

令和 5 年 6 月 4 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02418

研究課題名(和文) サロゲートモデルで加速するインターディシプリナリ津波解析による確率論的被害予測

研究課題名(英文) An interdisciplinary stochastic tsunami disaster prediction accelerated by a surrogate model

研究代表者

浅井 光輝 (Asai, Mitsuteru)

九州大学・工学研究院・准教授

研究者番号：90411230

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,100,000円

研究成果の概要(和文)：これまでに開発を進めてきた地震シナリオ(地震学)から始まり、津波発生(津波学)、伝搬(津波工学)、そして地上への遡上による構造物等の被害予測(構造工学、地盤工学、地震工学)までの一連の過程をすべて物理シミュレーションする(多数の学問領域にわたる)インターディシプリナリ津波解析コードの機能強化を行った。主な開発項目は以下の4つである。

1. サロゲートモデルによる確率論的被害予測技術、
2. 水-土-構造連成解析機能、
3. 構造物崩壊解析機能、
4. パソコンレベルの計算機での津波の即時予測に資するツール

研究成果の学術的意義や社会的意義

観測データが少ない巨大津波被害に対し、これまで主流であった過去の経験則に基づいた帰納的なアプローチから、ハイパフォーマンス計算とデータ科学を融合した演繹的なアプローチによるリスク確率評価へのパラダイムシフトを試みた。具体的には、地震シナリオ解析により得られる長期トレンドの結果から、効率的に津波被害リスクの確率評価をする枠組みの確立した。また、津波規模の予測だけでなく、津波被害の定量的な予測に向け、構造物あるいは地盤構造を含んだ被害の予測技術を開発した。

研究成果の概要(英文)：An entire series of physics simulations for earthquakes and tsunamis have been developed so far, starting from earthquake scenarios (seismology), through tsunami generation (tsunami science), propagation (tsunami engineering), and prediction of damage to structures and other objects due to run-up to the surface (structural engineering, geotechnical engineering, and earthquake engineering) (across a number of disciplines). We have enhanced the functionality of the interdisciplinary tsunami analysis code. The four main development items are as follows.

1. probabilistic damage prediction technology based on surrogate models,
2. coupled water-soil-structure analysis,
3. structural collapse analysis, and
4. tools for immediate tsunami prediction on a PC-level computer.

研究分野：防災・減災 マルチフィジックスシミュレーション

キーワード：防災・減災 粒子法 マルチフィジックスシミュレーション 流体構造連成解析

1. 研究開始当初の背景

津波計算の結果を最も支配する要因は地震シナリオである。津波防災の実務では、内閣府（中央防災会議）が想定した高々11程度の地震シナリオごとに用意された断層パラメータ（断層の方向と大きさ）を入力とした2次元津波解析を通して、地域ごとに最悪と思われる津波高を評価している。しかし、これがどの程度の頻度で発生する可能性があるシナリオなのかは明確ではない。たとえば、内閣府は平成24年と令和元年の2回、南海トラフ地震の被害推定結果を開示したが、津波高の最大値がプラス・マイナス8mの差（たとえば13mから21mに増大、逆に25mが17mに減少した地点が存在）が生じているなど、想定・設定を少し変更するだけでも大きな差が生じており、また地震・津波の不確実性を考慮した結果ではない。このため、津波被害のリスクに対して津波対策に投じるべき費用が妥当であるのか判断できないばかりか、地域によっては想定した以上の津波被害が発生する危険性も残されている。このため、確率論的な被害予測技術が求められている。また防災・減災に向けた取り組みのためには、津波規模だけでなく、構造物等の被害予測技術までが必要となる。

2. 研究の目的

本研究では、観測データが少ない巨大津波被害に対し、これまで主流であった過去の経験則に基づいた帰納的なアプローチから、ハイパフォーマンス計算とデータ科学を融合した演繹的なアプローチによるリスク確率評価へのパラダイムシフトを試みる。具体的には、地震シナリオ解析により得られる長期トレンド（数千年単位）の結果を活かし、効率的に津波被害リスクの確率評価をする枠組みの確立を目指す。また、津波規模の予測だけでなく、津波被害の定量的な予測に向け、構造物あるいは地盤構造を含んだ被害の予測技術を開発することを目的とした。

