

二国間交流事業 共同研究報告書

令和6年4月23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]
香川大学・創造工学部
[職・氏名]
教授・高尾 英邦
[課題番号]
JPJSBP 120217710

1. 事業名 相手国: インド (振興会対応機関: DST) との共同研究

2. 研究課題名

(和文) COVID に関する人間行動検知にむけたナノマテリアル型スマート近接センサの開発

(英文) Design and development of nanomaterials based flexible smart proximity sensor for COVID
related human detection application

3. 共同研究実施期間 2021年6月1日 ~ 2024年3月31日 (2年10ヶ月)

【延長前】 2021年6月1日 ~ 2023年3月31日 (1年10ヶ月)

4. 相手国側代表者 (所属機関名・職名・氏名【全て英文】)

Indian Institute of Science, Honorary Professor, Konandur Rajanna

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	1,900,000 円
内訳	
1年度目執行経費	950,000 円
2年度目執行経費	950,000 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	3名
相手国側参加者等	5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年度目			()
3年度目			3(2)

* 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)

本研究は、高感度の近接センサに応用可能なナノコンポジット材料の作製技術を保有するインド理科大学院(Indian Institute of Science)と、MEMS 技術による微細加工デバイスの開発研究環境を有する香川大学の間の有機的な研究連携により、新型コロナウイルス (COVID-19 他) 流行下における人間の近接検知を統計的にデータ取得する新しいセンサ技術を開発することを目的とした。取り組みの内容は材料工学やセンサ設計工学、スマートセンサとするための電子工学分野を横断した異分野融合型科学研究であり、研究推進のための基礎となる成果はインド、日本の双方にてすでに得られている。両国間の共同研究を通じて、現在人類が直面する COVID-19 の危機とその拡がりを検知可能なセンシング技術の開発が行われると共に、今後も生じ得る様々なウィルス感染症のパンデミックで感染拡大をモニタリングするためのセンシング技術の探索を行う。人的交流による研究組織間ネットワーク作りは、初年度である本研究の重要目標である。COVID-19 流行下においては研究者、研究組織間の人的交流は計画自体困難であるが、オンラインでの会議環境は目覚ましい発達を遂げており、双方の基礎研究成果と両者の専門的知識やノウハウを上手に共有してゆくことで、コロナ禍であっても有効な国際共同研究が実施できることを実証したい。我々が知る限り、COVID-19 の様なパンデミックの状況に適用できる近接センサの有有用性については報告された事例がなく、我々が最初の取り組みを行うものである。

開始初年度の令和3年度においては、人的ネットワーク作りと共同研究における分担の明確化、ナノコンポジット材料を用いた MEMS 近接センサの実現に必要な基礎技術の構築を目指して研究を推進した。共同研究には日本側研究者とインド側研究者に准教授や Associate Professor の職位にある若手教員が参画しており、年代の近い研究者同士が交流ネットワークを構築することで国際的な連携研究体制を構築した。指導教員の研究・交流活動を通じて間接的にはあるが、大学院生も国際共同研究に参加する機会を得ることができた。しかしながら、COVID-19 パンデミック下では当初予定していた国際交流が難しく、オンラインによる研究相談や情報交流を主体として、両国側それぞれの研究分担を明確にしながら、それぞれの機関で研究を行なった。二国間の直接的な人的交流は不可能であったが、オンライン会議を通じての人的ネットワーク作りと共同研究における分担の明確化、ナノコンポジット材料を用いた MEMS 近接センサの実現に必要な基礎技術の構築を実施した。得られた研究成果は学術論文誌に投稿し、国際共同研究成果の論文として2報が出版された。

開始2年目となる令和4年度は、本来であれば計画の最終年度となっていた。しかしながら、引き続きパンデミックの影響により、厳しい入出国制限も継続された。双方からの海外渡航計画自体を全く立てられない状況が続くなかでも、継続的な共同研究の実施と人的交流を目指しつつ、ナノコンポジットセンサ構造の完成に向けて研究を実施した。前年度に続いてインド側では、ナノ材料の分散に適したポリマー材料を検討し、合成したナノ構造材料を改良した。その後、サンプルが日本側に送付され、香川大学で原理的なセンサの製作が実施された。評価結果についてはオンラインで共有化し、インド側の研究者と協力しつつセンサの評価を実施した。しかしながら、やはりオンラインでは二国間の人的交流と信頼関係の強化が難しかったことや、最終的なセンシングシステムの評価を進める上では、対面による実験や研究成果に関する議論が不可欠であった。そのため、本課題を1年間延長し、令和5年度において対面による実験や研究成果に関する議論と人的交流を行う計画に変更した。

