

令和 2 年 5 月 5 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2015～2019

課題番号：15H01796

研究課題名（和文）複合スネーク曲線解析に基づく新たな土砂災害警戒情報提供システムの構築

研究課題名（英文）Development of sediment disaster warning system based on combined snake line analyses

研究代表者

小杉 賢一郎（Kosugi, Ken'ichirou）

京都大学・農学研究科・教授

研究者番号：30263130

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 30,400,000円

研究成果の概要（和文）：様々な雨量指標を組み合わせた多種類のスネーク曲線を用いて降雨の既往最大値超過を判定する手法を、近年の土砂災害事例に適用し、土砂災害の予測を行う上で有効な手段となることを示した。さらに、集中的な土砂災害が発生した地域や強い地震の揺れを経験した地域では、既往最大値をリセットすることや、一定の割合で引き下げることにより、土砂災害の予測精度を向上できることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現行の土砂災害警戒情報は、全国一律の雨量指標を用いて発表されるため精度が悪い。本研究では、降雨の特徴を様々な角度から解析した上で、これまで経験したことのない降雨になっていることを判断材料として土砂災害発生危険度を評価する手法を、種々の災害事例で検証し、その有用性を明らかにした。この手法は、斜面崩壊の直接の誘因となる地下水位の挙動を考慮したものとなっており、経験則に基づく従来の手法に対する優位性も持っている。

研究成果の概要（英文）：This study revealed high efficiencies of combined snake line analyses, which evaluate excesses of various rainfall indexes over their past maxima, for predicting sediment disasters occurred recently. In the region which suffered from intensive sediment disasters or major earthquakes, resetting or reducing of the past maxima can be effective for the application of combined snake line analyses.

研究分野：砂防学

キーワード：土砂災害 警戒避難 実効雨量 雨量指標 斜面崩壊 土石流 スネーク曲線 ソフト対策

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

土砂災害警戒情報は見逃し率(情報が発表される前に災害が発生する率)および空振り率(情報が発表されても災害が発生しない率)が大きく、より正確な土砂災害発生予測に基づく信頼性の高い情報の提供が喫緊の課題である。斜面崩壊の危険度は、斜面内部の地下水位が高いほど大きくなるが、同じ降雨条件下でも地下水位の上昇パターンは斜面ごと、地点ごとに異なっている。にもかかわらず、現行の土砂災害警戒情報は、全国一律で「気象庁の土壌雨量指数を横軸、60分間雨量を縦軸とするスネーク曲線図」もしくは「半減期72時間の実効雨量を横軸、半減期1.5時間の実効雨量を縦軸とするスネーク曲線図」が用いられている。特定の雨量指標を全国一律に使用するのは、個々の地点における地下水位の変動を十分に予測することができず、このことが土砂災害警戒情報の精度を低下させる大きな原因となっている。

### 2. 研究の目的

本研究では、「横軸と縦軸の雨量指標を様々に変化させ、種々の組合せで数百種類のスネーク曲線図を描き、いずれか一つでも既往最大値超過が予見される場合に、土砂災害の危険性が高いと判断する(複合スネーク曲線解析)」というアイデアに基づき、何れの地点でも見逃しの無い土砂災害予測手法を構築することを目的とする。複合スネーク曲線解析の有用性の検証と精度向上・問題点克服を図ることで、信頼性の高い土砂災害警戒情報提供システムを作成する。

### 3. 研究の方法

まず集中的な水文観測(雨量、流出量、土壌水分、地下水位等の観測)を行った上で、降雨に伴う地下水位変動を柔軟に表現できるスネーク曲線図について検討した。さらに、種々の豪雨イベント・土砂災害事例を対象として、複合スネーク曲線解析を実施し、見逃しの無い土砂災害発生予測ができるかについて検証した。そして見逃しが起きた場合には、その原因を究明した上で改善策を提示した。

