

# 避難行動支援向けエージェント型 IoT システムの検討

片山 健太<sup>†,§</sup> 横山 真悟<sup>‡,§</sup> 加藤 匠<sup>‡,§</sup> 高橋 秀幸<sup>‡,§</sup> 横田 信英<sup>§</sup> 杉安 和也<sup>¶</sup> 木下 哲男<sup>‡,§</sup>

<sup>†</sup> 東北大学工学部電気情報物理工学科 <sup>‡</sup> 東北大学情報科学研究科

<sup>§</sup> 東北大学電気通信研究所 <sup>¶</sup> 東北大学災害科学国際研究所

## 1 はじめに

大地震による津波，集中豪雨などの未曾有の天災に備えることが喫緊の課題となっている．自然災害発生時には，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．そのため，突発的に発生する予測困難な災害に対する避難行動支援が難しい．本研究では，ロボット，家電，センサ，携帯端末などの IoT 機器が協調・連携を行いながら状況を把握することで自律的に避難行動プランを決定し，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について述べる．本稿では，エージェント型 IoT (AIoT) に基づく避難行動支援システムの概要，状況把握機能，避難行動プラン生成機能，試作システムについて述べる．

## 2 関連研究と技術的課題

情報通信技術 (ICT) を活用した災害対策支援システムの発展が期待され，近年，ロボットを用いて効果的に災害対策支援を行うための研究が行われている．例えば，マルチエージェントに基づく Unmanned Aerial Vehicle(UAV)の効率的なタスクスケジューリングの研究 [1]では，災害時に UAV が状況視察を行う際に，バッテリー残量を考慮して視察スケジュールを即時的に行う．また，Micro Aerial Vehicle(MAV)による災害時の屋内ナビゲーションシステムの研究 [2]では，MAV は自身の持つセンサを利用して生成する屋内環境の 3D マップを基に，与えられた複数の目的地 (災害現場) を通る経路を計画して自律飛行を行う．しかし，既存研究においては視察や誘導すべき目的地の設定や，被災状況の変化を考慮した避難誘導プランニングを行うことはできないため，平時，及び，二次災害の状況，地域の特性など，刻々と対応の変化が求められる避難支援が困難である．そこで本研究では，以下の2つの技術的課題に焦点をあてる．

(P1) 平時から状況が変化する場合や突発的に発生する予測困難な災害の状況を把握する機能が不足しているため，柔軟な状況把握が難しい

(P2) 災害の状況や二次災害，地域の特性に応じて，刻々と対応の変化が求められる避難支援を行うための枠組みが不十分であり，状況に応じた避難行動支援が難しい

本稿では，AIoT に基づく避難行動支援システムを実現するための IoT デバイスによる協調的状況把握機能とエージェントによる避難行動プラン生成機能を備えた避難行動支援向けシステム構築基盤を提案する．

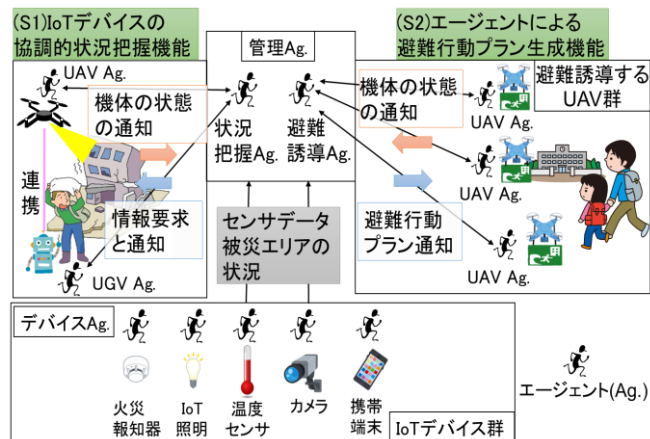


図 1. AIoT 型避難行動支援システムの概要

## 3 AIoT 型避難行動支援システム

図 1 に AIoT 型避難行動支援システムの概要を示す．本システムは，各 IoT デバイスに対して，エージェント技術を活用した IoT デバイスの知能化を行う．AIoT 型デバイスを構成要素とし，それらが相互に協調・連携することで，被災状況に応じた自律的な避難行動支援を行う．具体的には，UAV, Unmanned Ground Vehicle(UGV)を含む IoT デバイス群，それらを制御するエージェント，及び，管理エージェントなどから構成される AIoT システム基盤上で避難行動支援の提供を行う．

