

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号： 82706
研究種目： 国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）
研究期間： 2017～2022
課題番号： 16KK0155
研究課題名（和文）ハイドロフォンアレイ観測を利用するリアルタイム津波予測手法の提案（国際共同研究強化）
研究課題名（英文）Real-time tsunami forecast by IMS hydrophone triplets(Fostering Joint International Research)
研究代表者
松本 浩幸（Matsumoto, Hiroyuki）
国立研究開発法人海洋研究開発機構・海域地震火山部門(地震津波予測研究開発センター)・主任研究員
研究者番号：80360759
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 10,800,000円
渡航期間： 14ヶ月

研究成果の概要（和文）：本共同研究では、包括的核実験禁止条約（CTBT）国際監視制度（IMS）のハイドロフォンアレイで海域で発生する地震や火山活動をリアルタイム監視できることを検証した。水中音波の卓越周波数に着目すれば、海域で発生する地震と火山活動の信号を区別できることから、日本の硫黄島やパプアニューギニアのKadovar島の火山活動に関連する水中音波を解析した。現場観測やドキュメント資料と比較することで、海底噴火の時間推移や山体崩壊にともなう津波の発生時刻を推定した。現場観測や観測機器の設置が困難な海域における地震や火山の監視にCTBT国際監視制度のハイドロフォンデータを利用できることを示唆する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在の海域火山の監視体制では、活動把握のリアルタイム性に課題が残る。また2022年のトンガの火山噴火では、非地震性津波による情報発信の課題が浮き彫りとなった。水中音波が遠方まで伝播することに着目して、CTBT国際監視制度のハイドロフォンアレイの観測データを解析した。エビデンスデータを得ることが困難な海域火山活動を現場観測などとともに精査したことは学術的に意義深い。さらにハイドロフォンが津波にともなう圧力変化を検知したことから、津波監視にも応用できることを示唆する。海域火山活動は船舶などにも影響することから、海域火山を遠地でリアルタイム監視できることを検証したことは社会的にも意義がある。

研究成果の概要（英文）：This study verified the potential of the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBT) International Monitoring System (IMS) hydroacoustic hydrophone stations for real-time monitoring of earthquakes and volcanic activity in the ocean. Hydroacoustic signals associated with volcanic activity at Ioto in Japan and Kadovar Island in Papua New Guinea were detected by the hydrophone triplets and compared with relevant observations to identify and characterize submarine eruptions over time, and the case of Kadovar to identify the time of occurrence of a tsunami associated with the lava dome collapse. This study highlights the potential for remote hydroacoustic observations, such as those made possible by the CTBT IMS hydroacoustic hydrophone stations, for the identification and monitoring of geophysical hazards in areas where in-situ or local data are not available. This is particularly relevant for submerged volcanic activity which may not always have obvious manifestations on the sea surface.

研究分野：地震工学

キーワード：CTBT国際監視制度 ハイドロフォン 火山噴火 地震 津波

1. 研究開始当初の背景

海中を遠方まで伝播する水中音波(T-phase)を津波警報に利用する着目点は古くからあり、初期の提案論文は1950年代までさかのぼれる。その後も、地震発生時の水中音波に関する理論的研究や陸上地震計による観測報告はなされてきたが、SOFAR(Sound Fixing And Ranging)チャンネル内での現場観測の研究事例は少ない。これはSOFARチャンネルが水深1,000 m付近にあり、観測装置を水中設置するのに高度な技術が不可欠なためである。

2000年代以降、包括的核実験禁止条約(CTBT)の国際監視制度(IMS)の検証体制として、ハイドロフォンセンサーによる水中音波の観測ネットワークを整備した。CTBT国差監視制度の水中音波観測点は、図1に示すように2 km間隔で3台のハイドロフォンアレイを構成して、観測データをリアルタイムに取得している。

本研究では、このハイドロフォンが地震や海底噴火にともない水中音波を観測することに着目し、アレイ観測を活用することで水中音波信号の到来方向を推定して、海域の地震や火山噴火の予測精度向上を模索した。核実験禁止条約機関(CTBTO)に蓄積されるハイドロフォンデータから、とくに海域で発生する地震や火山噴火に関連する信号を抽出してデータ解析を進め、水中音波の発生源における事象と遠地における観測との関連づけを行う。地震や海底噴火の発生にともない観測される水中音波の普遍的な特性や事象を検出できれば、水中音波の観測・監視が海域で発生する地震や火山噴火の早期検知を補助する役割として機能し、リアルタイム予測への貢献が期待できる。

