

## A I 技術を活用した P A 満空判定モデルのインハウス検討

阪神高速道路(株)技術部デジタル技術戦略室 高松 大樹  
阪神高速技術(株)工事部情報管理室 永廣 悠介  
阪神高速技術(株)工事部情報管理室 中村 卓矢

### 要 旨

阪神高速道路ではお客さまに休憩いただく施設として全17か所でパーキングエリア(PA)を整備している。利用率の高いPAの入り手前にはPAの駐車場の混雑状況を「満車」「混雑」「空車」で知らせる満車表示板を設置しており、PAに入らずにPAを利用するかどうかの判断ができるようになっている。しかし、満車表示板が設置されているPAの殆どは、24時間常駐するコンシェルジュによる混雑状況の把握、提供となっている。

本稿は、混雑状況の把握、提供に関する業務効率化のため、インターネット上で公開されている学習済み物体検出モデルを用い、インハウスによりPAの駐車場の満空判定モデルの検討及びその精度について検証したものである。

キーワード: AI, PA, 満空判定, インハウス

### はじめに

阪神高速道路ではお客さまに「ほっ」と一息ついていただく処(ところ)＝「ほっと処(しょ)」をコンセプトとしたパーキングエリア(PA)を全17か所に展開しており、いずれも小規模(駐車台数6～135台)であるが、多くのお客さまに休憩場所としてご利用いただいている。中でも、6か所のPA(京橋東行、京橋西行、泉大津北行、泉大津南行、中島、朝潮橋)は利用率が高くレストランや売店も併設されており、PAの手前に設置されたPA満車表示板で駐車場の混雑状況を「満車」「混雑」「空車」により提供している(図-1)。PA満車表示板を備えるPAでは、駐車場の混雑状況の判断は、PAでのお客さま対応のために24時間常駐しているコンシェルジュによる駐車場巡回等の目視確認により行っている。

今回、コンシェルジュによるお客さまサービスの更なる充実を目的に、PAの駐車場の混雑判断を自動化することでコンシェルジュの業務効率化を図るため、学習済み物体検出モデルを用いたPAの駐車場の満空判定モデルについて阪神高速グループ内でのインハウスによる検討を行った。



図-1 PA 満車表示板



### 3. 駐車判定ますの指定方式の検討

#### 3-1 座標の指定方式

駐車判定を行う駐車ますの座標（ます）を指定する方式として、①ドット(1点)、②正方形(左上, 右下, 2点)、③長方形(左上, 右下, 2点)、④四角形(4点指定)が考えられる(図-2)。判定アルゴリズムの実装や初期設定の容易さ、期待される精度を考慮し、②正方形で座標指定することとした。

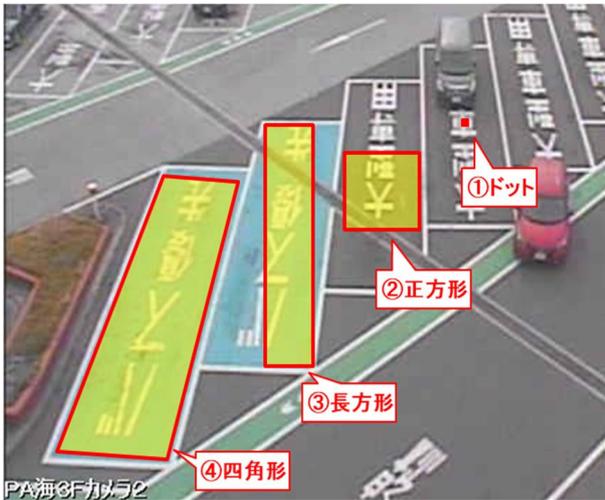


図-2 駐車ますの座標指定方式

#### 3-2 駐車判定ますの大きさ

広角カメラで撮影した場合、画像の手前と奥で駐車ますの大きさが異なる。駐車判定ますの大きさを固定すると、駐車ますと駐車判定ますの面積比率がカメラからの距離によって大きく変化するため、駐車ます毎の判定精度のバラツキが大きくなることが予想される。よって、駐車ます毎の駐車判定ますの大きさは可変とした(図-3)。

