海中転落者発見に関する実験について

松島 寛治*・川島 利兵衛*

Experiments on the Detection of Man fallen Overboard from the View Point of the Color of Protective Clothing

Kanji MATSUSHIMA and Rihei KAWASHIMA

Abstract

The most necessary condition to save a man who has fallen overboard is to detect him as soon as possible. The fishermen are usually wearing a rubber coated raincoat and boots during fishing operations. The color of their protective clothing is almost all black.

In order to focus on the relation between detection and color of the gear, the difference in visibility for 7 kinds of colored things was experimentally investigated from sunset to evening.

From the result of this experiment, it was found that black was not so advantageous as the other colors, even for the detection of a man overboard, in the early stages.

1. ま え が き

海中転落者の救助には、早期発見が必要である。特に北方海域では発見の遅速が転落者の人命維持に大きく影響する。現在用いられている漁撈作業用のゴム合羽等は、ほとんどが黒色である。このために合羽着用の中転落者を発見することはむづかしいとされ、特に日没薄明時あるいは夜間での発見は極めて困難である¹⁾と報告されている。昭和51年から3か年の海中転落事故発生統計によると、夜間での発生率は、20時から04時の間に32%の発生を示している²⁾。著者らは日没薄明時および夜間において、ゴム合羽等の着衣の色が視認に対してどのような効果をもっているかを明らかにするために調べた。

2. 視 認 実 験

本論では、人間が物体の色を見ることを視認、物体の見え具合を視認度と定義する。海上においてよく見える色、見えにくい色があるとされている。一般に人間が物を見るとき、見える距離、色の識別は、物体の色と物体の周囲の色によって大きく左右される。とくに海上では、海面の色、空の色等が気象、海象の変化によることはもちろん、月齢および太陽光の日変化によって種々に大きく変化している。物体の色の視認度は物体自体のもつ色と、その背景および明るさに関係し、これら三者の差が大きくなるほど高くなり色の識別が容易となる。特に明度差が視認度を決定する大きな要因である³⁾といわれている。日没後しだいに暗くなっていく時、色は徐々に変化して青い灰色となり無彩色の濃淡から黒に変わり暗闇では何も見えなくなる⁴⁾。これら視認度には種々の物理的な要因のほかに人間の視覚生理学や知覚心理学的な要因も加わるので極めて複雑な問題と言える。本論では、海上においてゴム合羽等に用いられている黒色が他の色と比較してどのような視認度をもっているかを明らかにするために、次のような方法によって調べた。複数の被実験者によって、ある条件下の各種の色の物体を観察し、各被実験者に見えやすさの順位を記録させた。この観察実験を繰返し次の結果をえた。そしてこれらの結果について考察した。

- (1) 色別物体に対する日没薄明時の各色の視認度の順位および視認度の変化
- (2) 日没薄明時における橙色物体の視認距離の変化
- (3) 夜間照明を用いた場合の各色別物体の視認度の順位および視認距離

*正会員 北海道大学(函館市港町3丁目1-1)

3. 日没薄明時における視認実験

薄明時には、明所で機能する錐体視と暗所で機能する杆体視のそれぞれの関与する相対的割合はたえず変化するので、色の識別の適否はほとんど信頼できないものである⁹⁾とされている。海上における日没薄明時の色の識別について次の実験を行なった。

3.1 実験方法・1

観察者8名によって次の視認目標物の各色の視認度を記録させた。観察者の視力、年齢、眼鏡の使用有無を表1に示した。視認目標物に用いた物体は、赤色の作業用救命衣、黄橙色と黒色のゴム合羽、薄青色の塩化ビニール雨合羽および黄色のヘルメットの5種類である。合羽等を救命胴衣に巻きつけて固縛し5m間隔でロープでつなぎ、海面上に真方位、東西方向に一列に配置した。観察者から視認目標物までの距離は86mであった。日没時より10分間隔で4回、以後5分間隔で3回観察を行なった。

実験時の条件は次の通りであった。

日没時 18時08分
 日没方位 N80.6W
 天候 曇り(雲量 9~10)
 視程階級 9
 風力階級 0
 波浪階級 0
 海面の色 薄白色

8名の被実験者によって観察された視認度の順位記録に基づいて日没薄明時における5種類5色の物体の色別視認度順位の時間的变化を図1に示した。

各被実験者によって観察された各色の視認度のそれぞれの順位で各時間において一番多くの者が判断した順位を代表順位として図に表わした。円の内外の数字は人数で、人数の差を円の大きさで表わした。

3.1.1 考察

(1) 図1から、日没薄明時より暗黒になるまでの各色の視認度変化の時間経過は次のように言える。日没後しだいに暗くなると、薄青色の合羽の視認度の順位は上昇し黒の合羽と色分けができなくなり視認度の順位が同じとなった。時間経過とともに黄色のヘルメットが次第に見えにくくなり、空と海面の区別がつかなくなった頃黄色のヘルメットが見えなくなった。なお黄色のヘルメットは他の4種類の色の物体より小さかったため、そのことにも影響していると考えられる。はじめ視認度順位の高かった赤色の作業用救命衣の視認度順位は下降し、薄青色の合羽の視認度の

