

海上における要救助者発見システムの基礎研究

伊藤 芳浩*・福本 崇**

Basic Research of Man-Overboard Detection System

Yoshihiro Ito* and Takashi Fukumoto**

Abstract

In this paper, we focus on a falling accident from ships to the sea. This accident has a high mortality rate. This reason is that the early detection is difficult. Thus, we proposed two methods for detection of the human in the sea using the cameras. The first method is based on the face recognition using OpenCV library. The second method is the skin color detection method using HSV color space. We verified the effectiveness of these two approaches in the experiment at the sea.

1. 緒言

1.1 研究背景

我が国は海に囲まれた島国であり、周辺海域では海運・漁業・マリレジャー等幅広い分野にわたって、多種多様な活動が行われている。また海上輸送は、経済活動や国民生活を支えるうえで、欠くことのできないものとなっている。沿岸海域を通航する船舶の数も多く、海上保安庁によると1日平均約5000隻もの船舶（AIS搭載船舶のみ）が通航している^[1]。ここで出てくるAISとは船舶自動識別装置のことで、2002年7月1日に発効された「1974年の海上における人命の安全に関する条約」によって搭載義務船舶が定められている。またこの中には、プレジャーボートや漁船等の小型船は含まれておらず、実際の通航隻数は計り知れない。つまり、このことは日常的に海難事故が発生する可能性が非常に高くなっていることを意味している。

海難事故は衝突事故や船の火災といった“船舶事故”と、船からの海中転落やマリレジャーに関する事故といった“船舶事故以外での事故”の2つに分類することができる。一般的に前者の方が事故としての規模も大きく、ニュースなどに取り上げられるため注目を浴びがちだが、実際に多くの死者・行方不明者を出しているのは後者である。図1は過去5年間の“船舶事故”と“船舶事故以外での事故”による死者・行方不明者の推移を表したグラフである^{[1][2]}。このデータから、“船舶事故以外での事故”の

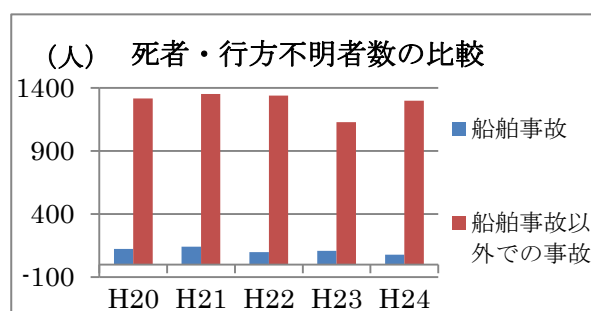


図1 死者・行方不明者の比較

方が、“船舶事故”に比べて10倍以上の多くの死者・行方不明者を出していることが分かる。このような研究背景から本研究では、毎年多くの死者・行方不明者を出している“船舶事故以外での事故”に着目し、その中でも“船舶から海上への転落事故”を対象とした要救助者発見システムについての基礎研究を行った。

1.2 システムの概要

本研究で着目する“船舶から海上への転落事故”は海中転落者の発見が困難であることから、発生件数こそ他の事故に比べ低いものの高い死亡率であり、毎年多くの人が海中転落により命をおとしている。

そこで、本研究では海中転落者の早期発見・救助を支援するシステムの提案をした。システムは、カメラを用いた海上のリアルタイム監視システムである。まず、船にカメラを設置し、そのカメラと海中

* (所属) 情報工学科

平成26年11月30日受理

** (所属) 専攻科生産システム工学専攻

転落者を検出するプログラムにより海上をリアルタイムで監視する。その後、海中転落者が検出された場合には、カメラの画像を乗組員の PC に送信し、海中転落者の存在を知らせる。乗組員はその画像を見て人間であるか判断し、救助に向かう。必要であれば、海上保安庁に救助要請を出す。

上記のシステムを最終目標としており、本研究ではその基礎研究として、海中転落者を検出するプログラムに、OpenCV を利用した顔検出を行う手法^[3]と、HSV 色空間を利用した肌色検出を行う手法^[4]を提案し、この 2 つの手法の有効性をそれぞれ検証した。

2. 理論・原理

2. 1 OpenCV

一般的に機械学習を利用した画像認識は、学習と認識の 2 つのフェーズからなる。学習フェーズでは、コンピュータに対して認識させたい対象画像を集め機械学習を行い、検出器と呼ばれる学習結果データを作成する。認識フェーズでは、その検出器を使用して入力画像に対して顔の検出を行い、その結果を認識結果とする。

