

雨量指標  $R'$  による土砂災害発生基準の現地への適用と評価

— 宮崎県下の土砂災害を事例として —

本田尚正・加藤 尚 (茨城大院)

**要旨:** 降雨起因の土砂災害の発生は「長期間の先行降雨」と「直前の短く強い降雨」の2つの因子に大きく依存する。雨量指標  $R'$  は「長期実効雨量  $R_w$ 」と「短期実効雨量  $r_w$ 」を組合せて1つの値で表現した手法である。本研究では宮崎県下で発生した土砂災害を事例として、 $R'$  による土砂災害発生基準の現地への適用性を評価した。その結果、 $R'$  による危険度判定の結果と実際の土砂災害発生が適合しない例が生じた。 $R'$  は土砂災害発生の誘因である降雨のみによって決まるため、 $R'$  を避難行動の目安として利活用するためには、自然の場が有する素因（地質、地形、植生被覆など）の違いを明らかにし、それらを土砂災害発生基準の設定に反映させる必要がある。

**キーワード:** 雨量指標  $R'$ 、長期および短期実効雨量、土砂災害発生基準、土砂災害発生の素因

**Abstract:** Sediment-related disaster generation due to rainfall is greatly dependent on two factors: previous prolonged rainfall and the last short strong rainfall. Rainfall index  $R'$  is the method expressed with one value combining the long-term effective rainfall  $R_w$  and the short-term effective rainfall  $r_w$ . We estimate the applicability of  $R'$  as a standard value of sediment-related disaster generation. A sediment-related disaster in Miyazaki Prefecture is chosen for investigation. As a result, there are some examples where judgment results by  $R'$  and the actual phenomenon don't agree, because  $R'$  is determined only by rainfall that is the inducing factor of sediment-related disaster generation. It is necessary to clarify the inherent factors of a natural place, such as geology, topography and vegetation. We must reflect them in a setup of the standard value of sediment-related disaster generation to utilize  $R'$  as a standard of evacuation behavior.

**Keywords:** rainfall index  $R'$ , long-term and short-term effective rainfalls, standard value of sediment-related disaster generation, inherent factor of sediment-related disaster generation

I はじめに

一般に、降雨起因の土砂災害の発生には「長期間の先行降雨」と「直前の短期間の降雨強度」の2つの降雨因子が大きく影響する。中井ら(2, 3)の提案による雨量指標  $R'$  は、この2因子に左右される土砂災害の発生危険度を「長期実効雨量  $R_w$ 」と「短期実効雨量  $r_w$ 」の組合せによって1つの値で表現した手法である。中井らは1999年6月29日に広島県西部で発生した土砂災害の解析などから、広島周辺のマサ土地帯では土砂災害発生基準を「崩壊： $R' = 125\text{mm}$ 、土石流： $R' = 250\text{mm}$ 」として土砂災害の発生・非発生を判別できることを示した。

同手法の一般性を確認するためには、広島県域とは特性の異なる地域での土砂災害の事例を対象としたより多くの検討が必要である。そこで本研究では、土砂災害の発生が多い宮崎県域に着目し、2007年7月台風4号による表層崩壊を事例として、宮崎県下の条件により求めた雨量指標  $R'$  と実際に発生した崩壊との関係から、 $R'$  による土砂災害発生基準の現地への適用性を評価する。

II 雨量指標  $R'$  の概要

$R'$  の基礎式は、次のとおりである。

$$R_{fw} = \sqrt{(R_1 - R_w)^2 + a^2(r_1 - r_w)^2} \quad (1)$$

$$R' = R_{fw0} - R_{fw} \quad (2)$$

ここに、 $R_{fw}$  は楕円の長径、 $R_w$  は長期実効雨量、 $r_w$  は短期実効雨量、 $R_1$  および  $r_1$  は楕円の中心座標、 $R_{fw0}$  は  $R_w = 0$ 、 $r_w = 0$  のときの  $R_{fw}$ 、 $a$  は重み係数である (図-1)。

