リモートセンシングとGIS

～地盤変状特定と定量的評価を目的とした初動調査手法～

志賀 正崇

長岡技術科学大学 助教

令和6年能登半島地震被害とその調査から学ぶ

～地震防災に向けた発信・蓄積・教育・技術伝承～

@土木学会 講堂＋オンライン

2024年5月30日 13:10~16:50

災害調査で利用可能な(広義の)リモートセンシング・GIS情報

外部情報

- 地形・地質・地盤情報
- 衛星写真・SAR
- 強震動・余震観測データ
- 航空機 (報道・緊急現況把握)
- 航空機 (測量)
- SNS投稿

発生前 → 地震発生 → 発生後1日 → 1週間 → 1ヶ月

個人・所属機関

- 地上写真測量・携帯LiDAR
- UAV測量・SLAM・RTK-GNSS
- 現地地盤調査
  ボーリング、表面波、サンプリング

災害調査で利用可能な(広義の)リモートセンシング・GIS情報

外部情報

- 地形・地質・地盤情報
- 衛星写真・**SAR**
- 強震動・余震観測データ
- 航空機 (報道・緊急現況把握)
- 航空機 (測量)
- **SNS投稿**

発生前 → **地震発生** → 発生後1日 → 1週間 → 1ヶ月

個人・所属機関

- **地上写真測量**・携帯LiDAR
- UAV測量・SLAM・RTK-GNSS
- 現地地盤調査
  ボーリング、表面波、サンプリング

公的機関・企業の地震災害関連情報の例

公的機関

- **国土地理院 / JAXA**
- **Sentinel Asia**
- **Earth Observatory of Singapore**

- **学会** / 土木学会地震工学委員会被害調査小委員会 / 海岸工学委員会・地盤工学会・日本地理学会
- **国土交通省** TEC-Force災害時特設ページ
- **産業総合技術研究所** 地質調査総合センター
- **防災科学技術研究所** K-net, Kik-net / 防災クロスレビュー

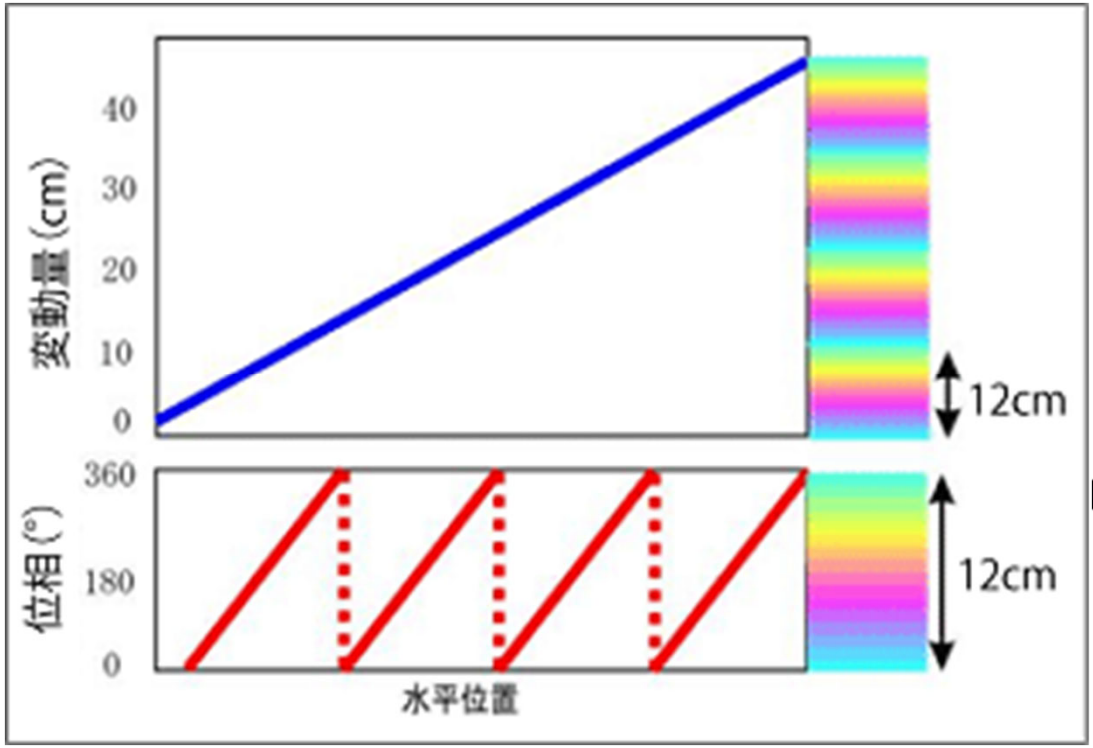
民間企業

- **国内測量/航測会社のポータルサイト** (国際航業、 パスコ、朝日航洋、Axel Globe等)
- **国外衛星観測会社のポータルサイト (Maxar社** / Open Data Program, **Umbra社 /** Open data catalog)

