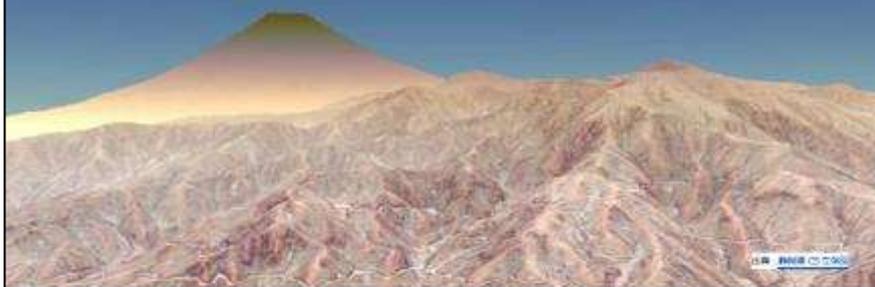


# CS 立体図を使った地形判読

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/sagyoudo/romou.html>) を基に独自に解説を加えたものです。

令和4年度 路網整備や再造林対策の効果的な推進のための区域の設定に向けた調査事業

# CS 立体図を使った 地形判読マニュアル



令和5(2023)年3月  
林野庁



このテキストは下記のURLからダウンロードできます。  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/seibi/sagayoudo/romou.html>

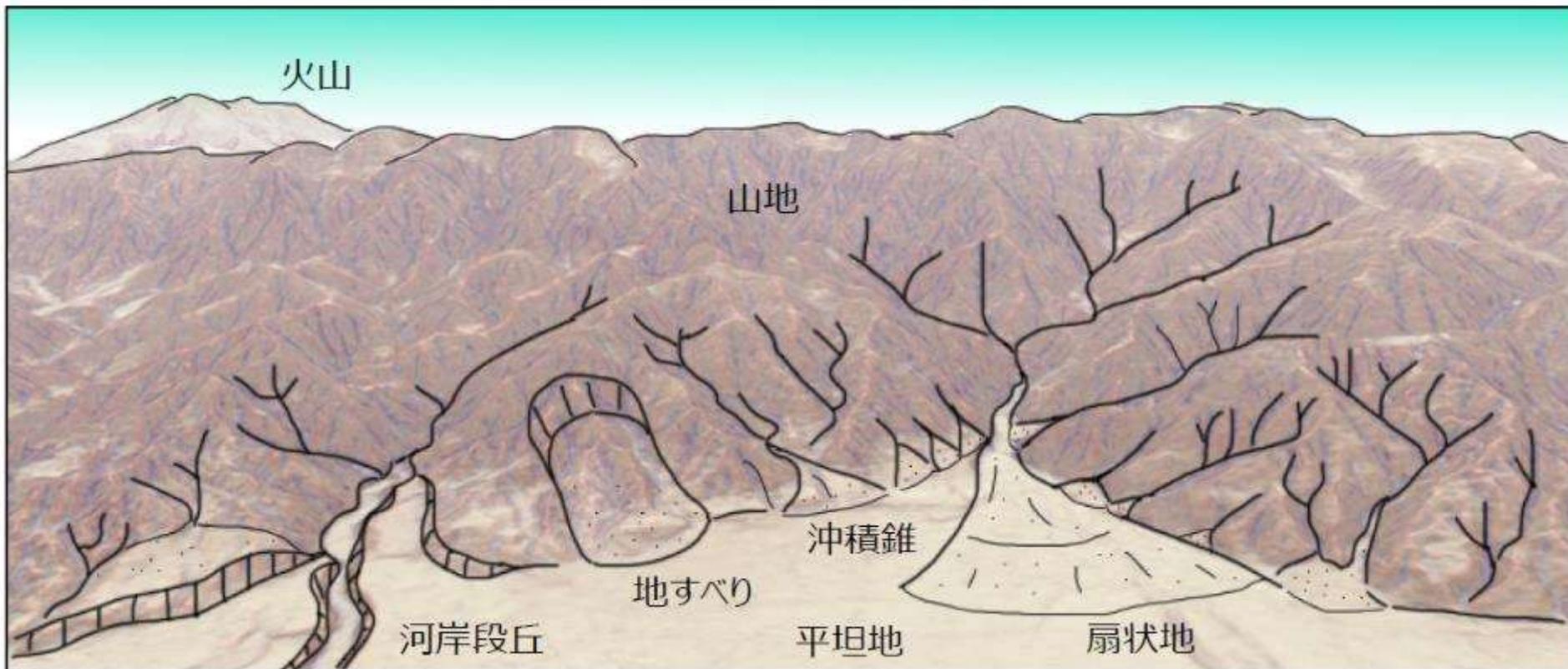


←こちらからダウンロードできます

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/seibi/sagayoudo/romou.html>

# 1 地形判読の基礎

# 1.1 「地形」とは



大地に残された様々な地形

# 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

など、その場所で**過去に発生した現象**の痕跡



これらの現象（=災害）は、  
同じ場所で**繰り返し**発生する可能性が高い



地形判読から**将来を予測**し、**適切な対策**をする

## 1.2 地形図から判読できる地形情報

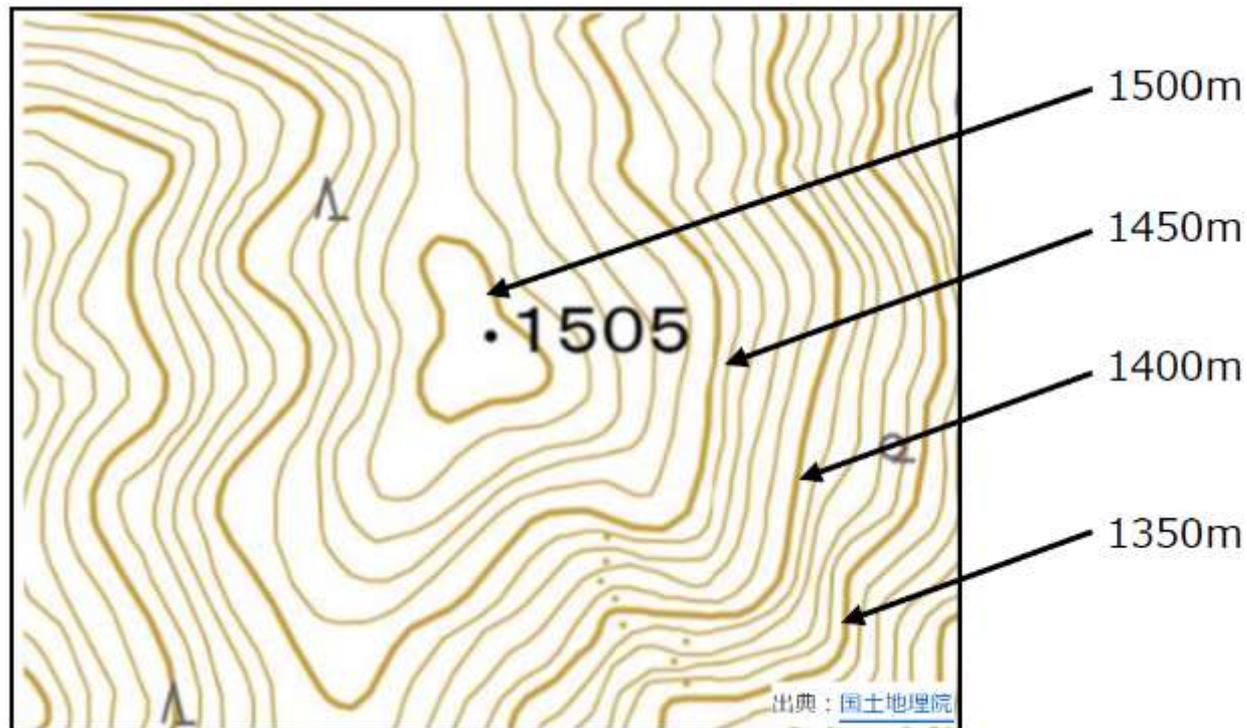
- 地形量** . . .
- ・長さ、面積、それらの比など、定量化できる形態要素
  - ・誰が計測しても同じ値

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

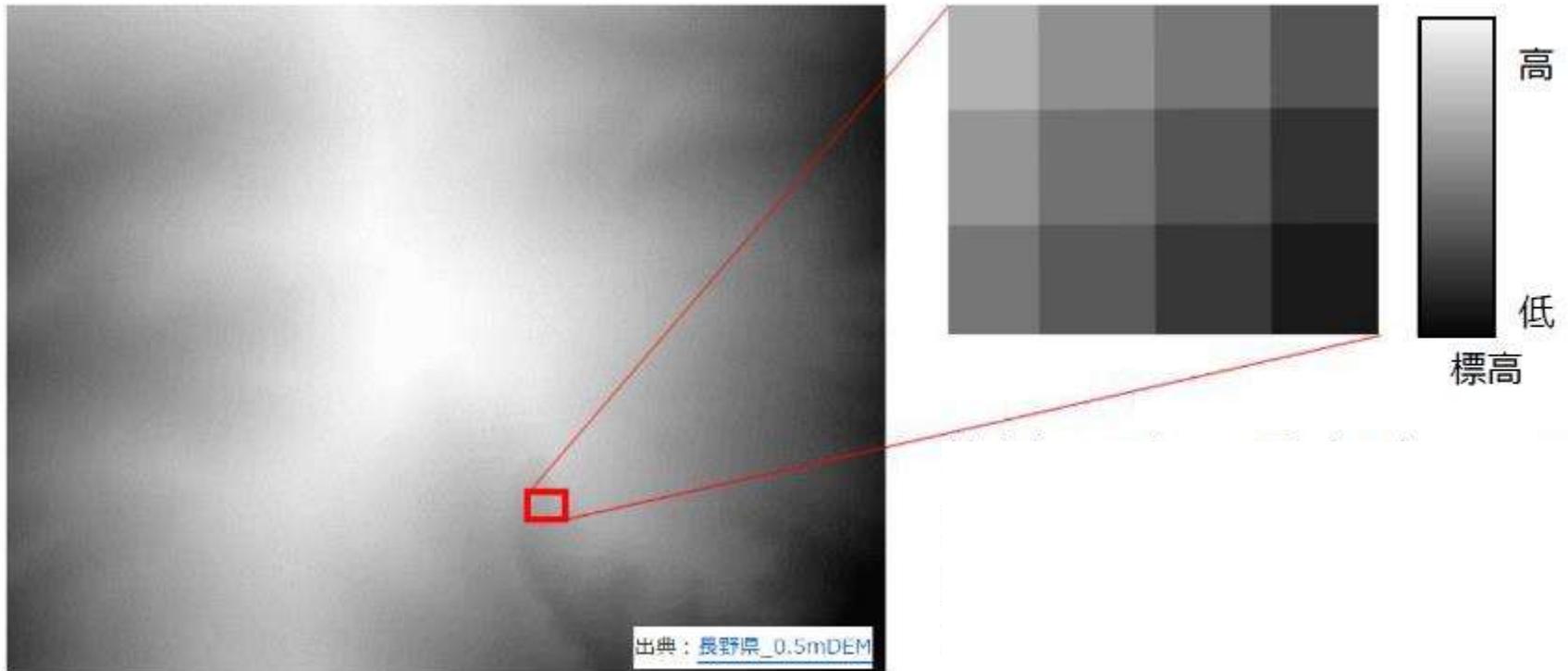
- ・標高とは、東京湾の平均海水面からの垂直距離
- ・等高線とは、同じ標高を結んだ線

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

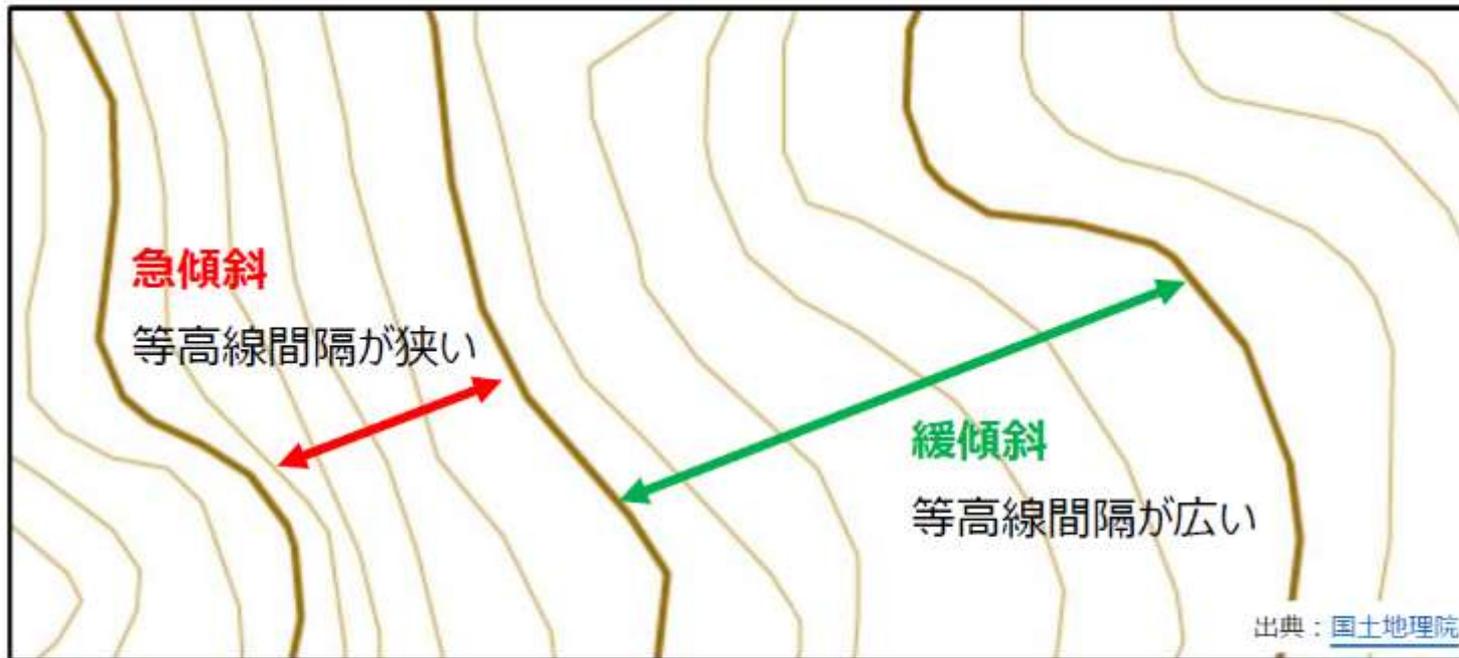
# (1) 標高(elevation)



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

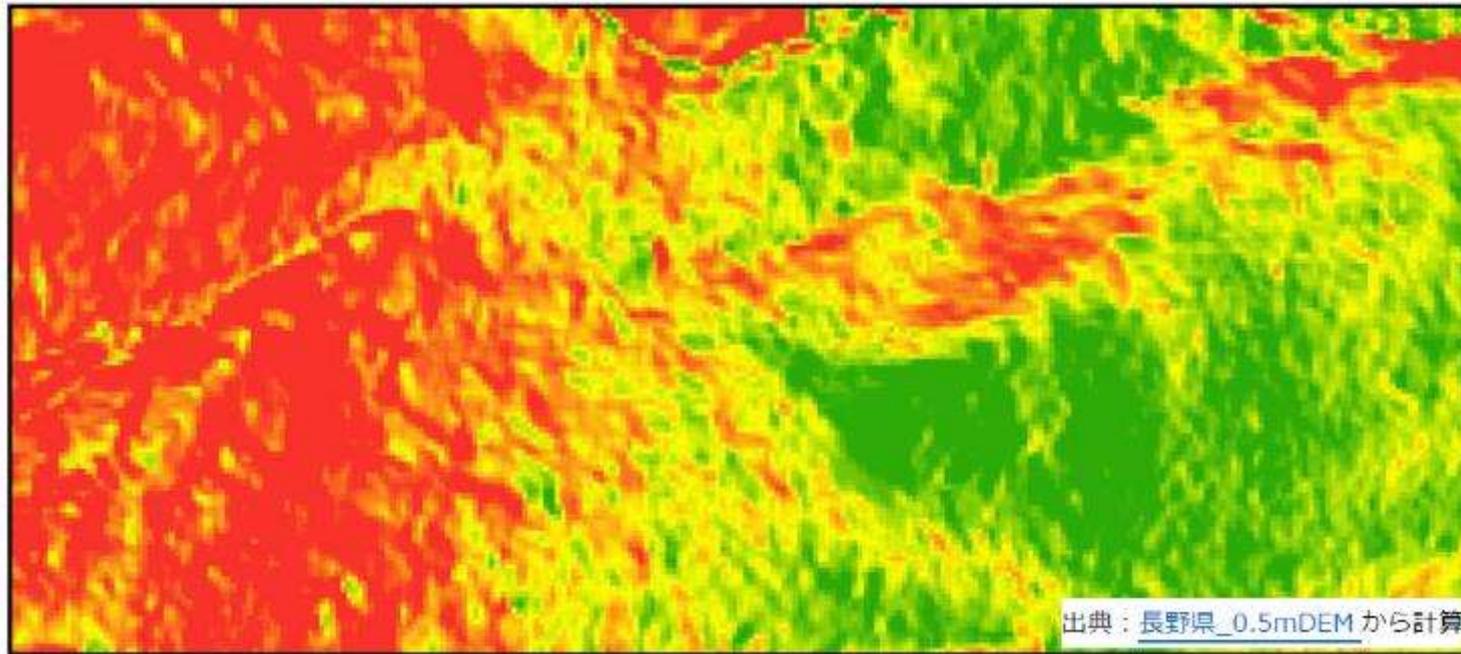
## (2) 傾斜(slope)



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

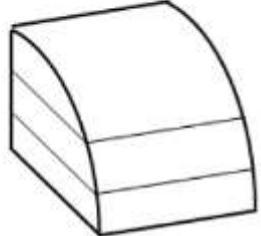
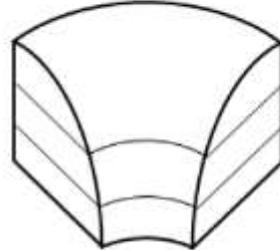
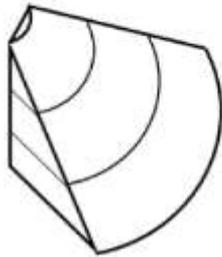
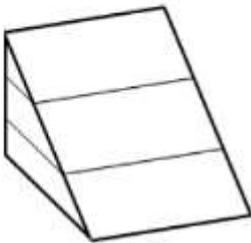
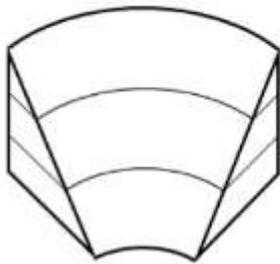
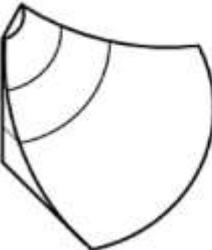
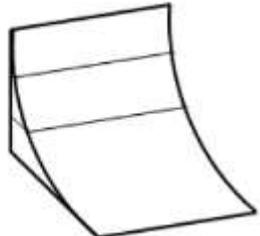
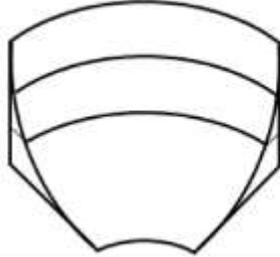
## (2) 傾斜(slope)



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

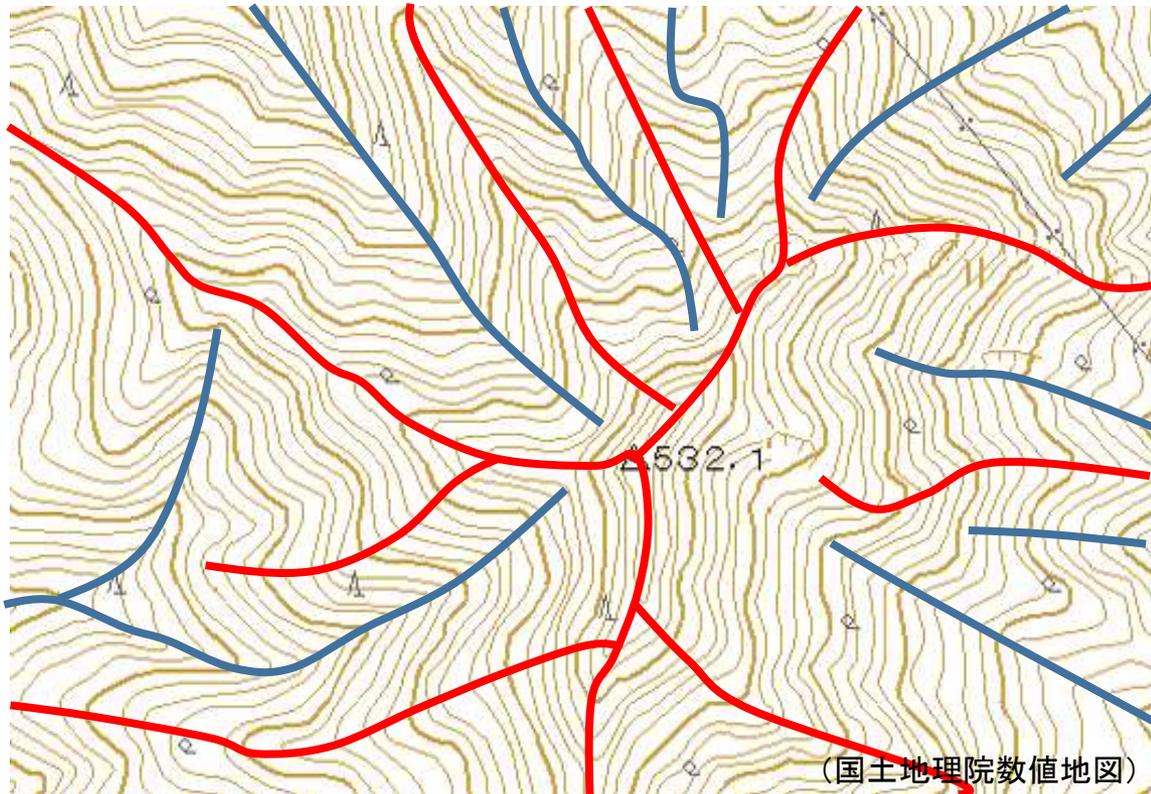
# (3) 曲率(curvature)

