

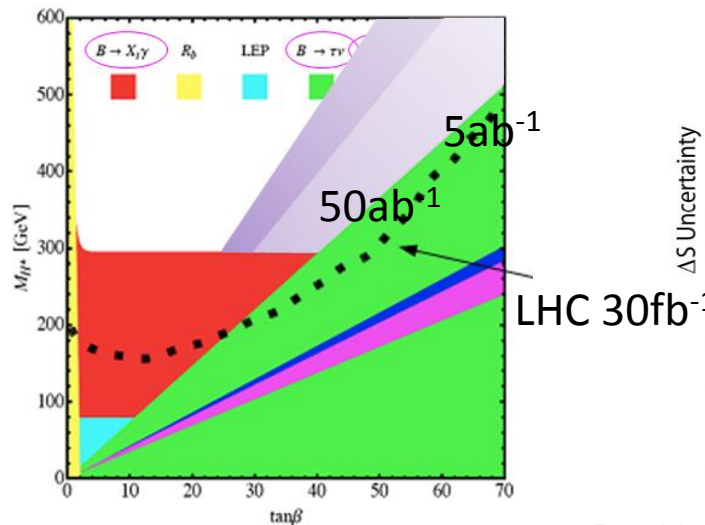
# (Beyond) Super B-factory

早坂 圭司

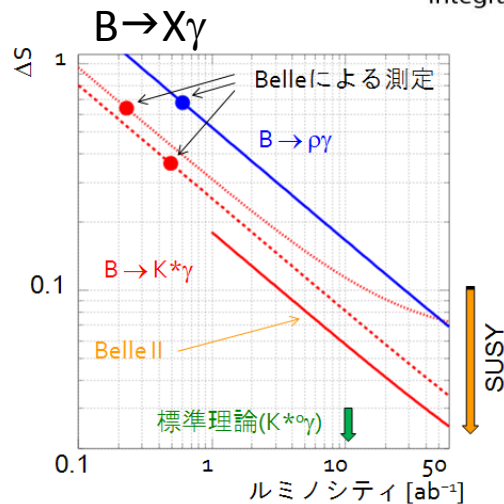
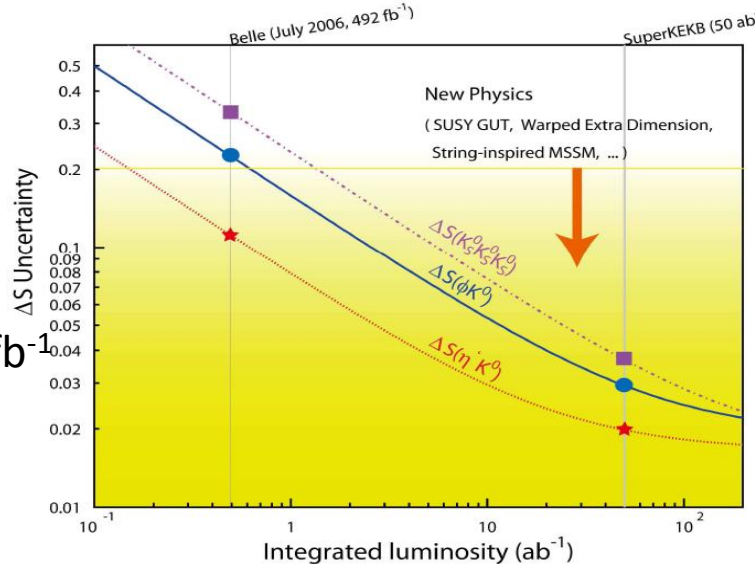
(名古屋大学素粒子宇宙起源研究機構)