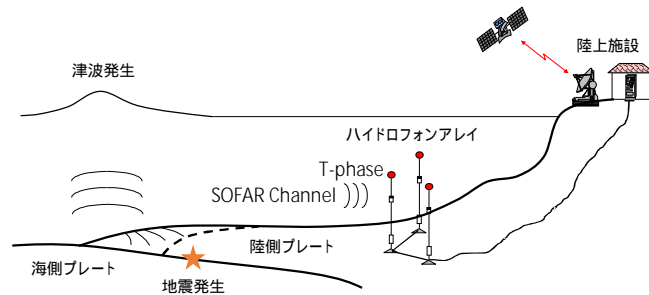


図1: 地震発生とCTBT国際監視制度のハイドロフォンアレイ(イメージ)

2. 研究の目的

本研究の目的は、海域の地震や火山活動にともない発生する水中音波をハイドロフォンアレイで検知して、地震と火山活動を早期に予測することである。これは、水中音波がSOFARチャンネルに沿って遠方まで伝播することに着目して、現在の海域の地震や火山の監視体制を補完する新たな観測指標になる着想を得たからである。さらにハイドロフォンのセンサー周波数応答特性を考慮してデータ解析することで、海底津波計と同様にハイドロフォンでも広帯域の水圧変化を高精度に検知できる可能性が高くなる。

本研究では、水中音波の観測に最適なハイドロフォンアレイの観測ネットワークをグローバルに展開しているCTBT国際監視制度に所属する水中音波の専門家と共同でデータ解析を行う。具体的には、IMSのハイドロフォンアレイの観測データから、地震や火山活動と関連する水中音波を抽出してデータ解析する。水中音波と地震や火山活動の観測データに普遍的な関連性を見出せれば、水中音波が海域で発生する地震や火山活動を遠地で監視する観測指標となることを実証できる。

本研究では、国際共同研究の実施期間中に環太平洋の海域で発生した火山活動について、海域日本に最も近いCTBT水中音波観測点である米国領Wake島のハイドロフォンアレイ(HA11観測点)の観測データを解析した。

3. 研究の方法

(1) 硫黄島の火山活動

硫黄島は定常的に火山性地震が観測され、数年おきに海底噴火を示唆する変色域が確認されている。また常時観測火山に指定されており、気象庁や防災科学技術研究所が地震や微気圧などに関する連続観測を行っているため、火山活動に関連する現場観測データを利用できる。

2018年9月上旬から、硫黄島の火山性地震が増加するとともに海水の噴出や変色域が確認されたので海底噴火が示唆された。硫黄島の火山活動の観測は、主に島内の火山性地震の観測データにもとづくもので、火山性地震はマグマの動きに関連する火山性微動も含まれるため海底噴火と関連する火山性地震の回数や経過は不明であった。そこで硫黄島から約2,700 km南東に位置する水中音波観測点HA11のデータ解析を行い、硫黄島の火山活動の経過を精査した(図2)。

硫黄島における現場観測によると、2018年9月7日17:00頃から火山活動の増加を示した。この活動は、2018年9月21日頃に通常のバックグラウンドノイズと同程度のレベルにまで戻った。2018年9月の全期間におけるHA11の音響水信号を調べたところ、後述するように、硫

黄島からの活動に関連する水中音波が、4日前の9月3日から発生していたことが示唆された。

H11S1 ハイドロフォン (図 2c) で9月3日に記録された波形の例を図3に示す。図3aは、6 Hz から60 Hz のバンドパスフィルタ波形、二乗平均平方根 (RMS) 振幅およびスペクトログラムである。21:34:24 と 21:35:44 に記録された短周期の信号は、いずれも到来方向から硫黄島の火山活動に関連するものである。これらのイベントの RMS 振幅と周波数帯域は、到着方向によって異なる。HA11 の観測記録を精査したところ、硫黄島の火山活動に関連する信号の特徴は、一般的に継続時間が20秒以下であり、一般的に継続時間が20秒以上の地震とは区別できることがわかった。

