

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 27 日現在

機関番号：82102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K04674

研究課題名（和文）沖合津波観測記録を用いた非地震性津波の自動検知と津波波源即時推定手法の開発

研究課題名（英文）Developing automatic detection and tsunami source estimation methods for non-seismic tsunamis using offshore tsunami observation records

研究代表者

近貞 直孝（CHIKASADA, Naotaka）

国立研究開発法人防災科学技術研究所・地震津波防災研究部門・主任研究員

研究者番号：90318197

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、稠密に整備されている沖合の海底圧力計を用いた広域の津波観測網で得られる海底圧力変動（津波）の観測記録を用いて、よく知られている海溝型やプレート地殻内の地震に伴う津波（地震性津波）に限らず、火山噴火や海底地すべり等、様々な事象によって生じる津波（非地震性津波）の自動検知と津波の波源分布を即時に推定する手法の研究開発を行った。最大の特徴は、これまでの多くの研究で実施されている地震観測記録（震源や断層面情報）を前提とした津波予測手法から脱却し、地震観測記録とは完全に独立して海底圧力観測記録のみから津波を検知し津波を予測する手法を開発した点である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

多くの津波は海域での巨大地震によって生じるが、一部は地震による海底地殻変動では説明が出来ない津波があることが知られている。本研究期間中にも、2018年インドネシアのバル湾や、能登半島での地震では、地震の規模に比して巨大な津波による被害や、想定される津波よりも早い津波の到達が確認されており、海底地すべりが原因と推定されている。また、伊豆小笠原海域での海底カルデラ活動や、2022年1月のトンガ諸島付近の大規模噴火によって生じた気圧波による津波など、地震を原因と考えるだけでは津波予測が困難となる現象が確認されている。本研究成果は、これらの非地震性津波に備え、その警報・注意報の実現に資するものである。

研究成果の概要（英文）：In this research project, we have developed automatic detection and tsunami source estimation methods not only for seismic tsunami, but also non-seismic tsunamis caused by submarine landslide, submarine volcanic eruption, caldera activity etc. using tsunami observation records obtained from widely and densely distributed offshore ocean bottom pressure gauges network. The most important feature of these methods is that these are able to detect and estimate source distribution of tsunamis without results of seismic observation records such as epicenter and fault models, but only using ocean bottom pressure observation records to detect and predict tsunamis.

研究分野：津波

キーワード：津波 非地震性津波 沖合津波観測 津波即時予測

1. 研究開始当初の背景

平成 23 年東北地方太平洋沖地震を契機に、沖合において直接津波を観測することの重要性が改めて取り上げられ、東日本（日本海溝）では、日本海溝海底地震津波観測網（S-net）が、西日本（南海トラフ）では、地震・津波観測監視システム（DONET）が整備され運用を開始している。さらに、南海トラフの西側の海域における次期海底地震・津波観測システムの検討も地震調査研究推進本部（文部科学省）にて行われている（2024 年 6 月現在、南海トラフ海底地震津波観測網（N-net）として整備中）。このような世界に類を見ない稠密な沖合観測網によって得られる沖合の津波観測記録を十全に活用して「あらゆる事象によって生じる津波を見逃すこと無く自動検知し、沿岸に到達する津波を如何に正確に素早く予測出来るか」が津波即時予測の分野における最大の学術的・社会的「問い」である。ところが、当時行われていた研究や構築されている多くの津波即時予測のシステムでは、津波の発生要因として地震しか考慮されておらず、津波の見落としが危惧される。歴史的には、『島原大変肥後迷惑』として知られる江戸時代に発生した史上最大の火山噴火災害では、雲仙岳眉山の山体崩壊によって土砂が有明海に貫入することで津波が発生し、対岸の肥後で被害が生じた。世界的に見ても、NOAA NCEI/WDS の津波歴史記録データベース（Global Historical Tsunami Database）によると、右図に示すように非地震性の要因（Volcano, Landslide, Meteorological）による津波が一定の割合を占めていることが分かる。これがそのまま発生頻度を表すものではないが、一定頻度以上の割合で非地震性津波が生じていることは明らかで、想定外のない津波即時予測を実現する上で非地震性津波を無視できないことは明らかである。

