

新都市社会技術融合創造研究会

3次元データ活用に関する研究（H28-29）

PL: 小林泰三（立命館大学）

学： 福井大学（藤垣）、立命館大学（建山・横山）

産： 福井コンピュータ(株)（荒川・平・直江）

五大開発(株)（山森・関家・佐藤）

国土防災技術(株)（中島・眞弓・土佐・戎・藤原・山田）

前田工織(株)（横田・辻）

ソイルアンドロックエンジニアリング(株)（後藤・石井・井上・池永）

協力 (株)田中地質コンサルタント（野村・長岡）

轟建設(株)（山崎・高瀬）

コマツサービスエース(株)（高松）

官： 近畿地方整備局 道路部、企画部、近畿技術事務所

①ドローン等による3次元測量



ドローン等による写真測量等により、短時間で面的(高密度)な3次元測量を実施。

②3次元測量データによる設計・施工計画



③ICT建設機械による施工

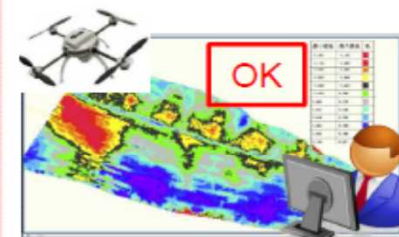
3次元設計データ等により、ICT建設機械を自動制御し、建設現場のIoT(*)を実施。



※IoT(Internet of Things)とは、様々なモノにセンサーなどが付され、ネットワークにつながる状態のこと。

④検査の省力化

ドローン等による3次元測量を活用した検査等により、出来形の書類が不要となり、検査項目が半減。



発注者

i-Construction

これまでの情報化施工の部分的試行

従来方法

測量

設計・
施工計画

施工

検査

①

②

3次元
データ作成

③

・重機の日当たり
施工量約1.5倍
・作業員 約1/3

2次元
データ作成

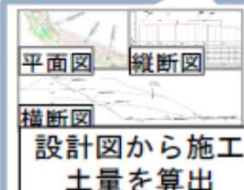
④

測量

設計・
施工計画

施工

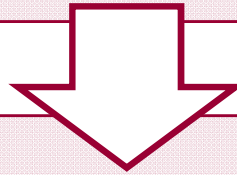
検査



研究実施内容

H28

1. 道路管理に活用できる3次元データの検討と
情報共有システムの構築に向けた予備検討
2. UAV等による盛土の変状計測実証実験
 - ① i-Construction基準に準拠したICT盛土造成と3次元データ取得
 - ② UAV等を活用した盛土の変状計測実験（維持管理フェーズ実験）
 - ③ 盛土内部の情報化実験（施工データの充実化と活用）（施工フェーズ実験）



H29

- 道路管理情報共有システムの構築に向けた基礎的検討・提言
- 3次元データに基づく道路点検・管理手法の検討・提案

1. 道路管理に活用できる3次元データの検討と 情報共有システムの構築に向けた予備検討

現行の道路管理・点検手法と扱われるデータ

定期的実施される構造物点検と各種点検要領

区分	対象	要領等	最新版
構造物	橋梁	橋梁定期点検要領（案）	平成26年6月
		橋梁における第三者被害予防措置要領（案）	平成28年12月
		コンクリート橋の塩害に関する特定点検要領（案）	平成16年3月
	トンネル	道路トンネル定期点検要領（案）	平成26年6月
	防災	過去の防災総点検による要対策箇所・ 防災カルテ箇所の巡回による目視点検（1回/年）	-
	道路のり面工・ 土工構造物	道路のり面工・土工構造物の調査要領（案）	平成25年2月
舗装	舗装	舗装点検要領	平成29年3月

防災：道路防災点検・道路防災カルテ点検

⇒箇所別記録表、安定度調査票、被災履歴記録表、現状記録写真

道路のり面工・土工構造物：第三者被害の恐れのある異常

⇒調査記録表、写真

舗装：ひび割れ、わだち掘れ、横断凹凸（3年に1回）

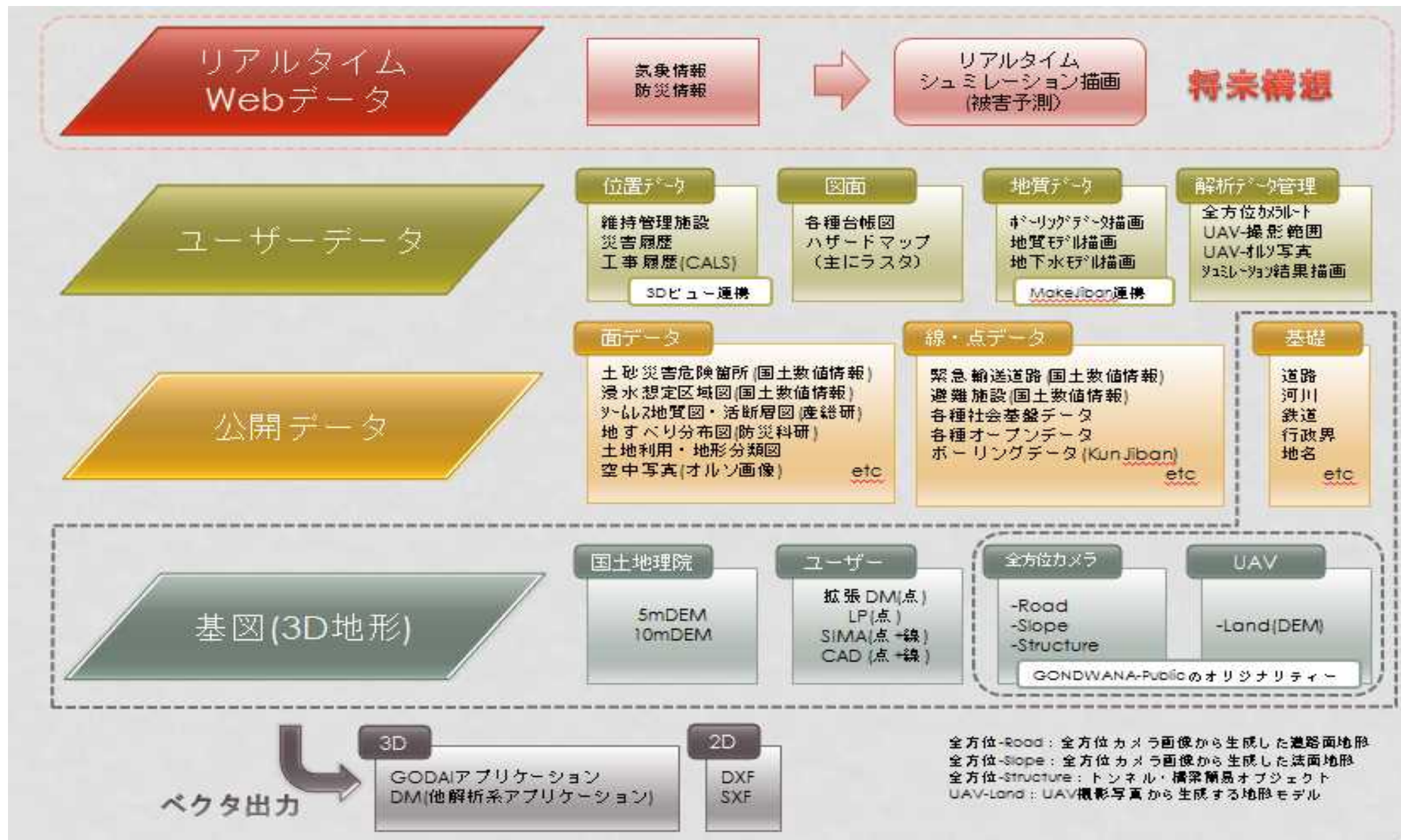
⇒日本道路協会の舗装調査・試験法便覧に準拠。ICT化が進む。

現行の管理・点検データ vs i-Construction 3次元データ

- 現行の道路管理とi-Constructionで扱われるデータは、目的・性質が異なり、3次元データを直ちに活用することは難しい。
- **防災カルテ点検**では、変状の履歴を記録。
⇒**UAVやレーザスキャナの3次元測量による変状監視、データ記録**
(変状計測実験)
- **舗装の点検**では、路面性状のデジタルデータ化が進む。
⇒**H29から「ICT舗装工」始動**
- 要領・基準類とは別に、**GISを活用した道路情報管理システム**の実用化が進む。
⇒**建設から維持管理にかかるデータを一元化**
(プラットフォーム構想)