本研究では OpenCV と呼ばれる画像処理ライブラリを使用する。一般的に精度の良い検出器の作成は膨大な数の画像を用意し、それを機械学習させ、認識対象の形や特徴などをコンピュータに学習させる。そのため、非常に時間がかかる。しかし、OpenCV の中には初めから検出器がいくつか用意されているため、本研究ではそれを利用してプログラムを作成し、有効性の検証実験を行った。

2. 2 HSV 色空間

HSV 色空間とは、HSV モデルともよばれ、色相 (Hue)、彩度 (Saturation)、明度 (Value) の 3 つの成分からなる色空間のことであり、図 2 は円柱の HSV 色空間である。色相とは赤っぽい、緑っぽいなどの色の大きな種類の違いのことで 0 ~ 360 の範囲で表される。また彩度は色の鮮やかさのことを意味し、0 ~ 100% の範囲で表される。最後に明度は 0 ~ 100% の範囲で表される色の明るさとなり、明るい色ほど明度が高く、暗い色ほど明度が低くなる。これらの 3 つの成分を設定することにより様々な色を表現することが可能である。本研究では HSV 色空間を利用した肌色検出を行うプログラムを作成し、顔検出のプログラムと同様に検証実験を行い、有効性を検証した。

HSV 色空間を利用する理由として、肌色とそれに

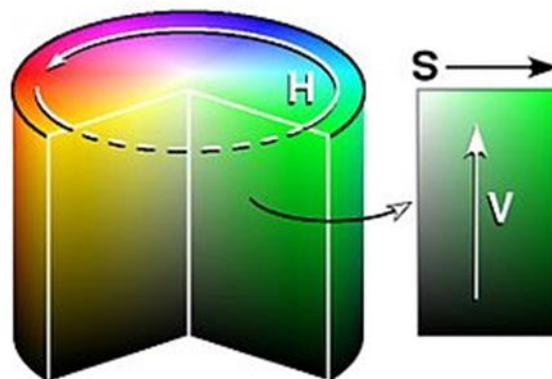


図 2 HSV 色空間^[5]

近い色の検出を容易に行えるからである。人間の肌は人それぞれ違うため、肌色に近い色を全て検出する必要がある。そのため、HSV 色空間を利用する。

3. 検証実験

3. 1 実験内容

本研究では海で検証実験を行った。実験内容として、本校の商船学科 1 年生が、本校の所有する練習船である「弓削丸」を使用して行う飛び込み実習の様子をビデオカメラで撮影し、その動画から無作為に画像をキャプチャーした。その画像に対して、OpenCV を利用した顔検出と HSV 色空間を利用した肌色検出をそれぞれ作成したプログラムにより行い、その結果から有効性の検証を行った。

本実験の目的は、作成した顔検出プログラムと肌色検出プログラムが海でどの程度の検出を行うことが出来るかを確認することである。

3. 2 実験環境

日時	2014 年 7 月 16 日 (水曜日) PM 13:20 ~ PM 15:10
場所	弓削近郊の海域
天候	晴れ
使用したもの	ビデオカメラ(Canon iVIS HF R42 HD ビデオカメラ)

