

森林・林業における地形判読の重要性

ー CS立体図の紹介 ー

(株) ジオ・フォレスト
戸田 堅一郎

経歴／会社概要

氏名：戸田 堅一郎

◇ ～令和3年度 長野県職員（林務部）

- ・ 行政職（治山係、林道係、補助金事務など、12年）
- ・ 研究職（林業総合センター、13年）
山地防災に関する研究、CS立体図
- ・ 令和4年3月末に退職

◇ 令和4年4月 **株式会社ジオ・フォレストを設立**

- ・ 森林、林業と山地防災のコンサルティング
- ・ 地図作成で山村集落の課題を解決



このスライドもブログに掲載中



<https://gf17v.com/>

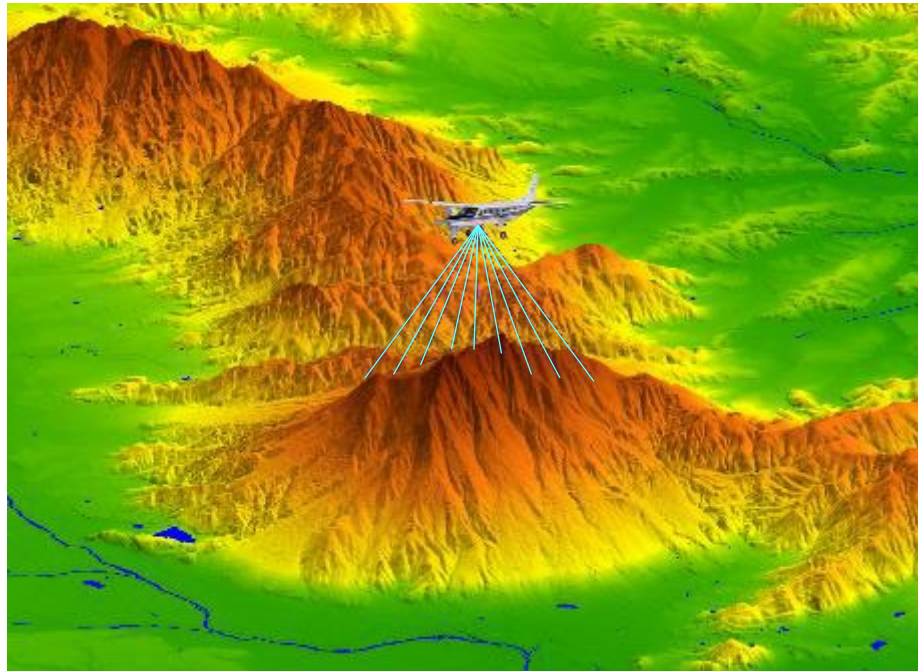
「ジオ・フォレスト」で検索

航空レーザ測量

航空レーザ測量

航空レーザ測量とは、**航空機**に搭載した**レーザスキャナ**から地上にレーザ光を照射し、地上から反射するレーザ光との時間差より得られる地上までの距離と、GNSS測量機、IMU(慣性計測装置)から得られる航空機の位置情報より、地上の標高や地形の形状を調べる測量方法。

(国土地理院Webサイト)

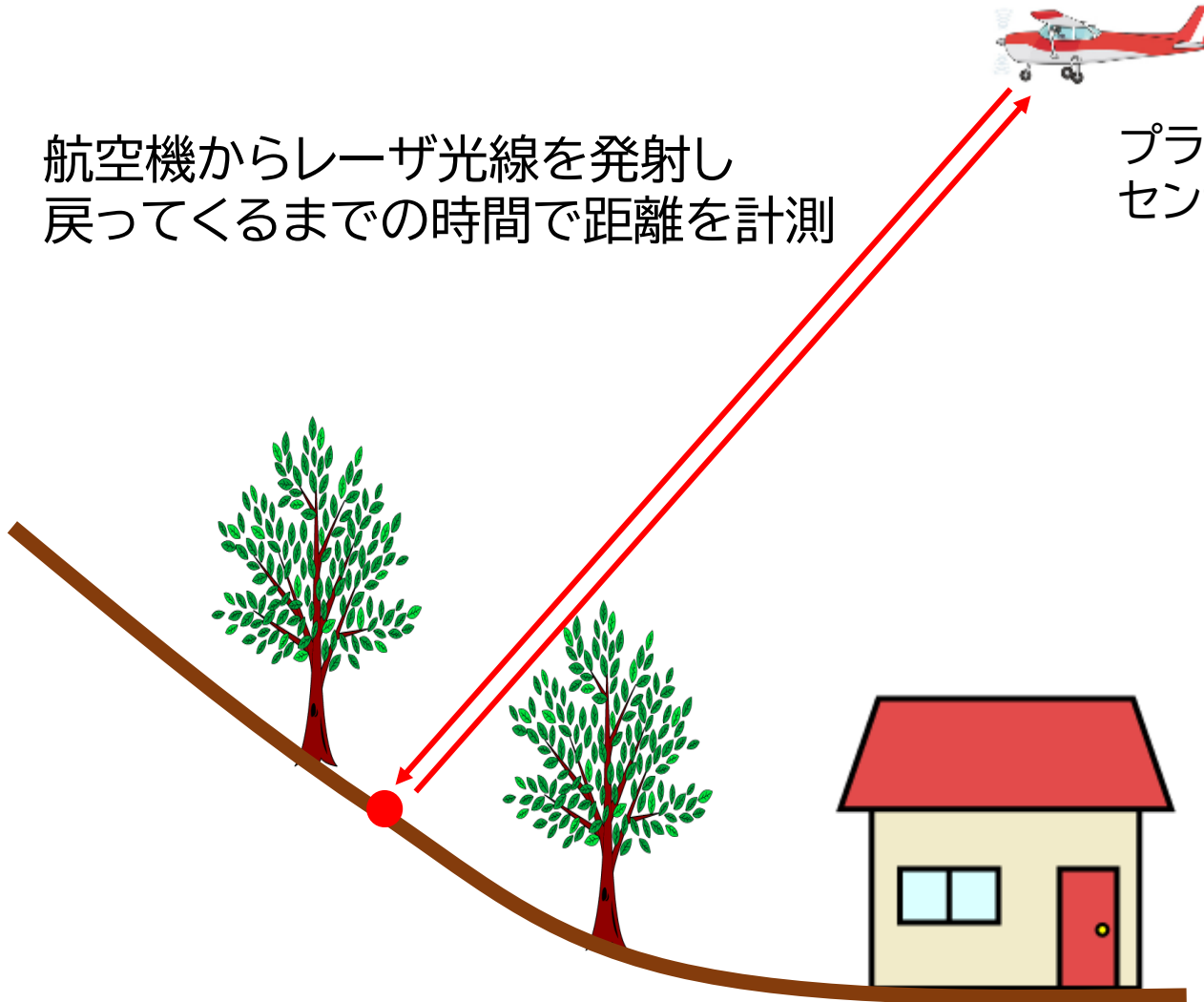


https://www.gsi.go.jp/kankyochiri/Laser_index.html

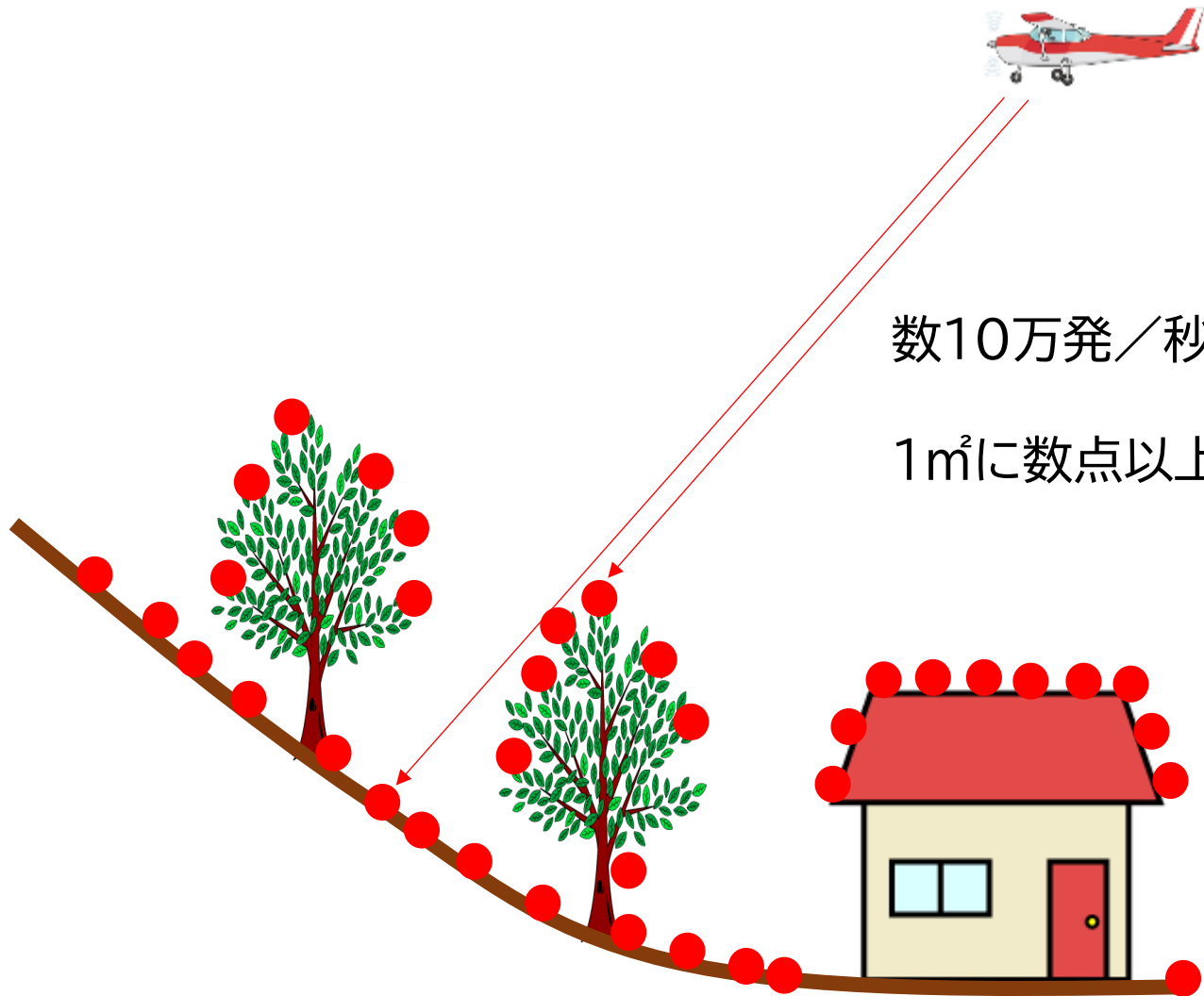
航空レーザ測量

航空機からレーザ光線を発射し
戻ってくるまでの時間で距離を計測

プラットフォーム：航空機
センサー：レーザスキャナ



航空レーザ測量

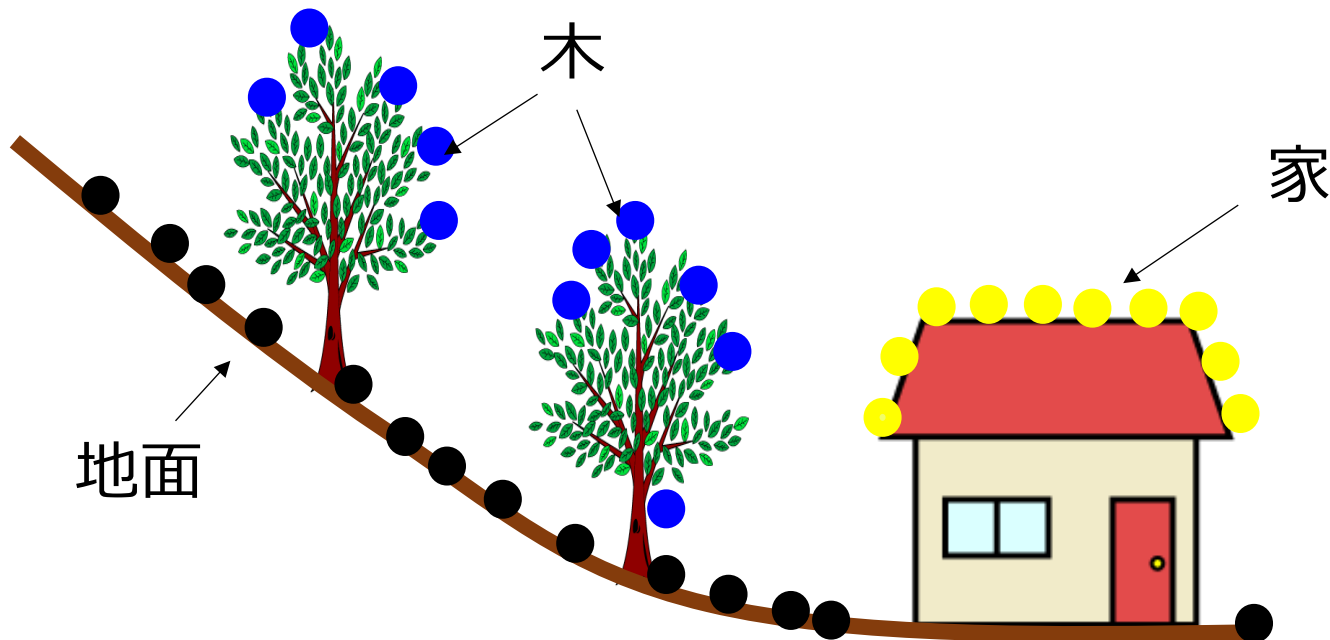


数10万発／秒を計測

1m²に数点以上（発注仕様による）

点群データのフィルタリング

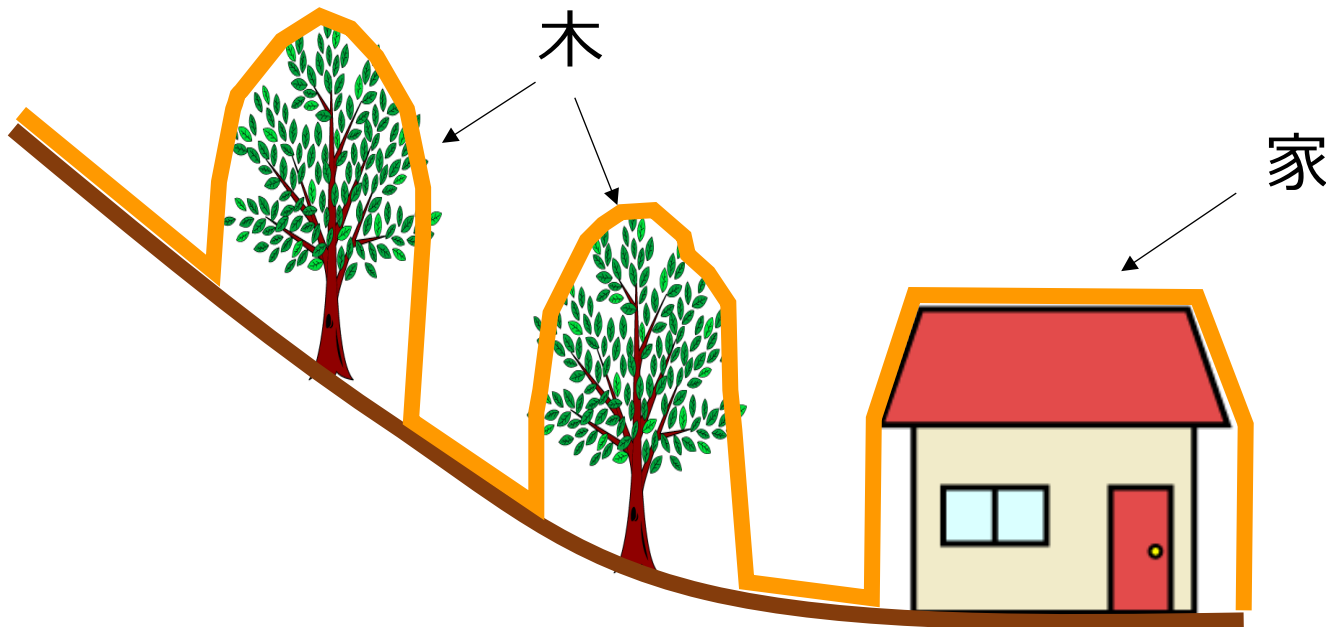
フィルタリングにより、建物、樹木、地表面を分類



点群データのフィルタリング

最上面の点のみを抽出してDSMを作成

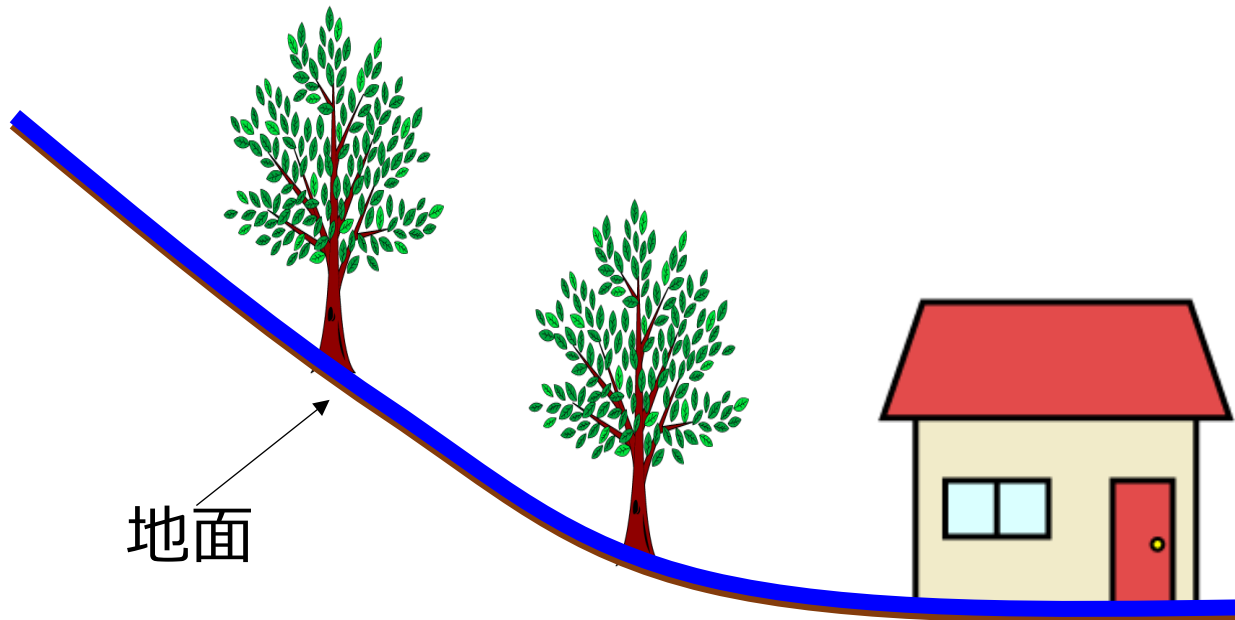
数値表面モデル： DSM (Digital Surface Model)



点群データのフィルタリング

地表面の点のみを抽出してDEMを作成

数値標高モデル：DEM（Digital Elevation Model）



国土地理院が公開している 1mメッシュDEM

国土交通省
国土地理院
Geospatial Information Authority of Japan

本文へ 総合トップへ 文字サイズ変更 標準 拡大 ENGLISH

Google 地図 サイトマップ

国土地理院について 位置の基準・測量情報 地図・空中写真・地理調査 防災・災害対応 GIS・国土の情報 申請

地理院ホーム > 地図・空中写真・地理調査 > 高精度標高データ

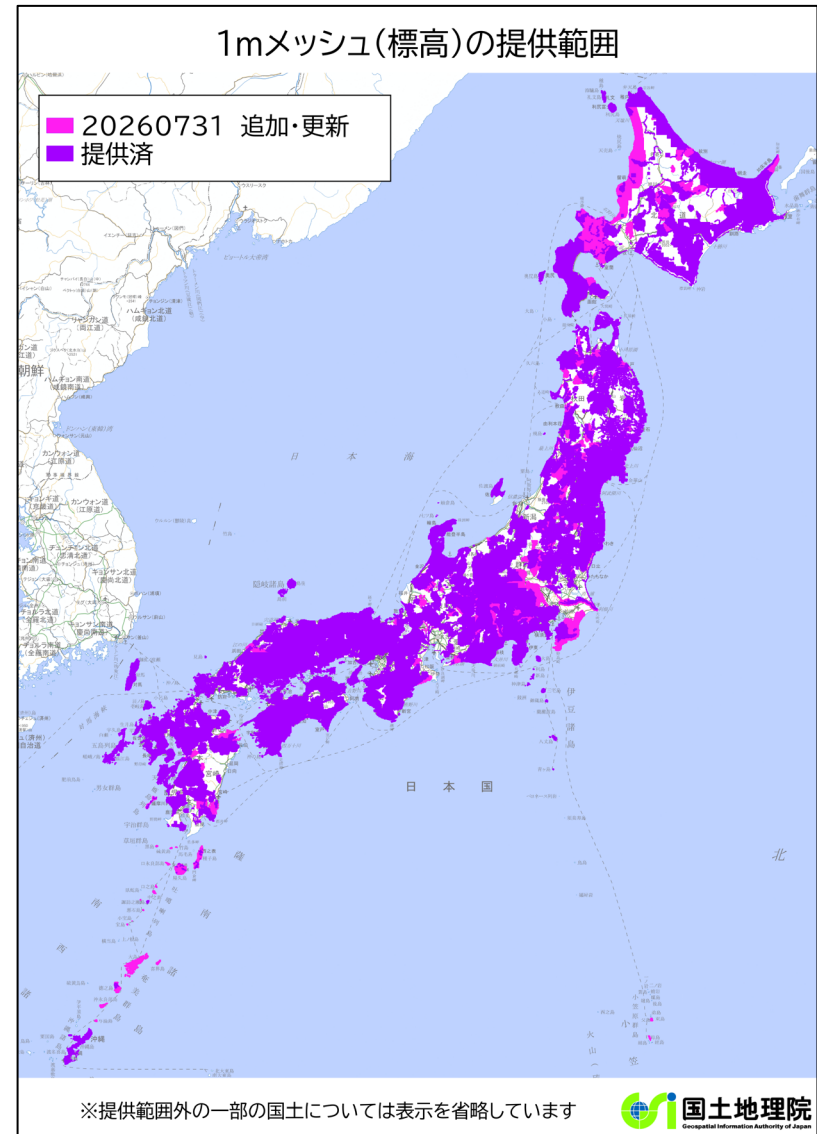
高精度標高データ

高精度標高データ

国土地理院では、国土利用に関与する施策の一環として、航空レーザ測量による高精度標高データの整備を進めており、「基盤地図情報(数値標高モデル)」及び「点群データ」として提供をしています。

お知らせ

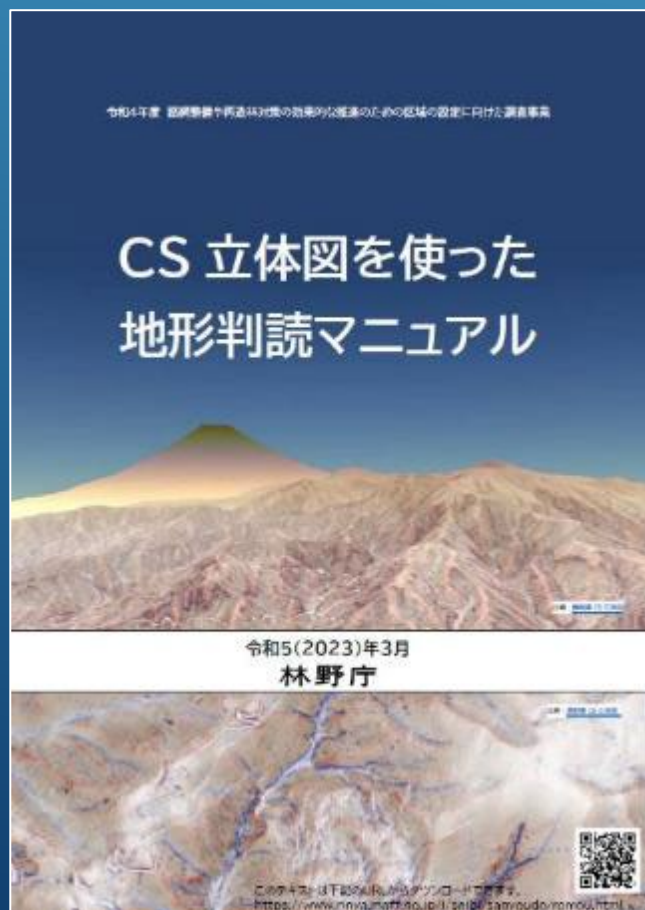
2026-07-31 1mメッシュの提供範囲を拡大しました
[1mメッシュの提供範囲はこちら](#)



国土地理院が公開している
航空レーザ測量による
1mメッシュDEMの範囲
(2026.7.31現在)

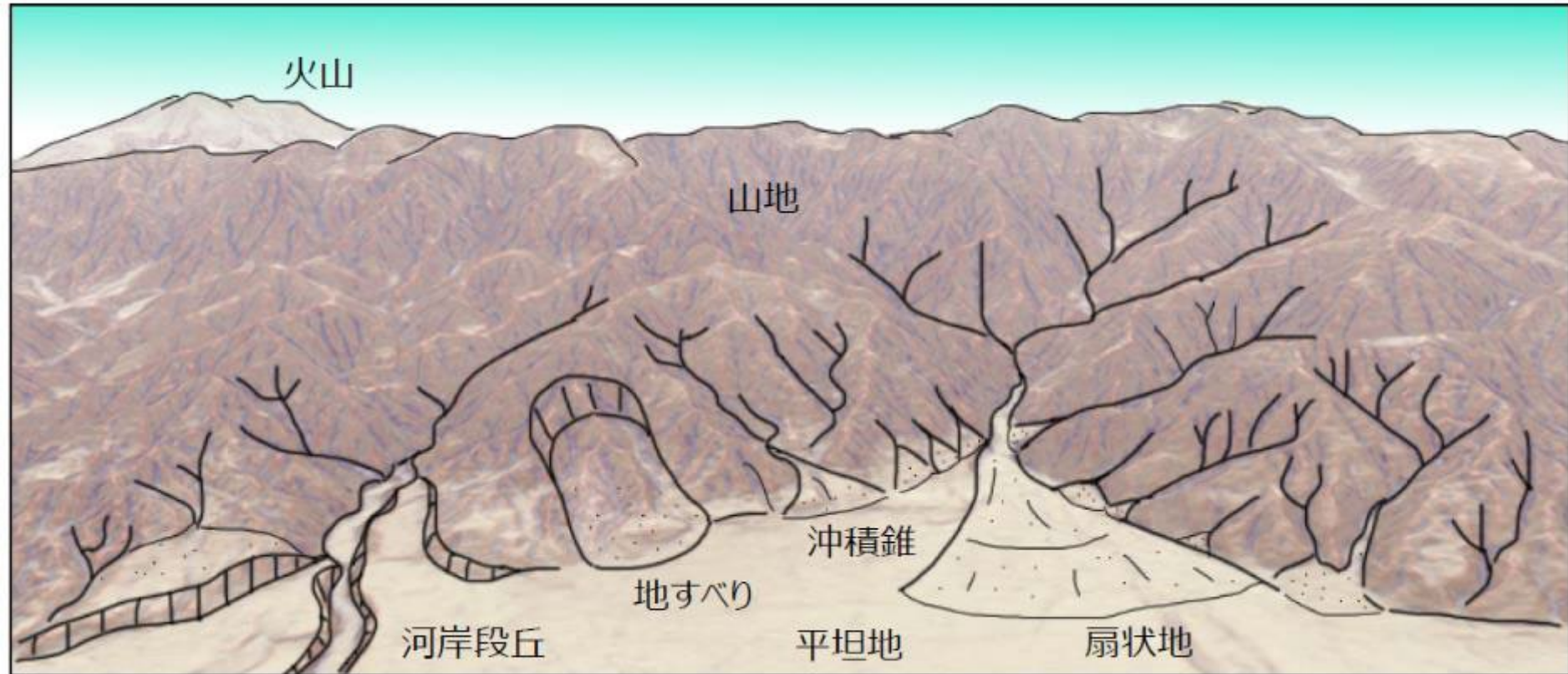
<https://www.gsi.go.jp/gazochosa/gazochosa41019.html>

CS立体図を使った地形判読



この資料は、「CS立体図を使った地形判読マニュアル」2023年3月 林野庁
(<https://www.rinya.maff.go.jp/j/seibi/sa gyoudo/romou.html>) を基に独自に解説を加えたものです。

1.1 「地形」とは



大地に残された様々な地形

私たちは毎日、地面の上で生活しています。
しかし、その地面がなぜ現在の形になったのか、考えたことはありますか？

なぜ「地形」ができたのか？

- ・地殻変動
- ・火山活動
- ・水の力
- ・風の力
- ・人工改変

= 営力

地形は過去に発生した自然現象や人為的改変の痕跡



将来の災害リスクを推測



適切な対策をとることができる

1.2 地形図から判読できる地形情報

地形量 . . .

