

複数種 UAV と携帯端末を用いた避難誘導のベースステーション配置設計

Base Station Placement in Evacuation Guidance Using Multiple Types of UAVs and Mobile Terminals

伊吹 宏三郎¹

上山 憲昭²

Kozaburo Ibuki

Noriaki Kamiyama

立命館大学大学院 情報理工学研究科¹

Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

立命館大学 情報理工学部²

College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

1. はじめに

災害時における広域的な被害状況の確認や被災者の避難誘導などを目的として UAV (Unmanned Aerial Vehicle) の利用が注目されている。既存研究では、地上に設置されたセンサー機器から収集した情報をもとに UAV を制御することで、効率的な災害支援が可能になることが示されている [1]。しかし災害時にセンサー機器が損傷した場合、情報の収集が困難になり効果的な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。そこで筆者らは、大型 UAV が小型 UAV を運搬しながら被災者を探索し、被災者発見後に分離した小型 UAV が避難誘導するか、被災者の携帯端末と通信可能な避難経路を送信する避難誘導システムを提案した [2]。本稿では、UAV の燃料補充や大型 UAV に小型 UAV を搭載するための拠点であるベースステーション (以下 BS) の配置設計法を提案し、BS の位置、BS 配置数、BS への小型 UAV 配備数を変更した場合における提案方式の有効性を評価する。

2. 提案方式

既存研究より小型 UAV の大型 UAV からの空中分離、空撮画像から地上の人物検出、空撮画像から路面状況の判定、安全な避難経路の作成、小型 UAV による避難所までの被災者誘導は実現可能であることが示されており、本稿ではこれらの技術的課題は解決可能であることを前提条件とする。提案方式ではガソリンエンジンを搭載した大型 UAV とバッテリー式の小型 UAV の使用を想定する。各大型 UAV には探索範囲が割り当てられているものとし、担当範囲内の複数箇所に BS を配置し、複数の小型 UAV を配備する。提案方式では、大型 UAV は被災者探索用のカメラと小型 UAV を搭載し、事前に設定した探索経路に沿って飛行する。被災者発見時は空撮画像から安全を確認した道路のみから避難経路を導出し、被災者の持つ携帯端末と通信可能な場合は大型 UAV はその端末に避難経路を送信し、通信できない場合は小型 UAV を分離し小型 UAV が被災者を避難所まで誘導する。小型 UAV 分離後、大型 UAV は BS へ移動し、燃料補充と小型 UAV を搭載し被災者の探索を再開する。被災者の誘導が完了した小型 UAV は BS へ移動し、大型 UAV に搭載されるまで待機する。

3. BS の配置設計

被災者探索効率化のため BS の配置位置を最適化する。各大型 UAV の探索領域をマス目状に区切り、各マス目の中心を BS 配置の候補地とする。担当範囲内の全地点から各候補地までの距離の和の平均が最小となる組み合わせを求め、最適配置とする。

4. 性能評価

被災者の避難完了時間を測定する計算機シミュレーションを実行する。避難所を中心とした 1 辺が 2km の正方領域を被災地域と想定する。Open Street Map が提供する地図データをもとに被災地域の交差点をノード、それらを結ぶ道路をエッジとし道路ネットワークを作成する。被災者の初期位置をいずれかのノード上に設定する。道路ネットワークから任意のノードとエッジを削除し、災害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道路の災害状況は変化しないものとする。大型 UAV は 4 機の使用を想定し、各大型 UAV に被災地域を 4 分割した正方領域を被災者探索範囲として割り当てる。被災地域に配置する避難者数を 128 人、BS の配置位置を最適配置、避難所配置の 2 通り、BS 配置数、BS への小型 UAV 配備数をそれぞれ 1~3 に変更し、各避難者の避難完了時間を大型 UAV と通信可能な被災者の割合ごとに測定する。各パターンにおいて被災者の初期位置と通行不可箇所の組み合わせを 100 通り作成し、100 通りの測定結果の累積補分布を求める。図 1 に提案方式の性能評価結果を示す。前節で提案した BS 配置法に加え、比較のため、避難所のみ BS を配置する方式 (避難所配置) を評価する。BS の配置位置が最適配置と避

難所配置の場合、それぞれにおいて、大型 UAV と携帯端末で通信可能な被災者の割合 P が 0%, 50%, 100% の場合の結果を示す。図 1(a) に大型 UAV の担当範囲に配置される BS が 3 箇所、各 BS に配備される小型 UAV 数 s が 3 の場合の結果を示す。同様に図 1(b) に BS が 2 箇所、 s が 2、図 1(c) に BS が 1 箇所、 s が 1 の場合を示す。

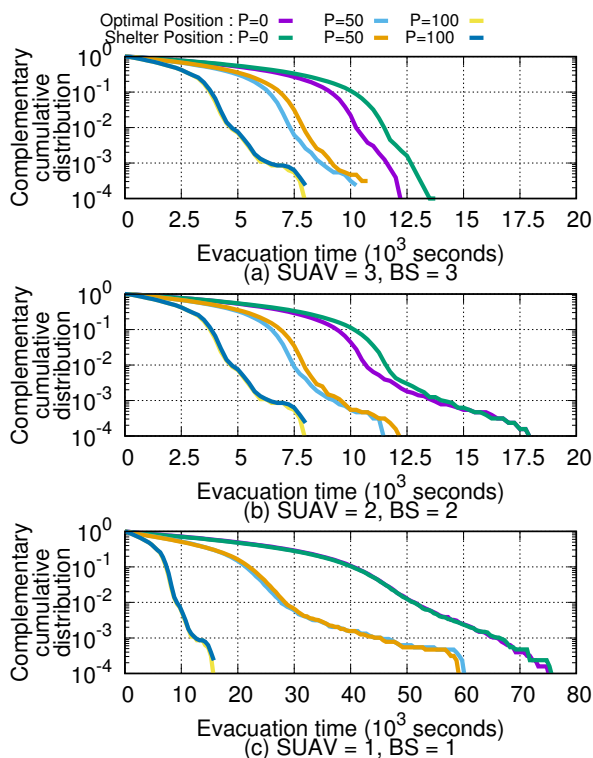


図 1: 避難完了時間の累積補分布

大型 UAV 1 機あたりの小型 UAV の同時稼働数が減少すると避難完了時間が増加する。同時稼働数が 2 機以下の場合、避難完了時間が大幅に増加する。これは大型 UAV が被災者の探索をしている間に小型 UAV が避難誘導を完了し、BS へ移動するサイクルが追いつかず、BS に小型 UAV が存在しない場合が発生するためである。小型 UAV が 6 機以上の場合、避難完了時間の大幅な短縮は見られない。想定被災地域程度の範囲で提案方式を運用する場合、小型 UAV の同時稼働数は 6 機で効率的な避難誘導が可能である。また、避難所配置よりも最適配置のほうが避難完了時間は短くなる。被災地域に BS を分散して配置することで燃料の補充や小型 UAV の再搭載の際の移動距離が短くなるため避難完了時間の短縮が可能である。今後は想定被災地域の範囲を拡大した場合の提案方式の性能評価を行う予定である。

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., An Effective Multi-UAVs-Based Evacuation Guidance Support for Disaster Risk Reduction, IEEE ICBDS 2019
- [2] 伊吹宏三郎, 上山憲昭, 災害時の複数種 UAV と携帯端末を用いた避難誘導システム, 信学会 NS 研究会, NS2022-201