



# 中間貯蔵施設の維持管理におけるUAVを用いた点検・監視の効率化手法実証

～R2/R3年度 除去土壌等の減容等技術実証事業成果～



**アジア航測株式会社**  
ASIA AIR SURVEY CO.,LTD.

廣永 茂雄



MAKE BEYOND つくるを拓く

**大林組**

神徳 敬

# 本日の発表内容

1. UAVを用いた施設の変状把握技術実証  
(アジア航測)
2. UAVを用いた施設の放射線計測技術実証  
(大林組)
3. 取得した監視情報の管理・提供技術実証  
(アジア航測)

# 1. UAVを用いた施設の変状把握技術実証

# 1. UAVを用いた施設の変状把握技術実証

## (1) 目的とねらい

今後長期にわたる中間貯蔵施設の稼働において生じると考えられる施設の劣化のうち、**土壌貯蔵施設の浸食や崩壊、野生動物による損傷等**に着目し、UAVにより取得した**画像やレーザ計測データ**から得られる変化量から施設の変状箇所を抽出する手法についての調査・検討



中間貯蔵施設における変状の例  
(イノシシ掘返し)

## (2) 実施内容

### ①R2年度（1年度）

- ・ **疑似変状**を造作し、変状造作前・後の2時期のデータ差分より変状箇所の探索を実施（**SfM法**と**レーザ計測**データの2方法を比較検証）

### ②R3年度（2年目）

- ・ 施工後の堰堤において、**植生被覆下**の変状抽出可否を検証
- ・ 草刈前、草刈後での抽出精度の違いを検証（**レーザ計測**データを利用）

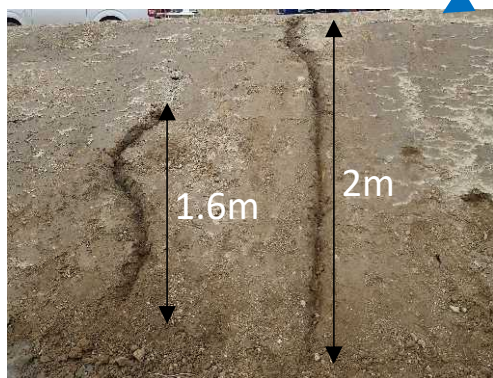
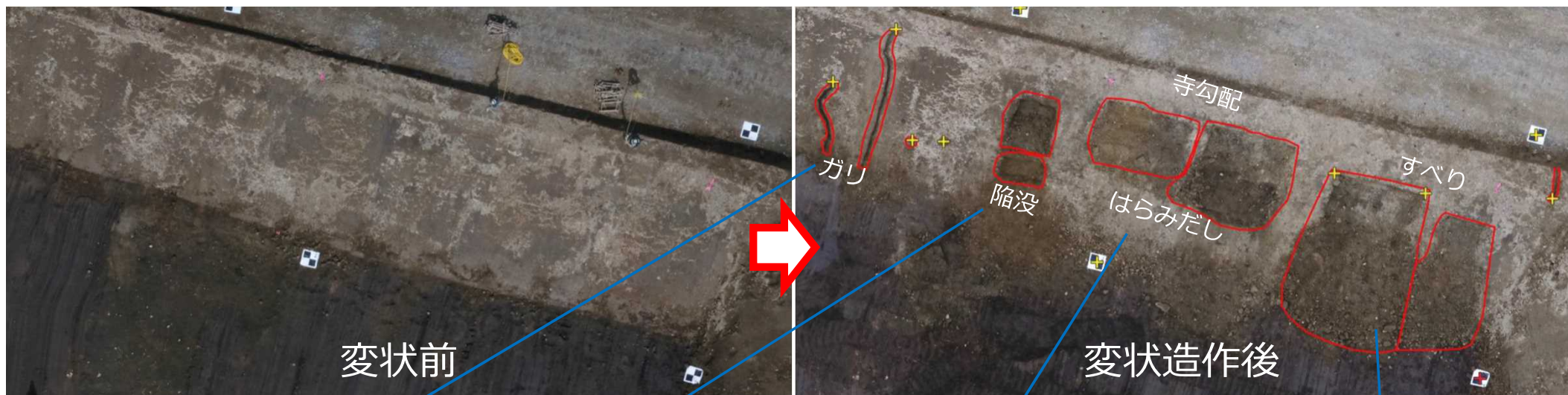


