

全層なだれの予知に関する一実験

和 泉 薫*

An experiment concerned with the prediction of the ground avalanche

by

Kaoru IZUMI

(Abstract)

The snow pressure due to the gliding movement of a snow cover on a slope was observed at Avalanche Research Station, Toikanbetsu, northern Hokkaido, in the winter of 1975~1976.

Observations were carried out on the south-faced slope inclined about 30° and covered with bamboo bushes of 80~100 cm in height (Fig.1). The snow pressure against a wooden board (60 cm wide, 15 cm high, 1.9 cm thick) fixed rectangular to the slope was measured by use of a road-cell (Fig.2). And, the gliding movement of the snow cover was measured by use of glide shoes A-1~A-5 (Fig.3).

As shown in Fig.3, the snow pressure changed with time in response to the gliding movement of the snow cover. After it indicated the maximum value, the snow pressure changed like a saw-tooth wave. A crack was formed at the snow surface several meters below the road-cell and the glide shoe A-2, 10 p.m., Jan.28 (Fig.4). After the crack formation, the snow pressure diminished exponentially to three quarters of the maximum value. Part of the snow cover from the crack downwards fell down in the form of a ground avalanche on Jan.29. Hidden cracks were found out on a pit wall of the snow block which remained not avalanching below the crack (Fig.5).

It is considered from these observations that the saw-tooth wave type changing of the snow pressure was caused by the stress alternation within the snow cover due to the formation of hidden cracks. Therefore, it may be possible to predict a crack formation at the snow surface before ground avalanching by means of such a simple apparatus for measuring the snow pressure.

い ま え が き

北海道北部の天塩郡幌延町字間寒別には、北海道大学低温科学研究所の雪崩観測実験室があり、ここで斜面の雪の性質、積雪内部の歪・歪速度、積雪のグライド機構などに関する研究が行われている。この付近は稜線高度 200~300m 程度の低山地で、稜線の方向はほぼ東西のものが多い。北向き斜面はトドマツ、

*新潟大学積雪地域災害研究センター

ダケカンバ、ミズナラ等の林であるが、南向き斜面は地表面上1 m程度のチシマザサからなる笹地で、所々灌木が点在する。この笹地の南向き斜面は、融雪末期までほとんどすべての場所で全層なだれが発生し地面が露出するなだれ常習地である。

全層なだれの発生の様子は、まず発地上縁にクラック（雪割目）が入り、その後ある時間経てそこから下部が崩落する（成田他，1974）。極端な場合は、クラックが入るとすぐになだれが発生する。このように、全層なだれ発生の危険と密接に結びつくクラックがいつ積雪表面に現われるかは、全層なだれ予知との関連から、重要な問題である。

そこで、雪崩観測実験室近くの南斜面の地表面付近に測定装置を固定し、全層なだれの原因として重要な積雪のグライドによって加わる雪圧を連続記録し、クラックの発生との対応を調べた結果を報告する。

II 測定方法

斜面積雪は重力により微速ながらたえず斜面下方に移動しており、これを積雪のグライドと言う。このグライドによって斜面上の樹木や構造物には大きな雪圧が加わる。また、斜面下方のグライドが進行すると、斜面上方の積雪に張力が働き引張り破壊強度を超えたところでクラックが生ずる。このクラック発生の際には、必然的に積雪内部の応力状態に変化が生ずるはずであるから、雪圧にも変化が現われることが考えられる。

そこでこれを捉えるため、雪崩観測実験室脇の斜面方向にも等高線方向にもほぼ一様な、傾斜30°程度の南向き笹地斜面（図-1）の尾根から14 m下方に図-2に示す装置をセットし、この装置に加わる雪圧を測定した。なお、クラックは毎冬この装置の下方付近に発生する。この装置は、まず長さ90 cm、直径6.7～7.6 cmの松の杭を等高線に沿って斜面に垂直に深さ70 cm程度打ち込み、間に支持用の木板（幅60 cm高さ15 cm、厚さ1.9 cm）を渡し、それに0.5 ton用のロードセルと圧痕計を取り付け、これらを挟むように支持板と同じ大きさの受圧板を取り付けた簡単な装置である。雪圧によってロードセルに加わる荷重は

