

降雨量の増加が斜面崩壊の発生分布と発生時刻に与える影響

富田陽子* 小山内信智**

1. はじめに

近年の温暖化傾向とともに前線や台風による既往最大値を上回るような集中豪雨の多発が問題視されるようになってきた。大量の降雨が供給されれば斜面崩壊による土砂生産・土砂流出、それに伴う土砂災害への影響も懸念される。実際にどの地域で、どの程度の降雨特性（総降雨量や短時間雨量、降雨パターン、降雨の空間規模）の変化があるのかは必ずしも明確ではないが、降雨特性の変化と斜面崩壊の関係を推定することは、警戒避難体制のあり方の検討、崩壊防止施設の設置の優先順位の設定や工種選定等において重要な情報となる。

ここでは、降雨特性と斜面の崩壊発生状況との関係について、これまでの事例を整理し、降雨特性が斜面崩壊に及ぼす影響を考察する。そして、降雨量の増加が斜面崩壊にどのように影響するかを「表層崩壊発生予測モデル」¹⁾によって試算したので紹介する。

2. 降雨特性が斜面崩壊に及ぼす影響

2.1 時間雨量と斜面崩壊

図-1²⁾は、平成19年9月、群馬県富岡市で発生したがけ崩れ発生時のハイトグラフと土砂災害発生予測のスネーク図である。斜面崩壊発生までの降雨状況を見ると、CL（土砂災害発生危険基準線）到達までの時間雨量の大きさが際だっている。崩壊土砂量は60m³～1,200m³と比較的小規模なものであったことを考え合わせると、時間雨量が大きい時に表層崩壊が発生しやすいとされる降雨特性と斜面崩壊の関係が見られ、CL付近の降雨状況で崩壊条件に達した斜面が順次崩壊していく様子が示されていると考えられる。

2.2 連続雨量と斜面崩壊

図-2³⁾は、平成17年9月台風14号により宮崎県別府田野川上流鱒塚山で合計崩壊土量約380万m³

の大規模崩壊と土石流が発生した時のハイトグラフと土砂災害発生予測のスネーク図である。9月3日の降り始めから6日午前9時に大規模崩壊・土石流が発生するまでの連続雨量は700mmに達し、土石流発生直前の1時間に最大時間雨量45mmを記録している。CL到達まで、またそれ以降も時間雨量10～20mm程度の降雨が長期間続き、CLを越えて約24時間後に大規模崩壊・土石流の発生に至っている。ここでは、降雨強度はそれほど大きくないが継続時間が長い場合、すなわち連続雨量が大きい時に深層崩壊が発生しやすいとされる降雨特性と斜面崩壊の関係が見られる。さらに、この場合土砂は多量の水を含んでおり、流動性の高い土石流が発生したものと考えられる。

2.3 急激な立ち上がりの降雨と斜面崩壊

図-3⁴⁾は、平成15年7月20日午前4時20分頃に熊本県水俣市宝川内地区で発生した、崩壊土量約10万m³の大規模崩壊・土石流発生時のハイトグラフと土砂災害発生予測のスネーク図である。ここでは20日午前0時頃から急激に降雨が強まり、午前4時までの4時間の連続雨量は174mm、大規模崩壊・土石流発生直前の1時間雨量は87mm、直後の1時間雨量は91mmを記録している。CL到達から30分程度後に大規模崩壊・土石流が発生した。このように降り始めから短時間でCLに達し、なお時間雨量は大きくなっていくという状況では避難のために十分な時間を確保することは難しいと考えられる。

2.4 まとめ

上記はごく限られた事例ではあるが、一般的にはCL到達前後までの降雨では比較的規模の小さな崩壊現象（表層崩壊）が発生し始め、CLを大きく上回る状態にまで達するようになると、表層崩壊ばかりでなく大規模な崩壊現象（深層崩壊）が発生する可能性が高まると言える。

