

ALOS-2画像を用いた2023年トルコ・シリア地震 による都市域の被害把握

○劉ウェン¹・山崎文雄²

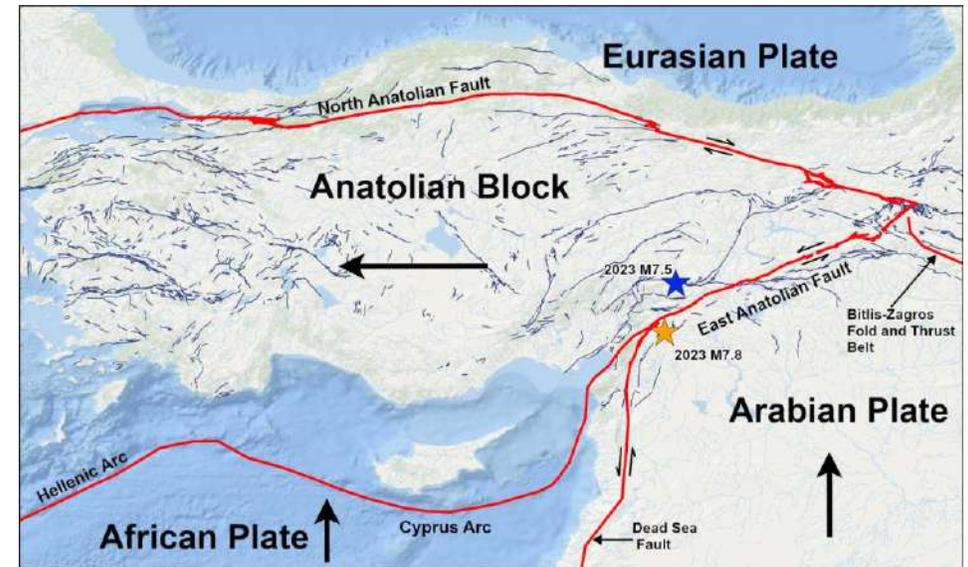
¹ 千葉大学大学院工学研究院

² 国立研究開発法人 防災科学技術研究所(NIED)

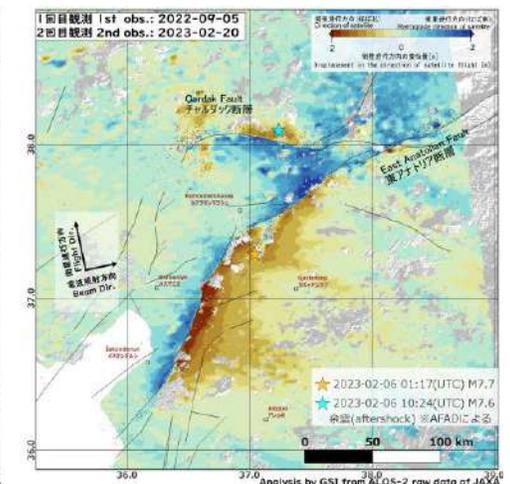
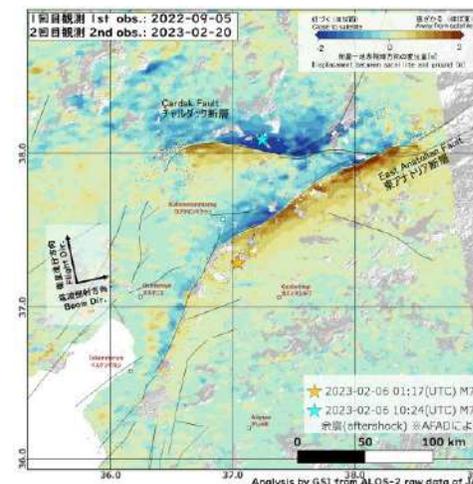
³ (株)大崎総合研究所

2023年トルコ・シリア地震

- 2023年2月6日にトルコ共和国のKahramanmaraş州を震源とするM 7.8とM 7.5の地震が発生した
 - トルコでの死者が4万8千人以上
 - 50万戸以上の住宅が損傷した
 - 断層付近で3m以上の地殻変動が発生し，道路や橋梁が深刻な被害を受けた



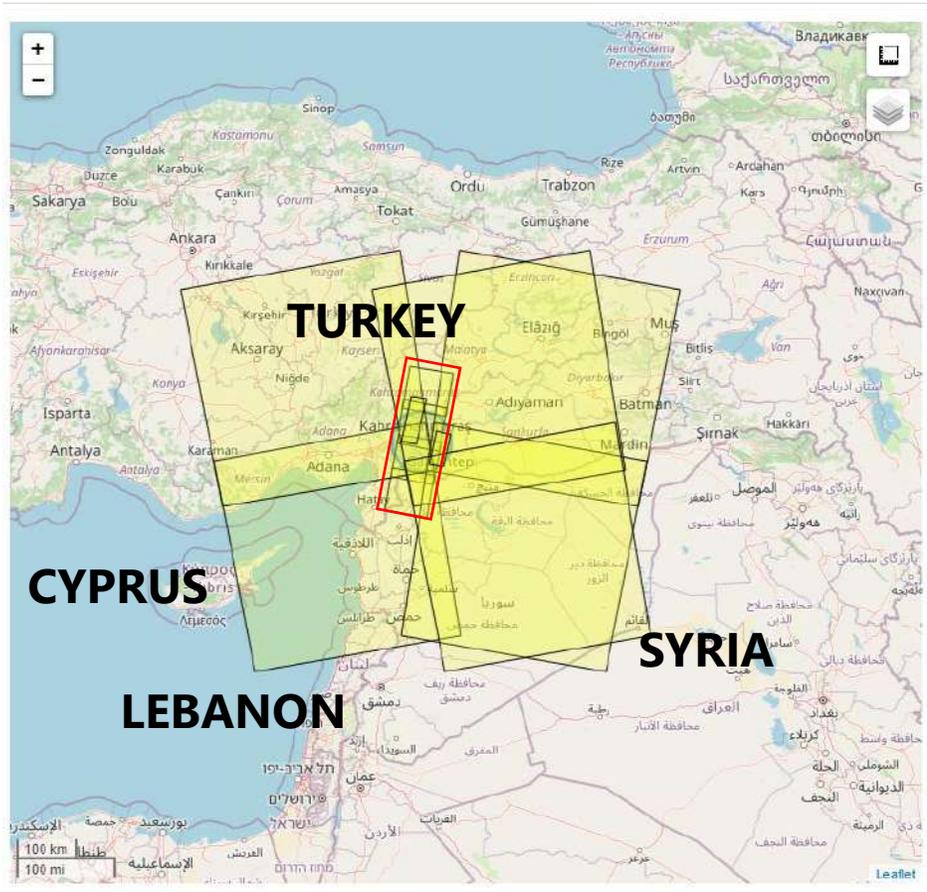
Tectonic Map of Turkey Region (USGU)



国土地理院が推定した地盤変動量

センチネルアジア (Sentinel Asia: SA)

UPDATE TASKS **Active: 8 days | 23:59:04**
Data Analysis Node



- SAはトルコ政府の要請を応じて、2月6日に発動され、災害対応を開始した。
- 提供された衛星画像
 - JAXA: ALOS-2
 - GISTA: THEOS-1
 - TASA: FORMOSAT-5
 - ISRO: Resourceat-2A, Cartosat-3
 - MBRSC: KhalifaSat

