

地すべり崩積土の亀裂と氷河の亀裂の比較

藤田至則*

Comparison between the cracks of landslide debris blocks and glacier cracks

by

Yukinori FUJITA

(Abstract)

The cracks of landslide debris blocks show some displacement like those observed in faults. As the plane of cracks on the upstream side is tilted downstream-ward and the overlying block rotates toward the downstream, the original ground surface inclines toward the upstream. The cracks on the downstream side have a reverse sense, so that the original ground surface inclines toward the downstream.

As for the cracks of glaciers, those on the upstream side show the same sense as that of the upstream-side cracks of landslide blocks, but the sense of the glacier cracks on the downstream side is entirely different from those of the downstream-side landslide blocks. That is, the plane of the cracks on the downstream side of glaciers is tilted upstream-ward, while the block upon the crack plane is up-thrown toward the downstream, presenting a reverse-fault aspect.

In the case of landslides also, a similar sense of cracks is observed, though not very often. Cracks of such type are considered to appear at the terminal of the landslide debris block when the block's flow is dammed up. This point will be confirmed by our field and laboratory observations.

Key words : crack, landslide, glacier, fault, debris, foliation

キーワード : 亀裂, 地すべり, 氷河, 断層, 崩積土, フォリエーション

いまえがき

筆者は、地すべり崩積土に生じる、ずれのある(断層型)亀裂の分布様式には、後述のような一定の規則性があることに気づいた(藤田ほか, 1981)。そして、この規則性を多くの地すべりの事例によって検証し、それが一般性をもっていることを知った(藤田, 1982; 藤田ほか, 1985; 藤田ほか, 1986)。さらに、筆者は協力者とともに、この規則性を塑性モデル実験によって、その形成過程を説明することに成功した(国安・長谷川・藤田, 1982; 藤田ほか, 1984)。

地すべり崩積土の断層型亀裂の規則性を簡条的にあげれば、次の通りである。

*新潟大学積雪地域災害研究センター

1. 亀裂面の走向は、地すべりの流下方向と直交している（図-1）。

2. 滑落崖に近い部分の亀裂面は、傾斜に平行し、かつ、亀裂面上の崩積土が下流側へすべりおち、いわゆる正断層型を示し、すべりおちるときに崩積土が転倒して元の地表面は上流側へ傾くのである。このため、地表に立木があればそれは必ず上流側へ転倒する。こうした亀裂を筆者は平行正断層型亀裂（図-2のP）とよんだ。

3 下流側の崩積土、とくに、地すべり面に高まりのある付近の崩積土の部分の亀裂面は、地すべり傾斜面に対して交差する形で発生する。つまり、上流側へ傾斜している。そして、亀裂面ぞいに亀裂面上方の崩積土ブロックが上流側へすべりおちる正断層型の動きをする。そして、すべりおちるときに、元の地表面は下流側へ転倒する。このため、地表に立木があればそれは必ず下流側へ倒れる。こうした亀裂を、筆者は交差正断層型亀裂（図-2のC）とよんだ。

4. 平行正断層型亀裂と交差正断層型亀裂とは、図-2に示したように、上流側と下流側で互いに対をなして発生する。その理由はあとで述べるが、この図に示したように、下流側に地すべり面に高まりがあるときに、その上流側に対となって現われることになる。図-1では、こうした地すべり面の高まりがいくつか存在するために、対となった正断層型亀裂が4組も現われている。図-3に、ごく最近生じた長野県地附山地すべり（1980年7月）の場合の例を縦断面で紹介しておく。この場合は、3組のものが現われている。

このような調査・研究をすすめていた折、たまたま氷河の表面に、上記の地すべり時に生じた亀裂と似たようなものが沢山生じている写真に接し、非常な興味をおぼえた。地すべり崩積土も氷河も流下しているのであるから、こうした似たような線状分布の原因には何か類似したものがあるのではないかとということで興味をもったわけである。

