

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：82102

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H00292

研究課題名(和文) 観測データと理論データの融合に基づくデータ駆動型強震動予測モデルの開発

研究課題名(英文) Development of data-driven ground-motion models based on integration of observed and simulated strong-motion data

研究代表者

藤原 広行 (Fujiwara, Hiroyuki)

国立研究開発法人防災科学技術研究所・マルチハザードリスク評価研究部門・総括主任研究員

研究者番号：80414407

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,800,000円

研究成果の概要(和文)：膨大な強震観測記録をデータベース化した「強震動データベース」を整備しその特徴を分析した。観測記録の不足を補うシミュレーションデータを高効率かつ高精度に作成するため、広帯域地震動波形合成手法および三次元地盤増幅シミュレーション手法の開発を行った。強震動データベースをもとに、データの回帰分析による地震動予測モデル(Ground Motion Model; GMM)を複数のアプローチで開発し、利活用の観点に基づいてGMMの性能評価手法やばらつきの定量評価方法を検討した。さらに、GMMによる予測値を補間するため、多数の面的シミュレーションデータを訓練データとした予測地震動の空間補間方法を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究はこれまでの数10年にわたる強震観測・強震動研究の成果や課題を踏まえて、得られている膨大な観測記録と知見を最大限活用した強震動予測手法の開発を目的として、1)強震動データベースの整備および地震動シミュレーション手法開発、および、2)データ駆動型解析による強震動予測モデルの開発を行った。本研究の成果である強震動データベースや、高精度・高効率な広帯域地震動シミュレーション手法、およびデータ駆動型地震動予測モデルは、今後強震動研究の進展とその成果の活用による防災への貢献につながることを期待される。

研究成果の概要(英文)：A strong ground motion database, which is a database of a huge number of strong motion observation records, was developed and its characteristics were analyzed. In order to create highly efficient and accurate simulation data to compensate for the lack of observation records, we have developed a broadband seismic waveform synthesis method and a three-dimensional ground amplification simulation method. Based on the strong ground motion database, we developed ground motion models (GMMs) by regression analysis of data with multiple approaches. We examined the method for quantitative evaluation of the performance of GMM from the viewpoint of application in seismic hazard analyses. Furthermore, in order to interpolate the predicted values by GMM at each site, we developed a spatial interpolation method of predicted seismic ground motion using a large number of planar simulation data as training data.

研究分野：応用地震学

キーワード：強震動 地震ハザード評価 地震動予測式 強震動データベース 非線形地盤応答 シミュレーション

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

日本では過去 20 年間以上にわたって膨大な強震観測データが蓄積され、観測記録の回帰モデルである「強震動予測モデル(ground-motion prediction model; GMM)」が構築され地震ハザード評価の進展に貢献してきた。これまで日本の GMM では、コミュニティー共通で使える観測記録のデータベースが整備されていなかったため、異なる研究者チームによる複数モデルの性能評価に基づく認識論的不確定性評価(考え方の違いなどに基づく不確かさの定量的評価)ができておらず、地震ハザード評価の実務における大きな課題となっていた。また、GMM による強震動予測の根本的問題として、本来予測すべき超巨大地震などの稀で未経験な事象に対する予測能力が観測事実によって担保されない点が挙げられる。その一方で高度化された地下構造モデル等を利用した理論モデルに基づく地震波動場シミュレーションによる強震動予測手法(PBS)も発展してきており、観測記録の時空間的な不足を理論モデルに基づくシミュレーションデータで補うことも可能となってきた。シミュレーションの活用により未経験の事象に対する予測性能を向上できる可能性がある。

2. 研究の目的

得られている膨大な観測記録と知見を最大限活用し、観測記録のデータベース整備・データ解析技術の適用・シミュレーションデータの活用により、以下を実施し、地震ハザード・リスク評価の高度化に資する。

- 1)膨大な強震観測記録を整備したデータベースを分析し、観測記録のデータベース不足している低頻度・未経験の事象を補う理論モデルに基づくシミュレーションデータを作成する。
- 2)データベースをフルに活用したデータ駆動型解析により既存の枠組みにとられない予測性能と実用性の高い強震動予測モデル構築のための研究を行う。

