

# タウ粒子のLFV事象探索

名古屋大学  
西尾佑子

# $\tau$ ファクトリー

## ● KEKB加速器

### ● 世界最高のルミノシティー

- ピークルミノシティ:  $1.7 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

### ● 重心系エネルギー

- 10.58GeV(Y(4S)共鳴状態) → Bファクトリー

### ● $\tau$ ファクトリー = $\tau$ 対を大量に生成

- 生成断面積:  $\sigma(\tau\tau) \sim 0.9 \text{ nb}$ 、 $\sigma(b\bar{b}) \sim 1.1 \text{ nb}$

## ● $\tau$ の物理

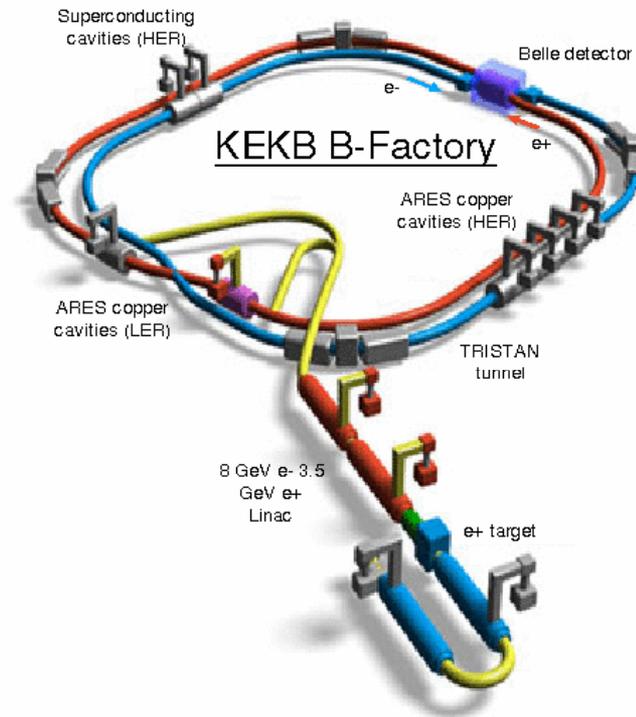
### ● 標準理論の精密検証

- 崩壊分岐比、質量スペクトラムの測定

- $\tau \rightarrow \eta K/\pi \nu$ ,  $\tau \rightarrow \pi\pi^0 \nu$ ,  $\tau \rightarrow K^* K/\pi \nu$ ,  $\tau \rightarrow \phi\pi\nu$ ,  $\tau \rightarrow K_S K \nu$

### ● 標準理論を超える新しい物理の探索

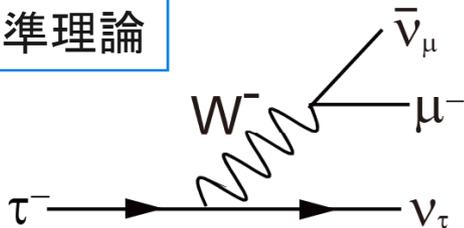
### ● $\tau$ のLFV事象探索



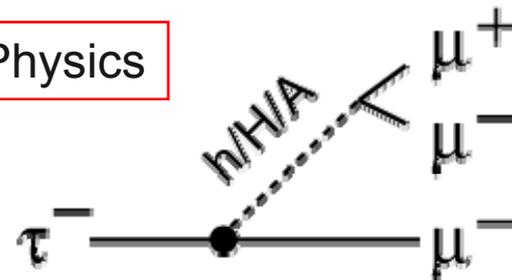
# LFV (Lepton Flavor Violation)

- LFV事象
  - レプトンの世代数が保存しない
  - 標準理論では禁止
  - ニュートリノ混合を考慮に入れても厳しく抑制
    - $Br < O(10^{-40})$
- 新しい物理モデルは観測可能な分岐比を予言
  - 最小超対称性理論 (MSSM)
  - Higgs mediated model など
- LFV事象の発見 = 新しい物理の発見

