

令和 2 年 6 月 24 日現在

機関番号：15501

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K18954

研究課題名（和文）古降雨と社会変遷を考慮した千年スケールの土砂災害リスク評価の高精度化

研究課題名（英文）High accuracy risk assessment of sediment disaster considering paleoclimate and social change in the last millennium

研究代表者

鈴木 素之（Suzuki, Motoyuki）

山口大学・大学院創成科学研究科・教授

研究者番号：00304494

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は長期的な土砂災害リスク評価の精度向上をはかることである。そこで、過去の土石流発生年代と災害アーカイブから作成した土石流発生年表に古気候および社会変遷の情報を追加し、歴史上の未知の災害イベントの解明を試みた。次に、集落等の遺跡、崩壊箇所、土石流流下経路、浸水区域等を解析して災害リスクマップを作成し、各時代の人々が安全な場所をどこに求めていたのかを考察した。主な研究成果として、当地域で採取した樹木年輪の酸素同位体比の測定結果と近隣地域の豪雨災害記録が対応していることがわかった。また、先人の生活の場と土石流・洪水被害の恐れがある箇所の位置関係が明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、研究対象地域における災害の発生傾向や防災上の弱点が時・空間的に理解された。また、先人の安全意識や居住地等の選定基準をある程度推定することができた。この成果は、長期間にわたる災害事実を考慮したハザードマップの開発に活用することができ、さらに、地域住民の災害に対する慣習的誤解の解消に寄与するものと期待される。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to improve the accuracy of long-term risk assessment of sediment disaster. Therefore, we tried to clarify unrecognized disaster events in history by adding the information of paleoclimate and social changes to the disaster chronology created from the occurrence dates of past debris flows and the disaster archives. Next, we made disaster risk maps by analyzing ruins of villages and temples, collapse sites, debris flow paths, flood areas, and then considered where people in each age were seeking safe places. As a result of this research, the measurement results of oxygen isotope ratios for tree rings collected in this area were consistent with the heavy rainfall disaster records in the neighboring areas. Furthermore, the positional relationship between people's living place and the zone where there is a risk of debris flow or floods damage was clarified.

研究分野：地盤工学

キーワード：土石流 年代測定 古気候 遺跡 洪水 ハザードマップ リスク リモートセンシング

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本研究課題では、2009年7月21日に大規模土石流災害が発生した山口県防府市を対象地域としている。研究開始当初では、この地域では数百年に1回の割合で大規模な土石流が起こっていたことが明らかになってきたが、災害外力となる降雨などの気象状況はまったく不明であった。そもそも、近代的気象観測が開始される以前の気象情報を定量的に把握することは困難であり、古日記等の解析で定性的に把握するのが限界であった。しかし、古気候に関する研究をレビューしたところ、樹木年輪セルロースの酸素同位体比の測定によって古気候を精度よく復元できることが判明した。これより、当地域の土砂災害発生年表に古気候を反映できれば、長時間スケールで、土砂災害発生時の気象状況と土砂災害の因果関係を検討できるのではないかと、この見通しをもった。また、研究開始当初、花崗岩・まさ土が分布する当地域では平野の拡大が急速に進んでおり、その背景に流域の森林資源の収奪に伴う山地荒廃による土砂供給があったと考えられていたが、その検討過程で当地域において縄文以降の遺跡分布の変遷を調べてみたところ、集落や古墳は平野の微高地や緩勾配の扇状地、山麓に集中していることが分かった。これより、当時の人々は河川氾濫や高潮の被害を受けにくい場所に居住していたと推察した。しかし、各時代の人々がどのような場所を安全と考えていたのか、大雨や洪水に対する危機意識はどうであったのかは依然として不明であった。

