

# 空撮画像を用いた公道上で切り返しの必要な駐車場の分類と判別

本田 望<sup>1,a)</sup> 栗 達<sup>1,b)</sup> 小野 晋太郎<sup>1,c)</sup>

**概要:** 駐車場における切り返し操作は歩行者や自動車との接触を引き起こしやすく、公道上で切り返しを必要とする場合は特に危険である。本研究では、公道上で切り返しの必要な駐車場の幾何的な構造が2パターンに集約して分類するとともに、それぞれのパターンに該当するかどうかを空撮画像から半自動的に判別する。判別は車両および駐車区画線の位置に基づいて行い、車両の検出はYOLO、区画線の検出は先端部のテンプレートマッチングにより行った。評価実験の結果、車両検出の場合は適合率 0.99、再現率 0.89、区画線の検出の場合は適合率 0.97、再現率 0.77 と良好な結果が得られた。

**キーワード:** 運転支援, 画像特徴抽出, 画像分類, 駐車場判別, テンプレートマッチング

## Classification and Recognition of Parking Spaces Requiring Three-point Turns on Public Roads Using Aerial Images

**Abstract:** Three-point turns in parking lots can easily cause collisions with pedestrians or vehicles, and are especially dangerous when three-point turns are required on public roads. In this study, we summarize and classify the structure of parking spaces that need to three-point turns on public roads into two patterns. We also discriminate parking lots semi-automatically from the aerial image data whether the parking space belongs to a certain parking pattern or not. The discrimination is based on the location of vehicles and parking grid lines. For vehicle detection, we utilize the YOLO model and for parking frame line detection, we use the template matching technique. The results of the evaluation experiments showed that a precision of 0.99 and a recall of 0.89 are obtained for vehicle detection, while a precision of 0.97 and a recall of 0.77 are obtained for parking frame line detection.

**Keywords:** Driving Assistance, Image Feature Extraction, Image Classification, Parking Space Recognition, Template Matching

### 1. はじめに

近年、地方都市では、敷地を駐車場として活用することも多く、駐車場の占める面積が増加している。商業施設等の駐車場は敷地内で切り返して駐車することができる。しかし、その他の駐車場では、敷地内で切り返すスペースが無く公道上で切り返しが必要となる場合がある。駐車場における切り返し操作は歩行者や自動車との接触を引き起こしやすく、公道上で切り返しを必要とする場合は特に危険である。

現状では、駐車場の位置情報を示す機能は既存しているが、危険性の高い駐車場を示す機能は存在していない。そこで、本研究では、公道上で切り返しの必要な駐車場の幾何的な構造が2パターンに集約して分類するとともに、それぞれのパターンに該当するかどうかを空撮画像から半自動的に判別する。接触が起こりやすい駐車場の判別を行うことで、事故を未然に防ぐことが出来る。

### 2. 関連研究

三木ら [1] は、深層学習に基づいた屋外大型駐車場の空きスペースの検出に関する研究を行った。物体検出アルゴリズム YOLO を用いて学習モデルを作成していた。提案手法により、駐車場の空きスペースの検出ができた。本研究

<sup>1</sup> 福岡大学 工学部  
福岡県福岡市城南区七隈 8 - 19 - 1  
a) honnozobaske0424@gmail.com  
b) lida@fukuoka-u.ac.jp  
c) onoshin@fukuoka-u.ac.jp



図 1 パターン 1 の駐車場

では、公道上で切り返しの必要な駐車場の分類と判別を目的とし、深層学習を用いることで自動車の検出を行う。

田部井ら [2] は、大規模小売店舗の駐車場の出入り口の構造が交通事故や交通流に与える影響に関する分析を行った。駐車場の出入り口の構造が事故発生の要因とどう関係しているのかを分析した。本研究では、公道上で切り返しの必要な駐車場が事故発生の要因とどう関係しているのかを分析するのではなく、事故発生を未然に防ぐ為に危険性の高い例の 1 つでもある公道上で切り返しの必要な駐車場の分類と判別を行う。

### 3. 公道上で切り返しの必要な駐車場の分類

本章は公道上で切り返しの必要な駐車場の分類と判別について説明する。

#### 3.1 公道上で切り返しの必要な駐車場のパターン分け

福岡市周辺の駐車場を調べたところ、複数の特徴から公道上で切り返しの必要な駐車場のパターンを 2 つに分類した。

- パターン 1 の駐車場 (図 1)

- (1) 自動車の方向と道路の方向が垂直
- (2) 駐車場区画と道路の間の距離が 5m 未満

- パターン 2 の駐車場 (図 2)

