

ATLAS検出器におけるFake Leptonの割合と Higgs・SUSY粒子探索に与える影響の研究

麻植健太・陣内修・佐々木貴之
田中純一・浅井祥仁・小林富雄
(ICEPP and KEK)

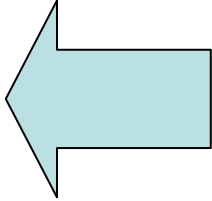
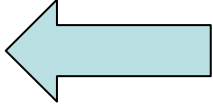
Motivation

- SUSYでは1 lepton+jetsが有望channelである。しかし、LHC ではQCD multi-jet eventの断面積が非常に大きいため($\sim \mu\text{b}$)、jetがleptonにmissIDされてしまうbackgroundが無視できない可能性がある。
- Higgs探索ではVBF $H \rightarrow \tau \tau$ が有望channelである。しかし、これもQCD multi-jetが τ やleptonにmissIDされてしまうbackgroundが無視できない可能性がある。



これらのbackgroundの見積もりが必要

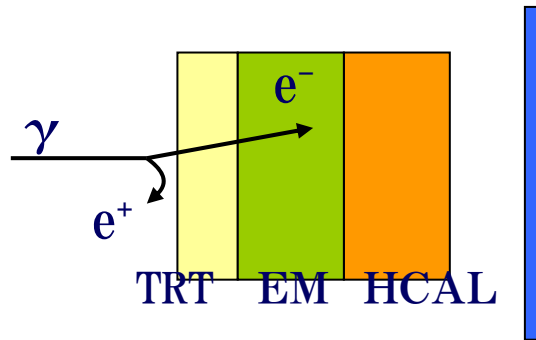
Contents

- Fake Leptonの候補
- Fake Leptonの割合の評価  Full Simulation
- LeptonのEfficiencyの評価
- Backgroundの評価  Fast Simulation

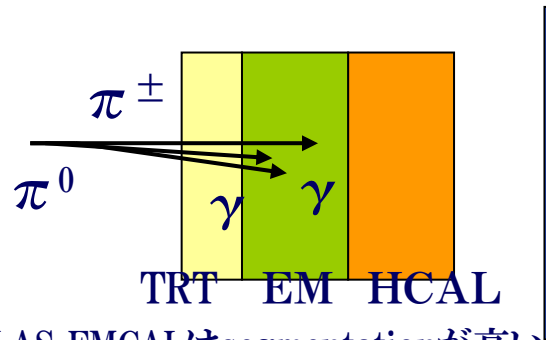
Fake Lepton の候補

Electron

γ からのpair production
片方のelectronがsoft



π^\pm と π^0 による γ
たまたま π^\pm と γ が近くで $E/p \sim 1$

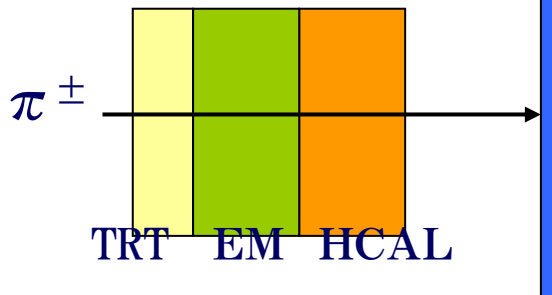


ATLAS EMCALはsegmentationが高いので、ほとんど効かない

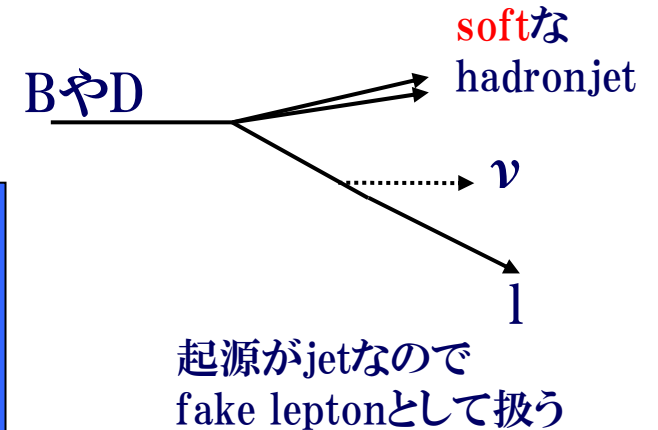
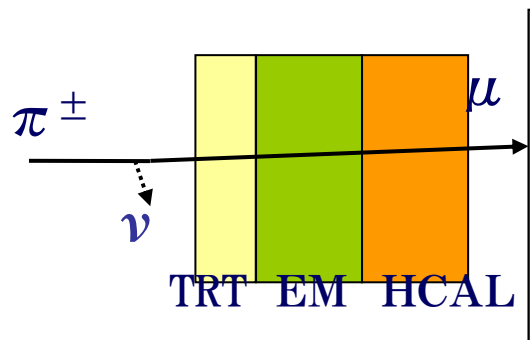
heavy flavor の
semi-leptonic decay

Muon

Pion punch-through
HCALでminimum ionization



Pion decay in flight
 P_ν が小さい場合



Fake leptonの例



$B \rightarrow D + \mu + \nu$ の例

- EMCAL
- HCAL
- Muon System

Efficiency and Rejection

$$\begin{aligned}\text{Fake rate} &= 1/\text{Rejection Factor} \\ &= \text{miss ID lepton}/\text{reconstructed Jets}\end{aligned}$$

