

## 海上漂流物質の RGB カラーモデルによる分類法について

### A method of classification of images using a RGB color model for detecting floating materials at sea

樋富 和夫, 山之内 博, 篠野 雅彦, \*山岸 進

Kazuo Hitomi, Hiroshi Yamanouchi, Masahiko Sasano, Susumu Yamagishi  
海上技術安全研究所, \*東京海洋大学

#### ABSTRACT

This paper describes a method of classification of images using a RGB color model for detecting floating materials at sea. Using the helicopter-based fluorescence imaging LIDAR composed of a pulsed laser of 355nm in wavelength and a gated ICCD camera equipped with four band-pass filters, we observed the sea surface of Tokyo Bay and Sagami Bay. Fluorescent images of sea surface can be easily and promptly observed and their differences can be clearly classified by this method.

#### 1. はじめに

ナホトカ号重油流出事故(1997)を教訓として、油の種類等が識別でき、昼夜や天候を問わず流出油のモニターができる装置の開発が求められた。海上技術安全研究所は、上記要件を満たすため、紫外線パルスレーザ(355nm)と4レンズのゲート付き ICCD カメラ(4波長蛍光計測装置)で構成する蛍光ライダーシステムの提案と開発を行い、流出油探査のためのヘリコプター搭載型観測システムとして実用化の目処を得た。

本報告では、本システムが流出油だけでなく、海水の濁りを観測でき、平時の水質管理に活用できることから、海上漂流物を含む海上遭難者の捜索に活用できることを提案する。

#### 2. 観測システムの概要

濁度と水ラマン散乱光の関係を求めるために使用した観測装置(Fig.1)はパルスレーザ、4波長蛍光計測装置及びデータ記録・解析用 PC であり、その仕様を Table 1 に示す。本装置は、ヘリコプター搭載型観測システムの主要な構成装置である。この装置の特徴は、4種類のバンドパスフィルタを4つのレンズに装着、即ち4波長の光が I.I.の光電面の4ヶ所に集光・増幅され、1フレームの画像内に4波長画像が同時に記録されることである。本装置には、微弱光の増幅機能として、イメージンテンスファイヤ(I.I.)が付属している。

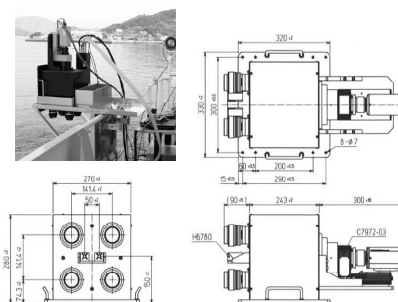


Fig.1 ICCD camera equipped with four lenses

Table 1 Specification of components

	Specification
Laser	Type; Ni-YAG Wavelength; 355nm Energy; 50mJ/pulse Repetition; 1~10Hz Pulse Width; 6.48ns Beam Divergence; 1mrad
ICCD Camera Equipped with Four Lenses	1) Optical Filters; 405nm, 442nm, 486m, 510nm FMHM: 10nm 2) Lens Transmittance; 70%(400~700nm) Iris; 1.2~C, Focal Length; 50mm 3) ICCD Camera a) Image Intensifier (I.I.) Gate Time; >20ns Luminous Gain; 73,000 [(lm/m <sup>2</sup> )/lx] Effective Aria; 18mm b) CCD Camera Pixel Size; 1024×1024

以上の観測装置をベースとして、相模-東京湾における飛行観測に用いたヘリコプター搭載型のシステムを Fig. 2 に示す。

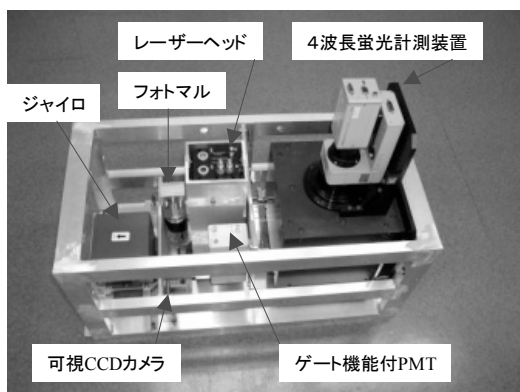


Fig.2 Helicopter-based fluorescence imaging LIDAR

### 3. 野外及び飛行観測実験

#### 3. 1 バックグラウンドの計測実験

##### 3. 1. 1 実験方法

飛行観測実験におけるバックグラウンドを把握するため、水の濁り、水ラマン散乱光及び懸濁物質の蛍光との関係を求める実験を行った。実験では、観測装置を高さ 20m の観測塔に設置し、日々変化する水槽(長さ 25m、幅 15m、深さ 3m)内の濁水を計測した。水の濁りは濁度計(アベックス電子 ASTD687)で計測した。濁度計は赤外後方散乱光計測方式である。濁度計測は、蒸留水でキャリブレーションを行った後、透過率計測実験の前後約2分間計測した。解析に用いるデータはその平均値を用いた。

