

「地質DX」で斜面災害を未然に防ぐ 「CIマップ」と「感太郎」

@ 建設技術展示館 第12回出展技術発表会
中央開発株式会社



- 「地質DX」とは？

中央開発（株）のオンリーワン技術

- 微地形表現図「CIマップ」

- 傾斜センサ「感太郎」

- これから. . .

「地質DX」とは？

- 地質調査業にデジタル技術を取り入れることにより、業務の効率化だけではなく、新しい価値を生み出す
- たとえば
 - 点群や3D技術→これまでにはできなかった視点からの観察
 - クラウドの活用→現場とオフィス、クライアントとの情報共有
 - AI→大量のデータ処理
- 業務効率化→コンサルタント業務へのマンパワーシフト
- 使いやすい・わかりやすい成果品→調査から設計、施工、維持・管理まで、情報の連続性

地質調査は「インフラのインフラ」だから、より身近なものにして、皆様の生活の安全・安心のため、役に立ちたい

「インフラのインフラ」は（一社）全国地質調査業協会連合会の「新たな時代の地質調査業発展ビジョン」の中で使われている言葉です。



微地形表現図「CIマップ」



なぜ、独自に微地形表現図を考案したのか？

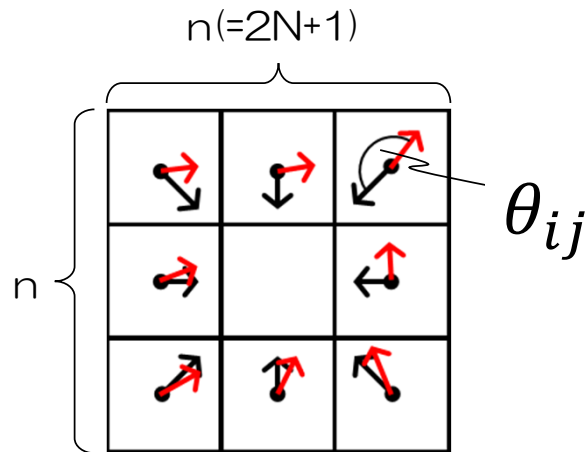
- 2021年10月 防災点検要領（H18）の改訂案発表
 - 3次元点群データと微地形表現図の使用が「基本」に
- 都道府県による詳細DEM公開の拡大
 - 静岡，兵庫，長野，東京，栃木，北海道，広島，高知，神奈川．．．
- 地形判読における微地形表現図の重要度増す

- 立体感を強調すると，凹地形内部が暗く表現され，詳細な地形が読み取りにくい．．．
 - ➔ 万能なものではなく，目的に合わせて使い分ける必要あり

- ➔ 収束度（Convergence Index；CI）と加算法を使った微地形表現図「CIマップ」を考案
 - 尾根・谷をシャープに抽出
 - 凹地内部が暗くならない（立体感は犠牲に．．．）

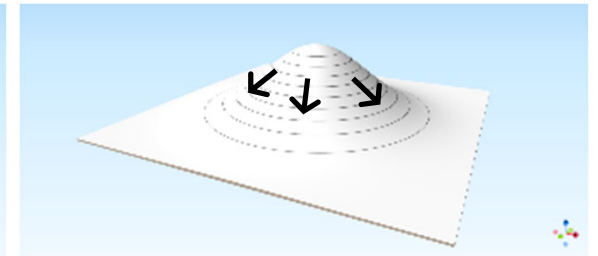
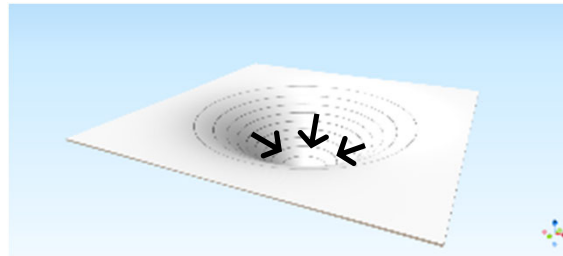
収束度 (CI ; Convergence Index) とは？

- 地形の傾斜ベクトルが，収束 (Converge) しているか，発散 (Diverge) しているかを表す指標



- ↗ : 地形の傾斜方向
- ↖ : 中心点の方向
- θ_{ij} : 両者のなす角

収束：傾斜ベクトルが中心に向かっている → CI=-100 発散：傾斜ベクトルが外に向かっている → CI=100



$$CI = \left\{ \sum_{i,j=-N}^N \left(\frac{\theta_{ij}}{n^2 - 1} \right) - 90 \right\} \times \frac{100}{90}$$

傾斜の方向と中心点の方向
がなす角 θ の，小領域内平均

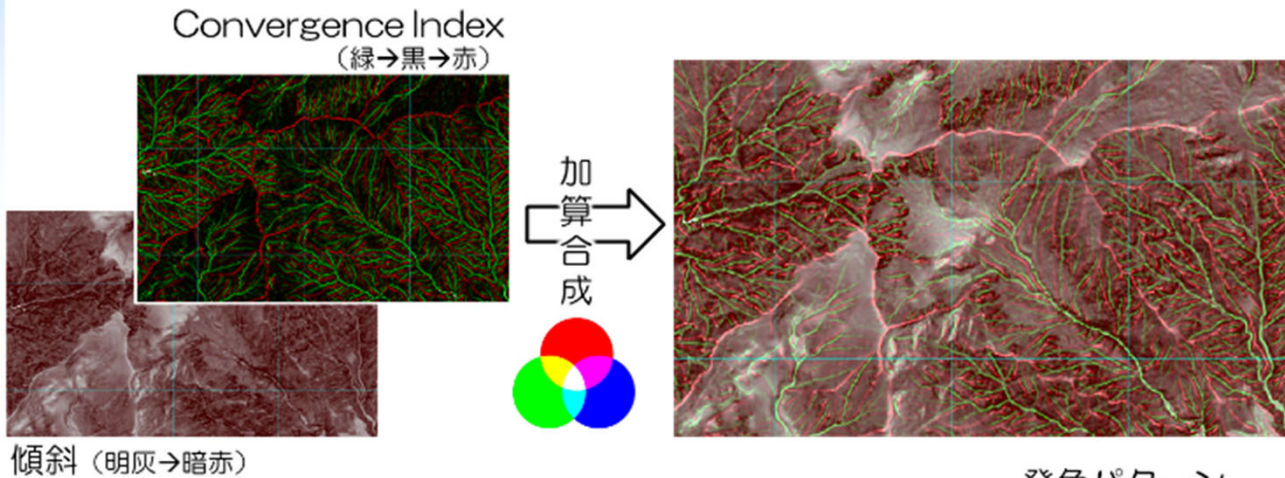
cf.. N. Thommeret, J. S. Bailly and C. Puech (2010) : Extraction of thalweg networks from DTMs: application to badlands, Hydrology and Earth System Sciences, 14, 1527-1536

