

数値標高モデルから潜在的な雪崩発生区を推定する手法の確立

明石亜子¹・砂子宗次朗²・田邊章洋²・新屋啓文³

(1:新潟大学大学院自然科学研究科 2:防災科学技術研究所雪氷防災研究センター 3:新潟大学災害・復興科学研究所)

1. はじめに

雪崩ハザードマップの作成には、雪崩発生区の特特定と雪崩到達範囲の推定が必要となる。日本では、雪崩発生の危険度を得点化したマップは作成されているものの、発生区と到達範囲は未だに考慮されていない。例えば、秋山ら(2007)は、傾斜と積雪深、筋状地形、土地被覆によって得点化した「雪崩の発生条件分級加点図」(国土地理院)の再評価および改良を実施している。一方、海外では雪崩ハザードマップが普及しており、ノルウェーではNAKSINと呼ばれるハザードマップが Issler *et al.* (2023)によって開発されている。NAKSIN は、数値標高モデルから潜在的な雪崩発生区を推定するとともに、植生や気象データに基づく雪崩発生確率や数値シミュレーションによる雪崩到達範囲を可視化している。一般的に入手可能なデータをもとにハザードマップを作成するため、異なる地域に適用できる利点がある。

本研究の目標は、NAKSIN の手法を参考にし、日本の雪崩ハザードマップを作成することである。しかし、氷食地形かつ低温環境で雪崩規模の大きいノルウェーと比較した場合、日本の山岳地形は複雑に入り組んでおり、雪崩の規模は相対的に小さい。加えて、乾雪のみならず湿雪も考慮しなければならない。ノルウェーと日本の地形・植生・気象は大きく異なるため、NAKSIN の手法をそのまま日本に適用できないと想定される。そこで、本研究では、雪崩ハザードマップ作成の第一ステップとして、数値標高モデルから潜在的な雪崩発生区を推定する手法の確立を行った。

2. 解析方法

数値標高モデルに対して以下で示す地形解析を行うことで、潜在的な雪崩発生区を推定した。まず、雪崩が発生しやすい急傾斜地を抽出し、次に、急傾斜地を尾根に沿って分割し、最後に、走路や堆積区などを除去することで急傾斜地の上部を発生区として抽出した。

解析対象地は新潟県長岡市山古志地域である。この地域は日本でも非常に入り組んだ複雑地形をしており、雪崩跡を捉えた空撮写真が現存している。地形解析を行う際、過去の雪崩記録を活用することで、適切な傾斜範囲や分割サイズ、抽出範囲を決定した。使用したデータは数値標高モデル 10 m メッシュ(国土地理院)、航空写真から雪崩跡を読み取った雪崩判読図(防災科学技術研究所, 2009 年 2 月撮影)、雪崩災害調査記録(日本雪氷学会北海道支部 雪氷災害調査チーム, 防災科学技術研究所, 2007 年 11 月以降)である。地形解析に ArcGISPro を用いたが、一部 Python による処理を併用した。

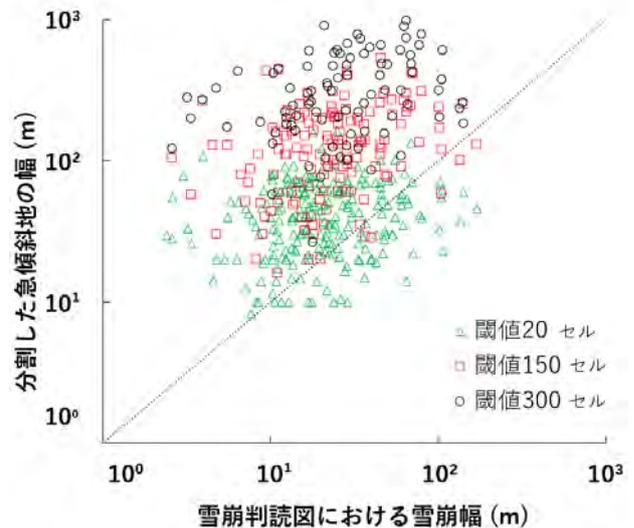


図1 雪崩判読図における雪崩幅と分割した急傾斜地の幅の比較

3. 日本に適した雪崩発生区推定パラメータの決定

NAKSIN の潜在的な雪崩発生区の推定で使用されているパラメータが、日本において適切であるかどうか検討した。

3.1 急傾斜地の抽出

各セル(10 m × 10 m) で数値標高モデルから傾斜角を計算し、設定した傾斜範囲で急傾斜地を抽出した後、抽出した領域の形状を滑らかに整えるため、凸部および1セルでの結合箇所を除去した。NAKSIN での傾斜範囲は 30 度から 55 度と設定されているが、雪崩判読図において 30 度未満で発生している雪崩跡が確認された。加えて、傾斜 50 度を越えて発生している雪崩跡は確認されなかった。そのため、本解析では、傾斜範囲を 25 度から 50 度に変更した。その結果、雪崩判読図に含まれる雪崩(262 件)の 98.9%が急傾斜地の領域に含まれていた。

