

斜面変動および土砂移動の発生要因について

愛媛大学大学院農学研究科 木村 誇

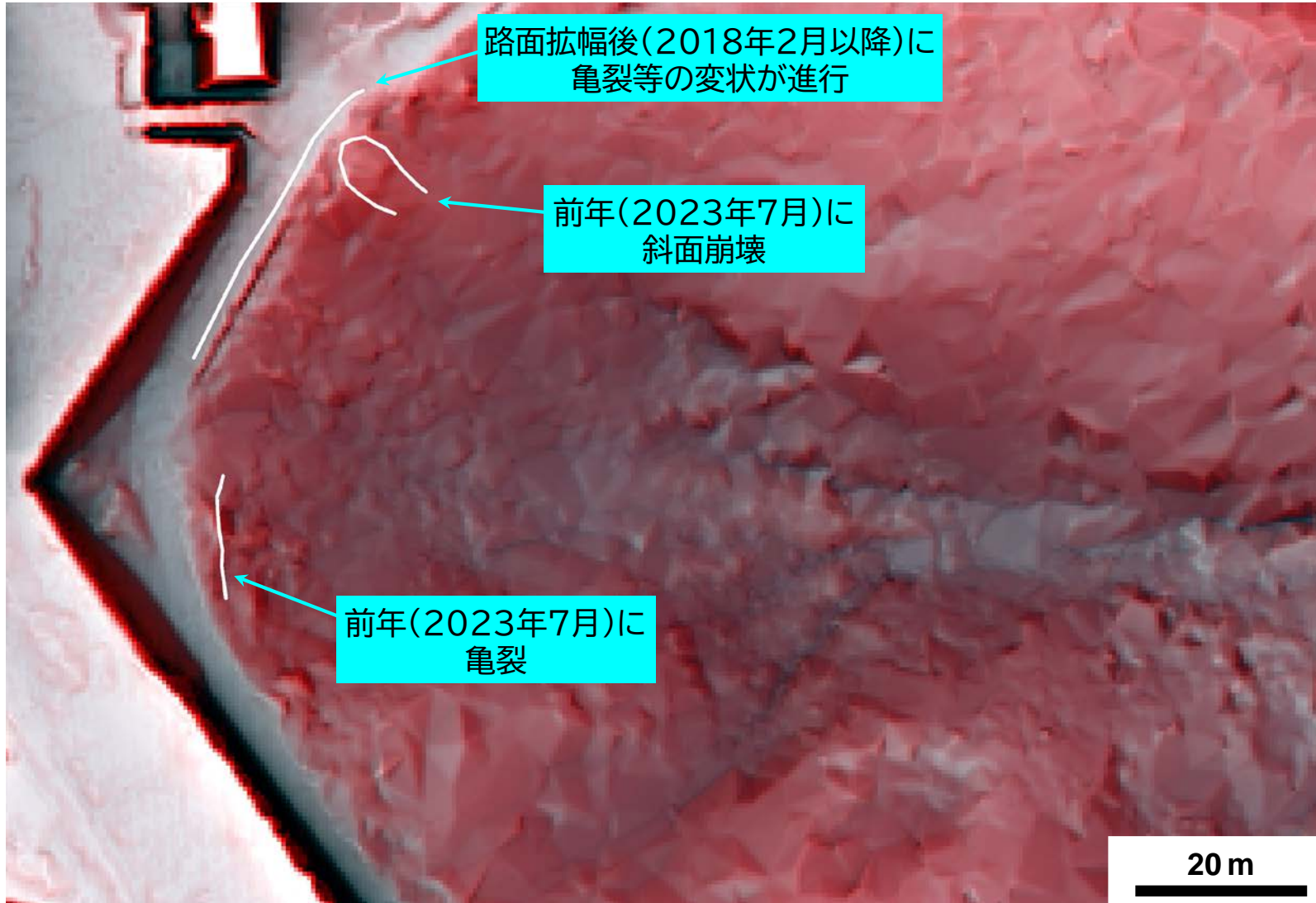
- 第2回速報会での報告
 - 1) 斜面変動について
 - 緊急車両用道路の路肩斜面(勾配40~50°)の表層崩壊
 - 近年土砂災害を引き起こした降雨(2018年7月, 2023年7月)に比べて雨量は少ない
 - 勾配40°以上の斜面は城山山腹に広く分布しており、崩壊斜面が特に急勾配とはいえない
 - 崩壊斜面とその辺縁部には、人工物(瓦片、ガラス瓶など)を多く含む土砂が堆積している
 - ⇒ 廃棄物が混在した支持強度の低い地盤の進行性破壊(クリープ変形の進行に伴って地盤内部で局所破壊が広がり、全般破壊に至った)では？
 - 2) 土砂移動現象について
 - 崩土が勾配10~20°の谷型斜面を約250メートル流下
 - 水を多く含んだ土砂移動現象(土石流~掃流状集合流動か?)が時間差をもって断続的に発生
 - 周辺斜面や支谷の集水による下流での流量増加、谷底面での崩土の一時堆積・湛水が複数回にわたる土砂流出の原因となったのではないか？

- 1) 斜面変動について

- 現地で観察される地盤や崩壊堆積物の特徴 (上流部)

