

トラックターミナルの配置と規模決定に関する一考察

京都大学 正 員 工 博 古川 和広

京都大学 学生員 O 桂田 信貞

1 まえがき

近年輸送需要の増大とともに輸送構造に大きな変化が見られトラックの中長距離輸送のシェアが急増してきた。特に幹線道路網の発達とともに鉄道が有利と思われる100~400^{km}の長距離でトラック輸送の運賃がみられる。輸送コストの低減と生産性向上をほかに上から都市間輸送は車両が大型化の傾向にある。一方大都市内においては5トン車を含び大型車に対する乗入れ制限が行われ、また将来ますます交通規制が厳しくなると考えられる。したがって大都市内における大型トラック輸送はまったく不可能になる。ここに集配機構と路線機構とを分離する必要が現れ、その結節点としてトラックターミナルがある。このようにトラックターミナルはトラック輸送にとって重要な位置を占めている。本研究においてはLP理論を適用することにより、トラックターミナルの適正規模配置を決定するための一方法について考察することとする。

2 トラックターミナル配置モデル

全国をいくつかの経済圏に分割し、その中の1つのI経済圏のみについて考え、かつI経済圏の中のトラックターミナル候補地 $j=1, 2, \dots, m$ を決めていこうとする。またI内に消費地および生産地である地区 $i=1, 2, \dots, n$ が存在しているものとする。i地区からの他の経済圏Kへの出荷量 a_{ik} 、K経済圏からの入荷量 b_{ki} をトラックターミナルを通して輸送する時、全輸送量を最小にするようそれぞれのターミナル候補地の規模を決定する。そこで次のように定義すれば

x_{ijk} : i地区からjターミナルを通過してKに出荷される量(トン/日), y_{kja} : Kからjターミナルを通過してi地区に入荷される量(トン/日), C_{ij} : 集配に要する単位貨物あたり費用(円/トン), C_{jk} : 路線に要する単位貨物あたり費用(円/トン), C_j : jターミナルのターミナル通過費用(円/トン), T_j : 最大ターミナル容量(最大取扱貨物量)(トン/日)

この問題は次のように表わされる。

$$\text{制約条件} \quad \begin{cases} \sum_j x_{ijk} \geq a_{ik} \\ \sum_j y_{kja} \geq b_{ki} \\ \sum_i \sum_K (x_{ijk} + y_{kja}) \leq T_j \end{cases} \quad \text{の } \forall j$$

$$\text{目的関数} \quad \min. Z = \sum_i \sum_j \{C_{ij} \sum_K (x_{ijk} + y_{kja})\} + \sum_j \sum_K \{C_{jk} \sum_i (x_{ijk} + y_{kja})\} + \sum_j C_j \left\{ \sum_i \sum_K (x_{ijk} + y_{kja}) \right\}$$

3. 適正規模配置決定の一方法

2で述べたモデルにおいてはターミナル費用 C_j は定数と考えたが、実際は定数ではなく各ターミナルの取扱貨物量 $K_j = \sum_i \sum_K (x_{ijk} + y_{kja})$ の関数であると考えられる。したがって、 C_j について解析する必要がある。費用関数 C_j は次のように表わされる。

$$C_j = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6$$

C_1 : 荷役関係費 C_2 : 駐車場の費用 C_3 : 貨物の待ち損失 C_4 : トラックの待ち損失

C_5 : トレームに収容できない貨物の費用 C_6 : 駐車場に収容できないトラックの費用
またこれらは次のように求められる。

$$C_1 = 1/K_j \cdot N_j \alpha (C_{NAK} + C_8 + C_m) \quad N_j: \text{貯留可能単位数 (単位貨物量)}$$

α : 貨物1単位 = α トン (t/単位貨物量) C_{NAK} : トレーム単位面積あたり償却費 (円/㎡日)

A_K : 貨物1tあたりの貯留面積 (㎡/t) C_8 : 貨物1tあたりの荷役機械償却費 (円/t)

