

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 23 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H02224

研究課題名(和文) 評価値のばらつきに応じた空間解像度で表示するUPM理論の構築

研究課題名(英文) UPM theory to display spatial resolution according to the variation of evaluation values

研究代表者

後藤 浩之 (Goto, Hiroyuki)

京都大学・防災研究所・教授

研究者番号：70452323

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、評価値のばらつきに応じた空間解像度で描くマップ(UPM)理論の確立とその発展を目指すものである。現在、国や自治体を中心に自然災害に関するハザードマップの公開が進められているが、その目的に反してマップが過剰な安心情報となる場合がある。この問題を解決する上でUPM理論が適用できる可能性が高い。UPMによる表示は実際に過剰な安心情報となることを防げるのか？実際のハザードマップを作るにあたって地盤モデルや評価式の誤差はどの程度結果に影響を及ぼすのか？といったUPM理論の適用に向けた課題を洗い出し、UPM理論の確立と発展を目指した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在、国や自治体を中心に自然災害に関するハザードマップの公開が進められている。しかし、ハザードレベルが相対的に低く表示される箇所が過剰な安心情報となってしまう場合がある。本課題は、マップの不確実性や信頼性をマップの解像度で表示するという考えの下、空間統計学の新しい考え方をを用いることによって、新しいハザードマップの適切な表示方法について検討したものである。

研究成果の概要(英文)：This study aims to establish and develop the theory of Uncertainty Projected Mapping (UPM), which is a mapping method that draws a map with spatial resolution according to the variation in assessed values. Currently, hazard maps of natural disasters are being published mainly by the national and local governments, but sometimes the maps provide excessive reassurance information contrary to their objectives. Can UPM theory be applied to solve this problem? To what extent do errors in the ground model and evaluation formulas affect the results of actual hazard maps? We have identified issues for the application of the UPM theory, and have aimed to establish and develop the UPM theory.

研究分野：地震工学

キーワード：不確実性 ハザードマップ 空間解像度 地盤情報 地盤震動

### 1. 研究開始当初の背景

現在、国や自治体を中心に自然災害に関するハザードマップが作成され、公開が進められている。市町村レベルのハザードマップのようにスケールの小さなマップは、住居の具体的な位置や生活圏と生々しく比較できるためリアリティーを醸成できるが、一方でハザードレベルが相対的に低く表示される箇所でも過剰な安心情報となってしまう場合がある。本来、防災意識の向上のために用意したハザードマップが、なぜこのような安心情報となってしまうのだろうか？

ハザードマップで表示される評価値は、元となるデータや評価法のばらつきのために本来は幅のある値である。そして、隣接する地点で評価値の平均が異なっていたとしても、実はばらつきを考慮すると有意な差ではないかもしれない。社会心理的な問題だけではなく、これまでのハザードマップは有意な差でないにも関わらず異なる値を表示していたために、安心情報となってしまうのではないだろうか？

そこで本研究では、ハザードマップが安心情報となることを解決するため、評価値のばらつきに応じた空間解像度でハザードマップを描く、という新しい視点を提案する。空間解像度とは、図上に描かれた色合いがどのような空間スケールで変化するかであり、これまで経験的に設定されてきた。空間解像度が詳細であるほど短い距離の地点間で異なる色合いで表示されるが、統計的な意味で有意に違いがある場合に限り異なる色合いで表示すべきではないだろうか。

### 2. 研究の目的

本研究では、評価値のばらつきに応じた空間解像度で描くマップ (Uncertainty Projected Mapping: UPM) 理論の確立と、そしてその発展として UPM 理論を用いてハザードマップが抱える問題の解決を目指す。

UPM 理論は、研究代表者によるグループが発表した新しい理論である (Chakraborty and Goto, 2018)。条件付き自己回帰 (CAR) モデルで表現した空間統計量に対して、予測誤差 (評価値のばらつき) の大きさと予測期待値 (出力される評価値の代表値) の空間変動の大きさとに一定の拘束条件を与えようとする考え方である。評価値のばらつきが小さい場合には大きな空間変動が許容されるため、解像度が高く表示される。一方、ばらつきが大きい場合には滑らかに描かれるため、解像度の低い表示となる。