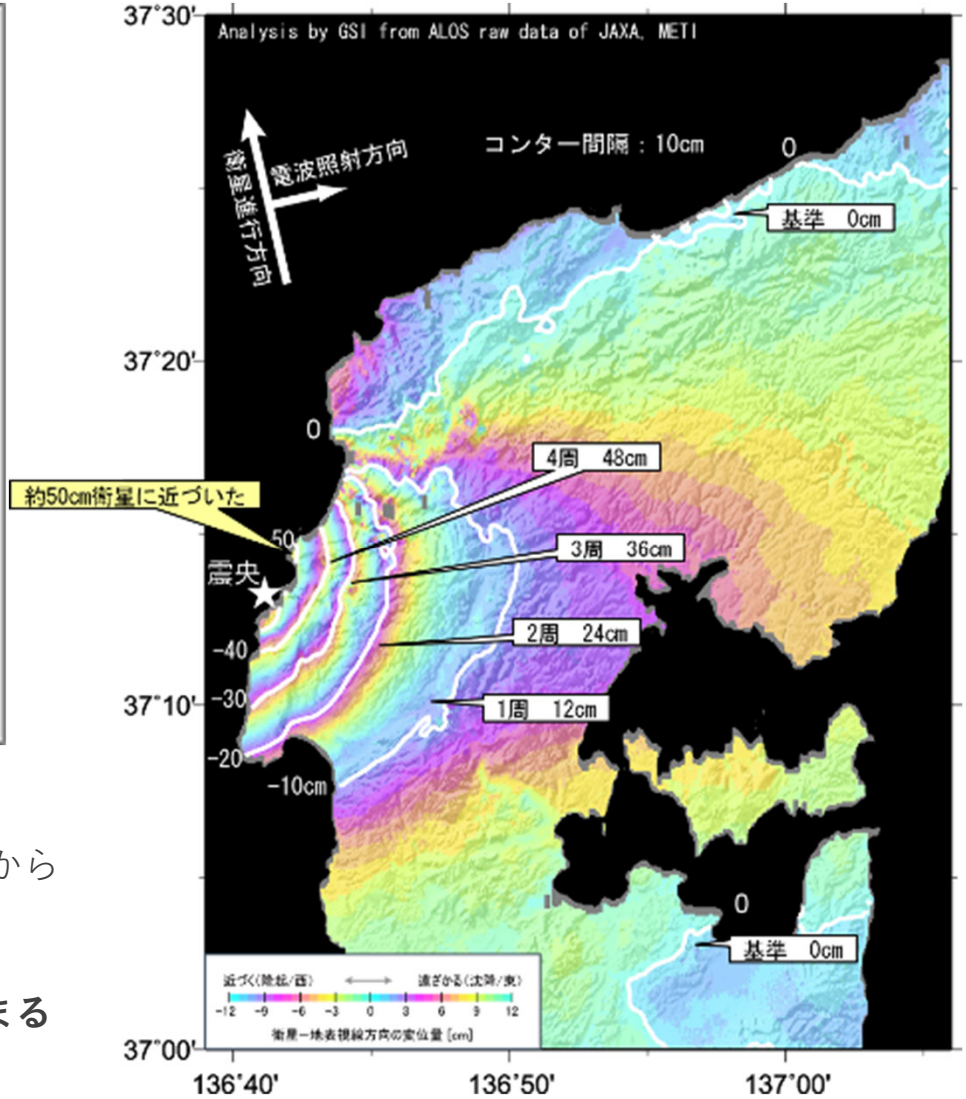
SNS

- **X (旧Twitter)**
- **Instagram**
- **Facebook**

SAR画像について



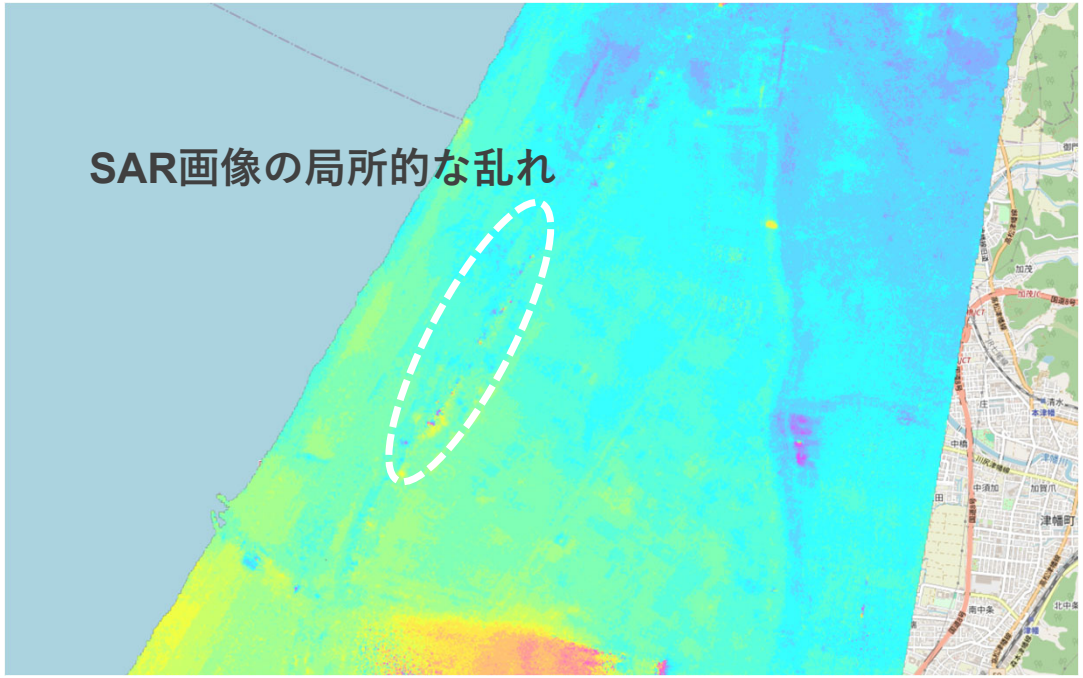
出典: 国土地理院HP



出典: 国土地理院HP

- SAR干渉画像の色：ある地点の2時期のSARデータの距離の差から生じた位相差
- **2地点を比較した際の、色変化の方向と量から相対変位が求まる**

SAR画像と現地調査の対比 (石川県内灘町の例)



SAR解析結果（ALOS-2）解析：国土地理院　原初データ所有：JAXA

局所的地盤変状を検討する初動調査においてSAR画像は有効

- **地盤変状以外に起因する乱れの成分も含まれるため、GIS上での複合的な検討が必要 (False-positiveには注意が必要)**
  - 例) SNS上での投稿位置、旧地形、NGIC等のボーリング柱状図、過去地震での被災形態