そこで、本研究課題では土砂災害発生年表に古降雨と社会・経済状況の変化を盛り込むことにより、精度の高い長期被災リスク評価が可能になると考えた。また、現在のハザードマップに過去の集落分布や土砂・水災害の発生エリアを重ね合わせ、その状況を多面的に検討することにより、この地域に居住していた人々が持っていた普遍的な防災の知恵を時・空間的に導き出せると考えた。

2. 研究の目的

本研究においては、「土石流発生年代」「災害アーカイブ」等のレイヤーを重ね合わせて作成した土砂災害発生年表に「古降雨」ならびに「社会変遷」のレイヤーを新たに付け足すことにより、歴史上の未知の災害イベントを発見し、長期的な土砂災害リスク評価の精度向上をはかることを目的とした。また、「集落・寺社等の遺跡」「崩壊の痕跡」「土石流の流下経路」「洪水の範囲」等の場所を記載した災害発生リスクマップを作成し、歴史的なタイムスパンで、各時代の人々が安全・安心な場所をどこに求めていたのか、を解き明かすことを目的とした。

3. 研究の方法

研究対象地域は、代表者の先行研究(鈴木ほか、阪口ほか)によりデータが蓄積している防府市佐波川下流域と広島市安佐南区、安佐北区太田川下流域、東区ほかとした。以下に検討項目と検討方法を示す。

(1) 樹木年輪の酸素同位体比の測定

山口市小鯖で採取した樹齢140年前後のヒノキ年輪に含まれるセルロースの酸素同位体比を測定し、その時間的変動を調べた。また、本地域と他地域における過去の豪雨災害発生状況から酸素同位体比の結果の確からしさを検証した。

(2) 山口および広島地域における土砂災害・洪水発生年表の作成

山口県防府市を流れる佐波川下流域の氾濫原と土石流扇状地が交錯する場所、広島市安佐南区ほかの土石流扇状地の末端部にて、ジオスライサーによる地盤履歴調査を実施し、採取した柱状地層試料に含まれる炭化物の放射性炭素(^{14}C)年代測定により、土石流の発生回数・年代を決定し、その規模・影響範囲を検討した。また、防府市の土砂災害発生年表に人口変動など社会イベントに関する情報を追加し、地域の開発と被災リスクの変化を多角的に検討した。

(3) 集落分布と土砂・水害発生箇所的位置関係

県教育委員会が所管する遺跡分布図に2009年豪雨災害における崩壊・土石流発生箇所をプロットし、崩壊箇所と遺跡の位置関係を検討した。また、土砂災害特別警戒区域、土砂災害警戒区域、浸水想定区域を重ね合わせて、集落分布と崩壊・土石流発生箇所、氾濫浸水域の位置関係を検討し、各時代の遺跡立地選定条件や当時の人々の防災意識を推定した。

(4) 衛星リモートセンシングと土石流氾濫数値シミュレーションによる過去の崩壊・土石流の解析

衛星リモートセンシングによって防府市の2009年被災エリアにおける崩壊地形の判読・検出を試み、その精度を検証した。また、IRICのMorpho2DHソルバを用いて、佐波川左岸の被災深流において土石流の再現計算を行い、モデルの検証を行った。

4. 研究成果

(1) 樹木年輪の酸素同位体比の測定結果

図1に山口および九州各県の1600~1900年の気象災害(主に降雨による災害)の発生状況の推移を明らかにした(各県災異誌)。地域によって気象災害の記録の仕方が異なるので、各地域の年間発生件数の最大値で各年の発生件数を除した数値を示すことにした。なお、図中の矢印はその数値が0.5を超える年を指しており、気象災害が比較的多かった年と判断した。これより、災害発生状況としては、地域単独で起こったものもあれば、複数の地域をまたいで同時あるいは相前後して起こったものがあることが分かった。これより、広域災害は過去においても発生した

