

主論文の要約

論文題目：Electroweak Baryogenesis and its Phenomenology

氏名：冬頭かおり

2012年、素粒子標準模型で予言され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。こうした未解決問題のひとつに、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 – が挙げられる。宇宙空間には、我々の身の回りの物質を構成する陽子や中性子などのバリオンに対してその反粒子である反バリオンがほとんど存在しないことが観測結果から提示されている。

バリオン数非対称性を解決する機構の中で、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。現在に至るまで、素粒子標準模型や最小超対称標準模型の枠組みでの電弱バリオン数生成が加速器実験結果から既に棄却されている。こうした背景をふまえて、本研究では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。

本研究ではまず、電弱バリオン数生成に必要な電弱一次相転移が満たされるパラメータ領域を明らかにし、その後に模型内で生成されるバリオン数非対称性を評価した。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。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るという結果が得られた。ヒッグス粒子の結合定数は加速器実験で測定されており、今後の更なる精密測定によってほとんどのパラメータ領域が検証されることが期待できる。また、生成されるバリオン数非対称性に対しては、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が分かった。

また本研究では、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。