# Prospects on superKEKB/BelleII

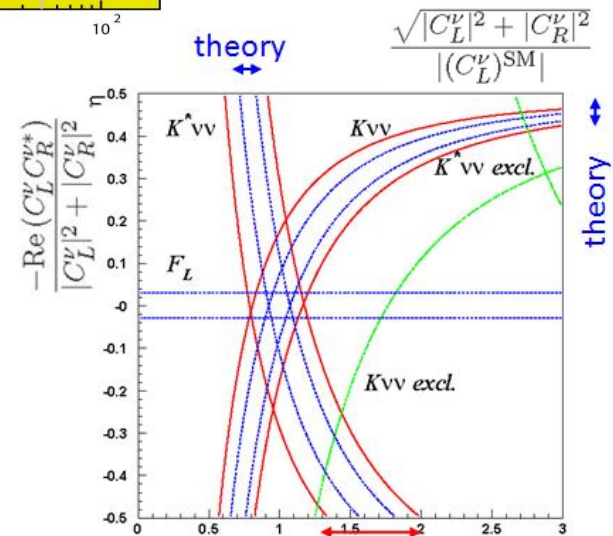
## Charged Higgs search



## $\Delta S(\phi K^0, \eta' K^0, K_s^0 K_s^0 K_s^0)$



right handed interaction search



# Prospects のまとめと...

	Belle'06 (~0.5ab <sup>-1</sup> )	5ab <sup>-1</sup>	50ab <sup>-1</sup>
$\Delta S(\phi K^0)$	0.22	0.073	0.029
$\Delta S(\eta' K^0)$	0.11	0.038	0.020
$\Delta S(K_S K_S K_S)$	0.33	0.105	0.037
$\Delta S(K_S \pi^0 \gamma)$	0.32	0.10	0.03
$\text{Br}(X_S \gamma)$	13%	7%	6%
$A_{\text{CP}}(X_S \gamma)$	0.058	0.01	0.005
$C_9 [A_{\text{FB}}(K^* \parallel)]$	---	11%	4%
$C_{10} [A_{\text{FB}}(K^* \parallel)]$	---	13%	4%
$\text{Br}(B^+ \rightarrow K^+ \nu \nu)$	<9Br(SM)	33ab <sup>-1</sup> for 5 $\sigma$ discovery	
$\text{Br}(B^+ \rightarrow \tau \nu)$	3.5 $\sigma$	10%	3%
$\text{Br}(B^+ \rightarrow \mu \nu)$	<2.4Br(SM)	4.3ab <sup>-1</sup> for 5 $\sigma$ discovery	
$\text{Br}(B^+ \rightarrow D \tau \nu)$	---	7.9%	2.5%
$\text{Br}(\tau \rightarrow \mu \gamma)$	<45	<30	<8
$\text{Br}(\tau \rightarrow \mu \eta)$	<65	<20	<4
$\text{Br}(\tau \rightarrow 3\mu)$	<209	<10	<1
$\Delta \sin 2\phi_1$	0.026	0.016	0.012
$\Delta \Phi_2 (\rho\pi)$	68°—95°	3°	1°
$\Delta \Phi_3 (\text{Dalitz})$	20°	7°	2.5°
$\Delta V_{ub} (\text{incl.})$	7.3%	6.6%	6.1%

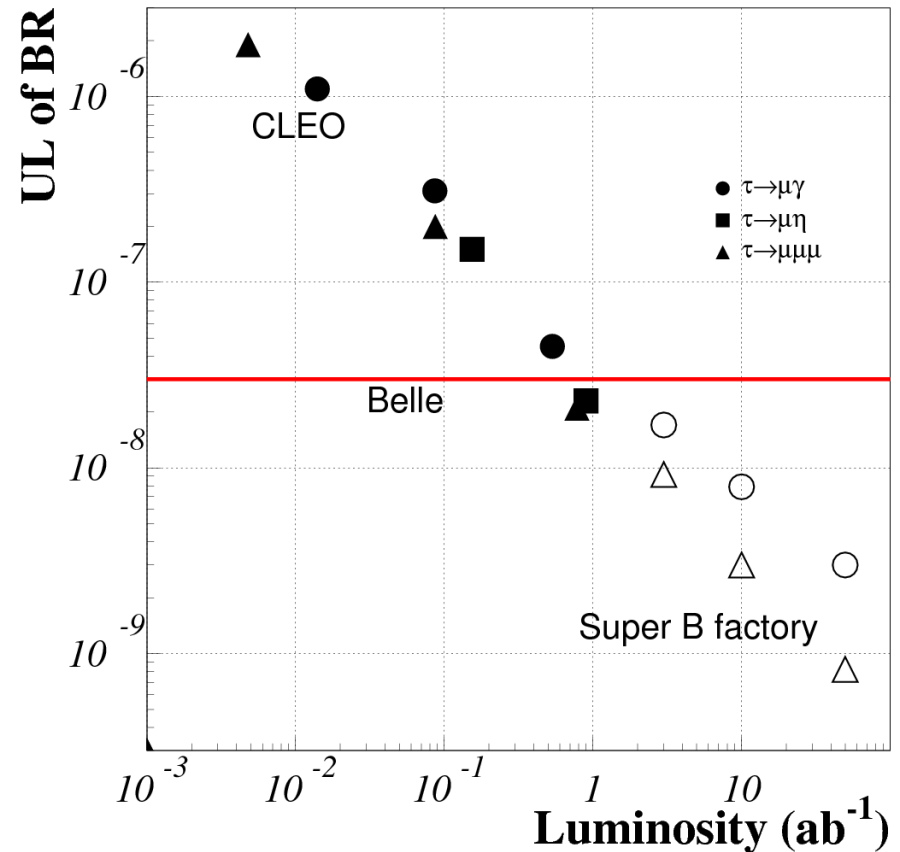
- Flavor Physics として  
50ab<sup>-1</sup>で満足か？  
→決して50ab<sup>-1</sup>で終わる  
わけではない。

