

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04590

研究課題名（和文）土砂災害による死者数の時空間変動要因の解明

研究課題名（英文）Temporal- and spatial- variations in fatalities by landslides

研究代表者

篠原 慶規（Shinohara, Yoshinori）

宮崎大学・農学部・准教授

研究者番号：10615446

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：日本の土砂災害の死者数の時空間変動を生み出す要因を解明することを目的とした。土砂災害での土砂災害の死者の多くは屋内で発生することに着目し、死者数を土砂災害発生件数、土砂災害発生件数1件あたりの全壊戸数、全壊1戸あたりの死者数に分解して考え、それぞれのトレンドと、これらに関する要因のトレンドを結びつけた。日本では長期間に渡り死者数が減少してきたが、その要因は時代と共に変化している可能性を示した。また、土砂災害発生に関する時空間変動を生み出す要因を考える上で、土地利用（特に森林）の重要性についても明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

土砂災害による死者数減少は先進国に共通してみられる現象であるが、その要因を明示したのは本研究が世界初である。充実した日本の統計データ等に着目し、網羅的に収集し解析することで、成果を生み出すことができた。本研究は、国内の防災対策において参照されるだけでなく、これから死者数減少を目指す国々にとっても重要な知見を提供していることから社会的意義も大きい。

研究成果の概要（英文）：The objective of this study was to clarify the factors affecting the temporal and spatial variations in landslide fatalities. Focusing on the fact that most people died inside houses, the number of landslide fatalities was considered as the product of the numbers of landslides, collapsed houses per landslide, and fatalities per collapsed house. Trends in these features were compared with trends in the factors affecting these features. It was found that the factors contributing to the decrease in landslide fatalities changed with time. Furthermore, this study also indicated the importance of land use, especially forests, in the occurrence of landslides.

研究分野：国土管理保全学

キーワード：土砂災害 死者数 降雨 森林 日本

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災等を契機にして、防災への国民の関心は高まっている。一方で、ダムや堤防など防災のための社会インフラの老朽化が進んでいる他、人口減少等の影響も受け、新たなインフラ整備にかけられる予算の減少も見込まれる。さらに、気候変動によって、今まで以上に災害をもたらすような豪雨が増えることも懸念されている。このような厳しい状況の中、災害の被害低減を目指すためには、従来の社会インフラ整備（ハード対策）に加え、警戒避難情報・危険箇所の設定等のソフト対策、緑を活用した防災（グリーンインフラ）など、より多角的・複合的な視点が求められる。土砂災害は主要な風水害の1つである。長期的な視点に立つと、日本における土砂災害の死者数は大きく減少してきた。1945年の枕崎台風など1945-1950年には1,000人以上の死者を出す土砂災害も発生していたが、近年は、ほとんどの年で100人以下である。一方で、最近約40年の死者数は大きな年々変動は見られるものの、減少傾向は見られない。長期的な死者数の減少は、ハード対策、ソフト対策に加え、森林資源の充実、人口分布の変化等によってもたらされたと考えられるが、それぞれの有効性を定量的に評価した研究はない。また、近年行われた対策の中にも有効なものがあり、死者数増加をもたらす要因によって相殺されていたり、あるいは特定の地域のみで有効であるため見出せていない可能性もあるが、これらは十分に調べられていない。

2. 研究の目的

本研究では、様々なデータが充実している日本を対象にして、土砂災害による死者数の時空間変動を生み出す要因を様々な時空間スケールで明らかにすることを目的とする。それにより、ハード対策やソフト対策の進捗、森林整備の有効性、気候変動や人口減少等が、土砂災害の死者数に与える影響を解明し、今後、土砂災害の死者数低減に向けて取り組むべき課題を抽出する。

3. 研究の方法

土砂災害発生件数や土砂災害による死者数、土砂災害による全壊戸数といった土砂災害に関する統計データに加え、降雨、森林、ハード対策の進捗、土砂災害の危険性が高い地域の人口、住宅の構造など、土砂災害の死者数に影響を与える要因の統計データを網羅的に収集し、それらの関係性を調べた。一部は、現地踏査等によってもデータを収集した他、空間情報データも活用した。解析には、Mann-Kendall検定などのトレンド解析に加え、一般化線形回帰モデルなどの統計的なモデルも用いた。