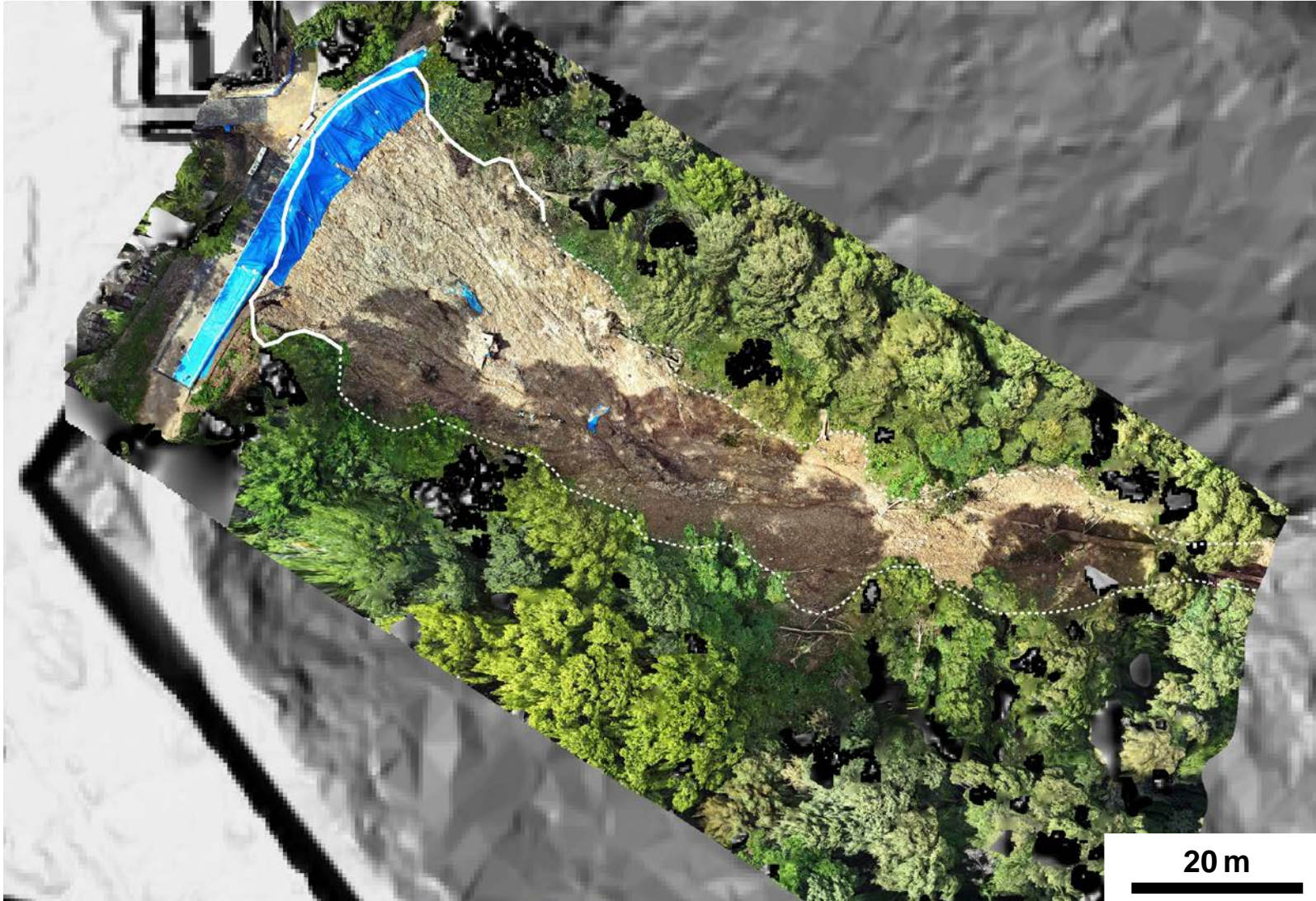


- 1) 斜面変動について
 - 発災前の状況



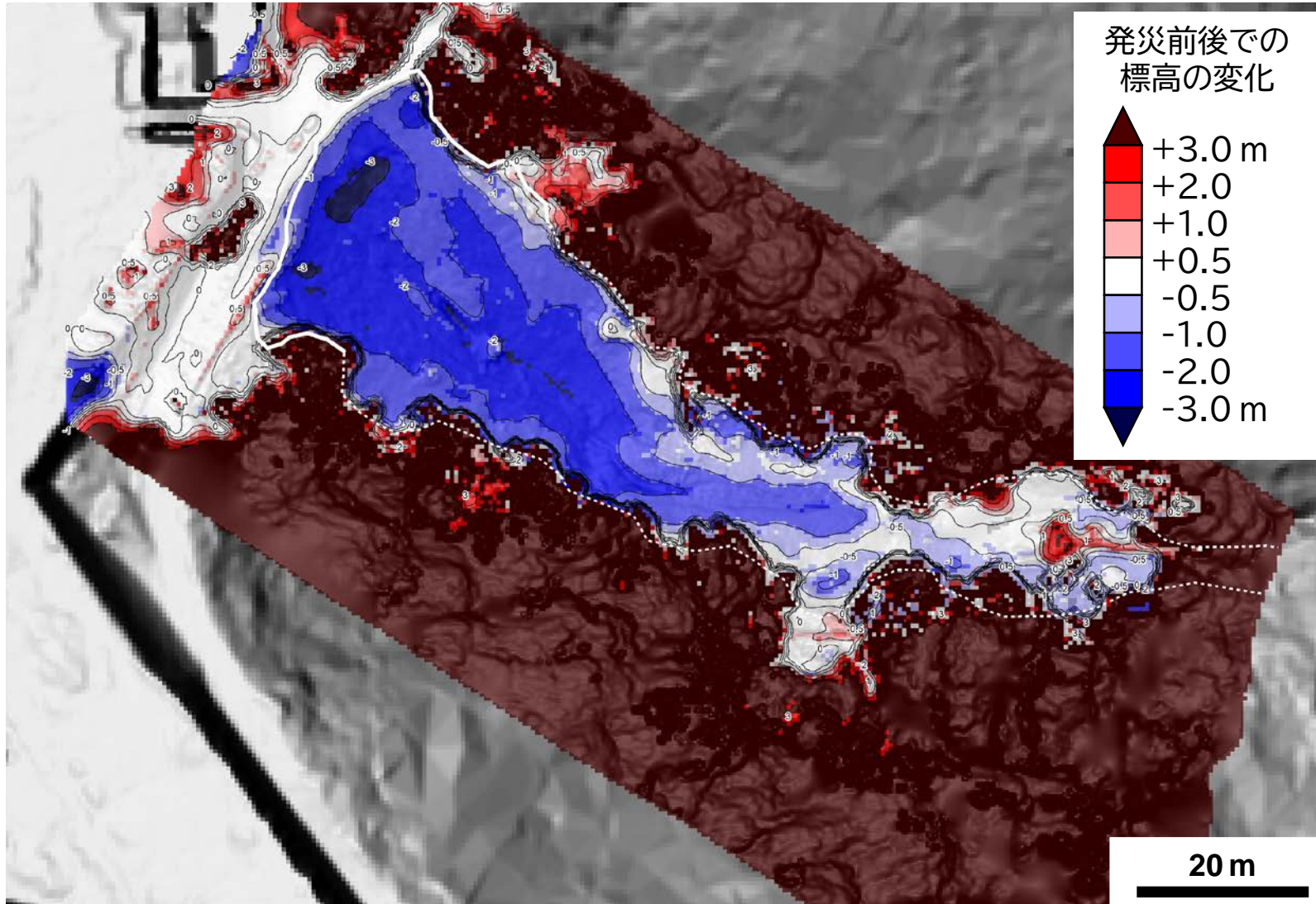
- 第1回 松山市緑町土砂災害対策技術検討委員会資料、資料3『松山城緊急車両用道路でのこれまでの対応について』に基づく

