

赤外線マーカを付与した二輪車を配置パターンを用いて 検出するシステムの設計と実験評価

寺田 智哉¹⁾ 北村 浩章¹⁾ 永井 駿佑¹⁾ 井上 裕貴²⁾ 木谷 友哉^{3)†}

ADAS（先進運転支援システム）とよばれる車載カメラなどのセンサを用いて運転者に危険通知などを行うシステムの普及が進んでいる。車載カメラなどのセンサを用いて、二輪車を相手の運転者が早期発見できるようにするために、二輪車に赤外線 LED をマーカとして取り付け、車載した赤外線カメラから撮影することで二輪車を検出する手法の有効性についての実証実験を行った。検出手法として画像処理によりマーカの配置パターンのマッチングを用いる手法を使用した。そして誤検出数、検出漏れ、検出可能距離の観点から評価した。検証よりこの手法は一般的な可視光カメラでは認識が難しい夜間において特に高い性能を示し、理想環境下では約 100m 先から二輪車の検出が行えることを確認した。

キーワード: エレクトロニクス・制御, イメージ認識システム, 高度交通システム, 二輪車, 被視認性

1. はじめに

警視庁が発表した二輪車の交通死亡事故統計（2021 年中）⁽¹⁾によれば、令和元年中の東京都内の二輪車乗車中の事故類型別交通死亡事故の割合は、単独に次いで右折時が多い結果となっている。同様に過去 5 年平均では単独、右折時に次いで出会い頭が多くなっている。また、財団法人 交通事故総合分析センターが発行したイタルダ・インフォメーション⁽²⁾によると、2010 年における二輪車が第二当事者で事故類型が出会い頭または右折時事故の場合、第一当事者の人的事故要因の八割以上は発見の遅れであった。このことから二輪車と自動車との事故を減らすためには、自動車側運転者からの二輪車の視認性を上げることが重要であると考えられる。

一方で近年、センシングデバイスの小型化や低価格化が進み、人の目だけでなく機械を用いることで人の目では視認しにくいものを検出し、運転者のサポートを行う先進運転支援システム: ADAS (Advanced Driver-Assistance Systems) とよばれるカメラなどのセンサを用いるシステムの普及が進んでいる。しかしながら、現状として歩行者や自転車などの検知を行う研究は多いが二輪車を対象としたものは少なく、また、可視光カメラによる物体検出などパッシブな検出がメインとなっており、特に夜間の検出が難しいといった問題がある。そこで、二輪車に付与したアクティブなマーカの検出を行うことで夜間などでも二輪車の検出を行い二輪車の安全性を効果的に高められると考えられる。本検証では独自の点滅パターンで点滅する赤外線 LED をマーカとして複数個二輪車に取り付け、自動車に取り付けた赤外線カメラから撮影することで二輪車を検出する手法を提案する。二輪車の検出手法として、マーカの配置をもとに空間的な検出を目指すテンプレートマッチングによる手

法の実装を行った。また、二輪車の正面や側面などを自動車に向け接近しながら撮影する実験によって検出可能距離や適合率、再現率を評価し赤外線マーカを用いる二輪車検出手法の有用性を示す。

2. 関連研究

2.1. 自動車運転者からの二輪車の視認性に関する関連研究

文献⁽³⁾では、夜間の衝突シナリオにおける運転者の応答を評価する方法について述べられている。この研究で得られた結果の主たる内容は、ヘッドライトの照度と運転者の応答距離を相関させることができるということであった。これらの研究を踏まえると二輪車の被視認性はヘッドライトの照度や配置に依存しており、自動車と比較すると著しく低いということがわかる。

文献⁽⁴⁾では、前照灯を点灯した乗用車が二輪車を追従走行する状況において、二輪車のすれ違い用前照灯、四輪車および二輪車の昼間点灯専用ランプ (DRL)、二輪車前照灯およびポジションランプ (PL) による被視認性向上効果およびランプの煩わしさを比較検討している。検討した結果、二輪車前照灯の自動昼間点灯 (AHO) に加えてアンバーポジションランプを点灯することが、被視認性評価値が最も高く、かつランプの煩わしさについても問題がないことが示された。

文献⁽⁵⁾⁽⁶⁾では、二輪車の被視認性向上の一因になると考えられる黄色車幅灯 (Amber Position Lamps, APL) の配置が、被視認性に与える影響の詳細な分析を行い、さらにヘッドランプやストップランプの配置についても分析を行なっている。分析の結果 APL の存在は被視認性が高く出会い頭事故や右折時事故に遭いにくいことや、ヘッドランプの前方に届く光を増やしたほうが被視認性は高く出会い頭事故や右折時事故に遭いにくいことを示している。また、ストップランプの高さを高くしたほうが被視認性は高く追突事故に遭いにくいことを示している。

