

110 雪崩に関する気象観測と機構解説について

新潟県土木部砂防課 濑尾 克美

" 藤田 太子

" 高橋 幸彦

機 アルゴス 上石 熟

1.はじめに

昭和61年1月26日の棚口地区における雪崩災害をはじめとして新潟県は、過去に多く防ぐため、県では国庫補助を受け雪崩対策施設の整備を進めているが、危険箇所に対する対策として、冬期の気象観測を行っている。この調査は、雪崩の発生箇所での冬期の気象観測を行っている。

2.調査内容

2.1 調査場所

右図の4地区が調査対象箇所となっている(図-1参照)
過去の災害を紹介する。

- ①西頃城郡能生町棚口地区：昭和61年1月26日
死者13名、負傷者9名
- ②南魚沼郡塩沢町蟹沢新田地区：昭和59年2月8、9日
国道291号が不通
- ③東頃城郡松之山町蝦池地区：発生日不明
生活道路を塞ぐ
- ④新井市上椿本地区：明治時代に発生
人家一部破損



図-1 位置図

2.2 機構解説までのシステムについて

- ①気象観測システム(観測装置、図-2参照)

気温計、積雪深計、風速計を装着した支柱を設置する。おもな各地区における気温の変化項目によつては、柱の高さを1mから5mまである。気温は気温センサーを用いて測定される。積雪深計は超音波式であり、センサーを用いて音波を反射してセンサーに戻るまでの距離を測定してセンサーまでの距離と引きながら地図をかかせる。また、風向は矢羽根へ水平を測定するセンサーである。また、風速は風杯～発電機式である。

表-1 各地区的観測項目

| | 気温 | 風速 | 風向 | 積雪深 | ビデオ | カメラ | 振動計 |
|--------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 棚口地区 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | |
| 蟹沢新田地区 | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ |
| 蝦池地区 | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | |
| 上椿本地区 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | |

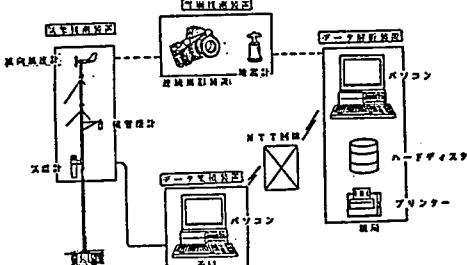


図-2 システム構成図

②データ収集装置

観測システムで観測されたデータは、子局のデータ収集装置にケーブルを通して伝送される。5秒おきにデータをパソコンが収集し、10分おきに集計する。

③データ転送装置

子局で収集、集計したデータを親局からの命令で、現在は1時間おきにNTT回線を通して転送する。

④データ解析装置

親局に転送されたデータは、後述する各予知式にリアルタイムに入力され、解析される。

- ⑤雪崩観測装置
- ・連続写真観測装置 バッテリーにより定期的に自動的に撮影を行う。最大で250枚まで撮影可能で、2時間おきに撮影している。
 - ・ビデオ撮影装置 撮影用カメラとビデオデッキから構成され、120分テープで10日間撮影できる。
 - ・地震計 地震計については、蟹沢新田地区に3箇所高感度地震計と呼ばれるものを設置している。これは雪崩の発生により生ずる振動を捉えようとしているものである。

3. 雪崩発生予測手法

今まで述べてきた手法とシステムを用いて、既存のいくつかの方法で雪崩発生の予測を検証してみた。以下にその4つの手法を示す。

I. 気象協会方式

前20時間の気象状況が次表のうちに該当するかどうか。

| 項目 | 内容 |
|------------------|----------|
| 時間積雪深の差 | 6~8cm以上 |
| 最低気温(離100mにおける) | -4~-2°C |
| 最大風速(10分平均風速の最大) | 6~8m/sec |
| 最大風速時の風向 | WNW~NW |

II. 新潟県治山課方式
表層雪崩発生の力学的メカニズムを根拠とした遠藤氏の手法をもとに雪崩避難体制の基準化をおこなったものである。
各地区的雪崩の発生点は傾斜45°とし、ランクに当てはまるかどうかの算定を行っている。

| ランク | 斜面勾配45° |
|---------------|--------------------------------|
| (1)極めて危険 | 降雪強度 4cm/h 以上 新雪深 60cm 以上 |
| (2)危険 (80%) | 降雪強度 3.2cm/h 以上 新雪深 50cm 以上 |
| (3)やや危険 (50%) | 降雪強度 2cm/h 以上 新雪深 40cm 以上 |

