

物体検出を用いたドローン空撮自動人搜索システムの開発 Development of an Automatic Drone Aerial Photography Human Search System Using Object Detection

檜山 稜太[†] 児島 彰[†] 弘中 哲夫[†]

Ryota HIYAMA Akira KOJIMA Tetsuo HIRONAKA

1. はじめに

被災者や遭難者の搜索においてドローンが導入され始めている。従来、人の搜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搜索では、上空から目視で搜索を行っている [1]。それに対して、ドローンによる搜索では、ドローンのカメラからの映像をコントローラーやそれに接続したモニターに映し出し、目視で行っている [2]。しかし、どちらも操縦技術や操縦する人が必要ことや、目視による確認では見落とす可能性が考えられる。そこで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、見落としも防ぐことができると考える。また、自動操縦を導入することで操縦技術や操縦する人が不要なシステムの運用が可能となる。

本研究では自動人搜索システムのうち、上空からのドローン空撮で得られた画像をパソコンに送信し、その画像に物体検出を行い、自動で人の位置を検出するシステムを開発する。また、システムの検出時間から搜索可能範囲の見積もりを行う。

2. 自動人搜索システムの実装

本研究では空撮画像に物体検出を行い、人の撮影画像上での座標を得る。その座標と撮影場所のドローンの GPS 座標を用いて検出した人の緯度・経度を推定する。図 1 に示す通信フローのようにドローンと Android 端末と GPU 搭載 PC 間で画像の送受信を行うプログラムを開発する。ドローン空撮は図 1 のように上空からドローンに搭載されているカメラを真下に向け行う。物体検出アルゴリズムには YOLOv5 [3] を使用し、入力サイズを 1280×1280 に設定する。使用するドローン (DJI 社 Mavic 2 Enterprise Dual) の撮影画像は解像度 4056×3040 であるため、画像の入力サイズへのリサイズが必要となる。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により検出の精度が低下する可能性がある。そこでリサイズによる影響を低減するため、YOLOv5 の入力サイズに近くなるように 1 枚の空撮画像を 9 分割して 9 回物体検出を行う。

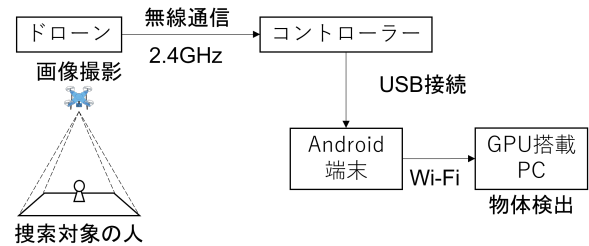
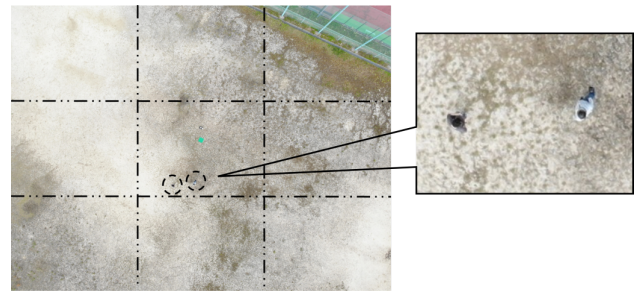


図 1 開発したシステムでの通信フロー



○ 検索対象の人

図 2 ドローンによる空撮画像例

3. 緯度・経度推定

3.1 推定手法

画像撮影時にドローンの位置情報と高度、方位の情報を取得し、撮影した画像と共にパソコンへ送信する。ドローンから取得した高度 h とドローンに搭載されているカメラの FOV85° から撮影範囲の辺の長さ a , b を図 3 のように算出する。また、画像上の検出された人、ドローン、基準点の座標を用いて真北を 0° とした、ドローンから見た人の位置の方位角を図 4 のように算出する。方位角は画像の基準点が真北として計算しているため、ドローンの方位情報を基に正しい方位角へ修正する。算出した情報から順解法により検出した人の緯度経度推定を行う。

