
Study of τ -ID performance using $Z \rightarrow \tau\tau$ events at ATLAS

小曾根健嗣 高工研 (ICEPP fellow)

田中純一、津野総司 東大素粒子センター

1. motivation
2. tau decay の特徴
3. tau reconstruction and identification
4. $Z \rightarrow \tau\tau$ cross-section in the early data
5. summary

1. Motivation

Tau-related physics at LHC

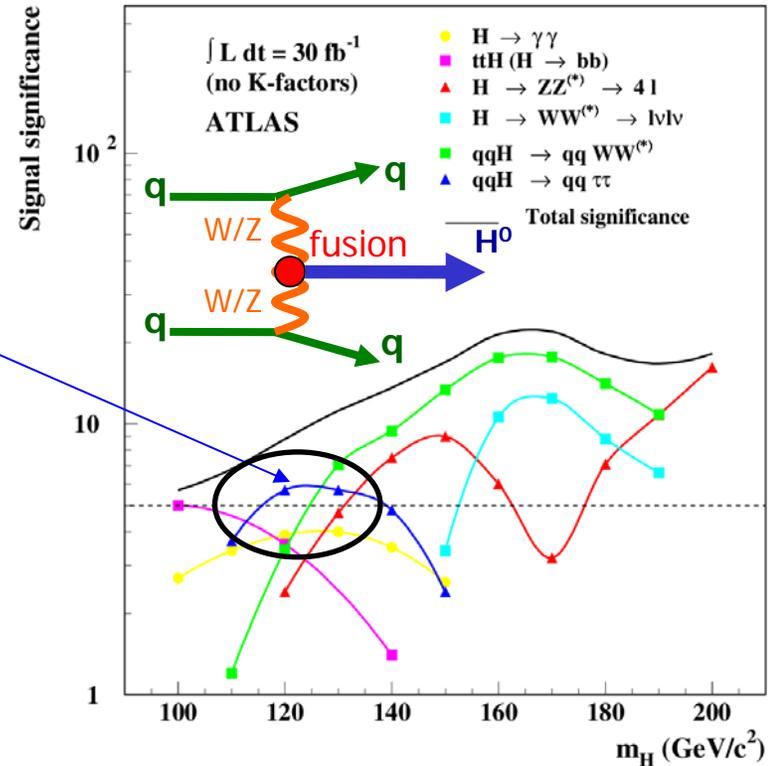
tau は LHC 物理で重要な役割を担う

- VBF $H \rightarrow \tau\tau$ ($m_H \sim 120$ GeV)
- MSSM Higgs $A/H \rightarrow \tau\tau$, $H^\pm \rightarrow \tau\nu$
- SUSY, LFV

第3世代での物理

今回の study は...

- 1) ATLAS での tau の ID performance 評価
- 2) LHC 初期データ ($\sim 1\text{fb}^{-1}$) での $Z \rightarrow \tau\tau$ cross section 測定



2. Tau decay の特徴

Lepton への decay (35%)

$e / \mu + \nu_\tau \nu_l$ (17.4/17.8%)

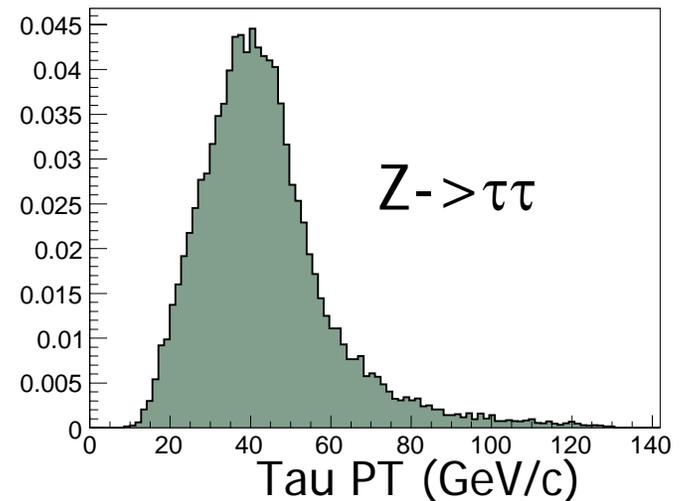
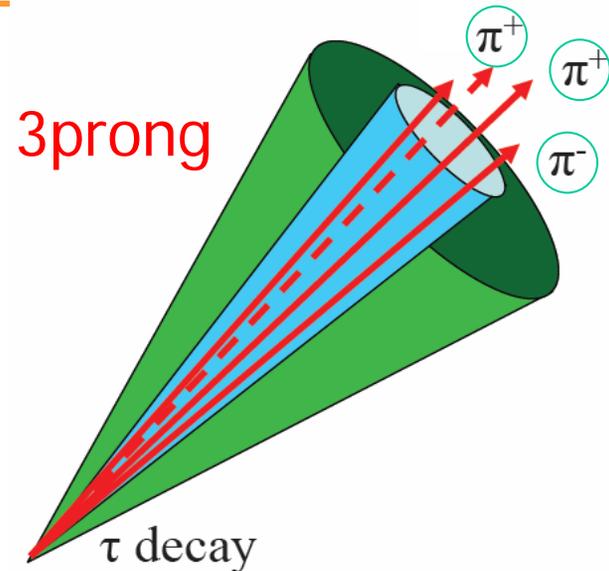
Hadron への decay (~65%)

