

大局的特徴として顕著性を利用した歩行者の視認性推定

若山 雅史[†] 道満 恵介[†] 出口 大輔[†] 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

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

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

あらまし 本稿では、運転時に見落とししやすい情報のみをドライバに提示するシステムに注目し、ドライバから見た歩行者の視認性を推定する手法を提案する。近年、事故防止を目的とした多種多様な安全運転支援システムが開発されており、ドライバへ様々な情報を提示することが可能になってきている。しかしながら、ドライバへの過度の情報提示はドライバの注意力低下を招くおそれがあり、情報の適切な取捨選択技術が必要とされている。この問題の解決法の1つとして、ドライバが認識し難いと予想される情報のみを提示する方法が考えられる。物体の認識しやすさはその物体の見え、すなわち視認性と密接に関係している。そこで本研究では、ドライバの見落としによる事故が多いとされる歩行者を対象とし、検出した歩行者情報の取捨選択の基準として視認性を利用することを考える。本稿では、視覚探索のモデルを参考に性質の異なる2つの特徴量を統合することで視認性を定量化する手法を提案する。具体的には、従来より利用されている対象物体周辺の局所的特徴に加え、画像全体の顕著性マップに基づく大局的特徴を利用する。対比較に基づく被験者実験により、提案手法の有効性を確認した。

キーワード 視認性推定, 歩行者, 車載カメラ, 画像特徴, 顕著性マップ, ITS

1. はじめに

近年、ABSの搭載や車体の設計技術の向上などにより、自動車の安全性能は飛躍的に向上した。また、運転中に安全面での支援を行うシステムも実用化されてきている。例えば、歩行者の検出システム [1]、車線維持 [2] や車間維持 [3] などがある。こうした自動車に関する安全技術の進歩により、交通事故の発生件数は近年減少傾向にある。しかし、依然として交通事故による死者数は年間約5千人に上る。そのうちの約3割が歩行者であり、事故原因の多くは前方不注意や安全確認を怠ったことによるドライバの認知遅れ、認知ミスである。よって、歩行者の存在を自動で検出し、それに関する情報を提示するシステムは、安全運転支援に有効である。しかし、これまでの歩行者の検出技術に関する研究では、どのようにドライバへ情報提示を行うかが検討されていなかった [4,5]。運転操作は常に適切な外界の認知と判断を必要とするため、過度の情報提示はドライバの苛立ちや注意力低下を招くおそれがある [6]。そのため、検出した情報をドライバや周囲の状況に応じて取捨選択する技術が必要であり、ドライバが認識し難い情報のみ提示されることが好ましい。

Fletcherらは視線計測システムを利用し、視線の動きからドライバが知覚していないと思われる情報を提示する手法を提案している [7]。しかし、ドライバの視線が向いている対象と、実際に知覚している対象は必ずしも一致しない。つまり、“注視していても知覚していない状

態 [8]”と、“知覚していても注視しない状態”が起こり得るため、ドライバの視線情報のみによる提示の有無の判断では不十分である。また、ドライバの脇見や心理状態を推定 [9,10] し、情報の取捨選択基準とする方法も考えられる。しかし、通常の状態でも歩行者の知覚しやすさはその周囲環境により異なるため、この手法単体では不十分である。

一方、“ドライバから見た対象の知覚しやすさ”を測る指標として視認性を利用した手法が考えられる。例えば歩行者の視認性に関して、車載カメラから撮影した異なるシーンの歩行者を図1に示す。それぞれの画像には歩行者が1人ずつ撮影されているが、明るさや周囲の状況によってその視認性は大きく異なる。ドライバが見落としやすい、つまり視認性が低いと考えられる歩行者のみを警告すれば、見落としによる事故の危険を低下させると共に、ドライバの情報過多の防止が実現できる。

