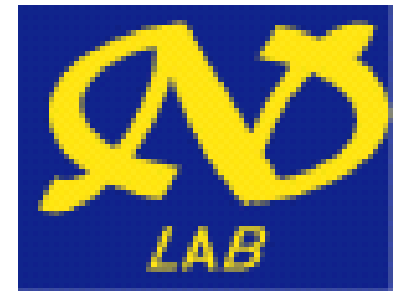


# Belle実験における タウレプトンを用いた レプトンフレーバーを破る 崩壊の探索 (今年度の現状)

名古屋大学  
宮崎由之



まず昨年を思い出してみても



で、結果は？

# 今年度の結果

Publication (昨年度トーク済み)

- $\tau \rightarrow lK^0s, lK^0sK^0s$  (PLB 692, 4 (2010))
- $\tau \rightarrow 3leptons$  (PLB 687, 139 (2010))

本日のメインの話

- $\tau \rightarrow l + \text{pseudo scalar meson}$
- $\tau \rightarrow l + \text{vector meson}$  (submitted to PLB)

現在進行中

- $\tau \rightarrow l + \text{gamma}$
- $\tau \rightarrow l + hh'$

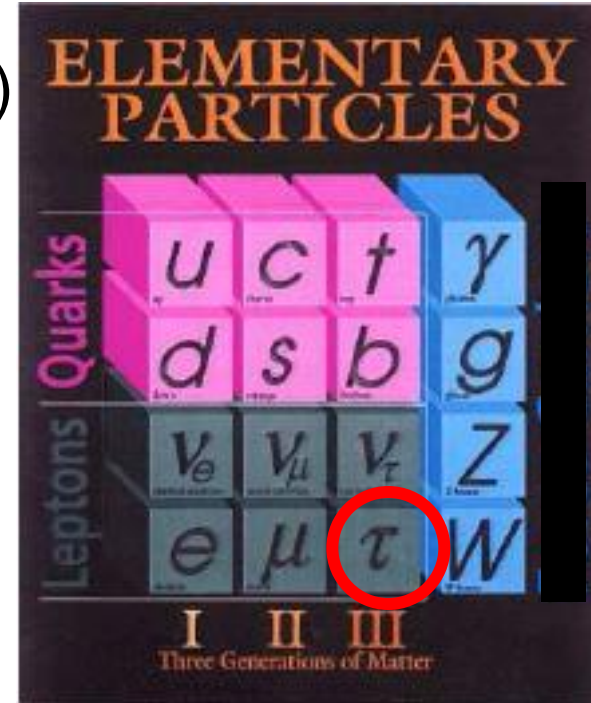
# イントロダクション

# イントロダクション

## 荷電レプトンのレプトンフレーバーの破れ

ニュートリノ振動を考慮しても $\text{Br}(\tau \rightarrow l \gamma) < O(10^{-50})$

⇒今の実験では観測不可能



標準模型を超える多くの新しい物理では、

大きなレプトンフレーバーの破れを预言している

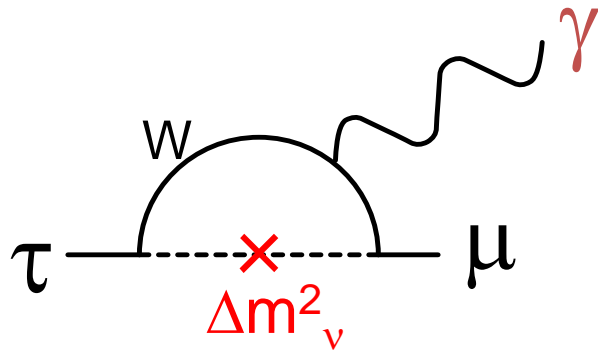
⇒もし観測できれば、新しい物理の存在の証明

## 荷電レプトンの中で $\tau$ レプトンに注目

- 質量が大きいため、新しい物理の感度が強い
- 様々な崩壊が可能のため、多くのモデルが検証可能

ここでは、終状態に中性メソン( $M^0$ )を含む崩壊 $\tau \rightarrow l M^0$ に注目

# LFV in New Physics

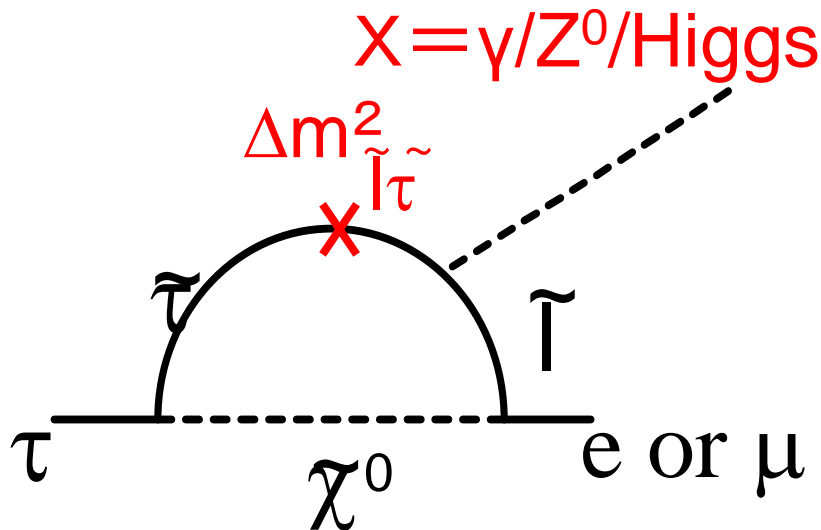


新しい物理からLFVの寄与  
 ここでは、有力候補である  
 超対称性理論(SUSY)を考えると



新しい物理(SUSY)に  
 拡張すると

SUSY+シーソー機構から  
 ⇒ **スカラーレプトンの混合の  
 寄与が重要**



$$\tau \rightarrow l + X (= \gamma, Z^0, \text{ or Higgs})$$

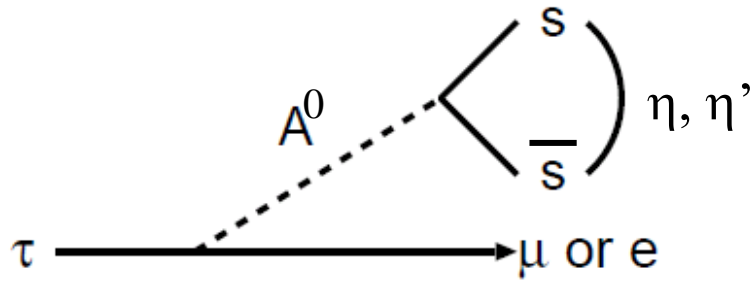


$q\bar{q}$ に崩壊し、  
 メソンを生成

その際、親粒子Xによって、  
 生成されるメソンの性質が決まる



# $\tau \rightarrow IM^0$ in SUSY



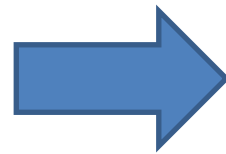
$X$ が擬スカラーHiggs( $A^0$ )の時は  
 $\Rightarrow$ 終状態に擬スカラーメソン( $P^0$ )となる  
 ( $A^0 \rightarrow s\bar{s} \rightarrow \eta, \eta'$ )

$$Br(\tau \rightarrow \mu\eta) = 1.2 \times 10^{-7} |\delta_{32}|^2 \left( \frac{100}{m_{A^0} (GeV)} \right)^4 \left( \frac{\tan \beta}{60} \right)^6$$

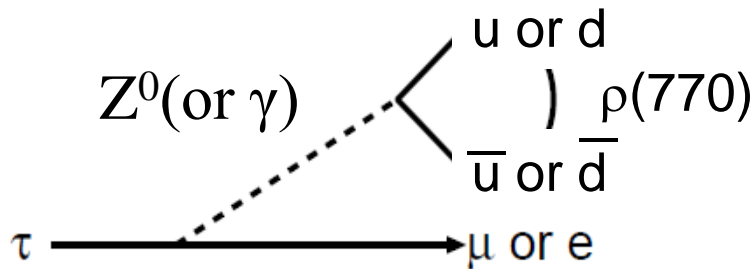
(JHEP0806:079(2008))

( $|\delta_{32}|^2$ 混合パラメーター)

Higgs質量が小さく、  
 $\tan \beta$ が大きい時に重要

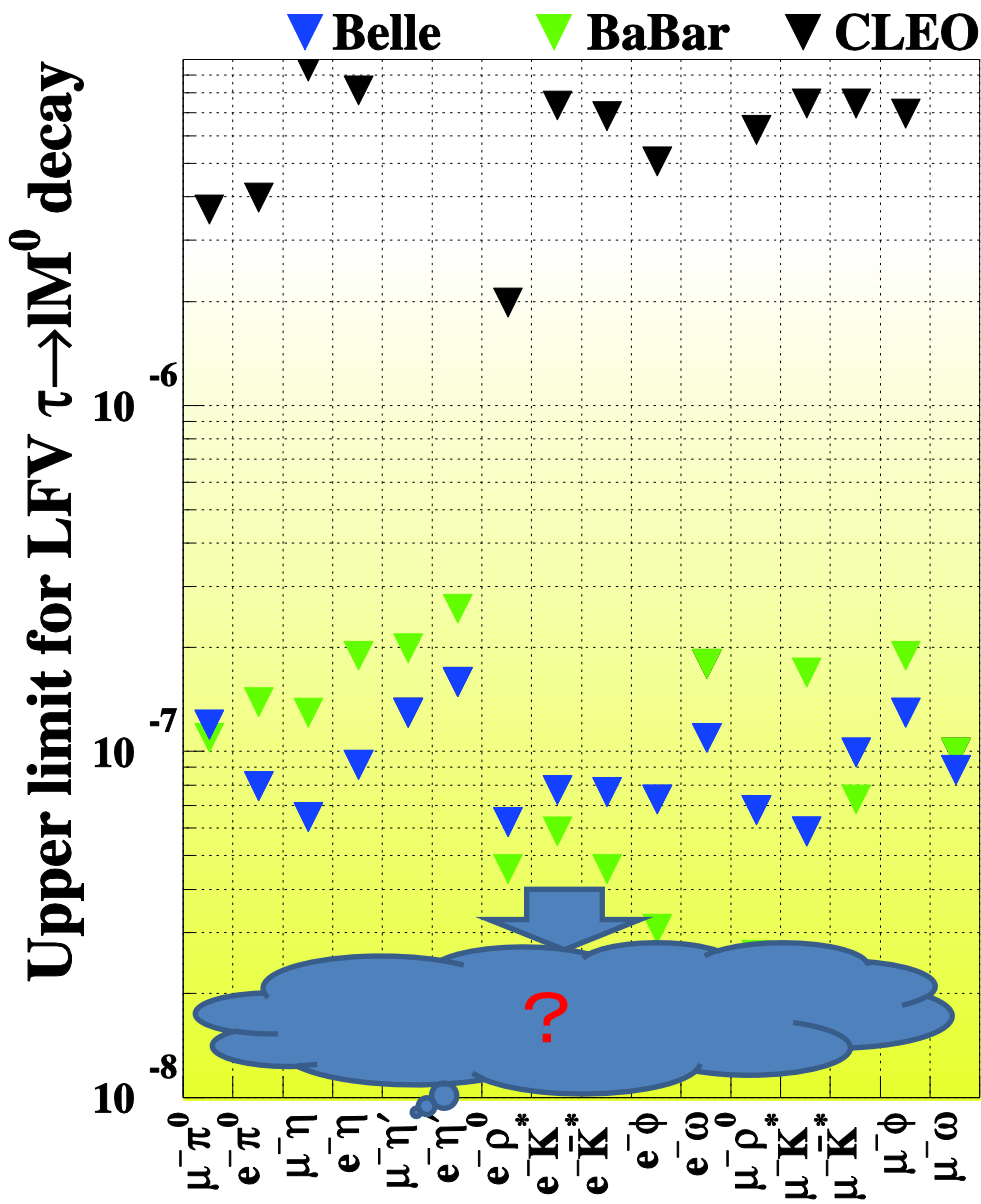


予想される理論値  
 $Br(\tau \rightarrow l\eta^{(')}) \leq O(10^{-8})$



$X$ が $Z^0$ (or  $\gamma$ )の時は  
 $\Rightarrow$ 終状態にベクターメソン( $V^0$ )  
 $Z^0/\gamma \rightarrow qq \rightarrow \rho, \phi$

# 現在の分岐比の上限値



$\tau \rightarrow IP^0(\eta, \eta', \pi^0)$  モード

Belle: 401 fb<sup>-1</sup>  
 Br < (6.5-1.6) x 10<sup>-8</sup>  
 BaBar: 339 fb<sup>-1</sup>  
 Br < (11-24) x 10<sup>-8</sup>

$\tau \rightarrow IV^0(\rho, \phi, \omega, K^{*0}, \bar{K}^{*0})$  モード

Belle: 543 fb<sup>-1</sup>  
 Br < (6.3-18) x 10<sup>-8</sup>  
 BaBar: (384-451) fb<sup>-1</sup>  
 Br < (2.6-19) x 10<sup>-8</sup>

# KEKB加速器とBelle検出器

KEKB加速器 (Bファクトリー)

電子: 8 GeV、陽電子: 3.5 GeV

⇒ 重心系エネルギー: 10.58 GeV

$\sigma(\text{BB}) \sim 1.1 \text{ nb}$ ,  $\sigma(\tau\tau) \sim 0.9 \text{ nb}$

⇒ **Bファクトリーは $\tau$ ファクトリー**



Belle実験で得られたフルデータを用いて約 $1.6 \times 10^9$   $\tau$ 崩壊を使用し、 $\tau$  LFVを探索

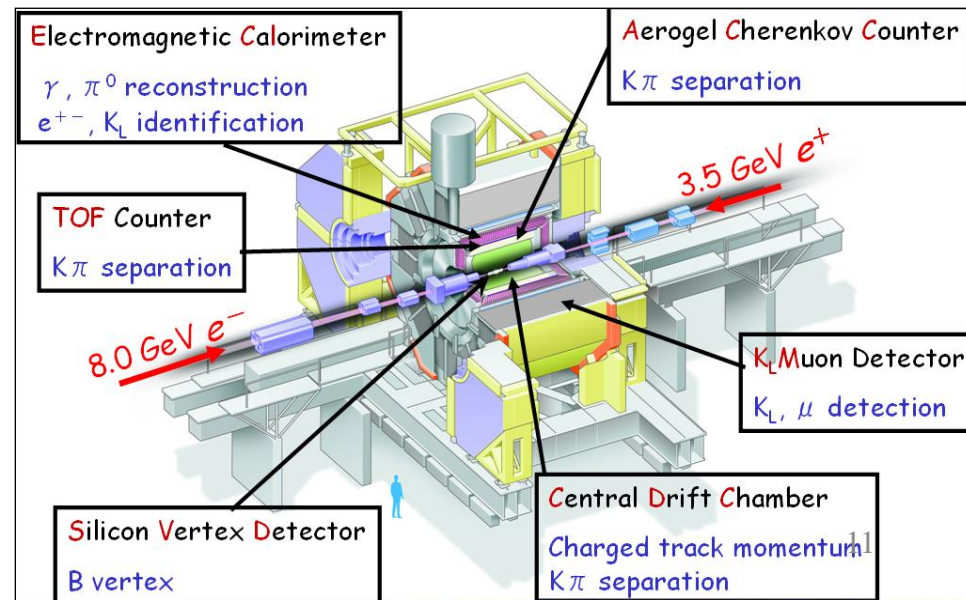
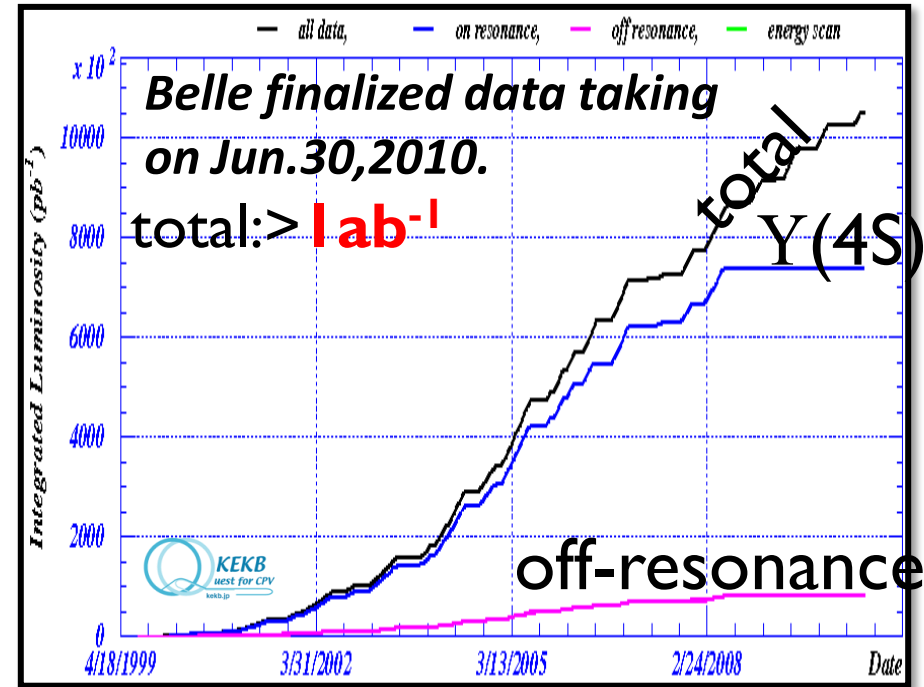
Belle検出器: 多目的検出器