$\pi^\pm / \rho^\pm / a_1^\pm / W^\pm + \nu_\tau$
 $\rightarrow (1, 3, 5 \dots) \pi^\pm + n \pi^0$

1prong: 47.3%

3prong: 15.2%

Boost された細かい jet が観測される



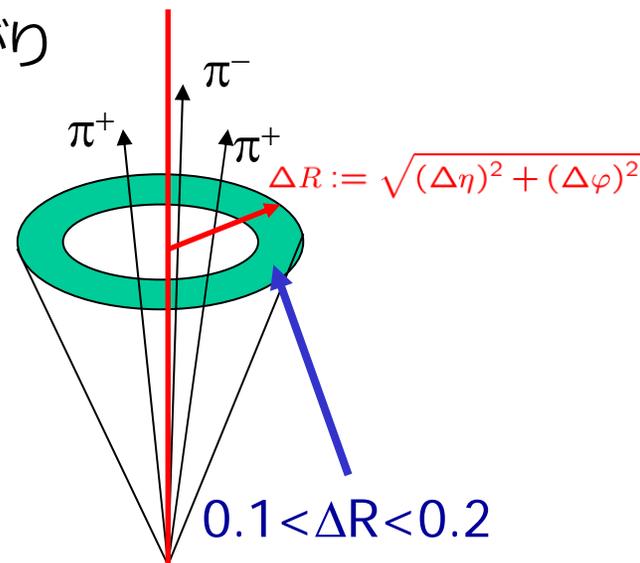
3. Tau reconstruction and ID

- Reconstruction

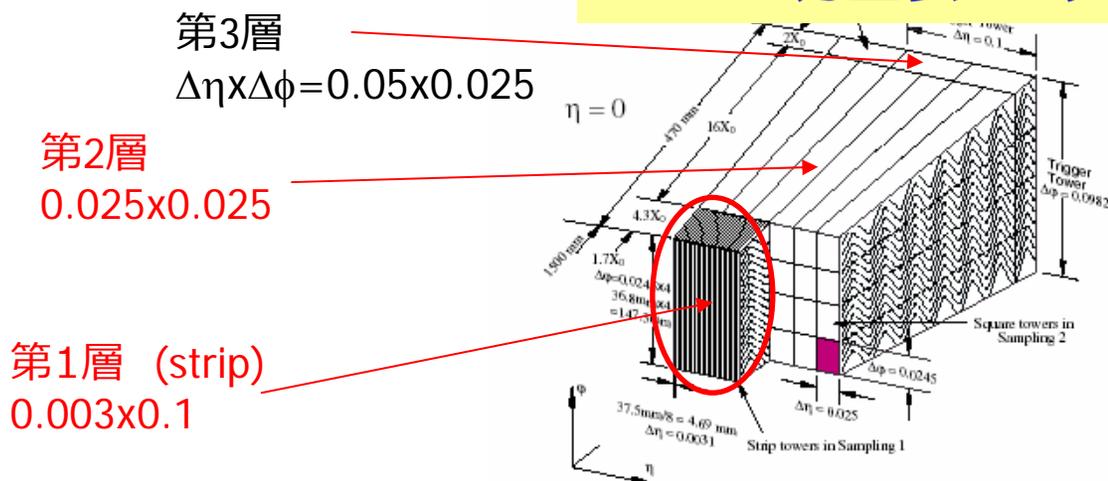
R=0.4 のcone algorithm

- Identification

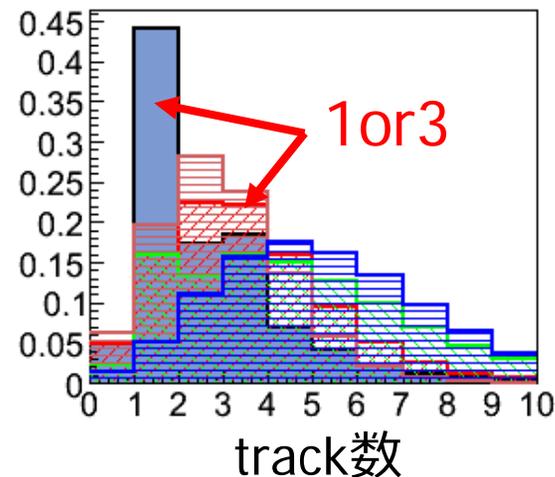
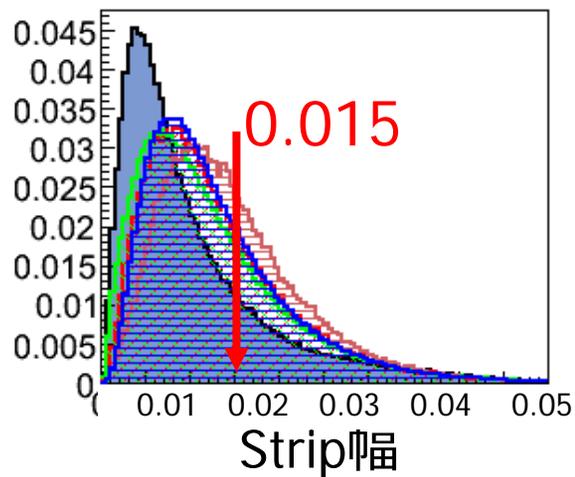
