

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：23201

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02238

研究課題名 (和文) 流動地下水脈の稠密観測に基づく斜面変動特性の解明と危険度評価の高度化

研究課題名 (英文) Unraveling the features of landslide movement and the advancement of risk assessment based on dense monitoring of groundwater veins

研究代表者

古谷 元 (FURUYA, Gen)

富山県立大学・工学部・教授

研究者番号：80378926

交付決定額 (研究期間全体) : (直接経費) 12,800,000 円

研究成果の概要 (和文) : 地すべり土塊内の流動地下水の動態を解明するために、地温計測を主体とした現地観測と室内散水実験を実施し、ダンパーを組み合わせた運動方程式に基づいたモデルで地すべりの移動速度について再現を試みた。その結果、地すべり土塊内の地下水の上昇は、浸透水が基底水位に到達して生じる従来の過程だけでなく、土塊内の間隙空気が深部地下水を浅層部への押し出しによることが判明した。円筒管を用いた室内散水試験結果からもこの押し出しの存在が確認できた。上述の計算モデルにより地すべり移動速度を簡便に再現することが概ねできた。さらに切土斜面で発生した地すべり地に適用し、時系列的な応急対策工の効果判定が可能であることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的な意義は、地すべり滑動に関与する孔内水位 (間隙水圧) の上昇が、従前からの降雨浸透過程の他に、詳細な地すべり土塊の地温変化の計測より、豪雨時の浸透過程で土塊内の間隙空気が深部地下水を押し出すことが判明した。ダンパーを組み合わせた運動モデルにより、地すべりの移動速度を時系列的に再現できたことである。

社会的意義は、斜面防災の観点から、前者の調査を斜面上で面的に展開することにより、効率的かつ効果的な地下水排除工の位置選定が大いに期待できること、後者の手法を対策工施工時に併用することにより、簡便かつ時々刻々と対策効果の評価が可能になることである。

研究成果の概要 (英文) : We carried out monitoring of ground temperature, borehole water level, and groundwater dating to clarify the dynamics of flowing groundwater in the landslide mass. In addition, we attempted to replicate the moving velocity of landslide by the model based on the equation of motion combined with a damper (Lumped Mass Damper Model). The results were shown that 1) the increase of groundwater (borehole water) level in the mass was not only caused by the process of ordinary rainfall seepage reaching the groundwater base level but also by pore air in the mass pushing out deep groundwater, 2) the above-mentioned model was able to replicate the moving landslide velocity in a simple manner, furthermore, was possible to determine the effect of countermeasures in a time-series basis.

研究分野：自然災害科学

キーワード：地温計測 地すべり動態観測 物理探査 室内散水試験 地下水の押し出し現象 地すべり移動速度 効果判定

※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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

(1) 一般的に自然斜面内の地下水は、降水が浸透した後に一様な水面形状として表現されている。しかしながら自然斜面の切土部や集水井の内部を調査すると、多くの自然斜面は地下水の流出箇所と非流出箇所が存在し、一様な水面形を呈していない。近年、自然斜面内の地下水は、一様な水面形を呈する流れでは考え難いケースが存在することが報告されている（例えば Montgomery et al.(2002), 古谷他(2017)）。しかしながら時系列的な一様な水面形ではない地下水の動態は解明されていない。

(2) 斜面の滑動を予測する手法として斉藤(1987)の例が代表的であるが、これらは斜面の移動(変形)速度を時系列的に解析しているために、物性に基づいたものではなく、空振りに終わる場合もある。このような観点から物理的特性に基づいた斜面の移動速度を予測する手法の整備が課題とされている。一方 Hamasaki et al. (2017)は、すべり面上での移動速度に関してダンパーを組み合わせた運動方程式に基づいたモデル(LMD法と呼ぶ)で簡便に予測する方法を検討してきたが、実データに基づいた解析事例の数が多いのが実状である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、自然斜面内の「流動地下水脈」に着目し、物理探査、稠密な地温観測、斜面移動量、すべり面上の間隙水圧の連続観測結果より、流動地下水脈の動態について解明するとともに、地下水動態の実測値から斜面移動速度を予測して斜面災害の軽減、対策に資することを目指した。具体的には、西井川地すべり地および道路の切土斜面で発生した地すべり地を試験地として稠密な現地観測、室内試験を展開する。具体的には、

①試験地に面的広がり地温の稠密観測、孔内水位観測を実施し、自然斜面内の詳細な流動地下水の動態を解明する。

②地下水分析(年代測定)を実施し、浅層部へ流入する流動地下水の供給源・涵養年代を解明するとともに、①の結果を交えて地下水の押し出し現象の有無について解明する。室内散水実験を通じて、斜面深部からの深層地下水の押し出し効果について再現し、孔内水位(間隙水圧)上昇への寄与について解明する。

③LMD法に用いるパラメータを再検討したうえで、試験地で得られた時々刻々と変化する間隙水圧(孔内水位)を入力して斜面の速度予測を実施するとともに、地すべり滑動を簡便に再現する。