2.2. 画像処理による屋外での赤外線マーカの検出に関する関連研究

文献⁽⁷⁾では、踏切において、障害の存在を列車及び運転手に伝える特殊信号発光機の視認確認を昼間の運行時間帯でも行え

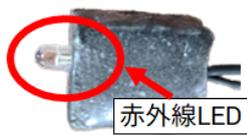
1) 静岡大学情報学部

2) 静岡大学大学院総合科学技術研究科情報学専攻

3) 静岡大学大学院情報学領域

(432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1)

† E-mail: t-kitani@kitanilab.org



(a) 赤外線マーカ外観



(b) マーカ配置パターン（二輪車の前面、背面、左側面）

Fig.1 取り付けした赤外線マーカと二輪車でのマーカ配置パターン

るように点滅する赤外線 LED を利用した手法の有効性の検証を行った。この手法では太陽光などによって生じるノイズと赤外線マーカを区別するためにマーカに点滅パターンを付与し、時系列でパターンを検出することでマーカの識別を行った。また、この手法によって約 800m 離れたレール環境において検知率 99.4% が実現できることが確認された。残りの 0.6% については検出漏れと周辺の自動車に反射した光を誤検出したものであった。

3. 提案する赤外線マーカを用いた二輪車検知手法

本論文ではアクティブな車載マーカを利用してイメージングデバイスで二輪車を検出させるシステムについて検討し、その有効性を評価する。車載マーカに求められる要件として、

- 他の運転者の視覚に影響しない
- 車載する灯火類の保安基準⁽⁸⁾に違反しない
- 二輪車の見た目を損なわない
- 外灯や他車両の灯火といったノイズと区別できる

の四つが挙げられる。これらの要件を踏まえると可視光による車載マーカの実現は難しく、不可視光による車載マーカの利用が考えられる。

マーカに利用できる不可視光として赤外線や紫外線が挙げられるが、紫外線は人体への影響が考えられるため赤外線を利用することとした。将来的な ADAS への実装を考慮し、比較的安価に用意でき、また運転者の視界の妨げにならないマーカとして近赤外線の LED を用いる。赤外線マーカは日中などの太陽光がある場合には検出が難しくなるが、薄暮や夜間のような人間が視認しづらく事故の発生の多い時間帯に効果的であると考えられる。

可視光画像と赤外線画像の違いを図 2 に示す。図のように可視光カメラでは点灯は映らないが、赤外線カメラでは点灯が確認できる。

このような赤外線画像からなる動画に対し、本検証ではマーカを空間配置パターンで検出する手法を提案する。これは時系

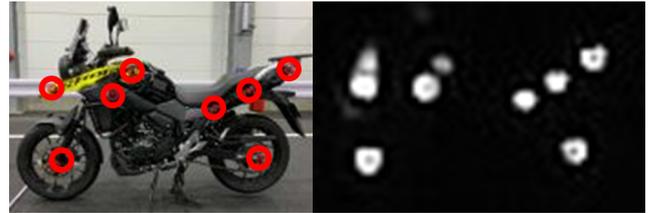


Fig.2 可視光画像と赤外線画像の違い（赤外線画像にはフィラメントバルブ式のヘッドライトも写っている）

列情報を扱わないため 1 フレームで短時間に検出ができる可能性のある手法である。

3.1. テンプレートマッチングによる二輪車検出

本節では赤外線マーカの配置のパターンを、テンプレート画像のマッチングを用いて検出を行う手法について設計する。

(1) テンプレートマッチング

テンプレートマッチングとは、検出したい物体の画像をテンプレートとして用意し、そのテンプレートを対象となる画像に 1 画素ずつらしながらその部分の類似度を計算し、類似度の高い部分を物体として検出する手法である。本検証では、オープンソースライブラリ OpenCV⁽⁹⁾ のテンプレートマッチングを利用して配置パターンの認識を行うプログラムを作成した。類似度の算出方法として正規化相関係数と正規化二乗差を用いる。正規化相関係数はテンプレートマッチングで用いられる一般的な類似度計算の指標である。一方で、正規化二乗差は外れ値の影響を受けにくいといった特徴がある。実際の交通環境下では外光などが多いと予想されるため、正規化二乗差での検証も行う。

