

## 災害時における複数UAVを用いた緊急支援物資輸送モデルの構築

東北大学工学部 学生会員 ○蜂屋 大樹  
 東北大学災害科学国際研究所 正会員 マス エリック  
 東北大学災害科学国際研究所 正会員 越村 俊一

### 1. はじめに

地震や津波などの大規模災害において、迅速かつ安定した緊急支援物資の供給が求められる。災害時の物資の輸送手段としては、トラックなどの車両やヘリコプターが用いられてきたが、津波浸水域内でヘリポートの無い避難所への物資供給が困難であったため、その代替手段として、UAVによる物資輸送が注目されている。しかし、UAVにはバッテリーと積載重量に制限があるため、UAVを最大限活用できるような輸送を計画することが求められる。また、避難所における課題として、避難所間での物資供給に格差があるほか、優先度の高い物資を迅速に輸送する必要がある。

そこで本研究では、避難所への物資輸送における避難所間の格差を最小化することと優先度の高い物資を迅速に輸送することを目的とし、強化学習手法の一つであるQ学習 (Sutton *et al.*, 2000) を用いて、複数UAVによる災害時の避難所への緊急支援物資の輸送モデルを構築した。

### 2. モデルとアルゴリズム

#### (1) 環境の設定

対象地域は、南海トラフ地震での津波による浸水が想定されている高知県高知市の潮江地区とした。図-1のように、潮江地区内の7ヶ所の避難所のうち、1ヶ所を物資の輸送拠点とし、輸送拠点から各避難所への輸送を想定した。また、各避難所で3種類の物資をそれぞれ4単位輸送することを想定し、種類ごとに輸送の期限を設定した。

#### (2) エージェントの設定

エージェントとして、飛行速度が等しい3機のUAVを使用し、各UAVは輸送拠点でのみ充電が行えるよう設定した。UAVのバッテリーや最大積載重量は実際のUAVを元に設計し、バッテリー容量や最大積載重量を超えない範囲で輸送を行うよう計画した。また本研究において、バッテリーの充電時間は考慮しないものとした。



図-1 対象地域（高知県高知市潮江地区）

#### (3) 物資輸送アルゴリズム

物資の輸送において、各UAVが輸送する物資の量と種類、輸送先の避難所をそれぞれ決定し、全ての物資の需要が満たされるまで繰り返し行動する。各UAVの行動を決定するための手法として、Q学習を導入した。Q学習では、ある行動とその行動により遷移した環境の状態を価値として評価するために行動価値関数Qを用いる。この関数を行動が終了するごとに更新していき、各時点での環境の状態の価値により行動を決定する。本研究では、環境の状態として、各避難所における満たされていない物資の需要量とUAVの位置を設定した。また行動による報酬としては、

- 各UAVの総飛行距離による報酬
- 優先度の高い物資の迅速な輸送による報酬
- 避難所間の供給された物資量の格差による報酬

の3つを定義し、得られる報酬が全て同程度になるように、報酬の値をそれぞれ設定した。結果では、この報酬の設定と、3つの報酬のなかで物資量の格差による報酬を設定しないケースとで比較を行った。行動選択の方法としては、環境の状態の価値が大きくなるような行動を選択する割合を90%、環境の状態の価値に関係なくランダムな行動を選択する割合を10%とした。

キーワード: UAV, 人道的ロジスティクス, 災害対応, 支援物資, 多目的最適化

連絡先: 仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1 E302, TEL: 022-752-2082, FAX: 022-752-2083

### 3. 物資輸送モデルの検証

#### (1) モデルの検証

本研究で作成したアルゴリズムの有用性を評価するため、既往研究のモデルにおいて、同程度の計算時間で得られた最小輸送コストの値を比較検証し、結果を表-1に示す。ここでは、各UAVの総飛行距離の合計を輸送コストとしているため、本研究におけるアルゴリズムは物資輸送において、経路を最小化する点で有用であることがいえる。