- ・長さ、面積、それらの比など、定量化できる形態要素
- ・同じ方法・条件で計測すれば、原則として同じ値

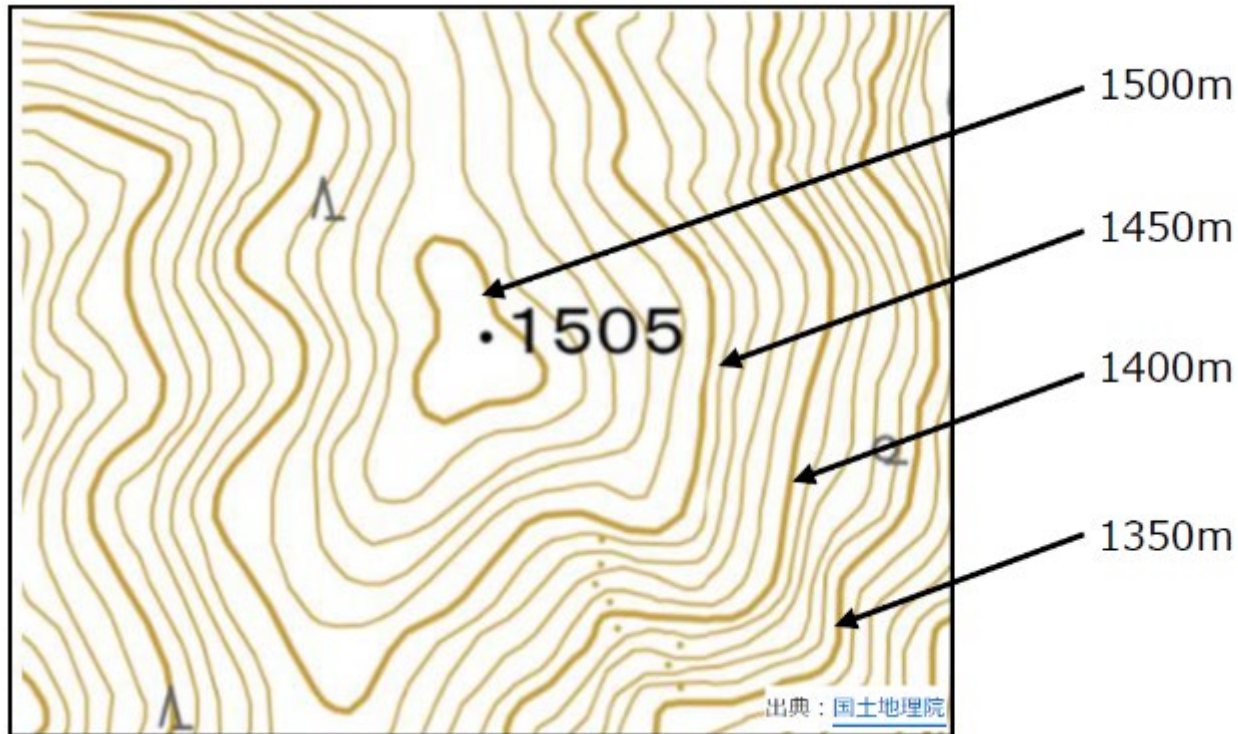
例) 標高、傾斜、曲率、面積、体積、方位、起伏量 など

地形種 . . .

- ・特定の成因によって形成された特定の形態的特徴をもつ地形の部分
- ・判読者の解釈によって判断が異なる

例) 扇状地、崖錐、地すべり滑落崖、地すべり側方崖 など

(1) 標高(elevation)



等高線による標高の表示

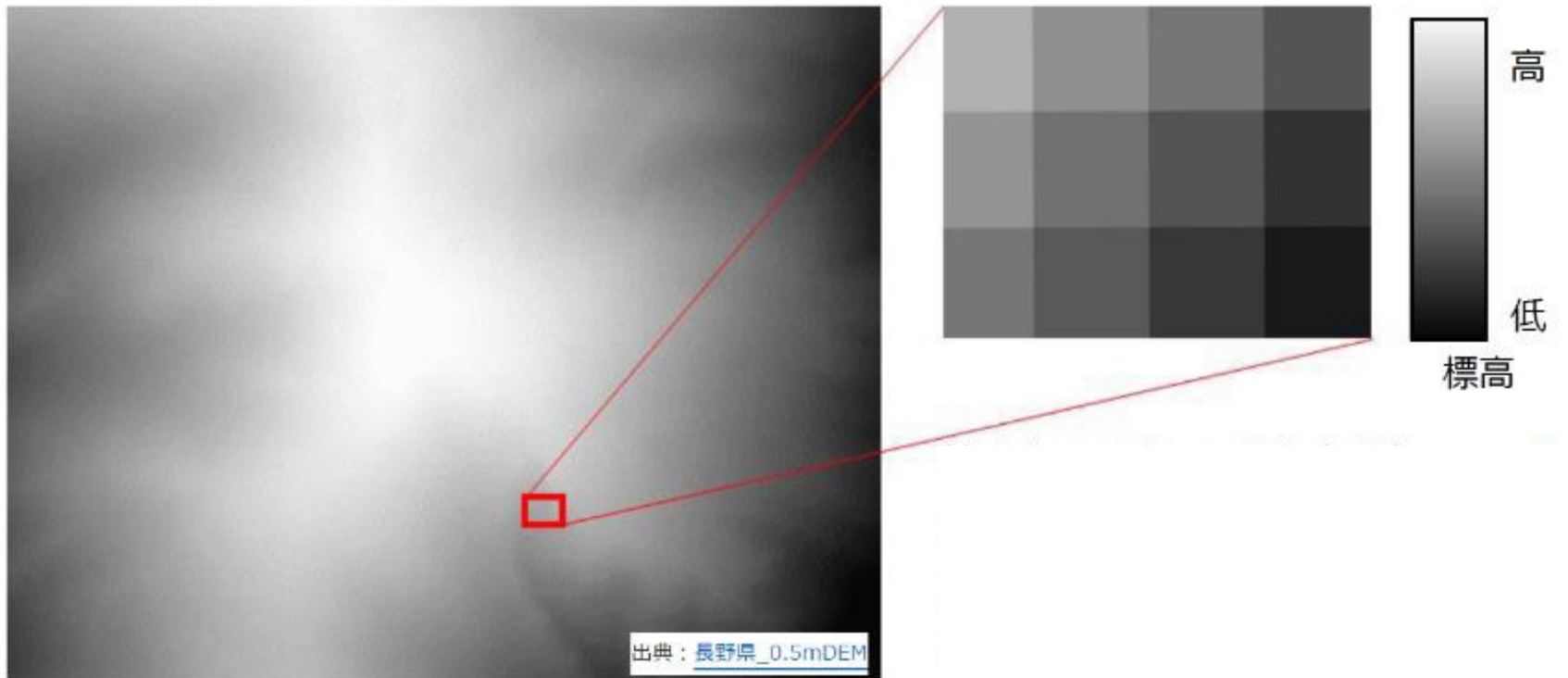
- ・標高とは、東京湾の平均海水面からの垂直距離
- ・等高線とは、同じ標高を結んだ線

標高が高いほど気温が低下

⇒耐寒性の違いによる適地適木の選択

⇒病虫害対策の検討

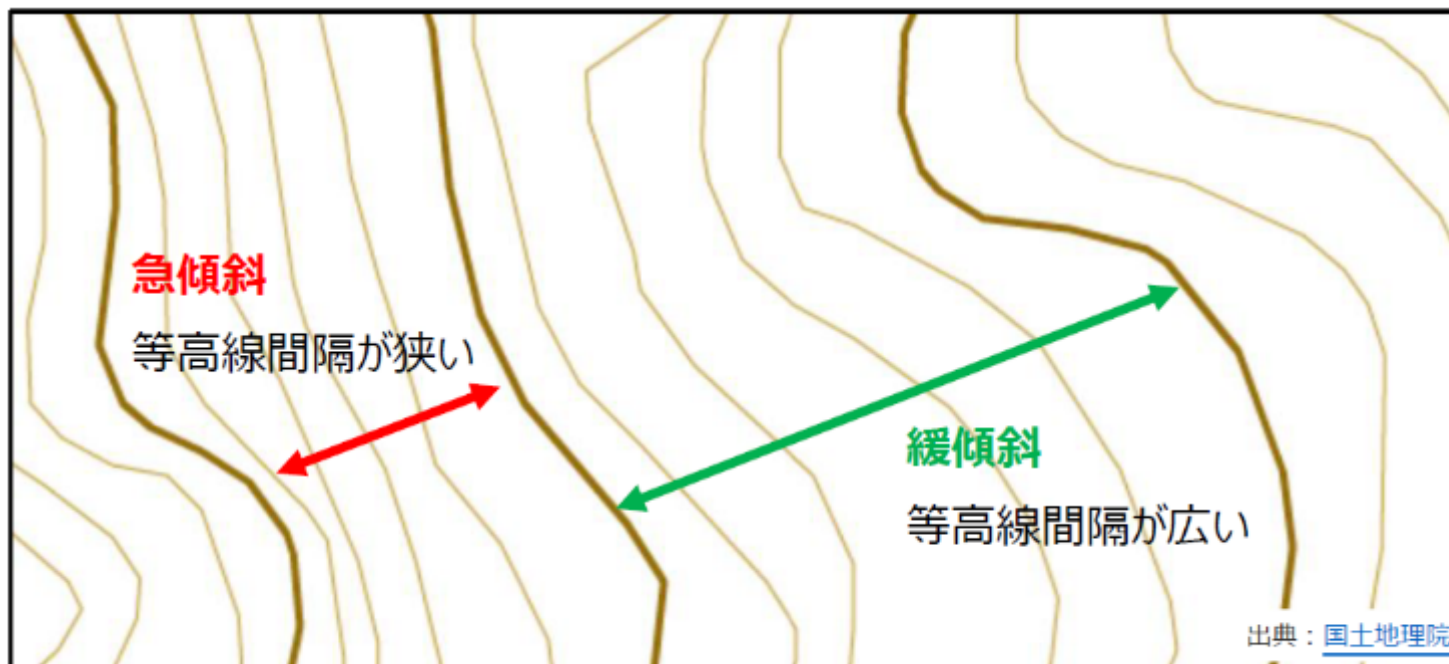
(1) 標高(elevation)



数値地形モデル（DEM：Digital Elevation Model）

- ・拡大すると、四角いマス目(セル)に1つの標高値が入っている
- ・近年の航空レーザーデータでは、セルのサイズが0.5m～1.0mが一般的
- ・地上レーザー測量等では、さらに細密なDEMの生成も可能

(2) 傾斜(slope)

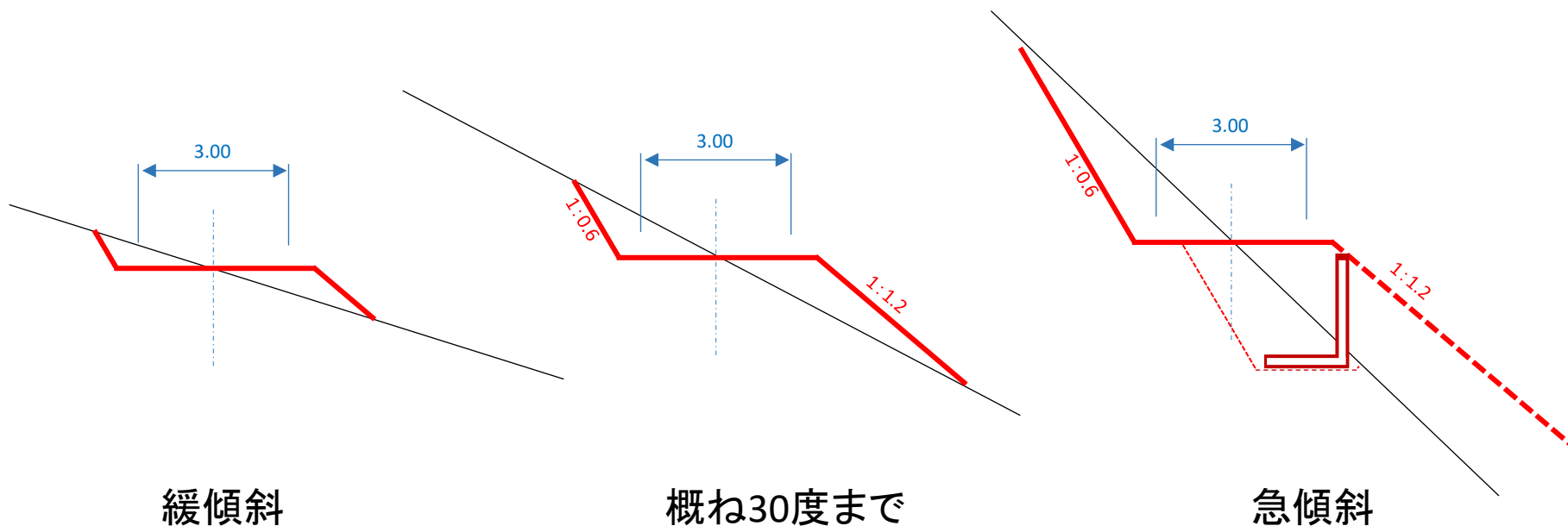


等高線からの傾斜の判読

- ・傾斜とは、地表面が水平面となす角度
- ・傾斜が急になるほど斜面崩壊の危険性が高い
- ・路網を開設する場合、傾斜が急になるほど土工量が増大、さらに急傾斜地では構造物が必要になり、開設コストが増大

(2) 傾斜(slope)

車道幅員=3.0m 、礫質土の場合



緩傾斜

概ね30度まで

急傾斜

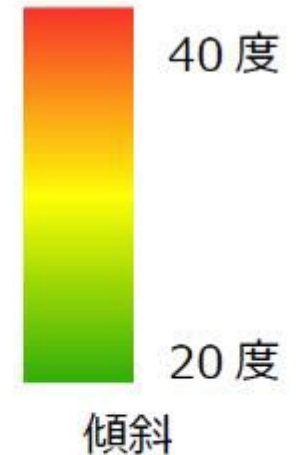
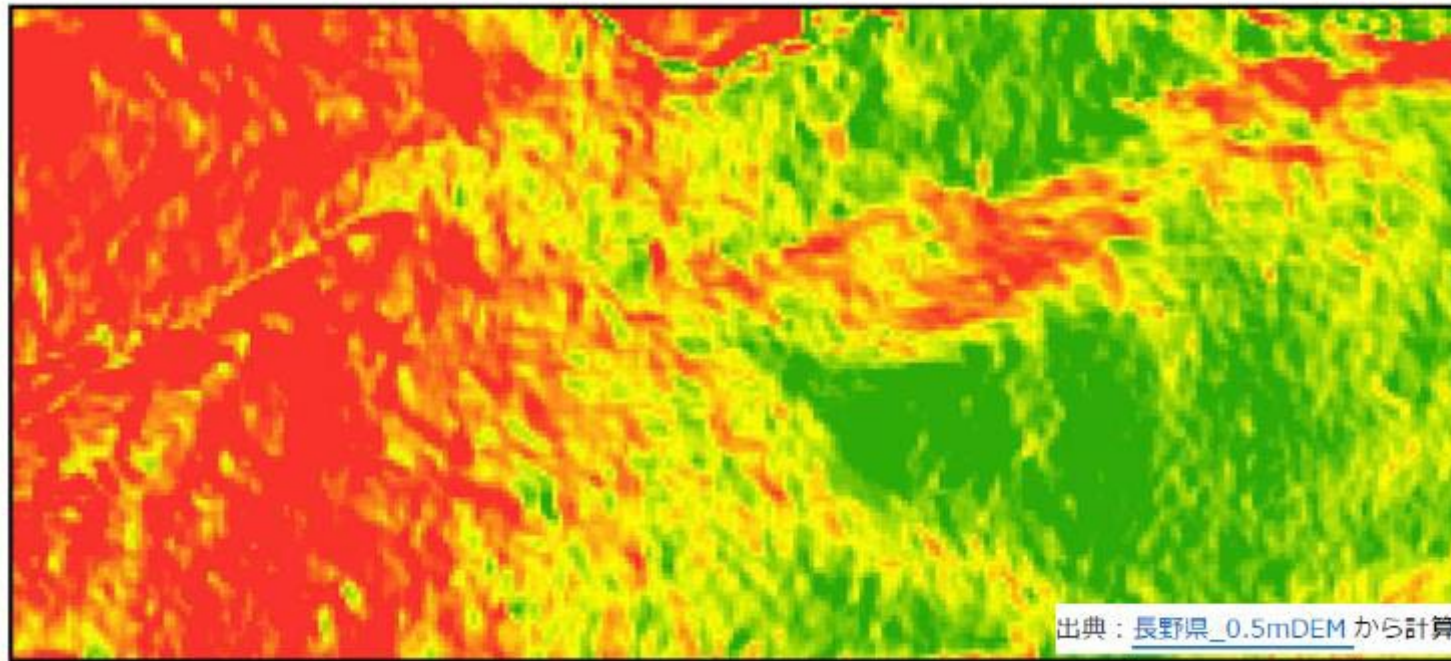
※) 幅員、道路規格によって異なる

・土工のみで路体を作ることができる

- ・切土法面が長大になる
- ・盛土側には擁壁等の構造物が必要

地形傾斜と道路土工の関係

(2) 傾斜(slope)

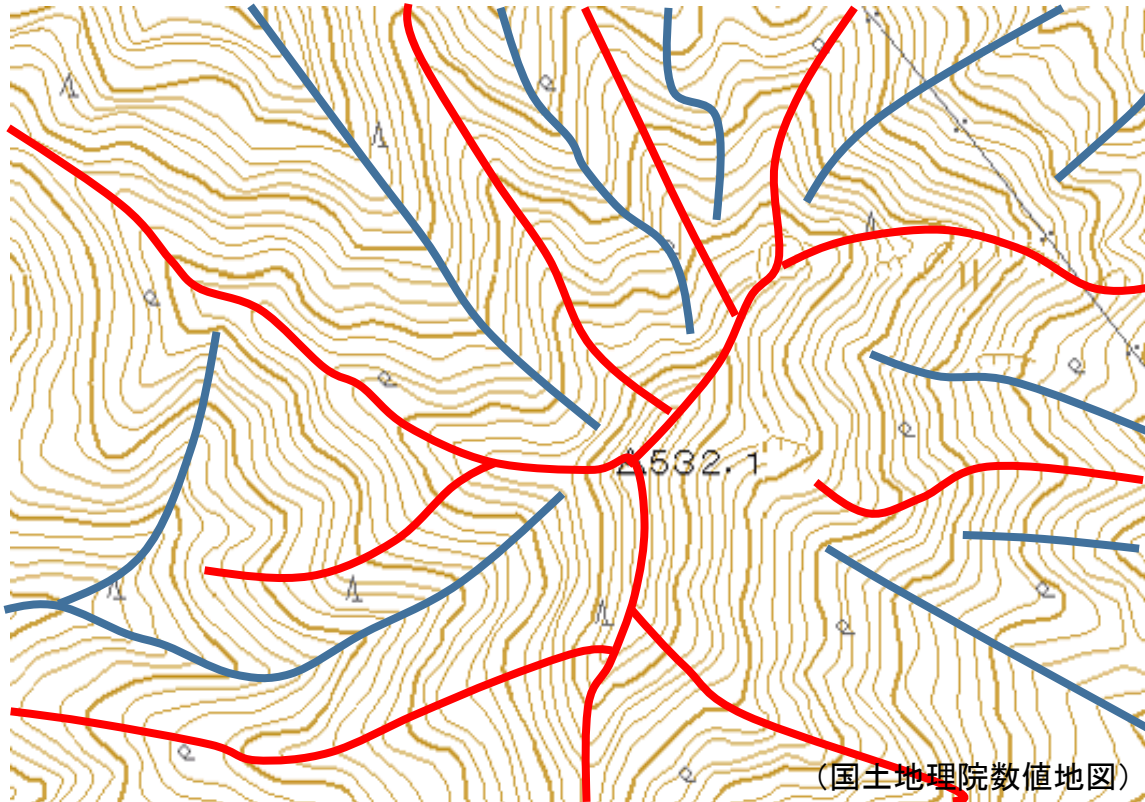


GIS解析による傾斜図

- ・計算方法によって値が異なる
- ・DEMのセルサイズ(解像度)によって値が異なる
- ・傾斜を表す単位：
角度(度またはラジアン)、百分率(%)、比(垂直／水平)、割分

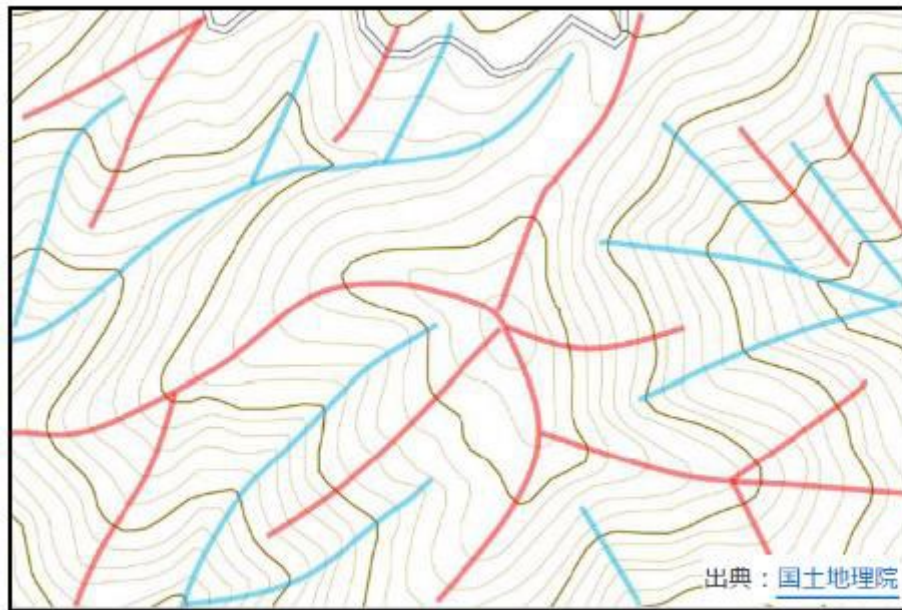
(3) 曲率(curvature)

凹凸・**尾根**、**谷** (平面曲率)

