

近視の視覚特性を考慮した 超高精細ディスプレイの高周波数強調カラー画像表示

松本 直也[†] 杉浦 彰彦[†]

静岡大学情報学部[†]

1. まえがき

本研究の目的は、近視などの影響で視力の低下した人が眼鏡やコンタクト等の眼に装着する視力矯正器具を使用することなく、テレビなどのディスプレイの視認性を向上させることである。これまでは、ディスプレイに表示させた対象物を拡大表示することで視力補正を行っていたが、本研究では拡大を伴わずに画像の詳細な情報を持っている高周波数帯域を周波数強調することで、視力の低下した人でも裸眼で見やすくなるような画像の作成および表示を行う。

2. 原理

2.1 ウェーブレット変換

ウェーブレット変換は周波数解析手法の1つである。ウェーブレット変換は広い周波数領域の解析に向いている[1]。そのため、フーリエ変換に比べて視覚特性に適した周波数補正処理を行うことができる。そこで、本研究の周波数強調処理ではウェーブレット変換を用いる。

画像に対するウェーブレット変換では、垂直成分と水平成分の2次元変換を行い、4つの周波数帯域(LL1, HL1, LH1, HH1)に分解する。図1のように繰り返し高周波数帯域を付与していくことで、低解像度画像を高解像度画像へと変換することが可能である。また、垂直成分や水平成分といった成分ごとの周波数補正をすることが可能であるため、視覚特性に適した成分の周波数のみを補正処理した画像を作成することが可能である。

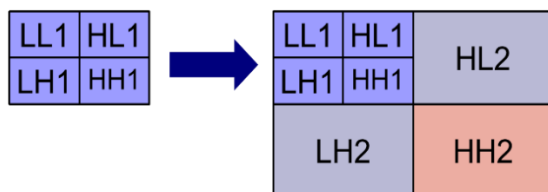


図1 ウェーブレット変換

2.2 従来の研究

従来の研究では、2種類のウェーブレット変換を用いて視力補正実験が行われており、CDF/97手法のウェーブレット変換と比べてHaarウェーブレット変換の方が視力に影響を与えることが分かった。さらに、Haarウェーブレット変換を用いて全成分強調、斜め成分強調、垂直成分強調、水平成分強調の4つの成分強調を行い視力に与える影響を比較実験したところ、水平成分強調が最も視力が向上し、与える影響が大きかった[2]。

また、ランドルト環に関しても視力検査などで使用される白黒ランドルト環よりも図2に示すような灰色ランドルト環の方が周波数の強調処理に適していることが分かった。これは、高周波数帯域強調を行った際に白黒ランドルト環では、周波数の振り幅のレンジを超えてしまったものが切り捨てられてしまうためである。そのため、本研究ではレンジに余裕を持った灰色ランドルト環を用いて実験を行う。なお、灰色ランドルト環でも通常の視力測定と同程度の視力が測定できることは確認できている。

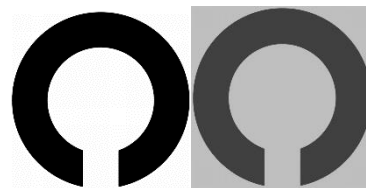


図2 白黒ランドルト環(左)
灰色ランドルト環(右)

3. 実験と結果

3.1 ランドルト環の切れ目に対応した高周波数帯域強調実験

従来の実験では、ランダムにランドルト環表示を行っていたため切れ目ごとの表示数が一定ではなかった。そのため、水平成分強調とディスプレイの水平走査の関係が視力に影響を与えているのか、成分強調と同方向の切れ目の関係が視力に影響を与えているのかが分からなかった。

そこで、本実験では成分強調と同方向の切れ目が視力に与える影響について検証する。明室

“High frequency emphasis color image display of ultra-high display considering visibility of myopia”