4. 研究成果

(1) 土砂災害の死者数減少を生み出す要因は時代と共に変化する

降雨による土砂災害の死者数について、長期間（1945年～2019年）の変動要因を明らかにした。まずは複数のデータベースを用いて土砂災害発生件数、死者数、被害家屋数の変動を調べた。次に、土砂災害死者数と関連が深いと思われる降水、森林、ハード対策の進捗、人口、建物の構造について指標化を行い、変動を調べた（図1）。これらの変動と土砂災害死者数の変動とを比較したところ、土砂災害の死者数減少をもたらした要因は時代と共に変化している可能性が高いことがわかった。減少が見られた2000年頃までを3時期に分けると、死者数の減少は、住宅構造の変化（平屋の減少）に加え、前期は避難した人の増加が、中期は森林の成熟が、後期は土木構造物の設置が寄与した可能性が高いことを見出した。一方で、最近の15年間に限れば、本研究で用いた土砂災害発生件数に関する4種類のデータセットのうち、1つのデータセットで土砂災害発生件数の増加が見られた。同期間に降雨指標の増加も見られたことから、近年の土砂災害発生件数の増加は降水量の増加に起因している可能性があり、今後注視する必要がある。

(2) 都道府県別の土砂災害発生件数の違いを生み出す要因の解明

降雨による土砂災害について、都道府県別の発生件数の違いを生み出す要因について、一般化線形回帰モデルを用いて解明を試みた。その結果、降水と土砂災害の危険性が高い地域数は、土砂災害発生件数に正の影響を与えていることがわかった。また、地質や土地利用も土砂災害発生件数に影響を与えていた。土砂災害を「がけ崩れ」「地すべり」「土石流」の3つに分けて解析したところ、特に「がけ崩れ」では、森林率等の土地利用が、発生件数に大きな影響を与えることがわかった。

(3) 果樹園の方が森林よりも土砂災害を起こしやすい

平成30年7月豪雨の際に多数の土砂災害が発生した愛媛県宇和島市を対象として、同じ木本植物で構成されているものの研究例がほとんどない果樹園と森林で土砂移動現象の発生しやすさを比較した。両方で崩壊密度を比較したところ、果樹園の方が大きくなった。さらに、ロジスティック回帰分析を行うことで、降水分布など、複合的な要因を考慮しても、果樹園は森林と比較し、降雨による土砂災害が起こりやすいことを明らかにした。