GISを活用した情報共有プラットフォーム構想

3次元地形マップ（GONDWANA：五大開発株）を基図とした情報共有プラットフォーム構想

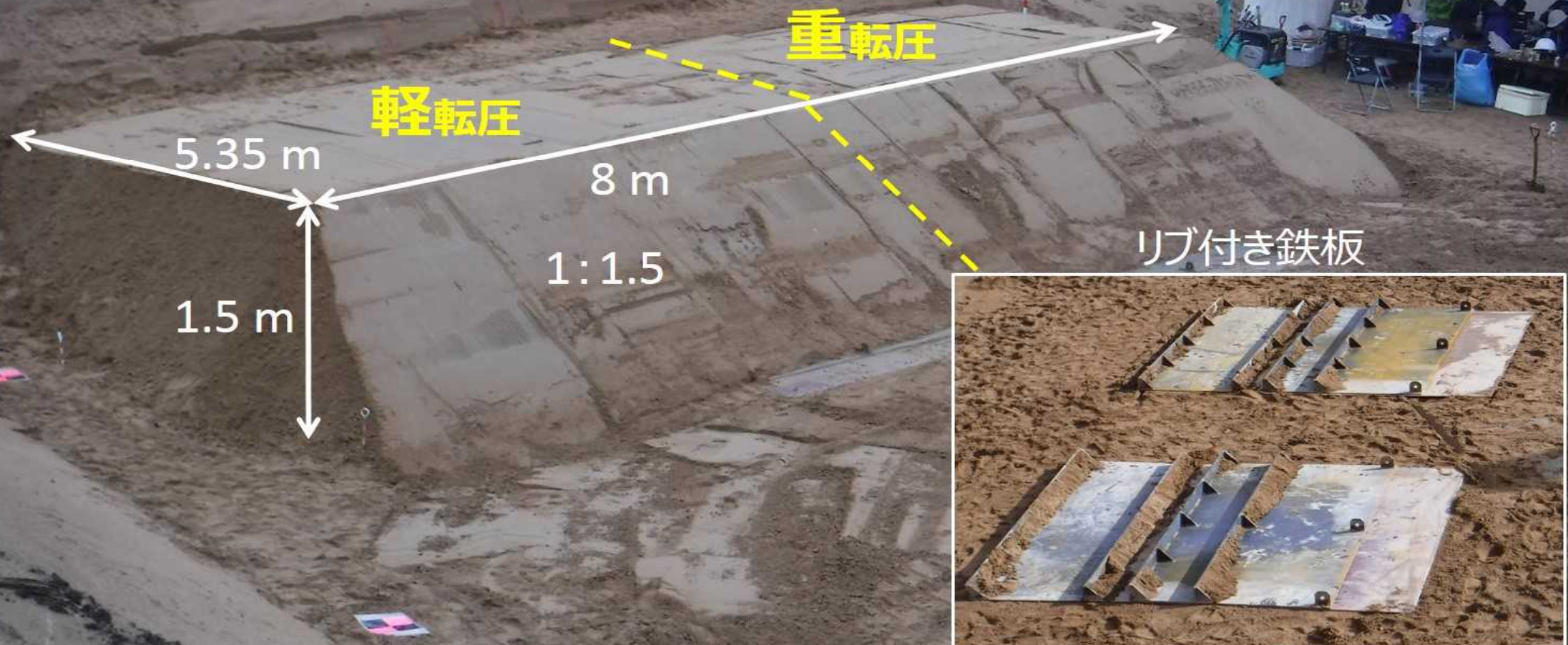


2.1 ICT技術を活用したモデル盛土の造成

i-Construction基準に準拠したICT盛土造成と3次元データ取得

実証実験用のモデル盛土

- ・ 現場：福井県あわら市内土取り現場
- ・ 盛土材（ 80m^3 ）：山砂（含水比13%前後）
- ・ コマツ0.75 ICTマシンコントロール付きバックホウ
- ・ 地山（1:1.8）をMCで1:06に掘削後に腹付け
- ・ 撒き出し厚30cm×5層（ $H=1.5\text{m}$ ）、勾配1:1.5



ICT施工（起工測量～3次元設計データ）

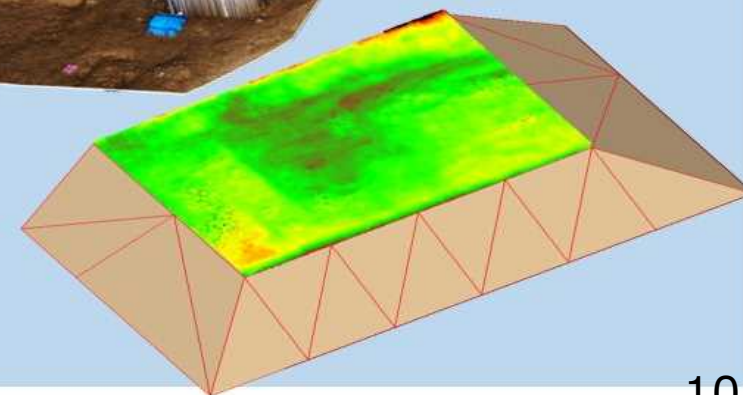
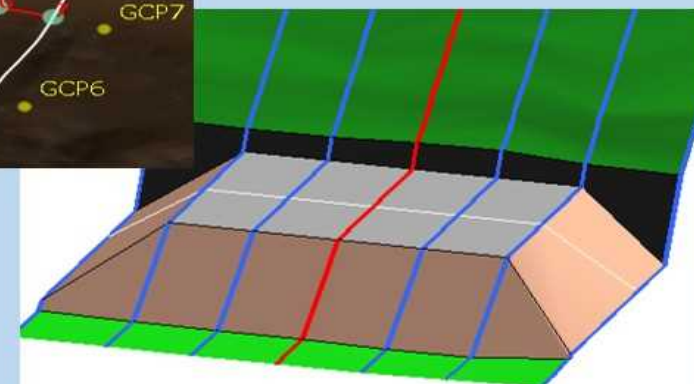
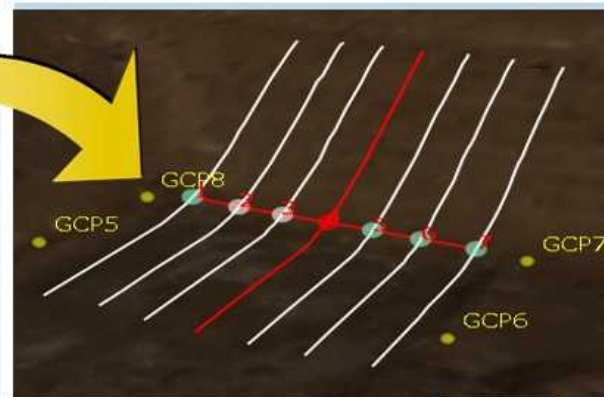
起工測量

