

Belle 実験におけるレプトンフレーバーを破るタウレプトンの崩壊の探索

名古屋大学理学研究科特任助教

宮崎 由之

素粒子の標準模型において、レプトンのフレーバー(電子数、ミュー数、タウ数)は保存するようになっている。しかし、ニュートリノ振動の発見により、実際にはレプトン数は破れていることが分かっている。しかし、荷電レプトンの崩壊におけるレプトン数の破れまだ観測されていない。もし、荷電レプトンのレプトンフレーバーを破る崩壊がニュートリノ振動だけによるとすると、分岐比は 10^{-50} 以下であり、その観測は今の実験では不可能である。しかし、標準模型を超える新しい物理が存在すれば、その分岐比は現在の実験においても探索可能な大きさであると予想されている。よって、荷電レプトンにおけるレプトンフレーバーを破る事象の探索を行うことは、新しい物理の探索において重要である。特に、荷電レプトンの中でもタウレプトンは、他のレプトンに比べて質量が大きいため、分岐比は大きくなり、超対称性理論など標準模型を超える新しい物理に感度が高いと考えられている。

茨城県つくば市にある高エネルギー加速器研究機構で行われている KEKB 加速器を用いた国際協力実験 Belle 実験で得られた世界一の高統計のタウレプトン対のデータを用いて、レプトンフレーバーを破るレプトンの崩壊の探索を様々なモードで行っており、

終状態に(1)レプトン($l = e$ もしくは μ)と一つ、もしくは二つの K^0_s メソン、(2)3つのレプトン、(3)一つのレプトンと二つの荷電擬スカラーメソン($h, h' = \pi^\pm$ or K^\pm)となる崩壊について、解析を行った。これらの解析において、大きな背景事象として、(1)や(3)は、タウレプトンや continuum 事象において、ハドロンをレプトンと誤認識する事象であり、(2)は、2光子過程や Bhabha 事象が大きな背景事象となる。そのため、モード毎に背景事象が異なるため、スラスト軸の大きさや欠損質量と運動量の相関などをモード毎に事象選択を最適化し、効率的に背景事象の抑制を行った。その結果、信号の検出効率を保ちながら、背景事象を1事象以下と十分に抑制する事に成功した。

事象選択を行った後、信号側の粒子を用いて、不変質量(M)と再構成した重心系のエネルギーからビームのエネルギーの差(ΔE)の二変数を使って、最終的な信号事象の評価を行った。もし、信号の場合、Mはタウレプトンの質量に、 ΔE は0付近に分布することになる(図1を参照)。残

念ながら、すべてのモードにおいて、信号事象は観測されなかったため、90%の信頼度でそれぞれのモードの分岐比の上限値を以下のように設定した。

- (1) $Br(\tau \rightarrow 1K_s^0) < (2.3-2.6) \times 10^{-8}$
 $Br(\tau \rightarrow 1K_s^0 K_s^0) < (7.1-8.0) \times 10^{-8}$
- (2) $Br(\tau \rightarrow 31) < (1.5-2.7) \times 10^{-8}$

$1K_s^0 K_s^0$ モードは、CLEO 実験で得られた上限値より 31-43 倍と大きく向上するを得ることができた。また、他のモードはルミノシティの増加に比例した向上を得る事ができた。多くのモードを行っており、多くのモードにおいて、上限値は 10^{-8} に入っている。現在、(1)は論文を投稿し、(2)は既に PLB に出版が決まっている。また、昨年度に報告を行った一つのレプトンと二つの荷電擬スカラーメソン ($h, h' = \pi^\pm$ or K^\pm) モードに関しては $Br(\tau \rightarrow 1hh') < (3.3-16) \times 10^{-8}$ Physics Letter 682 355 (2010) として出版された。

図2に Belle 実験、BaBar 実験、CLEO 実験における様々なタウレプトンからレプトンフレーバーを破る崩壊の分岐比の上限値を示す。現在、探索の精度は 10^{-8} を超えており、来年度は、取得された全データを使用し、最終的な解析を行う予定である。

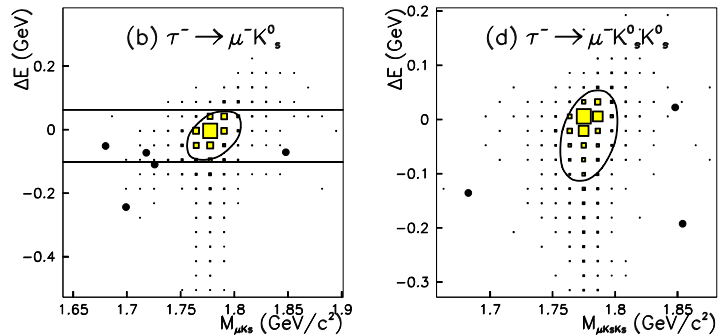


図 1 μK_s^0 と $\mu K_s^0 K_s^0$ の不変質量(M)と再構成された重心系のエネルギーのビームエネルギーの差 (ΔE) 黄色は信号のモンテカルロであり、黒丸はデータを示す。楕円領域が信号領域を示す

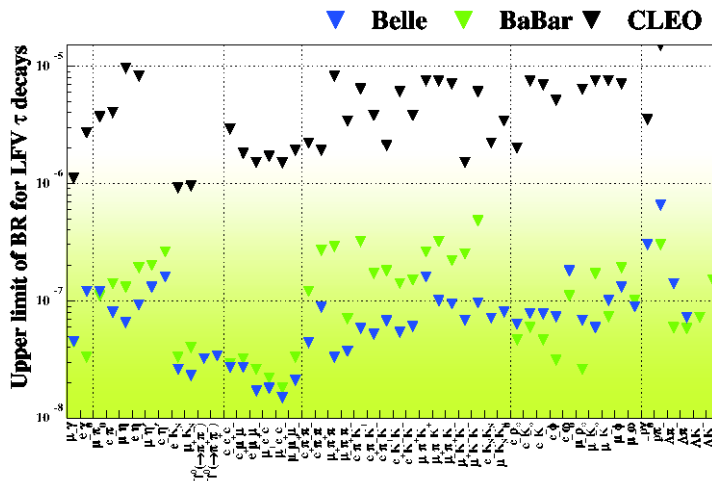


図 2 Belle 実験、BaBar 実験、CLEO 実験における様々なタウレプトンからレプトンフレーバーを破る崩壊の分岐比の上限値