

UAV 空撮画像による貯水池表層クロロフィル分布評価

宮崎大学 正会員 入江光輝

宮崎大学 学生員 眞邊雄元

1. はじめに

閉鎖性水域で植物性プランクトンが異常発生し、人間の健康を害するレベルになる例として *Microcystin* 属等の水面に浮遊するアオコが良く知られる。

アオコの発生要因となる栄養塩供給源の制御や、風や水温成層に応じた挙動の把握のために、人工衛星画像や航空写真の解析に基づくアオコ空間分布評価が行われる。その指標として NDVI が用いられることが多いが、増殖初期のように浮遊性のものが少なく、水面下のクロロフィルのみの場合には NDVI による評価はできない。したがって、増殖初期から減衰期にわたる長期モニタリングは難しく、増殖ピーク時のみのモニタリングに限られる。

そこで、本研究では水面下のクロロフィル濃度鉛直プロファイルと UAV 空撮画像の情報との関係性について検討し、広域かつ長期高頻度のクロロフィル分布評価方法の基礎を築く。

2. 調査方法

2-1. 研究対象地域

本研究で対象とする宮崎県の一ツ瀬ダム湖(図-1)は、細長く複雑な形状で流入河川が多い。加えて、湖内で養殖が営まれており複数の栄養塩供給源がある。その結果、水質の空間分布が顕著である。一方、アオコの異常増殖も報告されており対策を必要としている。

2-2. 観測手法

本研究ではクロロフィル空間分布の把握のために UAV (DJI 社製 Phantom4 Pro) からの空撮画像を解析する。UAV 付属のカメラに加えて近赤外カメラ (MAPIR

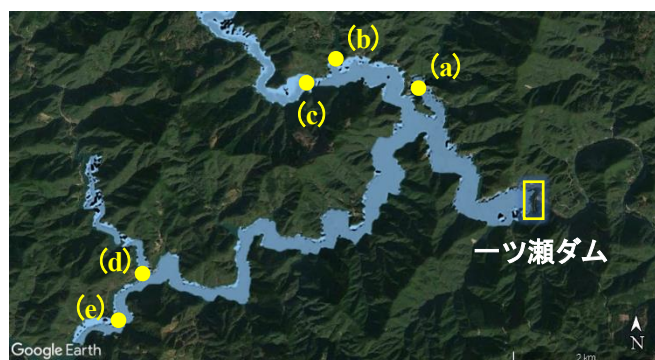


図-1 一ツ瀬ダム湖と水質観測地点

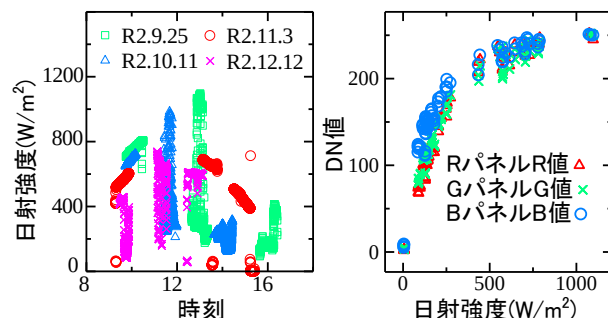


図-2(左) 季節的・時間的な日射の変動

図-3(右) RGB パネル DN 値一日射強度

社製 Survey3) を搭載・撮影した。UAV は衛星画像よりも撮影の自由度と空間解像度が高いメリットがある。しかし、撮影範囲が限られるので一回の観測で多数回の撮影を要し、複数枚の写真に対して以下に示す画像情報の補正が必要となる。

(1) カメラ設定と日射量変化に基づく輝度値補正

UAV 搭載カメラの初期設定ではシャッタースピードや絞りが自動制御されるが、その結果撮影回ごとに色相に影響が及ぶ。本研究ではカメラの絞り値を F11、シャッタースピードを 1/100 秒に固定して撮影した。

図-2 に撮影日に観測した日射量の変化を示す。一日の中で UAV フライト中のみ日射量観測を行っているため、間欠的なデータとなっている。季節的変動に加え、雲の影響等で 1 フライト中でも大きく日射量は変化する。

一方、図-3 に同じ赤(R)、緑(G)、青(B)の各プレート(以下、色見本板)を異なる日射条件下のもと、上記カメラ設定で撮影した際の輝度値の変化を示す。このように同じ色見本板であっても日射量に応じて画像上の輝度値は変化し、湖面の画像の輝度値も当然日射量の影響を受ける。そこで、この色見本板の輝度を基準として湖面の画像を補正する。ただし、湖面を写した各画像には色見本板が含まれていないので、撮影時刻の日射量をもとに図-3 から色見本板の輝度を表す DN 値を推定してこれを基準として各ピクセルの色別 DN 値を補正した。

(2) 水質観測

多項目水質計 (JFE アドバンテック社製 AAQ-

RINKO)を図-1に示す5地点にかかる橋梁上より昇降し、ウラニン換算蛍光強度の鉛直分布を令和2年6～12月の間に1-2か月に一度の観測を行った。同時に水深2mから採水し、SCOPE-UNESCO法によってクロロフィルa(以下Chl-a)濃度を測定した。ウラニン換算蛍光強度とChl-a濃度の相関式を求め、上記蛍光強度の鉛直プロファイルをChl-a濃度に換算した。

