

大分県地質調査業協会 R7技術講演会

地学的課題を持つ小さな地形変化の地図表現と活用

2016年4月熊本地震

開催日：令和7年10月24日（金）
場 所：大分市（コンパルホール）
記念講演：15:50～17:00 (70分)
参加者：協会の皆様 約150名

黒木貴一(関西大学)

Takahito KUROKI(Kansai Univ.)

2025/10/24

話題の順序

例えばOODAループ, $P_{\text{lan}}D_{\text{o}}C_{\text{heck}}A_{\text{ction}}$ でもよいかも

Observe(観察)

動機

1. 地形変化を見やすくする地図表現

Orient(状況判断)

試験

2. 2016年熊本地震での初めての適用と意味

3. どこまで見えるかの実験-御殿場市

Decide(意思決定)

検証

4. 斜面崩壊の現場適用-2021年静岡県熱海市伊豆山

5. 堤防破堤の現場適用-2015年関東・東北豪雨

Act(行動)

予測

6. 佐賀県佐賀市の筑後川・早津江川周辺の変形

動機

1. 地形変化を見やすくする地図表現

1) 地形表現の工夫

等高線, 毛羽, 陰影 →



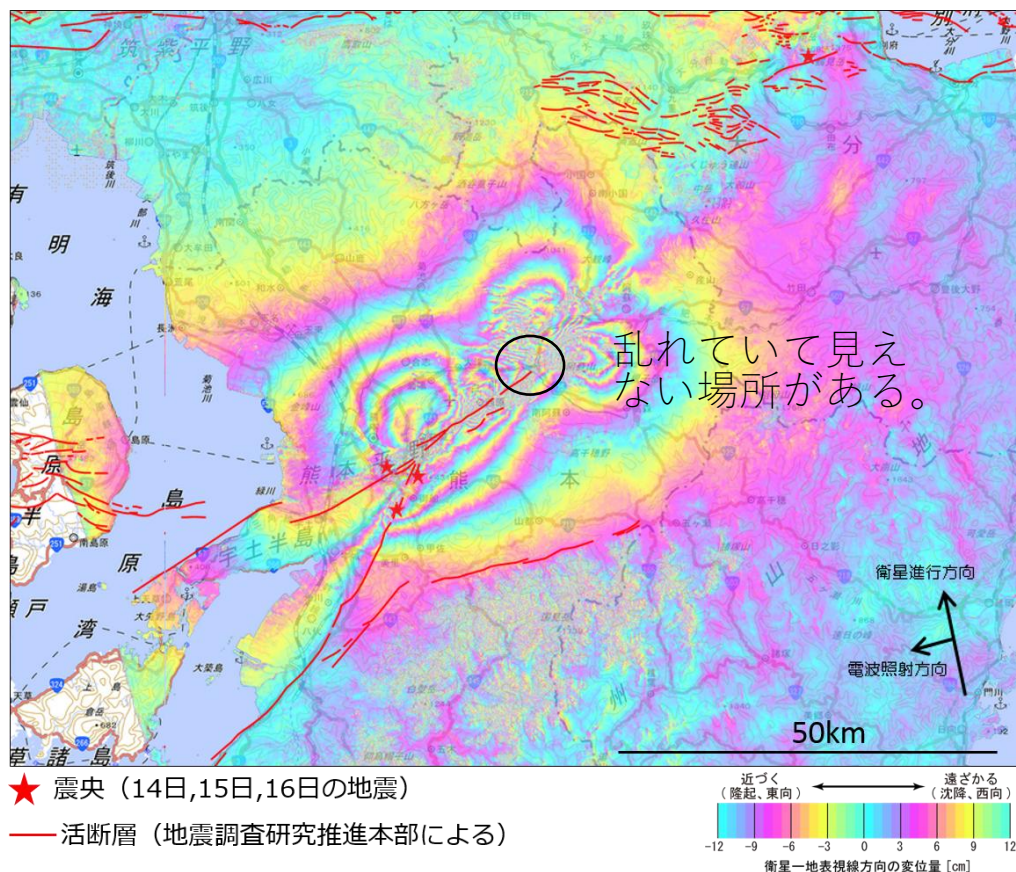
地形変化を見やすくする地図表現？

約23.6cmの波長の位相差で約12cm刻みの縞模様を形成する。

2016年1月26日～2016年4月19日の解析結果

国土地理院(2021): だいち2号干渉SARによる変動の検出について.
<https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H27-kumamoto-earthquake-index.html#3>
(2025年10月22日閲覧)

2025/10/24



干渉SARの地学的課題への適用で困ることと工夫

①縞々の間隔が一定の為、波長の合わない地形変化は表わせない。

いろいろな波長で

②土木・地盤・地質のような現場対応できる狭い範囲の変形をつかみにくい。

地学的課題

狭い範囲で

③衛星データの価格が高く、処理は専門的すぎる。

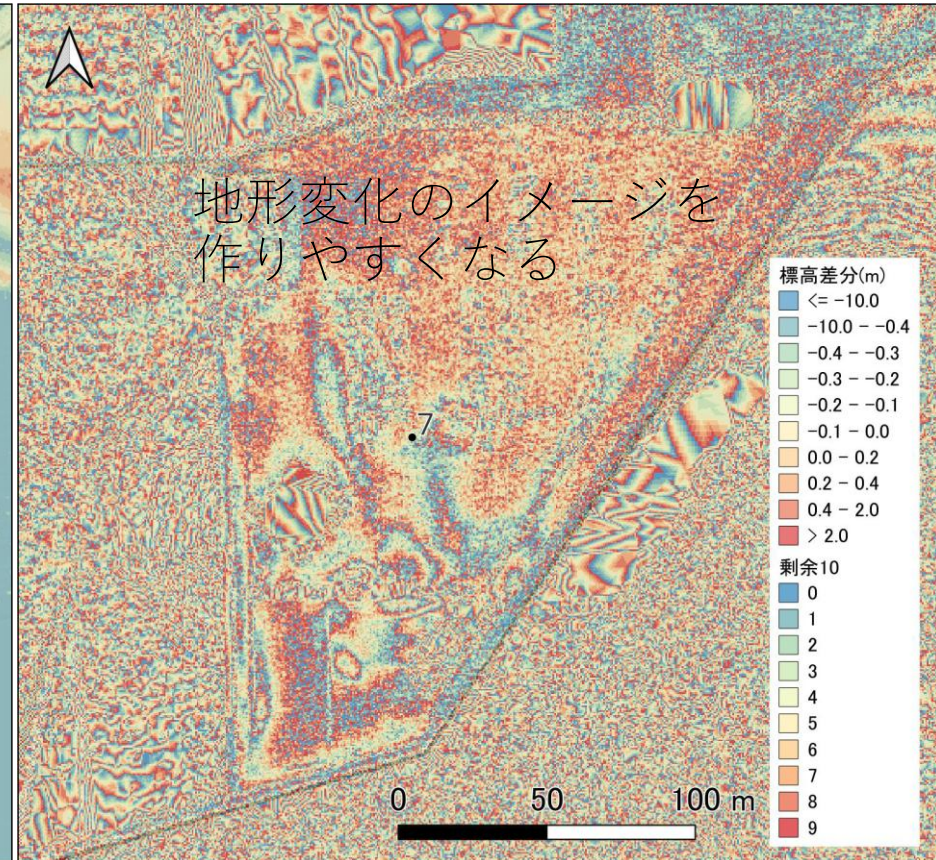
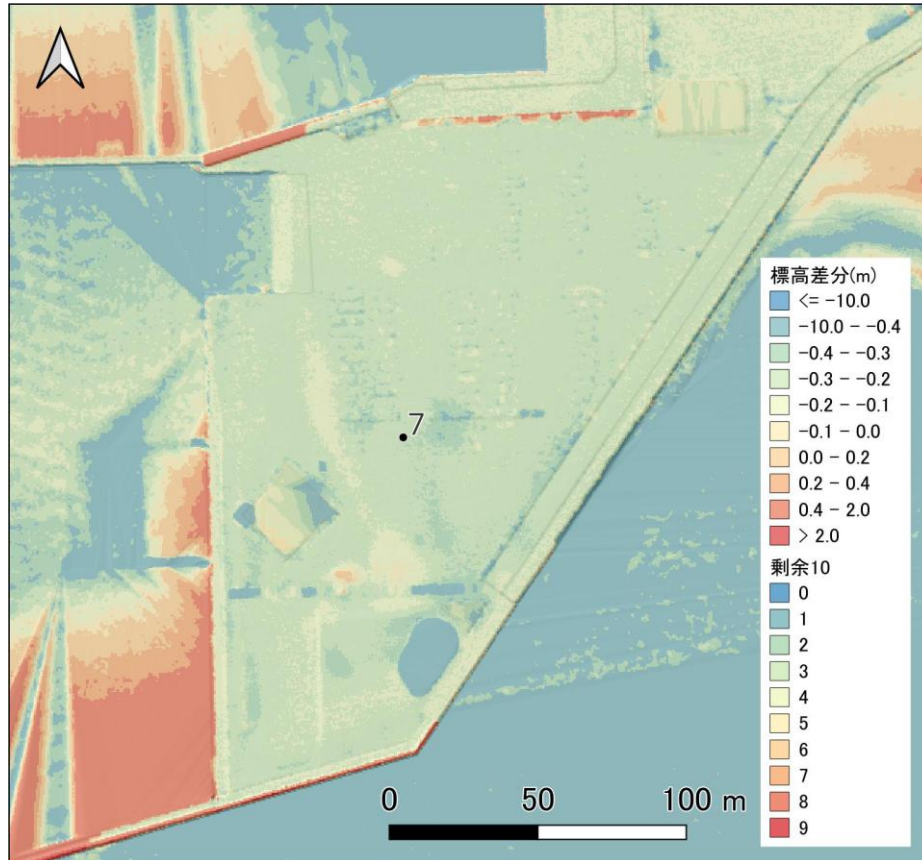
廉価で、簡単に

地形変化が読める、そんな地図を、作れないだろうか？

イメージ

<https://maps.gsi.go.jp/#16/36.922810/136.756847/&base=std&ls=std%7Chillshademap%2C0.49%7Cred%2C0.5&blend=00&disp=111&lcd=red&vs=c0g1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1&d=m&reliefdata=01G0000FFG2G0095FFG4G00EEFFG6G91FF00GAGFFFF00G14GFF8C00GGFF4400>

狭い港で 無料のデータで, フリーのQGISで



剰余地図

10cm周期の段彩で

2) 剰余地図(割り算をした余りを使った地図)の作成の考え方

標高上昇(増加)傾向の現場に対し

標高(標高変化) (cm) 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, ... 30,31,32,33,34,35,36,37,38,39

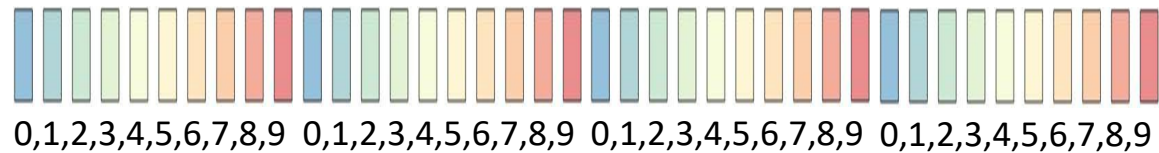
普通は10区分段彩で標高(標高変化)を区分する

分母40の剰余



10区分段彩の4回繰り返し 段彩 で標高(標高変化)を区分すると、小さいスケールの地形(地形変化)が識別できるようになる。

分母10の剰余



3)使用したデータ

LASデータによるDEM(数値標高モデル)からの**剰余地図**の準備

* 標高又は標高差分データ000.000m

⇒(100か1000)倍し⇒整数値(cmやmm)に変換し⇒様々な分母で除算し⇒剰余を分母数で階級区分し⇒青(小)～赤(大)の段彩で表現する。



熊本県益城町, 2016年6月, OpenTopographyサイト掲載, (23 April 2016-5 April 2016 2週)

静岡県御殿場市, 2021年12月, LASデータ購入, (2021年3月-10月 半年)

静岡県熱海市, 2021年12月, G空間情報センター掲載, (2020年3月27日-2021年7月6日 1年半)

茨城県常総市, 2022年9月, 国土地理院アーカイブのLASデータ, (2007年2月-2015年9月 8年)

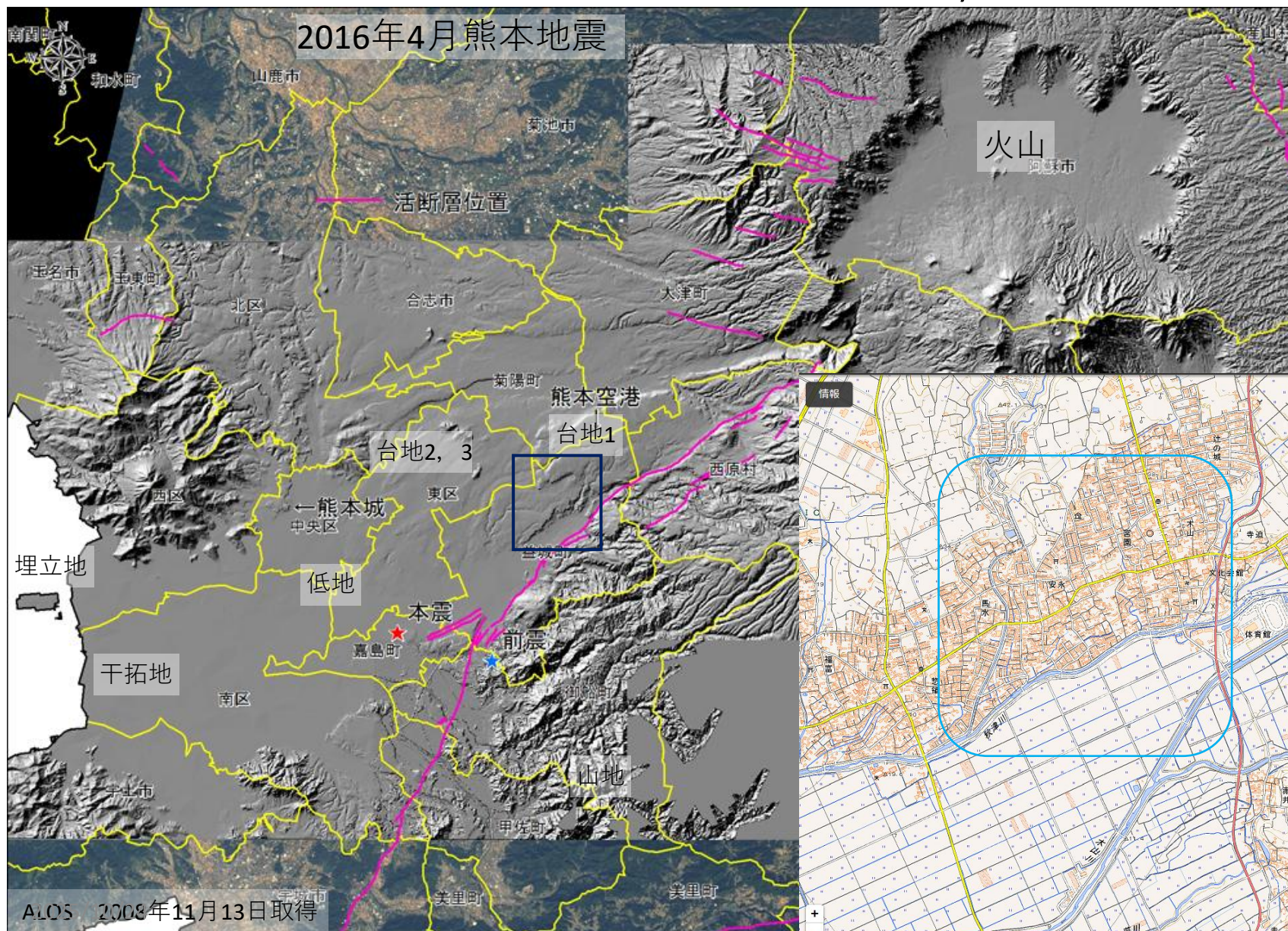
佐賀県佐賀市, 2023年7月, 国土地理院アーカイブのLASデータ, (2005年12月-2021年11月 16年)

計算と表示はフリーのCloudCompareとQGIS(GDALのラスタ計算機)

試験

2. 2016年熊本地震での初めての適用と意味

1)熊本県益城町の被害



地震断層は右ずれが多い

断層付近は被害が大きい



左ずれも見られる



軟弱地盤では液状化による側方流動や不等沈下に伴う亀裂も生じた。



地震断層を挟んで倒壊方向が正反対という謎も残った。



多くの調査が、横ずれの地震断層に注目した。ただその周囲に、微妙な地面の凹凸がみられたのが、ずっと心に残っていた。

2025/10/24

2)微妙な地形変化

5_地表のうねり1

160608

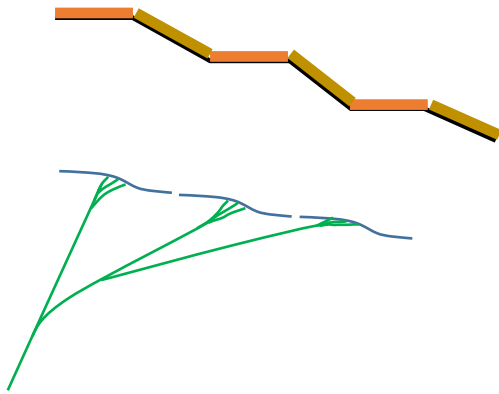
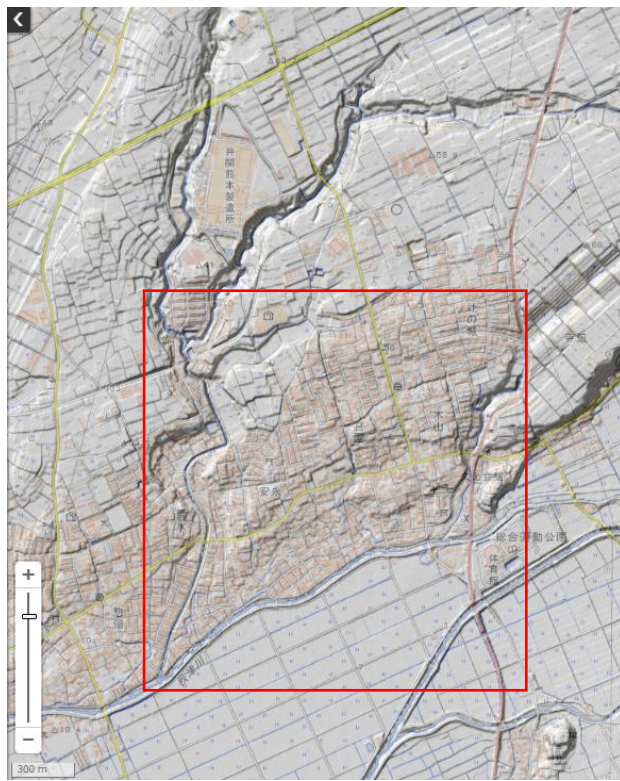