- 1) 斜面変動について
 - 発災後の状況



発災後のドローン空撮オルソ画像および写真測量データ(岡村未対教授・小野耕平講師より提供)に基づく

- 1) 斜面変動について
 - 発災後の状況



- 2016年実施の航空レーザ測量データとの標高差を計測することで侵食深や崩壊の形態を推定
- おおむね1~3m深で表層が平板状にすべっている
(浅い並進すべり、表層崩壊)
- 斜面下方ではガリー侵食
(地表流の集中による洗掘)
- 面積が1,500~2,000 m²程度
(幅約40 m、長さ約50 m)あってやや大きな崩壊
※ 降雨時の表層崩壊は面積1,000 m²未満であることがほとんど

発災後のドローン空撮オルソ画像および写真測量データ(岡村未対教授・小野耕平講師より提供)に基づく

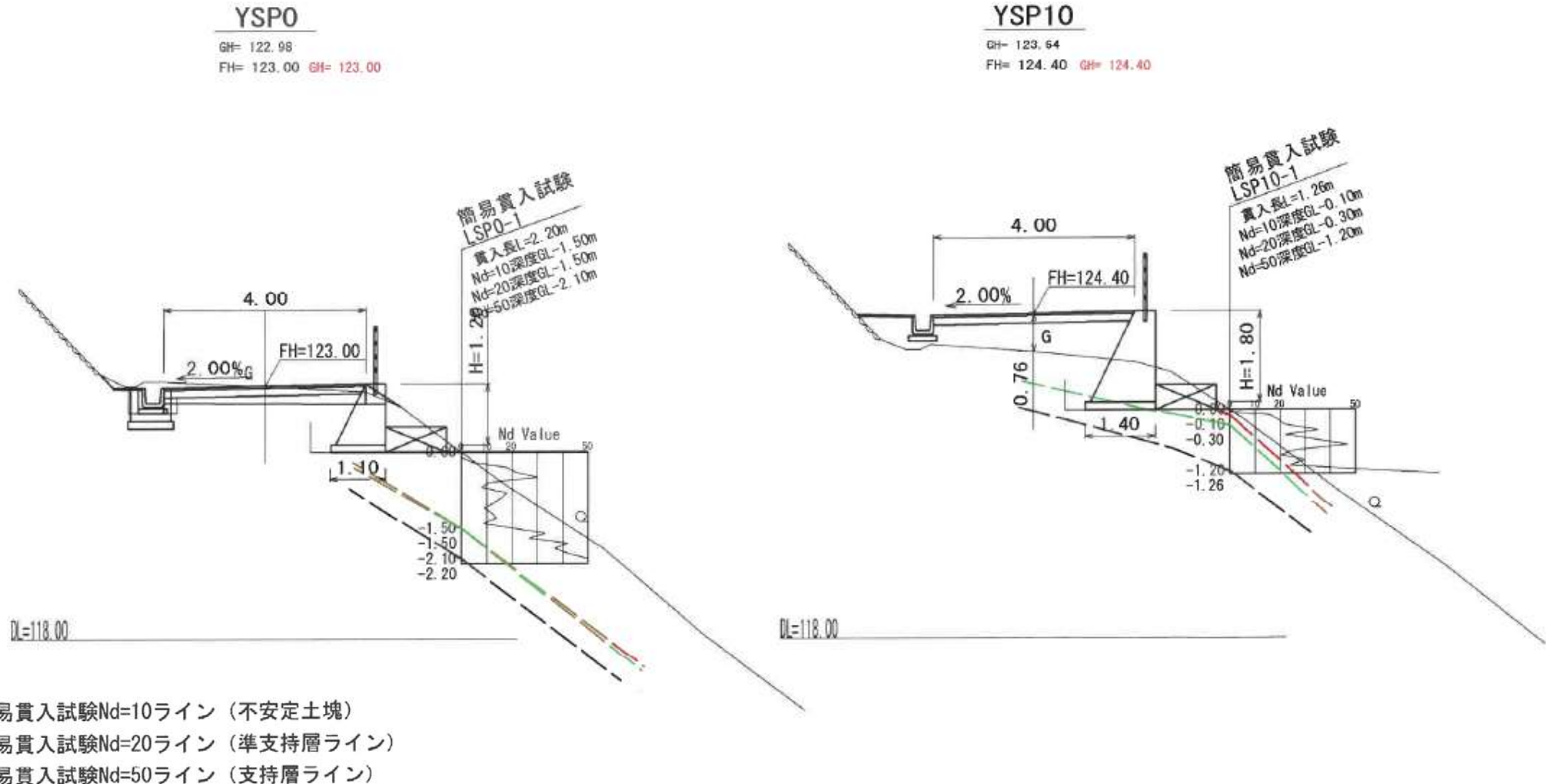
- 1) 斜面変動について
 - 発災前の状況



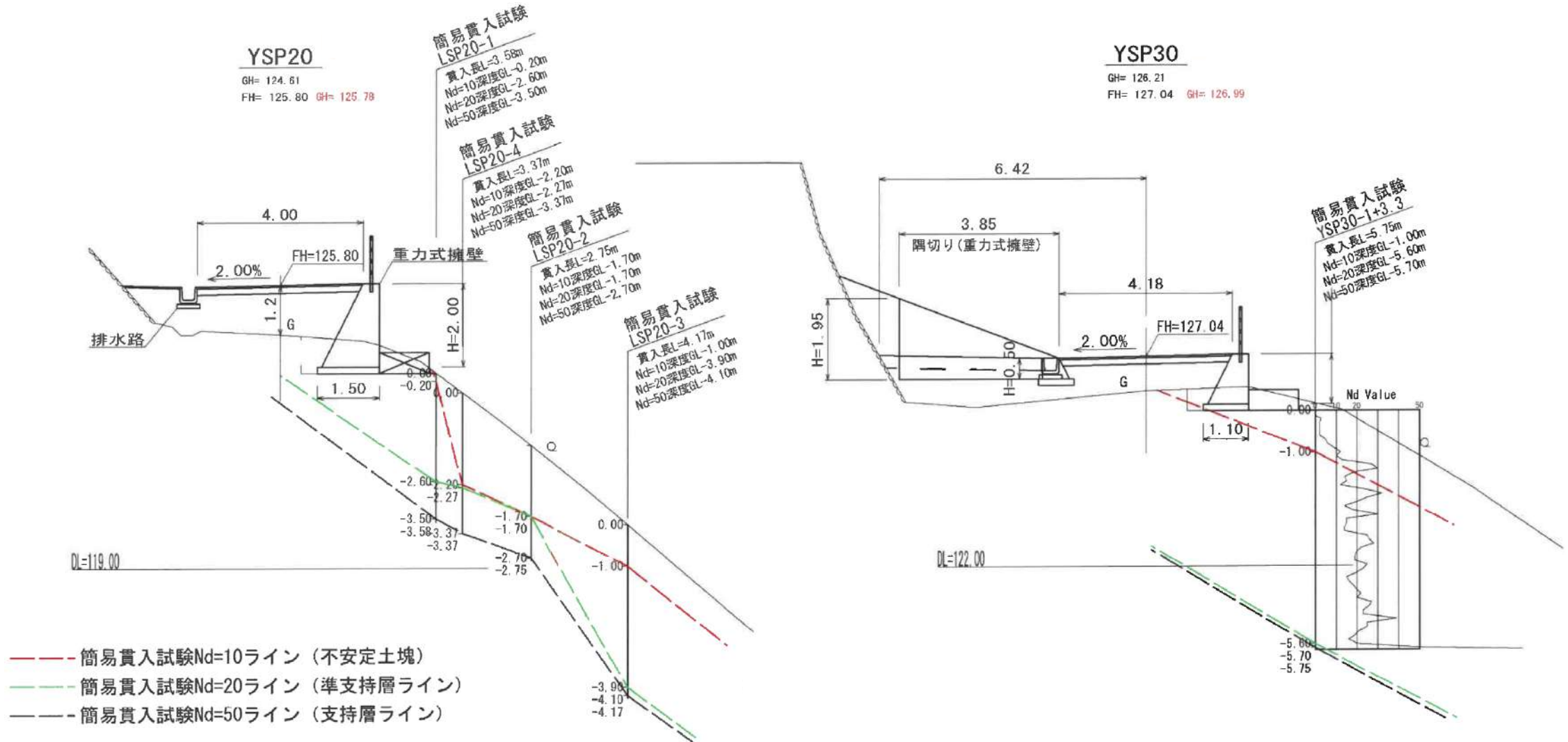
第1回 松山市緑町土砂災害対策技術検討委員会資料、資料3『松山城緊急車両用道路でのこれまでの対応について』より



- 1) 斜面変動について
 - 緊急車両用道路の路面拡幅部の地盤（南側）



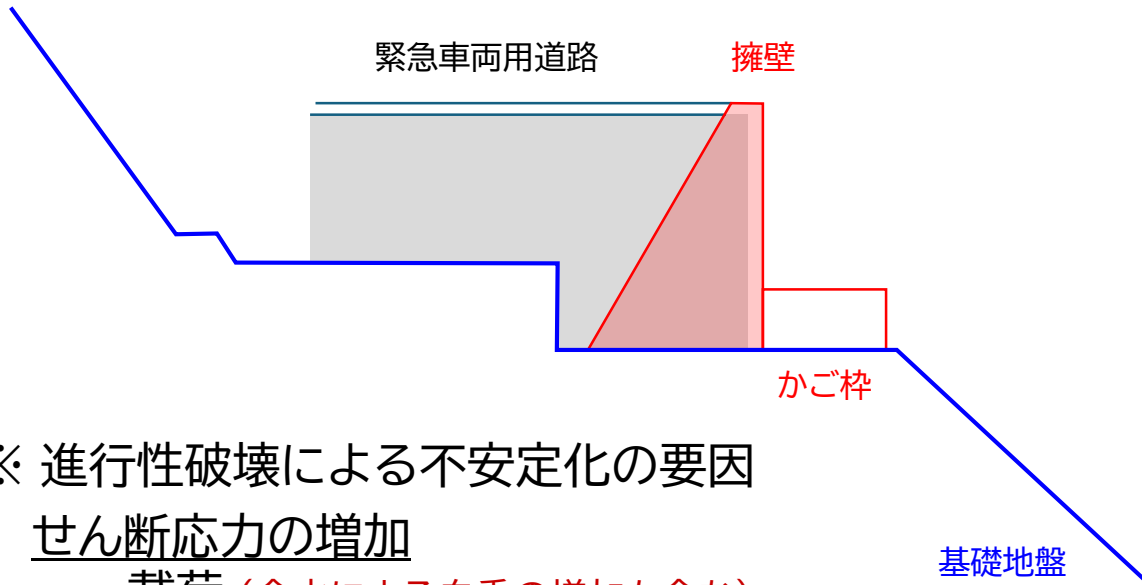
- 1) 斜面変動について
 - 緊急車両用道路の路面拡幅部の地盤（北側）



1) 斜面変動について

- 進行性破壊(クリープ変形の進行に伴って地盤内部で局所破壊が広がり、全般破壊に至った)では？

路面拡幅工事完成時 (2018年3月)



