

令和 2 年 6 月 19 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H02061

研究課題名(和文)多階層マルチスケール・フィジックス津波被害予測解析のシンカ

研究課題名(英文)Deepen and expand a multi-scale and -physics tsunami disaster simulation

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) 13,800,000円

研究成果の概要(和文)：今後の巨大地震津波に備え、様々な防災・減災対策が検討・整備されている。数値解析により防災対策を事前評価するには、最低でも30分間程度の津波遡上現象を広範囲に解析し、同時に十分な空間解像度(10～20cm程度)で、かつ3次元の詳細な物理現象を解く必要がある。そこで申請者らが開発してきた多階層マルチスケール・フィジックス津波被害予測シミュレータ(MScPhy)をシンカ(進化・深化)させた。シンカの内容は以下の4点である。1)地震・津波シナリオ設定の高精度化、2)陽解法化による粒子法の高速度化、3)GPU計算機への実装、4)ASI-Gauss法による構造物倒壊解析機能の追加

研究成果の学術的意義や社会的意義

津波・地震学(理学)だけでなく土木工学・建築構造(工学)の学際的な研究グループを形成することで、地震発生シナリオから構造物倒壊までといった津波災害の全貌を解析できる前例のないシミュレータを構築した。従来の津波解析は、津波時の即時予測を目的に開発したコードが多いが、ハード防災(インフラの耐津波設計など)、およびソフト防災(防災教育など)への活用を念頭にした数値解析技術である。開発シミュレータにより、津波被害関数(フラジリティカーブなど)の経験則に頼らず、未曾有の想定外被害を事前に評価できるようになった。

研究成果の概要(英文)：For future huge earthquake tsunami, various soft and hard disaster prevention and mitigation counter measures have been discussed. Numerical simulation gives an estimation and prediction for the effect of hard/soft tsunami disaster prevention method, but it is necessary to simulate the tsunami run-up phenomenon for at least 30 minutes over a wide range. For the purpose of predicting damage and collapse, it is required to carry out a three-dimensional analysis of the coupled behavior of ground, structure and fluid with sufficient spatial resolution (about 10 to 20 cm). Therefore, the multi-scale and -physics tsunami damage prediction simulator (MScPhy) developed by the applicants was made modifications (evolution and deepening). The contents of our updates and modifications are 1) high accuracy of earthquake/tsunami scenario setting, 2) new explicit time integration of the particle method, 3) implementation on GPU computer, 4) structure collapse analysis by ASI-Gauss method.

研究分野：自然災害、計算力学

キーワード：粒子法 マルチスケール解析 マルチフィジックス解析 津波 流体構造連成解析 混相流

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

2011年の東日本大震災における津波被害を受け、100~200年に一度程度の確率で発生する巨大津波と、頻度の高い津波を分けて対策を考えるレベル1・2の概念が津波防災にも検討が始まった。ハード防災(インフラの耐津波設計など)およびソフト防災(防災教育など)など、多方面から様々な視点による防災計画・技術が提案されているが、その効果を事前に評価する技術はない。従来の津波解析手法は、津波時の即時予測を目的に開発したものが多く、津波波高の予測までは可能ではあるが、防災技術の効果を定量的に評価し得る被害の予測はまだ発展段階にある。そこで、この研究では津波被害予測を数値解析で精緻に行い、被害の定量化を試みることで防災計画に資する計算コードを開発することを目指した。

申請者は、上記の背景から、スパコンなどの並列数の多い計算機環境においても並列計算の効率が良い粒子法(SPH法)のコードを独自に開発することで、これまで困難であった3次元津波遡上解析に成功した。世界最大規模の粒子数(10億粒子以上)を用いたとしても、建物の影響を考慮した解像度(1~2m程度)で解析すると解析可能な領域は湾内および遡上の可能性のある陸域に限定される。そこで、多階層の解析をシームレスに繋ぐマルチスケール解析技術を構築することで、震源から構造物周辺の流れまでの津波現象を一貫して解析するまでの手順を確立してきた。最終段階の詳細解析では、流体だけでなく、構造物・地盤の影響を加味できるマルチフィジックス粒子法:Multi-Scale and Multi-Physics simulation based on the Smoothed Particle Hydrodynamics(MScPhy)へとさせてきた。