ことが明らかになった。

次に、山口市小鯖で採取したヒノキの年輪（1955年から141年輪）に対する酸素同位体比 ^{18}O （ ^{16}O と ^{18}O の比）の測定結果を図1右上に示している。 ^{18}O が高いのは、葉から H_2O がより多く出て、 ^{16}O よりわずかに重い ^{18}O がより多く取り残されたことによる。これより、 ^{18}O が高い時期は湿度が低い乾燥した状況に対応する。反対に、 ^{18}O が低いのは、葉から H_2O が出ていく量が少なく、 ^{18}O がより少なく取り残されたことによるもので、 ^{18}O が低い時期は湿度が高い状況に対応する。このことから、 ^{18}O が比較的低い1830~1845年頃、1865~1885年頃は湿潤すなわち降水量が多かった時期であったと推察される。両期間にはさまれる ^{18}O が比較的高い期間は乾燥していた時期であったと推察される。図1を詳細に見ると、 ^{18}O から推定した1830~1845年の湿潤期は山口以外の多くの地域で豪雨が多発する時期と重なった。また、 ^{18}O から推定した1845~1865年の乾燥期は山口では豪雨記録が残っていない時期と重なり、他の地域も記録が少ない時期と重なった。しかし、1885年以降の乾燥期はいずれの地域でも豪雨の記録数が増えていることから、その関連性は見いだせなかった。

