

令和 4 年 4 月 19 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04599

研究課題名（和文）擬似飽和現象に着目した斜面健全度診断手法に関する研究

研究課題名（英文）Method for monitoring the structure health of a slope focusing on qasi-saturated phenomenon

研究代表者

小泉 圭吾 (Koizumi, Keigo)

大阪大学・工学研究科・助教

研究者番号：10362667

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：近年の異常気象によって表層崩壊による被害が多発し、その対策が急務となっている。これに対し、現行の雨量による警戒基準は事後保全の考え方に基づくため、人的被害は防げるが、崩壊自体を防ぐことはできない。そこで本研究では、斜面崩壊の要因となるすべり面の存在とその深度の推定手法を提案することで、崩壊の危険性のある斜面とそうで無い斜面を判別する方法を検討した。その結果、降雨後の深度方向の体積含水率の変化を捉えることで、表層崩壊の主要因であるすべり面深度を推定する手法を提案し、実斜面においてその有用性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現行の斜面災害に対する警戒基準は事後保全の考え方に基づくため、豪雨時の人的被害は防げるが、崩壊そのものを防ぐことはできない。これに対し本研究の成果を活用すれば、降雨時の斜面の健全性を診断できる可能性が示された。この成果は予防保全の考え方に基づくものであり、今後、本手法を改良していくことによって、豪雨時の人的被害を防ぐだけでなく、予め崩壊の危険性がある斜面を検出でき、その斜面に対策を施すことで、斜面災害そのものの減少に寄与できる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：Due to the recent extreme weather conditions, damage caused by slope failures has occurred frequently, and countermeasures are urgently needed. In contrast, the current warning criteria based on rainfall are based on the concept of "breakdown maintenance", which can prevent human damages but not prevent slope failures itself. Therefore, this study proposes a method for estimating the existence and depth of the slip surface, which is a factor in slope failure, in order to determine if there is a risk of slope failures. As a result, we proposed a method to estimate the slip surface depth, which is the main cause of rain-induced slope failure, by measuring the change of volumetric water content in the depth direction, and showed its usefulness on a real slope.

研究分野：地盤工学

キーワード：斜面崩壊 集中豪雨 健全度診断 体積含水率 現地計測 土中水分 予防保全

1. 研究開始当初の背景

近年の異常気象によって表層崩壊による被害が多発し、その対策が急務となっている。一方、現行の警戒基準は自治体、インフラ事業者ともに、あくまで雨量のみの情報に基づくものであり、個別斜面の危険性を未然に判定できる情報ではない。ここで、未然という言葉には二つの意味があり、一つは豪雨時にその危険性が判定できること、もう一つは平時に潜在的な危険性を判定できることが挙げられる。この違いは極めて大きく、前者は人的被害を防げるが、崩壊そのものは許容する事後保全の考え方であるのに対し、後者は人的被害、崩壊の両方を防ぐ予防保全の考え方に基づいている。自治体やインフラ事業者にとっては、当然後者を選択したいところであるが、前者である、個々の斜面の危険性を未然に判定する手法さえも確立されていないのが実情である。

2. 研究の目的

申請者は図1に示すように、土中の水分浸透をモニタリングすることで、表層崩壊に対する斜面の健全性を評価する手法について検討している。斜面に一定の降雨強度を与えると、浅い深度から体積含水率が上昇し、降雨強度と土の透水性がバランスすることで一時的に平衡状態を示す。この時点で斜面はまだ飽和しておらず、この体積含水率を擬似飽和体積含水率(以下、 $\theta_{IQS}$ )と呼んでいる。一方、表層の不安定土層の下部に透水性の低い基盤層が存在すると、浸潤線が停滞し、地下水位の上昇に伴う有効応力の低下によって表層崩壊に起因する変形が生じる。その際、体積含水率は深い深度から毛管水帯の影響を受けて再上昇し、その後一定となる。これは表土層内に地下水位が形成されたことを示しており、この時点の体積含水率を現場飽和体積含水率(以下、 $\theta_{FS}$ )と呼んでいる。斜面変形の危険性は浅部の体積含水率が $\theta_{IQS}$ を経て、深部の体積含水率が $\theta_{FS}$ に達した後に高まることから、 $\theta_{IQS}$ を注意、 $\theta_{FS}$ を要監視の指標にすることで、時間的な余裕を持ってその危険性を判断することが可能となる。