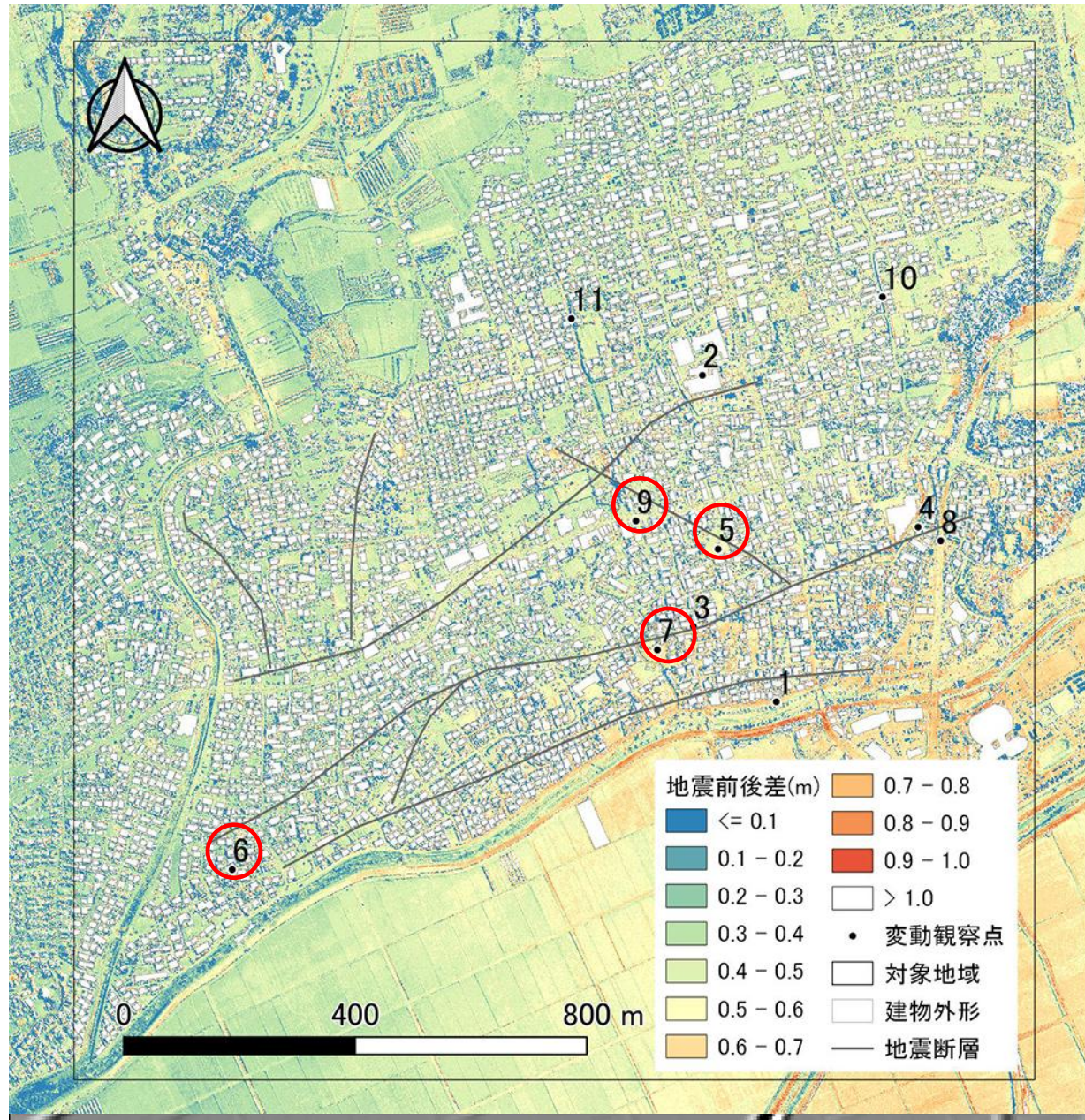




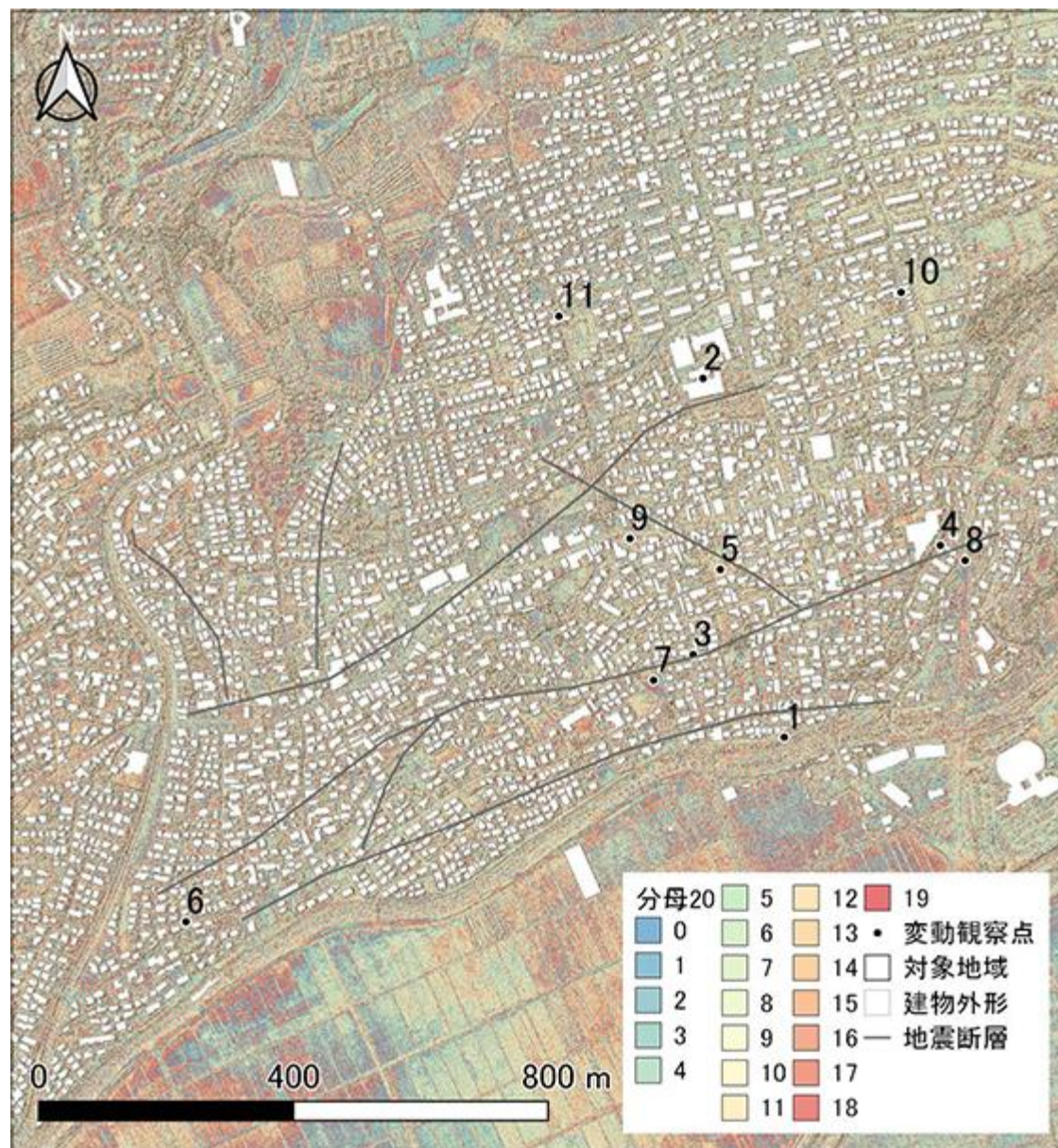
しかし、**2週間**の標高差分(m)では微妙な地面の凹凸は全く読み取れない



2025/10/24

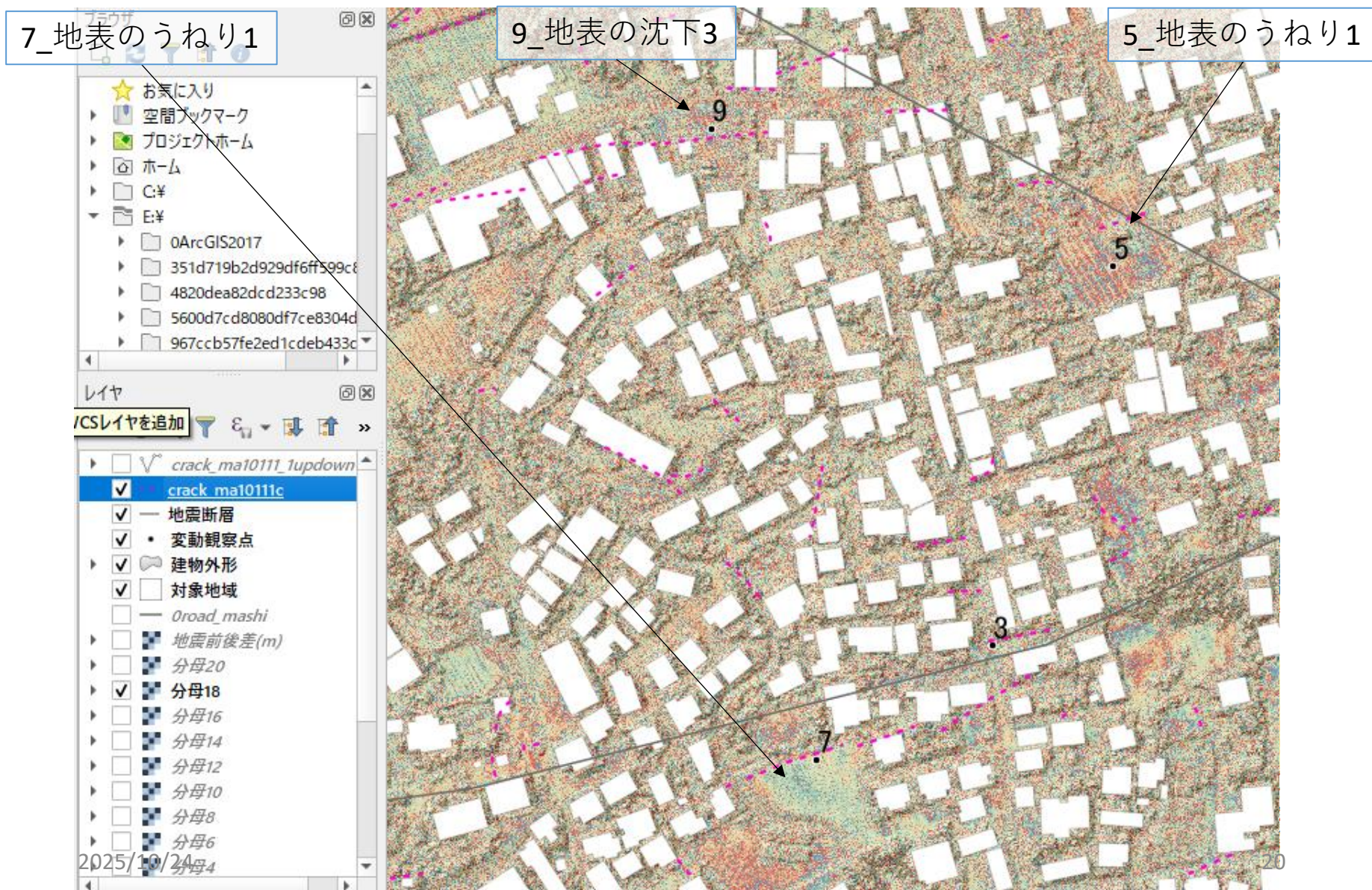


3) 剰余地図の表現



* 分母18の剰余(18cmで1縞)

地表変動の広がりと量が識別できた。(無関係の場が非干渉となるのでそこが目立つ)



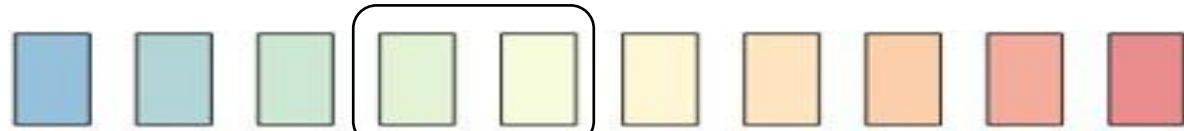
4) 地表変動と剰余の関係

* なぜ剰余地図で見えるのか？

12,13,15,15,13,12,14,16,19,18

標高増加(cm) 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, ... 30,31,32,33,34,35,36,37,38,39

単調な増加傾向の地表変動1中に、小さな波長と振幅を持つ地表変動2が混在する。



分母40の剰余に相当 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, ... 30,31,32,33,34,35,36,37,38,39

10段階で標高変化を階級区分すると地表変動2の値は2区分に含まれて量・広がりを表現できない。

異なる波長と振幅を持つ地表変動2が見えやすくなった。



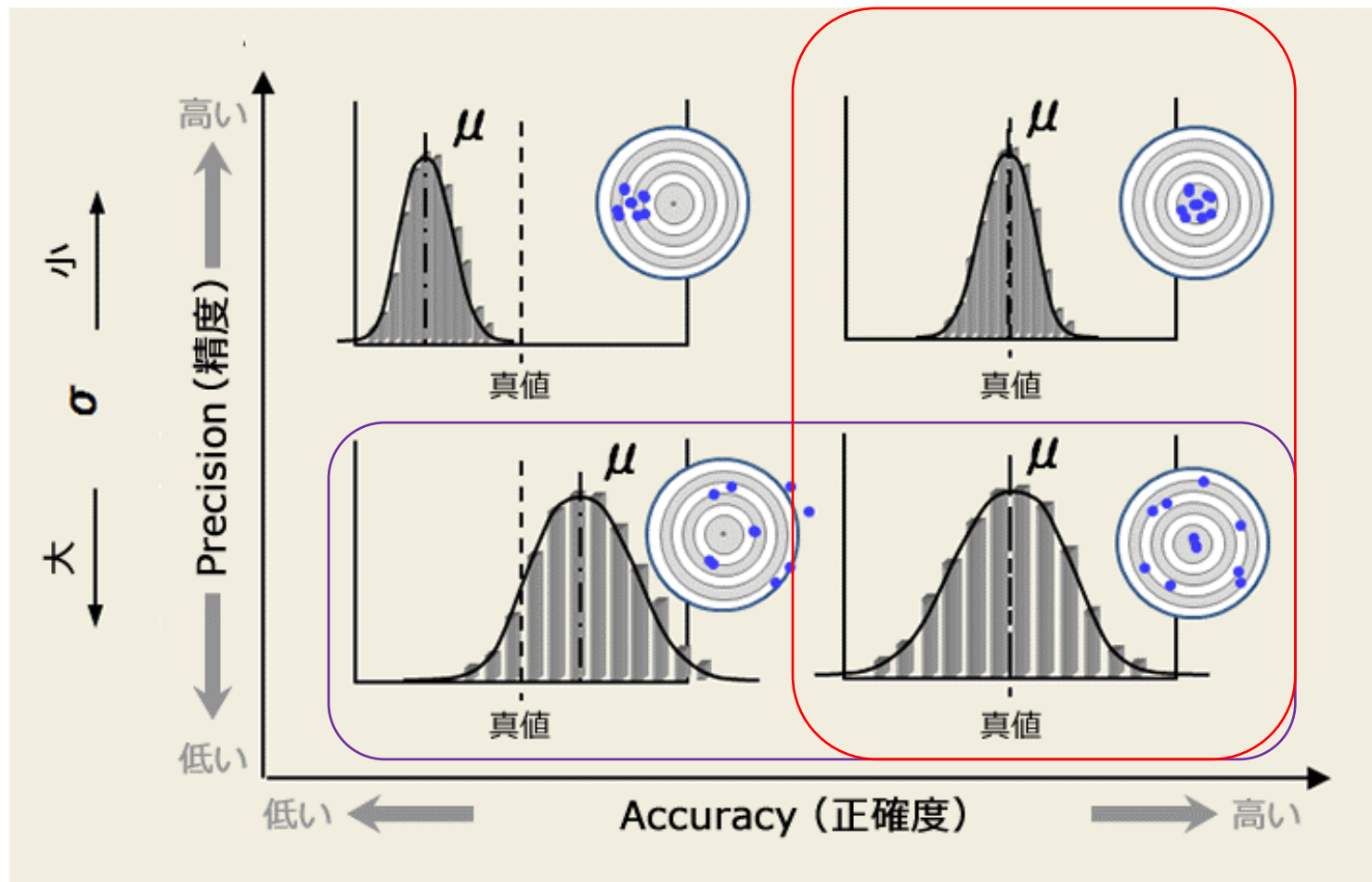
分母10の剰余に相当 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9

* 高さ精度(accuracy)が10cm～のデータの差分でなぜ数cm刻みの地表変動を示せたのか？

10cmずれた数値例 -10,-9,-8,-7,-6,-5,-4,-3,-2,-1, ... 20,21,22,23,24,25,26,27,28,29

正確度と精度 正確度(accuracy)と精度(precision)

高さがずれていても地形モデルの形状が精度(**precision**)よく形成されていて、**相対的**に地形変化を生む地表変動の量と広がりを可視化できた。



3. 正確度と精度 <https://www.hitachi-hightech.com/jp/ja/knowledge/semiconductor/room/manufacturing/accuracy-precision.html> (2023年10月23日閲覧)

3. どこまで見えるかの実験-御殿場市

<https://maps.gsi.go.jp/#16/35.339354/138.886242/&base=std&ls=std%7Chillshademap%2C0.49%7Cred%2C0.5&blend=00&disp=111&lcd=red&vs=c0g1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1&d=m&reliefdata=01G0000FFG2G0095FFG4G00EEFFG6G91FF00GAGFFFF00G14GFF8C00GGFF4400>

1) 現地状況

加藤学園御殿場キャンパス(旧 富士フェニックス短期大学2007年に廃止)

