

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月15日現在

機関番号：82627

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21560841

研究課題名（和文）海上捜索のための漂流物質の RGB カラーモデルによる分類法に関する研究

研究課題名（英文） A method of classification of images using a RGB color model for detecting floating materials at sea

研究代表者

樋富 和夫 (HITOMI KAZUO)

独立行政法人 海上技術安全研究所・運航物流系・系付上席研究員

研究者番号：70415800

研究成果の概要（和文）：200字内

本報告では、海上漂流物質を検知するための RGB カラーモデルによる分類法について記述する。蛍光分光光度計を使って 113 種類の海上漂流物質のスペクトルを取得し、蛍光ライダーに装着する 4 種類の光学バンドパスフィルタの波長域を決定した。その新しい 4 種類の光学バンドパスフィルタを装着した蛍光ライダーにより、海上漂流物質の蛍光イメージを取得した。取得した海上漂流物質はこの手法により分類できることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

This paper describes a method of classification of color images using a RGB color model for detecting the floating materials on the sea.

We obtained 113 UV-induced spectrum by using the fluorescence spectrophotometer, and decided wavelength bands of the four optical filters in UV fluorescence imaging LIDAR system. Using our LIDAR system composed of a pulsed laser of 355nm in wavelength and a gated ICCD camera equipped with new four band-pass filters, we observed fluorescent images of the floating materials. Observed materials can be clearly classified by this method from fluorescence induced by UV laser.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：船舶海洋工学

キーワード：海洋探査・機器

1. 研究開始当初の背景

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ー(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、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。4波長蛍光計測装置の特徴は、油種識別のために選

択したバンドパスフィルタを装着した4個のレンズを介して結像される4波長の映像を1つのフレームへ同時に記録できることである。その映像から4波長の蛍光強度が得られ、油水の判別や油種識別に使用される。355nm レーザを海水に照射した場合、水ラマン散乱光(405nm)が発生し、その強度と海水の濁りとの間には高い相関性を示すことが判明した。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 (RGB カラーモデル分類法) で、濁りや汚染のマッピングを行うプログラムを開発した。本システムは、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を明らかにした。また、水面に浮かべたベニヤ板の蛍光観測では微弱であるが蛍光を発することを明らかにした。すなわち、物質の識別を正確に行うには海上浮遊物(流木、発泡スチロール、薄膜プラスチック等)の蛍光データベースを構築することが重要であることが判明した。さらに、海難時の海上脱出者に関わる物質の蛍光データベースがあれば、海上遭難者の捜索にも活用できることが考えられる。

海上遭難者が漂流位置を知らせるためには、海面着色剤、反射鏡、信号弾等が使用される。それらが捜索側に発見されなければ、長期漂流となり生命への危険度が増す。海面着色剤は昼間(目視)や多少のうねりがある場合に効果があるが、夜間におけるサーチライトや赤外線カメラによる捜索では、発光がないことや海水との放射エネルギーの差がないため、発見が困難となる。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、救命設備材料の蛍光に関してもデ

ータベース化しておくことに意義がある。

また、開発したシステムには物質を同定するためのデータベースを含み、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を蓄積したが、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。公開されている蛍光スペクトル・データベースには、計測原理の相違(分光蛍光光度計と本システムの受光方向)から油膜厚さが考慮されていない。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。現状の海上に浮遊した油膜厚推定は目視で定性的に行われており、定量的に行うことができる、このような手法を学術的に確立しておくことが重要である。

また、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データベースも整備されていない。

以上に関わる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。

2. 研究の目的

研究の全体構想は海上遭難者の捜索、海洋汚染物質及び海上障害物の監視を1つ観測装置で行うことができるシステムを構築することである。その構想において本研究では、海上遭難者、救命設備、海上漂流物及び流出油を昼夜間において識別するための蛍光データベースの構築及び分類法の確立を図ることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 蛍光スペクトルの計測