- (1) 自動車の方向と道路の方向が垂直
- (2) 駐車場区画と道路の間の距離が 5m 以上
- (3) 駐車場の幅が 12m 未満

駐車場法施行令<sup>\*1</sup>第 8 条より、車路の幅員は一方通行では最低基準として 3.5 m 以上と定められていることと普通自動車の駐車する際に必要な幅はおおよそ 4.5m ということから駐車場区画と道路の間の距離が 5m 未満としている。

駐車場の敷地内で切り返すためには自動車の最小回転半径の 2 倍の幅が必要である。普通自動車の最小回転半径の最大が 5.7m ということから敷地内で切り返しに必要な幅は 11.4m であることから駐車場の幅が 12m 未満としている。

#### 3.2 公道上で切り返しの必要な駐車場の判別

3.1 節より、公道上で切り返しの必要な駐車場を判別を行うために優先する条件を以下に示す。

<sup>\*1</sup> <https://www.city.shizuoka.lg.jp/000106512.pdf>



図 2 パターン 2 の駐車場

- (1) 自動車の方向と道路の方向が垂直であるか
- (2) 駐車場区画と道路の間の距離が 5m 未満であるか
- (3) 駐車場の幅が 12m 未満であるか

これらの条件から公道上で切り返しの必要な駐車場の判別を行う。

##### 3.2.1 自動車と道路の方向が垂直であるか

道路基盤地図から道路の情報は得られることとして、画像上で道路が水平方向 (図 3) になるように正規化を行う。次に、自動車の検出 (図 4) を行うことで自動車の方向を取得する。



図 3 道路が水平方向



図 4 自動車の検出

##### 3.2.2 駐車場区画と道路の間の距離が 5m 未満であるか

図 5 に示したように駐車場の白線の先端部分を検出することで、道路と駐車場区画の距離を測る位置を判別できるようにする。次に、駐車場区画と道路の距離を測らなければならない。空撮画像の距離を測るためには縮尺が分からなければ計測できない。スケールバーから縮尺を得て、駐車場区画と道路までの距離を算出する。

##### 3.2.3 駐車場の幅が 12m 未満であるか

3.2.2 項の測定方法と同様にして駐車場の幅を測定する。

## 4. 空撮画像からの自動車検出

物体検出アルゴリズム [3][4] を用いて空撮画像からの自動車の検出を行う。

### 4.1 物体検出アルゴリズム

物体を検出するアルゴリズムはいくつかあり、その中の



図 5 白線の先端部分の検出

YOLOv5 [5] を用いて自動車の検出を行った。YOLOv5 は処理速度が非常に早い点が 1 つ目の特徴である。画像の入力後にまず画像のリサイズ作業が行われる。画像全体を見て対象物がなさそうな背景部分を先にカットするため、バウンディングボックス設定と分析を同時に行うため、迅速な分析が可能である。具体的な速度は画像 1 枚あたり約 22ms(1000 分の 1 秒)と言われており,Faster R-CNN [6] と比べて 6~7 倍ほど高速化することが可能である。2 つ目の特徴として、学習に 1 枚の画像に含まれるすべての範囲を分析するため、背景の誤検出を抑えた正確性の高い特定や推定ができる。

問題点として、物体検出アルゴリズム YOLOv5 の学習済みモデルで検出する場合、自動車の正面や真横からの検出は自動車と判別されるが、空撮画像からの自動車を検出させた場合に“cell phone(携帯電話)”と判別される。

改善策として、空撮画像からの自動車の画像データを使用し、YOLOv5 物体検出モデルに学習させる。

#### 4.2 空撮画像からの自動車を学習

4ヶ国・6都市の空撮画像からの自動車の画像のデータセットの Cars Overhead With Context (COWC)\*<sup>2</sup>があり、256 × 256 の画像サイズの画像と各ラベルの座標つきで提供されている(図 6 に COWC データセットの例を示す)。このデータセットを YOLOv5 に訓練させる。条件として、学習で使用したデータセットの画像サイズが 256 × 256 ということによって訓練に使用した自動車のサイズはかなり小さい。テスト画像の自動車のサイズを訓練データと同様にして判別する。データセットの自動車の幅や高さはおよそ 80~120 のピクセルである。

#### 4.3 実験概要

訓練枚数 8000 枚、バッチサイズやエポック数のパラメータを調整して学習モデルを作成する。50 枚のテストデータの評価を行う。

#### 4.4 実験結果

学習はバッチサイズ 32、エポック数 20 で行った。評価方法は以下に示す。

\*<sup>2</sup> <https://gdo152.llnl.gov/cowc/>



図 6 COWC のデータセット



図 7 成功例 (YOLO)



