



地すべりや斜面崩壊地形を地形図や空中写真から判読することが多いですが、具体的にどのようなことを行っているのですか？



地形図や空中写真を使用した「地形判読」という作業から、地形の種類（地形種）を読み解きます。そうすることで、その地形の成り立ちや地盤の特性が推定できます。地すべりや崩壊地形により形成された地形を抽出することで、これらの災害箇所の位置や規模、範囲などを予見しています。

### （１）なぜ地形を読むのですか？

地形は地表面の起伏の形態を示しているもので、地表は必ず何らかの地形に分類されます。地表面の起伏の形態は、地表や地下で起こる様々な現象を反映しています。したがって、地形を詳しく調べれば、地表や地下で起きている現象を推察できるわけです。

地形判読に熟練すると、地形図を読むだけで景観や土地利用、街並みなどがイメージできるほか、地質、軟弱地盤、自然災害なども推定できるようになります（表-1）。さらには、地形図に描かれている事柄の理解ばかりでなく、直接的には描かれていない事象を推論し、その土地の過去、現在、将来の状態までもが読み取れるようになるとされています<sup>1)</sup>。

表-1 中国四国地方で建設工事上の問題が予測される地形種と問題事項  
（文献<sup>1)</sup> 表 1.1.4 を参考に作成）

| 主な地形種   |        | 主要な建設工事で問題となる主要事項 |         |          |             |            |
|---------|--------|-------------------|---------|----------|-------------|------------|
|         |        | 基礎・盛土             | 切り取り・開削 | トンネル     | ダム          |            |
| 前輪廻小起伏面 |        | 基礎根入              | 崩落      | 風化岩落盤    | 漏水          |            |
| 山稜・山頂・峠 |        | 基礎根入              | 崩落      | 風化岩落盤    | 漏水(峠)       |            |
| 斜面      | 被覆斜面   | 基礎根入、偏圧           | 崩落      | 風化岩落盤、湧水 | 崩壊、表土除去     |            |
|         | 裸岩斜面   | 基礎根入              | 崩落      | 坑口落盤     | 崩壊、表土除去     |            |
|         | 侵蝕前線下方 | 崩落、偏圧             | 崩落、地すべり | 偏圧、裂目崩壊  | 崩壊、表土除去     |            |
|         | 地すべり地  | 基礎移動、崩落           | 地すべり、崩落 | 落盤、偏圧、湧水 | 根堀、変位、漏水    |            |
|         | 崩壊地    | 基礎根入              | 崩落      | 偏圧、裂目崩壊  | 崩壊          |            |
|         | 崖錐     | 基礎移動、偏圧           | 崩落      | 落盤       | 根堀、崩壊、漏水    |            |
|         | 沖積錐    | 基礎根入              | 崩落      | 落盤、湧水    | 根堀、漏水       |            |
| 河谷      | 0字谷    | 基礎根入              | 崩落      | 坑口落盤     | 根堀          |            |
|         | 急溪流    | 洗掘                | 湧水      | 湧水       | 堆砂          |            |
|         | 侵蝕性の谷底 | 洗掘                | 湧水      | 湧水       | 堆砂          |            |
|         | 堆積性の谷底 | 洗掘                | 崩壊、湧水   | 落盤、湧水    | 根堀、漏水、堆砂    |            |
| カルスト地形  |        | 陥没                | 湧水、落盤   | 湧水、落盤    | 空洞、漏水       |            |
| 断層線地形   |        | 基礎根入、変位           | 崩壊      | 落盤、湧水、変位 | 支持力不足、漏水、変位 |            |
| 火山      | 火山麓扇状地 |                   | 崩壊、湧水   | 落盤、湧水    | 漏水          |            |
|         | 火砕流台地  |                   | 崩壊、湧水   | 落盤、湧水    | 漏水          |            |
| 段丘      | 砂礫段丘   |                   | 崩壊、湧水   | 落盤、湧水    | 漏水          |            |
|         | 岩石段丘   |                   | 崩壊、湧水   | 落盤、湧水    | (埋没谷からの漏水)  |            |
| 低地      | 扇状地    | 河川敷               | 流心移動、洗掘 | 湧水、崩落    | 落盤、湧水       | -          |
|         |        | 流路跡地・扇端           |         | 湧水、崩落    | 落盤、湧水       | -          |
|         |        | 扇状地面              |         | 湧水、崩落    | 落盤、湧水       | -          |
|         | 蛇行原    | 河川敷               | 支持力不足   | 湧水、土圧    | 落盤、湧水       | 支持力不足(河口堰) |
|         |        | 流路跡地              | 支持力不足   | 湧水、土圧    | 落盤、湧水       | -          |
|         |        | 自然堤防              |         | 湧水、土圧    | 落盤、湧水       | -          |
|         |        | 後背低地              | 支持力不足   | 湧水、土圧    | 落盤、湧水       | -          |
|         | 三角洲    | 河川敷               | 支持力不足   | 湧水、土圧    | 落盤、湧水       | 支持力不足(河口堰) |
|         |        | 流路跡地              | 支持力不足   | 湧水、土圧    | 落盤、湧水       | -          |
|         |        | 自然堤防              | 支持力不足   | 湧水、土圧    | 落盤、湧水       | -          |
|         |        | 後背低地              | 支持力不足   | 湧水、土圧    | 落盤、湧水、土圧    | -          |
|         | 浜堤・砂州  |                   | 湧水、土圧   | 落盤、湧水、土圧 | 漏水          | -          |
|         |        | 砂丘                | 崩壊、土圧   | 落盤、湧水    | 落盤、土圧       | -          |
|         | 湖沼跡地   | 支谷閉塞低地            | 支持力不足   | 湧水、土圧    | 湧水、土圧       | 支持力不足、根堀   |
|         |        | 堤間低地              | 支持力不足   | 湧水、土圧    | 湧水、土圧       | 支持力不足、根堀   |
|         |        | 潟湖・湖底跡地           | 支持力不足   | 湧水、土圧    | 湧水、土圧       | 支持力不足、根堀   |
|         | 海浜     | 礫浜                | 洗掘      | 湧水、土圧    | 落盤、湧水       | -          |
|         |        | 砂浜                | 洗掘      | 湧水、土圧    | 落盤、湧水       | -          |
|         |        | 泥浜                | 支持力不足   | 湧水、土圧    | 落盤、湧水       | -          |
| 波蝕棚     |        | 基礎根入、侵蝕           | 湧水      | 湧水       | 漏水          | -          |