図3bは、HA11で観測した21:34:24と21:35:44の信号と、平常時のバックグラウンドノイズのパワースペクトル密度(PSD)を比較したものである。バックグラウンドノイズのPSDは、一般的な海底でのノイズレベルと一致する。21:34:24の信号のPSDは、3 Hz から30 Hzの帯域で20~25 dBほどバックグラウンドノイズを上回る。

図3cに、火山活動が比較的高い9月8日のH11S1ハイドロフォンの波形、RMS 振幅、スペクトログラムを示す。00:00から04:00の間に確認された信号は、主に硫黄島の火山活動に関連している。08:10頃に記録された低周波の信号は、260°方位からのものであり、硫黄島とは大きく異なるため、硫黄島の火山活動とは関連がない。06:00から07:00の間に確認された信号の到来方向は時間によって変化し、硫黄島からの信号とは一致しない。

2018年9月の全期間において、6 Hz から60 Hzの間でバンドパスフィルタをかけたデータの相互相関解析を行った(図4)。図4aは、HA11で検出された信号について、255°から345°の到来方向とバンドパスフィルタをかけた信号のRMS 振幅を併記した。各ドットは20秒間の時間窓で計算されている。点線は硫黄島の位置(方位角289.3°)を示す。図4aから、硫黄島の火山活動は9月3日から10日にかけて、2日間の間隔を空けて2回に分かれて活発化したことが示唆された。図4bは、到来方向別のイベント数のヒストグラムである。9月5日に発生した北海道胆振東部地震(M6.7、方位角324.3°)とその余震に関連する水中音波の信号が、HA11で明瞭に検出された。北海道胆振東部地震に関連する水中音波の到来は、時間と共に数は減少するものの、解析期間終了まで観測されている(図4a)。

