

シーン全体の大局的特徴を考慮した道路標識の視認性推定

道満 恵介[†] 出口 大輔^{††} 高橋 友和^{†††,†} 目加田慶人^{††††} 井手 一郎[†]
村瀬 洋[†] 玉津 幸政^{††††}

[†] 名古屋大学 大学院情報科学研究科 〒 464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町

^{††} 名古屋大学 情報連携統括本部 〒 464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町

^{†††} 岐阜聖徳学園大学 経済情報学部 〒 500-8288 岐阜県岐阜市中鶉 1-38

^{††††} 中京大学 情報理工学部 〒 470-0393 愛知県豊田市海津町床立 101

^{†††††} 株式会社デンソー 〒 448-8661 愛知県刈谷市昭和町 1-1

E-mail: †{kdoman,ddeguchi,ttakahashi,mekada,ide,murase}@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp

あらまし 本発表では、不快感のない自動車の運転支援システムの実現を目指し、車載カメラ映像から道路標識の視認性を推定する手法を提案する。車載システムからドライバーへの過度の情報提供は、ドライバーの注意散漫による不快感の原因となるため、情報の適切な取捨選択が必要である。そこで本研究では、道路交通において重要な道路標識を対象とし、その視認性に応じてドライバーへ情報提供を行う技術の開発を目指す。従来手法では、ドライバーの視線が道路標識周辺に向けられている状況を仮定し、道路標識周辺の局所的な画像特徴のみから視認性を推定していた。これに対して、提案手法では、ドライバーの視線が道路標識周辺に向いていない状況を想定し、道路標識周辺の局所の特徴およびシーン全体の大局的特徴を統合利用する。より具体的には、前者の局所の特徴として、対象標識の見えおよび大きさ、対象標識とその周辺背景のコントラストに基づく画像特徴を利用する。一方、後者の大局的特徴として、対象標識の位置、対象標識の周囲に存在する他の道路標識の位置や大きさ、ドライバーの注視点周辺の画像特徴を利用する。評価実験の結果、道路標識周辺の局所の特徴のみを利用する従来手法と比べて、シーン全体の大局的特徴を新たに導入した提案手法の方が高い視認性推定精度が得られた。これにより、提案手法の有効性を確認した。

キーワード 視認性推定, 道路標識, 車載カメラ, 大局特徴, ドライバディストラクション, ITS

1. はじめに

近年、自動車の運転支援システムに対する需要が高まっている。特に、車載カメラを用いて道路標識、歩行者、信号機、車両等の物体を自動検知し、その存在をドライバーに知らせる物体検出・提示システムの開発は重要な課題である。このシステムは、車載カメラ画像からの物体検出、検出された物体に関する情報提供という二つの技術からなる。前者の技術に関する研究は従来から数多くなされているものの、それらの多くでは後者の技術までは議論されていない。しかしながら、検出した物体に関する情報をドライバーに提供する方法は重要な問題である。特に、ドライバーへの過度の情報提供はドライバーディストラクション（ドライバーの注意散漫）[1]や苛立ちによる不快感の原因になる。そのため、運転支援システムからの情報を適切に取捨選択し、ドライバーが必要とする情報のみを選択的に提供する技術が必要不可欠である。

本研究では、情報を取捨選択するための手法として、物体の視認性を利用することを考える。例えば、道路標識（規制標識、警戒標識、指示標識等）は道路交通において重要な情報源の一つであるが、その視認性は環境によって大きく変化する。図1(a)では道路標識の視認性が高いため、ドライバーがその存在に気付く可能性が高い。



(a) 視認性が高いシーン：警告なし



(b) 視認性が低いシーン：警告あり

図1 道路標識の視認性に応じた警告の切り替え

一方、図 1(b) では道路標識の視認性が低いため、ドライバーが見落とす可能性が高い。そのため、視認性に応じてドライバーへの情報提供の方法を調整できれば、不快感のない運転支援が実現できると考えられる。そこで本研究では、ドライバーからの見えに近い画像が得られると考えられる車載カメラを用いて、道路標識の視認性を推定する技術に注目する。

これまでも、車載カメラを用いた道路標識の視認性推定手法はいくつか提案されている。例えば、Siegmannらは、視認性推定の対象とする道路標識（以降、「対象標識」と呼ぶ）の輝度に基づいて視認性を推定する手法 [2] を提案している。また、Simonらは、対象標識の色に基づいて視認性を推定する手法 [3] を提案している。これらはいずれも対象標識自体の画像特徴に着目した手法であり、対象標識の周辺背景の画像特徴が視認性に及ぼす影響が十分に考慮されていない。これに対して我々は、対象標識自体の見えおよび対象標識とその周辺背景のコントラストを統合利用する視認性推定手法 [4] を提案している。また、車載カメラ画像を用いた評価実験により手法の有効性を確認している。さらに我々は、この枠組みを時間方向に拡張し、車載カメラ画像系列から計算される一連の視認性評価値を統合することで、視認性推定精度を向上させられることを確認している [5]。ただし、この手法は、ドライバーの視線が対象標識の周辺に向けられている状況を仮定したものであり、対象標識とその周辺の局所領域のみから視認性を推定する。しかし、走行中のドライバーの視線は対象標識の周辺に常に向けられているとは限らない。ドライバーの視線が対象標識の周辺から外れている場合には、対象標識周辺の局所的な画像特徴だけでなく、シーン全体の大局的な特徴が対象標識の視認性に大きく影響する。そのため、従来の我々の手法 [4,5] では、走行中のドライバーからみた視認性を高精度に推定することは困難である。

