

U-Netを用いたCS立体図からの盛土地形の自動抽出 — ENVI Deep Learning Moduleへの適用 —

(株) ジオ・フォレスト

代表取締役 戸田 堅一郎

経歴／会社概要

◇ ～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）
- ・ 研究職（林業総合センター）
山地防災に関する研究、**CS立体図**考案など

◇ 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



<https://gf17v.com/>

「ジオ・フォレスト」で検索



ENVIユーザーカンファレンスでの発表

◆ 2017年

「森林分野における リモートセンシング技術の活用」

https://nv5geospatialsoftware.co.jp/Portals/74/VIS_Japan/documents/3_ENVI2017_CaseStudy_Toda.pdf?ver=2017-11-09-141636-000&utm_source=chatgpt.com

◆ 2022年

「CS立体図とENVI Deep Learning Moduleを利用した森林路網抽出の試み」

<https://gf17v.com/wp-content/uploads/2022/10/2022ENVI%E3%82%AB%E3%83%B3%E3%83%95%E3%82%A1%E3%83%AC%E3%83%B3%E3%82%B9%E3%82%B9%E3%82%B9%E6%88%B8%E7%94%B0%E3%82%B9%E3%82%B9%E3%82%B9.pdf>

◇ 2026年 (今回)

「U-Netを用いたCS立体図からの盛土地形の自動抽出
— ENVI Deep Learning Moduleへの適用 —」

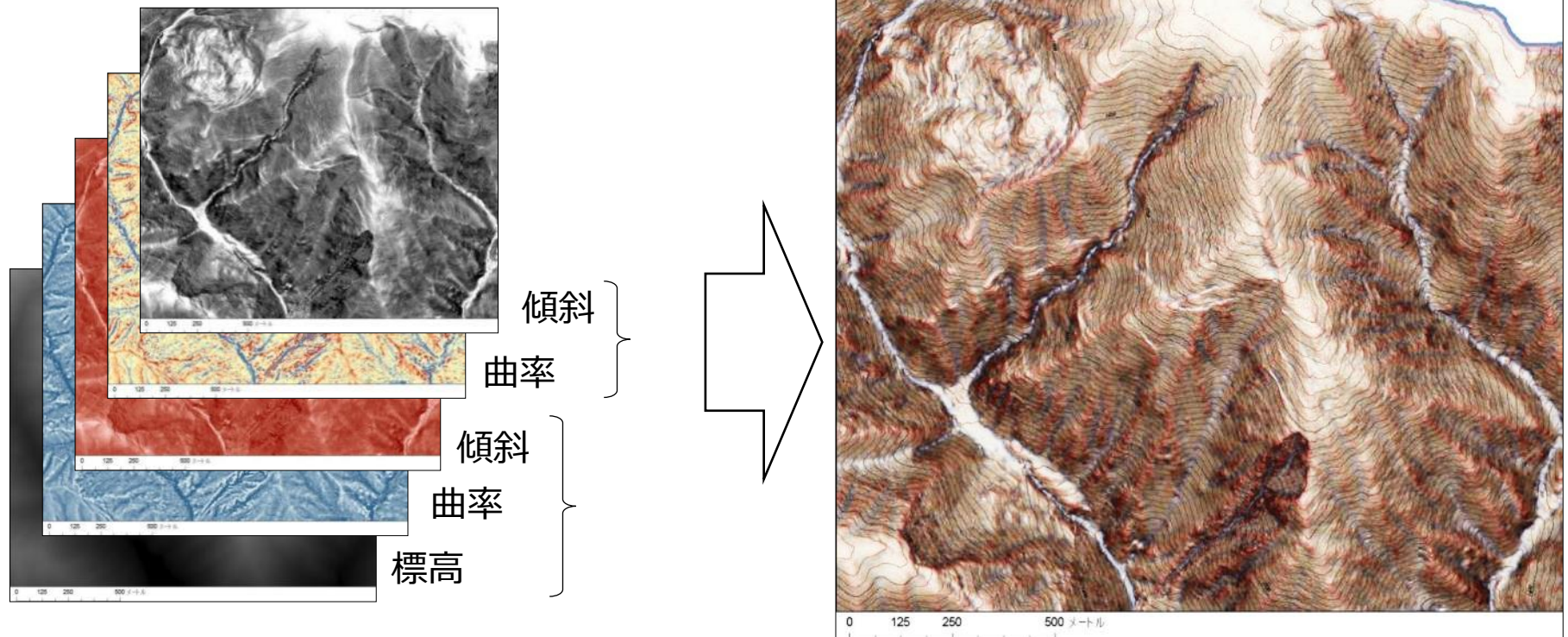
過去の発表内容



CS立体図とは

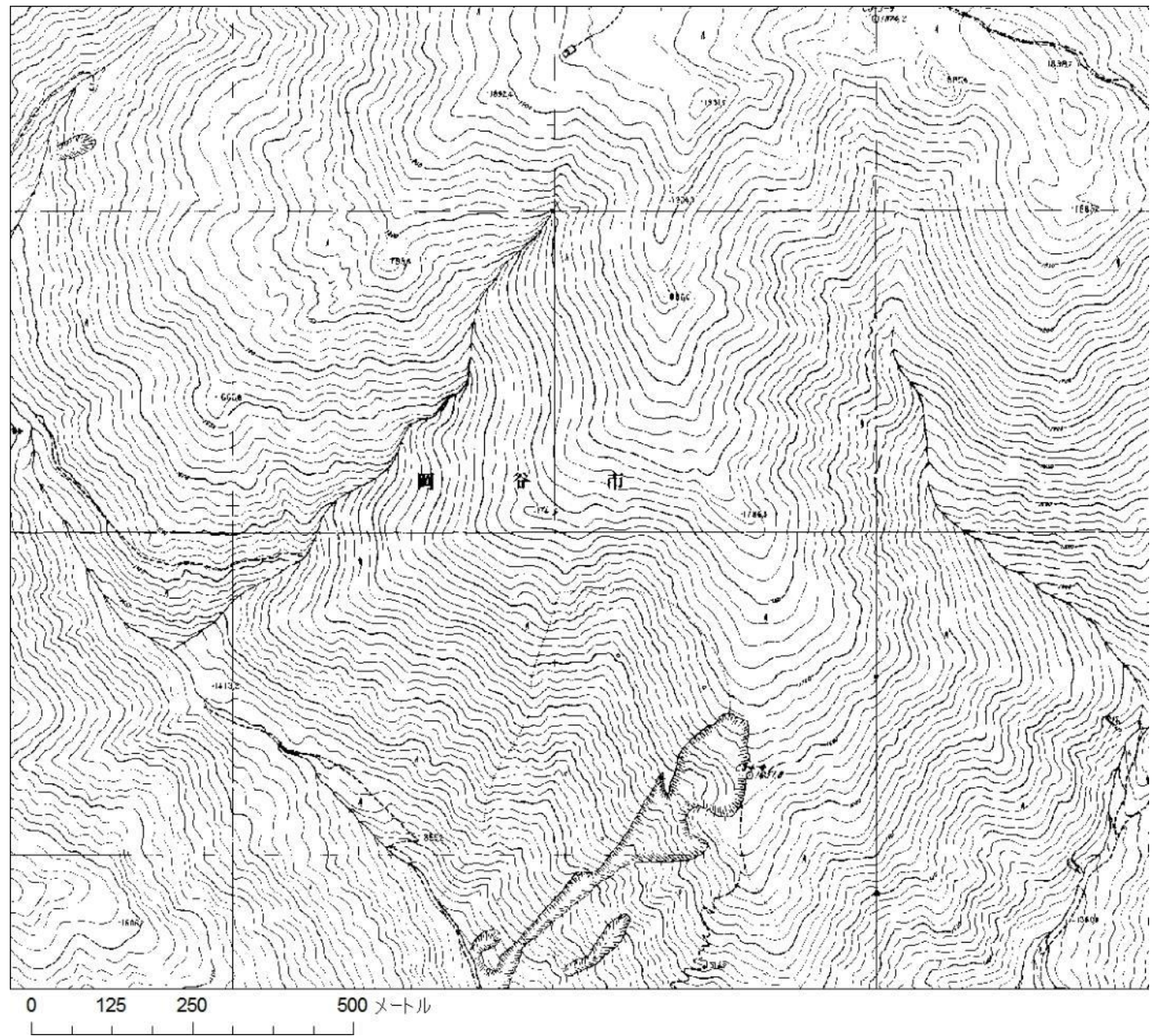
「標高」「傾斜」「曲率」の3つの情報に色を付け、重ねて透過処理することで立体表現した図法

[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)



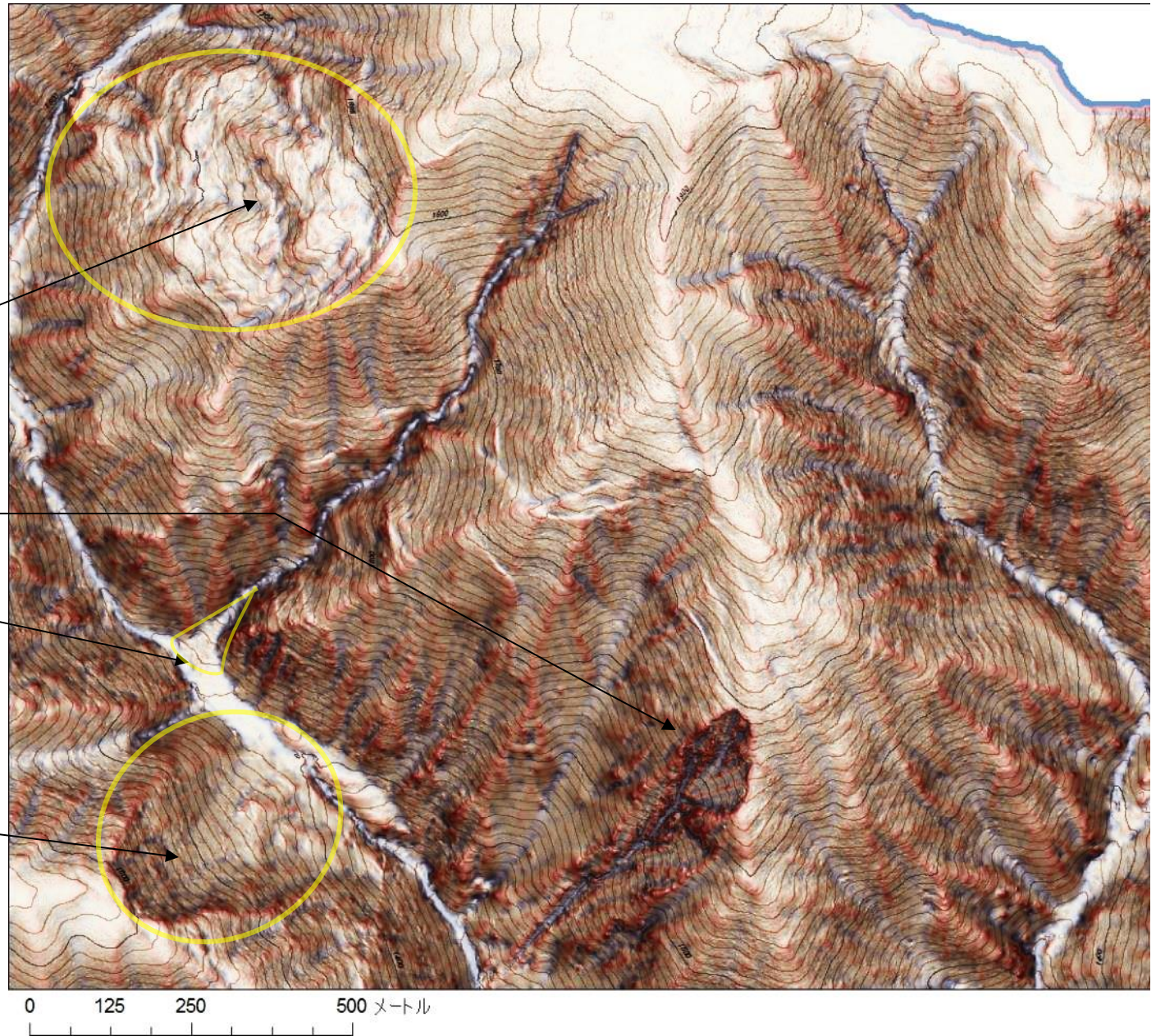
CS立体図

地すべり

崩壊地

沖積錐

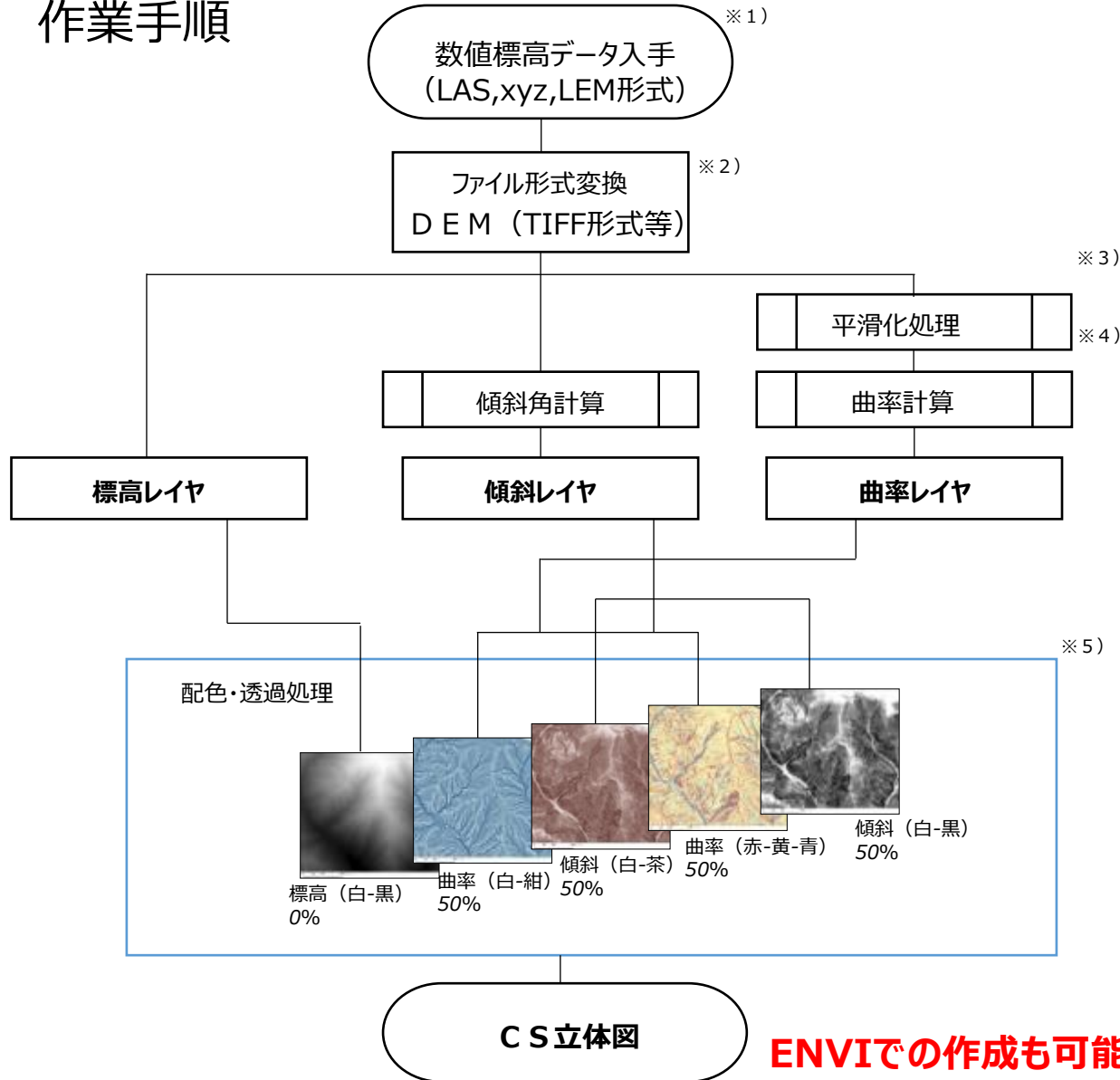
深層崩壊跡



C S 立体図の作成方法

論文により公開

作業手順



【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、5 mメッシュ、1 0 m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。

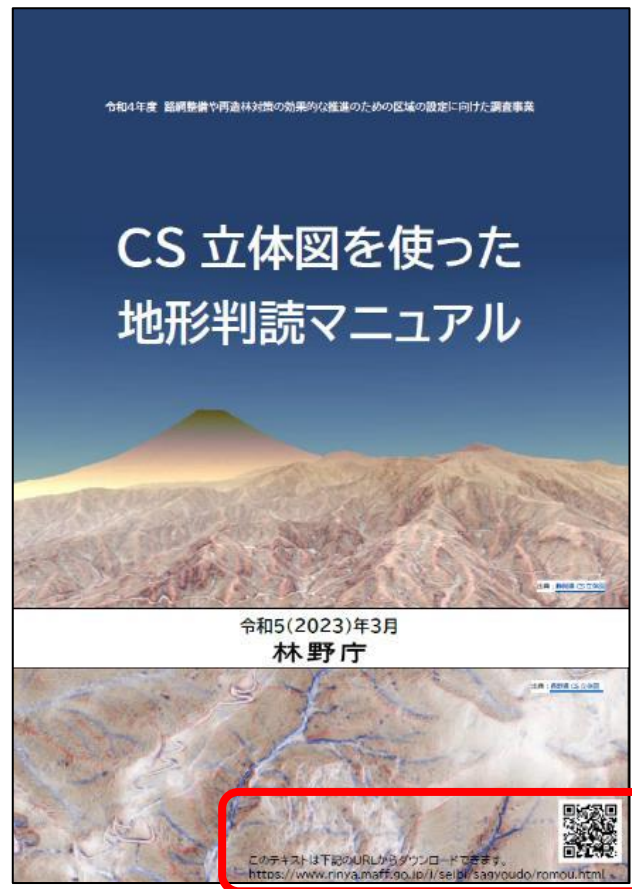
※5) 配色・透過処理

・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。

ENVIでの作成も可能

参考文献

- ・「CS立体図を使った地形判読マニュアル」 林野庁 2023.9
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/seibi/sagyoudo/romou.html>



←こちらからダウンロードできます

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 提供 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

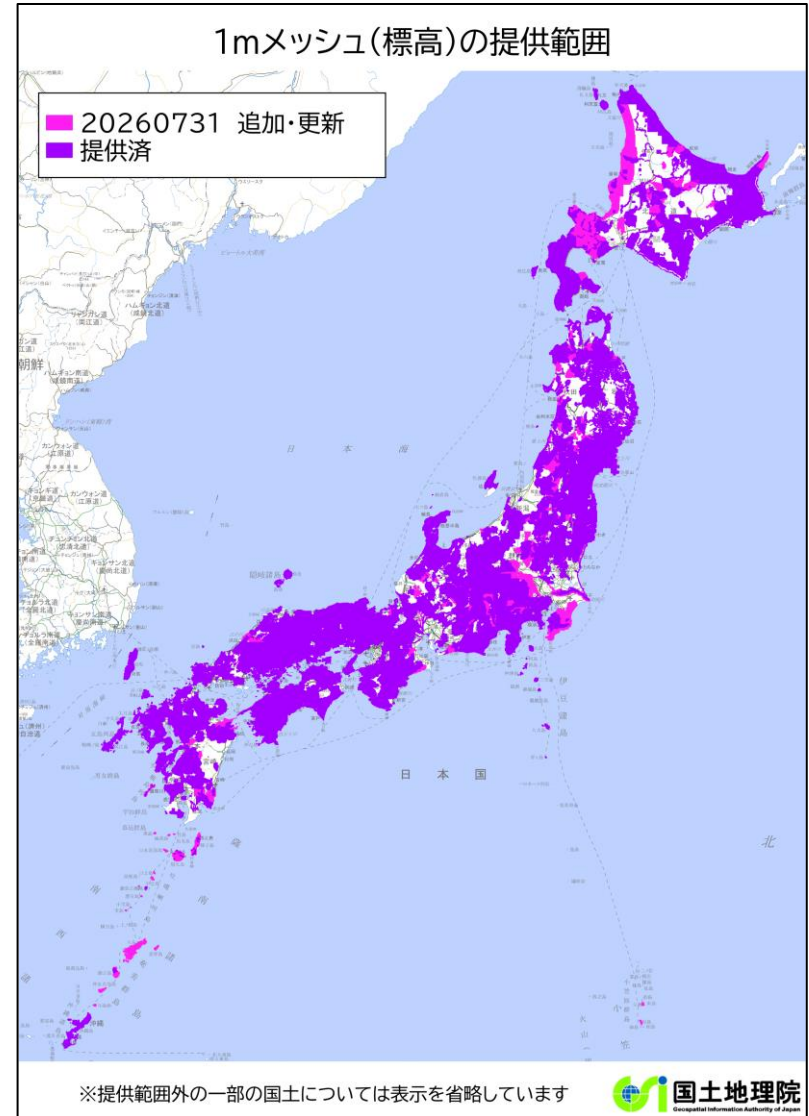
国土地理院では、国土強靱化に関する施策の一環として、航空レーザ測量による高精度標高データの整備を進めており、「基盤地図情報(数値標高モデル)」及び「点群データ」として提供をしています。

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>

<https://qchizu.jp/>

Topographic map of the Mount Fuji area. The map shows the mountain's profile with contour lines indicating elevation. Key locations labeled include Fuji City (富士市), Gotemba (御殿場), and Lake Kawaguchi (湖川). The map also shows the Fuji Five Lakes (富士五湖) and the Fuji Five Lakes National Park (富士五湖国立公園). The map includes a scale bar and a north arrow.