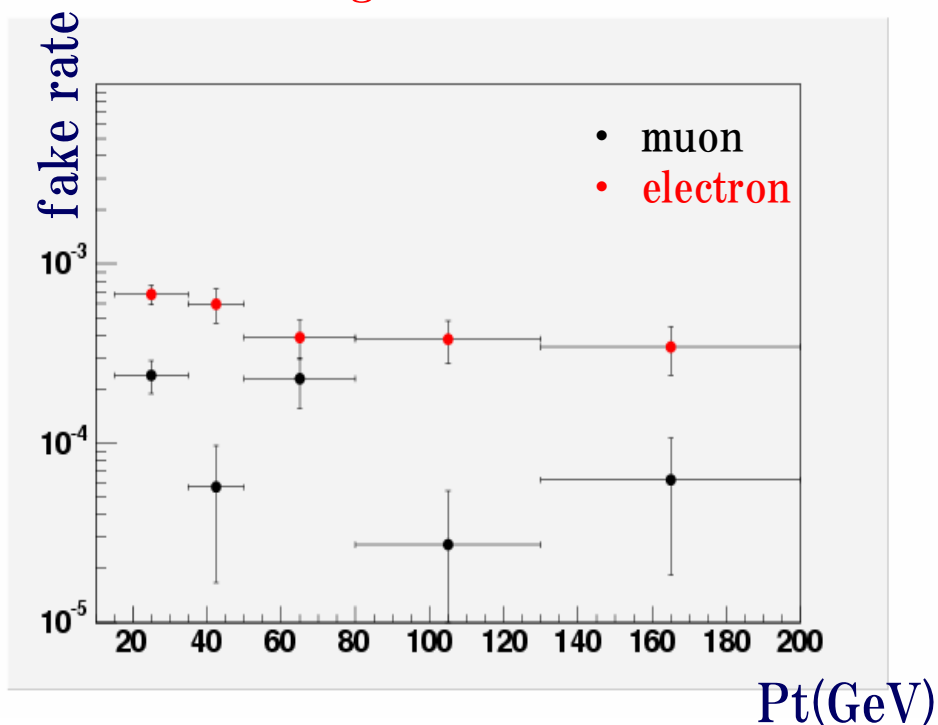
Fake rateはreconstructed jetsのなかにmissIDされたleptonが含まれる割合として定義した。Reconstructed jetとしてlight flavor起源とheavy flavor起源ではmiss ID leptonの発生過程が異なる。

