

平成31年 2月28日

豊橋技術科学大学長 殿




機械工学専攻
学位審査委員会
委員長

福本 昌宏



論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、学位審査会を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	REESA AKBAR		学籍番号	第149109号
申請学位	博士(工学)	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 機械工学専攻	
博士学位 論文名	Adaptive Nonlinear Control for Robust Trajectory Tracking and Energy Saving of a Quadrotor Helicopter (4ロータヘリコプタのロバスト軌道追従と省エネルギー化のための適応非線形制御)			
論文審査の 期間	平成30年 1月18日 ~ 平成31年 2月28日			
公開審査会 の日	平成31年 2月 28日	最終試験の 実施日	平成31年 2月 28日	
論文審査の 結果※	合格		最終試験の 結果※	合格
<p>審査委員会(学位規程第6条)</p> <p>学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。</p> <p>委員長 三浦 純 </p> <p>委員 柳田 秀記  内山 直樹 </p> <p style="text-align: center;">印 印</p> <p style="text-align: center;">印 印</p>				

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

論文内容の要旨

本論文は、災害救助、測量調査、物流など幅広い分野での貢献が期待される4ロータヘリコプタの制御系設計に関する研究をまとめたものである。限られた電源容量を搭載した状態での屋外作業が想定される4ロータヘリコプタの制御系設計の課題として、省エネルギー化と風外乱等に対するロバスト性向上があげられる。非線形系を対象としたロバスト制御法としてスライディングモード制御法(SMC)が有用であり、既存研究において4ロータヘリコプタに適用されている。また、制御入力切り替えを滑らかにする2次SMCの理論研究も進められている。制御対象の動特性と制御に利用する信号は一般に不確かさを有するため、2次SMCに推定機構等を付加することで一層の性能向上が期待できる。本研究では、4ロータヘリコプタの状態量の推定機構と制御器ゲインの適応機構を付加した新たな制御系設計法の提案と実験による有効性検証を目的とし、全6章から構成される。第1章では、本研究の背景、SMCの関連研究、研究目的、構成を記している。第2章では、4ロータヘリコプタの動特性モデルおよび有効性検証に用いた実験装置について説明している。第3章では、SMCに4ロータヘリコプタの速度信号を推定する低次元オブザーバを付加した制御系の設計法を提案している。制御信号は一般に離散的に入手されるが、このことを考慮したオブザーバを導入し、実験により有効性を確認している。第4章では、上記オブザーバを利用すると共に、非線形すべり面を用いた2次SMCの設計法を提案している。さらに、制御器ゲインを適応的に調整する方法を示し、ロバスト安定性を解析している。非線形すべり面と適応機構の併用により、実験において外乱に対するロバスト性向上と省エネルギー効果を確認している。第6章では、本研究で得られた成果をまとめると共に、今後の課題と展望を述べている。

審査結果の要旨

4ロータヘリコプタは屋外情報収集に有用であり、一層の性能向上のための制御法に関する研究が広く行われている。特に風外乱等に対して安定的に飛行するための、より優れたロバスト制御法が望まれている。各ロータ回転数に相当する4つの制御入力により、6自由度を有する機体の位置姿勢を制御する必要があり、複雑な非線形性を有する劣駆動系として動特性が表現される。このような非線形系を対象とした主要なロバスト制御法としてSMCがあげられ、既存研究において4ロータヘリコプタに適用されている。また、SMCに非線形すべり面を用いる方法も提案されている。制御入力切り替えを滑らかにする2次SMCの理論研究が行われているが、4ロータヘリコプタへの応用例はほとんど見当たらず、一層の性能向上が期待される。また、外乱影響下での制御対象の動特性と制御に利用する信号の不確かさを考慮することが望まれる。以上のことから本論文では、4ロータヘリコプタを対象とした2次SMCに推定機構等を付加する制御法の提案を目的としている。新たなロバスト制御系の設計法を示し、安定性解析を行っている点で学術的な新規性を有する。さらに、実験により有効性を示しており、工学的にも評価できる。本論文の主要な成果は以下のようにまとめられる。1) 4ロータヘリコプタの速度信号を推定する低次元オブザーバを付加したSMCの設計法を提案し、実験により既存の方法と比較して約37%の追従性向上を確認した。SMCにおいて積分型のすべり面を応用することで、さらに約10%の向上を確認した。2) 低次元オブザーバと非線形すべり面に加えて、制御器ゲインの適応機構を有する2次SMCを4ロータヘリコプタに適用する方法を示した。また、制御系のロバスト安定性を解析した。3) 制御器ゲインの適応機構および非線形すべり面の効果について実験検証を行い、風外乱影響下での高い有効性を確認した。従来のSMCと比較して、位置誤差を約40%、姿勢誤差を約58%、消費電力量を約5%低減した。4ロータヘリコプタの新たな非線形制御系設計法の提案と安定性解析は学術的に独創性が高い。また、実験により有効性を示しており産業分野への寄与も大きい。以上より、本論文は博士(工学)の学位論文に相当するものと判定した。

(各要旨は1ページ以上可)