

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 11 日現在

機関番号：14701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04345

研究課題名(和文) 新旧歴史災害情報に基づく土砂災害の再現性に注目した素因・誘因分析

研究課題名(英文) Analysis of endogenous and exogenous factors focusing on the reproducibility of sediment disasters based on the old and new historical disaster information

研究代表者

江種 伸之 (Egusa, Nobuyuki)

和歌山大学・システム工学部・教授

研究者番号：00283961

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)：本研究は、「土砂災害の再現性」に注目し、豪雨由来の新旧土砂災害を現在の視点から再評価した。対象地は紀伊半島南部(和歌山県)である。今回は、2011年の紀伊半島大水害、1953年の7.18水害、1889年の十津川水害を対象に、GIS空間分析と現地調査を実施した。その結果、紀伊半島南部の付加体が分布するエリアにおいては、北向きの逆断層やその周辺の破碎帯の存在が大規模斜面崩壊を引き起こす素因として重要であることが明らかとなった。また、山腹土砂がクリープすることで発生するクラックや二重尾根が崩壊斜面の源頭部直上に確認される斜面では、豪雨により再び崩壊が引き起こされる可能性が高いことも明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一般に「土砂災害は同じ地域で繰り返し発生する」と言われるが、その記録や教訓が十分伝えられているとは言えない。これは、大災害は特殊事例と見なされてしまうこと、および時間の経過と共に記憶が風化することに大きな理由がある。特に過去の災害との間に数十年の開きがある場合、その傾向が顕著になる。このことは、換言すれば、過去の災害を現在の視点で見直せば、今後の地域防災力向上に資する新たな知見が見い出される可能性があることを意味している。このような視点から、同じ地域で発生した3つの歴史的水害(土砂災害)を比較したことに本研究の学術的意義があり、地域における土砂災害発生要因を明らかにしたことに社会的意義がある。

研究成果の概要(英文)：This study focused on "reproducibility of sediment disasters" and re-evaluated old and new historical sediment disasters caused by heavy rain from the current viewpoint. The target area is the southern part of the Kii Peninsula (Wakayama Prefecture). In this study, we conducted GIS spatial analyses and field surveys for the Kii Peninsula big flood in 2011, the 7.18 flood in 1953, and the Totsugawa flood in 1889. As a result, it was clarified that the existence of the northward reverse fault and the crush zone around it is important as an endogenous factor to cause large-scale slope failure in the area where an accretionary prism is distributed in the southern part of the Kii Peninsula. It was also clarified that, on the slope where cracks and double ridges generated by creeping the hillside sediment, heavy rains are likely to cause the collapse again.

研究分野：土木工学(地盤工学)

キーワード：豪雨災害 土砂災害 紀伊半島大水害 7.18水害 十津川水害 GIS 現地調査

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

紀伊半島大水害の起きた2011年以降、毎年のように全国各地で豪雨による大規模な土砂災害が発生している。そして、その多くに共通するのは、過去にも同じような土砂災害を経験していることである。一般に「土砂災害は同じ地域で繰り返し発生する」と言われるが、その記録や教訓が十分伝えられているとは言えない。これは、大災害は特殊事例と見なされてしまうこと、および時間の経過と共に記憶が風化することに大きな理由がある。特に過去の災害との間に数十年の開きがある場合、その傾向が顕著になる。このことは、換言すれば、過去の災害を現在の視点で見直せば、今後の地域防災力向上に資する新たな知見が見い出される可能性があることを示唆する。しかしながら、研究開始当初は、このような同じ地域で発生した新旧の大水害を比較した研究が進んでいるとは言いがたい状況にあった。

