

関西大学工学部 正会員 則武通彦 京都大学工学部 正会員 谷口栄一
 関西大学工学部 正会員 山田忠史 関西大学工学部 学生会員 井上健一

1. はじめに

最近、社会経済構造の変化に伴い、物流をとりまく環境が大きく変化している。ジャストインタイム輸送に代表される物流ニーズの高度化・多様化が進んだ結果、トラック交通が増加し、渋滞問題や環境問題等の多くの弊害が出ている。こうした問題を解決するためには、広域的な物流ネットワーク計画が必要である。そして、その拠点となるのが、機械化・自動化・情報化・共同化の進んだ高機能物流拠点としてのロジスティクスセンターである。本研究の目標は、ロジスティクスセンターの適正な規模と配置を決定することであり、その第1段階として、ここではバース費用・トラック費用を考慮して、ロジスティクスセンターのトラックバース数を最適化することを目指す。

本研究では、まず実際にトラックターミナルで現地調査を行い、トラックの到着分布とサービス時間分布を同定する。そして、得られた分布型をもとに、ロジスティクスセンターで消費される費用が最小になるような最適バース数決定モデルを提示する。

2. 調査概要

路線および集配トラックの到着分布・サービス時間分布を同定するために必要なデータを収集することを目的として、平成6年9月6日(火)の0時～24時に、大阪府茨木市にある北大阪トラックターミナルの、ある1社の荷扱場において調査を実施した。この荷扱場には現在、集配、路線ともに30バースずつ存在する。

3. 到着分布・サービス時間分布

到着したトラックは路線が全131台、集配が全280台であった。トラックの到着台数の分布は、図1、図2に示すように集配、路線ともに5%の有意水準でポアソン分布に適合することが χ^2 検定により確認された。また、トラックのサービス時間分布は、図3、図4に示すように5%の有意水準で集配が指数分布、路線が2次のアーラン分布に適合することが確認された。分布形同定のための時間帯は、路線が24時間であるのに対し、集配は、トラックの到着がほとんどない時間帯

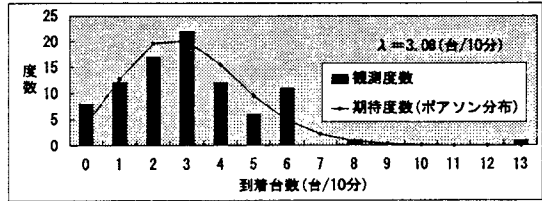


図1 集配トラックの到着台数の分布(5:00～20:00)

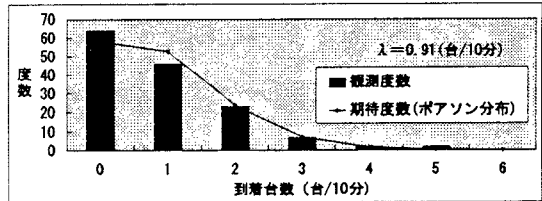


図2 路線トラックの到着台数の分布(0:00～24:00)

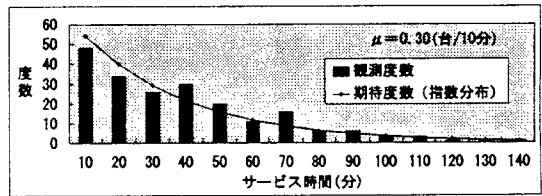


図3 集配トラックのサービス時間の分布(5:00～20:00)

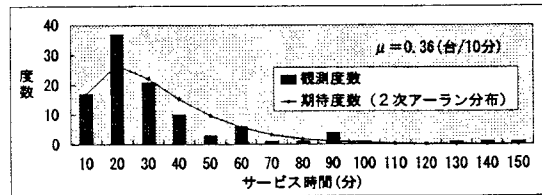


図4 路線トラックのサービス時間の分布(0:00～24:00)

を除外したため、5時～20時の15時間としている。

4. 最適バース数決定モデルの構築

考察対象期間においてロジスティクスセンターで消費される総費用は、センター内に建設・整備されるバースに関する費用と、センターに滞留するトラックに

関する費用の和であり、次のように表される。

$$C_s = C_b + C_t = c_b TS + c_t T \bar{n}_s \quad (1)$$

ここに、

C_s : バース数が S の時、期間 T におけるロジスティクスセンターに関する総費用(円)

C_b : 期間 T におけるバースの総費用(円)

