

高密度空間情報を用いた雪崩映像の詳細な解析

(独) 土木研究所 雪崩・地すべり研究センター ○花岡正明, 伊藤陽一, 岩崎和彦
 国土技術政策総合研究所 秋山一弥
 株式会社アルゴス 池田慎二, 土橋健夫

1. はじめに

雪崩対策の検討上、雪崩の発生と動態の実態把握が不可欠であるが、雪崩発生に際しても、現地調査は安全性の確保およびアクセス上の制約から詳細な調査が困難で、発生後の状況が変わってしまいやすいこともあり、精度の良い実態調査や動態解析はまだまだ十分進んだとはいえない。このため、(独)土木研究所 雪崩・地すべり研究センターでは、代表的な雪崩頻発地区においてビデオカメラを中心とした、雪崩常時現地観測を継続的に実施している。これまでは、得られた雪崩動態映像を、地形図と照合することで雪崩経路や速度等の情報を得てきたが、最近では詳細なレーザー計測による高密度空間情報を用いて、雪崩の速度、幅、高さなどの諸元を定量的に算定しており、本報告ではその解析手法や解析結果について報告する。

2. 研究目的

雪崩対策を検討する上での雪崩発生及び挙動に関する実態把握において、現地における雪崩の動態撮影と映像解析が重要である。当センターでは、従来は、得られた雪崩動態映像をもとに、雪崩先端位置を経時的に判読し、地形図やオルソフォト上にトレースすることによって雪崩経路および速度等の情報を得てきた(秋山・武士, 2004)。しかしこの方法では、雪崩の幅、高さ等の数量的な把握や、さらに動態解析に必要な雪崩の形状の判読はできない。他方、近年の計測技術の発展によりレーザースキャナを用いた3次元座標空間の把握が可能となり、航空機に搭載することで広域かつ面的で詳細な雪面形状の把握が可能となった。このため、本研究ではこのレーザー計測による高密度空間情報(以下、LP計測データ)を用いて、撮影された雪崩映像と同じ視点の鳥瞰図を作成し、雪崩の速度、幅、高さなどの諸元を定量的に算定する手法を試みた。

3. 研究方法

3.1 雪崩現地常時観測システム

当センターでは、現在3地区(表-1)で、雪崩の発生記録を得るための雪崩映像観測と発生域を含む複数箇所における気象観測、積雪断面観測、圧痕計による雪崩衝撃圧計測、雪崩による地震動の計測等雪崩観測を実施している。

表-1 雪崩現地常時観測システムの概要

観測地区	所在地	観測項目	計測機器
柵口 (ませぐち)	新潟県糸魚川市	雪崩映像観測	(山麓部) CCTVカメラ (監視局舎) CCTVカメラ(2台)
		雪崩振動観測	(山麓部) 3成分速度計
		気象観測	(山麓部) 温湿度計・風向風速計・積雪深計・放射温度計・気圧計 (監視局舎) 温湿度計・風向風速計・雨量計・降雪検知器
		雪崩衝撃力	(山麓部) 圧痕計
八方尾根	長野県北安曇郡 白馬村	雪崩映像観測	(Hakuba47スキー場) CCTVカメラ
		雪崩振動観測	(山頂部) 速度計 (崩沢下流部) 速度計
		気象観測	(山頂部) 温湿度計・風向風速計・積雪深計・日射計・放射收支計・放射温度計・雨量計・降雪検知器
		雪崩衝撃力	(崩沢下流部) 圧痕計
寒谷(さむいだに)	新潟県糸魚川市	雪崩映像観測	GCDデジタルビデオカメラ・圧痕計

3.2 高密度空間情報を用いた雪崩映像解析手法

LP計測データを用いた雪崩映像解析では、雪崩の位置の特定にLP計測データ(1mメッシュの標高データ)を基に作成した、雪崩映像と同じ視点の鳥瞰図を使用する。また、この鳥瞰図は、詳細な地形が表現されているため、雪崩映像との間に共通の任意座標を設定することが可能であり、この任意座標を用いることによって、雪崩画像上でトレースした雪崩を詳細に鳥瞰図へ合成することが可能である。このことにより従来では困難であった雪崩の幅および