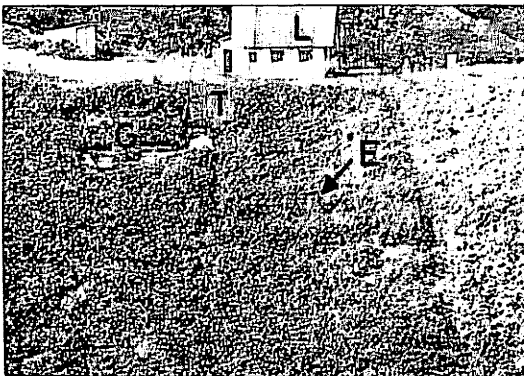


図-1 南向実験斜面の状況

E：実験装置セット部分，G：グライド計
L：雪崩観測実験室，T：観測やぐら

Fig.1 View of the experimental south-faced slope

E：Experimental site，G：Glide meter
L：Avalanche Research Station
T：Observation tower

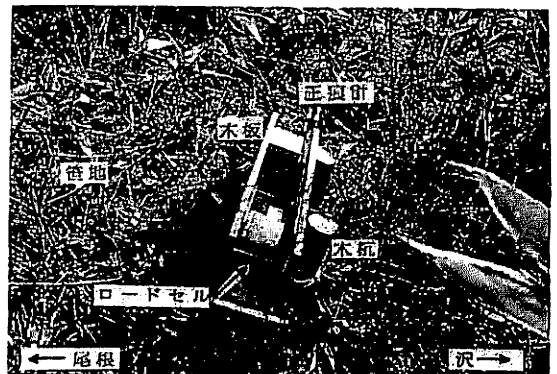


図-2 グライドによる雪圧の測定装置

Fig.2 Apparatus for measuring snow pressure due to snow gliding

ロードセル：Load-cell，圧痕計：Penetrometer (steel cone aluminium type)，木板：Wooden board，木杭：Wooden post，笹地：Bamboo bushes (Left-hand side……Ridge，Right-hand side……Valley)

雪崩観測実験室内のラストラックレコーダーに自記記録させ、随時静的歪計により値の更正を行った。なお、この装置自体に過大な雪圧が加わり破損することを防ぐため、80 cm 斜面下方の等高線方向に沿って1 m間隔に6本の木杭(長さ1 m)を70 cm程打込み、雪圧を分担させた。この木杭の両端には塩化ビニール製パイプを縛り付け目印とした(図-3)。

また、図-3中のA-1~5は、秋田谷が設置したソリ型グライド計の位置を示す(遠藤他, 1976)。

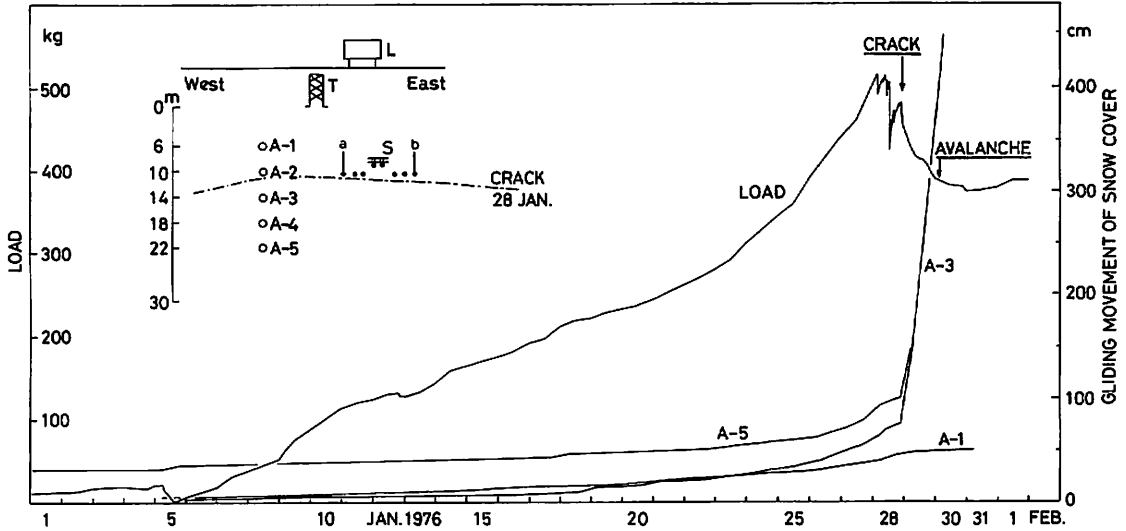


図-3 雪圧による荷重と積雪のグライド量の変化

Sは雪圧測定装置, A-1~5はグライド計, a・bはビニールパイプ, 黒丸(●)は木杭, 一点鎖線は1月28日22時に発生したクラックの位置を示す。クラック下方の雪は1月30日全層なだれとなって崩落した

