

ステレオカメラを用いる空き駐車スペース検出法の改良

山崎瑠香† 佐々木拓馬‡ 花泉弘*

法政大学

1. はじめに

広い駐車場において空スペースを見つけるのは容易ではないことが多く、利用者に対して空スペースを提示するサービスは重要である。そのため、入り口に電光掲示板を設置して空きスロットを示している駐車場も見受けられるが、このようなシステムは特殊な機器を必要とし、多額の導入費用がかかる。

一方、駐車場全体を見渡せる位置に、安価な WEB カメラを取り付けることによって画像から車両検出を行う手法も研究されている[3]-[6]。しかし、あらかじめ車が一台もないときの背景画像が必要であったり、車両を真上から見下ろせる十分な高い位置にカメラを設置しなければならないなどの制約が多かった。

これまでに、事前固定焦点法[2]を用いる空き駐車スペース検出手法[1]を提案してきた。この手法は、カメラの設置位置の制約が少なく処理量も少ないため小規模駐車場でも導入が可能であるという特徴があったが、カメラから遠い位置にある駐車スロットの検出精度が著しく低いという問題点があった。本研究では、より詳しい実験によって車両誤検出の原因究明を行うとともにアルゴリズムの改良を行ったので報告する。

2. 原理と処理手順

図 1 に示すように直線状に並んだ駐車スロットにおいて、駐車車両のバンパー部分が位置するであろう領域と駐車場の路面とに、それぞれ平面 A と平面 B とを設定し、事前固定焦点法により、両平面上の対象物の位置ずれがなくなるような射影変換の係数をそれぞれ求めておく。それぞれの平面上における位置ずれを検出し、それらの大小関係からスロットにおける駐車車両の有無を判定する。駐車スロットに車両がある場合、平面 A に焦点を合わせた画像対においては位置ずれがなく、逆に平面 B に焦点を合わせた画像対では路面ではなく車両の前面が見えてしまうために相対的な位置ずれが観測される。一方、車両がない場合には、路面が見えるので平面 B では位置ずれがなく、平面 A において位置ずれが観測される。

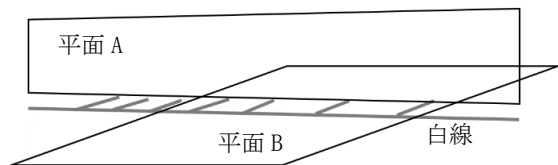


図 1 利用する 2 つの平面

Improvement of the Method for Vacant Parking Space Detection Using Stereo Camera

† Ruka Yamazaki Hosei University

‡ Takuma Sasaki Hosei University

* Hiroshi Hanaizumi Hosei University

実際には、カメラから離れた位置にある車両スロットでは、車両がない場合においても路面よりもより遠くにある車両が観測される可能性がある。この場合は、平面 A、B の両方で位置ずれが得られるが、両者の位置ずれの量が同程度であれば、他のケースと区別して認識することができる。

2.1. 相対的位置ずれの検出と車両有無の判定

ステレオカメラを設置する際に、視差は水平方向に取ることを想定すると、上で議論してきた相対的位置ずれは水平方向のみに限られる。相対的な位置ずれはマスク処理によって求めるが、マスクはこのバンパー線に沿って移動するものとし、マスクの中心が各スロットの中心に一致する位置で相対的な位置ずれを計測し、その時の位置ずれによって、そのスロットに駐車車両が駐車しているかどうかを判定する。処理マスクのサイズはカメラからの位置によって変化させるが、マスクの幅は各スロットの幅の $1/2$ とし、高さ方向は最も遠いスロットの位置においても 1 画素を下回らないように設定する。事前固定焦点法を施した画像対の間の相対的位置ずれは、マスク内の画素について対応関係を変え(左右にシフトさせ)ながら画素濃度の差の 2 乗和(SSD)を求め、 S が最小になるシフト量 k をもって相対的な位置ずれとする。

すなわち

$$S \equiv \sum_{x,y \in \text{Mask}} (g(x-k, y) - f(x, y))^2 \rightarrow \min_k \quad (1)$$

である。ここで、 x , y は画素の座標を表し、 k は横方向のシフト量を表す。 S の最小値を与える k がこの位置での相対的位置ずれとなる。本手法においては、図 1 に示す平面 A と平面 B とに対して 2 組の処理を行っているので、位置ずれも平面 A に対する事前固定焦点法による位置ずれ k_A と平面 B に対するそれ k_B とが得られる。

本手法の処理手順を示す

Step1) ステレオペア画像を読み込む

Step2) 平面 A, B についてそれぞれ事前固定焦点法を施した画像対を作成する

Step3) 各スロットについて相対的な位置ずれを k_A , k_B を求め、判定を行う

Step4) Step1)~4) を繰り返す

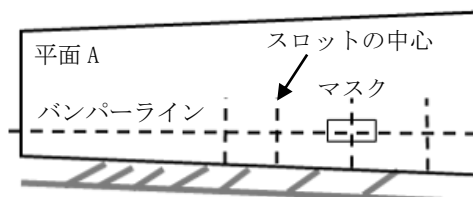


図 2 位置ずれ検出に用いるマスクの位置



図2 バンパー部焦点画像



図3 路面焦点画像

Step3)における車両判定は以下の条件式を用いる.