出来形測量

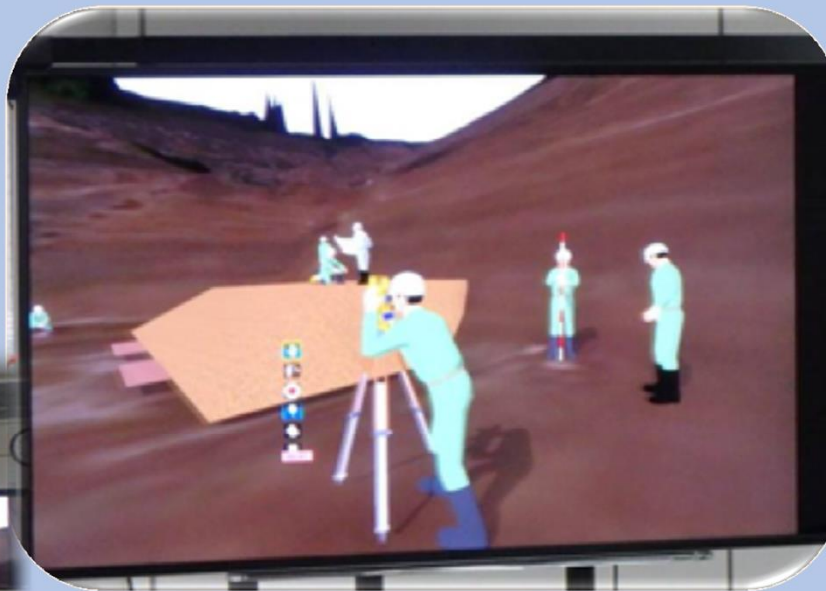
3次元設計

出来形評価

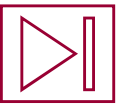
ICT施工



3次元モデルを活用した情報共有・VR技術



2.2 変状計測実験（維持管理フェーズ）



変状の検出

変状発生前と変状発生後の3次元データを用いた差分解析

- ① PhotoScan (Agisoft) で3次元データ：DSM (数値表層モデル) を作成する
- ② QGISで差分解析する

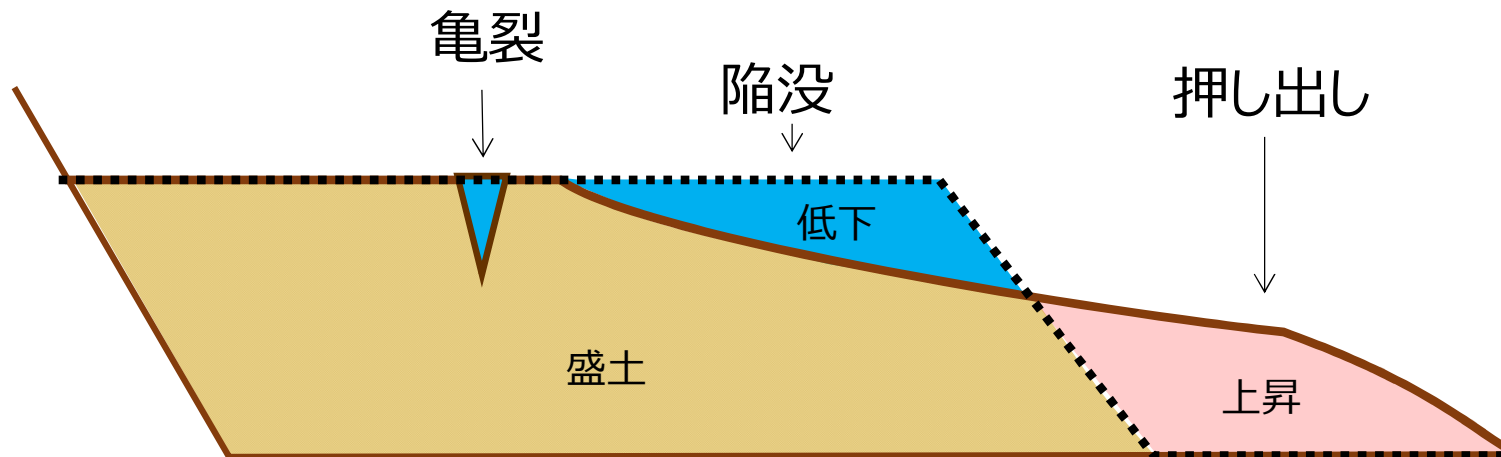
— 変状発生後DSM — ... 変状発生前DSM = 標高の増減が分かる

標高が低下 →

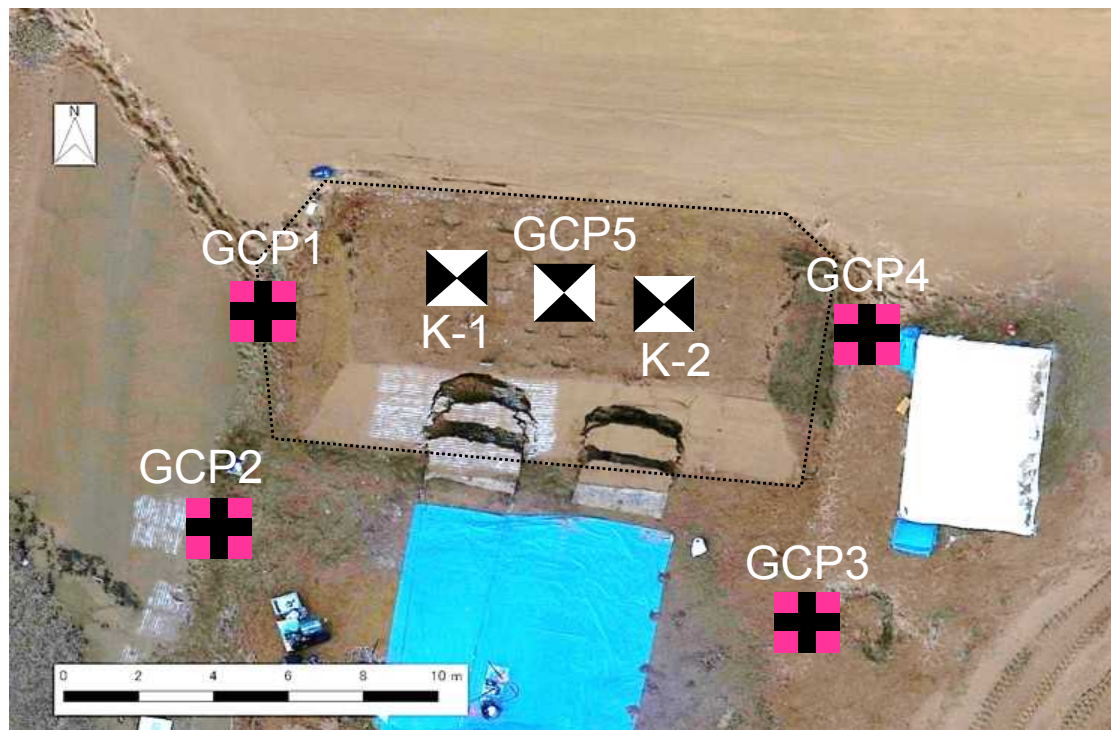
亀裂や陥没が発生した箇所

標高が上昇 →

押し出し、隆起が発生した箇所



3次元データの精度



-  外側標定点
-  内側標定点
-  検証点

	X	Y	Z
GCP1	19614.937	25273.117	17.317
GCP2	19613.664	25267.212	17.314
GCP3	19629.365	25264.525	17.091
GCP4	19631.109	25272.352	17.299
GCP5	19623.275	25273.782	18.523
K-1	19620.482	25274.101	18.589
K-2	19625.502	25273.488	18.589

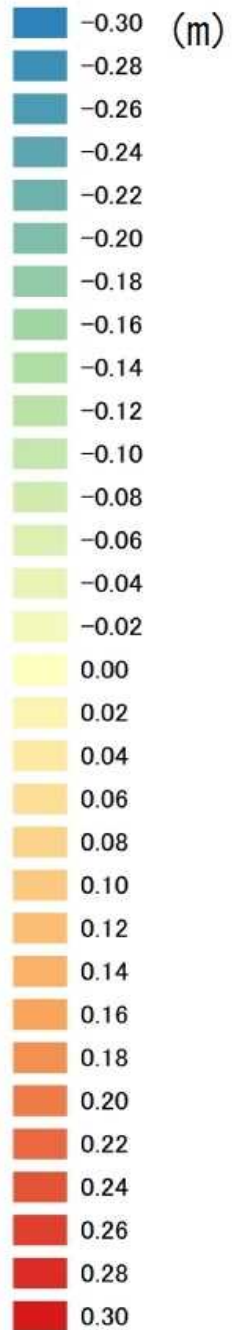
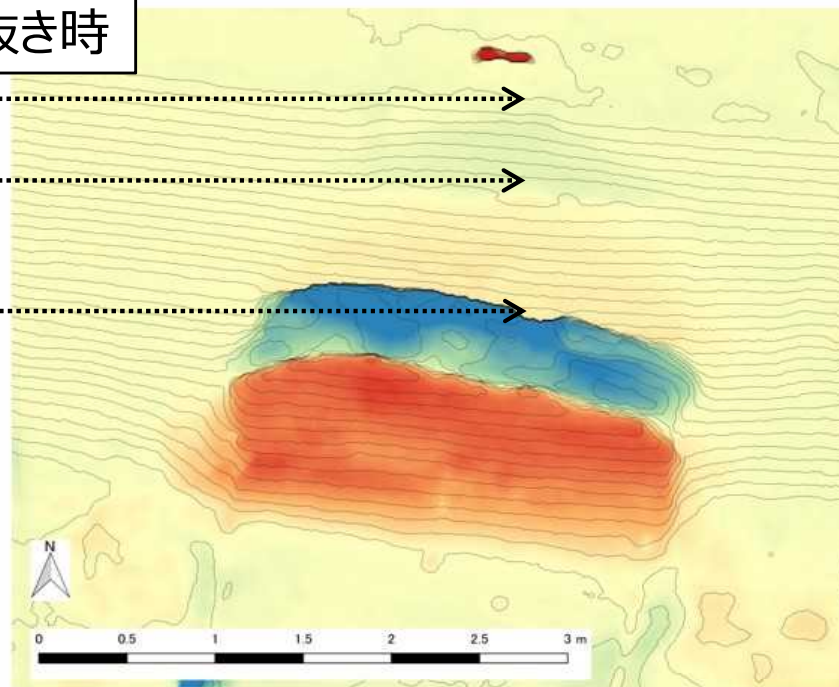
3次元データ			K-1誤差(cm)			K-2誤差(cm)		
			x	y	z	x	y	z
鉄板引抜き前			-0.82	1.39	0.14	-0.6	1.34	-0.02
西	下鉄板	5cm	-0.65	0.16	0.03	-0.84	-0.01	-0.1
		10cm	1.15	-0.16	0.38	0.71	-0.63	-0.28
		20cm	-0.84	0.72	-0.72	-0.36	1.18	-0.66
		30cm	1.02	-0.53	-0.64	1.93	-0.17	-0.34