		平面曲率		
		凸型	直線型	凹型
縦断曲率	凸型			
	直線型			
	凹型			

平面曲率と縦断曲率の組み合わせによる斜面型の分類

### (3) 曲率(curvature)

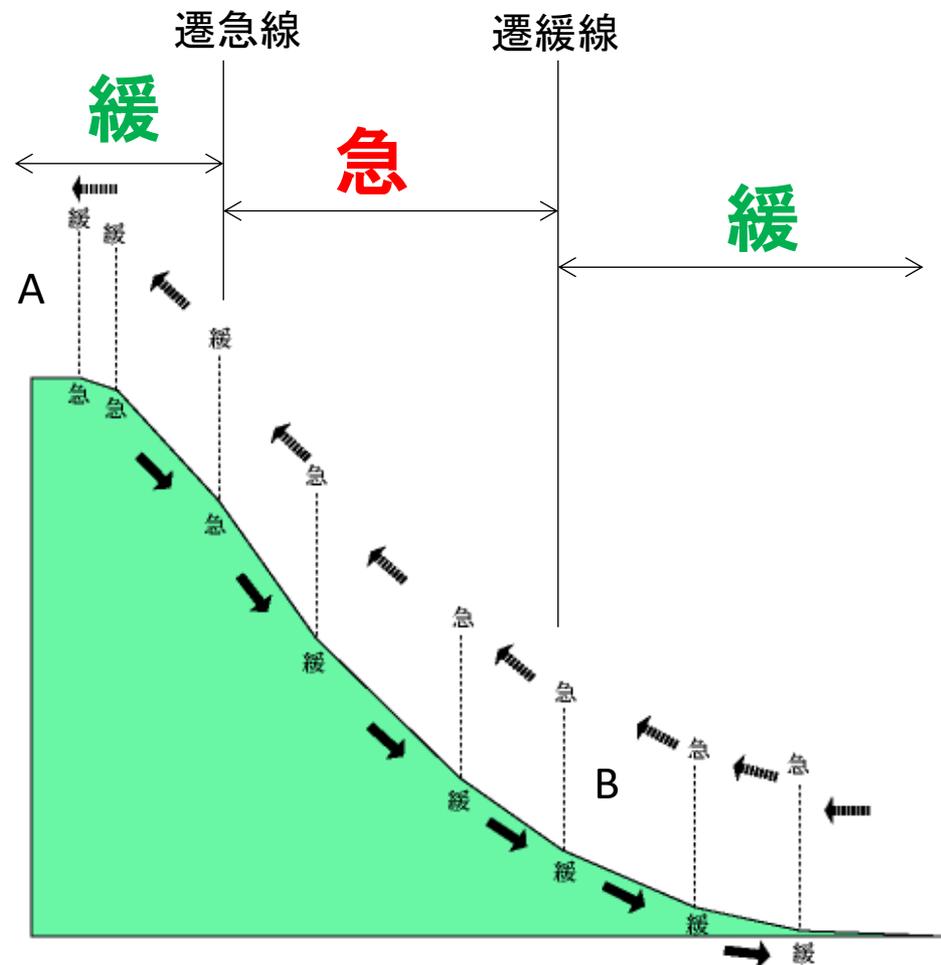
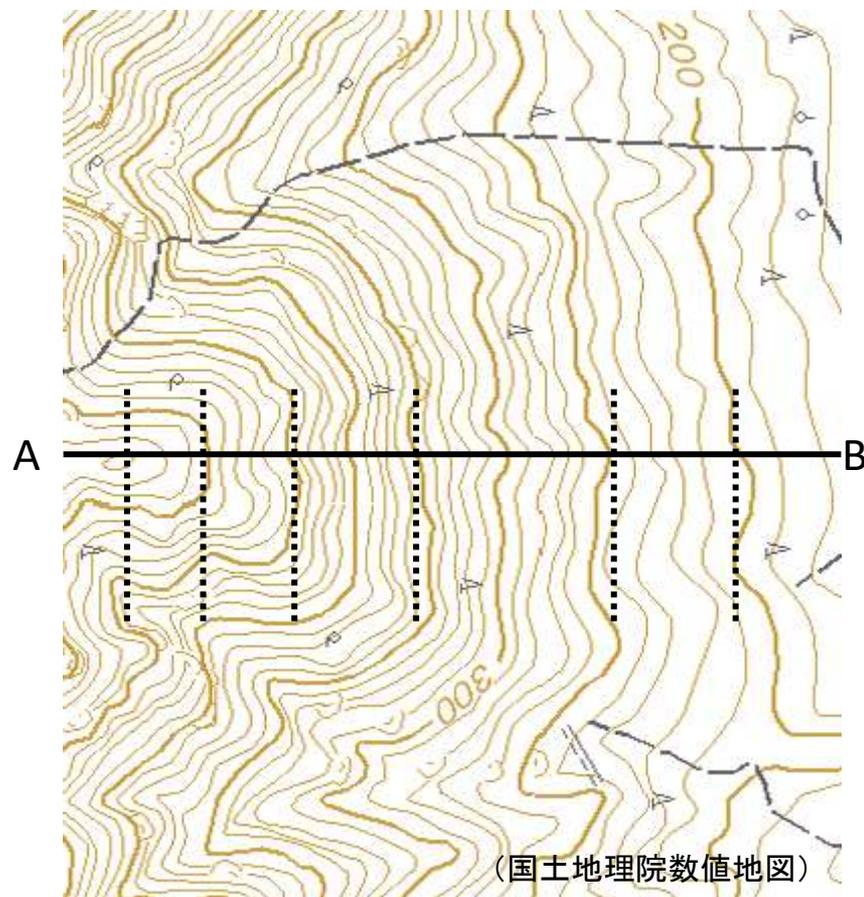
凹凸・・尾根、谷 (平面曲率)



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)

#### ③-2 凹凸・遷急線、遷緩線(縦断曲率)

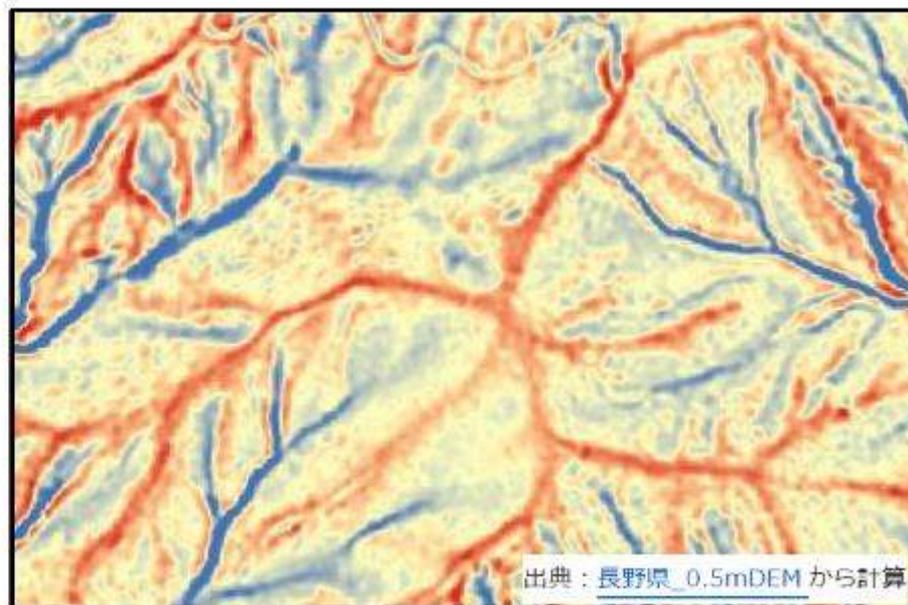


傾斜の変化から、遷急線、遷緩線を読み取る

### (3) 曲率(curvature)



尾根  谷 



凸地形  凹地形

GIS解析による曲率図

# 地形種の判読

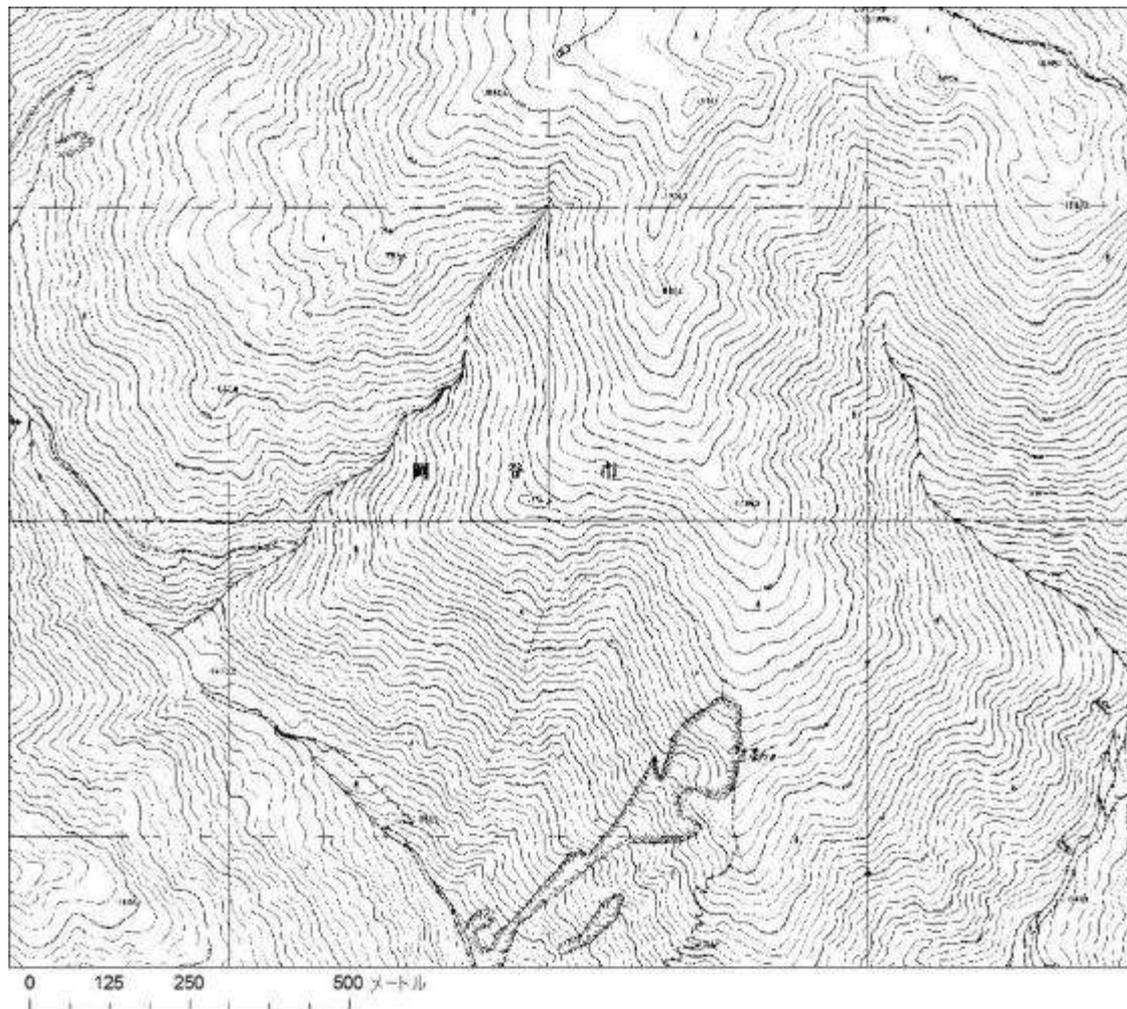
**地形種**とは、  
特定の成因によって形成された  
特定の形態的特徴をもつ地形の部分

**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

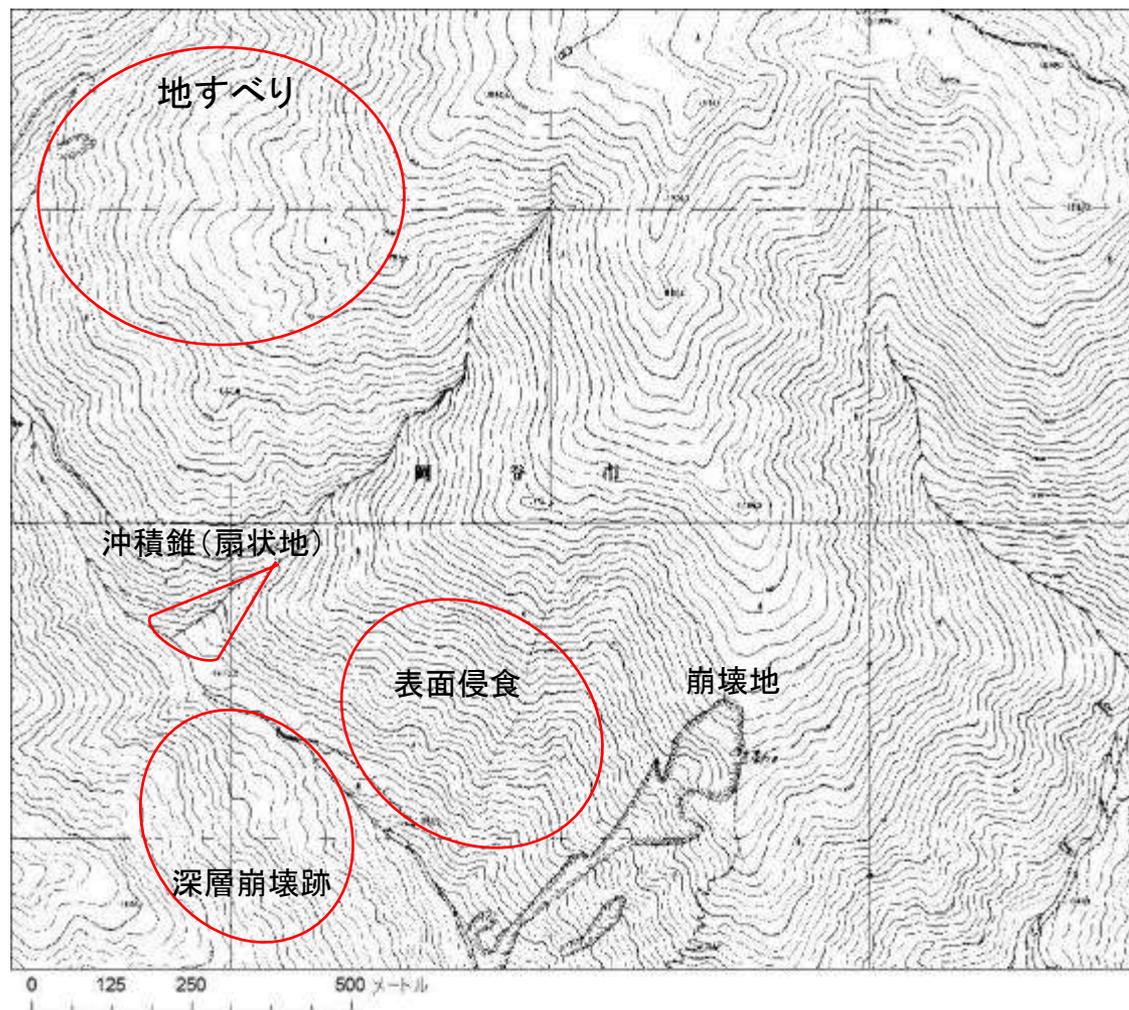
- 地すべり
- 深層崩壊跡
- 沖積錐(扇状地)
- 河道閉塞
- 溪岸侵食
- 表面侵食
- 表層崩壊



# 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

## 2 CS立体図

形だけから地形種の判読は、

- ・判読者によって結果が異なる
- ・初心者には難しい

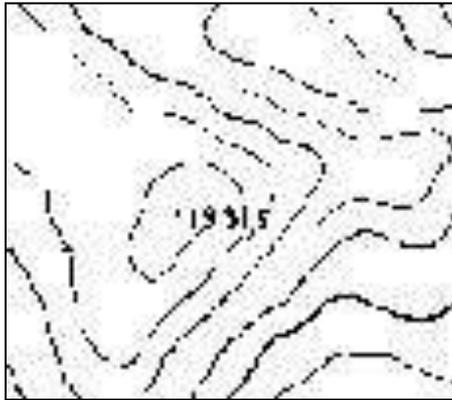


地形判読を容易にするために

**CS立体図** を開発

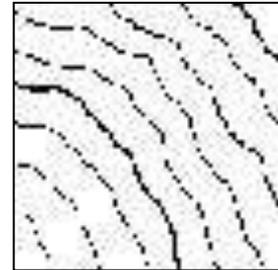
# 地形図から判読できる 3つの地形量

## ① 標高

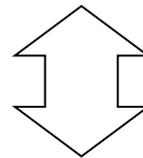


## ② 傾斜

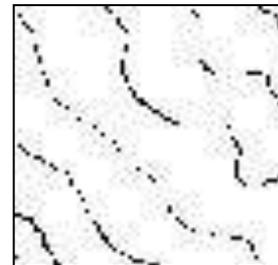
急:



等高線間隔が狭い



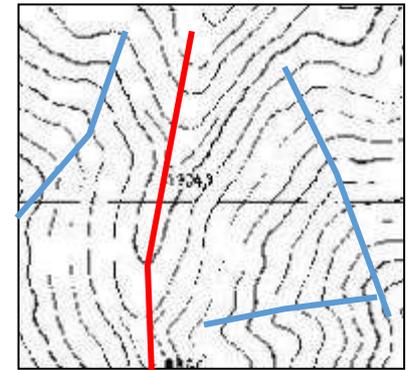
緩:



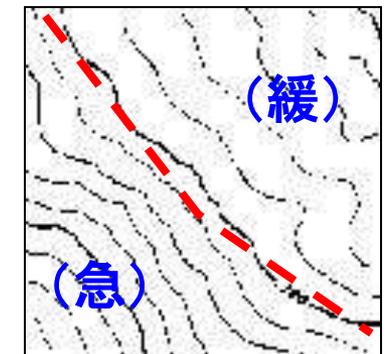
等高線間隔が広い

## 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



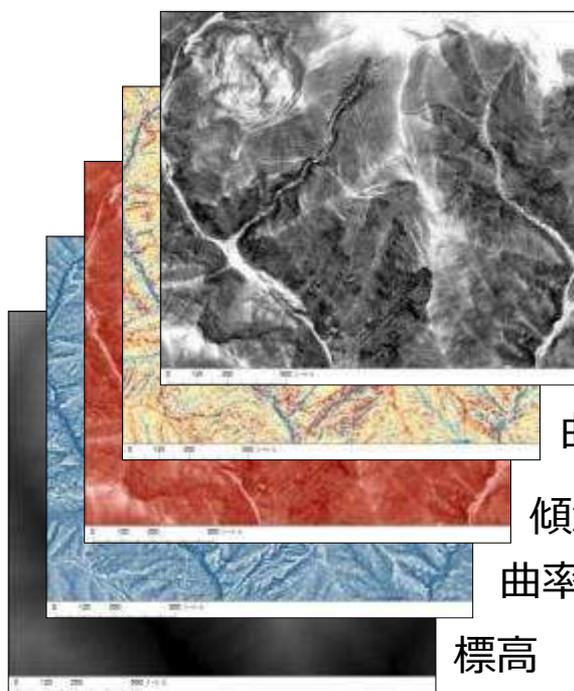
3つの地形量を異なる色調で彩色して透過処理

- ・視覚情報から直感的に情報を認識可能
- ・異なる情報を同時に認識可能
- ・等高線では表現が困難な情報も認識可能

# 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](#)



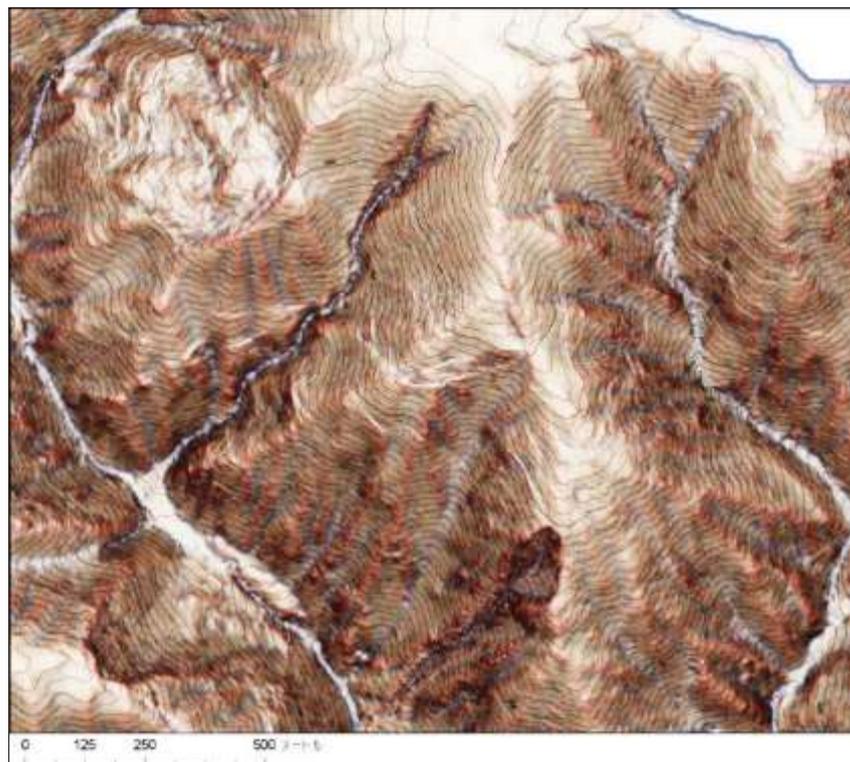
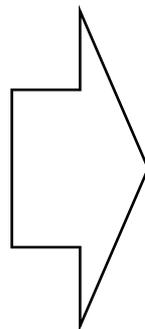
傾斜

曲率

傾斜

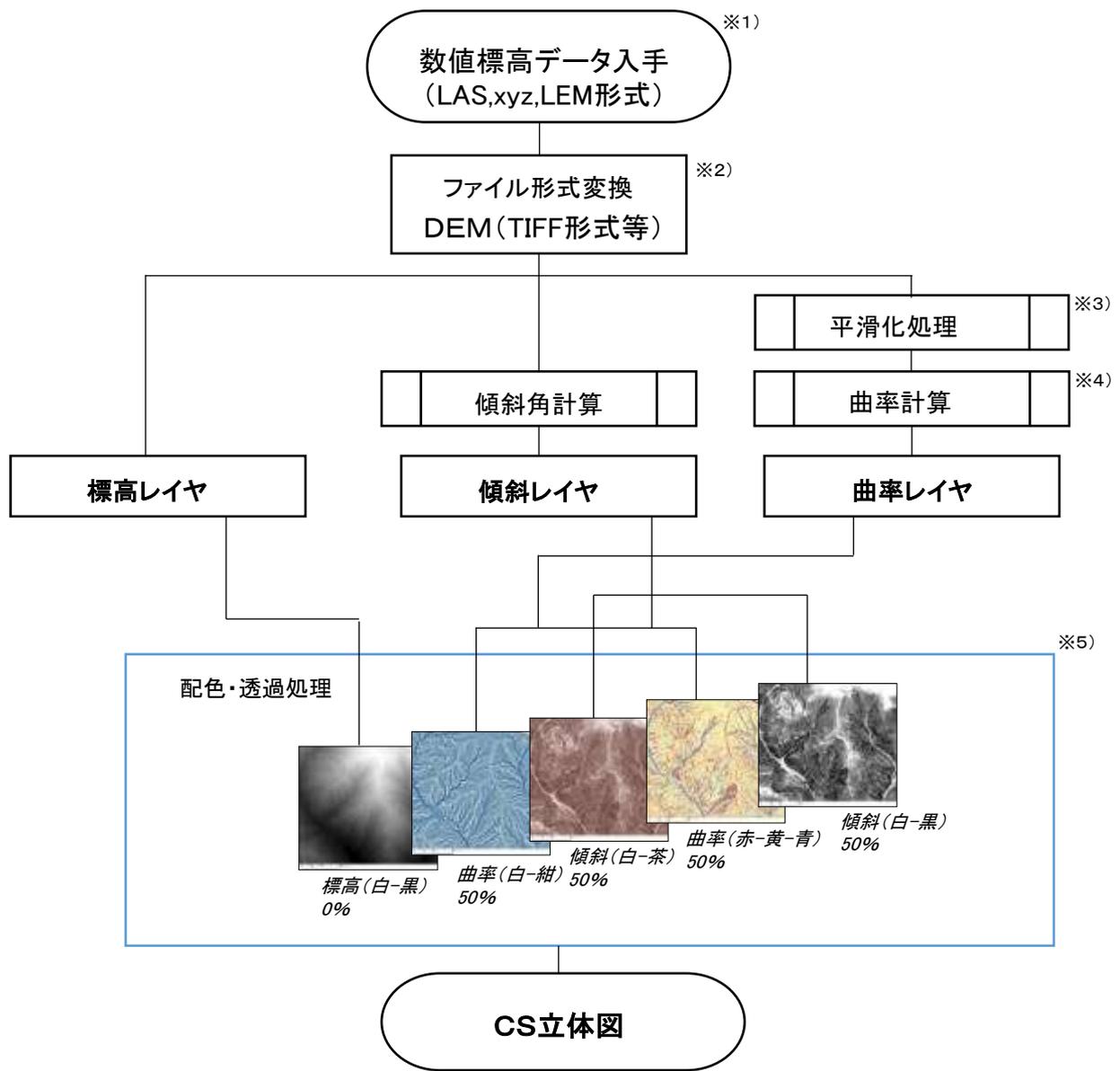
曲率

標高



「CS」とは、曲率 (Curvature) と傾斜 (Slope) の頭文字

# CS立体図作製の流れ図



## 【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、QIS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。 $\sigma$  = 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 $\sigma$ を小さい値に、大地形を強調したい場合は $\sigma$ 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。