# 1. UAVを用いた施設の変状把握技術実証

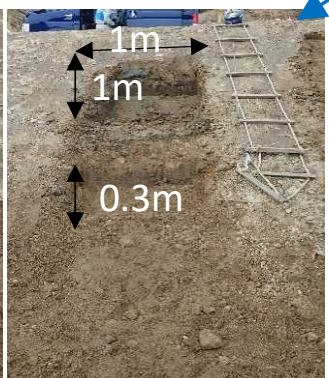
## (3) -1 実証結果 ～疑似変状を用いた変状抽出～

### ①疑似変状を造作

※大熊3工区 拡張2（工事中の一部）にて実施



ガリ



陥没



寺勾配・はらみだし



すべり



# 1. UAVを用いた施設の変状把握技術実証

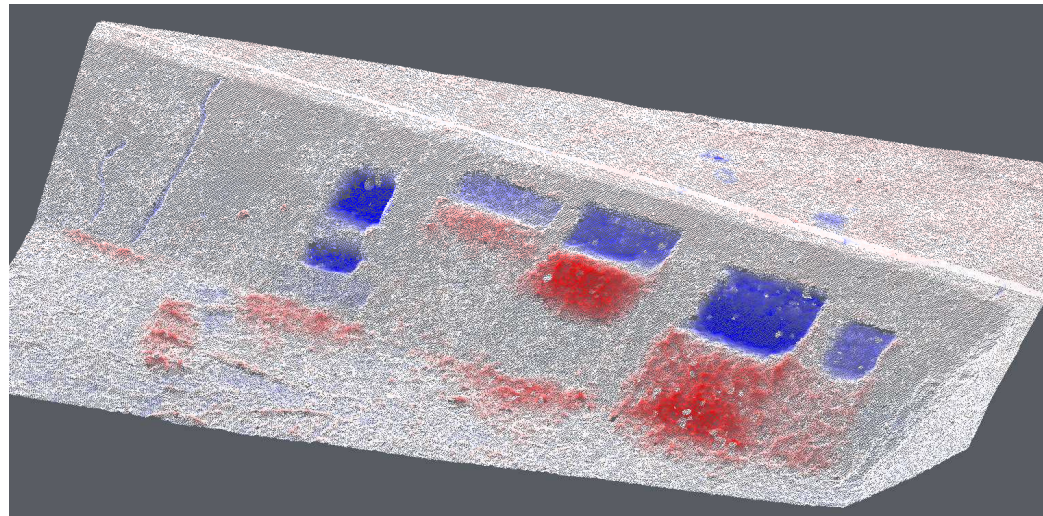
## (3) -1 実証結果 ～疑似変状を用いた変状抽出～

### ②二時期点群データによる差分量の可視化

#### 画像によるSfM点群二時期差分



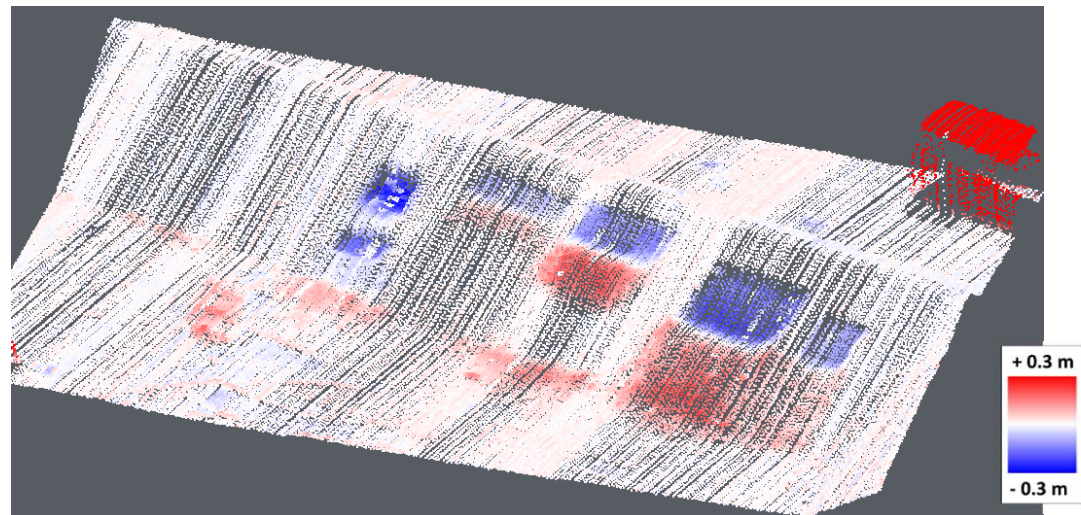
オーバーラップ : 80%  
サイドラップ : 60%  
地上画素寸法 : 0.5cm/pix



