

## 地すべり地形判読

### 地すべり地形とは

地すべり地形判読のためには、地すべりの定義をはっきりさせておく必要がある。

まず、重力を主な駆動力として斜面で発生する物質の移動を「斜面変動」あるいは「碎屑物の集団移動」という。この斜面変動の一形態が地すべりである。

地すべりとは、「斜面物質が明瞭な剪断面を境に、重力に従って下方に低速で滑動(slide)する現象」である。つまり、明瞭なすべり面(せん断面)があることが必須の条件であり、滑動した土塊(移動体)はひと塊であり、頭部、側部、末端に独特

の地形が形成される。

地形判読では、すべり面を見ることはできないので、一塊で動いた地すべりの外形と内部の微地形を判読することになる。

地すべりを含む斜面変動分類はD. J. ヴァーンズの分類が有名である。この分類では、物質のタイプ(地すべり移動土塊の材料)と運動形式の2軸で分類が行われている。この中で、「スランプ-アースフロー」が典型的な地すべりと言ってよい。最近の呼び方では、中位変位の並進(スライド+押し)である(図1のc)。

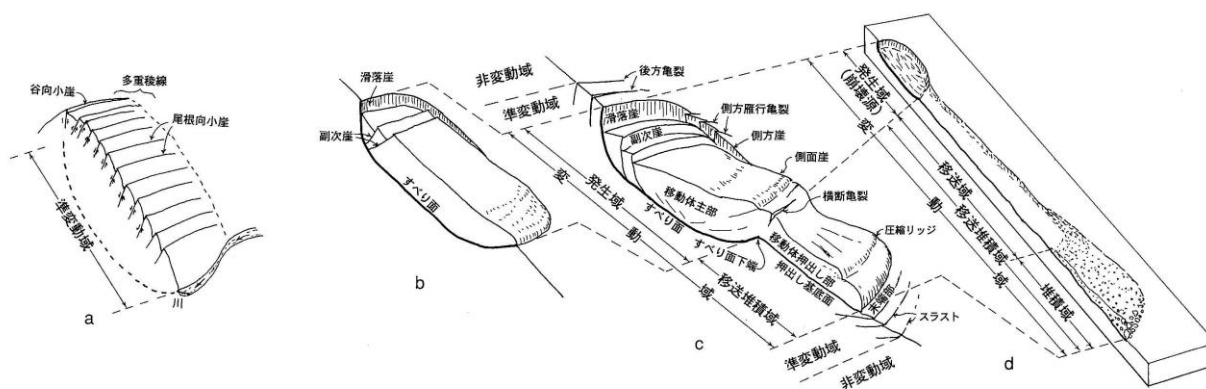


図1 地すべりの内部構造 (日本地すべり学会, 2004, 31p, 図 1.3.1 の一部)

地すべりの外形と内部構造の説明図である。頭部の滑落崖とその前面の緩斜面、側方崖、末端の盛り上がり、押し出し土砂など、地すべり特有の微地形が形成される。これらを地形図あるいは空中写真で判読するのが地すべり地形判読である。

a) 初期的変形斜面(クリープ) b) 小変位の並進(スライド) c) 中変位の並進(スライド+押し) d) 回転すべりから流動へ(スライド+フロー)

### 地すべり地形判読の実際

地すべりは斜面上を土砂や岩盤が移動し堆積する現象で、大きく発生域と移送堆積域に分けられる。発生域には土砂や岩盤が地山から分離した滑落崖などの地形が形成される。一方、移送堆積域には横断亀裂や圧縮リッジなどの地形が形成される。このような微地形を地形図あるいは空中写真で判読するのが

地すべり地形判読である。

地形図上での地すべりの基本的な平面形(外形)は、1) 頭部の山側に凹んだ急斜面、2) その下の緩やかな斜面、3) 末端の谷側に凸のやや急な斜面、4) 両側の湾曲した沢状地形である。

以下に、2万5千分の1地形図で地すべり地形を見つめる。

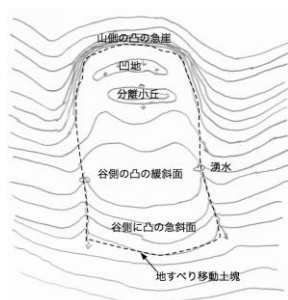


図2 地すべり地形の模式図(国土技術センター編, 2010,7pによる)

地すべりの外形を模式的に示したものである。

最上部は山側の凹んだ急崖(滑落崖)があり、その前面には地山と地すべり移動土塊の分離により凹地が形成される。さらに、地山から分離した移動土塊があまり破壊されずに残った分離小丘が見られる場合がある。発生域の中央部付近には緩斜面が拡がり、様々な微地形が形成される。末端は押されて盛り上がることも多く、急斜面を形成する。