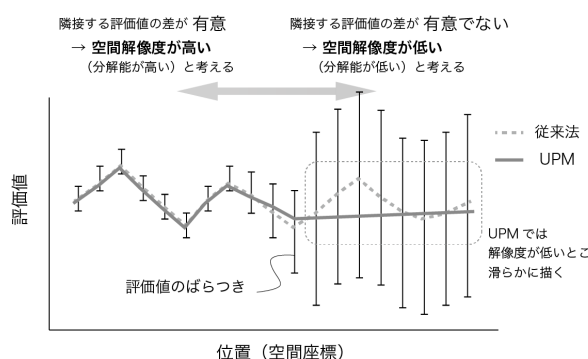


図1 UPM 理論の概念図

UPM 理論はこれまでのハザードマップが抱える問題を解決する可能性を持っている。評価値のばらつきに応じた空間解像度が実現できるからである。先行研究では、観測された地動最大加速度の増幅比について UPM を適用し、値の差が有意でない箇所を滑らかに、差が有意な箇所を詳細に描くことに成功した。しかし、UPM を描くために必要な情報量基準や隣接地点の与え方をはじめとして、理論として十分に確立されていないところも多い。また、実際のハザードマップを作るにあたって考える評価誤差を反映したものではないし、社会的な影響も吟味されていない。本研究では、UPM 理論を構成する情報量基準や隣接地点はどのように選択したらよいのか？地盤モデルや評価式の誤差は、結果にどの程度影響を及ぼすのか？UPM による表示は、実際に過剰な安心情報となることを防げるのか？といった課題に取り組んだ。

### 3. 研究の方法

本研究では、理論班・観測班・社会実装班の3班で検討を進め、互いに有機的な連携を取ることによって上記の課題に取り組んだ。

理論班では、UPM 理論を数学的、統計学的な見地からその意味を論じた。予測誤差と空間解像度を関連づけることは情報理論においてどのような意味を持つのか。先行研究では交差検証 (cross validation) によりモデルを選択したが、WAIC のような数学的 / 統計学的な情報量基準でも問題ないのか。データの持つ情報量の大小が結果に反映されるのか。このような方法論そのものにおいて確立されていない課題に取り組んだ。

観測班では、UPM をハザードマップへ実装するには、評価値のばらつきがどの程度であるか、その影響がどの程度であるか把握することに取り組んだ。フィールド調査 (ボーリング調査、および常時微動観測) により実際の観測におけるばらつきの評価を試みた。社会実装班では、既存のハザードマップについて、その捉え方に関するアンケート調査を実施し、ハザードマップの問題点である安心情報について明らかにした。

#### 4. 研究成果

##### (1) UPM 理論の体系化

UPM 理論は、ベイズ統計に基づき構成される空間統計解析を基礎にしている。Chakraborty and Goto (2018)では、ある空間確率変数  $Y_l$  が以下の階層ベイズモデルに従うと仮定し、データサンプル  $y_{il}$  は  $Y_l$  の実現値であると考えた。

$$Y_l \sim N(\mu_l, \sigma_l^2)$$

$$\mu_l \sim N(\sum_j w_{lj} \mu_j, s_l^2)$$

$$c = \sigma_l s_l$$

最後の式が UPM 理論の本質的な部分であり、誤差  $\sigma_l$  の大きい箇所では滑らかなイメージが得られるよう、滑らかさを制御する変数  $s_l$  との積が定数  $c$  で拘束されている。UPM を構成するモデルパラメータの事後分布はベイズの定理から導くことができ、MCMC サンプルにより数値解析により得ることができる。

Chakraborty and Goto (2018)は、この事後分布の期待値を UPM によるマップとして示した。拘束条件の存在により、サンプルの平均値とこの期待値とが一致しないため、予測誤差の程度に応じて空間的に滑らかさが変化するイメージが得られる。また検討により、サンプル数が少ない場合は全体的に滑らかなイメージを示すが、サンプル数が十分に増えるとサンプルの平均値と同じ結果が得られることを示した。このことは、UPM による結果は、十分なサンプルが得られた場合は従来の表現に収束する傾向にあることを示したのと言える。