3. 研究の方法

(1) **西井川地すべり地の概要** 西井川地すべり地は、徳島県三好市の吉野川右岸の標高約180~250mに位置する(図1)。この地すべりは、1973年に古い地すべり地内で脚部を切土したことにより再滑動したものである。再活動した地すべり土塊は、幅が約150m、長さが約200mである。地すべり斜面の傾斜角は約20°であり、地質は三波川結晶片岩群の塩基性片岩を主体とし、一部に泥質片岩を含んでいる。

(2) **現地観測** 地温の稠密観測は、西井川地すべり地で従前より複数回実施された1m深地温探査結果に基づいて、C、EおよびI測線で熱電対を用いて実施した(図2)。観測測点の間隔は10m、深度は1mとした。なお、E5~E7の間は5m間隔、E7では多層地温観測用として深度1.5m、2.0m、2.5mに熱電対を追加した。これらの熱電対は、補償導線を介して観測小屋内のデータロガー(サンプリング間隔は最速2分)に接続した。降水量観測は、国土交通省水文水質データベース(<http://www1.river.go.jp/>)より、西井川地すべり地から西北西約2.5kmに位置する池田ダム(図1)の60分毎の雨量計の観測結果を引用した。池田ダムの降水量データに欠測が生じた場合は、アメダス池田(図1)の観測結果を使用した。気温と雨水温度の観測は、熱電対補償導線を加工した温度計を作成し、京都防災研究所徳島地すべり観測所(図1)の構内で実施した。雨水温度の観測では、アルミトレイの底部に穴を開け、アルミニウムと水の比熱の違いを利用し、



図1 西井川地すべり地と各種データ観測箇所的位置(国土地理院地形図および防災科学技術研究所J-SHIS Mapに加筆)

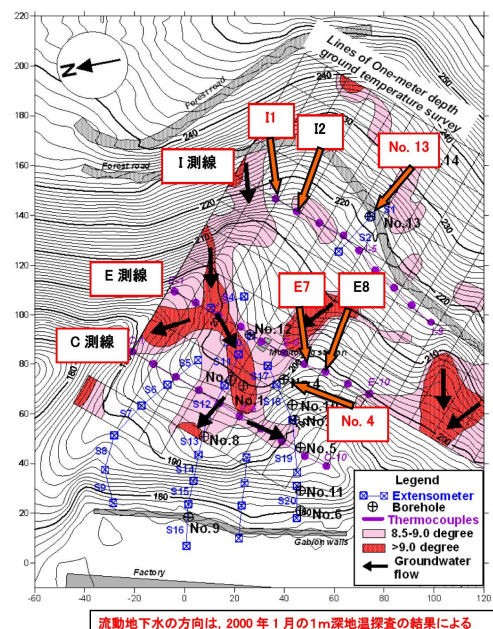


図2 西井川地すべり地の計器配置図

10mm/h 以上の降水時にアルミトレイに溜まった雨水の温度（アルミニウムトレイの温度）データを使用した。孔内水位観測は、すべり面付近のみにスクリーン加工した保孔管(ボーリング孔底とすべり面の上下はベントナイトペレットで止水)で実施した。なお、使用したデータは観測孔 No.4, No.13 であり、データは上述の観測小屋内のデータロガーに記録した。

(3) 室内散水実験 室内散水実験の装置は、地すべり土塊、地下水の流動を単純化するために 4 本の高さ 50cm, 内径 10.4cm の透明な塩化ビニル製の円筒管を 2 本繋ぎ合わせて 100cm の円筒(2 本)とした。斜面の標高差を想定して 2 本の円筒管のうち 1 本を 100cm の高さに設置した(図 3)。両円筒管の間には、濃度 15% のメトロース水溶液を満たしたホースを繋ぎ、水に粘性を与えて斜面内の流動地下水の経路(距離)を疑似的に表現した。

両円筒管内には、基底水位相当の地下水状態を表現するために、円筒管の下端から高さ 10cm まで市販の砂利を詰めて蒸留水で飽和させ、その後下部から珪砂試料を 10cm 毎に詰めてランマーで締固め、円筒管上端までこの作業を繰り返した。以後、上側の円筒管(図 3 の左側)を円筒管①、下側の円筒管(図 3.1 の右側)を円筒管②と呼ぶことにする。なお、用いた珪砂は 6 号(D50 = 0.298 mm), 7 号(同 0.147 mm), および 8 号(同 0.047 mm)である。

両円筒管(試料)内では、底部から高さ 70cm の箇所に埋設型間隙水圧計、50 cm の箇所にデジタル気圧計に接続したシンフレックスチューブの先端を埋設し、底部に間隙水圧計を取り付けた(図 3 参照)。両円筒管の上面から高さ 200cm の箇所に散水ノズルを設置し、降雨強度 100mm/h で散水した。散水時において間隙水圧計とデジタル気圧のデータは、インターフェースを介して 1Hz のサンプリング間隔で PC に記録した。実験条件は、表 1 に示すように試料粒径、初期間隙比、および締固め回数を変えた。なお、実験時には、試料内に降水が浸透する状況をビデオカメラに記録した。

