

令和 3 年 6 月 4 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H02057

研究課題名(和文) 津波・漂流物による外力を考慮した津波避難ビルの統合型安全性照査システムの構築

研究課題名(英文) Development of Integrated Safety Verification Systems of Tsunami Evacuation Building Considering External Forces Induced by Tsunami and Debris

研究代表者

磯部 大吾郎 (Isobe, Daigoro)

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：00262121

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,000,000円

研究成果の概要(和文)：津波避難ビルは、浮力と流体力、さらには漂流物による衝突力に耐える必要があるため、各外力に対するその強度評価を可能な限り正確に実施する必要がある。そこで本申請課題では、津波とその漂流物が津波避難ビルに作用する現象を精査することを目的とし、津波避難ビルの安全性照査システムを構築し、様々な数値解析を実施した。特に津波災害の再現解析を行い、建物の損壊・転倒などを引き起こす要因について検討し、避難ビルの設計方針に関する知見を取得した。また、OpenMPによるノード内並列計算手法を導入することで、大規模計算の高速化を図り、都市全域の建物をモデル化した解析を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

津波の波高・流速・流況変化に応じた流体圧力変化を詳細に再現し、同時に建物の倒壊・流失などの強非線形現象を再現可能とした点に学術的意義がある。また、社会的には既設避難ビルの安全性照査および補強計画、新設ビルの設計外力の設定や建設場所の選定などに役立つことが期待できる。さらに、津波被害の他にも、高潮による氾濫や豪雨による内水氾濫、河川堤防破壊による氾濫被害に対する街全体の安全性評価が可能となるなど、水害対策全般への大きな波及効果が期待できる。

研究成果の概要(英文)：This project aimed to develop integrated safety verification systems that can comprehensively be applied to buildings under multi-phase hazardous loads such as seismic motion, fluid force, and debris impact. It was composed of the stabilized finite element method based on the volume of fluid method, which can practically simulate the flow channel geometry of tsunami and can estimate drag coefficients of actual tsunami evacuation buildings with openings. The ASI-Gauss code, which simulates behaviors of structures by simple modeling, was also developed. A sequential structural analysis with a debris collision phase at the end was conducted and the washout behavior of the building was simulated. In addition, an OpenMP parallel solver was implemented to enhance the practical use of the proposed system in estimating a city level damage during earthquake and tsunami. A whole city model was modelled using the GIS data and a seismic collapse simulation of wooden houses in a city was conducted.

研究分野：計算工学，構造工学

キーワード：津波避難ビル 衝突崩壊解析 津波災害 漂流物 都市解析

1. 研究開始当初の背景

2011年3月の東日本大震災では、多くの構造物が津波により破壊された。その破壊要因としては、想定以上の津波波力だけでなく、車両・船舶などの漂流物が衝突した点が挙げられている(平成23年東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)調査研究(速報)、国土交通省国土技術政策総合研究所、独立行政法人建築研究所、2011年5月)。また、津波漂流物が建物付近に堆積すると流況が変化し、構造物に作用する流体力が増大した可能性もある。そこで、構造物の詳細な形状(外形・窓の有無等)および構造物周辺の複雑な流況を再現した上で、津波波力および漂流物の衝突力を考慮し、津波に対する重要構造物の設計や安全性の照査を行う必要がある。

東日本大震災以降、例えば今村(東北大)、青木(東工大)や浅井(九州大、研究分担者)をはじめ、特に国内の多くの研究者が津波シミュレーションを実施し、津波災害に関する数値解析的研究を精力的に行っている。しかしこれらの研究では、一連の現象を下記のように個別に再現しているものが多い。

- (1) 津波伝播解析
- (2) 漂流物の剛体運動解析
- (3) 漂流物の衝突解析

上記の現象を同時に再現し、避難ビルの転倒・損壊の検証を行った研究は国内外を問わず例がなく、また、瓦礫などの小さな破片の漂流、堆積を詳細に考慮した研究は皆無である。

