

Chl-a 濃度推定に用いる UAV 空撮画像の日射強度に基づく輝度値補正

宮崎大学 学生会員 ○眞邊雄元
 宮崎大学 学生会員 山下正文
 宮崎大学 正会員 入江光輝

1. はじめに

近年、閉鎖性水域での植物性プランクトンの大量発生により用水の異臭、環境影響等が生じている。その際の優占種となることが多いアオコは浮遊性であるため、衛星画像等を用いたリモートセンシングによる空間分布把握が有効となる。例えば、作野ら¹⁾は、船上から採水した試料のクロロフィル-a 濃度分析結果を人工衛星から得たマルチスペクトル画像の輝度値から推定し、その空間分布の把握を試みている。しかし、衛星画像は飛来頻度が低く、かつ上空の雲により画像が取得できていない場合も多い。

それに対し撮影の自由度と空間分解能が高く、撮影可否が天候の影響を受けにくい UAV からの空撮画像に基づくクロロフィル分布評価手法が考えられる。UAV 空撮は撮影自由度が高い一方で、画像自体が日時や天候の影響を受けやすい側面があり、画像の輝度数値情報を何らかの形で基準化する必要がある(前田ら²⁾, K.H. Cheng ら³⁾).

そこで、本研究では UAV 飛行中に別途固定点で計測された日射強度に基づいて、撮影画像の RGB 輝度値を補正する手法について検討した。

2. 調査方法

(1) 日射強度に基づく輝度補正係数の同定

一定の色合いを持った水面の RGB 輝度値が日射強度に応じて変化すると考え、両者の関係性を精査した。大学キャンパス近くの2つの小規模のため池において、水質および日射によって色合いが変化する水面の撮影を、それぞれの同一観測日中に時刻を変えて多数回行った。

空撮には、UAV(DJI 社製 Phantom4 Pro V2.0)を使用し、約1~2時間おきに高度約50mから湖面の撮影を行った。UAV 搭載カメラのシャッタースピード、絞り値(F 値)、ISO 感度は、それぞれ 1/100 秒、F11、ISO100 に固定した。続いて、撮影画像(5472×3648 pixel)から各撮影日同地点の湖面部分を約200×200 pixel 以上となるようにトリミングし、RGB 輝度値ヒストグラムの各色ピーク値を湖面輝度値とした。

日射強度の観測には、小型日射計(英弘精機株式会社, ML-01)を用いて計測を行い、5秒間隔で記録した。キャンパス内で記録した日射強度の変動を確認すると、12時頃は1000(W/m²)程度だったが、その後緩やかに減少し、18時頃には100(W/m²)以下となった。

同様に、クロロフィル分布変動を把握するために令和2年(2020)より調査を行っている宮崎県西都市のつ瀬ダム湖において撮影した画像についても、各撮影で撮影時間が異なる同地点の画像で日射強度が大きく異なるものを選定して、輝度補正係数の妥当性を検証した。

(2) 広域画像の輝度補正とクロロフィル濃度推定

上記の手法で得られた輝度補正係数に基づき、つ瀬ダム湖の広域画像を基準化した。各撮影画像は5mメッシュにリサイズし、各メッシュ内の各 RGB 輝度最頻値を湖面輝度値として用いた。そして、山下ら⁴⁾の手法による正規化した RGB 輝度値・濁度指標・水温の5つを説明変数とした学習済みの機械学習モデルによりクロロフィル濃度を推定した。得られた各メッシュの推定値は UAV の GPS 情報および機体 Yaw 角に基づいて ArcGIS Pro 上で投影した。