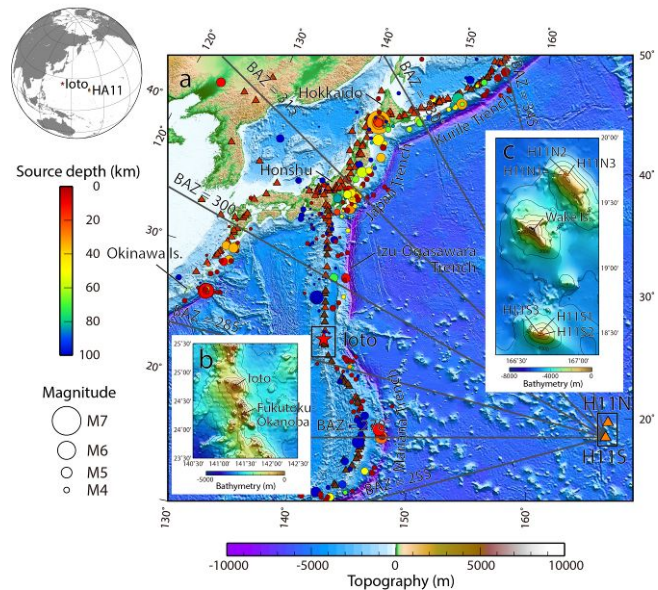


図 2: 水中音波観測点 (HA11) と硫黄島の位置。BAZ は HA11 からの方位角を示す。b と c はそれぞれ硫黄島付近と Wake 島付近の拡大図。

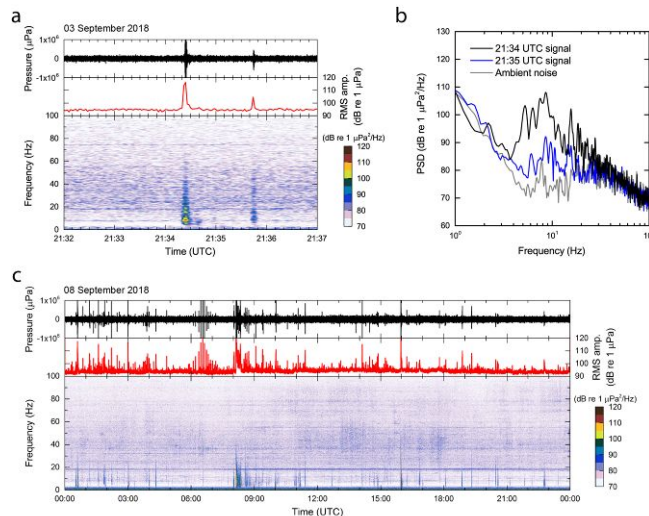


図 3: HA11 で観測された水中音波

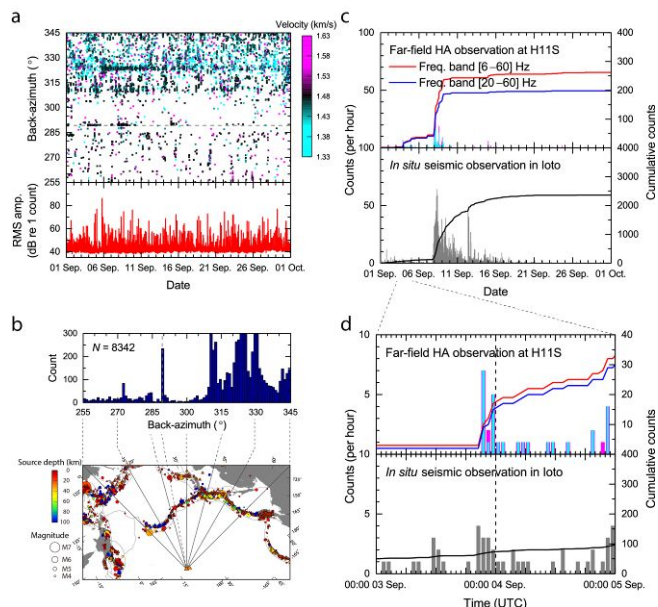


図 4: HA11 で観測された水中音波の解析

硫黄島の火山活動に関連するHA11の水中音波の到着と硫黄島の地震観測を比較した(図4c)。硫黄島の現場観測データは気象庁から提供された。図4cの上段はHA11で観測された水中音波信号の累積検出数、下段は硫黄島の現地観測による地震信号の累積検出数を示している。図4dは、9月3日から5日の3日間における硫黄山の火山活動の初期段階に着目したものである。

(2) Kadovar 島の火山活動

パプアニューギニアのKadovar 島は、17世紀に探検家によって最後の噴火が記録されて以来、噴火が確認されていなかった。2018年1月に噴火が再開して、火山活動が活発となった。島頂部の火口からの噴火に加えて、海岸線付近に新たに噴火口が出現し溶岩ドームが発達した。噴火確認から1ヶ月後に溶岩ドームが崩壊し津波を誘発した。そこでHA11水中音波観測点のデータ解析を行い、Kadovar 島の火山活動の経過を調べた。

本研究の対象となる西太平洋地域の地図を図5に示す。Kadovar 島とHA11水中音波観測点までの距離は約3,500 km、方位角は225°である。

Kadovar 島の海岸付近の新しい噴火口が初めて確認されたのが2018年1月11日で、当日HA11で観測したKadovar 島の火山活動に関連する水中音波信号の例を図6に示す。図6aは、09:40から09:50までの期間にH11N1~H11N3およびH11S1~H11S3の6つのハイドロフォンで記録された波形である。水中音波信号を強調するために、観測データに10 Hzから60 Hzのバンドパスフィルタを適用している。図6bは、同日08:00から12:00までのH11N1ハイドロフォンのスペクトログラム(地震による信号も含まれる)である。図6cは、09:45のH11N1の信号とハックグラウンドノイズのPSDの比較である。Kadovar 島の火山噴火にともなう水中音波は広帯域にエネルギーが卓越する。図6dは、09:44から09:48のスペクトログラムである。2つの顕著な信号の間に、低周波が卓越する継続時間が長い信号が記録されている。これらの信号は、すべてKadovar 島の火山活動に由来するものである。

2018年1月から2月の期間において、10 Hzから60 Hzのバンドパスフィルタを適用したHA11の観測データの相互相関解析を実施して、水中音波の到来方向を推定した。相互相関解析の結果を図7に示す。図7の上段は、水中音波の到来方向を示し、破線はKadovar 島の方位角を示す。色は信号のみかけ速度(位相速度)を示す。下段は、Kadovar 島からの水中音波信号の1時間あたりの検出数とその累積を示す。

全体としてKadovar 島の火山活動は、静穏期間を挟んでの2つのエピソードが、相互相関解析から確認された。最初の期間は2018年1月11日から始まり、次の期間は2018年2月9日から始まった。