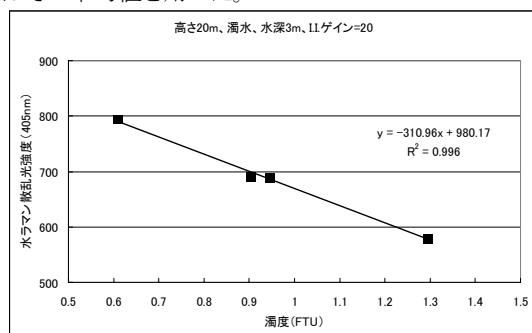


Fig.3 Relation between turbidity and 405nm water Raman scattered intensity

##### 3. 1. 2 実験結果と考察

濁度と水ラマン散乱強度(405nm)の関係を Fig.3 に示す。横軸は濁度、縦軸は 355nm レーザ光を照射したときに発する水ラマン散乱光の強度である。これらは相関性の高い線形関係を示している。濁りが増すほど、

水ラマン散乱光は懸濁粒子による散乱により強度が小さくなる。

### 3. 2 相模-東京湾における飛行観測実験

観測システムをヘリコプターBell412 に搭載し、東京ヘリポートから相模湾まで飛行して、海面のセンシングと、北緯 35.094°、東経 139.426° に係留されている海洋肥沃化装置「拓海」の水中構造物のセンシングを行うことを目的として飛行観測実験を行った。本報では、海面のセンシングについて示す。

#### 3. 2. 1 実験方法

悪天候時にも運用できるヘリコプターとして、採用したベル 412 型ヘリコプターの仕様を Table 2 に示す。

Table 2 Specification of helicopter (BELL 412)

Overall Length	17.1 m
Overall Height	4.6 m
Overall Width	2.7m
Max. Gross Weight	5,398 kg
Empty Load	3,841 kg
Max. Range	659km
Max. Cruise Speed	125 kt
Endurance	3h20m
Weather Minimum	< Wind 35 kt

観測時には Fig. 2 に示した観測装置を機外に固定する。

レーザは、更新し、Quantel Big Sky Laser 社の CFR400、仕様は、Nd:YAG パルスレーザの第3高調波(波長 355 nm、近紫外領域)、エネルギー90 mJ/パルス、パルス周期 Max. 10 Hz である。

飛行観測実験における往路は、東京ヘリポート(新木場)を発し、羽田空港を避け、横浜港から東京湾に入り、相模湾「拓海」へ、帰路は、相模湾「拓海」から少し南下しながら東京湾へ入り横浜港へというルートを取った。

往復路では、高度 220~380mm、速度約 90kt で観測し、海面の蛍光等発光に関するデータを取得した。

#### 3. 2. 2 実験結果と考察

帰路における水ラマン散乱強度(405nm)の変化を Fig.4 に示す。シーン 450 から強度が低下し始め、東京湾海水の濁りが確認される。Fig.5 に 442nm 蛍光の変化を示す。シーン 450 から強度が増加し始め、東京湾海水の濁りが確認される。

Fig.6 に GPS 高度の変化を示す。高度は 200~400m の間、約 200m 変化している。そのため、強度値の補正として、濁りと高い相関性を示す水ラマン散乱光強度(基準)と各蛍光強度との比により無次元化し、マップ表示に RGB 関数に