まず、正規化相関係数の式を (1) に示す。正規化相関係数は、テンプレートおよび探索対象画像の輝度値の平均値をテンプレート画像および探索対象画像からそれぞれ引き、その値同士の内積を求める。類似度の計算に輝度値の平均値を使うため、基本的には画像のコントラストの強弱などに対応できるが、平均値が極端に小さい値、つまり画像のほとんどが黒であると、一部の白い部分とマッチングをするだけで類似度が高くなってしまい、誤検出が増加してしまう可能性がある。

$$R_{X,Y} = \frac{\sum_{y=0}^{h-1} \sum_{x=0}^{w-1} (T_{x,y} - T')(I_{X+x,Y+y} - I'_{X,Y})}{S_{X,Y}} \quad (1)$$

$$S_{X,Y} = \sqrt{\sum_{y=0}^{h-1} \sum_{x=0}^{w-1} (T_{x,y})^2 \sum_{y=0}^{h-1} \sum_{x=0}^{w-1} (I_{X+x,Y+y}^2)}$$

$$T' = \frac{1}{wh} \sum_{j=0}^{h-1} \sum_{i=0}^{w-1} T_{i,j}$$

$$I'_{X,Y} = \frac{1}{wh} \sum_{j=0}^{h-1} \sum_{i=0}^{w-1} I_{X+i,Y+j}$$

ただし、

$R_{X,Y}$: 探索対象画像の (X, Y) 位置の演算結果

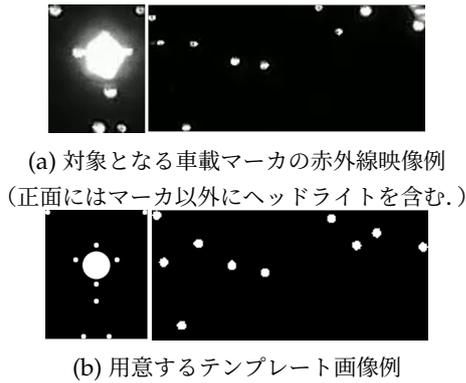


Fig.3 空間配置テンプレートの設計（正面，右側面）

w, h : テンプレート画像の幅と高さ

$T_{x,y}$: テンプレート画像の (x, y) ピクセル値

$$x = [0, w - 1], y = [0, h - 1]$$

W, H : 探索対象画像の幅と高さ

$I_{X+x, Y+y}$: 探索対象画像の $(X + x, Y + y)$ ピクセル値

$$X = [0, W - w + 1], Y = [0, H - h + 1].$$

次に，正規化二乗差の式を (2) に示す。

$$R_{X,Y} = \frac{\sum_{y=0}^{h-1} \sum_{x=0}^{w-1} (I_{X+x, Y+y} - T_{x,y})^2}{S_{X,Y}}. \quad (2)$$

正規化二乗差は探索対象画像とテンプレート画像の輝度値を引き，それを二乗することで類似度を求める。正規化相関係数と比べ，画像内の白と黒のバランスの偏りに影響を受けない類似度計算方法である。

(2) テンプレートの作成

テンプレートマッチングに用いるテンプレートを図 3 に示す。ここでは，手法の検出性能の上限を知るために，図 3 (a) のように対象車両そのものを実際に撮影した画像から作ったテンプレート（これを専用テンプレートと呼ぶ）を用いて対象車両が理想的な状況で検出できるかを確認する。

また，実利用を考えると任意の車両を検出できるようにするために，特定の車両の赤外線画像をベースにするのではなく，同図 (b) のようにマーカの配置のみを考慮して合成された白黒二値画像を作成した汎用テンプレートも作成した。ここでは，従来のフィラメントバルブを用いたヘッドライトが出す赤外線も考慮したテンプレートとした。

距離によって映像中の検出対象の二輪車の大きさは変化するため，大きさを変えた九通りまたは十通りのテンプレートを作成した。

(3) テンプレートマッチングによる二輪車検出

テンプレートマッチングによる二輪車検出の流れを示す。

1. マーカを撮影した映像から 1 フレームをグレースケール画像にする
2. 読み込んだ画像に対し 1 枚目のテンプレートを用いてマッチングを行う
3. 類似度が閾値より高い部分全てに矩形を描画する

4. 2. と 3. を他のテンプレートについても行う
5. 次のフレームに対し 1. ～ 4. を行う

(4) 前処理

本検証では，検出対象となる映像に加える前処理の有無による検出率の変化を検証する。今回検証した前処理は二値化である。

● 二値化処理

- － 閾値を定めて，その値以上ならば値を 255，値未満ならば値を 0 にする処理

この処理を用いて画像に 256 段階の輝度値に対して閾値 50，100 で二値化処理を加えた 2 種類の映像を作成した。

4. 評価実験・考察

4.1. 実験の目的・目標

本実験の目的は，一般的な交通状況下を想定した環境で，赤外線カメラとマーカによる二輪車検出の検出可能距離や適合率・再現率を定量的に評価することである。

本研究における目標として，二輪車の検出距離を時速 50km で走行する自動車の停止距離である 33m とした。

4.2. 実験方法

一般財団法人日本自動車研究所 (JARI) の特異環境試験場*にて，自動車に搭載された赤外線カメラによる二輪車撮影実験を行った。

(1) 使用機材

二輪車に装着する赤外線マーカとして，浜松ホトニクス社の L12170[†] を使用した。この赤外線 LED はサイズは直径 5mm の砲弾型であり，波長 870nm，半減角 30 度，放射束 80mW，放射強度 150mW/sr である。この赤外線 LED を図 1(a) のような形で穴をあけたスポンジに埋め込み，二輪車に取り付けた。このマーカの点滅をプロトタイピング用のマイクロコントローラ M5stack Basic[‡] を用いて制御を行った。