この他、定数  $c$  はハイパーパラメータであるため、Chakraborty and Goto (2018)では交差検証によって値を定めていたが計算効率に問題があった。WAIC や WBIC といった MCMC サンプルに相性の良い情報量基準を用いることで、同等の性能を持ちかつ計算効率が良くなることが示された。

##### (2) UPM 理論の拡張 Uniform uncertainty mapping

UPM は限られたデータしか扱えない場合に非常に有用であるが、十分にサンプルが与えられた場合はサンプルの平均を表示する手法と一致してしまう。このため、ハザードマップのように確率分布そのものが与えられている場合や、サンプル数の多いデータを扱う場合にも、ばらつきの大きさに応じて解像度を変化させるためには新たな枠組みが必要となる。

隣接点の有意差に応じて解像度を調整する新たな表示法 (Uniform uncertainty mapping) は、隣接点での値の有意差を Kullback-Leibler divergence (KL 情報量) で定量化し、その値が図面上で一定となるように表示したものである。KL 情報量が大きいほど UUM で表示される平均値の差は大きく求められるため、UUM 上で明瞭な値の違いとして示される。対して KL 情報量が小さい場合には UUM 上の値の差は明瞭でなくなる。これは、両地点の値を平均して滑らかにする操作とみなせるため、空間解像度を落とした表示と解釈することもできる。

数値的に与えた 1 次元 / 2 次元問題に適用したところ、標準偏差の小さな領域に対して大きな領域では滑らかな表示が得られた。すなわち、UUM では与えられた標準偏差に応じて図面の解像度が表されているため、空間的に可変な解像度を実現することができていると言える。逆問題の例として微動アレイ探査において 1 次元の速度構造を推定する問題、ハザードマップの例として 2 次元の地盤増幅率の表示に関する問題にそれぞれ適用した。地盤増幅率の問題では数万点からなるデータに対しても安定して計算できることを示すことができたが、現在のデータに含まれるばらつきの情報のみでは、UUM と通常の前平均値による表示とで大きな違いは見られなかった。このため、実データに基づき地盤構造の変化に応じた各地の地盤増幅率のばらつきを評価することが今後重要であると言える。

##### (3) ボーリングデータの空間変動への応用

表層地盤の空間モデリングは、面的な地盤増幅の評価等に役立てるため稠密なボーリングデータに基づいてなされている。メッシュ毎にボーリングデータから代表的な地盤モデルを定め、

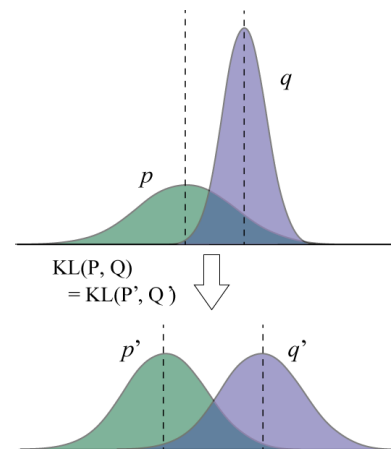


図2 Uniform Uncertainty Mapping の考え方

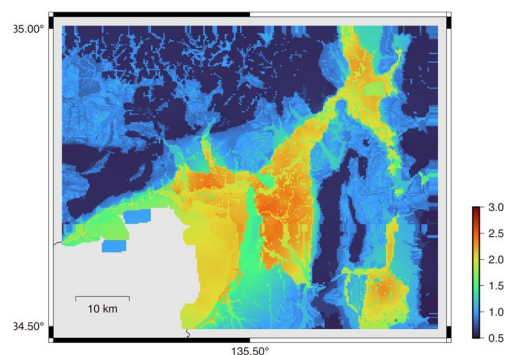


図3 UUM による京阪神地域の地盤増幅率

これに基づいて空間的な評価がなされているが、より直接的にボーリングデータを活用する方法を検討した。

大阪市域の標準貫入試験データについて、深さ 5m, 10m, 20m, 30m までの平均 N 値分布を求める。これらの値は現在までに地盤増幅等との関係が整理されていないが、地層の解釈を経ずに自動的に求められることから、評価例として採用した。これらのデータを評価領域毎にまとめ、領域内のサンプル値と解釈することによって、ばらつきを含む空間サンプルデータを構成した。UPM を用いて値をプロットすると、ボーリングデータの粗密に対応した図面が得られ、上町台地と平野部の境界は明瞭に表現できることが確認された。地点毎に周辺の N 値との整合性に基づいて統計的に処理された図面であり地層解釈を含まないため、地層解釈を援用するツールとしても活用が見込まれる。