JISの定義によれば、視認性とは「対象物の存在、または形状の見えやすさの程度」であり、一般に対象物体と背景の輝度差を用いて定義される評価値により評価される [11]。このような評価方法は、対象物体の位置が既知である場合に、照明条件に伴う物体の見えの変化の評価に有効であり、前提として人は対象物体を注視している。上記の評価方法と同様のコンセプトで対象物体とその周辺背景の特徴量によって視認性を定義する従来研究 [12-14] がある。しかし、実際にはドライバは「歩行者を探索しながら認知処理をしている」ため、歩行者の視認性推定は本質的に視覚探索 [15] の性格を持つ問題で



(a) 歩行者の視認性：高



(b) 歩行者の視認性：低

図 1 異なるシーンにおける歩行者の視認性の違い

あるといえる。視覚探索のプロセスは、「視野全体から物体を並列的かつ素早く抽出する処理」と、それらの「詳細な認識処理」の相互作用により成り立つと考えられている [16]。そこで本研究では、前者に対応する“大局的特徴”と、後者に対応する“局所的特徴”の2つを用いて歩行者の視認性を推定することを考える。具体的には、対象物体周辺の画像特徴から局所的特徴を計算し、画像全体から計算される顕著性マップに基づいて大局的特徴を計算する。最終的にそれらの線形和を歩行者の視認性評価値とする。

以降、2節では関連研究について述べ、3節では視覚探索のプロセスを考慮した歩行者の視認性推定手法を提案する。続く4節では、視認性評価値の妥当性を評価するための被験者実験について述べる。最後に、5節でまとめと今後の課題について述べる。

2. 関連研究

ここではまず、提案手法の考え方の基本となる視覚探索の性質やそのモデルについて確認する。次に、「視野全体から物体を並列的かつ素早く抽出する処理」に深く関

係する顕著性マップについて述べる。これは提案手法において大局的特徴を計算するために利用する。最後に、従来の視認性推定手法について述べる。従来手法はその性質から「詳細な認識処理」に関する特徴を視認性評価値として利用していると考えられる。提案手法ではこれらの手法をベースとして局所的特徴を計算する。

2.1 視覚探索の性質とそのモデル

視覚探索 (visual search) とは、特定の物体 (目標刺激, ターゲット) をそれ以外の物体 (妨害刺激, ディストラクタ) の中から見つけ出すタスクである。例えば目的のカルタを探す、人ごみの中から友人を探すといったタスクがこれに該当する。視覚探索の効率は妨害刺激の数や性質に依存し、探索が効率的になるのは目標刺激が妨害刺激に対して大きく異なる特徴を持つ場合や、妨害刺激の数が少ない場合である。上記の性質は文献 [17] に詳しく解説されている。Wolfe は同文献において、前述の性質等を元に“誘導探索モデル”という視覚探索のモデルを提案している。このモデルにおける視覚的注意のプロセスは以下の2つのステージから構成される。

1. 視野に入力された映像から、“ガイダンス”の作用により注意の前段階として物体が複数選択される。
2. 1. で選択された物体に関する情報が蓄積され、目標刺激か否かが認識される。この「認識した状態」を、「注意が向いた状態」と捉える。

ここでガイダンスとは、視野内に含まれる物体に注意を誘導する情報である。これは「輝度値が他と比べて大きく異なっている」、「目標刺激は赤い」のような情報である。これらのガイダンスの影響が強い物体が後段の処理の対象となる。このように、誘導探索モデルでは1. が「視野全体から物体を並列的かつ素早く抽出する処理」に該当し、2. が「詳細な認識処理」に該当する。

2.2 顕著性マップ

誘導探索モデルでは、物体がもつ視覚的注意の向きやすさをガイダンスに基づいて得られる活性化マップで表現している。一般に「視覚的注意の向きやすさ」は顕著性 (saliency) と呼ばれる。

