

地震計による雪崩の検知と動態解析

独立行政法人土木研究所 雪崩・地すべり研究センター ○伊藤陽一・花岡正明・岩崎和彦
国土技術政策総合研究所 秋山一弥

1 はじめに

雪崩の発生は、土石流や火砕流などと同様に地震計によって検知できることが知られている⁽¹⁾。これまでの研究では、地震計によって記録される雪崩振動について以下のような観測結果が得られている^(2, 3)。

- ・雪崩による振動波形は地盤に大きく依存し、雪崩の規模や形態（乾雪／湿雪や表層／全層など）によらず同一走路では類似した波形がみられる。
- ・振動の大きさ（振幅や振幅の2乗の総和）と雪崩の規模には正の相関がある。

しかし、雪崩の速度等の動態と振動との関係はよくわかっていない。土木研究所雪崩・地すべり研究センターが実施している雪崩現地観測では、振動観測のほか雪崩映像観測も行っており、雪崩映像からは雪崩の速度・幅・高さ等を計測することが可能である⁽⁴⁾。そこで、本研究では雪崩映像解析によって得られた雪崩の動態と振動との関係を調べてみた。

2 観測

土木研究所では、2000年12月から新潟県糸魚川市柵口において雪崩現地観測を実施しており、2001年12月からは3成分（南北・東西・上下）速度計1台を権現岳（標高1,108 m）山麓に設置し、0.2 mkine (10^{-3} cm/s)をトリガとした振動観測が行われている（図1）。これまでの観測結果⁽⁵⁾によると、当地では雪崩以外の地震・雷鳴等も含めた振動が冬期に1,000例近く観測され、そのうち約1/3～1/2が雪崩（非常に小規模なものを含む）による振動である。

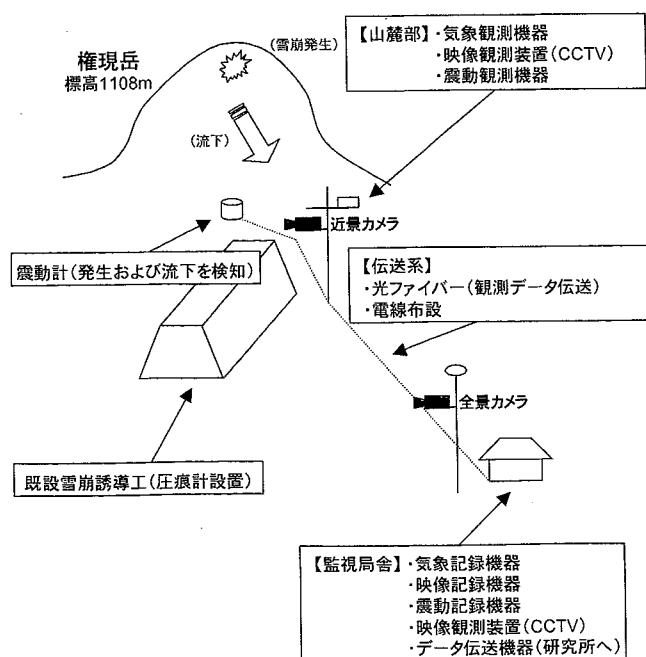


図1 柵口雪崩観測地の観測システム概要

3 結果と考察

表1に映像解析によって得られた雪崩動態諸元の一部を示す。雪崩はすべて地震計近傍の斜面から発生したものである。速度については最大値・平均値のほかに、地震計に近い走路下流のほぼ同一地点で測定された値も示した。また、図2は雪崩振動の観測例である。勾配の変化点における斜面へのエネルギー散逸によると考えられるパルス状の波形が多数観察される。

表1にしたがって、最大振幅と速度（最大・平均・走路下流）との関係を図3にまとめた。走路下流の地震計に近い箇所でも得られた速度との相関はよくないが、最大または平均速度については、速度が大きい雪崩ほど最大振幅が増加する傾向がみられる。