自動車側に搭載する赤外線カメラは ELP USBFHD05MT-DL36 (解像度:1920x1080, 20FPS) を使用した。イメージセンサは OmniVision 社の OV2710[§] が使用されており，可視光から赤外線まで検知が可能である。このカメラに対し，波長 900nm 以下の光をカットするフィルタである富士フイルム社製の IR90[¶] を取り付けて赤外線部分のみを撮影した。このフィルタは波長 900nm 以下の光をカットするのに対し，赤外線 LED の波長は 870nm である。しかしながら，実機で検証したところ赤外線 LED の光はカットされず可視光のみカットされることを確認した。

*JARI 特異環境試験場, <https://www.jari.or.jp/test-courses/jtown/test-path/special-environment-area/>

[†]Hamamatsu Photonics K.K.: 赤外線 LED L12170 (2014).

[‡]M5stack: M5Stack, <https://m5stack.com/>.

[§]OmniVision: OV2710 datasheet, revision 1e (2014).

[¶]FUJIFILM: 富士フイルム光学フィルター FUJIFILM OPTICAL TRI 48 ACETYLL CELLULOSE, <https://asset.fujifilm.com/www/jp/files/2019-12/10825b6d1310354377e8edc803f309f2/filmssheetfilterhandbook01.pdf>.



Fig.4 カメラの取り付け位置

実験で使用した自動車はワンボックスタイプのトヨタ車、二輪車はSUZUKI社のV-Strom250(型式DL250L7)である。この自動車のヘッドライトはロービームがLEDであり赤外線成分をほとんど含まなかった。自動車のハイビーム、二輪車のヘッドライトのハイビーム、ロービームはフィラメントバルブが使われており赤外線成分を含むことを確認した。

カメラは図4に示すようにボンネットとフロントガラス上に設置する。ボンネットには地面から約85cmでフロント先端部に、フロントガラス上には地面から約150cmの位置に取り付けた。検証の結果、カメラの上下で大きな差はなかったため、以降はボンネットの高さのカメラで撮影された結果について取り扱う。状況確認用に赤外線カメラとほぼ同じ画角で対象の二輪車を撮影するための可視光カメラとしてGoPro Hero9 Black IIを用いた。

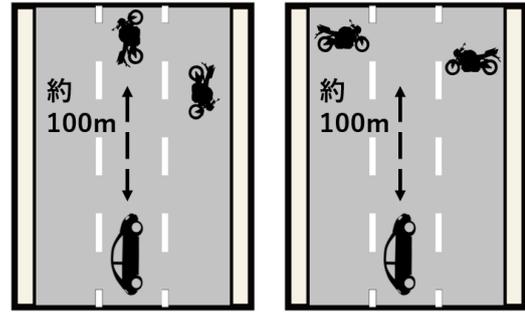
(2) 実験構図

白線とガードレールをみの道路にて自動車に搭載された赤外線カメラで二つの構図を撮影した。薄暮から夜間を想定するため、試験場内の照明はすべて消して撮影を行った。

撮影した構図は図5に示すように、二輪車が自動車と同じ車線の前方と自動車の対向車線で停止している構図「追従・対向」、二輪車が自動車の左側と右側で停止している構図「右・左から」の二つである。これらの構図において二輪車の位置を順に変えて撮影を行った。

また、図6に示すように、日射装置を自動車の正面において逆光を再現しノイズを発生させた構図、特異環境試験場の霧発生装置で視程30mの設定で霧を発生させ、視認性を下げた構図の撮影を行った。ただし、試験場内の温度や空調などの影響で実際の実験時の視程は時間により多少変化し30mよりも長いときもあった。

撮影手順の概要を示す。自動車から100m離れたところにライダーが乗った状態で静止した二輪車に時速10km弱で近づいていった。追従・対向の構図では安全性を考慮し二輪車と自動車の距離が10mとなった時点で停止する。右・左からの構図では二輪車の横を通過し二輪車が映らなくなったところで停止する。そこからバックによって元の地点に戻る。これと同時に二輪車と自動車の距離を計測するため、自動車運転席側の扉付近に設置したカメラによって、地面に敷かれたメジャーを撮影し



追従・対向 右・左から

Fig.5 撮影構図



Fig.6 天候状況 (左: 逆光 右: 霧)

