

道路における点発生雪崩

—特徴と面発生雪崩と比較した違い—

Point-starting avalanches observed on highway -properties and difference from slab avalanches-

竹内 政夫
Masao Takeuchi

点発生乾雪表層雪崩は急斜面に多いが小規模で衝撃力が小さいため道路やスキーヤー・登山者が受ける被害は少ない。研究・報告例も少なくその実態は良く知られてない。点発生乾雪表層雪崩は新雪でよく見られ雪の深さによって2種類あるが、いずれも吊柵をすり抜け雪崩になる特徴がある。短時間に大量の降雪があった急斜面で点発生雪崩のデブリが道路に達し交通に支障を生じた珍しい事例があった。また隣接して同時発生した無害の点発生乾雪表層雪崩と比べた。その特徴や雪崩調査シートに関する問題も指摘した。

1. はじめに

北海道開発局では道路に被害をもたらした雪崩（道路雪崩）は記入様式を定めた雪崩調査シートに記録しているが、2016年までに231の記録があり、内5%が点発生雪崩である¹⁾。雪崩調査シートの記入項目には種類も入れることになっているが、発生時の気象や地形等による視距障害で種類の判断に必要な破断面の有無を視認できないことがある。その場合は規模によって判断し大きいと面発生雪崩とする傾向がある。ここで紹介するのは落石防護柵を越えて道路に達した雪崩で、当初面発生とされたが、後日のドローン空撮で点発生と確認された事例である。それは対策困難な急斜面で発生したもので、今後の急傾斜法面の雪崩対策や雪崩の種類を記録する際の参考事例になると考え紹介する。

2. 道路における点発生雪崩

点発生雪崩は雪の安息角と比較される程度の急斜面で発生することが多い²⁾。点発生雪崩は乾雪表層雪崩が多く湿雪の道路雪崩の発生記録は2件だけであった。点発生雪崩は規模も被害も小さく研究対象とされる事は少ないが、ここでは道路に被害の無かった雪崩を含め幾つかを紹介し、面発生雪崩と比べた特徴を述べる。

(1) 2種類の点発生乾雪表層雪崩

点発生表層雪崩の規模はなだれる新雪の層が浅いか深いかで二つに分けられる。ここでは公式の雪崩分類には無いが、後で紹介する事例のように被害や規模に関係するので分類した。

イ. 浅い新雪の点発生乾雪表層雪崩

典型的な点発生雪崩として写真や文献等で紹介されるのが、道路法面でも見かけることが多い、固いしまり雪化した雪面に積もった新雪が一点から発生する雪崩である。図1は吊柵のある勾配約40°の切土斜面で発生したものである。降雪後日時を経た雪の表面をすべり面にして、深さ2~3cmの一点から動き出した雪が末広がり



図1 浅い新雪が古い雪面を滑った点発生雪崩

に周囲を巻き込みながら吊柵を抜け、デブリは道路の手前で法面に止まった。この種の雪崩は極く小規模で道路に被害を与えたことも、また湿雪で発生した道路雪崩の記録もない。

ロ. 深い新雪の点発生雪崩

図1と同様の箇所で、深い新雪時に発生したのが図2である。点発生乾雪雪崩であるが、深く積もった新雪表面近くの一点で発生した点発生雪崩である。積雪表面近くの一点で発生し内部崩壊からするのは共通している。浅い新雪と

比べると内部崩壊は深さ方向に削り込むように発達し水平方向の広がり小さい。発生年は異なるが同じ箇所でも2種類とも観察されていることから、降雪量だけでなく斜面勾配や雪粒子の安息角即ち雪質も関係しているように考えられる。



図2 深い新雪が内部崩壊した点発生表層雪崩

積雪表面と新雪粒子との間の結合が、より強いいため深く積もっても積雪面から滑る雪崩にならなかった。もし時間差で多数の点発生表層雪崩が発生しなければ、深く積もった新雪層全体が滑る規模の大きな面発生雪崩になる可能性もある。この事例は道路に被害を与えなかったため雪崩調査シートに記録はされていない。

ハ. 点発生湿雪表層雪崩

湿雪は乾雪と異なり雪粒子の結合が強いため、全層雪崩を含めて湿雪の点発生雪崩は少ない。唯一の道路に被害を与えた点発生湿雪表層雪崩の事例が図3である。



図3 点発生湿雪表層雪崩（道路雪崩）

強い暖気によって新積雪表面で融けた雪が内部崩落をもたらしたと推定される。図3は道路に達したデブリとともに吊橋最下段から下の雪が除去された後の写真である。道路上のデブ

