

Title	Analysis of the electric dipole moments in the R-parity violating supersymmetric standard model
Author(s)	山中, 長閑
Citation	大阪大学, 2012, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/60104">https://hdl.handle.net/11094/60104</a>
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、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"&gt;大阪大学の博士論文について&lt;/a&gt;</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏 名	やまなか のど か 山 中 長 閑
博士の専攻分野の名称	博 士 (理学)
学 位 記 番 号	第 2 5 5 7 8 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 24 年 6 月 20 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	Analysis of the electric dipole moments in the R-parity violating supersymmetric standard model (R-parity を破る超対称標準模型における電気双極子モーメントの解析)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 浅川 正之 (副査) 教 授 久野 良孝 教 授 窪田 高弘 教 授 保坂 淳 准教授 佐藤 透

論 文 内 容 の 要 旨

R-parity を破る超対称標準模型における電気双極子モーメント (EDM) を議論する。EDM とはバリティと時間反転対称性を破る物理量である。EDM は中性子、原子、分子など多くの系において観測実験が行なわれており、現在までにそれぞれの系で有限の値が観測されていない事により強く制限されている。R-parity を破る (RPV) 相互作用は fermion の EDM やバリティ・CP 対称性を破る 4-fermion 相互作用を介してそれぞれの系の EDM に寄与する。それにより、EDM 実験による制限を解析する事で R-parity を破る相互作用に対して制限を与える事が可能である。複合粒子系の EDM に関しては、RPV 相互作用を制限するために多体効果も評価しないとイケない。

本研究ではまず、EDM に寄与するハドロンレベル、原子核レベル、そして原子レベルの多体系の物理を紹介する。そして論文の趣旨である EDM の現象論的解析を行なう。そのため、以下の項目を議論する。まず、EDM の主要な寄与の一つである Barr-Zee type の 2 ループダイアグラムの計算を再考する。Barr-Zee type の 2 ループダイアグラムは先行研究において誤った導出がなされており、今回の再考により約一桁小さい事を明らかにする。次に、<sup>205</sup>Tl 原子、<sup>199</sup>Hg 原子、<sup>129</sup>Xe 原子、YbF 分子、中性子の EDM の実験結果が与える RPV 相互作用への制限を解析する。その際、EDM に寄与する RPV 相互作用の興味深い分類を導入する。この解析は以下の二つの方法で行なう。一つは従来の解析にて用いられて来た方法であり、一種類の RPV 相互作用の組み合わせが支配的と仮定して RPV 相互作用に対する制限を導出するものである。もう一つは本研究で初めて導入された方法であり、複数の RPV 相互作用の組み合わせを考慮した多次元的な解析法である。更に、前述の 2 つ方法を用いて、今後計画されているバリティ・CP 対称性の破れの探索実験において観測可能な物理量 (中性子ベータ崩壊の R 相関、および陽子、重陽子、<sup>3</sup>He 原子核、<sup>211</sup>Rn 原子、<sup>225</sup>Ra 原子の EDM) の予言も行ない、それぞれの優越を議論する。最後に、準主要な寄与の解析として 1 ループレベルのバリティ・CP 対称性を破る電子-核子相互作用の解析も行ない、一種類の RPV 相互作用の組み合わせが支配的と仮定した時に RPV 相互作用に対して与えられる制限を明らかにする。

## 論文審査の結果の要旨

山中長閑氏は電氣的双極子モーメント (EDM) の解析を通して R パリティ非保存 (RPV) 超対称性標準模型における CP 非保存相互作用の研究を行った。標準電弱理論における CP 非保存相互作用の寄与が非常に小さいことが知られている EDM は標準理論をこえる物理に起源を持つ CP 非保存相互作用に敏感な物理量だと考えられている。

RPV 超対称性標準模型ではクォークやレプトンなどフェルミ粒子の EDM には Barr-Zee ダイアグラムと呼ばれる 2 ループダイアグラムの寄与が主要項となる。山中長閑氏は従来の解析に用いられていた表式の誤りを見いだし、修正した公式を用いると RPV 相互作用結合定数の従来の上限值は 10 倍程度大きく修正されなければならないことを見出した。さらに修正されたフェルミ粒子 EDM と 2 フェルミ粒子間 CP 非保存相互作用を用いて電子、原子、分子、原子核、核子の EDM に関する包括的な解析を行った。この研究において数多く存在する RPV 相互作用項を見通しよく整理する分類を提唱した。またこれまで単独の相互作用項しか寄与しないとする簡単化された解析方法を改良し、寄与するすべての相互作用を取り入れる解析を可能とする線形計画法による計算手法を開発した。その結果、現在の EDM の実験結果の再解析から、従来考えられていなかった広い RPV 相互作用のパラメタ空間が許されることが明かにされた。また得られたパラメタを用いて現在計画されている EDM 測定実験に関する予言し、それぞれの実験の有用性を示した。

山中長閑氏の研究成果は CP 対称性の起源をさぐる EDM 実験に対して重要な寄与をするものである。よって、本論文は博士 (理学) の学位論文として十分価値あるものと認める。