た。二輪車のヘッドライトは常に点灯させ、自動車のヘッドライトはロービームで点灯させた。

(3) 赤外線マーカの配置

実験で使用した赤外線マーカの配置について、図1(b)示す。正面に九個、両側面にそれぞれ十個、背面に四個取り付けた。マーカの配置は二輪車のどの部分に取り付けたマーカが検出しやすいかの検証を目的として二輪車全体に取り付けた。側面のマーカ配置では、ライダーがまたがった際にライダーと重ならない部分に取り付けを行った。また、側面におけるフロントサスペンション部についてはハンドル操作による変化が大きいと考えられるため配置しなかった。

4.3. テンプレートマッチングによる二輪車検出

テンプレートマッチングによる赤外線マーカの検出が可能であるかどうか、類似度計算方法による検出の変化、前処理の有無による検出の変化、天候状況における検出の変化、車体の向きによる検出の変化、使用するテンプレートによる検出の変化を検証した。

(1) 評価方法

図5の追従・対向の構図で撮影した動画、さらに右から・左からの構図で撮影した動画の各フレームに対してテンプレートマッチングを行い、矩形内に二輪車があれば正しい検出、それ以外を誤検出として評価を行った。検出対象となる映像および評価項目を以下に示す。

● 対象映像

1. 右からの構図での元の輝度映像 (256段階: 明 255, 暗 0)
2. 右からの構図での霧の映像
3. 2. に閾値 50 で二値化処理を加えた映像

II GoPro: HERO9 Black 5K 20MP, <https://gopro.com/ja/jp/shop/cameras/hero9-black/CHDXH-901-master.html>.

4. 2. に閾値 100 で二値化処理を加えた映像
5. 右からの構図での逆光の映像
6. 5. に閾値 50 で二値化処理を加えた映像
7. 5. に閾値 100 で二値化処理を加えた映像
8. 左からの構図での元輝度映像
9. 対向の構図での元輝度映像
10. 追従の構図での元輝度映像

● 評価項目

– 最大検出距離

最初に正しい検出を行うことができた距離

– 再現率

最初の検出からの二輪車が写る全フレームに対し正しい検出を行えたフレームの割合

$$\text{再現率} = \frac{\text{区間内の正しい検出を行えたフレーム数}}{\text{区間内の総フレーム数}}$$

– 適合率

二輪車として検出した場所に対し、正しく検出できている場所と誤検出の場所の割合

$$\text{適合率} = \frac{\text{区間内の正しい検出数}}{\text{区間内の正しい検出数} + \text{区間内の誤検出数}}$$

(2) 評価結果

まず、1. の動画に対して、専用テンプレートをを用いて正規化相関係数と正規化二乗差での評価を行った結果を図7に示す。なお、図中の青い縦線は使用したテンプレートのサイズが映像内の二輪車のサイズとどこで一致しているかを表すものである。図7に示すように、いずれも約90mの距離から二輪車を検出でき、マーカの再現率は前者で77.4%、後者で62.3%であったが、マーカの適合率は後者が65.2%であったにもかかわらず前者は0.59%しかなく、ほとんどが誤検出であった。その理由として、正規化相関係数では、画像中の平均輝度より各画素の値が大きいかわりに小さいかで正負が決まるため、ほとんどが黒い画像中で疎な白い点を探す場合には平均輝度がほとんど0に近い値になり、マーカでない部分のわずかな輝度の変化が相関係数に大きく影響を与えてしまったためであると考えられる。対して正規化二乗差は輝度値の差の二乗であるため、画像中の白と黒のバランスの偏りの影響を受けなかったためと考えられる。そこで以降では類似度計算には正規化二乗差を用いることとした。

次に、1. の動画に対して、専用テンプレートでの結果取得を行った。ここで、図8(a)に示すように、テンプレートは10m毎の距離で作っていたが、テンプレート画像中の二輪車の大きさの変化の比は一定ではなく、近いほど比が大きくなり、連続する大きさの二つのテンプレートのいずれにもマッチしない結果を招いていることが分かった。そこで、図8(b)に示すように距離が近いところでのテンプレートを多くし、距離が遠いところでのテンプレートを少なくし再度検証を行ったところ、特に距離が近いところでの検出漏れを減らすことができ、表1に示すように再現率を向上させられた。また、適合率が100%と値が上昇しているが、これは10m付近で発生していた誤検出が

Table. 1 テンプレートのサイズ適正化による検出結果

使用するテンプレート	検出距離	再現率	適合率
10m ごとのテンプレート	>90m	62.3%	65.2%
間隔の適正化テンプレート	>90m	66.7%	100%

Table. 2 テンプレートマッチングにおける検出結果

対象映像	検出距離	再現率	適合率
1. 右からの映像	>90m	66.7%	100%
2. 霧の映像	30m	13.0%	0.385%
3. 霧 二値化 (閾値 50)	36m	24.7%	69.7%
4. 霧 二値化 (閾値 100)	36m	10.1%	47.0%
5. 逆光	>90m	59.8%	1.51%
6. 逆光 二値化 (閾値 50)	>90m	17.4%	9.22%
7. 逆光 二値化 (閾値 100)	82m	29.1%	56.1%
8. 左からの映像	>100m	68.5%	97.2%
9. 対向の映像	>90m	92.4%	2.59%
10. 追従の映像	>100m	92.2%	17.7%

