

画像特徴の分析による物体の目立ち度評価の 一手法

相良純平[†] 村上和人[†]

本論文では、物体が視覚的に目立つための条件と画像特徴の関係について述べる。まず、目立つということは「周辺領域との画像特徴の差が大きい」ことであると考える。画像中の注目領域とその周辺領域の各々において画像特徴を抽出し、比較・検討を行った。様々なタイプの画像に対して実験を行った結果、2つの領域間におけるヒストグラム間距離、および、ハリスオペレータによって検出された特徴点の密度差が、注目領域が視覚的に目立つ条件を検討するうえで有効な指標であることが確認できた。本稿では、実験結果をもとに、それら2つの画像特徴と、物体が目立つための視覚的条件について考察する。

A Method to Evaluate Characteristic Image Features

Junpei Sagara[†] and Kazuhito Murakami[†]

This paper presents a method to evaluate characteristic region from an image. First, some image features are evaluated as the image features to extract characteristic region. From some experimental results, it was clarified that the histogram distance between the interesting and its neighboring areas, and the density of the feature points obtained by Harris operator are effective to extract characteristic regions. In this paper, we discuss the relation between these image features and characteristic regions based on the experimental results.

1. はじめに

私たちの身の回りには、道路標識や看板、広告など、目立つように設計されたものが数多く存在する。目立たせる方法は様々である。例えば、対象物の色を遠くからでも見やすいようなはっきりとした色にしたり、配色を工夫することで目立たせることができる。一般的に赤や黄色、白といった色は遠くからでも見やすいといわれており、さらに黄色や白の衣服を身に着けた人は夜間ドライバーからも視認しやすく、交通事故を未然に防ぐことにも役立つ。また、黒地に黄色や、黄色地に黒、青地に白といった配色は、一般的に目立つといわれており、これらの配色はよく道路標識や工事現場などで頻繁に用いられている。図1、図2に示すように、道路標識や非常口のピクトグラムは非常に目立つようにデザインされているのが分かる。



図1 道路標識

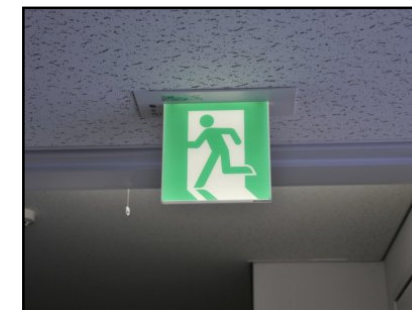


図2 非常口のピクトグラム

しかし、目立つように設計されたものでも、その周辺環境によっては目立たない場合がある。とくに図1、図2で示したような、道路標識や非常口の案内といった重要な意味を持つものが目立たない状態である場合、非常に危険であるといえる。そのような場合には、物体に対して目立たせるような処置を行う必要がある。しかし、物体が目立たない原因は、物体の周辺環境によって様々であるため、目立たない物体に対して目立たせるための処置を施す場合、何が原因で目立っていないのかを知った上で、的確な処置を行わなければ、効果的に目立たせることはできない。そこで、本論文では、画像中の注目領域とその周辺の領域における種々の画像特徴を比較・分析し、画像特徴と物体が目立つための条件について考察する。以下、2章で目立つ領域検出の

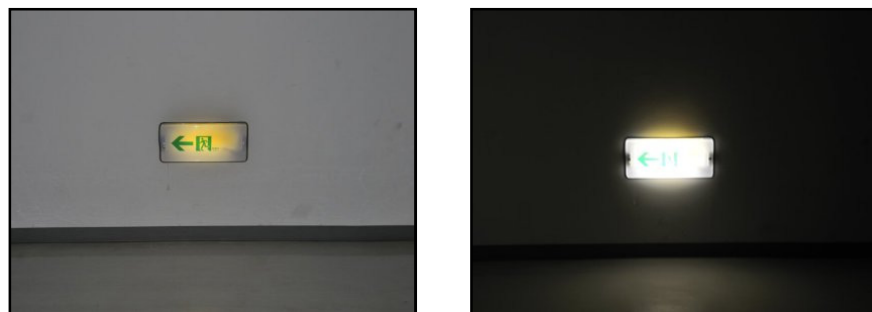
[†] 愛知県立大学大学院 情報科学研究科
Graduate School of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

ための画像特徴について述べ、3章でヒストグラム間距離を用いた目立ち領域検出実験結果について示す。4章では別の特徴量としてハリスオペレータによる特徴点密度を用いた検出法について述べ、5章でこれらの手法の有効性について考察する。

