

## 二国間交流事業 共同研究報告書

令和6年4月3日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[日本側代表者所属機関・部局]  
大阪大学・核物理研究センター  
[職・氏名]  
教授・民井 淳  
[課題番号]  
JPJSBP 120216502

1. 事業名 相手国:南アフリカ(振興会対応機関:NRF)との共同研究
2. 研究課題名  
(和文) 超高エネルギー宇宙線の銀河間伝搬を決める光核反応の研究  
(英文) Study of Photo-Nuclear Reactions for Extragalactic Propagation of Ultra-High-Energy Cosmic Rays
3. 共同研究実施期間 2021年4月1日～2024年3月31日(3年0ヶ月)  
【延長前】2021年4月1日～2023年3月31日(2年0ヶ月)
4. 相手国側代表者(所属機関名・職名・氏名【全て英文】)  
University of the Witwatersrand, Senior Researcher, Luna Pellegrini

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		4,750,000 円
内訳	1年度目執行経費	2,375,000 円
	2年度目執行経費	2,375,000 円
	3年度目執行経費	- 円

6. 共同研究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	16名
相手国側参加者等	16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	0	0	0(0)
2年度目	1	4	7(7)
3年度目	0	0	10(10)

\* 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: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)。カッコ内は委託費で滞在費等を負担した内数。

8. 研究交流の概要・成果等

#### (1)研究交流概要(全期間を通じた研究交流の目的・実施状況)

超高エネルギー宇宙線(UHECR)の銀河間伝搬の機構の解明のため、原子核の光核反応の測定を行う。大阪大学核物理研究センター(RCNP)と南アフリカのアイテンバ研究所(iThemba)の両加速器施設を組み合わせることで、銀河間伝搬に最も重要な光核反応率と質量減損を系統的に測定する。研究代表者が率いる国際共同プロジェクト PANDORA の先発研究の位置づけを持つ。

2021年12月および2023年5月にRCNPにてテスト実験を行ったのち、2023年10月にRCNPでの本実験を行った。10B,11B,12C,13C,27Alの核についての光核反応断面積、陽子・アルファ崩壊分岐比、 $\gamma$ 崩壊分岐比の測定を行った。データ解析を大阪大学、南アフリカそれぞれで進めている。

南アフリカ iThembaLABS 研究所での実験申請が採択されており、ビームタイム実施を要望していたが、主にパンデミックと現地の電力事情が原因で本報告時点までにはビームタイムを得ることができなかった。

2022年には第三国であるノルウェー国オスロでの準位密度と $\gamma$ 強度関数に関する国際会議に日本側から2名が参加して口頭発表を行った。またルーマニア国の Horia Hulubei 国立研究所(IFIN-HH)において LaBr3 検出器を使用する実験に参加した。

2023年3月に両国共同で沖縄にて第3回 PANDORA ワークショップを開催した。それに付随して、光核反応を主題とする国際サマースクールを沖縄にて共同実施した。

2023年に PANDORA 実験計画を執筆したホワイトペーパーを共同論文として出版した。続く RCNP での PANDORA 実験実施に向けて、RCNP への新たな課題申請を行った。

#### (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)

本実験研究により、10B,11B,12C,13C,27Alの核に関するデータが初めて得られた。解析中のデータは高精度を示しており、該当する核の光核反応断面積と陽子・アルファ崩壊分岐比を明確にする初めての貴重な実験結果になると期待される。本実験とテスト実験により日本の修士1名、学士1名を取得しており、現在南アフリカの博士1名、日本の修士1名、ルーマニアの修士1名が学位取得に向けたデータ解析を進めている。国際会議での発表を進めており、業界内での認知度も高くなってきている。日本と南アフリカを中心に、ルーマニア、イタリア、ドイツ、フランス、ベルギー、米国、中国を含め100人を超える世界的プロジェクトとして発展している。2023年に本事業の日本側責任者を筆頭著者として PANDORA 計画のホワイトペーパーを論文として発表した(総著者数82名)。

#### (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)

日本側の大阪大学核物理研究センターを中心とするスペクトロメータを用いた測定技術と、南アフリカ側を中心とする崩壊荷電粒子検出器・ガンマ線検出器を使用する技術を組み合わせ、実験計画と本実験の実施を成功に導くことができたのは、今回の学術協力の基盤によるものである。パンデミック期内の2回の PANDORA 国際ワークショップ(リモート開催)を経て、2023年3月に日本にて対面での第3回の PANDORA 国際ワークショップを開催した。それに付随する光核反応サマースクールを含め日本・南アフリカを中心に多くの参加者があり、学生や若手研究者を中心に研究者ネットワークを形づくることができた。このことが2023年9月の大規模な実験セットアップと10月の実験実施の共同作業の成功につながっている。以後もデータ解析のオンライン会議や国際会議などでの強い研究交流を生んでいる。

#### (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)

本実験計画とワークショップ・サマースクールをはじめとする両国間の学生・研究者の交流は学術的協力関係のみならず、両国間の文化的交流においても大きな意義を果たした。もとより議論や実験研究は国籍・民族・性別等を問わない完全にフラットなものであり、そうした協力関係やお互いをリスペクトする共同作業は若手の学生にとっても大きな刺激となったと考えられる。

#### (5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取組、成果)

本計画では学生や若手研究者への積極的参加の呼びかけと支援を行っている。持ち回りで毎年行っている PANDORA ワークショップでは若手参加者への発表の促進と支援を行っている。付随してサマースクールを開催し、関連する研究分野での著名な研究者による一連の講義やデータ解析を行うハンズオンを実施し、また学

生での発表とそれに対するフィードバック、参加者の交流を促進する企画なども行っている。

(6)将来発展可能性(本事業を実施したことにより、今後どのような発展の可能性が認められるか)

本研究は国際プロジェクト PANDORA の根幹をなすものである。ルーマニア、イタリア、ドイツ、フランス、ベルギー、米国、中国を含め 100 人を超える世界的プロジェクトとして発展しており、業界の認知度も高くなっている。本計画のホワイトペーパーを 82 名の共著論文として出版した他、プロジェクト内の成果論文、理論研究や本計画外の研究機関での実験計画への刺激が進んでおり、業界内の大きな潮流へと発展してきている。今後の計画の拡大と、実験・理論それぞれでの多くの学術成果を生むことが期待される。

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

例: 大学間協定の締結、他事業への展開、受賞など

大阪大学核物理研究センターと南アフリカの iThemba LABS 研究所との研究協力協定、物理研究センターとオースロ大学物理学専攻との共同研究協定などが締結されている。それぞれの国の予算への申請や作田区や国際共同事業への予算申請などに発展している。