

論文審査結果の要旨

氏名 中 疾 優
浪

本論文は8章よりなる。イントロダクション(第1章)では、bクォークがsやdクォークに崩壊する中性カレント崩壊が標準理論で強く抑制されているため、標準理論を超えた新しい物理に高い感度があることが具体的に述べられ、本研究の目的が纏められている。続く第2章で B メソンを用いた CP の破れの研究の一般的な基礎と最新結果がまとめられている。特にbクォークがcクォークに崩壊する荷電カレント崩壊で詳細に CP の破れ角 (ϕ_1) が測定された経緯が纏められている。第3章では、実験が行われたKEKB加速器とBelle検出器について詳しく纏めている。第4章では、この解析で鍵となる「時間依存型ダリツ解析」の説明を行っている。続く第5章では、データから $B^0 \rightarrow \phi K_S^0$ 崩壊を含む、 $K_S^0 K^+ K^-$ 終状態や $K_S^0 K_S^0$ 終状態の事象を選びだし、事象を再構成する方法を述べている。選択、再構成による系統誤差についても詳しく述べられている。第6章は選択・再構成された事象数に対して CP の破れを測定し、その不定性など詳しい研究がなされている。第7章では、6章で得られた結果を議論し、4つある解のうち最も正しそうな解を選び、物理的な理解を与えている。最終章(8章)では結論が述べられている。

クォークセクターの CP の破れの解明は21世紀最初の主要な物理成果である。特に小林益川行列の正しさを検証し、物質・反物質の非対称性の起源の解明に重要な役割を果たしたが、標準理論の枠組みで予言される CP の破れだけでは物質・反物質の非対称性には不十分であり、新しい CP の破れの発見が現在の最も重要な課題である。この研究はこの点に着目し、KEKB ファクトリーおよび Belle 検出器を用いて生成および収集された B 中間子対 6.57 億個のデータを用いて、標準理論を超える CP の破れに高い感度をもつ中性カレントによる崩壊 ($b \rightarrow sg, dg$) の CP の破れを観測した。

1) 中性カレント崩壊 $\bar{b} \rightarrow \bar{s}g \rightarrow \bar{s}s\bar{s}$ は $B^0 \rightarrow \phi K_S^0$ 崩壊を調べることで CP を測定することが出来る。この崩壊モード含む $B^0 \rightarrow K_S^0 K^+ K^-$ 終状態崩壊過程において、同じ終状態をもつ他の崩壊モードとの干渉効果を正しく取り扱うために、新たに運動学的な量(Dalitz プロット)を組み合わせ、時間依存性を測定した。図(左)に $B^0 \rightarrow K_S^0 K^+ K^-$ 信号モデルの Dalitz プロットをしめしており、中間状態の違いで分布が異なることが論文の中で詳しく研究されている。これらの分布を時間の関数として、各中間状態の CP 非対称性、各崩壊モードの相

対的な大きさをあらかず Dalitz 振幅、および干渉をあらかず Dalitz 位相を含む全 18 パラメータを最尤関数法で同時に決定した。4つの解の可能性があるが、論文の中で他の物理解析から解の可能性を絞り込み、 $b \rightarrow sg$ 遷移の中での golden mode で CP 位相の測定結果、

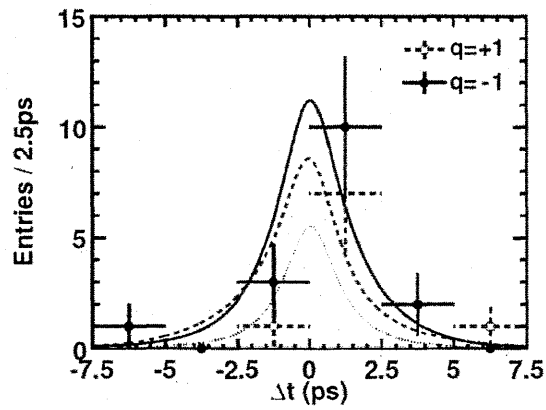
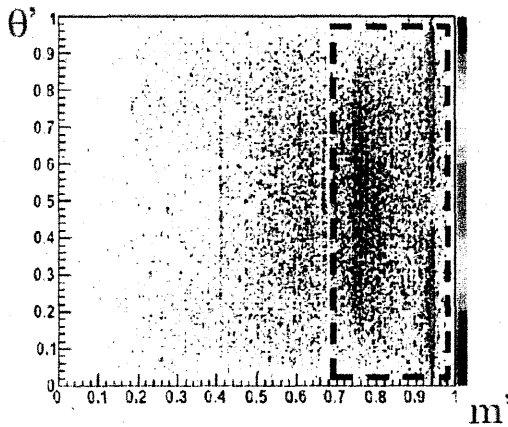
$$\phi_1^{eff} = (32.0_{-8.3}^{+8.8}(stat.) \pm 1.8(syst.) \pm 0.8(Dalitz Model))^{\circ}$$

を得ている。これは、 3σ レベルの高い確度の初めての結果である。中性カレントは崩壊分岐比が小さいため事象数が少なくまだ統計誤差が大きい、系統誤差や、フィッティングのバイアスなどが無いかを丹念に調べ、またトイモデルでの確認などを行っており十分に信用に堪える測定である。この結果は標準理論と無矛盾な結果ではあるが、今後統計誤差が小さくなるに従い新しい物理現象を探ることが出来る学術的に非常に重要な結果である。

2) 中性カレント崩壊 $\bar{b} \rightarrow \bar{d}g \rightarrow \bar{d}s\bar{s}$ 崩壊のゴールドモードである $B^0 \rightarrow K_S^0 K_S^0$ 崩壊における CP 非対称性の測定も同時に行っている。崩壊分岐比が極めて小さい反応過程であるが、新しい感度の高い選択方法と再構成方法の開発を行い約 40% 事象を増やすことに成功した。図(右)に再構成された 58 事象の時間依存した CP 非対称性をしめす。まだ統計が少なく統計誤差が大きい結果ではあるが：

$$S_{CP} = -0.38_{-0.77}^{+0.69}(stat) \pm 0.05(syst)$$

ゼロと無矛盾な結果が得られ、これも標準理論の予言と一致するものであった。



なお、本論文は、国際共同実験 The Belle Collaboration での共同研究であるが、この研究に関しては論文提出者が主体となって解析している。2)の研究はすでに論文提出者が主著者となって学術誌に掲載されている。また1)に関しても提出者が投稿用論文の準備を現在進めている。更に本研究の鍵となる「フレーバータギング」の改良を、論文提出者はすすめ、Belleグループ全体に重要な貢献を行っている。また Belle 検出器アップグレードで鍵となるパイプライン読み出しの開発などハードウェアでも大きな貢献を行っている。したがって論文提出者の寄与が十分であると判断する。

審査員全員十分納得する研究結果であり、論文提出者の物理学の知識も博士(理学)をうけるに十分である。

したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。