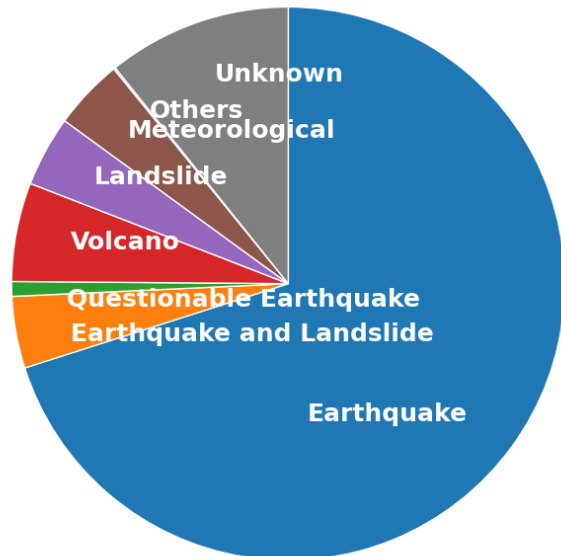


図 Global Historical Tsunami Database に記録されている津波発生原因の出現頻度

2. 研究の目的

本提案研究では、「津波は地震によって発生する」という固定観念を取り払い、沖合で観測される海底圧力観測記録から津波を自動的に検知し、津波の初期波源分布を即時に推定する手法を開発する。これにより、津波即時予測において、津波の発生原因による想定外をなくし、既存の津波予測の適用範囲を大幅に拡大することが目的である。

3. 研究の方法

以下の項目について、非地震性津波の即時予測に関する研究を実施した。

- 1) 短波長津波に関する研究
- 2) 観測された非地震性津波に関する研究
- 3) 津波即時予測のためのデータベース構築に関する研究
- 4) 試験データ作成のための非地震性津波再現計算に関する研究
- 5) 自動検知と津波波源即時推定手法に関する研究

4. 研究成果

1) 短波長津波に関する研究

海底火山噴火や海底カルデラの運動、海底地すべり等、非地震性津波は、差し渡し 1,000km にも及ぶ巨大地震津波に比べて津波発生領域が狭く、伴って生じる津波の波長も短いことが想定される。このことは、鋭角な断層運動によって生じるアウターライズ地震による津波にも類似しており、アウターライズ地震津波を対象に短波長津波の観測結果について検討を行った。結果、静水圧を仮定した海底圧力変動によって海面変動である津波を求めると短波長成分を過小評価してしまう危険性があることを示した。

- N. Y. Chikasada, 2019, The 29th International Ocean and Polar Engineering Conference
- N. Y. Chikasada et al., 2018, AGU 2018 Fall Meeting
- N. Y. Chikasada et al., 2018, The ACES International Workshop

2) 観測された非地震性津波に関する研究

2022年1月にトンガ諸島付近のフンガ・トンガ＝フンガ・ハアパイ火山の大規模噴火に伴って生じた気圧波による津波が日本近海の海底圧力観測網も含めて世界中で観測された。特に S-net の海底圧力計には観測網の外から海底圧力変動波が伝播している様子が捉えられており、Wave Gradiometry によるモニタが可能であること、データ同化手法を用いた津波即時予測が可能であることを示した。

- M. Ogiso and H. Tsushima, 2022, Seismological Research Letters
- N. Y. Chikasada, 2023, IEEE Underwater Technology
- N. Y. Chikasada and W. Suzuki, 2022, AOGS
- N. Y. Chikasada, 2022, AOGS

3) 津波即時予測のためのデータベース構築に関する研究

津波波源即時推定手法の開発において、その元となるデータベースの性質について調査を行い、特に津波到達時刻や海岸堤防の頑健性に関して定性的な理解とは異なる場合があることを示した。また、低頻度災害と言われている津波の中でも、非地震性津波はさらに稀なものとなるため、その情報を整理しデータベースとして公開した。

