

# LiDAR による空車スペース検出能力の向上

2018SC030 伊藤巧海 2018SC083 杉江悠輔

指導教員:奥村康行

## 1 はじめに

近年、ドライバーに道路の様々な情報を提供するシステム及び自動運転社会に向けての路車間で情報を提供するシステムの高度化が進んできている。最近ではオーディオが発表した自動運転レベル4に対応している『グランドスフィア』という車がある。この車は、音声認識やジェスチャーコントロールによりクルマに指示を与えることができ、ドライバーは完全なる自由を手に入れることができる。このようなクルマが走り回る自動運転社会になった際には、そのクルマのディスプレイに駐車状況を表示させることで運転の向上の一つとして役立つ.[1] またその一つとして、駐車場利用者・利用車両に対して、リアルタイムに駐車場の混雑状況の提供や空車スペースへの誘導を行うシステムがある。このシステムの対象となる駐車場は高速道路のサービスエリア・パーキングエリアや、市街地の大型スーパーの駐車場などである。このシステムは駐車場の混雑状況や空車スペースをドライバーに提供することで混雑の偏りを軽減するだけではなく、将来の自動運転社会につながる可能性がある。このシステムを実現するためには、駐車場内の満空情報に加え、各個別の駐車スペースの空き状況を判別し、かつ設置容易性及びメンテナンス性が高いことが求められる。

## 2 従来システム構成とその課題

従来の車両検知センサであるレーダーセンサや、超音波センサなどが存在するが、主に『ループコイル式』『磁気検知式』『画像を用いた駐車状況把握システム』が用いられている。『ループコイル検知式』とは、次のような原理を利用する。地中にケーブルを3,4ターン巻いたコイル状にし、埋設した状態で電流を流すと磁界が発生する。その上に車両が通過をする際に生じるループコイルのインダクタンス変化を捉え、車両の有無を検知する。このようなインダクタンス変化方式が採用されることが多い.[2] 『磁気検知式』とは、高感度磁気センサを用いて車体の金属部分が発する磁気の変化を検知し、車両の有無を判断する [3]。この二つの検知方法において、地面又は地下に装置する点から埋める工事に時間とコストがかかる。『画像を用いた駐車状況把握システム』とは、センサーを設置することなくカメラ映像を解析することで、駐車状況を瞬時に感知できるデジタルシステムである。しかし画像認識システムでは、悪天候時や夜間になると認識精度が落ちてしまうことが問題点としてあげられる.[4] そこで、LiDAR を用いることで悪天候時や夜間でも精度の落ちないシステムを構成することが可能になると考えられる。下記表が先行研究との差異になる。

表1 先行研究との差異

	工賃代金	設置場所	検知範囲	環境による影響
ループコイル式	高い	地面	1台	金属
磁気検知式	高い	地面	1台	金属・磁気
webカメラ	低い	対応可能	複数台	光・天候
LiDAR	低い	対応可能	複数台	ガラスを透過

