

## 人間の視覚特性を用いた画像強調法の検討

4 E - 3

水野 康生<sup>†</sup>田中 敏光<sup>‡</sup>大西 昇<sup>§</sup><sup>†</sup>名古屋大学大学院工学研究科計算理工学専攻<sup>‡</sup>名古屋大学大型計算機センター<sup>§</sup>理化学研究所 バイオミメティックコントロール研究センター<sup>††</sup>名古屋大学大学院工学研究科情報工学専攻

## 1 はじめに

標準的な画像表示装置では、赤、緑、青のそれぞれの明暗を高々256階調までしか表現できない。このため、コントラストの大きな画像を量子化する際に、ハイライト近傍が正しく表示されるように輝度を線形圧縮すると暗い部分がつぶれてしまう。一方で、暗い部分の輝度差が表示されるように全体の輝度値を上げると、ハイライト及びその周辺の輝度が表示能力の上限を越えるため、白くとんでしまう。このように単純な線形量子化では、本来はあるはずの画像情報が見えにくくなったり、失われたりすることがある。一般的に用いられている $\gamma$ 補正は、人間の視覚系が低輝度域で低感度である性質を暗い部分の輝度を非線形拡大することで補う手法である。ただし、その分、明るい領域の輝度差が圧縮されるので、画像情報が失われる。また、画像の明るい部分と暗い部分の輝度差が減少するため、コントラストが低下する。そこで、人間の視覚特性等を模倣した輝度補正方法 [1] を応用して、局所的に変換パラメータを決定して画像を強調することで、より多くの情報を提示する。

## 2 順応と側抑制による明度補正

人間の視覚系では、眼球に入った光は網膜上の視細胞で神経パルスに変換される。神経パルスは神経節細胞で統合されてから脳神経に伝達される。神経節細胞は色を識別できる錐状体と明暗のみ検出する幹状体とに分けられる。このうち、錐状体は網膜上の中心窩に集中して分布しているため、この範囲では解像度が非常に高い。錐状体の感度は、明所では低下（明順応）、

暗所では増大（暗順応）する。この順応により明るい所でも暗い所でも適当な視感度で物を見ることが出来る。このときに知覚される明暗は、順応特性により局所領域の平均輝度に対する相対的な輝度値となる。一方、幹状体は網膜上に広く分布し、ほとんど順応を示さないが、低い輝度に対する感度は錐状体より高い。人間が暗いところで濃淡しか識別できないのはこのためである。

複数の視細胞から出力されるパルスが神経節細胞で統合され、脳に伝達される。神経パルスが統合される範囲を受容野と呼ぶ。受容野の周辺部に与えられる刺激はその中心部の刺激を抑制する働きがある。この側抑制により明暗境界線が強調されて知覚される。

上記の視覚特性を模倣することで画像の明度補正を行なう。順応特性は対象画素の輝度を局所領域に対する相対的な値で置き換えることで近似される。これにより、暗く潰れてしまう領域では明度が高められ、ハイライトで飛んでしまう領域では明度が押さえられるので、それぞれの領域での詳細な表現が保証される。

注目画素を中心とする受容野に相当する範囲で、ガウス関数を重みとする明度の加重平均を求める。側抑制の効果は注目画素の明度と周辺部の平均明度との差で近似される。これにより、物体の輪郭や境界線が強調される [1]。

## 3 色エッジ強調

2章で述べた明度差を増幅する方法では、明るさが同じで色だけが異なる領域が接する場合には、境界線の強調は行われない。そこで、以下に示す式を用いて、注目画素の色相角度と局所領域内の平均色相角度との差を求め、その角度差によって色相角度の変換量を決定する。

$$D(X) = k_1 \sum_Y \{ \text{sign}(A) G(\|X - Y\|) A \}$$

$$A = H(X) - H(Y)$$

Image Enhancement by Human Visual System

Yasuo Mizuno<sup>†</sup>, Toshimitsu Tanaka<sup>‡</sup>, Noboru Ohnishi<sup>§</sup><sup>†</sup>Nagoya University Computational Science and Engineering<sup>‡</sup>Nagoya University Computation Center<sup>§</sup>RIKEN BMC Research Center<sup>††</sup>Nagoya University Information Engineering

$$\text{sign}(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ -1 & x < 0 \end{cases}$$