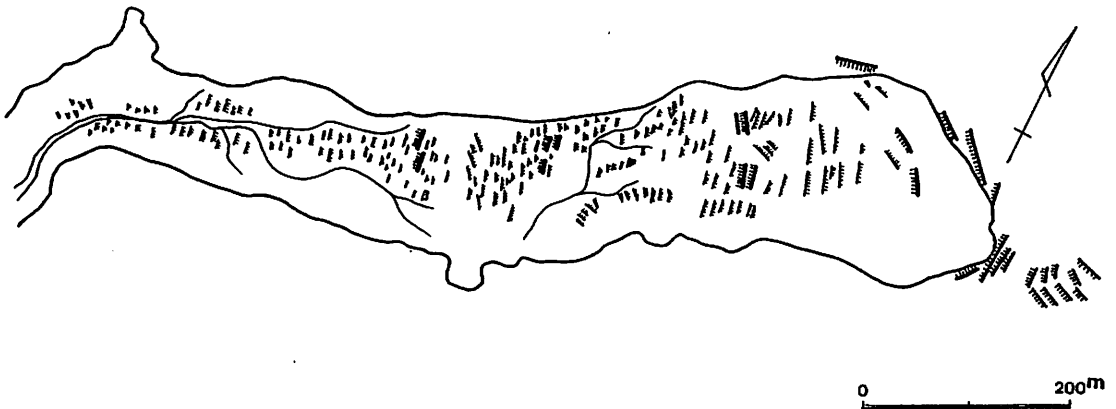


図-1 新潟県山古志村虫亀地すべりの崩積土の亀裂

太い歯状印：ブロックの地表面を上流側へ転倒させる平行正断層型亀裂（図-2のP）、
 細い歯状印：ブロックの地表面を下流側へ転倒させる交差正断層型亀裂（図-2のC）。

Fig.1 Cracks of the Mushigame landslide debris in Yamakoshi-mura, Niigata Prefecture.

Thick comb-teeth mark : Parallel normal fault cracks (P in Fig. 2) responsible for the upstream-ward tilting of the ground surface of block.

Thin comb-teeth mark : Cross normal fault cracks (C in Fig. 2) responsible for the downstream-ward tilting of the ground surface of block.

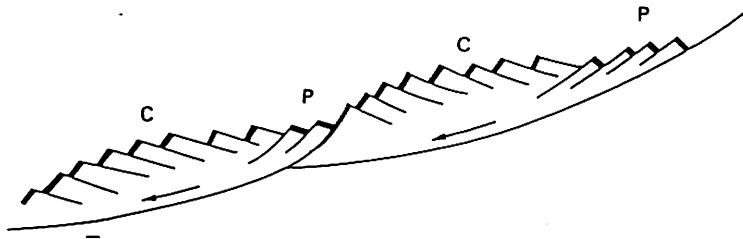


図-2 地すべり崩積土における2つの正断層型亀裂の形成モデル
(藤田ほか3名, 1981)

P: 平行正断層型亀裂,
C: 交差正断層型亀裂,
矢印: ブロックのすべりを示す。

Fig. 2 A model of formation of two types of normal fault in the landslide debris (FUJITA et al., 1981).

P: Parallel normal fault crack.
C: Cross normal fault crack.
Arrow: Direction of displacement.

て、諸外国の研究例を総合した内容がのべてあり、地すべり崩積土の亀裂のそれと似た点が多くあること、そしてまた、異なる点もあることなどを知ることができた。

本論は、氷河のフォリエーションの規則性とその形成過程を参考にしながら、地すべり崩積土の亀裂の状況について吟味し、今後の地すべり崩積土の研究の何らかの指針が得られるであろうことを期待しつつ、検討した内容を紹介したものである。

たまたま、本災害研の小林俊一教授にこのことについて質問したところ、同教授から氷河の表面にみられるフォリエーション (foliation) (縞構造) について、わかり易くのべた出版物——若浜五郎 (1978): 氷河の科学, NHKブックス——の紹介をいただいた。

