

第10回 駿河海岸保全検討委員会

～新たなモニタリング手法の導入検討～

令和2年3月3日

国土交通省中部地方整備局
静岡河川事務所

1. これまでの地形モニタリング手法の概要

【第9回駿河海岸保全検討委員会（前回委員会）での委員からのコメント】

➤ いわゆる定期的なモニタリングだけでなく、機動的な研究開発段階のモニタリング方法も組み合わせて、試行的に進めていただきたい。

- これまで実施している定期的なモニタリング（地形測量）だけでは、長期的な地形変化しか把握できず、台風や出水等の影響による短期的な地形変化を把握することができていない。
- そのため、総合土砂管理上のモニタリングとしては、年1回の地形測量だけでは、適切に土砂移動を把握することが出来ないという課題がある。

⇒ “土砂管理上支障のない精度を有し”、“高頻度に”、“迅速に”、“安価に” 対応可能なモニタリング手法の導入を検討する。なお、現地にて試行的に実施した上で、適用性が確認できた手法については、継続的な実施も視野に入れる。

（これまで実施している定期的なモニタリング）

地形測量（ナローマルチ測量や深淺測量、汀線測量：1回/年



2. 新たなモニタリング手法の検討

- 「土砂管理目標の達成状況把握」、「沿岸漂砂の実態把握」等の観点から、必要な調査内容（項目、範囲、頻度）を下記の通り網羅的に抽出した。
- 本年度は、下記の中からいくつかの手法を現地にて試験的に実施した。

表 モニタリング項目

目的		モニタリング内容	想定されるモニタリング手法 (黒字：現在実施している手法、赤字：新たに想定される手法で今回試験的に実施、 青字：その他の新たに想定される手法)
土砂管理目標の 達成状況把握	汀線位置、浜幅		深浅・汀線測量、空中写真、定点写真撮影、 UAV測量 、衛星写真、地上レーザー測量等
	海浜の断面形状		深浅・汀線測量、 グリーンレーザー ※等
	越波、波のうちあげ高		CCTV画像や動画から越波状況の把握、 CCTV画像解析 、漂着物からの越波範囲調査、 越波・うちあげ高観測 等
	自然環境		海辺の国勢調査（動植物調査）、ウミガメ産卵調査(NPOヒアリング等) 等
沿岸漂砂の実態把握等	基礎的データ	外力（波浪、潮位）	波高計、潮位計
		底質	底質調査、 UAV写真による面的な底質把握 等
	精度向上や課題解決に向けて必要な観測	河川供給土砂量	出水や高波浪前後の地形変化の把握：深浅・汀線測量、 グリーンレーザー ※等 空中写真、 UAV測量 、衛星写真、 CCTV 等による簡易な地形変化実態把握 養浜土砂の粒径把握等
		高波浪による地形変化	
		離岸堤等の整備効果	
		海底谷への土砂損失量	深浅・汀線測量（NMB測量）等
		大井川港付近からのサンドリサイクル可能量	深浅・汀線測量、 グリーンレーザー ※等 養浜土砂の粒径把握等
		焼津港付近からのサンドリサイクルの可能性	
焼津港付近の越波要因	焼津港付近における波浪観測等 CCTV画像や動画から越波状況の把握、 CCTV画像解析 、漂着物からの越波範囲調査、 越波・うちあげ高観測 等		

※グリーンレーザーは現在データ整理中のため、次回委員会で報告予定

3. 現地での試験モニタリング概要(1)～調査場所とモニタリング手法～

- 2019年の9月末と10月末の2時期にて、大井川右岸側にて試験モニタリングを実施した。
- 試したモニタリング手法は、3次元レーザー測量とUAV写真測量、UAV写真の画像解析による粒度調査である。

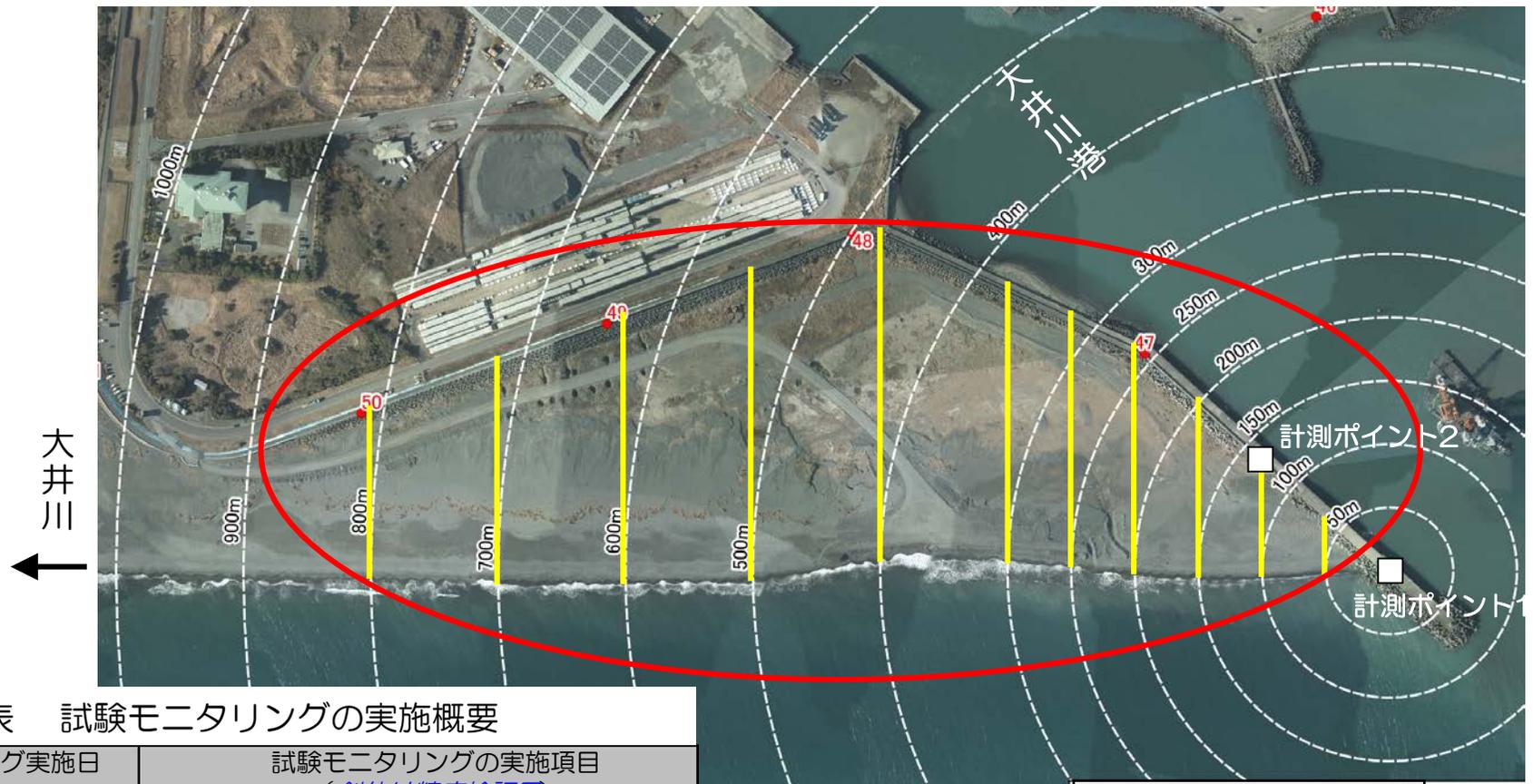


表 試験モニタリングの実施概要

試験モニタリング実施日	試験モニタリングの実施項目 (斜体は精度検証用)
2019年9月26日～27日 (2日間)	<ul style="list-style-type: none"> • 3次元レーザー測量 (地上レーザー測量) • UAV写真測量 (SfM手法) • UAV写真の画像解析による粒度調査 • <i>RTK-GPS測量</i> • <i>粒度試験</i>
2019年10月29日～30日 (2日間)	<ul style="list-style-type: none"> • 3次元レーザー測量 • UAV写真測量 (SfM手法) • <i>RTK-GPS測量</i>

