

習志野市における災害時緊急物資輸送に関する 道路ネットワークの評価

日大生産工(院) ○SUN MING

日大生産工

豊谷 純

日大生産工

柿本 陽平

日大生産工(院)

羅 勇奇

1. はじめに

大規模な自然災害が発生すると発生地域に対する甚大の被害を与える。自然災害の発生を制御することはできないものの、災害発生から迅速に対応することで、被害を抑制することが可能である。特に災害発生後における避難所への物資輸送は二次災害を防止するために重要な役割を果たす。そのため、物質輸送の輸送経路は道路状況を鑑みて決定する必要がある。幹線道路は交通網の基幹として、迅速かつ正確な物資の輸送に最も重要な役割を果たしている。ただ、地震などの自然災害があったとき、幹線道路が使えなくなると支援物資を円滑に輸送することが困難になる[1]。そのため災害時における支援物資の流通は、複雑な道路を使って行わなければならない、物資供給にかかる時間は格段に高くなることから、あらかじめ災害時の輸送時間を見積もることは重要である。そこで本研究では幹線道路が災害により利用できなくなった状況と平時の幹線道路状況とを、配送計画問題を解くことにより得られる走行距離により比較することで、習志野市道路ネットワークの評価を行う。

2. Vehicle Routing Problem

Vehicle Routing Problem (VRP) とは、複数の車両を利用して需要のある地点を巡回するという制約の下、最短配送経路を求める問題である[2]。VRP は対象の問題に応じて数多くの拡張モデルが存在するが、本研究では車両の積載量を考慮した Capacitated VRP (CVRP) を用いて、習志野市における幹線道路の重要性を評価する。この問題の目を解くことで平時と災害時の支援物資配送コストを得る。ここから CVRP の定式化について説明する。記号 e_{ij} をノード i と j 間のエッジ、 c_{ij} をエッジ e_{ij} の距離、 K は車両 k の集合と定義する。また、 x_{ij}^k は車両 k がエッジ e_{ij} を通るか通らないかを示す 0-1 変数である。コスト関数は次の式(1)の

ように表現できる。

$$\sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in E} c_{ij} x_{ij}^k \rightarrow \min. \quad (1)$$

記号 V はノードの集合であり、 E は全てのノードの間のルートを表す。また、制約条件は以下の式(2-4)で記述される。

1. 同じ拠点を 2 回以上通らない。

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in V, i \neq j} x_{ij}^k = 1 \quad \forall j \in V \setminus \{0\}, \forall k \in K. \quad (2)$$

2. 配送車両は物資拠点から出発する。

$$\sum_{j \in V \setminus \{0\}} x_{0j}^k = 1, \forall k \in K. \quad (3)$$

3. 車両の最大積載量を超えない。

$$\sum_{i \in V} \sum_{j \in V \setminus \{0, i\}} q_j x_{ij}^k \leq Q, \quad \forall k \in K. \quad (4)$$

3. 実験

3.1. 初期設定

本研究で評価対象とする道路は習志野市の東西を 8.6 [km] に渡って結ぶ御成街道とする。御成街道は主要地方道に位置づけられる幹線道路であり、本研究で設定する拠点間を最小コストで移動する場合、その多くは御成街道を利用する必要がある。支援物資の発送元拠点には運送業者の物流センターを仮定する。さらに、習志野市内に存在する教育機関（小学校、中学校、高等学校、大学）を避難所と仮定し緊急物資の届け先とした。各避難所に輸送すべき物資の量はそれぞれ 5 [t], 8 [t], 10 [t], 15 [t] とした。物資配送車両は 4 台とし、その積載量は一律 30[t] とした[3]。

各ノード間の移動距離を現実に近い値にするため、本研究では直線距離ではなく Google 社の Google map を用いて得られた距離を利用した。このよう

Assessment of the road network for the transport of emergency supplies during
disasters in Narashino City.

