

6W-03

大規模災害時における避難所間の物資共有のための運搬経路決定手法

佐藤 沙央[†] 大和田 泰伯[‡] 高井 峰生[¶] 前野 誉[§] 小口 正人[†]

[†]お茶の水女子大学 [‡]情報通信研究機構 [¶]UCLA, 大阪大学 [§]株式会社スペースタイムエンジニアリング

1. はじめに

近年発生している大規模災害では長期に渡って避難所に滞在せざるをえない状況になっている。その間避難した被災者は届けられる救援支援物資を頼りに生活することになるわけであるが、避難所のキャパシティを超える避難者があり、当時は物資の提供に関しては物資の不足や多くの混乱があった。

また、実際に救援物資を提供する際には、近隣の広い一時的な保管所に一度に多種多量の物資が集められ、そこから各指定避難所に分配されて届けられる。しかし、指定避難所ではなくその一時的保管所にもらいに行く被災者が出てきてしまい、各避難所に送る物資を仕分けするという作業に加えて、被災者に渡すという余分な作業が追加され、役割が増えてしまったことで現場が混乱してしまったという報告が上がっている [1]。

更に、届いた救援物資がニーズの変化等で避難所で滞留してしまうことも問題となっている。災害が発生すると基本的にはまず一次物資集積拠点に救援物資が集められ、そこで仕分けられ、自治体が管理する各二次物資集積拠点に輸送される。さらにそこで物資は仕分けられ各避難所へと輸送される。それとは別に、個人や民間企業が直接避難所に救援物資を届けることも多い。こういった場合は国や自治体のコントロール下にないため、需要以上の物資が届き在庫を抱えてしまうケースがある。そうなってしまうと他に需要のある物資があるにもかかわらず、救援物資管理場所の不足・混乱や、余分な物資の管理という作業の増加といった問題が出てきてしまう。しかし一方で、ある避難所ではニーズと異なり余っている物資も、他の避難所では必要とされている可能性がある。本研究ではそちらに注目し、一次物資集積拠点等を通さず、末端の避難所間で既に届いた物資の需要と供給を満たすことを考えた。過不足のある物資情報とニーズを避難所間で共有し、余っている物資を需要のある最適な避難所へと分けることが可能なシステムを構築していく。今回は避難所間で過不足を解消するための物資の運搬経路の決定手法の提案と比較を行った。

2. 最適な経路の決定手法

本論文では、既に物資の過不足情報とニーズのデータが得られていると仮定している。また、あらかじめ各避難所の緯度経度と各間の実際の距離・所要時間を Google Cloud Platform を利用し事前に取得した。これらの情報を用いて一台の車で種類の物資の過不足を荷物を拾ったり下ろしたりしながら解消する最適な経路を決定する。この問題を巡回セールスマン問題に落とし込み、以下の条件を設定してコスト関数を作成しそのコストが最小となる経路を最適とする。ノードを避難所、エッジの重みを避難所間の距離または所要時間とする。現状のコストは経路の総距離または総所要時間である。また物資の余剰を持つ避難所を Depo と呼ぶこととする。

- Depo からスタートし、他の避難所をすべて一度だけ通り最初の Depo に帰る
- Depo 以外の避難所を一つ通ると荷物を一つ下す
- 車の最大積載量を設定し、それ以下であれば車に荷物がまだあっても Depo を通った際に車に載せる
- 車の荷物が全て無くなった避難所から最寄りの Depo に取りに行く
- 必ず全ての避難所に荷物を下すことができる

経路を決定するにあたり、巡回セールスマン問題の解決法としてよく知られる手法である 2-opt 法と遺伝的アルゴリズム (GA) を採用した。また初期値として与える経路をランダムなものと nearest neighbor 法 (NN 法) を用いた。また、巡回アルゴリズムを解く際には python で Vcopt という最適化パッケージを利用した。

3. 実験結果

避難所の情報は香南市の指定避難所 48 か所の情報を利用した??。そのうちの 5 か所を Depo とし、車の最大積載量を 16、各避難所で得られる物資量は一定として 9 とし、以下の 4 つの手法で得た経路の計算時間とコストを比べる。

- ランダムな初期経路を与える 2-opt 法
- ランダムな初期経路を与える GA
- NN 法で作った初期経路を与える 2-opt 法

Transport route determination method for sharing relief supplies among shelters in a large-scale disaster

[†] Sunao Sato, Masato Oguchi, [‡] Yasunori Owada, [¶] Mineo Takai, [§] Taka Maeno

Ochanomizu University ([†]), NICT ([‡]), UCLA/Osaka University ([¶]), STE ([§])

● NN 法で作った初期経路を与える GA

以下の図は香南市の指定避難所を緯度経度を利用してマッピングしており、マップ上の青い白抜きピンが避難所、赤いピンがDepo、白抜き赤いピンが経路の始点及び終点のDepoである。また、法定速度や実際の交通状況によって経路に差が出る可能性があるため距離と所要時間それぞれで実験を行う。