# $\tau$ LFV と Super KEKB

• Super B factory ( $\sigma(b\bar{b})=1.1\text{nb}$ ) は super  $\tau$  factory ( $\sigma(\tau\tau)=0.92\text{nb}$ )

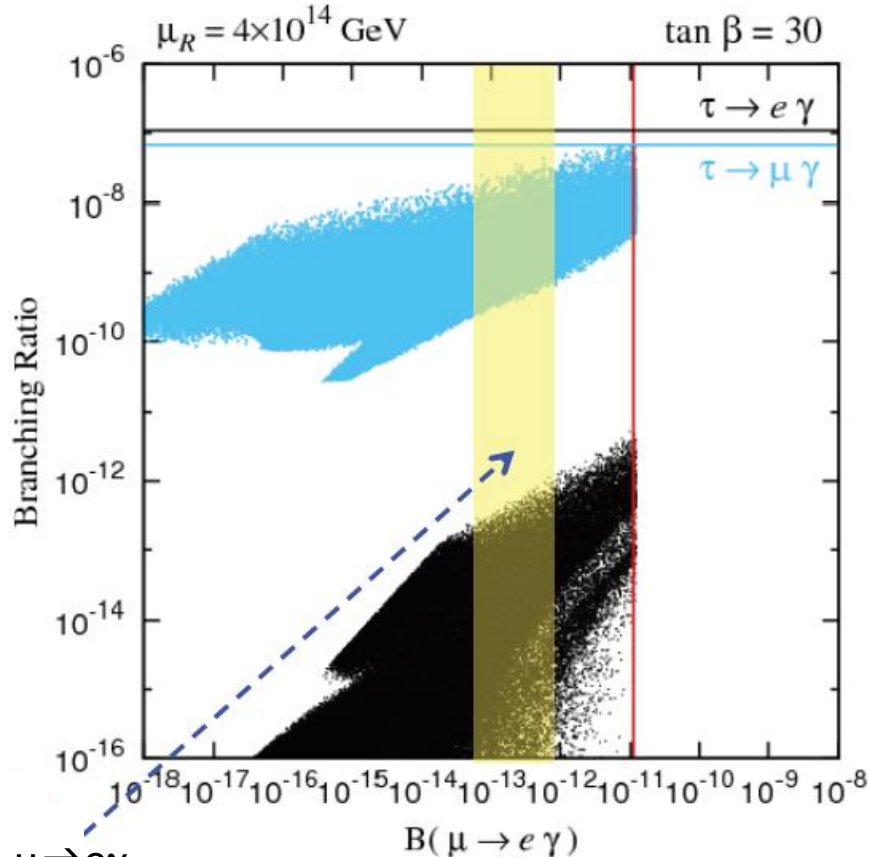
	$\tau \rightarrow \mu\gamma$	$\tau \rightarrow \mu\mu\mu$
SM + heavy Maj $\nu_R$	$10^{-9}$	$10^{-10}$
Non-universal $Z'$	$10^{-9}$	$10^{-8}$
SUSY SO(10)	$10^{-8}$	$10^{-10}$
mSUGRA+seesaw	$10^{-7}$	$10^{-9}$
SUSY Higgs	$10^{-10}$	$10^{-7}$

ハドロニックな不定性によって予言が  
リミットされるということがない



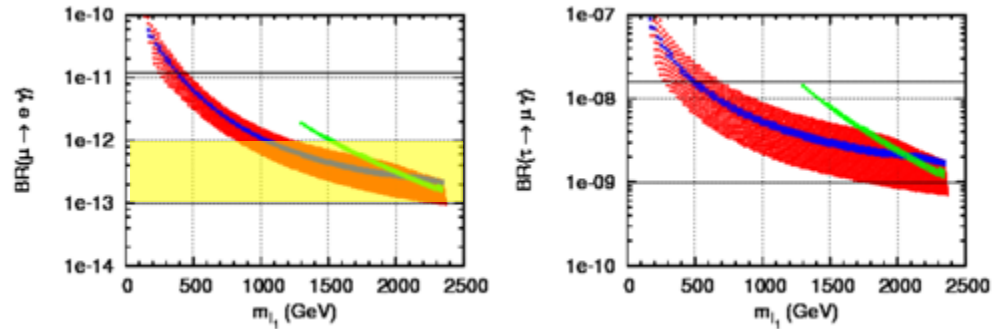
# $\tau \rightarrow \mu \gamma$ vs $\mu \rightarrow e \gamma$

