



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	斜面積雪の挙動の研究 XVIII : 融雪期における斜面積雪のグライド速度とクラックの発生
Author(s)	秋田谷, 英次; AKITAYA, Eizi; 遠藤, 八十一 他
Citation	低温科学. 物理篇, 43, 49-57
Issue Date	1985-03-18
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18499
Type	departmental bulletin paper
File Information	43_p49-57.pdf



斜面積雪の挙動の研究 XVIII*

—融雪期における斜面積雪のグライド速度とクラックの発生—

秋田谷英次・遠藤八十一

(低温科学研究所)

(昭和59年10月受理)

I. ま え が き

北海道の山地では、全積雪期間を通じて、全層雪崩が発生する。本報告では、このうち、融雪期の全層雪崩の発生と、斜面方向の積雪の流動との関係を取扱う。

斜面に積った雪は、地表面でゆっくりと滑っていることが多く、これをグライドと呼んでいる。全層雪崩の前駆現象として、まず、斜面に雪の割れ目(クラック)が発生する。斜面上の積雪が不均一なグライドをすると、ある部分では、雪は斜面方向に引き伸ばされ、別の部分では圧縮される。雪の伸びが急に進行すると積雪には伸びの歪速度に対応した張力が附加され、積雪の中の斜面方向に以前からあった引張応力と、附加応力との和が雪の強度を越えると、雪は破壊し、クラックとなる。筆者等は、これまでも実験斜面でグライド量を測定し、グライドの進行過程、クラック発生時の雪の歪やグライド機構について調べてきた(1-7)。

全層雪崩の予知には、前駆現象であるクラックが、いつ、どこで発生するかを知る必要がある。この研究は、一つの斜面で測定されたグライドが場所及び時間により、どのように変化し、クラックの発生にいたるかを調べ、寒冷地で発生する全層雪崩予知の基礎資料を得るためになされた。

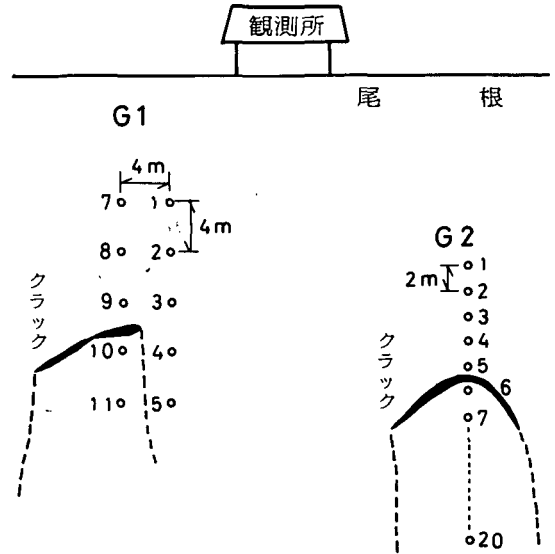
II. 観測場所と観測方法

観測場所は、これまでもグライド量の測定がなされた、北海道北部の山中で、雪崩観測所のある南斜面である。斜面は全長が約200mで、高さ60~100cmの笹におおわれ、所々に小灌木が生えている。グライド計を設置した場所の傾斜はほぼ35°、大きい起伏はないが、小さな凹凸、数m²程度の笹の多い部分、少ない部分の点在した場所である。グライド量の測定器には、10回転で1kΩのポテンショメーターを用い、回転軸に、円周24cmで10回転分だけ糸を巻いたプーリーを取付けた。したがってグライド量の測定範囲は0~240cmで、最小読取値は1mmである。測定器は容器に入れ、雪の降る前に地面に固定した。1983年12月20日に、50cmあまり雪が積ってから、地面から10~15cmの高さの雪の中に、幅15cm長さ25cm、目の間隔1.5cmの金網を入れ、あらかじめ測定器から外に出しておいた糸に結んだ。以前のグライド量の測定に

* 北海道大学低温科学研究所業績 第2676号

は、金網のかわりに、アルミ製のそりを用い、雪の降る前に地面に置き、測定器と結んでおいた。しかし、そりと地面との摩擦や、そりが雪と共に移動して、そりが地面の凹部にきたとき、雪が地面から離れ、そりが雪から脱落する恐れがあるため、金網を雪の中に埋没することにした。ポテンシオメーターの抵抗値は、コンピュータ制御によるデータ集録装置の磁気テープに1時間毎に記録した。クラックの発生までは、グライド量は徐々に増加し、1日のうちで急に変化することはないので、この報告では、1日1回の読取値で観測データを整理した。クラックの発生や雪崩のおおよその位置と時刻を知るため、向い斜面に8ミリカメラを取付け、30分毎の撮影をおこなった。