時間雨量・連続雨量が増大すれば、斜面崩壊の規模や分布・発生時刻が変化することが予想される。

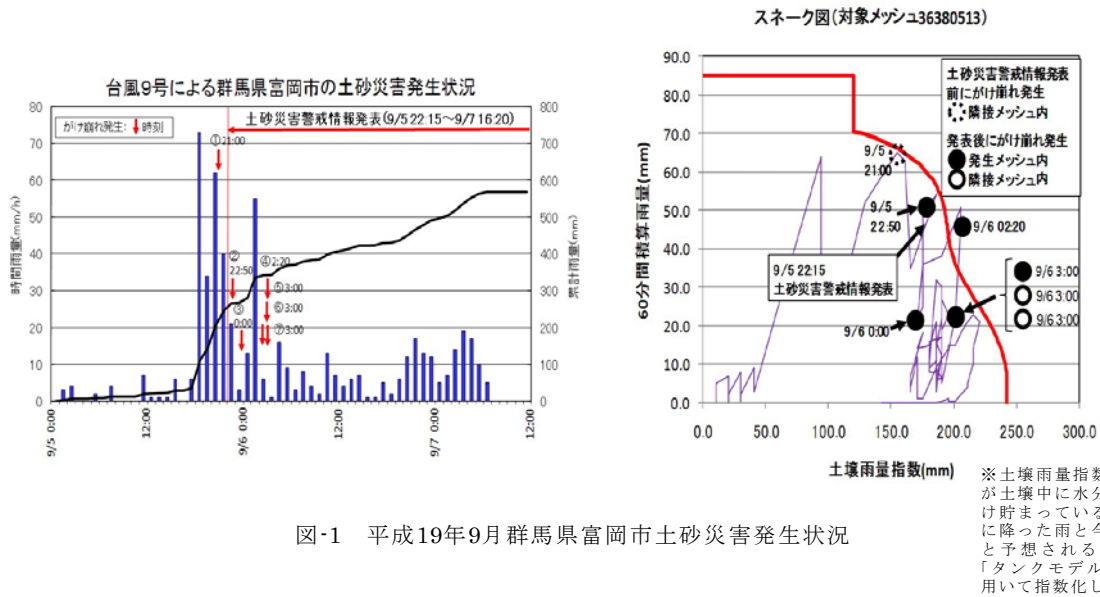


図-1 平成19年9月群馬県富岡市土砂災害発生状況

※土壌雨量指数とは、降った雨が土壌中に水分量としてどれだけ貯まっているかを、これまでに降った雨と今後数時間に降ると予想される雨量データから「タンクモデル」という手法を用いて指数化したもの

