

ドローンによる高所遺失物の回収

函館工業高等専門学校 ○三浦朱莉樹, 小橋賢太郎, 鈴木学, 中村尚彦, 浜克己

要 旨

現在のドローンの使用目的は空撮・運搬が主であるが,本研究ではドローンが対象に直接接触する高所作業に着目し,ドローンによる衝突を用いた対象物の移動を行う.具体的には函館高専体育館のボイラ配管上に乗ってしまったバレーボール(高所遺失物)にぶつけて落下させ回収する.ドローンはコンピュータビジョン向けライブラリであるOpenCVを用いて自律制御し,高所遺失物の回収を実現する.基礎研究として高度の自動制御を行い模擬実験にて効果を検証した.

1. 緒言

近年発達を続けるドローンは,これまででは難しかった空中での広範囲の移動を可能とし,これを用いた作業の労力・時間の短縮化が見込めることから産業の様々な分野でドローンが採用されている[1].そのためドローンの機体市場とサービス市場は全体的に伸び,2022年には2016年比約18.5倍の1,570億円になると予想されている[2].その中でも,ドローンを使ったサービスの市場が急速に成長すると考えられ,特に資材管理,運輸・宅配,運搬分野の伸びが期待されている.将来的には運搬分野からドローンが高所で対象物と直接接触する作業,例えばドローンを用いた高所での修繕や建築が増加すると考えられる.

本研究では,ドローンの高所作業の基礎研究としてドローンとの接触による対象物の移動に着目する.具体的にはドローンを用いて函館高専体育館のボイラ配管に上がってしまったバレーボール(これを高所遺失物と呼ぶ)を回収することを行う.これまでドローンを対象物に安全許容範囲で衝突させ移動させるといった使用目的の用例は少ない.そのため,衝突による対象物の移動が可能であるか検証することでドローンの汎用性を高めることができると考える.従って本研究では,ドローンが対象物を移動させるのに必要な速度や発生する衝突を計算で求める.その後,自律化の初期段階としてコンピュータビジョン向けライブラリであるOpenCVとドローン制御を組み合わせたCV Droneを用いて人が行うのが難しいドローンの高度の調整を自動で行う制御器を実装する.

2. 研究概要

2.1 研究目的

本研究の目的は,ドローンの新たな使用目的として衝突を用いた対象物の移動が可能であるかを検証することである.具体的にはドローンを用いて本校体育館のボイラ配管に上がっているバレーボールを回収することを想定した模擬実験を行う.予備実験を行った際,ドローンがボールを押し出そうとするとドローン底面にあるセンサが配管を地面と誤認してしまい機体が急浮上してしまうことがあった.このため,OpenCVを用いて,高度を一定に保つ制御器を実装し目標高度に対してのドローンの推移を記録して検証を行う.

2.2 使用機器・対象物

本研究で使用するドローンは,フランスのParrot社が販売する4ローターヘリコプターであるAR.Drone2.0(図1)を用いる.Wi-Fi通信によ

り,機首と腹部に装着したカメラから送信された画像を手元のiPhone/iPadなどに映し出すことが可能である.3軸加速度計,3軸ジャイロスコープ,気圧センサ,水平方向の速度測定用垂直QVGAセンサ,3軸の磁気センサ,対地面の高度測定用超音波などが組み込まれており,室内や屋外を問わず飛行をさせることができる.質量は0.420[kg],で操作範囲は最大50[m],飛行速度は18[km/h]とされる.AR.Droneは自律飛行での実績もあり将来的に自動化を見据えて,この機器を選択した.また,対象物を本校体育館のボイラ配管の上にあるバレーボールとする.バレーボールの重量は280[g],直径0.21[m]である.



図1 AR.Drone20

2.3 開発環境

AR.DroneにはParrot社が提供しているSDK(開発用キット)としてAR.DroneSDKが存在し,PCやスマートフォン向けのプログラムを作成することができる.しかし,SDKのソースコードはバグも多数存在することが報告されている.そこで,本研究ではコンピュータ向けライブラリOpenCVとドローンを組み合わせたCV Droneというオープンソースソフトを利用することでドローンの操作環境を確立した.

なお,ドローンはCV Drone及びドローン内のローカル制御によって離着陸やホバリング,キーボード入力による移動は可能となっている.

2.4 高度調整制御

本研究では,ドローンの改良によるセンサの誤認による機体が急浮上する問題を改善することが難しく,また実際にボールを落とす際にドローンの高度をボールに合わせるよう操作することが難しいため,自動制御による高度調整を行う.作成した高度調整制御のプロチャートについて図2に示す.作成したプログラムの内容は,目標の高度を入力,キーボードの所定のキーを押している間,ドローンの現在の高度が目標高度に対して高いか,低い

