

国土技術政策総合研究所
 危機管理技術研究センター砂防研究室
 ○秋山一弥・小山内信智
 国際航業株式会社 松田宏

1. はじめに

雪崩の規模に関する数値としては、雪崩の幅、厚さや走行距離、体積、質量などがある¹⁾。また、雪崩の危険範囲を表す指標としては、雪崩堆積物の末端から雪崩の発生点を直接見通した角度（見通し角）や到達距離が主に用いられる。見通し角の最小値は表層雪崩で 20° 、全層雪崩で 27° であり、1割の安全を考慮してそれぞれ 18° 、 24° の範囲までが雪崩の到達範囲²⁾として、雪崩の危険区域の判定に用いられている。また、到達距離は地形上のパラメータから予測する方法^{3) 4) 5)}や、雪崩の実走斜距離と雪崩落差の関係から推定する手法⁶⁾がある。これら見通し角や到達距離は雪崩の最大到達範囲を表す目安となることから、防災上極めて重要である。しかし、雪崩の被害や破壊力を直接表すものではなく、雪崩の形態や落差、雪崩規模に応じて変化するものと考えられ、斜面によっては安全側に偏る場合がある。

雪崩の埋没量や破壊力に関する量としては、質量や質量と滑落した高さの積の常用対数で表した質量階級やポテンシャル階級が提案されている¹⁾。質量は雪崩の体積と積雪密度の情報が必要であるが、現地でこれらのデータを取得することは極めて困難である。これは、積雪は変質するうえに雪崩発生時や発生後に降雪があった場合には痕跡が不明瞭になる場合が多く、発生直後に迅速に調査する必要があるなどの理由による。しかし、特に大規模雪崩の調査事例については、S56、S59 豪雪に災害が多発し、詳細な調査が行われたことによって資料が蓄積され、雪崩の規模に関する各諸元の関係について示されてきている⁷⁾。

今回は現状で入手可能なデータを用いて雪崩の発生規模や形態と到達範囲について検討を行った結果を報告するものである。

2. 調査内容

雪崩データは S59 豪雪までの 17 事例の調査雪崩記録⁷⁾と、空中写真判読記録⁶⁾、雪崩映像観測記録ほか⁸⁾および最近の雪崩調査報告を用いて検討を行った。雪崩データはいずれも雪崩の到達距離や落差、見通し角などの雪崩諸元が把握されている事例である。雪崩調査報告で記載がない数値がある場合は、図面上で計測して数値を決定した。

雪崩の基本的な諸元は、雪崩形態（表層・全層や乾雪・湿雪）、雪崩発生量、水平到達距離、雪崩落差、見通し角などである。空中写真判読は広域的な雪崩の発生を多数把握できる利点があるが、雪崩形態は表層と全層の区別はできるが乾雪・湿雪の区別や発生量を算出することは困難である。また、映像観測は特定の斜面における雪崩の発生状況しか把握できないが、乾湿の雪崩形態の判定や、規模が大きい場合は発生量を推定することも可能である。雪崩災害調査は規模の大きい雪崩の発生量が把握されている場合が多いが、質量を推定している事例はほとんどない。

今回使用した雪崩データは空中写真 560、映像観測 702、災害調査等の 29 事例で、雪崩の形態は表層雪崩 749（うち乾雪 240、湿雪 84）、全層雪崩 559（乾雪 6、湿雪 415）である。このうち雪崩発生量（体積）が推定されているものは 44 事例である。これらから雪崩形態別に雪崩到達範囲等の検討を行った。