新雪深の算出方法
 ①積雪深が減少した場合(1時間の積雪深差≤0)
 は雪が終了と判断
 1時間毎の積雪深の増加中(積雪深差≤0)の現時点の積雪深-降雪量(增加量)-開始時の積雪深
 ②積雪深が減少する時間が12時間以上となった場合雪が終了と判断
 積雪深が減少中(積雪深差≤0)の時間が12時間となるまでは、降雪開始時の積雪深を更新しない。
 現時点の積雪深-降雪量(増加量)-開始時の積雪深

III. 長岡国道方式

$$X \text{ (危険指數)} = \min(P - P_0, Q - Q_0, R - R_0, S - S_0)$$

P : 先行時間内前積雪深
 Q : 先行時間内平均降雪量
 $(\text{先行時間前の積雪深} - \text{現在の積雪深})$
 R : 先行時間内平均気温
 S : 先行時間内平均風速
 のスケールの調整倍したもの

P_0, Q_0, R_0, S_0 は各種のスケール調整した最小値である。危険指數 0 以上が雪崩発生領域である。

| 気象要素 | スケール調整倍率 |
|------------------|----------|
| 先行時間内前積雪深(cm) | $1 = 1$ |
| 先行時間内平均降雪量(cm/h) | $m = 75$ |
| 先行時間内平均気温(-°C) | $n = 25$ |
| 先行時間内平均風速(m/s) | $t = 25$ |

IV. 判別分析法

建設省道路局、河川局、土木研究所において、雪崩発生事例と各種気象因子との相関を因子分析と判別分析の統計的手法で分析したものです。表層雪崩は湯沢地内、全層雪崩は新潟県の全域の雪崩発生判別式である。

表層雪崩危険指數

$$\begin{aligned}
 &= +5.9223 \\
 &+0.297 \quad (\text{発生日降雪量}) \\
 &+0.0003 \quad (\text{発生日積雪深}) \\
 &+0.0023 \quad (\text{発生前々日平均気温}) \\
 &-0.0277 \quad (\text{発生日最低気温}) \\
 &\text{全層雪崩危険指數} \\
 &= -4.0557 \\
 &+0.0776 \quad (\text{発生日降雪量}) \\
 &-0.0008 \quad (\text{発生前々日積雪深}) \\
 &+0.0263 \quad (\text{発生前々日・発生前日平均気温の和}) \\
 &-0.0356 \quad (\text{発生前日最高気温})
 \end{aligned}$$

4. 気象および前期観測の結果

4. 1 各地区における雪崩発生の確認

表-2 各地区における雪崩発生状況

| 发生年月日 | 震级 | 震中距 (km) | 震度 | 震源深度 |
|----------------|-------|-------------|-----|--------|
| 1931.2.22 9:26 | 强震 | 10 | 100 | 假虎岭北斜坡 |
| — | 0:28 | 强震 | 10 | 100 |
| — | 10:14 | 强震 | 10 | 100 |

| 年 月 日 | 地 点 | 高 度 (m) | 坡 长 (m) | 地 形 |
|-------------|--------|-----------------------|-----------------------|--------|
| 13.3.9 | 砾土 | 50 | 160 | 凹斜面 |
| 2.10 | 砾土 | 90 | 200 | 凹斜面 |
| 2. | 砾土 | 40 | 100 | 凹斜面 |
| 2.24 | 砾石 | — | 500 | 凹斜面体 |
| 3.3 | 砾土 | 30 | 120 | 凹斜面 |
| 2.6 | 砾石 | 80 | 500 | 凹斜面体 |

| 日本地区 | | | | |
|-----------|---------------------|-----------------|-------------|------|
| 年 月 日 | 气温 度数 摄氏 度 | 气压 高度 (m) | 风速 (m/s) | 天气情况 |
| 1993.3.25 | 摄氏 10 度 | 80 | 150 | |

