

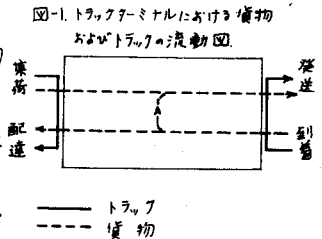
京都大学 正員 吉川 和広

京都大学 正員 真鍋 重遠

京都大学 学生員 大島 康宏

1 まえがき 従来の施設規模決定方式には原単位法がとられてきたが、本研究では、ターミナル内での各種動態も分析し、経済的観点から最適規模決定の一方法を提案する。ここでトラックターミナルの最適規模とは、1トンの貨物がターミナルを通過するに要する1日当りの経費を最小とするような施設規模と定義する。

2 動態解析およびモデルの作成 トラックターミナル内での貨物およびトラックの流動は図-1のようである。



(a) 荷卸しホーム 荷卸し作業そのものは、路線車においても集配車においても同じ作業であるからモデルは同一のものとす。路線車の到着分布は明らかにポアソン分布といえるが、集配車の方は、一般の企業活動との関係より到着時間帯がある。しかし到着時間帯内の非定常状態の解は、この場合、初期値が0であるため定常状態の待ち台数より小さいから、計画の安全性とも考慮してここでは、定常状態での(M/M/S)型待ち合わせ理論を適用する。 λ : 荷卸しトラックの平均到着率、 μ : 荷卸しサービス速度、 S : 荷卸しバース数、 p_j : 系の中に j 台いる確率、 W : 系の中で費やす全時間の平均値とすると、

$$p_0 = \frac{1}{\sum_{j=0}^{S-1} \frac{\lambda^j}{j!} + \frac{\lambda^S}{(S-1)!(S-\lambda)}} \quad \cdots (1)$$

$$p_j = \frac{\lambda^j}{j!} p_0 \quad (0 \leq j \leq S), \quad p_j = \frac{S! p_0}{S!} \quad (j \geq S) \quad \cdots (2)$$

$$W = \frac{\mu \lambda^S}{(S-1)!(S\mu - \lambda)^2} p_0 + \frac{1}{\mu} \quad \cdots (3)$$

$$\text{ただし } \rho = \frac{\lambda}{S\mu}, \quad a = \frac{\lambda}{\mu} \quad \cdots (4) \quad \text{となる。}$$

これらを使用して、貨物1トンが荷卸しホームで荷卸しをうけて立ち去るに要する経費 C も(5)式のように求め、この C を最小とするバース数 S 、駐車可能台数 M を最適なバース数および駐車可能台数とならば駐車場面積とする。

$$C_a = C_1(S) + C_2(M) + C_3(W) + C_4(p_j) \quad \cdots (5)$$

ここで、 $C_1(S)$: 荷役関係の費用、 $C_2(M)$: 駐車場の費用、 $C_3(W)$: 貨物およびトラックの待ち損失、 $C_4(p_j)$: 駐車場からあふれたトラックに要する費用である。

(b) 積込路線ホーム 貨物が到着したとき路線トラックが待つていれば、ただちに積込まれるが、待つていなければ、路線トラックが到着するまでホーム上に貯留される。これは貨物にとって実質的なサービス機関はトラックであることを示している。同様のことがトラックにもいえる。すなわち、貨物、トラックの両者は互いに相手に対する実質的なサービス機関となっている。また貨物は営業上長期間ターミナルに貯留されることは許されない。同じくトラックにも許容待ち時間が存在する。そして両者の到着状況はポアソン分布になることが明らかとなった。従ってこの場合、二重待ち合わせモデルが適用される。ここで、 λ : 貨物の平均到着率、 μ : トラックの平均到着率、 T : 貨物の許容

待ち時間, R : トラックの許容待ち時間, n : 貨物の貯留量, m : トラックの待ち台数, Q_0 : 貨物もトラックも待たない確率, P_n^* : 貨物が n 単位貯留されている確率, Q_m^* : トラックが m 台待っている確率と定義すると,

$$P_n^* = Q_0 (\mu/\lambda)^n \left\{ 1 - \exp(-\mu T) \sum_{i=0}^{n-1} (\mu T)^i / i! \right\} \dots (5), \quad Q_m^* = Q_0 (\mu/\lambda)^m \left\{ 1 - \exp(-\lambda R) \sum_{i=0}^{m-1} (\lambda R)^i / i! \right\} \dots (5')$$

$$Q_0 = (\mu - \lambda) / \mu \exp R(\mu - \lambda) - \lambda \exp T(\lambda - \mu) \dots (6) \quad \text{となる.}$$

