

111 雪崩の到達範囲の統計的検討

建設省 土木研究所 ○大浦二朗

中村良光

寺田秀樹

藤沢和範

はじめに

雪崩の到達範囲の把握はハード、ソフト両面から重要である。その為のシミュレーション手法を検討する為の基礎的な特性把握の為に、過去10年程度に発生し、集落に被害を及ぼした雪崩事例を収集し、その特性を検討してきたので、ここでは主に雪崩の到達範囲や危険度について、統計的に整理、分析した結果について報告する。

1. 集落に被害を及ぼした雪崩の実態

収集された資料は、北海道、秋田、青森、山形、福島、新潟、長野、富山、岐阜、兵庫、鳥取の11道県で、過去10年程度の間に発生した雪崩で、表層雪崩68件、全層雪崩28件である。

まず、雪崩の長さと幅について整理したのが図-1、2である。これから、1kmを超えるものが7例あるが全て表層雪崩であり、全層雪崩の場合には100m以下のものが半数以上を占めている。

雪崩幅は50m以下のものが最も多いが、200mを超えるものもある。長さと幅の関係でみると、幅が広いものは到達距離も長いが、逆に長さが長くても幅が広いとは限らない。これは、地形条件に支配されている為と考えられる。

また、雪崩量は 10^4m^3 未満のものが8割を占める。 10^5m^3 を超える例も5件あるが、これらは全て表層雪崩であった。到達距離の長い雪崩の特徴を整理すると①雪崩量が多い、②走路が沢状である、③植生条件が悪い、④雪崩発生時の気温が低いことなどであった。

以上から概観すると、表層雪崩は全層雪崩に比較して大規模なものが多く、到達距離も長いものが多い。

次に、これらの資料を基に雪崩の到達範囲や危険度について検討する。

2. 地形的条件から見た雪崩の到達範囲

2. 1 見通し角度

地形的な条件のみから、雪崩の到達範囲を知る方法としては、高橋の経験則が有名である。

今回収集されたデータについて見通し角を調べると、14~55

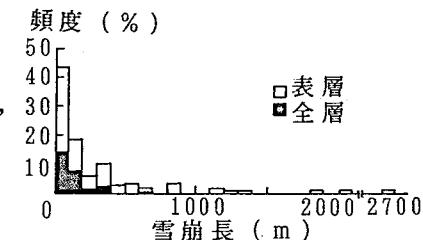


図-1 雪崩長の分布

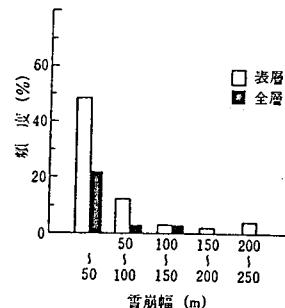


図-2 雪崩幅の分布

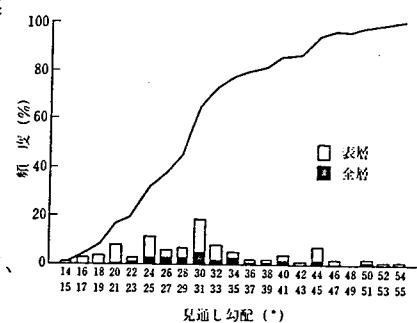


図-3 見通し角の分布

度の広い範囲となつた(図-3)。これらのうち、表層雪崩の14度と全層雪崩の20度の事例は、人家裏での雪庇の崩落を原因とするものであり、特殊例と考えられる。これらを除くと、見通し角の最小値は表層雪崩で17度、全層雪崩で23度となり、高橋の言う18度、24度よりも若干小さくなっている。

また、近年の著名な集落雪崩災害について見通し角を調べると、S.56年の新潟県湯の谷村下折立(30度)、同守門村大倉(19度)、S.59年の新潟県中里村清津峡(28度)、S.61年の新潟県能生町柵口(18度)、山形県尾花沢市市野々(27度)で、18~30度の範囲となつてゐる。これは、人命に大きな被害を及ぼすのは常習的に雪崩の到達する区域を超えた範囲となる為と考えられる。