早速、検討したところ、氷河のフォリエーション (foliation) (縞構造) の分布とその形成過程について

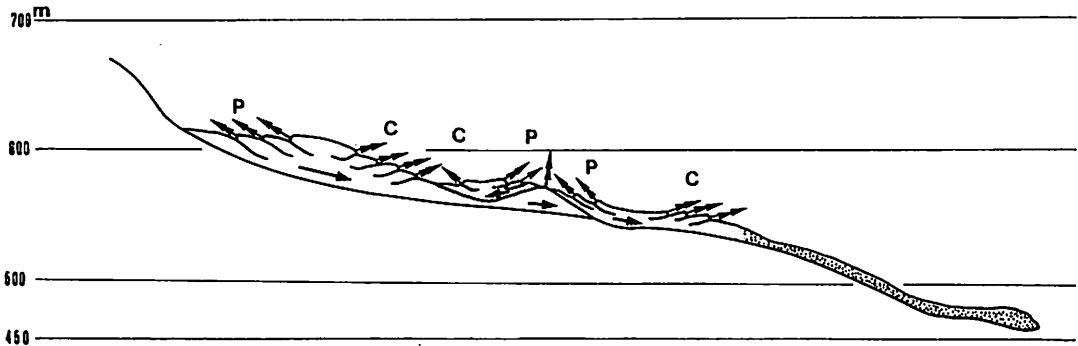


図-3 長野市地附山地すべり崩積土にみられる3対のPとC
(藤田ほか, 1986)

矢印: 各地すべりブロックのすべり方向,
2重矢印: 倒木・立木, 点部: 流下した崩積土,
P・C: 図-2と同じ。

Fig. 3 Three pairs of P and C (refer to Fig. 2) observed in the Jitsukeyama landslide debris, Nagano City (FUJITA et al., 1986).

Arrow: Direction of displacement of each landslide block.
Double arrow: Fallen or standing trees.
Dotted area: Down-flow of debris.
P・C: see Fig. 2.

II 地すべり崩積土の亀裂と氷河のフォリエーションの比較

はじめに、若浜 (1978) がのべている氷河のフォリエーションの実体を紹介し、ついで、それと地すべり崩積土の亀裂とを比較し、さいごに両者の形成過程について比較検討する。

1. 氷河のフォリエーション

若浜 (1978) は、SHARPら (1960) によるアメリカ合衆国ワシントン州のブルー氷河のフォリエーションの分布の規則性 (図-4) について次のように紹介している。

a. フォリエーションは、あとでも述べるが、表面だけでなく、氷河の内部にも発達する面構造の表面へのあらわれであり、図-4 に表現してあるように、その面は一定の走向と傾斜を示している。

b. フォリエーションは、氷河の相対的運動が強い氷河両岸部によく発達し、相対的運動の弱い氷河中心部付近ではあまり明瞭でないといわれている。このことから、SHARPらは、フォリエーションというのは、氷河内部の流速の差によって生じる氷河内の相対運動で生じたすべり面ぞいに氷が再結晶したために生じたものと説明している。こうしたフォリエーションを氷河の縦断面上で表現したのが図-5 である (若浜, 1978)。

c. 図-5 で、上流側のフォリエーションは、地形の傾斜面と平行し、下流側に傾斜している。そして、この面の上の氷河ブロックは正断層のように、面にそってずりおちている関係にある。

d. 図-5 で、下流側のフォリエーションは、上流側に傾き、断層面上の氷河ブロックは、逆断層のように、面ぞいにずり上っている。それが逆断層であることは、アラスカのマッコール氷河やグリーンランド周縁の氷河末端部などで実証されているといわれている。すなわち、フォリエーションぞいに氷河の底にあった岩砕物や土砂が氷河上面にもち上げられているということである。