2. 画像特徴の分析

2.1 画像特徴の分析範囲

「目立つ」とは、「周囲との差が大きい」ことと考えられる。昼間および夜間における非常口の誘導灯の様子を、各々、図3(a)、図3(b)に示す。両者を見比べてみると、明らかに図3(b)の方が非常口の案内灯は目立って見える。これは、案内灯の周辺環境の違いによる目立ち方の違いであるといえる。



(a) 昼間

(b) 夜間

図3 非常口誘導灯の見え方の違い

このように、物体の周辺環境が異なれば、その物体の見え方にも大きく影響するということがわかる。そこで、目立つかどうかの判断を行うために画像特徴を分析する際は、画像中の任意の領域を注目領域、また、注目領域周辺の縦横 n 倍（例えば、 $n=3$ ）のサイズの領域を周辺領域として設定し、それぞれの領域に対して画像特徴の分析を行う。設定した注目領域、および、周辺領域の一例を各々、図4、図5に示す。

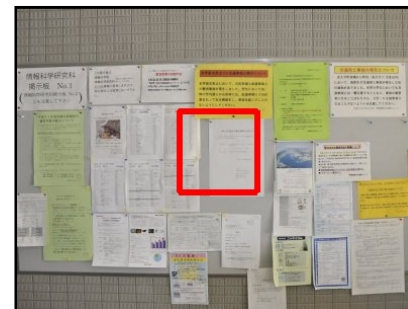


図4 注目領域

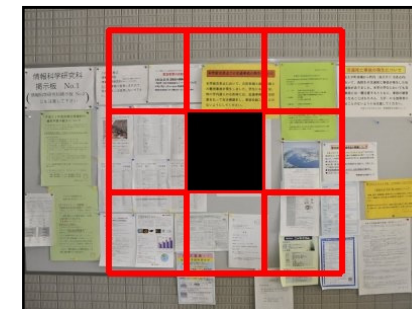


図5 周辺領域

このように設定したそれぞれの領域から画像特徴を抽出・分析を行い、注目領域と周辺領域の画像特徴に大きな差があれば、注目領域は「周囲との差が大きい」状態となり、「目立つ」状態である可能性が高いと考えられる。

2.2 ヒストグラム間距離の計算

2つの画像の輝度ヒストグラムの形状が類似している場合、その2つの画像は類似した画像である場合が多い。画像中の注目領域とその周辺領域の、それぞれのヒストグラムの形状が大きく異なる場合、注目領域と周辺領域は類似ではない状態であり、注目領域は「周囲との差が大きい」状態であることが考えられる。よって、注目領域と周辺領域のヒストグラムの形状が大きく異なるとき、注目領域は「目立つ」状態である可能性が高いと考えられる。2つのヒストグラムの形状を比較するためには、2つのヒストグラム間の距離を求める必要がある。ヒストグラム間の距離を求める方法はいくつか提案されているが、本論文では「バタチャリヤ距離」を用いて注目領域と周辺領域のヒストグラム間の距離を測った。「バタチャリヤ距離」は、2つの離散的確率分布間の距離を求める尺度として広く用いられており、以下のように求める。

H_1 : 1つ目のヒストグラム

H_2 : 2つ目のヒストグラム

$H_1(I)$: 輝度値 I のときのヒストグラム H_1 の値

$H_2(I)$: 輝度値 I のときのヒストグラム H_2 の値

とすると、ヒストグラム H_1 とヒストグラム H_2 のバタチャリヤ距離 $BD(H_1, H_2)$ は、

$$BD(H_1, H_2) = \sqrt{1 - \sum \sqrt{H_1(I) \cdot H_2(I)}} \quad (1)$$

のようになる。

また、入力画像がマルチチャンネル(例えば、カラー画像)である場合、各チャンネルごとにヒストグラムのバタチャリヤ距離を求め、それらの自乗の和の平方根を求めることで、2つの入力画像間のヒストグラム間距離とする。

入力画像が(R, G, B)の3チャンネルであった場合、まず、Rチャンネルのバタチャリヤ距離 BD_R を求める。

$$BD_R = \sqrt{1 - \sum \sqrt{H_{1R}(I) \cdot H_{2R}(I)}}$$

同様に、 BD_G , BD_B を求め、それらの値の自乗の和の平方根

$$BD_{RGB} = \sqrt{BD_R^2 + BD_G^2 + BD_B^2} \quad (2)$$

を求める。

入力画像がマルチチャンネルの場合、(2)式のようにしてヒストグラム間距離を求める。

以下の図 6, 図 7, 図 8, 図 9 において四角の枠で示されている部分を注目領域とし、その周辺領域とのヒストグラム間距離を(2)式により求めた結果を表 1 に示す。