凡例

- : CCTV(3次元レーザー測量)
- : UAV撮影範囲
- : RTK-GPS測量の測線

0 100 200 300 m

3. 現地での試験モニタリング概要(2)～モニタリング実施日の外力状況～ 4

・1回目と2回目の間に、台風19号が接近したため、台風による影響もモニタリングすることができた。

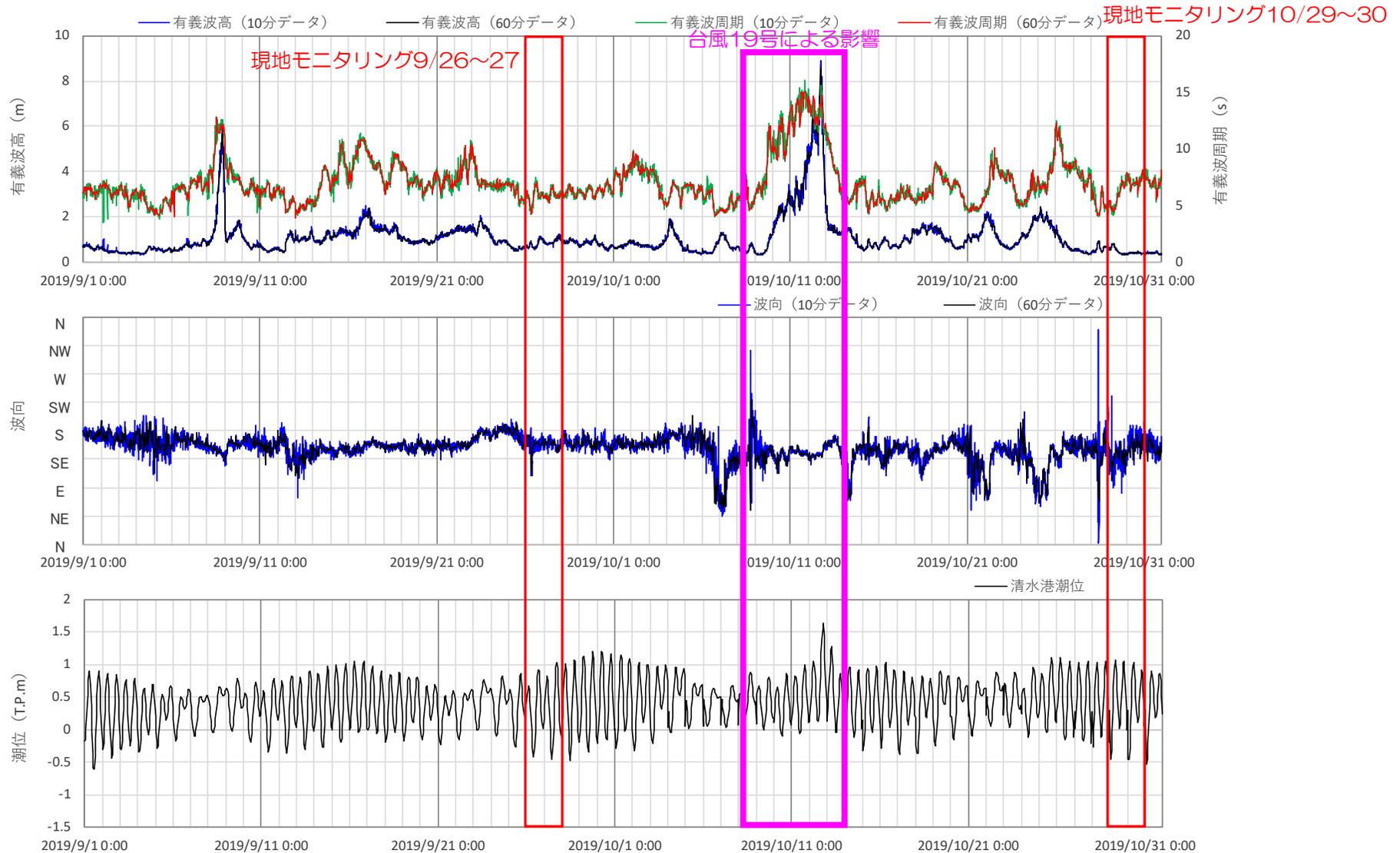


図 試験モニタリング時の波浪と潮位の状況 (赤枠：試験モニタリング実施日)

3. 現地での試験モニタリング概要(3)～UAV写真測量①～

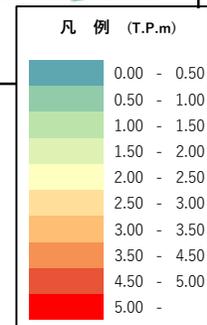
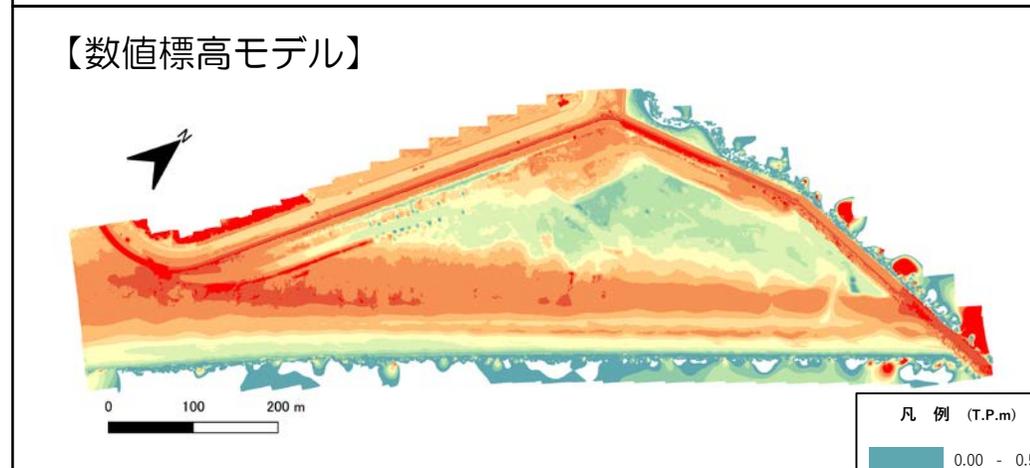
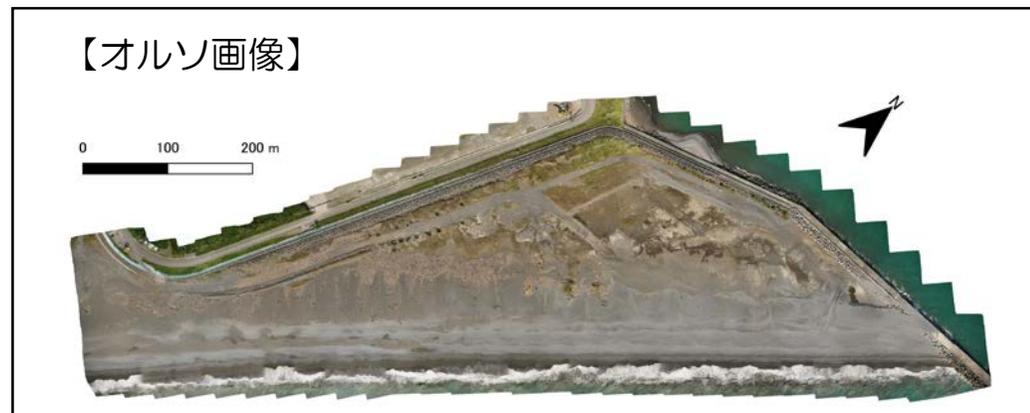
- UAV写真測量は、1日目にRTK-GPS機器にて標定点（約30箇所）を設置し、2日目にUAVにて写真撮影を行った。
- UAV写真と標定点により、オルソ画像及び数値標高モデルの作成を行った。

