

氏 名	YIN YIN AYE
授与した学位	博 士
専攻分野の名称	工 学
学位授与番号	博甲第5548号
学位授与の日付	平成29年 3月24日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	Design of an Image-based Fuzzy Controller for Parking Problems of a Car-like Mobile Robot (自動車型移動ロボットの駐車問題のための画像に基づくファジィ制御器の設計)
論文審査委員	教授 渡邊 桂吾 教授 見浪 護 教授 五福 明夫

学位論文内容の要旨

In the automobile industry, there has been a strong increase to apply the intelligent technologies on automobiles in recent years. One of them is the automatic parking technology and it aims to enhance the comfort and safety of driving. An ideal solution for today's car parking problems is the automatic parking system which offers efficiency, convenience, safety and reliability. A number of different approaches have been developed to solve the parking problems in many recent works. The recently developed approaches on parking control are still expensive for commercialization.

This thesis made some contributions to deal with the parking problems of a car-like mobile robot (CLMR). The design of posture-stabilizing controllers for parking control of the CLMR was developed in the first part of this thesis. Other research studies for the posture-stabilizing control of the CLMRs are all about the stabilizing problem at the origin. This work presented the several stabilizing controllers which allow the CLMR to reach the desired posture starting from any initial posture. The switching and non-switching controllers based on an invariant manifold theory were derived for stabilizing the CLMR in the desired posture after obtaining the chain form. There was a limitation on the vehicle orientation due to the incomplete manifold in the system. Therefore, the linear state feedback controller was enhanced by an additional state feedback to make the constructed manifold automatically attractive. The simulation results are given to illustrate the effectiveness of the proposed controllers.

A novel automated parking system of the CLMR utilizing an image-based fuzzy controller has been developed in the second part of this thesis. Up to now, there is no image-based visual servoing controller developed for parking problems of the CLMRs. To combine the behavior of the robot with the image features, a model-free fuzzy controller was designed without estimating the image depth. The results proved that our image-based fuzzy controller is effective and feasible for parking problems of the CLMR. However, it is not easy to obtain the suitable parameters of the membership functions of our controller manually. For this reason, a genetic algorithm (GA) was used to optimize the width of the membership functions of our image-based fuzzy controller in the third part of this thesis. The GA provided a systematic approach to reduce the required tuning efforts of the 81 fuzzy rules by a human operator in this work. The results confirmed that our optimized image-based fuzzy controller was able to trace the desired target trajectory of the perpendicular parking system.

論文審査結果の要旨

近年、多くのインテリジェント技術が自動車に適用されている。その1つとして自動駐車技術が挙げられる。幾つかの自動駐車システムもすでに開発されているが、商業化のための安全性とコストの問題は依然として残っている。

本論文は、自動車型移動ロボットの駐車問題に対して、まず一般的な不変多様体に基づく安定化制御器を提案した。チェインドフォームを利用し、不変多様体をそのようなモデルに基づいて導出し、所望の状態へロボットを安定化させる切換えおよび非切換え制御器を設計した。しかし、不完全な多様体では最終の車両の向きに制限が起きることから、多様体を複数に分割し、状態フィードバックを使用することによって自動的に安定な多様体へ一意的に吸引される手法を提案した。

位置と姿勢からなる状態フィードバック制御則は、実際の駐車システムでは通常容易に満たされない。このため、次に自動車型移動ロボットの駐車問題のための画像に基づくファジィ制御器を開発した。提案されたシステムでは、ロボットの上に設置されたカメラから駐車枠線に関する画像情報を取り込み、ハフ変換を用いてロボットが追従すべき目標軌道を生成するものである。ロボットの動作を画像特徴量と組み合わせるため、画像深度の推定をすることなくファジィ制御器を設計することができる。提案手法の有用性はシミュレーションと実験結果を通して実証した。画像に基づくファジィ制御器の性能を向上させるためには、入力変数と出力変数のメンバーシップ関数の幅を調整することが非常に重要である。このことから、さらにメンバーシップ関数のパラメータを最適化するために遺伝的アルゴリズム (GA) を導入し、その有用性をシミュレーションで検証した。

このように本研究は、自動車型移動ロボットの駐車システムにおいて、多様体に基づく状態フィードバック制御法の導入、画像に基づくファジィ制御法の提案、さらに GA によるそのパラメータ調整法を導入し、その有用性をシミュレーションと実機実験で検証したものである。これらの成果はロボット工学、特に移動ロボット車のインテリジェント制御技術の発展に寄与するものである。

本学位審査委員会は、学位論文の内容ならびに参考論文等を総合的に判断し、博士(工学)の学位に値するものと判断する。