Table. 3 使用するテンプレートの変化による検出結果

使用するテンプレート	検出距離	再現率	適合率
専用テンプレート	>90m	66.7%	100%
汎用テンプレート	86m	42.3%	100%

無くなったためである。今回は20m-90m間での再現率を向上させるテンプレートのセットを構築し検証を行ったため、10m付近で発生していた多数の誤検出が無くなったため適合率の値が上昇した。

以降では間隔を適正化した専用テンプレートを使用して各動画に対する結果取得を行った。その結果を表2に示す。

次に、1. の動画に対して、専用テンプレートと汎用テンプレートとの比較を行った。その結果を表3に示す。

(3) 考察

表2より霧の映像では検出距離、再現率、適合率が低下していることが分かる。これは赤外線マーカが霧によってカメラ映像に映りにくくなり検出ができなくなっているためである。図9(a)より類似度が低下しているため検出ができなくなっていることが分かる。

逆光の映像では適合率が大きく減少していることが分かる。逆光を再現している日射装置には赤外線が含まれており、ノイズとして映り込んでしまい、図9(b)からわかるように誤検出が増えてしまっている。ただし、検出漏れを示す再現率についてはあまり減少していない。

次に、霧の映像に対して二値化処理を行うことで各値が上昇することが分かる。霧の映像では閾値50で二値化処理を行うことで検出距離、再現率、適合率の値が上昇している。

逆光の映像では閾値100で二値化処理を行うことで適合率の値が上昇している。ただし、検出距離、再現率については減少している。対象映像の256段階の輝度を閾値ベースで二値化をし、コントラストをはっきりさせることで適合率をある程度向上させることが確認できた。

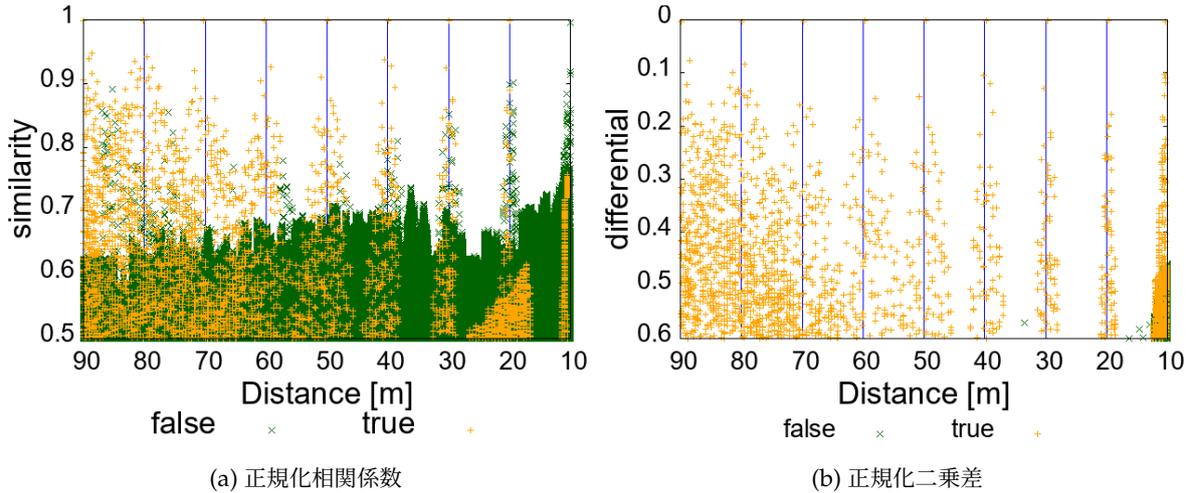


Fig.7 テンプレートマッチングで用いる指標毎の検出結果の違い (元輝度映像・右からの映像)

