

小型無人航空機を用いた避難誘導システムの構築 A Development of Evacuation Guidance System Using Small UAVs

田中 和幸[†] 小林 篤史[†] 杉沼 浩司[‡] 古市 昌一[‡]
Kazuyuki Tanaka Atsushi Kobayashi Koji Suginuma Masakazu Furuichi

1. はじめに

地震や津波などの大規模災害発生時には、被災地域の住民に対して迅速な情報の提供と避難誘導を実施することが、住民の迅速な避難の実現と、人的被害を低減する上で極めて重要な要素である。しかし、大規模な地震・津波災害発生時には、道路などの社会インフラに深刻な被害が生じ、避難誘導を実施する際の大きな障害となることが予想される。さらに平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震と地震に伴う津波により、避難誘導を実施する警察や消防、地方公共団体の担当人員へ被害により、多数の死傷者が生じた[1]。また、被災地域の情報源である市庁舎などの被災により、情報発信が行えない状況が発生した。このため、避難民への迅速な情報提供と避難誘導において、交通網への被害に左右されず、かつ、誘導に対応する人員を危険地域から遠ざけるための手法が必要であると考えられる。

本研究では、大規模災害発生時において重要な情報の提供と避難の誘導を実施する人材及び設備を被災による喪失からの保護、及び、障害の発生が予想される交通網の障害を回避し、誘導などを実施するための避難誘導システムを提案する。本システムでは GNSS 信号及び Wi-Fi 信号を利用し、編隊規模での行動を行う小型無人航空機群を用いた避難誘導システムの提案構築と、その有用性について実飛行とシミュレーションにより検証を行った。

2. 関連研究及び事例

災害発生時における迅速な情報の提供や避難誘導を実施するため、内閣府事務局中央防災会議や国土交通省、気象庁、各地方公共団体において、災害時における避難についての法的整備や、避難施設の整備などが実施されている。

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についての検討を行っている[2]。一方、内閣府中央防災会議の策定している平成 28 年防災基本計画においても、災害応急対策とし、災害発生直前の警報等の伝達等の災害未然防止活動を実施するものとしており、国及び地方公共団体は、災害発生の兆候が把握可能な災害について、それを把握した場合、その情報や警報などを住民等に迅速かつ確実に伝達するものとしている。

このような行政面での政策検討に加えて、災害発生時における避難誘導や情報伝達に関するシミュレーションの研究も進んでいる。松島らは避難民に対する情報提供や誘導について、その配置による影響を考慮した大規模地震後における広域シミュレーションモデルの提案を行っている[3]。さらに、災害時における小型無人航空機の活用について、

池之座らは上空からの情報収集及び情報共有網の構築について発表しており、陸上自衛隊へ小型無人航空機の納入を行っている[4]。この他にも、NPO 情報セキュリティ研究所ではカメラやスピーカ、救命具を搭載することが可能な消防活動用小型無人航空機の開発[5]などが行われており、小型無人航空機の災害支援利用に関する研究が進んでいる。

3. 提案方式

小型無人航空機はその取扱が容易かつ安価であることを特徴とし、複数機の小型無人航空機を現場へ投入することが可能である。このため、避難誘導に必要な装備を個々の小型無人航空機へ搭載し、避難誘導を実施するためのユニットとして運用することで柔軟な避難誘導を現場単位で実現することが可能であると考えられる。

個別の装備を持つ本機をユニットとして活用し、被災現場へ投入することにより、地上状況に左右されることのない情報収集活動が行えることはもとより、誘導人員を安全な後方へ配置し、安全圏から最新の情報に基づいた避難誘導を避難民に対し実施することが可能と考える。

本研究では、本機を用いた避難誘導の有効性検証を先行研究においてマルチエージェントシミュレーションにより実施した[6]。シミュレーションでは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、小型無人航空機利用の有無による実施結果を比較することにより行った。避難誘導システムの構築には Erle Robotics 社の Erle Copter を利用し、その行動制御には Dronecode project の Dronekit を用いて、避難誘導システムの試作を実施する。

3.1 システム概要

本システムでは小型無人航空機として、Erle Robotics 社の Erle Copter を使い、搭載されている同社 Erle Brain2 で本機の制御を行う。システム構成を図 1 に示す。本システムにおける本機には、ユーザからの命令を直接受信し、ユニット各機へ司令を伝達する Master と、Master からの命令を受信し、自機に割り当てられたミッションを実行する Slave に区分される。Master 機と Slave 機は Wi-Fi による TCP コネクションを確立し、命令の授受を行い、Master 機のみユーザ PC から命令の受信を行う。Erle Copter は Erle Brain2 によりコントロールされ、Master 機の場合はユーザ PC から、Slave 機の場合は Master 機から Wi-Fi を用いて命令を受信、受信した命令に基づく動作を、Erle Copter へ伝達し、実行する。

Master 機は DHCP 機能を持ち、配下 Slave 機へ IP の割り振り、位置情報及び Master と各 Slave 機の相対距離の管理、次点での行動の指示を行う。この際、Slave 機の位置情報は各機 GPS による位置情報を、Master 機と Slave 機の相対距離は、Master 機より発せられる Wi-Fi 信号の電界強度情報より算出した距離データを Slave 機より取得したものを利用する。