#### (2) 結果と考察

試行回数を5000回として、本研究のモデルにおいてQ学習を行った。ある試行回数までに得られた報酬の平均値を図-2に示す。試行回数が増えるなかで、報酬の平均値が収束に向かう様子が確認できた。また、物資の優先度が高い順に、物資A、物資B、物資Cとした場合の、得られた報酬が一番高い試行における物資の種類ごとの輸送の完了割合を図-3に示す。時間軸には、輸送終了までの時間の経過の割合を示した。これより、本モデルにおいて物資の種類による優先度が考慮されていることがいえる。また、避難所間の供給された物資量のばらつきを評価するために、行動による報酬として、避難所間の供給量の格差を報酬として設定したケースと設定しないケースの2つのケースでQ学習を行った。図-4にはそれぞれのケースで得られた報酬が一番高い試行における時間ごとの避難所間の供給量の分散を示した。時間軸には、報酬として避難所間の供給量の格差を設定しないケースにおける輸送終了までの時間経過の割合で示した。これより、分散の報酬を設定した場合は避難所間における供給量のばらつきは小さいが、輸送完了までに時間がかかってしまった。これは供給量のばらつきを減らすために、各UAVが避難所間を移動する回数が多くなったことが原因と考えられる。

表-1 輸送コストの比較

	アルゴリズム	最小輸送コスト
Jiang et al., 2017	粒子群最適化	470.30
Jiang et al., 2017	遺伝的アルゴリズム	499.04
本研究	Q学習	462.37

### 4. おわりに

本研究では、災害時を想定した複数UAVによる物資輸

送モデルを構築した。本モデルにおいて、Q学習により、優先度の高い物資の迅速な輸送や避難所間の供給の格差の最小化を考慮した物資輸送ができることを確認した。UAVの行動による報酬の割り当てを調整し、輸送にかかる時間も同時に短縮することが今後の課題である。物資輸送の範囲や使用するUAVの数、必要な物資量などが違う状況下においても適用できるような汎用性の高いモデルを構築することにより、災害対応に役立てたい。

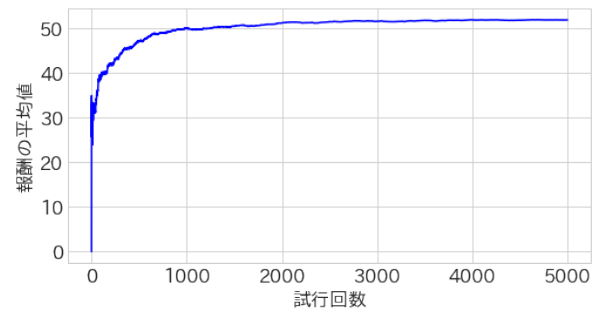


図-2 報酬の平均値の収束過程

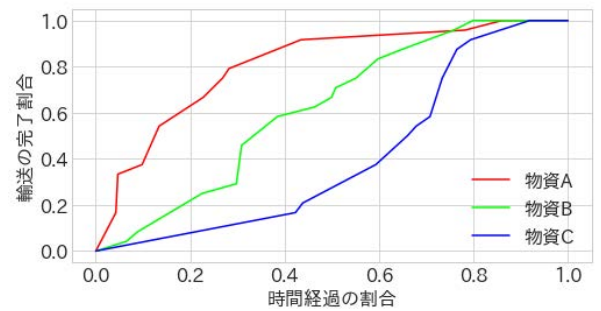


図-3 最適解における物資の種類ごとの輸送の完了割合

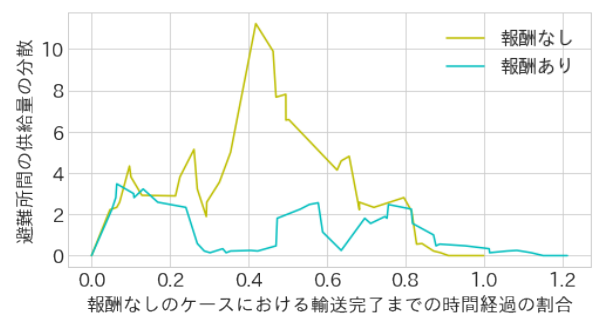


図-4 2ケースの最適解における分散の比較

### 参考文献

Sutton, R.S. and Barto, A.G.(translated by Mikami, S. and Minagawa, M.), Reinforcement Learning, Morikita Publishing Co, 2000.

Jiang, X., Zhou, Q., Ye, Y. Method of Task Assignment for UAV Based on Particle Swarm Optimization in logistics., Proceedings of the 2017 International Conference on Intelligent Systems, Metaheuristics & Swarm Intelligence - ISMSI'17, pp. 113-117, 2017