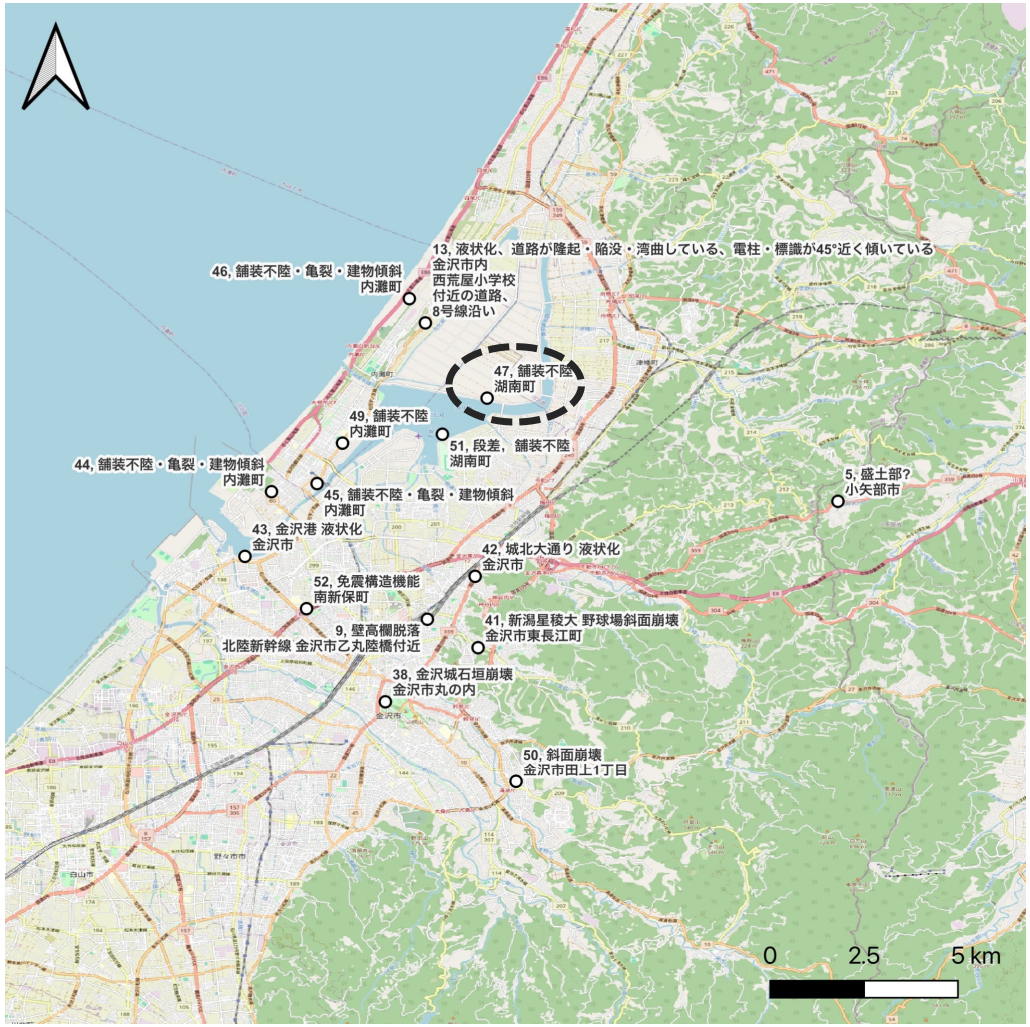
SNS上での投稿の整理

令和6年能登半島地震 被害情報まとめ

ファイル 編集 表示 挿入 表示形式 データ ツール 拡張機能 ヘルプ

No.	タイプ	どのような被害？	県	詳細な地名	情報ソース URL	Google Map URL	ayback Machineのリン	緯度	経度	備考欄	
1	液状化	液状化	富山県	氷見市	https://x.com/yawa2fc/sta	https://maps.app.goo.gl/HvdTrjqB2PjMFEWw9	https://x.com/yawa2fc/	36.858148	136.97843		
2	液状化	墳砂(テニスコート)	新潟県	新潟県立商業高校	https://x.com/Gardevoir27	https://maps.app.goo.gl/6FZ2FTa4Fx1rcoxV6	https://x.com/Gardevoi	37.915230	139.02468		
3	液状化	墳砂	新潟県	西区ときめき	https://x.com/toshi637724	https://maps.app.goo.gl/jrhmycdQSp6314Ef9	https://x.com/toshi637	37.876215	139.01051	確定ではないがおそらくこのあたり	
4	液状化	墳砂	新潟県	佐渡市小木港	https://x.com/oizumi_yaku	https://maps.app.goo.gl/wsm5S5MvEZ3yxXds7	https://x.com/oizumi_y	37.814572	138.27789	確定ではないがおそらくこのあたり	
5	斜面崩壊	盛土部?	富山県	小矢部市	https://x.com/FUKAKENx	https://maps.app.goo.gl/wP24ueEe4N7STKvBA	https://x.com/FUKAKE	36.624974	136.79042		
6	支持力破壊		石川県	輪島市	https://www.yomiuri.co.jp/	https://maps.app.goo.gl/A7QDgXD8SXvjojRBA	https://www.yomiuri.co	37.393940	136.90050	支持力破壊？1F部圧潰？	A