1年間延長した令和5年度は、これまで得られた成果をもとに、より高感度な近接センサの実現を行った。より高感度なナノコンポジット材料の開発が必要であるため、これまでよりも密にインド側と日本側の研究者が協力して研究を進めた。パンデミックの状況変化により、海外渡航が可能になったことにより、最終的にはインド側の研究者が日本を訪問し、パッケージ構造に完成したナノコンポジット型近接センサを完成した。また、香川大学におけるセンシング能力の評価が可能となったことで、人体活動の検出能力について実証することができた。インド側、日本側それぞれの研究機関が有する強みを活かした国際共同研究により、新しいセンシング技術を実現し、その機能と性能を実証することに成功した。

(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)

プロジェクト期間の研究においては、ナノコンポジット材料を用いた近接センサの形成にむけて、これまでインド側(インド理科大学院)で開発した材料を日本側(香川大学)に送付し、香川大学の研究

設備でセンサの実現に適切な加工工程と製造技術を構築した。センシング性能の評価実験に必要な電子回路の組み立てやパッケージ構造の形成をインド理科大学が実施し、香川大学で製作したセンサデバイスと接続してセンシングシステムを完成させた。本研究により、ナノコンポジット材料を用いた近接センサの製作に成功し、センサの性能の評価を実施することができた。センサの評価結果から、本研究で使用したナノコンポジット材料は、既存のセンサ材料と比較して十分高い感度を持つことが確認された。これはインド側と日本側の研究者が密なオンライン会議を通じて情報交換を行ったことにより、双方の研究成果が共有され、研究の進展につながったものである。

また、プロジェクトの最終成果として、パッケージ構造に完成したナノコンポジット型近接センサを搭載したセンシングシステムを完成し、香川大学においてセンシング能力の評価を行った。その結果、目標としてきた人体活動の検出能力について、共同実験で実証することができた。製作したシステムは香川大学が保有する微小力計測システムやレーザードップラー距離計測装置等を用いて評価し、近接検知における距離分解能を向上した。

これらの共同研究をもとに得られた「歪みと温度を感知するセンサ材料」の研究成果について、本国際研究チームの共著のもと、国際学術論文誌への原著論文2報を掲載することができている。

また、このプロジェクトを通じて得られた最終の研究成果については、プロジェクト終了後も相手国との密接な連携をとることで国際共同発表に繋げる予定である。

(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)

本申請の以前より、インド側PIと日本側PIは旧知の関係であり、常に共同研究を実施できる信頼関係を十分に構築することができていた。しかしながら、新しい技術領域に踏み込んだ共同研究へと展開する場合、二国間双方で共同研究組織の拡大や専門性の異なる新しい研究者との連携が必要であった。今回の交流により、日本側PI、ならびにインド側PIの双方が交流したことのない研究者や技術者との交流が実現し、それが新たなシナジー効果を生むことで新しい技術領域での共同研究成果創出につながった。

一方、パンデミック下での行動制限やロックダウンの影響で、オンラインによる情報交流を主体とする二国間共同研究となった。二国間の直接的な人的交流は不可能であったが、オンライン会議を通じての人的ネットワーク作りと共同研究における分担の明確化、ナノコンポジット材料を用いたMEMS近接センサの実現に必要な基礎技術の構築を実施した。オンライン交流ならではのメリットを追求し、頻繁な物理的交流がなくとも、実質的な国際共同研究を進める新しい手法について双方が修得・習熟できたことは、今回の交流成果として非常に大きいと感じる。

(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)

本課題の国際共同研究プロジェクトは、高感度の近接センサを用いた新しいセンシング技術の開発に焦点を当てている。このプロジェクトは、COVID-19パンデミック下での人間の近接検知や感染拡大のモニタリングに貢献することを目指しているが、その社会的貢献は以下の様に捉えることができる。

第一に、このプロジェクトは文化の異なる二国間において異なる背景を持つ研究者同士が協力して行なわれているため、異分野融合型の科学研究を促進できた。異なる文化や専門知識を持つ研究者が共同作業し、新たなアイデアや解決策を生み出すことにつながっている。これは文化の継承と発展に貢献し、社会的な多様性を尊重する姿勢を示すことにもつながっている。