第1図には、向い斜面から見たグライド計の設置場所と配置ならびにクラックの位置を示した。G 1には10個のグライド計を2列に、G 2には、20個のグライド計を1列に配置した。G 1は等高線方向と斜面の最大傾斜方向の、G 2は最大傾斜線方向のみのグライド量の変化を調べるために設けた。なお、8ミリカメラによると、G 1では3月17日に第1図に示した位置にクラックが発見されたが、3月19日には吹雪で埋まり、見えなくなっていた。G 1では4月5日に再び同じ位置にクラックができ午後には雪崩となった。G 2では4月10日夕方にクラックができ翌11日正午頃に雪崩が発生した。



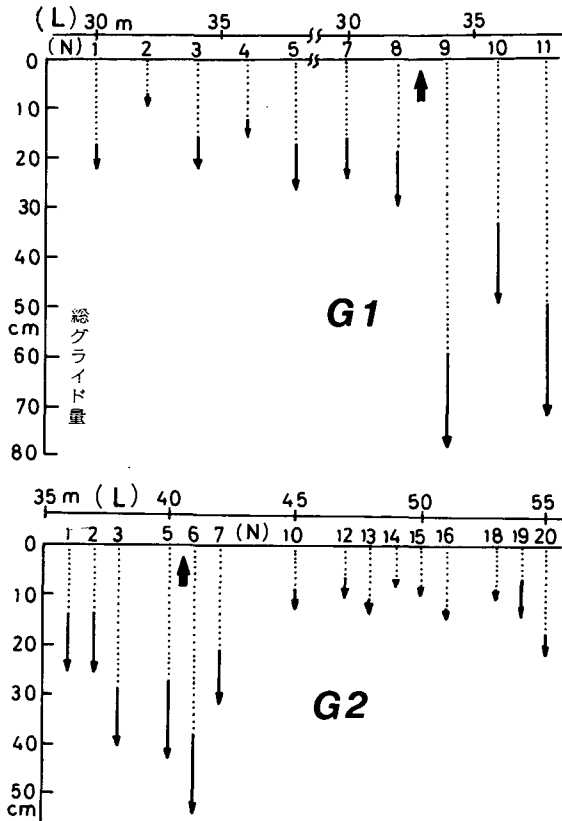
第1図 グライド計の設置場所と配列
クラックの下の破線で囲まれた範囲の雪が雪崩となった。クラックの形状は雪崩が発生する直前のもの(8ミリフィルムより)

Ⅲ. グライド量の分布

グライド量が斜面上の場所により、又時間によりどのように変化したかを第2図に示した。図の横軸には、グライド計の番号(N)と尾根からのおおよその距離(L)を示した。G 2に設置した20個のグライド計のうち、5個はポテンシオメーター又は配線の不良のため、データが得られなかった。それらは図では欠番となっている。太い矢印はクラック発生位置を、点線は冬の始めから、クラック発生10日前までの総グライド量を、点線に続いた矢印は、クラック発生前10日間のグライド量の大きさを示した。

G 1ではグライド番号9, 10, 11が、G 2では3, 5, 6, 7が全期間を通して大きなグライド量を示している。G 1の2, 4, G 2の10~19のグライド量は全期間を通して小さく、グライド量の大きな領域と小さな領域に分けることができる。又グライド量の大きな領域は冬の始めからグライドしやすかったことになる。

斜面形状、植性、積雪状態に著しい差異は見当たらないので、この実験斜面でのグライドは、斜面や積雪状況の小さな差異にもとづく、局地的現象と考えられる。G 1, G 2とも、クラック



