

## 複数種の UAV と携帯端末を用いた避難誘導システム

Evacuation Guidance System Using Multiple Types of UAVs and Mobile Device

伊吹 宏三郎 上山 憲昭

Kozaburo Ibuki Noriaki Kamiyama

立命館大学 情報理工学部

College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

## 1. はじめに

UAV (Unmanned Aerial Vehicle) はその性能が急速に進化し、価格も安く広く市販されるようになったため災害救助分野においてもその利用が注目されている。特に災害時における広域的な被害状況の確認や避難者の避難誘導などを目的として利用されている。[1] では、地上に設置されたセンサーデバイスから収集した災害情報をもとに UAV の動作を制御することで、火災や建造物の倒壊を考慮したより安全な災害救助支援が可能になることが示されている。しかし災害時にセンサーデバイスが損傷した場合、災害情報の収集が困難になり効果的な災害救助支援が実施できない。また、使用が想定されている UAV はバッテリー容量が小さく長時間の連続使用には適さないことも問題である。

そこで本稿では、大型 UAV が小型 UAV を運搬しながら避難者を探査し、避難者発見後に分離した小型 UAV が避難誘導するか、避難者の携帯端末が使用可能なら避難経路を送信することで、センサーデバイスとの連携を必要とせず、長時間かつ広範囲において運用が可能な避難誘導システムを提案する。提案方式における UAV の動作をシミュレータ上で再現し、避難完了時間を評価する。そして提案方式の有効性を確認する。

## 2. 提案方式

提案方式を実現するうえで以下を前提条件とする。

- 大型 UAV は小型 UAV を搭載し、自律飛行可能
- 大型 UAV は小型 UAV を空中で分離可能 [2]
- 撮影した画像から地上の人物を検出可能 [3]
- 撮影した画像から路面状況を判定し、危険を回避した避難経路を作成可能 [4]
- 小型 UAV は作成された避難経路に沿って避難者を避難所まで誘導可能 [5]

提案方式では、大型 UAV が小型 UAV を搭載した状態で避難所を中心とした被災地域上空を自律飛行する。避難者探索と並行して撮影した画像から火災や家屋の倒壊を検知し、避難者発見時には安全を確認した道路のみから避難経路を導出する。その後、大型 UAV は小型 UAV を分離し、小型 UAV によって避難者の誘導が行われる。小型 UAV 分離後、大型 UAV は避難所へ帰還し、燃料の補充と2台目以降の小型 UAV を搭載する。そして、再度、避難者の探索へ向かう。避難者発見時に安全な避難経路を作成できない場合は周囲の探索を続行し、迂回経路を作成する。また、避難者がスマートフォンなどの携帯端末を所持している場合は、小型 UAV の分離は行わず避難者の持つ端末に避難経路を送信し、避難者は自身で避難所へ避難する。この動作を被災地域内のすべての避難者の避難が完了するまで繰り返す。提案方式では、大型 UAV で小型 UAV を運搬することで、小型 UAV のバッテリー容量による飛行時間の制約の影響を抑えることが可能である。小型 UAV による直接的避難誘導と携帯端末への避難経路送信を組み合わせることで効率的な災害救助支援が期待できる。また、地上のセンサーデバイスが損傷している場合においても空撮画像のみから地上の災害状況を把握し、安全な避難誘導を実現することが可能である。

## 3. 性能評価

提案方式の有効性を確認するため避難者の避難完了時間を評価する。現実的な避難誘導を想定して OpenStreetMap (以下、OSM) が提供するオープン地図データを利用する。避難所を中心とする 2km 四方の正方領域を被災地域とする。OSM から取得した被災地域の地図情報をもとに、交差点をノード、それらを結ぶ道路をウェイとし道路ネットワークグラフ  $G$  を作成する。 $G$  からランダムに複数個のノードとノードに接続されているウェイを削除し、火事や家屋の倒壊による通行不可箇所として設定する。ただしシミュレーションの途中で道路の災害状況は変化しないものとする。避難者の初期位置をいずれかのノード上に設定し、避難者は大型 UAV に発見されるまで初期位置から移動しないものとする。避難者はノード間を結ぶウェイ

