

氏名(本籍)	渡辺 敦志 (東京都)				
学位の種類	博士(工学)				
学位記番号	博甲第6869号				
学位授与年月日	平成26年 3月25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	オフライン計算支援に基づく移動ロボットのための 高性能な計測・制御システムの研究				
主査	筑波大学 教授	博士(工学)	大矢晃久		
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	河辺徹		
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)	亀山啓輔		
副査	芝浦工業大学 特任教授	工学博士	油田信一		

論文の要旨

本論文は、大量の数値計算や実測データといった「オフライン計算支援」に基づく計測・制御システム設計法を提案し、移動ロボットの設計問題に適用して効果を検証することを目的とし、提案した設計法と移動ロボットの計測・制御系設計に残された問題への適用方法について述べたものである。

近年、人間の仕事の省力化や危険な仕事の代替を目的とした移動ロボットの研究・開発が進められている。自律型の移動ロボットを構成する要素のうち、計測・制御系は目的や想定する動作環境に合わせて異なるハードウェア構成をもつため、個々の例にあわせた設計が必要である。特に、移動ロボットがもつ、非線形で複雑な計測・制御系は、従来の解析的計算に基づくシステム設計論の適用が難しく、高度な移動ロボットシステム実現の妨げになっていた。そこで本研究では、システムの入力および状態に対して網羅的に計算した数値シミュレーションの結果や実測データから、最適な則やパラメータを見つけることでそれらの問題を統一的に設計する手法を提案している。

まず、実環境で動作する自律移動ロボットの複雑で非線形な計測・制御系の設計に残された問題を、実際に屋外自律移動ロボットを設計、実装、および実験した結果を通して洗い出している。

第一の問題は、電力効率を向上可能な一方、非線形で複雑な回路動作を伴うブラシレスモータ駆動手法を用いた、高効率なモータ制御系設計である。この問題に対して、モータの状態および入力に対して総当たりに回路解析に基づく数値シミュレーションを行い、目標電流を実現する最小電力の入力を見つけることで、十分な精度で、高効率な制御が実現できることを明らかにしている。

第二の問題は、非ホロノミック拘束および速度・加速度のクリップによる非線形性により、特に高速域で安定化が難しい移動ロボットの軌跡追従レギュレータ制御パラメータ設計である。この問題に対して、制御の結果得られる軌跡を数値シミュレーションで求め、軌跡の評価値を最適化する制御パラメータを、焼き鈍し法により見つけることで、広い速度域で安定な軌跡追従制御が実現できることを明らかにしている。

第三の問題は、高周波アナログ信号処理系の非線形性により誤検出を発生しやすいレーザ測域センサの計測系設計である。この問題に対して、計測対象のパラメータを網羅的に変えて信号波形を実測し、信号波形の特徴から計測対象のパラメータを引く計測テーブルを作成することで、誤検出の少ない計測が実現できることを明らかにしている。

これらの結果から、移動ロボット計測・制御系において残されていた問題における本研究のシステム設計法の有効性を考察し、提案設計法が有効に働く範囲や、その条件を明らかにしている。

本論文は全7章からなる。

第1章では、本研究の背景と動機、目的について述べている。第2章では、オフライン計算支援に基づく移動ロボットの計測・制御システム設計法を提案し、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。また、移動ロボットの複雑で非線形な計測・制御系の設計に残された問題を洗い出している。第3章から第5章では、移動ロボットにおいて残されていた3つの計測・制御系設計問題に、提案設計手法を適用し、実験によりその効果を明らかにしている。第6章では、提案設計法の有効性および、有効に働く範囲、条件を明らかにしている。第7章はまとめであり、本研究を総括している。

審 査 の 要 旨

【批評】

本研究では、移動ロボットが自律的に動作する上で欠かせない計測・制御系のうち、非線形で複雑なために従来のシステム設計論が適用できなかった問題を、網羅的な数値計算や実測に基づいて統一的に設計する手法の開発に成功している。移動ロボット計測・制御系設計において残されていた問題を的確に分析し、挙げられた全ての問題について提案手法に基づくシステム設計を丁寧に行うとともに、実装および実験による評価を行っており、これらは著者の高い研究開発能力を示している。また、本研究で実現した計測・制御系設計法は、移動ロボット分野および工学分野全般における、今後のシステム設計における礎となることが期待できる。本研究の計測・制御系設計法および、これにより実現した移動ロボットの計測・制御は、工学分野および移動ロボットの研究促進に多大なる貢献をしており、非常に高く評価できる。

【最終試験の結果】

平成26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。

【結論】

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。