図 8 失敗例 (YOLO)

- TP: 自動車を正しく検出できた
- FP: 自動車ではないところを自動車として誤検出した
- FN: 自動車を見逃した

これらの 3 つの混同行列から適合率、再現率、F 値を算出して評価を行う。

自動車の検出結果を図 7、図 8 に示す。

これらを 50 枚のテストデータから分類した結果、TP が 181、FP が 1、FN が 22 という結果になった。適合率: 0.99、再現率: 0.89、F 値: 0.92 が得られた。

#### 4.5 考察

実験の成果として、COWC のデータセットを 8000 枚訓練させ学習モデルを作成することで、非常に高い精度で自動車を検出することができた。FN が 22 ということによって、検出すべき自動車をいくつか見逃してはいるが、再現率 0.89 とかなり高い値が得られた。適合率も 0.99 と高い値が得られ、精度の高い学習モデルということが分かる。

今後の課題として、本実験では COWC のデータセットを用いることで学習モデルを作成したが、ドローンで実際に撮影をして訓練データを集める。また、YOLO のモデル

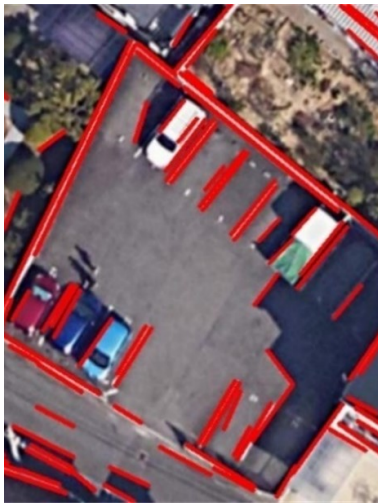


図 9 LSD を用いた検出結果

だけでなく、他の物体検出モデルとの比較を行い、自動車の検出に最適であるモデルを調べることが挙げられる。

## 5. 駐車場区画と切り返しスペースの検出

3.2.2 項より、駐車場区画と道路の距離の測定する位置の判別を行うためにテンプレートマッチングを用いて白線の先端部分の検出を行う。

### 5.1 白線を利用した切り返しスペースの検出

問題点として、駐車場区画の白線部分を Line Segment Detector(LSD) [7] を使い、明暗の勾配を利用して直線を検出したが、図 9 のように駐車場区画の白線以外も検出されてしまう。

改善策 1 としては、白線の先端部分 (図 10) のテンプレートのパターンを 4 つ用意して、テンプレートマッチング [8] することで道路と白線までの距離が測定できるようにする。

4 パターン全てのテンプレート画像とマッチングを行い、最も閾値の高い結果を評価する。条件として、白線が消えかかっている場合、白線のない場合、駐車している自動車が完全に白線に被っている場合は評価を行わないことと閾値が 0.7 以下の場合には誤検出をしてしまうので評価を行わない。図 11 に、白線の先端部分のテンプレートの 4 つのパターンのうち 1 つを例で示す。

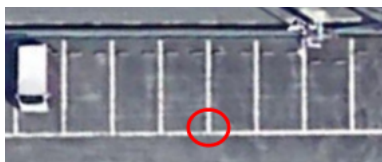


図 10 駐車場区画の白線の先端部分



図 11 テンプレート例

改善策 2 では、改善策 1 で白線の先端部分の検出ができたところの距離の測定を行う。駐車スペース 1 台分の距離を測定することができれば、白線の検出ができなかったと

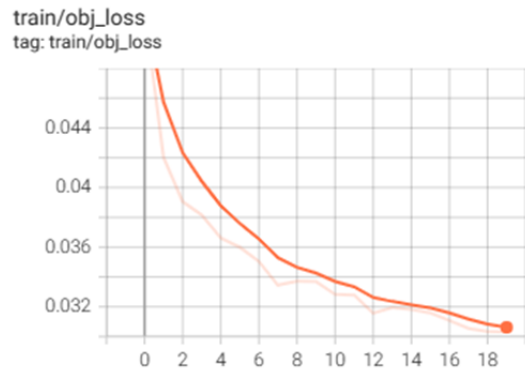


図 12 学習データ (train) 上の損失 (loss)



図 13 検証データ (validation) 上の損失 (loss)

ころの駐車スペースが等間隔であるかを調べることができる。これは白線の先端部分の検出が出来なかった場合や誤検出した場合に有効である。

### 5.2 実験概要

- (1) 5.1 節で述べた 4 パターンのテンプレートを 50 枚の駐車場の画像に対してマッチングさせて、最も閾値の高い結果のみの評価を行う。
- (2) 5.1 節で述べた手法で駐車スペースが等間隔であるか調べる。距離の測定は 3.2.2 項の測定方法と同様に行う。