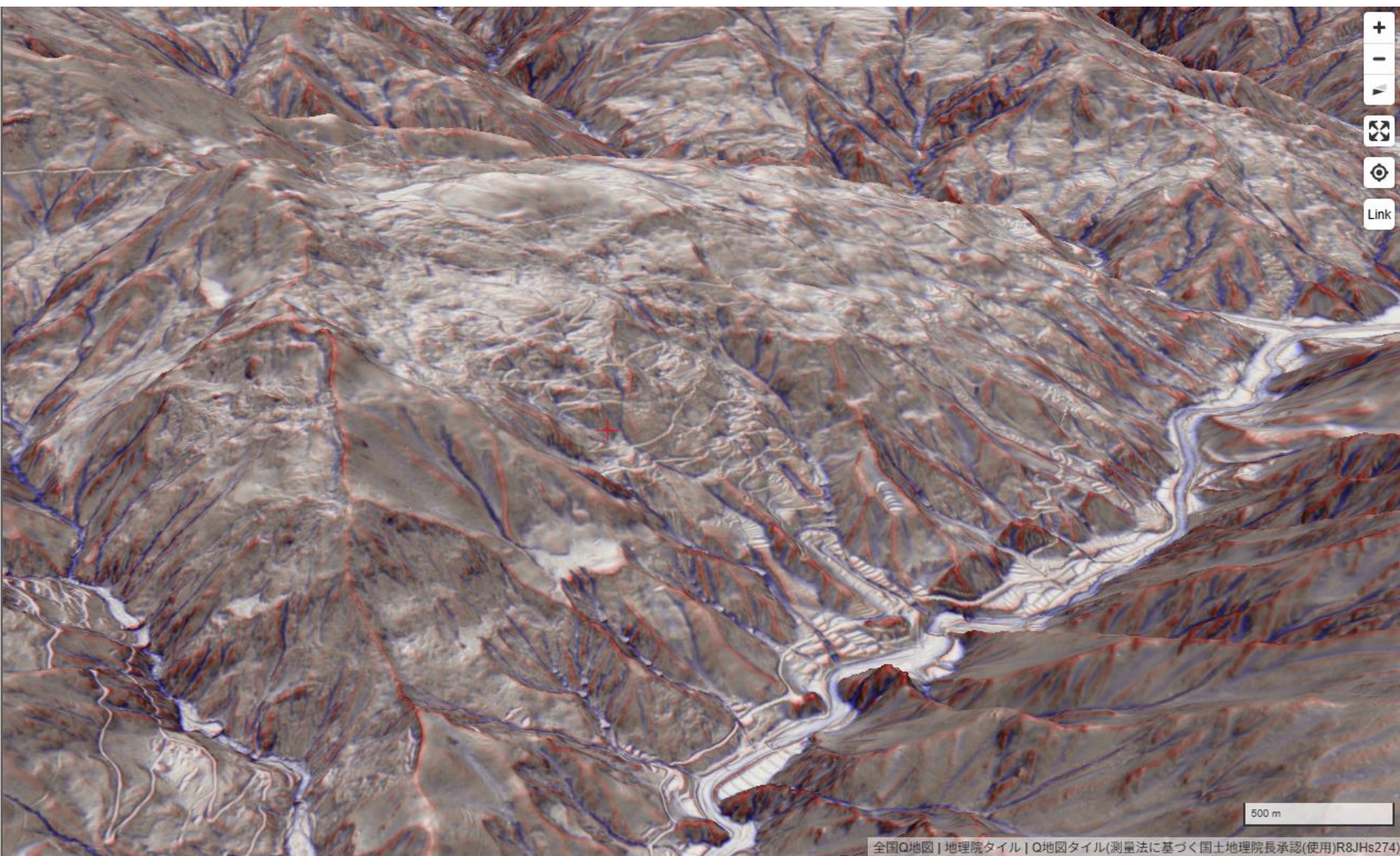
The screenshot shows the MapLibre web application interface. On the left is a sidebar with the following sections:

- 開く** (Open)
- ベースマップ** (Base Map): Includes buttons for **標準** (Standard), **淡色** (Light), and **写真** (Satellite).
- 標高データ** (Elevation Data): Includes a dropdown for **標高スタイル (DEM 1A)** and a checkbox for **DEMの等高線に反映** (Reflect in DEM contour lines).
- レイヤ** (Layers):
 - 写真** (Photos):
 - DEM地形表示** (DEM Topography Display):
 - ☐ 単色立体地形 (Monochrome 3D Topography)
 - ☐ MNT単色立体地形 (MNT Monochrome 3D Topography)
 - ☒ CS立体地形 (CS 3D Topography)
 - ☐ CTマップ (CT Map)
 - ☐ 段高図 (Step Height Map)
 - ☐ 斜度(傾斜率)図 (Slope Map)
 - ☐ 陰影図 (Shading Map)
 - ☐ 傾斜区分図 (Slope Classification Map)
 - ☐ 等高線 (Contour Lines)
 - 配置** (Layout)
 - その他** (Others)
- 選択中のレイヤ** (Selected Layer):
 - ☒ CS立体地形 (CS 3D Topography)
- 地形の立体表示** (3D Topography Display):
 - ☒ 立体表示(1階) (3D Display (1st))

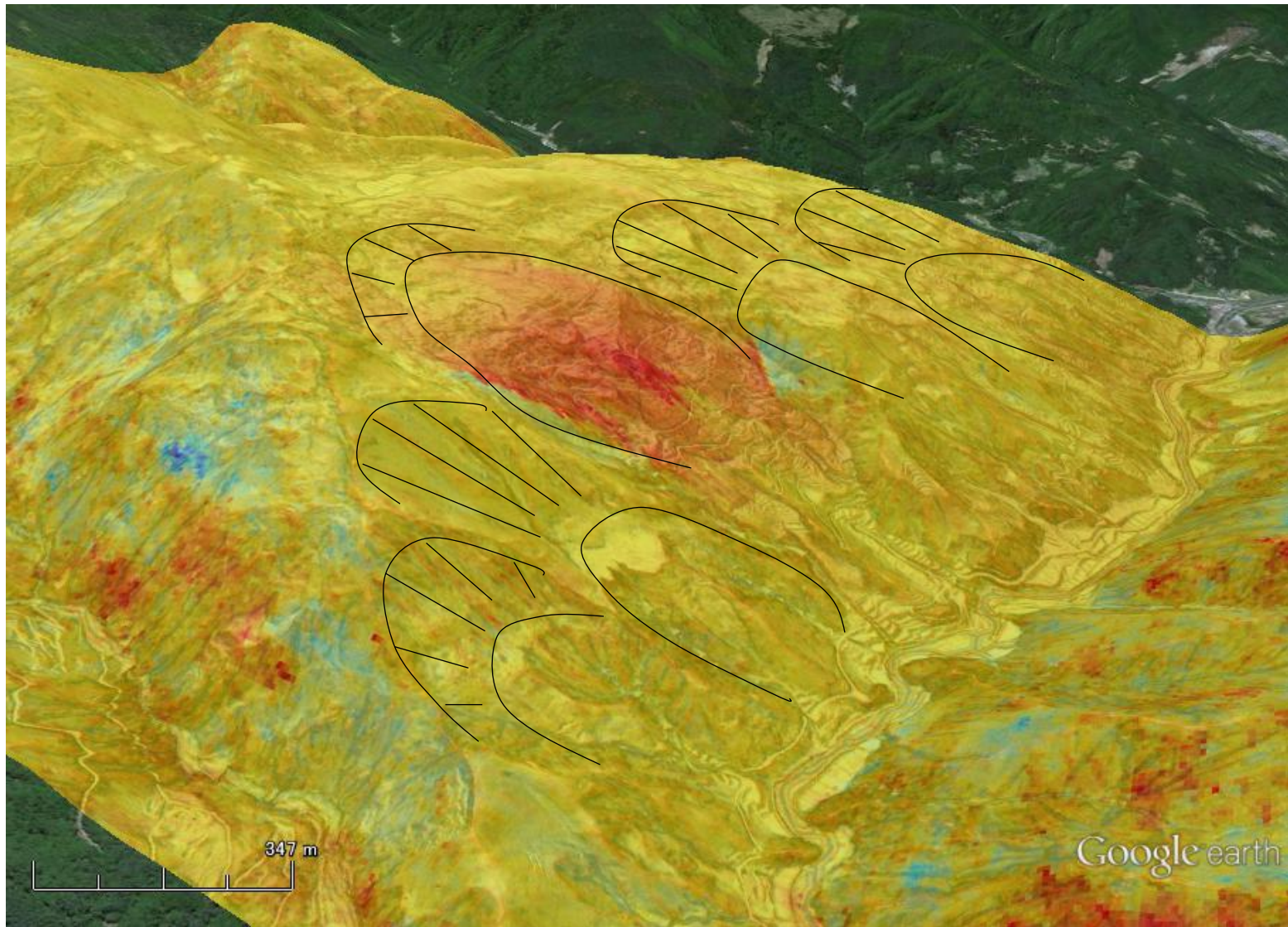
The main map area displays a 3D topographic model of a mountainous region. The terrain is rendered in shades of brown and tan, with a river valley visible. The sky is blue. On the right side of the map, there are navigation controls including a zoom in (+) button, a zoom out (-) button, a home button, and a full screen button. At the bottom right, there is a scale bar and a coordinate readout.

