

一般デジタルカメラによる大村湾の水質モデル作成

全 炳 徳* ・ 後 藤 恵之輔*
兵 頭 竜 二**A Monitoring Model of Water Quality in Omura Bay
Using Digital Camera

by

Byungdug JUN*, Keinosuke GOTOH* and Ryuji HYODO**

The experimental paper on a digital camera has been published by us in the Proceedings of Civil Engineering in the Ocean, 1994. And also, Standard CIE chromaticity analyses were applied to the measurement of upwelling irradiance spectra expressed as transparency and suspended solid amounts using the digital camera and satellite (Landsat-5/TM) data.

In this paper, we make the monitoring model of water quality in Omura Bay using digital camera. The results of these model serve a basis for discussion of several problem in the application of water quality prediction by digital camera.

1. はじめに

太陽の反射光を用いて水質を推測するとき、主に用いられる光の波長は、可視光線域に制限される。それは、光のなかでも可視光線域だけが水層を通過しているからである。紫外線や近赤外線のほとんどは水分子により吸収されてしまう¹⁾。デジタルカメラは、主に可視域の情報を利用し、物体による電磁波の吸収、散乱の状況を人間の目による認識と同じように表現することを目的に制作されている。そのため、デジタルカメラのなかで電磁波をキャッチするフォトダイオードは、可視光線の情報を敏感に捕えている²⁾。その上、デジタルカメラによる情報は、3つのバンド(RGB)にわたって撮っている長所を備えている。これは人工衛星データのなかでも水質分析や水深分析³⁾⁻⁴⁾に用いることが多い、ランドサットデータの可視域におけるバンドの数と同じである。これらのデジタルカメラが備えている背景は、水質調査に適した条件を備えて

いるものである。

本研究では、デジタルカメラを用いて大村湾内の水質調査を行い、大村湾全域の19ポイントにおける調査結果をもとに水質モデルを作成した。水質モデルとしては、透明度モデルと汚濁(以下:SS)モデル、クロロフィルaモデル、そして溶存酸素量(以下:COD)モデルである。また、この結果から、デジタルカメラによる水質モデル作成可能性について検討した。

2. デジタルカメラの原理

2. 1 NTSC信号⁵⁾

デジタルカメラはNTSC信号を用いている。NTSC信号とは、National Television System Committeeで決定された信号であり、大変巧妙に作りあげられた信号である。

このNTSC信号の大きな特徴の一つに、カラー信号と白黒信号との両立性が上げられる。NTSC信号

平成8年10月28日受理

* 社会開発工学科 (Department of Civil Eng.)

** 長崎県工業技術センター (Techonology Center of Nagasaki)

は、大きく分類して、明暗を表現する輝度信号と色を表現する色信号、そして画面の位置およびタイミングを伝える情報としての同期信号に分けられる。

色には一般によく知られている光の3原色R(赤), G(緑), B(青)があるが、デジタルカメラもまた、このR・G・B信号を利用して色を表現している。この様子が表-1である。ここでは簡単に説明するためにR・G・B信号を「あるか、ないか」のデジタル値で示しているため、7色の表現しかしていないが、実際のデジタルカメラでは各R・G・B信号がアナログ的なもので、ほぼ無限に近いカラー表示が得られている。

表-1 デジタルRGB信号による色表現

G(緑)	B(青)	R(赤)	色表現
0	0	0	黒
0	0	1	青
0	1	0	赤
0	1	1	紫
1	0	0	緑
1	0	1	水色
1	1	0	黄色
1	1	1	白

2. 2 撮像素子(CCD)とカメラの諸元

画像撮影技術の発展には、視覚センサとしての固体撮像素子の開発が大きく寄与している。デジタルカメラの性能は、基本的には撮像デバイスによって決定される。従来は撮像管(ビジコン管など)を使ったものが主流だったが、最近では、固体撮像素子であるCCD(Charge Coupled Device)が多く使用されるようになってきた。固体撮像素子は撮像管に比べると、焼き付きがないため寿命が半永久的になる、という点が大きな特徴である。

しかし、CCDはアナログの電荷を一方向に転送できるデバイスであるが、これをイメージセンサとして使うにはひとつ問題がある。それは、光画像をイメージセンサに当てたまま電荷を転送するとCCDの出口から遠いところから転送されてきた信号電荷は、移動するたびごとにその位置にある光画像の信号電荷も加わるので、画像信号が混ざって出て来ることになる。そのため、この問題を解決するのに、フレーム転送方式、インターライン転送方式、フレームインターライン転送方式の3つの方式が提案されている。以下の表-2に