面的な流下範囲の判読が可能となる。鳥瞰図内には、奥行きに合わせた縮尺を設定することが可能であるため、雪崩の高さの推定も可能となる。さらに、詳細な地形データを使用しているので雪崩流路内の任意の箇所において、雪崩の動態解析での使用に十分な縦断地形、横断地形の判読が可能である。LP計測データを用いた雪崩映像解析の方法を図-1に示す。

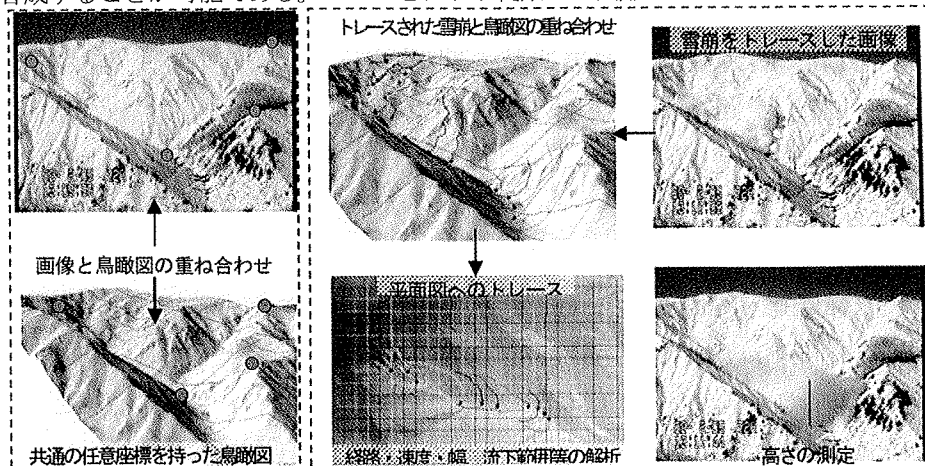


図-1 LP計測データを用いた雪崩映像解析手法の模式図

4. 研究結果

4.1 雪崩現地常時観測による雪崩映像の判読と発生記録の蓄積

雪崩現地常時観測による雪崩映像から、雪崩の発生時刻と発生形態さらに流下経路と規模の判読を行い、発生記録の蓄積を行っている。これまでに水平距離 2.5km を超える大規模な雪崩 2 例を含む約 1,000 例の動態映像が撮影されており、気象・震動データなどと照らし合わせながら解析を行っている。これらの収集データは、雪崩の発生、流下状況に関わる貴重な情報をもたらしている。

4.2 高密度空間情報を用いた雪崩映像解析結果

ここでは 2000 年 2 月 5 日に白馬八方地区で観測された面発生乾雪表層雪崩（図-2）を対象とした高密度空間情報を用いた雪崩映像解析結果を示す（図-3～5、表-2）。この手法により流下中の雪崩先端部の速度および流下方向に加え、幅及び高さの変化も詳細に解析できた。

○雪崩諸元

- ・発生日時：2000 年 2 月 5 日 13:09:53 (停止 13:11:59) ・雪崩形態：面発生乾雪表層雪崩
- ・発生標高：1,845m ・停止標高：1,035m ・標高差：810m ・流下距離：2,666m
- ・最大速度：45m/s (時速 162km/h) ・最大高さ：114m (煙含む) ・最大幅：323m