レプトンIDが重要

e/ $\mu$ ID eff. : 90%

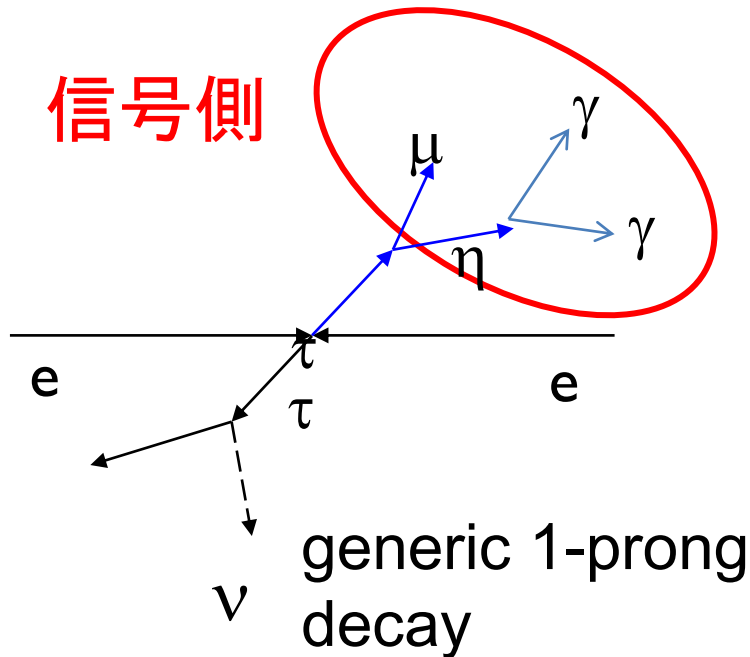
$\mu$  fake rate : 1~2%

e fake rate : 0.1 %



# 解析方法

信号側



事象選択後に信号側の粒子を用いて、

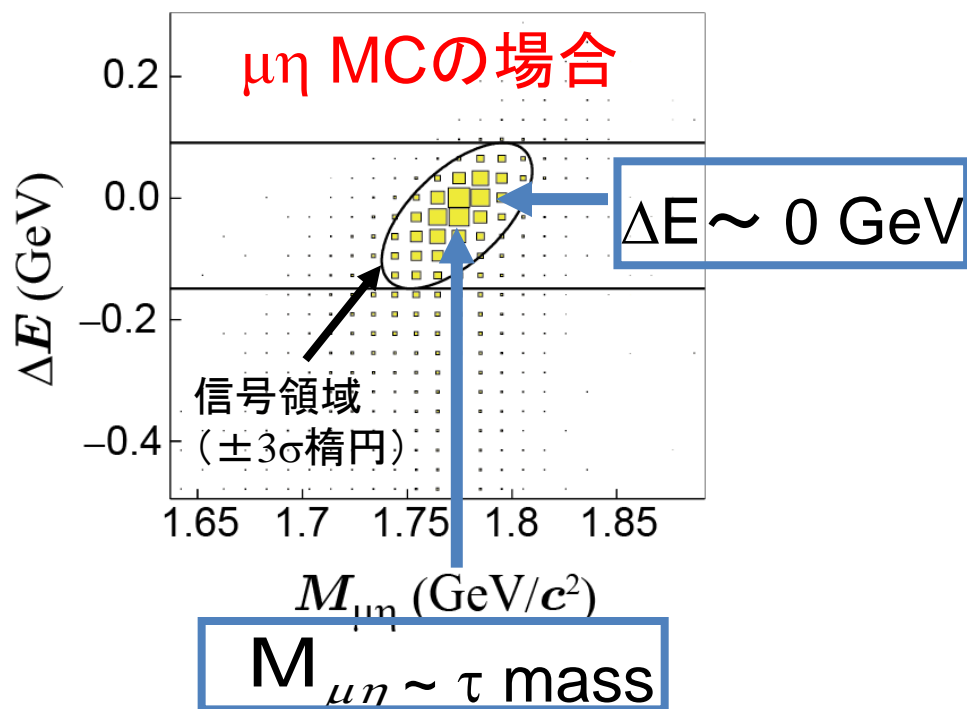
$$M_{\ell M O} = \sqrt{E_{\ell M O}^2 - \mathbf{p}_{\ell M O}^2}$$

$$\Delta E = E_{\ell M O}^{\text{CM}} - E_{\text{beam}}^{\text{CM}}$$

を再構成し、2次元分布で評価

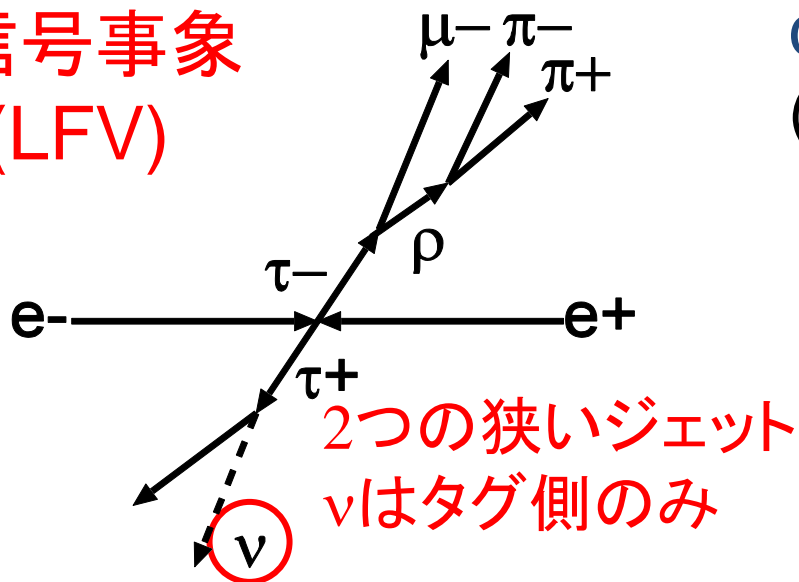
解析にバイアスを与えないよう  
⇒ **ブラインドアナリシス法**を採用  
信号領域をブライド領域

サイドバンドのデータや  
MCを使い、信号領域の  
背景事象を見積もり



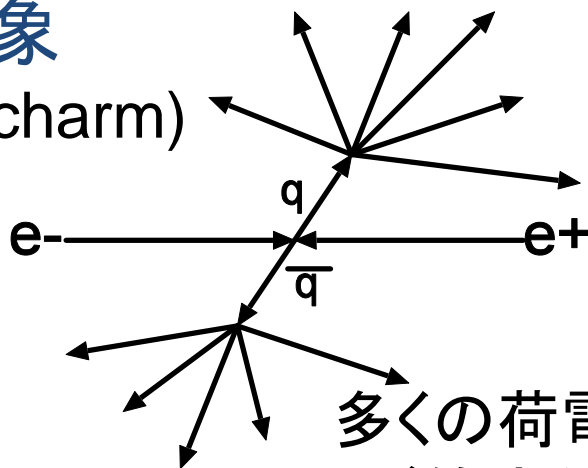
# 信号事象と背景事象

信号事象  
(LFV)



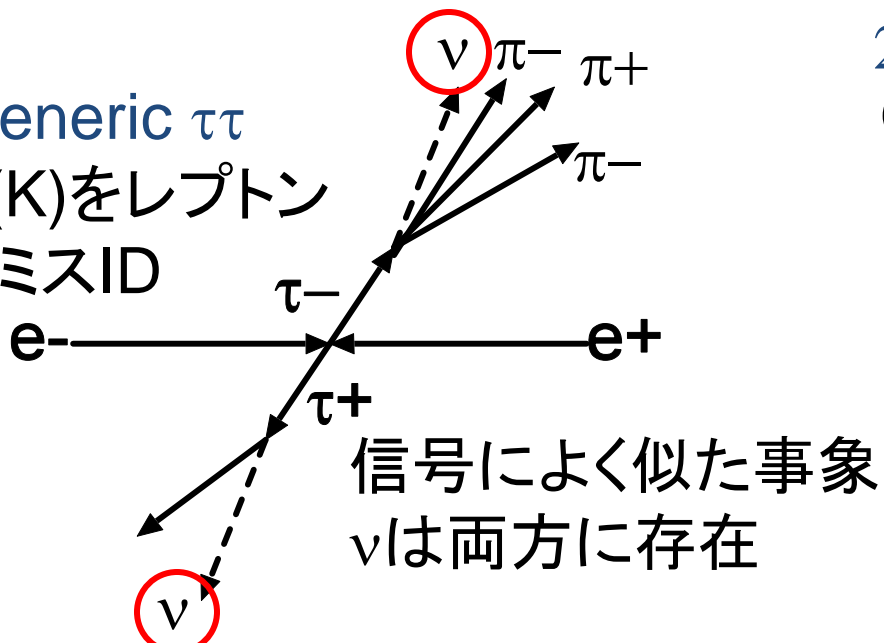
2つの狭いジェット  
 $\nu$ はタグ側のみ

$q\bar{q}$ 事象  
(uds, charm)



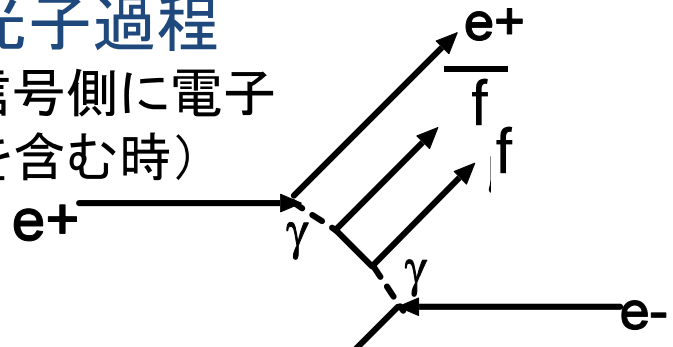
多くの荷電粒子や  
 $\gamma$ が等方的に生成

Generic  $\tau\tau$   
 $\pi(K)$ をレプトン  
とミスID



信号によく似た事象  
 $\nu$ は両方に存在

2光子過程  
(信号側に電子  
を含む時)



タグ側は電子を含む  
 $p_T$ バランスが小さい

$$\tau \rightarrow IV^0$$

# まず最初に、、、

以前の解析そのまま、 $\tau \rightarrow \mu\rho$ モードを $543 \text{ fb}^{-1}$ から $854 \text{ fb}^{-1}$ に感度を単純に予想してみると、、、

Expected UL:  $< 4.3 \times 10^{-8}$  (前回  $< 6.8 \times 10^{-8}$ )

BaBar:  $< 2.6 \times 10^{-8}$  @  $401 \text{ fb}^{-1}$  より悪い結果、、、

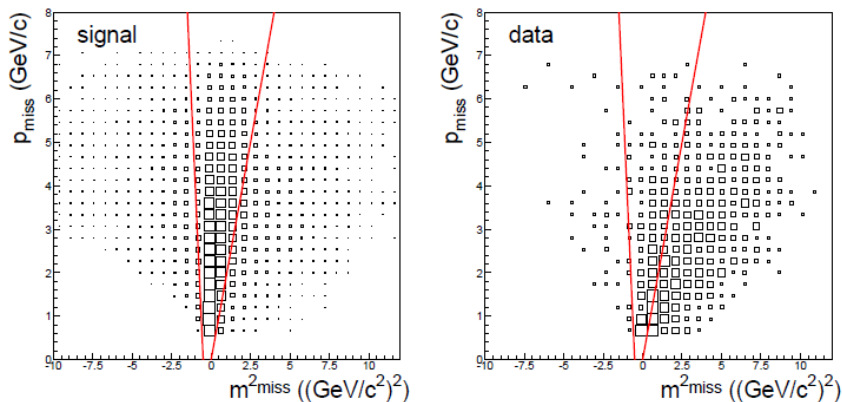
より感度を上げるには、

 もっとEffを上げて、BGを下げる必要があります

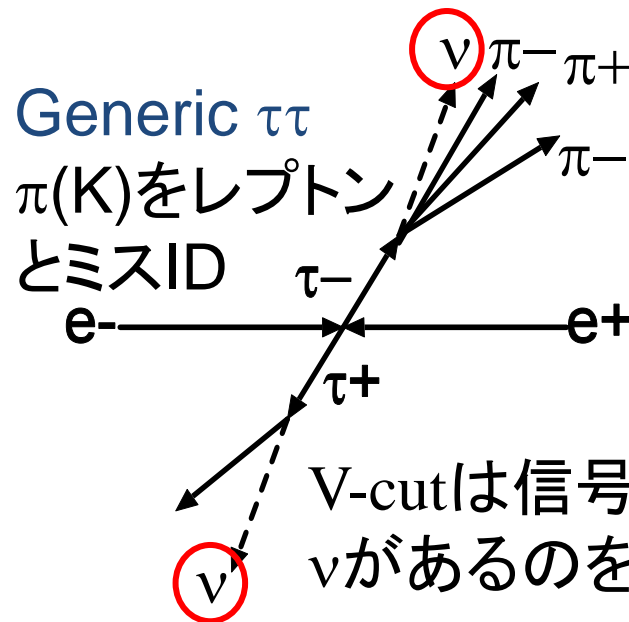
前回の信号識別で一番Effを落としてるのは、

V-cut ( $m_{\text{miss}}^2$  vs.  $p_{\text{miss}}$ )なので、一度、これを考えてみよう

# V-cutについて

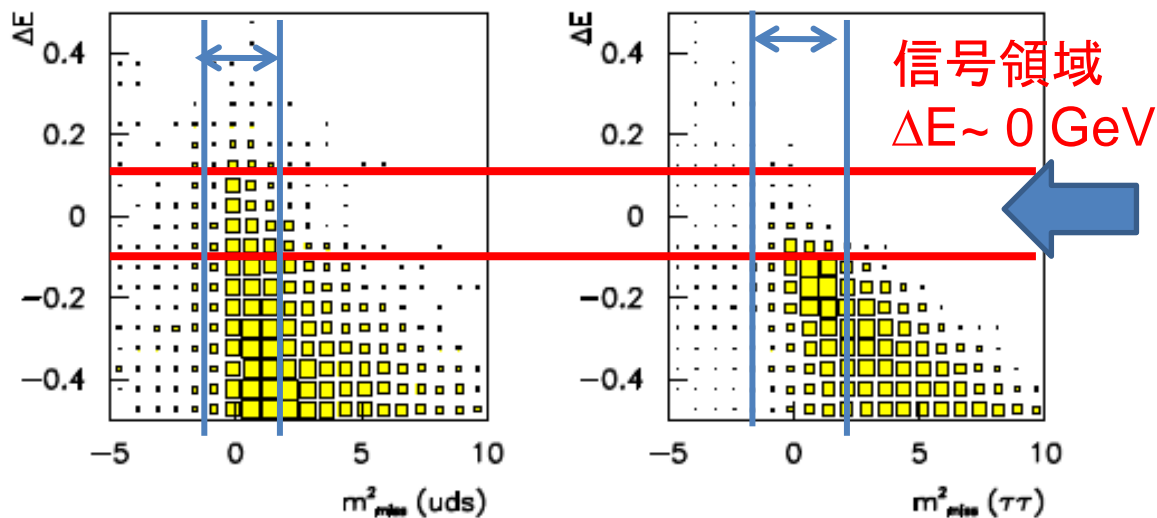


このカットでEffを約30%近く減らす  
いろいろな相関をチェックしてみると



V-cutは信号、タグにも  
 $\nu$ があるのを利用

## カット領域



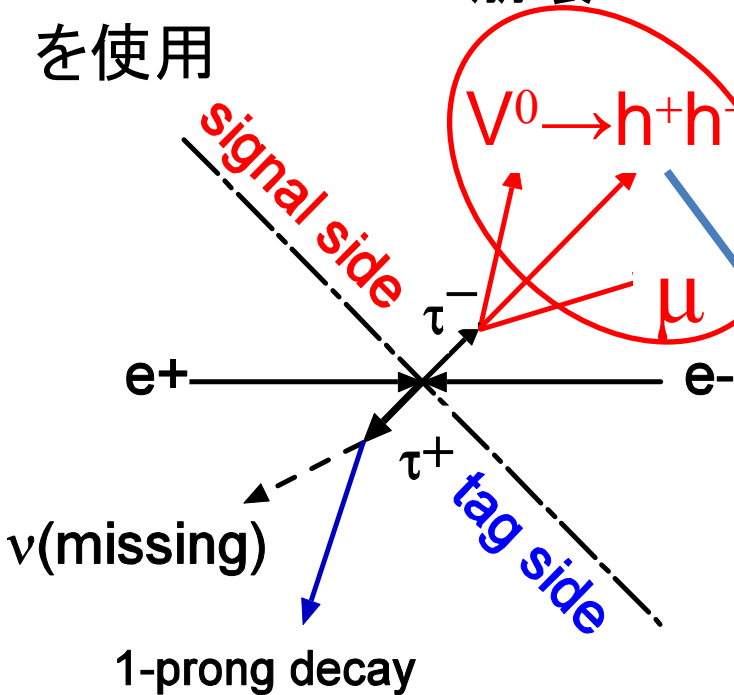
$m^2_{miss}$ は $\Delta E$ と相関あり

今回の事象選択では、  
 もっと効率のいい  
 事象選択を探すべき  
 そのためにもっとBGを  
 理解すべき！



# $\tau \rightarrow IV^0$ : 事象選択(1)

Data:  $1.56 \times 10^9$   $\tau$ 崩壊  
を使用



1-prong decay

タグ側

荷電粒子を1本を含む  
崩壊を選択

( $\tau$ の全崩壊分岐比の  
約 85%)