## (2) 地形判読から何がわかりますか？

質問に出てきた地すべりや斜面崩壊といった斜面移動現象は、特徴的な地形を形成することが知られています（図-1）。これらの地形的特徴について、地形判読により地形図や空中写真を使用して読み解くことで、過去に斜面移動現象が発生した地域を抽出することができます。

また地すべりや斜面崩壊は、発生する前に前駆的な地形を形成することがしばしばあります。例えば、斜面上のクラックや山上の凹地、またはクリープ地形などがそれに該当します。それらを地形判読から抽出することにより、次に斜面災害が発生する場所を予測できる場合があります。

なお室内における地形判読は、地形を広い視野で見ることができる利点がある調査方法ですが、実際の地形との対応関係や細部を観察するためには現地調査が不可欠です。さらに例えば、地すべり地形と地中の地すべり構造との関係を明らかにするためには、地表地質踏査やボーリング調査、物理探査などを行う必要があります。

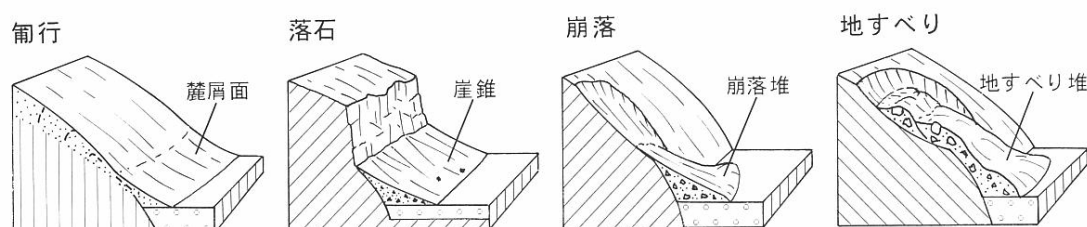


図-1 斜面移動により形成される地形の例<sup>1)</sup>

## (3) 地形判読はどのようにして行うのですか？

地形図や空中写真を使用して、地形の特徴を読み取ります。ここでは地すべり地形を例として、地形判読の方法を解説します。なお地すべりに伴われる各種の地形の名称については、図-2を参照してください。

