

氏 名 (本籍)	マハリズ クリストウ (チュニジア)			
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)			
学 位 記 番 号	博 甲 第 6066 号			
学位授与年月日	平成 24 年 3 月 23 日			
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当			
審 査 研 究 科	システム情報工学研究科			
学 位 論 文 題 目	<b>A Study on Target Person Identification and Following in Crowded Environment for an Autonomous Luggage Cart Robot</b> (自律荷物カートロボットのための混雑環境での対象者の識別と追従に関する研究)			
主	査	筑波大学教授	Ph.D.	田 中 二 郎
副	査	筑波大学教授	工学博士	油 田 信 一
副	査	筑波大学教授	工学博士	坪 内 孝 司
副	査	筑波大学准教授	博士 (工学)	福 井 和 広
副	査	筑波大学准教授	博士 (工学)	大 矢 晃 久

## 論 文 の 内 容 の 要 旨

本論文は、人間を追従して荷物を運搬走行するカートロボットの実現を目指し、対象とする人物の発見識別と、その人物を追従して走行する手法について述べたものである。

近年、環境中を自律的に移動するロボットの活動の場は、人間の日常生活空間へと広がってきている。人間の生活空間で働くロボットに期待される作業の一つに、重たい荷物等を運んで自律的に人間についてくれる移動ロボットがある。人間を追従して走行するためには、第一に対象とする人物の識別とその位置認識が必要である。本研究では、対象人物の発見と識別のために全方位カラーカメラを、人間の位置認識には走査型レーザ距離センサを用いており、これらのセンサ情報を融合することでロバストな対象人物識別と位置認識を実現している。従来、類似の戦略を用いて人間追従を行う研究もあったが、本研究ではよりシンプルなソフトウェアのモジュール構造と、センサデータの融合方法の工夫により、処理の高速化とロバスト性の向上を実現している。対象人物は、人間の胸部カラー画像のパターンを参照データとして記憶し、逐次得られる画像とのマッチングにより識別を行っている。本研究では、参照データの自動登録と自動更新を行う新たな手法を提案し、照明条件の変化や衣服の着脱に対してロバストな対象人物識別を実現している。

第二に、発見した対象人物に追従して走行するための動作計画が必要である。本研究では、ノイズを含む人間位置の計測データを平滑化するとともに速度ベクトルを推定し、数秒後の将来位置を予測してロボットの移動目標速度を設定することで、スムーズな追従走行を実現している。また、本研究では空港やショッピングセンターなどの比較的混雑した環境での利用を想定しており、周囲に存在する複数の通行人等の障害物に対応するために、既存の回避方法を実装して実験を行い、その実環境中における有用性を明らかにしている。

提案した人間検出と追従方法の有効性を評価するために、構築した実験ロボットシステムを用いて大学建物内で各種の動作実験を行い、ロバストな人間追従が可能であることを示している。また、実環境における

動作実験として、実際の空港の建物内外、物販店や食堂エリアなどで追従実験を行い、実用上で問題となると考えられる課題を明らかにしている。

本論文は全8章からなる。

第1章では本研究の背景と動機、目的とともに関連研究について述べ、本研究の位置づけを明らかにしている。第2章では、本研究で対象とする荷物運搬を目的とした自律移動ロボットシステムについて、ハードウェアとソフトウェアを説明している。第3章では、レーザ距離センサのデータ処理に基づく人間候補の位置をトラッキングする方法について述べている。第4章では、画像に基づく対象人物の検出方法について述べている。第5章では、レーザ距離センサと画像をそれぞれ処理して得られた結果を融合し、対象人物位置を特定する方法について述べている。第6章では、特定された対象人物に対して追従行動を行うために、ロボットの動作計画手法について述べている。第7章では、本研究で提案している手法を評価するために行った実験の結果を述べている。

第8章はまとめであり、残された今後の課題を述べるとともに本研究を総括している。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究では、移動ロボットが人間の生活空間で人間のために働く具体的な一例として、荷物等を運搬して人間に追従しながら自律的に走行するシステムの実現を目指し、センサの選定からハードウェアの構成、ソフトウェアの実装までを行って、実際に人間に追従して走行することが可能なシステムの開発に成功している。システムの構築にあたり、センサデータの処理から対象人物位置の特定、ロボットの動作計画まで丁寧にアルゴリズムを組み立てるとともに、全体として大変規模の大きなソフトウェアを開発しており、これらは著者の高い研究開発能力を示している。また、本論文で行っている実環境における評価実験は、他にあまり例を見ることがなく非常に興味深いものであり、今後の類似研究の評価手法の礎ともなり得るものである。本システムの実用化のためには、荷物を搭載可能な台車の開発や対象人物検出の更なるロバスト化などが今後の課題として残るが、本研究で開発された要素技術やインテグレーションのための方策は、移動ロボットの研究に大きな貢献をしており、高く評価できる。

平成24年1月23日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。