CIマップのつくりかた

傾斜レイヤ (明灰色→暗赤色)
CIレイヤ (緑→黒→赤)

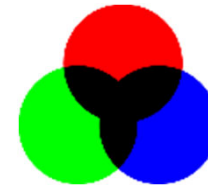
の上に、
を**加算合成**

重要!



加算法:

- ✓ 液晶と同じ原理
- ✓ レイヤを重ねても暗くならない
- ✓ 合成結果が予測しやすい



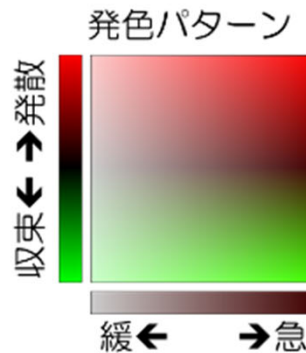
乗算法/半透明:

- ✓ レイヤを重ねると暗くなったり、色がくすんだり

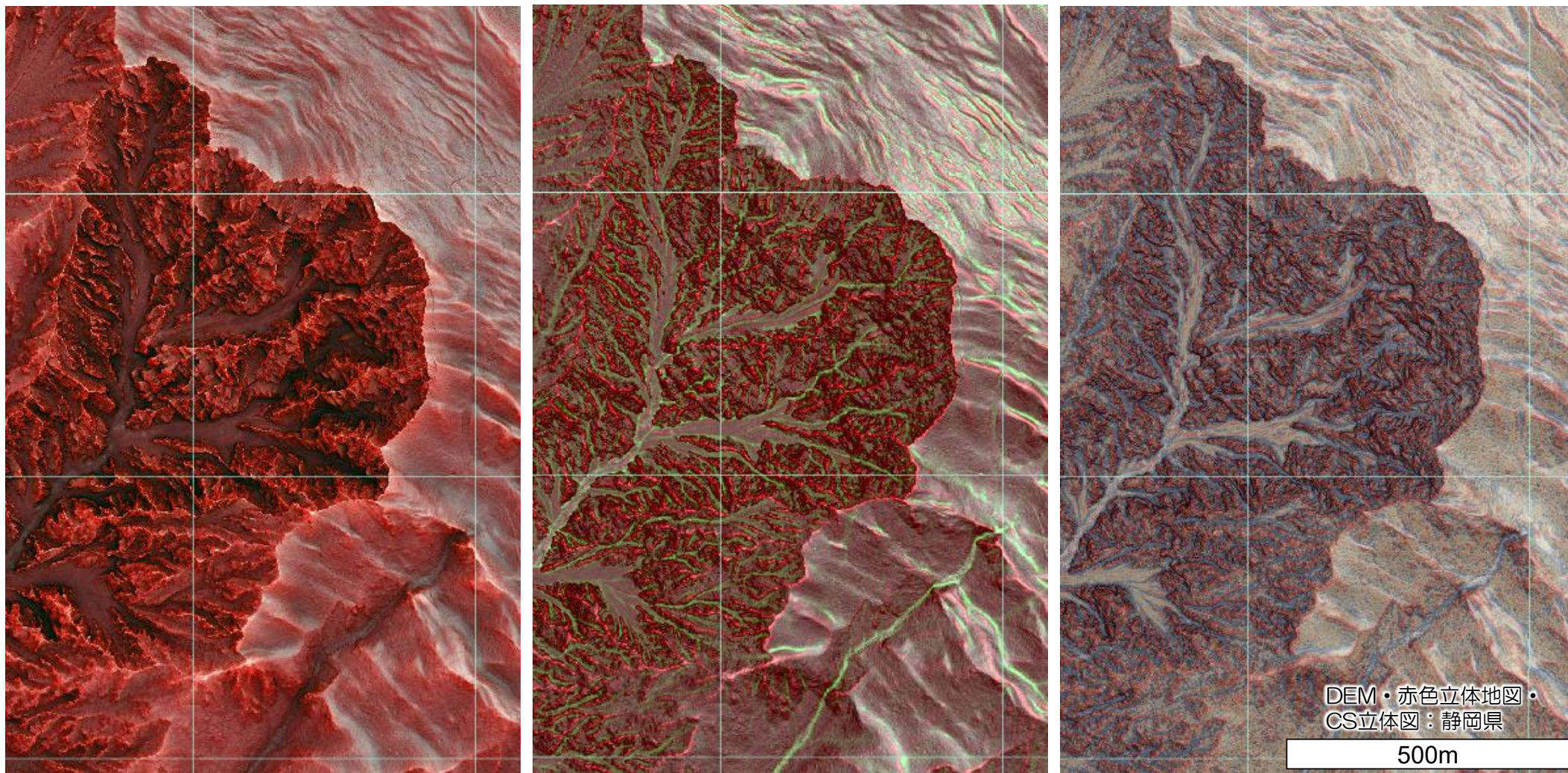


CI	-100	100	覆い焼き ・加算
	RGB=0,255,0	RGB=255,0,0	
傾斜	0	60(*)	通常
	RGB=204,204,204	RGB=64,0,0	