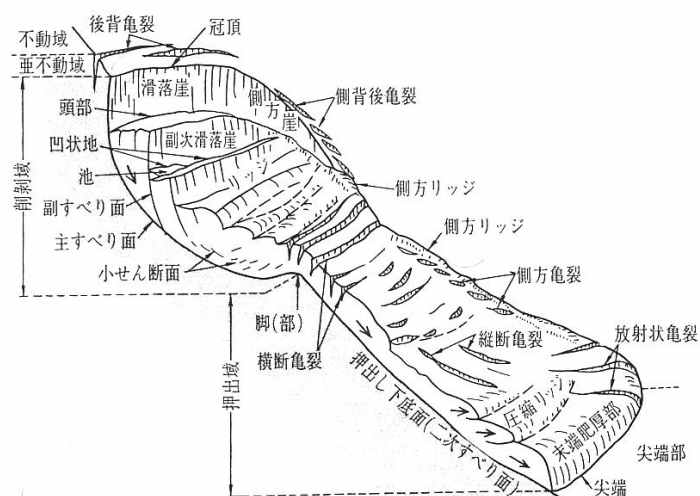


図-2 地すべりによって生じる主な変形構造と地形（大八木原図）<sup>2)</sup>

地形図では、等高線の形や間隔などから地形の起伏や傾斜を読み取り、地形の種類を明らかにしていきます。地すべり地形の読図では、変動していない周辺の地形と地すべり移動体がつくる地すべり地形との境界を、地形の起伏や傾斜の変化から読み取ります。図-3のように、滑落崖は等高線が密でかつ斜面上方に凸となります。これとは逆に地すべり移動体は、等高線が疎でかつ斜面下方に凸となります。地形図ではこういった等高線の変化に着目することにより、地すべり地形の輪郭を読み解くことができます<sup>3)</sup>。



図-3 地すべり地形の判読事例（徳島県三好市井ノ久保地すべり）

国土地理院 2 万 5 千分の 1 地形図「池田」を基図に使用。

地すべりの輪郭は文献<sup>4)</sup>に基づく。

一方で空中写真の判読では、同一箇所を少しずらした位置から撮影した 2 枚の写真を、一方を左目で、他方を右目で同時に見ることで、地形が立体的に、高さが強調されて見えるようになります（図-4）。これが空中写真の実体視で、多くの場合、実体鏡を使用して行われます（写真-1）。地形図の読図よりも空中写真の実体視の方が地形の高低差や輪郭が強調されるので、滑落崖や側方崖をより明瞭に判読することができます。さらに、地形図の等高線には表現されていない微小な地形の起伏を読み取ることができ、判読の精度を高めたり、小規模な地すべりを抽出したりすることができます。

近年では航空レーザー測量技術の向上によって得られた高精度の数値標高モデル（DEM）を用いて、レーザプロファイラ（LP）地形図が作成されるようになり、地形判読の有力なツールとなりました。さらに、図化技術の進歩で、近年テレビ番組でもよく取り上げられるようになってきた立体可視化図（例えば、図-5）が作成されるようになり、実体視をしなくても地形を立体的に判読することができるようになりました。空中写真判読は高度な熟練を必要とする技術ですが、立体可視化図の普及により誰でも地形判読が容易にできるようになりました。



このように、現在は様々な手法で地形判読ができるようになり、複数の手法を用いることにより判読精度を高めていくことができます。さらなる地形の読図・判読技術の向上には、室内の地形判読と現場での地形観察との往復が重要です。また、地形の名称は成因を含んでいますので、地形のでき方や特徴を理解することも地形判読の大きな助けになります。

なお防災・土木地質調査に関わる地形判読の実践について詳しく知りたい方は、「日本測量協会編（2019）：いまさら聞けない地形判読，月刊『測量』別冊，95p」をご覧ください。地形種ごとの地形判読の実施方法などについて、わかりやすくまとめられています。



