

平成 30 年 9 月 27 日

若手研究者海外挑戦プログラム報告書

独立行政法人 日本学術振興会 理事長 殿

受付番号 201780064

氏 名 大川翔平
(氏名は必ず自署すること)

若手研究者海外挑戦プログラムによる派遣を終了しましたので、下記のとおり報告いたします。
なお、下記記載の内容については相違ありません。

記

1. 派遣先：都市名 ガーヒング (国名 ドイツ連邦共和国)
2. 研究課題名（和文）：フェルミオンポータル模型を用いた暗黒物質とフェルミオンフレーバー混合に関する研究
3. 派遣期間：平成 30 年 3 月 30 日 ～ 平成 30 年 8 月 31 日 (155 日間)
4. 受入機関名・部局名：ミュンヘン工科大学
5. 派遣先で従事した研究内容と研究状況（1/2 ページ程度を目安に記入すること）

我々の宇宙の全エネルギー密度の約 25%は暗黒物質が占めている。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。暗黒物質を説明する新物理の可能性のうち、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、熱的残存のアイデアは特に魅力的である。この場合、現在の暗黒物質残存量を用いて、暗黒物質粒子の対消滅断面積の大きさが予言される。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も働けば、暗黒物質粒子の存在を様々な地上実験で検証することが可能である。

本研究では、暗黒物質が標準模型フェルミオンとの直接相互作用を通して熱的に生成される可能性を調べた。この場合、直接相互作用がくりこみ可能であることを仮定すると、暗黒物質以外に重い新粒子（パートナー粒子）が自然と導入される。また、標準模型の対称性は暗黒物質が3世代全てのフェルミオンと相互作用することを禁止せず、これにより標準模型では抑制されるフレーバーを破る過程が誘起される。従来研究では、各世代のフェルミオンとの結合定数の大きさに階層性を設けることで解析を簡単化し、フレーバー実験や暗黒物質直接検出実験の制限を回避した。しかし一方で、いくつかの結合定数を任意に小さくすることができるため、フレーバー物理における模型の予言にあいまいさが存在するという問題があった。

研究の結果、暗黒物質粒子の質量が特定の範囲にあるとき、結合定数の階層性を仮定することなくフレーバーを破る消滅過程が自然と支配的になることを指摘した。したがって、この領域ではフレーバーの破れと暗黒物質生成がより密接に関係し、あいまいさのない予言を得ることができる。さらにこの質量領域を詳細に調べると、LHC でのパートナー粒子探索と暗黒物質の直接検出実験がすでにこの領域を排除していることを明らかにした。

6. 研究成果発表等の見通し及び今後の研究計画の方向性 (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

フェルミオンポータル模型では、フレーバーを破る暗黒物質生成機構に関して否定的な結論を得た。一方、この研究を通して得られた知見は、暗黒物質粒子の対消滅断面積がヘリシティ抑制を受ける場合にフレーバーを破る過程が支配的となる傾向があるということである。さらにこのとき、暗黒物質粒子の質量のみが重要となることも明らかにした。したがって、散乱の媒介粒子を変更してもこの生成機構の本質は大きく変わらないと考えられる。現在、媒介粒子を変えることで暗黒物質の対消滅過程を t チャンネルから s チャンネルへと変更し、フレーバーを破る過程が暗黒物質粒子の熱的生成に寄与するかを調べている。さらに、このような暗黒物質生成機構が将来実験によってどのように検証されるのかについても明らかにしていく予定である。

7. 本プログラムに採用されたことで得られたこと (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

派遣先での研究生活を通して得られたことは主にコミュニケーション能力、積極性とアイデアの生産力である。ドイツの派遣先では教員は多くの指導学生を抱えており、日々学生との議論に優先的に時間を割いていた。そのため、訪問研究員として滞在していた私が研究を効率的に進めるためには、昼食時などの限られた時間を利用して議論する必要があった。これは私が日本で研究をしていたとき全く異なる研究環境であり、これにより研究成果を端的に伝え、新しいアイデアを常に出し続ける訓練をすることができた。

また所属していた研究グループには、1 週間から 1 ヶ月程度の短期滞在の研究者が世界中の研究機関から頻繁に訪れており、彼らと日常的に会話することや彼らのセミナーなどから他分野の知識や新たな知見を得ることも少なくなかった。さらに、同部屋の博士研究員とは頻繁に議論する機会があり、新たな共同研究を始められる見込みがある。これも本プログラムに採用された事で得られた成果の一つと言える。