

論文要旨

R-パリティを破る超対称標準模型の現象論的研究

松尾 光

素粒子標準模型はこれまでに行われたほとんどの加速器実験結果をよく説明するにも関わらず、例えば暗黒物質の起源を持たないなどいくつかの困難を抱えている。そのような困難を解決する可能性の一つに超対称性があり、特に標準模型を最小限に超対称化した最小超対称標準模型 (以下, MSSM) はよく調べられている。MSSM では、バリオン数やレプトン数を破る相互作用を禁止するために R-パリティと呼ばれる離散的対称性が導入されている。バリオン数やレプトン数が破れていると陽子崩壊を引き起こし、観測と矛盾するからである。また、R-パリティが存在すると最も軽い超対称性粒子は安定となり、この粒子が暗黒物質の有力候補となり得ることが知られている。このように、R-パリティの導入は現象論的事実を満たすうえで極めて重要な役割を果たしている。しかし、R-パリティは人為的に課された対称性であり、その起源は MSSM の範囲内では説明されない。そのため R-パリティを課さない模型、言い換えれば R-パリティが破れている模型で、本当にこれらの現象論的事実の説明が困難か否かを考察することは極めて重要である。さらに、R-パリティの破れは (とくにフレーバーの物理において) 豊富な現象をもたらす。したがって本研究ではこのことに注目し、R-パリティを破る (以下, RPV) MSSM におけるフレーバー物理実験データからの許容領域を従来より一般的な枠組みで調べた。

具体的には、 D_s^+ 中間子及び B^+ 中間子のレプトン対への崩壊過程について、RPV の寄与を含めた解析を行った。なぜならば研究開始当時、これらの過程に対する実験結果が標準模型の予言値と異なっており、何かしらの新物理の影響を示唆するのではないかと注目されていたからである。そこで、著者はこれらの実験結果を説明する可能性を RPV-MSSM に求め、許容パラメータ空間を求めた [1, 2]。

これらの崩壊過程には、RPV 相互作用によって s -チャンネル振幅および t -チャンネル振幅での超対称粒子交換ダイアグラムが存在する。しかし先行研究では、模型構築や解析の簡素化などの立場から一つのチャンネルの振幅もしくは特定の R-パリティを破る結合定数の組み合わせの寄与のみを考慮 (仮定) した解析が行われていた [3-7]。本研究ではこの点を指摘し、崩壊過程に関与する振幅を特定の仮定を置かずに最も一般的な形で解析を行なった。そして、 s -チャンネルと t -チャンネルの干渉の効果を考慮した、RPV 結合定数の許容領域を明らかにした。これらの寄与は各ダイアグラムに関与する RPV 結合定数の相対的な符号の取り方によって、互いに強めあったり弱めあったりする。このことが原因で、模型構築の段階では不定である、各ダイアグラムの RPV 結合定数の符号は、実験データから厳しい制限を受けることがわかった。

また本研究では、 D_s^+ 中間子及び B^+ 中間子のレプトン崩壊過程において終状態レプトン対のフレーバーが保存される場合と、保存されない場合の両方に対して計算を行った。特に後者を考慮したのは、今回取り上げた崩壊過程は終状態レプトンにニュートリノが含まれるが、このフレーバーを実験で特定することは原理的に不可能であるためである。この場合、 D_s^+ 中間子、 B^+ 中間子のレプトン崩壊を引き起こす RPV 相互作用と同様の相互作用を用いて、異なる LFV 過程が記述される。このことから、 D_s^+ 中間子、 B^+ 中間子の実験値からの RPV の寄与に対する制限と他の LFV 過程の実験値からの RPV の寄与に対する制限を比較した。その結果、 D_s^+ 中間子のレプトン崩壊に関しては他の LFV 実験からの制限を考慮すると、本過程における LFV-RPV による寄与は極めて小さいということがわかった。一方、 B^+ 中間子のレプトン崩壊に関しては他の LFV 実験の制限を考慮しても LFV-RPV の寄与だけで実験値を再現できることが明らかになった。

以上より、本研究では D_s^+ 中間子及び B^+ 中間子のレプトン崩壊過程において、RPV-MSSM で起こり得る全ての可能な寄与を考慮し、一般的な枠組みの中で実験データの下で許される模型のパラメータ領域を明らかにすることに成功した。

参考文献

- [1] Y. Aida, E. Asakawa, G. C. Cho and H. Matsuo, Phys. Rev. D **82**, 115008 (2010).
- [2] G. C. Cho and H. Matsuo, Phys. Lett. B **703**, 318-324 (2011).
- [3] S. Baek and Y. G. Kim, Phys. Rev. D **60**, 077701 (1999).
- [4] H. K. Dreiner, G. Polesello and M. Thormeier, Phys. Rev. D **65**, 115006 (2002).
- [5] A. Kundu and S. Nandi, Phys. Rev. D **78**, 015009 (2008).
- [6] Y. Kao and T. Takeuchi, arXiv:hep-ph/0909.0042.
- [7] G. Bhattacharyya, K. B. Chatterjee and S. Nandi, Nucl. Phys. **B831**, 344 (2010), arXiv:hep-ph/0911.3811.