

藻類の影響を考慮したDNを用いたクロロフィル濃度推定法について

芝浦工業大学 正員 菅 和利
 ○芝浦工業大学大学院 学员 佐藤允彦
 セントラルコンサルタント 佐々木啓太

1. はじめに

面的な水質モニタリングに航空写真を用いる際、デジタル画像各ピクセルのRGBデジタルナンバーと水質との関係が必要である。湖沼では沿岸域の水質が相対的に悪く、改善が必要である。この沿岸域での水質モニタリングに航空写真を活用することの手始めとして、係留気球でのデジタル写真の解析から水質を推定することを検討している。沿岸域では水質が浅く、藻類が繁茂している場所があり、100m上空からのデジタル写真にはこれらの藻類が、水面でのクロロフィル濃度に付加されて見かけの高濃度として画像化されることとなる。この藻類が繁茂する場所での水質モニタリングのためには、藻類のクロロフィル濃度に寄与する見かけの影響を分離することが必要である。

本研究では、琵琶湖沿岸域を対象とした現地調査、室内実験からデジタル画像を処理し、藻類と水溶液中のクロロフィル濃度とを分離することを目的とした。

2. 現地調査及び室内実験

現地調査の対象地域を琵琶湖野洲川河口部とし、デジタルカメラを搭載した係留気球を用いて湖水面の撮影を行うと共に、画像内をボートで移動しながら多地点の水質移動測定を行った。その後、デジタル画像より得られる各ピクセルのデジタル値と植物プランクトン量と比例関係にあり水質汚濁の重要な指標の一つであるクロロフィル-a濃度との関係について解析を行なった。

調査日は2006年8月26日、27日で、デジタルカメラを搭載した係留気球(図1)を用いて上空約100mから湖水面を撮影し、同範囲内においてゴムボ



図1 係留気球

ートを用いて採水し、クロロフィル-a濃度、溶存酸素等の水質測定を行った。

画像内での採水地点に相当する画素のデジタルナンバー(DN)とクロロフィル-a濃度との関係を見ると、DNには藻類が見かけ上の高濃度として作用していた。

藻類のクロロフィルと溶液中でのクロロフィルとを分離して評価するために室内実験を行なった。模擬藻類としてほうれん草を使用し、水槽底面に固定して、濃度の異なる水溶液で満たして上方よりデジタルカメラで撮影した。併せて、模擬藻類の無い水溶液だけでの実験を行なった。

3. 藻類の影響の分離と水質推定式

藻類の影響を分離し、デジタル画像のDNからクロロフィル濃度推定式を以下の手順で検討した。

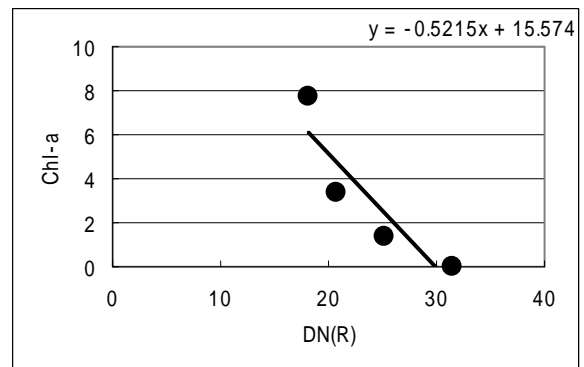


図2 模擬藻類+クロロフィル溶液

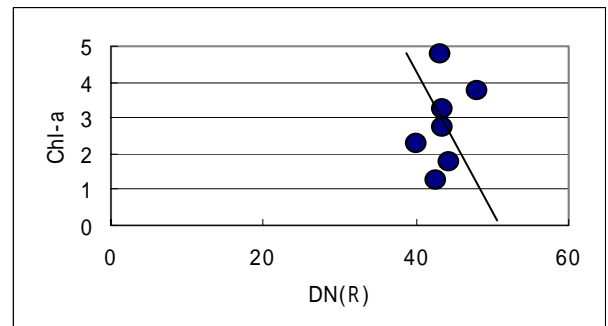


図3 琵琶湖藻類+クロロフィル

キーワード：藻場、水質モニタリング、クロロフィル、デジタルカメラ、デジタルナンバー

芝浦工業大学工学部土木工学科水圏環境研究室 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 tel 03-5859-8362

図2は模擬藻類を設置した水槽でのDN (R1) とクロロフィル濃度との関係を示した。

図3は琵琶湖でのDNとクロロフィル-aとの関係を示した図である。

図2中の相関式の傾きはそのまま、現地調査のデータに対応するように移動し、図3中の相関式を求める。この式から各クロロフィル濃度に相当するDN (R2)を読み取る。また、直線とx軸との切片の値DN (R0) (クロロフィル濃度がゼロ)を読み取る。

$$\begin{aligned} R: Y &= -0.5215 \times X + 25.861 & DN(R_0) &= 49.6 \\ G: Y &= -0.3845 \times X + 20.353 & DN(G_0) &= 52.9 \\ B: Y &= -0.3873 \times X + 15.512 & DN(B_0) &= 40.0 \end{aligned} \quad (1)$$