Fig.3 Change of load by snow pressure and gliding movement of snow cover

S : Apparatus for measuring snow pressure , A-1~5 : Positions of glide shoes , a・b : Vinyle chloride pipes , (●) : Wooden posts

Ⅲ 測定結果

1975 - 1976年冬期の積雪量は例年に較べてかなり少なく、雪崩観測実験室脇の南向き斜面では、1月中旬でもまだ笹が積雪表面に出ている程で、冬期間の最大積雪深も1 m程度であった。このため全層なだれが目立って発生し始めたのは1月28日以降で、それでも前冬期の同時期と比べ約半数に過ぎなかった(成田他, 1974)。

図-3に示した曲線A-1, A-3, A-5はその地点での積雪のグライド量を表わしている。この年の根雪は12月16日で、そのころから僅かずつではあるが積雪は斜面をグライドし、1月25日頃からしだいにその速度を増した。そして1月28日22時には、A-2と雪圧測定装置のすぐ下方の積雪表面にクラックが斜面を横断するように入った(図-4)。このあとクラック下方にあたるA-3~5のグライド量は急増し、1月30日にはクラック下方の雪が一部を残して全層なだれとなって崩落した。

一方、雪圧の方は図-3のロードセルの荷重で示されるように、グライド量と対応して徐々に増加し、1月25日頃から増加の割合も大きくなって1月28日3時に最大値515 kgを記録した。ロードセルと並列に雪圧を分担する圧痕計の荷重は融雪後調べた結果775 kgを示し、ロードセルのピーク荷重よりかなり大きかった。これは測定方法の違いによると考えられるが、この差を無視し二つを平均して最大荷重とすると、

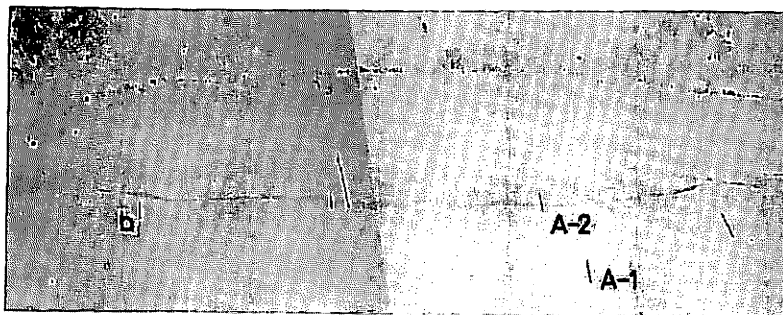


図-4 1月28日22時に発生したクラック
観測やぐらから1月29日に撮影。ポールa, bの間に雪圧測定装置がある。グライド
計A-1~2はそれぞれポールの下に埋っている

Fig.4 A crack formed at the snow surface under vinyl chloride pipes (a, b)
and glide shoe A-2, 10 p. m., Jan. 28

(Photo taken from the observation tower, Jan. 29)

受圧板に加わった最大雪圧は 14.3 ton/m^2 となる。

雪圧は最大値を記録したあと鋸歯状に変化し、1月28日22時 積雪表面にクラックが発生すると指数関数的に減少して最大値のほぼ $3/4$ 程度に落ち着いた。すなわち、最大値の $1/4$ がクラック発生により解放された雪圧で、この分がクラックより下方の積雪のグライドによる張力と考えられる。また残り $3/4$ は、主に装置より上方の積雪による圧縮力と考えられる。すると、最大値記録後の雪圧の鋸歯状変化は、クラックより下方の積雪内部での応力変化によって生じたものと推定される。

そこで、クラックによって上部と切り離された積雪のうち、1月30日の全層なだれで崩落せずにブロック状に残っていた積雪を数日後、最大傾斜線方向に断面を切って調べてみた。図-5にこの積雪断面を示す。写真右手が斜面上方で、Aが1月28日22時に発生したクラックの下側にあたる。写真左手が斜面下方で、積雪ブロックの下端から下方が全層なだれとなって崩落した。積雪ブロック表面及びクラック間(A)

