

自動駐車に向けた LiDAR データを用いた車両位置検出への取り組み

倉橋 碧 (指導教員：小林 一郎)

1 はじめに

近年、自動車をコンピュータ制御で運転する自動運転の分野に関心が集まっている。様々な状況を想定した自動車の制御が行われるが、その中でも自動駐車は、周囲の駐車できるスペースや障害物をカメラやセンサで認識し、車を操作する必要がある。自動運転車に搭載されるセンサの一種である LiDAR は、周囲にレーザー光を何本も照射し、その反射光から周囲の物体の形状を示す 3D の点群を得るものである。本研究では LiDAR データのみでどの程度の物体認識ができるかについて考察する。

2 LiDAR による環境認識

2.1 LiDAR

Light Detection and Ranging (LiDAR) とは、レーザー光で周囲の障害物を検知するセンサーである。LiDAR の観測した情報は、自車の位置を中心にした三次元の点群で表される。各点は、はじめ極座標系 (照射した角度とその点までの長さ) で表されているが、本研究では、三次元直交座標系に変換して処理を行っている。

2.2 画像処理手法による環境のラベリング

はじめに、LiDAR から得た三次元の点群に画像処理手法によるラベリングを行い、物体ごとの点群に分ける。その手順を以下に示す。

Step1. 高さ方向に対するデータ補正

高さ方向について、車のタイヤより低い地面の部分、また車の高さより高い部分の点をデータから取り除く。

Step2. LiDAR データの二次元画像処理

自車の周りの 35.2m 四方を対象領域をとり、高さ方向は考えず 0.1m 四方のグリッド化する。グリッドには、そのマス目内に点が一定数以上あれば 1、なければ 0 を入れる。これにより、点のあるところとないところを大まかに示した二値画像が得られる。この二値画像を画像の連結アルゴリズム Standard Connected Component Algorithms [3] でラベリングする。

本研究では Step2 のラベリングの精度を高めるための 2 つの工夫を施した。

1. 二値画像に対して複数のモルフォロジー処理を組み合わせ、領域の境目を補正する。
2. 自車からの位置によってグリッドのマス目の大きさを変える。

まず、モルフォロジー処理とは、画像領域の境界へのピクセルの追加や削除をして、領域を膨張・収縮させる処理である。本研究では主に、ピクセルを膨張させるアルゴリズムを使用した。これにより、一つの物体でもグリッド化したそのままでは領域がわかれてしまっていたものについて、本来の物体のとおり繋がりやすくなる。

次に、図 1 に示すように自車から 17.6 m の対象領域について、10 m 以内は 0.1 m 四方、10 m ~ 12.8 m は 0.2 m 四方、12.8 ~ 17.6 m は 0.3 m 四方と、グリッドの大きさを変化させた。これは、LiDAR データの特性上、観測機器から近い範囲の点は密度が高く、遠い範囲の点は密度が荒くなっているため、遠い位置において細かくグリッド化してしまうと領域が細かく分かれすぎてしまうという特徴があり、これを考慮したためである。

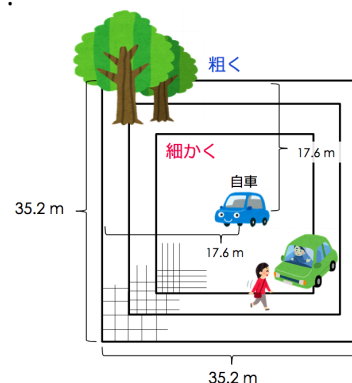


図 1: グリッド対象領域

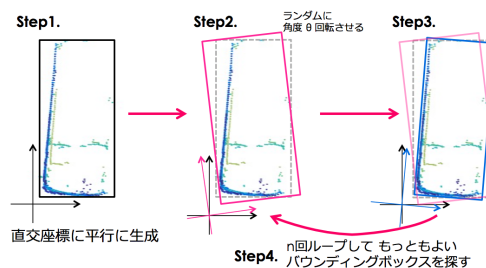


図 2: バウンディングボックスの生成手順

2.3 点群処理による環境の認識

点群をラベリングしたのち、それぞれのクラス毎にその領域を矩形で表現する。これには点群のバウンディングボックスを用いた。バウンディングボックスの生成手順を以下に示す。

Step1. 直行座標に平行に、点群に対し元となるバウンディングボックスを生成し、この大きさを最小のバウンディングボックスの大きさの初期値とする。

Step2. 座標系を角度 θ 回転させ、その座標系で平行にバウンディングボックスを生成する。

Step3. Step2 で生成したバウンディングボックスの大きさが最小のバウンディングボックスの大きさより小さかったら、新しいバウンディングボックスを最小値とする。

