

数理計画モデルによる公共トラックターミナルの配置と規模計画に関するシステム分析

京都大学工学部 正員 吉川和広
 京都大学工学部 正員 春名 政
 京都市役所 正員 ○松元利徳

1. はじめに 現在わが国では各地で新たな物流拠点の建設整備が進められつつあるが、本研究ではこれらの物流拠点のうち路線貨物輸送の合理化に対して重要な役割を果たす公共トラックターミナルの配置と規模計画の問題を取りあげ、計画目的の多元性を考慮した計画情報の作成を試みた。具体的には「総輸送コスト」「総輸送時間」「延走行台キロ」の低減を計画目標として以下に述べる2つのアプローチを行なう。そして京阪神都市圏を対象とした実証的分析を行い望ましい計画案の策定に必要な情報を求めることを試みる。

2. モデル化

(1)モデル化のための主な前提条件；①公共トラックターミナルの配置の対象とする経済圏を $i=1,2,\dots,m$ というゾーンに分割し、他の経済圏を $j=1,2,\dots,n$ とする。②公共トラックターミナルの候補地を $k=1,2,\dots,r$ とし、各候補地での公共トラックターミナルの規模(取扱貨物量)には上限が定められているものとする。③公共トラックターミナルでは路線貨物だけを取扱いの対象とするが、そのうちの中継貨物については考慮しない。また路線貨物はすべていずれかの公共トラックターミナルを利用するものとする。(2)マルチパラメトリック計画法によるモデルの定式化(MLPモデル)；多目的計画問題においては、ある制約条件のもとで複数の目標の達成水準を個々に改善していくとやがては他の目標を悪化させることなしには、もはやどの目標も改善することができないという状態すなわち経済学でいう一種のパレート最適の

状態(そのときの解をパレート解と呼ぶ)に至る。ここでは多目的計画問題におけるこのパレート解の集合をすべて求め、公共トラックターミナル計画における選択対象代替案として提示するためのモデルをマルチパラメトリック計画法を用いて定式化する。

(a)制約条件

$$\sum_{k=1}^r x_{ikj} = a_{ij} \quad (i=1,2;\dots,m; j=1,\dots,n) \quad \dots(1)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r x_{ikj} \leq Q_k \quad (k=1,\dots,r) \quad \dots(2)$$

$$x_{ikj} \geq 0 \quad (i=1,2;\dots,m; j=1,\dots,n; k=1,\dots,r) \quad \dots(3)$$

(b)目標の制約化

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r (C_{ik} + C_k + C_{kj}) x_{ikj} = C^* - \theta_1 \quad \dots(4)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r D_{ik} \left(\sum_{j=1}^n x_{ikj} / w_1^i \right) + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r \left(\sum_{i=1}^m x_{ikj} / w_2^j \right) = D^* - \theta_2 \quad \dots(5)$$

(c)目的関数

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r (T_{ik} + T_k + T_{kj}) x_{ikj} \rightarrow \min \quad \dots(6)$$

ここに x_{ikj} ；ゾーン i とゾーン j の経済圏との間の方向 k の路線貨物のうち k ターミナルを利用するものを表す変数($k=1$ のときゾーンからの発生貨物、 $k=2$ のとき集中貨物である)。 a_{ij} ；ゾーン i とゾーン j の経済圏との間の方向 k の路線貨物量(トン/日)。 Q_k ； k ターミナルの取扱貨物量(トン/日)。 C_{ik}, D_{ik}, T_{ik} ；ゾーン i と k ターミナルの間のトン当り集配コスト、集配距離、集配時間。 C_k, T_k ； k ターミナルを通過するのに要するコストと時間。 C_{kj}, D_{kj}, T_{kj} ； k ターミナルとゾーン j の経済圏の間のトン当り路線運行コスト、路線運行距離、路線運行時間。 w_1^i, w_2^j ；ゾーン i の集配車および路線運行車の平均積載重量(トン/台)。 C^*, D^* ；この問題が実行可能となるように設定された定数。

ここで θ_1, θ_2 をパラメータとして変化させることによって、もとの多目的計画問題のパレート解の集合をすべて求めることができる。

(3)目標計画法によるモデルの定式化(GPモデル)

ここではL字型効用関数を導入した目標計画法を用いて、複数の目標をバランスよく達成

させるような選好解を規範的に求めるためのモデルを定式化する。

(a) 制約条件; これは(a)と同様であるから省略する。

(b) 目標の制約化

① 総輸送コスト

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} (C_{ik} + C_k + C_{kj}) X_{ikj} - y_c + z_c = G_c \quad \dots (7)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} (C_{ik} + C_k + C_{kj}) X_{ikj} \leq g_c \quad \dots (8)$$

② 総輸送時間

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} (T_{ik} + T_k + T_{kj}) X_{ikj} - y_t + z_t = G_t \quad \dots (9)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} (T_{ik} + T_k + T_{kj}) X_{ikj} \leq g_t \quad \dots (10)$$