$X$	: 注目画素
$Y$	: 注目画素を中心とする局所領域内の画素
$H(X)$	: 画素 $X$ の色相角度
$D(X)$	: 注目画素 $X$ の平均色相角度差
$G(X)$	: 平均 0, 分散 $\sigma$ のガウス関数
$k_1$	: 色相補正の重み係数

明度が同じで色相のみが異なる2つの領域を左右に並べて配置し、強調実験を行った。図1は画像の横軸に沿った色相を示す。境界線を挟んで色相差が拡大していることが分かる。色の境界で側抑制による明度強調に類似した色差の拡大が見られる。

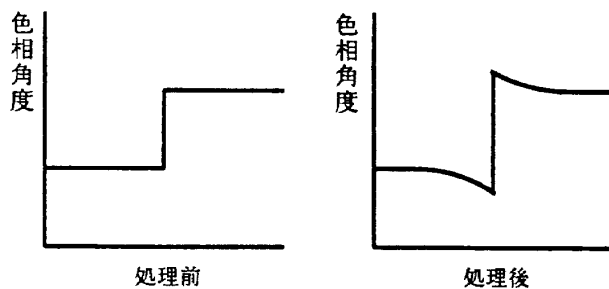


図1: 色エッジ強調

このような手法は、絵画にもみられる。絵画では、大きな領域をべた塗りするときには、近い色をいくつも使って描画する。特に色の境界付近では、徐々に色相を変化させることによって、面に広がりをもたせるとともに、境界を際立たせる。この実験結果は、提案手法で絵画と同様の色エッジ強調が可能であることを示している。

明度変換によって、明るい領域の明度が下げられると、今まで知覚できていた色相差が認識されにくくなってしまふ。逆に、暗い領域が明るくなる場合は、今まで知覚できなかった色相差が認識しやすくなる。そこで色エッジ強調においては、上式に加えて、明度変換で明るくなる画素ほど色相角度変化が小さく、暗くなる画素ほど色相角度変化が大きくなるような要素を足し込んで変換することで、色の見え方を補正する。

#### 4 色の対比

色の対比とは、ある背景(誘導領域)の上に小さな領域(検査領域)が存在する場合、検査領域は誘導領域の補色の方向に色相がずれてしまう現象で、以下のような特性がある。

- 誘導領域に比べて検査領域が小さいほど色の対比が大きい

- 誘導・検査領域の間の空間感覚が大きくなるほど対比効果は小さくなる
- 誘導領域が大きいほど色の対比効果は大きくなる
- 明るさが一定ならば、誘導領域の彩度が大きいほど色の対比が大となる

そこで上記を基に、局所領域内での平均色相に対する補色に注目画素の色相が近いほど、注目画素の色相角度を、色の対比の効果は薄れる方向へ変換する。この補正により、周辺の色に影響されずに、その色が本来有していた色相の提示を実現する。

#### 5 補色による彩度の補正

色相環上での対角線上にある2つの色相は補色の関係にあり、補色の関係にある2色が隣接すると、互いの色があせて見える。そこで、以下の式を用いて、局所領域内に存在する注目画素に対する補色の量に応じて注目画素の彩度を増幅することで、本来の鮮やかさを知覚できるように補正する。

$$\Delta S(X) = k_2 \sum_y G(\|X - Y\|) (H(X) - H(Y))^2$$

$X$	: 注目画素
$Y$	: 注目画素を中心とする局所領域内の画素
$H(X)$	: 画素 $X$ の色相角度
$\Delta S(X)$	: 注目画素 $X$ の彩度増加量
$G(X)$	: 平均 0, 分散 $\sigma$ のガウス関数
$k_2$	: 彩度補正の重み係数

#### 6 まとめ

人間の視覚特性を参考にして、明度、色相、彩度の補正によるカラー画像の画像強調法を提案した。色相強調実験では側抑制による明度強調と同様の色差拡大が実現できた。今後は、主観評価実験により、最適なパラメータや各強調手法の重み決定する。画像により、適切な強調手法は異なると予想されるので、画像の色相分布や彩度分布から手法を自動選択する方法に付いても検討する。また、デジタルカメラなどで取り込んだ画像に適用することで、銀塩写真に比べて階調表現力が乏しいといわれるモニタやプリンタの弱点を補う応用についても検討する。

#### 参考文献

- [1] 田中敏光, 田中祐治, 大西昇: "絵画をまねた画像の強調法", 情報処理学会研究報告, CVIM, 96-102-2, pp.9-16.