HOKUGA 北海学園学術情報リポジトリ
学校法人北海学園
北海学園大学
北海商科大学

タイトル	ARマーカーに基づくドローンの自律飛行
著者	菊地，慶仁; Kikuchi，Yoshihito; 加島，正爽; Kashima，Shozo
引用	工学研究 ： 北海学園大学大学院工学研究科紀要(18): 33-37
発行日	2018-09-30

Hokkai-Gakuen Organization of Knowledge Ubiquitous through Gaining Archives.

研究論文

ARマーカーに基づくドローンの自律飛行

菊　地　慶　仁*・加　島　正　爽**

Autonomous drone flight guided by AR marker

Yoshihito Kikuchi* and Shozo Kashima**

要　旨（Abstract）

近年クワッドローター（quadrotor）もしくはクワッドコプター（quadcopter）と呼ばれる小型ドローンの普及が進み，ホビー用途から動画撮影，測量用の地形測定，輸送など実務用途に用いられている．ドローンの操縦は軍用などの大型システム以外では機体を直視して操縦するかドローンに搭載されたカメラからの映像を元に操縦する形式が一般的である．しかしながら，一定の経路の飛行や自動的な帰還などを行うためには何らかの指標を基にした自律飛行能力が必要となる．本報告では，ARマーカーを機体搭載カメラで認識することで自律飛行の実現を試みた内容について報告する．

1．ドローンの概要

1.1　クワッドロータードローンの形式及び操縦方式

ドローンの語源はオス蜂であり，広義には無線操縦乃至は自律制御によって無人で飛行する航空機や艦船を指すことが多い．

今日では複数のローターを持つマルチコプターと呼ばれるヘリコプター式のドローンが広く知られている．マルチコプターは，３本以上のロッドの先にモーターと固定ピッチのローターを配置する．そのローターの個数によって３個：トライ，４個：クワド，６個：ヘキサ，８個：オクタロータードローンと呼ばれる[1]．本報告で以下ドローンと呼ぶ場合はクワッドロータードローンを指す．

ドローンは３軸の角速度センサーと３軸加速度センサーを組み合わせた６軸ジャイロと呼ばれるセンサーを搭載し，空間中での自動的な姿勢保持を実現している．機体の姿勢は基本的には安定したホバリング状態を維持した上で，操縦にはモーター回転を制御して姿勢を変化させ前後左右の移動と水平面上での向きの制御を行う．６軸ジャイロに連動した自動姿勢制御回路を持っているドローンではホバリング時の機体の安定は完全に機体側に任せることができる．また前進後退や上昇下降などの移動時も機体を傾けて安定した状態のままで飛行している．

このような飛行体はControl Configured Vehicle（通称CCV）と呼ばれ，機械的な機体の安定度に関わらず制御機構により常に安定性を維持している．このような機体は制御機構が停止すると安定して飛行することができなく墜落してしまう．実機ではA-320以降のエアバスシステムの旅客機が有名である．この機体ではサイドスティックで機体姿勢を入力し意図した姿勢になった状態でサイドスティックから手を離すと，機体は指示された姿勢を維持して飛び続ける．この姿勢を維持して安定して飛び続ける状態をイントリムと呼ぶ．

従来からのラジオコントロールヘリコプターは空中でホバリングさせる際の機体安定の保持が非

* 北海学園大学工学部電子情報工学科
Hokkai-Gakuen University Faculty of Engineering Department of Electronics and Information Engineering
** パイプドHD株式会社（北海学園大学工学部電子情報工学科卒）
PiPEDO HD, Inc. (Graduated from Hokkai-Gakuen University)

常に難しく長期にわたる練習期間を必要としていたが，自動安定機能を持つドローンの操縦者は，移動方向や上昇下降の指令を送るだけで，機体安定に注力することなしに意図する機体の制御に集中することができる．このことによって単なるホビー用途以外の撮影や物資運搬，農薬散布などの実用的な利用が発達することとなった．