救命器具材、発泡スチロール、薄膜状プラスチック、塗装鋼板(ブイ)、流木、防舷

材等の固体海上漂流物質全般の蛍光スペクトルを分光蛍光光度計により取得する。また、海面着色剤溶液、油類（膜厚、ムース過程の含水率）等液状物質の蛍光スペクトルを分光蛍光光度計（355nm 励起）により取得する。

これらの物質の蛍光スペクトルを解析し、既に開発した4波長計測装置に装着する4波長のバンドパスフィルタを決定する。

(2) 蛍光イメージ及び蛍光強度の計測

蛍光スペクトルの計測対象全ての物質を355nm パルスレーザで励起し、発生した蛍光スペクトルを4波長のバンドパスフィルタを装着した4波長計測装置で計測し、蛍光イメージおよびその強度値を取得する。

それらの強度値を用いて、全ての物質をRGB 値（0～255）で分類するためのスケールファクタ及び計算式を確定し、分類法を確立する。

4. 研究成果

(1) 海上漂流物質の蛍光スペクトル

蛍光分光光度計は日立 F-2500 を使用した。計測概要を図1に示す。励起波長及び蛍光波長は、それぞれ 355nm 及び 355～800nm である。

受光側には励起光の影響を減ずるため、カットフィルタ、また、試料室には固体試料ホルダ（日立）を設置した。試料が液体の場合は蛍光光度計用セル（日本シリカガラス T-23-ES-10）を固体試料ホルダに設置した。計測は蛍光分光光度計の励起出力が安定した後に行った。