light flavor ← punch-throughなど
heavy flavor (bやc) ← semi-leptonic decayなど

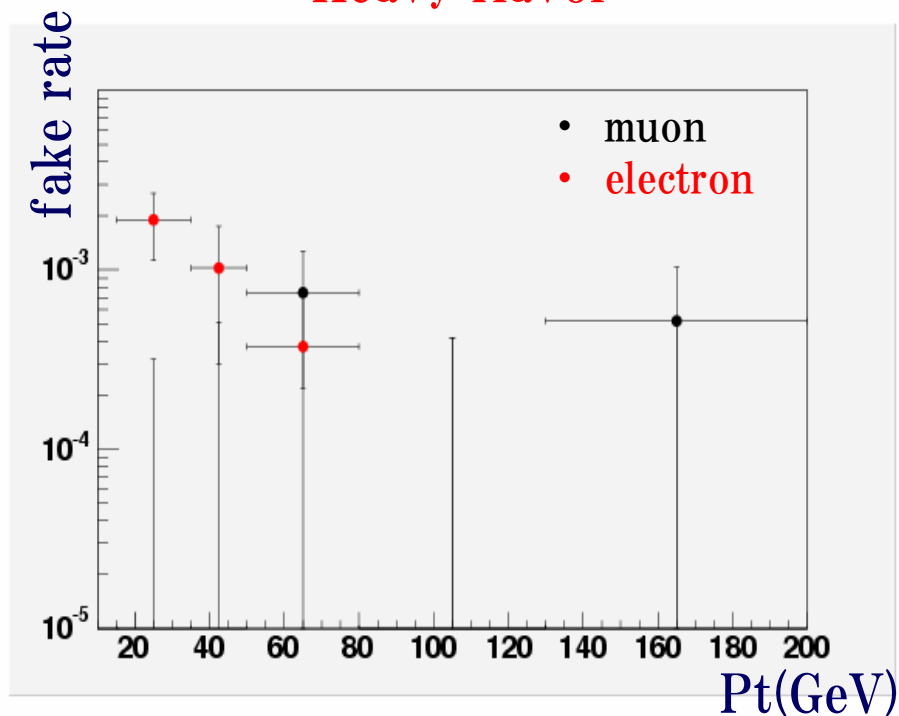
よって、この2通りを考えて、それぞれのfake rateを見積もる。

Fake rate

Light flavor



Heavy flavor



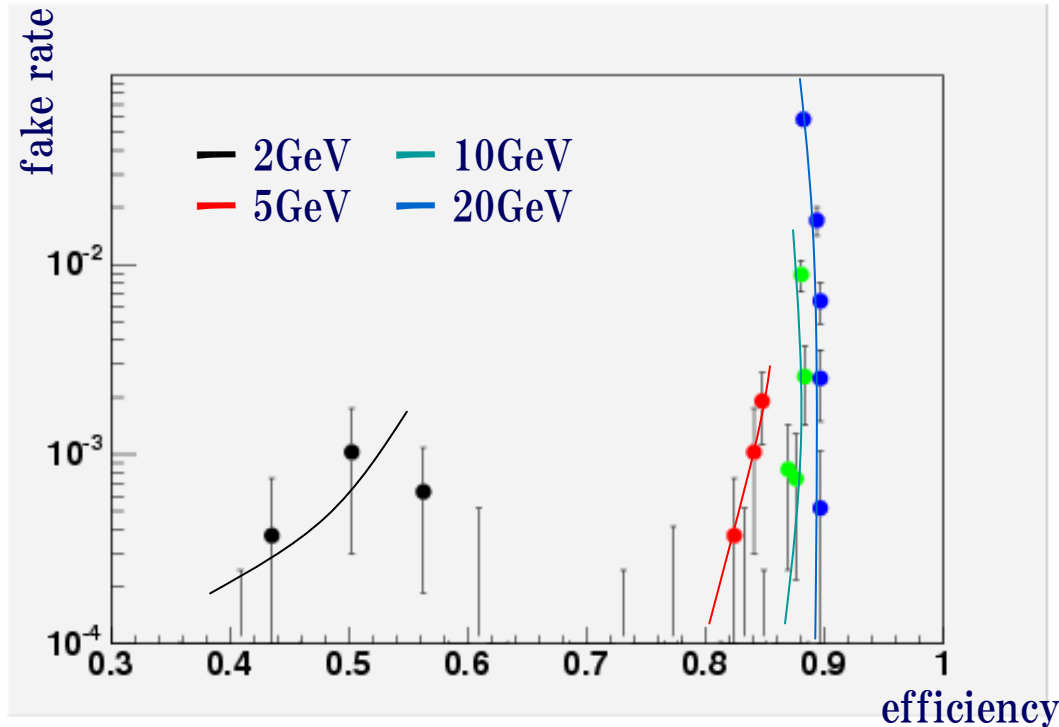
fake rate $10^{-3} \sim 10^{-4}$

Jet, leptonのPtが大きくなるにつれてfake rateは小さくなる傾向がある。

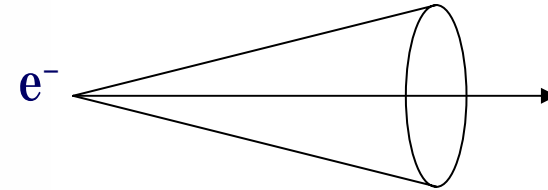
Muonは統計が少ないためばらついている。

Heavy flavor起源のほうがfake rateが大きい。

Efficiency vs Fake rate (Electron)



Isolation=5GeV とは



$\Delta R=0.45$ $E_t < 5\text{ GeV}$

electron clusterのまわりの $\Delta R=0.45$
内で E_t depositが5GeV以下

Electronのisolation条件を
2,5,10,20GeVで変化させた
plot。

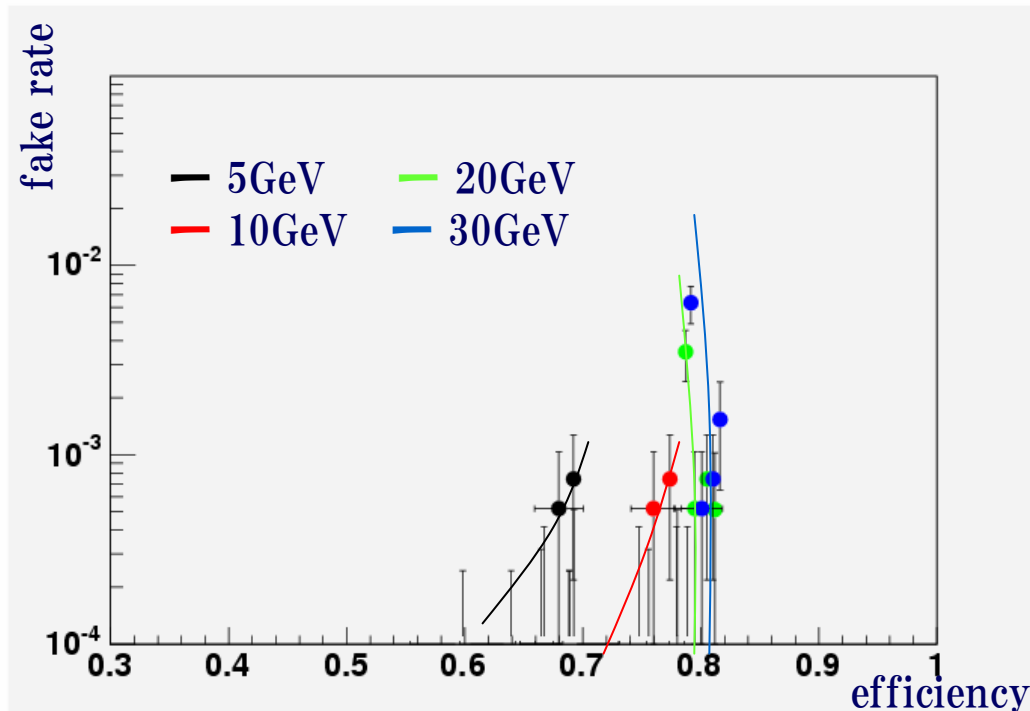
isolation条件を緩くすると
efficiencyはあまり変わらない
がfake rateが大きくなる。

isolation条件を厳しくすると
efficiencyが小さくなる。



5~10GeVは適当なisolation cut

Efficiency vs Fake rate (Muon)