- 近貞直孝ほか, 2019, 土木学会論文集 B2 海岸工学
- 近貞直孝, 2020, 第10回巨大津波災害に関する合同研究集会
- 近貞直孝, 2019, 第9回巨大津波災害に関する合同研究集会
- 近貞直孝, 2021, 津波波形データベース <https://doi.org/10.17598/NIED.0024>

4) 試験データ作成のための非地震性津波再現計算に関する研究

開発した手法を検証するため、非地震性津波の極端な例題として、海洋への隕石衝突によって生じる海面変動を模したシミュレーションデータを作成するための数値計算モデルを検討した。

- 近貞直孝, 2024, 研究集会「海洋・海岸等における波動モデルの研究」
- N. Y. Chikasada, 2023, Asia-Pacific Regional IAU Meeting (APRIM)
- N. Y. Chikasada, 2022, Asia Oceania Geosciences Society (AOGS)
- N. Y. Chikasada and T. Baba, 2021, 30th International Tsunami Symposium (ITS)
- N. Y. Chikasada et al., 2019, International Congress on Modelling and Simulation (MODSIM)

5) 自動検知と津波波源即時推定手法に関する研究

沖合津波波形を一般的に用いられる逆解析（インバージョン）を行わず、演繹的な計算（順解析）のみに基づいて津波波源の空間分布を推定する手法と津波の自動検知手法の検討を行い、非地震性津波の即時予測に適用可能であることを示した。

- 対馬・近貞, 2021, 日本地球惑星科学連合
- N. Chikasada and T. Baba, 2019, International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) General Assembly
- N. Y. Chikasada and T. Baba, 2019, Asia Oceania Geosciences Society (AOGS)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Masashi Ogiso and Hiroaki Tsushima	4. 巻 94
2. 論文標題 Ocean-Wave Gradiometry: Visualizing and Extracting Propagation Features of the 15 January 2022 Tsunami Wavefield with Dense Ocean-Bottom Pressure Gauge Arrays	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Seismological Research Letters	6. 最初と最後の頁 626 ~ 636
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1785/0220220151	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Naotaka Yamamoto Chikasada	4. 巻 2023
2. 論文標題 Consideration of meteotsunami real-time forecasting method using high quality atmospheric and ocean bottom pressure records	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 2023 IEEE Underwater Technology (UT)	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 近貞 直孝, 根本 信, 高山 淳平, 鈴木 亘, 三好 崇之, 青井 真	4. 巻 75
2. 論文標題 津波シナリオバンク構築における津波到達時間計算方法と構造物条件の違いによる影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集. B2, 海岸工学	6. 最初と最後の頁 I_379 ~ I_384
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.75.i_379	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Naotaka Yamamoto Chikasada	4. 巻 2019(ISOPE-I-19-707)
2. 論文標題 Short-Wavelength Tsunami Observation Using Deep Ocean Bottom Pressure Gauges	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The 29th International Ocean and Polar Engineering Conference	6. 最初と最後の頁 3154 - 3159
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計26件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 10件）