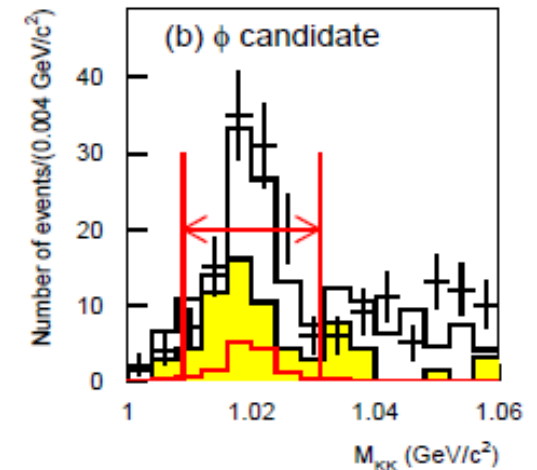
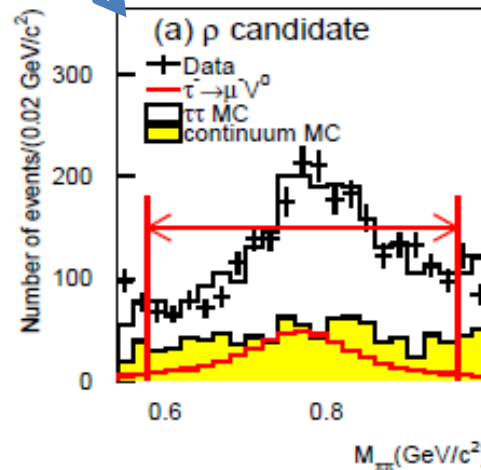
信号側

- レプトン(電子かミューオン)
- ベクターメソン( $\rho, \phi, \omega, K^{*0}, \bar{K}^{*0}$ )

$\Rightarrow$ 終状態は $h^+ h^-$

( $h = \pi/K$ )( $+\pi^0$  for  $\omega$  only)

$h^\pm$ は $K/\pi$ 識別し、レプトンでない事を要求



背景事象を詳しく調べる事で、  
それぞれの事象選択を最適化し  
効率的にBGを除去を行う

# $\tau \rightarrow IV^0$ : 事象選択(2)

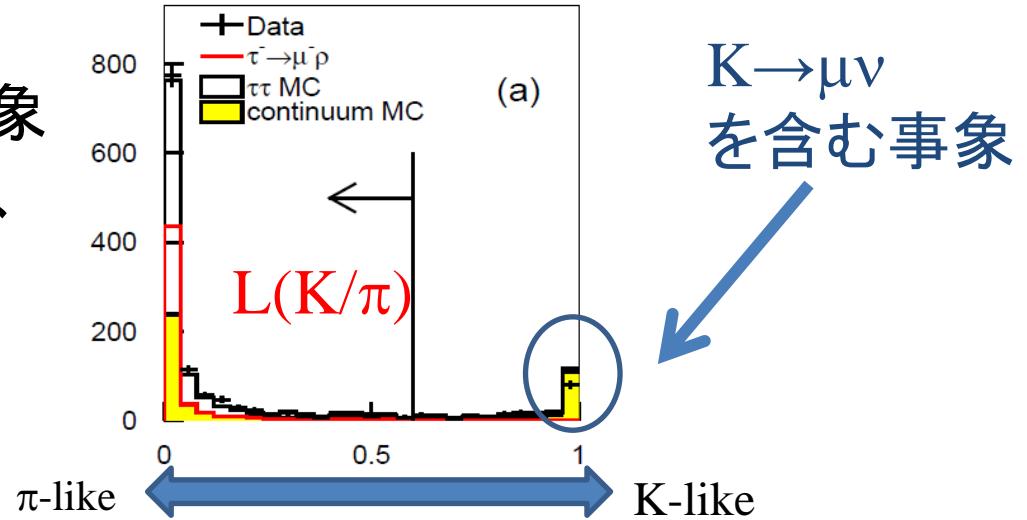
例1:  $\mu V^0$ モード

BG:  $uds$ の $K \rightarrow \mu\nu$ を含む事象

$\Rightarrow$   $\mu$ -trackに $K/\pi$ 識別を行い、

Kaon Veto  $L(K/\pi) < 0.6$ で

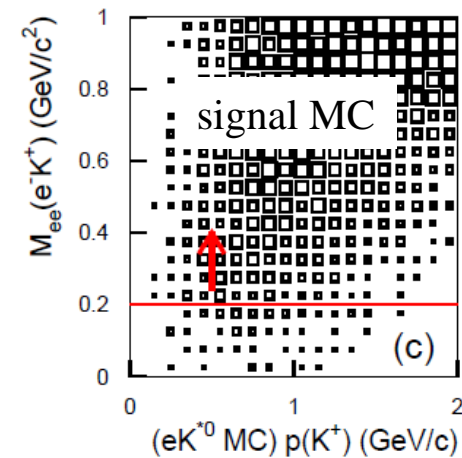
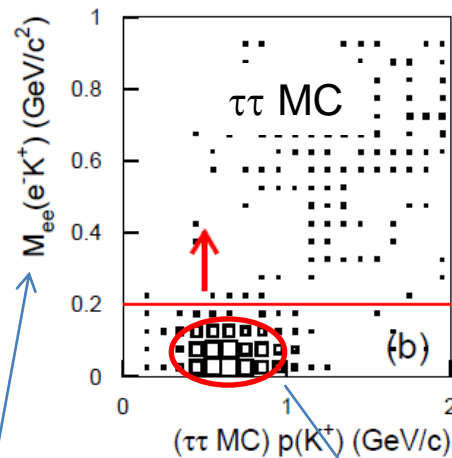
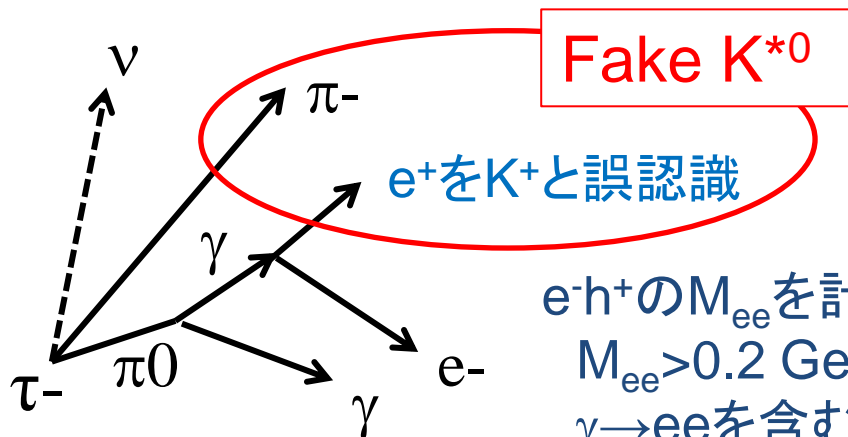
除去可能



例2:  $eV^0$ モード

$\tau^- \rightarrow h^- \pi^0 (\rightarrow \gamma\gamma) \nu_\tau$ における

$\gamma \rightarrow ee$  conversionを含む事象



$e^-h^+$ の $M_{ee}$ を計算

$M_{ee} > 0.2 \text{ GeV}/c^2$ で

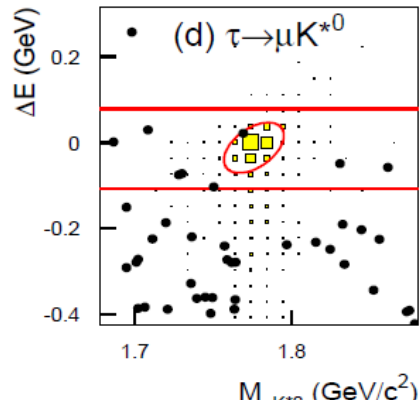
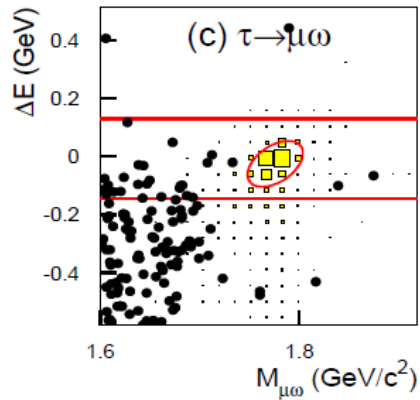
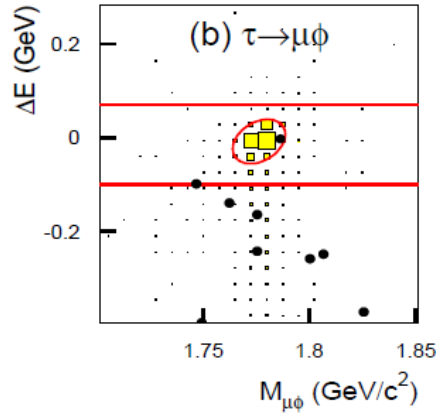
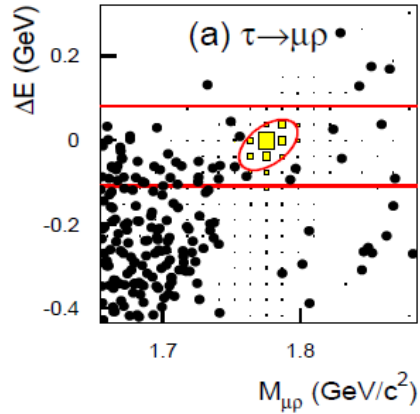
$\gamma \rightarrow ee$ を含む事象を除去

$e$ から $h$ 誤認識は運動量依存性あり

- $(0.5-1.0) \text{ GeV}/c$ :  $K$ と誤認識  
 $\Rightarrow$  ( $e/K$ で $dE/dx$ が重なるため)

- Other region:  $\pi$ と誤認識

# $\tau \rightarrow IV^0$ : 結果



事象選択後の信号領域

- 1 event  $\mu\phi, \mu K^{*0}, \mu K^0$
- 0 events その他



予想される背景事象にくらべて、  
有意な信号数は観測されず

予想される背景事象  
(0.1-1.5)events

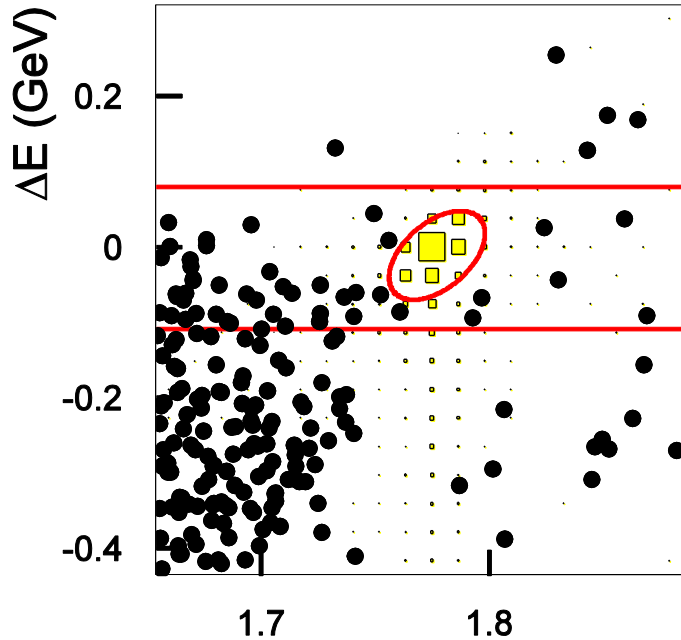
$$\text{Br}(\tau \rightarrow IV^0) < (1.2-8.4) \times 10^{-8}$$

⇒ 前回の解析から (0.8-5.7) 倍向上

$\tau^- \rightarrow$	Eff.	$N_{\text{BG}}^{\text{exp}}$	UL( $\times 10^{-8}$ )	$\tau^- \rightarrow$	Eff.	$N_{\text{BG}}^{\text{exp}}$	UL( $\times 10^{-8}$ )
$e^- \rho^0$	7.6%	$0.29 \pm 0.15$	<b>1.8</b>	$e^- K^{*0}$	4.4%	$0.39 \pm 0.14$	<b>3.2</b>
$\mu^- \rho^0$	7.1%	$1.48 \pm 0.35$	<b>1.2</b>	$\mu^- K^{*0}$	3.4%	$0.53 \pm 0.20$	<b>7.2</b>
$e^- \phi$	4.2%	$0.47 \pm 0.19$	<b>3.1</b>	$e^- K^0$	4.4%	$0.08 \pm 0.08$	<b>3.4</b>
$\mu^- \phi$	3.2%	$0.06 \pm 0.06$	<b>8.4</b>	$\mu^- K^0$	3.6%	$0.45 \pm 0.17$	<b>7.0</b>
$e^- \omega$	2.9%	$0.30 \pm 0.14$	<b>4.8</b>	$\mu^- \omega$	2.4%	$0.72 \pm 0.18$	<b>4.7</b>

# 前回の解析と比較！

## 今回の事象選択



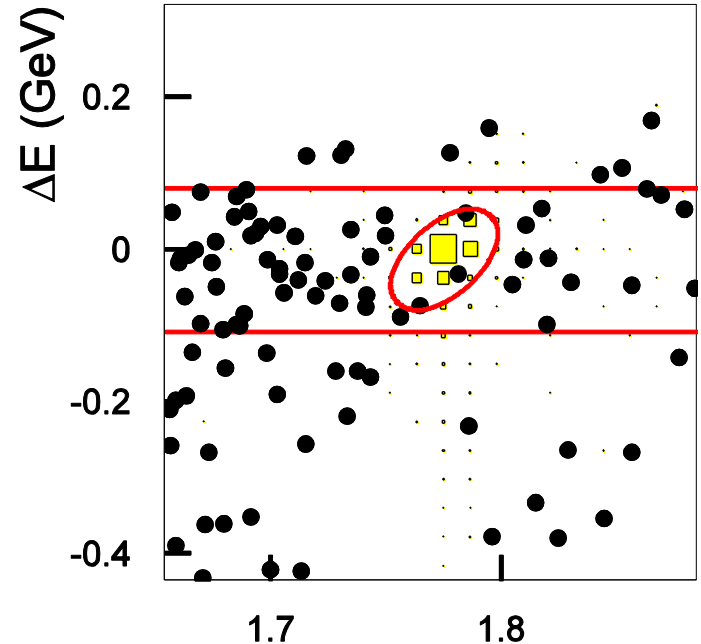
$\Delta E > 0$  GeV領域  
uds,  $\mu\mu$   
カットの効果



$\Delta E < 0$  GeV領域  
V-cutの違い



## 前回の事象選択



Eff 7.1%  $M_{\mu\rho}$  (GeV/c<sup>2</sup>)