映画・テレビドラマ等
のロケ地として使用



↓空間情報技術試験フィールドとして使用



土砂移動(斜面崩壊や土石流), 地盤変動(地殻変動や地盤沈下)などほとんど考えにくい。

2) 剰余地図で確認できる半年の標高変化範囲

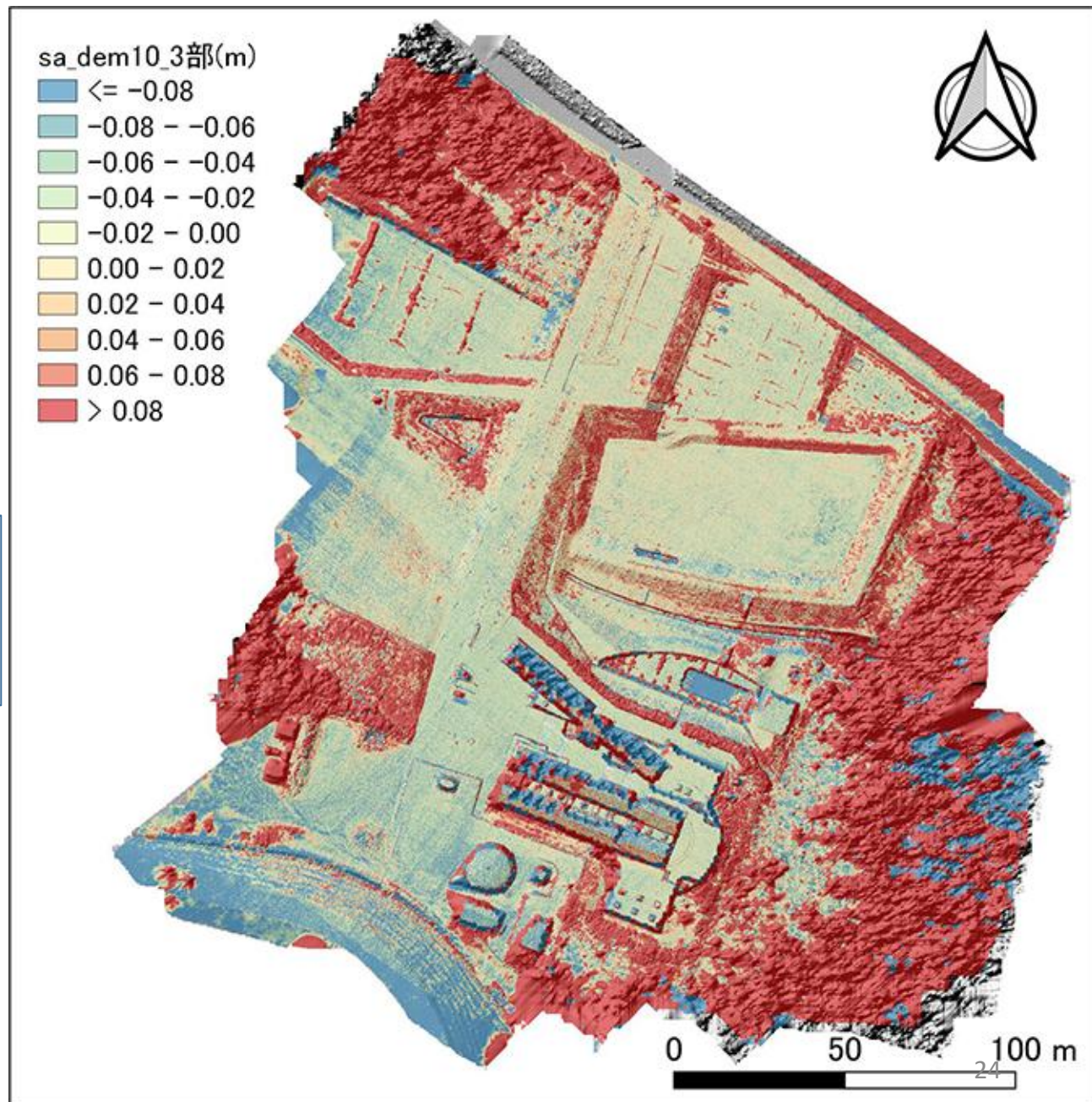
標高変化は分かるが、
意味ある地形変化の範囲と量が判読できない。



剰余地図化：標高変化を
[100倍cmとし10-60で除算],
[1000倍mmとし10-100で除算]し、
剰余を段彩表示する。



地形判読を試みる。



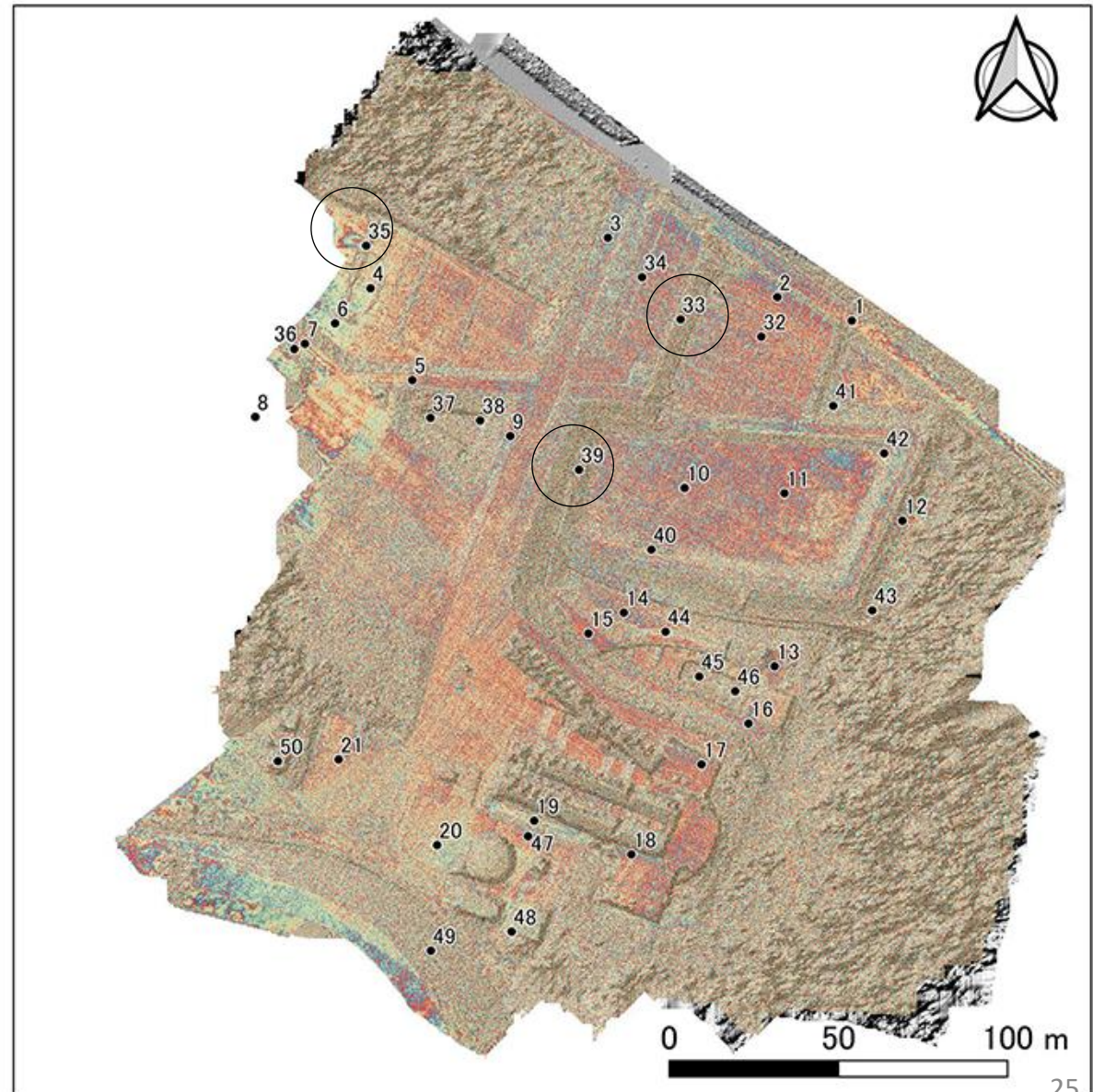
3) 剰余地図による標高変化範囲の鮮明化(100倍→cm単位)

33_100の30
35と39_100の20

100倍_分母10

0	3	7
1	4	8
2	5	9
	6	

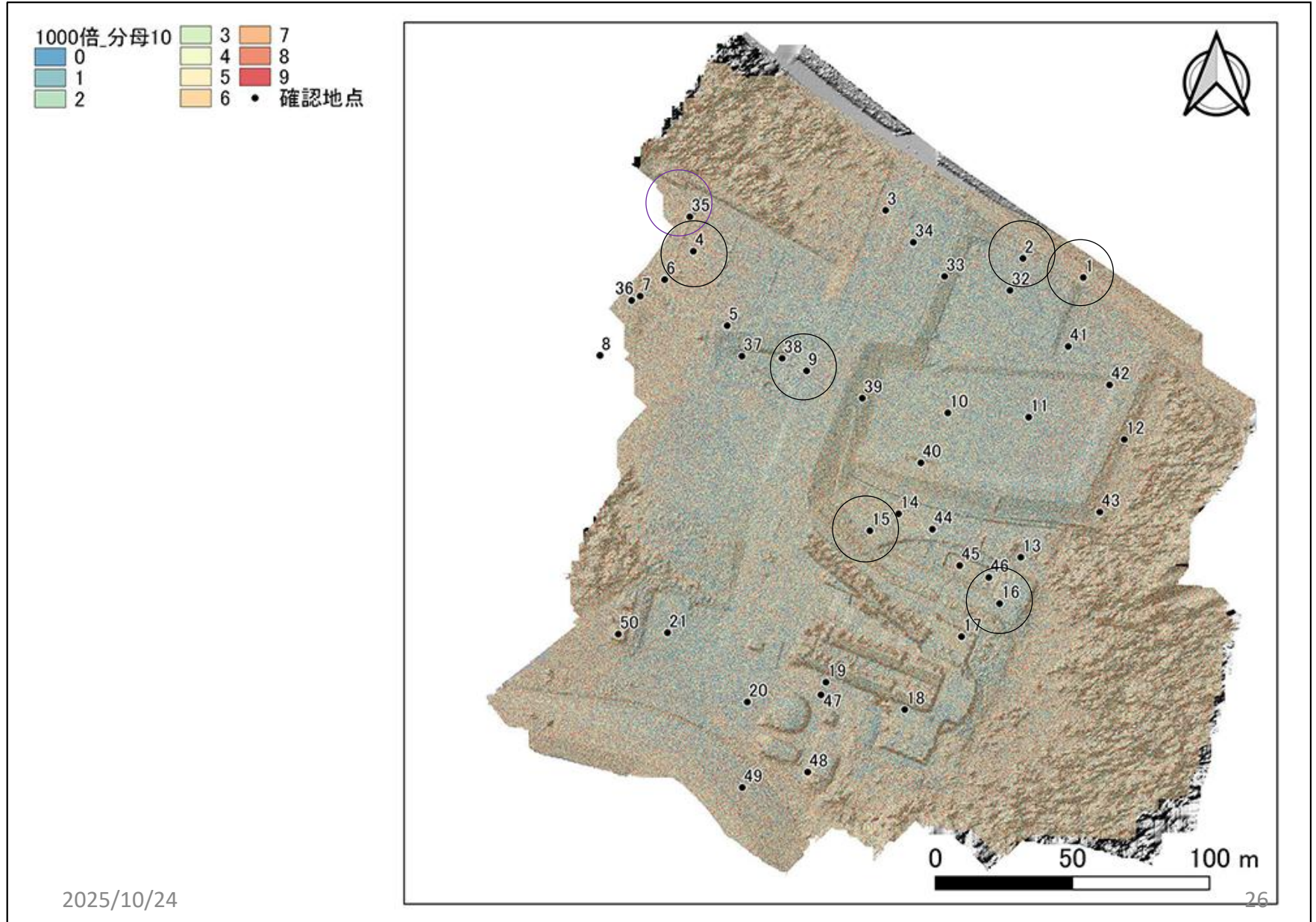
● 確認地点



2025/10/24

4) 剰余地図による標高変化範囲の鮮明化(1000倍→mm単位)

9と16_1000の100
1と15と35_1000の80
2と4_1000の60

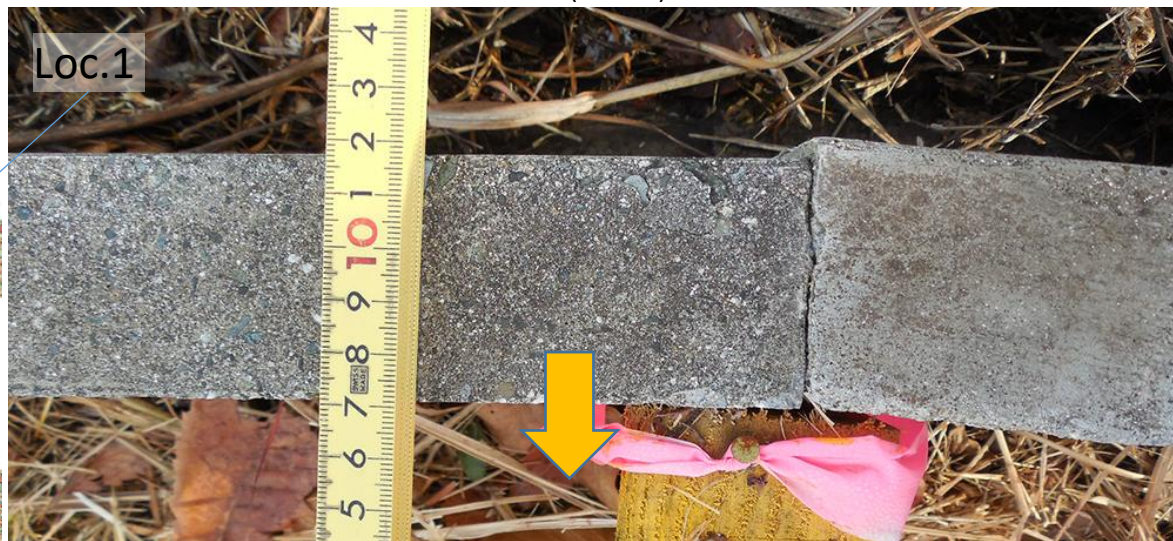
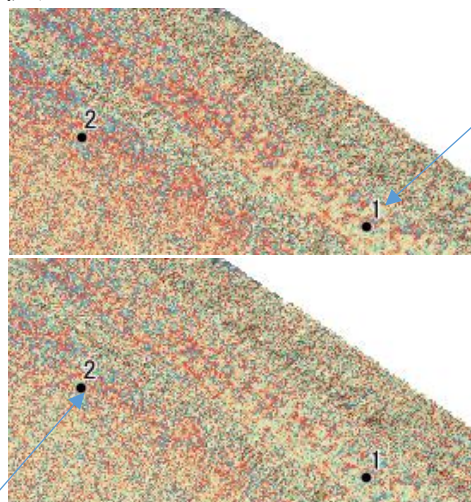


5)地形変化の解釈

道路変状

道路の変形が押しとなっている現状

1000倍分母80(縮8cm)



Loc.2

圧縮され折れ曲がるの駐車場縁

1000倍分母60(縮6cm)

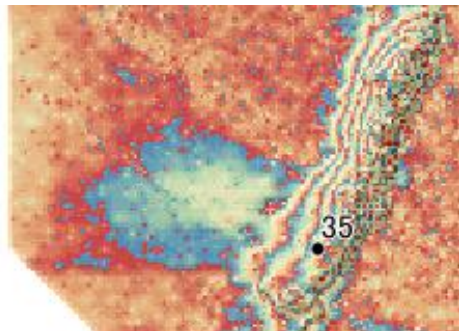


2025/10/3

27

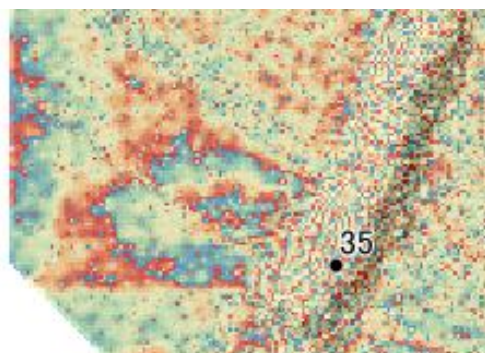
側溝の中に落ち葉と土砂

100倍分母20(縞20cm)



駐車場の5mmの土砂残存

1000倍分母80(縞8cm)



* 参考：10月データが無いため



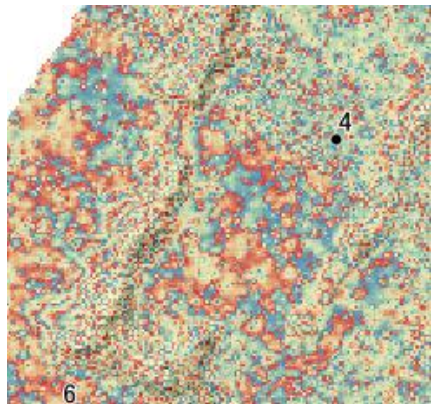
2025/10/24



アスファルト隆起

駐車場のすべり状の変形

1000倍分母60(縮6cm)

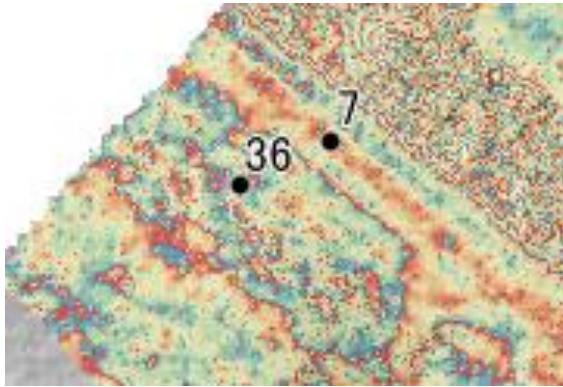


Loc.4

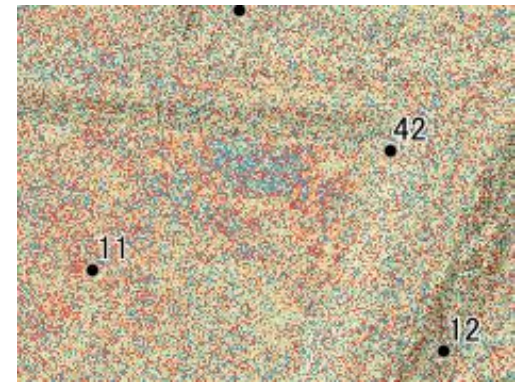
間隙水圧上昇か凍上

2025/10/24

→猪の採餌行動



1000倍分母100(縞10cm)

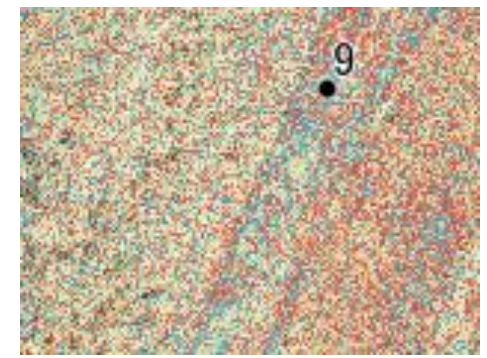


1000倍分母60(縞6cm)



埋め土境界の所の地盤傾き変形

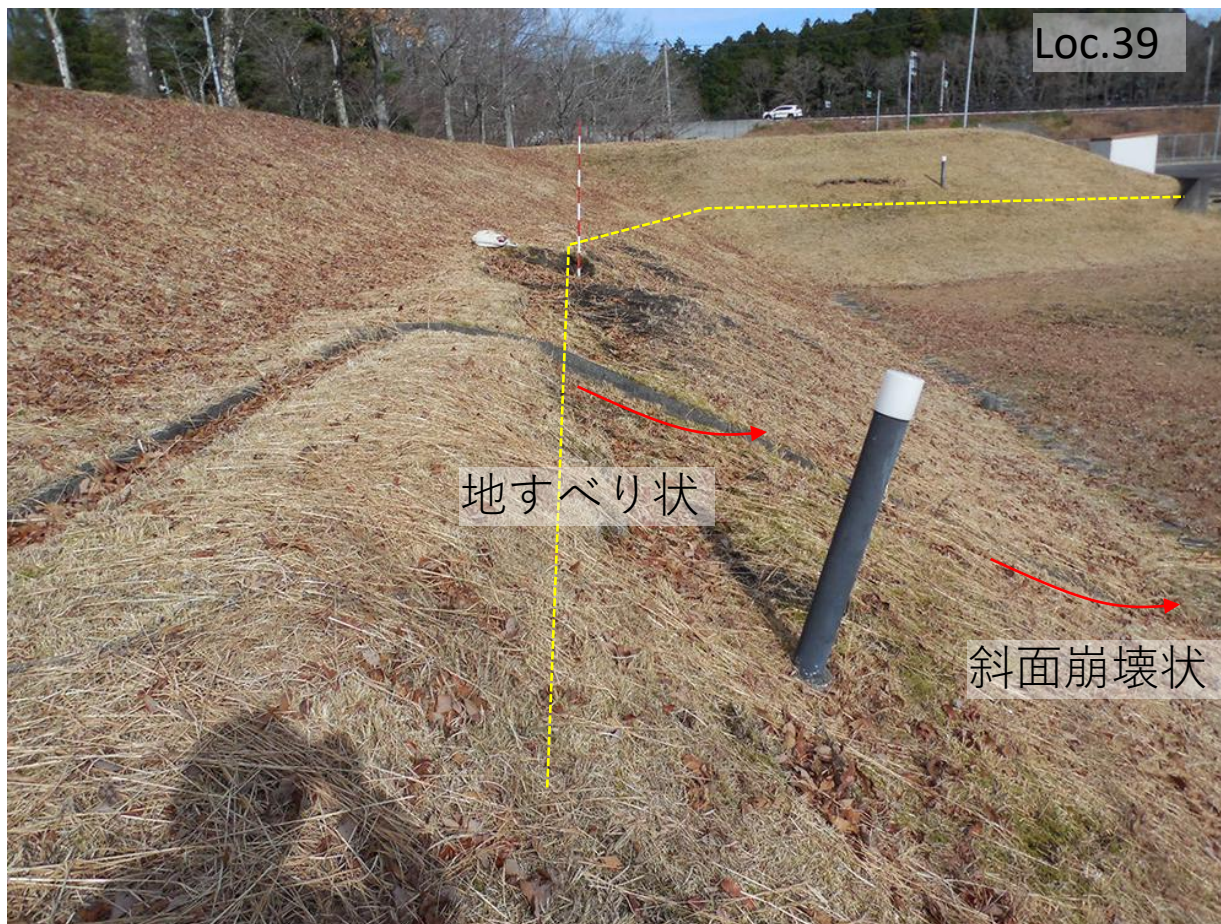
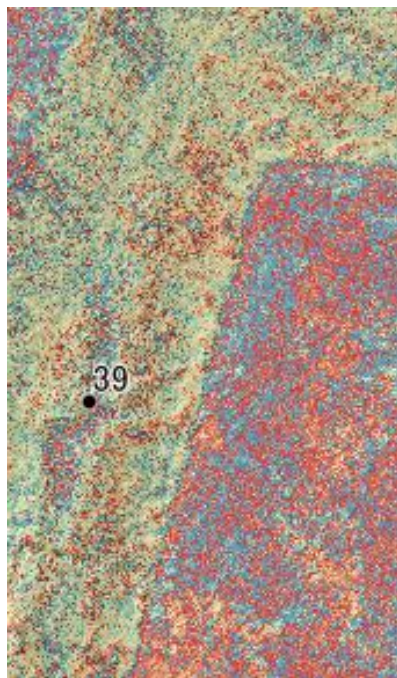
1000倍分母100(縮10cm)



地層境界での地すべり状 の表層移動

スコリアが根系で締まった表層
部が塊状のまま下方に移動する

地すべり状，斜面崩壊状の崩落連続の場合 100倍分母20(縞20cm)



何気なくこれまで見過ごしてきた，とても微小な地形変化の量と範囲
を容易に確認できる！

1) 現地の被災状況

2021年7月3日静岡県熱海市伊豆山の逢初川(あいぞめがわ)

死者26名, 行方不明1名



写真1

写真2

写真3

211030_東京宮崎

内閣府：令和3年7月1日から大雨による被害状況等について。

http://www.bousai.go.jp/updates/r3_07ooame/pdf/r3_07ooame_17.pdf(2023年7月4日閲覧)

国土交通省 砂防部：静岡県熱海市伊豆山で発生した土石流災害。

https://www.mlit.go.jp/river/sabo/jirei/r3dosha/210703_aizomegawa_07091800_taioujoukyou.pdf(2023年7月4日閲覧)

<https://maps.gsi.go.jp/#16/35.118540/139.078138/&base=std&ls=std%7Chillshademap%2C0.49%7Cred%2C0.5&blend=00&disp=111&lcd=red&vs=c0g1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1&d=m&reliefdata=01G0000FFG2G0095FFG4G00EEFFG6G91FF00GAGFFFF00G14GFF8C00GGFF4400>