(1日目) RTK-GPS測量による標定点の設置



標定点の設置例

(2日目) UAV写真撮影



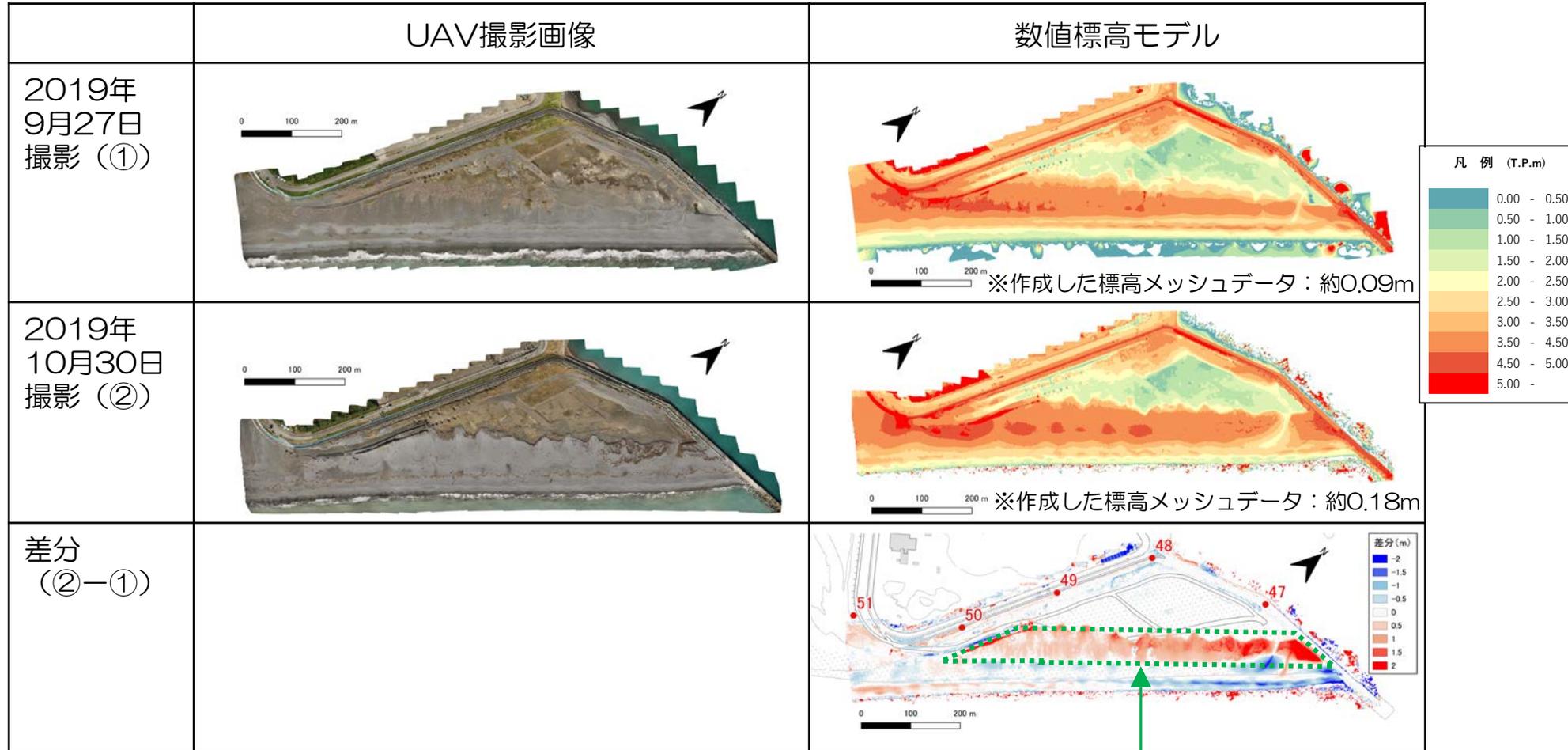
(実作業の状況)

作業項目	作業人 (人)	作業時間 (時間)	備考
標定点の設置	3	6	1日目(天候:晴れ)
UAV写真測量	1	2.5	2日目(天候:晴れ)
合計	1~3	8.5	

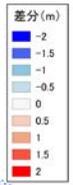
※調査場所の面積は、約16万m²

3. 現地での試験モニタリング概要(3)～UAV写真測量②～

- UAV写真測量によって作成したオルソ画像と数値標高モデルを下記に示す。
- 今回はUAV写真測量の結果より、約0.09～0.18mの標高メッシュデータを作成した。
- 2時期の差分図より、台風19号による波の遡上によって、陸側が堆積していることが確認できた。



凡例 (T.P.m)



台風19号による波の遡上の影響

3. 現地での試験モニタリング概要(3)～UAV写真測量③～

- RTK-GPS測量との精度を検証した。その結果平均誤差が0.03mと高い精度を有していることが確認できた。
- 本手法は、精度が十分であり、尚且つ少人数、短期間で実施可能であるため、高頻度に高精度な地形を測量可能な手法である。

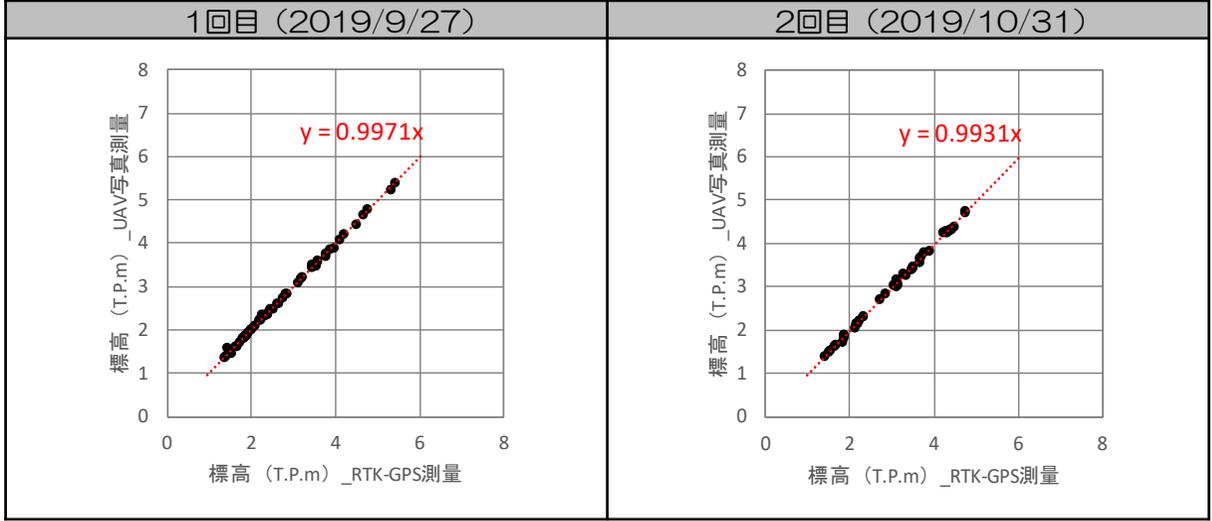


表 RTK-GPS測量を基準とした標高の平均誤差 (UAV写真測量)

