

(1) 実施機関名：

東京大学地震研究所

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）光ケーブル式海底観測システムと分散型音響センシング技術による海域地震観測・解析技術の開発

（英文）Development of observations and data analyses using distributed acoustic sensing and seafloor optical cables

(3) 関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備

(1) 観測研究基盤の開発・整備

イ. 観測・解析技術の開発

(4) その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明

地震

(3) 地震発生過程の解明とモデル化

(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震

2 地震・火山噴火の予測のための研究

(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）

ア. プレート境界巨大地震の長期予測

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究

(1) 南海トラフ沿いの巨大地震

(2) 首都直下地震

(5) 本課題の5か年の到達目標：

光ファイバセンシング技術の一つであり、振動を計測する分散型音響センシング（Distributed Acoustic Sensing、以下DAS）は、近年様々な分野で応用され始めている。地震関係分野では、資源探査のための構造調査に多く利用されており、地震観測にも適用され始めている。この計測は、光ファイバー末端からレーザー光のパルスを送出し、光ファイバー内の不均質から散乱光を計測し、その変化から、振動を検出する方法である。光ファイバーに沿って、時空間的に密な観測を実施できることが特長である。国内では、地震津波観測システムとして過去に設置された海底光ケーブル観測システムのうち、使用可能な光ファイバがあるシステムでこれまでに観測が行われている。例えば、地震研究所が1996年に設置した三陸沖光ケーブル式海底地震・津波観測システムは、伝送路である海底ケーブルに予備の光ファイバがあり、この予備光ファイバに、DAS計測を適用することによって、空間的に高密度の海底地震観測が実施できることがわかっている。海洋研究開発機構でも室戸岬沖に「海底地震総合観測システム」として敷設された光ケーブルを用いた試験観測を進めるとともに、地方自治体や民間が所有する通信用海底ケーブルを用いた観測にも取り組んでいる。DAS観測が生成するデータは莫大のものであり、定常観測を行うためには、引き続き、解析技術も含めた技術開発が必要である。本研究課題では、現在利用可能な海底ケーブルシステムにDAS技術を適用して、稠密な海底地震観測を定常的に行うシステムを開発すると共に、このシステムを用いて観測域の地殻活動を把握することを目的とする。

## (6) 本課題の5か年計画の概要：

海底ケーブルシステムの設置に大きな費用がかかるために、海底ケーブルを用いる観測技術開発を行う本研究課題では、対象を現在設置済みの海底光ファイバを用いた地震津波観測システムを対象とする。現在設置されているケーブル観測システムにおいても、分散型音響センシング(DAS)技術による計測は専用の光ファイバを必要とするために、使用していないまたは予備の光ファイバを含むシステムを用いて、技術開発を進める。DAS技術による地震観測は、数mの間隔で、数十kmにわたり、データを得ることができることが特長である。しかしながら、DAS技術による地震観測は単位時間あたりに生成されるデータ量が莫大なものであり、定常的に観測を実施するためには、莫大なデータを適切に取り扱う技術開発やデータから情報を抽出する解析技術開発が必要である。現在、国内において定常的なDAS観測を行っている例もあり、その技術を発展させることで、国内でDAS計測可能な既存システムを用いて定常観測を実施する。一方、現在S-netやDONETなどのケーブル観測システムが稼働しており、これら従来の海底地震津波観測システムからのデータと併合処理することにより、地殻活動を高精度に把握する解析手法も開発する。DASはファイバ軸方向の成分のみを観測していることから、従来の地震計との併合処理が有益である。以上を達成するために、本研究課題では主たる開発項目を、

- ・ 既設の光ケーブル式海底観測システムを用いたDAS技術による地震観測データの評価
- ・ 定常観測を実施するためのデータ量低減技術の開発
- ・ 稠密データから必要な情報抽出するデータ処理技術の開発
- ・ DASデータと従来の観測網データの併合処理による高精度解析技術の開発

