

地形判読は地質調査の第一歩

(キーワード) 地質調査の精度, 空中写真判読, 地形図読図, 応用地形判読士, 地形発達史

目次

建設工事と地形判読
地形判読の有効性
地形図読図と空中写真判読
応用地形判読士
地形発達史
地形判読に役立つ文献

建設工事と地形判読

公共工事を中心とした建設工事では地質調査は設計, 施工に先立って行われる上流側の業務である。この段階でどれほど精度の高い調査ができるかが, そのあとの設計, 施工の信頼性, 安全性, 経済性に大きな影響を及ぼす。

例えば, 地すべりは, 人間の造る構造物で対処できる限界がある。一般的には必要抑止力が 4,000kN/m 以上となると対応が困難になり, 道路であれば路線計画の変更を含めて検討する必要がある(道路土工 切土工・斜面安定工指針(平成 21 年度版), 374p.)。トンネル坑口付けの掘削で大きく地山が動き出し坑口位置を変更したり, 追加の地すべり対策を実施したりした事例はいくつか見聞きしている。

また, 大規模な破砕帯に遭遇し異常出水, 切羽崩壊を起こしたトンネルもいくつか経験している。

このように, 工事の進行に致命的な影響を与える地質事象は, 地形判読によって建設計画の最初期に抽出しておくことが大事であり, 地形判読に習熟することによって十分抽出可能である。地形判読が最も有効なのは, この初期段階での地形的・地質的問題点の把握である。

なお, ここで地形判読というのは地形図読図と空中写真判読のことである。

地形判読の有効性

地形判読が有効な分野は, 斜面の安定度調査であろう。地すべり, 落石・岩盤崩壊, 土石流などの調査で有効かつ効率的な調査手法である。これらは, 自然における破壊現象で土砂や岩盤が発生源から移動するため, 発生源, 移動体を地形判読によって識別することが比較的容易であるという特徴がある。

これに対して, 地形から岩盤状況を推定するには, 地形判読についてかなりの習熟が必要である。特に日本のように雨の多い地域では, 多くの場合, 岩盤は土砂に覆われ, しかも植生で覆われているので岩盤状況の判読が困難になる。ただし, 大規模な破砕帯や砂岩・泥岩互層の分布地域では, 明瞭なフォトリニアメントとしてその分布を識別できる場合がある。また, 斜面勾配の違いや水系模様の違いから岩種の判定や地山の透水性の違いを推定することも可能である。

中央構造線は日本で第 1 級の構造線である。領家帯(内帯)と三波川帯(外帯)の境界となっている。私が見たのは天竜川支流の小渋川の支流, 青木川から地蔵峠を通り, やはり天竜川支流の遠山川の支流, 上村川に抜ける地域である。構造線本体は上村川の東岸に見られるケルンコルを通過している。上村川の両岸には領家帯の片麻岩(ヘレフリンタ様岩石)が分布していて, 東から流れ込む東西方向の沢を登っていくと幅 100m 以上の破砕帯を伴う中央構造線の本体を見ることができる(北緯 35 度 27 分 15 秒, 東経 138 度 00 分付近。地理院地図で確認できます。)。蛇紋岩も伴ってくるため地すべりの宝庫となっている。このような構造線は地形判読によって, かなりの長さにわたって容易に追跡できる。

余談であるが, 上村川上流地区の気温は, コメを作るのにそれほど問題はない。しかし, この地域は, 谷が深く日照時間が不足してコメが作れない場所である。

白糠丘陵の茶路川の支流ピラウンナイ川は西から東へ流れているが, この中流付近(北緯 43 度 07 分 30 秒,

東経 143 度 48 分 50 秒付近) は尾根が南北に配列しているのが 2 万 5 千分の 1 地形図でも明瞭に分かる。しかも、南北に延びた尾根の両側の傾斜を見ると非対称となっている。ここでは地層がほぼ南北に配列していて、おおむね東に急角度で傾斜している。このように地質が地形に現れている地域では、地質と地形の関係を頭に入れて地形図や空中写真を丹念に読むと大まかな地質図をつくることも可能である。

地形図読図と空中写真判読

地形判読と言う場合、地形図読図と空中写真判読とがある。

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.) である。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る。

道路やトンネル、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、それを地形図上で編集する。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ある。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る。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らない。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になる。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る。

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) がある。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、業務で遭遇した地形に関連する巻を読むのが良い。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ある。

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ある。空中写真にはいろいろな情報があるが、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ある (武田・今村 (1976) : 33p.)。写真判読は、“photo interpretation” と呼ばれる。つまり、写真を「解釈」するのが空中写真判読である。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ある。

一般に空中写真判読は 3 段階に分けられる (図 1. 武田・今村 (1976) p33-36.)。

ステップ 1 では、水系や遷急線など誰にでも判読できる地形的特徴を見出し地形図に記入する。崩壊地の分布図もこの段階で作成される。

ステップ 2 では、観察された地形をタイプごとに分類し図面を作成する。ここでは、一定の解釈が伴う。

ステップ 3 は、地形相互の関係を把握し、例えば崩壊や地すべりの危険度の評価を行うといった過程である。

ただし、実際の作業では、このように段階を追っていくわけではなく、一連の作業として最終的な成果を作成することになる。



図1 判読過程と成果品

		地形図読図	空中写真判読
得られる情報など	種類	<ul style="list-style-type: none"> •人間が取舍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 	<ul style="list-style-type: none"> •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	<ul style="list-style-type: none"> •縮尺に制約される •等高線の間の地形は推定する必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> •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	<ul style="list-style-type: none"> •高度・距離・方位・傾斜・面積などを計測できる 	<ul style="list-style-type: none"> •実体視だけでは不可能
	地域の歴史的な変化	<ul style="list-style-type: none"> •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 	<ul style="list-style-type: none"> •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		<ul style="list-style-type: none"> •地形図に記入されていない地物, 動態 	<ul style="list-style-type: none"> •地名・行政区画・構造物管理者など

