

第11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方針～

令和2年9月

国土交通省中部地方整備局
静岡河川事務所

1. モニタリング手法検討の背景・方針

【背景】

海岸の土砂管理において、地形変化、漂砂の実態把握が重要となる。駿河海岸では、これまで基本的に定期的な地形測量により長期的な地形変化を把握してきたが、高波浪や出水による短期的な地形変化は把握できていない。よって、新たなモニタリング手法を用いて、短期的な地形変化も把握していくことが求められる。

【現状】

- 総合土砂管理上のモニタリングとしても、年1回の地形測量だけでは、適切に土砂移動を把握できていない
- 台風や出水等の影響による短期的な地形変化の把握ができていない

【第9回駿河海岸保全検討委員会における委員からのコメント】

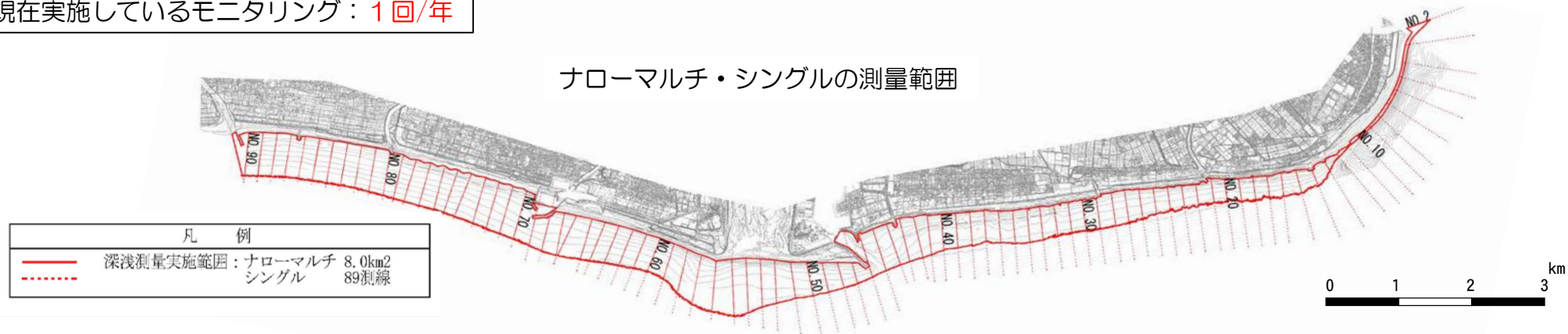
いわゆる定期的なモニタリングだけでなく、機動的な研究開発段階のモニタリング方法も組み合わせて、試行的に進めていただきたい。

【方針】

”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”、“簡易な”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。

現在実施しているモニタリング：1回/年

ナローマルチ・シングルの測量範囲



2. 新たなモニタリング手法の導入検討

- 「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。
- 今年度実施するモニタリングについて、「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。

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：昨年度の試験モニタリングで適用性が確認された手法、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 |
| | | 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 | | |

3. 駿河海岸における課題及び対応

駿河海岸において、特に課題があると考えている事項と、必要な対応を以下のように考えています。また、土砂管理以外でも危機管理面についてのモニタリングも検討をしていきたいと考えています。このようなモニタリングに関して、有益な手法等ご意見をいただきたい。