REQUEST INFORMATION AND TRACKING

EOR Number: 20230206-Turkey-Earthquake-00463

緊急対応プロダクト

CHIBA-U

2023-02-09
Location:Gaziantep City
Sensors:ALOS-2 PALSAR-2

2023-02-10
Location:Kilis City
Sensors:ALOS-2 PALSAR-2

2023-02-11
Location:Kahramanmaraş City
Sensors:ALOS-2 PALSAR-2

2023-02-14
ALOS2 20230208 20220406
Difference of HH

2023-02-14
ALOS2 20230208 20220406
Difference of HH

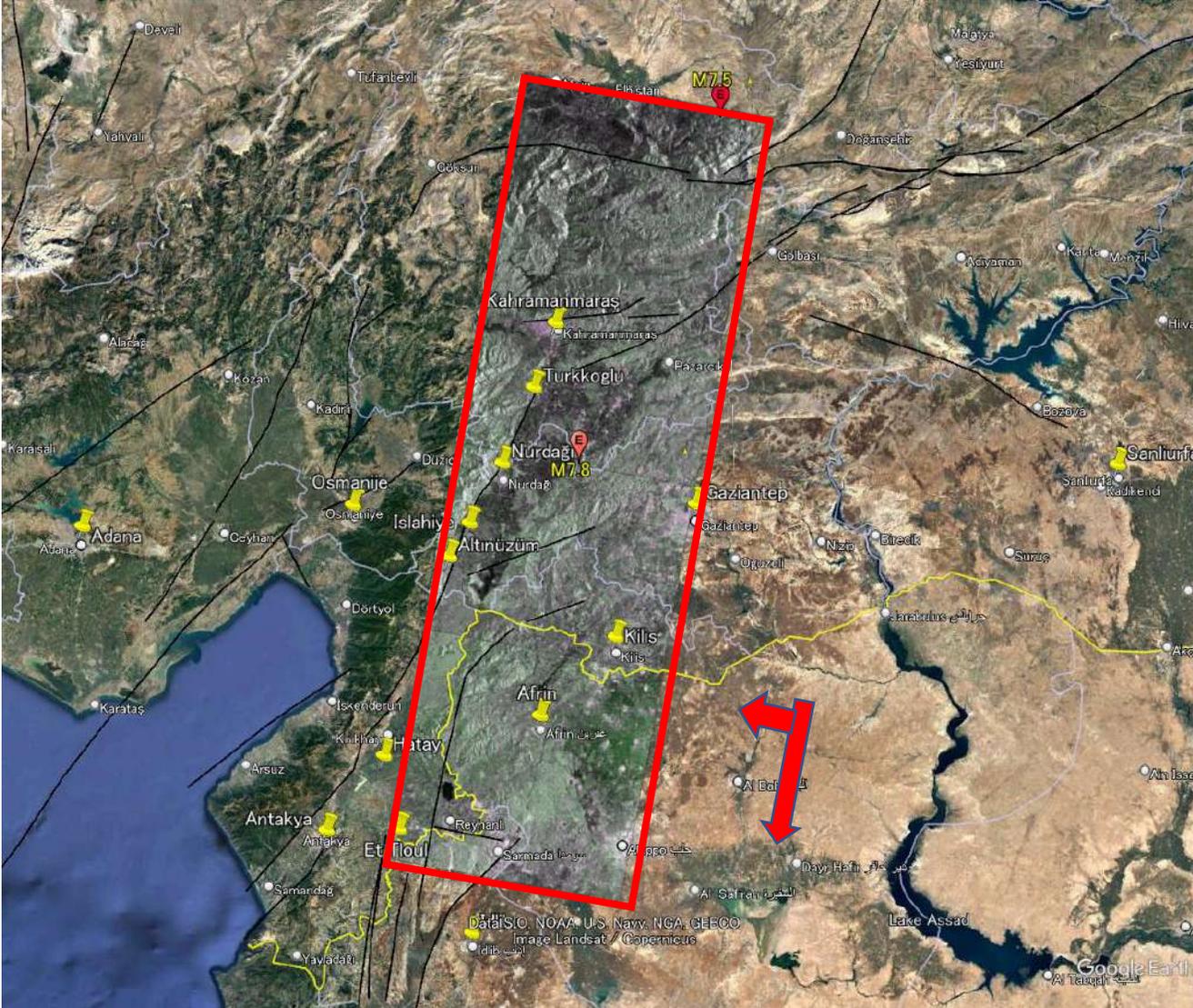
2023-02-14
ALOS2 20230208 20220406
Difference of HH enlarged

2023-02-17
Changed area results

2023-02-17
Changed area results

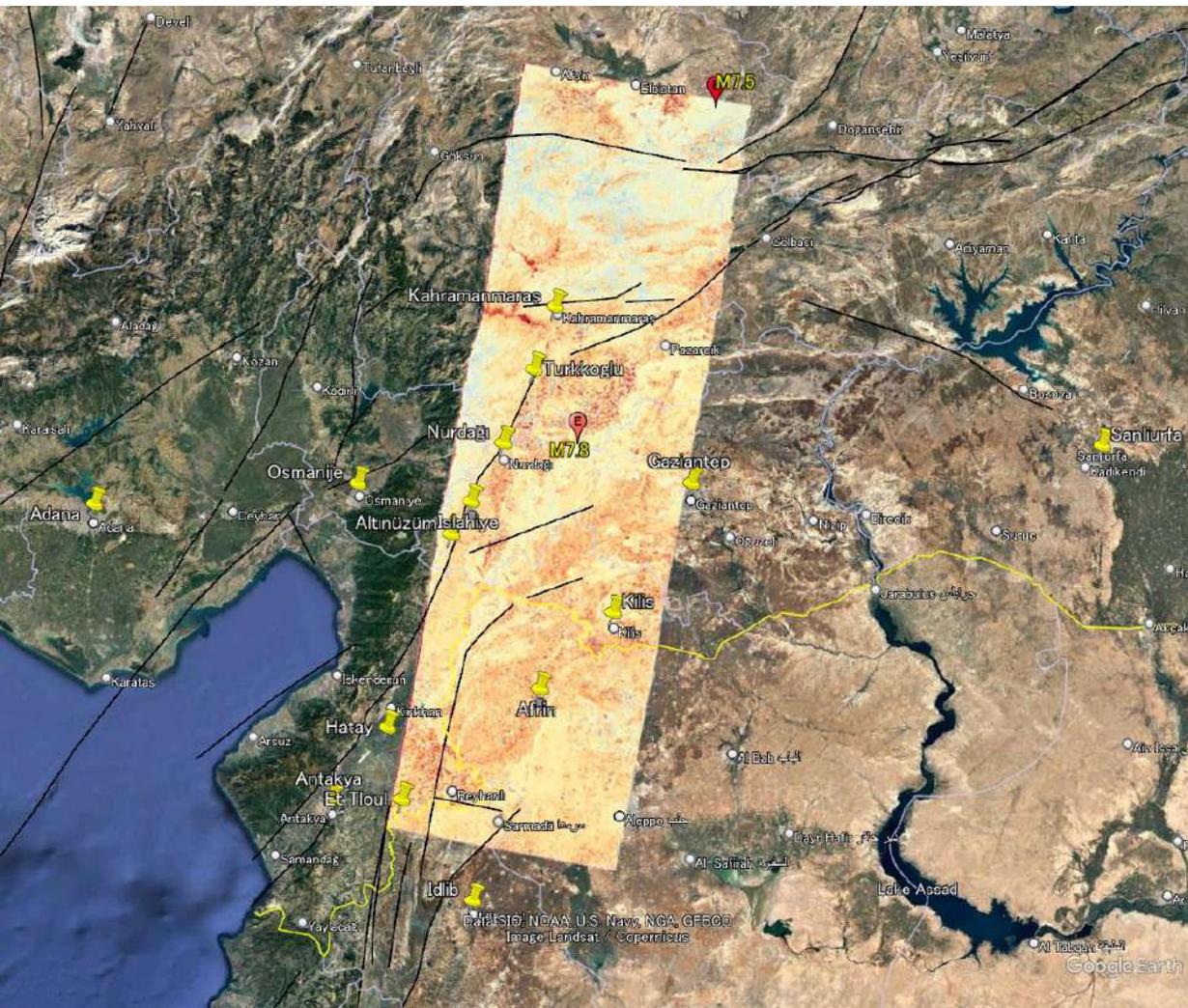
- 8機関がプロダクトを作成し、サイトに掲載した
 - 日本：千葉大学，東京工業大学
- プロダクトの内容
 - 建物被害の抽出
 - 地殻変動の検出
- 使用された衛星画像
 - ALOS-2
 - Sentinel-1, 2
 - TASA: FORMOSAT-5

