

Title	Right-handed charged current in $b \rightarrow u$ transition
Author(s)	榎本, 哲也
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/56068">https://doi.org/10.18910/56068</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## 論文内容の要旨

氏名 ( 榎本 哲也 )

論文題名

Right-handed charged current in  $b \rightarrow u$  transition  
( $b \rightarrow u$ 遷移における右巻き荷電カレント)

## 論文内容の要旨

荷電カレントは左巻きであるというのは、 $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ のゲージ群を持つ標準模型の重要な特徴である。しかし、新しい物理の模型においては、一般的に右巻き荷電カレントも生じる。標準模型においては、クォーク荷電カレントはCabibbo-Kobayashi-Maskawa (CKM) 行列によって決定されており、ボトムクォークからアップクォークへの遷移 ( $b \rightarrow u$ 遷移) はCKM行列の成分 $V_{ub}$ が他の成分よりも非常に小さいために、起こりにくく抑えられている。よって、この遷移は他の遷移に比べて相対的に新しい物理によって引き起こされる右巻き荷電カレントの影響が生じやすい。加えて、ボトムクォークの崩壊はBファクトリー実験によって詳細に調べられており、様々な観測量を用いて多角的な視点から分析することができるという、利点がある。

B中間子のレプトン、半レプトン崩壊を用いると、 $|V_{ub}|$ を測定することができる。 $b \rightarrow u$ 遷移の右巻き荷電カレントは、様々な崩壊モードを用いて測定された $|V_{ub}|$ の結果のずれを説明するために考えられてきた。本論文では、この問題について $B \rightarrow \tau \nu$ 、 $B \rightarrow \pi l \nu$ 、 $B \rightarrow \rho l \nu$ 、 $B \rightarrow \omega l \nu$ 、 $B \rightarrow Xu l \nu$ の各崩壊モードを用いた直接測定に加え、CKM行列のユニタリー性とB中間子混合、 $B \rightarrow J/\Psi K_S$ を用いた間接測定に関して考察し、最新の実験データを用いて包括的に分析した。これにより、 $|V_{ub}|$ 測定は $b \rightarrow u$ 遷移の右巻き荷電カレントにおける大きなCPの破れを示唆しているという重要な結果を得た。

これに伴い、CPを破る観測量の測定に用いられている $B \rightarrow \pi \pi$ 、 $B \rightarrow \rho_L \rho_L$ 、 $B \rightarrow DK$ 崩壊における可能なCPを破るシグナルについて考察した。その結果、それぞれの崩壊モードに対して、既存のCPを破るパラメータへ影響が生じるといふこと、また、新たなCP非対称なパラメータが生じるということがわかった。これらに対して現在の実験データからの制限と $|V_{ub}|$ 測定から予言される $b \rightarrow u$ 遷移の右巻き荷電カレントの影響を比較した結果、 $b \rightarrow u$ 遷移の右巻き荷電カレントは現在のデータと無矛盾であるということがわかった。特に $B \rightarrow \rho_L \rho_L$ 崩壊からの制限は非常に強く、SuperKEKB/Belle IIやLHCb experimentsのようなB中間子を用いた実験によって $b \rightarrow u$ 遷移の右巻き荷電カレントは発見されるかもしれない。加えて、これらの実験においては、これまでの実験では測れなかった $B \rightarrow \pi \pi$ に関する新たなパラメータが測定できる可能性があり、 $B \rightarrow \pi \pi$ 崩壊も重要となってくる。

また、 $b \rightarrow u$ 遷移の右巻き荷電カレントの発見は、新しい物理におけるCKM行列によって記述できないフレーバー構造・CPの破れの発見を意味する。そこで、loopのファインマン図形によって $b \rightarrow u$ 遷移の右巻き荷電カレントを引き起こすMinimal Supersymmetric Standard Modelにおいてそのような場合を考え、この模型のパラメータへの制限について考察した。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 榎本 哲也 )			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	細谷 裕
	副 査	教授	大野木哲也
	副 査	教授	山中 卓
	副 査	准教授	山口 哲
	副 査	助教	田中 実
論文審査の結果の要旨			
<p>素粒子物理学における標準模型、<math>SU(3) \times SU(2) \times U(1)</math>ゲージ理論は、現在までの実験データを非常に良い精度で記述する。この理論では <math>W</math> ボソンが左巻きのフェルミオンと結合するように構成され、荷電カレントは純粋に左巻きになっている。これは荷電カレントの発見以来、数々実験により検証されてきた。荷電カレントのもう一つの特徴は、Cabibbo-Kobayashi-Maskawa (CKM) 混合であり、荷電カレントの強さはフレーバーに依存し、そのフレーバー構造の起源は今後解明されるべきものである。本論文「Right-handed charged current in <math>b \rightarrow u</math> transition (<math>b \rightarrow u</math> 遷移における右巻き荷電カレント)」では、最も弱い荷電カレントである <math>b \rightarrow u</math> 荷電カレントに注目し、そこに右巻き成分が存在する可能性について実験データをもとに詳細に検討した。まず、<math>b \rightarrow u</math> 荷電カレントの強さ <math> V_{ub} </math> の測定に用いられる <math>B</math> 中間子の崩壊モードの分岐比と CKM 行列のユニタリティーを用いて、右巻き成分の大きさおよびその複素位相を見積もった。その結果、現在の実験データは大きな虚部の存在を示唆していることを初めて明らかにした。この発見に基づき、<math>b \rightarrow u</math> 荷電カレントが寄与する <math>B</math> 中間子のハドロン崩壊における CP の破れについて、右巻きカレントの影響を評価した。<math>B \rightarrow \pi \pi, \rho \rho</math> 崩壊のアイソスピン解析に右巻きカレントの影響を取り込むことにより、ユニタリティー 3 角形の内角の一つ <math>\phi_2</math> の値のずれ、および標準模型では存在しない CP 非対称性が現れることを示した。さらに <math>B \rightarrow DK</math> の Dalitz プロット解析を右巻きカレントの影響を取り込めるように拡張し、<math>\phi_3</math> のずれおよび新たな CP 非対称性の出現を明らかにした。これらの結果を実験データと比較することにより、少なくとも <math>2\sigma</math> の範囲では、右巻き <math>b \rightarrow u</math> 荷電カレントのシナリオが無矛盾であるとの結論を得た。スーパー-B ファクトリー等の今後の実験でより高精度のデータが得られるが、本研究の成果をもとに <math>b \rightarrow u</math> 荷電カレントの発見、あるいはより強い制約が期待される。特に、<math>b \rightarrow u</math> 右巻き荷電カレントによる新たな CP の破れの予言は世界初の結果であり、この分野の発展に大きく寄与すると予想される。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値のあるものと認める。</p>			