

小型無人航空機を用いた大規模災害時における避難誘導の MAS による有効性検証 Effectiveness of Guiding Evacuees by UAVs Using Multi-Agent Simulation

田中 和幸[†] 古市 昌一[‡]
Kazuyuki TANAKA Masakazu FURUICHI

1. はじめに

地震や津波などの大規模災害発生時、被災地域の住民を迅速に避難させることは、人的被害を低減する上で極めて重要である。しかし H23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災では、大きな人的被害が生じた[1]。

このことから、総務省消防庁国民保護・防災部防災課が平成 25 年 3 月に取りまとめた津波避難対策推進マニュアル検討会報告書の市町村における津波避難計画指針では、津波による人的被害軽減のために、各住民の主体的行動を基本とし対策を進める必要性について言及している[2]。

本研究では、住民の迅速な避難を実施する上で必要となる情報の伝達に着目し、情報伝達手段の 1 つとして、災害時の情報収集などでの活用が期待されている安価な無人航空機(Unmanned Aerial Vehicle : UAV)を避難誘導にも導入することが効果的であると考え、UAV による避難誘導の効果マルチエージェントシミュレーション(Multi-Agent Simulation : MAS)により検証する。

2. 関連研究及び事例

現在、災害時の迅速な避難誘導実施のため、各市町村で地域の実情に適した情報伝達手段の整備が行われている。国土交通省都市局街路交通施設課では、東日本大震災の実体を踏まえ、津波避難を想定した避難路や避難施設の整備など避難誘導を必要とし、避難可能距離、避難移動手段、避難場所と避難路、避難誘導等について検討を行い、津波避難を想定した避難路や避難施設の配置など避難誘導について取りまとめを行っている[3]。さらに、千葉県及び旭市の実施した避難訓練では、上空からヘリコプタを活用した避難誘導を実施している[4]。

このような行政面での検討に加え、災害時避難を MAS により検証する研究も進んでいる。松島らは行政無線や誘導員の配置を検証できる避難者の情報伝達能力を考慮した大地震後の広域避難シミュレーションモデルを提案している[5]。また、UAV を災害時の情報収集や情報網の構築に役立てようとする研究も進んでおり、池之座らは UAV を用いた空からの情報収集及びアドホックネットワークによる情報網を用いたリアルタイム伝送による情報共有を実現し、2011 年 2 月に陸上自衛隊の装備品として初号機の納入を行っている[6]。この他にも、災害時の情報収集を目的に UAV を活用するための協定を、地方自治体と NPO 法人が締結するなど、実際の利用に向けた活動も多く行われている。

[†] 日本大学大学院生産工学研究科

Graduate School of Industrial Technology, Nihon University

[‡] 日本大学生産工学部

College of Industrial Technology, Nihon University

3. 提案方式

小型かつ安価である UAV は少人数で取り扱うことが可能な特徴を有する。このため、複数の UAV を災害時に投入することにより、情報を収集したい特定地域に適した情報が地上の状況に左右されることなく避難民に提供できると考えられる。他方、地方公共団体や地元警察及び消防署・消防団など災害発生初期に誘導などを実施する団体が UAV を利用する場合、上空から避難誘導を実施することができるようになり、誘導人員と災害現場へ急行させる必要がなくなり、誘導人員の被害を防ぐことが可能となる。

本研究では大規模災害発生時における避難誘導に UAV の利用を提案する。さらに、大規模災害発生時における避難誘導に UAV を利用した場合の有効性の検証を、高台もしくは避難所への避難を完了した避難民の数に関して、UAV 利用の有無による MAS を実施した結果を比較することにより行う。

3.1 システム概要

本研究において構築したシミュレータの概要を図 1 に示す。シミュレーション中に登場するオブジェクトとし、避難を実施する“避難民 (Evacuees)”，避難民を誘導する“UAV”及び“標識 (Signboard)”，避難先となる“避難所 (Shelter)”とする。さらに、シミュレーション対象地区の環境として道路、地形とする。道路は“ノード (Node)”と“リンク (Link)”から構成されるネットワーク構造とする。地形は経緯度 0.4 秒間隔毎に標高値を保持したメッシュ構造とする。

本シミュレータ中“UAV”及び“避難民”がエージェントとして行動する。エージェントの行動判断として、本研究室で開発した連鎖的サブゴール生成アルゴリズム CaSPA[7]を利用する。CaSPA では、エージェントの行動を TASK として定義し、TASK を実行するための条件である CONDITION が TASK に設定される。CONDITION は TRUE, FALSE, UNKNOWN の 3 状態から構成される。CONDITION に設定された値が全て TRUE となった場合 TASK が実行される。状態が FALSE もしくは UNKNOWN の場合、その状態を TRUE とするための TASK が生成される。

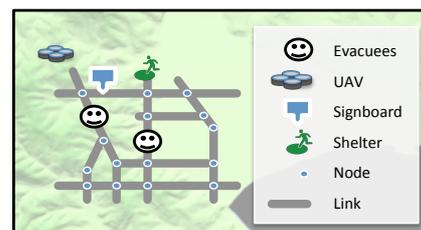


図 1 シミュレーション構成要素

3.2 エージェントの構成

避難民は他の避難民と自身の知る地図情報、避難場所についての情報交換を行いながら、高台もしくは避難所を目指し、道路上を移動しながら避難を実施する。さらに、避難行動中に発見した UAV 及び標識から、避難所の所在地に関する情報を受け取ることが可能である。なお、UAV は道路に左右されることなく飛行し、避難民に対し情報を提供する。図 2 に避難民の行動判断ルールを示す。