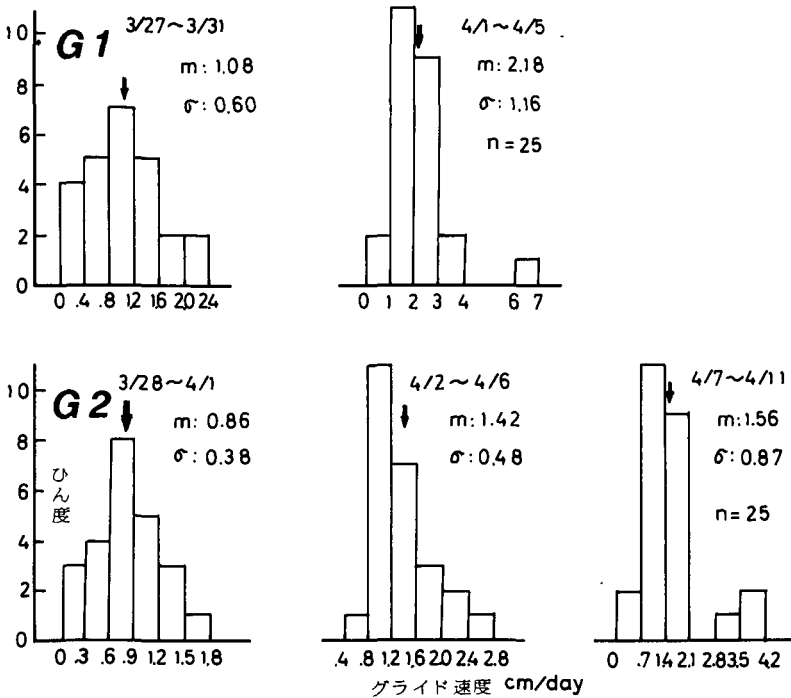
第2図 グライド計毎の総グライド量
 初冬（12月20日）からクラック発生まで、
 太い矢印はクラック発生位置、点線は初冬
 からクラック発生10日前までのグライド量、
 点線に続く矢印は発生前10日間のグライド量、
 N； グライド計番号， L； 尾根からの距離

のすぐ下の総グライド量が一番大きく、G 1では78 cm、G 2では54 cmとなっている。笹地斜面では、ほぼ笹の長さだけグライドが進行すると、速度は急に大きくなり、クラックが発生するという遠藤の理論と一致している。

IV. クラック付近のグライド速度の分布

グライドが活発になってきた3月10日以降について、全グライド計の1日のグライド量（グライド速度 cm/day）をみると次のような特徴があった。G 1、G 2ともグライド速度の平均は1 cm/day以下、平均に近い値の出現頻度より、0に近い値の出現頻度ははるかに大きい、小さな速度は連続的に出現しているが、大きなものは、とびとびに出現している。

クラックの形成には、小さな速度のグライドは影響がないので、クラック付近の大きな速度のものを取扱う。G 1では7～11、G 2では2～7の各々5個所のグライドにつき、5日毎の速度の頻度分布を求めた。G 1はクラック発生前の10日間を2期に、G 2では15日間を3期に分割した結果を第3図に示した。図によると最初は平均に近い速度のものが一番多く、それよ



第3図 グライド速度の頻度分布
クラック付近のグライドの大きな5個について、 m ; 平均グライド速度 cm/day (矢印),
 σ ; 標準偏差

り小さなもの、大きなものは次第に少くなり、ほぼ左右対称の分布をしている。クラック発生時期に近づくと、平均値は大きくなり、又左右対称の分布の形はくずれ、少数の速度の大きなものが現われている。すなわちクラックの発生時期には、速度の大きい側にバラツキが生じ、標準偏差が大きくなったことになる。グライド速度のバラツキが大きければ、隣り合った2点の間にある雪の伸びも大きくなり、破壊の機会は増すことになる。グライド速度の平均値と標準偏差に注目し、同一斜面の数個所のグライド速度の分布から、クラックの発生を予知できる可能性がある。

V. グライド速度の差から求めた雪の歪速度

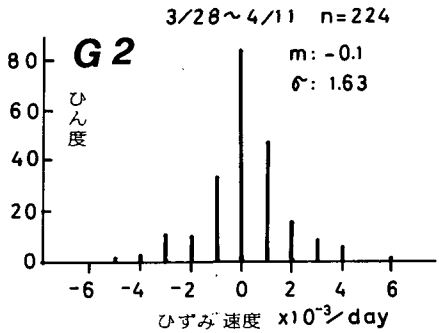
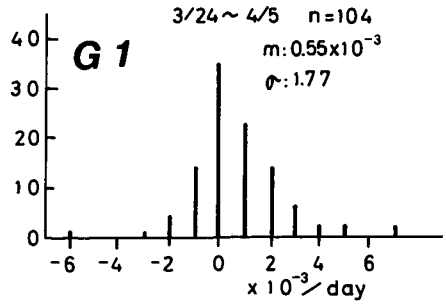
隣り合う2地点のグライド量が大きくても、その大きさが等しければ、その間の積雪は伸びも縮みもせずに斜面を移動したことになる。積雪の引張破壊が起るためには、グライドにより $10^{-2}/\text{day}$ 程度の歪速度が必要なことが以前の観測で明かにされている。そこで2地点のグライド速度の差からこの長さの間の平均歪速度を求め、それがクラック形成までどのように変化したかを調べた。グライドが大きくなり始めてから (G1では3月24日, G2では3月27日から), 全てのグライド計の斜面方向に隣り合う2地点のグライド速度の差から歪速度を求め、その分布を第4図に示した。