2. 研究の目的

今後の巨大地震津波(東海・東南海・南海連動地震津波など)に備え、様々なソフトおよびハード防災・減災対策が検討・整備されている。ハード・ソフト津波防災の検討に数値解析を積極的に活用するには、最低でも30分間程度の津波遡上現象を広範囲に解析しなければならない。同時に橋梁・防波堤などの重要インフラ構造物の損傷・崩壊予測まで行うことを目的にすると、十分な空間解像度(10~20cm程度)で、かつ地盤構造と流体の連成挙動の3次元解析を実施することが求められる。そこで申請者が開発してきた多階層マルチスケール・マルチフィジックス津波被害予測シミュレータ(MScPhy)をシンカ(進化・深化)させ、より防災・減災の検討に応用できるまでの高精度なシミュレータを構築することで、そのシンカ(真価)を発揮させることを目的とした。

3. 研究の方法

上記の多段階マルチスケール津波解析(MScPhy)のシンカに向け、以下の4点について主に取り組んだ。

(1)進化①(地震・津波シナリオ設定の高精度化):

信頼性のあるレベル1解析(震源からの津波伝搬解析)を実施するためには、津波の初期条件を与える断層すべりモデル・地殻変動の予測の精度が一番重要である。特に不確実性の高い将来の地震・津波を対象としていることから、地球物理学・地震学の分野での最先端の知見(研究協力者である海洋研究開発機構(JAMSTEC)・堀高嶺が開発している地震サイクル解析に基づく地殻変動推定)を導入する。地震サイクル解析の導入により、発生確率の高い地震シナリオの推定から、最大級の地震シナリオまでの不確実性のある事象を確率論的に定量評価することができるようになり、より信頼性のある津波伝搬解析が可能となる。

(2)進化②(粒子法の高速度化・GPGPU化):

不確実事象の定量的評価を行うため、複数の地震シナリオに対するマルチスケール津波解析を実施しなければならない。これまで以上に計算負荷が高く、膨大な量の解析を行う必要があることから、計算精度を保ったまま、省メモリ化・計算コストの低減を図る。具体的には、完全陽解法化した新たな粒子法(これまでは半陰解法を選択。また既存の疑似圧縮性粒子法とは異なる、10倍程度の高速度化が実現見込み)の開発を行う。完全陽解法化により、メモリ量の制約が厳しいGPGPU計算(グラフィックス用演算機による数値計算)の利用も視野に入り、スパコンと同様の計算が安価な計算機にて実施することが期待できる。このため、上記の複数地震シナリオに対する津波解析が現実を帯びてくる。また最新のGPU(Tesla/P100)では、複数GPUの性能が格段に向上することが期待できるため、スパコンの代替計算機と成り得る。

(3)深化(木造家屋等の瓦礫解析機能の追加):

最終段階であるレベル3解析では、津波流体力に伴う構造物、地盤の崩壊現象の解析を粒子法により実施してきた。ただし実際の津波被害では、津波により多くの瓦礫あるいは木造家屋が漂流物となり移送され、さらなる構造物の連鎖倒壊を招く。そこで、共同研究者の筑波大学・磯部らの開発してきたASI-Gauss法による構造倒壊解析と粒子法による流体解析を統合化し、瓦礫の生成、および瓦礫に伴う連鎖倒壊解析機能を追加することで、構造物倒壊危険性を評価する。

(4)真価発揮に向けた準備(GPGPU利用による利用者拡大):

開発する解析コードを地方自治体あるいは建設コンサルタントの業務として使っていただくためには、スパコンなどの特殊な環境だけでなく、安価なワークステーションでも動作することが望ましい。そこで先のGPGPU化により、100万円程度のGPU付きワークステーションにて数千万~1億粒子程度までを可能(1都市の3次元津波遡上解析が可能な規模)とすることを具

体的な目標と設定した。

4. 研究成果

研究方法で説明した 4 つの内容に対して、すべて当初の計画以上の成果をあげることができた。その概要を説明する。

(1) 進化①(地震・津波シナリオ設定の高精度化)