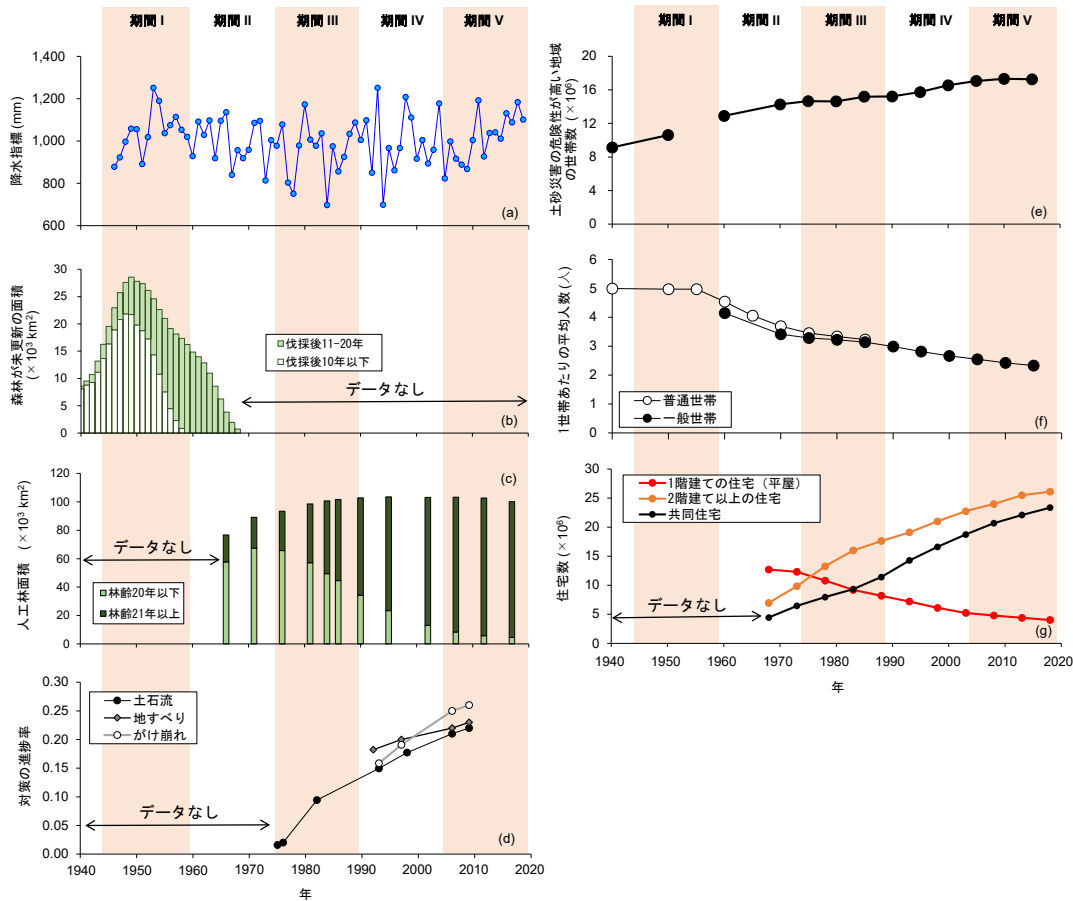


図1 土砂災害の死者数に関連する自然的・社会的要因の傾向（推定値も含まれる）

(4) 森林の成熟は土砂災害発生件数を減少させる

国内外の12箇所で行われた研究事例を収集し、林齢と土砂災害脆弱性指数（土砂災害の起こりやすさ）との関係を構築した。また、国内の統計データを用いて、人工林と天然林の両方で、1966年～2017年の齢級（5年毎の林齢）別の森林面積を推定した。これら2つを合わせることで、日本全体の土砂災害脆弱性指数の長期変動を調べた。日本の土砂災害発生件数と相関が高いことが示されている降雨指標（北日本・東日本・西日本の5月～10月の降水量）と日本全体の土砂災害脆弱性指数から、土砂災害発生件数を予測するモデルを構築した。このモデルに3つの森林シナリオ（20年生以下の若齢林主体、20～60年生の壮齢林主体、60年生以上の高齢林主体）と5つの降雨シナリオ（現在の平均的な降雨量、降雨が±10%、±20%変化した場合の降雨量）の組み合わせである計15シナリオを入力し、土砂災害発生件数を調べた（図2）。その結果、若齢林から高年齢林、壮齢林になることで、土砂災害は0.5倍、0.4倍となり、降雨が10%、20%増えることで土砂災害は1.3倍、1.7倍になることが予測された。このように、森林の林齢構成の変化が土砂災害発生件数に与える影響は、降雨変動の影響よりも大きいと推測された。

