

自動ドローン人捜索システムにおける自動操縦システムの実装と物体検出能力の評価

檜山 稜太† 児島 彰† 弘中 哲夫†
広島市立大学大学院情報科学研究科†

1. はじめに

上空から人を捜索する手段としてドローンが導入され始めている。これまで人の捜索はヘリコプターを用いて行われてきた。ヘリコプターによる捜索では上空からの目視で行う方法や、あらかじめ本人が所持している発信機の電波を感知する方法で捜索を行っている [1]。ドローンによる捜索ではドローンカメラの映像をもとに目視で行う方法 [2] や、ヘリコプターと同様に発信機の電波をドローンの受信機で感知する方法で捜索を行っている。しかし、どちらも操縦技術や操縦する人が必要なことや目視では見落とす可能性、発信機の故障や不所持により発見が困難になる可能性が考えられる。そこでドローンを自動操縦することで操縦技術や操縦する人の必要がない捜索が可能、物体検出の技術を利用することで自動で人を検出することができ、見落としを防ぐことができると考える。

これまでに自動ドローン人捜索システムのうち、物体検出で検出した人の位置推定を行うことで人の捜索を自動で行うシステムの開発を行ってきた。今回この自動ドローン人捜索システムにおいて、自動操縦システムを実装することでドローンの操縦から人の捜索までを自動で行うシステムを開発する。また、システムの物体検出能力の評価も行う。

2. システムの概要

本研究では自動操縦のドローンで上空から地上の画像を撮影させ、その画像に物体検出を行い人を検出することで操縦から人の発見までを全自動で行うシステムの開発を行っている。本システムは図1の処理フローに示すように、まず最初にコントローラに接続された android 端末で起動しているアプリケーションで撮影ポイントを指定する。ドローンはその撮影ポイントに自動で飛行し、撮影ポイントに到着すると画像を撮影する。画像はドローンの microSD カードに保存され、指定した全ての撮影ポイントで撮影が完了すると自動で離陸場所まで帰還し着陸する。その後 GPU 搭載のパソコンにて

microSD カード内の画像に物体検出を行う。物体検出では人の画像上での座標を取得し、画像を撮影した場所のドローンの GPS 座標、高度を用いて検出した人の緯度・経度を推定する。ドローンによる撮影ではドローンに搭載されているカメラを地上に向け行う。物体検出アルゴリズムには YOLOv5[3] を使用し、物体検出への画像入力サイズは 1280×1280 に設定する。本研究で使用するドローン (DJI 社 Mavic 2 Enterprise Dual) に搭載されているカメラの解像度は 4056×3040 であるため、物体検出アルゴリズムへ入力する際、画像入力サイズに合わせてリサイズが行われる。しかし、図2に示すように空撮画像上での人は非常に小さいためリサイズをすることで検出対象の人が潰れ、検出の精度が低下する恐れがある。そこで1枚の空撮画像を9分割して入力する画像を画像入力サイズへ近づけることで、リサイズによる影響を低減する。

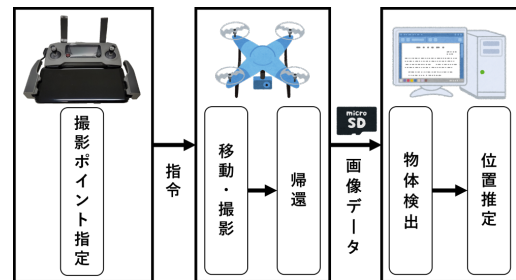
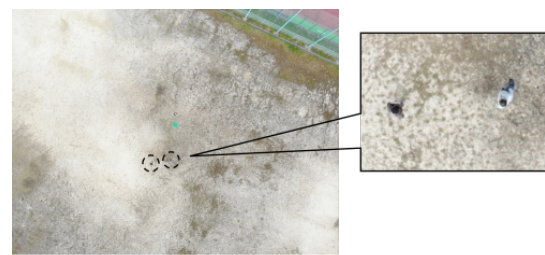


図1 開発中の捜索システムの処理フロー



○ 捜索対象の人

図2 高度50mからの空撮画像例

3. 自動操縦システムの実装と基本性能評価

自動操縦システムは DJI 社から提供されている DJI Mobile SDK[4] を用いて開発中のドローンを制御するアプリケーション内に実装する。DJI 社から自動操縦に関する SDK がいくつか公開されている。その中で本システムで使用可能なものに Waypoint Mission と TimeLine Mission の2つがある。Waypoint Mission は地図上で飛行させたいポイント (Waypoint) を指定し、ポイントを

Implementation of Autopilot System and Evaluation of Object Detection Capability in Human Search System Using Drones

Ryota HIYAMA† Akira KOJIMA† Tetsuo HIRONAKA†
† Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

指定した順番に飛行する方式となっている。この方式では SDK の仕様上、指定したポイント通りに自動操縦が可能であるがポイントでの画像撮影が行えない。TimeLine Mission は複数の命令を組み合わせるにより細かな自動操縦を行える方式となっている。この方式では自動飛行について細かく設定できるため、本システムは TimeLine Mission を用いて実装を行う。

