

iOS と Android に対応したクワドロータによる 環境モニタリングシステム構築の基礎研究

F119608 邵 露
永田研究室

1. 目的

クワドロータなどの UAV を応用した動物の生態系や環境のモニタリングシステム開発へのニーズが高まっている。しかしながら、iOS や Android が搭載されたスマートフォンから手軽に操作でき、オブジェクトの自動追従と高速カウント機能を有するシステムの普及は未だ不十分な状況である。本研究では、iOS 端末及び Android 端末から操作できるクワドロータシステムを開発し、環境モニタリングシステムに応用できる基本システムの提案を目的とする。

2. 開発内容

図 1 には開発環境と開発した、カラーベースのオブジェクト抽出、形状ベースのオブジェクト抽出、ビジュアルフィードバック(VF)制御によるオブジェクトトラッキング、さらに画像フレーム内のオブジェクトカウントなどの機能を示している。実機実験には DJI 社のクワドロータ Matrice 100 を用い、飛行制御と画像解析のソフトウェアはそれぞれ、Xcode 及び MATLAB 環境を使用して開発した。まず、iOS 上で利用できる開発環境である Xcode と、DJI 社が提供する Mobile SDK を用いてスマートフォンを使ったホバリング、目標ロック制御、距離制御などの機能を実行できるモバイルアプリケーションを開発した。これは、クワドロータに内蔵された小型の計算機ユニット(Windows OS) が DJI Onboard SDK に含まれる API 機能をコールすることで飛行動作を遠隔監視制御しながら、事前に設定した経路に沿った自律的な飛行をできるように設計した「スマートフォンから直接実行できるユーザインタフェース」の開発であり、開発言語は Swift である。

スマートフォンからの指令はシリアル通信を介して専用コントローラである C1 コントローラへ送信され、C1 コントローラは無線(922.7-927.7 MHz, 出力電力: 9 W, 通信距離: 2 km)により、クワドロータに内蔵された計算機ユニットへと指令を送信させている。一方、クワドロータに搭載されている GPS センサで得られる位置情報や、超音波センサで計測される高度情報、障害物との距離情報(有効距離: 7 m 以内)はスマートフォンにフィードバックさせている。また、地面からクワドロータまでの高さは、クワドロータの下側に固定されたレーザ距離センサを使用しても測定できるため、ホバリングなど高度のフィードバック制御に応用した。さらに、Android が搭載されたスマートフォンを使ってラウンディング、目標ロック制御、距離制御及びミッションプランニングの機能を実行できるようにスマートフォンアプリをカスタマイズした。つぎに、MATLAB 上で開発した画像処理と VF 制御について述べる。まず、目標オブジェクトの抽出機能については、動画を構成する各フレーム画像を抽出し、カラーあるいは形状で用意したテンプレート画像をもとに画像内の全領域を検索できるようにした。カラーあるいは形状のモードはどちらかを選択できる。実験では検出したオブジェクトの重心位置の変化を目標オブジェクトとの相対速度として参照することで、クワドロータの VF 制御が可能になった。次式には PI 制御に基づく VF 制御則を示す。

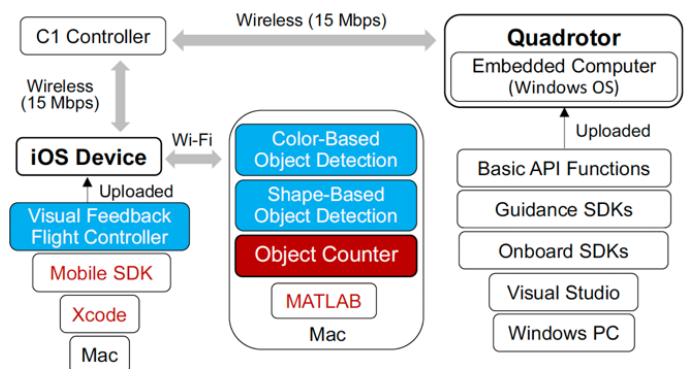


Fig. 1 Proposed system developed using three DJI's SDKs and MATLAB's image processing functions.

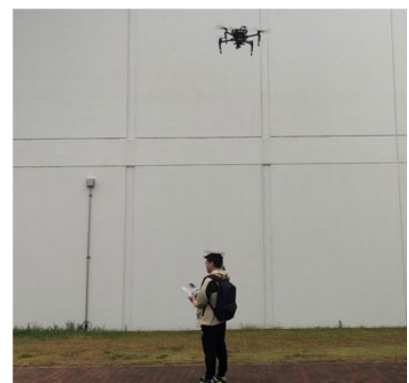


Fig. 2 Visual feedback control scene.