3. 研究の方法

不確実性を考慮した津波遡上による被害予測計算

津波伝搬解析の入力値（断層パラメータ）と出力値（津波高）の関係を与える応答局面を定義し、光津的に津波被害の確率論的予測を行う。津波伝搬解析の入力値は、前述のパラメータ化した地震シナリオとし、出力値は日本各地の主要沿岸都市での津波高を出力値とする。あとは、少量の津波伝搬解析結果のデータから、応答局面を定義する。ここで、再度、地震シナリオ時と同様に主成分分析することで、津波伝搬解析の入力値と出力値の関係を与える特徴量分析を行う。以上の手順で、少量のケースの津波伝搬解析から、入力値と出力値を関係付けた応答局面（これを津波伝搬のサロゲートモデルと呼ぶ）が完成する。応答局面が完成すれば、あとは地震シナリオのパラつきを代入すれば、各主要沿岸都市での津波高が即時に評価でき、サロゲートモデルによる多数回の近似計算を通してリスクの確率評価をする。

水-土-構造連成解析機能

これまでに開発してきたSPH粒子法によるマルチスケール・マルチフィジックス解析機能を強化する。MScPhyでは、SPH粒子法による大規模並列化流体解析をベースとし、流体と剛体の連成解析、FEMと連成した流体構造連成解析を可能としてきた。この課題では、DEMと連成した土粒子・水連成解析、ビンガム流体など非ニュートン流体解析などのマルチフィジックス解析を強化する。

構造物崩壊解析機能

津波遡上時には、特に木造家屋は全壊し瓦礫となる、あるいは建物全体が流出するなど完全に崩壊する。これはFEMなど、これまでに開発してきた解析技術では対応不可能な現象であるため、建物崩壊解析に実績があるASI-Gauss法との融合し、より現実的な被害予測へと発展する。

4. 研究成果

3.に示した3つの研究方法について、当初予定した以上の成果を得た。その研究成果の主な内容を項目ごとに説明する。

不確実性を考慮した津波遡上による被害予測計算

津波解析コード JAGURS により、四国地方・淡路島沿岸部の津波解析を実施した。本研究では、**図 1** に示すように 3 つの領域からなるネスティング手法を使い、解像度はそれぞれ 18arc-sec (450m)、6arc-sec (150m)、2arc-sec (50m) とした。解像度 18arc-sec、6arc-sec の解析モデルの作成には、NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) が提供する陸地・海底地形データセット ETOPO1 Global Relief Model を使用し、また 2arc-sec のモデル作成には、国土地理院の基盤地図情報 10m メッシュの数値標高モデルデータ (DEM データ) を使用した。この DEM データは、航空測量により得られた地形の標高情報を一定の格子状に保存したものであり、建物や樹木等を除外した地表面の標高を与えるものである。

本研究では、発生が危惧されている南海トラフ巨大地震を対象とし、内閣府の検討シナリオ「断層パラメータ_ケース 03」を採用した解析を実施した。大きな被害が予想される沿岸部に 25 の観測点を設置し、地震による津波波高の観測を行った。**図 2** に今回設けた観測点の位置を赤点で示す。四国沿岸部においては室戸岬から鳴門海峡を通り瀬戸内海へ向かう方向に Location_1~18 を、淡路島においては鳴門海峡南部から北部に向けて Location_19~23 を、さらに淡路島南東部及び東部に Location_24, 25 を設定した。波の回折やエネルギーの集中などの効果が予想される場所に関しては、同一地域近傍でも湾内と湾外に観測点を設置するなどして、地形的な影響を詳細に調べられるようにした。本研究では、各観測点を Location_(番号) という形で定義したが、スペースの都合から適宜 L_(番号) などと呼ぶこととする。