図 3 にシステムを実装したアプリケーションの画面を示す。自動操縦するには Google map 上に撮影ポイントとなるポイントを指定し MAKE PLAN ボタンを押すことで飛行計画が作成される。START ボタンを押すことでドローンへ指令が送信され自動飛行が開始される。全ての撮影ポイントで撮影が終了すると自動的に離陸した場所へ帰還し着陸する。

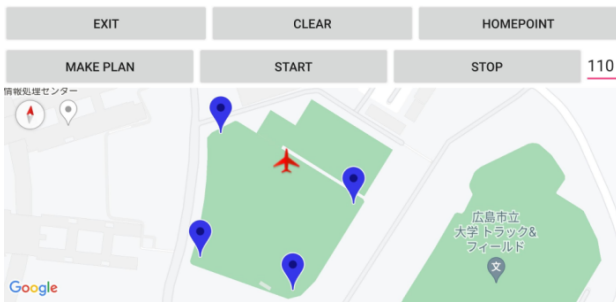


図 3 自動操縦システムの画面 (撮影ポイントを指定した様子)

実際にシステムを実装し基本性能を調査するために飛行実験を行った。実験では各撮影ポイントでの停止時間と撮影ポイント間の移動速度について複数回計測し、平均停止時間と平均時速を算出する。停止時間はドローンが撮影ポイントに到着し静止してから次の撮影ポイントへ向け機体の向きを変えるまで、移動速度は撮影ポイント間の距離と機体が向きを変えてから次の撮影ポイントに到着するまでの時間を計測する。その結果平均時速約 20.87km/h、平均停止時間約 7.344s となった。平均時速の計測に使用した撮影ポイント間の平均距離は約 100.3m、移動時間は約 17.32m である。高度 50m から撮影を行った場合、本システムで使用しているドローンカメラ画像 1 枚の撮影範囲は約 6297m²(約 91m × 約 68m) である。縦横 10 回ずつ飛行し 11 × 11 = 121 回格子状に撮影を行う場合、移動時間と撮影時間で約 1162 秒かかる。帰還時間と合わせて約 20 分間で約 761937m² の搜索飛行が完了する。

4. 物体検出能力の評価

本システムで使用している物体検出アルゴリズムの YOLOv5 には学習に必要なハイパーパラメータを自動調整する機能があり、本研究ではその機能を用いて学習

を行う。学習モデルには YOLOv5 から提供されている規模の異なるニューラルネットワークのうち、yolov5s6、yolov5m6 のモデルを使用する。物体検出の精度評価指標として、mAP(mean Average Precision) を用いる。mAP は損失関数が最小になったときの値を記録する。ハイパーパラメータを自動調整した場合としていない場合で学習を 20000 回行い、調整したことによる精度への影響を調査する。調査する過程での mAP をまとめた結果を表 1 に示す。また、ハイパーパラメータを自動調整して学習を 2000 回行うことで、学習回数による精度への影響を調査する。調査する過程での mAP をまとめた結果を表 2 に示す。表 1 より yolov5s6 においてはハイパーパラメータを自動調整することで精度が向上するが、yolov5m6 では向上しないことがわかる。また、表 2 より学習回数が少ない 2000 回のほうが結果が良いことから 20000 回の学習では過学習が起きていると考えられる。

表 1 ハイパーパラメータ調整による mAP の比較

| 使用モデル | yolov5s6 | | yolov5m6 | |
|-----------|----------|--------|----------|--------|
| mAP | 0.6528 | 0.6706 | 0.6896 | 0.6735 |
| ハイパーパラメータ | 自動調整前 | 自動調整後 | 自動調整前 | 自動調整後 |

表 2 学習回数による mAP の比較

| 使用モデル | yolov5s6 | | yolov5m6 | |
|-------|----------|--------|----------|--------|
| mAP | 0.6706 | 0.6738 | 0.6735 | 0.6950 |
| 学習回数 | 20000 | 2000 | 20000 | 2000 |

5. まとめ

本研究では自動ドローン人搜索システムに自動操縦システムを実装した。実際にシステムを実装した後飛行実験を行い平均停止時間と平均時速を算出することで、基本性能の評価を行った。また物体検出能力の評価を行い、ハイパーパラメータを自動調整することによる精度への影響や学習回数 20000 回では過学習が起きている可能性を明らかにした。課題としてハイパーパラメータによる精度への影響の詳細や適切な学習回数の調査、自動ドローン人搜索システムのリアルタイム性の向上が挙げられる。

参考文献

- [1] AUTHENTIC JAPAN, “COCOHELI ココヘリ 会員制 搜索ヘリサービス,” <https://www.cocoheli.com/>, (参照 2023-1-11).
- [2] 株式会社マウンテンワークス, “山岳遭難搜索ネットワーク,” <https://www.mountain-rescue.net/>, (参照 2023-1-11).
- [3] ultralytics, “YOLOv5,” <https://github.com/ultralytics/yolov5>, (参照 2023-1-9).
- [4] DJI, “Mobile-SDK-Android,” <https://github.com/dji-sdk/Mobile-SDK-Android>, (参照 2023-1-9).