

氏 名 浅野雅樹

学位（専攻分野） 博士（理学）

学位記番号 総研大甲第 1142 号

学位授与の日付 平成 20 年 3 月 19 日

学位授与の要件 高エネルギー加速器科学研究科 素粒子原子核専攻  
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 Physics Beyond the Standard Model and Dark Matter

論文審査委員 主 査 教授 萩原 薫  
教授 野尻 美保子  
准教授 森松 治  
准教授 井岡 邦仁  
教授 岡田 安弘  
准教授 久野 純治(東京大学)

## 論文内容の要旨

Although the standard model of the elementary particle physics has been successful for the last thirty years, several problems have been pointed out. Among them, the hierarchy problem and the existence of the dark matter especially lead us to consider new physics at the TeV scale. In this thesis, I investigate the supersymmetric model and the little Higgs model from these viewpoints. These models are possible simultaneous solutions to these two problems.

In the little Higgs model, we focus on the littlest Higgs model with T-parity which is one of the simplest models implementing the little Higgs mechanism. T-parity is  $Z_2$  symmetry which guarantees the stability of the lightest T-odd particle. The heavy photon is a dark matter candidate in this model. The dark matter mainly decays into weak gauge bosons in the galactic halo through s-channel annihilation, and therefore high energy positrons are produced by these bosons decays. We investigate a possibility of the dark matter detection using cosmic positrons in future experiments such as PAMERA and AMS-02. We calculate the expected positron flux at the Earth. We have found that the dark matter signal can be distinguished from backgrounds in the AMS-02, while the possibility of dark matter detection in PAMERA depends on model parameters. We also consider constraints from electroweak precision measurements. We recalculate contributions to Peskin and Takeuchi S, T, U parameters from heavy gauge boson loops. We also discuss the invisible decay width of the Higgs boson.

In the supersymmetric model, we focus on the light Higgs boson scenario in which the mass of the lightest Higgs boson is less than 114.4 GeV. Although such a small mass is excluded by LEP2 experiments in the standard model, this region can be still allowed in the supersymmetric model. In this thesis, we determine model-parameters in the non-universal Higgs mass model, where universality relations on soft supersymmetry breaking mass terms are relaxed for the Higgs super multiplets in the mSUGRA model. We show that the scenario is consistent not only with results of many collider experiments but also with the observed relic abundance of dark matter. We also discuss the impact of dark matter search experiments for this scenario.

## 論文の審査結果の要旨

浅野雅樹君の博士論文の内容は、素粒子標準模型を超える物理模型に於ける暗黒物質に関する現象論的な解析である。

素粒子物理学はLHC実験で新たな側面を迎えようとしているが、その中心的な課題は電弱対称性の破れの機構を解明することである。電弱対称性の破れの背後にある物理として超対称性や複合ヒッグス模型など様々な物理模型が提案されている。一方、WMAP実験により宇宙のエネルギー組成が決まり、約20パーセント余りは暗黒物質がといわれる未知の物質で占められていることが分かって来た。標準模型には暗黒物質の候補となる素粒子がないので、標準模型を超える物理を解明する中で暗黒物質の正体を明らかにすることが出来るかどうかは重要な問題である。浅野君の博士論文は、標準模型を超える物理模型として代表的なリトルヒッグス模型と超対称模型の二つの場合に、どのような模型のパラメーターの場合に宇宙の暗黒物質の残存量が説明できるか、どのような実験によりそのシナリオを検証できるかということを理論計算によって検討している。

リトルヒッグス模型は、近年提案された複合ヒッグス模型の一種である。以前から考えられているテクニカラー模型とは違って、この模型ではヒッグス場を生成す新しい強い相互作用は10TeVぐらいのエネルギースケールにあらわれる。一方TeVスケール以下では軽いヒッグス粒子と余分なゲージ粒子とトップクォークの重いパートナーなどの新粒子が存在する。そして、これらの粒子の効果によって、LEP実験等の電弱対称性の精密測定 of 制約をみたしつつ、電弱スケールが量子補正に対して安定であるという理論的な要請を実現している。特にTパリティという離散的な対称性を課した模型では、最も軽い新粒子が安定となり暗黒物質の候補となることが指摘されている。この論文では銀河ハローに存在する暗黒物質粒子の対消滅による陽電子宇宙線のフラックスを計算し、現在観測中のPAMELA実験や将来のAMS-02実験といった反粒子宇宙線観測実験で有意なシグナルが期待されることを指摘している。またあわせて、宇宙の暗黒物質の残存量や電弱対称性の精密測定によるこの模型のパラメーターに対する制限の精度の高い計算の結果を示している。

超対称模型では、特にヒッグス粒子が約114GeVより軽い場合に焦点を当てて現象論的な解析を行っている。この質量領域のヒッグス粒子の存在は、標準模型ではLEP実験により否定されているが、超対称模型のヒッグスセクターは標準模型より複雑なため許される可能性がある。この論文では様々な現象論的及び宇宙論的な制限を考慮して実際に許されるパラメーター領域が存在すること示している。また、このような場合に暗黒物質の直接検出の可能性を検討し、近い将来の実験で検証される可能性が大きいことを指摘している。

これらの二つの研究は、宇宙の暗黒物質の正体を探るという重要な問題をTeV領域の新しい素粒子像の解明と関連付けて議論した点で関連する研究分野にインパクトを与えるものである。リトルヒッグス模型に関する研究は既にPhysical Review D誌に掲載されている。超対称模型に関する部分は論文としてまとめられて投稿中である。

以上の研究は、高エネルギー加速器研究科、素粒子原子核専攻の博士論文として高い水準にあり、博士学位論文として十分な内容を持つと判断し、審査委員全員一致で合格と判断した。