### 5.3 実験結果

#### (1) 白線の先端部分の検出

4 パターンのテンプレートを駐車場 50 枚の画像に対してマッチングさせる。評価方法は

- TP: 白線の先端部分を正しく検出できた
- FP: 白線の先端部分ではないところを白線の先端部分として誤検出した
- FN: 白線の先端部分を見逃した

これらの 3 つの混同行列から適合率、再現率、F 値を算出して評価を行う。学習プロセスは図 12 (学習データ)、図 13 (検証データ) に示す。

次に、マッチング結果を図 14、図 15 に示す。

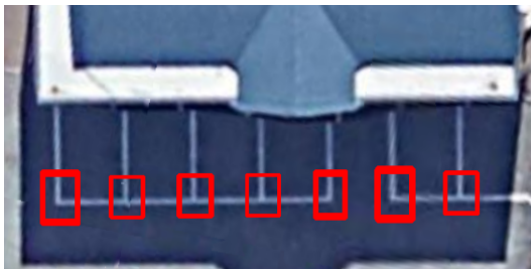


図 14 成功例 (テンプレートマッチング)

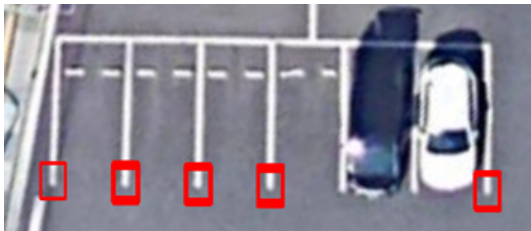


図 15 失敗例 (テンプレートマッチング)

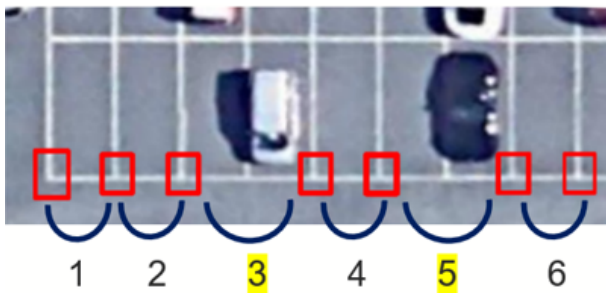


図 16 白線の先端部分

表 1 白線の先端部分の距離

地点	1	2	3	4	5	6
距離 (m)	2.5	2.5	4.8	2.5	4.9	2.4

これらを 50 枚のテストデータから分類した結果, TP が 259, FP が 7, FN が 78 という結果になった. 適合率: 0.97, 再現率: 0.77, F 値: 0.85 が得られた.

(2) 駐車スペースの幅が等間隔であるか

図 16 は白線の先端部分を検出した結果である. そこで検出された白線の先端部分との距離を表 1 に示す.

表 1 より, 駐車スペース 1 台の幅は 2.4~2.5m であることがわかる. 駐車している自動車の両端の白線の先端部分が検出されなかった場, 駐車スペース 1 台の幅を  $z$  としたときに駐車スペース 2 台の幅は  $2z$  と駐車スペース 3 台の場合は  $3z$  となっていく. 本実験では, 駐車スペース 1 台の幅が 2.4m~2.5m ということは駐車スペース 2 台の幅が 4.8m~5.0m の範囲になればよい. 表 1 の地点 3,5 は白線の先端部分が検出されなかったため駐車スペース 2 台の幅である. 地点 3,5 の距離は 4.8m, 4.9m より上記の 4.8m~5.0m の範囲を満たすので駐車場の間隔の幅はおおよそ等しいといえる.

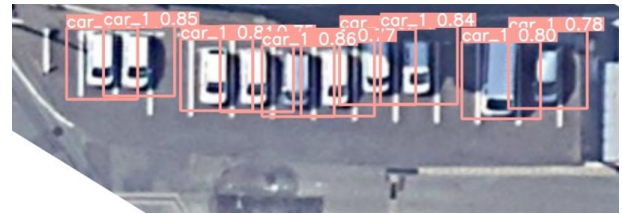


図 17 自動車の検出



図 18 白線の先端部分の検出

5.4 考察

実験 1 の成果として, 白線の先端部分を検出する際に 4 つのパターンのテンプレートを用意することにより, どのパターンにも対応することができた. 再現率が 0.77 というこで, 駐車している自動車の両端の白線が検出できなかったのが原因で低くなった.