(以下に示す 4 葉の地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の電子地形図 25,000 を複製したものある。  
承認番号 平成 25 情複, 第 915 号)



図 3 道々135号大滝トンネル周辺の地すべり

(地理院地図「奥芦別」)

この地域は、北東側に川端層の砂岩・礫岩、南西側に梶内層の泥岩が分布している。北西-南東方向の地層境界があり、川を挟んで連続した尾根として地形に現れている。泥岩分布域に地すべり地形が認められる。

大滝トンネル芦別側坑口（西側坑口）にも小規模な地すべり地形があり、押え盛土・深礎杭基礎を施工し、側壁導坑で掘削したが天端崩落が発生した。(43° 22' 40" N, 142° 13' 9" E)



図 4 元地地すべり

(地理院地図「香深」)

礼文島南部は、西海岸と東海岸で対照的な地形を示す。西海岸の桃岩を挟んで南北に地すべりがある。周辺の地質はハイアロクラスタイトで、その下部に凝灰岩類が分布し粘土化が著しい部分がある。

北側のブロックは、平面形や中央部に平坦面があることから、椅子型のすべり面を持っていると推定される。南側のブロックでは、円弧すべりに始まりアースフローが2度発生した。

(45° 17' 48" N, 141° 1' 51" E)



図 5 富士川西方山地の地すべり

(地理院地図「南部」)

富士川周辺は地すべりが多い地域である。富士川層群の泥岩と砂岩の境界部に地すべりがあり、トンネル坑口が計画された。坑口の両側に沢があり、沢の壁にすべり面粘土が露出している。沢沿いに、この粘土層を追っていくと源頭部の尾根にある段差にたどり着く。

(35° 15' 52" N, 138° 27' 22" E)



図 6 鹿児島県加治木の地すべり

(地理院地図「加治木」)

この付近を構成する地質は、いわゆるシラスである。黒川山から続く尾根の北西斜面に5つの地すべりが分布していて、2006年7月にその一つで土砂崩壊が発生した。ここでは、地形図から地すべり地形を判読するのが非常に難しい。

(31° 44' 7" N, 130° 40' 38" E)



## 地すべり活動度評価

地すべり活動度評価の手法にはいろいろなものがある。

道路防災点検の安定度調査表（地すべり）は、その一つである。この調査表では、1) 地形・地質の要因、2) 地すべり履歴や地すべりの兆候の二つの項目について評点を付け、高い方の評点に対して対策工の効果により補正を行って、その地すべりの安定度の総合評価を行う。当初は、評点により危険度を判定していたが、現在は点検技術者の判断で3段階の評価を行っている。

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（北海道立総合研究機構 地質研究所, 2013）は、空中写真の判読のみで地すべりの活動度を評価できる手法である。

この手法の特徴は次の点にある。

1) 空中写真の判読のみで地すべり活動度の評価を行うことができる。判定要素の中に地すべり移動体の傾斜といった地形的要素は入っているが、北海道内の地すべりであれば地質に関係なく活動度評価を行うことができる。

2) AHP 方による評価点が各判定要素ごとに与えられていて、その合計点で地すべりの活動度を評価できる。このことは、例えば一つの路線で、どの地すべりを優先的に対策すべきかを判断する根拠を与えてくれる。

3) この手法を採用する場合、できれば3人程度の複数の人間による評価点を出して、お互いに議論しながら最終的な判断をすることが推奨されている。

以下では、マニュアルでの最高評価点の高い順に地すべり地形判読の要点を述べる。

(1) 地すべりの外形を正確に判読する。

地すべり発生直後は地すべり地形は明瞭でそれほど迷うことはない。しかし、一般的には再活動しやすい地すべりは、発生後、数千年以上経過していることが多く、その後の浸食作用を受けている。頭部の滑落崖は認識しやすいが側部や末端は判定が難しいことがある。特に、末端が河川や海岸など水の作用する環境にあるかどうかは地すべりの活動度に大きく影響するので、判読には十分な注意が必要である。チェックリストでは、「地すべり末端が河川攻撃斜面」である場合の評価点が、16.5点（第1位）で最も高くなっている。

(2) 地すべり移動体内の微地形を抽出する。

発生してからの時間経過が少ない地すべりほど安定していない。経過時間を見積もる指標として移動体内に見られる微地形が重要である。滑落崖直下の崖錐の発達状況、移動体内の引張亀裂や木の倒壊などが目安となる。

チェックリストでは、「移動体内に亀裂や植生異常」と言った鮮明な微地形がある場合 15.1点（第2位）となっている。

(3) 地すべりの型を読み取る。

不安定化要因が大きいのは粘性土地すべりで、崩積土地すべり、風化岩地すべりの順で安定となる。最も不安定な粘性土地すべりは、一般的には細長い外形を示し、土砂が流れた跡（流動痕）や末端が後ろからの土砂に押されて圧縮場となり丘状の地形（圧縮丘）ができたりする。チェックリストでは、粘性土地すべりは 14.9点（第3位）となっている。

