

令和元年度 卒業研究論文

MATLAB/Simulinkによる  
RADAR計測システムの開発

Development on RADAR measurement system  
using MATLAB/Simulink

一関工業高等専門学校  
電気情報工学科 秋田研究室  
佐藤 凌雅

2020 年 1 月 23 日

## 概要

本研究は、路面の段差検知システムの実現を目的としている。提案するシステムはRADARを用いて路面を常に監視し、車両前方に段差が存在する際には運転手に警告することが可能である。また、システム構築にはMATLAB/Simulinkを用いたモデルベース開発を採用し、ソフトウェア設計の効率向上を図った。なお、提案した手法の有効性をシミュレーションと実際の車両での実験を通して検証した。

キーワード： RADAR, モデルベース開発

## Abstract

This study aims to realize a road step detection system. The proposed system can always monitor the road surface with RADAR and warn the driver if there is a step in front of the vehicle. In addition, in order to improve the efficiency of software design, model-based development using MATLAB/Simulink was adopted for system construction. The effectiveness of the proposed method is verified through a simulation and experiment.

**Keyword:** RADAR, Model-Based Development

# 目次

第1章	序論	1
第2章	車載センサの種類	3
2.1	カメラ . . . . .	3
2.2	LiDAR . . . . .	3
2.3	RADAR . . . . .	3
2.4	結論 . . . . .	3
第3章	RADAR	5
3.1	測定原理 . . . . .	5
3.2	本研究で使用するRADAR . . . . .	5
3.3	RADARの有用性の検証 . . . . .	5
第4章	モデルベース開発	11
第5章	段差検知システムの開発	13
第6章	段差検知システムの検証	15
第7章	結論	17
参考文献		19

# 第1章

## 序論

本論文は次のような構成となっている。2章では現在主に使用されている車載センサについて説明し、3章でRADARの原理の説明とLiDARとの比較を行う。4章ではモデルベース開発について説明を行い、5章で実際に提案するシステムについて述べる。6章で検証結果について説明する。最後に、結論は7章に示す。



## 第2章

# 車載センサの種類

この章では自動車の運転支援システムや自動運転に活用されているセンサについて説明する。

### 2.1 カメラ

### 2.2 LiDAR

### 2.3 RADAR

### 2.4 結論



## 第3章

# RADAR

この章ではRADARの基本原理，研究に使用するRADARの性能，LiDARとの比較を行う．

### 3.1 測定原理

### 3.2 本研究で使用するRADAR

### 3.3 RADARの有用性の検証

RADARは照度の変化に対してロバストであると述べた．ここではRADARとLiDARの環境依存性について検証を行う．

#### 3.3.1 検証手法

##### センサ

比較対象としてRADARと同じ価格帯のLiDARを用意した．使用したLiDARの性能と外観を表3.1，図3.1に示す．[1]



表3.1 LiDARの性能

製品名	YDLIDAR X4
検出距離	120～11,000mm
走査視野	360°
角分解能	0.5°
走査周波数	6～12Hz
電源電圧	DC5V
消費電流	450mA



図3.1 測定に使用したLiDAR

なお，LiDARは仕様上，全方向（ヨー角360度）をスキャンするが，今回の実験では壁側の1本のレーザーだけ使用する．

#### 実験環境

壁との距離をセンサで24時間計測する．この際の実験環境を表3.2，実験の様子を図3.2に示す．

表3.2 実験環境

測定日時	2020/01/12 08:47～2020/01/12 08:47
測定場所	一関高専4号棟402号室
測定環境	無人，消灯，外からの外乱光あり
対象物までの距離	0.6m
測定間隔	10秒