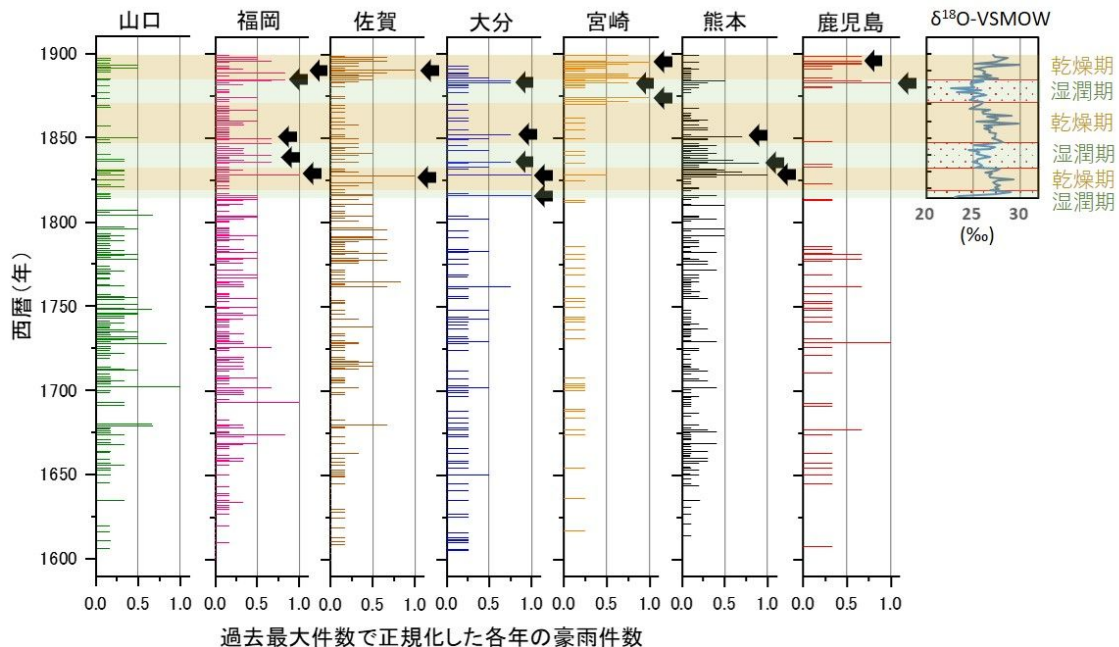


図1 山口および九州各地域の1600~1900年の年間豪雨発生件数

(2) 山口および広島地域における土石流発生年表

図2に山口および広島両地域の土石流発生年表を統合したものを示す。山口地域の防府市をみると、2009年を含めて少なくとも過去9回の土石流がおおよそ100~200年間隔で発生している。ただし、豪雨の発生間隔は数十年程度と短いものがあり、豪雨と土石流の発生間隔が一致しないことは、土砂が渓流に堆積する時間を考慮する必要があることを示唆している。また、阿東嘉年は2013年山口・島根豪雨によって土石流災害が発生した箇所、少なくとも過去4回の土石流が発生していた。現時点のデータに限れば、この地域の土石流発生間隔はおおよそ400~600年といえる。同じ地域であっても、この間隔が異なるのは、防府市には花崗岩分布しているのに対して、阿東嘉年には流紋岩が分布しており、両地質の風化抵抗性の違いが土石流発生頻度に影響したものと考えた。また、阿東嘉年において1230年、1653年および1778年の豪雨記録と整合する土石流堆積物が確認されている。そのうち、1230年および1778年には防府の ^{14}C 値も豪雨記録と整合していることから、これらの豪雨は現在の防府市から山口市阿東嘉年に及び、土石流や崩壊の発生をもたらす降雨強度のものであったと推定される。

更に、近隣地域との豪雨災害の関連性もしくは広域性の検討をする目的として、2014年8月豪雨で被災した広島市安佐北区および安佐南区、さらに2018年西日本豪雨によって被災した広島市東区等を対象とした調査を行った。その結果、広島市安佐南区、安佐北区では少なくとも過去7回の土石流が発生し、その間隔はおおよそ200~400年であった。防府と広島は同じ広島花崗岩が広く分布しているにもかかわらず、土石流発生間隔が若干異なるのは、渓流の勾配や流域面積などの地形的な要因が影響したのではないかと考えている。また、山口地域で推定した680年頃、1030年頃、1450年、1796年の土石流と対応するような時期に広島地域でも土石流が発生していたことから、現在の山口および広島両県に及ぶ広範囲で、豪雨による土石流が発生していたと推察される。