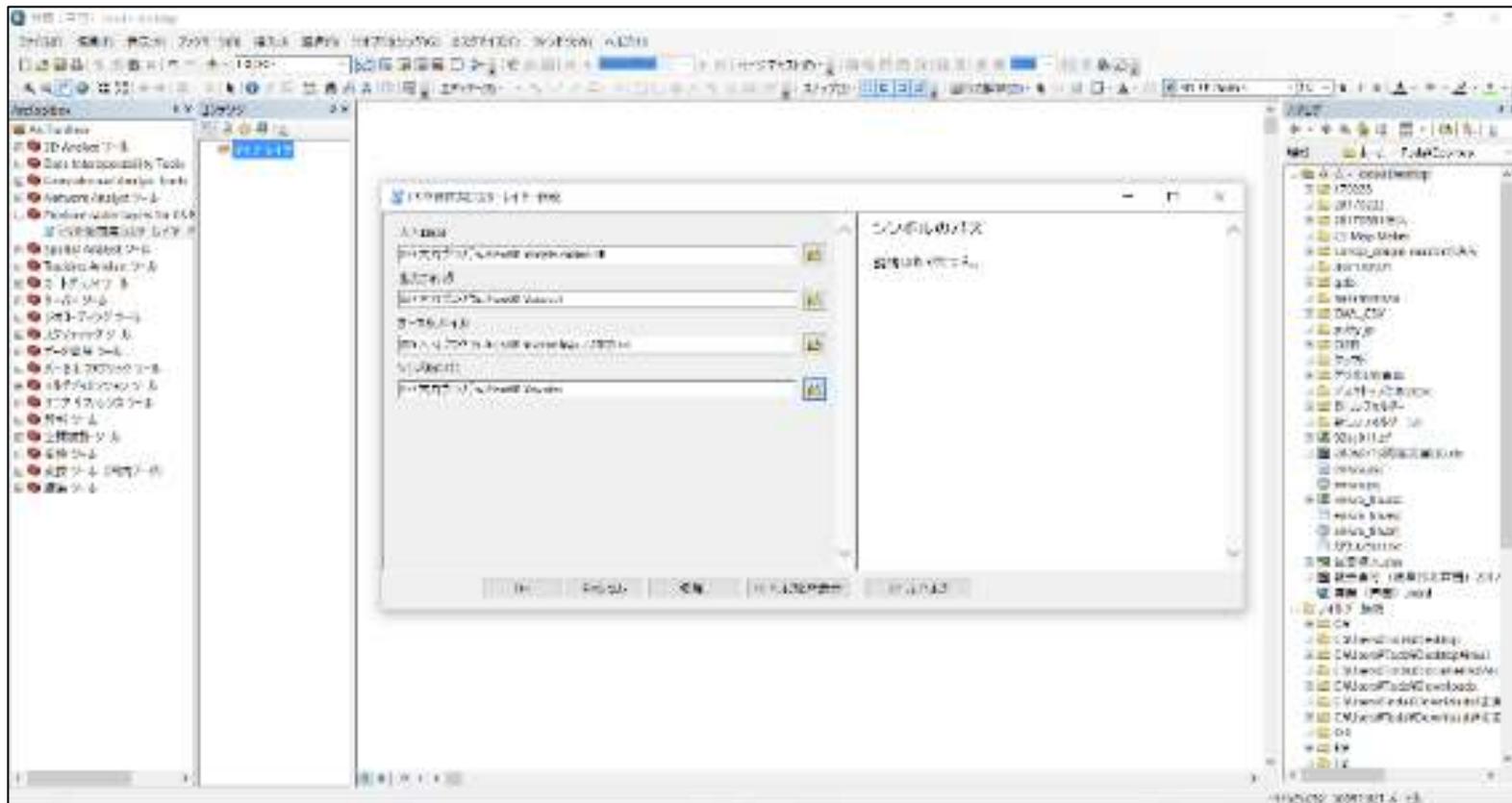
※5) 配色・透過処理  
 ・デフォルトは左記設定。用途や、判読したい地形規模に応じて、色調や透過率を調整する。

# 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)

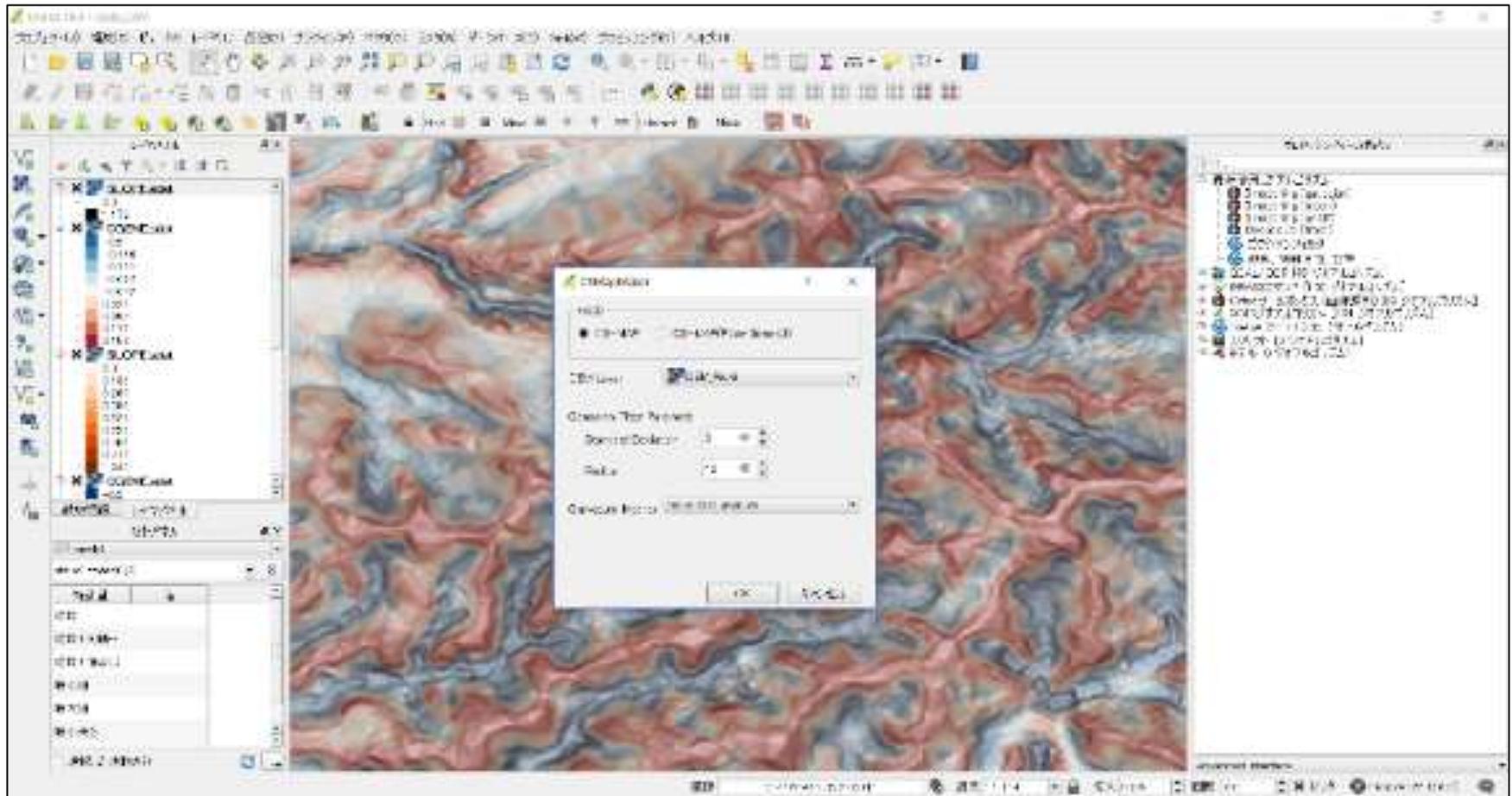
<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/csmapmaker>



# 自動作成ツールを無料配布

QGIS版 (作成: ミエルネ 朝日孝輔氏)

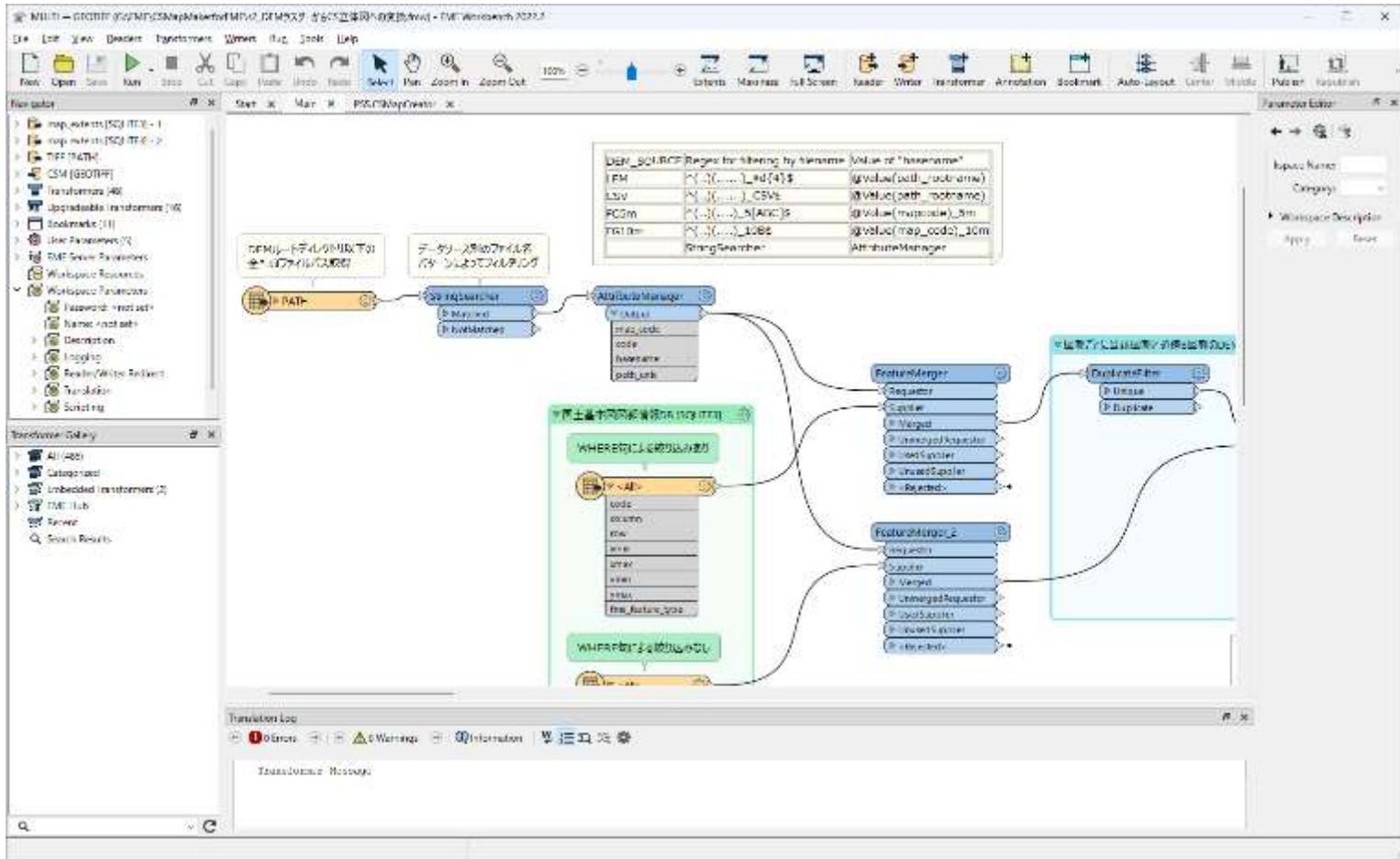
QGISのプラグインから「CSMapMaker」をインストール



# FME版 CS立体図自動作成ワークスペース

(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)  
LEM形式の標高データ → GeoTIFF形式 → CS立体図を自動作成  
処理速度が大幅にUP



# 公開済みCS立体図はG空間情報センターからダウンロードできます

## 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/](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

(2024.1.11 現在)



