

7) 国際地震工学センター

7) - 5 新地震観測技術 DAS を使った地震観測研究【安全・安心】

Study on Earthquake Observation Experimental Research Using the Distributed Acoustic Sensing (DAS)

(研究開発期間 令和 4～6 年度)

国際地震工学センター 北 佐枝子
International Institute of Seismology and KITA Sacko
Earthquake Engineering

An earthquake observational experiment was carried out in Ehime Prefecture using a Distributed Acoustic Sensing (DAS) Transmitter and optical cables under national roads (R33). Methods for utilizing observed waveforms were examined through joint research with the Graduate School of Science at the University of Tokyo and the Geological survey of Japan, AIST. The knowledge of DAS and experience of the observational experiment was also reflected in lectures of IISEE courses. For our analysis observed by the DAS experimental work, I obtained machine learning techniques to pick up arrival time of P and S waves of earthquakes. Its knowledge was also used for an individual study for a participant from the Philippines (2023-2024).

【研究開発の目的】

ここ 5 年間の地震学において DAS と呼ばれる光信号送受信機を用いた地震観測研究が世界的に話題である。令和 2 年度時点では途上国の組織が主体となった観測事例はなく、日本からもたった 2, 3 件しかこのトピックに関する理学的な論文出版されておらず、その背景には国土交通省など行政機関管理の光ケーブルの理学的な研究利用適用の難しさとも関係した。そこで本研究課題では、国土交通省四国整備局が管理する国道下の光ケーブルを借り受け、光信号送受信機 (DAS) を国道下に埋設された光ケーブルに接続し、外部との共同研究等により地震観測実験を実施した。

【研究開発の内容】

- ① 国道下での光ケーブルを使った観測実験の実施と準備 (令和 4 年度まで)。
- ② 観測波形の活用法の検討 (令和 4、5 年度)
- ③ ビッグデータの解析技術 (機械学習) の習得と実践 (令和 5, 6 年度)
- ④ これまで得られた知見の活用と発展 (令和 5、6 年度)

【研究開発の結果】

令和 4 年度より前までに建研・企画調査課に協力のもと四国地方整備局との間で同整備局の管理する国道下の光ケーブルを借り受けるための協定を結んだ。すなわち、和 3 年 2 月から 3 月にかけて愛媛県の国道 33 号線下の光ケーブルを四国地方整備局より借り受けた (図 1)。さらに、観測装置の借用は東京大学理学系研究科井出哲教授との間で共同研究協定を結んで費用折半した。共同研

究協定に基づき同教授と産業技術総合研究所とも協力し、四国地方整備局松山国道事務所の第一出張所にて観測実験研究を 10 日間実施した。得られた観測波形の例を図 2 に示す。準備で得られた光ケーブル計測の知識や実施状況については、研修講義「震源決定」(ST コース、G コースでそれぞれ実施)の講義内容に反映させた (以後最終年度まで毎年実施)。

令和 5 年度は、観測波形をどのように解析していくかについて産業技術総合研究所の研究者と検討し、スロー地震やスラブ内地震などの自然地震の観測、深部構造推定、震源メカニズム解の決定への利用を検討している。震源メカニズム解の推定に関しては、前年度までに観測した観測波形と理論波形について比較し、観測できた部分に関しては理論波形とあうことを確認した。観測波形を精査すると、後続波 (変換波) と呼ばれる波形が含まれることがわかり、DAS 観測の波形に含まれる変換波による深部地下構造の推定がある程度可能なことがわかった。その成果は、共著者として地球惑星科学連合にて学会発表を行った (筆頭は産総研の矢部優主任研究員。参考文献 1)。また、本研究での観測データたるビッグデータの効率的な解析のための技術向上を目的として取得した機械学習を用いた波形解析手法 (Phasenet) を使う研究について、23-24 年来日のフィリピンから通年コースの研修生の個人研修テーマにも反映することができた。具体的には、フィリピン火山地震センター (PHIVOLCS) の地震観測点による観測波形から P 波と S 波の到着時の読み取りの自動化に成功し (図 4)、得られた読み取り値を入力データとして行った震源決定を行い、地震検知数

