

STEP-2-3 傾斜分布図の作成

傾斜区分

路網配置と導入する作業システムの検討には対象地の地形傾斜を把握する必要があります。

ある一定の範囲で地形傾斜を地図上で読み取ることが傾斜区分、それを図化したものを傾斜区分図と呼びます。

表 5-2 目的別傾斜分級

| 区 分 | 分 級 | 分級度数 | | | | | |
|--------------|----------|-----------|-------------|------------|------------|--------|--|
| | | 緩 ← | | | | → 急 | |
| 林 道 | 4 | 20° 以下 | 21° ~ 35° | 36° ~ 45° | 46° | | |
| 林業 専用道 | 林道に準じる場合 | 4 | 20° 以下 | 21° ~ 35° | 36° ~ 45° | 46° | |
| | 通常の場合 | 4 | 0 ~ 15°未満 | 15 ~ 30°未満 | 30 ~ 35°未満 | 35°以上 | |
| 森林作業道 | 4 | 0 ~ 15°未満 | 15 ~ 30°未満 | 30 ~ 35°未満 | 35°以上 | | |
| 参考：森林の機能別調査 | 3 | 15° 未満 | 15 ~ 30° 未満 | 30 度以上 | | | |
| 参考：山地災害危険区調査 | 5 | 0° ~ 21° | 22° ~ 25° | 26° ~ 30° | 31° ~ 38° | 39° 以上 | |

林道・林業専用道は、全体計画仕様書第 2109 条の基準による。

基幹路網である林道の場合は、全体計画仕様書(後述 p99)第 2109 条の基準にある 4 分級(20° 以下、21° ~ 35° 以下、36° ~ 45° 以下、46° 以上)の傾斜区分を行います(表 5-2)。

林業専用道の場合は、林道全体計画仕様書に準じる場合もありますが、平均傾斜 25 度から 30 度程度以下の斜面に作設することを基本とすることから、前掲表 2-2 (p7) で示した緩傾斜地(0 ~ 15°未満)、中傾斜地(15 ~ 30°未満)、急傾斜地(30 ~ 35°未満)、急峻地(35°以上)の 4 つの傾斜区分を行います(表 5-2)。

細部路網の計画地は、前掲表 2-2 (p7) で示した緩傾斜地(0 ~ 15°未満)、中傾斜地(15 ~ 30°未満)、急傾斜地(30 ~ 35°未満)、急峻地(35°以上)の 4 つの傾斜区分を基本とします(表 5-2)。

なお、傾斜区分は目的によって区分を細分化して求めます。山地災害に係る傾斜因子の危険区分の「森林の機能別調査実施要領、平成 3 年、林野庁」では、3 分級(15°未満、15 ~ 30°未満、30 度以上)となっています。「山地災害危険区調査要領、平成 7 年、林野庁」では、5 分級(0° ~ 21°、22° ~ 25°、26° ~ 30°、31° ~ 38°、39° 以上)です(表 5-2)。

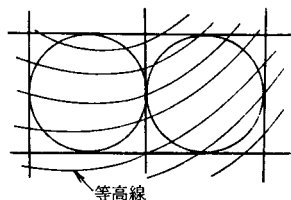


図 5-23 メッシュと等高線

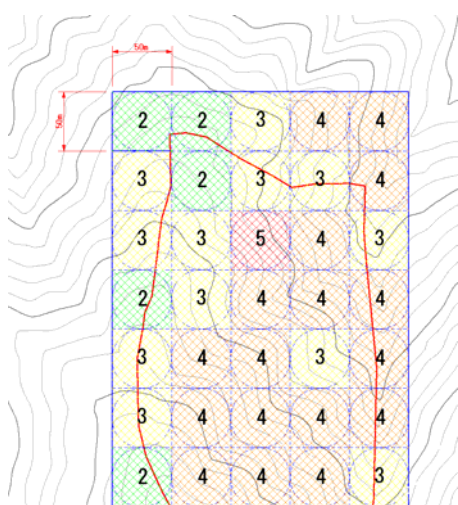


図 5-24 傾斜区分図の例
式 3-1 で求められる角度を色別した例

(1) メッシュ法

簡易的な傾斜の測定方法として、地形図から判読するメッシュ法があります。これは、地形図上の等高線の間隔(高さ)と水平距離から換算する方法です。

調査地域を適当な面積の方眼に区分し、メッシュ(各方眼)の起伏量から当該メッシュ区域の傾斜が示されます。このメッシュの大きさについては、対象地の広狭、使用図幅の縮尺、傾斜を求める目的などによって、例えば縮尺 1/25,000 地形図では 5 mm 又は 1cm 平方、1/10,000 とか 1/5,000 の地形図では 1cm 又は 2cm 平方のメッシ

ユが多く用いられます。メッシュを設定したら、各メッシュに内接する小円を画き、この円内にある等高線の本数を読み取ります(図 5-23、24)。山頂付近で1本の等高線が円内に2度あらわれる場合には2本に数え、閉曲線の入る場合には1本に数えます。

縮尺 1/5,000 の地形図では 10m ごとに等高線が画いてあるので、メッシュの一边を 1 cm にとった場合の傾斜角 θ は 次の式で与えられます。

$$\tan \theta = \frac{10}{0.01 \times 5,000} \times n = \frac{10}{50} \times n = 0.20 \times n \dots \text{式 5-1}$$

ここで、n: 等高線数

式 5-1 を用いた場合、等高線の本数とメッシュ内の傾斜の関係は表 5-3 のとおりとなります。

その地域の平均傾斜を求めたい場合は、全メッシュの平均値を用いて求めます。

図 5-25 は、路網配置と作業システムを検討するために、施業団地の該当市町村の地形図(縮尺 1/5,000、等高線間隔 10m)を用いて基本メッシュ図を作成し、傾斜区分を行った事例です。メッシュの大きさは、地理情報及び踏査の効率性を考慮して 50m×50m を設定しました。傾斜分級は、自走式ハーベスタを作業システムとして想定したため、緩傾斜を表現できる 10 度単位の区分として最終的に 5 段階(0~10 度未満、10~20 度未満、20~30 度未満、30~35 度未満、35 度以上)に区分して集計しました。その結果は、図 5-25(左)のとおりです。また、施業団地の平均傾斜(メッシュ加重平均)は 29 度と分かりました。この団地の急峻な斜面の分布域は、施業団地の南西側に多く、一部北西側に分布することが読み取れます。

図 5-26 は、集約化した施業団地について、森林作業道分級(表 5-2)による傾斜区分をしたものです。

表 5-3 式 5-1 で求まる傾斜角

| 等高線の本数 | 角度(傾斜: 度) |
|--------|-----------|
| 1 | 11 |
| 2 | 22 |
| 3 | 31 |
| 4 | 39 |
| 5 | 45 |
| 6 | 50 |

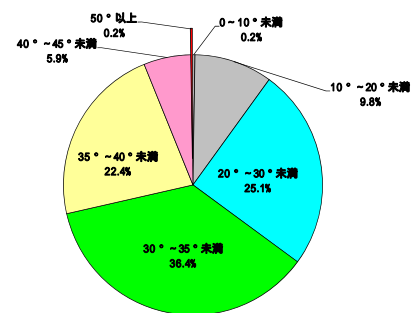
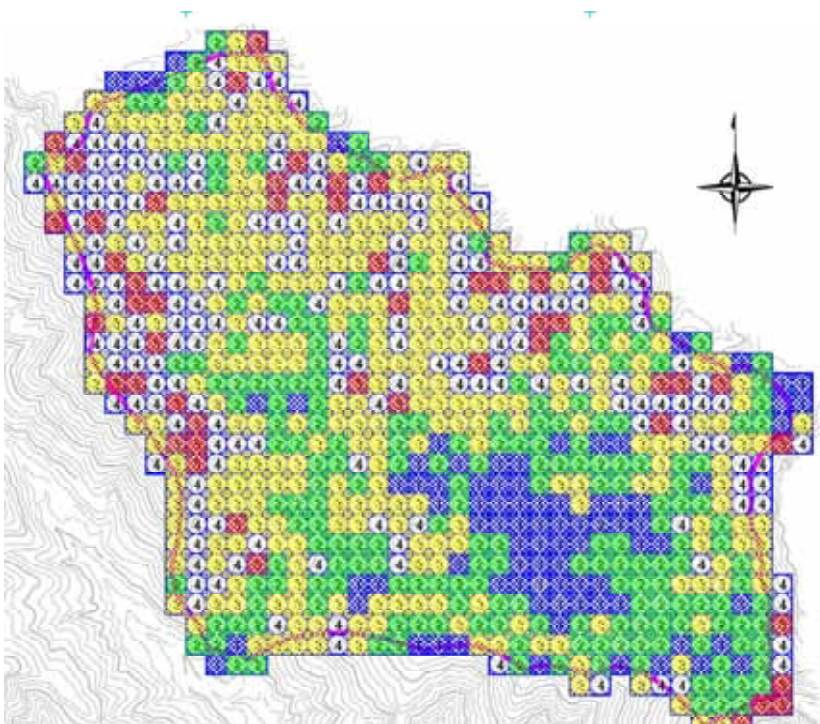