MING SUN, JUN TOYOTANI, YOHEI KAKIMOTO and YONGQI LUO

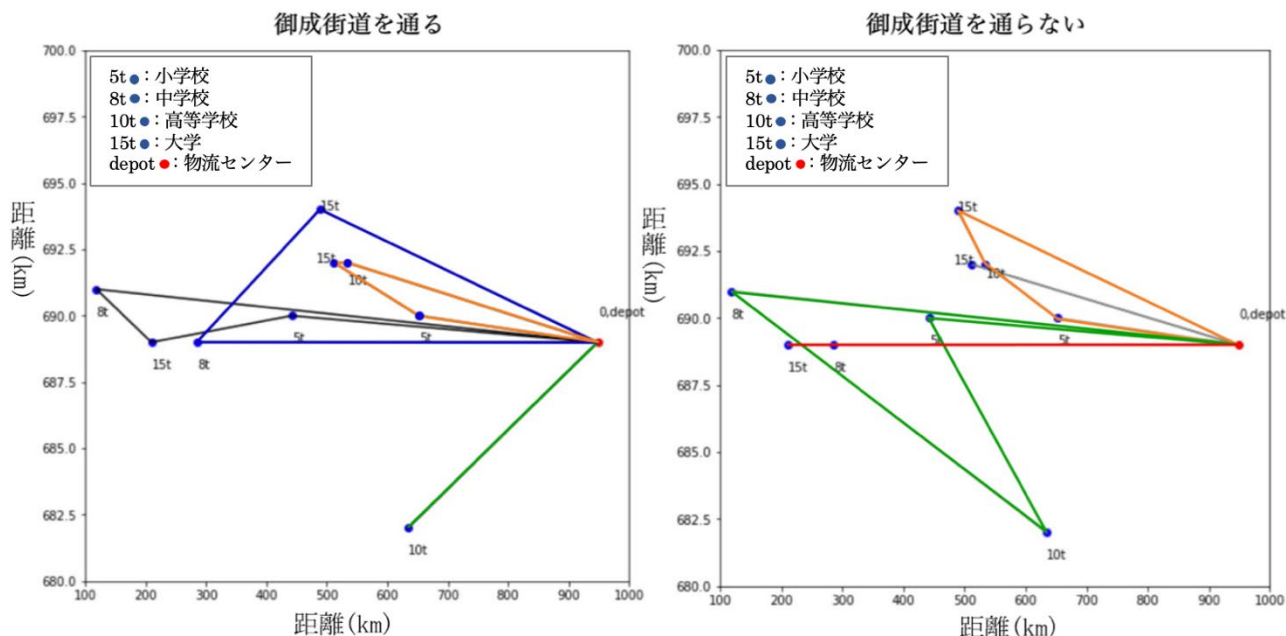


図 1 CVRP により得られた支援物資の配送計画

な前提の下生成したデータと式(1-4)を用いて習志野市の道路ネットワークを評価する。

表 1 平時と災害時の支援物資配送コスト

	平時	災害時
総走行距離[km]	54.5	83.0

3.2. 結果と考察

図 1 と表 1 に実験結果を示す。図 1 における青色のノードは需要点、赤色のノードは支援物資拠点を表しており、エッジ各車両の経路を表している。表 1 より、御成街道が利用可能である平時の配送コストは 54.5[km]であり、御成街道が利用できない災害時に支援物資を配送すると、コストは 52.3% 増加して 83[km] となった。御成街道は習志野市を横断する重要な幹線道路であることから、支援物資配送にかかるコストが 1.5 倍以上になったと考えられる。そのため、災害時の支援物資を迅速に配送するために、御成街道のような幹線道路に対する災害対策が重要であることがわかった。

4. まとめ

本研究では、車両の容量などの制約を加えた CVRP を用い、習志野市における災害時緊急物資の輸送ルートを解析した。これにより、習志野市における緊急物資輸送に対する御成街道の重要性が確認できた。

なお、本研究では習志野市の避難所の一部しか利用していないため、今後は複数の物流センターとより多くの避難場所を考慮に入れ、より詳細な配送ルート解析を行う予定である。

参考文献

- 1) 石黒一彦, 桜田崇治, 稲村肇: 規模の経済を考慮した輸送費用最小化に基づく広域物流拠点配置モデルの開発, 土木計画学研究・論文集, No. 17 (2000) pp.693-700.
- 2) 伊坂早織, 大窪和明: 災害時における緊急支援物資の最適輸送計画モデルの提案と適用. 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 74(5) (2018) I_259-I_268.
- 3) 桑原雅夫, 和田健太郎: 東日本大震災における緊急支援物資の流れの記録と定量分析-国および県が取り扱った緊急支援物資の流れの分析. 運輸政策研究, 16(1) (2013) pp.42-53.