(4) 地すべり移動体の末端崩壊を読み取る。

地すべり末端で崩壊が発生しているということは、押さえとなっている土塊（移動体）が除去されつつあることを示している。実際に地すべりが滑動しているために末端崩壊が発生している場合もある。チェックリストでは「前面に崩壊」がある場合、12.8点（第4位）となっている。

前面に崩壊があり、末端が河川の攻撃斜面であれば、これだけで評点は 29.3点になる。

(5) 移動体の傾斜を地形図から計測する。

地すべり移動体の平均傾斜が  $20^{\circ}$  以上の「急傾斜」であれば活動度が高い。一般的には、地すべりの型分類の粘性土地すべりで移動体の傾斜は緩く、風化岩地すべりでは傾斜が急になる。粘性土地すべりの移動体が、急斜面に残っている場合には注意が必要ということである。移動体の傾斜が「急傾斜」（ $20^{\circ}$  以上）の場合、チェックリストの評点は 12.3点である。

(6) 地すべり移動体内の亀裂・段差を抽出し、発達過程を推定する。

地すべり移動体の中に亀裂や段差があり、さらに小さなブロックに分かれている場合には、地すべりの発達過程の初期段階にあり活動度が高い。これに対して、移動体内にガリーや新たにできた谷が発達している場合は、停止・解体期あるいは消滅期の段階にあり活動度は低い。「亀裂・段差が多く2次ブロック化」している場合、チェックリストの評点は 12.2点である。

## 地すべり地形判読の留意点

建設工事での地形判読は、対象がはっきりしている。道路建設であれば、道路周辺の地すべりを抽出することであるし、橋梁であれば橋台や橋脚に影響する地すべりがないかチェックすることである。トンネルの場合は、坑口に地すべりがないか、大規模地すべりがトンネル断面に出現しないかと言ったことがチェックすべき事象となる。

地すべり地形判読の留意点を列挙する。

(1) 疑わしきは抽出する。

建設工事で地すべり地形判読を行うのは、事業の初期段階である。つまり、道路建設であれば路線選定のための概査や設計・施工のための詳細調査の初期段階で行うのが最も効率的である。この段階では、「疑わしきは罰する」を念頭に地すべり地形を抽出する必要がある。工事などが大きな手戻りになるのは抽出漏れがあった場合である。



図7 変状を起こしたトンネル坑口

坑口上部斜面にアンカーを施工して掘削を始めたが、17m掘削したところで変状が発生した。工事を中止して押え盛土やトンネル側壁補強などの対策工を実施した。

(2) 地形判読後は必ず現地を確認する。

地形判読結果を現地で確認することは重要である。その場合、現地では、工事着手前に対策が必要な地すべりなのか、土工の中で対処できるものなのかの判定を行う。同時に、地すべり対策が必要な場合は、主要な対策工を何にするのかの判断が必要である。この場合、地質の違いによる差別浸食や周氷河環境で形成された地形など、地すべりに類似した地形と混同しないことが大事である。

現地踏査結果と空中写真判読を突き合わせることで、判読の精度を高めることができる。

(3) 初期段階の地すべり地形に注意する。

岩盤地すべりあるいは風化岩地すべりは、明瞭な地すべり地形を示さないことがある。岩盤斜面では、初期の段階で岩盤の緩みによるクリープが発生し、これが発展すると一つの弱面に歪みが集中しすべり面が形成される。この初期の段階では、明瞭な地すべり地形が認められにくい。特徴的地形としては、上方に凸の尾根状地形が形成され、その両側に沢状の凹地が形成される。頭部付近に小さな崖が形成される場合がある。

藤田(1990, 40p)は次のような特徴を挙げている。

1) 直線状微小沢

斜面に斜交して直線状に切れ込む沢が存在する。発生した地すべりのブロック側方はこの沢に規制されており、沢は断層に起因していることが明確である。最大の特徴は、自然状態で形成される沢の多くが左右均等なのに比較して、左右不均一でしかも直線性が卓越している点である。

2) 緩傾斜台地状斜面

後背斜面と遷緩線で境される緩やかな凸状台地状地形が頭部付近に存在する。この特徴は過去に地すべり変動したことを明示していると判断され、その痕跡であると考えられる。

3) 小規模崩壊

岩すべり等が発生する初期段階ではそれブロック末端全面あるいは両サイドに小規模崩壊現象を伴う。したがって凸状地形の両サイド等に表層崩壊が存在する場合には地すべり地である可能性が強い。