總指揮官 副總指揮官 全軍公署 電信處

| 完成年月日 | 完成 高さ （m） | 完成 幅員 （m） | 完成場所 |
|----------|-----------------|-----------------|------|
| H3 1. 10 | | | タラサ |
| 1. 11 | 北 | 30 | 100 |
| 〃 | 北 | 40 | 80 |
| 14 | 東 | 30 | 200 |
| 17 | 北 | 30 | 180 |
| 19 | 東 | 50 | 150 |
| 20 | 北 | 20 | 180 |
| 21 | 北 | 100 | 180 |
| 〃 | 北 | 80 | 120 |
| 24 | 北 | 20 | 200 |
| 〃 | 東 | 80 | 200 |
| 26 | 北 | 40 | 200 |
| 26 | 北 | 10 | 120 |
| 2. 11 | 北 | 20 | 100 |
| 13 | 北 | 30 | 100 |
| 15 | 北 | 80 | 200 |
| 28 | 北 | 80 | 180 |

4. 2 气象データのまとめ

結果を示す。図は、地盤の構成層別に本部半分と、日本半島の各地区の年間平均気温と降水量を示す。

昭和57年冬期の降雪状況は、前回と類似している。

6 考察

5. 1 雪崩観測システム

① 力々

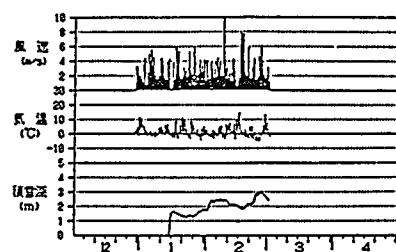
ならて時て、姫回
とかいがたは、当の
能力つぶがかま相義
可速に影逃し、が意
不り説揚り。えるに
がな判、揚るに捉あ常
影が真ずねでは非
撮、写え崩ら崩て、
はたく言曾え雪主り。
時度は考脅がおる
候。緒と模る表現して
天るめいるは言し雪主
思あた高小あで魔影と
びでもぐが区全撮る
よ点いしごく地はある
おれがす一田で崩て崩
問がし必ずけ新區探
夜の影はるる況地のこ
る撮) あい蟹池數る

②ビデオ一

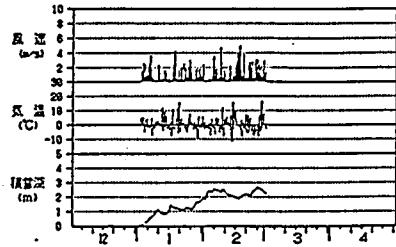
撮ア今に
時は見る。
天雪で影
候崩あるす
悪る点撮
びす利か
お發生がつ
問しるい
夜かきを
くしで崩
じ。察督
同い銀なる
ラとないで
メで小規模
なきま規
ルタは成
年は成功

◎ 地震計一

て雪と争る、あればれども、
しけ由小あるが、もどな
置だ理にがいいにらと
設度した際と用ら勤かこ。
にしるこのをね振ける
みに置する計うな振ける
のう設生す真い妙な分が
区よを発生地と微々見柄
地の計が発生のうの様を事
田5震崩がこより、かま
新一露雪び、て以やる
沢図。な一め立崩とあす
蓋はる模りた役官こで討
はは年い規クるに、る勤換
計今て大やき測しの更
震計、え、ただ応の更
地が捉は崩想。た反崩後
るをてな予知。に曾古



■ 一 三 銀測データ（柵口）



圖二八一 錄測三二名（船池）

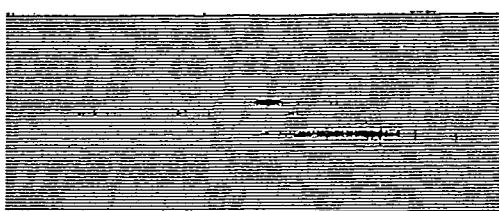


図-5 地震計が捉えた雪崩
(H3.2.24蟹沢新田地区)

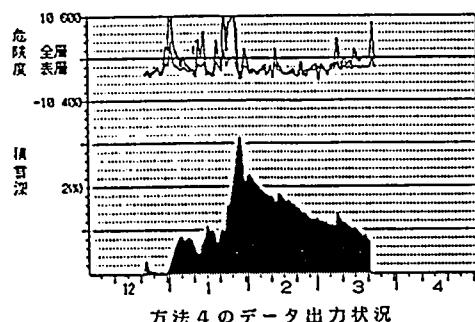
危険度対照グラフ

・方法Ⅰについて
危険度の指標が出来やすい傾向が強い。積雪が無くて風速が強かったりした場合の対策が今後の検討事項である。ここで対象としている4回の雪崩期に関しては危険度の表示のないときに発生している。今後は、降雪・積雪のデータに重みを持たすような手法を導入していきたい。