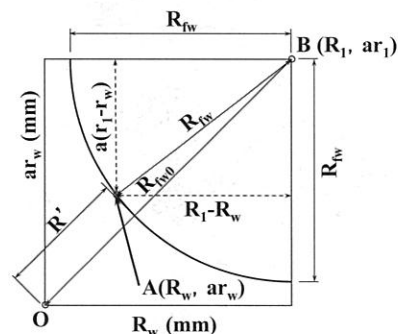


図-1. 雨量指標  $R'$  の模式図  
Fig.1 Concept of rainfall index  $R'$

Naomasa HONDA and Nao KATO (Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University, Bunkyo 2-1-1 Mito Ibaraki 310-8512) Estimation of standard of sediment-related disaster generation based on rainfall index  $R'$ — Experience of sediment-related disaster in Miyazaki Prefecture as example —

$R_w$  は中心を遠点に置く楕円の長径によって  $R_w$  と  $r_w$  の関係を表しており、式(2)により初期値を0とし、土砂災害発生危険度が増すにつれて上昇する値に変換したものが  $R'$  である。楕円の中心座標 ( $R_l, r_l$ ) と楕円を円形に置換する重み係数  $a$  を調整することにより、 $R_w$  と  $r_w$  の影響の程度、CL (クリティカルライン：発生活限雨量線) の傾き、曲率などを任意に設定できる。

### III 検討対象地域の概要および検討条件

1. 宮崎県の地形・地質および降雨特性 宮崎県は約80%を急峻な山地が占め、図-2のとおり、県北～県央西部域の広範囲に九州山地、県南地域には鰐塚山地、県南西部域(鹿児島県境)には霧島火山群が展開する。

地質的には西南日本外帯に所属し、北東-南西方向に延びた地質帯が配列する。北西側はペルム系～ジュラ系を主とする秩父帯、その南東側は県内を広く占める白亜系～古第三系を主とする四万十帯である。県北部・中部の秩父帯・四万十帯には新第三紀の火山-深成複合岩体が存在する。県中部から南部にかけての海岸部には新第三系の宮崎層群が分布し、四万十帯の地層や新第三紀の火山岩・深成岩を不整合に覆っている。第四系として霧島山の火山群、阿蘇火砕流、始良火砕流(溶結凝灰岩、しらす)、段丘堆積物(第四紀沖積層)等が分布する。

宮崎県は全国的にみても多雨地域である。年平均降水量は県域のほとんどで2,000mmを超え、とくに県南部のえびの高原や鰐塚山地の周辺では3,000mmを超える。県西部に山地が展開する地形特性から、南東からの湿った

気流が流入する時に雨が降りやすく、梅雨の時期には長雨や大雨となる。さらに宮崎県は台風の常襲地域であり、台風の直撃によって記録的な豪雨となることもある。

2. 2007年7月台風4号の概要 この台風は7月9日にカロリン諸島近海で発生し、14日14時過ぎに大型で強い勢力のまま鹿児島県大隅半島に上陸した。その後、勢力を弱めながら四国～本州南岸を東進し、16日に本州の東海上で温帯低気圧に変わった。各地で暴風となり、宮崎県でも14日に日南市油津で55.9m/secの最大瞬間風速を観測した。同県では台風発生前からの梅雨前線の活発な活動により、えびの市で7月1日～17日に総雨量1,107mm(7月月間平均雨量の2倍以上)など、各地で記録的な大雨となった。その結果、県下では計32件の表層崩壊が発生し、後に激甚災害に指定された(1)。

3.  $R'$ の算定に必要な条件 実効雨量は宮崎県内の雨量観測点162箇所の降水量データのうち、各崩壊地点から最も近い観測点データ(例：後出の図-3(c))を選定して求めた。半減期は中井らに倣い、長期72時間、短期1.5時間とした。楕円の中心座標および重み係数は中井らを参考にして、それぞれ、 $R_l=600\text{mm}$ 、 $r_l=200\text{mm}$ 、 $a=3$ とした。土砂災害発生基準となる  $R'$  は、宮崎県は広島県に比べて降水量が多いため、広島県の例よりも若干大きめの「崩壊： $R'=150\text{mm}$ 」を暫定的に設定し、県下全域に適用した。