本研究では、この考え方を基に、上述の前者に当たる、豪雨時の斜面の危険性を判定するだけでなく、後者に当たる、平時の降雨から斜面の健全性を評価できる手法の開発に取り組むこととした。また、個別斜面のモニタリングには経費がかかることから、健全性評価を行うためのデータ取得期間は1年以内と仮定し、これと同時に設置性、移設性に優れたセンサの開発も実施することとした。

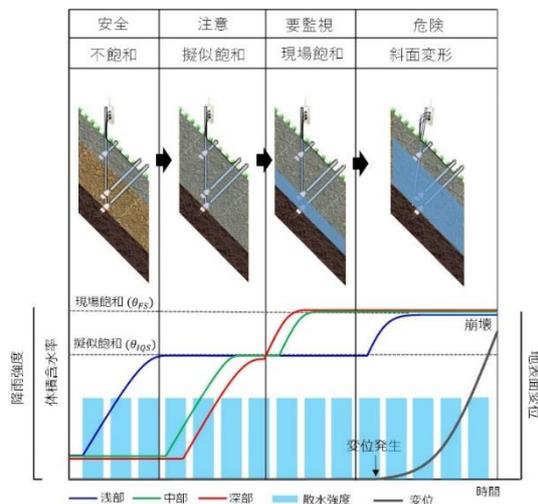


図1 降雨による体積含水率と変位の関係

3. 研究の方法

(1) 現地斜面で観測された想定していなかった現象の解明

H30年7月豪雨における現場斜面での計測データから、水分量(以下、体積含水率)が $\theta_{IQS}$ で一時的に平衡状態を示すデータと、体積含水率が降雨強度に伴い変動しながら $\theta_{IQS}$ を示すデータが収集された。前述の現象は降雨一定条件で行う室内模型試験で見られる現象であり、降雨強度が時々刻々変化する現場ではこれまで確認されなかった現象である。従って先ずはこの現象がどのような要因によるものであるかを推定するとともに、室内カラム試験を使って再現し、そのメカニズムを解明する。

(2) 観測データから $\theta_{IQS}$ を推定する手法の提案

現地斜面の地盤条件によって降雨強度と $\theta_{IQS}$ の関係が異なる問題を解決するために、計測地点ごとに得られる観測データから降雨強度と $\theta_{IQS}$ の関係を求める手法を提案する。

(3) 斜面の健全性を判定する手法の提案

現地斜面で観測している体積含水率のデータを用いて斜面崩壊の要因となるすべり面の存在とその深度の推定手法を提案する。

- (4) 斜面の健全性診断に特化した水分計開発に関する基礎的検討  
 申請者はこれまで体積含水率を測定するための水分計の設置にはトレンチによる設置方法を採用してきたが、この手法の場合、センサの設置、移設の度に毎回トレンチする必要がある、実用性が高いとは言い難い。そこで、従来用いていた単式の土壌水分計に代わりに、設置、移設が簡便な棒状タイプのセンサを用いた観測手法を検討する。

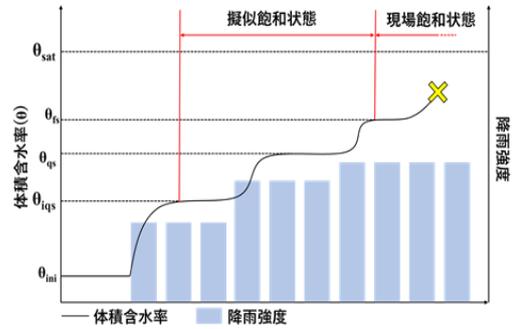


図2 体積含水率の経時変化概念図

4. 研究成果

- (1) 現地斜面で観測された想定していなかった現象の解明

既往の研究では、図2に示すように擬似飽和時の体積含水率は降雨強度に応じて変化することが明らかになっている<sup>1)</sup>。しかし、図3(青線)に示すような土中の間隙空気圧の移動が抑圧されると想定される条件下においては、降雨強度に対する $\theta_{IQS}$ の値よりも低い値で一定となる現象が確認された<sup>2)</sup>。そこで本研究では、鉛直次元カラム散水実験装置を用いて、間隙空気圧が $\theta_{IQS}$ に与える影響を明らかにし、空気侵入値(以下AEV)との関係を整理することを目的とする。本研究で得られた知見は以下の通りである。