Itti らは、パルスニューロンモデルを用いて、画像の各部分の視覚的注意の向きやすさを顕著性マップ (saliency map) として表現した [18]。Itti らの顕著性マップは、入力画像全体から輝度・色・エッジなどの基本的な画像特徴を抽出し、それらの空間的コントラストを顕著度として計算する bottom-up な手法である。顕著度が高くなるのは、周囲に対して大きく異なる特徴を持つ領域であるため、顕著度が高い領域は視覚探索の効率が良い (誘目性が高い) 領域を表現しているといえる。他にも動画像を対象とした手法や [19]、目標刺激の位置に関する事前知識を top-down 情報として利用した手法 [20] が提案さ



(a) 局所の特徴: (b) 大局の特徴: 画像全体 (視野と等しいと仮定) 歩行者周辺

図 2 各特徴に対応する入力画像

れており、視線の動きのシミュレーションや領域分割への応用においてその有効性が確認されている。

2.3 車載カメラ画像からの視認性推定手法

車載カメラ画像から物体の視認性を推定する手法として以下の3つを挙げる。実画像を対象とした、交通信号機の視認性を推定する木村らの手法 [13]、道路標識の視認性を推定する道満らの手法 [14]、最後に実画像のシルエットを利用して実験室環境で歩行者の視認性を推定する Paulmier らの手法 [12] である。木村らは、Paulmier らの視認性推定手法を参照し、エッジ強度に基づく複雑度を視認性評価値に利用している。これは、Paulmier らの被験者実験において、背景と歩行者シルエットの輝度条件を一定に保った場合、背景の複雑度が増すほど視認性が低下したという結果を考慮している。また道満らは、視認性評価値を様々な画像特徴の重みつき和として定義し、それらの最適な重みについて検討しており、被験者実験により有効性を示している。

これらはいずれも対象物体とその周辺背景の画像特徴に基づく視認性推定手法であり、「詳細な認識処理」に対応する局所の特徴のみを考慮している。しかし、ドライバが視覚探索を行っている状態における歩行者の視認性を考える場合、「視野全体から物体を並列的かつ素早く抽出する処理」に対応する大局の特徴を考慮しなければならない。これは、図 2(b) のように、入力としてドライバの視野に対応する画像全体を与え、視野内の歩行者以外の物体の影響を考慮することを意味する。また、この視認性の評価値は、背景の様子によって異なる値を示す必要がある。例えば、図 3 の 2 枚の画像では、明らかに図 3(a) の方が単純なシーンであるため、歩行者への注意を妨害する刺激が少なく、視認性は図 3(b) より高いと考えられる。一方で、局所の特徴のみを視認性評価値として用いた場合、2 人の歩行者の視認性はほぼ等しいため、局所の特徴と大局の特徴の両方が必要である。

3. 提案手法：歩行者の視認性推定手法

本稿では車載カメラ画像を用いた歩行者の視認性推定手法を提案する。本手法では、まず局所の特徴と大局の特徴を定義し、それぞれの特徴量を独立に定量化する。局所の特徴量として、歩行者と背景の画像特徴の差を利



(a) 単純な運転シーン：妨害刺激が少なく視認性が高い



(b) 複雑な運転シーン：妨害刺激が多く視認性が低い

図 3 大局の特徴に求められる要件：シーンの違いにより評価値が異なる必要がある。両歩行者の局所の特徴量はほぼ等しい

用する。また大局の特徴量として、画像から顕著度を元に荒く抽出した物体を妨害刺激と仮定し、目標刺激 (歩行者) の顕著度の差の総和を利用する。最後に、これら 2 つの値を統合して、最終的な歩行者の視認性評価値を計算する。以降、各特徴量の計算、および統合の手法について順に述べる。

3.1 局所の特徴量の計算

単位面積当たりに含まれるエッジの量は複雑度を表現する特徴量の一つであり、画像の複雑度は対象物の視認性に関する [12,13]。複雑度の差が大きいほどターゲットは見つけやすいと考えられる。

