

## 8. 地形判読

### 8.1 一般的事項

#### 地形判読の重要性

地質調査の初期段階では、調査地付近の地形を判読することは特に重要なことです。地形を正確に読み取り人口改変した場合に想定される事態を予測することは、その後の調査・設計・施工での無駄を大きく減らすことができます。

長野県南部、飯田市の西に国道 256 号清内路峠があります（北緯 35 度 31 分 57 秒，東経 137 度 39 分 53 秒）。現在は、約 1,650m の清内路トンネルが出来て峠越えは解消されています。すぐ南には中央自動車道の恵那山トンネルがあります。この付近の地質は後期白亜紀の領家花崗岩類です。清内路トンネル建設のためのボーリング調査では棒状の良好なコアが採取され地山分類は CII 以上と判断しました。しかし、実際の施工では大部分が DI 以下でした。

20 万分の 1 シームレス地質図を見ると分かりますが、この峠道沿いには、かなりの延長を持つ断層が通っています。そういう目で地形を見ると、花崗岩分布域としては比較的なだらかな地形を呈していることに気が付きます。

道々 136 号赤岩トンネル周辺の地形は、恐ろしいほどの緩斜面となっています（北緯 42 度 56 分 43 秒，東経 142 度 22 分 24 秒付近）。鶴川を挟んで赤岩トンネル対岸の斜面は蛇紋岩で構成されていますが、赤岩トンネルには神居古潭変成岩の一部であるハッタオマナイ層（粘板岩・砂岩互層を主体としてチャートなどのブロックを含む地層）が出現します。赤岩橋付近は赤岩青巖峽と呼ばれて溪谷をつくっています。ここには緑色岩やチャートが分布しています。

赤岩トンネルは当初の坑口を、なだらかな沢地形のところを設定しましたが、坑口への切土の途中で地すべりが発生し坑口を現在の位置に変更しました。地形判読を丹念に行っていれば避けられた可能性があります。

また、赤岩橋の上流で鶴川が逆コの字型に屈曲しています。この流路の曲がりには、大規模な地すべりによって土塊が押し出された結果と見るすることができます。

このように、地形判読を正確に行っていれば避けられた無駄は数多くあります。

#### 地形図読図と空中写真判読

地形判読には、地形図読図と空中写真判読があります。

地形図読図というのは、「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、任意の土地の過去、現在、将来の状態を地形図から予察的に読み取る思考作業」（鈴木、1997、12p）のことを言います。そして、「読図は、①それ自体が土地条件の基本的調査手段であると同時に、②ほかの調査手段の成果を活用するのに不可欠な相補的技術なのである」（同上）。

地形図読図が基本的調査手段であると言うのは、次のことを考えてみれば分かります。

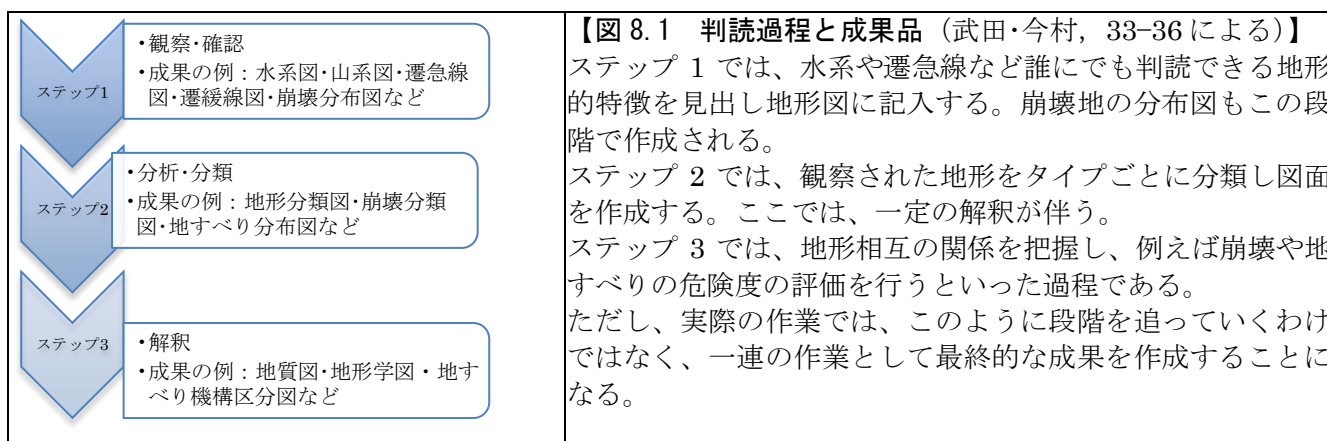
道路やダムなどの建設工事の地質調査では、まず既存資料の収集を行い、それを地形図に編集します。その場合、地形図を正確に読み取ることがどうしても必要です。地質図などは昭和 20～30 年代に作成されたものもあり、現在発行されている地形図とは異なった地形図をもとに作成されています。これを正確に現在の地形図に記入するには地形図が読めなければなりません。さらに、空中写真判読の結果は、最終的には地形図に記入し土木地形地質図としてまとめることとなります。この場合も、地形図を正確に読み取って空中写真判読結果を記入する必要があります。