解析を行った豪雨イベント・土砂災害事例は、平成23年紀伊半島大水害の際に和歌山県那智勝浦町において発生した土石流、平成27年台風第11号の際に奈良県吉野町檜井において発生した斜面崩壊・土石流、平成27年に鹿児島県垂水市深港川で発生した一連の斜面崩壊・土石流、平成27年に神戸市六甲山で発生した斜面崩壊、平成30年に大分県中津市耶馬溪金吉で発生した斜面崩壊、平成24年7月九州北部豪雨災害の際に熊本県南阿蘇村において発生した斜面崩壊・土石流、同地区における平成28年熊本地震発生後の降雨イベントによる斜面崩壊・土石流、平成30年西日本豪雨の際に京都府綾部市および兵庫県宍粟市において発生した斜面崩壊、京都市久多学区において2014~2018年の期間に発生した台風・豪雨被害、などである。以下に、主要な研究成果を記す。

### 4. 研究成果

#### (1) 京都府綾部市上杉町寺ノ迫で発生した斜面崩壊

京都府綾部市上杉町寺ノ迫では、平成30年(2018年)7月7日午前4時20分に斜面崩壊が発生し、3名の方が亡くなられた。

図-1は、災害現場からおよそ10km離れた気象庁(アメダス)の綾部観測所の雨量である。7月6日24:00時点での、降り始めからの積算雨量はおよそ150mmに達していた。その後7月7日0:00~2:00には強度30~35mm/hの雨が降り、ピーク時(2:00~3:00)には50mm/hを超過した。崩壊直前の4:00における積算雨量はおよそ300mmに達していた。

綾部市には7月5日11:56に大雨警報(土砂災害)が発表されている(図-1)。そして19:30に土砂災害警戒情報が発表され、一部の地域に避難勧告が出された。その後は雨が小康状態を保っていたが、7月7日になると雨脚が強まり、0:35に大雨特別警報が発表された。それを受けて市全域に直ちに避難勧告が発表され、さらに1:45には避難指示(緊急)が発表された。このように、避難勧告や指示が発表されたのは降雨強度が非常に大きくなった深夜の時間帯であり、避難所への移動は相当困難な状況であったことが推察される。



図-1 気象庁(アメダス)の綾部観測所の雨量

綾部市のアメダスでは、過去にも、今回の斜面崩壊を引き起こした豪雨に匹敵するような豪雨が何度も観測されていた。ただしこれらの豪雨では、今回の被災地において大きな土砂災害は発生していなかった。1986年以降の32年間で観測された代表的な豪雨を図-2に示す。2014年9月の豪雨では、80 mm/hを超える非常に大きな時間雨量が観測されている。2004年10月の豪雨では20 mm/h以上の強度の雨が5時間継続しており、積算雨量も多い。2014年8月の豪雨は雨が断続的に長時間降り続き、降雨の後半におよそ30 mm/hのピークが3回発生している。これらと比べて今回(2018年7月)の豪雨は、積算雨量が最も大きく、ピークの強度が2014年9月の豪雨に次いで大きいことがわかる。

このような特徴をより明確にするために、図-3には、半減期79h実効雨量を横軸、半減期0.9h実効雨量を縦軸とするスネーク曲線を示した。今回(2018年7月)の豪雨のスネーク曲線は、累積雨量の指標である横軸が、過去3回の豪雨よりも大きくなっている。また降雨強度の指標である縦軸が、2014年9月の豪雨に次いで大きくなっている。そして、斜面崩壊が発生する直前の7月7日4:00には、スネーク曲線が図の右上の領域に伸びていることがわかる。

