

## IV-125

## エリア区分及び輸送経路のコスト最小化モデルの構築

東北大学 学生員 ○岡田龍二  
 東北大学 正会員 徳永幸之  
 東北大学 正会員 須田 熙

## 1. はじめに

宅配便は迅速性をセールスポイントとして急速に発展してきた。そのため、現在の宅配システムは必ずしもコスト最小化されていない。しかし、企業間競争の中ではコストを抑えたサービス向上が重要となっている。宅配貨物の流れは図1に示すようにまず集配の拠点であるセンターに集められ、地域間輸送の拠点であるベースを経てセンターから配送される。本研究ではこのうちセンターに係わるコスト最小化モデルを構築し、その適用可能性を検討する。

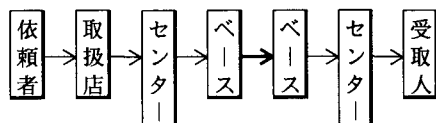


図1 宅配貨物の流れ

## 2. 本研究の考え方

現在の宅配システムは図2に示すように、全国を都道府県程度の大きさのレジョンに分割し、さらにこのレジョンを市区郡程度の大きさのエリアに分割し、エリアを1台の集配トラックで担当するゾーンに分割している。エリア設定は取扱店における送り先のコード化作業の簡便化のために市郡単位となっているが、本研究ではコストを最小化するエリア区

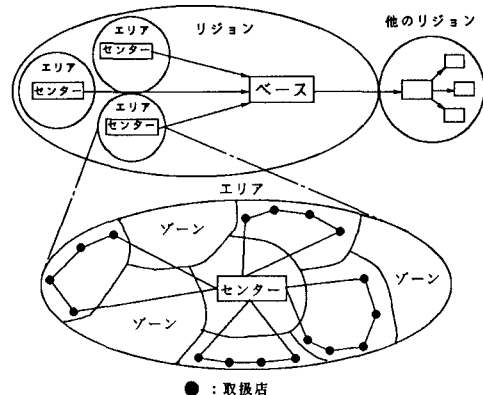


図2 ハブ・アンド・スポーク型宅配システム

分モデルを構築する。センター・ベース間の輸送方式は迅速性、正確性を重視するためセンター・ベース間を直行便で運行するハブ・アンド・スポークとなっているが、本研究ではセンターでの積み替えを1回まで許したコストを最小化する輸送モデルを構築する。

## 3. 定式化

ゾーン、センターを所与とし、エリア区分モデルとセンター・ベース間輸送モデルをそれぞれ線形計画法により定式化する。なお、センター・ベース間は10tトラック1台で輸送を行うこととする。

## 3-1 エリア区分モデル

ゾーン  $k$  がエリア  $s$  に属するか否かを表す変数  $Y_{ks}$  を導入する。

$$Y_{ks} = \begin{cases} 1 & \text{: ゾーン } k \text{ がエリア } s \text{ の場合} \\ 0 & \text{: ゾーン } k \text{ がエリア } s \text{ でない場合} \end{cases}$$

ゾーン  $k$  の荷物をエリア  $s$  のセンターで集配する場合のコストを  $P_{ks}$  とした時、目的関数を以下に示す。

$$\min. g(x) = \sum_k \sum_s P_{ks} Y_{ks} \quad (1)$$

## i) ゾーンに関する制約

あるゾーンはいずれかのエリアに属することから各ゾーン  $k$  に対して以下のような制約条件を与える。

$$\sum_s Y_{ks} = 1 \quad (2)$$

## ii) 荷物量に関する制約

センター・ベース間のトラックは10tトラック1台であるため、それぞれのセンターに集まる荷物は10t以下でなければならない。よって各エリア  $s$  に対して以下のような制約条件を与える。

$$\sum_k N_k Y_{ks} \leq 10 \quad (3)$$

$N_k$  : ゾーン  $k$  の荷物量

## 3-2 センター・ベース間輸送モデル

センター  $i$  から  $j$  にトラックを運行するか否かを表す変数  $X_{ij}$  を導入する。

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 : \text{センター } i \rightarrow j \text{ に運行する} \\ 0 : \text{センター } i \rightarrow j \text{ に運行しない} \end{cases}$$

