

Google Earth を用いた全層雪崩の発生危険度評価

榎並凌¹・河島克久²・松元高峰²

(1:新潟大学大学院自然科学研究科 2:新潟大学災害・復興科学研究所)

1. はじめに

斜面特性をもとに雪崩発生の危険性が高い斜面を事前に評価することは、道路や鉄道など保全対象の雪崩対策をするのに有効である。斎藤ら(2000)は、北陸新幹線の計画ルート付近の斜面において、積雪深・傾斜・樹高・樹冠密度を算出し、雪崩発生危険度を評価している。同様の方法にもとづき雪崩発生危険度の評価を行った例は多数挙げられる(庄司ら, 1988; 新山ら, 2003)が、これらをはじめとする従来の危険度評価手法にはいくつかの課題があると考えられる。

まず、これまでの先行研究は、すべて全層雪崩と表層雪崩とを区別せずに解析を行っている。両者の違いは、すべり面が地表面か積雪層内にあるかという点にあるが、このことは地表面の起伏や植生などが雪崩の発生に及ぼす影響に明らかな差が生じることを意味する。雪崩の発生/非発生と斜面の特性との関係を分析する上では、全層雪崩と表層雪崩とを分けることが望ましい。

加えて、これまでの研究では、雪崩発生域の特定や斜面の地形・植生情報の抽出に空中写真判読の手法が用いられることが多かった。空中写真判読は個人の技量や経験に依存するため、危険度評価の再現性にも課題がある。さらに、対象地域が狭い領域に限られることが多く、その結果を他の地域に適用することができるのか疑問が残されてきた。

そこで本研究では、次の 2 つの手法を用いることにより、雪崩発生に関する危険度評価技術の改良をはかることを目的とする。まず、解析対象を全層雪崩に限定することにより、雪崩の発生/非発生と各斜面特性との間に、よりシンプルで明瞭な関係性を見出すことを試みる。さらに、発生域・非発生域の判読や、斜面特性データ(とくに植生条件)の収集に Google Earth を用いることで、危険度評価手法の適用可能性を拡張する。雪崩の判読に Google Earth を用いた研究はすでにされており、秋山・関口(2018)は Google Earth を使って、富山県から岐阜県に至る北アルプス地域で発生した 580 件の雪崩を判読している。

2. 研究手法

2.1 全層雪崩の判読

本研究では、東北 6 県と新潟県の範囲において融雪期(3~4 月)に撮影された Google Earth 衛星画像を使用し、地表面が露出して周囲の積雪との境界が明瞭であることなどを基準にして、全層雪崩の発生域を判読した。また、融雪期までに雪崩が起きておらず、クラックや雪しわなどの形成も確