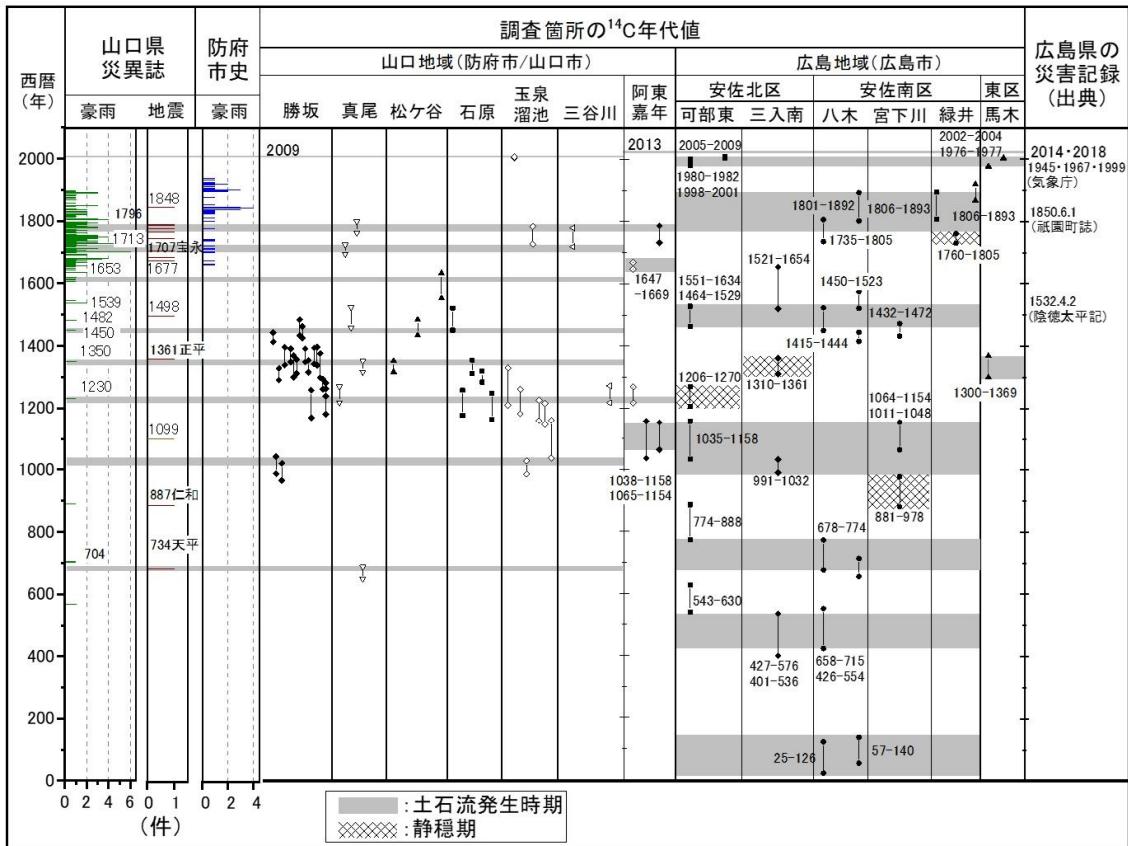


図2 山口および広島両地域における土石流発生年表

図3に防府市を対象に作成した土石流発生年表に左から人口(山口、広島、岡山を含む推定人口)の変化、時代区分および社会イベントを追記した。年表から1300年代から1400年代にかけて土石流が多発した状況が見取れるが、これは1185年頃からの佐波川上流での森林資源の収奪の後遺症と考えられる。佐波川上流域は島根県境まで広がる森林地帯であり、この森林資源の収奪行為は、鎌倉時代の初めに治承・寿永の乱で焼失した奈良東大寺再建のためと考えられ、切り出された用材は水深の浅い佐波川に堰を設けて舟で運び出すなど大規模なものであったと推察される(徳地町史編纂委員会)。このため、中世より、この一帯の森林の荒廃は過度の採取により進み、この状況は近代の明治・大正まで続いたとみられる。