この見通し角による方法は、発生点がわかれば比較的容易に取り扱えることから、危険範囲を設定する指標として用いられている。

しかし、この指標は数多くの雪崩の最小値を示す為、場所によっては安全側になりすぎる場合もある。そこで、次に斜面形の違いを反映する方法を検討した。

2.2 縦断面積比

雪崩資料のうち、平面図等に雪崩の範囲が明かにされているデータ(53件)から雪崩経路に沿つた縦断図を作成した。次に、雪崩発生点から俯角16°で地盤線と交わる直線を引き下し、直角三角形(Δ_n)の面積、底辺長(L_n)、縦断面積(S_n)及び雪崩到達距離(ℓ)を図から計測し(図-4)断面積比($S_n/\Delta_n=S_r$)と到達比($\ell/L_n=L_r$)の関係を検討した。

ここで、16°の直線を基準に用いたのは、雪崩の到達範囲が直接見通し角で18°程度と言われており、今回は雪崩の経路沿いの角度となる為、1割程度の安全を見たことと、斜面勾配が16°より緩くなれば、雪崩が新たに発生することは無いと考えた為である。

雪崩の停止位置を基にした断面積比($S_1/\Delta_1=S_r$)と到達比($\ell/L_1=L_r$)の関係には、正の相関関係があつた。また、 S_r と L_r が大きい雪崩は、実際の到達距離も長い傾向があり、勾配が漸減する滑らかな斜面で発生してい

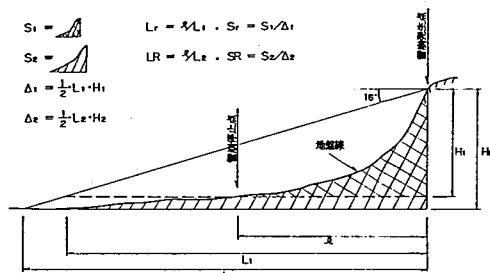


図-4 計測方法模式図

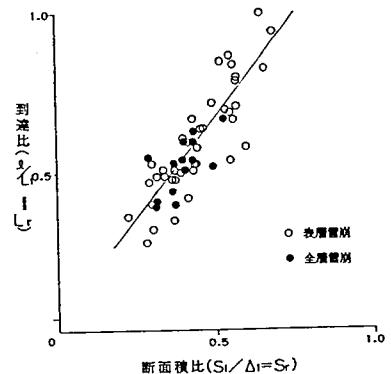


図-5 断面積比と到達比(雪崩種)

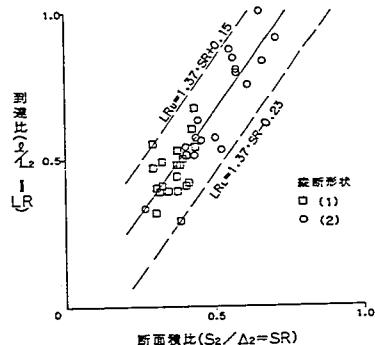


図-6 断面積比と到達比の関係

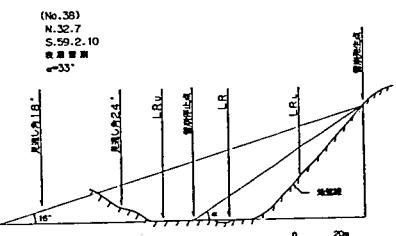


図-7 到達比による雪崩範囲

る場合が多く、且つ表層雪崩である場合が多かった(図-5)。

任意の斜面の危険範囲を設定する為に、SRとLRの関係について検討した。斜面の縦断形状を①単勾配の斜面が直接平地に流出する斜面、②勾配が滑らかに漸減する斜面、③階段状の斜面に区分すると、③の場合にはLRの分布範囲に大きなバラツキが見られたが、①と②については比較的高い相関の回帰式で表わせた($\gamma = 0.89$)。そこでプロットされた点を包含するように、回帰式を平行移動すると図-6に示す直線が得られた。上限の直線で表される位置よりも、右下方になるに連れて雪崩の到達危険度が徐々に高まっていくことになる。実際の斜面にあてはめると、縦断形が①の場合には発生点側、②の場合にはより遠方まで危険性が高くなっている、妥当な傾向と思われる(図-7)。