一方、研究代表者の磯部は、これまでにASI-Gauss法に基づく有限要素法(FEM)による建物の崩壊解析手法の開発を行ってきている。特に近年では、浮力と流体力、漂流物の衝突を考慮した津波避難ビルの安全性の評価を行い、各外力が建物の損傷・崩壊挙動に与える影響を調査した(基盤研究(C)(一般)、期間:平成25~27年度)。一方、研究分担者の浅井は、漂流物の剛体運動解析が可能な、粒子法による流体-剛体連成解析手法を開発している。同じく田中は、構造物に作用する流体力を詳細に算定可能な、FEMによる津波伝播解析手法を開発している。これらの解析手法を統合すれば、浮力・流体力およびその影響を受ける漂流物の挙動、そして建物の崩壊挙動を同時に再現可能となることが期待できる。本申請課題では、避難ビルなどの重要構造物に対する部材レベルでの安全性を照査可能な、他に類を見ない統合的なシミュレーションシステムを構築することで、津波、漂流物、構造物のそれぞれの相互作用を考慮した、より実現象に則した安全性評価を行うことができるものと考えた。

2. 研究の目的

本申請課題では、重要構造物である避難ビルの設計時の外力設定、ならびに既設構造物の安全性照査を行うことが可能となる統合型解析システムを構築し、避難ビルの計画、設計において有用な知見を見出すことを目的とする。特に、漂流物の堆積および流況変化が建築構造物の被害に与える影響を定量的に明らかにし、避難ビルなどの設計指針向上に貢献することを目的としている。まず研究期間前半では、統合前の個別の解析システムを用いて津波波力、漂流物の挙動、構造物損傷被害に関する精度検証を行った。その中でも、すでに浅井、磯部らにより模型単体を用いた水路実験が実施されているため、この実験結果を用いて漂流物の挙動に関する精度検証を実施した。研究期間後半には、漂流物の堆積や流況変化を把握するために、漂流物模型を使用した実験を行った。研究期間前半に開発した個別の解析システムを統合し、実験結果による精度検証を実施し、さらに東日本大震災における建築構造物の被害事例の再現解析を行った。また、OpenMPによるノード内並列計算手法を導入することで、大規模計算の高速化を図り、都市全域の建物をモデル化した解析を試みた。

3. 研究の方法

本申請課題では、中規模領域での津波伝播解析手法、漂流物挙動を把握するための流体-剛体連成解析手法、津波波力や漂流物の衝突力を考慮した避難ビルの損傷解析手法を開発した。具体的には、評価対象である津波避難ビルの損傷解析手法の開発を研究代表者(磯部)が行い、避難ビル周辺の流体挙動、漂流物の挙動解析手法の開発を研究分担者(浅井)が行った。さらにその外側となる中規模領域(数百m規模)の津波伝播解析手法の開発は研究分担者(田中)が行った。その後、それぞれの領域境界でのインターフェースを整え統合化することにより、津波・漂流物による外力を考慮した津波避難ビルの安全性照査システムを構築した。これらの作業を効率的に進めるために、以下のような分担、計画で行った。

平成29年度はまず、津波伝播解析の時系列結果をASI-Gauss法に基づく構造物損傷解析の入力データとし、津波波力による構造物の損傷解析を行い、その妥当性の検証を行った(磯部)。研究分担者(田中)は、津波伝播解析手法の高精度化、効率化を行い、構造物損傷解析との連携をスムーズ化した。研究分担者(浅井)は、粒子法による津波と浮体・漂流物の連成解析手法の開発、高精度化を行った。また、漂流物の模型実験の準備にも着手した。当年度の進行をまとめると次のようになる。

(1) 津波被害の文献調査、問題設定

津波被害に関する文献調査および打ち合わせを改めて行い、明確にすべき問題点をまとめた。その上で、津波被害による構造物損傷評価を行う際の解析条件を決定した。

(2) 津波波力、漂流物の衝突力を考慮した構造物損傷解析

津波伝播解析で出力される3次元物理量(圧力や流速など)から構造物壁面の物理量を抽出し、それを構造物損傷解析モデルの外力として自動的に補間するなどの入力インターフェースを整え、構造物の損傷解析を実施した。

(3) 粒子法に基づく津波と漂流物の連成解析手法の構築、その妥当性の検証

粒子法に基づく流体-漂流物の連成解析手法を構築し、対象構造物周辺の流況および漂流物の衝突力の算定に用いた。すでに実施された漂流物模型単体による水路実験結果を用い、連成解析手法の精度検証を行った。