## 3 画像認識を用いたシステムの概要と課題

先行研究で行われていた画像認識による空車スペースの自動検出の追試行を行った。本節では、その概要について論じる。

### 3.1 画像認識システムを用いたシステム構成

画像認識のシステム構成をを図1に示す。

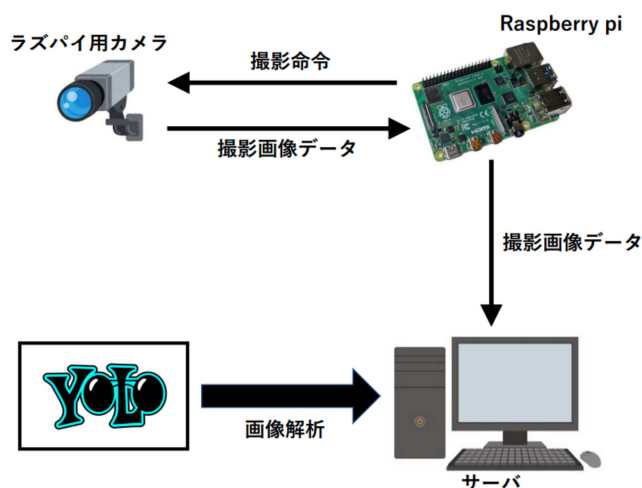


図1 研究のシステム構成

### 3.2 yolov3 を用いた実験

yolov3 を用いたカメラでの画像認識自動検出システムの構成について論じる。yolo はリアルタイムに物体検出ができる最先端のシステムである。モデルの精度を評価については、入力画像中に何が写っているのかを検出する。raspberry pi のコマンド上で「`raspistill -o sample.jpg`」と入力することでカメラが起動し任意のフォルダに sample.jpg という名前で保存される。撮影命令をしたら、実際に明るい場所で撮影した写真10枚、暗い場所で撮影した写真10枚を用意する。それぞれの写真を画像分析し明るい場所、暗い場所における認識精度について比較実験を行う。今回実験で使うそれぞれの写真を図2に示す。



図2 実験で使用する写真(左:明 右:暗)

### 3.3 画像認識による実験結果

それぞれの明暗差のある場所において撮影した写真を yolo に画像分析をさせ、その 20 枚の写真の解析結果を表 2 に示す。

表 2 光による認識精度の比較

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
認識率(単位: %)										
昼間	85	91	87	84	95	84	88	85	90	88
夜間	59	62	65	57	60	59	60	64	63	57

表に示すように、晴れの昼間での認識率の平均値は 87.7 %、夜間での認識率の平均値は 60.6 % という結果になった。図 6 で示したように地下駐車場の明るさであれば 80 % を超える認識率を得ることができている。夜間では 55 % 65 % という計測値を得ることができたが半分の確率では、実際に駐車を判断することは厳しいと考えられる。地下駐車場においても明るい場所と同じ認識率を得る必要がある。また、一定の光がなく車の一部分しか映らないほどの暗さになってしまうと認識することはできなくなる。認識不可画像の例を図 3 に示す。



図3 認識不可画像

## 4 LiDAR による精度検証

本節では本研究における実験で使用する LiDAR の仕様、システム構成などについて論じる。はじめに LiDAR について説明する。LiDAR とは Light Detection And Ranging の略称で、近赤外光や可視光、紫外線を使って対象物に光を照射し、その反射光を光センサーで捉え距離を計

測するリモートセンシング方式である。LiDAR の計測概要を図 4 に示す。上記図の黒矢印の部分の時間差で距離

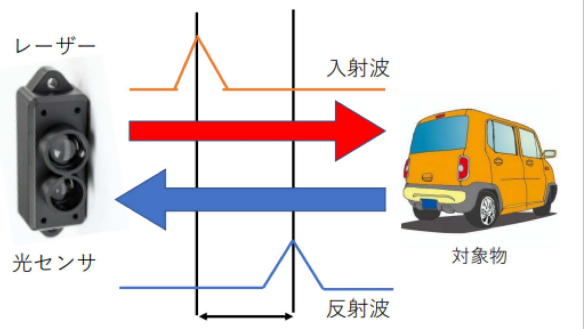


図4 LiDAR の計測概要

測することができる。今回私達はこの距離差に着目し駐車場の空きスペースを検知するシステムを作成する。今回使用する LiDAR は TFmini ToF ライダーモジュール VMA349 を使用する。LiDAR の仕様を表 3 に示す。今回

表 3 LiDAR の仕様

動作範囲	0.1~12m@反射率 90% 0.1m~7m@反射率 10%
精度	±6cm(@0.1m~6m) ±1%(@6m~12m)
距離分解能	1cm
電源電圧	5V±0.1V
平均電流	≤140mA
動作角度	0° ~180°

