

色覚特性に基づくカラー画像からの顕著領域の検出

日大生産工 (院) ○和田 凌平
日大生産工 目黒 光彦

1 まえがき

人は、常に目から入る多くの視覚情報を処理し、あらゆる状況の判断を行なっている。瞬時に処理を行うために、目に入ってきた全ての視覚情報に処理を行うことはせず、無意識に本当に注目すべきと思われる領域に注意を向ける仕組みが備わっている。この仕組みをモデル化した研究として、Saliency Map (顕著性マップ) がある[1]。色や角度等の情報から、視線を送る位置に応じた度合いを誘目度として算出し、マップ化したものである。しかし、この方法は色覚正常者に向けてモデル化されたものであるため、色の見え方の異なる色覚異常者の場合は、顕著領域の出方が異なると考えられる。

本研究では、色覚異常者の色の見えのモデルを通したカラー画像の信号に対し、Saliency Map を算出することで誘目度を定量的に評価する手法を提案する。これにより、色覚正常者の誘目度との差異を定量的に図ることができる。よって、色使いにより誘目度を高めている標識や看板等に対して、色覚正常者と色覚異常者の誘目度の差異を定量化することにより、注目のされない可能性のある標識や看板を検出することも可能である。

適用例として、色覚正常者と色覚特性の一つである2型第1色覚者の見えの交通標識画像に対して、Saliency Map の処理を行ない、顕著領域における誘目度の定量化を試みる[2]。算出された顕著領域から注目領域のみを抽出し、その領域のみの誘目度の平均値を計算する。色覚正常者の誘目度に対する2型第1色覚者の誘目度の比を求めることで、色覚正常者と色覚異常者との誘目度の差異を定量化し、誘目度の低下を定量的に評価する。

2 色覚特性モデル

2.1 色覚特性の種類

人により色覚特性が異なることが知られている[2]。三種の正常な錐体細胞を有する色覚正常者のほかに、錐体細胞の持たないか、または、一種類の錐体細胞しか持たない1型色覚、錐体細胞を二種類有する2型色覚、及び三種の錐体細胞を有するものの、錐体の反応が正常の反応と異なる異常3色覚者がいる。本研究では、2型色覚のうち、M錐体を欠いている2型2色覚者を対象として、誘目度の変化を定量化することを試みる。

2.2 色覚特性モデル

コンピュータやデジタルカメラで利用されているRGBデータからCIE-XYZ表色系への値の変換は、以下の式(1)を用いる。

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 40.96 & 35.50 & 17.91 \\ 21.34 & 70.67 & 7.98 \\ 1.86 & 11.46 & 91.2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

次にXYZから錐体細胞の反応値であるLMSに変換する必要がある。赤系統の長波長を主に識別するL錐体、緑系統の中波長を識別するM錐体、青系統の短波長を識別するS錐体の3種類の錐体がある。以下の式(2)を用いてXYZ値からLMS値を求める。

$$\begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.155 & 0.543 & -0.0031 \\ -0.155 & 0.457 & 0.0329 \\ 0.0 & 0.0 & 0.016 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (2)$$

以下の式(3)により、LMS錐体の中から L_p , M_p , S_p 成分を抜き出すことで2色型第1色覚者の反応値を算出する。

$$\begin{bmatrix} L_p \\ M_p \\ S_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.0 & 2.02 & -2.52 \\ 0.49 & 1.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 1.0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix} \quad (3)$$

3 Saliency Map の処理

入力画像から、ガウシアンフィルタを用いて段階的にガウシアンピラミッドを作成する。

次に、各画像それぞれに対して、輝度・色相成分・方向成分を計算する。σ番目のスケール画像のRGB成分を、赤成分 $r(\sigma)$ ・緑成分 $g(\sigma)$ ・青成分 $b(\sigma)$ としたとき、σ番目のスケール画像に対する各ピクセルの輝度 $I(\sigma)$ を式(4)で求める。

$$I(\sigma) = \frac{r(\sigma) + g(\sigma) + b(\sigma)}{3}. \quad (4)$$

輝度を求めたら、色彩に対する輝度の影響を除外するため RGB 各成分を輝度で正規化する。正規化した RGB 成分を使って、色相成分として赤 $R(\sigma)$ ・緑 $G(\sigma)$ ・青 $B(\sigma)$ ・黄 $Y(\sigma)$ 各値を式(5)–(8)で求める。

$$R(\sigma) = r(\sigma) - (g(\sigma) + b(\sigma)) / 2. \quad (5)$$

$$G(\sigma) = g(\sigma) - (r(\sigma) + b(\sigma)) / 2. \quad (6)$$

$$B(\sigma) = b(\sigma) - (r(\sigma) + g(\sigma)) / 2. \quad (7)$$

$$Y(\sigma) = (r(\sigma) + b(\sigma)) / 2 - |r(\sigma) - g(\sigma)| / 2 / b(\sigma). \quad (8)$$