11

CS立体図による地すべり地形の表現

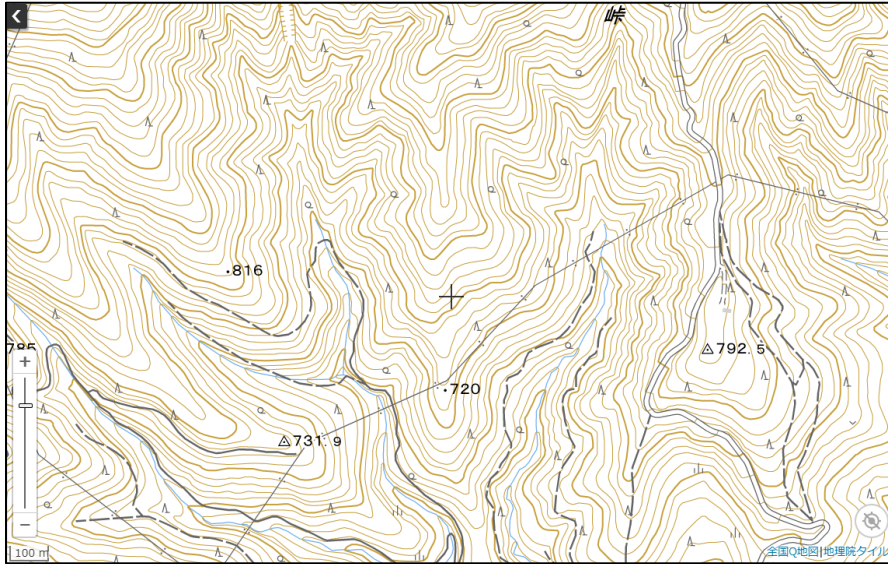


CS立体図では、地すべり地形の判読が容易になったが、滑動しているかどうかはわからない

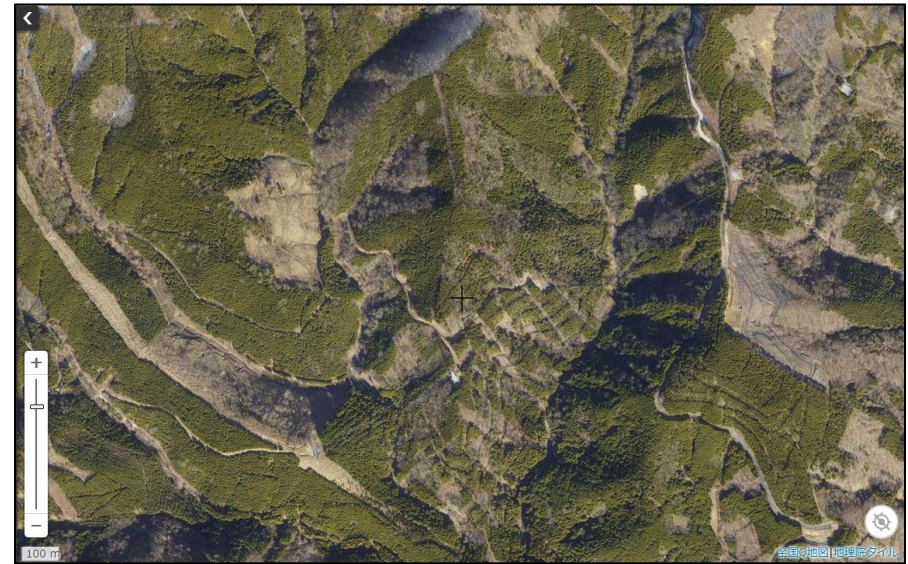


C S 立体図と干渉SAR解析を重ねて表示することにより、滑動している危険な地すべりを抽出することができる

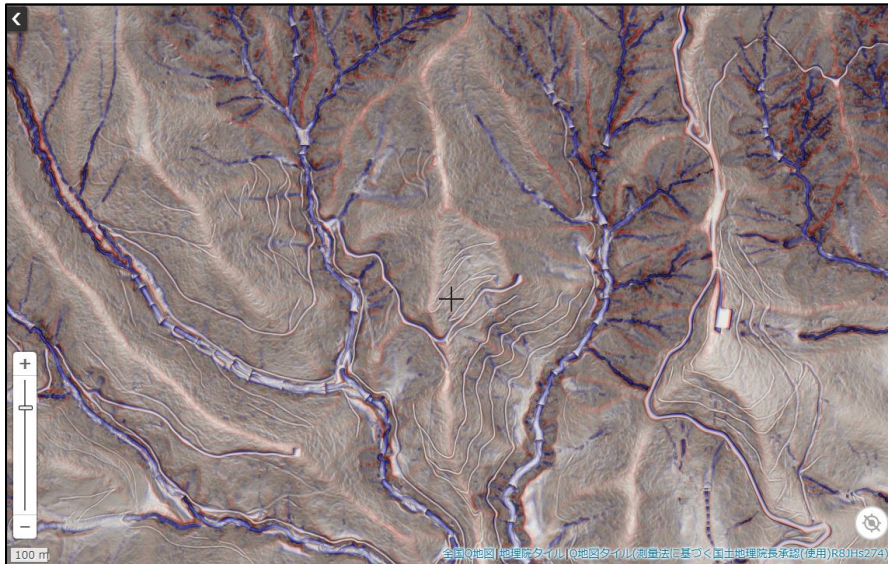
CS立体図による人工改変地形の判読



地理院地図（等高線による地形図）

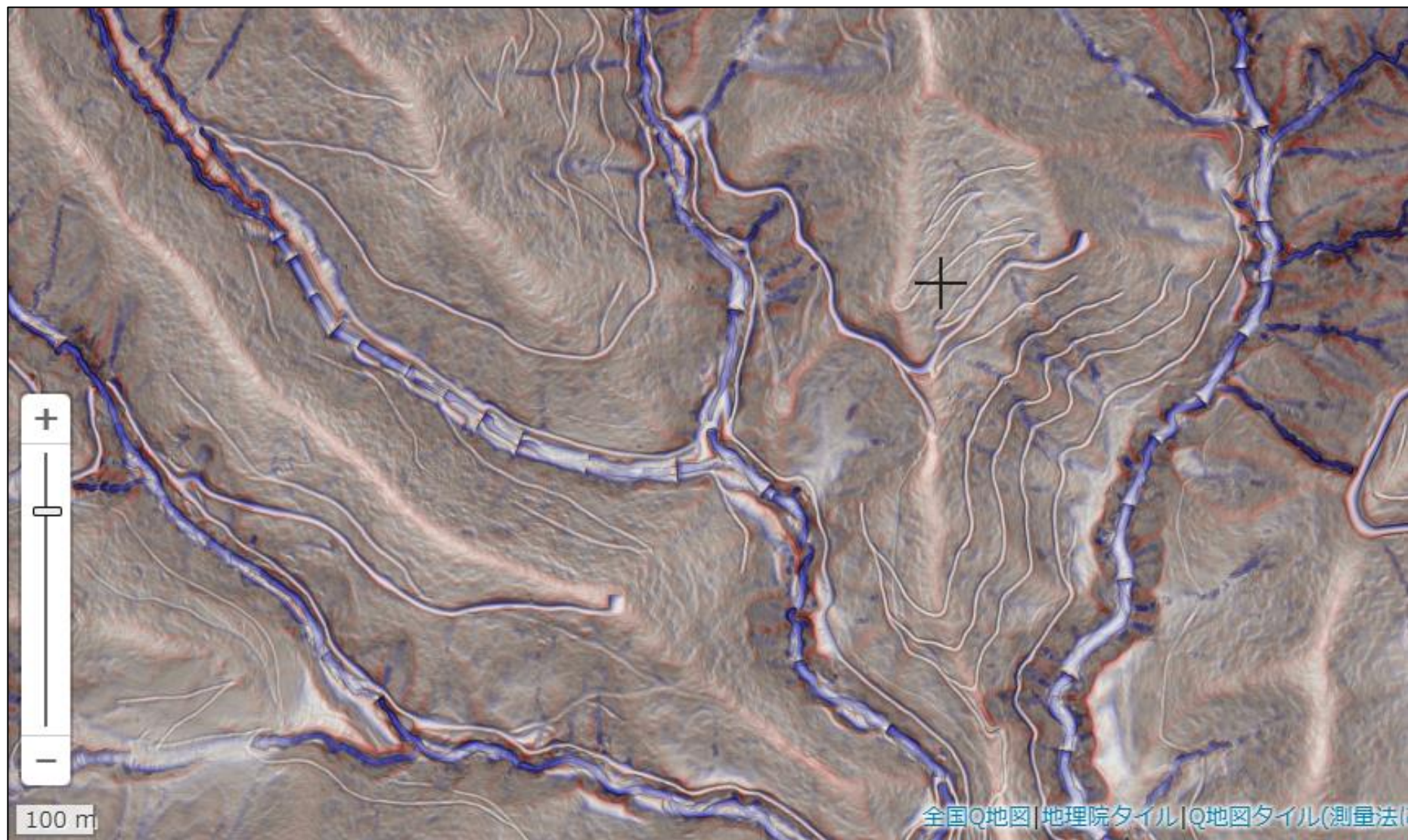


空中写真



CS立体図

- ・ 地理院地図には森林路網や治山ダムの正確な位置は掲載されていない場合がある
- ・ 空中写真では、樹木下の微地形の判読は困難



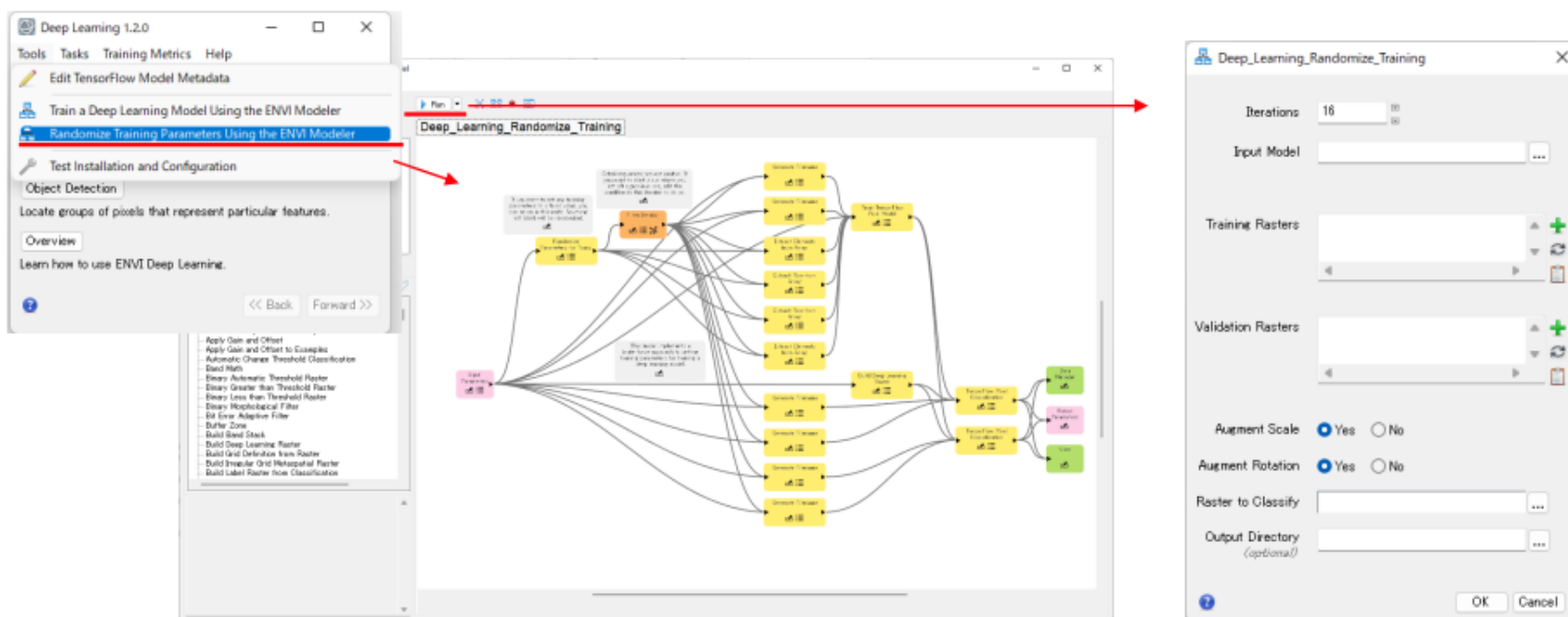
CS立体図（拡大）

CS立体図では、樹木下の微地形や森林路網、治山ダム等も明瞭に判読できる

ENVI Deep Learningの補助ツール

- Randomize Training Parameters Using the ENVI Modeler

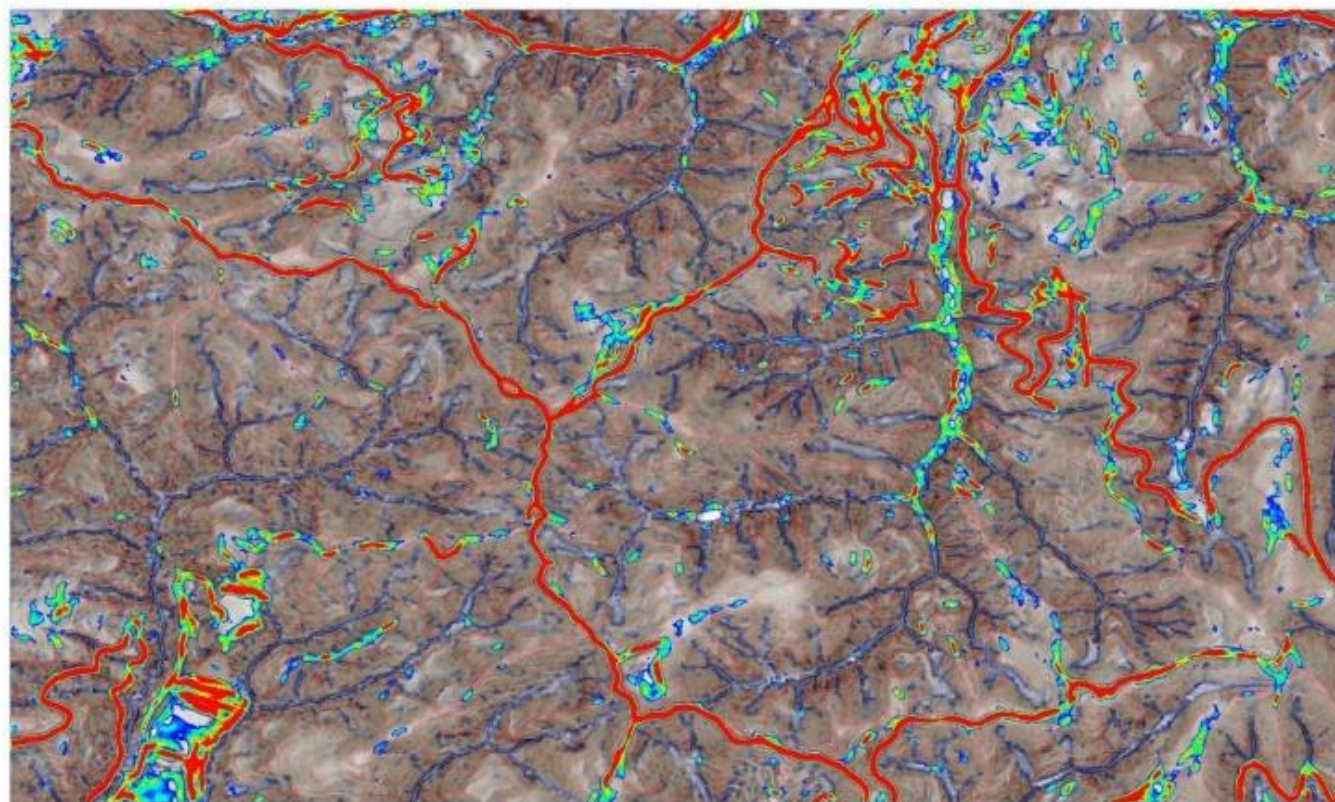
- 最適なパラメータを探すためのツール
- Iteratorで設定した回数分モデルのトレーニングを行う(パラメータはランダム化されたものを使用)。その回数分、モデルと分類結果の出力ファイルが作成される。
- 新規モデル、ラベルラスタを準備することで実行可能
- Runボタンをクリックすると設定ウィンドウが起動



ENVI Deep Learningでの路網抽出結果1

- 表示データ

- Activation(確率)ファイル: ColorSliceを適用。路網である確率が高い(1.0に近い)数値を持つピクセルは赤い色で表示。

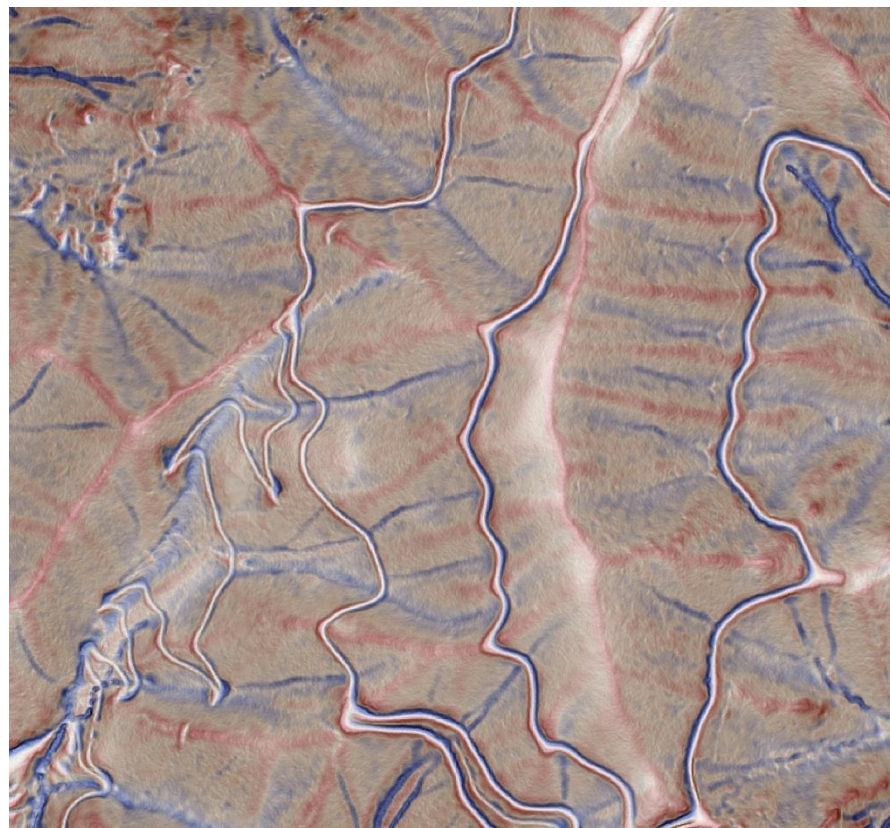


0~1の確率

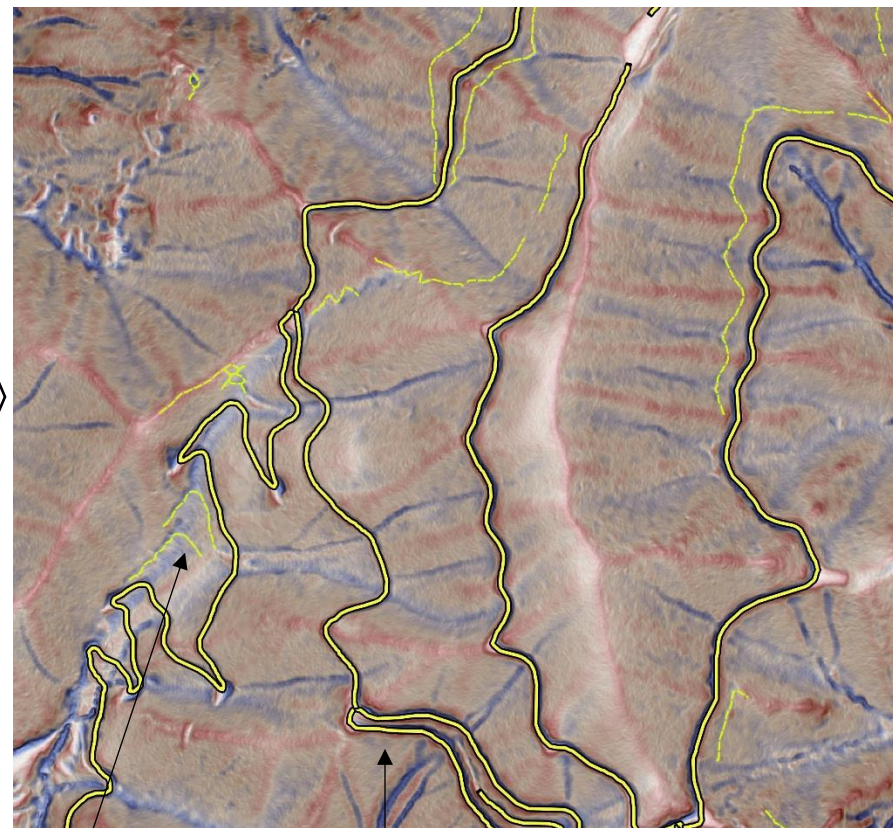
■Background	
■0.000094 to 0.042801	
■0.042801 to 0.085508	
■0.085508 to 0.128215	
■0.128215 to 0.170922	
■0.170922 to 0.213629	
■0.213629 to 0.256336	
■0.256336 to 0.299043	
■0.299043 to 0.34175	
■0.34175 to 0.384457	
■0.384457 to 0.427164	
■0.427164 to 0.469871	
■0.469871 to 0.512578	
■0.512578 to 0.555285	
■0.555285 to 0.597992	
■0.597992 to 0.640699	
■0.640699 to 0.683406	

(2022年発表資料より)

AI (U-Net) による森林路網の抽出



CS立体図



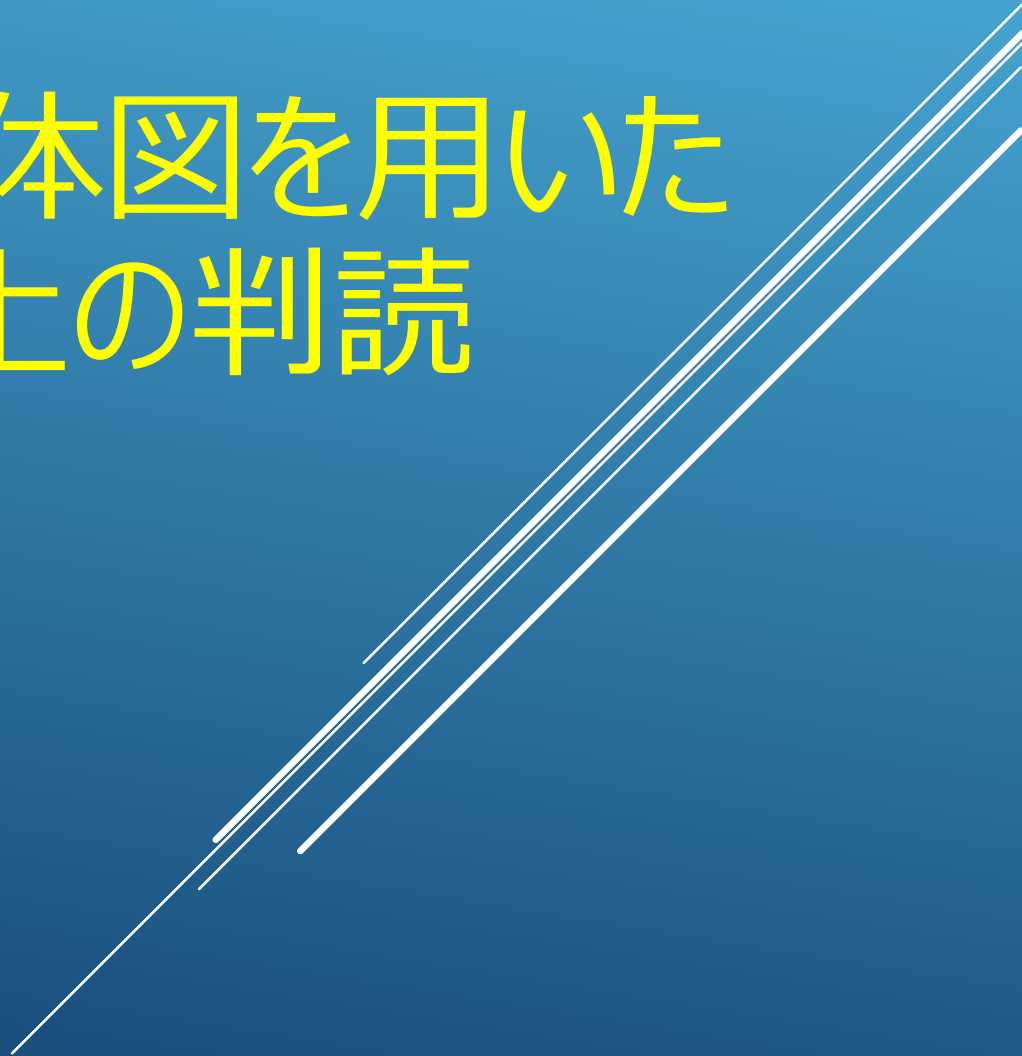
AIによる路網抽出

歩道

林道・森林作業道

その後、教師データの改良などにより路網抽出精度を向上 (2026年現在)

C S 立体図を用いた 盛土の判読



- 令和3年（2021年）静岡県熱海市の盛土崩壊災害

危険な盛土等※による被害が各地で発生しています!

※「盛土等」とは、一定規模以上の盛土や切土、土砂の仮置きをいいます。（詳しくは3ページをご確認ください。）

令和3年7月、静岡県熱海市で大雨に伴い盛土が崩落し、大規模な土石流が発生したことにより、甚大な人的・物的被害が生じました。



R3.7 静岡県熱海市 死者28名、住宅被害98棟



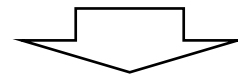
▶この他にも、盛土等の崩落による被害が各地で発生しています!



