

JR 貨物のオフレールステーションの最適配置問題の研究

2000MM081 佐藤 公治

指導教員 鈴木 敦夫

1 はじめに

我国では、トラック輸送によって、環境問題、道路混雑等の問題が引き起こされ、深刻化している。解決策としてトラック輸送から鉄道や船舶に転換するモーダルシフトの推進の気運が高まり、環境負荷の低い JR 貨物が注目されている。さらにトラックは排ガス規制と 2003 年 9 月から事故防止を目的に速度抑制装置の装着を段階的に義務づけられるために、JR 貨物の利用が見込まれる。JR 貨物のサービスアップに向けた取り組みの一つで、2000 年 10 月埼玉県羽生市において、21 世紀型レールのない貨物駅システム「オフレールステーション (以下 ORS と略)」が日本初導入された。今後の利用増に向けた興味深い取り組みである。本研究では、ORS の最適配置問題を数理計画法の問題として定式化し、連続モデルと離散モデルについて解を求める。

2 ORS による鉄道貨物輸送効率化政策

鉄道貨物輸送は、集貨・配達を行うトラック (通運事業者) と JR 貨物が一体となって荷物を届ける複合一貫輸送である。通常の鉄道貨物輸送は、お客の荷物をトラックで集貨し、直接貨物駅に輸送する。図 1 を参照。

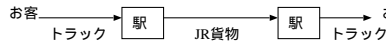


図 1 通常の鉄道貨物輸送

ORS とは、「レールから離れた地点に鉄道貨物駅的な機能を備えた施設」のことである。ORS を利用した場合は、お客の荷物を ORS に集約し、積載能力の高い大型トレーラーで貨物駅に輸送する。集貨距離の削減による輸送コスト削減、大型トレーラーの使用で走行台数削減に伴う渋滞緩和等の効果がある。図 2 を参照。



図 2 ORS を利用した鉄道貨物輸送

3 連続モデルを用いた ORS の最適配置問題

3.1 モデルの説明

需要点 Q_i が平面上に複数存在し、各需要点の荷物を集約する $ORSP_1$ と JR 貨物駅 S_1 がある。ここで考えるのは、需要点と ORS の直線距離、ORS と JR 貨物駅の直線距離の総和が最小となる ORS の位置を求める問題である。ウェーバー問題 [1] を参考にして、制約条件なし非線形最小化問題として定式化し、Microsoft Excel 2000 のソルバーを用いて解を導く。

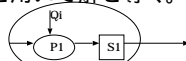


図 3 連続モデル

3.2 問題の定式化

記号の定義

定式化にあたって、以下の記号を定義する。

P_1 : ORS の座標 (x_1, y_1)

$I_1 = \{1, \dots, m\}$: 需要点の集合

$I_2 = \{1, \dots, n\}$: 目的地の集合

Q_i : 需要点 i の座標 (a_i, b_i) , $i \in I_1$

S_1 : JR 貨物駅の座標 (A_1, B_1)

w_{ij} : 需要点 i から目的地 j に流れる量 ($i \in I_1, j \in I_2$)

$d(P_1, Q_i)$: 需要点 Q_i と $ORSP_1$ の距離 ($i \in I_1$)

$d(P_1, S_1)$: JR 貨物駅 S_1 と $ORSP_1$ の距離

α : ディスカウントファクター ($0 \leq \alpha \leq 1$)

目的関数

$$\min_{x_1, y_1} \left(\sum_{i \in I_1} (d(P_1, Q_i) \cdot \sum_{j \in I_2} w_{ij}) + \alpha d(P_1, S_1) \cdot \sum_{i \in I_1, j \in I_2} w_{ij} \right)$$

3.3 取り扱う具体的内容

愛知県の尾東地域で考える。「あいち学術研究開発ゾーン」と呼ばれ、生産拠点の拡大に向けて、ORS の導入が急務である。尾東地域は小牧市、春日井市、瀬戸市、尾張旭市、犬山市、長久手町、日進市、東郷町の各需要点からの荷物を ORS を通じて、JR 貨物新守山駅へ輸送する。荷物の目的地は石川県、東京都、長野県、大阪府である。各需要点の座標は、緯度 $35^\circ 00'$ と経度 $136^\circ 48'$ の交わる地点を原点として、それぞれの役所の位置を需要点の座標として定めた。

3.4 実行結果と考察

表 1 α を変化させたときの ORS の位置

α	1-0.7	0.6	0.5	0.4	0.3-0
位置	新守山駅	勝川付近	勝川	春日井市役所付近	春日井市役所

ORS の位置は α が小さくなるにつれて、JR 中央本線に沿う形で北東方向に進み、春日井市役所に寄る結果となった。 $\alpha = 1$ から 0.7 のときは ORS の位置は JR 貨物新守山駅とほぼ同じ所なので、良い結果が得られなかった。 $\alpha = 0.6$ から ORS の位置が動き始め、 $\alpha = 0.3$ から 0 のときは春日井市の需要点と一致した。このような結果になったのは他の地域より春日井市は人口が多く、貨物輸送需要が高いことが考えられる。

4 離散モデルを用いた ORS の最適配置問題

4.1 モデルの説明

各需要点 $Q_i (i = 1, \dots, m)$ は、荷物を集約する ORS 候補点 $P_k (k = 1, \dots, K)$ を利用して、JR 貨物駅 $S_j (j = 1, \dots, n)$ へ輸送する計画を考える。具体的には、需要点と JR 貨物駅の各 OD ペアに関して、総輸送距離が最小と