最後に、方向成分を求める。ここではガボールフィルタを利用して、 $\theta=0, 45, 90, 135$ の四方向に対して畳み込み積分を行う。ガボールフィルタを $O(\theta)$ としたとき、方向成分 $O(\sigma, \theta)$ は式(9)で求める。

$$O(\sigma, \theta) = \exp\left(-\frac{x'^2 + y'^2}{2\sigma^2}\right) \cos\left(2\pi \frac{x'}{\lambda} + \psi\right) \quad (9)$$

$$x' = x \cos \theta + y \sin \theta$$

$$y' = -x \sin \theta + y \cos \theta$$

以上の処理により $I(\sigma)$, $R(\sigma)$, $G(\sigma)$, $B(\sigma)$, $Y(\sigma)$ がそれぞれ9枚ずつ、 $O(\sigma, \theta)$ は四方向分あるので計36枚、全て合わせて81枚の画像が作られる。

続いて、各スケール画像間の差分を求める。各スケール画像の大きさは違うので、サイズの小さい側を大きい側に合わせて伸張した上でピクセル毎に差分を計算する。各スケール間差分の計算は式(10)–(13)で求める。

$$I(c, s) = |I(c)(-)I(s)|. \quad (10)$$

$$RG(c, s) = |(R(c) - G(c))(-)(G(s) - R(s))|. \quad (11)$$

$$BY(c, s) = |(B(c) - Y(c))(-)(Y(s) - B(s))|. \quad (12)$$

$$O(c, s, \theta) = |O(c, \theta)(-)O(s, \theta)|(0, 45, 90, 135). \quad (13)$$

輝度が一種類、色相成分が二種類、方向成分は四種類あるので、合計すると 42 枚の画像が得られる。これらのデータを特性マップと呼ぶ。

最後に特性マップを重ね合わせることで顕著性マップが完成する。輝度 I 、色成分 C 、方向成分 O の重ね合わせ処理は式(14)–(16)で求める。

$$\bar{I} = \oplus_c \oplus_s N(I(c, s)). \quad (14)$$

$$\bar{C} = \oplus_c \oplus_s [N(RG(c, s)) + N(BY(c, s))]. \quad (15)$$

$$\bar{O} = \sum_{\theta \in \{0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ\}} \oplus_c \oplus_s N(O(c, s, \theta)). \quad (16)$$

最後にもう一度各成分に対して正規化処理を行い、重ね合わせ処理を行う。式(17)を用いることで顕著性マップ S が完成する。

$$S = (K_I \times N(\bar{I}) + K_C \times N(\bar{C}) + K_O \times N(\bar{O})). \quad (17)$$

4 顕著領域の定量的評価

4.1 注目領域の検出

Saliency Mapによって算出された顕著領域から、注目していると思われる領域のみを取り出す。はじめに、色覚正常者と2型第1色覚者の観測するそれぞれの画像から差分画像を作成する。これにより、誘目度に差がある領域を検出する。

次に、差分画像に対して閾値処理を行う。初期の閾値を高い値に設定し、徐々に閾値を下げていくことにより、誘目度に差がある領域のみを選択して抽出することができる。注目領域の検出の後、2値化処理によりマスク画像を作成する。最後にマスク画像を用いて、色覚正常者と2型第1色盲の顕著領域から、注目領域のみを検出する。

4.2 誘目度の比による評価

4.1 の処理で求めた色覚正常者と2型第1色覚者の誘目度の差異のある領域に対し、それぞれの注目領域の平均値を求める。さらに、色覚正常者の平均値に対する2型第1色盲の平均値の割合を求める。数値が低い場合は、顕著領域に大きな差があることを表している。よって、求めた数値から色覚正常者に比べて、どれだけ誘目度が低いかを評価する。

5 適用例

本研究では、一時停止などの道路標識を含む画像を用いる。道路標識は、人の目につきやすい様に作られているため、本来であれば顕著領域が高くなると考えられるものである。

原画像(画像A)を図1に、色覚正常者の顕著領域を図2に、2型第2色覚者の顕著領域を図3に示す。図2と図3から、色覚正常者に比

べ、色覚異常者の道路標識に対する誘目度の低さが明らかである。



図 1. 原画像 (画像A)

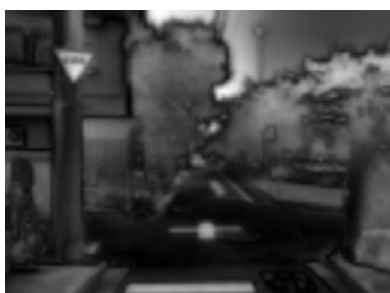


図 2. 色覚正常者の顕著領域 (画像A)

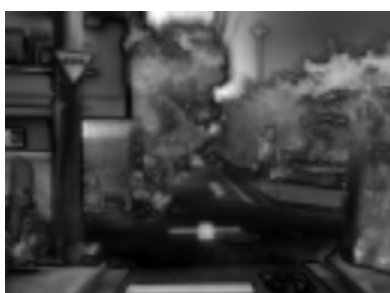


図 3. 2型第1色覚者の顕著領域 (画像A)