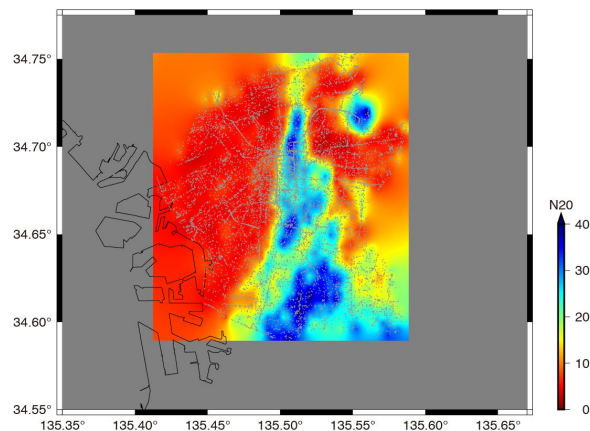


図4 UPM による深さ 20m までの平均 N 値の表示例

#### (4) UPM に基づくハザードマップのベイズ更新

現在、全国的に広くハザードマップが公開され活用されているが、ある特定の地域でより詳細なデータが利用である場合に、公開されているマップをデータによって更新し、より詳細なマップを構成できることが望ましい。UPM は階層ベイズに基づいた手法であるため、既存のハザードマップを事前情報とみなすことで、自然にベイズ更新によるマップの更新方法が構成できる。

本検討では、2018 年大阪府北部の地震で被害の生じた地域である大阪北摂地域を対象に、詳細なボーリングデータを加えることによって、既存の地盤増幅度マップの更新を試みた。まず、標準貫入試験の結果から S 波速度モデルを推定する。工学的基盤相当の観測点で得られている日本各地の地震記録を収集し、これらをモデルに入力することによって地盤増幅に関するデータサンプルを生成した。事前情報として J-SHIS による地盤増幅度のメッシュデータを採用し、生成した各点のサンプルによって UPM の枠組みでベイズ更新を行い、地盤増幅度の事後分布を作成した。ベイズ更新により得られた増幅度分布は各地の詳細な地盤情報を含むため、ボーリングデータのある箇所は値が大きく更新される。一方、ボーリング箇所には偏りがあるため、ボーリングデータのないメッシュの値は、事前情報と UPM による滑らかさの拘束により適切に補間された。