なるような ORS を配置する問題である。離散モデルで定式化し、数理計画ソフトウェア What's Best!7.0 を用いて解を導く。

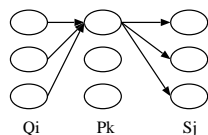


図4 離散モデル

4.2 問題の定式化

各 OD ペア毎の需要と ORS の各候補点を経由したときの距離は以下の表のようにまとめられる。

表2 需要と距離行列

λ	流量 f_λ	OD ペア (i,j)	ORS の候補点			
			1	2	...	K
1	f_1	$(1,1)$	d_{11}	d_{12}	...	d_{1K}
2	f_2	$(1,2)$	d_{21}	d_{22}	...	d_{2K}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
L	f_L	(m,n)	d_{L1}	d_{L2}	...	d_{LK}

記号の定義

定式化にあたって、以下の記号を定義する。

λ : 需要点 i と JR 貨物駅 j の OD ペア ($\lambda = 1, \dots, L$)

k : ORS の候補点 ($k = 1, \dots, K$)

$d_{\lambda k}$: OD ペア λ に関して、ORS 候補点 k を経由したときの距離

f_λ : OD ペア λ の流れる量

P : 配置する ORS の数

決定変数

$$x_{\lambda k} = \begin{cases} 1 & \text{: OD ペア } \lambda \text{ は ORS 候補点 } k \text{ を経由するとき} \\ 0 & \text{: OD ペア } \lambda \text{ は ORS 候補点 } k \text{ を経由しないとき} \end{cases}$$

$$y_k = \begin{cases} 1 & \text{: ORS 候補点 } k \text{ に配置するとき} \\ 0 & \text{: ORS 候補点 } k \text{ に配置しないとき} \end{cases}$$

目的関数

$$\sum_{\lambda=1}^L \sum_{k=1}^K d_{\lambda k} f_\lambda x_{\lambda k} \rightarrow \min$$

制約条件

$$\sum_{k=1}^K y_k = P$$

$$\sum_{k=1}^K x_{\lambda k} = 1 \quad \forall \lambda$$

$$x_{\lambda k} \leq y_k \quad \forall \lambda, k$$

$$x_{\lambda k} = 0, 1 \quad \forall \lambda, k$$

$$y_k = 0, 1 \quad \forall k$$

4.3 取り扱う具体的内容

愛知県西三河地域の豊田市、知立市、安城市、西尾市、岡崎市、藤岡町、小原村、足助町、下山村、旭町、幸田町、額田町、一色町、吉良町、幡豆町を対象に考える。

各需要点から ORS を通じて、JR 貨物刈谷コンテナセンターと JR 貨物豊橋駅の両駅に輸送する。ORS 候補点は豊田市、知立市、安城市、岡崎市とする。

4.4 実行結果と考察

表3 2個の ORS を配置するとき

配置場所	利用する OD ペア
知立市	豊田市 刈谷、知立市 刈谷、知立市 豊橋
	安城市 刈谷、西尾市 刈谷、藤岡町 刈谷
	小原村 刈谷、足助町 刈谷、下山村 刈谷
	旭町 刈谷、幸田町 刈谷、一色町 刈谷
	吉良町 刈谷、幡豆町 刈谷
	岡崎市
岡崎市	豊田市 豊橋、安城市 豊橋、岡崎市 刈谷
	岡崎市 豊橋、西尾市 豊橋、藤岡町 豊橋
	小原村 豊橋、足助町 豊橋、下山村 豊橋
	旭町 豊橋、幸田町 豊橋、額田町 刈谷
	額田町 豊橋、一色町 豊橋、吉良町 豊橋
	幡豆町 豊橋

ORS を 1 個配置するときには知立市となり、すべての OD ペアが利用することになった。交通情報でも聞くように、知立市は道路混雑が発生しやすいので、輸送障害が生じる可能性がある。そこで、ORS を 2 個配置したときの実行結果は表 3 である。配置場所は知立市と岡崎市となり、OD ペアを割り当てることができるので、前述の問題点が緩和できると考えられる。小原村などはトラックの集貨距離を大幅に削減できるので、お客に対して低コストでサービスを提供できる。

5 おわりに

本研究では、愛知県内で導入の考えられている地域を分析した。JR 貨物の関係者によると、ORS の立地条件は、人口数、工場数が多く、周辺に工業団地がある所なので、本研究で得られた場所はだいたい立地条件を満たしており、良い結果を導くことができたと考えられる。連続モデルで得られた春日井周辺地域は、工業団地の進出が目立ち、人口数、工場数も多い。離散モデルで得られた知立市と岡崎市も同様である。

今、愛知県はもちろん全国的に ORS の導入が計画され、JR 貨物はさらなる飛躍を成し遂げようとしている。トラック輸送は、環境問題などの色々な問題を抱えており、向かい風になっている。本研究が環境負荷の低い、安全な JR 貨物利用促進の足掛かりになれば幸いである。

謝辞

本研究を進めるにあたり多大な助言を頂き、熱心に御指導下さいました鈴木敦夫教授、佐々木美裕先生に深く感謝致します。また貴重なお話、資料の提供をして下さいました JR 貨物東海支社、中部運輸局、中部地方通運業連盟の方々にもお忙しい中、御協力を賜わり誠にありがとうございました。

参考文献

- [1] 社団法人 日本建築学会: 「建築・都市計画のためのモデル分析の手法」, 井上書院 (1992).