以上は地形条件の中でも、断面的な条件だけに着目されたものである。雪崩の到達距離に影響する要因の一つとして雪崩量がある(図-8)。そこで、次に雪崩量について検討する。

3. 流域面積から見た雪崩危険度

3. 1 流域面積と雪崩量

あらかじめ雪崩量の目安を得る為に、流域面積と雪崩の流動面積との関係をみると、表層雪崩、全層雪崩ともに正の相関が見られた。また、両者の回帰線の傾きは1より小さく、流域面積が大きくなるほど雪崩の流動域は減少する傾向があった。

次に流域内に存在する雪の量と雪崩量との関係を見ると(図-9)、流域内の雪の量が多くなるに連れて雪崩量の比率は小さくなる傾向がある。また、雪崩となる雪の割合はばらついているが、平均的にみると約1割である。なお、積雪深には近隣の観測所の値を用いている。

また、発生勾配と雪崩量の関係を調べると、頻度が高いのは一般に言われている雪崩の多発する勾配範囲30~45度程度に分布し、雪崩量が多い事例も同様にその範囲にあった。

3. 2 流域内の積雪量と雪崩の到達

図-8、9の関係から推察されるように、流域内の積雪量が増大すると雪崩の到達距離も大きくなる傾向がある(図-10)。

また、地盤勾配が25度の地点から発生点を見通した角度(発生区平均見通し勾配； θ_{25})と雪崩の見通し角度の関係を調べると(図-11)、雪崩の到達見通し角が

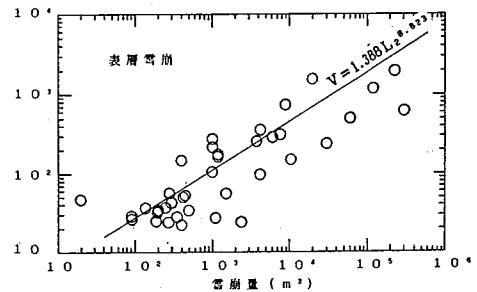


図-8 雪崩長と雪崩量の関係

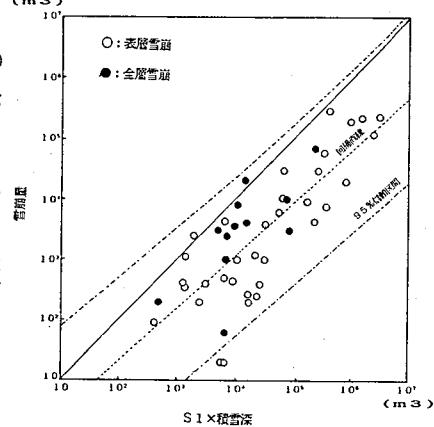


図-9 流域内の雪量と雪崩量の関係

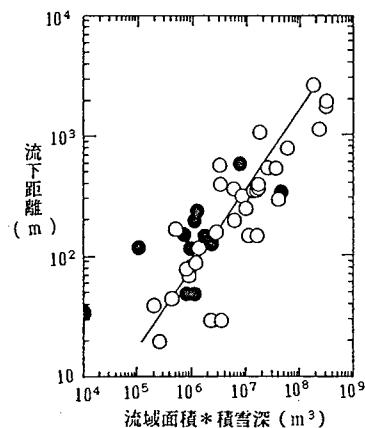


図-10 流域内の雪量と到達距離

小さくなるのは、発生区平均勾配が小さい事例であった。これは、

2. 2で示した縦断面積比と到達比との関係と矛盾しない。

しかしながら、森脇が地すべりや崩壊に対して示したような発生区の勾配(崩壊源の勾配)と到達の見通し角(H/L)との間には、線的な関係は見られなかった。これは、今回の資料からは、発生区の勾配と雪崩量との間には、崩壊源勾配と崩壊量のような線的な関係がない為、さらに雪崩の発生には降・積雪気象条件の影響が大きいことを示していると思われる。