[†]Naoya Matsumoto, Akihiko Sugiura,
Information Science, Shizuoka University

にて4K解像度対応ディスプレイに4方向ランドルト環を表示し、3m離れた位置からランドルト環の切れ目を片目で上下左右もしくは不明をキーボードで回答する。使用するランドルト環は灰色ランドルト環、垂直強調灰色ランドルト環、水平強調灰色ランドルト環の3種類を使用し、切れ目(上下・左右)ごとの表示数が一定数になるようにした。被験者は、20代の男女11名である。

周波数を補正していない灰色ランドルト環との比較した結果を表1に示す。垂直成分強調、水平成分強調ともに上下の切れ目に比べて左右に切れ目のあるランドルト環の視力が向上した。これらのことから、切れ目に合わせた成分強調による視力への影響は見られなかった。また、垂直成分強調および水平成分強調した際に、視力の向上した者の平均向上値を表2に示す。従来の実験と同様に水平成分強調画像の方が垂直成分強調画像に比べて視力に与える影響が大きいことがわかる。これらのことから、成分強調した方向と同方向の切れ目が視力に与える影響は無く、水平成分強調とディスプレイの水平走査の関係が視力に影響を与えているのではないかと考えられる。

表1 成分強調ごとの通常視力との平均差異

	通常視力との平均差異	
	上下	左右
垂直成分強調	+0.015	+0.021
水平成分強調	+0.093	+0.116

表2 成分強調ごとの視力向上者の平均向上値

	視力向上者の平均向上値
垂直成分強調	+0.076
水平成分強調	+0.135

3.2 RGB三原色のランドルト環を用いた色情報が視力に与える影響評価実験

従来の実験では、灰色のランドルト環を用いた実験を行っていたため、モノクロ画像を対象としていた。本研究では、カラー画像を対象とした実験を行う。まずは、本実験においてRGB三原色が視力に与える影響を検証する。実験環境は、3.1節の高周波数帯域強調実験と同様であるが、使用するランドルト環は、図3に示す赤色ランドルト環、緑色ランドルト環、青色ランドルト環の3種類を使用し、いずれも周波数強調処理はしていない。被験者は20代の男女11名である。



図3 ランドルト環(赤, 緑, 青)

周波数を補正していない灰色ランドルト環との比較した結果を表3に示す。赤色ランドルト環及び緑色ランドルト環では視力が向上し、それぞれ0.005, 0.093向上という結果が得られた。逆に、青色ランドルト環では0.314低下という結果が得られた。よって、青, 赤, 緑の順に視力に与える影響が大きくなり、赤色と緑色に関しては視力が向上していることがわかる。

表3 RGB各色の通常視力との平均差異

	通常視力との平均差異
赤色	+0.005
緑色	+0.093
青色	-0.314

4. まとめと今後の課題

本研究では近視における視覚特性を考慮し、高解像度画像が持つ高周波数帯域における視認性の影響を検証するために、まず垂直成分、水平成分ごとに高周波数帯域強調をしたランドルト環画像を用いた視力測定を行った。実験結果より、ランドルト環の切れ目ごとに合わせた成分強調の視力への影響は見られず、水平成分強調と水平走査の関係が視力に大きな影響を与えている可能性が示唆された。次に、従来のモノクロ画像を対象とした実験ではなくカラー画像を対象とする実験を始める前段階として色情報が視力に与える影響の検証を行った。実験結果より、青色, 赤色, 緑色の順に視力が向上するという結果が得られた。

今後の課題としては、各色の周波数強調の重みを検証し、様々な色が複合しているカラー画像への周波数強調補正を第一に行う。また、コントラストが視力に与える影響および視覚補正に適した高周波数帯域の特定の検証を行う。

Reference

- [1] "デジタルシネマ画像が持つ雑音を考慮したウェーブレット多重解像度成分のレジストレーションによる画像超解像" 松尾康孝, 高田涼生, 岩崎真也, 甲藤二郎
- [2] "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