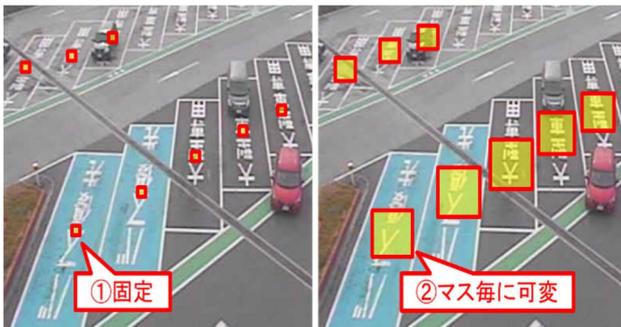


図-3 駐車判定ますの大きさ

#### 3-3 駐車ますに対するカメラ画角

車両の側面や斜め方向から撮影した場合、大型車など車両が大きくなるほど車両として検出したことを示すバウンディングボックス(以下、BB)も大きくなり、近隣の駐車判定ますと被り易くなる。また、車両による死角については車両の有無が判別し辛く、駐車状況の判断が困難である(図-4)。対して、正面や背面方向から撮影した場合、BBは近隣の駐車判定ますに被り難く、車両による死角も少なくなる。

よって、車両に対して正面または背面からの画角を検討対象とした。

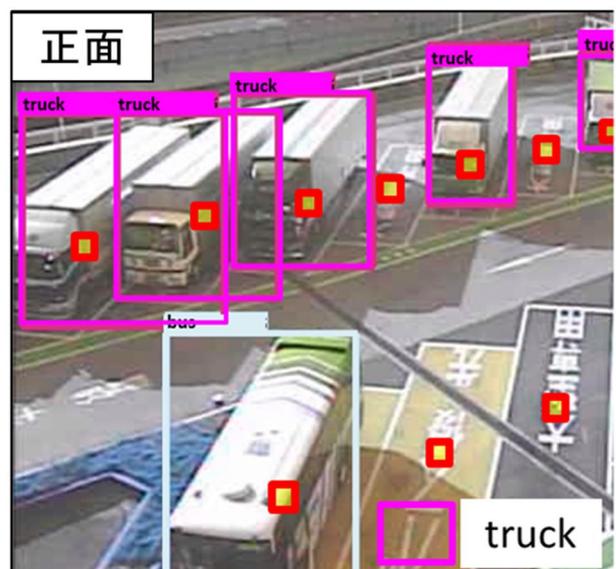
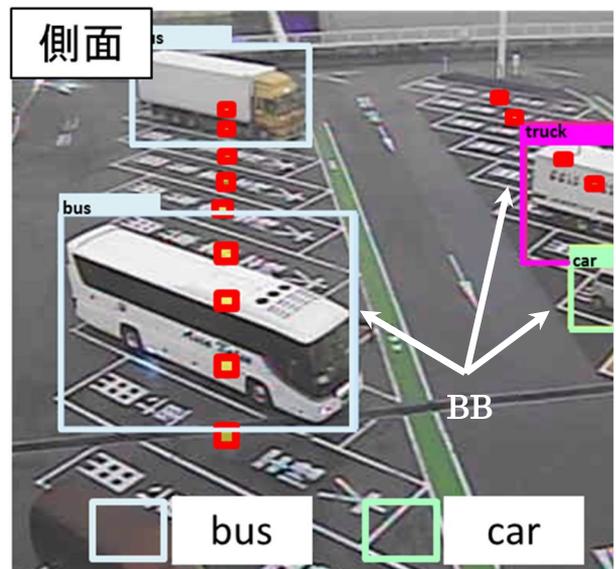


図-4 カメラ画角比較

#### 4. 追加学習による車両検出精度の改善

今回選定した物体検出用モデル「faster\_rcnn\_inception\_resnet\_v2\_atrous\_coco」は表-3 で示したとおり、初期の学習状態では夜間や暗色車両の検出率が極めて低いため、追加学習により検出精度の改善を試みた。

追加学習は学習済み物体検出用モデルのネットワークを有効活用でき、少ない教師データと学習時間で検出精度の向上が期待できるファインチューニング(学習済み物体検出用モデルの重みデータの再学習)を用いた。教師データとして、泉大津北行PAで8パターン(2画角、画像の明暗、大型車、普通車)、7135台の車両が写る836枚の画像(2. で精度検証に用いた画像は含まない)により追加学習を行ったところ、大幅な精度改善に成功しており、車両検出率はほぼ100%となった(表-4)。なお、精度検証は、追加学習の効果を比較するため2. の検証で用いた画像により行った。