熱海(新幹線)駅



211209



かんはっしゅうそうちんご いずさんじんじゃ
関八州総鎮護 伊豆山神社

写真1

人工盛土の崩壊

自然斜面の崩壊



211209

中流_写真2と下流_写真3の土石流被災

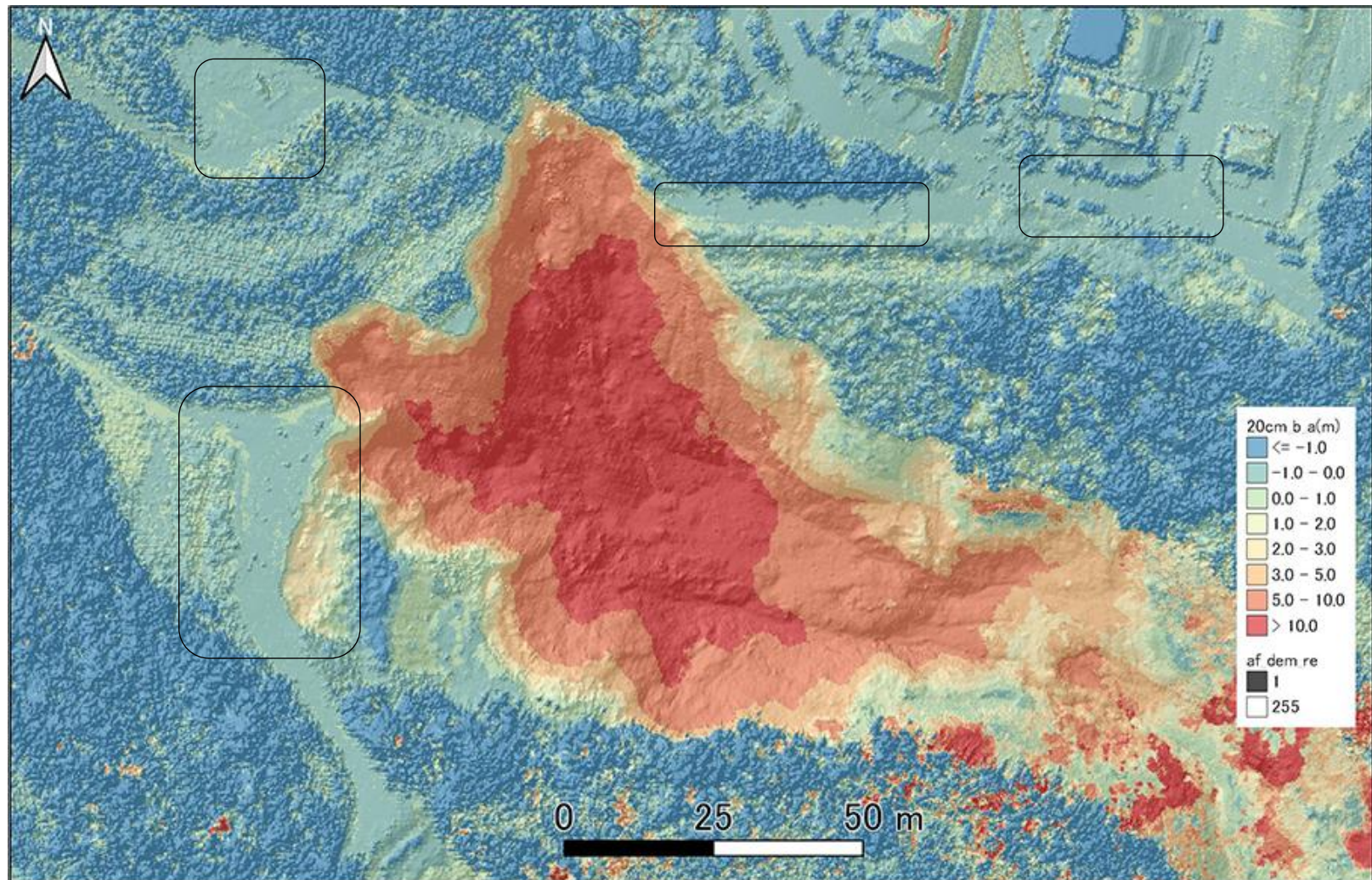


211209



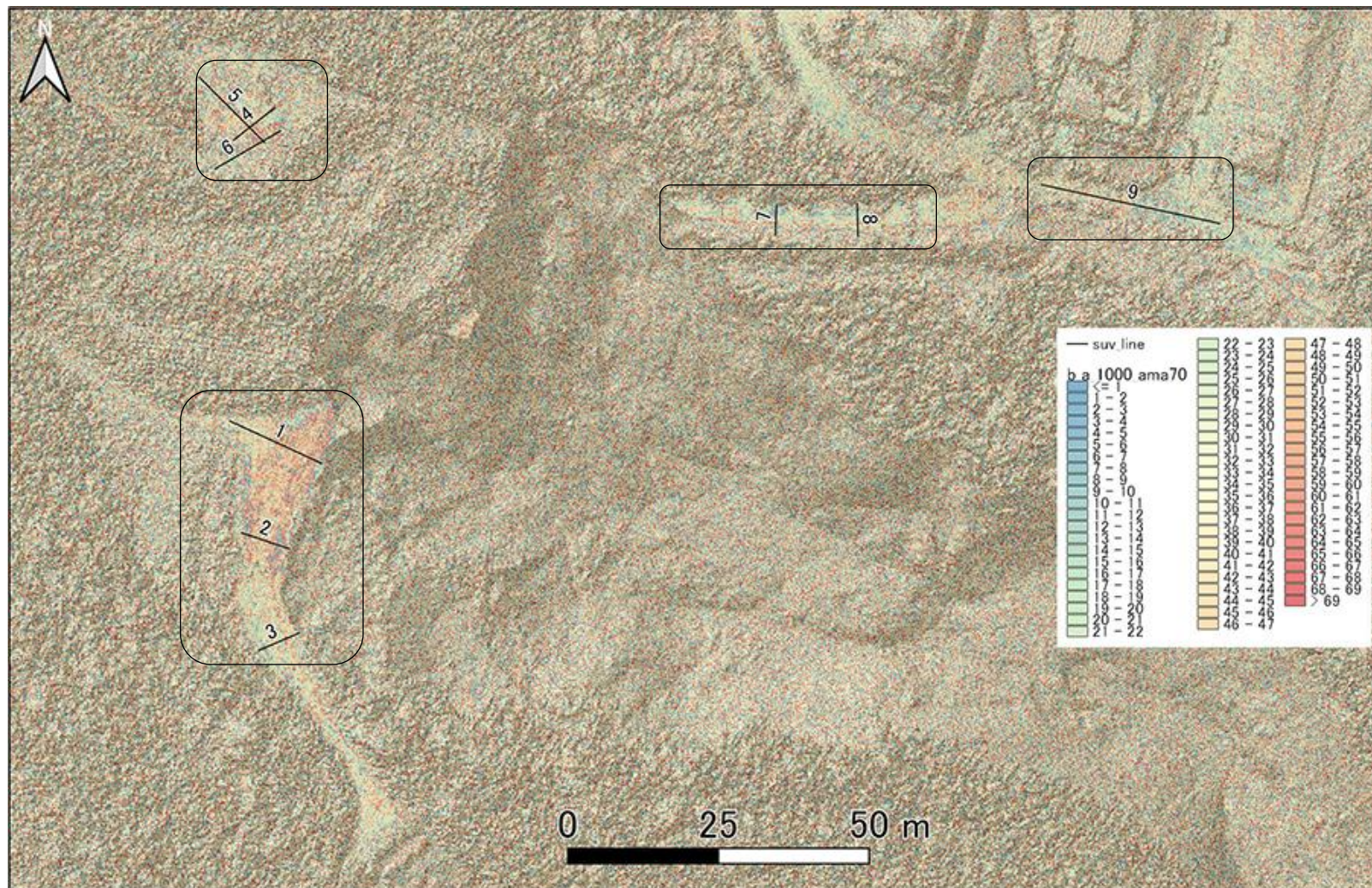
2)崩壊地頭部の 1 年半の地形変化

周囲では標高変化を判読できない

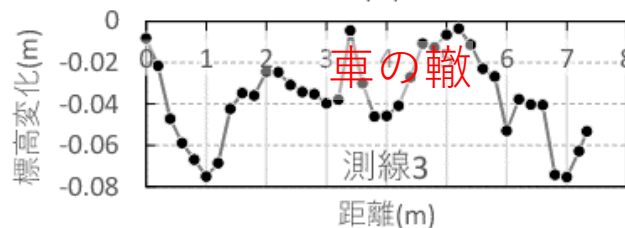
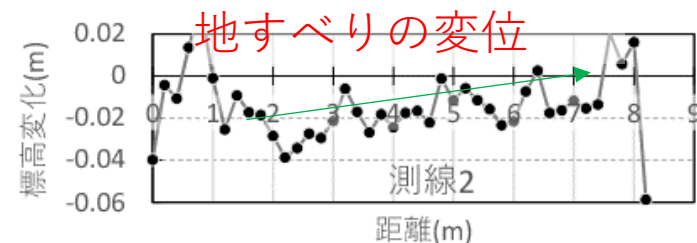
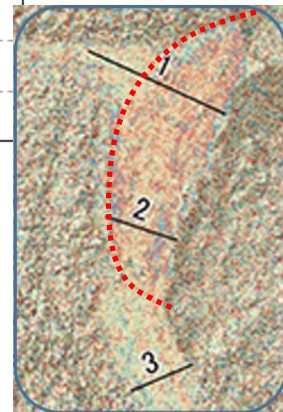
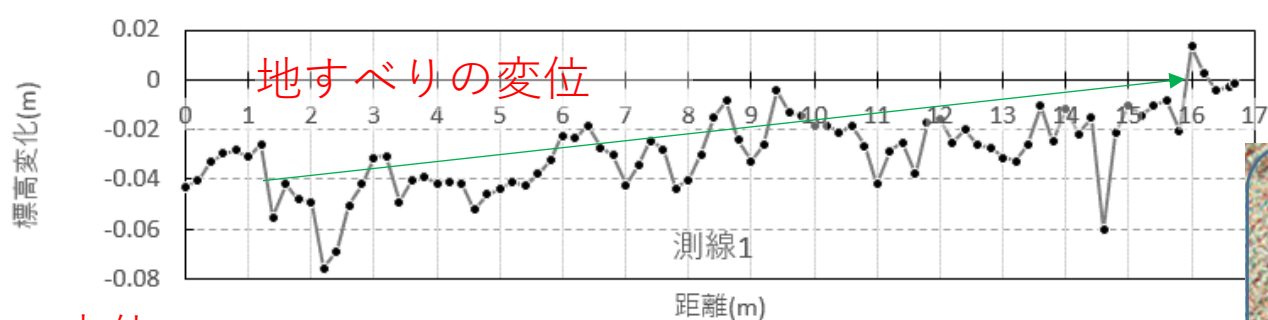


標高変化を判読できない場所の「異常範囲」

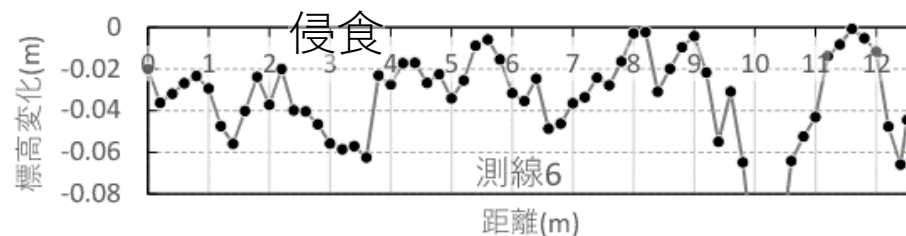
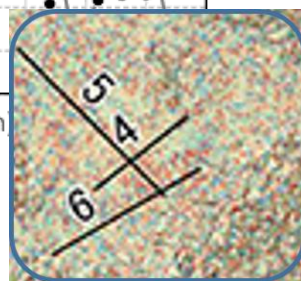
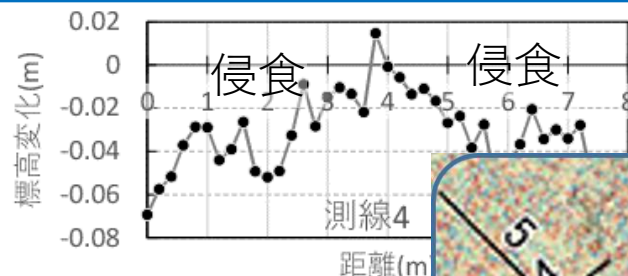
差分 1000倍データの分母30⇒50⇒130⇒90⇒70 による剰余
縞 3cm⇒5cm⇒13cm⇒9cm⇒7cm による剰余



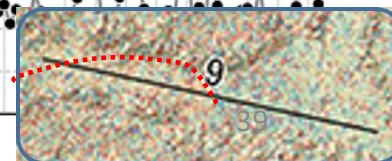
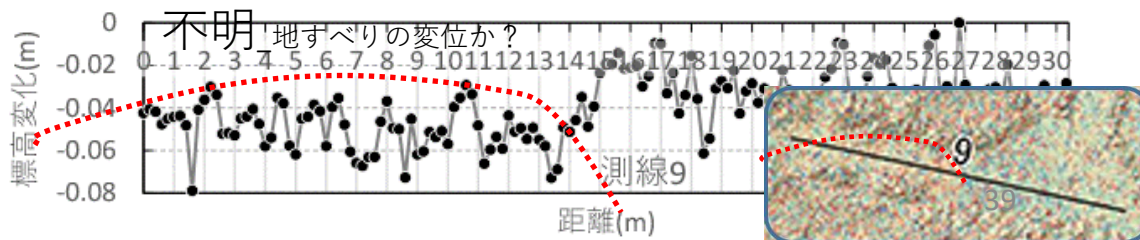
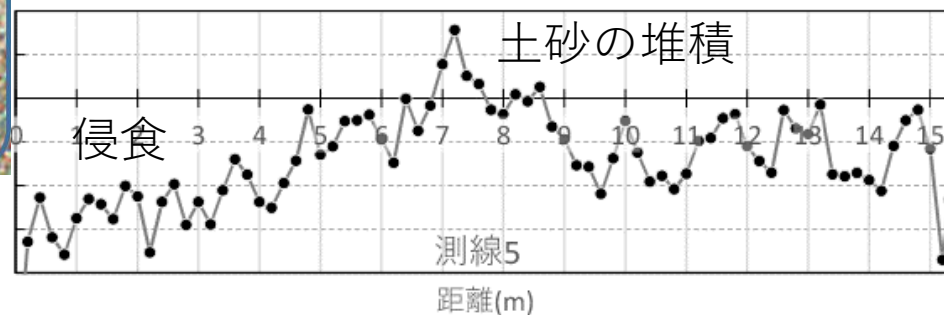
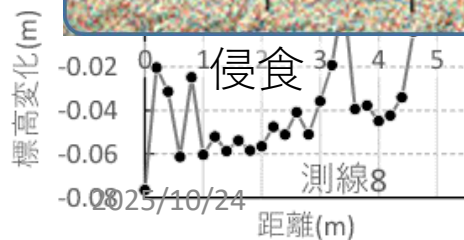
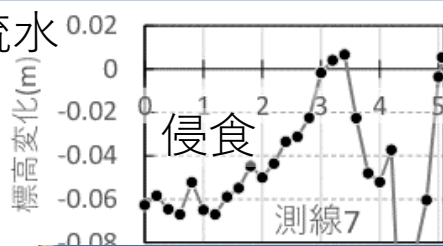
地形変化との 関連付け 123



流水



流水



5. 堤防破堤の現場適用-2015年関東・東北豪雨

茨城県常総市の鬼怒川



漏水

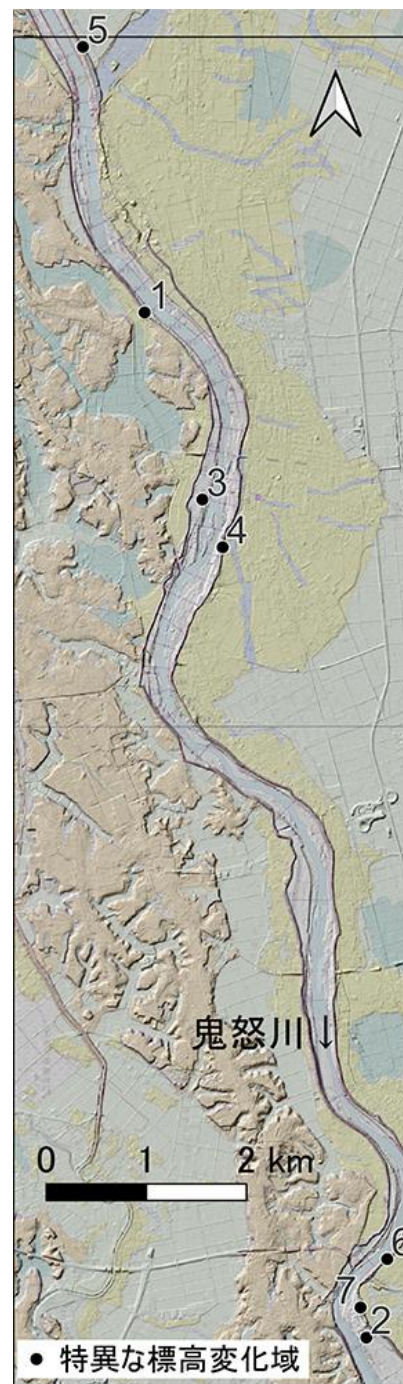
堤体は緩み、複数個所の漏水



1)対象地域と地形



2025/10/24

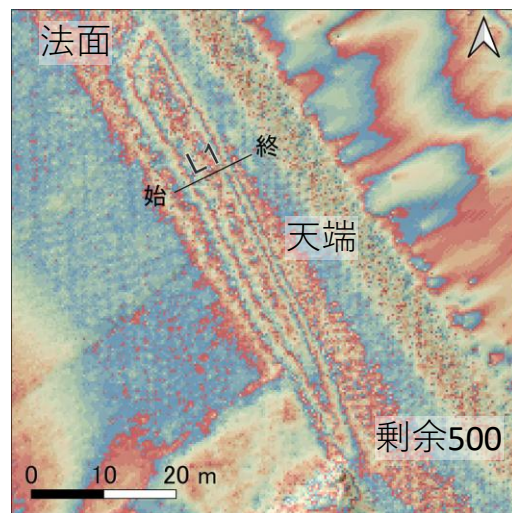


<https://maps.gsi.go.jp/#13/36.099741/139.986935/&base=std&ls=std%7Chillshademap%2C0.49%7C lcmfc2%2C0.29&blend=00&disp=11&lcd=lcmfc2&vs=c0g1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1&d=m&r eliefdata=01G0000FFG2G0095FFG4G00EEFFG6G91FF00GAGFFFF00G14GFF8C00GGFF4400>