7	橋梁	段差	新潟県	比角跨線橋	https://x.com/mlit_chokok	https://maps.app.goo.gl/Qqf46p87DoGVEM1G6	https://x.com/mlit_chok	37.363537	138.56831		
8	斜面崩壊		新潟県	国道8号 上越市名立区	https://x.com/pc200lc8gat	https://maps.app.goo.gl/kmcmyuYgX6RXchxX7	https://x.com/pc200lc8	37.172526	138.10112		
9		壁高欄脱落	石川県	北陸新幹線 金沢市乙丸陸橋付近	https://twitter.com/TSO_261/status/174175789445		https://twitter.com/TSC	36.589944	136.66841	Xのリプで場所が特定されていたが真偽不明	
10		駅基部滑り破壊？	石川県	JR羽咋駅	https://x.com/vDryNW0hv	https://maps.app.goo.gl/X8v5X9156o7Rrz179	https://x.com/vDryNW0	36.896644	136.78068		
11	液状化？	液状化 津波発生	富山県	射水市 内川	https://www.instagram.co	https://maps.app.goo.gl/aJqrkGLko5DJaD5Q9	https://www.instagram	36.780987	137.08876	GoogleMapで周辺を検索→おそらく山王橋からの撮影	
12	液状化	コンビニの 駐車場全体が水たまり のように	新潟県	新潟市 西区	https://x.com/daichuke6/s	https://maps.app.goo.gl/8YXWWAeE3M9QFMjU6	https://x.com/daichuke	37.868873	139.00885	地面の隆起により液状化 震度5強 GoogleMapで周辺を見比べたところおそらくファミリーマート新潟善久寺店	