#### レーザ点群二時期差分



コース間重複度 : 60%  
想定点密度 : 420点/m2



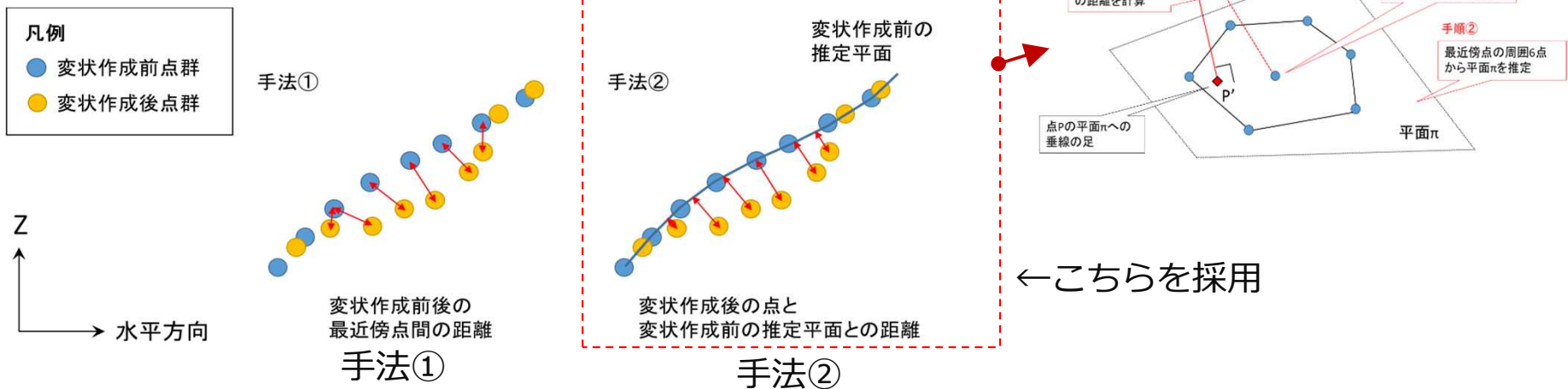
# 1. UAVを用いた施設の変状把握技術実証

## (3) -1 実証結果 ～疑似変状を用いた変状抽出～

### ③変状の自動抽出

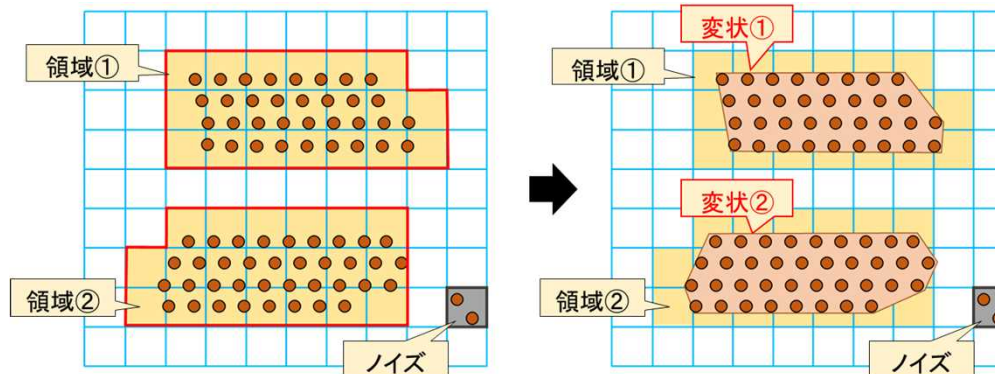
#### 1) 地形変化量の計算

地形モデルにより変状前の推定平面を作成し平面との距離を計算



#### 2) 変状領域の抽出

一定の地形変化量を有する点群をグリッド（マス目）単位にグルーピング





# 1. UAVを用いた施設の変状把握技術実証

## (3) -1 実証結果 ～疑似変状を用いた変状抽出～

### ④変状抽出結果の評価

地形変化量の閾値、グリッド（マス目）サイズを変え、以下の8パターンで抽出精度を評価

	点群取得手法	地形変化閾値	マス目サイズ	評価値		
				適合率	再現率	F値※
1	S f M (画像から点群生成)	8cm	10cm	84.1	61.3	70.9
2		5cm	10cm	64.6	85.0	73.4
3		5cm	5cm	75.6	76.8	76.2
4		3cm	5cm	61.6	91.1	73.5
5	レーザ計測	8cm	10cm	68.2	60.5	64.1
6		5cm	10cm	51.3	85.6	64.1
7		5cm	5cm	64.8	73.5	68.9
8		3cm	5cm	39.1	93.1	55.0

$$\text{※F値} = \frac{2 \times \text{適合率} \times \text{再現率}}{\text{適合率} + \text{再現率}}$$





# 1. UAVを用いた施設の変状把握技術実証

## (3) - 2 実証結果 ～植生被覆下の変状抽出～

### ①草刈前・後でのレーザ計測の実施

※大熊3工区 当初部にて

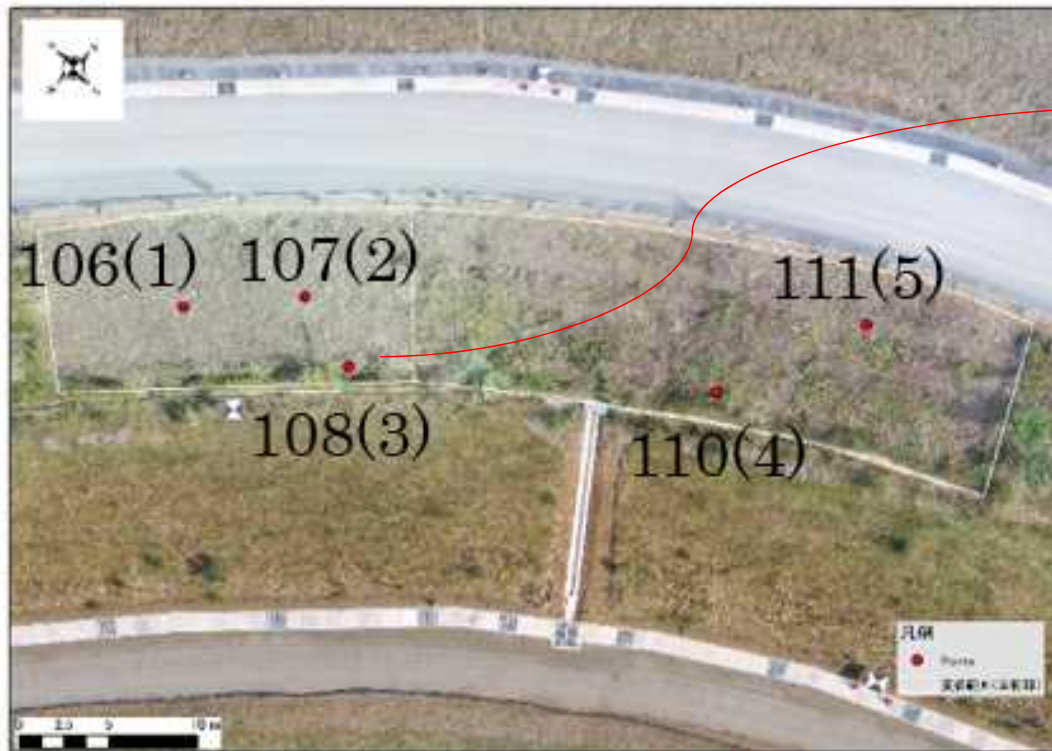




# 1. UAVを用いた施設の変状把握技術実証

## (3) - 2 実証結果 ~植生被覆下の変状抽出~

### ②変状箇所の記録



杭うち込み跡? (径10cm, 深さ10cm)