10mメッシュ版

全国

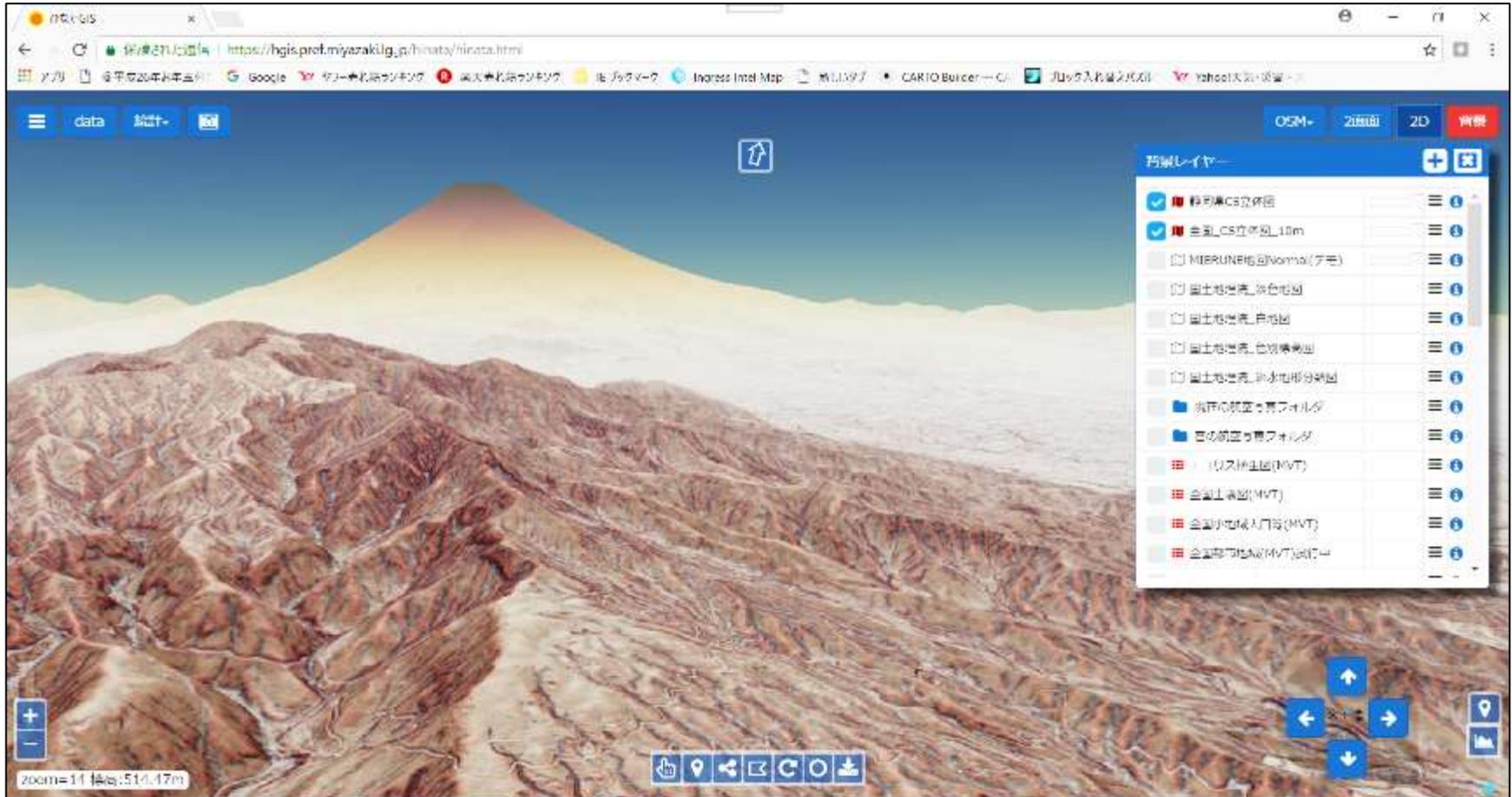


細密（1mメッシュ以下）版

**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、高知県、大阪府、東京都**（16都府県）

# 宮崎県のwebサイト「ひなたGIS」ご紹介

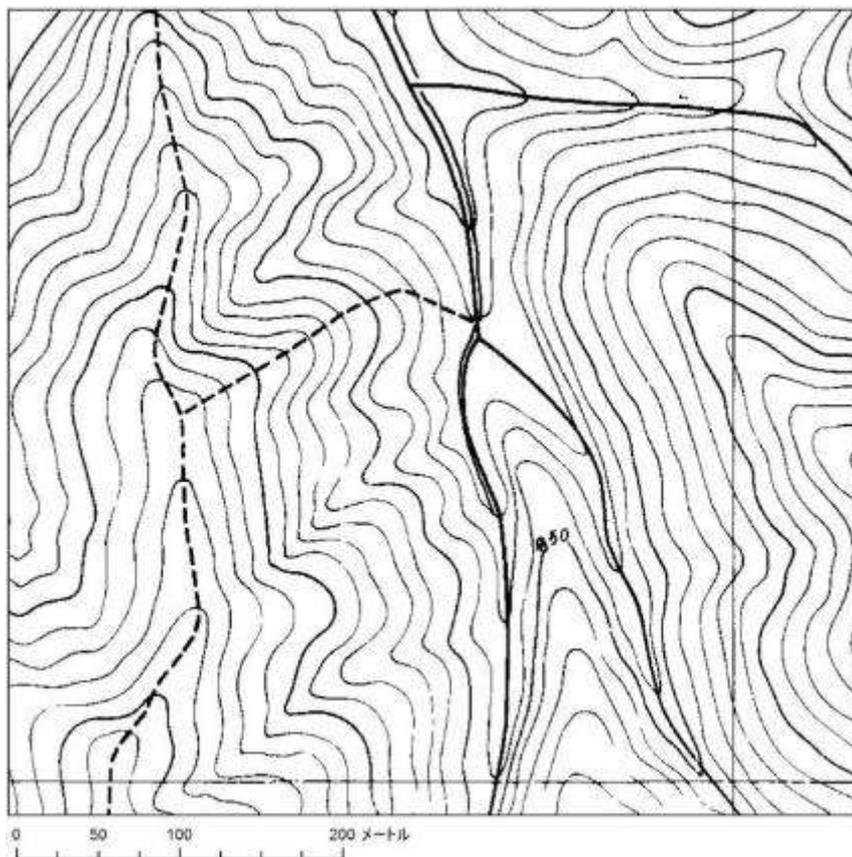
<https://hgis.pref.miyagi.jp/hinata/>



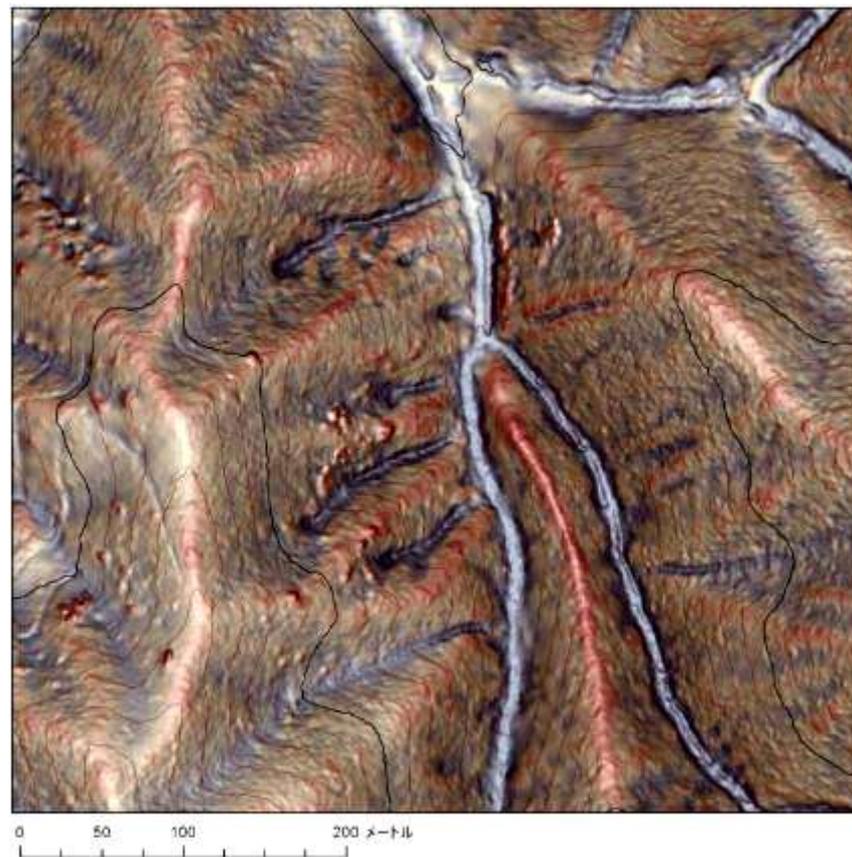
ひなたGISの背景図として利用可能

# 3 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



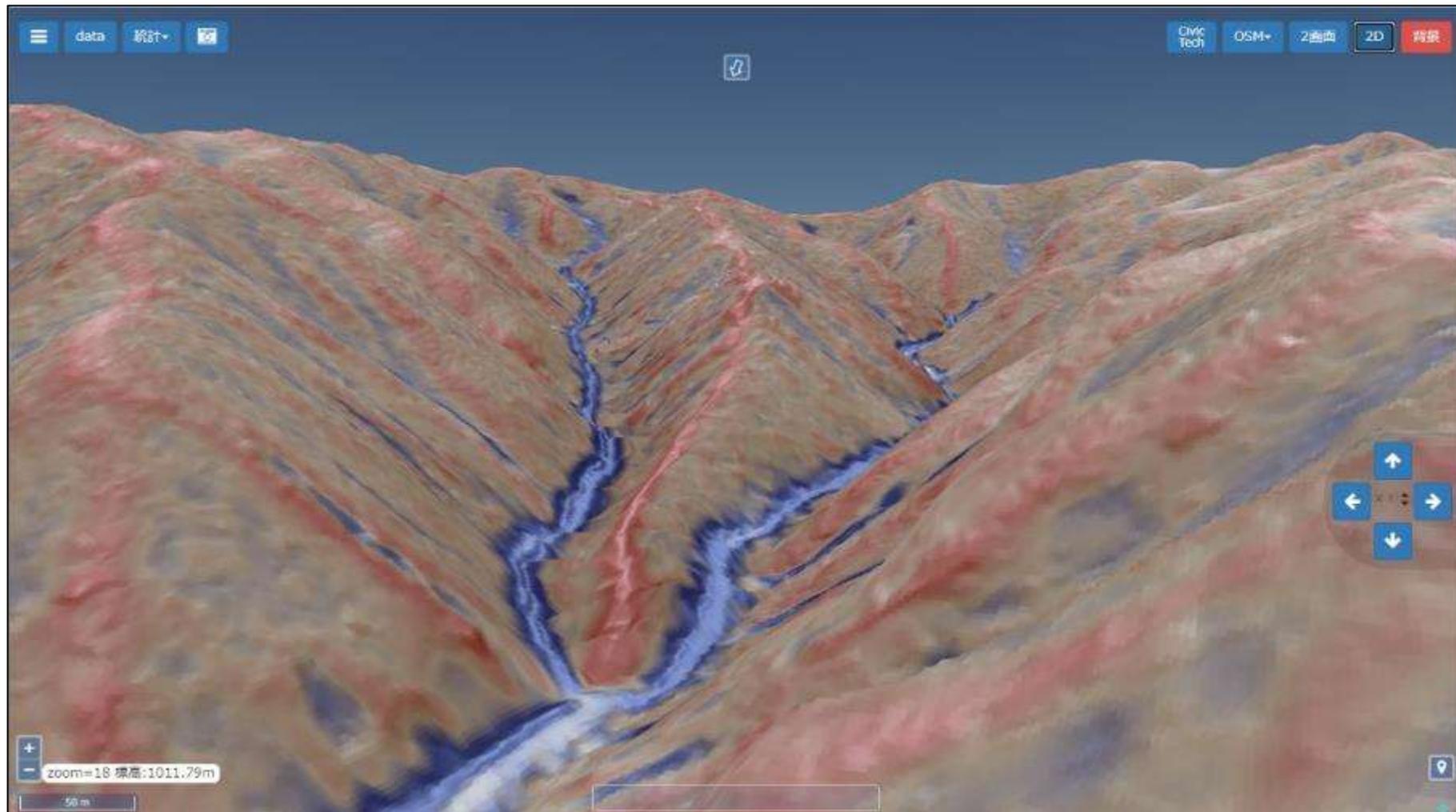
森林基本図



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**

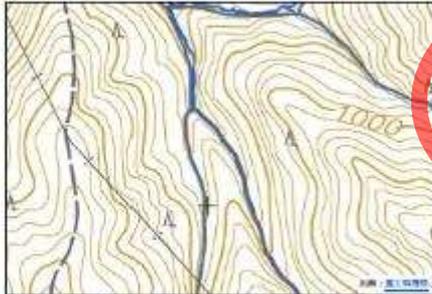
# CS立体図による基本的な地形表現



ひなたGISの3D機能による表示

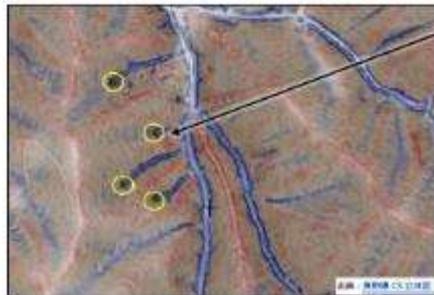
# テキストの上手な使い方

<半読例>



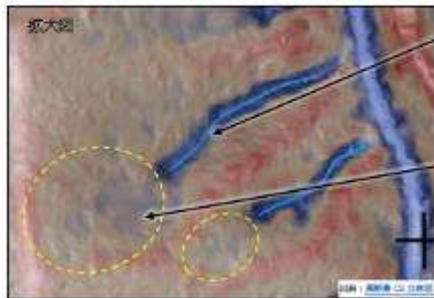
緯度：35.9718  
経度：138.0408  
長野県

QRコードを読み  
取るとひた  
GISが起動する



谷頭（侵食前線）

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



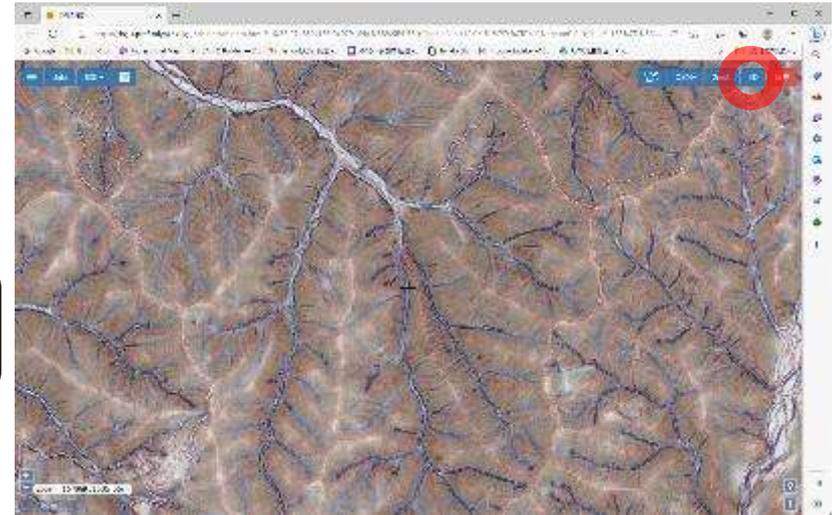
1次谷（明確な谷）

水の流れによって侵食された深い谷。常水があるが、普段は水がなくても暴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。

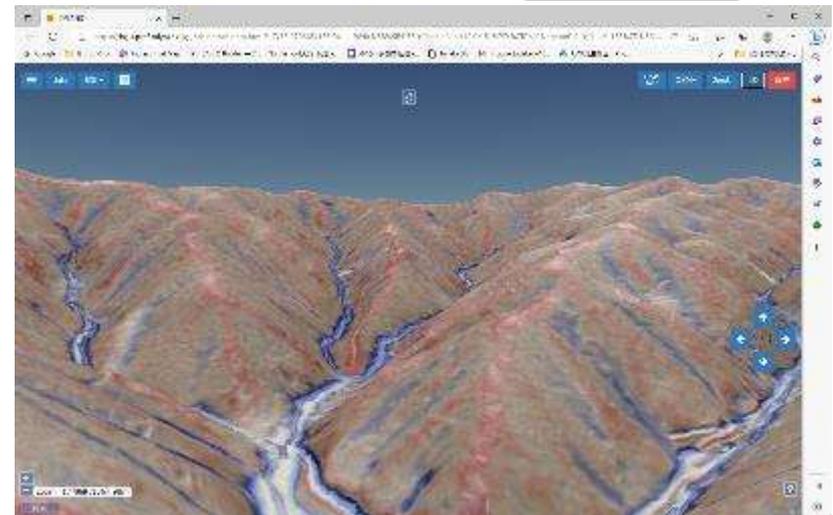
0次谷（常水のない浅い谷地形）

元々谷地形だったところを、周囲からの崩壊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、築水面積を変えないように、路網排水の設置や波型縦断線形にするなどの対策が必要。