Muonのisolation条件を
5,10,20,30GeVで変化させた
plot。

統計が足りないが、おおよそ
10~20GeVが適当なisolation
条件となっている。

Fake rate まとめ

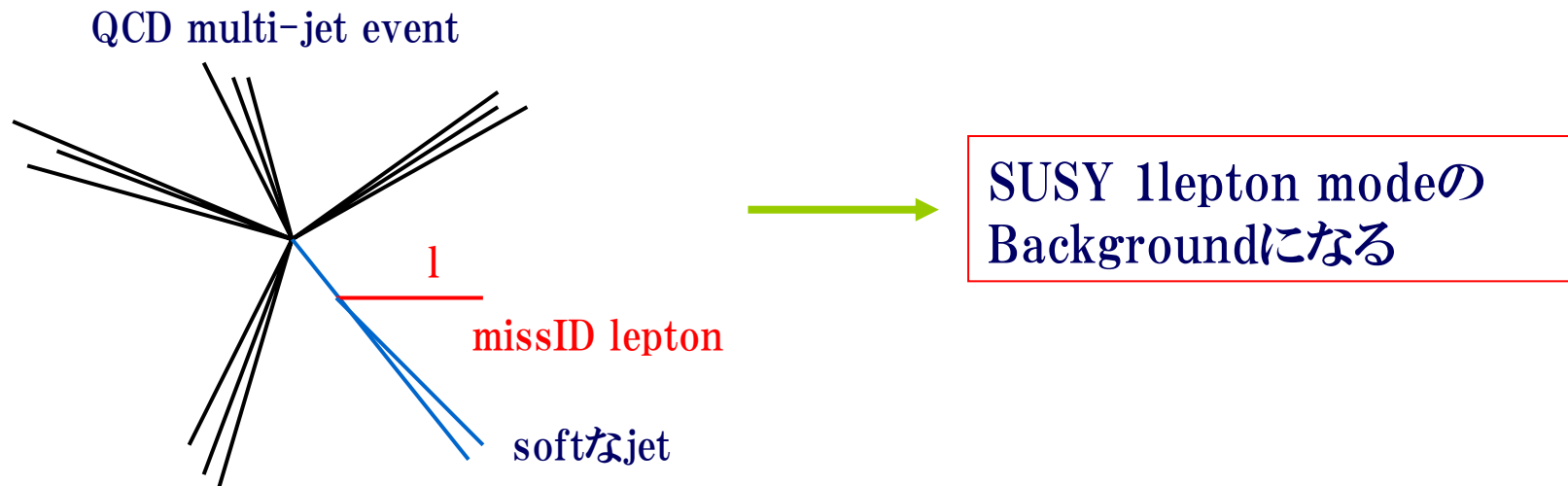
$\times 10^{-4}$

Pt(GeV)	jet \rightarrow e	jet $\rightarrow\mu$	bjet \rightarrow e	bjet $\rightarrow\mu$	bjet $\rightarrow\tau$
15-35	6.7 ± 0.8	2.3 ± 0.5	19 ± 7.7	$0+3.2$	25 ± 9.0
35-50	6.0 ± 1.3	0.6 ± 0.4	10 ± 7.2	$0+5.1$	10 ± 7.2
50-80	3.8 ± 1.0	2.2 ± 0.7	3.7 ± 0.4	7.5 ± 5.2	3.7 ± 3.7
80-130	3.8 ± 1.0	0.3 ± 0.3	$0+4.2$	$0+4.2$	$0+4.2$
130-200	3.4 ± 1.0	0.6 ± 0.4	$0+5.2$	5.2 ± 5.2	$0+5.2$