2. 研究の目的

本研究は、「土砂災害の再現性」に注目し、豪雨由来の新旧土砂災害を現在の視点から再評価することを目的とする。対象地は2011年の紀伊半島大水害により甚大な被害を受けた紀伊半島南部(和歌山県)である。この地域は、特徴的な地形・地質(付加体・火成岩体・前弧海盆堆積体)および水文気象(年降水量2,000-4,000mm)から、これまでに何度も大規模な土砂災害に見舞われてきた。特に十津川水害(1889年、被害は和歌山県内の方が奈良県よりも甚大であった)と7.18水害(1953年、特に被害の大きかった有田川流域のみを対象とした場合には有田川水害と呼ぶ)は歴史的な災害として記録されている。そこで、本研究では、2011年の紀伊半島大水害と空中写真などの高解像度情報が存在する7.18水害、さらに空中写真は存在しないが比較的詳細な記録が残されている十津川水害を比較して、この地域の土砂災害の特徴を明らかにする。

3. 研究の方法

本研究は、GISを用いた空間分析および現地調査により紀伊半島大水害、7.18水害、十津川水害で発生した土砂災害の特徴を調べる。GISを用いた空間分析では、土砂災害が発生した地点(崩壊地)を特定する必要がある。そこで、紀伊半島大水害については和歌山県の所有する災害直後の空中写真を用いて崩壊地を特定した。7.18水害については1953年または1954年に撮影された空中写真を用いて崩壊地を特定した。十津川水害については図書「紀州田辺 明治大水害」(和歌山県田辺市、1989年)に記載されている土砂災害発生地点を崩壊地とした。GIS空間分析では、これらの崩壊地の地理的特徴(地質、傾斜角、傾斜方向、斜面形状、起伏量、植生など)を分析した。一方、現地調査では、7.18水害と紀伊半島大水害で同じ場所が崩壊した横谷川の崩壊地を調査して、崩壊の要因を分析した。

4. 研究成果

(1) GIS空間分析

図-1は紀伊半島大水害直後の空中写真で、紀伊半島大水害では県内全域を対象に崩壊地を特定した。図-2は7.18水害で崩壊地を特定した範囲である。7.18水害後には1953年と1954年に空中写真が撮影されており、北部が1953年、南部が1954年である。北部は7.18水害で特に被害の大きかった有田川上流域を中心に空中写真が撮影された。一方、南部は現古座川町から那智勝浦町西部に至る範囲で空中写真が撮影された。ただし、1954年にはこのエリアで6.23水害と呼ばれるほどの水害が発生している。したがって、1954年に撮影された空中写真は1953年の7.18水害だけでなく1954年の6.23水害による崩壊地も含まれている可能性が高い。そこで、これより7.18水害ではなく、7.18水害等と呼ぶことにする。図-3は十津川水害で崩壊地を特定した範囲である。十津

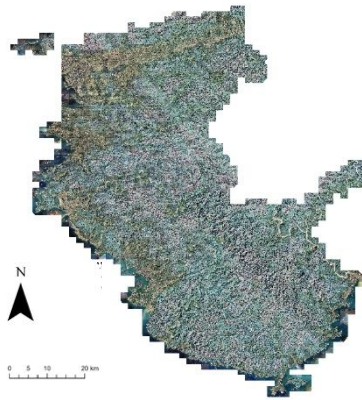


図-1 紀伊半島大水害直後の空中写真

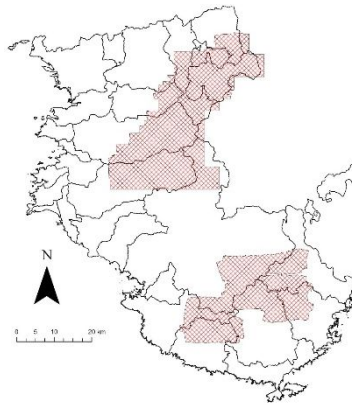


図-2 7.18水害における崩壊地の抽出範囲(網掛部分)

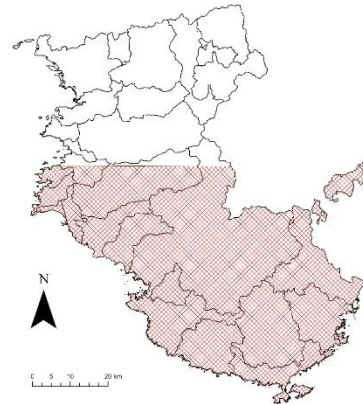


図-3 十津川水害における崩壊地の抽出範囲(網掛部分)

