

機体上方を作業域とするハンド搭載小型飛行ロボット

A small aerial robot equipped with a hand on the top of the airframe

○ 島原 祥平 (立命館大) 立石 大貴 (立命館大) ラディック ロバート (立命館大)
 平井 慎一 (立命館大) 下ノ村 和弘 (立命館大)

Syohei SHIMAHARA, Ritsumeikan University Daiki TATEISHI, Ritsumeikan University
 Robert LADIG, Ritsumeikan University Shinichi HIRAI, Ritsumeikan University
 Kazuhiro SHIMONOMURA, Ritsumeikan University

We describe an aerial robot equipped with a hand on the top of the body for realizing an aerial manipulation in the space above the robot. The robot consists of a small quadrotor platform, an one degree-of-freedom robotic hand and a camera. In the experiments, grasping the bar placed on the robot, keeping the grasp while the rotors stopped, and releasing the bar are achieved.

Key Words: Quadrotor, UAV, robot hand, aerial manipulation

1 はじめに

マルチローター方式のヘリコプターをベースにした飛行ロボットは、3次元空間を移動できるプラットフォームとして、近年、急速に用途が拡大している（最近の動向を幅広く概観した記事として例えば [1]）。空撮や物資の運搬、建造物の検査など、周囲の環境との接触を伴わない利用方法のみならず、機体にロボットアームやロボットハンドを搭載することで、飛行しながら周囲の環境に置かれた物体に物理的に接触して操作を実現しようとする研究の報告もある [2, 3]。今までに報告されている多くの飛行ロボットは、(1) 機体の下方を作業域として想定しているため、また、(2) 機体の姿勢の安定を保つことが比較的容易であることから、搭載される機器（空撮のためのカメラや物体操作のためのロボットアーム）は機体の下部に取り付けられた構成となっている。しかしながら、高所での作業の中には、例えば、トンネルや屋内の天井、橋梁の裏側に対する撮影や操作のように、機体上方を作業域としたい場合も多い。

本研究では、クアッドローターの機体の上部にロボットハンドを搭載することで、機体上方の対象物を把持できる小型飛行ロボットを開発する。

2 飛行ロボットの構成

製作した飛行ロボットの外観を図を Fig.1 に示す。4つの回転翼をもつクアッドローターの機体の上部に、ロボットハンドとカメラを上向きに搭載している。機体のベースとして、DIY Drones社の Arducopter キット [4, 5] を用いた。フライトコントローラとして、Ardupilot Mega CPU board (APM) を用いた。機体の操作はリモートで行い、送信機/受信機としてそれぞれ Futaba T8J, Futaba R2008SB を用いた。使用可能な8チャンネルのうち1チャンネルをハンド開閉操作に割り当て、リモートによりハンドの制御を行うようにした。

ロボットハンドは開閉一自由度であり、バタフライ対照揺動とスライダクランクをあわせた機構を用いることで複数のリンクを協調動作させることができる。ハンドの開閉はサーボモータ

(ASS-780GM) ひとつで行っており、サーボモータの回転角度制御にはラジコンプロポの信号受信器を利用する。使用したサーボモータのトルクは 16.1[Kg/cm]（電源電圧 6[V] 時）であり、ハンドで棒にぶら下がった状態で機体の重量（1300[g]）を支えるのに十分な把持力を発生できるように選定した。ハンドの最大開口幅は 50[mm] とした。ハンド部分の材料として ABS 樹脂を用い、3D プリンタで製作した。

機体上部のハンドの隣に、上向きにカメラ（画角 60[deg]、フレームレート 30[fps]、画素数 1280×720[pixels]）を搭載し、対象物への接近および操作時の画像を取得できるようにした。

3 実験

地面から高さおよそ 1m の位置に直径 3cm の棒を設置し、リモートによるマニュアル操作で、機体に搭載したハンドで飛行しながら把持する実験を行った。実験の様子を Fig.2 に示す。飛行ロボットが地面側から棒に向かって上昇し、ハンド開口部に棒が入ると同時にハンドを閉じることで、棒を把持することができている。実験を通して、製作した飛行ロボットにおいて下記が可能であることが確認できた。

- ハンドを上部に搭載した機体で安定して飛行できる
- 飛行しながらハンドにより機体上方の棒を把持できる
- 棒を把持した状態でローターの回転を停止させても把持状態を維持できる
- 再びローターを回転させ、ハンドを開いて棒を離し、飛行を開始できる

Table 1 Specifications of the robot.