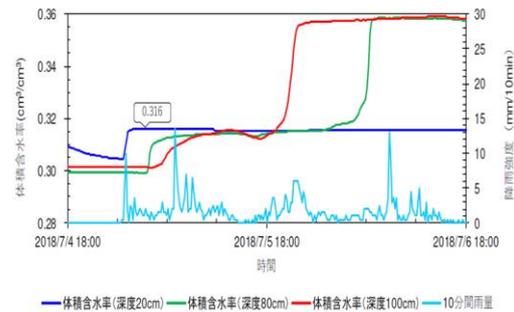


図3 体積含水率の経時変化(現場観測)

- ① 大阪府茨木市の現場試料を用いた鉛直次元カラム散水試験の結果、得られた $\theta_{IQS}$  ( $\theta = 0.310 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ )と平成30年7月豪雨の際に現場斜面において観測された体積含水率 ( $\theta = 0.316 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ )は概ね近い値を示すことが確認された。さらに、間隙空気圧の発生とともにIQSの値が低いまま一定となったことから、現場斜面における $\theta_{IQS}$ の挙動は間隙空気圧の影響であると考えられる。
- ② 現場飽和状態における間隙空気圧の最大値は、空気侵入値の値を空気圧に換算したものと概ね近い値を示した。このことから、現場飽和状態となった際に発生し得る間隙空気圧の最大値を、斜面に用いる試料の空気侵入値(AEV)から事前に把握できることを示した。
- ③ 間隙空気圧が発生した際に計測される空気圧と $\theta_{IQS}$ の低下幅には正の相関があることが確認された。このことから、斜面に使用される試料において発生し得る間隙空気圧を事前に推定することで、 $\theta_{IQS}$ の低下幅を予測し、補正を行うことが可能であることが判明した。
- ④ 間隙空気圧が $\theta_{IQS}$ に影響を与える降雨量と、試料における飽和透水係数との間に強い相関が確認された。このことから、斜面に用いる試料の飽和透水係数を事前に計測することで、 $\theta_{IQS}$ に間隙空気圧の影響が発生する降雨量を予測することが可能となる。

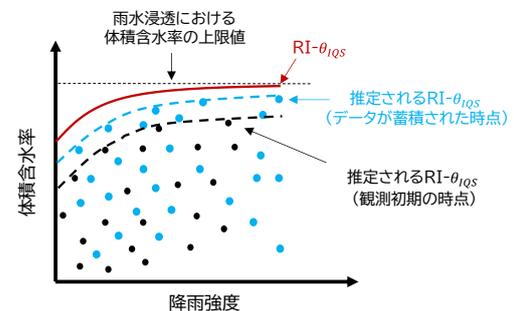


図4 降雨強度と体積含水率、 $\theta_{IQS}$ の関係を示した概念図

上記の通り、本研究により間隙空気圧が $\theta_{IQS}$ に与える影響が明らかとなった。これらの影響を事前に把握することで、 $\theta_{IQS}$ を用いた斜面崩壊予測手法は間隙空気圧が発生するような場合においても適用可能であると結論づけることができた。

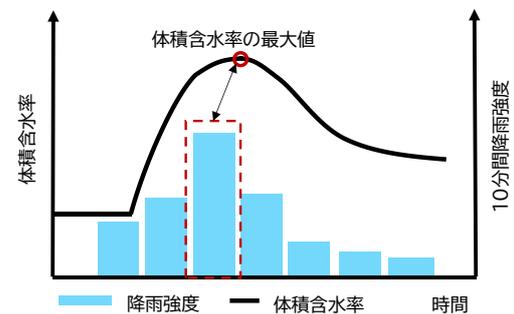


図5 体積含水率と降雨強度の抽出方法

- (2) 観測データからIQSを推定する手法の提案<sup>3)</sup>

図4は現場にて計測された体積含水率のデータを基に推定した $\theta_{IQS}$ と降雨強度の関係を概念的に示した図である。具体的には図5に示す降雨イベントごとの最大降雨強度とそれに対応した体積含水率の最大値の関係をプロットしたものである。これは $\theta_{IQS}$ が降雨強度に応じた体積含水率のピーク値を表しているという考え方に基づく。図5の実線(朱色)は降雨強度と $\theta_{IQS}$ の関係を示している。それに対し黒色の点は、観測開始後、まだ十分な観測データが集まっていない状況下における最大降雨強度と、それに対応した体積含水率の最大値の関係を示している。その