以上のことから本発表では、ドライバーの視線が対象標識周辺に向いていることを仮定しない視認性推定手法を提案する。提案手法では、対象標識周辺の局所の特徴およびシーン全体の大局的な特徴を車載カメラ映像から抽出し、それらを統合利用することで対象標識の視認性を推定する。前者の特徴として、対象標識の見えおよび大きさ、対象標識とその周辺背景のコントラストに基づく画像特徴を利用する。これらは、従来研究 [4] で利用されているものである。一方、後者の特徴として、対象標識の位置、対象標識の周囲に存在する道路標識（以降、「非対象標識」と呼ぶ）の位置や大きさ、ドライバーの注視点周辺の画像特徴を利用する。これらは提案手法で新たに導入する特徴である。以降、2. で提案手法について詳述する。続く 3. では、提案手法の有効性を評価するための実験について述べ、4. で考察する。最後に 5. でまとめる。

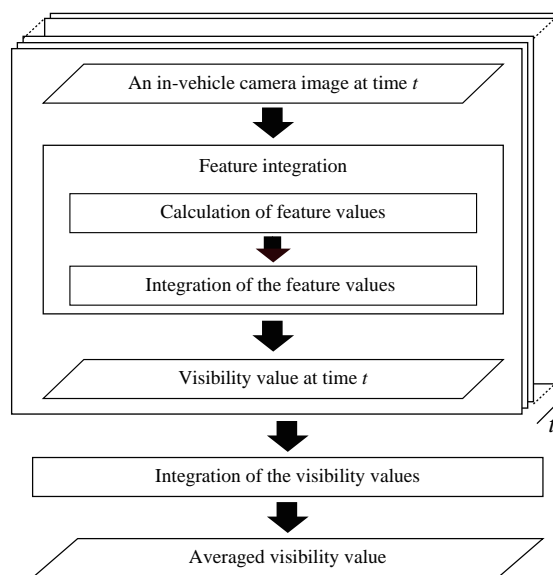


図 2 提案手法における処理の流れ

2. 提案手法

提案手法の処理の流れを図 2 に示す。提案手法では、我々が提案した視認性推定のフレームワーク [5] を用いて対象標識の視認性を推定する。具体的には、各時刻 t において、入力された車載カメラ画像から特徴量を計算し、それらを統合することで時刻 t における視認性評価値を計算する。そして、 T 秒間に入力された車載カメラ画像系列に対する一連の評価値の平均値を計算し、これを対象標識の視認性評価値とする。なお、提案手法では、各入力画像上での道路標識の位置、大きさ、種類は既知であるとする。車載カメラ画像から道路標識を高精度に検出・認識する手法はこれまでも数多く提案されており [6,7]、本研究でもこれらが適用可能であると考えられる。以降、提案手法で利用する特徴量およびそれらの統合モデルについて順に述べる。

2.1 利用する特徴量

提案手法では、大別して以下の 4 種類（計 10 次元）の特徴量を利用する。

- (1) シーン中の道路標識の位置関係： s_1, s_2, s_3
- (2) 注視点周辺の見え： g
- (3) 対象標識とその周辺背景のコントラスト： c_1, c_2, c_3
- (4) 対象標識自体の見えや大きさ： a_1, a_2, a_3

すなわち、 $\mathbf{f} = (s_1, s_2, s_3, g, c_1, c_2, c_3, a_1, a_2, a_3)$ を特徴量として利用する。上述の特徴量のうち、(1) および (2) が本研究で新たに導入する特徴量である。(3) および (4) は従来研究 [4] で利用されていた特徴量である。以下、各特徴量について詳述する。