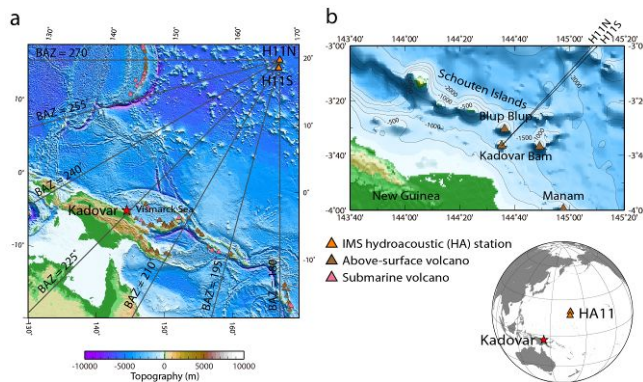


図5: 水中音波観測点(HA11)とKadovar 島の位置。BAZはHA11からの方位角を示す。bはKadovar 島付近の拡大図。

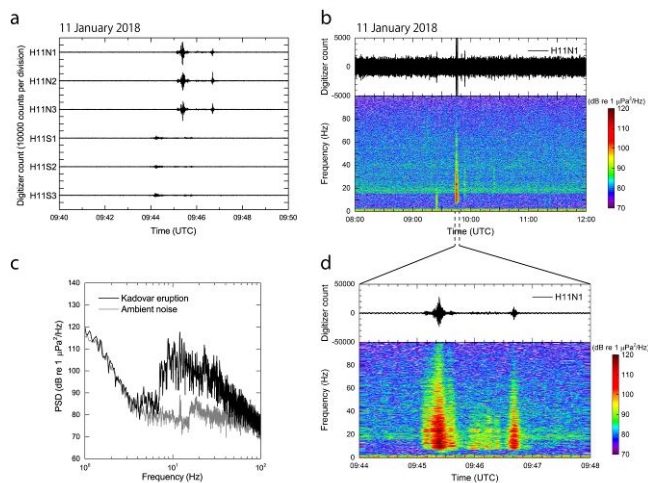


図6: HA11で観測された水中音波の解析例

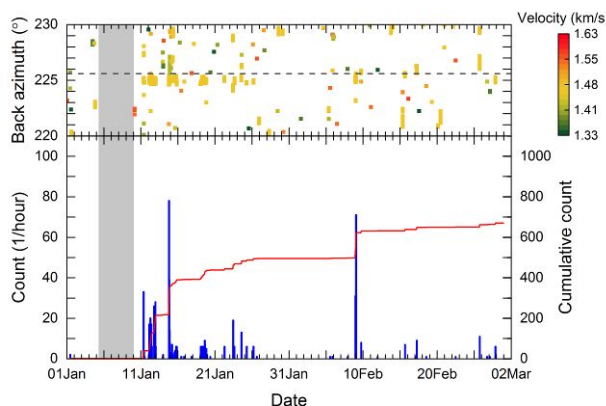


図7: HA11の相互相関解析の結果。2018年1月5日08:00から1月10日00:00の期間は、伝送装置の停止によりデータ欠測。

4 . 研究成果

環太平洋の海域で発生する地震と火山活動に起因する水中音波を解析した。HA11 で検出された水中音波の到来方向を相互相関法で計算し、日本の硫黄島とパプアニューギニアの Kadovar 島の火山活動に由来する水中音波信号と環太平洋の地震活動に由来する多数の水中音波信号の識別を可能にした。

硫黄島の火山活動に由来する水中音波信号の到達時間に加えて、近傍の福德岡ノ場の海底火山に由来する水中音波との類似性を検証した。HA11 で記録された水中音波信号の到達時間、到来方向、卓越周波数（広帯域で比較的短い到達時間）は、硫黄島と福德岡ノ場で一致する特徴が得られた。

さらに、Kadovar 島の火山噴火は、観測機器による現場観測などのグランド・トゥールースとなる情報が少ない条件で、水中音波信号を解釈することの困難さを示した。遠地における水中音波の検出は、Kadovar 島の海岸付近で確認された火山イベントと相関があり、HA11 で検出された水中音波のほとんどが海面下で発生したことを示唆した。さらに爆発的な信号と低周波微動が連続する水中音波信号は、Kadovar 島の溶岩ドーム崩壊が 2018 年 2 月 9 日の 00:30、00:33、00:46 に発生し、その後 00:51 に大規模爆発が発生したことを示唆した。