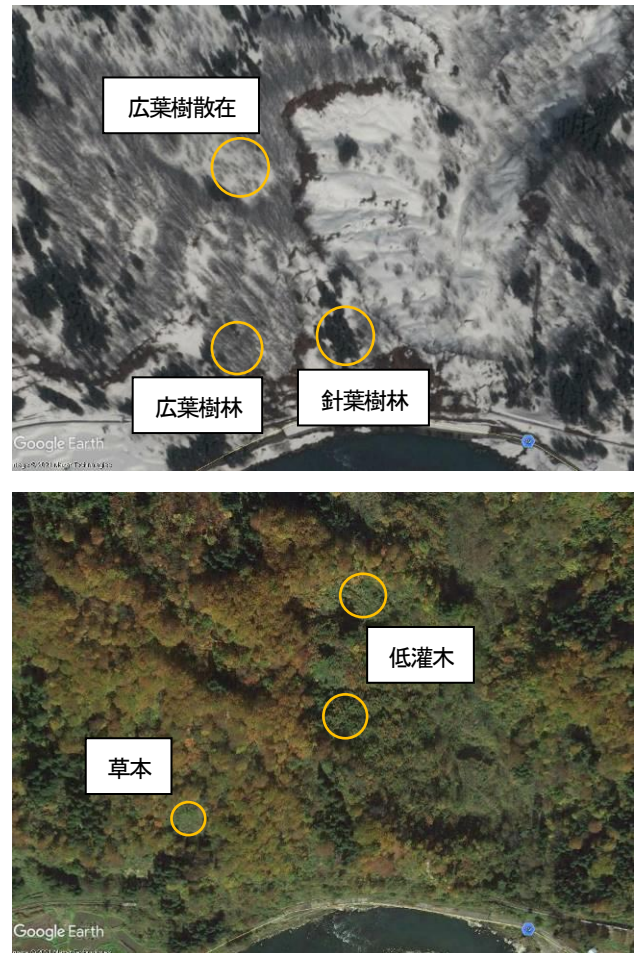


図 1 積雪期(上)及び無積雪期(下)の Google Earth 画像を使った植生判読結果

認できない斜面では、その後も全層雪崩が発生しないと考え、その領域から非発生域を抽出した。

2.2 斜面諸データの収集

斜面特性を示すデータとして、本研究は積雪深・斜面傾斜・斜面方位・植生を採用した。積雪深データには気象庁が公開しているメッシュ平年値 2010 の年最深積雪を使用した。斜面傾斜および斜面方位は、10 m メッシュの数値標高モデルから ArcGIS のツール「傾斜角」「傾斜方向」で算出し、発生/非発生域内の平均値を解析に用いた。

先行研究においては、主に樹幹密度や樹高が植生指標として用いられてきたが、発生危険度に影響を及ぼす植生の条件を全層雪崩の場合に限って考えると、草本類や低灌木のように「積雪層に埋もれて倒伏してしまうことで積雪層の

不安定化を促進する」植生か、広葉樹・針葉樹の高木のように「積雪があっても立っていることで積雪層を支持し安定化させる」植生かの違いが非常に大きく影響することが想定される。そこで本研究では、植生のタイプを裸地・草本・低灌木・広葉樹散在・広葉樹林・針葉樹林の6種類に分類することとし、Google Earth上で公開されている同じ地域の積雪期と無雪期の衛星画像を目視で比較することにより植生タイプの判別を行なうこととした。まず、積雪期の画像を見て広葉樹散在・広葉樹林・針葉樹林の判読を行う(図1上)。樹冠が小さく、葉が付いていれば針葉樹、枝の広がり度で樹冠が大きく、葉が付いていなければ広葉樹である。また、対象とする領域内に高木が点在している状態、もしくは高木林の中にパッチ状に低灌木や草本が存在している状態を「広葉樹散在」と定義した。裸地・草本・低灌木の判読では、Google Earth上で積雪期と無積雪期の画像を切り替えながら見ると分かりやすい(図1下)。積雪期の画像では雪に埋もれて植生が見えない領域のうち、どの無積雪期の画像でも植生がなければ裸地、小さい樹冠が確認できれば低灌木、両者に該当しなければ草本とする。このように、植生が積雪に埋もれるか否かという基準を用いることで、全層雪崩の発生危険度に影響を及ぼす植生条件の判別を、個人の技量や経験に依存しない形で容易に行なうことが可能となる。

2.3 数量化Ⅱ類による解析

本研究では、上記の斜面特性をもとに、任意の斜面領域における全層雪崩の発生危険度を評価する手法として、先行研究の多くと同様に、数量化Ⅱ類分析を用いることにする。数量化Ⅱ類分析とは、定性的な外的基準(雪崩の発生/非発生)を定性的な要因(植生の種類など)に基づいて予測し、さらに各要因の寄与度を評価する統計的手法である。分析に際して、定性的な要因はそのままの形で用いられるのではなく、要因ごとに階級を設定し、その階級に対して最適な評価点(スコア)を与えて量的な変数に変換される。そして、要因ごとのスコアの合計点から雪崩発生危険度の大小が評価されることになる。また最大スコアと最小スコアの差(レンジ)から要因ごとの寄与度の評価も可能である。予測精度の確認には、雪崩発生実績とスコアから予測した推定結果との合致度(的中率)を用いることとする。

3. 解析結果

3.1 斜面特性と発生/非発生の関係

全層雪崩の判読の結果、7県で714地点の発生域と、735地点の非発生域とを抽出することができた。

各斜面特性に関して、発生域と非発生域における頻度分布を比較すると、植生条件で特に明瞭な違いが見出された。雪に埋もれて倒伏するような低灌木の分布する斜面で発生した全層雪崩事例が非常に多い一方で、広葉樹林や針葉樹林など、高木が密に生育した場所で発生した事例は見つからなかった(図2上)。この結果から、植生、とくに高木の有