【課題】

年1回の深浅・汀線測量のみでは、高波浪時の短期的な地形変化を把握する材料が不足している。

【対応】

⇒出水や高波浪前後の短期的な地形変化を把握するために、昨年度試験的に実施した、UAV測量、衛星写真、CCTV画像等を活用していく。

【課題】

沿岸漂砂の実態を把握していく上で、焼津港近辺の海底谷への土砂損失量を正確に把握できていない。

【対応】

⇒定期的な深浅測量（NMB測量）等のモニタリングを継続していく。

また、土砂移動現象の把握や土砂変動量を的確に捉えるための計測方法及び計測精度向上の必要性について認識しており、今後もモニタリング手法について検討していく。

【課題】

駿河海岸では頻繁に越波や施設被災等が発生しており、特に焼津付近の越波被害が大きい状況にある。被災状況を分析するための、越波等の要因を把握することができていない。

【対応】

⇒うちあげ高、越波量、波浪等のモニタリングが重要となるため、モニタリング手法を検討していく。

参考資料

新たなモニタリングの導入方針

モニタリング計画(案) ※「第8回駿河海岸保全検討委員会」資料抜粋

■今後のモニタリング内容

- ・ 深浅測量と数値シミュレーションによる予測断面との比較を基本とし、予測どおりに海浜断面の維持・回復がなされているかを確認する。予測と実測に乖離が生じた場合には再度検証・予測計算を実施し、予測精度の向上を図る。
- ・ 将来、山地河道流域の粗粒化等の影響により、大井川からの流出土砂量の減少が予測されていることから、上記のモニタリングに加えて、河口テラスの変化状況についても経年的にモニタリングする。
- ・ 簡易で高精度なモニタリング方法の活用を検討する。

| 年度 | 調査 | 検討 | 備考 |