③ 延走行台キロ

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} D_{ik} \left(\frac{X_{ikj}}{w_i} \right) + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} D_{kj} \left(\frac{X_{ikj}}{w_j} \right) - y_0 + z_0 = G_0 \quad \dots (11)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} D_{ik} \left(\frac{X_{ikj}}{w_i} \right) + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} D_{kj} \left(\frac{X_{ikj}}{w_j} \right) \leq g_0 \quad \dots (12)$$

④ 各目標の達成度の均衡を図るための条件式

$$y_c / \lambda_c = y_t / \lambda_t = y_0 / \lambda_0 \quad \dots (13)$$

ここに G, g : 各目標に関する満足水準および許容水準。

$\lambda = g - G, y, z$: 各目標の満足水準からの乖離を示す補助変数。

(c) 目的関数; 各目標の満足水準からの乖離を示す補助変数 y のうち任意の1つを最小化することにより各目標の不達成度を同時に、できるかぎり小さくすることができる。ここでは便宜上 y_c を目的関数として取りあげる。

$$y_c \rightarrow \min \quad \dots (14)$$

なお本研究で取りあげた計画目標は対象経済圏全体にとっての目標であるから各ゾーン間では輸送単価などの評価値に格差が生じてくる。そこで次式を加えて次のようなパラメトリック分析を行うことにした。すなわち対象経済圏と対象経済圏との間の輸送単価の、ゾーン位置による格差の是正を図っていったときに、GPモデルを用いて求めた計画案がどのように変化していくかを分析するのである。

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (C_{ik} + C_k + C_{kj}) X_{ikj} / (R_{ij} \sum_{k \in K} a_{kj}) \leq U \quad (i \in I, m; j \in J, n) - (15)$$

ここに R_{ij} : 対象経済圏の各ゾーンと対象経済圏の間の平均の輸送距離を考慮して外的に与えられる換算のための定数である。

式(15)の U を変化させてパラメトリック分析を行う。

3. 実証的分析について

上述のMLPモデルおよびGPモデルを京阪神都市圏における公共トラックターミナルの配置と規模計画の問題に適用して実証的な分析を行った。またGPモデルの適用に際しては、満足水準と許容水準の設定方法を変えてみて、そのときの解とMLPモデルによって求めたパレート解の集合とを比較検討することにより満足水準と許容水準の設定方法について若干の検討を加えた。これらの計算結果の一部を図1と表1に示すが、実証的分析結果の詳細については講演時に説明する。

図1. パレート解領域およびGPモデルによる解 ($Q_k = 28$ トン/日のとき)

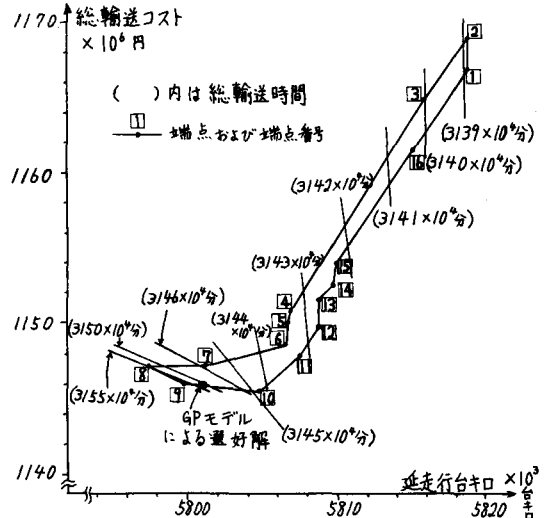


表1. パレート領域の端点およびGPモデルの解に対する公米トラックターミナルの規模(トン)

ゾーン	京都	南都	南港	東大	北大阪	東大阪	松原	西宮	神戸	北谷	名谷
1	6378	2954	16636	20000	19579	20000	3080	4710			
2	6378	2954	16636	20000	19579	20000	3080	4710			
3	6378	5678	13912	20000	19579	20000	3080	4710			
4	6378	14410	5180	20000	19579	20000	3080	4710			
5	6378	14410	5180	20000	19579	20000	3080	4710			
6	6378	15832	3544	20000	19603	20000	3270	4710			
7	6378	15832	3544	20000	19603	20000	2505	5475			
8	6378	16357	3544	20000	19078	20000	2505	5475			
9	6378	16357	3544	20000	19078	20000	2505	5475			
10	6378	15832	3544	20000	19603	20000	3270	4710			
11	6378	15832	3544	20000	19603	20000	3270	4710			
12	6378	14411	4965	20000	19603	20000	3270	4710			
13	6378	14411	4965	20000	19603	20000	3270	4710			
14	6378	12282	6887	20000	20000	20000	3080	4710			
15	6378	11671	7919	20000	19579	20000	3080	4710			
16	6378	6279	13311	20000	19579	20000	3080	4710			
GPの解	6674	17399	2776	20000	18698	20000	2505	5285			