

# 運転支援を目的とした車載カメラ画像からの交通信号機の視認性自動認識

## Visibility Auto Recognition of Traffic Signals from In-Vehicle Camera Image for Driver Assistance

木村文香\*  
Fumika Kimura

高橋友和\*  
Tomokazu Takahashi

目加田慶人\*\*  
Yoshito Mekada

井手一郎\*  
Ichiro Ide

村瀬洋\*  
Hiroshi Murase

宮原孝行\*\*\*  
Takayuki Miyahara

玉津幸政\*\*\*  
Yukimasa Tamatsu

### 1. はじめに

近年、ITS(高度道路交通システム)の実用化に伴い、車内で運転者に与えられる情報が視覚的にも聴覚的にも増加している。しかし、過度な情報提供は運転者の注意力を低下させたり、いらいらの原因になる[1]。そのため、運転者の状態や周囲環境に応じて、運転者に与える情報を取捨選択する必要がある。交通信号機に着目すると、高精度な認識手法や通信を利用した情報提供システムが提案されているが、たとえ高精度な信号機認識が可能となったとしても、交差点ごとに信号機の情報を与えることは、運転者にとって大変わずらわしいものである。

そこで我々は、運転者に提供する情報を選択する際に、運転者から見た物体の視認性を考慮することを提案している。特に交通信号機に着目し、車載カメラ画像を用いて信号機の視認性を認識し、視認性が低く見づらい信号機について積極的に情報提示を行うシステムの構築を目指す。本稿では、システムの実現のために、画像処理を用いて信号機の視認性を定量化する手法を提案する。本発表では、定量化された値のことを指標と呼ぶこととする。

### 2. 画像処理を用いた交通信号機の視認性認識手法

#### 2.1 交通信号機の視認性の定義

運転者にとって交通信号機を見づらい状況というのは、大きく次の2通りに大別できると考える。

- 信号機自体の見つけにくさ
- 点灯中の信号灯の見分けにくさ

前者はどこに信号機があるのか発見できない場合であり、後者は、信号機は発見できても、何色が点灯中なのかがわからない場合である。そこで、運転者から見た交通信号機の視認性を、上記の2つの観点で検討する。

一般的に対象物の視認性を決定する要因として輝度弁別閾が挙げられる。輝度弁別閾の値は、観測者の視覚能力や心理条件、対象物の性質や視野の輝度条件など様々な条件の影響を受けて変化する。輝度弁別閾に影響を与え、信号機の視認性に影響を与える要因を検討し、この結果を表1にまとめる。本稿では第一報としてこれらの要因の中から、見つけやすさの指標として周辺視野のグレア源とグレーテキストチャ特徴を考慮し、見つけやすさの指標として3色の信号灯の輝度比を考慮し、各要因に関して視認性に与える影響の度合いを定量化する。

#### 2.2 視認性決定要因の指標計算

##### 2.2.1 見つけやすさの指標

**周辺視野のグレア源(指標  $X_1$ )** グレア源とは車のヘッドラン

プや太陽のように、極端に輝度が高い物体や強すぎる輝度対比を引き起こす物体のことを指す。視野内にグレア源が存在する場合、一時的な視力低下や不快感の原因となり、結果的に視対象物の視認性を低下させる(図1)。グレア源が明るいほど、また視対象物に近いほど、対象物の視認性は低下する。グレア源が視認性に与える影響力は、等価光幕輝度として  $L_{eq} = kE_v / \theta^2$  で定義されており、等価光幕輝度の値が大きくなるにつれ、視対象物の視認性は低下する[2]。ここで、 $E_v$  はグレア源の照度 [lx]、 $\theta$  は対象物とグレア源がなす角を表す。  $k$  は個人特性や観測者の年齢に依存する定数である。