ただし、グライド計の斜面方向の間隔は、G1では約4m, G2では約2mである。した

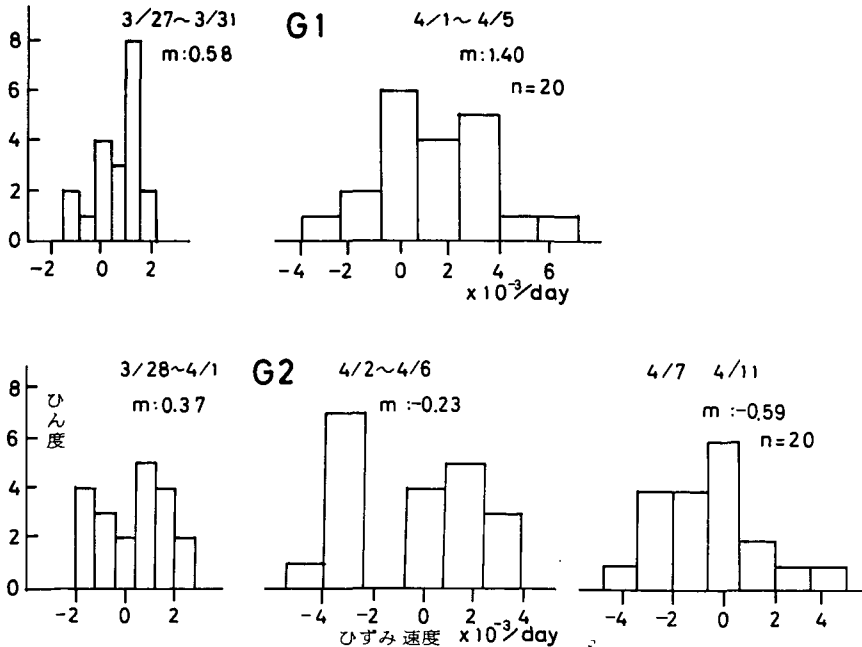
がって、ここに求めた歪速度は、G 1 では 4 m, G 2 では 2 m の長さの雪の平均歪速度である。

G 1, G 2 とともに大部分の平均歪速度は 0 に近く、分布の形はほぼ左右対称である。グライドが活発になってからも、グライド計を設置した範囲の雪は斜面方向に伸びも縮みもせずにグライドしている部分が一番多い。又、引張、圧縮も絶対値の大きなものは出現頻度は少ない。グライド計を設置した場所は斜面の上部に位置し、一般には引張領域と考えられているが、この観測結果では、歪 0 のものが最も多く、圧縮領域もあり、特に引張が卓越しているわけではない。

次にクラック発生点付近の 5 個所のグライド量から、発生前 (G 1 は 10 日, G 2 は 15 日) の歪速度の出現頻度を 5 日毎にまとめ、その分布を第 5 図に示した。歪速度の平均は、G 1 ではクラック発生時期に近づくと、引張の値がやや大きくなる。しかし、G 2 では、最初は伸びであるが、クラック発生時期に近づくと、わずかに圧縮となり歪のバラツキは後



第 4 図 グライドによるひずみ速度の頻度分布
 全部のグライド計について (G 1 は 10 個,
 G 2 は 15 個), 歪速度のプラスは引張、マイナ
 スは圧縮



