

令和 6 年 9 月 11 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01583

研究課題名（和文）単一斜面と広域の異なる空間スケールを直接表現する豪雨時斜面安定性評価

研究課題名（英文）Slope stability analysis during heavy rain that directly solve different spatial scales of a single slope and a wide area

研究代表者

森口 周二（Moriguchi, Shuji）

東北大学・災害科学国際研究所・准教授

研究者番号：20447527

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：豪雨による斜面崩壊を対象として、極限平衡理論に基づく安定解析手法を用いた広域の斜面安定性評価の枠組みを構築した。これにより、力学に基づく数値解析の広域を対象とした豪雨時の斜面崩壊のリスク評価や予測に対する有用性を示した。また、構築した枠組みを用いて、入力データや計算条件の精度が予測結果に与える影響を定量化した。その結果、解析手法の違いよりも、土質パラメータの精度が結果に与える影響が大きいこと、および解析手法の違いは安全率の閾値を変化させることで同等の効果が得られることなどが知見として得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

豪雨に伴って発生する斜面崩壊については、市町村レベルの広域をカバーしながら単一斜面のリスクを解像できるリスク評価の枠組みは十分に議論が進んでいない。一方で、昨今の観測技術、データベース、計算環境の発展は著しく、高度な力学モデルを用いて広域を対象として斜面安定性を評価する基盤が少しずつ整ってきている。このような状況の中で、本研究の成果は斜面防災分野における現代の力学に基づく数値解析のポテンシャルを明確に示すものであると同時に、今後に必要な研究や求められる入力データの高精度化の方向性を示すものであり、学術と実務の両面から見て重要な成果と考えられる。

研究成果の概要（英文）：A framework for wide-area slope stability analysis based on the limit equilibrium theory was developed for risk assessment of slope failures caused by heavy rainfall. This framework demonstrates the usefulness of mechanics-based numerical analysis. Additionally, using the framework, the influence of the accuracy of input data and computational conditions on the simulated results was quantified. The results showed that the accuracy of soil parameters have a greater impact on the results than the difference in numerical methods, and that the difference in analysis methods had a similar effect by changing the threshold value of the factor of safety.

研究分野：斜面防災，計算工学，地盤工学

キーワード：豪雨 斜面 数値解析 広域

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

豪雨に伴って発生する斜面崩壊については、古くから予測のための研究が続けられてきており、現代の高度な数値解析や GIS を用いたリスク評価の研究の基盤を成している。また、実務レベルにおいても効果的な評価システムが導入されている。しかしながら、市町村レベルの大きさを広域と定義すれば、広域をカバーしながら単一斜面のリスクを解像できるリスク評価の枠組みについては十分に議論が進んでいない。この理由は、広域を対象とした場合には計算コストが低い統計モデルや簡易的な力学モデルが広く用いられているため、単一斜面を解像するような条件では有効に機能しないためである。また、高度な力学モデルが要求する高精度な入力データが十分に揃っていなかったことも原因の一つである。一方で、昨今の観測技術、データベース、計算環境の発展は著しく、高度な力学モデルを用いて広域を対象として斜面安定性を評価する基盤が少しずつ整ってきている。ただし、そのような状況の中にはあるものの、入力データやモデルの精度がリスク評価結果に与える影響に関する知見が完全に不足している。すなわち、入力となる地質、地形、降雨のデータの精度、さらには、使用するモデルの違いがリスク評価結果に与える影響を十分に分析できていない。そのため、効果的な豪雨時斜面崩壊予測のために今後どのような研究や情報整備を重点的に進めていくべきかということが明確ではない。

2. 研究の目的

先述の背景を踏まえて考えれば、降雨による斜面崩壊予測に影響を与える因子（降雨・地質・地形・計算手法の精度）を高精度に揃えた上で検証が必要となる。そのため、本研究では下記2つの目的を設定した。

目的1：極限平衡理論に基づく安定解析手法を用いた豪雨時広域斜面安定解析手法の構築

目的2：降雨・地質・地形・解析手法の精度が予測結果に与える影響の定量化

目的1は、広域を対象としながらも単一斜面を解像し、高度な力学モデルによって斜面の安定性を評価可能な手法や枠組みを構築するものである。実際の豪雨災害に伴って発生した多数の斜面崩壊を対象として、可能な限り精緻な入力データを揃え、被害を再現する。目的2は、構築した手法を用いて、予測結果に影響を与える因子の影響度を分析するものである。