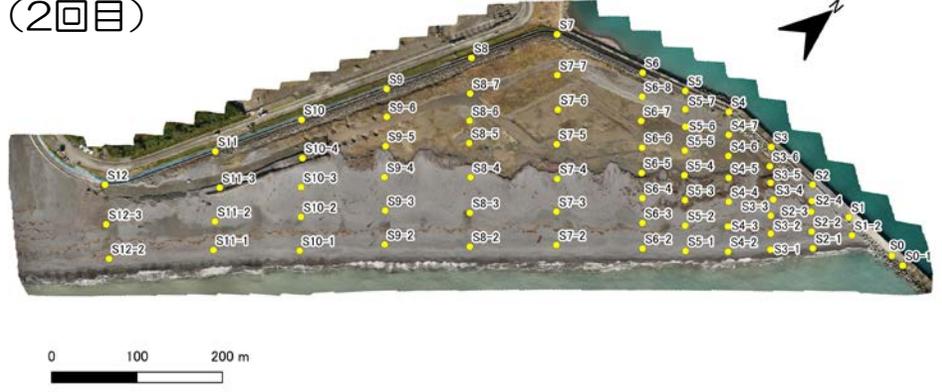
	平均誤差 (m)
1回目 (2019/9/27)	0.03
2回目 (2019/10/31)	0.03
平均	0.03

※ただし、UAV写真測量の標定点に使用した点は除く

☒ UAV写真測量の精度検証結果

(1回目)

(2回目)



☒ 精度検証を実施したポイント (RTK-GPS測量)

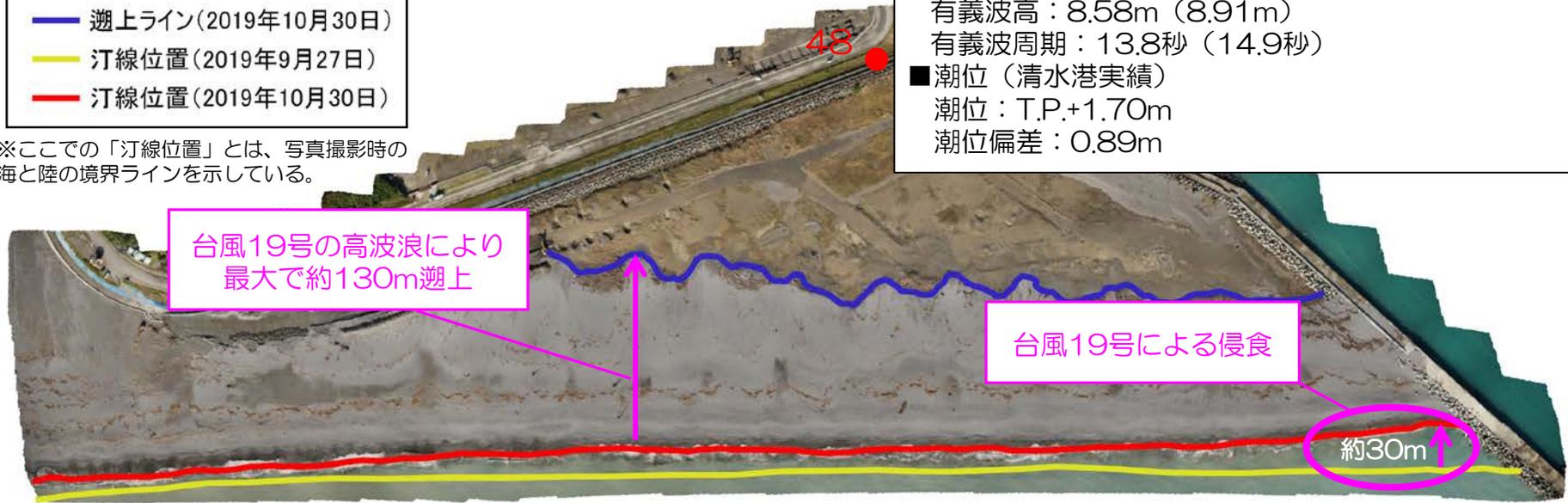
3. 現地での試験モニタリング概要(3)～UAV写真測量④～

・オルソ画像により、台風19号の影響を把握した。

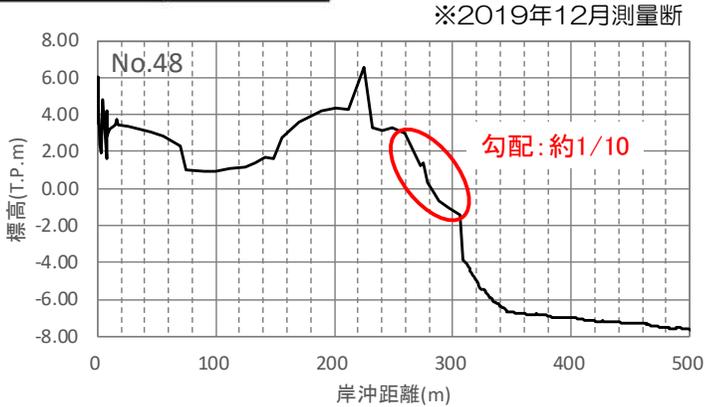
【凡例】
 ■ 遡上ライン(2019年10月30日)
 ■ 汀線位置(2019年9月27日)
 ■ 汀線位置(2019年10月30日)

※ここでの「汀線位置」とは、写真撮影時の海と陸の境界ラインを示している。

■ 波浪(駿河海洋(沖)実測) 台風19号来襲時 (2019/10/12)
 ※60分データの最大値で、()は10分データの最大値
 有義波高: 8.58m (8.91m)
 有義波周期: 13.8秒 (14.9秒)
 ■ 潮位(清水港実績)
 潮位: T.P.+1.70m
 潮位偏差: 0.89m



0 100 200 m



【潮位: 清水港の実績】
 2019/9/27 9:00 T.P.-0.28m
 2019/10/30 9:00 T.P.+0.95m
 上記2時期の潮位差: 1.23m

【潮位による変動】
 $1.23\text{m} \times 10 = 12.3\text{m}$
 ※上記の○以外の範囲の差は概ね15m程度

【台風19号による侵食】
 $30\text{m} - 12\text{m} = \text{約}18\text{m}$

3. 現地での試験モニタリング概要(4)～3次元レーザー測量①～

- 3次元レーザー測量（地上レーザー測量）には、CCTVカメラと3次元レーザー機器が一体となった「フィールドビューア」を用いた。
- 本機器は普段はCCTVカメラとして使用し、地形計測を行いたい時に、いつでも容易に地形を計測することができる大きな特徴である。

