

## 移動エージェントを搭載した UAV による災害避難支援システムのシミュレータ開発 Development of a Simulator for a Disaster Evacuation Support System using UAVs Equipped with Mobile Agents.

関口 雄太<sup>†</sup>      加藤 利康<sup>†</sup>      神林 靖<sup>‡</sup>  
Yuta Sekiguchi    Toshiyasu Kato    Yasushi Kambayashi

### 1. はじめに

日本は災害の多い国であると言われている。とくに山間部などの過疎地は、インフラや人手などの不足のような地域の特徴が避難行動を困難にしていると考えられる。そこで、災害時を想定した避難支援として、複数の無人航空機(UAV: Unmanned Air Vehicle)を利用する研究が活発である。災害に伴い、情報インフラが麻痺することを想定して、移動エージェントを搭載した UAV でアドホックな通信網を構築することで自動航行を可能とする研究がある。その中で、モバイルアドホックネットワーク(ANET)を用いた環境を想定して、移動エージェントによる効率的な避難支援をする方法が研究されてきた。

しかし、それらの避難支援システムでは、誘導経路を導き出すアルゴリズムの効率については言及されていなかった。そこで、アルゴリズムの改良により、システムの効率を改善できると考えた。本稿では、提案するアルゴリズムの実現可能性を検証するために用いる実験環境のツールとして GUI シミュレータを開発し、UAV の移動を視覚的に観察することを可能にした。

### 2. 関連研究

Katayama らは、UAV を用いた効果的な避難誘導支援の研究をしている。避難誘導する優先順位を、優先度を数値化することで導出する避難支援方法を実施している[1]。優先度 $priority$ を以下の式(1)で定義した。このうち、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ は任意の係数であり、 $d_d$ は経路と二次災害との距離、 $t$ は避難所までの移動時間を示す。また、 $d_{hc}$ は平面図上における 1 地点における標高 $h$ と海岸線 $d_c$ からの距離を掛け合わせる。この研究は、海岸部の地域を想定して、津波の危険性を考慮した優先度を導出している。UAV の持つ機能に合わせて7つのエージェントにより構成されている。

$$priority = \alpha d_d + \beta t + \gamma d_{hc} \quad (1)$$

Taga らはマルチエージェントアプローチによる避難支援システムを提案した。被災者の持つモバイル端末同士でアドホック通信網を構築した[2]。各々の端末にいるエージェントが、自身の目的地の方向にある端末をたどりながら各端末の情報を収集し、移動履歴をもとに元の端末の場所に戻ってくるシステムであった。

Tago らは、優先度を用いた避難支援システムを再構築し山間部での運用に適応させて[3]、避難支援のあり方について考案した[4]。加えて、群馬県安中市での運用を想定して、避難支援に必要な UAV と救助できる人数をシミュレートした[5]。このシミュレートでは山村部にある2つの避難所

間に、20カ所の UAV 巡回ポイント(以降はポイントと記載)を設けて、UAV によりアドホックな通信網を構築することを想定している。

### 3. 避難支援システムの概要

本研究は、UAV 群を移動エージェントで制御して自動航行をしながら避難支援を行うシステムの研究である。対象のシステムには「UAV を用いた山間部における効率的な災害避難支援の研究」において Tago が提案した避難支援システムを選定した。

この避難支援システムでは山村部にある複数の避難所を設定し、それらを結ぶ複数カ所のポイントを図 1 のように設けて、UAV によりアドホックな通信網を構築する。

UAV には情報収集と避難誘導の 2 種類の役割があり、最低 2 機の編成で運用する。情報収集用の UAV は被災者の探索をして情報を集め、避難誘導用の UAV は被災者の誘導を行う。情報収集用の UAV は集めた情報を元に誘導をする優先度を更新し、通信可能な距離に接近した UAV に避難情報を送る。同時に避難誘導用の UAV から情報収集用の UAV に通ってきたポイントの情報が送られる。この時、前者を UAV1、後者を UAV2 とし、図 2 のように構成した。

UAV1. この UAV は情報収集用の UAV であり、2つの避難所間をほぼすべてのポイントを通るように飛行して、UAV2 が避難誘導をするための災害情報を集める。各ポイントにおける優先度 $priority$ を求め、これを用いて移動経路を決める。

UAV2. この UAV は被災者探索用 UAV であり、被災者の避難経路を生成し、被災者についてくるように指示を出し、避難所までの誘導を行う。同時に、避難者が持つスマートフォン端末から発信する電波を用いた被災者の発見や、通信パケットをリレーするルーターやリピーターの役目も担う。

