

雪崩発生直前の航空レーザプロファイラ計測データを用いた雪崩斜面解析 ～国道112号月山IC付近の雪崩災害事例～

国土交通省 新庄河川事務所 ○花岡正明、安部 剛、菅原誠人

(独)防災科学技術研究所雪氷防災研究センター新庄支所 阿部 修、根本征樹

アジア航測株式会社 小川紀一郎、藤井紀綱、臼杵伸浩、佐野寿聰、柏原佳明

1. はじめに

2011年2月27日に国道112号月山道路において、全層雪崩が発生し、国道及び山形自動車道は通行止めとなった。新庄河川事務所では、砂防事業に関わる積雪量を計測するため、雪崩発生4日前に当該箇所の航空レーザプロファイラ計測（航空LP計測）を行っていた。これら等を用いて、雪崩の実態把握および斜面特性を解析した結果を報告する。

2. 雪崩発生斜面周辺の概況と雪崩災害の実態

2.1 雪崩発生斜面周辺の概況

雪崩発生斜面は、山形県西川町月山沢地先の国道112号山形自動車道月山インターチェンジ（IC）から約50m酒田側である（図1）。当該斜面は、高さ155m、斜面頭部が急勾配の凹型形状を呈した東向き斜面である。植生は稜線周辺に高木が比較的密に生育し、斜面頭部はカン木のみで、積雪期には樹木は完全に積雪に覆われる。斜面下端には高さ5.3mの防護柵が設置されていた。

2.2 雪崩発生時の気象状況と雪崩災害の実態

2月27日午後1時50分頃に斜面最上部付近で発生した全層雪崩は、2派に分派後、防護擁壁を乗り越え国道に到達し、幅約20m、長さ約30m、高さ最大約5mの規模で堆積した（写真1）。幸い通行車両に影響はなかったが、雪崩発生斜面及び月山ICに隣接した斜面の雪面に新たな亀裂が存在したため、国道112号月山道路及び山形自動車道は全面通行止めとなり、内陸と庄内地方を結ぶ大動脈が分断され、新庄方面を迂回することとなった。このため、国土交通省山形河川国道事務所は①防護擁壁背面の堆雪ポケットの除雪、②新たな雪崩が防護擁壁を超えた場合に備え、国道山側に高さ3mの雪堤の設置、③斜面頂部の危険性を予測するために亀裂の広がりを見測するセンサー設置を行った。

今冬は1月末まで大雪（最大積雪深333cm、1月31日、月山IC）と低温が続いていた（図2）。また、2月24日夜から気温が急激に上昇し12.7℃（仁田山橋）を記録し、計18mmの降雨もみられた。

他方、筆者らが実施した雪崩発生斜面における積雪の断面・雪質調査（斜面頂部：積雪深152cm、斜面中部：同280cm）の結果から、雪質は弱層のない「しまり雪」および「ざらめ雪」と確認できた。前述のような気象条件から推測すると、低温下で降雪が続き締まった状態で急斜面に大量に積雪していたところ、急激な気温上昇と降雨によって一気に不安定化し、全層雪崩が発生したと考えられる。

3. 航空LP計測データによる解析結果

新庄河川事務所により2月23日と2009年9月に航空LP計測に



図1 雪崩発生箇所位置図



写真1 国道112号に堆積した雪崩
（山形新聞 平成23年2月28日）

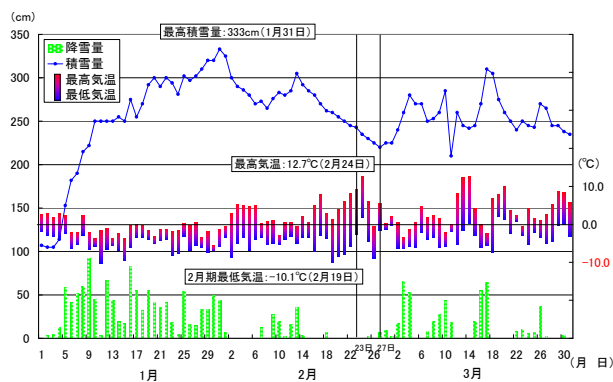


図2 積雪量と気温の変化(降雪量: 月山IC、気温: 仁田山橋)
NEXCO 東日本山形管理所による観測

よる地形計測（計測密度：1 点以上/m²，1mDEM，オルソ画像：地上解像度 50cm）が行われており、前者では積雪面の標高が、後者では地表面の標高が把握されている。なお、23 日と 27 日の間の降雪量は計 9cm、積雪量は -23cm で計測時と雪崩発生時に著しい差異はなかったと見られる。

3.1 縦断形状の比較

図 3 に当該箇所の 2 月 23 日時点の鳥瞰図を示す。また、図 4 に雪崩発生斜面における主な走路の雪面上の縦断（測線 1）と雪崩発生斜面に近接する斜面の縦断形状（測線 2）を示す。雪崩発生斜面は頂部の勾配が 50° と非常に急勾配の凹型積雪面を呈し、中腹にやや緩勾配の区間を有しているが、未発生斜面は頂部が 33° と緩く平滑な積雪面である。国道からの斜面規模を見ると、前者の比高差 155m は、後者の比高差 117m の 1.3 倍にあたる。今回発生した雪崩デブリの堆積末端からの見通し角は 30° であり、経験則による全層雪崩の到達範囲である 24° より急で、防護擁壁及び国道東端の積雪面により減勢されたと考えられる。見通し角 24° で斜面頂部から全層雪崩が発生すれば、高速道路のランプ及び国道に到達するおそれがある。