3. 3 実験結果

海での検証実験で撮影した動画からキャプチャーした画像が図 3 である。そして、図 3 に対して OpenCV を利用した顔検出プログラムを実行した

結果が図 4, HSV 色空間を利用した肌色検出プログラムを実行した結果が図 5 である。

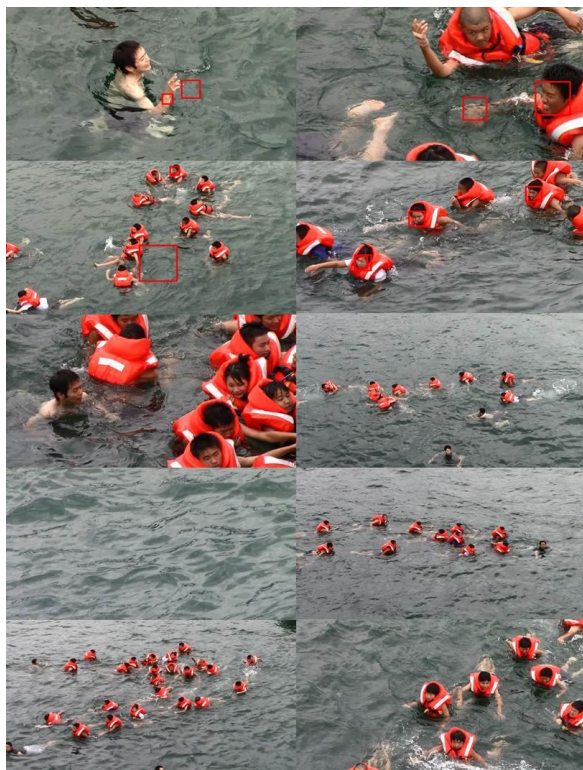


図 3 キャプチャーした画像

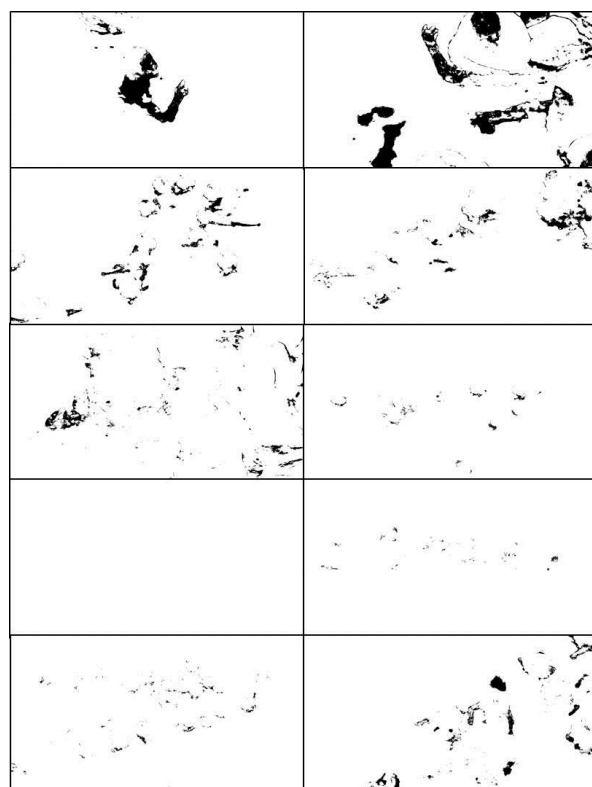


図 5 肌色検出結果

4. 考察

4. 1 OpenCV を利用した顔検出手法の考察

海での検証実験から得た画像に対して、OpenCV を利用した顔検出プログラム（以下、顔検出プログラムとする）を実行した結果が図 4 である。図 4 を見ると、1 人でも正確に顔の検出をすることが出来ている画像が 10 枚中 2 枚あり、顔ではないものに反応している画像が 10 枚中 3 枚、全く反応していない画像が 10 枚中 6 枚あった。この結果について考察する。

まず、図 6 について考察する。図 6 は、図 4 の中で比較的正確に顔を検出することが出来ている画像である。図 6 を見ると、全員で 7 人の人間が写っているが顔の検出を行えたのは、3 人である。その他の人間に関しては顔の検出を行うことが出来なかった。これは、顔の角度の問題であると考えられる。顔の検出を行えなかった場合の特徴として、顔の角度が原因で顔のパーツがしっかりカメラに写っていないことが挙げられる。逆に、顔の検出が行えている場合は顔のパーツがしっかりカメラに写っているという特徴があった。