BG 1.5 evt, obs 0 evt

$\text{Br}(\tau \rightarrow \mu\rho) < 1.2 \times 10^{-8}$

Eff 4.9%  $M_{\mu\rho}$  (GeV/c<sup>2</sup>)

BG 2.0 evt, obs 2 evt

$\text{Br}(\tau \rightarrow \mu\rho) < \sim 5 \times 10^{-8}$

前回に比べて、Effが高いまま、BGの排除により、  
より感度の向上に成功！

$$\tau \rightarrow \text{IP}^0$$

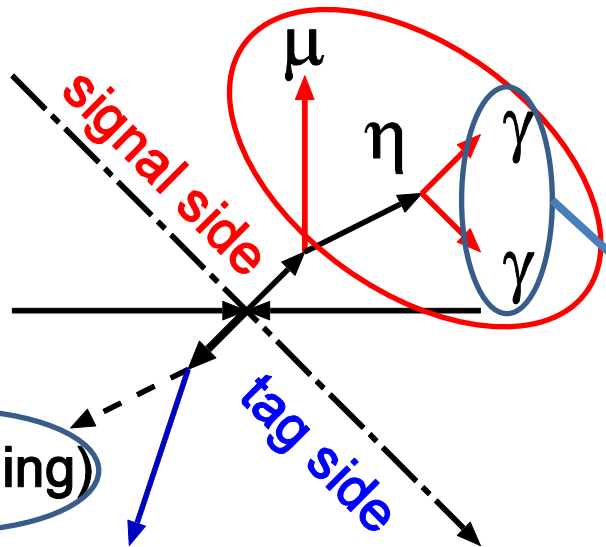
# $\tau \rightarrow \text{IP}^0$ : 事象選択

Data:  $1.64 \times 10^9$   $\tau$ 崩壊を使用

## 信号側

- レプトン(電子かミュオン)
- 擬スカラーメソンを再構成

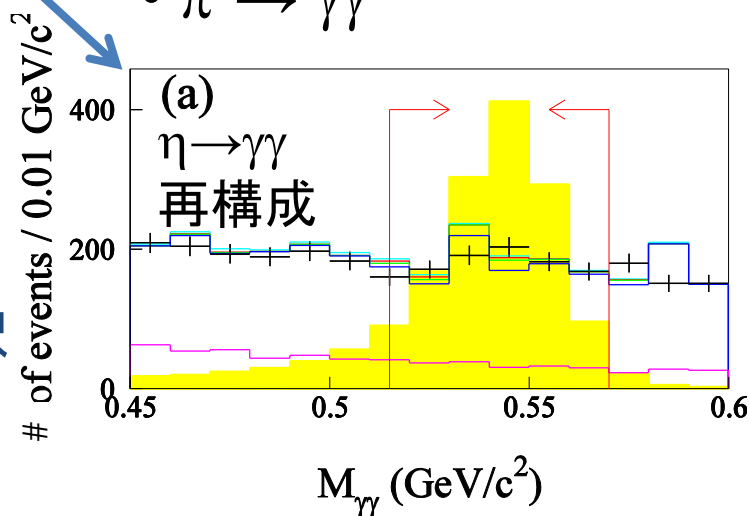
- $\eta \rightarrow \gamma\gamma, \pi^+\pi^-\pi^0$
- $\eta' \rightarrow \eta(\rightarrow \gamma\gamma)\pi^+\pi^-, \rho\gamma$
- $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$



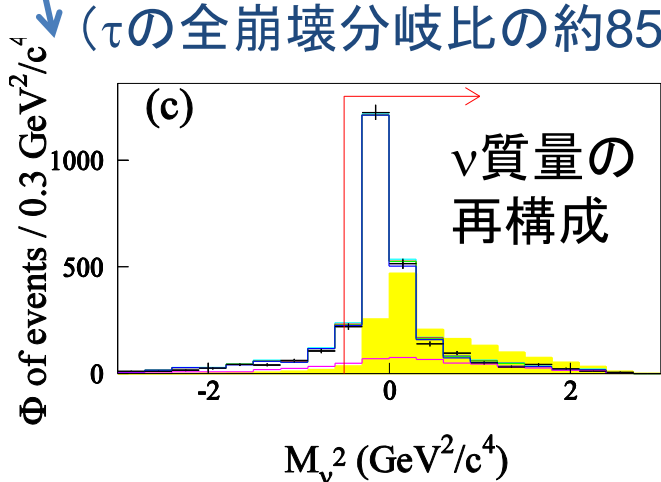
1-prong decay

タグ側

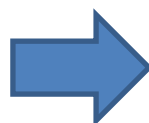
荷電粒子を1本を含む崩壊を選択  
( $\tau$ の全崩壊分岐比の約85%)



black:data  
yellow:signal  
green:qq  
blue: $\mu\mu$   
pink: $\tau\tau$



粒子識別や力学的な識別で事象選択



背景事象を効率的に落とすように  
事象選択を最適化

例:  $\mu\eta(\rightarrow \gamma\gamma)$ : Neural Netを使用

# $\tau \rightarrow IP^0$ : 結果

1事象観測

事象選択後の信号領域

$\tau \rightarrow e\eta(\rightarrow\gamma\gamma)$

$\tau \rightarrow \mu\eta(\rightarrow\gamma\gamma)$

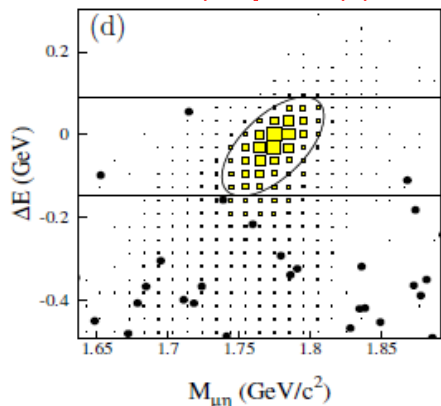
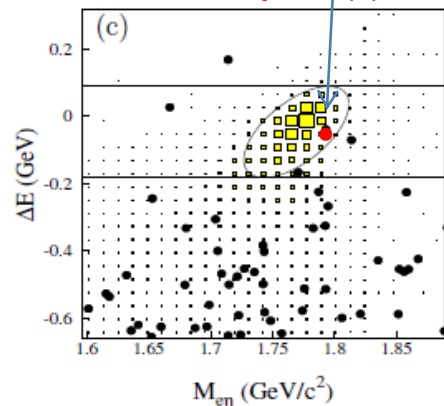
有意な信号数は  
観測されず

- 1 event  $e\eta(\rightarrow\gamma\gamma)$
- 0 events その他

予想される背景事象  
(0.0-1.4)events

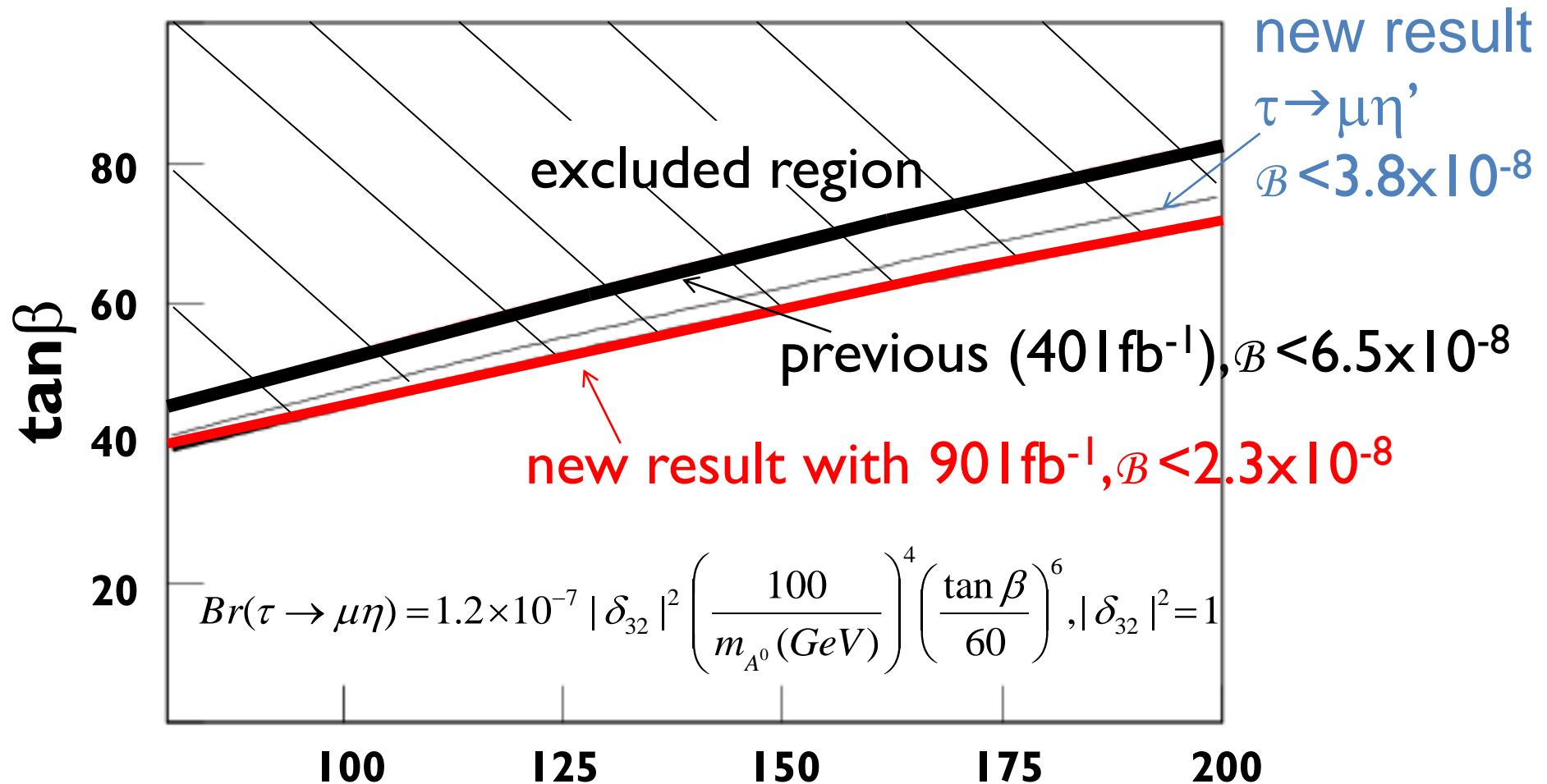
$Br(\tau \rightarrow IP^0) < (2.2-4.4) \times 10^{-8}$

前回の解析から(2.1-4.4)倍向上



$\tau \rightarrow$	Eff.	$N_{BG}^{exp}$	UL( $10^{-8}$ )	$\tau \rightarrow$	Eff.	$N_{BG}^{exp}$	UL( $10^{-8}$ )
$\mu\eta(\rightarrow\gamma\gamma)$	8.2%	$0.63 \pm 0.37$	3.6	$\mu\eta'(\rightarrow\pi\pi\eta)$	8.1%	$0.00^{+0.16}_{-0.00}$	10
$\mu\eta(\rightarrow\pi\pi\pi^0)$	6.9%	$0.23 \pm 0.23$	8.6	$\mu\eta'(\rightarrow\rho^0\gamma)$	6.2%	$0.59 \pm 0.41$	6.6
<b><math>\mu\eta(\text{comb.})</math></b>			<b>2.3</b>	<b><math>\mu\eta'(\text{comb.})</math></b>			<b>3.8</b>
$e\eta(\rightarrow\gamma\gamma)$	7.0%	$0.66 \pm 0.38$	8.2	$e\eta'(\rightarrow\pi\pi\eta)$	7.3%	$0.63 \pm 0.45$	9.4
$e\eta(\rightarrow\pi\pi\pi^0)$	6.3%	$0.69 \pm 0.40$	8.1	$e\eta'(\rightarrow\rho^0\gamma)$	7.5%	$0.29 \pm 0.29$	6.8
<b><math>e\eta(\text{comb.})</math></b>			<b>4.4</b>	<b><math>e\eta'(\text{comb.})</math></b>			<b>3.6</b>
<b><math>\mu\pi^0(\rightarrow\gamma\gamma)</math></b>	4.2%	$0.64 \pm 0.32$	<b>2.7</b>	<b><math>e\pi^0(\rightarrow\gamma\gamma)</math></b>	4.7%	$0.89 \pm 0.40$	<b>2.2</b>

# 新しい物理に関する制限



M.J.Herrero et al,  
 JHEP06(2008)079

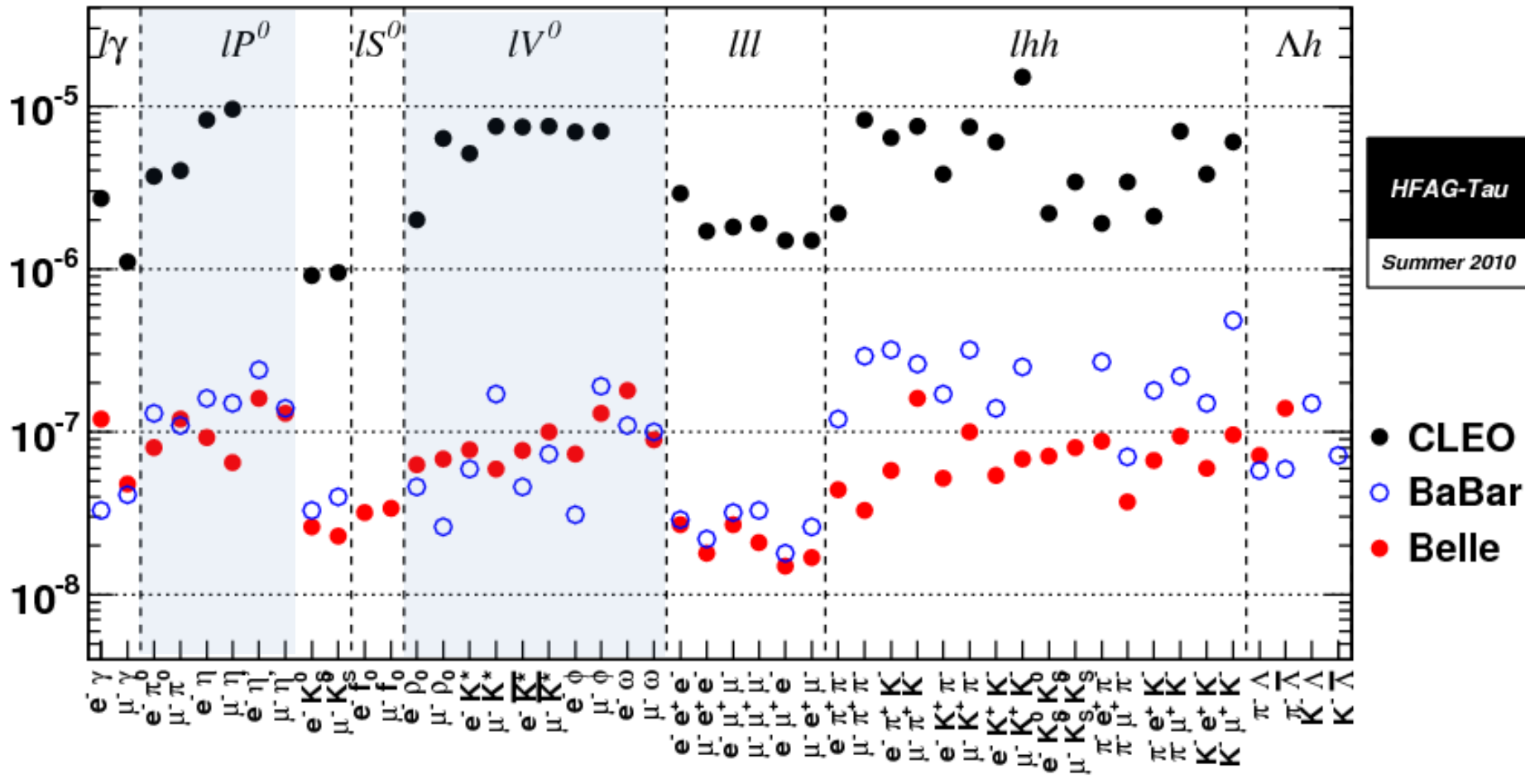
$m_{A^0}$  (GeV/c<sup>2</sup>)