Width	720 [mm]
Height	320 [mm]
Weight	1300 [g]
Size of the hand	80 [mm](W) × 80 [mm](D) × 150 [mm](H)
Weight of the hand	150 [g]

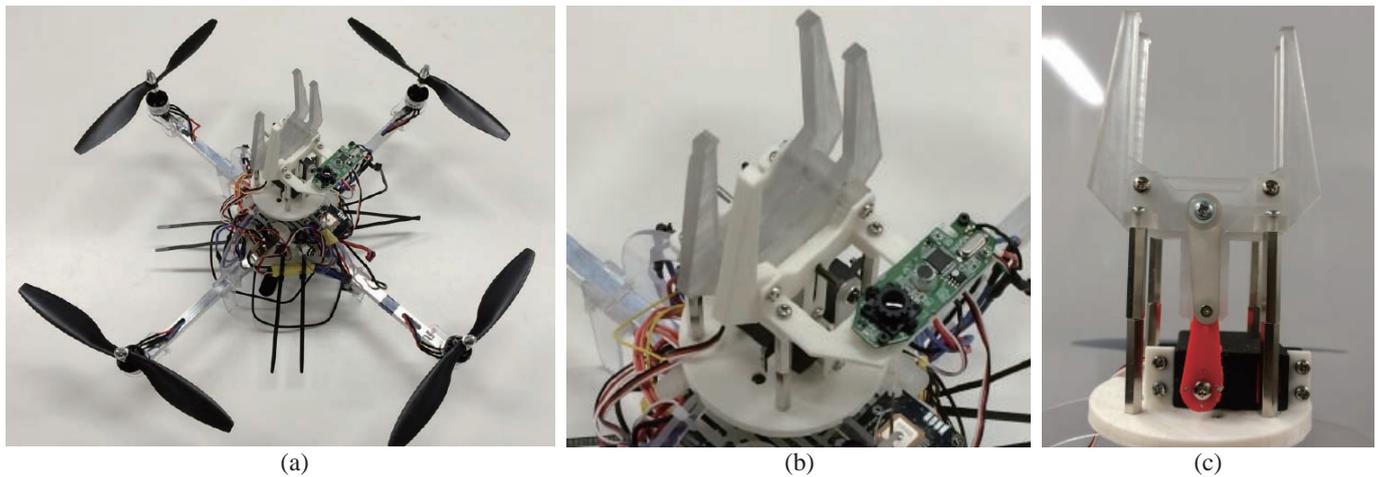


Fig.1 Pictures of the robot. (a) whole robot, (b) hand and camera, (c) side view of the hand.