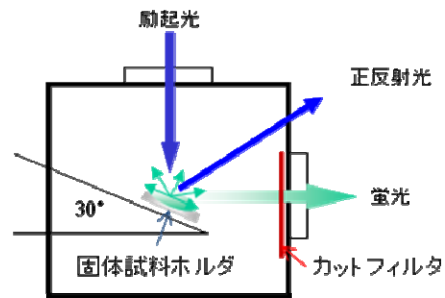


図1 蛍光スペクトルの計測概要

海上漂流物質として想定される、救命設備、樹木、合成ゴム、塗装鋼板、プラスチック等113種の蛍光スペクトルを計測した。その計測例を図2～図4に示す。

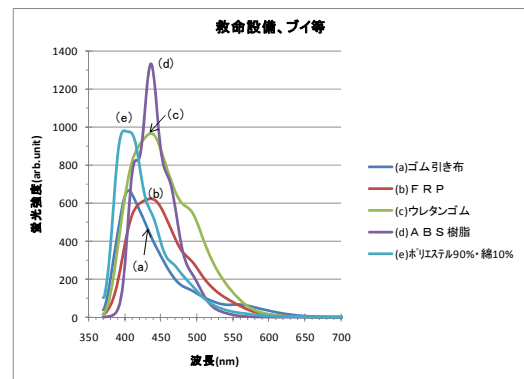


図2 救命設備、ブイ等の蛍光スペクトル

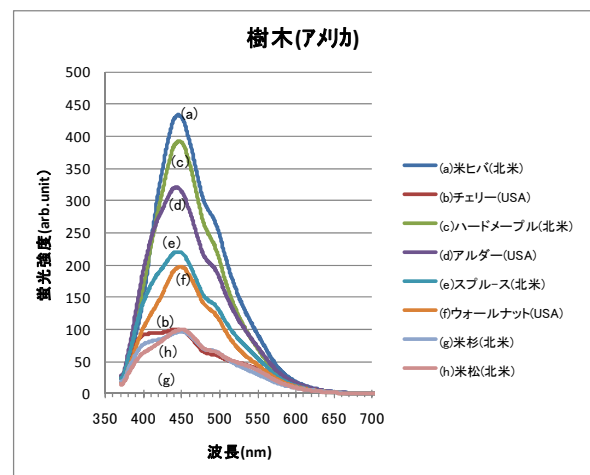


図3 樹木（アメリカ）の蛍光スペクトル

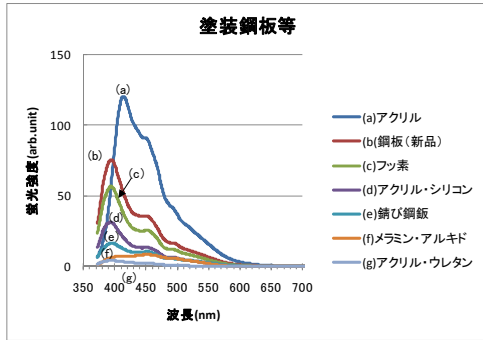


図4 塗装鋼板等の蛍光スペクトル

これらの蛍光スペクトルは観測装置の開発や各分野へ利用が考えられることから、当所担当者（篠野雅彦；sasano@nmri.go.jp）へ連絡し、使用目的を確認した上で提供することとした。

海上漂流物質全種の蛍光スペクトルのピーク値波長を図5に示す。この結果から、カメラレンズに装着する4種類のバンドパスフィルタ（400nm、450nm、500nm、550nm、各バンド幅40nm）を決定した。

図5に基づき決定したバンドパスフィルタの吸収スペクトルを図6に示す。

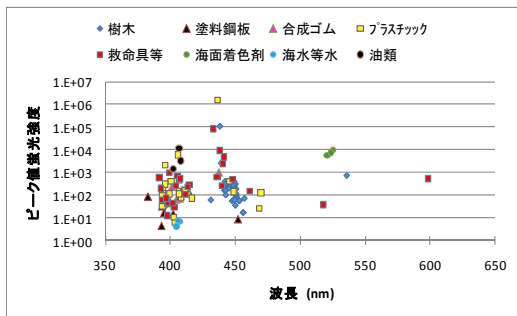


図5 海上漂流物質全種の蛍光スペクトルのピーク値波長

(2) RGB カラーモデル分類法

計測装置は紫外線パルスレーザ(355nm)、4波長蛍光計測装置（4 レンズのゲート付き ICCD カメラ；図7）、データ記録・解析用 PC 等で構成される。

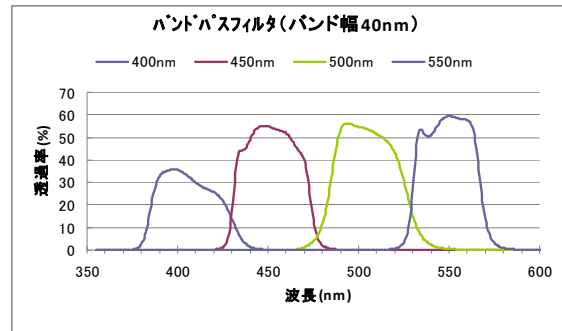


図6 バンドパスフィルタの吸収スペクトル

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、

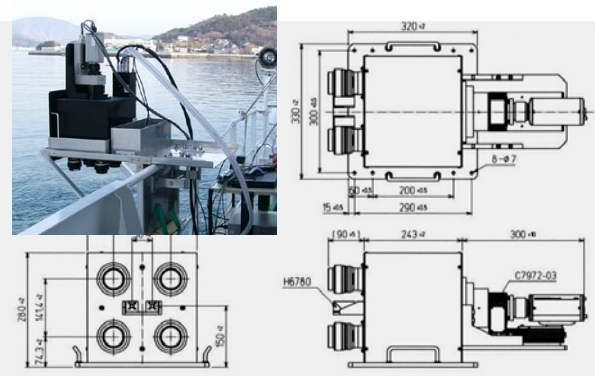


図7 4波長蛍光計測装置

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、イメージインテンシファイア (I.I.) が付属している。計測方法はターゲットにレーザ光を照射し、励起されたターゲットから発する蛍光の4波長画像を取得し、4つのレーザスポットの蛍光強度値を得る。