SUSY GUT SU(5)+vR, non-degenerate vR(l), normal Hierarchy



Goto, Okada, Shindou & Tanaka  
PRD77, 095010 (2008)

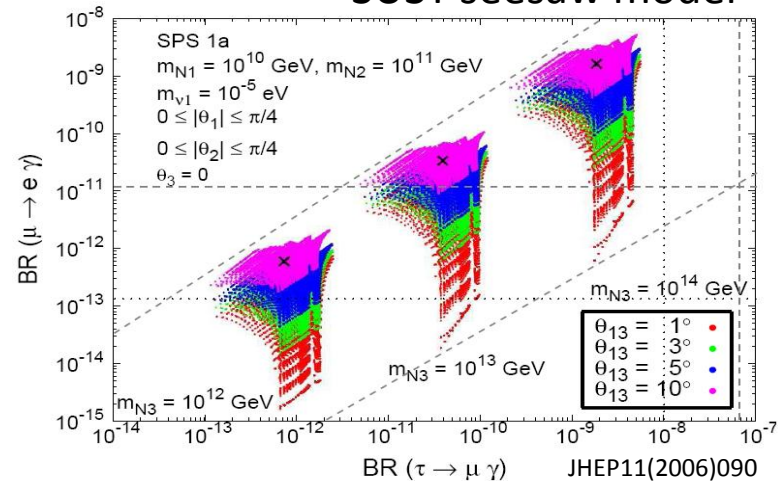
Lepton sector constraints in an SU(3)-flavored MSSM



Calibbi, Jones Perez, Masiero, Park, Porod & Vives arXiv:0907.4069v2

$Br(\tau \rightarrow \mu \gamma) \sim O(10^{-8} \text{--} 10^{-9})$ にあると信じたく  
なるような話

SUSY seesaw model

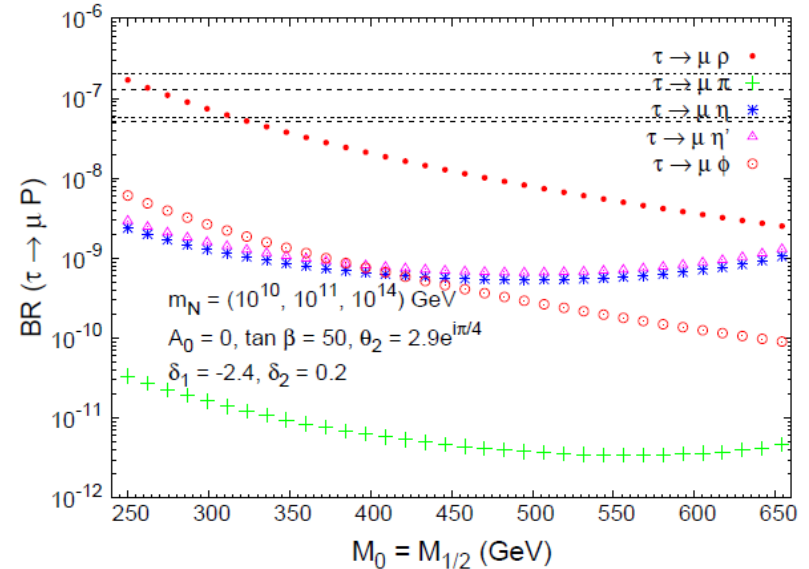


# New Physics と $\tau$ LFV

NPの存在が確認されたら次はmodelの確定

ratio	LHT	MSSM (dipole)	MSSM (Higgs)
$\frac{\mathcal{B}(\tau^- \rightarrow e^- e^+ e^-)}{\mathcal{B}(\tau \rightarrow e \gamma)}$	0.4...2.3	$\sim 1 \cdot 10^{-2}$	$\sim 1 \cdot 10^{-2}$
$\frac{\mathcal{B}(\tau^- \rightarrow \mu^- \mu^+ \mu^-)}{\mathcal{B}(\tau \rightarrow \mu \gamma)}$	0.4...2.3	$\sim 2 \cdot 10^{-3}$	0.06...0.1
$\frac{\mathcal{B}(\tau^- \rightarrow e^- \mu^+ \mu^-)}{\mathcal{B}(\tau \rightarrow e \gamma)}$	0.3...1.6	$\sim 2 \cdot 10^{-3}$	0.02...0.04
$\frac{\mathcal{B}(\tau^- \rightarrow \mu^- e^+ e^-)}{\mathcal{B}(\tau \rightarrow \mu \gamma)}$	0.3...1.6	$\sim 1 \cdot 10^{-2}$	$\sim 1 \cdot 10^{-2}$
$\frac{\mathcal{B}(\tau^- \rightarrow e^- e^+ e^-)}{\mathcal{B}(\tau^- \rightarrow e^- \mu^+ \mu^-)}$	1.3...1.7	$\sim 5$	0.3...0.5
$\frac{\mathcal{B}(\tau^- \rightarrow \mu^- \mu^+ \mu^-)}{\mathcal{B}(\tau^- \rightarrow \mu^- e^+ e^-)}$	1.2...1.6	$\sim 0.2$	5...10