表1 観察者の視力・年齢・眼鏡の使用有無
(実験場所：海上)

観察者 No.	視力		年齢	眼鏡使用有無
	右	左		
1	1.0	1.0	53	無
2	1.2	1.2	38	無
3	1.5	1.5	48	無
4	0.7	0.7	32	無
5	0.8	0.8	28	無
6	1.0	1.0	26	有
7	0.8	0.8	22	有
8	1.5	1.5	22	無

図1 日没薄明時における色別視認度変化

薄青

図2 日没薄明時における視認度の個人別変化
(薄青の場合)

順位は上昇した。この視認度の順位の逆転現象は、明所視に比べて暗所視では視感度が極大となるときの可視光線の波長の値が短い方（青側）に移動するという、プルキンエの移動現象⁶⁾によるものと思われる。

(2) このような観察実験には、被実験者の色による視認度順位の個人差も無視できないので、黒と薄青色について8名の観察者、各々の個人別視認度の順位の変化を図2、図3に示した。

3.2 実験方法・2

視認目標物に白、黄、橙、赤、青、緑および黒の7色の同じ大きさの物体を用いて、前記と同様の実験を行なった。

直径12cmの球型の着色された浮子を用いた。浮子を5m間隔にロープでつなぎ観察者よりの距離50mの位置に真方位東西方向に一直列に並べて湖面に配置した。11名の観察者により日没時より10分間隔で3回、以後5分間隔で2回、そして1分間隔で5回、目標物を観察し、各色の物体の視認度の順位を記録させた。

表2 観察者の視力・年齢・眼鏡の使用有無（実験場所：湖面上）

観察者 No.	視 力		年齢	眼鏡使用有無
	右	左		
1	1.0	1.0	53	無
2	1.5	1.5	48	無
3	1.5	1.5	27	無
4	0.7	0.7	32	無
5	1.5	1.5	34	無
6	1.2	1.2	22	有
7	0.8	0.8	22	無
8	1.5	1.5	22	無
9	1.2	1.2	22	無
10	1.0	1.0	35	有
11	1.2	1.2	38	無

観察記録に基づいて、日没時より時間経過に対する、各色別視認度順位とその変化および照度変化を図4に示した。

3.2.1 考 察

(1) 日没時の観察で各色別目標物体の視認度順位は、白、黄、橙、赤、青、緑、黒であったが時間経過と、ともに次第に緑色の視認度順位は上昇し、黒色物体が視認できなくなる頃、赤色の視認度順位は下降して視認度順位の変化が表われた。16時48分以後赤色の浮子と青色および緑色の浮子の視認度順位が逆転したのはプルキンエの移動現象⁶⁾によるものと思われる。

(2) 視認度順位1位が白色、2位が黄色の浮子であり、この順位は実験終了に至るまで変らなかった。これは

図3 日没薄明時における視認度の個人別変化（黒の場合）

表3 色 規 格 表

色 名	N A M E	JIS symbol
アカ	CARMINE	4.0R4.0/14
ダイダイ	FLAME ORANGE	4.0YR6.0/14
キイロ	DANDELION	5.0YR8.0/13.5
ミドリ	DEEP YELLOWISH GREEN	9.0GY5.0/110
アオ	ORIENT BLUE	3.0PB4.0/7.5
クロ	LAMP BLACK	N1.0
シロ	SNOW WHITE	N9.5

観察者の視力、年齢、眼鏡使用の有無を表2に示した。

視認目標物各色浮子の色規格は、JIS・Z8102によって表わし表3に示した。

実験時の条件は次の通りであった。

日没時（地平） 16時28分

日没方位 S67°W

天 候 晴（雲量 1～2）

視程階級 9

風力階級 0

波浪階級 0

湖面の色 黒

図4 日没薄明時における色別視認度変化, および照度変化

湖面に山影が写り湖面の色は黒かったので白色と黄色の物体は 湖面の色の反対色となり, 見えやすい色として観察者全員が感じたものと思われる。なお17時08分の観察時には11名の観察者中白色の物体を視認できた者8名, 橙色の物体を視認したもの1名であったが2分後には白色物体も視認できなかった。

(3) 赤, 青, 緑色の視認度順位に個人差が大きく表われた。特に青色が大きかった。

4. 日没薄明時における視認距離の変化

薄明時における明度差が視認距離に及ぼす影響として, 日没後の照度低下による視認距離の変化を次の方法によって調べた。

4.1 実験方法

直径12cmの漁業用橙色の球型浮子を10m間隔に11個をロープでつなぎ, 観察者に対して, 真方位北東方向に一列となるよう湖面に配置した。なお日没方位はS67°Wであった。11名の観察者に定められた時刻に視認できる浮子の数を記入させた。

観察者の視力, 年齢, 眼鏡使用の有無を表2に示した。

日没後の視認距離の変化と照度変化を図5に示した。

図5 日没薄明時における視認距離の変化, および照度変化
(橙色の球型浮子)

4.2 考察

日没後20分後頃より視認距離の変化が起きた。水平面照度が約3 lx以下になると急速に視認距離が変化した。その後12分で全員が距離10mにある浮子も視認できなくなった。