本研究で用いたカメラの簡単な諸元を示す。

3. 研究地域

本研究のための測定地域と地点は図-1のようである。

図-1のような19ポイントの水質測定点を選んだ理由は、東彼杵付近(a~d)は常に透明度が高く、大村湾の中心付近(e~o)ではやや落ち、津水湾付近(p~s)では非常に低くなるために、透明度の高いところから低いところまでカバーできる場所を測定ポイントとして設定したためである。また、水質測定モデルの精度を向上させるためでもあった。

3. 1 測定項目と方法

今回の現地調査において、GPSによる位置測定をしながら、①SS②透明度③COD④クロロフィルa⑤表面水温⑥水深⑦海水温⑧溶存酸素⑨塩分濃度⑩濁度の10項目について測定を行った。このうち、①については現場で採水したものを長崎大学の方で室内実験により測定しており、②~⑩については(社)長崎県食品衛生検査協会に依頼し測定を行った。

デジタルカメラの測定地点の撮影方法については、水中内を撮影したものと、海水面を上方から撮影するのとに分けて行った。海水面を上方から撮影する方法は、リモートセンシングの一般的な撮影方法であり、水中内の撮影は、水面の反射光を防ぐために考案したものである。水中内の撮影は幅が約20cm、長さが約50cmくらいの光を吸収する黒塗りの円形装置を用意して、片面にはデジタルカメラを設置し、反対側には透明なガラスを取り付け、純粋な海水の状況を撮影するために努めた。

表-2 本研究で用いたデジタルカメラの諸元

形式	デジタルカメラ
記録・再生方式	フレームデジタル記録・再生方式
画質モード	精細, 標準, 高圧縮モード
記録媒体	イメージメモ리카ード
撮像素子	1/2インチ CCD 固体撮像素子
撮影感度	ISO160相当
露出制御	F3.4 1/4秒~F14 1/750秒
絞り	F3.4, F5.6, F8, F11, F14
電子シャッター	1/4~1/750秒
色温度	屋外 (5500K), 屋内 (3200K)

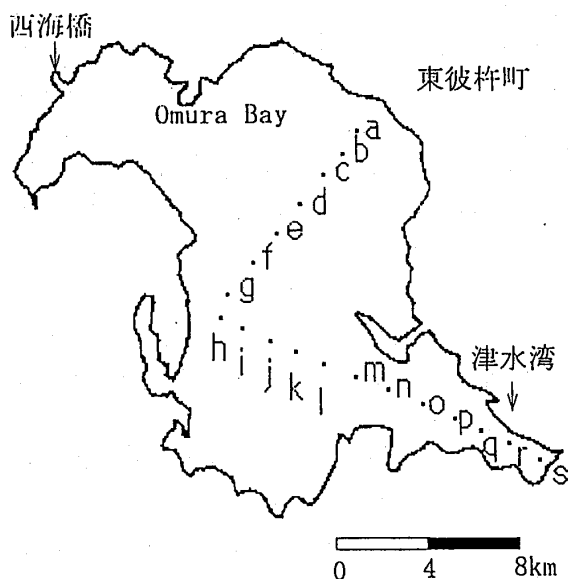


図-1 本研究の測定地域及び測定地点

4. 画像処理とデータ解析方法

4. 1 大気補正

リモートセンシング研究者達にとって CCD センサーのもっとも魅力のある特徴の一つは、当然ながら撮影した画像がデジタル値であるため、リアルタイムで画像処理が可能であるということであり、もう一つは、雲の影響に関係なくかつ必要とするときに、現場のデータを撮影し処理することができるということである。

大気補正が必要とするのは、CCD カラーセンサーのこのような特徴を生かして、雲の影響などに関係なく用いる場合、その日の天候によってセンサーに入射する光量はかなり変化するためである。本研究ではこのような大気補正を行うために、白色版による撮影基準を決め、大気を補正する方法を用いた。

4. 2 三色係数法

光が水中に入射すると、その光は水層の懸濁物質や水中の環境(水深や海底地質など)により、ある波長域を反射したり吸収したりしながら、その水層が持っている独特の色を発散するのである。デジタルカメラは可視光線の中の R(赤), G(緑), B(青)の3つのバンドの波長域にわたって、CCD センサーがそれぞれの輝度を感知し、各バンドの情報をデジタル値としてファイルに納めている。これは可視光線の中において3つのバンドの情報さえあれば、人間の目の判断に近い色情報を再生できるからである。三色係数法とは、

可視光線の情報を3つ(R成分, G成分, B成分)に分け、数値として表す方法の1つである。

本研究で試みた三色係数法は、すでにリモートセンシング分野に適用され、その有効性などが認められている⁶⁾。しかし、この方法を人工衛星画像データに適用した場合⁷⁾、高い精度の相関性が得られなかったため、衛星リモートセンシング解析では、あまり利用されていないのが実状である。これらの原理から見ると、デジタルカメラに取り付けられている CCD カラーセンサーには、非常に有効でかつ高い相関関係(CCD センサーと懸濁物質の間)が期待できるのである。