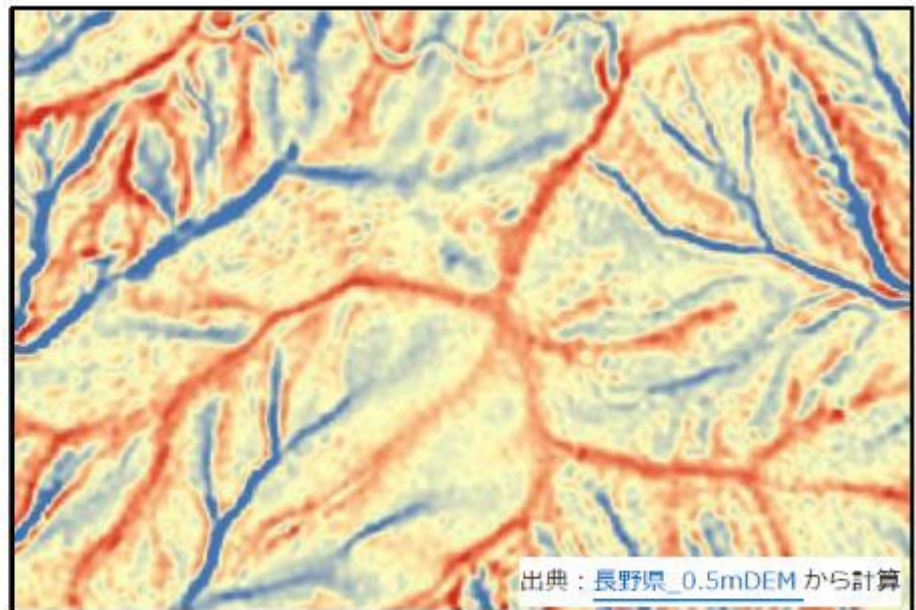


等高線の曲がり具合 (曲率) から地形の凹凸 (尾根、谷) を読み取る

(3) 曲率(curvature)



尾根 谷



凸地形 凹地形

- ・ 谷地形の土壌は湿潤、尾根地形は乾燥 → 植生に影響を与える
- ・ 谷地形は豪雨災害を受けやすく、尾根地形は地震災害を受けやすい

地形種の判読

地形種とは、
特定の成因によって形成された
特定の形態的特徴をもつ地形の部分

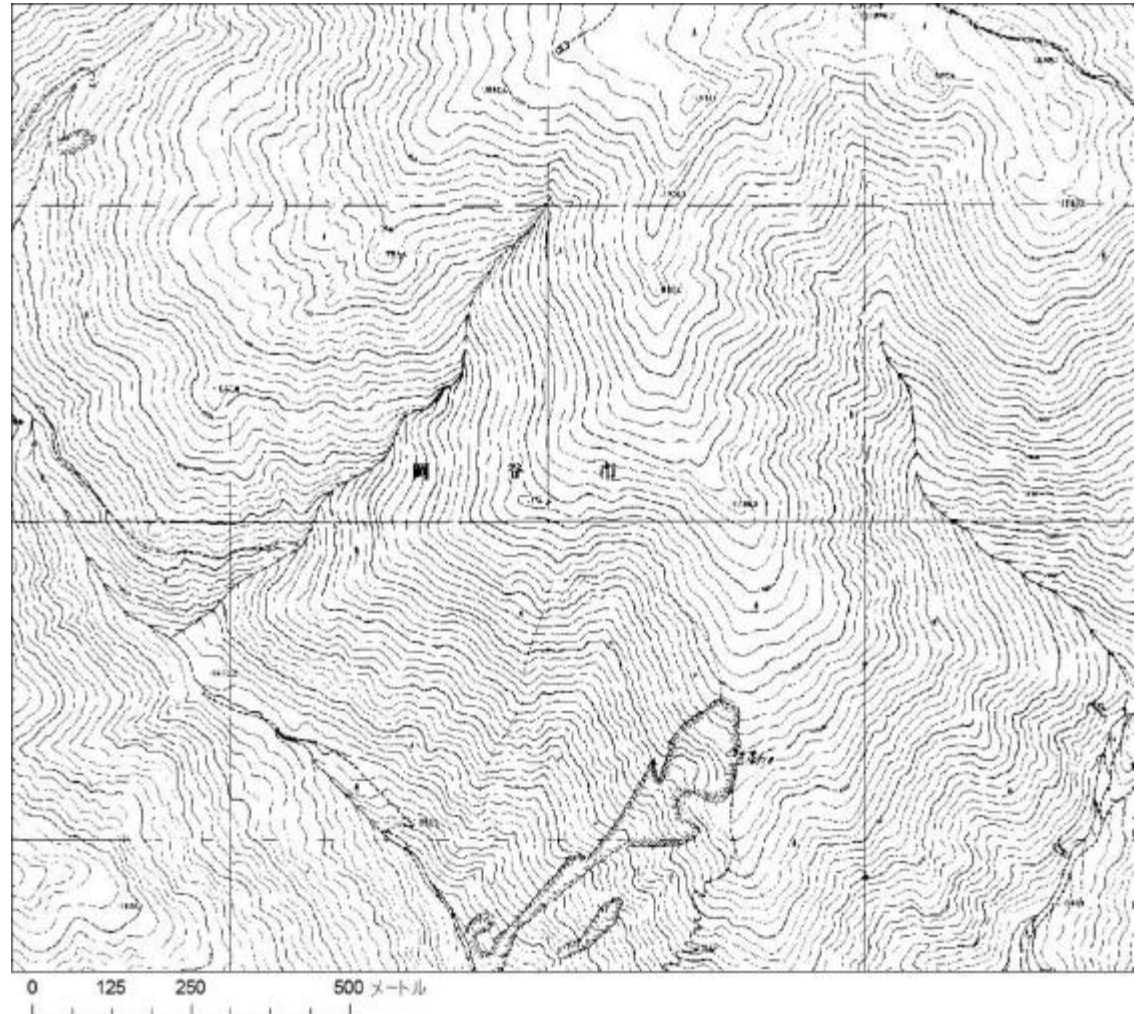
定量化することは難しく、人間による地形解釈が重要

地形量が同じであっても、
地形種によって性質が異なる

地形種の判読

右図に含まれる地形種

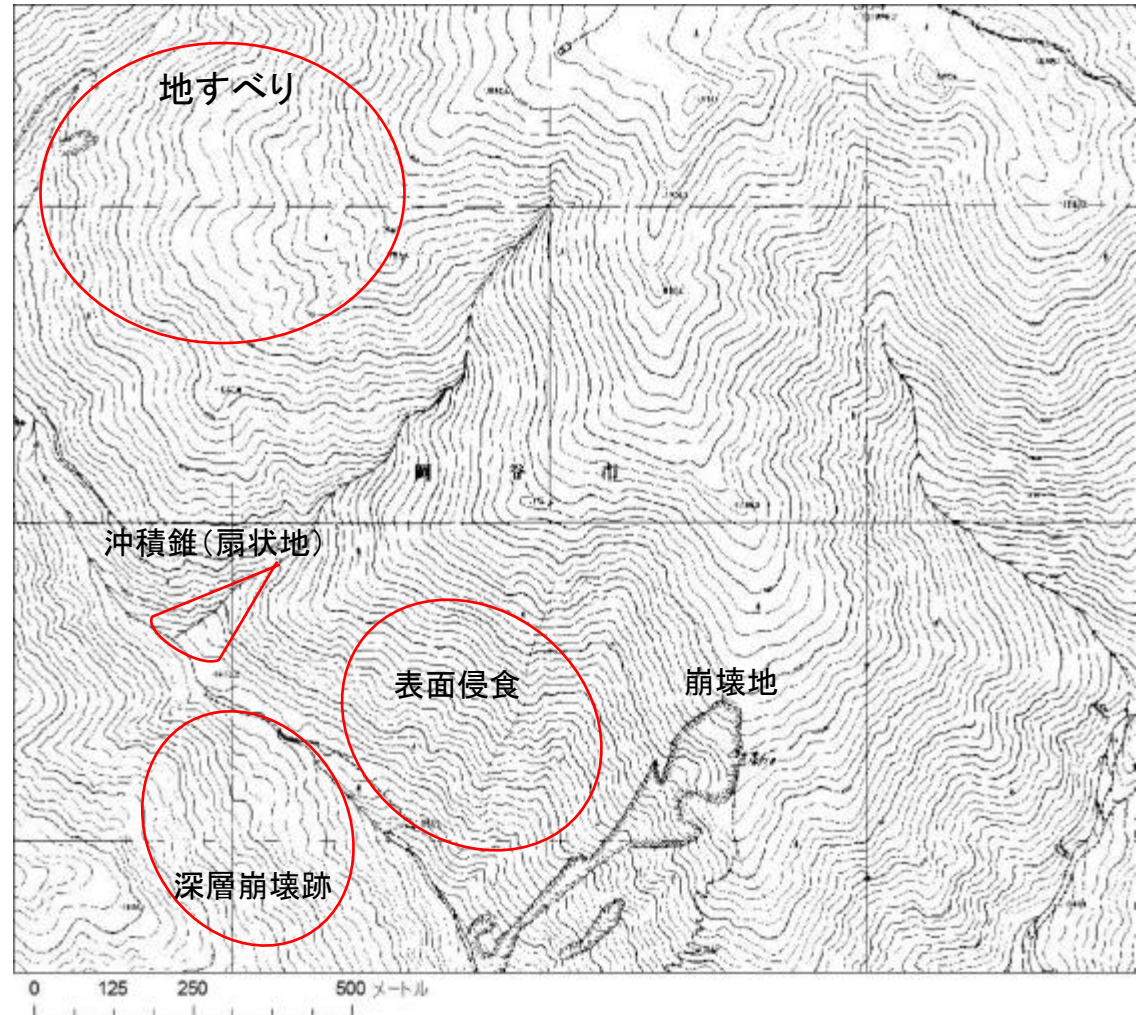
- 地すべり
- 深層崩壊跡
- 沖積錐（扇状地）
- 河道閉塞
- 溪岸侵食
- 表面侵食
- 表層崩壊



地形種の判読

右図に含まれる地形種

- ・地すべり
- ・深層崩壊跡
- ・沖積錐(扇状地)
- ・河道閉塞
- ・溪岸侵食
- ・表面侵食
- ・表層崩壊

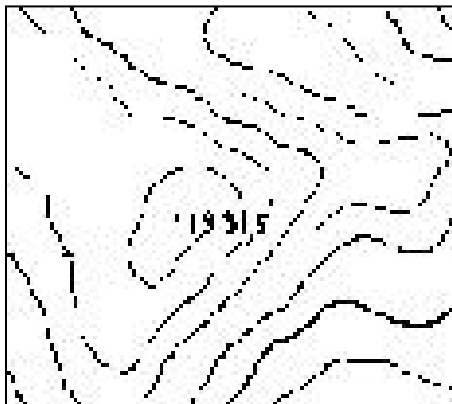


標高、傾斜、曲率等の地形量から地形種を「**解釈**」する

CS立体图

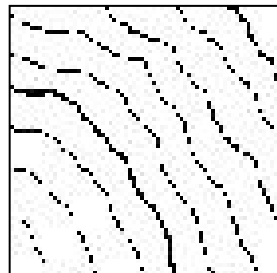
地形図から判読する 3つの地形量

① 標高

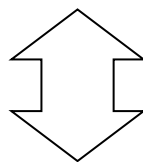


② 傾斜

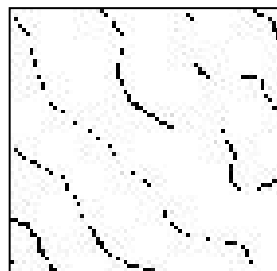
急:



等高線間隔が狭い



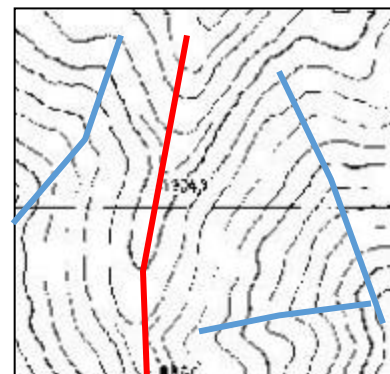
緩:



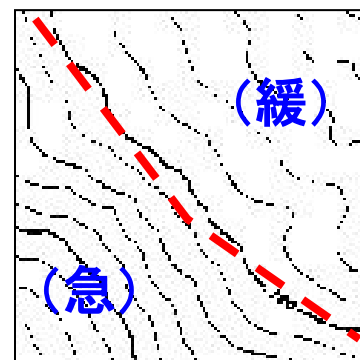
等高線間隔が広い

③ 凹凸(曲率)

平面曲率 (尾根、谷)



縦断曲率 (遷急線、遷緩線)



CS立体図 とは



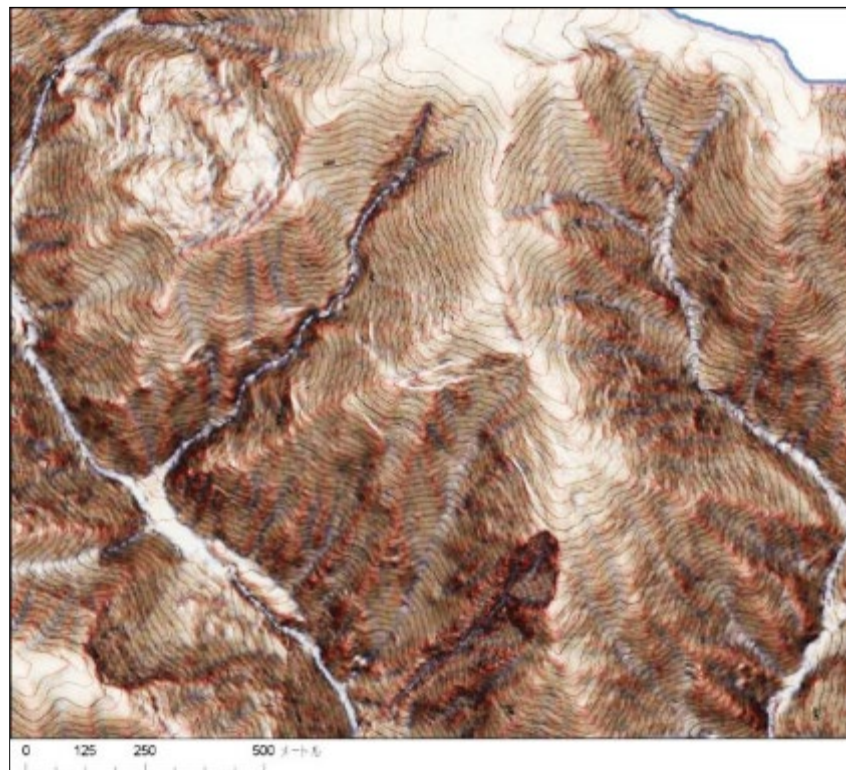
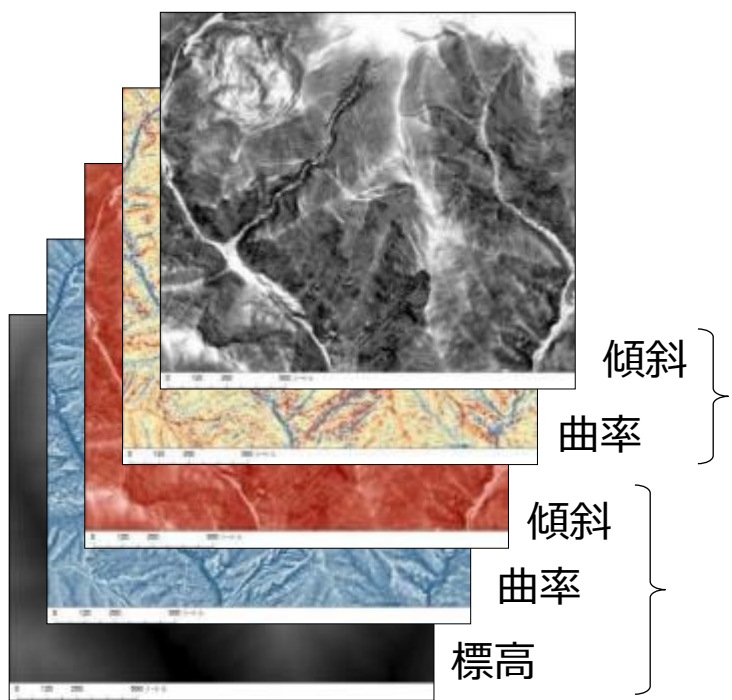
3つの地形量を異なる色調で彩色して透過処理

地形判読において重要な3つの地形量を使用

CS立体図とは

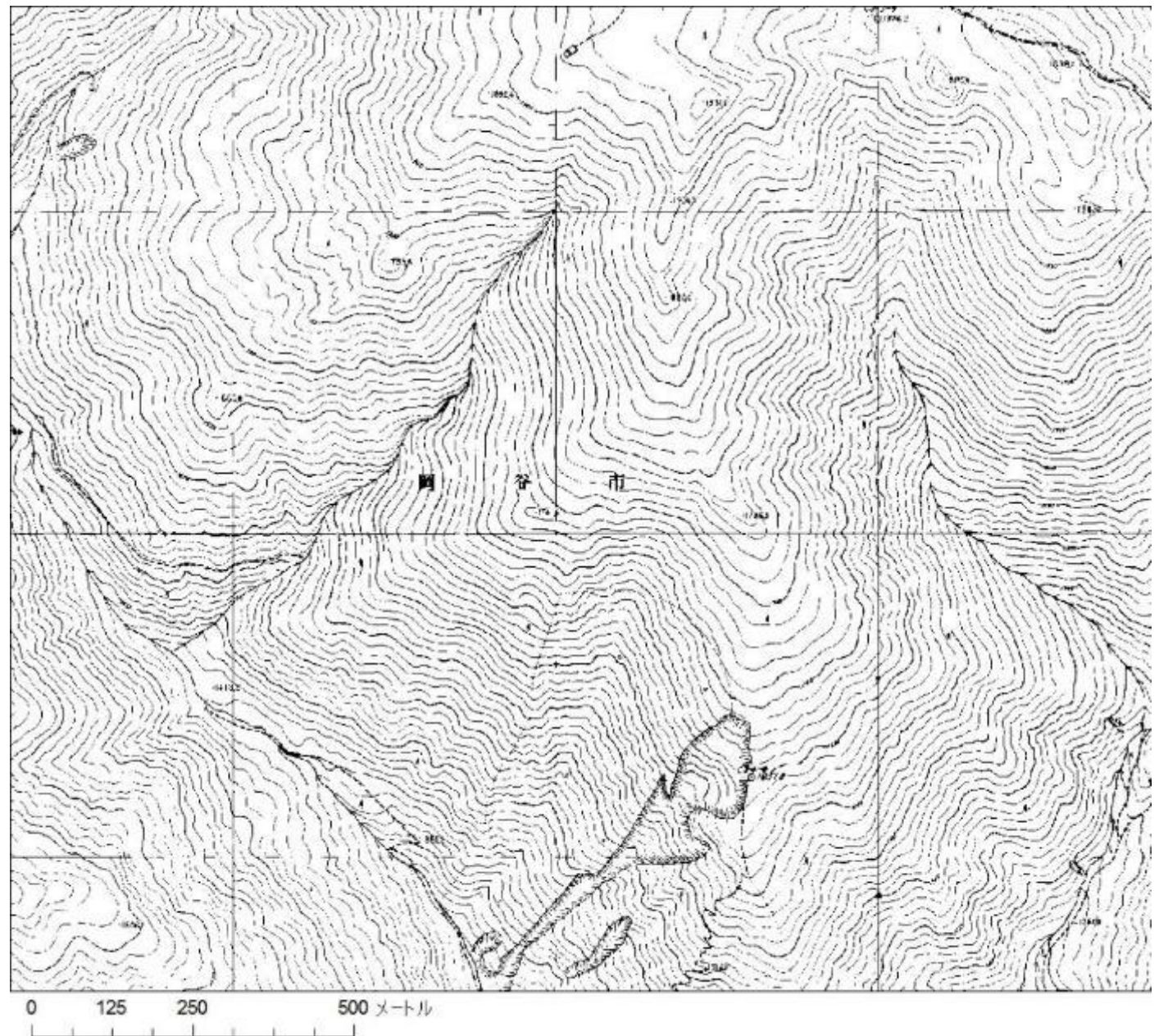
「標高」「傾斜」「曲率」の3つの情報に色を付け、重ねて透過処理することで立体表現した図法

2012年に長野県林業総合センターで考案

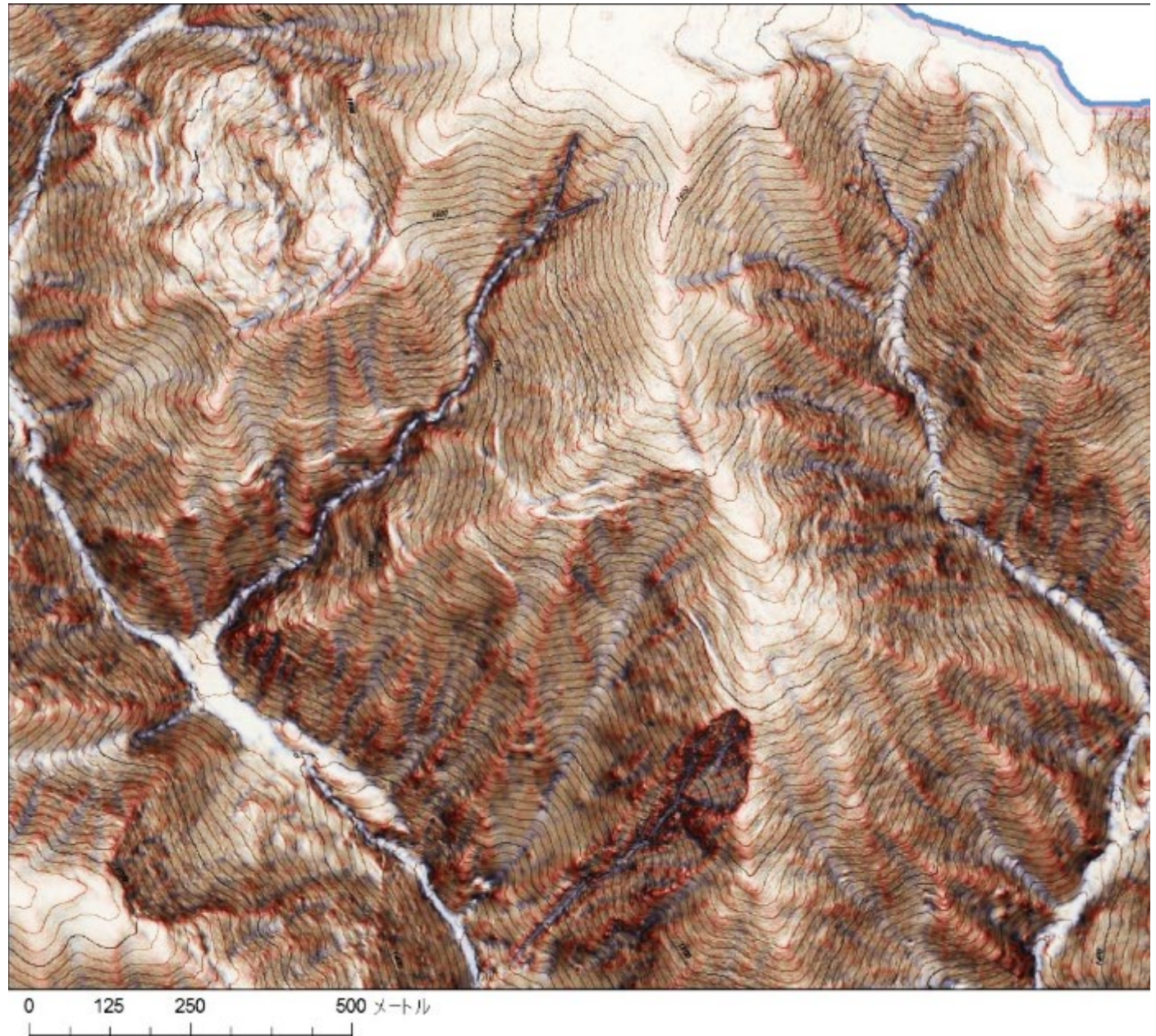


「**CS**」とは、曲率 (**C**urvature) と傾斜 (**S**lope) の頭文字

従来の地形図 (森林基本図)



CS立体図 (0.5mDEM)



