

## 審査の結果の要旨

氏名 秋山 実

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震と2004-2005年冬季の大雪は、雪氷防災行政にも新たな課題を投げかけた。この地震により形成された河道閉塞(天然ダム)では、応急対策工により当面の二次災害が防止されたが、春季の融雪出水の影響が懸念される状況となり、積雪相当水量の推定が緊急課題となった。また地震時に地すべりや斜面崩壊が発生した斜面では、雪崩が大量に発生し、雪崩危険度評価の精度向上が望まれた。

積雪相当水量の推定や雪崩危険斜面の特定には、積雪深や地形の詳細な面的情報が必要であるが、従来の気象観測や地形図では十分な情報を得ることは難しかった。一方、近年利用が進んできた航空レーザ測量(LIDAR)は、地形や積雪上面を面的に測定できるため、積雪深分布の計測や斜面傾斜角の面的把握に適している。

本論文は、雪氷災害の中でも特に重要な融雪出水と雪崩を取り上げ、LIDARデータにより、積雪相当水量の推定を高精度化するとともに、雪崩の発生危険度に対する各説明変数の寄与を分析して、より定量的な説明が可能な、新たな雪崩発生危険度評価手法を提案し、今後の雪氷防災に貢献しようとしたものである。

積雪相当水量の推定については、積雪前後のLIDARデータの差分から積雪深を算出し、現地での雪密度計測値から、流域全体の積雪相当水量を $49.1 \pm 5.1$ 百万 $m^3$ 、東竹沢河道閉塞の集水域では $23.9 \pm 2.5$ 百万 $m^3$ と推定した。この結果は、東竹沢河道閉塞の融雪出水対策の基礎資料として活用された。LIDARデータを用いた積雪深分布の計測と積雪相当水量の推定は、近年いくつか研究的に実施されてきたが、実際の融雪出水対策に活用され、その有効性が実証されたことから、手法としてほぼ確立できたと考えられ、さらに積雪期のダム管理にも広く活用されることが期待される。また、積雪深計測におけるLIDARデータの精度については、現地キャリブレーションを行わなくても積雪相当水量推定の目的には十分であることが判明した。

雪崩発生危険度評価については、斜面傾斜角、植生密度、積雪深などを分級

加点し、雪崩リスクの高い斜面を評価する方法が従来からとられていたが、得点や評価は経験から恣意的にきめられており、統一的な基準はなかった。本論文では、説明変数が同じ値を持つ地点において2004–2005年冬季に実際に雪崩が発生した割合である「雪崩発生率」との関係性を定量的に分析し、それぞれの説明変数の寄与が適切に反映される評価式を新たに提案した。本論文において新たに判明した知見は以下の通りである。

第一に、雪崩を傾斜面におけるすべり現象として捉え、斜面傾斜角に対する雪崩発生率を斜面傾斜角の正接を変数とする正規分布関数で表すと、3パラメータを適切に決定することで高相関の近似式となる。

第二に、従来説明変数として用いられていた積雪深については、雪崩発生率と高い相関を示さなかったため除外した。これは、LIDARデータから得られる積雪深データが一時点での値であり、斜面の潜在的リスクの評価には動的説明変数は不適切であること、すべりの式では加重は寄与しないことなどによる。

第三に、定性的説明変数である土地被覆クラスと地形的特徴クラスについては、従来それぞれのクラスを分級して得点を与え、それらの合計点で総合的な危険度を評価していたが、定量的分析の結果、斜面傾斜角による雪崩発生率に倍率を掛ける形で寄与していることが示された。従って、定性的説明変数の寄与は加算的ではなく乗算的であり、(雪崩発生危険度) = (斜面傾斜角関数) × (土地被覆クラス係数) × (地形的特徴クラス係数) で求められる。各クラスの最適係数は、新たに提案された評価式で計算された危険度評価得点と実際の雪崩発生率との相関が最も高くなる値として求められる。

対象地域とした長岡市山古志の芋川流域地区では0.9942という高い相関が得られた。また各グリッド点での評価値を図示した「雪崩発生危険度図」では、危険度が高いとされた地区が雪崩実績と非常によく重なっており、また危険度の高い斜面が特定可能なレベルで集中しており、雪崩防災対策の優先度付けにも十分寄与できるものと期待される。

このように、本論文はLIDARデータの利用を通じて雪氷防災に係る既往の研究を顕著に発展させたものであり、積雪相当水量の推定を実用手法として確立したこと、雪崩発生危険度の新たな評価手法を提案し、危険斜面を特定できる実用的な手法の開発に成功したもので、雪氷防災における行政実務への貢献は極めて高いと判定される。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。