

博士論文要旨

論文題名：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

立命館大学大学院理工学研究科
機械システム専攻博士課程後期課程

ミヤザキ リョウ

宮崎 遼

マルチロータ UAV(Unmanned Aerial Vehicle) は、水平移動やブレーキ、また横風に対して機体位置を維持する際には、その飛行原理から姿勢が傾く。このことは、空中マニピュレーションのために機体に搭載しているエンドエフェクタの位置・姿勢を維持したり、水平方向に精密な位置決めを行う際には障害となる。また、水平方向の作業対象に安定して力を発生したい場合には機体姿勢を傾けたまま維持することが必要になり、不安定となる。本研究では、機体の姿勢を水平に維持したまま水平任意方向に安定して力を発生するために、水平推進システムを標準的なマルチロータ UAV に後付け搭載する手法を提案した。後付けした推進システムを、アドオン型水平並進駆動モジュールと呼ぶ。アドオン型水平並進駆動モジュールは三つのダクテットファンから構成される。これらの推力の合力として、水平面上の任意の方位に力を発生することができる。その制御は、マルチロータ UAV の姿勢制御とは独立に行えるため、制御器の設計が簡単であり、比較的精密な位置決めが容易に実現できる。試作したアドオン型駆動モジュールを搭載した UAV の移動特性を実験により評価し、想定した効果を確認した。また、空中作業への応用として、高所で高圧洗浄作業を行う飛行ロボットを開発した。

更に、アドオン型水平並進駆動モジュールをマルチロータ本体から分離したエンドエフェクタの一部とみなし、マルチロータ機本体と作業対象の間に比較的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への応用に展開した。これは、ダウンウォッシュの機体下方の対象物への影響を避けたい場合や、作業点の周囲が狭くマルチロータ機本体が作業点に近づけない場合に有効な手段となる。本研究では、ロボットハンドを搭載したアドオン型水平並進駆動モジュールを、ウィンチ機構を備えたマルチロータ UAV から 2 本のワイヤで吊り下げる手法を提案した。アドオン型水平並進駆動モジュールにより、ワイヤで吊り下げたロボットハンドの揺れを抑えることで、対象物の 3.5m 上方を飛行しながらピックアンドプレース作業を実現した。マルチロータ機本体とワイヤで吊り下げたエンドエフェクタ間の無線通信により、水平方向への飛行移動中でもロボットハンドの位置を機体の直下に保つ機能や、地上から一定の高さに維持する機能を実現した。

Abstract of Doctoral Dissertation

Title: Development of Multi-rotor UAV with Horizontal Propulsion System and Application to Aerial Manipulation

Doctoral Program in Advanced Mechanical Engineering and Robotics
Graduate School of Science and Engineering
Ritsumeikan University

ミヤザキ リョウ
MIYAZAKI Ryo

We propose an add-on planar translational driving system (ATD) which can be equipped on a multirotor platform for aerial manipulation. The device consists of three ducted fans. It uses a simple control method and enables a multi-rotor UAV to perform positioning and generate stable force while keeping the airframe horizontal. It can be more smoothly and easily perform many types of aerial manipulation tasks with higher positioning accuracy. In this study, we mainly show the design, modeling, and control of the ATD. Several preliminary experiments were performed to verify the positioning accuracy and effectiveness of the system. In addition, we successfully performed the push and pull task using a rigid arm. As an aerial application, we developed a aerial robot that can perform high-pressure cleaning work at high altitudes.

Furthermore, the ATD is applied to a part of the end-effector separated from the main body of the multi-rotor UAVs, and long-reach aerial manipulation, in which work is performed while maintaining a relatively large distance between the multi-rotor UAV and the work target, was achieved. This is an effective method to avoid the influence of downwash on the object below the aircraft or when the multi-rotor UAV cannot approach the work point due to the narrow circumference of the work point. In this study, we proposed a method that an ATD equipped with a robotic hand is suspended by two wires from a multi-rotor UAV equipped with a winch mechanism. By suppressing the swinging of the wire suspended robot hand, we realized the pick-and-place task while flying 3.5 m above the object. Wireless communication between the multi-rotor UAV and the wire-suspended end-effector enabled the robot hand to maintain its position directly under the multi-rotor UAV and keep a constant height above the ground during the flight.