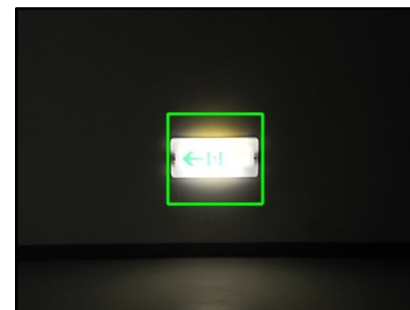


図 6 注目領域例 1

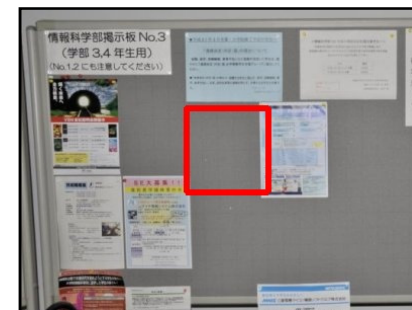


図 7 注目領域例 2



図 8 注目領域例 3



図 9 注目領域例 4

表 1 ヒストグラム間距離の値

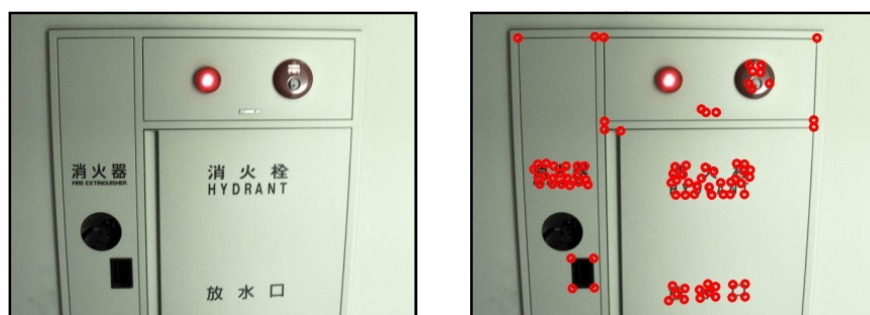
	ヒストグラム間距離
注目領域例 1	1.411360
注目領域例 2	0.718894
注目領域例 3	1.294063
注目領域例 4	0.476542

表 1 に示したように、図 6, 図 8 の四角枠部分のように人が主観的に見たときでも十分目立っているといえる領域とその周辺領域のヒストグラム間距離は、図 7, 図 9 の四角枠部分のように、人が主観的に見た場合に目立つかどうかを判断し難い領域とその周辺領域のヒストグラム間距離の値に比べて、高い値を持つことが分かる。

画像中で注目領域をこれらのような、明らかに目立つといえる領域、あるいは目立つかどうかの判断のし難い領域に設定した場合は、同様の傾向がみられると思われる。周辺領域とのヒストグラム間距離の大きさが、注目領域が目立つかどうかにある程度関わっていることが予想される。

2.3 検出される特徴点の密度

画像に対して特徴点検出を施した場合、文字や図形などの複雑な形の物体に対して多くの特徴点が検出される。図 10(a) の画像に対してハリスオペレータ[1], [2]により特徴点検出を施した結果を図 10(b) に示す。



(a) 原画像 (b) 特徴点

図 10 特徴点検出結果の一例

文字や図形などは、重要な意味を持つ場合が多く、人の注意を引くことが多いと考えられる。とくに検出される特徴点の密度の高い領域は、形状的な特徴の多い領域であることから、そのような領域は人が主観的に見た場合に、目立つといえる領域である可能性が高いと考えられる。注目領域と周辺領域の特徴点の密度は、以下に示すような方法で求める。

step1 任意の注目領域(縦 y ピクセル×横 x ピクセル)において、特徴点が含まれる特徴点数 N_t を求める。

step2 同様にして、周辺領域(縦 $3y$ ピクセル×横 $3x$ ピクセル)に含まれる特徴点の数 N_s を求める。

step3 注目領域のピクセル数に対する特徴点の数を密度 D_t を求める。

$$D_t = N_t / x \cdot y \quad (3)$$

step4 同様にして、周辺領域の特徴点の密度 D_s を求める。

$$D_s = N_s / (3x \cdot 3y - x \cdot y) \quad (4)$$

* 分母で $x \cdot y$ を引いたのは、周辺領域に含まれる注目領域のピクセル数(縦 y ピクセル×横 x ピクセル)を除くためである。

注目領域と周辺領域の間で、検出される特徴点の密度差が大きいとき、「特徴点の密度」という画像特徴について、注目領域は「周囲との差が大きい」状態となり、目立つ領域である可能性が高いと考えられる。