計測装置と試料の距離は水平20mとした。計測は104種の試料について、1回の計測で4波長蛍光画像を10シーンずつ取得した。

水質を示したRGBカラーマップを図8に示

す。

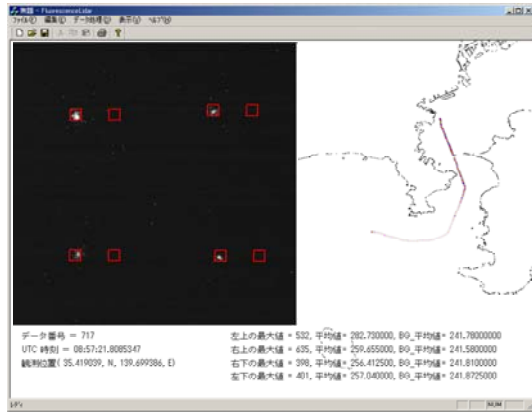


図8 東京湾及び相模湾の水質 RGB カラーマップ (高度 220m、飛行速度 125kt)

これは、4 波長画像の水ラマン散乱光 (左上) を基準 (分母) として、他の 3 波長の比を RGB 関数で、観測ルートをカラー化したマップの RGB カラー化の参考例である。解析には、バックグラウンドを差し引いたスポットの最大蛍光強度の平均値を用いる。

蛍光強度の平均最大値を I_{400} 、 I_{450} 、 I_{500} 、 I_{550} とすると、次式より赤、緑、青の 3 原色 (RGB 関数) 値を求める。

$$R \text{ (赤)} : 255 - 255 \times (I_{550} \div I_{400}) \times F_R$$

$$G \text{ (緑)} : 255 - 255 \times (I_{500} \div I_{400}) \times F_G$$

$$B \text{ (青)} : 255 - 255 \times (I_{450} \div I_{400}) \times F_B$$

なお、 I の添字は波長 (nm)、 F はスケールファクタ、添字は 3 原色である。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。RGB(255,255,255) は白色、RGB(0,0,0) は黒色である。

104 種の作成した RGB カラーは同一色が無く、各物質は分類できることを確認した。スケールファクタ F_R は $(I_{550} \div I_{400})$ の最大値の逆数である。同じく、 F_G と F_B は、それぞれ $(I_{500} \div I_{400})$ と $(I_{450} \div I_{400})$ の最大値の逆数である。

RGB カラーの作成例を図 9 に示す。図には代

表的な海上漂流物を示した。

最終年度までに取得した全ての試料を用いて、RGB カラーモデルで分類するためのスケールファクタを検討し、提案した算出法が妥当であることを明らかにした。その算出法により、試料の RGB カラー化を行い、RGB カラーにより各物質が分類できることを確認した。最終的に確定したスケールファクタは以下のとおりである。

$$F_R = 10, F_G = 8, F_B = 5$$

遭難者の捜索		
救命いかだ天幕 (ゴム引き布)	FRP救命艇	ウエットスーツ (GR)
救命胴衣 (ウレタコウティング)	救命胴衣 (PE)	合羽 (ナイロン)
流木の探査		
米ヒバ	スプル (北米)	米松
ビーチ (欧州)	ニャト (インドネシア)	チーク (ミャンマー)
小型船舶用塗料 (アクリル)	ドラム缶 (メタリヤルキ)	錆びた鋼板
ABS樹脂 (冷蔵庫、パイ)	発泡スチロール	東京湾海水

図9 代表的な海上漂流物の RGB カラーの作成例

(3) その他の成果

① 樹木等の 500 時間の浸漬実験の結果、浸漬時間によって、RGB カラーは僅かな変化 (図 10) に留まることが明らかにした。

0 時間	24 時間	120 時間	168 時間	360 時間	480 時間	(浸漬時間)
FRP						
0 時間	24 時間	120 時間	168 時間	360 時間	480 時間	(浸漬時間)
樹木 (ハードメープル)						

図 10 RGB カラーの作成例

②油類の厚みを変化させたとき、RGBカラーは殆ど変化しないこと（図1 1）を確認し、RGBカラーの変化で油類の厚みを推定できないが、RGBカラーで油類を分類できることを明らかにした。