3. 研究の方法

先述の目的を達成するために、下記の項目について研究を進めた。

(1) 豪雨による斜面崩壊を表現するための解析プログラムの開発

雨水の地中への浸透、地表流、および斜面の安定性を評価するモデルを連成させた解析プログラムを開発した。また、そのプログラムを用いて令和元年東日本台風による宮城県丸森町の河川氾濫と土砂災害を再現し、精度を検証した。さらに、宮城県釜石市の一部地域を対象として令和元年東日本台風襲来時の斜面崩壊の再現解析を実施した。

(2) 地質と降雨の入力データの高精度化、および過去の降雨データの分析

宮城県丸森町を対象として、地質構造を反映した3次元地質モデルを作成した。また、雨量データの精度を確認するために、丸森町内の複数箇所に雨量計を設置し、長期観測を行った。

(3) 極限平衡理論に基づく複数の斜面安定解析手法の実装と手法間の違いの分析

斜面安定解析手法について、より高度な手法を実装した解析プログラムを開発し、単純斜面を対象として手法による結果の違いを分析した。

(4) 因子の影響度の分析

令和元年東日本台風による宮城県丸森町の斜面崩壊を対象として、高精度化した入力データと複数の斜面安定解析手法を用いて再現解析を実施した。この検討の中では、入力する土質パラメータを変化させてパラメータの変化が与える影響と、手法の違いによる影響を分析した。

4. 研究成果

先述の4つの研究項目について得られた成果を以下に示す。

(1) 豪雨による斜面崩壊を表現するための解析プログラムの開発

雨水の地中への1次元浸透を表現するモデル (Green-Ampt model)、地中に浸透しない雨水が地表流となって流下する挙動を表現するモデル (浅水長波モデル)、および斜面の安定性を評価するモデル (極限平衡理論に基づく無限斜面モデル) を連成させた解析プログラムを開発した。また、そのプログラムを用いて令和元年東日本台風による宮城県丸森町 (約 20km x 20km の範囲) の河川氾濫と土砂災害を再現した。図1と図2は、再現解析で得られた河川氾濫の浸水の様子と斜面崩壊分布である。これらの解析結果は、発災ときに観測された河川水位データや国土地理院が災害後に Web 上で公開した浸水分布図と崩壊分布図などとの比較を通じて精度を確認した。斜面崩壊分布については、実際と比べて過大評価となる傾向が確認されたものの、河川氾濫の浸水範囲は実際の状況を精度よく表現しており、全体的には概ね当時の状況を再現できているこ

とが確認できた。この解析では、地形データとして5mメッシュデータ、雨量データとして解析雨量データ(解像度1km)を用いたが、これらの入力データを用いて市町村レベルの広域を対象とした豪雨災害を数値解析によって再現可能であるという可能性を確認した。

さらに、極限平衡理論に基づく手法でより高度なモデルであるHovland法も解析プログラムに実装し、宮城県釜石市の一部地域(約600m×600mの領域)を対象として令和元年東日本台風襲来時の斜面崩壊の再現解析を実施した。この再現解析は、当初予定はしていなかったものであるが、対象地域は山林火災跡地であり、台風襲来時には植生が少なく、解析領域内の一部ではUAVによる地形計測によって得られた高精細なデータが存在していたため、研究の対象として解析を実施したものである。図3に示すような結果が得られ、特に高精細なデータが存在する領域では、林道起点の崩壊が計算結果の中で確認された。この傾向は実被害の中でも確認されており、高精細な地形データが結果に与える影響について確認することが出来た。