2. 地すべり崩積土の亀裂と氷河のフォリエーション

まず、地すべり崩積土の滑落部など、上流側にあらわれる平行正断層型亀裂と、氷河の上流側にあらわれる下流側に傾斜する正断層型のフォリエーションとは、センスが全く同じである。ちがうところといえば、氷河の場合の正断層の上位の氷のブロック表面が上流側へ転倒しているかどうかについてのべられていないことである。氷河の場合には、地すべり崩積土とちがって粘性度が高いために、フォリエーションの面上の氷塊がすべりにより回転して倒れるということをしてないのであろう。

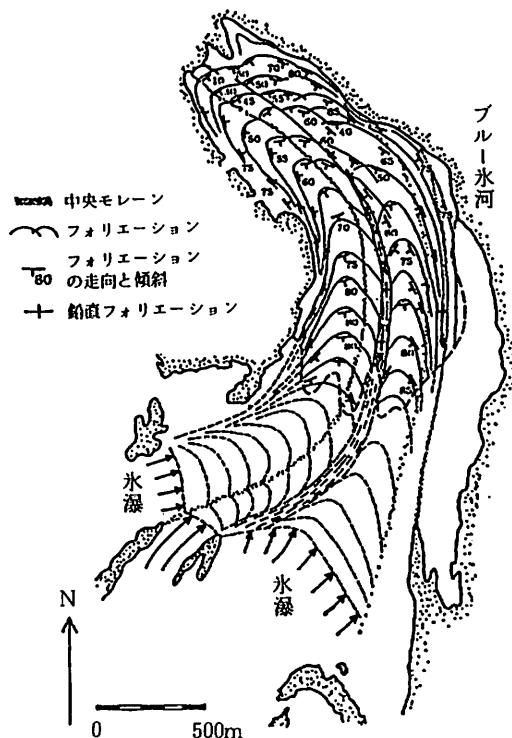


図-4 アメリカ合衆国ワシントン州のブルー氷河のフォリエーション (若浜, 1978)
 Fig. 4 Foliation of the Blue Glacier in Washington State, U.S.A.
 (WAKAHAMA, 1978).

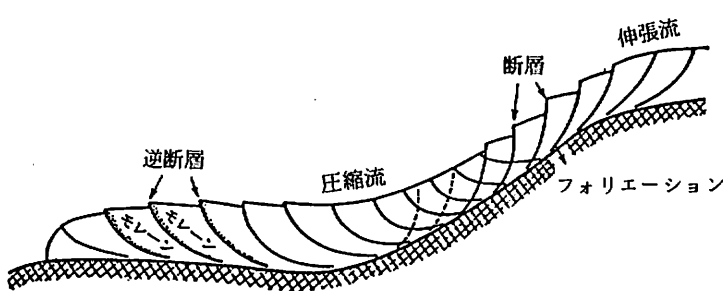


図-5 氷河内の正断層型フォリエーションと、逆断層型フォリエーション (若浜, 1978)

Fig. 5 Normal fault type foliation and revers fault type foliation within the glacier (WAKAHAMA, 1978).

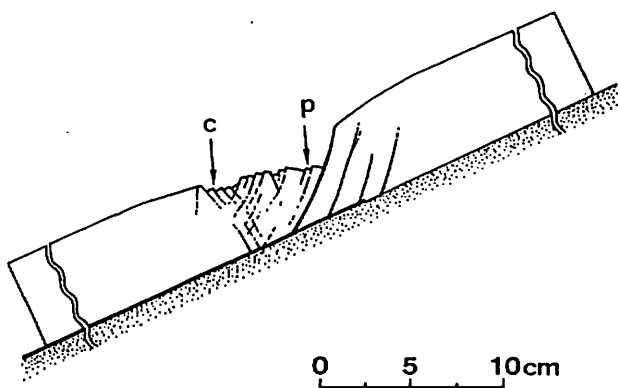


図-6 モデル実験によって出現させた平行正断層型亀裂 (P群) と交差正断層型亀裂 (C群) (国安・長谷川・藤田, 1982)

—すべり面のうち太い線はすべり易いシートの部分である—

Fig. 6 Parallel normal fault cracks (P group) and cross normal fault cracks (C group) simulated by the model experiment (KUNIYASU, HASEGAWA and FUJITA, 1982).