使用するALOS-2画像

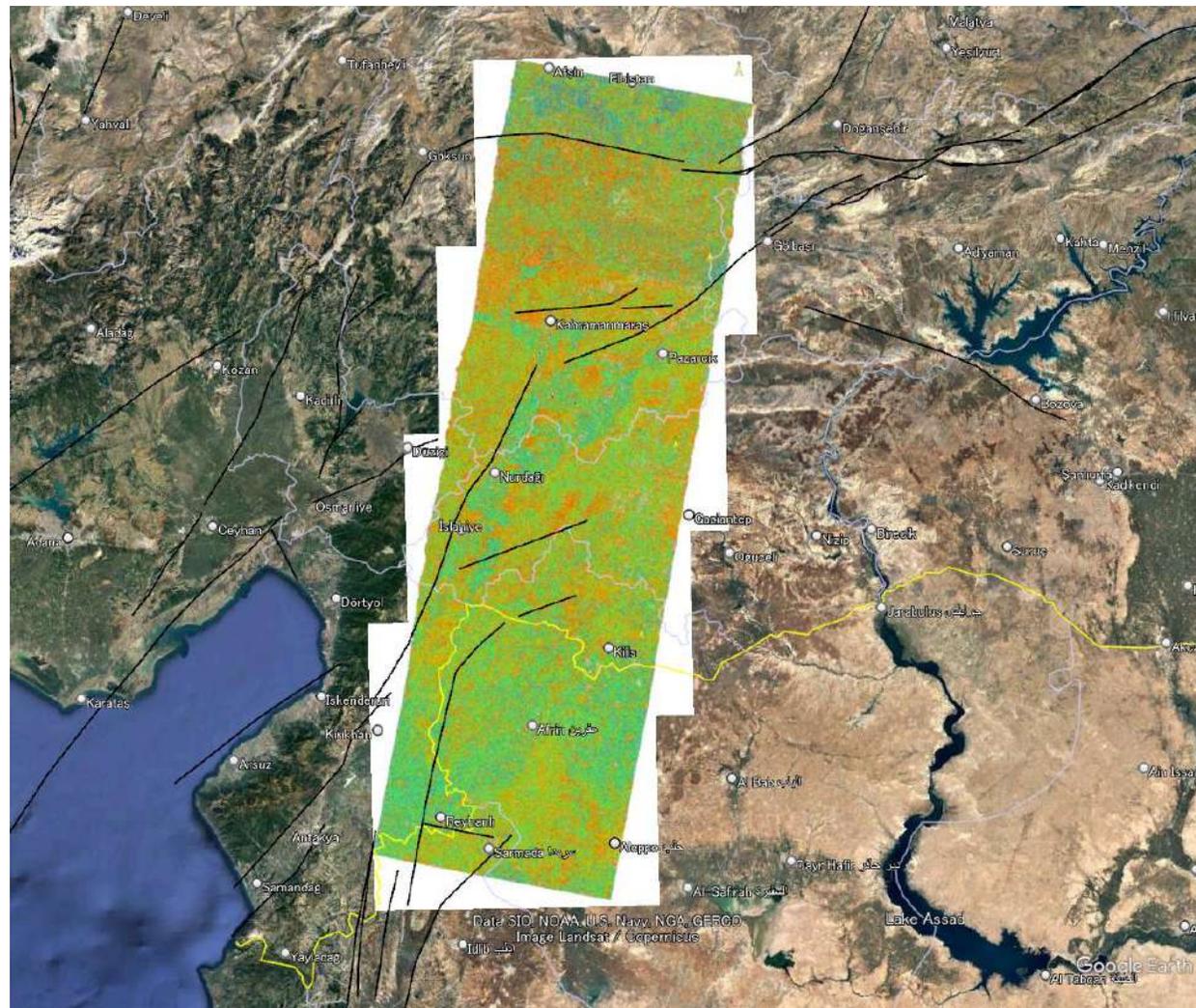


- 事前画像 : 2022/4/6
- 事後画像 : 20230/2/8
- 処理レベル : Lv. 1.1 + Lv. 1.5
- 軌道 : Descending
- 観測方向 : 右観測
- 偏波 : HH + HV
- 観測角 : 28.2°
- 観測モード : FBD/SM3
Lv. 1.1: 4.3 m x 3.1 m /pixel (R x A)
Lv. 1.5: 6.25 m/pixel

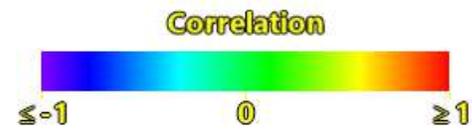
強度画像を用いた変化抽出



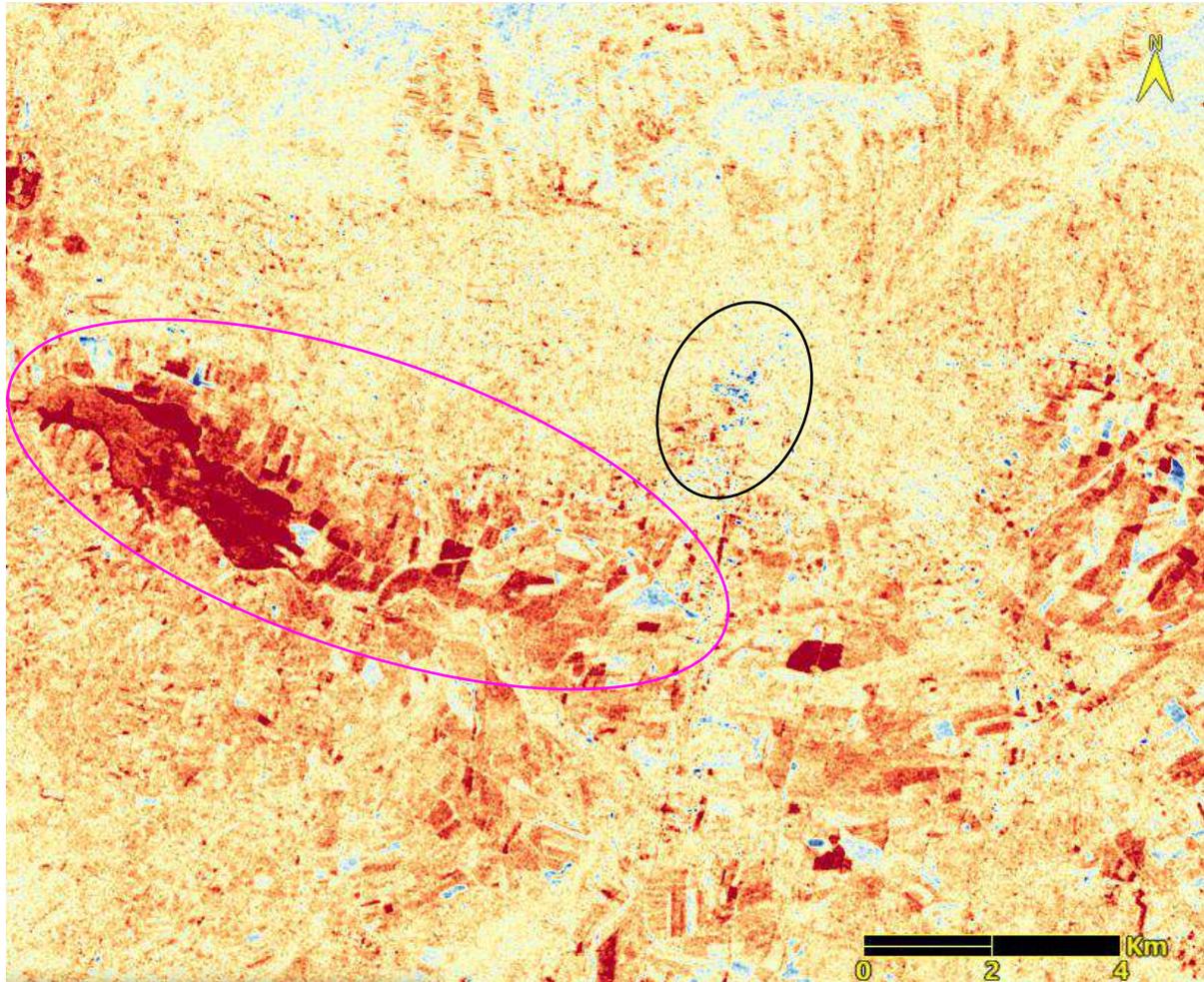
Difference (5 x 5 windows)