一般的なドローンの操縦は，以下の手順で行うことが多い．

1）ドローンはWifiルーターとして作動する機能を持っており，スマートフォンなどから接続することができる．その上で外部のネットワークに接続することは稀で，ドローンの小さなネットワークの中で操縦用の機器と接続するために用いることが多い．
2）スマートフォンからドローンのWifiに接続する．機体販売元から提供される専用アプリを立ち上げ，画面の特定領域をタッチすることで前進／交代，右左のスライド，上昇／下降，左右回転を指定して操縦する．
3）ドローンのカメラからの画像はこのWifi接続を通じてスマートフォンに表示することができる．
4）ゲームパッドなどのジョイスティックを用いて操縦する場合には，スマートフォンにBluetooth接続させて入力に用いる．
5）操縦者がドローンの位置や姿勢などを視覚で認識するには，遠方から直接ドローンを見て操縦する方法と，ドローンからのカメラ画像を見ながら操縦する方式を組み合わせて行う．

1.2　ドローン操縦における問題点

6軸ジャイロ付きのクワッドロータードローンは，ホバリング時の姿勢安定性と操縦容易性については格段の進化を遂げたが実際の操縦に関しては以下のような問題点がある．

1）ドローンは全長全幅とも1m以下であることが多く，場合によっては全長全幅が15cm程度の小さな機体の場合もある．このため操縦者からの距離が遠くなると飛行姿勢を把握することが難しくなる．ローターを支えるブーム端や機体後部でLEDを点灯させる機種もあるが効果は限定的である．
2）機体と操縦者の間に遮蔽物があると機体姿勢の把握が出来なくなり操縦が難しい．GPS（Global Positioning System）用のインターフェースを持つ機体もあるが，実際は機体の飛行ルートをトレースするために使われることが多く，また10mという精度上の制約がある．この場合は機体に装備されたカメラ画像を見ながら操縦するしか方法が無い．
3）ドローンの位置や姿勢情報を得ることが難しく，その情報に基づいた姿勢制御や移動などを行うことができない．ドローンのホバリング制御は，基本的には機体を水平に保つことで実現しており，サイドスラスターなどを用いて強制的に一点に留まる形式ではない．そのため機体を水平に保っていても横風を受けると流されてしまい一点の上空に留まることは難しい．

上記の問題点を踏まえて，本報告では以下の項目を目的とする．

1）操縦者による指示ではなく周囲の状況を把握して自律的に飛行する能力の向上を目的とする．
2）ある程度の横風がある状況下で定点上のホバリング制御を実現し，備えているカメラを用いた周囲の確認を行えるようにする．

2．関連技術と本研究での課題

第2章ではドローンを制御する際に用いるソフトウェア技術について述べ，本研究における課題をまとめる．

2.1　AR Droneと関連ソフトウェア技術

本研究では仏Parrot社製のAR Drone2.0[2]を用いている（図1）．AR Droneは市場に投入された時期が比較的早く，ソフトウェア仕様が公開されていたため，その仕様に基づいた制御ライブラリが公開されている．また前方と下面の2つのカメラを有し，制御を行うPCからはUSBカメラなどと同じように扱うことが可能となっている．

利用可能なライブラリの一つがCV Drone[3]であり，本研究でもこれを用いる．名称にCVが入っているようにOpen-CVを組み込んでいる．メリットとして以下の項目が挙げられている．

・必要なライブラリが最初から全部入っており，別の目的毎のライブラリを別途インストールす

図1　AR-Drone 本体図[1)]

る必要が無い．
・AR.Drone 1.0/2.0 に両対応している
・Visual C++ 2008/2010/2012/2013 対応
・ARDroneForP5 ライクなインターフェースを持っている
・IplImage/cv::Mat 形式での画像の取得が可能
・マルチスレッド化されているため高速な処理が可能となっている．

CV Drone を組み込んだプログラムは PC 上で動作し，ドローンからの画像は USB カメラからのものと同様に画像認識対象として扱い，ドローンに対して移動命令を送ることで操縦できる．