表-4 追加学習による検出精度改善効果

カメラNo	撮影方向	画像枚数	車種	時間帯	天候	車両色	カウント対象台数	追加学習前車両検出率	追加学習後車両検出率			
カメラ2	車両前面	20	大型	昼	晴	明色	15	87%	100%			
						暗色	15	73%	100%			
					雨	明色	18	78%	100%			
						暗色	18	50%	100%			
					夜	明色	15	27%	100%			
						暗色	12	33%	100%			
				夜	雨	明色	24	58%	100%			
						暗色	15	33%	100%			
					昼	明色	11	73%	91%			
						暗色	12	25%	100%			
						雨	明色	6	83%	100%		
							暗色	4	25%	100%		
			普通	昼	明色	14	29%	86%				
					暗色	13	8%	92%				
				夜	明色	2	100%	100%				
					暗色	2	0%	100%				
				カメラ3	車両背面	28	大型	昼	明色	13	15%	100%
									暗色	11	64%	100%
			雨					明色	13	54%	100%	
								暗色	10	30%	100%	
			夜					明色	16	19%	100%	
								暗色	11	36%	100%	
			普通				昼	明色	11	36%	100%	
								暗色	10	30%	100%	
夜	明色	13					69%	100%				
	暗色	11					27%	100%				
雨	明色	4					75%	100%				
	暗色	2					0%	100%				
計							48	39%	99%			

#### 5. 未知のカメラの画像に対する汎用性の評価

泉大津北行PAで追加学習によりほぼ100%の車両検出率を実現した追加学習後モデルにおいて、未知のカメラの画像に対して汎用性の評価を行った。類似画角の画像で評価するため、既知のカメラの画像として追加学習の対象カメラである泉大津北行PAのカメラ2、および未知のカメラの画像として泉大津南行PAの車両前面からの画角で撮影するカメラを比較対象とした(表-5)。

車両検出率の比較の結果、既知のカメラの画像の検出率が98%に対して、未知のカメラの画像の検出率は85%であり高い検出率は維持されていた。未知のカメラの画像での検出率の低下は、既知のカメラの画像よりも奥側の駐車ますまでの距離が遠く、小さく写った車両が検出できていないことに起因する(図-5)。しかし、手前側では問題なく検出できていることから、カメラの設置条件を同様にすれば検出精度は改善可能と考えられる。

表-5 未知のカメラの画像に対する車両検出率

車種	時間帯	天候	車両色	泉大津北行PA		泉大津南行PA		
				画像枚数	カウント対象台数	画像枚数	カウント対象台数	
大型	昼	晴	明色	15	100%	14	86%	
			暗色	15	100%	13	100%	
		雨	明色	18	100%	26	92%	
			暗色	18	100%	16	75%	
		夜	明色	15	100%	20	80%	
			暗色	12	100%	12	83%	
	夜	雨	明色	24	100%	19	95%	
			暗色	15	100%	11	91%	
		昼	明色	11	91%	14	100%	
			暗色	12	100%	15	87%	
			雨	明色	6	100%	19	58%
				暗色	4	100%	14	57%
普通	昼	明色	14	86%	15	93%		
		暗色	13	92%	10	100%		
	夜	明色	2	100%	13	85%		
		暗色	2	100%	4	75%		
	計・平均				196	98%	235	85%