標準理論



New Physics



# $\tau$ のLFV探索

- $\tau$ レプトン
  - レプトンの中で一番重い=新しい物理に感度が高い
  - ハドロンに崩壊可能
    - 様々なモードの探索:  $\tau \rightarrow l\gamma$ ,  $\tau \rightarrow l\eta$ ,  $\tau \rightarrow l\pi K \dots$  ( $l = \mu, e$ )
    - モデル解析が可能
- Belle実験で収集された  $5 \times 10^8$  個の  $\tau$  対を用いたLFV探索
  - $\tau \rightarrow lV^0$  中性ベクトルメソン:  $V^0 = \phi, \omega, K^{*0}, \bar{K}^{*0}, \rho^0$ 
    - $\tau \rightarrow \mu/e \omega$  モードは初探索
  - $\tau \rightarrow lll$ 
    - Higgs mediated modelに感度が高い
      - 予想される崩壊分岐比  $Br < 10^{-7}$

# 信号事象

## ● $\tau \rightarrow l\phi$ 信号事象

### ● 信号側: 荷電粒子3本

●  $\tau^- \rightarrow l^- + \phi (\rightarrow K^+K^-)$

### ● タグ側: 荷電粒子1本

●  $\tau^+ \rightarrow$ トラック1本+missing

## ● 信号領域

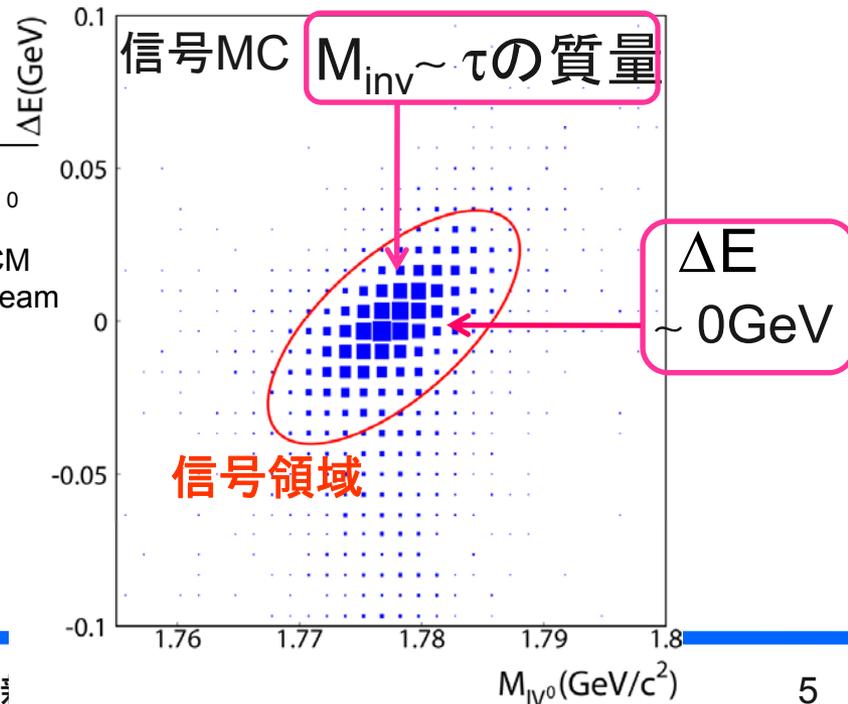
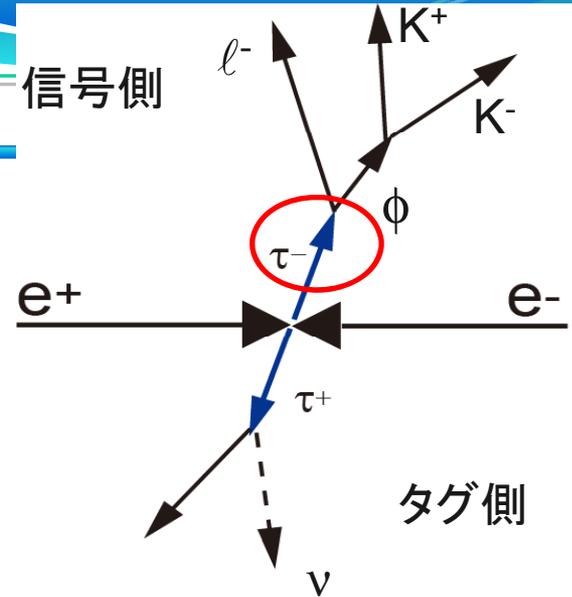
●  $\tau$ の不変質量:  $M_{inv} = \sqrt{E_{lV^0}^2 - p_{lV^0}^2}$