イノシシ掘返し (径50cm, 深さ15cm)

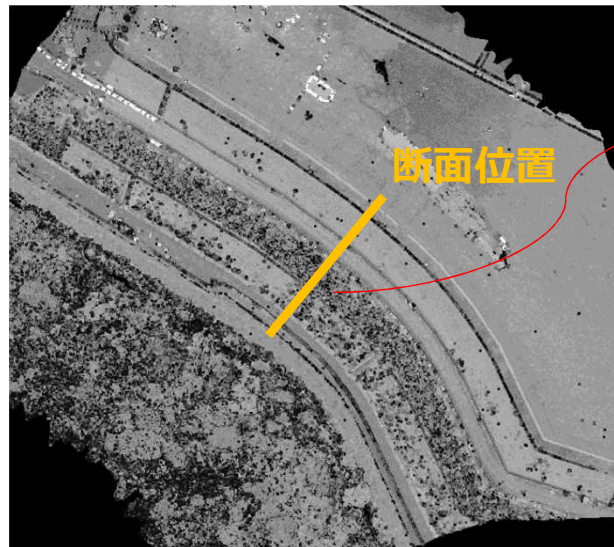
# 1. UAVを用いた施設の変状把握技術実証

## (3) - 2 実証結果 ～植生被覆下の変状抽出～

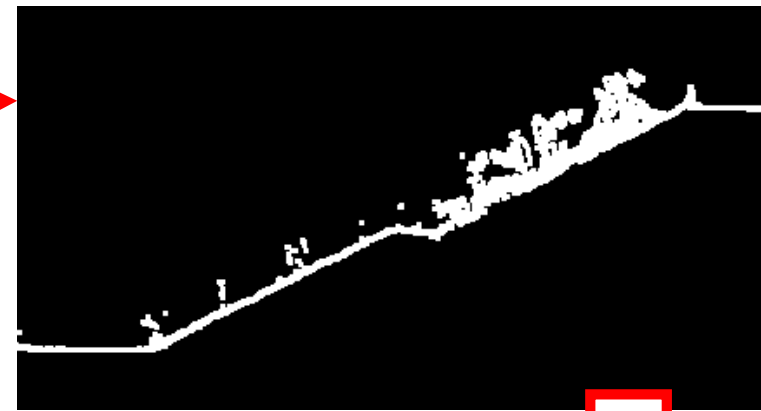
### ③レーザ点群のフィルタリング処理

レーザ計測で取得した点群より植生やその等地物の情報を取り除く作業（フィルタリング）を実施して、地形（地面）のデータのみとしたグラウンドデータを作成

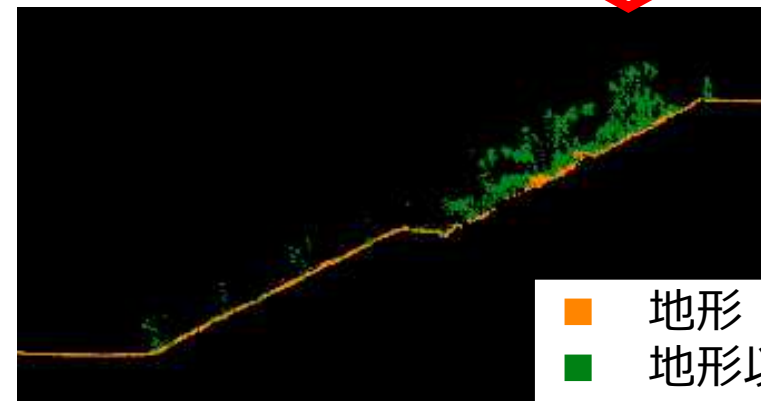
・フィルタリング前



レーザ点群



・フィルタリング後



■ 地形（地面）  
■ 地形以外

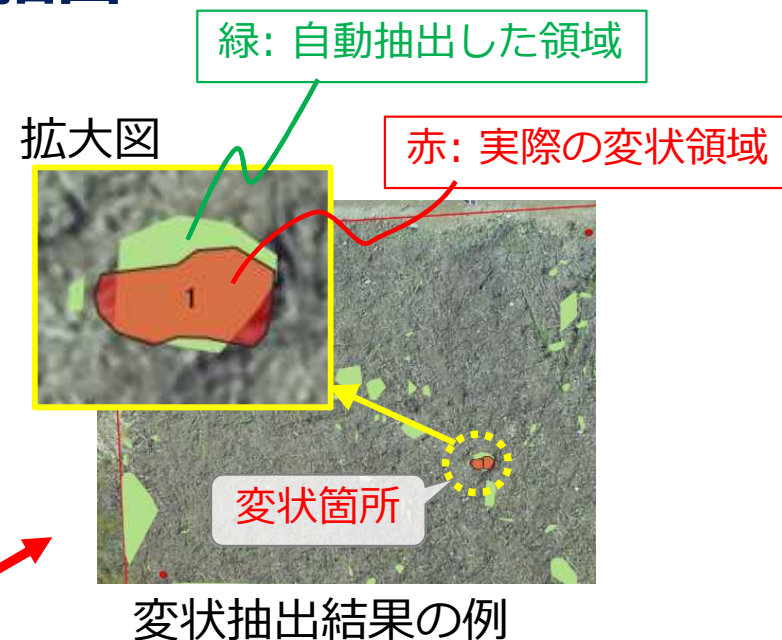


# 1. UAVを用いた施設の変状把握技術実証

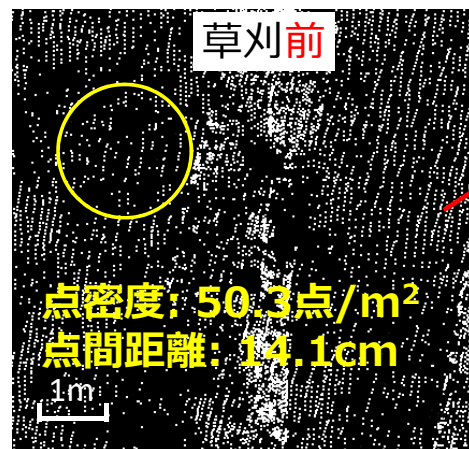
## (3) - 2 実証結果 ～植生被覆下の変状抽出～

### ④変状抽出結果

	点群	地形変化閾値	マス目サイズ	再現率
1	草刈前	8cm	10cm	24.9%
2		8cm	5cm	21.9%
3		5cm	5cm	28.8%
4	草刈後	8cm	10cm	66.3%
5		8cm	5cm	48.9%
6		5cm	5cm	71.4%



フィルタリング後の点群



草刈前の状況



# 1. UAVを用いた施設の変状把握技術実証

## (4) まとめ

### ● 変状抽出手法について

- ✓ 植生が無い場合はUAV画像を用いた手法 (SfM) が適用可能と考えられる
- ✓ 植生被覆下であっても草刈が実施されていればレーザ計測データにより変状抽出が可能
- ✓ 灌木や高茎草本が密生する場合 (管理がされていない状況) では、小規模な変状抽出は困難