図 5-25 傾斜分布図(左)と傾斜区分の出現割合(右)の事例

面積 185ha の施業団地に、車両系(ハーベスタ)の作業システム導入可否判定として作成した傾斜分布図。

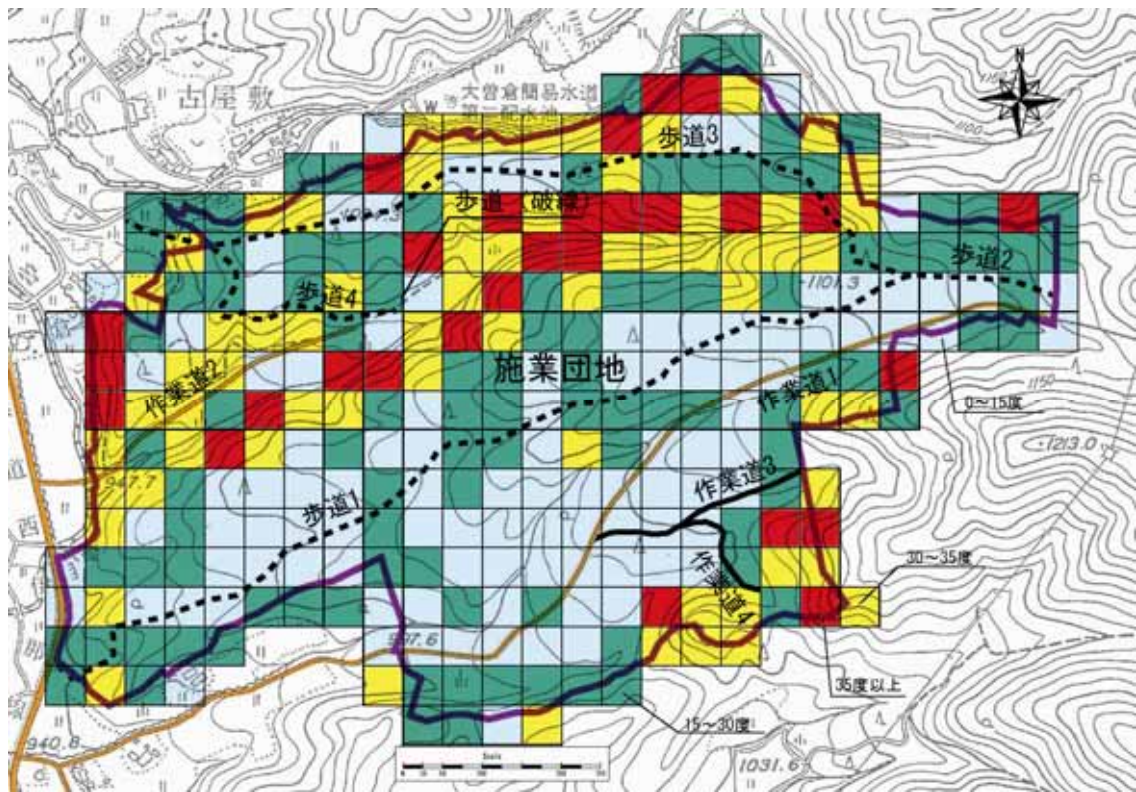


図 5-26 傾斜別作業システム区分による傾斜分布図

面積 61.8ha の作業団地を対象として、前掲表 2-2 (p7,地形傾斜・作業システムに対応する路網整備水準表) の分級による事例。細部路網配置における路線選定の基礎データとなるとともに、作業システムの種別(車両系・架線系)を選定する基礎データとなる。

(2) 数値地図法

GIS (地理情報システム: Geographic Information System) は、コンピュータ上に地図情報やさまざまな付加情報を持たせ、作成・保存・利用・管理し、地理情報を参照できるように表示機能を持ったシステムです。GIS に搭載した情報を空間、時間の面から分析・編集することができ、土地や施設、道路などの地理情報の管理、科学的調査など、様々な利用方法があります。

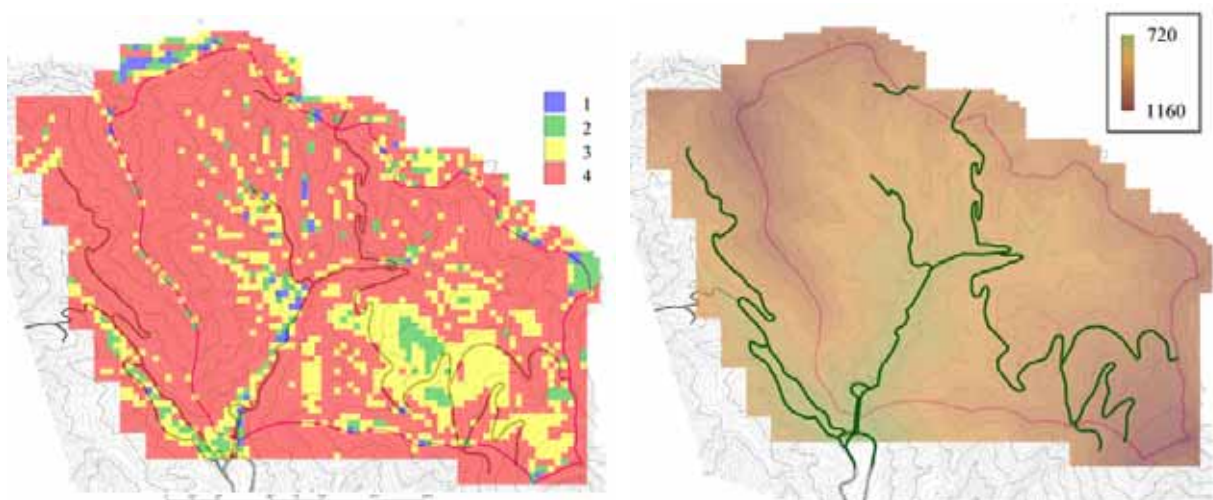


図 5-27 GIS 解析による傾斜区分図と標高図 (図 5-25 の作業団地地区域に対応)

GIS に数値地図(DEM: 数値標高モデル: Digital Elevation Model) 情報を与えると、図 5-27 左のような作業をコンピュータで行うことができます。解析したデータは立体図(p20、図 5-1) 傾斜分布段彩図(p22、図 5-8)、レリーフ等高線図(図 5-27 右) などで表現(図化)することもできます。

数値地図は、これまでは 250m、50m メッシュしかなかったのですが、最近国土院から 10m メッシュ、5m メッシュの DEM が公開されています。また、航空レーザ測量技術の発達により、最近 1m メッシュの微地形データを入手することも可能です(図 5-28)。



図 5-28 1m メッシュ DEM を用いた地形・地質図
GIS を用いて、数値地図 1m メッシュ DEM と地質図(富樫編図) により作成した地質立体図。(作成 : 県林業総合センター戸田堅一郎)

STEP-2-4 路網配置を回避すべき箇所の抽出

回避すべき場所

路線の計画は、どこに道を通すかが非常に重要になります。道を通してはいけない場所、危険な場所を把握することが重要です。回避すべき場所は、地形的、地質・土質的、社会的条件があります。

(1) 回避すべき地形

斜面崩壊や土石流といった自然現象は、地形形成に関わる侵食作用(又は堆積作用) の一部とみることができます。そのため、起こりうる災害と地形とは相互に関連性を持っていて、地形分類された各地形単位ごとに、今後、起こりうる災害のタイプをある程度予想することができます(表 5-4)。このような判断は、路網配置を合理的かつ効率的に行うための準備として重要であり、災害履歴の調査結果と合わせて総合的に判断します。

表 5-4 地形と災害との関連

| 地形分類 | 地形の特徴 | 災害の種類及びその危険の大きい地形 |
|--------------------|---|---|
| 山地・丘陵 | 標高、起伏の大きい地表の高まり。起伏の比較的小さい波状地は丘陵。峰、尾根、斜面、谷の集合体 | 山崩れ・・・凹型急斜面 土石流・・・急勾配渓流 地すべり・・・地すべり地形 |
| 山麓地 | 山地と低地の境界部にある比較的平滑な緩傾斜地。主としてマスウェイスティングによる土砂の堆積によって形成 | 土石流・・・沖積錐 山地洪水・・・開折谷底 |
| 台地・段丘 | 低地よりも一段高い位置にあり、広い平坦面をもつ卓状の地形 | 内水・・・凹地・浅い谷 |
| 谷底低地 | 山地・丘陵内あるいは台地内の河谷沿いに形成された幅狭く細長い低地 | 山地洪水・・・山地内急勾配谷底 内水氾濫・・・市街化台地内谷底 地震・・・台地内谷底(泥炭地) |
| 緩扇状地 (扇状地性平野) | 比較的大規模な河川が山地から低地へ流れ出す出口付近に形成された扇形状の堆積地形 | 河川洪水・・・旧流路 |