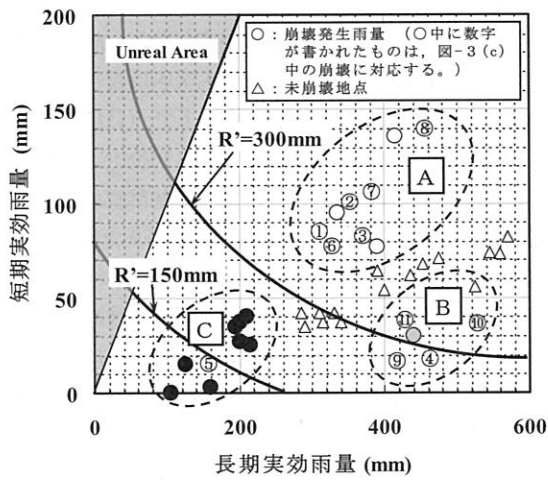
### IV 結果および考察

図-3(a)に、崩壊地点での  $R'$  と、今回の台風で崩壊が発生しなかった地点を任意に選び、その近傍の雨量観測点の降水量データを用いて算定した  $R'$  を示す。同図には崩壊の基準値「 $R'=150\text{mm}$ 」のほか、目安値として「 $R'=300\text{mm}$ 」のラインも表示した。同図(b)は、日雨量が最も多かった7月13日の日最大  $R'$  値をもとに作成した等  $R'$  線図に崩壊発生地点をプロットしたものである。同図(c)には観測雨量と崩壊発生との関係の一例を示した。同図(a)によれば、崩壊地点の  $R'$  は小さい領域では約100mm、大きい領域では約540mmである。先に宮崎県における基準値を暫定的に「 $R'=150\text{mm}$ 」としたが、同図(b)および(c)のとおり、この台風では同じ雨量観測所エリア内(降雨条件はほぼ同じ)でも、基準値以下で崩壊が発生した地点がある一方、基準値を大きく超えた時点で崩壊が発生した地点も多数あった。

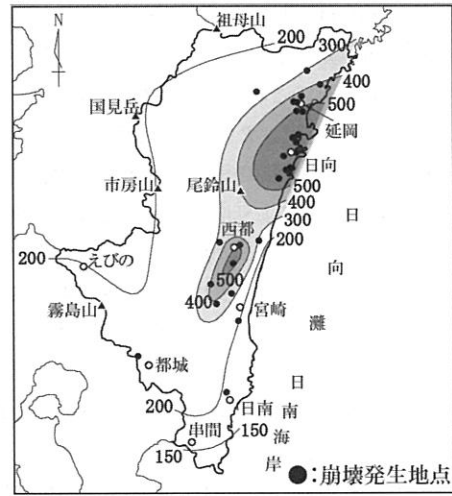
そこで、個々の崩壊と降雨との関係を詳しくみてみると、崩壊発生地点(全32件)は図-3(a)中のA、B、Cの3グループに分類できる。それらに「未崩壊地点」を加えた計4グループの特性は、概ね次のとおりである。



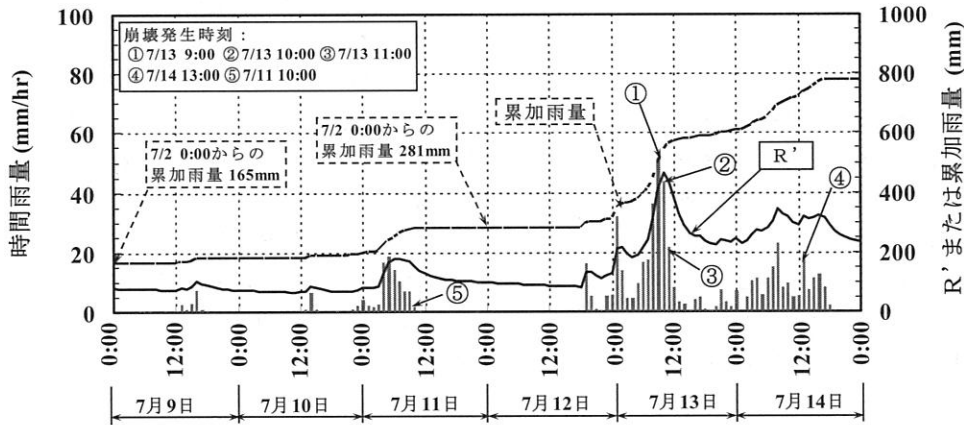
図-2. 宮崎県の概要  
Fig.2 Outline of Miyazaki Prefecture



