6X-03

色の周辺視野特性を考慮した広角視覚像

上野真実 † 齋藤豪 ††
† お茶の水女子大学 大学院 人間文化創成科学研究科 †† 東京工業大学 情報理工学院

1 研究背景と目的

運転時の注視点の推測や広告提示における視線誘導のためには、周辺視野の特性を考える必要がある。周辺視野で起こる視力低下や色感度の低下という人間の視覚特性を考慮したコントラスト強調や顕著性マップの作成は行われているが、それらは人間の視覚を再現しているわけではない。また、注視点からの距離で重み付けをすることで考慮する手法はよく用いられているが [1]、実際は周辺視野でものは一様に見えなくなるのではなく、周波数毎に視感度が異なることがわかっている。 そこで我々の既報 [4][5] では、注視点ごとの周辺視野の視力低下を、画像の輝度コントラストで閾値処理を行って顕著性マップを作成した。

また、周辺視野の色感度に関して、網膜上の錐体や水平細胞、双極細胞の配置から周辺視野での反対色の感度低下が起きることがわかっており、その周辺視野での感度低下は輝度、赤-緑、青-黄のコントラストで異なる変化をする。 本稿では、局所的に通過帯域制限を行って、周辺視野における色の視感度特性を考慮した広角視覚像を提案する。

2 提案手法

本研究では、我々の手法 [4] で入力画像を特定の周波数成分を持つ画像に分解し、視角に応じた空間周波数毎のコントラスト感度特性 (Contrast Sensitivity Function : CSF) を用いて、輝度、赤緑、青黄の周波数情報それぞれに帯域通過処理を施し、凝視点に即した広角視覚像を作成する。

2.1 色空間と閾値処理

輝度で測定される無彩色の視力は、網膜上の錐体が中心窩において密に配置され中心窩の周辺になるにつれて疎になっていくことから、周辺視野で低下していくことがわかっている [6]。また、色のコントラスト感度も周辺視野になるにつれ低下していくことがわかっているが、輝度コントラスト感度の変化と異なる低下の仕方をし、さらに赤-緑の反対色と、青-黄の反対色で変化量が異なることがわかっている [7]。本研究ではこの輝度・赤緑・青黄のコントラスト感度の視角による変化を表す広角視覚像を作成するにあたり、輝度、赤緑、青黄の 3 次元で処理を行うこととする。

式 (1) に示される Sankeralli ら [8] の錐体コントラスト空間に対する 3 次元のコントラスト検出閾値を表した超楕円体を使って閾値処理を行う。

$$\left(\left|\frac{x}{\alpha_x}\right|^{\beta_2}+\left|\frac{y}{\alpha_y}\right|^{\beta_2}\right)^{\frac{\beta_1}{\beta_2}}+\left|\frac{z}{\alpha_z}\right|^{\beta_1}=1 \qquad (1)$$

x,y,z に輝度, 赤緑, 青黄のコントラスト、$\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$ にそれぞれのコントラスト感度閾値を与えたとき、この超楕円体の外側にコントラスト刺激がある場合が知覚可能なコントラストである。ただし、β_1, β_2 には文献 [8] の被験者実験の平均値を定数として用いる。

2.2 周辺視野での CSF の決定

視角が大きくなるにつれ、周波数ごとに CSF の感度は変化していき、コントラストが知覚できなくなる。周辺視野での輝度・赤緑・青黄の CSF の低下の仕方がそれぞれ異なるため、以下の方法で 3 つの CSF を用意する。

2.2.1 輝度の CSF

凝視点からの視角 $\boldsymbol{E}$, 空間周波数 f[cpd] での輝度の $CSF(\boldsymbol{E}, f)$ には、式 (2) で示す我々のモデル [5] を用いる。

$$CSF(\boldsymbol{E}, f) = \frac{CMF(\boldsymbol{E})}{CMF(0)} CSF(scale(\boldsymbol{E})f) \qquad (2)$$

2.2.2 色の CSF

色の CSF($CSF_{RG}(\boldsymbol{E}, f), CSF_{BY}(\boldsymbol{E}, f)$) は、まず中心視の CSF を定義し、それにスケーリングを施して周辺視野での CSF へ拡張することで定義する。中心視の色 CSF は Mullen らの実験結果 [9] から、赤緑の反対色での CSF を $CSF_{RG}(f)$, 青黄の反対色での CSF を $CSF_{BY}(f)$ として次式で表す。

$$CSF_{RG}(f) = 10^{2.3-\frac{2.3}{11.5}f} \qquad (3)$$
$$CSF_{BY}(f) = 10^{2.0-\frac{2.0}{11}f} \qquad (4)$$

周辺視野への拡張には、Mullen らの周辺視野での実験結果 [7] に基づき各スケール関数を $scale_{RG}(\boldsymbol{E}), scale_{BY}(\boldsymbol{E})$ として、周辺視野での色の $CSF_{RG}(\boldsymbol{E}, f), CSF_{BY}(\boldsymbol{E}, f)$ を以下の式で定義する。

$$scale_{RG}(\boldsymbol{E}) = 500 \cdot 0.04^{\frac{\boldsymbol{E}}{25}} \qquad (5)$$
$$scale_{BY}(\boldsymbol{E}) = 70 \cdot (0.29)^{\frac{\boldsymbol{E}}{25}} \qquad (6)$$

$$CSF_{RG}(\boldsymbol{E}, f) = \frac{scale_{RG}(\boldsymbol{E})}{scale_{RG}(0)} CSF_{RG}(f) \qquad (7)$$
$$CSF_{BY}(\boldsymbol{E}, f) = \frac{scale_{BY}(\boldsymbol{E})}{scale_{BY}(0)} CSF_{BY}(f) \qquad (8)$$