# まとめ

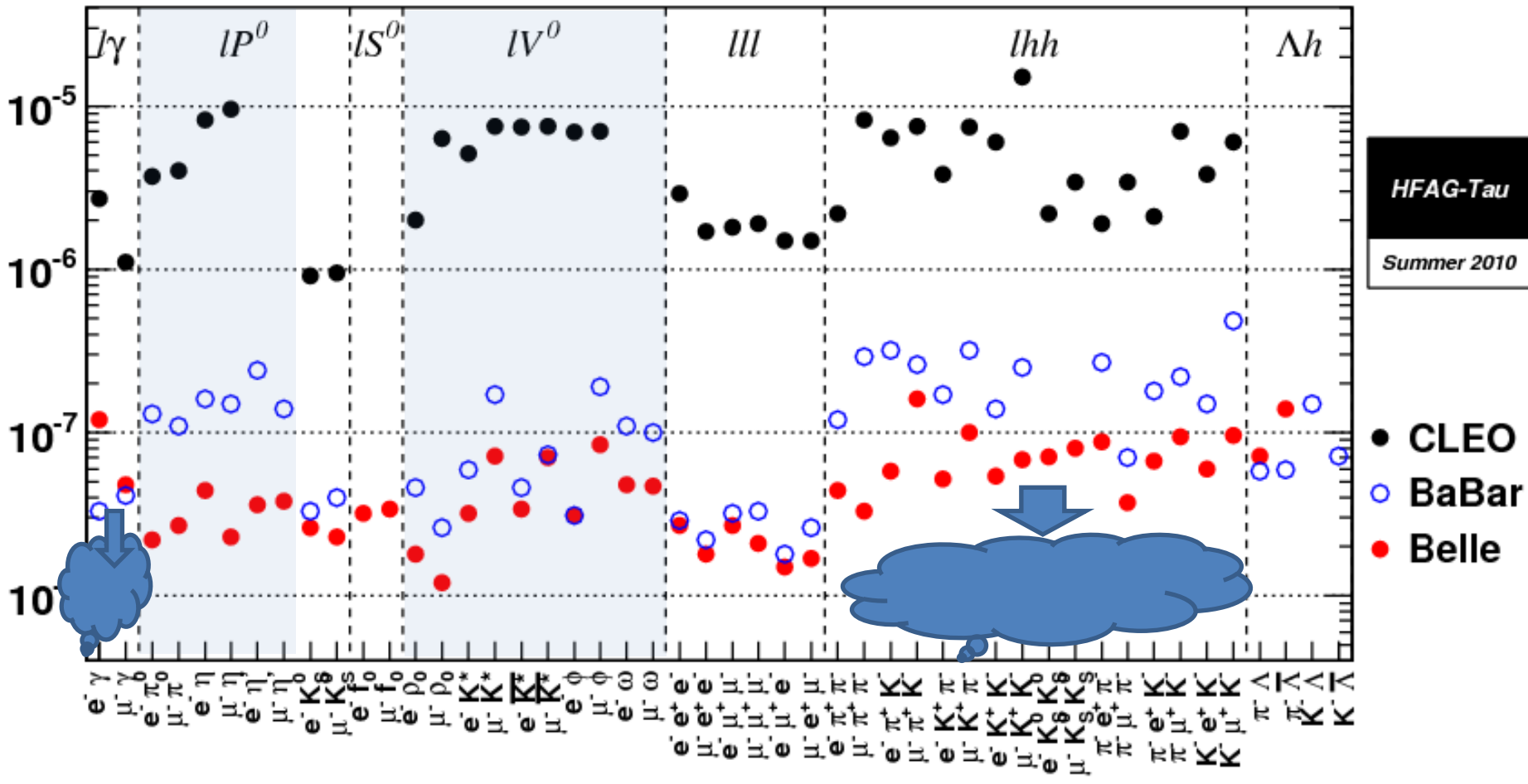
# 昨年度までの状況

90% C.L. Upper limits for LFV  $\tau$  decays



# 現在の状況

90% C.L. Upper limits for LFV  $\tau$  decays



$l\gamma$ ,  $lhh$ モードの更新も、まもなく

# 今年度のまとめ

Belle実験で得られた最終データを使用し、終状態に中性メソンを含む $\tau$  LFV崩壊事象 $\tau \rightarrow IM^0$ の探索を行った。

背景事象をより詳しく理解することで  
前回の解析より、より高い検出効率を  
得ながら、背景事象を抑制に成功

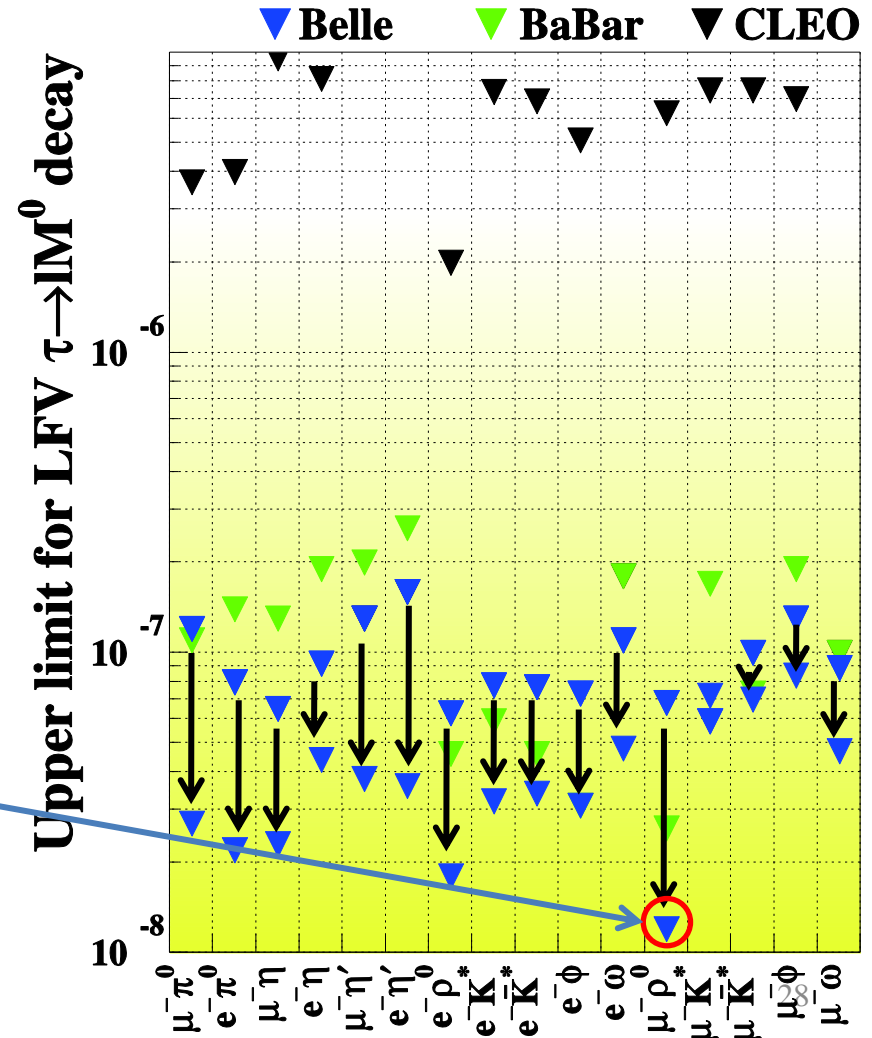
➡ 有意な信号は観測されず、  
90%の信頼度で  
分岐比の上限を設定

- $Br(\tau \rightarrow eP^0) < (2.2-4.4) \times 10^{-8}$
- $Br(\tau \rightarrow \mu P^0) < (2.3-3.8) \times 10^{-8}$
- $Br(\tau \rightarrow eV^0) < (1.8-4.8) \times 10^{-8}$
- $Br(\tau \rightarrow \mu V^0) < (1.2-8.4) \times 10^{-8}$

(Belle Preliminary)

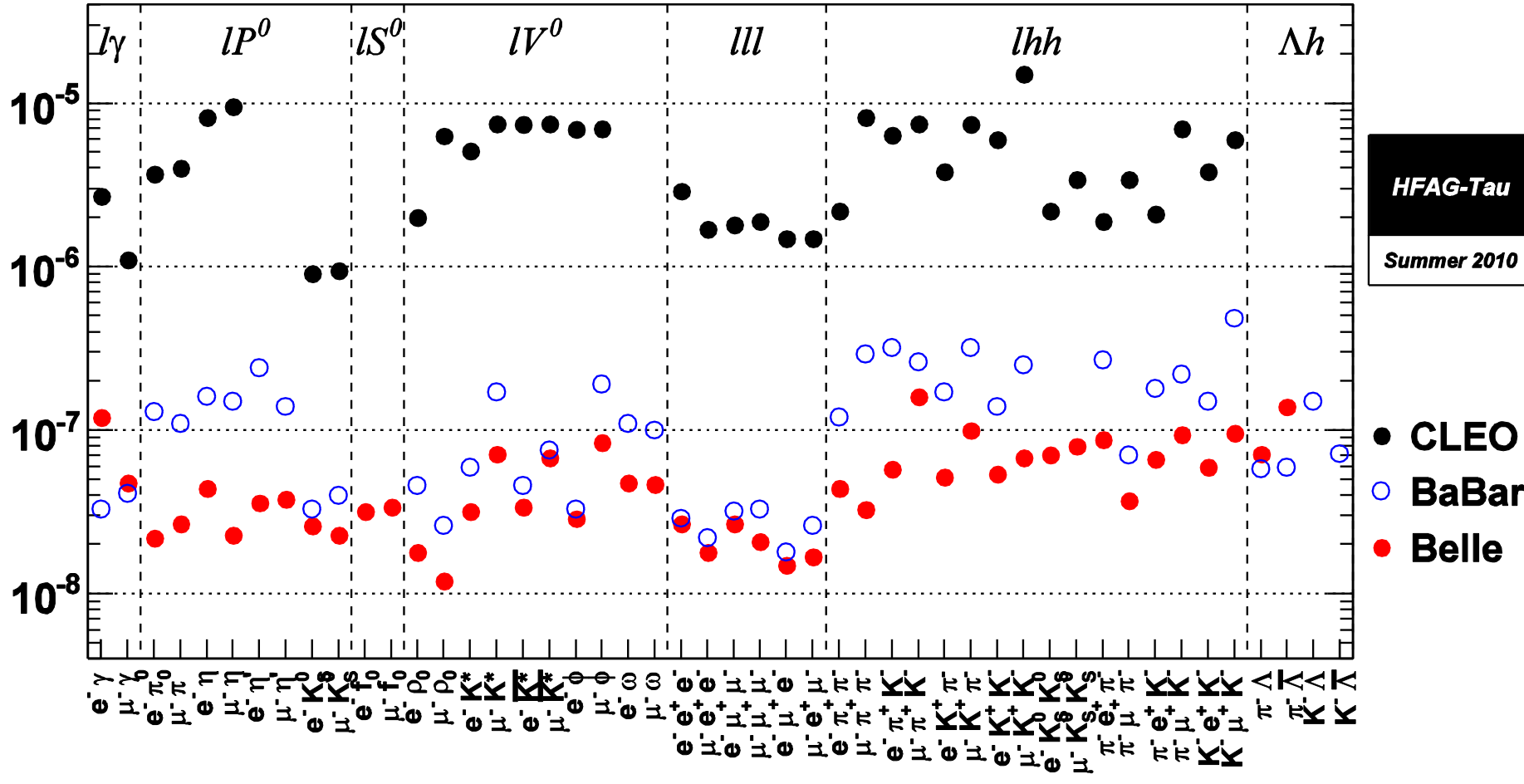
➡  $\tau$ LFVの中で $\mu\rho$ が  
一番低い分岐比の上限を設定

他のモードに関して、  
最終データを用いて解析中



バックアップだよ

90% C.L. Upper limits for LFV  $\tau$  decays



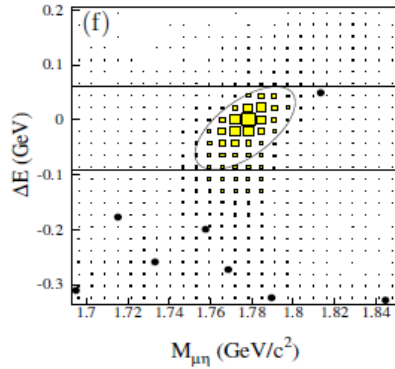
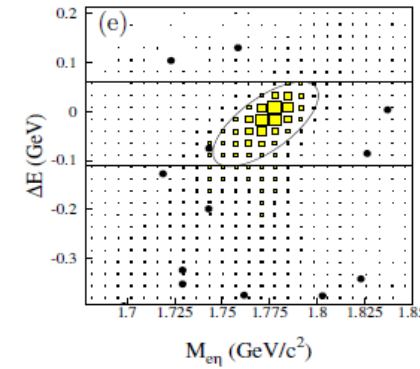
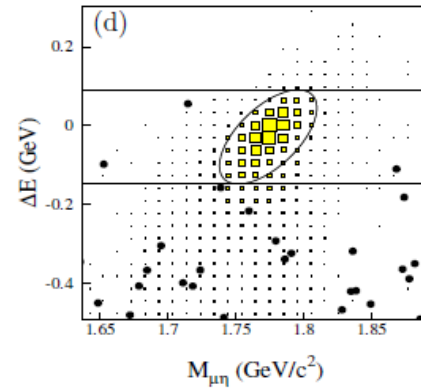
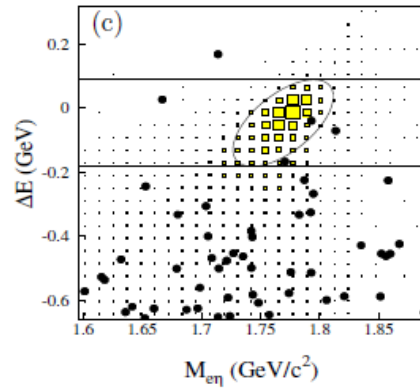
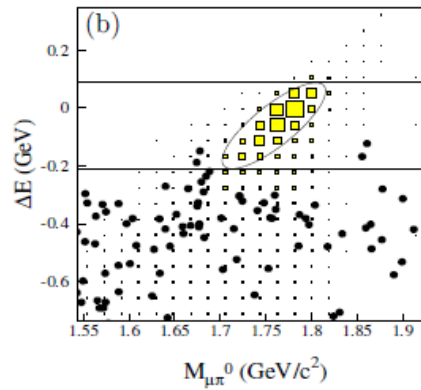
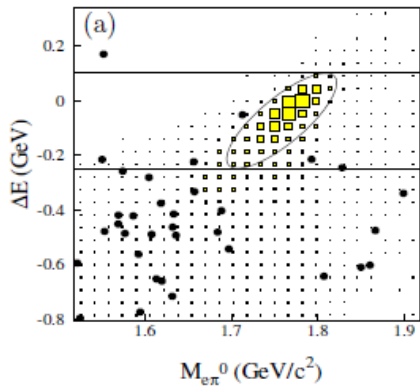
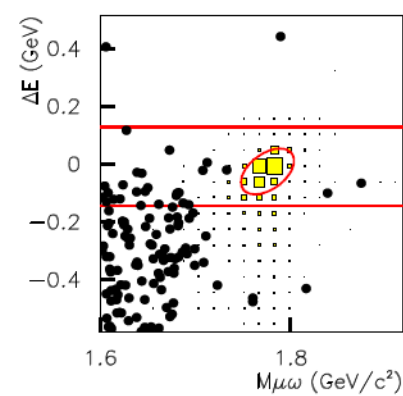
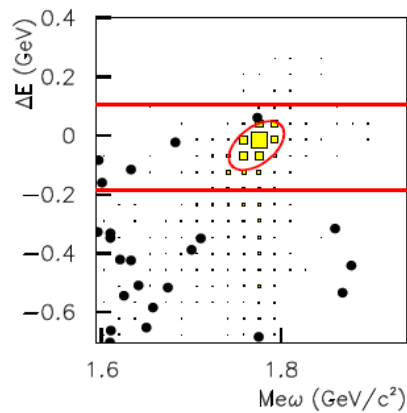
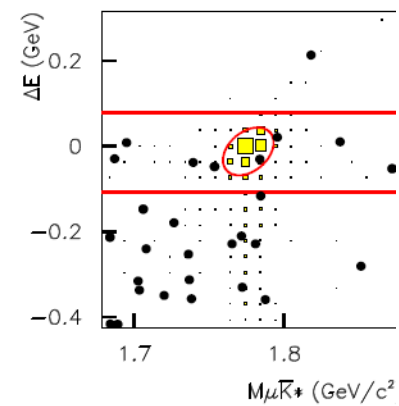
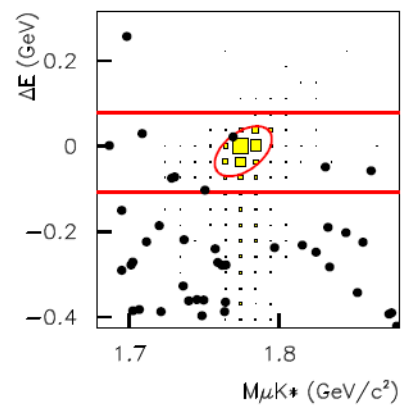
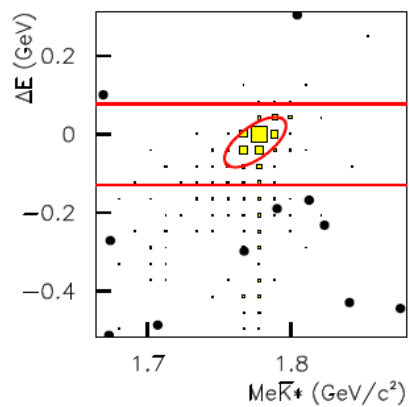
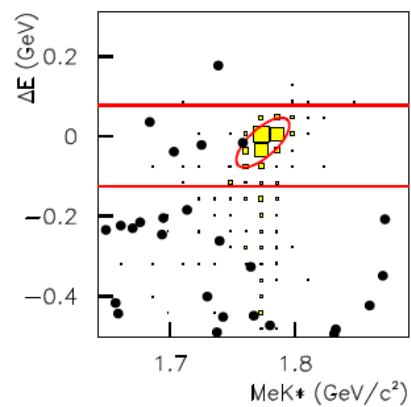
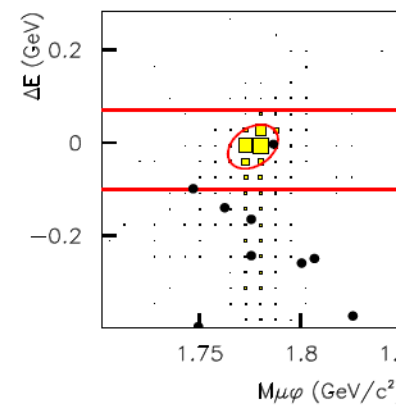
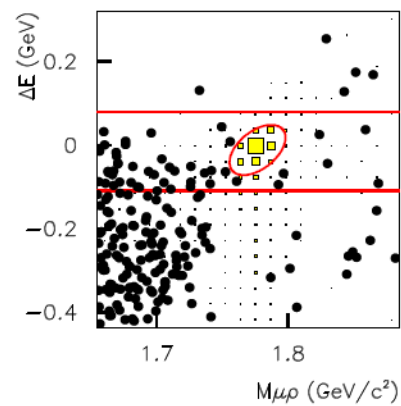
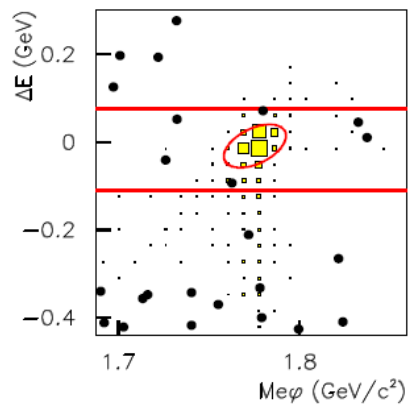
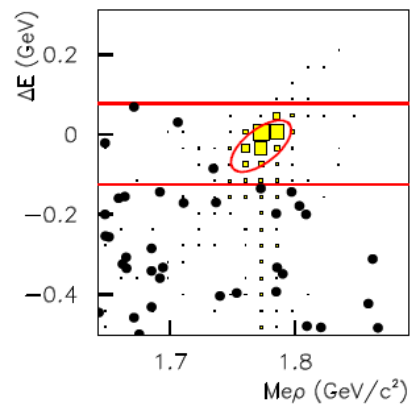


