

自作 LiDAR の性能評価

2017SC006 古江瞭汰 2017SC025 加藤裕貴

指導教員：藤井勝之

1 はじめに

近年の自動車業界では自動運転に関する技術が発達してきている．自動運転とは自動車を運転するドライバーの補助や人間が関与しないで、自動車が目的地まで走行することを指す．自動運転は人間が手動で運転するレベル 0 から人間が関与しないで自動車が目的地まで走行するレベル 5 の 6 段階のレベルに段階分けされており、2020 年 4 月の時点で日本では条件付き自動運転と呼ばれるレベル 3 まで到達した．自動運転には位置特定のために必要な GPS、障害物を認知するために必要な LiDAR、カメラなどのセンサー、自動車を制御する AI 技術などのさまざまな要素で構成されており、人間が関与しないで自動車が目的地まで走行するレベル 5 を目標とした開発が世界では行われている．その中でも特に世界で注目されているのが LiDAR である．LiDAR は、障害物までの距離や形状を正確に検知ができるため自動運転において注目されている．そこで着目したのが LiDAR(Light Detection and Ranging) による位置特定や障害物検知である．そして本研究では、障害物を認知するための LiDAR を製作して性能評価をする．また、自作した LiDAR を用いて Raspberry Pi を制御基板とした自動走行二輪車の模型を製作する．自動車や自動運転車椅子などに取り付けることを想定した自動走行二輪駆動車の模型を製作することにより、高齢化社会での活躍を期待できるものの開発を目指す．

2 技術課題

LiDAR の技術課題として、低コスト化と軽量化、小型化が挙げられている．先行研究では PSoC と PiSoC と呼ばれる Raspberry Pi 用アクセラレート基盤と Raspberry Pi を用いて自作 LiDAR の作製及び四足歩行ロボットの作製を行い、低コスト化と軽量化の実現を行っている [1]．そこで本研究では、PSoC と PiSoC を使用せず Raspberry Pi のみを制御基板とした自作 LiDAR 及び自動走行ロボットの作製を行うことにより低コスト化と軽量化、小型化の実現を行う．また本研究では二輪駆動の自動走行車にすることにより、長距離の移動や移動の速さにおける実用性の向上の実現を行う．本研究で作製する二輪駆動の自動走行車の全体の実現構成図を図 1 に示す．

3 先行研究との差異

先行研究では PSoC と PiSoC と呼ばれる、Raspberry Pi 用ハードウェア・アクセラレート基盤を用いており、自作 LiDAR を使用し四足歩行ロボットを動かしている [1]．本研究では PiSoC や PSoC は使用せず、Raspberry Pi のみを制御基板としてロボットの作製を行うことで更に口

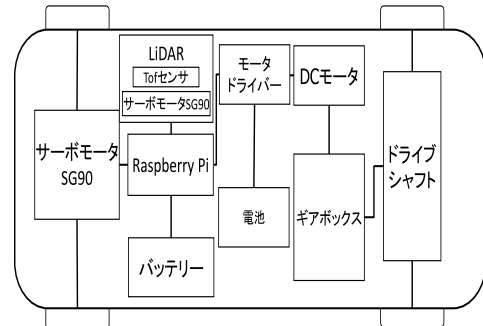


図 1 二輪駆動車の実現構成図

ポットの小型化及び軽量化の実現を行う．また、二輪駆動の自動走行車にすることによって、長距離の移動や移動の速さを上げることによって、実用性の向上を行う．先行研究との差異を表 1 に示す．

表 1 先行研究との差異

項目	本研究	先行研究
ロボット	二輪駆動車	四足歩行
寸法	50 × 31mm	74 × 45mm
LiDAR の測定角度	180°	360°
制御基板	Raspberry3 ModelA+	Raspberry3 ModelB+ PiSoC PSoC

4 自作 LiDAR について

本節では、本研究で作製する自作 LiDAR について述べる．本研究で使用する機器を表 2 に示す．本研究では、自作 LiDAR の要となる距離測定センサを VL53L0X を使用することにより技術課題である低コストと軽量化を実現することを目指す．距離測定センサ VL53L0X の仕様を表 3 に示す．また、距離測定センサ VL53L0X の概要の構成図を図 2 に示す [2]．

5 LiDAR の製作及び二輪駆動車の製作

本研究で作製する LiDAR は TOF センサー VL53OX とサーボモータ SG90 を用いる．また、Raspberry Pi を用いて自作 LiDAR を制御する．また LiDAR を制御する役割を担う Raspberry Pi は、ST Microelectronics が提供している VL53L0X API と Python インターフェースを

