

IV-10

積み替えを考慮した輸送計画

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. 背景と目的

現在の宅配システムは、迅速性、正確性に重きをおいている。例えば、仕分け作業は時間がかかり、またまちがいの確率も高いため、仕分け回数を極力減らした直行便主体のネットワークを採用している。これは明らかにコストを最小化したシステムではない。本研究では、迅速性、正確性を維持しながら、コストの低減を図る事を目的として、積み替えを考慮した輸送コスト最小化モデルを作成し、その適用可能性を検討する。

2. 宅配システム

図-1はハブ・アンド・スポーク型の宅配システムを表したものである。現在A社では宮城県を一つのリジョンとし、そこに1つのベースをおいている。さらにこのリジョンを22のエリアに分割し、それぞれに1つセンターをおいている。各センターはそのエリアの荷物をすべて集配し、それぞれ独立にベースへ直通で輸送する。よってそのリジョンにある荷物はすべてベースへ輸送される事になる。ここでセンターでの積み替えを行えば輸送コストは低減するが、その回数が増加すると、迅速性、正確性が失われる。そこで本研究では積み替えを1回までとする。

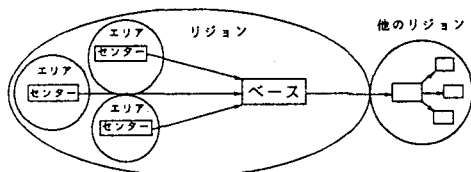


図-1 宅配システム

3. 定式化

まず初めに式に用いる記号を以下のように定める。

i : 各センターの番号

j : 各センターの番号

n : センターの総数

b : ベース（ここで、 $1 \sim b$ と言えば、 $1, 2, \dots, n, b$ ）とする

N_i : センター i での発生貨物量

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 : i \rightarrow j \text{ にトラックを運行する} \\ 0 : i \rightarrow j \text{ にトラックを運行しない} \end{cases}$$

$$C_{ij} (\text{輸送コスト}) = C_0 + C_1 D_{ij}$$

（ただし、 C_0 は固定費用、 C_1 単位距離当たりの輸送費用、 D_{ij} は $i \rightarrow j$ 間の距離）

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

T : 積み替え時間

・目的関数

ベース・センター間を輸送をするトラックは、一般に4tトラックと10tトラックが用いられているが、このトラックの輸送コストの差はあまり大きくないため、輸送コストは同じであると考ええる。また、ベース・センター間を輸送するトラックは各路線とも1台とする。このようなことを踏まえて、輸送コストを最小にする最適な輸送経路を算出するための目的関数を以下に示す。

$$\min. f(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^b C_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

・制約条件

a) 荷物量に関する制約

センターに集まる荷物は4tトラック又は10tトラック1台で輸送するため、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 j に対して以下のような制約条件を与える。

$$\sum_{i=1}^n (N_i X_{ij}) + N_j \leq 10 \quad (j = 1 \sim n) \quad (2)$$

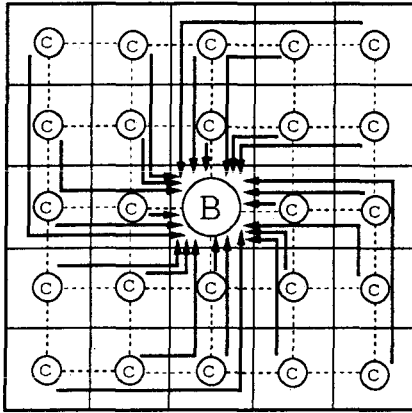
b) トラックの台数とセンターに関する制約

センター間のトラックは必ず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 i に対して以下のような制約条件を与える。

$$\sum_{j=1}^b X_{ij} = 1 \quad (i = 1 \sim n) \quad (3)$$

c) 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 i, j



B : ベース C : センター → : 輸送経路

図-2 5×5エリアの最適解

に対して以下のような制約条件を与える。

$$X_{ij} - X_{ji} \geq 0 \quad (i, j = 1 \sim n, i \neq j) \quad (4)$$

d) 時間に関する制約

すべての荷物は決められた時間以内にセンターからベースまで運ばなければならない。仮にすべてのセンターからベースまで荷物が3時間以内に届かなければならないとした時、各 i 、 j に対して制約条件は以下で与えられる。

$$T_{ij} X_{ij} + T \leq 3 \quad (i, j = 1 \sim n, i \neq j) \quad (5)$$

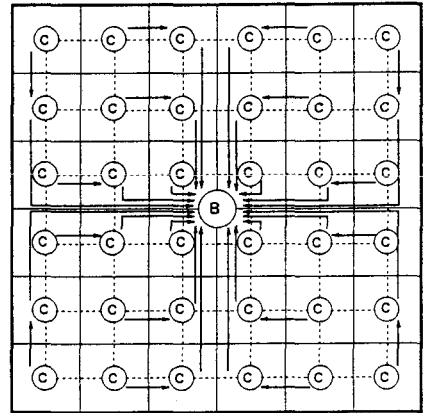
4. 計算方法

本研究で考える問題は各センター間に荷物を輸送する可否かを決定する0-1整数問題である。しかし上記の定式化によると解は一般に実数解になる。従って本研究では分枝限定法のアルゴリズムを応用して解の整数化を行った。

今回このモデルを使って計算するのは、実際にある地域ではなく、以下に示す仮想のリジョンである。

・仮想リジョン

この仮想リジョンは、一辺100(km)の正方形とし、それを数個のエリアに分割したものである。センター、ベースは各エリア、リジョンの中央に位置している。トラックの平均運行速度を40(km/h)、積み替え時間を30分とする。また輸送コストである 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。



B : ベース C : センター → : 輸送経路

図-3 6×6エリアの最適解

5. 計算結果

仮想リジョンを5×5の25個のエリアに分割し、各エリアの発生荷物量を6tとする。このときの最適な輸送経路を求めると図-2に示すようなハブ・アンド・スポーク型のネットワークになり、輸送コストは552000円になる。リジョン全体で発生する荷物量を変化させず、6×6の36個のエリアに分割すると、すべてのエリアの発生荷物量は約4.2tになる。この場合の最適な輸送経路は図-3に示すように、途中のセンターで積み替えが16箇所で行われており、輸送コストは473800円で、5×5のエリア分割の時より14.2%安くなっている。

6. まとめ

積み替えを1回まで考慮した輸送コスト最小化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、従来のハブ・アンド・スポーク型ネットワークより、高サービスを低コストで実現できるネットワークを求める事が出来た。しかし、現在の宅配におけるセンター、ベース間の輸送ではトラック数台が必要とされる場合があり、そのような場合にも適用できるモデルの作成が今後の課題である。

・参考文献

RANDOLPH W. HALL: "DIRECT VERSUS TERMINAL FREIGHT ROUTING ON A NETWORK WITH CONCAVE COSTS", TRANSPORTATION RESEARCH-B, VOL. 21B, NO. 4 1987