(4) 有限要素法による津波伝播解析手法の高精度化、効率化

実地形に基づく再現計算を行う場合には、数百m～数kmの範囲を解析領域とする必要がある。その際、計算の安定性向上や計算負荷の抑制を図る必要があるため、解析手法の高度化および高効率な並列計算アルゴリズムの導入を行った。基礎的な津波伝播解析はすでに実施可能となっていたため、本課題においては、より広域な領域へ適用可能なシステムを構築し、実用性を高めた。

平成30年度以降は、瓦礫の漂流・堆積挙動が構造物に直接・間接的に及ぼす影響を評価するため、模型による水路実験を実施した。漂流物模型の挙動計測にはモーショキャプチャシステムを使用した。また、この模型実験の条件(漂流物の形状、流入条件等)を決定するとともに、簡単な模型実験によるシステムの動作確認を行い、多数の計測データに対応した解析プログラムを作成した。さらに、漂流物が津波避難ビルに衝突し窓などの開口部が塞がれ、構造物に作用する波圧が増加してしまうような現象を精査することを目的とし、複数の漂流物模型を用いた水路実験を行った。これと並行し、前年度に高精度化、効率化を図った解析手法を統合し、津波避難ビルの安全性照査システムを構築した。解析を実施し実験結果と比較・検証することで、システムの高精度化を図った。さらには、津波災害の再現解析を行い、建物の損壊・転倒などを引き起こす要因について検討し、避難ビルの設計方針に関する知見を取得した。また、OpenMPによるノード内並列計算手法を導入することで大規模計算の高速化を図り、その解析例として都市全域の建物をモデル化した解析を試みた。

4. 研究成果

(1) 津波波力、漂流物の衝突力を考慮した構造物損傷解析

開発した照査システムを国土交通省住宅局の暫定指針に基づいて設計された避難ビルに適用し、地震力、津波波力、浮力の作用に続いて漂流物として想定したコンテナが衝突した際の挙動について解析した。避難ビルモデルは、柱、梁、床および杭や基礎梁といった基礎部で構成され、全て線形 Timoshenko はり要素を用いて構築した。建物の強度に寄与しないプレキャスト(PC)カーテンウォールはモデル化していない。この避難ビルは、標準階高が3.95 m(1階のみ4.60 m)、層数が10階、全高が40.15 m、幅が32.00 mの鋼構造建物であり、ベースシア係数が0.16

