

沿岸部地域向け避難行動支援システムの試作と実験

- 福島県いわき市薄磯地区を事例として -

高橋 秀幸[†] 片山 健太[‡] 横田 信英[§] 杉安 和也^{||}

東北学院大学教養学部[†] 株式会社日立システムズ[‡]

東北大学電気通信研究所[§] 東北大学災害科学国際研究所^{||}

1. はじめに

近年、大地震による津波、集中豪雨などの未曾有の天災が多発している。自然災害の発生時には、建物内の損壊、家屋の道路上への倒壊、火災などによって平時の屋内外の状況が一変する場合がある。そのため、突発的に発生する予測困難な災害に備えた避難行動支援を検討する必要がある。本研究では、地震発生後の津波からの避難行動支援を対象とし、沿岸部地域において、Unmanned Aerial Vehicle (UAV)、センサ、携帯端末などのIoT機器が状況に応じて協調・連携し、迅速な避難誘導を支援するエージェント型避難行動支援システムの開発を行っている。

本稿では、要避難者に対してUAVが避難所まで誘導する避難行動支援システムの概要と各種機能について報告する。また、UAVを活用した住民参加型避難訓練の実施についても報告する。

2. 関連研究と技術的課題

本研究では、津波発生時の避難者の安全な避難誘導と消防車等によって見回りや広報活動を行う消防団員の安全確保を目的として、複数のUAVが災害状況に応じて避難所まで自律飛行しながら誘導する機能の実現を目指している。例えば、災害時の自走・自律飛行ロボットを用いた避難誘導支援に関する研究として、避難誘導にUAVを用いた際の有効性検証に関する研究[1]があるが、変化する災害状況に応じた避難誘導が行えないという問題がある。また、マルチロボットの連携による屋内の避難誘導に関する研究[2]があるが、各ロボットの稼働時間や突発的な不具合などが考慮されておらず、マルチロ

ット全体として効率的な避難誘導が行えないという問題がある。さらに、協調ドローン(UAV)による避難誘導支援システムに関する取り組み[3]があり、人が装着したARマーカをUAVが認識することで避難誘導の実現を目指している。本研究では、土地勘がなく観光やレジャーを目的とした来訪者なども対象としているため事前にARマーカなどの装着を依頼することが難しい状況がある。そこで、本研究では、避難標識を搭載したUAVが避難所まで誘導するエージェント型UAV群による避難誘導支援機能を提案する。



図1. エージェント型避難行動支援システムの概要

3. UAV群による避難誘導支援

本提案の概要を図1に示す。本提ではUAVを含めたIoTデバイスとそれらを制御および管理するエージェント群が自律的に連携を行うことで避難行動支援を提供する。本稿では、主にUAV群による避難所までの避難誘導支援機能について紹介する。避難誘導支援機能は、(S1)エージェントによるUAVの避難誘導プラン生成と選択機能、(S2)協調機能から構成される。S1では、UAVが避難誘導を行う際、避難所までの経路の導出を行う機能である。具体的には、IoTデバイスから収集した災害状況、経路の標高、海岸線からの距離といった地域の特性などに基づき、複数の避難誘導経路(プラン)から優先度が高く安全と思われる経路を導出する。S2では、UAVのエージェント同士が避難誘導支援を行ったエリアや避難者探索を行ったエリア、バッテリー残量などのデータの共有を互いに行うこと

Implementation and Experiment of Evacuation Guidance Support System for Coastal Area - A Case Study of Usuiso District in Iwaki City, Fukushima Prefecture -

Hideyuki Takahashi[†], Kenta Katayama[‡], Nobuhide Yokota[§], Kazuya Sugiyasu^{||}

[†]Faculty of Liberal Arts, Tohoku Gakuin University

[‡]Hitachi Systems, Ltd.