|--------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 定常 | 海象観測 | 波高・波向、風速・風向等 | |
| 2020 (R2) | 定期深浅測量 CCTV | 測量と予測計算結果の比較 高波浪前後の砂浜の状況確認 | 汀線位置、浜幅、断面形状、(河口テラスをモニタリング) |
| 2021 (R3) | 定期深浅測量 CCTV | 測量と予測計算結果の比較 高波浪前後の砂浜の状況確認 | // |
| ・・・ | ・・・ | ・・・ | ・・・ |
| H37 | 定期深浅測量 CCTV 底質調査 | 測量と予測計算結果の比較 高波浪前後の砂浜の状況確認 | 【中間評価】 予測から10年後 |
| ・・・ | ・・・ | ・・・ | ・・・ |
| H47 | 定期深浅測量 | 測量と予測計算結果の比較 | 【評価】 事業完了予定年度 |
| ・・・ | | | |
| H57 | 定期深浅測量 | 測量と予測計算結果の比較 | 事後検証 |

※上記に加えて数年に一回の頻度で空中写真を撮影

3. 現地での試験モニタリング概要(3)～UAV写真測量①～ ※「第10回駿河海岸保全検討委員会」資料抜粋 6

- 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。

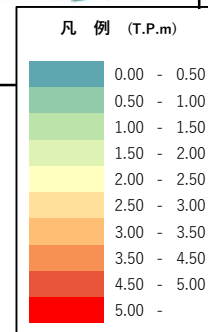
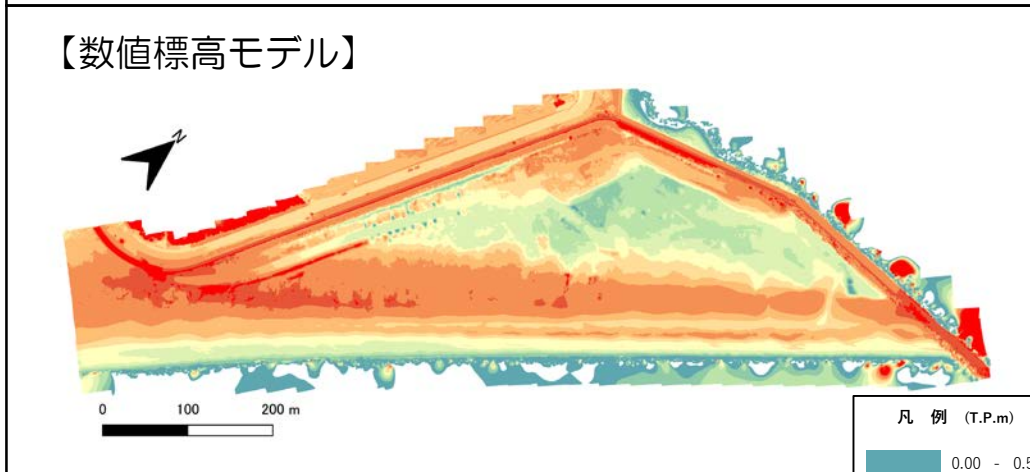
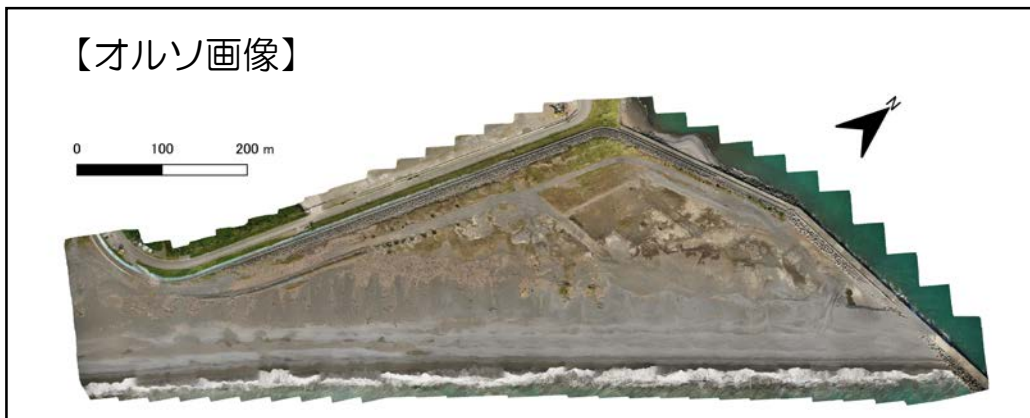
(1日目) RTK-GPS測量による標定点の設置