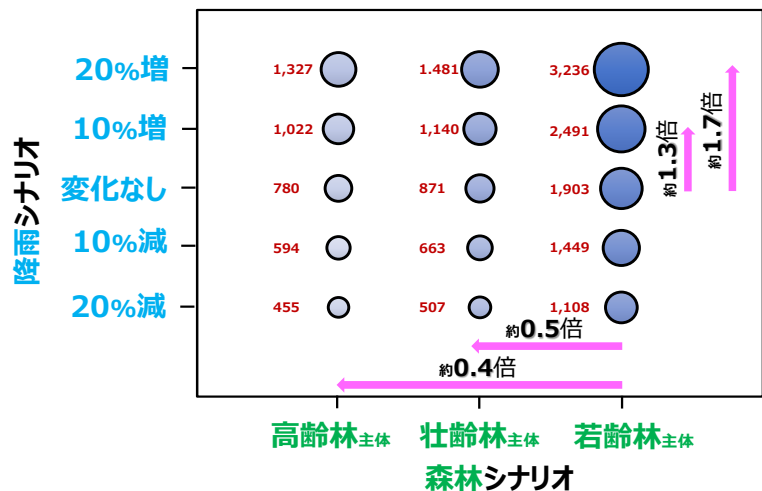


図2 各シナリオで予測された土砂災害発生件数（予測値は丸の大きさで示している）

(5) 広島県呉市における土砂災害の死者数減少要因の解明

過去に大規模な土砂災害が3回発生しているが、徐々に死者数が減少している広島県呉市に

において、その要因を調べたところ、1945年～1967年、1967年～2018年で、死者数減少をもたらした要因が異なることが示唆された。また、日本全国で見られた傾向と比較したところ、ハード対策の効果は、日本全国よりも早く出現していることが予想された。これは、1945年にあった大規模な災害により砂防堰堤等が全国に先駆けて整備されたためと考えられる。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Shinohara Yoshinori、Watanabe Yuta	4. 巻 118
2. 論文標題 Differences in factors determining landslide hazards among three types of landslides in Japan	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Natural Hazards	6. 最初と最後の頁 1689 ~ 1705
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11069-023-06075-x	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 Lusiana Novia、Shinohara Yoshinori、Imaizumi Fumitoshi	4. 巻 -
2. 論文標題 Quantifying effects of changes in forest age distribution on the landslide frequency in Japan	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Natural Hazards	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） 10.1007/s11069-024-06537-w	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 Shinohara Yoshinori、Kume Tomonori	4. 巻 827
2. 論文標題 Changes in the factors contributing to the reduction of landslide fatalities between 1945 and 2019 in Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 154392 ~ 154392
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.scitotenv.2022.154392	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 Lusiana Novia、Shinohara Yoshinori	4. 巻 14
2. 論文標題 The Role of Citrus Groves in Rainfall-Triggered Landslide Hazards in Uwajima, Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Water	6. 最初と最後の頁 2113 ~ 2113
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/w14132113	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 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 篠原慶規, Novia Lusiana, 今泉文寿
2. 発表標題 森林の成熟が土砂災害発生に与える影響の全国的評価
3. 学会等名 日本森林学会大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 篠原 慶規, 久米 朋宣
2. 発表標題 降雨による土砂災害の死者数の長期変動は何によって決まっているのか？
3. 学会等名 水文・水資源学会研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Shinohara, Y., Shimomura, C.
2. 発表標題 Landslide fatalities for three events in Kure City, Japan
3. 学会等名 Interpraevent 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Lusiana N, Shinohara Y
2. 発表標題 The role of citrus groves in rainfall-triggered landslide hazards in Uwajima, Japan
3. 学会等名 Interpraevent 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Lusiana N, Shinohara Y
2. 発表標題 Comparison of the occurrences of landslides between orange groves and forests on landslides induced by the heavy rainfall in 2018 in Uwajima City, Japan
3. 学会等名 砂防学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 篠原慶規, 渡邊優太
2. 発表標題 降雨による土砂災害発生件数の都道府県別の変動要因の解明
3. 学会等名 砂防学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 篠原慶規, 清水収
2. 発表標題 令和4年台風第14号による宮崎県の山地災害の特徴
3. 学会等名 日本森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡邊優太, 篠原慶規
2. 発表標題 降雨による土砂災害発生件数 - 都道府県別のばらつきを生み出す要因 -
3. 学会等名 砂防学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Novia Lusuana, Yoshinori Shinohara
2. 発表標題 Distribution of Landslides Triggered by Heavy Rainfall Event July 2018 in Uwajima City, Japan
3. 学会等名 American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021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

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