

地すべり活動度評価手法マニュアル(案)

平成 24 年 3 月

(ver. 1.2: 平成 25 年 3 月修正)

(地独)北海道立総合研究機構 地質研究所 北見工業大学
明治コンサルタント(株) (株)構研エンジニアリング
防災地質工業(株) (有)テレリサーチ (有)地盤工房

空中写真判読による地すべり活動度評価とその解説

1. 目的

この評価手法は、地すべりに対する防災対策（ハード対策・ソフト対策）の必要性やその優先度を検討することを目的として作成した。本手法は、北海道の気候・地質条件等の地域性を考慮したもので、一般の地すべり技術者を対象とするものである。

本手法は、地すべり地形から地すべりの活動性について定量的に評価するものである。これまで、熟練した地すべり技術者は、空中写真の実体視や地形図から読み取った地形条件をもとに、地すべりの活動性を経験的に理解し評価を行なってきた。このマニュアルに示す手法は、熟練技術者が経験的に習得した「暗黙知」を可能な限りわかりやすく「形式知」に置き換え、定量的に地すべりの活動度を表現するものである。

2. 適用

北海道各地に分布する地すべり地形^{*1}を対象に、活動度を評価する際に使用する。本手法は活動を繰り返すことにより生じる再活動型の地すべりを対象とするものであり、地すべり地形を示さない初生地すべりはその対象とはならない。

本手法は、主として空中写真による地すべり地形判読によって地すべりを評価することを前提とする^{*2}。本手法によって優先的に現地調査を実施すべき地すべりの抽出が可能となるが、実際に防災対策に取り組む際には、本マニュアルによる空中写真判読や活動度評価に加え、現地調査により詳細な評価を行う必要がある。

なお、活動度の高い地すべりを広域的に抽出するような場合は、道内の既存の地すべり地形分布図^{*3}を活用すれば、より効率的に地すべりの評価を行うことができる。

^{*1}地すべり地形と地すべり災害：地すべりは一般には斜面崩壊や土石流と区別されるもので、斜面またはその一部がすべり面を介して土塊（移動体）として移動する現象である。ふつうはゆっくりとした動き（走って逃げられる程度）のものを地すべりと呼ぶが、ここでは移動速度による区別は行なわない。

地すべり地形とは過去に生じた地すべりにより形成された地形のことで、具体的には頭部に滑落崖あるいは分離崖を持ち、その下方に広がる地すべり移動体（一般に緩斜面）との組み合わせからなる。

これまで地すべりの生じたことのない斜面において初生地すべりが発生することもあるが、大多数の地すべりは過去に変動の生じた地すべり地形内、あるいはその周辺で繰り返し活動する。このため、地すべり地形の分布を把握するだけでも、今後地すべりが生じる可能性のある箇所をある程度限定することができる。しかし、地すべりの中には過去数万年間、一度も顕著に移動しないものも含まれていることから、防災対策を優先的に実施すべき、最近でも頻繁に移動を繰り返している地すべり地形の抽出が重要である。

^{*2} 本手法は、(社)日本地すべり学会東北支部の地すべり評価手法を参考に作成したものである(第6章)。

^{*3} 地すべり地形分布図とは、地すべり学会北海道支部監修「北海道の地すべり地形—分布図と解説」(北海道大学図書刊行会、1993年)および、それをベースとして作成した「北海道の地すべり地形データマップ」http://webgis.gsh.hro.or.jp/Landslide_escape_clause.html (道総研地質研究所のWebGIS)を想定している。この分布図は不明瞭な地すべり地形を拾い上げていないため、活動度の高い地すべりを抽出する際には、これを用いるのが有効である。

3. 急速崩壊や土石流の可能性について

本マニュアルでは、変動を繰り返すことにより生じる再活動型の地すべりが対象となる。したがって、地すべり地形を示さない初生地すべりは本手法の対象とはならないが、岩盤のクリープが進行した斜面では、急速崩壊が発生する場合もある。また、地すべり地域およびその周辺では、集水状況や地震等の外力により緩慢な動きから急速崩壊、さらには沢を流れ土石流に移行するケースもある。これらについては、本手法とは別途に現地調査を実施し、発生箇所や条件について検討を加える必要がある。

また、本手法は空中写真による地すべり地形判読によって地すべりを評価するので、評価対象には空中写真による判読が困難な小規模の斜面崩壊や土石流は評価対象に含んでおらず、これらについては別途の手法で評価を行う必要がある。

4. 活動度の定義

“地すべり活動度 (Landslide Activity)”とは、現在の活動状況に地すべりのポテンシャルを加味したもので、次の地すべり現象が発生する可能性を示すものである。地すべり現象が発生したときの変動速度を考慮しているため、地すべり現象の発生頻度が高ければ“活動度”は高くなるが、その変動が緩慢なものであれば“活動度”は低減される。本手法で評価する“活動度”は、理想的には地すべり対策への対応の必要性に置き換えられるものを想定している。

なお、地すべりが複数の小ブロックを持つ場合は、その中の一部分の小ブロックが活動的であれば、その地すべりは活動度が高いとみなす。

5. 手法の概要

本手法は、地すべり地形から、その活動度を評価するものである。その評価は、まず空中写真の実体視により地すべり地形の三次元形態を把握し、判定用チェックシート上の地すべり地形についての各要素の項目を選択することにより、対象とする地すべりの活動度を採点することで行う。

判定基準については、AHP法（階層型分析法）という統計手法を用い、熟練技術者が空中写真判読により地すべり地形のどの点に注目して地すべりの活動度を評価しているか解析を行い設定した（第6章*4参照）。熟練技術者の地すべり活動度評価における注目点のウェイト（重み付け）を整理し、その結果にもとづき、一般技術者向けのチェックシートを作成した（本章末：20ページ）。

活動度の判定要素を 1) 地すべりの発達段階、2) 地すべり活動の新しさ、3) 地すべりのポテンシャル、の3つの観察アイテムに大分類し、図 2.1 のとおり整理配列した。

1) は、地すべりが活動頻度の高いステージにあるかどうかを判断する指標で、地すべりの型分類や発達過程の観察アイテム（中分類）から読み取る。2) は地すべり活動後の経過時間について評価する指標で、地すべり活動によって生じた微地形の消滅過程の状況から判断する。それぞれの判定箇所となる、地すべり頭部の滑落崖上部・下部、地すべり移動体内、移動体前面の微地形の観察アイテム（中分類）から地すべり活動後の経過時間を

読み取る。3)は、地すべりが動きやすい環境であるかどうかについて判断するための指標で、地すべり移動体の傾斜、地すべりの平面形状、移動体下部の縦断面形状、地すべり末端の浸食環境の観察アイテム(中分類)から読み取るものである。

前述のとおり、本手法では一部分でも活動的であればその地すべりは活動度が高いとみなすことから、例えば局所的に地すべり微地形が新しいものや変動しやすい条件があれば、その部分の状況から地すべり全体を評価することになる。

以上の観察アイテム(中分類)が、それぞれのカテゴリー(小分類)にあてはまるかをチェックリストから選択し、

それらに付した点数を加算した得点に基づき、地すべりの活動度を評価する。

| 大分類 | 中分類 | 小分類 | AHP点数 |
|-----------------|--------------------|-------------------|-------|
| 地すべりの発達段階 | A. 型分類 (特徴的微地形) | 粘性土地すべり(流動痕・圧縮丘) | 14.9 |
| | | 崩積土地すべり(副滑落崖) | 6.1 |
| | | 風化岩地すべり(分離崖・溝状凹地) | 2.5 |
| | B. 発達過程 | 亀裂・段差多数 2次ブロック化 | 12.2 |
| | | ブロック未分化 | 4.7 |
| | | ガリーの侵入 | 4.7 |
| | | 開析谷の発達(地すべりの消滅) | 1.8 |
| | C. 不動域/滑落崖 | 後背亀裂あり | 1.8 |
| | | 崩壊壁のみあり | 1.1 |
| | | 匍行斜面化 | 0.4 |
| ガリーの伸長 | | 0.3 | |
| 全体が従順化 | | 0.1 | |
| D. 滑落崖/移動体 | 滑落崖/移動体地形のみ | 1.9 | |
| | 崖錐あり | 1.1 | |
| | 大規模な崖錐あり | 0.7 | |
| E. 移動体内の微地形の新鮮さ | 滑落崖・崖錐・移動体が連続 | 0.4 | |
| | 亀裂あり・植生異常 | 15.1 | |
| | 微地形境界が鮮明 | 6.9 | |
| F. 移動体の前面 | 微地形境界が不鮮明 | 2.4 | |
| | 微地形境界の消滅 | 1.2 | |
| | 前面に崩壊あり | 12.8 | |
| | 移動体のみあり | 6.9 | |
| | ガリー・沖積錐あり | 2.9 | |
| 地すべりのポテンシャル | G. 移動体の傾斜 | 地表の従順化 | 1.8 |
| | | 移動体の原面消失 | 1.2 |
| | | 急傾斜 | 12.3 |
| | H. 地すべり平面形状 | 中間(約10~20度) | 9.2 |
| | | 緩斜面 | 6.1 |
| | | 下に開く | 2.6 |
| | I. 移動体下部の縦断面形状 | 上下等幅 | 1.0 |
| | | 下に閉じる・ボトルネック | 0.4 |
| | J. 地すべり末端の浸食環境 | 凸型斜面(不安定物質多い) | 9.9 |
| | | 中間 | 5.5 |
| 凹型斜面(不安定物質少ない) | | 3.0 | |
| | | 地すべり末端が河川攻撃斜面 | 16.5 |
| | | 河川・海岸に面する | 9.7 |
| | | 沢に面する | 5.4 |
| | | 沢に面していない | 2.0 |

図 2.1 地すべり活動度評価のための判定要素(観察アイテム)

6. 活動度評価の要素

活動度の評価はチェックシートにより行うが(図 2.2)、シート右側のチェックリストに掲載したそれぞれの要素(カテゴリー)とその評価について、観察アイテム(中分類)ごとに説明する。

1) 地すべりの発達段階

A. 型分類 (特徴的微地形) :

地すべりの型分類は、風化岩地すべり、崩積土地すべり、粘性土地すべりの3つのタイプ、あるいはそれらの中間に位置するかを判断する項目である。地質にもよるが、一般的に、地すべりの移動体は活動が進行するほど岩盤→岩屑→粘性土と細粒化し、細粒化するほど地すべりは活発化する。したがって、各カテゴリーの得点は粘性土地すべり>崩積土地すべり>風化岩地すべりとなる。本手法は空中写真判読に基づくものであるため、移動体の物質は地形から読み取らなければならない。そこで、それぞれのタイプの地すべりに特有の微地形を読み取ることにより型分類を行う。例えば、分離崖や溝状凹地の発達するものを風化岩地すべり、副滑落崖の発達するものを崩積土地すべり、流動痕・圧縮丘の発達するものを粘性土地すべりと判断する。

B. 発達過程 :

地すべりの発達過程は、岩盤クリープから始まり、その後地すべり活動を繰り返し、やがて活動がおさまり、地すべり地形が消滅していくという変遷をたどる (図 2.3)。地すべり発生初期 (発生期) では移動体は未分化であっても、地すべり活動を繰り返すうちに移動体は次第に亀裂や段差が多数となり二次ブロック化が進行していく (活発期)。地すべり活動が停止すると地すべりの周囲にガリーが侵入し解体期へと移行するが、再び活発期に戻ることもある。しかし、やがてはガリーが開析谷へと発達し、地形の開析が進行して地すべり地形は消滅する (消滅期)。こうした地すべり発達過程のカテゴリー得点は、亀裂・段差多数など二次ブロック化 (活発期) > ブロック未分化 (発生期) = ガリー侵入 (解体期) > 開析谷の侵入 (消滅期) となる。

2) 地すべり活動の新しさ

C. 不動域/滑落崖 :

地すべり頭部の不動域から滑落崖にかけて、その形状から地すべり活動が進行中、あるいは停止後の経過時間を判断する。滑落崖は地すべり活動により形成され、活動中は背後の不動域に変動領域が拡大するため滑落崖背後の亀裂が発達する。地すべり活動直後は、不動域と滑落崖頂部の境界 (遷急線) で斜面傾斜の違いがシャープで明瞭であるが、活動停止後の時間経過とともに境界 (遷急線) が次第に丸みを帯び不明瞭になっていく。さらに時間が経過すると滑落崖にガリーが伸張し、やがては従順化により不動域~滑落崖が連続した斜面と化す。それらの過程から地すべり頭部の最新活動後の経過時間を読み取ると、各カテゴリーの得点は、後背亀裂あり > 崩壊壁のみあり > 匍行斜面化 > ガリーの伸長 > 不動域から滑落崖全体が従順化となる。

D. 滑落崖/移動体 :

ここでは、滑落崖斜面の風化・崩壊が進行し、地すべり地形が消滅していく過程から地すべり頭部における活動の新しさを判断する。地すべり活動により形成された滑落崖の急崖斜面は時間経過とともに風化が進行し崩壊を繰り返すことで、滑落崖下部に崖錐が発達する。このカテゴリー得点は、崖錐未発達を意味する滑落崖/移動体地形のみ > 崖錐あり >

大規模な崖錐が発達＞滑落崖～崖錐～移動体が地形的に連続という順序となる。

E. 移動体内の微地形：

移動体内部の地すべり地形の鮮明さから地すべり活動の新しさを判断する。地すべりが活動中あるいは活動直後であれば、移動体内に亀裂や植生異常が見られるが、時間の経過とともに亀裂や段差地形、末端付近の隆起など、地すべりにより生じた微地形はしだいに不鮮明になる。したがって、この項目のカテゴリー得点は地すべり移動体の活動後の時間経過を評価するもので、亀裂あり・植生異常＞微地形境界が鮮明＞微地形境界が不鮮明＞微地形境界の消滅という順に低下する。

なお、植生異常については移動体のみ限定せず、滑落崖も含めて適用することとする。

F. 移動体の前面：

一般に、地すべり活動が最も頻繁に発生するのは移動体の末端である。ここでは、その移動体末端部での地すべり活動後の時間経過を判断するものである。地すべりが活発に動いているとき、地すべりの前面では崩壊が多発するが、活動が停止すると崩壊はおさまる。やがて移動体前面にはガリー浸食が生じ、しだいに地表の従順化により移動体前面の傾斜が緩くなり、最後には移動体原面が消失し、不動域との境界が不明瞭になる。すなわち、ここでのカテゴリーの得点は、前面に崩壊＞移動体のみ＞ガリー・沖積錐あり＞地表の従順化＞移動体原面の消失という順に、地すべり活動後の経過時間を示し、活動度の低下を読み取ることができる。