標定点の設置例

(2日目) UAV写真撮影

- 離着陸のみ手動で操作し、飛行高度60m、オーバーラップ率90%、サイドラップ率60%に設定した自律飛行により撮影



(実作業の状況)

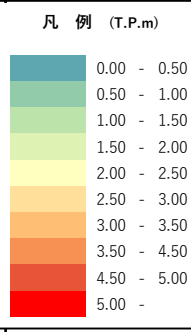
| 作業項目 | 作業人 (人) | 作業時間 (時間) | 備考 |
|---------|---------|-----------|-------------|
| 標定点の設置 | 3 | 6 | 1日目 (天候：晴れ) |
| UAV写真測量 | 1 | 2.5 | 2日目 (天候：晴れ) |
| 合計 | 1～3 | 8.5 | |

※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～ ※「第10回駿河海岸保全検討委員会」資料抜粋 7

- 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。

| | UAV撮影画像 | 数値標高モデル |
|---------------------------|---------|---------|
| 2019年 9月27日 撮影 (①) | | |
| 2019年 10月30日 撮影 (②) | | |
| 差分 (②-①) | | |



台風19号による波の遡上の影響

- 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。

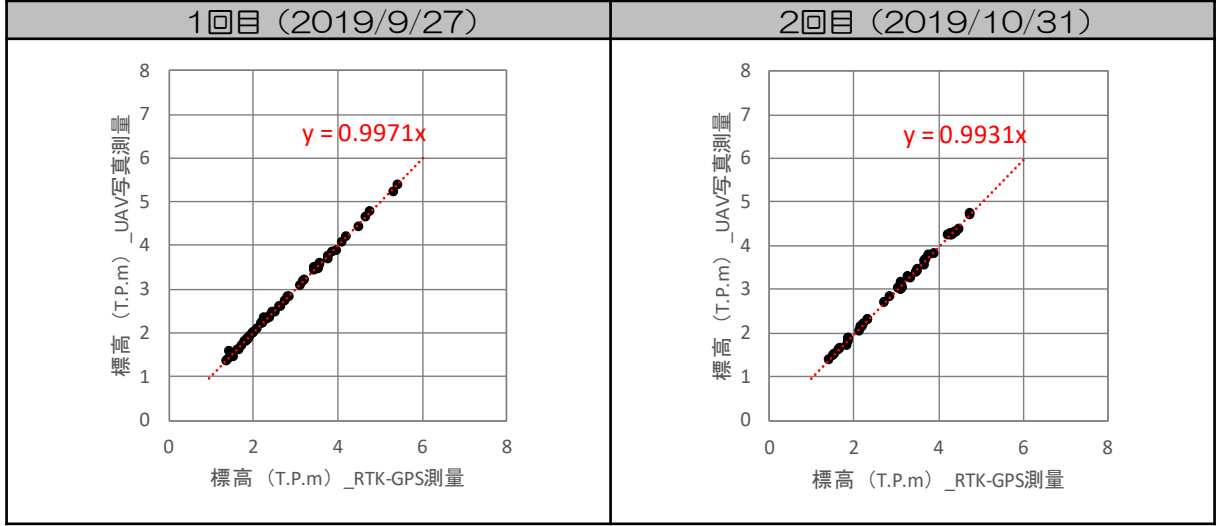
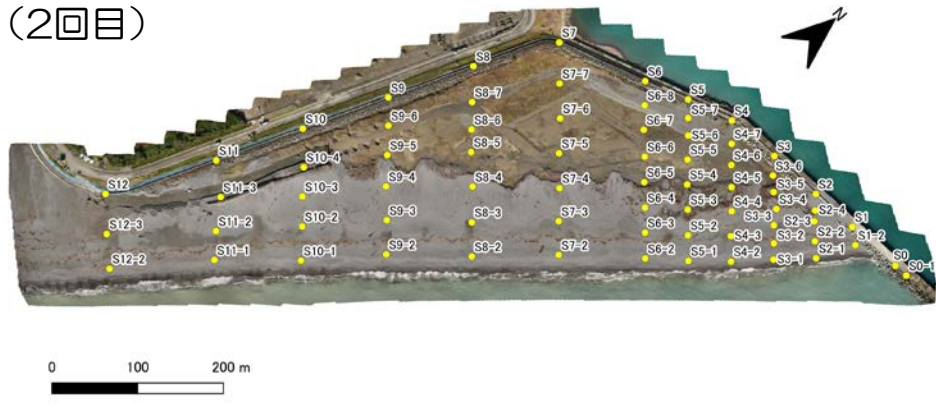
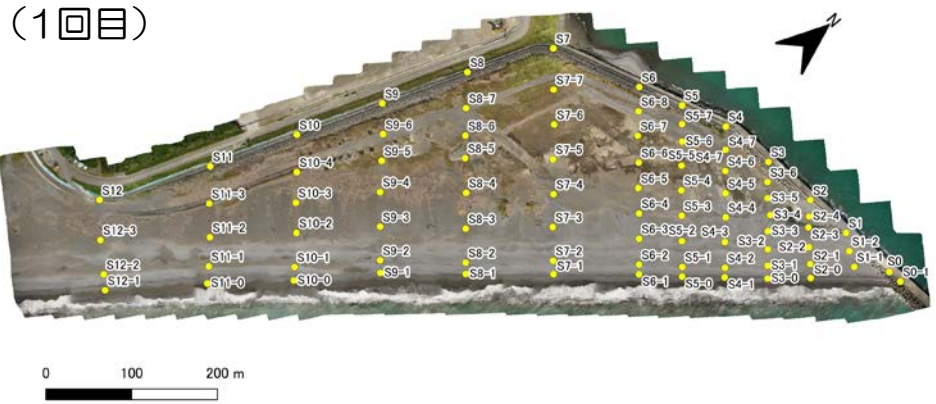


表 RTK-GPS測量を基準とした標高の平均誤差 (UAV写真測量)

| | 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



☒ 精度検証を実施したポイント (RTK-GPS測量)

