

卒業論文要旨

小型無人機の交通システム構築に向けた衝突回避システムの開発

Development of Obstacle Collision Avoidance System for Small UAVs' Transportation System

システム工学群

機械・航空システム制御研究室 1230049 菊田 和範

1 はじめに

近年, 無人機は物流, 測量など様々な業界において注目されており, 産業利用において活躍が期待される.⁽¹⁾しかし, 利用が拡大するとともに障害物や他機との衝突事故が増えることが予想される. 現在, 使われている回避方法の 1 つとして, ステレオカメラを用いた障害物を回避する方法がある.⁽²⁾しかし, ステレオカメラは重量や大きさの問題, 重量の制約によりペイロードが減少する問題があることから小型無人機には搭載することが難しい. 本研究では, 無人機に搭載されている軽量なカメラから得られる画像情報と小型の赤外線距離センサーから得られる距離情報を組み合わせることによって障害物回避が行える回避方法を提案する.

2 実験装置



Figure 1 Tello EDU

図 1 に Ryze Tech 社の Tello EDU を示す. 前方にカメラが搭載されており, このカメラから画像情報を取得する.

Table1 Tello EDU Performance⁽³⁾

Weight	80 [g]
Size	98×92.5×41 [mm]
Maximum speed	8 [m/s]
Maximum flight time	13 [minutes]
Format	JPG
Number of pixels	5 [MP]
Viewing angle	82.6 [°]

表 1 に Tello EDU の諸元を示す. この機体は, Wi-Fi モジュールを搭載しておりパソコンやスマートフォンと接続しアプリを使用することで操作が可能である. 今回は, パソコンを使用し, Python で機体の操作を行う.



Figure2 GY-530 VL53L0X

図 2 に KKHMF, GY-530 VL53L0X, 赤外線距離センサーを示す. このセンサーより距離情報を読み取る.

Table2 Detailed Information⁽⁴⁾

Weight	10 [g]
Size	13×10×5 [mm]
Maximum measurement distance	2 [m]

表 2 に赤外線距離センサーの性能を示す. RoboMaster TT 拡張キットを使用し, Tello EDU と赤外線距離センサーを接続する.

3 検知方法

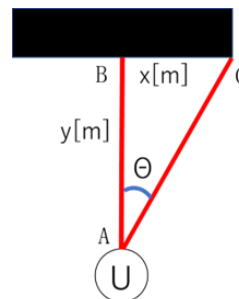


Figure 3 Detection diagram

図 3 に障害物の検知方法を示す. U は無人機を示す. 無人機の位置を A, 無人機と障害物が垂直で交わる位置を B, 障害物の輪郭の右端の位置を C とする. 無人機が障害物を回避するために角度 θ [°] が必要である. 角度 θ を算出するために, AB 間の距離 y [m] を赤外線距離センサーにより測定し, BC 間の距離 x [m] を Tello EDU のカメラで撮影した画像に画像処理を適用することで, 角度 θ [°] を計算する.

3.1 赤外線距離センサーによる検知

赤外線距離センサーより、無人機と障害物との距離 y [m] を測定する。

Table3 Sensor Measurement Result

	50[mm]	100[mm]	150[mm]	1000[mm]
1	51	100	151	1002
2	50	100	153	1000
3	51	103	152	1023
4	50	99	152	1025
5	49	99	153	1002
6	50	105	150	1010
7	50	100	153	1011
8	49	101	153	1026
9	49	101	151	1003
10	50	100	151	1011

表 3 に壁から赤外線センサーまでの距離を、50～1000[mm] に変化させ、測定した結果を示す。測定結果から、最大誤差は 5%であった。障害物までの距離測定に使用できると考える。

3.2 画像処理による検知

無人機のカメラの視野角は 82.6° 。視野角と障害物の距離から 1 ピクセルの長さを計算する、

$$1 \text{ ピクセルの長さ} = y \times \frac{\tan \frac{82.6}{2}}{x \text{ 方向画素数の半分}} \quad (1)$$