第 5 図 クラック付近の歪速度の頻度分布
 5 個所のグライドデータを用いた 5 日毎の
 頻度分布

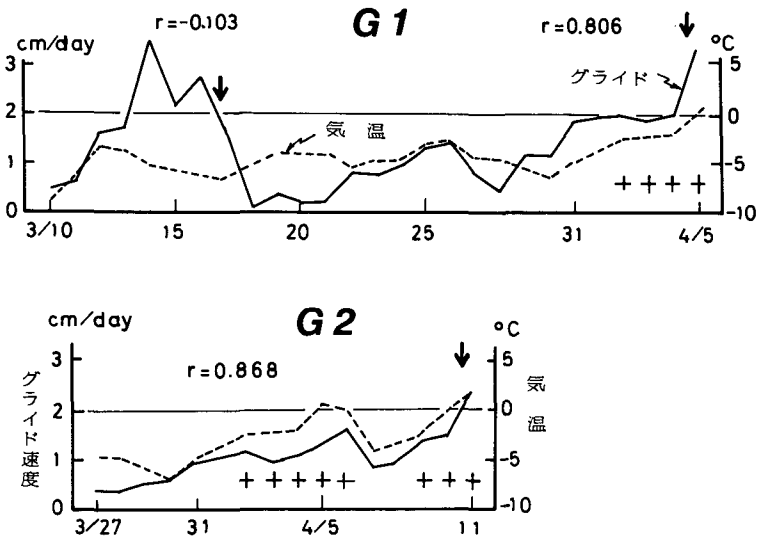
半程大きくなっている。

歪速度の平均は勿論、バラツキの最大の引張の値も、これまでに得られた破壊条件 (10^{-2} /day) よりは小さい。

VI., グライド速度と気温

北海道では、厳冬期には、積雪の温度は 0°C 以下でグライド速度は小さい。春になって気温が上昇すると、グライド速度は次第に大きくなり、やがて融雪期の全層雪崩が発生するようになる。ただし、全層雪崩は融雪期のみにおこるわけではない。はじめに述べたように、今は融雪期の全層雪崩をしらべるために気温とグライドの関係を第6図に示した。

第6図はクラック付近の5個所の平均グライド速度と、日平均気温である。G 1 では、3



第6図 グライド速度と平均気温の関係
 r は両者の間の相関係数、矢印はクラック発生を示す、+の記号は最高気温がプラスになった日

月10日過ぎに一度グライド速度は大きくなり、17日には、8ミリフィルムにより、クラックが観察された。その後速度は小さくなり、やがて吹雪でクラックは完全に埋もれてしまった。この時期の気温をみると、最初の2日間は気温が上昇し、グライド速度も増加した。その後は気温が低下傾向にあるが、速度は大きくなっており、気温と速度の間には相関は見られない。

G 1 では、3月下旬から気温が上昇し、最高気温がプラスの日が続き、グライド速度は増加した。両者の相関係数は0.81であった。G 2 では、G 1 の後半と同様、3月末からの気温上昇期にはグライド速度も増加し、その後の気温低下、上昇につれて速度も変化した。(相関係数0.87)。G 1、G 2 とも融雪が進んでからの気温とグライド速度の相関は良いが、G 1 の前半に見られるように、気温が低い時期にも、速度が増加する場合もある。この実験斜面一帯では、これまでも、2月下旬で気温が低く、雪温がマイナスの場合にも、クラックの発生と全層雪崩をみることがある。すなわち、クラックの発生や全層雪崩には、融雪型と非融雪型との

2種類があることになる。

Ⅶ. ま と め

全層雪崩の前駆現象であるクラックの発生を予知するため、一つの実験斜面上に30個のグライド計を設置し、その場所的、時間的变化を調べた。

これまでに述べた観測結果をまとめると、融雪期の斜面積雪のグライド量については、次のようになる。

1) 総グライド量について

グライド計が適正な位置（最もグライドの大きな位置）にあれば、1個のグライド計からもクラックの発生位置と時間が予知できる。すなわち、総グライド量が数10 cm 程度（斜面の笹の長さ）になったとき、その近くでクラックが発生する。

2) グライド速度について

グライドの大きな領域内で観測した数点のグライド速度の頻度分布は、クラック発生以前には、平均値付近にピークをもつ、左右対称の分布を示すが、クラック発生の直前には、不連続的に大きな値をとるようになる。

3) 歪について

クラック付近にある数個のグライド計を用い、隣接した2個所のグライド量から雪の斜面方向の歪を求め、その頻度分布を求めると、平均値は必ずしも引張となっていない。長さ10数 m の範囲内でも、引張の部分と圧縮の部分が入り混っていることになる。クラックの発生時期に近づくとき歪のパラッキが大きくなる（第5図）。1)～3)に述べたことは、グライドの局地性を表わすもので、斜面、植性、積雪の小さな差異の反映と考えられる。特に今回の観測のように、積雪深が小さく（クラックの発生時期には60～80 cm）、強度の小さなぬれ雪では、斜面状況の小さな変動を敏感に反映していると考えられる。

