

氏名	澤田 高 <small>さわだ たかし</small>
授与学位	博士(工学)
学位記番号	理工博乙第128号
学位授与年月日	平成26年3月4日
学位授与の要件	学位規則第4条2項
研究科, 専攻の名称	理工学研究科(博士後期課程)システム設計工学系専攻
学位論文題目	既存の調査データによる土石流発生・非発生ルール抽出と仮想データによる斜面危険度評価に関する研究
論文審査委員	主査 山口大学 教授 進士 正人 山口大学 教授 兵動 正幸 山口大学 教授 松田 博 山口大学 教授 羽田野 袈裟義 山口大学 教授 清水 則一 山口大学 特命教授 古川 浩平

## 【学位論文内容の要旨】

我が国の国土は、地形、地質、気象等の面できわめて厳しい条件下にある。全国土の約7割を山地・丘陵地が占め、地震や火山活動も活発である上に台風や豪雨等に見舞われやすい。また、このような国土条件により、土石流・地すべり・がけ崩れといった土砂災害の危険度も高い。さらに、新たな宅地開発が進むにつれて、土砂災害の発生するおそれのある危険な箇所も増加して、毎年平均で1,000件程度の土砂災害が発生し、近年は以前に比べて発生件数が増加している。

土砂災害は集中豪雨等の大雨によって引き起こされ、IPCCの第4次評価報告書によれば、今後、大雨の頻度は引き続き増加する可能性がかなり高いと予測されている。気象庁では、日本の100年後と現在とで比較すると、200mm以上の日降水量の年間日数は、ほとんどの地域で増加すると予測し、最大日降水量は多くの地域で1.1～1.3倍に増加するとしている。このため、土砂災害についても発生の危険性が高くなり、現在想定されている危険箇所以外での土砂災害の発生や土石流等の到達範囲の拡大も想定される。

発生すれば一瞬にして人命を奪う土砂災害危険箇所（以下、危険箇所とする）は、全国に約52万箇所以上も存在し、その整備率はいまだ20%台と低い状況である。近年の財政難の影響によるコスト縮減や土木業界における維持管理費の増大を考えると、この状況が大きく改善するとは言い難い。そのため、事業費の高い砂防えん堤やコンクリート擁壁等のハード対策だけでは保全範囲が限定的であり、広域的な対策としてソフト面の強化が急務となっている。

このような土砂災害を生じさせた原因や個別の土砂災害の特徴などを把握することは防災事業計画を策定する上で非常に有効であるが、すべての発生・非発生事例に対して詳細な調査を行い、個々に評価することは困難である。そのため、効率的に防災事業計画を策定するためには、詳細な調査により各斜面固有の災害メカニズムを導き出すことよりも、既存の調査データを有効活用し、対象地域における災害発生条件を把握することが重要であると考えられる。さらに、災害の発生に伴う補修・修繕を極力減らし、可能な限り予防保全を行うことで維持管理費を効率化することが求められている。そのため、斜面の変状の有無やその進行性を危険度として精度よく把握することができれば、災害が起こる前に、優先的に調査すべき箇所や対策工の施工箇所などの優先順位を設定することが可能となり、取り組みの効率化に大きく貢献できるものと考えられる。

危険度の高い斜面の抽出手法には、採点方式、統計処理方式、力学的解析手法に大別され、統計処理方式は専門家の判断を可能な限り省略し、客観性を持たせることが可能な方法であり、数量化理論を用いた評価やニューラルネットワークを用いた評価など様々な方法により取り組みが行われている。また、近年では新たな方法として、パターン分類手法の1つであるサポートベクターマシン（以下、SVM）を用いる方法が提案されている。しかしながら、データベース自体の有する特徴（データの分布や密度、教師値データの比率等）から評価基準を設けて分離を行うSVMでは、解析に用いる学習データの数が少ない場合、統計的な信頼性が確保できないものであることは容易に推定される。そのため、汎用性を有した危険度を算定するためには、不足する学習データを効率的かつ客観的に補うことが必要となる。これに対し、少ないデータからであっても危険度を精度良く設定することが可能となれば、前述した課題を解消することができ、SVMによる危険度の設定手法がより効果的な手法になるものと考えられる。

一方、斜面災害の抑止には、擁壁工や法枠工などに代表されるハード対策（以下、対策工）の施工が効果的である。しかしながら、これらを必要とする危険な斜面が多いこと、近年の経済状況から対策工を施工するための予算確保が困難なことなどの理由により、斜面災害対策事業の進展がはかれず、現状の対策工の整備率が低いという実情がある。このため、今後、すべての斜面に対策工を施工することは費用面・時間面からも困難であると考えられる。

このような状況に対し、急傾斜地崩壊危険箇所調査カルテなどの既存データを活用して、個々の斜面が有する危険性を把握し、目的や機能が異なる対策工の中から最適な対策工を選定することが可能となれば、先の費用面や時間面の課題に対する一つの解決策になるものと考えられる。