3. 結果と考察

3-1. 水質鉛直プロファイルとChl-a濃度代表値

図-4に水質観測結果の一例として水温とChl-a濃度の分布の季節的変動を示す。Chl-aは表層の水温躍層内で高濃度化しており、季節的な躍層厚変化に応じてChl-aの分布も変化している。また、同湖では同日でも地点によって分布が大きく異なることも確認できる。

こうしたChl-a濃度の鉛直分布が総合されて水面の色あいに反映されていると考えられる。ここでは暫定的にピーク濃度の半分の値となる深さまでの平均濃度を代表値とし、各地点の画像の輝度情報との相関性について検討した。

3-2. 色別画像情報の指標化

陸上部や水面に浮遊する植生を示す指標として葉緑体による反射率が高い近赤外と吸収率の高い赤外線の高輝度値を統合して指標化したNDVI(正規化植生指標)¹⁾が知られる。本研究でも近赤外画像を取得したが、一般に知られるように近赤外の水による吸収が大きいため全水域で小さな値を示し、NDVIによる水面下Chl-a濃度評価は不可能であった。

次にUAV搭載のカメラによって得られた可視光域の各色(RGB)別の輝度を代表するDN値およびその演算値について、上記Chl-a濃度分布指標との関係性を調べた。表-1にその相関係数を示す。未補正のGのDN値と浮遊アオコとの相関が高いという報告²⁾があるが、本研究の結果ではその傾向は弱い。また、前述の補正によ

表-1 各DN値とChl-a濃度より得られた相関係数

	G	G	G-R	G-R	$\frac{G-R}{G+R}$	$\frac{G-R}{G+R}$
補正	なし	あり	なし	あり	なし	あり
R	0.0390	0.0186	-0.209	-0.288	-0.707	-0.687

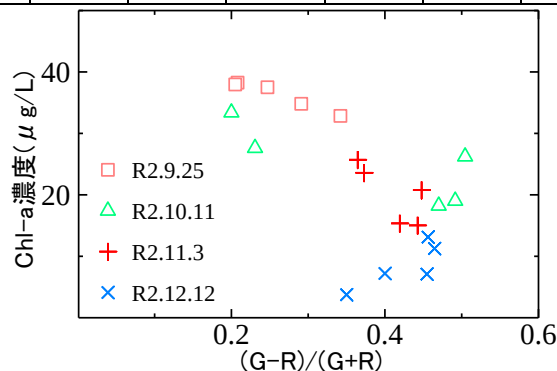


図-5 (G-R)/(G+R)値とChl-a濃度の関係

り相関性の向上は得られなかった。一方、Chl-aとG-Rとの相関性に関する報告²⁾を参考に、その相関係数を求めたところ、Gのみの値よりわずかに改善されたものの、十分とは言えない。そこで、NDVIの近赤外の代わりに葉緑素による強度が劣るが反射ピークを示すGのDN値を代入した指標(G-R)/(G+R)との相関を調べたところ、いくらか良好な相関を得た。ただし、本研究で提案した補正後のDN値を使っても、相関性の改善は見られなかった。また、理論上はChl-a濃度と(G-R)/(G+R)は正の相関を示すことが期待されるが、負の相関となった。(図-5)

4. 今後について

色別輝度を示すDN値による水中Chl-a濃度を代表する新たな指標を提案し、対象とするダム湖のChl-a濃度の空間分布の時間変動の評価を可能とする。

謝辞：本研究は宮崎県建設技術推進機構『ひと・まち・みらい』づくりに関する研究・活動等助成事業の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 国土交通省国土地理院:植生指標データについて
<https://www.gsi.go.jp/kankyochiri/ndvi.html>
(閲覧日:2020年12月30日)
- 2) 吉田拓司・岡本佳子・末廣富士代・小原和之・吉田武司・二瓶泰雄・片岡智哉:デジタル画像を用いた「見た目アオコ指標」の自動判定の試み, 土木学会論文集 B1Vol.74, No.4, I_823-I_828, 2018.

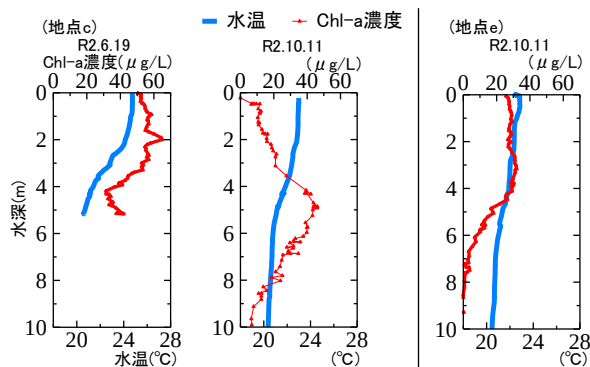


図-4 Chl-a濃度鉛直分布と水温鉛直分布