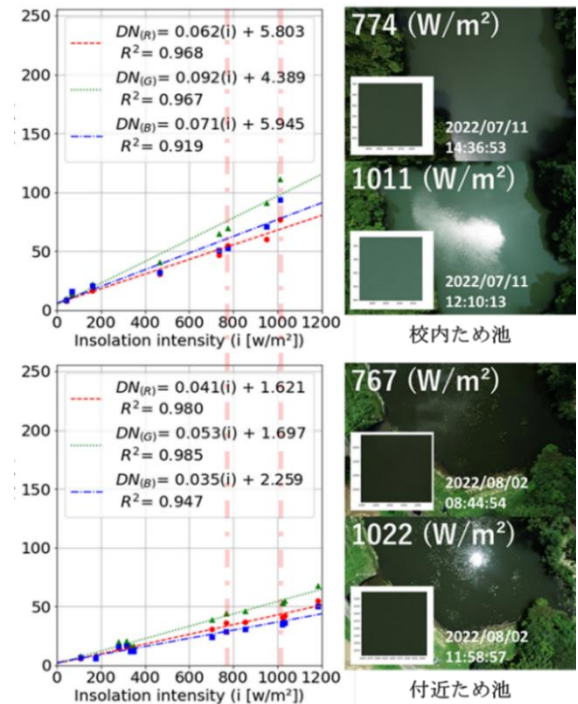


図1 ため池2地点の日射強度と湖面輝度値の関係

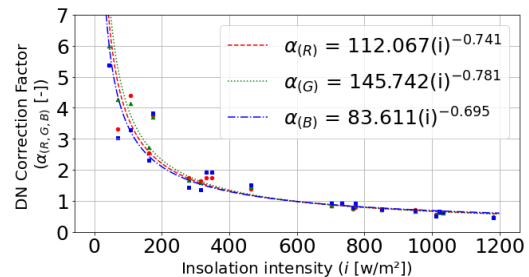


図2 日射強度(W/m²)と補正係数(α)の関係

3. 結果と考察

(1) 輝度補正係数の同定

図-1に大学キャンパス付近のため池2地点にて調べた日射強度と湖面輝度値の関係を示す。日射強度と湖面輝度値に高い相関がみられ、その相関式から日射強度600(W/m²)時の湖面輝度値に換算するよう、補正係数(α)を決定した。

図-2に日射強度と補正係数(α)の関係を示す。図では2つの異なる水質のため池の結果が示されており、水質や色合いが異なっても上記で設定した係数により統一的に補正できると考えられる。

次に、得られた補正係数でつ瀬ダムの同日別時刻の同一地点の2枚の画像を補正し、その整合性を確認した(表1)。いずれのケースについても補正後の値は差が縮小しており、補正方法の妥当性が確認された。

図-3に輝度補正前後の単バンド広域画像(青バンド)を示す。図上には同一帯を自動航行で空撮している間の日射量の変動を示している。北部を撮影したのが点線で囲われた日射量が雲等の影響により極端に低下した時間帯で、その結果、補正前の画像は北部が低輝度となっていた。

図-3右に示した提案する手法による補正結果では日射状態

に寄らず、大局的には各画像が違和感なく連続していることが確認できる。しかし、日射が大きく変動する境界では、補正後の輝度値が想定される最大階調を上回る(図中白点)となった。これは、日射強度を固定点で測定しているため、実際の撮影地点の日射強度との間にずれがあったためであると考えられる。

(2) 推定 Chl-a 分布

図4に各年各調査日の推定 Chl-a 分布を示す。2020年12月12日は一部、極端に高濃度の推定結果が見られるが、これは前述の固定された日射計測位置によるものと考えられる。それらを除外すれば、撮影範囲が限られていることもあって同日一連の画像内では大きな空間的偏差は見られなかった。しかし、観測日ごとの濃度の違いは確認できる。一方、図5には同一日の異なる領域の推定値分布図を示している。このように、同日であっても地点により表層クロロフィル濃度が大きく異なることが確認できた。

4. おわりに

撮影時の日射状態が刻々と変化の中で撮影された UAV からの複数画像を用いる場合には、輝度の補正が必要で、日射量を基準としてそれが可能であることを示した。雲の移動が速い日など日射量の変動が著しい日には、撮影地点と固定された日射量計測点で計測値に大きな差が生じる可能性がある。したがって、本体に日射計を搭載した UAV により観測することも一案である。同手法により補正された輝度値に基づき、機械学習モデルを用いて観測日や領域が異なり、日射量が異なる画像についても統一的に濃度推定が可能となった。

表 1 一ツ瀬ダム湖の輝度補正検証

date	b	g	r	IN (W/m ²)			600 (W/m ²)		
				b	g	r	b	g	r
2020/10/11 11:31:24	37	39	11	352	53	58	16		
2020/10/11 11:37:43	79	95	31	760	66	78	25		
2021/9/3 14:57:11	31	35	17	166	74	94	43		
2021/9/3 13:39:39	95	121	58	889	71	88	42		
2021/9/29 14:40:39	18	16	6	184	40	40	14		
2021/9/29 13:35:12	61	65	19	905	45	46	14		
2022/7/16 11:54:57	77	102	53	449	92	126	64		
2022/7/16 11:02:25	96	139	72	846	74	105	55		