表 2 使用機器

使用機器	個数
Raspberry Pi3 Model A+	1
ToF センサ AE-VL53LOX	1
フォトセンサ TPR-105F	1
サーボモータ SG90	5
単 3 電池 1.5V	4
TAMIYA 四輪駆動車工作基本キット	1

表 3 距離測定センサ VL53LOX の仕様

項目	内容
寸法	4.4 × 2.4 × 1.0mm
測定距離	最大 2m
動作電圧	2.6 3.5V
動作電流	19mA(標準値)
インターフェイス	I2C(アドレス 0x52)
精度	94 % (白色ターゲット,120mm,標準モード)
波長	940nm
安全性	IEC 60825-1:2014 クラス 1

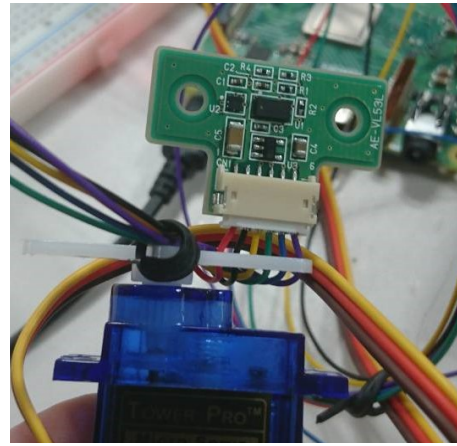


図 3 製作した LiDAR

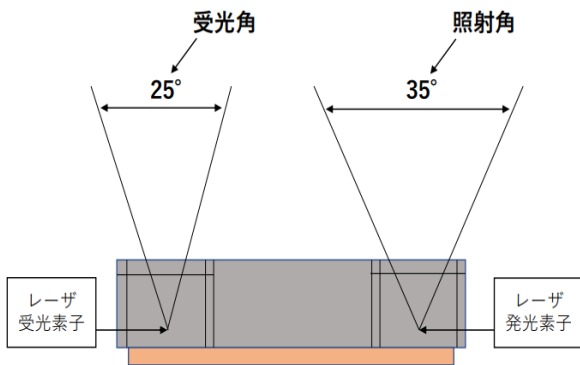


図 2 距離測定センサ VL53LOX の概要のイメージ

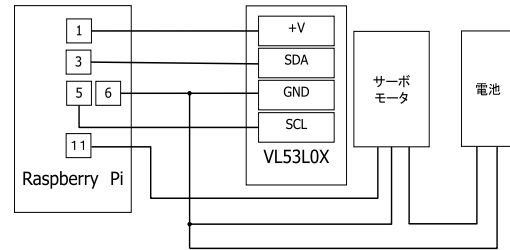


図 4 LiDAR の回路図

ベースとして LiDAR のプログラムを製作する [3][4]。製作した LiDAR を図 3 に示す。また、回路図を図 4 に示す [5]。また、本研究で作製した二輪駆動車を図 5 に示す。また、本研究で作製した LiDAR と二輪駆動車を組み合わせたロボットの構成図は第 3 章の図 1 である。

5.1 モータの制御

走行の要となるモータは Raspberry Pi から制御を行う。Raspberry pi には制御信号を出力できる GPIO ピンが存在するため、LED やサーボモータの制御などができる pigpio モジュールを使用して、制御信号をモータに転送する。本研究で使用するサーボモータ SG90 は PWM 制御で回転角度を変化させることができ、0° から 180° まで回転させることができるモータである。このモータの性質はパルス幅が小さい信号を送ると左方向へ回転し、パルス幅が大きい信号を送ると右方向へ回転する特徴を持っている。筆者らはパルス幅が 500 μ秒のとき回転角度を 0°

とすると、1450 μ秒のとき 90° となり、2400 μ秒のとき 180° となるプログラムを作成した。本研究では、LiDAR から取得した障害物までの距離から条件分岐を行い障害物にぶつからないようにモータの回転や停止を行う。

5.2 走行の制御

走行の制御はモータドライバを介して Raspberry Pi から行う。モータドライバのピン配列は表 4 のようになっており、モータドライバの機能は表 5 のようになっている [6]。そのため、モータドライバ周りの回路は図 6 のようになる [7]。

6 実験方法及び実験環境

この章では、LiDAR 単体の性能評価及びその結果を用いた自動走行についての実験方法及び実験環境を述べる。

6.1 LiDAR 単体の性能評価

表 3 で示した ToF センサの仕様の精度は 94% となっているが、距離の変化によって、精度がどれだけ変化するかを調べるため精度判定を行う。そのために本(辞書)を壁に見立てて、本と LiDAR 間の距離の測定を行う。二輪駆