$\mathbf{v}(t) = (v_x(t) \ v_y(t))^T$ は空中での並進移動速度である.

$$\mathbf{v}(t) = -k_p \mathbf{e}(t) - k_i \int \mathbf{e}(t) dt, \quad \begin{Bmatrix} e_x(t) \\ e_y(t) \end{Bmatrix} = \begin{pmatrix} X/2 \\ Y/2 \end{pmatrix} - \begin{Bmatrix} G_x(t) \\ G_y(t) \end{Bmatrix} \quad (1)$$

$[XY]$ はフレームの幅と高さ, $(G_x(t) \ G_y(t))$ は重心位置, $\mathbf{e}(t) = (e_x(t) \ e_y(t))^T$ は偏差である. さらに, 画像フレーム内に含まれる複数の目標オブジェクトを抽出する機能について検討した. これにより, 例えば, 画像や動画のフレームに含まれる自動車や動物などの個体数を高速にカウントできるようになる. 群れた動物など人間の目視測定では正確なカウントが難しいケースが多いが, より高速で安定したカウント機能の実現が期待できる.

3. 結果

本研究では, iOS に加えて Android 上でもクワドロータが複雑なタスクを実行できるように, Swift 言語を用いてラウンディング, 目標ロック制御, 距離制御及びミッションプランニングなどの基本機能を開発した. iOS と Android がそれぞれ搭載されたデバイスを使用した飛行実験により, 高い操作性と有用性を確認することができた. つぎに, GPS 信号を用いることなく, クワドロータが監視カメラを使って観測する環境内に存在する対象物を自動認識し, 自動追従できる VF 制御を提案した. 動画内の対象物の自動認識にはカラー情報あるいは形状情報を用い, その重心位置からフレーム内の対象物の座標を獲得できるようにし, 図 2 のような VF 制御が可能になった. さらに, MATLAB 上で開発している画像認識機能を拡張し, 目標オブジェクトの抽出とカウントを行う機能について検討した. 従来, 人間の目視測定では複数オブジェクトを高速にカウントすることは困難な作業であるが, 提案システムを用いた画像や動画のフレームに含まれる自動車やフラミンゴなどのカウント実験により, 個体数を高速にカウントできることが確認できた. 今後は目標オブジェクトの重なりなどによりカウントミスが発生する場合があったため, AI を応用して解決を図りながらクワドロータによる環境モニタリングシステムを提案していきたい.

学会発表

- 1) 邵 露, 永田寅臣, 渡辺桂吾, iOS と Android に対応したクワドロータのリモートコントロールアプリケーション, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 講演論文集, 1P1-N06(1-2), 広島国際会議場, 2019.
- 2) 邵 露, 永田寅臣, 渡辺桂吾, 動画内の物体検出によるクワドロータのビジュアルフィールドバック制御, 第 20 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門(SICE SI) 学術講演会論文集, 3D3-05, pp. 2814-2818, サポート高松, 2019.
- 3) L. Shao, F. Nagata, H. Ochi, A. Otsuka, T. Ikeda, K. Watanabe, M. K. Habib, "Visual Feedback Control of Quadrotor by Object Detection in Movies," *Procs. of 25th International Symposium on AROB*, pp. 624-628, 2020.
- 4) L. Shao, F. Nagata, H. Ochi, A. Otsuka, T. Ikeda, K. Watanabe, M. K. Habib, "Visual Feedback Control of Quadrotor by Object Detection in Movies," *Artificial Life and Robotics*, Vol. 25, No. 3, pp. 488-494, Springer, 2020.
- 5) 邵 露, 永田寅臣, 渡辺桂吾, 動画内のオブジェクト検出によるクワドロータビジュアルフィードバック制御とカウント機能, 第 26 回ファジィシステムシンポジウム FSS2020 講演論文集, TD4-4, pp. 405-410, 2020.
- 6) L. Shao, F. Nagata, K. Watanabe, M. K. Habib, "Visual Feedback Control and Object Count Function for a Quadrotor Using Image Processing Techniques," *Procs. of 26th International Symposium on AROB*, 6 pages, 2021.

Abstract

In this master's thesis, a remote monitor and control application for DJI quadrotors is proposed. The quadrotors can be operated using iOS and Android devices. A target object to be detected in images composing a movie is searched based on the template image prepared in color or shape. After detecting an object every sampling period of 40 ms, the center of gravity (COG) is calculated, so that visual feedback (VF) control of a quadrotor become possible by referring the change of the COG as the relative velocity with respect to the target object. Besides the VF controller, another useful function to count the number of target objects is considered. This allows the quadrotor to monitor the number of individuals such as cars, animals and other objects contained in frames of a movie. Not only it is difficult for human eyes to conduct high-speed counting of such objects, but also counting errors may occur due to overlapping of target objects. The authors are developing an environmental monitoring system using a quadrotor while coping with these problems.