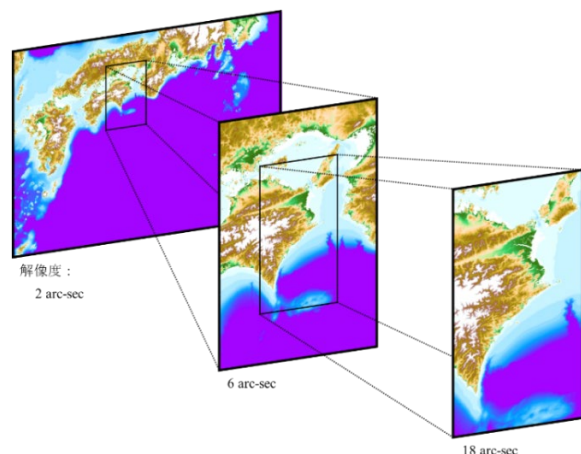


図 1 解析モデルのネスティング

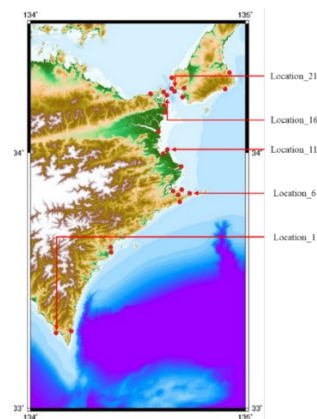


図 2 波高観測点

内閣府の検討シナリオは過去の経験や統計に基づいた予測であり、設定の信頼度は不明瞭である。そこで、不確実性を考慮した確率論的なリスク評価を可能にするため、不確かさのパラメータ化、及びパラメータにばらつきを与えることで複数の津波解析ケースを設定し、その解析の効率化を検討した。発生地震は主に 9 つ程度の断層パラメータに支配される想定されている。しかし、中でも断層の長さとその幅の推定は困難である。そこで、4 つのパラメータ (走向方向、傾斜角、すべり角、すべり量) の中からばらつきを与え、このばらつきが与える確率論的な津波被害予測を行った。不確実性としては、各断層のすべり量 (slip) に対して 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 を乗じた 5 ケース、及びすべり角 (rake) に対して -10° , -5° , $\pm 0^{\circ}$, $+5^{\circ}$, $+10^{\circ}$ を加えた 5 ケース、合計 25 の解析ケースを設定した。**図 3** にはケース基準モデルとなる A3B3 の津波解析結果として、時刻 67 分から 75 分までの津波伝播の様子を示す。

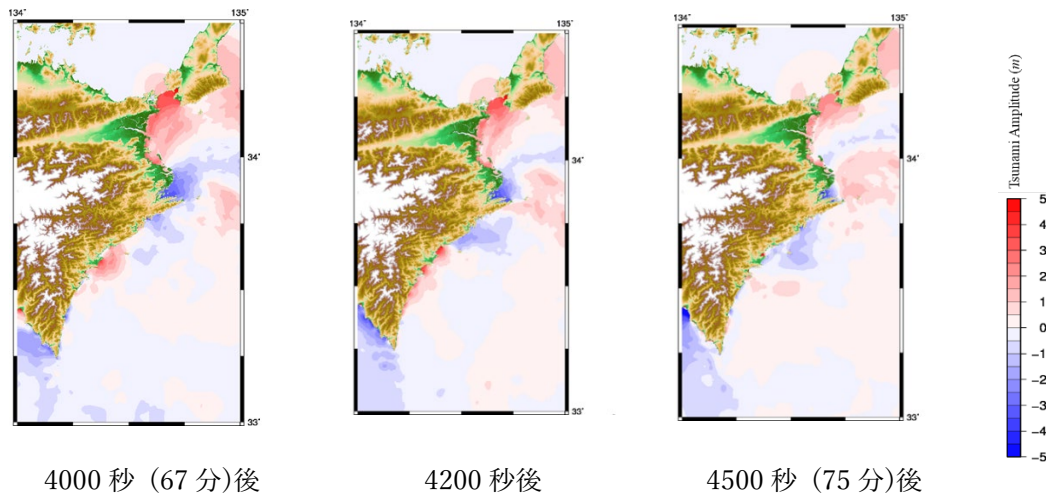


図3 解析対象地域での津波時系列に関するスナップショット

25の解析ケースと25の地点で津波の観測を行った。本研究では計算再現時間を3時間とした。そして、最大波高の確率論的予測を試みた。そして、サロゲートモデルを用いて、図4に示す応答局面を評価し、その結果をつかったモンテカルロシミュレーションを行うことで、各観測点での最大津波波高に関する確率密度分布を得た。図5にその結果を示す。

