

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 大川 翔平

論 文 題 目 Secluded dark matter with a massive mediator

(重い媒介粒子を伴う隔離的暗黒物質)

論文審査担当者

主査	名古屋大学大学院理学研究科	教授	博士 (理学)	棚橋 誠治
委員	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	名古屋大学宇宙地球環境研究所	教授	博士 (理学)	伊藤 好孝
委員	名古屋大学大学院理学研究科	准教授	博士 (理学)	市來 淨與

論文審査の結果の要旨

別紙 1 - 2

我々の宇宙の全エネルギー密度の約 25%が宇宙暗黒物質で占められることがわかっている。しかし、現在の素粒子標準模型は、暗黒物質としてふさわしい性質を持つ粒子を含んでおらず、宇宙暗黒物質の存在は素粒子標準模型を超える新物理の存在を示唆している。

暗黒物質を説明しうる新物理の可能性のなかでも、膨張とともに冷却していく宇宙の熱史での熱力学過程によって暗黒物質残存量を説明する熱的残存量のアイデアは特に魅力的である。この場合、暗黒物質粒子の対消滅断面積が予言でき、もし同程度の大きさの相互作用が暗黒物質粒子と標準模型粒子の間にはたらけば、暗黒物質粒子の存在を地上実験によって直接検出することが可能である。しかしながら、これまでに行われた暗黒物質直接探索実験では暗黒物質の兆候は一切発見されておらず、熱的残存量で暗黒物質を説明する単純なアイデアには強い制限が加えられている。

申請者は、熱的残存量によって現在の暗黒物質量を説明する望ましい性質を保ちつつも直接探索実験での否定的結果とも無矛盾な模型として、隔離的暗黒物質シナリオをとりあげ、宇宙の熱史を調べた。このシナリオでの暗黒物質粒子は、宇宙の冷却とともに標準模型粒子に対消滅していくのではなく、新たに導入される媒介粒子に対消滅し、その後、媒介粒子が標準模型粒子に崩壊する。このように暗黒物質粒子を、媒介粒子を介して標準模型粒子から隔離することで、熱的残存量と直接探索実験での否定的結果の双方が両立できるシナリオになっている。申請者は、隔離的暗黒物質シナリオでの媒介粒子の質量が宇宙の熱史に与える影響を定量的に調べ、暗黒物質粒子が対消滅する娘粒子である媒介粒子の質量によっては、単純な熱的残存量模型と異なるきわめて特異な熱史が実現されることを見出した。特に、暗黒物質と媒介粒子が同程度の質量を持ち、互いの相互作用が大きい場合、暗黒物質・媒介粒子間での化学平衡が長時間保たれる。また、その結果、媒介粒子の寿命が十分長いときには、暗黒物質残存量を決定するフリーズアウト現象の時期が従来の模型よりもはるかに遅れる。申請者はさらに、このような特異な熱史を自然に実現するくりこみ可能な模型を提案した。この模型では、暗黒物質と媒介粒子は新たな強結合理論に現れる南部ゴールドストーン粒子として統一されることで、特異な熱史を実現する条件がすべて満たされることを示した。

これらの成果は、隔離的暗黒物質シナリオにおける宇宙の熱史がきわめて特異な様相を示しうることを初めて明らかにしたものであり、高く評価される。また、そのような特異なふるまいを示す理論のパラメータ領域が、くりこみ可能な強結合模型において自然に実現できることを、具体的な模型の構築を通して明らかにした点でも評価される。参考論文は、いずれも、素粒子模型の観点から宇宙暗黒物質や高エネルギー物理を研究したものであり、価値あるものである。以上のように、申請者は、博士（理学）の学位を与えられるにふさわしいと認められる。