

トラック配送における中継地点の最適配置

2020SS070 高橋 涼

指導教員：佐々木美裕

1 はじめに

現在の物流業界における課題として、運送ドライバーの高齢化による労働力不足などが挙げられる。また、2024年4月1日から働き方改革関連法の適用にともない、ドライバーの時間外労働の上限が規制され、ドライバーの労働力不足が懸念される。本研究では、ドライバーの労務負担を軽減する方法である中継輸送に着目して研究を行う。

2 中継輸送



図1 従来の輸送

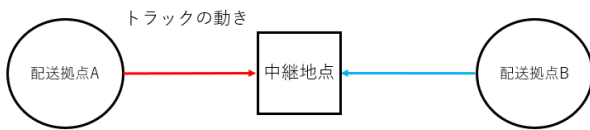


図2 中継輸送

図1は中継地点を利用していない従来の輸送の例、図2は中継輸送の例である。赤い枝は、配送拠点Aを出発するトラックの動き、青い枝は、配送拠点Bを出発するトラックの動きを示す。従来の輸送方式では、トラック1台の片道は、図1のように、配送拠点Aを出発し、配送拠点Bまで直接輸送する。図2は、中継輸送の例を示す。配送拠点Aを出発した1台のトラックは、中継地点まで輸送を行う。また、配送拠点Bを出発したトラックも、中継地点まで輸送する。中継地点で2台のトラックが合流し、配送拠点Aを出発したトラックは配送拠点Bからきたトラックに乗り、配送拠点Bを出発したトラックは、配送拠点Aを出発したトラックに乗り、各ドライバーは出発点に戻る。従来の輸送と比べて、中継輸送は片道の距離が短くなり、ドライバーの負担が軽減される。

3 問題の説明

本研究では、走行距離300km以上の輸送を対象とする。出発点から輸送先までの距離が、出発点から中継地点までの距離より短い場合、中継地点は利用しないと仮定する。トラックが、出発点を出発し、中継地点まで行くルートと、中継地点から出発点に戻るのルートは往復で同じルートを通

り、出発したトラックは中継地点を一つしか利用できないものとする。

4 実験データの作成

中継輸送を行う際、中継地点はドライバーの交代が可能な場所である必要がある。そこで、中継地点候補地は上下線集約型サービスエリア(SA)配送拠点を高速道路の入口、出口であるインターチェンジ(IC)とする。また、本州を対象に計算実験を行う。本州には上下線集約型SAが25ヵ所存在し、これらを候補地とする[1]。配送拠点となるICは、全国貨物純流動調査(物流センサス)の2-1-10 2021年高速道路インターチェンジの利用事業所数[年間調査]のデータを参照する[2]。インターチェンジ利用数の多い順から本州を対象に、計17ヵ所のICを対象とする。配送拠点17個、中継地点候補地25個を図3に示す。

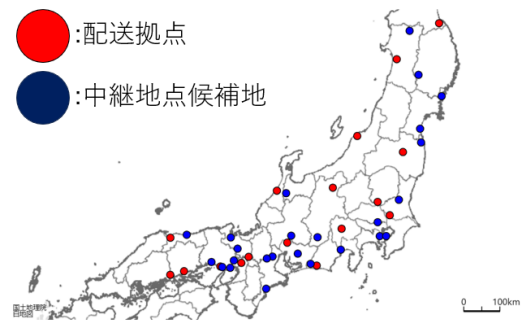


図3 配送拠点と中継地点候補地の配置

配送拠点間で輸送される物流量のデータは、全国貨物純流動調査(物流センサス)の表5-1-2 2021年都道府県間トラック流動量(高速道路利用の有無別) - 重量 - のデータを参照する。計算実験では、7ヵ所の配送拠点(IC)を都道府県の代表点として考え、都道府県間の物流量のデータを利用する[2]。

5 定式化

本節では、走行距離が300km以上の輸送において物流の総コストを最小化する中継地点の最適配置の定式化を説明する。本研究における物流の総コストは、配送拠点間の流動量に、トラックの移動距離を掛けた値を示す。はじめに以下の記号を定義する。

K : 中継地点候補地の集合。

N : 配送拠点の集合。

p : 中継地点の数。

d_{ij} : 配送拠点 $i \in N$ から配送拠点 $j \in N$ の距離。

e_{ik} : 配送拠点 $i \in N$ から中継地点 $k \in K$ の距離。

w_{ij} : 配送拠点 $i \in N$ から配送拠点 $j \in N$ への物流量.

$$a_{ij} = \begin{cases} 1: \text{配送拠点 } i \in N \text{ から配送拠点} \\ j \in N \text{ の距離は } 300\text{km以上} \\ 0: \text{上記以外.} \end{cases}$$

次に, 以下の決定変数を定義する.