3.2 積雪状況の比較

図 5 に 2 時期の LP データにより算出した 2 月 23 日時点（以下発生前）の積雪深分布図を示す。雪崩発生域の積雪状況は、平均積雪深が 2.7m、最大積雪深は 4.3m で顕著な雪庇等は形成されていなかったと考えられる。他方、近傍の 3 つの斜面は、平均積雪深は 1.3m～2.3m、最大積雪深 3.9m～4.5m となっている。発生前の積雪の状況として、雪崩発生斜面では、傾斜の急な斜面頂部で積雪深が大きい箇所が多く見られる。例年、斜面頂部の積雪は頻繁に落雪し、標高 520m 付近の中腹に停止していたが、今回は、発生前まで頂部急傾斜斜面に大量に存在していたと推定できる。また、雪崩発生後の斜め写真から、雪崩発生域を抽出し、積雪量を算出したところ、7,900m³ となり、現地調査で概略算出した値（7,500m³ 程度）と類似した値となった。以上のことから、急勾配でかつ長大な斜面という特殊な条件下の多量の積雪の存在が、25 日以降の気象状況の大きな変化に伴い、大規模な全層雪崩の発生に影響したと考えられる。

4. おわりに

本報告では、積雪期の航空 LP データから、雪崩発生斜面及び積雪状況の特徴を分析した。無雪期のデータから、斜面特性及び植生状況を把握し、詳細な縦断図を作成し、雪崩到達範囲を精度よく推定した。積雪期のデータから、雪面状況及び積雪深分布を把握し、近隣雪崩斜面の危険度を考察した。

これらから一連斜面に対して、今後想定される全層雪崩等の危険性を確認し、通行止めとなった国道を解放するための重要な情報を提供した。さらに、詳細な雪崩発生雪面の形状と雪崩の量的情報に加え、雪崩の実態調査が得られたことで、精度のよいシミュレーション解析も可能となった。今後、航空 LP データの多様かつ高度な活用を展開していきたい。

現地調査及び解析にご協力いただいた国土交通省山形河川国道事務所及び NEXCO 東日本山形管理事務所に謝辞を申しあげる。

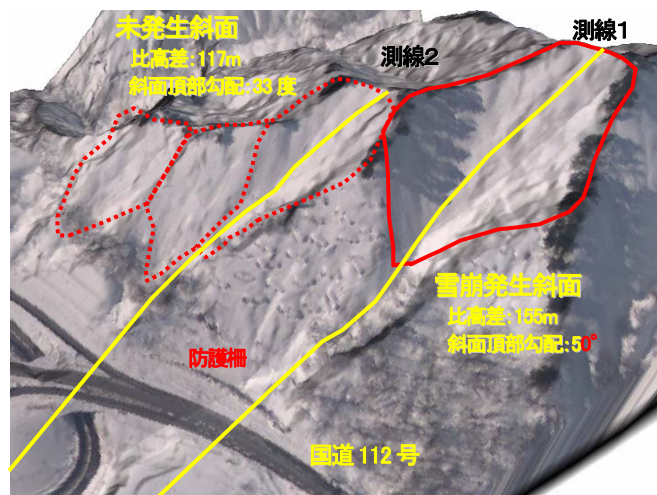


図3 雪崩発生斜面、未発生斜面の積雪状況と縦断測線位置

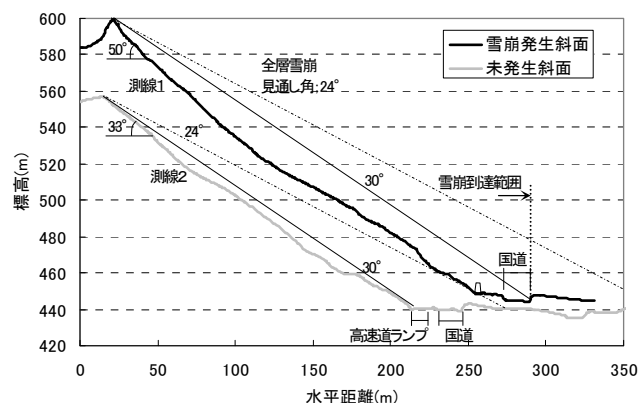


図4 雪崩発生斜面縦断図

発生前の積雪の状況として、雪崩発生斜面では、傾

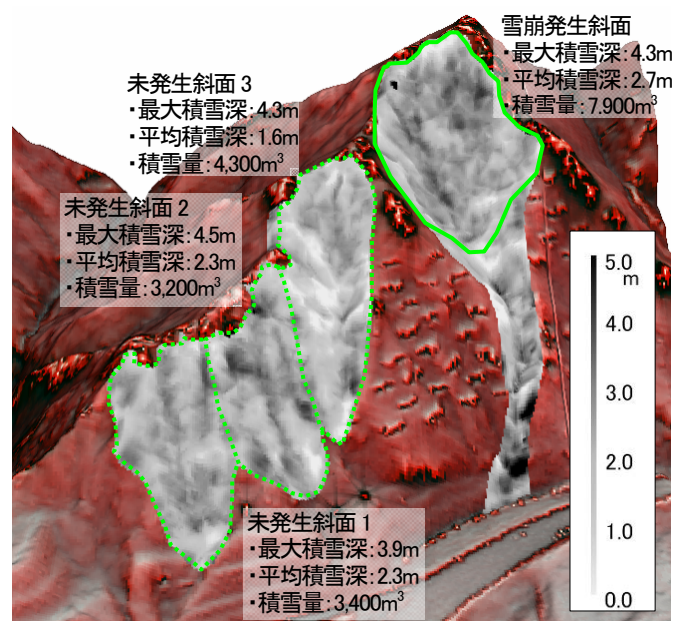


図5 LP 計測データによる積雪深