[§]Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

^{||}International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

で各 UAV の動作指針の決定を行う。具体的には、各 UAV が避難誘導を行う役割、危険な地点を避難者が通過しないよう通過禁止を示す役割、海岸付近の要避難者の探索を行う役割といった各種基本となる動作指針を他の UAV の状況を考慮しながら決定する機能である。以上より UAV 群による安全な避難誘導に加えて、支援対象エリアの効率的な避難誘導支援の実現を目指す。



図 2. UAV による避難誘導経路のシミュレーション実験

4. シミュレーション実験による効果検証

我々は、福島県いわき市薄磯海岸エリアを実証実験フィールドとした避難行動支援システムの開発を行っている。そこで、本提案機能の効果を検証するため、薄磯海岸エリアを想定したシミュレーション実験を行った。まず、(S1)エージェントによる UAV の避難誘導プラン生成と選択機能に基づく避難誘導実験の結果を図 2 に示す。図 2(a)は、UAV が避難誘導開始点から複数の避難誘導プランを生成後に選択した結果である。その後、UAV が避難誘導を開始し、途中で二次災害が発生すると、二次災害を避けて新たな経路を導出することができた(図 2 (b))。以上から災害状況や地域の特性に応じた避難誘導機能の基本動作および効果を確認することができた。

次に、UAV 群による避難誘導の実験を行った。本実験では、沿岸部エリアに 5 名の要避難者を 2 台の UAV が避難誘導支援を行う。その際に、避難誘導支援を行った沿岸部エリアのカバー率(図 3(a))と避難誘導を行った人数(図 3(b))を確認した。本手法 (S1 と S2) は、避難誘導後、再度、要避難者探索を行い、発見後に避難誘導を行う。一方、本手法の S2 なしの場合、避難誘導後、沿岸部エリアをランダムに飛行し、要避難者発見後に避難誘導を行う。実験結果より本手法では、協調機能によって 1000s で全員を誘導し、1300s でエリア全体の探索が可能となった。

以上の実験結果より本手法の各機能によって、危険を避けながら要避難者を避難所まで誘導し、UAV が協調することで効率良く沿岸部エリアの要救助者探索が可能であることを確認した。

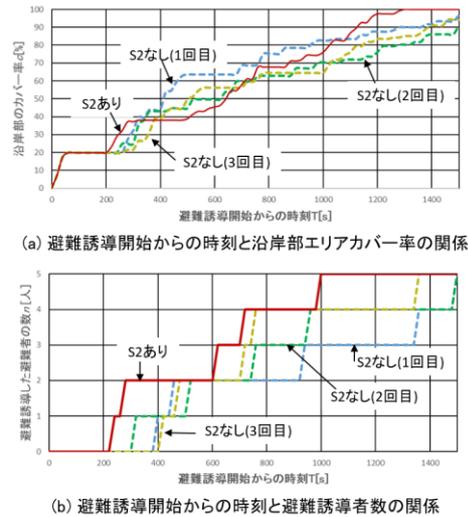


図 3. 複数の UAV による避難誘導支援の実験結果

5. いわき市薄磯地区における避難訓練

実機を用いた本手法の動作検証、避難標識を搭載した際の飛行安定性、視認性の検証に加えて、消防団員および消防車と連携し、UAV のカメラ映像を活用した見回り活動を薄磯地区の避難訓練時に実施した。消防団員が UAV の見回り映像を確認しながら要救助者を発見後(図 4(a))、消防車に位置を連絡しながら救助指示(図 4(b))を行うといった一連の救助活動が可能であった。

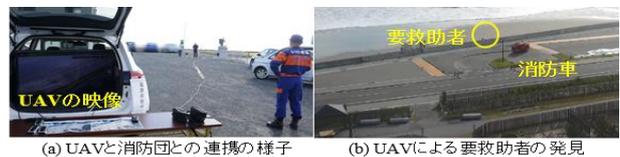


図 4. 避難訓練時の UAV を活用した見回り活動の様子

6. おわりに

本稿では、開発中の避難行動支援システムの概要と UAV の支援機能について述べた。今後は、標識を搭載した UAV の飛行安全性を検証した上で、避難訓練時に誘導機能の運用を検討する。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 18KT0011 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 田中 和幸, 古市 晶一, “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,” FIT2015 (第 14 回情報技術フォーラム), pp.473-474, Sep. 2015.
- [2] S. Zhang and Y. Guo, “Distributed Multi-Robot Evacuation Incorporating Human Behavior,” Proc. of the 2013 10th IE EE International Conference on Control and Automation (ICCA2013), pp.864-869, June 2013.
- [3] 鈴木 学, 浜 克己, 中村 尚彦, “協調ドローンを用いた避難誘導支援システム,” 計測自動制御学会論文集, Vol. 56, No.1, pp.24-30, Feb. 2020.