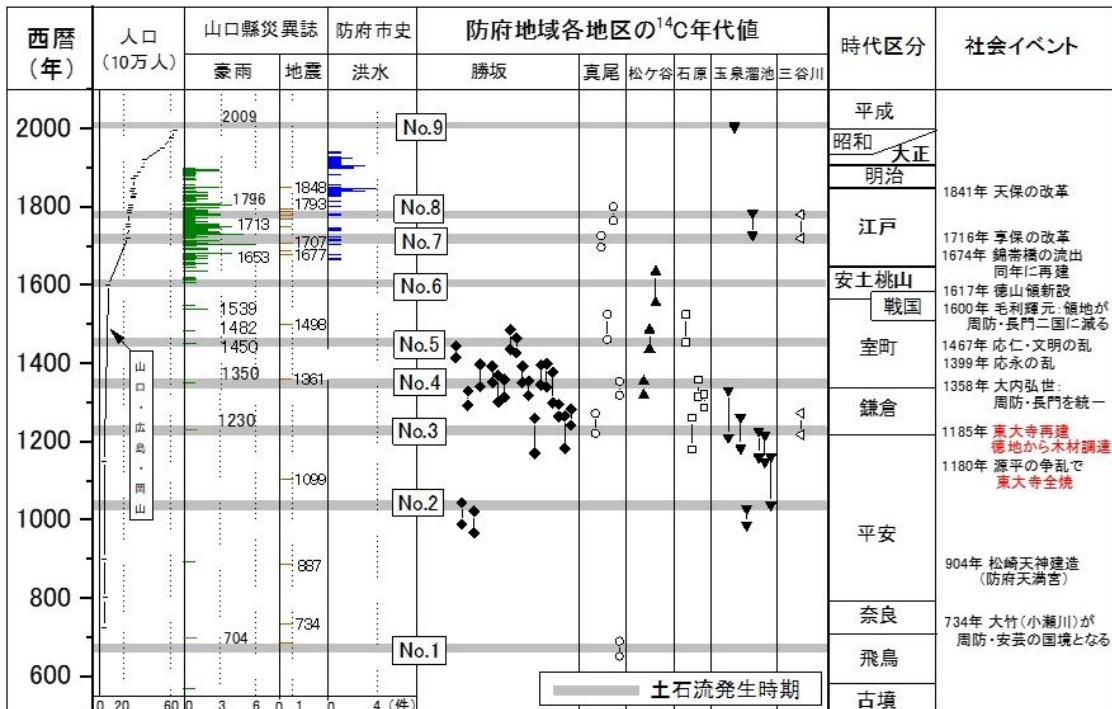


図3 社会状況の変遷を取り込んだ土砂災害・洪水発生年表

(3) 遺跡分布図

中世における各遺跡の位置、面積および勾配、河川および谷口から遺跡までの距離、さらに浸水想定区域との重なりを解析した。その結果、次のことが明らかになった。図4より中世における佐波川流域沿いにある遺跡は22箇所であり、そのうち、佐波川の支川から100m以内にある遺跡は9箇所あり、この内5箇所においては現河川が遺跡内を通過している。また、谷口付近に存在する遺跡は9箇所ある。このことから、当時の住民は土石流被災リスクよりも住居しやすい立地を優先していたと考えられる。その他、図5に示すように、現河川の浸水想定区域と重なる遺跡は10箇所あり、この内7箇所が下流域に位置する遺跡であった。

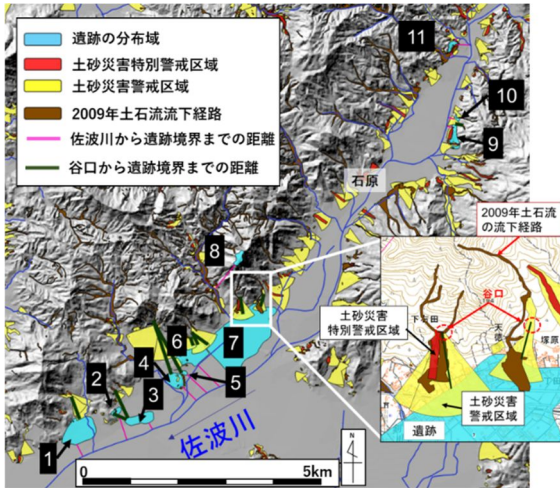


図4 遺跡と土石流流下経路等の位置関係

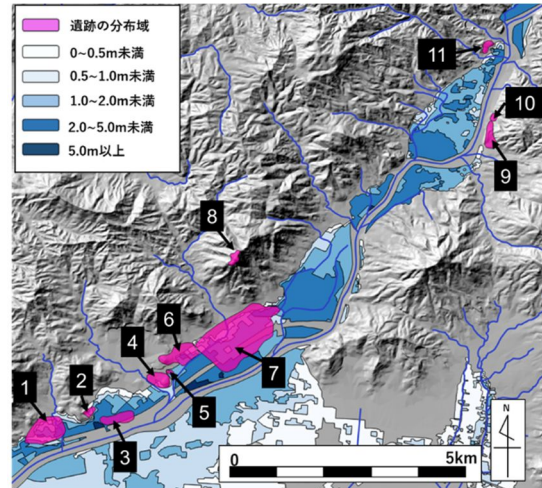


図5 遺跡と浸水想定区域の位置関係

(4) 衛星リモートセンシングおよび土石流氾濫数値シミュレーションの解析結果

衛星リモートセンシングによって斜面崩壊域を検出する際の閾値(ピクセル値)を検討したところ、植生の種類が常緑樹である場合、画像の観測時期に関わらず、同一の閾値で異なる条件下の斜面崩壊域を検出できる可能性を示すことができた。また、土石流氾濫数値シミュレーションによって土石流氾濫をおおむね再現できたが、下流域において解析結果が実際の土石流の痕跡と異なった。これに関しては、計算に植生の繁茂状況等を正確に考慮する、また、土砂の粒径を混合粒径として扱うことにより、計算の再現性を向上できるものと考えた。