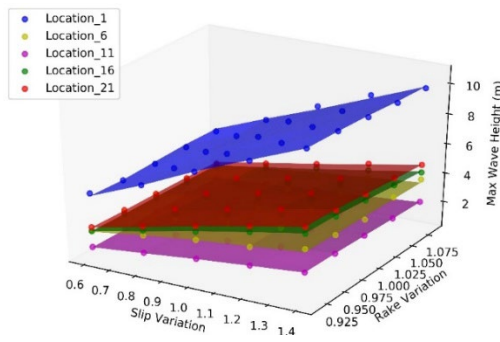


図4 最大波高に関する応答曲面

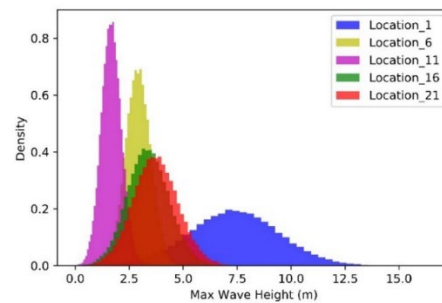


図5 最大波高の確率密度分布

図5に示す通り、観測点ごとに、まったく異なる特性の確率密度分布が得られた。例えば、Location_1については、JAGURSが計算した最大波高はケースA5B1での10.459mであったが、今回行ったモンテカルロシミュレーションは最大で11.482mとなり、10%程度の差が生じた。また、ケースA3B3での波高7.558mを超過する確率が42.7%程度と得られるなど、サロゲートモデルを使ったモンテカルロシミュレーションを通し、効率的に被害の確率評価が可能となった。

水-土-構造連成解析機能

これまで津波など、水のみ現象に特化した粒子法（SPH法）を構築してきたが、本課題を通して、地盤解析および、水との連成、また構造解析機能を追加した。

大変形前の弾塑性状態をSPH法により解析し、流動化後の挙動のみを非ニュートン流体モデルによる流体解析へと相変化させる粒子法を提案し、地震時における斜面災害の予測ツールを構築した。現状では、相変化の基準として塑性ひずみを使用した単純な基準を採用しており再検討する余地があるものの、熊本地震時の地すべり現象などの再現性に優れていることを示した。このとき、流動化した地盤に対応した流体解析では、固体状態の粒子は変形速度が流体粒子と比べて十分に小さいため、固定壁粒子として扱っている。すべり面上の流動化した地盤が液体ベアリングとして作用することで、その上層部にある安定化した地盤はほぼ剛体的に移動していく過程が表現できている（図6参照）。

加えて、水-土の連成解析を実施するためにSPH-DEM解析ツールを開発した。同手法により、防波堤マウンドのパイピング破壊現象を解いたところ、標準的な抗力モデル（あるいは浸透モデルと考えてもよい）ではパイピング現象で見られるような吹き出し、後退侵食などの激しい現象の再現までには至らなかった。そこで、パイピング現象の巨視的な破壊判断基準とし

てしばしば参照されるテルツァギーの限界導水勾配を導入した改良モデルにより、実験と整合した予測を可能とした（図7参照）。つまり、ダルシー則が基礎となる浸透流モデルは土骨格を成す粒子が自立して安定している状態で計測された経験則であり、土粒子が流れる状態までを包含できるだけの一般性・汎用性がない可能性を指摘した。また経験則に頼る以上、その限界を知ったうえでその範囲内で適切に利用すべきとの教訓を得た。