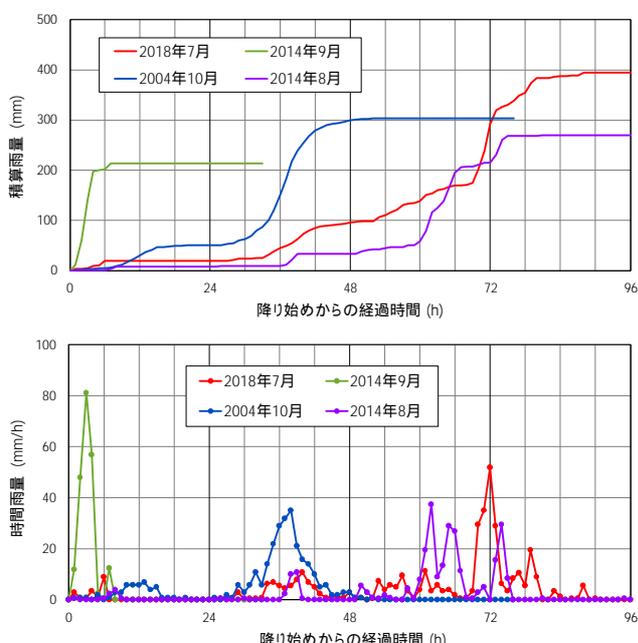


図-2 代表的な豪雨イベントの降雨状況

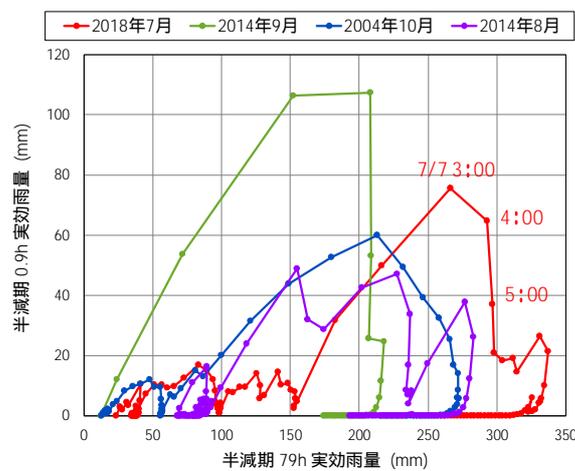


図-3 代表的な豪雨イベントのスネーク曲線

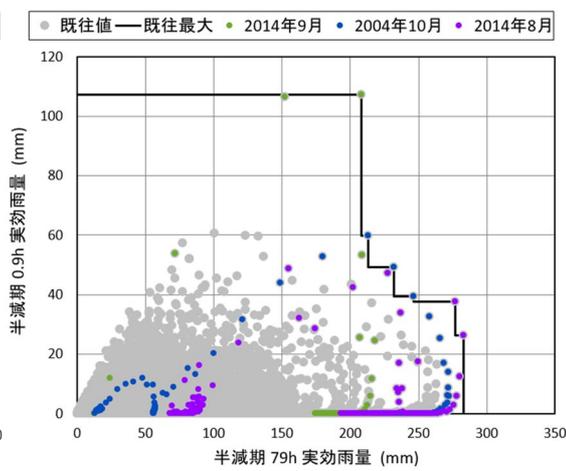


図-4 過去のスネーク曲線とその最大値

図-4には、半減期79h実効雨量を横軸、半減期0.9h実効雨量を縦軸とするスネーク曲線について、過去32年間の全てのデータを示した。図中の黒線は、過去最大値を示すデータを結んだ「既往最大値」を表している。この既往最大値は、図-2, 3に示した、3つの過去の豪雨によって形成されていることがわかる。次に図-5では、この既往最大値を、今回(2018年7月)の豪雨のスネーク曲線に重ねて示した。スネーク曲線は、7/7 2:00に既往最大値を超過し始め、斜面崩壊が発生する直前の4:00には大幅に超過していることがわかる。

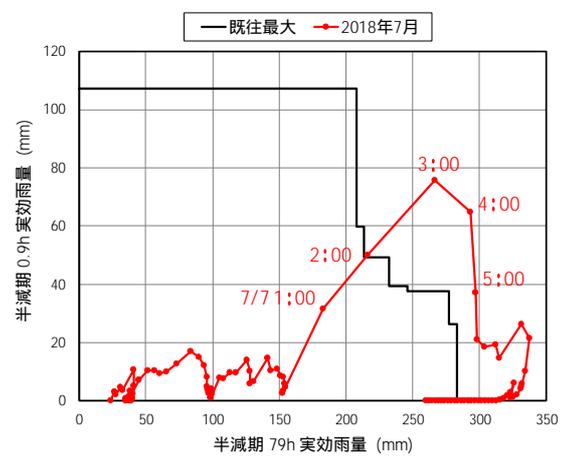


図-5 スネーク曲線の既往最大値と災害を引き起こした豪雨のスネーク曲線の比較

図-5に示した解析を、様々な半減期の組合せで行い、合計300種類のスネーク曲線について既往最大値超過の有無を解析した。その結果をまとめたものが図-6, 7である。図の

