

京都大学	博士（工学）	氏名	村井 亮介
論文題目	屋内公共空間の環境認識技術を備えた複数台移動ロボットシステムの社会実装		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>近年、自律移動ロボットの実用化への必要性が高まり、多くの分野でその普及が期待されている。しかし、自律移動ロボットの社会実装には多くの技術的課題があり、公共空間での導入が進んでいない。本論文は、公共空間での自律移動ロボットシステムの社会実装に必要な技術について課題を提起し、解決策を提案し、実証・導入を通じてその有効性について論じた結果をまとめたものであって、6章からなっている。</p> <p>第1章は序論であり、研究・開発に至った背景と従来技術の課題について述べている。まず、少子高齢化の進展に伴い人口構造が変化し、人手不足等の社会的課題が顕在化し、製造業からサービス業に至るまで、省力化や生産性の向上が求められている現状を説明している。次に、そのような状況の中での自律移動ロボットの実用化の必要性について述べている。また、公共空間での導入に向け、複数台ロボット制御、3次元環境認識、自己位置推定における技術的課題を抽出している。そして、本論文の構成を述べている。</p> <p>第2章では、複数台の自律移動ロボットの制御手法について論じている。従来から工場での導入が進められている、床面に軌道を有するAGV（Automated Guided Vehicle）を用いた搬送システムにおいては、中央制御部が各AGVを制御する中央制御型が一般的である。これに対して、自律移動ロボットは、各ロボットがセンサを用いて周囲環境を把握し、障害物に対しても自身の判断で回避動作を実現できるため、これら自律移動ロボットを集中制御するのは効率的でない。一方、複数の自律移動ロボットを制御する仕組みとして、分散制御も適用可能であると考えられるが、局所情報のみで判断するため、システム全体としての最適化は困難である。そのため、複数の自律移動ロボットを効率よく制御する仕組みが必要である。そこで、本論文では、自律移動ロボットが実行する局所的制御と、中央制御部が実行する大局的制御のハイブリッド方式を提案して、その手法を搭載したシステムを実際の搬送工程に導入し、有効性を確認している。</p> <p>第3章では、3次元の環境認識について述べている。自律移動ロボットを、利用者が限定され、環境内に配置される物品を所定の規定に基づいて管理可能な人工的な環境下ではなく、人と共存し、多様な障害物が存在するような公共空間において利用するためには、それら障害物への接触を確実に回避するための障害物認識技術が必要となる。3次元環境センサは存在するものの高価で、自律移動ロボットの普及のためには安価な3次元環境認識システムを構築する必要がある。これらの課題を解決する手法として、比較的信頼性が高く安価な2次元計測用のレーザーレンジファインダを3つ用いたロボット周囲の障害物の認識方法を提案している。また、提案手法を自律移動ロボットに実装し、ロボットがオーバーハングのある障害物や他の移動体を認識し、スムーズな障害物回避やすれ違いを達成することを実験的に検証している。</p> <p>第4章では、社会実装について述べている。第2章、第3章で説明した技術を融合して構築した自律搬送システムを、特定のスタッフが利用する病院内において導入し、その効果を確認している。また、ホテルと空港という不特定多数の人が利用する環境での実証試験により、自律移動ロボットのサービス提供について効果を確認している。</p> <p>第5章では、自己位置推定について論じている。自律移動ロボットを公共空間へ適用していくためには、より複雑で多様な環境に対応可能な自己位置推定技術が必要となる。パーティクルフィルタに代表される確率的手法を用いるモンテカルロ位置推定は、高いロバスト性を有し、大局的な位</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	村井 亮介
------	---------	----	-------

位置推定が可能であるが、位置推定の精度は低い。一方、ICP (Iterative Closest Points) アルゴリズムを用いたマッチングに代表される最適化手法による位置推定は、周囲に真っ直ぐな壁とコーナー等の特徴的な環境があれば高い位置推定精度を実現する。しかし、特徴的な環境が少ない場合には位置推定の誤差が大きくなりやすい等、ロバスト性が低いという課題がある。これらの課題の解決へ向け、ICP とパーティクルフィルタの2つの自己位置結果を、ニューラルネットワークを用いて融合する手法を提案している。本手法では、単に両手法の位置推定結果だけを融合するのではなく、それぞれの位置推定の確度等の情報も含めて融合する点に特徴がある。また、シミュレーション環境で提案手法の有効性の評価を実施している。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果をまとめたものである。

氏名	村井 亮介
----	-------

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、公共空間への自律移動ロボットシステムの社会実装に向け、技術的課題を提起し、これら課題を解決する手法を提案・開発し、実証・導入を通じて提案手法を評価し、その有効性をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 複数台の自律移動ロボットの制御については、自律移動ロボットが実行する局所的制御と、中央制御部が実行する大局的制御のハイブリッド方式を用いることで、両者に複雑なアルゴリズムを用いることなく効率的な動作を実現する手法を提案・開発し、実際の工程へ導入してその有効性を確認している。

2. 3次元環境認識については、3つの安価なレーザーレンジファインダを用いたロボット周囲の障害物の認識方法を提案している。提案した手法を自律移動ロボットに実装し、ロボットがオーバーハングのある障害物や他の移動体を認識し、スムーズな障害物回避やすれ違いを達成することを実験的に検証している。

3. 社会実装については、項目1, 2の技術を融合して構築した自律搬送システムを、特定された人が利用する病院内において導入し、その効果を確認している。また、ホテルと空港という不特定多数の人が利用する環境での実証試験により、自律移動ロボットのサービス提供について効果を確認している。

4. 自律移動ロボットシステムの利用環境の範囲を拡大するための自己位置推定のロバスト性向上について議論している。自己位置推定のロバスト性向上に向け、最適化手法からICPを、確率的手法からパーティクルフィルタを選定し、それら2つの位置推定手段をそれぞれの位置推定の確度等の情報も含めて融合する手法を提案した。これにより、走行環境に応じて、それぞれの位置推定手法の推定精度よりもより高い精度で位置を推定できることをシミュレーション実験により確認している。

以上要するに本論文は公共空間での自律移動ロボットの社会実装に関して有用な知見を与えたものであり、その成果は学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成30年10月23日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、論文内の一部に関して論文掲載が完了するまで、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

要旨公開可能日： _____年 _____月 _____日以降