後、計測データが蓄積されると青色の点が追加され、この中には降雨強度の強い条件や、先行降雨により地盤の飽和度が高い状態から降雨を経験するような条件も含まれ、破線（青色）で示される上限線は Mualem-VG モデルに基づく降雨強度と  $\theta_{IQS}$  の関係線（朱色）に近づくものと推察される。実際、計測データに基づく上限線がモデル式と完全一致する訳では無いが、データの蓄積によりこの上限線が現場における降雨強度と  $\theta_{IQS}$  の関係に近づくものと考えられる。つまりこの上限線を用いれば、時々刻々変化する降雨強度に対する  $\theta_{IQS}$  が求まり、その時点の体積含水率と  $\theta_{IQS}$  を比較することで、斜面の健全性を評価することができる。具体的には、時々刻々の体積含水率が  $\theta_{IQS}$  より小さければ地盤は不飽和状態下にあると判断でき、 $\theta_{IQS}$  を超えていれば斜面内の水の動きは重力方向から飽和帯を形成するような動きへと変化したと判断でき、これにより浅層の地下水位上昇、変位発生の可能性があるかと推察できる。因みにこの上限線が破線（黒色）の位置にあるとき、 $\theta_{IQS}$  は真の  $\theta_{IQS}$  よりも小さい値となり、安全側ではある反面、過度に危険と判別されることになる。また、降雨強度の下限値を低く設定すればするほどより安全側に推定される。

### (3) 斜面の健全性を判定する手法の提案<sup>4)</sup>

図1に示すように、表層の不安定土層の下部に透水性の低い基盤層が存在すると、浸潤線が停滞し、地下水位の上昇に伴う有効応力の低下によって表層崩壊に起因する変形が生じることが既往の研究から明らかにされている<sup>5),6)</sup>。つまり透水性の低い基盤層の存在が崩壊の危険性と深く関係していることがわかる。そこで表層の不安定土層と基盤層との境界層をすべり面と仮定し、すべり面を見つけることで斜面の健全性を評価できると考えた。一般に、表層のすべり面の深度測定には  $N_d$  値が用いられている。一方、 $N_d$  値はあくまで地盤の締めり具合や硬さを表す指標であることから、崩壊に寄与する水位の発生を推定できるわけではない。従って、すべり面を精度よく推定するためには、 $N_d$  値から得られる情報に加え、地盤の透水性、保水性を評価するための指標が求められる。そこで本研究では、現在モニタリングに使用している水分計の計測結果に着目し、この結果を使って斜面内の透水性、保水性を評価することですべり面の存在とその深度を推定する手法を検討した。

ここでは砂質土の斜面を対象に、体積含水率の変化からすべり面を推定する手法を検討する。任意の斜面において、降雨後、土中内の雨水が下方へと浸透していく過程において、すべり面を形成するような透水性の悪い層がある場合、すべり面の浅層では水分が下層に排水できず浸潤面が停滞することで水位が形成されるものと考えられる。図6はすべり面が存在する場合と存在しない場合の、降雨直後からある時間までの深度ごとの体積含水率の減少速度を概念的に表した図である。同図における、“すべり面あり”の場合、浅い深度の水分は重力によって下方へ浸透するが、すべり面付近やその直上では飽和帯や毛管水帯が形成されることから、深度が深くなるに従って体積含水率の減少速度は相対的に遅くなるのが予想される。従ってすべり面の浅層を構成する砂質土の毛管水帯の高さが小さいと仮定すると、深度ごとの体積含水率の減少速度を直線で結び、減少速度がゼロとなる深度にすべり面が存在する可能性が考えられる。一方、“すべり面なし”においても、浅い深度に比べて深度が深いほど上方からの水分供給により体積含水率の減少速度は遅くなるのが予想されるが、その差は“すべり面あり”よりも小さく、時間経過と共に、両者の違いが明瞭になる可能性が考えられる。この仮説の妥当性を検証するために、鉛直一次元飽和・不飽和浸透流解析を行い、その結果を基に考案したすべり面推定手法を、現場斜面で観測されたデータに適用した。本研究で得られた知見は以下の通りである。

