

物体の視認性評価のための画像分析と 視認性向上のための画像加工に関する研究

真鍋 ひかる

指導教員：村上 和人

1 はじめに

私たちの身の回りには、人の注意をひくよう設計されたものが多く存在する．図 1(a) はその一例である．同じ物体であっても図 1(c) のような背景では目立つことができない．これは、視覚的注意と呼ばれる人間の視覚メカニズムが大きく関係している．視覚的注意の計算モデルとして最も広く知られるのが Itti らによる Saliency map[1] である．Saliency map では、図 1 が示すように、視覚的注意が向きやすい領域の輝度値が高くなる．

Saliency map の関連研究は多く存在する．例えば、計算モデルの高速化 [2]、動画への計算モデルの拡張 [3]、視線解析結果と統合化した計算モデル [4] などがある．これらの先行研究は、人が認識している領域を複数の画像特徴を用いて高精度に予測することを最終目標としている．

本研究では、Saliency map を用いた新しいアプローチとして、
1) 物体の目立ち度に影響のある色特徴を抽出する方法を提案し、
2) 視認性向上のための画像加工を行なった．画像分析によって、色特徴の顕著性の高い領域をヒストグラム間距離を用いて評価することで、周辺との特徴量の差が大きい領域と、視認性評価に有効な色特徴を抽出できることを示した．さらに画像加工では、画像中で最も色特徴の顕著性が高い物体を物体が目立つための基準とし、他の物体を目立たせるために色特徴の顕著性を調節した結果、目立っていない物体のカラーチャンネルのみを調節することで、物体の視認性を向上できることを示した．一連の研究によって、色特徴の顕著性が物体の視認性の評価・向上の 2 つの目的で有効であることを示した．以下、2. で物体の視認性評価のための画像特徴抽出について、3. で視覚的顕著性を用いた視認性向上処理について示す．

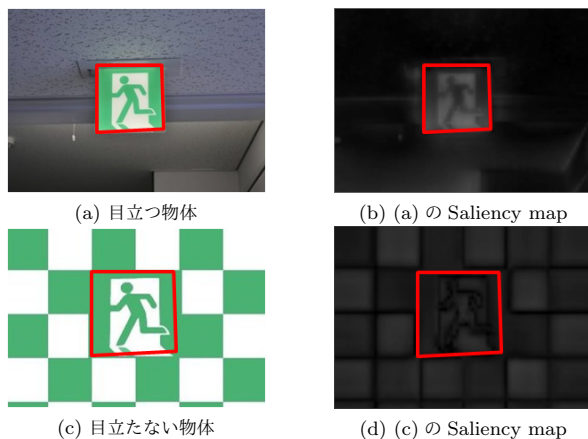


図 1 目立つ物体と Saliency map の関係

2 視覚的顕著性を用いた画像特徴抽出

一般的に画像中で物体が目立つとは、周辺との差が大きいことを表す．よって、画像中に注目領域と周辺領域を設定し (図 2)、2 つの領域の特徴量の差が大きいとき、その領域は目立つと考え、画像分析を行った．

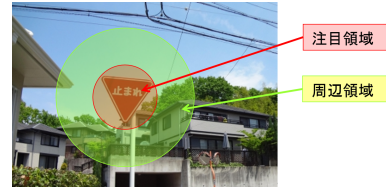


図 2 設定した注目領域と周辺領域

画像分析は、図 3 のように生成した各カラーチャンネルの顕著性画像を用いて行う．スケールの異なる画像から、差分画像を生成して正規化・統合化することで、平滑化処理を行う．顕著性画像で輝度値の高い領域は、平滑化処理によって埋もれなかった領域であり、周囲に比べて差が大きい領域を示す．