3) 地すべりのポテンシャル

G. 移動体の傾斜：

斜面の傾斜が急なほど移動体は重力の影響が強まり地すべりは移動しやすく、また活動が発生した場合の移動速度・運動エネルギーも高いものとなる。地すべり斜面の傾斜は、その地質により異なるが、その多くはおおよそ 5° ～ 30° の範囲に入る（渡・小橋 1987）。これらの範囲を $10\sim 20^{\circ}$ 程度を中間として3区分し、カテゴリー得点を急傾斜 $>10\sim 20^{\circ}$ 程度＞緩傾斜とした。

H. 地すべり平面形状：

地すべりはその側部が拘束されていると移動体は動きづらくなる。したがって、地すべりの輪郭を真上から見た平面形状は下に開いているものほど活動しやすく、ボトルネック状など下に閉じるものほど活動しにくくなる。すなわち、地すべりの平面形状から地すべりのポテンシャルを評価した場合、下に開くもの＞上下でほぼ等幅のもの＞下に閉じるボトルネック状のものというカテゴリー得点となる。

I. 移動体下部の縦断面形状：

ここでは、地すべり移動体が動こうとする不安定物質が多いか少ないかを地すべり移動体下部の縦断面形状から読み取り、地すべりの動きやすさを判断する。縦断面形状が凸型のものほど不安定物質が多いことを示す。したがって、この項目のカテゴリー得点は、移動体下部の縦断面形状が凸型の斜面＞中間＞凹型の斜面となる。

J. 地すべり末端の浸食環境：

地すべり末端部の浸食は、地すべり変動の最も重要な要因の1つである。この項目は、川や海による地すべり移動体への浸食力の大きさを写真から読み取るものである。一般に河川の規模が大きくなるほど浸食力が高まり、さらに蛇行河川の場合、攻撃斜面側において浸食力がより大きくなる。ここで、国土地理院 1/25,000 地形図において 2 本あるいは 1 本の青線で表記されたものを河川とし、表記の無いものを沢と便宜的に区別し、その浸食力を分けて評価する。カテゴリー得点は、地すべり末端が河川攻撃斜面>河川・海岸に面する>沢に面する>沢に面していないという順になる。

4) その他

地すべりの活動度を評価する際には地下水の影響も考慮する必要があるが、地形から地下水の影響の程度を読み取ることは難しい。ただし、周囲から水を集めやすい地形をしている場合など、地下水の影響を強く受けている可能性が高いと判断される地すべりについてはチェックリストに記述し、AHP 評価得点に $+\alpha$ の評価をすべきである。

また、地すべり地形内で特に不安定な領域がある場合は、その範囲を写真上に示し、チェックシート右下の「その他の事項」にその位置や特徴を記載する。

7. 準備（空中写真、判読者の要件）

この評価手法は、空中写真判読により地すべり内部の移動体材料やすべり面の形状までイメージできる熟練技術者の技術に基づくものであるが、本マニュアルを利用する判読者は空中写真を用いた地形判読さえできれば、対象となる地すべりの活動度を判定することが可能となる。ただし、本判定法は地すべり内やその周辺の微地形を読み取ることで観察項目ごとの評価を行うことから、判読者は空中写真の実体視を行う能力とともに、地すべりの基本的形態についての知識も必要がある（図 2.3 参照）。

空中写真の判読は多少の個人差は避けられないため、判定者は 3 名以上で実施することにする。これにより迷いが生じるような微妙な判断や微地形の見落としを軽減できる。

空中写真は大縮尺のものほど詳細な地形が判読可能となり、小縮尺のものほど広域が見渡せるようになる。本手法は、地すべりの微地形を読み取ることで地すべりの活動度を評価することから、空中写真は 1/10,000 ~ 1/20,000 程度の比較的大縮尺のものを使用することが望ましい。隣りあう 2 枚の空中写真の実体視により、地すべり地形の特徴を読み取る。なお、人工的に大規模な地形改変が行われている地すべりについては、改変以前の写真を使用することを推奨する。

空中写真の実体視は裸眼でも可能であるが、地すべりの活動度を読み取る際には、



図 2.4 簡易実体双眼鏡

地すべりの微地形の鮮明さや亀裂の有無，地すべり前面の崩壊などを判読する必要があるため，詳細な判読を行えるよう最低でも簡易的な実体鏡を用いるべきである（図 2.4）。

8. 判読とチェックシートの記載手順

地すべりのチェックシートには左側に実体視用の 2 枚の空中写真およびその範囲の地形図を，右側に各観察項目についてのチェックリストを配置した。左側の空中写真を実体視しながら，地すべりの範囲・微地形等を直接書き込み，チェックリストに当てはまるものを選択していく。

判定を行う際のおおまかな作業手順は以下ようになる。

- 1) まず，地すべり全体の輪郭を把握するために，主滑落崖と移動体の範囲を読み取る。
- 2) 分化した地すべりについては，その小ブロックを読み取り，細分化する。
- 3) それぞれのブロックがどの方向（・どの順序）に動いたかを地形から検討する。
- 4) 移動体がどのような材料からなり，どのタイプの変動に当てはまるか，発達過程のどの段階にあたるのかを検討する（観察アイテム A, B）。
- 5) 地すべり各箇所の特徴化・開析の程度から活動の新しさを把握する（観察アイテム C～F）。
- 6) 地すべりの形状や末端の浸食状況から地すべりのポテンシャルを把握する（観察アイテム G～J）。
- 7) 地すべり地形内で特に不安定な領域がある場合は，その範囲を示し，右下の「その他の事項」にその位置や特徴を記載する。
- 8) AHP チェックリストを用いて AHP 評価合計点を算出する。
- 9) 必要があれば，合計点から活動度を以下のようにランク分けする（第 6 章^{*4}参照）。

A 判定（60 点以上）：活動度の高い地すべり

B 判定（50 点以上 60 点未満）：やや活動度の高い地すべり

C 判定（50 点未満）：比較的活動度の低い地すべり

チェックリストは左のものほど活動度が高く，AHP 得点の高いものを配置している。それぞれの観察アイテムで対象の地すべりがどの位置にあてはまるかを次ページ以降の解説を参考に○で囲み，その上に記されたポイントを右端の欄に記入する。

9. 活動度評価を行う際の注目すべき点についての解説

シート右側のチェックリストのカテゴリを選択する際に，地すべり地形のどの部分のどのような特徴に注目して記入すべきかを，次ページ以降，ステレオ空中写真を用いて A～J の観察アイテムごとに解説する。

各ページ上部の枠内には観察アイテムの選択肢であるカテゴリが書かれている。これは左のものほど不安定要因の大きな項目を配置しており，その直下のローマ数字は，おおむねその位置に相当する空中写真およびその説明の番号を示している。

^{*4}北海道立総合研究機構地質研究所 2013,「土砂災害軽減のための地すべり活動度評価手法マニュアル」, p.45-52.

実体視空中写真，地形図および微地形判読図

(撮影年次：1989年 写真番号：89-32 C13-21, 22 縮尺：1/16,000)

地すべり活動度評価チェックリスト

直感危険度 高 ⇄ 中 ⇄ 低

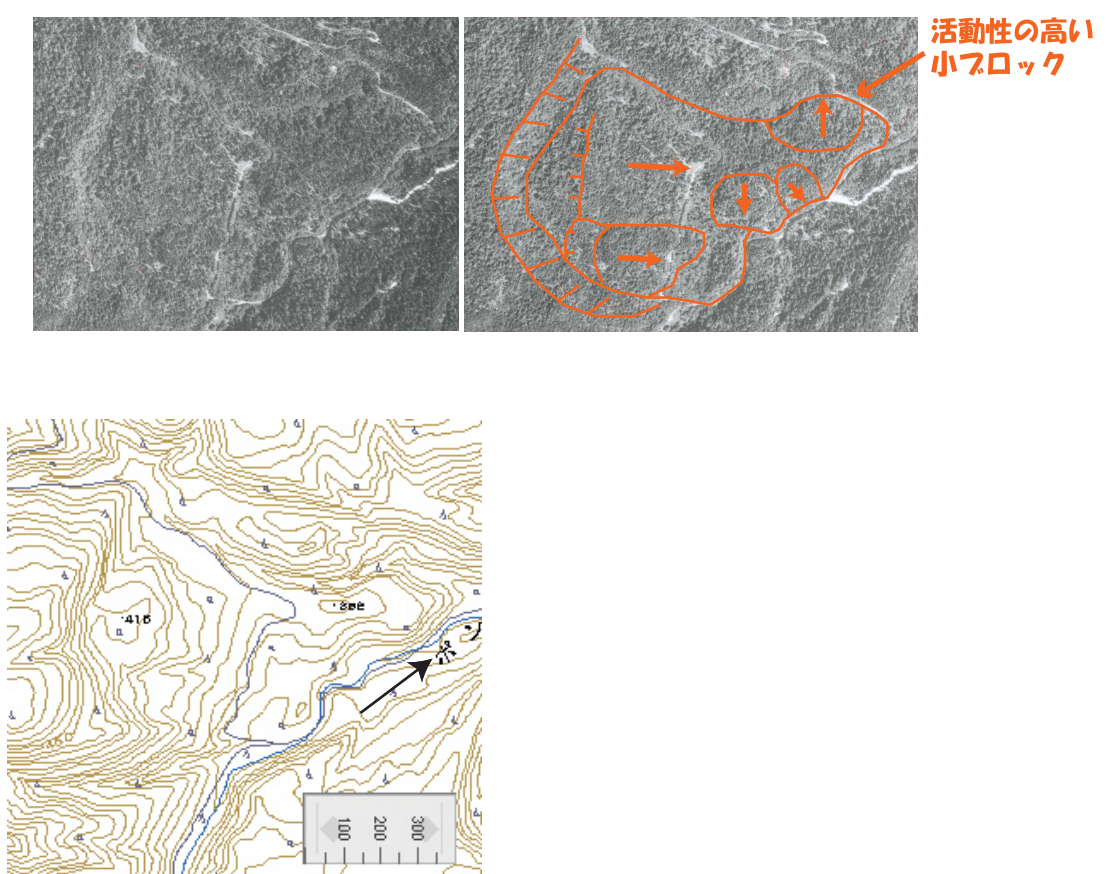
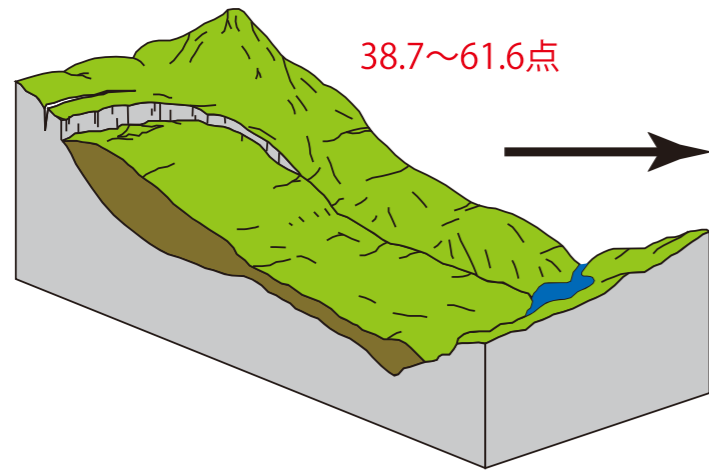
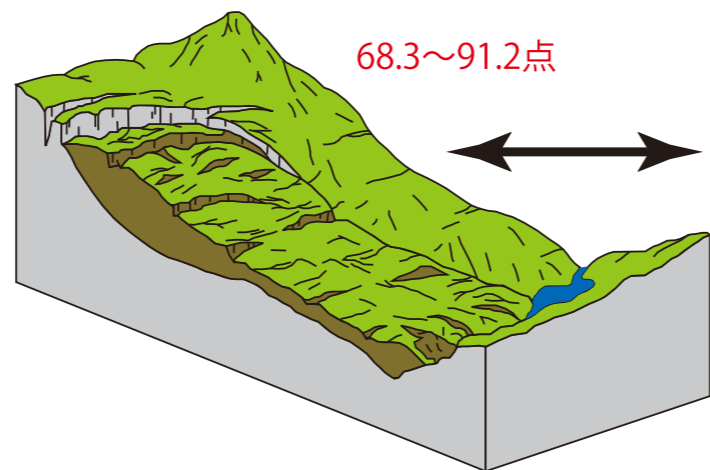
| 観察アイテム | | 高い ← 活動度 → 低い | AHP |
|--|---|--|--------|
|  <p>活動性の高い小ブロック</p> | 地すべりの発達段階 | 粘性土地すべり… 崩積土地すべり… 風化岩地すべり (ex. 流動痕・圧縮丘) (ex. 副滑落崖) (ex. 分離崖・溝状凹地) | 4.3 |
| | A. 型分類 (特徴的微地形) | | |
| | B. 発達過程 | 亀裂・段差多数 ← ブロック未分化 2次ブロック化 (微地形多い) → ガリーの侵入 → 開析谷の発達 (地すべりの消滅) | 12.2 |
| | C. 不動域/滑落崖 | 1.8 後背亀裂有 1.1 崩壊壁のみ有 0.4 削行斜面化 0.3 ガリーの伸長 0.1 全体が従順化 | 1.1 |
| | D. 滑落崖/移動体 | 1.9 左記地形のみ 1.1 崖錐あり 0.7 大規模な崖錐 0.4 滑落崖・崖錐・移動体が連続 | 1.9 |
| | E. 移動体内の微地形の鮮明さ | 15.1 亀裂あり・植生異常 6.9 微地形境界が鮮明 2.4 境界が不鮮明 1.2 微地形境界の消滅 | 6.9 |
| | F. 移動体の前面 | 12.8 前面に崩壊 6.9 移動体のみ 2.9 ガリー・沖積錐あり 1.8 地表の従順化 1.2 移動体原面消失 | 6.9 |
| | G. 移動体の傾斜 (地形図から読み取る) | 12.3 急傾斜 9.2 おおむね10~20° 6.1 緩傾斜 | 6.1 |
| | H. 地すべり平面形状 | 2.6 下に開く 1.8 … 1.0 上下等幅 0.7 … 0.4 下に閉じる・ボトルネック | 1.0 |
| | I. 移動体下部の縦断面形状 | 9.9 凸型(convex)斜面 (不安定物質多い) 5.5 中間 3.0 凹型(concave)斜面 (不安定物質少ない) | 5.5 |
| J. 地すべり末端の浸食環境 | 16.5 末端が河川攻撃斜面 13.1 … 9.7 河川・海岸に面する 7.5 … 5.4 沢に面する … 3.7 沢・海岸に面していない 2.0 | 9.7 | |
| 地すべり移動体内特記すべき小ブロック | あり | なし (位置および全体との関係：写真右端の小ブロックは不安定) | |
| その他の事項：周囲から水の入り込みやすい地形，すべり面の形状，末端河川の屈曲，対岸の崩壊などの記述 | | | |
| AHP評価合計点 | | | 55.6 点 |

