

2023.8.28(Mon.)地震工学委員会

2023年度 第3回研究会 ～土木学会功績賞、論文奨励賞 受賞講演 および 次世代地震工学融合研究チーム 活動報告～

地震災害痕跡の 3D デジタル教材と斜面災害復旧 に対する 3D モデルの利活用に関する研究チーム 活動報告

鹿島建設株式会社

長岡技術科学大学

福井工業高等専門学校

株式会社アマネックス

群馬工業高等専門学校

○渡邊 祥庸

志賀 正崇

芹川 由布子

横山 和佳奈

井上 和真

チーム設立の背景

チーム構成員

- ・渡邊祥庸(鹿島建設, 群馬高専OB, 長岡技大社会人博士課程)
- ・志賀正崇(長岡技大)
- ・芹川由布子(福井高専)
- ・横山和佳奈(アマネックス(旧関東測量(株)))
- ・井上和真(群馬高専)

⇒大学・高専関係者と、民間企業社員で構成

チームの活動

- ①地震・災害痕跡データに基づくデジタル教材の検討
- ②斜面災害復旧に対する3Dモデルの利活用方法・適用範囲の検討

地震・災害痕跡データに基づくデジタル教材の検討

3

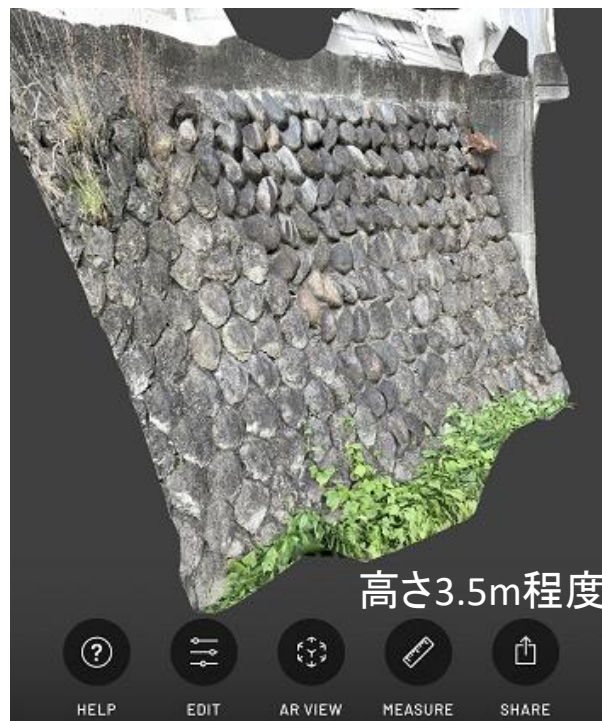
- ・地震工学初学者向けのデジタル教材を検討：教育のデジタル化への対応
- ・魅力的なコンテンツを作ることで、土木や地震分野に興味を持つ学生を増やしたい

➡ 近年技術の発達が顕著である**フォトグラメトリ**や**LiDARスキャン**による3Dモデルの利用を検討



崩壊高さ5m程度

地震により表層崩壊した斜面
フォトグラメトリで3Dモデルを作成



高さ3.5m程度

石積擁壁の3Dモデル化の試行
スマートフォン搭載のLiDARスキャンで作成

今後...

- ・より広範囲な被災状況は UAV等を用いて3Dモデルを作成し、初学者にわかりやすい被災状況のモデルを蓄積
- ・これらを公開する場所の検討

斜面災害復旧に対する3Dモデルの利活用方法・適用範囲の検討

- 近年、毎年のように地震や豪雨を誘因とし、**道路閉塞を伴う土砂災害が発生**
- 高速道路等の物流の要となる主要道路は、**いち早い道路解放が肝要**であり大型土のう等による応急対策が1～2日で施される

問題点

応急対策により、被災後地形の把握が困難となる

- 被災後地形情報が必要となる事項
 - ✓ **恒久対策工の設計**検討(崩壊が生じた場所では、崩落後地形から地盤物性を逆算することが多い)
 - ✓ **計画土量**の算定 など

