

国際共同研究事業 共同研究報告書

令和5年5月2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]

国立研究開発法人海洋研究開発機構

[職・氏名]

海域地震火山部門地震津波予測研究開発センター

グループリーダー・荒木 英一郎

[課題番号]

JPJSJRP 20181710

1. プログラム名 英国との国際共同研究プログラム(JRPs-LEAD with UKRI)

2. 研究課題名

(和文)分布型光ファイバー振動センサーを用いた沈み込むプレートの地球ダイナミクス解析

(英文)Geodynamics and Tectonics Plate Analysis based on Distributed Optical Fibre Acoustic Sensors

3. 共同研究実施期間(全採択期間)

平成31年2月14日～令和5年3月31日(4年2ヶ月)

4. 相手国側代表者(所属機関名・職名・氏名【全て英文】)

THE UNIVERSITY OF SOUTHAMPTON Optoelectronics Research Centre(ORC) Prof. Gilberto Brambilla

5. 委託費総額(研究経費+業務委託手数料等、返還額を除く)

本事業により執行した委託費総額		27,494,500 円
内訳	1年度目執行経費	880,000 円
	2年度目執行経費	8,613,000 円
	3年度目執行経費	8,910,000 円
	4年度目執行経費	9,091,500 円
	5年度目執行経費	円
	6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	3 名

7. 研究の概要・成果等

(1) 研究概要(全期間を通じた研究の目的・実施状況)

本研究では、南海トラフを中心とする日本周辺の海底に展開された海底光ファイバーケーブルに DAS 技術を適用、より長距離・長周期で高精度な観測が行えるよう技術の改良・最適化を行うことによって、既存の海底地震観測で行えない密度での地震とスロー地震の海底観測を実現し、得られた観測データによって海底下の 3 次元的地殻構造とそこでの地震・スロー地震等の発生の実態を明らかにすることを目的とした。

そのため、研究期間中、1) サザンプトン大学による光ファイバーセンシング観測装置の開発・製作、2) JAMSTEC の室戸沖・初島沖海底ケーブルにおける試験観測、3) 試験観測の結果を踏まえた光ファイバーセンシング観測装置の改良、4) JAMSTEC の室戸沖・初島沖海底ケーブルでの長期観測のため、光ファイバー観測データ記録システム及びデータ解析装置の開発・試験 5) 室戸沖海底ケーブルでの観測データの解析 6) 光ファイバーセンシングによって得られた地震記録の機械学習による分類整理技術の開発 を実施した。

コロナ禍のため、サザンプトン大学及び JAMSTEC の研究者の行き来が困難な中、サザンプトン大学の製作した観測装置を用いた室戸沖ケーブルを用いた海底地震観測は、困難を極めたが、2021 年に 2) 試験観測を行うことができ、その結果を踏まえ 3) 光ファイバーセンシング観測装置の改良を 2022 年度に実施した。その間、4) で開発したデータ記録システム及びデータ解析装置を JAMSTEC 所有の光ファイバーセンシング観測装置と組み合わせることによって、5) 長期間の観測データの解析を行い、また、6) サザンプトン大学の開発した機械学習による分類整理技術を適用し、効果を確認することができた。

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

本研究によって室戸沖海底ケーブルや初島沖海底ケーブルにおいて光ファイバーケーブル全体を稠密な地震センサーとした観測が実施できるようになった。このことにより、これまでは海域で発生する地震・スロー地震を 10km 以上の間隔の疎な観測データから解析していたところ、50m 間隔の稠密な観測データで解析することができるようになった。このため、これまでの海底データでは観測データの密度の点から困難であった、画像分析等で用いられる機械学習の手法を用いた観測地震データの分析が適用できるようになった。また、本研究が行われる以前には、海域の光ファイバーセンシングは短期間の観測に留まっており、まれに海域沖合で発生するスロー地震の分析は不可能であったが、本研究を通じて長期・連続的な海底光ファイバーケーブルによる光ファイバーセンシング観測が実施できるようになった結果、室戸沖で発生した低周波微動(スロー地震)の観測を行うことができた。

(3) 相手国との交流(本研究による国際共同研究の活性化や、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)

本研究によるサザンプトン大学の光ファイバーセンシング技術・機械学習の研究者と、JAMSTEC の海底地震研究者の共同により、光ファイバーセンシング装置の特性を観測する地震の周波数特性・地理的特性に合った形で最適化することができたほか、海底地震の検出分類に機械学習の手法を適用することが実現した。

(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広い意味での社会的貢献はどのようにあったか)

光ファイバーセンシングを巨大地震発生帯を跨ぐ海底光ファイバーケーブルに適用し、長期モニタリング・地震の解析が行えることによって、南海トラフなどの巨大地震が発生する場の状況を遠隔から監視することが可能となり、海底で発生すると考えられている巨大地震発生の推移についての実態解明に大きな前進が期待できるようになった。

(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)

本研究での取り組みにおいて、室戸沖海底光ファイバー観測の展望について若手研究者に紹介しており、その結果、JAMSTEC 側では海底地震研究者 1 名をポスドク研究員として迎えることができ、現在室戸沖海底ケーブル観測データの解析を行っている。また、JpGU 等においても、若手研究者を中心に、光ファイバーセンシングの展望について説明を行っており、今後より多くの若手研究者が室戸沖をはじめとする海底光ファイバーセンシングデータの解析研究に取り組むことが期待できる。

