

降雨条件の違いが潜在的な表層崩壊発生場に与える影響について

○執印康裕（宇都宮大学農学部），堀田紀文（東京大学大学院農学生命科学研究科）
鈴木雅一（東京大学大学院農学生命科学研究科），小川紀一郎（㈱アジア航測）
恩田裕一（筑波大学大学院生命環境科学研究科）

1. はじめに

豪雨イベントを誘因として発生する表層崩壊については、これまで数多くの研究が行われてきている。特にどのような降雨条件の時に表層崩壊が発生するかという問題は、人命と直接的に関連する土砂災害警戒避難基準の運用等、極めて重要な政策に関連していることから、表層崩壊発生の際の降雨条件を合理的に判断するための降雨条件についての研究が数多くの研究者によってなされてきている。これまでの降雨条件に関しての既往研究を概観すれば、古くは統計的手法を用いた確率降雨の研究に端を発し、その後、降雨の経時変化を考慮した実効雨量あるいは土壌雨量指数についての研究が行われ、さらにこれらの指標（実効雨量や土壌雨量指数）と短時間降雨予測手法を組み合わせ、表層崩壊発生の降雨条件の閾値を合理的に判断するための研究が進められてきている段階にある。しかしながら表層崩壊は素因としての場の条件（地形・地質・土地被覆状況等）の影響を強く受けることから、降雨条件だけを用いてその閾値を決定することは困難であることは周知の事実である。その観点から、素因と誘因を組み合わせた分布型応答モデル（あるいは準物理モデル）を用いて表層崩壊発生の予知・予測を試みる研究も数多く行われてきている。世界で初めて本格的な分布型応答モデルを提案したのは、沖村ら(1985)であり、その後3次元の不飽和浸透流解析をモデルに組み込む（モデルの精緻化）ことによって予測精度の向上を目指す研究も行われてきている。分布型応答モデルの精緻化が行われてきた背景として、モデルの最終的な目的の一つが、表層崩壊発生の場所と時刻と規模の3点の予知・予測を実用に使用可能な精度にまで向上させることにあったことが挙げられるが、本論においてはその目的とは別に、極めてシンプルな構造をした分布型応答モデルによって、どの程度まで表層崩壊発生場を規定する降雨条件の閾値が抽出され得るかということについて検討を行ったのでここに報告するものである。

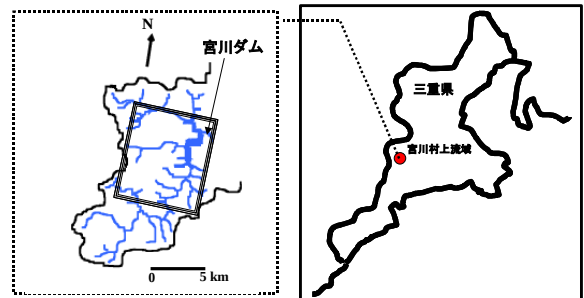


図-1 解析対象範囲の概略位置図

2. 解析対象地・使用データ及び解析手法の概略

2. 1 解析対象地・使用データについて

解析対象地として三重県大台町（旧宮川村）宮川ダム上流域を設定した。本地域は日本でも有数の豪雨地帯であり、豪雨イベント間の比較を行う上では適した場所である。また対象地域と隣接する宮川ダム下流域において2004年の台風21号による豪雨により土砂災害が発生しているが、同年のそれ以外の豪雨イベントでは土砂災害は発生していない。したがって、使用データとして2004年の6月から10月までの宮川アメダスデータを基本として使用し、その期間に観測された各豪雨イベントが表層崩壊発生場に与える影響について検討した。図-1に解析対象範囲及び図-2に使用データによる降雨状況概略を示す。

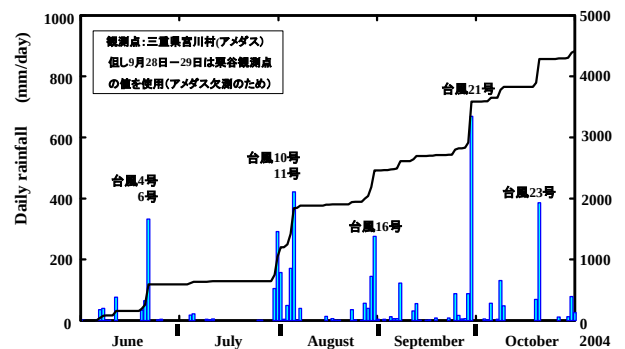


図-2 降雨状況の概略

2. 2 解析手法の概略

分布型応答モデルとしては、沖村らによって提案された地形による集水性を考慮したモデルを用いた。本モデルにおいては、不飽和浸透過程は組み込まれていないが、本解析にあたり豪雨イベントでは流域が飽和湿潤状態に近く、地下水の変動計算においては飽和側方流の支配が卓越していると考えたことによる。本モデルは数値地形モデル（DEM）の存在を前提としているが、DEMについては50mグリッドのDEMを使用したものである。潜在表層崩壊斜面は各グリッドに対して無限長斜面安定解析式を適用し、モデルから計算される各

グリッドの地下水位の経時変化を用いて抽出している。潜在表層崩壊斜面の定義としては、安全率が1未満としたものである。安定解析に必要な表層土層厚については無降雨状態のときに全てのグリッドにおいて安全率が1.2以上となるように設定し、かつ1.2mを上限値として与えている。それ以外のパラメータは、内部摩擦角として30度、透水係数として1.8m/hrを設定し、土の粘着力のみを変化させて検討を行った。豪雨イベント間の比較手法については、モデルから計算される潜在表層崩壊斜面の面積率及びその時間変化率を使用した。

