

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：82102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04977

研究課題名(和文)リアルタイムハザードマップに向けた土石流の発生雨量・発生場所の予測

研究課題名(英文)An estimation of triggering rainfall and location of debris-flow for real-time hazard map

研究代表者

若月 強 (Wakatsuki, Tsuyoshi)

国立研究開発法人防災科学技術研究所・水・土砂防災研究部門・主任研究員

研究者番号：80510784

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：花崗岩などを基盤岩とする山地における降雨による土石流に対して、山地小流域単位でのリアルタイムハザードマップの評価基準を作成するため、国内の複数災害の土砂移動分布図を作成し、土石流到達率と流域地形量・雨量指標値との関係の定式化を試みた。この評価基準は、国内各地のデータ比較から、湿潤温暖な西南日本(四国南部・九州)と寒冷な東北北部から北海道地方を除く花崗岩地域(花崗閃緑岩等を除く)にある程度適用できる可能性があることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

土砂災害の減災のために土石流の発生場所や発生時刻の予測は重要である。多くの場所に適用可能な統計則を確立するためには、複数災害の土砂移動分布図に基づく比較研究が不可欠である。本研究は、この図を約10年整備・蓄積してきた研究代表者の所属する防災科学技術研究所ならではの研究であると考えられる。また、地形量と雨量をパラメータとして大量のデータを元に確率的に土石流到達を評価できた点は斬新であると考えられる。ただし、地質(地盤)・気候・植生などの要因を含めた確率的評価には至っておらず今後の課題として残った。

研究成果の概要(英文)：To set evaluation standards for each mountainous small-basin in a real-time hazard map for debris-flow caused by heavy rainfall on granite slopes in Japan, we developed some trace maps of sediment movements by air photo interpretation and formulated the relationships between the arrival ratio of debris flow to the basin outlet, the geomorphologic quantity of basins and the rainfall index. The evaluation standards can be potentially applicable to granite slopes (excluding granodiorite, etc.) in Japan excluding in the humid and warm southwestern Japan and in the cold northeastern Japan by the comparison in various parts of Japan.

研究分野：地形学

キーワード：土石流 山地小流域 地形量 雨量指標 花崗岩類

1. 研究開始当初の背景

我が国では毎年のように豪雨を誘因とする土石流によって多くの人命や財産が犠牲となっており、土石流の減災のために土石流の発生場所や発生時刻、流下範囲等の予測が強く求められている。しかし、土石流、斜面崩壊、地すべり等の斜面変動の発生場所や発生時刻を正確に予測することは、各種地盤センサーを設置して継続観測を実施している個々の斜面を除けば、現状では困難である。その最大の原因は、山地斜面の地盤は極めて不均質であるためと考えられる。全ての斜面を調査して地盤物性を入手することは事実上不可能である。そのため、初期条件となる地盤条件が不正確なものとなり、力学的な数値計算などの演繹的手法では、得られた予測結果の信頼性は当然ながら低くなると考えられる。

そのため、国や自治体は、帰納的・経験的手法に基づき、簡単に計測できる地形量や降雨指標を用いて斜面変動に伴う土石流の危険度予測を行なっている。土石流の発生場所に関しては、「土石流の恐れのある渓流において土地の勾配が 2° 以上の区域」を土石流警戒区域として指定しており、地形量が判断基準の1つとして用いられている。課題としては、地質などを考慮した危険度によりランク分けされていないことや土石流警戒区域外でも土石流が発生していることなどが挙げられる。一方、土石流等による土石流の発生時刻に関しては、過去の災害事例を考慮した5kmメッシュ単位の土石流警戒情報が避難勧告等の発令や住民の自主避難に利用されており、その発表・解除基準の設定のために土石流警戒避難基準雨量が用いられている。課題としては、災害事例が少ない地域では基準雨量の信頼性は低くなることや、メッシュ内の地形・地質の差異による危険度を評価できていないことなどが考えられる。

以上より、土石流等による土石流の減災のためには、あらゆる場所に適用可能かつ精度の高い斜面変動の場所・時間予測の定量的・実用的な基本法則が確立されるべきである。そのためには、次節で述べるように、大量の災害履歴データを用いた統計解析が有効かつ現状で最も不足しているアプローチであると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、過去の斜面変動を素因(ここでは地形・地質)や誘因(ここでは降雨)ごとに定量的に整理して、それぞれの素因や誘因が組み合わさった場合の斜面変動の発生確率を評価することを目的とする。具体的には、花崗岩類を基盤岩とする山地において、降雨による土石流に対して、複数災害の土石流移動分布図を用い、山地小流域を単位として、雨量・地形量・地質と土石流到達の有無との関係を統計的手法により明らかにすることを旨とする。すなわち、山地小流域単位でのリアルタイムハザードマップの評価基準を作成することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、土石流が発生しやすく、かつデータが最も集めやすいことから、花崗岩類の山地を主な対象とする。調査地は広島県を中心にいくつかの地域の多発型の土石流災害地である。まず、空中写真や衛星画像を目視判読して、土石流や斜面崩壊などによる斜面変動の発生源・流走域・堆積域が記載された土石流移動分布図を作成した。そして、この図を使用して、約 5 km^2 以下