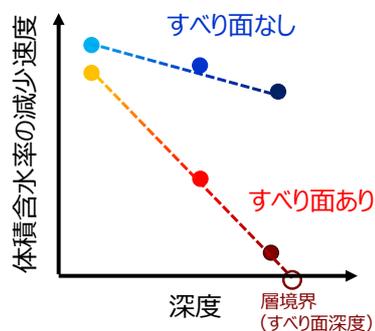


図6 すべり面あり、なしにおける深度方向の体積含水率の減少速度に関する概念図

- ① 飽和-不飽和浸透流解析結果を基に、推定されるすべり面深度の時間変化を分析することで、「すべり面あり」と「すべり面なし」を判別できる手法を考案した。
- ② 本手法から、推定されるすべり面深度の時間変化の傾きが経過時間とともにゼロに近づく深度がすべり面深度と一致することがわかった。
- ③ 本手法の妥当性を、実斜面での観測値に基づいて検証した。その結果、解析結果と同様、推定されるすべり面深度の時間変化を分析することで、「すべり面あり」と「すべり面なし」を判別できることが確認された(図7, 図8)。
- ④ また、水位計や水分計を用いた観測データから推定したすべり面深さが、本手法で推定したすべり面深度と一致することを確認した(図9)。

以上の結果より、深度方向に設置した水分計の観測データを基に、すべり面の有無と深度が推定でき、これによって潜在的な斜面の健全性を評価できる可能性が示された。一方、得られた結果の信頼性を検証するためには、引き続き多くの斜面での実証実験を継続していく必要がある。

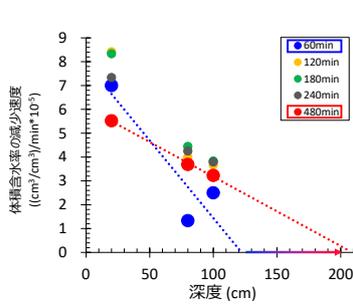


図7 現地斜面 (SL-A) における体積含水率の減少速度の経時変化

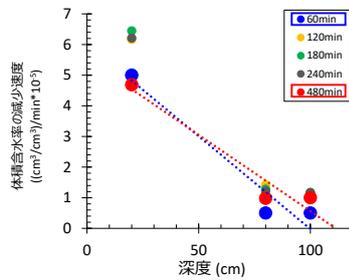


図8 現地斜面 (SL-B) における体積含水率の減少速度の経時変化

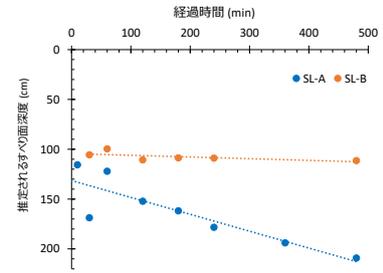


図9 推定されるすべり面深度の経時変化(SL-A:すべり面なし, SL-B:すべり面あり)

#### (4) 斜面の健全性診断に特化した水分計開発に関する基礎的検討

当初、深度方向の土壤水分を纏めて計測できる市販の棒状タイプのセンサを現地に設置することで、設置性、移設性の改良を計画していたが、現場で動作検証を行ったところ、掘削(計測)孔との接地具合によって観測値にばらつきが出ることが確認された。掘削してセンサを挿入する場合、必ずこの課題をクリアする必要がある。そこで設置性、移設性を考慮して、センサを直に打設する手法を考えた。センサプローブはホームセンター等で手軽に入手できる単管と鋼棒とし、これらを打込むだけで設置が完了する、安価で設置労力が少ない水分・水位計を開発することとした。本研究では、土中の体積含水率の変化を計測するための水分計を「単管水分計」、難透水層から発生した水位を計測するための水位計を「単管水位計」とし、TDR法を用いて図10に示す実大スケールの室内土槽実験により検証を行った。得られた知見は以下の通りである。

