

UAV を活用した避難誘導支援システムの設計と試作 Design and Implementation of Evacuation Guidance Support System using UAV

高橋 秀幸^{†,‡} 片山 健太[‡] 横田 信英[†] 杉安 和也^{††}
Hideyuki Takahashi Kenta Katayama Nobuhide Yokota Kazuya Sugiyasu

北形 元^{†,‡} 木下 哲男^{†,‡}
Gen Kitagata Tetsuo Kinoshita

1. はじめに

大地震による津波、集中豪雨などの自然災害発生時には、平時の屋内外の状況が一変するため、突発的に発生する予測困難な災害への対応が難しい。近年、避難行動を支援するために、避難誘導用標識や電光表示板が設置されているが、広範囲に多数設置するためには莫大な費用が必要であり、また、地域によっては、設置時に景観を考慮する必要がある。さらに、大災害時には、倒壊、火災、土砂崩れ、液状化現象などによって平時の屋内外の状況が一変し、平時に想定された避難経路や避難場所が利用できず、避難者に適切な避難情報を提供することができない可能性がある。一方、センサ技術、通信技術の発展により情報通信技術 (ICT) を活用した様々な防災・減災対策システムが開発されている。我々は、ロボット、家電、センサ、携帯端末などの Internet of Things (IoT) デバイスが協調・連携を行いながら被害状況を把握し、状況に応じて津波からの避難経路を導出することで、迅速な避難誘導を支援するエージェント型 IoT デバイスの連携による避難誘導支援システムの開発に取り組んでいる [1]。本稿では、UAV (Unmanned Aerial Vehicle) を活用した避難誘導支援に焦点を当て、複数の UAV が協調しながら避難所までの誘導を行う沿岸部地域向け避難誘導支援システムの設計と試作について述べる。

2. 関連研究

ICT を活用した防災・減災対策に関する様々な研究が盛んに行われている。例えば、人口密度の高い大都市や観光地などの混雑地域を対象として、災害時の混雑情報から避難に要する所要時間と避難所の収容数の問題を解決する手法 [2] や避難者の携帯端末を利用したすれちがい通信によって通行不能の情報などを共有し、避難誘導のための避難経路を決定する研究 [3] などがある。また、UGV (Unmanned Ground Vehicle) や UAV などを用いた避難誘導支援に関する研究がある [4-6]。加えて、災害状況視察や被害状況調査などへの活用を目指した UAV における自律飛行のためのパスプランニングに関する研究が行われている [7]。

既存研究では、人口密度の高い地域を対象とし、スマートフォンなどの携帯端末による避難誘導支援の試みが多い。また、UAV の活用では災害発生後の状況調査に向けた試みが多い。一方、人口密度が低く、津波の恐れがある沿岸部地域では、少子高齢化の地域が多く、携帯端末を使いこなせる利用者が少ないという問題がある。さらに、地元住民や土地勘のない観光客が地震発生時に避難誘導用標識などを見つけれず、避難所の場所や安全な方向がわからないため避難が遅れる場合がある。そのため、沿岸部地域における避難誘導支援では、避難対象者による携帯端末の利用を前提としない、新たな避難誘導支援機能が必要となる。