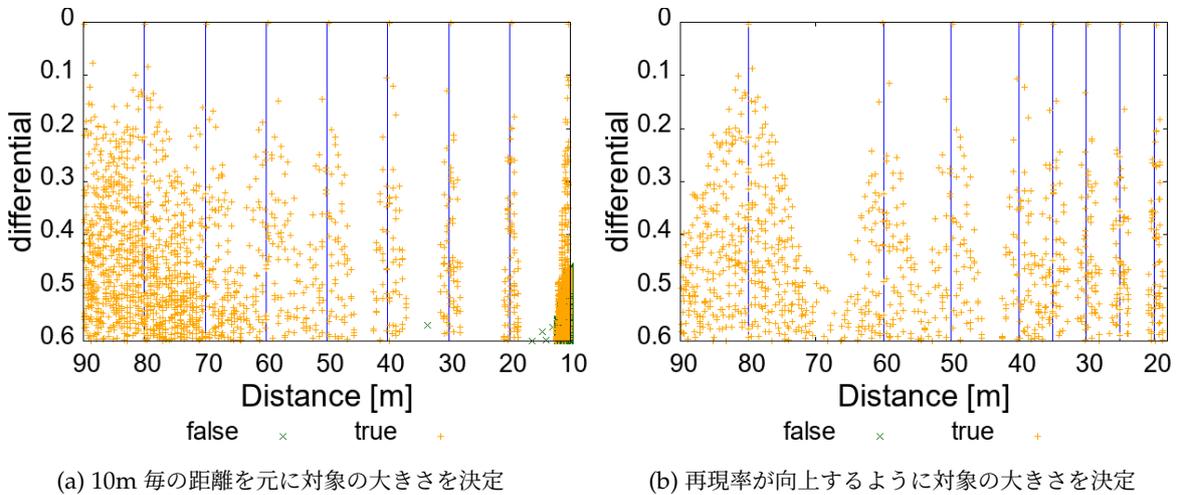


Fig.8 テンプレートの二輪車の大きさ別の検出

表 2 より対向の映像については適合率が低くなっている。これはヘッドライトのような大きな光源をテンプレートに含めると、その光源が主な特徴となるテンプレートとなってしまったため誤検出が増えていると考えられる。一方で、近年ヘッドライトの LED 化が進んでおり、ヘッドライト光に赤外線を含まないものが増えてきている。ヘッドライトから出る赤外線が無くなることで、誤検出は減少すると考えられる。追従の映像について適合率の値が低くなっている。これは二輪車の後ろの部分に取り付けた赤外線マーカの数が少ないことが原因であると考えられる。

表 3 より専用テンプレートを用いた検出結果と汎用テンプレートを用いた検出結果では再現率に大きな差が生じた。映像内から切り出した専用テンプレートのほうが再現率が高い結果となった。赤外線カメラから撮影した映像は 256 段階の輝度を持っており、汎用テンプレートは白黒の二値画像として作成を行ったため汎用テンプレートを用いた結果、図 10(b) に示すように類似度が低くなり検出数が減ってしまったと考えられる。

5. まとめ

本稿では、二輪車の安全性向上のための ADAS への実装可能性を考慮した赤外線カメラと赤外線マーカによる二輪車検出として、マーカの配置に対してテンプレートマッチングで二輪車を検出する手法を提案した。また、提案手法の評価のためにマーカを搭載した二輪車に対し、赤外線カメラを搭載した自動車で接近しながら撮影する実験を行い、適合率や再現率の評価を行った。検証よりこの手法は一般的な可視光カメラでは視認が難しい夜間において特に高い性能を示した。また、二輪車の側面を向けて停車させて自動車で接近する実験では約 100m 前から二輪車の検出が行えることを確認した。

References

- (1) 警視庁：二輪車の交通死亡事故統計 (2021 年中)
https://www.keishicho.metro.tokyo.lg.jp/kotsu/jikoboshi/nirinsha/2rin_jiko.html (accessed at 2022.8.4).