3. 研究の方法

(1)観測及びシミュレーションデータベースの作成

防災科学技術研究所の強震観測網 K-NET および KiK-net の観測開始以来(1997 年～)の 100 万超の観測記録に対して、地震動強さ指標(計測震度、最大速度振幅値、最大加速度振幅値、各周期ポイントにおける加速度応答スペクトルなど)、震源情報(マグニチュード、震源位置、地震タイプ等)、観測点情報(観測点位置、設置状況、地盤特性等)を整備しデータベース化した「強震動データベース」(別経費により作成)について、その特徴を分析するとともに、データベースをデータ駆動型 GMM の構築に用いるにあたり必要な改良・改訂を行う。

観測記録の不足を補うシミュレーションデータを高効率かつ高精度に作成するため、広帯域地震動波形成手法および非線形地盤応答解析手法の開発を行う。作成したシミュレーションデータセットを用いて、観測データベースを補い融合させるための条件を提案する。

(2)データ駆動型地震動予測モデル(GMM)の構築

「強震動データベース」をもとに、複数のアプローチによるデータの回帰分析により GMM の開発を行う。GMM とは、地震動強さを過去の地震記録の統計解析に基づいてマグニチュード(M)、震源距離(X)などの少ない変数から評価する経験式である。特に、膨大な観測記録のデータベースを生かして観測点固有の地震動特性("サイト特性")や、震源から観測点に至る伝播経路の地震動特性("パス特性")を特定した GMM を開発する。開発した GMM や基準となる既往 GMM に対し、利活用の観点に基づいて GMM の性能評価手法やばらつきの定量評価方法を検討する。さらに、GMM による"点の予測"から"面の予測"に展開することを目的として、多数の面的シミュレーションデータを訓練データとした予測地震動の空間補間方法を開発する。

4. 研究成果

(1)観測及びシミュレーションデータベースの作成

まず、強震観測記録の地震動強さ指標、震源情報、サイト情報をデータベース化した「強震動データベース」について、その特徴分析のために必要なデータ分析・抽出ツールを整備した。地震動強さ指標データ全体をマグニチュード(M)と震源距離(X)の空間分布としてとらえ、離散化した M-X セルにおける地震動強さの平均値や分布形状の可視化を行った。

強震動データベースによる観測値と既往の GMM の予測値の差を取った「残差データ」を作成し、地震規模や震源距離などとの関係を検討することにより、規模の小さい地震や遠距離の小振幅域の予測精度を向上し、地震動予測結果のばらつきを低減するための補正項を導出した。それにより、基準モデルとなる既往の GMM の精度が向上した。

一方、観測記録の大振幅域等の不足を補うためにシミュレーションデータの作成にあたり、強震

動データベースにおいて観測記録が不足している近距離（断層距離 0～30km 程度）、マグニチュード 6～7 クラスの地震動データを、関東地域の活断層モデルに基づいて広帯域地震動シミュレーションによって生成した。各 M-X セルにおけるシミュレーションデータの平均値がおおむね妥当であることを確認したうえで、ばらつきについては観測記録が十分に得られている M-X セルからの外挿によって仮定し、分布形状を補正したシミュレーションデータを生成した。今後の課題として、シミュレーションの高精度化・高速化に加え、シミュレーションデータセットの分布の妥当性の観点から、ばらつきの設定方法や地震動の地域性や震源特性の考慮が必要であることがあげられる。

広帯域地震動シミュレーションの高精度化・高速化に寄与する方法の一つとして、強震動データベース（過去の観測記録）から得られる異なる周期帯域の時刻歴波形の特徴を学習し、長周期シミュレーション波形から広帯域シミュレーション波形に変換する手法を開発した。提案手法では、長周期・短周期の波形ペアを低次元の潜在空間へ埋込み、近傍関係をもとに内挿することで、短周期の波形を推定する。その際、近傍関係を獲得するために波形間の継時特性の類似度を最適輸送理論に基づく Wasserstein 距離で評価した。