水谷武司,1987 を抜粋引用



図 5-29 路網配置を回避すべき地形（模式図）

回避すべき地形としては、表 5-5 に示す場所が想定され、それぞれ以下の理由によります（図 5-29）。

表 5-5 回避すべき場所

| 区分 | 場所 | 内容 | 適用路網区分（種別） | | |
|-------|-------|-------------------|------------|-------|-----|
| | | | 林道 | 林業専用道 | 作業道 |
| 地形 | 急傾斜地 | 連続する 40 度以上の斜面 | | × | × |
| | 岩盤地 | 岩盤が連続する箇所 | | × | × |
| | 0 次谷 | 0 次谷頭部（侵食前線） | | × | × |
| | 崩壊地 | 崩壊地内 | | × | × |
| | 地すべり地 | 地すべり地内（特に末端部） | × | × | × |
| | 崖錐堆積地 | 崖錐地上端・末端 | | × | × |
| | 断層地形 | 比高差が大きい鞍部など | | × | × |
| | 深い谷 | 縦侵食・溪岸侵食部 | （橋梁） | × | × |
| 地質 | 湿地 | 軟弱地 | | × | × |
| | 温泉変質帯 | 熱水変質帯 | × | × | × |
| | 強風化地帯 | 花崗岩等の強風化地帯（マサ土） | | × | × |
| 社会的条件 | 蛇紋岩地帯 | 脆弱地 | | × | × |
| | 人家裏 | 直下に人家・鉄道等がある場合 | | × | × |
| | 特殊水利地 | 直下に水道水源・養魚場等がある場合 | | × | × |

×：回避すべき ○：十分な検討を要する △：工種・工法によっては通過可能

急傾斜地

斜面勾配 40 度以上が連続する急傾斜地は、林業専用道・森林作業道では配置を回避すべきです。これらでは路体構築における切土・盛土施工が困難となり、長大となる法面の保護や維持管理が困難となります(写真 5-9)。

林道では、やむを得ず通過する場合がありますが、地質・土質を判断して、適切な構造物、法面保護工で路体を構築します。

岩盤地

岩盤が連続する箇所(約 5m 以上)は、森林作業道では配置を回避すべきです。岩盤掘削は岩の硬さによって異なりますが、大型ブレーカーや火薬(ダイナマイト)等を用いなければ掘削できません。岩盤が連続する場合は配置を回避します。

林業専用道では、岩盤掘削が積算上可能で、短区間であれば開設できますが、流れ盤(地質の豆知識 p29 図.2)の岩盤の場合は、崩壊や岩盤の保護、維持管理が困難となります(写真 5-10)。

0 次谷

明瞭な流路を持たない谷頭の集水地形を 0 次谷と呼びます(塚本 1973)。0 次谷は流域の基本単位で、雨水の排水、斜面に集積した土砂を排出させる機能を有しています。0 次谷から排水される雨水は、谷次数の 1 次→2 次→3 次の順に高次の谷に向かって集水されていきます。0 次谷は、土層を介して鉛直方向に雨水を排水し、高次の谷では水平方向に排水されます。土砂排出の機能は、表層崩壊と表面侵食に区分され、表層崩壊は 0 次谷に発生し易いと言われています。表面侵食は地表流による土層の削剥です。0 次谷は土砂の集積と侵食が常に繰り返されることにより、深さを増して山側(尾根方向)に伸張します(図 5-30)。

0 次谷は山地開析、谷の発達の前線で、0 次谷の谷頭(上端)を通過することは危険です。また、0 次谷の谷頭の上部斜面は比較的緩やかな場合がありますが、そこに路線を通過させる場合がありますが、集中豪雨などで、路体決壊等が発生するケースが多く見られます(写真 5-11)。

構造物等を用いる林道以外では、0 次谷の谷頭(上端)の通過は回避してください。



写真 5-9 急峻地形への路体構築事例
林道 3 級相当の森林作業道で、路体構築断面の地山勾配は平均 40 度、この斜面が連続する。



写真 5-10 岩盤が連続する路体構築事例
林道 3 級相当の森林作業道で、硬質岩が連続する。中～古生界付加コンプレックスの白灰岩で流れ盤構造である。

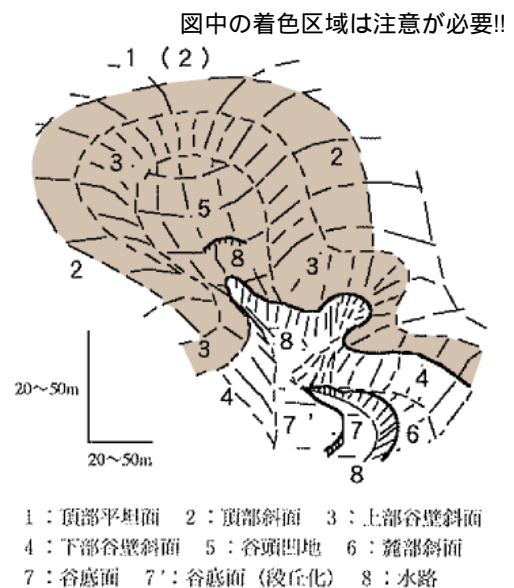


図 5-30 山地谷頭部を構成する微地形単位模式図

(森林立地調査法 p26 田村 1987, 大貫 1999 改変を引用、加筆)
図中番号 5 谷頭凹地が 0 次谷。図中番号 3 上部谷斜面が 0 次谷谷頭部。



写真 5-11 0次谷頭に到達した路線開設時に発生したクラック（左）と0次谷頭の全景
林道3級相当の森林作業道で、0次谷に到達した時点で路体計画箇所クラックが発生して谷側の土塊がブロック化した。先線計画があったが、山地保全のため開設を中止。掘削断面を埋め戻し、谷側に土留工を施している（右）。

崩壊地

崩壊地内を通過することは、作設時に危険であるとともに、路体の保護や維持管理が困難となります（写真 5-12）。林業専用道と森林作業道では配置を回避すべきです。

林道の場合は、崩壊地の地質・崩壊深度・保護・対策工などを十分に検討して通過する場合がありますが、可能な限り回避することが基本です。



写真 5-12 崩壊地
花崗岩地帯の表層崩壊地。崩壊面はマサ化して脆弱。

地すべり地

地すべり地は、路網の種別を問わず、路網配置を必ず回避します。特に地形が緩やかとなっている地すべりブロック（土塊）の脚部や押し出しブロックの末端部（尖端部）を通過（掘削）すると、活動が再開される場合があります（図 5-29、写真 5-13）。

潜在的に地すべり性の要素を抱える地域では、地形を読み取り、必ず地すべり地を回避しなくてはなりません。路体の保護だけでなく、地すべりの場合は下方の集落・耕地までも被害が拡大することが想定されます。



写真 5-13 開設時に変状が発生した法面

平均傾斜 30 度程度、溪流左岸沿いの西向き斜面で、地質は左岸山腹斜面と溪床に砂岩泥岩互層（新第三系）、右岸と上流部に砂岩・礫岩・凝灰岩（新第三系）。左岸（東側）には糸魚川—静岡構造線が走る。路線直下の溪床には泥岩が露頭し、その上部に砂岩層や円礫を含む未固結の礫層とローム層がある。路線沿いには小規模な崩壊（滑落）テラスが多数あり、テラス末端部を掘削した箇所では、掘削後に法面の湧水を伴う円弧すべり崩壊が発生している（写真左・中央）。湧水箇所は明瞭な粘土が出現する（写真右）。滑りブロック（土塊）は小規模であるが連続して出現し、滑りブロックの上部斜面には、比高の小さい滑落崖が不連続で認められる。潜在的に地すべり性の不安定な山地と推定され、地表から 3～5m 程度の深さにせん断面（ブロック末端部）があるブロックが多い。

崖錐堆積地

斜面の下部や凹地形の末端部には崩積土の堆積地が存在します（図 5-31）。崩積土の特徴は、以下のとおりです。

- ・ 重力の作用で移動又は崩落堆積したもの。
- ・ 急斜面の下部にそれよりやや緩傾斜をなして堆積。
- ・ 表層から下層に至るまで大小の角礫が多量に含まれていることが多い。
- ・ 通気透水の良い林地になっている場合が多く、水分、養分の供給も多い。
- ・ 特に急傾斜をなして半円錐状に堆積したものを「崖錐」と呼ぶ。

崩積土地帯には、上記にあるように通気性、透水性が良く、水分、養分の供給も多いことから、スギの適地となっている場合が多く、良質な木材が生産されます。

したがって、路網を配置する場合も多くなりますが、このような箇所を路線が通過すると不安定となります（写真 5-14）。堆積地は、自然状態でも降雨などにより飽和による強度低下と間隙水圧の発生などによって不安定となり、崩壊が発生しやすくなります。さらに、大小の角礫が多量に含まれていることから、比較的締った路体を構築することが可能ですが、切土部は礫間を充填している粘着性に富む土質（マトリックス）が少なく、切取面が不安定になります。特に崖錐部は落石や崩落が頻繁に発生し、切土高が高くなると円弧型の法面崩壊が発生しやすくなります。