行う LiDAR を用いたシステム構成を図 5 に示す。今回の実験では 4 台分の駐車場の空車スペースの検知を行う。

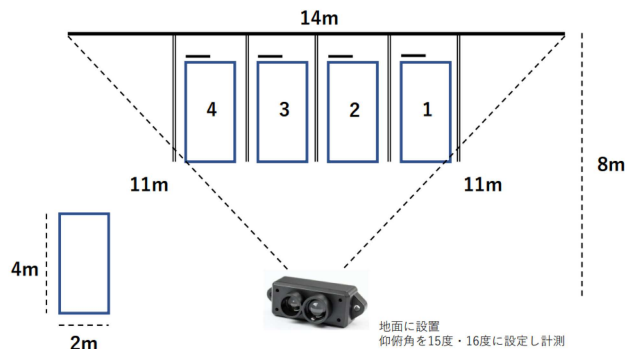


図5 LiDAR を用いたシステム構成

上記図のように駐車場の計測を行う。LiDAR と端の壁との距離を最大 11m に設定し地面に設置する。対象物までの距離を求めて駐車の有無を判断するため、あらかじめ車が止まっていない状態の壁までの距離を計測する。車が駐車した時の計測値と比較し数値が低い場合駐車と判断する。しかし車が横切った時や、人が通った時に誤って計測されることも予測されるので、一定の距離より低い計測値は誤

検知と判断する。また、車の大きさによっても計測結果は変化してくると考えられる。横の車より少し前に出て駐車をしたり、斜めに駐車しても計測値は変化してくると考えられる。LiDAR の設置位置は図 5 のように、2 番と 3 番の延長線上から壁に向かって垂直方向に設置する。方位角は LiDAR の設置位置を中心とし-45 度から 45 度の 90 度分計測し、スタート地点から 6 度間隔で計測する。LiDAR から壁までの距離を計測値を図 6 に示す。LiDAR の計測値が正しいか判断するために事前に測定した巻き尺の測定結果も追加する。計測は地面に設置して行うので上方向に 15 度の角度をつけ計測した。

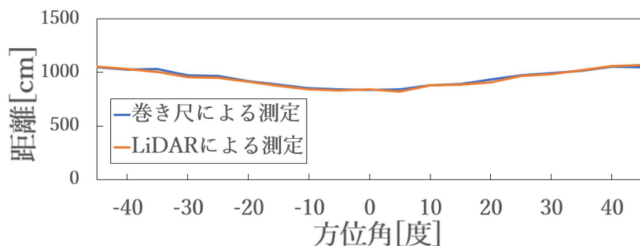


図 6 LiDAR と壁までの距離

図 6 の結果通り壁までの距離は問題なく計測できていることがわかる。LiDAR, 巻き尺ともに右端→中心→左端の順番に計測をした。そのため端のほうが距離が長く、中心に行くに連れて距離が短くなっているためグラフが弧を描くような形になっている。青線が実際に巻き尺で測った壁までの距離、オレンジ線が LiDAR で計測した壁までの距離になっている。グラフからもわかるように、LiDAR で巻き尺と誤差のない精度で計測をすることに成功した。この計測結果を元に車が駐車されてる時の値を取り駐車を判断する。図 7 で示したように、LiDAR で計測した値が X 以上 Y 以下に当てはまった時にその数値データを 1 に変換する。また、X 以上 Y 以下に当てはまらなかった場合はその数値データを 0 に変換する。計測結果を「1」か「0」に判別し計測データすべてが「1」であった時に駐車あり、満車と判断する。また「1」ではなかった時に駐車なし、空車と判断するというシステム構成を作成する。

## 5 実験手順

この実験を行うにあたって様々なパラメータが考えられるが、本研究では一部の項目のみおこなった。今回は車を 2 台用意することができたので、実際に車を駐車し実験を行った。図 8 に駐車状況を示す。図 8 の 2 番と 4 番に駐車されているケースと、1 番と 2 番に駐車されているケースで計測を行った。LiDAR の測定は右から左に 90 度の幅を 0.5 秒に 6 度ずつ動く形で測定を行う。上方向に 15 度と 16 度の角度をつけ計測するため合計 32 点を取り計測を行う。使用する駐車場の壁を使い壁と車の距離差を元に計測を行った。2 番と 4 番に駐車されている場合は、どのような車がどのような形でどのような角度で止まっても計測に影響は及ぼさない。しかし右の 1 番と 2 番に駐車され