フィールドビューア®
Field Viewer
LIGMEL



CCTV



3Dレーザー



情報提供

特長

1 耐環境性により屋外常設可能

- 防塵防水性：IP66（防暴噴流形）
- 動作温度：-20～40℃
- ワイパ、デフロスタ搭載（降雨時の視野確保可）

2 広範囲にレーザー計測

- 測距距離：10～300m
- 測距精度：±30mm@50m
- 測距範囲：水平336° × 垂直27°
- 測距間隔：0.1～0.025°

3 リアルタイムにレーザー計測

- リアルタイム位置情報、距離計測
- 距離に応じてメジャー／ゲージをAR表示

4 高感度なフルHDカメラ

※国土交通省
HDカメラ装置仕様準拠

- 最低被写体照度：0.03Lx、0.0002Lx（感度UP時）
- 高倍率ズーム（光学30倍×電子ズーム15倍）

5 リモート監視における情報提供

- LAN接続によるデータ提供
- リアルタイム画像伝送（H.264/MJPEG搭載）

6 小型軽量化

- 約240W×340H×260D (mm)、約12kg
- 景観を重視したキューブ形状

現地試験状況



- 今回は、試験モニタリングのため、三脚に機器を設置して計測した。

- ・2回目では、台風19号によって内陸側に土砂が堆積し、レーザーが届く範囲が狭まったため、測量できた範囲が狭くなっている。この問題は、機器を設置する高さを高くすることで、軽減することが可能である。
- ・RTK-GPS測量との精度を検証した。その結果、100m程度以内であれば、平均誤差が約0.3 mという結果となった。
- ・前述した通り、1回の台風では0.5m以上の変化が発生することから、短期的に発生する大きな変化は把握できると考えられる。
- ・本手法は、精度良く計測するためには、機器の設置高さや向き、障害物の有無等に留意する必要があるが、例えばサンドポケット等の時系列的な変化を計測する等、局所的な観測には適している手法であると言える。

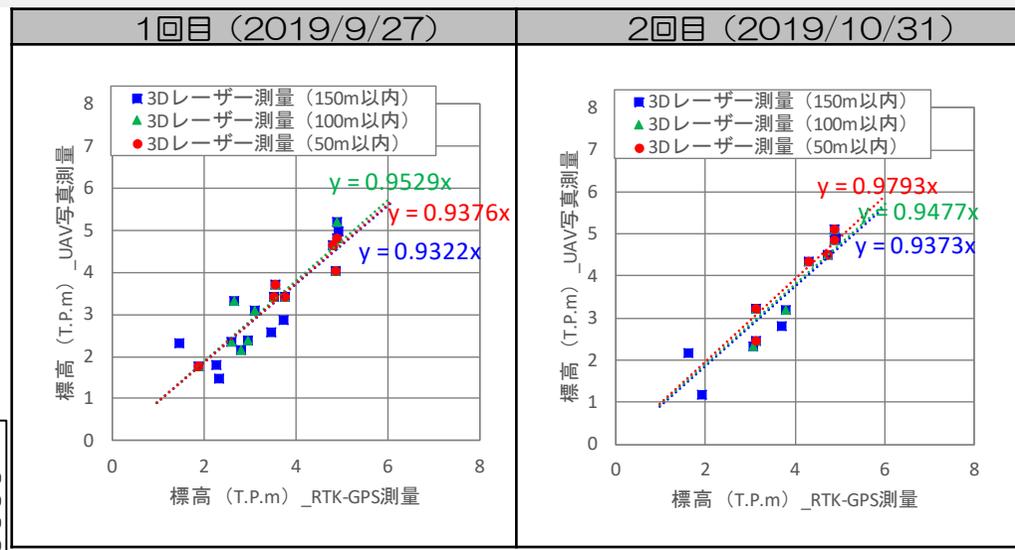
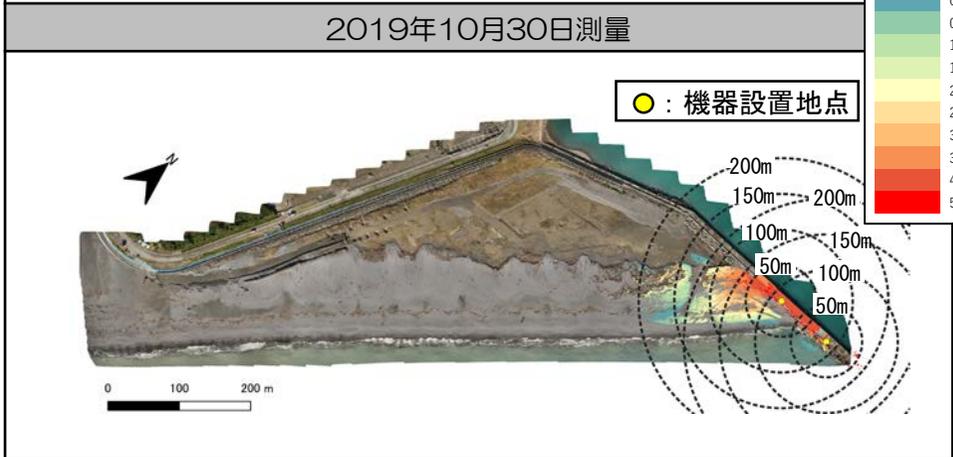
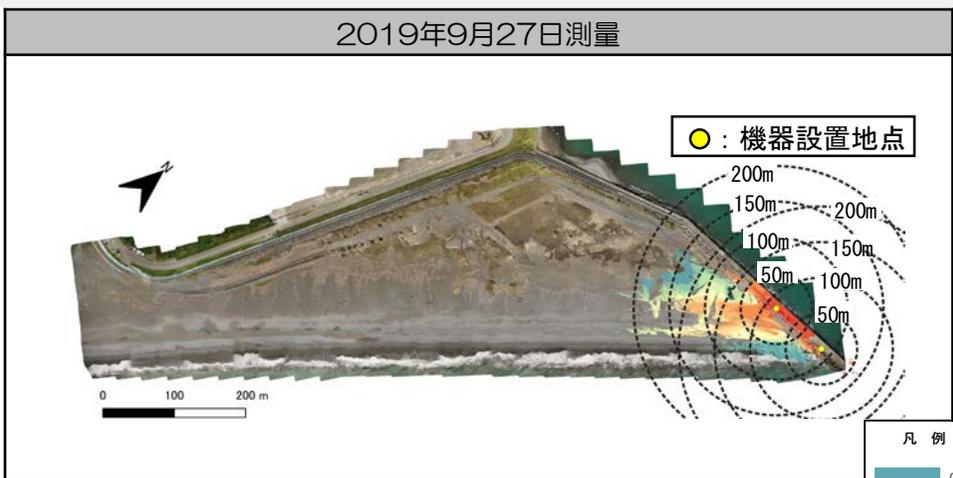


図 3次元レーザー測量の精度検証結果
表 RTK-GPS測量を基準とした標高の平均誤差 (3次元レーザー測量)

	平均誤差 (m)						
	50m以内	60m以内	70m以内	80m以内	90m以内	100m以内	150m以内
1回目 (2019/9/27)	0.27	0.31	0.31	0.31	0.31	0.33	0.44
2回目 (2019/10/31)	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.33	0.41
平均	0.24	0.26	0.26	0.26	0.26	0.33	0.43