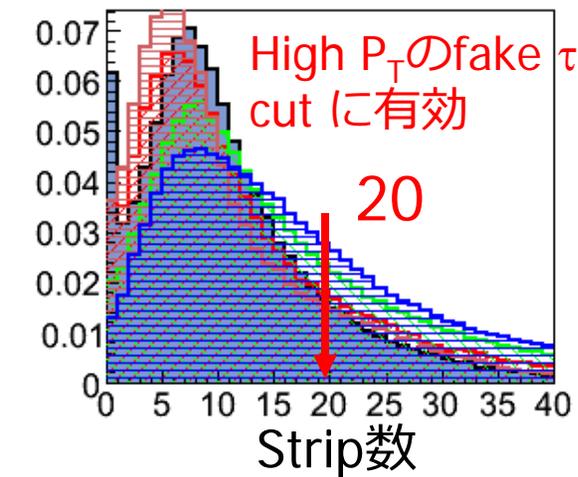
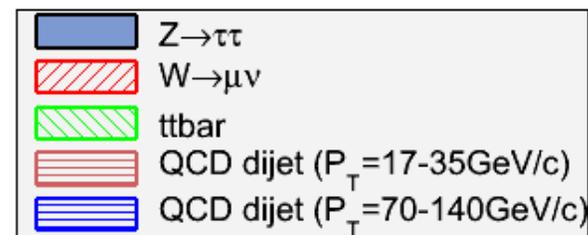
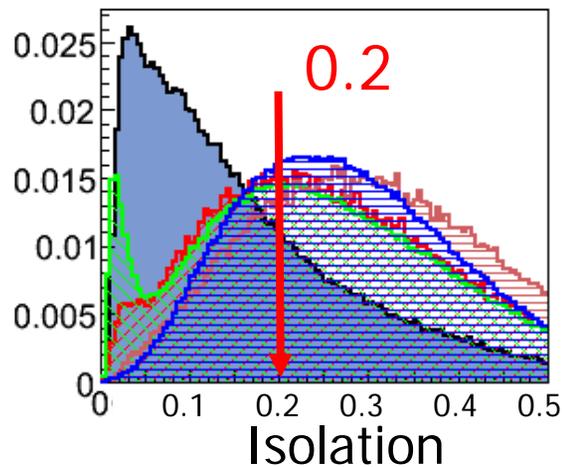
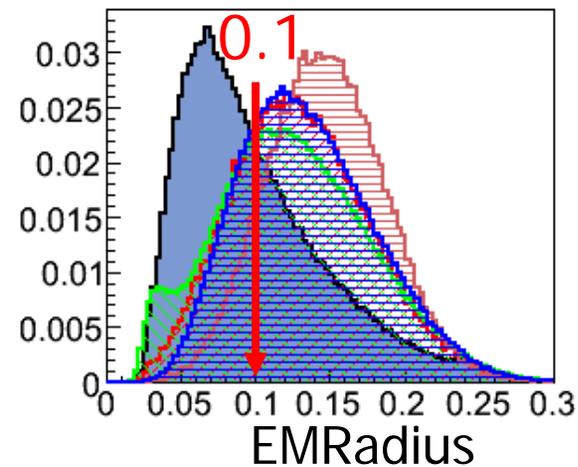
- (1) **EMRadius**: EM カロリメータでの E deposit の広がり
- (2) **Isolation**: $E_T(0.1 < \Delta R < 0.2) / E_T$
- (3) **strip数**: 第1層でなった strip cell の数
- (4) **strip幅**: 第1層での E deposit の広がり(RMS)
- (5) **track数**: charged track の数(=1or3)



