

別紙 4

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 Electroweak Baryogenesis and its Phenomenology

(電弱バリオン数生成とその現象論)

氏 名 冬頭かおり

論 文 内 容 の 要 旨

2012 年、素粒子標準模型内の予言する最後の粒子であるヒッグス粒子がハドロン衝突型加速器 (Large Hadron Collider : LHC) で発見され、素粒子標準模型を構成する粒子は全てそろった。一方、我々の宇宙には素粒子標準模型の枠組みでは説明できないいくつかの現象が存在し、これらの存在は素粒子標準模型を超える新たな物理を必要とする。現状としてそのような新しい物理の兆候は LHC をはじめとする素粒子実験において未だ見られておらず、今後の素粒子実験での探索によりその発見に一層の期待がよせられる。また、ヒッグス粒子発見以降の次の課題としてヒッグスセクターの構造を明らかにすることも挙げられ、ヒッグスセクターの解明が新しい物理に対する何らかの示唆をもたらすことが期待される。

宇宙観測から提示される未解決問題のうち重要な現象のひとつは、我々の宇宙におけるバリオンと反バリオンの数の非対称性 – バリオン数非対称性 – である。このバリオン数非対称性を素粒子論的に説明する機構をバリオジェネシスと言う。現在に至まで、バリオン数非対称性を説明するシナリオはいくつも考案されており、中でも素粒子実験での検証可能性が非常に高いシナリオが電弱バリオン数生成である。電弱バリオン数生成は、電弱対称性の破れに伴ってバリオン数非対称性を作り出すためヒッグス物理と密接に関係しており、加速器実験によるヒッグスセクターの解明がこのシナリオの検証につながる。現に、LHC で発見された 125GeV 質量のヒッグス粒子だけでは電弱バリオン数生成に必要な電弱一次相転移は起きないことが先行研究で明らかとなった。また、バリオン数非対称性を作り出すためには粒子と反粒子の遷移確率の違い – CP 対称性の破れ – が必要であり、素粒子標準模型の CP 対称性の破れの起源である小林・益川機構では十分なバリオン数非対称性を生成できないことも分かっている。そのため、電弱バリオン数生成の次なる候補は拡張したヒッグスセクターと新たな CP 対称性の破れを持つモデルであり、そうしたモデルは加速器実験だけでなく電気双極子能率精密測定での検証可能性も期待できる。こうした背景をふまえて、申請者は候補となる拡張標準模型での電弱バリオン数生成に着目し、加

速器実験と電気双極子能率による検証可能性を精査した。

申請者はまず、拡張標準模型で電弱一次相転移が満たされるか否かを調べた。ここで考える拡張標準模型は、素粒子標準模型に新たに二つの $SU(2)$ 二重項ヒッグスボゾンと一重項ヒッグスボゾン、そして $SU(2)$ 二重項フェルミオンと一重項フェルミオンを導入したものである。但し、一重項ヒッグスボゾンが電弱一次相転移を引き起こすシナリオを考えているため、その他に新しく加わった粒子達は電弱相転移に対して優勢には寄与しないことを想定している。これより、電弱一次相転移が満たされる領域では、発見されたヒッグス粒子の結合定数が素粒子標準模型の理論値からずれうることを示した。

次に申請者は、 CP 対称性の破れが存在する状況下での量子的な非平衡現象を扱うことのできる閉時間経路積分形式を用いて、拡張標準模型内のバリオン数非対称性を評価した。この評価により、二重項および一重項のフェルミオンの質量が縮退する際にのみ現在のバリオン数非対称性の観測値を説明出来ることを明らかにした。

また申請者は、拡張模型内の CP 対称性の破れを通じて誘発される電気双極子能率とバリオン数生成に必要な相互作用の関係を明らかにし、電子の電気双極子能率の評価を行った。模型内における CP 対称性の破れは大きく二つに分類でき、バリオン数生成に直接関係のあるものと、バリオン数生成には関係はないが電気双極子能率を誘発するものである。バリオン数生成に直接関係のある CP 対称性の破れのみが電気双極子能率に寄与する場合、電子の電気双極子能率精密測定によりこの拡張標準模型での電弱バリオン数生成が検証可能であることを明らかにした。また、別種類の CP 対称性の破れが電子の電気双極子能率を誘発する場合でも、ヒッグス粒子の二つの光子への崩壊や陽子や中性子の電気双極子能率との相関を考慮することでこの拡張標準模型における電弱バリオン数生成の検証が可能であることを示した。