### ● 今後の課題

- ✓ UAVの自律飛行や各種処理の高速化、自動化
- ✓ 施設によっては植生シートが施工される場合があり、植生シート下の変状抽出の可否について検証が求められる



## 2. UAVを用いた施設の放射線計測技術実証



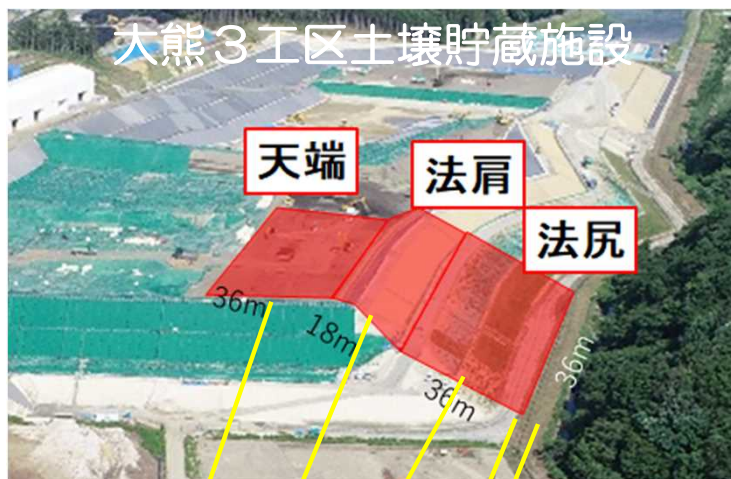
## 2. UAVを用いた施設の放射線計測技術実証

### (1) 目的とねらい

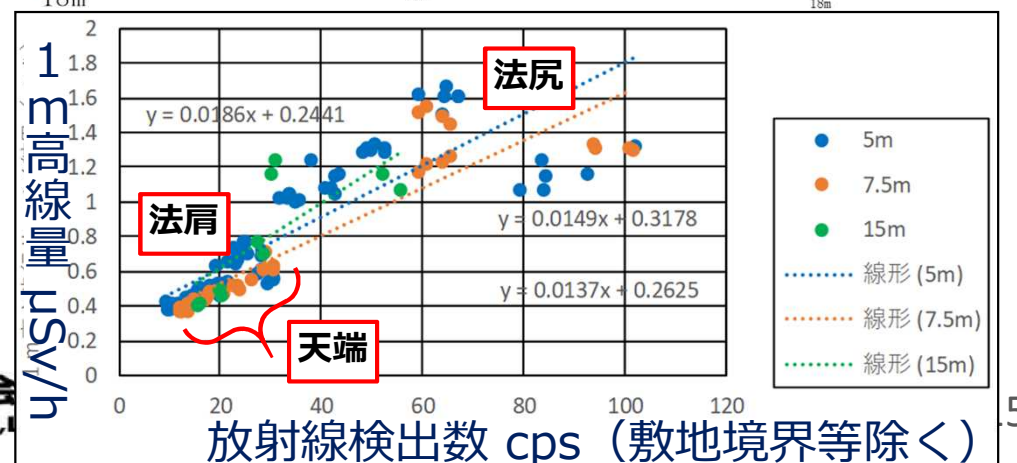
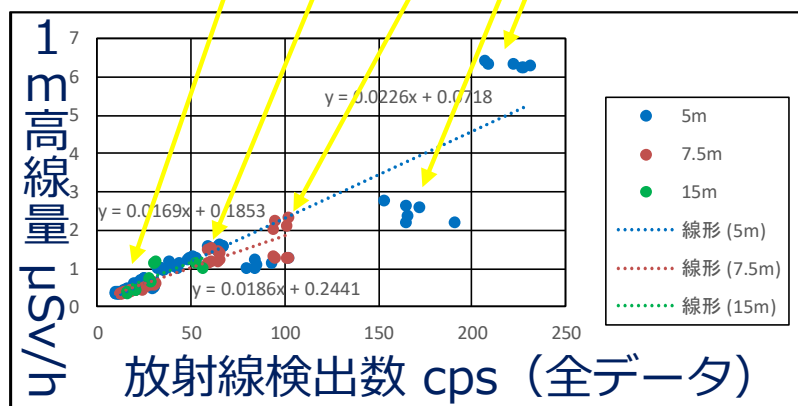
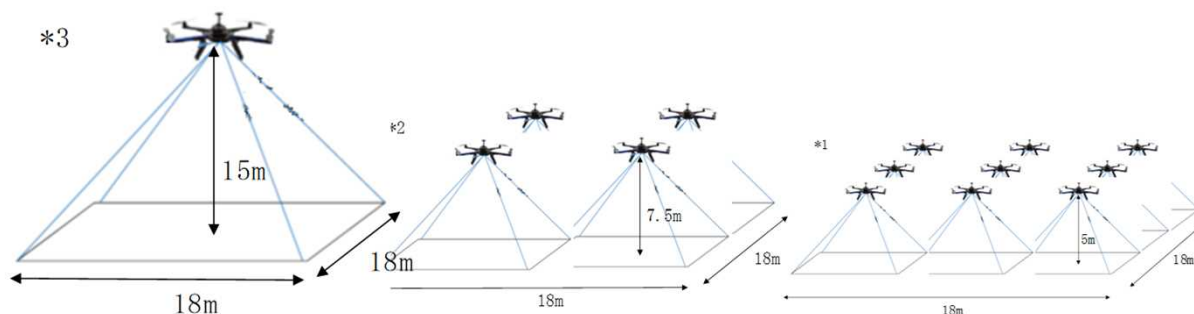
中間貯蔵施設の放射線計測をUAVを用いて行う場合の適用性を確認することを目的とし、運用方法を提示する。

### (2) 実施内容 (初年度)

適用性 (環境、飛行高度の影響) を確認する試験



区域	環境	放射線影響	