SNS上での投稿の整理



投稿を横断的に集約し、位置と形態を整理することで初動調査に活かせる

個人・所属組織レベルで可能な現地測量

初動調査でも定量的なデータ(地形、構造物の外観データ)が取得できたほうがベター

➢ 迅速化する復旧・復興プロセスと詳細検討のための現況データ取得のトレードオフ

従来の現地測量手法

- 測量用ポールやスタッフを用いた水準測量
- コンベックス等を用いた水平距離の測量

両者の利点・欠点を踏まえた現地測量を行う

3次元測量 (点群やメッシュデータの生成)

画像ベース

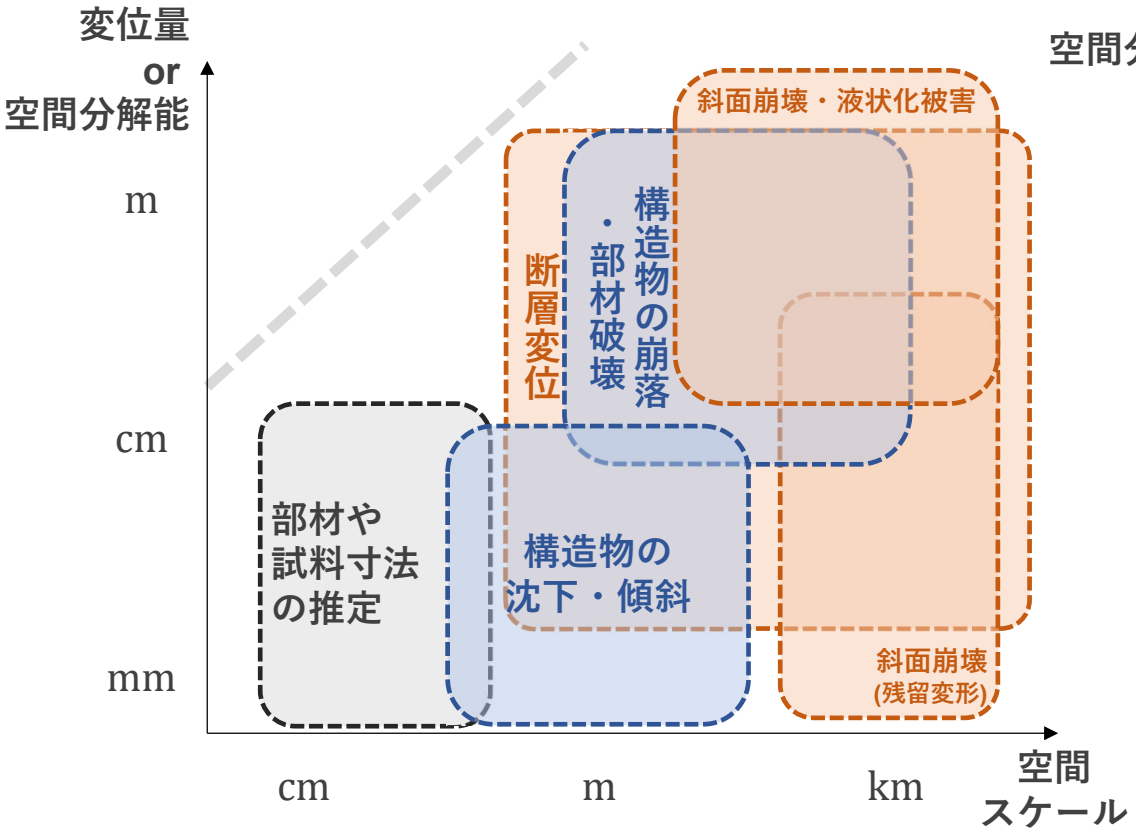
- 手法
  - 空中三角測量, SfM-MVS
  - SfM-3DGS
  - NeRF
- 用いる画像
  - 航空写真 (国土地理院の正射画像) or UAV写真
  - 地上写真 (Visual SLAM含む)