2.1.1 シーン中の道路標識の位置関係： s_1, s_2, s_3

通常、歩行者や車両は道路面上のみに存在し、信号機はドライバーから見て上方（空中）に存在する。一方、道路標識は様々な位置に設置されている。左側通行である

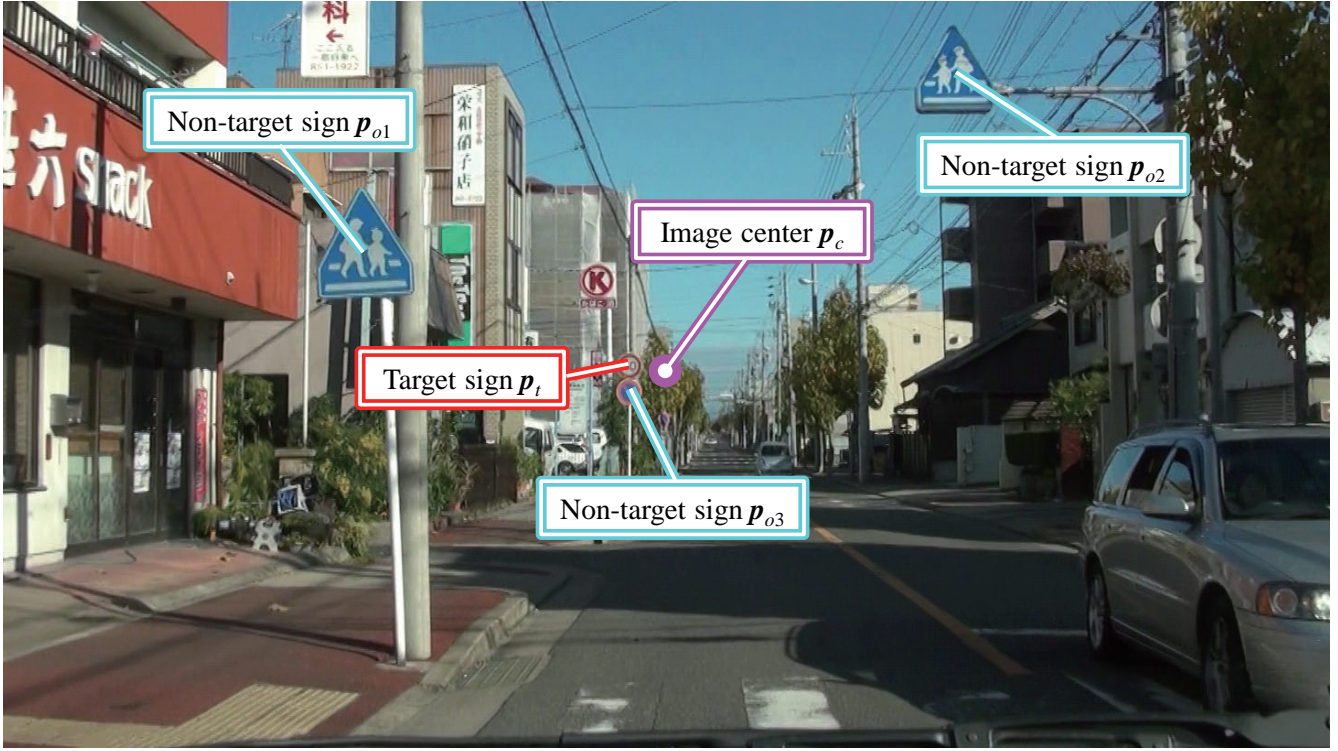


図3 対象標識 p_t と非対象標識 p_{oj} ($j = 1, \dots, 3$) の例 (非対象標識の個数 $N_o = 3$)

我が国では左側の路側帯に設置されることが多いものの、上方、右側の路側帯や中央分離帯に設置されていることも少なくない。また、道路標識が遠方に存在する場合にはドライバーの視界において中心付近に位置するが、道路標識に接近するに連れてドライバーの視界の端に相対的に移動していく。人間の視覚特性として、周辺視野は、中心視野に比べて空間分解能が低く、物体の詳細を正確にとらえることが困難となる。その結果、視野の中心から離れるほど対象物体の視認性は低下すると考えられる。そこで、次式のように、入力画像の中心から対象標識までの距離を特徴量 s_1 として利用する。

$$s_1 = \|\mathbf{p}_t - \mathbf{p}_c\| \quad (1)$$

ここで、図3に示すように、 \mathbf{p}_t 、 \mathbf{p}_c はそれぞれ入力画像上での対象標識の重心、車載カメラ画像の中心を指すベクトルである。

また、道路標識は同じ地点または短い間隔で設置されることがある。その場合、ドライバーの視界には複数の道路標識が存在し、対象標識の視認性に影響を及ぼすと考えられる。例えば、複数の道路標識が並んで設置されている場合は、単独で設置されている場合に比べて対象標識の存在に気づきやすくなると考えられる。逆に、ドライバーの視界中で対象標識と離れた場所に一つ以上の道路標識が存在する場合は、それらに視覚的注意が向くことで対象標識に気づきにくくなると考えられる。そこで、次式のように、入力画像上で対象標識から最近傍の道路標識までの距離を特徴量 s_2 として、対象標識から入力画像上に含まれるその他の道路標識との平均距離を特徴

量 s_3 として利用する。

$$s_2 = \min \|\mathbf{p}_t - \mathbf{p}_{oj}\| \quad (2)$$

$$s_3 = \frac{1}{N_o} \sum_{j=1}^{N_o} \|\mathbf{p}_t - \mathbf{p}_{oj}\| \quad (3)$$

ここで、 \mathbf{p}_{oj} は j 番目の非対象標識の重心を指すベクトルである (図3)。また、 N_o は入力画像に含まれる非対象標識の個数であり、 $N_o = 0$ の場合は s_2 、 s_3 に十分大きな値を設定する。

