

[TERM] ドローン積載カメラ映像を用いた操縦支援システムの構築

B3 井手田 悠希

概要 2018 年現在ドローンの個人所有も珍しい事柄ではなくなり、より多くの人が操縦をする機会が増えてきた。しかし、その操作は複雑であり、操縦に集中しながら周囲に気を配る事は初心者にとって難易度の高い物となる。そこで現在は多くの飛行システムに超音波センサーやイメージセンサなどを用いた安定飛行や障害物への衝突回避機能が搭載されているが、小型のトイドローンにも搭載されている事は少なく、加えて搭載されている物体自体の属性を考慮する事は難しい。同じ距離の障害物であっても形や物の硬さ、移動物体なのか設置物なのか、衝突時の被害の大きさなどが異なる。そこで今回はドローン積載カメラによる映像を用いた周囲の障害物の検知による飛行支援システムを構築する。

1 はじめに

初めてドローンを操縦する人や、まだあまり操縦になれない人がドローンの操縦を行う際操縦者はドローンの操縦のみで手いっぱいになってしまう光景が多々見受けられる。しかし、実際に操縦する際には周囲の人の動きや到達目標点など操縦以外にも気にかかる必要のある事由は多い。この時、屋外など広い場所であれば人の立ち入りを制限したり、安全飛行支援システムの整っている高機能なドローンを使用すればこれらの問題は解決し易いが、これらの準備は非常に手間がかかり、飛行するための準備コストも高い。そこで、屋内等で手軽に飛ばせるトイドローンでも現在よりも飛行支援を充実させたいと考えている。現在はイメージセンサと超音波センサなどによる安定飛行支援のみで、障害物検知を搭載しているトイドローンは少ない。そのため、障害物に対する飛行支援システムの構築を目指す。

2010 年頃から現在にかけて Parrot 社による家庭用ドローンの発売などもありドローンの認知と研究開発は加速している。これに付随して、自律飛行に関しても研究が盛んに行われているが、現在行われている自律飛行では LIDAR など比較的高価なものを使用している例が多い。また広く流通しているこれらのセンサーは屋内で多く使用される機体に対して大きいものが多く、小型のドローンでの自律飛行には用い難い。一方で、この問題は小型化、高機能化が日々行われているセンサー類においては大きな問題とは

なり得ない。しかし、今後複数のドローンが同じ空間で飛び交う状況や、人やその他動的な物体がある空間での飛行が想定される中では周囲の映像に映る物体の意味解釈をした上での飛行モデルの作成は非常に重要となると考え本研究に取り組むに至った。

1.1 研究目的

障害物回避に対する飛行支援システムが搭載されていないが映像のリアルタイム伝送が可能なカメラを搭載しているドローンにおいてその映像を元に操縦者が操縦に集中しつつもドローン前方に注意すべき対象が存在する場合にその表示を行えるシステムの構築を目指す。

また、特定の機体に依存するシステムではなく、トイドローンにおいてはスマートフォンに映像を送信するものが多く、スマートフォンに映像伝送を行う種類のドローンであればこのシステムを利用できるように構築する。

2 関連研究

飛行支援システムとして DJI Phantom4Pro では以下のようなシステムが搭載されている

- ビジョンシステム
 - － 前方、後方、下方ビジョンシステム
 - － 動作範囲 0.7 30m
 - － 映像の動きから自身の移動を検知したり、障害物検知を行う。

- 赤外線検知システム

- － 動作範囲 0.2 7m
- － 障害物との距離を精密に計測する。

他に運転支援ではなく、自動運転の例として以下のような研究がある。基本的にドローンが自律飛行を行う際に必要とされる処理がいくつかある。そのうちの2つが自己位置推定と姿勢推定である。自己位置推定とは、ドローンが飛行している空間の中で自分がどの位置にいるのかを認識する事である。姿勢推定とは自分が水平方向に対してどの程度傾いているのか、鉛直方向に対してどの程度回転しているかを認識することある。

これらを行なっている関連研究として Nanomap[1] という飛行モデルがある。においては2D-LIDARを用いた飛行経路探索手法が取られており、取得した点群データを過去数フレーム分を記憶しておき、過去の数フレーム分のデータと現在のフレームとの点群の変量によっておおよその障害物の位置を認識している。こちらの手法では、物体を正確に捉えることは放棄し、不確実な部分を物体の存在している可能性のある範囲として捉えている。視野にある物体のある可能性も含めて1番物体が少ない方向を飛行経路として選定し、飛行している。

