

農業用ドローンによる干潟表面のクロロフィル a 量の観測の可能性

東海大学海洋学部 正会員 ○仁木将人
 東海大学海洋学部 非会員 田中昭彦
 東海大学海洋学部 非会員 丹 佑之
 豊橋技術科学大学 正会員 加藤茂
 東海大学海洋学部 非会員 平山雄大 成瀬美風 菊池将成

1. 目的

近年ドローンを使った観測手法が多く見られるようになり、農業の現場ではドローンを使った作物の管理が行われるようになってきている。農業用ドローンの中には、作物の生育を測るため、マルチスペクトルカメラを搭載した機種が市販されるようになった。一方で、広域的で干出時に観測時間が限られる干潟は、ドローンを使った観測手法が適した空間と言え様々な研究が行われている。本研究では、マルチスペクトルカメラを搭載した農業用ドローンにより干潟表面のクロロフィル a 量の観測を行い、適用の可能性を検討した。

2. 実験方法

現地観測は愛知県の三河湾に面する東幡豆干潟で実施した。観測は2022年3月22日と9月9日の2回実施した。観測に使用したドローンはDJI社製 P4 Multispectral である。本機は作物の生育状況をモニタリングするためにマルチスペクトル画像システムを搭載している。RGBカメラとともに、ブルー、グリーン、レッド、レッドエッジ、近赤外線を帯域とする5つのマルチスペクトルカメラが搭載されている。また上部には照度センサーが搭載されており、DJI社製の Terra を使用した後処理では照度情報も考慮し輝度を反射率へと変換している。また、2D マルチスペクトルマップとして5種類の植生指数マップが作成される。作成したマップからフリーソフトの SeaDas を使い植生指数の値の抽出した。

作成された植生指数からクロロフィル a を推定するため、現地での撮影に合わせて底質の採泥を行った。採泥した底質は、冷蔵して持ち帰り、凍結乾燥機により乾燥処理した後 1g 程度分取し、ジメチルホルムアミドによりクロロフィル色素を抽出し分光分析を行った。得られた吸光度を使って Moran¹⁾ の式によりクロロフィル a 量を求めた。加えて、採泥した底質から含水比、強熱減量及び粒度組成の計測を行った。

3. 結果と考察

写真-1 に2022年9月9日の観測結果の2D マルチスペクトルマップから正規化差植生指数 (NDVI) の結果を示す。水際線や転石帯に高い値を示す地点が見られる。また、写真中央上部にホットスポットがあるが、これは干潟への施肥の実験を行っている地点である。

この撮影結果から画像を切り取るため、現地の採泥地点には目印として1辺50cmのコドラートを設置している。マルチスペクトルマップから、NDVI値を読み取り持ち帰り試料から得られたクロロフィル a 量

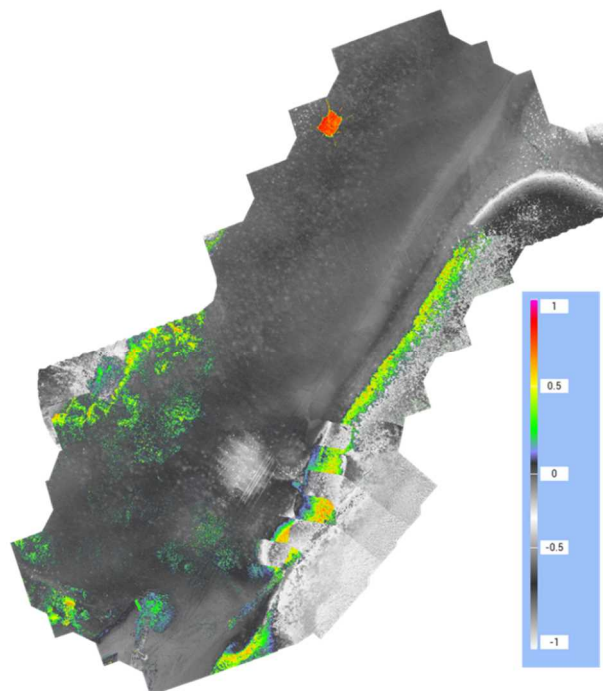


写真-1 2022年9月9日の観測結果 (NDVI)

と比較を行った(図-1)。その結果、観測毎に分けて求めた相関係数は3月が0.81、9月が0.82と高く、検定結果からも相関が認められた。しかし、両者を統合して求めた相関係数は0.52と相関は見られるものの低下した。3月と9月の両者を見比べると、9月は3月に比べて、クロロフィルa量の増加に対してNDVI値の増加が小さくなっていた。NDVIはクロロフィル含有量に対して最も一般的に使用される指数であるが、植物の成長具合や活性等にも適用される。9月の観測時は3月に比べて高温で天候も良かったため、植物の活性が影響を与えている可能性がある。