レーザーベース

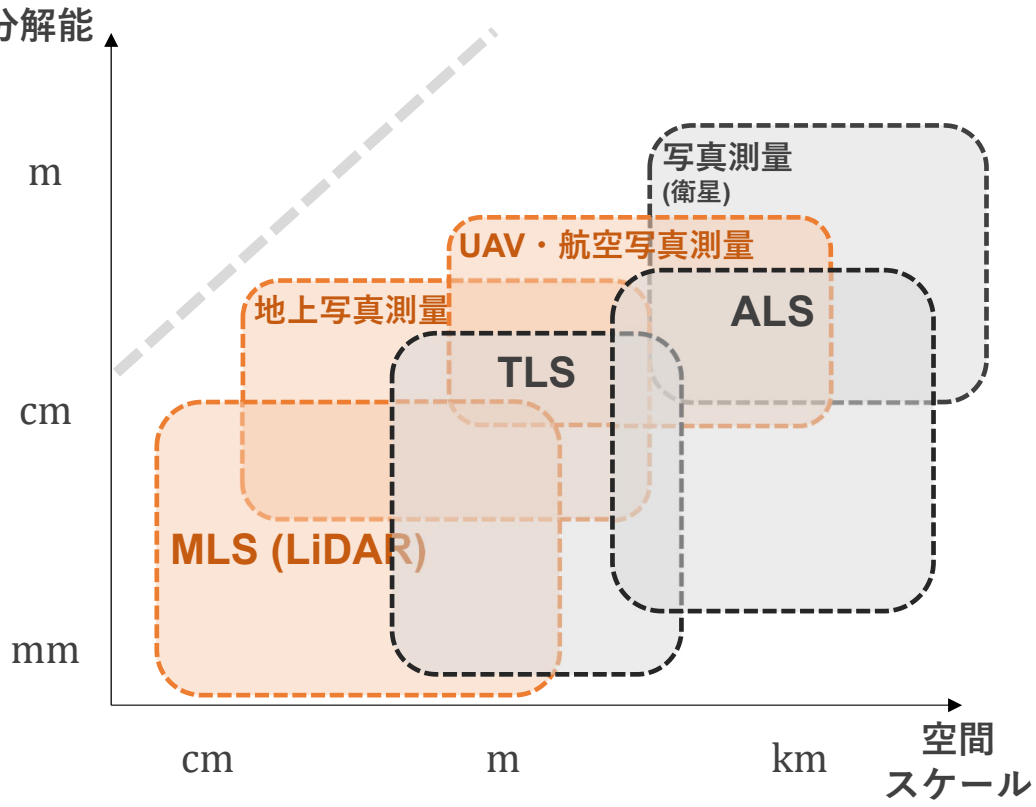
- 航空レーザー測量(ALS, Airborne Laser Scanning)
- 地上レーザー測量(TLS, Terrestrial Laser Scanner)
- 携帯型レーザー測量(MLS, Mobile Laser Scanner)
  ≒ LiDAR

3次元簡易測量のモデル化対象と適用可能範囲

モデル化の対象



モデル生成手法の適用可能範囲



※ これ以外にも費用や精度の観点も考慮する必要がある

使用機材の例

MLS (LiDAR)

- iPhone

https://www.apple.com/jp/iphone-15-pro/

地上写真測量

- iPhone
- Insta360 ONE RS 1-Inch 360 Edition

https://www.insta360.com/jp/product/insta360-oners/1inch-360

UAV・航空写真測量

- DJI Mavic Air 2
- DJI Mavic Mini 3 Pro

https://www.amazon.co.jp/dp/B087M7Q76R

https://store.dji.com/jp/

使用ソフトウェア・サービス

MLS (LiDAR)

Polycam・Scanniverse (点群処理・メッシュ生成)

地上写真測量

UAV・航空写真測量

Metashape・RealityCapture (写真測量・MVS・メッシュ生成)

CloudCompare (点群処理)

Blender (メッシュ処理)

QGIS (GISデータ変換処理)

Sketchfab (点群・メッシュの公開)