4) グライド量と気温との関係

G 1, G 2 とも融雪が進んでからは、気温の上昇につれてグライド量の増大、クラックの形成、なだれの発生と連続的に進行した（第6図4月以降）。しかし、G 1では3月中旬に気温の上昇があまりないのに、グライドの増大、クラックの形成、グライドの減少と進み、その後の吹雪でクラックは埋れてしまった。このように外的要因が急変しなくても、グライドが進んだり止ることがある。クラックや雪崩が突発的に発生することがあるが、原因は明らかでない。

終りにこの研究に関して御指導、御協力下さった雪害科学部門の方々、ならびに御協力下さった北大天塩地方演習林の方々に、深く感謝いたします。

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

- 1) 秋田谷英次 1974 斜面積雪の挙動の研究 III. 一接地面での雪の移動 (グライド)一. 低温科学, 物理篇, 32, 97-104.
- 2) 秋田谷英次 1975 斜面積雪の挙動の研究 V. 一斜面積雪のグライドとクラックの発生;1974-1975冬一. 低温科学, 物理篇, 33, 103-108.
- 3) 遠藤八十一・秋田谷英次 1976 斜面積雪の挙動の研究 VI. 一「こぶ」状起伏の形成とその機構一. 低温科学, 物理篇, 34, 99-110.
- 4) 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, 物理篇, 35, 91-104.
- 5) 遠藤八十一 1980 笹地斜面における積雪のグライド機構 II. 低温科学, 物理篇, 39, 81-89.
- 6) Endo, Y. and Akitaya, E. 1978 Glide mechanism of a snow cover on a slope covered with dwarf bamboo bushes. In Deuxieme Rencontre Internationale sur la Neige et les Avalanches, 1978, Grenoble, France. ANENA 71-80.
- 7) Yasoichi, Endo. 1983 Glide Processes of a Snow Cover as a Release Mechanism of an Avalanche on a Slope Covered with Bamboo Bushes. Contributions from the Institute of Low Temperature Science, A, 32, 39-68.

Summary

Snow glide on the slope was investigated at Avalanche Research Station at Toikanbetsu, northern Hokkaido, in the winter of 1983-84. The southern slope, where glide motion was observed using glide shoes, has an inclination of about $30^{\circ}\sim 35^{\circ}$ and was covered with bamboo bushes of 60~80 cm in height. The snow depth was less than 100 cm throughout the winter season. In this region ground avalanches occur frequently in spring; and cracks are observed on the snow cover as premonitory symptoms of an avalanche. This paper describes a glide motion from the beginning of the winter to the formation of cracks.

The arrangement of measuring points of snow glide divided into two groups G1 and G2 is shown in Fig. 1. An 8-mm interval motion picture camera was placed at a point at the opposite ridge so that the movement in the area around G1 and G2 was recorded automatically and consecutively. The analysis of the pictures taken disclosed that cracks were formed on 5 April at G1 and on 11 April at G2 and that at each group a ground avalanche occurred several hours after the crack formation, as shown in Fig. 1.

Shown in Fig. 2 is the glide distance as well as the distance from the ridge and the shoe number. A dotted line shows the glide distance from the beginning of the winter to ten days before the date when the crack was formed, whereas a thin arrow continuing from the end of the dotted line represents the glide distance during the ten days prior to the date of the crack formation. A thick arrow shows the approximate position of each crack. It is found from the figure that glide motion progressed locally and each crack occurred when the total distance of glide reached to the height of bamboo bushes on the slope as mentioned by Endo (1983).

Frequency distribution of glide speed measured by five glide shoes near the crack, every five days, are illustrated in Fig. 3. The amount of scatter in glide speed increased, as the date approached to the date of crack formation and the mean glide speed increased. The wide scatter in glide speed means that the probability of a tension crack on the snow cover, caused by the difference in glide speed, in-

creased with increasing time duration.

Frequency distribution of strain rate, calculated from the difference in glide speed between two neighbouring glide shoes, using all the glide data and the five glide data near the crack, is shown in Figs. 4 and 5, respectively. The large portion of the frequency distribution of strain rate is almost zero; and tension and compression appear to be almost of the same order (Fig. 4). The strain rate is scattered. The mean strain rate is not always positive (tension) because the negative rate (compression) is seen despite that the date of the crack formations approaches.

The mean glide speed observed near the crack against the mean air temperature is shown in Fig. 6 and the correlation coefficient more than 0.8 is obtained during the period from the end of March to April. Melting of snow makes the whole snow cover on the slope wet in this period.