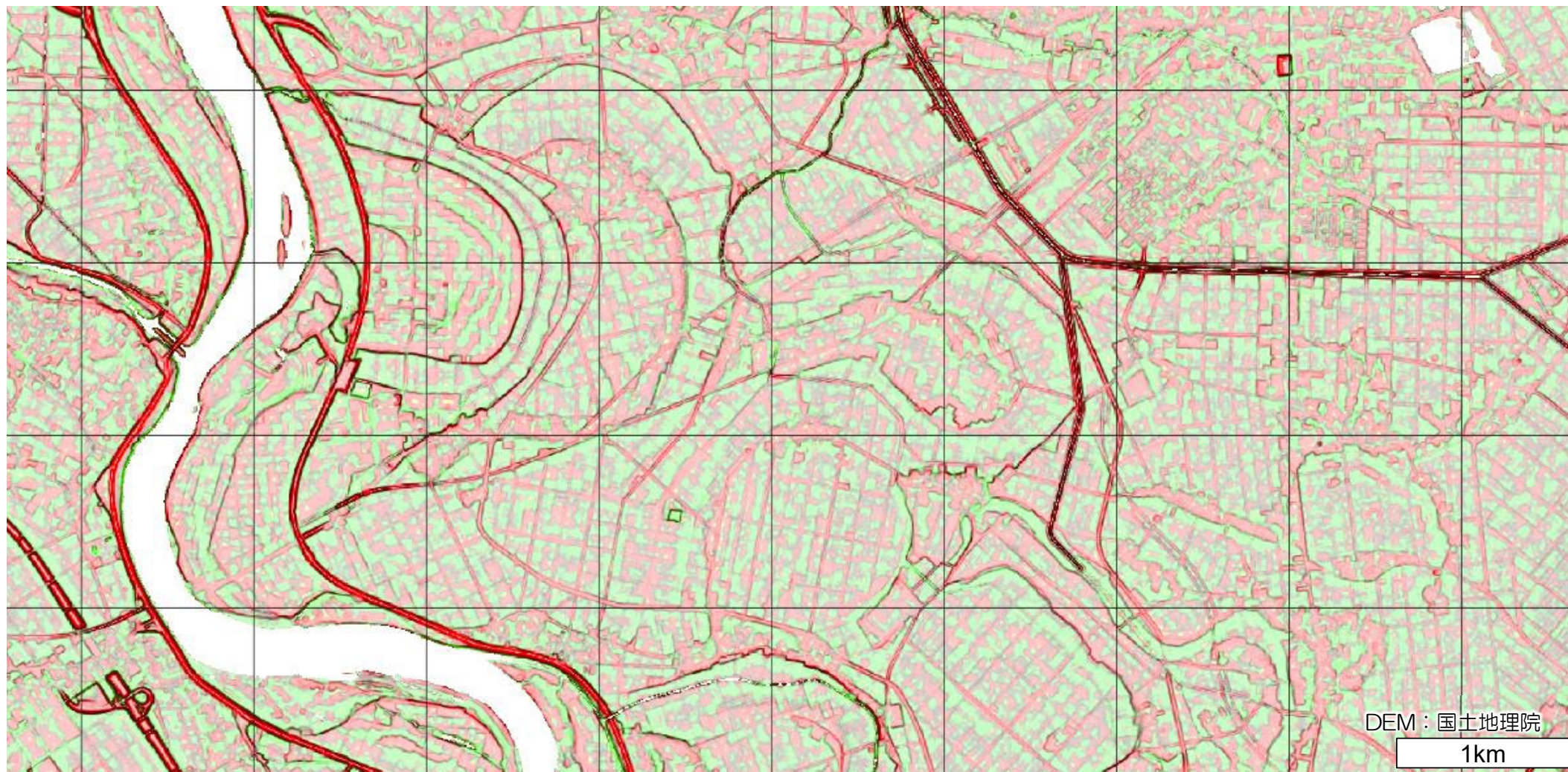
(*) ... 急傾斜地域では大きく、緩傾斜地域では小さくする



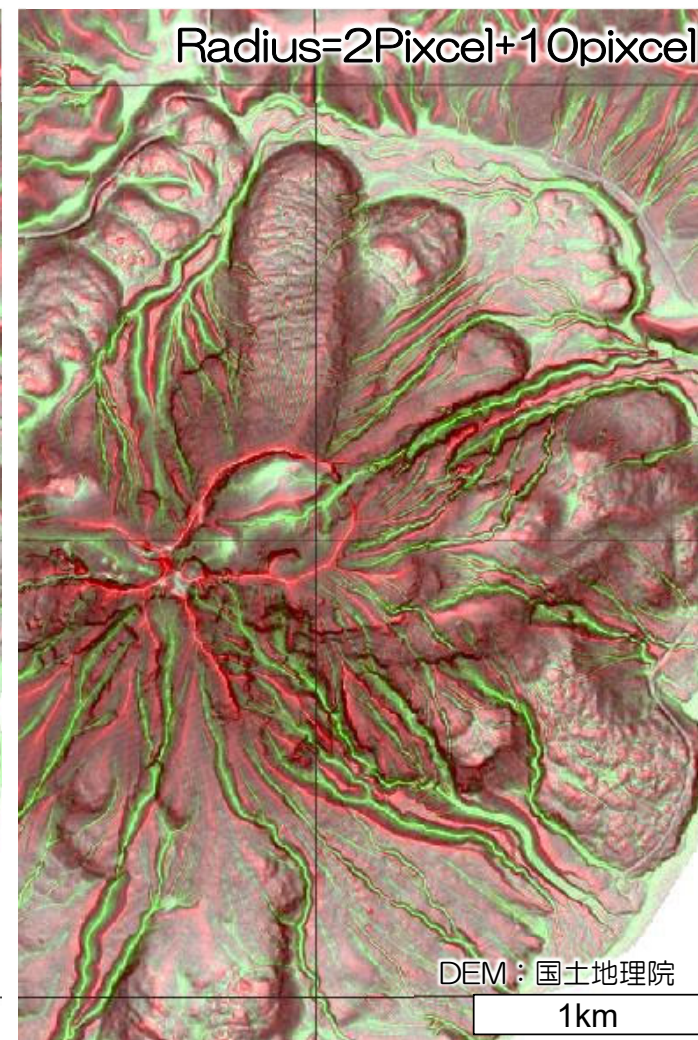