3. ヒストグラム間距離が最大となる領域の検出

3.1 実験方法

周辺領域とのヒストグラム間距離が最大となる領域を画像中から検出する実験を以下の手順に従って行った。

step1 注目領域のサイズを設定する

step2 注目領域を 1 ピクセルずつ移動し、周辺領域との「ヒストグラム間距離」を、2.2 節の方法により計算する

step3 「ヒストグラム間距離」の値が最大となった領域を検出結果として出力する

3.2 実験結果

画像中から「ヒストグラム間距離」が最大となる領域の検出実験を行った実験結果を図 11, 図 12, 図 13, 図 14 に示す. なお今回の実験では, 検出する領域のサイズは, 入力画像の縦サイズの $1/5$ の長さを一辺とする正方形とした.



(a) 原画像



(b) 検出結果

図 11 ヒストグラム間距離が最大となる領域の検出結果 1

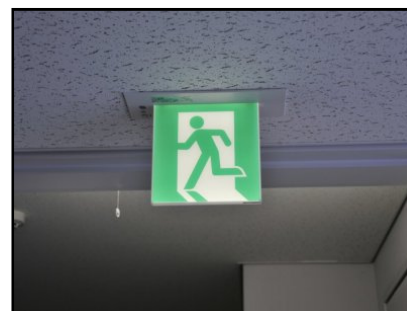


(a) 原画像



(b) 検出結果

図 12 ヒストグラム間距離が最大となる領域の検出結果 2

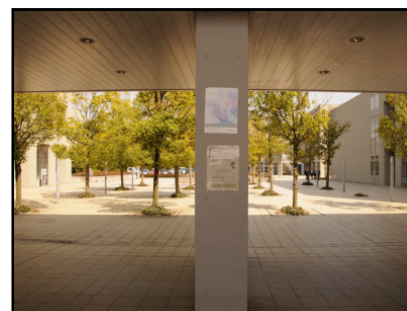


(a) 原画像

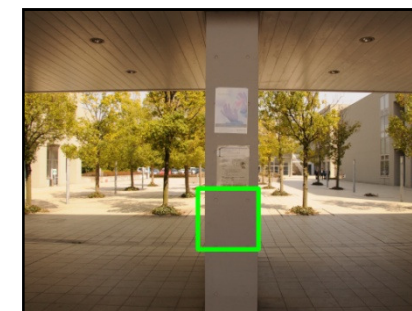


(b) 検出結果

図 13 ヒストグラム間距離が最大となる領域の検出結果 3



(a) 原画像



(b) 検出結果

図 14 ヒストグラム間距離が最大となる領域の検出結果 4

このときの検出領域とその周辺領域のヒストグラム間距離をまとめた結果を表 2 に示す.

表 2 ヒストグラム間距離の値

	ヒストグラム間距離
実験結果 1(図 11)	1.065049
実験結果 2(図 12)	1.103190
実験結果 3(図 13)	1.195752
実験結果 4(図 14)	1.143982

これらの数値はいずれも、表 1 における人が主観的に見た場合に目立つかどうかの判断のし難い領域(注目領域例 2, 注目領域例 4) で計測されたヒストグラム間距離の値(0.718894, 0.476542)よりも大きい値となっているのが分かる。

4. 特徴点の密度差が最大となる領域の検出実験

4.1 実験方法

注目領域と周辺領域の特徴点の密度差が最大の領域を画像中から検出する実験を以下の手順に従った。

- step1 画像に対してハリスオペレータを適用し、特徴点を検出する
- step2 注目領域のサイズを設定する
- step3 注目領域を 1 ピクセルずつ移動し、周辺領域との「特徴点の密度差」を 2.3 節の方法により $D_t - D_s$ として計算していく
- step4 $D_t - D_s$ の値が最大となった領域を検出結果として出力する

4.2 実験結果

画像中から「特徴点の密度差」が最大となる領域の検出実験を行った実験結果を図 15, 図 16, 図 17, 図 18 に示す。ヒストグラム間距離が最大の領域の検出実験と同様に、検出する領域のサイズは、入力画像の縦サイズの 1/5 の長さを一辺とする正方形とした。



