

# 卒業論文

## 自律移動ロボット用の雨天シミュレータの開発 (検出された雨粒の時間間隔のモデル化)

Development of a Rainy Weather Simulator for Autonomous Mobile Robots

(Modeling the Temporal Intervals of Detected Raindrops)

2024年12月22日 提出

指導教員 林原 靖男 教授

千葉工業大学 先進工学部 未来ロボティクス学科

21C1131 柳大地



# 概要

## 自律移動ロボット用の雨天シミュレータの開発 (検出された雨粒の時間間隔のモデル化)

近年, 自律移動ロボットは幅広い産業分野で需要が高まっており屋外で雨天においても自律移動できることが望まれている。本研究室では, 2D LiDAR を搭載した屋外自律移動ロボットを研究・開発している。しかし, 雨天環境での自律移動は LiDAR が雨粒を検出し停止, 回避動作を行うことにより困難である。先行研究村林 [1] では雨天の LiDAR データを取得し, 取得したデータを解析, モデル化した。しかし, 取得したデータが少ないとや雨粒の時間間隔のモデル化ができていない。本論文では, 先行研究で不足する雨天時の LiDAR データの追加取得, 雨粒の時間間隔のモデル化を行い, 自律移動ロボット用の雨天シミュレータの開発を行った。シミュレータでは雨粒の距離のモデル化に基づいた雨を再現することができた。

キーワード: 2DLiDAR, 雨天, シミュレータ

# abstract

## Development of a Rainy Weather Simulator for Autonomous Mobile Robots (Modeling the Temporal Intervals of Detected Raindrops)

In recent years, the demand for autonomous mobile robots has been increasing across various industrial sectors, with the capability to operate autonomously outdoors even in rainy weather being highly desirable. In our laboratory, we are engaged in the research and development of outdoor autonomous mobile robots equipped with 2D LiDAR. However, achieving autonomous navigation in rainy conditions is challenging due to LiDAR detecting raindrops, leading to unintended stops or avoidance maneuvers. In prior research by Murabayashi [1], LiDAR data in rainy conditions was collected, analyzed, and modeled. However, the amount of collected data was insufficient, and the temporal modeling of raindrops was not addressed. This paper focuses on supplementing the insufficient rainy weather LiDAR data from previous studies and modeling the temporal intervals of raindrops. Based on these efforts, a rainy weather simulator for autonomous mobile robots was developed. The simulator successfully reproduces rainfall based on the modeled distance of raindrops.

keywords: 2D LiDAR, rainyweather, simulator

# 目次

# 図目次

# 表目次

# 第1章

## 序論

### 1.1 背景

近年, 自律移動ロボットは幅広い産業分野で需要が高まっており屋外で雨天においても自律移動できることが望まれている。本研究室では, 2D LiDAR を搭載した屋外自律移動ロボットを研究・開発している。2015年に行われたつくばチャレンジ [?] では大雨により, 大会史上初の課題達成ロボットがいない結果となった。このように, 雨天環境での自律移動は LiDAR が雨粒を検出し停止, 回避動作を行うことにより困難である。先行研究 [?] では雨天時の自律移動に関連する研究は実環境で自律移動させることや雨を模擬して実験を行っていることから雨天時の環境をシミュレートできるシステムを望み, 雨天時の 2DLiDAR データのモデル化を行った。

### 1.2 目的

本研究は先行研究 [?] の内容に加え新たに解析, モデル化を行い, 2DLiDAR が検出する雨をシミュレータ上で再現することを目的とする。

### 1.3 先行研究

村林 [?] は, 2D LiDAR が検出する雨をシミュレータ上で再現し, ロボットの自律移動を検証できるシステムを構築するため, 雨天時の 2D LiDAR データの取得, 解析, モデル化を行った。

コンピュータ内で雨天シミュレータを構築するためには、解析内容として「検出された雨粒の距離の分布」「検出された雨粒の時間間隔の分布」「隣り合うレーザで検出された雨粒の距離の分布」のモデル化が必要であると述べている。これにより,22件の雨天時の2D LiDARデータの取得、「検出された雨粒の距離の分布」「隣り合うレーザで検出された雨粒の距離の分布」を正規近似し、求められた平均距離と標準偏差を一次近似によりモデル化した。



Fig. 1.1 2D LiDAR data acquisition experiment in rainy weather (source:[?])