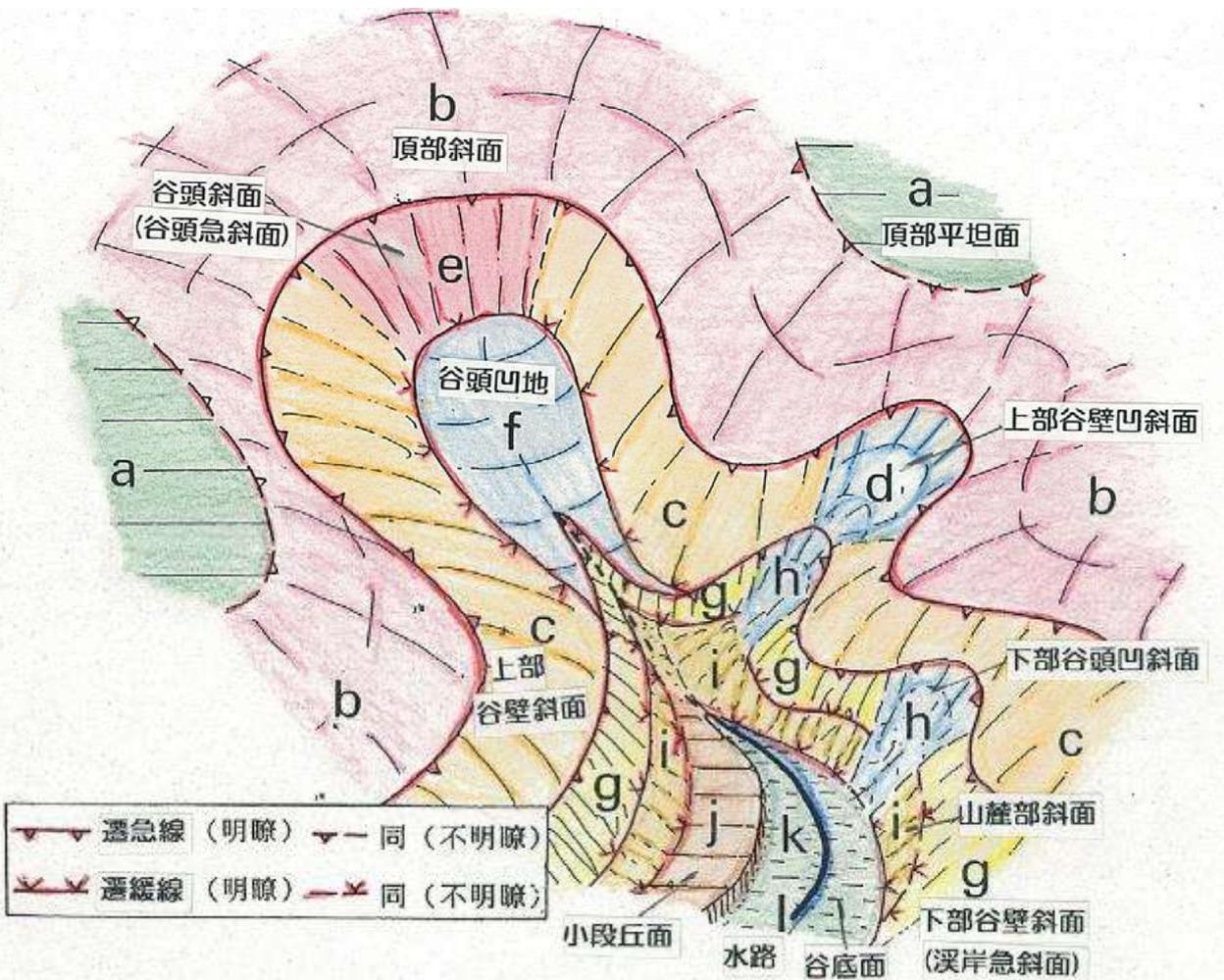
11



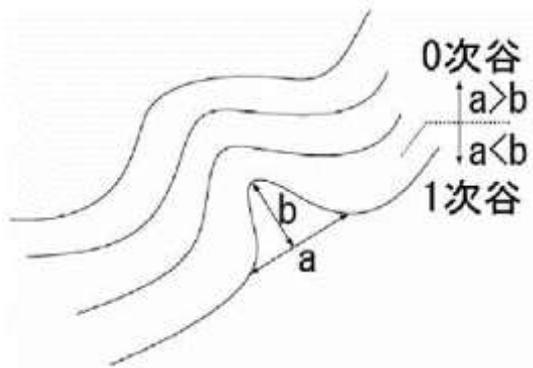
3Dボタンで  
立体表示



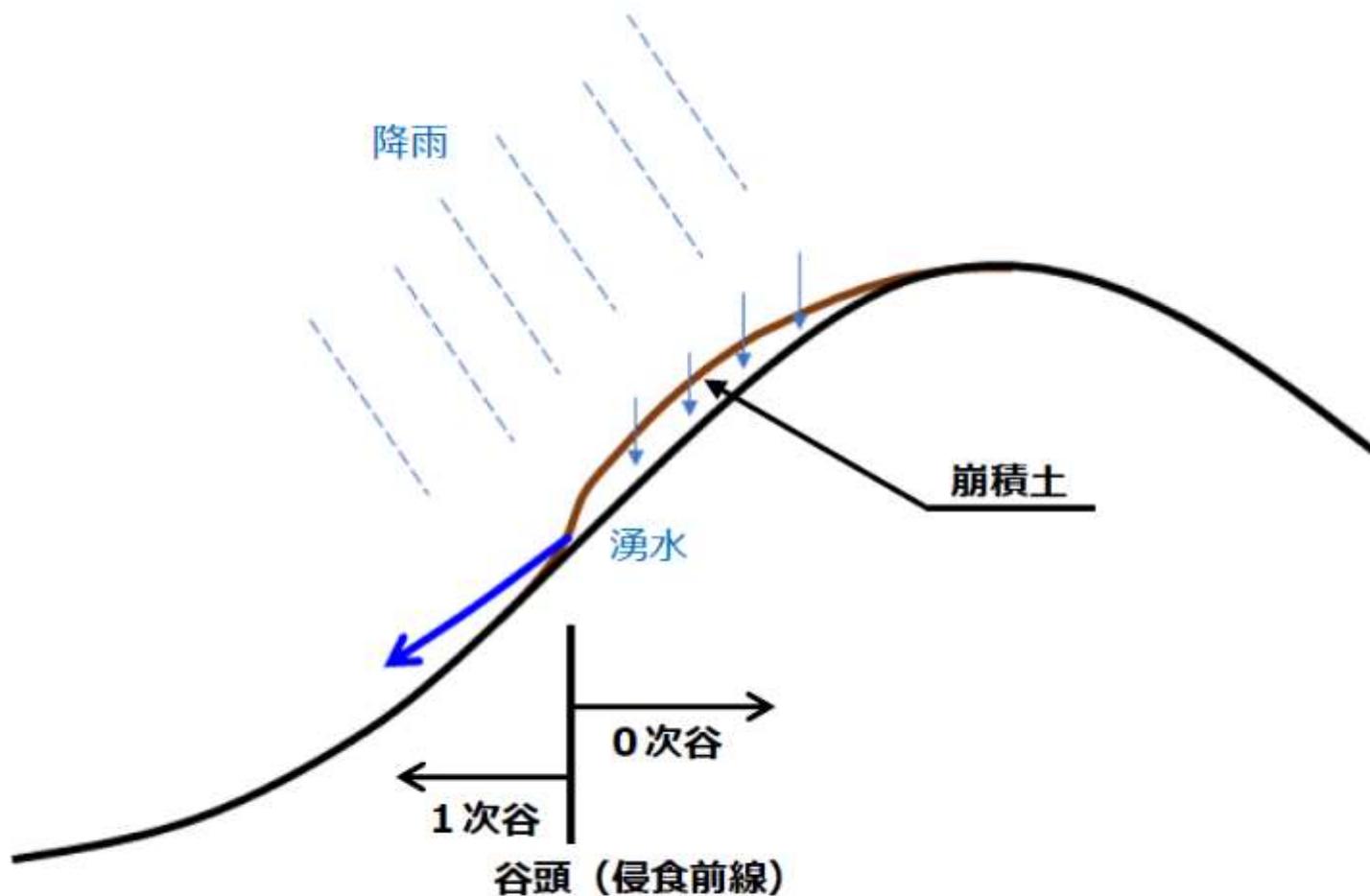
# (1) 谷頭部(こくとうぶ) — 侵食前線 —



- ・1次谷流域より1オーダー下の流域
- ・表層崩壊の発生源

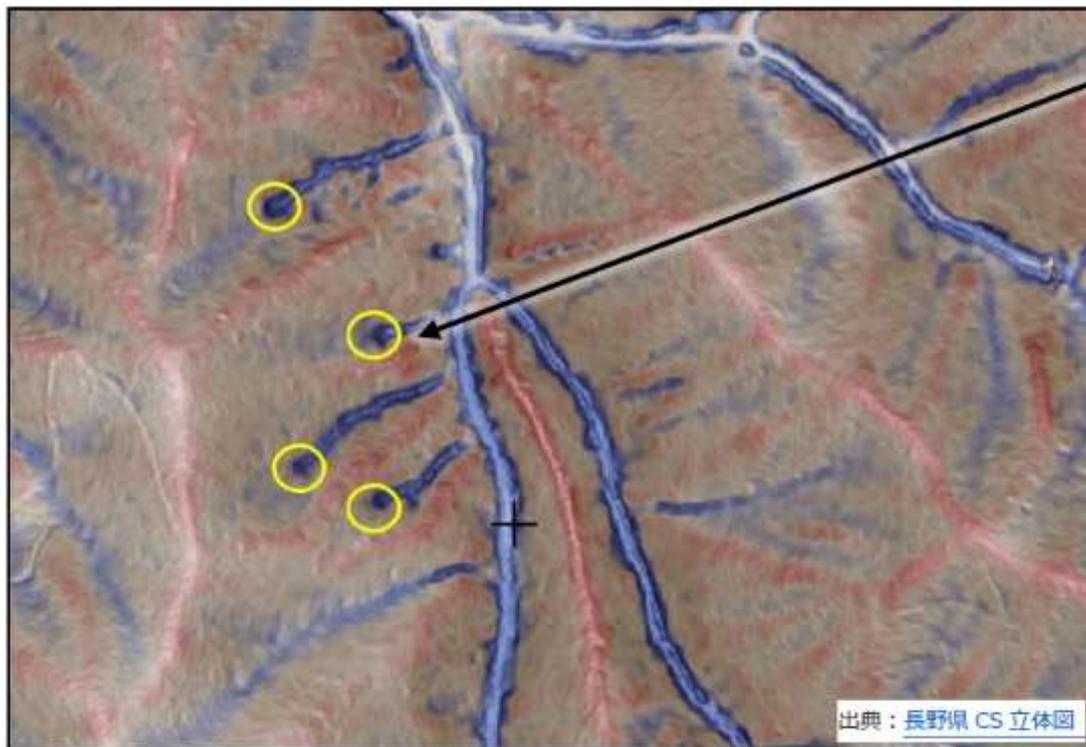


# (1) 谷頭部(こくとうぶ) — 侵食前線 —



侵食前線の模式図

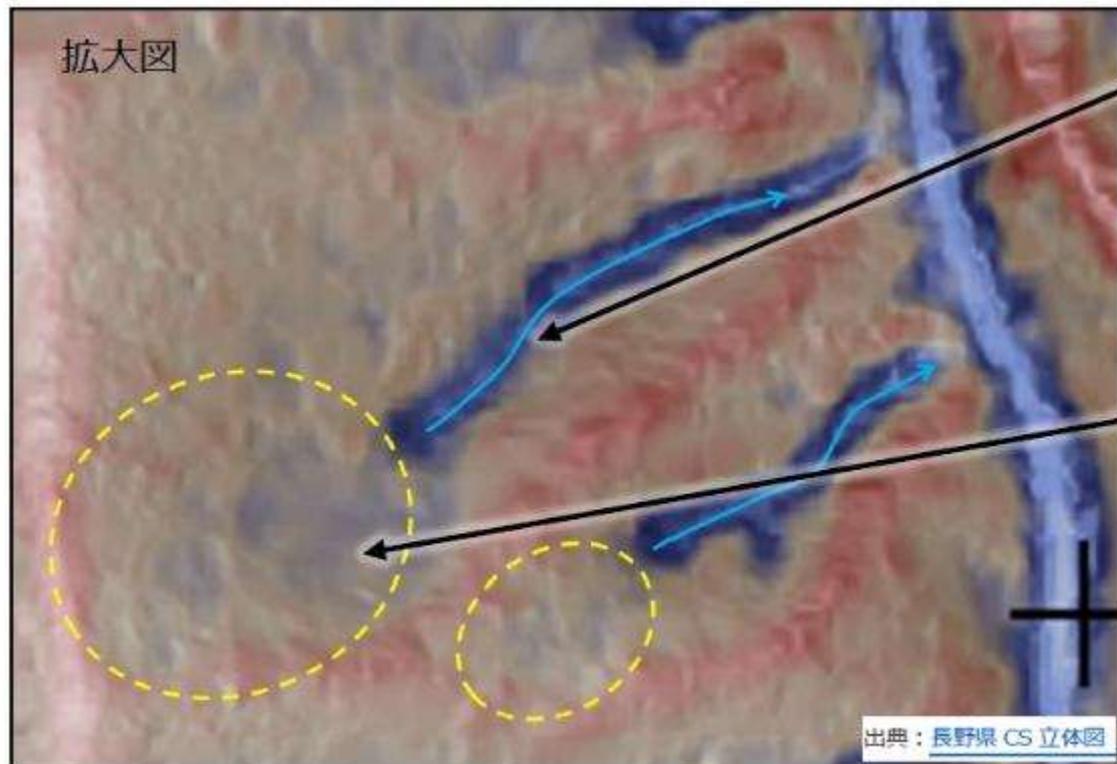
# (1) 谷頭部(こくとうぶ) — 侵食前線 —



## 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 —



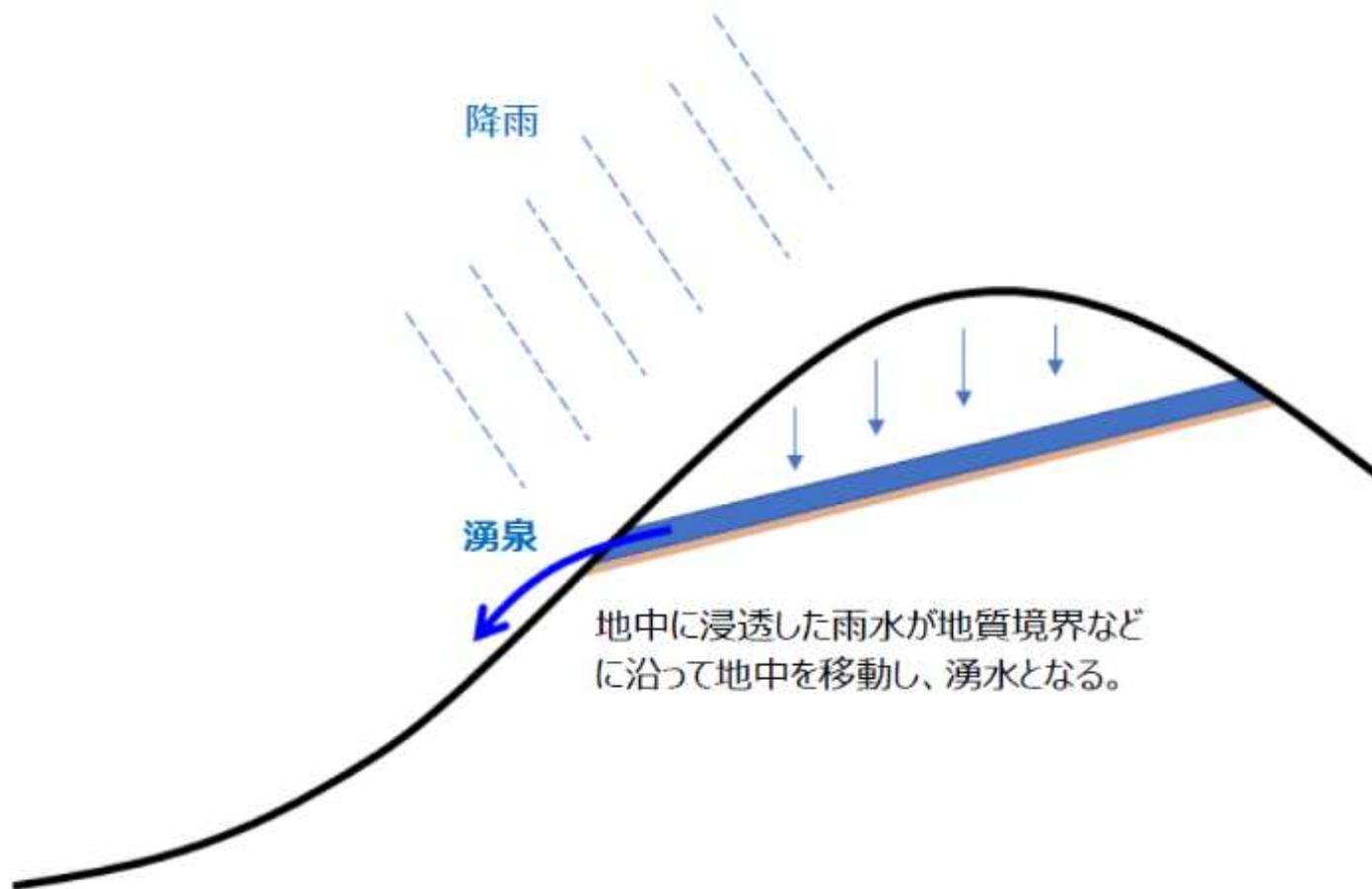
## **1次谷 (明瞭な谷)**

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)**

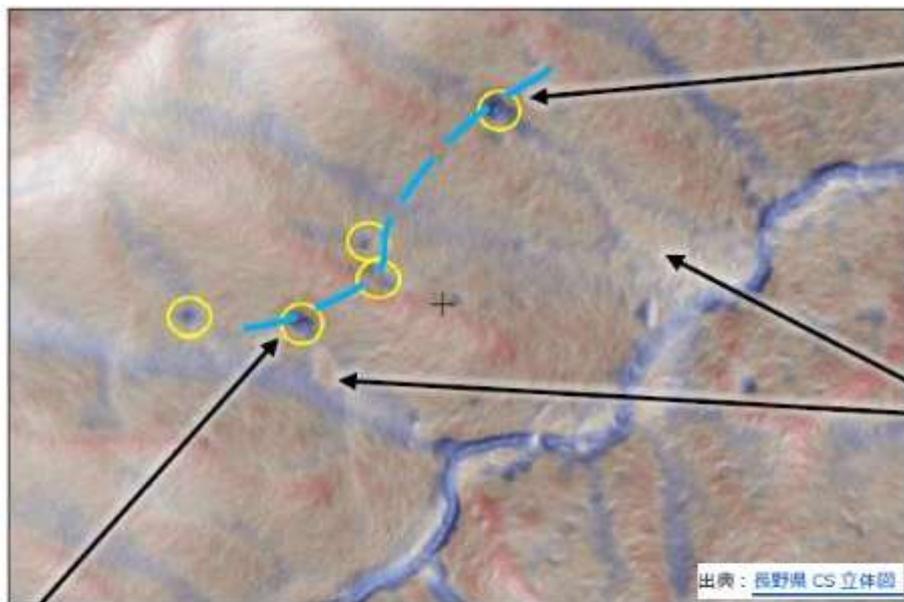
元々谷地形だったところを、周囲からの崩積土などが埋めている。上流に向かって侵食が進行する。この位置に路網開設する場合は、集水面積を変えないように、路面排水の設置や波型縦断線形にするなどの対策が必要。

## (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）



### 地形に沿って列状に並ぶ湧泉

地質構造による湧泉は、透水性の異なる地質の層界に沿って並ぶ傾向にある。常に同じ場所から湧水し、上流に向かって発達はしない。

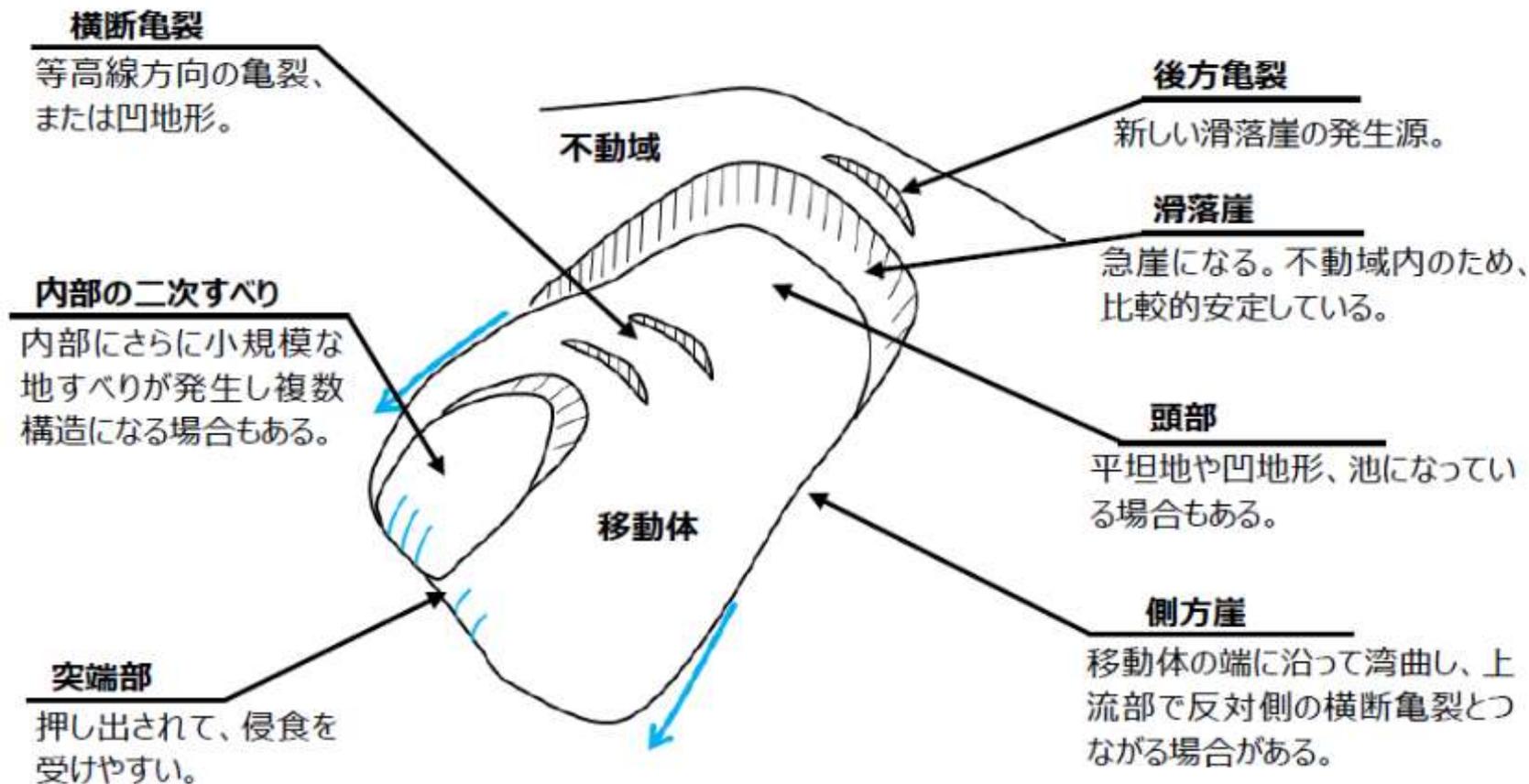
### 崩積土

下流部には湧泉から流れ出した土砂が堆積している。



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

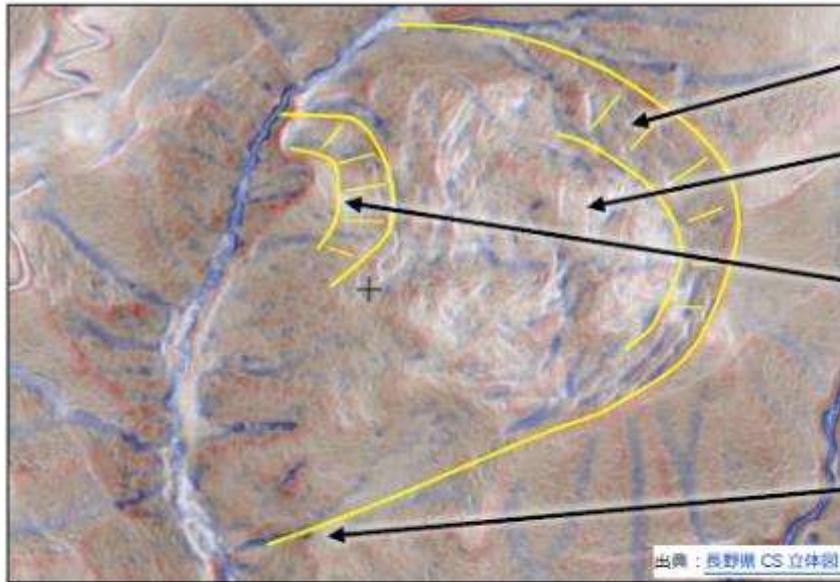


地すべり地形の模式図

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**

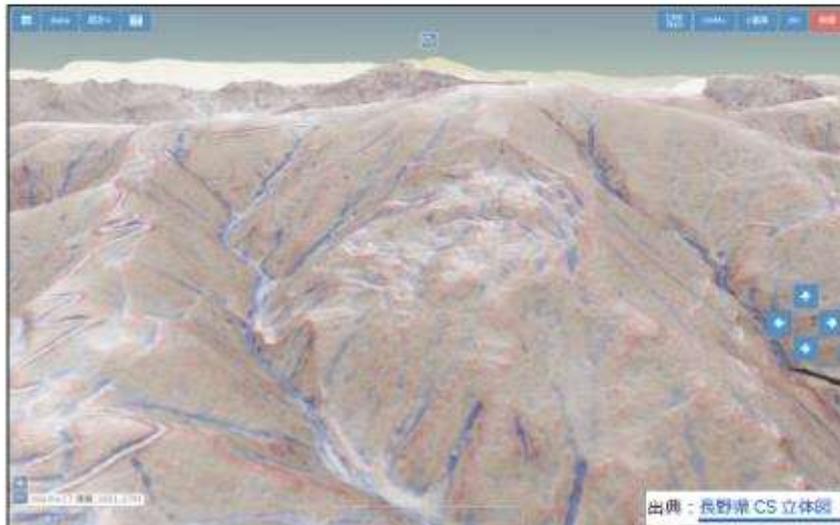
移動体内にはクラックや小尾根が多数見られる。

**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。

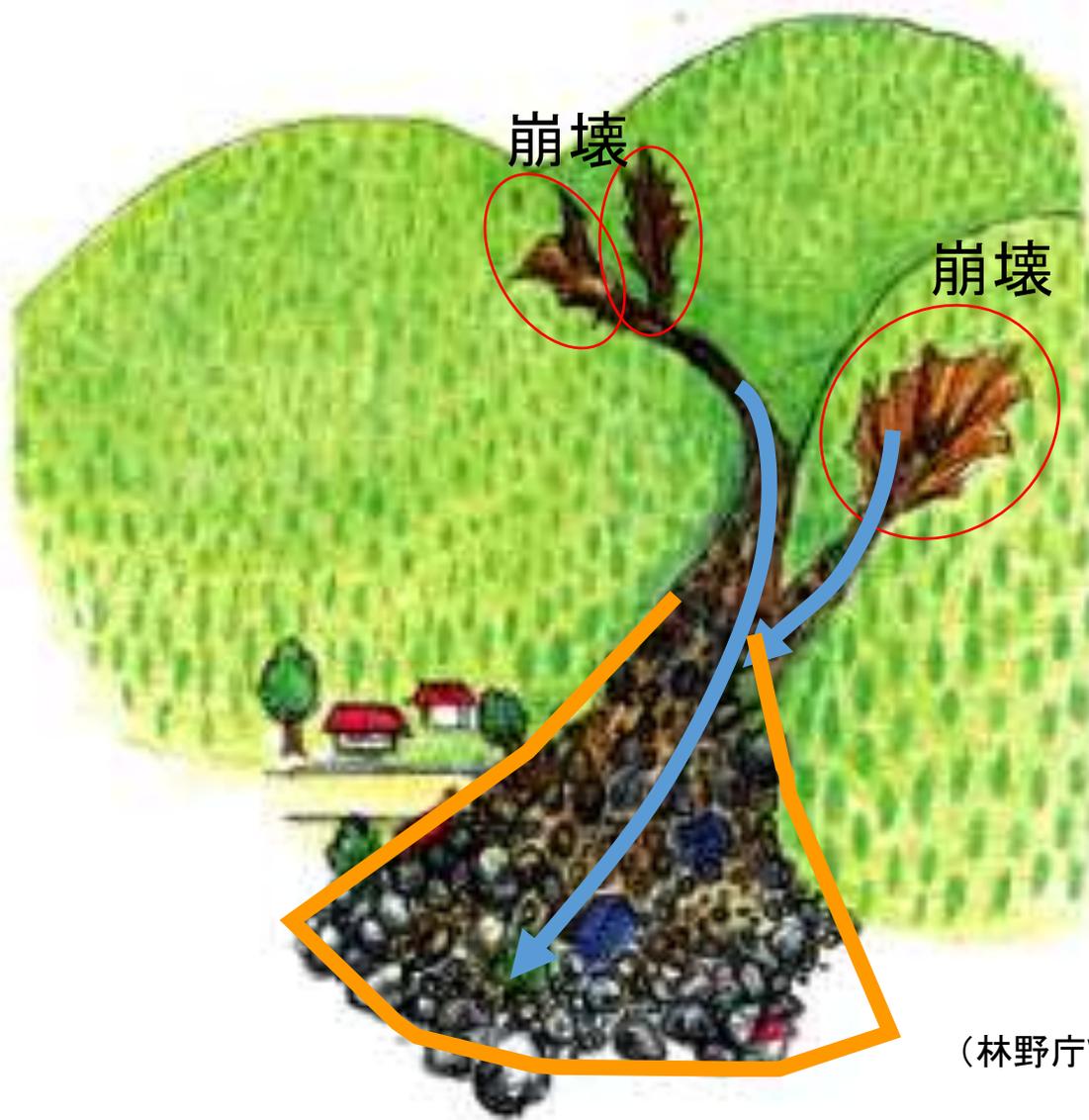
**側方崖**

活発に侵食が進行するので、路網開設時には要注意。



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。

## (4) 沖積錐(ちゅうせきすい)

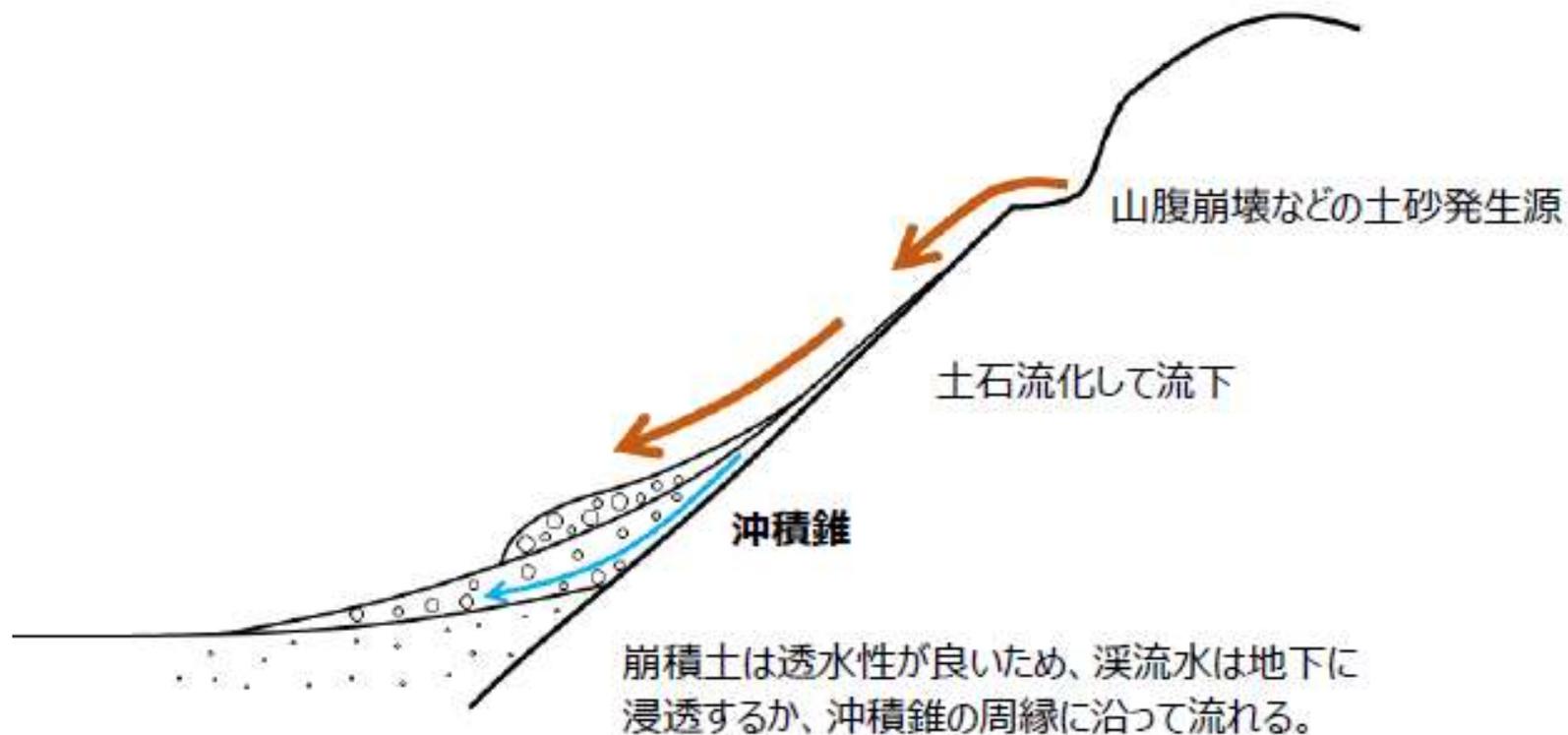


土石流とは、崩壊した土砂が、①水等と混ざり、②水等が滑材になって、③長距離を流下する現象

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)