写真-1 実体鏡を用いた空中写真の実体視の様子

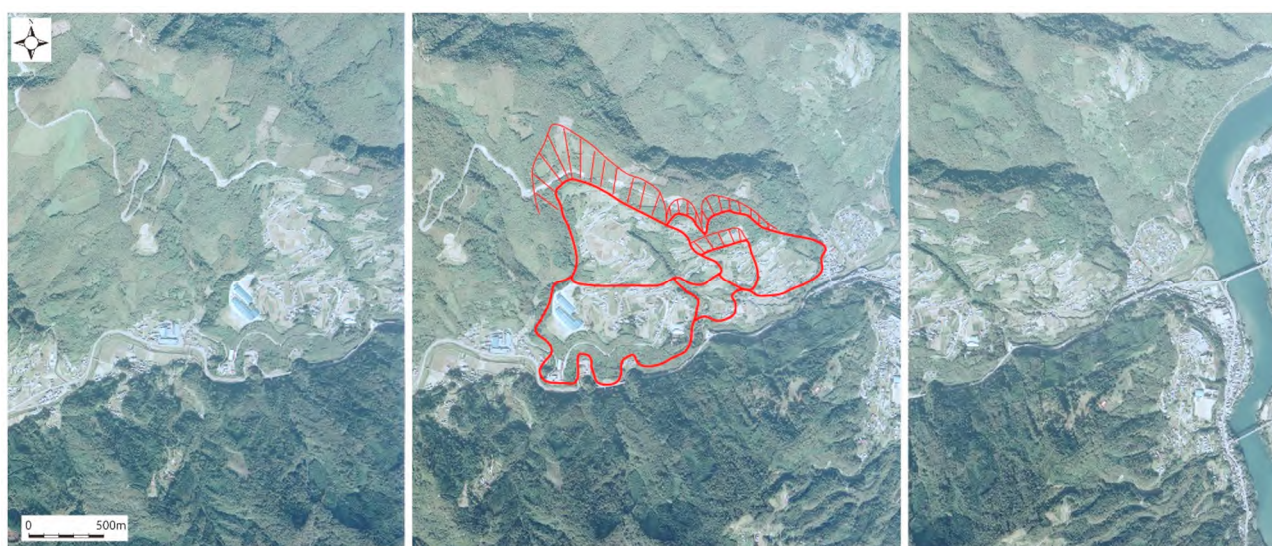


図-4 地形判読用の空中写真の例（徳島県三好市井ノ久保地すべり）

国土地理院空中写真 CSI 921X-C13-11～13 を使用。

地すべりの輪郭は文献<sup>4)</sup>に基づく。

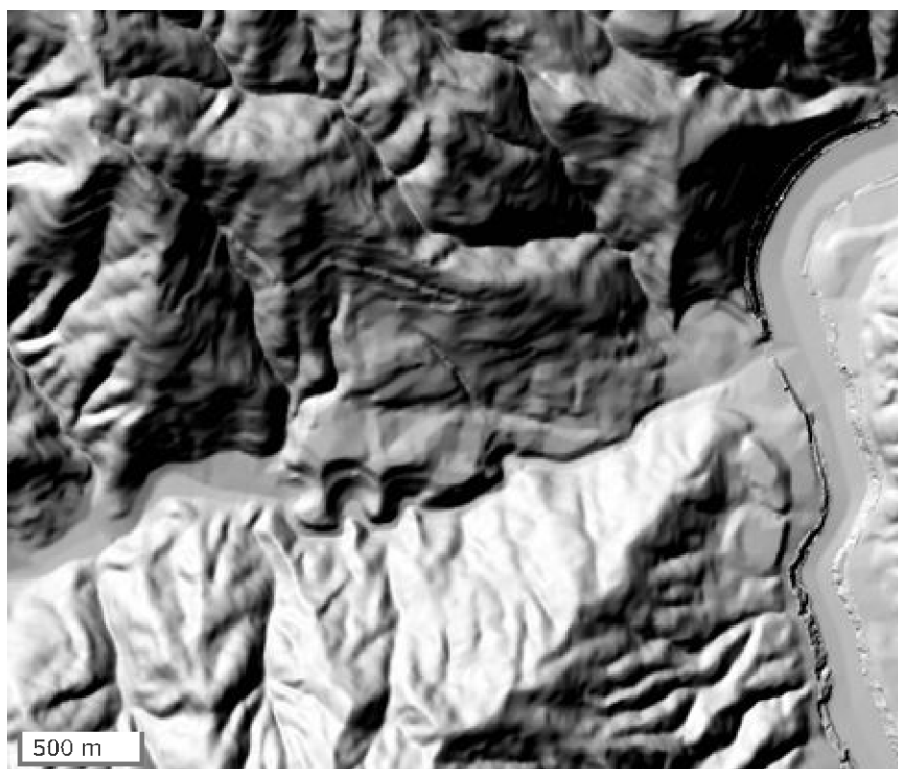


図-5 立体可視化図に示された井ノ久保地すべり  
(国土地理院「地図・空中写真閲覧サービス」による陰影起伏図<sup>5)</sup>)

【引用文献】

- 1) 鈴木隆介 (1997) : 建設技術者のための地形図読図入門, 第3巻, 古今書院, 東京, pp. 811-848.
- 2) 日本応用地質学会 (2000) : 山地の地形工学, 古今書院, 213p.
- 3) 小野山祐治・加藤弘徳・関場清隆 (2017) : 連載企画いまさら聞けない地形判読「地すべりがつくる地形を読み解く(2)」, 測量, 2017年9月号, pp. 22-25.
- 4) 横山俊治・加藤弘徳 (2004) : ノンテクトニック断層の研究(その2) 山地-平地境界断層のテクトニック/ノンテクトニック挙動: 四国東部中央構造線活断層系の例, 日本応用地質学会平成16年度研究発表会論文集, pp. 71-74.
- 5) 国土地理院「地図・空中写真閲覧サービス」, <http://mapps.gsi.go.jp/maplibSearch.do#1>

(回答者 加藤 弘徳)