LAr EMカロリメータ

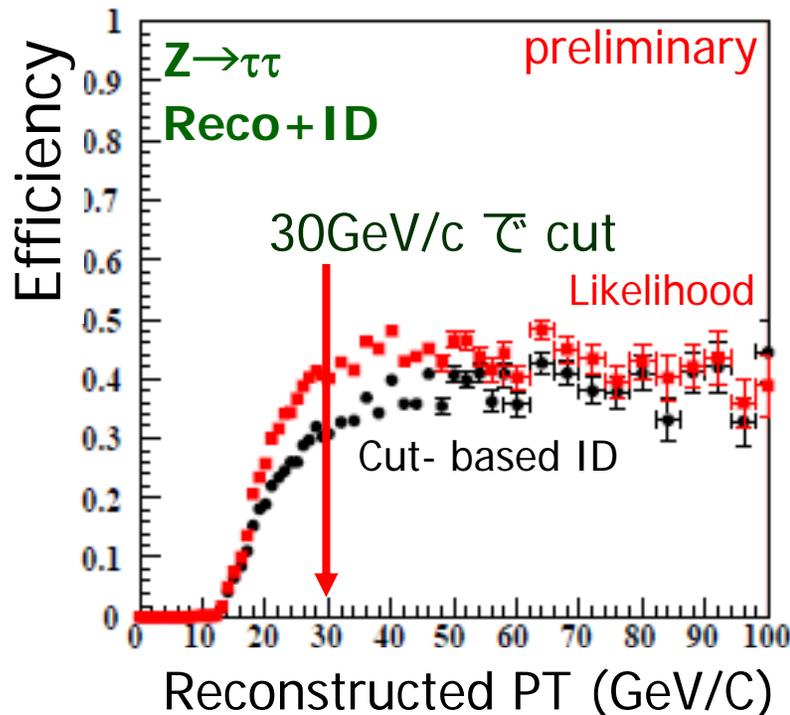


Tau ID Cuts

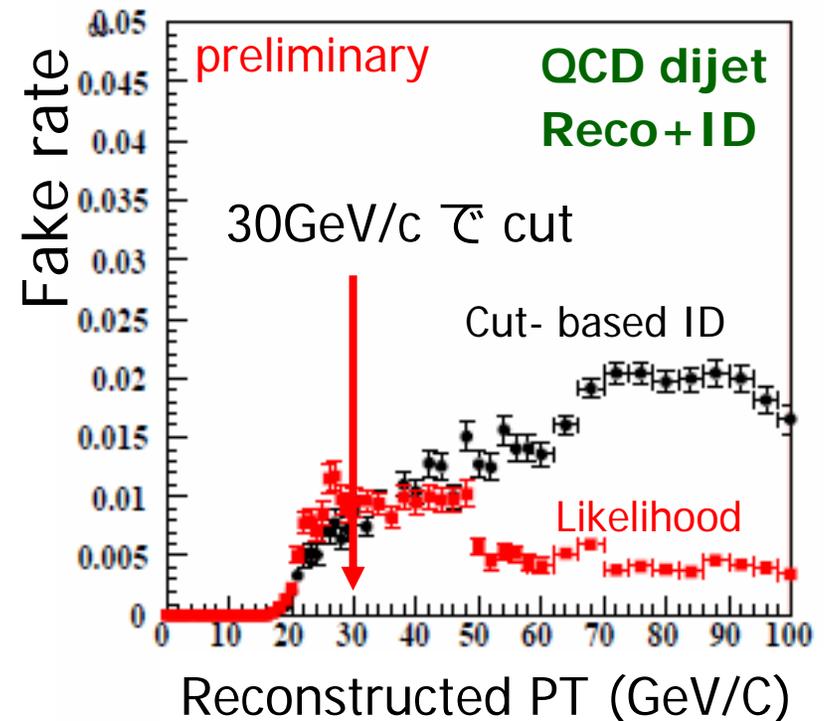


Reco+ID efficiency and fake rate

Tracker やカロリメータ出力をパラメータとする Likelihood 関数の値で ID できるが、cut-base の tau-ID で performance を研究することが実験初期で重要。