### 沖積錐

谷の出口の白っぽく見える扇型の地形。  
路網開設を行うと、上流からの土石流の被害を頻繁に受けやすい。

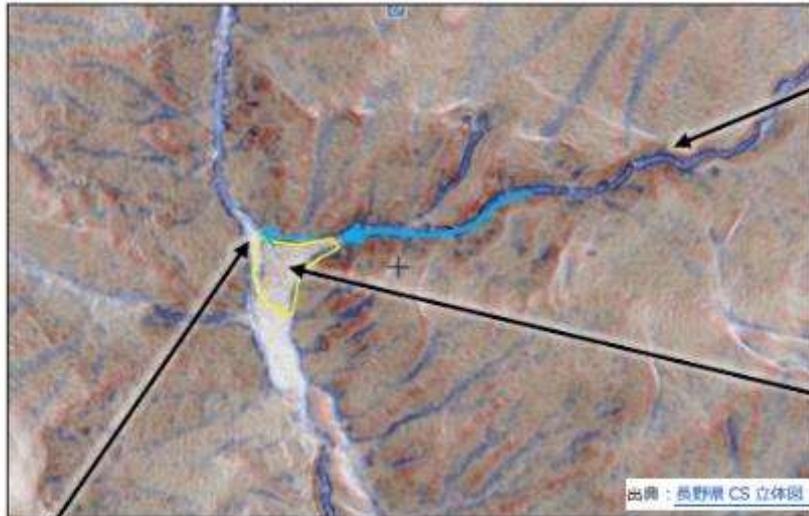
### 土砂発生源

上流部分にある侵食が激しい区域。斜面崩壊が頻繁に発生する。  
斜面崩壊が頻繁に発生する。



沖積錐は崩積土できているため、透水性が良く、谷の水は地中に浸透している。

## (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)

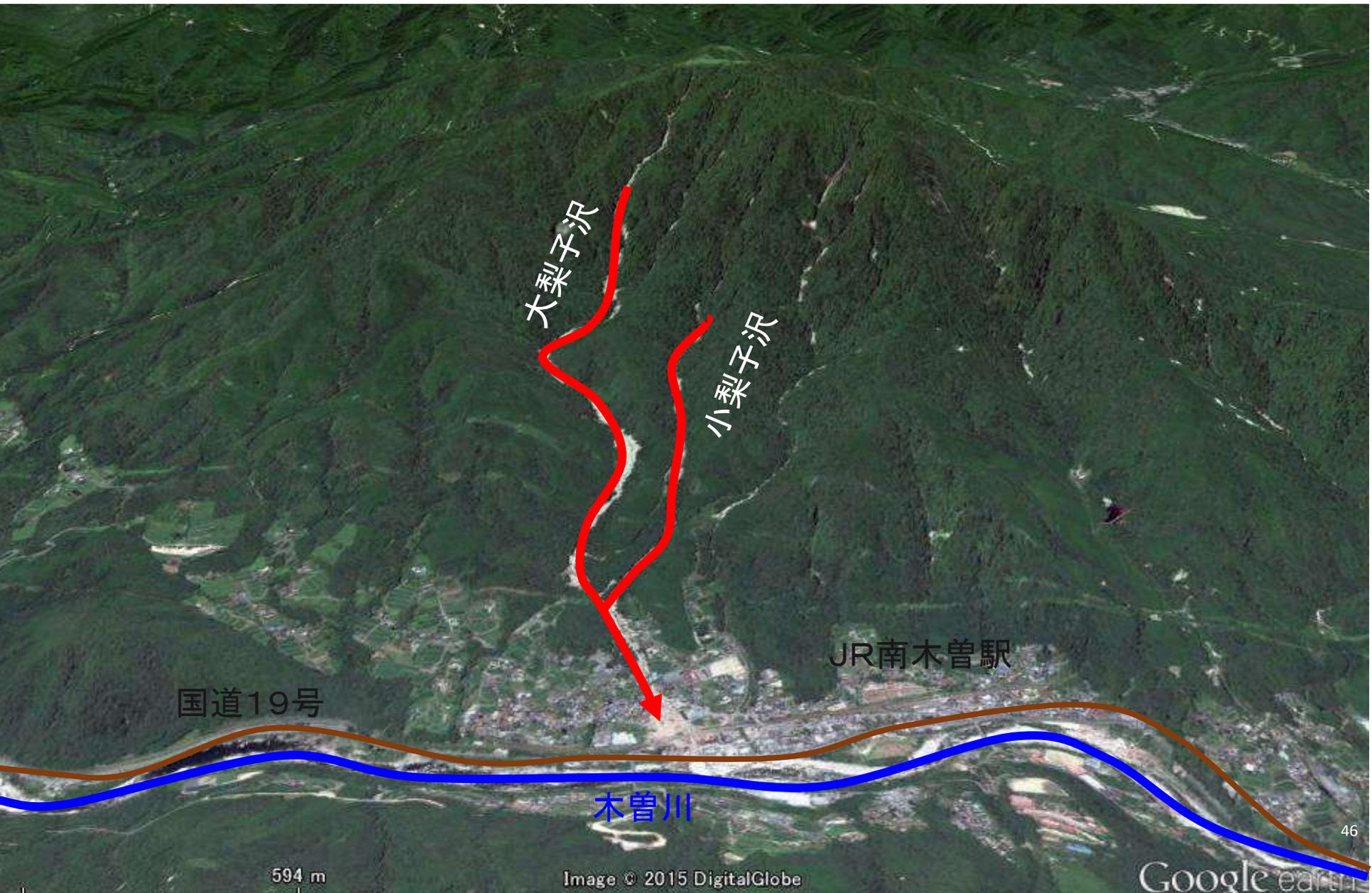
シダ類が繁茂していることから、地下水位が高いと推測できる。

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。



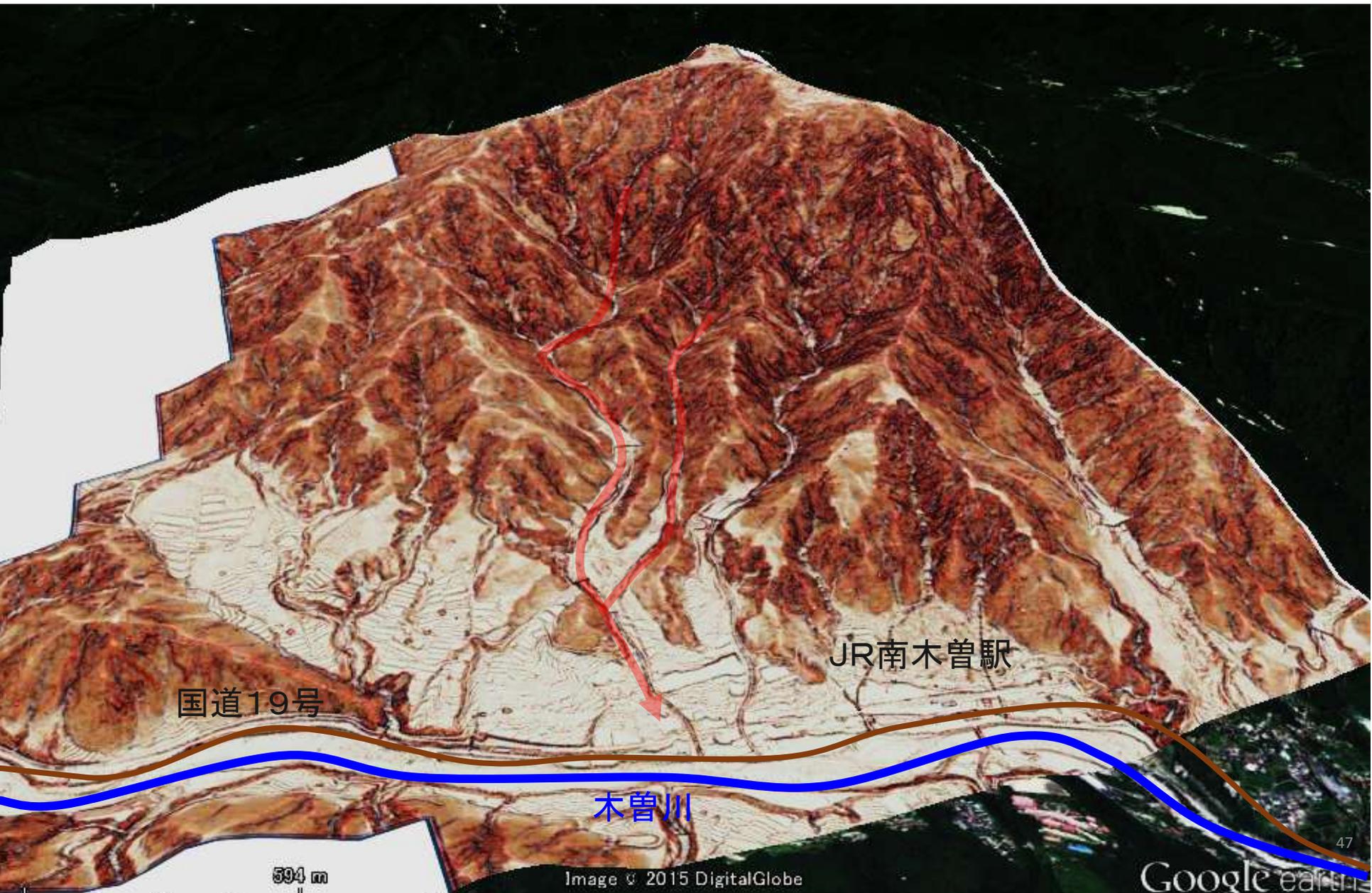
# (4) 沖積錐(ちゅうせきすい)

(南木曾町：平成26年度豪雨被災地)



# (4) 沖積錐(ちゅうせきすい)

(南木曾町：平成26年度豪雨被災地)



国道19号

JR南木曾駅

木曾川

594 m

Image © 2015 DigitalGlobe

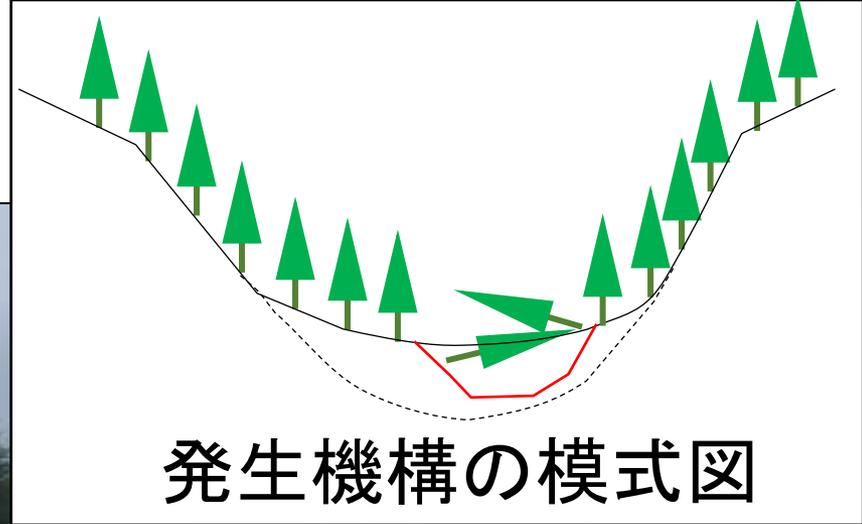
Google earth

# 拡大図



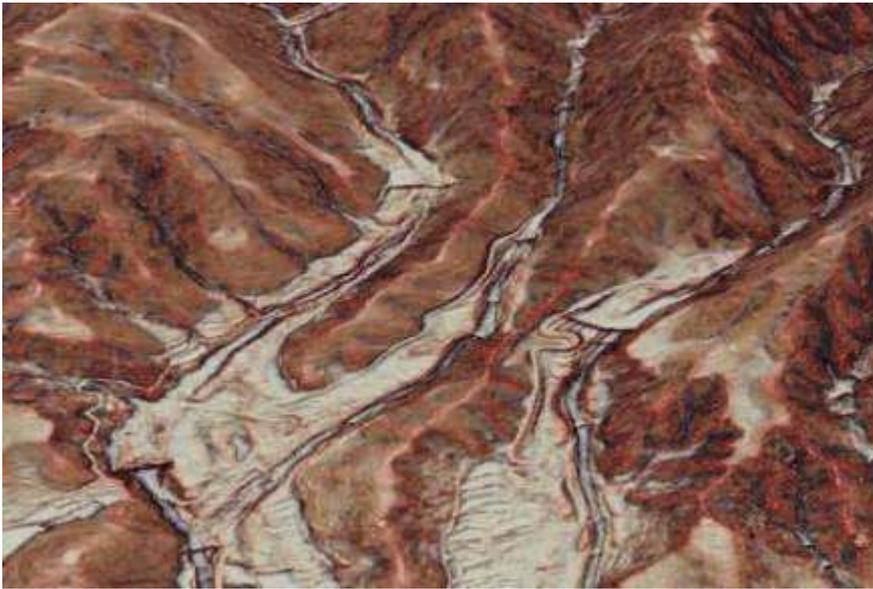
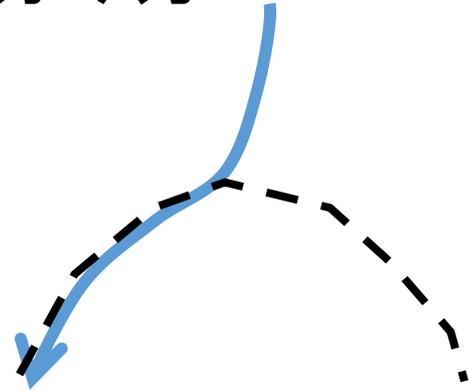
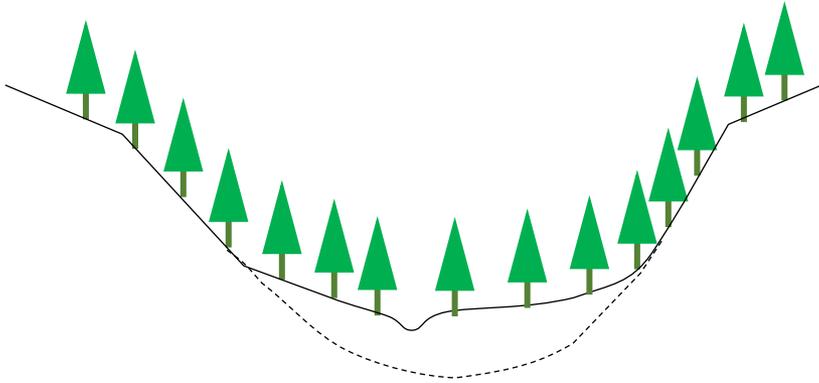
周辺の溪流の出口にも、過去から繰り返し発生した土石流の土砂が堆積している

# H26南木曾町災害

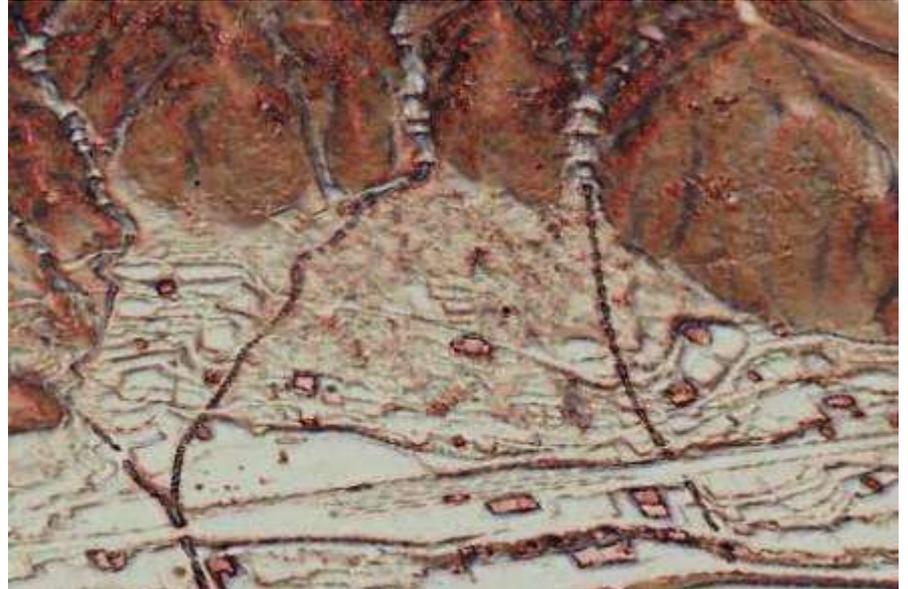


# 土石流危険渓流の見分け方

【地形判読】



- ・急傾斜で河床堆積物  
(過去の土石流堆積物)

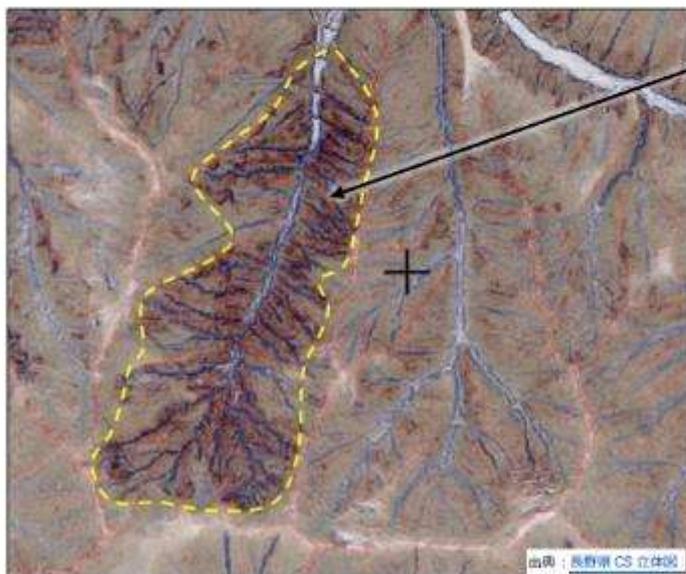


- ・下方に沖積錐がある谷

## (5) 侵食域 (しんしょくいき)



緯度 : 36.2933  
経度 : 138.0442  
長野県



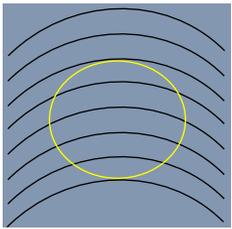
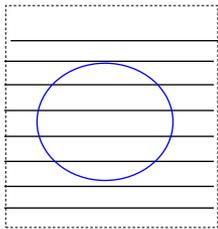
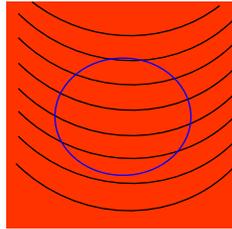
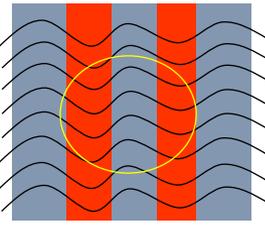
### 侵食域

地質や傾斜が同じでも、風化の違いや、過去の土地利用によって、侵食の程度が異なることがある。

侵食域では、崩壊発生の頻度も高く、路網開設や木材生産林に適さない。

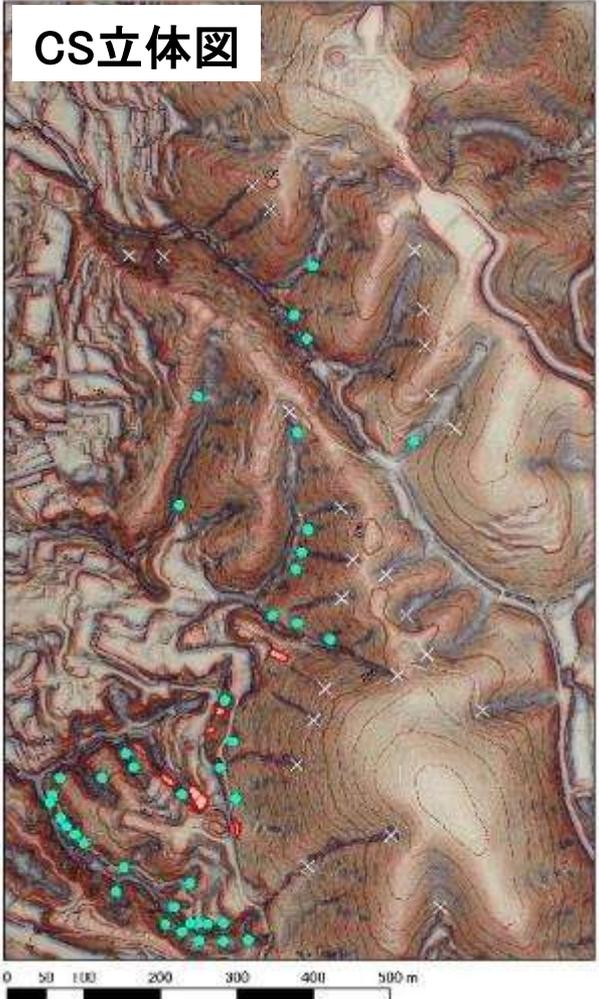
# 平面曲率の標準偏差

(SHC : Standard deviation of Horizontal Curvature)

斜面形状	谷型斜面	直線斜面	尾根型斜面	波型斜面
模式図				
傾斜	同じ			
平面曲率	-	0	+	- + - + -
SHC (平面曲率の標準偏差)	小	小	小	大

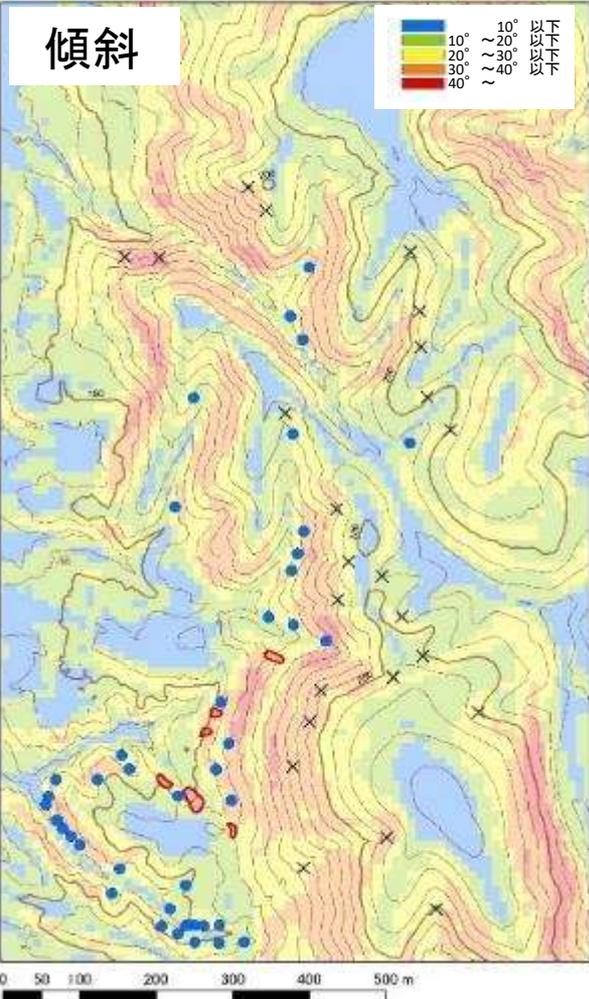
- ・同じ傾斜でも、谷が多く、入り組んだ地形では崩壊が発生しやすい。(過去の崩壊履歴が多い)
- ・一定面積(ex.半径100m円内)における平面曲率の標準偏差を計算すると、地形の入り組みの度合いを表現できる。

# ○解析事例1 (京都市清水:堆積岩)



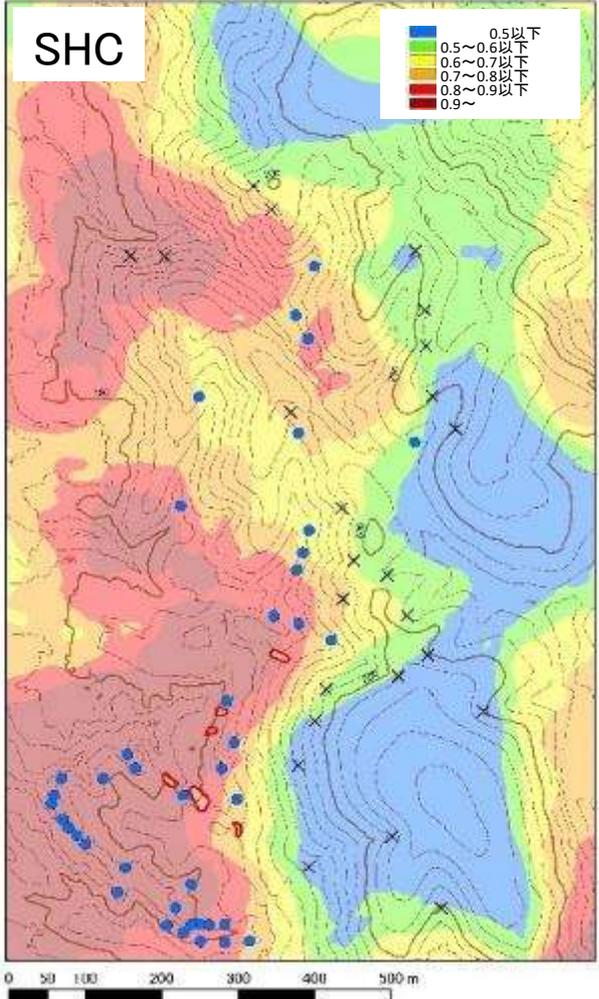
近年の崩壊履歴と踏査による湧水確認位置をマッピング

- 近年の放棄履歴
- 踏査時に湧水あり
- ×



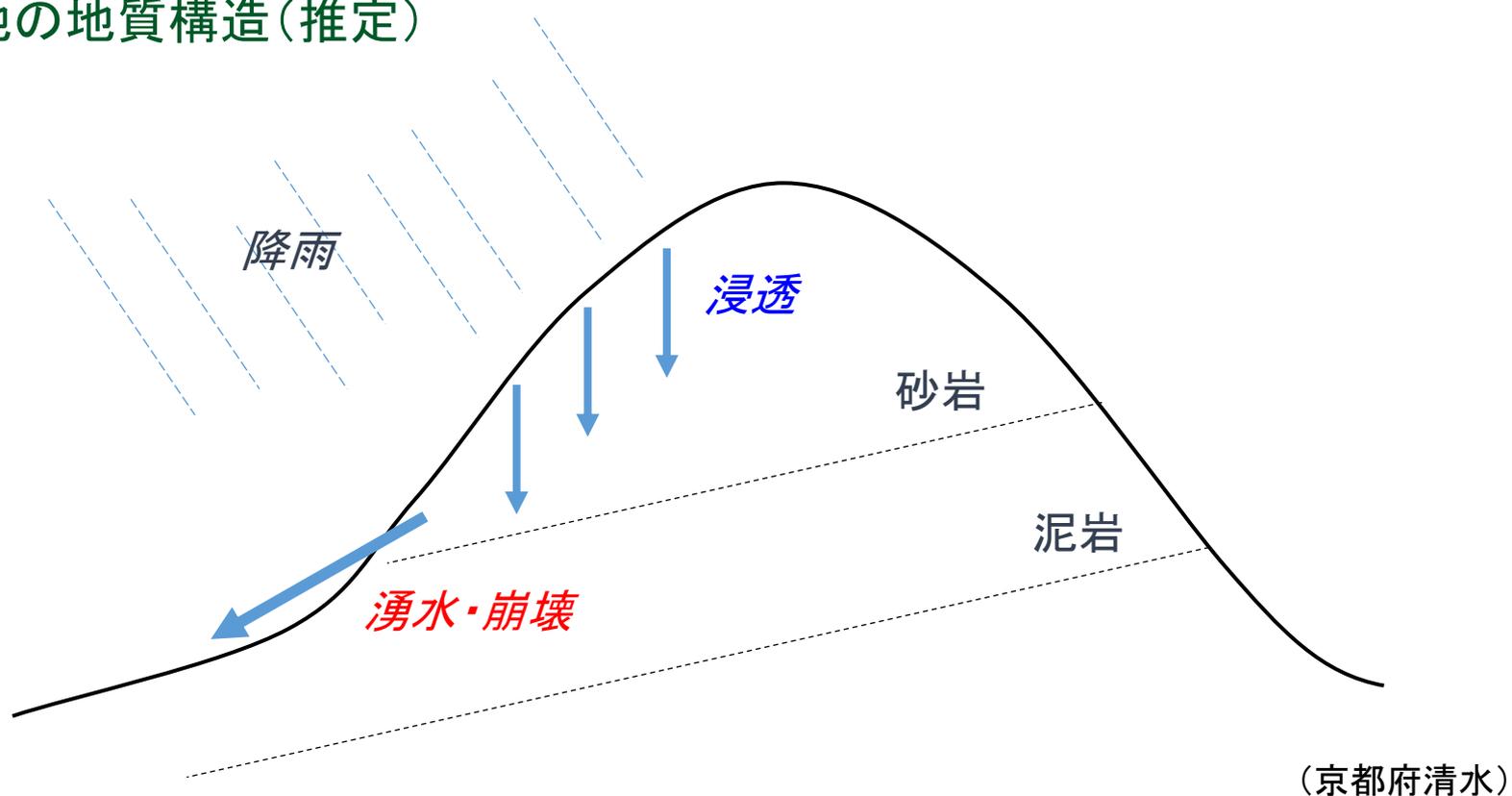
傾斜との明確な関係性は見られない

(むしろ、急傾斜地には崩壊履歴、湧水が少ない)



