

自律移動ロボットの環境地図作成のための簡易測域センサの利用と評価

distance sensors in order to make the map for the autonomous robots.

津田 諒太, 植村 渉

Ryota Tsuda and Wataru Uemura

龍谷大学理工学部電子情報学科

Ryukoku University

tsuda@vega.elec.ryukoku.ac.jp, wataru@rins.ryukoku.ac.jp

Abstract

近年、公共施設や家庭で働く自律移動ロボットが注目されている。自律移動には、正確な環境地図の作成が重要になる。環境地図作成とは、壁などの障害物を 2 次元あるいは 3 次元的に測定し、測定点を蓄積することである。この地図により、通行可否の判断が可能になる。2 次元測定には測域センサである LRF(レーザーレンジファインダー) が用いられることが多い。特に、北陽電気社製の URG-04LX-UG01 がロボット研究でよく用いられており、毎秒 5000 点を測定する。しかし、平面が多い環境には性能過多である。

そこで、本研究では測定点の少ない簡易測域センサを作成し、そのセンサの環境地図作成の評価を行う。

1 はじめに

近年、自律移動ロボットが公共施設や家庭で働くということが現実味を帯びてきた。病院や介護施設での介護ロボットはもちろん、ルンバに代表される市販化された家庭用お手伝いロボットもある。これらのロボットに必要なことの一つに、経路選択がある。次の作業の目的地までどのようなルートで到達するか、ということをロボットは考え、実行しなければならない。この経路選択を円滑に行うために環境地図作成が重要となる。

環境地図作成とは、そのロボットが活動する環境の地図をロボット自身がセンサを用いて作成することである。平面を移動するロボットの場合、自分からどれだけ離れた場所に通れない場所があるかが分かればよい。測定を一点ではなく 2 次元的に行うことで、自分の位置情報とそれらの情報を組み合わせて地図を作成することができる。



Figure 1: 距離センサと制御部分

2 地図作成システム構成

自律移動ロボットの環境地図作成システムは、距離センサと制御部分に分けられる (図 1)。

距離センサには赤外線、超音波、LRF などがある。今回の実験では赤外線距離センサで測域センサを作成し、LRF と精度の比較を行う。それぞれのセンサの性能を表 1 に、制御部分に用いる arduino と Robotino の性能を表 2 に示す。

3 距離センサの測域センサ化の提案

本章では距離センサを用いて測域センサ化する方法を提案する。

測域センサである LRF は回転する鏡でレーザー光を反射することで範囲測定を行っている。今回はサーボモータによって距離センサを往復運動することで LRF の再現を行う。サーボ、距離センサの制御に arduino を用いることで PWM の制御を簡潔にすることが期待できる。また、距離センサの値とサーボモータの角度の値をシリアル通信で出力する。

赤外線距離センサは LRF よりも 1 回の測定時間が長い。サーボの最大速度で 180° 回転すると角度分解能は約 6° となり、粗い測定となる。そこでここでは、距離センサを 2 つ用意し距離センサの測定面を 90 度直交した状態で固定した。これにより時間あたりの測定数が倍になり、さらに往復角度が半分になる。

赤外線距離センサの出力はアナログ値であるため回路

	LRF	赤外線距離センサ
型番	URG-04LX-UG01	GP2Y0A710K
測定可能距離	0.6m 5.6m	1m 5.5m
測定精度	1m : ± 30mm 1.4m : 距離の 3 %以下	1m : ± 2 % 1m : ± 2 %
1 点の測定時間	0.2mm	16ms
測定可能範囲	正面 ± 90	正面 1 点
測定方式	光の飛行時間による位相差方式	PSD(光位置センサ) による三角法
出力形式	デジタル値 (シリアル通信)	アナログ電圧値
コスト	高 (10 万円)	低 (1000 円)

Table 1: LRF と赤外線距離センサの性能比較

	Arduino	Robotino 2
動作電圧	DC5V	DC24V
搭載 CPU	ATmega328	AMD LX800
動作周波数	16MHz	500MHz
入出力ピン	20 本 (内 PWM 出力 6 本:A 入力 8 本)	D 入出力 16 本 A 入力 8 本

Table 2: 制御部の Arduino と Robotino の性能比較

による誤差、ノイズの影響が大きい。さらに赤外線距離センサに用いる PSD は測定時に急な電圧降下を起こす可能性がある。そこで赤外線距離センサの電源にバイパスコンデンサを接続する。また、ノイズの影響を除去するためにメディアンフィルタを採用する。メディアンフィルタは複数の測定値の中央値を採用するフィルタである。フィルタの効果を高めるために測定数を増やすと角度分解能が減るため、フィルタ長の調整が重要である。