また $C_1(N_2)$: 荷役関係の費用, $C_2(M_2)$: 駐車場の費用, $C_3(\sum p_j)$: 貨物の待ち損失, $C_4(W)$: トラックの待ち損失, $C_5(\sum p_j)$: ホームに収容できない貨物に対する費用, $C_6(\sum Q_i)$: 駐車場に収容できないトラックに対する費用, N_2 : 貯留可能単位数, M_2 : 駐車可能台数, W : トラックが到着してから荷卸し終了時刻までに費やす時間, α : 貨物1単位, A_k : 貨物1トン当りの貯留面積, A_p : トラック1台が駐車するのに必要な面積とすると, 費用関数 C_b は,

$$C_b = C_1(N_2) + C_2(M_2) + C_3(\sum p_j) + C_4(W) + C_5(\sum p_j) + C_6(\sum Q_i) \dots (7)$$

となり, 各方面別に C_b を最小にする N_2 および M_2 を算出し, その N_2 , M_2 をそれぞれ N_2^* , M_2^* とすれば, $\alpha N_2^* A_k$ が最適ホーム面積となり, $A_p M_2^*$ が最適駐車場面積となる。以上で求めた各方面でのホーム面積と駐車場面積をそれぞれ加え合わせたものが積込路線ホームと駐車場との規模となる。

C. 積込配達ホーム 配達作業は, 企業活動のある昼間のみ行なわれる。すなわち限られた時間帯のみで行なわれるから, 貯留される貨物量は時刻によって変動がある。従ってこの場合, 非定常状態の解を求めることにより貯留貨物量を解析した。積込作業が行なわれていない時間帯での貯留貨物量は, 貨物の到着率を λ とすれば, t 時間に j 単位貯留される確率 $p_j(t)$ は

$$p_j(t) = (\lambda t)^j / j! \cdot e^{-\lambda t} \dots (8) \quad \text{となる.}$$

ゆえに T 時間後に積込作業が始まるとすれば, 初期貨物量の分布は,

$$p_i(T) = (\lambda T)^i / i! \cdot e^{-\lambda T} \dots (9) \quad \text{となる. 初期貨物量が } i \text{ 単位であるとき, 積込作業が始まって } t \text{ 時間後に } j \text{ 単位の貨物が貯留されている確率は, つぎのように求まる. すなわち, } \lambda: \text{貨物} \alpha \text{ 平均到着率, } \mu: \text{サービス率, } p_{ij}(t) \text{ 初期値が } i \text{ のとき, } t \text{ 時間後に } j \text{ 単位貯留されている確率とすると, } p_j(t) = \sum_{i=0}^{\infty} p_i(T) \cdot p_{ij}(t) \dots (10) \text{ となる.}$$

そこで, $C_1(N_2)$: 荷役関係の費用, $C_3(\sum p_j(t))$: 貨物の待ち損失, $C_5(\sum p_j(t))$: ホームに収容できない貨物に対する費用, N_2 : 貯留可能貨物量とすると, 費用関数は,

$$C_c = C_1(N_2) + C_3(\sum p_j(t)) + C_5(\sum p_j(t)) \dots (11) \quad \text{となる.}$$

この式を最小にする N_2 を N_2^* とすれば, $\alpha A_k N_2^*$ が最適貯留面積となる。

3. 一計算例. 以上のうち1つだけの計算結果を示す。(2. b).

$\lambda = 1.00$ (1時間), $\mu = 1.01$ (1時間), $T = 96$ (時間), $R = 24$ (時間). このとき $N^* = 90$ (最適単位数), $M^* = 30$ (台) となる。これから換算して, 最適ホーム面積 = 2422 [m²], 最適駐車場面積 = 638 [m²] となる。(参考方面) トラックターミナルの全規模は, これら各方面別に計算された値をすべてについて合計すれば算出される。

4. あとがき. 本研究では, ターミナル内へののみ着目して解析を行なったが, 今後は, 輸送全体を体系的にとらえていくことが必要であると思われる。

図-2 積込路線ホームのターミナル規模の費用と関係(参考方面)