研究協力者の JAMSTEC の堀高峰と、東大地震研の市村強は、それぞれ地震シナリオシミュレーションと強震動 FEM 解析の専門家であり、経験的ではなく、物理計算を通して地震シナリオと地殻変動予測を実施している(図 1 参照)。これらの結果を使い、空間・時間で変動する近く変動の解析結果をそのまま津波解析の初期条件として応用することで、物理的に起こり得る地震・津波シナリオを設定することに成功した。図 2 が最終的な地殻変動量である。図中に 3 地点の地殻変動の計測点を示しており、その時間発展の結果を図 3 に示す。

この物理計算により与えた地震規模は Mw9.0 であり、非常に大きな地震を想定している。その際の津波伝搬の結果を図 4 に示す。地震は図 2 の記号 C 付近からすべりが伝搬し、最終的にはそれが北東、および南西にも伝搬している。なお、地殻変動の速度が津波伝搬の速さ比べて高速であるため、この地殻変動の時間発展を直接津波解析へと反映させる効果はまだ継続した調査が必要であるが、現時点でも比較的高周波な波も励起しており、無視はできない結果が得られた。

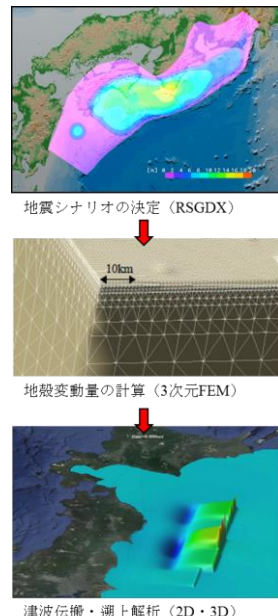


図 1 物理計算によるシナリオ設定をした津波計算

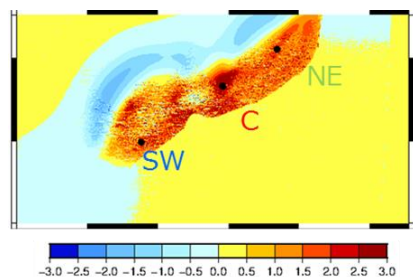


図 2 地殻変動量の分布 (Mw9.00)

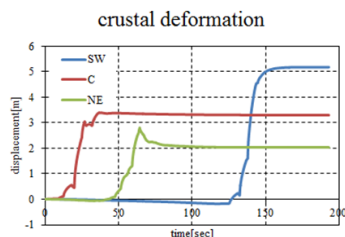


図 3 地殻変動の推移 (Mw9.00)

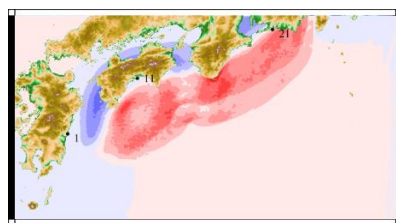
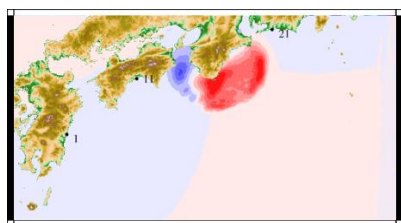


図 4 地殻変動解析を入力とした津波伝搬解析例(Mw9 の南海トラフ地震)

(2)粒子法的高速化・省メモリ化

粒子法の中でも代表者がこれまでに開発してきた安定化 ISPH(Incompressible Smoothed Particle Hydrodynamics)法を用い、その高速化を図った。安定化 ISPH 法は圧力を陰的に評価する ISPH 法の一つであり、圧力ポアソン方程式の求解が必要になるため、共役勾配法などの連立一次方程式の求解が必要となる。このため、係数行列をメモリに保存する必要があるため使用メモリが増え、また連立一次方程式求解のコストも粒子数に対して 1.5 乗程度で増加するため、大規模問題の解析が困難であった。そこで、この圧力求解過程までを陽解法化した陽的安定化 ISPH 法を提案した。これにより、メモリ使用量を従来法の数十分の 1 程度に抑えることができた。陽解法であることから、時間増分は従来法の 1/10 程度で解くべきではあるが、1 ステップの計算時間が 1/50 程度であることから 5 倍程度の高速化は実現できた。また、(4)で説明する GPU 計算への実装が可能となり、安価かつ高速な計算機環境での計算が実現できたことが一番の成果である。