2) 剰余地図と8年間の地形変化

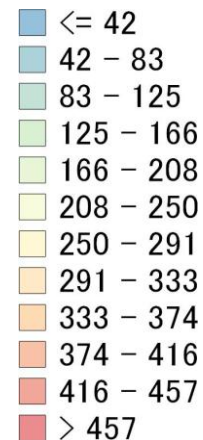
人工改変

(1) 範囲1

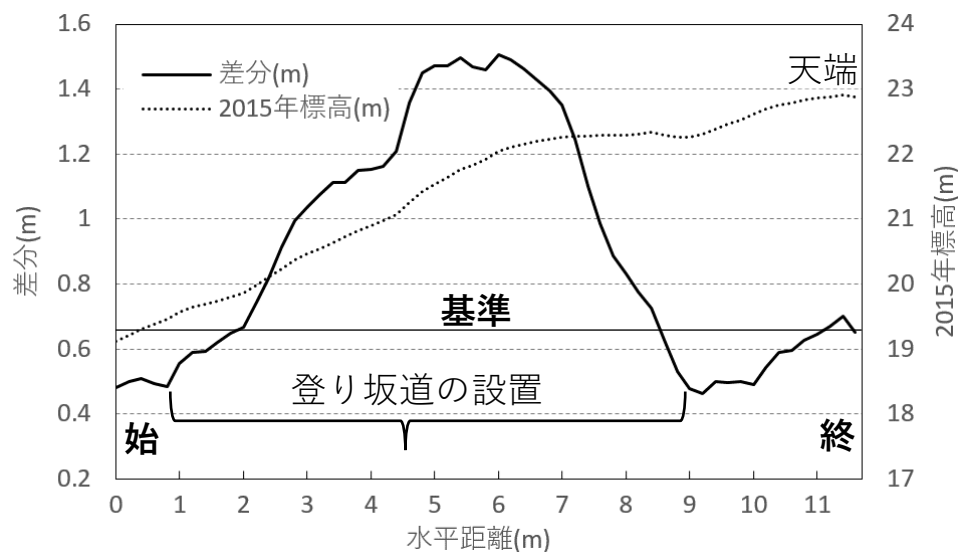


縞50cm

剰余500の凡例

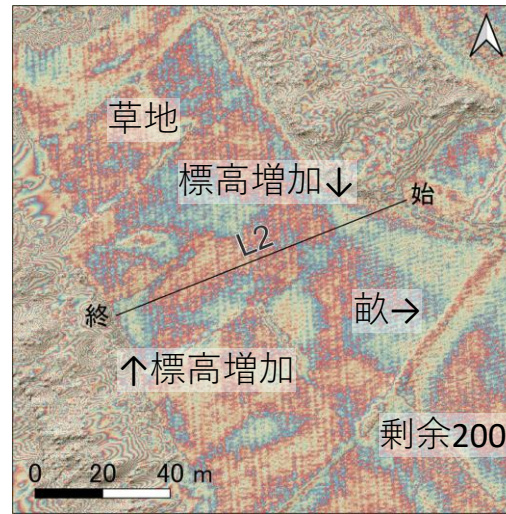


L1



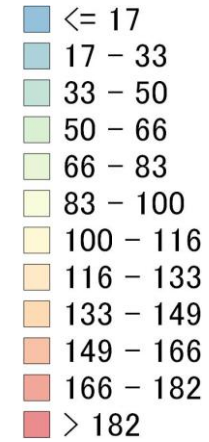
土砂堆積

(2)範囲2

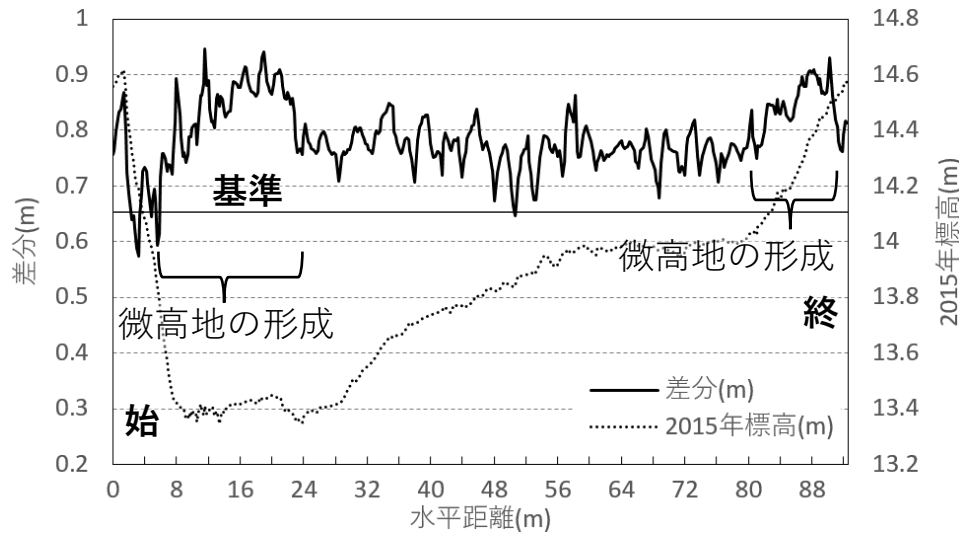


綫20cm

剰余200の凡例

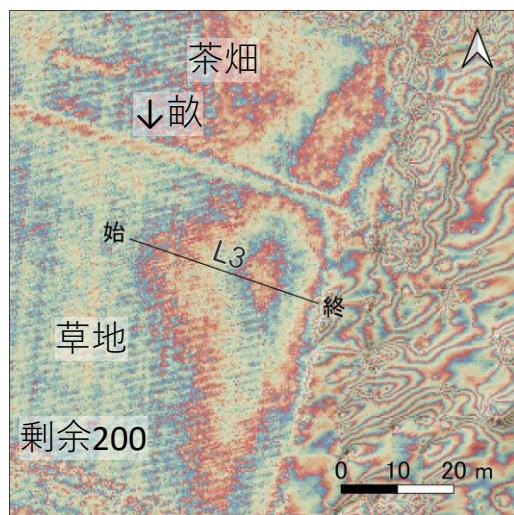


L2



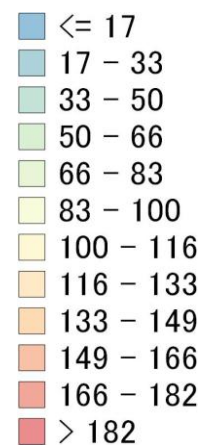
侵食

(3)範囲3

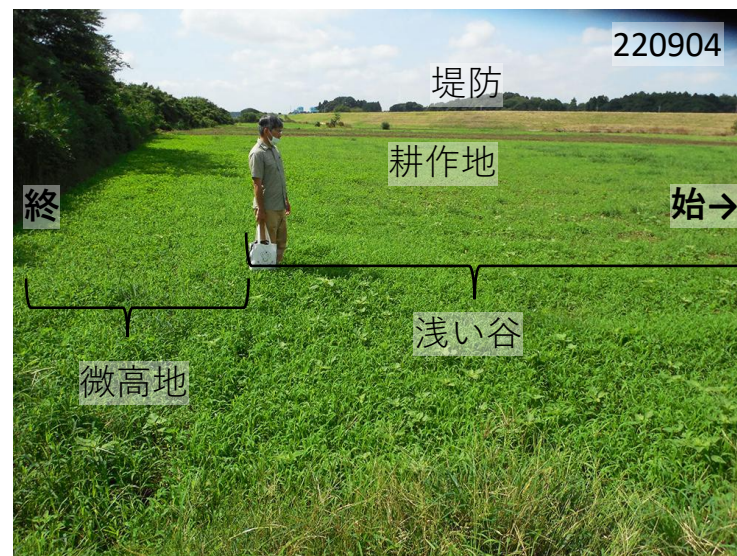
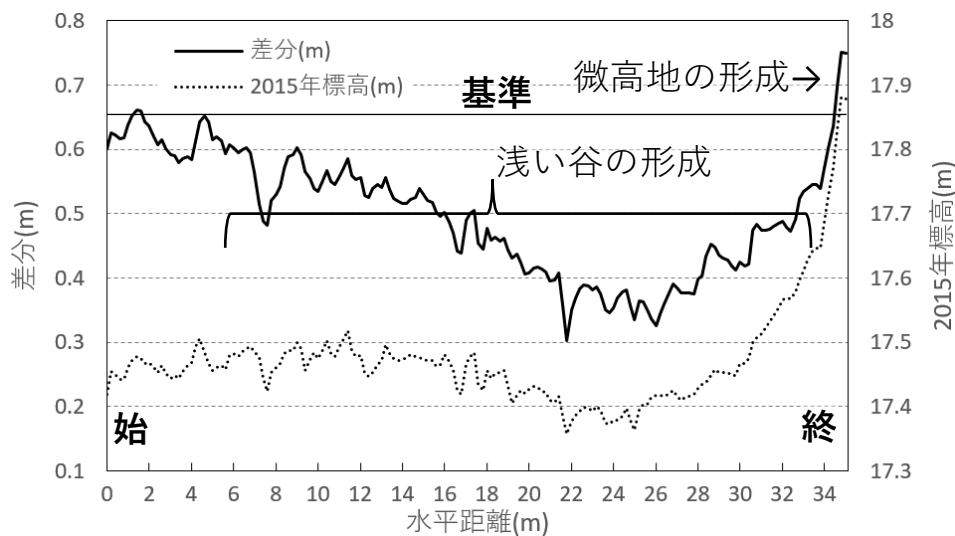


縞20cm

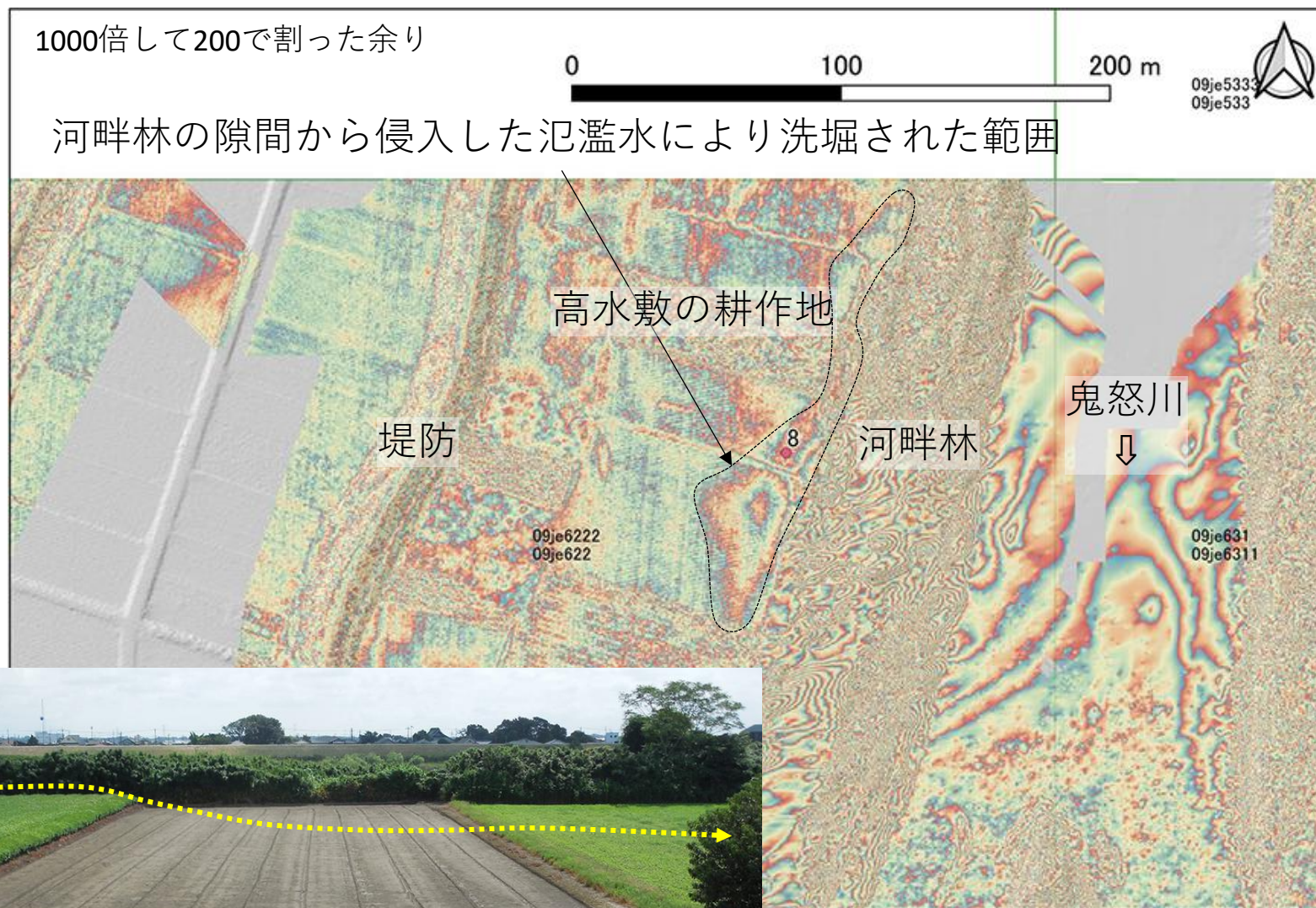
剰余200の凡例



L3



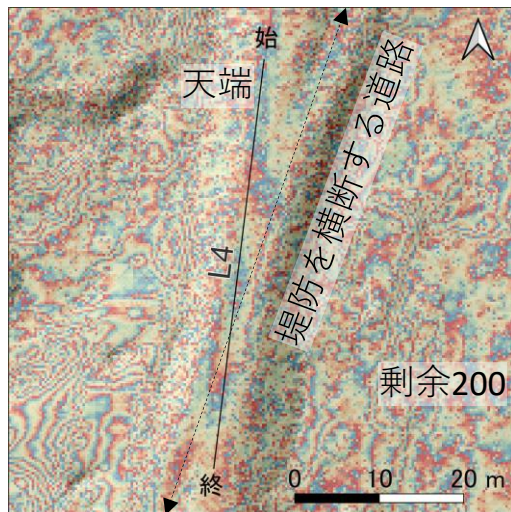
広がりで見ます。



2025/10/24

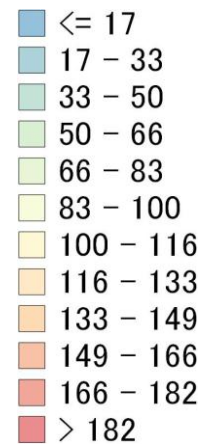
天端変形

(4)範囲4

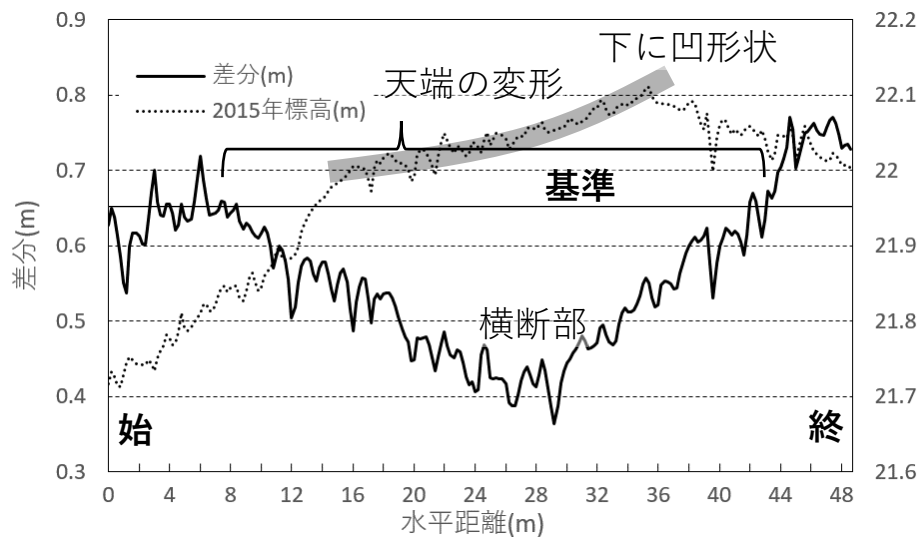


縞20cm

剰余200の凡例

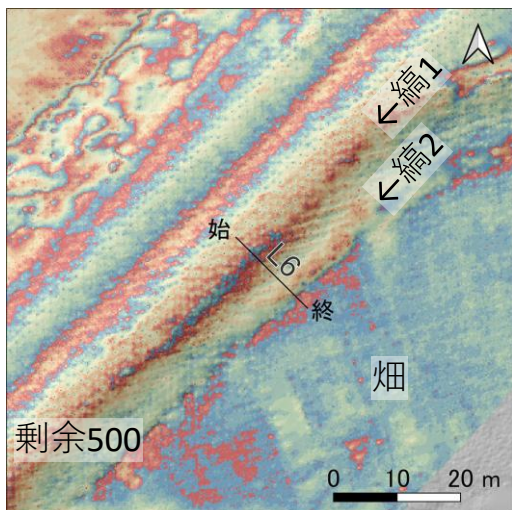


L4



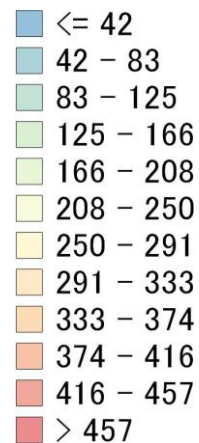
法面変形

(6)範囲6

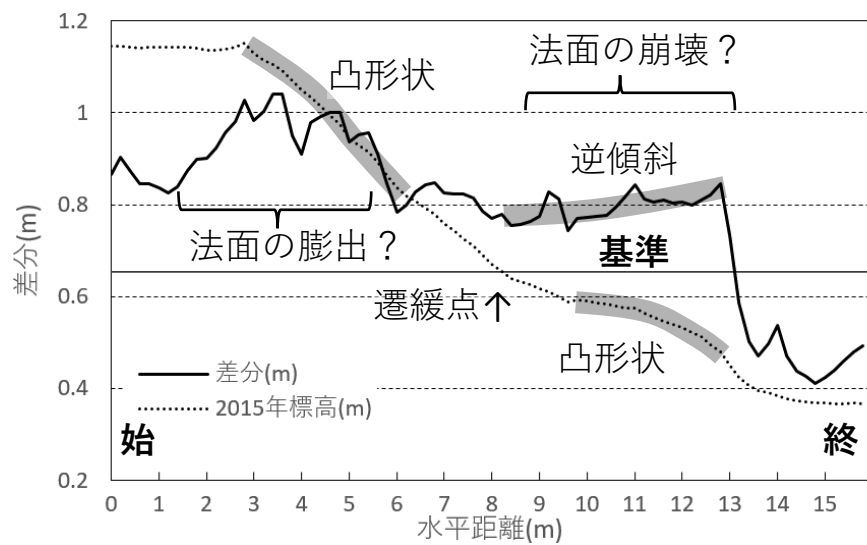


綫50cm

剰余500の凡例



L6



2025/10/24



↓既に少し撓んでいる

←現在の修復状況

当時の反対方向

220903鬼怒川



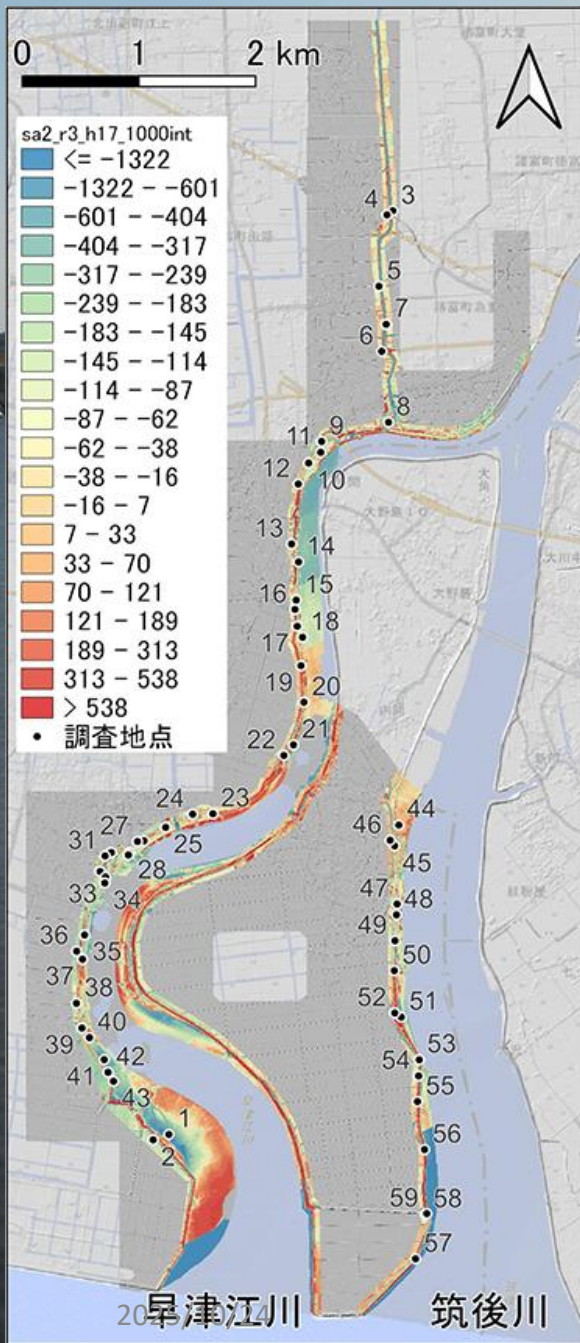
漏水で堤防法面が地すべり形状に変形していた。

2025/10/24

160323鬼怒川

予測

6. 佐賀県佐賀市の筑後川・早津江川 周辺の変形



早津江川

堤防

まだ被害は生じていない？

軟弱地盤16年間の地形変化

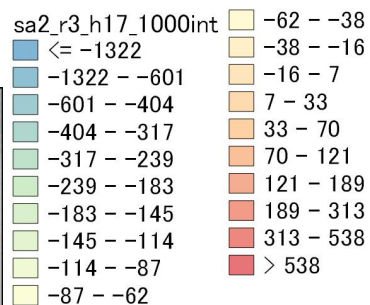
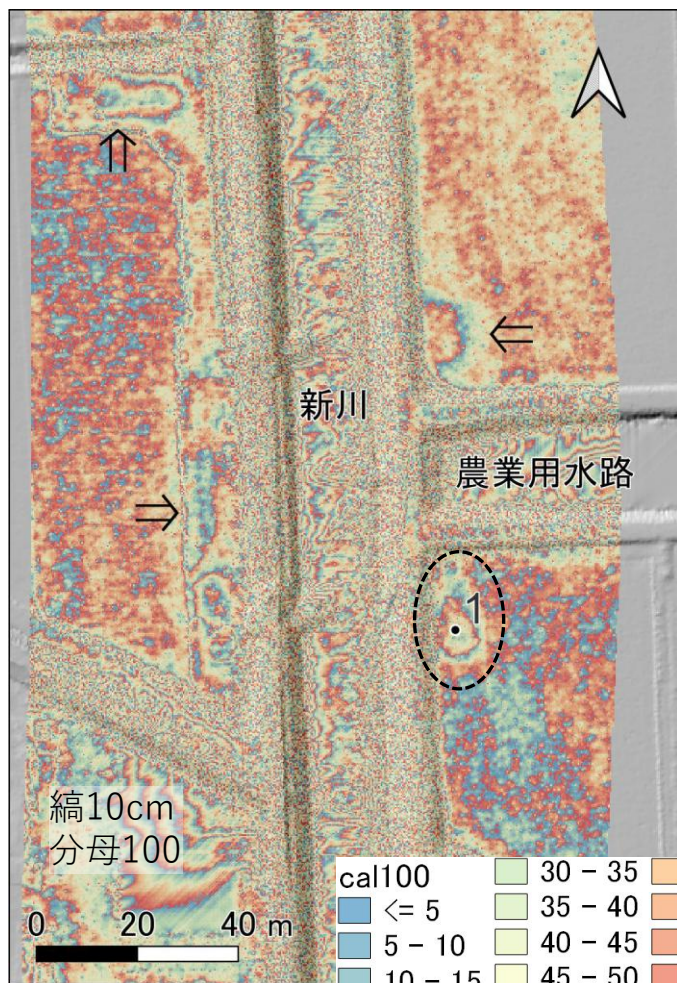
泥堆積

https://maps.gsi.go.jp/#13/33.184830/130.363426/&base=std&ls=std%7Chillshade%20%49%7Cclm%20%29%7Crelief_free&blend=001&disp=1111&lcd=relief_free&vs=c0g1j0h0k0l0u0o0z0r0s0m0f1&d=m&reliefdata=00G0000FFG1G0095FFG2G00EEFFG5G91FF00GAGFFFP00G14GFF8C00GGFFA400