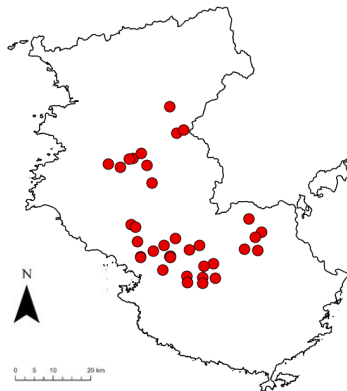


図-4 紀伊半島大水害における大規模崩壊地(赤丸)

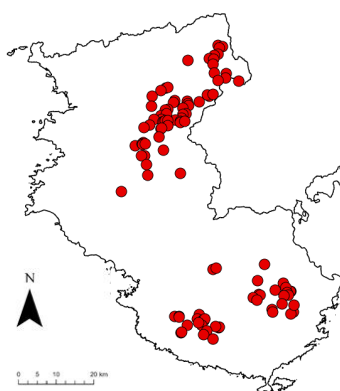


図-5 7.18水害等における大規模崩壊地(赤丸)

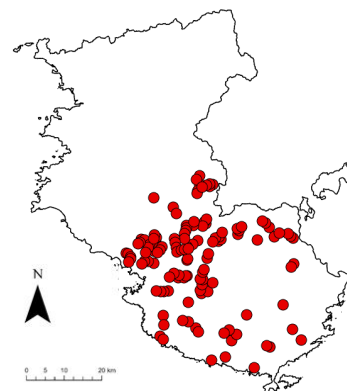


図-6 十津川水害における大規模崩壊地(赤丸)

川水害では前述した図書を参考に崩壊地を特定したが、この図書が対象にしているのが現日高川町より南のため、特定した崩壊地も日高川町以南の範囲になる。

2011年の紀伊半島大水害では、県内広い範囲でがけ崩れ(表層崩壊)が発生した。また、火成岩体エリアでは大規模土石流、付加体エリアでは深層崩壊を含む大規模斜面崩壊が多発した。このため、本来は火成岩体エリアの大規模土石流および付加体エリアの深層崩壊を含む大規模斜面崩壊を検討対象とすべきであるが、紀伊半島大水害以外の2つの水害の対象エリアが限られており、また紀伊半島南部においては付加体が主な地質体であることから、今回は付加体エリアの大規模斜面崩壊を検討対象とした。ここで、大規模の定義であるが、本研究では崩壊面積が5000m²以上のものを大規模斜面崩壊とした。

図-4から図-6に、紀伊半島大水害、7.18水害等、十津川水害による大規模斜面崩壊の崩壊地を示す。なお、十津川水害は前述した図書より崩壊地点はわかるが、崩壊規模はわからない。ただし、図書では主な崩壊地を示していることから、これらは比較的規模の大きな崩壊である可能性が高い。そこで、本研究ではこの図書から特定した崩壊地は全て大規模崩壊であると仮定した。

これらの抽出した大規模斜面崩壊をGIS空間分析したところ、傾斜角や斜面形状には特徴的な傾向はみられなかった。傾斜角30度以上の崩壊斜面が多いなど、土砂災害の一般的な傾向が見出されたのみであった。ただし、紀伊半島大水害と十津川水害における大規模崩壊地の傾斜方向には特徴的な傾向がみられた。紀伊半島大水害においては、大規模崩壊以外の崩壊地も抽出できているので、全ての崩壊地を対象とした場合には崩壊地の傾斜方向は東から南の割合が多かった。これは、紀伊半島大水害をもたらした平成23年台風第12号の進路から紀伊半島には風雨は南東から吹き込んでいたと考えられ、この影響で斜面崩壊も東から南向きの斜面で多発したと推察

