Automatic Generation of Template Images for Detecting Vehicles in Parking Lots

Kazumasa Iwasa Non-member (Meijo University)

Toshimitsu Tanaka Non-member (Meijo University)

Yuji Sagawa Member (Meijo University)

Noboru Sugie Non-member (Meijo University)

Keywords : image processing, detection of parking vehicles, template image

Traffic jam in and around parking lots will be reduced, if positions of open area are informed to drivers waiting at entrances of them. Therefore to detect cars in outdoor parking lots, several methods using the image processing have been proposed. One of them is a method which judges visibility of white lines.

White lines are drawn in almost all parking lots to separate each parking division. If a car stops in a parking division, the car hides the white lines which is around the division and far from the camera. Thus the method was developed which judges car parking by detecting the hiding. In experimental results, the method has achieved high detection accuracy of about 98%.

The method needs one template image for each camera. Since the images were created by human in the previous research, much cost and time was required for their creation. In this paper, we present the method automatically generating the template images.

Firstly our method emphasizes input images by expanding their

intensity, then converts them to binary images. Effect of the intensity expansion is shown in Fig.1. Much white lines are correctly detected from the emphasized image. From several of the images, our method synthesizes an image in which few car appear. One example is shown in Fig.2.

Secondly white lines are detected by using the Hough transform. Then the lines that are roughly parallel to each other on the image are gathered in a group. If the lines are parallel in the three dimensional space, the lines are cross at a vanishing point on the image. Thus the most probable crosspoint of the lines is computed, then the lines far from the point are removed from the group.

Since some of white lines are not correctly detected, the method completes white lines by the rule that the white lines on the parking lots are parallel and same length. Figure 3 is the completed image of Fig.2. In Fig.2 some white lines on the right side of the image do not appear, however, they are correctly displayed in Fig.3.

Finally, each rectangle area, three sides of which are surrounded by the white lines, is selected as a parking division. One of the three white lines is associated to the parking division, if the line is expected to be hidden by a car stopping at the division. The information is saved in the template image as shown in Fig.4.

In experimental results, the accuracy of car detection with automatically generated templates was 96%. The rate is sufficiently high although it is a little lower in comparison of the manually created templates. By using the proposed method, the cost for supplying one template image was reduced from 1-2 hours to a few minutes.

Fig. 1. Expansion of intensity

Fig. 2. Detected white lines

Fig. 3. Completed white lines

Fig. 4. Generated template image

駐車車両検出のためのテンプレート画像の自動作成

非会員 岩佐 和真* 非会員 田中 敏光*
正 員 佐川 雄二* 非会員 杉江 昇*

Automatic Generation of Template Images for Detecting Vehicles in Parking Lots

Kazumasa Iwasa*, Non-member, Toshimitsu Tanaka*, Non-member, Yuji Sagawa*, Member, Noboru Sugie*, Non-member

An increase in the number of parking lots is very slow though that of cars increases much every year. Thus, efficient management of parking lots is needed. If information of vacant divisions is transmitted to cars waiting at gates of parking lots, traffic jam caused by cars searching parking divisions will be decreased. Therefore several methods for detecting parking cars have been developed. Especially, the method that detects cars hiding white lines drawn on parking lots is highly reliable. The method needs a template image for each camera. Since these images were created by human in the previous research, much cost and time was needed.

In this paper, we present the method automatically generating the template images. Firstly, our method synthesizes an image of parking lots including no cars from several images. Then, the method detects white line segments from the image. The line segments are corrected in consideration of the rule that white lines on the parking lots are parallel and their length is constant. Finally, parking divisions are determined from the line segments and stored in the template image. In the experiment using the template generated by our method, accuracy of detecting cars was about 96%. The template is comparable to the manually created template in accuracy.