2.1.2 注視点周辺の見え : g

人間の目には、視対象物の輝度によって瞳孔の開きを調節し目への入射光量を調節する機能が備わっている。そのため、注視点の輝度によって道路標識の見えが変化することが考えられる。そこで、ドライバーの注視点周辺の平均輝度値を特徴量 g として利用する。具体的には、 g を次式で計算する。

$$g = \frac{1}{|G|} \sum_{\mathbf{p} \in G} I(\mathbf{p}) \quad (4)$$

ここで、 G はドライバーの注視点を中心とする幅 w_g 、高さ h_g の矩形領域、 $I(\mathbf{p})$ は座標 \mathbf{p} の輝度値である。

2.1.3 対象標識とその周辺のコントラスト : c_1, c_2, c_3

認知科学の分野では、明るさや色のコントラストは視対象の視認性に大きな影響を及ぼす基本的要素として知られている [8]。また、背景テクスチャが複雑になる車載カメラ画像においては、エッジ強度に基づいて計算される複雑度のコントラストを考慮することが有効であると

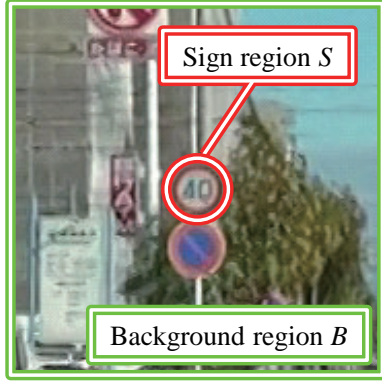


図4 図3における標識周辺領域

報告されている [9]. これらに加えて, 実際の交通シーンでは道路標識の周辺に画像特徴が異なる複数の領域が存在し, 標識領域に近かつ大きい領域ほど道路標識の視認性への寄与は大きくなると考えられる. そこで, まず, 図4に示すように, 入力画像から対象標識を含む領域 (標識領域 S) およびその周辺領域 (背景領域 B) を切り出すことで, 標識周辺画像を得る. その後, 従来手法 [4] と同様に, S - B 間の明度, 色度, 複雑度のコントラストを計算し, それらを特徴量 c_1, c_2, c_3 として利用する.

2.1.4 対象標識自体の見えや大きさ: a_1, a_2, a_3

道路標識の見えは視認性に大きく影響し [10], 特に道路標識の明るさ, 色を考慮することは有効であると考えられる [2,3]. 一方, 道路標識には様々な色や形状の種類が存在し, ドライバはそれぞれの見えをテンプレートとして予め学習し記憶している. そのため, テンプレートの見えに類似する道路標識ほど, 視認性が高いと考えられる. そこで, 道路標識の種類 k 毎に見えの劣化を含まない理想的な標識画像 S_k を用意しておく. そして, 従来手法 [4] と同様に, 明度, 色度の S - S_k 間の類似度を計算し, それらを特徴量 a_1, a_2 として利用する.

また, 対象物体までの距離が近いほど対象物体は大きく見え, 視認性も高くなる. そこで, 入力画像上での標識領域 s の面積を特徴量 a_3 として利用する.

2.2 特徴量の統合モデル

前節で述べた4種類 (計10次元) の特徴量 \mathbf{f} を元に, 時刻 t における視認性評価値 $\hat{v}^{(t)}$ を次式で計算する [5].

$$\hat{v}^{(t)} = \mathbf{w}^T \boldsymbol{\phi}(\mathbf{f}^{(t)}) = \sum_{z=1}^Z w_z \phi_z(\mathbf{f}^{(t)}) \quad (5)$$

ここで, $\mathbf{w} = (w_1, \dots, w_Z)^T$ は2次の多項式基底関数を要素にもつベクトル $\boldsymbol{\phi}(\mathbf{f}^{(t)}) = (\phi_1(\mathbf{f}^{(t)}), \dots, \phi_Z(\mathbf{f}^{(t)}))^T$ の重みである.

各時刻において $\hat{v}^{(t)}$ を計算した後, それらを次式で統合することで, 対象標識の視認性評価値 \hat{V} を計算する.

表1 本実験で対象とする道路標識の例

種類	含まれる道路標識
警戒標識	
規制標識	
指示標識	

$$\begin{aligned} \hat{V} &= \frac{1}{T_p} \sum_{t=0}^{T_p-1} \hat{v}^{(\tau-t)} \\ &= \sum_{z=1}^Z w_z \left[\frac{1}{T_p} \sum_{t=0}^{T_p-1} \phi_z(\mathbf{f}^{(\tau-t)}) \right] \\ &= \mathbf{w}^T \boldsymbol{\Phi} \end{aligned} \quad (6)$$

ここで, τ は現在時刻, T_p は入力画像の総数であり, $\boldsymbol{\Phi}$ は次式で定義される.

$$\boldsymbol{\Phi} = \frac{1}{T_p} \left(\sum_{t=0}^{T_p-1} \phi_1(\mathbf{f}^{(\tau-t)}), \dots, \sum_{t=0}^{T_p-1} \phi_Z(\mathbf{f}^{(\tau-t)}) \right)^T \quad (7)$$

なお, 重み \mathbf{w} (式(5)および式(6)) は, 学習データを用いた回帰により決定する. 提案手法では, \hat{V} の値が高いほど対象標識の視認性が高く, \hat{V} の値が低いほど対象標識の視認性が低いと判定する.