(a) 原画像



(b) 検出結果

図 15 特徴点の密度差が最大となる領域の検出結果 1



(a) 原画像



(b) 検出結果

図 16 特徴点の密度差が最大となる領域の検出結果 2



(a) 原画像



(b) 検出結果

図 17 特徴点の密度差が最大となる領域の検出結果 3



(a) 原画像



(b) 検出結果

図 18 特徴点の密度差が最大となる領域の検出結果 4

5. 考察

5.1 ヒストグラム間距離と目立つ条件の関係

画像中で周辺領域とのヒストグラム間距離が最大となる領域を検出した結果、図 11 ～図 14 に示すような結果が得られた。図 11 の結果では、画像中央付近の黄色の張り紙の一部分が検出され、図 12 の結果では掲示板上で 2 つだけある橙色の張り紙の内の一つが検出され、また、図 13 の結果では非常口のピクトグラムの中央部分が検出された。これらの結果はいずれも、人が主観的に見た際に「目立つ」といえる領域のうちの一つであるといえる。

しかし、図 14 の結果では、画像中央部にある 2 枚の張り紙が張られている柱において、何も張られていない領域が検出されてしまっている。この領域は、人が主観的に見た場合に「目立つ」といえる領域であるとはいえない。この領域が検出された要因として、検出された領域の周辺領域が明るさの変化の大きい領域であること、さらに検出された領域のコントラストが低いことが挙げられる。これらの要因により、画像中で周辺領域とのヒストグラム間距離が最大となる領域が、このような領域となったと考えられる。

このような領域が検出されるのを避けるためには、周辺領域とのヒストグラム間距離が最大となる、という条件だけではなく、注目領域のコントラストの値が一定以上であることなどの条件を加える必要があるだろう。画像中から、周辺領域とのヒストグラム間距離が最大となる領域を検出した場合、人が主観的に見た際に「目立つ」といえる領域を検出する場合があることから、注目領域と周辺領域との「ヒストグラム間距離」という画像特徴が、「目立つ条件」との何らかの関係があることは確認できたといえる。

5.2 特徴点の密度と目立つ条件の関係

画像中で周辺領域との密度差が最大となる領域を検出した結果、図 15 から図 18 のような結果が得られた。図 15 の結果では、丘の上に立つ一番背の高い木の領域が検出され、図 16 の結果では画像中央付近にある道路標識や看板が含まれる領域が検出され、図 17 の結果では掲示板上で一際大きくはっきりと書かれた文字が含まれる領域が検出された。これらの結果はいずれも、人が主観的に見た際に「目立つ」といえる領域のうちの一つであるといえる。

しかし、図 18 の結果では、画像中央部にある黄色の張り紙といった、人が主観的に見た場合に「目立つ」というような領域ではなく、ただ単に木の枝が多く分布する領域が検出されている。この領域は人が主観的に見た場合に「目立つ」といえる領域であるとはいえない。このような領域が検出された要因として、木の枝の部分に特徴点が多く検出されてしまったということが挙げられる。

図 15 ～図 18 の結果より、画像中から周辺領域との特徴点の密度差が最大となる領域を検出した場合、人が主観的に見た場合に「目立つ」といえる領域を検出する場合もあれば、「目立つ」とはいえない領域を検出する場合もあるということが分かる。しかし、人が主観的に見た場合に「目立つ」といえる領域を検出する場合もあるということは、注目領域と周辺領域の「特徴点の密度差」が、「目立つ条件」と何らかの関係があるということがいえるだろう。

6. おわりに

本論文では、「目立つ」ということを「周囲との差が大きい」ということであると考え、画像中に注目領域と周辺領域を定め、それら 2 つの領域間の「ヒストグラム間距離」と「特徴点の密度差」に注目し、それらの画像特徴と「目立つ条件」の関係を調べるため、画像中からそれらの値が最も大きくなる領域を検出する実験を行った。

今回の実験からは、検出された領域が「目立つ」といえる場合もあれば、そうでない場合もあるということが確認できた。今回注目した画像特徴が、「物体が目立つための条件」に何らかの関係があるということは確認できたといえる。今後は、より正確な物体が目立つための条件を求めるために、さらに多くの画像特徴について検討するとともに、複数の画像特徴の組合せによる「目立つ条件」の検討などを行う予定である。また、「物体が目立つための条件」を利用し、目立つパターン生成手法やポスター・広告の評価といったことへの応用を目指していこうと考えている。

参考文献

- [1] 金澤靖, 金谷健一: “コンピュータビジョンのための画像の特徴点の抽出”, 電子情報通信学会誌 Vol.87, No.12, pp.1043-1048, 2004.
- [2] C.Harris and M.Stephens: “A combined corner and edgedetector,” Proc. The Fourth Alvey Vision Conference, pp.147-151, 1988.