1)筑後川側

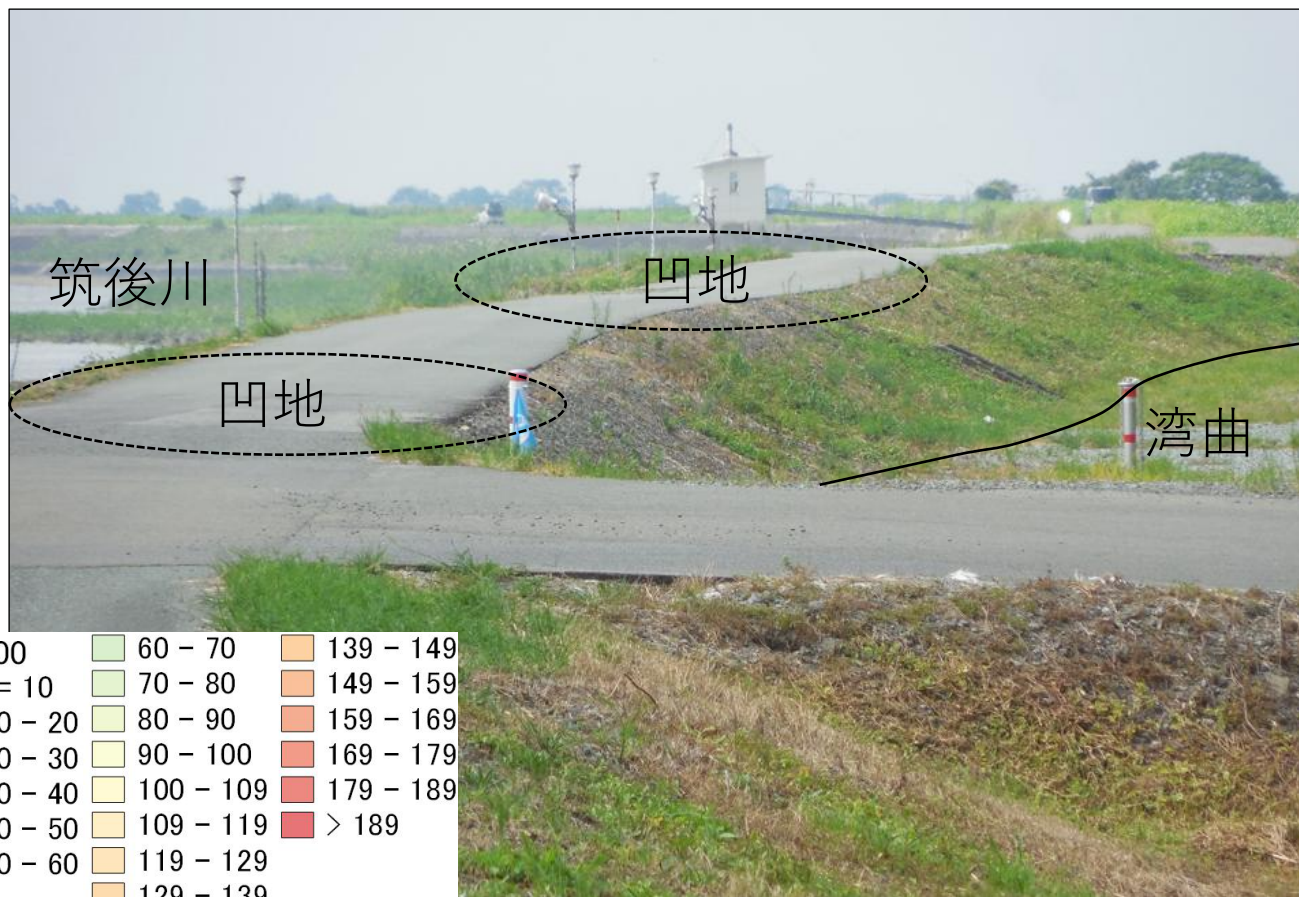
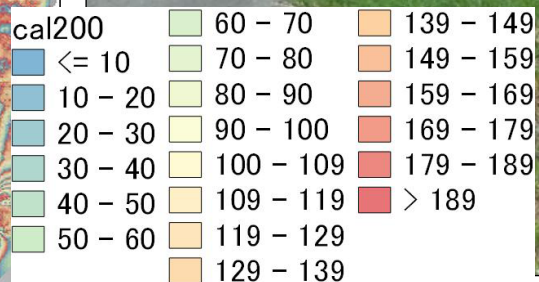
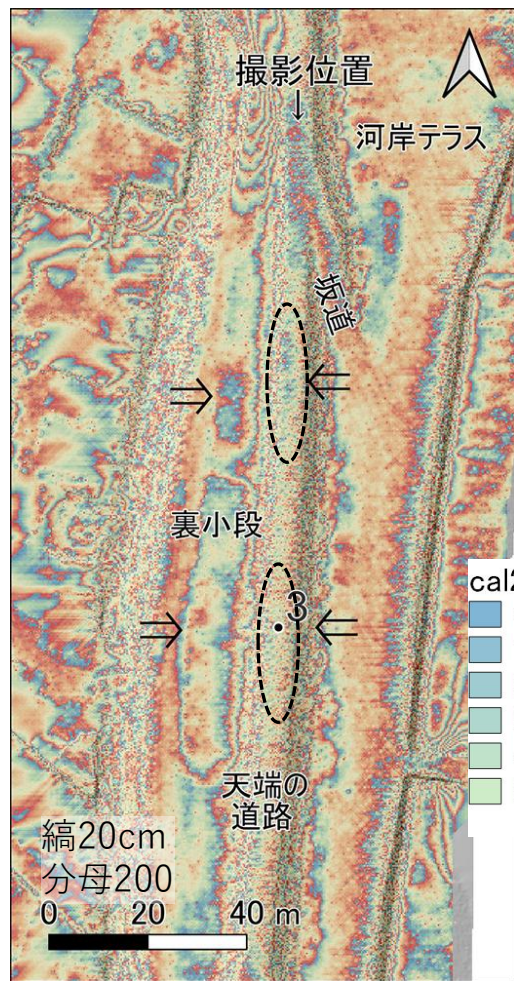
(1)Loc.1

調査に使った自転車



2025/10/24

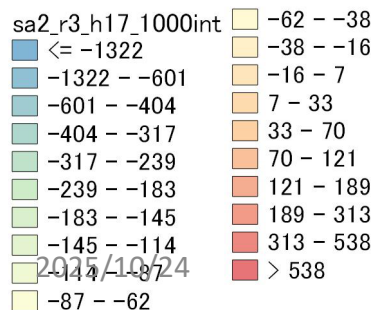
(3)Loc.3



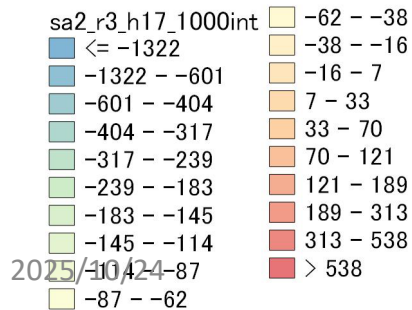
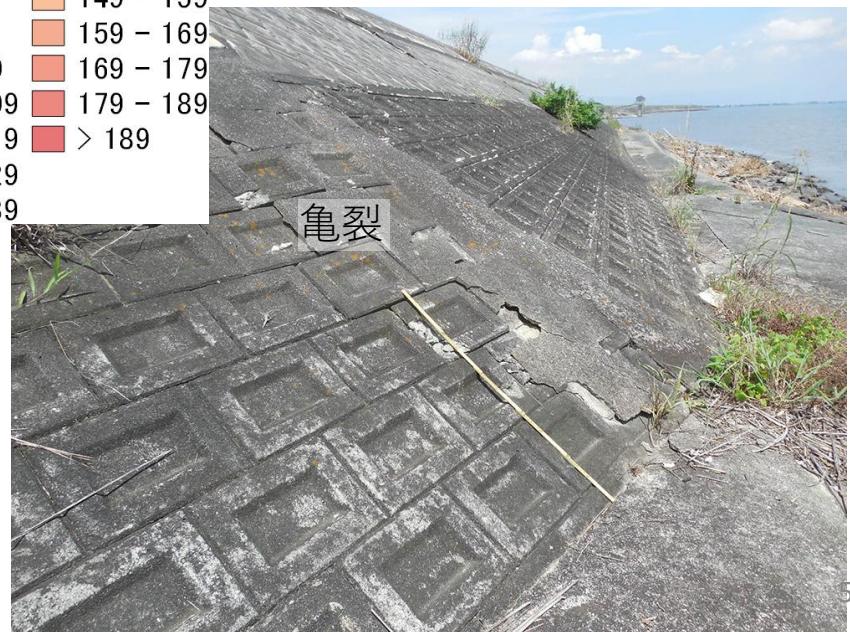
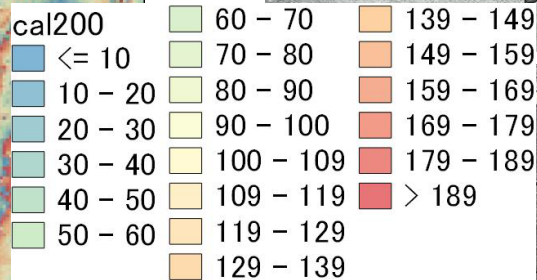
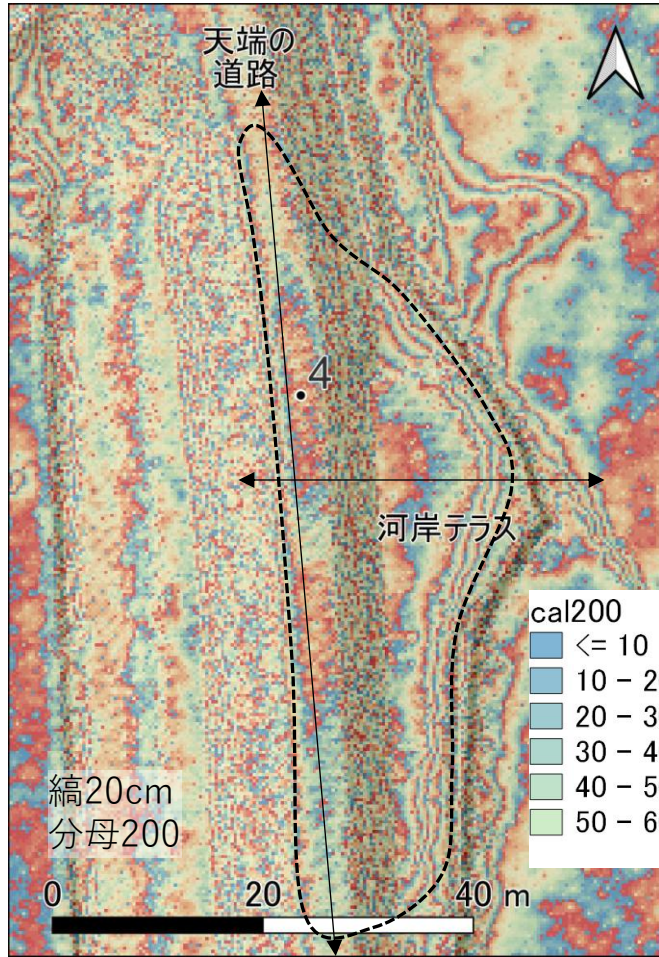
経年で、堤防が沈下し裾が広がった。



生物の巣穴が多数みられ、土砂が裾に排出されている。



(4)Loc.4

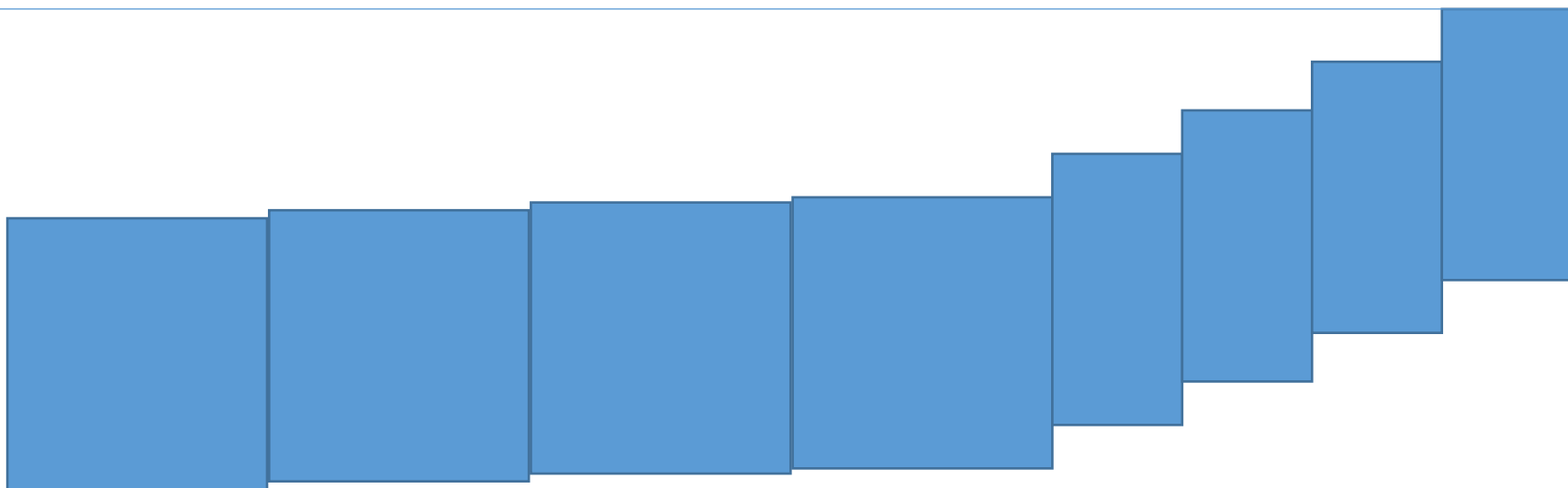


標高減少のイメージ

経年で、堤防がその周囲に対し沈下している。

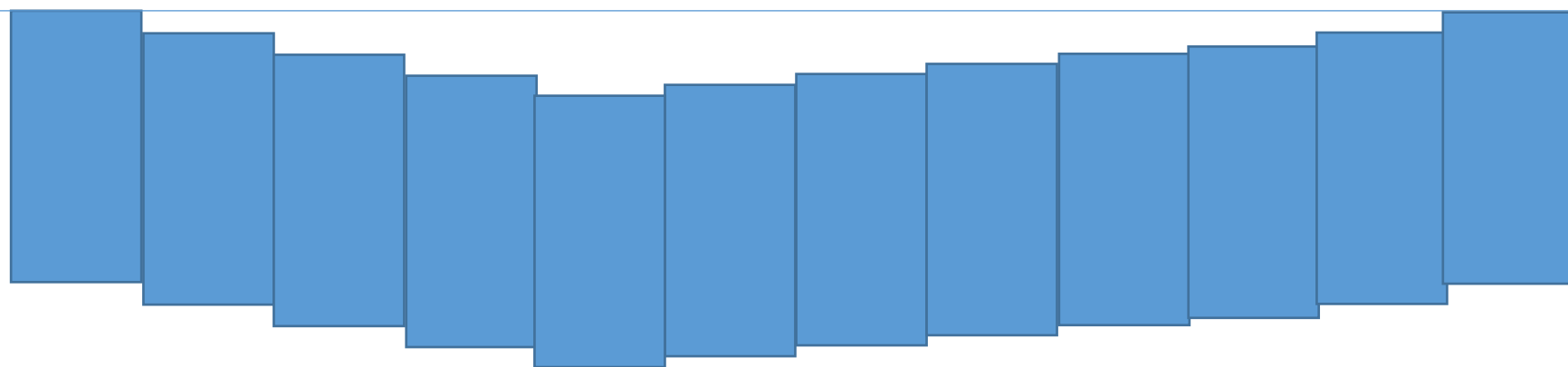
西

東

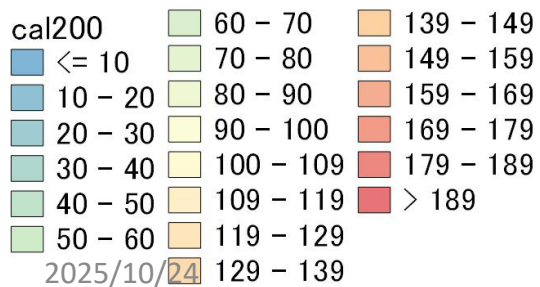
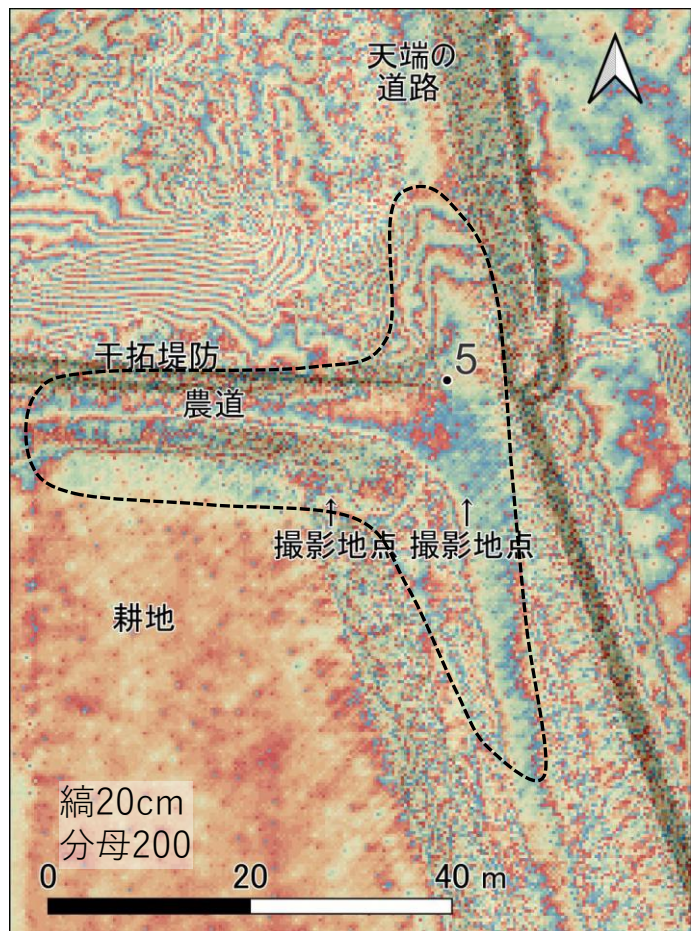