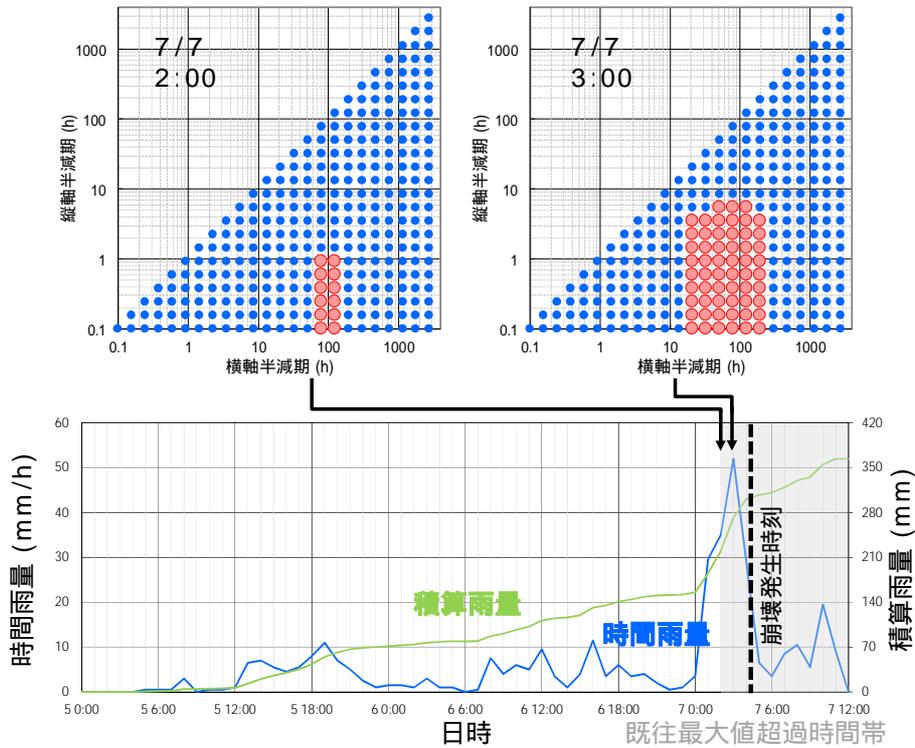


図-6 時間雨量と積算雨量の時系列ならびに既往最大値超過を示す半減期の組合せ

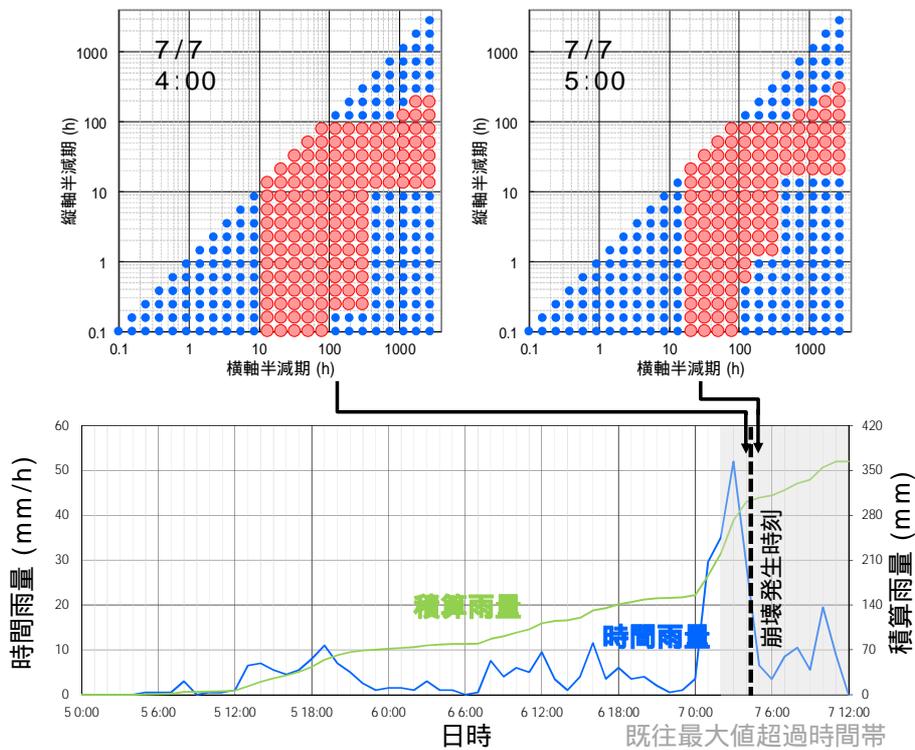


図-7 時間雨量と積算雨量の時系列ならびに既往最大値超過を示す半減期の組合せ（続き）

下段のパネルにおいて、赤丸は既往最大値超過を示した半減期の組合せ、青丸は既往最大値超過を示さなかった半減期の組合せを表している。7/7 2:00 になると既往最大値超過を示すスネーク曲線が初めて出現し、半減期の組合せは、横軸は約 100h、縦軸は 0.1~1h の範囲であった。時間の経過とともに、既往最大値超過を示す半減期の組合せは増加し、斜面崩壊が発生する直前の 4:00 には、全体のほぼ半数にあたる 142 種類のスネーク曲線が既往最大値を超過していた。このような「スネーク曲線の既往最大値超過」に基づいて警戒情報を発表することにより、未曾有の豪雨になっていることを住民に周知することが可能となる。従来の研究では、降雨の規模を再起確率年などで表現することが多く、住民にとって必ずしもわかりやすい指標とはいえなかった。本研究の解析で得られる「過去に経験したことのない豪雨になっている」という情報を伝えることで、適切な避難行動につながることを期待される。

(2) 平成 28 年熊本地震発生後の豪雨イベントによる斜面崩壊・土石流