1. 発表者名 近貞直孝
2. 発表標題 非地震性津波の数値計算モデル開発の取り組み
3. 学会等名 研究集会「海洋・海岸等における波動モデルの研究」
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Naotaka CHIKASADA
2. 発表標題 Developing 2D Numerical Modeling for Meteorite Impact Tsunamis
3. 学会等名 APRIM2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 近貞直孝
2. 発表標題 海洋への隕石衝突 による影響調査
3. 学会等名 2023年度プラネタリーディフェンス・シンポジウム
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 近貞直孝
2. 発表標題 隕石津波の即時予測とハザード評価に向けた定量評価手法の開発
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2023年大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 近貞(山本)直孝
2. 発表標題 海洋への隕石衝突による津波の即時予測手法の開発
3. 学会等名 第66回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Naotaka YAMAMOTO CHIKASADA
2. 発表標題 2D Numerical Modeling Toward Real-time Forecast of Meteorite Impact Tsunami
3. 学会等名 AOGS 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Naotaka YAMAMOTO CHIKASADA, Wataru SUZUKI
2. 発表標題 Non-seismic Tsunami Real-time Forecasting Under Data Assimilation Approach - Case Study for Hunga Tonga - Hunga Ha 'apai Volcanic Eruption Tsunami Using S-net Data -
3. 学会等名 AOGS 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Naotaka YAMAMOTO CHIKASADA
2. 発表標題 Extracting Sea Surface Changes Using High Quality Atmospheric and Ocean Bottom Pressure Data Recorded After the Hunga Tonga - Hunga Ha 'apai Volcano Eruption
3. 学会等名 AOGS 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 対馬弘晃, 近貞(山本)直孝
2. 発表標題 沖合津波波形の常時解析に基づく津波の自動検知手法の検討
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naotaka Yamamoto Chikasada, Toshitaka Baba
2. 発表標題 Development of quantitative evaluation method for real-time forecast of meteorite impact tsunami
3. 学会等名 30th International Tsunami Symposium (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近貞(山本)直孝
2. 発表標題 海洋への隕石衝突による津波の定量評価に向けて
3. 学会等名 2021年度プラネタリーディフェンス・シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近貞直孝
2. 発表標題 OpenTSUNAMI プロジェクト始動
3. 学会等名 第10回巨大津波災害に関する合同研究集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 近貞直孝
2. 発表標題 OpenTSUNAMI (杞憂プロジェクト) 構想
3. 学会等名 第 9 回巨大津波災害に関する合同研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naotaka Yamamoto Chikasada, Toshitaka Baba, Tetsuharu Fuse
2. 発表標題 Developing a numerical simulation model for a meteorite impact tsunami
3. 学会等名 MODSIM 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naotaka Yamamoto Chikasada, Toshitaka Baba
2. 発表標題 Real-time Tsunami Forecasting for the Outer-rise Earthquakes Based on Deep Ocean Bottom Pressure Data
3. 学会等名 AOGS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naotaka Chikasada, Toshitaka Baba
2. 発表標題 Special Treatments for the Outer-rise Earthquake Tsunamis in the Near-field Tsunami Forecasting using the Real-time Deep Ocean Bottom Pressure Data
3. 学会等名 The 27th IUGG General Assembly (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naotaka Yamamoto Chikasada
2. 発表標題 Short-wavelength Tsunami Observation Using Deep Ocean Bottom Pressure Gauges
3. 学会等名 The Twenty-ninth (2019) International Ocean and Polar Engineering Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近貞直孝, 馬場俊孝
2. 発表標題 アウトサイズ地震による津波の即時予測手法の再検討
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近貞直孝, 馬場俊孝, 布施哲治
2. 発表標題 海洋への隕石落下による津波の即時予測手法の開発
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近貞直孝, 布施哲治, 馬場俊孝
2. 発表標題 海洋への隕石落下による津波の定量評価手法の開発
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近貞直孝
2. 発表標題 Multi-index法を用いたリアルタイム波形比較手法の検討
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 近貞直孝・久保田達矢・中村武史・馬場俊孝・齊藤竜彦・鈴木亘
2. 発表標題 短波長津波が生じた場合の海底水圧観測への影響
3. 学会等名 日本地震学会2018年度秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 N. Chikasada, T. Kubota, T. Nakamura, T. Baba, T. Saito, and W. Suzuki
2. 発表標題 Appropriate Evaluation of Deep Ocean Bottom Pressure Changes Caused by Short Wavelength Tsunami
3. 学会等名 AGU 2018 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 N. Chikasada, T. Kubota, T. Nakamura, T. Baba, T. Saito, and W. Suzuki
2. 発表標題 Observation of Ocean Bottom Pressure Changes Caused by Short Wavelength Ocean Wave
3. 学会等名 10th ACES International Workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 近貞直孝
2. 発表標題 隕石津波の定量評価に向けて
3. 学会等名 第11回スペースガード研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 近貞直孝・布施哲治
2. 発表標題 海洋への隕石落下による津波の定量的な評価に向けて
3. 学会等名 日本惑星科学会2018年秋季講演会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	対馬 弘晃 (TSUSHIMA Hiroaki) (00589864)	気象庁気象研究所・地震津波研究部・主任研究官 (82109)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------