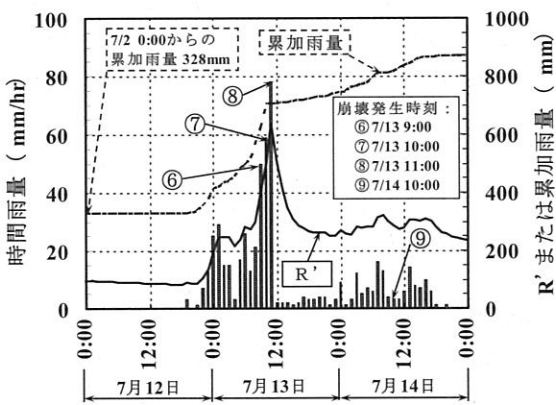
(a) 雨量指標  $R'$  と崩壊発生との関係  
 (a) Relationship between rainfall index  $R'$  and collapse generation



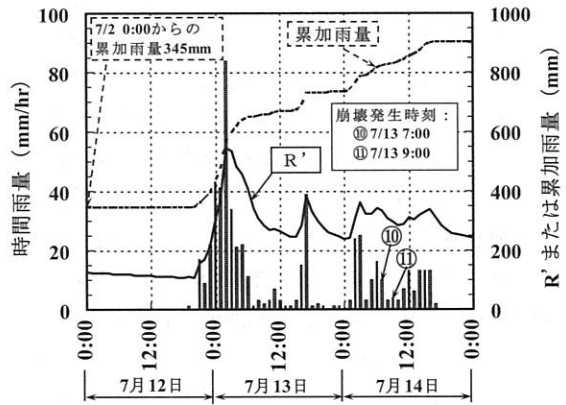
(b) 等  $R'$  線図  
 (b) A map of the line joining points having the same rainfall index  $R'$



(c-1) 延岡雨量観測所の場合  
 (c-1) In case of Nobeoka rainfall gauging station



(c-2) 日向雨量観測所の場合  
 (c-2) In case of Hyuga rainfall gauging station



(c-3) 西都雨量観測所の場合  
 (c-3) In case of Saito rainfall gauging station

(c) 観測雨量と崩壊発生との関係  
 (c) Relationship between observed rainfall and collapse generation

図-3. 降雨特性と崩壊発生との関係 (2007年7月台風4号災害)

Fig. 3 Relation between rainfall characteristics and collapse generation (The disaster by the typhoon No. 4 in July, 2007)

1. Aグループ (15件)  $R' = 150\text{mm}$  を超え、短期実効雨量が大きい領域で崩壊が発生した。たとえば地点①～③では図-3 (c-1) のとおり、時間雨量  $50\text{mm}$  を超え、累加雨量が  $500\text{mm}$  を超え、 $R'$  が最大となった直後に崩壊した。斜面土層は長期間の雨により多量の水を含み、その後の短時間の強雨により崩壊した、と推察される。このグループでは、地質的には新第三系、岩相区分では火成岩の斜面で多く崩壊が発生した。一方、地形的には元斜面の勾配は  $30^\circ \sim 75^\circ$  の広範囲にわたっており、特定の勾配に偏ることなく崩壊した。

2. Bグループ (6件)  $R' = 150\text{mm}$  を超え、長期実効雨量が大きい領域で崩壊が発生した。たとえば、地点⑩および⑪は図-3 (c-3) のとおり、時間最大雨量発生後1日以上経過して崩壊した。Aグループと比べて強い雨の発生から崩壊に至るまでに時間差が生じた要因には、地形・地質の違いや土層の保水力の違いといった、斜面が潜在的に有する崩壊発生の「素因」の違いが挙げられる。Bグループの斜面はAグループの斜面に比べて崩壊に対する潜在的な抵抗力が大きかったと推察される。このグループでは、地質的にはAグループと同じく新第三系に崩壊の発生が集中した(4件)ほか、第四系(更新世の火砕流堆積物)でも崩壊が発生した。その一方、火成岩の斜面では崩壊は発生していない。地形的にはAグループと同じく、特定の勾配に偏ることなく崩壊した。