平成 28 年(2016 年)熊本地震は、4 月 14 日 21:26 に発生した。研究対象とした熊本県南阿蘇村では、平成 24 年 7 月九州北部豪雨災害の際に斜面崩壊と土石流が発生している。また熊本地震の本震の際には、震度 6 弱～6 強の揺れに襲われ、地震動に伴い斜面崩壊が発生している。さらに、地震後に発生した 6 月 18 日 22:30 からの降雨イベントによって、新たな崩壊や土石流が 8 カ所で確認されている。

この降雨に関して、半減期 42.7h の実効雨量を横軸、半減期 0.1h の実効雨量を縦軸にとってスネーク曲線を描いたものが図-8 である。実効雨量の計算は、アメダス阿蘇山観測所の 10 分雨量データを用いて行った。また、図中のスネーク曲線既往最大値は、1980 年 1 月 1 日から降雨開始直前までの約 36 年間を対象として算出した。この図より、この降雨イベントではスネーク曲線が既往最大値を超過しなかったことがわかる。

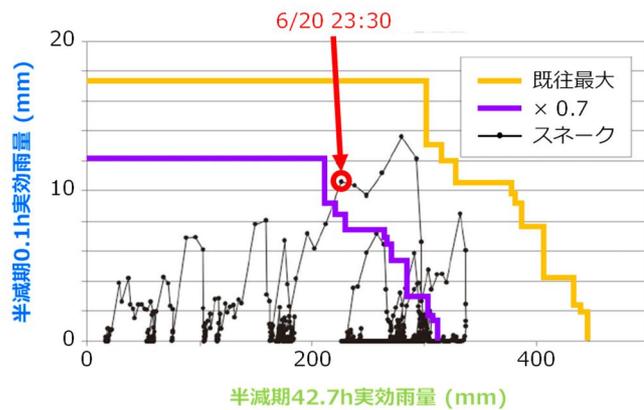


図-8 スネーク曲線の既往最大値と災害を引き起こした降雨のスネーク曲線の比較  
(研究成果(高田ら, 2017)の図を元に作成)

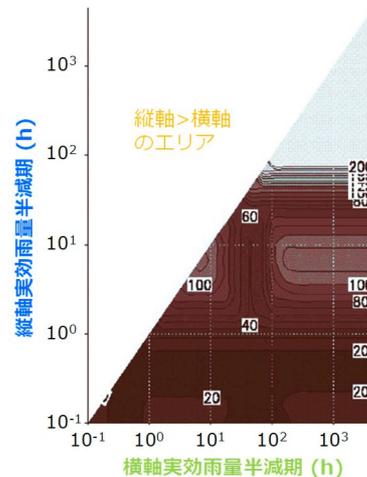


図-9 既往最大値超過に必要な 10 分間雨量(mm)の最小値を表す等値線  
(研究成果(高田ら, 2017)の図を元に作成)