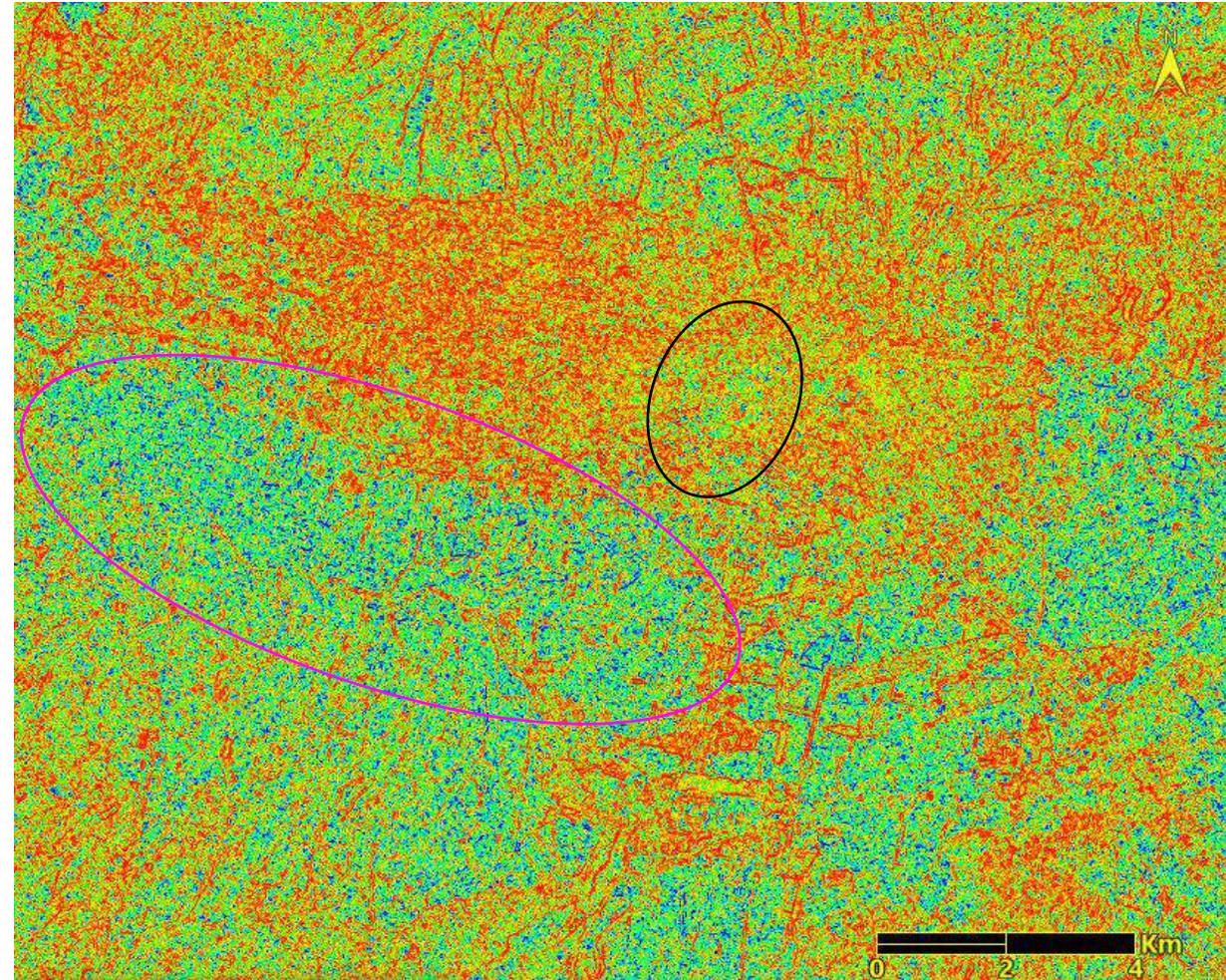
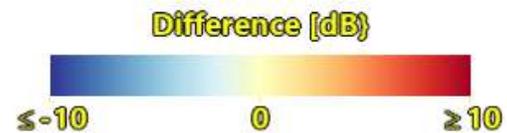
Correlation (5 x 5 windows)



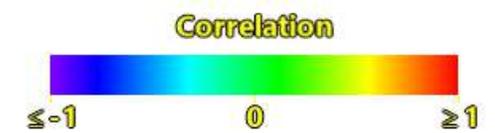
Kahramanmaraş周辺の拡大



Difference (5 x 5 windows)



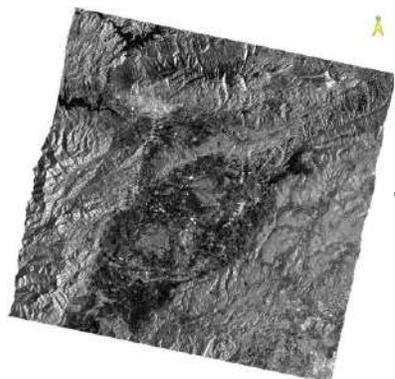
Correlation (5 x 5 windows)



被害抽出のフローチャート

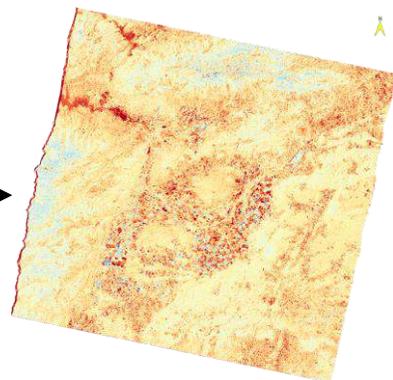
World Settlement Footprint (WSF2019)