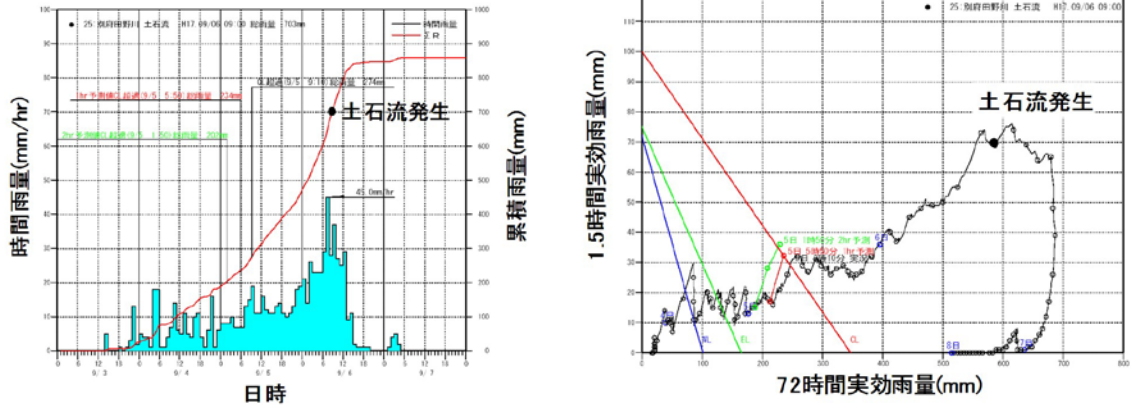


図-2 平成17年9月宮崎県鰐塚山土砂災害発生状況

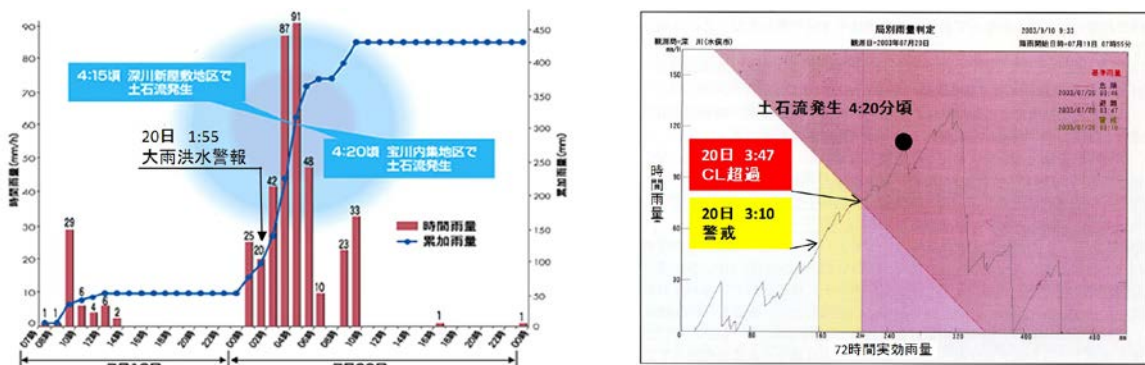


図-3 平成15年7月熊本県水俣市宝川内地区土砂災害発生状況

3. 降雨量の増加による斜面崩壊の発生分布・発生時刻の変化

3.1 検討対象地区と降雨条件

平成15年7月20日に土砂災害の発生した熊本県水俣市（先出）のうち、斜面崩壊が多発した区域

（宝川内集地区、深川新屋敷地区）約25km²を対象とし、降雨量は検討対象地区における最大値（宝川内地区での実績降雨量で、時間雨量90mm、24時間雨量342mm）に対して1.1倍、1.2倍に増大させた場合の表層崩壊の状況を推定した。

3.2 解析手法

3.2.1 「表層崩壊発生予測モデル」¹⁾ の適用

本解析に用いた平松(1992)の「表層崩壊発生予測モデル」¹⁾は次の特徴を持つ。

流域を平面2次元的にメッシュ分割し、表土層厚を高さとする鉛直土柱をメッシュ毎に設定する。これが解析の基本要素となる。基本要素毎に雨水を供給し、供給水量が側方流として各基本要素間を平面2次元的に移動するものとする。ここで得られた土壌水分状態や地下水深を用いて基本要素毎に斜面安定解析を行い崩壊の危険度評価を行う。

時々刻々と変化する土壌水分状態と地下水深に対する斜面安定度が評価できるため、崩壊のタイミングを把握できる。

3.2.2 入力条件

解析に必要となる入力条件（地形・地質・降雨波形・土壌物理定数（表土層厚、粘着力、内部摩擦角、飽和透水係数等）・土壌水分特性・表土層厚等）のうち、降雨波形は、レーダーアメダスデータによる宝川内地区の実績値を用い、実績値の1.1倍降雨、1.2倍降雨を想定した（図-4、実績降雨case1、1.1倍case2、1.2倍case3）。土壌物理定数は、崩壊地近傍で採取した試料の試験数値を入力初期値とし、実際の斜面崩壊の再現計算（メッシュ間隔50m）によりモデルのパラメータフィッティングを行った。

決定したパラメータを対象地区全域（メッシュ間隔50m：国土地理院刊行の数値地図50mメッシュ標高を活用）に適用し、最大時間雨量と日雨量を変化させた場合の斜面崩壊発生分布と発生時刻の傾向を把握した。

3.3 解析結果

斜面崩壊の有無は安全率1.0を基準とし、1.0を下回る場合は崩壊発生、1.0以上に対しては0.05間隔で1.1まで、およびそれ以上の斜面の崩壊発生危険度を各々区分して表示した（図-5,6,7の凡例参照）。

図-5（case1）より、実際の崩壊の再現性では計算による崩壊位置及び崩壊斜面数（実崩壊斜面メッシュ数330個に対して再現計算での崩壊斜面メッシュ数322個）はほぼ一致した。図-8より、実際に崩壊が発生した斜面近傍での安全率が1.0を下回る時刻（4:40）を崩壊発生時刻と想定する