2.2　AR 用マーカー技術について

AR は Augmented Reality の略称で，拡張現実感もしくは強化現実感と訳される．一般的な利用法は，AR 用にシステムに登録されたマーカーをカメラで撮影し，CG 画像などを合成して表示することで用いられている．

図 2 に本研究で用いた AR Toolkit[4)] の例を示す．写真中で手が添えられているのが AR マーカーで，その上に CG 立体画像が合成表示されている．

この AR Toolkit では，CG 合成を行うためにカメラに対するマーカーの相対位置や向きの検出を行う必要があり，その姿勢・角度情報をライブラリ関数経由で AR アプリケーションにも提供することができる．この数値を利用することができれば，マーカーに対しての機体の位置や姿勢を得ることができる．従って定点上でホバリングなどを行う場合でも，どの方向に機体が流されているかを求めて打ち消す方向に移動することができると考えられる．

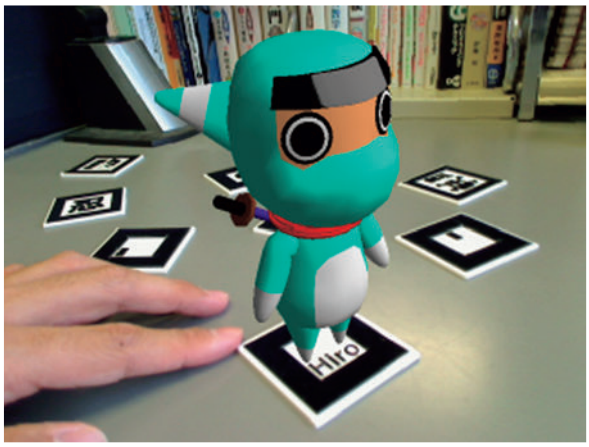

図2　AR Toolkit を用いた CG 画像合成例[5)]

2.3　本研究の課題

本報告における課題は以下にまとめられる．

1）CV Drone と AR toolkit を同一の応用プログラムから利用する．
2）安定した定点ホバリングと旋回
3）移動目標となるマーカーの認識とその正面までの移動．

これらの環境及び動作が実現できれば，周囲の環境を把握した上でのドローンの自律飛行に近づくと考えられる．

3．本研究での開発

3.1　ドローン制御方法

すでに前述されているが本報告では，CV Drone と AR Tookit の併用によって 2 章で述べた目標の解決を目指す．具体的には CV Drone を用いて AR Drone を制御している中で，取り込んだカメラ画像を元に AR Toolkit の機能を用いてマーカーに対する機体の相対位置や姿勢を求めて制御を行う．

3.2　開発環境

開発環境として以下を用いた．
・Parrot 社製 ARDrone2.0
・ARToolKit
・Visual Studio 2017
・CV Drone
・Open CV

3.3　マーカーの設置方式

本研究では，当初 AR マーカーを床面にのみ置いてドローン搭載のカメラから撮影しながら移動することを想定していた．しかしながら床面のみのマーカーを遠方から撮影した場合には，ドローンのカメラが下面と前方のみしか撮影できないために，マーカーの向きなどを良好に取得することが困難であることが判明した．このために，マーカーはドローンの前方用と下面用に二種類用意し，移動のための目標とホバリングしつつ旋回する際の軸として取り扱うこととした．実際の実験時の配置は図 3 に示す．

4．動作実験

4.1　実験結果

図 4 に本報告で行ったドローンの経路認識方法について示す．本報告では以下のような手順で周回飛行を自律的に行う実験を行った．

1）前方カメラ用マーカーを視認しながらその手前まで飛行
2）下方カメラに切り替え
3）下方カメラ用マーカー上をホバリングしながら，マーカーの矢印が向いている方へ旋回
4）前方カメラに切り替え
5）最初に戻る