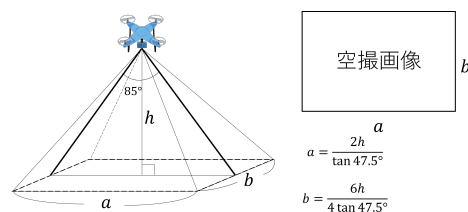


図 3 撮影面積の算出

[†] 広島市立大学大学院情報科学研究科 Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

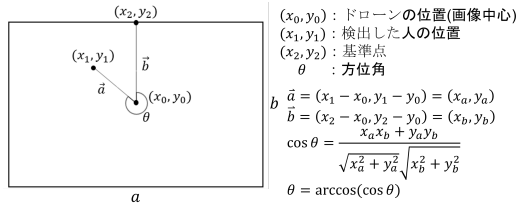


図 4 方位角の算出

3.2 誤差

推定手法を用いて実際に緯度経度を推定した場合の誤差を表 1 に示す。誤差は画像撮影時に推定される人の緯度経度をスマートフォンで記録し、推定した緯度経度との距離を求めることで算出した。2 地点間の距離は国土地理院の距離と方位角の計算 [4] を用いて算出する。高度は 50m で撮影を行った。

表 1 推定した緯度経度と推定される人の緯度経度との誤差

	1	2	3	4
誤差 (m)	13.74	7.941	9.383	14.16

3 節の図 3 で算出される撮影範囲を Google map 上で確認したところ、今回の緯度経度推定に使用した高度 50m 空撮画像の撮影範囲が実際よりも狭いことがわかった。このことよりドローンの高度は実際よりも低くなり、誤差が発生したと考えられる。

4. 評価と搜索可能範囲の見積もり

YOLOv5 の学習にはドローンで撮影した 412 枚の画像に対し分割処理を行い人が写っているもののみを抽出し、使用する。抽出した画像のうち 80% を訓練データ、10% を検証データ、10% をテストデータとする。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 と yolov5m6, yolov5x6 のモデルを使用する。物体検出の精度の評価指標として、mAP(mean Average Precision) を用いる。学習過程での最高 mAP と GPU 搭載 PC (CPU Intel Core i7 11700K, メモリ 32GB, Nvidia RTX 3070Ti) での検出時間をまとめた結果を表 2 に示す。最高 mAP は yolov5m6 の 0.6896 となった。また、yolov5m6 を用いて検出を行った結果を図 5 に示す。表 2 に示した検出時間は 9 分割の画像 1 枚にかかる時間であるため、解像度 4056×3040 の元画像 1 枚にかかる時間は示した検出時間の 9 倍となる。

表 2 各モデルの最高 mAP と検出時間

使用モデル	yolov5s6	yolov5m6	yolov5x6
最高 mAP	0.6528	0.6896	0.6834
検出時間 (s)	0.00910	0.0214	0.0667
元画像検出時間 (s)	0.0819	0.1926	0.6003



図 5 開発したシステムの検出結果 (yolov5m6)

この結果より、搜索可能範囲の見積もりを行う。FOV85°, 縦 : 横 = 3 : 4 の搭載カメラによる 1 回の撮影面積は図 3 のように算出する。高度 50m からの探索において、1 回の撮影面積は約 6297m² (約 91m × 約 68m) である。ドローンの速度を 10m/s と仮定すると、撮影ポイントの長辺方向を約 9.163 s, 短辺方向を約 6.872 s で移動できる。開発したシステムは撮影から通信を行い物体検出開始まで約 11.74 s かかる。物体検出は移動と並行して行うことができ、表 2 より物体検出は移動時間内に完了することができる。よって約 11.74 s が撮影間隔となる。搜索時間を 20 分間とすると、102 回撮影できる。そのため、搜索可能範囲は約 0.6423km² となる。

5. まとめ

本研究ではドローン空撮自動人搜索システムのうち画像撮影から物体検出を用いた人の検出、緯度経度の推定までを自動で行うシステムを開発した。また、システムの検出時間を調査し、搜索可能範囲を見積もった。得られた性能値から、計画的な搜索を行うことができる。今後の課題として物体検出精度の向上、ドローンの高度情報の修正、自動操縦機能の実装があげられる。

参考文献

- [1] 日本山岳救助機構合同会社, “ヘリコプターレスキュー,” <https://www.sangakujro.com>, (参照 2022-6-20).
- [2] 小枝 正直, 松本 吉央, 小笠原 司, “小型無人ヘリコプタを用いた拡張現実感による被災者搜索支援システム,” Transactions of the Society of Instrument and Control Engineers, vol.41, pp.1019-1025, 2005.
- [3] ultralytics, “YOLOv5,” <https://github.com/ultralytics/yolov5>, (参照 2022-6-20).
- [4] 国土地理院, “測量計算 (距離と方位角の計算),” <https://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/surveycalc/bl2stf.html>, (参照 2022-6-20).