図2.2 活動度評価チェックシートの記入例

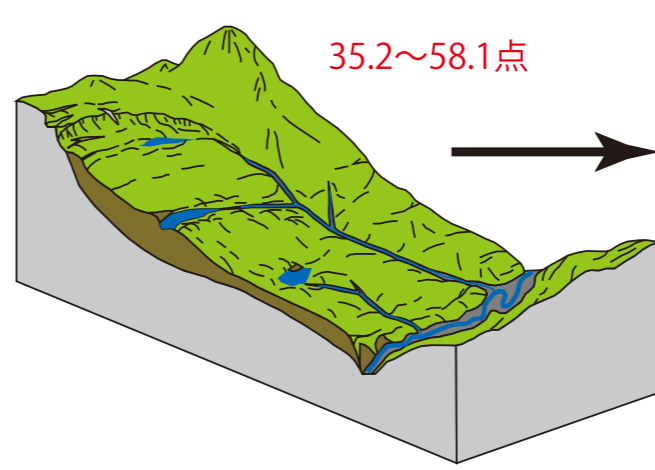
Slump発生期



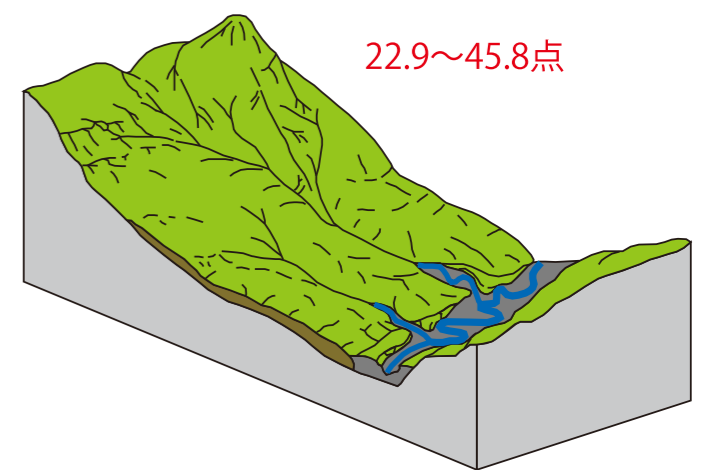
Slump活発期



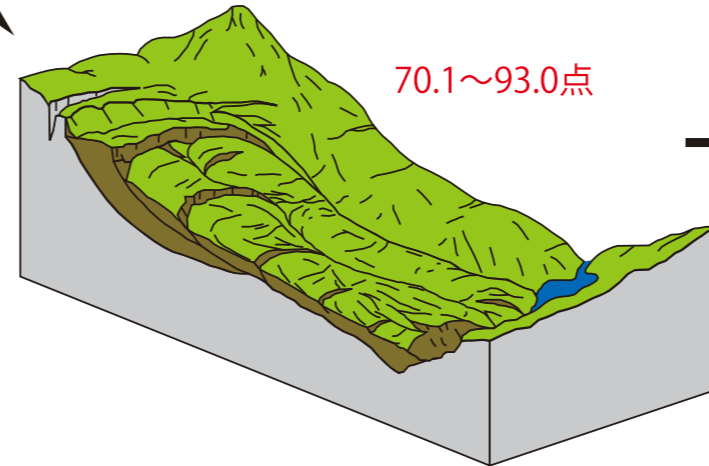
Slump停止・解体期



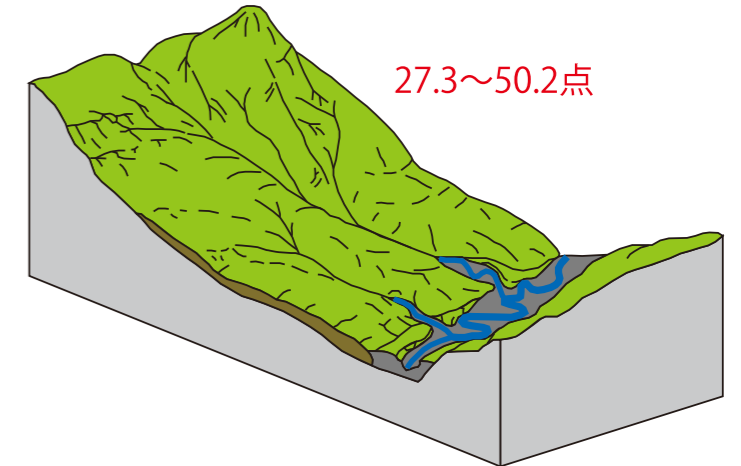
Slump消滅期



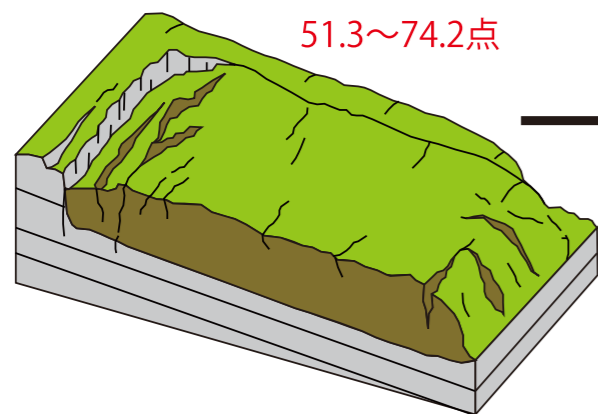
Flow化



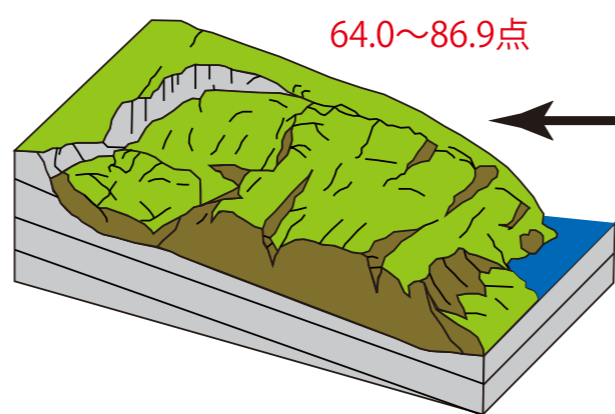
Flow消滅期



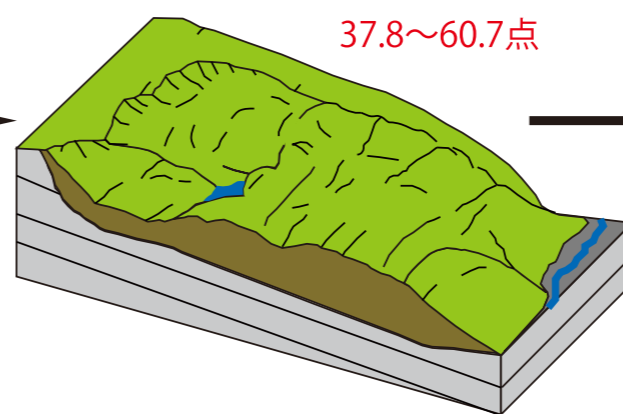
Slide発生期



Slide活発期



Slide停止・解体期



Slide消滅期

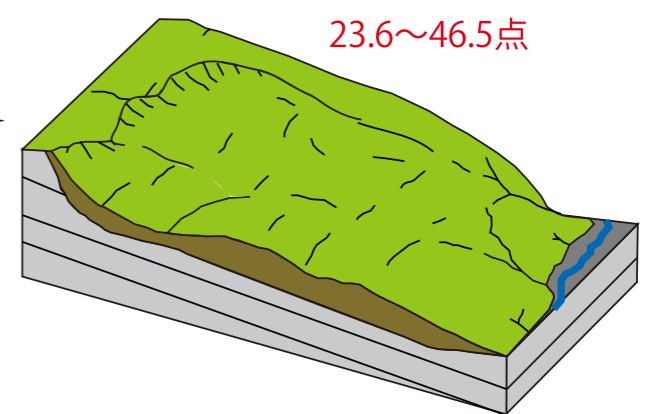


図2.3 地すべり地形の変遷過程(赤文字の点数は想定されるAHP評価得点)

A: 型分類

不安定化要因

← 大

小 →

流動痕・圧縮丘
(粘性土地すべり)

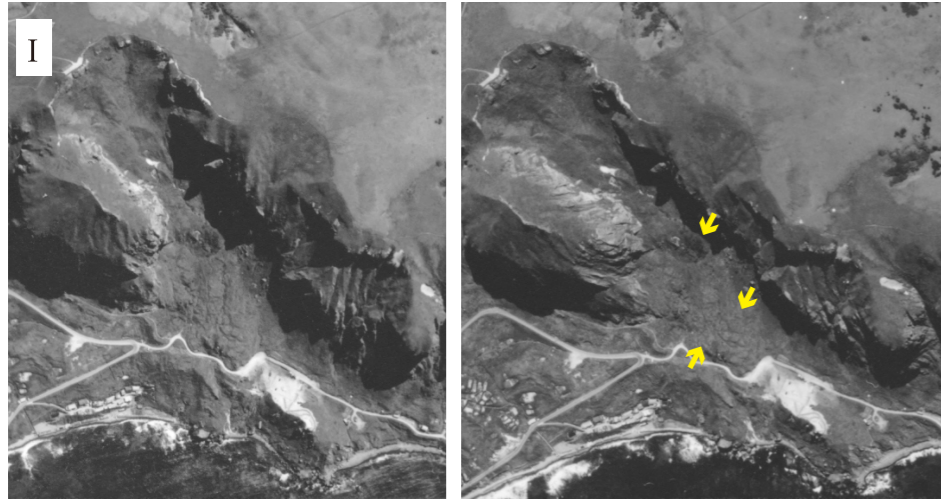
I II

副滑落崖
(崩積土地すべり)

IV

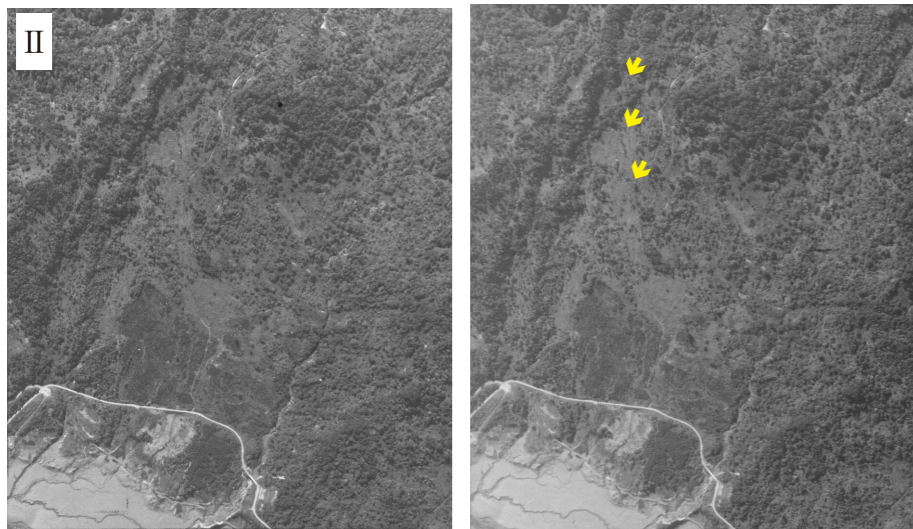
分離崖・溝状凹地
(風化岩地すべり)

V VI



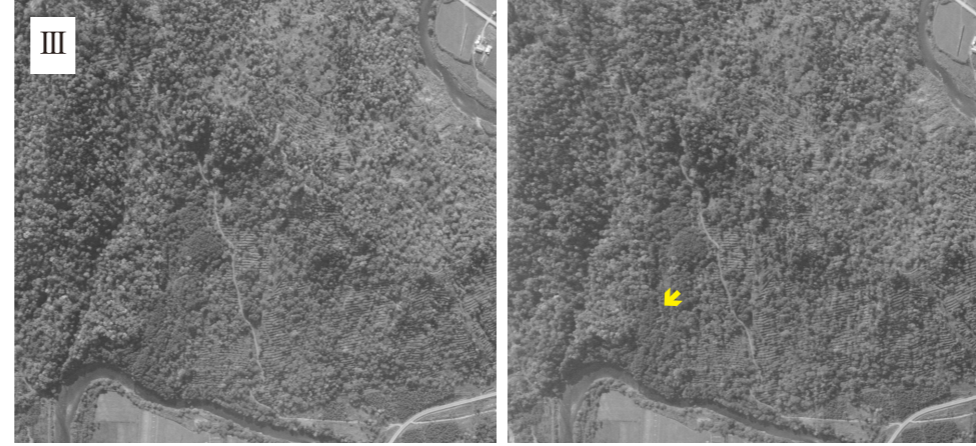
元地 CHO-89-2X C1-12,13

流動痕(粘性土地すべり): 移動土塊が変形しながら流動する。移動方向に伸びる流動痕や複数の舌状地形(矢印)が見られる。舌状地形の縁にはリッジ状の高まりを伴い、末端付近には下流方向に凸の弧を描く圧縮ジワが見られることもある。