—The thick line of the slip plane is the part intended for easier displacement—

が実験的に実証されているからである (国安ほか, 1982 ; 藤田ほか, 1984)。(図-6)。一方、氷河の場合は、下流側の逆断層の亀裂が氷河の基部にまで達していることはいうまでもないが、上流側の正断層型の亀裂がすべて氷河の基部まで達していることは実証されたわけではいらず、それはあくまで推定と思われる。こんなことから、氷河のそれは地すべりの場合の上流側の正断層型の亀裂と同じ状況にあるとみて差支えないと思われる。

以上の比較からして、地すべりと氷河の場合の亀裂のちがいは、結局、上記の2番目に指摘した、下流側の互いにセンスの異なった亀裂だけということになる。

第2に、地すべり崩積土の下流側付近に生じる交差正断層型亀裂と、氷河の下流側に生じる逆断層型のフォリエーションとは、そのセンスが、全く異っている。しかし、両者の亀裂の傾斜方向は、ともに上流側を示しているという点では共通している。しかし、地すべりの場合は、亀裂の上方のブロックが上流側へずりおちて正断層を示すのに対して、氷河の場合は、亀裂の上方ブロックは、下流側へのし上がり、逆断層を示している。こうした両者のちがいがどうして生じるかについては次項で述べる。

第3に、地すべりの場合と氷河の場合では次の点にちがいがあろうにみえる。図-2と図-6をくらべるとわかるように、地すべりの場合の亀裂の多くが、地すべり面にまで達しないで、崩積土の表面だけに発達しているかにみえるのに、氷河の場合の亀裂は多くが氷河の底にまで及んでいるように表現されている。しかし、このことは、本質的なちがいをいみするのではないと考えられる。というのは、地すべりの場合の亀裂のうちで主要なものは、必ず地すべりのすべり面から上方に向かって発生し、深い亀裂をなしていること

3. 地すべり崩積土と氷河の下流側に生じる異なるセンスの亀裂について

少なくとも、筆者があつかった地すべりにあっては、氷河末端に現われる、流れに直交する走向をもつ逆断層は現われていることがなかった。果して、地すべりにこのようなセンスの亀裂が現われないのであろうか。

このことを吟味するために、まず、氷河の末端になぜこの種の逆断層が生じるかについて検討しておく。

図-4、図-5のいずれの場合も、氷河の先端部は岩盤との摩擦係数が大きいために、ほとんど氷河の流下がはばまれるか、きわめて速度がおそくなっていると考えられる。このため上流側から、みずからの重力で流下してくる上流側の氷河の及ぼす水平圧縮力が、下流側の氷河に作用し、剪断性の亀裂の発生をみるだけでなく、やがて、それが逆断層に転化したと考えることができる。

かりに、地すべりの場合であっても、流下する崩積土の下流部に、崩積土の流れをせき止めるような障害物があれば、多分、氷河にみられるような、地すべり流下の方向と直交する方向の走向をもつ逆断層が発生するはずである。不幸にして、そのような実例にあまり接したことがなかったのである。

しかし、崩積土の下流部がせきとめられて、その先端部に盛り上がり現象が新潟県栃尾市付近の宮沢地すべりの先端部に現れたという話をきいたことがある。

おそらく、宮沢地すべりの場合の地すべり先端部の盛り上がり部の地下には、上流部に傾斜し、下流側へ衝上する逆断層の存在が考えられる。こうした逆断層があれば、それは正に、図-5の氷河の先端部の逆断層と同じセンスのものと考えることができる。

上記の宮沢地すべりの高まりの場合と同じように、地すべり崩積土末端の高まり下の地下に、逆断層の存在を指摘している例として図-7をあげることができる。たしかに、図のようにボーリング資料と地表資料によって逆断層の存在が主張されている。