キーワード：画像処理，駐車判定，テンプレート画像

Keywords：image processing, detection of parking vehicles, template image

1. はじめに

全国の上四輪車保有台数は、2005年9月末時点で約7571万台に達しており⁽²⁾、年々増加している。しかし、駐車場の増加はそれに追いついていないので、慢性的に駐車困難な状況となっている。この結果、休日の繁華街やレジャー施設などでは、空いている駐車場所を探して移動する車が交通量を増やしたり、駐車待ちの車列が道路にあふれて交通渋滞を引き起こしたりしている。この問題を解決するには、駐車場の状況を検知して車を空き区画に効率的に誘導することが必要で、ITS⁽¹⁾の一分野として研究が行われている。

駐車車両を認識する手法の1つに、固定カメラで撮影した画像を処理して区画ごとに駐車の有無を調べる方法がある。1台のカメラで多くの区画をカバーできるため、駐車区画ごとにセンサーを設置する方式に比べてコストを下げるができる。また、すでに設置してある監視カメラの画像を利用することもできる。このため、郊外の大規模な露

天駐車場に適している。

画像中の駐車車両の検出には、車両の追跡などによって駐車区画にとらわれずに車両を検知する方法⁽³⁾や、全区画が空車のときの画像を参照して正規化成分特徴量から判定する方法⁽⁴⁾などが使われている。また、画像中の駐車区画の位置を指定するテンプレート画像を用いて、車両のパーツごとに領域を見つけ駐車を認識する手法⁽⁵⁾や、駐車区画ごとにエッジ画素の割合を調べる事で車両の有無を判定する手法⁽⁶⁾もある。

ただし、1台のカメラが担当する範囲が広がると、斜めから撮影される車両が多くなるため、車高の高い車は隣接する駐車区画にはみ出して写ってしまう。特に画像の周辺の駐車区画では、はみ出す範囲が広がるため、誤判定が増加する。この問題を解決するために複雑な計算を行う手法⁽⁷⁾もあるが、精度はさほど向上していない。

そこで、車両がはみ出して写ることを逆手にとって、車両が駐車区画を区切る白線を隠すことを検出して、駐車を判定する手法⁽⁸⁾が提案されている（駐車の判定方法は2章で述べる）。実験では、晴れの日で約98%の高い認識率を達成している。

* 名城大学理工学部情報工学科
〒468-8502 愛知県名古屋市中天白区塩釜口 1-501
Department of Information Engineering, Faculty of Science and
Technology, Meijo University,
1-501 Shioyamaguchi, Tenpaku-ku, Nagoya 468-8502

この手法はテンプレート画像を使って駐車を判定する。テンプレート画像には、駐車領域とそこに停まった車が遮蔽する白線領域とが、対応付けられて記録されている。テンプレート画像は1台のカメラに付き1枚あればよいが、新しく車両判定システムを導入する、カメラの配置を変える、白線を引き直すなどの変更があると、そのつど作り直す必要がある。また、長期間の運用では、タイヤとの摩擦で白線が削られるため、定期的にテンプレート画像を更新する必要がある。

先行研究⁽⁸⁾では、ペイントツールなどを使って、手作業でテンプレート画像を作成していたため、作成に1枚当たり1～2時間かかっていた。そこで本研究では、この手間を軽減するため、車両認識に使うカメラで撮影した画像からテンプレート画像を自動作成するシステムを作成する。

2章では先行研究⁽⁸⁾の車両検出手法の概要を述べる。テンプレート自動作成手順は3章から6章に示す。7章では、自動生成したテンプレート画像を使って駐車車両の認識率を評価する。

2. 白線の遮蔽を利用した駐車判定⁽⁸⁾

あらかじめ、カメラごとに、駐車領域と白線領域を記録したテンプレート画像を作成しておく。図1(a)は固定監視カメラの画像で、図1(b)はそのテンプレート画像（ただし、小型車の駐車区画のみ定義）である。このテンプレート画像は先行研究で用いたもので、手作業で作成されている。図1(c)はその一部を拡大したもので、四角形が駐車領域、細い線が白線領域である。

駐車領域には、それぞれに異なる整数値をIDとして与える。また、ある駐車領域に停まった車両が隠すと予想される白線領域には、その駐車領域のIDから一定値（画像中の駐車区画数より大きな値）を引いた値をIDとして与える。領域のIDはそこに含まれる画素の値としてテンプレート画