さらに、現状の一般的な広帯域地震動シミュレーションにおいて現実的な計算コストでは十分に考慮できていなかった非線形地盤増幅特性について、様々な解析条件下で多数の数値シミュレーションを実施するため、非構造有限要素による高詳細な三次元地盤増幅シミュレーション手法の開発を行った。不整形 3 次元地盤モデルを用いた高詳細な 3 次元非線形地震波伝播シミュレーションの解析コストはいまだ膨大であるため、その軽減策を検討する必要がある。具体的には、人工知能構築時にキーパラメータとなる地盤パラメータを入力とした液状化を対象とした GPU による高速な地盤増幅解析手法を開発し、人工知能構築に必要なシミュレーションデータを大量生成可能な手法を構築した。波動方程式の性質を数値シミュレーションにより分析し、GPU 計算に適する三次元波動場の人工知能構築を構築するとともに、これを用いたシミュレーションの解析コスト軽減策についても検討を行った。

(2) データ駆動型地震動予測モデル(GMM)の構築

「強震動データベース」には日本全国多様な地震による記録が含まれており、その記録を集積して作成される GMM は、地震動特性（震源・サイト・パス特性）を長期間・広範囲でとらえたときの平均値の安定性、すなわちエルゴード性を仮定し平均的特性をモデル化したものでエルゴード的 GMM と呼ばれる。一方、サイト特性やパス特性を特定した非エルゴード的 GMM は特定地点の地震動予測におけるばらつきを低減することができる。本研究では強震動データベースを用いて、複数のアプローチにより以下のような非エルゴード的 GMM を開発した。

- one-hot ベクトルで表現した観測点名を入力することでサイト特性を柔軟に学習するニューラルネットワークによるサイト特定 GMM
- ニューラルネットワーク構築の過程で震源・パス・サイト特性を順番にモデル化したパス特定 GMM
- 既往のエルゴード的 GMM に対して過去の記録から得られているサイト固有の経験的揺れやすさ係数を補正したサイト特定 GMM

これらの GMM やエルゴード的 GMM を含む複数の GMM について、強震動データベースのさまざまな M-X セルにおける予測値と観測記録の比較のためその残差の平均値やばらつきの分布をモデル同士で比較した。いずれの GMM も残差の平均値は安定してゼロに近いが、ばらつきや分布形状は GMM により大きく異なった。

また、サイト特定型 GMM、すなわち「点の予測」から任意地点での地震動を推定する「面の予測」に展開することを目的として、Deep inpainting と空間分布マッピングの組み合わせによる地震動データの空間補間方法の手法開発を行った。南海トラフの巨大地震を対象としたシミュレーションデータと計算に用いた 3 次元地盤構造モデルを用いて、地震動空間分布に影響を与えるファクターである地盤構造に基づき位置特性マップを生成することを試みた。位置ごとに異なる補間処理を適用するための位置特性マップの学習において、地震動の増幅に直接的に影響する地盤構造データを活用することにより、解釈可能な位置依存の補間方法を提案した。南海トラフ地震を想定した地震動シミュレーションデータを用いた実験を通して、提案法の有効性を示した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