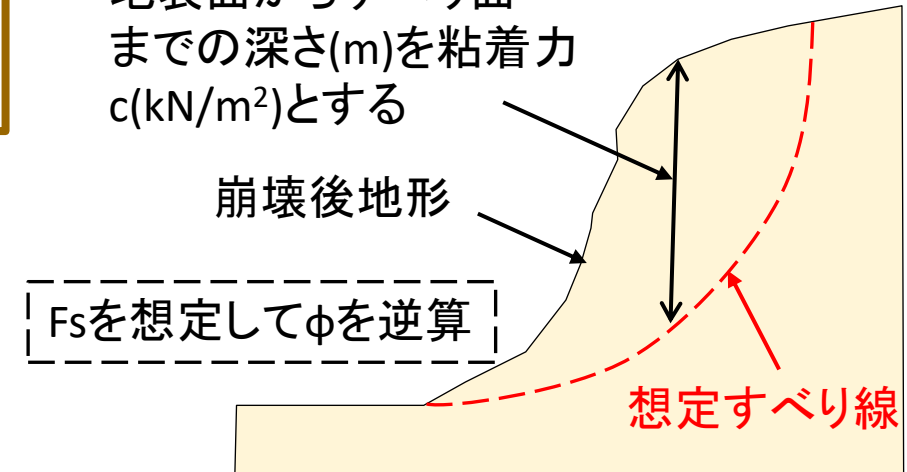
撤去するとなると、

- ・ **交通規制を伴う**ケースが多い
- ・ **二次崩落の危険性が増す**

⇒ 恒久対策工の施工時期がこないと撤去されない



地表面からすべり面
までの深さ(m)を粘着力
 $c(\text{kN}/\text{m}^2)$ とする



研究背景・目的

➤ 被災後地形の従来の測定方法

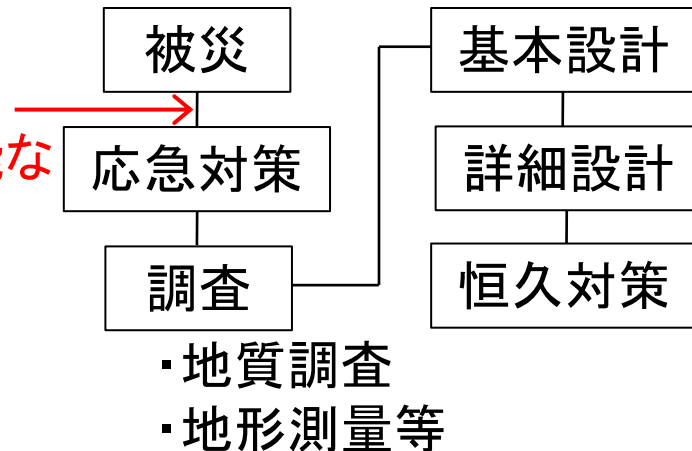
TS, レベルを用いた従来の測量方法, 航空レーザー測量, UAVによる写真測量等