を従来の約2倍に増大させることに成功した(図5)。

令和6年度は、先述のフィリピンの研修生(帰国研修生)との共著で欧州地球科学連合での口頭発表が行われた(参考文献2)。また、上記①—③で得られた国交省からの光ケーブルの性質やそれを用いた観測波形の活用法の知見、貸借手続きのノウハウについては、現在従事する大型科研費・学術変革領域(A)(代表:東京大学・井出哲教授)の研究組織内で差し障りがない範囲で共有し、同科研費の後継課題や別種目の大型科研費(国際先導研究)の申請準備にも反映させることができた。

なお実施期間中には、トップ誌を含む国際誌での論文を2件発表した(参考文献3、4)。



図1 観測実験時に使用した、の国道33号線の光ケーブル(国土交通省四国地方整備局所有)の設置場所。

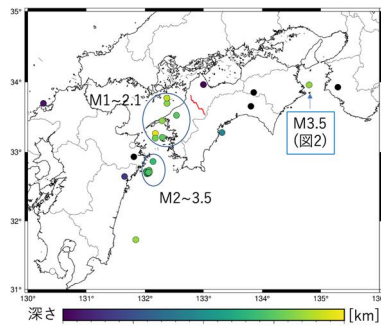


図2 観測した自然地震の分布

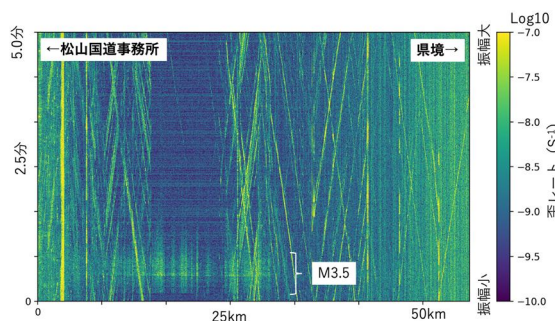


図3 国道33号線(松山~県境の55km)で観測した令和4年2月26日10:36頃に発生した紀伊水道M3.5の地震の(図2)波形。カラスケールは振幅の大きさ。

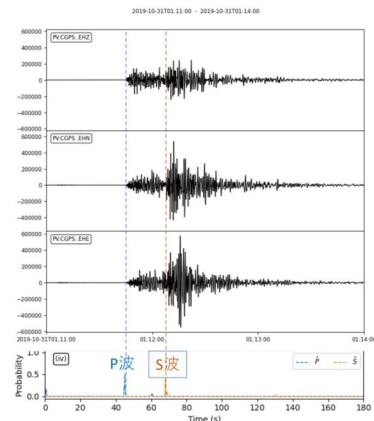


図4 2019年Cotabato地震(M6.5)の余震波形に機械学習技術を適用し、P波・S波の到着時を読み取った例。

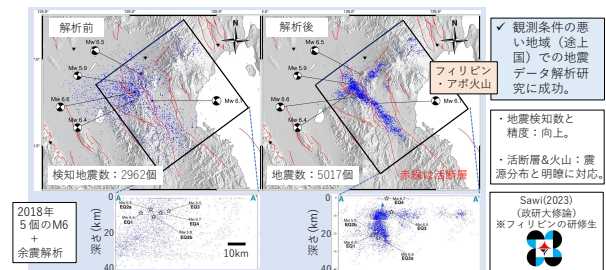


図5 フィリピンからの研修生への個人研修への活用例。

【参考文献】

- 1) 矢部優(産総研)・北佐枝子・井出哲(東京大学)、STT42-P02] スラブ内地震 DAS 観測記録と理論波形の比較検討, 日本地球惑星科学連合 2023 年春季大会発表, STT42-P02, 2023.
- 2) Paulo Sawi (フィリピン火山地震センター), Saeko Kita and Roland Burgmann (UC バークレ), Machine-Learning-based Relocation Analysis: Revealing the Spatiotemporal Changes in the 2019 Cotabato and Davao del Sur Earthquakes, EGU General Assembly 2024, EGU24-3482, 2024.
- 3) Brent Delbridge (米国ロスアラモス国立研究所), Heidi Houston (南カリフォルニア大学), Roland Burgmann (UC バークレ校), Saeko Kita and Youichi Asano (防災科研), A weak subducting slab at intermediate depths below northeast Japan, Science Advance, 2024.
- 4) Saeko Kita, Takahiro Shiina (産総研), Heidi Houston (南カリフォルニア大学) and Katsuhiko Shiomi (防災科研), Stress drops of intermediate-depth intraslab earthquakes beneath Tohoku, northern Japan. Earth, Planets and Space, 2024.