C_m : 貨物1tあたりの荷役人の給料 (円/t)

$$C_2 = 1/K_j \cdot M_j A_P C_R \quad A_P: \text{トラック1台が駐車するのに要する面積 (㎡/台)}$$

M_j : 駐車可能台数 (台)

C_R : 駐車場単位面積あたり償却費 (円/㎡日)

貨物およびトラックがそれぞれトレーム、駐車場からあふれる確率を K_R , i_R とすれば、

$$C_3 = 1/K_j \cdot \{K_j (1 - K_R)\} C_K \cdot t (T_P + 1/\mu_0)$$

C_K : 貨物1tの価格 (円/t) t : 利子率 (1/日)

T_P : 貨物の平均貯留時間 (日) $1/\mu_0$: 積込作業時間 (日)

$$C_4 = 1/K_j \cdot \{T_P (1 - i_R)\} (C_T + C_D) \cdot W$$

T_P : トラック到着台数 (台/日) C_T : トラックの償却費 (円/台)

C_D : 運転手の給料 (円/台) W : トラック到着から荷卸し終了時刻迄に要する時間 (日)

$$C_5 = 1/K_j \cdot \{K_j i_R\} C_u$$

$K_j i_R$: トレームからあふれる貨物量 (t/日)

C_u : 別個に輸送する費用 (円/t)

$$C_6 = 1/K_j \cdot \{T_P i_R\} C_P$$

$T_P i_R$: 駐車場からあふれるトラック (台/日) C_P : 別の駐車場利用に要する費用 (円/台)

そこでトレーム滞留貨物およびトラックの待ち行列長分布を考え、その平均値を m_K , m_T , その分散を σ_K , σ_T とする時、チェビシェフの定理を利用して K_R , i_R を次のように表わす。

$$K_R = \{X_K > N_j\} = \frac{1}{N_j^2}, \quad i_R = \{X_T > M_j\} = \frac{1}{M_j^2}, \quad M_j = m_T + N_1 \sigma_T, \quad N_j = m_K + N_2 \sigma_K$$

また λ を貨物の到着密度, μ をトラックの到着密度, T を貨物の許容待ち時間, R をトラックの許容待ち時間とする時、平均値および分散は次のように与えられる。 $\lambda = \mu$ とすると、

$$m_K = \frac{1}{2} \cdot \lambda Q_0 (2T + \lambda T^2), \quad \sigma_K = \frac{1}{3} \cdot \lambda^2 Q_0 (\lambda T^3 + 3T^2) + \frac{1}{2} \lambda Q_0 (2T + \lambda T^2) - \left\{ \frac{1}{2} \lambda Q_0 (2T + \lambda T^2) \right\}^2$$

$$m_T = \frac{1}{2} \cdot \mu Q_0 (2R + \mu R^2), \quad \sigma_T = \frac{1}{3} \cdot \mu^2 Q_0 (\mu R^3 + 3R^2) + \frac{1}{2} \mu Q_0 (2R + \mu R^2) - \left\{ \frac{1}{2} \mu Q_0 (2R + \mu R^2) \right\}^2$$

$$Q_0 = 1 / \{1 + \mu (T + R)\}$$

また、 $\lambda = K_d / T_d$ T_d : 到着時間帯 (h/日) と表わされるから、これを M_j , N_j に代入し、

更に C_1 , C_2 に代入することにより、 $C_j = \sum_{i=1}^6 C_i$ は K_d , N_1 , N_2 のみの関数で表わされる。

したがって N_1 , N_2 をパラメータとして $K_d - C_j$ 曲線が得られる。解法の手順としては、まず

この曲線から目的関数の係数を $\min C_j$ と与えて LP を解く。次にこの時の解 $K_j = \sum_{i=1}^6 (x_{ij} + y_{ij})$ に対応する C_j^* , M_j^* , N_j^* をグラフから読みとり、目的関数の係数を C_j^* に変えて感応度

分析を行なう。 C_j^* と前に与えた C_j との差が許容範囲内にあれば、最適解は変わらないが、

この範囲内でない場合には補正計算を行なう。以上の手順を繰返すことにより、解 K_j は一定値に収束する。