jh190045-NAH

異なる数値解析手法による未解明な斜面災害の 大規模流動シミュレーション

森口 周二 (東北大学)

本課題では特に斜面災害に焦点を絞り,非ニュートン流体モデルを実装した各種数 値解析手法を用いて 2016 年熊本地震で発生した阿蘇の斜面崩壊と 2017 年の那須町 の雪崩を対象とした再現解析を実施する.これらの事例は,社会的にインパクトの 大きいものでありながら,流動挙動については十分に検証できていない.本課題で は,構成メンバーが各自開発した数値解析手法による大規模 3 次元解析を行って発 災当時の状況を詳細に再現し,災害の未解明部分を明らかにすることで,現代の大 規模計算に基づく災害シミュレーションのポテンシャルを示す.

- 1. 共同研究に関する情報
 - (1) 共同研究を実施した拠点名 京都大学・学術情報メディアセンター
 - (2) 共同研究分野
 - 超大規模数値計算系応用分野
 - ロ 超大規模データ処理系応用分野
 - ロ 超大容量ネットワーク技術分野
 - ロ 超大規模情報システム関連研究分野
 - (3) 参加研究者の役割分担
 - ・全体総括
 森口周二(東北大学):研究代表者
 - ・共同研究支援・FVMによる雪崩解析
 牛島省(京都大学):研究副代表者
 - MPM による土砂流動解析
 寺田 賢二郎(東北大学)
 山口 裕矢(東北大学)
 - SPHによる土砂流動解析
 浅井 光輝(九州大学)
 西浦 泰介(海洋研究開発機構)
 - FEM による雪崩解析
 高瀬 慎介(八戸工業大学)
 - FVM による雪崩解析
 鳥生 大祐(京都大学)

2. 研究の目的と意義

高度に発展した計算技術や計算機能力の 著しい向上は,災害シミュレーションにおけ るスケールを拡大させ,現象の表現能力を大

きく引き上げた. その結果,数値解析は,災 害リスク評価を可能とする強力な武器とし て位置づけられ、 今後の防災・減災の中でも 重要な役割を担う要素技術として期待され ている.しかしながら、津波などの一部の分 野を除いて、シミュレーションが数値実験と して十分な信頼性を得るには至っていない. 特に、地盤災害や斜面災害については、高度 な材料モデルや数値解析手法が提案されて いる一方で,現象の中に含まれる大きな不確 実性が障壁となり,実現象を対象とした完全 な検証は難しい場合が多く,数値解析の潜在 能力を十分に示し切れていない. 今後の防 災・減災の中で,数値解析がその能力を十分 に発揮する環境を整えるためには、実災害事 例を対象として現代の数値解析が工学的に 重要な情報をどの程度出せるのかを具体的 に示し、その積み重ねの結果として信頼性を 獲得していく必要がある.

上記の背景に基づいて、本申請課題では特 に斜面災害に焦点を絞り、現代の大規模計算 に基づく災害シミュレーションが工学的に 貴重な情報を提供する具体例を示す.具体的 には、2016 年熊本地震で発生した阿蘇の斜 面崩壊と 2017 年の那須町の雪崩を対象とし て、その再現解析を実施する.これらの事例 は、社会的にインパクトの大きいものであり ながら,未解明な部分が多く,どちらも最終 的な結果については情報があるものの,流動 挙動については十分に検証できていない.本 申請課題では,大規模3次元解析により,発 災当時の状況を詳細に再現し,それぞれの災 害の未解明部分を明らかにするとともに,現 代の大規模数値解析のポテンシャルを示す ことを目的とする.

3. 当拠点公募型研究として実施した意義

土砂流動や雪崩などの3次元解析に関する モデルや手法,およびその適用事例について は数多く報告されているが,各研究事例で解 析対象は異なり,それらの共通点や相違点を 直接的に議論することは難しい.これに対し て,本課題では,2つの実際の災害事例に絞 って再現解析を行い,その結果をもとに議論 を行うため,災害シミュレーションに対する 数値解析のポテンシャルをより詳細に議論 することができる.