本研究は、CTBT 国際監視制度の水中音波観測点のような遠地における水中音波信号の観測が、現場観測または近傍観測が利用できない海域の地震と火山活動と監視のために利用できることを示したものである。

なお本研究をきっかけとして、国内外で CTBT 国際監視制度データの科学利用の推進を目指し、CTBTO 国際監視制度局ならびに日本原子力研究開発機構と共同で、日本地球惑星科学連合大会で CTBT 国際監視制度の科学技術に関するセッションを立ち上げて継続的に運営してきた。本学会活動を通じて、CTBT の認知度の向上と IMS データの科学・民生利用の普及に貢献できたことを特筆しておきたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Matsumoto Hiroyuki, Zampolli Mario, Haralabus Georgios, Stanley Jerry, Robertson James, Meral Ozel Nurcan	4. 巻 180
2. 論文標題 Hydroacoustic Signals Originating from Marine Volcanic Activity at Kadovar Island, Papua New Guinea, Recorded by the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty International Monitoring System	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Pure and Applied Geophysics	6. 最初と最後の頁 1353 ~ 1373
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00024-022-03096-8	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 該当する
1. 著者名 Le Bras Ronan J., Zampolli Mario, Metz Dirk, Haralabus Georgios, Bittner Paulina, Villarroel Marcela, Matsumoto Hiroyuki, Graham Gerhard, Meral Ozel Nurcan	4. 巻 94
2. 論文標題 The Hunga Tonga?Hunga Ha'apai Eruption of 15 January 2022: Observations on the International Monitoring System (IMS) Hydroacoustic Stations and Synergy with Seismic and Infrasound Sensors	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Seismological Research Letters	6. 最初と最後の頁 578 ~ 588
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1785/0220220240	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 該当する
1. 著者名 Matsumoto Hiroyuki, Araki Eiichiro, Kimura Toshinori, Fujie Gou, Shiraishi Kazuya, Tonegawa Takashi, Obana Koichiro, Arai Ryuta, Kaiho Yuka, Nakamura Yasuyuki, Yokobiki Takashi, Kodaira Shuichi, Takahashi Narumi, Ellwood Robert, Yartsev Victor, Karrenbach Martin	4. 巻 11
2. 論文標題 Detection of hydroacoustic signals on a fiber-optic submarine cable	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-82093-8	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 該当する

1. 著者名 Matsumoto Hiroyuki, Zampolli Mario, Haralabus Georgios, Stanley Jerry, Mattila James, Meral Ozel Nurcan	4. 巻 9
2. 論文標題 Interpretation of detections of volcanic activity at Ioto Island obtained from in situ seismometers and remote hydrophones of the International Monitoring System	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-55918-w	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 該当する

1. 著者名 Hiroyuki Matsumoto, Toshinori Kimura, Shuhei Nishida, Yuya Machida, Eiichiro Araki	4. 巻 8
2. 論文標題 Experimental evidence characterizing pressure fluctuations at the seafloor-water interface induced by an earthquake	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-34578-2	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 -