像に記録する。このようにして、駐車領域と白線領域を対応付けている。

判定処理では、まず、カメラから入力した画像を濃淡変換したのち、log変換で輝度を補正する。次に、ラプラシアンIIオペレータでエッジを抽出し、固定閾値で2値化する。この手順で図1(a)を処理すると図1(d)となる。この画像には車両のエッジと白線のエッジの両方が含まれている。

白線領域のそれぞれで、エッジ画像に現れる白画素（エッジ点）の割合を求める。この値が閾値より小さければ、白線が隠されていると考えて、ID番号から対応する駐車区画を見つけ、そこに車両があると判定する。ただし、車両があっても白線が隠されないことがあるので、駐車と判定できない場合には、駐車区画ごとにエッジ点の割合を求め、この値が閾値以上ならその区画に車両があると判定する。

3. 空車画像の作成

駐車場に車両が1台も停まっていない状態の画像を空車画像と名づける。テンプレート画像はこの空車画像を2値化した画像から作成する。

休業時間のある駐車場では空車画像を撮影することができるが、高速道路のパーキングエリアのように24時間運用している場所では、空車画像が撮影できるとは限らない。そこで、時間をおいて撮影した複数枚の画像（ただし、駐車車両は少ない）を統計処理して、2値化された空車画像を合成する。以下にその手順を述べる。

〈3・1〉濃度値の伸張化 判別分析法は画像の2値化でよく使われる手法であるが、これだけでは白線を正しく検出できない。図2に昼間と夜間の画像を判別分析法で2値化した例を示す。図2(d)に示す夜間の2値化画像では、上部の白線が途切れたり消えたりしている。

サービスエリアなどの屋外駐車場では、多くの場合、監

図1 テンプレート画像とエッジ画像の例

Fig. 1. A sample of the template image and the edge image.

図2 昼夜の駐車場画像を2値化処理した結果

Fig. 2. Binary images of a parking lot in daytime and nighttime.

図3 ヒストグラム伸張による輝度範囲の拡大

Fig. 3. Expansion of intensity.

視カメラは照明塔に併設されている。このため、夜間はカメラから遠くなるほど照明が暗くなってしまう。そこで、ヒストグラムを伸張して白線を強調する。

具体的には、式(1)により、濃度値 $a \sim b$ の範囲を線形に 0 ~ 255 に引き延ばす。また、濃度値 $0 \sim a$ を 0 に、 $b \sim 255$ を 255 に変換する。

$$Z' = \begin{cases} 0 & (0 \leq Z < a) \\ 255 \times \frac{Z-a}{b-a} & (a \leq Z \leq b) \\ 255 & (b < Z \leq 255) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (1)$$

a と b は、濃度値の平均 E と標準偏差 σ から式(2)により決定している。これは濃度値の頻度が高い部分を伸張することを意味している。

$$\left. \begin{aligned} a &= \max(E - 2\sigma, 0) \\ b &= \min(E + 2\sigma, 255) \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (2)$$

この手法でヒストグラムを伸張化した例を、図3に示す。この例では、図3(a)で82と示された位置が濃度値の平均で、0 ~ 170 が伸張範囲となる。伸張化により濃度分布が図3(b)のように引き伸ばされる。ただし、濃度値は整数に限られるため、伸張化後は値が飛び飛びになっている。

図3(c)と(d)に伸張化処理による画像の変化を示す。夜間は照明がしっかりと当たっている場所もあれば、そうでない場所もある。図3(c)の下部は比較的明るいが上部は暗い。

図4 複数の画像から合成した空車画像

Fig. 4. Vacant images synthesized from several images.

