

人間の色感度特性を考慮した 高周波帯域強調手法による視力への影響

松本 直也† 杉浦 彰彦†

静岡大学大学院総合科学技術研究科情報学専攻†

1. まえがき

本研究では、近視などによって視力低下した人がメガネやコンタクトレンズといった視力矯正器具を使用することなく、ディスプレイ上に表示した対象物を認識できる補正画像を高周波帯域強調によって合成することを目的とする。グレースケール画像については、高周波帯域における水平成分を強調することで効果的に視力が向上する結果が得られている[1]。

本実験では、カラー画像として色情報を持つランドルト環を対象に、高周波帯域強調が視力に与える影響を検証する。また、人間の色感度特性を考慮した各色の高周波帯域強調の重みを設定することで、対象物を認識しやすいカラー補正画像の作成を行う。

2. 原理

2.1. 高周波帯域強調手法

画像を拡大、回転する場合に変換前と変換後で画素にずれが生じてしまうため、ずれている画素値を周囲の画素値から推測して求めることを補間という。代表的な画像補間法には、ニアレストネイバー法・バイリニア法・バイキュービック法の3つの手法がある。バイキュービック法は、周囲16画素(近傍4×4画素)を参照することで補間を行うため、他の補間法に比べて画像情報の損失が最も少なく、滑らかな画像となる。近傍ごとにバイキュービック法の重みの式を(1)に示す。変換前の画素と変更後の画素の距離を d とする。また、 α はシャープさに影響しており、値が小さいほどシャープになる。

$$k = \begin{cases} (\alpha + 2)|d|^3 - (\alpha + 3)|d|^2 + 1 & (|d| < 1) \\ \alpha|d|^3 - 5\alpha|d|^2 + 8\alpha|d| - 4\alpha & (1 < |d| < 2) \\ 0 & (2 < |d|) \end{cases} \quad (1)$$

“Influence on visual acuity by high-frequency band enhancement method considering human color sensitivity characteristics”

†Naoya Matsumoto, Akihiko Sugiura,
Department of Informatics, Graduate School of
Integrated Science and Technology, Shizuoka
University

本実験では、ウェーブレット変換による高周波帯域の付与にバイキュービック法を用いた周波数の補間を行うことで、画像の高周波帯域を強調する。

2.2. 色感度特性

光の波長によって感じ方が異なることを視感度という。人間の目には、明るい環境で機能する錐体細胞と暗い環境で機能する桿体細胞の2種類の視細胞があり、それぞれで視感度が異なる[2]。明所色感度特性を図1に示す。明所では、波長555nmの緑色を最も明るく感じ、次に赤色、青色となる。暗所では、波長507nmのシアンを最も明るく感じ、次に緑色、青色となる。本実験では、明所にて実験を行うため明所色感度特性を考慮する。

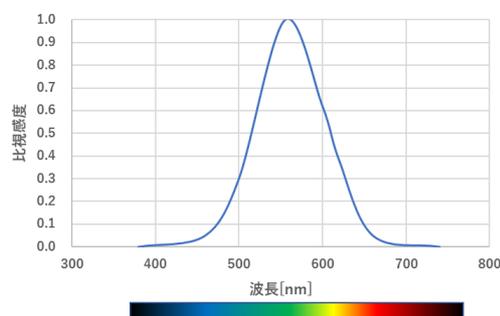


図1 明所色感度

3. 実験と結果

3.1. 色情報を持つ高周波帯域強調が視力に与える影響評価実験

本実験では、ウェーブレット変換による高周波帯域の付与にバイキュービック法を用いた周波数の補間を行う。高周波帯域強調手法の概要図を図2に示す。入力画像に対してウェーブレット変換を行い、4つの周波数領域(LL, LH, HL, HH)に分け、バイキュービック法を用いた各領域の拡張を行う。その際に、拡張したLH, HL, HH領域それぞれに対して、拡張したLL領域と入力画像のLL領域の差分を加えることで拡張する際の誤差を補償する。そして、逆ウェーブレット変換を行い、高周波帯域強調画像を作成する。