(3)木造家屋等の瓦礫解析機能の追加

巨大な津波、あるいは最近の豪雨被害においては、木造家屋の流失が発生し、流失した家屋が瓦礫となり被害を拡大している。こうした浸水被害予測の精度向上のためには、木造家屋の瓦礫化現象の再現まで解析に考慮すべきであろう。また被害を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

を行うことは、災害リスクマネジメントの面からもこうした広域の木造家屋倒壊予測のニーズが高い。

都市全域の木造家屋の倒壊危険性と倒壊後までの挙動解析の実現に向け、進行性崩壊解析に実績がある骨組み要素の有限要素法の一つである ASI-Gauss 法を選択し、その高速な大規模解析用コードを開発した。また都市全域の建物のモデル化することが必要となるため、地理情報システム (GIS) を用い、建物の形状までをできるだけ正確に反映したモデル作成ツールを同時に開発した。具体的には、図 5 に示すような柱、梁、壁ブレースの 3 つの要素からなる単位ユニットを使い、この組み合わせで簡易的に任意の形状の家屋を簡易に表現することで、図 6 に示すような都市全体のモデルを瞬時に作成できる。木造家屋を構成する骨組みの力学特性のモデル化においては、建築基準法に準拠した層せん断力と層間変形角の関係 (図 7 参照) と整合するよう、各構成要素の剛性・降伏応力を自動設定することで、建築年代に対応した倒壊予測を実現している。

解析例として、熊本県益城町を対象とした地震時の倒壊解析を示す。領域：2.1km×1.8km、建物数：3444、要素数：1,993,504、節点数：1,065,266、データサイズ：0.42GB。都市全域を対象とした実時間 10 秒の解析 (図 8：倒壊状況を示すためカラーコンターは鉛直変位と設定) を 1 台のパソコンで、85 時間程度で実施した (京都大学 Camphor2：1 ノード、68 スレッド、1000 ステップ)。オプションとして領域分割機能を追加しており、対象とする領域に応じて使用する計算ノードを増やせば、スパコン上での解析が可能である。

今後は、まず過去の地震被災事例との比較による木造家屋倒壊解析の妥当性を確認し、さらには ASI-Gauss 法による家屋の解析と津波遡上解析法を連成することで、地震だけでなく津波に対する都市全域の木造家屋倒壊予測技術への機能拡張を計画している。

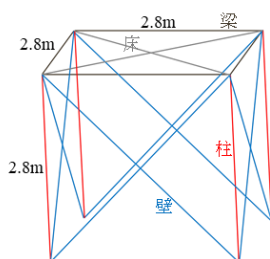


図 5 木造家屋モデルの単位ユニット



図 6 益城町全体の建物のモデル化例

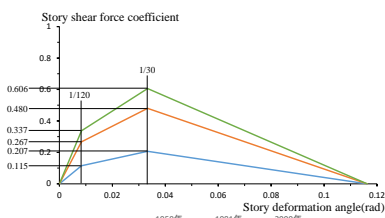


図 7 木造家屋の層せん断力と層間変形角

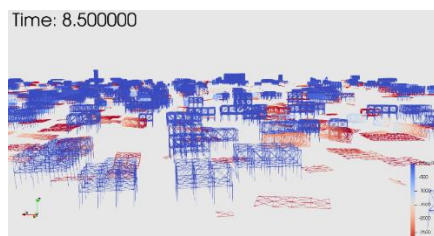


図 8 地震時の倒壊解析例

(4) 陽的安定化 ISPH 法の GPU 計算機への実装

(2)で開発した陽的 ISPH 法を GPU 計算機へと実装することで、1GPU あたり 4000 万粒子程度までの計算可能となった。現時点では MPI の実装はしていないため、GPU4 枚までの計算に留まっているが、これでも億粒子以上の計算が実施可能である。