TABLE VI: Summary of upper limits on  $\mathcal{B}$  at 90%CL.

Mode	$P^0$ subdecay mode	Upper limit of $\mathcal{B}$ at 90%CL ( $\times 10^{-8}$ )
$\tau^- \rightarrow e^- \pi^0$	$\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$	2.2
$\tau^- \rightarrow \mu^- \pi^0$	$\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$	2.7
$\tau^- \rightarrow e^- \eta$	$\eta \rightarrow \gamma\gamma$	8.2
	$\eta \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$	8.1
	Combined	4.4
$\tau^- \rightarrow \mu^- \eta$	$\eta \rightarrow \gamma\gamma$	3.6
	$\eta \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$	8.6
	Combined	2.3
$\tau^- \rightarrow e^- \eta'$	$\eta' \rightarrow \rho^0 \gamma$	6.8
	$\eta' \rightarrow \eta \pi^+ \pi^-$	9.4
	Combined	3.6
$\tau^- \rightarrow \mu^- \eta'$	$\eta' \rightarrow \rho^0 \gamma$	6.6
	$\eta' \rightarrow \eta \pi^+ \pi^-$	10
	Combined	3.8





# Introduction

We update analysis of  $\tau \rightarrow 1V0$  ( $V0 = \rho, K^{*0}, \bar{K}^{*0}, \phi, \omega$ ) using full luminosity ( $854\text{fb}^{-1}$ ) till exp69 for summer conference.

## Current upper limit

- Belle  $\text{Br} < (5.9 \sim 18) \times 10^{-8}$  @  $543\text{fb}^{-1}$
- BaBar  $\text{Br} < (2.6 \sim 19) \times 10^{-8}$  @  $451\text{fb}^{-1}$

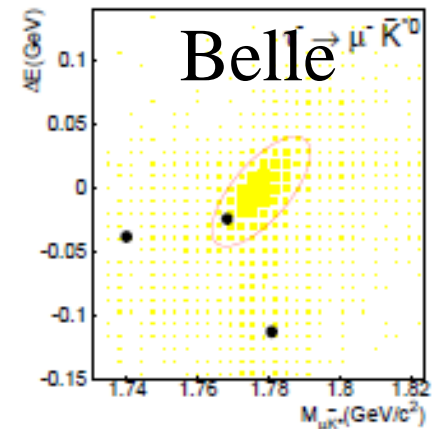
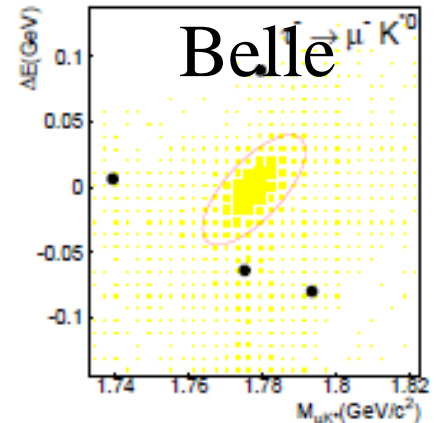
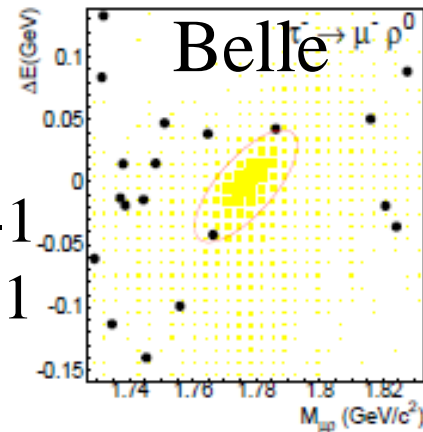
## Previous analysis

Expected BG ( $0.0 \sim 1.0$ ) events

observed ( $0 \sim 1$ ) events

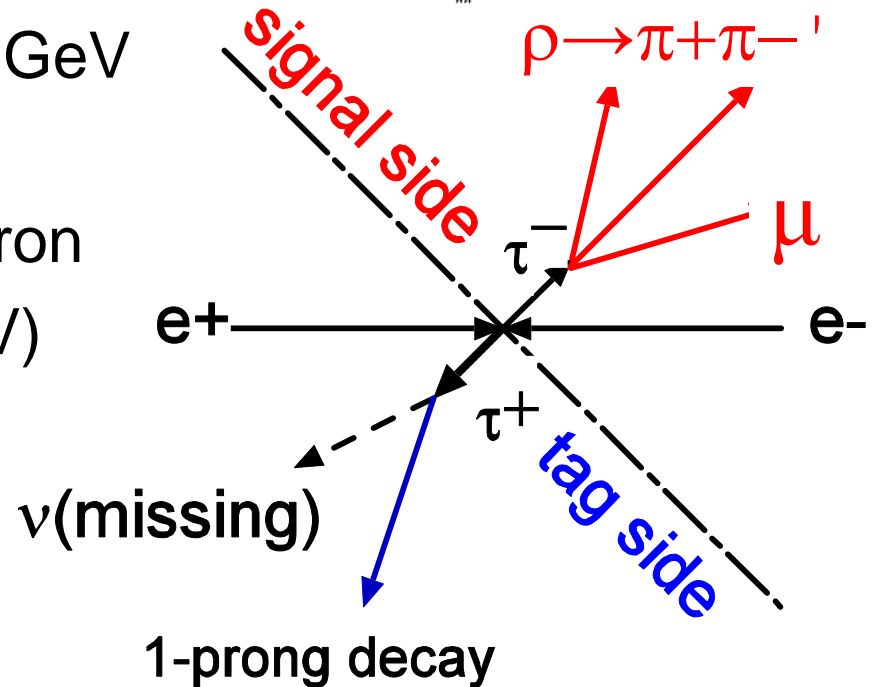
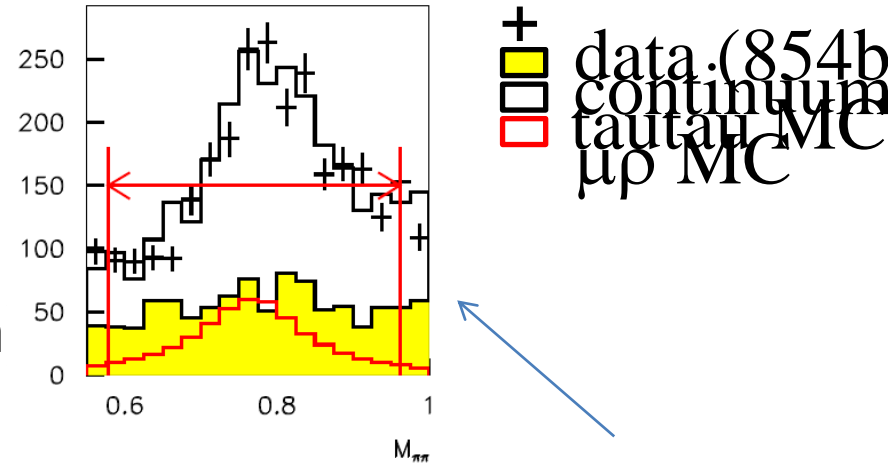
$\Rightarrow$  not negligible BG (not free BG)

if 2 x luminosity for some modes

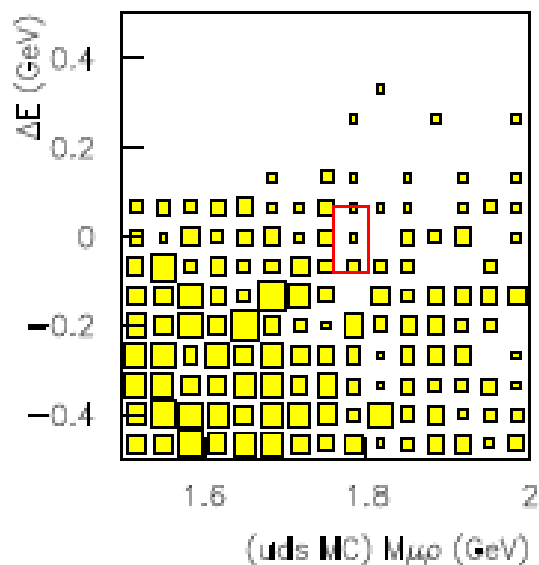
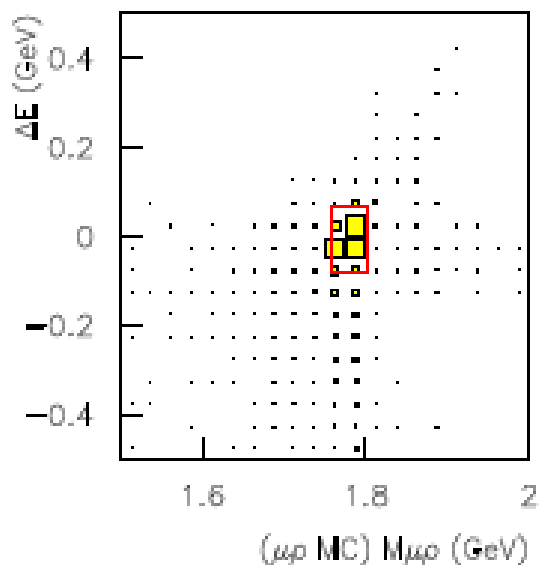


# Baseline selection

- 3-1 selection
- $\mu$  ID  $> 0.95$  with  $p > 1.0$  GeV/c
- $e$  ID  $> 0.9$  with  $p > 0.6$  GeV/c
- V0 selection ( $\pm (2.5-3.0) \sigma$  region)
  - $L(K/\pi) > 0.6$  ( $< 0.6$ ) for K ( $\pi$ ) for
  - no  $\pi$  ID selection and  $p_{\pi^0} > 0.4$  GeV for  $\omega$  mode
  - $eid < 0.1$  and  $\mu ID < 0.1$  for hadron
- $P_{miss}^T > 0.5$  GeV (0.7) for mV (eV)
- # of  $g \leq 1$  for signal side
- # of  $g \leq 2$  (1) for hadronic (leptonic) in tag side

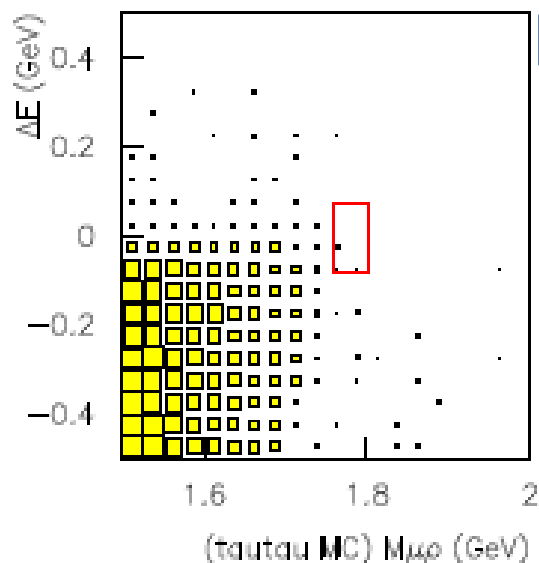
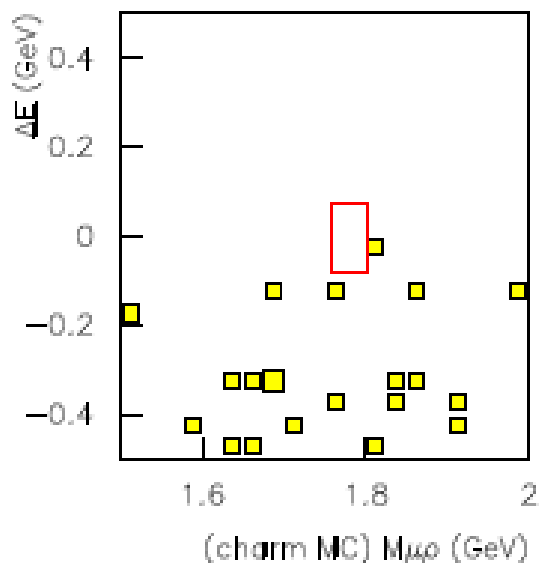


# Check BG distribution



In previous analysis,  
tried to reduce  $\tau\tau$  BG  
mainly

Dominant BG in  
signal region



**continuum**

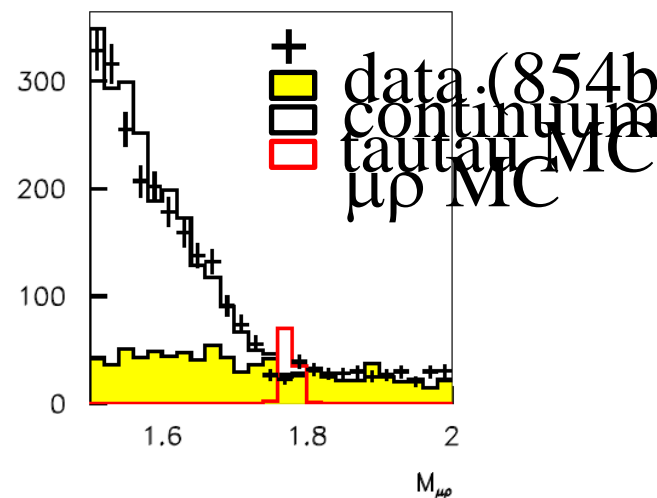


FIG. 1: Scatter plot of MC for  $\mu\mu$ ,  $uds$ , charm and generic  $\tau\tau$