人・資機材の手配に時間を要し, いち早く道路を解放したい状況下では**タイムロス**

目的

応急対策を遅らせることなく、被災後の地形を測量する手法の確立

ここに応急復旧を
遅らせずに測量可能な
手法が欲しい



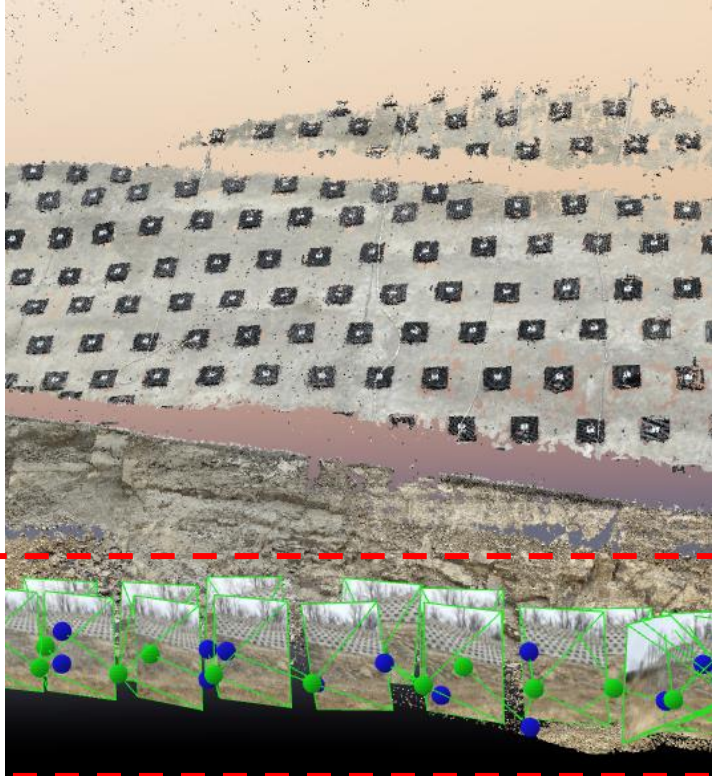
■ 災害復旧の観点から望まれる要件

- ✓ 二次災害の危険性から、人が近寄らずに可能な測量手法が望ましい
- ✓ スマホなど、緊急時でも誰もが持っているデバイスで測量できることが望ましい

着目した測量手法

フォトグラメトリ

- ✓ SfM-MVS技術の躍進で近年発展が目覚ましい技術
- ✓ 対象物の写真から、3次元点群データを取得



写真から
生成された
点群データ

入力した写真

スマホLiDAR

- ✓ 近年、LiDARセンサーを搭載したスマートフォンが登場
- ✓ 土量計測など、建設現場で徐々に使われ始めている技術



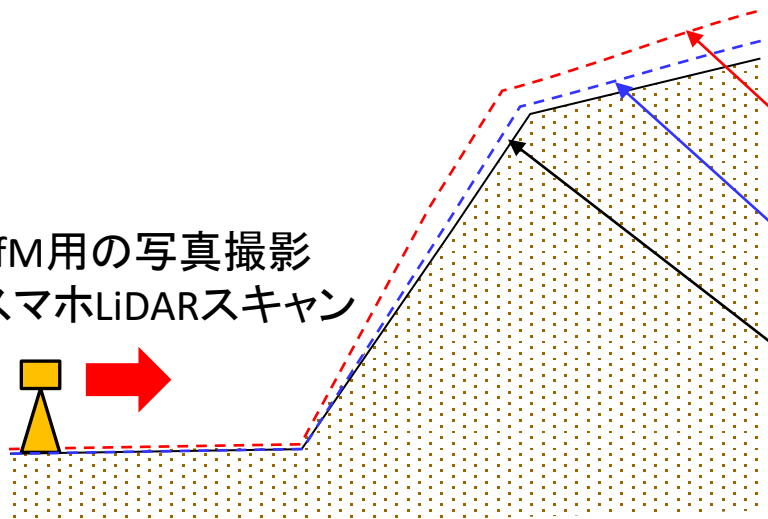
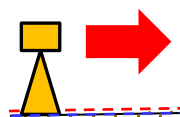
研究フロー

測量手法の検討断面の選定

3次元モデルの作成

- ① 地上レーザー測量, TSによる**基準モデルの作成**
- ② スマホで撮影した写真を用いた**SfM**
- ③ **スマホLiDAR**

- ・SfM用の写真撮影
- ・スマホLiDARスキャン



SfMの3次元モデルから作成した断面
 スマホLiDARの3次元モデルから作成した断面
 現況の実測値 (地上レーザー測量)