TASK	CONDITION	ACTION
周囲を含む安全を確保する	・自分は安全か? UNKNOWN なし FALSE 避難する	なし
	・情報を求める避難民は近くにいるか? UNKNOWN なし FALSE 情報を教える	
避難する	・避難先は決まっているか? UNKNOWN なし FALSE 安全な場所へ移動する... 他の避難民に情報を求める	移動 (避難先)
安全な場所へ移動する	なし	移動 (避難先)
他の避難民に情報を求める	・周りに他の避難民はいるか? UNKNOWN なし FALSE 移動する...	情報要求 (周囲の避難民)
移動する	なし	移動 (移動先)
情報を教える	なし	情報送信 (送信相手)

図 2 避難民の行動判断ルール

4. 試作システムによる実験及び結果

本研究では、災害時における避難誘導に UAV を利用した際の有効性を検証するため、試作したシステムを用いた MAS による実験を、岩手県陸前高田市を対象とし、陸前高田市の東日本大震災前における人口 7601 人の約 10% に当たる 760 エージェントでシミュレーションを実施した。本実験では、東日本大震災における津波の最高遡上高である 40.1m 以上の高台及び避難所への避難を実施し、避難達成人数による比較を行った。なお、避難民の移動速度は 0.6m/s とした。表 1 に UAV 投入数別のシミュレーション結果を、図 3 に UAV 投入台数別の避難完了者割合、図 4 に UAV 投入台数別の避難距離を示す。

表 1 に示す実験結果から、UAV 投入台数の増加に伴い、避難完了者割合の増加、避難に係る移動距離の減少などが確認され、UAV を用いた避難誘導の有効性が確認できた。

表 1 UAV 投入台数別実験結果

	UAVによる誘導						
	無し	1機	2機	3機	4機	5機	6機
避難完了者割合 [%]	54.61	55.66	58.16	63.68	67.89	69.08	69.34
平均避難完了時間 [min]	19.36	18.78	18.32	19.15	19.06	19.27	18.94
避難成功者の平均移動距離 [m]	1150.38	1118.18	1092.06	1141.01	1137.80	1150.78	1129.92
全体平均移動距離 [m]	1424.40	1400.12	1368.87	1368.92	1339.40	1341.61	1324.57

避難完了者割合[%]

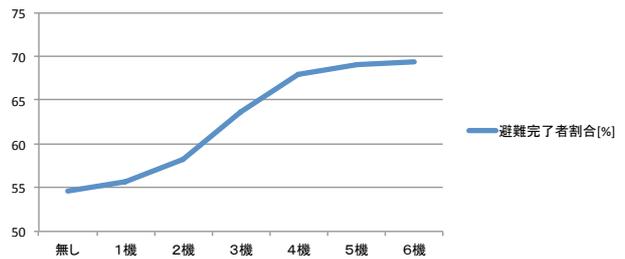


図 3 UAV 投入台数別避難完了者割合

平均移動距離[m]

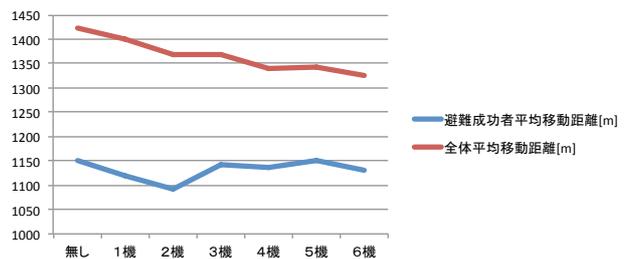


図 4 UAV 投入台数別避難距離

5. おわりに

本稿では UAV を用いた大規模災害発生時における避難誘導の提案と背景となった関連研究について説明した後、避難誘導に UAV を導入することによる有効性検証について述べた。今後は UAV を用いた避難誘導を実際に実施する場合の手法を検討するとともに、UAV による避難民の誘導実験を行い、本シミュレーション結果の精度向上を図る予定である。

参考文献

- [1] 内閣府ホームページ <http://www.bousai.go.jp/kohou/kouhoubousai/h24/67/past.html>, (2014.10.21 参照)
- [2] 総務省消防庁国民保護・防災部防災課：津波避難対策推進マニュアル検討会 報告書，第 2 章 市町村における市町村における津波避難計画策定指針，平成 25 年 3 月 http://www.fdma.go.jp/neuter/about/shingi_kento/h24/tsunami_hinan/houkokusho/p02.pdf, (2014.10.21 参照)
- [3] 国土交通省都市局街路交通施設課：津波避難を想定した避難路、避難施設の配置及び避難誘導について(第 3 版)，平成 25 年 4 月 <http://www.mlit.go.jp/common/000233464.pdf>, (2014.10.21 参照)
- [4] 総務省消防庁国民保護・防災部防災課：津波避難対策推進マニュアル検討会 報告書，参考資料 16 ヘリコプタを活用した避難を促す広報(千葉県)，平成 25 年 3 月 http://www.fdma.go.jp/neuter/about/shingi_kento/h24/tsunami_hinan/houkokusho/p04-7.pdf (2014.10.21 参照)
- [5] 松島弘，アランニャ・クラウド，狩野均，"避難者の情報伝達能力を考慮した広域災害避難シミュレーション"情報処理学会研究報告. MPS, 数理モデル化と問題解決研究報告 2014-MPS-100(7), 1-6, 2014.09
- [6] 池之座将太，大津文隆，古川徹，佐藤則道，"空から情報を収集する小型無人航空機システム"，日立評論 94(9), 658-661, 2012.09
- [7] K.Kuramoto, M.Furuichi: FUSE:A Multi-Agent Simulation Environment Proc. of the 2013 Winter Simulation Conference, pp.3982-3983, 2013.12