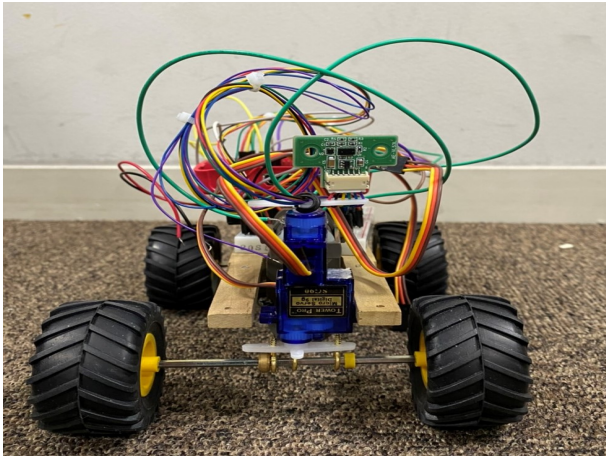


図 5 正面から見たロボット

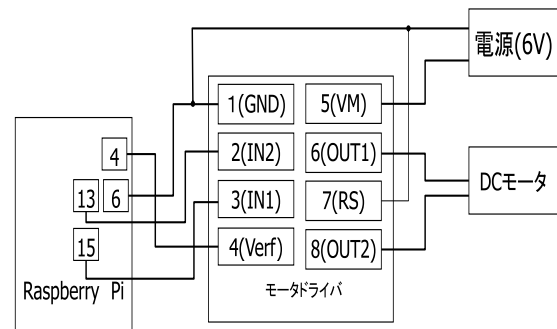


図 6 モータドライバ周りの回路図

表 4 モータドライバのピン配列

番号	名称	機能
1	GND	GND 端子
2	IN2	ロジック入力端子 2
3	IN1	ロジック入力端子 1
4	Vref	制御電源端子
5	VM	モータ電源
6	OUT1	モータ出力端子
7	RS	モータ出力電流検出用端子
8	OUT2	モータ出力端子

表 5 モータドライバの機能

IN1	IN2	OUT1	OUT2	モード
L	L	HI-Z	HI-Z	ストップ
H	L	H	L	正転
L	H	L	H	逆転
H	H	L	L	ブレーキ

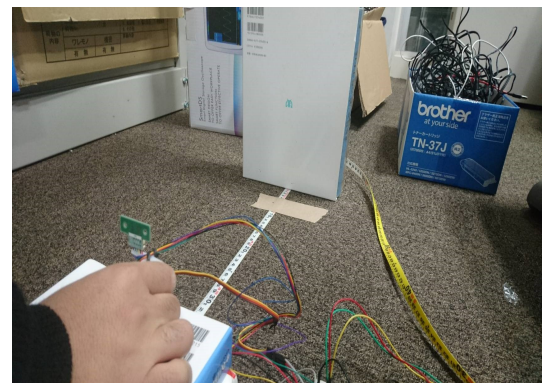


図 7 実験環境

動車の高さに近い 7.7cm のところに高さ 5cm の LiDAR をを乗せて測定を行う。壁から 10cm ごとに距離を伸ばして、ラグ (LiDAR から光を発して返ってくるまでの時間) と距離の誤差の測定を行う。実験環境を図 7 に示す。また、実験環境のモデルを図 8 に示す。

6.2 自動走行の実験方法

自動走行を行い障害物を検知した距離に応じて走行を停止させる。停止した際に停止制御を行った距離と実際に停止した距離の誤差の測定を LiDAR 単体の性能評価で行った表 6 の結果を考慮して行う。また、走行停止距離の設定は変数 distance に関わる値を変化させることで行う。尚、このプログラムは管理者権限によって、動くため事前にターミナルで `sudo pigpiod` と入力する必要がある。

7 実験結果

この章では、LiDAR 単体の性能評価及びその結果を用いた自動走行についての実験結果を述べる。

7.1 LiDAR 単体の性能評価の実験結果

計測回数 100 回のデータの平均値を算出したラグ、測定距離、誤差を表 6 に示す。表 6 により、実距離 100mm の地点で測定距離との誤差率が 17.84% 生じていることが判明した。また、実距離 1000mm と 1200mm の地点でも測定距離との誤差率が 10% ~ 15% 生じていることが判明した。これらの誤差率は VL53L0X の仕様の精度 $\pm 6\%$ よりも誤差が生じていることが判明した。

7.2 自動走行の実験結果

モータドライバを用いた走行と LiDAR の単体どうしでのプログラムは動作はしたが、モータドライバを用いた走行と LiDAR を同時に動作を行うプログラムを使用した際に、LiDAR が停止してしまい測定ができなかった。