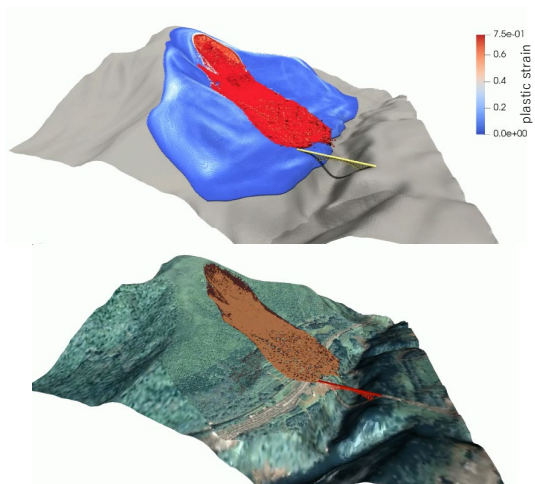


図6 熊本地震時の斜面崩壊の再現例

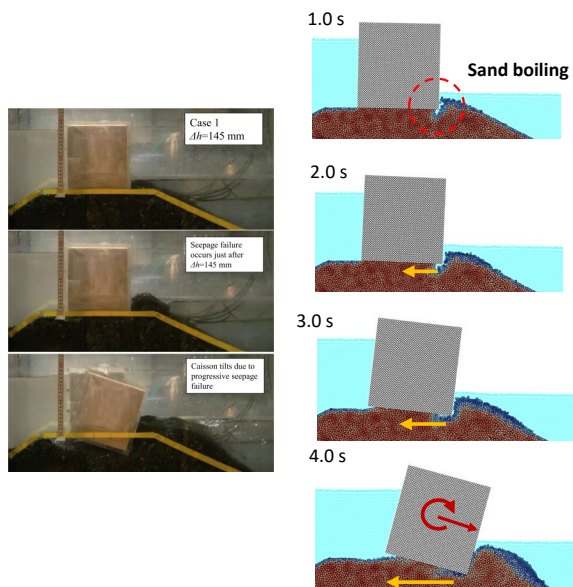


図7 パイピング破壊現象の解析事例

構造物崩壊解析機能

建物崩壊解析に実績があるASI-Gauss法とSPH粒子法を融合することで、津波による木造家屋の倒壊解析を可能とした。

以上当初計画した3つの項目に対して、すべて計画以上の成果が得られ、すべての内容で多数の口頭発表、および査読付き論文などの業績をあげることができた。また、これ以外にも、物理シミュレーションの代替モデルとして新しい機械学習モデルの構築も行ったが、まだ論文化前の内容を含むため、報告書にその内容は省略することにした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 石井秀堯, 浅井光輝, 大谷英之, 飯山かほり, 盛川仁, 磯部大吾郎	4. 巻 Vol.77, No.2
2. 論文標題 ASI-Gauss法による都市全域の木造家屋倒壊予測シミュレーション	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木学会論文集A2 (応用力学)	6. 最初と最後の頁 pp.1_563-1_573
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejam.77.2_1_563	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 出口翔大, 柴田洋佑, 浅井光輝	4. 巻 Vol.77, No.2
2. 論文標題 予測に物理的意味を付与した機械学習PINNsによる誤差を含む教師データからのパラメータ推定	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木学会論文集A2 (応用力学)	6. 最初と最後の頁 pp.1_35-1_45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejam.77.2_1_35	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 辻勲平, 浅井光輝, 笠間清伸	4. 巻 Vol.77, No.2
2. 論文標題 ISPH-DEMによるマウンド変形・ケーソン滑動を考慮した防波堤浸透崩壊シミュレーション	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木学会論文集A2 (応用力学)	6. 最初と最後の頁 pp.1_105-1_116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejam.77.2_1_105	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 Daniel S. Morikawa, Mitsuteru Asai	4. 巻 Vol. 142
2. 論文標題 Soil-water strong coupled ISPH based on u-w-p formulation for large deformation problems	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Computers and Geotechnics	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) 10.1016/j.compgeo.2021.104570	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 松本久也, 井元佑介, 浅井光輝, 三目直登	4. 巻 2021巻
2. 論文標題 底面境界適合型MPS法の開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本計算工学論文集	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) 10.11421/jsces.2021.20210017	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 大村浩之, 三目直登, 浅井光輝, 磯部大吾郎	4. 巻 2021巻
2. 論文標題 壁領域の角を考慮したポリゴン壁境界モデルの開発およびそのISPH法への適用	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本計算工学論文集	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) 10.11421/jsces.2021.20210011	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 Daniel S. Morikawa, Mitsuteru Asai	4. 巻 Vol.381
2. 論文標題 Coupling total Lagrangian SPH-EISPH for fluid-structure interaction with laege deformed hyperelastic solid bodies	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Computer Method in Applied Mechanics and Engineering,	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) 10.1016/j.cma.2021.113832	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 D. Isobe and S. Tanaka	4. 巻 Vol. 7