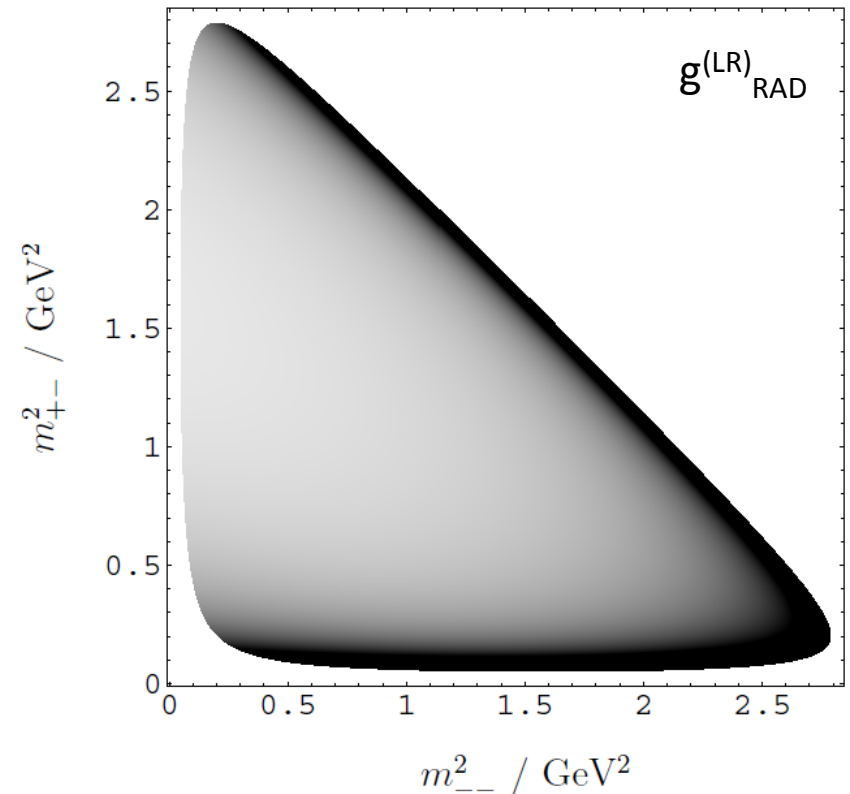
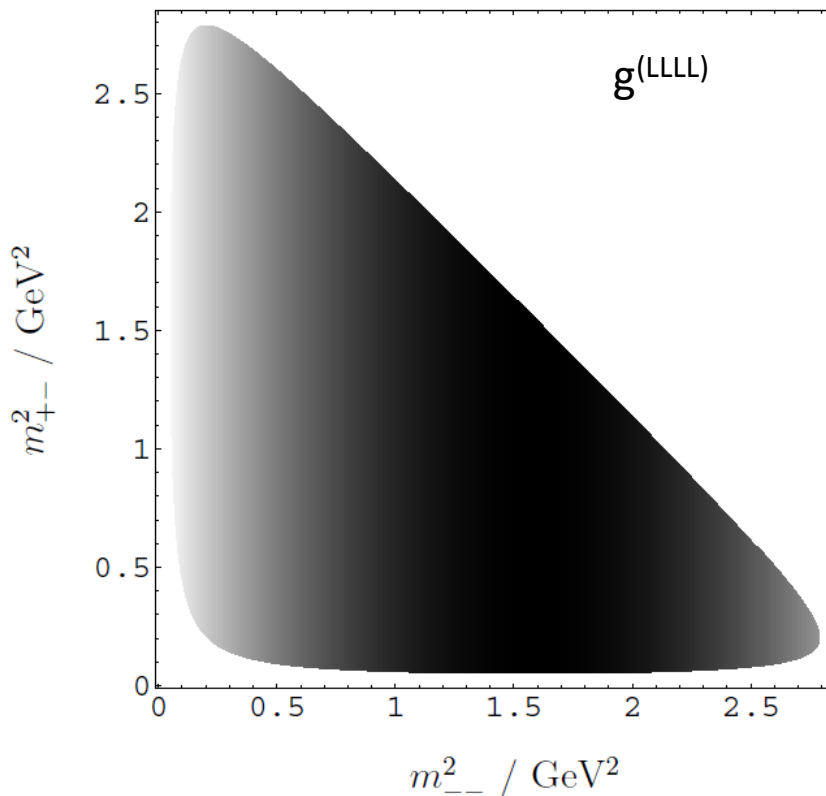
NUHM JHEP06(2008)079