(4) 斜面移動速度予測法(LMD 法) この手法は、時系列のせん断抵抗力(R)と滑動力(D)、速度に比例して抵抗する粘性ダンパー(k)から構成され、地すべりの変位速度(v)を求めるものである。LMD 法の概念図を図 4 に示す。図中の F は x 方向の下向きの方力、D は滑動力、R はせん断抵抗力、A はすべり面の面積、θ は斜面勾配、Cd はすべり面の粘性抵抗係数である。速度 v は近似的に図中に示した式(1)で表される。

4. 研究成果

(1) 図 5 は 2020 年 7 月～8 月における観測結果である。図中の (a) は孔内水位、(b) は気温とアルミトレイの温度、(c) は 1m 深地温を示している。この期間では、7 月 4～10 日に累積雨量が 240mm, 7 月 23～26 日に累積雨量が 68mm の豪雨が観測された。図 5 (a) より No.4 では、豪雨時にレスポンスがよい水位上昇とその後の減衰過程が生じている。一方 No.13 では、豪雨時に水位上昇が認められるが、その後の減衰過程は非常に遅い。この図より双方間では、同一の水みちで繋がっていないことを示している。同 (b) より豪雨時に気温とアルミトレイの温度がほぼ同じであることから、豪雨時の雨水

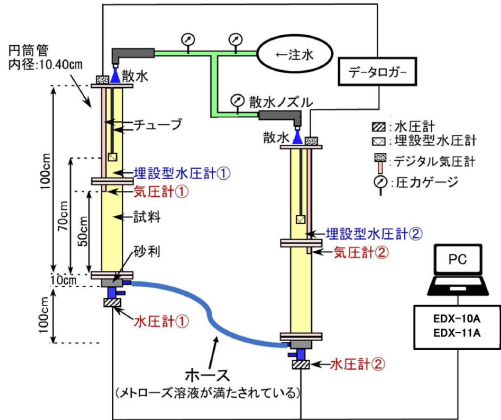


図 3 室内散水試験装置

表 1 実験条件

試料	降水強度 (mm/h)	締固め 回数	初期 含水比(%)	初期 間隙比	相対 密度(%)	透水係数 (m/s)
6号	100	1	10	1.30	22.0	3.2×10^{-4}
	100	1	5	1.21	26.1	6.4×10^{-5}
	100	1	10	1.22	24.4	5.5×10^{-5}
	100	1	15	1.24	20.6	5.1×10^{-5}
7号	100	1	20	1.21	26.1	4.9×10^{-5}
	100	0	10	1.35	0.5	7.4×10^{-5}
	100	3	10	1.14	38.0	4.5×10^{-5}
8号	100	1	10	1.18	25.1	2.2×10^{-5}

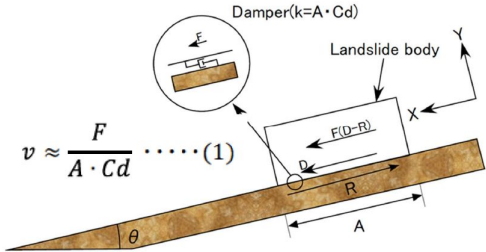


図 4 斜面移動速度予測(LMD)法概念図

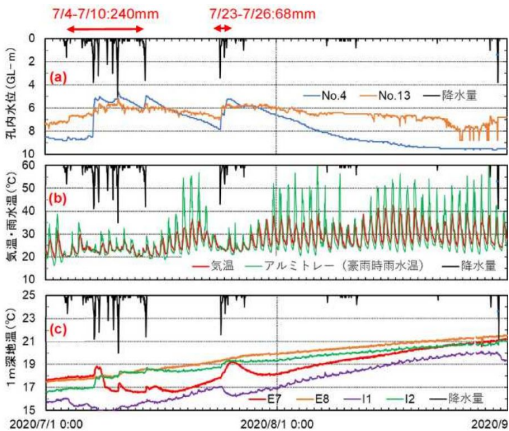


図 5 観測結果

温度は22～23℃である。同(c)より各隣接した測点で1m深地温の挙動が異なっている。I2で豪雨時に若干の温度上昇があったものの、この測点とE8測点では、概ね年変化に沿った1m深地温の上昇が認められる。一方E7は、豪雨時に一時的に温度が急上昇した後に、著しく温度低下している。I1では豪雨時に温度が低下している。E7測点の豪雨時における一時的な温度上昇は、雨水が浸透する際の影響である。その後の温度低下は雨水ではなく、他の熱源による土塊表層付近の冷却が関連している。I1の温度低下も同様である。

(2) E7では、深度1.0mの他に1.5m, 2.0m, および2.5mの地温を計測しているので、豪雨時の浸透速度とE7近傍のNo.4における孔内水位の上昇速度の関係について検討した。降雨が地表から鉛直浸透すると仮定した場合の浸透速度は、0.083～0.130m/hであった。一方No.4における孔内水位の上昇速度は、0.37m/hであった。この条件で降雨の浸透がNo.4の基底水位に達するには、浸透速度から約3～5日の時間を要する。このことは、深部(基底水位)からの水位上昇は、単に直前の豪雨イベントの浸透水が達して生じるものではないことを示す。E7の深度2.5mで豪雨直後と少雨期における地下水中のSF₆濃度測定を実施したところ、この箇所における地下水の年代は、豪雨の有無にかかわらず約10年前に涵養された地下水であった。