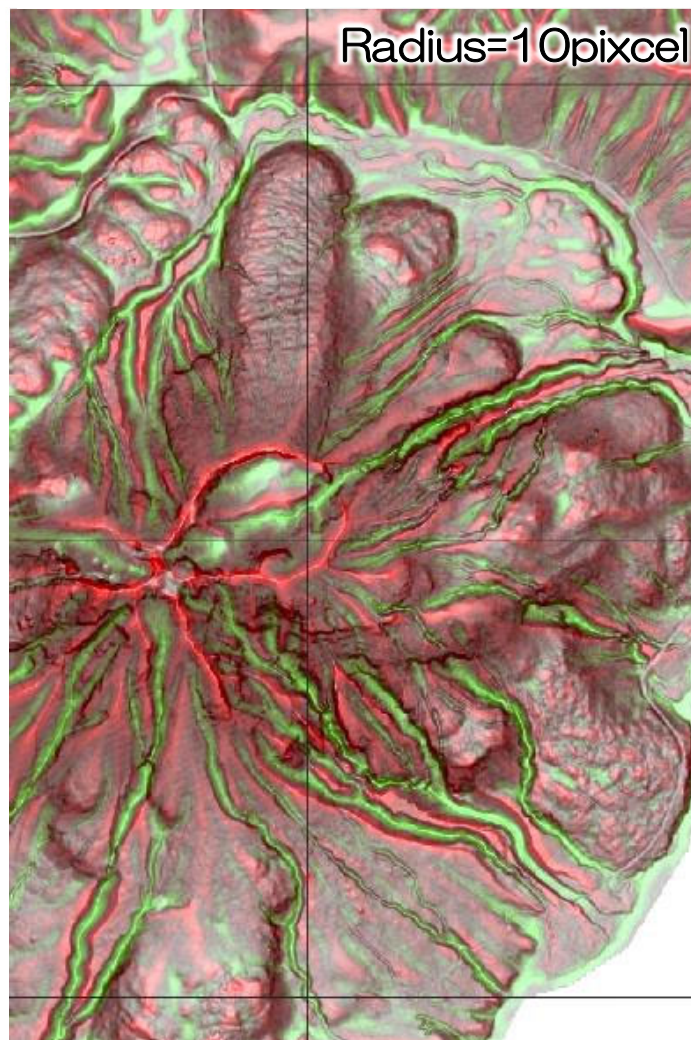
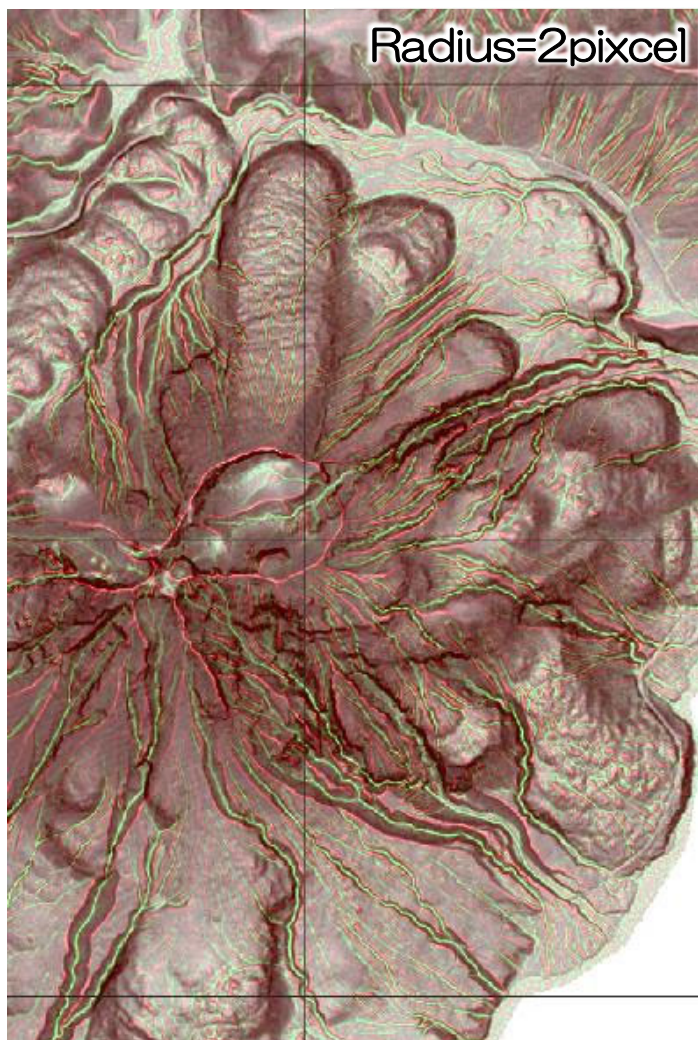
CIマップの特徴 (1) ~ 凹地内部が暗くならない, 発色域がシャープ



