

二国間交流事業 共同研究報告書

令和4年4月10日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[代表者所属機関・部局]

東京工業大学・理学院

[職・氏名]

教授・山口昌英

[課題番号]

JPJSBP1 20199929

1. 事業名 相手国: オランダ (振興会対応機関: OP) との共同研究

2. 研究課題名

(和文) 非局所的な場の理論とその重力理論・宇宙論への応用

(英文) Non-local field theory and its application to gravity and cosmology

3. 共同研究全実施期間 2019年4月1日～2022年3月31日 (3年0ヶ月)

4. 相手国代表者(所属機関・職・氏名【全て英文】)

University of Groningen・Associate Professor・Anupam MAZUMDAR

5. 委託費総額(返還額を除く)

本事業により執行した委託費総額		3,770,000 円
内訳	1年度目執行経費	1,870,000 円
	2年度目執行経費	1,900,000 円
	3年度目執行経費	- 円

6. 共同研究全実施期間を通じた参加者数(代表者を含む)

日本側参加者等	8名
相手国側参加者等	9名

* 参加者リスト(様式 B1(1))に表示される合計数を転記してください(途中で不参加となった方も含め、全ての期間で参加した通算の参加者数となります)。

7. 派遣・受入実績

	派遣		受入
	相手国	第三国	
1年度目	2	0	1(0)
2年度目	0	0	0(0)
3年度目	0	0	0(0)
4年度目	-	-	-()

* 派遣・受入実績(様式 B1(3))に表示される合計数を転記してください。

派遣: 本委託費を使用した日本側参加者等の相手国及び相手国以外への渡航実績(延べ人数)。

受入: 相手国側参加者等の来日実績(延べ人数)。カッコ内は本委託費で滞在費等を負担した内数。

8. 研究交流実績の概要・成果等

(1)研究交流実績概要(全期間を通じた研究交流の目的・研究交流計画の実施状況等)

非局所理論の歴史は古く、場の理論の創成期から研究されてきましたが、宇宙論・重力理論の枠組みでの発展は近年のことです。インフレーション模型が構築されたり、重力理論の拡張が議論されたりしてきました。しかしながら、非局所的(無限階微分を伴う)場の理論に対しては、依然として、通常の局所的な場の理論に比べて基本的なことが分かっておりません。本研究の一つ目の目的は、非局所理論として無限階の微分項を導入した系に対して、発散がどのように緩和されるか、理論(S 行列)の Unitarity は保証されるのか、因果関係はどのようなになっているのか、初期条件はどのように与えられるのか、という基本的な枠組みについて明らかにすることを目的とします。また、非局所理論を考察することにより、インフレーションが局所理論の場合と比べてどのくらい起きやすくなるかを包括的かつ定量的に調べ、また、インフレーション中に生成される原始揺らぎの性質がどのように異なるかを明らかにし、将来観測で区別する手法を確立することを目的としております。

COVID-19 のために、対面での訪問や交流は2019年度にしか行うことが出来ませんでした。その際には、何名かのメンバーが相互に訪問し研究交流を行いました。それ以外の年度では、zoom や email 等により研究交流計画を実施しようと努めました。対面での訪問や交流の代替とはなり得ず、ある程度の計画の進行はありましたが、残念ながら完全に満足いくものとはなりません。しかしながら、online で日蘭双方のメンバーがほぼ全員参加した研究会を実施することにより、若手も含めた交流を行いました。

(2)学術的価値(本研究交流により得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

プロパゲーターがゴーストフリーとなるような新しい非局所場の理論のクラスを系統的に構成する方法を見つけました。最初にスカラー場の場合を調べ、そのような一般化されたプロパゲーターの極の構造が、標準的な二階微分系での極の他に、複素共役となる極を含むことを示しました。その一方、このような複素共役の極が、少なくともツリーレベルのユニタリー性を損なうことのないことを示しました。さらに、フェルミオン系に対しても、ゴーストフリーとなるような類似のプロパゲーターを与えました。更なるケースとして、同じ構造を重力に適用し、ミンコフスキー背景の周りの重力子のプロパゲーターがゴーストフリーである新しい理論を提唱しました。このような幅広いクラスには、従来研究されてきた非局所理論や、アインシュタインの一般相対性理論がサブクラスとして含まれています。さらに、この新しいクラスに属する幾つかの重力理論について、静的な点状のソースによって生成される線形化された重力ポテンシャルを計算し、重力の非局所的な性質が原点での特異点を正則化することを示しました。

(3)相手国との交流(両国の研究者が協力して学術交流することによって得られた成果)

COVID-19 のために、対面での訪問や交流は2019年度にしか行うことが出来ませんでした。その際には、本研究計画について議論を行うだけでなく、セミナーを行ったり会議で講演を行ったりもしました。また、online で日蘭双方のメンバーがほぼ全員参加した研究会を実施することにより、ヨーロッパでどのような研究が盛んにおこなわれているかを知ることが出来、本研究計画の内容を発展させる際の参考になりました。また、山口が Mazumdar 氏の学生の博士論文審査委員に招へいされ、研究内容への理解が深まりました。

(4)社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展、社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

我々の世界の基本的な構成要素を記述する理論はどんなものであるか、という根源的な問いは誰もが一度は考

えたことがある問いです。現代的観点では多くの場合、場の理論は有効理論であり、弦理論等のより基本的な理論に取って代わると考えられております。本研究では、非局所性を取り入れることで、場の理論が究極的な理論になれるかということを調べるものであり、私たちの自然界に対する理解の向上に寄与するものであると思います。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取り組み、成果)

木村や野海、秋田のような若手に取って、オランダ側のメンバーにきちんと顔や研究内容を覚えてもらえ、国際的な研究者としての一步を踏み出せたことと思います。

(6)将来発展可能性(本研究交流事業を実施したことにより、今後どの様な発展の可能性が認められるか)

オランダ側メンバーの学生や研究員が日本側メンバーと既知になることにより、JSPS の外国人特別研究員に日本側メンバーをホストとして応募するなど、特に若い世代で交流の発展が期待される。

(7)その他(上記(2)～(6)以外に得られた成果があれば記述してください)

例:大学間協定の締結、他事業への展開、受賞、産業財産権の出願・取得など

特になし