(3) E7とI1で下記の豪雨時における地温異常に関して、約1℃を超過する地温変化(低下)量と先行累積累積雨量の関係について2010年からのデータをもとに検討した。先行雨量の累積開始は、極値を観測された時点とした。図6のa)はE7、b)はI1における関係である。なおI1では、2018年7月の西日本災害時に断線による欠測が生じている。図中a)において西日本豪雨災害時の関係は、他のプロットから著しく離れている。フェア式でこの時の降雨観測値の確率雨量を概算的に見積もると、約50年に一度の異常豪雨であった。西日本豪雨災害時の結果を除いて他の関係について相関関係を求めると、E7では先行雨量が8日間の場合に高い正の相関が得られた。同様にI1では4日間の先行雨量の場合に高い正の相関が得られた。豪雨時の雨水温度が気温にほぼ等しいことから、西井川地すべり地での豪雨時に上昇する孔内水位は、深部(少なくとも恒温層相当)から押し出されているものと考えられる。

(4) 初期含水比が地下水の押し出し現象に与える影響について、珪砂7号の条件下で表1に示す初期含水比の違い(5, 10, 15, および20%)から検討した。図7は初期含水比と間隙空気圧発生時間の関係、図8は初期含水比と間隙空気圧上昇開始時におけるぬれ前線の浸透距離の関係である。図7より初期含水比が高いほど、散水開始からの間隙空気圧の上昇が速く、図8より初期含水比が高いほど、間隙空気圧が上昇する際の浸透距離が短いことが明らかになった。これらの関係は、試料内における初期の含水状態が多ければ、その後の散水においてより短時間に土粒子間の吸着水が増加し、これに起因する遮蔽効果によって間隙空気圧の上昇時間と上昇開始時における浸透距離が短くなることが考えられる。図9は初期含水比と間隙空気圧の上昇値の関係である。この図より初期含水比が高いほど、間隙空気圧の上昇が大きい。これは初期含水比が高いほどぬれ前線が飽和に近い状態で降下し、このぬれ前線がより効果的な遮蔽を發揮させて試料内の間隙空気を抜け難くさせるとともに、間隙空気を圧縮する(押し出す)力が增大して空気圧上昇につながると考えられる。一方初期含水比が低ければぬれ前線が不飽和な状態での浸透となり、効果的な空気の圧縮が生じず、空気が試料上端から抜けて間隙空気圧の上昇が小さくなると考えられる。なお珪砂6号では間隙空気圧の発生が確認されなかった。この空気圧の上昇には、粒径の大きさ(透水性)も関連する可能性がある。

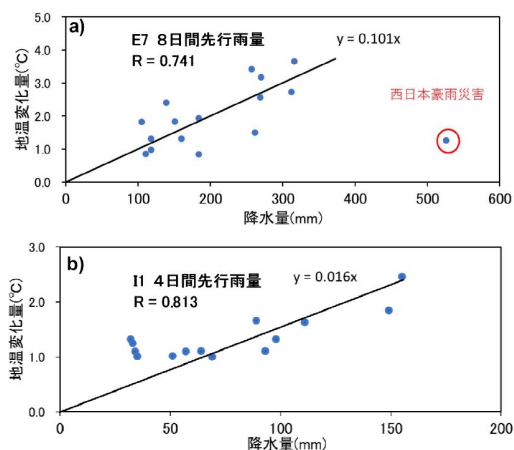


図6 先行降水量と地温変化量の関係

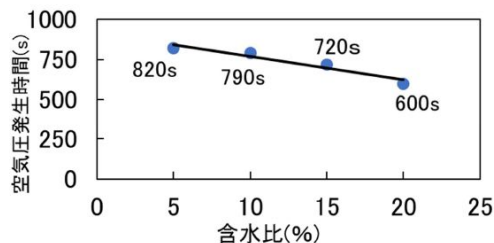


図7 初期含水比と間隙空気圧発生時間の関係

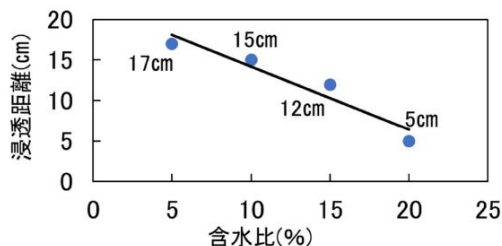


図8 初期含水比と間隙空気圧上昇開始時におけるぬれ前線の浸透距離の関係

(5) 初期間隙比が地下水の押し出し現象に与える影響について、表1中の珪砂7号の締め固め回数を変えた(0, 1, および3回)条件で検討した。図10は初期間隙比と間隙空気圧のピーク値の関係である。この図より試料内の間隙比が小さいほど散水中に発生する間隙空気圧のピーク値が大きいことが認められる。これは、試料内の間隙比が小さければ土粒子間の浸透水の吸着がより多くなるため、間隙空気が試料上端から抜け難くなる。逆に間隙比が大きき円筒管内の試料が緩い場合は、試料内で空隙が生じて空気が抜けやすくなることや、ぬれ前線が均一に降下しないため効果的な遮蔽ができず、間隙空気が上昇し難くなることが考えられる。

