

氏 名	飯 田 智 之
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	論 理 博 第 1351 号
学位授与の日付	平 成 11 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	A stochastic hydro-geomorphological model for shallow landsliding due rainstorm

(主査)

論文調査委員	教 授 奥 西 一 夫	教 授 千 木 良 雅 弘	教 授 佐 々 恭 二
--------	-------------	---------------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

申請者は1988年に山陰地方を襲った豪雨によって発生した浜田市近郊の安山岩山地の斜面崩壊について、調査区域を定めて、共同研究者と共に詳細な現地調査をおこなっている。ここでは5mメッシュの詳細な数値地形図のうえに崩壊分布が記述され、さらにいくつかの非崩壊斜面と崩壊に隣接した斜面で表土層の構造が調べられている。申請者はこのデータに基づいて、表層土の崩壊の予測に関する研究をおこない、3つの論文を発表したが、本申請論文はこれらの内容をまとめ、表層崩壊の長期的予測の方法を提案するものである。

変動湿潤帯の花崗岩山地および類似の岩石風化特性を持つ山地においては、斜面侵食はほとんど表層崩壊の形で起り、その力学的条件は沖村の潜在崩土層モデルで表現されることが知られている。申請者はそのモデルにおいて、表土層厚が免疫土層厚(斜面が全面飽和しても崩壊が起こらない土層厚)と上限土層厚(斜面が全然飽和しなくても力学的に不安定になる土層厚)の間で、飽和側方流の水位がある臨界値を超えたときに表層崩壊が起こることと、その臨界値は表層土の厚さと物性によって決まることを示した。さらに降雨の強度-継続時間関係が再現期間をパラメーターとする関数関係で示されることを用いて、飽和側方流の水位の生起確率が対数正規分布に従うこと、および、その2つのパラメーターのひとつはほぼ降雨特性だけで決まり、他のひとつは水文地形学的パラメーターに依存することを示した。

申請者は続いて、表土層厚の時間的変化は原位置風化作用と土壌クリープなどによる集積作用の結果であるとして、表土層厚の発達を記述する方程式を導き、既存の系統的な表層土厚測定データと土壌クリープによる地形変化のデータから、上記安山岩山地にこの方程式を適用するためのパラメーター決定をおこなった。

申請者はさらに、表土層厚がある初期条件から決定論的に増加し、降雨が確率論的な強度と継続時間をもってこれに加わり、上記の二層モデルの表層崩壊発生条件が満たされたときに斜面は崩壊するとして、斜面崩壊発生の確率過程を短期的(瞬間)崩壊確率と長期的崩壊確率を用いて理論的に記述した。ここに短期的崩壊確率は、表層崩壊が起こって表層土厚が初期化された斜面が再崩壊する確率を経過年数または土層厚の関数として与える。一方長期的崩壊確率は、ある期間内は崩壊せず、その直後の単位時間内に崩壊する確率を与える。そして、表層崩壊の再現期間は長期的崩壊確率から計算できる。この結果を用いて、詳細な地形データと表層土の力学特性と水理特性が分かっている地域について、水文地形学的な立揚から長期的かつ広域的な崩壊危険度予測をおこなう方法を提案した。

この方法を上記試験地に適用し、表層崩壊の再現期間の場所的分布を数値地図として示した。この分布の妥当性をチェックするために、表層崩壊の再現期間のランクごとに1998年災害時の崩壊発生率を求めると、それは再現期間に反比例しており、ほぼ妥当な予測を与えるものであることが示された。またこの再現期間が経験的近似的として、斜面傾斜、斜面の凹凸度(標高のラプラスアン)および飽和側方流の水位を決定する確率パラメーターの線形結合として記述できることを示した。