| | |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名 Okazaki Tomohisa, Ueda Naonori | 4. 巻 233 |
| 2. 論文標題 Comment on 'Geophysical inversion and optimal transport' by M. Sambridge, A. Jackson and A. P. Valentine | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Geophysical Journal International | 6. 最初と最後の頁 1484 ~ 1487 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/gji/ggad001 | 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 Fujita Kohei, Kikuchi Yuma, Ichimura Tsuyoshi, Hori Muneo, Maddegedara Lalith, Ueda Naonori | 4. 巻 13194 |
| 2. 論文標題 GPU Porting of Scalable Implicit Solver with Green's Function-Based Neural Networks by OpenACC | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Accelerator Programming Using Directives. WACCPD 2021. Lecture Notes in Computer Science | 6. 最初と最後の頁 73 ~ 91 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-97759-7_4 | 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 岡崎智久 | 4. 巻 44(5) |
| 2. 論文標題 データ駆動型の地震動予測式 非エルゴード的予測式への展開 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 月刊地球 | 6. 最初と最後の頁 289-293 |
| 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 Okazaki Tomohisa, Morikawa Nobuyuki, Iwaki Asako, Fujiwara Hiroyuki, Iwata Tomoharu, Ueda Naonori | 4. 巻 111(4) |
| 2. 論文標題 Ground-Motion Prediction Model Based on Neural Networks to Extract Site Properties from Observational Records | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Bulletin of the Seismological Society of America | 6. 最初と最後の頁 1740-1753 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1785/0120200339 | 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 Okazaki Tomohisa, Hachiya Hiroataka, Iwaki Asako, Maeda Takahiro, Fujiwara Hiroyuki, Ueda Naonori | 4. 巻 227 |
| 2. 論文標題 Simulation of broad-band ground motions with consistent long-period and short-period components using the Wasserstein interpolation of acceleration envelopes | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Geophysical Journal International | 6. 最初と最後の頁 333 ~ 349 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/gji/ggab225 | 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 Okazaki Tomohisa, Morikawa Nobuyuki, Fujiwara Hiroyuki, Ueda Naonori | 4. 巻 92 |
| 2. 論文標題 Monotonic Neural Network for Ground-Motion Predictions to Avoid Overfitting to Recorded Sites | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Seismological Research Letters | 6. 最初と最後の頁 3552 ~ 3564 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1785/0220210099 | 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 Kusakabe Ryota, Ichimura Tsuyoshi, Fujita Kohei, Hori Muneo, Wijerathne Lalith | 4. 巻 12743 |
| 2. 論文標題 Large-Scale Stabilized Multi-physics Earthquake Simulation for Digital Twin | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Computational Science; ICCS 2021. ICCS 2021. Lecture Notes in Computer Science | 6. 最初と最後の頁 3 ~ 15 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-77964-1_1 | 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 Kusakabe Ryota, Fujita Kohei, Ichimura Tsuyoshi, Yamaguchi Takuma, Hori Muneo, Wijerathne Lalith | 4. 巻 50 |
| 2. 論文標題 Development of regional simulation of seismic ground motion and induced liquefaction enhanced by GPU computing | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Earthquake Engineering & Structural Dynamics | 6. 最初と最後の頁 197 ~ 213 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/eqe.3369 | 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 Ichimura Tsuyoshi、Fujita Kohei、Hori Muneo、Maddegadara Lalith、Ueda Naonori、Kikuchi Yuma | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 A Fast Scalable Iterative Implicit Solver with Green's function-based Neural Networks | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 2020 IEEE/ACM 11th Workshop on Latest Advances in Scalable Algorithms for Large-Scale Systems (ScaIA) | 6. 最初と最後の頁 61-68 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ScaIA51936.2020.00013 | 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18件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 森川信之・藤原広行・岩城麻子・前田宜浩・友澤裕介・加藤研一・元木健太郎・鈴木文乃 |
| 2. 発表標題 地震ハザード評価のための基盤情報整備と性能評価手法の検討 |
| 3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2022年大会, SSS10-11, 2022. |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 友澤裕介・藤原広行・森川信之・岩城麻子・前田宜浩・加藤研一・元木健太郎・鈴木文乃 |
| 2. 発表標題 強震動観測記録データベースの性能評価手法の検討 |
| 3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2022年大会, SSS10-12, 2022. |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 岩城麻子・藤原広行・前田宜浩・森川信之・鈴木文乃・友澤裕介・加藤研一・元木健太郎 |
| 2. 発表標題 強震動データベースにおけるシミュレーションデータの妥当性評価手法の検討 |
| 3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2022年大会, SSS10-13, 2022. |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 司宏俊・岩城麻子・森川信之・藤原広行 |
| 2. 発表標題 強震動統一データベースに基づく地震動パラメータ間の関係に関する基礎的検討 |
| 3. 学会等名 日本地震学会2022年度秋季大会, S15-15, 2022. |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 岩城麻子・森川信之・藤原広行・岡崎智久・久保久彦・司宏俊・小穴温子・石井透・友澤裕介・引田智樹 |
| 2. 発表標題 強震動データベースに基づく強震動予測モデルの比較 |
| 3. 学会等名 日本地震学会2022年度秋季大会, S15-16, 2022. |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 森川信之・藤原広行・岩城麻子・前田宣浩 |
| 2. 発表標題 強震動観測記録と地震動予測モデルによる予測値との残差データの分析 |
| 3. 学会等名 日本地震学会2022年度秋季大会, S15-22, 2022. |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 森川信之・藤原広行・岩城麻子・前田宣浩 |
| 2. 発表標題 地震動観測記録と地震動予測モデルによる予測値との残差の予備的分析 - 強震動統一データベース試作版を用いた検討 - |
| 3. 学会等名 日本地震工学会第17回年次大会梗概集, TS_20220177, 2022. |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 藤原広行・森川信之・岩城麻子・前田宜浩・秋山伸一・加藤研一・佐藤俊明・林孝幸 |
| 2. 発表標題 データ駆動型強震動予測モデルの開発と共通基盤データベースの整備 |
| 3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会, SSS11-07, 2021. |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 森川信之・藤原広行・岩城麻子・前田宜浩 |
| 2. 発表標題 強震動観測記録データベースに基づく地震ハザード評価における不確かさ考慮 |
| 3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会, SSS11-08, 2021. |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 岩城麻子・藤原広行・森川信之・前田宜浩 |
| 2. 発表標題 データ駆動型強震動予測モデルにおける地震動シミュレーションデータの活用の可能性 |
| 3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会, SSS11-09, 2021. |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 岡崎智久・森川信之・藤原広行・上田修功 |
| 2. 発表標題 地震動予測式のサイト汎化性能：単調ニューラル・ネットワークの適用 |
| 3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会, SCG52-05, 2021. |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 森川信之・藤原広行・岩城麻子・前田宜浩 |
| 2. 発表標題 強震動データベース試作版に基づく地震動予測式の拡張 |
| 3. 学会等名 日本地震学会2021年度秋季大会, S15-02, 2021. |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 森川信之・藤原広行・岩城麻子・前田宜浩 |
| 2. 発表標題 強震動データベース試作版と地震動予測式に基づくサイト係数導出 |
| 3. 学会等名 日本地震工学会第16回大会梗概集, T2021-045, 2021. |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 森川信之, 岩城麻子, 前田宜浩, 藤原広行 |
| 2. 発表標題 強震動データベース試作版に基づく地震動予測式に対する残差データの作成と分析 |
| 3. 学会等名 日本地震学会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 岡崎智久, 岩田具治, 岩城麻子, 藤原広行, 上田修功 |
| 2. 発表標題 Neural Network-Based Ground Motion Model Learning Site Property from Data |
| 3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 岡崎智久, 森川信之, 岩城麻子, 藤原広行, 上田修功 |
| 2. 発表標題 伝播経路を特定した地震動予測ニューラル・ネットワーク |
| 3. 学会等名 日本地震学会秋季大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 岡崎智久, 森川信之, 岩城麻子, 藤原広行, 岩田具治, 上田修功 |
| 2. 発表標題 観測点特性を地震観測記録から学習する地震動予測ニューラル・ネットワーク |
| 3. 学会等名 第23回情報論的学習理論ワークショップ |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 永吉耕太郎, 八谷大岳, 藤原広行, 上田修功, 岩城麻子, 前田宜浩 |
| 2. 発表標題 Deep Inpaintingと空間分布マッチングの組み合わせによる地震動データの空間補完 |
| 3. 学会等名 第23回情報論的学習理論ワークショップ |
| 4. 発表年 2020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 | 上田 修功 (Naonori Ueda) (60379568) | 国立研究開発法人理化学研究所・革新知能統合研究センター・副センター長 (82401) | |

