

# 倉庫における人と自律配送ロボットの協調制御手法の 基礎的検討

浅井 悠佑<sup>1,a)</sup> 廣井 慧<sup>1</sup> 米澤 拓郎<sup>1</sup> 河口 信夫<sup>1</sup>

概要：本研究ではシミュレーションを用いて、人と柔軟に協調する配送ロボットの提案、開発を行う。オンラインショッピングなどの利用が増えて倉庫管理の自動化が進むなか、機械と人が接触する事故なども多発している。そのため、人とロボットが頻繁に交わる環境において、ロボットは人が周りにいるという前提のもと制御をおこなわなければならないと考える。実際の倉庫の3次元地図、ピッキング作業者のピッキングデータを用いて、ピッキング作業をシミュレーター上で再現し、配送ロボットを用いて、ピッキング作業の効率化を検討する。配送ロボットの種類を分類し、それぞれのロボットの有用性をシミュレーションを用いて検証、評価する。

謝辞 本研究の一部は、JST MIRAI, JST OPERA(JPMJOP1612), 総務省 SCOPE, NICT 委託研究により支援して頂いております。

---

<sup>1</sup> 名古屋大学大学院工学研究科

<sup>a)</sup> asayu@ucl.nuee.nagoya-u.ac.jp

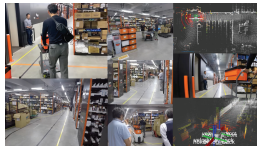
# 倉庫における人と自立配送ロボットの 協調制御手法の基礎的検討

浅井悠佑\*, 廣井慧\*, 米澤拓郎\*, 河口信夫\*  
 \*名古屋大学工学研究科

## 研究背景

### ● 人とロボットが身近な社会へ ● Eコマースの売上増加に伴う 荷物数の増加

- 計算機の小型、低価格化
- ロボティクスの発達
- 自動運転技術の発達に伴う制御技術の向上



実証実験の様子

- 現在のシステムでは倉庫管理が必要に追いつかない
- 配送ロボットを導入して自動化し、より多くの荷物の在庫管理、受注処理を行う
- 既存倉庫の完全自動化は困難なため、ロボット導入に際して、人が近くにいるという前提

## ロボット導入の課題

### ● 制御や経路計画を工夫する必要

- 安全第一(特に人に対して安全な経路計画、制御が必要)
- 多くの荷物を処理(ロボットを導入することで効率化)

### ● 実際の倉庫を用いた新手法の検討は労力/コストが高い

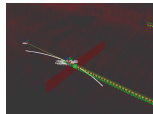
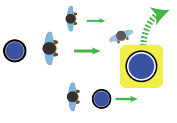


シミュレーションを用いて倉庫における人と密接に動作する配送ロボットの挙動を検討

## 研究内容

### ● 人が近くにいる前提の配送ロボットの挙動を定義し、その制御、経路計画をシミュレーションにより可視化、有効性を検討する

- 倉庫のピッキング作業において、人が配送ロボットの近くにいるという前提のもと、配送ロボットの挙動ごとのピッキング作業の効率を評価



- ロボットの挙動を定義 (4種類)
- シミュレーション環境構築 -ROS/Gazebo/Autoware
- 制御、経路計画のシミュレーション

## 人と柔軟に協調するロボットとは?

### ● 配送ロボットの挙動を以下の4つに分類

- ✓ 制御が比較的容易
- ✗ 人が効率的に移動する必要あり

○ Follow me(追従)

- ✓ 制御が単純
- ✗ 人の歩行距離が大きい

○ Swarm me(待機)

- ✓ 人がロボットに追従すればよい
- ✗ 実装が複雑 (自己位置推定/経路計画/障害物回避など)

○ Lead me(先導)

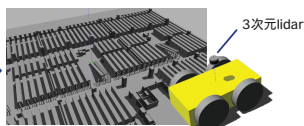
- ✗ 既存倉庫では実装困難

○ Holy Grail (人を介さない完全自動化)

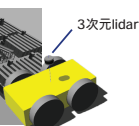
## シミュレーション環境の作成



実際の倉庫(トラスコ中山)

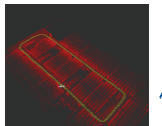


3次元地図作成



3次元lidar

シミュレーター上で用いる配送ロボット



ロボットを用いて点群地図作成

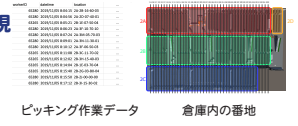


ROS/Autowareを用いて自己位置推定やナビゲーションを行う

## シミュレーションの流れ

### ● ピッキング作業者の動きを再現

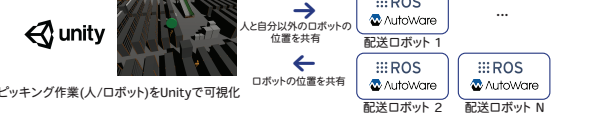
- 実際のピッキング作業データを使用
- ピッキング作業者が今いる位置から目的地までルーティングを行う
- 定義した4つの配送ロボットの挙動をそれぞれでシミュレーションを行う



ピッキング作業データ

倉庫内の番地

### ● シミュレーションの全体構成



## 実験に使用している配送ロボット

### ● 本研究で使用しているAGV(Autonomous Guided Vehicle)



配送ロボット(実機)

- Velodyne Puck 16VPL
- Hokuyo UTM-30LX
- Intel RealSense Depth Camera D415

- ヤマハ電動車椅子 アカデミックバック (サーボモーター)

使用しているソフトウェア

ROS

AutoWare

## まとめと今後の課題

### ● まとめ

- 人が近くにいるという前提の配送ロボットの制御をシミュレーション
- 配送ロボットの挙動を分類、それぞれでシミュレーション、可視化、検証

### ● 今後の課題

- シミュレーションの結果をふまえて、実際のロボットを倉庫で運用して、効果を確認
- 配送ロボットにおける、人と柔軟に協調する経路計画法の開発

### ● 謝辞

本研究の一部は、JST MIRAI、JST OPERA(JPMJOP1612)、総務省SCOPE、NICT委託研究により支援して頂いております。