厚く堆積する崖錐地形が連続する場合は、施工時に危険であるとともに、路体の保護や維持管理が困難となります。林業専用道と森林作業道では可能な限り配置を回避すべきです。やむを得ず通過する場合は、切土による路体構築を回避したり、切土高を 3m 以下にして可能な限り切取勾配を 1 割(45 度)以上に緩くし、切土法尻に柵工や土留工などを設置します。

断層地形（鞍部など）

鞍部（登山用語ではコル）は、路線が通過し易い箇所ですが、比高が大きい鞍部では断層が存在している場合があります。大断面の掘削をした場合、切取面が崩壊する可能性があります。

断層は、一般に二つの断層面間にせん断帯があり、その厚みのあるせん断帯を断層破碎帯又は単に破碎帯と呼びます。破碎帯の幅は数mm～数百 m と様々で、断層の変位量などに比例します。

破碎帯は、岩盤の破碎で生じた大小の角礫（岩片）と粘土で充填されていて、充填する角礫を断層角礫と呼び、断層運動によって破碎された細粒の岩層を総称して断層ガウジと呼びます。断層面に接する部分の断層ガウジは一般に断層粘土と呼ばれ（写真 5-15）、せん断面に沿う岩盤のずれで岩盤が微粒子に破碎されて生じたものです。断層粘土帯の厚さは 1mm 程度から数十 cm 程度です。断層粘土は難透水層なので、破碎帯の両側で地下水位が顕著に異なることもあり、両側を断層粘土で遮断された厚い破碎帯では、高透水性の角礫部に高圧の地下水が充満していることもあれば、逆に地下水が透過してほとんど存在しないこともあります。

破碎帯はその低凝集性のため侵食されやすいので、破碎帯の差別侵食によって直線的な断層線谷や断層線鞍部列などのリニアメント（地形上に認められる連続する直線状の模様のこと、断層や地質の不連続面などを反映する場合があります）が形成されています。

崩積土地帯

特に山脚部の通過に注意が必要!!

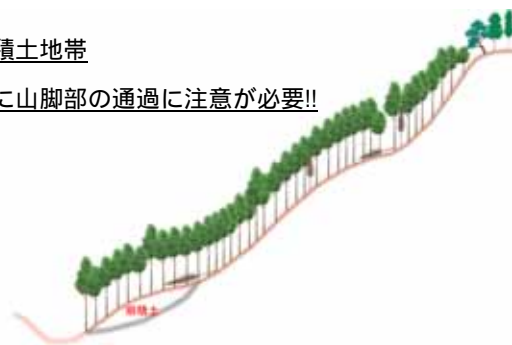


図 5-31 崖錐部の斜面模式断面図



写真 5-14 堆積土石が連続する斜面
林道 3 級相当の森林作業道で、凹地崖錐地を通過。落石が頻繁に発生している。

このような断層地形に路線を通過させる場合は、大断面の路体構築は危険です。比高が大きい鞍部などは通過を回避するようにします。



写真 5-15 断層破砕帯の断層粘土（左：中央の灰白色部、右：紺灰色岩層部）

写真左は、中信地方の扉鉾泉から続く「わるい沢断層」に起因並行する断層破砕帯。一部熱水作用を受け、カオリン化作用の粘土が混ざる。

写真右は、中～古生界付加コンプレックスの粘板岩・砂岩互層の作業道法面に露出した断層。紺灰色に圧砕変色した岩層が連続する。

深い谷

渓流の縦侵食・溪岸侵食が発達している深い谷（写真 5-16 左）は、林業専用道・森林作業道では配置を回避すべきです。渡河方法が困難になるとともに、上流部からの土砂の供給が激しく、時として土石流の流下も想定されます（写真 5-16 右）。林道では、上流の荒廃状況（不安定土砂等）を調査して洪水に対応する計算を行い、適切な構造物によって安全な渡河方法や路体構築を行います。



写真 5-16 縦侵食が顕著な渓流（左）と溪岸侵食と強雨時に土石流が多発する渓流（右）
左は新第三系堆積岩地域の渓流で縦侵食が卓越する。右は変成岩地域の渓流で、度々土石流が発生する。

湿地

新第三系堆積岩類や第四紀火山地の山脚部の崩積地には湿地が存在する箇所があります（写真 5-17 左）。また、里山から比較的奥山までの谷間で、棚地形の緩斜面・平坦面は、雨水が集水・滞水しやすいため湿地となっている場合があります（写真 5-17 右）。山地、丘陵地、台地などの谷間に、渓流・河川によって形成された平坦地を谷底低地と呼び、こうした谷底低地を水田として利用している場合、これらを「谷地田（ヤチダ）」、「谷津田（ヤツダ）」などと呼んでいます。

現在これらには森林となっている箇所が多く、緩斜面であるため、路線を通過させ易い箇所です。しかし、この谷地田は、重粘土性であることが多く、水分が土壌内に停滞し、湿地となっています（図 5-32）。

連続してこれらを通することは回避します。路体が軟弱化するだけでなく、山地災害の危険性もあります。平成 18 年に発生した豪雨災害では、上部で崩壊した土砂が土石流となり、谷地田

の立木（カラマツ）をなぎ倒し、流木となって下流の住宅に多大な被害を及ぼしました。



写真 5-17 斜面下部の堆積部の湿地（左）と旧水田（谷地田）森林の湿地（右）
 左は第四紀火山地の斜面下部に広がる湿地（植生はクリンソウ）。山間部の谷底にある谷地田は現在森林化している場合が多く、緩斜面であるため、路網を配置したくなる地形である（右）。



図 5-32 谷間の棚地形（谷地田）の模式図

（２）回避すべき地質・土質

温泉変質帯

温泉変質を強く受けて粘土化しているような場所は、地形改変後の植生回復が困難で、崩壊や荒廃の拡大を招きやすいため、路線配置を回避します。

県内で温泉変質を強く受けている地帯は、火山地帯を中心に志賀高原、菅平、北小谷、八ヶ岳地帯などで、局所的には温泉が噴出している地域にも分布しています（図 5-33）。温泉変質帯は、

粘土化するなど極めて脆弱で、また熱水変質作用により硫酸性の強酸性土壌である場合もあります（写真 5-18）。路体構築で地表に変質帯（硫黄鉱脈など）を露出してしまうと、植生回復が困難になるだけでなく、酸性水を下流に流出させることとなります。

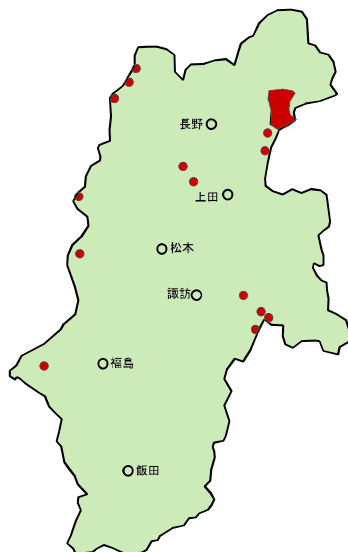


図 5-33 温泉変質帯の主な分布
 「日本の熱水変質帯分布図, 鮮新世後期 - 完新世; 地質調査所発行 (1979)」を基に作成。



写真 5-18 変質帯を通過する林道
 灰白色斜面は熱水変質作用を受けた強酸性土。

これらの変質帯の位置情報は「日本の熱水変質帯分布図，鮮新世後期 - 完新世；地質調査所発行（1979）」、その解説書「日本の鮮新世後期から完新世の熱水変質帯・温泉沈殿物一覧（1980）」などで確認することができます。

強風化地帯

強風化花崗岩砂質土（マサ土）からなる土砂は、表面水による侵食に特に弱く、小崩壊や土砂流失が発生し易い特徴があります（写真 5-19）。

強風化の花崗岩は、上伊那 下伊那（木曾山脈）、西南部の木曾地域、安曇野市 大町市の広い範囲に分布します（前掲載図 5-19、p32）。

林道工事や一般土木工事では、耐食性に劣る土砂の斜面は、緑化工等による侵食防止を行い、法面の安定を図りますが、林業専用道や森林作業道の場合は、法面緑化工を用いないため切土高を抑制（3m以内）する必要があります。急斜面の花崗岩地帯では、法面保護を計画しない場合は、路網配置を極力回避してください。



写真 5-19 強風化花崗岩地帯の作業道荒廃状況（左）とマサ土切取面の侵食(右)

蛇紋岩地帯

蛇紋岩が表土に露出した場合は、応力解放やマグネシウムに富む鉱物の変質作用、その後の乾燥湿潤及び凍結融解の繰り返し作用等で、細粒化・粘土化が進行し、大小の崩壊を招きやすいという特徴があります。また、これらの粘土は、超塩基性岩中の苦鉄質鉱物に由来するニッケル等の重金属類を含むため植生回復が困難になります。