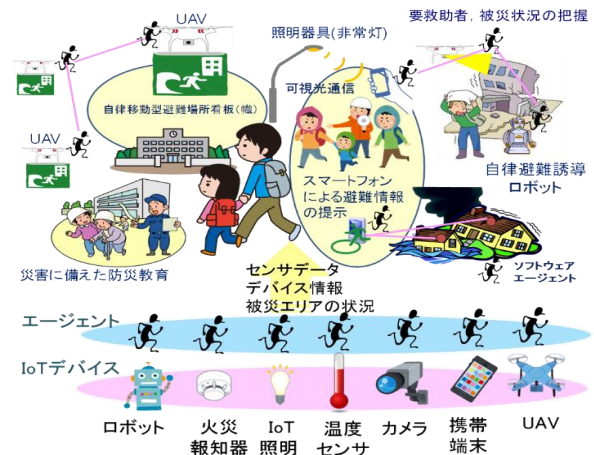


図 1 AIoT に基づく避難誘導支援システム

3. UAV を活用した避難誘導支援システム

自然災害、二次災害の状況と地域の特性を考慮し、迅速かつ柔軟な避難行動支援の実現を目的として、IoT 機器同士が自律的に連携しながら災害の状況および避難行動要支援者の状況を把握し、さらに SNS (Social Networking Service)、過去の災害アーカイブを活用しながら避難行動支援を行う避難誘導支援システムの開発に取り組んでいる。図 1 に、本提案システムの概要を示す。本システムの基本概念は、エージェント技術を適用することで IoT デバイスの知能化を行ったエージェント型 IoT (AIoT) デバイスを構成要素とし、その AIoT デバイスが相互に協調・連携することで、被災状況に応じた避難行動の支援を行う。本稿では、沿岸部地域の津波からの避難の際に、視認性の高い避難場所案内看板(幟)を取り付けた複数台の UAV が連携し、地元住民や土地勘のない観光客を二次災害 (火災や家屋倒壊など) や津波の危険性のある箇所を避けながら避難場所まで誘導する、または、要救助者の把握へ切り替えるといった、UAV 群の連携による避難誘導支援のための (1) 避難誘導プラン生成と経路選択、(2) 複数の UAV の協調による避難誘導機能について述べる。

(1) 避難誘導プラン生成と経路選択

危険場所の情報から得られた災害現場の状況に基づき、標識を取り付けた UAV が避難場所まで避難誘導を行う際のパスプランニング (避難誘導経路) の生成を行う。本機能では、センサデータや被災エリアの状況、標高や避難所までの距離などに基づき、避難者のための安全な避難誘導経路の決定を行う。具体的には、二次災害箇所と経路との距離、各地点の標高、海岸線からの距離、避難所までの所要時間、道路以外に人が通ることが可能な公園などの敷地を

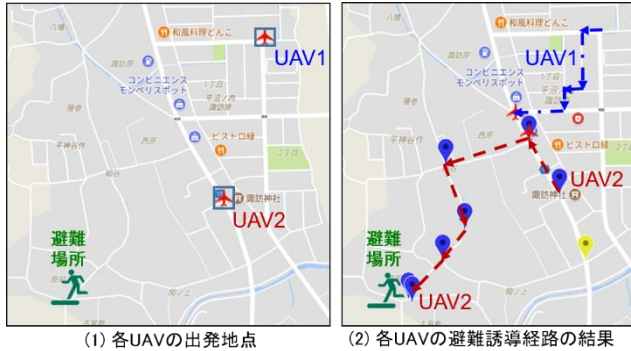


図2 UAVによる避難誘導プラン生成と誘導の例

考慮した経路を生成する。経路は、複数生成され、その中から適切な経路をエージェントが選択する。また、二次災害発生に応じて、避難誘導中にも再度プラン生成を行う。

(2)複数の UAV の協調による避難誘導機能

各 UAV は、位置情報やバッテリー残量などの情報、避難誘導経路、誘導中の避難者数などのやり取りを行う。例えば、飛行中の2台の UAV 間の距離が近づき、途中から同じ経路で誘導を予定している場合には、どちらかの UAV に避難誘導を委託し、もう1台の UAV は、他の場所の避難誘導、危険な箇所の経路付近で通行禁止の標識を示す役割(タスク)や要救助者の探索など他のタスクを行う動作に切り替えることで効果的な避難誘導支援を行う。

4. 設計と予備実験

避難場所までの避難誘導を行う避難誘導プラン生成と経路選択および避難誘導支援機能、UAV による夜間の要救助者検出機能の試作と実証実験フィールドにおける予備実験を行った。以下、試作と予備実験の概要について述べる。UAV の自律飛行制御には、DJI Mobile SDK を用いた。Android OS 上から UAV の飛行制御機能を開発し、その機能を用いて、シミュレーション実験と実環境上での UAV の自律飛行制御を行う実験を行うことが可能である。