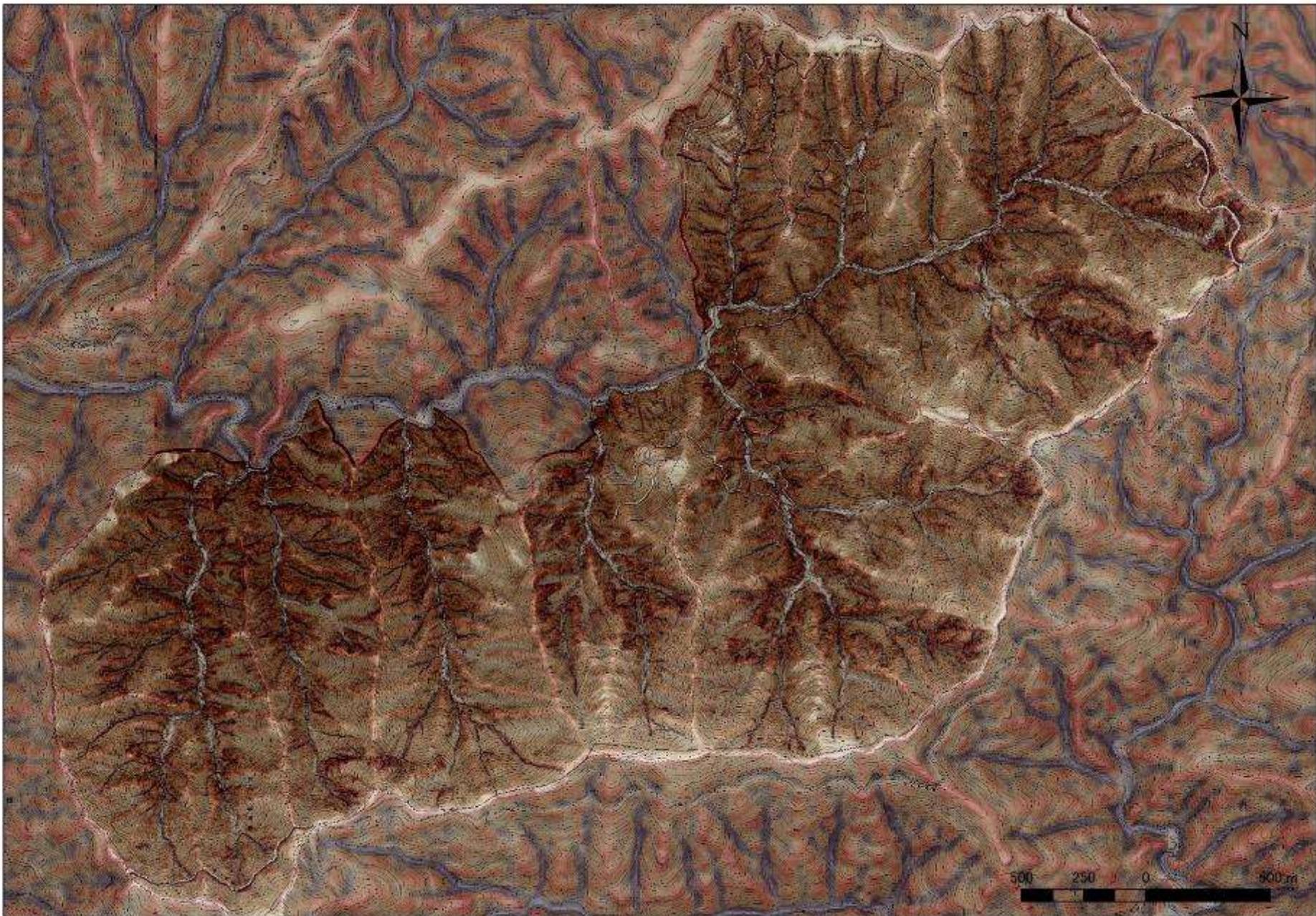
SHCが高い場所に、崩壊履歴、湧水が集中

## 調査地の地質構造(推定)



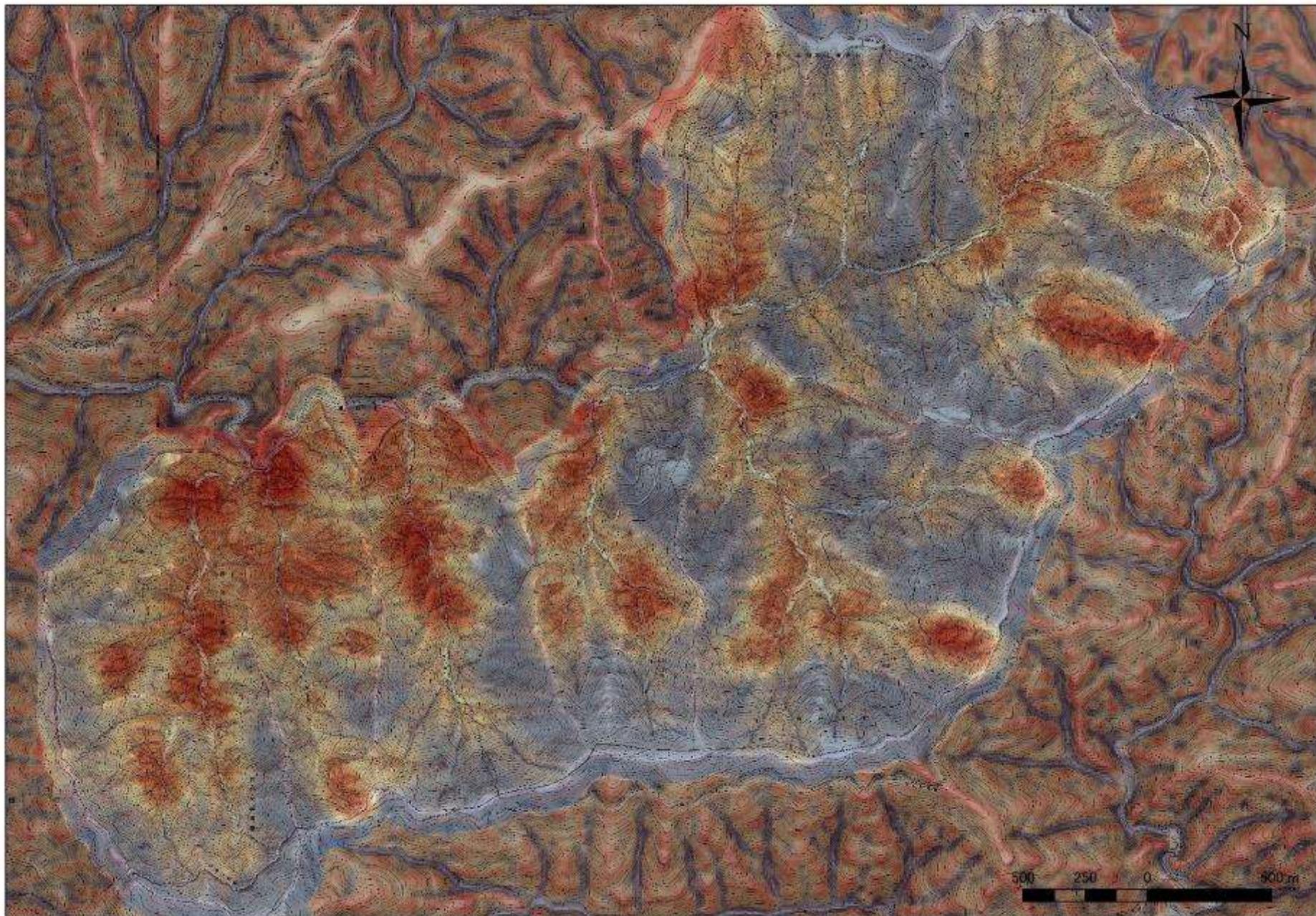
地中に浸透した水が特定の不透水層から湧出し、それより下流では侵食が激しい

○解析事例3 (和歌山県有田川町:堆積岩)



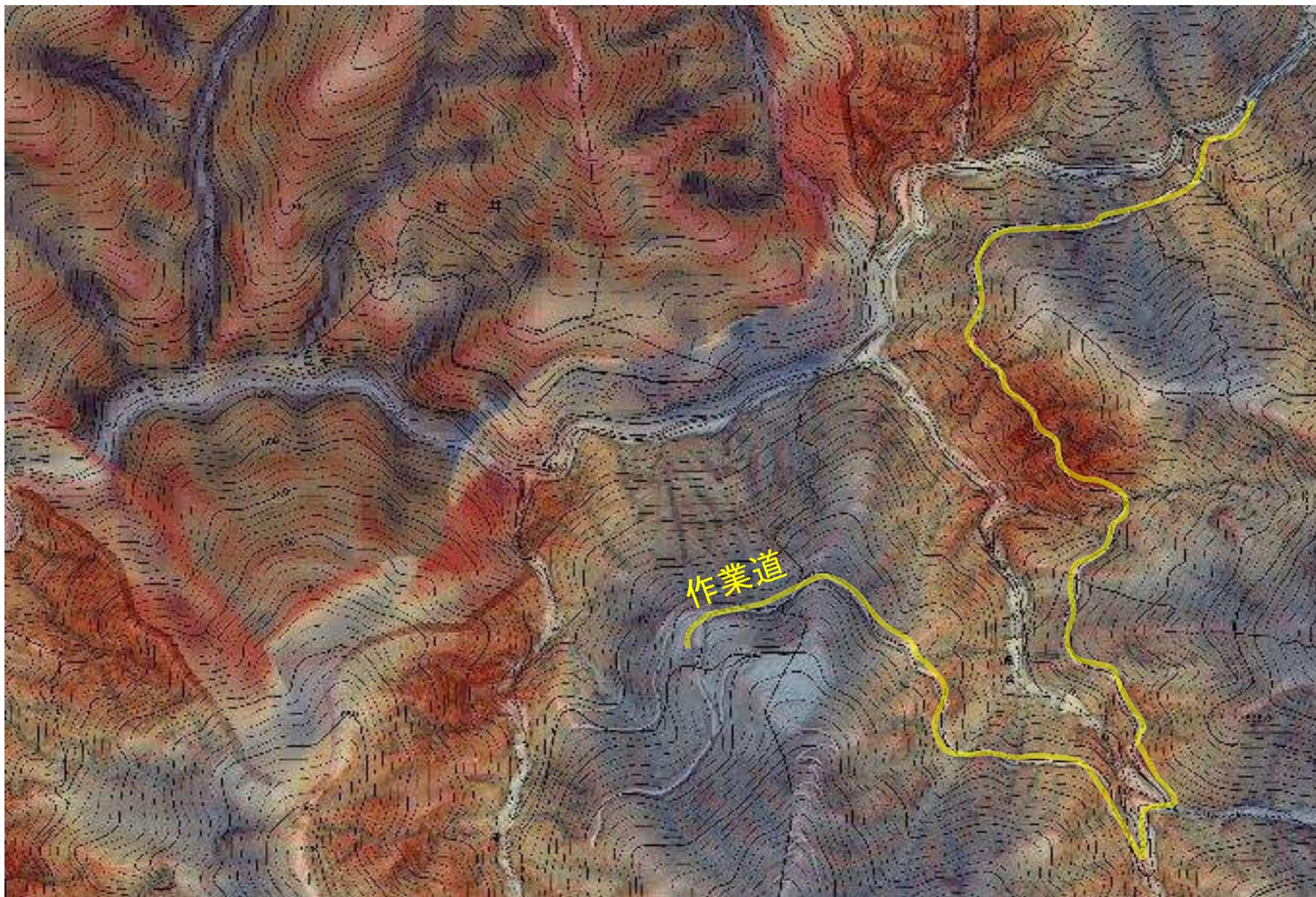
CS立体図

# ○解析事例3 (和歌山県有田川町:堆積岩)



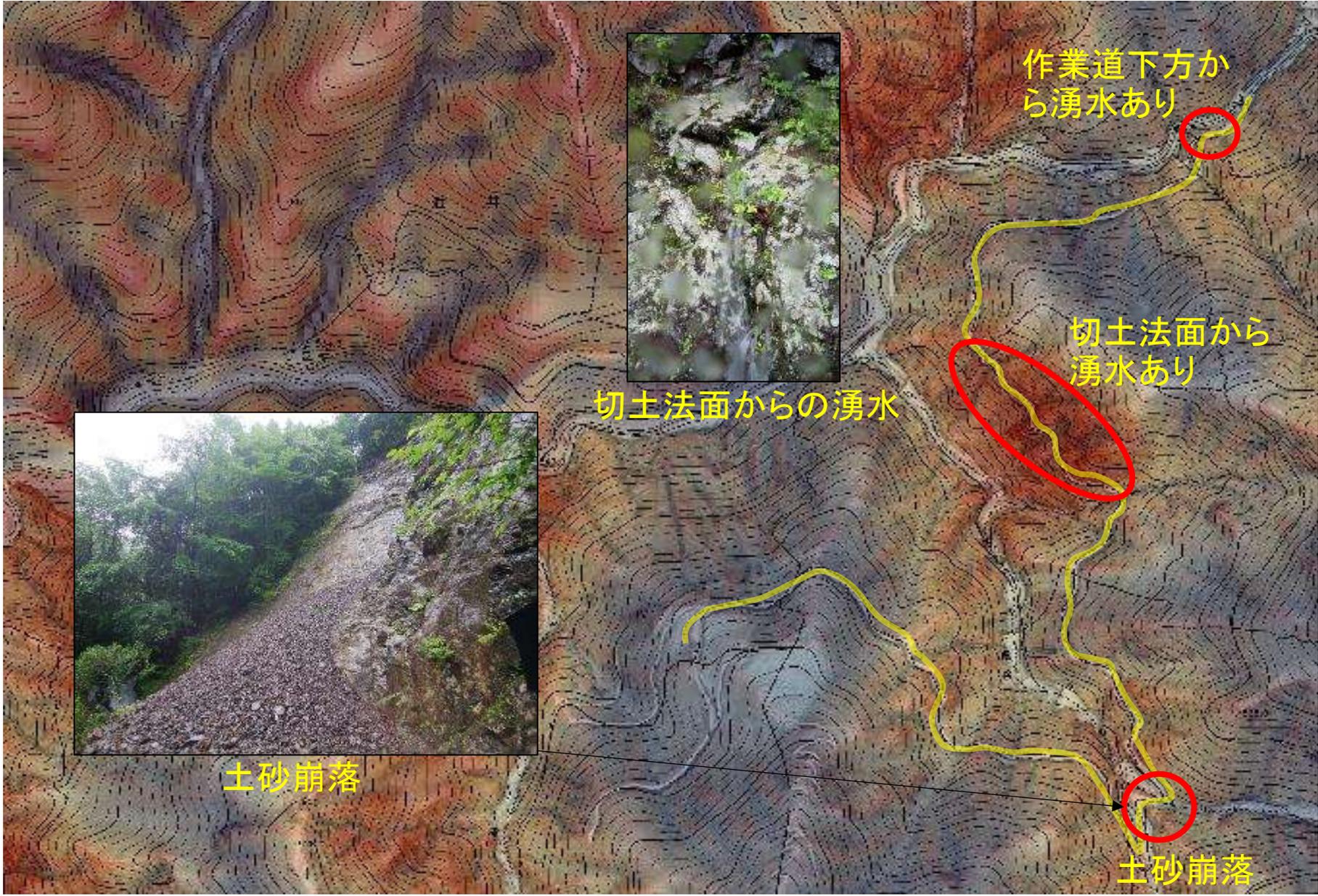
CS立体図にSHCを重ねて表示

# ○解析事例3 (和歌山県有田川町:堆積岩)

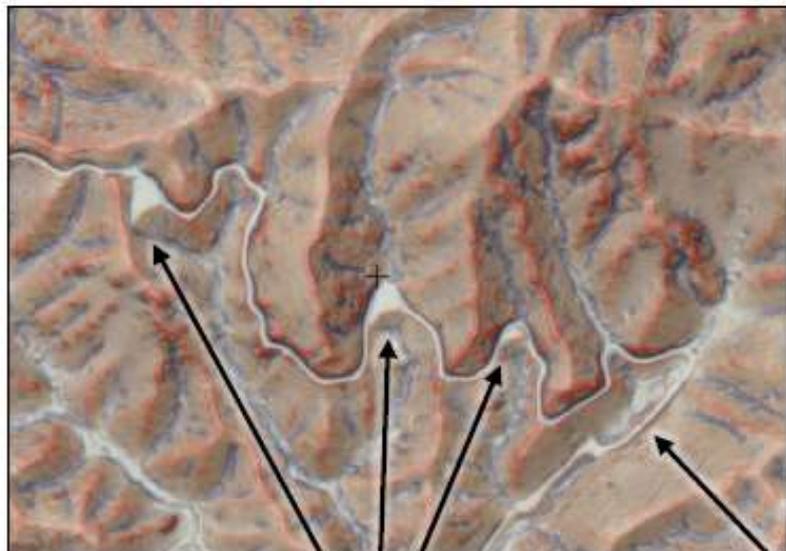


2018. 7. 5 現地調査

# ○解析事例3 (和歌山県有田川町:堆積岩)



# (6) 人工改変 (じんこうかいへん)



緯度 : 35.6424  
経度 : 136.9896  
岐阜県

出典 : [岐阜県 CS 立体図](#)

盛土

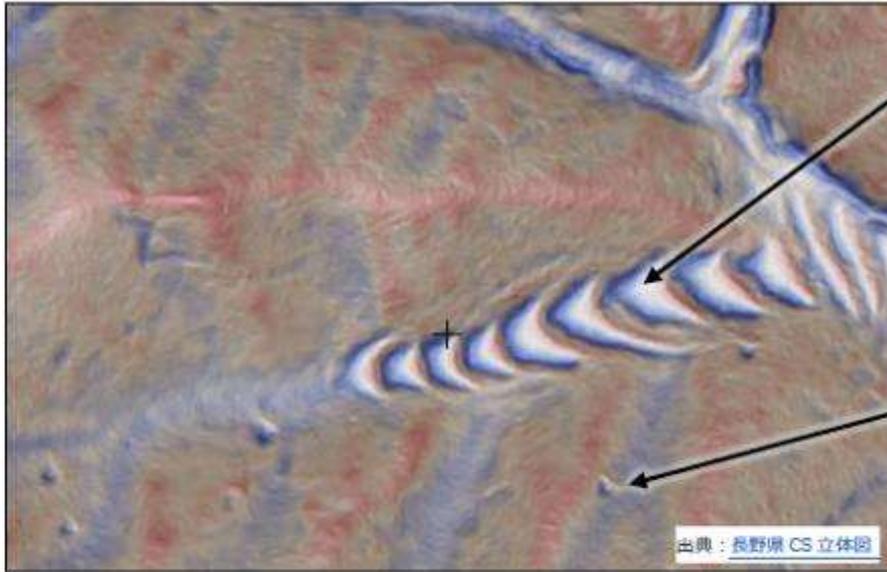
路網線形



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。

# 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)



グループに分かれて、災害履歴など情報収集(CS立体図を活用)



## 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**



木沢自治会 土砂災害要注意箇所マップ



最初に安全な自主避難先を調べましょう。  
 ・個人が避難する「自主避難先」を、必ず、事前に調べておく。このマップの範囲内でも、必ず事前に調べておく。  
 ・個人が避難する「自主避難先」を、必ず、事前に調べておく。このマップの範囲内でも、必ず事前に調べておく。  
 ・個人が避難する「自主避難先」を、必ず、事前に調べておく。このマップの範囲内でも、必ず事前に調べておく。

三ツ沢川周辺 の危険箇所

危険箇所	危険箇所
三ツ沢川周辺の土砂災害危険箇所	三ツ沢川周辺の土砂災害危険箇所
三ツ沢川周辺の土砂災害危険箇所	三ツ沢川周辺の土砂災害危険箇所
三ツ沢川周辺の土砂災害危険箇所	三ツ沢川周辺の土砂災害危険箇所

美園地区 の危険箇所

危険箇所	危険箇所
美園地区の土砂災害危険箇所	美園地区の土砂災害危険箇所
美園地区の土砂災害危険箇所	美園地区の土砂災害危険箇所
美園地区の土砂災害危険箇所	美園地区の土砂災害危険箇所