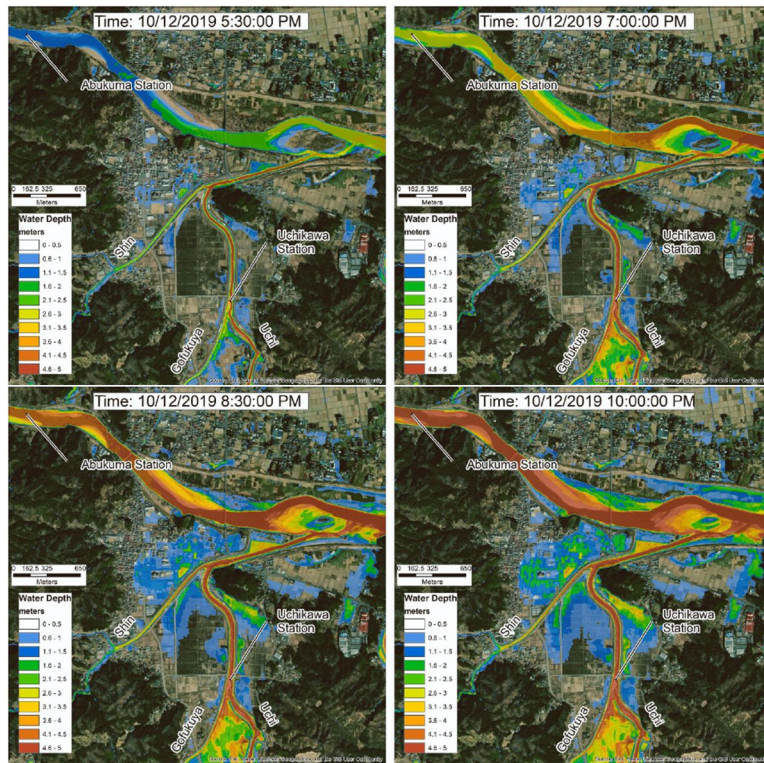


図1 丸森町の再現解析により得られた中心市街地付近の浸水範囲の時間変化

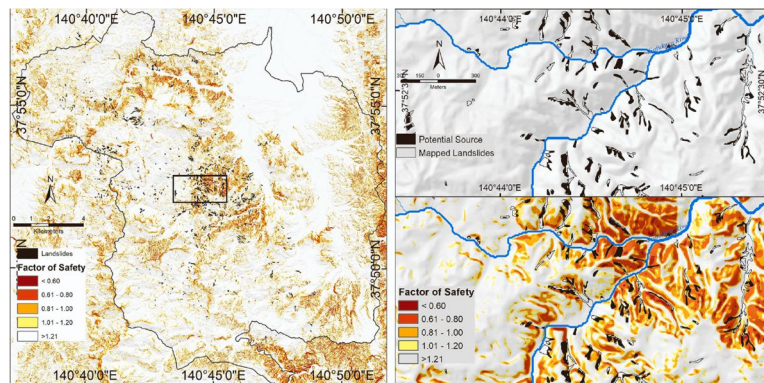
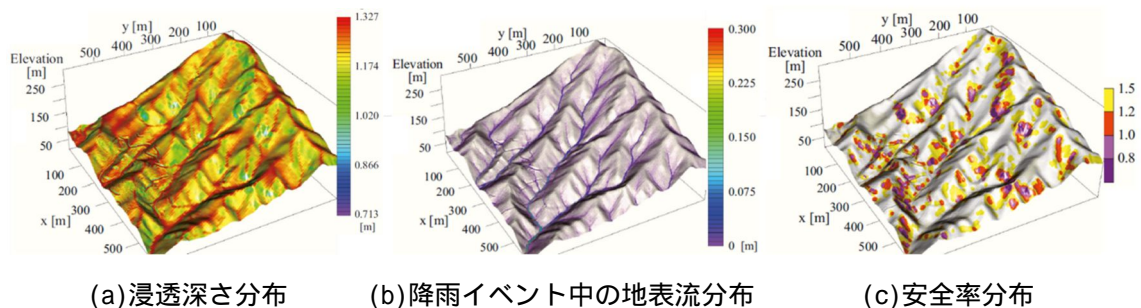


図2 丸森町の再現解析により得られた斜面崩壊分布(実際の斜面崩壊分布の比較)