1つ見つかって満足せずに、次々見つけていくのが、  
Modelの決定への近道 → luminosityの増強

# $\tau \rightarrow \mu\mu\mu$

- 最もBGが少ないモード( $\mu$ IDの能力) $\rightarrow$ 発見は早い(十分にBrが大きければ)
- Dalitz Plot からmodel independentにカップリングの強さがわかる $\rightarrow$ より統計が必要
- Polarized beam を使うとよりよい(gainは未評価)

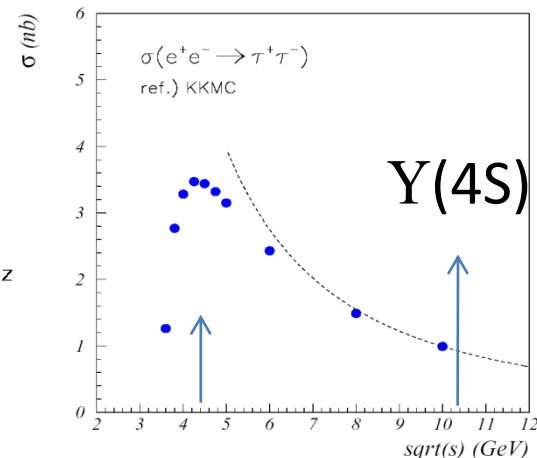


# $\tau \rightarrow \mu \gamma$ BG rejection w/ low $\sqrt{s}$

$\tau \rightarrow \mu \gamma$ の最大の敵は $\tau \rightarrow \mu \nu \nu + \text{ISR } \gamma$  (約90%)

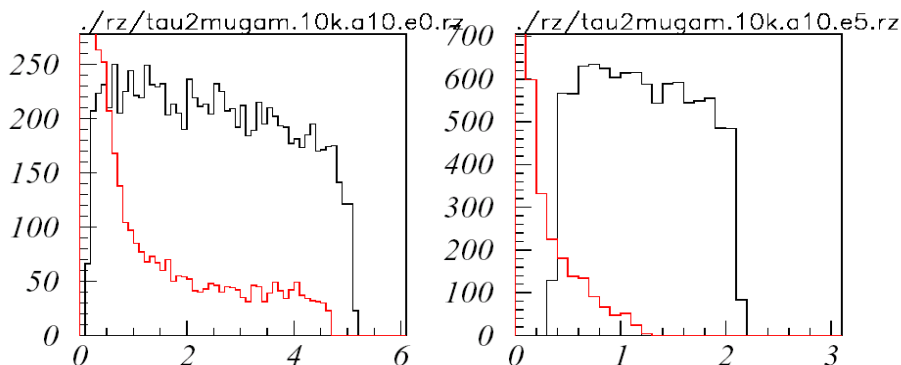
- 加速器の重心系エネルギーを下げる  
→ そもそもISR  $\gamma$ を出なくする

$E_\gamma$  (CM) from  $\tau \rightarrow \mu \gamma$  and **ISR( $\tau \tau \gamma$ )**



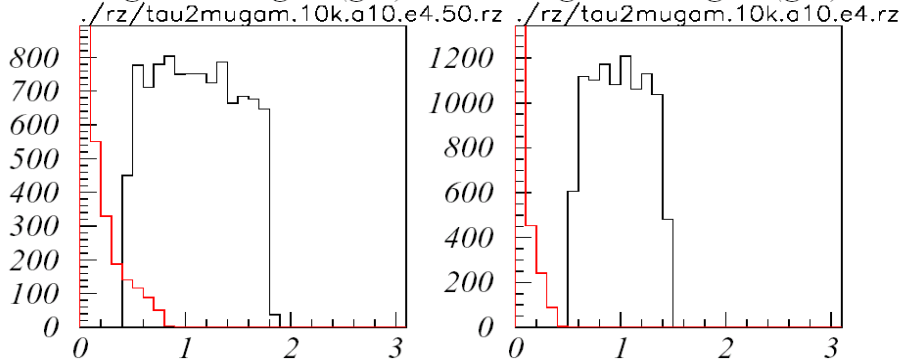
$\sqrt{s} = 5.0 \text{ GeV}$

Y(4S)  
 $\sqrt{s} = 10.58 \text{ GeV}$



mu gam: Plab gam (gen)

mu gam: Plab gam (gen)



mu gam: Plab gam (gen)

mu gam: Plab gam (gen)

maximum  $\sigma$

$\sqrt{s} = 4.5 \text{ GeV}$

$\sqrt{s} = 4.0 \text{ GeV}$



# その他

- $\tau$  的には  $e^+e^-$  symmetric energy はあり
  - 特に disadvantage は見当たらない
  - (むしろ  $K/\pi$  ID はよくなり  $\tau \rightarrow lhh'$  なんかは歓迎)
- Italian superB では盛んに polarized beam が議論されているが我々の study では  $\tau \rightarrow \mu\gamma$  search では強い gain は得られない。