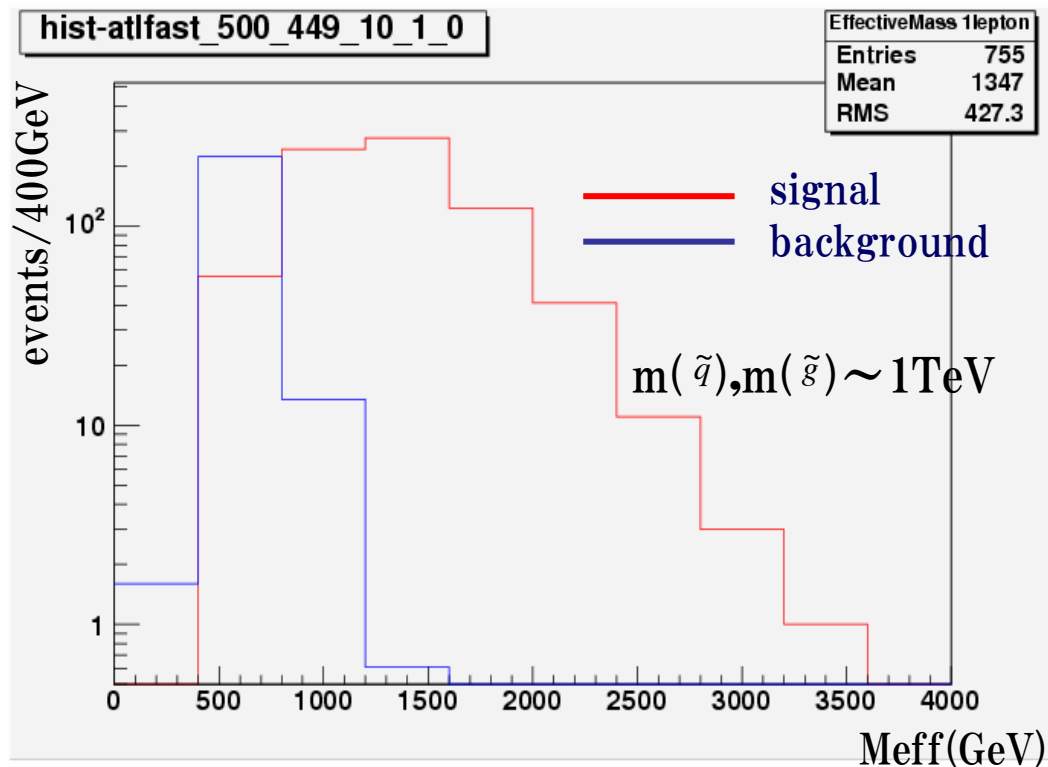
Background の評価

Full Simulationにより、Fake rateは $10^{-3} \sim 10^{-4}$ であることがわかった。

→ Fast Simulationに適用して、QCD multi-jetsが fake leptonを含んだ場合のBackgroundを見積もる。



SUSY QCD multi-jets



QCD multi-jets

$\sigma \sim 190\text{nb}$ (4jet以上, $p_t > 50\text{GeV}$)

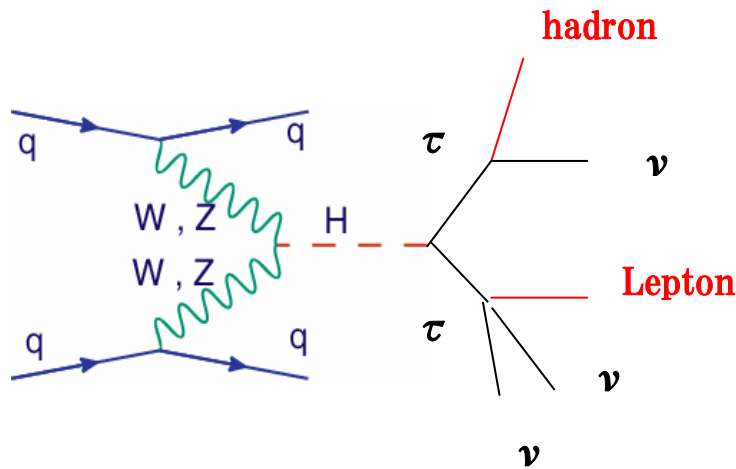
$L = 10\text{fb}^{-1}$

BackgroundはQCD multi-jetを
今回求めたFake rateでleptonに
置き換えたもの。

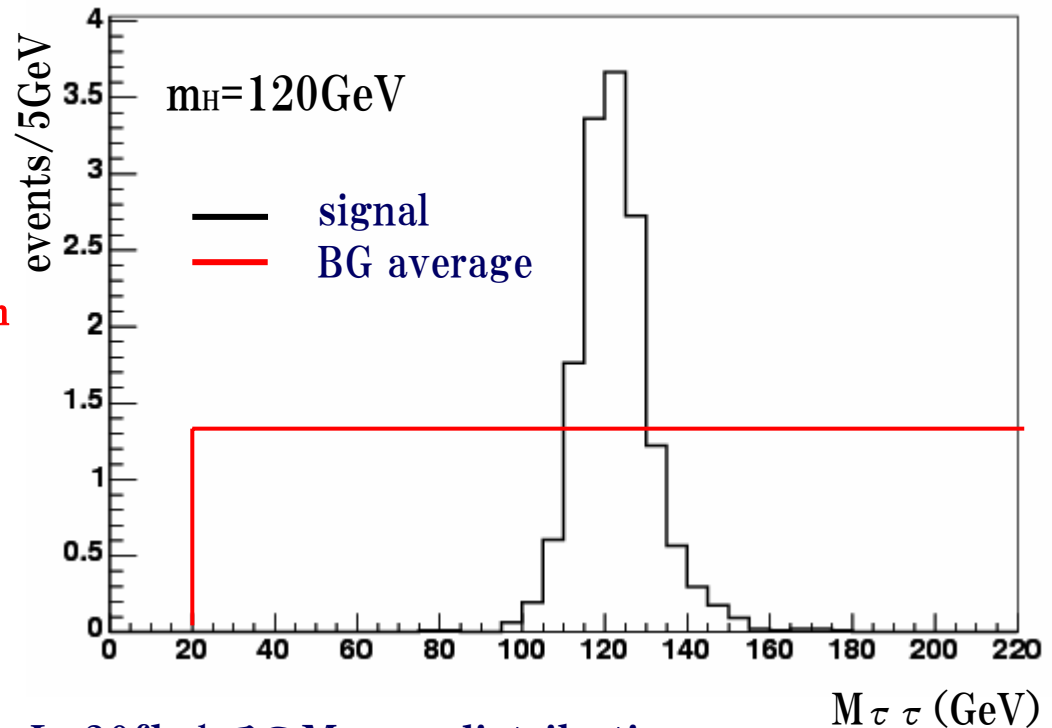
low M_{eff} 領域 ($\sim 1\text{TeV}$) の
backgroundとなるがシグナル
に比べて小さい。