Step4. Step2 と Step3 を n 回繰り返すことにより、最小のバウンディングボックスを得る。

上記の手続きによって各領域に対してバウンディングボックスを生成し (図 5 右端の「バウンディングボッ

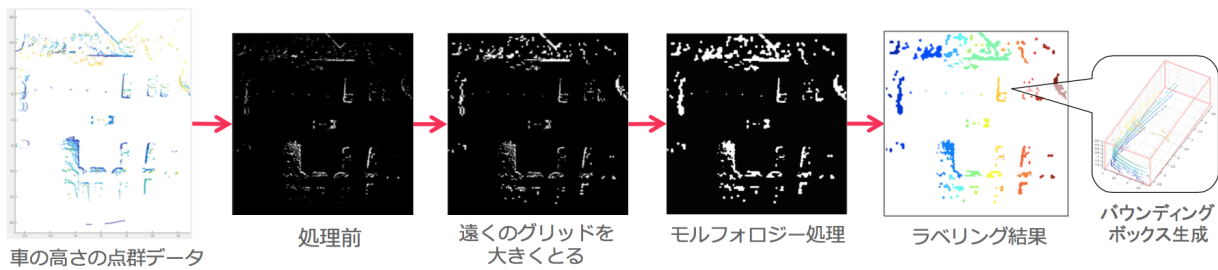


図 5: 画像処理手法の手順概要

クス生成」参照), その大きさと点の分布から物体の推定を試みる.

2.4 車の形状把握

LiDAR で取得した点群において, 車を示す特徴に, 図 3 左で比較したように L 字型の点群が見受けられる. 本研究では LiDAR のデータから作成されたバウンディングボックスに対して, その対角線の大きさと内部に L 字の形状が存在するかを調べることで, バウンディングボックスで捉えた対象が車であるかを判定する.

バウンディングボックス内で図 3 で赤く示したように領域をとり, その領域内にある点の数が全体の何割であるかを用いて判別した. L 字領域を判別するにあたり, 判定の簡便化のため以下の処理を行った.

- Step1. 原点に最も近いバウンディングボックスの頂点が原点に移動するように, 点群を並行移動させる.
- Step2. バウンディングボックスの 2 辺が座標軸に並行になるように点群を回転移動させる.
- Step3. それぞれの座標軸からの距離が閾値以下の点は L 字領域に入っていると判定する.

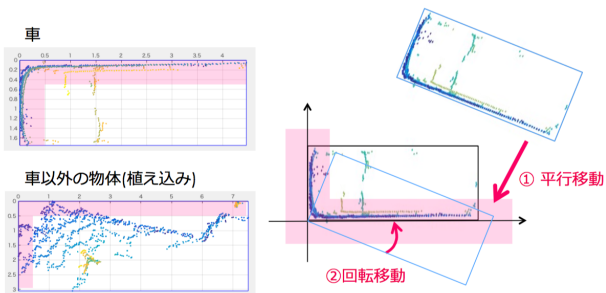


図 3: L 字領域の判定

3 実験 (シミュレーション)

上述の手法を用い, 実際の駐車場で観測したデータで物体認識を行った.

3.1 実験設定

屋外の一般的な駐車場で, LiDAR データの計測を行った. 実際のデータと模式図を図 4 に示す.

3.2 実験結果

図 5 に画像処理手法でラベリング処理を施した結果を, 図 6 に点群処理手法でバウンディングボックスを生成した結果を示す. 赤い枠が車と判断した物体である.

3.3 考察

実験結果では, 図 4 の A と D の位置にある車や左下の植え込みは, それぞれ車であるか否かを正しく判

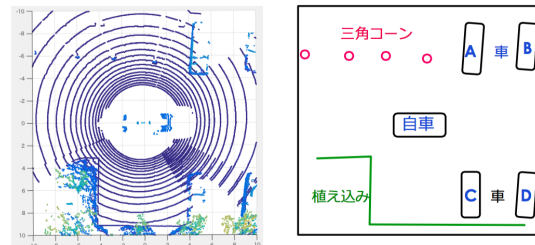


図 4: LiDAR データと模式図

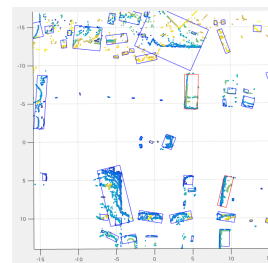


図 6: バウンディングボックス生成結果

別することができた. しかし, B, C の位置の車 2 台は, 車であると判別をすることができなかった.

正しく判別できたものについては, LiDAR からの光線を遮るものがなく, 物体の全体の形を捉えることができ, 車の点群がはっきりとした L 字型の特徴を持っていたためだと考えられる. 一方, 判別できなかったものについては, LiDAR との間に障害物があり物体全体がとらえられなかったことや, LiDAR データの特性上一度に全範囲のデータを取ることができないので, そのデータの切れ目にあったことなどが考えられる.

4 おわりに

自動駐車の実現のため, LiDAR で観測したデータを用いて環境認識に取り組んだ. LiDAR で得た 3D の点群データに画像処理手法でラベリングを施し, 分けられた各物体ごとにバウンディングボックスを生成し, その大きさと点の分布から物体が車であるかの識別に取り組んだ. 今後は物体の識別の精度向上を目指す.

参考文献

- [1] M. Himmelsbach, A. Müller, T. Lüttel and H.-J. Wünsche, LIDAR-based 3D Object Perception, Proceedings of 1st International Workshop on Cognition for Technical Systems, München, 2008.
- [2] L. G. Shapiro and G. Stockman, Computer Vision. River, NJ: Prentice Hall, 2001.
- [3] MathWorks MATLAB <https://jp.mathworks.com/help/images/ref/bwmorph.html>