● エネルギー差:  $\Delta E = E_{lV^0}^{CM} - E_{beam}^{CM}$

● ビームエネルギー:  $E_{beam}^{CM}$

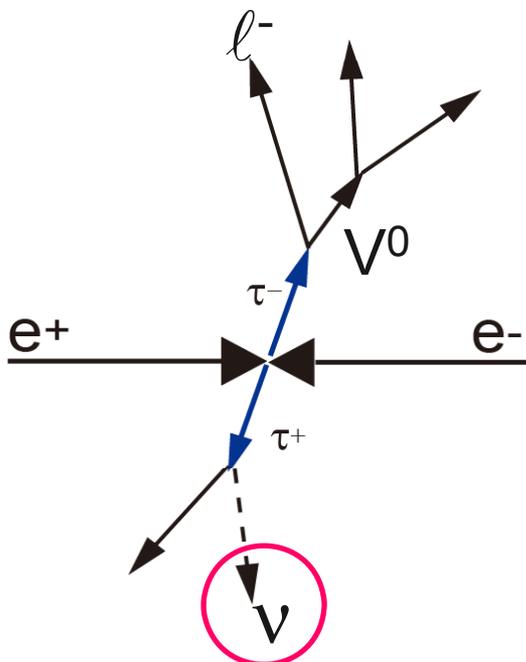
## ● ブラインドアナリシス

● 信号領域 = ブラインド領域



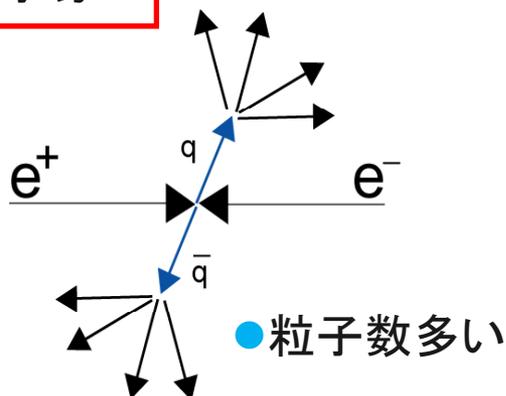
# 主な背景事象

信号事象



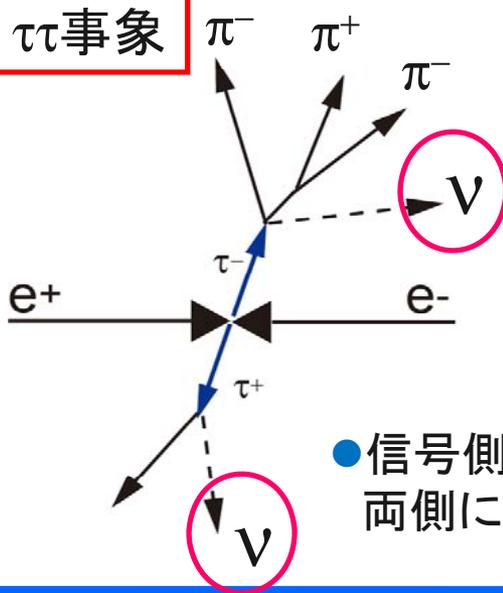
- 粒子数少ない
- タグ側のみ  
ニュートリノを含む

qq̄事象



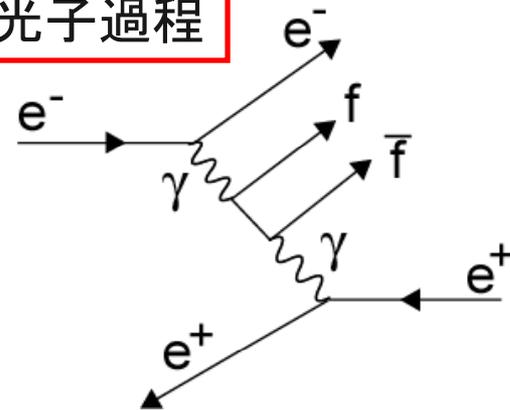
- 粒子数多い

ττ事象