4 実験、結果

LRF と作成した簡易測域センサを用いて環境地図を作成し、簡易測域センサの往復時間 (s) とメディアンフィルタ長の違い (長さ) による地図作成再現度、及びカバー率を比較する。龍谷大学 1-432 室前の空間 (図 2) で実験を行う。図 5 から図 13 は LRF と赤外線の地図を重ねたものであり、青が LRF、赤が赤外線の作成地図である。LRF の角度分解能 (0.36 度) の範囲ごとにと赤の画素の重心を求め、中心から赤の画素までの距離と中心から青の画素までの距離の 2 つの距離の比 ($1 - (R/(R + \Delta R))$) を再現率とする (図 3)。また、緑の画素の先に赤の画素が存在する割合を認識率とする。測域部分の往復時間、メディアンフィルタ長ごとにそれぞれ 1 分間で作成した地図の比較をした (図 4)。

図 5 から図 13 より、センサ面と正面且つ距離が近い左右の障害物には精度よく反応した。逆にセンサ面と斜め且つ距離の遠い領域は精度が悪い。認識率はフィルタ長が短いほど良くなったが、フィルタ長が長いことによる再現率の改善はあまり見られなかった。つまり、簡易測域センサの誤差は電圧値 距離に変換する際、電圧値に対する係数が遠距離で一致していない為の誤差と考えられる。よって、今回作成した測域センサは、センサ面の正面か

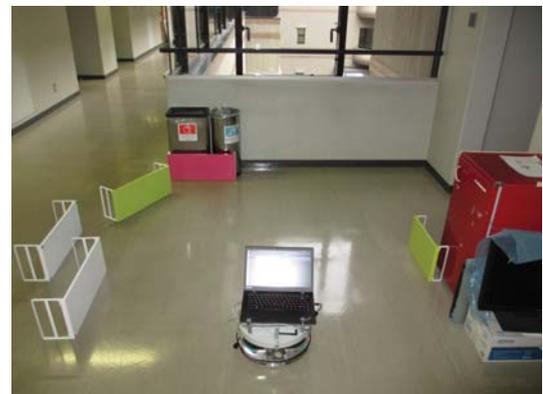


Figure 2: 龍谷大学瀬田学舎 1 号館 432 室前

つ比較的近距离にのみ障害物が存在するという条件下で LRF と同等であると言える。

5 まとめ

本研究では、LRF では過剰な環境のために赤外線距離センサを用いた簡易測域センサを提案した。実験にて簡易測域センサの往復速度、フィルタ長の違いによる地図作成能力の比較を行った。LRF を基準にパラメータ毎の地図の再現率、認識率を求めた。作成した測域センサは、センサ面の正面且つ比較的近距离にのみ障害物が存在するという条件下で LRF と同等であると言えた。遠距離領域に誤差が生じるのは遠距離での電圧値に対する係数が一致していないためだと分かった。今後は、距離に応じた適切な係数を求め、さらに精度の良い測域センサにしたい。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 15K16313 の助成を受けたものです。