さらに、プロジェクトは高感度な近接センサの開発を通じて、社会生活の質の改善に貢献している。近接センサの技術革新は、健康管理や疾病予防の分野において重要な役割を果たし、特にCOVID-19のような感染症の流行下では、人々の健康状態をリアルタイムでモニタリングすることが重要である。このプロジェクトで開発されたセンシング技術の基礎を発展させることで、感染症の早期検出や感染拡大の防止に役立ち、社会全体の健康と安全を向上させることが期待される。

総じて、この国際共同研究プロジェクトは、異なる文化や専門知識を持つ研究者が協力して新たな科学技術を開発し、社会的な課題に対処するための解決策を提供することで、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貢献できるものである。

(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)

本プロジェクトは、若手研究者の育成に重要な役割を果たしている。日本側研究者とインド側研究者に准教授や Associate Professor の職位にある若手教員が参画しており、彼ら若手研究者は、異なる文化や専門知識を持つ研究者との協力を通じて、国際的な連携研究体制を構築した。

このプロジェクトに参加することで、若手研究者は国際的な研究ネットワークを構築し、海外研究者との交流の機会を得ることができた。また、指導教員の研究・交流活動を通じて、若手研究者は国際共同研究に参加する機会を得ることができた。これにより、国際的な視野を持ち、世界的な問題に対処する能力を養うことができたと考えられる。

さらに、プロジェクトは若手研究者同士の交流ネットワークの構築を促進した。年代の近い研究者同士が交流することで、若手研究者はお互いの研究成果や専門知識を共有し、協力して研究を進めることができた。今回の交流を通じて、若手研究者は国際共同研究の重要性や実践方法を学び、自らの研究能力を向上させることができた。

オンライン会議を通じての情報交換や研究相談は、若手研究者が国際的な共同研究に参加するための貴重な経験となりえた。パンデミックの深刻な影響から、最終的にはプロジェクト期間が延長され、対面による実験や研究成果に関する議論が可能になった。そのことで、若手研究者は国際的なチームでの研究をより深く理解し、自らの研究に活かすことができると考えられる。国際的な研究ネットワークの構築や交流ネットワークの形成を通じて、若手研究者は国際的な視野を広げ、世界的な問題に果敢に取り組む姿勢を身につけることができたと期待する。

(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)

高感度の近接センサ技術の開発は、COVID-19 や将来のパンデミックなどの感染症拡大を監視および制御するための重要なツールとして活用される。感染の早期検出や感染リスクの高い状況の警告に役立ち、公衆衛生上のリスクを軽減することが期待できる。

また、このプロジェクトによって開発されたセンシング技術は、健康管理や医療分野においても革新的な進歩をもたらす可能性がある。例えば、個々の健康状態や活動パターンをリアルタイムでモニタリングすることで、疾患の早期診断や予防、または治療計画の最適化に貢献できる可能性につながる。

ナノコンポジット材料と MEMS 技術の組み合わせは、これまで他に研究事例が殆どない新しいセンシングデバイスの創出につながっており、様々なセンサ応用において新たな解決策を提供する可能性がある。例えば、環境モニタリング、産業プロセスの制御、自動運転技術、さらにはロボティクスや人工知能との統合など、幅広い分野での応用が期待される。

プロジェクトにおける国際的な連携と協力は、将来の研究プロジェクトや産業への展開にも繋がる可能性があり、感染症対策から健康管理、産業応用まで幅広い分野において革新的な進歩をもたらす可能性を有すると考える。国際的な連携と協力が今後も継続されることで、多くの成果が継続的に創出され、最終的に国際関係や社会において貢献できると期待される。

(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

本交流事業の実施により、日本側 PI とインド側 PI の間で構築された旧知の関係が、新しい技術領域への共同研究展開において大きな進展をもたらした。両国の研究者が、オンラインを主体とした情報交流を通じて、これまで交流のなかった新たな研究者や技術者との接点を持ち、新たなシナジー効果を発揮した。この成果を受けて、現在推進中のプロジェクトにおいても、インド側研究者 2 名が参加する機会が生まれ、より幅広い専門性を活かした国際共同研究へと発展している。