

橋上からのデジタル画像を用いた礫付着藻類クロロフィル量の推定法の開発について

芝浦工業大学	正員	菅 和利
○ 電源開発株式会社	正員	向井伸幸
電源開発株式会社	正員	矢田崇恭
電源開発株式会社	正員	前田修一

1. はじめに

河道の健全性の指標の一つである礫付着藻類は出水に伴う砂の移動で更新されてきた。しかし、流量の安定化はこのような更新過程を不活性化させている。これに対し人工洪水、置き砂などいろいろな対策が講じられ河床の礫の移動を助長させている。

この研究グループでは、礫付着藻類のクロロフィルからの反射スペクトルが反映されているデジタル画像のデジタルナンバーからクロロフィル量を推定する藻類モニタリング手法の開発を行ってきた。

本研究では今までの成果を応用しながら、橋上からのデジタル画像からクロロフィル量を推定する手法の開発を行った。橋上からのデジタル画像からクロロフィル量を推定するためには、距離補正、角度補正、ズーム補正が必要と思われる。これらの補正の方法を検討し、実用的なモニタリング手法の確立を目指した。

2. 距離、角度補正

現地観測では橋上から最大のズームで角度を持って画像を撮影する。通常のカメラではズーム機能を駆使してもせいぜい15m以下の距離でしか礫表面の様子を把握することができない。同じ物体でも距離が遠くなるに従って白っぽく霞んだようになってしまふ。この研究では10mまで適用できるモニタリング手法を開発する事とした。

白板、色版をカメラとの距離 Lm の地点に水平、(θ = ゼロ度) 15度、30度に変角を变化して設置し、ズーム最大で画像を取得し、RGB のデジタルナンバーDNを読み取った。また、白板の上に色々な色紙を張って、実験を行った。各距離での取得した $DN_{\text{角度、距離、ズーム最大}}$ を