使うための数値を Fig.7～9 に示す。

Fig.7～9 は同じような変動を示し、比をとることにより補正される。

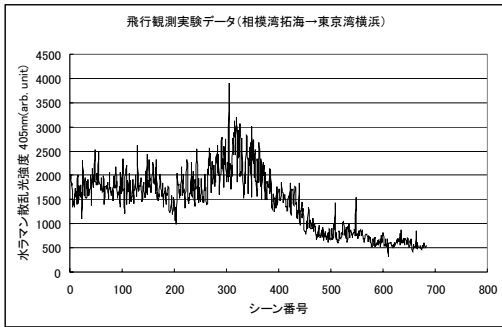


Fig.4 Trace of 405nm water Raman scattered intensity

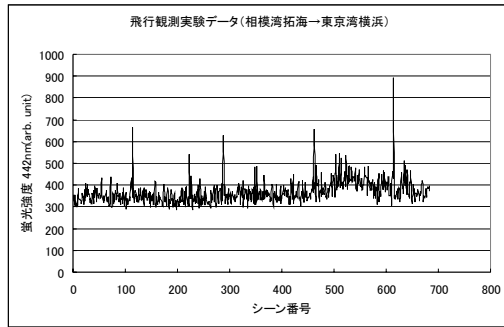


Fig.5 Trace of 442nm fluorescent intensity

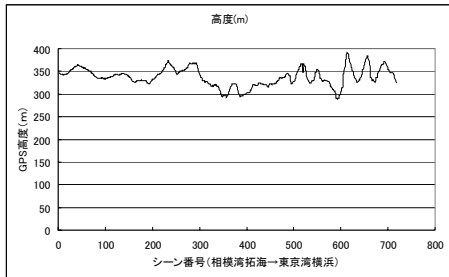


Fig.6 Trace of the flight altitude

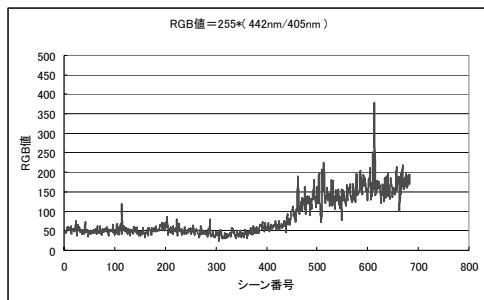


Fig.7 Trace of RGB Value  $(255 \cdot I_{442} / I_{405})$

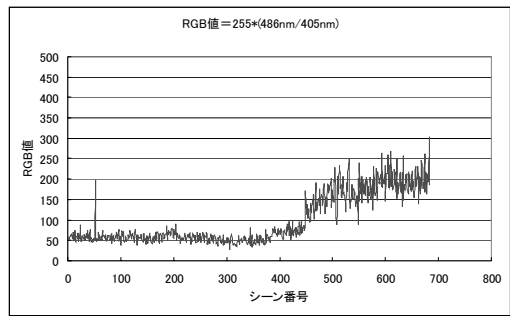


Fig.8 Trace of RGB Value  $(255 \cdot I_{486} / I_{405})$

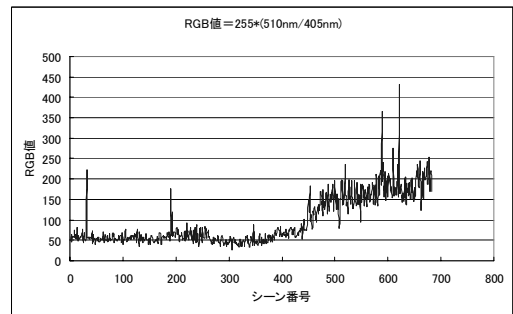


Fig.9 Trace of RGB Value  $(255 \cdot I_{510} / I_{405})$

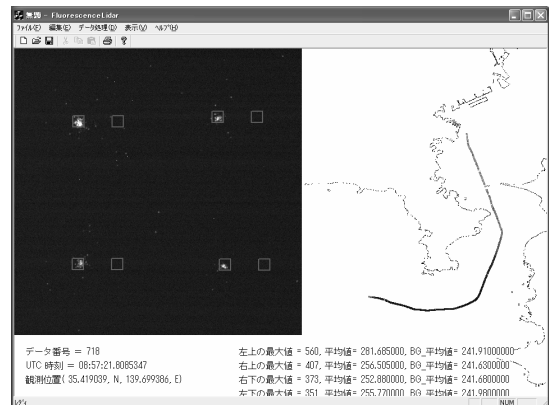


Fig.10 Water quality of Tokyo Bay and Sagami Bay map

Fig.7 の 442nm は、システム油 (船尾官油) や A 重油のピーク値を示す波長で、図中には横浜港手前でそれらの油と思われるピーク値が示されている。

Fig.8 の 486nm は、原油、C 重油のピーク値を示す波長で、東京湾では顕著なピーク値はない。

Fig.9 の 510nm は、廃油のピーク値を示す波長で、東京湾では2カ所でピーク値が観測されている。

Fig7～9 のデータを緑、赤、青の3原色 (RGB 関数) でマップ上に表示したプロット図を Fig.10 に示す。

RGB(255,255,255) は黒色、RGB(0,0,0) は白色で表

示される。東京湾口から横浜まで、だんだん白っぽくなり濁りだすことが確認される。マップは短時間で表示できることから、簡易モニタリングとして活用できる。これは、本システムが平時における水質モニタリング装置としても使用できることを意味する。