そこで、図 4 に示す領域に対し Sobel フィルタを適用し、歩行者領域 P の平均エッジ強度 E_p と背景領域 B の平均エッジ強度 E_b を計算する。なお、歩行者領域は検出と同時に輪郭を抽出する手法 [21] などにより抽出できる (本稿では手動で行う)。その後、次式により複雑度の差に基づく局所の特徴量 V_l を計算する。

$$V_l = |E_p - E_b| \quad (1)$$

3.2 大局の特徴量の計算

歩行者領域 P と、妨害刺激集合 \mathbb{D} から大局の特徴量を計算する。視覚探索の性質から、その効率がよくなる

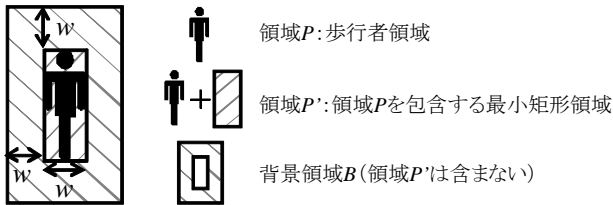


図4 局所特徴量の計算で使用する歩行者と背景領域の定義

のは妨害刺激の数 (\mathbb{D} の数に等しい) が少ないとき、周囲との特徴の相違度 (顕著度) が大きいときである。そこで、 P と \mathbb{D} の顕著度の差の総和を用いて次式により計算する。

$$V_g = - \sum_{D_i \in \mathbb{D}} (A(D_i) - A(P)) \quad (2)$$

ただし、

$$A(X) = w(X) \sum_{x \in X} S(x) \quad (3)$$

であり、 $S(x)$ は領域 X 中の各画素 x の顕著度の値である。また、 $w(X)$ は領域の面積による見えの変化を考慮する係数であり、次式で表される。

$$w(X) = \frac{\log |X|}{|X|} \quad (4)$$

$|X|$ は領域 X の画素数である。

次に \mathbb{D} の抽出について述べる。顕著度が高い領域ほど注意の前段階として選択される可能性が高く、妨害刺激として探索に作用すると考えられるため、以下で述べるように顕著性マップから近似的に抽出する。一連の流れを図5に示す。

1. 入力画像から顕著性マップを作成し、入力画像と同じ解像度に拡大する。
2. 顕著性マップを均等量子化し、量子化した顕著度が極大値をとる隣接領域のみを残す。ただし、隣接領域の画素数がある一定数 (ここでは200画素) 以下であった場合は、周囲のより小さな (量子化後の) 顕著度を持つ隣接領域に統合する。
3. 残った各領域中の平均顕著度が歩行者領域の平均顕著度より高い領域を \mathbb{D} とする。これは歩行者より平均顕著度が低い領域は歩行者よりも先に認識されないことを仮定している。

3.3 特徴量の統合

- 3.1 および3.2で計算された特徴量を次式で統合する。

$$\text{Visibility} = (1 - \alpha)V_l + \alpha V_g \quad (5)$$

α は統合する特徴量の比を表すパラメータ ($0 \leq \alpha \leq 1$) である。本手法では Visibility の高低により、視認性の高低を評価する。