3. 実験

新たな特徴量を導入した提案手法の有効性を確認するための評価実験について述べる. 比較評価のため, 利用する特徴量が異なる以下の二つの手法による視認性推定精度を調べた.

- 提案手法: $\mathbf{f} = (s_1, s_2, s_3, g, c_1, c_2, c_3, a_1, a_2, a_3)$
- 従来手法: $\mathbf{f}' = (c_1, c_2, c_3, a_1, a_2, a_3)$

ここで, 従来手法における特徴量は文献 [4] で提案されたものである. 両手法の視認性推定精度を比較することで, 提案手法で新たに導入した特徴量 (シーン中の道路標識の位置関係 s_1, s_2, s_3 , 注視点周辺の見え g) の有効性を評価した. なお, 本実験では, 道路交通において特に重要と考えられる表1に示す道路標識を視認性推定の対象とした. 以降, 実験準備, 評価方法, 実験結果について順に述べる.

3.1 実験準備

評価に際して, まず, 様々な照明条件下で名古屋市街を撮影した車載カメラ映像 (1,920 × 1,080 ピクセル, 30 fps) から計238区間を抽出し, これらを実験用映像とし

表 2 実験用映像に含まれる道路標識の個数

道路標識の個数	映像数
0	37
1	113
2	53
3	27
4	6
5	2
合計	238

た. 各実験用映像の長さは6フレーム(約200ミリ秒)であり, そこに含まれる道路標識の総数は334個であった. なお, 道路標識の個数別の映像本数は表2のようになっており, 実験用映像に含まれる道路標識の個数は最大で5個であった. また, 道路標識の大きさは, 最小で18×18ピクセル, 最大で200×214ピクセルであった.

次に, 液晶ディスプレイ(三菱電機製 Diamondcrystal RDT27IWLTM)を用いて, 22名の被験者(20代~50代の男女)に各実験用映像をランダムな順で提示した. このとき, 以下の(a)~(e)の順に各映像を提示した(図5に例示).

(a) ×印を画面中央に1,500ms間表示し, ここに被験者の視線を向けさせる

(b) 実験用映像を約200ms間提示し, 被験者に道路標識を探させる

(c) 画面全体にノイズ画像を500ms間表示する

(d) 画面を暗転させ, 道路標識の重心位置をマウスで入力させる

(e) 20%の確率で, 道路標識の正解位置と被験者の入力位置を3,000ms間提示する

ここで, ノイズの提示は映像の提示後の記憶に基づく脳の処理を抑制するためである. 正解の提示は, 被験者の正確な位置入力を促進するためである. 提示頻度を20%としたのは, 被験者の集中の妨げとなるのを防ぐためである. なお, 被験者には, 実験用映像とは別の車載カメラ映像区間を用いた練習をしてもらい, 実験手続きに慣れてもらった. また, 映像提示用のディスプレイは, 被験者の顔から水平面角が60°になる距離(約52cm)に設置した.

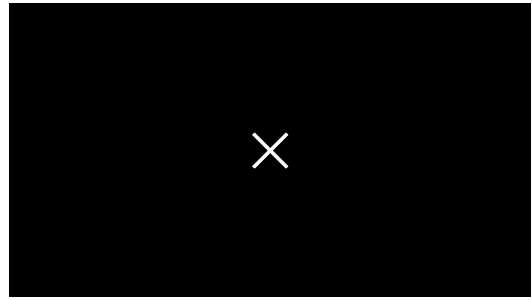
全被験者に対して瞬間提示を行った後, それらの結果を元に次式で $V(s)$ を計算した.

$$V(s) = P(\text{入力位置が道路標識 } s \text{ の正解領域内に存在}) \quad (8)$$

このとき, 道路標識 s の幅 w_s と高さ h_s から計算される楕円領域を s の正解領域とした. 具体的には, 被験者の入力位置を (x, y) として, 次式が成り立てば正解とした.

$$\frac{x^2}{w_s^2} + \frac{y^2}{h_s^2} \leq 1.5^2 \quad (9)$$

最終的に, 道路標識を1つ以上含む実験用映像(計201本)に含まれる計334個の道路標識に対して $V(s)$ を計



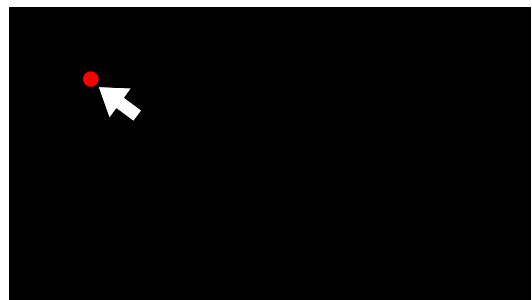
(a) 視線を画面中央に固定 (1,500ms)



(b) 車載カメラ映像を提示 (約 200ms)



