

平成 31年 2月 6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 201880226

氏名 佐藤 星雅

(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 ローザンヌ (国名 スイス)
2. 研究課題名 (和文) : 重力と非最小結合した初期宇宙の解析
3. 派遣期間: 平成 30年 8月 31日 ~ 平成 31年 1月 9日 (132日間)
4. 受入機関名・部局名: Swiss Federal Institute of Technology in Lausanne · Laboratory of Particle Physics and Cosmology
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)

インフレーション理論はビッグバン宇宙論の問題を解決する理論として有力視されている。しかしこの理論の具体的なモデルは未だに不明である。既存の粒子の範囲内でこれを実現するモデルに Higgs inflation がある。このモデルでは観測結果から量子重力による重力と Higgs 場の非最小結合の導入が要請される。一方で火の玉宇宙で始まるビッグバン宇宙論への接続には宇宙の再加熱が必要である。一般に量子重力として Higgs 場の運動項と重力が非最小結合する場合 Higgs 場の音速の 2 乗が負になる不安定性が生じ解析が不可能になる。そこで質量項タイプと運動項タイプの 2 種類が同時に存在する場合の再加熱機構について解析し、この問題が解決できるか解析を行った。また Higgs 場は高エネルギーで量子効果に鋭敏に反応し、不安定になってしまい Higgs inflation から現在の宇宙に到達できない問題点がある。この問題に対しても 2 種類の重力の非最小結合によってどのような効果が得られるか解析を行った

再加熱機構での運動項タイプの不安定性問題は質量項タイプによって改善されることを示し、その条件を求めた。質量項タイプが支配的な場合では不安定性回避のためにはかなり小さい大きさの運動項タイプが必要とされる。一方で運動項タイプが支配的な場合では少しの質量項タイプの存在によって不安定性が容易に回避されることが分かった。しかし運動項タイプの非最小結合によって真空の定義が変更されるので、その解釈を現在行っている。次に、Higgs 場の量子効果による不安定性問題についてはまず 2 種類の重力非最小結合の寄与について、先行研究を行っている Shaposhnikov 教授と Mooij 氏と議論を行った。加速器実験で得られる Higgs 場の情報を Inflation という高エネルギーまでつなぐ手法および unitarity による解析手法の適用範囲の評価方法について学んだ。

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)

本滞在で得られた Higgs inflation の再加熱機構についての成果は 3 月の国内学会での発表を予定している。また更なる議論と解析の後に国際学術誌に論文として投稿予定である。その後も研究会やセミナー等で精力的に発表を行う。

また Higgs 場の量子効果については学んだ評価方法を用いて研究を行っていく。この解析で今後現れる問題点については Shaposhnikov 教授や Mooij 氏と連絡を取り、議論しながら解決する予定である。その後、論文投稿を予定している。

今後の研究方針としては滞在先のポスドクである 嶋田氏と Higgs 場の量子論に関する共同研究を行う予定である。重力と質量項タイプの非最小結合をしている Higgs 場は Conformal 変換を用いることで非最小結合がない系に変換することができ、解析が容易になる。この変換は古典の範囲では等価であることが知られているが、従来の量子効果の解析では違う結果が得られる。一方で最近これが等価になる量子効果の計算手法が登場し研究されている。この手法は従来の手法と S-matrix では一致するため観測量は同じ値を出す。しかし繰り込み群では違うものを与える。そこでこの手法による量子異常について研究を行う予定である。

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)

本プログラムでは Higgs inflation の第一人者である Shaposhnikov 教授やその研究機関に所属する研究者の方々と議論し交流することで Higgs inflation に対する理解が格段に深まり、今後の研究の方針を決めるのに有意義であった。また博士課程向けの授業にも参加させてもらい今後の研究に役立つ場の理論の知識を得ることが出来た。

今回の滞在は私にとって初めての海外での長期滞在であるとともに初めての外部研究機関での長期滞在であった。そこで私の所属大学との差異を経験し今後の研究生活に大いに参考になった。派遣先の研究機関では多くの人が朝 9 時から夜 19 時の間で研究を行い、土・日・祝日は研究所の建物自体が閉まっていた。これは私生活が充実することで長期的に研究に集中して取り組むことが出来る研究習慣であると感じ、自身にも取り入れている。

この滞在中で 1 番痛感したのは積極的なコミュニケーションの重要性である。滞在先で与えられた部屋では私と近い研究をしている人はいなく様々な研究を行っている人々と同室になった。そのため自身の研究を進めるために自分からアポイントを取って研究者の部屋に訪問する必要があった。その後はお昼を一緒にすることなどを通じて他の人とのコミュニケーションをとることで、議論や質問することで最新の研究の知識を得ることが出来た。また多くのポスドクの方の話を伺うことでスイスだけでなく様々な海外のポスドクとしての生活を知ることが出来た。これらは今後の研究生活で海外の研究機関に赴く際に役立つ貴重な経験になった。