研究の目的と意義で示した2つの災害事例 は、どちらも大規模な斜面災害であり、その 精緻な3次元解析には必然的に大規模計算環 境が必要となる.また、土砂流動に関しては 落橋した橋梁に作用した衝撃荷重の表現が, 雪崩に関しては、発生源や流下経路、および 植生の影響や雪崩に巻き込まれた人間がど のように流されたのかを検証する必要があ る. さらに、斜面形状に添って計算点を配置 したとしても、阿蘇の土砂流動は 350×250 ×30m, 那須の雪崩は 300×4000×30m 程 度の空間をカバーする必要がある上に,流動 中の土砂や雪崩の厚さを考慮すると地表面 付近では少なくとも数十センチ以下の解像 度が求められる.この計算規模の中で不確実 性を考慮したパラメトリックスタディが必 要となるため、大規模計算環境が必須となる.

4. 前年度までに得られた研究成果の概要

本課題のグループは,継続的に当拠点共同

研究の中で計算力学を主軸とした研究を展開しており,特に近年では,防災・減災のための計算力学を意識した研究を展開している.これらの研究成果およびその他の本課題に関連する研究成果を以下に示す.

【東北大学&八戸工大グループ】

FEM による土砂災害や雪崩の数値解析手 法の開発を行ってきた経緯があり, 例えば, 2011年に山形県月山で発生した雪崩に対し、 植生や防護工の影響を数値解析の中で直接 的に表現した3次元解析を行っている.準3 次元の解析では表現が難しいものであり、大 規模計算による3次元条件での表現が重要な 意味を持つ解析事例の1つである.また、物 質粒子と計算格子を利用する MPM による大 規模計算についても研究を行っている. 平成 30 年度に採択された JHPCN 課題では, 孤立 波による砂山の洗堀・運搬実験についての再 現解析を行い、大規模計算の中で水と砂の挙 動の高解像度表現を実現しており, 地盤材料 の大変形問題に対する MPM の高いポテンシ ャルを確認している.

【京都大学グループ】

3次元多相場の並列計算手法 MICS を用 いて、流体と固体の連成問題に対する大規模 並列計算を行ってきた. 平成 29 年度の JHPCN 課題では, MPI/OpenMP のハイブリ ッド並列計算(プロセス並列数:1,088,1 プロセスあたりのスレッド並列数:3) によ って、約10万個の固体粒子がダムブレイク 流れによって輸送される大規模数値実験を 行った.なお、この数値実験では実際の礫粒 子 500 個を計測して作成した 26 種類の固体 粒子モデルを用いた. さらに, 平成 30 年度 の課題では,鉛直噴流による礫群輸送の実験 と 4.352 コア (プロセス並列数:1.088,1 プロセスあたりのスレッド並列数:4)を利 用した再現解析を行い,実験結果との比較を 通じて本計算手法の妥当性確認や流体計算 格子の解像度に関する検討を行っている.

【九州大学&海洋開発研究グループ】

SPH と DEM の連成解析による流体と固体 の連成問題に対する大規模並列計算の研究 を進めてきた.平成 30 年度に採択された JHPCN 課題では,DEM の接触判定アルゴリ ズムを改良し,移動物体の表現精度を高めた 上で積み上げられた物体が流体力によって 移動・流出する水路実験を再現している.ま た,本課題で土砂流動に関する重要検討項目 として挙げている阿蘇大橋(2016 年熊本地震 で土砂流動が発生した斜面直下で落橋)の崩 壊メカニズムに関する FEM 解析を実施して おり,地震動,地盤変状,流動土砂による荷 重,基礎地盤の崩壊などの各要因の可能性を 検討している.

5. 今年度の研究成果の詳細

本課題の各構成グループの成果を以下に示 す. なお、中間報告に示した模型実験との比 較なども今年度の成果に含まれるが、ここで はそれらの報告は省略し、中間報告以降に得 られた成果のみを記載する.

【京都大学グループ】

本継続課題で検討を進めてきた3次元多 相場の並列計算手法 MICS に非ニュートン流 体モデルを実装し,数値実験を行ってその適 用性を確認した. 当初の予定では 2017 年の 那須町の雪崩の再現解析を実施する予定で あったが、対象とする雪崩の流下経路を含め た地形を精緻に表現した場合,計算コストが 極めて高くなってしまい,現実的な時間で計 算を終了することが難しいことが判明した. これは、広範囲な地形表現に加えて雪崩流下 中には斜面地表での厚みの薄い状態の流動 を表現する必要があり、MICS はボクセル格 子を用いた手法であるために、斜面表面上の 精緻な地形表現や流動の表現のためには非 構造メッシュに比べてより高い計算コスト が求められるためである.よって、本グルー プでは、樹木の有無が雪崩の流動挙動に与え る影響について,非ニュートン流体モデルを 実装した並列計算手法 MICS の可能性を探る こととした.この試みは,本課題の当初の目 的とは若干異なるものであるが,樹木が雪崩 の流動挙動に与える影響については,近年の 雪崩防災の中でも重要視されている研究テ ーマである.物体間をすり抜けるビンガム流 体の計算を実施しており,特に,運動方程式 の応力項をコロケート格子上で有限体積法 に基づいて離散化する際,セル境界における 物性値の推定方法が計算精度や数値安定性 に大きく影響を与えることを確認し,その適 切な推定方法を整理した.