幸い、地形図読図については、鈴木隆介（1997-2004）の「建設技術者のための地形図読図入門」（全 4 巻）があります。まず、「第 1 巻 読図の基礎」を読んで基本的な知識を得て、その後、業務で遭遇した地域に関連する巻を読み実地で地形図読図の力を付けるのが良いと思います。この本の最も

優れたところは、2万5千分の1地形図を数多く掲載して具体的に読図の方法を述べていることです。

空中写真判読は、60%ずつ重ねて撮影された空中写真を立体視することによって、建設工事に必要な情報を引き出す作業です。空中写真には、いろいろな情報がありますが、その中から建設工事に必要で有効な情報を抽出し、目的に合った情報に読み替える作業が必要です。(武田・今村, 1976,33p). 武田(2012, 8-9)は、これを「読みかえの原理」と呼んでいます。

写真判読は、“photo interpretation”と呼ばれます。つまり、写真を「解釈」するのが空中写真判読です。ちなみに、地形図読図は、“map reading”で、地図に表現されている情報を読み取ることです。一般に空中写真判読は3段階に分けられます(図8.1)。



地形図読図と空中写真判読の違いを示しました(表8.1)。実際の作業では、空中写真を見ながら河川の流路や崖の位置といった詳細な地形情報を空中写真に記入しておき、適当な縮尺の地形図に転写することになります。この作業を行っておくと現地踏査の時に、どの地点に着目すべきかが明瞭になります。地質踏査の精度と効率を上げる上でも両者を上手に使うことで事前に情報を得ておくことが大切です。

表8.1 地形図読図と空中写真判読の違い(鈴木, 1997, 18pによる)

		地形図読図	空中写真判読
得られる情報など	種類	・人間が取捨選択して地形図に描写した静止物体 ・それから判読できる事柄	・空中写真に写っているすべての物体 ・写真から判読される事象 ・移動体の瞬間像
	精度	・縮尺に制約される ・等高線間の地形は推定する必要がある	・どこでも同じ精度である ・写真の分解能に制約される
	定量的情報	・高度・距離・方位・傾斜・面積などを計測できる	・実体視だけでは不可能
	地域の歴史的な変化	・明治時代以降、測量年次の異なる地形図で可能 ・短期間の詳細な変化の認識は困難	・1946年以降(米軍撮影写真)について撮影年次の異なる写真があれば可能 ・短期間に複数回撮影して高精度で認識可能
得られない情報		・地形図に記入されていない地物、動態	・地名・行政区画・構造物管理者など

## 地形発達史

ある範囲内で現在見られる地形が、どのような経過を経て今のような形で分布するようになったかを説明するのが地形発達史です。地形発達の時間スケールは歴史時代（ $10^3$ 年オーダー）よりは長いが地質的時間尺度（ $10^6$ 年）より短く、長くて $10^6$ 年程度です。

時系列的な地形の変化を明らかにするのですから、地形の新旧を判定することがまず必要です。地形自体から地形の新旧や年代を知る際の原則は次のようなものがあります（貝塚，1998，44-48）。