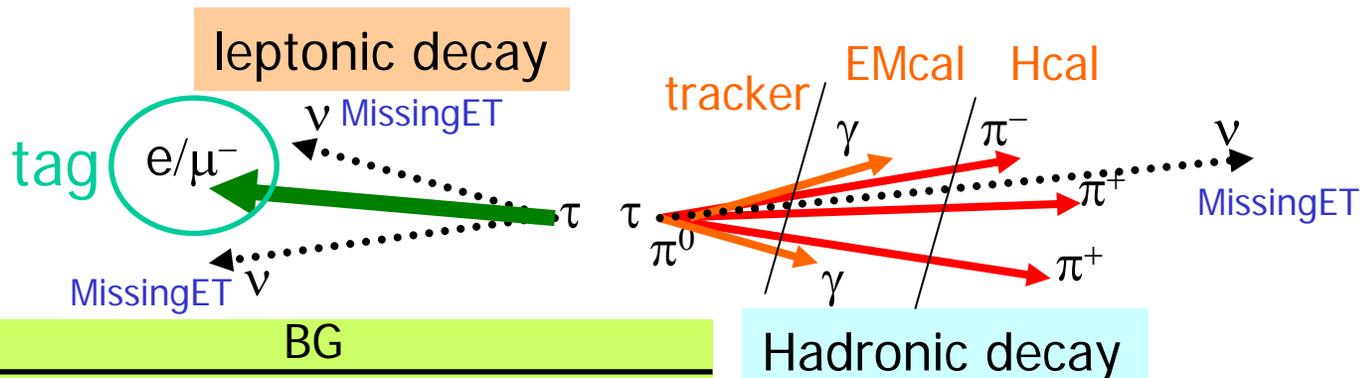


Cut-base で30~50% の reco+ID efficiency が期待できる。



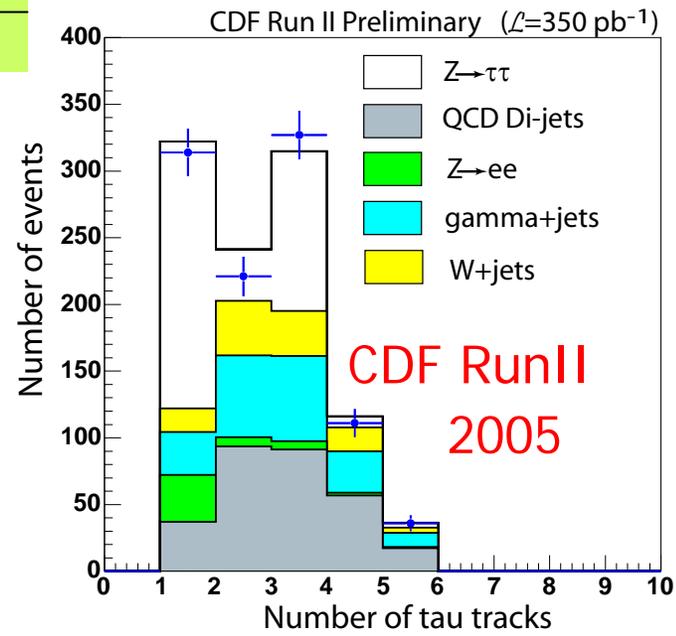
Cut-base で1~2% の fake rate が期待できる。

4. Inclusive cross-section of $Z \rightarrow \tau\tau \rightarrow lh$



Channel	signal	BG
electron	$Z \rightarrow \tau\tau \rightarrow eh$	$Z \rightarrow ee, W \rightarrow e\nu, t\bar{t}, \text{QCD dijet}$
muon	$Z \rightarrow \tau\tau \rightarrow \mu h$	$W \rightarrow \mu\nu, t\bar{t}, \text{QCD dijet}$

