



Title	Parity Violation in QCD process via Supersymmetry
Author(s)	Kaneta, Kunio
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/24958
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	かね た くに お 金 田 邦 雄
博士の専攻分野の名称	博 士（理学）
学 位 記 番 号	第 2 5 8 1 1 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 25 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	Parity Violation in QCD process via Supersymmetry (QCD 過程における超対称性によるパリティの破れ)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 細 谷 裕 (副査) 教 授 大野木 哲也 教 授 山中 卓 助 教 田中 実 北海道大学教授 波場 直之

論 文 内 容 の 要 旨

超対称性は標準模型を超える物理の最有力候補の 1 つであり，Large Hadron Collider (LHC) などの高エネルギー加速器実験により，発見が期待されている．超対称標準模型では，すでに発見されている標準模型の粒子に加え，新たな超対称粒子の存在が予言される．その中でも，左巻きの squark と右巻きの squark は異なる質量を持っており，quark-squark-gluino の，カイラルなゲージ相互作用を通して，QCD 過程でパリティを破り得る．もちろん標準模型の QCD の相互作用では

パリティは保存しているが、一方で、超対称粒子のループの寄与により、QCD 過程でパリティの破れが現れる。

本論文では、まずはじめに、top quark 対生成過程におけるパリティの破れについて調べる。この過程において、パリティの破れは top quark のヘリシティ非対称性として現れる。Universal Extra Dimension (UED) 模型も、標準模型を超える物理の有力候補の 1 つであり、標準模型にない新たな粒子 (Kaluza-Klein (KK) 粒子) を予言する。しかし、実際に LHC で新粒子が発見されたとき、その粒子が超対称粒子か KK 粒子かの判別をすることは難しい。一方で、UED では QCD 過程においてもパリティは破れない。このことに着目し、本論文では top quark 対生成のヘリシティ依存性を調べることで、超対称性と UED を判別できる可能性について議論する。この方法では、LHC で新粒子の発見なしに、両者の判別が可能である。ヘリシティ非対称性を評価するにあたり、有効理論における次元 6 のオペレーターを使って解析を行う。そのため、本論文ではオペレーターの正確な計算方法についても議論する。数値計算の結果、ある特定のパラメータ領域で、非対称性は $\delta A_{LR} \sim 0.05 \pm 0.01$ まで大きくなり得ることが分かった。これは、LHC において、およそ 100 fb^{-1} のルミノシティで観測可能であると期待される。次に、超対称性によるパリティの破れを起源とする、重いメソンの、パリティを保存しない崩壊について議論する。特に、 η_c メソンの、2 つのパイオンへの崩壊について評価する。この崩壊過程は、実際に実験からの制限が得られているため、特に重要である。また、重いメソンを解析するにあたり、Non-relativistic QCD (NRQCD) の方法を採用し、超対称性粒子のパリティを破るループの効果を取り入れるため、NRQCD に基づいた新しい計算方法を開発した。さらに、重いメソンだけでなく、up quark や down quark から成る軽いメソンについても、有効理論における、パリティを破る核子との相互作用から、左巻きと右巻きの squark の質量の非縮退について調べる。残念ながら、結果は実験データよりも小さく、質量の差についての制限は得られなかったが、本研究で開発した計算方法は、パリティの破れの起源となる他の物理についても応用可能であり、将来的にも解析の役に立つと期待される。

論文審査の結果の要旨

超対称性理論は、素粒子物理を記述する標準理論の先に横たわる理論として最も有望な理論の一つであり、LHC での加速器実験でその詳細を探索できる。本論文「Parity Violation in QCD Process via Supersymmetry (QCD 過程における超対称性によるパリティの破れ)」では、超対称性理論では一般にパリティ (空間反転対称性) が、QCD 過程においても破れることに着目し、その効果が LHC 実験でいかに観測できるかを明らかにした。パリティの破れは、クォークの超対称パートナーである 2 種類のスクォークを通じて起る。特に、トップクォーク・反トップクォーク対生成・崩壊過程で、最後に現れるレプトン・反レプトンの分布の非対称性からパリティの破れの大きさを評価できることを示した。レプトン・反レプトンの分布の非対称性の大きさは、理論の詳細なパラメータに依存するが、将来、LHC のエネルギーとルミノシティを上げれば、観測可能になることを示した。また、重いクォークの中間子の崩壊過程でも、パリティの破れの効果が現れるが、その大きさは現在の実験可能なレベルからは大きく下回り、当面は実験での検証は難しい。しかしながら、本論文で発展された重い中間子におけるパリティの破れの解析方法は他の過程でも適用できその有用性は計り知れない。LHC でのトップクォーク・反トップクォーク対生成・崩壊過程におけるパリティの破れの解析は、世界初で斬新なものであり、極めて重要である。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。