- 1) ひとつづきの地形面は同時につくられたものである。
- 2) 浸食されて出来た地形は浸食される前の地形より新しい。
- 3) 覆った物質表面の地形は覆われた地形より新しい。
- 4) 変位・変形によって生じた地形はそれ以前の地形より新しい。
- 5) 「痕跡」密度の高い地形は、同じ環境条件にあるところであれば、その密度が低い地形より古い。

これらは一見当たり前のことのように思えますが、ことはそう単純ではありません。

1) について言えば、例えば、豊平川扇状地という場合、東の平岸面の西端から藻岩山などの西の山地までの間の扇状地をひとつづきの地形面（札幌面）と捉えます。しかし、豊平川扇状地は1万年前頃に西の山地沿いに発達していたものが次第に東に遷移してきたことが分かっています（大丸，1989，地理学評論，62A-8，589-603。小疇ほか，2003，254p）。このように、ひとつづきの地形面をどのように捉えるかで地形発達史の精度が異なってきます。また、三角州が成長するときは、ほぼ同じレベルで前へと成長するので海側ほど新しい地形になります。

2) に関して分かりやすいのは河成段丘の新旧です。二つの段丘が接している場合、高位の段丘は低位の段丘によって浸食されているので、河成段丘は高位のものが古いと判定できます。ただし、この高位、低位というのは、基準となる地形面からの高さであって絶対的な高さ（標高）ではないことに注意が必要です。

5) に関して分かりやすいのは、支笏湖南岸に接するように並んでいる風不死岳（2.1万年前以前）と樽前山（9千年前以降）でしょう。谷の密度、谷の深さに明瞭な違いが見られます。ただし、このような「痕跡」密度は新旧の目安にはなりますが、これによって時代を決めることは難しいです。

地形発達史を編む基礎となるのは地形学図（平面図）と地形断面図です。地形学図というのは、ある一定地域の地形の全てを区分して、その地形の分布、水系や傾斜変換線などの形態的特徴、どのような作用によって形成されたか（地形営力）、どのような地質で構成されているか（地形物質）、形成年代と形成順序を地図に表現したものです。地形の形成順序を分かりやすく表現できるのは地形断面図です。この地形断面図は地質断面図とほとんど変わらない内容ですが、地形面の識別とその構成地質を明示することが重要です（貝塚，1998，179p や鈴木，1997，153p を参照）。

## 地形判読に役立つ文献

地形判読に関しては様々な参考書が出版されています。ここに幾つかを示します。

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。北大出版会。

\* 地質の基礎的な知識を得るのに有効です。

井上公夫（2006）建設技術者のための土社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。

今村遼平（2012）地形工学入門 地形の見方・考え方。鹿島出版会。

\* 地形判読をどう工学的に利用するかという視点で書かれたものです。

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。近未来社。

\* 地すべり地形を空中写真でどう読むかについて実例を豊富に使って解説した本です。

貝塚爽平（1998）発達史地形学。東大出版会。

\* 地形発達史を考えるためには必ず読んでおかなければならない本です。

国土技術研究センター編（2010）改訂新版 貯水池周辺の地すべり調査と対策．古今書院．

\*特殊な分野の本ですが地形の見方など参考になる点があります．

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．東大出版会．

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．

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．

\*この 4 分冊は地形図読図のバイブルと言って良いものです．

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．

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．

日本地質学会編（2010）日本地方地質誌 1 北海道地方．朝倉書店．

\*北海道の地質に関する最新の情報が掲載されています．「日本の地質 1 北海道地方」（1990，共立出版）と合わせ利用すると良いです．

## 8.2 山地の空中写真判読

空中写真判読は沖積低地でも有効な手段です．人口改変の進んでいない古い空中写真で古い河道を見つけることが出来るなど様々な利用方法があります．ここでは，山地での空中写真判読について述べます．

なお，ここでは，ある地域の説明でその場所の緯度経度を示しました．「ウォッチ図」あるいは「電子国土ポータル」で地形を見て，「20 万分の 1 シームレス地質図」で地質を見て下さい．

### 山地とは

日本の大地形類は，千島弧，サハリン弧，東北日本弧，西南日本弧，琉球弧，伊豆小笠原弧に分けられます．

中地形類は，山地，丘陵，火山，段丘，低地の 5 つに分けられます．

山地と丘陵は数 km の範囲で見た場合に尾根の比高が約 300m 以上であれば山地，以下であれば丘陵と呼ぶという目安があります（鈴木，1997，158p）．しかし，この区分は厳密なものではありません