リは交通障害になるような規模の大きなものでは無かったが安全のための通行止であった。

(2) 点発生雪崩に共通する特徴

点発生雪崩は乾雪か湿雪かという雪質、すべり面が表層か全層かによって4種類ある。残りの点発生全層雪崩は少なく、著者も公園内で樹木の冠雪落下から生じたスノーボールから生じた1例を見ただけである。道路では雪崩としてではなく落雪として扱われると思われる。ここでは上で述べた3種類の点発生雪崩に共通する特徴を簡単にまとめる。

- 小規模。
- ほぼ同時・時間差を持って多数発生する。
- 勾配35°以上の急斜面で発生。
- 雪崩防止柵（吊橋）をすり抜ける。

対策を検討する側としては、小規模なのは幸いであるが点発生雪崩が乾雪だけでなく湿雪でも吊橋をすり抜けることは厄介な問題である。

3. 規模の大きな点発生表層雪崩の事例

当初規模が大きく道路に被害を与えたことで面発生雪崩と判断された事例である。面発生雪崩は発生区にある破断面で判定できるが、このケースでは図4のように、目前の急斜面が視界を妨げ尾根まで続く雪崩斜面は十分視認できない。



図4 道路から望んだ雪崩斜面

フリーフレームが露出していることから全層雪崩のようにも見えるが、フリーフレームは勾配50°で強風が多く通常も雪の付かない斜面で全層雪崩とは言えない。法尻から5m離れた路側に高さ3mの擁壁上に高さ2mの落石防護柵が設置されている。図の中央右の箇所ではデブリの一部は柵を越えて道路のセンターまで達していた。

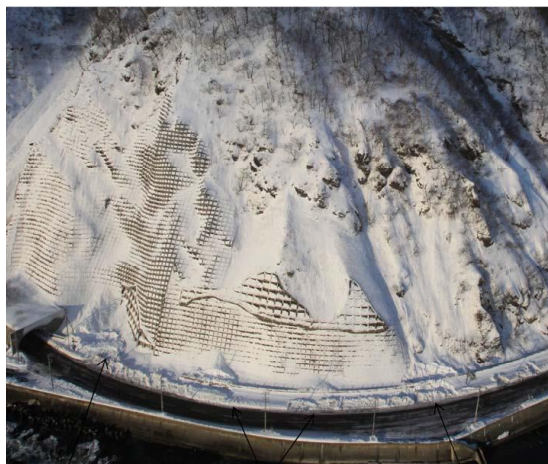


図5 図4(中央)を含む雪崩箇所の中の写真

図5は翌日撮影の空中写真である。図4で示したデブリは図5では上部の格子幅が大きい右端に二つ並んでいるフリーフレームの間を流れ累積した点発生雪崩のデブリである。この区間で最初に擁壁・柵を越え道路にデブリが堆積して発見された。即ち最初に調査対象になったもので、沢を伝って雪崩は流れ下りフリーフレームを越え落石防護柵の手前から時間を掛けて堆積し乗り越え道路に達した。それから15~16時間後に道路に達したものとして最後のデブリが発見され落石防護柵の末端が雪に押されて支柱から外れる軽微な損傷も見られた。このように点発生雪崩個々は小さくても無数の雪崩が時間を掛けてデブリを大きくするのが特徴である。