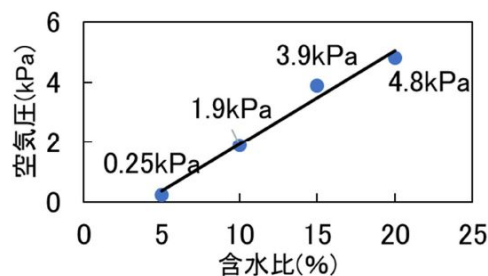


図9 初期含水比と間隙空気圧の上昇値の関係

(6) 上記の観測結果および室内試験結果より、西井川地すべり地で豪雨時における異常地温の発生機構は、通常の地下水上昇過程だけではなく、豪雨時に浸透する降水が斜面深部に存在している地下水を押し出している。図11において一時的な地温上昇は、降水の浸透を捉えているものの、その後の急激な地温低下は、少なくとも恒温層相当の地下水の急上昇による地中冷却によるものであり、その要因は深部地下水の押し出しによるものと解釈できる。このことは、より効果的な斜面对策計画を考える上で、半経験的な地下水排除工の配置ではなく、詳細な異常箇所(流動地下水の流入箇所)抽出の必要性を示している。

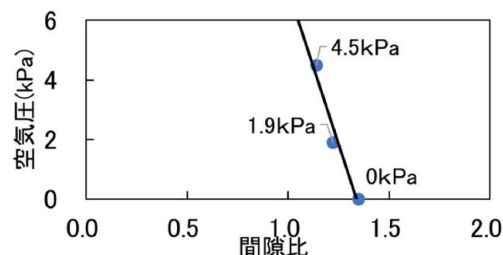


図10 初期間隙比と間隙空気圧のピーク値の関係

(7) 西井川地すべり地の移動速度の再現を伸縮計および水位観測データ、せん断試験で得られた強度定数を用いて LMD 法で検討した。その結果、ある程度の再現は可能であったが、粘性抵抗係数の与え方や斜面内部の不均質性の影響が生じた。そこで北陸地区の道路切土斜面で発生した地すべり地の孔内水位と伸縮計観測データを用いて本手法を適用し、地すべり発生直後から応急対策工施工までの時系列における地すべり移動量の再現を試みた。強度定数に逆算値を用いたところ、図12に示すように計算値は、伸縮計の実測値とほぼ同じ挙動が再現できた。仮に大型土嚢による盛土が無い場合で移動量を試算すると、最終的には1400mmの土塊の移動が見積もられた。さらに対策工初期の段階で移動量が沈静化しない原因は、大型土嚢と地すべり土塊が完全に密着していないことが再現計算から裏付けられた。

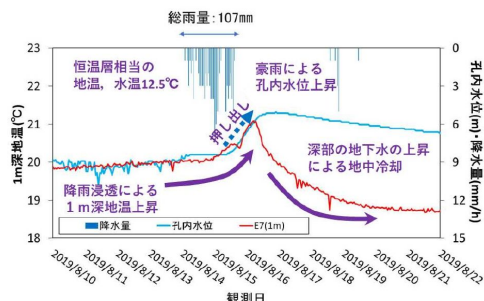


図11 異常地温発生時における深部地下水の押し出し

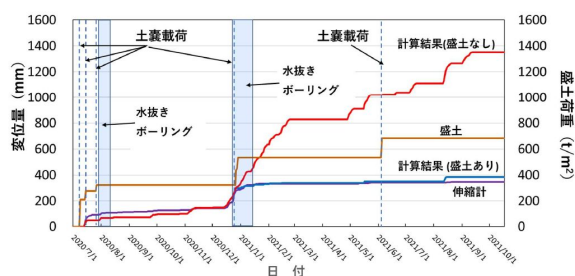


図12 LMD法による対策工の時系列評価

<引用文献>

- ① 古谷 元, 末峯 章, 王 功輝, 連続地温計測による地すべり地における流動地下水の動態観測, シンポジウム 一地すべり変動に影響を及ぼす地下水一, (公社)日本地すべり学会, 2017, pp. 13-16.
- ② E. Hamasaki, H. Marui, G. Furuya, Simulation model to predict landslide speed using velocity-dependent viscous damping, Advancing culture of living with landslides, Vol. 2, M. Mikoš et al. (eds.), pp. 579-586, 2017, Springer.
- ③ D. Montgomery, W. Dietrich, J. Heffner, Piezometric response in shallow bedrock at CB1: Implications for runoff generation and landsliding, Water Resources Research, Vol. 38, NO. 12, 1274, 2002, doi:10.1029/2002WR001429.
- ④ 齊藤迪孝, 斜面崩壊時刻予測のためのクリープ曲線の適用について一崩壊予測の批判に答えて一, 地すべり, 第24巻1号, 1987, pp. 30-39.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 15件／うち国際共著 8件／うちオープンアクセス 20件）

1. 著者名 Wang Gonghui, Watanabe Naoki, Hoshikawa Keisuke, Furuya Gen, Cai Fei, Wu Shengshan	4. 巻 312
2. 論文標題 Diverse shear behaviors of clayey materials: Implications for differing landsliding behaviors within the same area in Niigata, Japan	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Engineering Geology	6. 最初と最後の頁 106932-106932
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.enggeo.2022.106932	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 Hu Wei, Li Yan, Xu Qiang, Huang Runqiu, McSaveney Mauri, Wang Gonghui, Fan Yu, Wasowski Janusz, Zheng Yangshuai	4. 巻 127
2. 論文標題 Flowslide High Fluidity Induced by Shear Thinning	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 1-19
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2022JB024615	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 該当する