次に、転石帯等で高くなっている原因を検証するため、NDVIの作成に用いた赤色光と近赤外光の9月の結果から、観測地点付近と転石帯でのデータを抜き出しグラフにまとめた(図-2)。軸の単位は画像上の輝度の読み取り値(無次元)である。通常、植生に被覆されていない土壌では近赤外と赤外の反射率との間にはソイルラインと呼ばれる線形の線が描かれる。干潟表面には微細な底生珪藻が存在しているが、土壌がむきだしの状態だと考えられ、干潟上のデータは直線上に並んでいる。しかし、転石帯に関しては、異なる傾向を示し、その勾配は干潟上よりも急である。そのため、反射が強くなれば、赤色光に対して近赤外光での反射がより強くなると考えられる。NDVIは近赤外光と赤色光の差を近赤外光と赤色光の和により除したものである。そのため、転石帯では反射が大きくなるとNDVI値は大きくなる。また、採泥地点での含水比とともに考えると、含水比が低くなると、反射率が高くなる傾向が見られた。両者から考えると、転石帯の良く乾燥している地点でNDVI値が高くなっていることが分かる。

NDVI値を求めた赤色カメラと近赤外カメラは、それぞれ $650\text{nm}\pm 16\text{nm}$ 、 $840\text{nm}\pm 26\text{nm}$ 付近の光を捉えている。その中間のレッドエッジのカメラは $730\text{nm}\pm 16\text{nm}$ であり、しばしばNDVI値を求めるときに使用する近赤外光の 750nm に近い。そのため、近赤外光の代わりにレッドエッジの結果を用いてクロロフィルa量との関係を整理した(図-3)。結果は近赤外光で作成したNDVI値よりも相関が高くなった。

1) Moran, R.: Formulae for determination of chlorophyllous pigments extracted with N, N-dimethylformamide, Plant Physiol., 69 (6), pp. 1376-1381, 1982. :

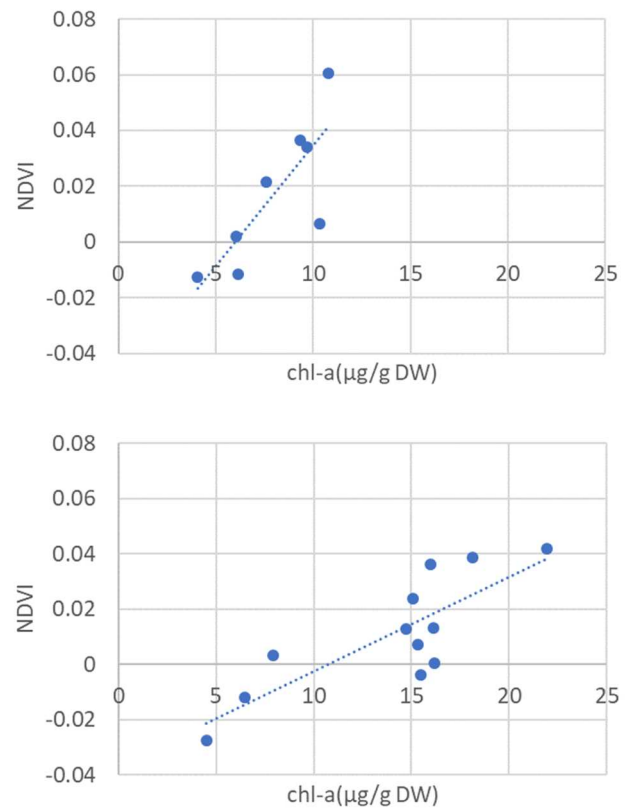


図-1 NDVIとクロロフィルa
(上:3月22日, 下:9月9日)

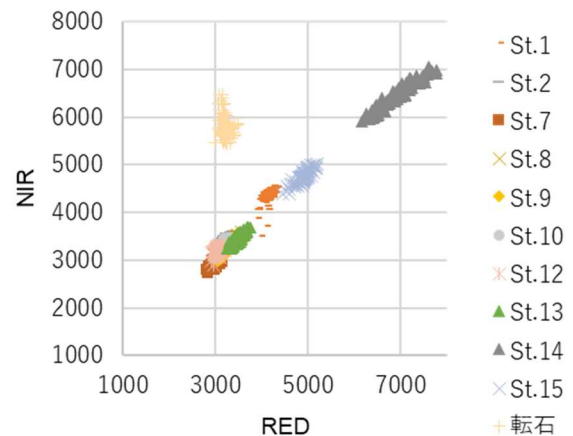


図-2 赤色 (RED) と近赤外 (NIR) の反射

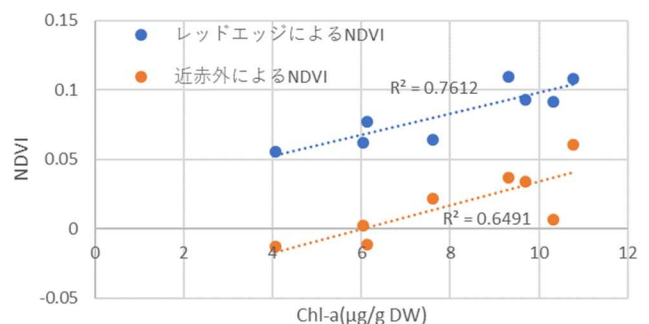


図-3 レッドエッジより求めたNDVIとクロロフィルa