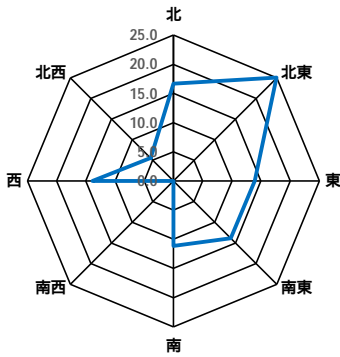


図-7 紀伊半島大水害における付加体の大規模崩壊地の傾斜方向

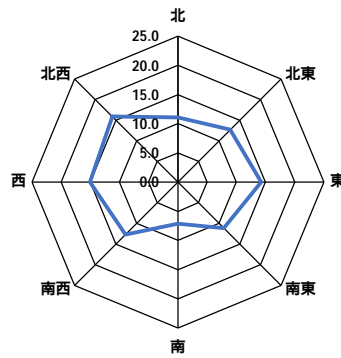


図-8 十津川水害における付加体の崩壊地の傾斜方向

される。

しかし、図-7を見ると、大規模崩壊に限ると傾斜方向は北東から北向きが多い。図-8は十津川水害における崩壊地の傾斜方向の割合を示している。十津川水害は抽出された崩壊地が

全て大規模崩壊とは言い切れないが、傾斜方向は北西、北、北東向きの割合が多い。なお、7.18水害等については、傾斜方向は南向きが多い。7.18水害等の崩壊地の抽出は空中写真を用いたが、当時の空中写真の精度から北向き斜面が影になっている。このため、崩壊した斜面を抽出する際に北向きの崩壊地が十分抽出されなかった可能性が高い。実際に、現地調査を行った横谷川の崩壊地も空中写真では影になっており、崩壊地として抽出されていない。すなわち、7.18水害等の崩壊地は北向きのものが十分抽出されなかったことに注意する必要がある。

7.18水害等においては北向き斜面の崩壊が十分に抽出されていないこと、十津川水害においては崩壊規模がわからないことなど、3つの水害を比較する上での課題はあるが、最も精度よく抽出された紀伊半島大水害において、大規模斜面崩壊の傾斜方向が北東から北向きが多くなっていることは、紀伊半島南部の付加体エリアの大規模斜面崩壊の発生可能性や再現性を考える上で注目に値する。

付加体は海洋プレートが大陸プレートの下に沈み込む際に削り取られた土が大陸プレートに付加することによってできたもので、付加体は著しい変形を受け、種々の岩石が混在する混在岩ができたり、断層の上面がずり上がった大規模な逆断層(スラスト)が形成されている。紀伊半島南部を構成する付加体である四万十帯においては、南側に位置する海洋プレートが北側に位置する大陸プレートに沈み込むことによって形成されるため、スラストは北向きに傾いていることが多い。またスラストの周辺には破碎帯が形成されている。

すなわち、付加体には多くの逆断層が存在し、その周辺には破碎帯がある。これらの破碎帯や破碎帯付近の泥質岩が水分を含んで軟弱になり、すべり面となって深層崩壊を含む大規模斜面崩壊を引き起こしたと推察される。このため、紀伊半島大水害における付加体の大規模斜面崩壊の傾斜方向は北東から北向きの割合が多かったと推察される。十津川水害の崩壊地の規模はわからないが、紀伊半島大水害とほぼ同じ理由で北西、北、北東向きの崩壊地が多かったと思われる。7.18水害等については空中写真の精度からこのような判断はできなかった。

以上より、紀伊半島南部の付加体が分布するエリアにおいては、スラストやその周辺の破碎帯の存在が大規模斜面崩壊を引き起こす素因として重要である。このような場所では大規模斜面崩壊が発生しやすいとともに、土砂災害が繰り返し起こりやすい場所としても注目する必要がある。

なお、誘因に関しては、対象とした3つの水害の大規模崩壊地は総降水量が500mm～1500mmの範囲内に含まれていた。正確な降水量がわかっている紀伊半島大水害に関しては、大規模崩壊地の3分の2以上が総降水量1000mm以上の範囲に含まれていた。このことから、総降水量が500mm、特に1000mmを超えると付加体において深層崩壊を含む大規模斜面崩壊が引き起こされやすくなると推察される。