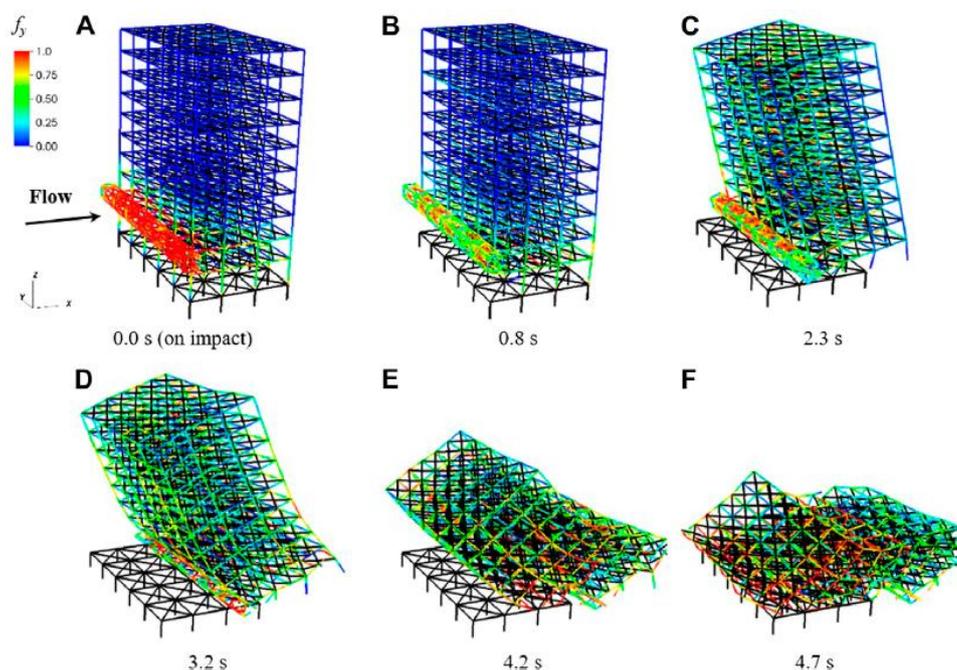


図1 津波および津波漂流物の衝突作用による避難ビルの流出挙動

として設計されている。建物の減衰比は2%である。床荷重は屋上を670 kgf/m²、1階から10階の床を540 kgf/m²とし、総重量を設計例と同等の58.90 MNに合わせた。建物モデルの総要素数、総節点数はそれぞれ3,720と2,350である。なお、床、杭および基礎梁は塑性化を許容しない弾性要素とした。

一方、津波漂流物には、重量24.0 ton、長さ6.0 m、幅・高さ2.5 mの鋼材(SS400)で作られたコンテナを用いた。コンテナは建物前面から30 m離れた位置に6個並べて配置し、喫水をすべて1.25 mとして前面に衝突させた。建物に付加させる津波波力は、遡上水深を8 m、流速を12 m/sとした場合に静水圧荷重と抗力の和として算出されるものを使用し、コンテナには抗力のみを作用させることとした。

図1にコンテナの衝突による建物の挙動を示す。図1(A)に示すように、コンテナが2・3階の柱梁接合部付近に衝突した際、その付近に存在する多くの柱・梁部材が降伏している。その後、コンテナの衝突点から衝撃波が急速に広がっていく様子が観察される。建物に衝突し動きを止められたコンテナには、津波との相対速度が大きくなることによって抗力がかかるため、建物にはさらに荷重が加わる。次第に建物の変形が進むと、受圧面側から1階柱脚部の要素の破断が連鎖的に起こり、最終的には建物が流出した。このような地震力、津波波力、浮力、漂流物の衝突を連続的に建物に作用させ、その崩壊過程まで評価可能とする解析システムは国内外において見当たらず、多元災害が発生した場合の建物の安全性を統合的に照査する上で、とても有用な解析システムとなる。

