

UAV を用いた波浪情報取得とその適用性に関する研究

豊橋技術科学大学 学生会員 ○ 山根健靖
 豊橋技術科学大学 正会員 加藤 茂, 岡辺拓巳
 Nortek ジャパン合同会社 國分祐作

1. はじめに

愛知県西尾市にある前島トンボロ干潟では、近年、地形変化が広範囲かつ顕著になってきており、水産資源の減少や水質浄化機能に影響を及ぼす可能性が懸念されている。そのため、近年当該干潟の地形変化に関する調査・研究が行われている^{1),2)}。しかし、干潟上では潮の満ち引きによって水深が大きく変化し、引き潮時には非常に浅い水域が広範囲に広がるため、干潟地形や土砂移動に及ぼす波浪の影響は非常に大きいものと考えられる。したがって、干潟上及び周辺域での波浪条件と地形変化の関係を把握することは重要である。また、干潟上の非常に浅い水深の影響を強く受けて波浪条件が空間的に変化するため、その空間分布の把握も地形変化の空間分布を把握するために必要であるが、その計測は容易ではない。その一方で、近年 UAV を用いた画像解析による波浪観測の研究が進められ、低コストかつ空間的な波浪情報の取得が可能な観測方法として期待が高まっている。そこで本研究では UAV で撮影した動画から画像解析的に波浪情報を推定するとともに、波浪計を用いた現地観測結果と UAV 画像解析での推定結果と比較を行うことで、UAV による波浪情報取得の適用性を検討した。

2. 調査概要

干潟のような水深が非常に浅くなる水域では、波浪計の設置が困難であるため、今回は海底設置が可能な陸から約 1.5km、水深約 10m の沖合 (図-1) において、2019 年 10 月 5 日～11 月 4 日の期間、超音波式波浪・流速計による波浪観測を行った。波浪計設置期間内で

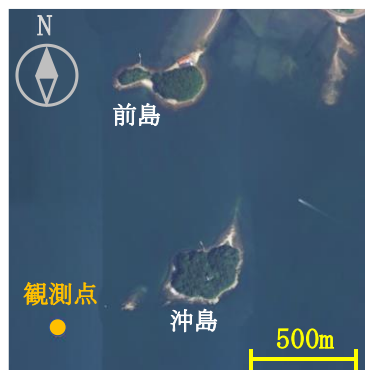


図-1 調査地概要

ある 10 月 11 日、20 日および 26 日に UAV による海面撮影を実施した。本研究では、DJI 社の Phantom4 Pro を使用し、高度 100m で対象地点の鉛直下面を約 1 分間撮影した。動画を 0.03 秒間隔の連続画像に分割することで、解析に用いる画像を得た。各画像に対して以下に述べる解析を行った。

3. 波峰線の抽出

画像から、フーリエ変換で得られるパワースペクトルを求め、画像から認識できる主要な波峰線を抽出した。原画像に対してフーリエ変換を施し、パワースペクトル画像を得る。このパワースペクトル画像から、角度方向分布、動径方向分布を抽出することで、パワースペクトルのピーク位置が得られる。図-2(a)は、図-3(b)のパワースペクトル分布画像の中心を通る水平軸から反時計回りに、0°～180°まで 1°間隔で平均したスペクトルの分布を示したもので、45°、135°前後に小さなピークが見られ、この角度に直交する方向で規則的な構造 (波峰線) が繰り返していることがわかる。

図-2(b)は、図-3(b)のパワースペクトル分布の中心から同心円方向の平均分布を示したもので、波長に関する情報が得られる。しかし、この場合はピーク位置の検出が困難である。これは原画像から見てとれる波峰線は、明度の差分値が小さく、また、細かい風波が卓越しており、それがノイズとして散見されるため、ピーク位置を検出しにくいためであると考えられる。そこで、濃度変換によるエッジ強調処理を行い、画像の明度差を強調させた。また、細かい風波によるノイズの除去を目的として 10 枚の連続画像を平均することで画像を平滑化させ、ノイズを除去した。これらの処理を施した画像 (図-3(a)) のパワースペクトル画像 (図-3(b)) から、動径方向分布 (図-2(c))、角度方向分布 (図-2(d)) を算出し、パワースペクトル画像の中心から 30 ピクセル (1.2m) 付近、目視による波向から 135°付近を妥当なピークとして判断した。この特定のピーク波数のみを通過させるフィルタ処理 (図-3(c)) を行い、得られた画像の輝度値に対して極大値をとる点を波峰線上の点とした (図-3(d))。

4. 波浪情報（波向・波長）の推定

撮影した 1 分間の動画のうち 10 秒ごとに分割した 6 枚の画像を対象とした。波峰線長が 500 ピクセル (20m) を超えるものの中で、直線的な波峰線上に線分を引いた。各画像に 10 本の線分を引き、各線分の垂直ベクトルを算出し平均した。また、動画から得られる波が入射する方向を波向の角度とした。また、画像の中央付近で、各日付において算出した波向の方向に長さ 1000 ピクセル (40m) の線分を引き、線分上の波峰線の間隔を輝度情報から算出し、その平均値を波長とした。