3.2 急傾斜地の分割

NAKSIN では、急傾斜地の領域を尾根線で分割するため、集水域が用いられている。集水域とは、降った雨が地表を伝って川または谷に流れ込む範囲であり、傾斜の方位に基づいて作成される。集水域のサイズは、範囲に含まれるセル数に閾値を設けることで任意に指定可能である。NAKSIN では、集水域の閾値は 200,000 m²(2000 セル)と設定されているが、解析対象地の斜面はこの面積に達しておらず、小さい閾値を設定する必要がある。そこで、急傾斜地を適切な大きさに分割するため、雪崩判読図における雪崩跡の幅と雪崩跡が含まれる分割した急傾斜地の幅を比較することで、集水域の閾値を決定した。なお、雪崩跡および分割領域の上

部が発生区であると仮定し、それぞれの幅を GIS において手動計測した。

図 1 は、判読図における雪崩跡の幅と分割した急傾斜地の幅を比較した散布図であり、集水域の閾値を 2,000, 15,000, 30,000 m² の3つに設定した場合の計測結果である。雪崩ハザードマップ作成では、実際の雪崩を過小評価しないことが求められるため、集水域の閾値は分割した急傾斜地の幅が雪崩跡の幅を概ね上回る値に設定しなければならない。図1より、集水域の閾値 15,000 m² において、分布の下限が1対1の線近傍に留まっているため、本解析では、15,000 m² (150 セル)を急斜面地の分割に使用する集水域の閾値と決定した。

3.3 分割した急傾斜地における発生区の抽出

急傾斜地の抽出と集水域による分割のみでは、走路と堆積区が含まれる。そこで、分割した急傾斜地の上部を潜在的な雪崩発生区と定めるため、各領域の最大標高から一定の標高範囲を残し、その他の領域を除去した。NAKSIN では、標高差を解析対象地に応じて変化させているが、100 m から 1,000 m の間に設定されている。本解析では、雪崩災害調査記録に示された最大の雪崩発生区の長さ 100 m と、急傾斜地の抽出で決定した傾斜範囲 (25~50 度) の平均傾斜 38 度を用いて、標高差を 62 m と決定した。

4. 潜在的な雪崩発生区と雪崩判読図の比較

日本に最適化したパラメータを用いて、山古志地域全域 (DEMの領域 20 km 四方) で潜在的な雪崩発生区を推定した。図 2 は、作成した雪崩発生区の一例である。図中の灰色は潜在的な雪崩発生区を示しており、黒線は発生区の分割線を意味する。加えて、雪崩判読図は白色で描画されるが、その雪崩跡に走路と堆積区が含まれている。潜在的な雪崩発生区を雪崩判読図の雪崩跡と比較すると、雪崩跡の上流に雪崩発生区が確認できる。つまり、これらの発生区から雪崩が起こった場合、雪崩跡を包括することが可能であり、推定した雪崩発生区は妥当であると判断できる。

5. まとめ

本研究では、日本の雪崩ハザードマップ作成に資するため、数値標高モデルから潜在的な雪崩発生区を推定する手法について検討した。雪崩判読図や雪崩災害調査記録といった実際の雪崩観測データを活用し、日本の複雑な地形に適した傾斜範囲、集水域のサイズ、標高範囲を決定した。解析により得られた雪崩発生区は実際の雪崩跡の上流に位置しているため、潜在的な雪崩発生区を推定する手法の確立に成功した。

文献

秋山実, 佐藤浩, 小荒井衛, 本間信一 (2007): 雪崩実績図を用いた雪崩の発生条件分級加点図の評価とその改良. 写真測量とリモートセンシング, 46, 4-16.

Issler, D., Gislås, G. K., Gauer, P., Glimsdal, S., Domaas, U., and Sverdrup-Thygeson, K.

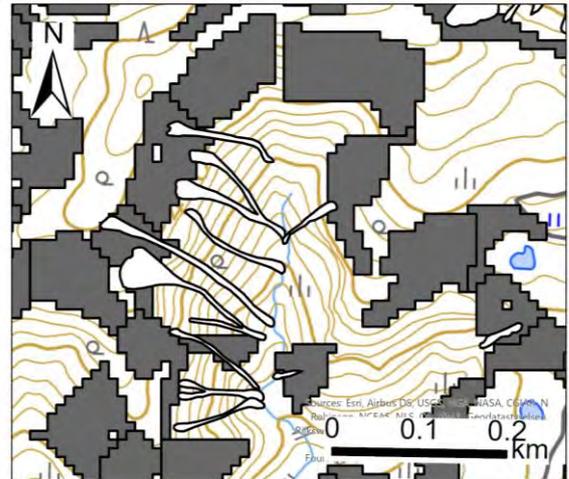


図 2 潜在的な雪崩発生区(灰色)と雪崩判読図(白色)

(2023): NAKSIN-a new approach to snow avalanche hazard indication mapping in Norway. Available at SSRN.