このため、図3(c)を大津の閾値を使って2値化した図3(e)では、点線の円で囲まれた部分の白線が消えている。一方図3(d)では、どの場所の白線もしっかり確認できるので、2値化後の図3(f)ではこの部分の白線も現れている。

それでも一部の白線は消えてしまうので、5章で述べる方法で補完する。また、右側の大型車の区画では伸張化によりノイズが増えている。これは、この部分の路面が周囲より明るいためである。後の章で白線検出の結果を示すが、この程度のノイズは白線検出の邪魔にはならない。

〈3・2〉 統計処理による空車画像の作成 パーキング

エリアではある程度時間が経過すれば車両が入れ替わる。また、深夜や早朝は比較的駐車車両が少ない。このため、時間帯を選ぶことで、駐車台数が少ない画像を入手することができる。撮影日が異なる画像を使えば、同じ場所に駐車されている確率は低い。そこで、本研究では、時間をずらして撮影した複数の画像を統計的に処理して、空車画像を作成する。以下にそのアルゴリズムを示す。

- (1) 複数の画像を取り込み、それらを前述の方法で2値化画像にする。
- (2) 全ての画素について、次の処理を繰り返す。
 - ・ 取り込んだ画像全てを比較し、白と黒で出現頻度の多い方を結果画像に書き込む。

図4に一例を示す。(a)は11枚の画像から作成した画像で、(b)は11枚の中から比較的駐車車両が少ない画像を人間が選んで(この例では6枚)、そこから作成した画像である。どちらの画像にも、点線の円で囲まれた位置に車両が残っているが、(b)のほうが台数は少ない。

図4(b)で2台の車両が残ってしまったのは、選択した6枚の画像の3枚以上に同じ車両が写っていたためである。実験に使った画像が同一日の限られた期間に撮影されたものなのでこのような結果となったが、撮影期間を伸ばしたり、別の日に撮影した画像を加えたりするなどの対策を取れば解決できると考えている。

4. 白線の検出

3章で作成した空車画像から、次の手順で白線を求める。

〈4・1〉 直線の検出 直線の検出にはハフ変換⁹⁾を用いる。ただし、ハフ変換では直線上の白画素の連続性は考慮されないため、途切れ途切れの点を結ぶ直線も検出される。そこで、ハフ変換で検出された直線上に白画素の連続

(a) Result image (b) Detected straight lines

図 5 直線の検出

Fig. 5. Detection of straight lines.

(a) Result image (b) Detected line segments

図 6 線分の検出

Fig. 6. Detection of line segments.

(a) Result image (b) Parallel line segments

図 7 平行線の検出

Fig. 7. Detection of parallel lines.

成分が存在しているかどうかを調べることで、白線を含む直線か否かを判定する。以下にそのアルゴリズムを示す。

- (1) ハフ変換により直線を検出する。
- (2) 直線の傾き θ が $45^\circ \sim 135^\circ$ のとき、(θ は y 軸から反時計回りに計った角度で、 $[0^\circ, 180^\circ)$ で定義する)

x 軸方向に直線上で白画素が連続する数を調べ、その最大値を記録する。

それ以外の場合

y 軸方向に同様に調べ、最大値を記録する。

- (3) 最大値が閾値以上の時、正しい直線と判断する。

図 4(b) から直線を検出した結果を図 5(a) に示す。(b) は直線だけを表示している。ほぼ白線と対応しているが、右側の駐車領域では白線の端点を結ぶ直線も検出されている。

〈4・2〉 白線の検出 前節で検出された直線上で白点が続いた区間を白線のエッジとして認識する。ただし、白点が多少途切れた場合でも連続した領域として切り出す必要があるため、以下の方法で白線の両端点を求める。

- (1) 走査する方向を。直線の傾き θ の値が $45^\circ \sim 135^\circ$ のとき

は x 軸方向に、それ以外は y 軸方向に選ぶ。

- (2) 2 点間の距離 L を 0 にリセットする。
- (3) 直線上の白画素の組み合わせの全てについて、以下の処理を行う。

・ 2 点間の距離が L 以上ならば、

- (a) 2 点間に存在する全画素数と白画素数をそれぞれ求め、式(3)を用いて白画素の割合を計算する。

$$(\text{白画素の割合}) = \frac{(\text{2点間の白画素の数})}{(\text{2点間の全画素数})} \times 100 \dots\dots (3)$$