次に、様々な半減期の組合せを持つ合計 276 種類のスネーク曲線について既往最大値超過の有無を解析した。それぞれのスネーク曲線について、各時刻において「10 分であと何 mm 降れば既往最大値を超えるか」を算出し、その最小値を求めた。この値がゼロ以下であれば、既往最大値超過が起きたことを示している。その結果を、横軸の半減期と縦軸の半減期を座標とする平面図上に等値線で示したものが図-9 である。この図を見ると、いずれのスネーク曲線でも最小値は正の値となっており、既往最大値超過は発生しなかったことがわかる。すなわち、様々な視点で 2016 年 6 月 18 日からの降雨を解析したものの、いずれの視点からも過去の降雨の規模を下回っていたことが示された。このような多角的な視点から、地震後の降雨イベントを解析したのは本研究が初めてであり、解析手法としてのインパクトも大きいといえる。図-9 の結果は、熊本地震後には、過去には土砂災害を引き起こさなかった規模の降雨が、新たな斜面崩壊・土石流を発生させたことを明確に示している。

このように、大規模地震が発生した後は、スネーク曲線の既往最大値を基準とした場合、土砂災害の発生を見逃してしまう恐れがあることが新たに判明した。そこで図-8 では、既往最大値の引き下げを試行した結果を示した。図中の紫色の線は、既往最大値の 7 割に相当するものである。2016 年 6 月 18 日からの降雨のスネーク曲線は、6 月 20 日 23:30 にこの線を超過し、その後 6 月 23 日 3:00 まで断続的に超過状態となった。この結果は、土砂災害の発生と良好に対応していると考えられた。現行の土砂災害警戒情報においては、過去の経験に基づき、地震後には元来の警戒基準値の 7～8 割の値が用いられることが多い。スネーク曲線の既往最大値を基準とした本研究の手法でも、同様の引き下げが見逃しを回避する上で有効であることが示唆された。今後、解析事例を増やし、具体的な引き下げ割合の数値を絞っていくことで、さらに的確な警戒避難体制の構築につながることを期待される。

< 引用文献 >

高田 望, 友村 光秀, 坂井 大作, 渡邊 涼一, 小杉 賢一郎, 平成 28 年(2016 年)熊本地震後に発生した熊本県南阿蘇村の崩壊の誘因となった大雨イベントの解析, 砂防学会誌, 70(3), 33-40, 2017.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7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 0件）

1. 著者名 里深好文・小杉賢一朗・中谷加奈・正岡直也・岡野和行・笠原拓造・柳崎 剛・山口雄一	4. 巻 71(4)
2. 論文標題 平成30年7月豪雨による関西における災害	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 砂防学会誌（災害報告）	6. 最初と最後の頁 38-48
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 高田 望・友村光秀・坂井大作・渡邊涼一・小杉賢一朗	4. 巻 70(3)
2. 論文標題 平成28年(2016年)熊本地震後に発生した熊本県南阿蘇村の崩壊の誘因となった大雨イベントの解析	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 砂防学会誌（研究ノート）	6. 最初と最後の頁 33-40
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 石塚忠範・服部浩二・久保正和・内田太郎・小菅耐多・永田葉子・小杉賢一朗・水山高久	4. 巻 69(5)
2. 論文標題 六甲山系における土砂流出発生時刻の検知とその時の水文現象の検討	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 砂防学会誌（研究ノート）	6. 最初と最後の頁 24-34
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 Masaoka, N., Kosugi, K., Yamakawa, Y. and Tsutsumi, D.	4. 巻 535
2. 論文標題 Processes of bedrock groundwater seepage and their effects on soil water fluxes in a foot slope area	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 J. Hydrology	6. 最初と最後の頁 1650-172
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） DOI: 10.1016/j.jhydrol.2016.01.081	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 田村圭司・小菅尉多・内田太郎・永田葉子・小杉賢一朗・水山高久	4. 巻 71(1)
2. 論文標題 六甲山系における山地河川の浮遊砂の計測と特性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 砂防学会誌	6. 最初と最後の頁 3-14
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 田村 圭司, 小菅 尉多, 内田 太郎, 永田 葉子, 小杉 賢一朗, 水山 高久	4. 巻 69(4)
2. 論文標題 山地河川における浮遊砂観測の課題と対応	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 砂防学会誌 (研究ノート)	6. 最初と最後の頁 3-9
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 小杉賢一朗	4. 巻 928
2. 論文標題 土砂災害にどう警戒し避難すべきか	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 学士会会報 (解説記事)	6. 最初と最後の頁 49-55
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 -