である．実際にマーカーを配置し，その順番に従ってドローンを自律的に飛行させることができた．

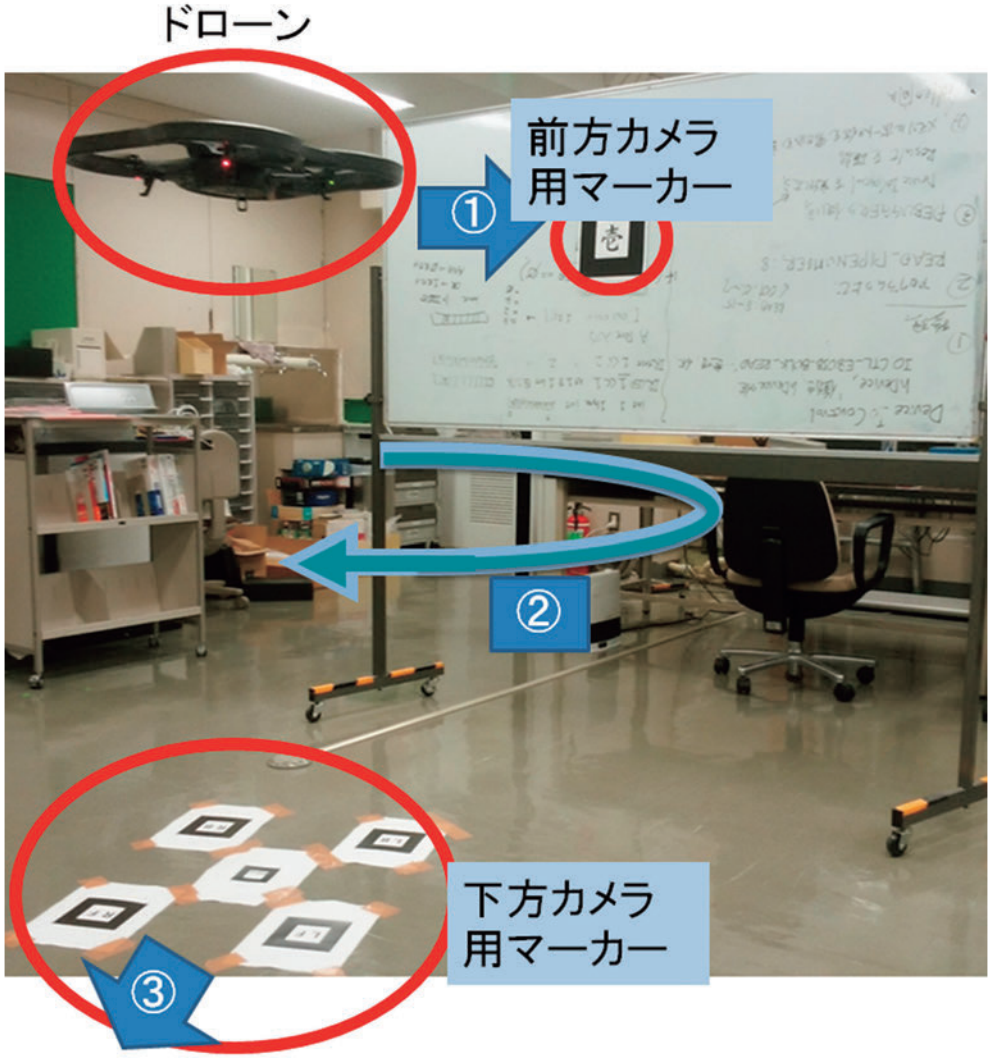

図 3　実験中のドローンとマーカーの位置関係

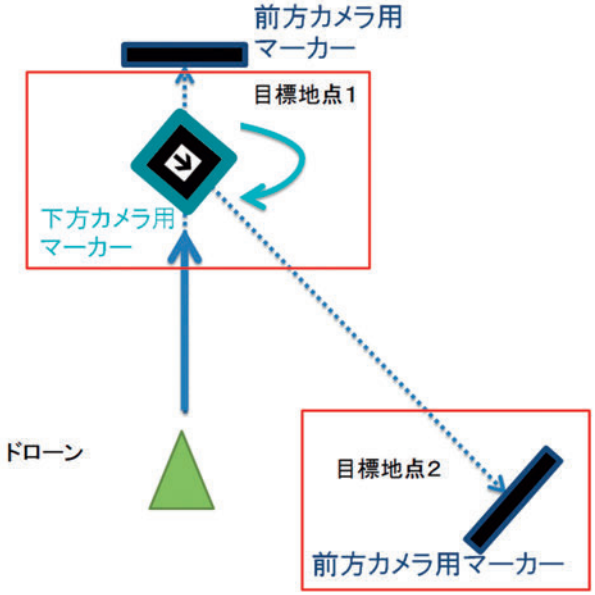

図4　ドローンのマーカー認識手順

4.2　問題点

今回は，ARマーカーによって現在位置や姿勢の認識を行うことができた．しかしながら暖房による横風などでドローンが流され，マーカーを見失ってしまうことも何度かあった．このため図5に示すマーカーの冗長配置を行い横方向のずれに対して頑強性を持たせた．今後は，より一般的な室内での飛行や，屋外など横風の影響が強い環境での実施，画像撮影などの課題を設定し，マーカーで指定した地点で実施していくことが考えられる．

5．結論

本報告では以下の報告を行った．

1）ドローンの位置や姿勢を認識するためにARToolkitのマーカーを利用する方式を提案した．

2）検討した方式を実際に実装し，その有効性を確認した．

3）マーカーの設置方法について試行錯誤を行い，下方カメラ用マーカーは複数のマーカーを組み合わせて冗長構成として用いる方法をとった．

