

単眼画像から礫浜地形を算定する手法に関する一検討

岐阜工業高等専門学校 学生会員 ○ 酒井 風花
 岐阜工業高等専門学校 正会員 菊 雅美

1. 研究の背景と目的

沿岸域では海岸侵食が顕在化している。海浜の変化特性を解明するには、継続的な地形観測が必要不可欠である。菊ら¹⁾は、UAV (Unmanned Aerial Vehicle : 無人航空機) による取得画像に SfM/MVS (Structure from Motion/Multi View Stereo : 多視点画像解析) 技術を適用し、七里御浜井田海岸の短期的・長期的な地形変化について明らかにした。さらに、井上ら²⁾は、UAV によって撮影した画像から構成物分布を作成し、地形と構成物分布の変化について検討した。このように、UAV の台頭により、短時間・高精度な 3 次元測量を容易に実施可能となった。しかし、UAV-SfM/MVS 測量によって海浜変化を捉えるには、定期的に現地へ赴く必要がある。佐藤³⁾は、高頻度観測を実現しているものの、容易ではない。趙ら⁴⁾は、ネットワークカメラと UAV-SfM/MVS 測量を組み合わせ、海浜の地形変化特性を評価する手法を構築した。ネットワークカメラの活用によって常時観測が可能となる。ただし、ネットワークカメラ画像から得たのは水際線の変動のみで、断面地形の算定には至っていない。一方、近年、機械学習によって単眼画像から深度を推定する手法が提案されている (例えば、Ranftl et al.⁵⁾)。1 枚のネットワークカメラ画像から 3 次元地形を算定できれば、有用性は高いと考えられる。

そこで、本研究では、単眼画像から深度を推定し、礫浜の 3 次元的地形を抽出する手法の開発を目的とする。ネットワークカメラ画像に適用する前段階として、水理模型実験中に撮影した単眼画像を対象とする。

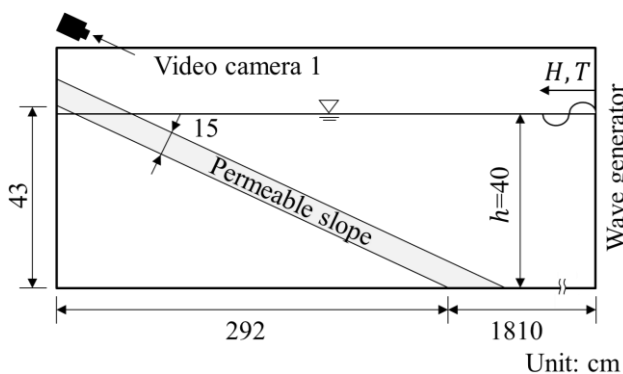


図-1 実験装置の概略

2. 水理模型実験の概要

岐阜工業高等専門学校の断面 2 次元造波水路 (長さ 25 m, 幅 0.7 m, 高さ 1.0 m) を用いて水理模型実験を実施した。図-1 に、水理模型の概略を示す。実験縮尺を 1/25 とし、水路内に 1/7 の一様勾配を有する不透過斜面を設置した。斜面上には、中央粒径 $d_{50} = 3.4 \text{ mm}$ の礫を 15 cm 厚で敷き均した。また、遡上波の影響を受けない陸上にマーカをコの字に設置した。そして、トータルステーション測量により、マーカの位置座標を取得した。造波中の地形変化を撮影するため、同図に示すように、水路上部から沖に向けてビデオカメラ (SONY 製 FDR-AX60) を 1 台設置した。ビデオカメラの諸元を表-1 に示す。水深を $h = 40 \text{ cm}$ とし、波高 $H = 8.0 \text{ cm}$ 、周期 $T = 2.0 \text{ s}$ の規則波を 3 時間作用させた。

3. 解析手法の概要

図-2 に、解析手順を示す。Step 1 では、画像・動画に関する処理機能をまとめたオープンソースライブラリ OpenCV⁶⁾を用いて、ビデオカメラで撮影した動画から