・車両なし

$$k_A \leq k_B \quad (2)$$

・車両あり

$$k_A > k_B \quad (3)$$

3. 実験

実験では図2に示す駐車場で検証を行った. 2台のWEBカメラは, 駐車場裏にある建物の軒下に設置した. 駐車状況によらずスロットの前面の白線が画像に収まる範囲を対象とし, 1から7スロットにおける駐車車両の検出を行った. 平面A, Bに焦点を合わせるために, 高さ1.7mのポールを車両バンパー部の位置に当たる, 白線の内側から後方0.4mの位置に7か所設置し, 射影変換係数を求めるための対応点とした. 抽出したポールの画像から10点の対応点を手動で求めた. 路面(平面B)については, 路面上の白線の交点から18点の対応点を得て変換係数を求めた. 求めた係数で平面A, Bに焦点を合わせた画像を図2(平面A)と図3(平面B)に示す. 位置ずれは, 色ずれとして表されている.

本研究では問題点であった遠いスロットにおける検出精度向上のために, 路面平面での対応点を増やすとともに風などによるカメラのぶれを補正するために, 相互相関関数を用いることでぶれの自動修正機能を追加した.

3.1. 結果と考察

図4にスロットナンバーを示す. 表1は改良前の車両検出の結果である. ここでスロット2はスロット1に比べ見かけ上高精度であるが, 用いた42枚の画像においてスロット2に駐車された画像がなかったため, 実際はより低い値となる. カメラに近いスロット3, 4, 5, 6, 7に比べ非常に検出の精度が低い結果となっていた. 一方, 表2はアルゴリズム改良後の車両検出結果である. 正確性を期すためにスロット1, 2に駐車された画像を実験に新たに追加し検証を行った. 改良前と比べスロット1, 2における検出精度が大幅に向上した. 表1と比べスロット3, 4, 6の検出率がやや落ちているが, これは日光によって路面の明るさが一样になり正しく位置ずれが検出できなかったためであると考えられる. これは路面の位置ずれの量を検出する際, (1)の式の値を用いて求めており, また利用しているマスクのサイズが相対的に小さいためマスクの画素濃度の変化が位置ずれとしてカウントされてしまったことが原因であると考えられる.



図4 設定したスロットナンバー

表1 車両検出精度(改良前)

Slot No.	1	2	3	4
Rate	0.12	0.87	1.00	1.00
Slot No.	5	6	7	
Rate	1.00	1.00	1.00	

表2 車両検出精度(改良後)

Slot No.	1	2	3	4
Rate	0.92	0.98	0.98	0.98
Slot No.	5	6	7	
Rate	1.00	0.98	1.00	

4. おわりに

本研究では, ステレオカメラに事前固定焦点法を用いることで位置ずれの量を測定し, 空きスロットの判別を行う検出法の改良を行った.

カメラから遠い位置にあるスロットの検出精度向上のために, 路面平面に焦点を合わせる際の対応点の追加と, ぶれ補正機能を実装することによって検出精度を大幅に上げることができた.

実験ではずれの量の検出にSSDを用いたが, 雑音及びカメラからの距離を考えた上で, スロットごとに位置ずれの評価方法の変更を行うことによって, より高精度な空きスロット検出が行えると考えられる.

文 献

- [1] 山崎瑠香, 佐々木拓馬, 花泉弘, ”ステレオカメラを用いる空き駐車スペース検出法”, 第59回自動制御連合講演会 No.16-14, pp14-17, 2016
- [2] T. Sasaki, H. Hanaizumi, “A Pre-Focusing Method For Detecting Pedestrians Running Out Into The Street Using A Mobile Camera”, ICISP2016, pp331-336, 2016
- [3] 許智評, 田中敏光, 杉江昇, 上田浩次, 画像処理による照明変動等にロバストな駐車状況判定法, 信学技報, 102-233, pp37-42, 2002
- [4] Keiichi Yamada, Morimichi Mizuno, A Vehicle Parking Detection Method Using Image Segmentation, Electronics and Communications in Japan, Part 3, Vol. 84, No. 10, pp25-34, Oct 2001
- [5] Martin Ahrnbom, Kalle Astrom, Mikael Nilsson, “Fast Classification of Empty and Occupied Parking Spaces Using Integral Channel Features”, 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), pp1609-1615, 2016
- [6] Thomas Moranduzzo, Farid Melgani, “A SIFT-SVM method for detecting cars in UAV images”, IGARSS 2012, pp6868-6871, July 2012