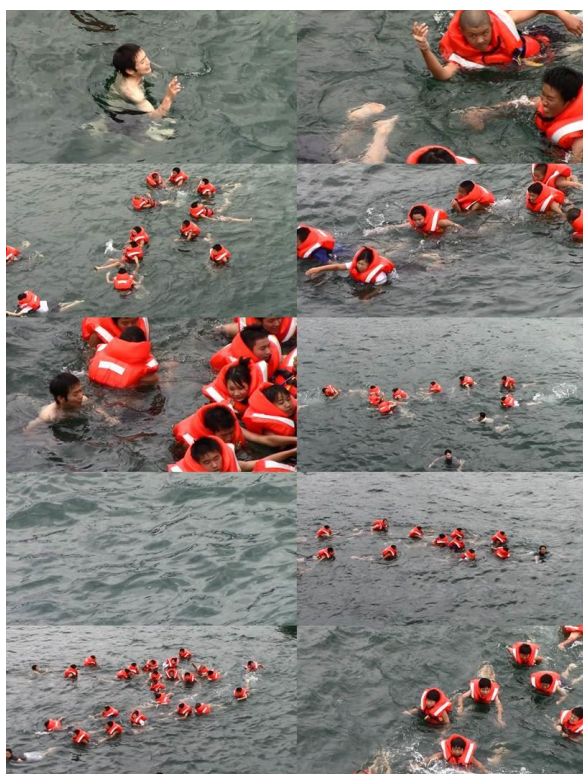


図 4 顔検出結果



図 6 顔検出成功例



図 7 顔検出失敗例

次に図 7 について考察する。図 7 は図 4 の中で顔ではないものに顔検出プログラムが反応している画像である。図 7 を見ると、1 人の人間が写っているが、そこに顔検出プログラムは反応せず、顔ではない部分に反応してしまっていることが分かる。顔検出プログラムが反応した部分は海と海に浸かった腕の 2 つである。この原因は、OpenCV ライブラリの検出器が顔を明暗で判断しているからである。つまり、根本的な問題として OpenCV ライブラリにデフォルトで用意されている顔検出を行う検出器の精度が良くないことが挙げられる。

4. 2 HSV 色空間を利用した肌色検出手法の考察

海での検証実験から得た画像に対して、HSV 色空間を利用した肌色検出プログラム（以下、肌色検出プログラムとする）を実行した結果が図 5 である。図 5 は肌色を閾値とする二値化を行った画像であり、肌色が検出された部分は黒色に、それ以外は白色にしている。図 5 を見ると、肌色が少量でも検出された画像は 10 枚中 9 枚あり、全く反応しなかった画像が 10 枚中 1 枚あった。この結果について考察する。

まず、図 8, 9 について考察する。図 8 は数名の人間が写った画像に対して、肌色検出プログラムを

実行する前の画像であり、図 9 は実行後の画像である。これらを見ると、作成した肌色検出プログラムによって肌色検出がある程度行えていることが分かる。しかし、肌色に近い色を全て完璧に検出することが出来ているわけではなく、検出が出来ていない部分もある。それらの特徴として、検出対象である肌が海に浸かっており、肌の色と海の色が重なっていることが挙げられる。それにより、肌色として認識することが出来ず、検出することが出来なかったと考えられる。また、人間だけでなく、ライフジャケットにも少し反応していることが分かる。これは、人間の肌に近い色を検出するように、色相の値を設定しているため、ライフジャケットのオレンジ色が反応してしまったと考えられる。しかし、海上ではオレンジや赤の漂流物は海難の兆候として扱われることもあるため、誤検出であるが、望ましくないものではない。

次に図 10, 11 について考察する。図 10 は海だけが写った画像に対して、肌色検出プログラムを実行する前の画像であり、図 11 は実行後の画像である。これらを見ると、肌色に近い色が一切検出されていないことが分かる。これにより、海の色に対して肌色検出が反応しないことが分かった。これはあくまでも今回撮影場所となった弓削島の海に対して行った結果であるが、海の色はその地域や時間帯により多少の変化はあるものの、一般的には青系統と緑系