まず、多数の正方形固体間におけるニュー トン流体と非ニュートン流体(ビンガム流体) の2相流について、2次元で数値実験を行っ た.計算領域を図-1に示す.本数値実験で は、正方形固体が計算領域に占める割合 ϕ や ビンガム流体の無次元降伏応力 τ_0 、を様々 に変えて流動状況を比較した.



図-1 正方形固体間におけるニュートン流体 と非ニュートン流体の2相流の計算領域

図-2 に, (a) Φ = 0.025, τ_0 ' = 0.125 (b) Φ = 0.120, τ_0 ' = 0.030 の各条件で得られた t' = 569 におけるビンガム流体の分布を示す. なお, t'は無次元時間であり,時間 t, 重力加速度 g, ビンガム流体の 初期 高さ H を用いて $t' = t\sqrt{g/H}$ と表される. 図-2 からわかるように, $\Phi \approx \tau_0$ 'の値に応じて流動状況が変化した. また, τ_0 'がある値を超えるとビンガム流

体が初期形状を維持し、流動が発生しないこ とを確認した.流動が発生する τ_0 、の限界値は、 ϕ の値によっても変化するため、 $\phi \geq \tau_0$ 、を変 化させた各条件でビンガム流体の流動が発 生したか否かを判定した結果を図-3 に示す. 図-3 において、"flowing"は流動が発生したケ ース、"non-flowing"は流動が発生したケ ケースを表す. 図-3 より、ビンガム流体が流 動する τ_0 、の限界値は、 ϕ の増加に伴い減少し ていくことを確認した.



(a) $\Phi = 0.025$, $\tau_0' = 0.125$ (b) $\Phi = 0.120$, $\tau_0' = 0.030$

図-2 t' = 569 におけるビンガム流体の分布 (正方形固体間流れ)



図-3 各 *Φ* と *τ*₀³の条件におけるビンガム流体 の流動発生の有無

次に,3次元計算への適用性を確認するために,図-4に示すような複数の円柱間におけるビンガム流体とニュートン流体(気体)の2相流について,to'を変えて3ケースの数値

実験を行った.計算格子数は,各方向につい て 160×105×60 とした.また,本数値実験で は MPI/OpenMP のハイブリッド並列計算を 行い,領域分割法に基づいてプロセス並列数 を各方向に 4×3×4 (= 48),1プロセスあた りのスレッド並列数を 4,合計 192 並列とし た.



図-4 円柱間におけるビンガム流体とニュー トン流体の2相流の計算領域

図-5 に, (a) $\tau_0' = 0.0$ (ニュートン流体), (b) $\tau_0' = 0.067$, (c) $\tau_0' = 0.133$ とした場合の t' = 4.1 における自由液面形状を示す. なお, (b), (c)の両ケースにおいてビンガム流体の 流動はほぼ停止している. 図-5 からわかるよ うに, τ_0' の値が大きくなるにつれビンガム 流体の流動が抑制されており,同じ時刻での 液面形状に差異が生じることを確認した.



(a) $\tau_0' = 0.0 (ニュートン流体)$





(b) τ₀' = 0.067
 (c) τ₀' = 0.133
 図−5 t' = 4.1 における自由液面形状(円柱間流れ)