都市域マスク

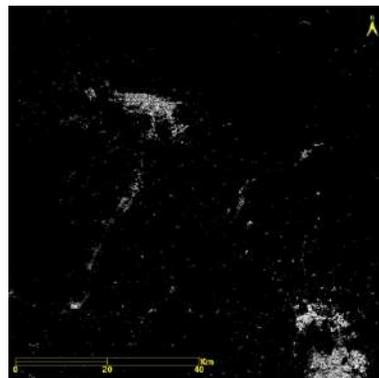


2022/04/06

- 輝度補正
- 位置合わせ

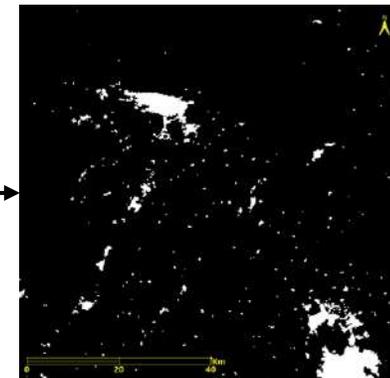


強度差分

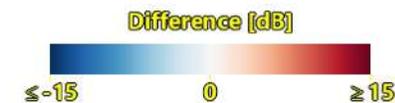


Morphological filter

- Closing 5 × 5
- Opening 15 × 15



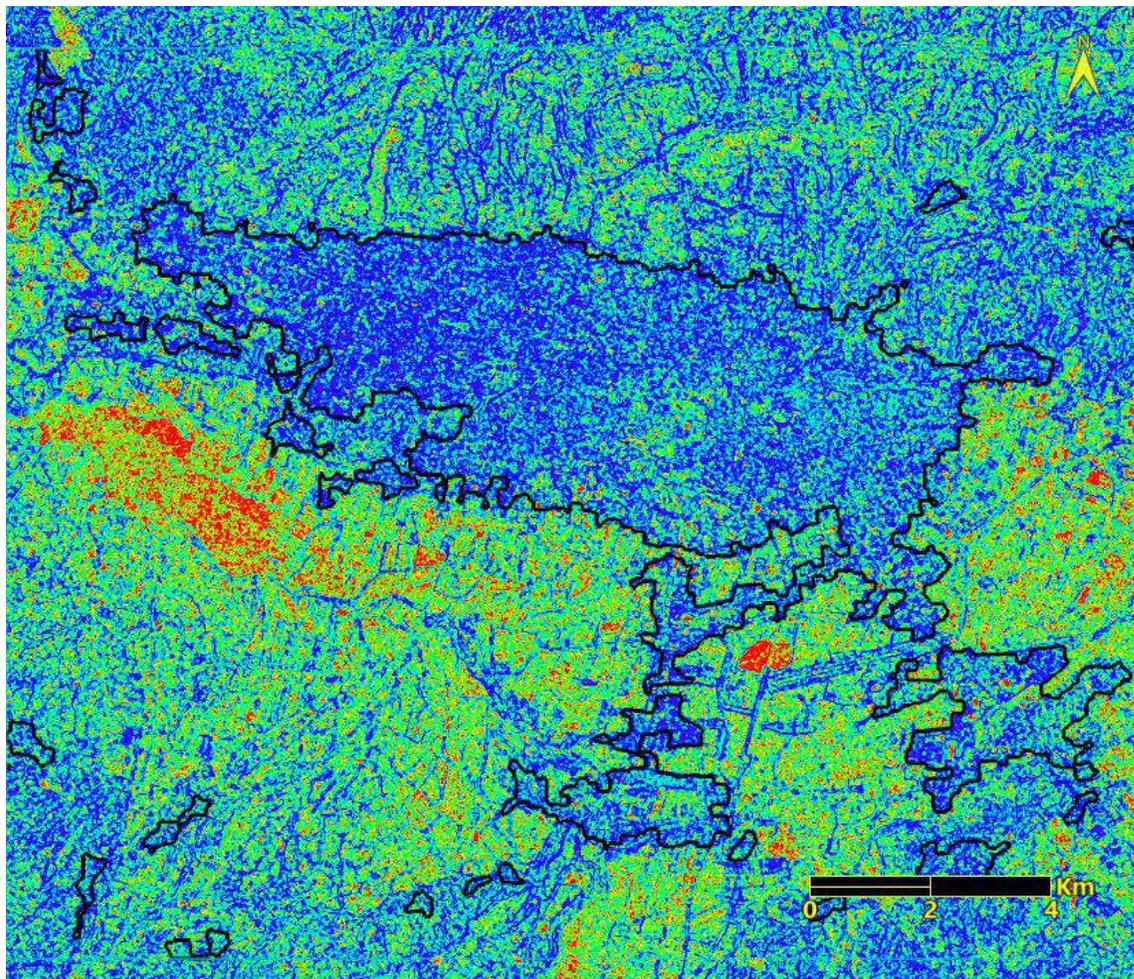
都市における変化域



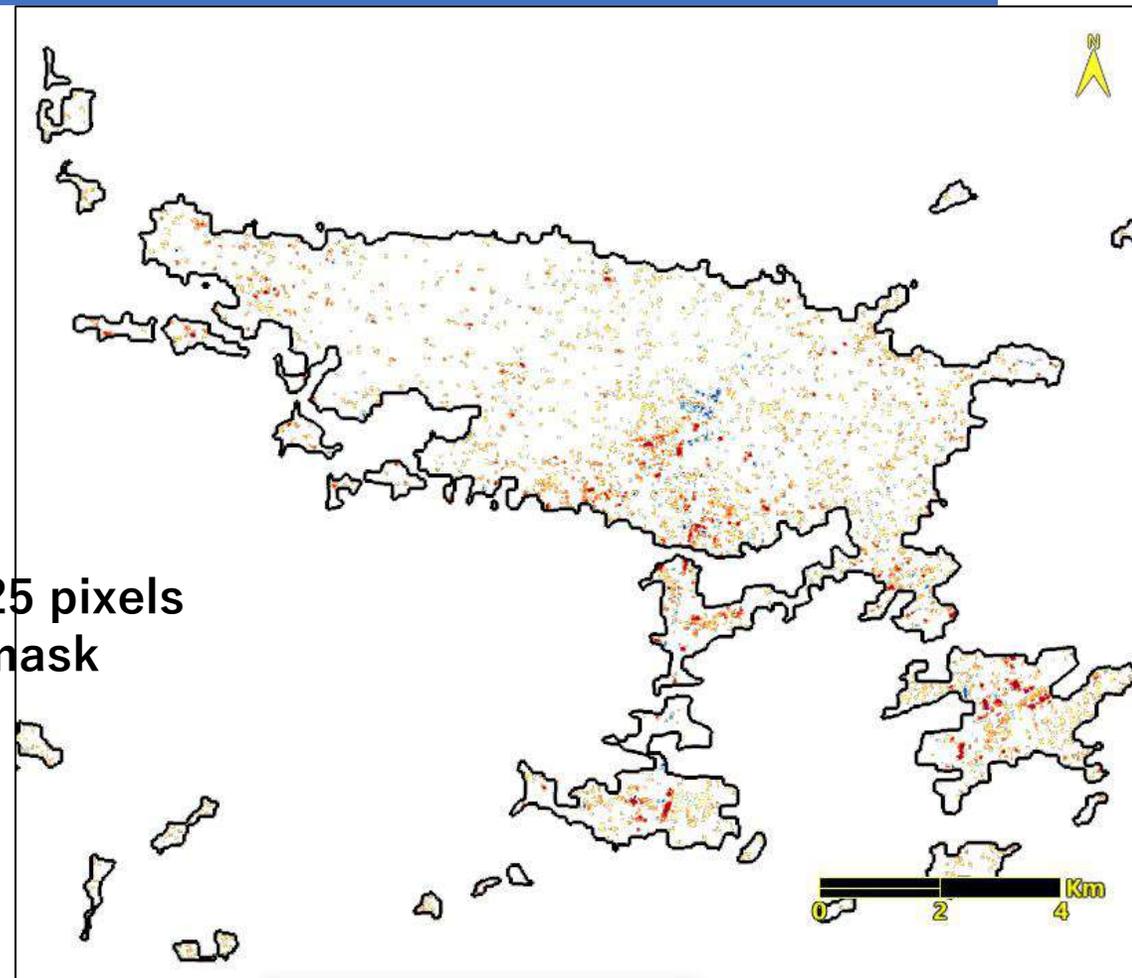
- 青：倒壊建物
- 赤：瓦礫や救援活動

2023/02/08

変化地域の抽出



- $z > 0$
