

可能性線形回帰分析による雪崩の到達範囲予測手法の検討（2）

建設省土木研究所 武士俊也 網木亮介
 パシフィックコンサルト（株） ○須原 茂 千葉 淳
 国際航業（株） 松田 宏

1. はじめに

雪崩の到達範囲は様々な要因が複雑に関連し決定されると考えられ、それらの関係及び影響の度合いを整理することは容易ではない。寺田ら¹⁾は可能性線形回帰モデルによって各要因の影響度の評価を試みている。今回、筆者らは可能性線形回帰モデルを用い、雪崩の規模、出力値、要因の数などを変化させ、雪崩の到達範囲に及ぼす要因の評価を行った。

2. 事例の抽出

建設省が道路やダム等の管理等のために撮影した冬期空中写真を収集し、自然停止した雪崩約500事例を抽出した（松田ら²⁾参照）。このうち、実走距離の大きいもの20事例と小さいもの20事例について、それぞれ分析を行った。要因の抽出、計測は寺田ら¹⁾の手法をもとに行った。要因としては発生区傾斜（地盤傾斜30°地点から発生源頭部の平均傾斜）、走路区傾斜（地盤傾斜10°-30°地点の平均傾斜）、斜面形状（図1）、収束度（（発生区量大幅）／（30°地点の幅））、斜面長（10°-30°地点間の斜距離）、発生標高、雪崩区面積、及び落差（発生区源頭部から堆積区末端までの標高差）とした。

3. 可能性線形回帰モデルによる分析

見通し角及び実走距離を出力値、抽出した各要因を入力値とした可能性線形回帰分析を行った。

$$Y_i = A_0 + A_1 X_1 + A_2 X_2 + \dots + A_n X_n \dots \dots (1) \text{式}$$

ここで A_j は要因のファジイ係数であり、 X_j は要因の評価値（5段階に階級区分）である。 A_j は (B_j, C_j) で表され、 B_j は中心値、 C_j は可能性の幅を示す。要因の影響度合をみるために、それぞれの Y_i （ここでは見通し角と実走距離）に対し（1）式を同定し、 B_j 、 C_j の大きさをみた。Σ式の同定とは C_j を最小にするよう A_j を決定することである。 B_j の絶対値が大きいほどその要因の出力値に与える影響が大きく、 C_j が大きいほどその要因が出力値に対し曖昧さを発生させているといえる。

4. 解析結果

（1）式の同定は、雪崩規模の大小別に、出力値、入力要因数を変えて行った。これは雪崩規模について現象の違いによる影響度の違いをみるためであり、また出力値、入力値の変化はモデル式の設定の相違による違いをみるためである。それぞれについて同定した B_j の値を表-1、表-2に示す。併せて各要因との相関関係についても示す。 B_j 、 C_j については、それぞれの同定値の

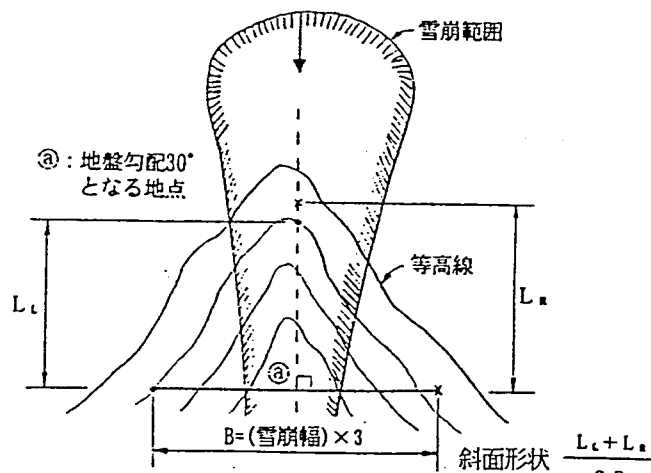


図-1 斜面形状の計測方法

表-1 可能性線形回帰モデルの係数及び各要因の相関関係 (規模大の雪崩)