(a)浸透深さ分布

(b)降雨イベント中の地表流分布

(c)安全率分布

図3 釜石市一部地域の再現解析により得られた結果

(2) 地質と降雨の入力データの高精度化、および過去の降雨データの分析

宮城県丸森町の地質データと降雨データの高精度化を目的として、既存のボーリングデータや地質図に基づいて、地質構造を反映した3次元地質モデルを作成した。また、雨量データの精度を確認するために、丸森町内の8カ所(筆甫, 欠入, 金山, 小斎, 荒野, 黒佐野, 大張, 舘矢間の各地区)に雨量計を設置し、長期観測(2021年9月~2023年10月)を行った。図4は構築した3次元地質モデルであり、図5は雨量計の写真である。また、図6は雨量計によって得られた観測データの例を示しており、精度の検証のために最寄りのアメダス観測点で計測された降水量データも図中に示している。この研究で用いた雨量計は、乾電池のみで作動する簡易的なものであるが、良好な精度で降水量が観測可能であることが確認された。

さらに、雨量データについては、丸森町の過去の雨量データ(解析雨量の時系列空間分布)を分析し、空間モードを抽出するとともに、そのモードの情報を活用した降雨シナリオ作成のための手法を考案した。また、その手法を用いて丸森町の豪雨による斜面崩壊リスクを複数シナリオの下で評価した事例を示した。

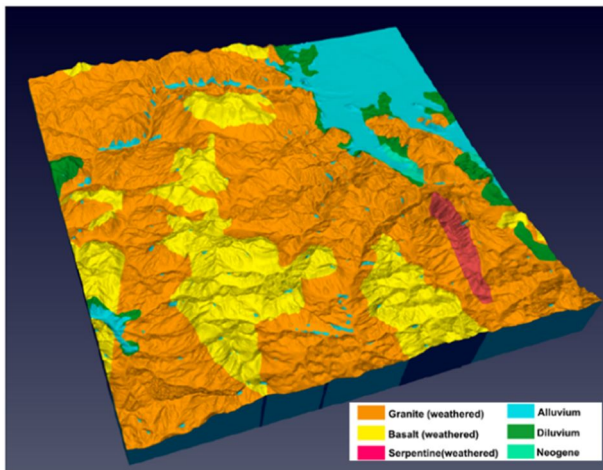


図4 丸森町の3次元地質モデル



図5 雨量計

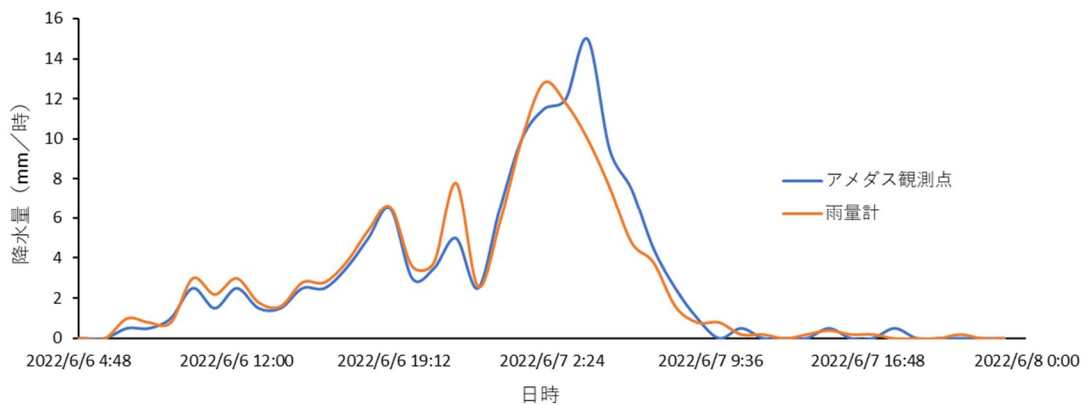


図6 雨量計による観測データ(2022年6月6~7日)