火山は山地の一部の場合もありますが，日本では火山の 8 割は単成火山で火口または山頂部を中心とする同心円的な等高線群で表される円錐状の対称な形態をとります．地形的には山地とは明瞭に区別されることが多いのです（昭和新山周辺，恵庭岳の溶岩地形）．

### 山地の空中写真判読

山地の空中写真判読を行う目的は，地質構成と分布，地質構造，地すべりや崩壊地形を判定することです．一般に，リニアメントの抽出に重点が置かれますが基礎的な情報として，まず水系，山系を正確に記入します．さらに，遷急線と遷緩線を拾い出します．この二つは，基本的情報を得るために，まず行う作業です．

### 水系模様の判読

地形を形成する外部営力<sup>1</sup>は，降水・流水・地下水などの水，風，氷河などの雪・氷などがあります．

1 地形営力：地表物質を移動させる原動力．地球内部からの内部営力と主に地球の外側からの外的営力とに分類される

山岳部では降水や地下水が地表を流れることによって水系や山系といった主要な地形が形成されます。水系模様の判読は地形判読の基本です。さらに、地質踏査では基本的に沢を歩きます。そういう実践的な意味からも水系模様を記入することは大切です。

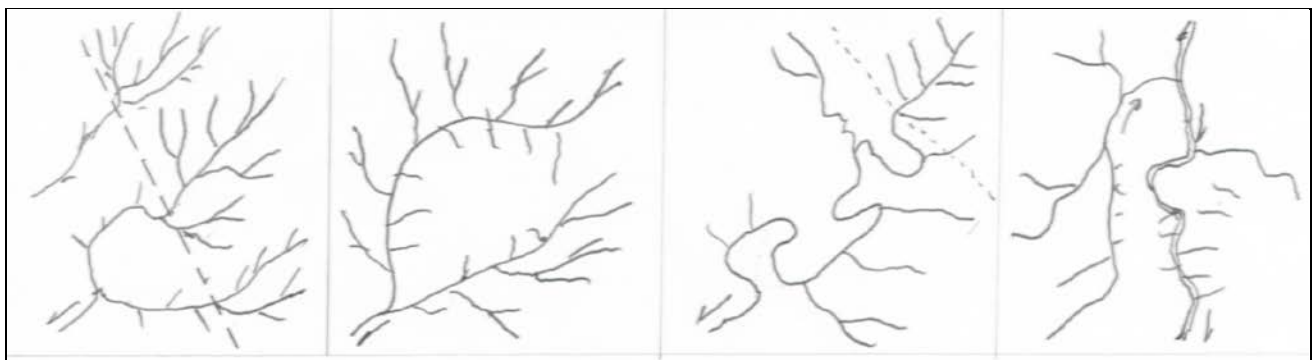
水系は次の要素に左右されて形状と密度が規制されます（鈴木，1999，58-61）。

- (1) その地域の雨量（同一地域では問題になりません）
- (2) 地形（例えば、斜面勾配）
- (3) 地質（例えば、砂岩と泥岩の分布域の違い）
- (4) 地質構造（例えば、空知層群分布域や白糠丘陵の地形）

教科書的には水系模様と地質の関係が指摘されますが、建設工事との関連では、1) 水系偏位、2) 水系の湾曲、3) 流路の急変、4) 蛇行の粗密の急変、と言った水系異常に注目することが大事です。

山地でも風化層が厚い場合、ガリ<sup>2</sup>が形成されます。ガリの形態は未固結堆積物の特性を反映しています。

この辺りのことは武田・今村（1976）の60ページ付近を参考にして下さい。



(1) 水系の偏位

(2) 水系の湾曲

(3) 蛇行の粗密の急変

(4) 流路の急変

【図 8.2 水系異常【武田・今村（1976）60p による】

(1) は、上流では密であった水系がある地点から粗に変化する場合があります。例えば、音更川上流の十勝三股には水を溜めていない古いカルデラがあり、そこへ流入する河川はこのような水系偏位を示します（N43度33分44秒，E143度11分28秒付近）。