(2) 粒子法に基づく津波と漂流物の連成解析手法の構築、および漂流物の模型実験

荒い自由表面を有する流体問題に適用可能な、粒子法に基づく流体-剛体連成解析手法を開発

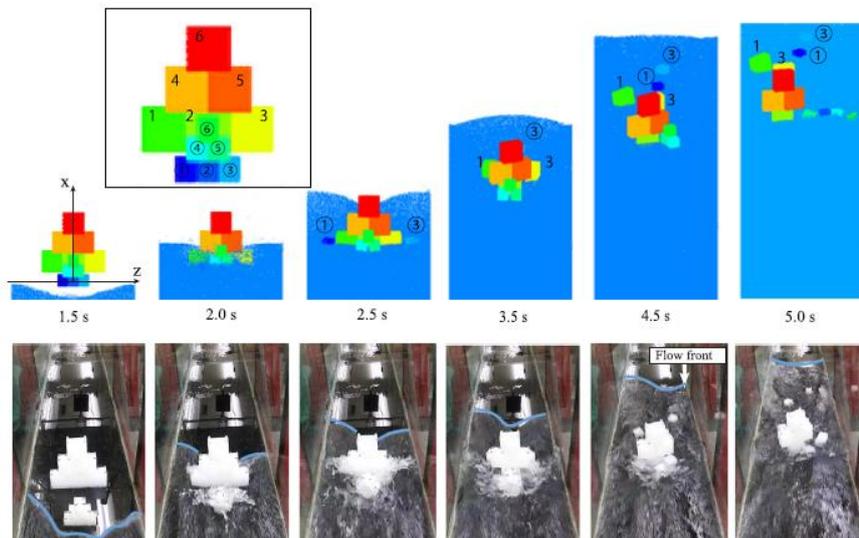


図2 複数の剛体模型による水路実験結果と流体-剛体連成解析結果との比較

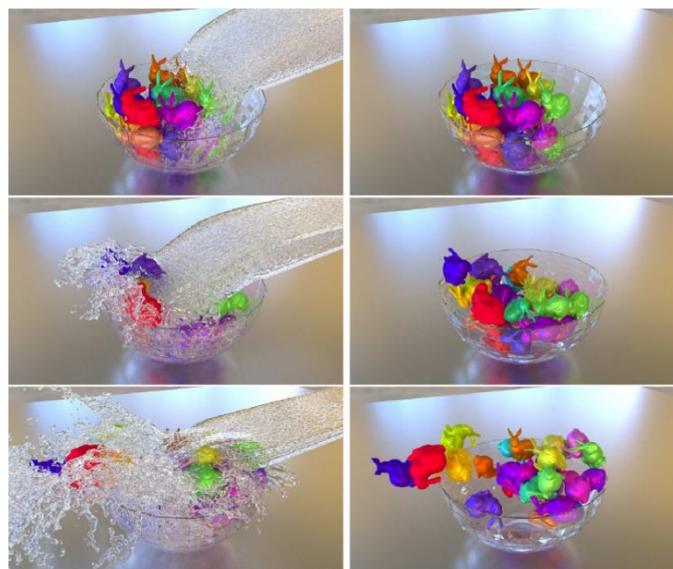


図3 ISPH-DEM 連成解析結果の一例

した。ここで用いた Incompressible Smoothed Particle Hydrodynamics (ISPH)法は、波砕が生じるような自由表面流れでも滑らかで高精度な圧力分布が得られることが知られている。計算される流体力は、周辺境界や他の剛体との接触・衝突を考慮し剛体に作用させることが可能である。従来から使われる個別要素法 (DEM) では、一般的に剛体間の斥力は接触点における食い込み量に応じた斥力を発生させるペナルティ法により算出している。しかし、複数の剛体が高速で衝突する問題では斥力が過大に評価されてしまう可能性があり、計算を安定化させるために時間増分を極小化したり、過大な減衰定数を設定したりするなどの方策が必要となってしまう。各増分ステップにおける計算コストは非圧縮流体の物理量計算に支配されるため、上記の問題は、流体-剛体連成解析の効率を著しく低下させる要因となる。そこで、ここでは力積法を適用し、接触を表現した。エネルギーの保存性と計算の安定化を図るため、ニュートンの接触理論の代わりにストロングの仮説を適用している。

開発した解析手法を検証するため、複数の剛体模型を用いた水路実験を実施し、ISPH-DEM 法による解析結果と比較した (図 2)。接触計算に力積法を導入することにより、複数の剛体間の斥力が適切に計算され、複雑な流れの中の剛体挙動を再現できていることが分かる。また、この解析手法は複雑な形状をした剛体についても同様の計算ができることが、スタンフォードバニーモデルを用いた解析でも確認できた (図 3)。この解析手法では、まだ構造体の弾塑性挙動を再現するまでには至っていないが、構造体との境界を正確に表現する壁境界モデルを導入すれば、建物の変形挙動をも再現する流体-構造連成解析手法に発展できるものと考えている。先の建物の流出挙動解析などと併用すれば、国内外随一の津波災害シミュレーション技術となることが期待できる。

(3) 大規模並列計算手法を用いた都市全域の木造家屋倒壊シミュレーション

2011 年東北地方太平洋沖地震・津波、あるいは 2016 年熊本地震では多くの木造家屋が倒壊し甚大な被害が発生した。倒壊した木造家屋は道路を閉塞し避難の妨げになり、また大量の瓦礫の処理に時間がかかり復旧・復興に遅れを生じさせるなど、直接的な人災を招くだけでなく、災害後の障壁となる。今後、南海・東南海地方において、同程度以上の地震・津波被害が生じる危険性が高いことが危惧されている。そのため、津波遡上域を事前に把握し災害に備えるだけでなく、同時に発生する瓦礫の総量と拡散状況までを事前評価し、災害時の救援経路や瓦礫の仮置き場の検討を行うなどの災害リスクマネジメントが重要となる。本申請課題では、大規模モデルの解析が可能な並列計算手法を開発し、木造家屋の崩壊を考慮した都市全域の地震被害予測シミュレーションを実施し、過去の被害調査結果と比較検討を行った。解析手法には骨組構造の進行性崩壊解析が可能な有限要素法の一つである ASI-Gauss 法を用いた。