今後の課題としては，より一般的な室内や屋外での実施，写真撮影などの課題の設定とマーカーによる指示などが考えられる．

参考文献

1）“プロペラの枚数により種類が違う？ドローンの知識や機能を知ろう”
https://dronetwork.media/kisochisiki/knowledge.html

2）Parrot社 AR-Drone 公式サイト
https: //www. parrot. com/jp/doron/parrot-ardrone-20-elite-edition#parrot-ardrone-20-elite-edition

3）CV Drone 公式サイト
http://pukulab.blog.fc2.com/blog-entry-11.html

4）AR Toolkit 公式サイト
https://www.msoft.co.jp/ar/about/

5）AR Toolkit を使った拡張現実感プログラミング
http://kougaku-navi.net/ARToolKit/

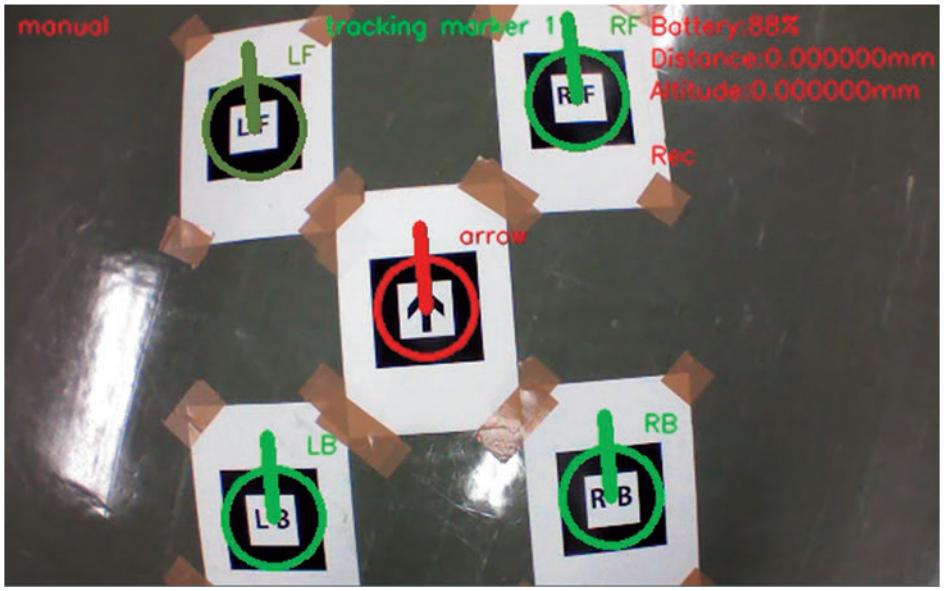

図5　下方マーカーの冗長構成と認識状況の重ね合わせ