($M_{\text{eff}} = \text{miss}E_t + \Sigma p_t$)

VBF $H \rightarrow \tau \tau \rightarrow h \nu l \nu \nu$



QCD multi-jetのmiss ID
 $bbjj \rightarrow l\tau ujj$
 $jjjj \rightarrow l\tau ujj$
 がbackgroundになる。



$L=30\text{fb}^{-1}$ での $M_{\tau\tau}$ distribution
 統計が不十分なのでbackgroundは平均化した。

110~135GeVで **signal~12 events**
background~6 events

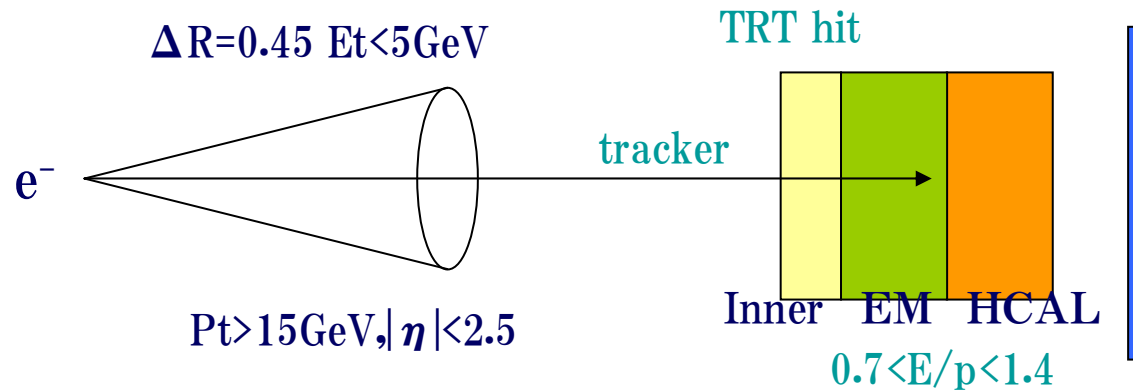
Backgroundとしてかなり大きい。

Summary

- Fake Rateは $10^{-3} \sim 10^{-4}$ のオーダーである。
- Electronのisolation条件は5~10GeVが適当である。Muonについては10~20GeVが適当であるように見えるが、統計を上げる必要がある。
- 今回得られたFake Rateの範囲ではMuon, ElectronのFakeはSUSY 1lepton modeの大きなbackgroundにはならないことがわかった。
- しかし、VBF processではFake leptonは大きなbackgroundとなる可能性がある。これを小さくするために、更なるLepton IDの研究が必要である。