- size > 25 pixels
- urban mask

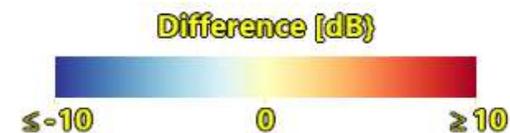


抽出された変化域

$$z = \left| \frac{d}{\max |d|} \right| - c \cdot r$$

z値

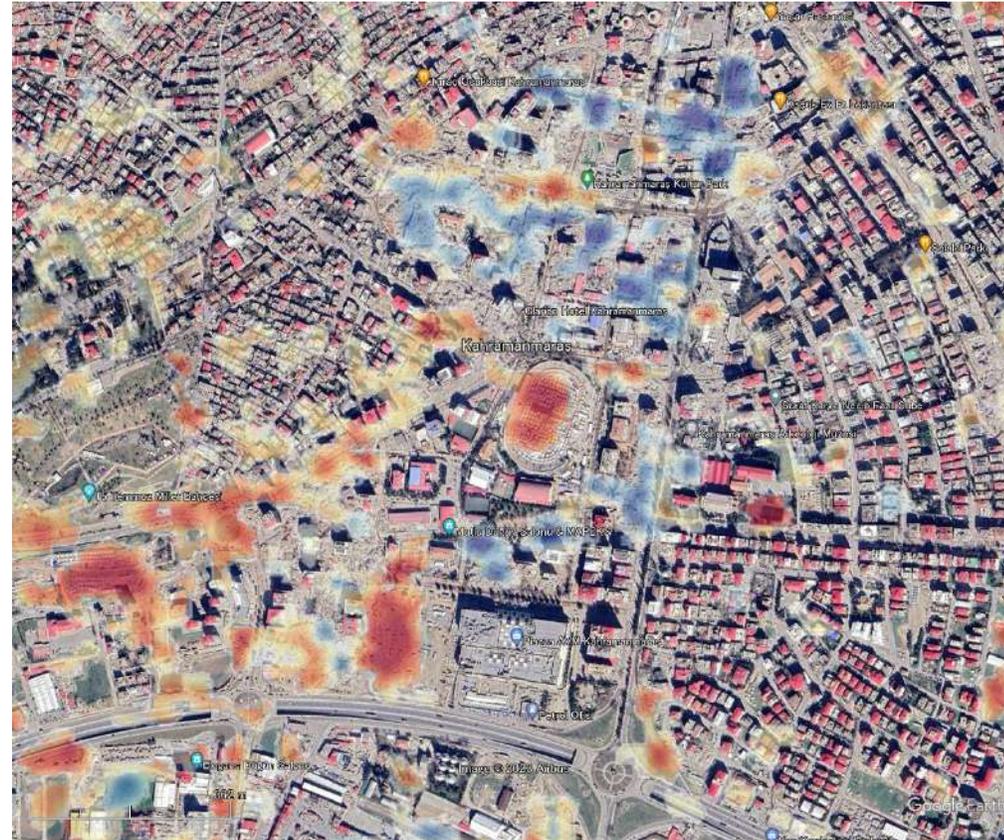
≤ -0.5 0 ≥ 0.5



Kahramanmaraşにおける検証①

2022/4/10

2023/2/8



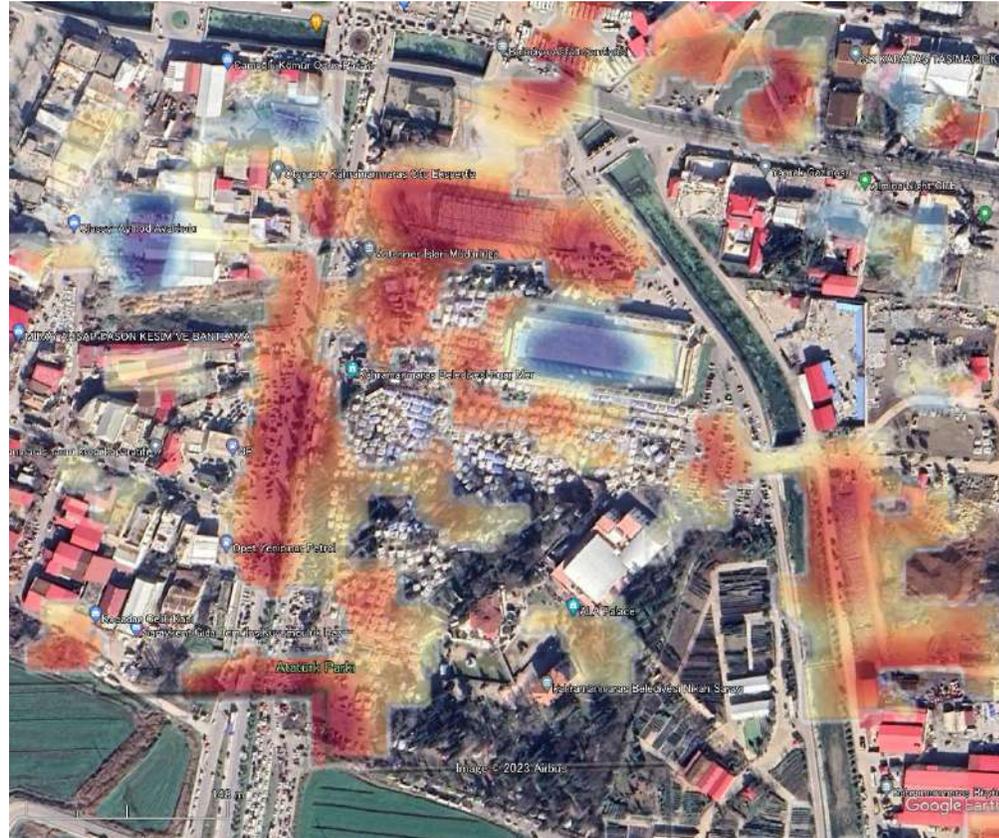
- 倒壊建物は周囲の環境によって、後方散乱係数の増加と減少の両方を示す
- 空き地にある強度の増加はテントか車両によるものが多い
- 抽出結果ではやや見逃しが多い

