

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 小林大輝

論 文 題 目 電気双極子モーメントで探る標準模型を超える物理

論文審査担当者

主査 名古屋大学 基礎理論研究センター 教授 博士 (理学) 久野 純治

委員 名古屋大学大学院理学研究科 教授 博士 (理学) 棚橋 誠治

委員 名古屋大学 現象解析研究センター 准教授 博士 (理学) 北口 雅暁

委員 名古屋大学 基礎理論研究センター 准教授 博士 (理学) 前川 展祐

論文審査の結果の要旨

別紙 1-2

素粒子標準模型は数百 GeV 以下の素粒子現象を矛盾なく説明する理論である。電弱対称性の破れを導くヒッグス機構が予言するヒッグス粒子が 2012 年発見されたことで、標準模型はほぼ完成をしたと考えられている。その一方で、宇宙暗黒物質の候補を標準模型は持たないことなどから標準模型をさらに拡張する必要があり、暗黒物質を予言する超対称標準模型など、標準模型を超える TeV スケールの物理の探索が多方面から精力的に行われている。

電子や中性子などの電気双極子能率は時間反転(T)、空間反転(P)の下で反転し、荷電共役(C)を組み合わせた CPT 対称性の下、CP 対称性の破れに対して感度がある。標準模型において CP 対称性の破れを説明する小林・益川機構が予言する電気双極子能率は現時点で予想される将来の実験感度に比べ圧倒的に小さい。したがって、将来の実験で有限の大きさの電気双極子能率が測定されると小林・益川機構を超える CP 対称性の破れの存在が示されることになる。

申請者は暗黒物質の存在を予言する標準模型を超える模型における電気双極子能率の研究を行った。申請者は暗黒物質が電弱相互作用をする素粒子であることを仮定し、特定の高エネルギーの模型を仮定することなく一般的な枠組みでヒッグス場との結合を表す有効相互作用を導いた。この有効相互作用には CP 対称性の破れを伴う相互作用が含まれ、そのため、有限の大きさの電気双極子能率が予言される。近年極性分子の電気双極子能率の測定により、電子の電気双極子能率の上限値が数桁下がった。これらおよび将来の電子の電気相極子能率の上限から、大きな CP 対称性の破れを伴う相互作用が棄却されることを示した。また、このヒッグス場との有効相互作用は、ヒッグス粒子の 2 光子崩壊および暗黒物質直接探索実験である暗黒物質と核子との弾性散乱を導く。申請者はそれらの観測量と電気双極子能率との相関を示した。

次に申請者は、電弱相互作用をする暗黒物質を予言する超対称標準模型における電気双極子能率を評価した。観測されたヒッグス粒子の質量を説明する超対称標準模型の 1 つは、クォークやレプトンの超対称粒子は 100TeV 程度の質量を、ゲージボソンの超対称粒子は 1TeV 程度の質量を持つ模型である。この模型では電弱ゲージボソンの超対称粒子であるウィノが暗黒物質の候補である。ウィノはヒッグス場との CP 対称性の破る相互作用を持ち、電気双極子能率を予言する。申請者は、グルーオンの超対称粒子であるグレイノの陽子や中性子の電気双極子能率への寄与に着目し、100TeV 程度の質量の新たな物質場が存在するように拡張された超対称標準模型では、グレイノは陽子と中性子の電気双極子能率へウィノと同程度に寄与することを示した。超冷中性子による中性子の電気双極子能率の測定が現在進められており、また貯蔵リングによる陽子の電気双極子能率測定の計画の提案がなされている。申請者はこれらの実験で測定される電子と中性子・陽子の電気双極子能率の比における模型のパラメータ依存性を明らかにした。

これらの成果は、暗黒物質や超対称模型など多様な新物理を電気双極子能率探索を通して探ることができることを明らかにしたものであり、高く評価できる。参考論文は LHC 実験の結果に基づいた超対称大統一模型の予言する陽子崩壊の研究であり、これらも価値あるものである。以上の理由により、申請者は博士(理学)の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。