※誤差については、より詳細なキャリブレーションを行うことで、さらに小さくすることが可能

図 3次元レーザー測量の測量結果

3-3. 現地での試験モニタリング概要(5)～画像解析による底質調査①～ 11

・各対地高度（3m、5m、7m、9m、11m）で、1m×1mの枠が納まるようにUAVにて写真撮影した。

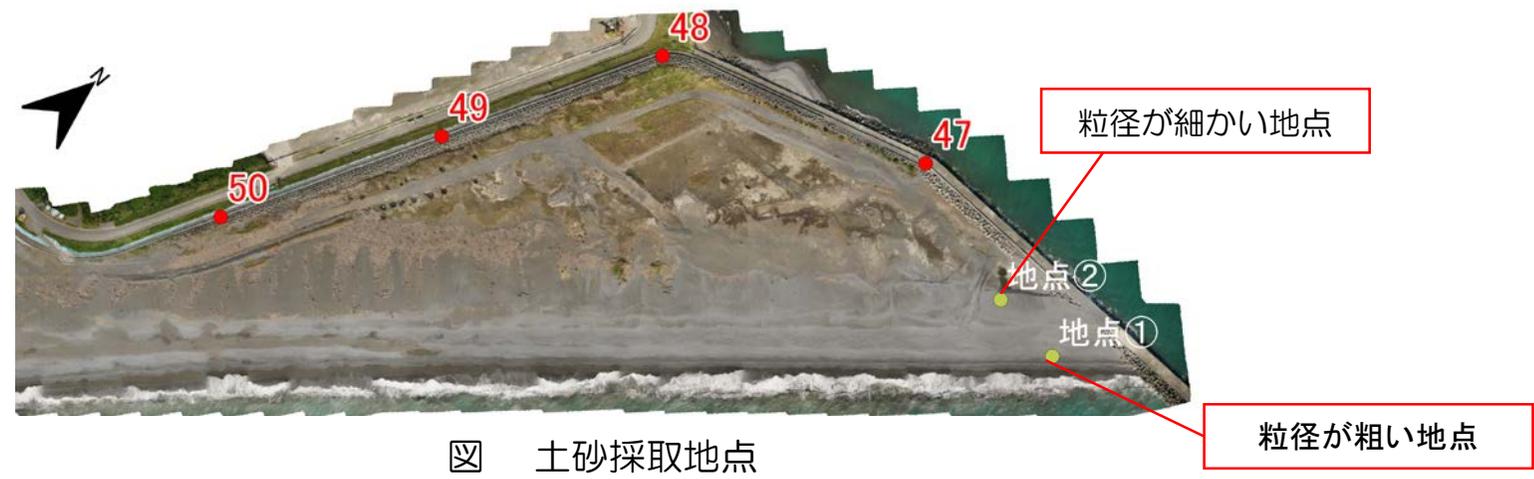
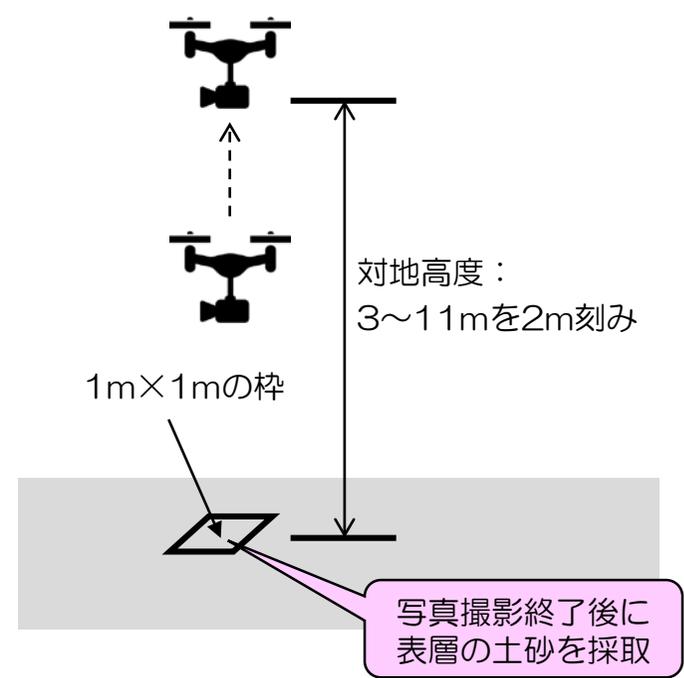


図 土砂採取地点

撮影地点①の状況	撮影地点②の状況	UAVによる撮影状況
ふるい分け試験用の土砂採取状況		

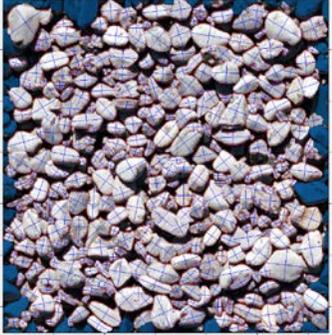
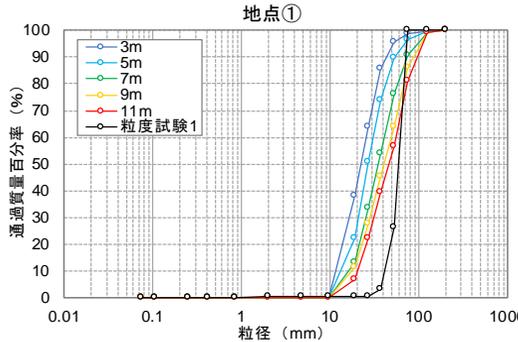
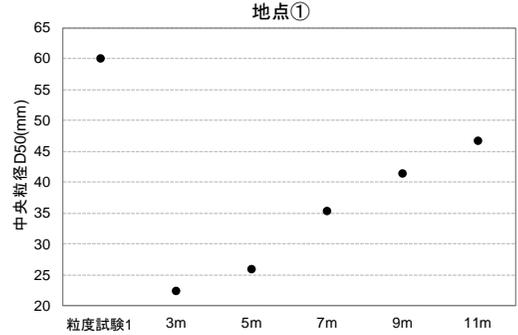
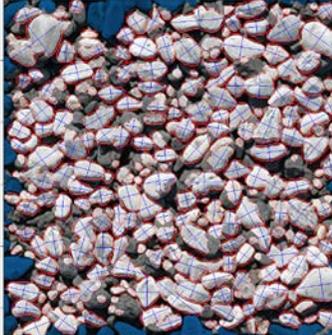
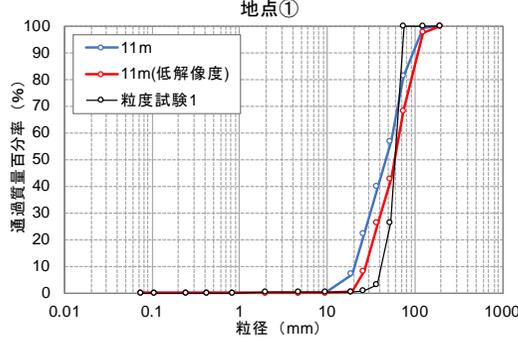
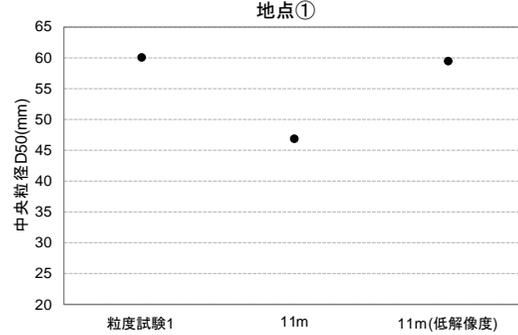
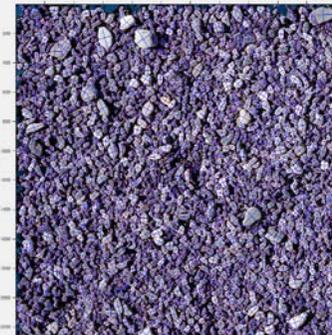
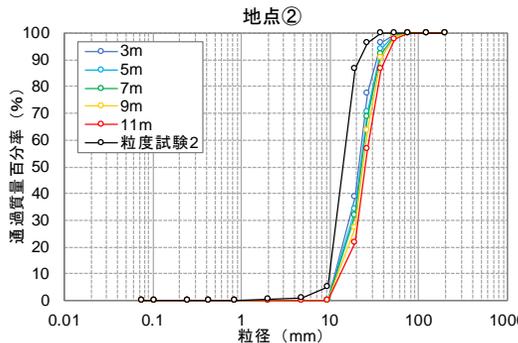
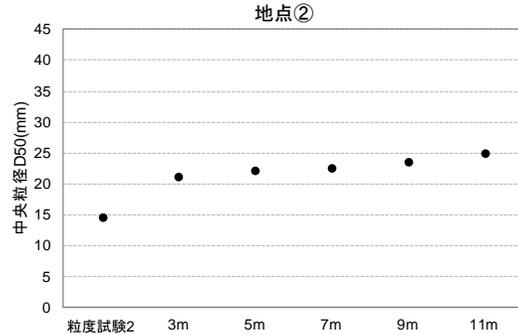
図 現地での作業状況