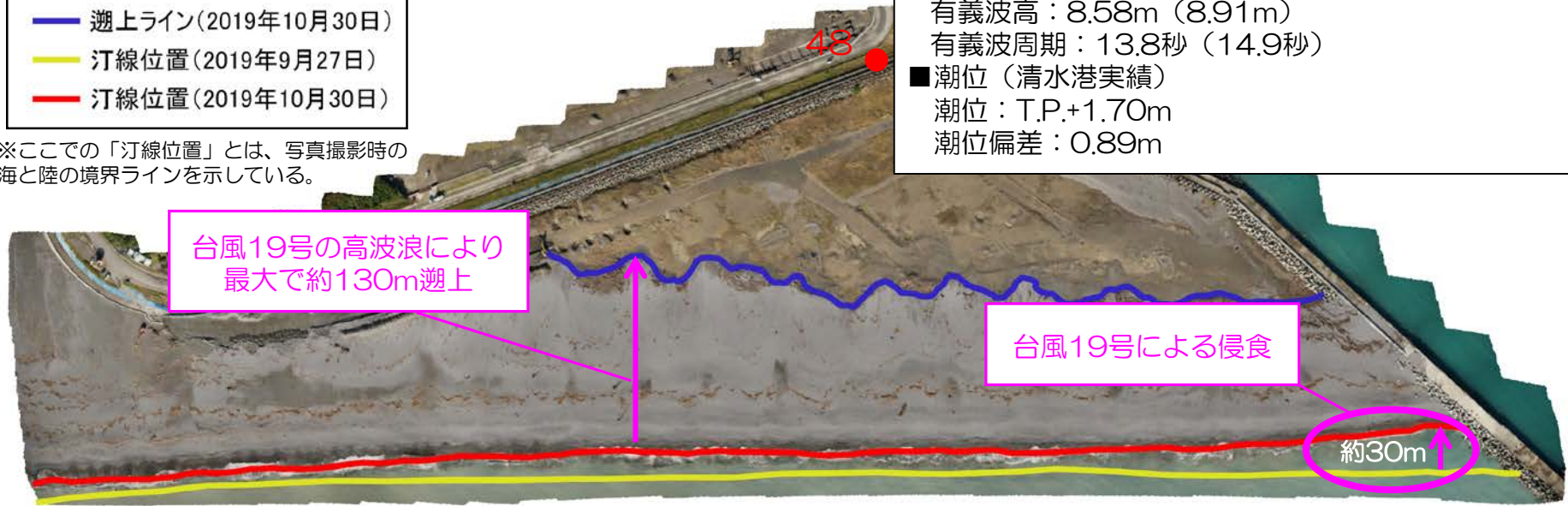
3. 現地での試験モニタリング概要(3)～UAV写真測量④～ ※「第10回駿河海岸保全検討委員会」資料抜粋 9

・オルソ画像により、台風19号の影響を把握した。

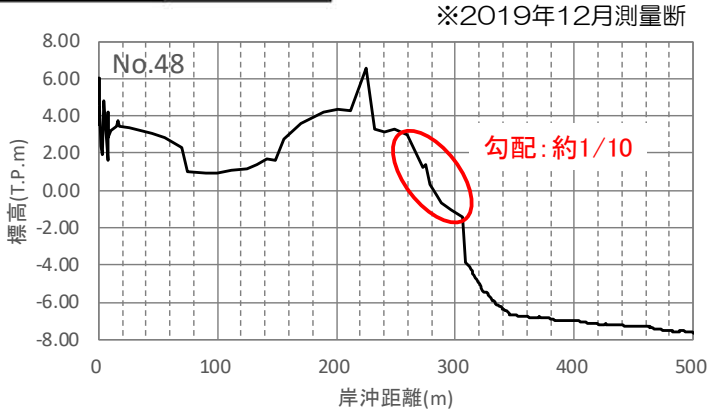
【凡例】
 ■ 遡上ライン(2019年10月30日)
 ■ 汀線位置(2019年9月27日)
 ■ 汀線位置(2019年10月30日)

※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】
 $30\text{m} - 12\text{m} = \text{約}18\text{m}$