(3) 極限平衡理論に基づく複数の斜面安定解析手法の実装と手法間の違いの分析

斜面安定解析手法について、先述のHovland法に加えて、簡易 Bishop 法と簡易 Janbu 法を実装した解析プログラムを開発した。Hovland 法は、崩壊土塊を分割したブロックの底面に作用する力のみを考えて力の釣り合いから安全率を算出する手法であるため、安全率を得るために複雑な計算が必要ない。これに対して、簡易 Bishop 法と簡易 Janbu 法では、ブロック側面に作用する力を考慮するため、安全率の計算に収束計算が必要となる。また、複雑な斜面形状や地質の条件下では、解の収束性が悪く、力学的には Hovland 法に比べて高度なモデル化ではあるものの、計算コストが高いという欠点がある。これらの手法は、提案されてからそれなりの年月が経過しているが、手法の特性や手法間の違いについては十分な分析がなされていない。そのため、本研究では、単純斜面を対象として、様々な計算条件で3つの手法の違いを分析した。図7はその結果の一例を示している。横軸が崩壊すべり面の深さを意味し、1.0に近くなるほど浅い崩壊を、逆に小さな値になるほど深い崩壊であることを意味する。また、縦軸は安全率である。これらの結果より、浅い崩壊の条件では、3手法によって得られる安全率の値に大きな差がないのに対して、深い崩壊の条件では大きな差が生じることが確認された。なお、その場合、Hovland 法、簡易 Janbu 法、簡易 Bishop 法の順で小さな安全率を出力する傾向があることを確認した。

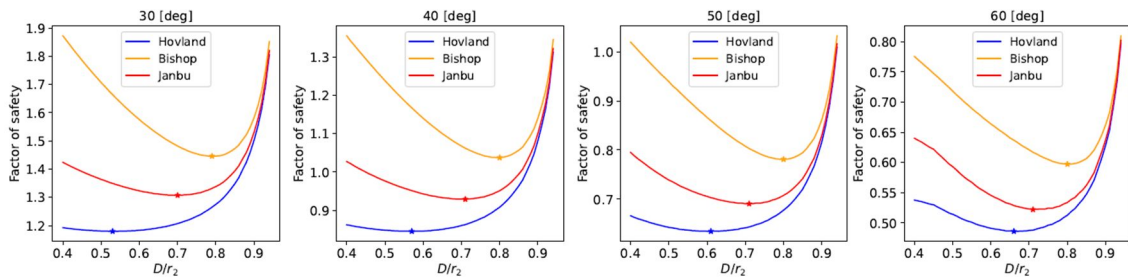


図7 単純斜面条件での Hovland 法，簡易 Bishop 法，簡易 Janbu 法の比較

(4) 因子の影響度の分析

先述の高精度化した入力データと複数の斜面安定解析手法を実装した解析プログラムを用いて、令和元年東日本台風による宮城県丸森町の斜面崩壊を対象として、再現解析を実施するとともに、土質パラメータや解析手法を変化させた場合に結果に与える影響について分析した。実際の崩壊分布に対する計算結果の整合性を定量化するために ROC 曲線(Receiver Operatorating Characteristic curve)の AUC (Area Under the Curve) を精度の指標として導入し、パラメータの組み合わせや解析手法が結果に与える影響を定量化して分析した(図8)。その結果、解析手法の違いが与える影響よりも土質パラメータが与える影響の方が著しく大きいことが確認された。また、豪雨災害のような表層崩壊が多発する条件では、手法によって安全率の閾値を変化させることで、計算コストの低い手法で計算コストの高い手法の結果を疑似的に表現できる可能性があることを確認した(図9，10)。