「空中写真測量を用いた出来形
管理要領（土工編）」に示され
た基準を満たした

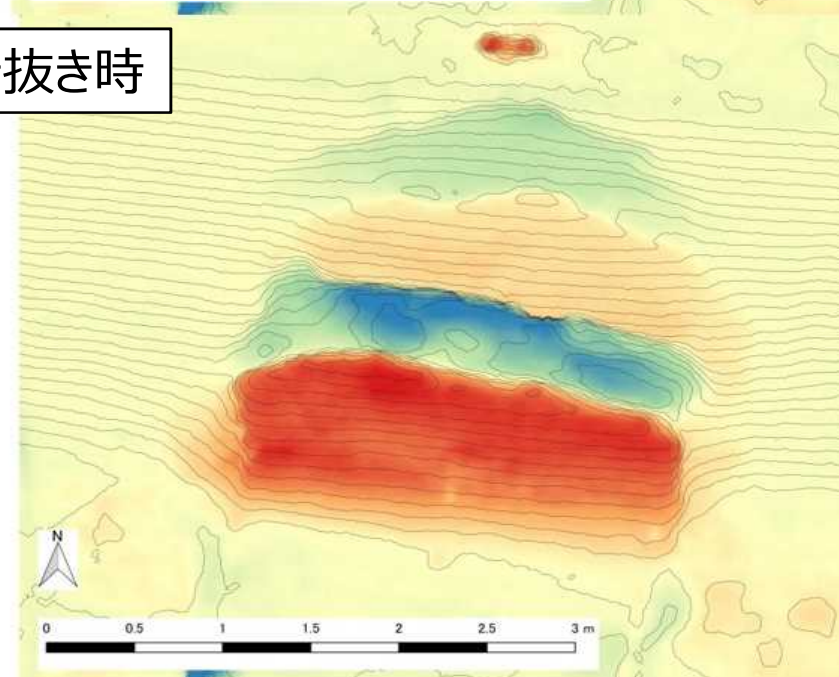
誤差は**2cm**以内に収まった

UAVによる変状計測の結果①

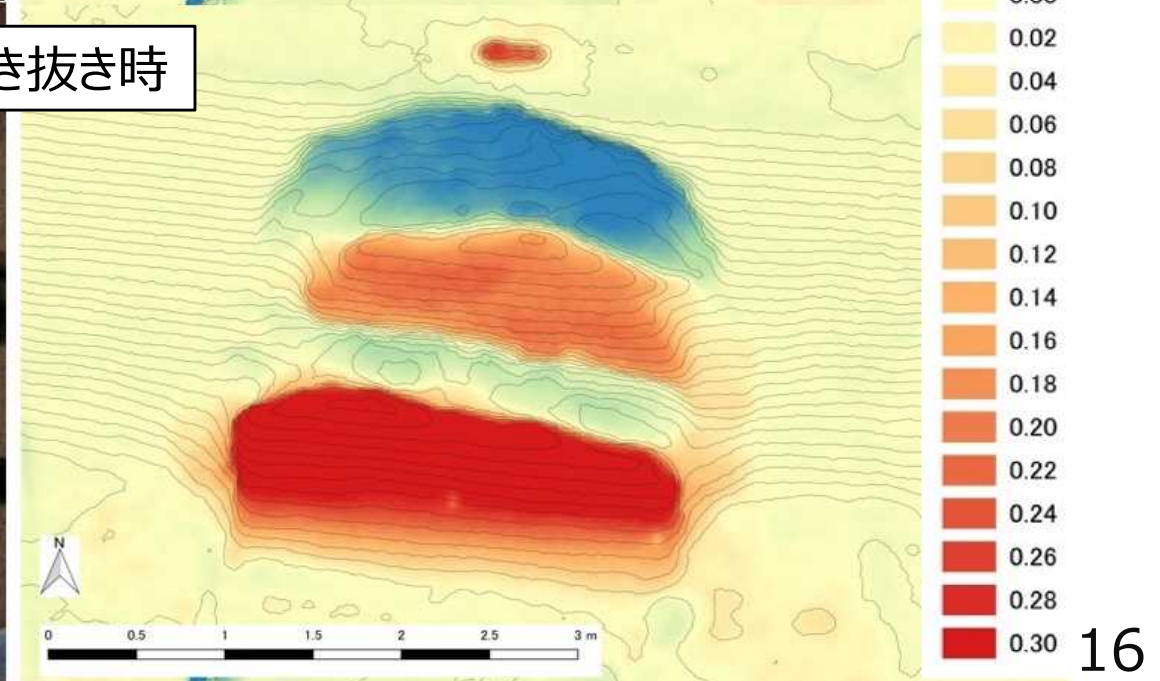
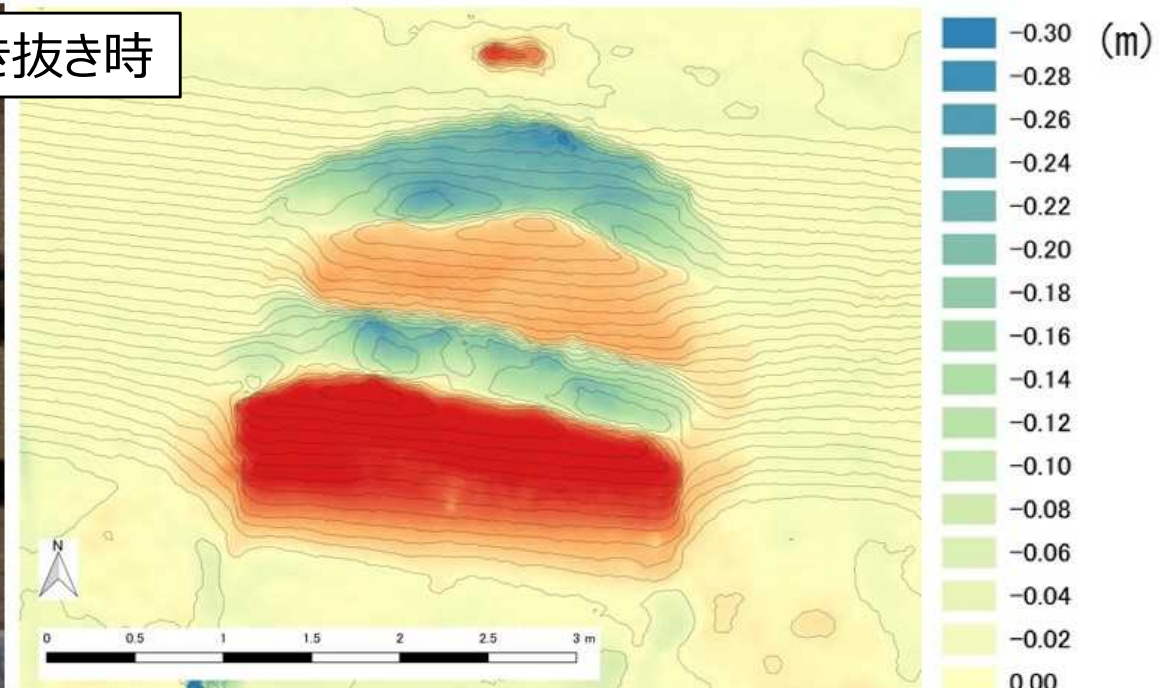
5 cm引き抜き時