蛇紋岩は、南アルプス地帯の長谷-大鹿-上村-南信濃、北アルプス白馬以北、南佐久十石峠付近などに分布します（図 5-10、p24、写真 5-20）。

蛇紋岩地帯は、切取り直後には安定していても、時間の経過とともに短期間に脆弱化するため、連続して蛇紋岩が出現した場合は、路線配置を回避してください。



写真 5-20 作業道法面に露出した蛇紋岩

(3) 社会的条件

人家裏

林業専用道や森林作業道で、特別な土砂流出防止・落石対策を施さない場合は、人家裏の急傾斜地への配置は回避してください。また、鉄道や国道、生活道路の直上斜面で、それらに並行する路線配置も回避してください。

土砂流出を崩壊土砂と仮定した場合、崩壊土砂の到達距離は、崩壊高さ（H）と同じ距離の範囲内にほぼ収まるとされています（国土交通省土木研究所，1999）。調査結果では、到達距離は 20m 程度以内にほぼ収まっていますが、中には 50m 以上に達するものもあります（図 5-34）。地表に傾

斜があると、土砂到達距離は延びますが、横への広がりにはあまり影響しないとされています。

これらから、人家や鉄道等の公共施設がある場合は、その直上(50m以内)に路線を配置することは危険であると考えられます(図 5-35)。

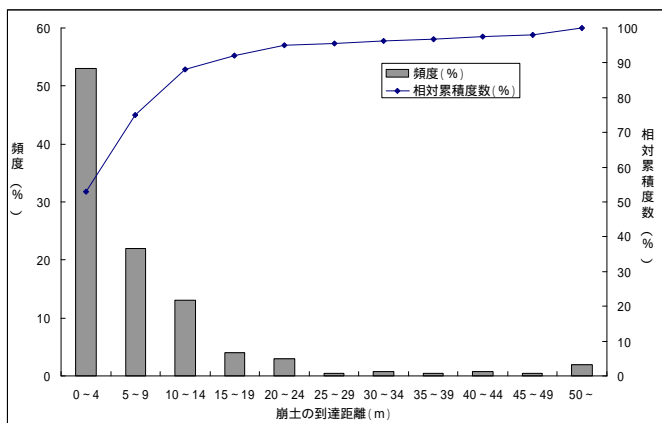


図 5-34 崩土の到達距離

建設省土木研究所昭和 47～平成 9 年、調査箇所数 10,686 件
「土木研究所資料、3651 号、1999」を基にグラフ化。



図 5-35 人家裏斜面の路線通過模式図

特殊水利地

路線計画地内に水道水源がある場合や、路線を渡河させようとする溪流(流域)の直下に水道水源や養魚場がある場合は、路線配置を回避する必要があります。

当然これらの森林を整備する場合、関係機関への事前協議等を行いますが、土砂流出防止対策などを施さない場合は、施工(作設)時に土砂の流出が発生します。十分な対策を講じる場合を除き路線配置を回避します。

豆知識! …お宮とお寺

集落周辺の森林(里山など)に'お宮'と'お寺'があります。作業道等を開設しようとして、これらの近隣を通過するとき、'お宮'と'お寺'どちらを注意したほうが良いのでしょうか?(用地問題等はないとします。)

'お宮'は比較的集落より高いところにあります。何段にも続く石階段があつたりします。大きな神社を除き、社務所があつたりしますが、常時生活する人はいません。'お宮'には人が常駐しないと、あまり「水」は必要ありません。少量の水でも大丈夫です。そうすると地下水位が低い可能性が考えられます。

一方、'お寺'は、山間の'お寺'でも常時住職が生活している場合が一般的です。'お寺'があるところは、必ず「水」があることとなります。水道などが無い時代から続くお寺が多いと思われまふ。お寺の周辺は地下水位が高い可能性があります。また、お寺の脇を沢が流下している場合も多いのではないのでしょうか。これらを考えると、'お寺'と'お宮'の近くを通過する場合、'お寺'の方が水の影響がある可能性があります。

路線開設は土地改変です。地下水位が路線に直接影響する場合も考えられますが、逆に'お寺'の水が枯れてしまう可能性もあります。'お宮'でも小さな社が溪流沿いなどにある場合も多く見かけます。これらは'水神様'なのかもしれません。

お宮もお寺も古くから様々な由縁があつてそこに存在しているものです。充分調査して安全性を確認しましょう。



地形図等の 情報資料

前述の回避すべき危険な箇所等の情報を、既存資料を活用して、できるだけ読み取る必要があります。そこで、地形図や地質図、空中写真等の資料を準備します。

(1) 地形図

地形図

国土交通省国土地理院発行の等高線間隔 10m、縮尺 1/25,000 の地図です。書店で購入することができます。

また、インターネットで国土地理院の地図閲覧サービス「ウォッチず」(図 5-36) を閲覧することが可能です (<http://watchizu.gsi.go.jp/>)

国土基本図(都市計画図)

等高線間隔 2m~10m、縮尺 1/2,500~1/10,000 の地図で、市町村役場などで購入することができます(図 5-37)。なお、森林区域は縮尺 1/10,000 となっている場合が多くなっています。また、該当市町村独自で統合型 GIS の基礎情報として搭載されている場合があります。

最新の道路、住宅等の情報が記載されているため、森林へのアクセスや関連情報を収集するために利用します。

森林基本図

森林基本図(図 5-38 左)は、等高線間隔 10m、縮尺 1/5,000 の地図です。さらに林班・林分境を記載した森林計画図(図 5-38 右)があります。これらは、主に森林計画を立案する際などに使用されています。図面データは、長野県庁(林務部森林政策課)又は各地方事務所で提供しております。

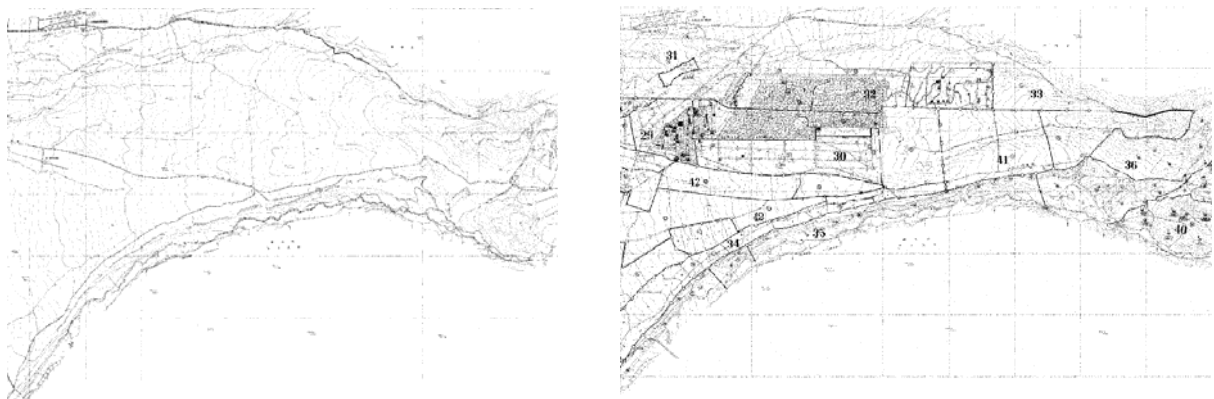


図 5-38 森林基本図(左)と計画図(右)

(2) 空中写真

空中写真は、1/16,000~1/20,000 縮尺で、各都道府県が森林計画を立案するために撮影しているものや、平野部を中心とした国土地理院撮影の空中写真があり、誰でも空中写真の取次店等からプリント写真、画像データ(CD-R)として購入することができます(写真 5-21)。なお、長野県で撮影している空中写真は、長野県庁(林務部森林政策課)で提供しております。

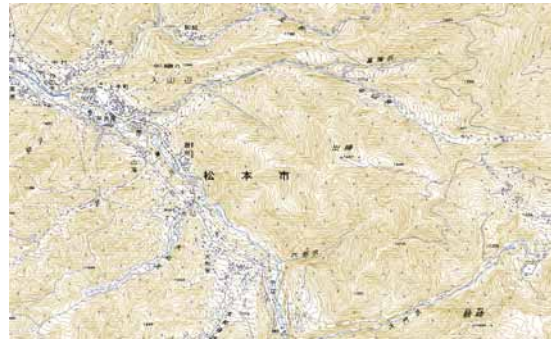


図 5-36 地図閲覧サービス「ウォッチず」
(<http://watchizu.gsi.go.jp/>)

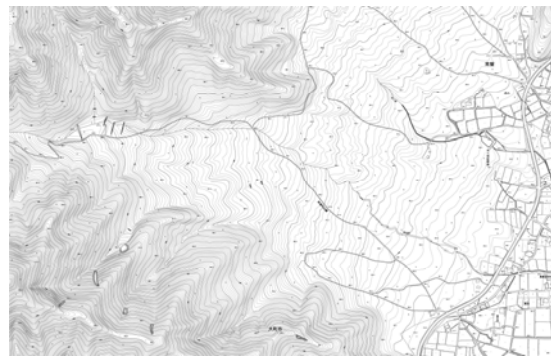


図 5-37 都市計画図(提供:大町市)