1. 著者名 Miao Haibo, Wang Gonghui	4. 巻 308
2. 論文標題 Shear rate effect on the residual strength of saturated clayey and granular soils under low-to-high-rate continuous shearing	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Engineering Geology	6. 最初と最後の頁 106821-106821
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.enggeo.2022.10682	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 該当する

1. 著者名 Chang Chengrui, Wang Gonghui	4. 巻 296
2. 論文標題 Creep of clayey soil induced by elevated pore-water pressure: Implication for forecasting the time of failure of rainfall-triggered landslides	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Engineering Geology	6. 最初と最後の頁 106461-106461
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.enggeo.2021.106461	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 該当する

1. 著者名 渡部直喜	4. 巻 58
2. 論文標題 同位体水文学－ 応用編	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本地すべり学会誌	6. 最初と最後の頁 269-273
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3313/jls.58.269	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 渡部直喜	4. 巻 58
2. 論文標題 地すべりの年代測定	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本地すべり学会誌	6. 最初と最後の頁 141-144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3313/jls.58.141	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 渡部直喜	4. 巻 59
2. 論文標題 水質データの多変量解析	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本地すべり学会誌	6. 最初と最後の頁 265-268
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3313/jls.59.265	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 Wang Gonghui, Watanabe Naoki, Hoshikawa Keisuke, Furuya Gen, Cai Fei, Wu Shengshan	4. 巻 312
2. 論文標題 Diverse shear behaviors of clayey materials: Implications for differing landsliding behaviors within the same area in Niigata, Japan	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Engineering Geology	6. 最初と最後の頁 106932-106932
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.enggeo.2022.106932	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 該当する

1. 著者名 Hu Wei, Li Yan, Xu Qiang, Huang Runqiu, McSaveney Mauri, Wang Gonghui, Fan Yu, Wasowski Janusz, Zheng Yangshuai	4. 巻 127
2. 論文標題 Flowslide High Fluidity Induced by Shear Thinning	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 1-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022JB024615	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 該当する

1. 著者名 Miao Haibo, Wang Gonghui	4. 巻 308
2. 論文標題 Shear rate effect on the residual strength of saturated clayey and granular soils under low- to high-rate continuous shearing	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Engineering Geology	6. 最初と最後の頁 106821-106821
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.enggeo.2022.106821	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 該当する

1. 著者名 Chang Chengrui, Wang Gonghui	4. 巻 296
2. 論文標題 Creep of clayey soil induced by elevated pore-water pressure: Implication for forecasting the time of failure of rainfall-triggered landslides	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Engineering Geology	6. 最初と最後の頁 106461-106461
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.enggeo.2021.106461	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 該当する

1. 著者名 WATANABE Naoki	4. 巻 58
2. 論文標題 地すべりの年代測定	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Japan Landslide Society	6. 最初と最後の頁 141-144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3313/jls.58.141	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 WATANABE Naoki	4. 巻 58
2. 論文標題 同位体水文学－応用編	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Japan Landslide Society	6. 最初と最後の頁 269-273
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3313/jls.58.269	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 WATANABE Naoki	4. 巻 59
2. 論文標題 水質データの多変量解析	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Japan Landslide Society	6. 最初と最後の頁 265-268
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3313/jls.59.265	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 G. Wang, F. Zhang, G. Furuya, K. Hayashi, W. Hu, M. McSaveney, R. Huang	4. 巻 280
2. 論文標題 The debris avalanche in Donghekou area triggered by the 2008 Wenchuan (M8.0) earthquake: Features and possible transportation mechanisms	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Engineering Geology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.enggeo.2020.105922	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 該当する

1. 著者名 Saito, T., Watanabe, N.	4. 巻 19
2. 論文標題 VARIATIONS OF WATER QUALITY ALONG ACIDIC RIVERS IN VOLCANIC AREAS OF EASTERN JAPAN	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of GEOMATE	6. 最初と最後の頁 36-41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21660/2020.71.5782	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 Nishiyama, N., Chigira, M., Suzuki, K., Watanabe, N.	4. 巻 29
2. 論文標題 Distribution of fossil seawater and its role in Neogene sedimentary rock landslides in Niigata, eastern marginal region of the Japan Sea	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Island Arc	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/iar.12351	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 大石 皓平, 江野本 貴之, 佐藤 舜起, 諸橋 峻秀, 宮本 直人, 狩野 直樹, 今泉 洋, 渡部 直喜	4. 巻 69
2. 論文標題 酸素・水素安定同位体比 ($\delta^{18}O$, δD), トリチウム (T) 濃度および各種イオン濃度から見た近年の新潟市の湖沼水系と降水の特徴	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RADIO ISOTOPES	6. 最初と最後の頁 299-313
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3769/radioisotopes.69.299	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 斎藤健志, 渡部直喜, 川邊 洋	4. 巻 76
2. 論文標題 佐渡島大倉川源流部の林地流域と草地流域における流出特性と溪流水質	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1 (水工学)	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.76.1_1	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 Hideaki Marui, Eisaku Hamasaki, Gen Furuya	4. 巻 4
2. 論文標題 DEVELOPMENT OF “LUMPED MASS DAMPER MODEL” TO PREDICT FAILURE TIME AND VELOCITY OF LANDSLIDE	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geotechnika - e - journal of Geotechnical Society of Bosnia and Herzegovina	6. 最初と最後の頁 -
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 Saito. T., Watanabe, N	4. 巻 19
2. 論文標題 Variations in water Quality along acidic rivers in volcanic areas of eastern Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of GEOMATE	6. 最初と最後の頁 36-41
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40件 (うち招待講演 4件/うち国際学会 7件)