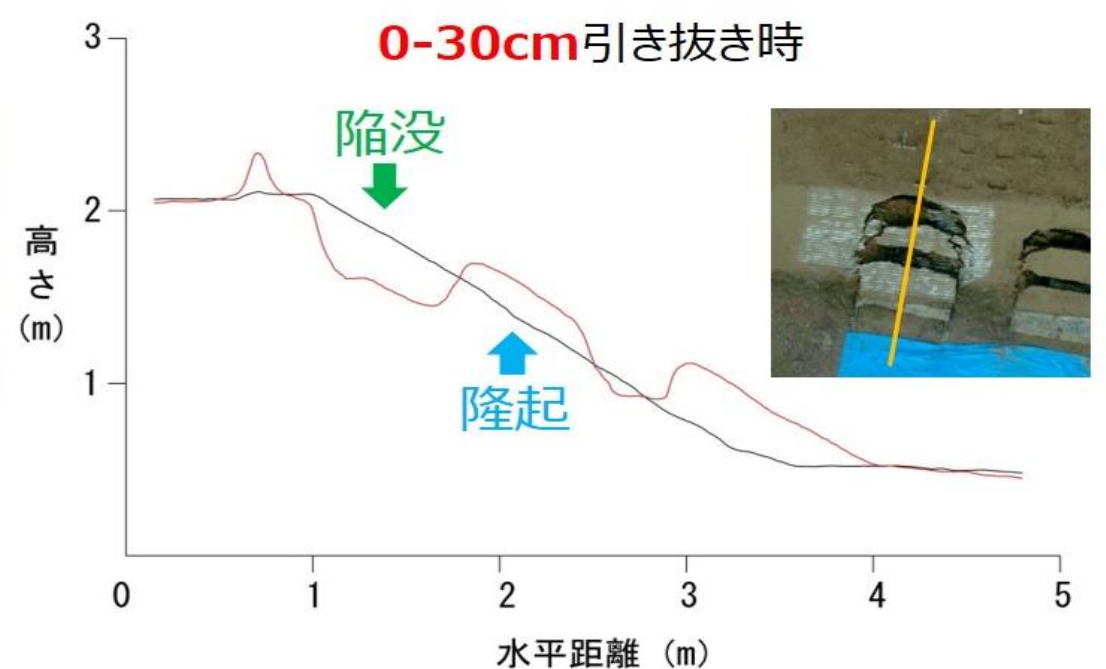
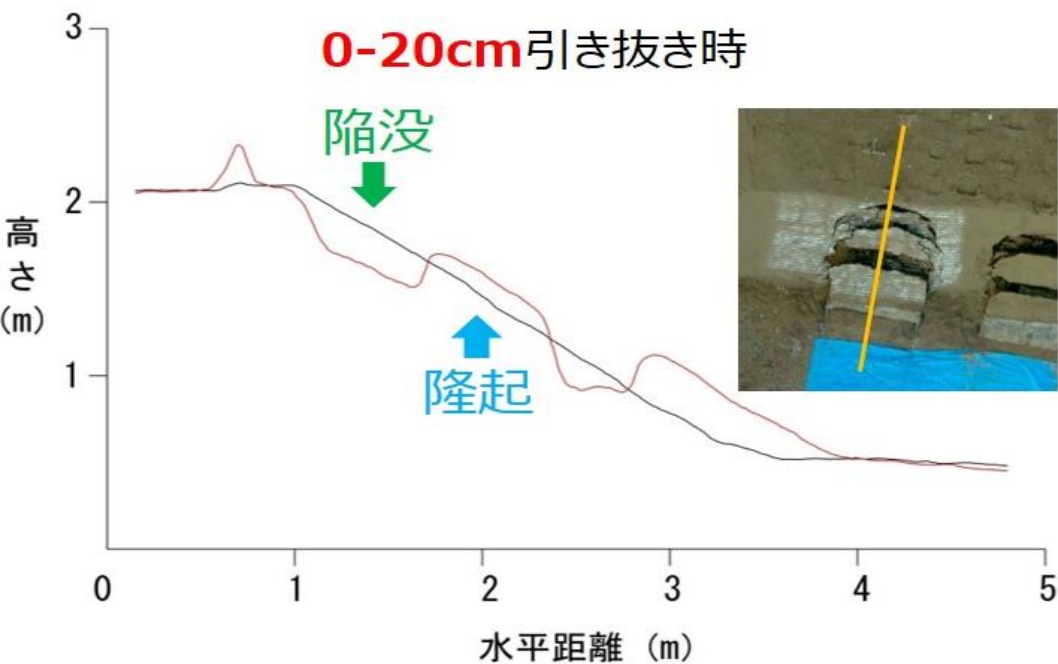
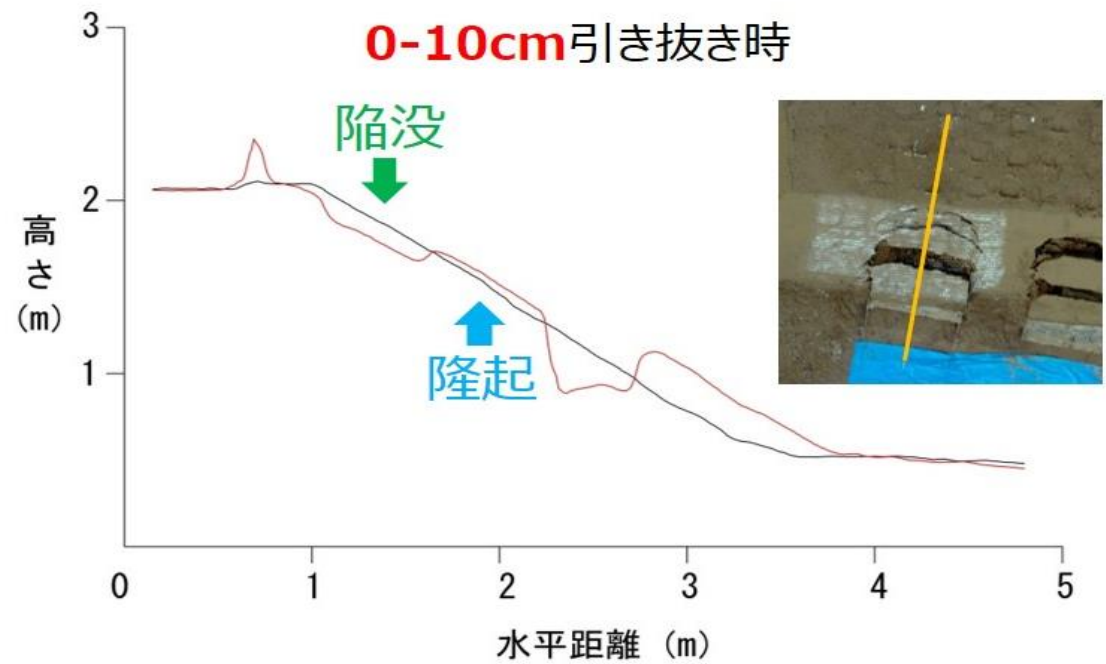
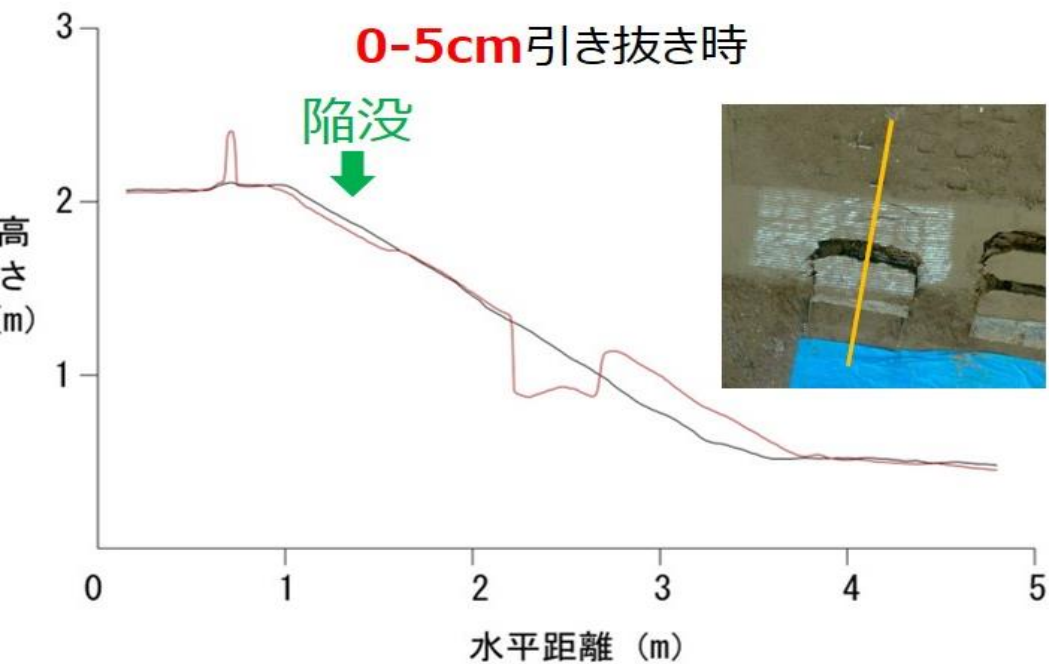
10 cm引き抜き時



UAVによる変状計測の結果②



UAV空撮による変状計測③ 断面図

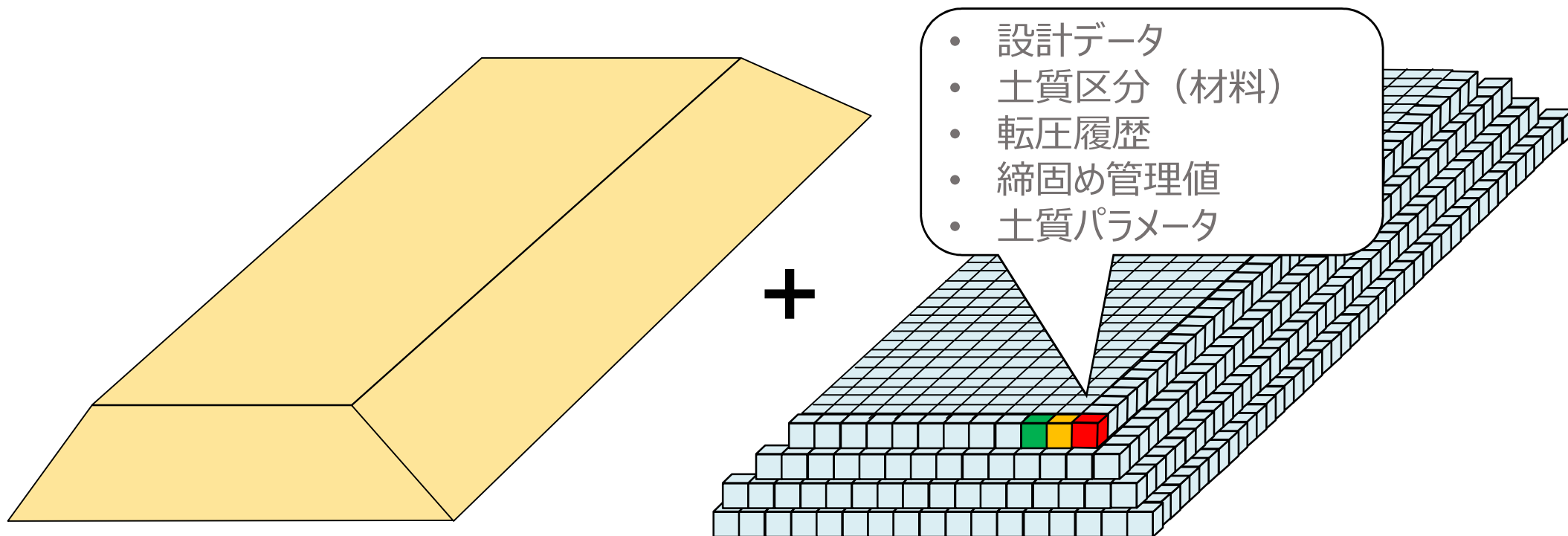


2.3 盛土内部の情報化実験（施工フェーズ）

- 加速度センサ付き転圧機による剛性評価
- UAVによる転圧面の圧縮ひずみ計測
- 地中レーダによる電磁波速度計測
- 赤外線サーモグラフィによる地表温度計測
- 小型載荷・せん断試験装置による剛性・強度計測
- RI密度計測
- 簡易支持力試験機（キャスポル）