時間積分スキームが完全に陽解法化できたことから、粒子数の増加に伴う計算時間の増加は線形的に留まり、これまで以上の大規模計算が可能となった。GPU 計算機でも実装できたのは、(2)で説明した独自の計算アルゴリズムを構築することでメモリ使用量を大幅に削減できたことが一番の要因である。また複数の GPU を用いた計算時間は、1 枚の計算時間に対するスピードアップ効率 (計算時間の逆数) 2 枚まではほぼ理想通りの結果が得られており、4 枚使った場合では 1 枚の計算に比べて約 3.5 倍まで高速化を達成した。

計算例として、50 cm の粒子径、約 5000 万粒子を使い福島原発の津波遡上現象を解析した例を図 9 に示す。これまでに 100 ノード以上のスパコンで実施した例はあるが、1 台のワークス

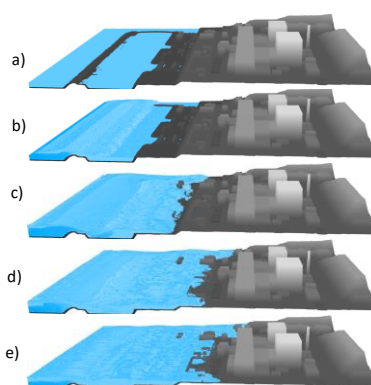


図 9 福島原発周辺の津波遡上解析例

テーションに収まる 4GPU で同解析が実施できていることから、GPGPU 計算の性能の高さは明白である。

以上当初計画した 4 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。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14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 3件）

1. 著者名 Daniel Morikawa, Mitsuteru Asai, Nur ' Ain Idris, Yusuke Imoto, Masaharu Isshiki	4. 巻 1
2. 論文標題 Improvements of highly viscous fluid simulation using a fully implicit SPH method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Computational Particle Mechanics	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s40571-019-00231-6	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 井元佑介, 浅井光輝	4. 巻 74
2. 論文標題 安定化ISPH法の理論的解釈 エネルギー最小化問題からの安定化項の導出	5. 発行年 2019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 I_159-I_166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2208/jscejam.74.I_159	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 Masao Ogino, Takuya Iwama and Mitsuteru Asai	4. 巻 1
2. 論文標題 Development of a Partitioned Coupling Analysis System for Fluid-Structure Interactions Using an In-House ISPH Code and the Adventure System	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Computational Methods	6. 最初と最後の頁 143-153
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1142/S0219876218430090	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 Masao Ogino, Takuya Iwama, Mitsuteru Asai	4. 巻 未定
2. 論文標題 Development of a partitioned coupling analysis system for fluid-structure interactions using an in-house ISPH code and the ADVENTURE system	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Computational Methods	6. 最初と最後の頁 未定
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 仲矢直樹, 浅井光輝, 馬場俊孝, 正垣翔太	4. 巻 74
2. 論文標題 2次元差分法による津波遡上解析における建築物・堤防高のモデル化忠実度が与える差異	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 地震工学講演会論文集(土木学会論文集A1特集号)	6. 最初と最後の頁 未定
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 原崎健輔, 浅井光輝	4. 巻 2018巻
2. 論文標題 SPH-DEMによる固液混相流解析の妥当性確認と粗視化粒子モデルによる洗掘現象解析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本計算工学論文集	6. 最初と最後の頁 p.20182001
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 Yi Li, Mitsuteru Asai	4. 巻 2018巻
2. 論文標題 Fluid-rigid body interaction simulation based on a stabilized ISPH method incorporated with the impulse-based rigid body dynamics	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本計算工学論文集	6. 最初と最後の頁 p.20182010
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 小笠原圭太, 浅井光輝, 古市幹人, 西浦泰介	4. 巻 Vol.73
2. 論文標題 大規模津波遡上解析に向けた安定化ISPH法の陽的時間積分スキーム	5. 発行年 2018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 I_397-I_404
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 原崎健輔, 浅井光輝, 合田哲朗, 笠間清伸, 西浦泰介	4. 巻 Vol.73
2. 論文標題 SPH-DEMカップリング解析による防波堤マウンドのパイピング破壊解析	5. 発行年 2018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 I_295-I_304
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 Li Yi, Mitsuteru Asai, Bodhinanda Chandra, Masaharu Isshiki	4. 巻 2020
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 Journal of Computational Particle Mechanics	6. 最初と最後の頁 2020
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/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 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) https://doi.org/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 藤井 孟大, 浅井 光輝, 牛島 省, 鳥生 大祐	4. 巻 Vol.74, No.2
2. 論文標題 洗掘解析に向けた鉛直噴流実験による ISPH-DEM 連成手法の妥当性確認	5. 発行年 2020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.I_249-I_258
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 辻 勲平, 浅井 光輝, 小西 康彦, 大峯 秀一	4. 巻 Vol.74, No.2
2. 論文標題 含水に伴う見かけの粘着力を考慮した SPH-DEM 連成解析による地盤陥没現象の再現	5. 発行年 2020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_203-1_213
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 井元 佑介, 浅井 光輝, 藤井 孟大	4. 巻 Vol.74, No.2
2. 論文標題 安定化 ISPH 法の理論的解釈 II -誤差評価に基づく安定化係数の最適化-	5. 発行年 2020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_187_194
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 -

