

論文内容の要旨

論文題目：Precision Measurement of the Electroweak Flavor-Changing Neutral Current Decays of B Mesons

(訳)：(B 中間子の電弱フレーバー変換中性カレント崩壊の精密測定)

67049

中山浩幸

<イントロダクション>

本研究の目的は、Belle 実験において $B \rightarrow X_s l^+ l^-$ という電弱稀崩壊過程を観測し、標準理論を越える新しい物理の理論モデルを探索することである。この過程はフレーバー変換中性カレント(FCNC)過程の一つで、標準理論の範囲では強く抑制されているため新しい物理の効果を発見しやすい特徴を持つ。

新しい物理の候補には、超対称性理論 SUSY をはじめとして様々な理論モデルが提唱されているが、本解析では Wilson 係数(C_7, C_9, C_{10})というパラメータを評価することでモデル非依存のアプローチが可能である点でユニークである。

他にも $B \rightarrow K^* l^+ l^-$, $b \rightarrow s \gamma$ などの FCNC 過程があるが、前者に対しては複数の崩壊過程を足し合わせる準包含手法を用いることで理論の不定性を抑えられる点で、後者に対しては $b \rightarrow s \gamma$ 過程が $|C_7|$ にしか感度がないのに比べ、 $B \rightarrow X_s l^+ l^-$ 過程においては崩壊分岐比やその $\text{Mass}(X_s)$, $\text{Mass}(l^+ l^-)$ に対する依存性を測定することで C_9, C_{10}, C_7 に制限を加えることができる点で、今回用いる $B \rightarrow X_s l^+ l^-$ 過程が有利である。

<解析手法>

1. 事象の選別

全事象の中から、終状態に二つのレプトン $l^+ l^-$ と K 中間子を含むハドロンシステム X_s を含むものを選別し、再構成する。運動学的な様々なカットにより、背景事象を抑制してシグナル事象を効率よく選別する。複数のシグナル候補が残る場合は、シグナル尤度の高いものを選ぶ。加えてシグナル尤度によるカットを行い、さらに背景事象を削減する。

2. 検出効率・背景事象の見積り

大量のシグナルモンテカルロを生成し、上記の事象選別による検出効率を精度良く求める。また、事象選別で残ってしまう背景事象がどれくらいあるか、精度良く見積もる。

3. シグナル事象数・崩壊分岐比の導出

実験データを最尤法を用いてフィットし、シグナル事象の個数を導出する。まず 1/4 のデータのみを使用してテストを行い、フィット手法の確認を十分に行った後、全てのデー

タを用いた解析を行う（ブラインドアナリシス）。上で見積もった検出効率と、生成された B 中間子の個数から、崩壊分岐比を導出する。また、その $Mass(X_s)$, $Mass(l^+l^-)$ に対する依存性も測定する。

4. 系統誤差の評価

本解析では、なるべく系統誤差を小さく（その分統計誤差が大きくなったとしても）する手法を用いた。これは、統計誤差は今後さらに高統計な測定によって小さくすることができるからである。この結果、本解析の主要な誤差は統計誤差である。

<結果>

Belle 実験で蓄積された約 6 億個の B 中間子対を用いて、 $237.8 \pm 26.4 \pm 2.5$ 個の $B \rightarrow X_{s1} l^+ l^-$ 事象を見つけた。Significance は 10.0 であった。崩壊分岐比は $(3.22 \pm 0.79 \text{ (stat.)} (+0.28-0.25) \text{ (syst.)}) \times 10^6$ と測定された。これは標準理論による予測値 $(4.2 \pm 0.7) \times 10^6$ と誤差の範囲で一致しており、有意なずれは発見されなかった。また、崩壊分岐比の $Mass(X_s)$, $Mass(l^+l^-)$ に対する依存性も測定し、こちらも標準理論による予測と誤差の範囲で一致した。今回得られた崩壊分岐比測定の精度は世界最高であり、現在の世界平均値を決めている主要な測定である。