- (b) 白画素の割合が 90% 以上ならば、この 2 点間の距離を L に記録し、この 2 点の座標を保存する。

- (4) 最終的に保持された 2 点を、線分の始点と終点とする。

図 6(a) に線分の検出結果を示す。(b) は線分だけを表示している。図 6(a) に示すように、ほぼ正しく、直線から白線部分を切り出すことができた。

直線上の白画素の数は、最も多いものでも画像の高さに相当する 500 個程度で、多くは 100 個程度である。直線の数も 50 本以下である。このため、直線上で白画素の全ての組み合わせを調べても、たいした計算量にはならない。

〈4・3〉 角度によるグループ化 テンプレート画像を作成するには、「検出された線分のどの組み合わせが 1 つの駐車区画を形成しているか」を判定しなければならない。一般に駐車区画は等間隔で一列に並んでいるため、白線が平行であることが境界線の特徴となる。そこで、検出された白線から、平行線のグループを見つける。路面に平行線を斜め方向から撮影した場合、透視投影により画像上では平行線にならないが、直線の方法は近くなる。そこで、方向が近い直線をグループにまとめる。

〈4・4〉 消失点を用いた平行線の検出 前節で求めたグループには、誤検出された線分や偶然向きが近い線分も含まれている。しかし、平行線ならば、それらは画像上の 1 点（これを消失点と呼ぶ）で交わる。この性質を利用して平行でない線分を除去する。以下にそのアルゴリズムを示す。

- (1) グループ内の線分の平均距離を求め、閾値とする。
 - (2) 全ての 2 本の組み合わせに対し、次の処理を行う。
- (i) 交点を求める。
 - (i) 求めた交点と他の直線の距離を求め、それが閾値以上となる直線の数を求める。
- (3) (2) で求めた直線数が最小の交点を消失点に選ぶ。
 - (4) 選ばれた消失点と各直線との距離を求め、それが閾値以上のとき、平行線でないのみなし削除する。

図 7 に平行線のみを選択した画像を示す。図 6 で検出されていた車のエッジに沿った線分（点線の楕円で囲んだ部分）が除去されている。また、図 6 の右側では、ノイズにより、同じ位置に傾きがわずかに異なる線分が検出されているが、図 7 では 1 本になっている。このように、元の線分に多少の誤差が含まれていても、平行線を正しく判断することができた。

5. 白線の補完

白線の中には、ハフ変換で直線が検出できなかったために失われたものや、空車画像のかすれなどによって長さが足りないものがある。これらを次の方法で補完する。

〈5・1〉 白線の伸張 多くの駐車場では白線は駐車区画の三辺にしか描かれていない。しかし、開いた部分では、白線の端点(図 7(b)では平行で短い線分の端点)を結ぶ線が駐車区画の境界となっている。これを予測境界線と呼ぶ。以下の手順で、平行線グループの端点から予測境界線を求め、欠けた線分を補完する。

- (1) 平行線グループに含まれる線分の全ての組み合わせに対して、以下の処理を行う
 - (ア) 2本の線分の端点を結ぶ直線の方程式を求める。
 - (イ) 求めた直線と他の線分の端点の距離を求め、それが閾値以上の線分の本数を求める。
- (2) 求めた線分数が最小の直線を予測境界線とする。
- (3) 予測境界線と各線分の交点を求め、線分長を補正する。

図 8(a)に線分長を補完した画像を示す。図 7(b)と図 8(b)を比べると、点線の四角で囲まれた部分で白線が正しい長さまで伸張されている。

〈5・2〉 検出漏れ白線の補完 多くの駐車場では白線は等間隔で平行に描かれているので、すでに検出されている線分同士の距離を求めることで、検出漏れの白線を見つけることができる。ただし、空車画像は透視投影されているため、この処理を行うには元の路面の座標を復元する必要がある。そこで、

- (1) 平面射影変換⁽¹⁰⁾を用いて駐車場を真上から見た状態を復元する。
- (2) 平均間隔を求め未検出の直線の場所を予測する。
- (3) 予測した直線の周辺で限定的にハフ変換を行い、正しい白線の場所を求める。