図8 岩盤クリープを示すコア

上のコアは、クリープにより片理面の傾斜が緩くなっている。下は新鮮なコアで、片理面は75°以上の急傾斜となっている。

(4) 地すべり類似地形に注意する。

地すべりと紛らわしい地形として、北海道では最終氷期に形成された周氷河地形がある。頭部滑落崖風の急斜面とその前面の緩斜面あるいは山側の傾斜した緩斜面がある。両側には沢状地形が見られる。しかし、末端に押し出されたような土塊は認められない。



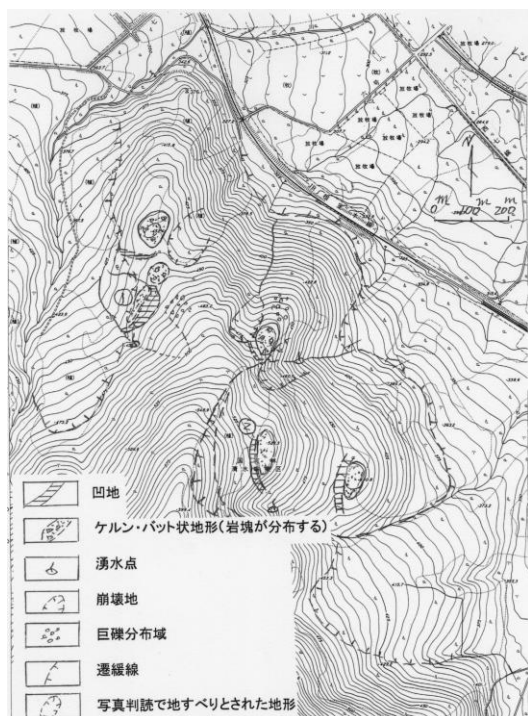


図9 新得町の周水河地形

(2万5千分の1地形図「新得」)

馬蹄形の凹地と残丘状のケルンバットが形成されていて、地すべり地形に酷似している。しかし、両側の沢には地すべり移動体らしき露頭が全く見られない。

地質は花こう岩である。右上はJR根室本線で、それより低地側には山麓緩斜面が広がっている。

(43° 3' 36" N, 142° 46' 45" E)

#### <参考文献>

- 在田一則・竹下 徹・見延庄士郎・渡部重十 (2010) : 地球惑星科学入門, 北海道大学出版会。
- 井上公夫 (2006) : 建設技術者のための土砂災害の地形判読実例問題 中・上級編, 古今書院。
- 井上公夫・向山 栄 (2007) : 建設技術者のための地形図判読演習帳 初・中級編, 古今書院。
- 大八木規夫 (2007) : 地すべり地形の判読法 空中写真をどう読み解くか (2007), 近未来社。
- 貝塚爽平 (1998) : 発達史地形学, 東京大学出版会。
- 小疇 尚・福田正巳・石城謙吉・酒井 昭・佐久間敏雄・菊地勝弘 (1994) : 日本の地形 地域編1 北海道, 岩波書店。
- 小疇 尚・野上道男・小野有五・平川一臣 (2003) : 日本の地形2 北海道, 東京大学出版会。
- (財)国土技術センター編 (2010) : 改訂新版 貯水池周辺地すべりの調査と対策, 古今書院。
- 鈴木隆介 (1997) : 建設技術者のための地形図読図入門 第1巻 読図の基礎, 朝倉書店。
- 鈴木隆介 (1998) : 建設技術者のための地形図読図入門 第2巻 低地, 朝倉書店。
- 鈴木隆介 (2000) : 建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・山地, 朝倉書店。

鈴木隆介 (2004) : 建設技術者のための地形図読図入門 第4巻 火山・変動地形と応用読図, 朝倉書店。

鈴木隆介 (1999) : 地形から地質を読む, 深田研ライブラリー No.26。

武田裕幸・今村遼平 (1976) : 建設技術者のための空中写真判読, 共立出版。

地すべり対策技術協会 (1985) 地すべり : その解析と防止工 (上巻) (下巻)。

日本応用地質学会 (1999) : 斜面地質学。

日本応用地質学会編 (2000) : 山地の地形工学, 古今書院。

日本応用地質学会応用地形学研究小委員会編 (2006) : 応用地形セミナー 空中写真判読演習, 古今書院。

日本地形学連合編 (1996) : 地形工学セミナー1 地形学から工学への提言, 古今書院。

日本地質学会編 (2010) : 日本地方地質誌1 北海道地方, 朝倉書店。

(社)日本地すべり学会 (2004) 地すべり-地形地質的認識と用語-。

藤田 崇編著 (2002) : 地すべりと地質学, 古今書院。

藤田壽雄 (1990) 貯水池周辺に生じた地すべりの防止工の計画と効果。地すべり, 第26巻, 4号, 37-44。

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。

( <http://www.gsh.pref.hokkaido.jp> >ダウンロード> ◆地すべり活動度評価手法マニュアル (2013年3月25日リニューアル ver1.2) )

(2014年3月 技術アドバイザー 石井正之)