廃棄された土砂の崩落により
死者1名、重傷者1名
住宅被害1棟



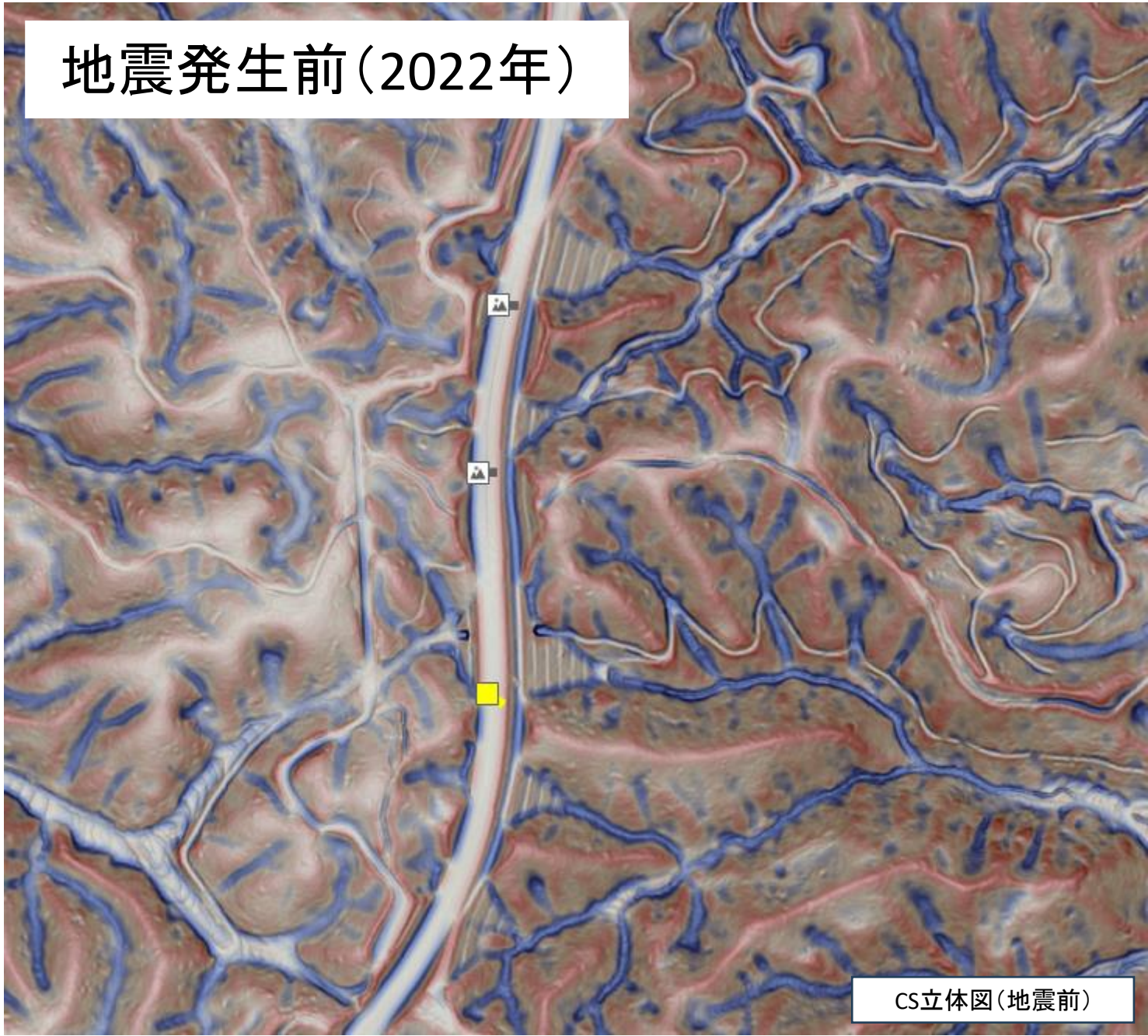
廃棄された土砂の崩落により
軽傷者1名、県道通行止め



- 令和5年（2023年）盛土規制法 施行
（民間事業による盛土の規制強化）

令和6年能登半島地震での盛土崩壊事例

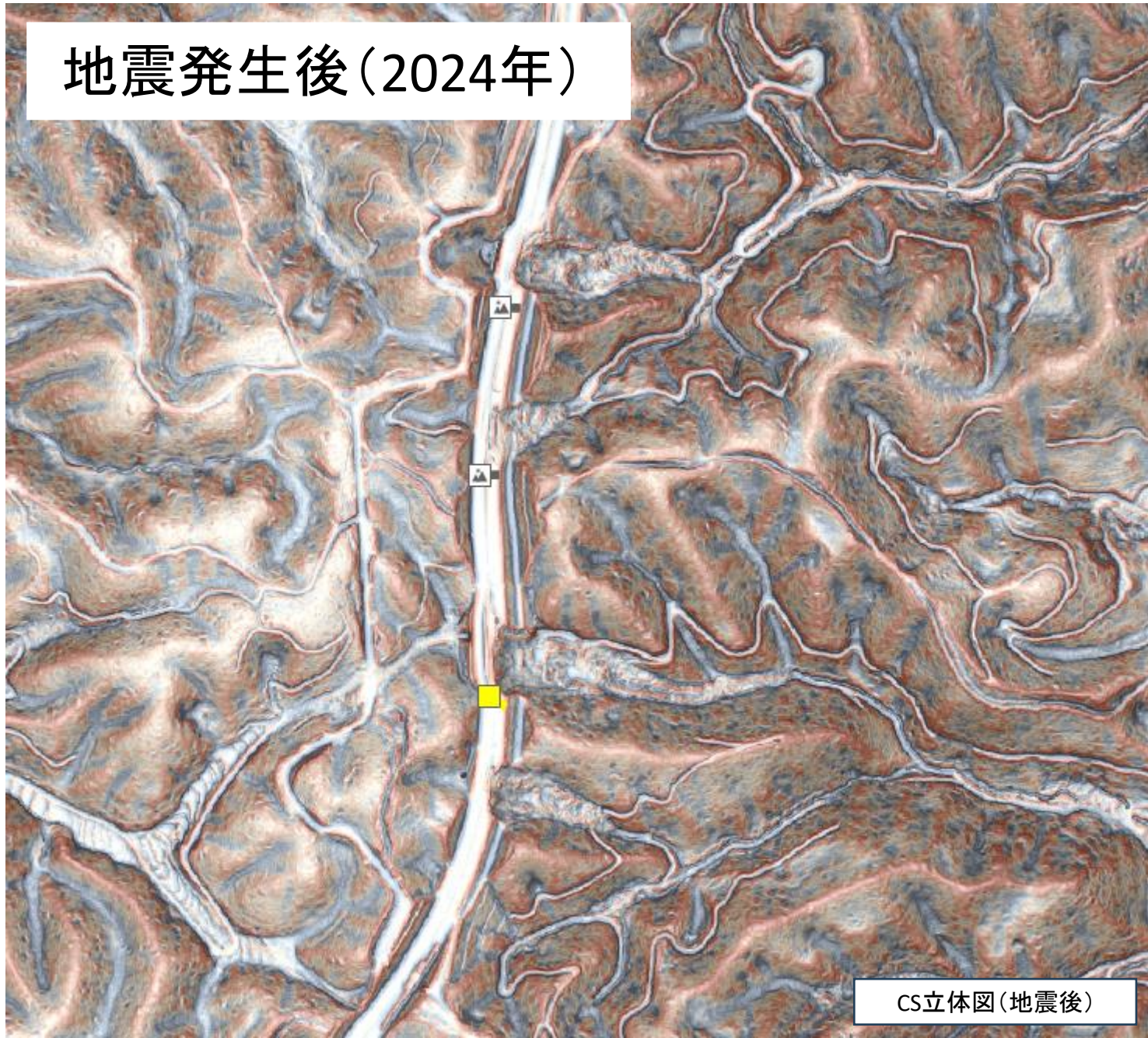
地震発生前(2022年)



CS立体図(地震前)

令和6年能登半島地震での盛土崩壊事例

地震発生後(2024年)



CS立体図(地震後)

令和6年能登半島地震での盛土崩壊事例

地震発生後(2024年)

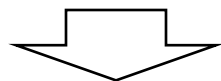


写真は2024年4月に撮影

道路等の公共事業による盛土は、盛土規制法の
適用外

しかし

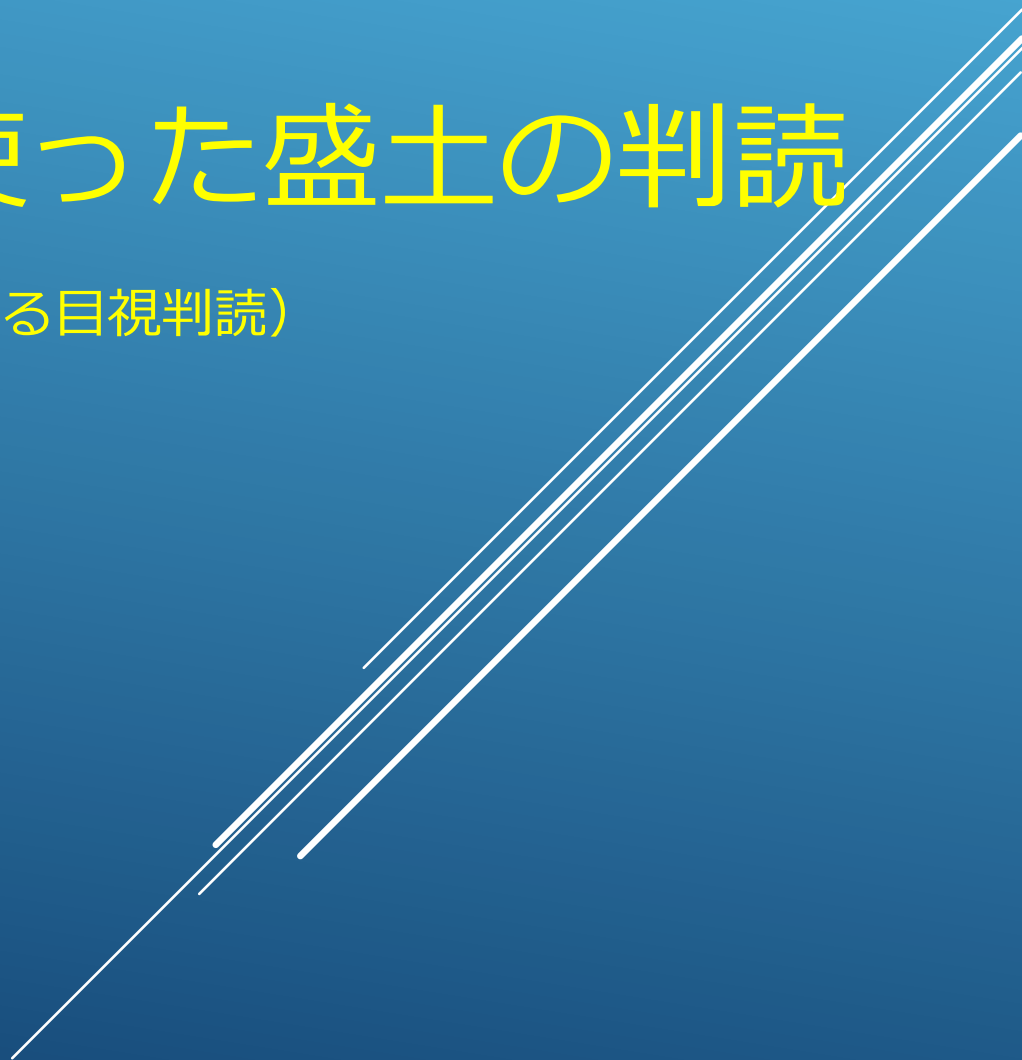
施設管理者には、施設の点検・維持管理を適切
に行う義務がある



行政による既存盛土の総点検を実施

CS立体図を使った盛土の判読

(人間による目視判読)

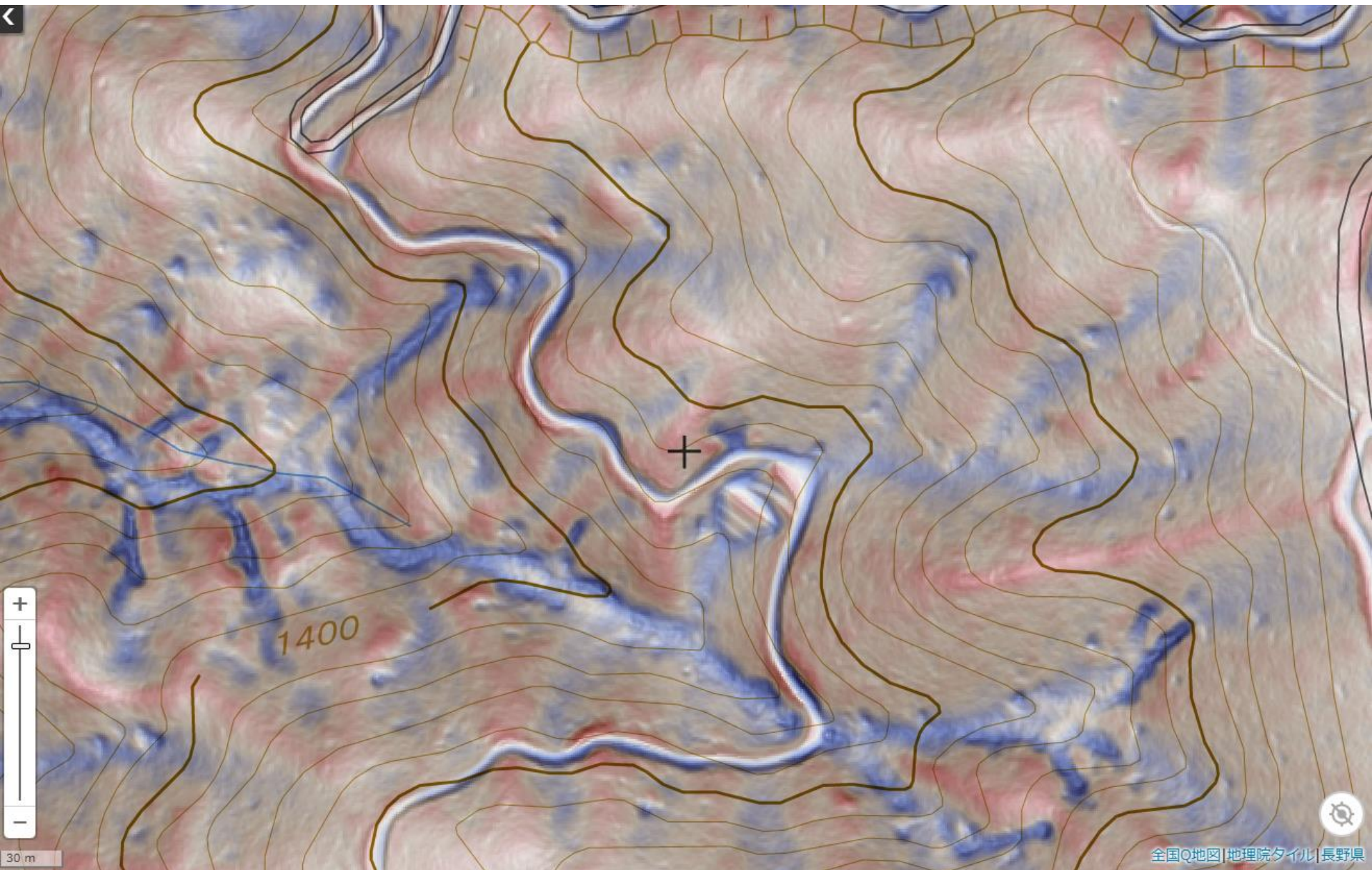


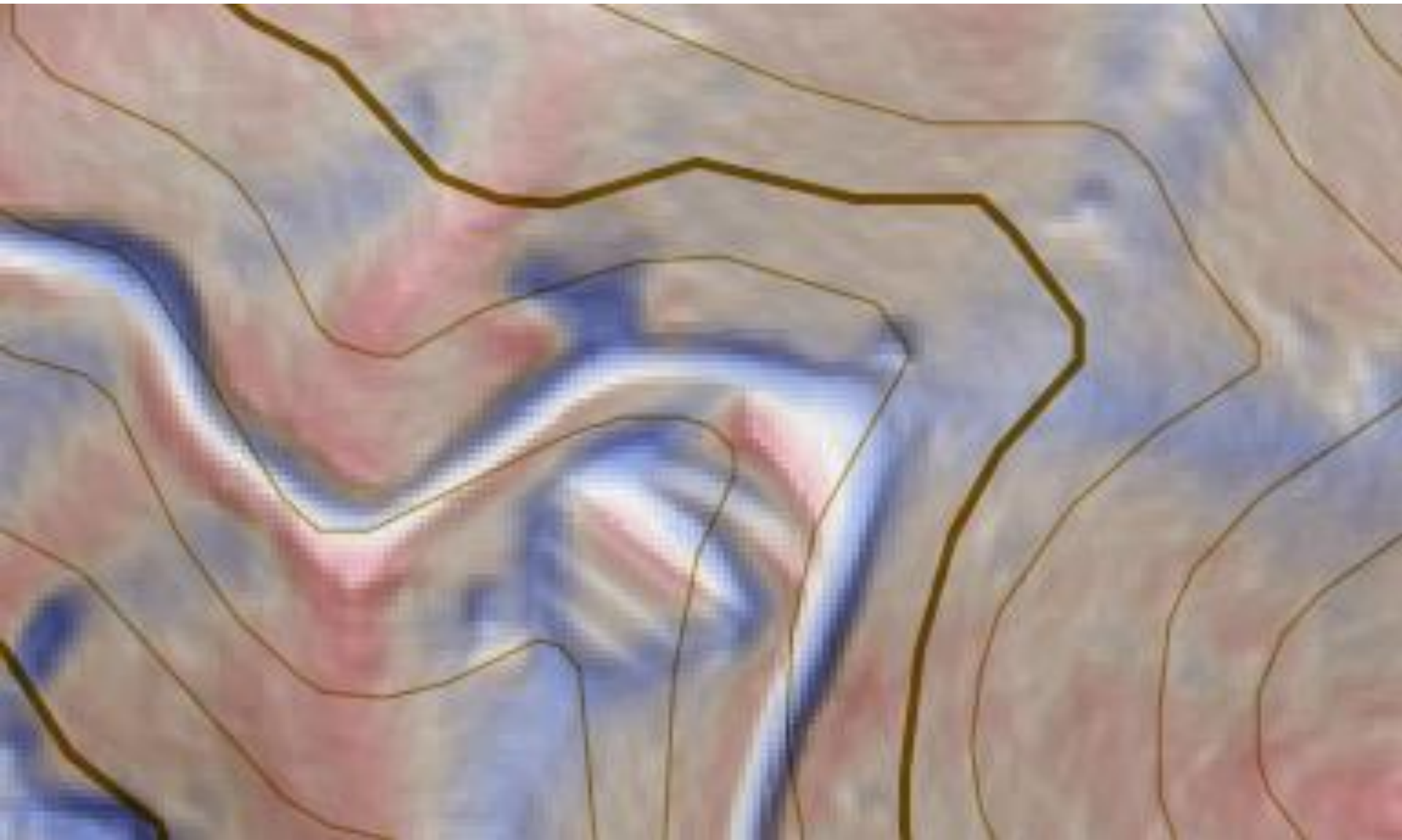
事例 1

現在の空中写真

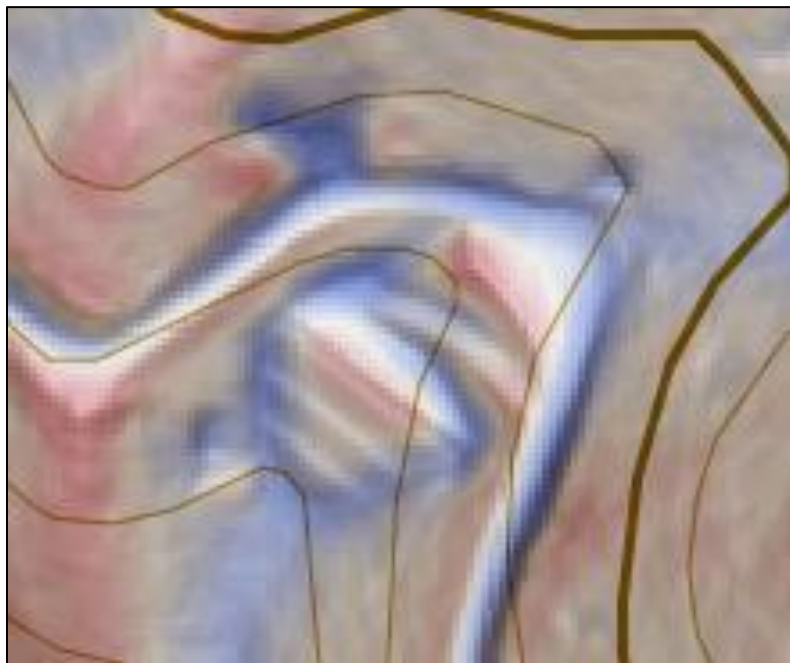
(地理院シームレス写真)