〔学会発表〕 計30件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 20件)

1. 発表者名 Naoki Nakaya, Mitsuteru Asai, Ryoichiro Agata, Takane Horii and Toshitaka Baba
2. 発表標題 Tsunami Run-up Simulation Based on Crustal Deformation Simulation by FEM
3. 学会等名 7th International Conference on Protection of Structures against Hazards (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kumpei Tsuji, Mitsuteru Asai, Yasuhiko Konishi, Shuichi Oomine
2. 発表標題 3-Dimensional SPH-DEM coupled simulation for elucidating road caving collapse processes involving water-soil coupling phenomenon
3. 学会等名 7th International Conference on Protection of Structures against Hazards (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 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daniel Sihgueo Morikawa, Mitsuteru Asai
2. 発表標題 Improvements on Highly Viscous Fluid Simulation Using the SPH Method
3. 学会等名 7th International Conference on Protection of Structures against Hazards, (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daniel Sihgueo Morikawa, Mitsuteru Asai
2. 発表標題 Improvements on Highly Viscous Fluid Simulation using a Particle Method and Its Application to Landslide Problems
3. 学会等名 13th World Congress on Computational Mechanics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Li Yi, Mitsuteru Asai
2. 発表標題 Fluid-rigid body interaction simulation based on ISPH incorporated with impulse-based method
3. 学会等名 13th World Congress on Computational Mechanics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mitsuteru Asai, Naoki Nakaya, Ryoichiro Agata, Takane Horii, Toshitaka Baba
2. 発表標題 A physical simulation based earthquake scenario and a multi-scale Tsunami simulation
3. 学会等名 13th World Congress on Computational Mechanics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daniel Sihgueo Morikawa, Mitsuteru Asai
2. 発表標題 Improvements on Highly Viscous Fluid Simulation using a Particle Method
3. 学会等名 4th Computational Desing in Engineering (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mitsuteru Asai
2. 発表標題 Natural disaster simulation by as multiphysics particle simulation
3. 学会等名 4th Computational Desing in Engineering, CODE 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mitsuteru ASAI
2. 発表標題 Multi-scale and physics tsunami disaster simulation for disaster prevention and mitigation
3. 学会等名 Compsafe 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yi Li and Mitsuteru Asai
2. 発表標題 A bridge wash-out simulation using a stabilized ISPH incorporated with multi-body dynamics based on the impulse-based contact force method
3. 学会等名 Compsafe 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masao Ogino, Mitsuteru Asai, Takuya Iwama
2. 発表標題 A study on parallel fluid-structure interaction simulations using a SPH code and the adventure through REVOCAP_coupler
3. 学会等名 Compsafe 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mitsuteru Asai
2. 発表標題 Multi-scale and physics tsunami disaster simulation for disaster prevention and mitigation
3. 学会等名 Particle2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Keita Ogasawara, Mitsuteru Asai, Mikito Furuichi and Daisuke Nishiura
2. 発表標題 Performance of large scaled tsunami run-up analysis using Explicit ISPH method
3. 学会等名 Particle2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kensuke Harasaki and Mitsuteru Asai