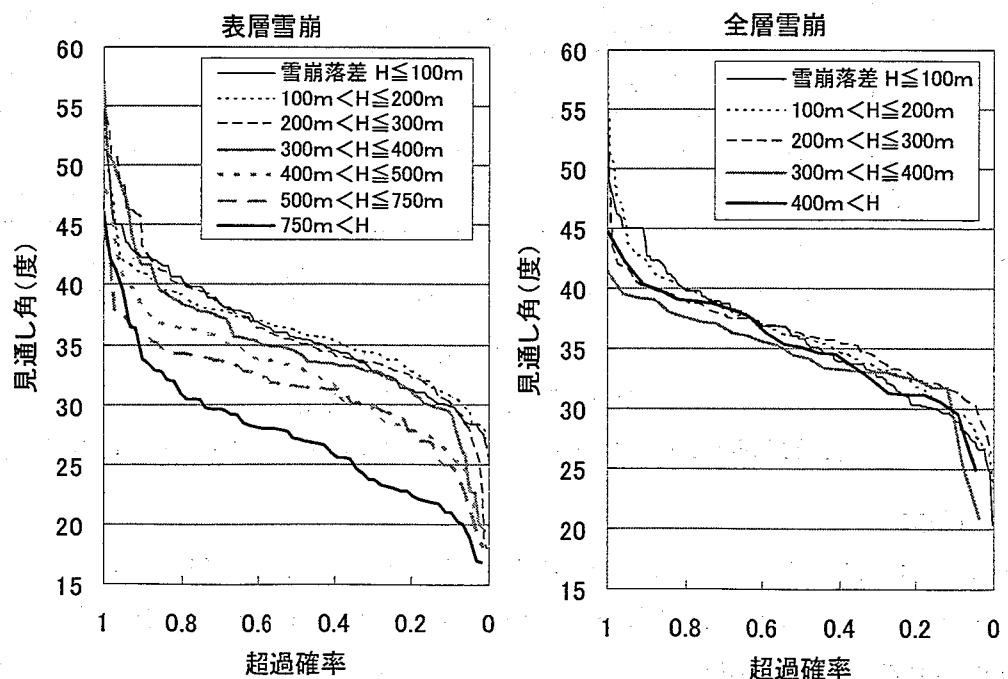


図1 雪崩形態別の雪崩落差に対する見通し角の超過確率

3. 調査結果

3.1 雪崩落差と見通し角

雪崩の落差を標高別に区分し、それぞれ雪崩の見通し角の超過確率を求めることによって、斜面規模に応じて雪崩の到達範囲を合理的に評価できることが内田ら⁹⁾によって示されている。これと同様の方法で、雪崩を形態別（表層、全層）に区分して、それぞれの形態の雪崩落差と見通し角の超過確率の関係について評価を行った結果を図1に示す。

雪崩データのうち、99.6 %の表層雪崩が見通し角 18 度の範囲に、また 98.7 %の全層雪崩が見通し角 24 度の範囲に入っていた。このうち、全層雪崩では、4つの調査事例はいずれも規模が大きく見通し角が小さいものであり、高標高（1200～1900m）において3/29～4/25の期間に発生し、溪流沿いを流下し、土砂を混入する形態で水の影響が示唆されるが詳細はよくわかっていない。検討ではこれらの4事例は別に区分した。

表層、全層雪崩ともに傾向として雪崩落差（H）が小さくなるほど見通し角が大きくなる傾向を示すが、表層雪崩では $H > 400$ mで全体的に見通し角が小さくなる。全層雪崩はもともと表層雪崩に比較すると雪崩落差が大きいため400 m以上は一括して扱ったが、全体的にどの落差でも見通し角の超過確率の傾向は同様であり、表層雪崩の同じ落差での傾向とも類似している。

3.2 雪崩発生量と見通し角、到達距離

雪崩の規模を表す指標として、ここでは44事例の雪崩発生量 V をそのまま用い、雪崩災害調査資料で発生量に幅がある場合はその平均値とした。図2に見通し角と発生量の関係を雪崩形態別に示す。なお、湿雪全層雪崩のうち矢印の4つは3.1で示したものであり、同時に見通し角の基準である18、24度を表示した。雪崩発生量が多い形態は表層雪崩であるが、発生量がおおよそ 10^5 m^3 以上の雪崩は乾湿雪の形態が不明な1事例の表層雪崩を除きすべて乾雪の表層雪崩である。また、全体としては雪崩発生量が多いほど見通し角は小さくなるが、発生量がおおよそ 10^5 m^3 以上からは見通し角は下限となる傾向にある。

図3に雪崩発生量と到達距離の関係について示す。雪崩発生量が 10^3 m^3 を下回るものは発生量としての調査はなされておらず、到達距離は1000 m以下と考えられ、雪崩発生量がおおよそ 10^4 m^3 を境に傾向が異なり、発生量に応じて到達距離が長くなる傾向になっている。