天端	覆土を行った平らな区域	-	-
法肩	堰堤の外側で傾斜区域	斜面効果	-
法尻	堰堤の外側で傾斜区域	斜面効果	未除染箇所からの影響



## 2. UAVを用いた施設の放射線計測技術実証

### (3) 実施内容 (2年目)

将来の中間貯蔵施設の維持管理にUAVによる放射線測定を用いる場合を想定し、**局所的に線量が高い異常時を想定した試験**を、2種類の検出器（シングルディテクター、マルチディテクター）を用いて検証する

#### (3-1) 実施手順

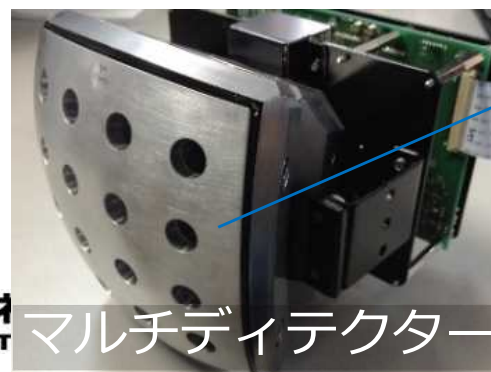
a. 2つの測定器の検出特性把握

b. 高線量箇所検出可能範囲の把握

c. 維持管理業務への適用例の提示



エア航測株式会社  
AIR SURVEY CO.,LT

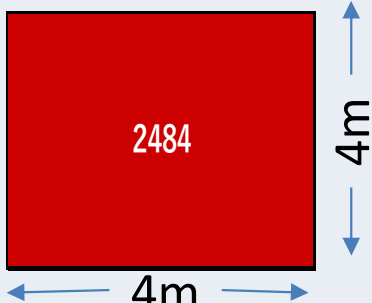
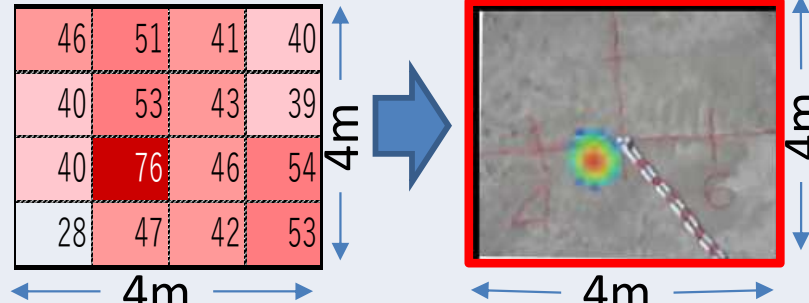