そこで、点灯中の信号灯の位置を検出し、信号灯を対象物として、視野内の各グレア源の等価光幕輝度を計算する。本稿では、画像全体を視野とし、対象物とグレア源がなす角  $\theta$  を画像中の距離  $\theta$  で、グレア源の照度  $E_v$  を画素のグレア源領域内画素の輝度値の平均  $E_v'$  で近似する。本稿では、信号灯と同程度もしくはそれ以上の輝度を持つ物体をグレア源として検出した。等価光幕輝度は加法性が成立するので、全グレア源の等価光幕輝度の総和を求める。その大きさを0から1の間に正規化した後、正規化された値を1から引いて見つけやすさの指標  $X_1$  とする。

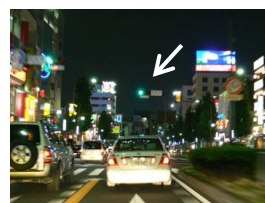
$$\text{指標 } X_1 = 1 - k \sum E_v' / \theta^2$$

**グレーテキストチャ特徴(指標  $X_2$ )** 我々は、昼間運転しているとき、単純な空の背景中に信号機がある場合よりも、雑多な背景の中に信号機が存在している時の方が、信号機を見つげにく

表1. 交通信号機の視認性決定要因

(太字:本稿で定量化する要因)

眼の性質	視力
	網膜の感度状態
背景の性質	輝度・色度
	<b>周辺視野のグレア源 (指標 <math>X_1</math>)</b>
	<b>グレーテキストチャ特徴 (指標 <math>X_2</math>)</b>
対象の性質	輝度・色度
	大きさ
	提示時間
	<b>存在場所の予期</b>
	<b>3色の信号灯の輝度比 (指標 <math>Y</math>)</b>



(a) グレア源の影響が小さく



(b) グレア源の影響が大きく

見つけやすい

見つけにくい

図1. 周辺視野のグレア源

\* 名古屋大学大学院 情報科学研究科

\*\* 中京大学 生命システム工学部

\*\*\* 株式会社デンソー

いと感じる(図2)。そこで、信号機とその背景のテクスチャ特徴に着目し、テクスチャ特徴の相違度を見つけやすさの指標の一つとして定義する。本稿ではテクスチャ特徴の解析に周波数解析を利用した。信号機領域とその背景領域のパワースペクトルの分布が類似しているほど、信号機を見つけにくいと考えられる[3]。

フーリエ変換を用い、信号機領域 $f_0(x, y)$ のパワースペクトル $F_0(u, v)$ を計算する。また信号機領域の周囲8領域から同じ大きさの部分画像を切り出し、それらのパワースペクトル $F_i(i=1, \dots, 8)$ を計算し、 $F_0$ との相違度を計算する。相違度はパワースペクトルの差の絶対値の総和とし、見つけやすさ指標 $X_2$ を以下の式で定義する。ここで、 $F_0(u, v)$ の大きさを $U \times V$ とする。

$$\text{指標 } X_2 = \frac{\sum_{i=1}^8 \sum_{u=0}^U \sum_{v=0}^V |F_0(u, v) - F_i(u, v)|}{R_2}$$

### 2.2.2 見分けやすさの指標

**3色の信号機の輝度比(指標Y)** 日中太陽光が直接信号機を照らす場合、特に電球式信号機の場合は擬似点灯が生じ、どの信号機が点灯中なのか判断が難しい場合がある。また、擬似点灯しにくいとされているLED式の信号機であっても、光が直接信号機に当たると、信号機の色味が薄まり、やはり視認性は低下する。人間の視覚は、隣り合う光源の輝度比が小さいと、それらを別々の光源と認識することが困難となる[3]。