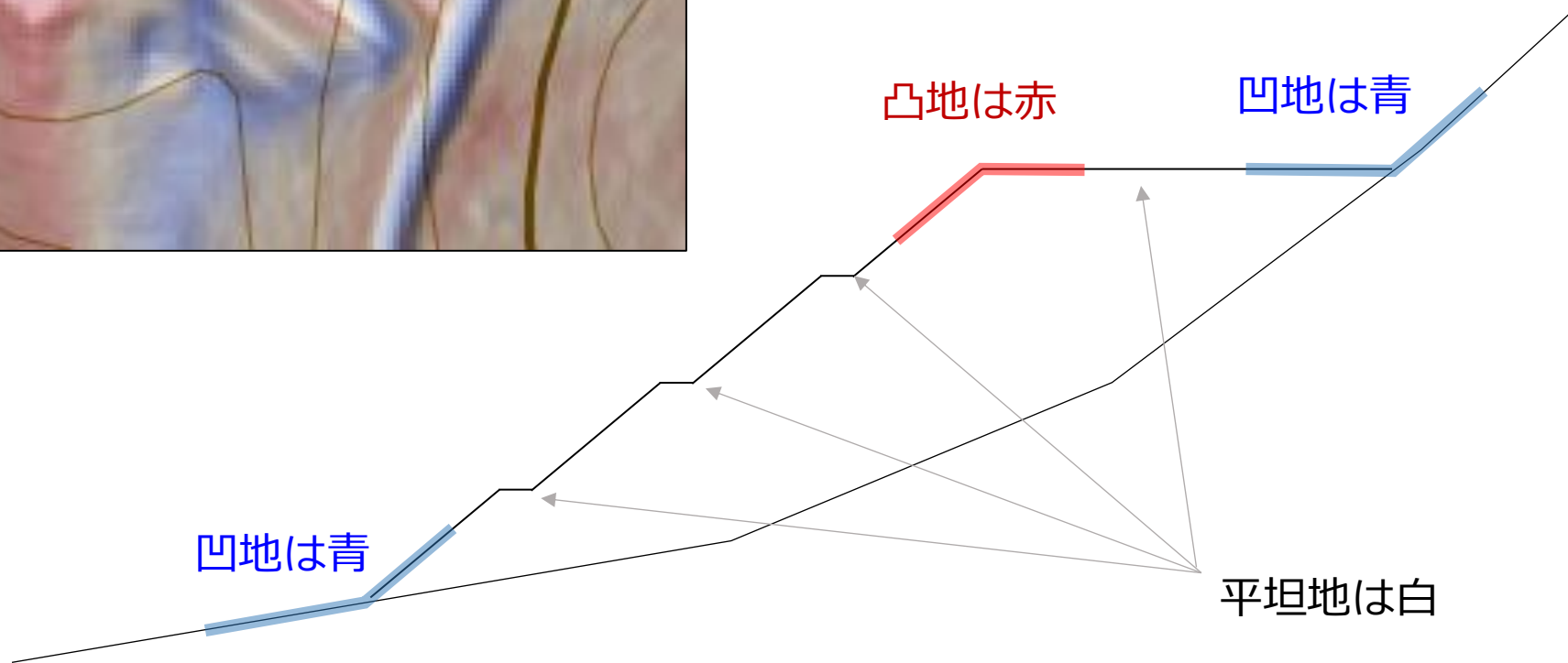


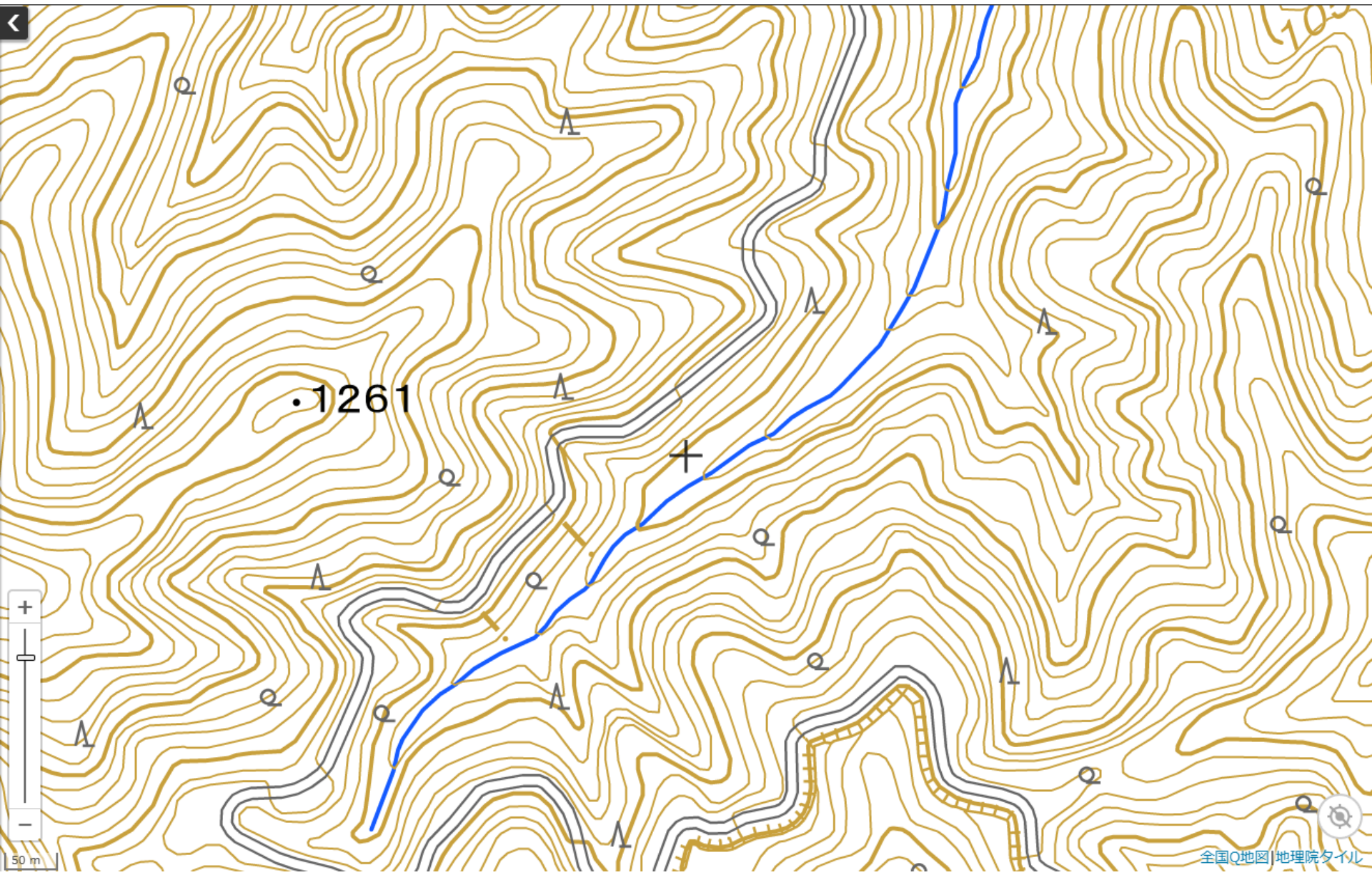


CS立体図での盛土の特徴



- ・ 谷を埋めている
- ・ 上部が平坦
- ・ 法面が一定勾配
- ・ 谷筋が途切れる

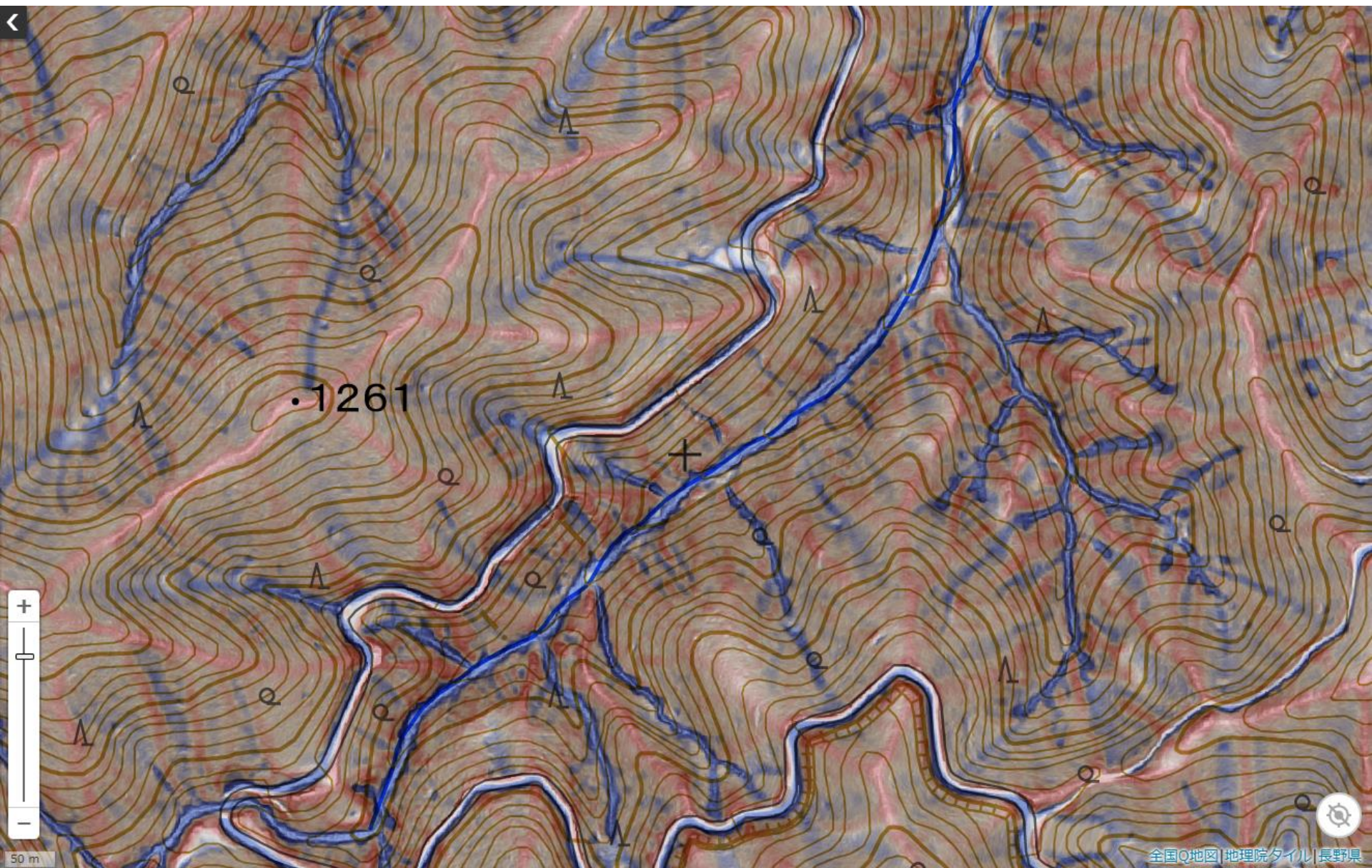


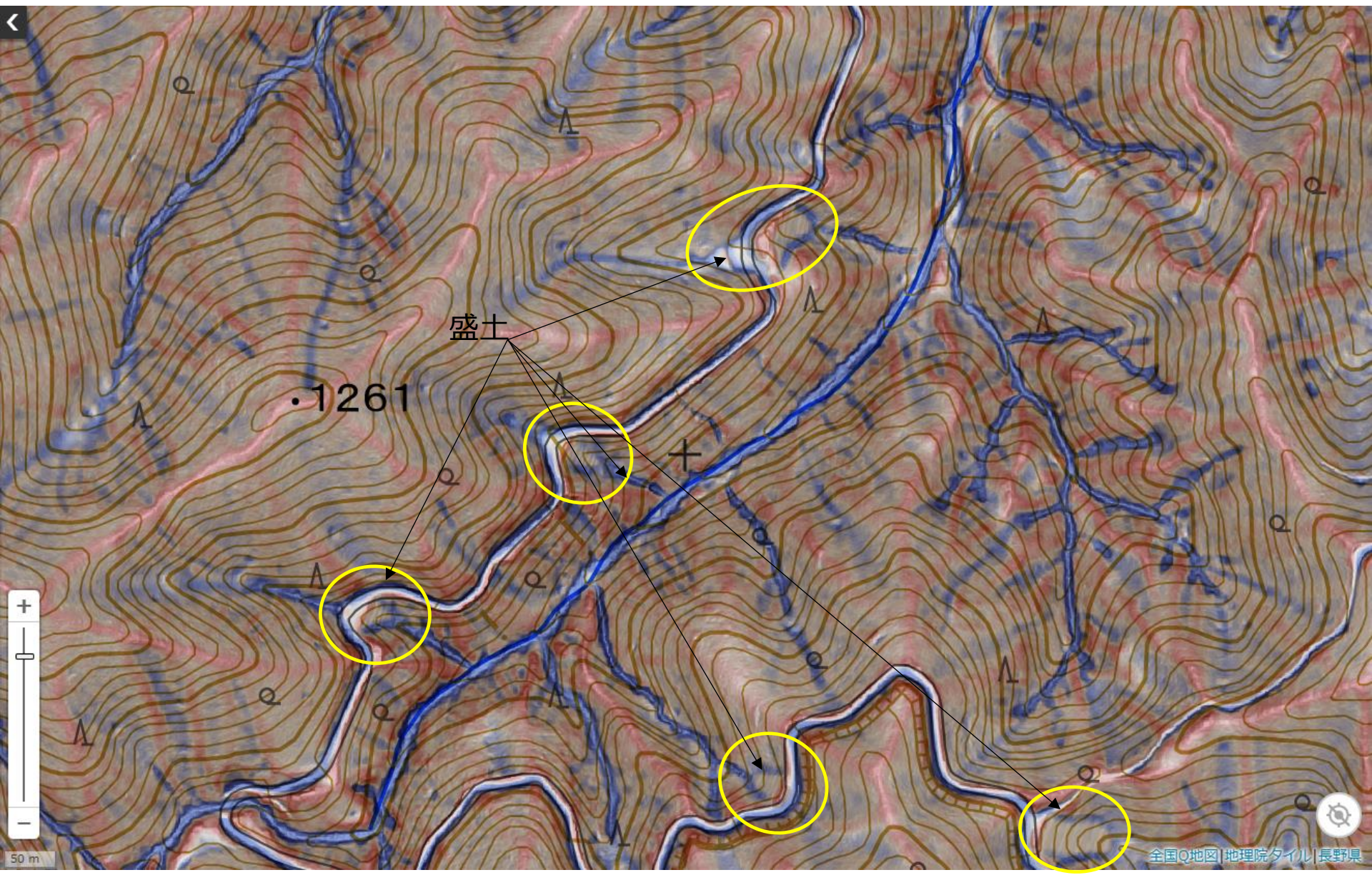


事例 2

現在の空中写真 (地理院シームレス写真)