表 1: 手法ごとの計算時間と総距離

手法	2-opt	GA	NN+2-opt	NN+GA
計算時間 (sec)	54.2	3867.5	13.0	3652.1
総距離 (km)	71.9	68.9	69.0	67.9

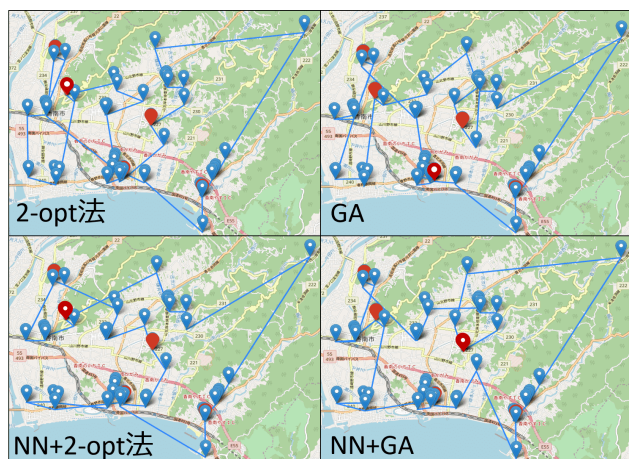


図 1: 距離をエッジの重みとした最短経路の比較

表 2: 手法ごとの計算時間と所要時間

手法	2-opt	GA	NN+2-opt	NN+GA
実行時間 (sec)	57.9	5472.6	20.9	5732.3
所要時間 (分)	220.0	171.8	165.3	165.6

表 1・表 2 を見ると、NN 法で作った初期経路を与える 2-opt 法が計算時間が短く、総距離・所要時間ともに小さくなるのが分かる。2-opt 法は局所的最適解に陥りやすいアルゴリズムではあるが、香南市の指定避難所においては初期経路に NN 法を使うことで良い結果が表れやすかった。一方で GA は総距離や所要時間が小さくなるのが分かるが、実行時間が非常に大きくなってしまった。実際災害時に運用するにはこの計算時間は非現実的である。GA では全通りの経路を調べるには時間が掛かりすぎてしまうため、一定の世代になったら止めるようにしている。そのためより深く調べればより小さな値は求め得る。しかし、この結果を見ると運用するには NN 法

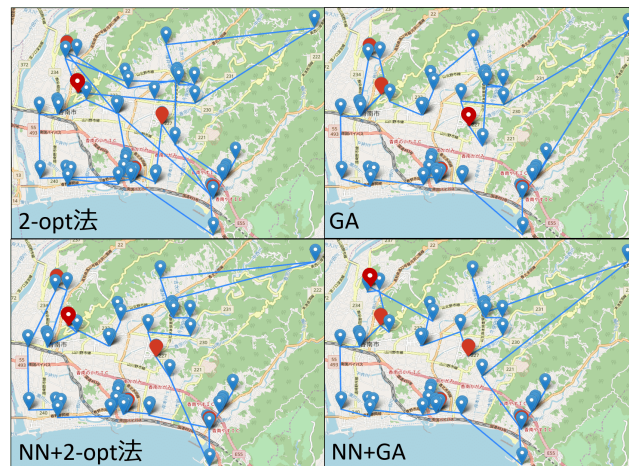


図 2: 所要時間をエッジの重みとした最短経路の比較

で初期経路を与え、2-opt 法で経路を求めることが総距離や所要時間を早く適度に小さくできると考えられる。しかし GA を使った場合のほうがコストが小さくなりやすく、総距離の差が 2km ほど離れていた場合それを良しとして NN+2-opt 法を採用するかどうか議論の余地がある。

また距離と所要時間それぞれで経路を見てみると (図 1, 図 2), 同じ手法でも経路が異なるのが分かる。Google Map から実際の距離と所要時間を使うことで、その差を見つめることができた。この経路の差の原因は実際の法定速度や信号の多さ等で変化すると考えられ、最短距離が必ずしも最適ではない可能性がある。

4. まとめと今後の課題

指定避難所間で物資を共有する際に物資を拾ったり下ろしたりしながらコストが小さくなるような運搬経路決定手法を提案し、比較した。今後は Depo ごと、避難所ごとに任意の物資数を設定し、最適な経路を決定できるか実験する。また、現在は一種類の物資に限定しているが複数の種類の物資を同時に運搬するような決定手法を検討していく。

謝辞

本研究の一部はお茶の水女子大学と情報通信研究機構との共同研究契約に基づくものである。また、本研究は一部、JST CREST JPMJCR1503 の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] 内閣府防災情報のページ, "避難に関する総合的対策の推進に関する実態調査結果報告書", 平成 25 年
- [2] 鶴正人, et al. "DTN 技術の現状と展望" 通信ソサイエティマガジン, No.16[春号], pp.57-68, 2011.
- [3] 香南市, "香南市地域防災計画の改訂 資料編 (P169 - P330)", 2018 年