図 2、及び、図 3 の差分画像を図 4 に示す。これより、一時停止標識が他の領域より誘目度の差の高い領域であることが分かる。



図 4. 差分画像

図 5－図 8 は閾値処理を用いて、注目領域を抽出している。高い値から抽出することで、一時停止標識のみを抽出する。

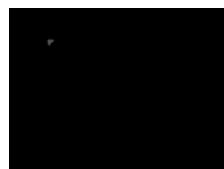


図 5. 閾値 = 80

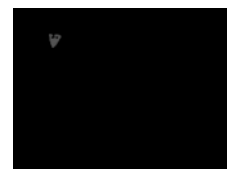


図 6. 閾値 = 70

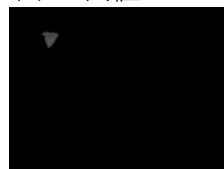


図 7. 閾値 = 60

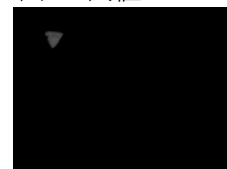


図 8. 閾値 = 50

たとえば、図 8 の領域に対する値の平均は 6.9 であった。誘目度の差が 6.9 であることを示している。

以下に、他の画像に対する色覚正常者及び、色覚異常者の顕著領域の差異を図 9 から図 14 に示す。



図 9. 色覚正常者の顕著領域 (画像B)



図 10. 2型第1色覚者の顕著領域 (画像B)



図 11. 色覚正常者の顕著領域 (画像C)



図 1 2. 2型第1色覚者の顕著領域 (画像C)



図 1 3. 色覚正常者の顕著領域 (画像D)

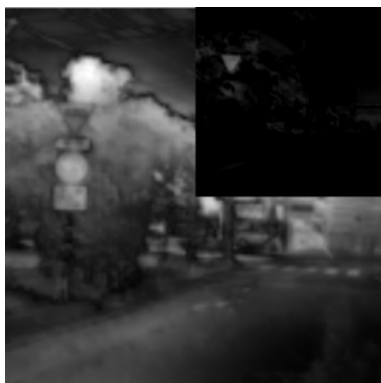


図 1 4. 2型第1色覚者の顕著領域 (画像D)

画像A・B・C・Dのそれぞれに対する、色覚正常者と2型第1色覚者の誘目度の差異値をまとめたグラフを図1 5に示す。画像Cにおいて誘目度の差が122と顕著であることが分かる。

さらに、色覚正常者に対する色覚異常者の誘目度の比のグラフを図1 6に示す。画像Cの誘目度の比に注目すると、値は0.25となっている。誘目度の低下が顕著であることが、本提案手法の定量化手法により判定されることが分かる。

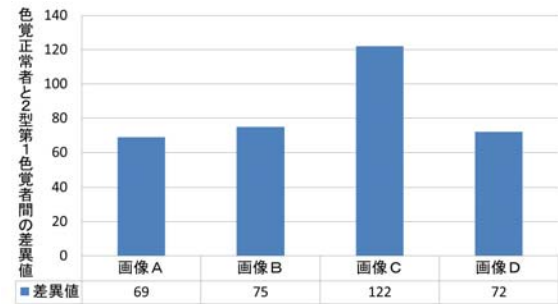


図 1 5. 色覚正常者及び2型第1色覚者の誘目度の差異値

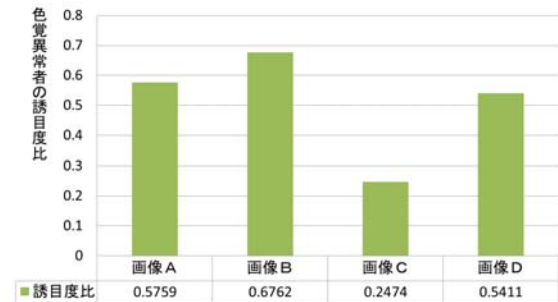


図 1 6. 色覚正常者に対する2型第1色覚者の誘目度比

6 まとめ

本研究では、色覚正常者と色覚異常者の色見えによる誘目度の比を算出することにより、色覚異常者の誘目度の比を定量的に評価した。これにより、色覚異常者の顕著領域が色覚正常者に比べて低い値となるケースを定量的に評価することができることが分かった。今後は、より多くの標識、看板等の画像に対して誘目度の低下の度合いを定量化するとともに、本定量化が、実際の色覚異常者の誘目度のモデルとして適切であるかの検証を行いたい。

「参考文献」

- [1] L. Itti, C. Koch, and E. Niebur “A Model of Saliency-based Visual Attention for Rapid Scene Analysis.” IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol.20, No.11, pp.1254-1259, 1998.
- [2] F. Vionot, H. Brettel, and J.D. Mollon, “Digital video color maps for checking the legibility of displays by dichromats”, COLOR research and Application, Vol.24, no. 4, pp.243-252, Aug. 1999.