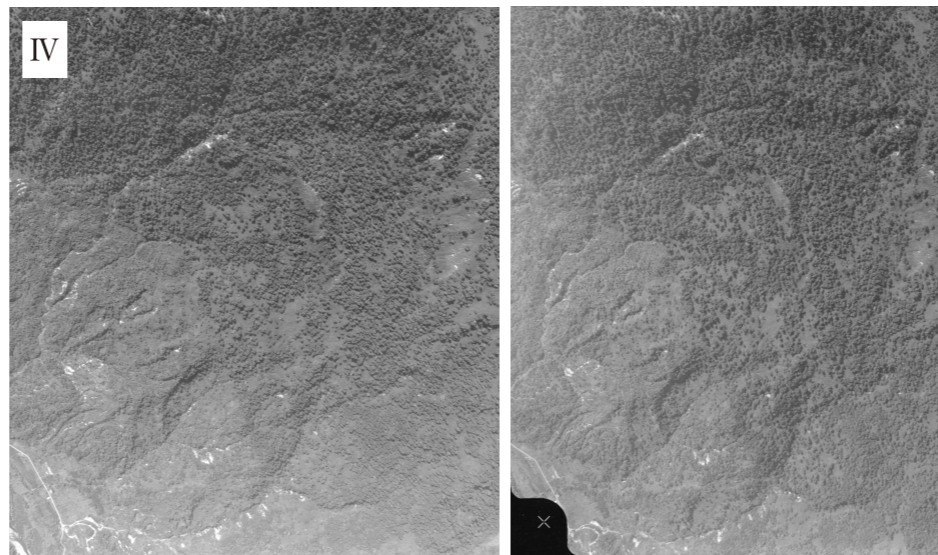
八十万坪 CHO-77-26 C7-23, 22

流動型地すべりの地形: 流動型地すべりは、その移動体物質が粘性土であることを示唆する。流動した移動土塊の頭部は深い馬蹄形の船底型凹地となる(矢印)。その下部の移動体は流下方向に伸びた細長い舌状の地形となる。



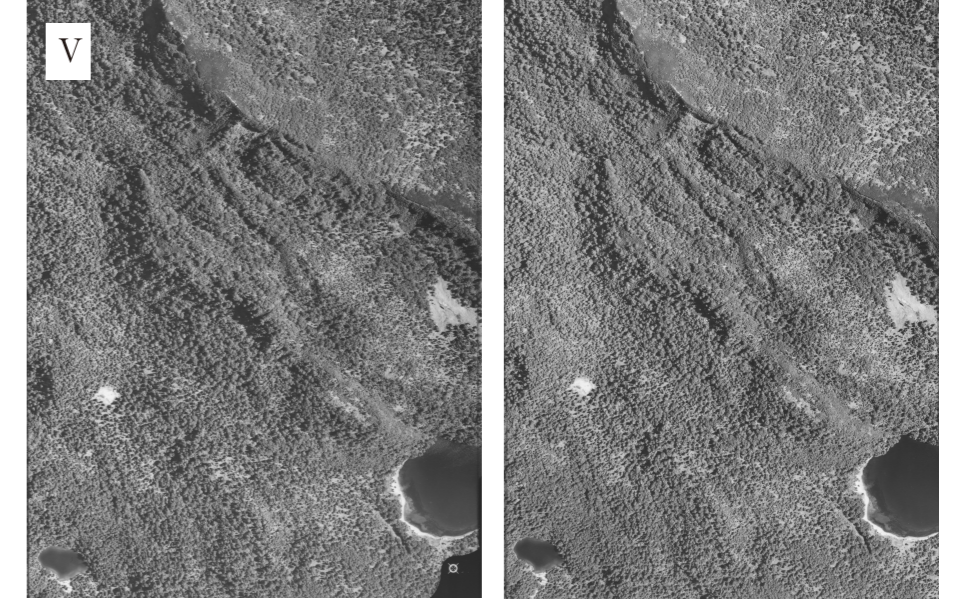
共和 CHO-77-18 C6-45, 44

粘性土～崩積土地すべり: ここでは、崩積土地すべりの特徴である副滑落崖を持ち多段化した地形も見られるが、中央のやや低い箇所には流動痕(矢印)も認められる。流動化した移動土塊は斜面下方へ伸びる。



国領 CHO-77-26 C7-21, 20

副滑落崖(崩積土地すべり): 崩積土地すべりは、たび重なる変動により岩屑状になった移動体がさらにスランプを起こす。そのため、移動体中に副滑落崖が形成される。一般に、末端ほどスランプの規模が小さくなるものの、その活動頻度は高くなる。写真の地区は中新統の泥岩からなる。一般に火山岩や砂岩よりも岩屑化・細粒化しやすい泥岩分布地域のものが崩積土地すべりとなりやすい。



空沼岳 90-29(第5後志山地) C10-32, 31

分離崖と溝状凹地(風化岩地すべり): 地すべり頭部～中部に分離崖が移動方向と直交して配列し、崖に挟まれた溝状の凹地内に池や湿地が見られることもある。風化の影響の比較的小さい溶岩や砂岩分布地域で特によく見られる。

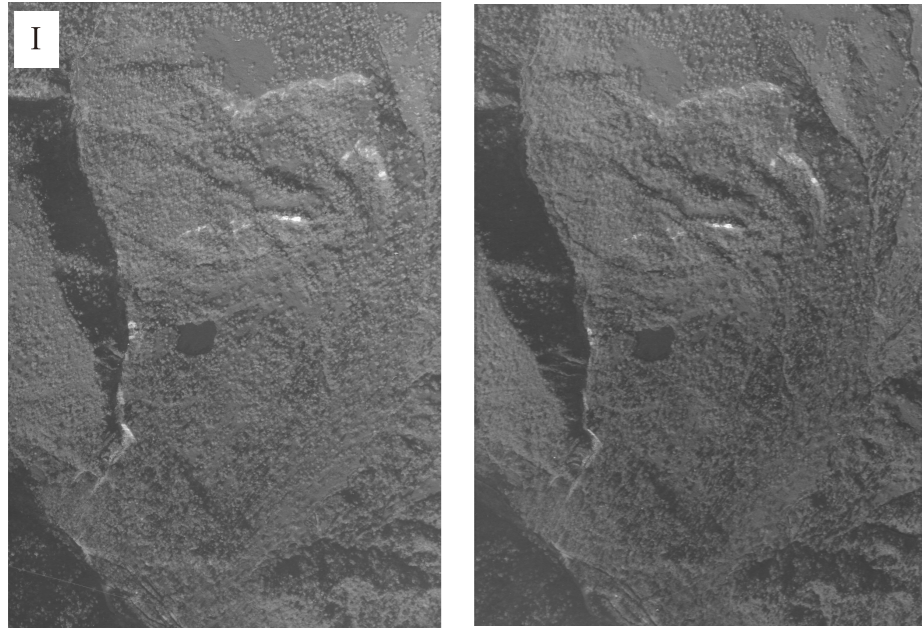
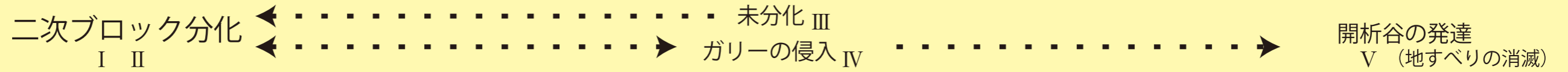


ピリカウタ CHO-78-7 C17-1, 2

分離崖と溝状凹地(風化岩地すべり): 風化岩地すべりは分離した小丘が土砂化せずに塊状の形態を保持する。ここでは、頭部～中部の移動体は分離した岩盤が複数の塊状の小丘となり、それぞれが深い溝状の凹地に囲まれている。

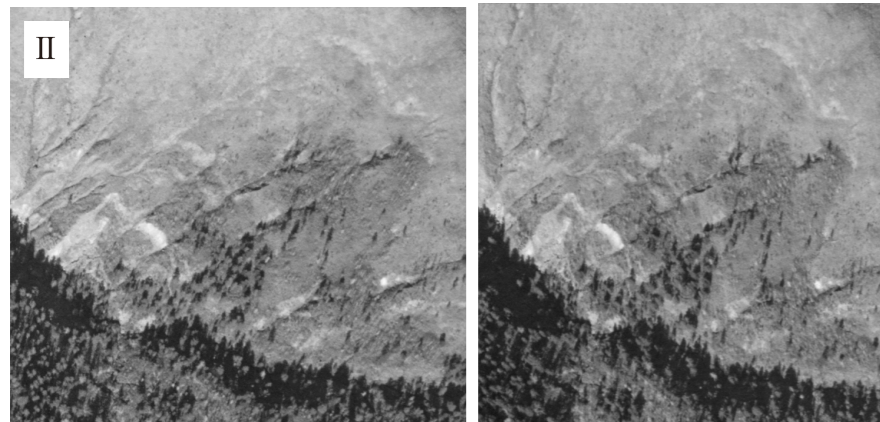
B: 発達過程

← 大 不安定化要因 小 →



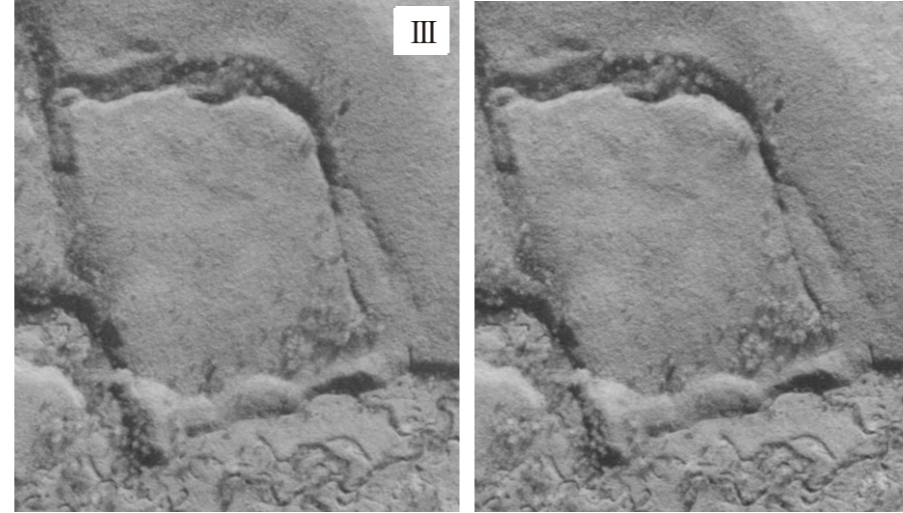
徳富岳 CHO-77-26 C8-13, 14

二次ブロック化 (活発期) : 二次ブロック化が進行していることは、地すべり活動が活発な時期となっていることを示す。ここでは、頭部は分離し岩盤すべりの様相を示すが、末端付近では移動土塊がほぐされ岩屑化しているように見える。



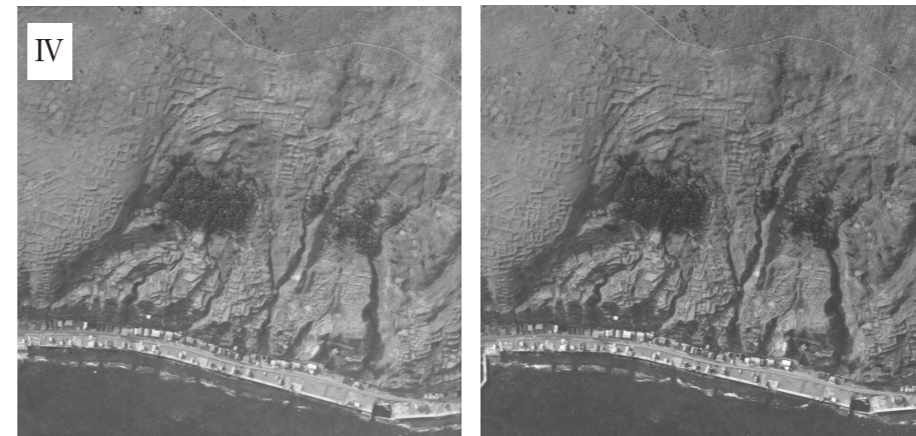
上問寒 CHO-77-6 C8-11, 10

二次ブロック化 (活発期) : 地すべり活動を繰り返すことにより、移動体が細分化し、副次ブロックが形成される。この写真は、蛇紋岩分布地域の地すべりで、移動体内の分離が進行し多数の副次滑落崖が見られる。下部の滑落崖ほど新鮮に見える。



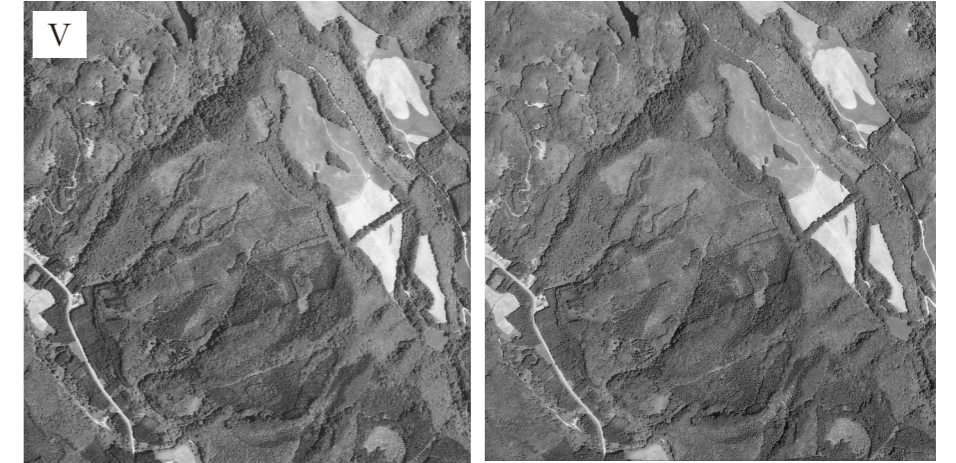
川住川 CHO-77-3 C5-3, 2

未分化の移動体 (発生期) : 活動が活発化する以前の地すべりは、移動体が分化せずに単一の形状となる。比較的急傾斜で小規模なものが多く、ここでは、浅い層すべりにより移動体の先端部が前方へ押し出され、圧縮している。