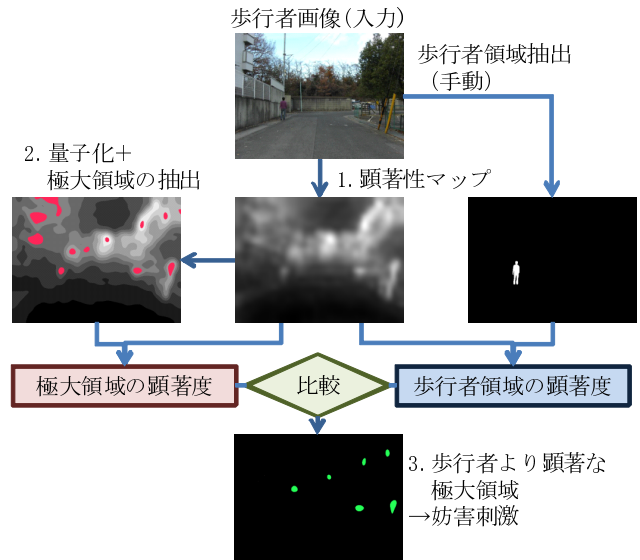


図5 顕著性マップを利用した妨害刺激の抽出

4. 評価実験

前節で述べた視認性評価値の有効性を確認するために被験者実験を行った。以降でその手順と結果について述べる。

4.1 実験準備

背景の複雑さ、歩行者の見えなどにより視認性は変化するため、背景5種、服の色4種、カメラからの距離3種をそれぞれ変化させた合計60枚の車載カメラ画像を用意した。これらを次に説明する被験者実験で利用した。なお、撮影した画像全てにおいて、写っている歩行者は1人だけであり、全て同一人物である。

4.2 実験手順

まず、収集した60枚の画像を、主観的に歩行者が見つけやすいものと見つけにくいものに分類する。それらの中から10枚ずつ、前述の視認性の変化要因に偏りがないように選択し、両者を並べて $10 \times 10 = 100$ 対の画像対を用意する。これをランダムに並べ替えたものを被験者に提示し、「歩行者が見つけやすいのはどちらか」を「左」、「右」、「わからない」のいずれかで回答を得る。10名の被験者に対して実験を行い、合計1000回の回答を得た。なお上記手続きは、すべての被験者で図6のような同一のディスプレイ、およびインターフェースを利用した。

評価に際しては、式(5)で計算される視認性評価値 Visibility の大小関係と、被験者からの回答の多数決による大小関係が一致する画像対を一致画像対、そうでないものは不一致画像対と定義し、次式で計算される一致率を利用した。

$$\text{一致率} = \frac{\text{一致画像対の数}}{\text{全画像対の数}} \times 100[\%] \quad (6)$$

なお、「わからない」という回答は計数しなかった。

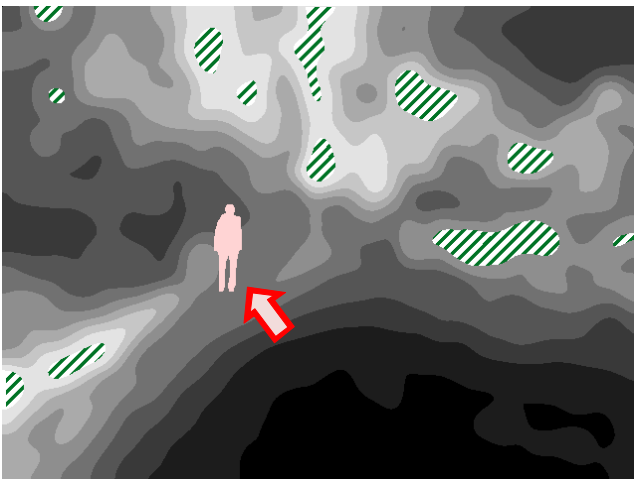


(a) 被験者による視認性評価：高

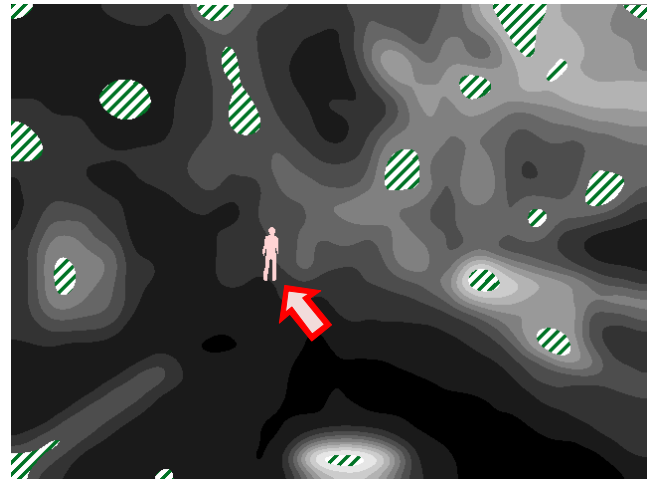


(b) 被験者による視認性評価：低

図 8 特徴量の統合により不一致画像対から一致画像対となった例：局所的特徴量のみを考慮 ($\alpha = 0$ に設定) した際の評価値は (a) < (b) であったが、大局的特徴量と統合 ($\alpha = 0.2$ に設定) した際の評価値は (a) > (b) となった。