遮へい材材質：鉛  
遮へい材厚さ：18mm

## 2. UAVを用いた施設の放射線計測技術実証

### (3) 実証結果 a. 2つの測定器の検出特性把握

線量異常箇所を模擬した標準線源を置き、シングル・マルチディテクターの検出感度や汚染源位置特定の観点で比較し、これらの検出特性を把握した。

検出器タイプ		シングルディテクター	マルチディテクター
検出感度	検出可能高度	○ (3m、5mとも可)	△ (3m)
	測定時間	○ (20秒)	△ (60秒)
	認識する線源強度	○ (10MBq以上)	△ (20MBq以上)
汚染源位置特定	位置特定	△ (視野中のどこか)	○ (視野の中で位置特定が可能)
	風の影響	—	△ (強いと計測位置が定まらない)
【評価】 高度3m 線源強度20MBq 測定時間60秒 での比較結果による 評価		2,484カウント 高い(検出感度 良)	739カウント (下の検出器16個の合算) > 低い(検出感度不足) ← 今回、重視
			
		視野中での特定は不可	< ピンポイントでの特定が可能

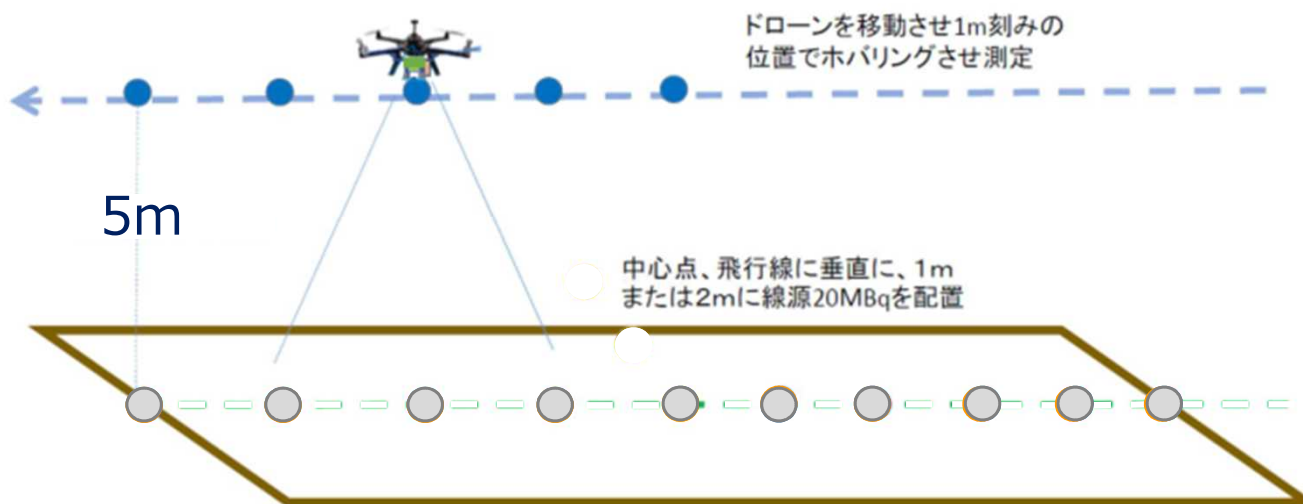


## 2. UAVを用いた施設の放射線計測技術実証

### (3-2) 実証結果 b. 高線量箇所検出可能範囲の把握

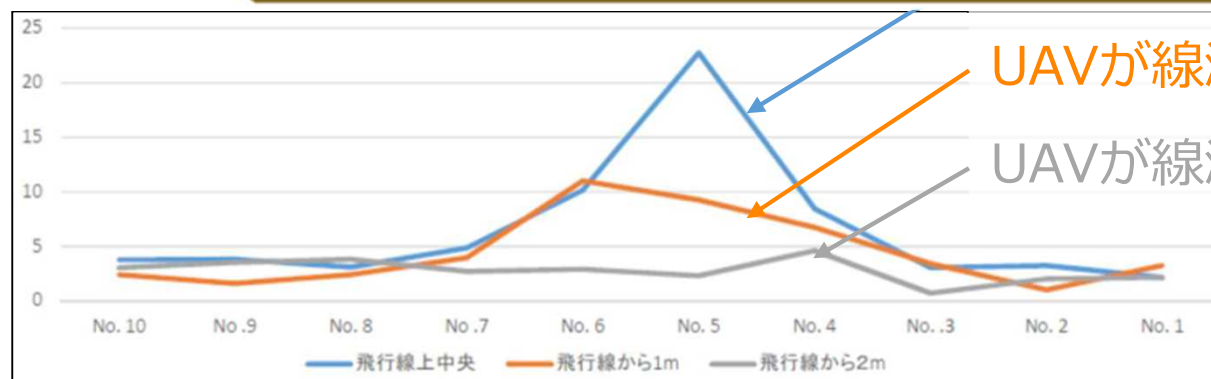
標準線源をUAVの飛行線上、飛行線から1 m離れた地点、2 m離れた地点に設置した場合の放射線強度測定を行い、増加傾向がみられる検出範囲を確認した。また、次の測定点への移動・位置決めも含む1測定あたりに必要な測定時間を確認した。