3. Cグループ (11件)  $R' = 150\text{mm}$  の近傍およびそれを下回る領域で崩壊が発生した。たとえば、崩壊地点⑤では図-3 (c-1) のとおり、崩壊発生前後の時間最大雨量や累加雨量はA、Bグループよりも小さい。それにも関わらず崩壊したのは、斜面の潜在的な抵抗力が脆弱だったと推察される。このグループでは第四系で崩壊が多く発生した(4件)。これは、勾配は小さいが年代が新しく固結度の低い沖積層で崩壊が発生したことによる。さらに、新第三紀堆積岩の宮崎層群や東北地域の新第三紀火成岩の斜面で崩壊した。

4. 未崩壊地点グループ  $R' = 150\text{mm}$  を大きく超えた領域でも崩壊は発生しなかった。累加雨量は多くの地点で  $300 \sim 500\text{mm}$  以上に達したが、時間最大雨量はいずれも  $30\text{mm}$  以下であり、A、Bグループに比べて小さかった。よって、崩壊が発生しなかった原因には、斜面の崩壊に対する抵抗力が比較的大きかったことと、崩壊の引き金となる強い雨が生じなかったことが考えられる。

5. 考察 ここでは宮崎県全域を対象に土砂災害発生基準「崩壊： $R' = 150\text{mm}$ 」と暫定的に定めたが、それを境界として、台風4号災害では以下の事象が出現した。(1)  $R'$  が基準値を下回る領域で土砂災害が発生した。

(2)  $R'$  が基準値を上回り、短期実効雨量または長期実効雨量が大きい領域で土砂災害が発生した。

(3)  $R'$  が基準値を大きく超えても災害は起きなかった。

$R'$  の基準値の妥当性を評価する上で、(1)は明らかに失敗である。(1)は基準値のより小さい設定により、一見、改善される。しかし今後、 $R'$  の基準値を住民の避難行動の目安として利活用することを考えた場合、小さな基準値では警戒避難の発令頻度が高くなってしまふ。それは同時に、(2)および(3)の $R'$  と基準値との乖離を広げることにもなる。それらはいずれも住民に対する過度な警戒避難の呼び掛けへと繋がり、適切な避難情報の提供の観点からは好ましいことではない。

1. ～4. で指摘したとおり、土砂災害の発生には斜面が潜在的に有する「素因」の違いが強く影響している。このことが、土砂災害の誘因である降雨のみに基づく $R'$  による危険度判定の結果が実際の土砂災害発生と適合しない例が生じた原因であると推察される。したがって今後、 $R'$  の有用性を活かしつつ、それによる土砂災害の危険度判定の精度を向上させるためには、対象場が有する素因の違いを明らかにし、それらを $R'$  による土砂災害発生基準の設定に反映させる必要がある。

具体的には、県内を地質別や地形別に区分して、土砂災害が発生した地点と発生しなかった地点の素因の違いを明らかにし、共通または類似した素因を有する地域ごとに土砂災害発生基準を設定することが求められる。

## V おわりに

降雨特性と崩壊発生との関係を表現する上で、雨量指標  $R'$  の有用性はきわめて高い。 $R'$  による土砂災害発生基準を設定にあたり、対象場が有する素因との関係をより明確化することによって、土砂災害の発生危険度を精度よく判定できることが期待される。

本研究を遂行するにあたり、宮崎県県土整備部砂防課には貴重な災害資料を快くご提供いただいた。ここに記して心から感謝いたします。

## 引用文献

- (1) 宮崎県 (2007) 県土整備部砂防課災害資料.
- (2) 中井真司・海堀正博・佐々木康・森脇武夫 (2007) 最近の土砂災害への新しい雨量指標  $R'$  の適用と警戒避難のための表現方法. 砂防学会誌: 60(1), pp. 37-42
- (3) 中井真司・海堀正博・佐々木康・森脇武夫 (2008) 雨量指標  $R'$  による土砂災害発生基準の設定と監視雨量強度  $R_R$  の提案—地域ごとの降雨履歴特性を反映した適用の可能性—. 砂防学会誌: 60(6), pp. 4-10