

UAV を用いた中田島砂丘の地形変化モニタリング

豊橋技術科学大学大学院 学生会員

○阿部廉太郎

豊橋技術科学大学大学院 正会員 岡辺拓巳, 正会員 加藤 茂

1. はじめに

2012 年以降、浜松市沿岸では防潮堤整備事業が開始され、中田島砂丘では中央部を横断する形で標高 15m の防潮堤が施工された。この防潮堤の健全性を維持するため、飛砂による地形変化のモニタリングが課題となっている。本研究は、UAV-SfM 手法によって防潮堤を含む中田島砂丘全域の数値標高モデル (DEM) を取得し、地形変化の特徴を把握することを目的とした。

2. 調査概要

調査は 2019 年 9 月 2 日、10 月 8 日、10 月 31 日、12 月 9 日に実施した。9 月 9 日に台風 15 号が千葉県に、10 月 12 日に非常に強い勢力の台風 19 号が静岡県に上陸している。使用した UAV は、RTK-GNSS を搭載した Phantom 4 RTK である。標定点を使用せず、画像メタデータの空撮位置情報によって SfM (Structure from Motion) 処理を施し、DEM 取得の調査作業時間の短縮を図った。精度検証用のデータとして、9 月 2 日および 12 月 9 日に、砂丘全域で RTK-GNSS による測量を行った。測量点数はそれぞれ 98 点と 91 点であった。

3. 解析手法及び精度検証結果

SfM 処理には Agisoft 社の Photoscan Professional を用いた。SfM による 3 次元点群の標高を 0.1 m 間隔で出力した後、移動平均を用いたローパスフィルタリングにより 0.25 m 格子の DEM を得た。

0.1 m 格子の SfM 成果と GNSS 測量の結果 (精度の基準) より、両者の標高の比較を行った。図-1 に 9 月 2 日及び 12 月 9 日の誤差のヒストグラムを示す。これより

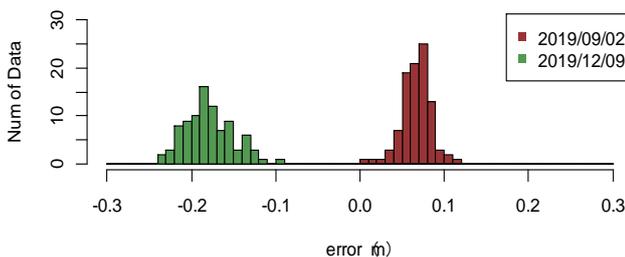


図-1 SfM による DEM と GNSS 測量の標高の比較

SfM による DEM は標高方向に数 cm から十数 cm のオフセットを持った状態であることが判明した。そのため、道路部分などの標高が変化しない複数点の標高を用いてこれを修正した。修正後の RMSE は、9 月 2 日が 1.9 cm、12 月 9 日が 4.0 cm であった。

4. 砂丘の地形変化

図-2 に、12 月 9 日の中田島砂丘内の植生や低地、漂流物などの空間的な概要を重ねた空撮写真を示す。砂丘内では、広い範囲に植生が存在しており、低地部分では、降雨後に水溜まり (池) ができていることが確認されている。また、海から流れ込んだ流木やゴミが砂丘南側で散乱していることを、踏査でも確認した。

図-3 に、9 月 2 日と 12 月 9 日の比較より算出した約 3 か月間の標高変化の空間分布を示す。図中の等高線は 12

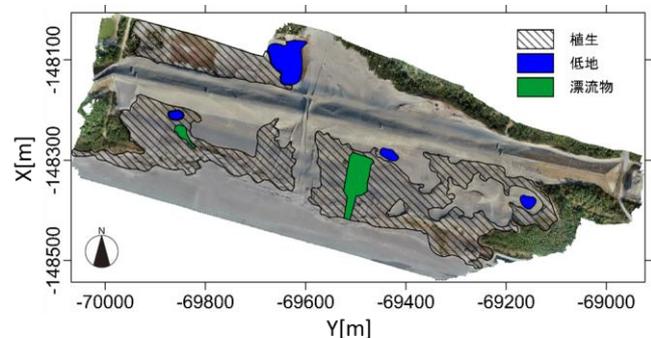


図-2 中田島砂丘の地表の概要 (12 月 9 日調査)