# Check components in uds MC

Check the particle ID in uds MC using generator level for muon and tag-side track

tag-side track

- $\pi$  (~60%)
- **K and proton** (~40%)

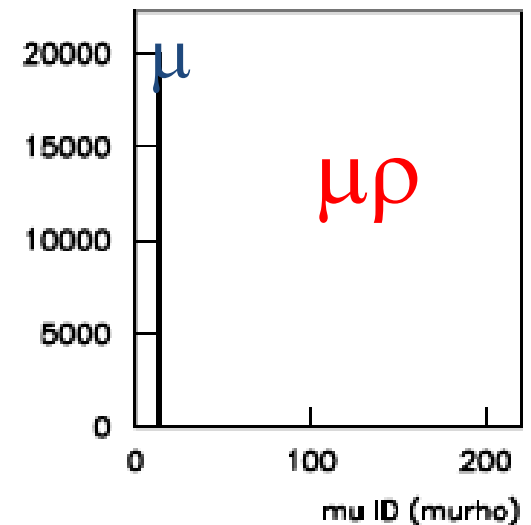
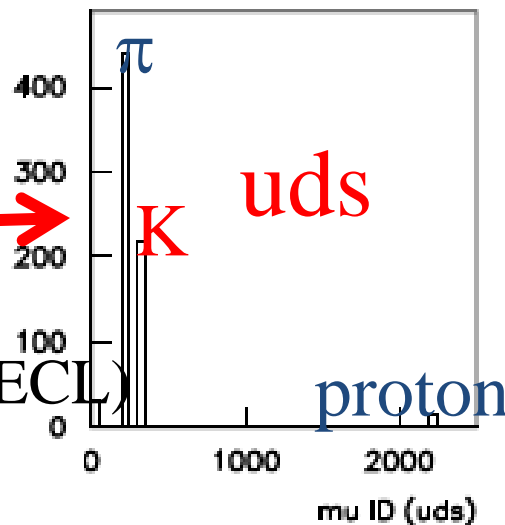
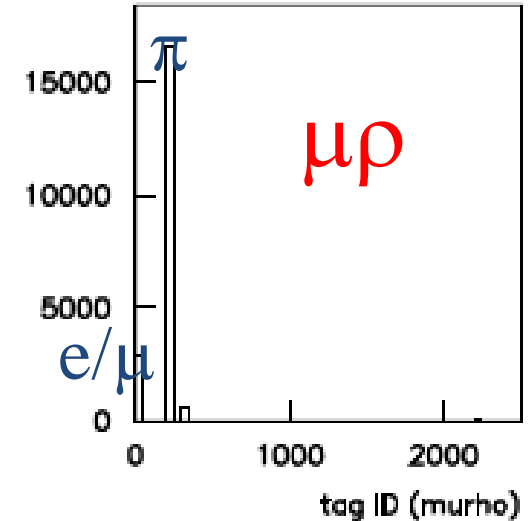
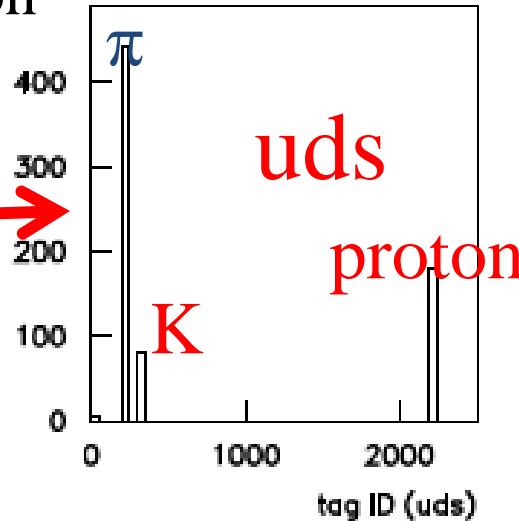
can reduce uds BG using proton veto if tag side is lepton

muon track

- $\pi$  (66%)
- **K (33%)** ( $K \rightarrow \mu\nu$  decay in ECL)

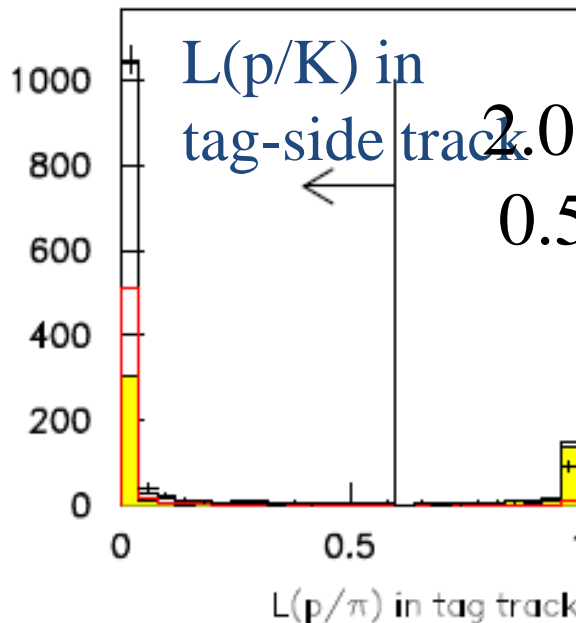
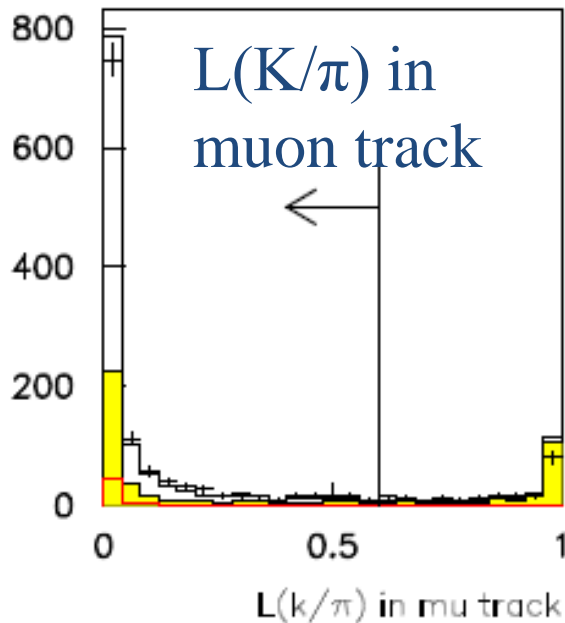
can reduce uds BG using kaon veto

tag-side track

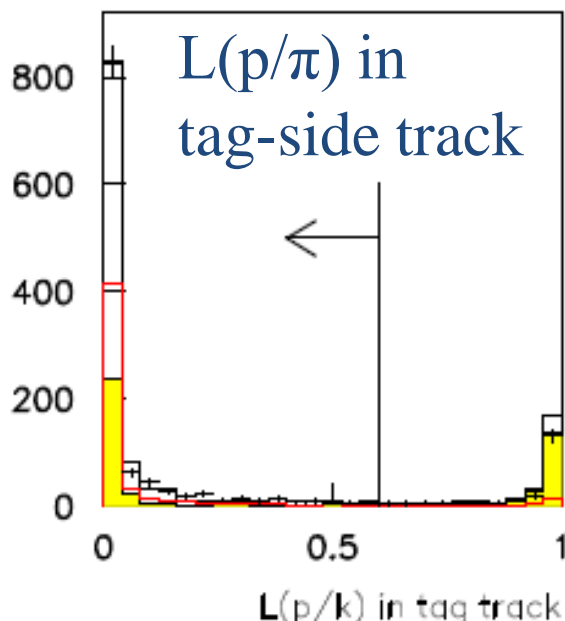


muon track

# continuum BG reduction for $\mu V^0(1)$



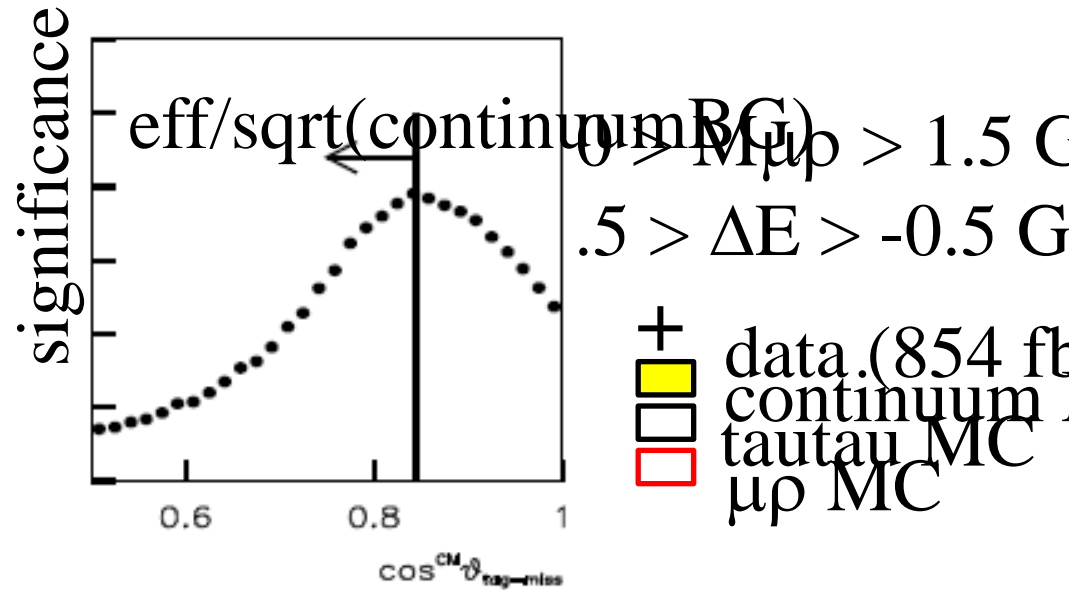
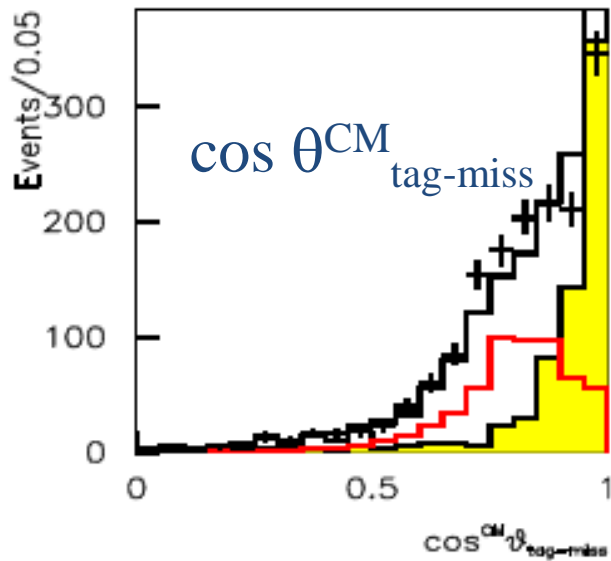
$2.0 > M_{\mu\mu} > 1.5 \text{ GeV}$   
 $0.5 > \Delta E > -0.5 \text{ GeV}$   
 + data. (854 fb<sup>-1</sup>)  
 yellow square continuum MC  
 white square tautau MC  
 red square  $\mu\rho$  MC



If tag-side is hadronic, apply cuts as

- $L(K/\pi) < 0.6$  in mu track
- $L(p/\pi) < 0.6$  in tag-side track
- $L(K/\pi) < 0.6$  in tag-side track

# continuum BG reduction for $\mu V^0(2)$



+ data (854 fb)   
 yellow continuum MC   
 red tau MC   
 black mu rho MC

If tag-side is hadronic, apply  $0.0 < \cos \theta_{\text{tag-miss}}^{\text{CM}} < \text{XX}$

Kaon veto, proton veto,  $\cos \theta_{\text{tag-miss}}^{\text{CM}}$  cuts

optimized for each modes

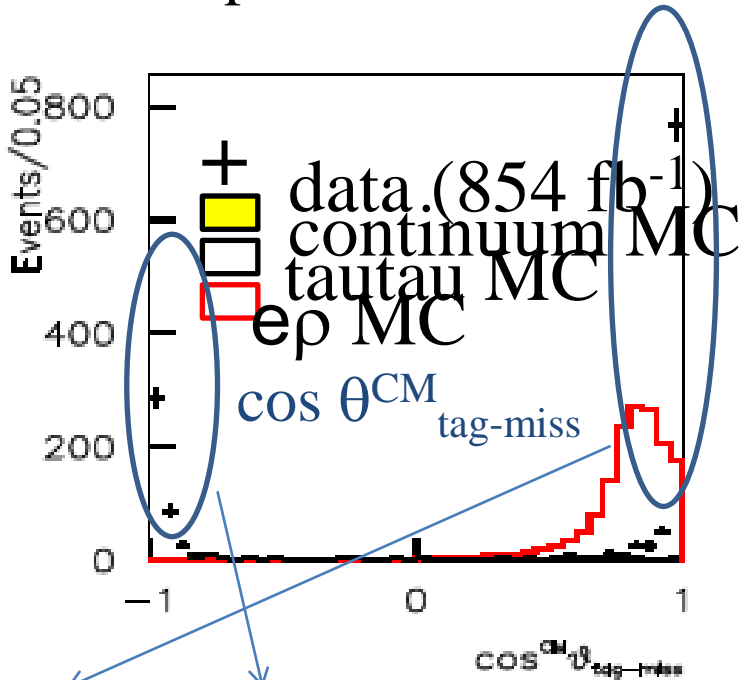
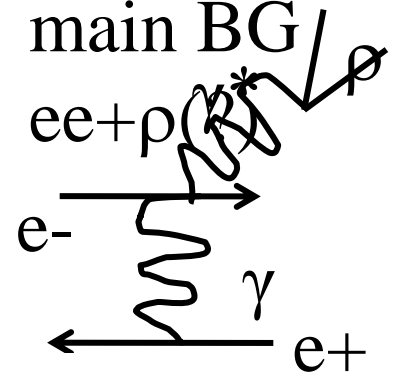
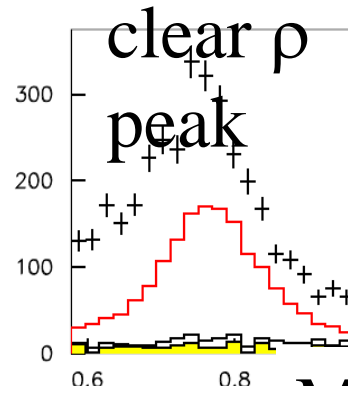
$\mu V^0$  ~85% eff. keep   
 uds ~90% reduce BG

- Thrust > 0.90 and  $M_{\text{tag}} < \tau$  mass
- $p_{\mu}^{\text{CM}} < 4$  GeV (if  $\mu$ -tag) for  $\mu\rho$  mode only

mode	$\cos \theta_{\text{miss-tag}}^{\text{CM}}$ cut
$\mu\rho$	$0.0 < \cos \theta_{\text{miss-tag}}^{\text{CM}} < 0.85$
$\mu K^0 * (\mu K^{\bar{0}*})$	$0.0 < \cos \theta_{\text{miss-tag}}^{\text{CM}} < 0.87$
$\mu\omega$	$0.0 < \cos \theta_{\text{miss-tag}}^{\text{CM}} < 0.88$
$\mu\phi$	$0.0 < \cos \theta_{\text{miss-tag}}^{\text{CM}} < 0.88$

# eV0 mode

Different BG from  $\mu$  modes  
 low electron fake from hadron  
 $\Rightarrow$  two-photon and  $ee+X$  events