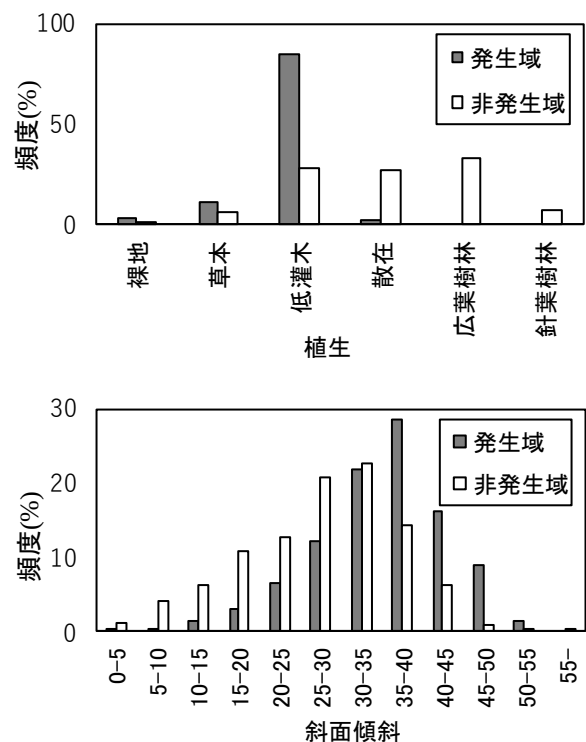


図2 全層雪崩発生域と非発生域における植生(上)と斜面傾斜(下)の頻度分布

要因	階級	スコア
傾斜	20° 未満または 50° 以上	-0.562
	20° 以上かつ 50° 未満	-0.165
	30° 以上かつ 35° 未満	0.028
	35° 以上かつ 40° 未満	0.249
	40° 以上かつ 50° 未満	0.404
斜面方位	西, 北西, 北	-0.245
	北東	0.075
	東	0.073
	南東	0.110
	南	0.085
	南西	0.029
植生	裸地, 草本	0.563
	低灌木	0.629
	散在, 広葉樹林	-1.213
	針葉樹林	-1.040

表1 数量化Ⅱ類によって得られたスコア

無が全層雪崩の発生/非発生に大きく影響するということが確かめられた。

また斜面傾斜に関しては、発生域と非発生域との間でピークの位置に違いがある。全層雪崩が多く発生したのは

20～50° の範囲で、最も頻度が高い範囲は 35～40° であった(図 2 下)。

3.2 発生危険度の評価

雪崩の発生/非発生と各斜面特性データの相関を調べた結果、積雪深と発生/非発生との間には有意な相関がないことが分かったため、積雪深をのぞいた 3 つの特性データを要因とする数量化Ⅱ類分析を適用した。

その結果、表 1 に示した各要因のスコアは図 1 の頻度分布で示した特徴をよく反映した値となった。そして植生に注目すると、高木の有無によってスコアがプラスのものとマイナスのものとはっきり分かれていることがわかる。要因ごとのレンジの値からは、植生の寄与度が非常に大きいということも明らかとなった。この手法による的中率は 83.9%であり、良い精度で雪崩発生危険度の高い領域を予測できる指標であるといえる。

4. まとめ

本研究では、全層雪崩及び植生の判読に Google Earth を使って雪崩発生危険度評価を行ったところ、高木の有無という違いが全層雪崩の発生に大きく寄与していることがわかった。

斜面上の高木の有無は、Google Earth に公開されている積雪期の衛星画像の色調から容易に判別することができるため、本研究で提案した植生指標とその判別手法は、全層雪崩の発生危険度評価において有効で、実用性も高いといえることができるだろう。さらに、Google Earth 上では北海道から中国地方にかけての多くの領域で、全層雪崩の発生域を特定できる程度の高解像度画像が利用可能であるため、将来的にはこれによって危険度評価をより広域へ適用することも可能となる。

文献

- 斎藤 隆, 小島 隆, 松田 宏(2000): 北陸新幹線の雪崩危険度評価. 雪氷, **62**, 29-39.
- 庄司 浩, 武田満子, 坊城智広, 赤沢義次(1988): 雪崩発生危険度評価の事例. 先端測量技術, **39**, 84-94
- 新山 純一, 松田 宏, 飯倉 茂弘, 河島 克久, 藤井 俊茂 (2003): 東北新幹線盛岡・八戸間のなだれ危険度評価とその工学的意義. 日本雪工学会誌, **19**, 91-101.
- 秋山 一弥, 関口 辰夫(2018): Google Earth の広域写真判読で得られた雪崩の特徴と発生規模・発生数の関係. 日本雪工学論文集, **34**, 1-12