

CCDカメラから推定したDNを用いた水質モニタリングについて

○芝浦工業大学 正員 菅 和利
 芝浦工業大学大学院 学員 佐藤允彦
 芝浦工業大学大学院 学員 矢内祐一

1. はじめに

閉鎖水域での面的な水質モニタリングとして、デジタルカメラの画像解析手法について検討を行ってきた。閉鎖水域では船舶による定点観測、衛星画像を用いる手法などが実施されているが、情報の収集が簡易で、任意の時刻でのモニタリングを行なうことができる航空写真の活用を実際の湾内で検討を行なっている。係留気球にデジタルカメラを係留し、その撮影されている海面範囲を船舶で移動しながら採水し、デジタル画像の各画素のデジタルナンバーとの関連を分析し、推定モデルを作成した。対象とする水質項目はクロロフィルである。クロロフィルの分析では可視域の吸光度を用いるので、同じ可視域を対象とするデジタル画像のデジタルナンバー(DN)には水面のクロロフィル濃度が反映されている。

しかし、デジタルカメラの各画素に格納されるDNに水面のクロロフィル濃度によって異なる反射スペクトルが反映されているかの検討が行なわれていない。本研究では、実験室内でクロロフィル濃度とCCDカメラの各波長のCCD値を測定し、理論的に算定したDNとデジタル画像のDNとの関係について検討を行なった。

2. 実験方法

外部の光を遮断した暗室内にクロロフィルが含まれた溶液を満たし、上方からデジタルカメラ、CCDカメラで撮影を行なった。水槽は高さ、径共に約80cmの大きさで、光源には太陽光に波長が最も近いとされるD65蛍光ランプを用いた。CCDカメラにバリスペック液晶チューナブルフィルターをセットし、PC操作によって可視域の720nmから400nmまでの波長域を5nm刻みでCCD値を測定した。高感度冷却CCDカメラでは、CCDチップを冷却することにより、微弱な光をも蓄積して高感度な情報を数



図1 液晶チューナブルフィルターとCCDカメラ

値で表すことが出来る。したがって、光を蓄積する時間によってCCDの値が異なる。最初に白色板を水面に浮かべ、各波長で同じCCD値を得るために必要な時間を測定した。この結果が図2であ

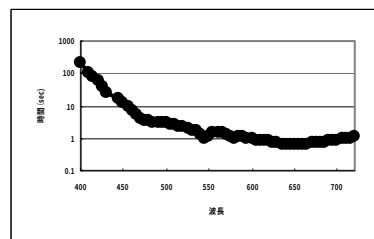


図2 各波長での蓄積時間

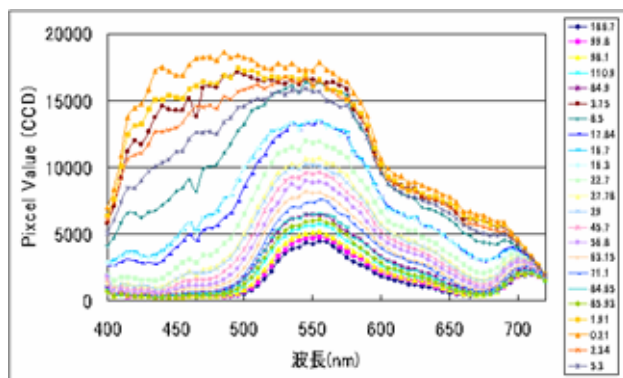


図3 各濃度、各波長でのCCD値

る。この時間を基にし、クロロフィル溶液を満たした水槽での各波長でのCCDを測定した。

各濃度、各波長でのCCD値の測定結果が図3である。図3から各濃度、各波長の反射率 $S_i(\lambda)$ 算定する。各濃度でのデジタルナンバーを次式で算定する。

$$DN_i = \alpha \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} f_i(\lambda) S(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

キーワード：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、CCDカメラ

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

$f_i(\lambda)$ は
図 4 に示す
R G B の等
色関数であ
る。なお、水
質としてク
ロロフィル
-a を対象に
するため、ほ

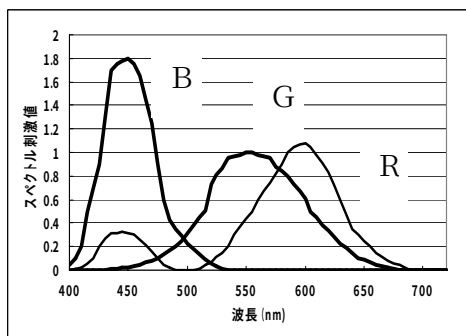


図 4 等色関数

うれん草をすりつぶして溶液を作成した。

3. 結果および考察

図 3 の C C D 値を反射率に変換し、式 (1) で D N を計算した。D N は 1 から 255 の数値であるので、反射率 1 (白色) での D N が 255 になるように補正係数 $\alpha=2.5$ とした。各濃度での C C D カメラから算定した D N とデジタルカメラでの D N との相関を示したのが図 5 である。B については R, G と多少関数形を異にしているが、これは実験装置の影響と思われる。C C D 値から変換の D N は理論的な D N であるが、図 5 に示すようにデジタルカメラでの D N と 1 : 1 の関係とはなっていない。R, G については傾きは 1 であるが、理論 D N が小さく、反射率の計算について検討が必要である。しかし、一定の関係が有るので、この理論 D N を用いてクロロフィル-a の水質推定式を検討した。