# Summary

☆50ab<sup>-1</sup>後のsuper B-factory (hyper?)

○Super  $\tau$ LFV-factory として...

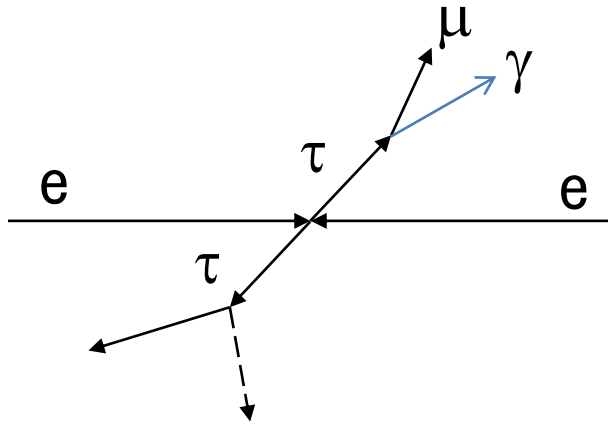
- 50ab<sup>-1</sup>達成後もさらなるデータ蓄積には意味がある⇒ただしジャンプも必要
- 相互作用の型の分類
- Model discriminateの観点(多分、次に大きいLFVでも一桁小さい)
- Symmetric 化→K/ $\pi$  を含むdecayには有効  
(それでルミノシティがあがるならOK)
- Low energy operation→ $\tau \rightarrow \mu\gamma$  searchに効果絶大／生成断面積も増加  
加速器としてルミノシティの維持？
- Polarized beam→ $\tau \rightarrow \mu\mu\mu$  ( $\mu ee$ でもOK)反応でのcouplingを見るのにはよい  
 $\tau \rightarrow \mu\gamma$  searchには効果薄  
( $\tau$  EDMには期待あり(未評価))

★個人的にはセッティングはそのままに統計をがんがん増加して、  
さまざまな $\tau$ LFVを見ることが最もNPを理解する上で近道と考える。

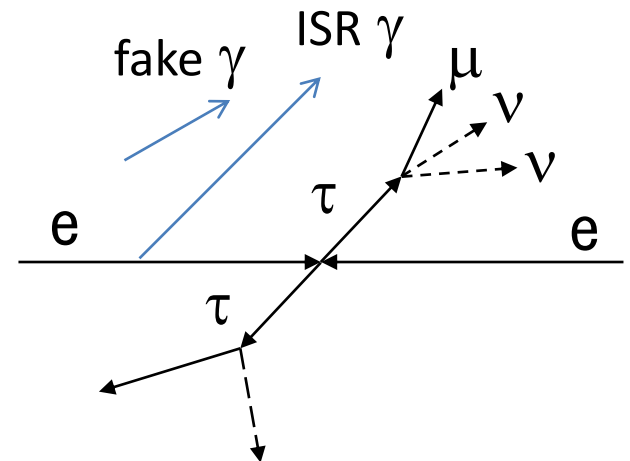
◆もちろん、Bも統計を増やして調べるべき宿題はある(特に $B \rightarrow K\nu\nu, B \rightarrow \ell\nu$ )