とする。さらに、システムが構築できた場合には、DAS観測システムによる地殻活動の高精度モニタリングを実施する。また、大学・研究機関が所有する地震津波観測システム以外の海底ケーブルのファイバの利用や、広帯域地震・地殻変動の観測が期待できる光ファイバ計測技術についても広く検討を実施する。

## (7) 令和7年度の成果の概要：

### ・ 今年度の成果の概要

近年、光ファイバ自身をセンサとして用いる光ファイバ分散型音響センシング(DAS)計測が実用化され、地震観測に用いられている。沈み込み帯における地殻活動モニタリング観測は、数年以上の長期観測が必須である。DAS計測は膨大なデータを発生することから、現状の計測システムでは定常的な連続観測が困難である。そのため、DAS計測の特性を活かした長期観測システムを構築する必要がある。本年度は、DAS計測による定常的な地震観測を可能にすべく市販のDAS計測装置の測定部分を利用して長期観測可能なシステムを開発した。

地震モニタリング観測には、数年以上の観測期間が必要であるが、現在のDAS計測システムの生成するデータは膨大であり、データが大量であることを利用して適切な時空間データでシメーションにより、データ量を減少させる。また、日本国内での地震観測データは国内独自フォーマット(WINフォーマット)が用いられている(ト部・束田、1992)。一方、DAS計測器は、大量データ向けの国際標準フォーマット(HDF5フォーマット)を用いている。本年度は、DAS計測装置には既存計測装置を利用し、計測装置から出力される膨大な波形データを処理するシステムの開発を行った。このシステムは、1)データ量軽減処理、2)リアルタイムデータ伝送、3)リモートデータ閲覧およびリモートデータ蓄積の3つの機能を持つ(図1)。伝送に用いるネットワーク回線容量に適したデータ量とするために、時空間について、データ量軽減処理(デシメーション処理)を行った。観測中は、計測器がHDF5フォーマットのデータを一定時間毎に出力する。そこで、このHDF5ファイルを読み込み、観測データを空間方向に重合し、時間方向にフィルターをかけ、データを間引くプログラムを作成した。デシメーション処理を施した後、WIN形式のデータに変換し、インターネット回線を用いて伝送する。HDF5ファイルは30秒間隔で生成されるので、30秒強の遅延が発生することとなる。伝送されたデータは、winシステムのプログラム群によって、処理可能である。DASは高密度データであり、画像としたデータ表示や独自のデータ表示を行うこととして、表示プログラムを作成した。

東京大学地震研究所が所有する三陸沖光ケーブル式海底地震・津波観測システムの拡張用の予備ファイバを用いてDAS計測を試験的に実施し、DAS計測が地震観測として適していることを確認した(Shinohara et al., 2022)。開発した伝送システムを三陸沖光ケーブル式海底地震・津波観測システムを用いたDAS観測に適用した。試験観測では、チャンネル間隔10 m、ゲージ長100 m、サンプリング周波数100 Hz、チャンネル数10,000で、常時DAS計測を行い、データは30秒間のHDF5のファイ

ルとして、陸上局のディスク装置に保存した。開発したシステムのプログラムは、DAS計測システムが、ファイルを作成次第、データを読み出し、100 ch毎にデータを取り出し、計100 chのデータを作成する。サンプリング周波数の変更は行っていない。その後、データはwinフォーマットとして、インターネット光回線により、東京大学地震研究所に設置されている受信サーバに送られ、データを蓄積する(図2)とともに、準リアルタイムでのデータ表示を行っている。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

現在利用可能な海底ケーブルシステムにDAS技術を適用することにより、稠密な海底地震観測を定行的に行うシステム開発に利する基礎的なデータを得ると共に、DAS観測による観測域の地殻活動把握に貢献する観測が実施できた。また、防災技術に活用するための基礎データも取得している。本年度は、DAS観測データの縮減処理を行い、準リアルタイムでwin形式でデータ伝送するシステムを開発した。このシステムにより、これまでに開発された多数の処理プログラムが容易に適用可能になり、地殻活動の正確な把握という観点で有益であると考えられる。一方、遅延も生じていることから、今後遅延のない伝送システムの開発が期待される。