2. 論文標題 Sequential Simulations of Steel Frame Buildings Under Multi-Phase Hazardous Loads During Earthquake and Tsunami	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Built Environment	6. 最初と最後の頁 No. 669601
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fbui.2021.669601	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 Baba, T., N. Chikasada, K. Imai, Y. Tanioka and S. Kodaira	4. 巻 Vol.11
2. 論文標題 Frequency dispersion amplifies tsunamis caused by outer-rise normal faults	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 20064
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-99536-x	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 Asai Mitsuteru, Li Yi, Chandra Bodhinanda, Takase Shinsuke	4. 巻 377
2. 論文標題 Fluid-rigid-body interaction simulations and validations using a coupled stabilized ISPH?DEM incorporated with the energy-tracking impulse method for multiple-body contacts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering	6. 最初と最後の頁 113681 ~ 113681
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cma.2021.113681	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 出口翔大, 浅井光輝, 植木裕人, 竹内友紀, 川崎浩司	4. 巻 Vol.76, No.2
2. 論文標題 数値解析のサロゲートモデリングによる確率論的災害リスク評価手法の開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集A2(応用力学)特集号	6. 最初と最後の頁 p. I_565-I_576
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 塩入一希, 三目 直登, 浅井 光輝	4. 巻 Vol.76, No.2
2. 論文標題 時間解像度が可変な力積型個別要素法の開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集A2(応用力学)特集号	6. 最初と最後の頁 p. I_119-I_129
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 藤井孟大, 浅井光輝, 井元佑介	4. 巻 Vol.76
2. 論文標題 物理速度と輸送速度を区別した選択型デュアル流速ISPH法を用いた混相流解析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集A2(応用力学)特集号	6. 最初と最後の頁 p. 1_247-1_257
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 Morikawa Daniel, Senadheera Harini, Asai Mitsuteru	4. 巻 -
2. 論文標題 Explicit incompressible smoothed particle hydrodynamics in a multi-GPU environment for large-scale simulations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Computational Particle Mechanics	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) 10.1007/s40571-020-00347-0	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 Li Yi, Asai Mitsuteru, Chandra Bodhinanda, Isshiki Masaharu	4. 巻 8
2. 論文標題 Energy-tracking impulse method for particle-discretized rigid-body simulations with frictional contact	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Computational Particle Mechanics	6. 最初と最後の頁 237 ~ 258
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s40571-020-00326-5	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37件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 15件)

