

3DLiDAR による SLAM 実行時の危険領域判定手法

クオン ヒョクジン[†] 永井 悠人[‡] 鈴木 孝幸[†] 清原 良三[†]神奈川工科大学[†] 神奈川工科大学大学院[‡]

1 はじめに

LiDAR (Laser Imaging Detection And Ranging) の発展に伴い, LiDAR は従来から使用されている海洋, 地質, 農林業などの分野だけでなく, スマートフォンから自動運転技術にまで幅広い分野で利用されるようになってきた.

神奈川工科大学では直接大学に訪れ, 用事のある方やオープンキャンパスに参加される方, もしくは仕事柄で訪問する訪問者の案内を担当する自律走行台車に関して KAIT モビリティリサーチキャンパスの研究開発を進めている [1].

自律走行台車には, SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) が必須である. しかし, 危険領域の自動判定には課題がある. 本論文では, 危険領域の一つである下り階段に着目してその課題を整理し, 下り階段の検出手法を提案する.

2 関連研究

寺田ら [1] は近赤外線を利用した領域センサ PBS を用いて階段の検出を行った. この研究は視覚障害者のためであり, PBS はウェアラブルデバイスとしての使用を想定し, 人間の腰の高さ 1m での検出実験を行った. 検出範囲は床から天井までの 180° であり, 角度毎の障害物までの距離計測を行った結果, 床, 壁, 上り階段, 下り階段の特徴を捉えることに成功した. 計測対象が変化する度, グラフに示した距離が波のように変動することから角度との関係性を利用して視覚障害者の支援を目標としている.

3 予備実験

予備実験では床, 下り階段, 上り階段の点群座標データを基礎データとして取得した. 実験環境は, 図 1, 2 に示すように, 3D-LiDAR (Velodyne VLP-16) の高さは現在, 神奈川工科大学内で製作した仮台車の高さ 57cm を基準にして検出を行った.

3.1 床検出

床は 3D-LiDAR の検出限界範囲である下 15° か Dangerous Area for Robot Determination Method during SLAM Execution by 3D-LiDAR

[†] Kwon Hyokjin, Takayuki Suzuki, Ryoza Kiyohara, Kanagawa Institute of Technology

[‡] Yuto Nagai, Graduate School of Kanagawa Institute of Technology

ら初めて床が検出されるまでの距離を求めるため, 三角関数を利用して台車から約 220cm 離れた距離ではじめて床が検出されることが確認できた. 実際に物体を廊下に設置し, 初めて検出された距離をメジャーで計測した結果は 224cm であった.

3.2 下り段差検出

図 2 に示した 3D-LiDAR から伸びた線のように普段, 台車が平地を自律走行する際, 常時 3D-LiDAR から照射されたレーザが床に当たって跳ね返ってくるまでの時間を計測している. レーザは外部要因による影響を除けば, 床までの距離は一定を保っていた. しかし, 床から下り段差へと検出対象が変更されると同時に床を検出していたレーザが図 2 の下り段差 (右) のように床までの距離以上に伸びて, その先にある下の階の床または壁に当たり, 跳ね返ってきて検出された.

検証結果, 床から下り段差へと検出対象を変更した際に点群座標データで高さを担う Z 軸データが大きく変化することが確認できた.

3.3 上り階段検出

3D-LiDAR を用いて上り階段の点群座標データを取得した. 点群データ X 軸は階段の奥行, すなわち踏み面に当たり, X 軸の値が LiDAR と階段と

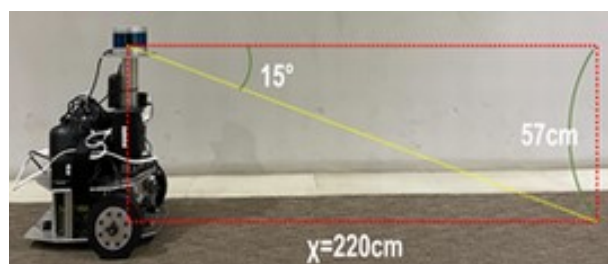


図 1 3D-LiDAR による床検出距離

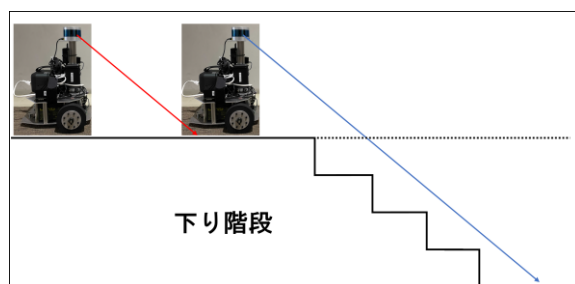


図 2 床 (左) と下り段差 (右) 検出

の距離を意味する。Z 軸は階段の段差, すなわち蹴上げに当たり, Z 軸の値が LiDAR から見る階段の高さを意味する。階段は基本, 一段ごとの高さとお興行が比例して変動することから, 上り階段で取得した X, Z 軸をグラフ化し, 特徴を抽出することができた。