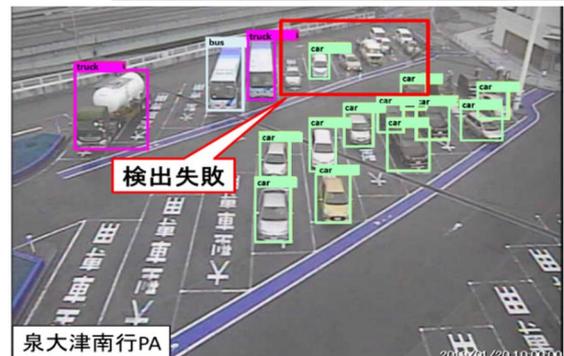


図-5 未知のカメラの画像に対する車両検出結果

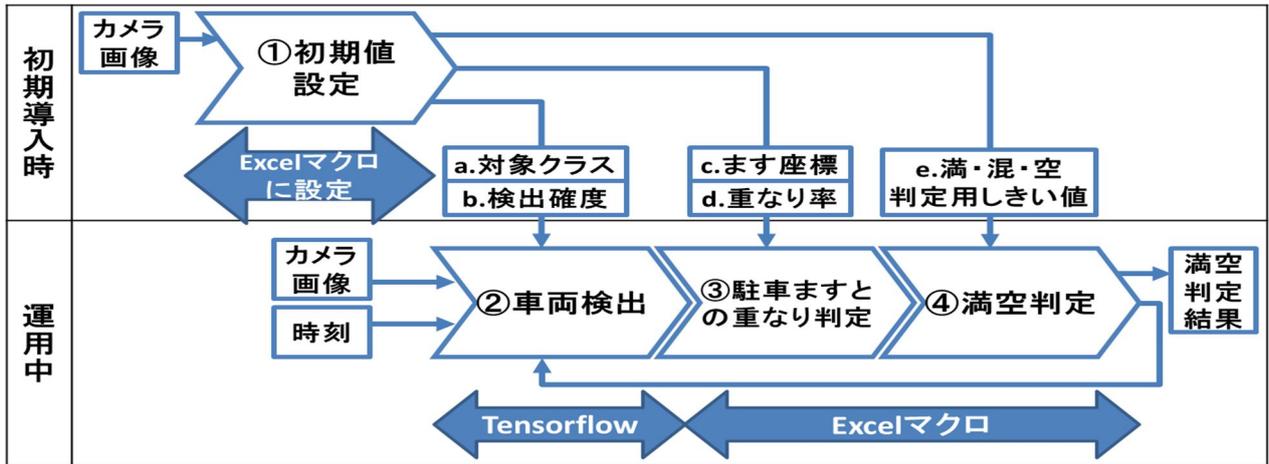


図-6 満空判定プロセス

## 6. 満空判定精度の検証

### 6-1 プロトタイプを作成

満空判定精度の検証にあたり、図-6の満空判定プロセスを用いたPAの駐車場の満空判定モデルのプロトタイプを作成した。過程①～④詳細は次のとおりである。

#### ①初期値設定

プロトタイプに以下の項目を初期値として設定する。

##### [a.対象クラス]

車両関連のクラス(car, bus, truck)を検出対象とし、BBを生成する。

##### [b.検出確度]

検出確度50%以上のクラスを検出対象とする。

##### [c.ます座標]

駐車判定ますを設定する駐車ますは、検出したBBが近隣の駐車判定ますに大きく被らない画角範囲まで(泉大津北行PAでは17台分)とし、駐車判定ますは駐車ますの中央付近に大きく取れるように設定する(図-7)。