1. 発表者名 Daniel S. Morikawa, Mitsuteru Asai
2. 発表標題 Incompressible smoothed particle hydrodynamics (ISPH) for Geomechanics problems
3. 学会等名 PARTICLES 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 Kumpei Tsuji, Mitsuteru Asai, Hemanta Hazarika
2 . 発表標題 ISPH-DEM Coupled Simulation for Designing Resilient Breakwater with Gabion Reinforcements
3 . 学会等名 PARTICLES 2021 (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 H. Omura, N. Mitsume, M. Asai, D. Isobe
2 . 発表標題 Development of a Polygon Wall Boundary Model Considering Corner of Wall and Its Numerical Application to FSI
3 . 学会等名 International Conference on Particle-Based Methods (PARTICLES 2021) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Mitsuteru Asai, Daniel S. Morikawa, Kumpei Tsuji
2 . 発表標題 Fluid-Soil-Structure interaction simulation for natural disaster damage estimation using a particle method
3 . 学会等名 ICADD15 (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Kumpei Tsuji, Mitsuteru Asai, Kiyonobu Kasama
2 . 発表標題 SPH-DEM simulation for estimating seepage failure of breakwaters
3 . 学会等名 ICADD15 (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 Kumpei Tsuji, Mitsuteru Asai, Kiyonobu Kasama
2. 発表標題 Simulation of Breakwater Failure induced by Tsunami Using an ISPH-DEM Coupled Method
3. 学会等名 COUPELED PROBLEMS (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Daniel S. Morikawa, Mitsuteru Asai
2. 発表標題 Smoothed particle hydrodynamics method for landslide problems based on Biot's formulation and elastoplastic constitutive models
3. 学会等名 COUPELED PROBLEMS 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 辻勲平, 浅井光輝, 笠間清伸
2. 発表標題 SPH-DEMを用いた津波による防波堤崩壊解析及び河川堤防の侵食解析への応用
3. 学会等名 第9回河川堤防技術シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 出口翔大, 柴田洋佑, 浅井光輝
2. 発表標題 物理法則に基づく深層学習モデルPINNsによる流体運動の順・逆解析
3. 学会等名 第34回計算力学講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柴田洋佑, 出口翔大, 浅井光輝
2. 発表標題 物理問題として近似誤差を加味した機械学習PINNsによる粘性流体の逆解析
3. 学会等名 第34回計算力学講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 辻勲平, 竹崎奏詠, 浅井光輝, ハザリカ・ヘマンタ
2. 発表標題 蛇籠補強を施した粘り強い防波堤設計のためのISPH-DEM連成シミュレーション
3. 学会等名 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 出口翔大, 柴田洋佑, 浅井光輝
2. 発表標題 機械学習PINNsによる観測結果からの物性値推定のための基礎検討
3. 学会等名 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石井秀堯, 浅井光輝, 大谷英之, 飯山かほり, 盛川仁, 磯部大吾郎
2. 発表標題 ASI-Gauss法による都市全域の家屋倒壊予測シミュレーション
3. 学会等名 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柴田洋佑, 出口翔大, 浅井光輝
2. 発表標題 物理法則を含んだニューラルネットワークPINNsの逆問題解法への適用可能性
3. 学会等名 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹崎奏詠, 辻勲平, ハザリカ・ヘマンタ, 浅井光輝
2. 発表標題 粘り強い防波堤の構築に向けた捨石マウンドの洗掘低減効果の解析的検討
3. 学会等名 第56回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 辻勲平, 竹崎奏詠, 浅井光輝, ハザリカヘマンタ
2. 発表標題 SPH-DEMマクロ型連成解析手法による防波堤の浸透・洗掘破壊シミュレーション
3. 学会等名 第26回計算工学講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 出口翔大, 柴田洋佑, 浅井光輝
2. 発表標題 PINNsによる逆問題へのアプローチ
3. 学会等名 第26回計算工学講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石井秀亮, 浅井光輝, 大谷英之, 飯山かほり, 盛川仁, 磯部大吾郎
2. 発表標題 ASI-Gauss法による都市全域の家屋倒壊予測シミュレーション
3. 学会等名 第26回計算工学講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宇佐美秀和, 李俊嫻, 森口周二, 大野晋, 寺田賢二郎, 野島和也, 櫻庭雅明
2. 発表標題 固有直交分解に基づく数値解析の代理モデルによる実都市の建物地震リスク評価
3. 学会等名 第26回計算工学講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 辻勲平, 浅井光輝, 笠間清伸
2. 発表標題 SPH-DEMによるマウンド変形・ケーソン滑動を考慮した防波堤浸透崩壊シミュレーション
3. 学会等名 第24回応用力学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 出口翔大, 柴田洋佑, 浅井光輝
2. 発表標題 ノイズを含む観測データからのPINNsによるパラメータ推定
3. 学会等名 第24回応用力学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石井秀亮, 浅井光輝, 大谷英之, 飯山かほり, 盛川仁, 磯部大吾郎