- (1) Lepton **trigger** & ID
 - electron: $P_t > 25 \text{ GeV}/c, |\eta| < 2.5$
 - muon: $P_t > 20 \text{ GeV}/c, |\eta| < 2.5$
- (2) tau reconstruction
- (3) tau ID (Ntrk cut はしない)
- (4) $Z \rightarrow \tau\tau$ selection
 - MissingET, m_τ , Z mass の cut
- (5) Tau の charged track数の分布を作成



Z → ττ selection

Missing ET cut: QCD jet BG を抑える

> 15 GeV

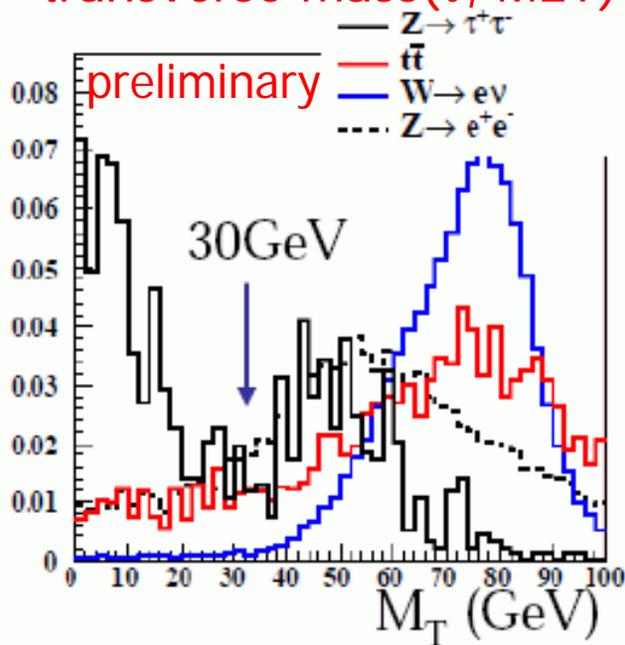
Transverse mass: W からの BG を抑える。

< 30 GeV

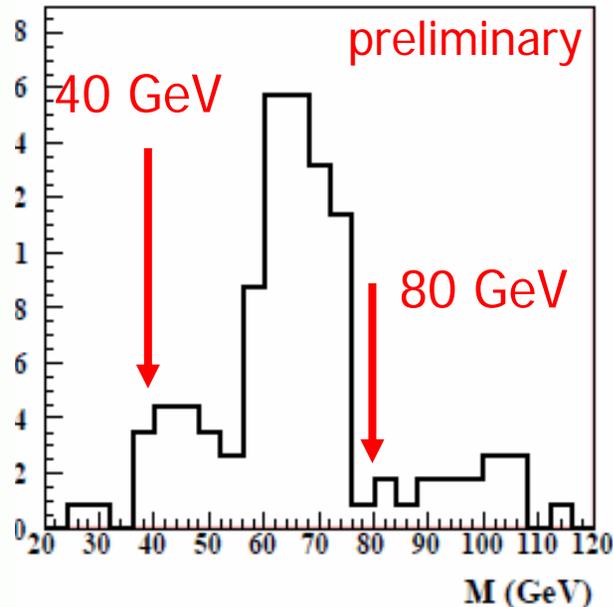
Invariant mass cut: Z → ττ を選び出す。

40 GeV < m_{eτ} < 60 GeV

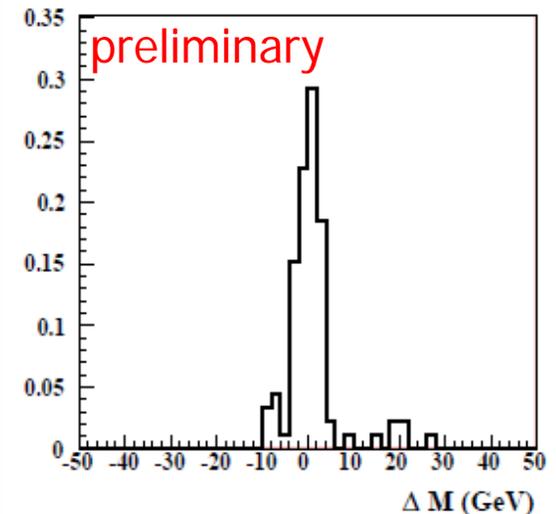
transverse mass (ℓ, MET)



visible mass (ℓ, τ_h)



mass resolution (ℓ, τ_h)