木造家屋をはり要素でモデル化し、建築基準法に準拠した層せん断力と層間変形角の関係と整合するように、各構成要素の剛性・降伏応力を自動設定した。また地理情報システム (GIS) を用いて都市全域をモデル化し、地震応答解析を行った。木造家屋モデルに建築年代及び工学基盤を考慮した地震動を付与させることで、はり要素を用いた解析においても実被害と同様な被害分布が得られることが確認された (図 4)。都市全域の建物を全てモデル化した例も国内外を通じて皆無であるが、先の流体-構造連成解析手法をこのモデルに適用すれば、大規模な災害シミュレーションを実施することが可能となり、様々な災害を想定した避難経路や耐震計画の策定を進める際の一助となることが期待できる。これは、社会的にもかなり意義のあることである。

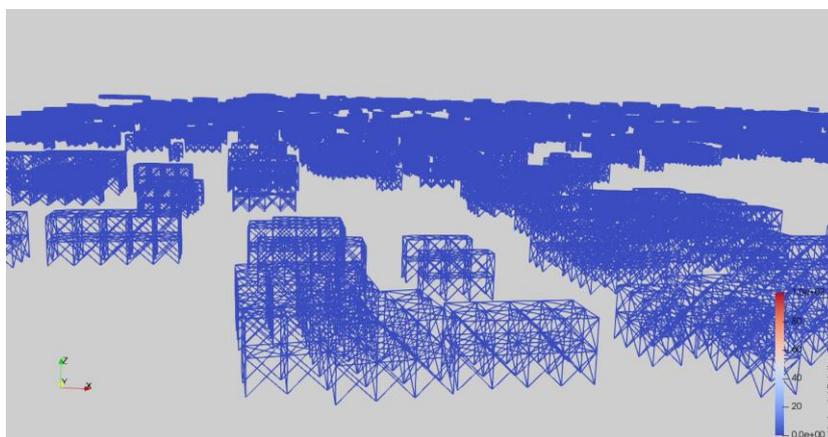


図 4 ASI-Gauss 法を用いた都市全域モデルの地震応答解析

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 7件）

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. 1_565-1_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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 藤井孟大, 浅井光輝, 井元佑介	4. 巻 Vol.76, No.2
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	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

1. 著者名 Daigoro Isobe, Seizo Tanaka	4. 巻 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 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fbuil.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 浅井 光輝, 原 倅平, 磯部大吾郎, 田中 聖三	4. 巻 66A
2. 論文標題 ASI-Gauss法による骨組み崩壊解析に基づく阿蘇大橋崩壊メカニズムの推定	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 構造工学論文集	6. 最初と最後の頁 59,69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11532/structcivil.66A.59	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 福島 寛二, 田中 聖三, 磯部 大吾郎	4. 巻 2018
2. 論文標題 界面捕捉法による自由表面流れ-構造連成解析手法の基礎的検討	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本計算工学会論文集	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.2018.20182004	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 田中 聖三、磯部 大吾郎	4. 巻 2018
2. 論文標題 津波避難ビルの損傷評価のための有限要素解析手法の構築	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本計算工学会論文集	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/jscs.2018.20182008	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29件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 16件)