<引用文献>

- 鈴木素之, 阪口和之, 楮原京子, 松木宏彰: 地形・地質条件による土石流発生頻度のちがいは, 地盤工学会誌, Vol.64, No.4, pp.8-11, 2016.
- 阪口和之, 鈴木素之, 楮原京子, 松木宏彰, 金折裕司, 櫻井正明, 片岡 知: 山口県防府市石原地区における土石流の発生頻度とその堆積物特性, 地盤工学ジャーナル, Vol.13, No.3, pp.237-247, 2018.
- 下関測候所: 山口県災異誌, 1953.
- 福岡測候所: 福岡県災異誌, 1936.
- 佐賀地方气象台: 佐賀県災異誌, 1964.
- 大分測候所: 大分県災異誌, 1952.
- 宮崎地方气象台: 宮崎県災異誌, 1967.
- 熊本測候所: 熊本県災異誌, 1952.
- 鹿児島地方气象台: 鹿児島県災異誌, 1952.
- 徳地町史編纂委員会: 徳地町史, pp.89-90, pp.269-273, 1975.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 松木宏彰, 鈴木素之, 楳原京子, 阪口和之, 小笠原 洋, 片岡 知	4. 巻 13(4)
2. 論文標題 広島市安佐南区と安佐北区周辺地域の土石流堆積物の状況と土石流の発生頻度	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 地盤工学ジャーナル	6. 最初と最後の頁 403-421
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.3208/jgs.13.403	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 片岡 知, 鈴木素之, 川島尚宗, 松木宏彰, 阪口和之	4. 巻 -
2. 論文標題 山口県防府市佐波川に分布する中世の遺跡と土石流発生溪流・河川流路との位置関係	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第6回河川堤防技術シンポジウム	6. 最初と最後の頁 9-12
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 西山健太, 鈴木素之, 片岡 知, 松木宏彰, 小笠原 洋, 西川智樹, 楳原京子	4. 巻 (5)
2. 論文標題 2018年7月豪雨における広島市東区の土砂災害	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 自然災害研究協議会中国地区部会研究論文集	6. 最初と最後の頁 23-26
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 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 志賀竜巳, 片岡 知, 鈴木素之, 楳原京子, 阪口和之, 松木宏彰	4. 巻 4
2. 論文標題 平成26年8月に土砂被害を受けた広島市安佐南区および安佐北区における放射性炭素年代測定を用いた土石流発生頻度の推定	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 自然災害研究協議会中国地区部会研究論文集	6. 最初と最後の頁 37, 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 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 Motoyuki Suzuki, Kyoko Kagohara, Kazuyuki Sakaguchi, Hiroaki Matsugi, Satoru Kataoka	4. 巻 -
2. 論文標題 Urgent issues and new suggestions for geo-disaster prevention in Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of 5th World Landslide Forum	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 鈴木素之	4. 巻 765
2. 論文標題 14C年代測定と歴史資料を利用した土石流の発生履歴の解明	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Isotope News	6. 最初と最後の頁 34, 37
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16件 (うち招待講演 12件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 片岡 知, 鈴木素之, 川島尚宗, 松木宏彰, 阪口和之
2. 発表標題 中世における佐波川流域沿いに位置する遺跡分布と土石流発生溪流との位置関係
3. 学会等名 第37回日本自然災害学会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木素之
2. 発表標題 Recent disasters occurred in Japan
3. 学会等名 Geological and Geotechnical Engineering in Response to Climate Change and Sustainable Development of Infrastructure, The International Conference VIETGEO 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木素之