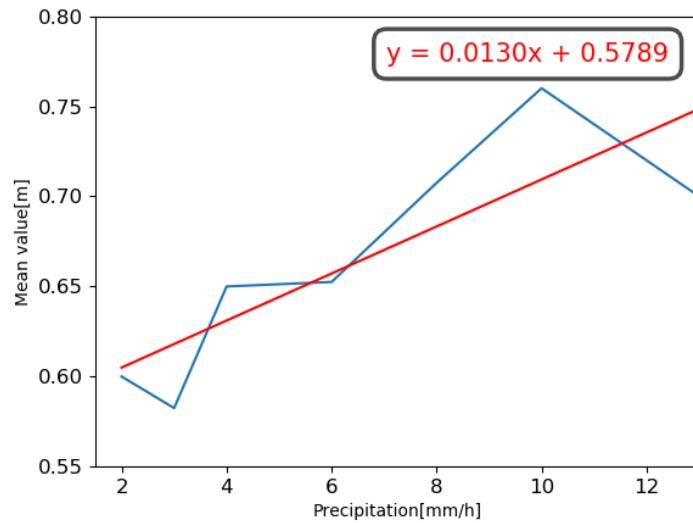


Fig. 1.2 Relationship between the amount of precipitation and the average distance over which the same raindrop was detected (source:[?])

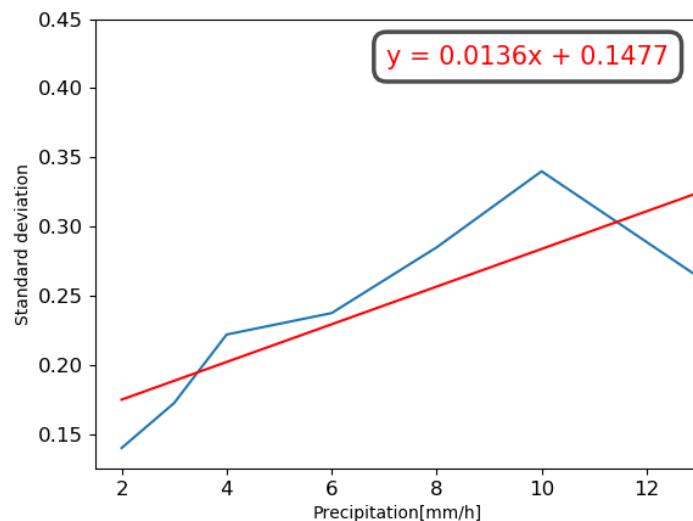


Fig. 1.3 Relationship between the amount of precipitation and the standard deviation of the distance over which the same raindrops are detected (source:[?])

## 1.4 論文の構成

本論文は以下のように構築される。第1章では、本研究の背景、目的、先行研究を述べる。第2章では、本研究に関連する要素技術を述べる。第3章では、雨天時の2DLiDARデータの追加

取得実験について目的, 実験装置, 方法, 結果について述べる. 第4章では, 検出された雨粒の時間間隔のモデル化について近似手法, 結果, 考察を述べる. 第5章では, 解析, モデル化したデータを基に開発した雨天シミュレータについて結果と考察を述べる. 第6章では, 本論文の結論と今後の展望を述べる.

## 第2章

# 要素技術

### 2.1 2D LiDAR

2D LiDAR(Light Detection and Ranging) は、レーザ光を照射することで周囲の物体までの距離を計測し主に自動運転やロボティクスなどで活躍している。レーザ光を特定の平面内で回転させることで一定の角度ごとに照射し、物体からの反射光を受信し距離を算出する。

本研究で使用する 2D LiDAR を fig に示す。この LiDAR には urg-node パッケージが提供されており 2D LiDAR が取得する角度を変更することが可能である。

### 2.2 Rviz

Rviz はロボットが収集したセンサデータを視覚的に表示するアプリケーションである。

本研究では取得した雨天の 2D LiDAR データとシミュレータに追加したノイズの可視化をした。

# 付録

## 謝辞

本研究を進めるにあたり，1年に渡り，熱心にご指導を頂いた林原靖男教授に深く感謝いたします。