##### [d.重なり率]

BBが駐車判定ますに50%以上重なっている駐車ますについて、車両ありとする。

##### [e.満・混・空判定用しきい値]

満車、混雑、空車の判定のためのしきい値は、泉大津北行PAのカメラ画像で精度検証を行うことを前提に、満車：17～16台、混雑：15～12

台、空車：11～0台とした。

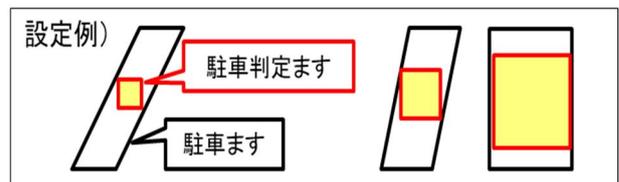


図-7 駐車判定ます設定例

#### ②車両検出

カメラ画像に対して検出した全BBから駐車判定ますとの重なり判定対象となるBBを抽出するまでのフローは図-8のとおりである。

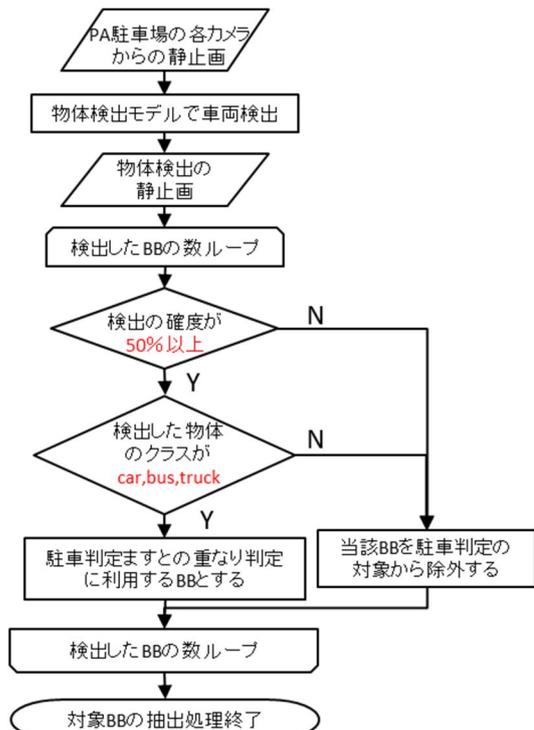


図-8 重なり判定対象BBの抽出フロー

### ③駐車ますとの重なり判定

車両検出過程にて重なり判定対象となった BB と、駐車判定ますとの重なり判定により駐車の有無を判定するまでのフローは図-9 のとおりである。

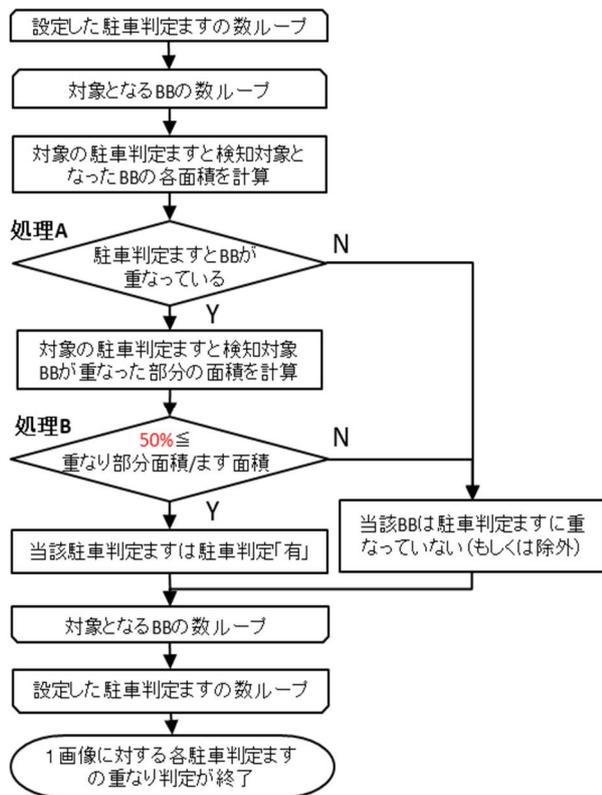


図-9 BB と駐車判定ますとの重なり判定フロー

〔処理 A〕 中心座標を使った重なり判定

BB と駐車判定ますについて、下記条件 1 および 2 を満足した場合、重なり判定となる。

条件 1. 中心点同士の x 座標の距離が、それぞれの横辺の長さの半分の合計よりも短い。

条件 2. 中心点同士の y 座標の距離が、それぞれの縦辺の長さの半分の合計よりも短い。

〔処理 B〕 重なり部分の面積割合による駐車判定  
駐車判定は、駐車判定ますの面積と重なり部分の面積の比率を算出することにより行う。

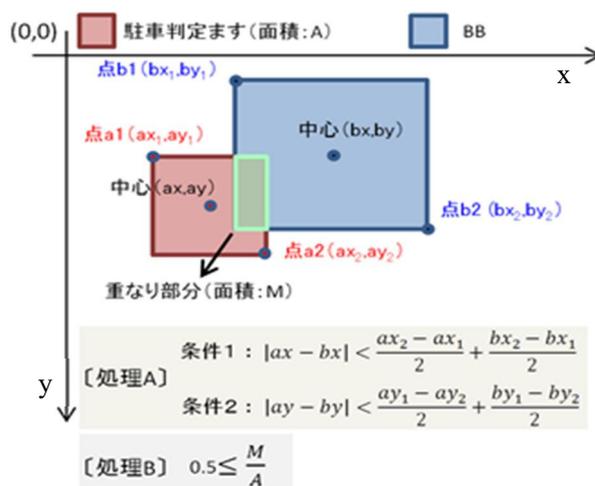


図-10 重なり判定および駐車判定方法

### ④満空判定

①で設定したしきい値と③で駐車あり判定となった台数の照らし合わせにより、満車、混雑、空車の判定を行う。

### 6-2 満空判定精度の検証

4. で得た追加学習後モデルを前述のプロトタイプに適用し、満空判定の精度を検証した(表-6)。なお、精度検証は泉大津北行 PA のカメラ 2, カメラ 3 から取得したカメラ 2 台分の画像を 1 セットとし、計 336 セット(14 日間×24 セット/日, 1 セットあたり 17 駐車判定ます)の画像により行った。