図11に示すように、単管水分計は浸透直後から土中水分を捉えており、体積含水率が一時的に平衡する $\theta_{IQS}$ 、および水位上昇時の $\theta_{FS}$ の検知も可能であることを確認した。また、単管水位計は、図12に示すように、基盤層からの水位の発生および水位の上昇を精度よく検知できることを確認した。今後は単管水分計および単管水位計を実斜面に設置して計測を行い、暴露試験を兼ねながら実用化に向けた現場データの蓄積および計測精度の検証を行う予定である。

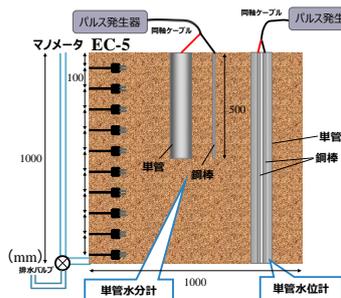


図10 土槽実験装置の模式図

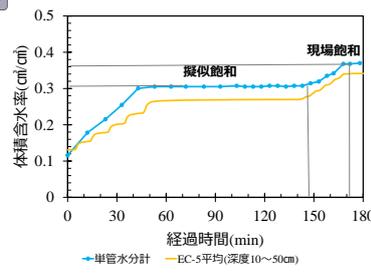


図11 「単管水分計」と従来の水分計 (EC-5) の比較検証

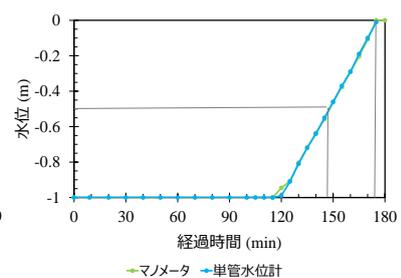


図12 「単管水位計」とマノメータの比較検証

#### <引用文献>

- ① 小松満, 西村美紀, 小泉圭吾, 喜多志: 現場サンプリング試料を用いた室内試験による疑似飽和体積含水率の推定手法, 第53回地盤工学研究発表会, 1028, pp. 2053-2054, 2018.
- ② 小泉圭吾, 山本健史, 小松満, 小田和広, 堤浩志: 体積含水率に着目した斜面モニタリング手法の現場適用性に関する考察, 第52回地盤工学会発表, 0871, pp. 1741-1742, 2019.
- ③ 塚部聡太, 小泉圭吾, 小松満, 小田和広, 伊藤真一: 体積含水率の減少速度からすべり面深度を予測する試み, Kansai Geo-Symposium2020, pp. 49-53, 2020.
- ④ 小泉圭吾, 小松満, 小田和広, 伊藤真一, 堤浩志: 体積含水率に着目した降雨時の斜面の健全性を評価するための一考察, 土木学会論文集C (地圏工学), Vol. 77, No. 2, pp. 129-139, 2021.
- ⑤ 小泉圭吾, 櫻谷慶治, 小田和広, 伊藤真一, 福田芳雄, Fenag, Q. N., 竹本将: 降雨時の表層崩壊に対する高速道路通行規制基準の高度化に向けた基礎的研究, 土木学会論文集C (地圏工学), Vol. 73, No. 1, pp. 93-105, 2017.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 2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 小泉圭吾, 鈴木瑞生, 古川貴一, 小田和広, 伊藤真一, 藤本将光, 矢野晴彦, 鏡原聖史, 笹原克夫	4. 巻 8
2. 論文標題 京都府綾部市安国寺測線 をモデル斜面とした動態観測手法の現状報告	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the Kansai Geo-Symposium2020	6. 最初と最後の頁 240-244
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 無
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 Tohari Adrin, Wibawa Sunarya, Koizumi Keigo, Oda Kazuhiro, Komatsu Mitsuru	4. 巻 80
2. 論文標題 Effectiveness of siphon drainage method for landslide stabilization in a tropical volcanic hillslope: a case study of Cibitung Landslide, West Java, Indonesia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bulletin of Engineering Geology and the Environment	6. 最初と最後の頁 2101 ~ 2116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10064-020-02093-2	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 伊藤 真一、小田 和広、小泉 圭吾、酒匂 一成	4. 巻 1
2. 論文標題 体積含水率の現地計測データの予測に対するリカレントニューラルネットワークの適用性	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 AI・データサイエンス論文集	6. 最初と最後の頁 445 ~ 452
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11532/jsceiii.1.J1_445	査読の有無 無
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 岩本遼生、小泉圭吾、小田和広、伊藤真一、堤浩志	4. 巻 8
2. 論文標題 斜面上部からの雨水浸透に着目した表層崩壊に関する一考察	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the Kansai Geo-Symposium2020	6. 最初と最後の頁 54-57
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 無
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 塚部聡太、小泉圭吾、小松満、小田和広、伊藤真一	4. 巻 8
2. 論文標題 体積含水率の減少速度からすべり面深度を予測する試み	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the Kansai Geo-Symposium2020	6. 最初と最後の頁 49-53