- 信号側とタグ側の  
両側にニュートリノ

2光子過程



- Back to back

# 解析方法

## ● 事象選別

### ● 信号事象の選別

- 荷電粒子: 1-3プロング事象
- 光子数: 数本以下
- 粒子識別

粒子数の少ない  
事象を選択

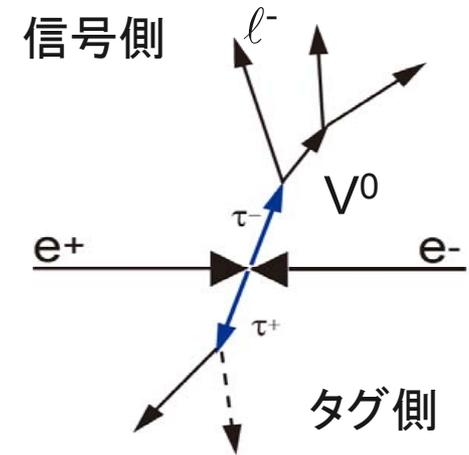
### ● 背景事象の抑制

## ● 信号事象の抽出

- 信号領域の決定
- 信号検出効率
- 信号領域の背景事象数の見積り

## ● 崩壊分岐比の評価

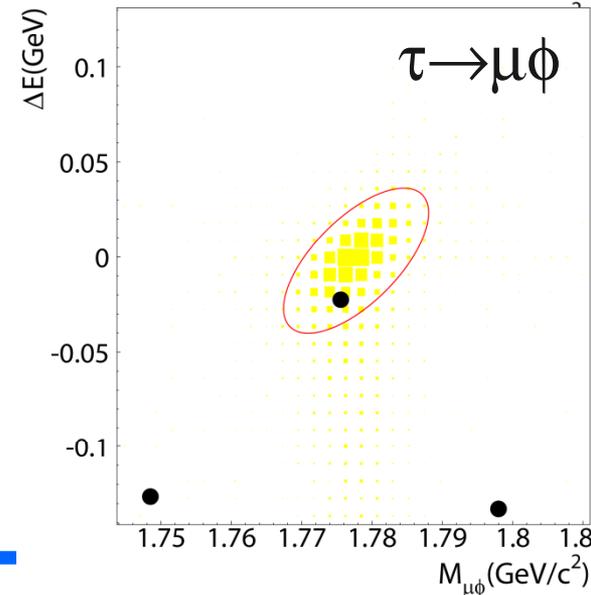
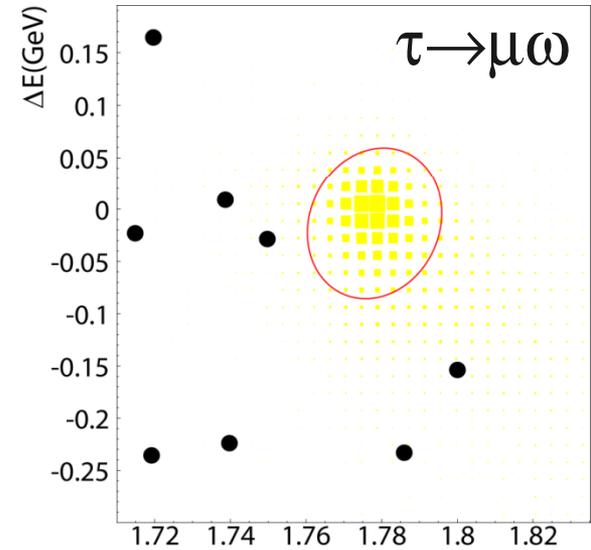
- ブラインド領域を開ける