#### 4. RGB カラーモデル分類法の検討

20m 観測塔付き水槽に浮かべた合板(ベニヤ板)の蛍光計測では微弱であるが蛍光を発することを確認した。飛行観測実験では、海上漂流物を観測することになる。

気象庁、海上保安庁において定期的に海上漂流物の調査が実施されている。また、河川・港湾管理機関では漂着物の調査が行われている。それらの調査結果で示されている海上漂流物には、流木、発泡スチロール、薄膜プラスチック、ドラム缶、ガラス等がある。それらは、海難事故、不法投棄、台風・津波等の自然災害により海上で漂流するものである。海難事故においては、退船時に救命設備が使用される。海上遭難者が漂流位置を知らせるために、海面着色剤、反射鏡、信号弾等が使用される。海面着色剤には蛍光物質が含まれており、本システムを使用すれば、アクティブに発光させるため、夜間捜索では有効となる。海面着色剤は救命設備に乗り込んだ状態でも使用される場合があるため、救命設備材料を含めた海上漂流物質全ての蛍光特性をデータベース化しておくことが重要となる。

分光蛍光光度計により対象物質の蛍光スペクトルを取得し、装着する計測波長(バンドパスフィルタ)決定した後、20m 観測塔付き水槽において4波長蛍光計測装置(Fig.1)によりデータを取得し、データベース化を行うことを計画している。データベースの検索機能として、RGB 関数を使った分類法(RGB カラーモデル分類法)を使用することも検討する。

Fig.11 に分光蛍光光度計により純水の蛍光スペクトルを示す。

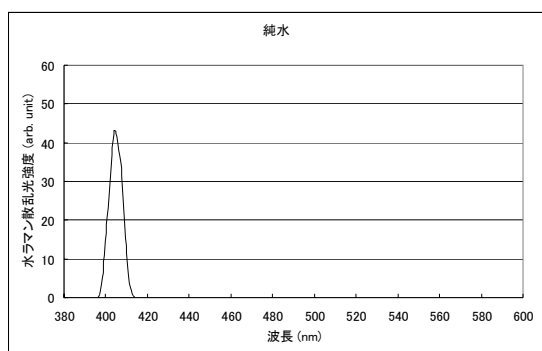


Fig.11 Pure water spectrum

純水では水ラマン散乱光のみスペクトル、即ち、RGB(0,0,0)=黒色となる。これを白色に変更し、現状の

バンドパスフィルタを使用すると仮定すると、3原色に割り当てる RGB 値は次式となる。

$$R \text{ (赤)} : 255 - 255 \times (I_{510} \div I_{405}) \times F$$

$$G \text{ (緑)} : 255 - 255 \times (I_{486} \div I_{405}) \times F$$

$$B \text{ (青)} : 255 - 255 \times (I_{442} \div I_{405}) \times F$$

I は強度値、添字は波長(nm)、F はスケールファクタである。スケールファクタは RGB 値を 0~255 の範囲とするための値である。Fig.7~9 で 255 を越えるデータが対象となり、物質の蛍光特性で決まる。

F=0.17 として、RGB カラー作成例を Fig.12 に示す。

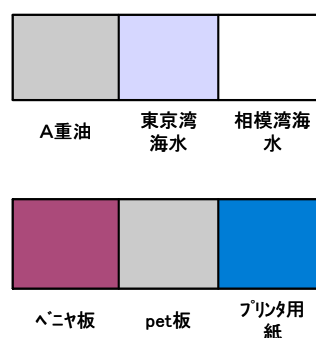


Fig.12 Classification method of floating materials at sea by RGB color

#### 5. おわりに

本報では、開発した荒天対応仕様のヘリコプター搭載型観測システムによる実海域観測データを用いて、濁りと高い相関性を示す 405nm 強度を基準とした他の3波長の強度比を使った RGB カラーモデルによる、濁りや汚染等に関するマッピングを示した。

海上漂流物、救命設備等の蛍光特性を取得し、データベースの構築および RGB カラーモデル分類法を確立すれば、海上遭難者の捜索、海洋汚染物質及び海上障害物の監視、他分野の探査への応用に寄与できると考えている。

10種の油類、3種の海水、29種のスチレン等有害液体物質の分光蛍光スペクトルデータ等を既に蓄積しているが、油膜が増加すると蛍光スペクトル強度も増加することが判明した。油膜厚さを増加させた場合、RGB カラーモデル分類法を適用すると、RGB カラーはだんだん濃くなり、ある段階で飽和となるような分類結果が想像できる。更に、防除機材の選定に重要な油水エマルジョンに関する蛍光特性の取得も計画している。

海上漂流物のデータベース及び RGB 分類法に関する知見は環境省公害防止等試験研究費で得られたものである。それらに関する研究は科研費(平成21年度から3年計画、課題番号21560841)で実施している。