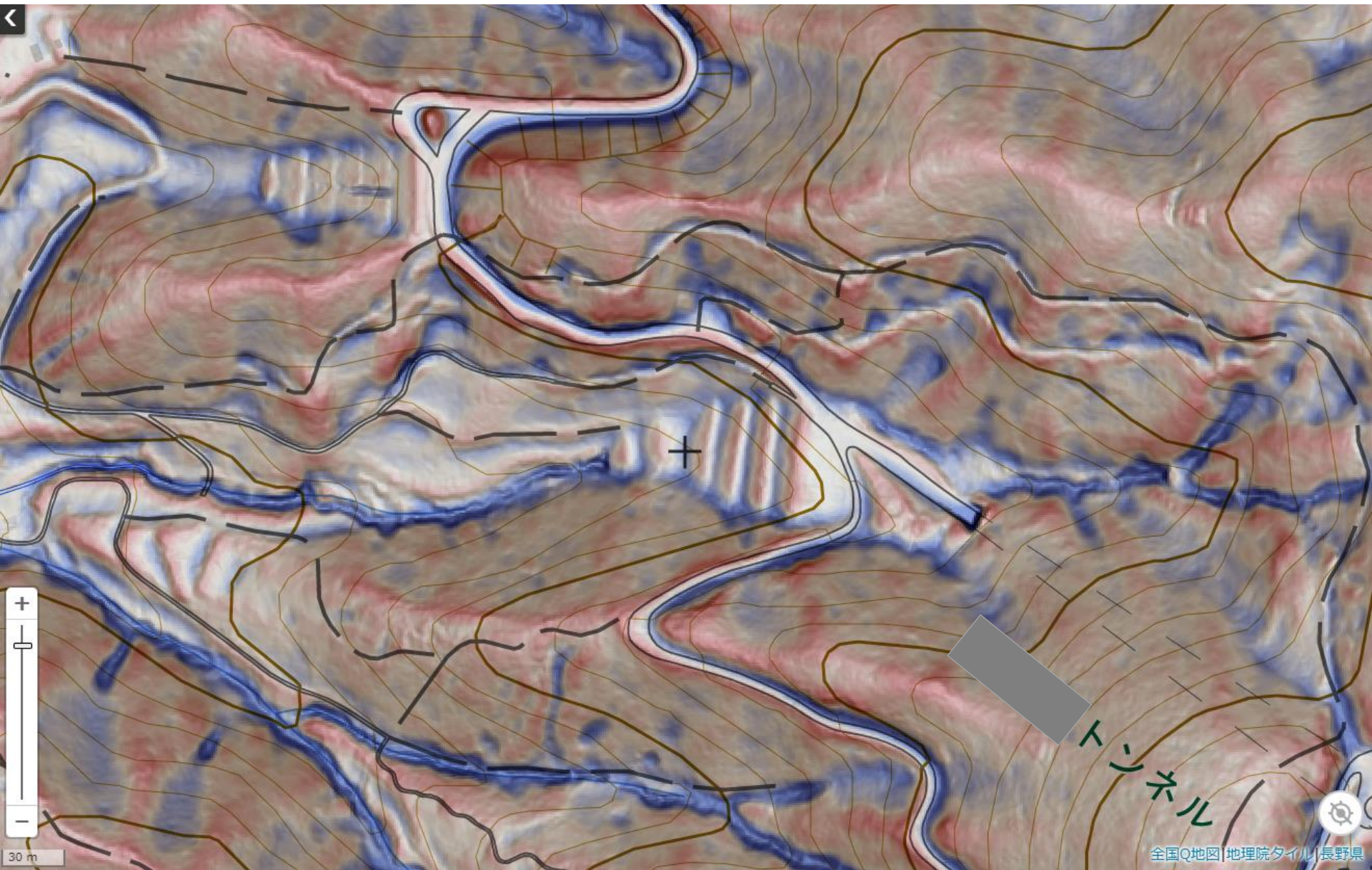


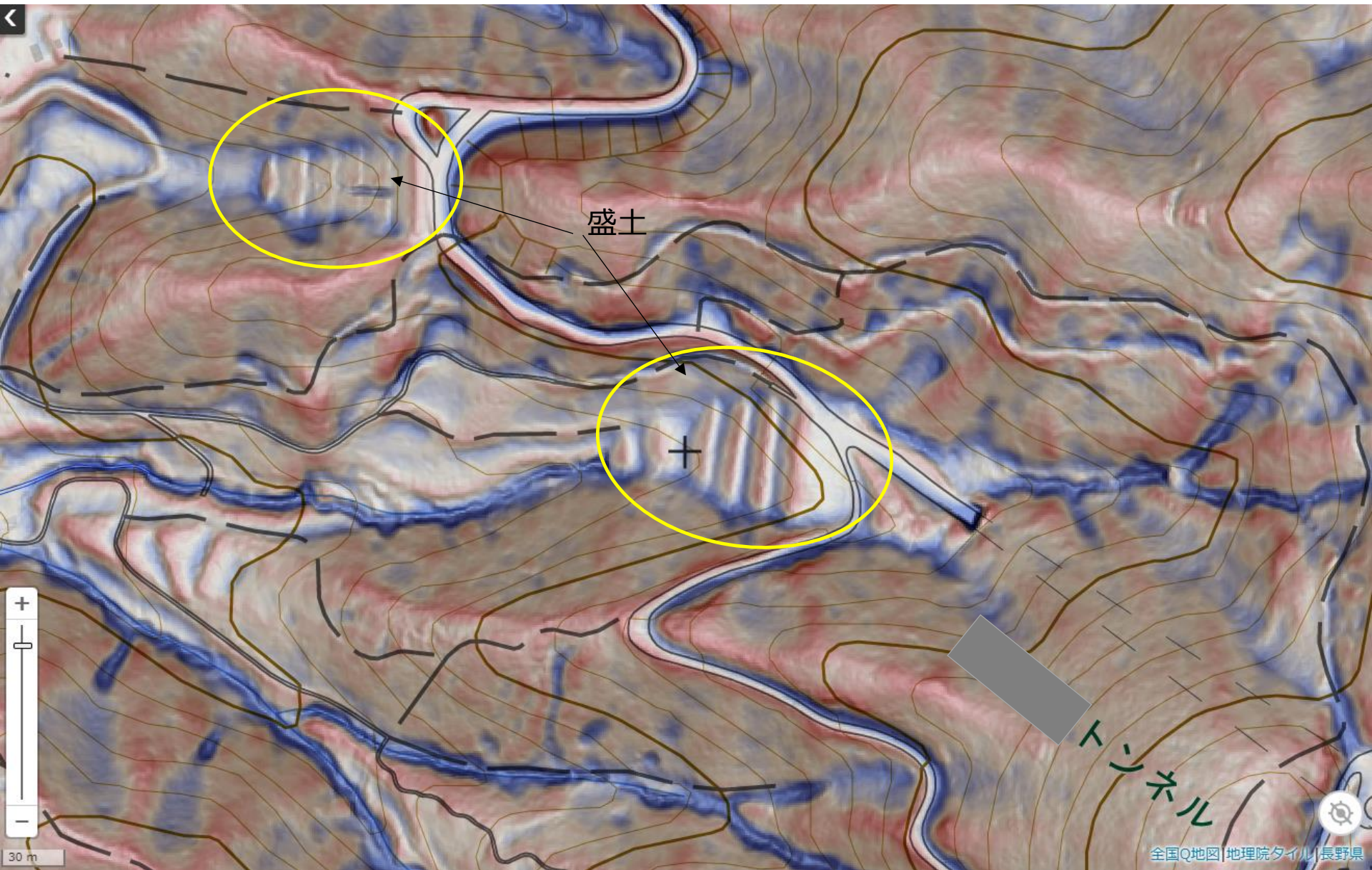


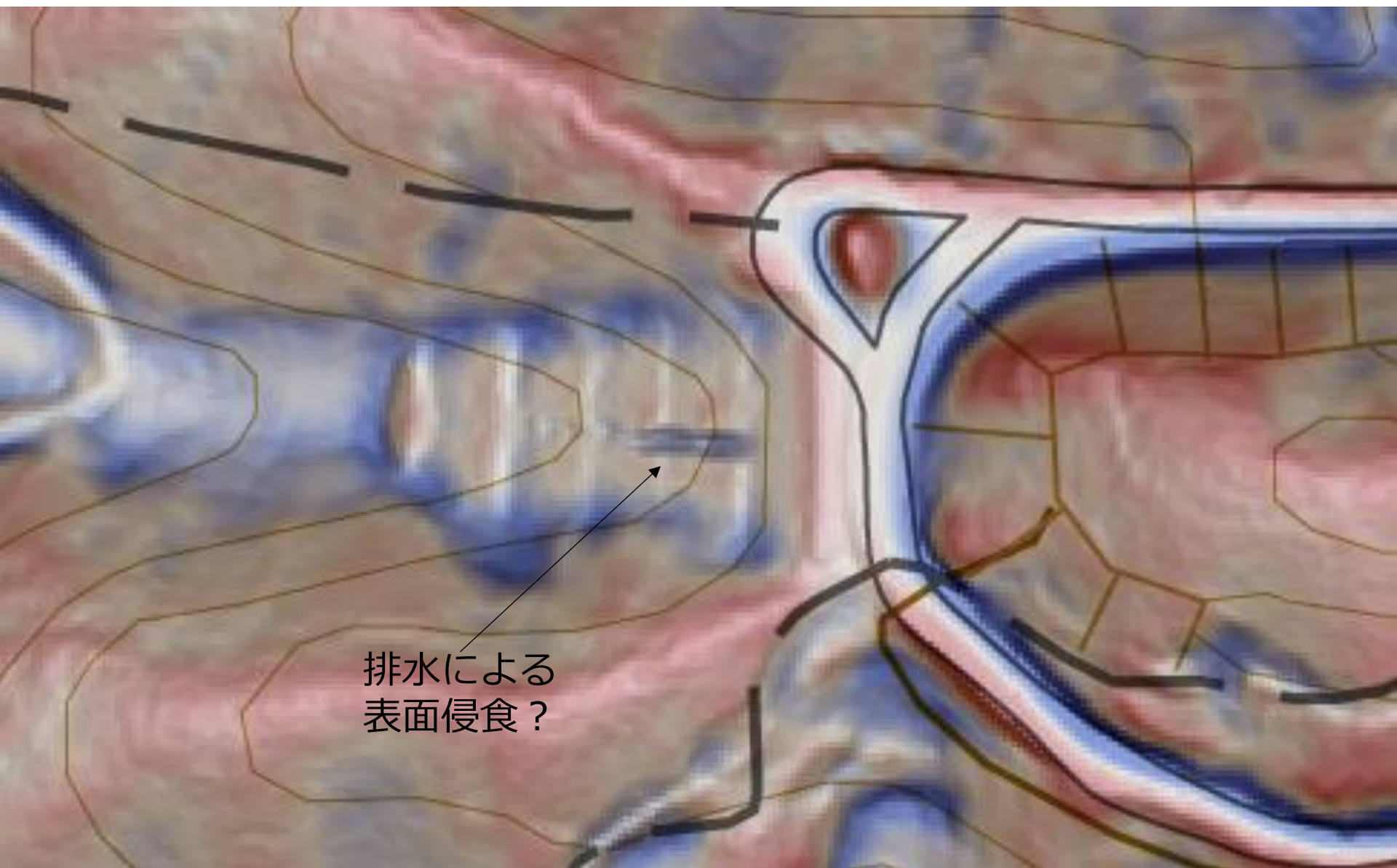
事例 3

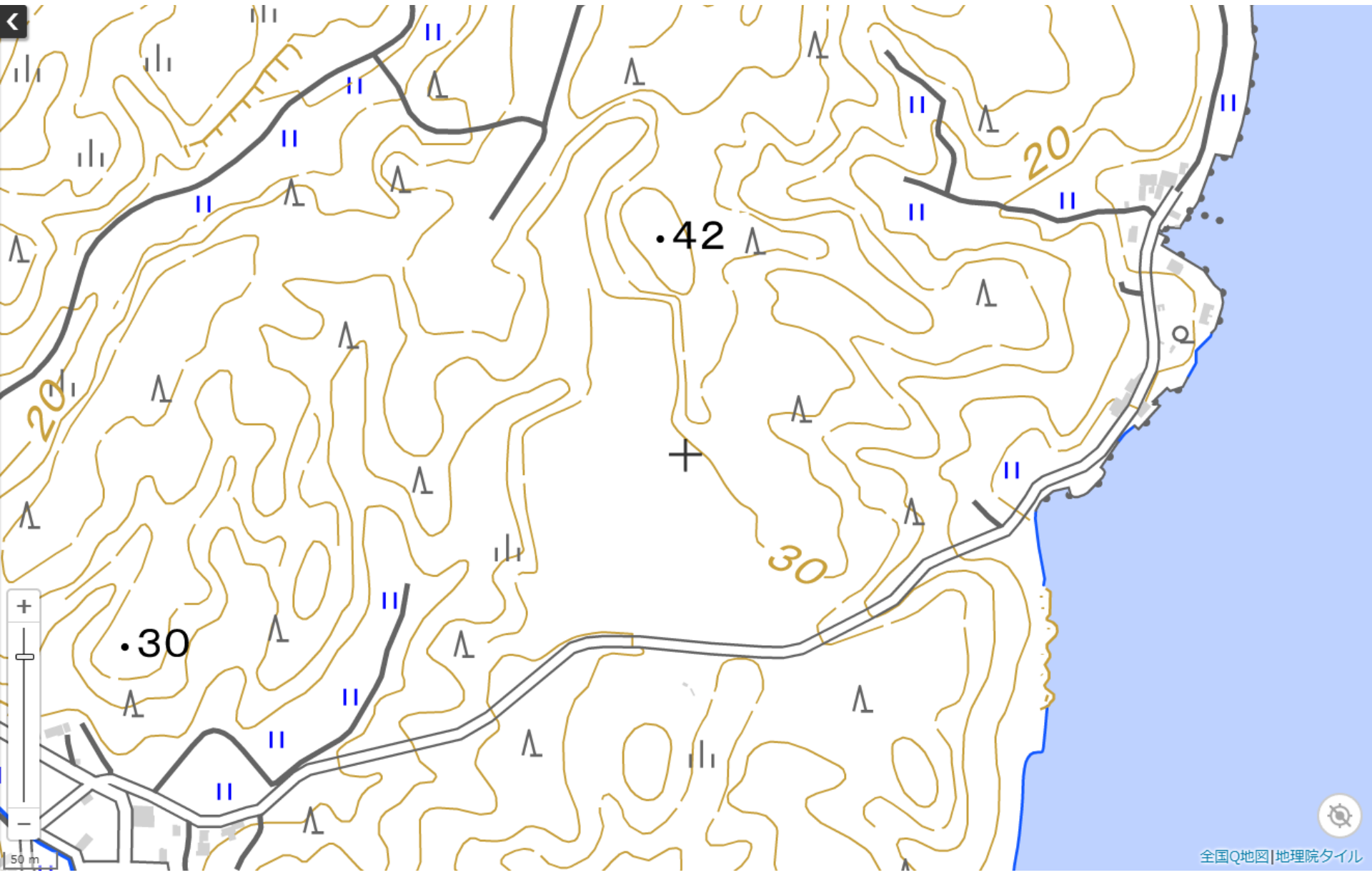
現在の空中写真 (地理院シームレス写真)









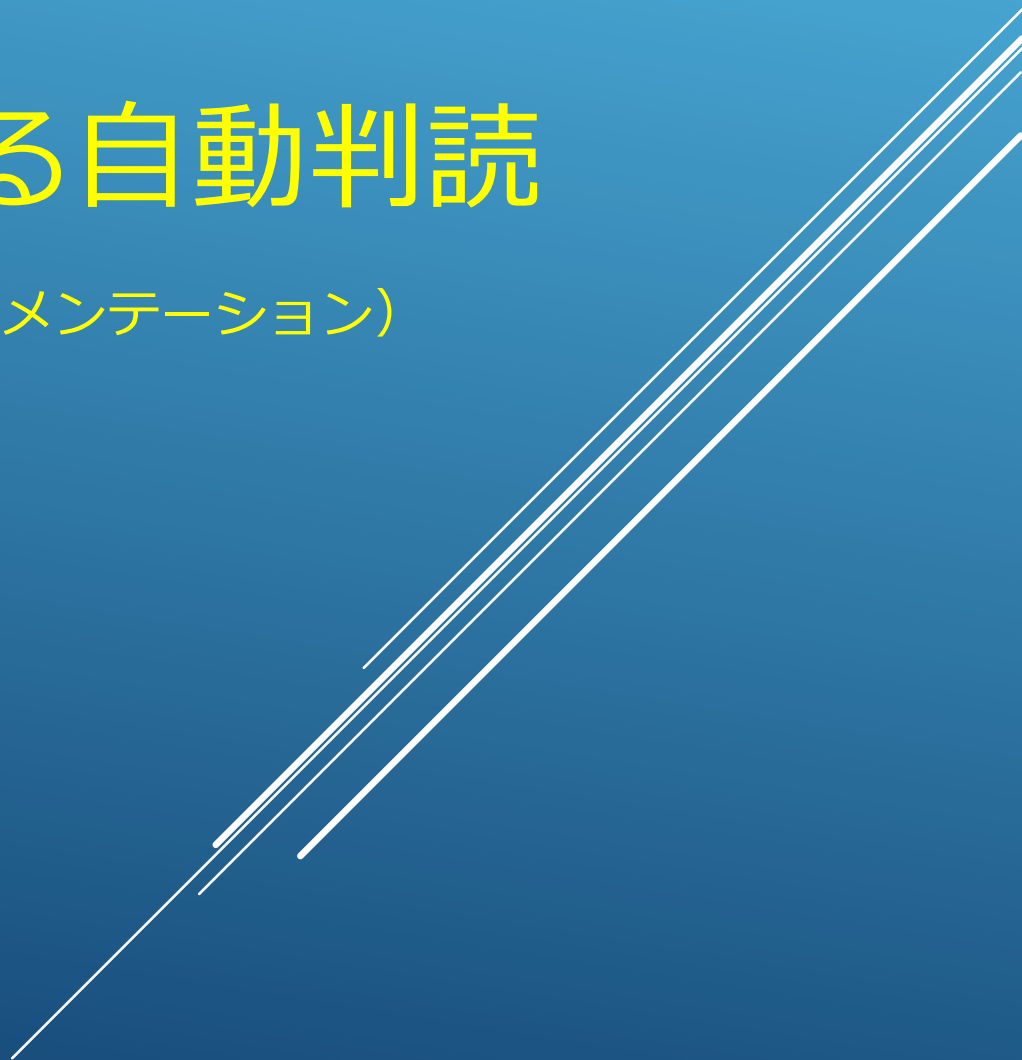




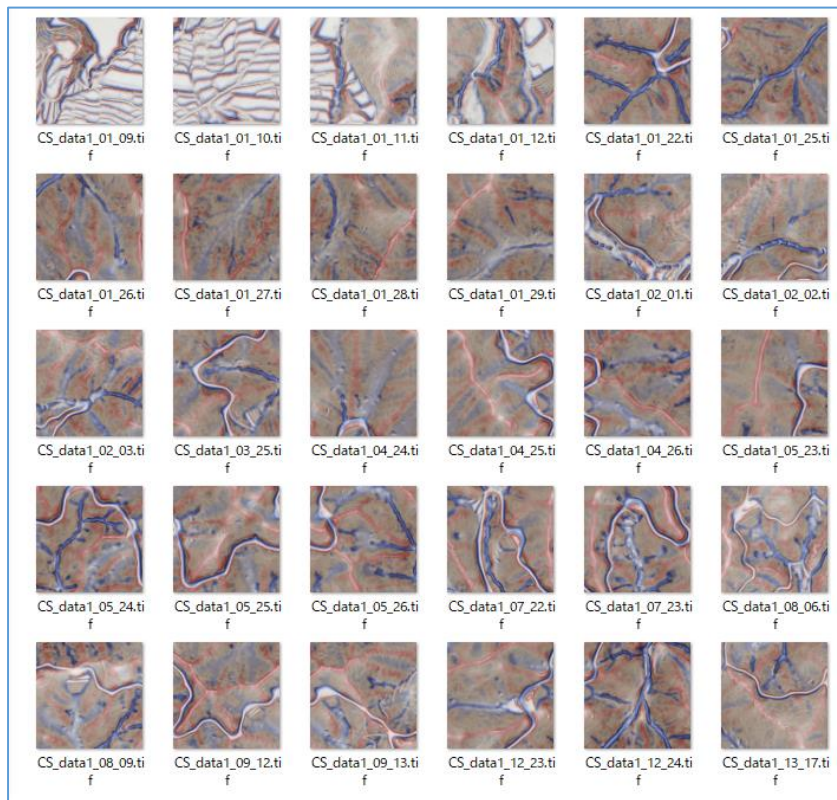


AIによる自動判読

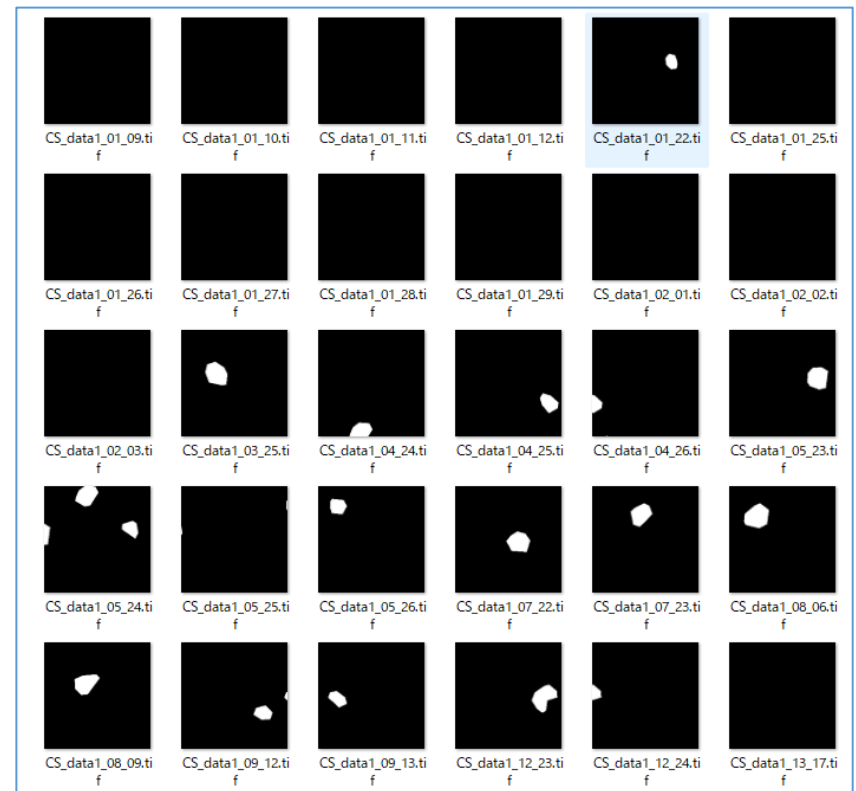
(画像セグメンテーション)



AI学習用の教師データセット



CS立体図

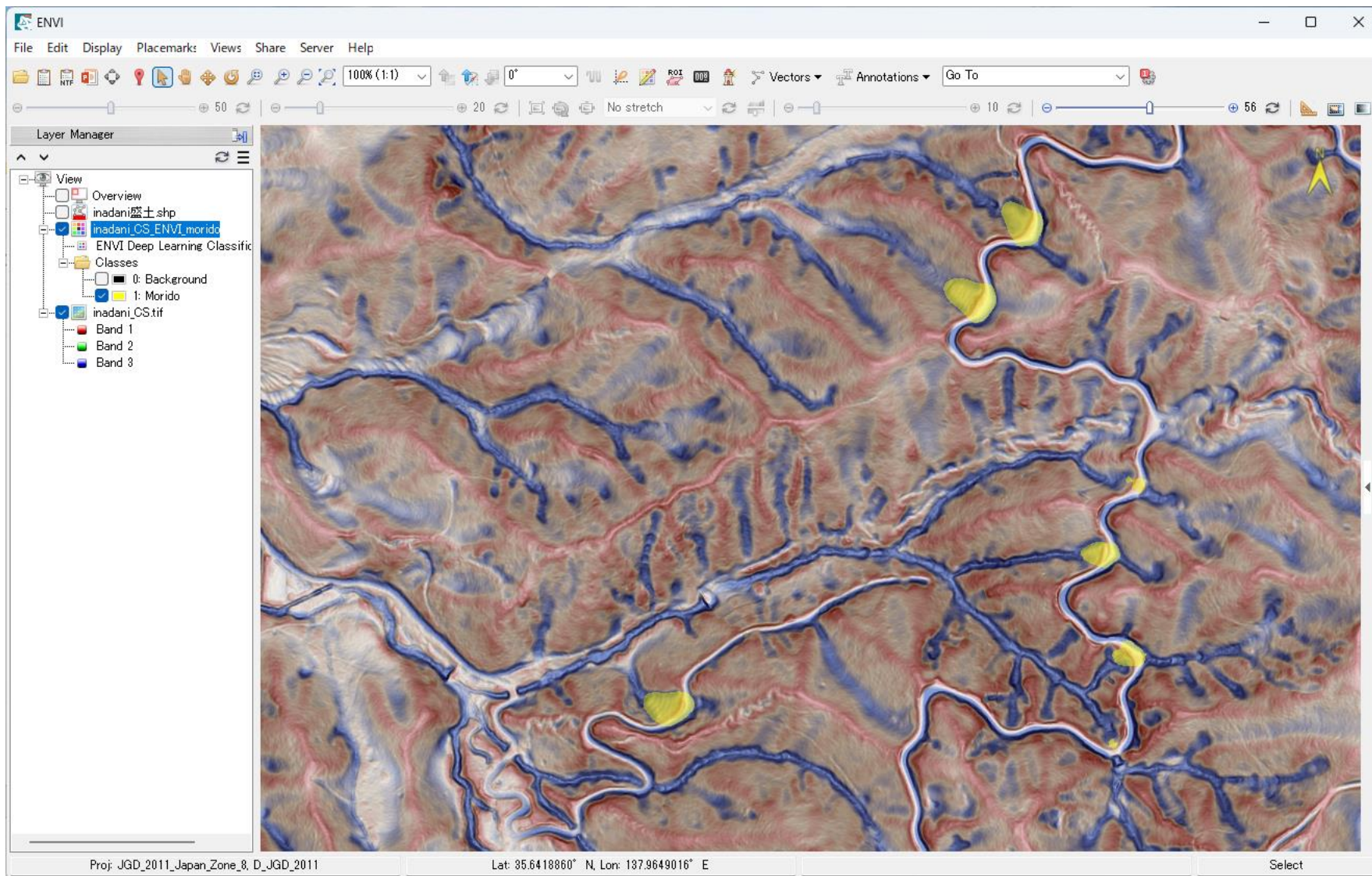


(615ファイル)