表-1 カメラの諸元

parameter	value	
focal length [mm]	4.4	
35 mm equivalent focal length [mm]	26.8	
sensor size	height [mm]	3.4
	width [mm]	6.2
resolution	height [px]	1080
	width [px]	1920



図-2 解析手法



(a) 撮影画像



(b) 深度マップ

図-3 深度推定モデルの実装結果



図-4 点群の構築結果

任意時間の静止画を切り出す。Step 2 では、抽出した単眼画像に深度推定モデル MiDaS⁹⁾を適用し、深度を算定する。MiDaS は異なる多くのデータセットを用いて学習されているため、様々な画像の被写体に適用でき、深度範囲やスケールの大きさに影響しにくい特徴がある。MiDaS には、複数の学習済みモデルが実装されており、算定精度や処理速度が異なる。本研究では、最も高品質な深度マップを生成する DPT_Large モデルを使用する。

Step 3 では、3D データを扱うオープンソースライブラリ Open3D⁷⁾を用いて、Step 2 で抽出した深度と表-1 のビデオカメラの諸元に基づく点群を構築する。また、画像の RGB 情報を用いて点群に配色する。Step 4 では、水路に設置したマーカを利用して回転ベクトルを求め、構築した点群を相対座標から絶対座標に変換する。Step 5 にて、マーカの位置座標に基づき、点群を相対距離から絶対距離に変換する。この点群から、Step 6 で礫浜の DSM を構築し、任意測線の断面を抽出する。

4. モデルの実装

図-3 に、MiDaS による深度推定結果を示す。同図(a) はビデオカメラから抽出した造波開始後 1210 s の静止画である。作用波により、礫が堆積している様子を確認できる。同図(b)は、同図(a)から推定された深度マップ

である。MiDaS では、深度が逆数で求められるため、近いところは白く、遠くなるにつれて黄色から青色に表示される。同図から、深度を概ね良好に推定できている。

図-4 は、深度マップを使用して構築した点群である。なお、データ量削減のため、一部の点群を削除している。同図から、水路内および周辺が 3 次的に表現されている。図-3(a)と比較すると、水路内の様子を良好に構築できていると判断できる。しかし、水路壁や水路外には歪みが生じている。そのため、深度推定のさらなる精度向上を図る必要がある。

5. おわりに

現時点までに、図-2 中の「Step 3 : 点群構築」が可能となった。図-4 に示すように、相対座標となっているため、今後は Step 4 以降に着手し、マーカ座標を用いて座標回転と絶対距離に変換する。そして、構築されたモデルの精度を検証する。本手法の妥当性が確認できれば、他の画像にも適用し、地形の時間的変化を算出する。
参考文献: 1) 菊 雅美, 森 勇人, 中村友昭, 水谷法美: UAV-SfM/MVS 測量による礫浜海岸の地形変化計測に関する研究, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 75, No. 2, I_127-I_132, 2019. 2) 井上雄太, 菊 雅美, 中村友昭, 水谷法美: 機械学習による礫浜の構成物の自動分類に関する研究, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 77, No. 2, pp. I_673-I_678, 2021. 3) 佐藤慎司: 高頻度 UAV 観測に基づく砂礫海浜変動特性の解明, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 78, No. 2, pp. I_499-I_504, 2022. 4) 趙 容桓, 中山遼哉, 菊 雅美, 中村 友昭, 水谷 法美: ネットワークカメラと UAV-SfM/MVS 測量を組み合わせた海浜変形特性の把握, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 76, No. 2, pp. I_655-I_660, 2020. 5) R. Ranftl, K. Lasinger, D. Hafner, K. Schindler and V. Koltun: Towards Robust Monocular Depth Estimation: Mixing Datasets for Zero-shot Cross-dataset Transfer, IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence, Vol. 44, No. 03, pp. 1623-1637, 2022. 6) OpenCV: <https://opencv.org/>, accessed 2022-11-16. 7) Open3D: <http://www.open3d.org/>, accessed 2022-11-16.