

レーザー計測データを用いた雪崩の発生要因解析

(独) 土木研究所 雪崩・地すべり研究センター ○富樫 香流, 伊藤 陽一, 石井 靖雄
三重県県土整備部 綱川浩章, 国土交通省 長谷川真英, 国際航業(株) 本間 信一

1 はじめに

近年レーザー計測データによって、従来に比べより詳細な地形データの取得が可能となってきた。詳細な地形データを活用することで、雪崩発生に影響を及ぼす要因がより明確になれば雪崩発生予測の高度化も期待される。そこで、雪崩発生箇所の予測精度の向上を図るため、航空レーザー計測データを用いて実際に雪崩が発生した斜面とそれ以外の斜面の傾斜と植生状況の違いを調査し、傾斜、植生などの要因別に分級して評価得点を求めている従来の危険度評価とレーザー計測データを用いて同様に評価した場合の整合性との違いを検討した。

2 調査方法

2.1 調査対象地

調査対象地は、平成 18 年に雪崩の発生した長野県栄村秋山郷地区(約 19.54km²) 6 斜面、新潟県湯沢町土樽地区(約 9.15 km²) 3 斜面である。

2.2 傾斜と雪崩発生の関係

傾斜は、表 1 に示すように、該当するメッシュと隣接する東西南北方向のメッシュとの標高差から(1)式を用いて算出した。

表 1 地形量計算の際の標高値の配置

$$\text{傾斜} : S = \tan^{-1} \left(\sqrt{\left(\frac{Z_E - Z_W}{2\Delta x} \right)^2 + \left(\frac{Z_N - Z_S}{2\Delta y} \right)^2} \right) \cdot \cdot (1)$$

	Z _N	
Z _W	Z	Z _E
	Z _S	

ここで

S: 傾斜[°], A: 斜面方位[°] (北向き斜面を 0° とした場合), ΔX: X 方向(東西方向)のメッシュ間隔(=2[m]), ΔY: Y 方向(南北方向)のメッシュ間隔(=2[m]), Z: 該当メッシュの標高値[m], Z_N, Z_W, Z_S, Z_E: 該当メッシュの東西南北に位置する標高[m]である(表 1 参照)

2.3 植生と雪崩発生の関係

植生は、樹高と樹林密度を以下の方法で求めた。レーザー計測データからの樹高と樹林密度の算出については、岩男¹⁾らを参考に求めた。

(1) 樹高

樹高は、DEM (Digital Elevation Model) と同座標となるように 2m グリッドの DSM (Digital Surface Model) を作成し、各グリッドにおける DSM と DEM の差から求め、10m×10m (25 グリッド) 単位で平均し各グリッドの樹高とした。

(2) 樹林密度

レーザー計測では、樹木に対しレーザー光が入射した場合、枝葉や地表面でレーザー光が反射するため複数のデータが取得される。一方、樹木や構造物のない平坦な地形では、地表部のデータしか取得されない。ここでは、複数の反射データが取得された場合に「樹木あり」、1つの反射データしか取得されなかった場合には「樹木無し」とし、レーザー光毎の樹木の有無を判定した。この樹木の有無の判定結果より、斜面ごとの全データ数に対する「樹木あり」のデータ数の割合を樹林密度とした。

3. 調査結果

雪崩の危険度判定については、数量化Ⅱ類で分析された表 2 が従来から用いられている。今回の調査は、各斜面における樹高と樹林密度の各階級に該当する全グリッド数に対する雪崩発生区内に位置するグリッド数の割合を雪崩発生率とし、表 2 との整合性や違いについて考察した。

3.1 地形と雪崩発生の関係

表3に傾斜と雪崩発生率との関係を示した。表3によると傾斜が30°以上になると雪崩の発生が多くなり、35°~50°付近で雪崩発生率がピークとなっている一方で、傾斜が60°以上となると雪崩発生率が極端に小さくなる傾向を示した。レーザー計測データを用いた場合、表2とは一部異なる階級を用いることが望ましい可能性がある。

表2 要因別階級別評価得点^{2) 3)}

要因	階級	評価得点
傾斜	1. 30°未満	4
	2. 30~40°未満	7
	3. 40°以上	10
植生	1. 裸地、草地、樹高2m未満の灌木、樹冠疎密度20%未満	10
	2. 低木：樹冠疎密度20~100% 中木：樹冠疎密度20~50%未満	9
	3. 中木：樹冠疎密度50%以上 高木：樹冠疎密度20~50%未満	7
	4. 高木：樹冠疎密度50%以上	4