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Hiroyuki Matsumoto, Hiroaki Kajikawa, Keisuke Ariyoshi, Narumi Takahashi, Eiichiro Araki
2. 発表標題 Interpretations of hydrodynamic pressure observations during an earthquake
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2022年大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroyuki Matsumoto, Mario Zampolli, Georgios Haralabus, Jerry Stanley, James Robertson, and Nurcan Meral Ozel
2. 発表標題 Remote monitoring of volcanic activity at Kadovar using hydrophone triplets of the CTBT International Monitoring System
3. 学会等名 Underwater Acoustics Conference & Exhibition (UACE2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名	Hiroyuki Matsumoto, Mario Zampolli, Georgios Haralabus, Jerry Stanley, James Robertson, and Nurcan Meral Ozel
2. 発表標題	Detections of hydroacoustic signals associated with volcanic eruptions at Kadovar Island, Papua New Guinea, using CTBT IMS hydrophones
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	Hiroyuki Matsumoto, Mario Zampolli, Georgios Haralabus, Jerry Stanley, James Robertson, and Nurcan Meral Ozel
2. 発表標題	IMS hydroacoustic hydrophone station detections associated with volcanic eruptions at Kadovar Island, Papua New Guinea
3. 学会等名	CTBT Science and Technology Conference 2021 (SnT2021) (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Hiroyuki Matsumoto, Mario Zampolli, Georgios Haralabus, Jerry Stanley, James Robertson, and Nurcan Meral Ozel
2. 発表標題	Study of a high activity eruption sequence of Kadovar volcano, Papua New Guinea, using data recorded by the CTBT International Monitoring System
3. 学会等名	EGU General Assembly 2020 (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	Hiroyuki Matsumoto, Mario Zampolli, Georgios Haralabus, Jerry Stanley, and Nurcan Meral Ozel
2. 発表標題	Contribution of the hydroacoustic hydrophone stations of the International Monitoring System to natural disaster mitigation
3. 学会等名	JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	Hiroyuki Matsumoto, Eiichiro Araki, Toshinori Kimura, Takashi Yokobiki, Gou Fujie, Shuichi Kodaira, Takashi Tonegawa, Kazuya Shiraishi, Koichiro Obana, Ryuta Arai, Yuka Kaiho, Yasuyuki Nakamura, Narumi Takahashi, Martin Karrenbach, Robert Ellwood, Victor Yartsev
2. 発表標題	Hydroacoustic signals detected by distributed acoustic sensing (DAS) using submarine cable
3. 学会等名	JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	Matsumoto Hiroyuki, Zampolli Mario, Haralabus Georgios, Stanley Jerry, Mattila James, Meral Ozel Nurcan
2. 発表標題	Discrimination of underwater waves originating from volcanic tremors versus volcanic eruptions in the northwestern Pacific Ocean
3. 学会等名	5th international conference and exhibition on Underwater Acoustics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Matsumoto Hiroyuki, Zampolli Mario, Haralabus Georgios, Stanley Jerry, Mattila James, Meral Ozel Nurcan
2. 発表標題	Association between tremor activity from an undersea volcano at Ioto Island and T-phases received by IMS hydroacoustic station HA11 on Wake Island
3. 学会等名	European Geosciences Union General Assembly 2019 (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Matsumoto Hiroyuki, Zampolli Mario, Haralabus Georgios, Stanley Jerry, Mattila James, Meral Ozel Nurcan
2. 発表標題	Examination of IMS hydrophone triplet data associated with undersea volcanic activity of Ioto Island
3. 学会等名	International Hydroacoustics Workshop 2019 (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Matsumoto Hiroyuki, Zampolli Mario, Haralabus Georgios, Stanley Jerry, Mattila James, Meral Ozel Nurcan
2. 発表標題	CTBT IMS hydroacoustic signal detections from the Ioto volcanic island in the northwest Pacific Ocean
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	Matsumoto Hiroyuki, Zampolli Mario, Haralabus Georgios, Stanley Jerry, Mattila James, Meral Ozel Nurcan
2. 発表標題	IMS discrimination between T-phases originating from volcanic tremors versus H-phases induced by volcanic eruptions in the northwestern Pacific Ocean
3. 学会等名	CTBT Science and Technology Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Hiroyuki Matsumoto, Georgios Haralabus, Mario Zampolli, Nurcan Meral Ozel
2. 発表標題	Hydroacoustic signals from tsunamigenic earthquakes acquired by CTBT IMS hydrophone triplets
3. 学会等名	Japan Geoscience Union Meeting 2018 (国際学会)
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
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	ザンポーリ マリオ (Zampolli Mario)	包括的核実験禁止条約機関 (CTBTO) ・国際監視制度局 ・Hydroacoustic Engineer	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	ハララボス ジョルジオス (Haralabus Georgios)	包括的核実験禁止条約機関 (CTBTO) ・国際監視制度局 ・Project Manager	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	スタンレー ジェリー (Stanley Jerry)	包括的核実験禁止条約機関 (CTBTO) ・国際監視制度局 ・Hydroacoustic Officer	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	メラル・オゼル ヌルジャン (Meral Ozel Nurcan)	包括的核実験禁止条約機関 (CTBTO) ・国際監視制度局 ・Director	

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			
オーストリア	包括的核実験禁止条約機関 (CTBTO)			