【東北大学&八戸工大グループ】

 MPM による熊本地震で発生した土砂流動の 再現解析

2016 年 4 月の熊本地震により阿蘇郡南阿 蘇村立野地区の国道 57 号線沿いで発生した 大規模斜面崩壊を対象に, MPM を用いた再現 解析を行った.約1km²の地域について、国土 地理院の数値標高モデルに基づき, 地形を粒 子によって表現したモデルを図-6に示す.計 算格子は 2.5m 間隔, 粒子サイズは 62.5cm と し、全体で約2400万粒子を使用している. 土 砂の材料モデルとしてはビンガム流体モデル などが広く利用されるが, MPM では履歴依存 の固体モデルを採用可能であるため、ビンガ ム流体モデルと類似の Drucker-Prager の降伏 基準に基づく弾塑性モデルによって崩壊土砂 の材料特性を表現する. 地震動が作用した場 合に対象の地域の地盤では内部摩擦角と粘着 力が低減するとされているため、本解析では 地盤を弾性材料として自重による初期応力状 態を与えた後に,崩壊土砂のみ内部部摩擦角 と粘着力を低減させることで土砂流動の発生 を表現する.また,流動土砂が阿蘇大橋の崩 落に及ぼした影響を評価するために、有効幅 8.0m, 橋長 204m の橋梁上面に位置する格子 点で鉛直方向の節点力を合算し,作用力を算 定する.



図-7には解析結果の崩壊土砂の進展の様子 を示している.また,図-8は崩落後の様子を 現場写真と比較したものであり,崩壊土砂の 堆積の様子はおおむね整合していることが見 て取れる.図-9は斜面崩壊発生時間を基準と した流動土砂の橋梁への作用力の時刻歴であ り,土砂が橋に到達する約 30 秒時に最大 25MN が作用しており,その後も 15MN 程度 の静荷重が作用することが表現されているこ とが分かる.



図-7 MPM による斜面崩壊解析の結果



図-8 現場写真と解析結果の比較



図-9 流動土砂の橋梁への作用力時刻歴

(2) FEM による那須で発生した雪崩の再現解析

2017年に栃木県那須郡那須町のスキー場付 近の山岳地で発生した雪崩の再現解析を実施 した. 雪崩の(図-10) 最終到達位置などについ ては現地調査の結果などから概ね明らかとな っているが、発災後も積雪があったことなど から,発生源の位置や流下経路などは完全に は把握できていない. この再現解析のために 使用したメッシュ図を図-11 に示す. 斜面上 の流下範囲と推定される一部分を対象に斜面 表面に沿うように10mの厚さでメッシュを発 生させている. 地表面付近のメッシュサイズ は 50cm 程度で、地表面から離れるにしたが って徐々に粗いメッシュサイズとなっており, 全体の要素数は約3200万である.解析手法に は安定化有限要素法を用い、材料モデルには Coulomb の破壊基準を導入した Bingham 流体 モデルを採用した.



図-10 那須町で発生した雪崩

10m

変化させて,実際の雪崩を再現するための条件を検討した.図-12はその一例あり,発生 源位置に関する検討結果である.最終到達位 置が実際と一致するように解析条件とパラメ ータを変化させて,実現象を再現する条件を 明らかにした.また,この3次元解析結果を 用いて,人体に作用する衝撃力を評価する枠 組みを構築し,衝撃力分布図(図-13)を作成し た.さらに,その結果に対して津波工学の分 野で提案されている衝撃力の基準を適用し, 人間が転倒する領域と死者が発生する領域を マッピングし実被害との比較を行った(図 -14).その結果,解析結果は実被害を精度よ く再現していることを確認した.



図-12 異なる発生源位置に対する到達位置



図-13 人体に対する衝撃カ分布

図-11 解析メッシュ 本研究の中では,解析条件やパラメータを



図-14 計算された衝撃力と実被害との比較

【九州大学グループ】

先述の東北大学・八戸工大グループと同じ, 2016 年 4 月の熊本地震により阿蘇郡南阿 蘇村立野地区の国道 57 号線沿いで発生し た大規模斜面崩壊を対象に,開発してきた高 粘性流体用の完全陰解法型 ISPH 法を使って 再現解析を行った.粒子径は 50 cmである(65 cmの MPM 法とほぼ同等).材料モデルとして は Mohr-Coulomb の破壊基準に従う擬塑性流 体(非ニュートン流体の一種)を採用した.

図-15 にその流下土砂の時刻歴を示す.図 -16 には、橋梁モデルの特定の観測点での圧 カの時刻歴応答をグラフ化した.図-9の MPM による橋梁に作用する力のグラフと波 形はあるていど類似しており、東北大学・八 戸工大グループの結果との整合性が確認さ れる.また、MPM と ISPH 法による解析結果 から、崩壊に伴って発生した土砂が橋梁全体 に堆積したのではなく、斜面側の一部の領域 にしか堆積していないことも確認できる.本 課題の中で橋梁に作用した動的荷重と堆積 後の静荷重の推定が達成され、この結果は阿 蘇大橋の落橋の原因特定の重要な材料にな る.