2. 発表標題 Development of a fluid-solid multiphase flow simulation by a SPH-DEM coupled method for simulating a seawall destruction due to soil foundation scour
3. 学会等名 Particle2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 辻勲平, 浅井光輝
2. 発表標題 下水管の損傷に伴う地盤陥没現象の解明に向けたSPH-DEM連成手法の開発
3. 学会等名 平成29年度土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 原倅平, 浅井光輝
2. 発表標題 崩壊解析に適したASI-Gauss法による阿蘇大橋崩落プロセスの検証
3. 学会等名 平成29年度土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 仲矢直樹, 浅井光輝, 馬場俊孝
2. 発表標題 FEMによる地殻変動解析に準ずる津波遡上解析の必要性の検討
3. 学会等名 平成29年度土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 原崎健輔, 浅井光輝
2. 発表標題 津波による防波堤崩壊解析に向けた水 - 土粒子連成解析
3. 学会等名 計算力学講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yi Li, 浅井光輝
2. 発表標題 安定化ISPH法と撃力法による漂流物運動の解析
3. 学会等名 計算力学講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 原崎健輔, 浅井光輝
2. 発表標題 防波堤の洗掘解析に向けたSPH-DEM法による流体 土粒子の混相流解析手法の開発
3. 学会等名 土木学会全国大会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yi Li and Mitsuteru Asai
2. 発表標題 Evaluation for the safety of tsunami refuge building by fluid-rigid body coupled analysis on the particle method
3. 学会等名 土木学会全国大会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 仲矢直樹, 浅井光輝, 馬場俊孝
2. 発表標題 2次元差分法と3次元粒子法による津波遡上解析の比較とその特徴~高知県高知市を対象とした数値実験~
3. 学会等名 土木学会全国大会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 浅井光輝
2. 発表標題 津波被害予測シミュレーションから学んだ粒子法の良いところ
3. 学会等名 Prometec Simulation Conference 2017 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 浅井光輝
2. 発表標題 粒or粉? 粒子法シミュレーションの可能性と問題点 ~津波防災への適用事例と今後の課題~
3. 学会等名 粉体工学会2017年度第1回「西日本談話会」(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mitsuteru Asai, Mikito Furuichi, Daisuke Nishiura
2. 発表標題 Dynamic Load Balanced Expanding Slice Grid Method for Large-scaled High Fidelity Tsunami Run-up Simulation using an Explicit SPH
3. 学会等名 VI International Conference on Particle-based Method - Fundamentals and Applications PARTICLES 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Li Yi, Mitsuteru Asai, Bodhinanda Chandra
2. 発表標題 Simulation of Free-surface Flow Interacting with Multiple Rigid Bodies using Coupled ISPH - DEM incorporated with Energy Tracking Impulse method
3. 学会等名 VI International Conference on Particle-based Method - Fundamentals and Applications PARTICLES 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daniel Morikawa, Mitsuteru Asai, Masaharu Isshiki
2. 発表標題 Verification and Validation in Highly Viscous Fluid Simulation using a Fully Implicit SPH Method
3. 学会等名 VI International Conference on Particle-based Method - Fundamentals and Applications PARTICLES 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kunpei Tsuji, Mitsuteru Asai
2. 発表標題 Fluid-Solid Multiphase Disaster Simulator using SPH-DEM coupled Method
3. 学会等名 7th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kohei Hara, Mitsuteru Asai, Daigoro Isobe, Seizo Tanaka
2. 発表標題 Application of ASI-Gauss code for wooden houses collapse analysis of entire city by earthquake and tsunami
3. 学会等名 7th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics (国際学会)
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	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	笠間 清伸 (Kasama Kiyonobu) (10315111)	東京工業大学・環境・社会理工学院・准教授 (12608)	
研究分担者	伊津野 和行 (Izuno kazuyuki) (90168328)	立命館大学・理工学部・教授 (34315)	
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)	