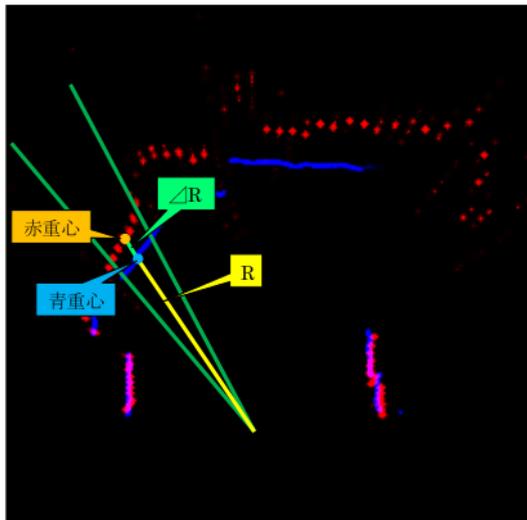


Figure 3: 重心求めイメージ

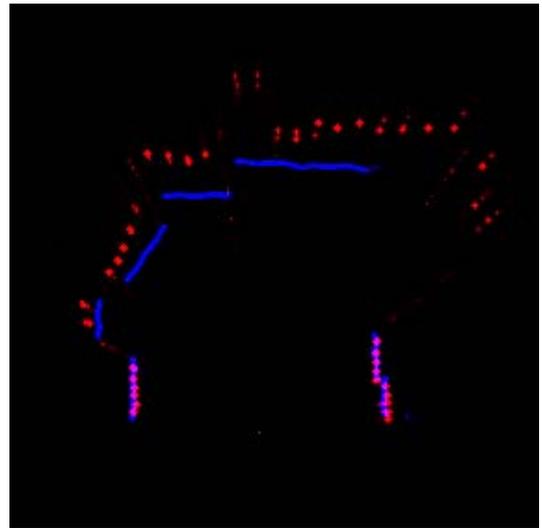


Figure 6: 往復時間 1.0s フィルタ長 4 地図

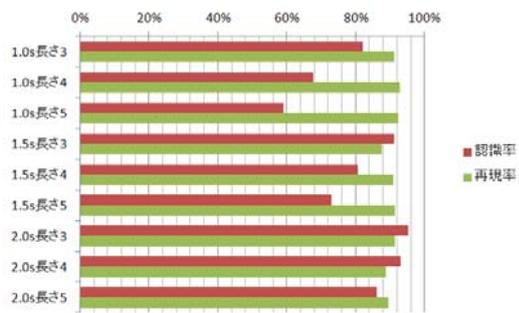


Figure 4: 往復時間、フィルタ長ごとの再現率、認識率

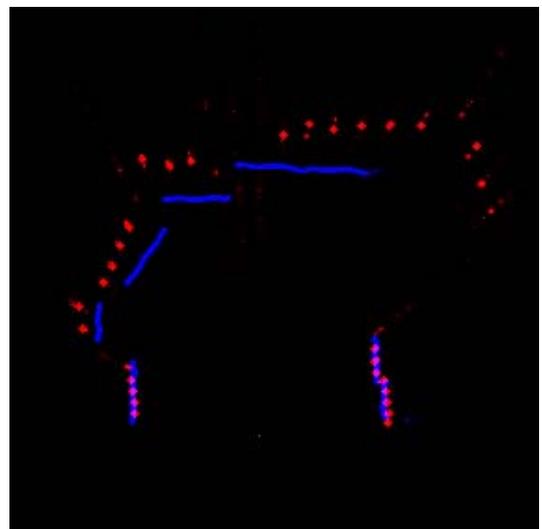


Figure 7: 往復時間 1.0s フィルタ長 5 地図

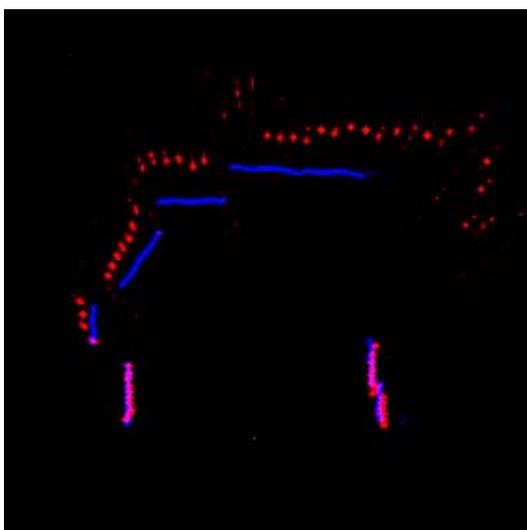


Figure 5: 往復時間 1.0s フィルタ長 3 地図

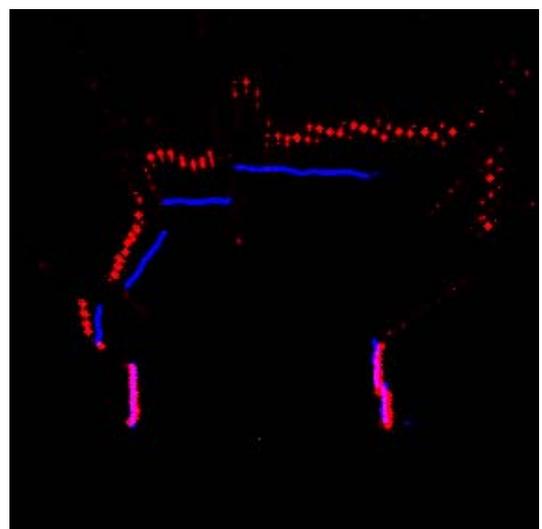