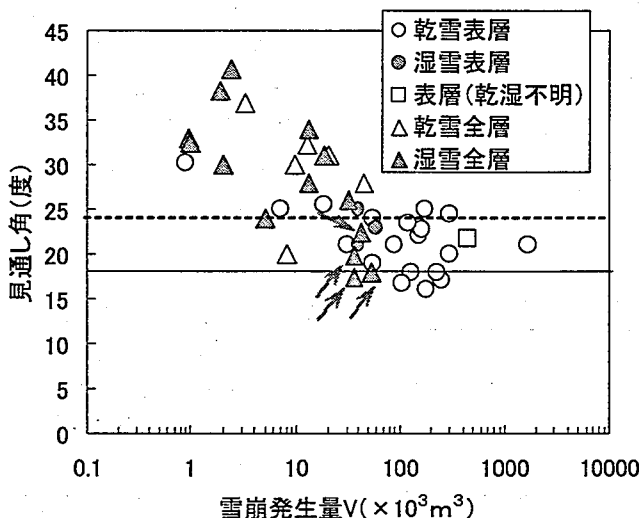


図2 雪崩の発生量と見通し角

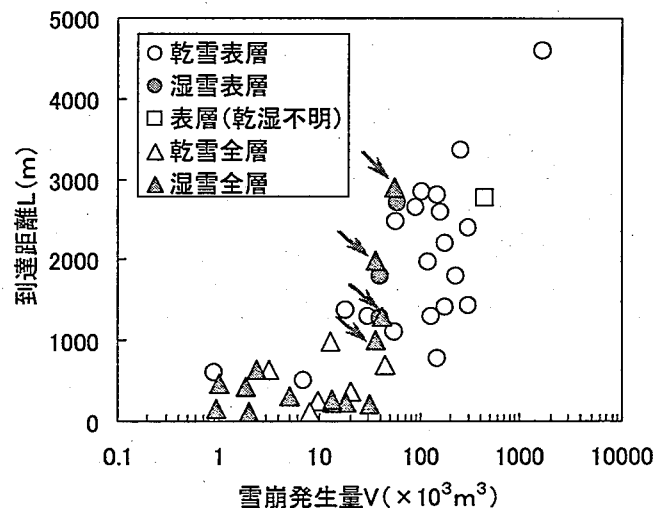


図3 雪崩の発生量と到達距離

4. 今後の課題

雪崩の到達範囲としては表層雪崩では雪崩の落差が大きいほど見通し角は小さくなるが、落差がおおよそ400 m程度より小さい場合には表層、全層ともに見通し角は同様の傾向を示した。雪崩形態と斜面規模に応じた合理的な雪崩危険範囲を設定できるものと考えられるが、現状では雪崩発生量の記録は少ないものの、さらに斜面規模に応じた発生量を設定して雪崩規模や形態も含めた危険度判定が可能になるとと思われる。

参考文献

- 1) 前野紀一・福田正己編 (2000) : 雪崩と吹雪、基礎雪氷学講座Ⅲ、17-18
- 2) 高橋喜平 (1960) : 雪崩の被害、雪氷、22、1、7-9
- 3) Lied, K. and S. Bakkehoi. (1980) : Empirical calculations of snow-avalanche run-out distance based on topographic parameters, *Journal of Glaciology*, 26, 165-177
- 4) Bakkehoi, S., U. Domaas and K. Lied (1983) : Calculation of snow avalanche runout distance, *Annals of Glaciology*, 4, 24-29
- 5) K. FUJISAWA, R. TSUNAKI and I. KAMIISHI (1993) : Estimating snow avalanche runout distances from topographic data, *Annals of Glaciology*, 18, 239-244
- 6) 松田宏・藤元隆彦・武土俊也・網木亮介 (1994) : 雪崩到達距離に関する考察、雪氷、56、4、265-269
- 7) 和泉薫 (1985) : 大規模雪崩の流動性、新潟大災害研年報、7、187-194
- 8) 秋山一弥・武土俊也 (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、284-291
- 9) 内田太郎・小山内信智・松田宏・本間信一・野口卓記・坂井素夫 (投稿中) : 雪崩の移動比高と見通し角の関係、(全6ページ)