(イメージ図)



3-3. 現地での試験モニタリング概要(5)～画像解析による底質調査②～ 12

- 対地高度3m、5m、7m、9m、11mにより撮影を行った。
- 粒径が粗い地点①では、より対地高度が高い方が精度が高い結果となった。

地点名	解析画像	粒径加積曲線	中央粒径
地点①			
地点① (低解像度) ※参考 ※対地高度15m に相当			
地点②			

4. 既存のCCTVカメラの有効利用～既存のCCTVカメラの位置図～

- ・既存のCCTVカメラの位置図は下記の通りであり、駿河海岸に比較的密に設置している。
- ・なお、本年度は駿河海岸の全てのカメラをより高解像度のものへ更新する予定である。
- ・今回はカメラの更新が終わっており、尚且つ汀線際に消波堤等の施設がない「榛原」を対象に、撮影動画から汀線位置を抽出するまでの手法を構築した。



○：カメラを更新済み（その他のカメラは今年度中に更新予定）

出典）http://www.cbr.mlit.go.jp/shizukawa/12_cctv/O4suruga.html

図 現地での作業状況

表 撮影動画の概要

項目	値
動画の横のサイズ	1920ピクセル
動画の縦のサイズ	1080ピクセル
撮影時間	約5分間
動画のフレームレート※	30 fps
総コマ数	約9,000枚

※1秒間に使用する画像の枚数（コマ数）



図 撮影動画の例（榛原）

4. 既存のCCTVカメラの有効利用 ～汀線位置抽出までの流れ～

- ・撮影動画から汀線位置抽出するまでの流れを下記に整理した。

手順	イメージ図	目的	備考
① CCTV動画から、移動平均画像を作成		<ul style="list-style-type: none"> ・動画を移動平均することで、その時間内の汀線の平均的な位置を把握 	
② 平均画像をグレースケール化		<ul style="list-style-type: none"> ・グレースケール化することで、0～255で表す輝度のデータに変化が可能である。 ・通常のコラー写真よりもデータ量が少なくなり、以降の処理が容易になる。 	
③ グレースケール化した画像に閾値を設定して2値化		<ul style="list-style-type: none"> ・0～255の数字の中から、陸と海の境界にあたる数字を指定し、2値化（0、1）する。 ※今回は200を閾値とした。 	<ul style="list-style-type: none"> ・閾値の設定方法によって、結果が左右されるため、閾値の設定方法のルール決めが必要
④ 2値の境界ラインを作成		<ul style="list-style-type: none"> ・汀線ラインを抽出するため、2値（0、1）の境界ラインを引く。 	

4. 既存のCCTVカメラの有効利用～汀線の抽出結果の例～

- ・ 前述した流れに基づき抽出した汀線位置の例を下記に示す。精度良く汀線位置が抽出できることが確認できた。
- ・ 本手法は、台風前後の短期的な地形変化を把握する際に活用できる手法である。



汀線ラインの判別状況（2019年10月4日の例）（引き波時）



汀線ラインの判別状況（2019年10月4日の例）（押し波時）



汀線ラインの判別状況（2019年10月4日の例）（平均画像）

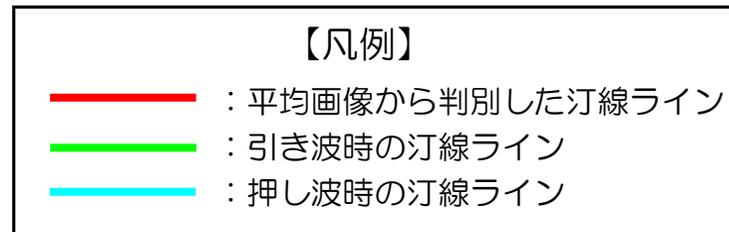
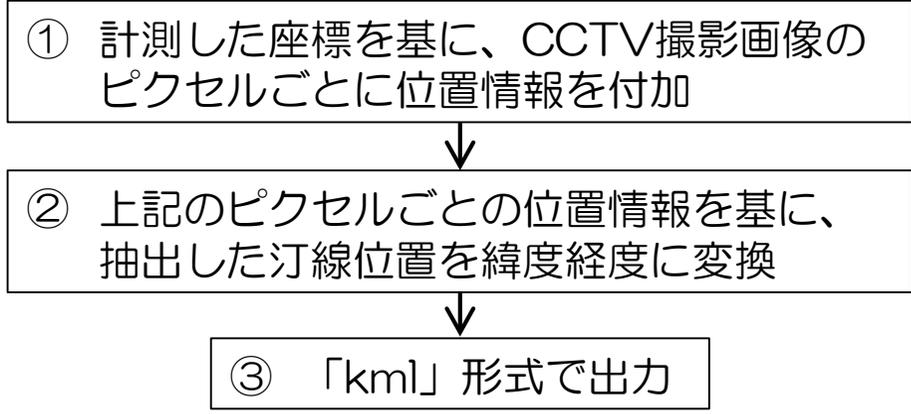


図 汀線ラインの重ね合わせ図（2019年10月4日の例）

4. 既存のCCTVカメラの有効利用～抽出した汀線位置の座標変換～

・CCTV撮影画像をオルソ化するため、現地にてブルーシートとGPS測定機器を用いて座標の計測を行った。

(抽出した汀線位置を座標変換する流れ)