$i-j$  間の輸送コストを  $C_{ij}$  とした時の目的関数を以下に示す。

$$\min. f(x) = \sum_{i,j \neq i} C_{ij} X_{ij} \quad (4)$$

$$C_{ij} = C_0 + C_1 D_{ij}$$

$C_0$  : 固定費用  $D_{ij}$  :  $i-j$  間の距離

$C_1$  : 単位距離当たりの輸送費用

i) トラックの台数とセンターに関する制約

センター・ベース間のトラックは1台であり、またすべてのセンターからは必ず荷物が送られなければならない。よって各センター  $i$  に対して以下のような制約条件を与える。

$$\sum_{j \neq i} X_{ij} = 1 \quad (5)$$

ii) 荷物量に関する制約

それぞれのセンターに集まる荷物はトラック1台分の10t以下でなければならない。よって各センター  $i$  に対して以下のような制約条件を与える。

$$\sum_{j \neq i} (N_i X_{ij}) + N_j \leq 10 \quad (6)$$

$N_i$  : センター  $i$  での発生貨物量

iii) ベース到着に関する制約

センターでの積み替えは、最大1回であるから、センターにいったん荷物が送られたら、必ずその次はベースに送られなければならない。よって各センター  $i$  に対して以下のような制約条件を与える。

$$X_{jb} - X_{ij} \geq 0 \quad (7)$$

iv) 時間に関する制約

すべての荷物は制限時間以内にセンターからベース  $b$  まで運ばなければならない。よって各センター・ベース間  $i, j, b$  に対して以下のような制約条件を与える。

$$T_{ij} X_{ij} + T \leq T_i \quad (8)$$

$T_{ij}$  :  $i \rightarrow j \rightarrow b$  への輸送時間

$T$  : 積み替え時間  $T_i$  : 制限時間

#### 4. 適用例

上記のモデルを仮想のリジョンに適用する。この仮想リジョンは一辺100kmの正方形とし、その中にセンターを10箇所、ゾーンを97箇所それぞれランダムに配置したものである。ゾーンにおける発生荷物量もランダムに発生させたものであり、リジョン全体

の発生荷物量を45tとした。ゾーン内輸送コスト

$P_{ks}$  はゾーン中心・センター間距離に比例するものとして設定した。またトラックの平均運行速度を40 km/h、積み替え時間を30分とし、輸送コストである

$C_{ij}$  は、運輸局認可運賃料金表の10tトラック料金を元に  $C_0$  を13000円に  $C_1$  を200円/kmとした。

図3は、上記のモデルを用いて計算を行った最適なエリア区分と輸送方式を表したものである。この輸送方式のコストは142千円になり、ハブ・アンド・スポーク型とした場合の204千円に比べてコストが大幅に低減することが分かる。

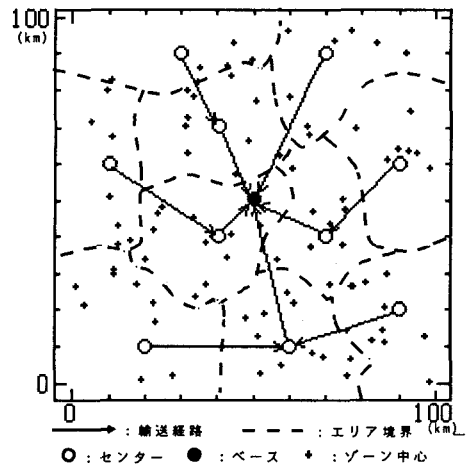


図3 最適エリア区分と輸送方式

#### 5. まとめ

コスト最小化のためのエリア区分モデルと積み替えを1回まで考慮したセンター・ベース間輸送モデルを作成する事が出来た。このモデルを仮想リジョンに適用した結果、従来より低コストで実現できるエリア区分、ネットワークを求める事が出来た。今後の課題としてはエリア数やセンター配置の決定問題、センター・ベース間輸送のトラックが複数台の場合にも対応可能なモデルに拡張するということが挙げられる。

#### 【参考文献】

- 1) 小林伸司: "積み合わせ貨物輸送の実態解明とモデル化" 東京大学大学院修士論文, 1993
- 2) 清水英範 河合毅治: "土地分級結果に基づく用途地域の配置問題" 土木計画学研究講演集, No. 13, 1990