Acceptance

Process	$Z^0 \rightarrow \tau^+\tau^-(ch)$	$t\bar{t}$	$W^\pm \rightarrow e^\pm\nu$
Cross Section [pb^{-1}]	246.0	461.16	10899
Trigger	17.4 ± 0.2	102 ± 1	5785 ± 28
Tight Electron*	16.5 ± 0.2	91 ± 1	5784 ± 28
Di-lepton veto**	6.6 ± 0.1	46.7 ± 0.8	2970 ± 18
$\text{MET} > 15\text{GeV}/c$	3.5 ± 0.1	44.3 ± 0.8	2287 ± 18
$M_T < 30\text{GeV}/c$	1.98 ± 0.08	5.5 ± 0.2	31 ± 1
IsoFrac > 0.1 EMRadius > 0.1 nStrip < 20 Wstrip < 0.015	0.42 ± 0.03	0.55 ± 0.08	1.1 ± 0.2
1,3 tracks	0.35 ± 0.03	0.14 ± 0.04	0.4 ± 0.2
Z mass	0.34 ± 0.03	0.08 ± 0.02	0.27 ± 0.09

preliminary

Unit: pb

* $\text{PT} > 25\text{GeV}$, $|\eta| < 2.5$ for ID'd electrons

** for $\text{PT} > 15\text{GeV}$ electrons

以上の selection の後、各々の Ntrk 分布を作成。

QCD background の shape は data から求める。

Ntrk fit in pseudo experiment

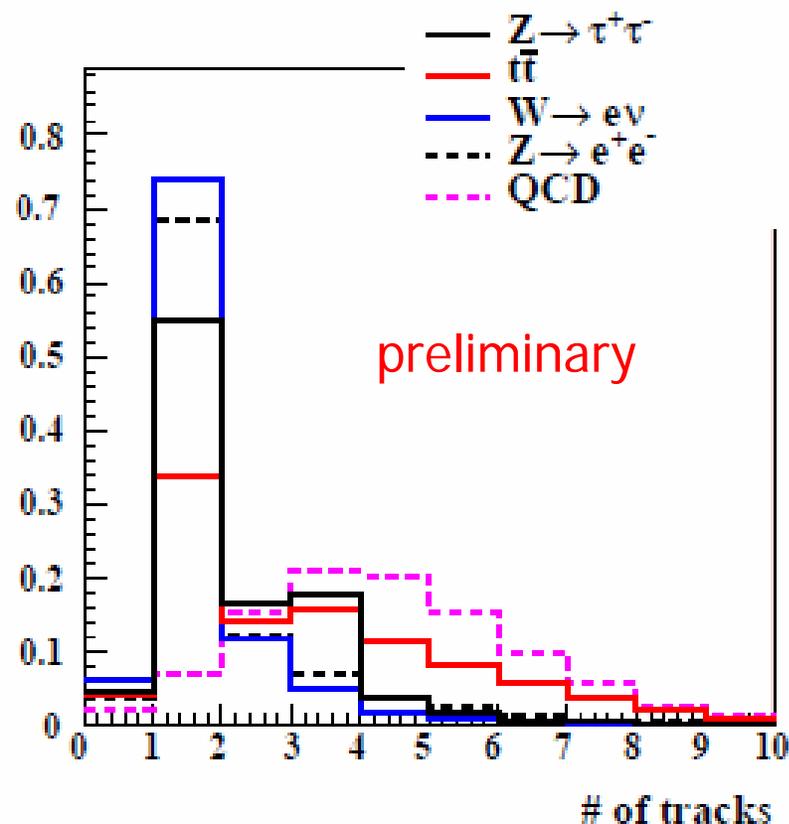
Pseudo experiment

- (1) 各 process に対して Ntrk 分布の p.d.f. を作成。
- (2) Ntrk 分布を toy MC で作成。
- (3) 以下のL を最大にする R, f を求める。