また、国土地理院 (<http://archive.gsi.go.jp/airphoto>) の国土変遷アーカイブス空中写真閲覧システムや国土交通省国土政策局国土情報課 (<http://w3land.mlit.go.jp/cgi-bin/WebGIS2/>) から過去の空中写真を閲覧することができます。さらに、衛星写真がインターネット上の Google earth などで閲覧できます。

(3) 表層地質図・土壌図

長野県では土地分類基本調査が実施されていて、表層地質図、土壌図(縮尺 1/50,000)が作成されています(図 5-39)。長野県の場合は、全県域がまだ作成されていませんが、順次作成が進められています。この土地分類基本調査の図面は、インターネット上の国土交通省土地・水資源局国土調査課ホームページ (<http://tochi.mlit.go.jp/tockok/>) で閲覧可能です。



写真 5-21 カラー空中写真

地質図としては、地質の概要については産業技術総合研究所が提供する 1/20 万日本シームレス地質図 (<http://riodb02.ibase.aist.go.jp/db084/>) を参考にすることができます。また該当市町村誌史の自然編が作成されている場合には、該当市町村のより詳しい地質図が作成されていることがあり、参考になります。

土壌図は、民有林適地適木調査(長野県林務部:縮尺 1/25,000)で全県域が作成されています。



図 5-39 土地分類基本調査の表層地質図(左)と土壌図(右)

「土地分類基本調査,国土調査「蓼科山」・「ハケ岳」,長野県,1999」

(4) その他の情報資料

地すべり地形分布図は、独立行政法人防災科学技術研究所防災システム研究センター (<http://lsweb1.ess.bosai.go.jp/>) で閲覧、ダウンロード可能です(図 5-40)。

県内の災害関連の地図としては、国土交通省土地・水資源局国土調査課ホームページ(アドレス前掲)で災害類型別土地保全基本調査結果の浅間山(火山噴火)、長野(地すべり)、御岳(崩壊)に係わる情報地図が閲覧できます。

活断層については、「日本の活断層図 地図と解説活断層研究会編」(東京大学出版会 1992)、「信州の活断層を歩く」(信濃毎日出版社 1998)などがあります。



図 5-40 地すべり地形分布図

地すべり Web-GIS 版信濃池田より
(独)防災科学技術研究所防災システム研究センター
(<http://lsweb1.ess.bosai.go.jp/>)

地形判読

前述の既存資料から、情報をできるだけ読み取り、路網の配置と現地踏査に活かします。地形判読の主な手順は図 5-41 のとおりです。

地形の大局的な情報収集・把握から始めます。小中縮尺図面や空中写真等からは、自然や社会環境（住宅地・道路・河川等）を把握します。また、回避・留意すべき地形の目安を付けます。

最終的な路線適地の検討には、1/2,500～1/5,000 以上の大縮尺の地形図を用います。

このように、広域的な情報収集から詳細な情報収集の二つの段階的な読図が有効です。

(1) 地形図で概況を把握

対象区域全体と周辺を把握するには、1/25,000～1/50,000 程度の小中縮尺図を用います。規模の大きい地すべりや破碎帯、水系の配置などの自然条件のほか、集落や人家、公道や林道など関係する社会条件などの地形や情報を把握します。

地形の判読

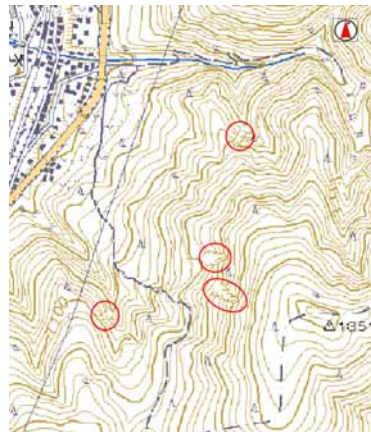
縮尺 1/25,000 地形図では、崩壊地、地すべり地、岩盤及び凹地や湿地などの地形（記号）を注意して読み取ります（図 5-42）。

地形の見方には、図上の尾根線（凸線・分水線）や谷線（凹線・合水線）鞍部を表示するなどして理解していく方法があります（図 5-43）。尾根線を結ぶことで集水域や斜面方位（斜面が向いている方法）を把握することができます。谷線を結んだ水系図は、岩石や地質構造、留意すべき地形を見つけるのに役立ちます。さらに、鞍部を表示することで直線構造や尾根と沢の配列などを把握することができます。

また、傾斜の変わる地点を結んだ傾斜変換線にも注目します（資



図 5-41 地形判読の手順



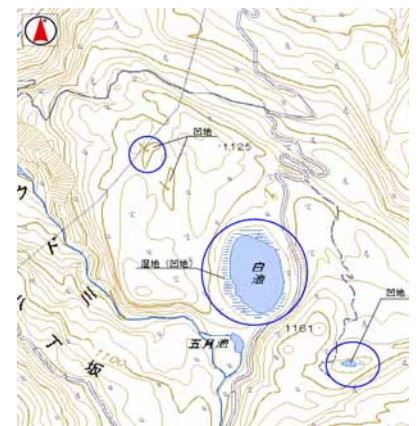
崩壊地



地すべり地



岩崖と岩(露頭地)



凹地・湿地

図 5-42 地形の判読作業における注意すべき地形（記号）
（基図：ウォッチず 1/25,000）

料 p117、表 2.4、図 2.5)。特に注意すべき点は、尾根から谷に向って、傾斜が急になる点(遷急点)又は線(遷急線)は、0 次谷頭部や崩壊、地すべり上端(冠頂)の場合があり、将来、崩壊発生の可能性が高い箇所と考えられます。逆に緩くなる点(遷緩点)又は線(遷緩線)は、地すべり(移動体)末端や崖錐堆積物の上端の場合があります(図 5-44)。

重要な傾斜変換線を見分けることが、留意すべき地形の把握につながります。

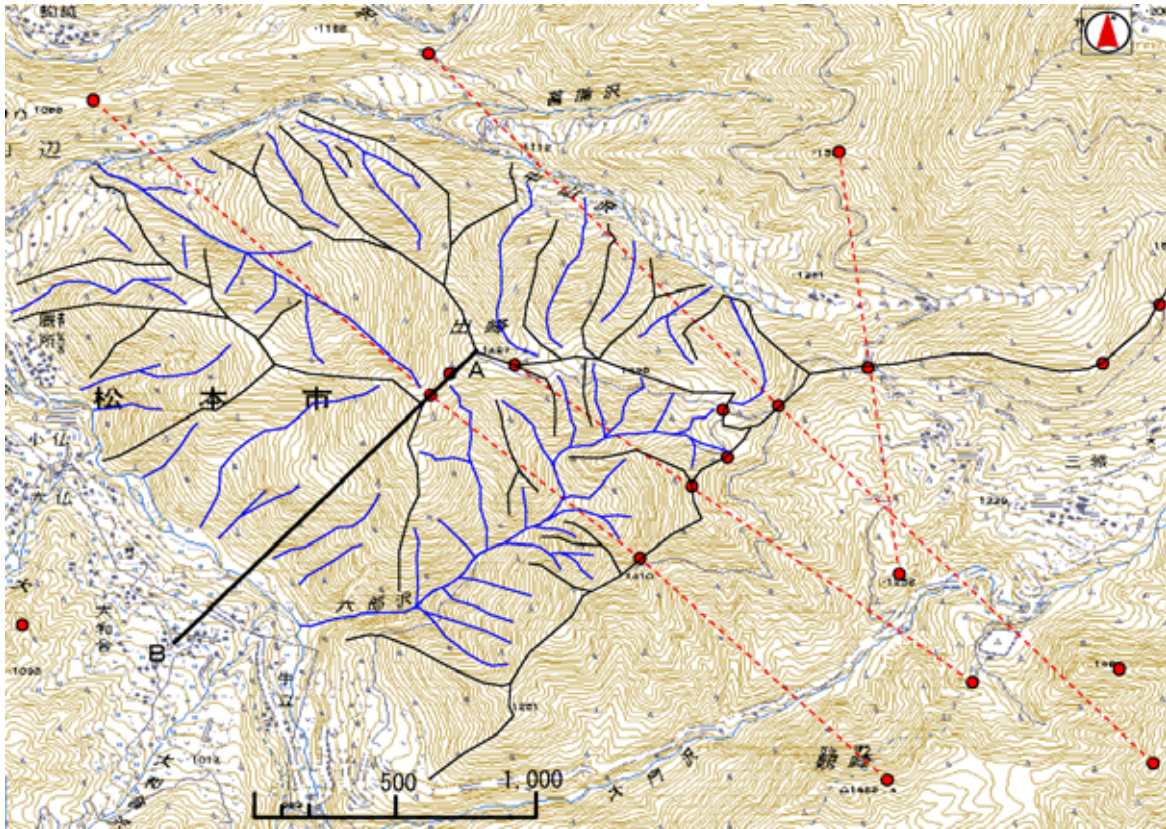


図 5-43 地形の判読作業の例(基図:ウオッチず 1/25,000)