2. 発表標題 繰り返す土砂災害～過去から学び、将来にそなえる 時間防災学のススメ～
3. 学会等名 平成30年度中国地方建設技術開発交流会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木素之
2. 発表標題 遺跡からみる古代の自然災害リスクマネジメント
3. 学会等名 三重大学文化財研究会 自然災害に備えた文化財の保全技術に関する講演会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木素之，片岡 知，松木宏彰，楳原京子，阪口和之
2. 発表標題 山口県防府市，山口市，広島県広島市および長野県南木曾町における被災渓流の土石流発生履歴
3. 学会等名 平成30年度砂防学会研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松木宏彰，鈴木素之，阪口和之，楳原京子，片岡 知，志賀竜巳
2. 発表標題 広島市安佐南区周辺の土石流発生履歴と災害リスクの検討
3. 学会等名 第53回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 片岡 知, 鈴木素之, 志賀竜巳, 松木宏彰, 杉山光正, 楳原京子, 阪口和之
2. 発表標題 広島市安佐南区八木と緑井地区における 土石流堆積物の形成年代および粒度特性
3. 学会等名 第53回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木素之
2. 発表標題 過去の災害を読み解き、これからの防災に生かす～時間防災学のススメ～
3. 学会等名 応用地質学会関西支部総会特別講演（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木素之
2. 発表標題 土砂災害は繰り返す
3. 学会等名 ノンフレーム工法研究会第19回定時総会講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木素之
2. 発表標題 土砂災害は繰り返す～時間防災学のススメ～
3. 学会等名 のリフレッシュ工法協会基調講演（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木素之
2. 発表標題 花崗岩地帯の土石流の発生歴について
3. 学会等名 日本地質学会第126年学術大会シンポジウム：西日本で多発する土石流災害 - 平成21年7月中国・九州北部豪雨から10年（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木素之
2. 発表標題 土砂災害と地盤改良の現状と動向
3. 学会等名 グラウト協会中国支部技術講習会基調講演（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木素之
2. 発表標題 土砂災害は繰り返す～時間防災学のススメ～
3. 学会等名 地盤工学会北陸支部第80回土質工学最新情報コロキウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木素之
2. 発表標題 豪雨被災リスクの長期評価の必要性・重要性
3. 学会等名 地盤工学会九州支部70周年記念地盤防災減災に関する技術フォーラム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木素之
2. 発表標題 The aspect of sediment disaster in the 2018 Japan floods and its comparison with past cases
3. 学会等名 Institute for Hydraulic Construction, Vietnam (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木素之
2. 発表標題 豪雨や地震で起こる土砂災害と命の守り方
3. 学会等名 京都大学第21回市民防災講座 (招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

時間防災学に関する研究 http://web.cc.yamaguchi-u.ac.jp/~taishin/ 時間防災学に関する研究 http://web.cc.yamaguchi-u.ac.jp/~taishin/img/file1.pdf
--

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	楮原 京子 (Kagohara Kyouko) (10510232)	山口大学・教育学部・准教授 (15501)	

6. 研究組織（つづき）

	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	川島 尚宗 (Kawashima Takamune) (10650674)	山口大学・大学情報機構・助教 (15501)	
研究分担者	江口 毅 (Eguchi Tsuyoshi) (20783773)	山口大学・大学情報機構・助教 (15501)	
研究分担者	赤松 良久 (Akamatsu Yoshihisa) (30448584)	山口大学・創成科学研究科・准教授 (15501)	
研究分担者	進士 正人 (Shinji Masato) (40335766)	山口大学・創成科学研究科・教授 (15501)	
研究分担者	高橋 征仁 (Takahashi Masahito) (60260676)	山口大学・人文学部・教授 (15501)	
研究分担者	森下 徹 (Morishita Tooru) (90263748)	山口大学・教育学部・教授 (15501)	