Figure 8: 往復時間 1.5s フィルタ長 3 地図

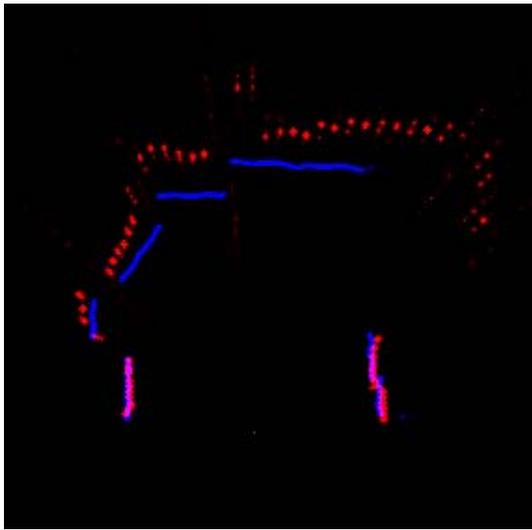


Figure 9: 往復時間 1.5s フィルタ長 4 地図

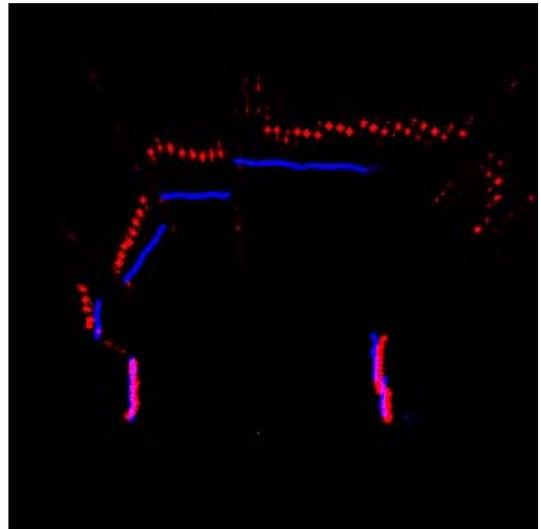


Figure 12: 往復時間 2.0s フィルタ長 4 地図

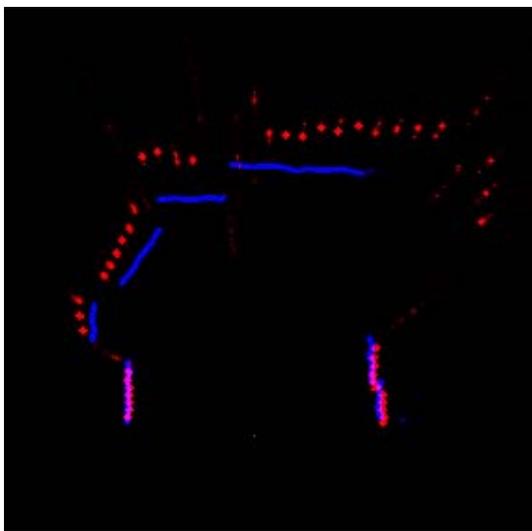


Figure 10: 往復時間 1.5s フィルタ長 5 地図

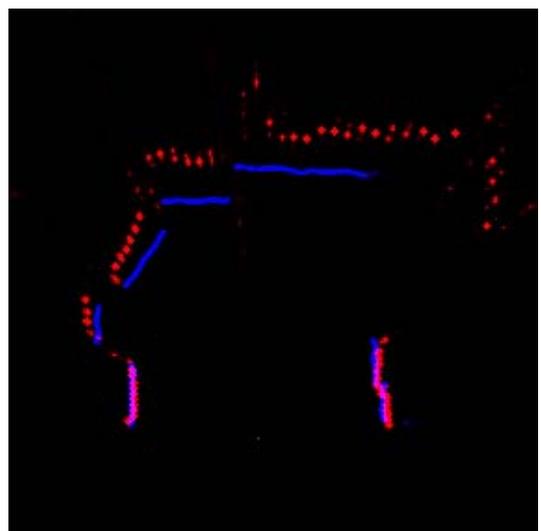


Figure 13: 往復時間 2.0s フィルタ長 5 地図

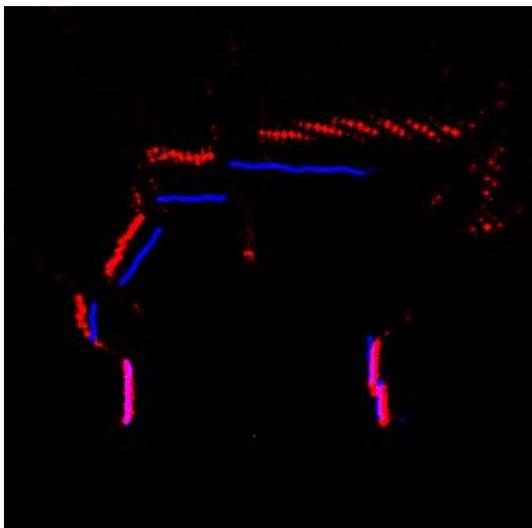


Figure 11: 往復時間 2.0s フィルタ長 3 地図