〔学会発表〕 計33件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Ken'ichirou KOSUGI
2. 発表標題 Interaction between bedrock groundwater and surface-hydrological processes in headwater catchments
3. 学会等名 2019 JGU 40th Anniversary Meeting (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ken'ichirou KOSUGI
2. 発表標題 Hydrogeophysical technologies to investigate groundwater in steep mountainous regions in order to mitigate sediment disasters
3. 学会等名 2019 NTU-KU Bilateral Symposium On Environmental Hydrology and Water Resources Management (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小杉賢一朗
2. 発表標題 森林斜面における雨水貯留と土砂移動
3. 学会等名 防災・環境に配慮したのり面緑化工技術講習会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永田葉子, 田中秀基, 白髭一磨, 矢野治, 水山高久, 小杉賢一朗, 内田太郎, 小菅尉多
2. 発表標題 山地河川における流量観測の問題点と課題
3. 学会等名 2019年度砂防学会研究発表会 岩手大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柴田俊, 小杉賢一朗, 正岡直也, 金澤瑛
2. 発表標題 種々の観測手法を用いた堆積岩山地における地下水流動の把握
3. 学会等名 2019年度砂防学会研究発表会 岩手大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷知幸, 小杉賢一朗, 正岡直也
2. 発表標題 大起伏堆積岩山地における地下水位の連続観測データを用いた山体地下水の考察
3. 学会等名 2019年度砂防学会研究発表会 岩手大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村上智哉, 正岡直也, 小杉賢一朗
2. 発表標題 蒸発法を用いた森林土壌の不飽和水分特性の計測と解析
3. 学会等名 2019年度砂防学会研究発表会 岩手大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小杉賢一朗, 小松正弥, 正岡直也, 柴田俊
2. 発表標題 深層崩壊の発生機構の検討 - 選択的な山体地下水流動経路の存在について -
3. 学会等名 砂防学会米子大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 影浦亮太, 奥村稔, 河戸克志, 佐藤敏久, 小杉賢一朗, 正岡直也
2. 発表標題 滋賀県葛川試験地における岩盤中の広域地下水調査手法としての空中電磁探査の適用性
3. 学会等名 砂防学会米子大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金澤瑛，丸山清輝，石田孝司，小杉賢一朗，勝山正則，正岡直也，木治佐保
2. 発表標題 溶存物質濃度の主成分分析による地下水流動の解析
3. 学会等名 砂防学会米子大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柴田俊，正岡直也，小杉賢一朗
2. 発表標題 堆積岩山地における水温に着目した地下水流動特性の推定
3. 学会等名 砂防学会米子大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 廣田大空，中谷加奈，小杉賢一朗，石塚忠範，岸本昌之，小菅耐多，永田葉子
2. 発表標題 六甲山西滝ヶ谷流域における洪水流出特性
3. 学会等名 砂防学会米子大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木治佐保，小杉賢一朗，勝山正則，正岡直也，小松正弥
2. 発表標題 ナトリウムイオン濃度に着目した、堆積岩山地における溪流流量・水質に基岩内地下水が及ぼす影響
3. 学会等名 砂防学会米子大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高田望，友村光秀，渡邊涼一，堀岡良則，小杉賢一朗
2. 発表標題 実効雨量 を用いた土砂災害危険度判定手法の適による道路管理高化検討
3. 学会等名 砂防学会米子大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小杉賢一朗・正岡直也・柴田俊・加藤直樹
2. 発表標題 平成30年7月豪雨により発生した斜面崩壊の解析
3. 学会等名 森林学会新潟大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小杉賢一朗
2. 発表標題 土壌と基岩の特徴で考える降雨流出
3. 学会等名 森林水文・地球科学研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小松正弥・糸数哲・柴田俊・小杉賢一朗