表 1 雪崩映像解析結果の例（最大振幅・2乗平均平方根は上下動成分の値を使用）

日時	形態	最大振幅 mkine	2乗平均平方根	最大速度 m/s	平均速度 m/s	下流の速度 m/s	流下面積 m ²
2002/2/16	乾雪表層	3.5	0.15	24.4		23.0	4,217
2003/1/3 11:19	乾雪全層	2.9	0.18	31.4	23.4	31.4	25,965
2003/1/3 11:24	乾雪全層	38.9	1.74	34.7	22.0	13.1	38,035
2005/2/18	乾雪全層	4.4	0.17	22.8	12.7	17.6	8,881
2006/2/20	乾雪全層	28.4	1.03	39.8	25.3	22.5	22,664
2002/4/18	湿雪全層	7.0	0.78	32.3	19.4	22.2	26,700
2004/3/29	湿雪全層	89.6	2.14	41.7	30.5	36.5	26,704
2004/3/30	湿雪全層	39.4	1.18	36.9	21.4	27.1	24,205

しかし、最大振幅は図 2 にみられるように瞬間的な値であり、波形の特徴をあらわす数値として最適なものとはいえない。そこで、振幅の 2 乗平均平方根（RMS）を平均的な振幅とみなして再度速度との関係をプロットした（図 4）。その結果、最大振幅と同様に 2 乗平均平方根も最大または平均速度とのよい相関がみられた。これは、速度が大きい雪崩ほど、内部に含まれる雪塊や流動化した雪が地盤に与えるエネルギーが大きくなり、振動が増大するためと考えられる。

一方、雪崩の幅・高さや流下面積等については振幅との関係は明瞭ではなかった。

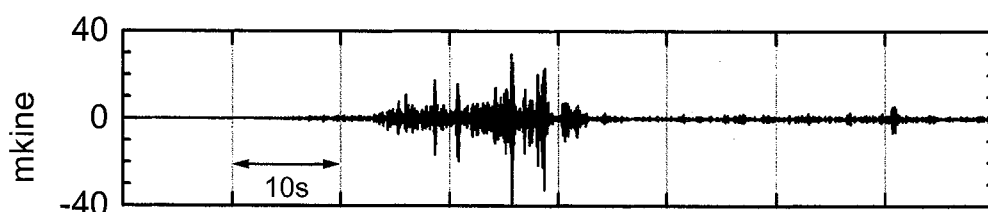


図 2 雪崩振動波形の例（2003 年 1 月 3 日 11 時 24 分，乾雪全層雪崩）

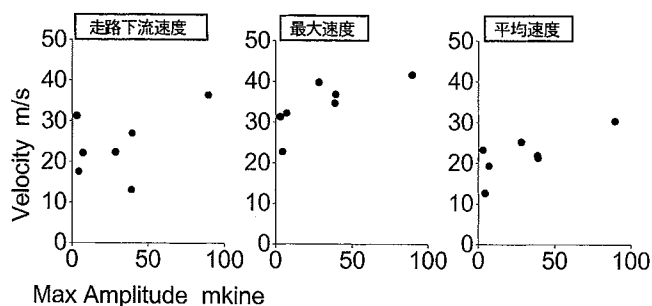


図 3 最大振幅と雪崩速度の関係
（左：走路下流の速度，中央：最大速度，
右：平均速度）

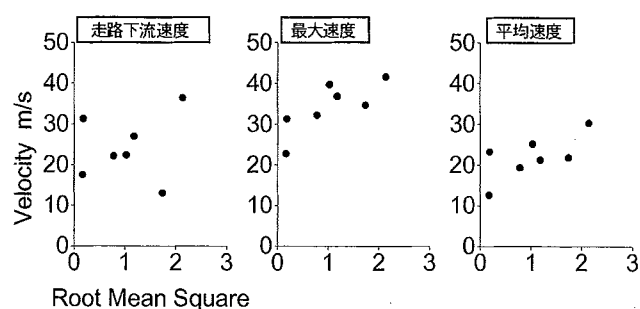


図 4 2 乗平均平方根と雪崩速度の関係
（左：走路下流の速度，中央：最大速度，
右：平均速度）

参考文献

- (1) たとえば Lawrence, W. St. and T. R. Williams (1976) J. Glaciology, 17, 521-526.
- (2) Surinach, E. et al. (2001) Ann. of Glaciology, 32, 268-274.
- (3) 今西伸行ほか (2004) 雪氷, 66, 3-10.
- (4) 花岡正明ほか (2007) 平成 19 年度砂防学会研究発表会概要集, 522.
- (5) 秋山一弥・武士俊也 (2003) 寒地技術論文・報告集, 19, 256-263.