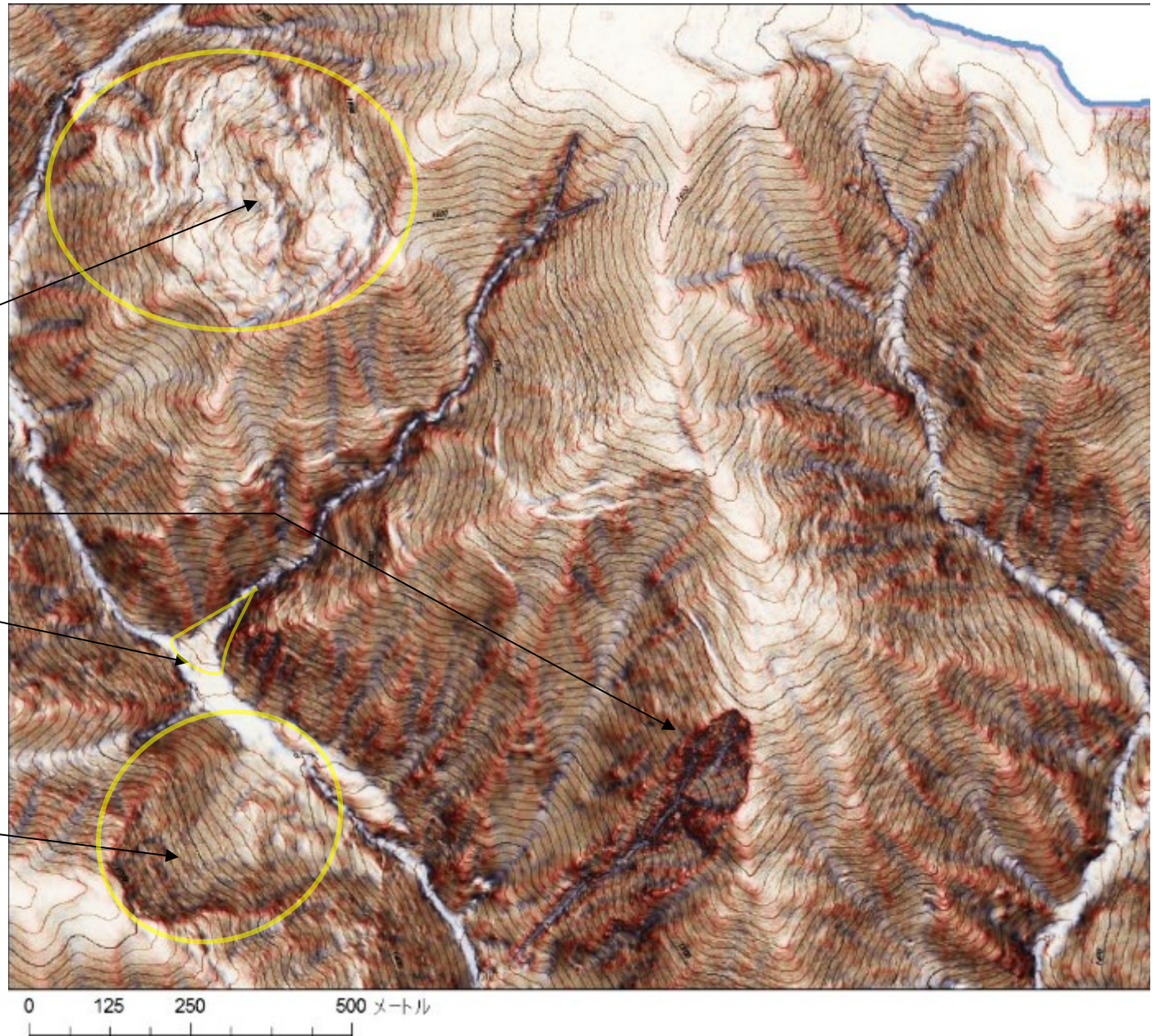
CS立体図 (0.5mDEM)

地すべり

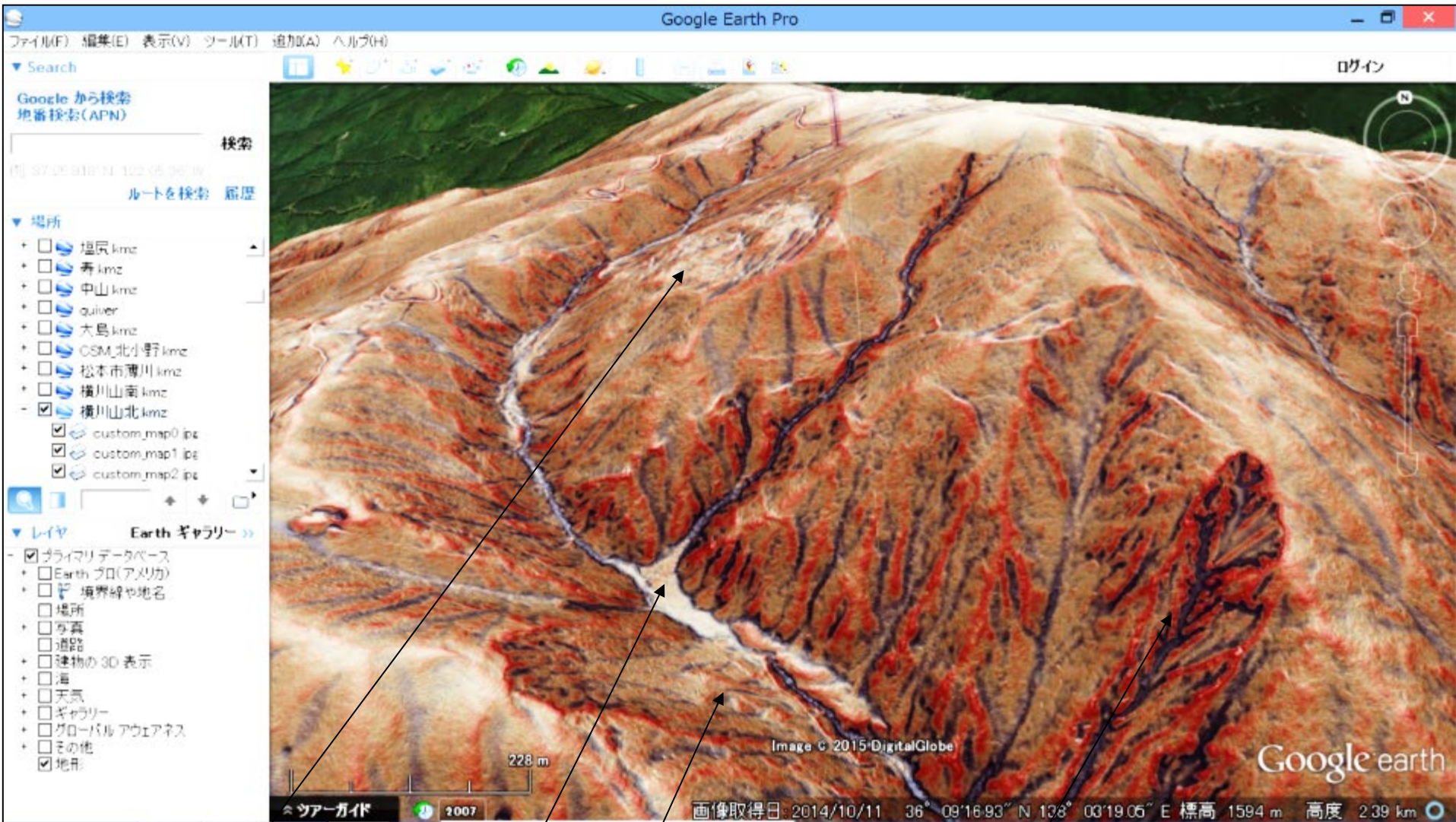
崩壊地

沖積錐

深層崩壊跡



Google Earth による3D表示も可能



地すべり

沖積錐

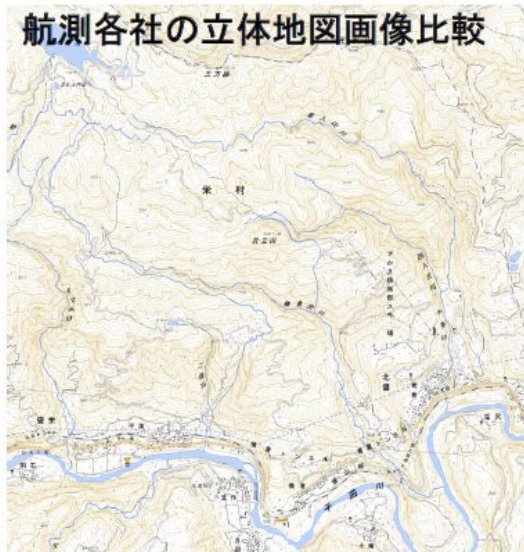
崩壊地

深層崩壊跡

GIS等でKMZ形式に変換

CS立体図の他にも様々な立体図法があります

航測各社の立体地図画像比較



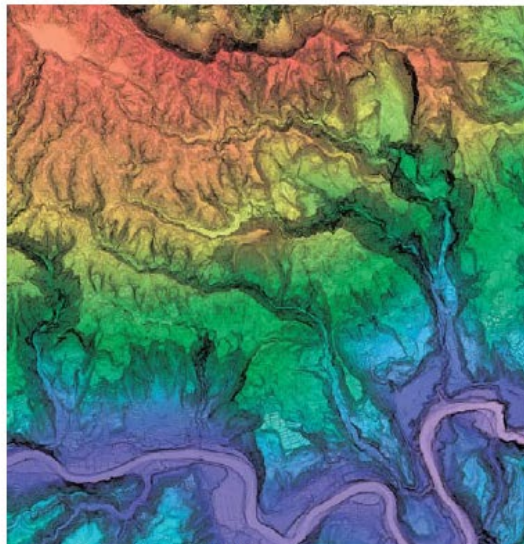
1/25000地形図 信濃森



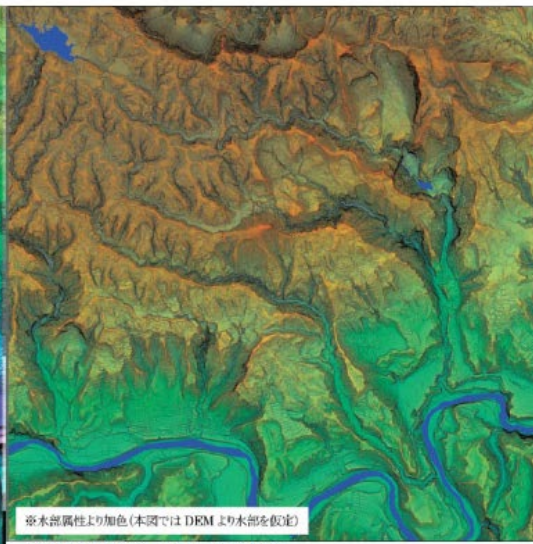
陰陽図 朝日航洋



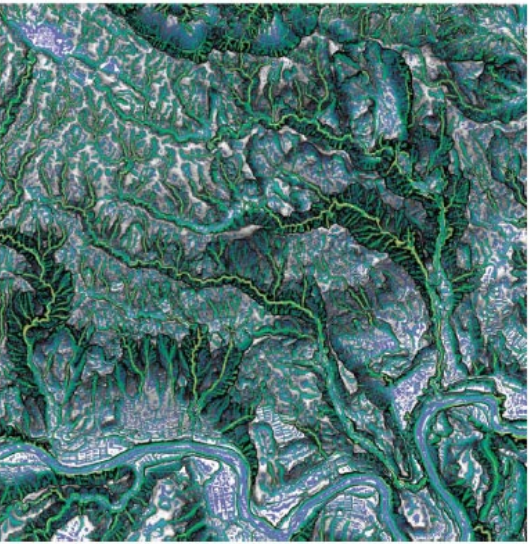
赤色立体地図 アジア航測



エルザマップ 国際航業
(Elevation and Slope Angle Map)



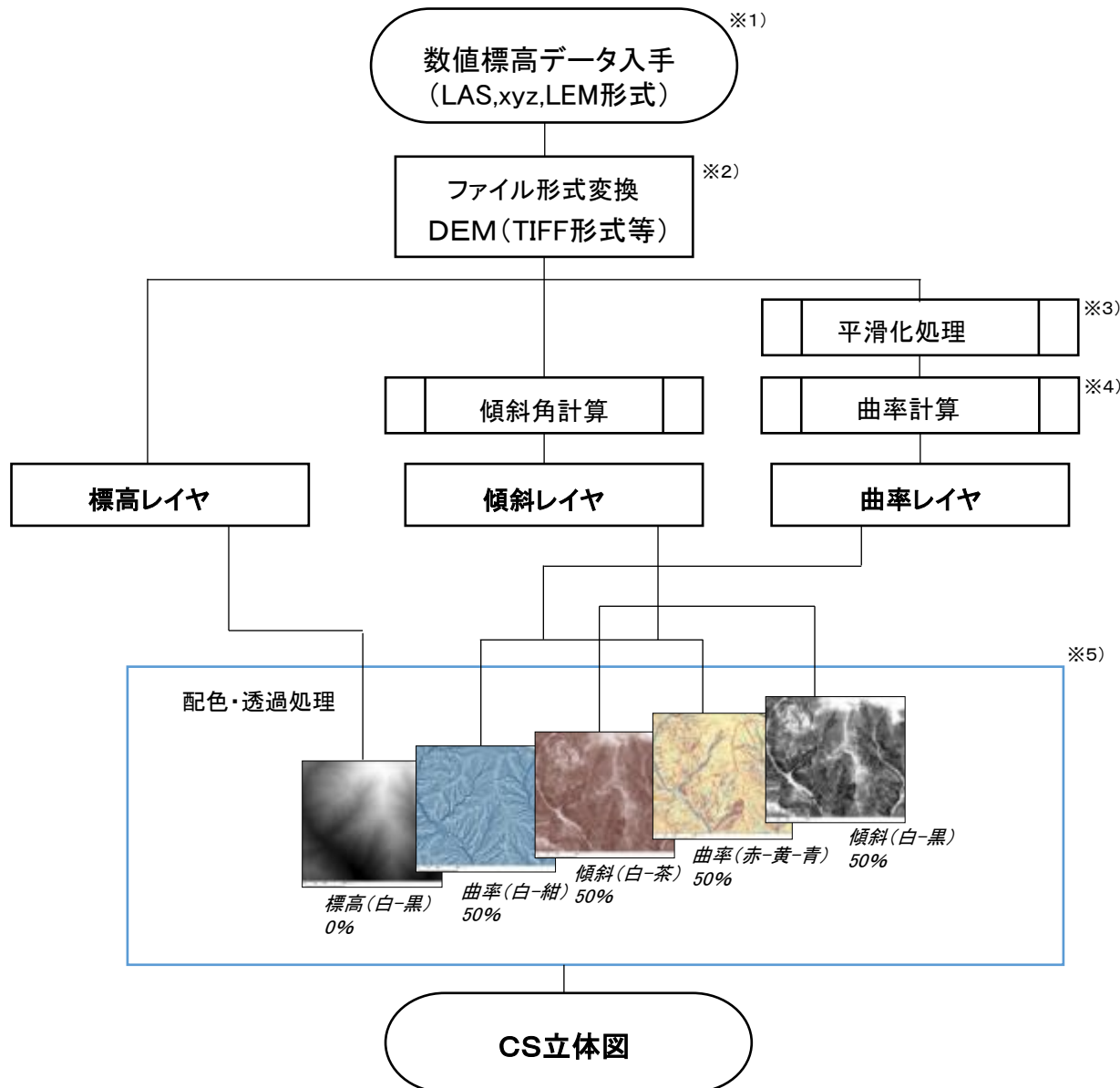
地形起伏図 中日本航空



凸凹イメージマップ PASCO

CS立体図の作り方

CS立体図作成の流れ図



【解説】

※1) 数値標高データの入手

- ・航空LiDARの有無は、「航空レーザ測量データポータルサイト」等で確認。測量発注者に申請すれば、多くの場合は入手可能。(LAS,xyz,LEM形式等)
- ・国土地理院Webサイトから、5mメッシュ、10mメッシュデータをダウンロード可能。(LEM形式等)

※2) ファイル形式変換

- ・入手できる数値標高データの多くはLAS形式,xyz形式,LEM形式などで、GISでは直接解析できない。TIFF等のラスタ形式に変換する必要がある。

※3) 平滑化処理

- ・曲率計算を行う前に、平滑化処理を行う。Gaussian filterを使用すると、滑らかな平滑化が可能。 σ = standard deviation (標準偏差)のパラメータを調整することで、平滑化の強度を変えることができる。小地形を強調したい場合は σ を小さい値に、大地形を強調したい場合は σ を大きい値にする。

※4) 曲率計算

- ・通常はGeneral curvatureを使用。Plan curvatureを使用すると、水による侵食を強調した図になる。Profile curvatureを使用すると、クランクや道路などが強調される。

※5) 配色・透過処理

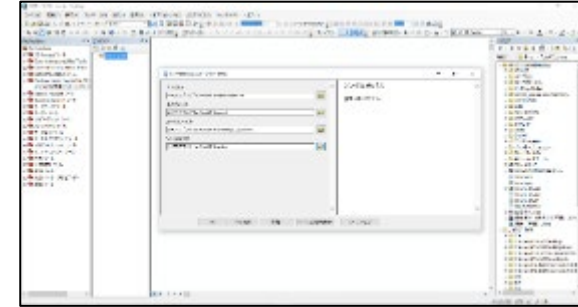
- ・デフォルトは左記設定。用途や、判読したい地形規模に応じて、色調や透過率を調整する。

様々な自動作成ツールを無料配布

○ ArcGIS版（作成：森林総合研究所 大丸裕武氏）

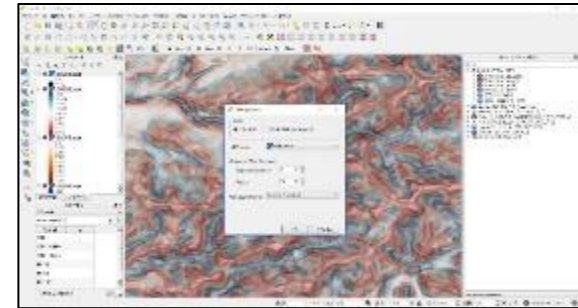
G空間情報センターから入手可能（ArcGIS本体は要購入）

<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/csmapmaker>



○ QGIS版（作成：ミエルネ 朝日孝輔氏）

QGISのプラグインから「CSMapMaker」をインストール

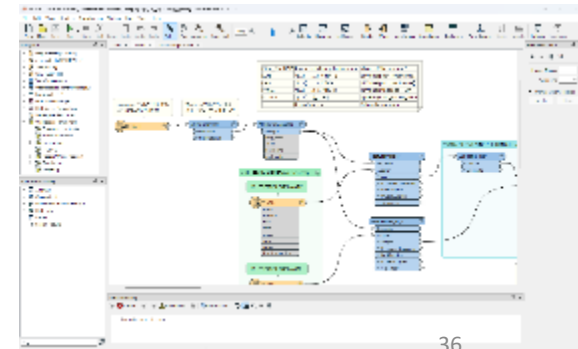


○ FME版（作成：Pacific Spatial Solutions）

データ変換ソフトのFMEを使ったCS立体図自動作成ツール

（FMEは要購入）

処理速度が大幅にUP

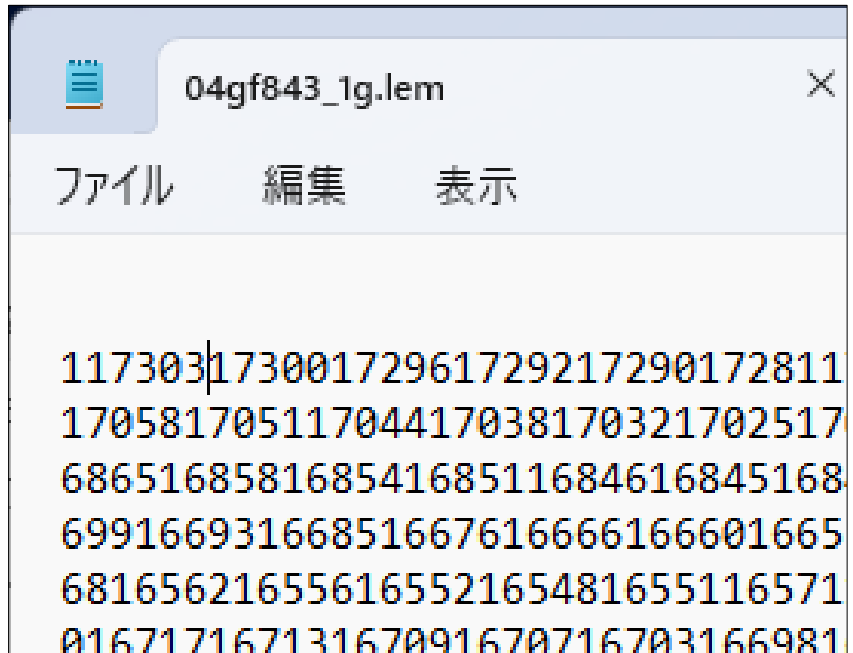
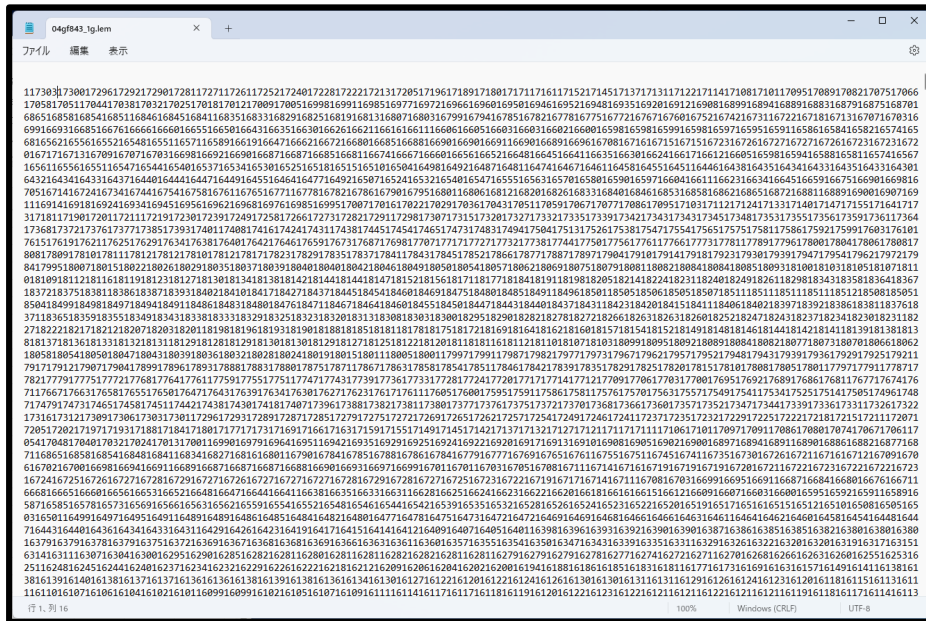


CS立体図の作成

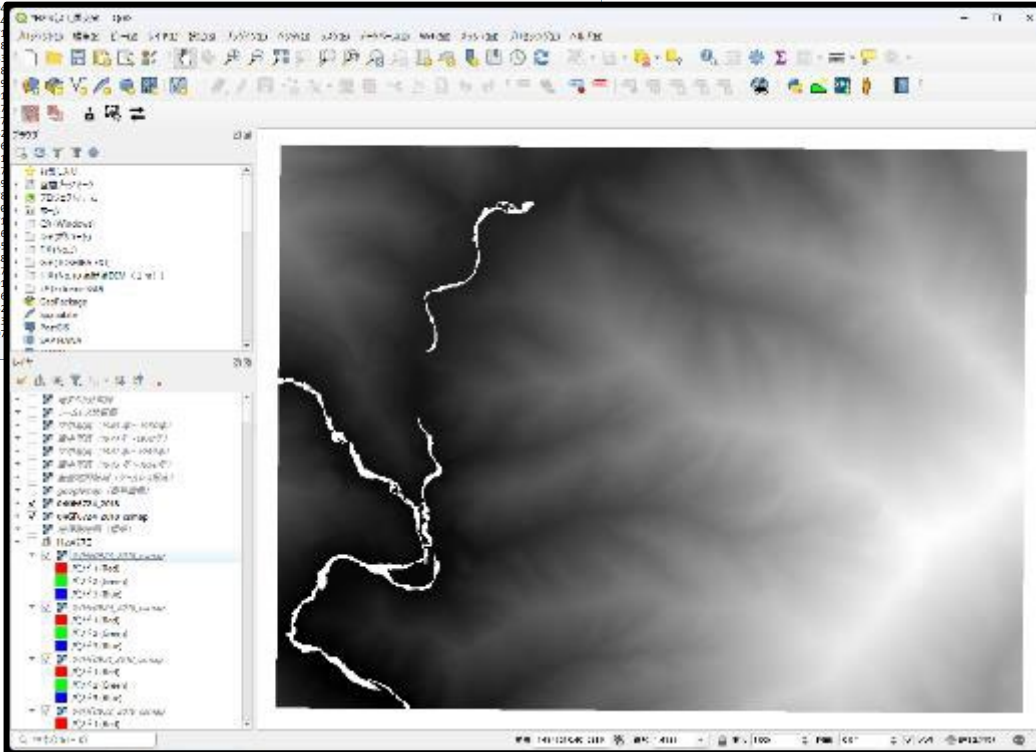
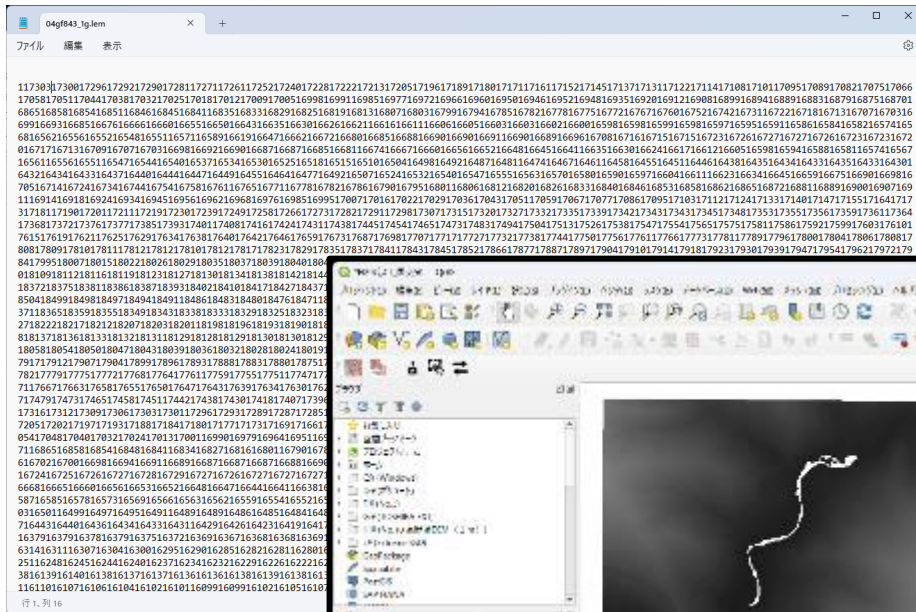
LEM形式ファイル