サーフェスモデルからプロダクトモデルへ

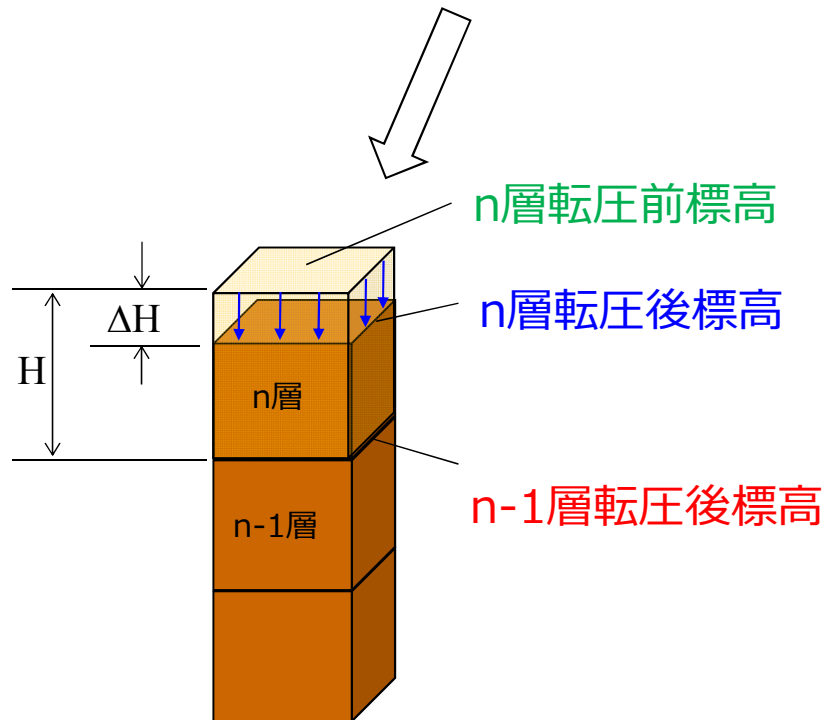
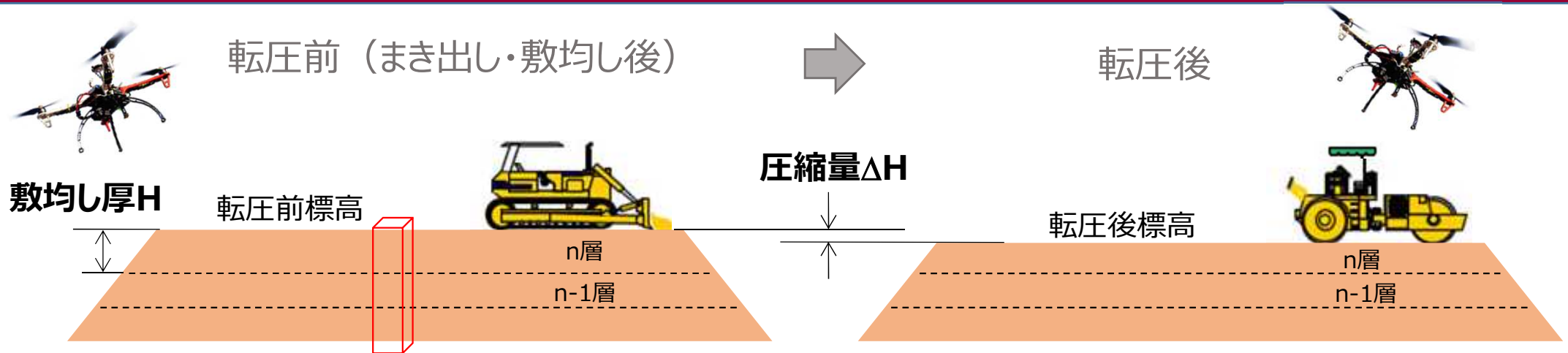
- ✓ 施工フェーズにおける品質管理の高度化
- ✓ 維持管理フェーズにおける盛土内部のトレーサビリティ確保
- ✓ 設計～施工～管理のデータ一元化、PDCAサイクル創出



UAV空撮に基づく3次元出来形データ
(サーフェスデータ)

属性情報を持つ3次元内部データ
(例えばボクセルデータ)

UAV空撮による盛土の品質管理手法



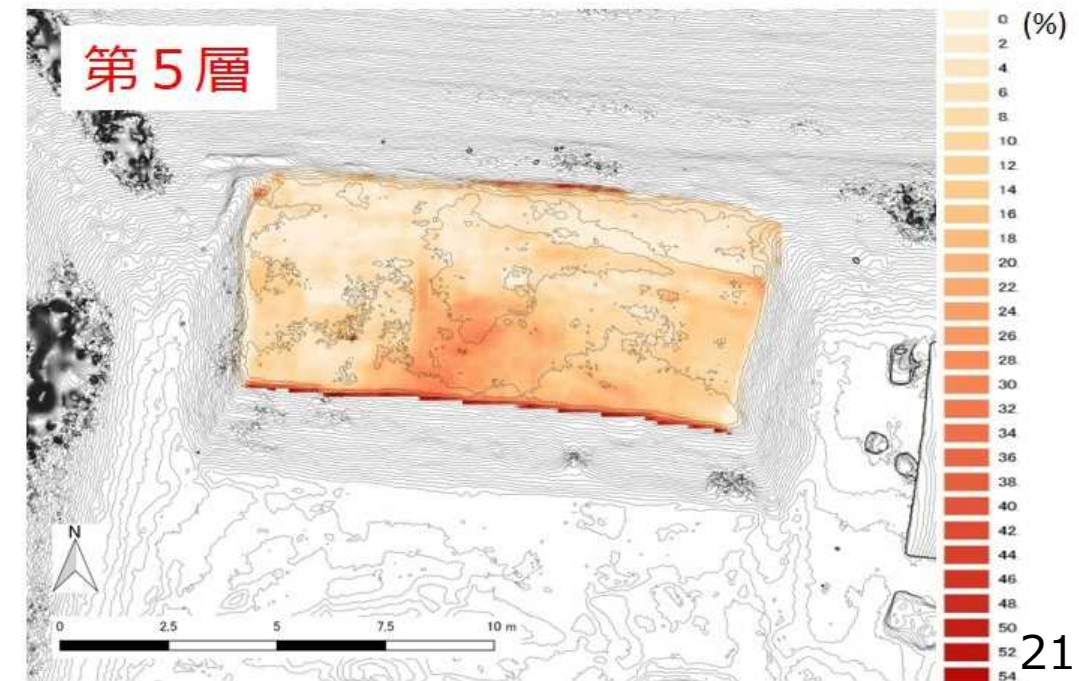
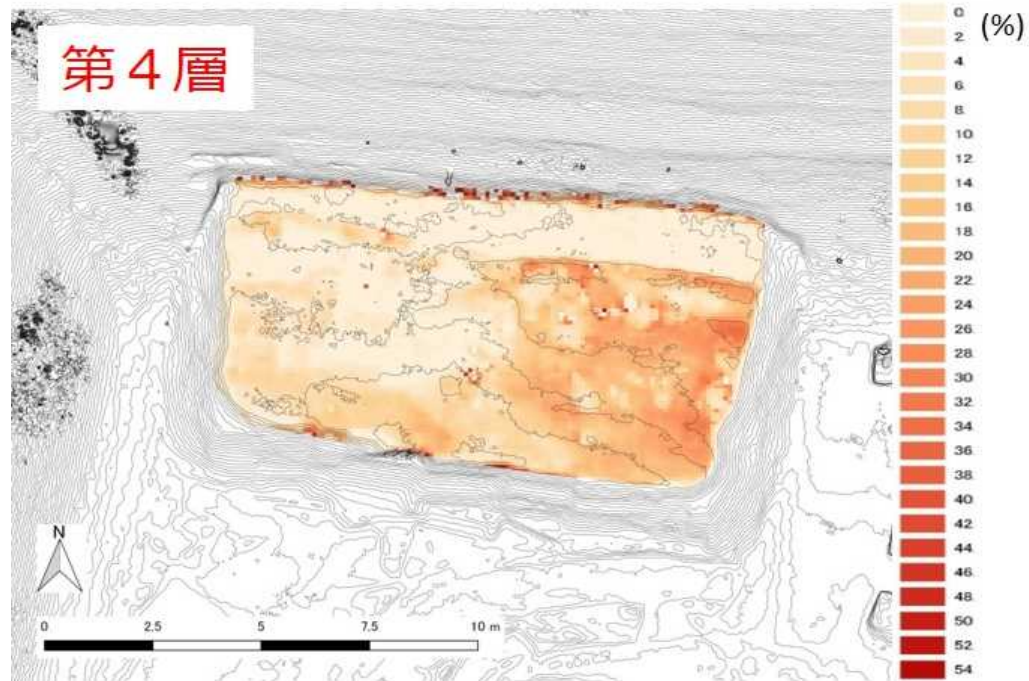
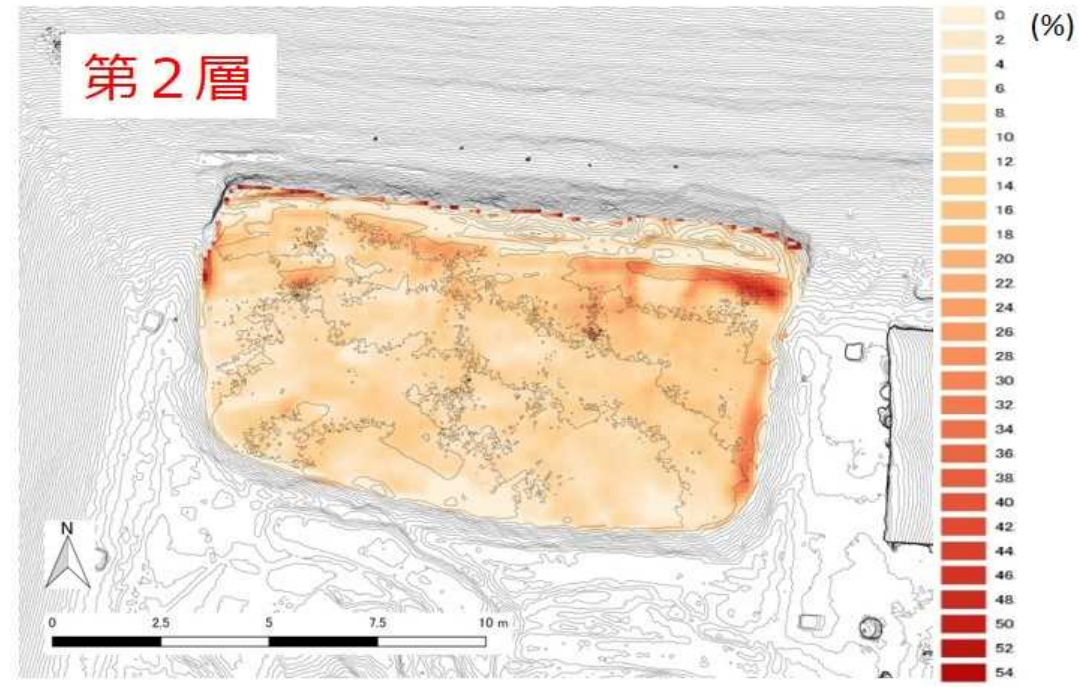
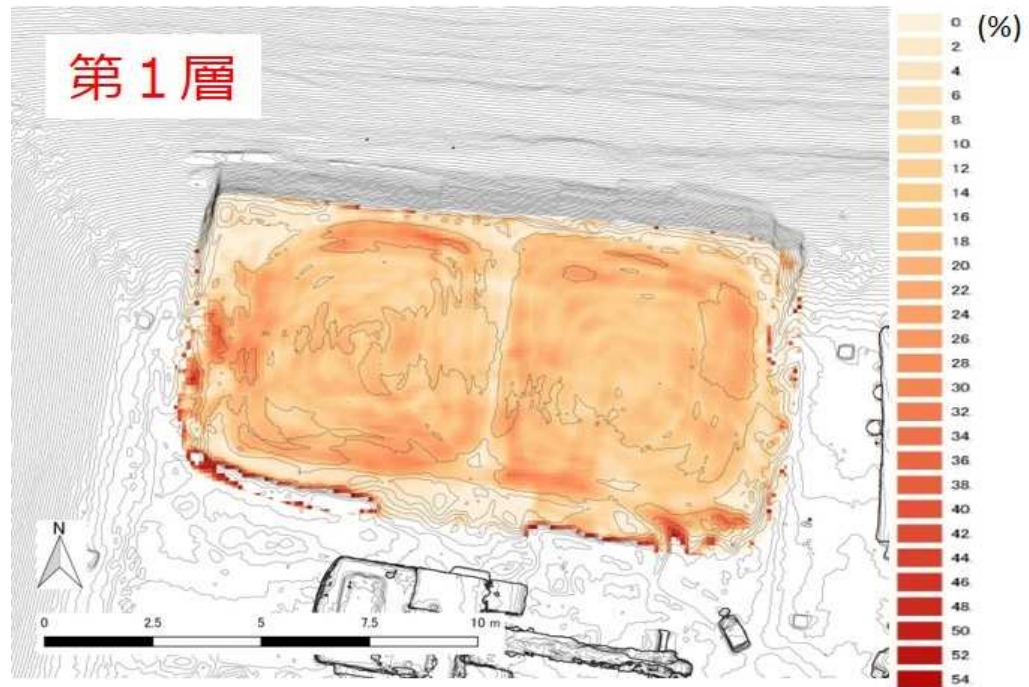
■ UAV撮影 ⇒ 点群データ ⇒ 3D地形モデル