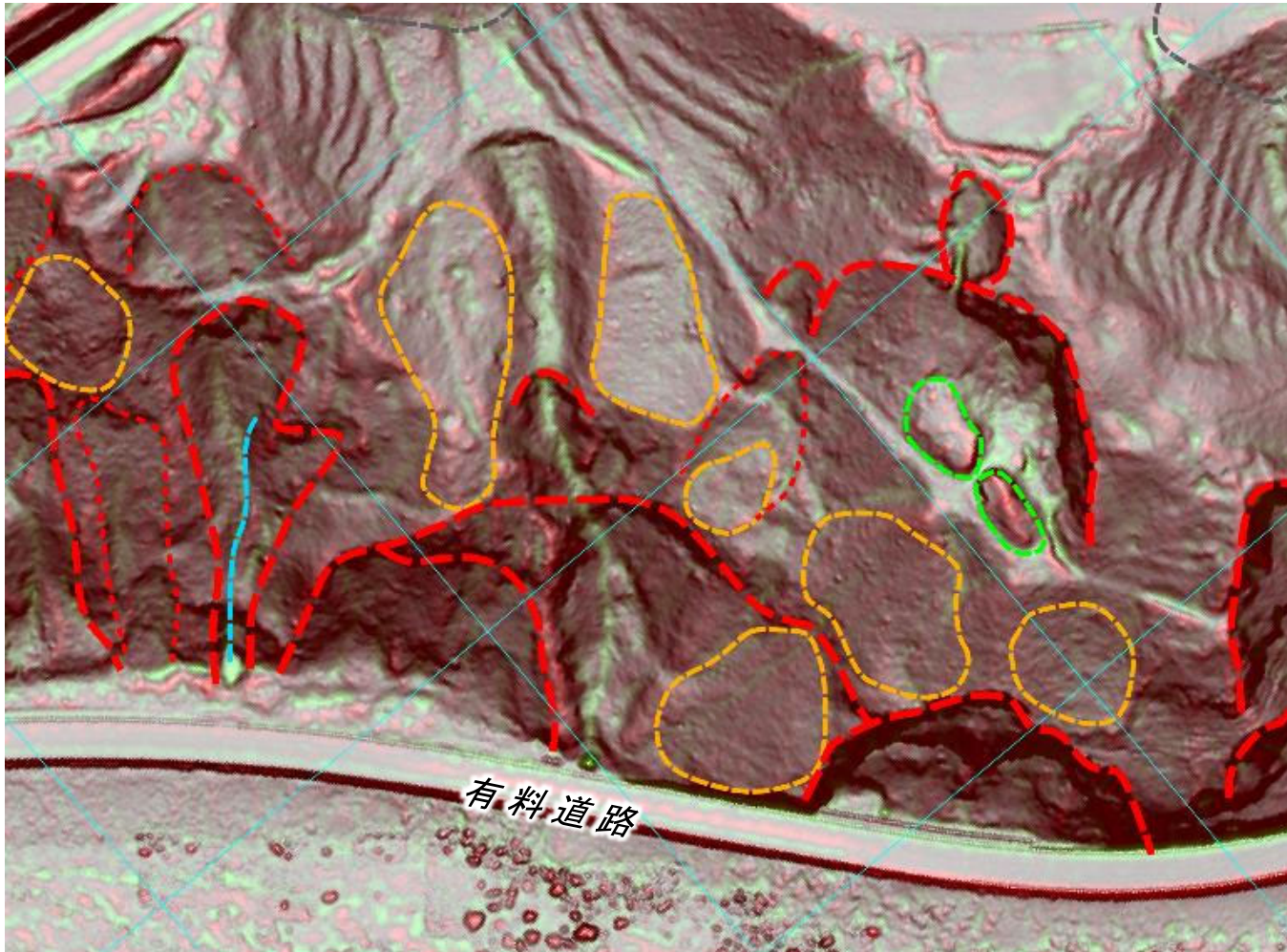
CIマップの特徴 (2) ~ わずかな起伏でも抽出できる







CIマップの特徴 (3) ~ Radiusを調整して, ターゲットを抽出



地形や地質に関連するリスクを見つける → モニタリングの最適化



-  崩壊地形
-  崖錐堆積物
-  崩積土砂
-  流水痕

- (過去) どこが崩れたか
- (予測) 次に崩れるのはどこか
- (対策) どこにモニタリング装置を置くべきか

これから. . .

■ AIによるCIマップ判読

CIマップは特許ではありません！

■ プラグインを公開

➤ 参考文献だけ，記述してください

上原大二郎・西村修一，田中風羽・竹田和弘（2024）：収束度（Convergence Index）を利用する微地形表現図「CIマップ」の考案，第59回地盤工学研究発表会，23-12-1-06

■ 現地踏査や行楽のお供として，**ご自由**にお使いください

■ アレンジも**ご自由**にお楽しみください

■ FAQ拡充に**ご協力**ください（バグ情報も掲載しています）

中央開発，CIマップ



傾斜センサ「感太郎」



なぜ傾斜をモニタリングするのか？



- 大規模な崩壊は、突然起きるわけではない
- 少しずつ変状が進行し、崩壊に至る

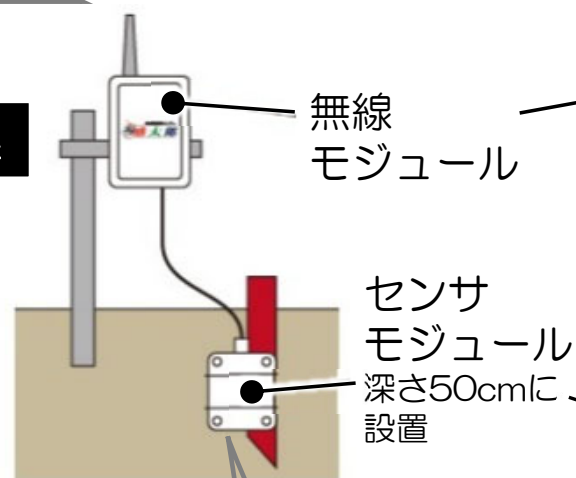
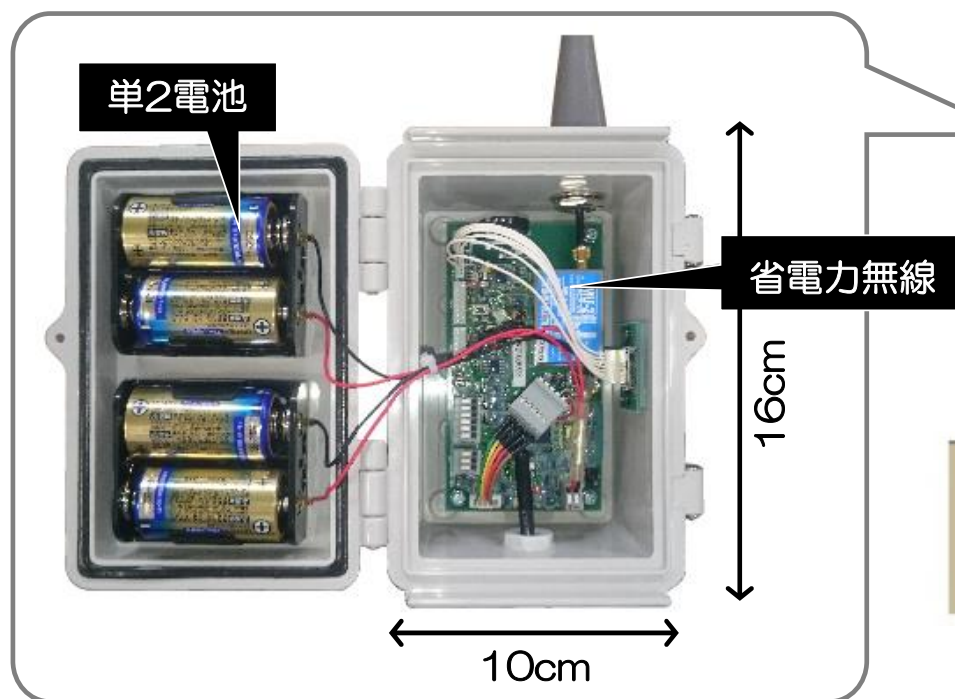