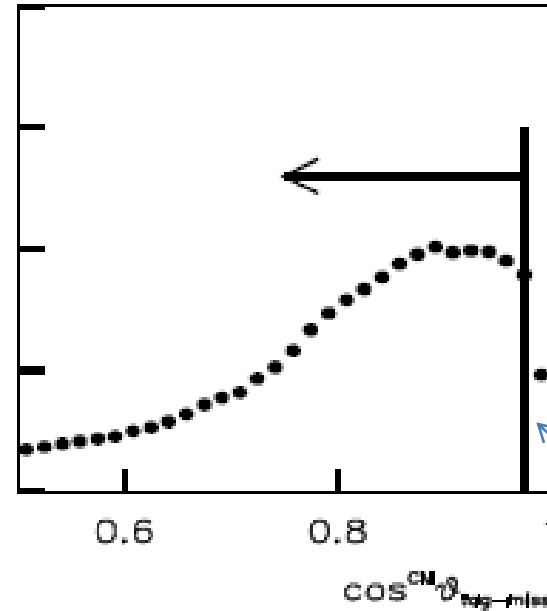


tag or electron in signal side due to non-detected  $\gamma$  from IFR

Thrust  $< 0.96$  &&  $p_{\text{miss}}^T > 1.5$  GeV

for  $ee$  mode only

significance



$ep$	$0.0 < \cos \theta_{\text{miss-tag}}^{\text{CM}} < 0.96$
$eK0^*(K\bar{0}^*)$	$0.0 < \cos \theta_{\text{miss-tag}}^{\text{CM}} < 0.96$
$e\omega$	$0.0 < \cos \theta_{\text{miss-tag}}^{\text{CM}} < 0.97$
$e\phi$	$0.0 < \cos \theta_{\text{miss-tag}}^{\text{CM}} < 0.97$

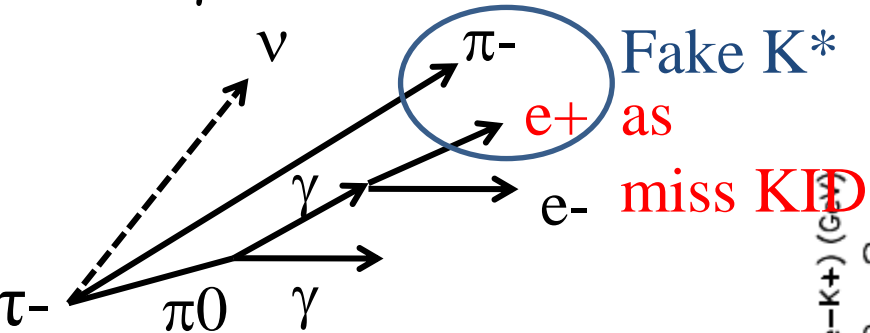
# $eK^*$ , $e\bar{K}^*$ , $e\rho$ modes

Other BG for  $eK^*$ ,  $e\bar{K}^*$  and  $e\rho$   
 $\Rightarrow$  Event with  $\gamma$ -conversion

For example,  $eK^*$  mode

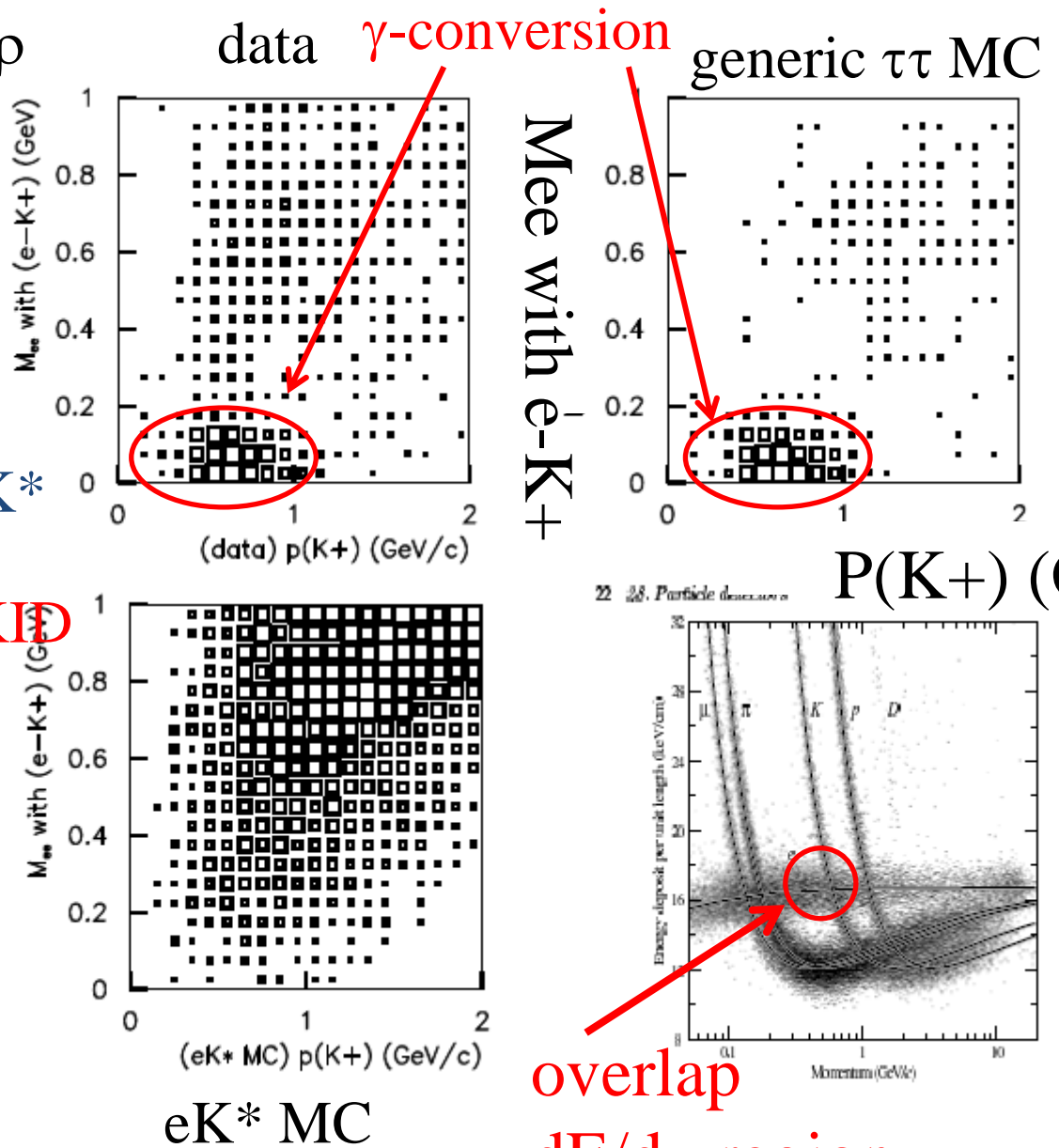
$$\tau^- \rightarrow \pi^- \pi^0 \nu$$

with  $\gamma$  conversion from  $\pi^0$



To reduce events

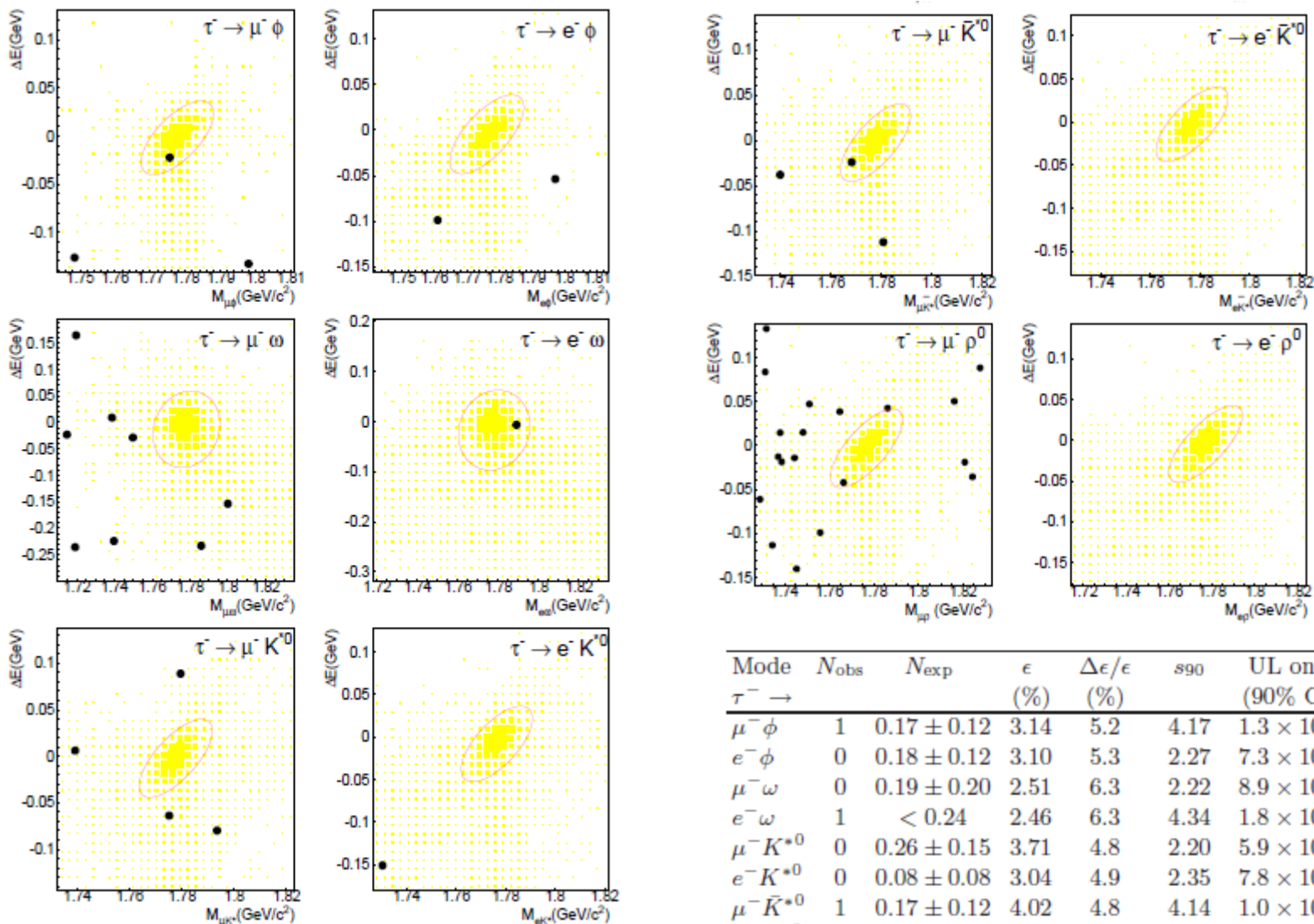
- $M_{ee}$  using  $eK > 0.2$  GeV
- $M_{ee}$  from V0 daughter  $> 0.2$  GeV



overlap  
 $dE/dx$  region

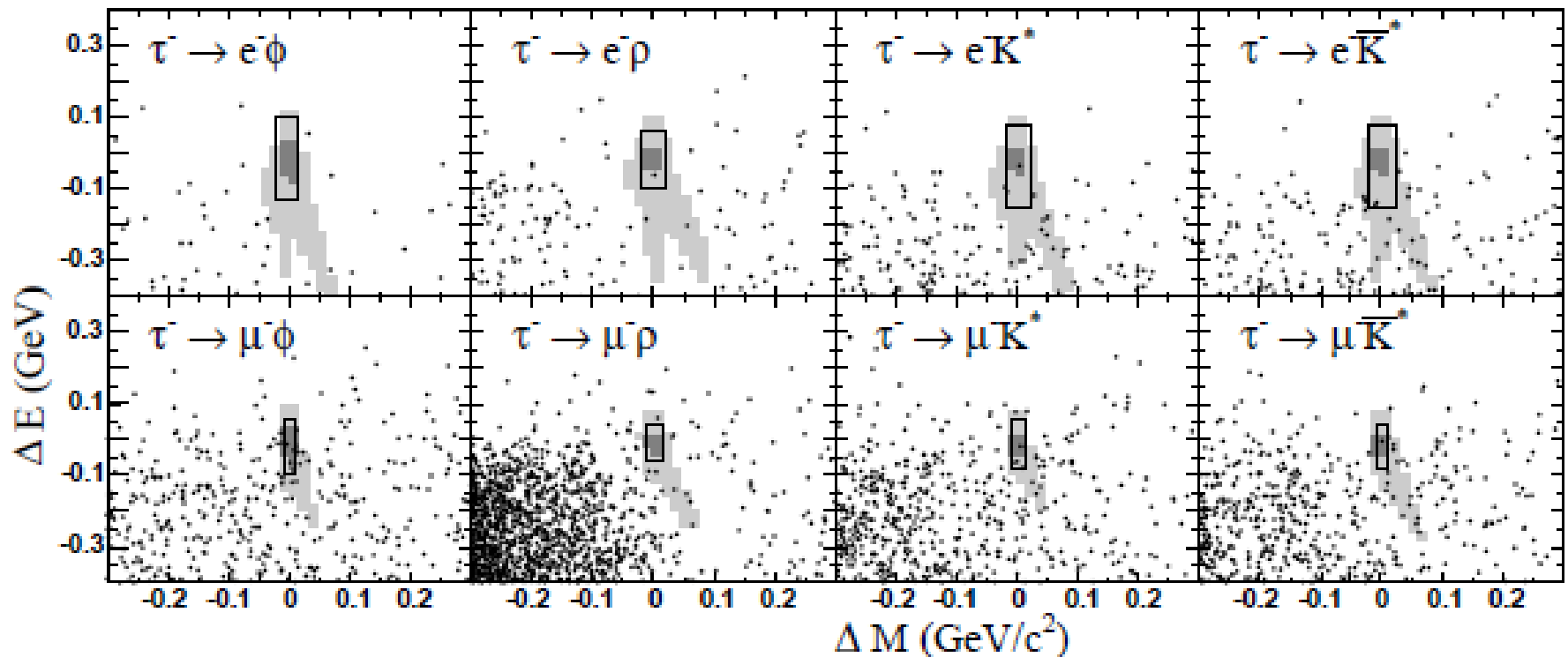


# Previous results



Mode	$N_{\text{obs}}$	$N_{\text{exp}}$	$\epsilon$ (%)	$\Delta\epsilon/\epsilon$ (%)	$s_{90}$	UL on $\mathcal{B}$ (90% CL)
$\tau^- \rightarrow \mu^- \phi$	1	$0.17 \pm 0.12$	3.14	5.2	4.17	$1.3 \times 10^{-7}$
$\tau^- \rightarrow e^- \phi$	0	$0.18 \pm 0.12$	3.10	5.3	2.27	$7.3 \times 10^{-8}$
$\tau^- \rightarrow \mu^- \omega$	0	$0.19 \pm 0.20$	2.51	6.3	2.22	$8.9 \times 10^{-8}$
$\tau^- \rightarrow e^- \omega$	1	$< 0.24$	2.46	6.3	4.34	$1.8 \times 10^{-7}$
$\tau^- \rightarrow \mu^- K^{*0}$	0	$0.26 \pm 0.15$	3.71	4.8	2.20	$5.9 \times 10^{-8}$
$\tau^- \rightarrow e^- K^{*0}$	0	$0.08 \pm 0.08$	3.04	4.9	2.35	$7.8 \times 10^{-8}$
$\tau^- \rightarrow \mu^- \bar{K}^{*0}$	1	$0.17 \pm 0.12$	4.02	4.8	4.14	$1.0 \times 10^{-7}$
$\tau^- \rightarrow e^- \bar{K}^{*0}$	0	$< 0.17$	3.21	4.9	2.45	$7.7 \times 10^{-8}$
$\tau^- \rightarrow \mu^- \rho^0$	1	$1.04 \pm 0.28$	4.89	4.9	3.34	$6.8 \times 10^{-8}$
$\tau^- \rightarrow e^- \rho^0$	0	$< 0.17$	3.94	5.1	2.46	$6.3 \times 10^{-8}$

# BaBar results



Mode	$\varepsilon$ [%]	$N_{\text{bgd}}$	$N_{\text{obs}}$	$N_{\text{UL}}^{90}$	$\mathcal{B}_{\text{exp}}^{90}$	$\mathcal{B}_{\text{UL}}^{90}$
$e\phi$	$6.43 \pm 0.16$	$0.68 \pm 0.12$	0	1.8	5.0	3.1
$\mu\phi$	$5.18 \pm 0.27$	$2.76 \pm 0.16$	6	8.7	8.2	19
$e\rho$	$7.31 \pm 0.18$	$1.32 \pm 0.17$	1	3.1	4.9	4.6
$\mu\rho$	$4.52 \pm 0.41$	$2.04 \pm 0.19$	0	1.1	8.9	2.6
$eK^*$	$8.00 \pm 0.19$	$1.65 \pm 0.23$	2	4.3	4.8	5.9
$\mu K^*$	$4.57 \pm 0.36$	$1.79 \pm 0.21$	4	7.1	8.5	17
$e\bar{K}^*$	$7.76 \pm 0.18$	$2.76 \pm 0.28$	2	3.2	5.4	4.6
$\mu\bar{K}^*$	$4.11 \pm 0.32$	$1.72 \pm 0.17$	1	2.7	9.3	7.3