本研究では、以上の大きな3つの課題に対して、統計的処理方式による検討を行った。本研究の成果は、①既存調査資料の有効利用、②不足する学習データに対する効率的かつ客観的な補間方法、③対策工選定フローの一提案であり、それぞれに既往研究と同程度かそれ以上の精度を有し、また、現地状況から得られる技術者の知見と一致することが確認された。これより、効率的な斜面災害防災事業を推し進める上で高い実用性があるものと考えられる。

## 【論文審査結果の要旨】

我が国の国土は、地形、地質、気象等の面できわめて厳しい条件下にある。全国土の約7割を山地・丘陵地が占め、地震や火山活動も活発である上に台風や豪雨等に見舞われやすい。また、このような国土条件により、土石流・地すべり・がけ崩れといった土砂災害の危険度も高い。さらに、新たな宅地開発が進むにつれて、土砂災害の発生するおそれのある危険な箇所も増加して、毎年平均で1,000件程度の土砂災害が発生し、近年は以前に比べて発生件数が増加している。土砂災害発生の危険性が高くなることは、現在想定されている危険箇所以外での土砂災害の発生や土石流等の到達範囲の拡大も想定される。

発生すれば一瞬にして人命を奪う土砂災害危険箇所は、全国に約52万箇所以上も存在し、その整備率はいまだ20%台と低い状況である。近年の財政難の影響によるコスト縮減や土木業界における維持管理費の増大を考えると、この状況が大きく改善するとは言い難い。そのため、事業費の高い砂防えん堤やコンクリート擁壁等のハード対策だけでは保全範囲が限定的であり、広域的な対策としてソフト面の強化が急務となっている。

本論文は、広域的な対策が可能なソフト対策に着目し、ラフ集合やSVMといった数理的な手法を用いて、土石流ならびに斜面災害を対象とした危険度評価に、新たな手法として、既存調査資料の有効利用、不足する学習データに対する効率的かつ客観的な補間方法、対策工選定フローの一提案について検討を行ったものである。

第2章では、既往の研究のように災害発生に結びつきが強い要因を改めて判読して作成したデータではなく、各自治体によりとりまとめられている一般的な地形・地質データを網羅した土石流危険渓流カルテを使用して、既往の研究と同程度の精度を有したルールを抽出可能かどうかの検討を行った。データ処理として、カイ2乗検定により災害発生危険箇所の特定に関連性が高い要因の抽出を行い、かつ、カテゴリ値と災害発生率の関係を整理し、拡張ルールに適合した要因（カテゴリ値の増加と災害発生率が線形増加関係にある要因）の抽出を行った。その結果、既存カルテを用いた分析であっても、既往の分析と同程度の精度を有したルールを抽出することが可能となった。これにより、各自治体がデータベース化している土石流危険渓流カルテに対して活用の可能性が示されるとともに、専門的な知識による判読作業の省略によって、連続して発生するような豪雨に対しても迅速な対応が可能となり、被害を軽減することが可能である。

第3章では、大石らの提案するSVMを用いた斜面危険度評価手法において、必要となる学習データ数が十分でない場合を想定し、これを補間する方法として仮想データの作成手法の提案を試みた。その結果、分析対象となる元データの数が少ない場合でも、仮想データを追加・展開することで精度の高い分離面を構築することができ、斜面危険度評価に利用することが可能であることが確認された。さらに、この分離面を用いることで、これまで安全・危険の判断が出来なかった斜面の評価が可能となり、評価結果は、現地状況から得られる知見と一致することが確認された。

第4章では、既存の調査データおよび過去の災害実績を用いて、斜面災害対策事業における対策工選定フローの設定方法について検討を行った。具体的には、工種別にSVMによる解析を行うことで、個々の斜面が有する危険性を把握し、目的や機能が異なる対策工の中から最適な対策工を選定する方法を提案した。その結果、本検討で対象とした危険箇所約95%の箇所において現在設置されている対策工により十分な安全性が確保されていることが確認され、専門技術者による設計結果と一致する妥当な結果であることが確認された。

本研究の成果は、既存調査資料の有効利用、不足する学習データに対する効率的かつ客観的な補間方法、対策工選定フローの一提案である。これらの成果はソフト対策の抱える課題の解消につながり、一連の斜面災害防災事業を推し進める上で高い実用性があるものと考えられる。

公聴会での主な質問内容は、本研究で使用されたデータは山口県防府市や長崎県の水力発電所施設の管理斜面など、限られた地域、管理者のものであり、他の地域などで適用できる可能性はあるか、専門技術者の判断による対策工の選定結果と比較した本研究による選定手法の妥当性について、既往の研究で抽出された重要要因と本研究における結果の差異はどのような点か、等でありいずれの質問に対しても発表者からの的確な回答が成された。

以上より、本論文は、ソフト対策による斜面災害防災事業の展開において、多くの知見を与え、学術上極めて重要な研究であり、独創性、信頼性、有効性、実用性ともに優れ、博士(工学)の論文に十分に値するものと判断した。