香深 CHO-77-1 C1-21, 20

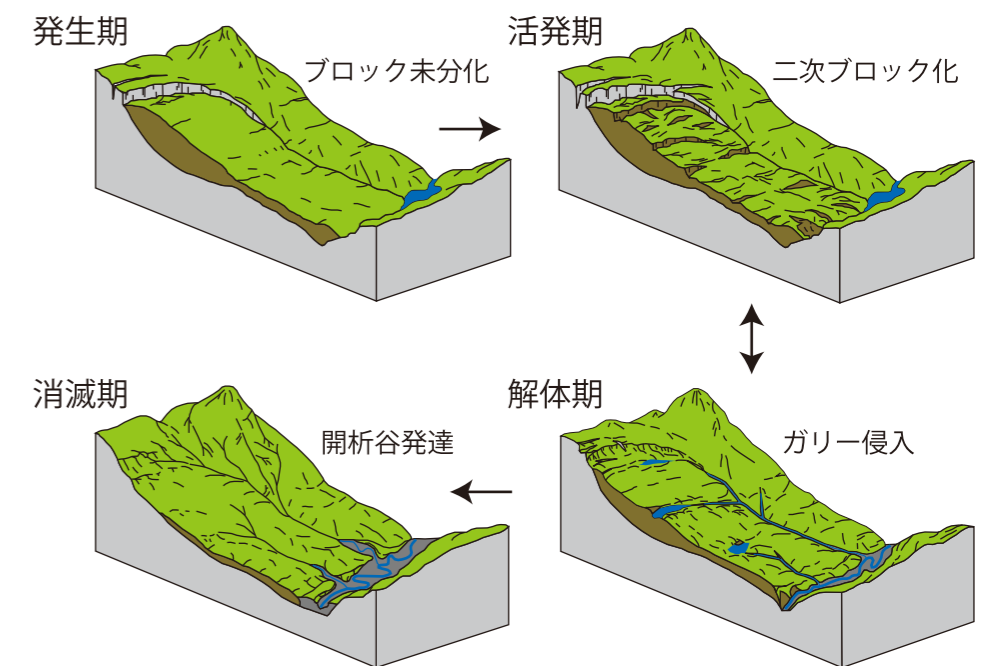
ガリーの侵入 (解体期) : 地すべり活動の休止期間が続くと、やがて移動体先端から地すべり地形の開析が始まる。ここでは、流水による深い下刻 (ガリー浸食) が発達し、頭部滑落崖直下まで侵入している。



幸連 93-2 (第5松前半島) C5-23, 24

開析谷の発達 (消滅期) : ガリー浸食が進めば地すべり移動体は開析され、時間とともに谷地形が発達する。開析谷が発達しているということは、地すべり活動後の経過時間が長いことを示唆する。

地すべりの発生～消滅のイメージ



C, D, E, F: 地すべり活動の新しさ (時間経過に関する指標)

地すべり活動

←新しい

古い→

C: 不動域 / 滑落崖

後背亀裂あり 崩壊壁のみあり 匍行斜面化 ガリーの伸長 全体が従順化

D: 滑落崖 / 移動体

左記地形のみ 崖錐あり 大規模な崖錐 滑落崖～崖錐～移動体が連続

E: 移動体内の微地形

亀裂あり・植生異常 微地形境界が鮮明 境界が不鮮明 微地形境界の消滅

F: 移動体の前面

前面に崩壊 移動体のみ ガリー・沖積錐あり 地表の従順化 移動体原面消失

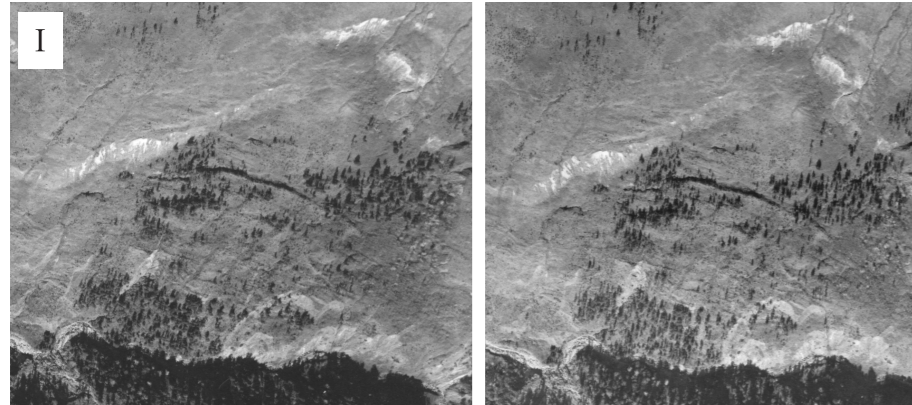
I

II

III

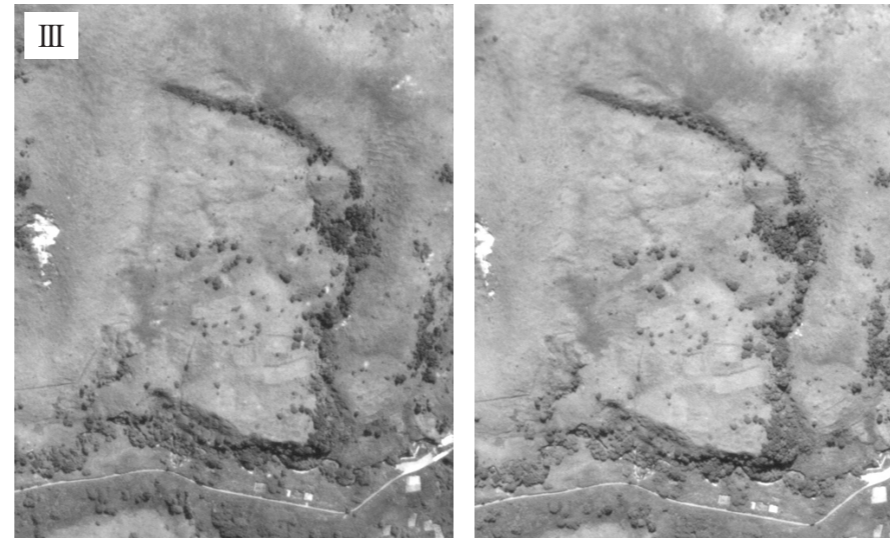
IV

V



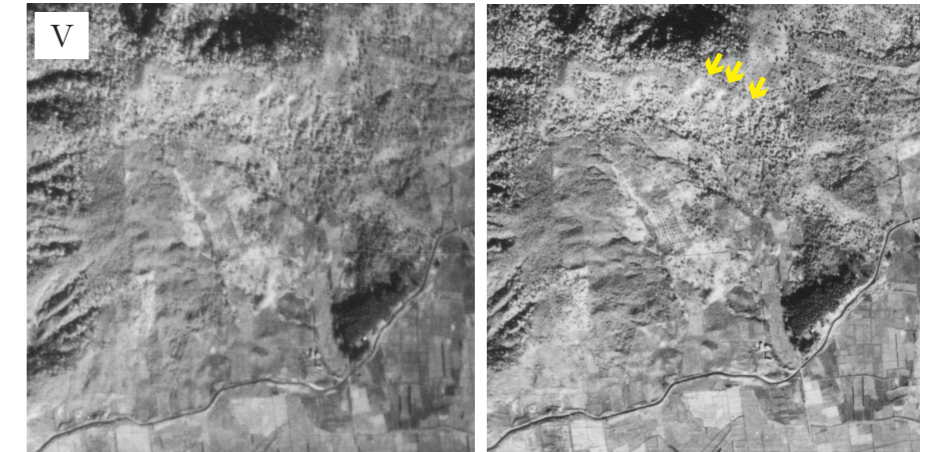
パンケルペシュペ CHO-77-6 C10A-11, 12

主滑落崖の背後にS型雁行亀裂が発達しており、変動域が背後に拡大しようとしていることが読み取れる。主滑落崖直下に崖錐が発達しないことは滑落崖が新しいことを意味する。移動体表面には変動方向に直交する尾根状の高まりと溝状の凹地を繰り返す微地形が明瞭。移動体前面の崩壊は、地すべり活動が生じている可能性を示すとともに、末端部の除荷により地すべりを助長するものである。



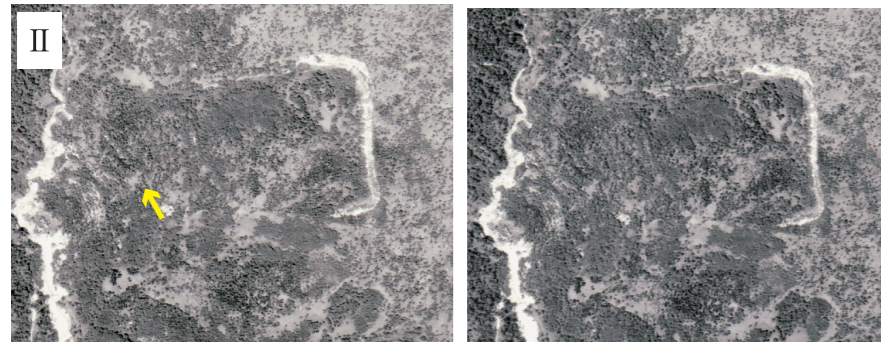
ホロナイ川 HO-84-2X C2-8, 7

不動域と滑落崖境界が丸みを帯びスムーズに連続する(匍行斜面化)。滑落崖と移動体の境界付近に沿って開析谷が侵入しており、滑落崖形成後の経過時間が長いことをうかがわせる。さらに移動体の微地形は従順化が進み、前面の開析谷出口に沖積錐が形成されていることは、地すべり活動後の開析が進行していることを示す。



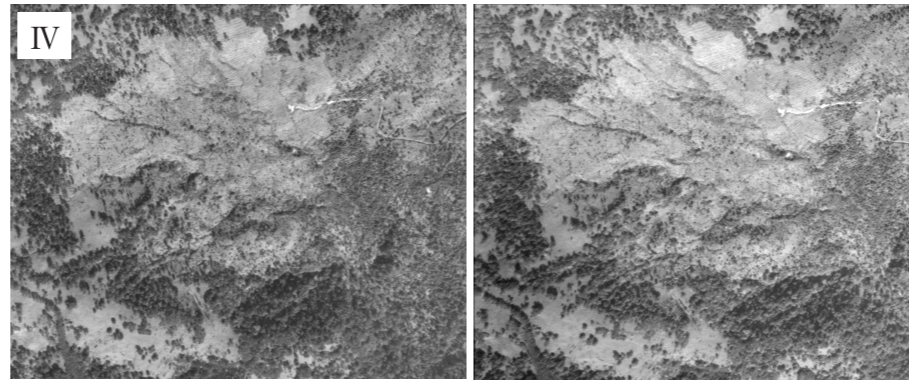
和 NK-54-13-2 M589-76, 77

滑落崖に複数のガリーが形成され、その頭部(矢印)に崩壊が発生している。滑落崖と移動体の境界付近に沿って開析谷が侵入している。移動体については、そのほとんどが開析され、移動体原面が消失している。移動体の範囲にみられる小規模な起伏は、開析された移動体の名残りである。



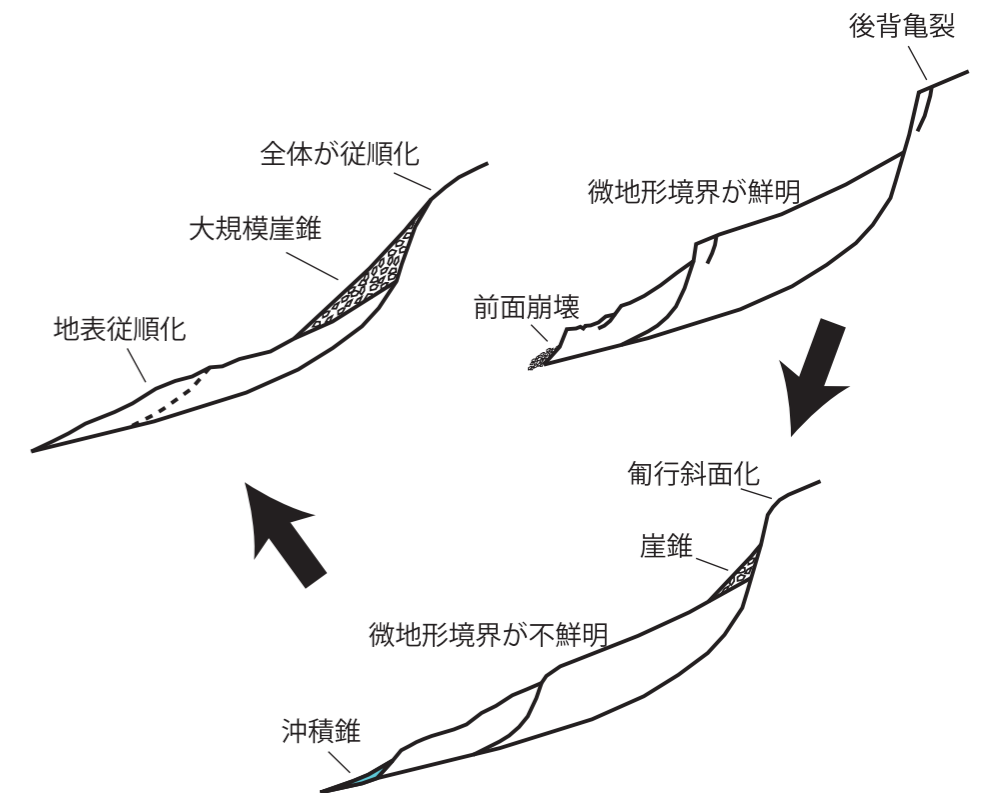
精神川 山-920 C3-8, 9

不動域と滑落崖の遷急線がシャープで、斜面がえぐりとられたような形状。主滑落崖直下に移動体が位置し、その間に崖錐は発達しない。移動体内部を斜めに横切る小ブロックの地形(矢印)も明瞭で、地すべり活動後、長い時間が経過しているものではなさそうである。



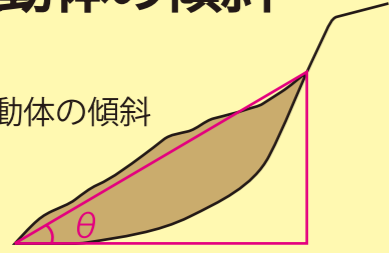
ニニウ CHO-77-47 C4-20, 21

不動域と滑落崖の遷急線が丸みを帯びており、下部からガリーが滑落崖下部まで伸長している。また、主滑落崖と移動体との境界には崖錐～緩斜面地形が発達する。移動体内部に微地形の起伏が認められるが、従順化が進行し微地形境界は不明瞭である。移動体末端はやや急斜面となるが、その前面の地形とは連続的で従順化している。これらの微地形は地すべり活動後の経過時間が長いことを示唆する。