この斜面崩壊解析の前に、阿蘇大橋の崩壊 過程のシミュレーションを骨組構造の動的 崩壊解析で実績のある ASI-Gauss 法を用い, 阿蘇大橋の崩落メカニズムを推定した(詳細

は研究業績一覧(1)の査読付き論文3.を参照). この解析では、地震動、地盤変動による橋梁 支持部の移動、崩土荷重を段階的に与え、落 橋の主要因の特定を試みた研究である.表-1 に示すとおり、計測されていない不確実な事 象については、複数のシナリオを設定した解 析を実施した. 図-17 では、その中の一つの シナリオ時の崩壊過程を示す.この結果では, 崩土荷重を死荷重(静的な重量のみを考慮)と してモデル化すると、橋梁の斜面側半域、あ るいは全域に 2.3~2.5m もの土砂が堆積しな いと崩壊に至らないといった非現実的な結 果であった. 阿蘇大橋の落橋の原因をより詳 細に検討するためには、このような構造解析 と MPM あるいは ISPH 法などによる直接連 成解析の実施が望まれる.



図-15 ISPH 法による斜面崩壊解析の結果



図-16 橋梁に作用する流動土砂圧力の時刻歴

表-1 橋梁崩壊モデルのシナリオ設定例

崩落プロセス		シナリオ1	シナリオ2	シナリオ3	シナリオ4
1) 地震動		1.0倍〇	1.0倍 〇	1.0倍 〇	1.0倍 〇
2) 地盤変動		2.2倍 ×	-	1.0倍 〇	1.5倍 〇
3) 崩土	全域	-	1.0倍 ×	1.1倍 ×	1.2倍 ×
	半域	-	1.2倍 ×	1.25倍 ×	1.35倍×
4) 基盤崩壊		_	_	-	_



図-17 阿蘇大橋崩壊解析例

6. 今年度の進捗状況と今後の展望

土砂流動と雪崩の2つの実災害の再現解析 を実施し、工学的に重要な情報が蓄積される とともに、現代の数値解析の災害シミュレー ションに対するポテンシャルの高さを示す ことが出来た.一部当初の予定とは異なる方 針となった部分があるが、実災害の再現解析 を通じて現代の大規模解析のポテンシャル を示すという意味では概ね計画通りの成果 であり、一部では計画以上の成果を得ている. 一方で,本課題の遂行する中で,実際の斜面 災害はスケールが大きいため計算コストが 高く,大規模計算を使ったとしても計算時間 が問題となることも痛感した.実際の防災・ 減災に対して有効なツールとなるためには, 単なる計算効率や並列化効率とは異なる観 点でのアプローチが必要と考えられる.

7. 研究業績一覧(発表予定も含む)

- (1) 学術論文 (査読あり)
- 田中寛樹, <u>鳥生大祐</u>, <u>牛島省</u>, 固体粒子の間隙流体計算における時間・空間分解

能の影響,土木学会論文集A2(応用力学), Vol.75, No.2, pp.I_269-I_276, 2019.

- <u>牛島省</u>,<u>鳥生大祐</u>,柳博文,田中寛樹, 鉛 直 噴 流 に よ る 礫 粒 子 群 輸 送 と saltation-collapse 平衡の数値解析,土木学 会論文集 A2(応用力学), Vol.75, No.2, pp.I_289-I_300, 2019.
- <u>浅井光輝</u>,原倖平,磯部大吾郎,田中聖 三,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, 構造工学論文集,66A 巻,pp. 59-69,2020.
- 藤井孟大,<u>浅井光輝</u>,<u>牛島省</u>,<u>島生大祐</u>, 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,土木 学会論文集 A2(応用力学), Vol.75, No.2, pp.I 249-I 258, 2019.
- (2) 国際会議プロシーディングス (査読あり)
- K. Nagano, <u>D. Toriu</u>, <u>S. Ushijima</u>, Computations of free-surface flows in porous media composed of swelling objects, JSST2019, pp. 46 - 49, 2019.
- D. Morikawa, <u>M. Asai</u>, M. Isshiki, Verification and validation in highly viscous fluid simulation using a fully implicit SPH method, VI International Conference on Particle-based Method - Fundamentals and Applications PARTICLES 2019.
- (3) 国際会議発表 (査読なし)
- <u>S. Ushijima</u>, <u>D. Toriu</u>, H. Tanaka, Parallel computations of fluid-solid and solid-solid interactions in many non-spherical gravel particles driven by water flows, APCOM 2019, December, 2019, Taipei, Taiwan.
- H. Tanaka, <u>D. Toriu</u>, <u>S. Ushijima</u>, Computations of density currents among many non-spherical particles, APCOM 2019, December, 2019, Taipei, Taiwan.
- K. Kitou, H. Kanno, T. Kotani, <u>S. Moriguchi</u>, <u>K. Terada</u>, K. Nakamura, I. Kamiishi, A

hazard map of impact force of snow avalanches using 3D simulation and empirical formula, APCOM2019, December, 2019, Taipei, Taiwan.