図4はクロロフィル溶液のみの実験室でのデータを示した図である。

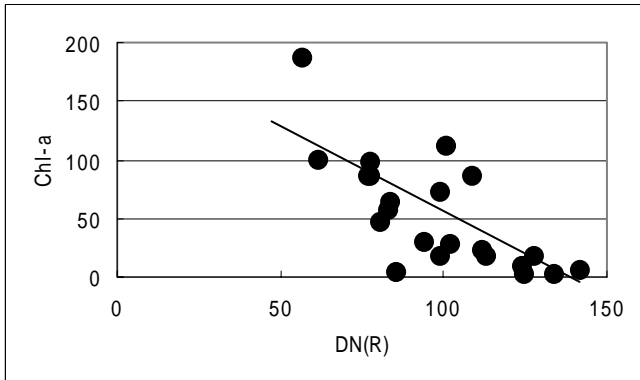


図4 クロロフィル溶液でのDN
図中の回帰式にクロロフィル濃度を代入してDN (R3)を読み取る。

図3、4中の回帰式を用いて各クロロフィル濃度でのDN (R)をそれぞれ読み取り、式(2)より α 、 β 、 γ をそれぞれ求める。

$$\begin{aligned} \alpha(R) &= \{DN(R_3) - DN(R_2)\} / DN(R_0) \\ \beta(G) &= \{DN(G_3) - DN(G_2)\} / DN(G_0) \\ \gamma(B) &= \{DN(B_3) - DN(B_2)\} / DN(B_0) \end{aligned} \quad (2)$$

各濃度での α 、 β 、 γ の値はほぼ一定値でそれぞれ1.75、2.65、2.89の値であった。

したがって、藻類のクロロフィル濃度への見かけの影響を除去したRGBデジタルナンバーDN(R')、DN(G')、DN(B')を以下の式(3)で算定することとする。式中DN(R)などは実際の画像でのDNを表す。

$$\begin{aligned} DN(R') &= \alpha(R) \times DN(R) + DN(R_0) \\ &= 1.75DN(R) + 49.59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DN(G') &= \beta(G) \times DN(G) + DN(G_0) \\ &= 2.6DN(G) + 52.93 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DN(B') &= \gamma(B) \times DN(B) + DN(B_0) \\ &= 2.89DN(B) + 40.05 \end{aligned} \quad (3)$$

3. 水質推定式と分布画像

琵琶湖での係留気球からの画像画素のDNから式(3)によって補正したDNと水質データからクロロフィル-a推定式を検討した。

log (Chl-a) と理論DNとは直線関係を示している。G、Bについても同様であるので、log (Chl-a) と理論DNとの関係式を求めた。

光源等の影響を除去するため、DNを三色係数での変数とし、log (Chl-a) との回帰式を求めた。

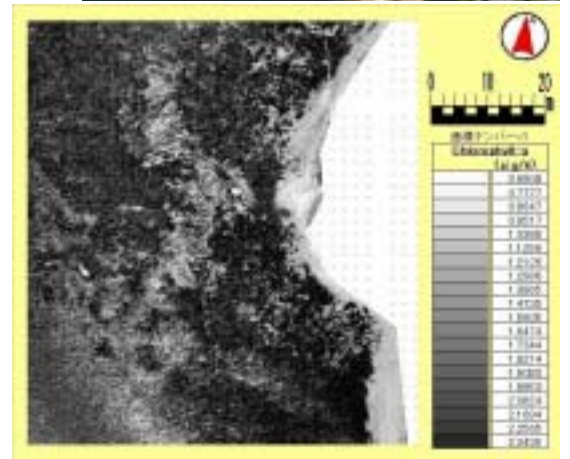
$$rf = \frac{R}{R+G+B}, \quad gf = \frac{G}{R+G+B}, \quad bf = \frac{B}{R+G+B} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \log(Chl) &= -1.8134 \times rf + 16.539 \times gf \\ &\quad - 34.289 \times bf + 4.9579 \end{aligned} \quad (5)$$

式(5)を用いてデジタル画像からクロロフィル濃度の分布画像を作成した。



図中の色が薄く白に近いほど濃度が低く、色が濃く黒に近いほど濃度が高く



なることを示している。

琵琶湖の水質については、調査地点ではクロロフィル-a濃度は1~10($\mu\text{g/l}$)と低いが、藻場のデジタルデジタル画像から、藻類の影響を除去した水質分布画像を得ることが出来た。このような画像の時間変化を利用すると、濃度分布を指標として、流動の特性も把握することができる。