(a) 図 8(a) から抽出された妨害刺激



(b) 図 8(b) から抽出された妨害刺激

図 9 図 8 の各歩行者画像から顕著性マップを用いて抽出された妨害刺激（斜線部）：(b) は歩行者領域（矢印の先）の顕著度が低いため、比較的顕著度が低い極大領域も妨害刺激として抽出されている。結果として (b) の大局的特徴量は小さくなる。

4.3 実験結果

統合のパラメータ α を 0 から 1 の範囲で変化させ、一致率を評価した。一致率の変化のグラフを図 7 に示す。図から、一致率は $0 < \alpha < 1$ の範囲で 1 つの極大値をとるように変化することがわかる。式 (5) から、提案手法の視認性評価値は α を 0 に設定すると局所的特徴量に等しく、 α を 1 に設定すると大局的特徴量に等しい。 $\alpha = 0.2$ のとき、一致率が最も高い 97% を示した。これは、局所的特徴量のみを考慮 (α を 0 に設定) した 88% より 9% 高い。使用した画像対の数は 100 であるため、局所的特徴量のみを考慮した際の不一致画像対のうち、少なくとも 9 画像対で視認性評価値の大小関係が逆転したことになる。実際には、11 画像対で視認性評価値の大

小関係が逆転し、そのうちの 10 画像対が不一致から一致となった（残りの 1 画像対は一致から不一致となった）。

5. 考察

ここではまず、局所的特徴と大局的特徴の統合の効果について考察する。次に、局所的特徴のみを用いた場合と本稿で提案した統合に基づく視認性推定手法を、実際に画像対を提示して比較する。最後に、提案手法の問題点について整理する。

本実験において被験者の回答との一致率は $\alpha = 0.2$ において最高の 97% となった。これは、局所的特徴量または大局的特徴量のどちらか一方のみで視認性を評価するよりも、両者を統合して視認性を評価した方が一致率が

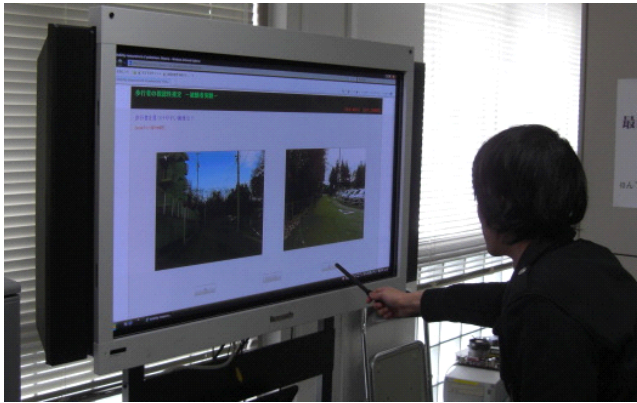


図 6 被験者実験の様子

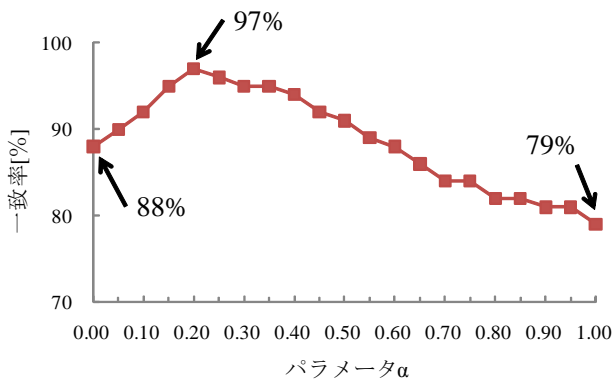


図 7 パラメータ α に対する一致率の変化

上昇することを示している。しかし、本実験において使用した車載カメラ画像の数は 20 枚であり、実際の背景や服装等のバリエーションを考えると十分とは言えない。そのため、バリエーションを増やしても同様の効果が得られるか検討する必要があると考えられる。