次に、見通し角と線的な関係があった流域面積(A)、積雪深(Hs)、 $\tan(\theta_{25})$ について、次のように指数化し ($A \cdot Hs / \tan \theta_{25}$)、見通し角、堆積面積との関係を見ると、流域内にある雪の量が多く、発生区平均見通し勾配が緩やかなほど(斜面が滑らかなほど)見通し角は小さく、堆積面積は大きくなる傾向がある(図-12,13)。

これらから、雪崩斜面の危険度等を検討する際には、雪崩の量を考慮する必要があることを示していると考えられ、それには積雪深とともに流域面積を用いるのも一つの方法と考えられる。

4. まとめと今後の課題

人家・集落に被害を及ぼした雪崩の資料を収集し、主に雪崩の到達範囲について整理、分析した。その結果、地形的条件や流域内の雪量から到達範囲や危険度等を検討する際の目安を得ることができた。しかしながら、資料の計測精度や数から考えると今回得られた相関式の値そのものは検討の余地がある。

今後は、現地調査によるデータの蓄積とともにこれらの手法の結果とシュミレーション手法との比較検討等により、その妥当性を検討していく必要がある。また、シュミレーション手法については雪崩の性質を考慮した手法を検討していく必要がある。

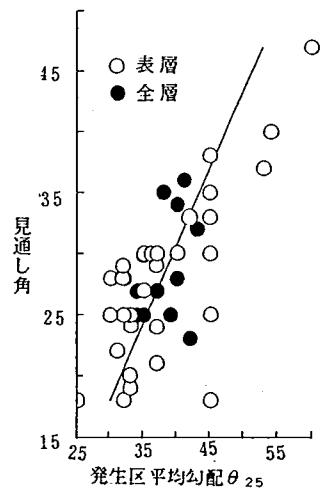


図-11 発生区平均見通し勾配
 (θ_{25}) と到達見通し角

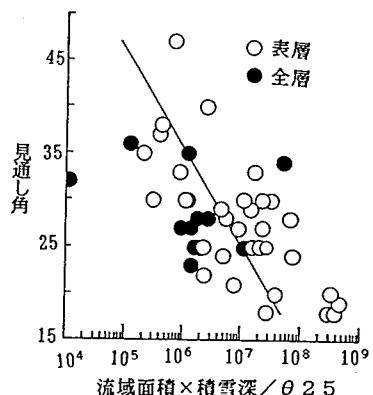


図-12 $A^*Hs/\tan\theta_{25}$ と見通し角

参考文献

高橋喜平：雪崩の被害、1960、雪氷Vol.22, No.1

森脇 寛：崩土の到達距離予測、地すべり Vol.24,
No.2、1987

藤沢和範他：集落に被害を及ぼした雪崩の実態について、

1989、平成元年度日本雪氷学会予行集

寺田秀樹他：縦断面積比による雪崩到達範囲の検討、

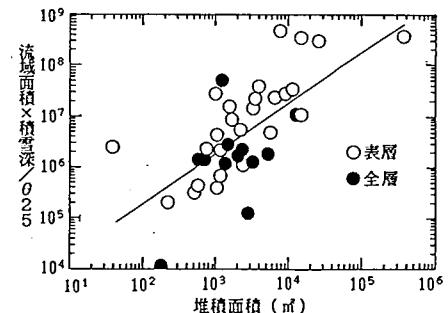


図-13 A*Hs/tan θ_{25} と堆積面積