# $\tau \rightarrow \mu\gamma$ と BG

信号



$\tau \rightarrow \mu\nu\nu + \gamma$



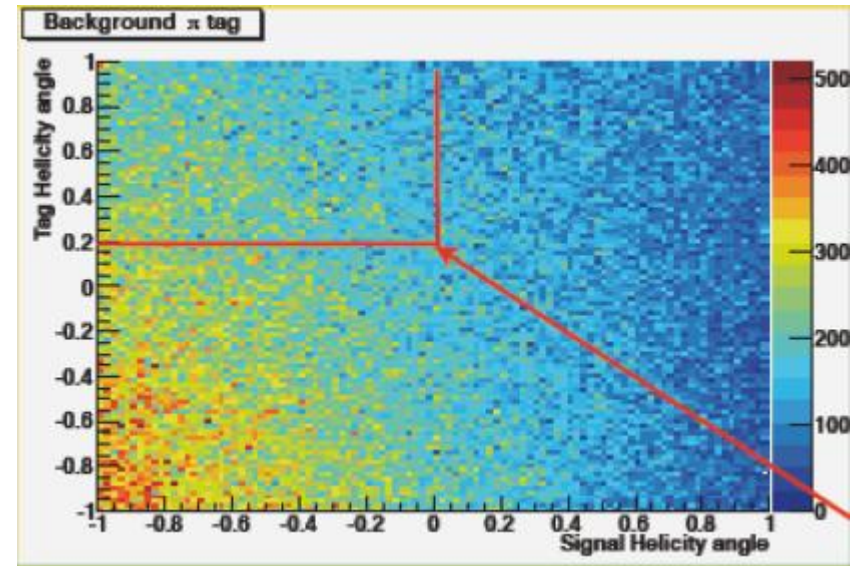
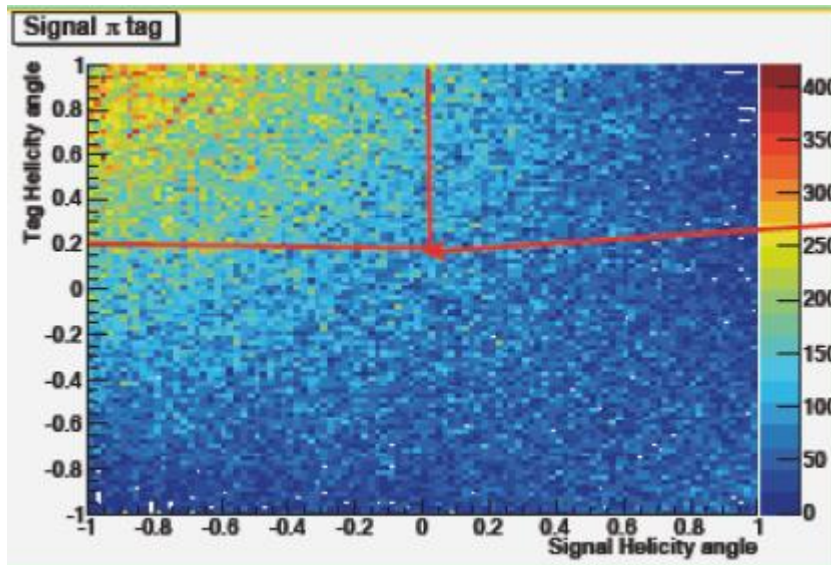
$\tau \rightarrow \mu\gamma$ の最大の敵は $\tau \rightarrow \mu\nu\nu + \gamma$  (約90%)

•この事情はどれだけ統計が増えてもかわらないだろう。

現状 : signal region:  $\sim 10/0.5ab^{-1} \rightarrow 1000/50ab^{-1}$  (Nsig=50で $1.5\sigma$ , BG1/3で $3\sigma$ )

# polarized beam と $\tau \rightarrow \mu\gamma$ BG rejection

- Polarized beam を使う (Italian superB)  
→ tau の helicity 情報を使って BG rejection



M.A.Giorgi@ICHEP2010

Signal-tag の helicity angle の相関を見ると  $\tau \rightarrow \mu\nu\nu$  が reject できる

- $\tau$  の再構成が不可欠 → 信号は  $\mu\gamma$  で正しく再構成可 / BG はとんでもない方向に  
結局 BG は均等に分布 → rejection power は十数%

# predicted BF in various models

Ratios of LFV decay BFs make us to distinguish  
between NP models.

	SUSY+GUT (SUSY+Seesaw)	Higgs mediated	Little Higgs	non-universal Z' boson
$\left(\frac{\tau \rightarrow \mu\mu\mu}{\tau \rightarrow \mu\gamma}\right)$	$\sim 2 \times 10^{-3}$	0.06~0.1	0.4~2.3	$\sim 16$
$\left(\frac{\tau \rightarrow \mu ee}{\tau \rightarrow \mu\gamma}\right)$	$\sim 1 \times 10^{-2}$	$\sim 1 \times 10^{-2}$	0.3~1.6	$\sim 16$
Br( $\tau \rightarrow \mu\gamma$ ) @Max	$< 10^{-7}$	$< 10^{-10}$	$< 10^{-10}$	$< 10^{-9}$

(M.Blanke, et al., JHEP 0705, 013(2007), C.Yue, et al.,PLB547, 252 (2002))

Favorite modes

$\tau \rightarrow \mu\gamma$



$\tau \rightarrow \mu\mu\mu$

Thus, it is important to search for various kinds of  $\tau$  LFV.

→ We have performed 48 analyses for  $\tau$  LFV with the Belle data sample.