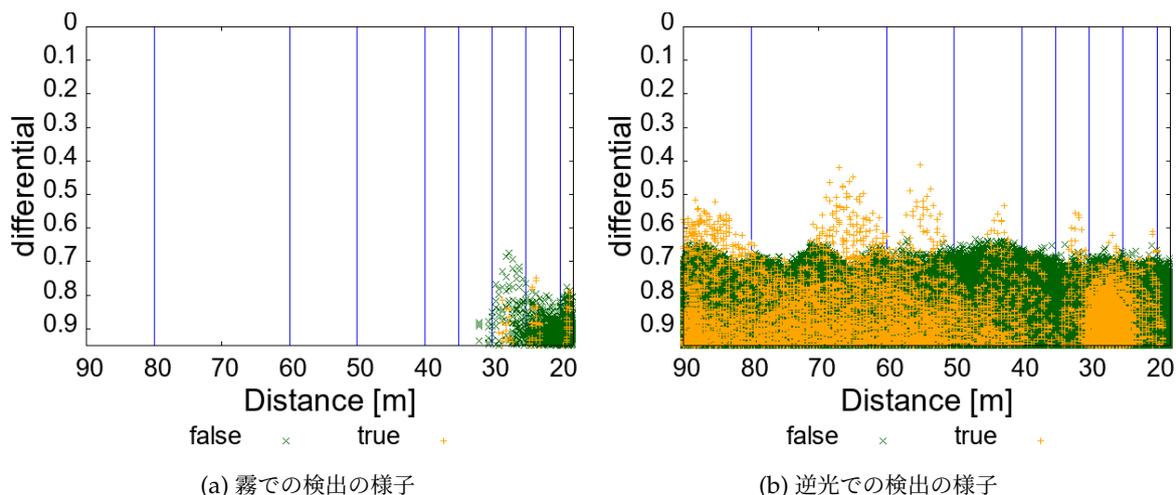


Fig.9 天候状況別の検出

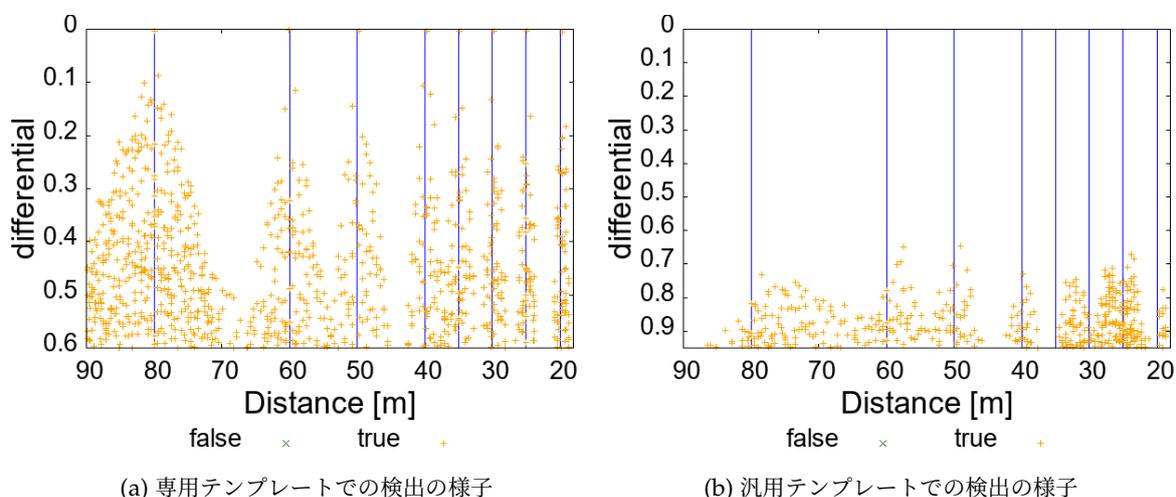


Fig.10 専用テンプレートと汎用テンプレートの比較

- (2) 財団法人 交通事故総合分析センター：イタルダ・インフォメーション No.91, 二輪車事故の特徴 - 「見落とし」に注意-, (Nov. 2011).
- (3) W.T. Neale, N. Mckelvey, D. Pentecost, and D. Koch: Motorcycle Headlamp Distribution Comparison, *WCX World Congress Experience*, SAE International, (2018).
- (4) 元木 正典, 橋本 博, 平尾 保: 二輪車の被視認性向上方策に関する研究, *自動車研究* Vol. 30, No. 11, pp. 627-630, (2008).
- (5) K. Maruyama, Y. Tsutsumi, Y. Murata: Study of FACE Design, Lighting System Design for Enhanced Detection Rate of Motorcycle, *Honda R&D Technical Review*, Vol. 21, No. 2 (2009).
- (6) 堤 陽次郎: 交通事故データを用いた二輪車の被視認性の評価 (第 2 報), *自動車技術会論文集* Vol. 44, No. 4, pp. 1085-1089 (2013).
- (7) 鶴飼 正人, 長峯 望: “画像認識による特殊信号発光機の視認確認手法,” *鉄道総合技術研究所報告*, Vol. 25, No. 5, pp. 41-46 (2011).
- (8) 国土交通省: 道路運送車両の保安基準, 第 42 条 その他の灯火等の制限 (2021 年 4 月 28 日現在) .
- (9) OpenCV (Open Source Computer Vision Library) : <https://opencv.org/> (accessed at 2021.10.27).
- (10) 淵田 研, 小倉 徳郎, 原島 治: ノクトビジョン等による近赤外線の大気透過に関する実験, *照明学会雑誌*, Vol. 43, No. 1, pp. 21-28 (1959).

参考情報等

利益相反

本検証は 2019~2021 年度一般財団法人日本自動車研究所 (JARI) 委託研究「ITS/AD 環境における二輪車課題の抽出と対応検討」による支援を受けたものである。

著者の貢献

寺田智哉 最終提案手法の立案・実装・性能評価, 解釈・考察, 論文執筆

北村浩章 初期提案手法の立案・実装・性能評価, データ収集, 解釈・考察, 論文執筆

永井駿佑 比較手法の立案・実装・性能評価, 解釈・考察, 論文校正

井上裕貴 比較手法の立案・実装・性能評価, 解釈・考察, データ収集

木谷友哉 研究の企画・構想, 手法の立案, 解釈・考察, データ収集, 論文校正