- K. Yoshida, <u>Y. Yamaguchi, S. Moriguchi, K.</u> <u>Trada</u>, Impact force estimation of sediment flow using the material point method, APCOM2019, December, 2019, Taipei, Taiwan.
- K. Tsuji, <u>M. Asai</u>, Fluid-solid multiphase disaster simulator using SPH-DEM coupled method, APCOM2019, December, 2019, Taipei, Taiwan.
- K. Hara, <u>M. Asai</u>, D. Isobe, S. Tanaka, Application of ASI-Gauss code for wooden houses collapse analysis of entire city by earthquake and tsunami, APCOM2019, December, 2019, Taipei, Taiwan.
- (4) 国内会議発表 (査読なし)
- 大野絢平, <u>鳥生大祐</u>, <u>牛島省</u>, 多数の静 止固体間を流れるニュートンおよびビン ガム流体から構成される2流体の数値計 算,第23回応用力学シンポジウム, 2020 年5月(発表予定).
- 九鬼愛夢, <u>鳥生大祐</u>, <u>牛島省</u>, 有限体積 法による高粘性ニュートン流体の容器充 填の数値計算, 第 23 回応用力学シンポジ ウム, 2020 年 5 月(発表予定).
- 田中寛樹, <u>鳥生大祐</u>, <u>牛島省</u>, 非球形粒 子間隙を通過する Non-Boussinesq 密度流 の数値解析, 第 23 回応用力学シンポジウ ム, 2020 年 5 月(発表予定).
- 永野浩大, <u>鳥生大祐</u>, <u>牛島省</u>, 吸水性粒 子の間隙における自由液面流れの数値解 析手法, 第 23 回応用力学シンポジウム, 2020 年 5 月(発表予定).
- 鬼頭昂平,菅野蓮華,小谷拓磨,<u>森口周</u>
 二,<u>寺田賢二郎</u>,中村一樹,上石 勲,3
 次元雪崩解析と衝撃力算出式を融合した

リスク分布評価,第24回計算工学講演会, 2019年5月,さいたま.

- 吉田昂平,山口裕矢,森口周二,寺田賢 二郎,MPM を用いた構造物に対する崩壊 土砂の衝撃力評価,第24回計算工学講演 会,2019年5月,さいたま.
- 吉田昂平,山口裕矢,森口周二,寺田賢 二郎,MPM を用いた崩壊土砂の衝撃作用 の分析,第74回土木学会全国大会,2019 年9月,高松.
- 藤井孟大,<u>浅井光輝</u>,SPH-DEM 連成解 析手法による洗掘現象の解析における妥 当性確認,第24回計算工学講演会,2019 年5月,さいたま.
- 12. 辻勲平,<u>浅井光輝</u>,液体架橋力モデルを 導入した粒子法による水-土混相流解析, 第 24 回計算工学講演会,2019 年 5 月, さいたま.
- 藤井孟大,<u>浅井光輝</u>,<u>牛島省</u>,<u>島生大祐</u>, 洗掘解析に向けた鉛直噴流実験による SPH-DEM 連成手法の妥当性確認,第23 回応用力学シンポジウム,2020年5月(発 表予定).
- 11. 辻勲平,<u>浅井光輝</u>,水-土混相流現象を 対象とした SPH-DEM 連成解析手法の開 発,第23回応用力学シンポジウム,2020 年5月(発表予定).
- 藤井孟大,<u>浅井光輝</u>,洗掘解析に向けた 粒子法による水-土粒子混相流解析 手 法の妥当性確認,第74回土木学会全国 大会,2019年9月,高松.
- 原倖平,<u>浅井光輝</u>,大谷英之,都市全体の地震・津波による木造家屋倒壊解析に向けた ASI Gauss 法の適用,第74回土木学会全国大会,2019年9月,高松.
- (5) その他(特許, プレスリリース, 著書等) 無し