真値に対する空車判定の正解率は 100%ではあったが、満車、混雑判定の正解率については、駐車台数を真値よりも少ない台数に判定したことで、それぞれ 65%, 68%となった。

表-6 満空判定精度の検証結果

		プロトタイプの判定			小計	プロトタイプ正解率
		満車	混雑	空車		
真値	満車	15	8	0	23	65%
	混雑	0	47	22	69	68%
	空車	0	0	244	244	100%
		合計			336	

□ プロトタイプの誤判定箇所

## 7. 満空判定の誤判定原因と対策

満車、混雑の誤判定について詳細を調査したところ、大型車用駐車マスに普通車などの小さな車両が駐車した際、駐車判定マスと BB の重なり判定不良が発生することが主な要因であることが分かった。

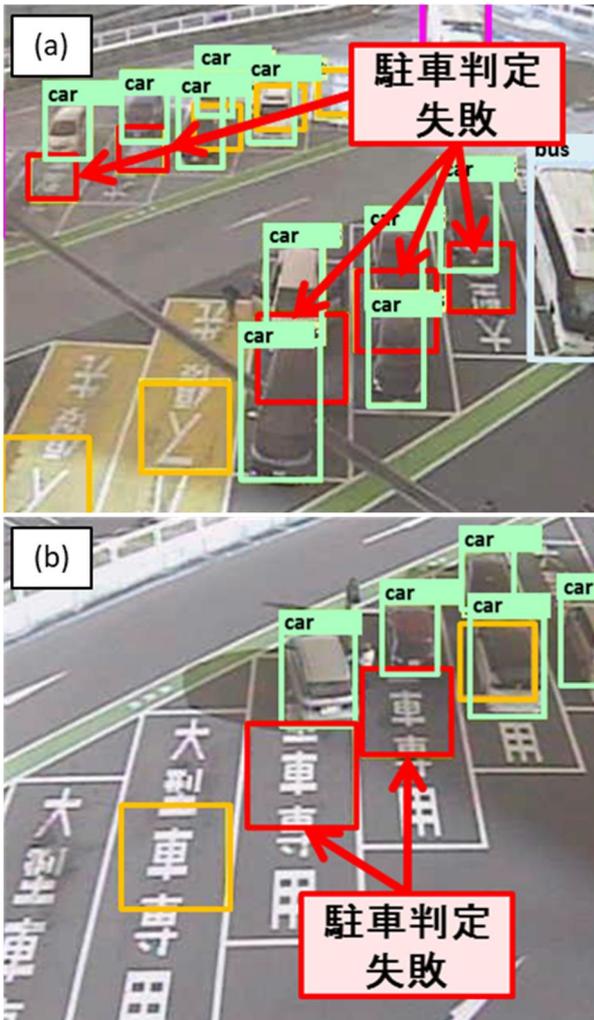


図-11 主な重なり判定不良例

図-11(a)は駐車判定マスと BB が重なっているが、駐車判定に至らなかったパターンである。カメラ画角に対して駐車マスの手前側に駐車した場合、駐車判定マスと BB は重なるものの、駐車判定となるための十分な重なりは得られにくい。図-11(b)は駐車判定マスと BB が殆ど重ならなかったパターンである。カメラ画角に対して駐車マスの奥側に駐車した場合、3 ナンバーサイズの車両であっても BB の大部分が駐車判定マスから外れ

てしまう。

この重なり判定不良への対策として、(1)重なり率のしきい値調整、(2)駐車判定マスの大きさおよび形状の調整、(3)駐車判定マスの位置調整がある。

図-11(a)のように駐車マスと BB に重なりがあれば、重なり率のしきい値を下げることにより駐車判定を得られる。しかし、図-11(b)のように駐車判定マスと BB に殆ど重なりがない場合、重なり率のしきい値を下げすぎると隣の駐車マスの BB の重なりにより駐車車両がなくても駐車判定となることが考えられる。そのため、駐車判定マスを駐車マスごとに大きさや形状を変更することで、駐車マスのどこに駐車しても重なりを得られやすくする対策が有効であると思われる(図-12)。また、本検討では駐車判定マスを駐車マスの中央に配置しているが、過去に検出した BB の重なりやすい位置に駐車判定マスを再設定することも有効であると考えられる(図-13)。

