

東北大学大学院理学研究科物理学専攻・数学専攻・天文学専攻

21世紀COE拠点形成プログラム

「物質階層融合科学の構築」

平成15年度リサーチ・アシスタント (RA) 研究報告書

氏名	阿部 信隆
学籍番号	
専攻	東北大学大学院理学研究科 物理学 専攻
学年	博士課程後期3年の課程 3年
指導教官	諸井 健夫
研究題目	アノマリーメディエーション機構を用いた超対称素粒子モデルの構築
I. 研究発表 (学術雑誌に15年度中に発表または掲載決定したもの、および15年度中の学会等での本人の発表) なし。	

II. 研究活動結果の概要

本年度の研究計画は主に次の2点を計画していた。

1. アノマリーメディエーション機構を用いて現実的なアクシオン模型を構築する。
2. 超重力理論において、量子論レベルで重力アノマリーに関連して現れる問題点を解決する。

まず、1つめの課題に関する結果について述べる。

素粒子標準模型を超える魅力的な模型として超対称理論が上げられる。しかしながら、超対称理論に必要とされる超粒子は現在までのところ発見されていない。したがって、超対称性は何らかの形で破れていなければならない。超対称性の破れの伝播機構はいくつかの模型が提唱されているが、特にアノマリーメディエーション機構という模型について着目し研究を進めた。アノマリーメディエーション機構により予言される超対称性の破れのパラメータには、標準模型以外の新たなCP位相が現れず、超対称理論で一般に懸念されるSUSY-CP問題が生じない。また、超対称粒子を媒介したフレーバーの問題も解決可能である。このように超対称理論に纏わる問題点はアノマリーメディエーション機構を考えることで回避することができる。しかし、標準模型を超対称化した最小超対称標準模型においては、アノマリーメディエーション機構を考える限り、レプトンの超対称粒子であるスレプトンの質量が負になり、現実的な模型にはなっていないことが知られている。この問題に対する解決策として、Peccei-Quinn対称性を理論に課しアクシオンと呼ばれる質量の小さな場を導入することを提唱した。Peccei-Quinn対称性を理論に課すと、標準模型のゲージ場と相互作用をする新たな場が必要とされ、その結果、アノマリーメディエーション機構により予言される超対称性の破れのパラメータに対する予言が最小超対称標準模型の場合のそれとは異なるものになる。これにより、スレプトンの質量が負になるという問題が解決された。さらに興味深い点として、超対称性の破れに伴い、Peccei-Quinn対称性が自発的に破れることが上げられる。この模型により予言されるPeccei-Quinn対称性の破れのスケールは 10^{12-15} GeV程度となることが示された。この模型のさらに詳しい解析として、 μ 粒子の異常磁気モーメント、 $b \rightarrow s\gamma$ 過程の分岐比およびHiggs粒子の質量に着目し、現在実験で得られている制限を満たし得るかを詳細に調べた。結果、ある限られたパラメータ領域が許されることを見つけた。また、この模型が宇宙論的に及ぼす影響を調べ、よく知られている標準的な宇宙の熱史とは異なる発展をすることを議論した。本年度はこれらの研究成果を博士論文としてまとめていたが、一部議論の不足していた部分があり、それを補うため博士論文は来年度の4月に提出する予定である。

次に、2つめの課題に関する結果について述べる。超重力理論は理論を構成する際に振率条件が必要となる。現在知られている振率条件は、古典的な超重力理論では問題ないことが知られているが、量子論的には矛盾が生じる。この問題点を解決するため量子論的にも正しい振率条件を模索している。しかしながら、これには膨大な理論計算が必要であり、残念ながら現在までのところ正しい振率条件は見つかっていない。この件に関しては今後とも研究を続行する予定である。