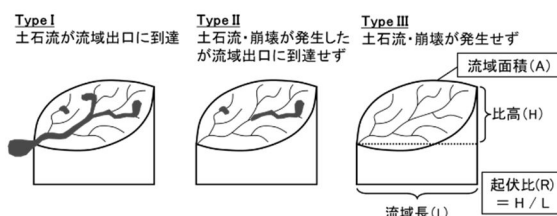


図1. 土石流のタイプ分け. Type I が土石流到達で、Type II と III が土石流非到達.

下の小流域単位で、流域末端への土石流到達(図1)の確率やその閾値を統計的に明らかにした。解析に使用するパラメータである雨量指標は気象庁解析雨量を、流域地形量(流域面積・流域起伏比(勾配))は10mDEMをそれぞれ使用して算出した。雨量指標については、各積算雨量、各実効雨量、土壌雨量指数、 R' 値(中井ほか、2004)から最適な指標を探す。その他、現地土層調査により地域間での地質や土質の差異を確かめた。

4. 研究成果

土石流移動分布図は、2018年西日本豪雨(高知南西部)、2019年丸森災害、2020年熊本県西部災害、岐阜県北部災害、2021年8月広島豪雨について新たに作成し、作成済みの1999年・2014年広島豪雨、2009年防府豪雨などの土石流移動分布図とともに解析に供した。土石流移動分布図の一例として、2019年丸森災害を図2に示す(若月ほか、2020(主要災害調査))。土石流移動範囲が赤色で示されており、多数の土石流や崩壊が発生し、土砂は下流域の平地まで流されたことがわかる。

雨量指標のうち、実効雨量については、従来手法では入力の間隔に影響を受け、そのため降雨パターンによる影響を受けるため、この影響を最小化する計算手法を新たに開発した。これ

により、微少間隔で計算した場合に比べて1時間ごとに計算した場合に直近1時間に最大約50%存在していた過大評価と降雨パターンによる影響が解消された。R'値はこの方法による実効雨量を使って計算した。

解析の一例として(若月ほか、2020(地すべり学会)と準備中論文) 広島市とその周辺の花崗岩地域の3災害(1999年, 2014年, 2018年)における土石流移動形態ごとの流域面積と起伏比の関係を図3上に示す。明瞭ではないが、土石流が流域出口に到達したType Iが相対的に図の右上側にプロットされており、地形量のパラメータが土石流の流下に影響していることを示している。図3下には、Type Iの割合を示す土石流到達率を示す。土石流到達率についても、図の右上側ほど値が大きくなる傾向がある。図3下を用いると、地形的閾値として土石流到達率の0.5%閾値(b_1)、5%閾値(b_3)、20%閾値(b_2)を設定することができる。各b値は、流域面積と起伏比の関数として表現でき、さらに雨量によって変化している。広島の3災害における、0.5%閾値と各種雨量指標の分布範囲の比較から、7時間積算雨量、半減期7時間実効雨量、R'値の3つが土石流の流下を最適に表現する雨量指標であると推定された。図4に5%閾値(b_3)、20%閾値(b_2)の例を示すように、これらの雨量指標値と各b値は線形関数として表現できる。以上より、土石流到達率の各閾値を地形量(流域面積と起伏比)と雨量指標値(7時間積算雨量、半減期7時間実効雨量、R'値のいずれか)の関数として表現することが可能となった。

次に、上記の各閾値は、熊本、福岡、防府、広島、岩国、南木曾、北茨城、丸森、日高における b_1 値と雨量指標値の比較から、湿潤温暖な西南日本(四国南部・九州)と寒冷な東北北部から北海道地方を除く花崗岩地域(花崗閃緑岩等を除く)にある程度適用できる可能性があることがわかった。また、地質によって閾値が大きく異なること、西南日本は土層が厚い傾向があり崩壊には大きな雨量が必要であることなどが各地のデータから明らかになった。

今後、閾値関数に気候と植生のパラメータを追加し、花崗閃緑岩など地質ごとに定量化していく必要があるが、そのためにはさらなるデータ収集が必要であろう。また、斜面変動の免疫性的影響を考慮する必要がある。