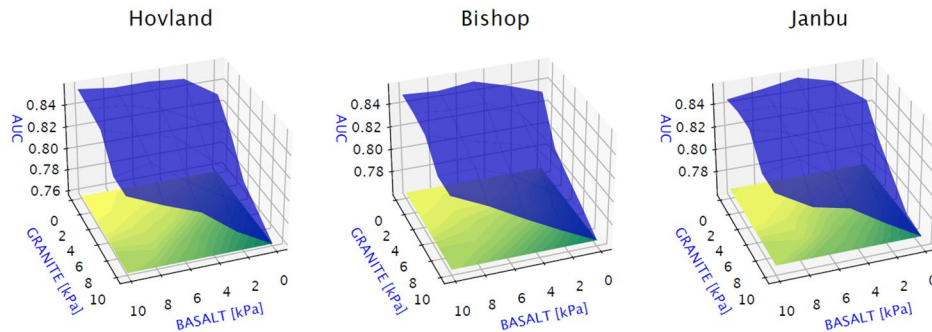


図8 手法別のパラメータの組み合わせと AUC の関係

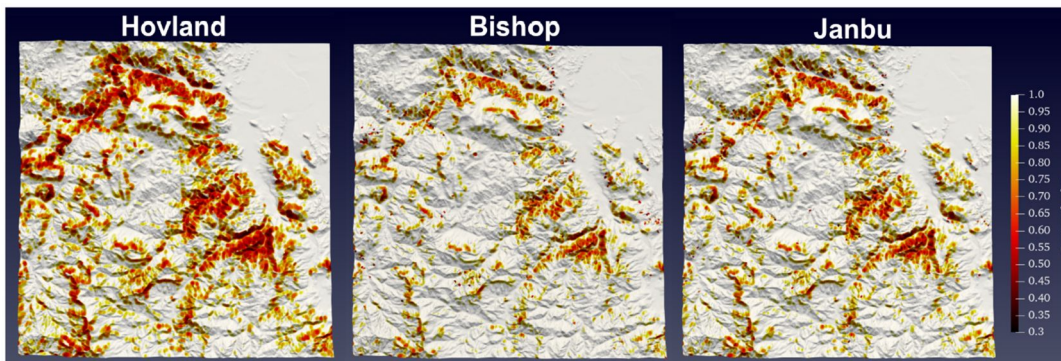


図9 安全率 1.0 の条件での崩壊分布

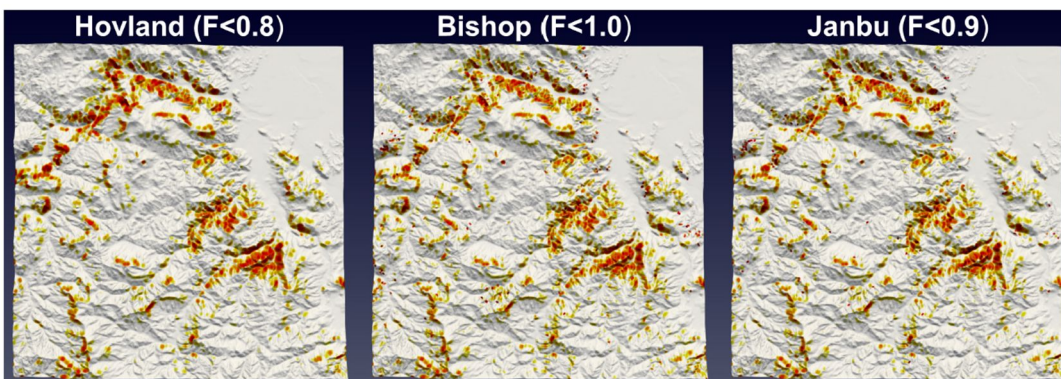


図10 安全率の閾値を調整した場合の崩壊分布

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kenta Tozato, Nilo Lemuel J. Dolojan, Yoshiya Touge, Shuichi Kure, Shuji Moriguchi, Seiki Kawagoe, So Kazama, Kenjiro Terada	4. 巻 22
2. 論文標題 Limit equilibrium method-based 3D slope stability analysis for wide area considering influence of rainfall	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Engineering Geology	6. 最初と最後の頁 1267-1285
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.enggeo.2022.106808	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 外里健太, 佐々木駿, Nilo Lemuel J. Dolojan, 森口周二, 寺田賢二郎	4. 巻 2022
2. 論文標題 降雨の空間的不確実性を考慮した斜面安定解析による斜面崩壊ハザードマップの構築	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本計算工学会論文集	6. 最初と最後の頁 20220018
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11421/jsces.2022.20220018	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 藤田真粹, ドロハンニロレムエル, 森口周二, 寺田賢二郎, 京谷孝史	4. 巻 17
2. 論文標題 地震と豪雨による実際の斜面崩壊に対する極限平衡法に基づく三次元斜面安定解析	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 地盤工学ジャーナル	6. 最初と最後の頁 159-169
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3208/jgs.17.159	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 森口周二	4. 巻 71
2. 論文標題 三次元解析の現状と課題	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 地盤工学会誌	6. 最初と最後の頁 1-3
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 Nilo Lemuel J Dolojan, Shuji Moriguchi, Masakazu Hashimoto, Kenjiro Terada	4. 巻 18(6)
2. 論文標題 Mapping method of rainfall-induced landslide hazards by infiltration and slope stability analysis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Landslides	6. 最初と最後の頁 2039-2057
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10346-020-01617-x	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 S Moriguchi, H Matsugi, T Ochiai, S Yoshikawa, H Inagaki, S Ueno, M Suzuki, Y Tobita, T Chida, K Takahashi, A Shibayama, M Hashimoto, T Kyoya, NLJ Dolojan	4. 巻 61(2)
2. 論文標題 Survey report on damage caused by 2019 Typhoon Hagibis in Marumori Town, Miyagi Prefecture, Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Soils and Foundations	6. 最初と最後の頁 586-599
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sandf.2021.01.009	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26件(うち招待講演 0件/うち国際学会 4件)