表3 傾斜と雪崩発生率の関係

傾斜(°)	秋山郷						土樽			評価得点
	斜面1	斜面2	斜面3	斜面4	斜面5	斜面6	斜面1	斜面2	斜面3	
0~5	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4点
5~10	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
10~15	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	
15~20	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	
20~25	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.6%	12.4%	0.0%	
25~30	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%	0.2%	1.9%	0.6%	23.0%	0.0%	
30~35	2.0%	17.6%	19.2%	13.5%	2.6%	5.3%	0.6%	11.9%	3.1%	7点
35~40	21.3%	38.8%	55.3%	46.9%	18.7%	6.7%	1.4%	7.6%	5.8%	
40~45	48.2%	35.7%	18.8%	30.8%	20.1%	8.0%	3.4%	8.7%	7.3%	
45~50	21.3%	6.4%	5.4%	8.3%	17.8%	17.5%	10.5%	12.4%	5.5%	
50~55	3.9%	1.5%	0.7%	0.6%	17.0%	32.2%	9.7%	14.8%	3.6%	
55~60	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	13.3%	17.1%	2.0%	12.5%	1.6%	
60~65	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	6.1%	8.4%	0.0%	6.2%	0.0%	
65~70	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%	2.7%	2.6%	0.0%	0.6%	0.0%	
70~75	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	
75~80	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
評価得点	10点	7点	7点	7点	10点	10点	10点	10点	10点	

3.2 植生と雪崩発生の関係

雪崩発生率と樹高、樹林密度の関係は、表4に示した。

秋山郷①

樹高(m)	樹林密度(%)										
	0%~	10%~	20%~	30%~	40%~	50%~	60%~	70%~	80%~	90%~	
裸地・灌木	0~2	59.5	8.7	10.4	4.9	4.2	1.3	1.1	0.5	0.1	0.0
低木(2~4m)	2~4	0.5	0.3	0.1	0.7	0.9	0.6	0.4	0.1	0.0	0.0
中木(樹高4~8m)	4~8	0.1	0.0	0.4	0.7	0.8	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0
高木(樹高8m以上)	8~10	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0
	10~12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
	12~14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	14~16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	16~18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
	18~20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	20m~	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0

表4 植生と雪崩発生率の関係

秋山郷②

樹高(m)	樹林密度(%)										
	0%~	10%~	20%~	30%~	40%~	50%~	60%~	70%~	80%~	90%~	
裸地・灌木	0~2	34.3	7.1	9.2	5.0	6.7	3.4	3.7	2.2	2.1	0.0
低木(2~4m)	2~4	0.1	0.1	0.3	0.7	1.5	1.2	2.0	0.9	1.2	0.6
中木(樹高4~8m)	4~8	0.0	0.0	0.1	0.2	0.8	0.7	1.2	0.7	1.1	0.2
高木(樹高8m以上)	8~10	0.0	0.0	0.1	0.1	0.4	0.5	0.9	0.7	1.3	0.4
	10~12	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.5	0.4	0.7	0.2
	12~14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.3
	14~16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.4	0.2	0.2	0.2
	16~18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3	0.0	0.2	0.0
	18~20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1
	20m~	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

土樽①

樹高(m)	樹林密度(%)										
	0%~	10%~	20%~	30%~	40%~	50%~	60%~	70%~	80%~	90%~	
裸地・灌木	0~2	52.5	8.1	7.8	3.5	4.0	2.4	3.3	1.9	1.0	0.4
低木(2~4m)	2~4	0.2	0.2	0.3	0.3	0.7	0.5	0.8	0.8	0.7	0.2
中木(樹高4~8m)	4~8	0.0	0.0	0.0	0.2	0.6	0.3	0.7	0.4	0.7	0.1
高木(樹高8m以上)	8~10	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.2	0.6	0.4	0.7	0.1
	10~12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.5	0.5	0.4	0.1
	12~14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.4	0.2	0.3	0.2
	14~16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3	0.2	0.4	0.1
	16~18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	18~20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
	20m~	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

土樽②

樹高(m)	樹林密度(%)										
	0%~	10%~	20%~	30%~	40%~	50%~	60%~	70%~	80%~	90%~	
裸地・灌木	0~2	74.3	7.9	5.7	2.2	1.9	0.9	0.8	0.2	0.2	0.1
低木(2~4m)	2~4	0.0	0.4	0.4	0.2	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.0
中木(樹高4~8m)	4~8	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1
高木(樹高8m以上)	8~10	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0
	10~12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0
	12~14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
	14~16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	16~18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	18~20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	20m~	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

どの斜面においても、樹高が低く樹林密度が小さい斜面において雪崩発生率が大きい傾向がみられ、裸地・灌木(0~2m)、低木(2~4m)では樹林密度が低くなると雪崩発生率も徐々に大きくなった。レーザー計測データを用いた場合、傾向としては従来の評価手法は妥当なものと考えられるが、階級区分の改良を図ることにより危険度評価の精度向上が図れる可能性がある。

4. まとめ

調査の結果、レーザー計測データを用いた場合、傾斜、植生と雪崩発生と関連性が高いことが示された。また、レーザー計測データを用いて傾斜、樹高と樹林密度を算定することで、従来の手法よりもより精度高く雪崩の危険度を評価できる可能性が示された。

参考文献

- 1) 岩男他(2002), 航空機搭載型レーザープロファイラを用いた斜面形状と積雪深分布に関する考察, 2002年度日本雪氷学会全国大会公演予稿集
- 2) (社)日本建設機械化協会,(社)雪センター(2004): 2005除雪・防雪ハンドブック(防雪編)
- 3) (社)雪センター(1996): 集落雪崩対策工事技術指針(案)