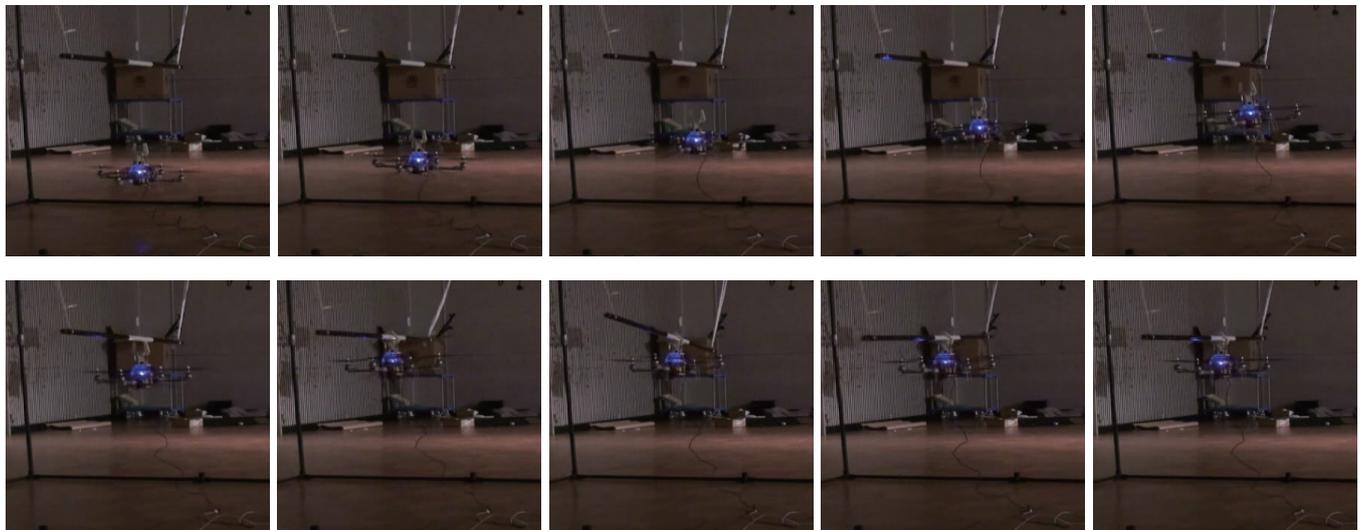


Fig.2 Pictures of the robot in the experiment.

4 まとめと今後の課題

本研究では、クアッドローターの機体の上部に開閉一自由度のハンドを搭載した小型飛行ロボットを製作し、実験により、機体上方に設置した棒を飛行しながら把持できることを確認した。実験では、リモートによるマニュアル操作で飛行ロボットの動きやハンドの開閉を制御した。

本実験のタスクでは、棒を把持するために数 cm の精度での位置決めを行う必要があったが、飛行中の機体全体の位置をこのような高い精度で制御することは難しい。今後、ハンドに位置調整のための自由度を追加し、これをカメラ画像を用いて自動的に制御することで、機体のマニュアル制御と、局所作業におけるハンド部分の自動制御を組み合わせたシステムの構築を検討したい。

また、今回の実験では操作者が直接目視できる距離に飛行ロボットの作業域を設定したが、より高い場所での作業のように、作業域の詳細を目視により確認することが難しい状況での操作方法を検討する必要がある。機体に搭載したカメラの映像を操作者に提示することが候補となる。今回製作した機体にも、把持対象

物を撮影するためのカメラを搭載しており、機体が対象物から離れた位置の場合には、対象物をよくとらえることができたが、接近時には像の大きさが急激に大きくなることに加えてフォーカスも調整する必要がある。遠隔操作や、前述のハンド自動制御のためにも、カメラは、離れた状態から接近時まで把持対象物をとらえ続ける必要があるが、このための光学系を含めたカメラ仕様の選定と、機体への取り付け位置も重要な検討課題となる。

References

- [1] 日経エレクトロニクス (特集: ロボット空を飛ぶ), 2014年3月3日号, pp.29-47, (2014)
- [2] C.M.Korpela, T.W.Danko, P.Y.Oh, "MM-UAV: Mobile manipulating unmanned aerial vehicle," *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, vol.65, pp.93-101, (2012)
- [3] F.Huber, K.Kondak, K.Krieger, D.Sommer, M.Schwarzbach, M.Laiacker, I.Hossyk, S.Parusel, S.Haddadin, A.Albu-Schaffer, "First analysis and experiments in aerial manipulation using fully actuated redundant robot arm," *Proc. of IROS2013*, pp.3452-3457, (2013).
- [4] ArduCopter - The Full-Featured Multicopter UAV, <http://code.google.com/p/arducopter/>
- [5] H.Lim, J.Park, D.Lee, H.J.Kim, "Build your own quadrotor," *IEEE Robotics and Automation Magazine*, vol.19, issue.3, pp.33-45, (2012)