Kahramanmaraşにおける検証②

2022/4/10



2023/2/8

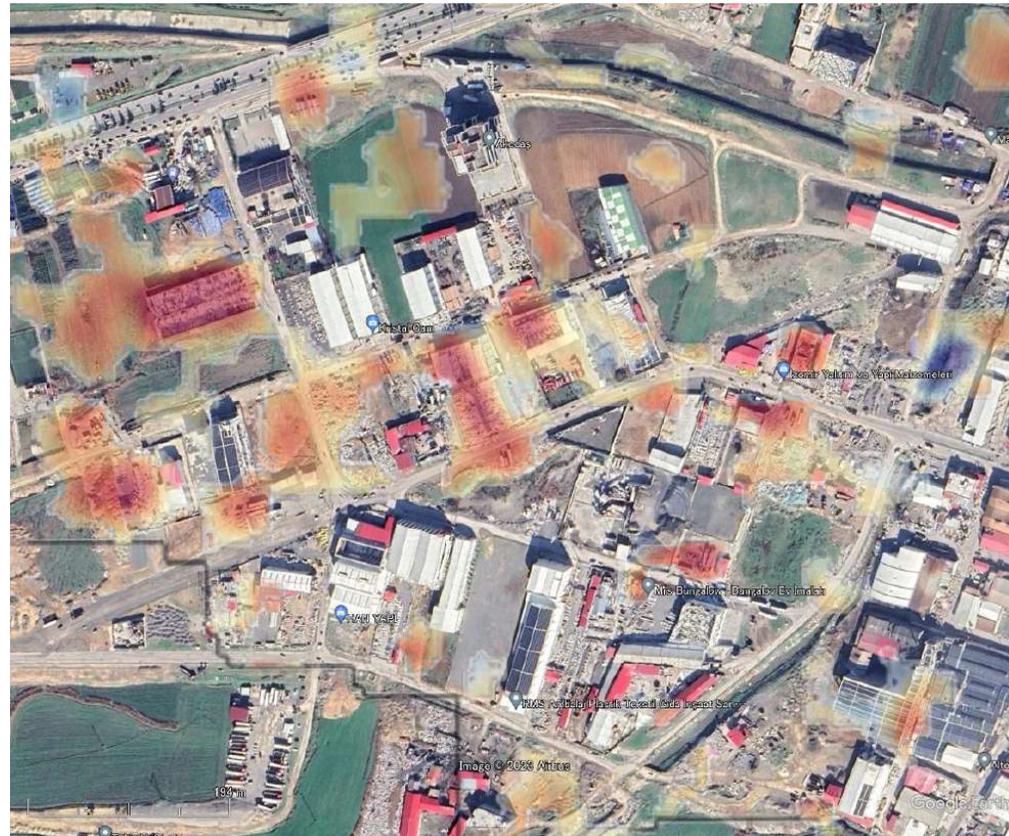


Kahramanmaraşにおける検証③

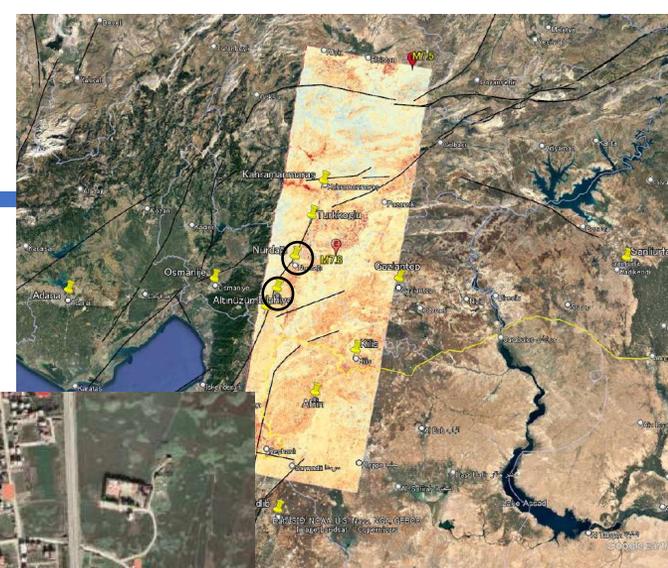
2022/4/10



2023/2/8



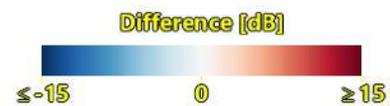
ほかの都市域への適用



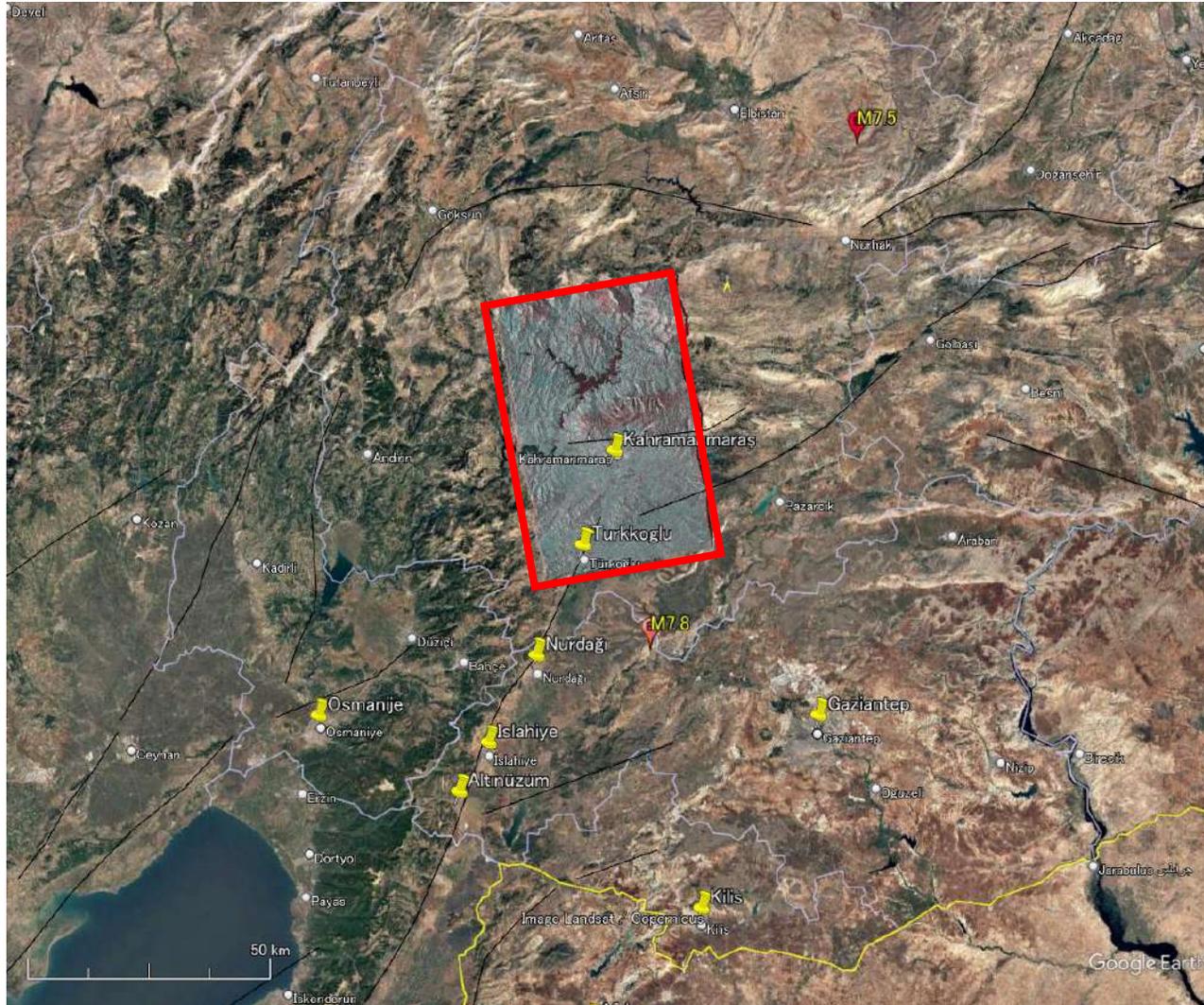
Nurdağı



Islahiye



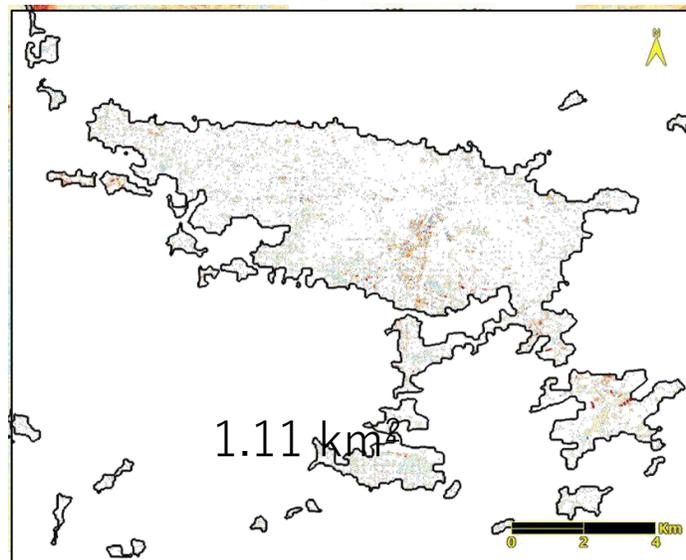
TerraSAR-X画像



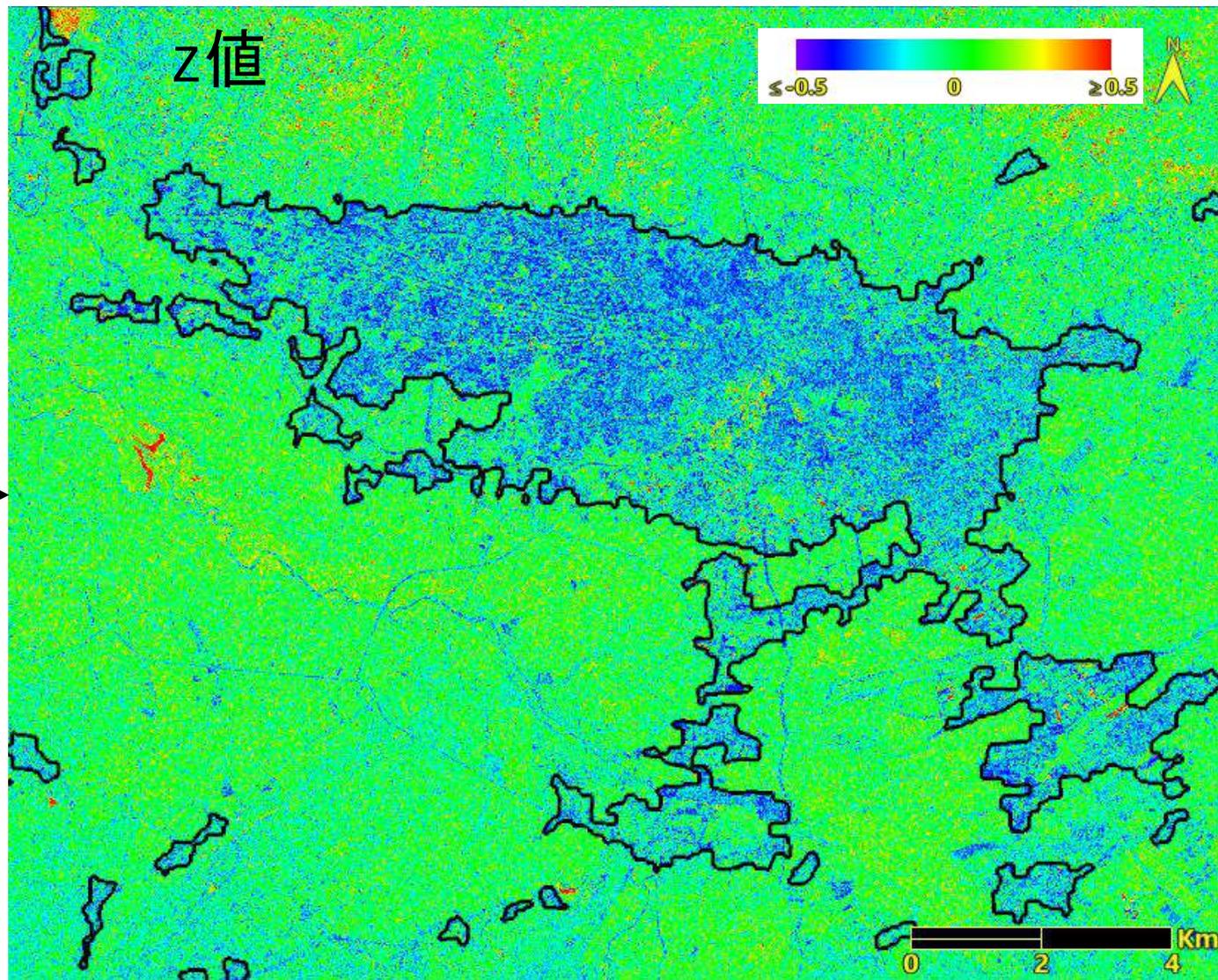
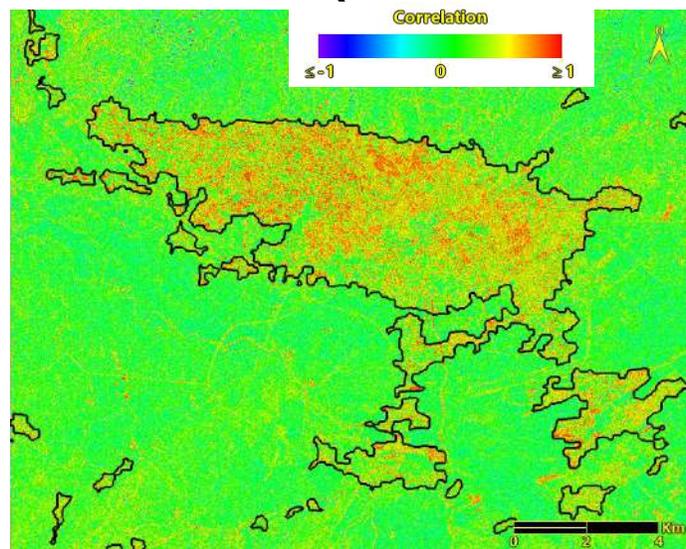
- 事前画像 : 2022/1/28
- 事後画像 : 2023/2/8
- 処理レベル : EEC
- 軌道 : Descending
- 観測方向 : 右観測
- 偏波 : HH
- 観測角 : 31.1°
- 観測モード : SM
3.85 m x 3.11 m /pixel (R x A)
- ピクセルサイズ : 1.25 m

変化係数の算出

Difference (15 x 15 windows)



Correlation (15 x 15 windows)



TSX画像とALOS-2画像の結果の比較①



