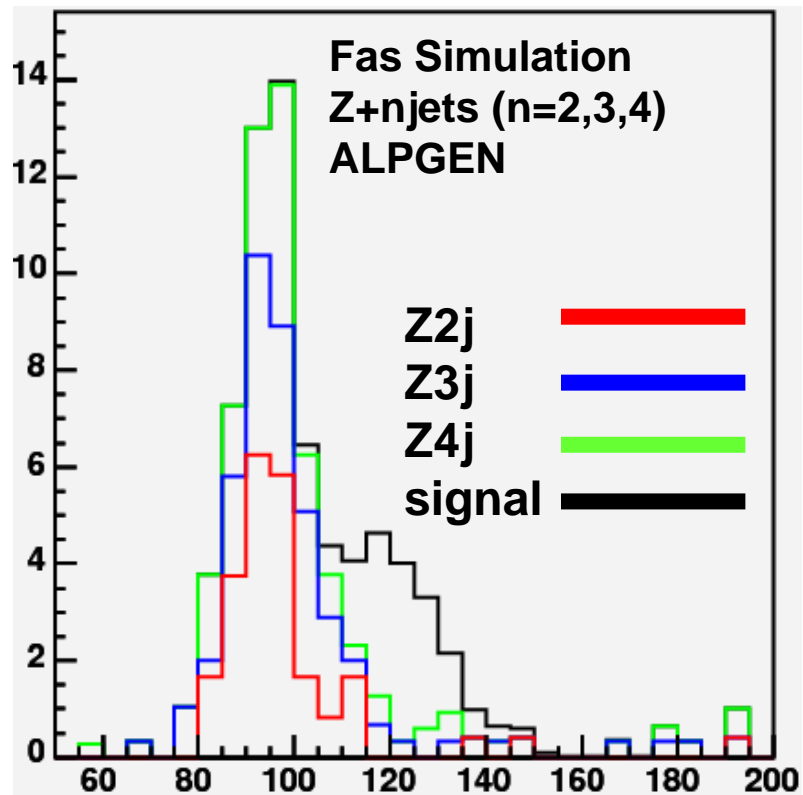
$$\frac{\# \text{ of Tracks}(Pt > 2\text{GeV}, \Delta R < 0.7)}{1\text{Jet}}$$

QCDJ3(70-140GeV) Sample



Z+njets background

Mt_{tau} distribution



Background

Signal...

➤ Major QCD background

o $W+3\text{jets}$: $Wjjj \rightarrow l\text{tau}jj$ -> depend on mainly TauID

o $bbjj$: $bbjj \rightarrow l\text{tau}jj$
 $bbjj \rightarrow l j\text{tau}j$

o $jjjj$: $jjjj \rightarrow l\text{tau}jj$

o $WWjj$: $WWjj \rightarrow \text{tau tau} jj$ -> cross section is small

o $t\bar{t}b\bar{b}$: $WWbb \rightarrow \text{tau tau} jj$

Fake of $W \rightarrow \text{lepton}(\text{tau})$ is also suppress with W transverse Mass cut

➤ $Z \rightarrow \tau\tau$ background

o $Z+n\text{jets}$: $Zjj \rightarrow \text{tau}(l)\text{tau}(h)jj$

Final state is the same as the signal

So we can only use "central jet veto" for suppress the BG

0.42fb

0.27fb

?? fb

0.04fb

0.00fb

0.19fb

last talk of this session