5. 照明用具使用時における視認実験

小型漁船に備えられる照明用具を用いて、灯火により照射された場合の各色物体の視認距離を調べた。

5.1 実験方法・1

(1) 晴天無風の暗夜、湖面上で行なった。観察は2名で観察者の視力、年齢、眼鏡の使用有無は次の通りである。

A 視力 1.5 年齢 22 眼鏡 無

B 視力 0.8 年齢 22 眼鏡 有

(2) 視認目標物に直径12cmの各色の浮子7個(表3)を用いた。

(3) 灯火は単1電池6個使用のハンドライト 7.2V 0.55Aを用いた。

(4) 視認対象物の各色の浮子を湖面に配置し、観察者は灯火を用いて浮子を照射する。浮子を観察者より徐々に遠ざけ、観察者が対象物体が見えなくなるまで遠ざけた。次に対象物体を観察者に近づけて、再び視認した場所を観察者からの視認距離として計測した。

5.1.1 実験結果

実験結果をもとに、視認距離の各色別順位の関係を図6に示した。

7種類の視認目標物のなかで黄色の浮子の視認距離が最大で黒色の浮子が最も近い距離であった。視認距離の各色の順位は、黄、白、橙、赤、緑、青、黒と小さくなっている。また、観察者二人の視認距離の差は視力の差であると思われる。

5.2 実験方法・2

(1) 雨あがりの暗夜、アスファルト舗装の直線道路上で行なった。

(2) 使用した視認対象物、観察者、観察方法は実験・1と同じである。

(3) 使用した灯火

① 単1電池6個使用のハンドライト

② 充電式ポータブル、サーチライト

③ 100V, 500W, スポットライト

④ 100V, 500W, フラットライト

5.2.1 実験結果

視認距離の各色別順位の関係を図7に示した。

4種類の灯火を用いた視認実験において、視認距離の最も大きかった物体は白色の浮子であった。最も小さかった物体は青色の浮子であった。500W, スポットライトを用いた時の視認距離の順位は、白、黄、赤、橙、緑、黒、青の順となり、他の3種類の灯火では、白、黄、橙、赤、緑、黒、青の順となった。

5.3 考察

色別視認距離の順位が湖面上と道路上で異なっているのは、湖面の浮子の背景の色が黒で、路面上では浮子の背景が薄黒であったためと思われる。

視認距離の大きさの各色浮子の順位は、

湖面上 黄、白、橙、赤、緑、青、黒

路面上 白、黄、橙、赤、緑、黒、青

二人の視力差が視認距離の差に大きく影響した。灯火の光力の差、灯質の違いは視認距離の差となって表われている。

図6 灯火による色別視認距離(湖面上)

図7 各種灯火による色別視認距離（路面上）

6. ま と め

海上での色の視認特性について観察による実験を行ってきたが、まえがきにおいて指摘してきた、黒色の視認性は次のように述べる事ができよう。

(1) 日没薄明時に色のある物体の形が種々様々な5種について行なった実験では、黒色物体の視認度順位は2番目であったが、照度の低下に伴って順位の転換が認められた。

(2) 日没薄明時の同じ大きさの7色の物体における実験では、7番目で最も視認度が低かった。

(3) 夜間照明具による、7個の色物体の視認距離の実験では水面上で黒色物体は最も視認距離が短かかった。

以上の結果から、暗夜においては海面上の物体の背景は黒であり、黒色の物体が最も視認性が悪く、夜間灯火を用いて行う海中転落者の発見作業に関して、黒色のゴム合羽を着た海中転落者の発見には、最も視認度の低い色であると思われる。

今後の課題として、夜間海中転落者の発見を容易にするために、海上環境の物理的な条件と探索者の色覚の生理的な条件に適合するゴム合羽の色の特性を考え、合理的な色をえらびだすことが必要である。

なお本論は、北海道漁船海難防止センターにおいて実施された、ゴム合羽と海中転落事故に関する調査研究の成果の一部の発表である。

謝 辞

実験に際し御協力頂いた、北大水産学部漁船運用学講座の諸氏に深謝する。なお御助言を賜った、北大水産学部北洋水産研究施設、海洋環境学部門、梶原昌弘助教授、竹田仁技官に深謝する。

参 考 文 献

- (1) 昭和52年度、海難防止の調査研究事業報告（漁船における海中転落事故防止に関する調査研究）中間報告書、42頁、日本海難防止協会、昭和53年3月
- (2) 昭和54年度、ゴム合羽と海中転落事故に関する調査研究、中間報告書、3頁、北海道漁船海難防止センター、昭和55年3月
- (3) 色彩科学ハンドブック、287、288頁、色彩科学協会編、南江堂、昭和37年
- (4) 真崎公一、色彩物理化学、1頁、三共出版、昭和41年

-
- (5) D・B・シャット／G・ヴィスツエッキー, 本明寛監訳, 産業とビジネスのための応用色彩学, 18頁, ダイ
ヤモンド社, 昭和39年
- (6) 川嶋昭司, 図説生理学の基礎, 274頁, 新思潮社, 1974年