そこで入力画像中から3色すべての信号機領域を検出し、それらの平均輝度から2つの光源の輝度比をそれぞれ求める。2つの光源の輝度、 $b_1$ と $b_2$ の間に $b_1 > b_2$ が成り立つとき、輝度比は $|b_1 - b_2| / b$ で表される。輝度比が小さいほど2つの光源は見分けにくくなる。点灯中の信号機の平均輝度を $b$ とし、それ以外の信号機の平均輝度を $b_i(i=1, 2)$ とし、見分けやすさ指標 $Y$ を次式で定義する。

$$\text{指標 } Y = \min_i \frac{b - b_i}{b}$$

### 3. 車載カメラ画像を用いた評価実験

車載カメラで撮影された画像を用いて、提案した指標と被験者実験結果との対応関係を調べた。画像は全て1,600×1,200pixels, RGB各8bitsで取得した。本実験では顕著な色飽和を防ぐため、絞りを7.1と高めの値に固定した。シャッタースピードは撮影時間が昼の場合は1/800, 夜の場合は1/400に設定した。各指標の計算にはグレースケール画像を用いた。指標毎に20枚の画像を用

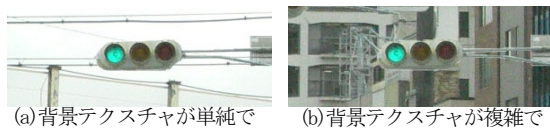


図2. グレーテクスチャ特徴

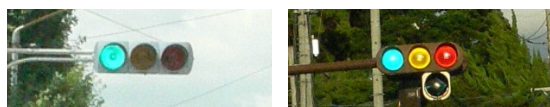


図3. 3色の信号機の輝度比

表2. 画像例と計算された指標の値.

指標		図番号	計算された指標の値
見つけやすさ	$X_1$	図 1(a)	0.97
		図 1(b)	0.04
	$X_2$	図 2(a)	0.72
		図 2(b)	0.51
見分けやすさ	$Y$	図 3(a)	0.53
		図 3(b)	0.01

表3. 各指標の正解率.

指標		正解率
見つけやすさ	$X_1$	86%
	$X_2$	75%
見分けやすさ	$Y$	85%

意し、それらの画像の全組み合わせ190対について、提案手法により指標の値を計算し、視認性の高低を認識した。正解は人手(3名の多数決)にて与えた。正解を作成する際、信号機を実際に肉眼で見る環境を想定して、データ収集の時に同時にオートモードで撮影した画像を被験者に提示した。信号機や信号機の切り出しは人手で行った。この処理は[4]や[5]によって自動化が可能である。

実験に使用した画像と提案手法により計算された指標の例を表2に、各指標の正解率を表3に示す。

### 4. おわりに

交通信号機の視認性を画像処理により定量化する手法を提案した。また、実画像を用いて実験を行い、提案手法により計算された指標が、運転者から見た交通信号機の視認性と良好に対応していることを確認した。今後の課題としては、他の視認性決定要因の検討、特に色情報に関連した要因の検討や、各要因に関する指標の組み合わせ方の検討、また、運転者の個人特性や周囲環境なども考慮した情報提示手法の検討などが挙げられる。

### 謝辞

本研究の一部は日本学術振興会・文部科学省科学研究費補助金および21世紀COEプログラム「社会情報基盤のための音声・映像の知的統合」による。本研究では、画像処理にMISTライブラリ(<http://mist.suenaga.m.is.nagoya-u.ac.jp>)を使用した。

### 参考文献

[1] Y. Kitamura, T. Hatayama, "Effect of Auditory Mental Task on Car Drivers: A Psycho Physiological Approach", IATSS Review, Vol.30, Sep. 2005  
 [2] 日本色彩学会, "色彩科学ハンドブック第2版", 東京大学出版会, 1998  
 [3] 日本視覚学会, "視覚情報処理ハンドブック", 朝倉書店, 2004  
 [4] F. Lindner, U. Kressel, S. Kaelberer, "Robust Recognition of Traffic Signals", Proc. IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2004, pp.49-53, June 2004  
 [5] M. Wada, T. Yendo, T. Fujii, M. Tanimoto, "Road-to-vehicle Communication Using LED Traffic Light", Proc. IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2005, pp.601-606, June 2005.