5. 推定値の妥当性の検討

得られた画像に対して以上の手法を適用して波浪情報を推定し、波浪観測データと比較したものを表-1 に示した。比較した結果、波向、波長のいずれも大きな差が生じた。波浪計による観測データは、波浪のエネルギーを基に観測しており、エネルギーの強い波を捉えて観測している。一方、画像解析により抽出した波峰線は、画像の輝度変化の大きい表面の風波を認識しているため、観測値と推定値に差が生じた。

6. 結論

本研究では、UAV を用いて撮影した動画から画像解析により波浪情報を推定した。また、波浪計による観測結果と推定値を比較することによって、本解析法の適用性を検討した。その結果、以下の結論を得た。

- 1) UAV を用いて撮影した画像のスペクトル分布を算出することで、画像から認識できる主要な波峰線を抽出することができた。
- 2) 波浪計による観測値と画像解析による推定値は、認識している波が異なるため、対象となる波が異なるということが明確となった。
- 3) 本研究の推定手法は、動画（目視）で認識できる波浪の情報を取得するのに有用である。したがって、本研究の目的である非常に水深の浅い干潟上での波浪に関する波浪条件の時間的変化や地形による波浪条件の空間的変化の把握、解析に有効であると考えられる。特に非常に水深が浅く、計測機器の設置が困難な極浅水域での波浪条件の把握については、有効な調査・解析方法である。

参考文献

- 1) 栗谷ら：台風通過に伴う干潟の短期的地形変化と土砂動態の把握，土木学会論文集 B2（海岸工学），vol.75，

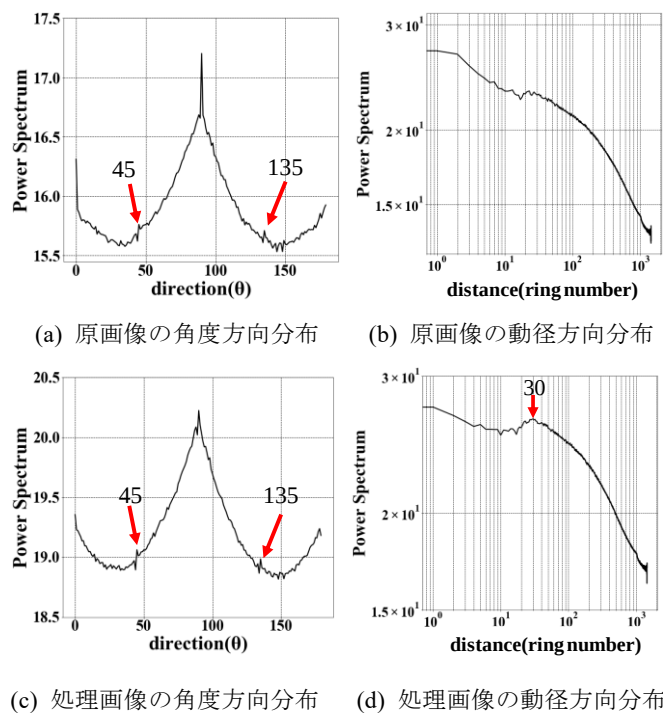


図-2 角度方向、動径方向のスペクトル分布

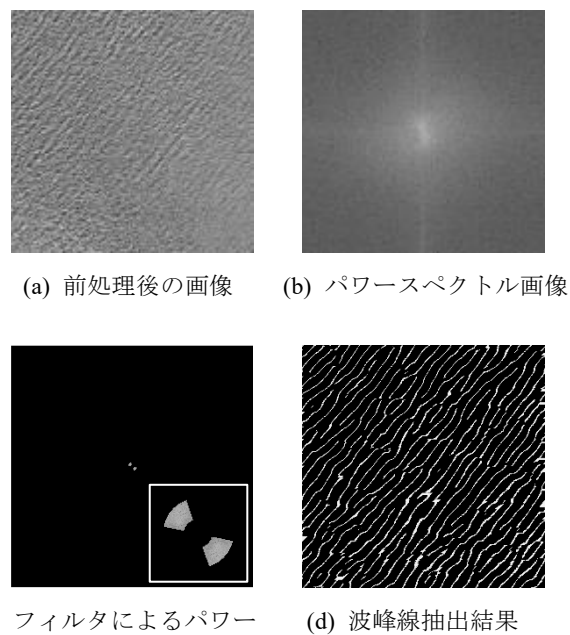


図-3 ピーク波数におけるフィルタ処理

表-1 撮影時の波浪条件と画像解析による推定値

撮影日	波浪観測		画像解析	
	波向(°)	波長(m)	波向(°)	波長(m)
10月11日	211.77	18.68	61.44	0.98
10月20日	222.73	4.09	310.27	3.01
10月26日	228.18	6.43	310.07	3.14

No.2, pp.I_499-I_504, 2019.

- 2) 田畑ら：UAV による干潟地形計測精度の検証と継続的なモニタリングへの適用性の検討，土木学会論文集 B2（海岸工学），vol.74，No.2，pp. I_961-I_966, 2018.