(1) 雪崩調査シート

	発生の形	点発生・(面発生)・不明		・面発生雪崩は発生した箇所に向なう連続的な破断面が残ることが多い。 ・点発生雪崩には破断面はないことが多い。 ・点発生雪崩は規模が小さく積雪が多少連続して広がる程度である。 ・面発生雪崩は広い範囲にわたって、積雪が崩れる。		
雪崩の種類	雪崩層の雪質	(乾雪) 湿雪・不明		・湿雪が中心ならば、雪崩発生してから時間が経ったデブリが覆われているか否かで異なる。雪崩発生時の雪が崩れていくと、土砂が露出する。		
	滑り面の位置	(表層)積雪内部・ 全層(地面)		・積雪全体が崩れるか全部滑り落ちるのが全層雪崩、積雪の上の層が滑り落ちるのが表層雪崩である。 ・全層雪崩の場合は、地表が露出し、道路や堆積物には土砂が見えることが多い。		
雪崩の規模	デブリ量	①(幅) 15m × (長さ) 10m × (高さ) 5m × 1/2 × 3/5 ≈ 200m ³		・幅: 道路幅方向、長さ: 道路幅方向、高さ: 山頂部付近の高さ(=デブリの厚さのこと) ・道路上のデブリではなく、デブリ自体の規模を把握するものとする。 ・①デブリの量を把握するとして、上記の数字以外に、スケールを入れることが望ましい。		
	デブリの先端位置	道路手前(道路に達せず)・(山側車線)・CL付近・反対側車線・道路通過				
斜面形状等	斜面方位 (16方位)	南東	種類	(自然斜面) × 法面 × (沢)	傾度	50°
	発生面積	(幅)20m × (長さ)50m = 1000m ²			走路長	30m
	斜面の特徴 (該当項目に○)	(露岩)・草地(芝)・笹・灌木・(林(疎))・林(密)・小段・ブリーフレーム・コンクリート法面・吹き付けモルタル法面・不明				
	対策工有無	有り・なし・不明	予防柵(吊籠)・予防杭・スノーシェッドその他(※法面に左右等対策がある場合(施設名):			
積雪状況	新雪の有無	(新)・なし		雪崩層の厚さ (破断面の深さから読み取れる場合)		不明
	新雪の深さ	20cm	斜面積雪深	数10cm (10~50cm程度)		

図6 雪崩調査シート(一部の抜粋)

図6は道路に達したデブリが最初に発見された箇所(図4)の雪崩調査シートの主要部分を抜粋したものである。調査シートには雪崩斜面、走路やデブリの位置を示す概略図や写真等が添

えられている。雪崩の種類は該当部分を○で囲うことになっている。ここでは面発生、乾雪、表層(滑り面)が○で囲まれており、種類は面発生乾雪表層雪崩となる。道路から見たらこの程度の大きさであれば、大抵の場合は面発生と判断すると思われる。しかし空中写真には破断面はなく幾つもの点発生と見られる痕跡やデブリが見られたことで、本文では新雪が深い場合の点発生雪崩と判断した。

(2) 雪崩発生時の気象

雪崩発生箇所から直線距離で数kmに目黒アメダスがあり、降水量(mm)、降雪(cm)および積雪深(cm)を測定している。気温や風速は測定項目に無いが、直線距離で約25kmにある襟裳アメダスの値を参考にした。

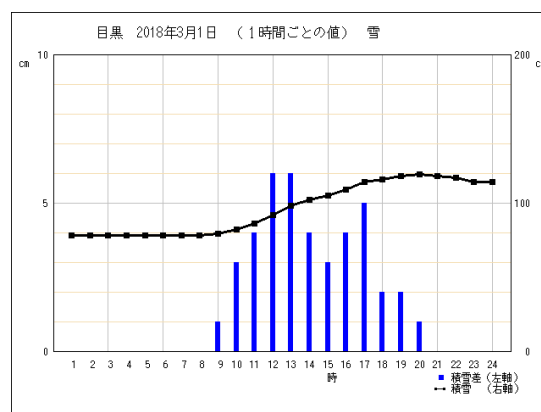


図7 1時間毎の降雪量と積雪 目黒アメダス

最初に発見された雪崩(デブリ)は2018年3月1日18時頃発生と推定された。8時過ぎに降り出した雪は雪崩発生時までの10時間に36cmの新雪が降り、積雪もほぼ同量増加した。特に降雪としては例外的に多い降水量35.5mmを記録し降雪としては最大級の大雪であったと言える。しかし図6の雪崩調査シートでは新雪の深さは20cmになっている。新雪の増加が記録されてなかった約10時間後に最後のデブリが道路に達し発見された時のようさシートには60cmと記録されている。積雪の深さは現場道路近くの平坦地で測定することになっているが、当日は平均風速16.6m/sと大きく吹きだまりや吹き払いができてその影響が測定値にも出たものと考えられる。アメダスの積雪深は最初の雪崩発生直後の21時から減少に転じている。降水量は毎時0.5~3.5mm観測されており雨か湿雪があったと考えられる。最後のデブリが道路に達

したのは2日9時40分頃で雪崩調査シートには湿雪雪崩と報告された。しかし今回の点発生雪崩の場合はマイナス気温で積もった雪崩層内部の雪はまだ乾雪状態であった可能性もある。表面の湿雪と内部の乾雪が混じり合う雪質が湿雪か乾雪かについては改めて議論すべきであろう。