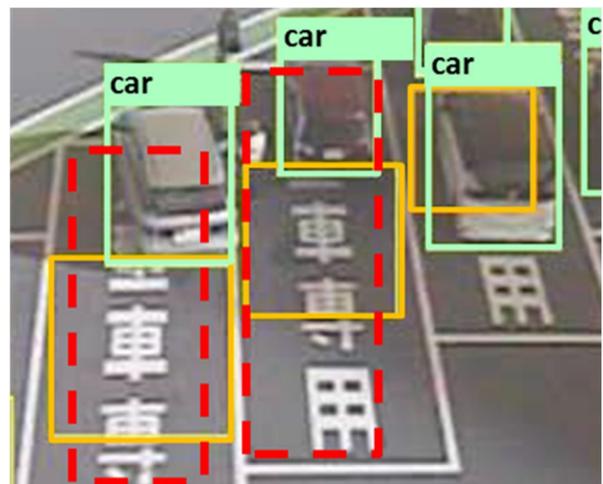


図-12 駐車判定マスの大きさ・形状調整

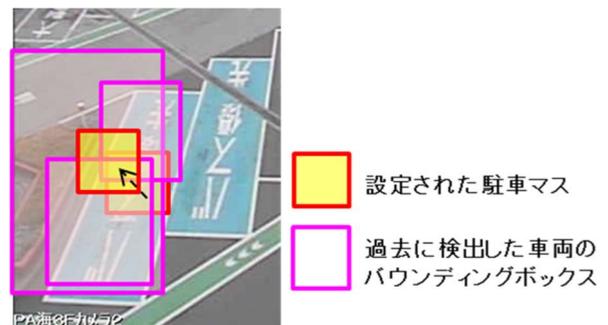


図-13 駐車判定マスの位置調整

## 8. まとめ

インターネット上で公開されている学習済み物体検出モデルを用いた PA の駐車場の満空判定モデルをインハウスで検討した。実画像による追加学習を経て車両前面および車両背面からの画像では車両検出率はほぼ 100%を達成した。未知の画像に対しても類似画角であれば汎用性は高いことが確認できた。一方、満車、混雑の判定精度はそれぞれ 65%、68%であったが、満空判定の誤判

定の主な原因を特定でき、精度改善が期待できる対策方法を得ることができた。今後は実環境への実装によりコンシェルジュの業務支援を目的とした試行運用を行いつつ、各種パラメータの適正化により満空判定精度の改善を実施することで、自動満空判定モデルの実用化を目指したい。

### 参考文献

- 1) 学習済みモデル配布元  
Github 公式ページ : Tensorflow 1 detection model zoo  
[https://github.com/tensorflow/models/blob/master/research/object\\_detection/g3doc/tf1\\_detection\\_zoo.md](https://github.com/tensorflow/models/blob/master/research/object_detection/g3doc/tf1_detection_zoo.md), (2022.1.21)

## DEVELOPMENT OF PARKING LOT CONGESTION DETERMINATION MODEL FOR EXPRESSWAY REST AREAS UTILIZING THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Hiroki TAKAMATSU, Yusuke NAGAIHIRO and Takuya NAKAMURA

The Hanshin Expressway has a total of 17 expressway rest areas (called parking areas, PAs) for drivers and passengers to take a rest. Before the entrance to a highly used PA, a variable electronic sign is installed to indicate the congestion status of the parking lot, so that the users can decide whether to enter the PA or not. However, most of the PAs with the parking information sign have concierges on duty 24 hours a day and rely on them to monitor and provide parking congestion information. In order to improve the efficiency of this operation, an in-house model was developed for determining whether a parking lot is full or vacant, using a trained object detection model available on the Internet, and its accuracy verification was performed.

高松 大樹



阪神高速道路株式会社  
技術部 デジタル技術戦略室  
Hiroki TAKAMATSU

永廣 悠介



阪神高速技術株式会社  
工事部 情報管理室  
Yusuke NAGAIHIRO

中村 卓矢



阪神高速技術株式会社  
工事部 情報管理室  
Takuya NAKAMURA