図 8 肌色検出前①

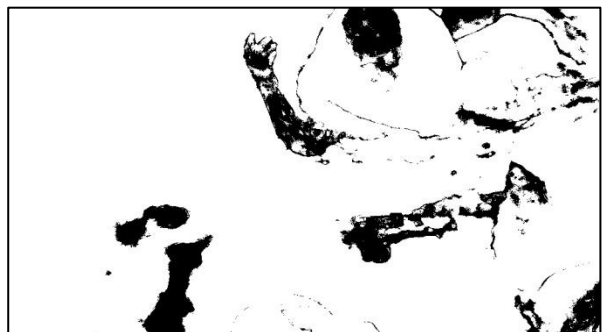


図 9 肌色検出後①



図 10 肌色検出前②

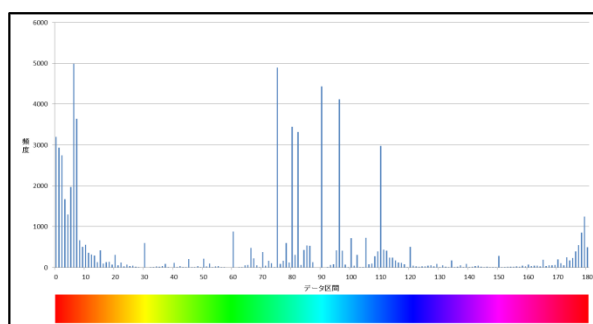


図 12 図 8 のヒストグラム

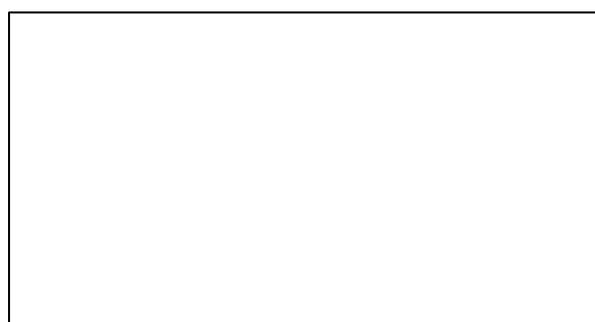


図 11 肌色検出後②

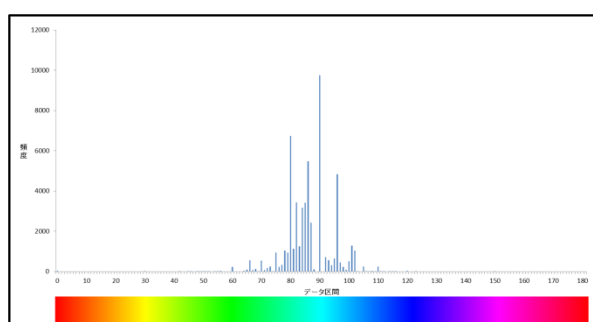


図 13 図 10 のヒストグラム

続の色であり、弓削島の海の色と大差ないものと考えられる。そのため、この肌色検出は一般的な海に対しても反応しないと予想される。

最後に図 12, 13 について考察する。図 12 は図 8 の各画素の色相の値を求め、ヒストグラムにしたものである。図 13 は図 10 の各画素の色相の値を求め、ヒストグラムにしたものである。2 つを比べてみると、図 12 は図 13 に比べ値が広い範囲に分布していることが分かる。これは図 12 が人と海の両方が写っている画像のヒストグラムであるためである。また海の色に加え、人の肌の色やライフジャケットの色などがあるために色相の値が 0 に近いところまで分布している。図 13 は海面しか写っていない画像のヒストグラムであるため、色相の値が緑から青にかけての 60 ~ 100 の間にしか分布していない。また距離などを変えた他の画像のヒストグラムに関しても同様の特徴がみられた。

海と人の両方が写った場合の画像と海だけが写った場合の画像のヒストグラムには、色相の値の範囲にあきらかな差異が生じている。その差異から、人間の肌やライフジャケットの様な肌色に近いものを肌色に近いと認識出来ていることが分かった。これらの結果から、海上で HSV 色空間を利用した肌色検出を十分に行えることが分かった。ただし、図 12 と図 13 の海面の色のヒストグラムの位置が異なる

原因については、よくわからない。撮影時刻や条件は同一である。海面の色がどの程度ばらつくのかについては実験データの数が少ないため統計的には何もいえない。これは今後の課題である。また、実際の転落者は今回の検証実験よりも露出している肌の面積が少ないことが多いが、その場合でも検出することができるか検証することも今後の課題である。

5. 結言

本研究では、船舶から海中への転落事故の際に的確に人命救助が行えるように補助をする要救助者発見システムの基礎研究として、海中転落者を検出するプログラムに、OpenCV を利用した顔検出を行う手法と、HSV 色空間を利用した肌色検出を行う手法を提案し、この 2 つの手法の有効性をそれぞれ検証した。OpenCV を利用した顔検出手法は、海の波の模様に対して検出器が反応してしまうなど誤検出が多く、顔を検出する際にも、検出器が顔の角度に非常に敏感であり、思うような結果を得ることが出来なかった。HSV 色空間を利用した肌色検出手法では、海上に浮かぶ人間の肌の色をある程度検出することができた。

これらの結果から 2 つの手法の内、要救助者発見システムの要となる海中転落者を検出するプログラ

ムには HSV 色空間を利用した肌色検出手法が有効であると結論に達した。

謝辞

本研究の方向性を示してくださいました本校の木村隆一校長に深く感謝致します。また本校の商船学科の実習において撮影することを快く承諾していただいた商船学科の教員、職員の皆様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 海上保安庁 海難の現状と対策について (平成 25 年版)
- [2] 海上保安庁 平成 21 年度～平成 25 年度海上保安統計年報
- [3] Gary Bradski and Adrian Kaehler, 詳細 OpenCV, O'REILLY Japan, 2009
- [4] 奈良先端科学技術大学院大学 OpenCV プログラミングブック制作チーム, OpenCV プログラミングブック, 株式会社毎日コミュニケーションズ, 2007
- [5] 「HSV 色空間」
[http://ja.wikipedia.org/wiki/HSV 色空間](http://ja.wikipedia.org/wiki/HSV_色空間) (2014 年 9 月 16 日アクセス)