※Google EarthやGISソフトでの描写を想定して、kml形式とした。



図 座標計測の例



【参考】作業時間：1時間（現地2人、事務所（CCTV画像保存）1人）

図 座標の計測地点の状況

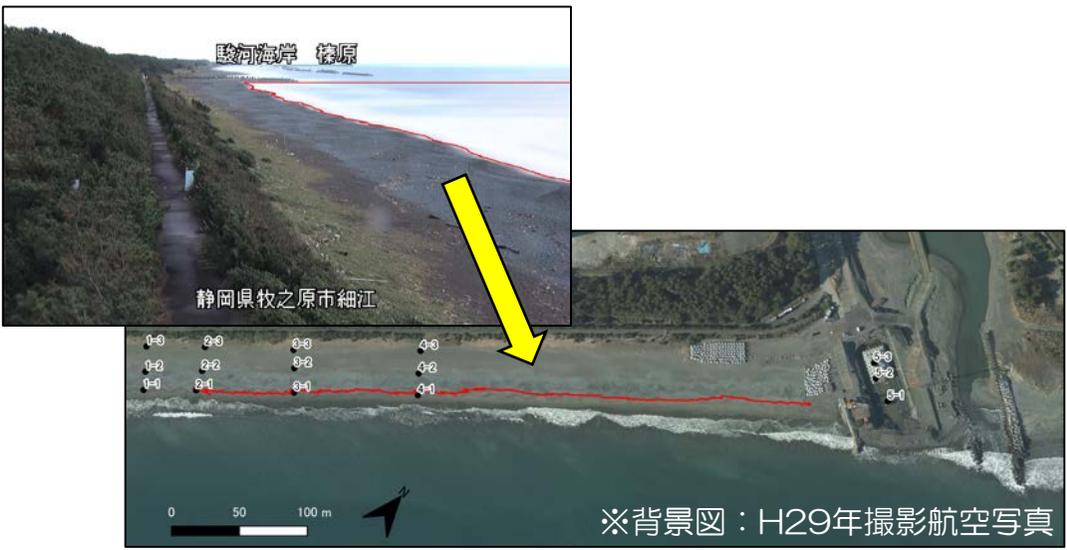


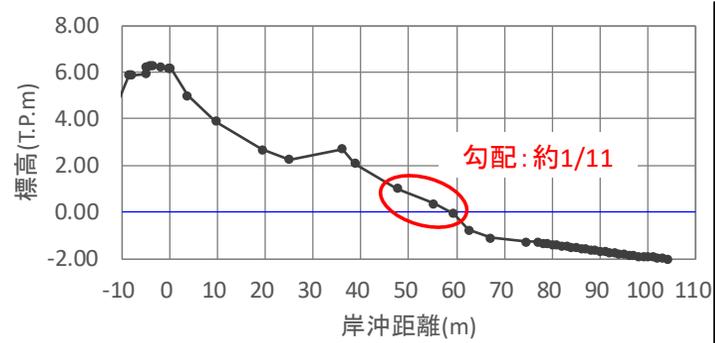
図 抽出した汀線位置の座標変換の例

4. 既存のCCTVカメラの有効利用～抽出した汀線位置の精度確認～

- ・ 前述したフロー図に従って、抽出した汀線位置を座標変換した。
- ・ CCTVカメラ (No.83付近) から比較的近い点では、概ね汀線位置を捉えられている。
- ・ 座標の計測地点を増やしたり、干潮時に座標を計測することで、さらなる精度向上が期待できる。
- ・ 本手法は、汀線位置の短期的・長期的な変化をモニタリングできる手法である。

潮位差による汀線位置の変化について、概ね精度を確認

■ 下記図の例
 赤線と青線の差 (約10m)
 ≒ 潮位差による汀線位置の変化
 (10.34m = 0.94m × 11)
 潮位差 前浜勾配



令和元年度測量結果 (No.82)



CCTV画像 (2019/12/9)



【汀線読み取り結果 (※)は清水港の潮位】

— 2019/12/9 9:00 (T.P.+0.01m)

— 2019/10/4 9:00 (T.P.+0.95m) ※参考

【汀線(T.P.±0m)測量成果】

● 令和元年度測量 (測量実施日: 2019/11~2019/12)

図 抽出した汀線位置と測量結果の比較 (背景図: H29年撮影航空写真)

5. 衛星画像(可視画像)の活用

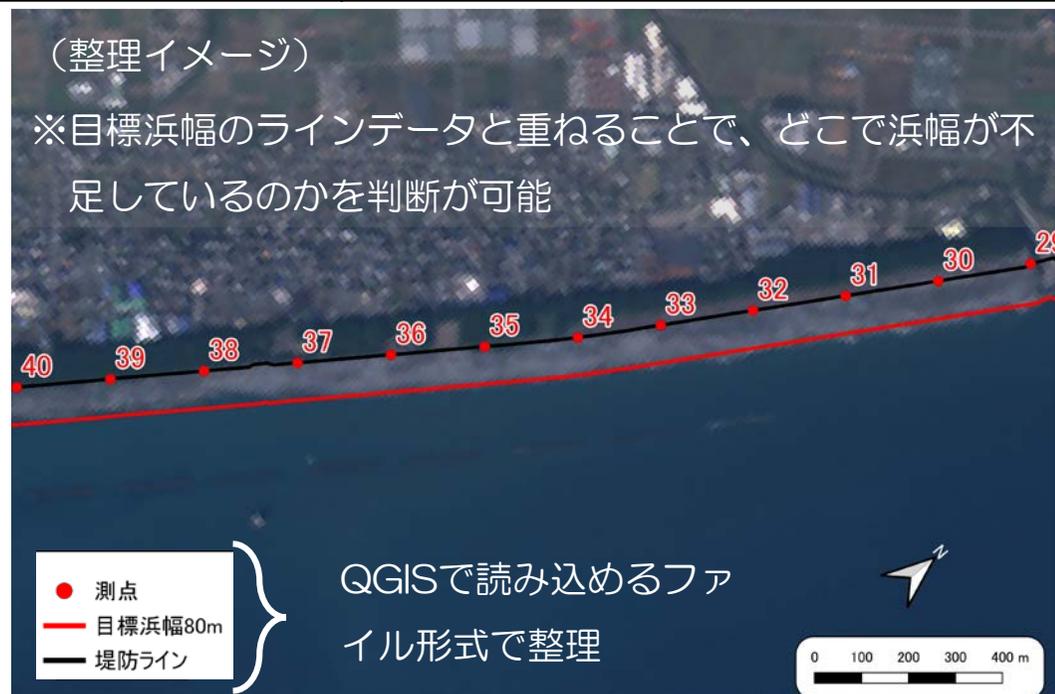
- 近年、比較的解像度の良い衛星画像が無料で公開されている。今回は、国立研究開発法人産業技術総合研究所が運営している「LandBrowser」により、Sentinel-2の衛星画像を入手し、その活用方法について検討した。
- 可視画像は、雲がかかっていると浜幅の状況が確認できないという欠点があるため、今後はSAR画像によるモニタリングも含めて検討していく。

(衛星画像を用いた地形モニタリングの運用のイメージ)



表 Seantinel-2の概要

項目	概要
打ち上げ	Sentinel-2A(2015年6月23日) Sentinel-2B(2017年3月7日)
分解能(可視光)	10m
回帰	10日(1基) ※2基で約5~10日で回帰



- 本年度は、現地で試験モニタリング等を行い、「UAV写真測量」、「UAV写真の画像解析による粒度調査」、「3次元レーザー測量（地上レーザー測量）」、「CCTVカメラによる汀線位置のモニタリング」、「衛星画像（可視画像）による汀線位置のモニタリング」について、精度や労力、費用などを確認した。
- 今後、各モニタリング手法を、「精度」、「費用」、「労力」、「天候などの影響」、「専門知識の必要性」等の各項目毎に評価し、駿河海岸への適用性を整理する。なお、精度については、長期的視点と短期的視点や、現行のモニタリング手法との比較等についても整理を行う。
- 「UAV写真測量」等のように実効性の高い手法は、積極的に活用しながら、適用性等を整理する。
- その他の手法についても、引き続き検討を進めていく。
- ただし、上記の評価については、調査目的やモニタリング箇所等の条件によって評価が異なることに留意する。