

論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

フリガナ 氏名 (姓、名)	ミヤザキ リョウ 宮崎 遼		授与番号 甲 1548 号
学位の種類	博士 (工学)	授与年月日	2022 年 3 月 31 日
学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項該当者 [学位規則第 4 条第 1 項]		
博士論文の題名	水平推進システムを備えたマルチロータ UAV の開発と空中作業への応用		
審査委員	(主査) 下ノ村 和弘 (立命館大学工学部教授)		平井 慎一 (立命館大学工学部教授)
	玄 相昊 (立命館大学工学部教授)		
論文内容の要旨	<p>本論文は、マルチロータ型の無人航空機 (UAV) に対して水平方向に推力を発生できる推進装置を付加した、空中作業向け飛行ロボットの開発とその応用について述べている。提案する水平推進システムは、複数のダクテットファンから構成され、これらが発生する力の合力として、水平面の任意方向に推力を発生できる。これにより、UAV 機体の姿勢を水平に維持したまま水平方向に並進移動が可能となる。試作した水平推進システムを搭載した UAV の位置決め精度や水平移動時の姿勢変化を実験により評価し、有効性を確認している。空中作業への応用例として、高圧洗浄機を搭載した飛行ロボットを開発し、空中でホバリングや並進移動しながら高圧洗浄作業が可能であることを示している。さらに、マルチロータ本体からワイヤにより吊り下げたエンドエフェクタに水平推進システムを搭載し、マルチロータ機本体と作業点との間に大きな距離を確保しながら作業を実行するロングリーチ空中マニピュレーションに展開している。3.5 m のワイヤにより懸架されたハンドの揺れを水平推進システムにより抑制することで、ピックアンドプレース作業を実現している。また、ワイヤ懸架ハンドと UAV 本体との間の通信システムを構築し、飛行移動中の機体や地面に対するハンド位置制御を実現している。</p> <p>本論文は 7 つの章で構成されている。第 2 章では、マルチロータ型 UAV の飛行原理や構造、空中マニピュレーションへの応用の動向について述べている。第 3 章では、提案する水平推進システムの基本構成と設計について述べている。第 4 章では、試作機による基本的特性の評価実験について述べている。第 5 章では、より大型の水平推進システムを搭載した UAV 機体による高所高圧洗浄作業への応用について述べている。第 6 章では、水平推進システムをワイヤ懸架ハンドに搭載したロングリーチ空中マニピュレーションを提案し、揺れ抑制や位置決め機能、およびピックアンドプレース作業が可能であることを実機実験により示している。</p>		

論文審査の結果の要旨

本論文の特徴は、マルチロータ型 UAV 機体の姿勢を水平に保ったまま水平方向への並進移動が可能になる機体構成を提案し、これが UAV を用いた空中作業の実現において極めて効果的であることを実機実験により実証している点である。一般的な平面プロペラ配置のマルチロータ型 UAV が水平移動する際には、その飛行原理から、進行方向に姿勢を傾ける必要がある。このことは、UAV の今後有望な応用である空中マニピュレーションにおいて、機体に搭載しているエンドエフェクタの位置・姿勢の制御や、水平方向に精密な位置決めを行う際には障害となる。本論文では、一般的なマルチロータ型 UAV に対して、水平方向に推力を発生する装置を追加することにより、UAV 機体の姿勢を水平に維持したまま水平方向に並進移動を可能とする手法を提案している。追加装置の制御は UAV の姿勢制御とは独立に行えるため、制御器の設計が比較的簡単であり、実際の空中作業に利用しやすいという特長をもつ。実機を用いた屋外作業の実験を通して有用性を示している点が評価された。また、空中作業実験においては、高圧洗浄機の水噴射方向の制御や、ロングリーチ空中マニピュレーションにおけるグリッパ開閉制御などに、オンボードセンサを用いたフィードバック制御を組み込むことで、部分的な自動制御を実現しており、より高度な作業自動化に向けた今後の発展が期待できる。

本論文の公聴会では、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員が学位申請者に対する口頭試問を行った。口頭試問においては、通常非ホロノミック系のマルチロータ型 UAV を位置・姿勢独立制御可能にするための構成と提案手法の位置付けについて問う質問がなされた。学位申請者は、位置・姿勢を独立制御可能とする非平面のプロペラ配置をもつマルチロータ型 UAV の中でも、提案手法は空中作業で頻繁に必要となる水平任意方向への推力発生を効率良く実現する構成である旨を答えた。

以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、審査委員会は本論文が本研究科の博士学位論文審査基準を満たしており、博士学位を授与するに相応しい水準に達しているという判断で一致した。

試験または学力確認の結果の要旨

本論文の公聴会は、2021年10月18日(月)17時~18時、びわこ・くさつキャンパスのイーストウイング4階機械システム系第4演習室において行われた。なお、学位申請者および主査、副査のみ対面、その他の聴講者はビデオ会議システム(Zoom)によるオンライン参加とした。公聴会では、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、ベースとなるマルチロータ型 UAV の制御への後付けした水平推進システムの制御の影響、ロングリーチ空中マニピュレーションにおいて用いたワイヤ本数と安定性、また、ワイヤ懸架ハンドの位置制御と揺れ抑制制御との関係などの質問がなされたが、いずれの質問に対しても学位申請者の回答は適切なものであった。審査委員会は、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい学力を有していると確認した。

以上の諸点を総合し、審査委員会は、学位申請者に対し、本学学位規程第18条第1項に基づいて、「博士(工学 立命館大学)」の学位を授与することが適当であると判断する。