

論文審査の結果の要旨

氏名 齋川賢一

本論文は、強い CP 問題の解の重要な候補である Peccei-Quinn 機構を持つ素粒子模型について、そこに現れる axion 粒子が宇宙進化に与える影響に着目し、axion 粒子に対する最新の宇宙論的制限を求めたものである。特に topological defect から生成される axion 量を数値シミュレーションによって計算し、その結果を用いて axion 粒子に対する宇宙論的制限を求めている。

本論文は5章からなる。第1章はイントロダクションであり、Peccei-Quinn 模型に関して宇宙論的議論を行うことの意義が述べられている。第2章では強い CP 問題に関する基礎的事項を述べた後、強い CP 問題が Peccei-Quinn 機構によっていかに解決されるか、さらには axion と呼ばれる粒子がどのように現れるかを説明している。第3章は axion が宇宙進化に与える影響の解説である。

第4章が本論文の主要部分である。Peccei-Quinn 対称性の破れに伴って宇宙紐や domain wall といった topological defect が現れるが、本論文ではそれらから生成される axion 量の見積もりが行われている。本論文では空間点を格子化し、格子点上に乗った Peccei-Quinn スカラー場の時間発展を宇宙発展と併せて数値シミュレーションによって解くという手法が用いられている。本論文は、得られた Peccei-Quinn スカラー場の配位から axion の運動量分布を求め、topological defect から生成される axion の運動量の大きさがほぼ axion 質量と同程度であることを明らかにした。さらにその結果を用いて、現在の axion の質量密度が暗黒物質密度を超えないという条件から、Peccei-Quinn スケールが $O(10^{10}\text{GeV})$ 程度以下でなくてはならないという結論を得た。そして、第5章は結論にあてられている。

Peccei-Quinn 模型は強い CP 問題の解として極めて重要な位置を占めており、この模型に対する宇宙論的制限を明らかにすることは極めて意義がある。本論文は topological defect から生成される axion 量を数値シミュレーションによって定量的に見積もり、これまでよりも厳しい宇宙論的制限を得た。本論文の結果は Peccei-Quinn 模型を考える上での基礎的かつ重要な情報を与えるものである。

本論文の第4章は平松尚志氏、川崎雅裕氏、関口豊和氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったものである。特に論文提出者は、axion の運動量分布の解析や結果の信頼度の評価に関して極めて重要な役割を果たしたと認められる。従って、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上から、博士（理学）の学位を授与できると認める。