明瞭な尾根線(黒線)谷(凹地)線(青線)と鞍部()の表示。鞍部のうち高低差が大きい鞍部を結びと概ね北西 南東の直線が見られる。北西 南東の直線構造をみると、谷線の方角と一致するもの、又は谷線の屈曲部が現れるなど、地形と密接に関係していることが読み取れる。

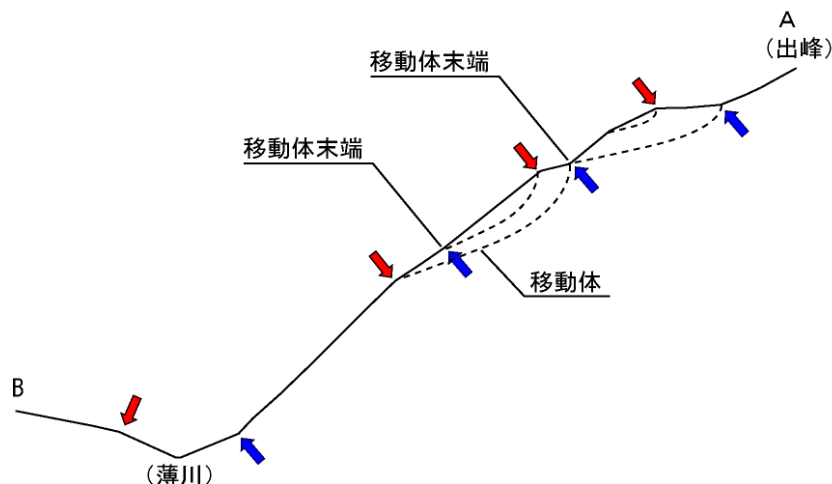


図 5-44 地形変換点(線)の模式図

図 5-43 の A-B 線断面図(GIS による断面解析模断面)。地すべりや崖錐堆積物(移動体)の末端部は要注意地点。この断面の移動体は地すべり地形分布図(防災科学技術研究所)に表示される移動体。

は遷急点(遷急線) は遷緩点(遷緩線)。

社会条件の判読

集落や人家、公道や林道などは保全対象となります。これらと路線を配置する対象森林との関係を把握します。特に保全対象との位置関係（距離）が重要となります。

図 5-45 は、路線の直下に長野自動車道（距離 140m）や中央線の鉄道（距離 440m）、県道（距離 520m）が通過しています。また耕地が斜面に広がり、その下方部に住宅地（距離 400m）があることが分かります。さらに、1/25,000 の地図からは、市場までの輸送なども想定することができます。

なお、保全対象の他、法令・規制等の社会環境を把握する場合、Web の「長野県統合型地理情報システム：しんしゅうくらしのマップ（<http://www.pref.nagano.jp/kikaku/josei/gis/>）」を閲覧することで把握することができます（図 5-46）。このシステムを使用する場合、縮尺を 1/25,000 程度に調整すると地形図と整合させることができます。



図 5-45 社会環境の読み取りの事例



図 5-46 土砂災害防止法関連指定区域図

長野県統合型地理情報システム（しんしゅうくらしのマップ）土砂災害防止法（正式名称：土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律の「土砂災害警戒区域：イエローゾーン」と「土砂災害特別警戒区域：レッドゾーン」を表示した図面。

(2) 空中写真・衛星画像の利用

注意箇所の判読

空中写真や Web 衛星写真では、既存の崩壊地や表層の岩場などのほか（図 5-47）地形、水系、線状の模様（リニアメント）などの特異な地形を見ることができます。



図 5-47 空中写真による崩壊地等の判読の例（左：原村、右：伊那市長谷）

具体的には、「鞍部、傾斜変換点などの配列が直線状となる。さらに侵食・崩壊が直線状に並んでいる」などが写真上に現れます。これらは、断層及び破碎帯のような地質構造上の弱線である場合があります。これらが集中する地域は、崩壊や地すべりなどの発生し易いことから、十分な注意が必要です（図 5-48）。

過去情報の判読

現在、森林地帯の多くは樹木に覆われています。空中写真等による判読では全て樹木が成立しているように読み取れますが、過去の空中写真と比較すると、現在森林であった箇所が崩壊地や裸地であったことが読み取れます（写真 5-14、15）。

写真 5-14 では、昭和 23 年（1948 年）当時は裸地・崩壊地が多く分布していましたが（写真左）、35 年後の昭和 58 年（1983 年）には、裸地・崩壊地を森林が覆っています（写真中央）。さらに平成 16 年（2004 年）には、広く森林に覆われ、57 年前と比べ森林帯は森林化が進んでいます（写真右）。現在、森林に覆われていても過去の写真で崩壊・裸地であったところは、注意する個所として読み取れます。



図 5-48 空中写真から読み取れるリニアメント
確認されている常念岳断層と明瞭な地形変移を伴う推定断層（調査により断層破碎帯を確認）。西側を通る常念岳断層が顕著な地形変位を引き起こしており、稜線を境とした極端な非対称山稜となっている。この地形変移は断層によるものと考えられる。常念岳断層は西に約 20 度傾いた走行を持つが、東側（平地側）にはこれに平行なリニアメントが認められる。これらリニアメントは尾根あるいは沢の屈曲や鞍部の連続、地形面の傾斜の変換線が連続するなど顕著に地形を変位させており、多くの断層が潜在していることが推察される。

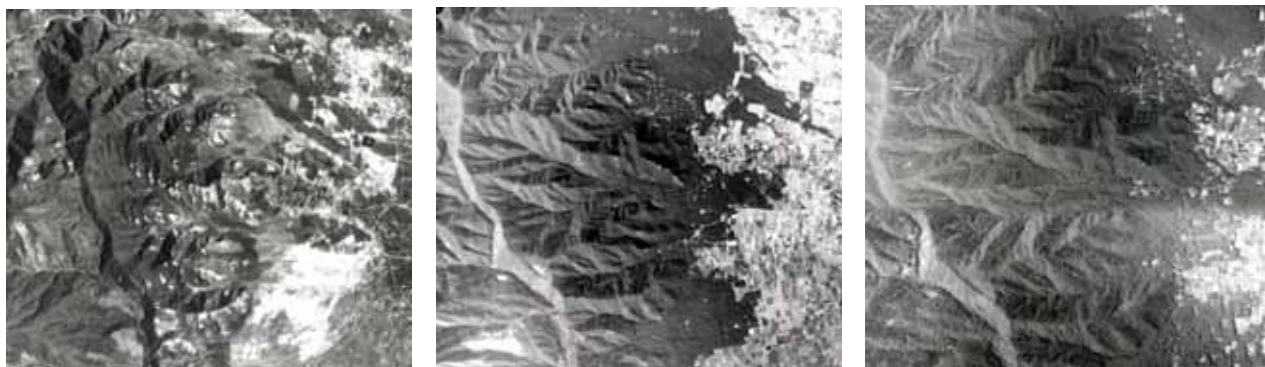


写真 5-14 空中写真による森林の比較

左：38vv9prsm4073/1ew13au64727 昭和 23 年（1948 年）GHQ 撮影、中央：昭和 58 年（1983 年）右：平成 16 年（2004 年）。

写真 5-15 は、林道の開設前と開設後の推移が読み取れます。昭和 38 年（1963 年）当時の流域の状況を空中写真からみると、当時はまだ林道が開通されていませんでした。この時期は伊那谷を襲った 36 災の直後でしたが、顕著な崩壊地は確認されていません（写真左）。昭和 55 年（1980 年）当時の空中写真では、林道沿いの斜面に崩壊地が多数確認され、上流部に崩壊地が集中しています（写真中央）。その後昭和 57-58 災害や平成 11 年災害などの豪雨災害が発生し、平成 12 年（2001 年）以降（写真右）も崩壊地が確認できますが、自然復旧や周辺森林の成熟により崩壊地が減少し、溪畔林の成立も見られ、流域全体として安定した状態に移行しつつあることが読み取れます。

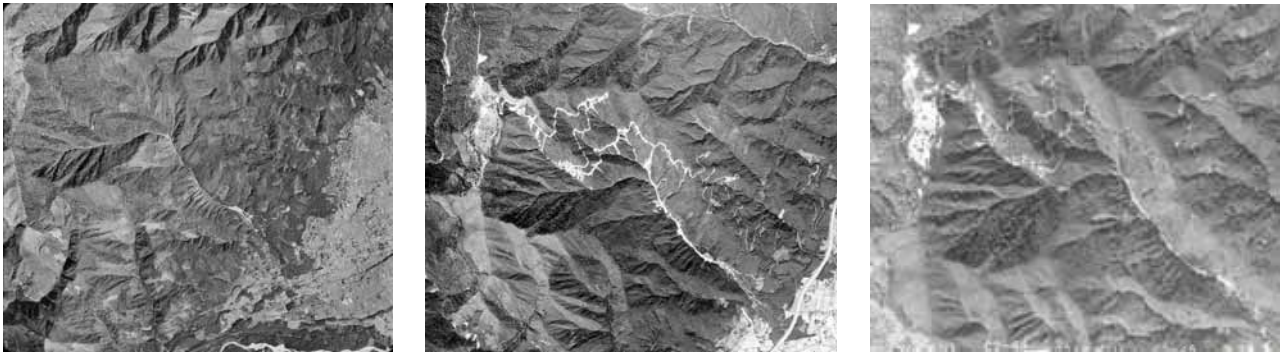


写真 5-15 空中写真による林道開設前後の推移

左：1963年（昭和38年）中央：1980年（昭和55年）右：2001年（平成12年）

（3）縮尺 1/5,000 地形図で情報整理・詳細把握

具体的な路線適地の抽出は、1/5,000 以上の大縮尺の図面を利用します(図 5-49 下)。小中縮尺図面や航空写真から把握した留意すべき地形等の情報を 1/5,000 地形図等に記入、整理しながら、詳細な地形変化を読み取っていきます。