$$\begin{aligned} \text{■ 圧縮ひずみ } \varepsilon &= \frac{\Delta H}{H} = \frac{\text{圧縮量}}{\text{敷均し厚}} \\ &= \frac{(\text{n層転圧前標高}) - (\text{n層転圧後標高})}{(\text{n層転圧前標高}) - (\text{n-1層転圧後標高})} \end{aligned}$$

■ 各層の圧縮ひずみの面的分布

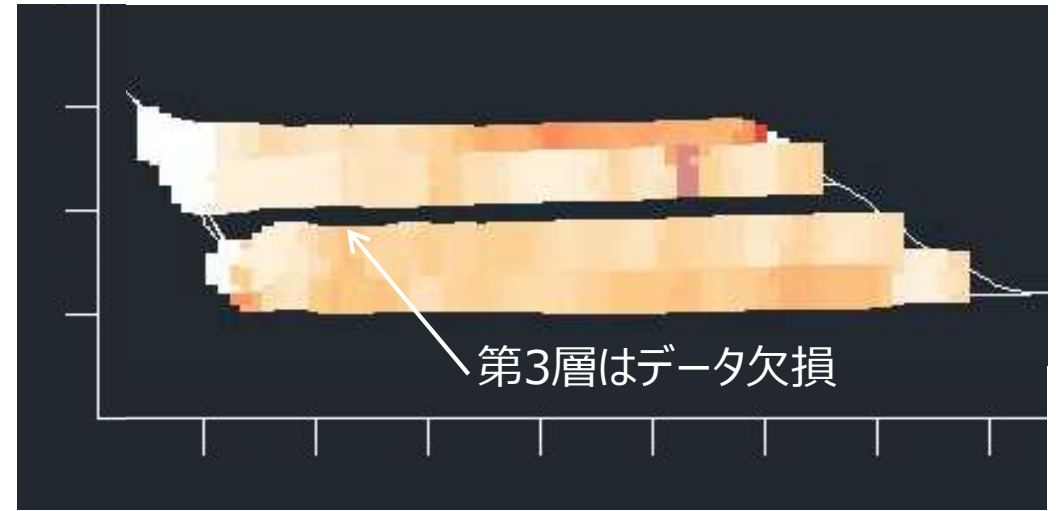
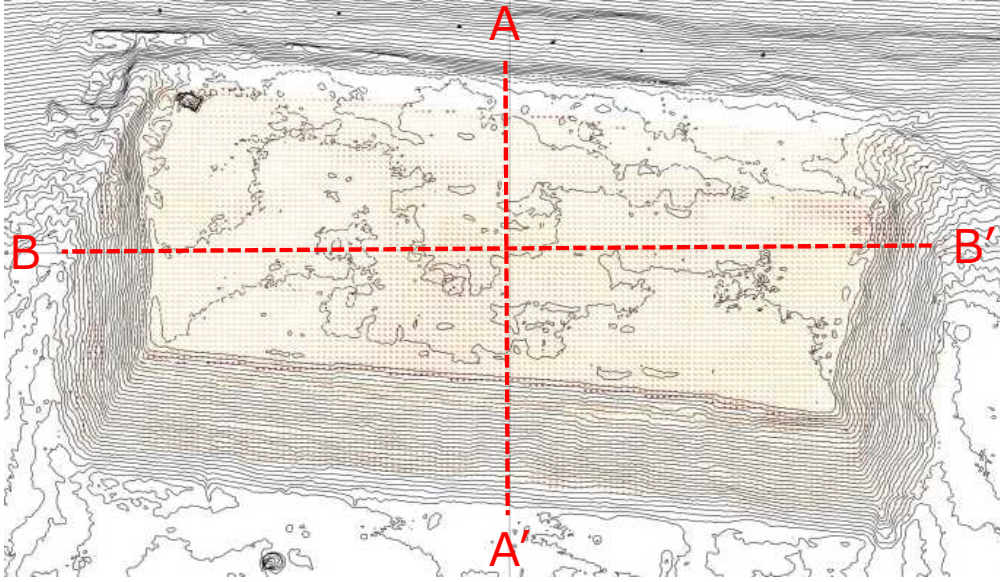
■ 盛土内部の圧縮ひずみの空間的分布

各層の圧縮ひずみの面的分布



盛土内部の圧縮ひずみの空間的分布

- 圧縮ひずみを属性にもつ点群を3次元データ表示（10cmグリッド×高さ30cm）。
- 任意の測線で断面図表示でき、盛土内部の締固め状況が把握できる。



横断断面（A-A'）

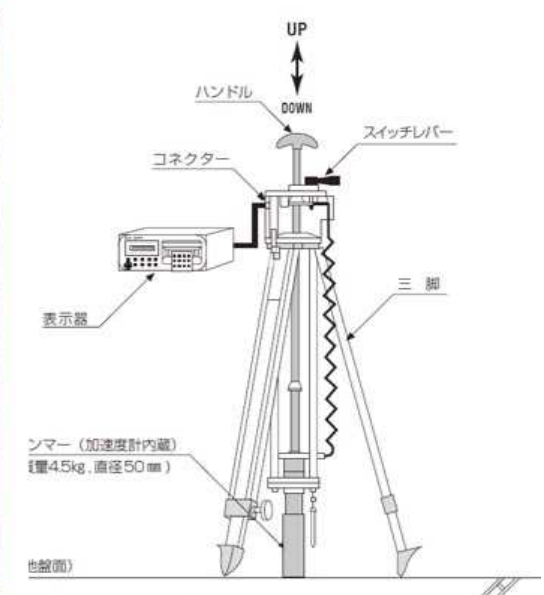


縦断断面（B-B'）

その他簡易計測機器を用いた転圧面の地盤特性計測



地中レーダ



簡易支持力試験器 (キャスポール)