(8) 令和7年度の成果に関連の深いもので、令和7年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Shinohara, M., T. Yamada, S. Fukushima and H. Yamahana, Distributed Acoustic Sensing Observation Using Seafloor Cable Observation System in the Japan Sea, 2025 IEEE Underwater Technology (UT), Taipei, Taiwan, 2025, 1-5, doi: 10.1109/UT61067.2025.10947411, 査読無, 謝辞無

Fukushima, S., M. Shinohara, T. Yamada, R. Hino, R. Azuma, Y. Ito, Y. Yamashita and H. Takano, Enhanced P-wave velocity imaging by marine airgun-source seismic surveys with distributed acoustic sensing. Sci Rep 15, 18111, 2025.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-025-01190-0>, 査読有, 謝辞無

Shinohara, M., S. Aoi, S. Fukushima, T. Yamada, T. Takeda, T. Kunugi, K. Uehira, M. Mochizuki, T. Akuhara, K. Mochizuki, and S. Sakai, Seismic observations by distributed acoustic sensing using seafloor cable observation systems around Japanese islands, OCEANS 2025 - Great Lakes, Chicago, IL, USA, 1-7, 2025, 査読無, 謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

Yamahana, H. and M. Shinohara, Development of GUI software for picking up seismic phases from distributed acoustic sensing records, Japan Geoscience Union Meeting 2025, STT42-12, 29 May, 2025

Shinohara, M., S. Aoi, S. Fukushima, T. Yamada, T. Takeda, T. Kunugi, K. Uehira, M. Mochizuki, T. Akuhara, K. Mochizuki, and S. Sakai, Distributed acoustic sensing seismic observations using fibers on seafloor cable observation systems installed in Japan, IAGA/IASPEI Joint Scientific Meeting 2025, S05d, AS25-0238, Lisbon, Portugal, 2 Sep. 2025.

Shinohara, M., S. Aoi, S. Fukushima, T. Yamada, T. Takeda, T. Kunugi, K. Uehira, M. Mochizuki, T. Akuhara, K. Mochizuki, and S. Sakai, Seismic observations by distributed acoustic sensing using seafloor cable observation systems around Japanese islands, OCEANS 2025 - Great Lakes, Chicago, IL, USA, 1 Oct. 2025

篠原雅尚、光ファイバーセンシング計測が拓く超高密度海底地震観測、地震調査研究推進本部30周年特別シンポジウム、2025年10月14日

Shinohara, M., Z. He, S. Tanaka, and H. Otsuka, High performance seismic observation by distributed acoustic sensing using off-Sanriku geophysical cable observation system,

Shinohara, M., S. Aoi, T. Takeda, T. Kunugi, K. Uehira, and M. Mochizuki, Distributed acoustic sensing observation for seismic activity in westernmost Nankai trough region using N-net offshore system, AGU-FM 2025, S13A-04, 15 Dec. 2025

(9) 令和7年度に実施した調査・観測や開発したソフトウェア等のメタ情報：

(10) 令和8年度実施計画の概要：

現在設置済みの海底光ファイバを用いた地震津波観測システムを対象とした研究を継続する。DAS観測システムによる地殻活動の高精度モニタリング実施の検討に必要なデータの取得、解析方法の開発を実施する。また、DAS技術による地震観測データを適切に取り扱う技術開発やデータから情報を抽出する解析技術開発も実施する。最終的には、効果的な定常観測システムの開発に向けて、これらを観測及び技術開発を進める。具体的には、

- ・ 既設の光ケーブル式海底観測システムを用いたDAS技術による地震観測データの評価
  - ・ 定常的観測を実施するためのデータ量低減技術の開発
  - ・ 稠密データから必要な情報抽出するデータ処理技術の開発
  - ・ DASデータと従来の観測網データの併合処理による高精度解析技術の開発
- を引き続き、実施する。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