※ 進行性破壊による不安定化の要因

せん断応力の増加

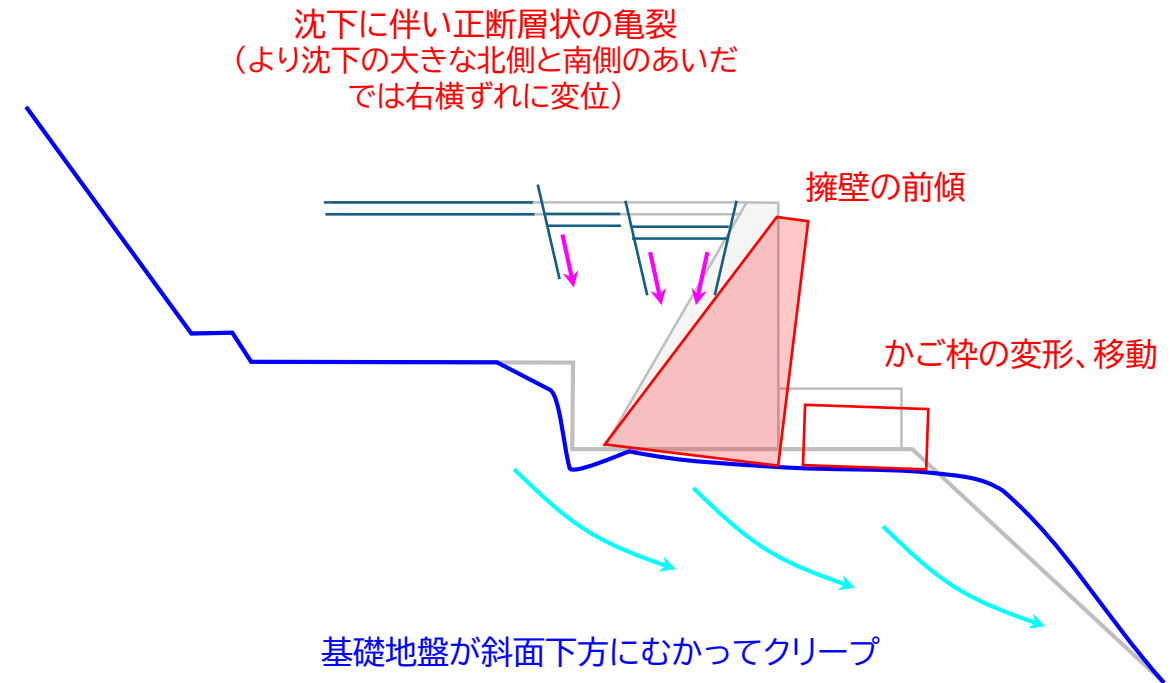
- 荷重 (含水による自重の増加も含む)

せん断抵抗力の減少

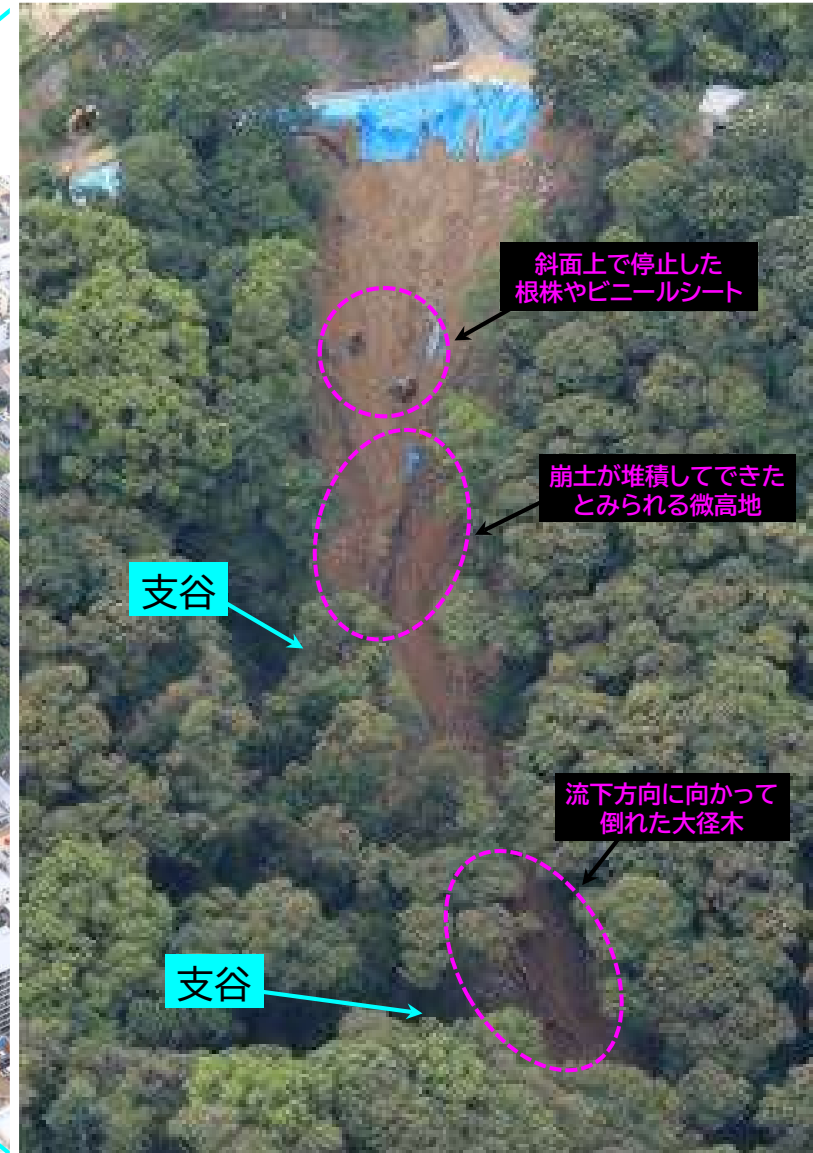
- 間隙水圧の上昇 (地下水流入、通水・排水阻害)
- 斜面下部の侵食 (末端切土、河川の下刻)
- 地盤材料の強度低下 (風化や変形など)

- 工事以前より進行していた可能性もある (舗装路ができたことで視認可能に)