(c) ノイズを提示 (500ms)



(d) 道路標識の重心位置を入力 (時間無制限)



(e) 正解を提示 (3,000ms)

図 5 実験用映像の提示の順序

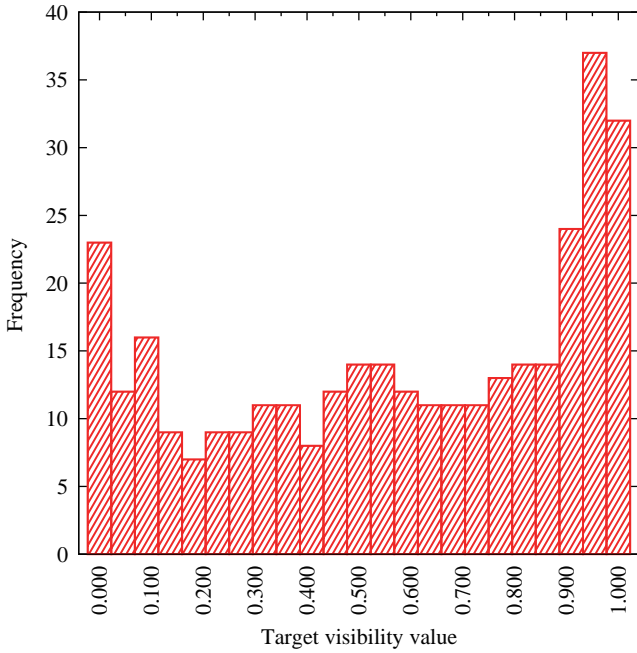


図 6 目標値に対する道路標識の個数分布

算し、それらを視認性評価値の目標値として利用した。目標値に対する道路標識の個数分布を図 6 に示す。

3.2 評価方法

従来手法および提案手法におけるパラメータは以下のように設定した。まず、視認性評価値の計算には実験用映像における全フレームを利用した。すなわち、 $T_p = 6$ とした(式(6))。また、注視点周辺の見え g の計算に使用する矩形領域 G の大きさについては、 $w_g = 101$ ピクセル、 $h_g = 101$ ピクセルとした(式(4))。なお、本実験では G の中心を固視点の位置である画像中心とした。

従来手法および提案手法の評価には 5 分割交差検定を用いた。具体的には、まず、視認性評価値の目標値を設定した計 334 個の道路標識をランダムに 5 セットに分割した。その後、4 セットに対する回帰により w を決定し、残りの 1 セットに対して視認性評価値を推定する操作を、5 セット分繰り返した。最終的に、目標値 $[0,1]$ に対する視認性推定値の絶対値誤差の平均 (MAE) と標準偏差 (SD) により、各手法の視認性推定精度を評価した。ここで、MAE は $[0,1]$ の範囲で、値が低いほど視認性推定の精度が高いことを意味する。

3.3 実験結果

実験結果を表 3 に示す。また、実験用映像に対する被験者らの位置入力の結果および設定された目標値の例を図 7 に示す。従来手法 [4] では MAE=0.237、提案手法では MAE=0.184 であった。また、従来手法と提案手法の間の MAE の差に関して t 検定を行った結果、有意水準 1% で有意差が確認された。このことから、シーン中の道路標識の位置関係 s_1, s_2, s_3 、注視点周辺の見え g を特徴量として新たに導入した提案手法の有効性を確認した。

表 3 従来手法 [4] および提案手法による視認性推定精度の比較

手法	MAE	SD
従来手法 [4]	0.237	0.178
提案手法	0.184	0.163



(a) (左から右に) 0.909 / 0.918, 0.500 / 0.320, 0.000 / 0.011



(b) 0.909 / 0.811

図 7 被験者らによる道路標識位置の入力結果と目標値/推定値の例

4. 考察

本節では、提案手法で新たに導入した特徴量の有効性、対象標識に視線が向いていない状況下での提案手法の有効性、提案手法における改良の余地に関して考察する。

4.1 新たに導入した特徴量の有効性

従来手法では、 $f' = (c_1, c_2, c_3, a_1, a_2, a_3)$ を視認性推定のための特徴量として利用した。提案手法では、 $f = (s_1, s_2, s_3, g, c_1, c_2, c_3, a_1, a_2, a_3)$ を視認性推定のための特徴量として利用した。利用する特徴量の差は、(1) シーン中の道路標識の位置関係を表現する特徴量 s_1, s_2, s_3 、および、(2) 注視点周辺の見えを表現する特徴量 g を利用するかどうかである。また、(1) において、 s_1 は対象標識の位置に関する特徴量であり、 s_2, s_3 は非対象標識 (対象標識以外の道路標識) の位置に関する特徴量である。そこで、提案手法から s_1, s_2 と s_3, g をそれぞれ除いた場合を比較手法として、提案手法と比較手法 (3 種類) による視認性推定精度を調査した。その結果、表 4 のような結果となり、提案手法により最も高い推定