(1) 避難誘導プラン生成と避難誘導支援機能の試作

地図上の UAV の現在地(図 2(1))から目的地(避難場所)までの避難誘導プランをエージェントが導出するシミュレーション実験では、2台の UAV(UAV1 と UAV2)が別々の地点から避難場所までのプラン生成と避難誘導を行う。具体的には、現在地点から避難所、一時避難所までの経路上の複数の通過ポイントを避難誘導エージェントが導出することで決定する(図 2(2))。実験より UAV1 と UAV2 の協調により、途中からバッテリー残量の多い UAV2 に避難誘導を依頼するという避難誘導支援が可能であることを確認した。

(2) UAV による光を利用した要救助者検出機能の試作

夜間、要救助者が携帯端末の可視光(光)を UAV に向けて振りかざすことで、UAV が周辺を探索しながら人などによって動いている光か、照明等の動かない光かを判別しながら、人の可能性が高い場合には、光に近づき映像を転送する(図 3(1))、そして、照明等の動かないモノの可能性が高い場合には、他の光を探しながら探索する(図 3(2))機能を試作し、AR. Drone 2.0 を用いて動作検証を行った。

(3) 実証実験フィールド(いわき市)における予備実験

図 4 に予備実験の様子を示す。図 4(1)において、エリア B から A に避難する際の UAV(DJI Phantom 4)に取り付けた標識の視認性と標識の素材(図 4(2))、飛行安定性(図 4(3))に



(1) 人が携帯端末を振る場合

(2) 携帯端末のみ場合

図3 可視光を利用した要救助者検出機能の試作



(1) 実証実験フィールド(薄磯海岸)

(2) 標識の例

(3) 飛行の様子

図4 実証実験フィールドにおける予備実験

ついて検証を行った。日中の視認性を確認することができたが、標識を取り付けた UAV の飛行安定性が課題である。また、現在、LED ストリップライトなどを用いて、日中・夜間の視認性を考慮した標識の検討と試作を行っている。

5. おわりに

本稿では、複数の UAV を活用した沿岸部地域向け避難誘導支援システムの概要について述べた。試作および予備実験から本システムの実用可能性について検証を行った。今後は、実環境における複数の UAV を用いた実験を行う。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 二国間交流事業共同研究、JSPS 科研費 16K00118, 16K00292 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] K. Katayama, H. Takahashi, S. Yokoyama, K. Gäfvert, T. Kinoshita, "Evacuation Guidance Support Using Cooperative Agent-based IoT Devices," Proc. of the 6th IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2017), pp.98-99, Oct. (2017).
- [2] 梅木寿人, 中村優吾, 藤本まなと, 水本 旭洋, 諏訪博彦, 荒川豊, 安本慶一, "災害時の混雑情報を考慮した避難場所決定手法の提案," 情報処理学会研究報告, Vol.2018-MBL-86, No.20, pp.1-8, Feb. (2018).
- [3] A. Fujihara and H. Miwa, "Real-time Disaster Evacuation Guidance Using Opportunistic Communications," Proc. of 2012 IEEE/IPSJ 12th International Symposium on Applications and the Internet, pp. 326-331, July (2012).
- [4] S. Zhang and Yi Guo, "Distributed Multi-Robot Evacuation Incorporating Human Behavior," Proc. of the 2013 10th IEEE International Conference on Control and Automation (ICCA), pp. 864-869, June (2016).
- [5] M. Xiong, D. Zeng, H. Yao and Y. Li, "A Crowd Simulation based UAV Control Architecture for Industrial Disaster Evacuation," Proc. of the 2016 IEEE 83rd Vehicular Technology Conference, May (2016).
- [6] 田中和幸, 古市昌一, "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," 第 14 回情報科学技術フォーラム(FIT2015)講演論文集, O-021, No.14, Vol. 4, pp. 473-474, Sep. (2015).
- [7] D. Budaev, K. Amelin, G. Voschuk, P. Skobelev, N. Amelina, "Real-time task scheduling for multi-agent control system of UAV's group based on network-centric technology," Proc. of the 2016 International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT), pp.378-381 (2016).