となる。

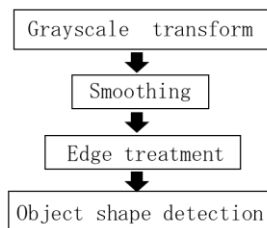


Figure 4 Image processing method

画像処理の手順を図 4 に示す。⁽⁵⁾ 画像処理により、図 3 にある長方形の障害物の輪郭を検出する。画像のピクセル数は横が 2560[px]、縦 1920[px]である。画像の中心(縦 1280[px]、横 960[px])を基準とし、障害物の輪郭のピクセル数との差を計算する。ピクセル数の差に、1 ピクセルの長さ 0.0353[cm] を掛けることで x [m] を測定する。 y [m] と x [m] を取得し、適用すると、

$$\theta = \tan^{-1} \frac{x}{y} \quad (2)$$

回避すべき角度 θ [$^{\circ}$] が求められた。

4 回避方法

距離情報と画像情報から避けるべき角度 θ が求められた。機体を θ [$^{\circ}$] 以上回転させることで障害物を回避する。

5 画像処理の結果



Figure 5 Before image processing

図 5 に画像処理前の障害物の画像を示す。幅 26[cm]、高さ 8.5[cm]の段ボールを障害物として使用した。障害物の半分(13 cm)の位置に、図 5 のように線を引き、半分の位置に任意の点 A、障害物の輪郭の右端に任意の点 B を設定する。 y 軸方向には任意とする。障害物との距離は 30[cm]とする。

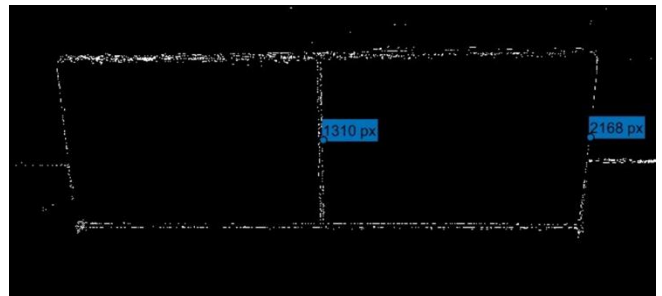


Figure 6 After image processing

図 6 に画像処理後の結果を示す。画像処理の手順は、図 4 に示す。グレースケール変換によりカラー画像を灰色濃淡画像に変換する。平滑化処理により画像内の画像の明るさを表す画素値の変化を滑らかにしノイズ除去する。エッジ処理により障害物の輪郭を表示する。点 A から点 B までの距離を算出する。点 A のピクセル数 1310[px]、点 B のピクセル数 2168[px] になった。ピクセル数の差は、

$$2168 - 1310 = 858[\text{px}] \quad (3)$$

ピクセル数の差に 1px の長さを掛けると、

$$858 \times 0.0206 = 17.67[\text{cm}] \quad (4)$$

点 A から点 B までの長さは、17.67[cm]であった。実際の長さの測定値は、13[cm]であった。36%の誤差が確認できた。無人機のカメラは広角カメラが使われている。広角カメラは、凸レンズを使用し、レンズの中心から離れた位置を通った光が強く屈折するため、被写体が歪む。⁽⁶⁾ 画像処理で歪みを補正する処理が必要である。

6 まとめ

赤外線距離センサーから取得できる距離情報とカメラから取得できる画像情報を組み合わせて障害物の検知を方法について検討した。赤外線距離センサーの精度は十分にあり距離情報の取得に使用できることが確認できた。画像情報は、画像処理による長さを実測値の誤差が 36%確認できた。今後は、画像処理に歪み補正を加え x [m] の測定誤差を 5%程度に抑え、角度 θ [$^{\circ}$] を算出する。算出が可能になれば、障害物の形状を小さくするなど変更させた場合の角度の算出の検証を行う。実験を使用した実験では、ホバリング時、赤外線距離センサーの精度、撮影した画像のブレ具合や算出した角度を回転させた時の誤差の検証を行い、ルートを設定し自動飛行を行い、ルート中にある障害物を回避し目的地に着陸させたいと考えている。

7 参考文献

- (1) 空の産業革命に向けたロードマップ 2022
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyogi_dail8/siryou4.pdf>
(参照日 2023 年 1 月 31 日)。
- (2) ソニードローン Airpeak 公式ウェブサイト
<<https://www.sony.jp/airpeak/products/ARS-S1/index.html>>(参照日 2023 年 1 月 31 日)。
- (3) Ryze tech Tello 公式 Web サイト

<<https://www.ryzerobotics.com/jp/tello-edu>>
(参照日 2023 年 1 月 25 日).

- (4) STMicroelectronics vl530x.pdf
<<https://www.st.com/resource/en/datasheet/vl53l0x.pdf>>(参照日 2023 年 1 月 25 日).
- (5) MATLAB & Simulink-MathWorks 画像解析
<<https://jp.mathworks.com/discovery/imageanalysis.html>>(参照日 2023 年 1 月 25 日).
- (6) 永田 信一 2002 年 図解レイズがわかる本
日本実業出版社
- (7) 内村圭一 岩崎洋一郎 松島宏典 2010 年 画像処理
入門 培風館