C_t : 期間 T における、ロジスティクスセンターでのトラックの総費用(円)

c_b : 1 バースの1時間当たり費用(円/時)

c_t : トラック1台の1時間当たり費用(円/時)

$\bar{n}_s$: バース数が S の時、期間 T におけるセンター内のトラックの平均滞留台数

である。式(1)のバース費用とトラック費用については、稼働時だけでなく遊休時の費用も考慮しており、 C_s を最小にするバース数が最適バース数である。

いま、パラメータの数を減らすために、式(1)の両辺を $c_t T$ で割れば、

$$r_s = \frac{C_s}{c_t T} = \frac{c_b}{c_t} S + \bar{n}_s = r_w S + \bar{n}_s \quad (2)$$

r_s : バース数が S の時、期間 T におけるトラック1台当たりの費用とロジスティクスセンターで消費される総費用との比率

r_w : バース・トラック費用比率(= c_b / c_t)

となる。そこで、総費用比率 r_s を最適バース数決定のための評価基準として採用する。式(2)において、 r_w は費用計算により既に求まっており、バース数 S を固定すれば、総費用比率 r_s は平均滞留台数 $\bar{n}_s$ の関数となる。到着分布がポアソン分布、サービス時間分布がアーラン分布の場合、 $\bar{n}_s$ に Cosmetatos¹⁾ の近似式を用いると、総費用比率 r_s は、

$$r_s = r_{bt} S + \frac{a^{S+1}}{(S-1)!(S-a)^2} \left\{ \sum_{n=0}^{S-1} \frac{a^n}{n!} + \frac{a^S}{(S-1)!(S-a)} \right\}^{-1} \\ \times \left\{ \frac{1+(1/k)}{2} + \left(1 - \frac{1}{k}\right) \left(1 - \frac{a}{S}\right) (S-1) \right. \\ \left. \times \frac{\sqrt{4+5S}-2}{32a} \right\} + a \quad (a: \text{トラフィック密度}) \quad (3)$$

となり、バース・トラック費用比率 r_w 、バース数 S およびアーラン次数 k の値を設定すると、トラフィック密度 a のみの関数となる。

式(3)においては、計画目標となるロジスティクスセンター取扱貨物量が総費用比率 r_s と明示的に関係

づけられていない。そこで、それらの関係を導くと、

$$a = \lambda / \mu = Q / RT \quad (4)$$

ここに、

λ : トラックの平均到着率(台/10分)

μ : トラックの平均サービス率(台/10分)

Q : 期間 T の間にセンターで取扱う貨物量(t)

R : バース1時間当たりの平均荷役率(t /時)

となる。路線の場合、 $r_w = 0.36$ 、 $k = 2$ となり、 r_s と a の間の関係は、 S をパラメータとして図5のように描かれる。

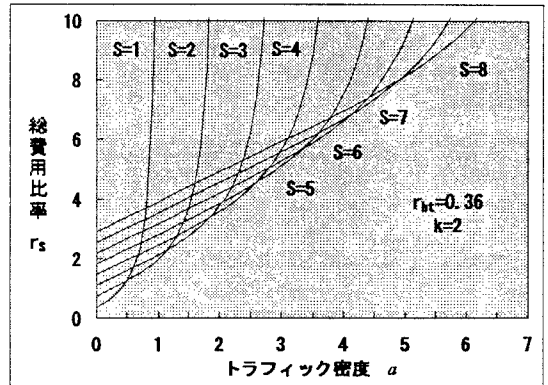


図5 総費用比率とトラフィック密度との関係

5. 最適バース数決定モデルの適用

式(4)より a の値が決まれば、図5において、その a の値を通る鉛直線を引き、それと交わる曲線群のうち最小の S の値が最適バース数になる。また、その交点の縦軸の値が r_s になる。このモデルを用いて、路線と集配各々の最適バース数を算定した結果、集配が14、路線が4となった。また、到着ピーク時に限定して算定すると、集配が24、路線が11となった。

6. おわりに

本研究では、現実に稼働しているトラックターミナルでの調査に基づき、ロジスティクスセンターで消費される費用が最小になるような、最適バース数決定モデルを構築した。調査された北大阪トラックターミナル内の荷扱場を対象に本モデルを適用した結果、最適バース数に関して、ほぼ妥当な結果が得られた。

【参考文献】

- 1) Cosmetatos, G.P. : Some approximate equilibrium results for the multi-server queue (M/G/r), Operational Research Quarterly, Vol. 27, No. 3i, pp. 615-620, 1976.