九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

Study on Implementation and Navigation of Autonomous Mobile Service Robots

松本, 耕平

https://hdl.handle.net/2324/4784642

出版情報：Kyushu University, 2021, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：

（様式 2）

氏　　名　：松本　耕平

論 文 名　：Study on Implementation and Navigation of
Autonomous Mobile Service Robots
(自律移動型サービスロボットの実装とナビゲーションに関する研究)

区　　分　：甲

論　文　内　容　の　要　旨

論文概要

少子高齢化や地方の過疎化など，様々な社会問題を解決するために，自律移動型サービスロボットによる輸送，警備，農業，介護などの業務の補助・代替が期待されている．これらのロボットを実現するためには，基盤となるロボットの実装と，ロボットを目的の位置に移動させるナビゲーションが重要である．自律移動ロボットの実装には，ハードウェアとソフトウェアを適切に組み合わせる必要があり，特に自己位置推定，環境認識，経路生成の三要素を搭載することが欠かせない．また，遠隔地からのロボットへの指令送信や，ロボットに搭載したセンサから得られる情報を，外部で処理・活用するための通信環境も，高度なサービスロボットの実現に必要な要素である．加えて，人が普段生活する環境での活躍が期待されるサービスロボットは，人々によって混雑した環境での作業を安全かつ効率的に行う必要があり，これの実現には歩行者が行き交うような，動的な環境でのナビゲーションが重要である．本論文では，ロボットの実装に関して主に，自己位置推定と通信環境に焦点を当て，準天頂衛星システム(QZSS)と第 5 世代移動通信システム(5G)を利用したシステムを開発する．また，ナビゲーションに関しては，歩行者の行動の変化を学習しロボットの最適な行動を生成する手法について提案する．具体的には，(1)テーマパークにおける QZSS を利用した案内ロボットと 5G を利用した共体験ロボットの開発，(2)予測状態表現(PSR)に基づく深層強化学習を用いた動的環境における移動ロボットのナビゲーション手法の提案を行う．

(1)QZSS は，日本が運用する最新の GNSS であり，CLAS と呼ばれる独自の誤差補正手法を用いることで，単一のモジュールのみで，センチメートル級の測位を可能にしている．本論文では，QZSS の精度を既存の高精度 GNSS と比較するとともに，案内ロボットへの実装や，実際のテーマパーク環境での実験を行う．一方，5G は近年開発が進んでいる通信システムであり，従来のシステムに比べてより大容量の無線通信が可能となる．この 5G を用いて，ロボットの体験としての 360 度 4K 映像を高速・低遅延で遠隔地に送信し，ユーザがヘッドマウントディスプレイを用いて共体験するシステムを開発する．また，この共体験ロボットシステムの実環境での実験について述べる．

(2)歩行者の行動は様々な影響によって変化する可能性があり，ロボットの行動にも影響を受ける可能性がある．本論文で提案する手法は，エージェントの行動後の環境の変化を時系列で予測できる予測状態表現（PSR）に基づいて，ロボットの行動の影響による歩行者の行動の変化に対応する．さらに，従来の PSR モデルでは考慮できない，歩行者同士の影響による歩行者の行動の変化に対応するために，グラフ畳み込み構造を用いた新しい PSR モデルを提案し，提案するモデルが従来のモデルと比較して有効であることを実験によって示す．さらに，トレーニング時とテスト時で歩行者

の数が異なる場合に対応するため，PSR の状態を統合する 2 つの方法を提案し，この 2 つの方法の性能を実験により比較する．

本論文は 4 章から構成される．第 1 章は序論であり，本研究の背景と目的について述べる．第 2 章では，QZSS を利用した案内ロボットと 5G を利用した共体験ロボットについて述べる．第 3 章では，PSR に基づく深層強化学習を用いた動的環境における移動ロボットのナビゲーションについて述べる．第 4 章では，本研究で得られた結果を総括し，今後の展望について述べる．