(テキスト形式で書かれた標高データ)

(拡大表示)

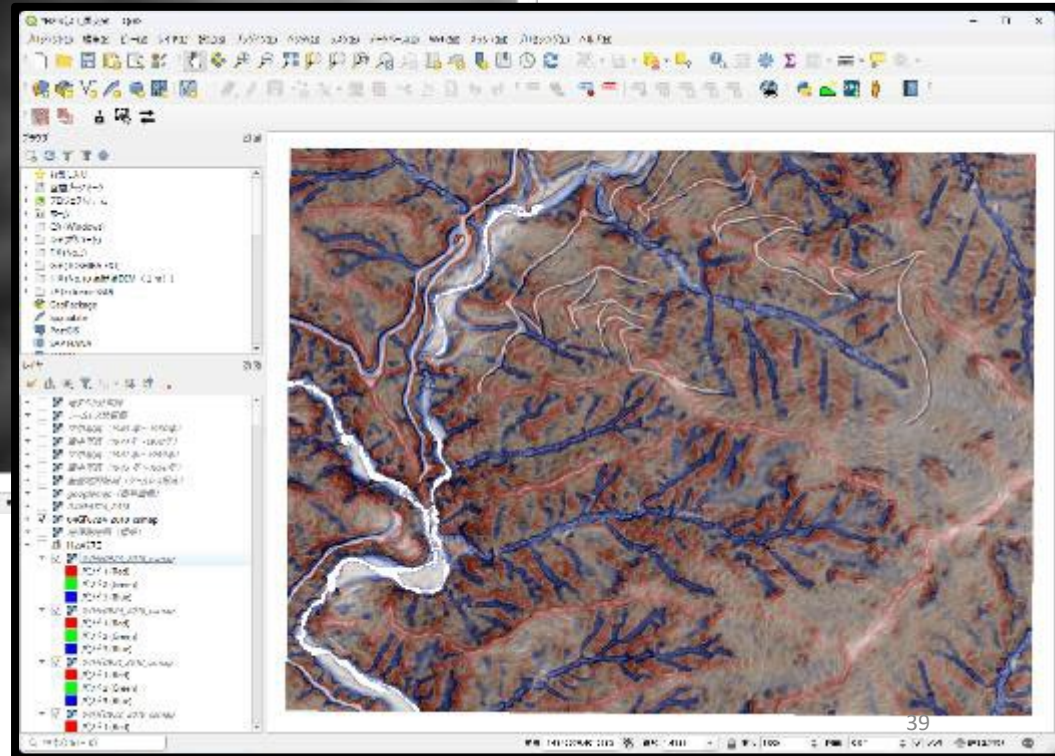
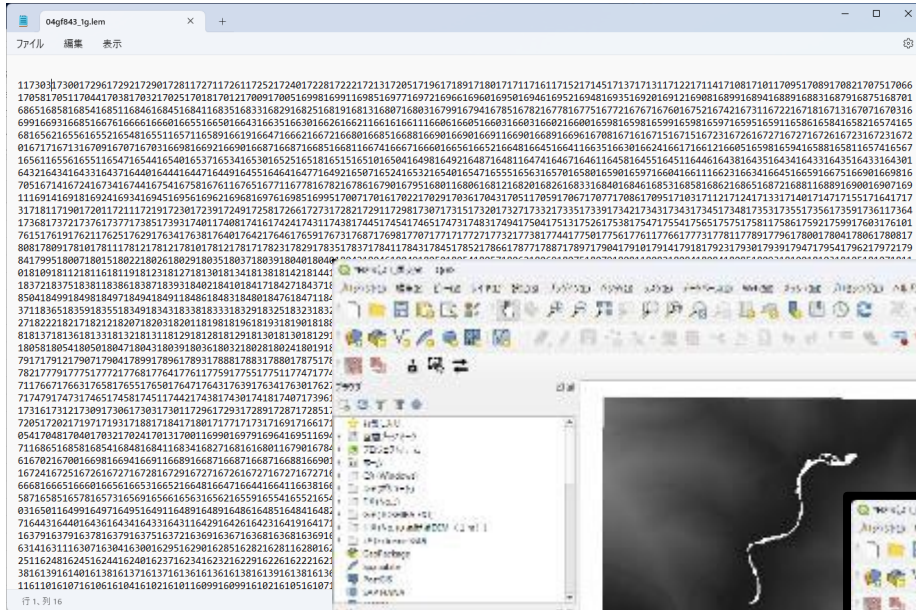


CS立体図の作成



GeoTIFF形式ファイル
(QGISにドラッグするだけで利用可能)

CS立体図の作成



CS立体図 (GeoTIFF形式)

CS立体図の公開

(オープンデータ化)

全国の都道府県などの多くは G空間情報センターからCS立体図を公開しています

① インターネットで、「G空間情報センター」と検索

https://www.geospatial.jp/gp_front/



② サイト内で、「CS立体図」と検索

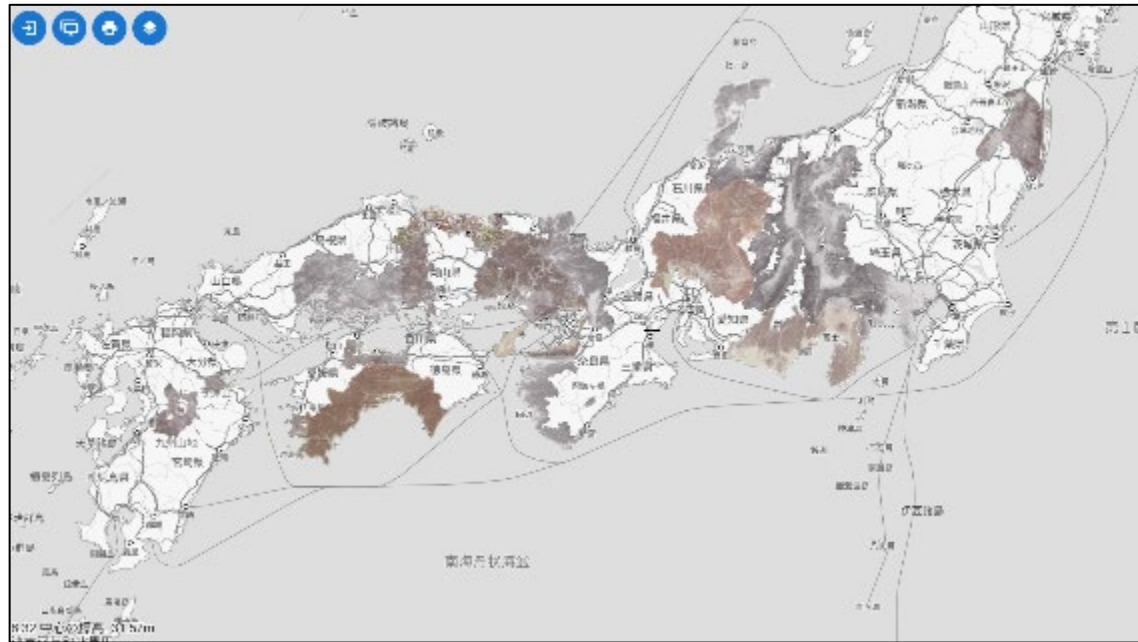


オープンデータとして公開中のCS立体図



10mメッシュ版
全国

(2025.6 現在)



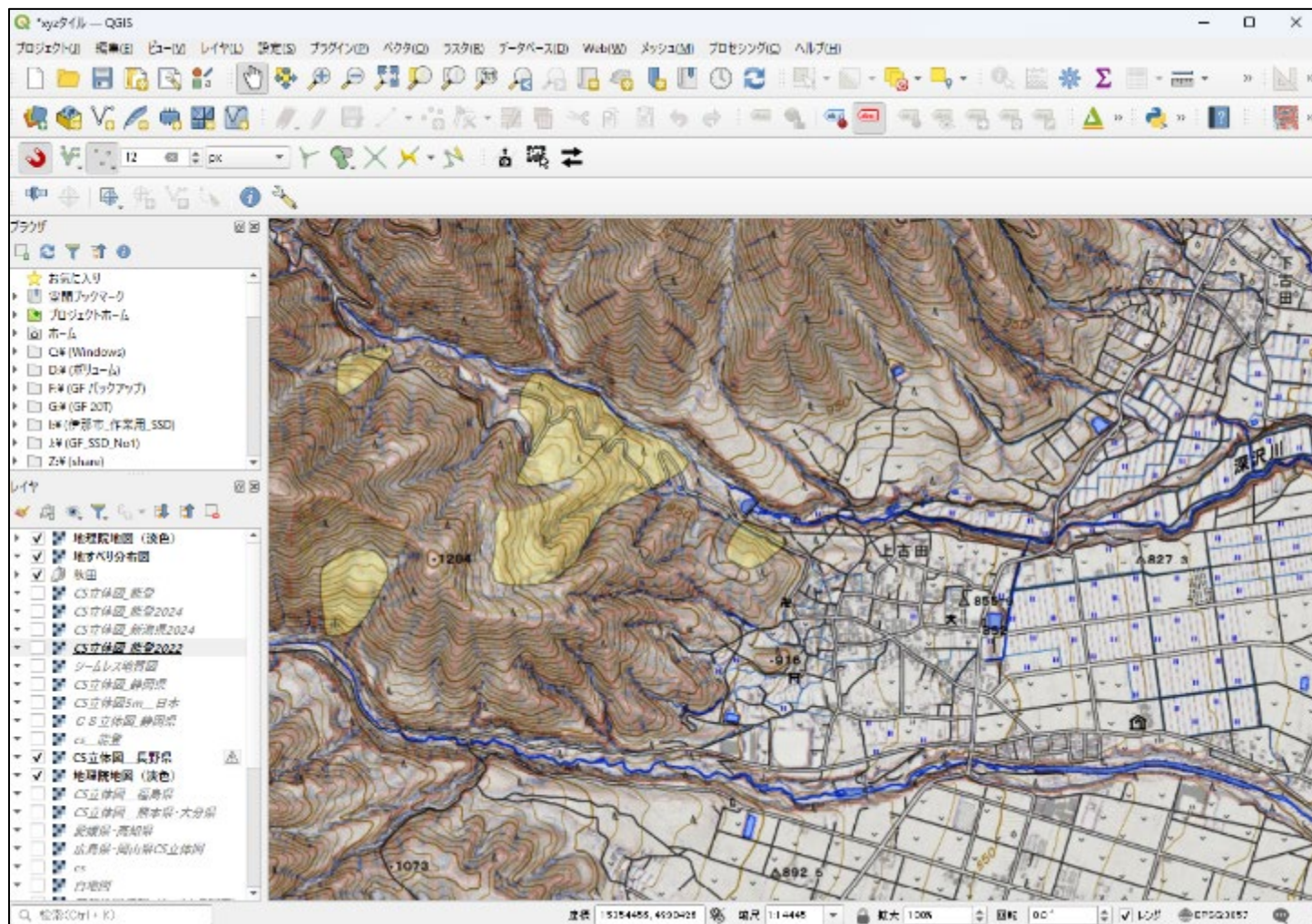
Open-Hinata : <https://kenzkenz.xsrv.jp/open-hinata/?s=iEKO8d>

航空レーザデータ（1 mメッシュ以下）を使った細密版

静岡県、長野県、岐阜県、兵庫県、福島県、岡山県、
広島県、高知県、愛媛県、大分県、熊本県、栃木県、
石川県、大阪府、和歌山県、神奈川県、東京都、山梨
県、富山県、鳥取県、京都府（21都府県）

CS立体図を閲覧する方法

「QGIS」での利用

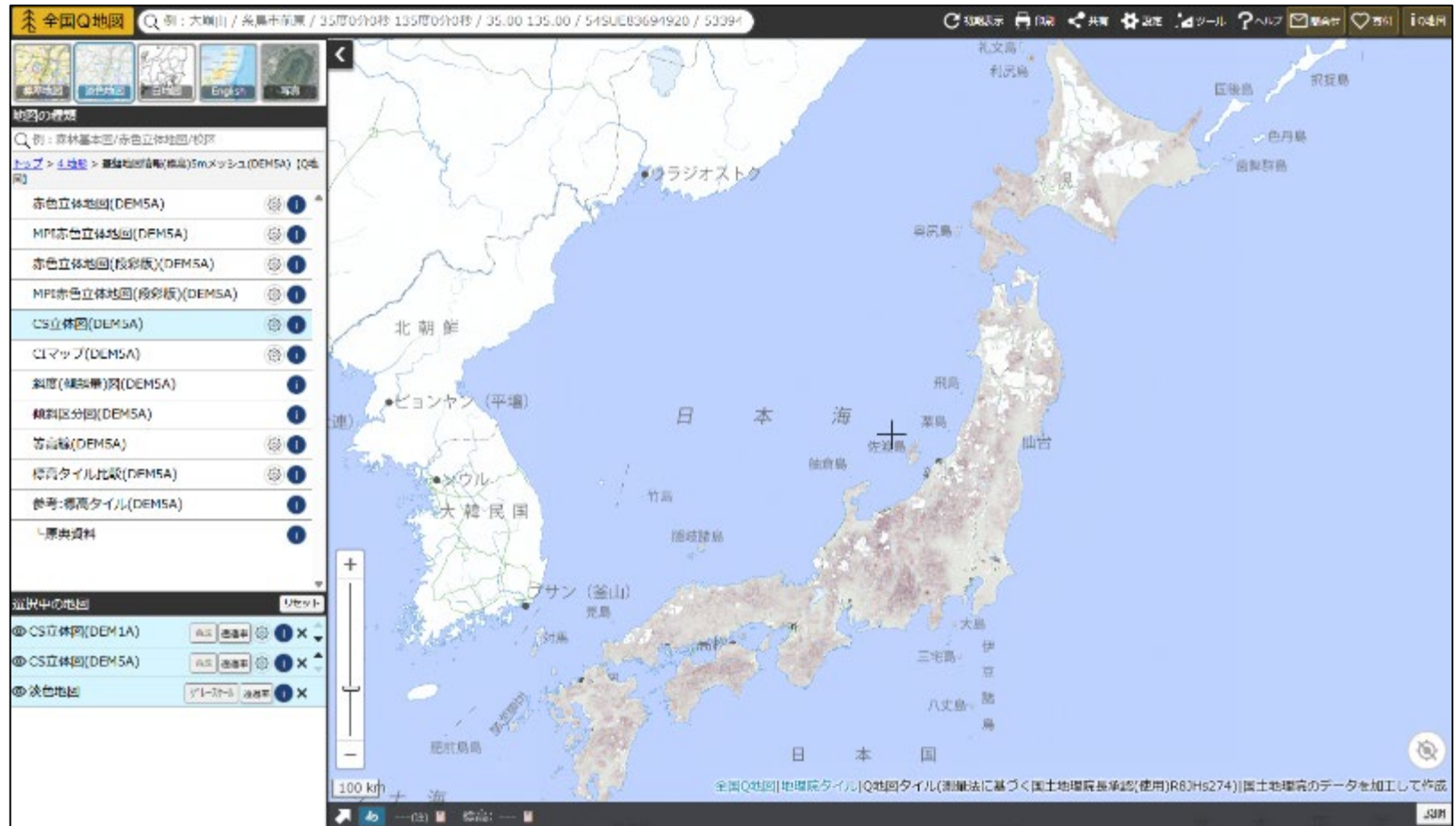


（長野県CS立体図（長野県）、地理院地図（国土地理院）、地すべり分布図（防災科研）を重ねて表示）

CS立体図が、画像ファイル形式やタイル形式で公開されている場合は、QGIS等の背景図として容易に表示可能。
様々な解析や他のデータとの重ね合わせが容易。

「全国Q地図」ご紹介

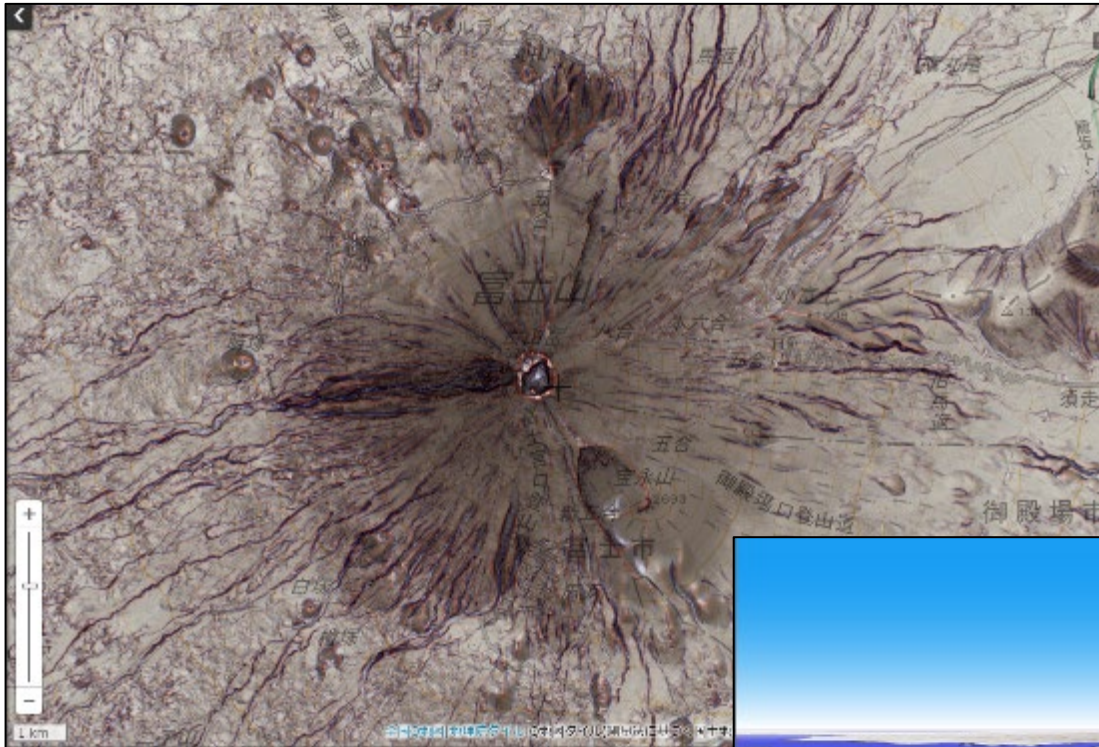
<https://info.qchizu.xyz/>



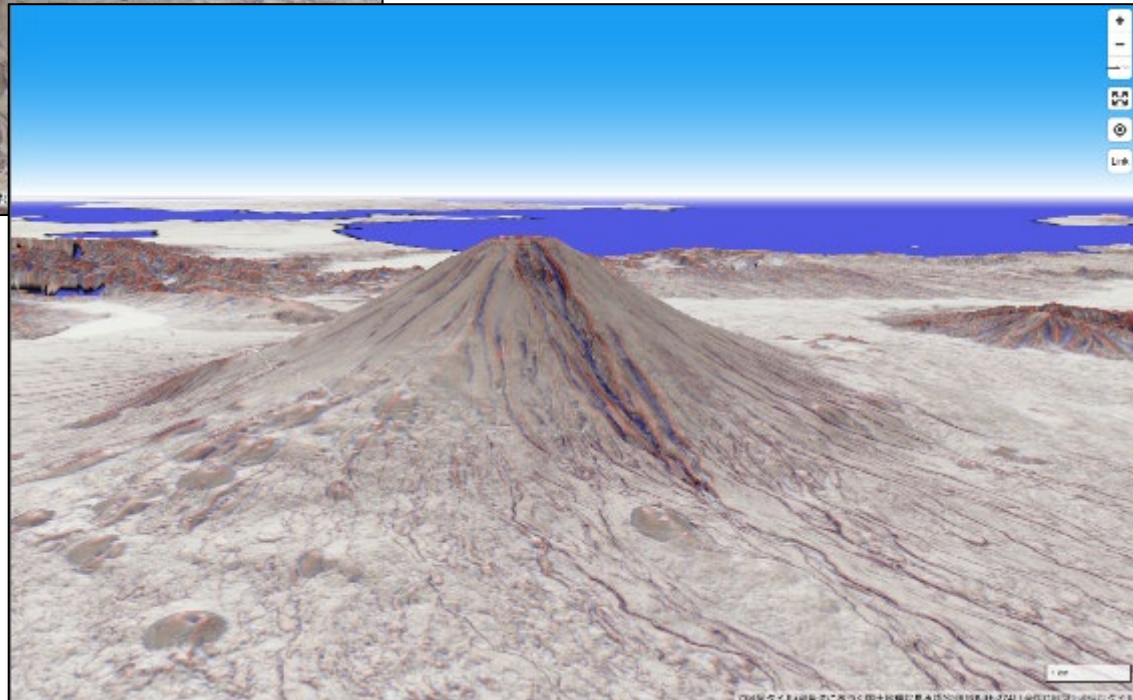
都道府県などが公開しているCS立体図のほか、国土地理院が公開している標高タイルを読み込んで、ブラウザ上でCS立体図に変換して表示する個人サイト
1 m、5 mではすでにほとんどの地域を網羅している。年々、範囲拡大中。