表 4 提案手法で新たに導入した特徴量の有効性

手法	利用する特徴量			MAE	SD
	s_1	s_2, s_3	g		
比較 1		o	o	0.211	0.175
比較 2	o		o	0.201	0.161
比較 3	o	o		0.200	0.171
提案	o	o	o	0.184	0.163

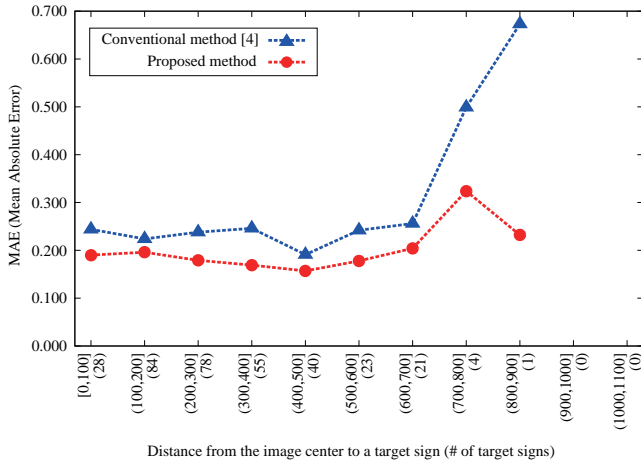


図 8 対象標識の位置（画像中央からの距離）毎の視認性推定誤差

精度が得られた。また、提案手法の次に高精度であったのは比較手法 3（注視点周辺の見えを表現する特徴量 g を除いた場合）であった。比較手法 3 と提案手法の間の MAE の差に関して t 検定を行った結果、有意水準 1% で有意差が確認された。このことから、提案手法で新たに導入した特徴量は、いずれも視認性推定に有意に有効であると考えられる。

4.2 対象標識に視線が向いていない状況下での有効性

本実験では、各実験用映像を提示する直前（図 5(a)）の被験者の視線を画像中央に固定させた。そのため、対象標識が画像中央付近に存在する場合には、対象標識に視線が向いている可能性が高い。逆に、対象標識が画像の端に存在する場合には、対象標識に視線が向いていない可能性が高い。これに関して、実験用映像中の初期フレームにおける対象標識の位置（画像中央からの距離）と MAE の関係を調べると、図 8 のような結果が得られた。これを見ると、対象標識の位置によらず、従来手法 [4] よりも提案手法の方が MAE が低くなっていることが確認できる。このことから、提案手法では、対象標識周辺における視線の有無によらず従来手法 [4] よりも高精度な視認性推定が可能であると考えられる。

4.3 提案手法における改良の余地

提案手法では、(1) シーン中の道路標識の位置関係、(2) 注視点周辺の見え、(3) 対象標識とその周辺のコン

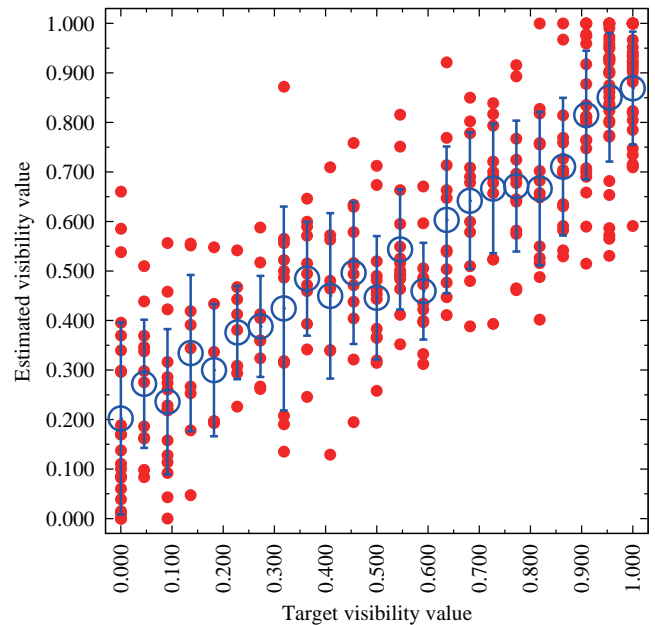


図 9 代替推定法を適用した際の提案手法による回帰結果（○は各目標値に対する平均推定値、エラーバーは平均推定値から土標準偏差の範囲を表す）

トラスト、(4) 対象標識自体の見えや大きさという 4 種類の特徴量を視認性推定に利用した。そして、これらの特徴量を式 (5) により統合した。この手法による回帰性能を調べるために代替推定法を適用した。その結果、MAE=0.144, SD=0.118 となった。また、このときの目標値と推定値の関係を調べると図 9 のようになった。このグラフにおいて、常に推定値=目標値 (MAE が 0) となることが理想的である。これを見ると、目標値と推定値の間には正の相関があるものの、各目標値における推定値のばらつきが大きいことが確認できる。そのため、更に高精度な視認性推定を実現するためには、利用する特徴量またはそれらの統合モデルの改良が必要であるとされる。