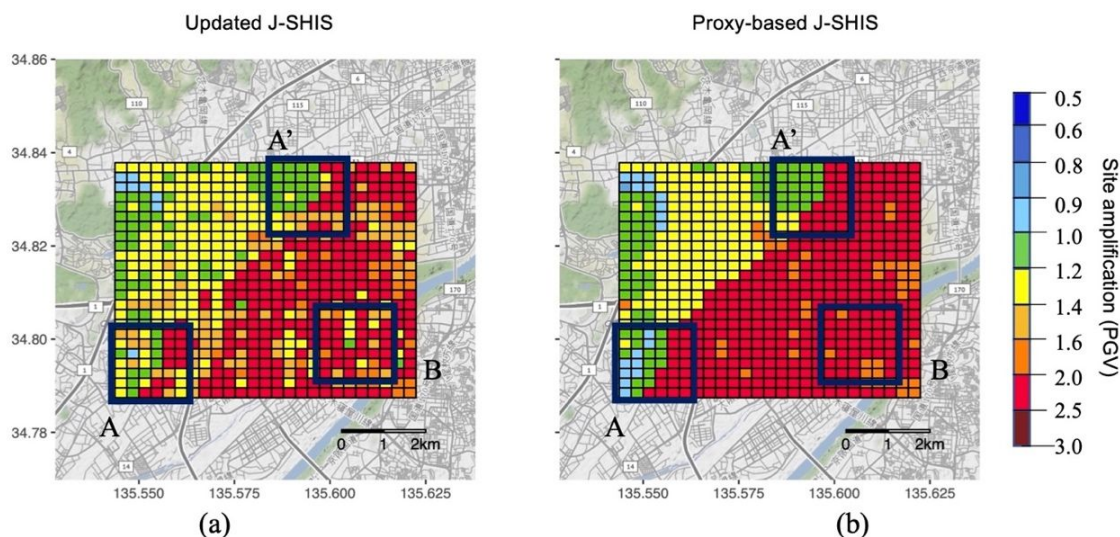


図5 ボーリングデータに基づきベイズ更新された増幅度分布

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 GOTO Hiroyuki, CHAKRABORTY Anirban	4. 巻 78
2. 論文標題 VISUALIZING SPATIAL PROBABILITY FIELDS REFLECTING SIGNIFICANT DIFFERENCES IN NEIGHBORING VALUES	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. A1 (Structural Engineering & Earthquake Engineering (SE/EE))	6. 最初と最後の頁 I_79 ~ I_86
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejseee.78.4_I_79	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 ITO Yuya, KURIMA Jun, GOTO Hiroyuki, SAWADA Sumio	4. 巻 78
2. 論文標題 STRAIN LOCALIZATION DUE TO SLOSHING BEHAVIOR OF LIQUEFIED SOIL GROUND	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. A1 (Structural Engineering & Earthquake Engineering (SE/EE))	6. 最初と最後の頁 I_57 ~ I_69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejseee.78.4_I_57	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 Kaneko Yoshihiro, Goto Hiroyuki	4. 巻 49
2. 論文標題 The Origin of Large, Long Period Near Fault Ground Velocities During Surface Breaking Strike Slip Earthquakes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	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) 10.1029/2022GL098029	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 Harada Yomi, Goto Hiroyuki, Sawada Sumio	4. 巻 161
2. 論文標題 Initiation process of tension cracks in soil embankment on liquefied sandy ground investigated from centrifuge model test	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Soil Dynamics and Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 107444 ~ 107444
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.soildyn.2022.107444	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 ASANO Kota、GOTO Hiroyuki、OKUMURA Yoshihiro、SAWADA Sumio	4. 巻 77
2. 論文標題 A STUDY ON THE BUILDING DAMAGE DISTRIBUTION IN TAKATSUKI AND IBARAKI CITY DURING THE 2018 NORTHERN OSAKA EARTHQUAKE CONSIDERING GEOGRAPHIC FACTORS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. A1 (Structural Engineering & Earthquake Engineering (SE/EE))	6. 最初と最後の頁 I_638 ~ I_648
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejsee.77.4_I_638	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 Anirban Chakraborty, Hiroyuki Goto	4. 巻 40
2. 論文標題 Visualizing data saturation process in mapping site amplification of earthquake ground motions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Natural Disaster Science	6. 最初と最後の頁 14 ~ 25
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Otake Ryota, Kurima Jun, Goto Hiroyuki, Sawada Sumio	4. 巻 91
2. 論文標題 Deep Learning Model for Spatial Interpolation of Real-Time Seismic Intensity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Seismological Research Letters	6. 最初と最後の頁 3433 ~ 3443
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1785/Q220200006	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 YAMASHITA Daiki、GOTO Hiroyuki、SAWADA Sumio	4. 巻 76
2. 論文標題 XFEM SIMULATION OF RUPTURE DIRECTION ON BRANCHING FAULT	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. A2 (Applied Mechanics (AM))	6. 最初と最後の頁 I_217 ~ I_224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejam.76.2_I_217	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 Goto Hiroyuki, Kaneko Yoshihiro, Naguit Muriel, Young John	4. 巻 111
2. 論文標題 Records of Extreme Ground Accelerations during the 2011 Christchurch Earthquake Sequence Contaminated by a Nonlinear, Soil-Structure Interaction	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 704 ~ 722
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1785/0120200337	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 浅野晃太, 後藤浩之, 奥村与志弘, 澤田純男	4. 巻 -
2. 論文標題 2018年大阪府北部の地震における高槻市・茨木市の建物被害分布と要因に関する地理学的考察	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1 (構造・地震工学)	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) 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 -