# $\tau \rightarrow \ell V^0$ @ 543 fb<sup>-1</sup>

■ 信号MC ● データ

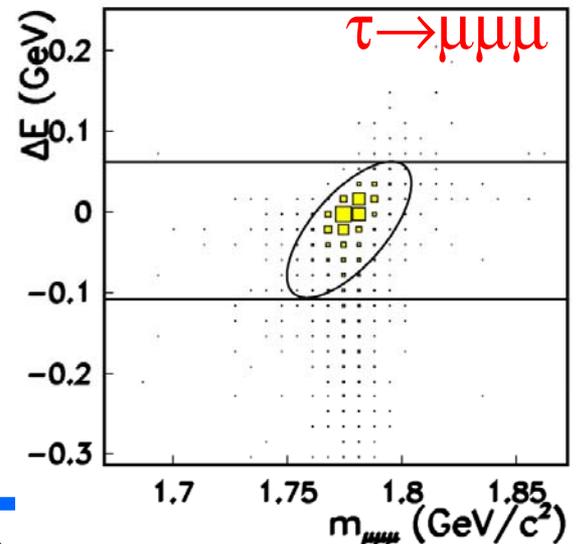
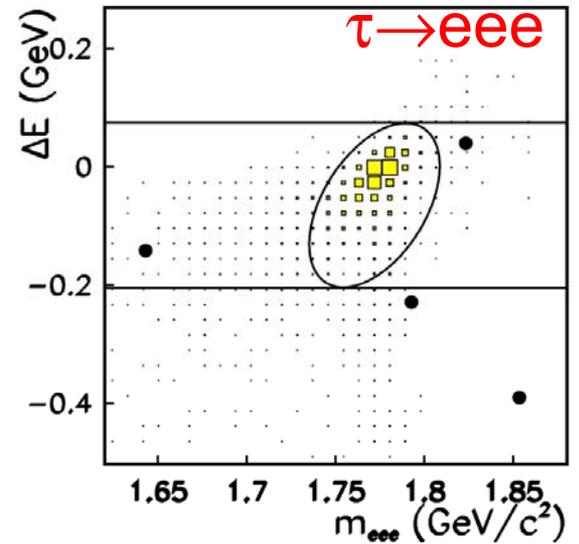
- 全10モードを探索
  - $V^0 = \phi, \omega, K^{*0}, \bar{K}^{*0}, \rho^0$
- 背景事象:  $\tau\tau$ 
  - $\tau \rightarrow \pi\pi\pi V, \pi\omega V$
- 信号検出効率: 2.5%-4.9%
- 予想背景事象数: 0-1.0事象
- 観測事象数
  - 1事象 ( $\tau \rightarrow \mu\phi, e\omega, e\bar{K}^{*0}$ )、0事象 (その他)
- 崩壊分岐比の上限値
  - $Br < (5.9-18) \times 10^{-8} @ 90\% C.L.$
- $\tau \rightarrow \mu\omega, e\omega$ モードは初探索
- 158 fb<sup>-1</sup> (Belle)の結果を3-10倍感度向上