G: 移動体の傾斜

θ : 移動体の傾斜



← 大

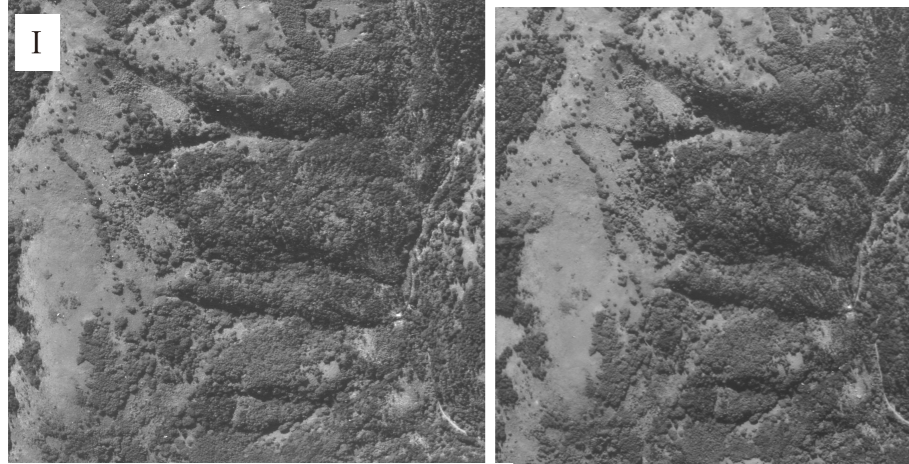
不安定化要因

小 →

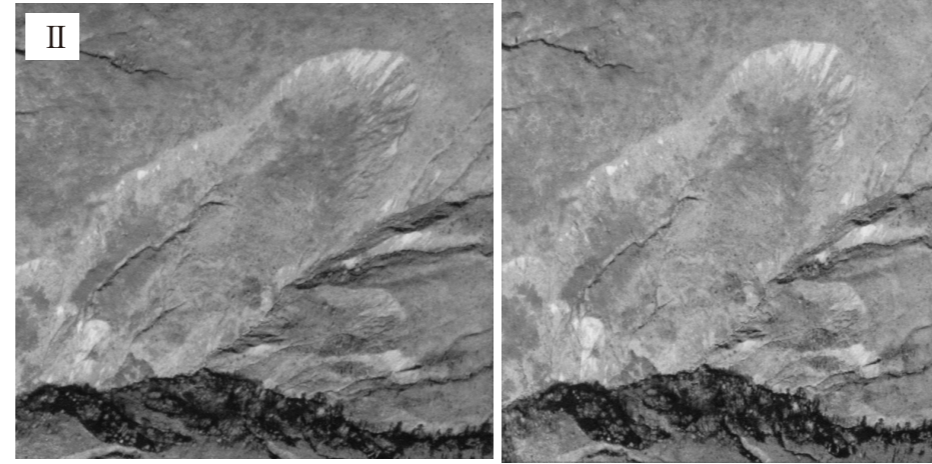
急傾斜
I

おおむね 10 ~ 20°
II

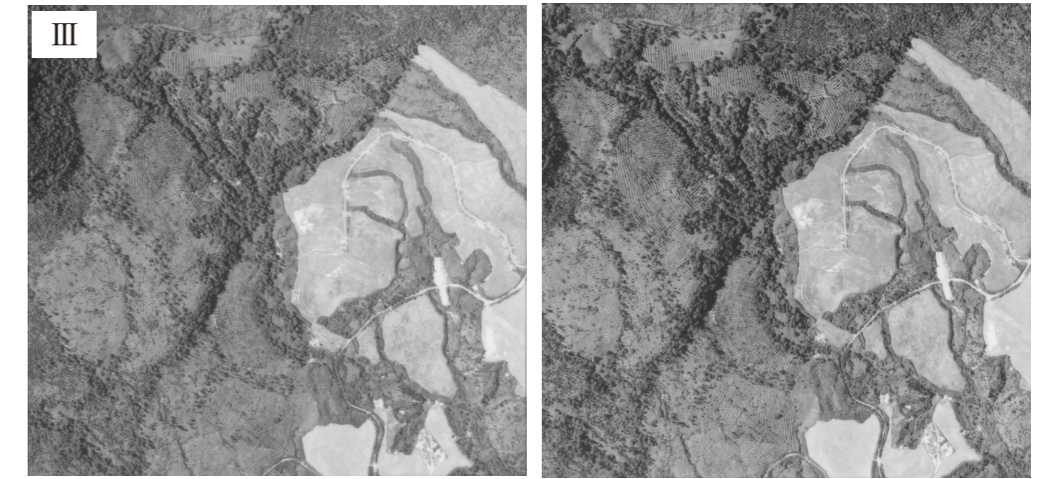
緩傾斜
III



礼文起登白川 HO-84-2X C1 9, 8



天塩演習林 CHO-77-6 C10A 10, 11

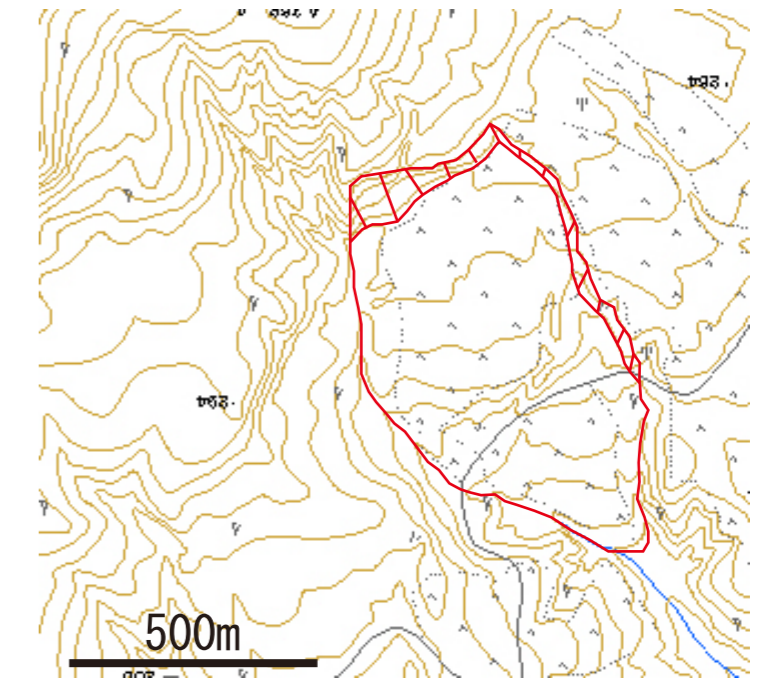
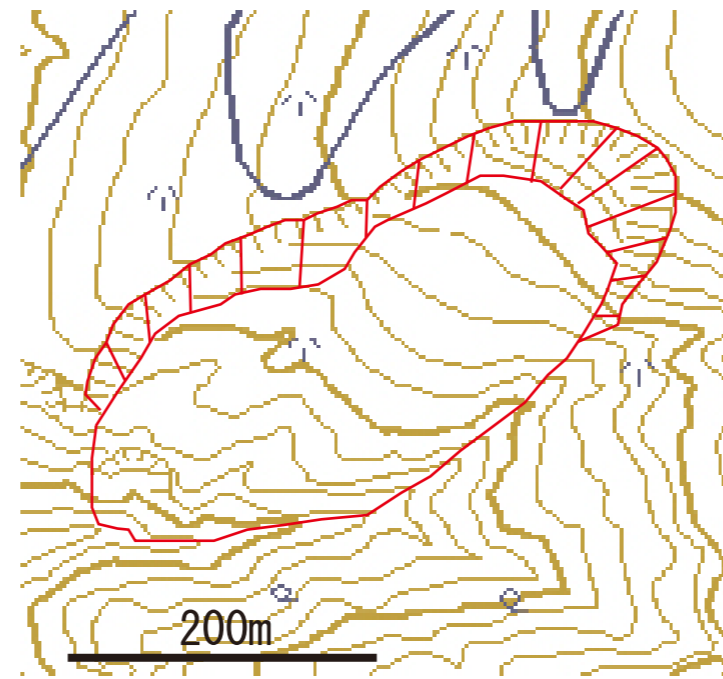
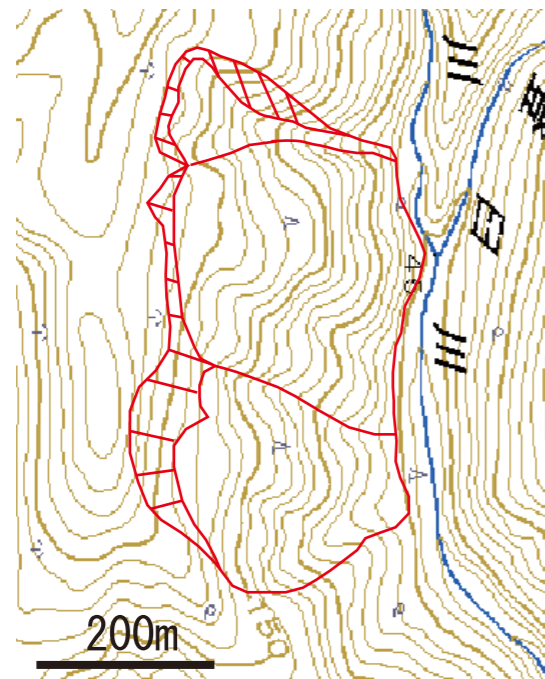


村井の沢 89-1 (第4枝幸) C17-7, 8

急傾斜: 移動体の斜面勾配がおおよそ 20 度を越えるものを急傾斜の地すべりとした。急傾斜の地すべりはポテンシャルが高く不安定で、変動が生じた際には高い位置エネルギーにより高速の運動へと移行する。写真の地すべりは椅子型の形態となっており、地すべり中上部は比較的緩傾斜の斜面となり、その下位は急傾斜が基部まで続く。移動体の傾斜は約 26°。

中間的傾斜: 地すべりの傾斜としてもっとも一般的な勾配 10 ~ 20° 程度のものを中間的な傾斜の地すべりと位置づけた。ここでは、移動体上面の勾配は 11° とやや緩傾斜であるが、末端河川の下刻が顕著で末端斜面が急勾配のため、移動体下端から上端までの傾斜は約 18° となる。

緩傾斜: 移動体の傾斜がおおよそ 10° 未満の緩傾斜の地すべりは、重力による移動ポテンシャルが低い。この写真の地すべりの移動体の傾斜は約 5° で、きわめて緩傾斜な地すべりである。地すべり移動体の持つ位置エネルギーが小さいため、移動体が高速度で変動する可能性は低い。



H: 地すべり平面形状

不安定化要因

←大

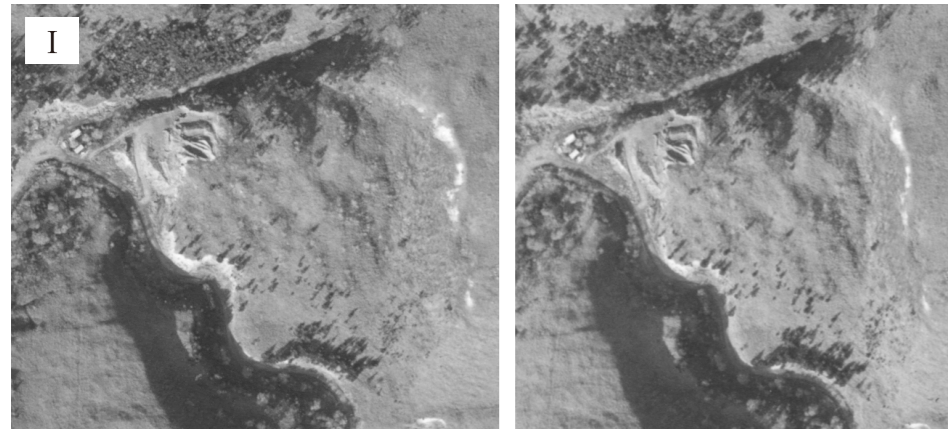
小→

下に開く
I II

III

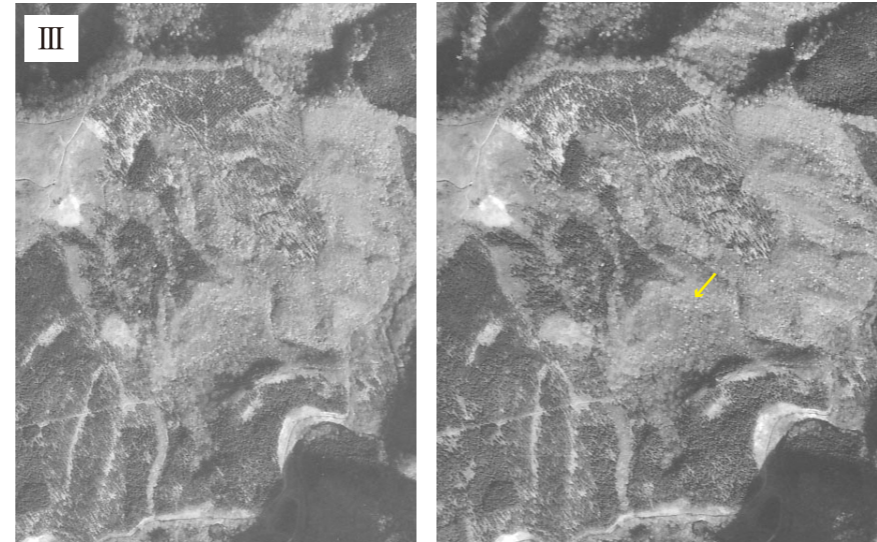
上下等幅
IV

下に閉じる・ボトルネック
V, VI



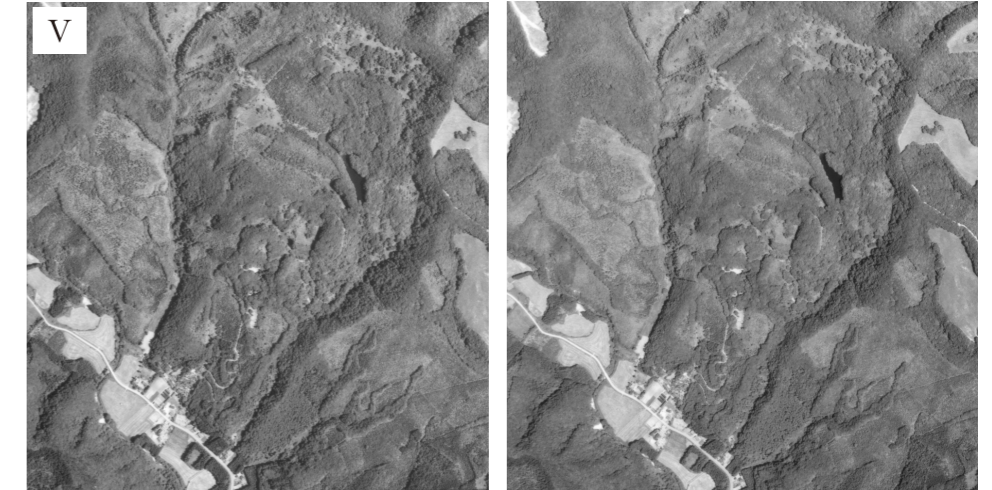
宗谷 CHO-77-3 C3 3,4

下に開く：地すべりの平面形状が下に向かって開いているものは側方からの拘束を受けにくい。写真の地すべりのように、地すべりの左右ともに深く下刻された沢に囲まれる場合は、側方からの拘束力を全く受けることがなく変動ポテンシャルが高くなる。