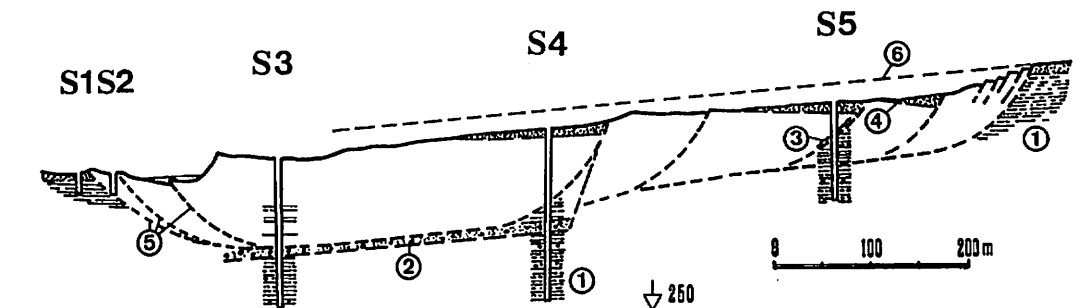


図-7 スロバキアのマラ・ファトラ山麓の表層地すべりをともなう深層地すべりの縦断面 (ZÁRBA and MENCLE, 1958)

S1～5 : ボーリングの位置, 新第三紀のマールと砂質マール, 2 : 新第三紀の砂礫, 3 : 地すべり粘土層, 4 : 花崗岩質碎屑層, 5 : 逆断層型すべり面, 6 : もとの地下水面。

Fig. 7 Geological cross section of the deep-seated landslide accompanied by surface slide at the foot of Mt. Mala-Fatra in Slovakia (ZÁRBA and MENCLE, 1982).

S1～5 : boring. ① : Neogene marl and sandy marl. ② : Neogene gravel. ③ : landslide clay. ④ : granite debris. ⑤ : partial slip plane. ⑥ : original level of groundwater.

Ⅲ あ と が き

本論は、表題のように、筆者が見出した地すべり崩積土内の諸亀裂の規則性と氷河のフォリエーションのそれらとをくらべると似ている点とちがった点があるということから、それぞれを比較し、分析したものである。こうした地すべり崩積土の規則性や氷河のフォリエーションの発生機構の追及に力学的な興味をよせたことが動機で論じたものであるが、そればかりでなく、地すべり崩積土の再すべりの原因やその予測について、何らかの貢献をする可能性を期待しつつのべた次第である。

本論をのべるに当って、氷河のフォリエーションに関する文献を紹介して下さった小林俊一教授、ならびに、図の製作に協力して下さいました鈴木幸治技官にあわせて深く感謝する。

文 献

- 藤田至則・茅原一也・青木 滋・鈴木幸治（1981）：新潟県古志郡山古志村における虫亀地すべりの形態とその形成過程。新潟大災害研年報，3，23-30。
- （1982a）：地すべり崩積土ブロックに関する研究。新潟大災害研年報，4，35-50。
- ・青木 滋（1982b）：地すべり予測に関する基礎的研究。新潟大災害研年報，4，51-56。
- ・鈴木幸治・国安 稔・長谷川良三・仁多見朗・西山 亨（1984）：地すべり崩積土内の亀裂の発生に関する実験とその意義。自然災害科学，3，2，29-40。
- ・青木 滋（1985）：新潟県西頸城郡青海町玉ノ木地すべりの要因。文部省科研費自然災害突発災害研究成果報告書，66-75。
- ・高浜信行・青木 滋（1986）：1985年長野市地附山地すべりの災害調査研究—新旧地すべり崩積土の亀裂と崩積土ブロックの認定。文部省科研費自然災害特別研究突発災害研究成果報告書，39-52。
- 国安 稔・長谷川良三・藤田至則（1982）：地すべり発生期における断裂系の形成過程。日本地質学会学術大会講演要旨，487。
- 若浜五郎（1978）：氷河の科学。NHKブックス，日本放送出版協会。
- ZÁRBA Q. and MENCLE V. (1982) : Landslides and Their Control. Development in Geotechnical Engineering, 31, 324p, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.