手順で白線の検出漏れを補う。図 8(d)にこの方法で白線を求めた例を示す。図 8(b)と(d)を比べると、画像の上部や、車両で隠れた部分の白線が補われている。

6. テンプレート画像の作成

〈6・1〉 駐車領域の決定 1つの駐車区画は長い白線、予測境界線、2本の隣り合う短い白線で囲まれた領域になる。そこで、短い線分の端点と、短い線分と長い線分の交点の4つを頂点とする四辺形の内部を1つの駐車領域とする。ただし、風などで監視カメラが振動して白線のエッジが駐車領域に入ってしまうことを避けるため、四辺形の各辺から5ピクセル内側を駐車領域に選ぶ。

検出された駐車領域ごとにID番号を付与する。IDは150から始めて、連続した整数値を使う。テンプレート画像の駐車領域の画素には、それぞれのID番号を書き込んでおく。

〈6・2〉 白線領域の決定 白線領域は、白線のエッジが写っているか否かを判定するための領域で、これまでの処理で検出した線分の近傍にある。ただし、あとで駐車区

図 8 白線の補完

Fig. 8. Complement of white lines.

域と対応付ける必要があるので、検出された線分のそれぞれを、駐車区画を求めるときに使った短い線分と長い線分の交点で分割する。さらに、交点から5画素分短くする。これは、交点付近で誤って他の白線のエッジを選ばないようにするためである。

駐車判定を正確に行うには、エッジ画像で白線のエッジが現れる部分だけを、正確に、白線領域として登録する必要がある。しかし、空車画像における白画素は、取り込んだ駐車場の画像を2値化し、統計処理によって作成した画像であるため、実際の白線のエッジと完全に一致しているわけではない。そこで、白線領域を以下の手順で決定する。

- (1) 複数枚の駐車場画像を取り込み、それぞれをエッジ画像に変換する。
- (2) 分割された線分のそれぞれについて、
 - (ア) 線分から上下(線分が水平に近い場合)または左右(垂直に近い場合)に3ピクセルずつずらして、矩形領域を作る。
 - (イ) (ア)の領域に含まれる全ての画素について、入力画像の半数以上にエッジがあるときには、その画素をその線分に対する白線領域として登録する。

〈6・3〉 領域の対応付け ある区画に停まった車両はカメラから遠い位置にある白線を隠す。図2から8に示したカメラ配置では、駐車区画の直上の白線が隠される。そこで、カメラの向きと白線・駐車区画の位置から遮蔽される白線領域を予測し、駐車区画に対応付ける。

〈5・2〉節の白線の補完で用いたカメラ位置を利用して、各駐車区画がカメラから離れる方向を求める。この方向を画面に投影し、画像上でカメラから遠ざかる方向を求める。この方向で、駐車領域から一定距離以内で最も近い白線領域1つをその駐車領域に対応付ける。

対応付けられた白線領域には、駐車領域のIDから100を引いた値をIDとして与える。このため、記録できる駐車区

図 9 作成されたテンプレート画像

Fig. 9. A synthesized template image.

画数は最大で 100 となるが、通常はこれで十分である。テンプレート画像では、その白線領域に含まれる全ての画素にこの ID を記録する。

こうして作成したテンプレート画像を図 9(a)に示す。ただし、先行研究⁽⁸⁾では普通車しか検出対象としていないので、左側の普通車の区画しか含まれていない。

周期性を使って補完した結果、ゼブラゾーンにも駐車区画が設定されてしまった。このような誤りを完全に防ぐことは難しいので、不都合がある場合には人間が修正する。この例では、左下 4 区画を消去している。駐車区画の ID を指定して駐車領域とそれに対応する白線領域を消去するインターフェースを作成しているの、簡単に消去できる。

縦 512×横 640 画素の 6 枚の画像を入力してからテンプレート画像が作成されるまでの時間は、Pentium4 2.6GHz CPU, 256MB メモリ, Windows XP の環境下で、約 20 秒であった。画像中の駐車区画の数やノイズの程度により処理時間は増減するが、概ねこの程度である。入力画像を選択する時間や余分な区画を取り除く時間が必要があるが、それを加えても数分で済む。これまでは手作業で 1~2 時間かかっていたことと比べると、大幅な時間短縮になっている。人が行う作業も、先行手法ではペイントツールを使って画像を修正する必要があったが、本研究の手法では、画像を選んだり、余分な駐車領域を指定したりするだけでよい、このため、労力の点でもはるかに小さくなっている。