「全国Q地図」ご紹介

<https://info.qchizu.xyz/>

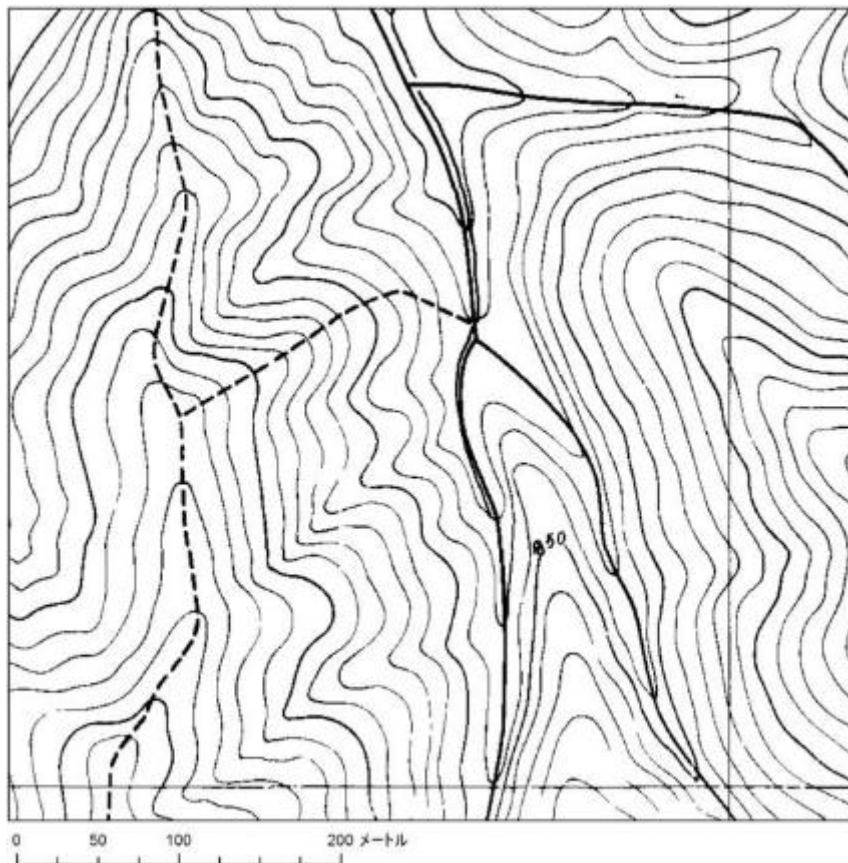


3D表示機能もある

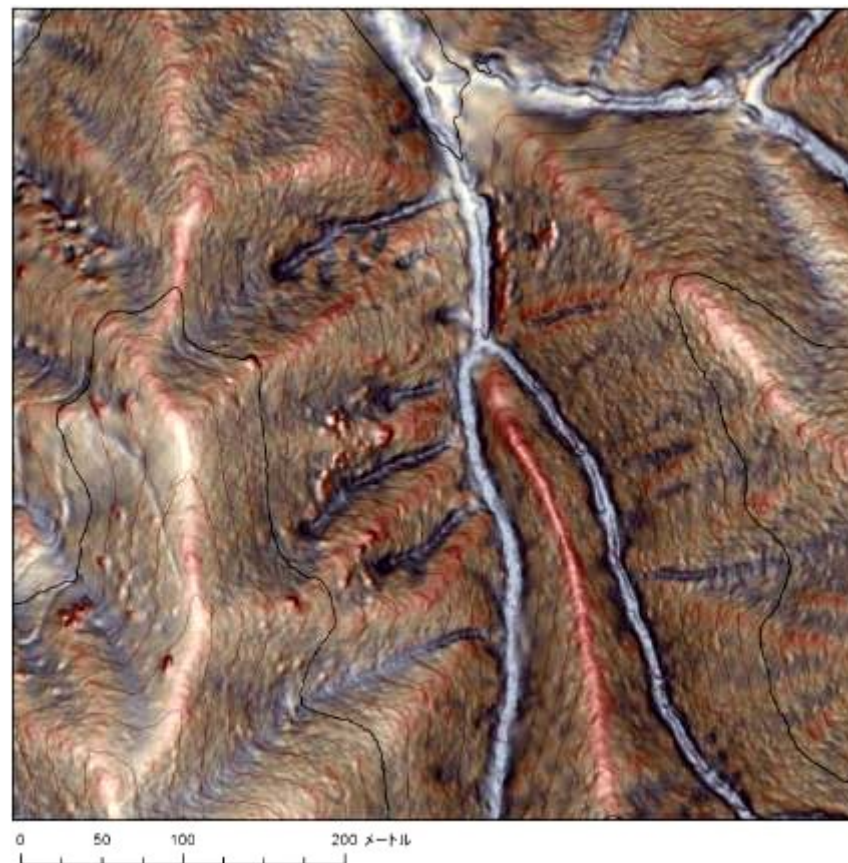


CS立体図による 災害危険地形の判読方法

CS立体図による基本的な地形表現



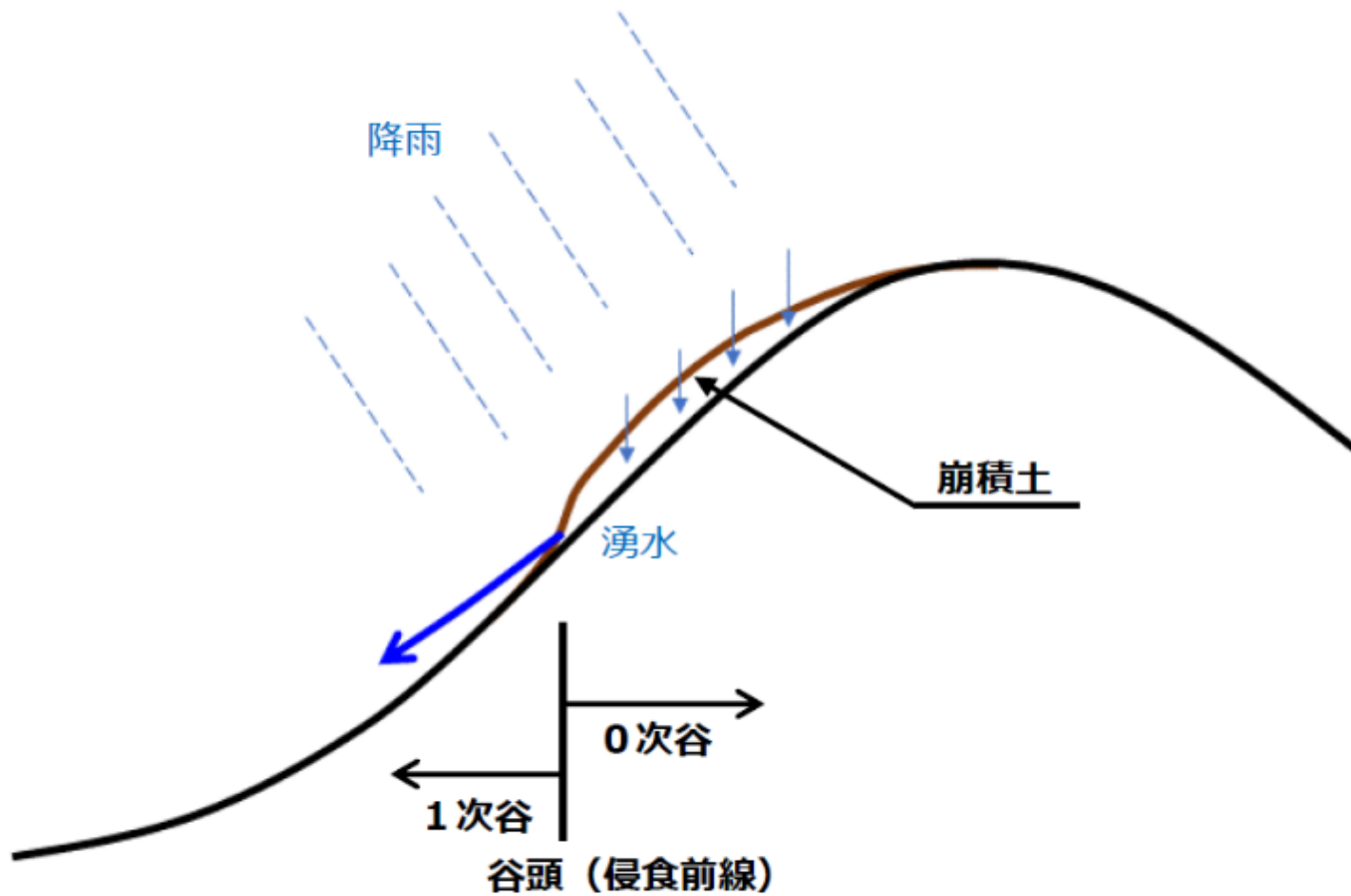
森林基本図



CS立体図

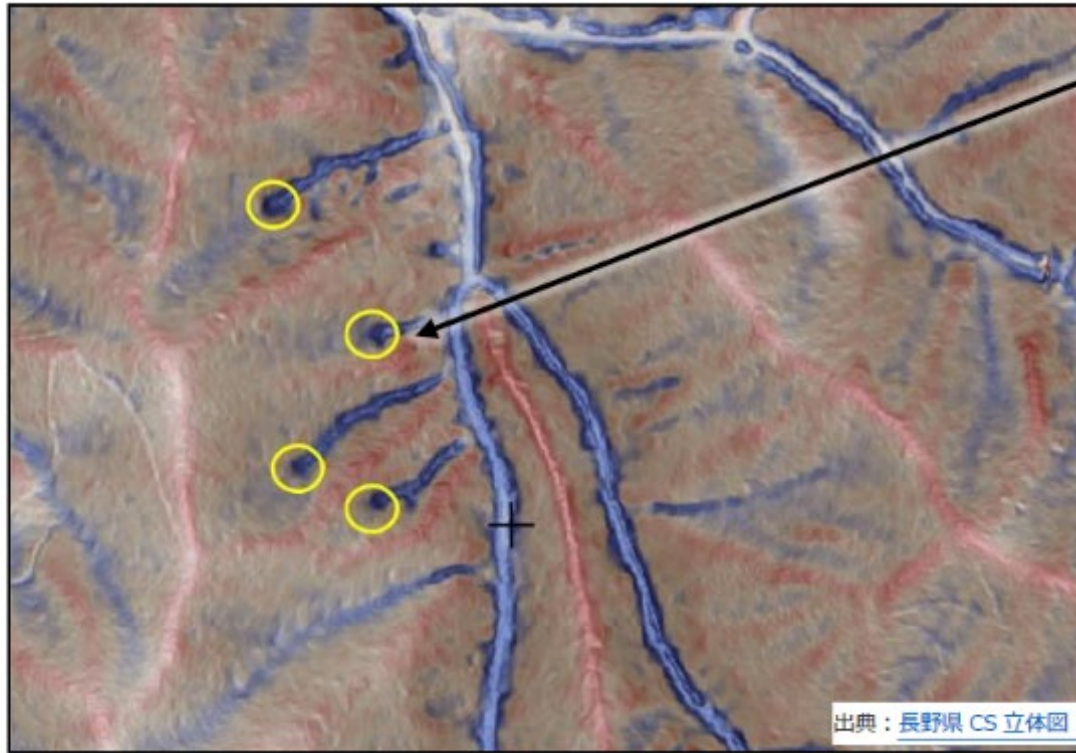
1. 尾根(凸地)は赤、谷(凹地)は青
2. 急傾斜地は暗、緩傾斜地は明

(1) 谷頭部(こくとうぶ) — 侵食前線 —



侵食前線の模式図

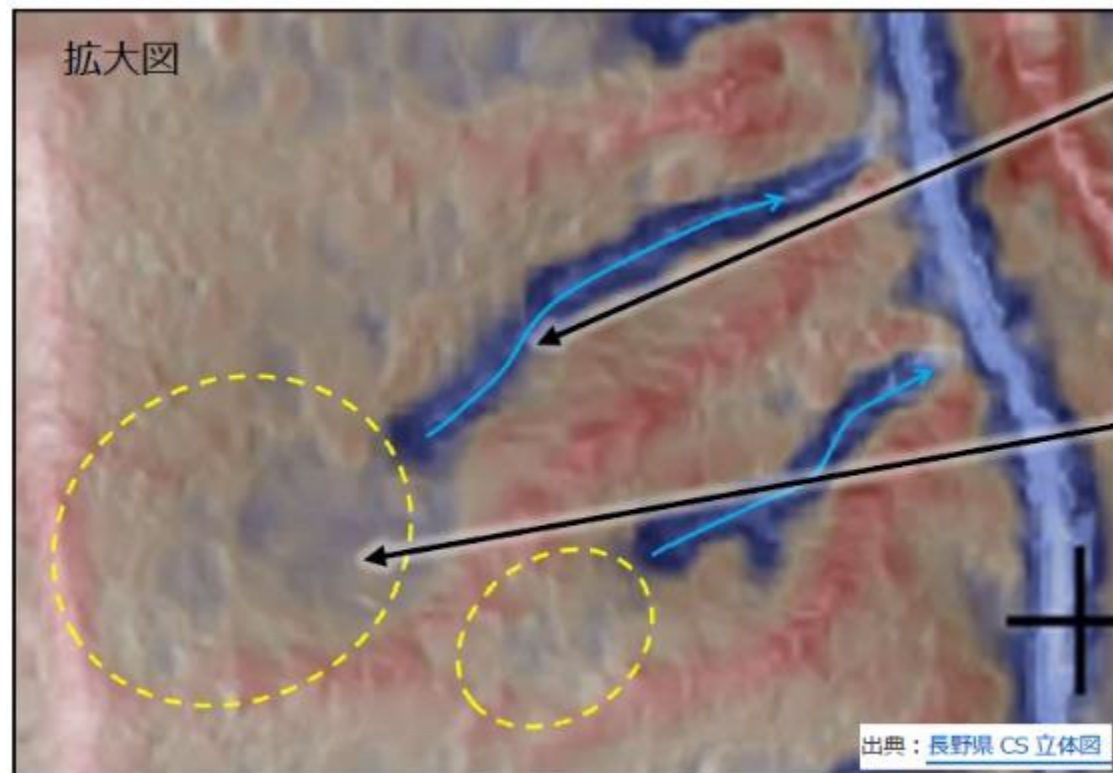
(1) 谷頭部(こくとうぶ) — 侵食前線 —



谷頭 (侵食前線)

国土地理院の地形図から谷頭を判読するのは難しいが、CS 立体図では、1次谷は明瞭な濃い青、0次谷は薄い青で表現されているため容易に判読できる。

(1) 谷頭部(こくとうぶ) — 侵食前線 —



1次谷 (明瞭な谷)

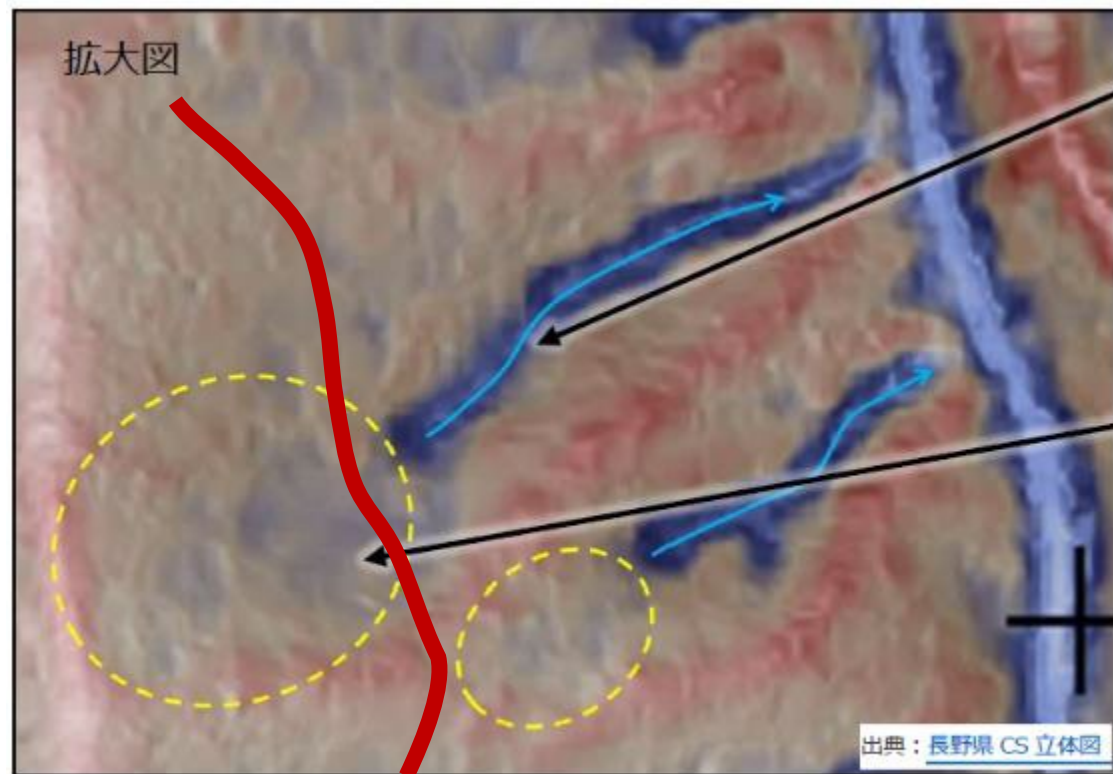
水の流れによって侵食された深い谷。常水があるか、普段は水がなくても豪雨時には水が流れるため、路網開設する場合は暗渠などの横断排水施設が必要。

0次谷 (常水のない浅い谷地形)

元々谷地形だったところを、周囲からの崩積土などが埋めている。上流に向かって侵食が進行する。この位置に路網開設する場合は、集水面積を変えないように、路面排水の設置や波型縦断線形にするなどの対策が必要。

(1) 谷頭部(こくとうぶ) — 侵食前線 —

山地に道路を開設する場合



1次谷(明瞭な谷)

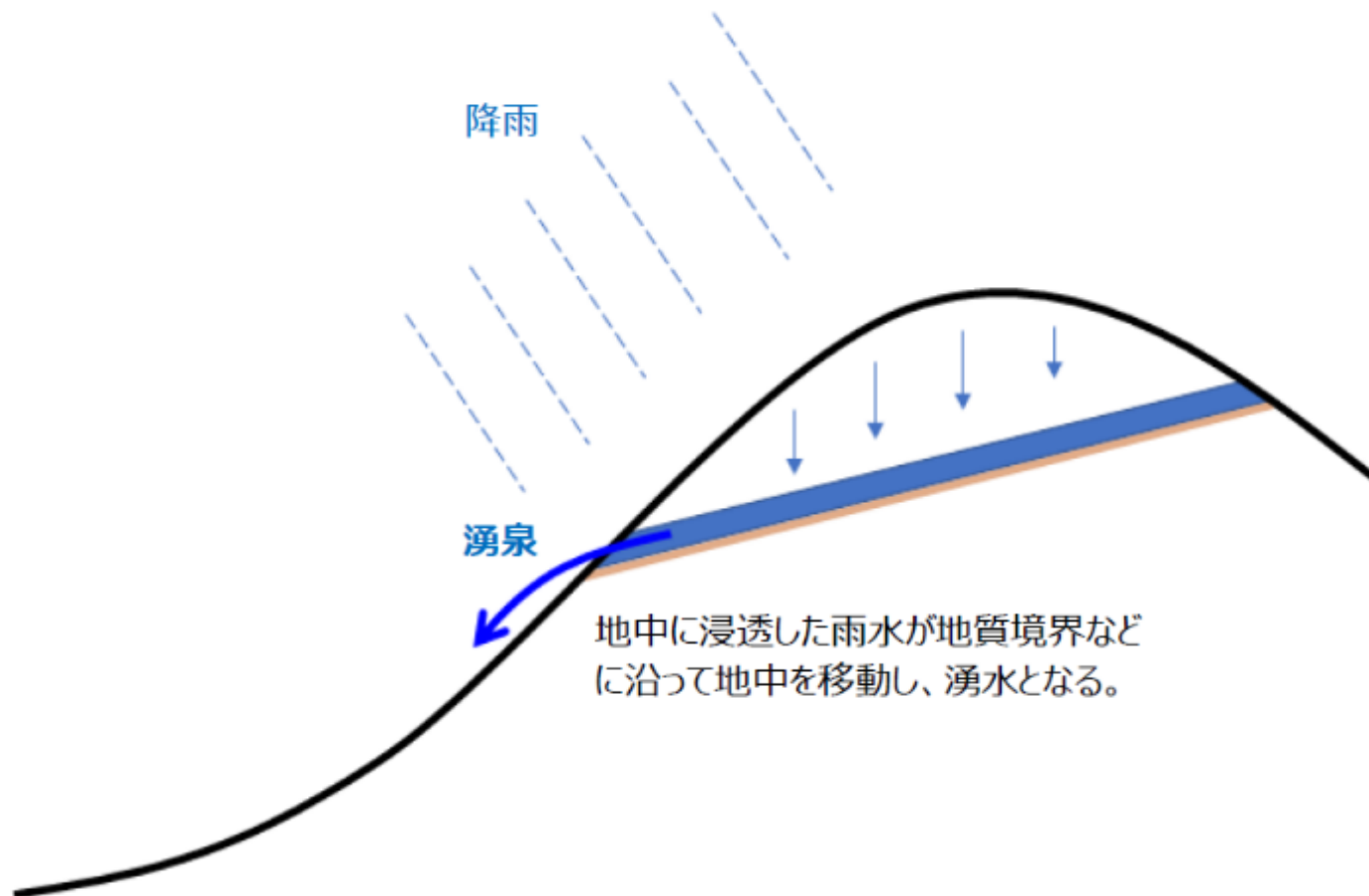
水の流れによって侵食された深い谷。常水があるか、普段は水がなくても豪雨時には水が流れるため、路網開設する場合は暗渠などの横断排水施設が必要。

0次谷(常水のない浅い谷地形)

元々谷地形だったところを、周囲からの崩積土などが埋めている。上流に向かって侵食が進行する。この位置に路網開設する場合は、集水面積を変えないように、路面排水の設置や波型縦断線形にするなどの対策が必要。

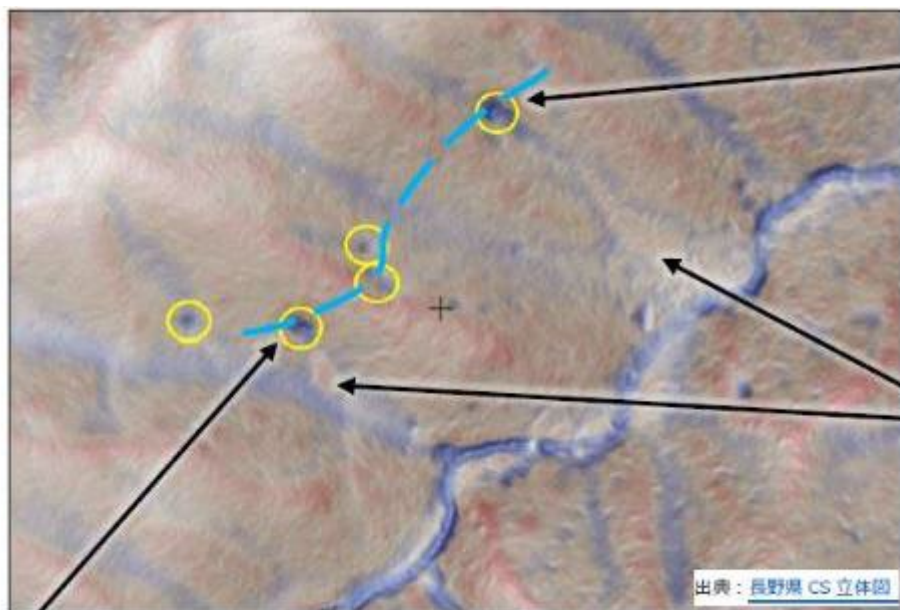
路網線形案 ②

(2) 地質構造による湧泉（ゆうせん）



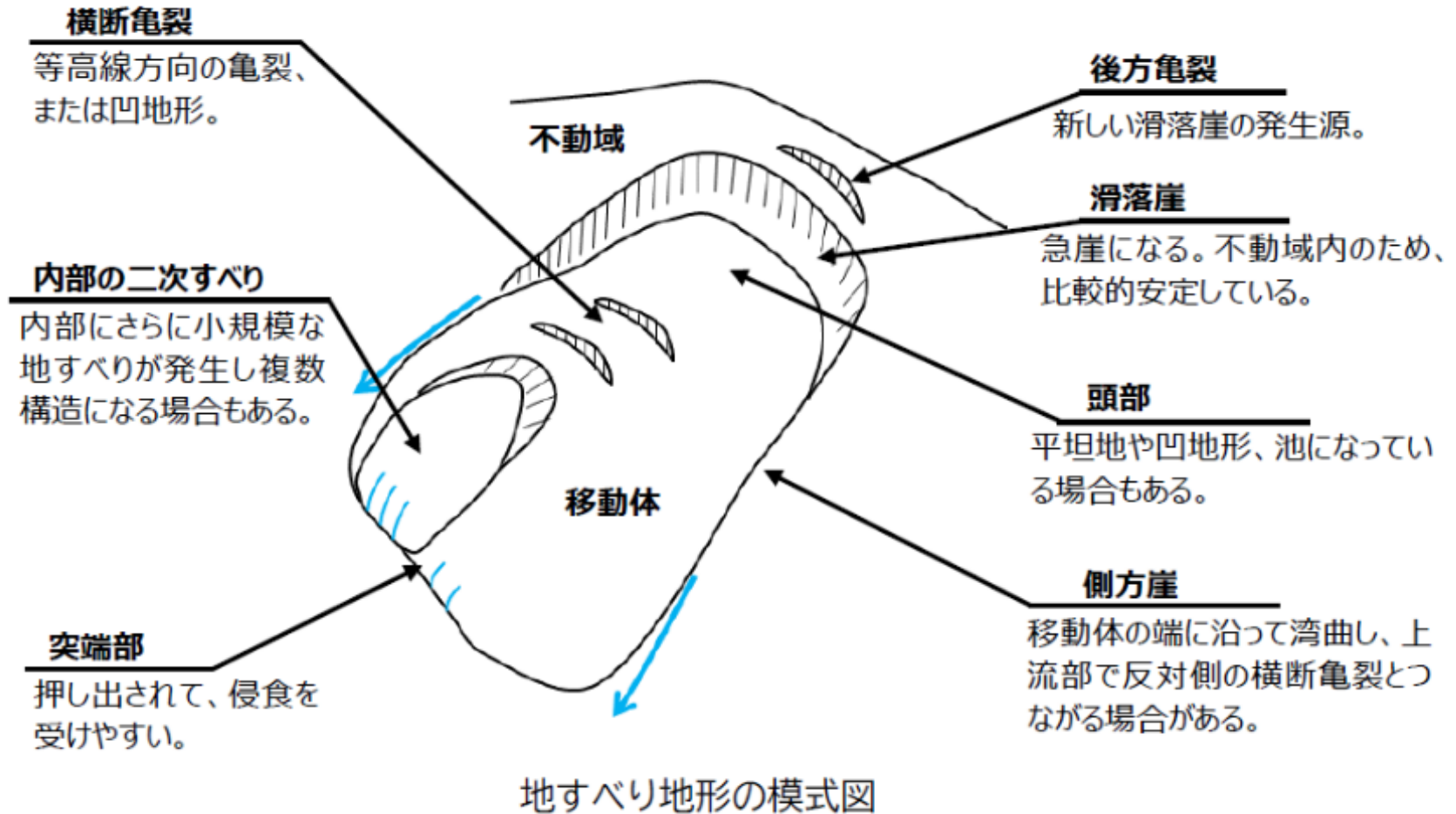
地質構造による湧泉の模式図

(2) 地質構造による湧泉（ゆうせん）



この現場では、現地調査時に湧水が確認できたが、季節や事前の雨量の状況によっては湧水が見られないこともある。路網開設時に湧水がなくても、豪雨時に出水することがあるので注意が必要。特に、このような場所に盛土すると、崩壊して土石流化する危険性がある。