各3次元モデルから形状比較用の2次元断面の作成

形状比較用の2次元断面の精度検証

- ・各3次元モデルから作成した2次元断面寸法の比較

法面安定解析による2次元断面の誤差の対策工仕様に及ぼす影響の評価

- ・各2次元断面で検討した, 法面安定のための鉄筋挿入工による対策工仕様比較



■ 地上レーザー測量



TOPCON GLS-2200

■ SfM用写真撮影



代表的なスマホとして
iPhone12を使用

■ スマホLiDAR



代表的なスマホとして
iPhone14proを使用

測量結果

■地上レーザー測量



✓ 比較の基準となる測量結果

■ SfM



✓ 使用写真のラップ率80%
✓ 崩壊土砂の**想定到達距離の外から撮影**。撮影離隔9m程度。

■スマホLiDAR

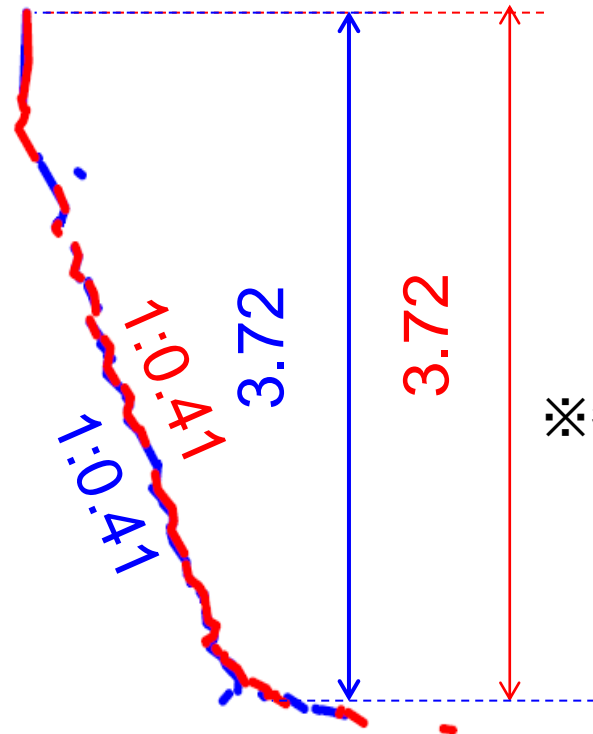


✓ LiDARセンサーの測距能力の制限により、**法面に近接して計測**。

地上レーザー vs スマホLiDARの比較

■断面形状の比較

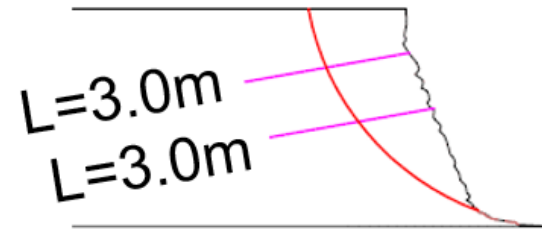
— : 地上レーザー測量
 — : スマホLiDAR 【単位:m】



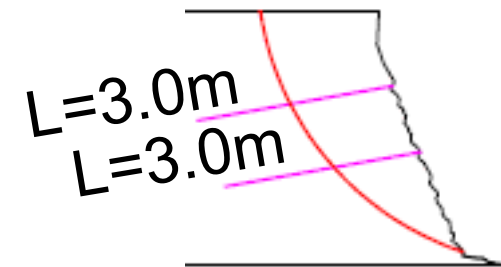
※各手法による3Dモデルの
同一箇所で作成

■対策工仕様の比較

— : 想定すべり面
 — : 鉄筋挿入工



(a)地上レーザー測量



(b)スマホLiDAR測量

石積み一つ一つの起伏も概ね一致しており、**地上レーザー測量結果とほぼ相違ない結果。**
 対策工仕様も同様の結果となった。

チーム活動のまとめ

地震・災害痕跡データに基づくデジタル教材の検討

- ・地震工学初学者向けのデジタル教材の作成を念頭に、スマートフォンによる**フォトグラメトリ**や**LiDARスキャン**を用いて3Dモデルの作成
- ・小規模(スマートフォンからの離隔5m程度)であれば、3Dモデルが作成できることを確認

斜面災害復旧に対する3Dモデルの利活用方法・適用範囲の検討

- ・斜面災害復旧に対して、迅速に被災後形状を把握する手法として、スマートフォンによる**フォトグラメトリ**と**LiDARスキャン**による測量を試行
- ・**LiDARスキャンでは地上レーザー測量とほぼ同様の測量結果が得られる**ことを確認し、迅速な斜面災害復旧の一助となり得ることを示した
- ・AI・データサイエンス論文集に投稿し、「デジタルツイン特別賞」を受賞

※渡邊祥庸, 井上和真, 池田隆明, 小林雅人, 横山和佳奈, 被災後法面の迅速な形状把握と対策工設計を目的としたスマートフォンによる測量の適用範囲の検討, AI・データサイエンス論文集, 4巻2号 pp73-83, 2023

助成いただきありがとうございました