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 11th International Conference on Computational Methods (ICCM2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Ishii, M. Asai, D. Isobe and H. Otani
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 3rd International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Omura, N. Mitsume, M. Asai and D. Isobe
2. 発表標題 ASI-ISPH Partitioned Coupling Analysis for Fluid-Structure Interaction
3. 学会等名 3rd International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. Minamite, S. Tanaka and D. Isobe
2. 発表標題 A Study of Local Mass Conservation in 3D Flood Simulator
3. 学会等名 3rd International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE2020) (国際学会)
4. 発表年 2020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 3rd International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (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 3rd International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE2020) (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 3rd International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE2020) (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 石井秀亮, 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 石井秀晃, 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 D. Isobe and S. Tanaka
2 . 発表標題 Damage Estimation of a Steel-Framed Building under Tsunami and Debris Flow
3 . 学会等名 the 7th Asia-Pacific Congress on Computational Mechanics (APCOM2019) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 K. Hara, M. Asai, D. Isobe and S. Tanaka
2 . 発表標題 Wooden Houses Collapse Simulation during Earthquake and Tsunami at a City Level base on the ASI-Gauss Finite Element Method
3 . 学会等名 the 7th Asia-Pacific Congress on Computational Mechanics (APCOM2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Daigoro Isobe and Seizo Tanaka
2 . 発表標題 Collapse Analysis of a Steel Frame Building under Tsunami Flow
3 . 学会等名 7th International Conference on Protection of Structures against Hazards (PSH2018) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Seizo Tanaka
2 . 発表標題 Discontinuous Galerkin method for advection equation of interface capturing method
3 . 学会等名 13th World Congress on Computational Mechanics (WCCM XIII) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Kohei Hara, Mitsuteru Asai, Daigoro Isobe
2. 発表標題 Verification on collapse process of Aso bridge during the 2016 Kumamoto earthquakes by ASI-Gauss method
3. 学会等名 7th International Conference on Protection of Structures against Hazards (PSH2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kohei Hara and Mitsuteru Asai
2. 発表標題 Verification on collapse process of Aso Bridge during the 2016 Kumamoto earthquake by ASI-Gauss method
3. 学会等名 The Third CICHE-JSCE Joint Workshop in 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中聖三
2. 発表標題 界面捕捉法に基づく自由表面流れ解析のためのAdaptive Discontinuous Galerkin法
3. 学会等名 第23回計算工学講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 原倅平, 浅井光輝, 田中聖三, 磯部大吾郎
2. 発表標題 ASI-Gauss法による阿蘇大橋崩落プロセスの検証
3. 学会等名 第21回応用力学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 原倅平, 浅井光輝, 磯部大吾郎, 田中聖三
2. 発表標題 ASI-Gauss法による阿蘇大橋崩落プロセスの検証
3. 学会等名 第23回計算工学講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 原倅平, 浅井光輝, 磯部大吾郎, 田中聖三
2. 発表標題 ASI-Gauss法による阿蘇大橋崩落プロセスの検証
3. 学会等名 土木学会全国大会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 原倅平, 浅井光輝, 磯部大吾郎, 田中聖三
2. 発表標題 ASI-Gauss法による阿蘇大橋崩落プロセスの検証
3. 学会等名 第31回計算力学講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大野 剛義, 田中 聖三, 磯部大吾郎
2. 発表標題 津波波力による体育館の崩壊解析
3. 学会等名 第22回計算工学講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 福島 寛二, 田中 聖三, 磯部大吾郎
2. 発表標題 自由表面を持つ流体中を移動する剛体球の挙動を対象とした3次元流体FEM-個別要素法連成解析
3. 学会等名 第22回計算工学講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Fukushima, S. Tanaka and D. Isobe
2. 発表標題 Coupling Analysis of FEM for Free-Surface Fluids and Rigid Body
3. 学会等名 COMPSAFE2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計3件

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 建物の崩壊解析からロボット機構の制御まで	

1. 著者名 磯部大吾郎, 他	4. 発行年 2020年
2. 出版社 丸善	5. 総ページ数 157
3. 書名 建築構造における連成・接触問題の考え方と扱い方	

1. 著者名 Valentina Svalova, Michaela Ibrion, Tse-Shan Hsu, Chaoyong Peng, Hideyuki O-tani, Zuhair Hasan El-Isa, Pithan Pairojn, Walter Salazar, Mei Li, Sui Tung, Michihiro Ohori, Li Jianbo, Daigoro Isobe, Seizo Tanaka, Huai-feng Wang, Roberto Guidotti, Comingstarful Marthong and Stefania Rizzo	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Intech	5. 総ページ数 320
3. 書名 Earthquakes - Forecast, Prognosis and Earthquake Resistant Construction	

〔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	田中 聖三 (Tanaka Seizo) (10439557)	広島工業大学・工学部・准教授 (35403)	
研究分担者	浅井 光輝 (Asai Mitsuteru) (90411230)	九州大学・工学研究院・准教授 (17102)	

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
---------	---------