

氏 名	瀬名波 栄間
学位（専攻分野）	博士（理学）
学位記番号	総研大甲第 849 号
学位授与の日付	平成 17 年 3 月 24 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	Radiative Corrections to Higgs Coupling Constants and Electroweak Baryogenesis
論文審査員	主 査 教授 萩原 薫 教授 北澤 良久 教授 岡田 安弘 助教授 橋本 省二 助教授 森松 治 教授 船久保 公一（佐賀大学）

論文内容の要旨

One of the most challenging goals in particle physics is to establish the Higgs sector experimentally. The Higgs particle, which has not been discovered yet, is responsible for the spontaneous breakdown of the electroweak symmetry, which leads to masses for the gauge bosons and quarks/leptons in the standard picture of particle physics. This Higgs mechanism is the keystone not only of particle physics but also of cosmology. Once a scalar particle is discovered, in order to confirm the Higgs mechanism, the couplings of the Higgs boson to gauge bosons and fermions as well as the Higgs self-couplings must be measured accurately at colliders. In this thesis, we investigate new physics effects on the Higgs coupling constants, and their impact on cosmology.

In part I, we study radiative corrections to the Higgs coupling constants in a two Higgs doublet model (THDM) as an example of new physics. In particular, we consider the loop effect of the extra heavy Higgs bosons on the Higgs coupling with Z boson (hZZ) and trilinear Higgs boson coupling (hhh). The calculation is done by both diagrammatic method and effective potential method at the one-loop level. It is found that when the lightest Higgs boson (h) is Standard Model (SM)-like, which means that the hZZ coupling at the tree-level is almost same as those of the SM value, the one-loop correction of the heavy Higgs bosons to the hZZ coupling is at most $\mathcal{O}(1)\%$, while that to the hhh coupling can become as large as $\mathcal{O}(100)\%$.

In part II, we also investigate the connection between collider physics and cosmology. Here, we discuss electroweak baryogenesis and its impact on Higgs physics at colliders. We use the effective potential at finite temperature to examine the strength of the phase transition. In the THDM, it is well known that the extra Higgs bosons can make the phase transition stronger enough for successful electroweak baryogenesis. We point out that the one-loop correction to the hhh coupling becomes large in such a scenario. The magnitude of the deviation from the SM expectation should be larger than 10%. Such deviation can be identified at a future e^+e^- linear collider. We also discuss about the minimal supersymmetric standard model with successful electroweak baryogenesis, and find that a sizable correction appears in the trilinear coupling of the lightest Higgs boson.

論文の審査結果の要旨

瀬名波栄問君の博士論文の内容はヒッグス粒子の相互作用に対する量子補正の計算とその物理的意義の理論的な検討に関する研究である。

素粒子標準模型はゲージ原理とヒッグス機構という二つの原理に基づいて作られている。このうちゲージ理論の側面はこれまでに実験によって確立したと言って良いが、素粒子の質量生成と電弱対称性の破れに関わるヒッグス機構は実験的に未解決の問題である。したがって、ヒッグス粒子を発見しヒッグス粒子に関わる様々な結合定数を測定することは今後のLHC実験や電子・陽電子コライダー実験の大きな課題である。

瀬名波君の研究は、ヒッグス粒子の相互作用、特に自己相互作用の測定の意義を理論的に検討したものである。ヒッグス粒子の自己相互作用は、実験的には将来の電子・陽電子コライダーにおける2ヒッグス粒子生成過程から調べられる。この過程はヒッグスポテンシャルに関する情報を与えてくれる点で重要である。

博士論文の前半部では、標準模型を超える素粒子模型、具体的にはヒッグス場を二つ含む模型で、ヒッグス粒子の三点結合定数に対する量子補正を計算している。この場合、軽いヒッグス場のポテンシャルに対して重いヒッグス粒子のループ効果が大きく効いて、ヒッグス粒子の三点結合定数は100%オーダーの補正を受けることがあることを示した。一方、同じパラメーターでゲージボソンとヒッグス粒子との結合定数に対する量子補正は数%に過ぎない。将来のリニアコライダー実験ではヒッグス粒子三点結合定数は約10%の精度で決定できると考えられているので、この程度の大きさの量子補正は将来の測定で十分同定可能である。

博士論文の後半部では、ヒッグス粒子の三点結合定数に対する量子補正と電弱相転移におけるバリオン数生成の関連を調べている。宇宙のバリオン数生成を説明する問題は宇宙論と素粒子物理をつなぐ大切な問題である。その説明にはレプトン数生成などいくつかのシナリオが考えられているが、いずれも何らかの標準模型を超える物理の存在が必要である。この研究では、前述のヒッグス場を二つ含む模型で電弱相転移の際にバリオン数生成を引き起こす可能性を考慮した。この場合、十分なバリオン数が生成されるためには電弱相転移が強い一次相転移になることが必要である。瀬名波君は有限温度の有効ポテンシャルを計算することによって、重いヒッグス粒子の効果により電弱相転移が強い一次になること、またその場合にはゼロ温度の有効ポテンシャルに対しても大きな量子補正が生じるため、将来のコライダー実験で同定可能な程度に三点結合定数に対する量子補正が生じることを明らかにした。

これらの結果は将来のコライダー実験でのヒッグス物理、特にヒッグス粒子の三点結合定数の測定の素粒子物理および宇宙論に対する意義を明らかにする点で先駆的な研究である。

以上の研究は、高エネルギー加速器科学研究科、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される。