TSX画像による変化抽出の結果
2022/1/28~2023/2/8

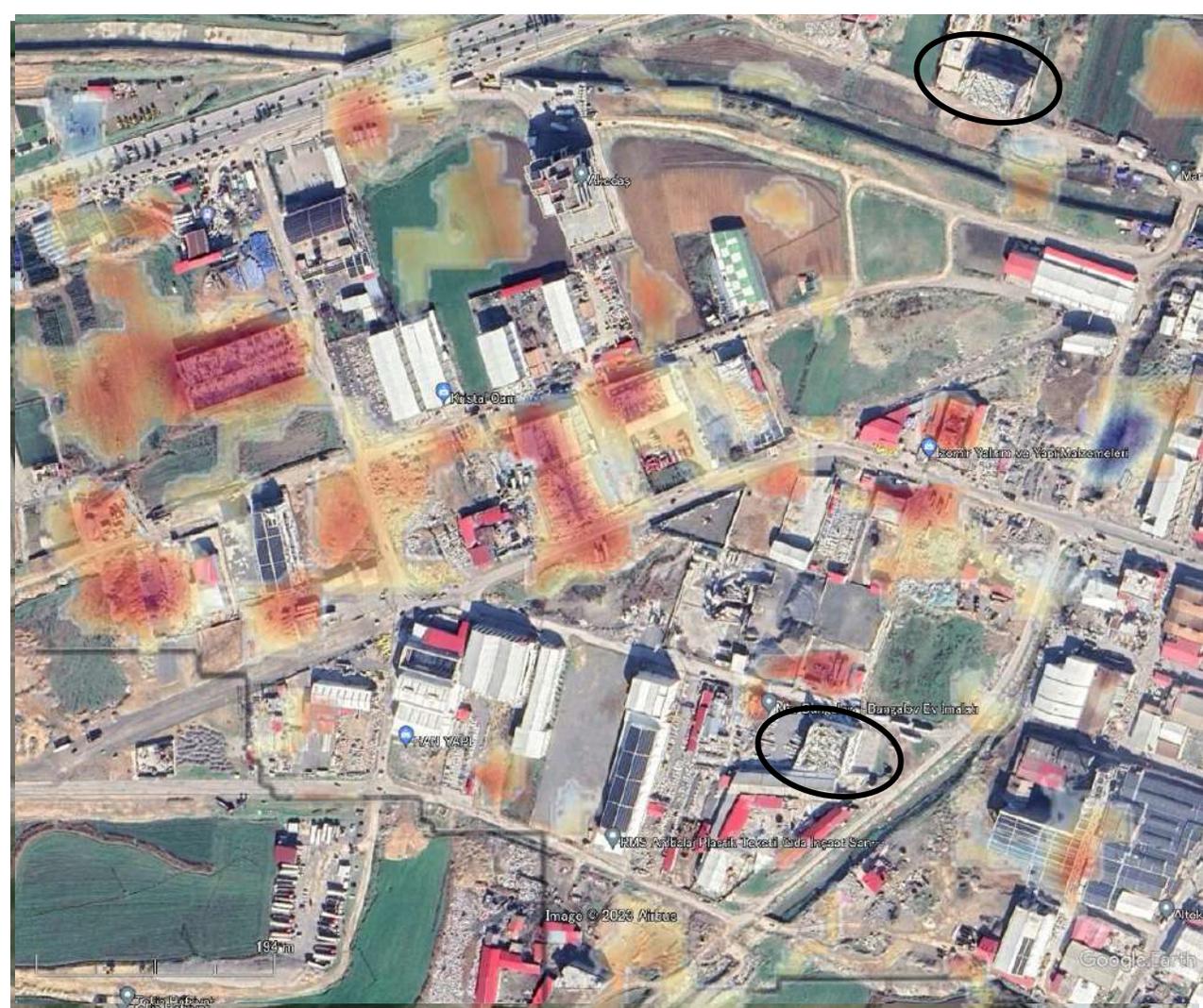


ALOS-2画像による変化抽出の結果
2022/04/6~2023/2/8

Kahramanmaraşにおける検証②



TSX画像による変化抽出の結果
2022/1/28～2023/2/8



ALOS-2画像による変化抽出の結果
2022/04/6～2023/2/8

まとめ

- 本研究ではSentinel Asiaを通じて提供された緊急観測のALOS-2強度画像とそのアーカイブ画像を用いて、被害の大きかったKahramanmaraş市における被災範囲の抽出を行った。
 - 合計6.9km²の地域が抽出された。
 - 建物が倒壊した範囲において、後方散乱強度の増加と減少の両方が見られた。
 - 地震前後のHH偏波画像の差分値と相関係数を組合わせたz値によって被害の甚大な地域を抽出することができたが、光学画像と比較すると、抽出範囲は過小評価の傾向にあった。
- 事後前後のTerraSAR-X画像を用いて、同じ手法により被災範囲の抽出を行った
 - 合計11.1km²の地域が抽出された
 - 高解像度のため、単独建物の被害も抽出できた。
- 本研究で使用した手法は、短時間で広範囲の被災地域に適用可能なため、緊急対応においては有効といえよう。

ご清聴ありがとうございました！

謝辞

ALOS-2データはJAXAに所有権があり， Sentinel Aisaの緊急対応を通じて貸与されたものである。