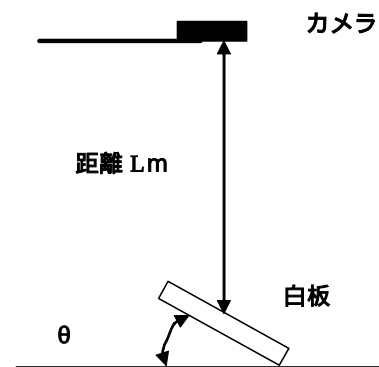


図1 角度、距離変化での DN

距離 1m での $DN_{\text{角度、1m、ズーム最大}}$ で無次元化して図示したのが図2である。

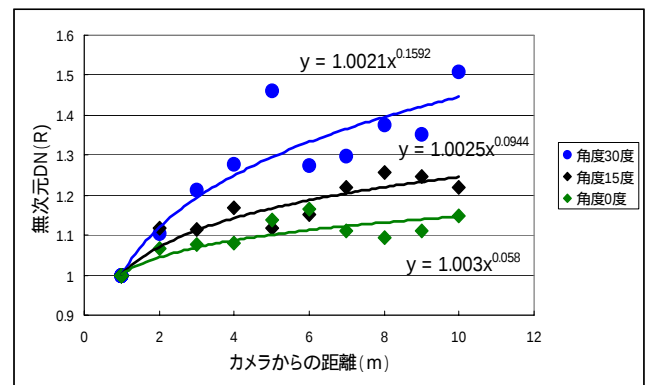


図2 無次元化 DN と距離の関係

図2によりデータの多少のばらつきがあるが、角度 θ 毎に一つの曲線の周りに分布することを示している。また、各曲線の

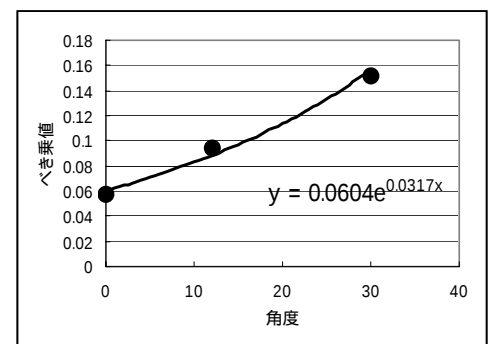


図3 べき乗の値と角度の関係

べき乗が角度によって変化することを示している。べき乗値と角度との関係を示したのが図3である。

3. ズーム補正

同じ画像をズーム率を変化して撮影すると、光子を集積する画素数が異なるために、反射率すなわち DN が変化することが予測される。橋上からはズーム率最大で撮影するが、実験室内ではズーム率を最小で撮影する。実験室内での成果を現地での測定に応用するためには、ズーム率の検討が必要である。

白板に直径 10 cm の円を書き、写真に写っている全範囲面積 A を円の直径を指標にして算定する。この面積と円の面積との比をズーム率と定義する。

カメラからの距離を 1m、5m、10m に変化し、それぞれの距離でズーム率を変化して画像を取得した。距離ごとに各ズーム率での DN をズーム率最小の時の DN で無次元化したのが図 4 である。

$$DN_{0\text{度、距離、ズーム率}} / DN_{0\text{度、距離、ズーム最小}}$$

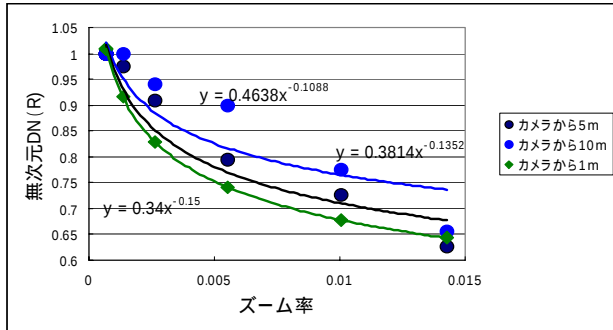


図 4 無次元化 DN とズーム率の相関

ズーム率を変化させた無次元 DN 値は距離毎で一つの曲線を示しており、図 4 を用いることでズーム率最大の画像での DN をズーム率最小での DN に変換することができる。

4. 橋上から撮影した画像から読み取った DN の礫表面固有の DN への変換

現地観測では橋上からの距離 $L=10\text{m}$ 、角度 $\theta = 16$ 度ズーム最大での DN を撮影しており、これを距離 $L=1\text{m}$ 、角度 $\theta = 0$ 度、ズーム率最小での DN に変換し、その DN に水深補正、水面補正を行なうことで、礫表面固有の DN を算定することができる。

$$DN_{\text{角度}16\text{度、距離}10\text{m、ズーム最大}} \rightarrow DN_{\text{角度}0\text{度、距離}1\text{m、ズーム最小}}$$

(1) 角度補正

まず、ズーム率が最大で距離 10m、角度 16 度の現地観測の DN 値を距離 10m、角度 0 度の DN 値に変換する。図 2 中の式から $L=10\text{m}$ で $\theta=0, 16$ 度の無次元 DN の値をそれぞれ計算すると式 (1) (2) の値となる。

$$DN_{16\text{度、}10\text{m、ズーム最大}} = 1.003 * 10^{0.1003} * DN_{16\text{度、}1\text{m、ズーム最大}} = 1.263 DN_{16\text{度、}1\text{m、ズーム最大}} \quad (1)$$

$$DN_{0\text{度、}10\text{m、ズーム最大}} = 1.003 * 10^{0.058} * DN_{0\text{度、}1\text{m、ズーム最大}} = 1.143 DN_{0\text{度、}1\text{m、ズーム最大}} \quad (2)$$

次に式 (1) と式 (2) との比をとる。

$$\frac{DN_{0\text{度、}10\text{m、ズーム最大}}}{DN_{16\text{度、}10\text{m、ズーム最大}}} = \frac{1.143}{1.263} \frac{DN_{0\text{度、}1\text{m、ズーム最大}}}{DN_{16\text{度、}1\text{m、ズーム最大}}}$$