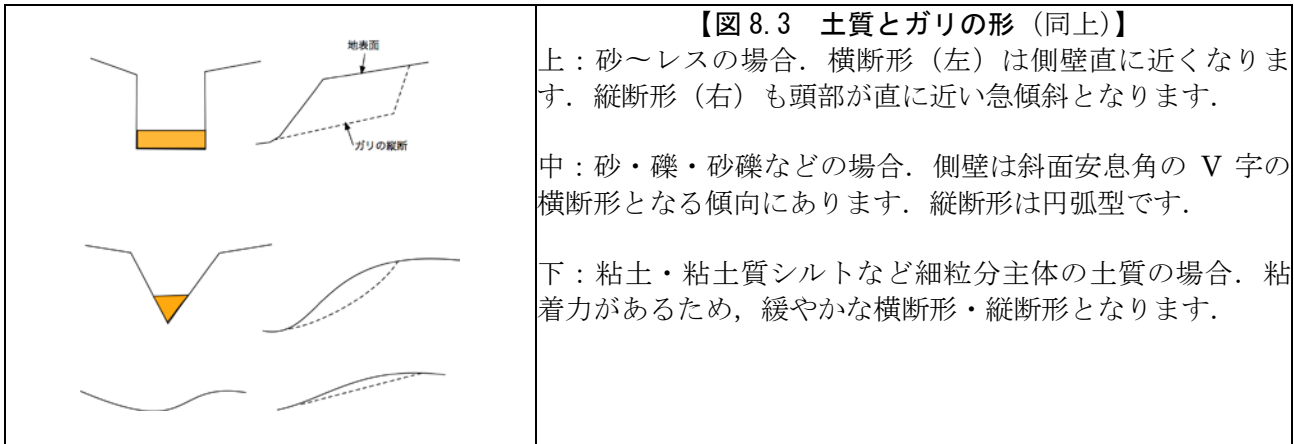
(2) は、周囲と異なる地質で構成されているために水系が湾曲する場合があります。国道451号滝川浜益線の浜益川上流、御料地付近でこのような湾曲が見られます。ここでは、中新世の堆積岩の中に前期白亜紀の堆積岩類が断層で囲まれて分布し山地を形成し浜益川が湾曲しています（N43度35分28秒，E141度32分02秒付近）。

(3) は、地質や構造運動の違いによって流路の形態が変化する場合があります。浸食抵抗の強い地質から浸食されやすい地質へ移行した場合などに見られます。音別川上流、チャンベツ川の本第三紀層で明瞭に認められる変化です（N43度01分09秒，E143度46分36秒付近）。

(4) は、比較的新しい構造運動を受けていたり、河川流路がやや規模の大きな不連続面に規制されていたりする場合に起きやすい現象です。富士川は甲府盆地から、やや西に湾曲しながら南に流下しています。その右岸（西側）の身延山の南で相俣川が北から流れてきて波木井川となり、直角に曲がって富士川に合流しています。国道51号は、この箇所では富士川本流から離れて相又川沿いにルートを取っています（N35度22分13秒，E138度26分55秒付近）。

（新版地学事典）。

<sup>2</sup> ガリ：雨裂。斜面を雨水が流下してできる、ある程度の連続性を持った浸食地形。小規模なものをリル（細溝）と呼ぶ。



### 植生模様の判読

建設工事では局所的な植生の変化-種類，密度，樹高-が問題となります．植生の変化を規制する要素には次のものがあります．

- (1) 局所的に見た土壌含水比の違い
- (2) 風化表層部の厚さの違い
- (3) 基盤の物理的・化学的性質の違い（岩質，固結度，風化度など）
- (4) 外力の影響（なだれ，卓越風，表層土社の定着状態）
- (5) 標高の違い

植生模様から直接地質を判定することはむずかしいです．他の要素と合わせ判断する補助的な指標と考えるのが適切と思います．ただ，なだれ常襲斜面などは樹木があまりなく装置となっていることが多いので判別は比較的容易です．

