

論文審査の結果の要旨

氏名 竇 傑

本論文は8章からなり、第1章は研究の背景と既存研究の特徴、第2章は調査地域の概要、第3章はデータの解説、第4章は斜面崩壊分布図の作成、第5章は深さが異なる斜面崩壊の発生可能性の比較評価、第6章は地形・地質などの土地条件に基づく斜面崩壊の発生しやすさの評価、第7章は総合的な考察、第8章は研究の結論について述べている。

斜面崩壊は世界各地の山地で頻発する地学的災害であり、多数の犠牲者や経済的損失をもたらす。日本や中国南東部では都市や集落が山地の近くにある場合が多く、斜面崩壊の被害が深刻である。このため、斜面崩壊の被害を減らすための対応を科学的な根拠に基づいて進める必要がある。そのためには、過去に生じた斜面崩壊の分布を正確に地図化することと、将来の斜面崩壊の分布を予測することが重要である。

本論文は日本と中国南東部の4つの地域について、過去の斜面崩壊の分布と将来の斜面崩壊の発生しやすさを地図化する手法を、斜面崩壊およびその規定要因に関するデジタルデータと地理情報システム（GIS）を用いて開発し、多様な条件下における斜面崩壊の発生しやすさを評価した。最初に斜面崩壊の発生しやすさに関する既存研究をレビューして重要な3つの検討課題を抽出し、それらについて研究を行った。

第一の課題は、斜面崩壊の分布図の客観的な作成である。従来は空中写真や衛星画像を目視で判読して分布図を作る場合が多かったが、手間がかかり結果の個人差も大きかった。本研究では中国珠江デルタ地域を対象に、斜面崩壊の分布図作成の自動化と高速化を試みた。この際には遺伝的アルゴリズムを用いた地物の選択と、オブジェクト指向の画像解析および事例ベース推論を用いた斜面崩壊の選定を組み合わせた。その結果、上記の手法のうち一つのみを用いた場合や、古典的な最尤法を用いた場合よりも高い抽出精度を実現できた。

第二の課題は、異なる種類の斜面崩壊の発生しやすさを評価するモデルの構築である。多数の既存研究により、斜面崩壊の発生しやすさが統計的に評価されてきたが、この際には複数の種類の斜面崩壊を混在させて扱うか、単一の種類の斜面崩壊のみに注目する傾向が強かった。一方、異なる種類の斜面崩壊を区別しつつ総合的に扱うことも必要である。とくに小規模で多発する表層崩壊と、大規模で低頻度だが甚大な被害を生じやすい深層崩壊の区別は、防災の観点からも重要である。そこで本論文では、日本の中越地域で地震により発生した斜面崩壊を深さに基づき表層崩壊と深層崩壊に区分したデータを活用し、両者の相対的な発生しやすさを示すモデルを構築した。説明変数としては標高、斜面勾配、斜面曲率、岩質、地質境界からの距離、地質境界の密度、水系からの距

離、土地の湿潤度を表す指標（CTI）、ストリームパワーを用い、機械学習法の一つであるサポートベクターマシンを適用した。その結果、ある場所で表層崩壊と深層崩壊のどちらが生じるかを、8割程度の確度で予測できるモデルが構築された。

第三の課題は、斜面崩壊の発生しやすさのモデルの構築に用いる説明変数の適切な選択である。既存研究では多様な要素の組み合わせが用いられており、選択は主観的になりがちであった。本論文では確信度の指標を用いて、モデルの構築に重要な変数を選択した。モデルは過去の研究で広く使われている、事象の分布密度の統計指標に基づく方法（SI）とロジスティック回帰（LR）の二つを用いた。モデルの妥当性の判定には、統計指標である ROC（受信者操作特性）を用いた。対象地域は中国南東部の東江地域と日本の佐渡および中越地域とし、各地域の地形と地質に関する 10 種類以上の指標を説明変数として用いた。検討の結果、各地域ともに説明変数を全て用いるよりも、6 個程度に絞った方が良好な結果が得られることが判明した。斜面傾斜、岩質、水系密度の 3 つの要素は全地域で有効で、斜面崩壊の普遍的な規定要因と考えられる。さらに地震・降雨といった斜面崩壊の誘因や地域性に応じて、有効な指標が変わることが示された。

以上の内容からなる本論文は、斜面崩壊に関する既存研究の問題点の解決に大きく寄与するものである。また、前例がほとんどない表層崩壊と深層崩壊の相対的な発生確率を示すモデルを構築するといった新規性も含んでいる。対象地域の日本と中国南東部は世界の中でも豪雨や地震による斜面崩壊が多発している地域であり、成果は国際的な意義を持つ。実際、4～6章の内容は、竇氏を筆頭著者とする形で複数の国際誌に公表されており、当該分野の重要な研究と認知されている。

なお本論文の第4～6章は、指導教員の小口 高らとの共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（環境学）の学位を授与できると認める。

以上 1997 字