$$L = \prod P(f_i(n_S^i + R \cdot n_B^i)); N_i)$$

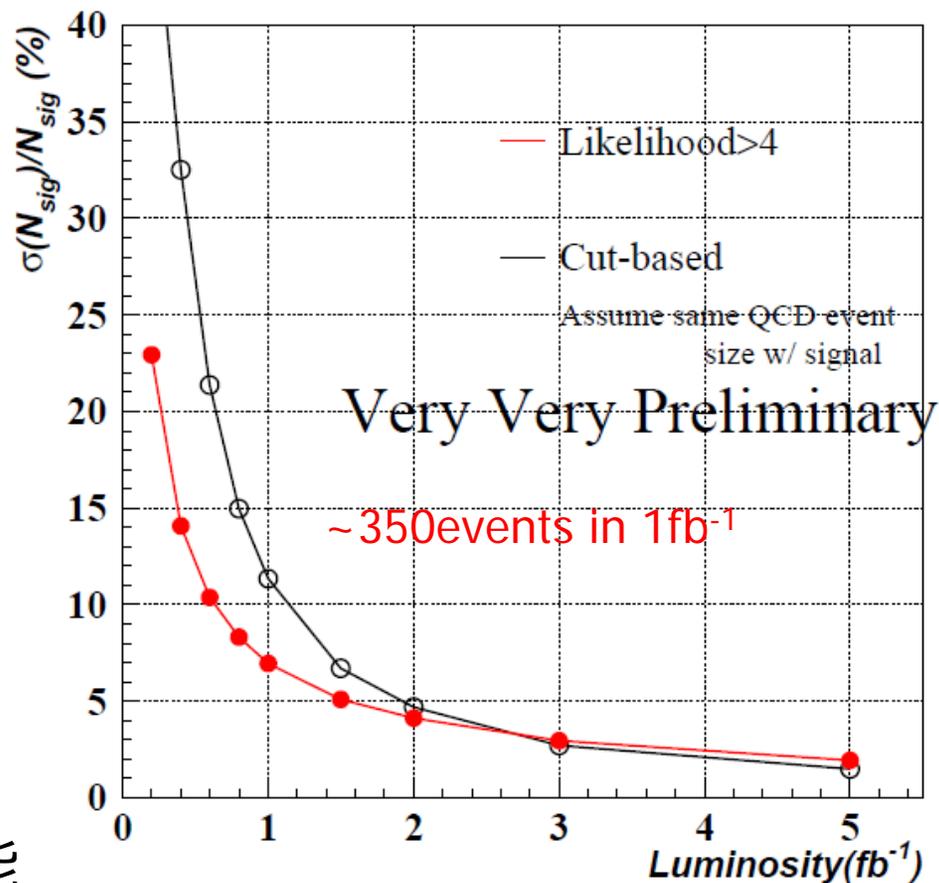
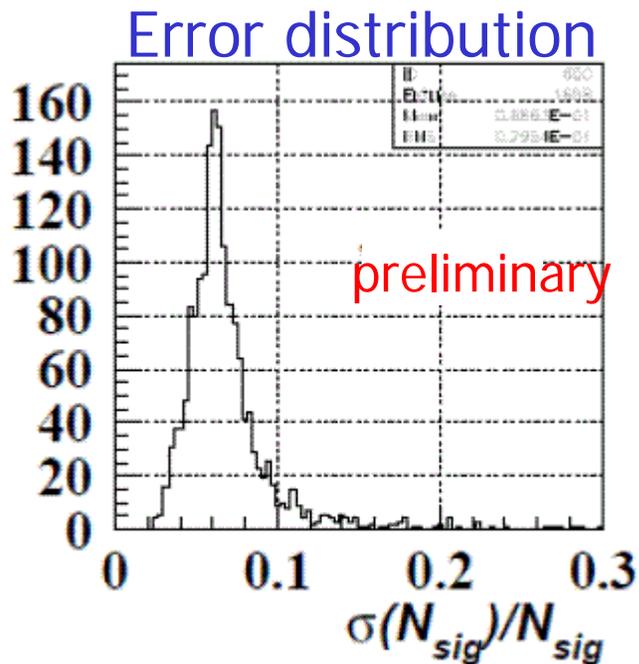
$P(x;\lambda)$: Poisson pdf, n_S^i : i-th bin での signal event数
 n_B^i : i-th bin での BG event数, R: signal に対する比
 f_i : i-th bin での normalization factor, N_i : DATA の event 数

- (4) (2)から(3)を 2000回繰り返す。



Cross section measurement

得られる Cross section の error を評価してみる。



$L=1\text{fb}^{-1}$ (数ヶ月)で、
12%(stat.)の精度で測定が可能

Summary

LHC 物理において tau は重要な役割を担う。

Tau の performance study

□ Cut-based ID では以下の performance が得られた。

- ✓ efficiency = 30~50% ($>30\text{GeV}/c$)
- ✓ fake rate = 1~2%(QCD jet)

□ LHC初期のデータ $L=1\text{fb}^{-1}$ でおよそ 350 events の $Z\rightarrow\tau\tau$ candidate が観測され、12%(stat.)の精度で cross section の測定が可能。