

概要

2018 年現時点で安価で広く流通している上に小型のものも多く存在する RGB カメラを用いた自律飛行経路探索手法を提案する。2018 年現在自律飛行で多く使用される LIDAR などのセンサーは他の超音波や RGB カメラに比べて高価であり、またサイズも広く流通しているものは大きい物が多い。ドローンなどの飛行物体では自動運転車などに比べて制動距離が大きく、空間に存在する他の移動物体を認識し、前もって飛行経路を変更、ないしは減速などを行う必要がある。しかし、現在広く用いられている LIDAR などのセンサーでは物体の有無とその距離しか認識出来ず、その物体の意味解釈までは難しい。そこで、本研究では比較的安価で手に入り小型の物も多く流通している RGB カメラを利用して、周囲の物体の意味解釈を行う自律飛行制御を目指す。本研究では屋内で複数機体が飛び交う環境での自律飛行を目標としている。将来的には他の自律飛行手法の補助となるような技術として応用されることを想定している。

[TERM 中間]RGB カメラによる自律飛行経路探索手法の提案

著者その 1 井手田 悠希 *

2018 年 11 月 28 日

1 はじめに

ドローンを RGB カメラで制御しようという考えに至った理由として、映像処理技術の向上、ドローン製作部品が現時点では比較的高価格であること、があげられる。高度維持や GPS による位置補正など一般的な機能を備えた安定飛行できるドローンを一機製作しようとするれば、センサーの類だけで数万円はかかってしまう。そこで、既に小型化、低価格化が進んでいる RGB カメラを用いた画像処理による飛行経路探索を行う。加えて、LIDAR などのセンサーで得られる情報で障害物等自体の意味解釈まで行う事は困難である。そこで、RGB カメラを用いて周囲の映像を取得し周辺にどのような物体が存在しているのかを検出しながらの飛行が求められる。

また、本研究では飛行モデルの提案を軸としており物体検出モデルの提案ではないということをここで明記させていただきたい。

2 背景

2010 年頃から Parrot 社による家庭用ドローンの発売などもあり、これ以降ドローンの認知と研究開発は加速している。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 など他のセンサーと比較して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ものは大きいものばかりである。これらの問題はドローンでの活用がさらに進めばセンサー自体の開発も進み解決するだろう。しかし、LIDAR 等のセンサー以外を主とした飛行経路探索手法を模索することは今後の自律飛行の精度向上に貢献すると考え、本研究を実施するに至った。また、本研究の課題の 1 つとして LIDAR 等の他のセンサー類が高価であったりまだ小型化が進んでいない事を挙げているが、センサー類の低価格化、小型化は日々進んでおり数年で課題とはならなくなると思われるが、その上で RGB カメラを他のセンサーと併用する上で周囲の物体検出は必要な技術であると考えられる。

3 研究目的

本研究の目的はドローンの制御精度向上であり、本手法を単体で飛行経路選択をする以外にも、他の LIDAR などのセンサーも合わせて使用するような制御系における、制御の一助となるような使用を想定している。ま

* 慶應義塾大学

た、RGB カメラの特性上雨天時や夜間などは著しく精度が低下する事が予測される為、基本的には屋内や、明るさがある程度確保できる条件下での使用を想定している。その中で、本手法で用いる物体検知アルゴリズムでは RGB カメラによる映像を使用する為、LIDAR 等の他センサを利用するよりも安価に視野画内にある物体の意味を理解することができる。その点で LIDAR などの手法に比べて物体の特性なども考慮した判断をすることができる点が他の手法との異なる点である。最終的には目の前にある物体が設置物なのか、移動物体なのか等を判断した上での飛行経路の選択をする事で屋内での飛行などでもより急な制御をする事なく事前に停止したり、回避行動をとれるようになると考えられる。現在路面を走る車両には信号機がある為スムーズに飛行が行えるが、飛行物体に対する信号機は無い。しかし、今後様々な用途で飛び交うドローンが他のドローンと遭遇する機会が発生することは容易に想像でき、遭遇した際の事故を避ける技術が求められる。そこで、本研究ではドローンに積載された RGB カメラの映像からの情報を元に機体の飛行経路を選択するアルゴリズムを提案する。

4 関連研究

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。

本研究では主に自己位置推定を行い、その上で得られる周囲の情報を元にどのような飛行経路を取るかについての処理系について論を進めていく。

関連研究として強く影響を受けているものが Nanomap[1] である。Nanomap 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ということを繰り返し、樹構造的に物体を生成する為、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[7] 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

5 提案手法

本手法では 2 つの部分に分かれて処理をする。まず 1 つ目は飛行経路を探索する処理系。もう 1 つが周囲の環境を認識して動く可能性の高い物体なのか，そうでない物体なのかを分類し，動く可能性の高い物体に対してはより排他的空域を広く取り，そこに侵入しないように飛行経路を選択する。ここでいう排他的空域は動く可能性が低いものに対してもそうでない物に対しても全ての検出物に対して設定されている。

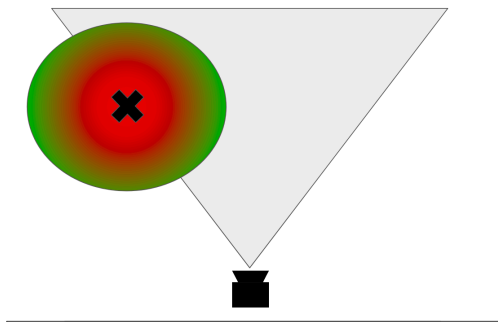


図 1 動く可能性の低い物体

まず，1 つ目の飛行経路探索を行う処理系に関しては以下の条件を判断軸にして経路選択，飛行を行うものとする

1. 視野の中に映る検出された物体の中で画面占有率の高いものをより重要度が高いものとして設定する。
2. 検出される物体が一番少ない何もない所を一番安全な方向として設定する。
3. 何も検出されなくなった場合，大きな平面に直面したとして一時停止する。

次に 2 つ目の検出した物体の属性を判定する部分であるが，こちらは検出時にラベルが得られるのでそのラベルをキーとして辞書データから検出する事とする。また，おおよその移動速度も物によって推測でき，辞書



図 2 動く可能性の高い物体

データの中に含める事で、排他的空域をどこまで広げるかを設定する。動くことが想定される物体よりも高い位置で飛ぶ際もその直上は落下可能性を拭いきれないので飛行禁止空域として設定する。

実際に使用する技術としては以下のものの使用を考えている。

- Tello
- MacBookPro 2016Model
- Yolo v3
- Golang (後々 Python3 に変更する可能性も)
- Gobot(Golang のロボティクス向けフレームワーク)

また、本研究は手法の提案であり、物体検知の精度を向上させることが目的ではない。その為、ある程度検出誤差などは許容し、検出物体によって振る舞いを適切に変える制御系の提案を主な研究対象とする。

6 評価

まずは空き教室で 1 台ランダムウォークさせ、何秒間無衝突で飛行できるかを評価する。次に、複数機体を用いてランダムウォークさせ、何秒間無衝突で飛行できるかを評価する 1 分以上問題なく飛行できるようであれば研究室に場所を移し、再度同様の実験を行う。

7 考察

現時点での課題として、

- 映像転送時の映像の遅延が激しい
- 割り込み処理をする事が今の所出来ない (改善可能?)
- 物体までの距離をどの程度細かく測れるか不明

という事が挙げられる。場合によっては利用する機材の変更も考えているが、今の所構成はこのままで実装を進めて行く。

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] 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