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 無
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 岡崎滉大、小泉圭吾、小松満、小田和広、堤浩志	4. 巻 -
2. 論文標題 擬似飽和現象に着目した現地観測結果の一考察	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 105-108
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 無
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 尾家加奈子、小泉圭吾、塚部聡太、小田和広	4. 巻 -
2. 論文標題 綾部市安国寺裏斜面・測線 における現地観測システムのメンテナンス	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 151-154
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 無
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 伊藤真一、小田和広、小泉圭吾、西村美紀、檀上徹、酒匂一成	4. 巻 Vol.76, No.1
2. 論文標題 融合粒子フィルタを用いた境界条件を含む浸透解析モデルの推定手法の提案	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集C (地圏工学)	6. 最初と最後の頁 52-66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejge.76.1_52	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10件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 岡崎滉大、小泉圭吾、岩本遼生、小松満、堤浩志
2. 発表標題 表層崩壊に着目したセンサ設置位置に関する基礎的研究
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小松満、小泉圭吾
2. 発表標題 粘性土斜面における擬似飽和体積含水率の推定結果に基づく現場計測データの検証
3. 学会等名 令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小泉圭吾、小田和広、伊藤真一、藤本将光、矢野晴彦、鏡原聖史、笹原克夫
2. 発表標題 京都府綾部市安国寺裏斜面測線1における表層崩壊に着目した動態観測結果（2019年度）の一考察
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小泉圭吾、塚部聡太、小松満、堤浩志
2. 発表標題 体積含水率からすべり面深度を予測する手法の検討
3. 学会等名 令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 塚部聡太、小泉圭吾、小松満
2. 発表標題 体積含水率からすべり面深度を予測するための基礎的研究
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K.Koizumi, S.Tsukabe, M.Komatsu, K.Oda and S.Ito
2. 発表標題 PREDICTION METHOD OF SLIP SURFACE DEPTH FOR SLOPE HEALTH MONITORING BASED ON VOLUMETRIC WATER CONTENT
3. 学会等名 10th Int. Conf. on Geotechnique, Construction Materials and Environment (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 M.Komatsu and K.Koizumi
2. 発表標題 A VALIDATION OF SHALLOW SLOPE FAILURE MONITORING METHOD BASED ON THE FIELD SOIL MOISTURE OBSERVATIONS
3. 学会等名 10th Int. Conf. on Geotechnique, Construction Materials and Environment (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小泉圭吾
2. 発表標題 斜面災害を未然に予測する～擬似飽和状態を掴め！
3. 学会等名 ちよっと先の未来を考える講座（阿南市×大阪大学大学院工学研究科）（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小泉圭吾
2. 発表標題 土砂災害警戒情報 × 少し先の未来の技術
3. 学会等名 地盤工学会関西支部，和歌山地域地盤研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小泉圭吾
2. 発表標題 IoT × 豪雨時の斜面健全度診断手法
3. 学会等名 神戸防災のつどい2020（招待講演）
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

大阪大学・斜面防災研究グループ <a href="https://infra-sensing.com/">https://infra-sensing.com/</a>
--

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	小松 満  (Komatsu Mitsuru)  (50325081)	岡山大学・環境生命科学研究科・准教授    (15301)	

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