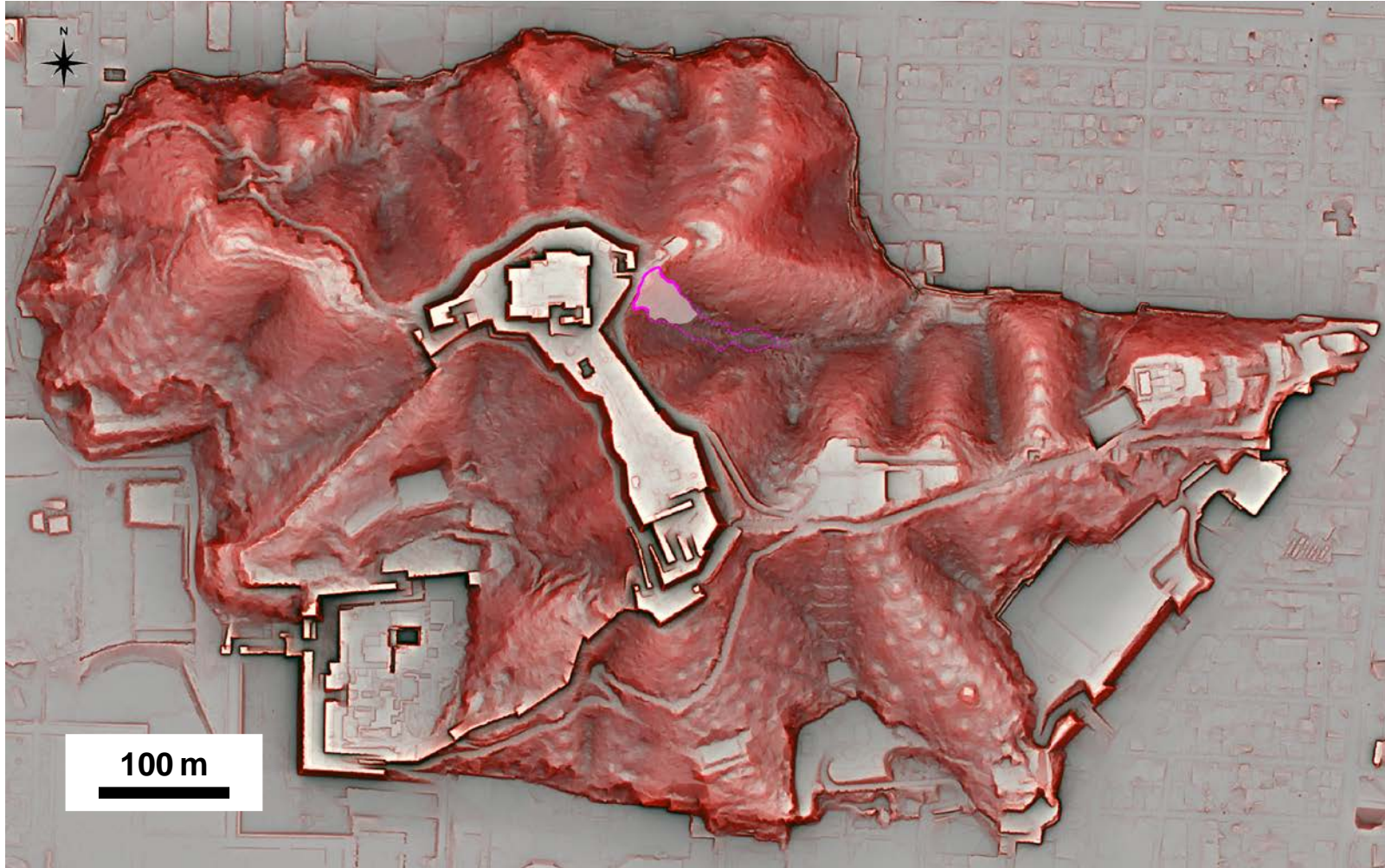
路面拡幅工事以降 (~2024年7月)



