

氏名	加藤 達也
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4761号
学位授与の日付	平成25年 3月25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5条第1項該当)
学位論文の題目	画像に基づくファジィ制御器を用いた移動ロボットの制御
論文審査委員	教授 渡邊 桂吾 教授 則次 俊郎 教授 鈴森 康一

学位論文内容の要旨

本論文は移動ロボットのための画像に基づく視覚サーボをファジィ制御器によって行う手法を提案するものである。画像に基づく視覚サーボに関する先行研究には相互行列(Interaction matrix)を用いたモデルベースの手法が多く提案されている。相互行列とは画像座標上の点の運動とロボットの制御入力との関係をモデル化したものであるが、その点の奥行きに依存しているため、その点の三次元位置を推定する必要がある。しかしながら、これでは画像に基づく視覚サーボの利点である計算量の少なさを損なってしまう恐れがある。そこで、画像に基づく視覚サーボがより人間的な制御手法であることから、モデルベース制御ではなく経験に基づくファジィ制御や人間の脳を模したニューラルネットワーク制御などのモデルフリーの制御手法が適していると思われる。このことより本論文では、ファジィ制御器を用いた手法を提案し、移動ロボットのシミュレーションと実機実験を通して、提案手法の有用性を実証する。

本論文で取り組む問題は移動ロボット制御の1つである軌道追従制御であり、地面に描かれた軌道をカメラを搭載した移動ロボットが追従することを目標とした。ファジィ制御器は経験的に獲得した制御規則を扱うことができるため、制御対象を乗用車のような操舵型の4輪移動ロボットとし、人間が行う車の運転を参考に制御器を設計することを行った。設計する制御器はカメラ画像に映った目標軌道の特徴量からロボットの制御入力を決定しなければならない。まずは、直線为目标軌道とし、カメラ画像に映った目標軌道の傾きと切片を求めて、これらの値を基にロボットの制御入力を決定するファジィ制御器を設計した。カメラ画像からこれらの値を抽出する方法として直線ハフ変換を用いることとした。シミュレーションと実機実験の両方で評価を行い、提案手法によって直線軌道追従を達成することができた。次に、より複雑な任意軌道を追従する問題に対して、手作業による設計ではなくGAを用いたファジィ制御器の設計手法を提案した。この場合は、画像に映った目標軌道全体を包括した特徴量を抽出するために、最小二乗法を用いて求められた近似直線の傾きと切片を基に制御入力を決定する制御器を設計することとした。この手法では、ファジィ制御器のメンバシップ関数の形状を決定するパラメータと制御規則の後件部の定数値をコード化して、GAを用いてそれらの最適値を探索することで制御器を設計する。また、GAによる設計時のシミュレーションにノイズを付加することで制御器が評価用の目標軌道に特化することを防止し、ロバスト性を向上させる工夫を行った。提案手法はシミュレーションと実機実験によって評価し、付加するノイズの大きさによってロボットの挙動が変化し、適当な大きさのノイズを付加することで実機でも目標軌道を追従することが可能であることを確認した。

論文審査結果の要旨

視覚サーボはカメラ画像を基にロボットを制御する手法であり、「位置に基づく視覚サーボ」と「画像に基づく視覚サーボ」に大別される。前者の方法ではロボットの位置を直接制御するため、従来の制御理論を容易に適用できる利点がある反面、位置推定のための計算量が多く、環境や物体の三次元モデルが要求される。一方、後者の方ではカメラ画像の特徴量からロボットの制御入力を直接決定するため、前者の方法と比べて計算量が少ない利点がある。しかしながら、画像特徴量とロボットの動作を結びつける特殊な制御器を設計する必要があり、実機による実現例は少なく、これまで十分な検証が行われているとは言えない。

本論文は移動ロボットのための画像に基づく視覚サーボをファジィ制御器によって実現する手法を提案したものである。まず、直線を目標軌道とし、カメラ画像に映った目標軌道の傾きと切片を求めて、これらの値を基にロボットの制御入力を決定するファジィ制御器を設計し、シミュレーションと実機実験からその有効性を実証した。次に、より複雑な任意軌道追従問題に対して、遺伝的アルゴリズム (GA) を用いてファジィ制御器の設計パラメータを探索する手法を提案した。また、GAによる設計時にノイズを付加することで制御器が評価用の目標軌道に特化することを防ぐ方法も提案し、シミュレーションと実機実験でその有用性を検証した。さらに、画像に基づくファジィ制御器の応用として画像に基づく障害物回避問題を扱い、実機実験からその有効性を確認した。

このように本研究は視覚サーボの一種である画像に基づく制御において、画像に基づくファジィ制御器の提案と、その車輪型移動ロボットの直線軌道追従制御問題、任意軌道追従制御問題および障害物回避問題への適用を示したものである。これらの成果はロボット工学、特にロボットの視覚サーボ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。