6. 研究組織（つづき）

| | 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 | 市村 強 (Tsuyoshi Ichimura) (20333833) | 東京大学・地震研究所・教授 (12601) | |
| 研究分担者 | 八谷 大岳 (Hiroataka Hachiya) (00578908) | 和歌山大学・システム工学部・講師 (14701) | |
| 研究分担者 | 岡崎 智久 (Tomohisa Okazaki) (80868422) | 国立研究開発法人理化学研究所・革新知能統合研究センター・研究員 (82401) | |
| 研究分担者 | 森川 信之 (Nobuyuki Morikawa) (60414413) | 国立研究開発法人防災科学技術研究所・マルチハザードリスク評価研究部門・主任研究員 (82102) | |
| 研究分担者 | 前田 宜浩 (Takahiro Maeda) (00594160) | 国立研究開発法人防災科学技術研究所・マルチハザードリスク評価研究部門・主任研究員 (82102) | |
| 研究分担者 | 岩城 麻子 (Asako Iwaki) (30770309) | 国立研究開発法人防災科学技術研究所・マルチハザードリスク評価研究部門・主任研究員 (82102) | |

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1件

| 国際研究集会 | 開催年 |
|---|-------------|
| Japan-Taiwan Kickoff Workshop for PSHA around Ryukyu Trench | 2023年～2023年 |

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 |
|---------|---------|
| | |