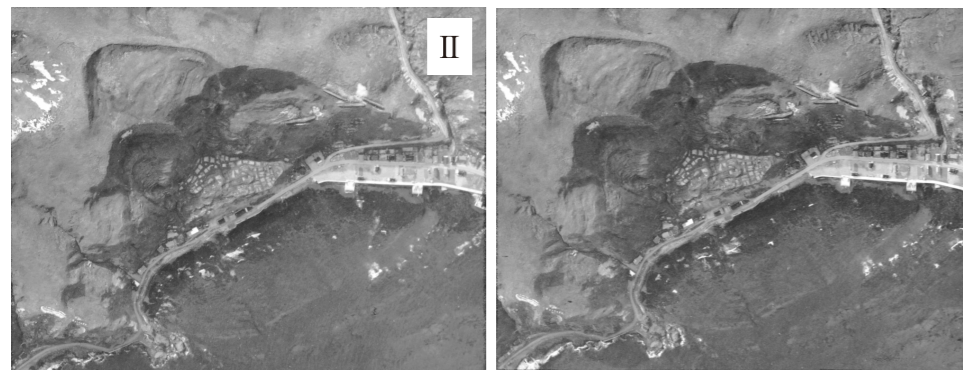
湯ノ沢川 HO-93-2X C7 -4,5

下に開く～上下等幅：上部ブロックの形状を見ると等幅で、側方から拘束されているが、直線矢印以下の下部ブロックでは、やや下方に開いた形状となっており、側方からの拘束力は弱い。この場合、「下に広がる」と「上下等幅」の間をとる。



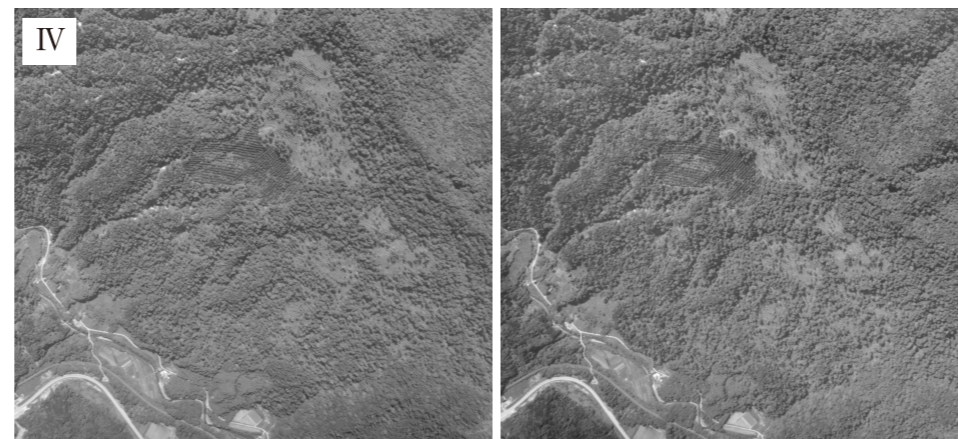
幸連上流 93-2 (第5松前半島) C5-23, 24

下に閉じる：地すべり末端部が狭まっているため、移動土塊が動こうとしても側方から拘束を強く受け、下方への変動が生じにくい。変動が生じた場合でも移動体の速度は高速になりにくい。



江戸屋 CHO-77-1 C-4 8,7

下に開く：写真の地すべりは、平面形状が下に向かって末広がりとなっており、側方からの拘束力が小さい。そのため、地すべり変動のポテンシャルは高い。ただし、この地すべりは椅子型で、垂直方向の変動が卓越しているとみられることから、側方からの摩擦力は弱いながらも受けられていると考えられる。



紅葉山 CHO-77-47 C5-7,6

上下等幅：地すべりの平面形状が上部と下部でほとんど等幅となっている。下方に開くものに比べると側方から拘束を受ける。変動が生じた場合も、速度が軽減される。



仁世宇 88-32 (第7日高) C20-6,7

ボトルネック：頭部は幅の広い地すべりが下部でボトルの先のように幅が狭まった谷底を流下するもの。地すべり下部が狭まり、さらに側方から拘束を受けるため、流動地すべりでないとこのような形体にはならない。写真の地すべりは上部の蛇紋岩が粘性土となり谷を流下している (矢印)。

I: 移動体下部の縦断面形状

不安定化要因

← 大

小 →

凸型 (convex) 斜面
I, II

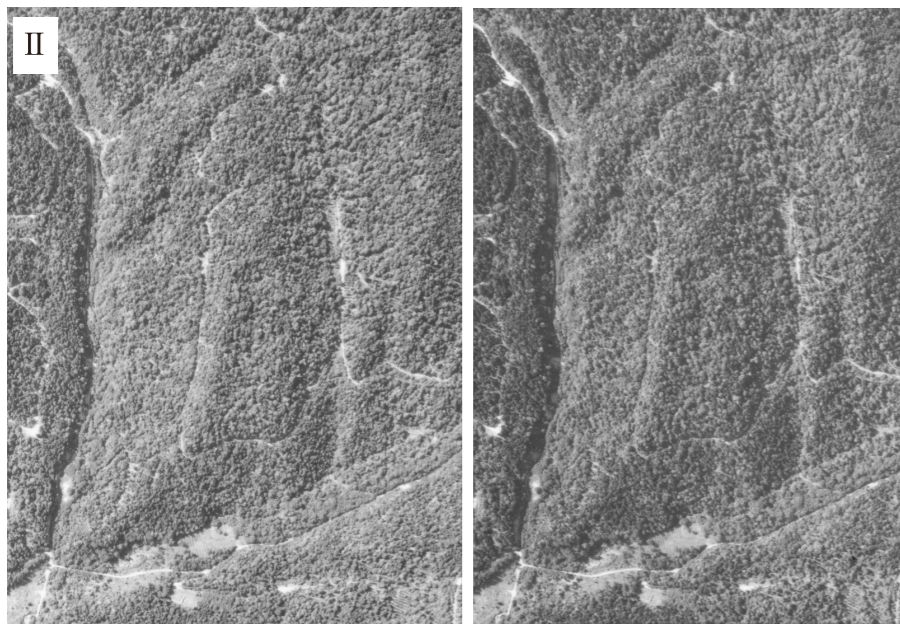
中間型斜面
III, IV

凹型 (concave) 斜面
V, VI



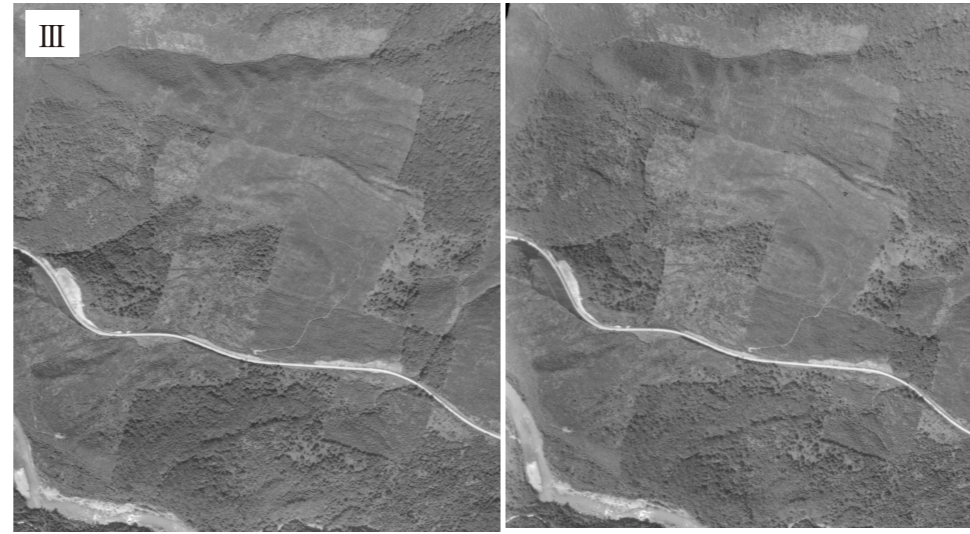
浜中 CHO-77-1 C3-2, 1

凸型斜面: 地すべり移動体下部で縦断面形状が凸型となり、変動のポテンシャルが高い。ここでは、地すべりの中央～左側部(写真上側)で厚い移動体が海岸に面している。地すべり右側部(写真下側)では、やや岩屑化した崩積土ブロックが浅い開析谷へ向け押し出している。



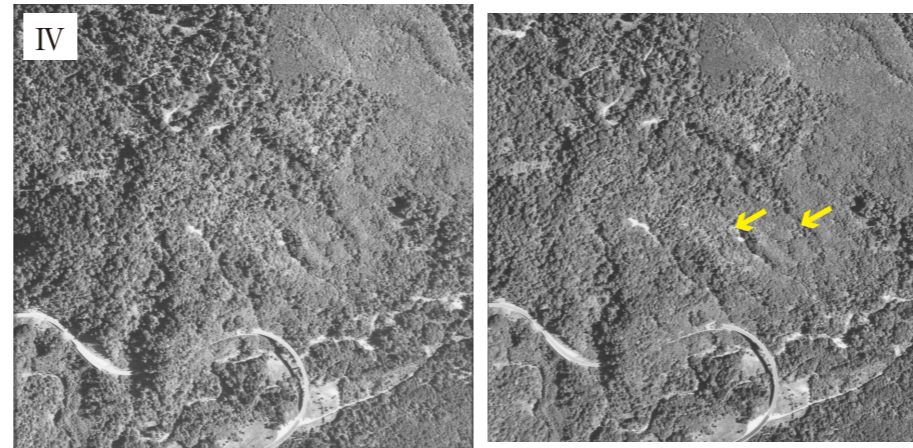
本岐 89-32 (第6十勝太) C13-22, 23

凸型斜面: 解体の進んでいない移動体が斜面下部に残り、縦断面形状が凸型となっている。これは、不安定土塊が移動体下部に多量に存在することを示し、変動の起こりやすい状況である。



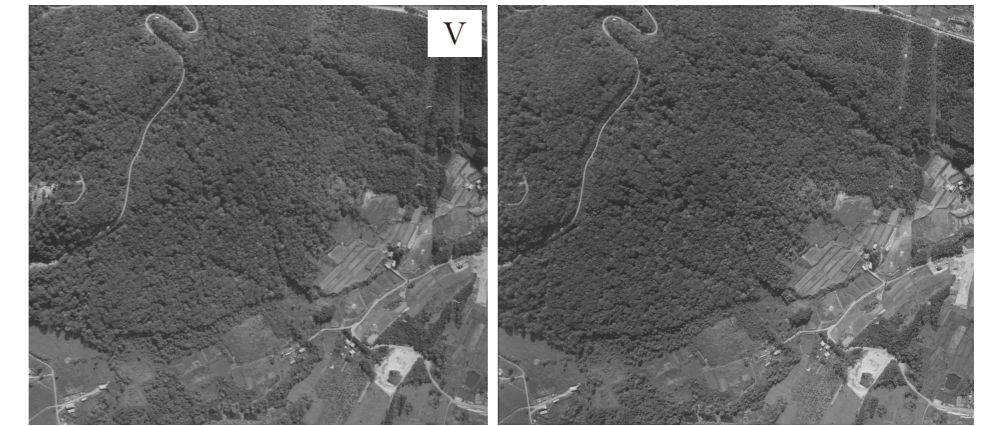
福山 CHO-77-47 C7-21, 22

中間型斜面: 移動土塊の上部と下部で勾配の差がほとんどない。地すべり上部では移動方向に直交する溝状凹地が縞模様となる。末端部は大きく膨らむことなく、前面の河川までほぼ同じ傾斜が続く。



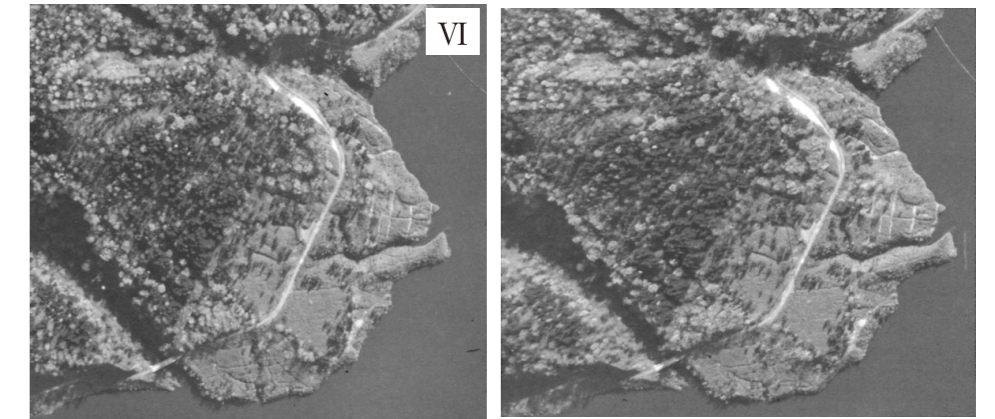
薄別 90-29 (第5後志山地) C9-24, 23

中間型斜面: 流動を示唆する2つのローブ(舌状の高まり: 矢印)が地すべり斜面上に並列する。移動体は、ほとんど勾配を変えずに斜面上部から下部まで続いている。



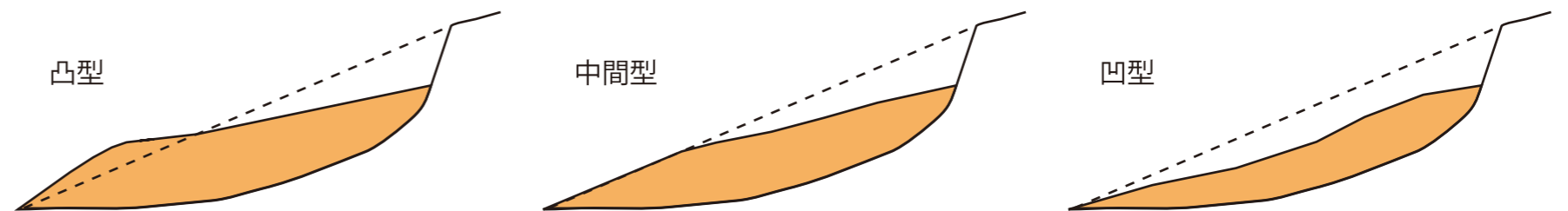
滝川空知太 CHO-77-27 C29B-5, 4

凹型斜面: 地すべり移動体の従順化が進み、下部の縦断面形状が凹型となる。ここでは下部ほど傾斜を減じ、末端部では約10度の緩斜面となり段丘面上にのる。この地形は、地すべり下部の不安定土塊がすでに失われていることを意味する。



有明 CHO-77-55 C16-14, 13

凹型斜面: 移動体の下部ほど傾斜が減じ、縦断面形状が凹型となる。土塊の末端は段丘面上にスムーズに連続する。さらに移動体は開析を受けており、地すべりとしての活動ポテンシャルは低い。



地すべり移動体の下部が、移動体上端と下端を結ぶ線より著しく突出する場合は凸型斜面、著しく下回る場合凹型斜面とする。

J:地すべり末端の浸食環境

不安定化要因

←大

小→

末端が河川攻撃斜面

.....

