

デジタル画像を用いたアオコ判定システムの自動化に向けた基礎的検討

八千代エンジニアリング株式会社	正会員	○吉田 拓司
八千代エンジニアリング株式会社	非会員	末廣 富士代
八千代エンジニアリング株式会社	正会員	吉田 武司
八千代エンジニアリング株式会社	非会員	後藤 早苗
東京理科大学	正会員	二瓶 泰雄
東京理科大学	正会員	片岡 智哉

1. 目的

湖沼やダム貯水池における藍藻類の異常繁殖に伴うアオコ発生には、水温等の様々な要因が関わる事が知られているものの、管理者の日常巡視の目視によるアオコの確認では、確認場所の制限や、アオコ発生・消滅のタイミングや移動状況の情報が少ないことから、アオコの詳細な把握・解析には限界があると考えられる。アオコを含む藻類の確認方法としては、レーダーや人工衛星を用いたリモートセンシングにより、クロロフィル a 濃度の推定を行う技術が発展しているが、データを密な時間間隔で取得することは困難である。一方、ダムの CCTV カメラや、スマートフォン、ドローン等による通常のデジタル画像からアオコを判別する事が可能となれば、上記の課題が解決されるとともに、アオコ発生メカニズムを検討するための基礎資料となり得る。本研究では、湖沼水面上のアオコ発生有無が撮影されたデジタル画像を多数収集し、アオコ有無を判定するための画像解析アルゴリズムを検討した。

2. 解析手法

解析は、平成 23 年度～25 年度に国土交通省霞ヶ浦河川事務所が河川巡視の際に撮影したアオコが発生している画像と、筆者らが撮影したアオコが発生していない画像の計 77 枚を用いて行った。画像解析に当たり、**図 1**に示すように 10×10 ピクセルを 1 メッシュとし、水面が含まれるメッシュ内ピクセルの RGB 情報を取得すると共に、メッシュ内の影の有無やアオコの有無を収集した。解析には、撮影場所、撮影日、天候等様々な条件下で撮影されたデジタル画像を用い、1 枚当たり約 20～40 メッシュを抽出し、アオコが発生しているデータとして 944 メッシュ（影無：820，影有：124），アオコが発生していないデータとして 1427 メッシュ（影無：1137，影有：290）を取得した。また、光条件の影響を確認するために、水面以外のコンクリートや植生等の RGB 情報もリファレンスデータとして取得した。

なお、アオコの有無の判断は、「見た目アオコ指標」¹⁾を参考に画像の目視にて行い、アオコの判断がつかない場合は、解析対象から除外した（**図 1**中の“判断不可”）。

3. 解析結果

(1) RGB の情報とアオコとの関係性

アオコが発生した場合は G（緑）の値が増加する事を想定し、1 メッシュ中（10×10 ピクセル）の G 値の最大値と、G-R、G-B 値の最大値を抽出し、収集したメッシュ数で除した頻度分布を**図 2**に示す。G 値のみで評価した場合、アオコの有無や影の有無に関わらず、50～200 程度の範囲で分布しており、明確な差は見られなかった。しかしながら、アオコ有の場合で影の有無については、若干異なる分布を確認した。G-B 値に関しては、アオコ有の影有無、アオコ無の影有が 0～80 程度で分布し、アオコ無の影無が -10～30 程度で分布しており、G 値と同様な結果となった。一方、G-R 値では、アオコ無の影有無の G-R 値は 20～20 程度、アオコ有の影有無は 0～60 程度と、アオコの有無による差が見られ、さらに影の有無には影響されない傾向が示された。

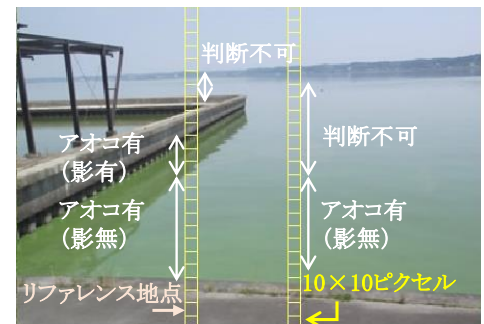
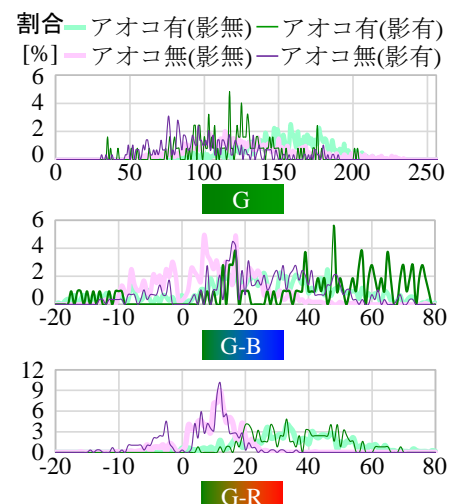


