

UAV による空撮画像から礫の粒径分布を算定する手法に関する一考察

岐阜工業高等専門学校 正 会 員 ○ 菊 雅美
名古屋大学 正 会 員 中村 友昭
名古屋大学 フェロー 水谷 法美

1. 研究の背景および目的

三重県南部に位置する風光明媚な七里御浜海岸は、様々な大きさの礫から構成される礫浜海岸である。近年、当該海岸では侵食が深刻な問題となっており、養浜・人工リーフの整備・消波ブロックの設置など様々な侵食対策が施されている。しかし、台風の接近に伴う高波により、養浜した礫が大幅に消失するなど、侵食を食い止めるには至っていない。有効な侵食対策を検討するには、現地海岸の漂砂機構を解明することが必要不可欠である。漂砂特性は礫の大きさによって異なることから、現地海岸の漂砂機構を解明するには、礫の粒径に着目することが重要であるといえる。しかし、粒径の平面的な分布をふるい分け試験によって明らかにするのは大変な労力を必要とし、現実的ではない。一方、著者らはこれまでに、七里御浜海岸を対象として、ネットワークカメラによる汀線の常時観測、3D 地上レーザースキャナや UAV (Unmanned Aerial Vehicle, 無人航空機) による定期的な現地観測、数値計算モデルによる人工リーフ周辺の流動場解析など、様々な観点から研究を行っている¹⁾。特に、2015 年度以降は現地観測に UAV を用いており、SfM (Structure from Motion, 多視点画像解析) 技術によって現地海岸の 3 次元モデルを作成している。そして、異なる観測日のデータを重ねることで、礫の侵食/堆積の場所的・時間的な変化を定量的に算定し、波浪情報と関連付けながら季節や台風など低気圧による礫浜の地形変化特性について考察している²⁾。これらの研究から、現地観測における UAV の利用は、短時間・低労力で広範囲の 3 次元データを高精度に取得でき、現地海岸の地形変化特性の把握に大変有効であることが判明している。そこで、UAV による空撮画像から礫の粒径を算定できるようになれば、広範囲における礫粒径の時空間分布を把握でき、現地海岸の漂砂特性の解明に有用と考えられる。寺田ら³⁾は、画像解析ソフト BASEGRAIN⁴⁾を用いて UAV による空撮画像から河川砂州の粒度分布を算定している。ただし、算定結果の精度検証は行っていない。以上の背景を鑑み、本研究では、UAV による空

撮画像から礫の粒径を算出するとともに、ふるい分け試験との比較から精度検証を行い、現地礫浜海岸の粒径分布の算定に必要な撮影条件を明らかにすることを目的とする。

2. 現地観測の概要

本研究では、2016 年 8 月 5 日に七里御浜海岸において UAV による空撮を行った。UAV には DJI 社の Phantom 4 を使用した。Phantom 4 はカメラと本体が一体となっており、撮影される静止画の解像度は $4000 \times 3000 \text{ pixel}$ である。撮影に際しては、カメラを鉛直下向きに設定した。まず、沿岸方向約 100m の範囲における海浜地形の全体像を 3 次元モデル化するため、対地高度 30m にて画像間のオーバーラップ率が高くなるよう留意しながら約 150 枚の画像を撮影した。撮影した画像は、PhotoScanPro によって再構築を行い、図-1 に示すように海浜地形の 3 次元モデルを得た。また、同図中に示すように、任意の 3 地点 (P1~P3) を選定した。そして、各地点で 60cm 四方の枠を作り、その周囲を対地高度 5~20m の範囲で 1m ずつ変化させながら撮影した。さらに、各地点において枠内の表面の礫を採取し、土の粒度試験方法 (JIS A 1204) に沿ったふるい分け試験を行った。

3. 礫の粒径分布の算定と精度検証

本研究では、寺田³⁾を参考に、礫の粒径分布の算出方法として画像解析ソフト BASEGRAIN を用いた。解析に際して、探索された礫のうち、解析領域の境界にかかっていない礫の面積を S_f 、解析に考慮されている礫の面積を S_t としたとき、探索できない

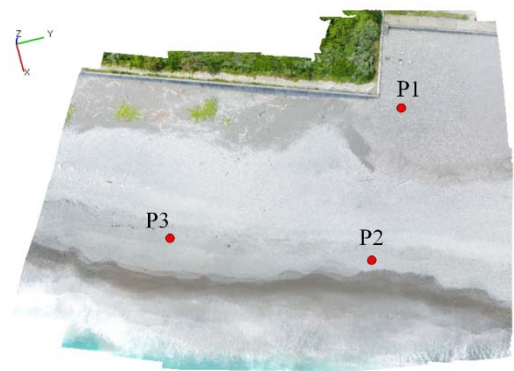
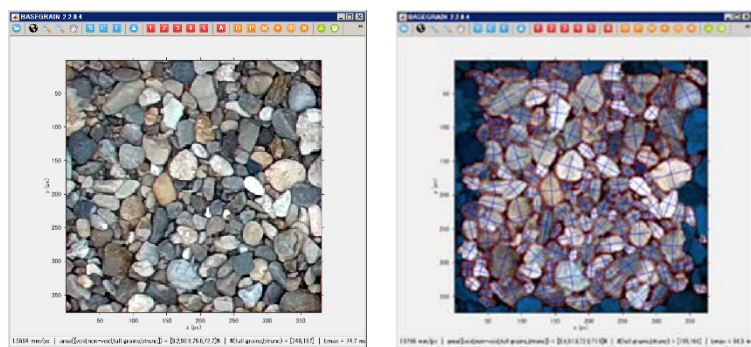