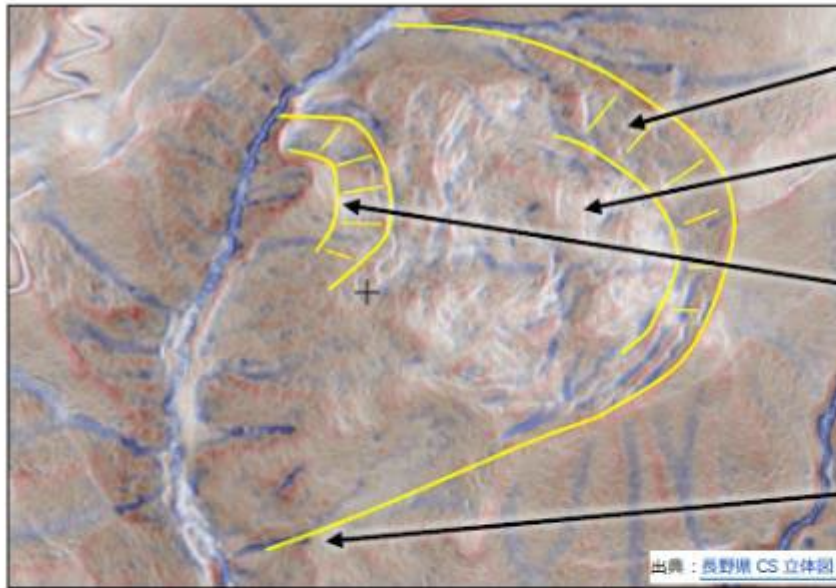
(3) 地すべり



地すべり: 斜面の一部あるいは全部が重力によって斜面下方に (ゆっくりと) 移動する現象

深層崩壊: 豪雨等が誘因になり基盤岩から崩壊

(3) 地すべり



滑落崖

移動体

移動体内にはクラックや小尾根が多数見られる。

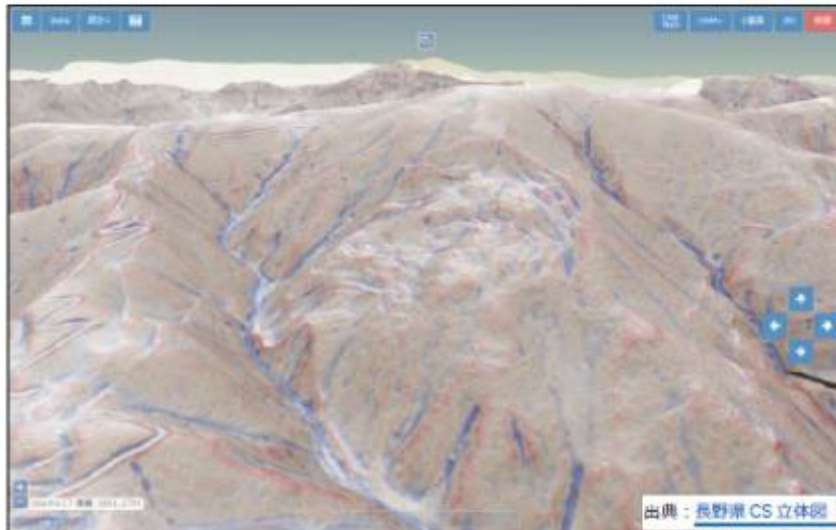
内部の二次すべり

小規模な地すべりほど、路網開設などの人工改変による影響を受けやすい。

側方崖

活発に侵食が進行するので、路網開設時には要注意。

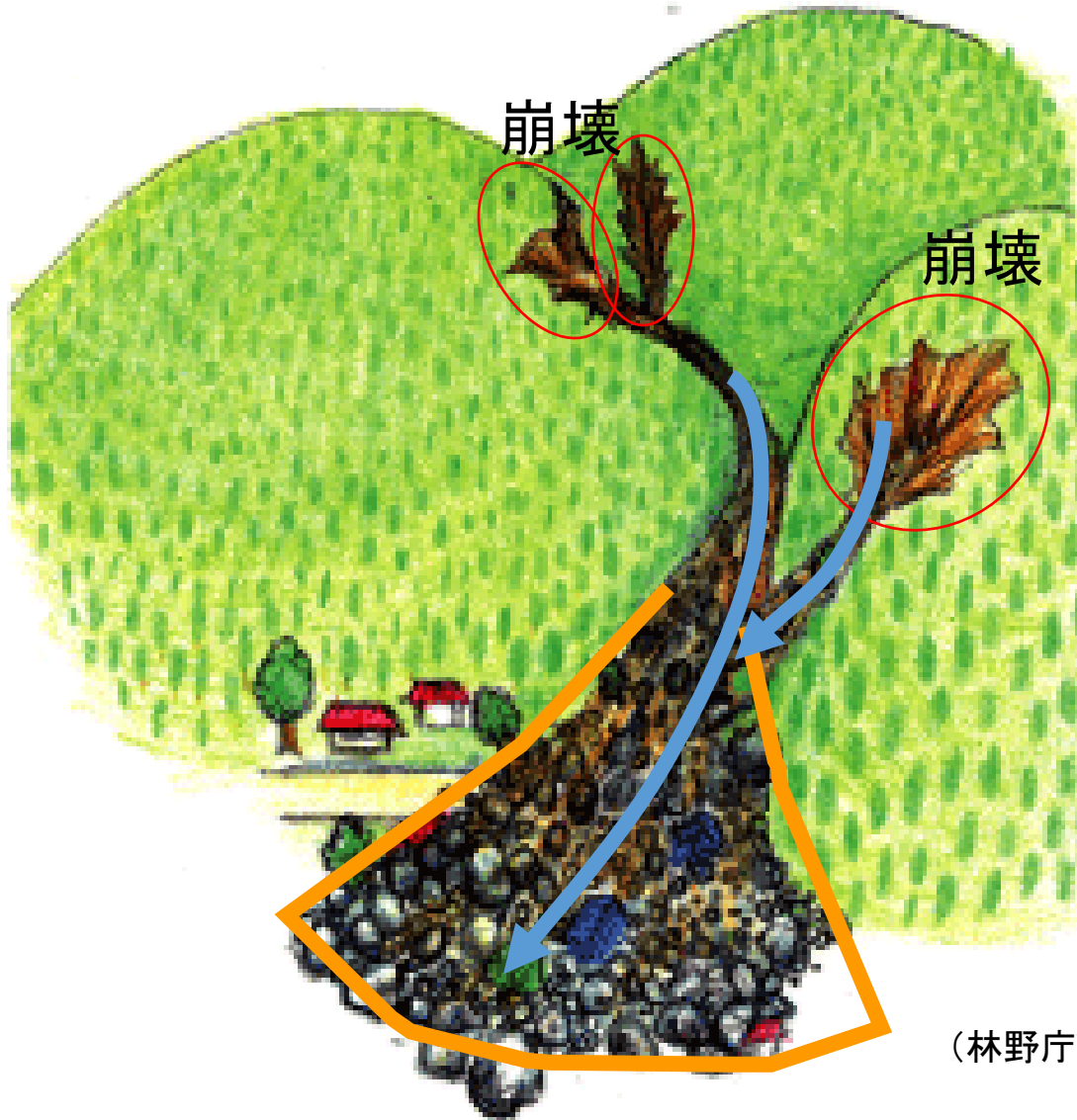
出典：長野県 CS 立体図



ひなた GIS などの 3D 表示機能を使い様々な角度から表示すると、地すべりの判読がさらに容易になる。

出典：長野県 CS 立体図

(4) 沖積錐(ちゅうせきすい)

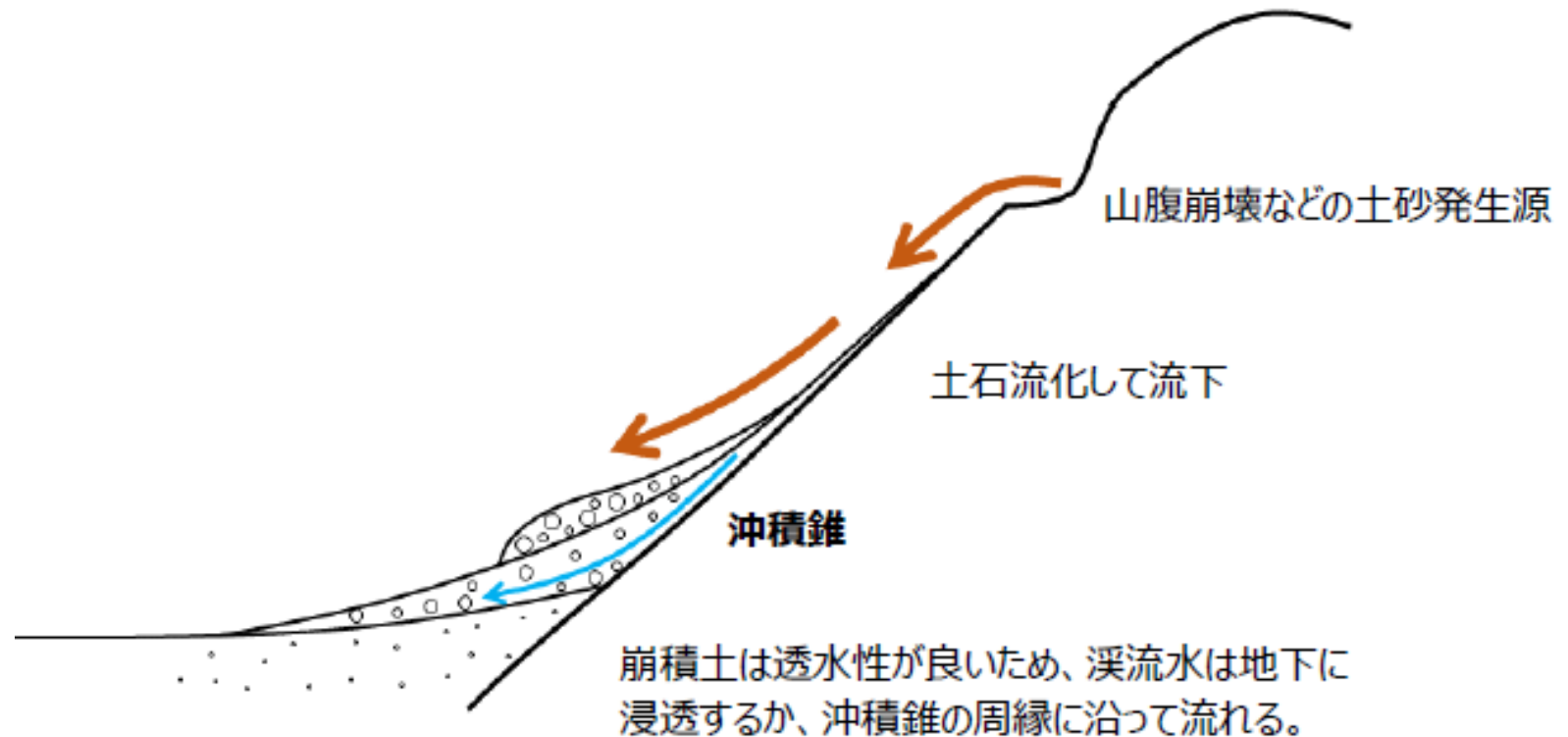


土石流とは、崩壊した土砂が、①水等と混ざり、②水等が滑材になって、③長距離を流下する現象

沖積錐とは、急勾配の河谷の出口に、主として土石流の堆積が繰り返されて形成された扇形の地形のこと

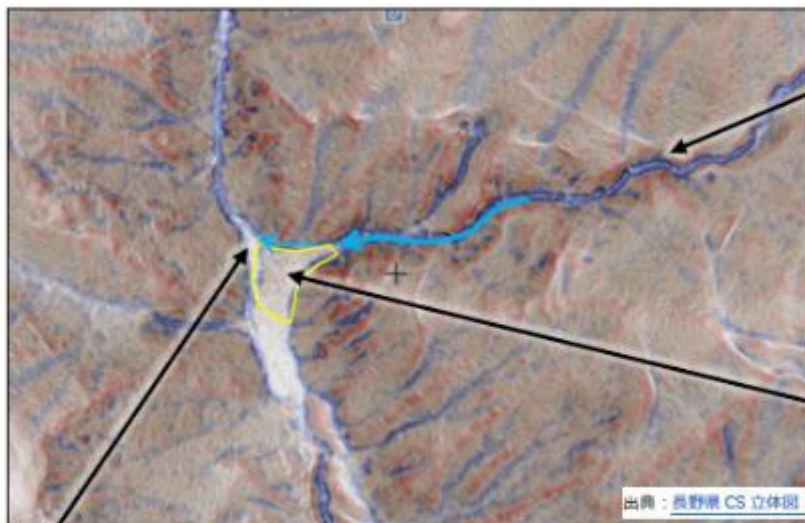
(林野庁Webサイトより)

(4) 沖積錐(ちゅうせきすい)



沖積錐の模式図

(4) 沖積錐(ちゅうせきすい)



土砂発生源

小規模な溪流でも、沢の出口に沖積錐があることから、上流では土砂生産が多いことがわかる。

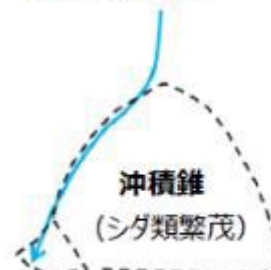
沖積錐



(写真提供：長野県林業総合センター)

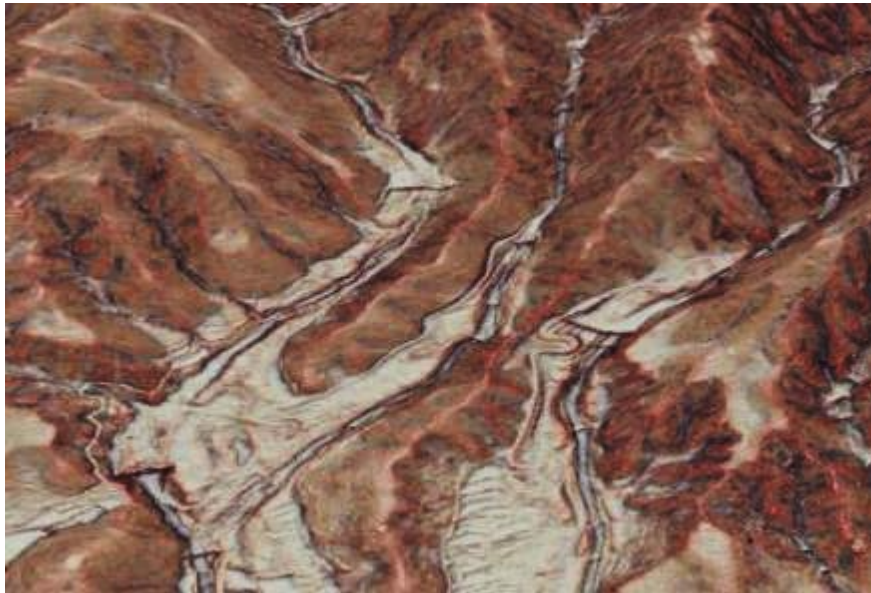
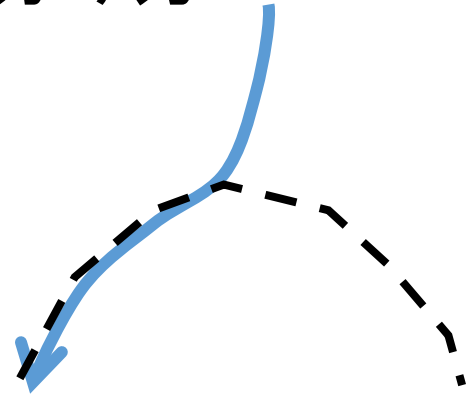
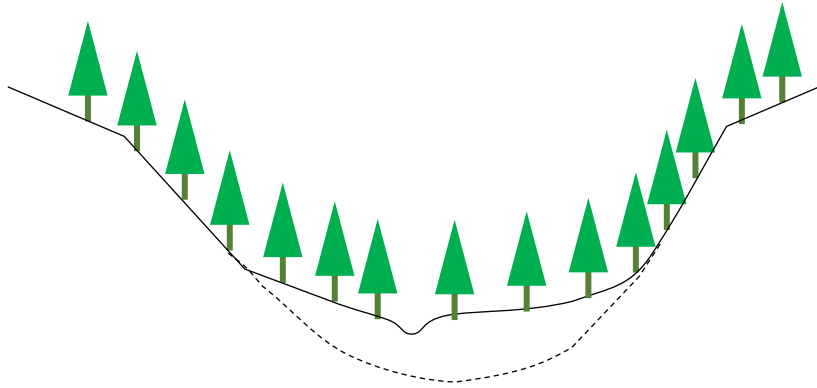
シダ類が繁茂していることから、地下水位が高いと推測できる。

沖積錐は堆積土砂によって凸地形になっているため、溪流はその側方を流れ、沢の出口には、さらに小さな沖積錐ができています。



土石流危険渓流の見分け方

【地形判読】

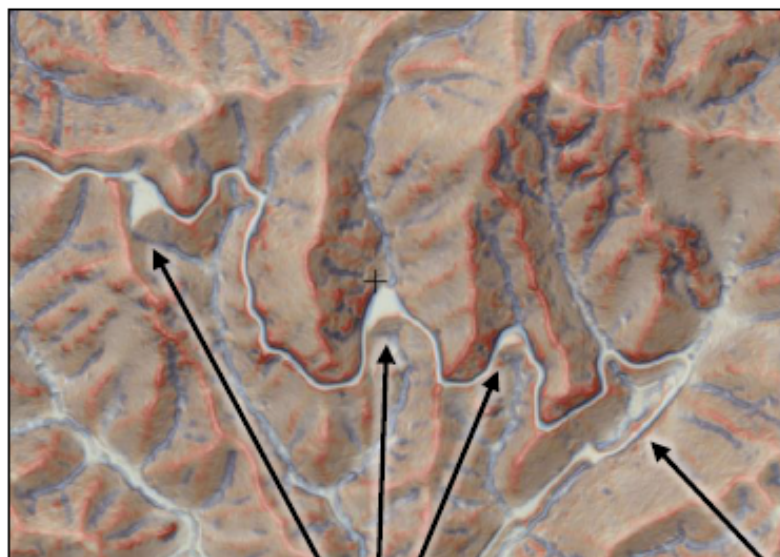


- ・急傾斜で河床堆積物
(過去の土石流堆積物)



- ・下方に沖積錐がある谷

(6) 人工改変（じんこうかいへん）



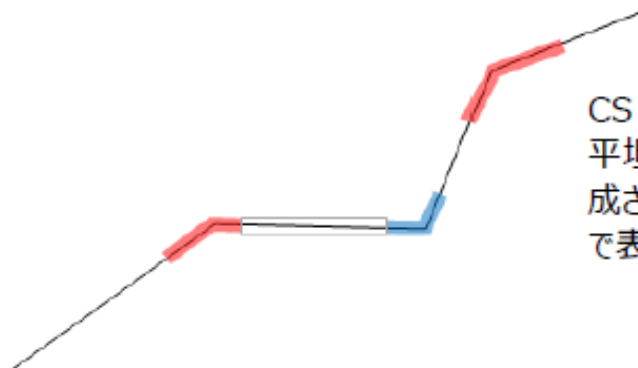
出典：岐阜県 CS 立体図

盛土

路網線形



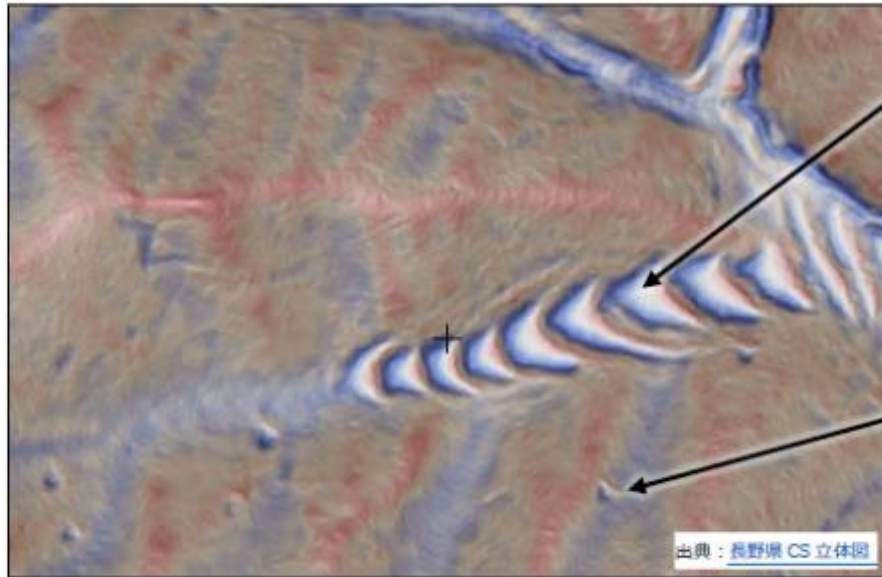
緯度：35.6424
経度：136.9896
岐阜県



CS 立体図では、凸地形は赤、凹地形は青、平坦地形は白で表現されるため、人工的に作成された平坦地形は、左のようなカラーパターンで表現される。

人工改変地形の模式図

(6) 人工改変（じんこうかいへん）

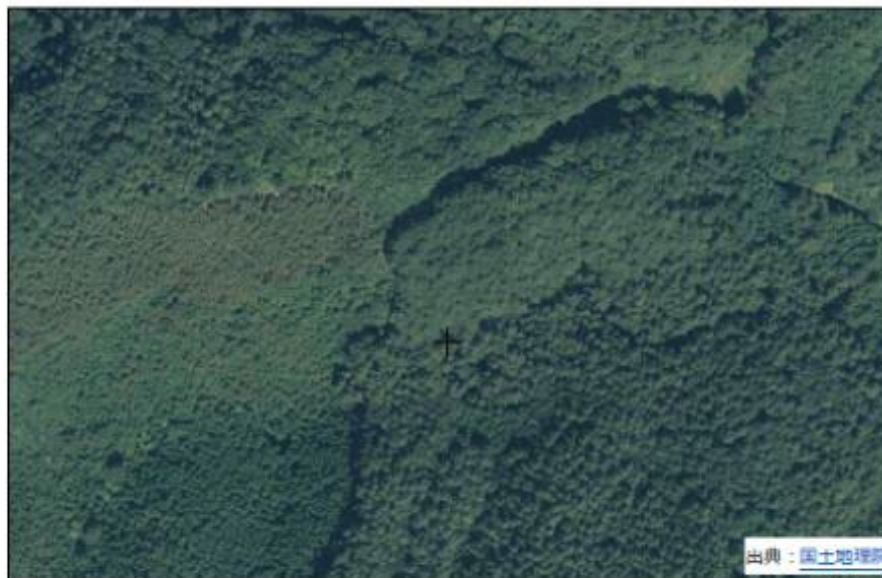


耕作跡地

耕作のために人工的に階段状の地形にした痕跡。施肥により黒色土であることが多い。樹木の生長は良いが、植栽する樹種の選定には注意が必要。

炭焼きの窯跡

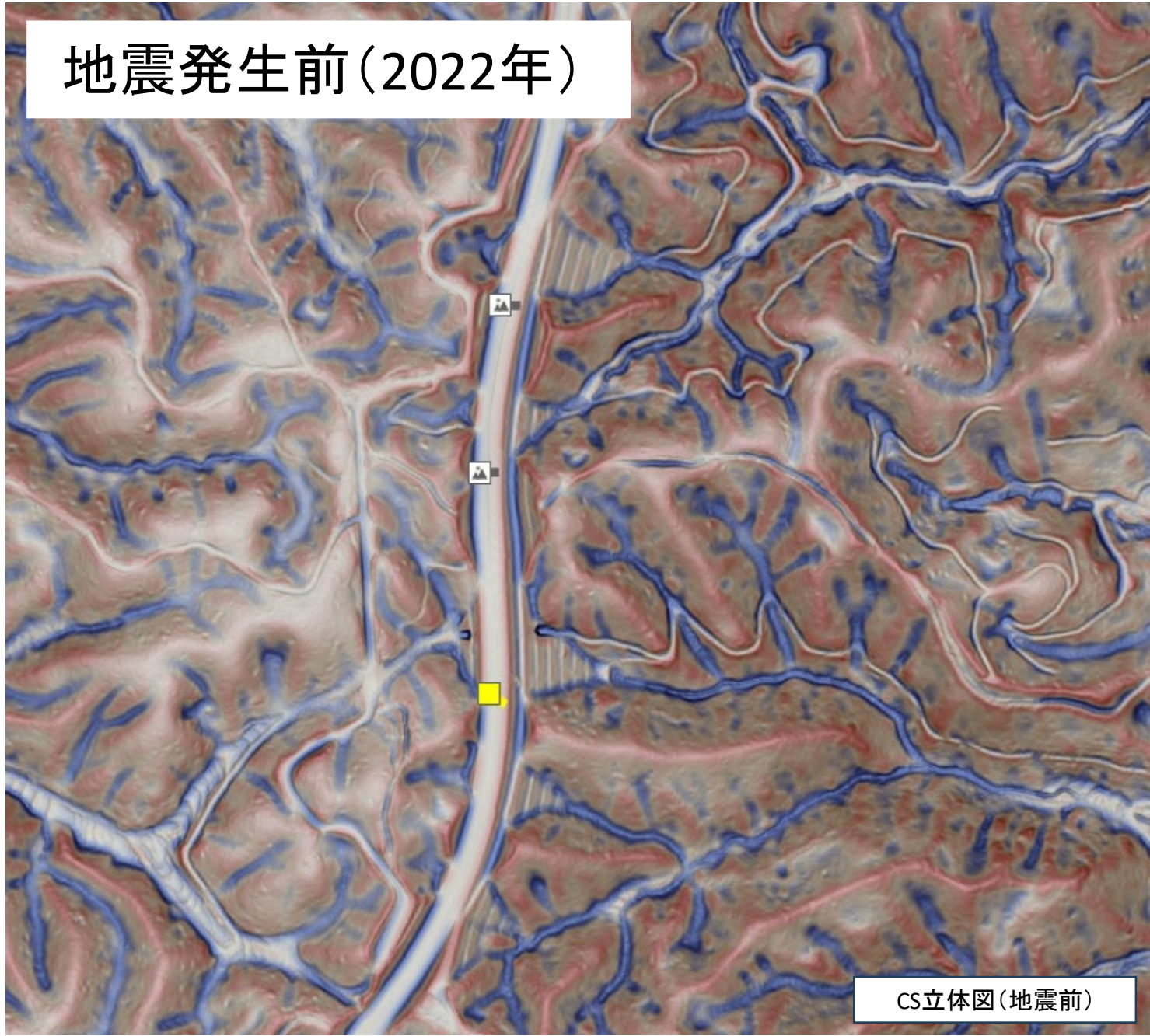
一見すると湧泉に似ているが、下方に水や土砂が流下した痕跡がない。里山に多く見られる。



