

論文の内容の要旨

申請者 大川 真弥

論文題目

拡張軌道誘導 SSM と LIDAR によるロボット車両の自律化に関する研究

ロボット車両の実現には様々な技術要素が必要とされ、なかでも正確に目標位置に到達させる車両誘導技術と外界の状況を観測しながらロボット自身の位置を推定する技術が特に重要である。ロボットを指定した目標地点に誘導する技術は、ロボット専用のインフラを有する生産工場などの限定された環境の運搬用として研究・実用化がなされてきた。他方、人の混在する変化の多い環境でロボット車両を運用するためには、安全性が高く専用設備を必要としない軌道誘導手法が望まれる。また、ロボットに用いられる外界を観測するためのセンサとしては、CCD や CMOS のカメラが多く利用されてきた。だが、これらのセンサは外部環境の変化に弱く、処理に多くの時間を要する。このため、時間、気象条件そして季節変化に対応できるセンサと自己位置推定技術が必要である。

このような技術は、米国の研究機関である DARPA が開催した Grand Challenge や Urban Challenge などの技術により、自律移動ロボット車両に関する技術が急速に発展してきている。しかし、現状としてロボット車両の多くの試験環境は、一般の歩行者などが混在しないと保障された走行環境での実験である。実際の道路交通環境には歩行者の飛び出しなど対応しなければならない様々な状況が山積し、ロボット車両が実現するためには未だ多くの技術的な研究事項が残存していることを意味している。将来的に人々が暮らしている環境において自律移動ロボット車両を安全に活用するためには、実際の環境で働き検証を行う必要がある。

本研究は、一般の歩行者などが混在する市街環境でロボット車両の自律走行を達成させる手法について検討した。車両の誘導手法としてこれまでに誘導ラインを追従する軌道誘導車両を安定して走行させることができる軌道誘導 Sensor Steering Mechanism (SSM) が研究されてきた。この技術を応用し、専用インフラを必要とせず、どのような位置・姿勢においても事前に設定した誘導目標に対して追従することができる拡張軌道誘導 SSM を提案する。そして、拡張軌道誘導 SSM を屋外環境で活動するロボット車両に適用するために、自己位置推定を高精度で行なう手法として、レーザの飛行時間を計測することで距離を計測可能なセンサ Light Detection and Ranging (LIDAR) 情報を活用した三次元環境地図 Cuboid Map の提案とこの地図を用いた自己位置推定法を提案する。この際、LIDAR の計測することができるレーザの受光強度情報を活用し、LIDAR の計測範囲内に三次元環境地図として記録できる立体構造物が僅少な環境においても地表面の受光強度情報の分布をオンラインで識別し自己位置推定に役立てる手法についても提案する。

提案手法の有効性を示すため、歩行者や自転車が行き交う都市環境で自律移動ロボット車両の技術向上を図るつくばチャレンジの場を活用して自律走行実験を行い、性能の評価と有効性を確認した。一般的に市販されている自動車と同じアッカーマン機構の前輪操舵

式の自律移動ロボット車両 **Smart Dump 5** を開発し、正確な三次元環境地図が提供されている範囲内の屋外環境において設定した経路に対して最小誤差 **20cm** の精度で安定した自律走行の実現に至った。さらに、車体中央で屈曲するアーティキュレート式車両に適用する拡張軌道誘導 **SSM** を導出し、屋外不整地環境における自律走行実験およびつくばチャレンジにおける市街環境における自律走行実験を行い、性能を確認した。屋外不整地環境での自律走行性能の検証のために、自律走行しながら除草作業を行う刈払作業ロボット車両を開発し、約 **45m²** の作業範囲を 1 時間での自動刈払いを達成した。あわせて、市街環境において高齢者などの移動支援を行う能力を有するアーティキュレート式自律移動ロボット車両 **AR Chair** を開発し、約 **1.5km** の走行距離で適切な自律走行を実現した。

検証実験の結果より、屋外活動する安全な自律移動ロボット車両の開発のためには、ロボット車両に採用する制御機構に対応した軌道誘導手法を適切に用いることが重要であることを確認した。また、最適な軌道誘導のために必要な精度の高い自己位置推定の実現には、常に周辺環境をセンサの範囲内に収めることが重要となる。このため、使用環境に応じた計測性能を有する **LIDAR** の活用の必要性を確認した。