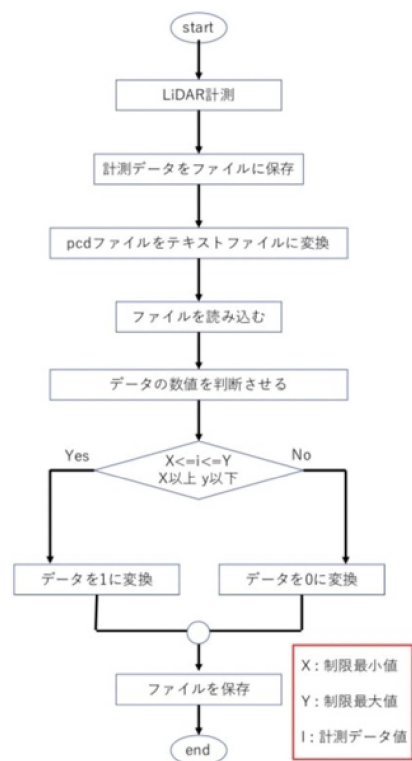


図 7 システム構成のフローチャート

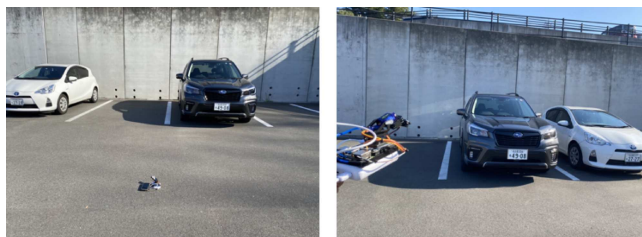


図 8 実際の計測風景 (左:2,4 右:1,2)

ている場合は様々なケースを考えなければならない。1 番の車が 2 番の車の陰に隠れてしまうことが予想される。また、画像では認識率の低下してしまった夜間における撮影も行った。夜間と昼間の明るさの比較を図 9 に示す。

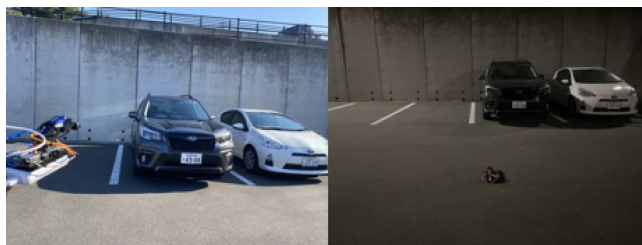


図 9 夜間と昼間の比較

## 6 実験結果

はじめに 2 番と 4 番に駐車されている太陽が出ている昼間の時間の計測結果を図 10 に示す。比較対象として壁ま

での計測結果もまとめた。グラフの中の1から4の数字は図4の駐車番号と同一のものである。

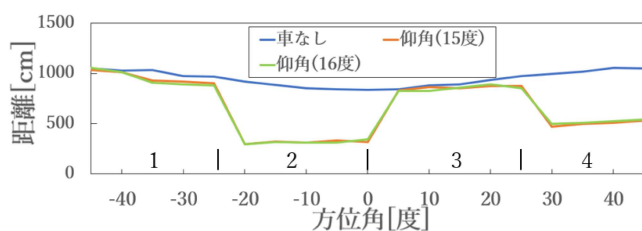


図10 2,4番に駐車されている場合の計測結果

グラフの青線が壁までの距離、オレンジ線が仰角15度の場合の計測結果、緑線が仰角16度の場合の計測結果である。グラフの通り計測が始まって-21度から-3度の間に2番に駐車している車を認識している。その後3番には車が駐車していないため壁までの距離となっている。27度から45度の間で1番に駐車している車を計測している。仰角が変化しても同じ計測結果が得られている。4番に駐車している車のほうが2番に駐車している車よりLiDARからの距離が遠くなっている。図10からも2番と4番の計測されている距離差に着目すると、最後に計測されている4番の車のほうが距離が長いことが示されている。