初動調査におけるUAV測量の注意点

発災直後は飛行できない場合がある→緊急用務空域の設定

➢ 災害等の規模に応じ、捜索、救助等活動のため緊急用務を行う航空機の飛行が想定される場合に、ドローン・ラジコン機等の飛行が原則禁止される空域

令和５年度緊急用務空域 公示第5号

国土交通省

令和6年1月1日に石川県能登地方で発生した令和６年能登半島地震について、以下のとおり国土交通大臣による航空法第132条の85による無人航空機の飛行禁止空域の指定を行いました。
なお、航空法第134条の３による航空機の飛行に影響を及ぼすおそれのある行為（凧、気球等）の許可及び通報についても適用になります。

- 公示日時：令和６年１月２日12時00分
- 公示管理者：国土交通省航空局
- 公示管理番号：令和５年度緊急用務空域 公示第５号
- 公示本文：次のとおり航空法第132条の85第１項第１号の規定により令和５年度緊急用務空域第５号を指定する。
- A) 関係都道府県：石川県（E項に詳述）
- B) 開始：令和６年１月２日12時00分
- C) 終了：別途通知するまで
- D) 時間帯：日出 / 日没
- E) 区域：以下の示す範囲
  ・北緯37度以北の能登半島全域の陸地
  （石川県輪島市、珠洲市、穴水町、能登町、七尾市、志賀町、中能登町）
- F) 下限高度：地上
- G) 上限高度：地上から600m

公示空域（石川県輪島市、珠洲市、穴水町、能登町、七尾市、志賀町、中能登町）

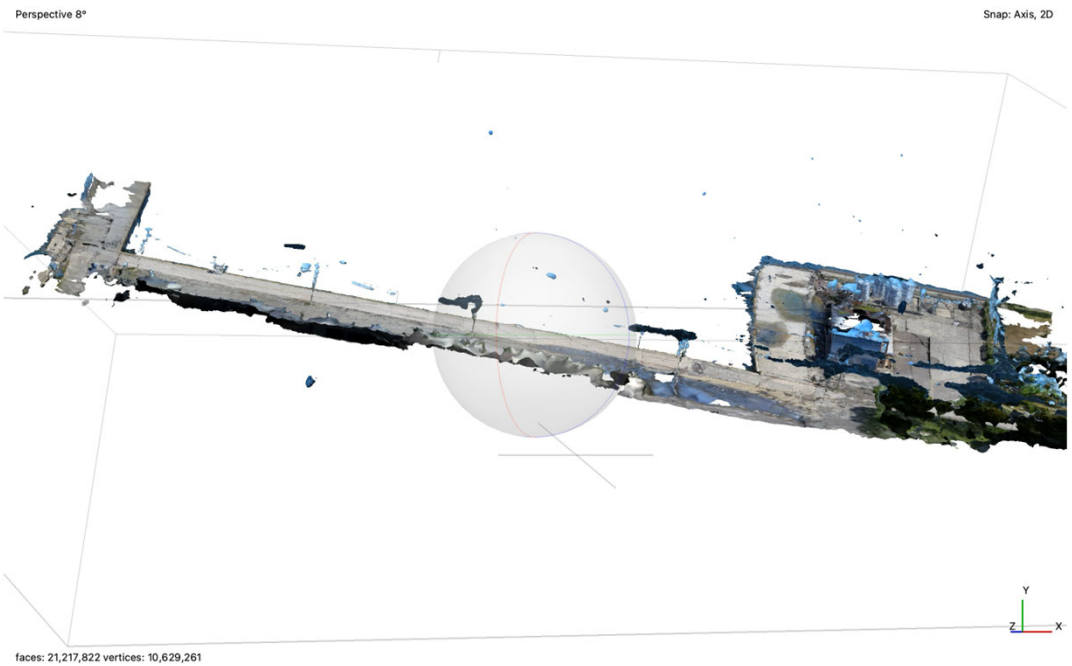
航空法第132条の92の適用を受けて飛行させる場合を除き、当該空域での無人航空機の飛行を原則禁止とします。
なお、今後の状況に応じ、緊急用務空域を指定する期間・範囲・高度を変更する可能性があります。
航空局ホームページ等において、最新の情報を確認してください。

公示	日時	空域の指定範囲
第5号	1/2 12:00	北緯37度以北の能登半島全域の陸域の地上から600mまで
第6号	1/5 19:00	第5号 + 七尾市、志賀町及び中能登町は地上から30mのみ空域外
第8号	1/19 21:00	第5号 + 輪島消防署、輪島マリンタウン、野々江総合公園及び鉢ヶ崎総合公園の周辺以外は地上から30mまでは空域外
第9号	1/26 19:00	輪島消防署及び野々江総合公園の周辺は地上から上の空域が対象 それ以外の空域は地上150m以上の空域が対象
2/14 17:30付けで緊急用務空域の指定解除		