従来手法 [12,13] と同様の考えに基づく局所的特徴量による視認性推定手法と、統合に基づく視認性推定手法を比較する。 $\alpha = 0$ では不一致画像対であったが、 $\alpha = 0.2$ では視認性評価値の大小関係が逆転し、一致画像対となった例を図 8 に示す。また、図 8 のそれぞれの歩行者画像から抽出された妨害刺激を図 9 に示す。局所的特徴量、すなわち歩行者と背景の複雑度の差は図 8(a) よりも図 8(b) の方が大きい値を示した。しかし、図 9(b) から、対応する図 8(b) の歩行者の顕著度は他の領域に比べて小さく、顕著度があまり高くないと思われる領域が妨害刺激として抽出されている。この原因としては、図 8(b) の歩行者とその周辺の背景の色・輝度などの空間的コントラストが小さいことが考えられる。結果として図 8(b) の大局的特徴量は図 8(a) よりも小さくなり、統合が評価値の大小を逆転するように働いたと考えられる。このように、統合に基づく手法が有効となるためには、局所的特徴量と大局的特徴量が互いの欠点を補う必要があると考えられる。このような性質を持つ特徴量については今後さらに検討する余地がある。

本稿では顕著性マップの計算に Itti らの手法をそのまま使用し、歩行者に関する top-down 情報を取り扱わなかったが、実際には歩行者の存在位置や形に関する予測などの top-down 情報は視覚探索に大きく影響を与える。そのため、今後は運転シーン特有の top-down 情報を大局的特徴（あるいは顕著性マップ）に取り入れる必要がある。また本稿では対比較による評価実験を行ったが、対比較による実験はその性質上画像対をじっくりと観察することができる。そうした状況では局所的特徴量のみで視認性の高低が判断されてしまい、大局的特徴を考慮する効果が薄れると考えられる。今後は、歩行者の存在を確認するまでの反応時間を計る、といった大局的特徴がより考慮される方法で評価することでこの問題を解決する。

6. まとめ

本稿では、事故防止に期待されている安全運転支援システムとして歩行者検出システムを取り上げ、情報過多を防止する方法として視認性の高低に着目した。提案手法では、視覚探索のプロセスに基づき、歩行者と背景の画像特徴の関係に基づく局所的特徴量と、顕著性マップを用いた大局的特徴量の統合により視認性を推定した。被験者実験では、背景や歩行者の色を変化させて作成した車載カメラ画像を利用し、対比較実験から得られた一致率により視認性を評価した。その結果、提案手法により最大で 97% の一致率が得られることを確認した。局所的特徴量のみを用いた場合は 88%、大局的特徴量のみを用いた場合は 79% であった。これらから、本稿で提案した局所的特徴量と大局的特徴量の統合に基づく視認性評価値が人間の感覚に最もよく一致することを確認した。

今後の課題としては、車載カメラ映像を対象とした歩行者の視認性推定手法の検討、top-down 情報を考慮した大局的特徴の導入、より多くの車載カメラ画像での評価、実環境に近い状況下での実験等が挙げられる。

謝辞 日頃より研究のご指導を頂いている名古屋大学村瀬研究室諸氏に深く感謝する。本研究の一部は、JST 戦略的創造研究推進事業 CREST および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 (<http://mist.murase.m.is.nagoya-u.ac.jp/>) を使用した。