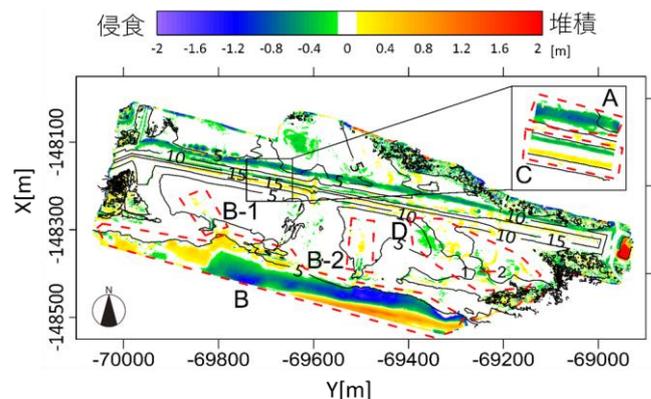


図-3 9 月 2 日から 12 月 9 日の標高の変化

月 9 日のものである。図-2 中の植生の繁茂している領域では 10cm 以上の標高の変化は確認されなかった。

防潮堤北側の A で示す侵食は、防潮堤の工事用道路だったが、施工完了に伴う撤去工事 (9 月中頃) により 0.5 m 以上の標高低下が生じている。

砂丘南側の海岸線付近 (図-3 中の B) では、広範囲の侵食や堆積が見られた。この変化は、台風 19 号が通過した 10 月 8 日から 10 月 31 日の間で顕著であったため、波の遡上域が台風による高波によって変化したものであると考えられる。海側の堆積部分は礫で構成されていることが確認できた。砂丘東側では、海岸侵食の対策のため礫を含んだ置き砂を実施しており、これが供給源となったと推察される。図中の B-1 および B-2 は、図-2 の漂流物が見られた部分と一致している。これは、台風時に砂丘内へ海水が流れ込んだことによる地形変化とみられる。海側では侵食が、砂丘側では運ばれてきた土砂による堆積が生じている。

天端を含む防潮堤の頂部 (図-3 中の C) では、その北側で侵食、南側で堆積していることを確認できる。南北の土砂量の変化を確認するため、土砂量を算出した。地形変化の大きい標高 14 m 以上を対象とし、 $Y = -69700$ m 地点の防潮堤で単位幅あたりの土砂量を求めた。表-1 は 9 月 2 日を基準とした各調査日における土砂量である。9 月 2 日から 10 月 8 日の間では、わずかに北側で堆積、南側で侵食が確認された。しかし、台風 19 号が通過した 10 月 8 日から 31 日の間で、北側の侵食と南側の堆積が大きく進行している。また、10 月 31 日から 12 月 9 日の変化

表-1 9 月 2 日を基準とした防潮堤天端付近の土砂量の推移

調査日	天端北側 (m ³ /m)	天端南側 (m ³ /m)
10月8日	+0.192	-0.020
10月31日	-0.469	+0.486
12月9日	-0.629	+0.419

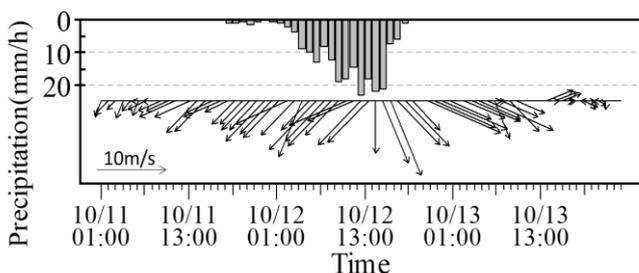


図-4 台風 19 号時の浜松の気象データ

では、共に土砂の減少が生じている。図-4 に、台風 19 号の上陸を含む 2019 年 10 月 11 日から 13 日にかけての AMeDAS 浜松地点の 1 時間平均風速と風向、および降水量を示す。10 月 12 日に 20 mm/h を超える降雨があったものの、北東から北西の強風が天端北側の土砂を南側へ移動させたことが推察される。

砂丘東部 (図-3 中の D) は標高差が大きく植生の繁茂していない領域である。ここでの地形変化は、西側で侵食、東側で堆積が生じている。これらは、既往研究 (Junaidi ら, 2009) の主な地形変化の傾向と対応している。この D 領域で最も標高の変化があった部分の地形断面の経時変化を図-5 に示す。9 月 2 日から 12 月 9 日にかけて徐々に西側で侵食、東側で堆積している様子がわかる。台風の影響がない 10 月 31 日から 12 月 9 日にかけても、地形変化が継続していることがわかった。これは、雨による土砂の流出による地形変化だけでなく、飛砂による変化も発生しているものと考えられる。

5. 結論

本研究では、防潮堤を含む中田島砂丘全域で UAV-SfM 手法による地形モニタリングを実施し、標高変化の特徴を把握した。台風 19 号による地形変化では、波の遡上域における侵食に加え、防潮堤天端付近で土砂が移動していることがわかった。また天端付近では台風の影響のない期間においても、わずかに土砂移動が発生していることから、飛砂が起こりやすい部分であり、継続して冬季の調査が必要であると考えられる。砂丘東部では、台風の影響の有無に依らない東側への土砂移動が確認された。

参考文献

1) Junaidi, 青木伸一, 加藤茂, 片岡三枝子, 若江直人, 尼崎貴大: 中田島砂丘における飛砂の特性と短期的地形変化に関する研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学) 65(1), 621-625, 2009

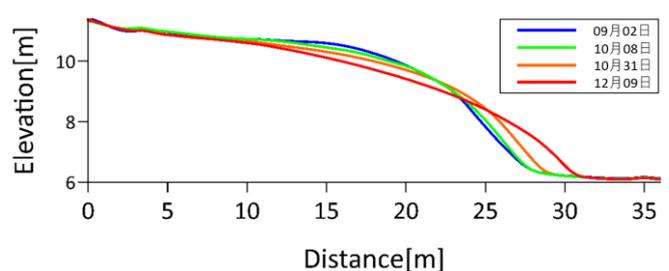


図-5 領域 D における断面の推移