7. 検証実験

東名高速道路上郷サービスエリアの画像 11 枚を用いて実験を行った。これらの画像は、同一の監視カメラで、1 日の間に時間を空けて撮影されている。時刻により認識率が変化するため、昼間、夜間の両方を含む画像で実験する。それぞれの画像には 20 の駐車区画が写っているため、のべ 220 区画の駐車を判定した。

図 10 では、白線領域のエッジ点の割合を横軸に、駐車領域のエッジ点の割合を縦軸にとって、それぞれの駐車領域をプロットしている。これらの割合は、自動作成したテンプレートを使って計算した。図中の菱形（黒色、白抜きとも）は実際に空車だった駐車区画を、正方形は実際に車両があった区画を示している。

2 章で述べたように、白線領域のエッジの割合が閾値未

図 10 車両検出実験の結果

Fig. 10. The experimental result of car detection.

図 11 誤って空車と判定された駐車区画

Fig. 11. A parking division which is wrongly judged as empty.

図 12 誤って駐車と判定された駐車区画

Fig. 12. A parking division where a car was wrongly detected.

満、または、駐車領域のエッジの割合が閾値以上の場合に駐車車両ありと判定される。今回の実験では、検出精度が最も高くなるように、白線領域の閾値を 40%に、駐車領域の閾値を 15%に設定している。図 10 の太線はそれぞれの閾値を示している。判定プログラムでは、右下の象限に入った区画が空車と判定され、他は駐車車両ありと判定される。したがって、白抜きの菱形で表示した 7 区画が誤って駐車と判定され、白抜きの正方形で表示した 2 区画が誤って空車と判定されている。

図 11 に誤って空車と判定された例を示す。この車は白線をほとんど隠していない。しかも、色が黒いため駐車領域のエッジが少ない。このため、空車と判定されてしまった。車が無いのに駐車と判定されるのは、図 12 に示すように、

背の高い車が隣の区画にはみ出して写っている場合である。また、手前の白線を隠すように、横にはみ出して停まっている車がある場合には、手前の区画にも車両があると誤って判定されてしまう。

この実験では 220 区画中 211 区画が正しく認識できたので、自動生成したテンプレート画像を使った検出精度は 96.4%となった。先行研究では、手作業で作成したテンプレートを使って行って同じ実験をしているが、このときの検出精度は約 98%であった⁽⁸⁾。自動生成テンプレートでは認識率が若干下がったが、駐車場の混雑状況を判定する目的には十分な精度である。他のカメラの画像でも、同様の実験を行っているが、おおむね同じ程度の精度となっている。

認識率低下の原因は、自動生成したテンプレートの白線領域に、統計処理で発生したノイズが載っていたためである。今回の実験では、完全な空車画像が作成できなかったため、ノイズの影響が大きくなってしまった。

8. むすび

白線の遮蔽を利用した駐車車両の判定処理に使うテンプレート画像を自動作成する手法を提案した。提案手法の特徴は、統計処理による空車画像の作成、消失点を使った平行線の検出、白線の規則性を用いた伸張と検出漏れの補完である。

提案手法で作成したテンプレート画像を使って車両の認識実験を行ったところ、約 96%の精度で車両を検出できた。認識精度は、手作業で作った場合に比べると若干低いが、駐車状況の評価するには十分な値である。先行研究ではテンプレート画像の作成に 1 枚あたり 1~2 時間の作業を必要としていたが、提案手法ではほとんど人手を介さずにテンプレートを作成できた。

今後は、ゼブラゾーンにできた誤った駐車領域を除去する処理を追加する。また、多くの駐車場で実験を行い、テンプレート画像の性能を評価する。

(平成 18 年 3 月 27 日受付, 平成 18 年 9 月 12 日再受付)