(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)

本研究実施によって、海底光ファイバーケーブル・光ファイバーセンシングを用いて長期間、海底地震の観測を行うことが可能となった。今後は、本研究で実施した室戸沖・初島沖ケーブルだけでなく、JAMSTEC で所有する海底ケーブルや、通信事業者・電力事業者の所有する海底光ファイバーケーブルを用いて海底地震のモニタリングが行われるようになる可能性が高い。

(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)

特になし。

8. 今後の展望(今後の国際共同研究・協力体制の維持・発展に向けた展望について、具体性・実現可能性等を踏まえて、継続的に展開していくための計画を記載してください)

サザンプトン大学と共同の研究は継続しており、サザンプトン大学が開発・製作した光ファイバーセンシング観測装置は、完成次第日本に輸入し室戸沖ケーブルを用いた観測を長期的に実施し、南海トラフで発生する地震の活動観測に使用する予定である。また、サザンプトン大学で開発した機械学習による地震分類システムは、室戸沖ケーブルで得られる観測データに継続的に適用し、得られた観測データの解析に活用される予定である。

9. 最終年度実施状況

- ・ 最終年度実施計画書の「当該年度実施計画の概要」の内容と対応させつつ、最終年度のみの実施状況を簡潔に記載してください。再委託又は共同実施を行った場合は、それぞれの実施状況がわかるように記載してください。
- ・ 当該年度又は前年度(複数年契約を締結し繰越を行った場合)の各費目における増減が研究経費総額の 50% (この額が 300 万円を超えない場合は 300 万円)に相当する額を超えた場合は、その理由と費目の内訳を変更しても計画の遂行に支障がないと考えた理由を記載してください。

本年度は、JAMSTEC 室戸沖ケーブル陸上局に設置し、室戸沖ケーブルから沖合に伸びる 120km の海底光ファイバーケーブルと、初島沖に伸びる 9km の海底光ファイバーケーブルを用いた分布型光ファイバー観測を実施した。計画段階では、観測にサザンプトン大学の製作した分布型光ファイバー観測装置(試験機)を用いることとしていたが、観測装置(試験機)の製造時に不具合があったことや、観測装置(試験機)の遠距離での感度向上のためにラマン増幅器を含めるよう、設計変更・製作を行う必要があったため、日本での観測は本年度中に行うことができなかった。

このため、室戸沖ケーブル及び初島沖ケーブルを使った観測では、本研究において JAMSTEC が開発・整備した、光ファイバー観測データ記録システム及びデータ解析装置を、室戸沖ケーブル陸上局及び初島沖ケーブル陸上局に設置し、JAMSTEC 所有の光ファイバーセンシング観測装置を用いて観測を実施した。

データ解析装置は、観測しながらリアルタイムでデータのデシメーション・フィルタリング及びデータプロットを行うことができ、これによって得られた多数の観測画像ファイルをサザンプトン大学と共有し解析研究を進めた。これによって光ファイバーセンシングで得られる多量の情報を整理し、限られたインターネットの帯域で伝送することが可能となった。

サザンプトン大学では、観測画像ファイルを機械学習により、地震・スロー地震とそれ以外に分類するシステムを構築した。室戸沖ケーブルで得られた光ファイバーセンシング観測画像をシステムに学習させ、8 割以上の確率で地震を分類することを確認した。これにより、今後連続観測データに含まれる地震を自動検出することが可能となると期待できる。

11. 研究発表(最終年度において、本共同研究の一環として本事業による支援を受けたことを明示して発表したもの(発表予定のものを含む)について記載してください)

〔雑誌論文〕計(0)件 うち査読付論文 計(0)件

通番	共著の有無 ^{*1}	著者名、論文標題等 ^{*2}
1		
2		
3		

〔学会発表〕計(0)件 うち招待講演 計(0)件

通番	共著の有無 ^{*1}	発表者名、発表標題等 ^{*2}
1		
2		

〔図 書〕計(0)件

通番	共著の有無 ^{*1}	著者名、著書名等 ^{*2}
1		

*1 相手国側参加者との共著(共同発表)がある場合は○と記入。

*2 当該発表等を同定するに十分な情報を記載すること。例えば学術論文の場合は、著者名、論文標題、雑誌名、巻号、発行年(西暦)、最初と最後の頁、掲載論文の DOI、学会発表の場合は発表者名、発表標題、学会等名、発表年(西暦)、発表地(国名、国外開催の学会の場合のみ)、図書の場合は著者名、著書名、出版社名、発行年(西暦)、総ページ数、ISBN、など(順番は入れ替わってもよい)。相手国側参加者との共著となる場合は、著者名が複数であっても省略せず、その氏名を記入し下線を付すこと。

*3 足りない場合は適宜行を追加すること。

12. 本事業による産業財産権の出願・取得状況(最終年度に出願又は取得したもの)

〔出 願〕 計(0)件

通番	産業財産権の名称、発明者、権利者、産業財産権の種類、番号、出願年月日、国内・外国の別
1	無

〔取 得〕 計(0)件

通番	産業財産権の名称、発明者、権利者、産業財産権の種類、番号、取得年月日、国内・外国の別
2	無

* 必要に応じて、欄を追加してください。