

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 冬頭 かおり

論 文 題 目 Electroweak Baryogenesis and its Phenomenology
(電弱バリオン数生成とその現象論)

論文審査担当者

主査 名古屋大学基礎理論研究センター 教授 博士 (理学) 久野純治

委員 名古屋大学大学院理学研究科 教授 理学博士 野尻伸一

委員 名古屋大学大学院理学研究科 准教授 博士 (理学) 戸部和弘

委員 名古屋大学大学院理学研究科 准教授 博士 (理学) 戸本 誠

委員 名古屋大学大学院理学研究科 准教授 博士 (理学) 松原隆彦

論文審査の結果の要旨

別紙 1-2

ディラックが反粒子の存在を予言して以降、通常物質を構成する陽子や中性子などのバリオンに対して、その反粒子がこの宇宙にほとんどないことは現在まで未解明である。初期宇宙のバリオンと反バリオンの数のわずかな差が現在の宇宙のバリオン数の起源であり、その差を作るための条件は、サハロフにより、バリオン数保存の破れ、C および CP 対称性の破れ、熱平衡からのずれの 3 条件にまとめられた。

素粒子標準模型は数百 GeV 以下の素粒子現象を説明するのに成功し、素粒子質量の起源を司るヒッグス機構の予言するヒッグスポゾンが発見されたことでほぼ完成した。その一方でこの理論は十分な量の宇宙のバリオン数を作ることができない。量子異常により標準模型においてもバリオン数保存は破れており、宇宙が熱かった時期スファレロンと呼ばれる状態を通したバリオン数非保存過程が十分な速さで起きていた。しかし、発見されたヒッグス粒子の質量は電弱対称性の破れに伴う相転移が一次相転移にならないことを示しており、熱平衡からのずれは実現できない。また標準模型の CP 対称性の破れの起源である小林・益川機構では十分な量の宇宙バリオン数を生成できないことがわかっている。電弱相転移に伴う宇宙バリオン数生成（電弱バリオン数生成）を実現するには標準模型を拡張する必要がある、現在拡張標準模型の探索が加速器、非加速器実験により進められている。

申請者は拡張標準模型における電弱バリオン数生成を研究した。具体的には、電弱相転移が一次相転移になるよう 2 つの SU(2) 二重項ヒッグスポゾンと 1 つの一重項ヒッグスポゾンを導入し、また新たな CP 対称性の破れの起源として 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。バリオン数生成は CP 対称性の破れに伴う量子過程であるため、申請者はまず閉時間経路積分形式を用いて CP 対称性の破れが存在する環境の下で粒子数の散逸方程式を導出し、この模型の予言する宇宙バリオン数密度を正確に評価した。これにより、二重項および一重項フェルミオンの質量が縮退している時に共鳴的にバリオン数が生成され、その場合にのみ観測された宇宙のバリオン数密度を説明できることを示した。

次に、申請者は CP 対称性の破れに高い感度のある電子の電気双極子能率の評価を行った。上記の模型では、宇宙バリオン数を生む CP 対称性の破れはヒッグス場とフェルミオンの相互作用に起因しており、その CP 対称性の破れは電子の電気双極子能率にも寄与する。もしこの CP 対称性の破れのみが電子の電気双極子能率に寄与するのであれば、電子の電気双極子能率の測定感度が将来実験で期待される 10^{-29} ecm まで届けば電弱バリオン数生成が検証可能であることを示した。さらに、別種類の CP 対称性の破れが電子の電気双極子能率に寄与する場合でも、ヒッグスポゾンの 2 つの光子への崩壊や陽子、中性子の電気双極子能率との相関をとることで、この模型における電弱バリオン数生成の検証ができることを示した。

また、申請者は電弱相転移が一次相転移である場合、発見されたヒッグス粒子の相互作用が標準模型の予言からずれることを示した。

これらの成果は、量子場の理論に基づいたより信頼性のある解析を用いて電弱バリオン数生成機構の実験的な検証の可能性を明らかにしたものであり、高く評価される。参考論文のうち二編は中性子の電気双極子能率の新物理への感度を評価したものであり、もう一編は中性 K 中間子の中性パイ中間子と 2 つのニュートリノへの崩壊の探索による新たな新物理探索の可能性を示したものであり、いずれも価値のあるものである。以上の理由により、申請者は博士(理学)の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。