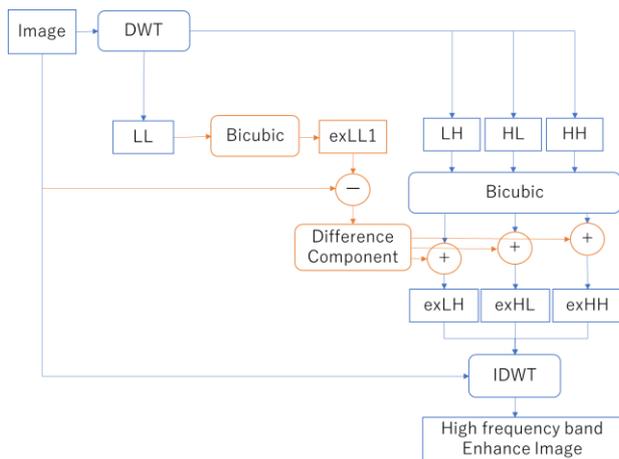


図 2 高周波帯域強調手法

本実験では、0.5K 解像度画像と 0.5K 解像度画像に対して強調の際の誤差を補償しない高周波帯域強調(図 2 青線部のみ)を 4 回行った画像、誤差を補償した高周波帯域強調(図 2)を 4 回行った画像の 3 種類を用いて視力測定を行い、0.5K 解像度画像の視力を基準に視力測定値の比較を行う。実験に使用した RGB3 原色の色情報を持つランドルト環画像を図 3 に示す。実験環境は、4K 解像度対応ディスプレイを用いて 4 方向ランドルト環画像を表示し、明室にて被験者は 3m 離れた位置から片目で画像を注視し、ランドルト環画像の切れ目方向(上下左右)もしくは不明をキーボードで答える。被験者は 20 代の男女 11 名である。

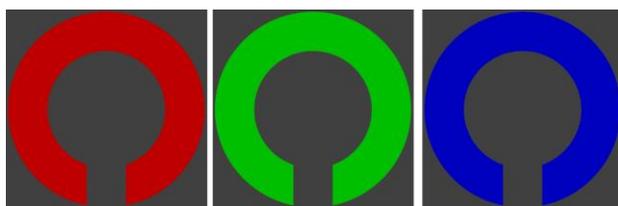


図 3 赤色ランドルト環(左)
緑色ランドルト環(中央)
青色ランドルト環(右)

3.2. 実験結果

実験結果を表 1 に示す。赤色ランドルト環画像では誤差を補償しない場合に 0.013、誤差を補償する場合に 0.022 の視力が向上した。同様に、青色ランドルト環画像においても、それぞれ 0.003、0.024 の視力が向上した。また、緑色ランドルト環画像では誤差を補償しない場合に 0.081、誤差を補償する場合に 0.126 の視力が低下した。このことから、高周波帯域強調を行う際に誤差を補償する方が視力への影響は大きくなるといえる。また、視力向上値は青、赤、緑

の順に大きくなり、人間の色感度特性と対照的な関係にあることがわかる。

表 1 実験結果

	赤色	緑色	青色
補償無し	+0.013	-0.081	+0.003
補償有り	+0.022	-0.126	+0.024

3.3. 実験考察

高周波帯域強調処理を行った緑色ランドルト環画像のみ視力が低下してしまった。これは、人間の色感度特性が高い色であるため、強調部分がはっきりと見え、疑似的に乱視のような状態になってしまい、ランドルト環が二重もしくはボヤけて見えることで視力が低下してしまったと考えられる。このことから、人間の色感度特性が高い色であるほど、バイキュービック法を用いた周波数の補間の際に用いる強調の重み係数 α を小さくする必要があると考えられる。 α を小さくすることによって、より強調がシャープになり、ボヤけの発生を抑えることができる可能性がある。追加実験では、バイキュービック法の強調の重み係数である α を人間の色感度特性を考慮して設定する。設定した強調の重み係数で高周波帯域強調処理を行った RGB 三原色ランドルト環画像を用いて、同様の実験を行う。

4. まとめと今後の課題

本実験では、ウェーブレット変換による高周波帯域の付与にバイキュービック法を用いた周波数の補間を行うことで、色情報を持つ高周波帯域強調が視力に与える影響を検証した。実験により、高周波帯域強調における誤差補償の効果が確認され。さらに、高周波強調時の重み係数 α が視力向上に関与する傾向を確認できた。

今後の課題として、複合色を対象にした高周波帯域強調手法が視力に与える影響の検証があげられる。その際、特定の色のみが過強調されることで本来の色とは異なる色に変化するという色相問題[3]を考慮する必要があると考えられる。

Reference

- [1]”近視の視認性を考慮した周波数帯域補正表示”, 吉永秀人, 杉浦彰彦.
- [2]”カラーフィルターがコントラスト視力に及ぼす影響”, 中山勝己, 中山奈々未, 吉原浩二, 魚里博.
- [3]”Color Image Enhancement in HSI Color Space without GamutProblem”, Akira Taguchi, Yoshikatsu Hoshi.