他に、ドローンに限らずロボット工学全般で利用されてきた Octomap[2] がある。こちらも Nanomap と同様に LIDAR を用いて周辺の環境情報を扱うものであるが、こちらは LIDAR を用いて実際に周囲を点群からモデリングして周辺状況を把握する。

Octomap ではモデリングする際に近い点群同士を同じ物体としてまとめ1つのブロックにすることを繰り返し、樹構造的にブロックを生成する為、生成後のデータは繰り返す回数等のパラメータによっては小さく圧縮することもできる。しかし、実

際に点群からモデルを生成するとなるとその計算量は非常に多く、高性能な小型コンピュータが現れている現在においても処理負荷が大きく、特にドローンにおいては積載量に制限がかかりやすい為扱いにくいものとなっている。

また、これらのように LIDAR を使用せず、CMOS センサーのみで自律飛行を行なっている例もある。

実用性を備えた手のひらサイズ・完全オンボード処理 UAV のための3次元自己位置推定手法の提案と全自動飛行の実現[4]では自己位置推定で使用するセンサーは CMOS センサーを利用した自律飛行を実現している。CMOS センサーからの映像を FPGA にストリームして FAST[5] による特徴点抽出処理を行い、その結果を Brief[6] を用いて表現し、MCU に流し込み処理している。この研究での目的は外部処理系に依存せず、ドローン上で全て完結する自律飛行可能な小型ドローンの開発で、限定条件下(新聞紙を敷き詰めた床面)の上で飛行させ、特徴点を十分に検出できるようにした上で、飛行させ想定通りの飛行を実現している。

他に今回の研究のベース物として DeepDrone[7] が挙げられる。こちらではドローンレースを自律飛行で行う為に自律飛行モデルを提案している。ドローンレースとは基本的にゲートを順に潜りながら飛行することが条件となっているドローン競技である。このゲートを RGB カメラで撮影した映像を推定モデルに対し、200*300 の画像を所与として $\{\vec{x}, v\}$ を推定結果として得る。 $\{\vec{x}$ は $\vec{x} \in [-1, 1]^2$ と定義され正規化された入力画像の中にある目標とするゲートへの方向を表しており、 $v \in [0, 1]$ は飛行速度を正規化して表している。

DeepDrone では訓練にシミュレータでのデータと現実世界でのデータを使っている。両者とも理想とする軌道とのズレを計算しそのズレを損失関数に入力し学習を進めていく。シミュレータ上では直接理想とする軌道とのズレを取得し、実空間では実際に手で実際のコース上を運び、ゲートを通過させるなどしてデータを収集していた。

他領域では自動運転という繋がりで自動運転車においても同様の回避システムは利用されており、これらから得られる物も多く、Honda[10]では前方の安全運転支援システムだけでも以下のような物が挙

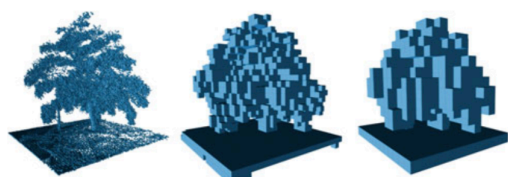


図1 圧縮率の違いによる生成物の違い

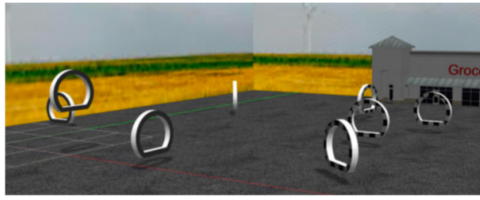


図2 シミュレータ上のゲート

げられる。

- 回避支援
 - － CMBS(衝突被害軽減ブレーキ)
 - － 誤発進抑制機能
 - － 路外逸脱抑制機能
 - － 歩行者事故軽減ステアリング
- 未然防止
 - － 渋滞追従機能 (アダプティブクルーズコントロール)
 - － LKAS(車線維持支援システム)
 - － 先行車発進お知らせ機能
 - － 標識認識機能

3 提案手法

スマートフォン，もしくはタブレット端末にデータが送られてくる種類のドローンを対象としている。まず通常飛行と同様にスマートフォンとドローンを任意の専用アプリケーションを用いて接続する。その後，スマートフォンを PC に対して画面共有を行い，PC は共有された画面の映像を入力として，その映像に対し，Yolo v3 を用いて物体検知を行い，その結果を描写した映像を PC 上に表示する。