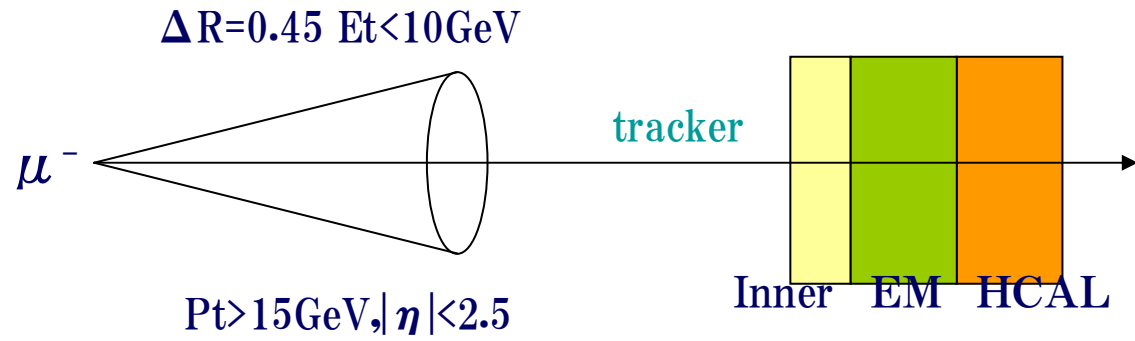
Lepton ID

electron



ElectronはEMCALでシャワーを起こし、すべてのエネルギーをdepositする。

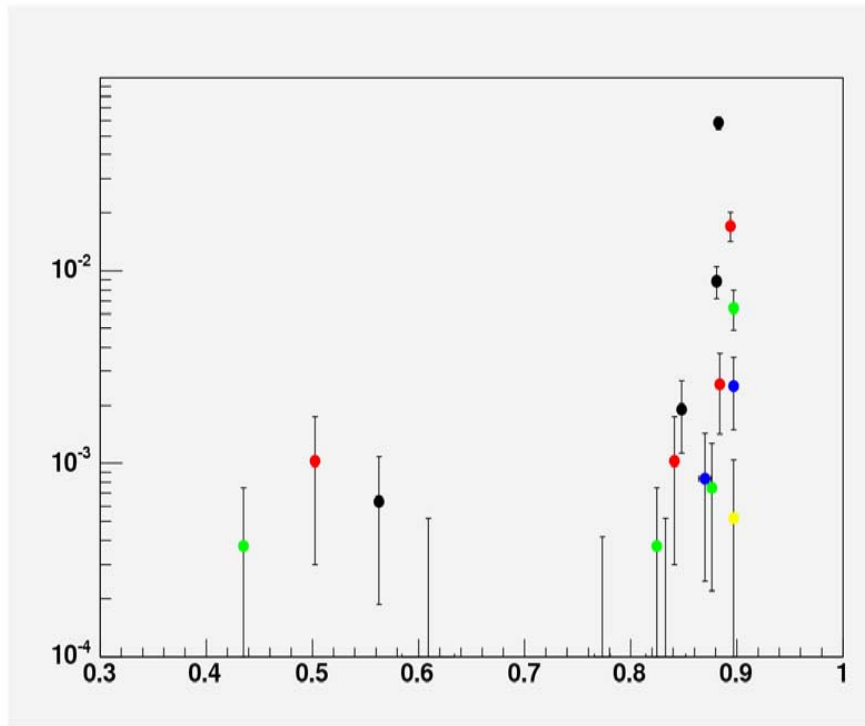
muon



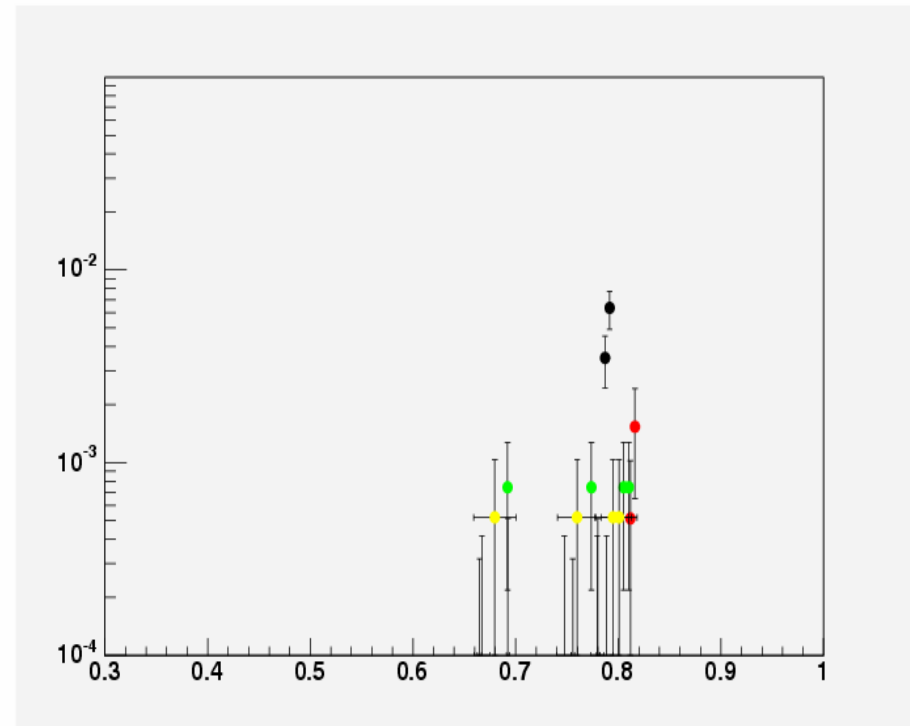
Muonはminimum ionizationをして、最後にMuon Chamber にhitする。