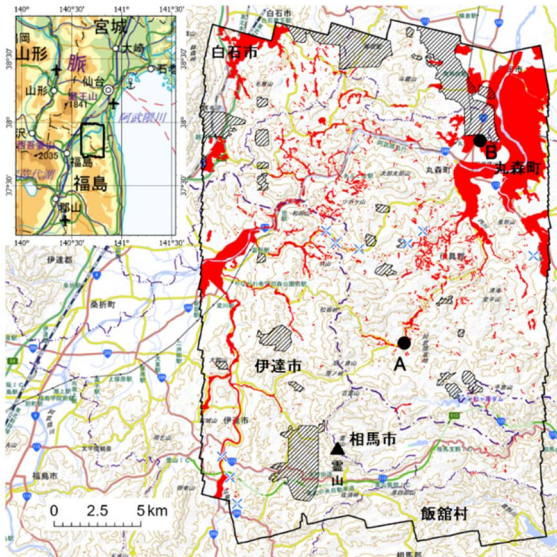


図2. 土石流移動分布図(2019年丸森災害).

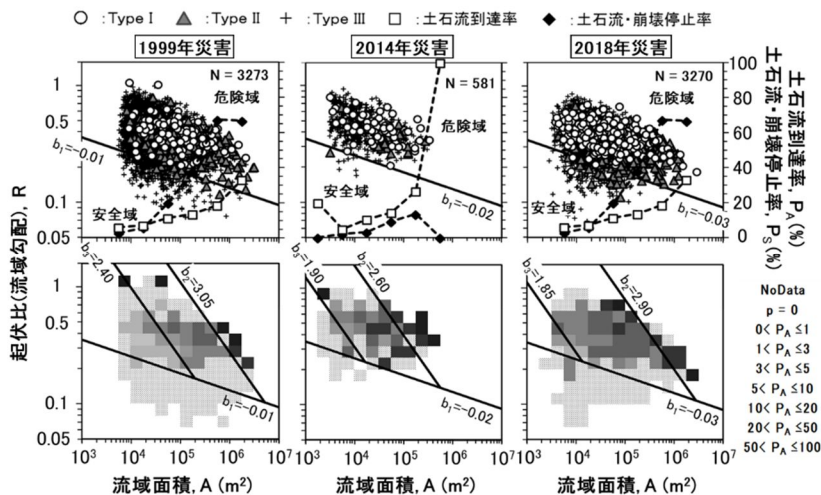


図3. 広島市とその周辺の1999年, 2014年, 2018年災害における、(上)土石流移動形態ごとの流域面積と起伏比の関係、流域面積と土石流到達率の関係、及び土石流到達閾値(0.5%閾値、 b_1) (下)土石流到達率と20%閾値(b_2)及び5%閾値(b_3)。

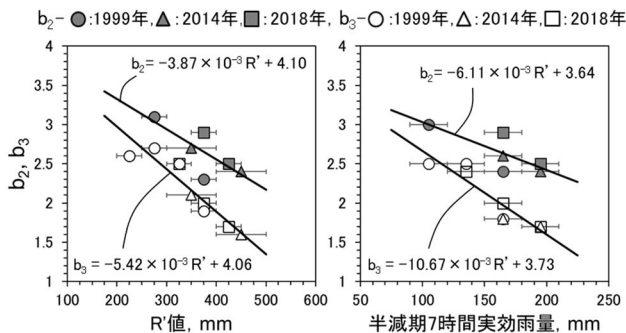


図4. 広島市とその周辺の1999年, 2014年, 2018年災害における雨量指標値とb値(地形指数)との関係。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5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 秋田 寛己、若月 強、檀上 徹、佐藤 昌人	4. 巻 60
2. 論文標題 NDVI差分画像を用いた斜面変動範囲抽出手法の検討 - 令和2年7月豪雨による熊本県・岐阜県の土砂災害解析事例 -	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 主要災害調査 = Natural Disaster Research Report	6. 最初と最後の頁 1~16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.24732/NIED.00003447	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 -
1. 著者名 若月 強、吉原 直志、遠藤 悠一、大森 想、島田 真紀子	4. 巻 58
2. 論文標題 令和元年（2019年）東日本台風による斜面崩壊地の岩石・土層物性：特に宮城県丸森町周辺のいくつかの事例について	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 主要災害調査 = Natural Disaster Research Report	6. 最初と最後の頁 35~52
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.24732/NIED.00002413	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 -
1. 著者名 若月 強、吉原 直志、遠藤 悠一、大森 想、古賀 亘	4. 巻 58
2. 論文標題 令和元年（2019年）東日本台風による宮城県丸森町周辺と岩手県三陸海岸沿いの斜面変動の分布	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 主要災害調査 = Natural Disaster Research Report	6. 最初と最後の頁 21~34
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.24732/NIED.00002408	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 -
1. 著者名 木村 諤、若月 強、山田 隆二、井口 隆	4. 巻 53
2. 論文標題 平成30年7月豪雨により愛媛県南西部で発生した斜面崩壊の規模と分布の特徴	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 主要災害調査 = National Disaster Research Report	6. 最初と最後の頁 67~82
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.24732/nied.00002157	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 -