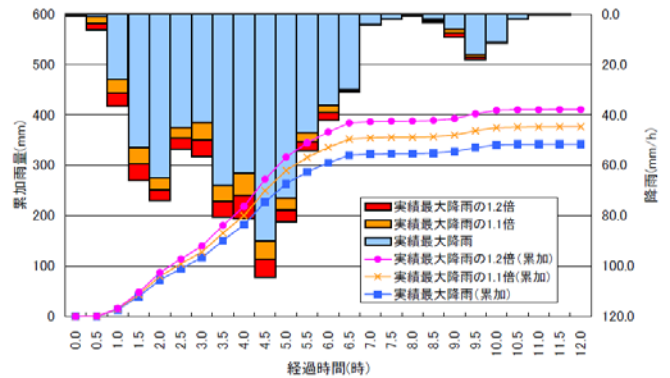


図-4 宝川内地区の実績最大降雨と実績最大降雨の1.1倍と1.2倍の降雨波形

と、実際の崩壊発生時刻（4:20頃と推定）に概ね一致し、再現性は概ね良好と考えた。

再現計算で同定されたパラメータを用いて実績最大降雨1.1倍の降雨波形を全域に与えたcase2は、崩壊発生斜面の分布（図-6）はcase1よりも広がり、崩壊発生斜面数は約1.44倍に増大し発生密度も高くなった。そして崩壊発生時刻は20分早まる（表-1、表-2、図-8）。主に増大した区域は対象区域の中央部よりも南部である。南部で実崩壊が少ないのは実績降雨量が少ないため、仮に北部と同程度の降雨が生じていたならば図のように崩壊が多数発生していたものと想定される。case3（図-7）は、case1の降雨波形1.2倍の降雨を与えた場合の崩壊発生分布で、case2よりもさらに分布が広がり、崩壊箇所数は約1.77倍に増大し発生密度も高くなり、崩壊発生時刻は30分早まる（表-1、表-2、図-8）。

表-1 降雨量の増大による崩壊発生箇所数の変化

区域	実績最大降雨	実績最大降雨 ×1.1倍	実績最大降雨 ×1.2倍
宝川内地区 (実績最大降雨箇所比)	322	464 144%	569 177%

表-2 降雨量の増大による崩壊発生時刻の変化

区域	実績最大降雨	実績最大降雨 ×1.1倍	実績最大降雨 ×1.2倍
宝川内地区 (実績最大降雨との時間差)	4:40	4:20 -20分	4:10 -30分

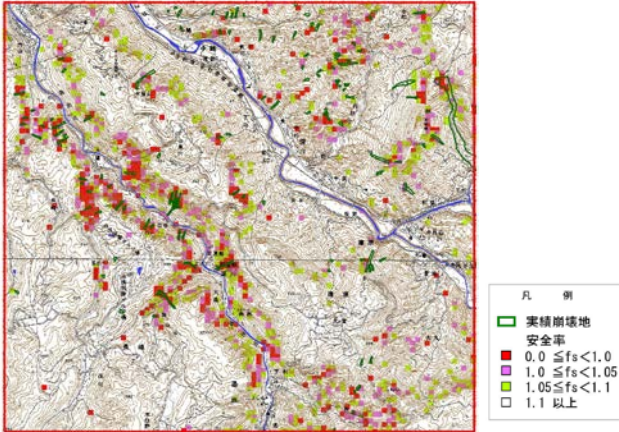


図-5 崩壊分布図 (実績最大降雨波形 case1)

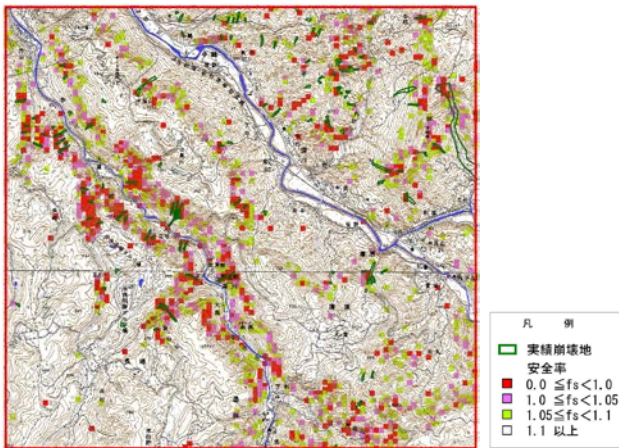


図-6 崩壊分布図 (実績最大降雨波形の1.1倍 case2)