$$y_k = \begin{cases} 1: \text{中継地点候補地 } j \in J \text{ を中継地点とする.} \\ 0: \text{上記以外.} \end{cases}$$

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1: \text{配送拠点 } i \in N \text{ から } j \in N \text{ へ行くとき} \\ \text{中継地点 } k \in K \text{ を利用する.} \\ 0: \text{上記以外.} \end{cases}$$

以上の記号を用い, 問題を以下のように定式化する.

$$\min. \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} a_{ij} w_{ij} \left(\sum_{k \in K} e_{ik} x_{ijk} + (1 - \sum_{k \in K} x_{ijk}) d_{ij} \right) \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{k \in K} y_k = p, \quad (2)$$

$$x_{ijk} = x_{jik}, \quad i, j \in N, k \in K \quad (3)$$

$$x_{ijk} \leq y_k, \quad i, j \in N, k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{k \in K} x_{ijk} \leq 1, \quad i, j \in N \quad (5)$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\}, \quad i, j \in N, k \in K \quad (6)$$

$$y_k \in \{0, 1\}, \quad k \in K \quad (7)$$

目的関数および各制約条件の意味は以下の通りである. (1) は, 300 キロメートル以上の距離を持つ配送ルートにおいて物流の総コストを最小化する式である. (2) は, 中継地点の数は p 個であることを示す制約である. (3) は, 配送拠点 $i \in N$ から配送拠点 $j \in N$ へ行くときと配送拠点 $j \in N$ から $i \in N$ へ行くときは同じルートであることを示す制約である. (4) は, 配送拠点 $i \in N$ から配送拠点 $j \in N$ へ行くとき中継地点が設置されてなければ, 中継地点を利用しないことを示す. (5) は, 配送拠点 $i \in N$ から配送拠点 $j \in N$ へ行くとき中継する点は 1 ヶ所であることを示す制約である. (6) は, x_{ijk} のバイナリ制約である. (7) は, y_k のバイナリ制約である.

6 計算結果

はじめに, 中継地点を一つずつ増やし, 配送拠点から配送拠点へ輸送される物流量は考慮しないと仮定し, 計算実験を行う. 中継地点が 16 個のときトラックの総移動距離は, 61664.0km となり, それ以上中継地点を増やしてもトラックの総移動距離は変わらなかった. 中継地点を利用しない場合の総移動距離は 82373.0km であり, 約 20000.0km 総移動距離は短縮された. このときの中継地点と配送拠点の配置を図 4 に示す. 次に, 中継地点が 16 個の場合, 都道府県間の物流量を考慮して計算実験を行う. 中継地点と配送拠点の配置は, 図 5 に示す. 総輸送コストは, 3866479.0 となった. 物流量ありの場合, 3 つの中継地点が東日本に寄った配置になった. そこで, 結果が東日本に寄ったため, 関

東地方から関西地方に運ばれる物流量と, 関西地方から関東地方に運ばれる物流量を比較してみた. 関東地方の物流量の合計は, 2499t(トン) となり, 関西地方の物流量の合計は, 1844t となり, 関東地方の物流量は, 関西地方の物流量に対して, 約 1.3 倍の物流量であった. そのため, 中継地点は, 東日本側に寄った配置になったと考えられる.



図 4 配送拠点と中継地点の配置 (p=16)

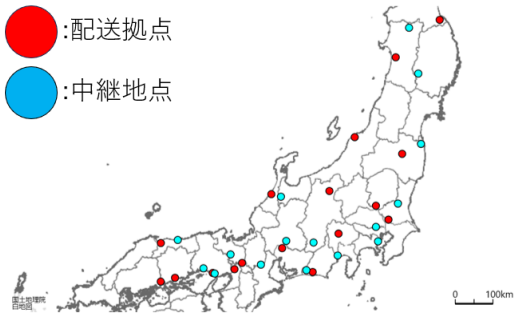


図 5 物流量ありの配送拠点と中継地点の配置 (p=16)

7 おわりに

中継地点を増やすことでトラックの総移動距離を短くすることができた. 物流量を考えることで, 輸送の需要を考慮した中継地点の配置を求めることができた. 中継するドライバーの移動距離に差があるため, 輸送にかかる時間を考慮する必要がある. 現在行われている中継輸送は, SA にトラック輸送専用の中継地点を設けて行われている. そのため, 中継地点の設置コスト, トラックの台数や駐車スペースの数を考慮する必要がある.

参考文献

- [1] NEXCO 東日本. サービスエリアを検索 — ドラぷら (nexco 東日本). <https://www.driveplaza.com/>. 2023 年 12 月 1 日閲覧.
- [2] 国土交通省. 全国貨物純流動調査 (物流センサス) - 国土交通省. <https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/butsuryu06100.html>. 2023 年 12 月 1 日閲覧.