

UAVによる空撮画像を用いた干潟上での砂漣の空間分布特性の把握

豊橋技術科学大学 学生会員 ○朝倉稜翔
豊橋技術科学大学 正会員 加藤 茂・豊田将也

1. はじめに

干潟は多種多様な生物が存在する場であるとともに、海水浄化などの環境保全機能も有する場であるため、その保全は重要である。干潟の維持管理には、干潟全体の地形変化や漂砂移動の特徴を知る必要があるが、これには干潟上に生じるセンチメートル・スケールの微小地形（砂漣）が大きな影響を及ぼすことが指摘されている¹⁾。

したがって、干潟上に生じる砂漣の形成過程や形成範囲、砂漣形状の分布を把握することができれば、干潟全体の地形変化や漂砂移動の把握が可能になると考えられる。

本研究では、UAV空撮画像を用いて愛知県西尾市東幡豆町地先の干潟（東幡豆干潟）上での砂漣方向・波長の検出と、検出結果に基づく干潟全体での砂漣の空間分布特性の把握を試みた。さらに、解析結果と現地観測結果との比較を行うことで解析方法の妥当性を検討した。

2. 砂漣方向の把握

解析には2021年8月23日、2022年8月26日、2022年10月9日の3回の調査で取得した空撮画像を用いた。

2.1 輝度情報を用いた砂漣方向の検出

本研究では、輝度の空間勾配を利用した解析方法の適用を試みた。砂漣画像をgray scaleに変換した後、各画素での輝度勾配の方向（1°刻み）とその大きさを取得する。その輝度情報をもとに0°から180°の範囲と、181°から360°までの2つの範囲で、砂漣方向に相当する輝度勾配の角度を求めた。輝度変化に対して勾配を求めると、1つの砂漣に対して正の勾配（白色系→黒色系）と負の勾配（黒色系→白色系）を取ることになる。そのため、最終的に検出される砂漣（凹凸の断面）の方向としては、両方の勾配から計算される約180°反転した2つの方向が得られるため、180°で区切った2つの範囲で方向を求めている。

2.2 砂漣方向の検出結果

砂漣が大部分を占めている画像に対する解析結果では（図1）、検出された角度は概ね砂漣方向を示していることが確認できた。ここでは、解析に352×352 pixel（約5m四方、約1.3cm/pixel）の画像を用いた。一方、網や杭などの砂漣以外

の物（不要物）が映りこんでいる画像では、不要物が占める割合が低い画像では、検出された角度は概ね砂漣方向を示した（図2(a)）。しかし、不要物の占める割合が高く、その輪郭が鮮明な場合には、不要物で生じた輝度の差（輝度勾配）が大きくなり、検出される方向も不要物の向きを示したと考えられる（図2(b)）。

2.3 干潟全体の方向分布の把握

上記の解析を砂漣画像全てに対して行い、干潟全体での砂漣方向の分布の把握を試みた。なお、2.2節で明らかとなった不要物の影響による方向の誤検出を減らすために、画像をさらに4分割することで砂漣のみの画像（＝方向検出範囲）を増やした。分割した画像の解析で得られた方向を30°毎に色分けし、それらを結合することで干潟全体での砂漣方向分布のカラーマップを作成した（図3(a)）。砂漣方向は、 $-60^{\circ} \leq \theta < -30^{\circ}$ （濃緑）と $-30^{\circ} \leq \theta < 0^{\circ}$ （緑）が干潟の大部分を占めていることが分かる。この砂漣の形成範囲と方向分布は、3回の調査においてほぼ同様の傾向を示すことが確認できた。UAV空撮画像から構築した地形データ（DEM）との対応を調べたところ、等深線の法線方向が砂漣の方向と似通った角度をしていることが分かった（図3(b)）。一般的に水面波は、屈折現象により等深線に対して垂直になるように伝播する。また、砂漣は波の伝播方向に沿って形成されやすい。したがって、この等深線形状に対応した方向を持つ砂漣が干潟の大部分で発生したと考えられる。