2. 発表標題 堆積岩山地における降雨流出特性の解析
3. 学会等名 砂防学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 肥沼直輝・小杉賢一朗・正岡直也
2. 発表標題 花崗岩山地における基岩地下水の降雨応答特性が流出に及ぼす影響
3. 学会等名 砂防学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 柴田俊・小杉賢一朗・糸数哲・小松正弥
2. 発表標題 注水試験による山体地下水の挙動の解析
3. 学会等名 砂防学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小杉賢一朗・伊熊浩平・Cristobal Padilla
2. 発表標題 湧水の量と質に着目した山体地下水流動プロセスの検討
3. 学会等名 砂防学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 影浦亮太・小杉賢一朗・正岡直也・奥村稔・河戸克志・佐藤敏久
2. 発表標題 滋賀県葛川試験地における空中電磁探査による三次元比抵抗構造
3. 学会等名 砂防学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 荒川尚一郎・小杉賢一朗・中谷加奈・田村毅
2. 発表標題 鹿児島県深港川の土石流発生の誘因となった降雨の評価
3. 学会等名 砂防学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山川陽祐・伊熊浩平・松四雄騎・正岡直也・小杉賢一朗
2. 発表標題 付加体堆積岩山地における降雨流出プロセスの解析 - 滋賀県葛川流域における水安定同位体比の時空間変動 -
3. 学会等名 砂防学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 廣田大空・中谷加奈・小杉賢一朗・里深好文・内田太郎
2. 発表標題 観測データを活用した山地溪流からの流出流量の推定手法
3. 学会等名 砂防学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 正岡直也・小杉賢一朗・伊熊浩平・山川陽祐・谷口未峰
2. 発表標題 全反射蛍光X線分析を用いた山地溪流水質分布の把握
3. 学会等名 砂防学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小杉賢一朗・正岡直也
2. 発表標題 崩壊発生時における斜面地下水の挙動
3. 学会等名 日本森林学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高田望, 友村光秀, 坂井大作, 渡邊涼一, 小杉賢一朗
2. 発表標題 実効雨量の既往最大値超過に着目した土砂災害の事例解析
3. 学会等名 砂防学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 小菅尉多, 石塚忠範, 服部浩二, 久保正和, 内田太郎, 田村圭司, 水山高久, 小杉賢一朗, 永田葉子
2. 発表標題 六甲山系における水・土砂の動態の歴史的変遷と流域環境の変質
3. 学会等名 砂防学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 服部浩二, 石塚忠範, 久保正和, 内田太郎, 田村圭司, 水山高久, 小杉賢一朗, 小菅尉多, 永田葉子
2. 発表標題 六甲山系における豪雨時の水・土砂の動態
3. 学会等名 砂防学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 久保正和, 石塚忠範, 服部浩二, 内田太郎, 水山高久, 小杉賢一朗, 小菅尉多, 永田葉子
2. 発表標題 六甲山系における崩壊検知センサーを用いた土砂流出の発生時刻の検知とその時の水文現象
3. 学会等名 砂防学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 小杉賢一朗・高見友佑・正岡直也・Cristobal Padilla・水山高久・松四雄騎・山川陽祐・安井 秀・安永一樹・田中利和・山内政也・山根誠・小松慎二・影浦亮太・奥村 稔・河戸克志
2. 発表標題 地形解析・調査ポーリング・高密度電気探査・空中電磁探査ならびに水文観測を組み合わせた崩壊危険斜面の特性把握
3. 学会等名 砂防学会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 杉本康平・小杉賢一朗・糸数 哲・正岡直也・藤本将光・水山高久
2. 発表標題 花崗岩山地における基岩地下水の流動特性が降雨流出に及ぼす影響
3. 学会等名 砂防学会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 高見友佑・小杉賢一朗・正岡直也・水山高久・松四雄騎・山川陽祐・安井 秀・安永一樹・田中利和
2. 発表標題 大起伏堆積岩山地における基岩地下水の水文挙動の解析
3. 学会等名 砂防学会
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 小杉賢一朗（丸谷知己（編））	4. 発行年 2019年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 244
3. 書名 「水文解析」（『砂防学』の110-121ページ）	

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----