実験 2 の成果として, 白線の先端部分の距離を測定することで, 駐車スペースの幅が等間隔であるか調べることができた. 駐車スペース 1 台の幅を 2 倍, 3 倍にすることで駐車している自動車の両端の白線の先端部分が検出されなかった場合でも駐車スペースの幅が等間隔であるか調べることができた.

実験 1 では駐車している自動車の両端の白線の先端部分が検出されなかったのが原因で再現率が低くなったので, それを検出することが今後の課題である. 実験 2 では自動で駐車スペースの間隔が等しいか判別を行うことが今後の課題である.

6. 公道上で切り返しの必要な駐車場の判別結果

駐車場の画像は公道上で切り返しの必要な駐車場であるかの判別を行った.

(1) 駐車場例 1

- 自動車の方向と道路の方向が垂直であるか  
 図 17 より, 自動車の方向と道路の方向は垂直である.
- 駐車場区画と道路の距離が 5m 未満か  
 区画線のマッチング結果を図 18 に示す.

3.2.2 項の測定方法により, 駐車場区画と道路の距離は約 1.7m であるので公道上で切り返しの必要な駐車場である. 分類するとパターン 1 の駐車場である.

(2) 駐車場例 2

- 自動車の方向と道路の方向が垂直であるか  
 図 19 より, 自動車の方向と道路の方向は垂直である.

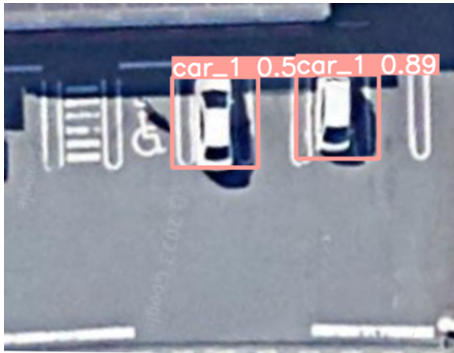


図 19 自動車の検出



図 20 白線の先端部分の検出

- 駐車場区画と道路の距離が 5m 未満か  
区画線のマッチング結果を図 20 に示す。  
3.2.2 項の測定方法により, 駐車場区画と道路の距離は約 8.5m であるので 5m 未満を満たさない。
- 駐車場の幅は 12m 未満か  
3.2.2 項の測定方法により, 駐車場の幅は約 18.2m であるので 12m 未満を満たさないので敷地内で切り返してできる駐車場である。

## 7. おわりに

本研究では, 公道上で切り返しの必要な駐車場の分類と判別を目的としており, 空撮画像から公道上で切り返しの必要な駐車場の幾何的な構造が 2 パターンに集約して分類した。それらの駐車場を判別するために YOLO で学習モデルを作成して自動車の検出, テンプレートマッチングで白線の先端部分の検出, 距離の測定を行った。

今後の課題として, 公道上で切り返しを行うことが交通事故や交通流に影響を与えるか分析すること, 車載カメラから公道上で切り返しの必要な駐車場を分類することなどが挙げられる。

## 参考文献

- [1] 三木守, & 姜有宣. (2020). 深層学習に基づいた屋外大型駐車場の空きスペースの検出. 東京工芸大学工学部紀要, 43(1), 21-24.
- [2] 田部井優也, 長田哲平, & 大森宣暁. (2020). 大規模小売店舗の駐車場出入口の構造が交通事故や交通流に与える影響に関する分析. 交通工学論文集, 6(2), A260-A269.
- [3] 杉本将来, & 谷口行信. (2019). Faster R-CNN を用いた空撮画像からの車両検出. 第 81 回全国大会講演論文集, 2019(1), 537-538.
- [4] 中島浩平, 岩崎洋一郎, 竹原洋志, 宮田俊彦, 倉本俊昌, 北島俊孝, & 瀬戸口恵. (2019). 物体検出アルゴリズム YOLOv3 を用いた交通量と車両走行軌跡の自動計測. 電気関係学会九州支部連合大会講演論文集 2019 年度電気・情報関係学会九州支部連合大会 (第 72 回連合大会) 講演論文集 (pp. 61-62). 電気・情報関係学会九州支部連合大会委員会.
- [5] Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 779-788).
- [6] Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2015). Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks. Advances in neural information processing systems, 28.
- [7] Von Gioi, R. G., Jakubowicz, J., Morel, J. M., & Randall, G. (2012). LSD: A line segment detector. Image Processing On Line, 2, 35-55.
- [8] 國光智, 淺間一, 川端邦明, & 三島健稔. (2004). 2 値エッジ画像のテンプレートによる屋外環境下にある対象物の検出. 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), 124(2), 480-488.