1. 著者名 Ryota Otake, Jun Kurima, Hiroyuki Goto, Sumio Sawada	4. 巻 -
2. 論文標題 Deep learning model to predict real-time seismic intensity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 17th World Conference on Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 9c-0003
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 Hiroyuki Goto, Anirban Chakraborty	4. 巻 -
2. 論文標題 Uncertainty projected mapping with application to regional seismic hazard analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 17th World Conference on Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 1g-0002
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 Anirban Chakraborty, Hiroyuki Goto	4. 巻 -
2. 論文標題 Visualizing data saturation in geospatial mapping with application to earthquake engineering	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 17th World Conference on Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 1d-0004
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 Masayuki Yoshimi, Kaori Iiyama, Hitoshi Morikawa, Hiroyuki Goto	4. 巻 -
2. 論文標題 Site amplification revealed by aftershock and microtremor array observation around the source area of the 2018 Hokkaido Eastern Iwate earthquake	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 17th World Conference on Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 1d-0094
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 Hiroyuki Goto, Yoshi Kaneko, John Young, Muriel Naguit	4. 巻 -
2. 論文標題 Extremely large asymmetric vertical accelerations (AsVA) during recent earthquakes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 17th World Conference on Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 0.01
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 原田陽弓, 後藤浩之, 澤田純男	4. 巻 -
2. 論文標題 液状化地盤上の盛土における引張クラック発生メカニズムについての考察	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1 (構造・地震工学)	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) 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 -



1. 著者名 Goto Hiroyuki, Toyomasu Aki, Sawada Sumio	4. 巻 124
2. 論文標題 Delayed Subevents During the Mw 6.2 First Shock of the 2016 Kumamoto, Japan, Earthquake	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 13112 ~ 13123
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019JB018583	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 TANAKA Yuki, GOTO Hiroyuki, SAWADA Sumio	4. 巻 75
2. 論文標題 SYSTEMATIC UNDERSTANDING OF THE GROUND MOTION AMPLIFICATION ON THREE-DIMENSIONAL BASIN STRUCTURE	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. A1 (Structural Engineering & Earthquake Engineering (SE/EE))	6. 最初と最後の頁 I_416 ~ I_425
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejsee.75.I_416	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 Goto Hiroyuki, Kaneko Yoshihiro, Young John, Avery Hamish, Damiano Len	4. 巻 9
2. 論文標題 Extreme Accelerations During Earthquakes Caused by Elastic Flapping Effect	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/s41598-018-37716-y	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