- 2) 土砂移動現象について
 - 発災直後の状況



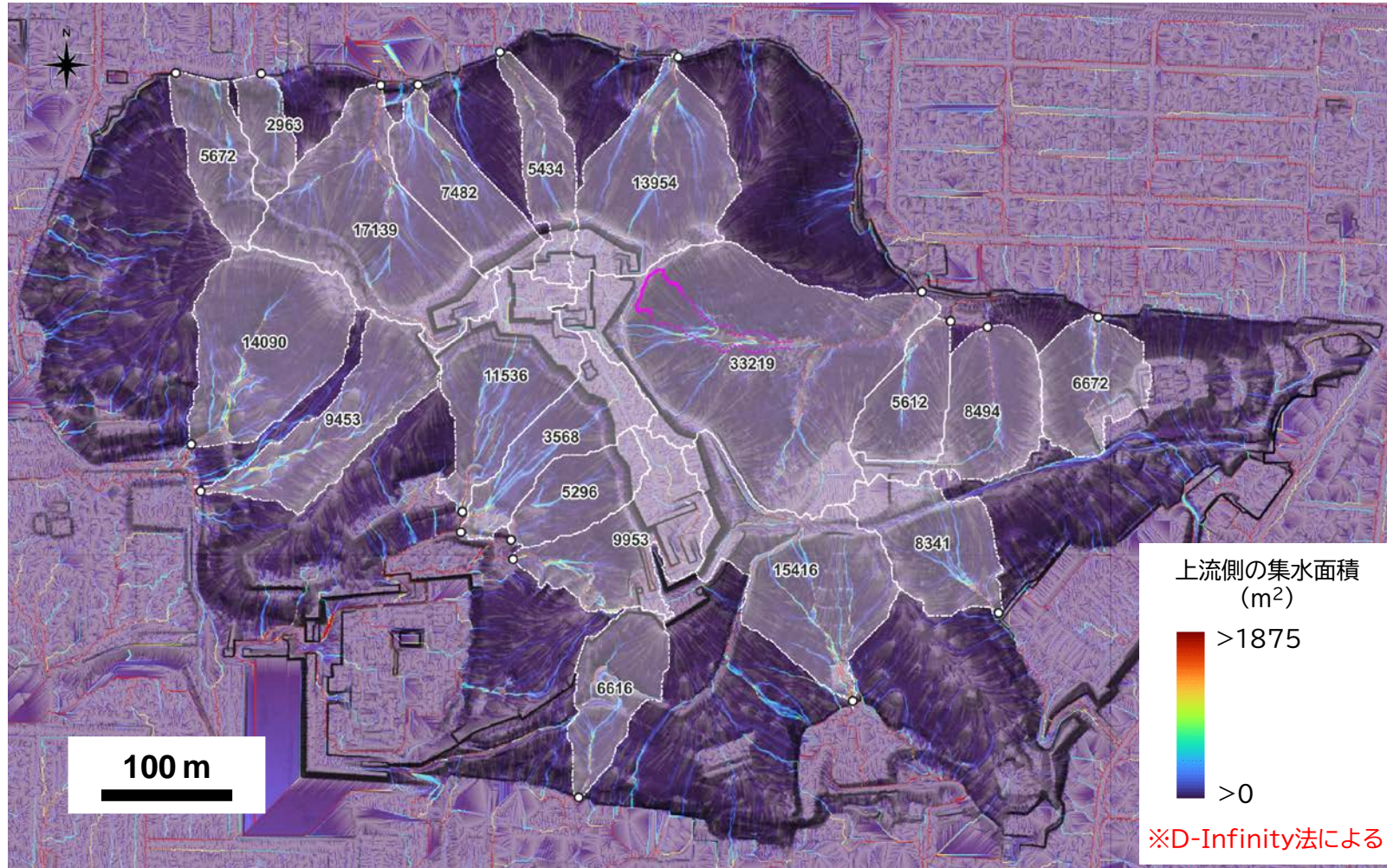
- 2) 土砂移動現象について
 - 崩土が流下した谷の地形的特徴



- 源頭部の東～東南東向き斜面が崩壊し、崩土は主谷に沿って流下
(滑落崖の位置と斜面変動域はドローン空撮オルソ画像の判読に基づく)

2016年実施の航空レーザ測量データより作成した赤色立体地図(松山市市街地整備課提供)