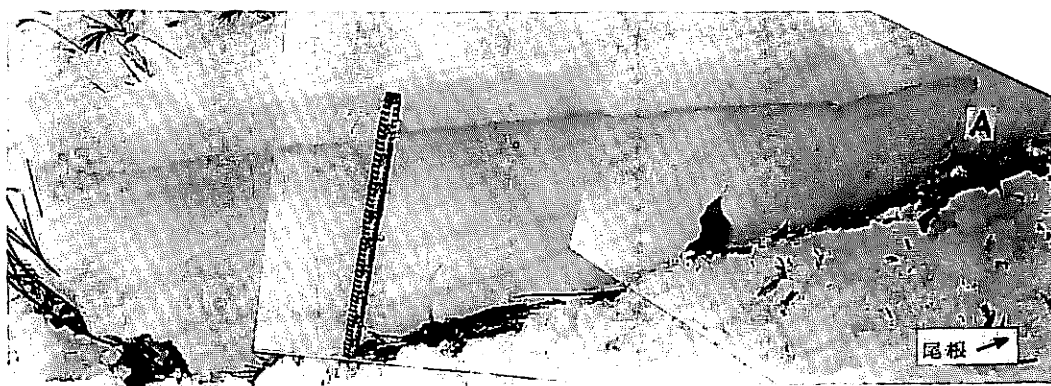


図-5 クラック付近に内部クラックのある積雪断面
クラックAの発生後、この積雪ブロックを残して下方がなだれ落ちた。その後、Aの部分
及びブロック上面に白く見える積雪が堆積した

Fig.5 Hidden cracks exposed on a pit wall of the snow block which remained
not avalanching below a crack (A)

(Left-hand side Valley, Right-hand side Ridge)

の部分)を埋める新雪はクラック発生後堆積したもので、この際関係がない。この積雪断面を見ると、地面向かって開き雪面上に到達していない内部クラックが13と印した所の底部に二つ、14と印した所の底部の一つ見られる。このような積雪底面で発生する内部クラックは、斜面積雪の断面にかなり多く見られる(遠藤他, 1977)。これら内部クラックがどのような機構で形成されたのかは不明であるが、これらが形成されることによって積雪内部の応力状態に変化がもたらされたことは事実であろう。よって、内部クラックの形成が張力の変化を引き起こし、雪圧の鋸歯状変化となって現われたものと考えられる。

これら内部クラックは雪面上から発見できず、発達して斜面の広範囲にわたって積雪表面に現われた時始めてクラックとして認識される。クラックが積雪表面に現われてから全層なだれとなって崩落するまでの時間はまちまちであるが、1~2時間のこともある(遠藤他, 1976)。この場合クラックが確認されてからでは避難、通行止等のなだれ対策が遅い場合があり、悪天候や夜間の時などクラックの発生したとさえ発見されない。斜面積雪にクラックが発生しそうな危険状態にあることが事前に予知されるなら、全層なだれの防災上有意義である。この点、上記のような簡単な装置で、積雪表面にクラックが現われる前に、雪圧の鋸歯状変化によって内部クラックの発生及びそれらの積雪表面への発達の危険性が捉えられる可能性のあることは意味があろう。ただし、毎年クラックの入るおおよその位置は経験的に把握している必要がある。

Ⅳ ま と め

全層なだれ常習斜面の毎冬クラックが発生する位置よりわずか上方において、地表面付近に固定した装置で積雪のグライドによる雪圧を測定した。その結果装置より斜面下方の積雪内部における応力状態変化を捉えることができ、これが積雪底面で発生する内部クラックと対応していることが推定された。この内部クラックの発生は、全層なだれ発生前の危険な積雪状態を示すことから、このような簡単な装置による全層なだれ予知の可能性が示唆された。

この実験は、わずか一例で未知の部分が多いため、さらに実験、観察、資料収集の積み重ねが必要である。また、北海道北部と雪質、積雪量、斜面植生の違う北陸地方への適用が興味ある課題である。

最後に、この実験に関して御指導・御助力下さった北海道大学低温科学研究所 藤岡敏夫教授、清水弘助教授、秋田谷英次講師、成田英器助手、遠藤八十一助手、ならびに御協力下さった北大天塩演習林の方々に対し心から感謝の意を表します。

なお、この研究の費用は文部省雪崩特別事業費から支出された。

文 献

- 遠藤八十一・秋田谷英次(1976):斜面積雪の挙動の研究Ⅵ-「こぶ」状起伏の形成とその機構-,低温化学,物理編, 34, 99-100.
- 遠藤八十一・秋田谷英次(1977):笹地斜面における積雪のグライド機構Ⅰ,低温科学,物理編, 35, 91-104.
- 成田英器・清水 弘(1974):雪崩観測実験室附近のなだれ分布Ⅲ,低温科学,物理編, 32,資料集, 40-54.