距離 1m の場合には、

$$DN_{0\text{度、}1\text{m、ズーム最大}} = DN_{16\text{度、}1\text{m、ズーム最大}}$$

とみなせるので、次式となる。

$$DN_{0\text{度、}10\text{m、ズーム最大}} = 0.905 DN_{16\text{度、}10\text{m、ズーム最大}} \quad (3)$$

(2) 距離、ズーム補正

ズーム率最大は面積比で 0.014252 の値であり、図 4 からそれぞれ次式の値となる。

$$\begin{aligned} DN_{0\text{度、}10\text{m、ズーム最大}} &= 0.4638 * 0.014252^{-0.1088} DN_{0\text{度、}10\text{m、ズーム最小}} \\ &= 0.7365 DN_{0\text{度、}10\text{m、ズーム最小}} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} DN_{0\text{度、}1\text{m、ズーム最大}} &= 0.34 * 0.014252^{-0.15} DN_{0\text{度、}1\text{m、ズーム最小}} \\ &= 0.6433 DN_{0\text{度、}1\text{m、ズーム最小}} \end{aligned} \quad (5)$$

式 (4) と式 (5) を掛け合わせる。

$$\begin{aligned} \frac{DN_{0\text{度、}10\text{m、ズーム最大}}}{DN_{0\text{度、}10\text{m、ズーム最小}}} * \frac{DN_{0\text{度、}1\text{m、ズーム最大}}}{DN_{0\text{度、}1\text{m、ズーム最小}}} &= \frac{DN_{0\text{度、}10\text{m、ズーム最大}}}{DN_{0\text{度、}1\text{m、ズーム最小}}} * \frac{DN_{0\text{度、}1\text{m、ズーム最大}}}{DN_{0\text{度、}10\text{m、ズーム最小}}} \\ &= 0.7365 * 0.6433 \end{aligned} \quad (6)$$

式 (6) の $\frac{DN_{0\text{度、}1\text{m、ズーム最大}}}{DN_{0\text{度、}10\text{m、ズーム最小}}}$ の値は、実験による

とほぼ一定値 0.7 であった。式 (6) に式 (3) を代入して整理すると式 (7) となる。

$$DN_{0\text{度、}1\text{m、ズーム最小}} = 1.336 * DN_{16\text{度、}10\text{m、ズーム最大}} \quad (7)$$

式 (7) の左辺の DN が橋上から測定した値で、右辺の DN が補正後の値である。この DN に水深補正、水面補正を行なうと礫表面固有の DN となる。

$$DN_{R\text{変換}} = (DN_{\text{補正}} * \exp(1.1 * Z_m)) - 49.2 \quad (8)$$

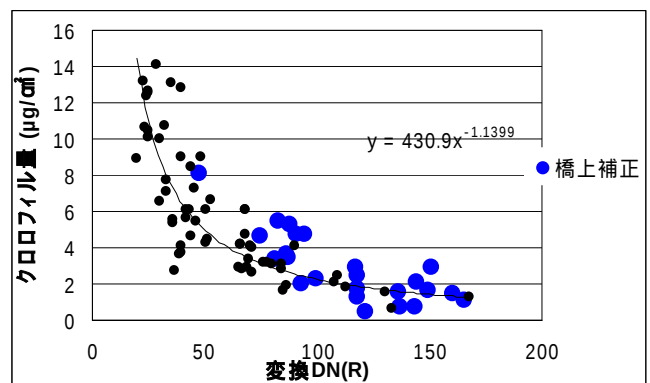


図 5 変換した DN (R) とクロロフィル量との相関

現地で測定したクロロフィル濃度から単位面積あたりのクロロフィル量を算定し、式 (8) から変換したデジタルナンバーに対して整理したのが図 5 である。変換 DN から礫付着藻類の単位面積あたりのクロロフィル量を推定できることを示しており、橋上から撮影した画像から比較的簡易な方法で継続的なモニタリングが可能となったことを示している。