DIPS・国交省HPを頻繁に確認する必要

全方位カメラを用いた簡易写真測量

- **細かいディテールは捉えられないものの、数十m~数百m程度の変状を見る際にはとても有用**
  - 事例：珠洲市飯田港の護岸変状
    - 珠洲市内の病院ヘリポート周辺であるためUAVは飛行不可
    - 護岸のせり出しと背後地盤の沈下が発生



UAVが飛行できない地域でも広域かつ見逃しの少ない3次元モデル化が可能

8 まとめ

- 外部情報について
  - **地震前からの継続的な地形・構造物・地盤のGISデータ取得**
    - 「比較対象がない」という状況を避ける
    - **無被害地域の定量的な把握**
    - **複数の情報を組み合わせ、GIS上で統合的に運用することで、初動調査にも活かすことが可能**
- 個人・組織内でのデータ取得について
  - **既存の測量手法と3次元測量手法のハイブリッド**
  - 測量対象と適切なツール選択が重要になる
  - UAVが飛行できないケースにおいて、**地上写真測量(全方位カメラも含む)も空間データを取得するには強力なツールになりうる**

これから調査に行かれる方へ

- 災害発生前にどのようなリモートセンシングやGISに関する基礎情報があるのか、情報収集を！
  - 最低限URLをブックマークするなど
  - Web上の情報は無くなります
- 被害が発生していない地域にも目を向ける！
  - 例) 液状化が発生していない地点はなぜそうなのか？
  - 将来的な予測で「空振り」の判定を予防する
- 過去の調査を整理した形で蓄積し、できる限り公表する
- ネット上で得られる情報が全てではない
  - サンプリング、原位置地盤調査
  - 地元の方との会話
  - 地域の図書館 (地方史、町史、村史など)

ご清聴ありがとうございました

(参考事例) Virtual Reconnaissance の取り組み

UC Berkeley | Caltech | OSU | Stanford | UC Davis | UCI | UCLA | UCSD | UNR | USC | UW | Search this site

Pacific Earthquake Engineering Research Center

Home | Research | About | News and Events | Publications & Products | Laboratories | Library

Home » Search » Search results: 16 items matched *StEER Preliminary Virtual Reconnaissance*

Search results: 16 items matched *StEER Preliminary Virtual Reconnaissance*

Enter your keywords StEER Preliminary Virtua | Search

Showing 1 - 15 of 16.

StEER Preliminary Virtual Reconnaissance Report (PVRR): Nippes, Haiti Earthquake (M7.2), August 14, 2021

September 15, 2021

The Structural Extreme Events Reconnaissance (StEER) Network has issued a Preliminary Virtual Reconnaissance Report (PVRR) for the M7.2 Nippes, Haiti Earthquake that occurred on August 14, 2021. Because the DesignSafe Data Depot is in scheduled maintenance this week,...

StEER Preliminary Virtual Reconnaissance Report (PVRR): Oukaïmedene Morocco, Mw 6.8 Earthquake, September 8, 2023

October 31, 2023

The Structural Extreme Events Reconnaissance (StEER) Network has issued a Preliminary Virtual Reconnaissance Report (PVRR) for the Mw 6.8 Earthquake that occurred in Oukaïmedene, Morocco, on September 8, 2023. The earthquake was followed by several aftershocks,...

StEER Preliminary Virtual Reconnaissance Report (PVRR): Duzce, Turkey, Mw 6.1 Earthquake, November 23, 2022

January 24, 2023

The Structural Extreme Events Reconnaissance (StEER) Network has issued a Preliminary Virtual Reconnaissance Report (PVRR) for the Mw 6.1 Earthquake that occured in Duzce, Turkey, on November 23, 2022. The first product of StEER's Level 1 response to the Mw 6.1 Duzce,...

StEER Preliminary Virtual Reconnaissance Report (PVRR): Kahramanmaras, Turkey, Mw 7.8 Earthquake, February 6, 2023

April 6, 2023

Filter by Type

- News Item (13)
- Content Page (3)

Virtual Reconnaissance

米国StEER(Structural Extreme Event Reconnaissance)による組織的なオンライン情報ベースの被害調査の枠組み