図3.2 RADARとLiDARの比較実験の様子

### 3.3.2 測定結果

RADAR, LiDARから得られた観測データを図3.3に示す。また，センサの平均値，分散値を表3.3にまとめる。

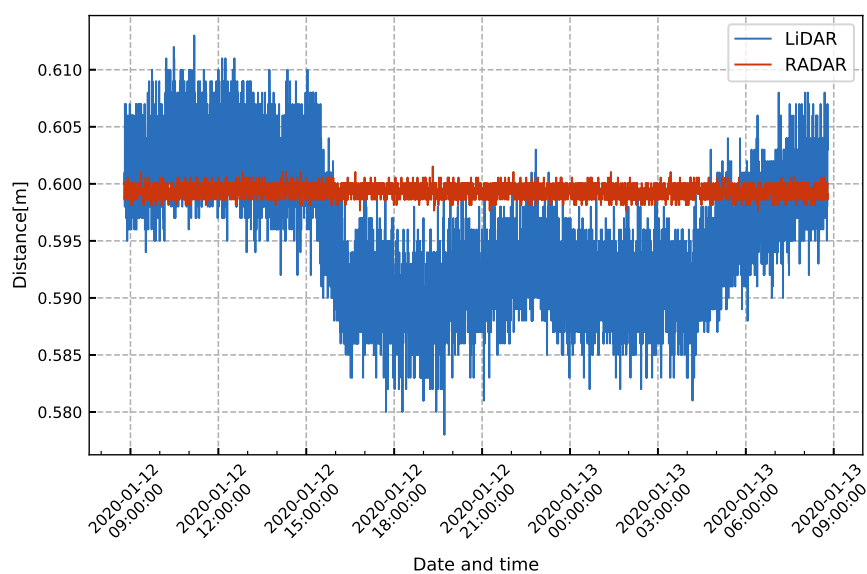


図3.3 LiDARとRADARの測定値の推移

表3.3 実験結果

	LiDAR	RADAR
平均	0.59538803	0.59935253
中央値	0.59500000	0.59958800
分散	0.00003424	0.00000024
標準偏差	0.00585180	0.00049350

この後の考察を行いやすくするため、図3.3のデータに対して移動平均フィルタを施した。フィルタ処理後のデータを図3.4に示す。

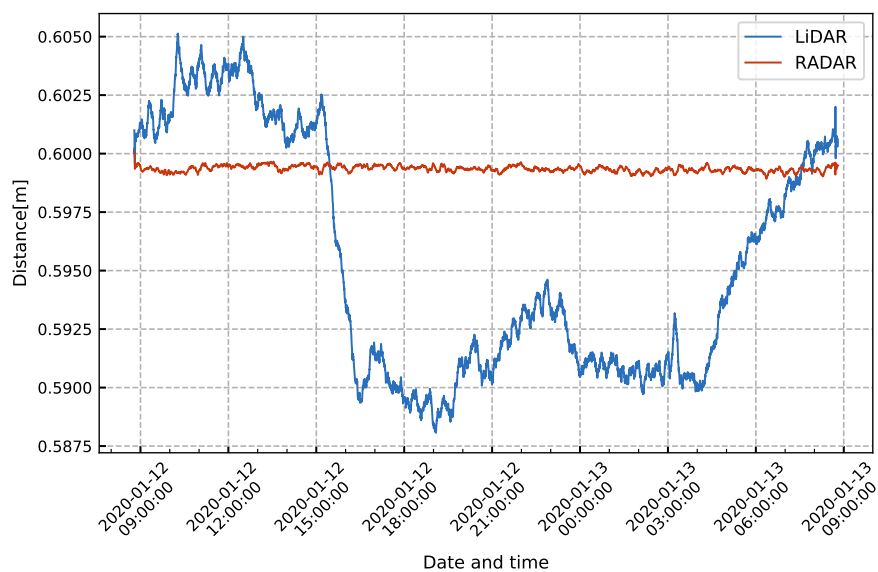


図3.4 LiDARとRADARの測定値の推移（移動平均フィルタ処理後）

### 3.3.3 結論

表3.3からLiDARと比較してRADARの方が値のばらつきが小さいことがわかった。しかし、LiDARとRADARでは測定原理が異なるため、単純にこのデータだけでRADARの方が優れているとは言い切れない。そこで、図3.4を見ると、LiDARは時間経過に対応して得られるデータが変動している。測定を行なった2020年1月12日の一関市の日没は16:33、1月13日の日の出は6:54であった。LiDARの測定値が大きく変動している時間と日没、日の出の時間はおおよそ一致していることから、この値の変動は外からの太陽光の影響を受けたものと考えられる。

一方でRADARは24時間を通してほぼ一定の値を取り続けていた。このことから、RADARはLiDARと比較して太陽光の影響を受けにくいと考えられる。以上より、RADARは他の車載センサと比較して照度変化に対しての優位性があると結論づける。



## 第4章

# モデルベース開発

この章では車載システム開発では一般的に用いられているモデルベース開発について説明する.



## 第5章

# 段差検知システムの開発

この章では，構築した段差検知システムについて説明を行う．





## 第6章

# 段差検知システムの検証

この章では，構築した段差検知システムについてのシミュレーション，実験の結果について述べる．



## 第7章

## 結論



## 参考文献

- [1] YDLIDAR X4 Datasheet （閲覧日:2020年1月18日）  
<http://www.ydlidar.com/Public/upload/files/2019-12-18/YDLIDAR%20X4%20Datasheet.pdf>