論文審査の結果の要旨

斜面崩壊は地球表面の形を変える主要な地形変化営力のひとつであり、崩壊発生予測は、防災上の必要性だけでなく、地球科学の理論をテストする立場からも極めて重要である。斜面崩壊の発生に関わる要因は多種多様であり、そのため、目的に応じて2つの基本的方法が選択されてきた。ひとつは力学的かつ決定論的な方法であり、斜面安定にかかわる力学的ならびに水文学的特性値のすべてを測定し、どのような降雨または地震の時に斜面が崩壊するかを予測するものである。この方法は予測すべき斜面ごとに大がかりな調査を必要とし、斜面安定を損ねるような調査ができないという実際的な条件から、実行可能なケースは極めて限られる。他方は統計的な方法であり、過去にある地域で起こった多数の斜面崩壊について、単相関または多重相関によって地質、地形、植生、強度定数などの諸要因の関数とする経験式を作成し、それに基づいて任意の条件の斜面に対する崩壊確率を計算するものである。この方法の重大な問題点は、過去の事例について成立する統計的関係が将来の崩壊発生についても成り立つという保証が全くないことである。これは統計的な相関解析が、斜面崩壊は過去の履歴に影響されることを無視した形になっていることと結びついている。

斜面崩壊の諸形態のうち群発性の表層崩壊は、その発生場が、植物などによる風化岩の急速な二次的風化によって成帯した表層土が作られ、その中の飽和側方流が崩壊を誘起するという点で、特異である。そのため、表層崩壊に限っては特殊な取り扱いによる研究が発展してきた。その共通的な概念モデルは二層モデルと呼ばれている。このモデルの適用範囲はまだ明確ではないが、湿潤変動帯では花崗岩山地についてはかなり一般的に適用でき、類似の砂質表層土が形成される山地でも適用できるケースがあることが知られている。

申請者はその修士論文において表層崩壊を繰り返す山地の表層土の発達様式を解析的に取り扱い、表層土厚がある一定値に達すると必ず表層崩壊が発生するという仮定の下に表層崩壊の発生予測をおこなっている。今回の学位申請論文は、修士論文で扱った過去の表層土厚の発達履歴の評価を継承しつつ、二つの点でさらに発展させたものと言える。ひとつは、表層崩壊発生の力学的条件の定式化である。ここでは二層モデルに代表されるように、表層崩壊のすべり面の強度特性やその他の上質定数は実際上一定であると仮定して問題を極力簡略化し、斜面を不安定化させる飽和側方流の地形に対する依存性を詳しく分析している。もうひとつは、表層崩壊を誘起する豪雨の発生に関する確率論的な取り扱いを崩壊発生の力学的解析に取り込んだことである。この取り扱いを厳密におこなうため、従来斜面の集水特性を代表させるのに好んで使われてきた斜面の平均奥行き（比集水面積とも言う）にかえて、飽和側方流に関する地形的ユニットハイドログラフを用いている。これと、強度の大きい降雨は継続時間が短いという統計的関係を定量化した理論式を組み合わせ、任意の斜面について、表層崩壊を最も起こしやすい降雨強度とその再現期間を、申請者の言う水文地形学的パラメーターを用いた確率分布式という形で定式化した。さらに、微地形特性が詳細に調査され、表層土の水理定数が得られている地域にこれを応用し、斜面と斜面内の位置ごとに斜面崩壊の再現期間を評価し、地図の形で表示する方法を確立し、浜田市近郊の試験地について、その評価結果例を示した。

この研究は基本的には確率統計的アプローチに属するものであるが、表層崩壊の発生に至る物理過程を出来る限り物理的に評価し、必然的に含まれている斜面流に関する確率過程については、豪雨の発生に関わる確率過程と斜面流に関する決定論的過程に分離して、これらの組み合わせとして記述した点に優れたオリジナリティーがある。このような取り扱いは、斜面の地形学的研究の多様な発展に寄与するものと考えられる。崩壊予測の実用的な観点からは、特定の崩壊様式にしか対応していないことや、理論的考察の範囲がほぼ水文地形学的な観点に限定されていることによる不十分さがあるが、従来の予測法の曖昧さをかなりの程度まで払拭しており、崩壊予測の信頼性を高めたものと評価できる。

以上の理由から、本申請論文は博士（理学）の学位論文として十分な価値のあるものと認められる。