河川・海岸に面する

.....

沢に面する

.....

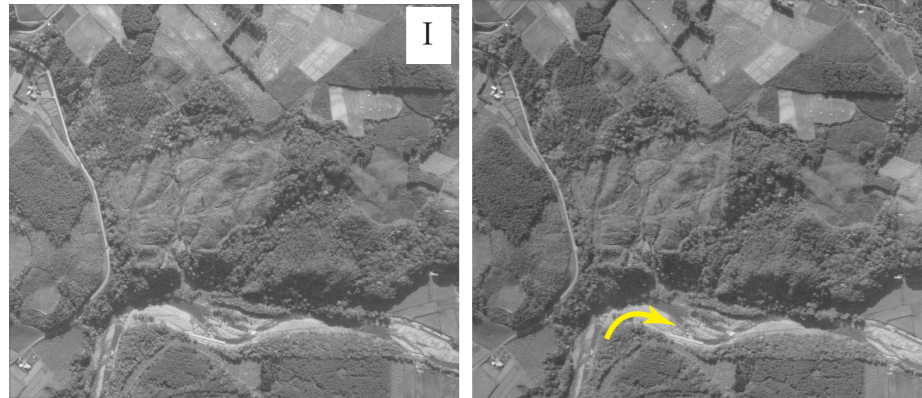
沢に面していない

I

II III

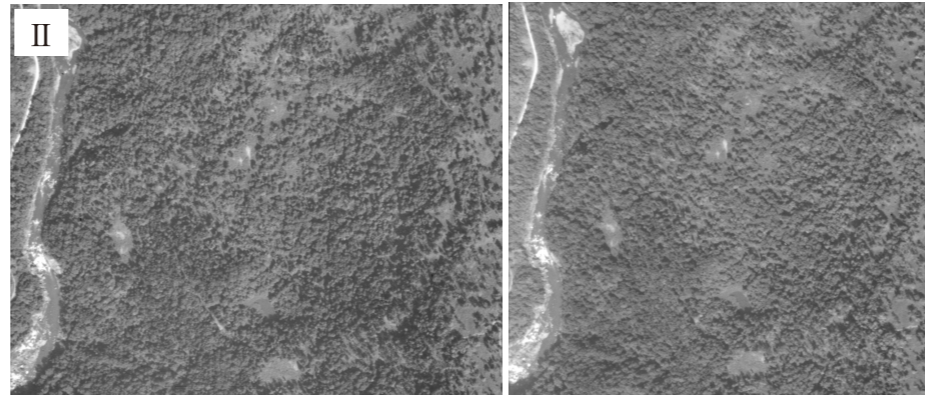
IV

V



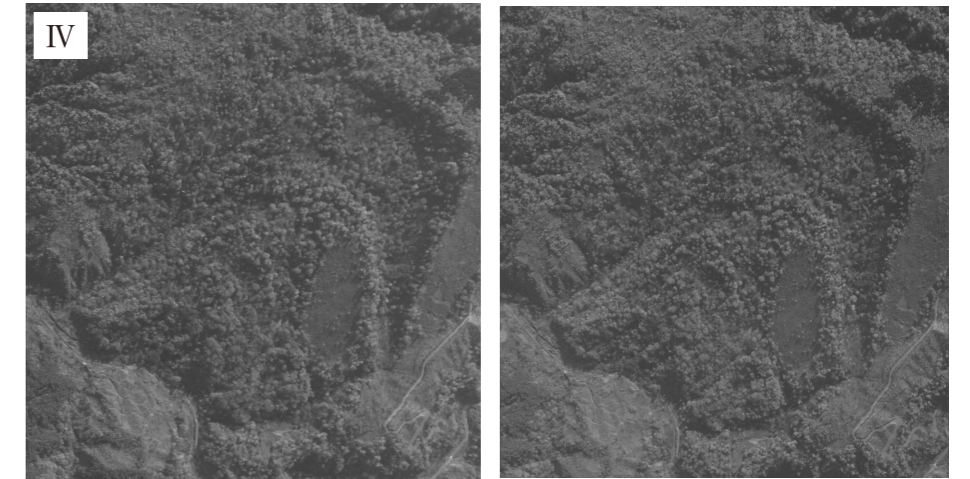
蟠溪 CHO-76-10 C14-8, 7

末端が河川攻撃斜面：地すべり末端が流量の多い河川の攻撃斜面に位置し，末端部の浸食が顕著となっており，不安定な状況下にある。



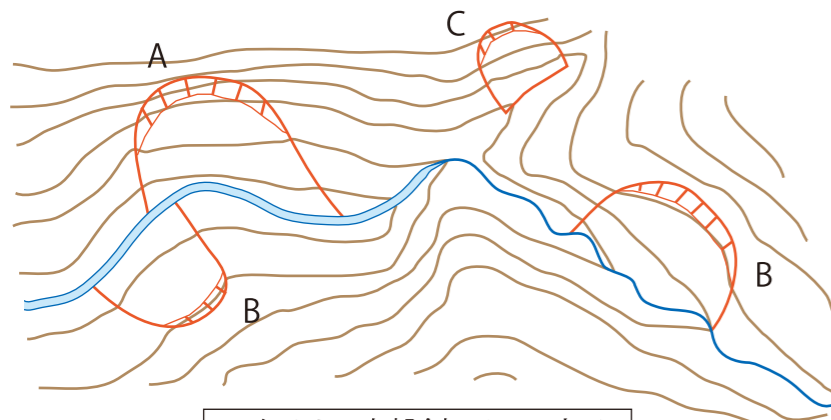
占冠 CHO77-47 C3-28, 29

河川に面する：地すべり末端が流量の多い河川 (1/25,000 地形図の水色表示のもの) に面しており，河川の流量が増加した際など，側方浸食が活発になる可能性がある。



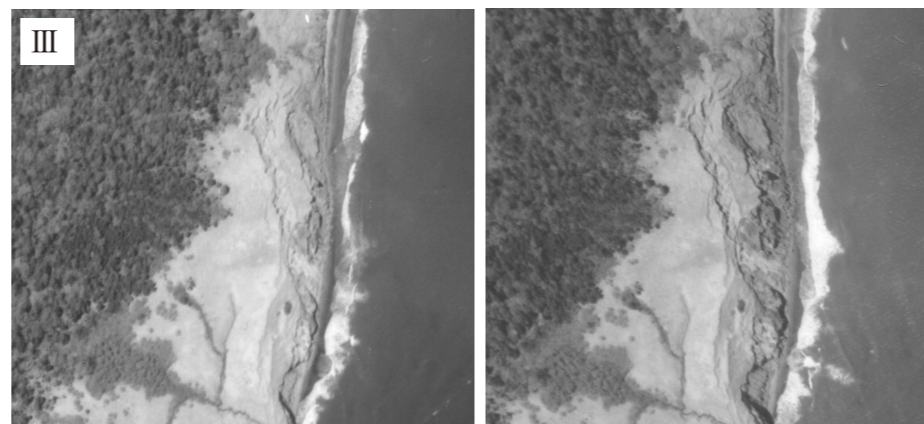
志寸川 CHO77-26 C9-21, 20

沢に面する：地すべり末端が沢 (地形図の水色表示の川が入っていない谷地形) に面しており，大雨等により水位が増して側方浸食や下刻が生じた場合，地すべり活動が活発になる可能性がある。



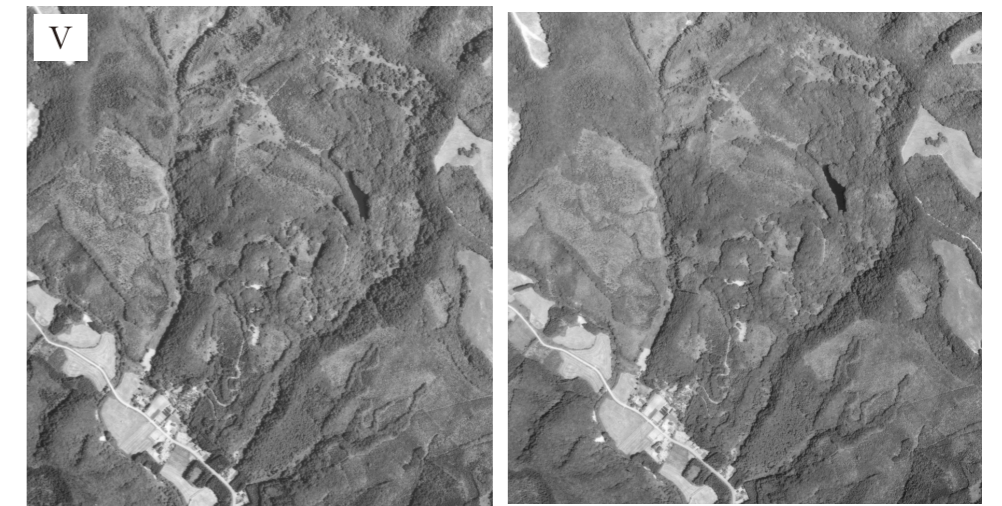
A: 河川の攻撃斜面に面する
B: 河川に面する
C: 沢に面する

地すべり末端部の半分程度以上が河川 (地形図で青色の表示があるもの) の攻撃斜面にさらられる場合、「河川攻撃斜面に面する」とする。



長節 HO-95-1X C14B-15, 16

海岸に面する：地すべり末端が砂浜や礫浜の海岸，あるいは直接海面に面しており，海岸浸食を受ける可能性のあるもの。ここでは地すべり末端が海食崖となっており，すべり面が海食崖に抜けているのが写真から読み取ることができる。一般的にすべり面が斜面途中に抜ける地すべりは活動度の高いものが多いが，空中写真からは読み取れないことが多い。



幸連上流 93-2 (第5松前半島) C5-23, 24

沢に面していない：地すべり末端が段丘面や沖積面に面しており，現状の環境では河川や海により浸食されることのないもの。地すべりの発生要因として末端浸食を考慮する必要のない地すべり。

実体視空中写真，地形図および微地形判読図

地すべり活動度評価チェックリスト

(撮影年次： 年 写真番号： C - ， 縮尺：1/)

直感危険度 高 ⇄ 中 ⇄ 低



写真(左)



写真(右)



地形図

| 観察アイテム | 高い ← 活動度 → 低い | AHP |
|-----------------------------------|---|-----|
| 地すべりの A. 型分類 (特徴的微地形) | 14.9 粘性土地すべり… (ex. 流動痕・圧縮丘) 10.5 崩積土地すべり… (ex. 副滑落崖) 6.1 風化岩地すべり (ex. 分離崖・溝状凹地) 4.3 2.5 | |
| 地すべりの B. 発達過程 | 12.2 亀裂・段差多数 2次ブロック化 (微地形多い) ← 8.5 ブロック未分化 4.7 ガリーの侵入 → 3.2 開析谷の発達 (地すべりの消滅) 1.8 | |
| 地すべり活動の C. 不動域/滑落崖 | 1.8 後背亀裂有 1.1 崩壊壁のみ有 0.4 匍行斜面化 0.3 ガリーの伸長 0.1 全体が従順化 | |
| 地すべり活動の D. 滑落崖/移動体 | 1.9 左記地形のみ 1.1 崖錐あり 0.7 大規模な崖錐 0.4 滑落崖・崖錐・移動体が連続 | |
| 地すべり活動の E. 移動体内の 微地形の鮮明さ | 15.1 亀裂あり・植生異常 6.9 微地形境界が鮮明 2.4 境界が不鮮明 1.2 微地形境界の消滅 | |
| 地すべり活動の F. 移動体の前面 | 12.8 前面に崩壊 6.9 移動体のみ 2.9 ガリー・沖積錐あり 1.8 地表の従順化 1.2 移動体原面消失 | |
| 地すべりの G. 移動体の傾斜 (地形図から読み取る) | 12.3 急傾斜 9.2 おおむね10~20° 6.1 緩傾斜 | |
| 地すべりの H. 地すべり平面形状 | 2.6 下を開く 1.8 … 1.0 上下等幅 0.7 … 0.4 下に閉じる・ボトルネック | |
| 地すべりの I. 移動体下部の 縦断面形状 | 9.9 凸型(convex)斜面 (不安定物質多い) 5.5 中間 3.0 凹型(concave)斜面 (不安定物質少ない) | |
| 地すべりの J. 地すべり末端の 浸食環境 | 16.5 末端が 河川攻撃斜面 13.1 … 9.7 河川・海岸に… 面する 7.5 5.4 沢に面する 3.7 … 2.0 沢・海岸に面していない | |
| 地すべり移動体内 特記すべき小ブロック | あり ・ なし (位置および全体との関係：) | |

その他の事項：周囲から水の入り込みやすい地形，すべり面の形状，末端河川の屈曲，対岸の崩壊などの記述

AHP評価合計点 点