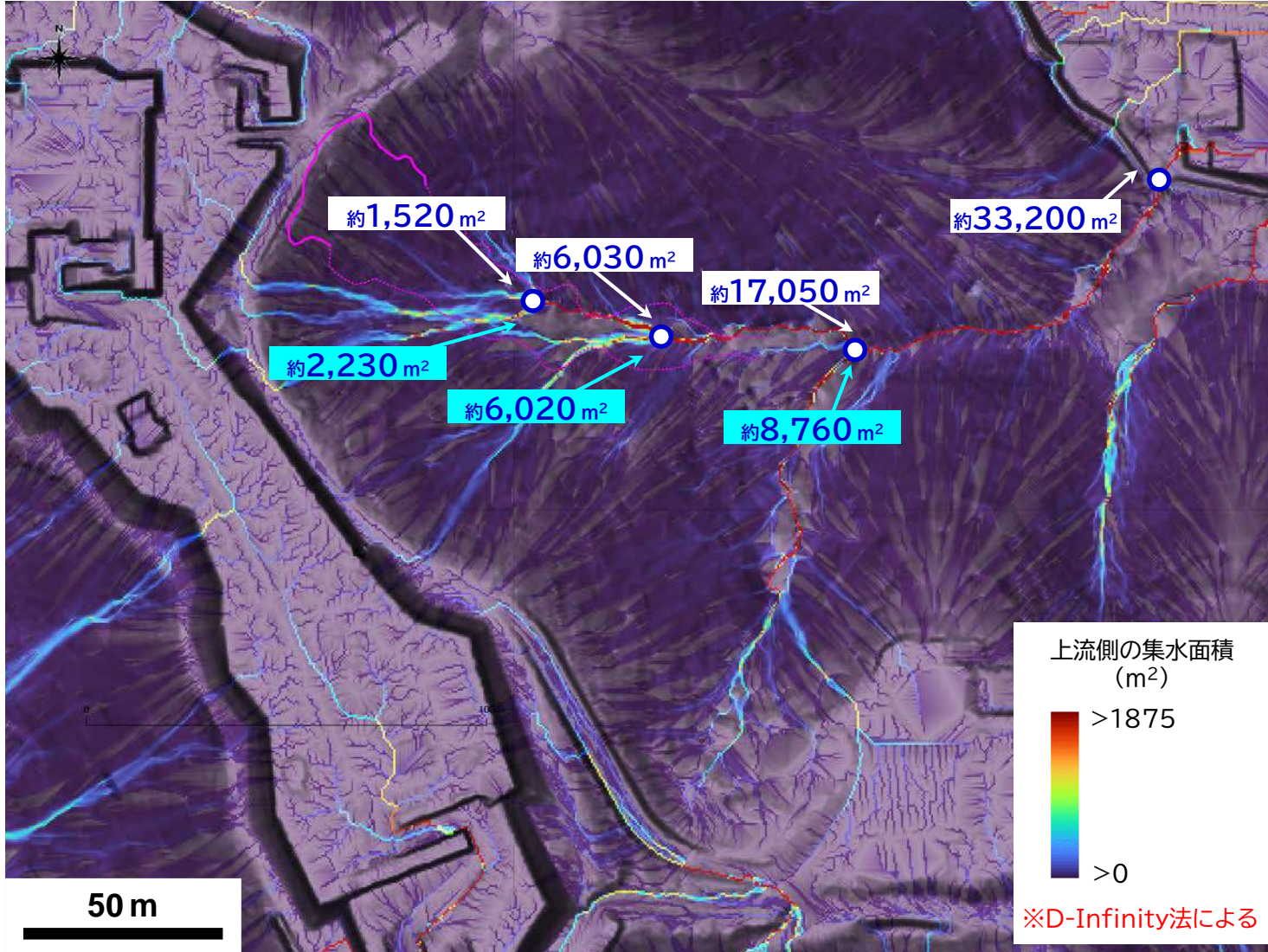
- 2) 土砂移動現象について
 - 崩土が流下した谷の地形的特徴



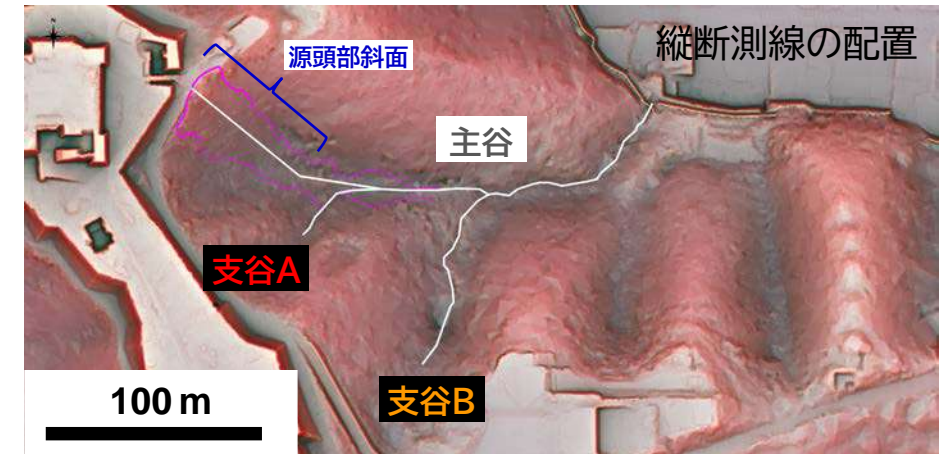
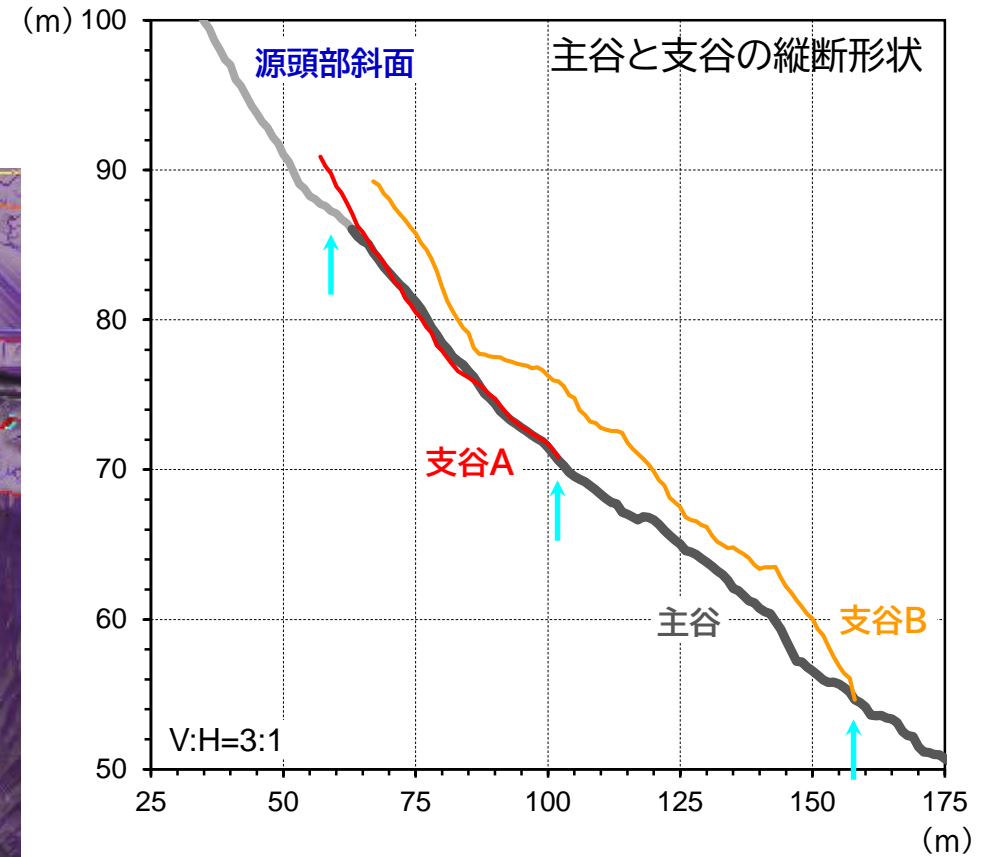
- 2016年実施の航空レーザ測量データから、地表流の流下方向を計算することで各地点における集水面積を推定
- 崩土が流下した谷は集水面積が30,000 m²以上あって、城山の中でも特に大きな谷
 - ※ 集水面積が大きな谷ほど、相対的に流量が多くなりやすい(地下水の流れは地表面の形状には従わないので、流量の多さが集水面積の大きさと必ず一致するとは限らない)

2016年実施の航空レーザ測量データ(松山市提供)を用いて算出した流路線および集水面積図

- 2) 土砂移動現象について
 - 谷の縦断形状と下流に向けての集水面積の拡大



2016年実施の航空レーザ測量データ(松山市提供)を用いて算出した流路線および集水面積図



- 3) まとめ

- 3.1 斜面変動について

- 廃棄物が混在した支持強度の低い地盤の進行性破壊(クリープ変形の進行に伴って地盤内部で局所破壊が広がり、全般破壊に至った)では？
- 载荷(道路、擁壁等の設置および重機等の往来)によるせん断応力の増加以外にも、基礎地盤内部での間隙水圧の上昇(地下水流入、通水・排水阻害)、斜面下部の侵食(末端切土、河川の下刻)、強度の低下(地盤材料の風化や変形)などによるせん断抵抗力の減少も原因として考えられる

⇒ 基礎地盤部分をほとんど改変することなく路面拡幅工事を行ったのか(例えば、擁壁前面に押さえ盛土(路肩斜面への腹付け盛土)などは行わなかったのか)は、基礎地盤の通水・排水阻害の影響を考えるうえで重要。また、工事以前の斜面の状況(斜面下部の侵食などがすでに確認されていたか)について記録が残っていれば、原因究明に役立つ。

- 3.2 土砂移動現象について

- 周辺斜面や支谷の集水による下流での流量増加、谷底面での崩土の一時堆積・湛水が複数回にわたる土砂流出の原因となったのではないか？

⇒ 崩土が流下した谷の地形的特徴からは十分に考えられる。今回災害が発生した谷だけでなく、無流水溪流(※ 流域の規模が小さいために流路が不明瞭で常時流水がなく、平常時の土砂移動が想定されない溪流)における対策を考えるうえで想定しておかなければならない事象(特に、支谷の多い谷で)。