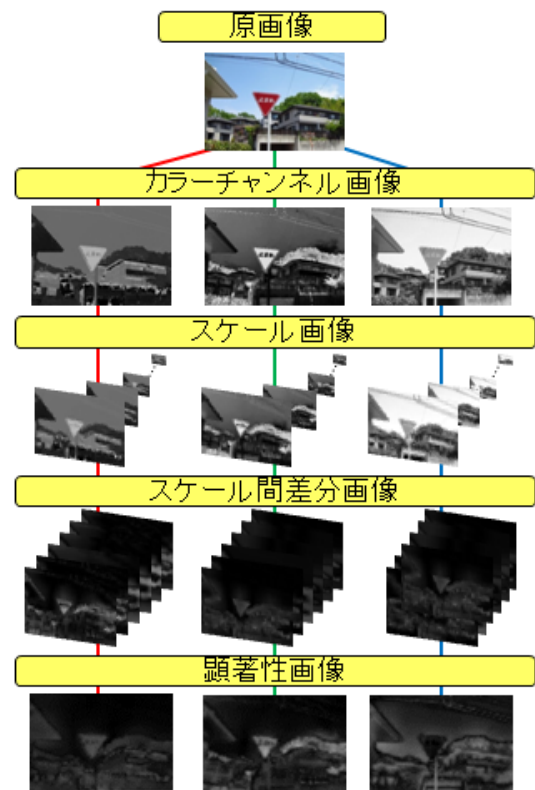


図 3 顕著性画像の生成方法

スケール画像はスケール 0(原画像)～8(1/256 の縮小) の 9 枚を生成する．大きいスケール c と小さいスケール s のスケール間差分画像 $C(c, s)$ を次のように求める．

$$C(c, s) = |C(c) \ominus C(s)| \quad (1)$$

$$(c \in 2, 3, 4, \delta \in 3, 4, s = c + \delta)$$

(\ominus : 2 枚の画像を同サイズに拡大し、画像間に対応する画素ごとに差を求める演算処理)

顕著性画像 S は以下のように生成される．

$$S = \oplus_{c=2}^4 \oplus_{s=c+3}^{c+4} N(C(c, s)) \quad (2)$$

($N(n)$):画像 n に対して施す正規化演算処理)

(\oplus):2 枚の画像を同サイズに拡大し、画像間で対応する画素ごとに和を求める演算処理)

次に、各カラーチャンネルにおいて顕著度が最大の領域と 2 番目に高い領域を候補領域として検出する。顕著度は、注目領域内の平均画素値として求める。

最後に、顕著性画像 S において、注目領域内の顕著度 R 、総合顕著度 T 、ヒストグラム距離 D を算出し、合計が最大の領域を出力して、目立ち度に影響のある画像特徴を抽出する。総合顕著度 T は、同じ色空間の全カラーチャンネル画像における、候補領域の平均顕著度とする。ヒストグラム間距離は Bhattacharyya 距離を用いた。ヒストグラム間距離 D は、以下のように求める。

$$D = \sqrt{1 - \sum \sqrt{H_c(I) \cdot H_s(I)}} \quad (3)$$

($H_c(I)$):輝度値 I における注目領域のヒストグラムの値)

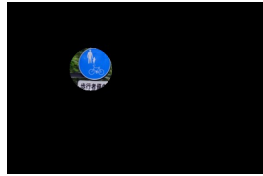
($H_s(I)$):輝度値 I における周辺領域のヒストグラムの値)

R , T , D を計算し、その合計が最も高い候補領域を注視領域推定結果、選ばれたカラーチャンネルを目立ち度に最も影響のあるカラーチャンネルとする。

図 4(a) について画像分析した結果、最も色特徴が顕著な領域は (図 4(b)) が示す領域で、目立ち度に影響する画像特徴として V-channel が抽出された。



