

平成 30 年 3 月 23 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 201780021

氏 名 小川 潤

(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 ポーツマス (国名 英国)
2. 研究課題名 (和文)：天体物理学の知見にもとづいた修正重力理論の検証
3. 派遣期間：平成 29 年 9 月 15 日 ~ 平成 30 年 1 月 30 日 (138 日間)
4. 受入機関名・部局名：University of Portsmouth, Institute of Cosmology and Gravitation (ICG)
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)

一般相対論にスカラー場を追加したスカラー・テンソル理論では、重力以外にスカラー力が伝播することで宇宙の加速膨張を説明する。このスカラー力は局所スケールでの実験・観測では発見されていないことから、スカラー・テンソル理論は Vainshtein 機構と呼ばれるスカラー力を抑制する機構を備えている必要がある。ところが、Vainshtein 機構の振る舞いは物質分布の対称性が高い場合でしか確かめられておらず、対称性が低い場合の振る舞いは明らかになっていない。今後得られる天文学などの観測結果と比較検討することを見据え、Vainshtein 機構を理論的に精査しスカラー・テンソル理論の妥当性を調べる研究を行った。

本研究では、円盤の中心部分を円形にくり抜いた物質系における Vainshtein 機構の振る舞いを調べた。このような系は、例えばブラックホールの周囲に存在する降着円盤などに見られる。スカラー場の運動方程式を数値的に解きスカラー力を求めることで、物質の周りでの Vainshtein 機構のはたらきを調べた。

この円盤の周りでのスカラー力を数値的に計算したところ、次の 3 つの主な結果を導いた。

1. 円盤の空洞付近で、Vainshtein 機構がスカラー力を促進する
2. スカラー力の促進は、物質の形状に依存し、時空の曲がり方には依存していない
3. 円盤の厚みが薄く、穴の大きさが円盤に対して十分小さく、さらに円盤の質量が小さいときにスカラー力の促進が顕著となる

以上より、Vainshtein 機構の振る舞いは物質の分布に強く依存しており全く自明ではないことを見出した。ブラックホールの降着円盤の周りでのスカラー力が実際にどれだけ促進されるかについては、より複雑な計算を要するため今後の課題としたい。

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)

滞在中での研究成果は、論文としてまとめ論文誌に投稿しており査読の結果を待っている。また、研究成果は派遣期間中に、英国の国際会議にて1回、英国とフランスでのセミナーにおいて2回、計3回の発表を行った。今後も研究成果を広く周知することを重視し、国内外の研究会やセミナーにおける研究発表を精力的に行っていく。

今後の研究として、スカラー・テンソル理論における天体の解に関する研究を小山教授と共に開始した。ブラックホールや中性子星などの強重力天体は宇宙に実際に存在していることから、これらが「安定に存在できる」と予言することは妥当な重力理論の必要条件である。また、スカラー・テンソル理論において構成された天体の解は、理論特有の特徴を持つことが期待される。これらの特徴は強重力天体が放出する重力波にも現れるため、重力波望遠鏡で捉えられると期待されている。このように、重力理論の妥当性を明らかにするだけでなく、強重力天体の物理をも明らかにすることを目標に、研究を進めていく予定である。

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)

本プログラムを通して得られたこととして、新たな環境 (英国、ICG) で獲得した知見やスキル・ライフスタイル・コミュニケーション能力が挙げられる。

滞在先であるICGでは、教員とのミーティングやメンバー同士の議論が活発に行われ、アイデアが日々湧き上がる環境に圧倒された。私が執筆した論文に関しても、ICGのメンバーから有益な助言やアイデアをいただいた。また、博士課程の学生に向けたレクチャーが頻繁に行なわれており、プログラミングや宇宙論などといった幅広い知識を習得できる環境が整っていた。このレクチャーに何回か参加させていただき、今後の研究で必要となる数値計算やデータの取扱いを習得した。

ライフスタイルの差異で最も意識したのは、限られた時間で研究を行う集中力・生産性の高さである。ICGのメンバーは研究を「仕事」と強く意識し9時から研究を始め18時頃には帰宅するなど、いかに効率よく研究を行うかを常日頃考えていた。他にも数多くのライフスタイルの差異を体感し、優れていると判断したものは積極的に取り入れつつある。

個人的な性格面の変化として、異文化や多様性への理解が高まり国際的な舞台にてコミュニケーションを取れるようになったことが挙げられる。ICGや滞在中に参加した研究会では世界各国の研究者との情報交換を重視し交流を深めた。それぞれの研究者が異なる背景を持っており、説明・議論する際に相手の背景をよく考える力を養えた。また、これらの経験を通し1つの環境に留まっていたには気づけない価値判断基準の違いの理解を深められた。今後も異なる背景を持った研究者とスムーズに議論ができるように、コミュニケーション能力の向上に努めたい。