地形判読と直接関係ありませんが，路線調査などでは空中写真測量によって縮尺 1/1,000 程度までの地形図をつくります．この時に，幅 20m くらいの，かなり広い沢が全く描かれていない地形図に遭遇したことがあります．沢は周囲に比べて少なくとも 2m 程低いのですが，樹高が周囲と変わらないために地形として抽出できなかったためだと思います．確かに空中写真ではほとんど沢を判別できませんでした．

### 岩種の判別

空中写真判読でその地域を構成している岩種を判別するのはかなり困難な作業です．ですから，空中写真判読では，岩石の名前を正しく推測することよりも，同一の岩種の分布をどれくらい正確に判読できるかが課題となります．

岩種判読の鍵	判読対象の分布する位置	存在する場所の違い(海岸近くか火山なのかと言ったこと)		
	判読対象の持つ物理的・化学的条件に派生する諸性質	地形	高さの違い(山地, 丘陵)	
			水系	形状, 密度, 集まり具合, 規制の程度, 肢節度, 支線の分岐率など
			山稜の丸みの程度	
			起伏量	
			山腹の傾斜	
			差別浸食結果の形態	
		植生	きめ	きめの違いを生むことがある
			地形の全体的な形態	
			林相(植生の種類)	
土地利用	粗密度	高さ		
	利用の度合い			
階調(白黒写真), 色調(カラー写真)	利用区分	ある程度の絶対濃度, 相対濃度		

【図 8.4 空中写真による岩種判定のための要素のなりたち (今村原図, 武田・今村, 65p を改変)】

### 割れ目系の判読

割れ目系というのは断層, 破碎帯, 節理, 亀裂などの地質的弱線のことで, これらは空中写真では線状模様として判別できます. 自然に形成された線状模様の中には, 1) 卓越風の方向, 氷河や溶岩の流下方向などを示す非地質的線状模様と, 2) 断層・破碎帯・節理などの割れ目系, 層理や地層の協会などに関係して形成された地質的線状模様があります. 地質的線状模様のうち, 連続性の良い大規模なものをリニアメント (あるいはフォト・リニアメント) と言い, 連続性の悪い小規模なものを破碎線 (フラクチャ・トレース) と言います. リニアメントは 1~2km 程度連続するもの, 破碎線はそれ以下のものです.

リニアメントのランク付けは, 1) 連続性がある, 2) 地形上明確である, 3) 明確な断層地形がある, 4) 断層を示す数種類の情報がある, 5) リニアメントが路線あるいはトンネルと小さな角度で斜交している, とした点が考慮すべき要素となります.

フォトリニアメントの例としては次のものがあります (武田・今村, 1976, 73p).

(a) 直線的な水系として現れたリニアメント: 花崗岩地域などで規模の大きな破碎帯がある場合に見られます. 例えば, 広島市から三原市にかけての後期白亜紀花崗岩類の分布域の水系が一つの典型です. 北西-南東方向と北東-南西方向の水系が発達しています (北緯 34 度 34 分, 東経 132 度 57 分付近).

(b) ケルンバット, ケルンコルの並びに現れたリニアメント: 尾根に平行する水系が屈曲している場合もあります.

(c) 尾根の先端が三角形を呈する「三角末端面」が直線状に並ぶあるいはいくつかの沢が同じ方向の屈曲するリニアメント: 横ずれの活断層の典型的なリニアメントです. 兵庫県宍粟市山崎町の菅野川は西北西から東南東に流下しています. この右岸に沿って中国自動車道が通っていますが, この位置が山崎断層と呼ばれている左横ずれの活断層です. 対岸の山裾も活断層が通っています. (北緯 35 度 01 分, 東経 134 度 30 分付近).

(d) 尾根が明瞭にずれ, 河川流路も屈曲しているリニアメント: 比較的新しく形成された地形異常です.

(e) 爆裂火口が直線状に並ぶ. 湧水点が直線状に並ぶ場合もリニアメントとして判読できます. 湧水点は断層で堰き止められた地下水が地表に湧出する 경우가多く, 断層を抽出する重要な要素となります.

