

論文審査の結果の要旨

氏名 白井 智

本論文は 7 章からなる。第 1 章はイントロダクションであり、本論文で扱われている超対称模型について、歴史的背景とそれを研究する動機が書かれている。第 2 章では超対称模型の基礎的事項をまとめた後、低エネルギースケールゲージ伝播模型で重要となるグラビティー粒子の現象論が解説されている。特にグラビティーノ質量が 16eV 以下というパラメータ領域が宇宙論的観点から極めて興味深い理由が説明されている。そして第 3 章には複合暗黒物質模型構築で用いる超対称ヤンミルズ理論の性質がまとめられている。

第 4 章から第 6 章が本論文の主要部分である。まず第 4 章において、複合暗黒物質を可能とする低エネルギースケールゲージ伝播模型が構築されている。これは $SU(5)_{\text{hidden}}$ ゲージ相互作用によって超対称性が破れる模型であり、標準模型粒子との相互作用が極めて弱い複合粒子を持つ。本論文ではまず、その複合粒子が宇宙暗黒物質としてふさわしい性質を持つことが示されている。この複合粒子は極めて強い $SU(5)_{\text{hidden}}$ ゲージ相互作用による結合状態であり、ユニタリティからの上限値に近い対消滅断面積を持つことが期待される。そのような粒子が暗黒物質となるには質量密度の観点から質量が 100TeV 程度である必要があるが、本論文は、そのような質量スケールはグラビティーノ質量が $O(1)\text{eV}$ となる場合、超対称性の破れのスケールと関係付くことを指摘した。第 5 章は、複合暗黒物質の直接・間接検出の考察にあてられている。特に、複合粒子の安定性が重力スケールで破れている場合、複合粒子は 10^{26-30} 秒という極めて長い寿命で崩壊する。本論文は暗黒物質崩壊により生成される様々な宇宙線のフラックスを計算し、FERMI 衛星による γ 線の観測が最も強い制限を与えることを明らかにした。そして第 6 章では、LHC 実験で低エネルギースケールゲージ伝播模型を発見する手法が議論されている。本論文は LHC 実験におけるシグナルを系統的に解析し、高エネルギー光子モードとレプトンモードを用いることで極めて広いパラメータ領域でシグナルが発見可能であることを明らかにした。複合暗黒物質模型の提唱、その直接・間接観測に関する考察、そしてその模型の LHC 実験による検証方法の研究は、世界初である。本研究は、超対称模型を構築し実験的に検証する上での有用な指針を与えるものであり、重要な成果である。そして第 7 章は、結論と議論にあてられている。

なお、本論文第 4 章及び 5 章は、濱口幸一氏・中村栄太氏・柳田勉氏との、第 6 章は中村栄太氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって計算を完成したもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。