次に、1番と2番に駐車されている計測結果を図11に示す。駐車されている場所の数値だけ低くなっているのがわかる。車の陰に隠れると予想されていた場所でも計測ができていたため、ある程度車が前方に駐車していても問題なくLiDARによる計測ができると考えられる。計測の途中で「out of range」というメッセージが表示され計測されていない箇所が数カ所見つかった。原因としては、車の反射しにくい場所に赤外線センサがあたりうまく計測できなかったことが考えられる。以上の点を考慮しLiDARの設置場所をもう一度検討する必要がある。

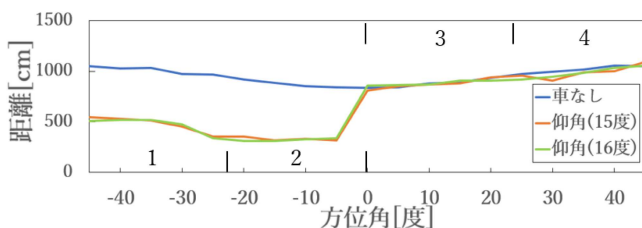


図11 1,2番に駐車されている場合の計測結果

また、画像では認識率の低下してしまった夜間におけるの撮影も行った。今回は1番と2番に駐車されている場合の計測を行った。夜間における計測結果と昼間における計測結果の比較グラフを図12に示す。

緑線が夜間時の計測値で、オレンジ線が昼間時の計測値となる。計測結果の通り夜間でも晴れの昼間の状態と変わらない精度で計測値を得ることができている。画像認識にお

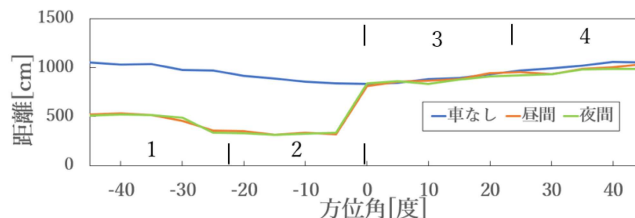


図12 夜間と昼間の計測結果の比較

ける夜間の認識率の低下を防ぐことか出来た。今回は計測場所を地面に設置して行ったため、他の車が通る際に踏まれたりすることがあることがあるので、設置場所についてはもう一度検討する必要がある。

## 7 おわりに

今回の実験では後ろの壁と車の前方部分の距離差を元に物体検出を行ったが、すべての駐車場に今回使用した大きな壁があるとは限らないため上方向から撮影することがよりよい測定結果を得ることができると考えられる。車の上部分と地面との距離差を元に物体検出を行うことで障害物が少なく、LiDARのセンサに反応する1台あたりの車の面積が大きくなるため1台1台誤差なく検出ができると考えられる。またLiDARも進化しており、Livox製のLiDARモジュールを使えば1秒間に10万点以上も測定できるので、上からの計測を行い駐車場全体の3Dマッピングを行うことでドライバーにより良い駐車状況が提供できると考えられる。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、多くの方々にご指導ご鞭撻を賜りました。指導教官の奥村康行教授・梅比良正弘教授からは多大なご指導を賜り、時にはヒントなどもご教示いただき感謝の念に堪えません。ありがとうございます。最後に、本研究ならびに学業全般にわたって経済的・心身的に支援して下さる家族に深く感謝し、お礼を申し上げます。

## 参考文献

- [1] Audi Colamn, “アウディの自動運転がレベル3を実現！”, <https://yanase-audi.com/column/>, 2020.
- [2] 南澤真一, 齊藤由宣, “ループコイル式車両検知機と車両検知方法”, パナソニック株式会社 JP3529266B2, 東京, 1999.
- [3] 井上風歩, “磁気センサを用いた車輛判別の検討”, 高知工科大学院 2017年度修士論文, 2018.
- [4] 山田啓一, 水野守倫, 山本新, 村埜克明, 砂原秀一, “画像を用いた駐車場状況監視システム”, 豊田中央研究所, 名城大学, トヨタ自動車 合同研究論文, IEE Japan, Vol. 120-C, No.6, 2000.