3.1 使用環境

今回は以下の環境で開発を行った。

- MacBookPro 2017 Model
- iPhone X
- QuickTime Player
- Python 3.6.8 —Anaconda—



図3 構成図

- Yolo v3

4 評価

定性評価として実際に本システムを用いた場合とそうでない場合で障害物の認知度合いを比較する。定量評価として視線を計算できるシステムを導入し，本システムを利用しなかった場合とで操縦者の視線の移動の仕方を比較したい。

5 考察

結果として以下のような形で PC からは映像の出力が得られるようになった。操縦者は PC 上に描画される映像を元に操縦することで機体の操縦に集中しながら注意すべき対象が前方にある場合には強調して表示されるシステムが完成した。

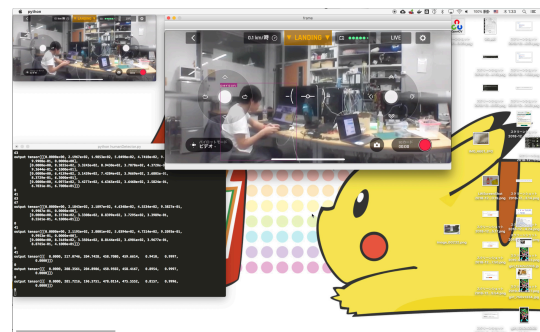


図4 PC 上の表示

しかし，現在の状態では CPU の演算能力でのみ

物体検知を行っており、2 3FPS しか計算ができていない。この数値では実際に違和感なく操縦をするには物足りない結果である。実験としては良いものの、実用にはまだまだ耐えられないものという結果になった。

この原因として考えられるのが現在物体検知モデルを動作させている環境でうまく GPU を利用することができておらず、これが一番の原因であると考えられる。今後別環境での同システムの構築、検証が求められる。

また、このシステムを用いての定量的な評価も取れていない為、今後定量評価の為の環境も構築する必要がある。

参考文献

- [1] Peter R. Florence¹, John Carter¹, Jake Ware¹, Russ Tedrake¹, NanoMap: Fast, Uncertainty-Aware Proximity Queries with Lazy Search over Local 3D Data
- [2] A. Hornung, K. M. Wurm, M. Bennewitz, C. Stachniss, and W. Burgard, "Octomap: An efficient probabilistic 3d mapping framework based on octrees," *Auton. Robots*, vol. 34, no. 3, pp. 189 - 206, Apr. 2013. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1007/s10514-012-9321-0>
- [3] H. Oleynikova, Z. Taylor, M. Fehr, J. Nieto, and R. Siegwart, "Voxblox: Building 3d signed distance fields for planning," *arXiv preprint arXiv:1611.03631*, 2016.
- [4] 此村 領, 堀 浩¹, 実用性を備えた手のひらサイズ・完全オンボード処理 UAV のための 3 次元自己位置推定手法の提案と全自動飛行の実現, 東京大学工学系研究科航空宇宙工学専攻
- [5] E. Rosten, R. Porter, and T. Drummond. "Faster and better: A machine learning approach to corner detection." *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 32:105-119, 2010.
- [6] M. Calonder, V. Lepetit, C. Strecha, and P. Fua. "Brief: Binary robust independent elementary features." In *European Conference on Computer Vision*, 2010.
- [7] Deepa Kaufmann, Antonio Loquercio, Rene Ranftl, Alexey Dosovitskiy, Vladlen Koltun, Davide Scaramuzza, "Drone Racing: Learning Agile Flight in Dynamic Environments," University of Zurich and ETH Zurich Intel Labs
- [8] Daniel Mellinger, Vijay Kumar, "Minimum Snap Trajectory Generation and Control for Quadrotors," Shanghai International Conference Center, IEEE International Conference on Robotics and Automation. 2011
- [9] Matthias Muller, Vincent Casser, Neil Smith, Dominik L. Michels, Bernard Ghanem, "Teaching UAVs to Race: End-to-End Regression of Agile Controls in Simulation", Visual Computing Center at King Abdullah University of Science and Technology
- [10] 横山 利夫, 武田 政宣, 藤田 進太郎, 安井 裕司, Honda の運転支援および自動運転の現状と今後, 本田技術研究所四輪 R & D センター 栃木県芳賀郡芳賀町下高根沢