マスクデータ

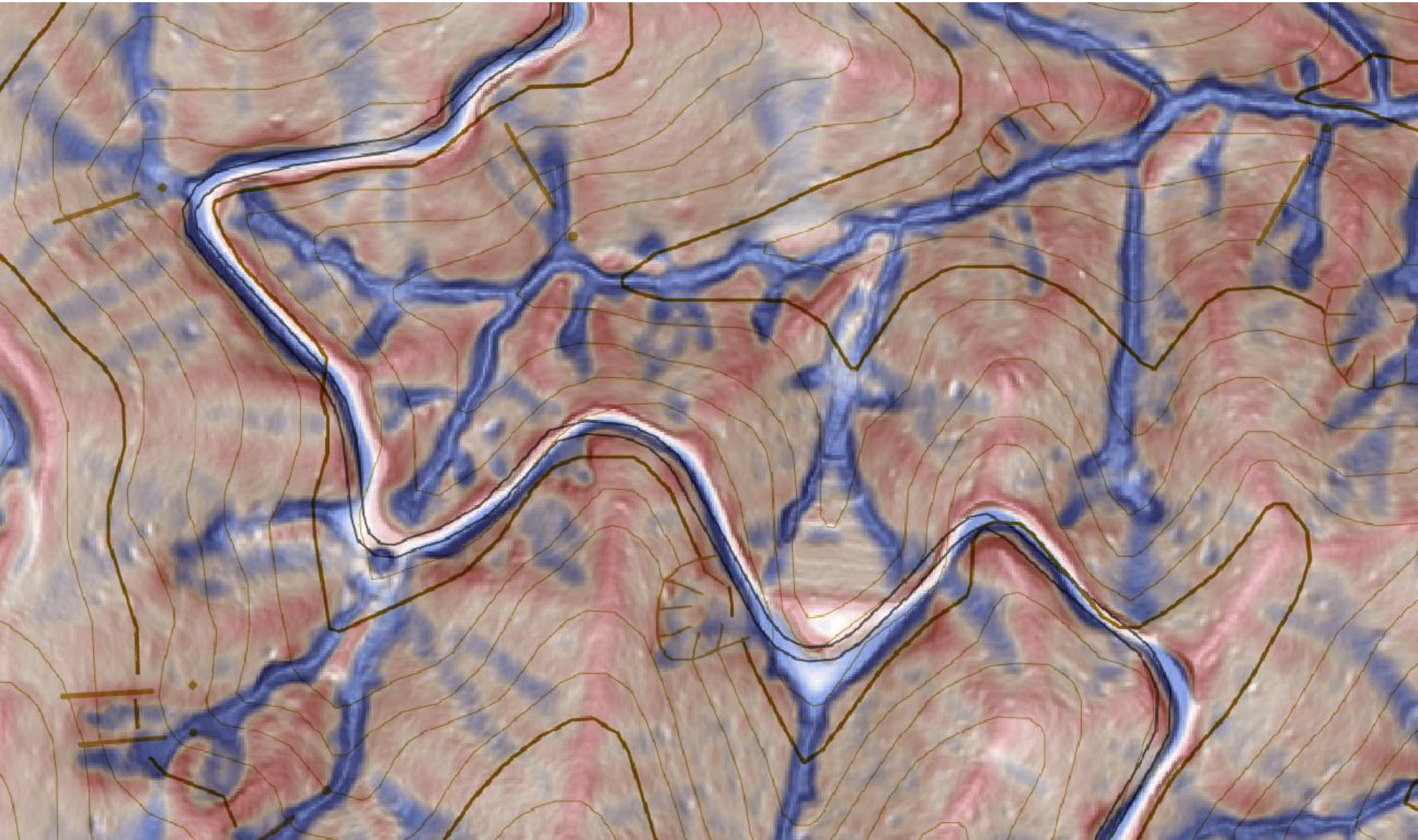
AIに学習させる

(U-Netを使用)