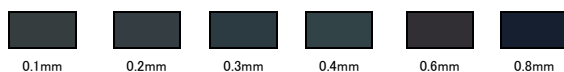


図1 1 C重油厚み変化のRGBカラー変化例

③C重油ムース過程の含水率を変化させたとき、RGBカラーは殆ど変化しないこと（図1 2）を確認し、RGBカラーの変化で含水率を推定できないが、RGBカラーで油類とC重油ムース化を分類できることを明らかにした。

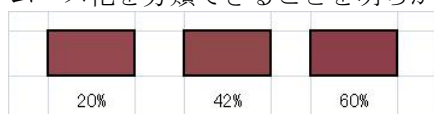


図1 2 C重油ムース過程の含水率変化のRGBカラーの変化例

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 5件）

- ① 樋富和夫、山之内博、篠野雅彦、山岸進、海上漂流物質の RGB カラーモデルによる分類法について、第27回レーザーセンシングシンポジウム予稿集、査読無、2009、pp128-131
- ② 樋富和夫、山之内博、篠野雅彦、海上漂流物の蛍光スペクトルについて、安全工学シンポジウム 2010 講演予稿集、査読無、2010、pp324-327
- ③ 樋富和夫、山之内博、篠野雅彦、山岸進、村山利幸、荒川久幸、海上漂流物質の RGB カラーモデルによる分類法について II、第28回レーザーセンシングシンポジウム予稿集、査読無、2010、pp100-101
- ④ 山之内博、樋富和夫、篠野雅彦、海上漂流物質の蛍光スペクトルについて、第28回レーザーセンシングシンポジウム予稿集、査読無、2010、pp102-103
- ⑤ 樋富和夫、山之内博、篠野雅彦、山岸進、海上漂流物質の RGB カラーモデルによる分類法について III、第29回レーザーセンシングシンポジウム予稿集、査読無、2011、pp132-133

〔学会発表〕（計 5件）

- ① 樋富和夫、山之内博、篠野雅彦、山岸進、海上漂流物質の RGB カラーモデルによる分類法について、日本レーザー研究会、2009年9月3日、第27回レーザーセンシングシンポジウム
- ② 樋富和夫、山之内博、篠野雅彦、海上漂流物の蛍光スペクトルについて、日本学術会議、

2010年7月8日、安全工学シンポジウム 2010

- ③ 樋富和夫、山之内博、篠野雅彦、山岸進、村山利幸、荒川久幸、海上漂流物質の RGB カラーモデルによる分類法について II、日本レーザー研究会、2010年9月9日、第28回レーザーセンシングシンポジウム
- ④ 山之内博、樋富和夫、篠野雅彦、海上漂流物質の蛍光スペクトルについて、日本レーザー研究会、2010年9月9日、第28回レーザーセンシングシンポジウム
- ⑤ 樋富和夫、山之内博、篠野雅彦、山岸進、海上漂流物質の RGB カラーモデルによる分類法について III、日本レーザー研究会、2011年9月8日、第29回レーザーセンシングシンポジウム

〔産業財産権〕

○出願状況（計 1件）

名称：多波長蛍光計測装置および被計測物識別方法

発明者：樋富和夫、山之内博

権利者：海上技術安全研究所

種類：特許

番号：特願 2011-002727

出願年月日：平成 23 年 1 月 7 日

国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.nmri.go.jp/main/compe/kaken/kaken.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

樋富 和夫 (HITOMI KAZUO)

（独）海上技術安全研究所・運航物流系・系付上席研究員

研究者番号：70415800

(2) 研究分担者

山之内 博 (YAMANOUCHI HIROSHI)

（独）海上技術安全研究所・運航物流系・計測技術グループ・主任研究員

研究者番号：80373421

篠野 雅彦 (SASANO MASAHIKO)

（独）海上技術安全研究所・運航物流系・計測技術グループ・主任研究員

研究者番号：00392689

(3) 連携研究者

山岸 進 (YAMAGISHI SUSUMU)

東京海洋大学・社会連携推進共同研究センター・客員教授

研究者番号：20422579