1. 発表者名 外里健太, 森口周二, 寺田賢二郎
2. 発表標題 豪雨による広域土砂災害即時予測のための代理モデルの構築
3. 学会等名 第25回応用力学シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 外里健太, 佐々木駿, 森口周二, 寺田賢二郎
2. 発表標題 降雨の不確実性を考慮した斜面安定解析による土砂災害ハザードマップの構築
3. 学会等名 第27回計算工学講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 外里健太, 森口周二, 寺田賢二郎
2. 発表標題 斜面安定解析の代理モデルを用いた豪雨による土砂災害の広域即時予測
3. 学会等名 第66回理論応用力学講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kenta Tozato, Nilo Lemuel J. Dolojan, Yoshiya Touge, Shuichi Kure, Shuji Moriguchi, Seiki Kawagoe, So Kazama, Kenjiro Terada
2. 発表標題 3D Slope Stability Analysis Considering Influence of Infiltration and Surface Flow
3. 学会等名 15th World Congress on Computational Mechanics & 8th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Multihazard Analysis of Landslide and Flood during Heavy Rainfall
2. 発表標題 Nilo Lemuel J. Dolojan, Shuji Moriguchi, Masakazu Hashimoto, Nguyen Xuan Tinh, Hitoshi Tanaka, Kenjiro Terada
3. 学会等名 第27回計算工学講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nilo Lemuel J. Dolojan, Shuji Moriguchi, Masakazu Hashimoto, Nguyen Xuan Tinh, Hitoshi Tanaka, Kenjiro Terada
2. 発表標題 Hydrologic-geotechnical Modelling for Multihazard Analysis of Landslide and Flood caused by Heavy Rainfall
3. 学会等名 15th World Congress on Computational Mechanics & 8th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 須郷大地, 藤田真粹, 外里健太, 森口周二, 寺田賢二郎
2. 発表標題 異なる解析手法を用いた広域の豪雨時斜面安定性評価
3. 学会等名 第57回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Daichi Sugo, Saneiki Fujita, Kenta Tozato, Shuji Moriguchi, Kenjiro Terada
2. 発表標題 Slope stability analysis over a large area using Hovland's method and three-dimensional simplified Bishop's method
3. 学会等名 15th World Congress on Computational Mechanics & 8th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中村優見, 須郷大地, 外里健太, 野村怜佳, 森口周二, 寺田賢二郎
2. 発表標題 降雨の影響を考慮した三次元Bishop法による広域の斜面安定解析
3. 学会等名 令和4年度土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nilo Dolojan
2. 発表標題 Mapping Method of Rainfall-induced Landslides by Infiltration and Slope Stability Analysis
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 Nilo Dolojan
2. 発表標題 Hydrologic-geotechnical Modelling for Multihazard Analysis of Landslide and Flood caused by Heavy Rainfall
3. 学会等名 3rd International Symposium on Risk Assessment and Sustainable Stability Design of Slopes (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 須郷大地
2. 発表標題 Hovland法と三次元簡易Bishop法を用いた広域の斜面安定解析
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 森口周二
2. 発表標題 令和元年東日本台風(台風19号)および10月末豪雨災害に関する調査報告
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 Nilo Lemuel J. Dolojan, Shuji Moriguchi, Masakazu Hashimoto, Nguyen Xuan Tinh, Hitoshi Tanaka, Kenjiro Terada
2. 発表標題 Hybrid Approach in Surface Flow Modelling for Regional-Scale Flood Inundation Mapping