4. 既存のCCTVカメラの有効利用～既存のCCTVカメラの位置図～

※「第10回駿河海岸保全検討委員会」資料抜粋

- ・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～

※「第10回駿河海岸保全検討委員会」資料抜粋

- ・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～

※「第10回駿河海岸保全検討委員会」資料抜粋

- ・ 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）

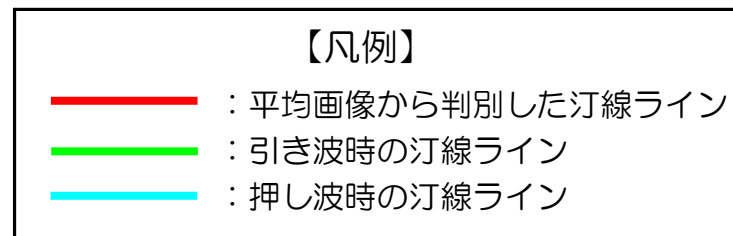


図 汀線ラインの重ね合わせ図（2019年10月4日の例）

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～ 13

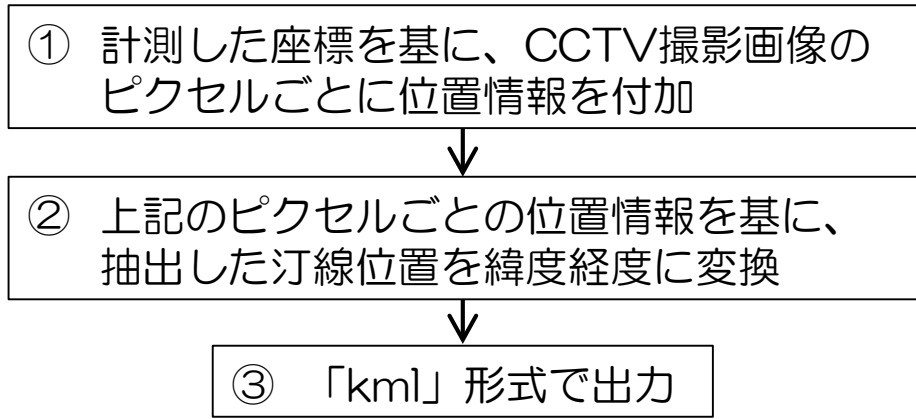
※「第10回駿河海岸保全検討委員会」資料抜粋

・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。



図 座標計測の例

(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。



【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

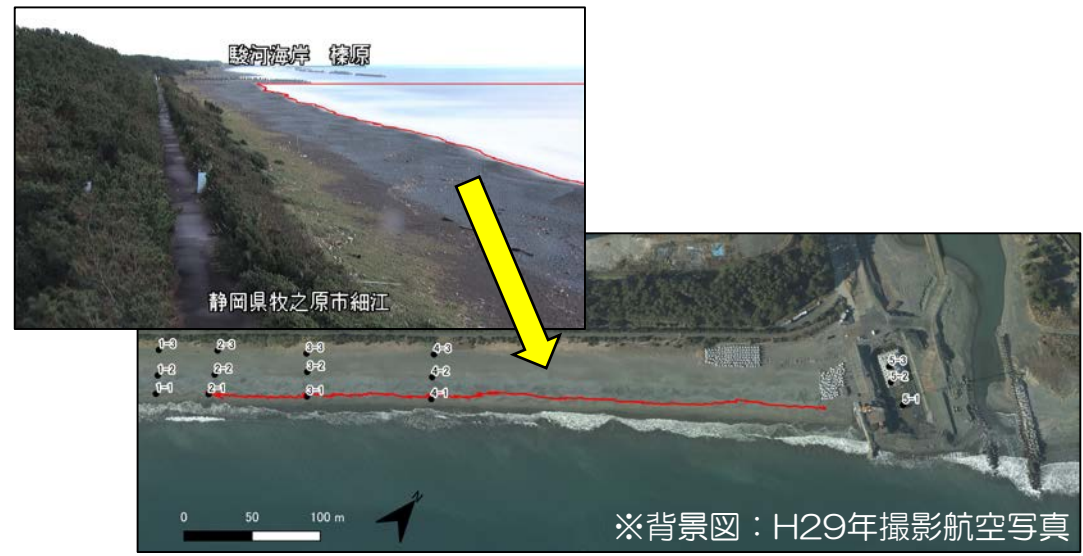


図 抽出した汀線位置の座標変換の例

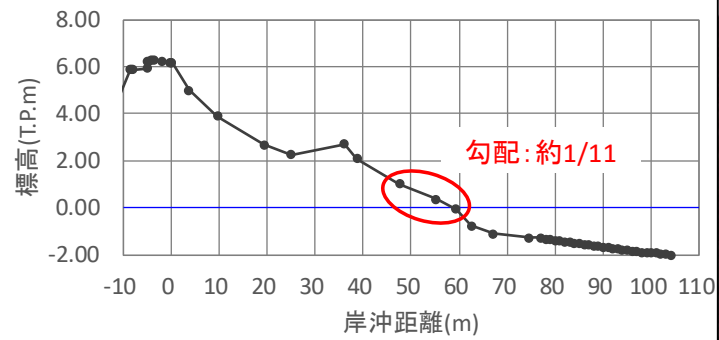
4. 既存のCCTVカメラの有効利用～抽出した汀線位置の精度確認～ 14

※「第10回駿河海岸保全検討委員会」資料抜粋

- ・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)

- ・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 |