文 献

- (1) ITS Homepage of Ministry of Load, Infrastructure and Transport: 国土交通省道路局 ITS ホームページ: <http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j.html>
- (2) Homepage of Automobile inspection and Registration Association: 自動車検査登録協会ホームページ: <http://www.aira.or.jp/>
- (3) T. Hasegawa and S. Ozawa: "Counting cars by tracking of object in the outdoor parking lot", *T. IEICE*, Vol.J76-D2, No.7, pp.1390-1398 (1993-7) (in Japanese)
長谷川為春・小沢慎治:「移動物体追跡を利用した屋外駐車場における車両計数」, 信学論, **J76-D2**, 7, pp.1390-1398 (1993-7)
- (4) E. Maeda, Y. Takahashi, and K. Ishii: "Robust object detection under various environmental conditions", *T. IEICE*, Vol.J74-D2, No.12, pp.1731-1740 (1994-12) (in Japanese)
前田英作・高橋裕子・石井健一郎:「環境変動にロバストな物体有無判定法」, 信学論, **J74-D2**, 12, pp.1731-1740 (1994-12)
- (5) K. Yamada and M. Mizuno: "A parking vehicle detection method using image segmentation", *T. IEICE*, Vol.J82-D2, No.12, pp.2316-2324 (1999-12) (in Japanese)
山田啓一・水野守倫:「領域分割を用いた画像による駐車車両検出法」, 信学論, **J82-D2**, 12, pp.2316-2324 (1999-12)
- (6) C. Hsu, T. Tanaka, N. Sugie, and K. Ueda: "Detection of Vehicles in a Parking Lot by Image Processing", *Proc. MVA2002 IAPR Workshop on Vision Applications*, pp.475-478 (2002-12)
- (7) 川上 肇・土屋充央・池田 徹・田島譲二:「駐車車両からの駐車状況検出」, 計測自動制御学会, 第 14 回パターン計測部会研究会, pp.1-7 (1991-1)
- (8) K. Umino, T. Tanaka, and N. Sugie: "Detection of Vehicles in a Parking Lot by Image Processing", *Proc. 11th World Congress on ITS*, paper number 3205, Nagoya, Japan (2004-10)
- (9) H. Tamura: "Computer Image Processing", Ohmsha, Tokyo (2002) (in Japanese)
田村秀行:「コンピュータ画像処理」, オーム社 (2002)
- (10) J. Sato: "Computer Vision", Corona Publishing, Tokyo (1999) (in Japanese)
佐藤 淳:「コンピュータビジョン—視覚の幾何学—」, コロナ社 (1999)

岩 佐 和 真 (非会員) 1982 年生。2004 年 3 月名城大学理工学部電気電子工学科卒業, 2006 年 3 月同大学大学院理工学研究科情報科学専攻修士課程修了, (株)ユーフィット勤務, 現在に至る。画像処理に関する研究に従事。

田 中 敏 光 (非会員) 1959 年生。1984 年同大学大学院情報工学専攻博士(前期)修了。同年 NTT 入社。1994 年名古屋大学大型計算機センター助教授。2000 年 4 月より名城大学理工学部情報科学科(現情報工学科)教授。コンピュータグラフィックスの研究・教育に従事。工学博士。1990 年信学会篠原記念学術奨励賞。1991 年情報処理学会論文賞受賞。

佐 川 雄 二 (会員) 1961 年生。1987 年名古屋大学大学院情報工学専攻前期過程修了。同年(株)日立製作所入社。1992 年名古屋大学大学院情報工学専攻後期過程単位取得退学。同年同大助手。同講師を経て, 2000 年名城大学理工学部講師, 2003 年同助教授。現在に至る。自然言語処理の研究・教育に従事。工学博士。

杉 江 昇 (非正員) 1932 年生。1960 年名古屋大学工学部電気学科卒業。同年通産省電総研入所。1962~1964 年カナダ・マギル大学客員研究員。1978 年名古屋大学・工・情報工学専攻教授, 1994 年名城大・理工・電気電子工学科教授, 2000 年同情報科学科教授。名古屋大学名誉教授。信学会フェロー。バイオニクス, コンピュータビジョン, 自然言語などの研究に従事。工学博士。