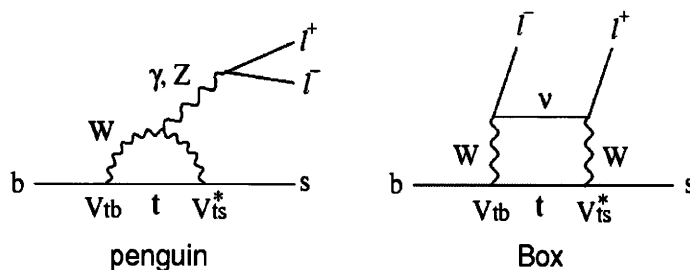


図 1. FCNC 過程のファインマン図

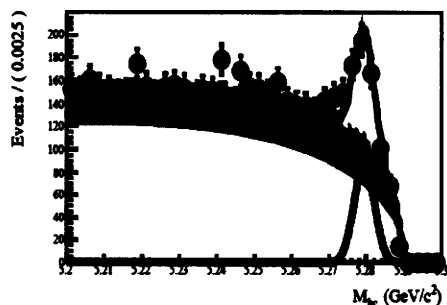


図 2. 事象選別で残ったイベントのヒストグラムをフィットした様子。黄・青・緑の領域は背景事象で、残りの白い領域がシグナル事象。

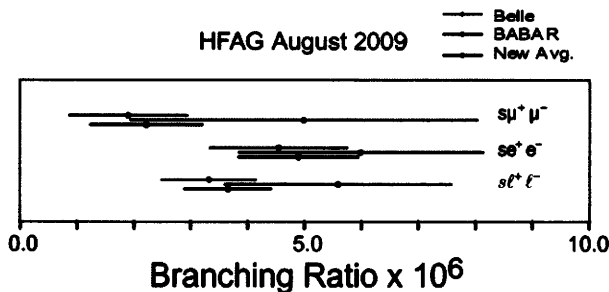


図 3. $B \rightarrow X_{s1} l^+ l^-$ 過程の崩壊分岐比の世界平均値。主に本解析が値を決めている。

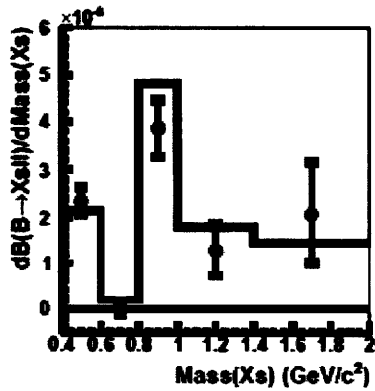


図 4. 崩壊分岐比の $\text{Mass}(X_s)$ 依存性。標準理論の予測（黄色のヒストグラム）とは誤差の範囲で一致している。

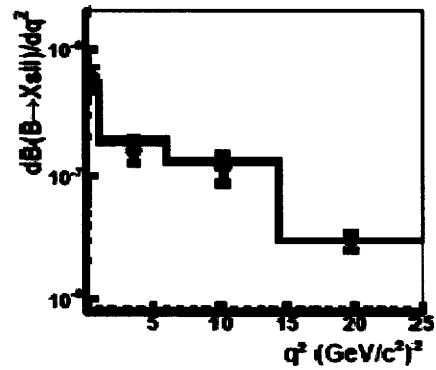


図 5. 崩壊分岐比の $\text{Mass}(l+1)^2$ 依存性。標準理論の予測（黄色のヒストグラム）とは誤差の範囲で一致している。

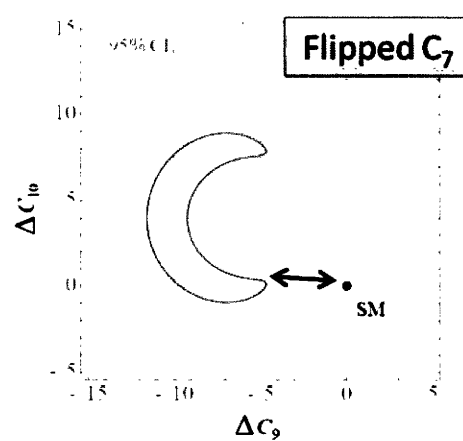
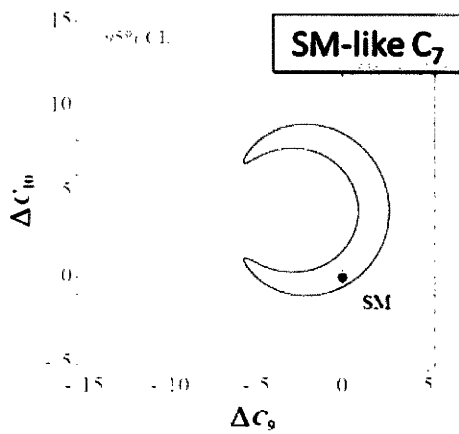


図 6. 今回の測定結果から得られた Wilson 係数 C_7 , C_9 , C_{10} への制限。標準理論 (SM) と逆の C_7 の符号の場合は exclude された。

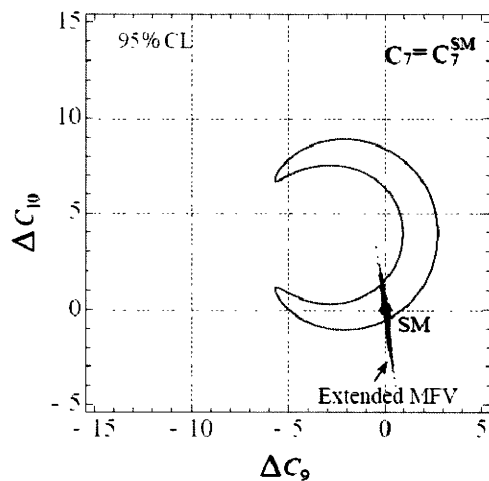


図 7. 今回の測定結果が、新しい物理モデルの一つ、Extended Minimal Flavor Violation (EMFV) モデルのパラメータ空間に対する制限を与える様子。