AIoT システム基盤により提供される (S1)IoT デバイスの協調的状況把握機能と (S2)エージェントによる避難行動プラン生成機能について，それぞれ具体的に述べる．

### 3.1 IoT デバイスによる協調的状況把握機能

本機能では，エージェントにより制御されたセンサ群による災害現場の特定と，センサ群と UAV, UGV などの様々なデバイスが協調動作を行うことで被災状況の把握を行う．各 IoT デバイスエージェントは，そのデバイスの位置情報とその位置の危険度を保持する．危険度とは，平時にデバイスが取得するセンサ値と，災害時のセンサ値や情報から各エージェントが算出する危険に関する度合いである．デバイスエージェントは，被災状況が変化の際に，これらの情報を管理するエージェント，すなわち，(i)状況把握エージェントと，(ii)避難誘導エージェントによって管理される．状況把握エージェントは，センサ群から送信される情報と UAV, UGV 群の状態 (稼働できる UAV, UGV の数，バッテリー残量，現在の位置，移動速度など) を参照し，状況把握のために必要なセンサとセンサデータの把握・収集を行う．具体的には，被災状況の把握のために使役する UAV, UGV 等のアクチュエータの選定を行い，状況把握に必要なセンサ (位置を含む) を各 UAV, UGV エージェントに通知する．災害現場が多数の場合は，危険度の高い地点を優先して状況把握

Toward Agent-based IoT System for Evacuation Guidance Support  
Kenta Katayama<sup>†§</sup>, Shingo Yokoyama<sup>‡§</sup>, Takumi Kato<sup>‡§</sup>, Hideyuki Takahashi<sup>‡§</sup>, Nobuhide Yokota<sup>‡§</sup>, Kazuya Sugiyasu<sup>‡</sup>, Tetsuo Kinoshita<sup>‡§</sup>

<sup>†</sup>Department of Electrical, Information and Physics Engineering, Tohoku University

<sup>‡</sup>Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

<sup>§</sup>Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

<sup>¶</sup>International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

を行う。このように、異なる機能を持つ IoT デバイス群が状況に応じて協調・連携することで平時から状況が変化する場合でも被災環境の把握を行うことが可能となる。

### 3.2 エージェントによる避難行動プラン生成機能

本機能では、管理エージェントの一つである避難誘導エージェントが、各 AIoT 型デバイスから送られるデバイスの位置、危険度の情報、UAV, UGV 群の状態に加え、(S1)で取得した災害現場の状況を利用して、どの UAV や UGV がどのような経路で避難誘導を行うかという避難行動プランを生成し、避難誘導が可能な UAV, UGV などのエージェントに通知する。自然災害の状況や二次災害、地域の特性に柔軟に対応した避難行動支援を行うため、避難行動プランは、デバイスエージェントから随時送信されるデータや(S1)で取得した災害現場の状況に応じて変更される。例えば、最初に生成した避難行動プランで指定した避難経路上のある地点で二次災害が発生した場合、その地点を通らず、新たな避難経路を指定する避難行動プランを生成する。避難経路は、通過の際に危険度の小さい経路が導出される。生成された避難行動プランの通知を受けた UAV, UGV エージェントは、避難行動プランに基づき、避難誘導を行う。

生成された避難行動プランに基づいた AIoT 型 UAV による避難誘導の例を図 2 に示す。避難経路は、スタート地点から避難所までの経路上の複数の通過ポイントを導出することで決められる。指定された通過ポイントを順番に自律飛行していくことで AIoT 型 UAV は、避難誘導を行う。通過ポイントは基本的には経路上の曲がり角の位置情報が指定されるが、避難経路上に長距離の直線路がある際は、正確な誘導のため、直線上で複数の通過ポイントが指定される。

