

二国間交流事業 共同研究報告書

令和5年4月24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]
東京工業大学・環境・社会理工学院
[職・氏名]
教授・廣瀬 壮一
[課題番号]
JPJSBP 120207707

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) 高度波動解析のための数学モデルの開発と工学への応用

(英文) Mathematical Modeling for Advanced Wave Analysis and Engineering Applications

3. 共同研究実施期間 2020年7月1日～2023年3月31日(2年9ヶ月)

【延長前】 2020年7月1日～2022年6月30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】)

Panjab University・Professor・Tomar Sushil Kumar

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		1,995,000 円
内訳	1年度目執行経費	950,000 円
	2年度目執行経費	625,000 円
	3年度目執行経費	420,000 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	6名
相手国側参加者等	3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	2		2(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)

本共同研究は、インド側の数学グループによって得られている非局所理論による波動の基本特性を工学的見地から再検討した上で新たな数学モデルを開発し、それを数値計算手法に取り入れた高度な波動解析を行い、現在課題となっている工学的問題に応用したものである。具体的には、以下に示す工学的問題における波動特性を明らかにした。1. コンクリートなどの脆性材料の損傷部での波動特性の解明、2. 地盤・岩盤に代表される飽和/不飽和多孔質材料での波動特性の解明、3. 非線形超音波の波動特性の解明、である。

COVID-19 のために、2020 年 7 月 1 日～2022 年 6 月 30 日の 2 年間で予定されていた当初の実施期間を 2023 年 3 月 31 日までの 2 年 9 ヶ月間に延長して実施した。2020 年度と 2021 年度における打合せはすべてオンラインで、各年度 5 回の打合せを行った。一方、2022 年度は 2022 年 6 月と 2023 年 3 月の 2 回のオンラインでの打合せの他に、2022 年 9 月には日本側参加者 2 名がインドに渡航し、2022 年 12 月にはインド側参加者 2 名が来日して研究交流を実施した。

(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)

非局所的影響を考慮した解析については、損傷を受けた脆性材料におけるき裂の進展解析など、準静的な問題に応用された先行研究はあるものの、波動に関連する動的問題への適用は基本的な波動特性の解明にとどまっていた。本共同研究では、動的問題における非局所理論を整理するとともに、非局所パラメータが脆性材料や多孔質層構造材料における波動の伝搬・減衰特性や反射・散乱特性に及ぼす影響を明らかにした。その成果は学会での口頭発表 1 件と国内学術論文 1 編、国際学術論文 2 編に公表している。

(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)

インド側研究グループは以前から非局所理論を用いた波動に関する研究に取り組んでいたものの、研究成果の多くは波動の伝搬・減衰特性や層状構造における反射・屈折特性などの基本的な波動特性の解明に限定されていた。一方、日本側研究グループの研究は境界要素法や有限要素法などの数値解析手法を用いて一般的な波動解析を扱っていたが非局所理論を取り入れた研究は行っていなかった。今回の共同研究では両者が協力して、非局所理論を取り入れた波動の支配方程式が局所理論における異方性材料の基礎式と類似していることに着目し、基本解法と呼ばれる近似解法を用いて非層構造材料へ波動の散乱問題を解析し、非局所パラメータが散乱波動に及ぼす影響を明らかにした。

(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)

多孔質材料は自動車、航空、宇宙機関などにおけるスマートマテリアルとして幅広い応用が期待されており、その材料評価のための非破壊技術の開発が待たれている。脆性材料や多孔質材料などの微細な空隙を多く含む材料における波動を考える際には、内部空隙の大きさと波長の相対的な比に応じて波動の非局所性を考慮すべき場合があるが、非局所理論を用いた波動論ではこれまで観測されていない波動成分が存在することが知られているものの、それらの波動特性は十分に解明されていない。本研究は非局所理論を取り入れた弾性波動の伝搬・減衰・反射・散乱など様々な特性を明らかにしている。その内容はまだ基礎的であるが、今後の多孔質材料に対する設計の高度化や新たな非破壊検査技術の開発に寄与するものと期待される。

(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)

本研究では、日本側から博士課程の 1 名の学生をメンバーとして、インド側からも博士学位取得前の 1 名の若手研究者をメンバーとしてプロジェクトメンバーとして参加させて、研究打合せに同席させ、研究の進捗状況などを口頭発表させた。その結果、日本側の学生は 2022 年 9 月に、インド側の研究者は 2022 年 8 月に博士の学位を取得した。

(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)

本共同研究における両国の研究者の学術交流によって非層構造材料における非局所理論を取り入れた波動散乱解析が可能となったが、用いた基本解法なる解法は汎用性を持っており、波動解析の応用範囲がさらに広がることが期待できる。また、2023 年 3 月の最後のオンラインでの打合せでは今後も本共同研究のメンバーが定期的に会合を持つことを確認しており、非局所理論を取り入れた波動解析のみならず、数学と工学の両面からのアプローチによって解決すべく共通の課題が見いだせれば新たな共同研究へ展開できる可能性がある。

(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

2022 年 12 月のインド側参加者の来日を機に、愛媛大学と J.C.Bose 科学技術大学の間で MOU が締結された。また、本研究のメンバー内外を問わず複数のインド出身若手研究者から JSPS ポストドクタに関する問合せを受けており、本研究の波及効果が認められる。