〔学会発表〕 計24件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 Anirban Chakraborty, Hiroyuki Goto, Sumio Sawada
2. 発表標題 Updating Proxy-based Site Amplification Map in Osaka, Japan with Soil Borehole Data: A Bayesian Updating Scheme based on Uncertainty Projected Mapping
3. 学会等名 AGU Fall meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 後藤彰太, 浅野晃太, 後藤浩之, 澤田純男
2. 発表標題 常時微動アレイ観測に基づく表層地盤速度モデルを用いた2018年大阪府北部の地震における工学的基盤上の地震動の推定
3. 学会等名 日本地震学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Anirban Chakraborty, Hiroyuki Goto, Sumio Sawada
2. 発表標題 Updating proxy-based site amplification map in Osaka, Japan with soil borehole data: A Bayesian updating scheme based on Uncertainty Projected Mapping
3. 学会等名 日本地震学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 江口拓生, 後藤浩之, 栗間淳, Anirban Chakraborty
2. 発表標題 2022年3月16日福島県沖の地震の余震観測に基づく福島県相馬市付近の地盤震動特性の評価
3. 学会等名 第42回地震工学研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 後藤彰太, 浅野晃太, 後藤浩之, 澤田純男
2. 発表標題 常時微動アレイ観測に基づく表層地盤速度モデルを用いた2018年大阪府北部の地震における工学的基盤上の地震動の推定
3. 学会等名 令和4年度土木学会全国大会年次学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroyuki Goto, Anirban Chakraborty
2. 発表標題 Uniform Uncertainty Mapping Application to Seismology and Earthquake Engineering Problems
3. 学会等名 AGU Fall meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroyuki Goto, Anirban Chakraborty
2. 発表標題 Uncertainty projected mapping with application to regional seismic hazard analysis
3. 学会等名 17th World Conference on Earthquake Engineering (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Anirban Chakraborty, Hiroyuki Goto
2. 発表標題 Visualizing data saturation in geospatial mapping with application to earthquake engineering,
3. 学会等名 17th World Conference on Earthquake Engineering (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 後藤浩之, Anirban Chakraborty
2. 発表標題 隣接値の有意差を反映した空間確率場の表示法
3. 学会等名 第41回地震工学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原田陽弓, 後藤浩之, 澤田純男
2. 発表標題 遠心模型実験による地震時の盛土開口クラックの発生メカニズムに関する考察
3. 学会等名 令和3年度土木学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大武亮太, 栗間淳, 後藤浩之, 澤田純男
2. 発表標題 深層学習を利用したリアルタイム震度の空間補間と即時予測
3. 学会等名 日本地震学会2020年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Daiki Yamashita, Hiroyuki Goto, Sumio Sawada
2. 発表標題 XFEM simulation of rupture direction on branching faults
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshihiro Kaneko, Hiroyuki Goto
2. 発表標題 The origin of a strong, near-fault velocity pulse during a surface-breaking earthquake
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroyuki Goto, Yoshihiro Kaneko, Muriel Naguit, John Young
2. 発表標題 Large Asymmetric Vertical Accelerations in Recent Earthquakes Caused by Elastic Flapping Effect
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Anirban Chakraborty, Hiroyuki Goto, Sumio Sawada
2. 発表標題 Updating Conventional Hazard Map Resolutions to Include Local Site Information Using Uncertainty Projected Mapping
3. 学会等名 令和2年度 京都大学防災研究所 研究発表講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 後藤浩之, Anirban Chakraborty
2. 発表標題 値の有意差が均一に表現される地震ハザードマップ
3. 学会等名 令和2年度 京都大学防災研究所 研究発表講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Anirban Chakraborty, Hiroyuki Goto, Sumio Sawada
2. 発表標題 Uncertainty Projected Mapping with Application to Updating Conventional Earthquake Hazard Map Resolutions
3. 学会等名 EERI Annual Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木祐輔, 飯山かほり, 盛川仁, 坂井公俊, 荒木豪
2. 発表標題 堆積盆地における振動モードの同定に関する基礎的研究
3. 学会等名 土木学会地震工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Zhang, K. Iiyama, and H. Morikawa
2. 発表標題 Estimation of phase velocity using an array with arbitrary shape
3. 学会等名 Seismological Society of Japan Fall Meeting
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M.B.Dodt, Y. Suzuki, K. Iiyama, and H. Morikawa
2. 発表標題 A study on the modal properties of sediment on base rock
3. 学会等名 Seismological Society of Japan Fall Meeting
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Anirban Chakraborty, Hiroyuki Goto
2. 発表標題 Visualizing data saturation in modeling spatially varying ground motions
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryota Otake, Jun Kurima, Hiroyuki Goto, Sumio Sawada
2. 発表標題 Deep learning model to predict time series of real-time ground motions
3. 学会等名 the 32nd KKHTCNN Symposium on Civil Engineering
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Tanaka, Hiroyuki Goto, Sumio Sawada
2. 発表標題 Systematic understanding of the ground motion amplification on three-dimensional basin structure
3. 学会等名 the 32nd KKHTCNN Symposium on Civil Engineering
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林穂高, 後藤浩之, 澤田純男
2. 発表標題 地盤震動理論に基づいたパラメータ群による地震動増幅特性の高精度評価法
3. 学会等名 令和元年度土木学会全国大会
4. 発表年 2019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	CHAKRABORTY ANIRBAN  (Chakraborty Anirban)  (30907803)	法政大学・デザイン工学部・助手   (32675)	

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	林 能成  (Hayashi Yoshinari)  (90362300)	関西大学・社会安全学部・教授    (34416)	
研究分担者	飯山 かほり  (Iiyama Kahori)  (90711870)	鹿島建設株式会社（技術研究所）・土木構造グループ・上席 研究員   (92604)	
研究分担者	規矩 大義  (Kiku Hiroyoshi)  (70251759)	関東学院大学・理工学部・教授    (32704)	

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