1. 発表者名 濱崎英作, 丸井英明, 古谷元, Krkac, M., Mihalic-Arbanas, S
2. 発表標題 タンクモデルと質点系ダンパーモデルを用いたコスタニェック地すべりの長期移動予測解析
3. 学会等名 第59回公益社団法人日本地すべり学会研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Chang, C.R., Wang, G.
2. 発表標題 The power-law singularity and its application for failure forecast of rainfall-induced landslides,
3. 学会等名 AGU-JpGU Joint Meeting 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Wang, G., Ma, N., Doi, I., Furuya, G., Watanabe, N., Ishimaru, S., Koyasu, H.
2. 発表標題 Seismic site response of tephra slope: a case study for the landslides triggered by the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake
3. 学会等名 AGU-JpGU Joint Meeting 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Chang, C.R., Wang, G.
2. 発表標題 Nonlinear behaviors strongly modulated by precursor shear deformation: mechanisms and implications for time prediction of landslides
3. 学会等名 2020 DPRI Annual Meeting
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 幅下大地, 古谷 元, 末峯 章, 王 功輝, 竹沢優里, 井原 潤
2. 発表標題 西井川地すべりにおける1 m深地温の連続観測-推定平常1 m深地温に基づいた検討-
3. 学会等名 第59回日本地すべり学会研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 名和航汰, 古谷 元, 末峯 章, 王 功輝
2. 発表標題 地すべり地における地温異常値の発生差異に関する観測
3. 学会等名 日本応用地質学会北陸支部令和2年度研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Thanda Win, H. Ueta, G. Furuya
2. 発表標題 Preliminary study on underground erosion in landslide mass by flume test
3. 学会等名 第59回日本地すべり学会研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡部直喜, 山口広稀
2. 発表標題 苗場火山北西山麓の小赤沢温泉の水文地球化学
3. 学会等名 日本温泉科学会第72回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡部直喜・王功輝・古谷元
2. 発表標題 色された軽石層にみる水文地質学的制約要因ー北海道胆振東部の例ー
3. 学会等名 2019年京都大学防災研究所研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Gonghui Wang, Gen Furuya
2. 発表標題 On the coseismic landslides occurring on tephra slopes during the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake
3. 学会等名 JpGU 2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chengrui Chang, Gonghui Wang
2. 発表標題 On the Pre-failure Shear Behavior of Clayey Soil
3. 学会等名 JpGU 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 王功輝・古谷元・土井一生
2. 発表標題 2018年北海道胆振東部地震により発生したテフラ層地すべりについて
3. 学会等名 日本地すべり学会第58回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 王功輝・馬寧・土井一生・古谷元・渡部直喜・石丸聡・小安浩理・蔡飛・内村太郎・木村諤
2. 発表標題 2018年北海道胆振東部地震域の斜面における微動と余震観測による斜面の震動特性
3. 学会等名 2019年京都大学防災研究所研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古谷元・王功輝・渡部直喜・石丸聡・小安浩理・蔡飛・内村太郎・木村諤
2. 発表標題 北海道厚真町吉野の火山砕屑物斜面における地下水動態観測
3. 学会等名 2019年京都大学防災研究所研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 濱崎英作, 丸井英明, 柴崎達也, 池田浩二, 山邊康晴, 古谷 元
2. 発表標題 質点系ダンパーモデルを用いた地すべり滑落予測モデルの研究（その1）
3. 学会等名 日本地すべり学会第58回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古谷 元, 長谷川雅俊, 王 功輝
2. 発表標題 崩土载荷における二層構造の堆積域地盤の変形
3. 学会等名 日本地すべり学会第58回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹沢優里, 古谷 元, 王 功輝, 末峯 章, 幅下大地
2. 発表標題 地すべり地における地下水の押し出し現象に関するモデル実験
3. 学会等名 日本応用地質学会北陸支部令和元年度研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 水谷航大, 古谷 元, 長谷川雅俊, 王 功輝
2. 発表標題 粒子画像流速測定法を用いた崩土载荷時の地盤変形に関する研究
3. 学会等名 日本応用地質学会北陸支部令和元年度研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山崎稜太, 古谷 元, 濱崎英作, 丸井英明
2. 発表標題 粘性抵抗係数を算出するための簡易試験の試み
3. 学会等名 日本応用地質学会北陸支部令和元年度研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 濱崎英作, 宮城豊彦, 丸井英明, 古谷 元
2. 発表標題 SlopeRBSM3D による地すべり移動特性解析
3. 学会等名 日本応用地質学会東北支部第 25 回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Watanabe, N., Yamamoto, S., Furuya, G., Krkac;, M., Arbanas, S.M., Marui, H
2. 発表標題 Geochemical interpretation of groundwaters in the Kostanjek landslide in the western part of Zagreb, Croatia
3. 学会等名 4th Regional symposium on LANDSLIDES in the Adriatic-Balkan Region (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 G. Furuya, M. Hasegawa, G. Wang