1/25,000 等の図面では表現されていない、小規模な急崖や急斜面、土の堆積状況、凹凸地、露岩などを把握します。ただし、図面によっては 1/25,000 地形図よりも等高線の精度が低い場合があるので注意が必要です。

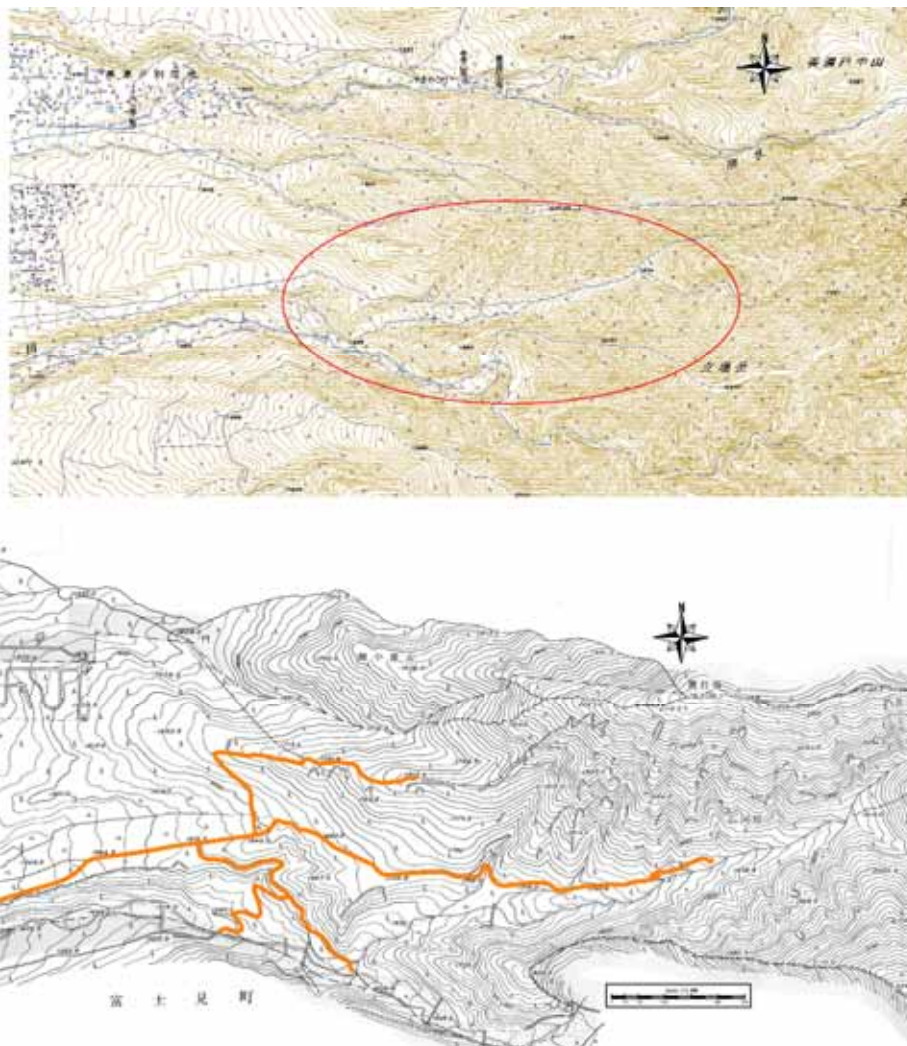


図 5-49 小中縮尺図（上）と 1/5,000 の地形図（下）

縮尺 1/5,000 の地形図では、標高ポイントや微地形が表現されている。大規模な砂防ダムだけでなく、小規模な治山ダムの地物、移動砂礫地、堆砂地なども記載されている。

豆知識！…地形図が3D化？

地形図を見慣れてないと、地形図から地形情報を読み取ることは難しいものです。2次元的な地形図が3D化すれば、容易に地形の起伏を読み取ることができます。また、路網配置において留意すべき、急傾斜地や深い谷、0字谷（前述 p44）、湧水箇所などを確認することもできます。

特別な技術や道具が無くて立体的な図面を見ることができないでしょうか？

下図は、上図の地形図（縮尺1/5,000）と同一図幅を立体的に見える図法で表現したものです。航空レーザ測量によって得られた1mメッシュDEMを加工して、谷地形を青色、尾根地形を赤色で、緩斜面を淡い色、急斜面を濃い色で段彩化してあり、色彩の濃淡で立体的に見ることができます。

この図があれば斜面の起伏を確認することができ、急傾斜地を回避して、緩斜面を通過する路網配置を検討するのにとても有効です。さらに、上図では水系は線として表現されますが、下図では谷の深さや侵食前線まで読み取ることができます。等高線の間隔だけで路線の渡河地点を決めて、現地踏査したら“渡河出来ない”となることが多々ありますが、この立体図を用いれば、このような事態は少なくなるでしょう。さらに、従来の地形図には表現されていない微地形、特に路線配置で注意する必要がある0字谷や湧水、地すべり地の発見も容易になります。

このような立体図は、GISソフトを用いて作成することができますが、まだ全県下について作成されていません。

今後は、林内路網配置や壊れにくい森林づくり（山地災害防止）のためにも、整備を進め、普及していく必要があります。

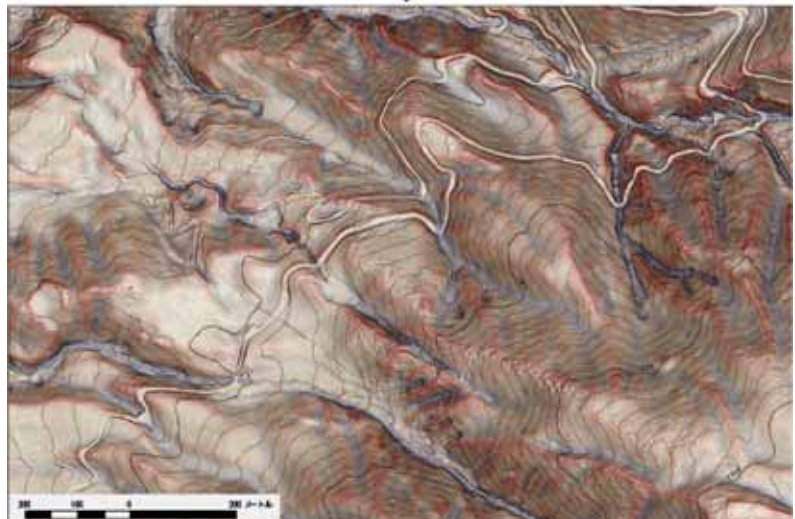
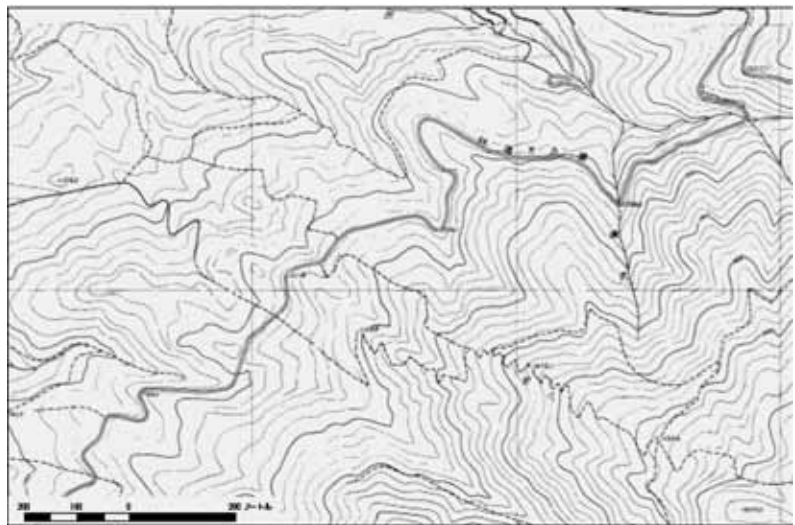


図 航空レーザ測量1mメッシュDEMをGISソフトによって図化した立体図
（作成：県林業総合センター戸田堅一郎）