## 流れ盤の判読

流れ盤の判読には、1) 地層の全体的な走向・傾斜を判読する方法や、2) 水系の密度や形状などから判読する方法があります。

地層の全体的な走向・傾斜は尾根を挟んだ両側の斜面の傾斜が一つの基準となります。つまり、傾斜が急な側が受け盤斜面、なだらかな斜面が流れ盤斜面です。

水系密度は、流れ盤の方が粗になる傾向にあります。

受け盤・流れ盤は、斜面と地質構造の関係あるいは切土などの土工対象と地質構造の関係で違ってきます。ですから、地形判読で大体の傾向を把握し、踏査によって調査地域の優勢な不連続面の走向・傾斜を把握することが重要です。

## 崖錐の判読

重力の直接的な作用によって山腹急斜面や崖面上の風化した岩層が、崖の下に落下して形成された半円錐状の堆積地形を崖錐と言います。つまり、崖錐堆積物の形成に流水は基本的に働いていません。

ただ、崖錐についての分類では、沖積錐や土石流が含まれることがあります。これらは流水によって運ばれた土砂によって形成された地形です。

崖錐判読の鍵は次のようにまとめられます。これらのうち、(1)～(3)が判読には有効です（武田・今村、96p）。

(1)	崖や山腹斜面の裾部に位置する。表面は、上にやや凸の $13^{\circ}$ ～ $15^{\circ}$ の傾斜を示す。
(2)	斜面上部の露岩部から崖錐部に入ると傾斜が急に緩やかとなる。
(3)	堆積物は未固結の土砂からなり、表面は滑らかで地表水は伏流している。背後の小水系は消滅していることが多い。
(4)	新しく形成されたものや現在形成されつつあるものは明色を呈し植生の定着が悪い。裾部から植生が浸入していることが多い。
(5)	土砂の供給が停止した古い崖錐では風化物からなる粘土分が多く、地層が厚いので植生の生育が良好である。
(6)	人里に近いところでは畑に利用されていることが多い。

## 扇状地の判読

扇状地は、河川によって山地から運ばれてきた土砂が、河川勾配が緩くなる山地と平地との移行部分で扇状に堆積した地形のことです。形態的には、1) 勾配の緩い円錐体であること、2) 扇頂は谷の出口にあること、3) 扇頂から同じ距離にある地点での勾配は等しいこと、4) 扇状地の勾配は扇頂部が最大で下流に行くほど緩傾斜となること、といった特徴があります。

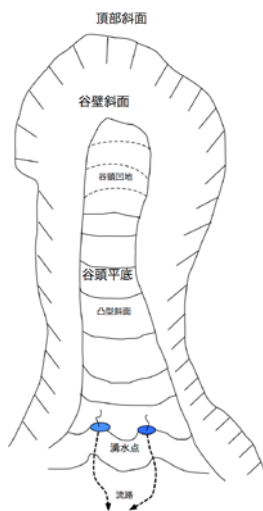
扇状地は土石流と水流の繰り返しによって形成されます。土石流で形成された堆積物は礫径が大きく不揃いで上部に特に大きな礫が分布しているのに対し、水流によって運ばれた堆積物は細粒土主体となります。扇状地の上の河川流路は洪水時に低い方へ移動する（首振り現象）こと、洪水時に扇頂から放射状に分流して網状河川となることといった特徴があります。

## 湧水池点の判読

植生に被覆された山地で湧水地点を判読するのはかなり困難です。ただ、詳細に沢の奥の地形を見ると水路の始まっている地点を判読できる場合があります。これが湧水点の目安になります。このような箇所をいくつか拾っていくと湧水点を推定できる場合があります。

空中写真のみで判断するのではないという前提ですので、このようにして抽出した湧水点候補地を踏査により確認していくことで精度を上げることができます。





【図 8.5 谷頭付近斜面の微地形  
(武田・今村, 144p による)】

- ・谷壁斜面は、急傾斜で土砂の堆積はほとんどなく、表土のみで構成されています。
- ・谷頭平底は、谷壁斜面から移動してきた土砂が堆積している場所です。傾斜は多くの場合  $15^\circ$  以下と緩くなります。頭部に凹地あるいは緩斜面ができ、末端は下に凸の斜面となります。
- ・湧水点は谷頭平底の途中にあることが多く、凹地とその下流に水路が形成されます。この地形を読み取ることができれば、かなりの精度で湧水点を判読できます。

実際には樹木などで覆われているために谷頭付近の地形を空中写真で詳細に判読することは容易ではありません。