[†] 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

Slave 機は起動と同時に Master 機へ Wi-Fi 接続を行い、Master 機より指示された命令の実行を行う他、一定時間おきに自機の GPS に基づく位置情報と、Master 機より発せられる Wi-Fi 波の電界強度から算出した距離情報を Master 機へ申告する。Slave 機はスピーカ、投光機、Wi-Fi 中継器を搭載する。

現時点において、Master 機操作の GUI アプリケーションは未作成のため、ユーザは Master 機へ Wi-Fi 接続を行い、SSH により Master 機へログインし、CUI コンソールから Master 機へ接続されている Slave 機の情報取得し、移動先 GPS 座標の指示などを実施する。

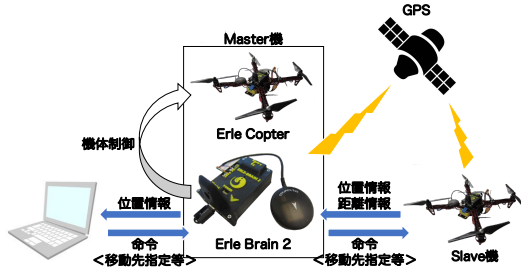


図 1 避難誘導システム構成

3.2 シミュレーション概要

本研究の有効性検証に用いた避難シミュレータ[6]では、国土院が発行する標高情報及び道路情報を基にシミュレーション環境が構成される。オブジェクトは、避難を実施する避難民、避難民へ避難を促し、避難所への誘導を実施する小型無人航空機、避難民が到達し避難を完了するための避難所が設定されており、避難民及び小型無人航空機は独立した動きを伴うエージェントとして実装される。

4. 実験結果

シミュレーションでは、岩手県陸前高田市を対象とし、東北地方太平洋沖地震前の人口 7601 人の 10%である 760 エージェントで、一般的な小型無人航空機の滞空時間である 30 分間行った。避難成功の是非は避難民が避難所へ到達する、もしくは、避難民が東北地方太平洋沖地震における津波の最高遡上高 40.1m[7]以上へ到達した場合、避難を成功したものと判断している。シミュレーションは、本機を投入なしから 6 機投入までの範囲で実施した。図 2 に避難を達成したエージェント数の推移を、図 3 に避難成功の可否別の平均移動距離の推移を、図 4 に避難の完了にかかる時間の推移を示す。避難成功の割合は、本機投入数により増加し、投入無しと、6 機投入した場合と比較した場合、14.73 ポイントの増加を確認した。また、避難時間及び避難距離に関しては、本機による情報提供により、避難所から遠方に存在した避難民の避難が成功するようになったため、避難時間及び移動距離の増加が見られたものと考えられる。

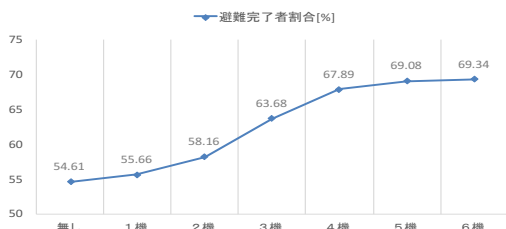


図 2 避難完了者割合

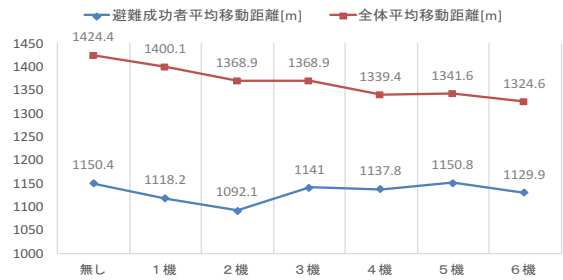


図 3 平均避難距離

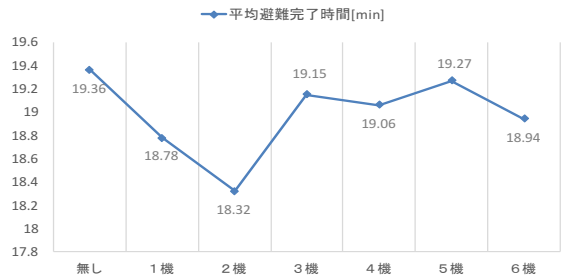


図 4 平均避難時間

5. おわりに

本研究では小型無人航空機を用いた災害時の避難誘導の提案とマルチエージェントシミュレーションによるその有効性の検証、Erle Robotics 社製 Erle Copter 及び Erle Brain2 を用いて作成した避難誘導システムについて述べた。今後はシミュレーション中で再現した本機の動きを、実際に作成した避難誘導システムに即したものと修正するとともに、避難誘導システムを用いたテストを実施し、実航続距離の調査や、長時間の群行動における問題点の検証、本提案避難誘導システムへ搭載する装備の拡充や各装備別の有効性の検証を実施し、その効果の向上を行う。

参考文献

- [1] 内閣府中央防災会議防災対策推進検討会議津波避難対策検討ワーキンググループ, “津波避難対策検討ワーキング報告 参考資料”, <http://www.bousai.go.jp/jishin/tsunami/hinan/pdf/reference.pdf> (2015.10.21 参照)。
- [2] 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)
- [3] 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
- [4] 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
- [5] 安田浩二, 白井義美, “消防活動用 UAV (無人航空機) 「マルチコプター」を導入”, 近代消防 53(5), 2015.05
- [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における避難誘導の MAS による有効性検証”, FIT2015, 473.
- [7] 国土交通省気象庁, “津波について, 日本で一番大きな津波は何か?”, <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/faq/faq26.html> (2015.01.13 参照)