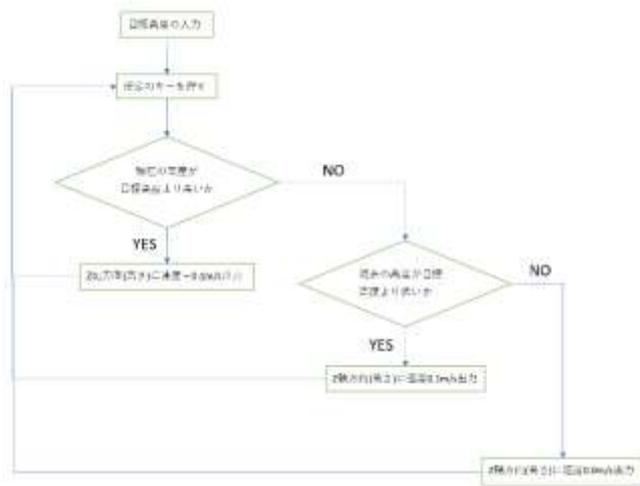


図2 高度調整制御フローチャート

かで速度を出力する. 本研究では, ドローンの高度情報の取得する超音波センサの誤差を考慮して, 目標高度に $\pm 0.05[m]$ の許容範囲を設定し, 現在の高度と比較する. また, 条件分岐処理で出力する速度を $\pm 0.1[m/s]$ と定める.

3. 実験概要

本研究では安定を考慮して積み上げた箱の上にボールを置き模擬実験を行った. 地面からボールの中心までの高さを $1.24[m]$ とし標高度と設定する. 図3に実験風景を示す.

始めに作成した制御器が正常に動作しているか確認するため, ドローンが離陸してから制限高さの $3.0[m]$ となった後に高度調整制御を実行する. 高度が一定となった場合にドローンを対象に衝突させて移動させることができるかを確認する. 以上の実験を3回行い検証を行う.



図3 実験風景

4. 実験結果

ドローンが離陸してから制限高さ $3.0[m]$ に到達し, 高度調整を実行したのちに対象物に衝突させて移動させた高度の変化を図4に示す. 横軸が時間[s], 縦軸が高度[m]を示す. グラフよりドローンが $14.55[s]$ 付近で離陸し, $22[s]$ 付近で $3.0[m]$ に到達した後, 高度調整制御によって目標高度の $1.24[m]$ に変化していく様子が確認できる. $45[s]$ 付近で目標高度になり, その後高度を維持していることが確認できる. なお, この際ドローンをバレーボールに衝突させ, ボールの落下を行う事が出来た様子を図5に示す.

次にドローンが目標高度に達してから離陸動作に入るまでの高度の最大値, 最小値, 平均値を表1に示す. 表1の実験結果を元にドローンの高度に対する揺れ幅を求めると, $0.141[m]$ となった. これよりドローンの

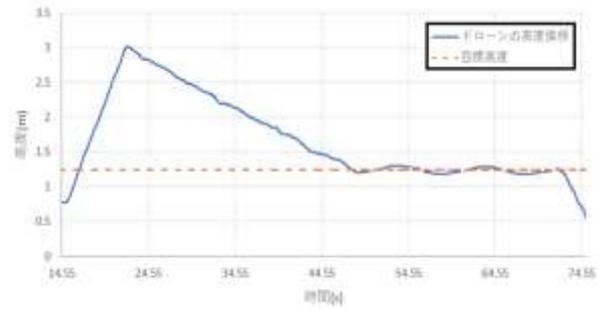


図4 ドローンの高度の変化



図5 衝突によるボール落下の様子

表1 実験結果

	最大値	最小値	平均値
1回目	1.301m	1.178m	1.234m
2回目	1.299m	1.170m	1.234m
3回目	1.323m	1.152m	1.240m
平均	1.308m	1.167m	1.236m
目標高度との差	0.068m	-0.073m	-0.004m

揺れ幅が対象物であるバレーボールの直径 $0.21[m]$ に収まっており, 最小値がバレーボールの半径 $0.105[m]$ を超えていない.

5. 結言

本研究では, 垂直方向である高度を一定に保つ制御器を作成し, ドローンの衝突を用いた対象物の移動を行った. 実験結果より, 目標高度を一定に保つ制御器が機能していることを確認でき, 本研究の目的であるドローンの衝突を用いて対象物を移動させることに成功した. さらに目標高度にドローンが収束した後の揺れ幅がボールの直径内かつ最小値が半径未満となっていることが分かった. そのためボイラ配管上で飛行する際にボールの中心位置の高度を正しく計測できればボイラ配管に接触することなくボールを捉えることができると考えられる.

今後は, ドローンの更なる安定飛行のため制御パラメータの調整, 完全自律化のための水平方向の移動制御を実装し, 高所遺失物の状況を再現したモックアップを製作および回収の模擬実験を行う. 将来的にはドローンのカメラを用いた画像認識による対象の把握を行うことで完全自律による高所遺失物の回収が実現できるのではないかと考える.

参考文献

- [1]野波 健蔵 : ドローン技術の現状と課題およびビジネス最前線, 情報管理, 59巻 11号, p. 755-763 (2017)
- [2]株式会社シード・プランニング : 2017年版 産業用無人機(ドローン)の市場動向と関連周辺ビジネス, <<https://www.seedplanning.co.jp/press/2017/20170922/01.html>> (確認 2019年8月)