4. 隣接する無被害箇所での点発生雪崩

上で述べた雪崩箇所と直線で250～260m離れた自然斜面でも、同規模の点発生雪崩の発生空中写真が撮られていた。道路に被害が無く雪崩調査シートは作成されていないが、ほぼ同時に同一気象で発生した点発生雪崩であり雪崩の痕跡等の状況がより明瞭である。また資料の少ない点発生雪崩ということだけでなく、被害が無かったという点で急崖斜面の雪崩対策の資料として貴重なので紹介する。

(1) 雪崩斜面とデブリ

当該斜面の勾配は45～50°の露岩も見られる自然斜面である。夏には水が流れる沢が数本あって草や樹木に覆われている。厳冬期には図8のように沢は雪で埋め尽くされている。今回の雪崩は、これらの沢伝いに流れて落石防護柵(柵高3m)に止められていて、沢の数と同数のデブリまたデブリの大きさも沢の流域面積に比例しているように見える。他に斜面途中で止まった小さい点発生雪崩の跡も幾つか見られる。

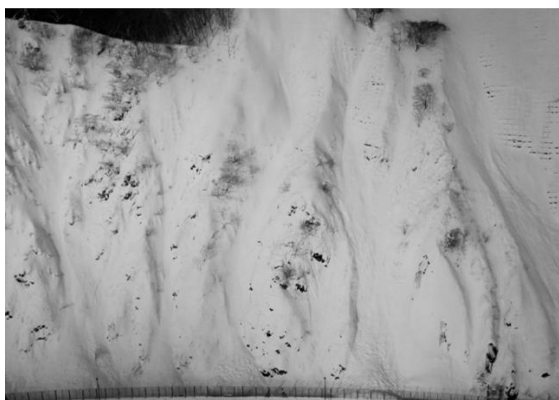


図8 自然斜面からの雪崩跡とデブリ

(2) 急斜面の雪崩

当該箇所では2012年2月23日にも11時間に45cmの新雪があり落石防護柵に止められたデブリが見られた。降雪時には襟裳アメダスの気温は-1.3～-3.1℃で風速は10.9～30.4m/sであった。気象条件が類似していることから点発生雪崩と推定できる。このように45°を超えるような

急斜面では雪の深さが面発生雪崩の条件とされる30cm以上になる前に点発生雪崩として発生していると考えられる。

5. まとめ

点発生表層雪崩には新雪の深さによって2種類ある。浅い(1～2cm?)と古い雪面と新雪の間がすべり面になり水平方向に、深いと内部崩壊は表面から深く削り込むように発達し深さ方向に削り込むように発達し水平方向の広がり小さい。両者を分ける深さ、雪質などについては不明である。紹介した道路に被害を与えた点発生(道路)雪崩の事例は深く積もった新雪が内部崩壊したものである。降り積もった新雪の大部分が無数の点発生表層雪崩になり沢地形に沿って流下していた。道路に被害を与えなかった事例を加え、点発生雪崩の資料および勾配45°以上の急斜面の雪崩や冠雪・雪庇対策の参考資料として紹介した。

あとがき

点発生雪崩は一つ一つが小規模であり、スキーヤーや登山者を含めて人に被害を与えた記録も知られていない。また今回の報告のように施設に軽微でも被害を与えた事例も少ないが、デブリが道路に堆積すると交通障害になり交通が止まる。点発生雪崩は時間差で無数に発生するが個々には規模も衝撃力も小さい。点発生雪崩の発生機構等の研究や事例報告も少ないが、面発生雪崩と無関係ではなくセットで考えると雪崩に関する視点や情報を豊かにできる可能性もあるので点発生雪崩にも関心を向けて欲しい。

尚、写真等の貴重な雪崩資料の多くは北海道開発局室蘭開発建設部道路整備保全課より提供された。この資料が動機になり、本文をまとめることができたことを付して謝意を表す。このような点発生雪崩の実態を知ることが多少でも道路管理に資することを願うものである。

【引用文献】

- 1) 金田安弘他, 2016: 北海道における道路雪崩の特徴, 雪氷研究大会講演要旨集, 215.
- 2) 成田英器, 竹内政夫, 2009: すり抜け雪崩と点発生乾雪表層雪崩を分ける安息角, 北海道の雪氷, 28, 33-36.
- 3) 竹内政夫他, 2012: 乾雪表層雪崩の点発生と面発生を分ける条件, 北海道の雪氷, 31, 161-162