Efficiency vs Fake rate

electron



muon



- 15-35GeV
- 35-50GeV
- 50-80GeV
- 80-130GeV
- 130-200GeV

Atlas detector

Inner

Si strip, pixel , TRT ,solenoid

$$\sigma \text{ (pt) / pt} \sim 0.4\text{pt}$$

EMCAL

LAr, Accordion

$$\sigma \text{ (E) / E} \sim 10\% / \sqrt{E+200\text{MeV}} / E + 0.7\%$$

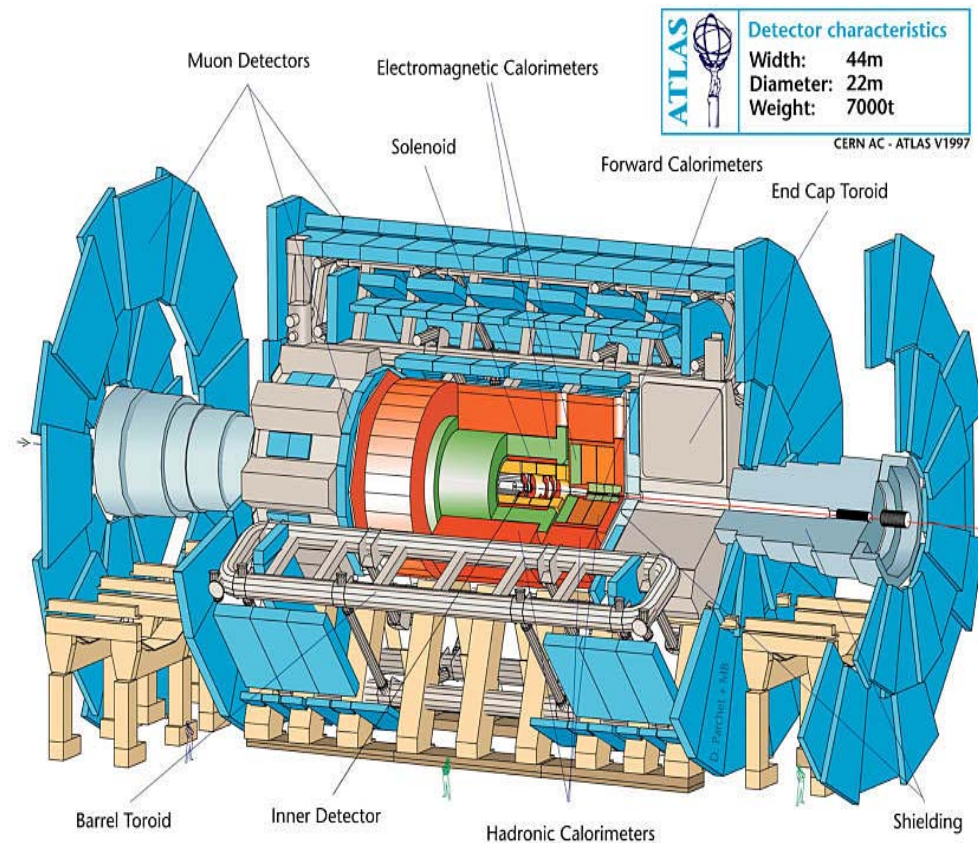
HCAL

LAr, Tile

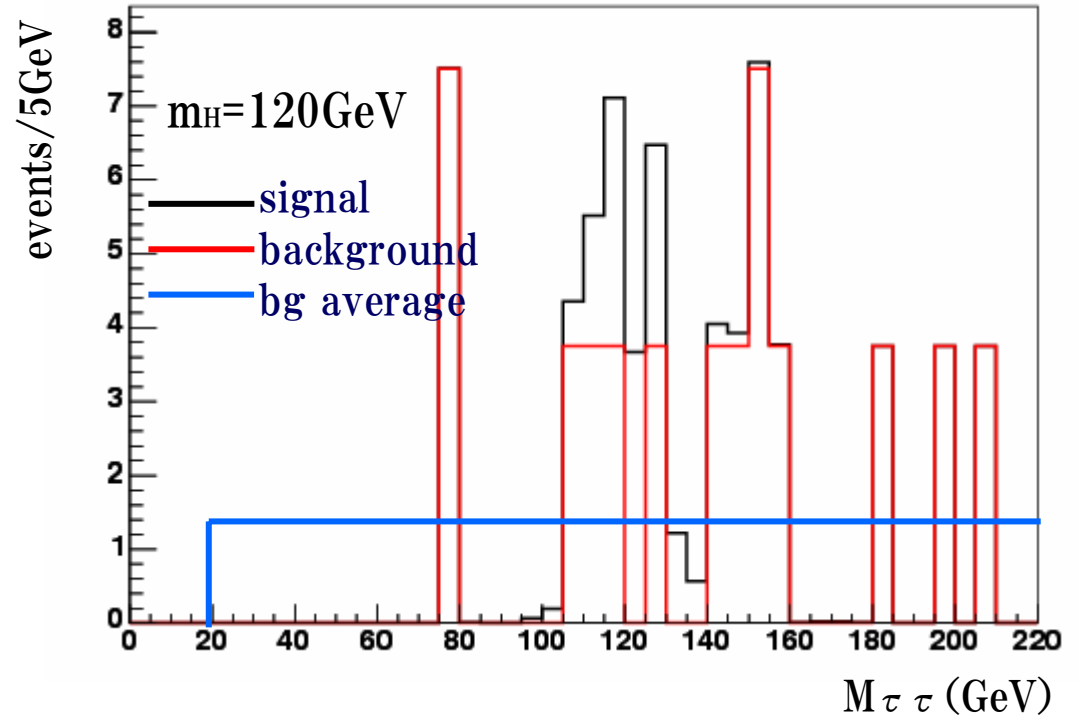
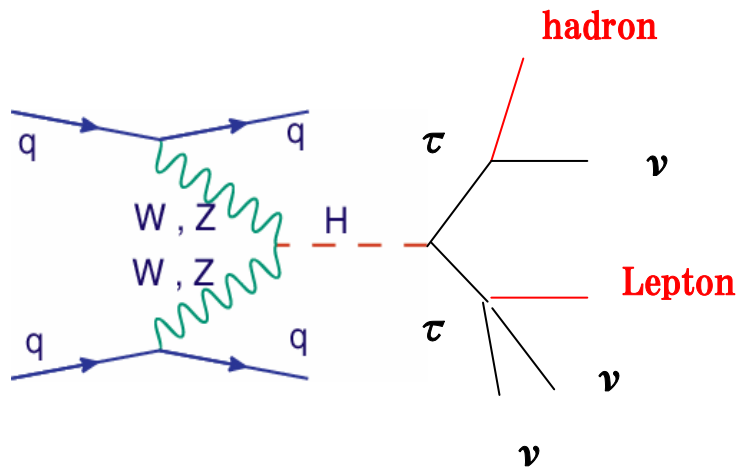
Muon detector

Toroidal magnet

$$\sigma \text{ (pt)} \sim 2.5\% @ 100\text{GeV}$$



VBF $H \rightarrow \tau \tau \rightarrow h \nu l \nu \nu$



QCD multi-jet
 $bbjj \rightarrow l\tau ujj$
 $jjjj \rightarrow l\tau ujj$
 がbackgroundになる。

30fb⁻¹での $M_{\tau\tau}$ distribution

110~135GeVでestimated cross section

signal ~ 0.4fb

background ~ 0.2fb

Backgroundとしてかなり大きい。