3. 解析結果

図3に、計算結果の一つとして土の粘着力を8.0kPaと設定し、台風21号の時間降雨を入力した場合の潜在表層崩壊斜面の面積率及びその時間変化率を示す。図3の上段は入力値としての時間降雨であり、中段が潜在表層崩壊面積率(%)、下段が潜在表層崩壊面積率の時間変化率(%/hr)である。潜在表層崩壊面積率は一降雨イベントに対応したものであり、面積率の時間変化率は短時間の1時間雨量強度に対応したものであると考えることが出来るのであれば、両者の関係を所謂、スネーク曲線として描くことが可能である。その観点から、各豪雨イベント間の比較を両者の関係から描かれるスネーク曲線を用いて行った結果を図-4に示す。図4においては、土の粘着力を6.0kPa及び8.0kPaとして設定した場合のスネーク曲線を示している。なお、台風16号については豪雨イベントの中でも描かれるスネーク曲線が小さい領域に位置していたため、便宜上除外している。いずれの土の粘着力においても台風21号によるものが最大の潜在表層崩壊面積率を示した結果となったが、時間変化率は、土の粘着力に応じて変化することを図-4は示している。災害を発生させた豪雨イベントが台風21号のみであることを考慮すれば、崩壊発生閾値のライン（いわゆるCLライン）を設定する上では、本対象地域においては土の粘着力を8.0kPaとして降雨条件を考慮する方が、より妥当であることを示唆しているものである。この値8.0kPaが正しいと強く主張する気は毛頭ないが、ここで提示した手法を用いて表層崩壊を発生させる降雨条件の閾値について検討していく余地は充分にあらう。無論、ここで記述したことを、詳細に検討するためには、過去の豪雨履歴や現地調査データに基づいた検討が必要であることは言うまでもないが、ここに示した結果は、表層崩壊場に影響を与える降雨条件を今後検討していく上で重要な情報を与えるものである事を信ずるものである。

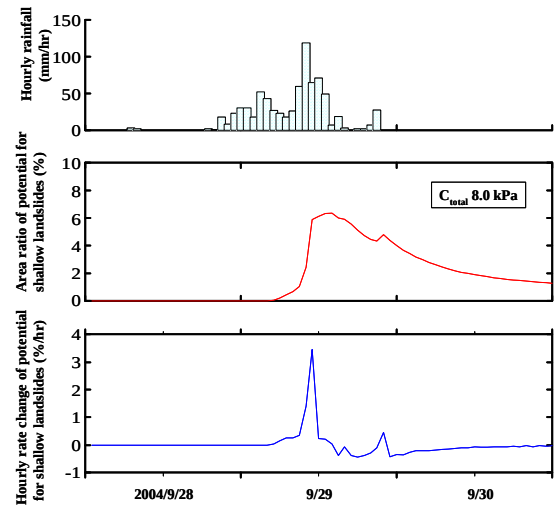


図-3 モデルによる計算結果例

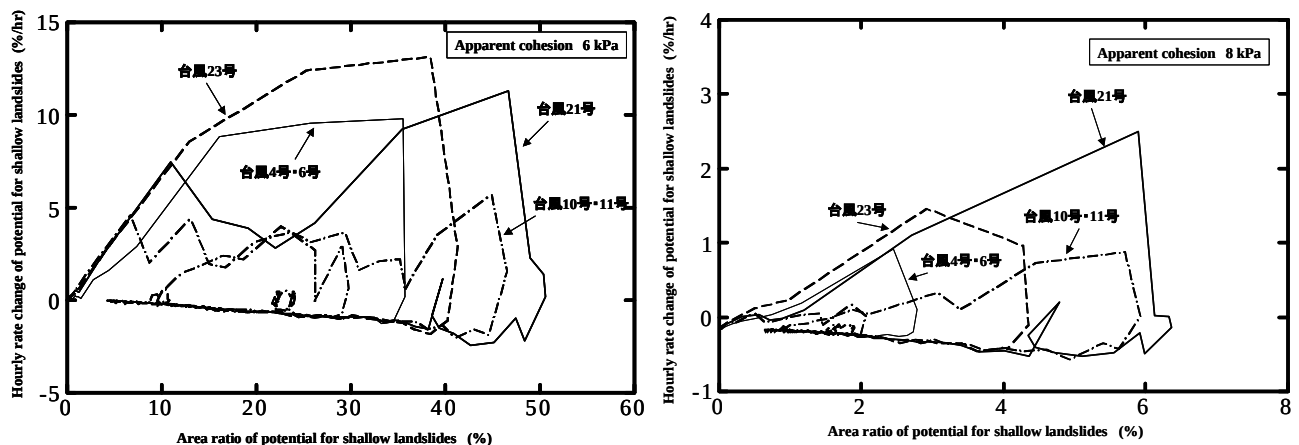


図-4 モデルの計算結果から得られるスネーク曲線（左：土の粘着力 6.0kpa, 右：8.0kpa）

引用文献：沖村孝・市川龍平(1985)：数値地形モデルを用いた表層崩壊危険度の予測法，土木学会論文集，Vol. 358, p.69-75