提案手法に更に導入すべき特徴量を検討するため、実験用映像に対する被験者らの入力位置の分布を調査した。その結果、視覚的に目立つ物体もしくは道路標識に類似する見えの物体付近に誤入力が多く存在する傾向がみられた。例えば、図 10 に示すように、本実験では対象としなかった消火栓標識、飲食店やバス停の看板等の付近に入力が集中していた。このような物体の存在は、対象標識の視認性を低下させる要因となる。実際に、図 10(c) に対する被験者毎の入力位置を見ると、対象標識よりもバス停の看板の周辺に入力が集中している。認知科学における視覚探索の分野では、対象物体の探索の妨げとなる要因を妨害刺激と呼ぶ [11]。妨害刺激の数が多いほど、また妨害刺激が対象物体と類似する見えであるほど、対象物体の視認性を低下させる要因になることが知られている。そのため、妨害刺激による視認性低下の度合いを表現する特徴を導入することで、視認性推定精度を更に



(a) 消火栓標識



(b) 飲食店の看板



(c) バス停の看板

図 10 被験者の誤入力が多かった物体の例 (●中の数字は入力した被験者の番号を表す)

向上させることができると考えられる。

5. まとめ

本稿では、不快感のない自動車の運転支援システムの実現を目的とし、車載カメラ映像から道路標識の視認性を推定する手法を提案した。提案手法では、ドライバの視線が道路標識周辺に向いている状況を仮定せず、道路標識周辺の局所の特徴およびシーン全体の大局的特徴を統合利用することで道路標識の視認性を推定する。道路標識周辺の局所の特徴として、対象標識の見えおよび大きさ、対象標識とその周辺背景のコントラストに基づく画像特徴を利用する。一方、シーン全体の大局的特徴として、対象標識の位置、対象標識の周囲に存在する他の道路標識の位置や大きさ、ドライバの注視点周辺の画像

特徴を利用する。評価実験の結果、道路標識周辺の局所的特徴のみを利用する従来手法と比べて、シーン全体の大局的特徴を新たに導入した提案手法の方が有意に高い視認性推定精度が得られた。これにより、提案手法の有効性を確認した。今後は、更に高精度な視認性推定を実現するため、妨害刺激の影響を考慮した視認性推定手法を検討していく。

謝辞 本研究の一部は、日本学術振興会特別研究員奨励費、戦略的創造研究推進事業 CREST、柏森情報科学振興財団の助成、科学研究費補助金による。また、本研究では画像処理に MIST ライブラリ^(注1)を使用した。

文 献

- [1] M. Pettitt, G. Burnett, and A. Stevens, "Defining driver distraction," Proc. 12th World Cong. on Intelligent Transportation Systems, pp.1-12, November 2005.
- [2] P. Siegmann, S. Lafuente-Arroyo, S. Maldonado-Bascón, P. Gil-Jiménez, and H. Gómez-Moreno, "Automatic evaluation of traffic sign visibility using SVM recognition methods," Proc. 5th WSEAS Int. Conf. on Signal Processing, Computational Geometry & Artificial Vision, pp.170-175, September 2005.
- [3] L. Simon, J.P. Tarel, and R. Brémond, "Alerting the drivers about road signs with poor visual saliency," Proc. 2009 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp.48-53, June 2009.
- [4] 道満恵介, 出口大輔, 高橋友和, 目加田慶人, 井手一郎, 村瀬洋, 玉津幸政, "コントラスト特徴とアピアランス特徴の統合による道路標識の視認性推定," 電子情報通信学会論文誌 (D), vol.J95-D, no.1, pp.122-130, January 2012.
- [5] K. Doman, D. Deguchi, T. Takahashi, Y. Mekada, I. Ide, H. Murase, and Y. Tamatsu, "Estimation of traffic sign visibility considering temporal environmental changes for smart driver assistance," Proc. 2011 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp.667-672, June 2011.
- [6] K. Doman, D. Deguchi, T. Takahashi, Y. Mekada, I. Ide, and H. Murase, "Construction of cascaded traffic sign detector using generative learning," Proc. 4th Int. Conf. on Innovative Computing, Information and Control, ICICIC-2009-1362, December 2009.
- [7] H. Ishida, T. Takahashi, I. Ide, Y. Mekada, and H. Murase, "Generation of training data by degradation models for traffic sign symbol recognition," IE-ICE Trans. on Information and Systems, vol.E90-D, no.8, pp.1134-1141, August 2007.
- [8] 日本色彩学会 (編), 新編 色彩科学ハンドブック (第2版), 東京大学出版会, 1998.
- [9] 木村文香, 目加田慶人, 高橋友和, 井手一郎, 村瀬洋, 玉津幸政, "運転者支援のための交通信号機視認性数値化手法," 電気学会論文誌, vol.130-C, no.6, pp.1034-1041, June 2010.
- [10] Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), "The conspicuity of traffic signs in complex backgrounds," CIE Tech. Rep. 137, 2000.
- [11] J.M. Wolfe, "Guided Search 4.0: Current progress with a model of visual search," in Integrated Models of Cognitive Systems, ed. W.D. Gray, pp.99-119, Oxford University Press, 2007.

(注1) : <http://mist.murase.m.is.nagoya-u.ac.jp/>