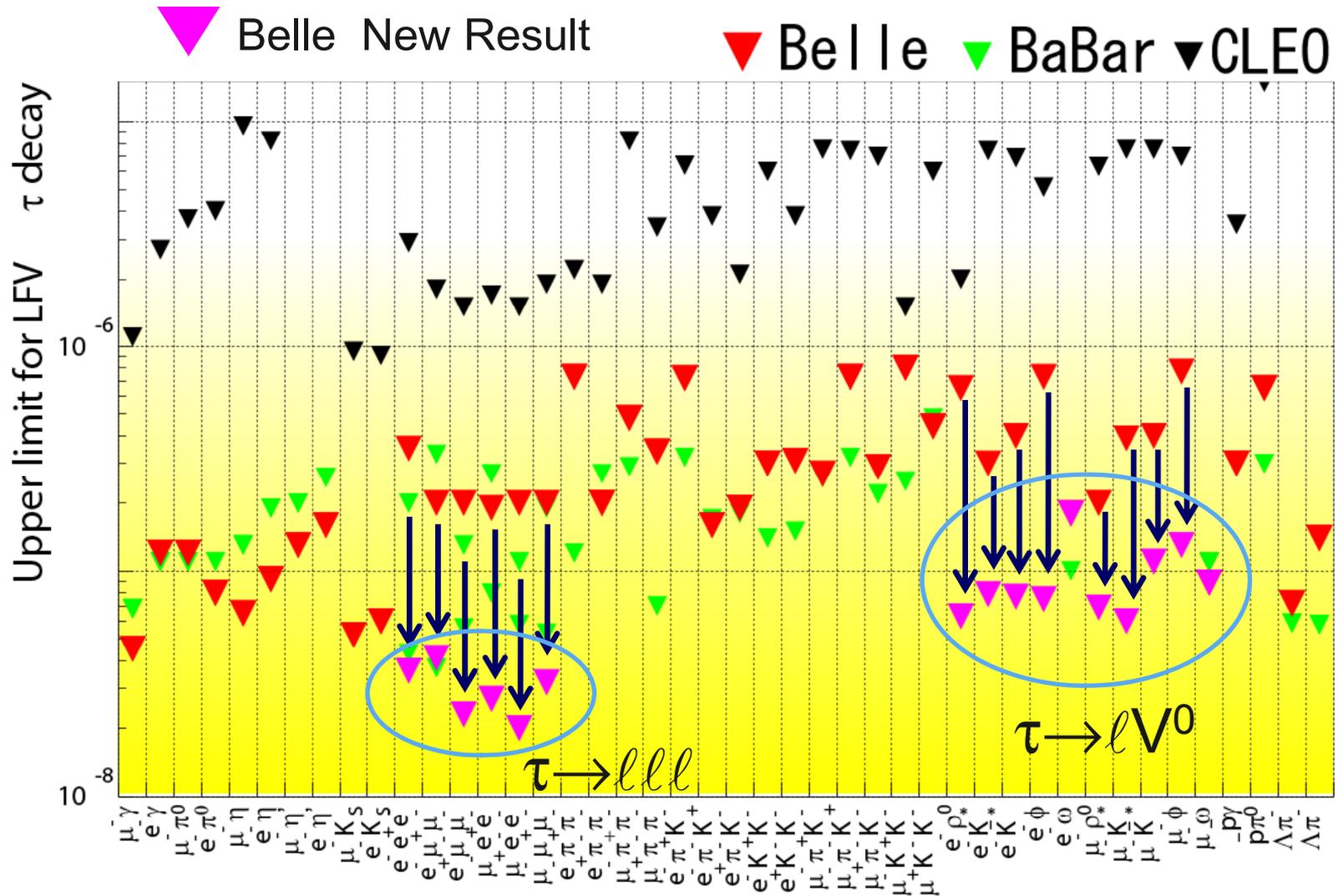
# $\tau \rightarrow lll$ @535fb<sup>-1</sup>

■ 信号MC ● データ

- 全6モードを探索
  - $\tau \rightarrow e^-e^+e^-, \mu^-\mu^+\mu^-, e^-\mu^+\mu^-, \mu^-e^+e^-, e^+\mu^-\mu^-, \mu^+e^-e^-$
- 背景事象
  - $\tau \rightarrow eee$ : Bhabha,  $ee \rightarrow eeee$
- 検出効率: 6.0% – 12.5%
- 予想背景事象数: 0-0.4事象
- 観測事象数: 0事象
- 崩壊分岐比の上限値
  - $Br < (2.0-4.1) \times 10^{-8} @ 90\% C.L$
- 87.1fb<sup>-1</sup> (Belle)と91.5fb<sup>-1</sup> (BaBar)の結果を  
**4.9-7.0倍向上**



# 崩壊分岐比の上限値



# まとめ

- Bファクトリーは $\tau$ ファクトリー
  - $\sim 10^9$ 個の $\tau$ 対を生成
- $\tau$ のLFV事象の発見 = 新しい物理の発見
  - $\tau$ レプトンは新しい物理に感度大
  - 様々な $\tau$ のLFV事象モードを探索
- Belle実験で収集された $5 \times 10^8$ 個の高統計量 $\tau$ 対を用いて $\tau \rightarrow lV^0, lll$ を探索
- $\tau \rightarrow \mu\omega, e\omega$ は初探索
- 過去の結果と比較して3-10倍の感度向上を達成
  - 背景事象の十分な抑制: 予想背景事象数はほぼゼロ事象
  - 高い信号検出効率: 過去の結果と同程度から3倍向上
- 崩壊分岐比の上限値は $O(10^{-8})$ の感度に到達