2. 発表標題 Experimental study on squeezing-out phenomenon by landslide mass loading
3. 学会等名 4th Regional symposium on LANDSLIDES in the Adriatic-Balkan Region (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 G. Furuya, G. Wang, J. Ihara, A. Suemine, K. Asai
2. 発表標題 Unraveling the groundwater behavior in landslide mass during heavy rain by multi-layer ground temperature monitoring
3. 学会等名 The14th Congress INTERPRAEVENT2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古谷 元
2. 発表標題 連続 1 m 深地温観測による西井川地すべりの流動地下水の動態
3. 学会等名 公益社団法人日本地すべり学会関西支部現地討論会「結晶片岩地域の地すべりと深層崩壊」（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古谷 元, 王 功輝, 末峯 章, 渡部直喜, 蔡 飛, 山崎新太郎
2. 発表標題 西井川地すべりにおける異常地温の連続観測
3. 学会等名 令和3年度京都大学防災研究所研究発表講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 王功輝, 渡部直喜, 星川圭介, 古谷 元, 蔡 飛
2. 発表標題 粘性土における多様なせん断挙動と地すべり変動現象について
3. 学会等名 令和3年度京都大学防災研究所研究発表講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 幅下大地, 古谷元, Thanda Win, 王功輝
2. 発表標題 散水試験による地すべり地の地下水動態の解明
3. 学会等名 日本応用地質学会北陸支部令和 3 年度研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野口昂星, 古谷元, 幅下大地, 濱崎英作
2. 発表標題 ダンパー質点系モデルを用いた地すべり移動の再現
3. 学会等名 日本応用地質学会北陸支部令和3年度研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 古谷元, 幅下大地, Thanda Win, 王功輝, 末峯章
2. 発表標題 地すべり土塊中における地下水の押し出しに関する室内降雨試験
3. 学会等名 第61回日本地すべり学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 古谷元, 濱崎英作, 石川晴和, 野口昂星
2. 発表標題 質点系ダンパーモデルを用いた応急対策工効果の評価
3. 学会等名 第61回日本地すべり学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 B. Liu, G. Wang
2. 発表標題 On the micro-structure of shear zone developed in ring shear tests
3. 学会等名 第61回日本地すべり学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 C. Huang, G. Wang
2. 発表標題 Effect of non-plastic fines content on the rainfall-induced landslides
3. 学会等名 第61回日本地すべり学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 S. Wu, G. Wang
2. 発表標題 Shear rate-dependent frictional properties of nanomaterials and implication for high mobility of rock avalanches
3. 学会等名 JpGU2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 古谷 元
2. 発表標題 地すべり地における地下水動態調査の課題および調査事例
3. 学会等名 令和4年度日本地すべり学会中部支部シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡部直喜, 佐藤壽則, 西山成哲, 古谷 元, 王 功輝, 千木良雅弘
2. 発表標題 地すべりのせん断強度に影響を及ぼす間隙水の異常流体圧と塩分濃度
3. 学会等名 令和4年度京都大学防災研究所研究発表講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 古谷 元, 幅下大地, Thanda WIN, 王 功輝, 末峯 章
2. 発表標題 地下水の押し出し流に関するモデル実験
3. 学会等名 令和4年度京都大学防災研究所研究発表講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 相場菜摘, 渡部直喜, 古谷 元
2. 発表標題 地すべりの泥流化-2021年新潟県糸魚川市来海沢地すべりの例-
3. 学会等名 日本応用地質学会北陸支部令和4年度研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 G. Wang
2. 発表標題 Landslides: phenomena, mechanisms and hazards mitigation
3. 学会等名 International Frontier Forum on Geotechnical Engineering & Disaster Prevention Engineering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 G. Wang
2. 発表標題 On the landslide-triggering ground motions on slopes during earthquakes
3. 学会等名 International Workshop on Seismic Design and Assessment for Resilience, Robustness and Sustainability of Slope Engineering (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 G. Furuya, D .Habashita, K. Nawa, A. Suemine, G. Wang
2. 発表標題 Mechanism of Deep Groundwater Inflow into Landslide Mass based Ground Temperature Monitoring in the Metamorphic Area, Japan
3. 学会等名 3rd JTC1Workshop on Impact of Global Changes on Landslide Hazard and Risk (国際学会)
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	王 功輝 (Wang Gonghui) (50372553)	京都大学・防災研究所・教授 (14301)	
	渡部 直喜 (Watanabe Naoki) (60282977)	新潟大学・災害・復興科学研究所・准教授 (13101)	

	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 協力者	濱崎 英作 (Hamasaki Eisaku)		

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