指標	要因	発生区傾斜角	走路区傾斜角	斜面形状	収束度	斜面長	発生標高	雪崩区面積	落差
Bj (中心値)	見通し角 (7要因)	-0.352	-0.142	-0.166	-0.400	<u>-3.197</u>	0.393	<u>0.999</u>	
	" (8要因)	0.470	0.368	-0.312	0.253	<u>-3.460</u>	0.874	<u>1.472</u>	0.579
	実走距離 (7要因)	32.543	-61.428	81.654	-75.913	<u>394.896</u>	-105.559	<u>130.342</u>	
	" (8要因)	-53.154	-125.852	113.957	<u>-188.861</u>	<u>414.947</u>	-184.409	119.905	-36.519
Cj (可能性の巾)	見通し角 (7要因)	<u>0.398</u>	0.037	0.000	0.000	<u>0.596</u>	0.000	0.000	
	" (8要因)	<u>0.234</u>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<u>0.707</u>
	実走距離 (7要因)	<u>39.464</u>	0.000	0.000	0.000	<u>117.574</u>	0.000	0.000	
	" (8要因)	22.448	0.000	0.000	0.000	<u>28.400</u>	0.000	0.000	<u>96.896</u>
見通し角 相関係数	R=0.02	有意 R=0.72	R=0.36	R=0.21	有意 R=0.80	R=0.08	有意 R=0.66	R=0.21	
実走距離 相関係数	R=0.26	有意 R=0.62	R=0.05	有意 R=0.50	有意 R=0.87	R=0.04	有意 R=0.71	有意 R=0.71	

表-2 可能性線形回帰モデルの係数及び各要因の相関関係 (規模小の雪崩)

指標	要因	発生区傾斜角	走路区傾斜角	斜面形状	収束度	斜面長	発生標高	雪崩区面積	落差
Bj (中心値)	見通し角 (7要因)	<u>1.879</u>	<u>0.931</u>	0.368	-0.061	-0.639	-0.702		-0.638
	" (8要因)	0.616	0.373	-0.093	0.321	-0.785	-0.270	<u>-1.012</u>	<u>1.692</u>
	実走距離 (7要因)	<u>4.466</u>	-3.179	1.550	-0.149	<u>9.088</u>	-2.492		2.883
	" (8要因)	0.011	-0.399	-0.800	<u>-2.430</u>	1.683	-0.031	<u>14.870</u>	1.470
Cj (可能性の巾)	見通し角 (7要因)	<u>0.604</u>	0.000	0.000	0.000	0.000	<u>0.359</u>		0.140
	" (8要因)	<u>0.317</u>	0.000	0.081	0.000	0.105	<u>0.208</u>	0.000	0.000
	実走距離 (7要因)	1.394	0.000	0.000	0.000	0.000	<u>2.802</u>		<u>2.937</u>
	" (8要因)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<u>0.153</u>	0.000	<u>1.826</u>
見通し角 相関係数	有意 R=0.57	R=0.06	R=0.05	R=0.10	R=0.01	R=0.18	R=0.03	有意 R=0.56	
実走距離 相関係数	R=0.24	R=0.17	R=0.19	R=0.31	有意 R=0.49	R=0.31	R=0.35	有意 R=0.97	

なかで、絶対値の大きなもの二つを下線で表示した。規模大の雪崩 (実走距離2200-4500m) については斜面長と雪崩区 (発生-流下-堆積区) 面積の要因の影響度が高いといえる。また可能性の幅をもたらす要因は発生区傾斜、斜面長、落差であり、出力、要因を変えてもほぼ同様の傾向が見られた。規模小 (実走距離40-100m) では発生区傾斜、雪崩区面積の影響が大きく、可能性の幅は発生標高、発生区傾斜でもたらされるといえる。

5. まとめ

雪崩規模、出力値、入力値を変えた可能性線形回帰モデルにより各要因の影響度合いを調べた。斜面長や発生区傾斜など斜面の縦断形状と雪崩区面積で表される雪崩規模の影響が大きいことがわかった。寺田ら¹⁾によっても同様の指摘がなされている。統計的な検定

によっても斜面長、雪崩区面積、落差などに有意な相関がみられた。また雪崩規模の違いによって各要因の影響度合いが異なることがわかった。モデル式の構成 (出力値、入力値) の違いによるA j 値の相違は、規模の小さな雪崩で大きくなった。今回の検討によって要因の抽出、出力の選定、対象とする現象の規模などによってモデル式の係数が変化する場合のあることが示された。今後、到達範囲を出力とした可能性線形回帰モデルによる危険度評価手法の検討や、到達範囲のシミュレーションを行う際のパラメータを出力とした本手法の検討を行っていく予定であるが、それぞれの検討の際にはより最適なモデル式となるようモデルの構成を検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 寺田秀樹、中村良光; (1993) : 可能性線形回帰分析による崩土の到達範囲予測の検討. 平成5年度砂防学会研究発表会概要集 pp.325-328
- 2) 松田宏、武士俊也、綱木亮介; (1994) : 雪崩の到達範囲の実態. 平成6年度砂防学会研究発表会概要集 (投稿中)