3 結果

錐体コントラスト空間での閾値処理を、3 つの方法で行い、その結果を比較する。横 52cm 縦 32cm のディスプレイで、視距離 50cm で入力画像 (図 1) を見た際の結果画像を図 2 から 4 に示す。図 2 は我々の以前の手法 [5] である、輝度の CSF によって赤緑・青黄にも閾値処理を適用した結果である。図 3 は輝度・赤緑・

Wide angle visual image considering with peripheral color vision characteristics

† Mami Ueno
†† Suguru Saito
Graduate School of Humanities and Science, Ochanomizu University (†)
School of Computing, Tokyo Institute of Technology (††)

Copyright ©2017 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

図 1: 入力画像

図 2: 周辺視特性を加味した画像 (従来手法)

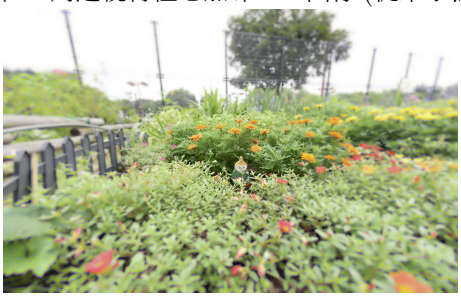

図 3: 周辺視特性を加味した画像 (独立)

図 4: 周辺視特性を加味した画像 (超楕円体)

青黄を独立してそれぞれの CSF と閾値処理した場合、図 4 は超楕円体を用いて閾値処理を行った場合の結果である。

図 1 から 4 の右下にある赤い花の拡大画像を図 5 に示す。(b) では輝度と同じ単一の CSF を用いているため、単純に入力画像をぼかしたような色になるが、輝度の CSF は赤緑・青黄の CSF よりも周辺視野で視角に対してより早く落ちるため、結果画像の中で最も周波数成分が落ちた画像になっている。 (c) では (b) に比べ 3 つの CSF を用いているため通過する周波数成分が増えている。特にほぼ等輝度の葉と花の境は赤緑の CSF を導入したことでコントラストが残っている。しかし、輝度と赤緑・青黄を独立して閾値処理しているため、1 つもしくは 2 つの CSF でだけ閾値を超えていた場合、偽色が生じてしまう。葉の隙間にある暗い領域が青みがかっているのはそのためである。 (d) でも輝度・赤緑・青黄の 3 つの CSF を用いるため、(b) と比べて通過する周波数成分が増えている。さらに、超楕円体により軸方向以外でも視覚特性に合った閾値処理が行われているため、偽色の発生もみられない。

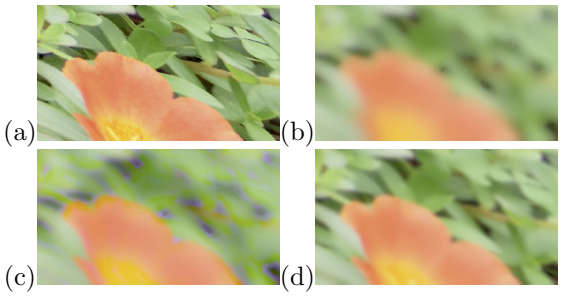

図 5: (a)〜(d) はそれぞれ図 1〜4 右下の拡大画像

4 まとめ

本研究では、周辺視野での 3 つの CSF を用いた通過帯域制限処理を行って、凝視点に従った周辺視野特性を考慮した人間の視覚像を作成する手法を提案した。錐体コントラスト空間で独立に閾値処理を行う手法や輝度の CSF だけを用いた手法と比較し、提案手法では人間の色 CSF に近いコントラストの削減を行っている。また、不自然な色が生成されにくいことも確認した。周波数空間の分割数の最適化、コントラスト評価のための局所選択の窓の大きさの評価が検討課題である。また、周辺視の見えの再現性に関する被験者実験も今後の課題である。

参考文献

[1] Andrew T. Duchowski, David Bate, Paris Stringfellow, Kaveri Thakur, Brian J. Melloy, and Anand K. Gramopadhye. On spatiochromatic visual sensitivity and peripheral color lod management. *ACM Trans. Appl. Percept.*, Vol. 6, No. 2, pp. 9:1–9:18, 2009.

[2] N. Hautiere, J. P. Tarel, and R. Bremond. Perceptual hysteresis thresholding: Towards driver visibility descriptors. In *IEEE ICCP*, pp. 89–96, 2007.

[3] Hideyuki Kubota, Yusuke Sugano, Takahiro Okabe, Yoichi Sato, Akihiro Sugimoto, and Kazuo Hiraki. Incorporating visual field characteristics into a saliency map. ETRA2012, 2012.

[4] 上野真実, 齋藤豪. 周辺視野特性を考慮した顕著性マップの作成. 情報処理学会全国大会第 78 回, 2016. 6W-08.

[5] 上野真実, 齋藤豪. 局所的な通過帯域制限による周辺視野特性を考慮した顕著性マップ. VC/GCAD 合同シンポジウム 2016 予稿集, 2016.

[6] Th. Wertheim. über die indeirekte sehschärf. *Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane*, Vol. 7, pp. 172–187, 1894.

[7] Mullen K.T. and Kingdom F.A.A. Differential distributions of redgreen and blueyellow cone opponency across the visual field. 2002.

[8] Marcel J. Sankeralli and Kathy T. Mullen. Estimation of the l-, m-, and s-cone weights of the postreceptoral detection mechanisms. *J. Opt. Soc. Am. A*, Vol. 13, No. 5, pp. 906–915, 1996.

[9] Mullen KT. The contrast sensitivity of human colour vision to red-green and blue-yellow chromatic gratings. *The Journal of Physiology*, Vol. 359, pp. 381–400, 1985.

Copyright ©2017 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.