## 4 実装と実験

UGV と UAV の連携による協調的状況把握機能の試作を行った。具体的には、UAV による UGV の探索、UGV への追従、UGV と UAV の協調による追従動作、状況把握完了後の UGV への着地に関する動作検証を行った。

本実験では、UAV として AR.Drone2.0(Parrot)を使用した。UAV には、フロントカメラと底部カメラが備わっている。UAV は 2つのカメラでタグを認識し、タグの位置や距離に応じて動作制御を行う。また、UAV を誘導する、マップ情報を管理する UGV として TurtleBot2 を用いた。UAV と UGV の制御には、Robot Operating System (ROS)を用いた。

図 3 に、動作実験のスナップショットを示す。図 3(a)のタグ 1 は UAV がフロントカメラで認識するタグであり、タグ 2 は底部カメラで認識するタグである。まず、離陸した UAV は旋回、上昇・下降しながら、UGV 上のタグ 1 を探索する(図 3(a))。発見後、タグ 1 に向かって飛翔し(図 3(b))、UAV とタグ 1 との距離が一定より近くなると、図 3(c)のように上昇を始め、UGV がいる前方へと飛翔する(図 3(d))。底部カメラでタグ 2 を発見後、UAV はタグ 2 が底部カメラの中央に映るように UGV を追従し(図 3(e))、タグ 2 がカメラの中央に映ると、UAV は UGV の天板上に着地を行う(図 3(f))。被災状況の把握を行うため、位置情報を管理する UGV と高い飛翔・撮影能力を有する UAV それぞれの特性を活かし、UAV が UGV を発見、追従し物理的に接地する機能を実現したこ



図 2. AIoT 型 UAV 群による避難誘導の例

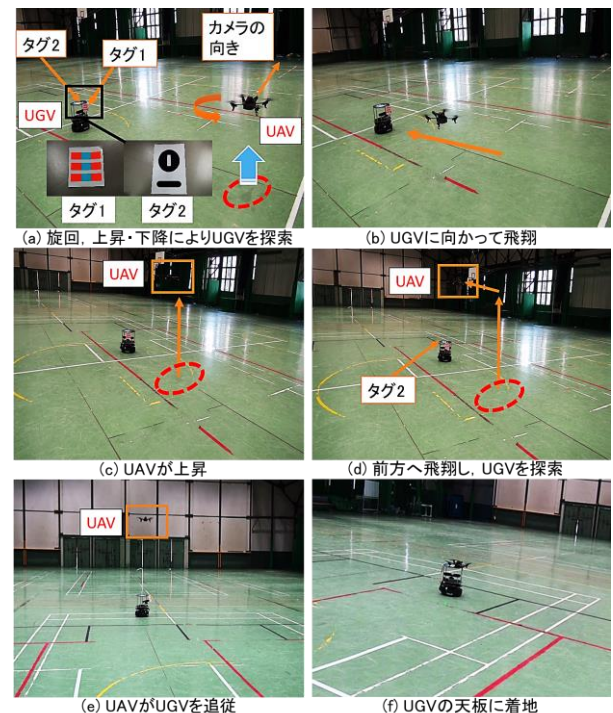


図 3. UGV と UAV による状況把握機能の動作例

とで、(S1)協調的状況把握においてエージェントに必要な機能の一部を実現することができた。

## 5 おわりに

本稿では災害時の様々な状況に応じて、自律的に避難行動支援を行う AIoT 型避難行動支援システムについて述べた。また、協調的状況把握機能の一部として UGV による UAV 誘導機能を試作し、動作を確認した。

## 謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 16K00118, 15J06341 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- [1] 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, Apr. 2016.
- [2] M. Nieuwenhuisen, D. Droeshel, M. Beul, S. Behnke, "Autonomous MAV Navigation in complex GNSS-denied 3D Environments," Proc. of the 2015 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR), Oct. 2015.