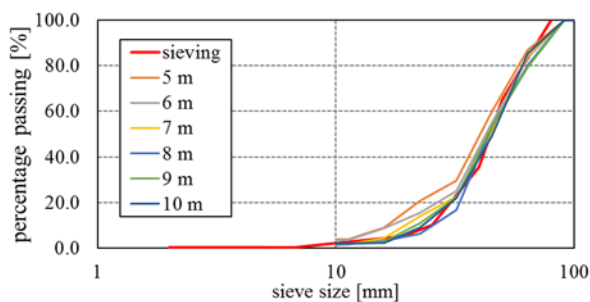
図-1 海浜地形の 3 次元モデル



(a) 解析対象

(b) 解析結果

図-2 BASEGRAIN による解析結果 (対地高度 8m)



(a) 撮影高度 5~10m

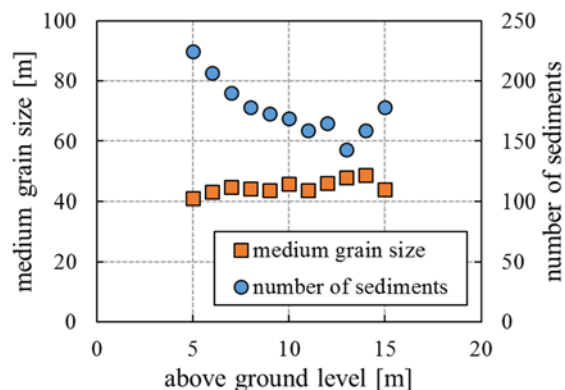
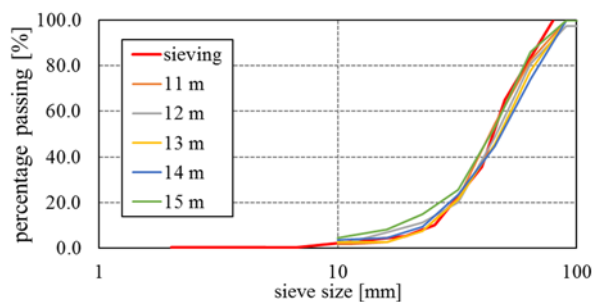


図-3 対地高度による中央粒径と粒子個数の違い



(b) 撮影高度 11~15m

図-4 ふるい分け試験と画像解析による粒径加積曲線の比較

10 mm 未満の礫の割合を $100 \times (S_f - S_d) / S_f$ により推定し、その値を 10 mm のときの割合として使用した。なお、10 mm 未満の粒径加積曲線は Fuller 曲線により推定し、パラメータ α は既定値 0.8 を用いた。

図-2 に、BASEGRAIN による解析結果の一例を示す。同図から、解析領域の境界にかかるものを除いて、1つ1つの礫を良好に識別していることがわかる。図-3 は、撮影時の対地高度による解析結果の違いである。同図より、対地高度を 5~12m に変化させた場合、対地高度が高くなるほど探索できる粒子の数は減少する傾向が認められる。一方、12m 以上になると、探索できる粒子の数が再度増加している。これは、対地高度が高くなることで、画像の解像度が粗くなり、正しい判別が行えないためである。そこで、対地高度 16m 以上の画像については、解析を行わないものとした。また、中央粒径については、対地高度の上昇とともに大きくなっていることが同図よりわかる。図-4 は、ふるい分け試験と画像解析による粒径加積曲線の違いであり、対地高度が高くなるほど粒径加積曲線は右に移動している。対地高度が高いほど粒子の数は減ることから、複数の粒子が1つの粒子とみなされ、大きい粒子として探索されたために、細かい粒子が減ったことが原因として考えられる。中央粒径に着目すると、対地高度が 7m 以下なら過小評価、9m 以上なら過大評価と

なることがわかる。したがって、Phantom 4 を用いる場合、撮影時の対地高度を 7~9m 程度にすることで、ふるい分け試験の結果と概ね一致する結果を得られるといえる。

4. おわりに

本研究では、UAV による空撮画像から現地海岸の礫の粒径分布を算定するための手法として画像解析ソフト BASEGRAIN を使い、その精度検証を行った。その結果、対地高度 7~9m 程度とすることで、ふるい分け試験と同様の結果が得られることがわかった。今後は、SfM によって再構築した3次元モデルから礫の粒径分布を算定し、礫粒径の時空間分布の変化について考究していく予定である。

謝辞: 本研究の一部は小川科学技術財団より補助を受けたことを付記し、謝意を表する。

参考文献: 1) Vu ら (2015) : 七里御浜井田海岸の海浜地形変化機構に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 71, No. 2, pp. I_697-I_702. 2) 渡邊ら (2016) : UAV とネットワークカメラを用いた七里御浜井田海岸における海浜変形に関する研究, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 72, No. 2, pp. I_790-I_795. 3) 寺田ら (2015) : UAV による撮影画像を用いた洪水前後の砂州上粒度分布の計測, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 71, No. 4, pp. I_919-I_924. 4) BASEGRAIN (オンライン) : <http://www.basement.ethz.ch/services/Tools/basegrain>, 2016 年 12 月 7 日参照。