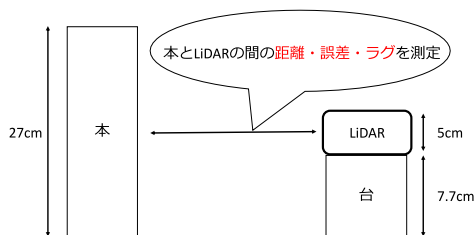


図 8 実験環境のモデル

表 6 LiDAR の計測結果

実距離 [mm]	測定距離 [mm]	誤差 [mm]	誤差率	ラグ [s]
100	84.86	15.14	17.84%	0.071121
200	194.53	5.47	2.81%	0.071117
300	300.66	-0.66	0.22%	0.071256
400	403.41	-3.41	0.85%	0.071937
500	504.15	-4.15	0.82%	0.071580
600	602.69	-2.69	0.45%	0.071866
700	695.26	4.74	0.68%	0.072196
800	782.47	17.53	2.24%	0.071101
900	885.19	14.81	1.67%	0.072030
1000	907.29	92.71	10.22%	0.071126
1100	1038.97	61.03	5.87%	0.072048
1200	1041.69	158.31	15.20%	0.071638

8 考察

この章では、LiDAR 単体の性能評価及びその結果を用いた自動走行についての考察を述べる。

8.1 LiDAR 単体の性能評価の考察

表 6 の結果より、障害物までの距離が 200mm ~ 900mm のとき誤差率 5% 未満であるため良好であると考えられる。そのため、障害物を検知する際には 200mm ~ 900mm の範囲で障害物を検知すると良いと考えられる。距離が 1000mm を超えた際に誤差率が 5% を超えた原因を考察してみたところ、測定距離よりも短い場所で何かしらの障害物を検知した。または地面で反射してしまいセンサが認識できなかった可能性が考えられる。また、物体には光の一部を吸収し残りを反射するという性質を持っており、物体や色によって反射率が異なるため、長距離では誤差が生じてしまった可能性もあると考えられる [8]。

8.2 自動走行の考察

原因を突き止めるために電圧がかかっているかの確認を行ったが、異常はなかった。他にも接触不良や回路、プ

ログラムが間違っているかの検討を行ったが、プログラムで走行と LiDAR を単体で動かした際に以上がなかったため、その可能性もないと考えられる。そのため、原因としてはモータドライバと Tof センサの相性が悪かったか、Raspberry Pi 本体のスペック不足の可能性が考えられる。

9 おわりに

本研究では、自動走行を行う際に走行と LiDAR の単体どうしでのプログラムは動作はしたが、同時に動作を行うプログラムを使用した際に LiDAR が停止してしまうため、測定ができなかった。他にも接触不良や回路、プログラムが間違っているかの検討を行ったが、原因が究明できず解決しなかったため非常に悔やまれる結果となってしまった。今後の課題として、この問題の解決及び障害物を避ける動作の追加や自己位置測定などの発展した研究を行うことが今後の課題である。

参考文献

- [1] 砂川寛行, “LiDAR で位置測定！ 1 万円自律移動ロボット「PiBoT」前編ハードウェアの製作,” トランジスタ技術, 2019 年 10 月号, pp.158-165, Sep. 10, 2019.
- [2] エンヤヒロカズ, “簡易 LiDAR & 自動運転ローバの実験,” トランジスタ技術 SPECIAL, 2020, No.152, pp.60-70, Dec.10, 2020.
- [3] cassou, “VL53L0X_rasp,” https://github.com/cassou/VL53L0X_rasp, Dec.1, 2020.
- [4] johnbryanmoore, “VL53L0X_rasp_python,” https://github.com/johnbryanmoore/VL53L0X_rasp_python, Dec.1, 2020.
- [5] 電子クラブ, “5 ドル！ラズパイ・ゼロ (Raspberry pi Zero) で IoT(44) 距離センサ 5 I2C VL53L0X,” <https://www.denshi.club/pc/raspi/5raspberry-pi-zeroiot45i2cv153l0x.html>, Dec.1, 2020.
- [6] @imcuddles, “RaspberryPi3 で作るラジコン,” <https://qiita.com/imcuddles/items/c05cbea95db1f7469fed>, Dec.1, 2020.
- [7] 藏野貴教, “2 種類のモータドライバの違いについて,” <https://mag.switch-science.com/2020/05/08/motor-driver/>, Dec.1, 2020.
- [8] KONICA MINOLTA, “光 (色) の成分はどうなっているのか、実際に見てみましょう,” <https://www.konicaminolta.jp/instruments/knowledge/color/section3/02.html>, Dec.1, 2020.