地表の傾斜角度を
モニタリングして
崩壊の予兆を捉える

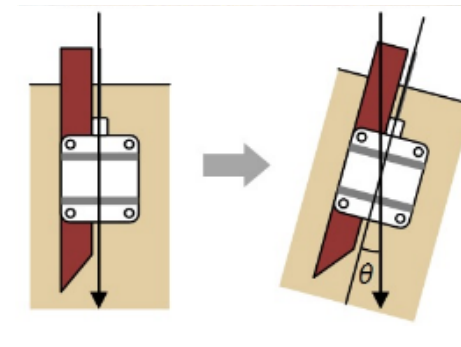
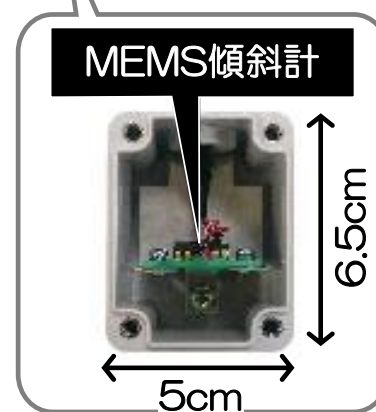
- 崩壊は止められないが、災害は防ぐことができる

「感太郎」の構成

インターネット



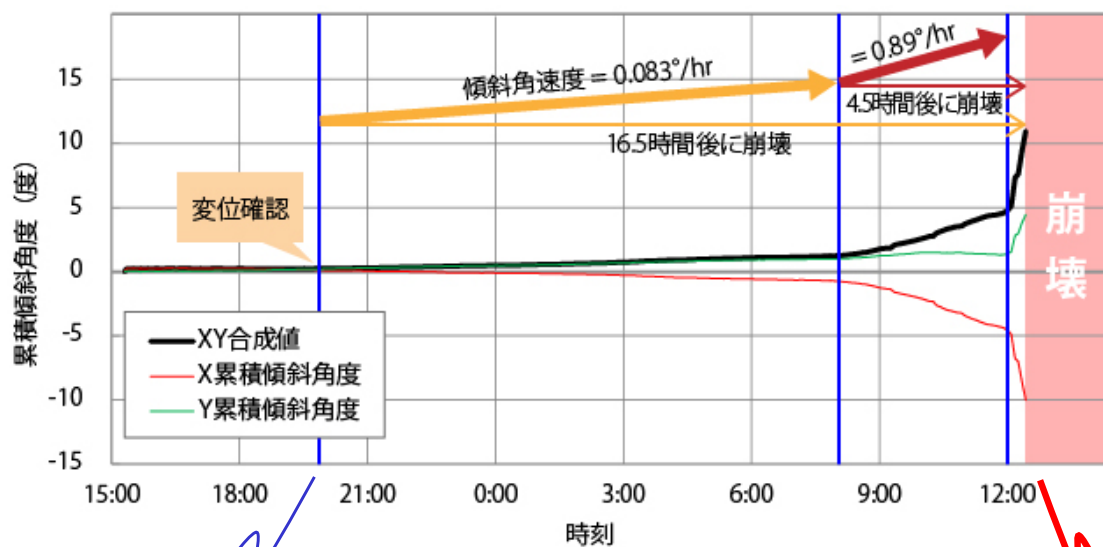
- ① 高精度・安価・設置容易
 - ② 無線通信機能装備
 - ③ 省電力 (乾電池4本で1年弱稼働)
- 測定方向：2軸 (X・Y)
 - 測定精度：0.02°