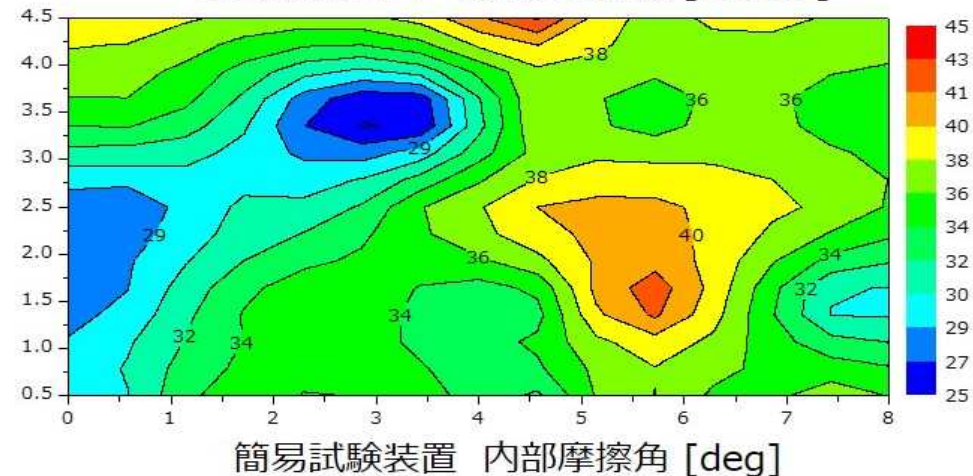
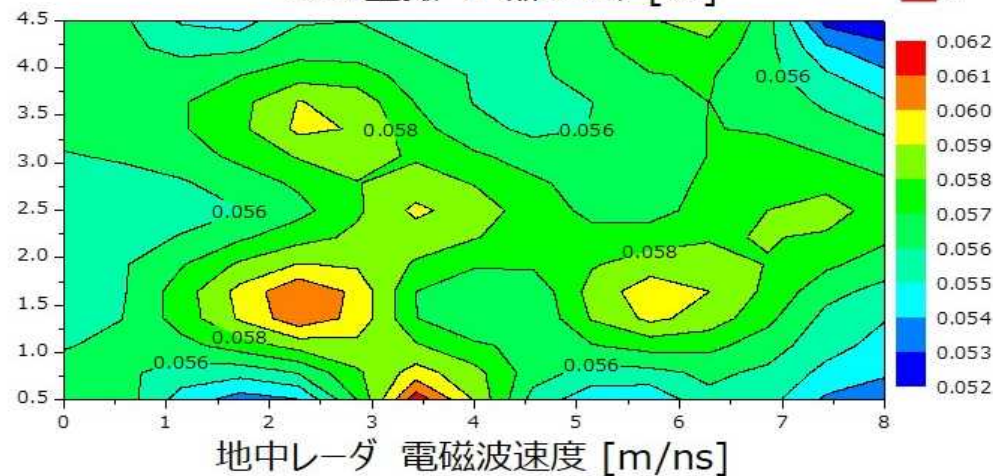
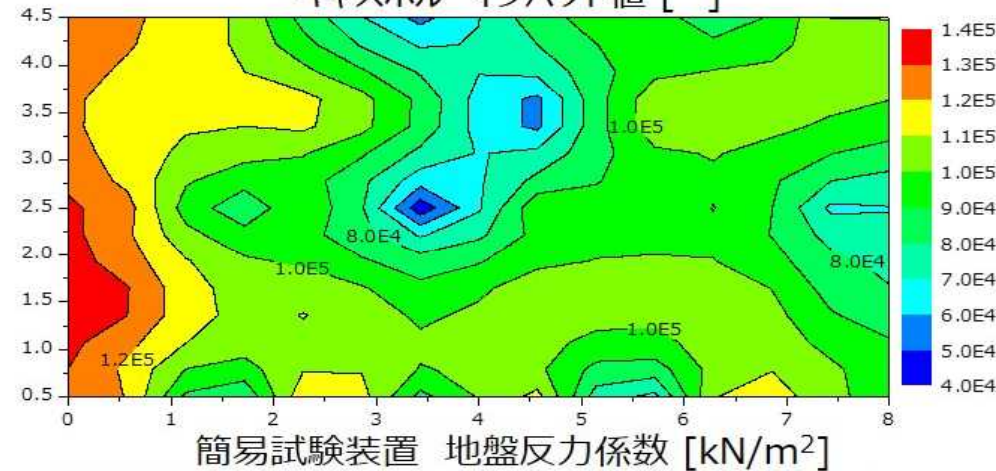
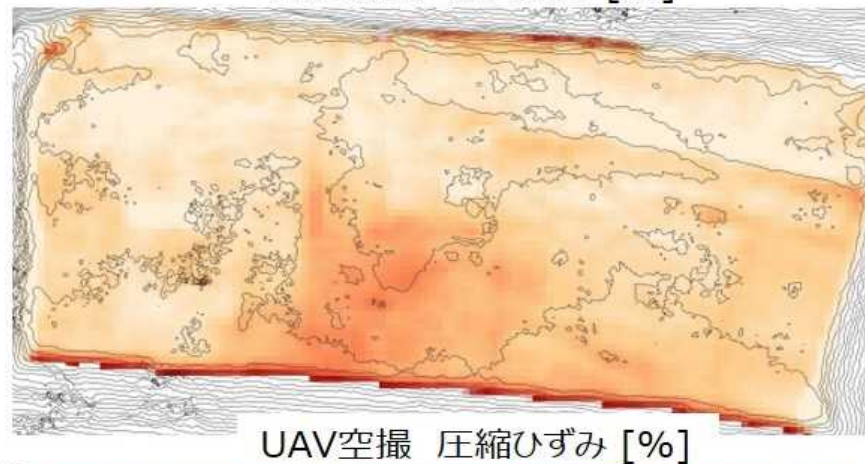
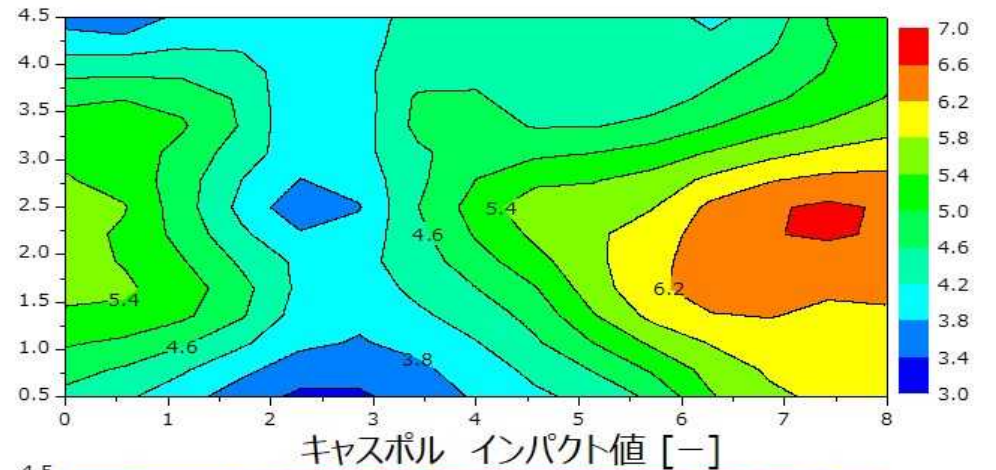
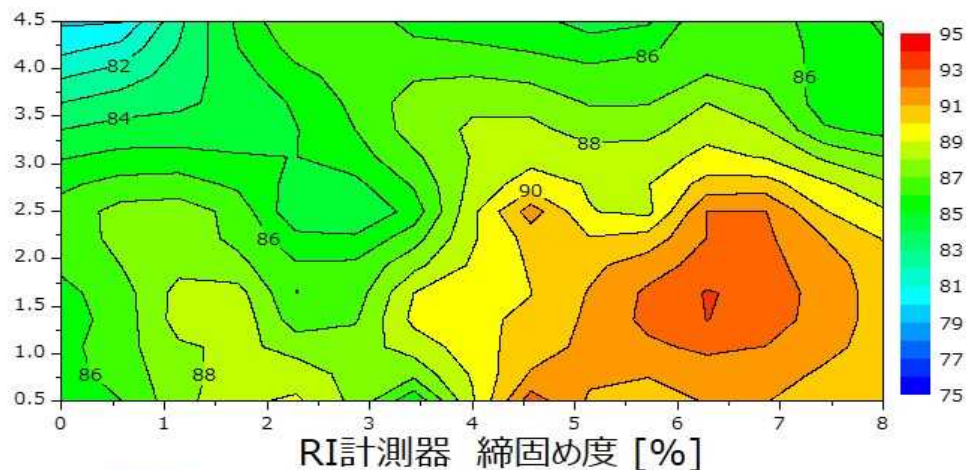


小型平板載荷・回転せん断試験装置



赤外線サーモグラフィカメラ

各試験で得られた結果の比較（第5層：天端層）



提案技術の可能性

変状計測技術

- ⇒ 目視点検では把握が難しいマクロな変状の空間把握
- ⇒ 重点監視箇所のスクリーニング手法
- ⇒ 動態監視手法の提案

内部情報化技術

- ⇒ 設計・品質管理・施工・維持管理データの一元化
- ⇒ 盛土内部のトレーサビリティ確保
(変状発生時のメカニズム推定、対策工設計の効率化・合理化)
- ⇒ 設計～施工～管理の3次元データのPDCAサイクル創出

成果と抽出された課題

特にUAVを用いた変状計測と盛土内部の圧縮ひずみ分布計測は、有用性の高い技術になると考えており、今年度は実フィールドを対象とした実用化検証実験を計画している。

変状計測技術

- ⇒ データの軽量化：点群密度と捉えられる変状の精度の相関検証。DSMなどの標高モデルとして扱うことで軽量化できる可能性もある。
- ⇒ 観測施工技術としての利用検討：将来の点検時だけでなく、施工中の変状計測としての利用価値についても検討したい。

内部情報化技術（UAVによる締固め管理・データ記録）

- ⇒ データの軽量化
- ⇒ 他の施工履歴データとの関係性の検討
- ⇒ データ記録方法、取得した内部情報の表現方法の改善
- ⇒ 品質管理への応用も視野に入れた技術のシステム化：UAVで計測した圧縮ひずみ分布は密度分布に変換できる可能性がある。