1. 著者名 Imam Md. Hasan, Oguchi Chiaki T., Wakatsuki Tsuyoshi, Ueda Mariko	4. 巻 5
2. 論文標題 Assessment of climate-induced degree of chemical weathering in some granite and granodiorite slopes of Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Modeling Earth Systems and Environment	6. 最初と最後の頁 1751 ~ 1767
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s40808-019-00630-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 -

〔学会発表〕 計8件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 若月強, 吉原直志, 遠藤悠一, 大森想, 島田真紀子
2. 発表標題 令和元年東日本台風による斜面崩壊地の岩石・土層物性:宮城県丸森町周辺のいくつかの事例 令和元年東日本台風による斜面崩壊地の岩石・土層物性:宮城県丸森町周辺のいくつかの事例
3. 学会等名 第60回日本地すべり学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 秋田寛己, 若月強
2. 発表標題 広島花崗岩類及び丹波帯の山地における崩壊面積と崩壊深・崩壊生産土砂量との関係 - 平成26年8月豪雨で発生した土石流災害の事例 -
3. 学会等名 令和3年度砂防学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 秋田寛己, 若月強
2. 発表標題 2014年(平成26年)8月豪雨における兵庫県丹波市の土石流による土砂流出量と地形の関係
3. 学会等名 第39回日本自然災害学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 若月 強
2. 発表標題 広島県の花崗岩斜面における1999年, 2014年, 2018年の土砂災害における土石流到達閾値 - 雨量関係の比較
3. 学会等名 第59回日本地すべり学会研究発表会講演集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 秋田寛己・若月 強
2. 発表標題 2014年(平成26年)8月豪雨における兵庫県丹波市の土石流による流出土砂量と地形の関係
3. 学会等名 第39回日本自然災害学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 若月強, 渡邊達也
2. 発表標題 北海道日高地方の泥岩と礫岩の崩壊跡地における崩壊10-15年後の土砂移動量
3. 学会等名 日本地形学連合2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M.A.K.Kumari, T.Wakatsuki, C.T.Oguchi, M. Sato
2. 発表標題 Estimate slope angle of landslide initiation areas using DEM and Air photogrametry; Case study of disaster areas in Hiroshima prefecture
3. 学会等名 日本地形学連合2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西井綾子, 若月強
2. 発表標題 1967年羽越豪雨による群発崩壊と林齢の関係
3. 学会等名 日本地形学連合2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>2021年8月11～13日の長崎県雲仙市の土砂災害における衛星画像からの斜面変動範囲の推定 https://mizu.bosai.go.jp/key/2021Unzen 2021年8月11～15日の広島県広島市の土砂災害における衛星画像からの斜面変動範囲の推定 https://mizu.bosai.go.jp/key/2021Hiroshima 2021年8月13～15日の長野県岡谷市の土砂災害における衛星画像からの斜面変動範囲の推定 https://mizu.bosai.go.jp/key/2021Okaya 2021年8月9～10日の青森県下北半島の土砂災害における衛星画像からの斜面変動範囲の推定 https://mizu.bosai.go.jp/key/2021Aomori 令和2年7月豪雨に関する防災科研クライシスレスポンスサイト(斜面変動範囲図 熊本県西部) http://crs.bosai.go.jp/DynamicCRS/index.html?appid=eb80ae7c6baa4754914c1b8310be9c4c 令和2年7月豪雨に関する防災科研クライシスレスポンスサイト(斜面変動範囲図 岐阜県北部) http://crs.bosai.go.jp/DynamicCRS/index.html?appid=eb80ae7c6baa4754914c1b8310be9c4c 2020年7月3～4日熊本県西部の土砂災害における衛星画像からの斜面変動範囲抽出の試み https://mizu.bosai.go.jp/key/2020Kumamoto 2020年7月7～8日岐阜県北部の土砂災害における衛星画像からの斜面変動範囲抽出の試み https://mizu.bosai.go.jp/key/2020Gifu 2019(令和元)年10月12～13日台風19号による斜面変動調査報告 http://mizu.bosai.go.jp/key/2019MiyagiIwate 令和元年台風19号に関するクライシスレスポンスサイト(土砂災害発生状況 丸森地区 土砂移動分布図) http://crs.bosai.go.jp/DynamicCRS/index.html?appid=9424c7b32d784b60a9b70d59ff32ac96</p>

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
研究協力者	秋田 寛己 (Akita Hiromi)	防災科学技術研究所・水・土砂防災研究部門・特別研究員 (82102)	

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