3. 砂漣波長の把握

3.1 輝度情報を用いた砂漣波長の検出

干潟全体の砂漣波長の分布を調べるため、砂漣画像内の輝度情報（gray scale）をもとに、砂漣の波長に相当する

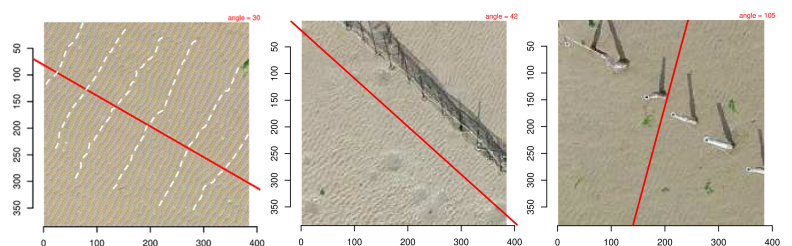


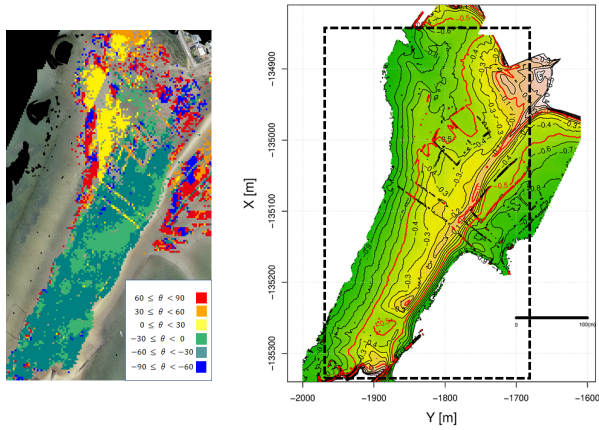
図1 解析結果

（白破線：目視による砂漣）

(a) 網

(b) 杭

図2 不要物がある場合の解析結果



(a) 砂漣方向分布図 (b) 標高線図

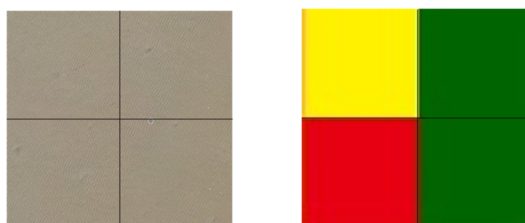
図3 解析結果 (2021年8月23日の結果)

長さ (pixel) を推定することを試みた. 2.1 節で取得した砂漣方向に基づき砂漣画像を回転させ, その回転画像の中心を通る水平断面での輝度値を抽出した. その変動データを砂漣に相当すると考えられる個々の凹凸に分割し, その平均凹凸長を求め, その値を解析画像内での砂漣の代表 (平均) 波長とした. 2.3 節と同様に, 全て分割画像に対し上記の解析と, 砂漣波長の 5 pixel 毎の色分けをし, それらを結合することで干潟全体での波長のカラーマップを作成した (図4).

3.2 検出精度の検証

解析結果の精度検証のため, いくつかの画像に対し目視で砂漣の間隔を測定し, 解析結果との比較を行った. オリジナルの画像では砂漣の間隔 (波長) が画像全体でほぼ均一に見えている場所でも (図5(a)), 検出された結果では, 平均波長で 15 pixel 程度 (実スケールで約 20 cm) の差が生じている場合もあり (図5(b), 赤: 10~15, 緑: 25~30), 今回用いた解析方法では砂漣波長の検出精度が低く, 改善が必要であることが確認された.

波長の検出精度が低かった原因としては, 砂漣画像中央の輝度変動のみで波長を求めたためことや, 画像を細かく分割しすぎたこと, 画像の前処理 (画像を回転させる処理) を行う中で画質がかなり荒くなってしまったことが原因となり, 砂漣の波長に相当する輝度の凹凸を正



(a) オリジナル画像 (b) 4分割した場合の解析結果

図5 解析結果の検証例

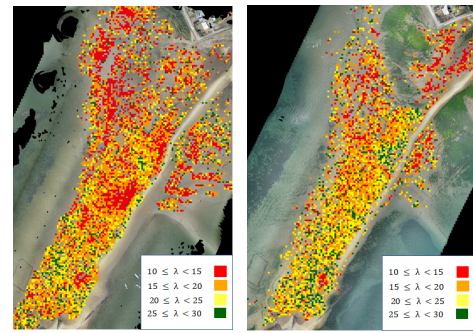


図4 解析結果

(左: 2021年8月23日, 右: 2022年8月26日)

確に抽出できなかったことが考えられる. 特に, 干潟表面の湿潤レベルと日射状態によっては, 画像の輝度変化が砂漣形状 (表面の凹凸間隔) に対応していない場合も考えられる. また, 実際に現地では, 狭い領域でも凹凸間隔が均一でない場合もあり, 解析領域内の代表値の選択も検討する必要がある. 今後は, 空撮を低い高度で行うことでより鮮明な砂漣画像を取得する, 実際の表面凹凸と輝度変化の対応関係を把握する, 複数断面での輝度情報を取得することで輝度変化の統計的な代表値を求めるなどの検出方法の改善を行う必要がある.

4. 結論

本研究では, UAV 空撮画像を用いて干潟上の砂漣方向・波長の検出を行い, 砂漣の形成範囲, 砂漣の方向分布, 地形との関係について分析を行った.

砂漣方向の検出は, 砂漣が大部分を占める画像については砂漣方向を正しく検出することができた. しかし, 杭や網などの不要物が映りこんでいる画像では, 砂漣方向とは異なる角度が検出される問題も生じ, 検出方法の改善が必要であることが確認された. また, 干潟全体での砂漣の方向分布は, 干潟地形との対応が確認され, 形成された砂漣の方向分布から地形勾配や干潟の概形, もしくはその地形条件での波の伝播方向が推定できる可能性が考えられた. 砂漣波長の解析では, 十分な精度が得られなかった. 検出方法を改善し, 波長の解析精度の向上が必要である. 今後は, 砂漣の方向と波長の空間分布の把握・分析を行うことで, 地形データと砂漣方向との関係を明らかにし, 画像解析による干潟の地形変化や土砂移動の分析の実現を目指す.

参考文献

- 1) 沢本正樹, 山下俊彦, 秋山義信: 流れおよび砂移動の物理機構を考慮した波による砂漣の安定理論解析, 海岸工学講演会論文集, 31 巻, pp.376-380, 1984.