篠原雅尚（東京大学地震研究所）、塩原肇（東京大学地震研究所）、望月公廣（東京大学地震研究所）、山田知朗（東京大学地震研究所）、悪原岳（東京大学地震研究所）

他機関との共同研究の有無：有

荒木英一郎（海洋研究開発機構）、尾鼻浩一郎（海洋研究開発機構）、青井真（防災科学技術研究所）、功刀卓（防災科学技術研究所）、武田哲也（防災科学技術研究所）、藤原広行（防災科学技術研究所）、中村洋光（防災科学技術研究所）

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：

電話：

e-mail：

URL：

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：篠原雅尚

所属：東京大学地震研究所

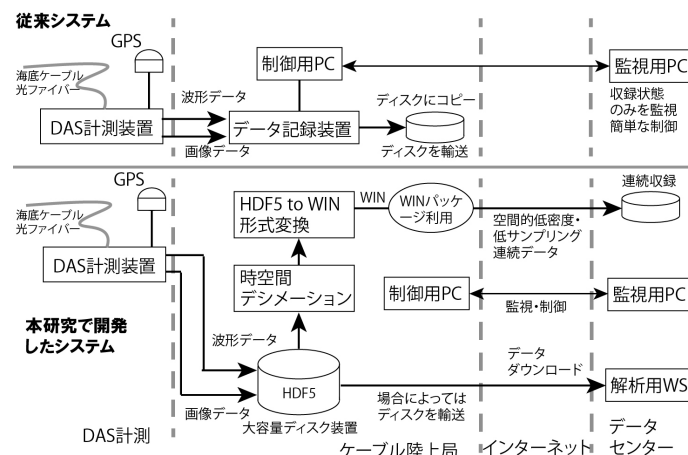


図1 開発したデータ量縮減処理・伝送システム

試験観測では、チャンネル間隔10 m、ゲージ長100 m、サンプリング周波数100 Hz、チャンネル数10,000で、DAS計測を行い、30秒毎にHDF5のファイルとして、陸上局のディスク装置に保存した。HDF5ファイルが作成され次第、データを読み出し、100 ch毎にデータを取り出す。サンプリング周波数の変更は行っていない。その後、データはwinフォーマットとして、インターネット回線により、受信サーバに送られる。

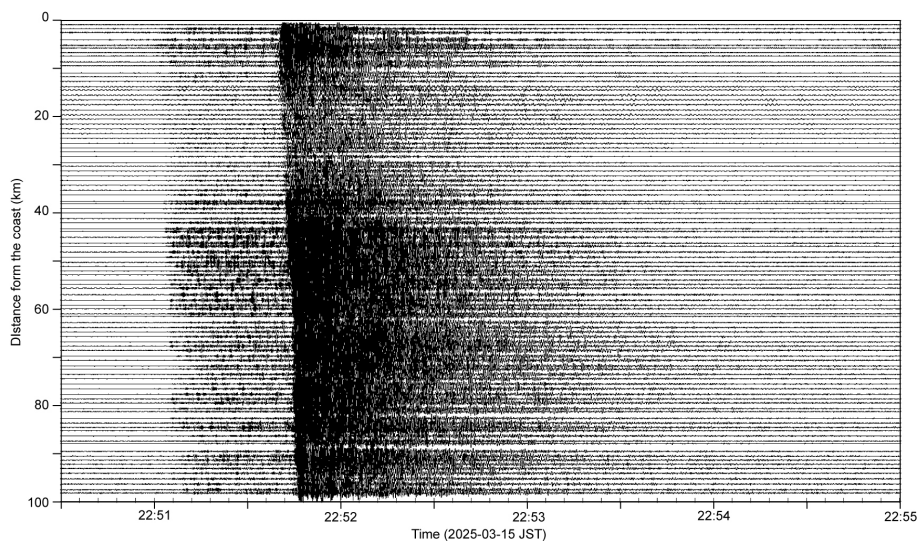


図2 開発したデータ処理・伝送システムにより、収録された地震波形

開発したデータ処理・伝送システムにより、三陸沖光ケーブル観測システムにより観測され、地震研究所に伝送された地震のDASデータ。WINパッケージを用いてデータ伝送され、win形式で保存されている。2025年3月15日22時50分頃(日本時間)に北海道南部深さ約140 kmで発生したマグニチュード4.2の地震。