(2) 現地調査

本研究で現地調査の対象とした崩壊地は、和歌山県有田郡有田川町押手地区を流下し有田川に流入する横谷川の流域最上部に位置している。本崩壊地は北向き



図-9 紀伊半島大水害での横谷川崩壊地（2019/11/13撮影）



図-10 尾根上でみられた二重尾根(黄色線は加筆, 2019/11/13撮影)

の斜面にあり、周辺の地質構造は複雑であるが、崩壊地そのものは20万分の1シームレス地質図から付加体に属していることが確認できる。ここは紀伊半島大水害の大規模な崩壊地の一つであるが、本研究初期の資料精査から、7.18水害においてはさらに大規模に崩壊していたことが見いだされた。紀伊半島大水害の際には、7.18水害における崩壊土砂の崩れ残りが一部再度崩壊しており、7.18水害の崩れ残り土砂はいまだ斜面に大量に残されている。このことは、本地域で豪雨が発生すれば、さらなる崩壊が発生する可能性を示唆している。一方で、資料精査のみから崩壊の素因を特定するのは困難であったため、地形・地質に着目した現地調査を実施した。

図-9に本崩壊地のうち、紀伊半島大水害での崩壊地全景を示す。7.18水害の崩壊源頭部は写真で写っている崩壊地のはるか上、尾根直下となる。現地調査は合計4回実施した。第1回・第2回午前中は崩壊地周辺部における弱部(断層や破碎帯など、大規模崩壊の素因となる地質構造)を調査し、崩壊地周辺には20万分の1シームレス地質図で表現されない規模の断層破碎帯など、崩壊の素因となりえる無数の構造があることがわかった。また、崩壊に寄与した可能性がある地質境界について、同地質図と現地調査での露頭確認では、最大500mほどのずれがあることがわかり、崩壊地の素因特定に同地質図を使用する場合の留意点が定量的に示された。

第2回午後・第3回では、紀伊半島大水害の崩壊斜面中腹の露頭を精査して、断層破碎帯を確認した。同破碎帯ではレンズ状にちぎれた砂岩層などが確認できた。これらが紀伊半島大水害の崩壊に至った一つの素因になったと推察された。同構造は崩壊後も同じ場所に存在し続けるので、今後の豪雨でもこの周辺で崩壊が繰り返される可能性がある。

第4回では、紀伊半島大水害での崩壊地源頭部のさらに上部に位置する7.18水害の崩壊地源頭部の調査を実施した。本調査によって、7.18水害では、硬岩であるチャート・珪質砂岩と軟岩である頁岩優勢互層・頁岩との境界部に沿って崩壊が発生したとみられることがわかった。また、紀伊半島大水害の崩壊源頭部直上にはクラックが、7.18水害の崩壊地源頭部直上の尾根は二重尾根がそれぞれ確認された(図-10)。こうした構造は、7.18水害の崩れ残りの山腹土砂がゆっくりとずり落ちる(クリープする)ため発生するもので、大規模崩壊の予兆として広く知られている。そのため本地点が今後崩壊する危険性は依然高いと言え、「土砂災害は同じ地域で繰り返し発生する」という仮説を裏付ける、一つの具体例として示されたと考えられる。

(3) まとめ

本研究では、紀伊半島南部の付加体が分布するエリアで起きた過去の3つの水害で発生した深層崩壊を含む大規模斜面崩壊に注目し、GIS空間分析と現地調査を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。1)北向き逆断層やその周辺の破碎帯の存在が大規模斜面崩壊を引き起こす素因として重要である、2)誘因としては総降水量が500mm、特に1000mmを超えると大規模斜面崩壊が引き起こされやすくなる、3)山腹土砂がクリープすることで発生するクラックや二重尾根が崩壊斜面の源頭部直上に確認される斜面では、豪雨により再び斜面崩壊を引き起こす可能性が高い。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1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 田内裕人, 藤田三四郎, 江種伸之	4. 巻 9
2. 論文標題 1953年の7.18水害を対象とした斜面崩壊の素因分析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第9回土砂災害に関するシンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 13-18
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0件

〔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	田内 裕人 (Tanouchi Hiroto) (60780476)	和歌山大学・システム工学部・助教 (14701)	

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