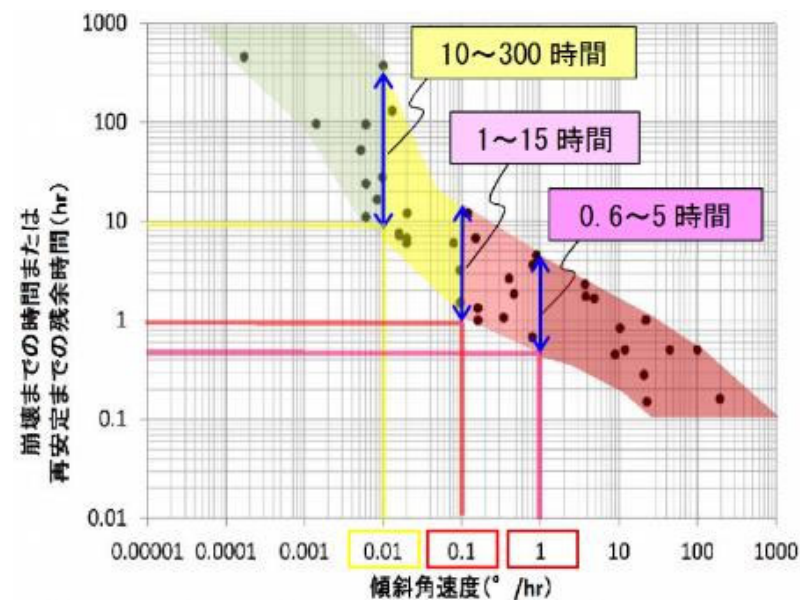
崩壊までの推移と 管理基準値

6年間かけて蓄積した，国内外600地点の実績

→ 崩壊・不安定化した24事例を解析



データの蓄積



変位の始まり

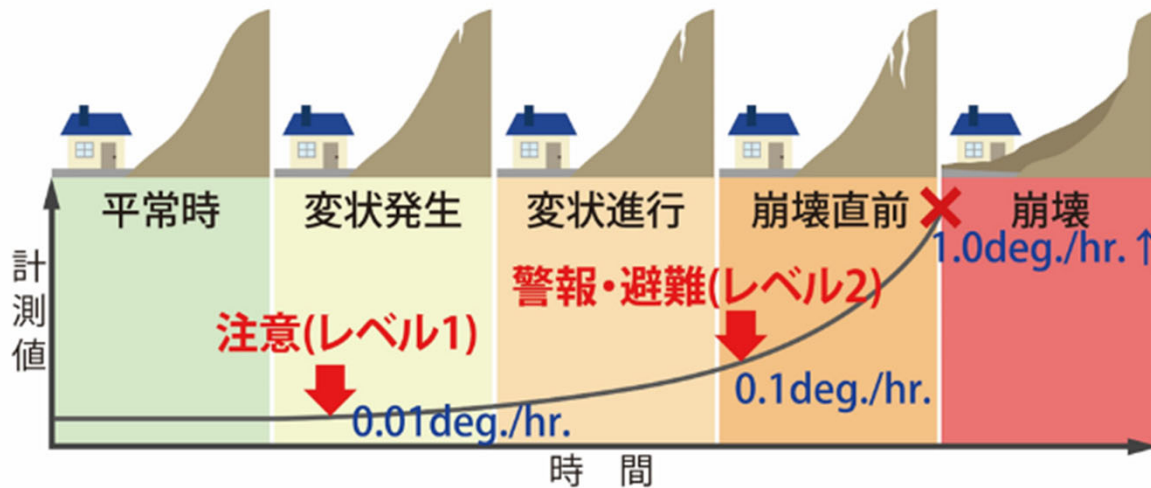
傾斜角速度が
ほぼ一定

傾斜角速度
が増大

崩壊



崩壊までの推移 と 管理基準値

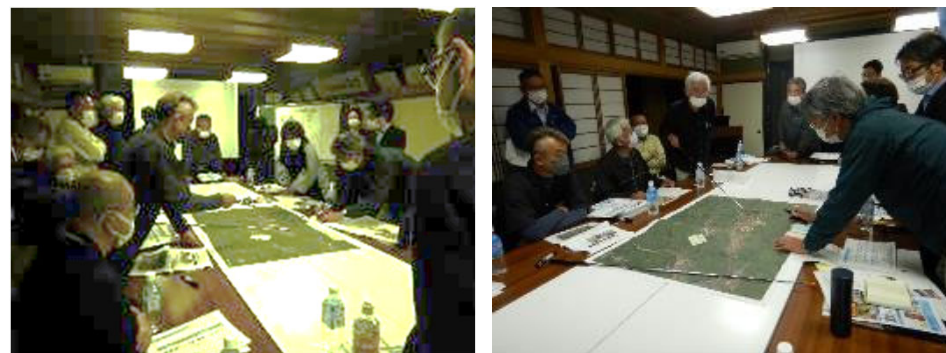


- 斜面などの変状が進行すると傾斜角度が徐々に大きくなる
- 崩壊が近づくにつれて、その速度（傾斜角速度）が加速する

→ 傾斜角速度が小さいうちは比較的安定、大きくなるほど不安定かつ崩壊が近づいている

警戒レベル	傾斜角速度	崩壊までの時間目安	対応
3	1度/1時間	最短36分	即避難
2	0.1度/1時間	最短1時間	避難準備
1	0.05度/5時間	最短5時間	注意警戒