3色係数は最初、水中から出てくる上方向輝度の光量を測定するために用いられたもの⁸⁾で、その定義は次のとおりである。

$$rf = \frac{R}{R+G+B}, gf = \frac{G}{R+G+B}, bf = \frac{B}{R+G+B}$$

ここで、R, G, B は、赤緑青の波長域情報であり、rf, gf, bf は、赤緑青の3色係数値である。

5. 調査結果

現地調査は1995年9月26日, 10月12日, 11月13日, 11月29日の4回にわたって行った。この4回の現地調査により得られた結果から、透明度とクロロフィル a, COD,そして SS の推測モデルを作成した。第1回目と第2回目の水中内の調査データを合成し、水中内における透明度推測モデルを作成した。また、第3回目のデータは風が激しく、撮影姿勢に問題があったため、透明度推測モデル作成時には使用しなかった。クロロフィル a, COD,そして SS の推測モデルについては第3回目と第4回目のデータを用いてそれぞれの推測モデルを作成した。

モデルは、最も相関の高いバンド(赤, 緑, 青)のうち一つのみを示した。各モデルと相関関係は次に示す。

〈水中内を撮影した時の推測モデル〉

$$\text{透明度} = 28.14 - 75.33 \times R \quad (r=0.82)$$

$$\text{クロロフィル } a = 13.30 + 32.29 \times B \quad (r=0.42)$$

$$\text{COD} = 6.32 - 15.01 \times B \quad (r=0.55)$$

$$\text{SS} = 1.32 - 6.28 \times G + 7.50 \times G^2 \quad (r=0.41)$$

〈水表面を上方から撮影した時の推測モデル〉

$$\text{透明度} = -30.29 + 103.33 \times B \quad (r=0.94)$$

$$\text{クロロフィル } a = 16.98 - 37.09 \times B \quad (r=0.54)$$

$$\text{COD} = 2.42 - 1.55 \times G \quad (r=0.055)$$

$$\text{SS} = -0.54 + 2.37 \times B - 2.16 \times B^2 \quad (r=0.55)$$

6. ま と め

以上のモデルと相関結果から分るように、透明度とデジタルカメラの撮影結果は、水中内では赤バンド、水表面上方では青バンドに直線的な関係が見られる。クロロフィルaについては相関値が低く、CODとデジタルカメラの相関関係もない結果となっている。

今回の水質調査の結果においてもっとも疑問であった点は、水表面の反射光の影響が含まれていない水中内を撮影した時の推測モデルの方が、水表面を撮影し、反射光が含まれているモデルよりも相関値が低いことであった。その理由に関しては一概には言えないが、デジタルカメラの性能や撮影の方法、および海底情報の影響が含まれていることなどが考えられる。

全体的に見て、第3回、4回目のデータの結果が第1回、2回目よりも悪かった。これはデジタルカメラの撮影の仕方が大きく左右されたと考えられ、デジタルカメラによる水質測定には、カメラの姿勢が相当影響しているものと思われる。また、海上は波が荒い時もあり、撮影するのは非常に困難であった。空中からのプラットフォームの必要性を強く感じた。

今後の方針としては、デジタルカメラのセンサーの(CCD)特徴を把握し、定量的な水質測定のための精度の高い推測透明度のモデルを作成することである。

参 考 文 献

1) 写真測量とリモートセンシング：特集デジタル

フォトメモリ, Vol. 32, No. 6, 1993.

- 2) 塚本哲男：CCDの基礎，オーム社，1981年
- 3) F. C. Polcyn, W. L. Brown and I. J. Sattinger : The Measurement of Water Depth by Remote Sensing Techniques, Report No. 8973-26-F, Willow Run Laboratories, Ann Arbor, Michigan, 1970.
- 4) D. R. Lyzenga : Passive Remote Sensing Techniques for Mapping Water Depth and Bottom features, Applied Optics, Vol. 17, pp. 379-383, 1978.
- 5) トランジスタ技術 SPECIAL：特集基礎からのビデオ信号処理技術，No. 31, 1992.
- 6) R. P. Bukata, J. E. Bruton and J. H. Jerome : Use Of chromaticity in remote sensing measurements of water quality, Remote Sensing of Environment, Vol. 13, pp. 161-177, 1983.
- 7) S. Wouthyzen : Analysis of the potential utility of remote sensing data acquired from earth observation satellites for monitoring the coastal zone environment, Graduate School of Marine Science and Engineering, Nagasaki University (a doctoral thesis), 1991.
- 8) Anonymous : International Lighting Vocabulaly, Comm. Intern. Eclairage, pub. 1 (1), 1957.