4 提案手法

上り階段と下り階段は踊り場もしくは床を境に分けられており, 各階段が必然的に隣接している仕組みとなっているため, 上り階段を利用することで下り階段の存在をより確かなものとすることができる。図 3 に提案アルゴリズムを示す。

5 実験結果と評価

3D-LiDAR を用いて下り段差と上り階段の点群座標データを取得した結果を示す。上り階段はすべて, グラフから同一な特徴のみが発見されたため, 図一枚での説明となる。さらにグラフの上が 3D-LiDAR から階段までの距離 X 軸データとなり, 下が 3D-LiDAR を基準とした階段の高さ Z 軸データになる。

上り階段の点群データから作成したグラフを図 4 に, 下りかね折れ階段段差に関して図 5 に, 直階段に関して図 6 に示す。上り階段に関しては座標データが階段に類似する右斜め上へと距

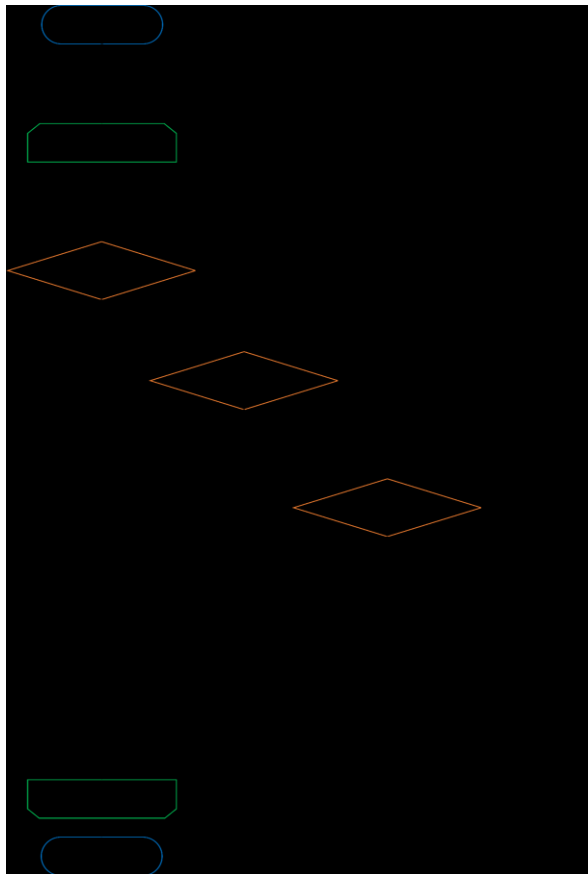


図 3 提案アルゴリズム

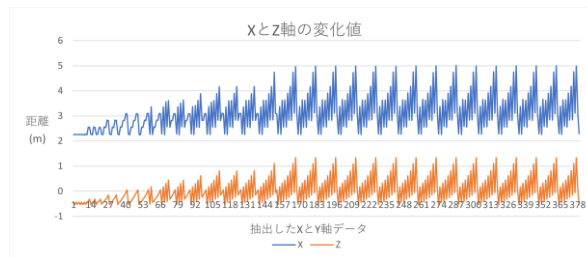


図 4 上り階段点群座標データグラフ

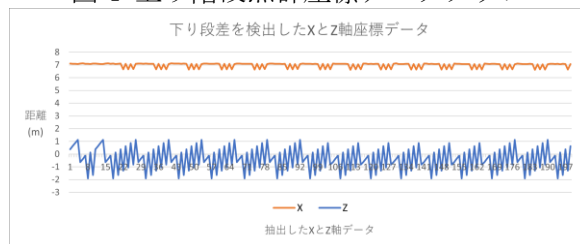


図 5 下りかね折れ階段点群座標データグラフ



図 6 直階段点群座標データグラフ

離 X と Z が伸びることが確認できた。これは階段の特徴である一定なお興行と高さが連続して存在する点に起因する。下りかね折れ階段は上り階段とは X 軸データと Z 軸データの流れが違うという特徴が確認できた。下り直階段に関しては広い空間に設置する構造であり, 上り階段の特徴を利用することは難しい。下り直階段は場合によっては判断が難しく今後の課題である。

6 おわりに

下り階段判定アルゴリズムを提案するにあたり, 下り段差と上り階段を用いることが適切であるか検証を行った。下り段差と上り階段の検出は容易であったが, 上り階段と下り階段を結びつける位置的に近いことに関する検証ができなかった。しかし, 下り直階段から下り階段の新たな特徴が得られたことから, 今後の研究での活用を検討し, そのために下り階段ごとの特徴の更なる細分化が必要になる。

参考文献

- [1] KAIT モビリティキャンパス, <https://www.kait.jp/topics/atrc/report07.html>
- [2] 寺田万里子, ” PBS による階段の下り段差の検出”, ライフサポート, Vol. 19, No. 2, pp. 64-65 (2007)