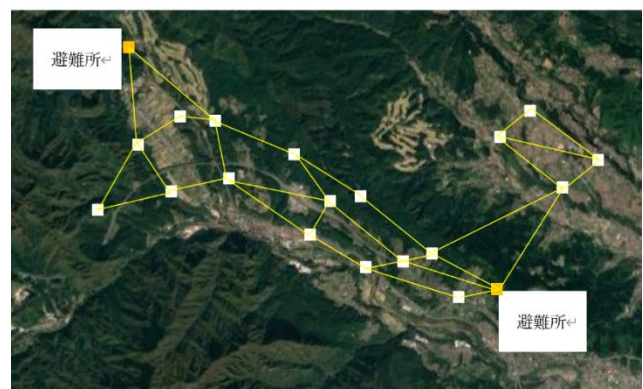


図 1 運用する地域に設定する UAV 巡回ポイントの例

<sup>†</sup> 日本工業大学 Nippon Institute of Technology

<sup>‡</sup> 山口東京理科大学 Sanyo-Onoda City University

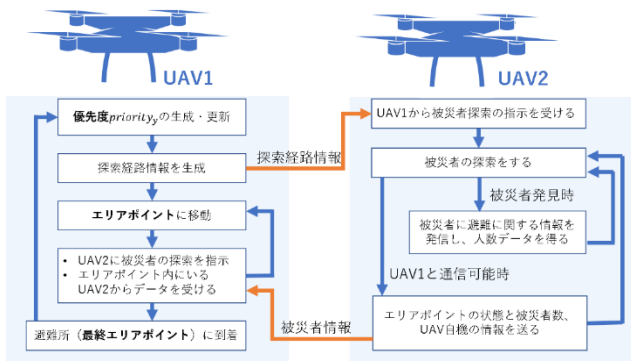


図 2 避難支援システムの構成図

#### 4. 実装

本研究の実験に用いるツールとして、Unity 上で GUI シミュレータを作成した(図 3)。Tago による「UAV を用いた山間部における効率的な災害避難支援の研究」では、群馬県安中市での運用を想定して、時間制限として誘導を KO 試みる回数に 8 回の制限を加えた場合のシミュレート実験が行われた。本稿でも同じ設定でシミュレートを行い、同じ結果を得られたことにより、提案されたシステムを再現したことを確認した。

このシミュレーションでは、2 つの避難所、20 カ所のポイント、ポイント同士を結ぶ通路を設定した。ポイント同士を結ぶ通路は、人を誘導しながら航行するため、人が通行可能な道路がなければならない。ここでは便宜上、近隣のポイント同士を結ぶ道路が存在する場合は、そのポイント間を直線的に移動できるものとしている。

本稿で作成したシミュレータの誘導後の、取り残された被災者の人数を表 1 に示す。避難支援を始める前の状態の優先度を Tago が実験したときと揃えて実行したところ、誘導者数が同じ結果になったため、シミュレーション環境を再現できたと言える。

また、表において、ポイント 8 からポイント 10 は避難誘導の前後で人数の変化がない。これは、該当するポイントで誘導が行われなかったためである。限られた時間の中で、より多くの誘導を行う方法として、経路計画のアルゴリズムの改良が挙げられる。

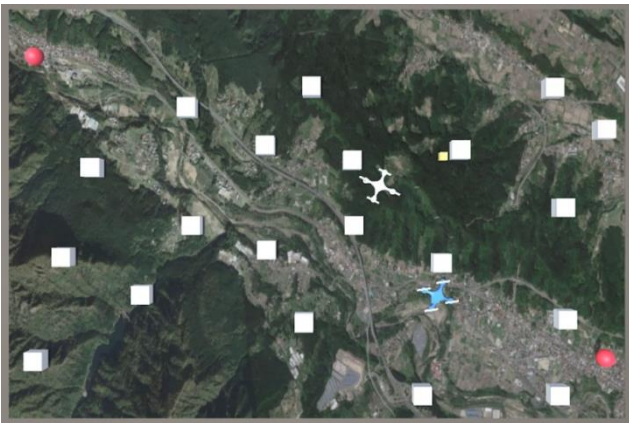


図 3 制作したシミュレータの実行画像

表 1 誘導前と誘導後の各ポイントの滞在人数

ポイント	誘導前	誘導後
1	15	1
2	30	1
3	0	0
4	0	0
5	25	6
6	30	0
7	0	0
8	10	10
9	25	25
10	5	5
11	40	1
12	35	2
13	0	0
14	0	0
15	0	0
16	12	0
17	20	1
18	25	0
19	32	1
20	45	2

#### 5. まとめ

シミュレータは視覚的に観察したところ、遠回りをしたり、同じポイントを何度も訪れたりするような無駄な行動は見られず、経路が収束していることに気が付いた。今回設定したポイント数がと少ないため、Tago の設定した条件下での最適化ははされていると考えられる。また、本稿のシミュレータを、専門的な知識を持たない第三者に観察してもらったところ、「数字だけより映像ありの方が分かりやすい」という意見があった一方で、「動きのイメージがしづらい」という意見もあった。各々の UAV が何をしているのか随時表示するなど、状態を観察できる機能の必要性が考えられた。

今後の展望として、実機への実装を見据えたシミュレータが必要である。より現実に即した環境を設定する。

#### 参考文献

- [1] K. Katayama, H. Takahashi, N. Yokota, K. Sugiyasu, G. Kitagata, and T. Kinoshita, "An Effective Multi-UAVs-Based Evacuation Guidance Support for Disaster Risk Reduction," Proceedings of 2019 IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing, pp.1-6, 2019.
- [2] S. Taga, M. Takimoto, and Y. Kambayashi, "Multi-Agent Approach for Evacuation Support System," Proceedings of 9th International Conference on Agents and Artificial Intelligence, vol.2, pp.220-227, 2017.
- [3] M. Tago, and Y. Kambayashi, "Research on efficient disaster evacuation support in mountainous areas using UAV," Research on Efficient Disaster Evacuation Support in Mountainous Areas, 2020.
- [4] Ituki Tago, Naoto Suzuki and Y. Kambayashi; A Proposal of Evacuation Support System with Redundancy Using Multiple Mobile, Proceedings of the Thirteenth KES International Conference on Agent and Multi-Agent Systems: Technologies and Applications, Advances in Intelligent Systems and Computing Volume 296, Springer, pp.47-56, Jun.2019
- [5] Yasushi Kambayashi, Itsuki Tago, Takimoto Munehiro. "A Multi-Agent Approach for Evacuation Support in Mountainous Areas Using UAV," Proceeding of the 19th International Conference on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems", LNAI 12946, Springer, pp. 127-138 Oct. 2021.