表1 地形図読図と空中写真判読の違い(鈴木, 1997, 18pによる)

地形図読図と空中写真判読の違いを示した(表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る。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る。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重要である。

応用地形判読士

応用地形判読士という資格が, 2012年に創設された。『ダイナミックな地球の活動によって出来上がった地形を地形図や空中写真などを用いて, 大地の成り立ちを“読み解く”作業が「地形判読」です』(「応用地形判読士資格制度のご案内」より)。この資格制度の特徴は, 誰でも受けることのできる一次試験(合格した場合, 応用地形マスター)と高度な地形

判読技術を有する二次試験合格者に与えられる応用地形判読士の2種類の資格があることである。ここでは応用地形判読士について述べる。

応用地形判読士という資格を設ける基本的考えは次のようなものである（「応用地形判読士資格制度のご案内」などより）。

1) 公共事業を中心とした建設工事で、計画の初期段階の地質調査で正確な地形判読を行い、地形条件を的確に把握し、地表踏査で補完すれば、事業の各段階でリスクを回避できると同時に総合的な品質向上とコスト削減が可能となる。

2) そのために、地質調査に従事する地質技術者が行う地形判読の正確さと精度を一定の水準に保つ必要がある。さらに、地形判読に携わる地質技術者に求められるのは、地形・地質などに関する広範な知識と経験の蓄積、洞察力である。

3) このような人材を確保し活用することによって、防災や社会資本整備などの課題に大きく寄与することができる。

初期段階で地形判読が正確にできれば、大規模な地すべりや破碎帯を避けることができる。平地では旧河道跡を判読することにより、地震による液状化の可能性を予測することができる。また、工事に着手した段階で切土斜面が崩壊したりトンネルで異常な出水によって切羽が崩壊したりといった事態を避けることができる。もちろん、地形判読と地質調査を有効に使うことが大事であり、一つの調査のなかでも図上の検討と現地踏査との相互チェックを行い、精度を上げていく必要がある。

応用地形判読士に必要な能力は次のようなものである。

1) 地形判読に関する基礎知識を持っている。この中には、社会一般に関すること、地形・地質・地形判読の基礎知識が含まれる。

2) 地形判読に関する専門知識を持っている。平地の地形判読と山地の地形判読について、それぞれ専門知識を持っている。

3) 平地と山地について地形図判読図と空中写真判読図により地形判読図を作成する能力を持っている。

4) 地形判読図を用いて地形発達史の推論ができる。

試験は一次試験と二次試験とに分けて実施される。

1) と 2) は一次試験で、3)、4) は二次試験で要求される能力である。最終的に応用地形判読士の資格を得るには、上の4つの能力が求められる。

なお、応用地形判読士については「全地連 地質情報関連 Web」(<http://www.zenchiren.or.jp/>)の「資格関連」の記事を参照のこと。

地形発達史

正式に地形判読の訓練を受けていない地質技術者にとって、地形発達史を編むことはかなり難しい作業と思われる。そこで、ここでは地形発達史を推論するための基本的な事項について述べる。

ある範囲内に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ある。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（ 10^9 年）より短く、長くて 10^6 年オーダーである。

時系列的な地形の変化を明らかにするのであるから地形の新旧を判定することがまず必要である。地形自体から地形の新旧や年代を知る際の原則には次のようなものがある（貝塚, 1998, p44-48）。

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るが、ことはそう単純ではない。

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）ととらえる。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る（小疇ほか、2003、p254.）。このように、ひとつづきの地形面をどのようにとらえるかで地形発達史の精度が異なってくる。また、三角州が成長するときに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である。

2) に関して分かりやすいのは河成段丘の新旧である。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る。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ある。

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（2.1万年前以前に活動）と樽前山（9千年前以降に活動）であろう。谷の密度、谷の深さに明瞭な違いが見られる。ただし、このような「痕跡」密度は新旧の目安にはなるが、これによって時代を決めることは難しい。

地形発達史を編む基礎となるのは地形学図（平面図）と地形断面図である。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ある。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ある。この地形断面図は、地形面の識別とその構成地質を明示することが重要で、基盤岩類を一括して表示することが多い以外、地質断面図とほとんど変わらない内容となる（貝塚、1998、p179や鈴木、1997、p153を参照）。

読図に精通する第一歩として、鈴木隆介（1997）の「建設技術者のための地形図読図入門」の175ページから182ページまでを、実際に手作業をしながら読むことを薦める。ここでは、地形発達史の予察まで述べられている。そして、183ページに書かれている「C. 読図の学習法」を頭に入れて実際の現場で修練するのが良い。

地形判読は、その後の調査・設計・施工そして維持管理にまで有効であり、地形判読の技を磨くことが効率的な調査に結びつく。

地形判読に役立つ文献（順不同）

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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.
(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.
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.
貝塚爽平 (1998) : 発達史地形学, 東京大学出版会.
日本応用地質学会編 (2000) : 山地の地形工学, 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.

(以上)