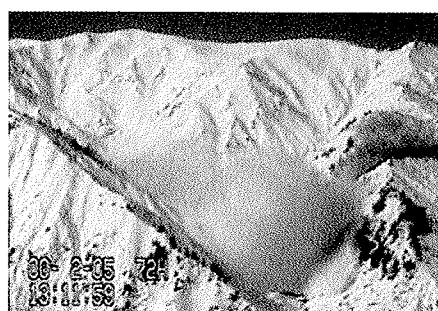


図-2 2000.2.5 白馬八方地区で観測された面発生乾雪表層雪崩

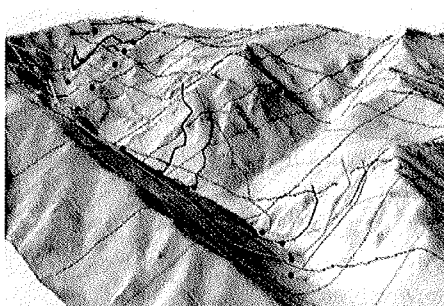


図-3 雪崩トレース鳥瞰図

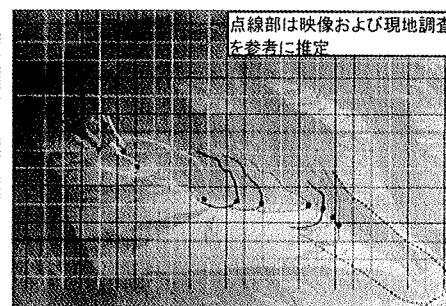


図-4 雪崩トレース平面図

表-2 雪崩動態判読結果

雪崩発生時刻	9'53"	10'00"	10'16"	10'44"	11'29"	11'59"
①発生及び最終読み取り時刻	発生					最終読み
②発生及び最終読み取り位置 (公共座標系8系)	発生位置(本流) X:-62999 Y:77127 Z:1845 最終読み取り位置(本流) X:-61400 Y:76503 Z:1035					
③見通し角(°)	22.2° (本流発生位置から停止位置まで)					
④流下距離(m)	2,666m(本流発生位置から停止位置まで)					
⑤流下速度(m/秒) 本流	-	36.8	45.1	13.5	5.3	3.9
支流	-	39.0	42.0	-	-	-
⑥流下(方位角) 本流	-	328	336	357	348	309
支流	-	322	306	-	-	-
⑦雪崩の幅(m) 本流	323	252	134	263	258	279
支流	56	88	-	-	-	-
⑧流下範囲面積(m ²)	689,237m ²					
⑨雪崩高さ(m)	-	-	35	84	106	114
⑩区間勾配(°) 本流	-	36.7	29.1	20.3	12.5	16.3
支流	-	31.3	31.2	-	-	-
⑪谷角度(°) 本流	180	180	142	180	125	109
支流	180	180	180	-	-	-
⑫屈曲角(°) 本流	-	-	19.5	22.6	10.4	9.9
支流	-	-	7.4	-	-	-

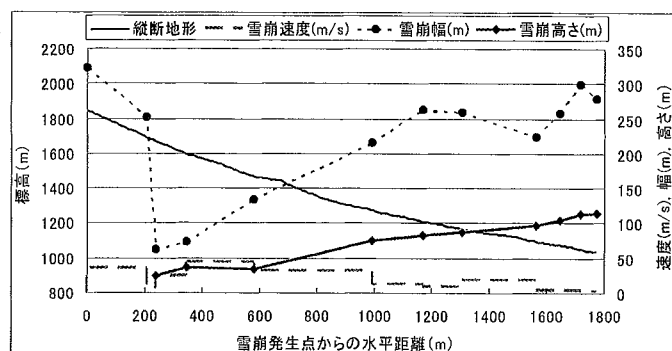


図-5 雪崩流下距離と標高、速度、高さ、幅の関係

雪崩先端部の流下動態に伴う経時的な変化を分析してみた（図-5）。流下距離 200m 付近で谷に集まることから雪崩の幅が狭くなっている。また、流下距離 500m 付近より、流下に伴い雪崩の幅や高さは増し、他方、速度は減少しており、煙型雪崩で一般的に見られるような傾向が定量的に分析できた。

5. おわりに

LP 計測データを用いた雪崩映像の詳細な解析により、定量的な雪崩の動態解析が可能となった。今後は、この手法を用いて既存及び今後収録される特徴的な雪崩映像を解析し、得られた雪崩の幅、高さ等の計測結果を解析し、実態に即した運動モデルの検証・改良を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 秋山一弥 他 (2004) 雪崩の流下映像による動態解析, 寒地技術論文・報告集, 20, pp284-291.
- 2) 花岡正明 他 (2007) 常時現地観測による雪崩映像の解析手法の検討, 砂防学会研究発表会概要集, pp522-523.