図 1 判別方法

図 2 アオコ有無の G, G-B、G-R 値
(上：G, 中：G-B, 下：G-R)

キーワード アオコ, RGB, 画像処理, 自動判定, ダム管理

連絡先 〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8CS タワー TEL : 03-5822-2353

(2) アオコ判定に使用する条件の検証

次に、光条件の影響で写真毎に輝度が異なる事から、G-R 値を写真中のコンクリートや植生等に設けたリファレンス地点における RGB 合計値で除した場合 (Case 1)、解析メッシュの G-R 値の最大値をメッシュ中の RGB 合計値で除した場合 (Case 2)、G-R 値のみ (Case 3) の3つの条件を設定し、最も精度良くアオコの有無を判定可能な条件を把握した。ここでは、**図3**に示すように、統計解析手法の一つである ROC (Receiver Operating Characteristic : 受信者動作特性) 曲線を用いて AUC (Area Under the Curve) を算定した結果、G-R 値のみ (Case 3) の AUC が最も高く、アオコ有無を判定する精度が高い事が示された。

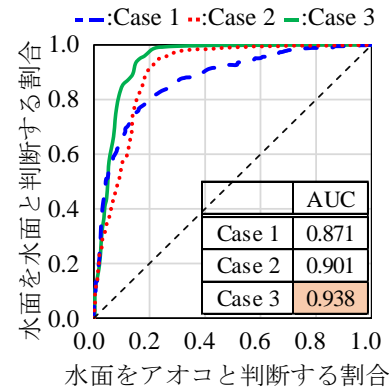


図3 ROC 曲線と AUC を用いたアオコ有無の判定精度

4. アオコ自動判定システムの構築

上記の Case 3 で用いた指標 (G-R 値) を用いてアオコを自動判定するための閾値を検討した。ここでは、アオコ無をアオコ有と判定してしまう可能性を出来る限り小さくするため、**図4** (**図2**の影有無を含めた頻度分布の累積値) に示すように、アオコ無のデータを 99%含む時の G-R 値である 25 を閾値とした。この閾値を用いて、画像処理ライブラリである OpenCV を活用して G-R 値が 25 未満を青、25 以上を緑で着色した結果を**表1**に示す。なお、表中の白い線は元画像から目視でアオコを判断した範囲を示す。(A)では、一部でアオコの未判定が見られたが、(B)については、概ねアオコを判定できている事が確認できる。(C)、(D)についても、目視で確認できたアオコは判定できたものの、アオコを目視で確認できなかった範囲 ((C) : 写真上, (D) 写真右上) も緑で広範囲にわたり着色された。目視では判断できない範囲であるが、実際にはアオコが存在していた可能性もある。ただし、取水障害の判断を考慮すると、水際でのアオコ有無の判定が第一となるため、水際でのアオコ判別ができる本システムは一定の有用性があることが示唆される。

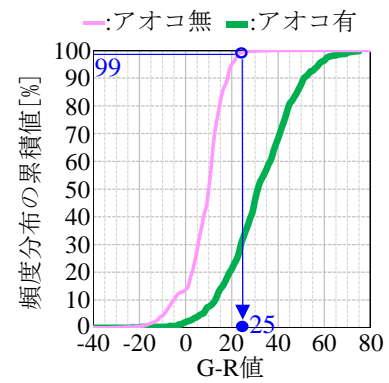


図4 頻度分布の累積値

5. まとめ

G-R 値でアオコの有無を影の影響を受けずに精度よく判定できる事が示された。アオコの発生画像を用いて自動判定を行ったところ、目視で確認できるアオコは概ね判定できることを確認した。今後は、アオコを目視で判定できない範囲での自動判定結果の精度確認や、判定できる適用範囲について検証する必要がある。

表1 アオコ自動判別 (緑と青の二極化)

	(A)	(B)	(C)	(D)
元画像				
R-G 値 >= 25				

※白線 : 元画像からアオコが発生している場所を目視で判断

謝辞 : 本研究では、アオコが撮影された画像を国土交通省霞ヶ浦河川事務所から提供して頂いた。また、解析には弊社山本茂友氏、佐島裕也氏、栗原未登氏に多大なる協力を頂いた。ここに記して、深甚なる謝意を表します。

参考文献 : 1) 森田ら : 湖沼環境指標の開発と新たな湖沼環境問題の解明に関する研究, 国立環境研究所特別研究報告, pp.1-52, 1992-1996.