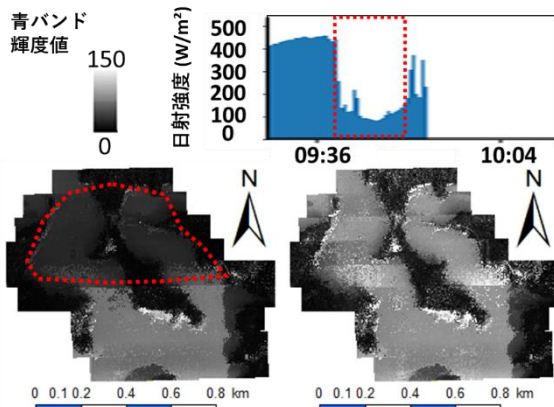


図 3 補正前後の単バンド画像(青バンド)

参考文献

1) 作野裕司, 松永恒雄, 中山大介, 六川修一, 高安克己, 國井秀伸, 中村幹雄, 山室真澄: SPOT/HRV データによるアオコ

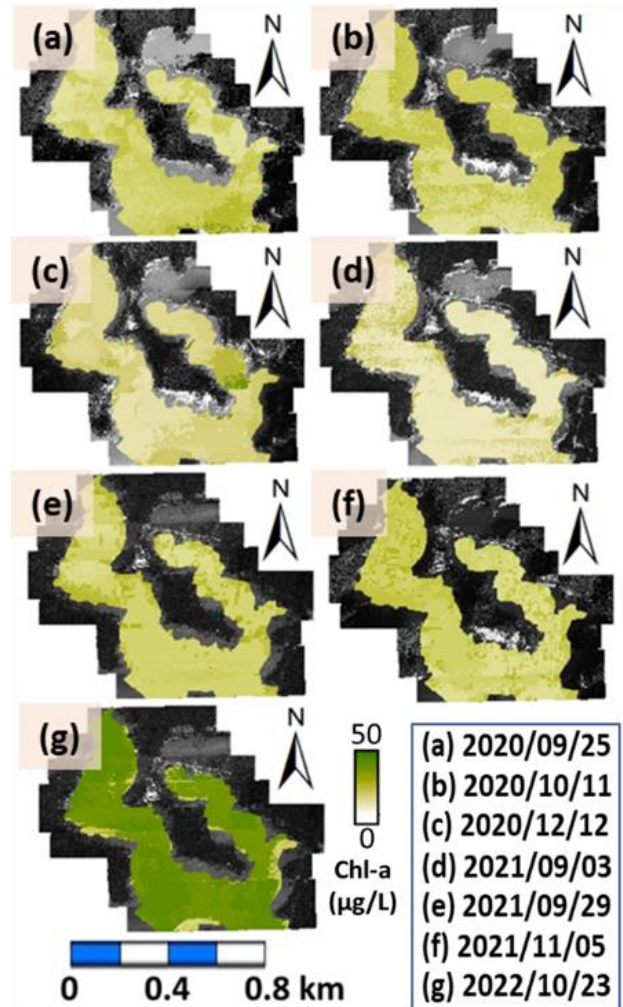


図 4 各年調査日の推定 Chl-a 分布(2020~2022 年)

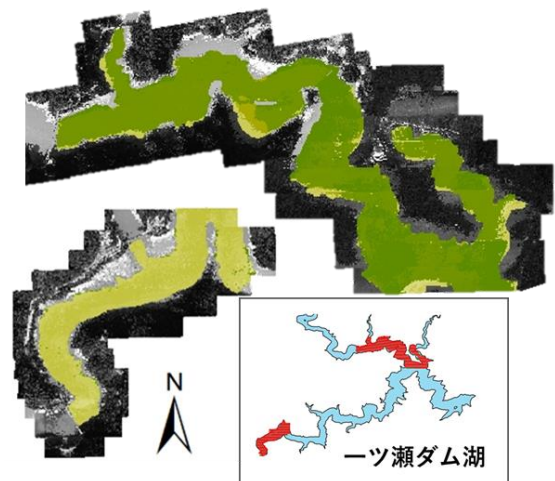


図 5 推定 Chl-a 分布(2022 年 10 月 23 日)

発生時の宍道湖表層クロロフィル a 濃度分布の推定, 日本リモートセンシング学会誌, 19 巻, 2 号, pp. 20-36, 1999.

2) 前田晃宏, 宮本康, 森明寛, 岡本将揮, 九鬼貴弘, 作野裕司: UAV を利用した汽水湖沼の実用的な赤潮観測の事例, 日本リモートセンシング学会誌, 36 巻, 2 号, pp. 126-129, 2016.
3) K.H. Cheng, S.N. Chan, Joseph H.W. Lee: Remote sensing of coastal algal blooms using aerial vehicles(UAVs), Marine Pollution Bulletin 152 (2020) 110889.
4) 山下正文, 眞邊雄元, 入江光輝: UAV 空撮画像の機械学習に基づく Chl-a 濃度推定, 土木学会西部支部, 2023.