文 献

- [1] 辻孝之, 服部弘, 渡辺正人, “ナイトビジョンシステムの開発,” Honda R&D Technical Review, vol.13, no.1, pp.151-158, 2002.
- [2] 河上清治, 岩崎克彦, 西田誠, “レーンキーピングアシストの紹介,” Toyota Technical Review, vol.55, no.1, pp.54-59, 2006.
- [3] 島仲和, 馬場崎正博, 秋月義樹, 本田加奈子, 樋口崇, 東田博文, “運転支援システム用フュージョンセンサの開発,” 富士通テック報, vol.19, no.1, pp.31-39, July 2001.
- [4] D.M. Gavrilă, “Pedestrian detection from a moving

- vehicle,” Proc. European Conference on Computer Vision, pp.37-49, 2000.
- [5] 望月大介, 矢野良和, 橋山智訓, 大熊繁, “車載カメラによる歩行者検出のための背景除去及びアクティブ探索を用いたテンプレートマッチングの高速化,” 電子情報通信学会論文誌, vol.J87-D-II, no.5, pp.1094-1103, May 2004.
- [6] 北村康弘, 畑山俊輝, “自動車運転時の聴覚情報への対応課題がドライバーに与える影響—生理的・行動的变化から—,” 国際交通安全学会誌, vol.30, no.3, pp.327-332, Sept. 2005.
- [7] L. Fletcher, G. Loy, N. Barnes, and A. Zelinsky, “Correlating driver gaze with the road scene for driver assistance systems,” Robotics and Autonomous System, vol.52, no.1, pp.71-84, July 2005.
- [8] 田久保宣晃, “交通事故データによる運転者のヒューマンエラーと心的負荷の一考察,” 国際交通安全学会誌, vol.30, no.3, pp.299-308, Sept. 2005.
- [9] 堀口研一, 熊野史朗, 山口大助, 佐藤洋一, 須田義大, 鈴木高宏, “ドライバの頭部姿勢及び自車情報を用いた脇見状態推定手法,” 自動車技術会 2007 年秋季学術講演集, no.100-07, pp.1-6, Oct. 2007.
- [10] 秋山知範, 稲垣敏之, 古川宏, 伊藤誠, “視点移動の解析によるドライバの漫然状態検出,” ヒューマンインターフェースシンポジウム 2005 論文集, pp.345-350, Sept. 2005.
- [11] 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.
- [12] G. Paulmier, C. Brusque, V. Carta, and V. Nguyen, “The influence of visual complexity on the detection of targets investigated by computer generated images,” Lighting Research and Technology, vol.33, no.3, pp.197-205, Sept. 2001.
- [13] 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 C, vol.130, no.6, pp.1034-1041, July 2010.
- [14] K. Doman, D. Deguchi, T. Takahashi, Y. Mekada, I. Ide, H. Murase, and Y. Tamatsu, “Estimation of traffic sign visibility toward smart driver assistance,” Proc. 2010 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp.45-50, June 2010.
- [15] J.M. Wolfe, “Visual search,” in Attention, ed. H. Pashler, University College London Press, 1998.
- [16] A. Treisman, and S. Gormican, “Feature analysis in early vision: Evidence from search asymmetries,” Psychological Review, vol.95, no.1, pp.15-48, Jan. 1988.
- [17] 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.
- [18] L. Itti, C. Koch, and E. Niebur, “A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis,” IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.20, no.11, pp.1254-1259, Nov. 1998.
- [19] C. Liu, P.C. Yuena, and G. Qiu, “Object motion detection using information theoretic spatio-temporal saliency,” Pattern Recognition, vol.42, no.10, pp.2897-2906, Oct. 2009.
- [20] A. Torralba, A. Oliva, M. Castelhana, and J. Henderson, “Contextual guidance of eye movements and attention in real-world scenes: The role of global features on object search,” Psychological Review, vol.113, no.4, pp.766-786, Oct. 2006.
- [21] V. Sharma, and J.W. Davis, “Integrating appearance and motion cues for simultaneous detection and segmentation of pedestrians,” Proc. Conf. on Computer Vision, pp.1-8, Oct. 2007.