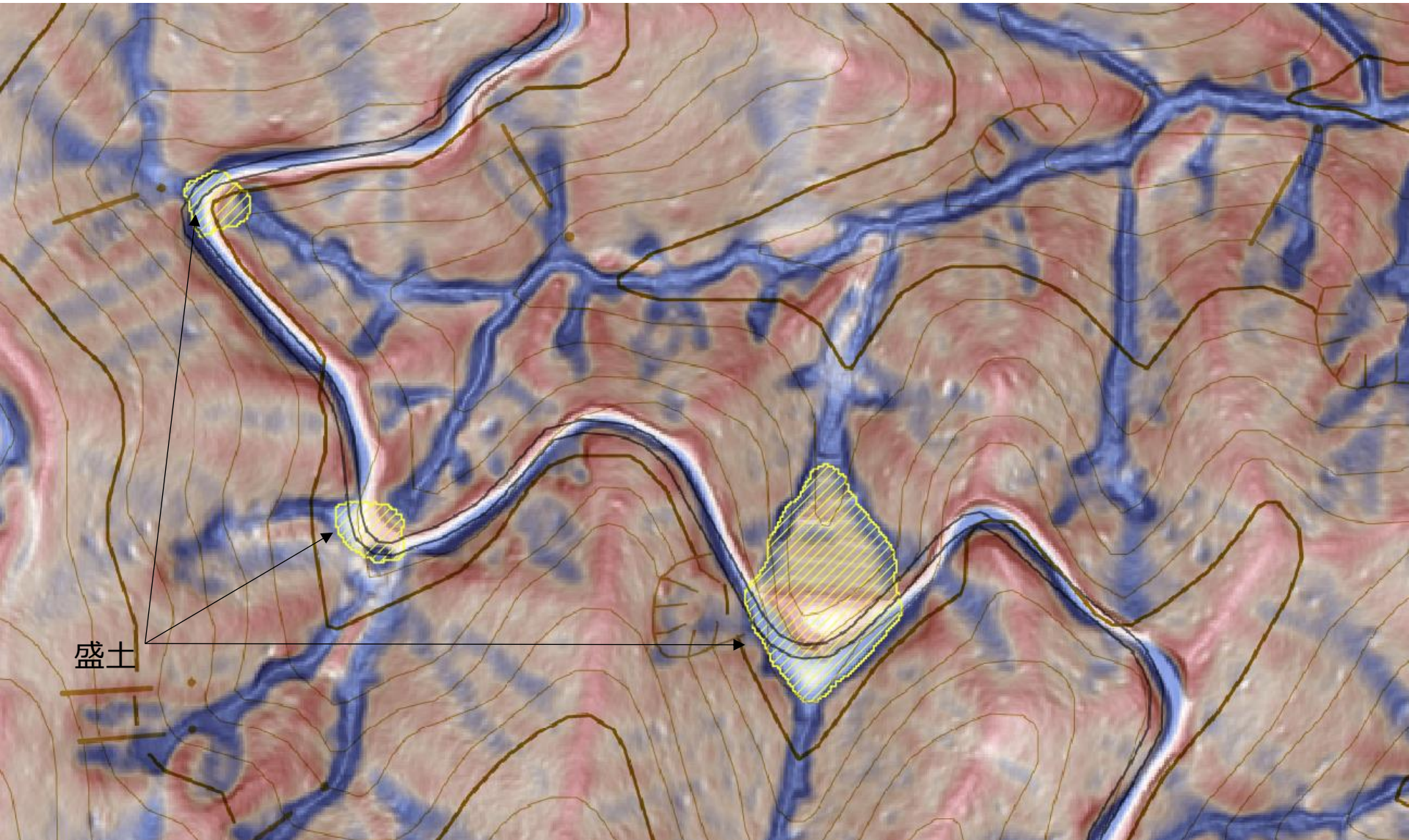


弊社システムでAI学習させたモデル（ONNXファイル形式）をENVIにインポート可

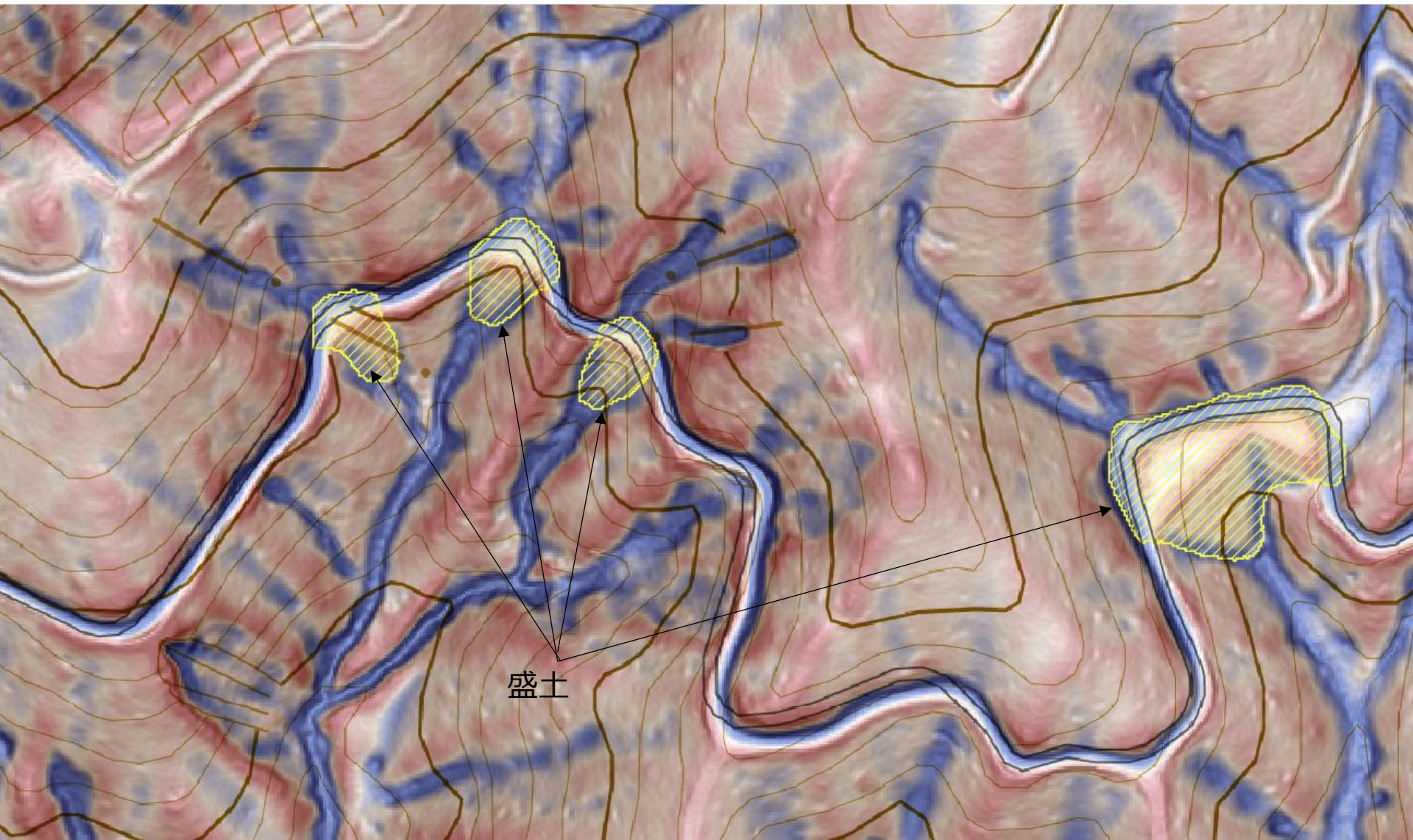
CS立体図



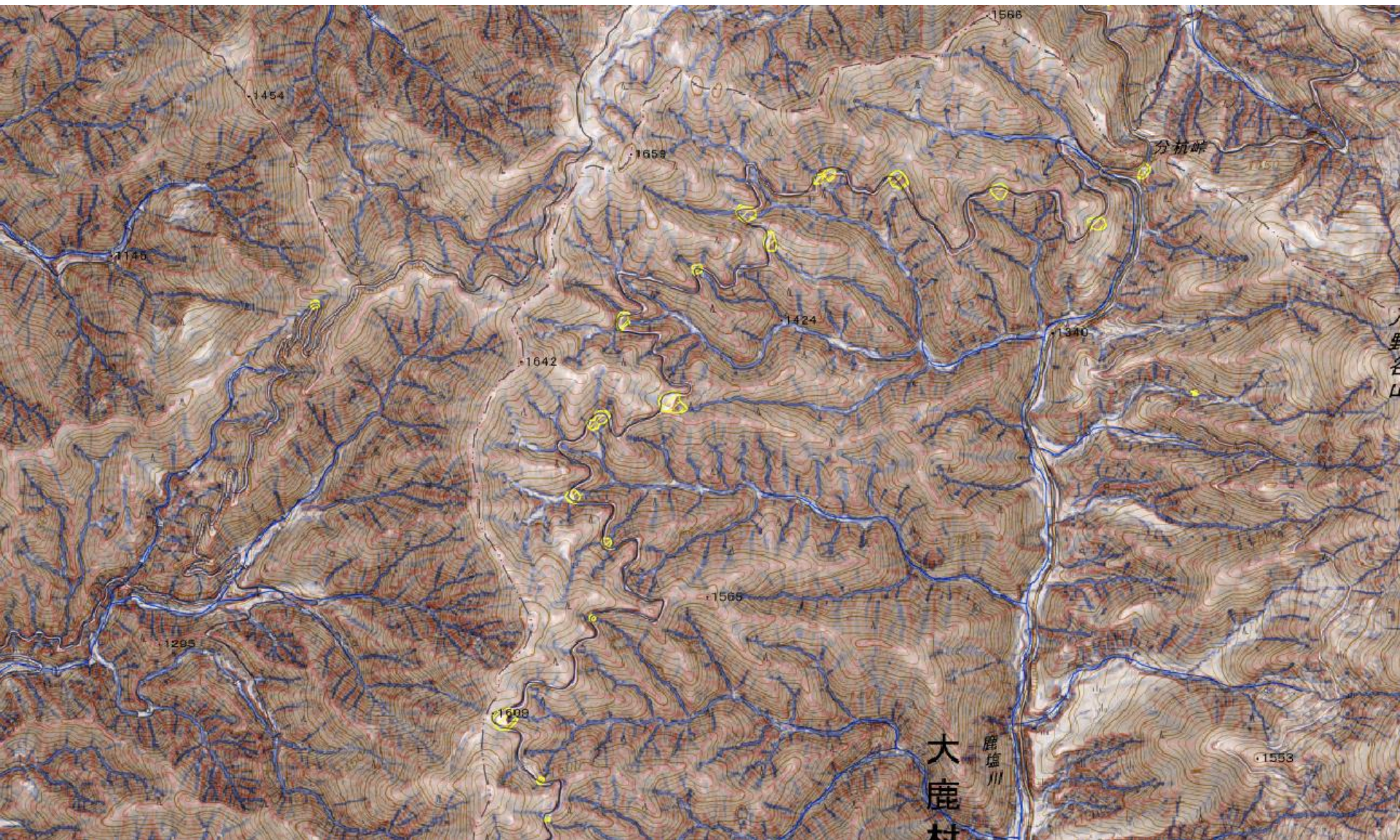
AIによる盛土抽出結果



AIによる盛土抽出結果



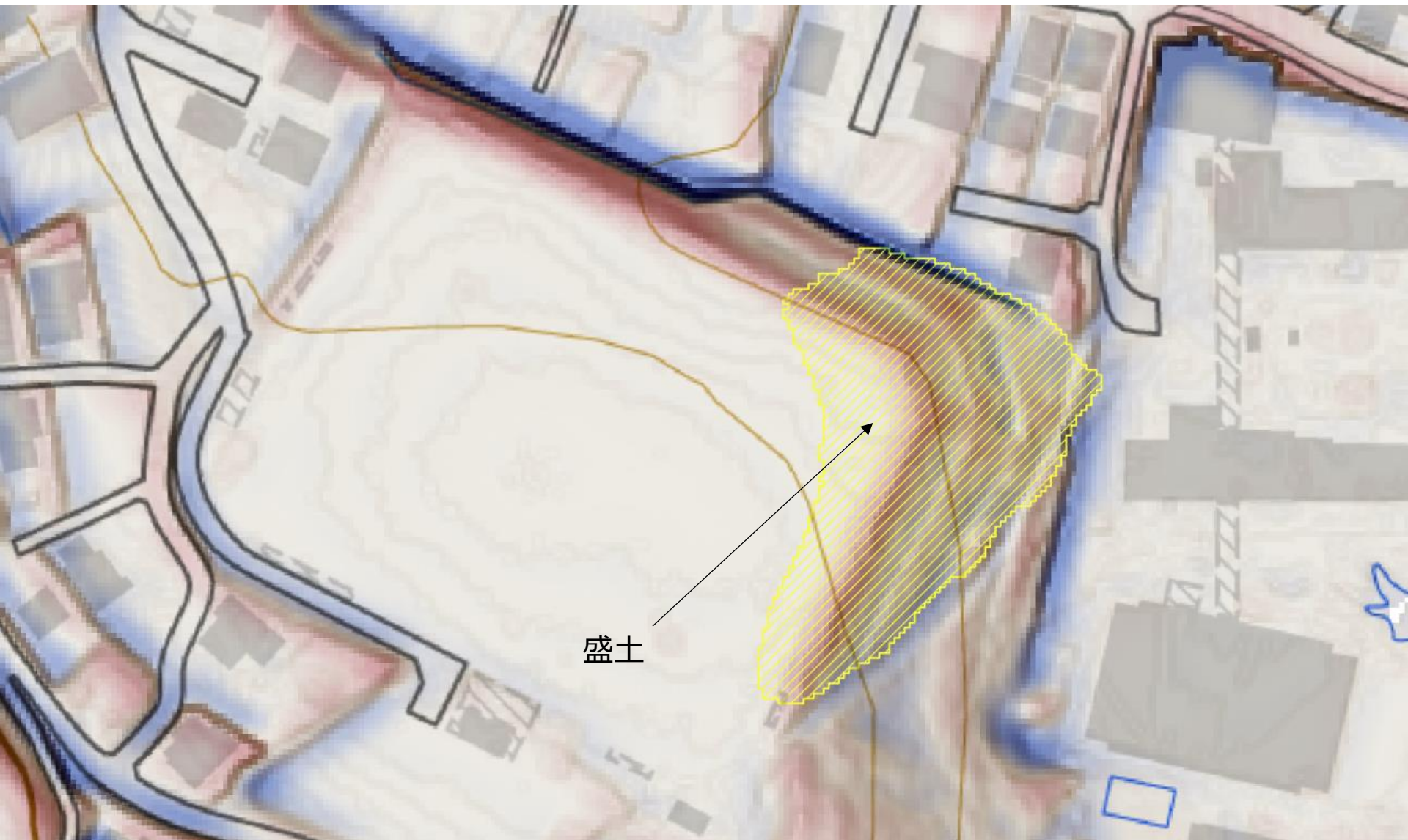
AIによる盛土抽出結果



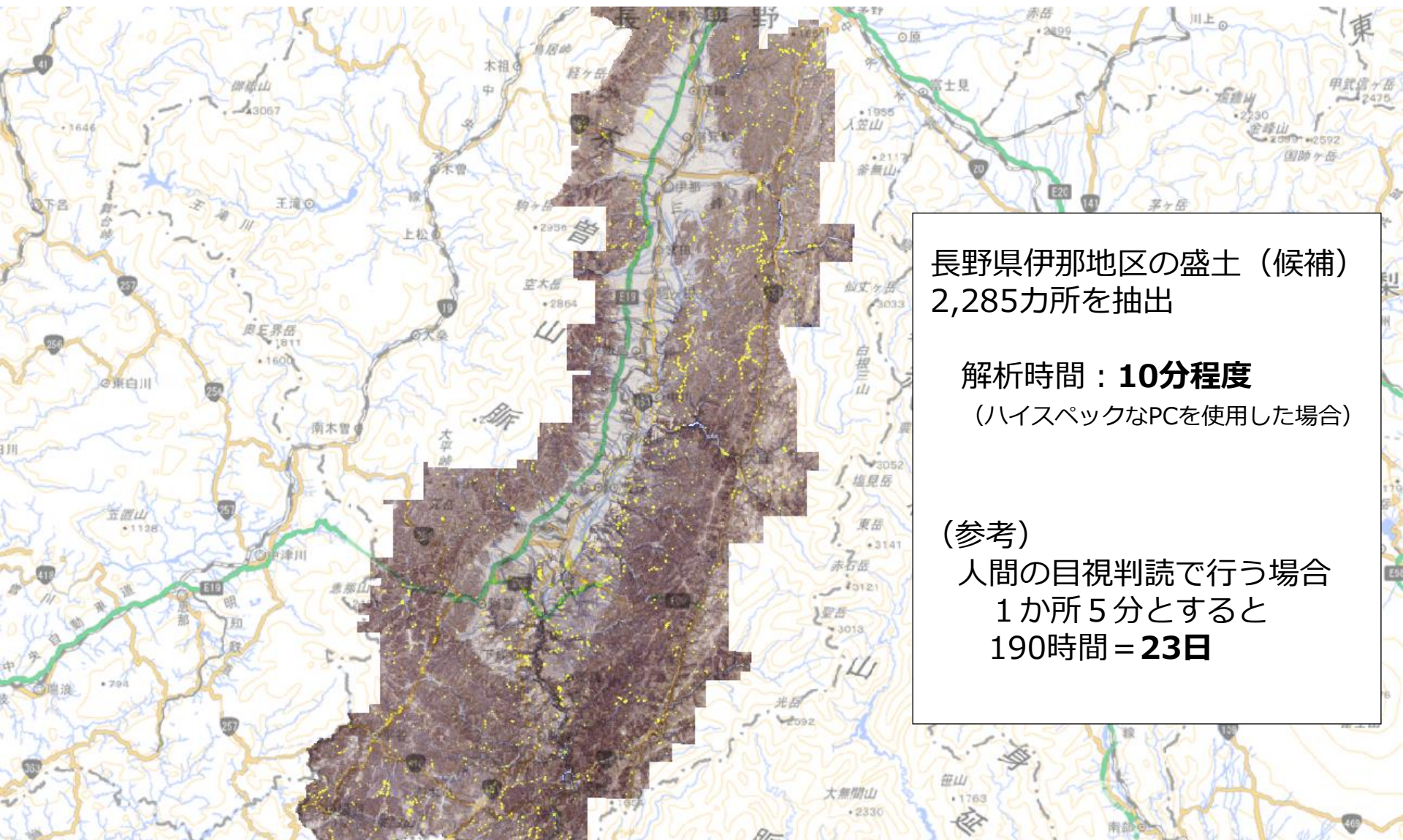
AIによる盛土抽出結果



AIによる盛土抽出結果



AIによる盛土抽出結果

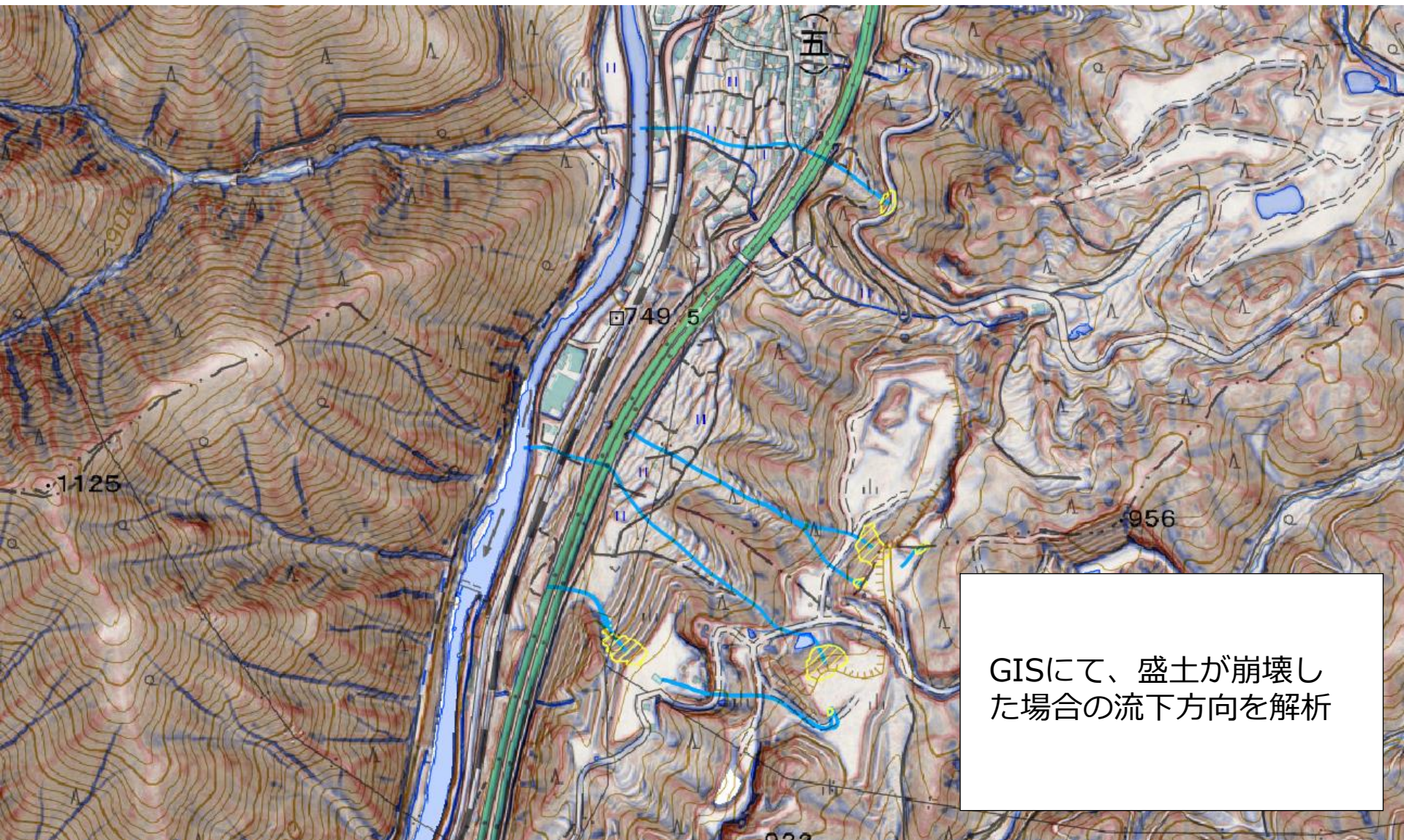


長野県伊那地区の盛土（候補）
2,285カ所を抽出

解析時間：**10分程度**
(ハイスペックなPCを使用した場合)

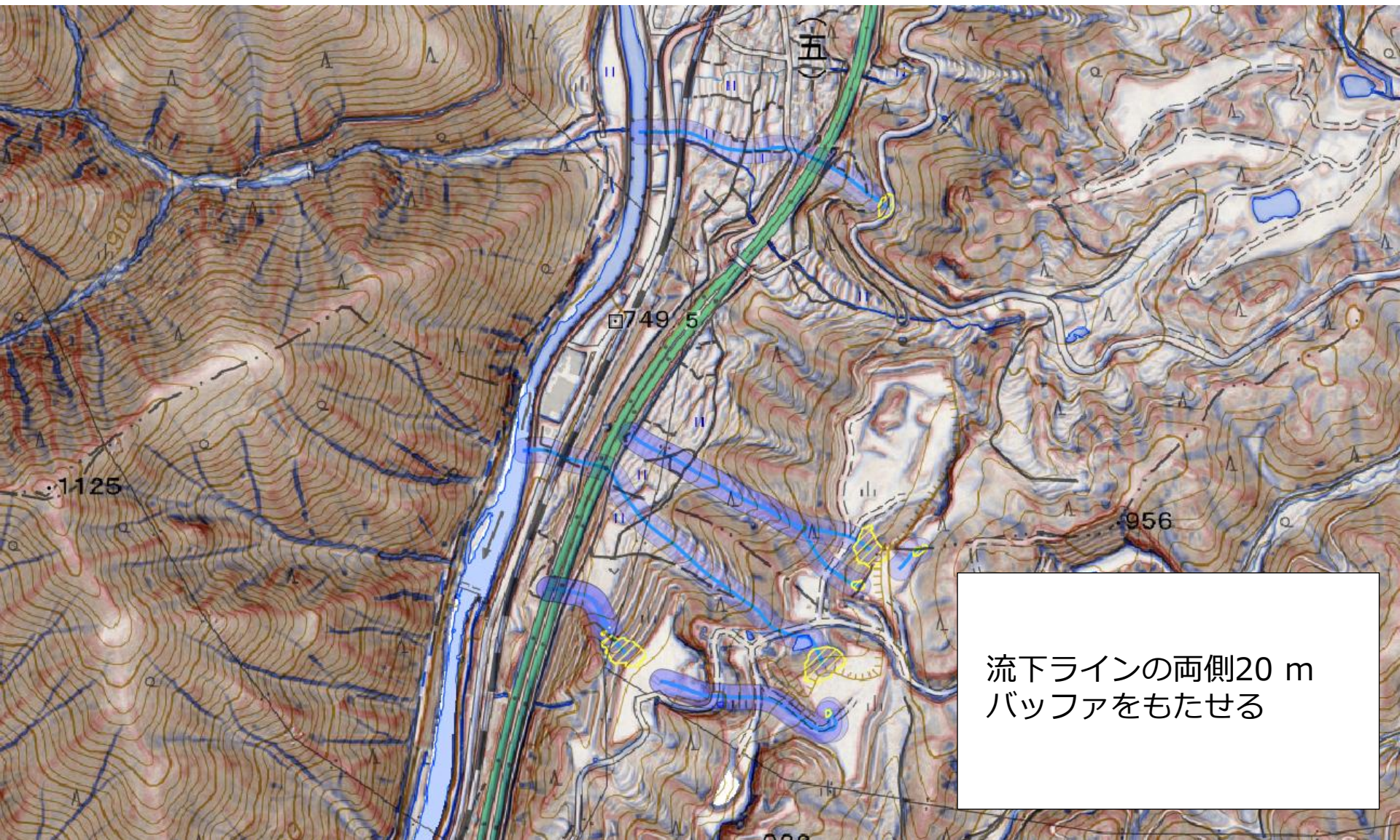
(参考)
人間の目視判読で行う場合
1カ所 5分とすると
190時間 = **23日**

GIS地形解析による流下方向の想定

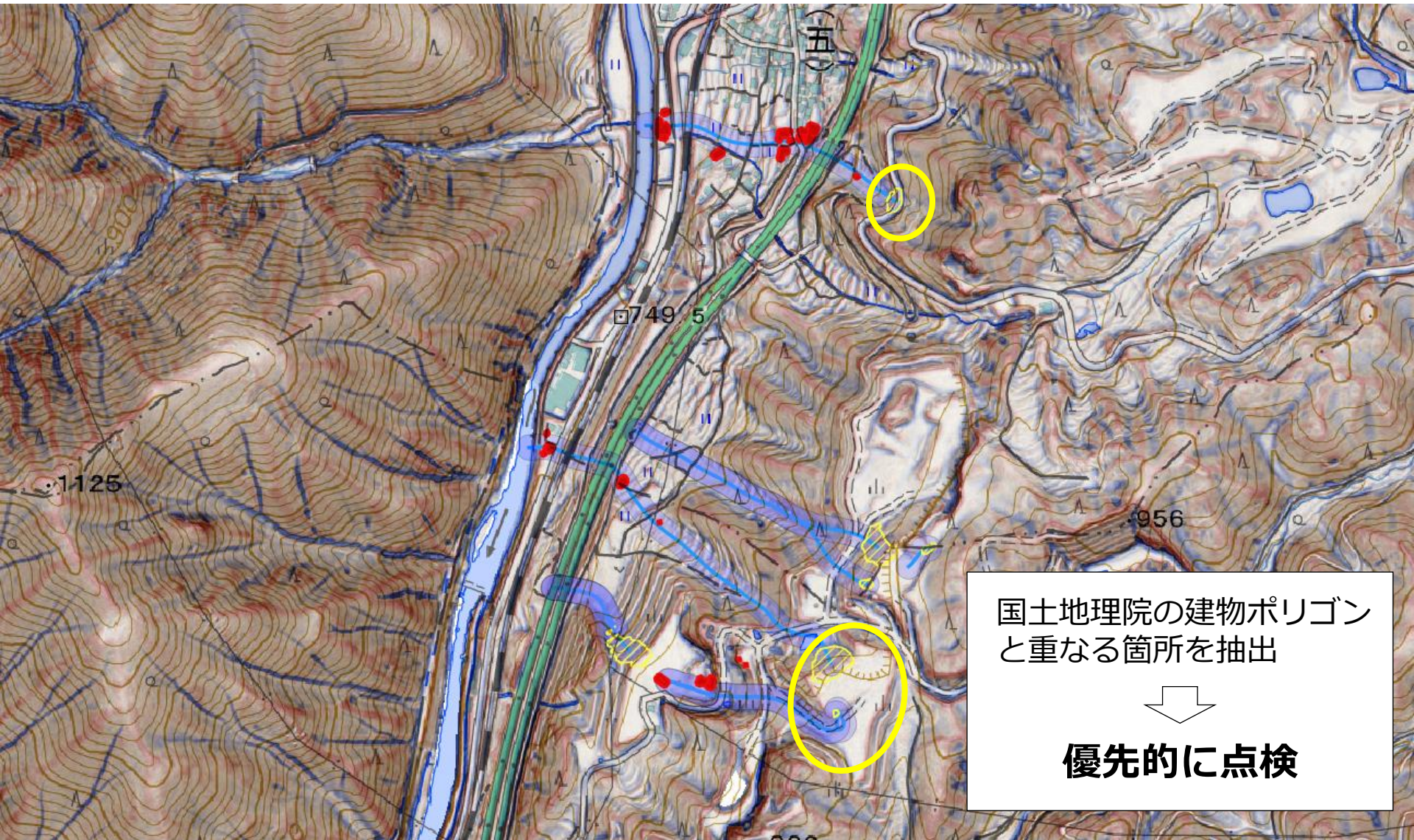


GISにて、盛土が崩壊した場合の流下方向を解析

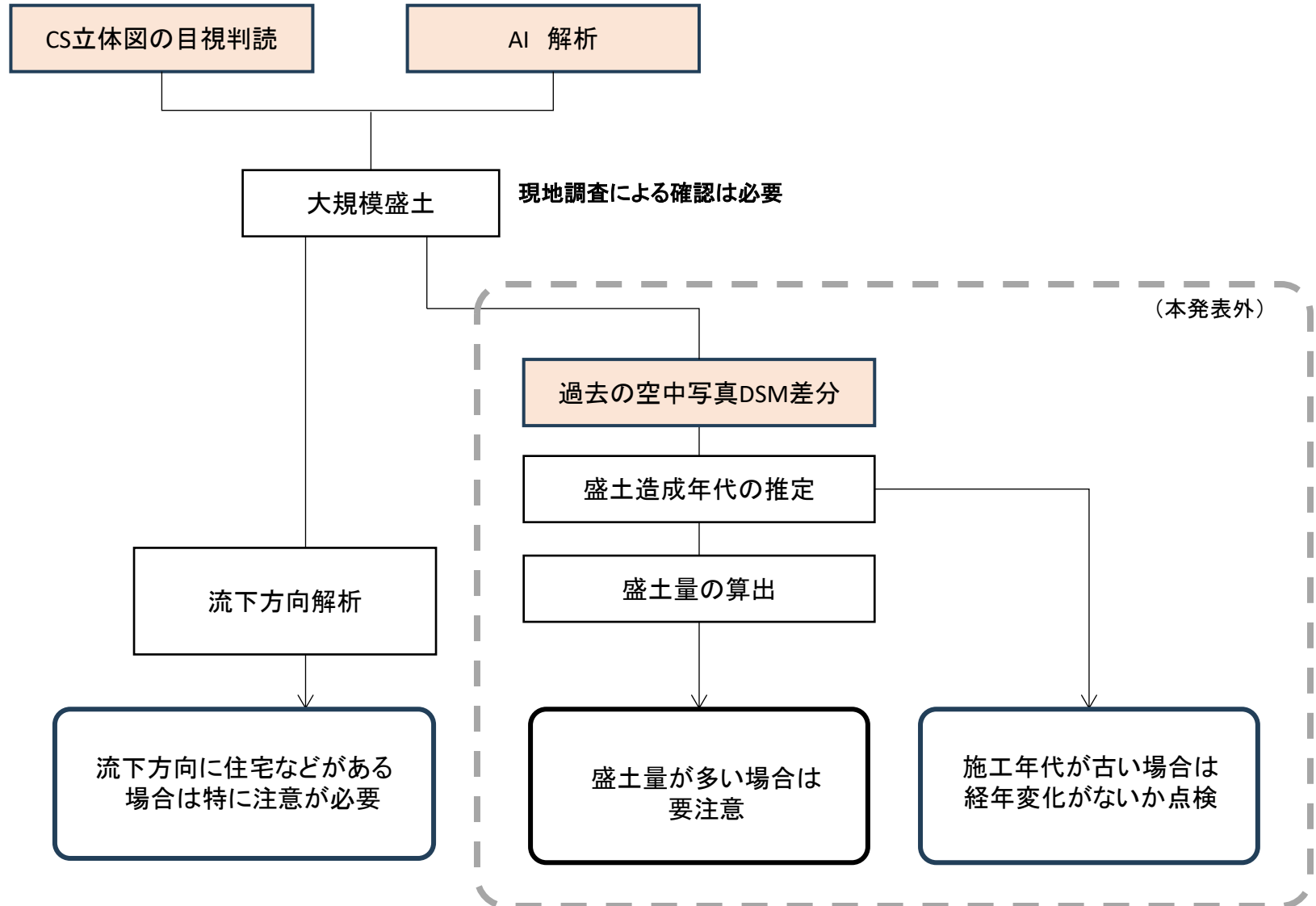
GIS地形解析による流下方向の想定



GIS地形解析による流下方向の想定



盛土点検業務フローの提案



まとめ

- ① CS立体図によって森林下の盛土地形を可視化できる
- ② AIによって広域から盛土候補を高速に抽出できる
- ③ 他のGIS解析と組み合わせることで、現地調査の優先順位付けができる

ただし、現地調査は必須

AIは現地調査を代替するものではなく、現地調査すべき場所を効率的に絞り込むための技術

ご清聴ありがとうございました。