



Title	New physics beyond the standard model and the unitarity triangle
Author(s)	富田, 淳
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41542
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	とみ 富 田 あつし 淳
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 3 7 6 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 11 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科物理学専攻
学 位 論 文 名	New physics beyond the standard model and the unitarity triangle (標準模型を超える新しい物理とユニタリティー三角形)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 高杉 英一 (副査) 教 授 吉川 圭二 教 授 東島 清 助教授 窪田 高弘 助教授 太田 信義

論 文 内 容 の 要 旨

電磁気力と弱い相互作用を統一した、素粒子論における 3 世代標準模型は、最近の神岡におけるニュートリノに関する実験以外の全ての実験事実を説明する。この模型には、クォークの左巻荷電カレントと W_L ボゾンの結合部に 3 行 3 列のユニタリ行列で表されるクォーク混合行列が現れる。この行列は小林益川行列と呼ばれ、その 1, 2, 3 列は、それぞれ、 d, s, b クォークの u, c, t クォークへの遷移を記述する。小林益川行列の成分に存在する複素位相は、 K 中間子の CP 対称性の破れを説明し、また、 B 中間子の崩壊において大きな CP 対称性の破れを预言する。小林益川行列の成分の間の直交条件を複素平面上に表した三角形はユニタリティー三角形と呼ばれる。特に、1 例と 3 列の間の直交条件を示した三角形については、その 3 辺の長さや 3 内角の大きさを、独立に、実験的に決定することが重要である。辺の長さは、現在得られている B 中間子と反 B 中間子の間の混合の大きさ、および B 中間子の崩壊幅から決定されるが、その値の不定性が大きい、内角の角度は、 B 中間子の崩壊における CP 非対称の大きさから決定することができるが、 B 中間子系での CP 非対称性はまだ測定されていない。これら辺と角度の値の正確な決定のための実験が B ファクトリーを始めとして計画されている。実験値は 3 世代標準模型を仮定して解析されるため、もし 3 世代標準模型を超える新しい相互作用が B 中間子の崩壊に寄与していれば、測定された 3 辺の長さや 3 つの内角の大きさの組み合わせがひとつの三角形を形成しないこと、たとえば、3 内角の和が 180° にならない、あるいは、3 辺の作る三角形と 3 内角の作る三角形がずれている、などが起こることが期待される。従って、実験的に決定された 3 辺と 3 内角が一つの三角形を作るかどうかを調べることは、3 世代標準理論の重要な検証、および 3 世代標準模型を超える物理の存在を調べる有効な手段となる。

本論文では、3 世代標準模型を超える新しい物理が、ユニタリティー三角形の辺と角度の測定値にどのように影響するかを議論する。初めにユニタリティー三角形の決定法について議論する。とくに角度を決定する表式を、クォークの位相変換に対して不変な形で与えた。次に、将来の実験において、測定された 3 辺の長さや 3 つの内角の大きさがひとつの三角形を形成しなかった場合を想定し、それらの実験結果から、標準模型以外の新しい相互作用が B 中間子の崩壊にどのような寄与をしているかを探索する方法を与えた。

測定された 3 辺と 3 つの角度がひとつの三角形を形成しない場合の一つとして、3 つの角度の和が 180° にならない場合が考えられる。本論文では、3 世代標準模型を拡張した場合における角度の決定について議論をし、多くの模型において 3 つの角度の和が、ほぼ 180° になることを示した。

最後に、3つの角度の和が 180° にならない模型の例として $SU(2)_L \times SU(2)_R \times U(1)_Y$ 模型を考察した。この模型においては、クォークの右巻荷電カレント、それと相互作用するゲージ粒子 (W_R)、それらの間の相互作用に現れるクォークの世代間混合行列 (V_{RM}) が新たに導入される。本論文では、比較的軽い W_R が許される V_{RM} の形において、 W_R が摂動の最低次で B 中間子の崩壊へ寄与しうること、その寄与の結果、ユニタリー三角形の角度の測定値は、実験的に十分識別できるほど、標準模型の予言値からずれうることを示した。

論文審査の結果の要旨

極微の世界では CP 対称性が破れていることが知られているが、これが電弱相互作用の統一理論（標準理論）における小林・益川クォーク混合行列の複素位相によるものかどうかを決定するために、B 中間子工場の建設され、実験開始段階に入っている。混合行列の 1 列と 3 列の間のユニタリティーの関係は複素平面では、3 角形として表される。

本論文では、3 角形の 3 つの辺と 3 つの角に関しての実験的データが得られたとして、もしそれらが 1 つの 3 角形を構成できないとき、どのような標準理論を越えた物理が存在しうるのかを、一般的な解析と模型を指定した場合の詳しい解析を行った。3 角形を構成できないとしても、いろいろの状況が考えられるが、本論文の考察から、これらの状況に対応して、その原因となる物理が特定できる可能性を与えた。この仕事は、博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。