北

南



(5)Loc.5

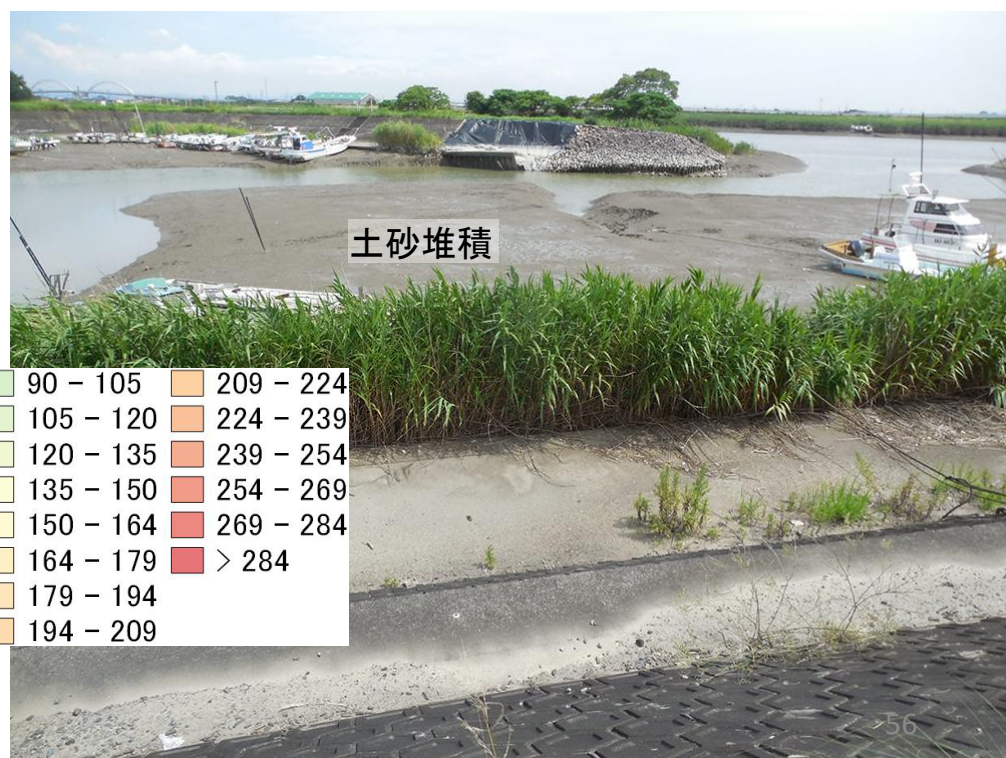
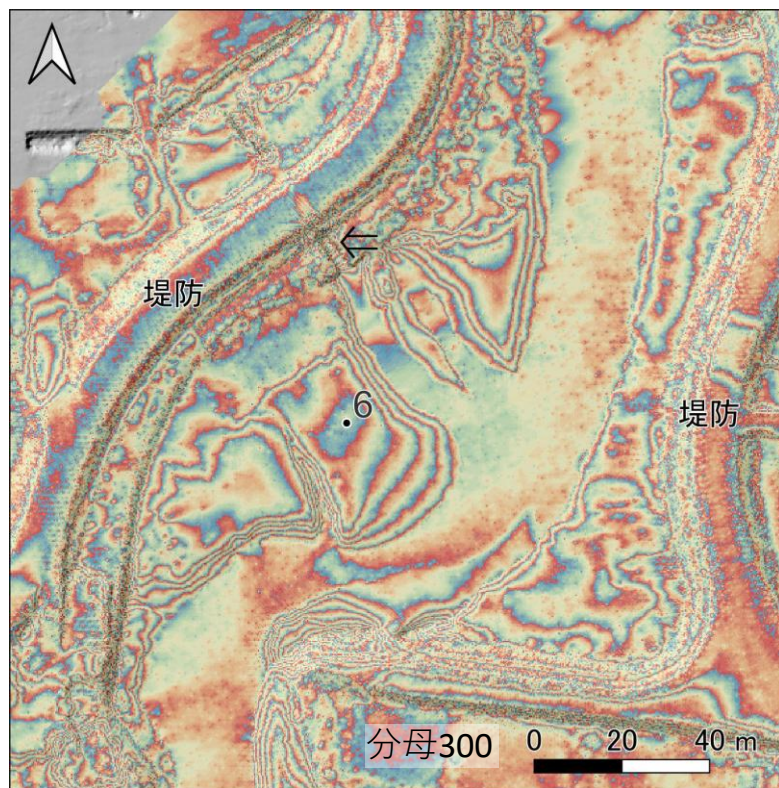


干拓堤防の変形の広がりが良く見える。



(6)Loc.6

堤外に大量の土砂が蓄積して、港が使いにくくなっているような印象がある。



sa2_r3_h17_1000int	-62 - -38
<= -1322	-38 - -16
-1322 - -601	-16 - 7
-601 - -404	7 - 33
-404 - -317	33 - 70
-317 - -239	70 - 121
-239 - -183	121 - 189
-183 - -145	189 - 313
-145 - -114	313 - 538
-114 - -87	> 538
-87 - -62	

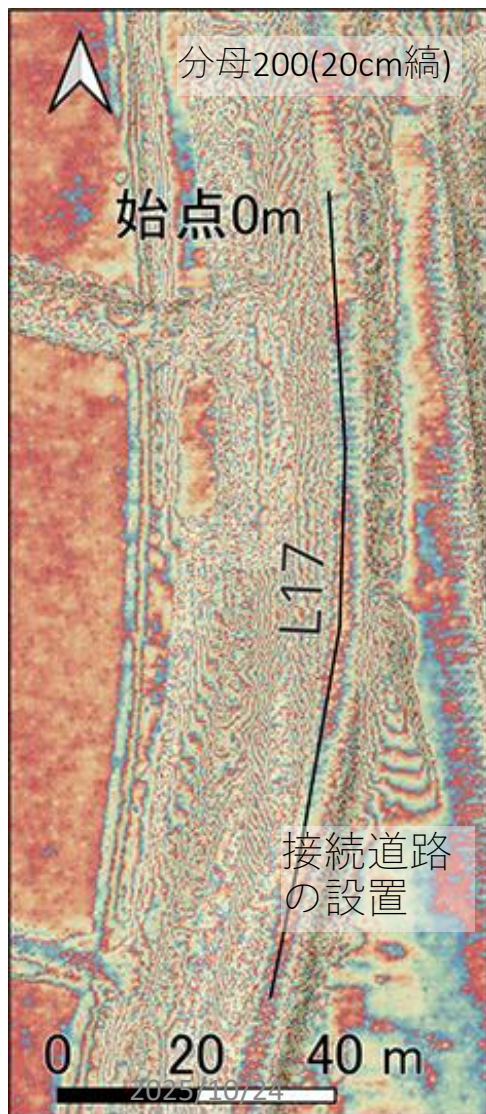
cal300	90 - 105	209 - 224
<= 15	105 - 120	224 - 239
15 - 30	120 - 135	239 - 254
30 - 45	135 - 150	254 - 269
45 - 60	150 - 164	269 - 284
60 - 75	164 - 179	> 284
75 - 90	179 - 194	
	194 - 209	

2025/10/24

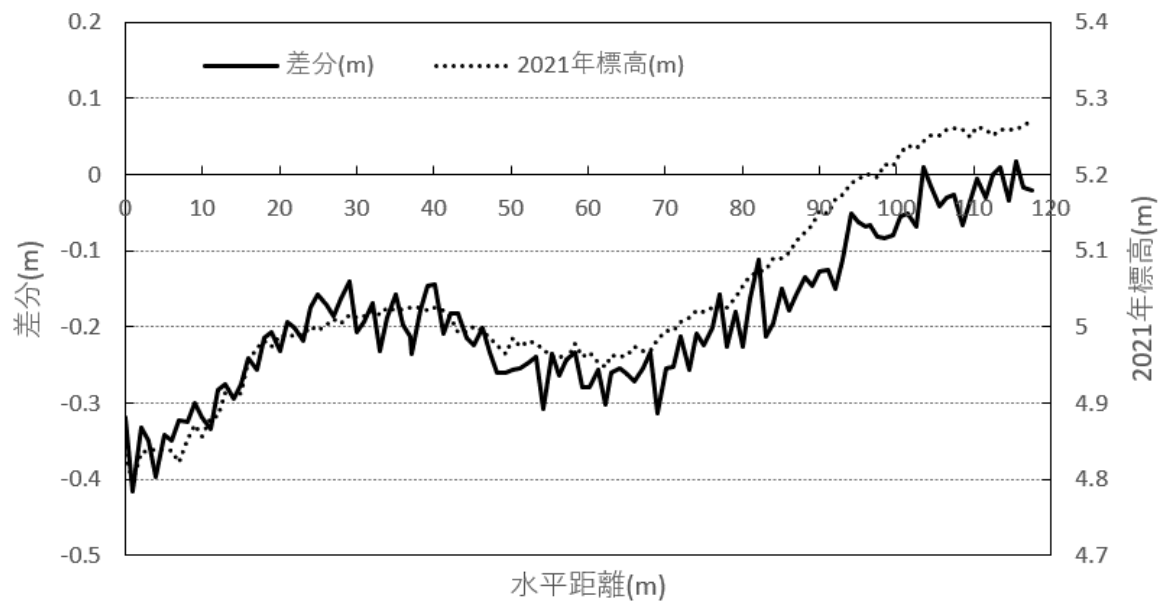
56

2) 早津江川側

(1) 天端(道路)の変形・盛土

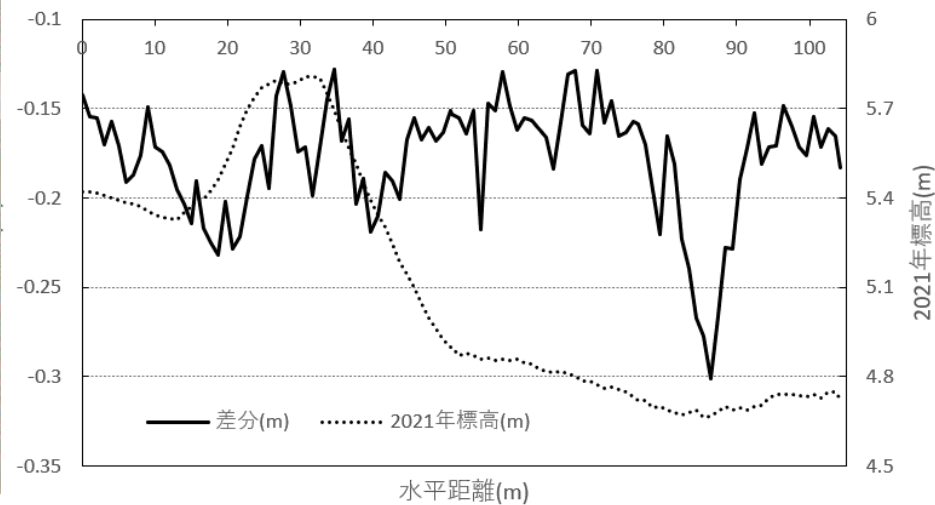
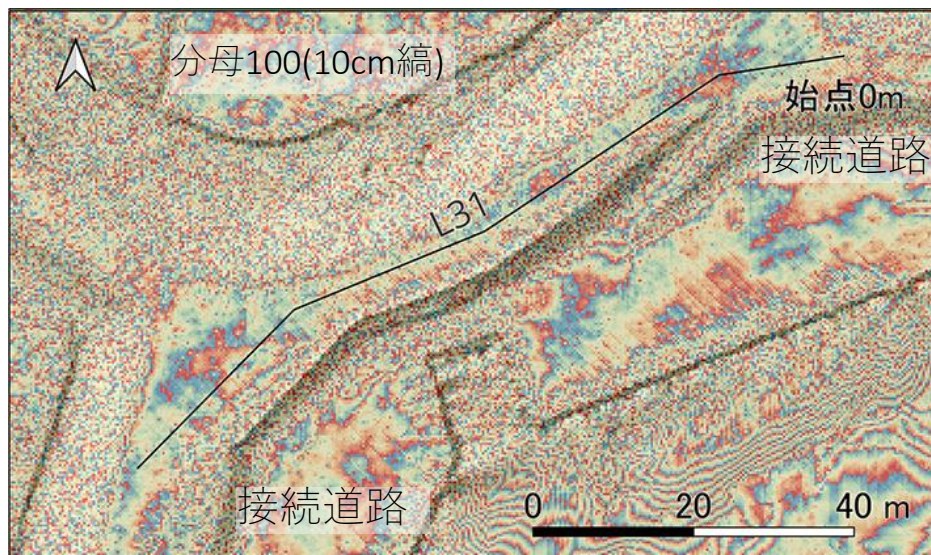


Loc.17



天端の変形・盛土

Loc.31



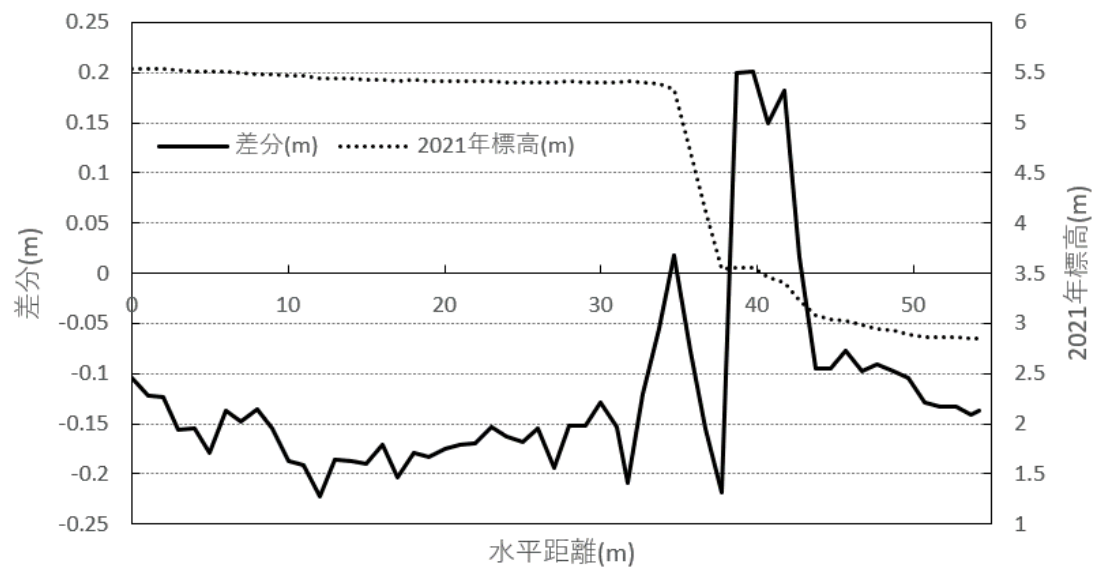
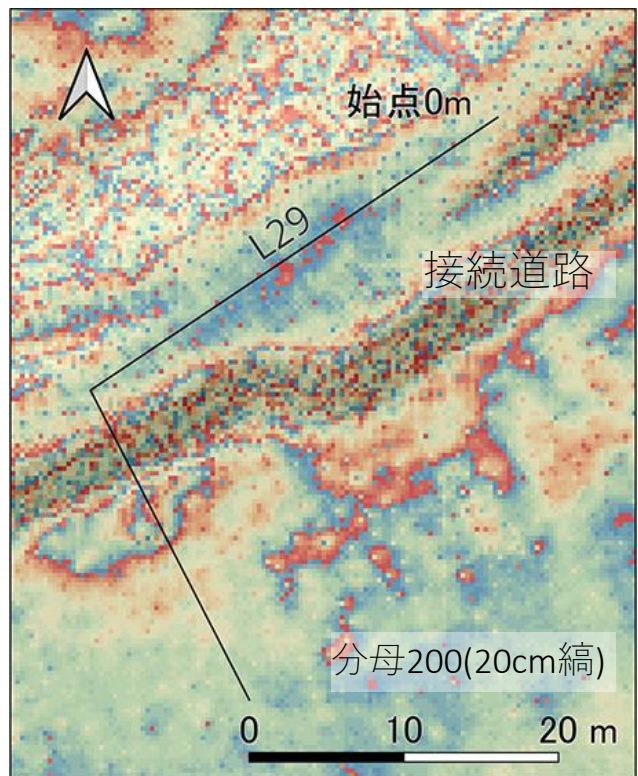
2025/10/24

接続道路の交差点で 天端(道路)変形 多い。

58

(2)高水敷の堆積

Loc. 29

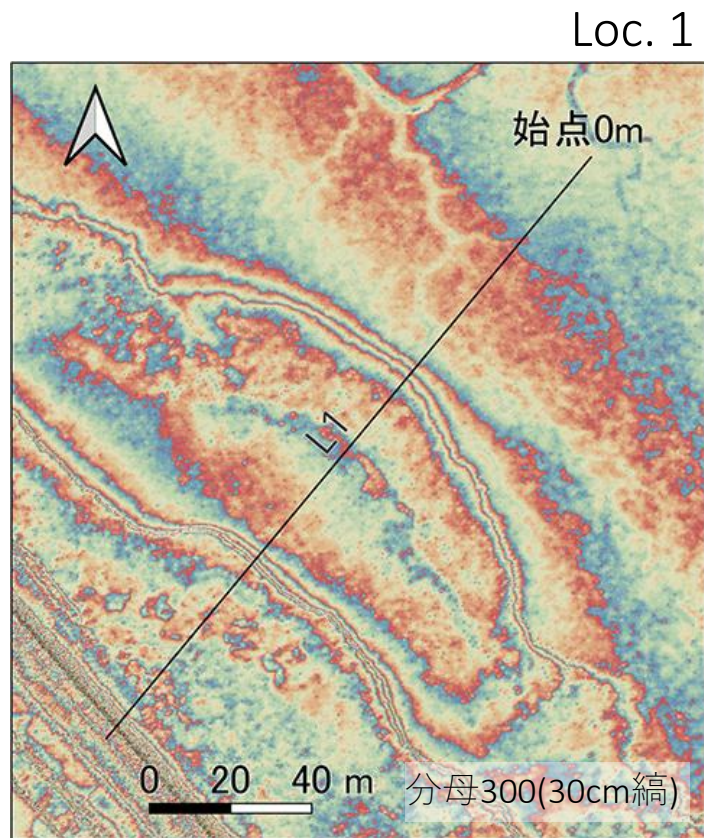


天端(道路)の僅かな凹み

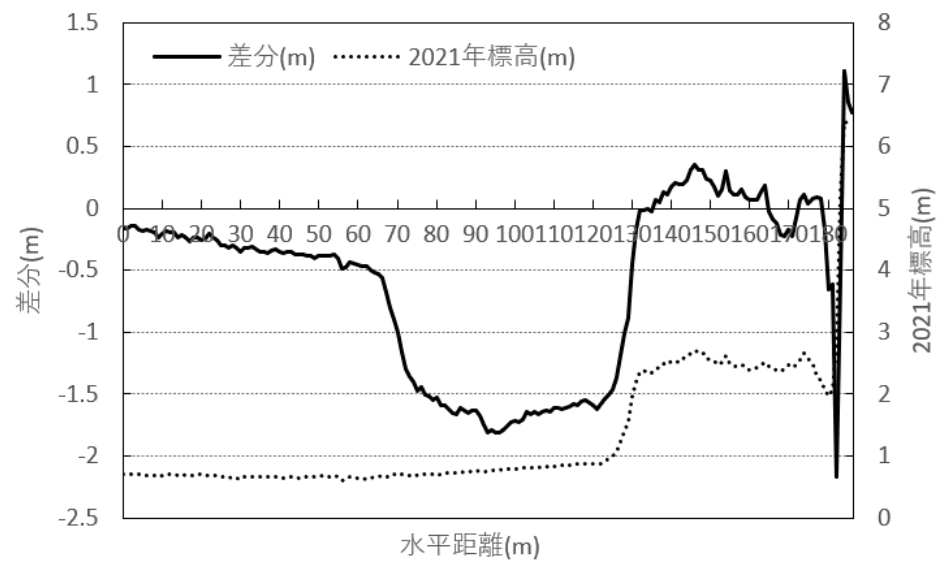


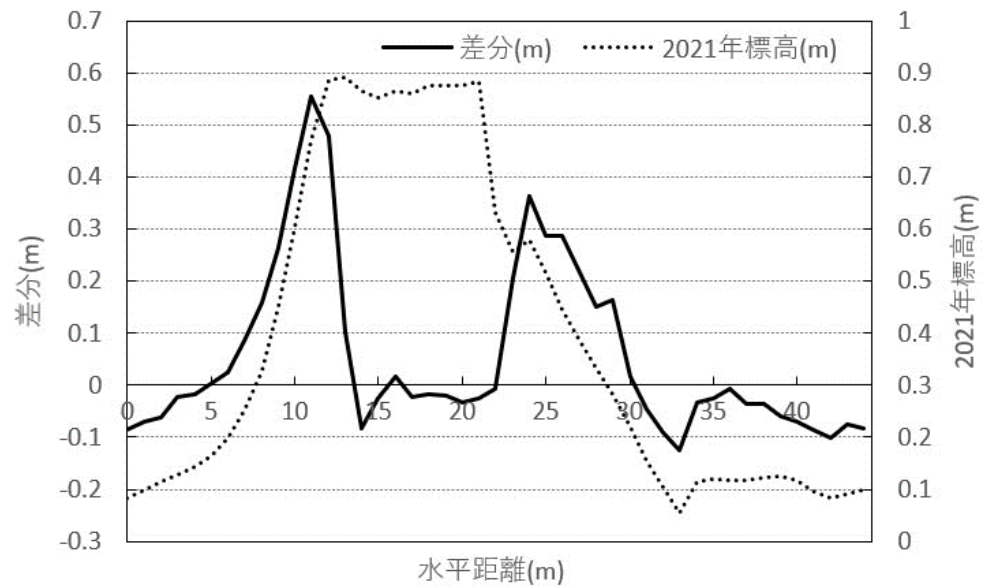
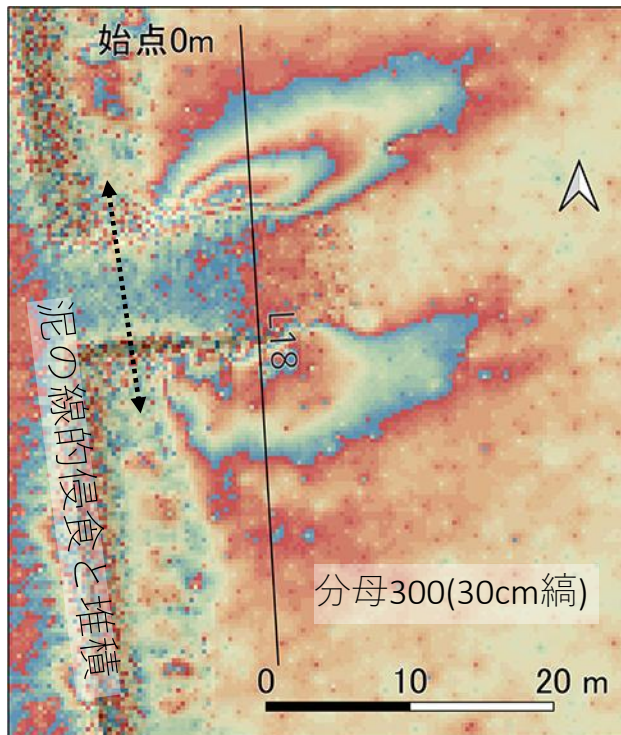
天端(道路)変形, 洪水(高潮)