現在は森林化している場所では、等高線による地形図や空中写真から、耕作跡地や炭焼き窯跡を判読することはできない。

能登地震での盛土崩壊事例

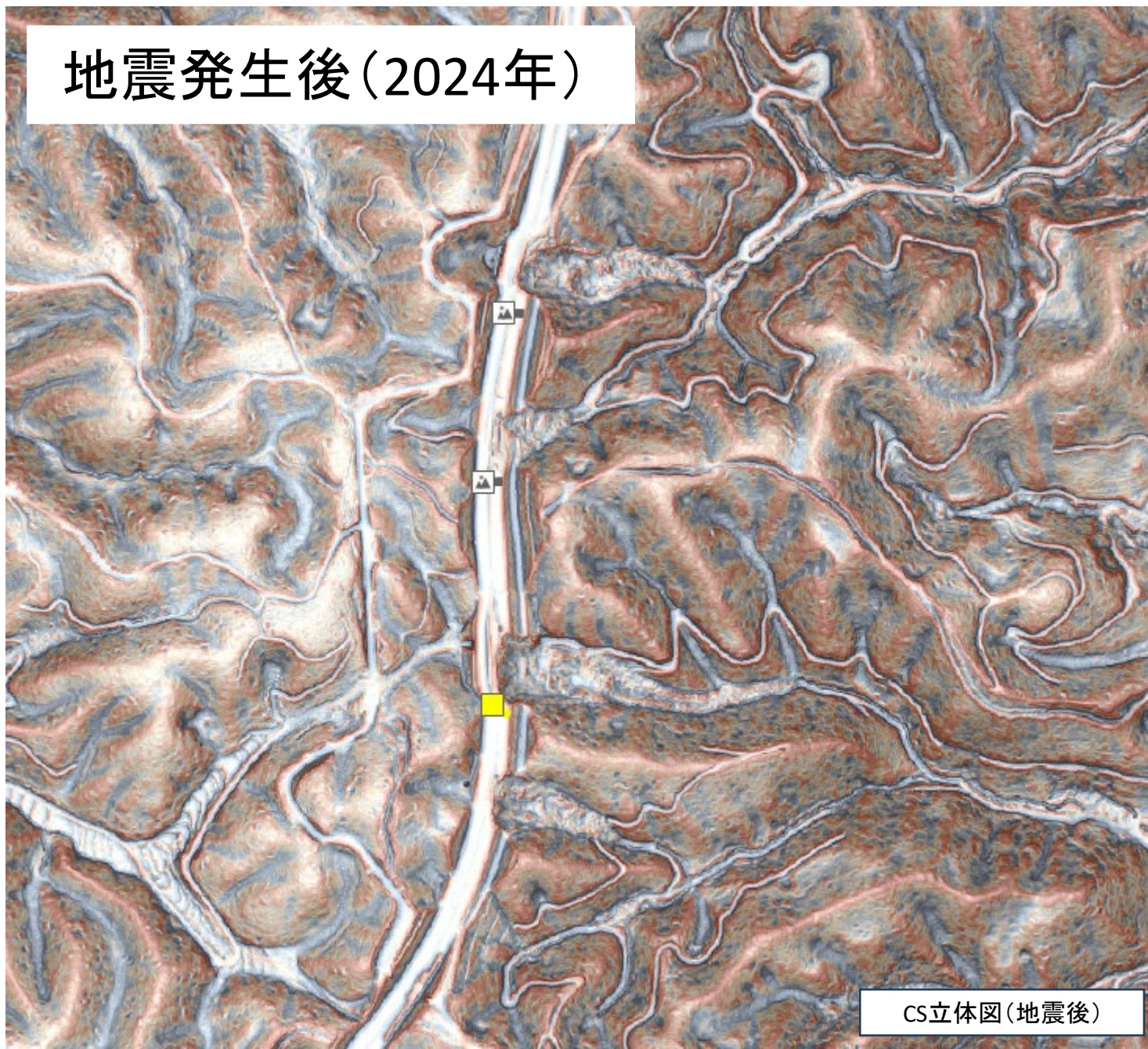
地震発生前(2022年)



CS立体図(地震前)

能登地震での盛土崩壊事例

地震発生後(2024年)



CS立体図(地震後)

能登地震での盛土崩壊事例

地震発生後(2024年)



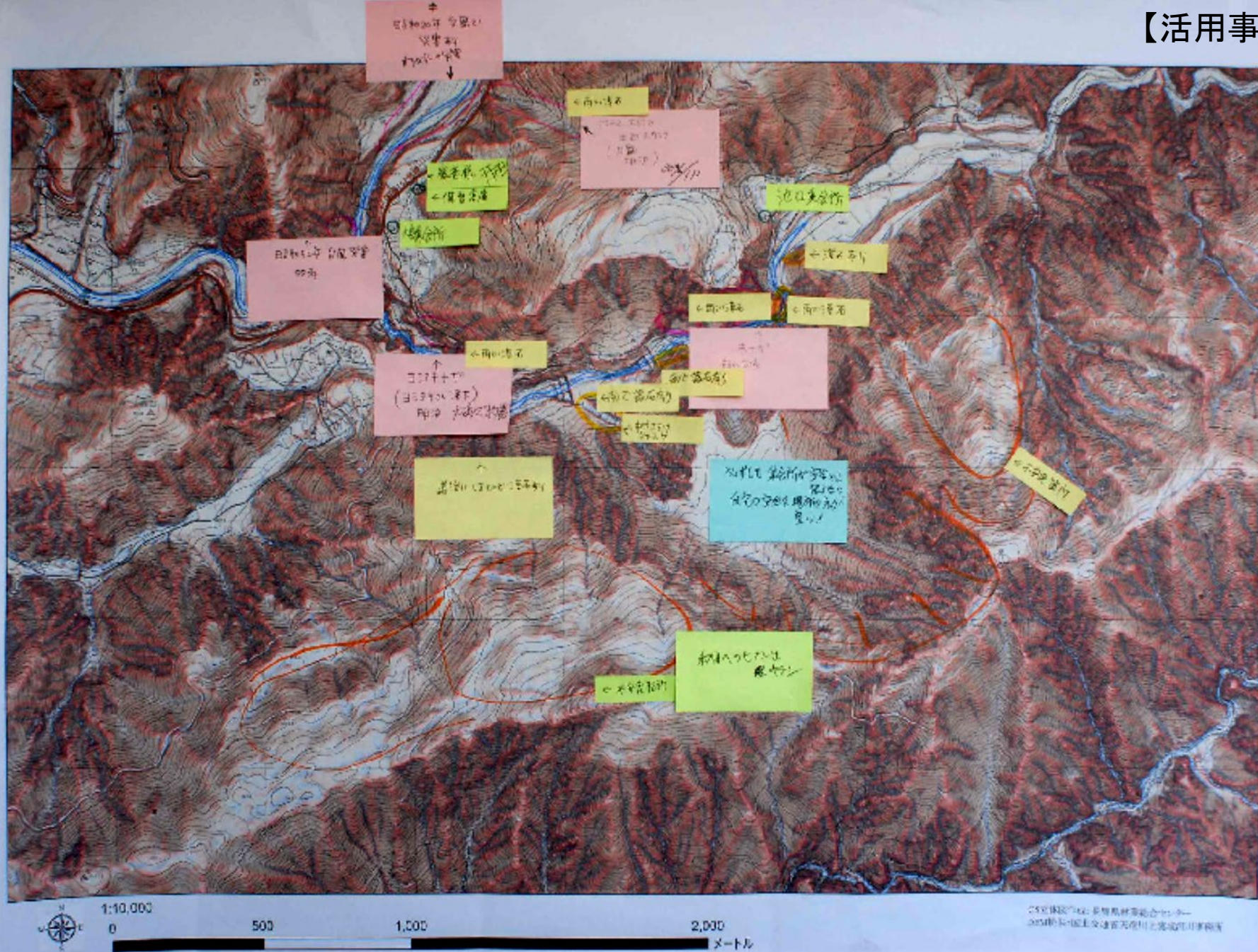
地域防災における CS立体図の活用事例



地域住民が主体の防災マップづくり（長野県飯田市）



住民による発表
(どこが危ないか？どこへ逃げるか？いつ逃げるか？)
この時点で、地域の危険情報を共有

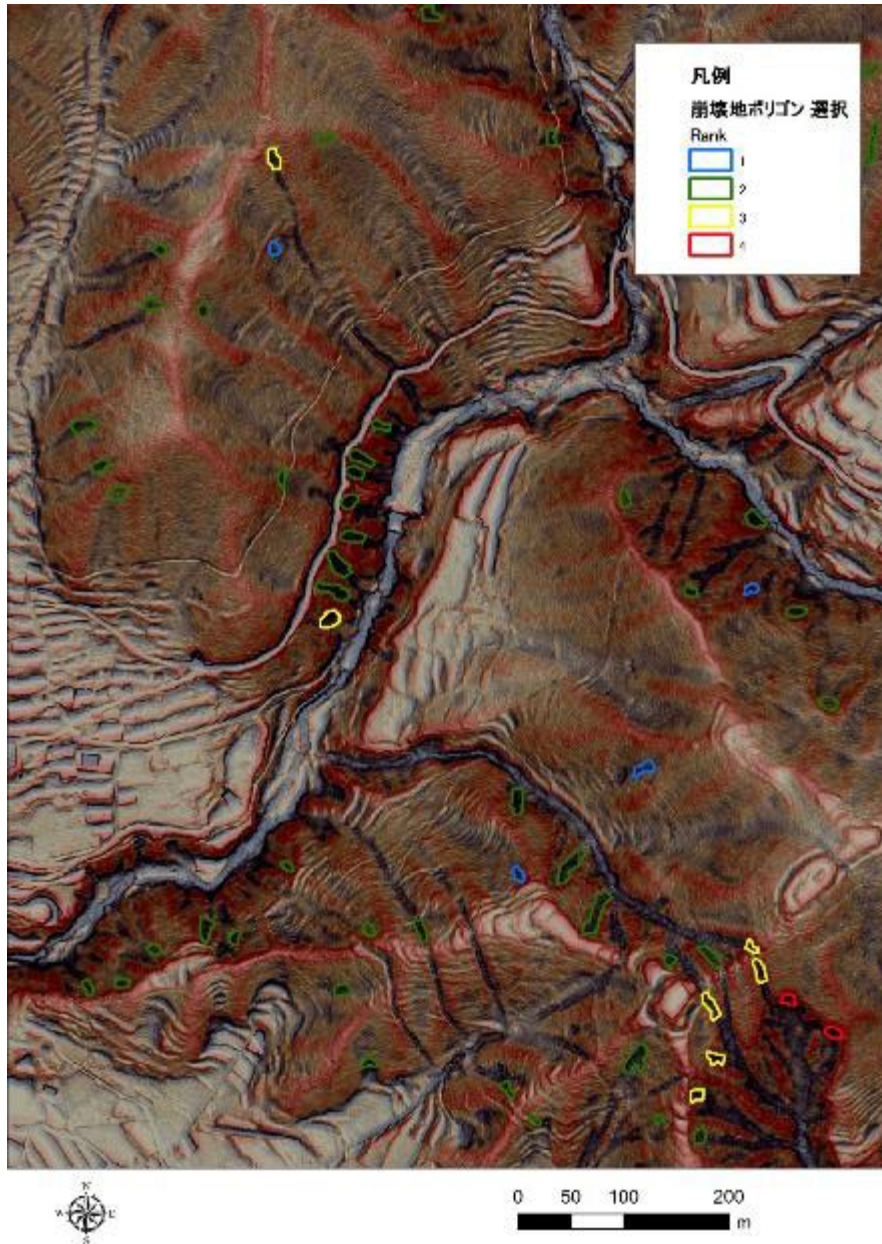


付箋に情報を書き込み貼り付ける

【地形判読の自動化】

AIによる崩壊危険判読

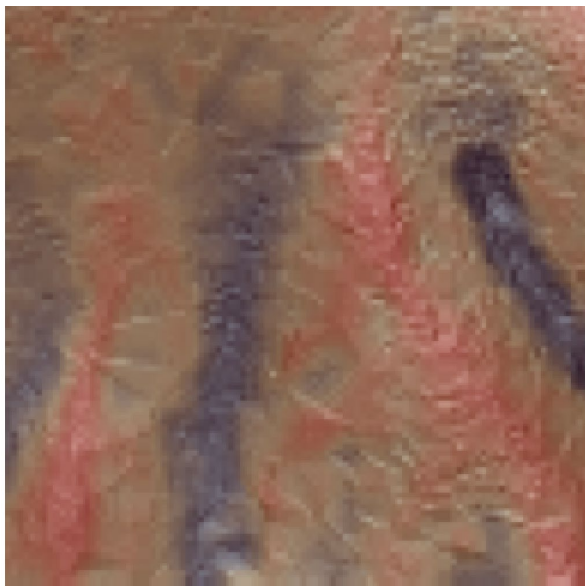
崩壊地教師データの作成（H30成果）



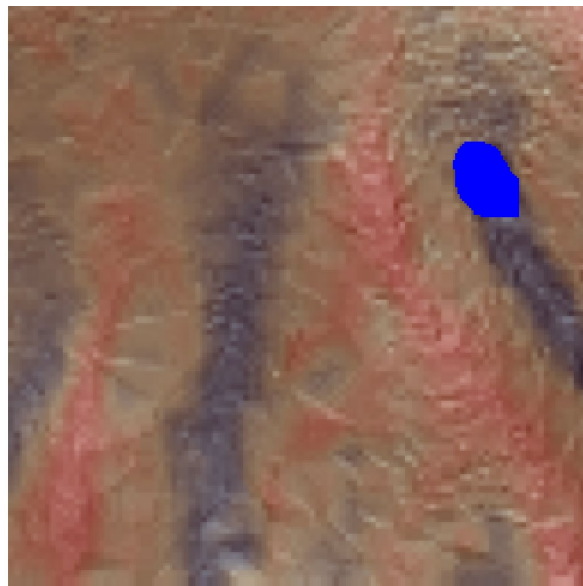
崩壊跡地形の抽出ルール

- (1) 植生高が低い
DSM-DEMが周辺より低い
- (2) 凹地形の上部にポイントを打点
- (3) CS立体図からの目視判読によりポリゴンを作成

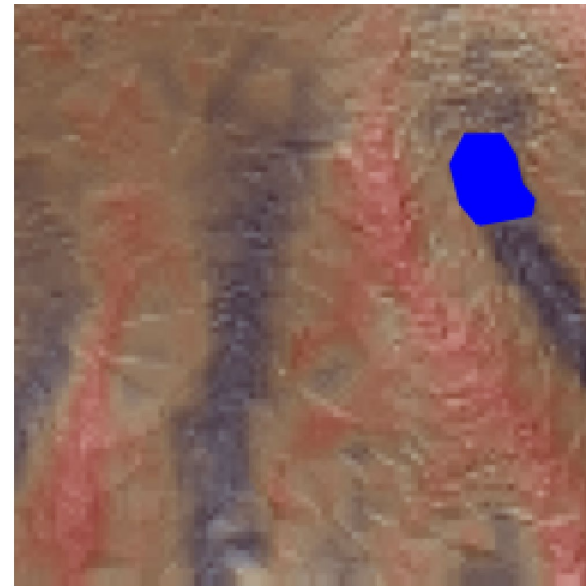
CS立体図



AIによる抽出



教師データ



CS立体図から自動判読

人間による目視判読

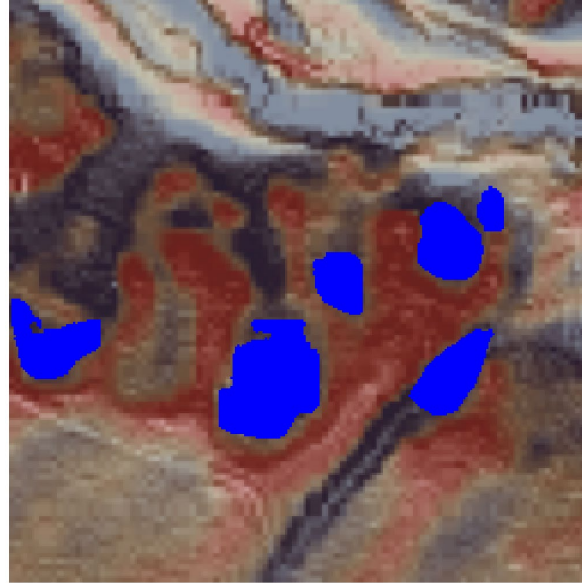
- ・植生高低い
- ・明瞭な凹地形

(解析: ノーザンシステムサービス)

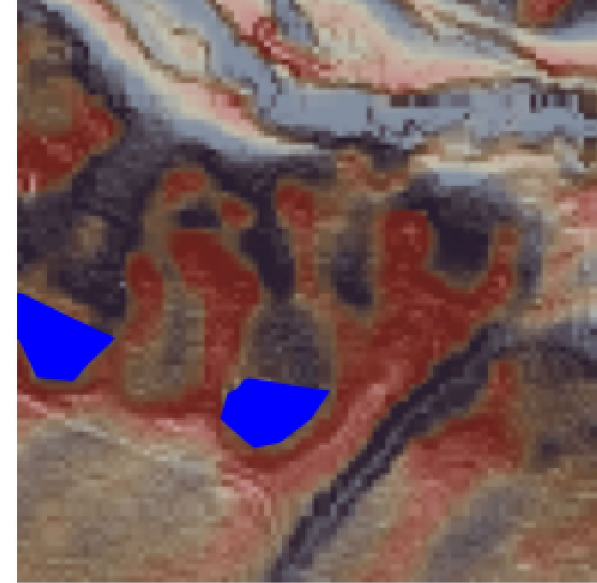
CS立体図



AIによる抽出



教師データ



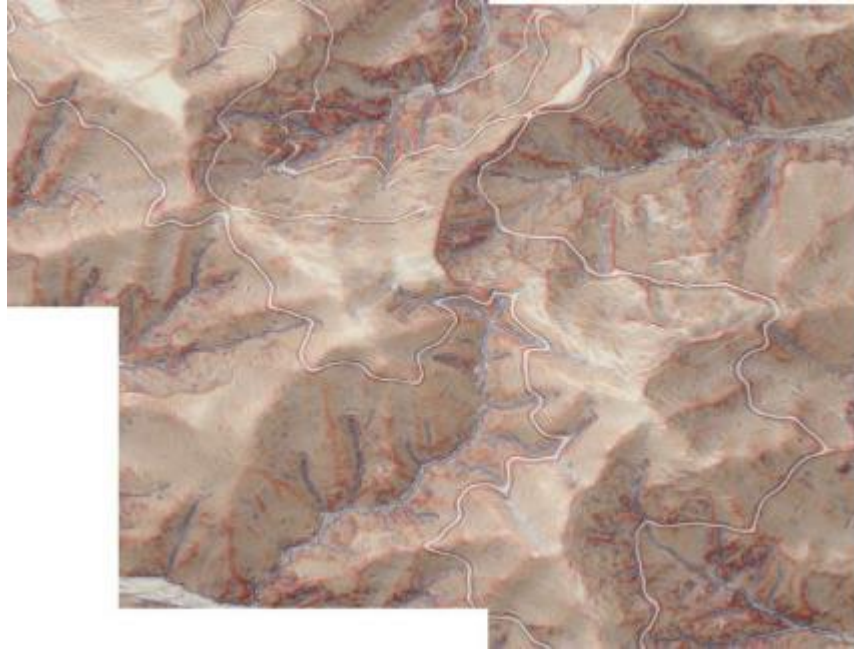
CS立体図から自動判読

人間による目視判読

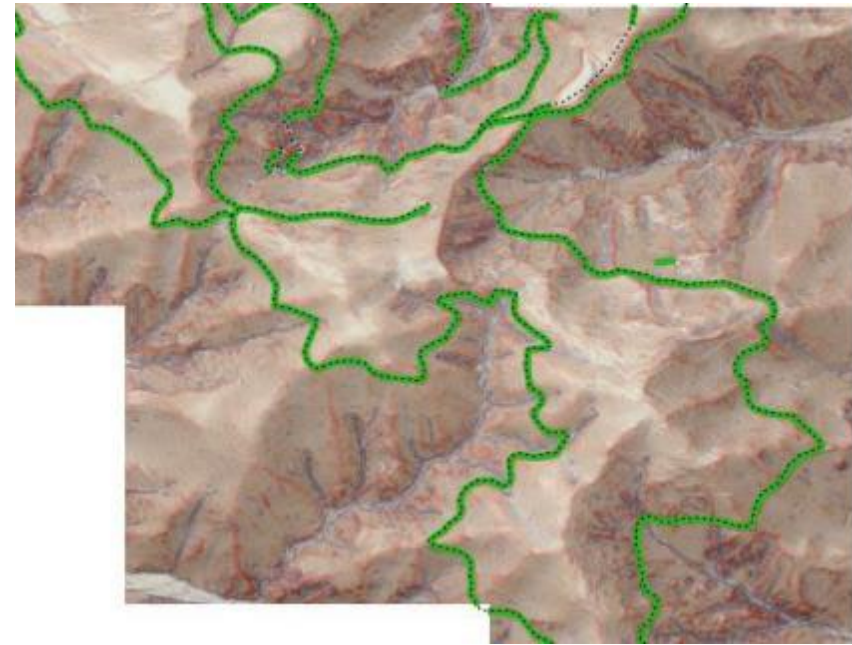
- ・植生高低い
- ・明瞭な凹地形

(解析: ノーザンシステムサービス)

AI解析による森林路網線形の自動判読



CS立体図（岐阜県）

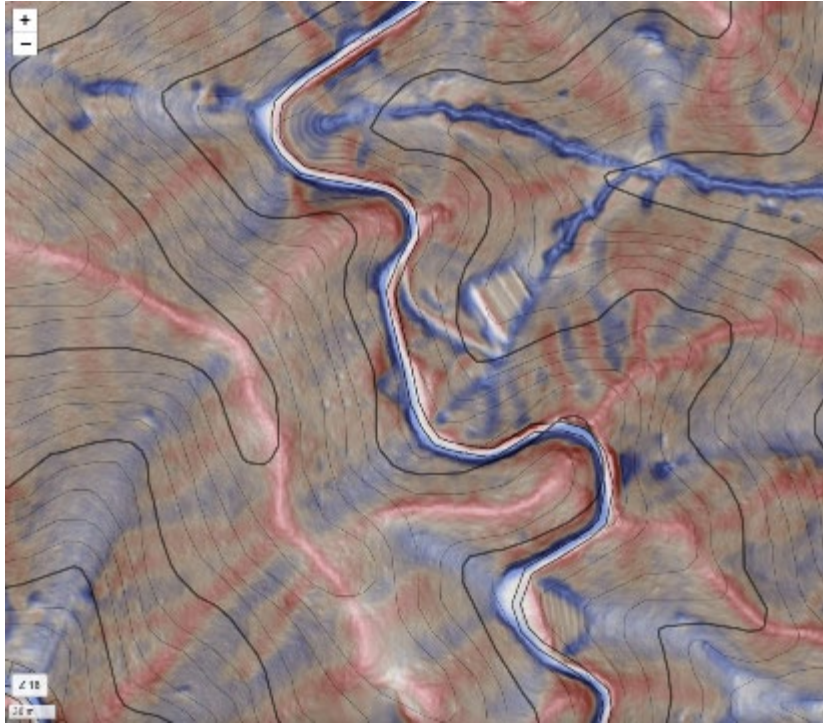


AI解析による森林路網の自動抽出
とベクトルデータ化

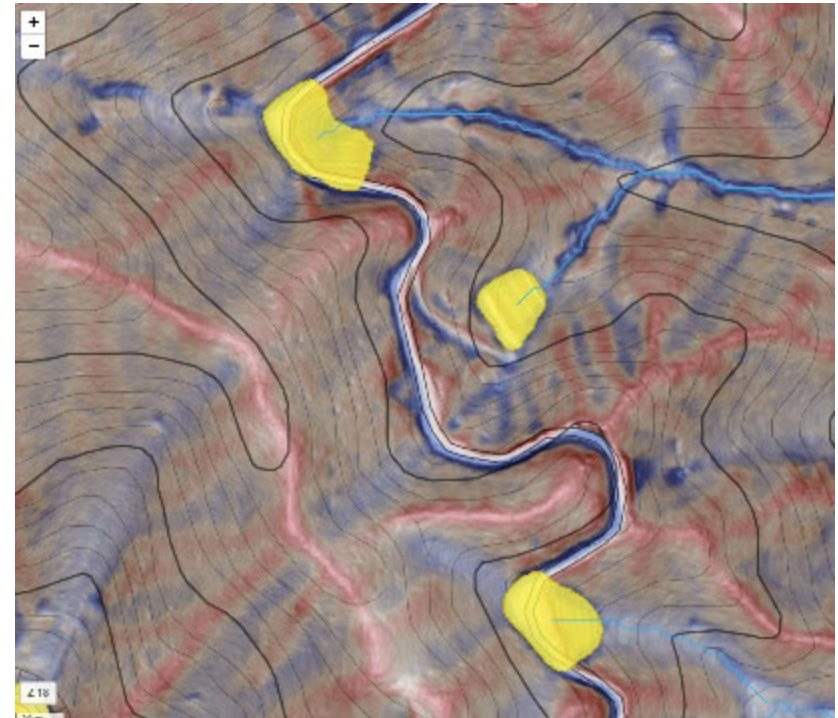
（解析：ノーザンシステムサービス）

教師データとして森林路網をAI学習させると、路網線形の自動抽出も可能

AI解析による盛土の自動判読



CS立体図



AI解析による盛土の自動抽出

(解析：ジオ・フォレスト)

4 おわりに

- ① 現場に行く前に、CS立体図を観て、なぜその様な形になったのか？ どのような地質構造か？ どんな災害の危険性があるか？ その他、気になる地形はあるか？ 考えてみてください。
- ② CS立体図以外の地図資料をできるだけ沢山集めて、見比べてください。例えば、空中写真(古いものから最新のものまで)、地質図、地すべり分布図、行政が公開しているハザードマップなどです。これらは、オープンデータとして公開されています。
- ③ いよいよ現地に行って答え合わせです。現地調査ではスマートフォンなどのモバイル端末で現在位置のCS立体図を確認してください。もしも、事前に考えた状態と、現地が異なっていたら、それは、あなたにとって1つ勉強になったということです。

**地形判読とは「地図を見ること」ではなく、
「地形ができた過程を推理すること」**