2. 発表標題 ASI-Gauss法による都市全域の家屋倒壊予測シミュレーションの妥当性確認
3. 学会等名 第24回応用力学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mitsuteru Asai, Yi Li
2. 発表標題 Simulations of free-surface flow interacting with multiple rigid bodies using coupled ISPH-DEM incorporated with an energy-tracking impulse method
3. 学会等名 14th World Congress in Computational Mechanics and ECCOMAS (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Daniel S. Morikawa, Mitsuteru Asai
2. 発表標題 Non-Newtonian fluid simulation using a particle method for landslide simulations
3. 学会等名 14th World Congress in Computational Mechanics and ECCOMAS (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shota Deguchi, Mitsuteru Asai, Hiroto Ueki, Yuki Takeuchi, Koji Kawasaki
2. 発表標題 Probabilistic disaster risk evaluation with surrogate-modelled numerical simulations,
3. 学会等名 COMPSAFE2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kumpei Tsuji, Mitsuteru Asai
2. 発表標題 Comparison of Spherical and Non-Spherical DEM in Reproducing ,Arch-Effect Characteristic of Ground Collapse Phenomenon,
3. 学会等名 COMPSAFE2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hidetaka Ishii, Mitsuteru Asai, Daigoro Isobe, Hideyuki O-tani
2. 発表標題 Seismic response analysis for the whole city with the ASI-Gauss code to estimate a city level damage
3. 学会等名 COMPSAFE 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takehiro Fujii, Mitsuteru Asai, Yusuke Imoto
2. 発表標題 Fluid-solid multiphase analysis using a selective dual velocity ISPH method dividing into physical and transport velocity
3. 学会等名 COMPSAFE 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 出口翔大, 浅井光輝, 植木裕人, 竹内友紀, 川崎浩司
2. 発表標題 確率論的災害リスク評価 ? サロゲートモデルのカーネル化
3. 学会等名 土木学会第75 回年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石井秀堯, 浅井光輝, 磯部大吾郎, 大谷英之
2. 発表標題 ASI-Gauss法による都市全域の木造家屋倒壊解析手法の開発
3. 学会等名 土木学会第75 回年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤井孟大, 浅井光輝, 井元佑介
2. 発表標題 選択型デュアル流速ISPH法を用いた固液混相流解析の精度検証
3. 学会等名 土木学会第75 回年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 出口翔大, 浅井光輝, 川崎浩司, 竹内友紀
2. 発表標題 数値解析のサロゲートモデリングによる確率論的災害リスク評価手法の開発
3. 学会等名 第23回応用力学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石井秀堯, 浅井光輝, 磯部大吾郎, 大谷英之
2. 発表標題 ASI-Gauss法による都市全域の木造家屋倒壊解析手法の開発
3. 学会等名 第23回応用力学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 辻勲平, 浅井光輝
2. 発表標題 SPH-DEM連成による地盤陥没現象の再現解析における球形・非球形DEMの比較
3. 学会等名 第23回応用力学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Daigoro Isobe
2. 発表標題 Solving problems in structural dynamics using beam elements: From collapse behaviors of buildings to torque cancelling of robots
3. 学会等名 ICCM2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yotaro Minamite, Seizo Tanaka and Daigoro Isobe
2. 発表標題 A Study of Local Mass Conservation in 3D Flood Simulator
3. 学会等名 COMPSAFE2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 武田達, 馬場俊孝, 大角恒雄, 藤原広行
2. 発表標題 津波浸水確率における海岸構造物有り無しの影響
3. 学会等名 JpGU 2020
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 浅井 光輝	4. 発行年 2022年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 240
3. 書名 明解 粒子法	

1. 著者名 磯部 大吾郎	4. 発行年 2020年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 344
3. 書名 はり要素で解く構造動力学	

〔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	磯部 大吾郎 (Isobe Daigoro) (00262121)	筑波大学・システム情報系・教授 (12102)	
研究分担者	馬場 俊孝 (Baba Toshitaka) (90359191)	徳島大学・大学院社会産業理工学研究部(理工学域)・教授 (16101)	
研究分担者	大竹 雄 (Otake Yu) (90598822)	東北大学・工学研究科・准教授 (11301)	

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	森口 周二 (Moriguchi Shuji) (20447527)	東北大学・災害科学国際研究所・准教授 (11301)	

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