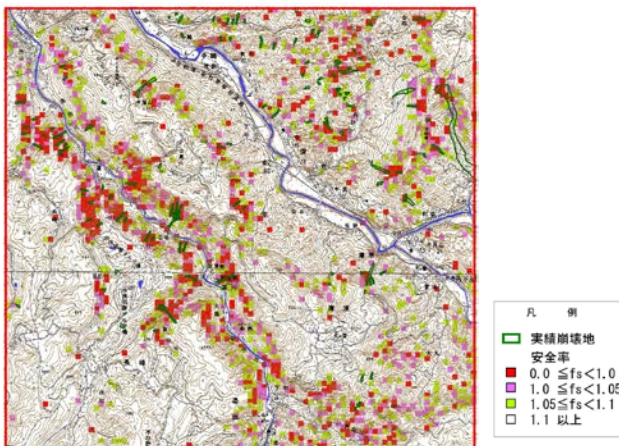


図-7 崩壊分布図 (実績最大降雨波形の1.2倍 case3)

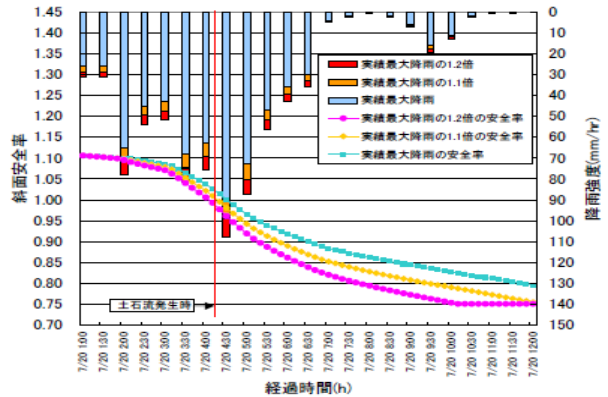
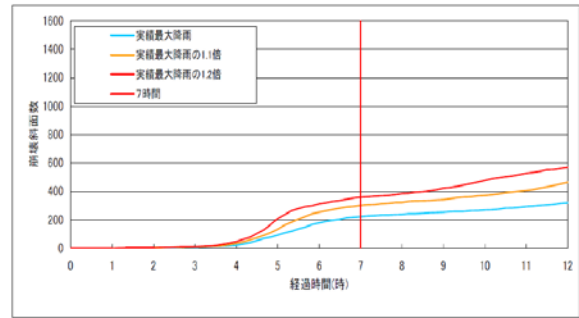


図-8 モデル解析による安全率の経過時間変化と崩壊斜面数の累加状況

な災害が発生することが予想できる。さらに、崩壊発生時刻は20～30分程度早くなることから、警戒・避難行動にはこれまでより迅速な対応が必要となる。したがって、土砂災害警戒情報等の防災情報のより確実・迅速な運用を行う必要がある。

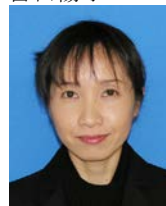
参考文献

- 1) 平松晋也：山腹表層崩壊の発生予測に関する基礎的研究、pp.19~27、1992
- 2) 小山内信智：降雨による大規模土砂災害とその対応、砂防と治水Vol.41、No.5、2008.12
- 3) 宮崎県土木部砂防課：台風14号により発生した土砂災害
- 4) 熊本県土木部砂防課：03.7.20水俣地方の土砂災害記録

4. まとめ

3.3解析結果に示したように、実績最大降雨の1.1倍、1.2倍の降雨が対象区域全域に発生したと仮定すると、崩壊斜面数は約1.44倍、1.77倍と増加し広範囲に高い密度で斜面崩壊が発生し、甚大

富田陽子*



国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室主任研究官
Yoko TOMITA

小山内信智**



国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室室長、農博
Dr.Nobutomo OSANAI