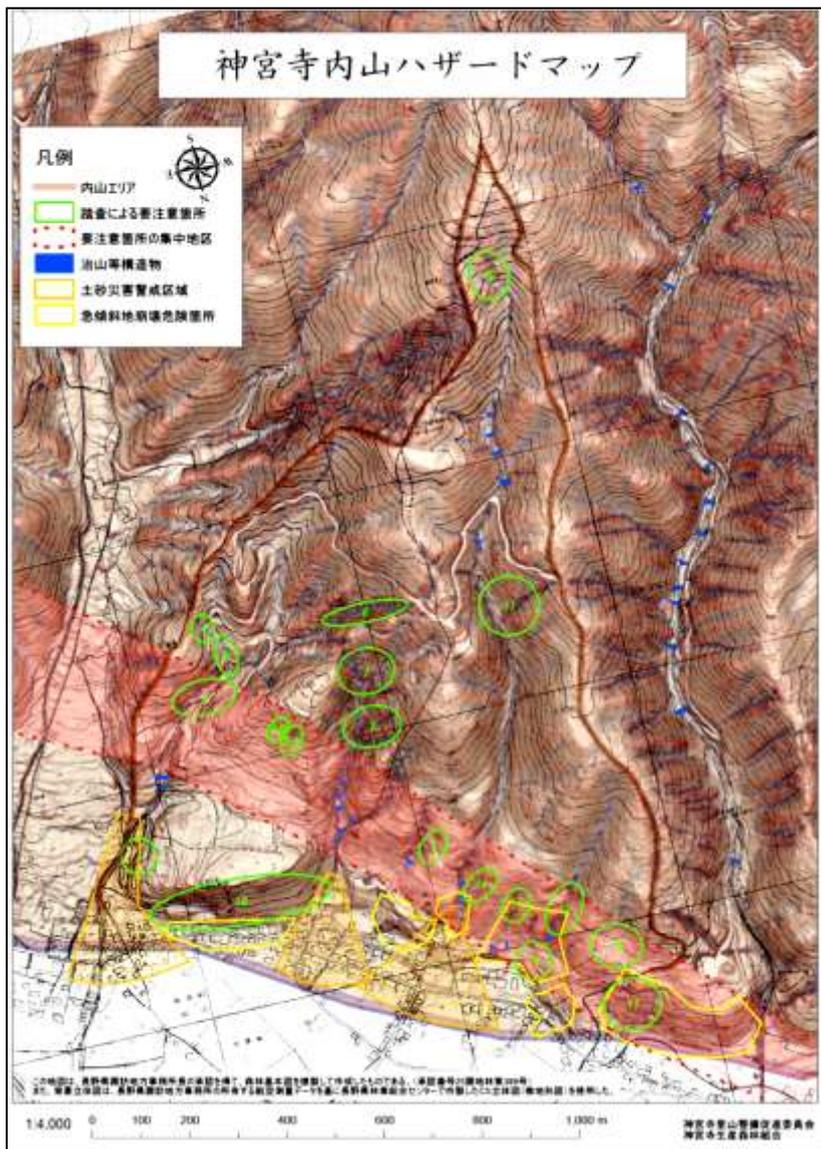
危険箇所確認時の行動  
 1. 危険箇所を確認したら、避難先を調べておく。このマップの範囲内でも、必ず事前に調べておく。  
 2. 危険箇所を確認したら、避難先を調べておく。このマップの範囲内でも、必ず事前に調べておく。  
 3. 危険箇所を確認したら、避難先を調べておく。このマップの範囲内でも、必ず事前に調べておく。

資料提供：  
飯田市

空中写真に情報を書き込み完成 → 各戸に配布

住民からの情報、地形解析結果、地すべり分布、法的指定、避難方法、経路 など

# 【活用事例】 地域住民によるハザードマップの作成 【活用事例】 崩壊危険地の見回りに活用



作成したハザードマップを持って  
住民が危険箇所を点検



スマートフォンの活用

スマートフォンの地図アプリに  
CS立体図を入れて、GPSで  
ナビゲーションすることで効率  
的に森林調査が可能

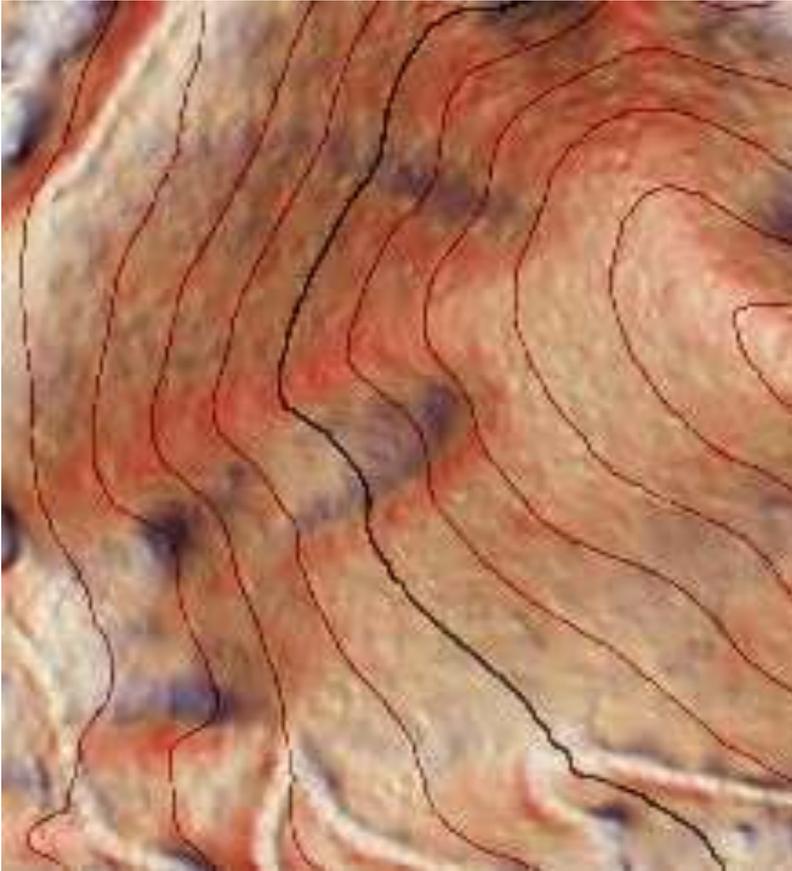
(長野県諏訪市)

諏訪市神宮寺地区で作製したハザードマップ

【地形判読の自動化】

# AIによる崩壊危険判読

2009年(災害前)

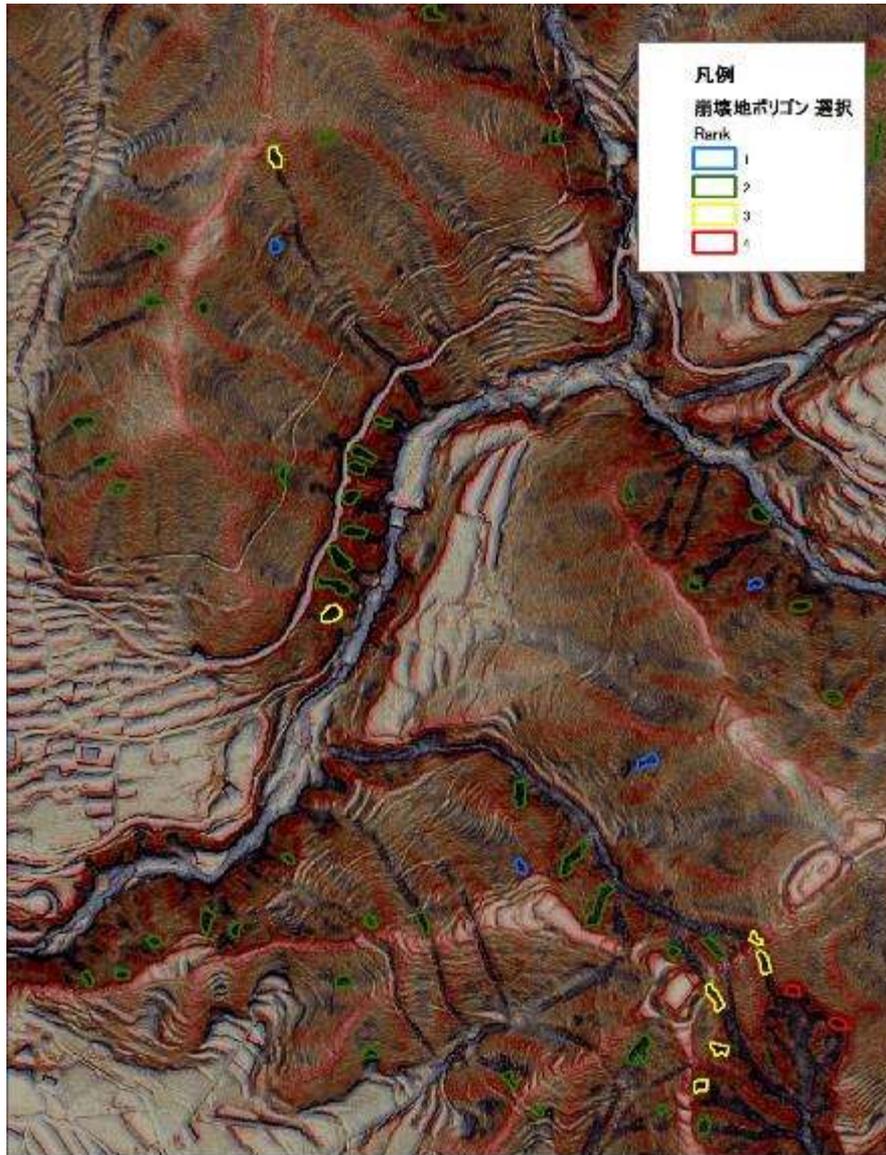


2012年(災害後)



災害発生前から浅い凹地形をしている。  
同じ場所で、繰り返し崩壊が発生  
崩壊危険個所をピンポイントで検出可能

# 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



0 50 100 200  
m

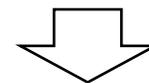
## 【教師データ】

長野県松本地区東部

判読条件

- ・植生高が低い  
( $DCHM = DSM - DEM$ から)
- ・崩壊跡(凹地形)

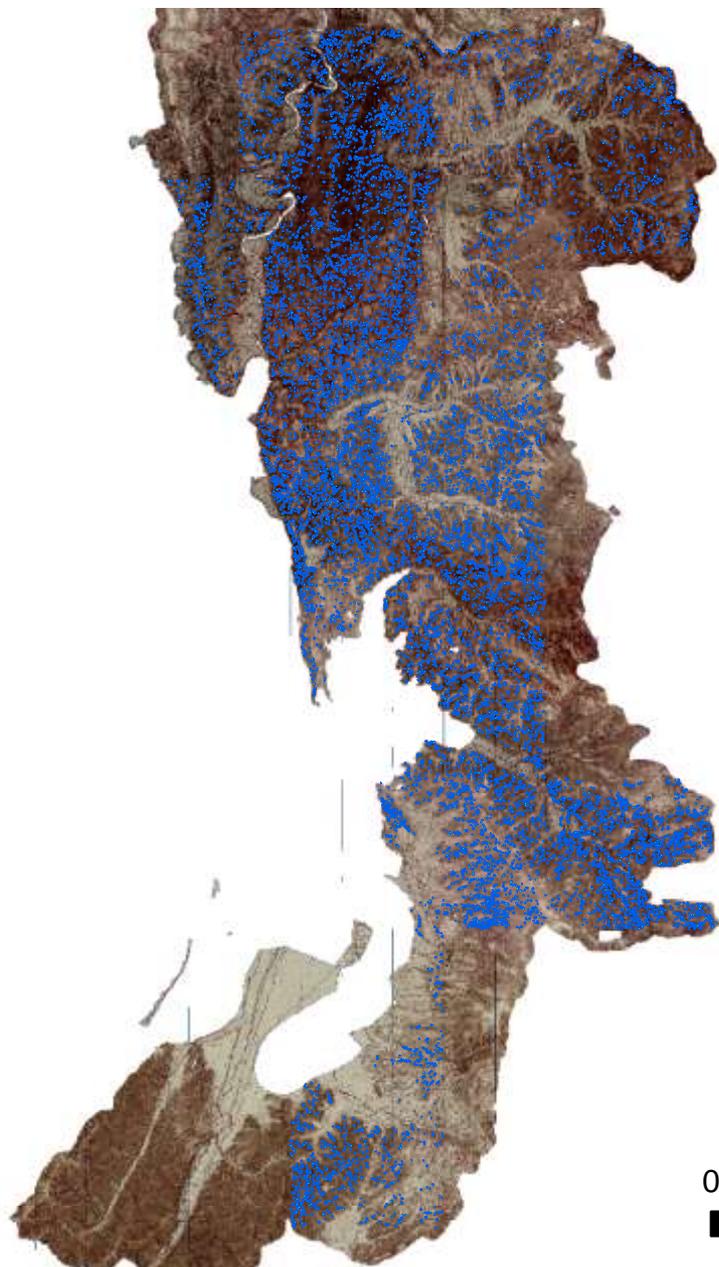
16,892箇所



## 【AI学習】

Mask R-CNN

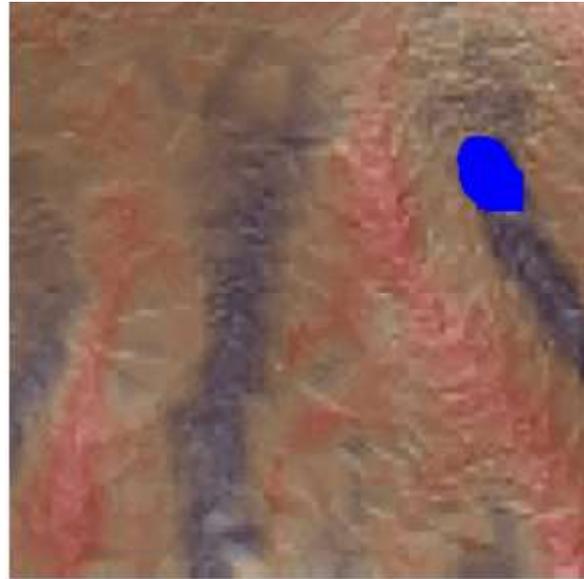
(ノーザンシステムサービス)



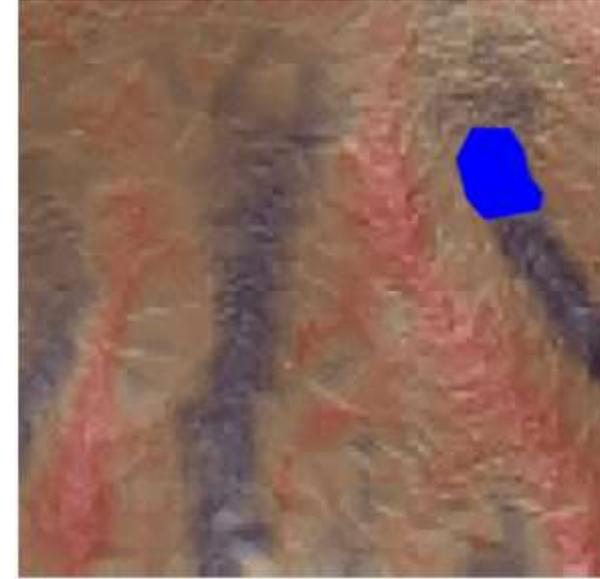
## CS立体図



## 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

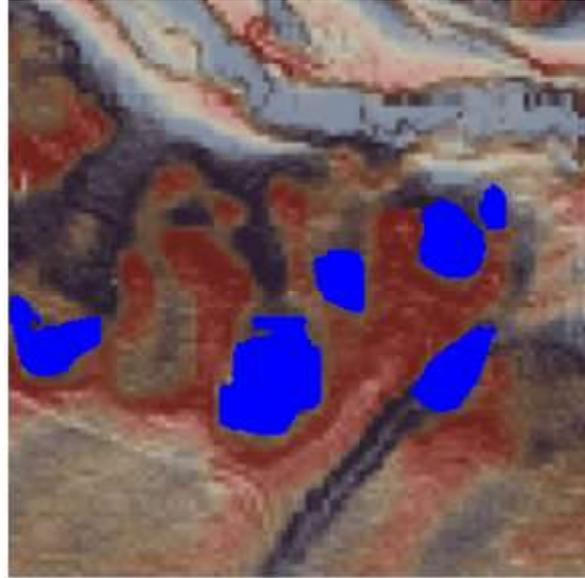
- ・植生高低い
- ・明瞭な凹地形

(解析:ノーザンシステムサービス)

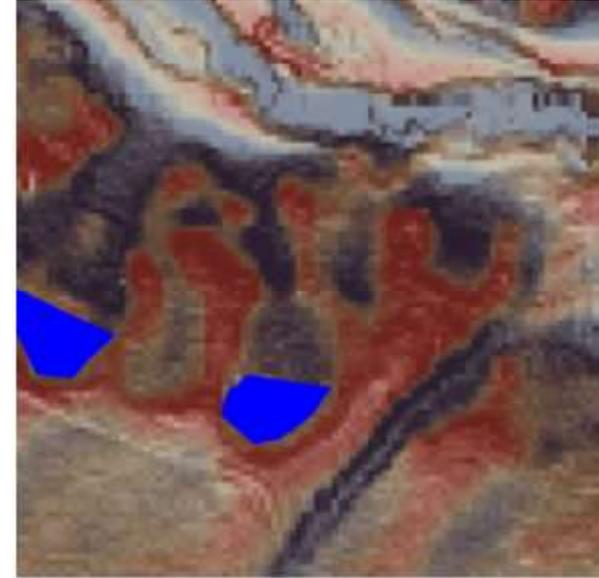
## CS立体図



## 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

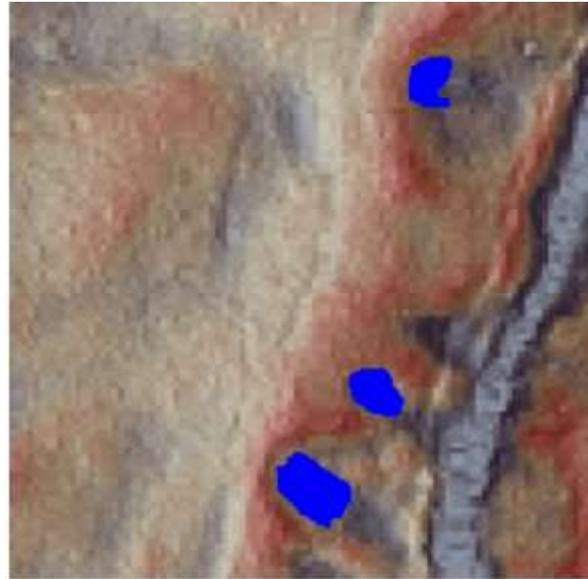
- ・植生高低い
- ・明瞭な凹地形

(解析:ノーザンシステムサービス)

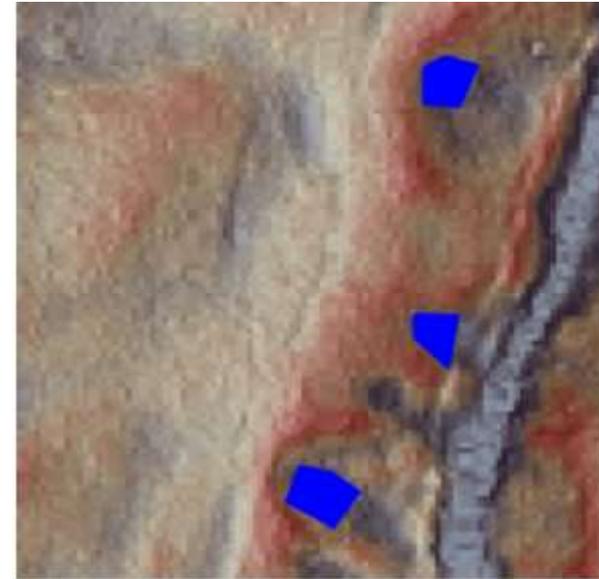
## CS立体図



## AIによる抽出



## 教師データ



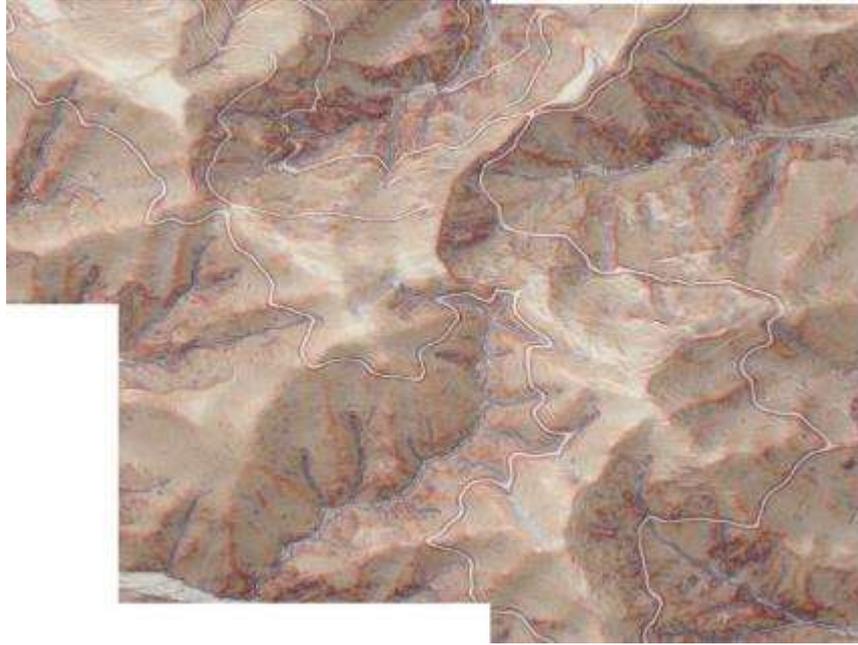
CS立体図から自動判読

人間による目視判読

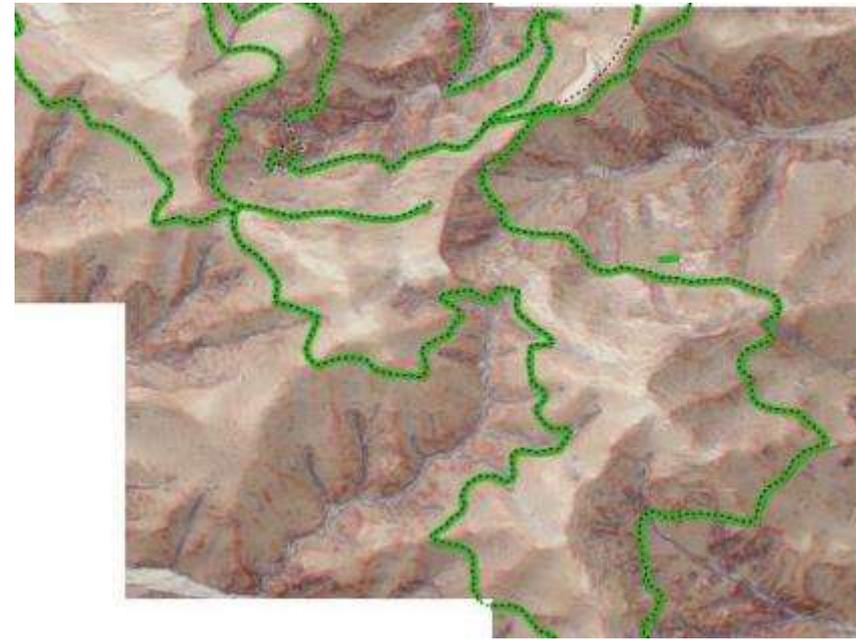
- ・植生高低い
- ・明瞭な凹地形

(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

## 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。