3. 学会等名 22nd IACM Computational Fluids Conference
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Nilo Lemuel J. Dolojan, Reika Nomura, Shuji Moriguchi, Kenjiro Terada
2. 発表標題 Lagrangian-type debris flow modelling using shallow water equations
3. 学会等名 第26回応用力学シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 ショウ クンシン、外里 健太、野村 怜佳、森口 周二、大竹 雄、寺田 賢二郎
2. 発表標題 個別要素法による粒状体の流動解析における入力パラメータの寄与度の定量化
3. 学会等名 第26回応用力学シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 須郷 大地、藤田 真粹、外里 健太、野村 怜佳、森口 周二、寺田 賢二郎
2. 発表標題 三次元極限平衡理論に基づく広域斜面安定解析
3. 学会等名 第26回応用力学シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 外里 健太、野村 怜佳、森口 周二、寺田 賢二郎
2. 発表標題 斜面安定解析結果を用いた豪雨による広域斜面崩壊の即時予測
3. 学会等名 第28回計算工学講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中村優見、須郷大地、外里健太、野村怜佳、森口周二、寺田賢二郎
2. 発表標題 実地形を対象とした極限平衡理論に基づく広域斜面安定解析
3. 学会等名 第26回応用力学シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Nilo Lemuel J. Dolojan, Reika Nomura, Shuji Moriguchi, Kenjiro Terada
2. 発表標題 Implementing 2D shallow water equations to simulate debris flows using SPH
3. 学会等名 第28回計算工学講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 ショウ クンシン、外里 健太、野村 怜佳、森口 周二、大竹 雄、寺田 賢二郎
2. 発表標題 Quantification of the Contribution Ratio of DEM Input Parameters on Granular Flow Simulations
3. 学会等名 第28回計算工学講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 森口 周二、ショウ クンシン、外里 健太、大竹 雄、寺田 賢二郎
2. 発表標題 DEMを用いた粒状体シミュレーションにおける入力パラメータの寄与率の定量化
3. 学会等名 第58回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 須郷 大地, 藤田 真粹, 外里 健太, 野村 怜佳, 森口 周二, 寺田 賢二郎
2. 発表標題 広域を対象とした三次元極限平衡法による豪雨時斜面安定解析
3. 学会等名 第58回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中村優見、須郷大地、外里健太、野村怜佳、森口周二、寺田賢二郎
2. 発表標題 実地形を対象としたHovland法と三次元簡易Bishop法による広域斜面安定解析
3. 学会等名 土木学会全国大会第78回年次学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Nilo Lemuel J. Dolojan, Reika Nomura, Shuji Moriguchi, Kenjiro Terada
2. 発表標題 Application of two-dimensional shallow water equations in debris flow modelling: A case study in Marumori, Miyagi, Japan
3. 学会等名 6th World Landslide Forum
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Daichi Sugo, Saneiki Fujita, Kenta Tozato, Reika Nomura, Shuji Moriguchi, Kenjiro Terada
2. 発表標題 Three-dimensional slope stability analysis based on limit equilibrium theory for a large area
3. 学会等名 6th World Landslide Forum
4. 発表年 2023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	京谷 孝史 (kyoya Takashi) (00186347)	東北大学・工学研究科・教授 (11301)	
研究分担者	寺田 賢二郎 (Terada Kenjiro) (40282678)	東北大学・災害科学国際研究所・教授 (11301)	
研究分担者	柴山 明寛 (Shibayama Akihiro) (80455451)	東北大学・災害科学国際研究所・准教授 (11301)	
研究分担者	橋本 雅和 (Hashimoto Masakazu) (80814649)	関西大学・環境都市工学部・准教授 (34416)	
研究分担者	外里 健太 (Tozato Kenta) (80982959)	八戸工業大学・工学部・助教 (31103)	

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