(a) 入力画像



(b) 注視領域推定結果

図 4 画像特徴抽出結果

3 視覚的顕著性を用いた視認性向上処理

次に、視覚的顕著性を利用した応用例として、目立っていない物体を目立たせる手法を提案する。色特徴が顕著な領域を生成することで、目立っていない物体を目立たせることができると考え、画像加工を行なった。画像加工は、画像中の 1 番目に画像特徴が顕著な物体の情報をもとに、他の物体を目立たせるための画像特徴を求めて調節する。本研究では、問題をシンプルに解くため、画像中の最も顕著性の高い物体 (Object(1)) と 2 番目に顕著性の高い物体 (Object(2)) を算出し、1 番目の物体より 2 番目の物体の方が顕著性が高くなるように Object(2) のカラーチャンネルを調節する。

まず、各カラーチャンネルの顕著性画像を生成する。次に、座標 (i, j) における顕著画像の輝度値を $S(i, j)$ として、Object(n) 内の平均輝度値 $I_{Object(n)}$ を求める。

$$I_{Object(n)} = \frac{1}{N} \sum_{(i, j) \in Object(n)} S(i, j) \quad (4)$$

(N :Object(n) 内の画素数)

Object(1) と Object(2) 内の平均輝度差 D が Object(2) のカラーチャンネルの調節量を決める基準となる。

$$D = I_{Object(1)} - I_{Object(2)} \quad (5)$$

各チャンネル画像の平均画素値が 0~255 になるように Object(2) のカラーチャンネル画像の輝度値 $F(i, j)$ を調節量 α に

よって調節し、調節後の差 D' が次のような条件を満たすとき、画像加工結果とする。

$$F'(i, j) = F(i, j) + \alpha \quad (\text{until } D' = -D) \quad (6)$$

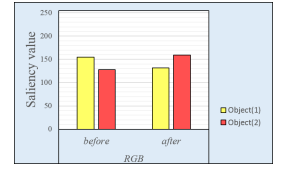
図 5(a) では、上のヘリコプターが Object(1)、下のヘリコプターが Object(2) となる。RGB 色空間の平均顕著画像における各 Object 内の平均輝度値 I は、 $I_{Object(1)} = 155$, $I_{Object(2)} = 128$ なので、 $D = 27$ となる。 $I_{Object(2)} > I_{Object(1)}$ となり $D = -27$ になるのは、 $R' = R + 152$ のときで、出力結果は図 5(b) となる。図 5(c) は、画像加工前 (before) と画像加工後 (after) の顕著性の値 I の変化を表し、黄色は Object(1)、赤色は Object(2) を示す。Object(2) の R-channel を調節することによって、Object(1) より視覚的顕著性の高い物体が生成できることが確認できる。



(a) 入力画像



(b) R-channel の調節後



(c) Object 内の平均輝度値 I の変化

図 5 画像加工結果

4 まとめ

物体の視認性評価に有効な画像特徴を抽出するため、色特徴の顕著性について画像分析を行なった。各カラーチャンネルの顕著性の高い領域をヒストグラム間距離を用いて評価することで、周辺との特徴量の差が大きい領域と、視認性評価に有効な色特徴を抽出できることを示した。画像加工では、画像中で最も色特徴の顕著性が高い物体を物体が目立つための基準とし、目立っていない物体のカラーチャンネルのみを調節することで、物体の視認性を向上できることを示した。これら一連の研究の結果、色特徴の顕著性は物体の視認性評価・向上を行うための重要な要素であることを示した。

参考文献

- [1] L. Itti, C. Koch, and E. Niebur "A model of saliencybased visual attention for rapid scene analysis" Proc. IEEE , Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 20, No. 11, pp.1254-1259, 1998.
- [2] D.Gao et al "Decision theoretic saliency" Proc. Neural computing, Vol.21, No.1, pp.239-271, 2009.
- [3] L. Itti and P.Baldi "A principled approach to detecting surprising events in video" Proc. CVPR, IEEE Computer Society Conference, Vol.1, pp.631-637, June 2005.
- [4] Sugano, Yusuke, Yasuyuki Matsushita and Yoichi Sato "Appearance-Based Gaze Estimation Using Visual Saliency" Proc. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.35, Issue:2, pp.329-341, 2013.