一直線上1m刻みの10点測定模式図



シングルディテクター測定  
1箇所あたり移動位置決め  
時間含めて40秒弱であった

上を飛行する測定結果



線源から1m以内だと、  
汚染源の検出が可能

## 2. UAVを用いた施設の放射線計測技術実証

### (4) まとめと運用方法の提示

- **環境、飛行高度の影響：**
  - ・天端、法面、敷地境界付近までUAV放射線計測を行い、歩行サーベイ結果と比較し検量線を作成した。歩行サーベイとの差異は天端部ではおよそ10%の範囲内で、高度依存性はみられなかった
- **局所的に線量が高い異常時を想定した試験：**
  - ・放射線の微小な増加を把握するには、低高度・長時間の測定が有効
  - ・墜落リスクから飛行高度は平場3m、斜面5mが現実的
  - ・バックグラウンドからの有意な差が確認できる時間を確認し、20秒（シングルディテクター）、60秒（マルチディテクター）とした測定箇所を決めて運用する場合⇒検出感度が高いシングルが効率的  
汚染が想定される場所での位置特定⇒可視化できるマルチが有効
  - ・シングルは10MBq程度であれば、測定位置の周囲1mの範囲で検知可能であることが確認できた
- **運用方法案：**
  - ・シングルディテクターは、1箇所の測定時間は移動・位置決め時間等すべての時間を含めて40秒以内で可能
  - ⇒週次定点放射線測定を置き換えると作業時間は1/6に低減可能
  - ⇒1つの土壌貯蔵施設を30mメッシュで測定する場合、半日程度で可能

### 3. 取得した監視情報の管理・提供技術実証



### 3. 本年度の報告「取得した監視情報の管理・提供技術実証」

#### (1) 目的とねらい

施設の変状箇所や放射線測定結果等、施設の状況を関係者で共有するための分かりやすい表現方法や、時系列的な情報の蓄積・管理の方法等、**3次元情報を含む情報の管理・提供手法**に関する検討を実施。

#### (2) 実施内容

a. 試作Webサイトの配信環境構築

b. 3Dデータ要件・ハードウェア要件の検討

c. 試作Webサイトの評価



3次元データを表示可能な試作サイトの構築

試作サイトとは各種3次元情報の表示機能が具備されたオープンソースのTerriaJS※を利用し、サイトを構築した。

※国交省都市局が推進している3D都市モデル「Project PLATEAU」でも採用されているフレームワーク

## 3. 本年度の報告「取得した監視情報の管理・提供技術実証」

(動画：約1分)

### 1-3. 取得した監視情報の管理・提供技術実証

～試作サイト紹介～

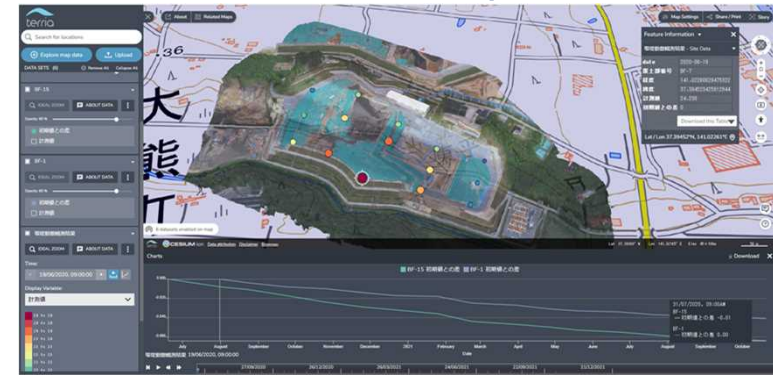
# 3. 本年度の報告「取得した監視情報の管理・提供技術実証」

## (3) 実証結果

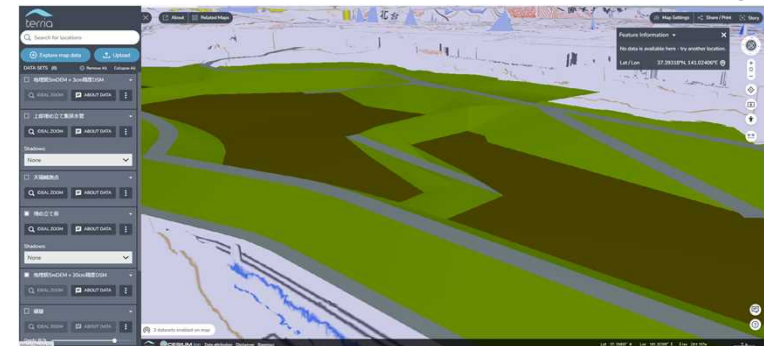
### ● 搭載したデータ

搭載データ	データ形式	解像度	データ容量
オルソ画像	GeoTiff	10cm	74.4MB
標高データ	GeoTiff	10cm	119.2MB
線量マップ	GeoTiff	—	13.1MB
変状位置	GeoJson/kml	—	20KB
地盤沈下量測定値	CSV/kml	—	同上
現地写真	png,jpg	—	1MB
土壌貯蔵施設の3Dモデル	3D Tiles	—	0.5MB

### ● 堰堤沈下量観測結果（例）



### ● 土壌貯蔵施設の3次元モデル表示（例）



## (4) まとめ

- ハードウェア要件を整理し、**閲覧用PCは4GB、配信サーバでは8GB**のメモリスペックが要求されることが判明した
- 試作サイトの見やすさ、使いやすさ等について**アンケートを実施**し、**機能性・操作性**は一定の評価が得られ、**現場との情報共有ツールとしての有効性が確認**できた
- 今後の課題としては、画面項目の日本語化や利用方法のナビゲーション、現場利用を考慮した**通信環境に対する検証**が必要である