(3)河道の土砂移動



河道変化



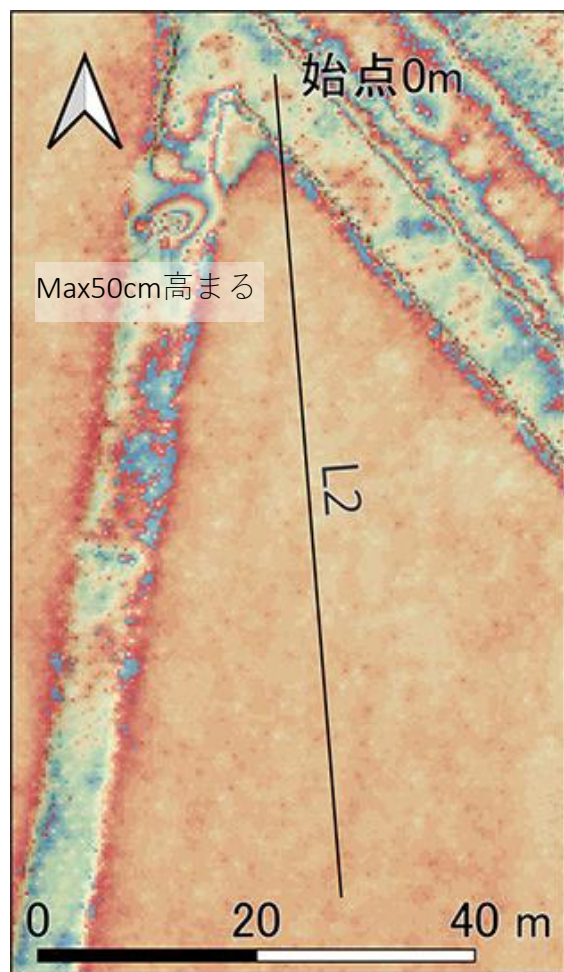


潮汐

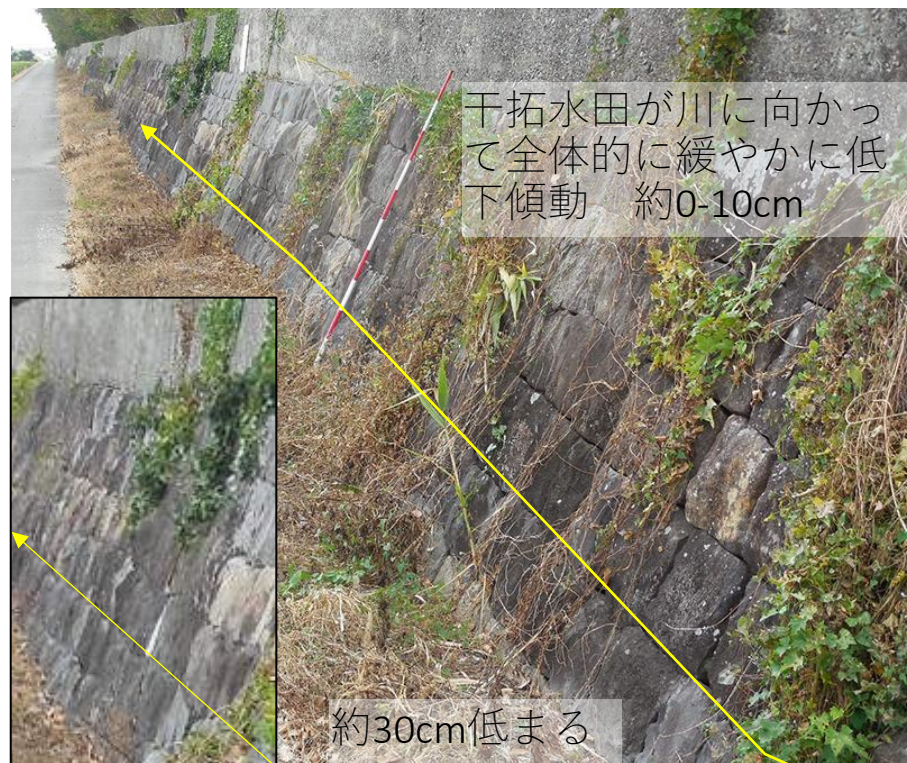
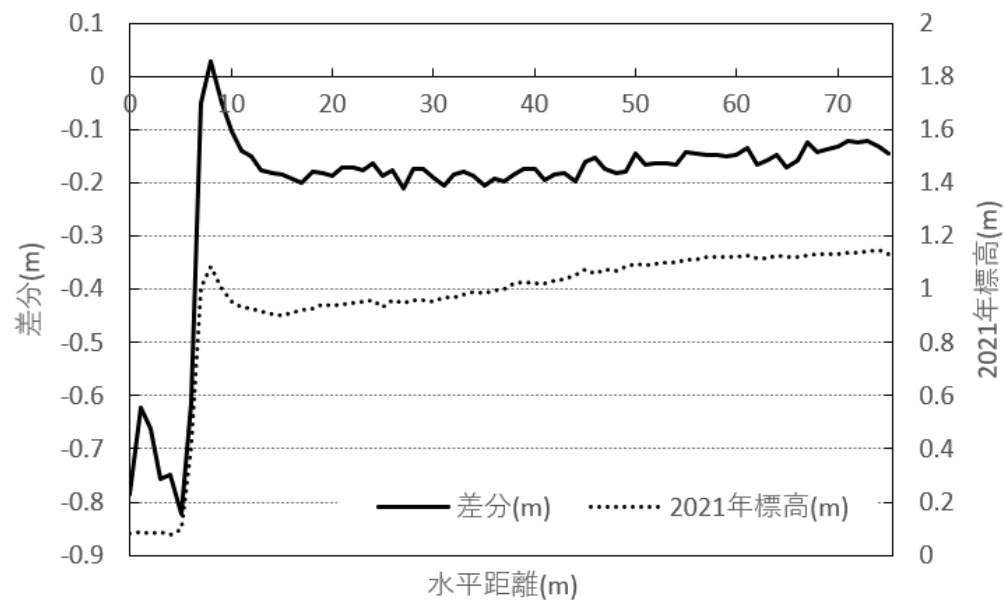
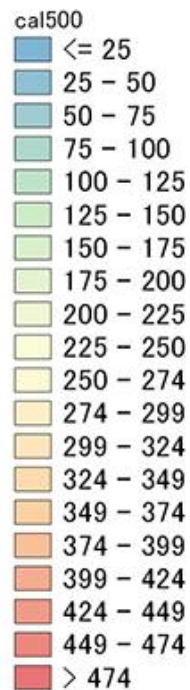
海釜のような地形

2025/10/24

(4)人工改変地の変形



Loc. 2



土砂排出? 地盤沈下?

2025/10/24

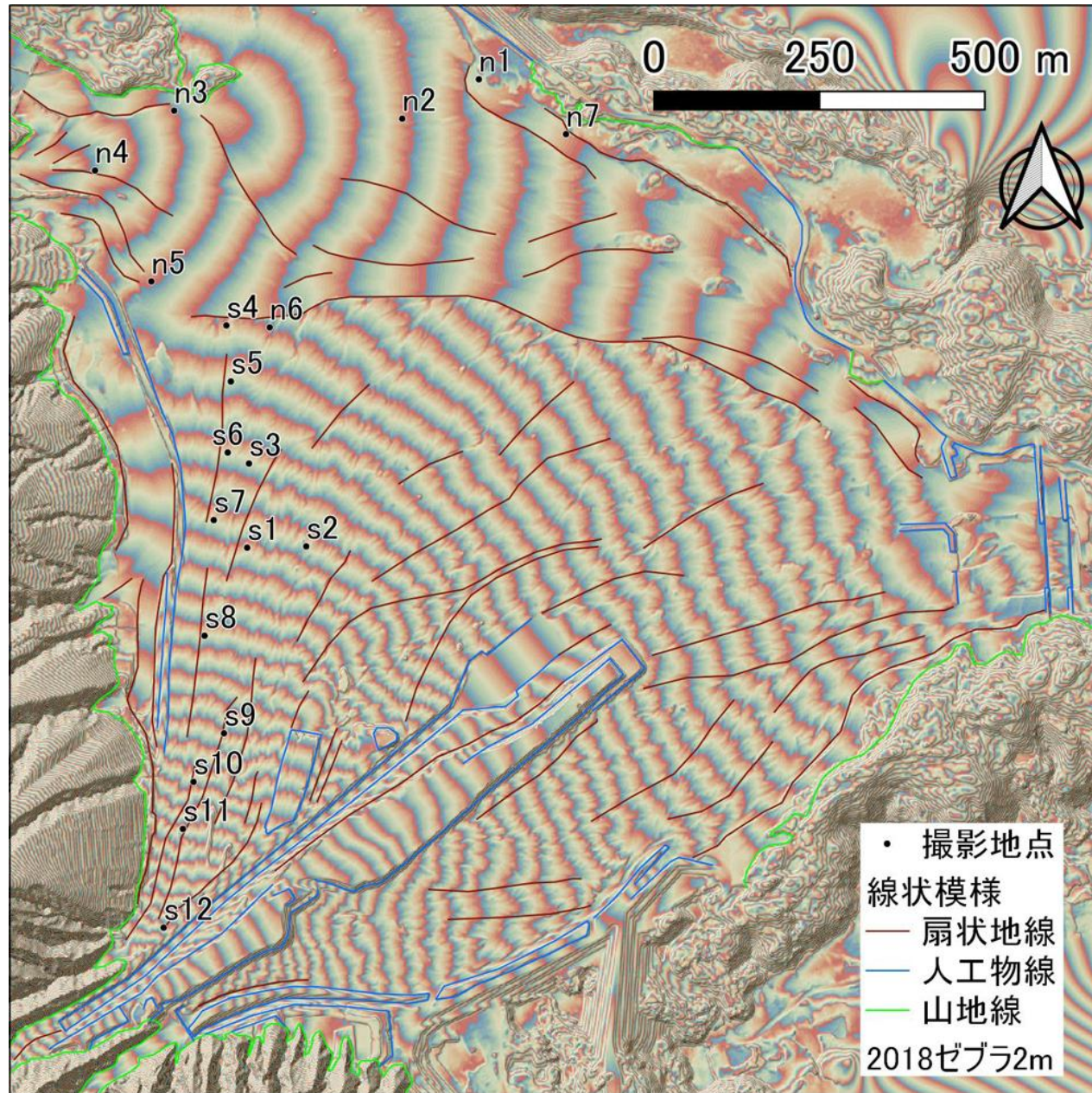
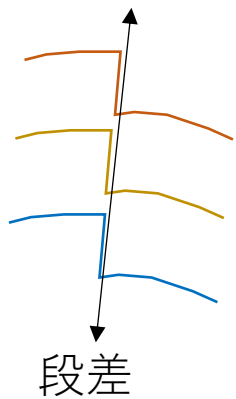
まとめのはじまり

* 普通の標高分布

Ex1 桜島で地形面区分を支援する
リニアメントを強調する試み

黒木ほか(2020)

2mで1縞となる
剰余地図



- ・ 撮影地点
- 線状模様
- 扇状地線
- 人工物線
- 山地線
- 2018ゼブラ2m

微地形～極微地形の地形境界線を目立たせる

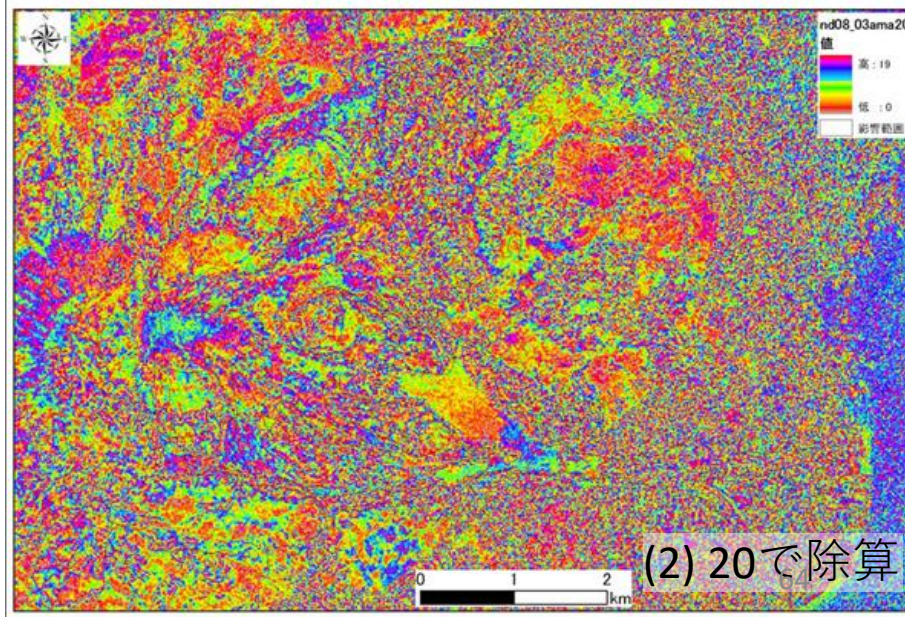
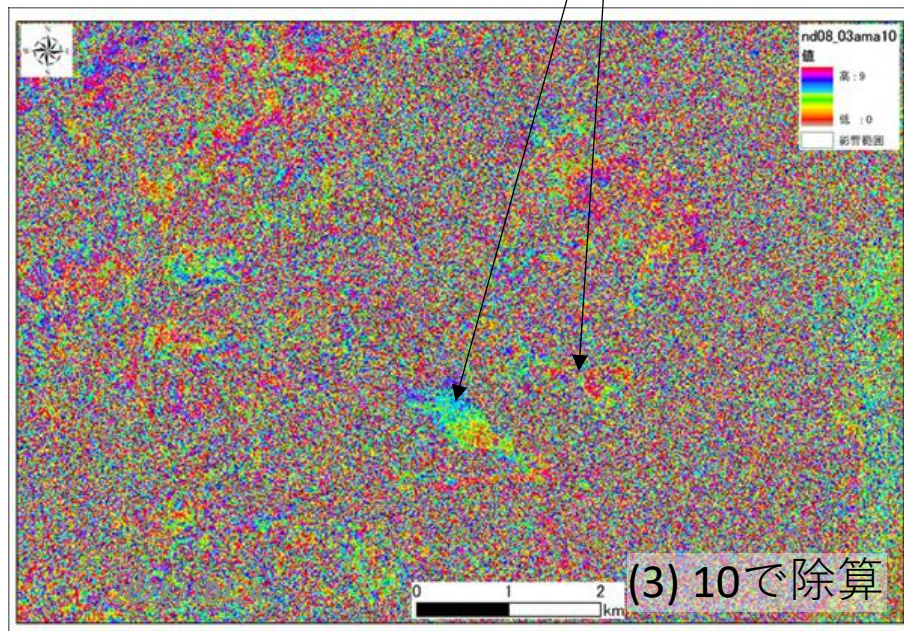
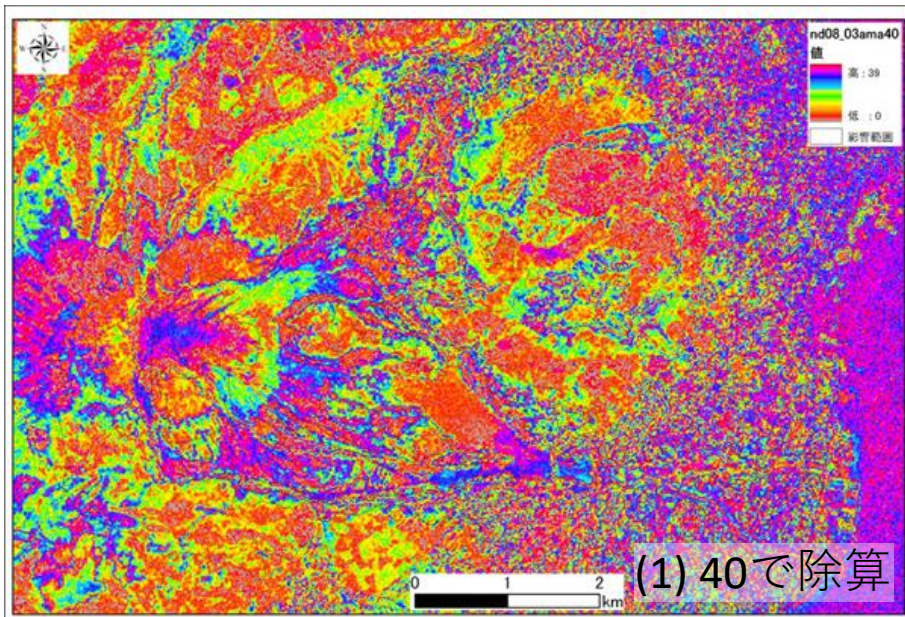
2025/10/24

* 他のデジタル環境情報

Ex2 雲仙で火砕流後の植生回復を確認する試み

黒木(2009)

ASTERのNDVI値差分の中、ある反射率
範囲(40,20,10等)で割り剰余で示す地図



* そして大分県の風景に変状はありませんか？



7. 講演のまとめ

- 1)微小な変動の，量と範囲を示すこの手法は，これまで見過ごされてきた地形変化を認識しやすくします。
- 2)地質・地盤・土木等の専門の皆さんが集えば，その変化の背景を明らかにして有効な対策を，人間社会の規模で実施できると思います。
- 3)大分の温泉地帯ではどうでしょう？埋立地ではどうでしょう？河川や港湾施設はどうでしょう？データはどこかに蓄積されています。あとはどなたかが借り出して差分を剰余化し，識別し提案するだけです。

本日の内容を皆様の郷土大分県での業務等に何かの参考にしていただければ幸いです。

貴重な機会をいただきました。ありがとうございました。