・方法Ⅱについて
①と②では新雪深のところの方が異なるが、降雪時間のどり万の短い方式①では4回の雪崩度合いが見逃すことになる。しかし、方式②では危険度の指標は低いが、発生した雪崩すべてにその指標が出ていている。単位時間当たり積雪深の増加量がこの方式のカギを持っているようなのでその点をさらに詰めていきたい。

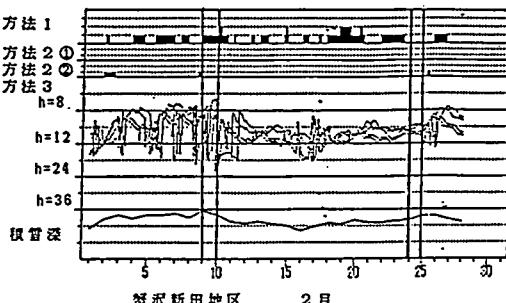
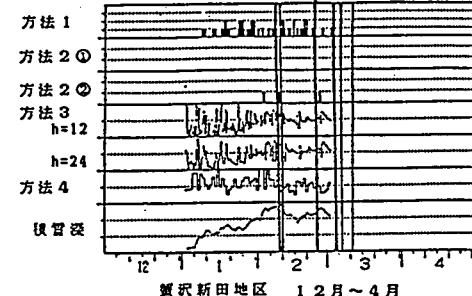
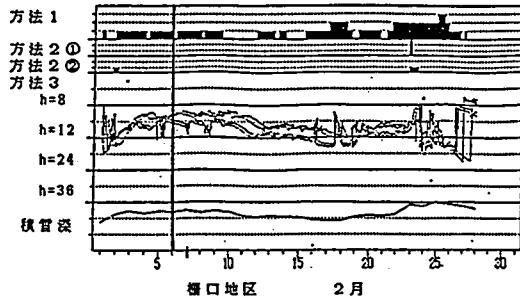
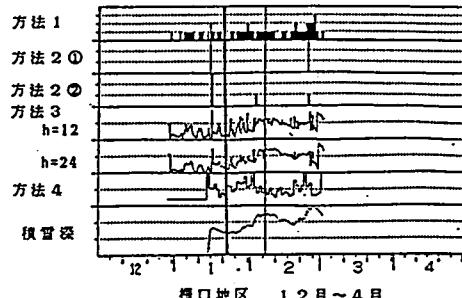
・方法Ⅲについて
雪崩発生時ににおいて蟹口地区、蟹沢新田地区それぞれ先行時間によって正負別々になっている。雪崩発生時に大きく正の値を示すのがねらいであるためさらに改善の必要がある。

・方法Ⅳについて
対象としている雪崩は共通して危険度が上昇している傾向が見受けられる。しかしながら実際には雪崩が発生していない場合でも危険度が高く示されてしまう。そのためには表層は湯沢地区内、全層は県内全域を対象として指標設定がされているため、各地域に適応するように変形させなければならない。



方法4のデータ出力状況

6. おわりに
各種の方法に関して、まだまだ改善すべき点が多いが、調査した結果、被害は無いにしろ確実に雪崩期は起つてゐる事が事実である。最近は小雪で雪崩に関する意識がもやや薄くなっているのが現状である様に思われる。今後もこうの調査を含め、多くの人々に雪崩の危険性を認識してもらう様努力していきたい。



参考文献

- 1) 新潟県治山課：表層雪崩に関する気象現況調査委託報告書，昭和62年3月
- 2) 新潟県治山課：表層なだれ危険箇所調査総合解析報告書，平成元年3月
- 3) 塩野，飯野：表層なだれの発生危険度に関する考察，昭和61年北陸地建管内技術研究会論文集
- 4) 建設省道路防災対策室，傾斜地保全課，土木研究所：雪崩発生の予知・予測に関する研究 p p 8～38，第43回建設省技術研究会論文集，平成元年11月