図 6 はデジタルカメラでの D N (R) とクロロフィル-a 濃度の対数との相関を、図 7 は理論 D N とクロロフィル-a 濃度の対数との相関を示した図である。図 6 はデータのばらつきがあるが、図 7 の $\log(\text{Chl-a})$ と理論 D N 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、 $\log(\text{Chl-a})$ と理論 D N との関係式を求めた。

光源等の影響を除去するため、三色係数を変数とした。

$$rf = \frac{R}{R+G+B}, \quad gf = \frac{G}{R+G+B}, \quad bf = \frac{B}{R+G+B} \quad (2)$$

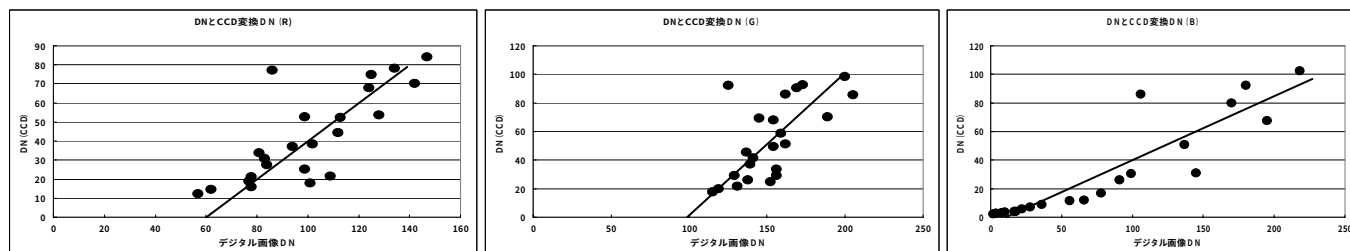


図 5 各濃度での C C D 値から変換の D N とデジタルカメラでの D N (R、G、B)

C C D 値から理論的に算定した D N を用い、以下の推定式を求めた。この推定式と実測値との相関を示したのが図 8 である。推定値と実測値の間には高い相関が見られるが、高濃度での推定式の適応性に課題が有ることを示している。

しかし、通常の閉鎖水域でのク

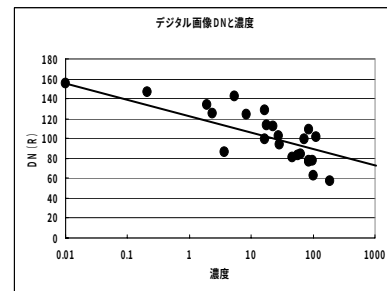


図 6 D N とクロロフィル-a

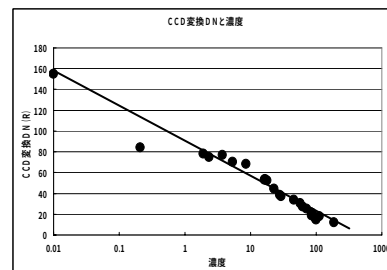


図 7 理論 D N とクロロフィル-a

ロロフィル-a 濃度の範囲での適応性は十分である。

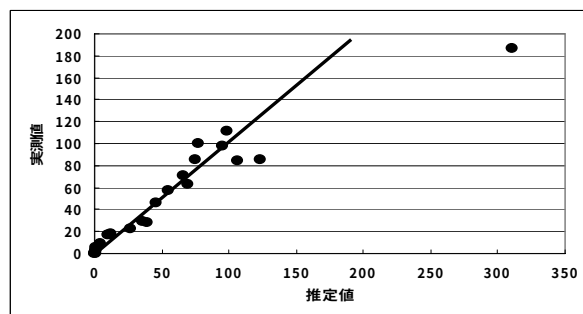


図 8 実測値と推定値の比較

$$\log(\text{Chl}) = 6.27rf + 43.91gf + 23.42bf - 25.72 \quad (3)$$

デジタルカメラで撮影した D N を式 (3) に代入してクロロフィル-a 濃度を推定すると、全くオーダーの異なる推定値となる。

図 5 の理論 D N とデジタルカメラからの D N の違いを補正すると、ある程度の精度での推定が可能である。

しかし、C C D 値から D N に変換する際に、測定した C C D 値を白板の C C D 値で単純に割って反射率としたが、水面、水、溶液中のクロロフィル、実験装置の特性などが含まれており、反射率の算定についての検討が必要である。