住民参加型モニタリング



- (上) 住民と当社社員が現場に同行して、危険箇所を把握
- (中) ワークショップで侃々諤々
- (下) みんなで決めたポイントに「感太郎」を設置

→ 計画段階からモニタリングに参加すると、「自分事」となり、避難行動につながる



写真提供：鳥取大学 環境計画研究室 宮本善和教授

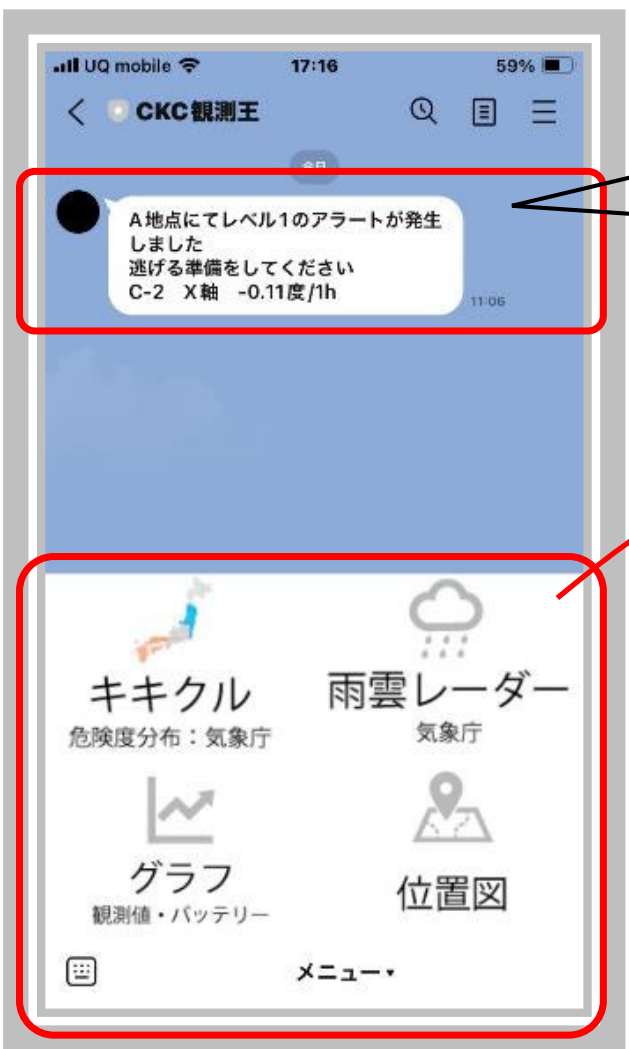


住民参加型モニタリング

LINEによるアラート通知システムを開発中

- 警戒レベルごとに、何をすべきかが明確にわかるメッセージ
レベル1：逃げる準備をしてください
レベル2：逃げてください
レベル3：今すぐ逃げてください

アイコンをタップして
情報サイトを表示



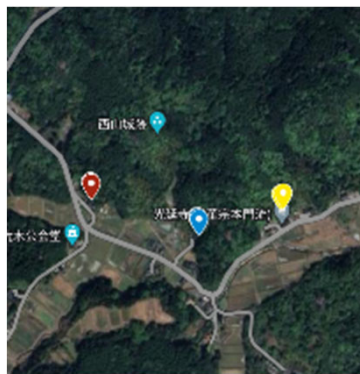
キキクル



雨雲レーダー



モニタリング



マップ

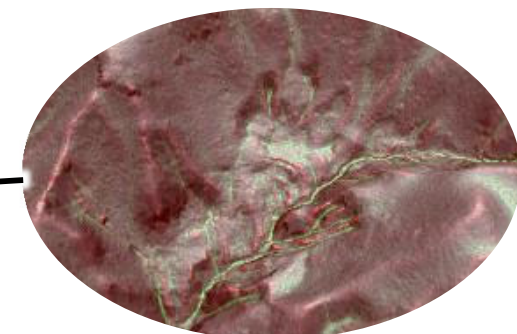
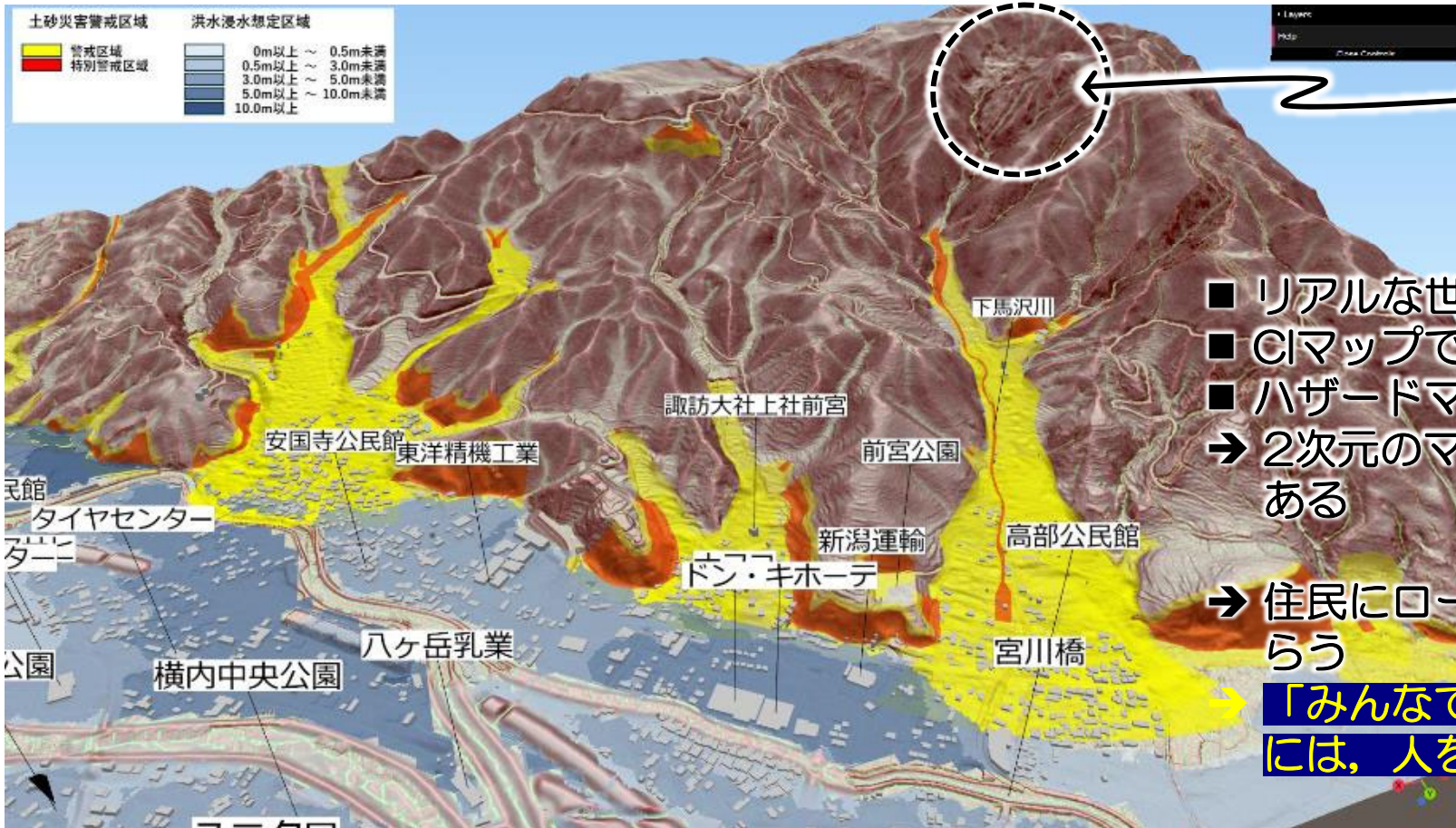


これから. . .



ローカル かつ リアル な見せ方と 住民参加

■ 詳細DEM×PLATEAU×3D技術



- リアルな世界をデジタル空間に再現
- CIMマップでリスクが見える
- ハザードマップを重ねる
- 2次元のマップよりもリアリティがある
- 住民にローカル情報を書き込んでもらう
- 「みんなで作ったハザードマップ」には、人を動かす力がある





たとえば . . .
ブルマジーニョ鉦滓ダム決壊事故（ブラジル）



- 不適切な方法によるダム嵩上げが原因の一つとされている
- 予兆（ゆっくりとしたすべり）があった可能性が指摘されている。
- ➔ 「感太郎」を設置していれば、人的被害は防げたのではないかと？

日本の防災技術で、国際社会に貢献を . . .