以上のみを移動し、避難所まで避難する。大型 UAV は高度 50m を飛行すると仮定し、地上の物体の認識可能範囲を半径 40m とする。大型 UAV は事前に設定された避難者探索飛行経路に沿って飛行し、各ノードの認識範囲内に到達すると探索済みノードネットワークグラフ  $G$  に該当ノードと接続されているウェイを追加する。避難者を発見すると  $G$  から避難者と避難所を結ぶ最短経路を導出する。避難者が携帯端末を所持している場合は避難経路を携帯端末へ送信し、探索を続行する。避難者発見時点で避難経路を導出できない場合、大型 UAV は周囲のノードを探索し、迂回経路の導出を試みる。避難経路の導出が可能であるならば避難者上空まで移動し小型 UAV を分離する。小型 UAV は避難者の平均歩行速度と同速度である時速 4km で避難経路上を移動する。避難者は小型 UAV を追従するかたちで避難所へ向かう。大型 UAV の離陸開始時から、全ての避難者が避難所へ到達するまでの時間を避難完了時間と定義する。配置する避難者の数を  $E$  と定義する。1 度の試行で大型 UAV を 4 台、小型 UAV を複数台用いて、配置する避難者の数を 4 人、8 人、16 人、32 人とした場合の各々において、各避難者の避難完了時間を測定する。

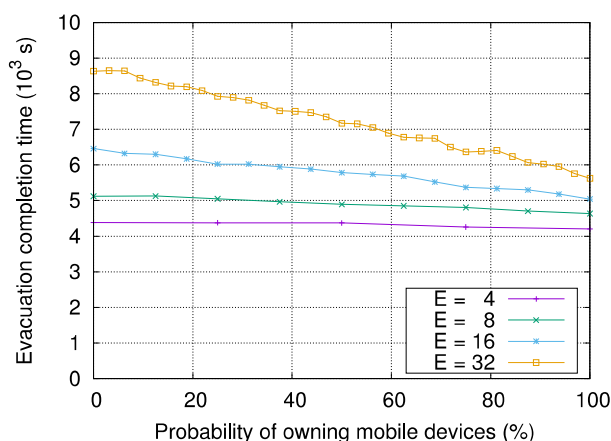


図 1: 避難完了時間

図 1 に全避難者の携帯端末の所持率に対し、全避難者の避難完了時間を示す。提案方式では配置する避難者の数が増加するほど全避難者の避難完了時間は長くなり、携帯端末の所持率が増加するほど全避難者の避難完了時間は短くなる傾向にある。これは、避難者発見時に小型 UAV を分離した大型 UAV が避難所へ帰還する回数が減少したためと考えられる。また、携帯端末の所持率の増加に伴う避難完了時間の減少率は避難者の数が多いほど増加する。提案方式は多人数の災害救助支援に効果的であることが確認できる。

謝辞 本研究成果は JSPS 科研費 21H03436 の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- [1] K. Katayama, et al., H. Takahashi, N. Yokota, K. Sugiyasu, G. Kitagata, T. Kinoshita, "An Effective Multi-UAVs-Based Evacuation Guidance Support for Disaster Risk Reduction", IEEE ICBDS 2019, pp 1-6
- [2] N. Nauwynck, et al., H. Balta, G. D. Cubber, H. Sahli, "In-flight launch of unmanned aerial vehicles", ISMCR 2018
- [3] N. Bhattarai, et al., T. Nakamura and C. Mozumder, "Real Time Human Detection and Localization Using Consumer Grade Camera and Commercial UAV", Nov 2018
- [4] C. Liu et al., and T. Szirányi, "Road Condition Detection and Emergency Rescue Recognition Using On-Board UAV in the Wilderness", Remote Sensing, Vol.14, 2022
- [5] K. Katayama, et al., H. Takahashi, N. Yokota, K. Sugiyasu, "Evacuation Guide Supporting System using UAV for Coastal Area", Life Tech 2021, pp 1-2