

IV-396

待ち行列シミュレーションによるロジスティクスセンターの最適バース数の決定手法

京都大学大学院 正員 ○泉谷 透
京都大学工学部 正員 谷口 栄一

関西大学工学部 正員 山田 忠史
関西大学工学部 正員 則武 通彦

1. はじめに

近年、物流コストの削減や貨物輸送による大気汚染・交通渋滞などの解消が求められている。そのためには合理的な物流ネットワークを構築する必要があるが、まずはそのノード部にあたるロジスティクスセンターの適正な配置と規模を決定することが重要である。本研究では、国民経済的視点から単一のロジスティクスセンターの最適規模に関する知見を得ることを目的とする。待ち行列理論に基づく静的モデル¹⁾では、到着分布がポアソン分布に限られること、平衡条件を満たさないピーク時等の過渡的な状況を再現しにくいことから、待ち行列シミュレーションモデルを用いて最適トラックバース数に関する分析を行う。

2. モデルの概要

2.1 前提条件

待ち行列シミュレーションモデルでは、トラックの到着分布とサービス時間分布を外生的に与えて、乱数を発生させることにより1台ごとの到着時刻と荷役サービスに要する時間を決定する。トラックの到着台数とサービス時間の時間帯による変動を考慮した上で、シミュレーションを行う。

2.2 評価基準

ロジスティクスセンターで発生する費用はバースの建設・維持にかかる費用と到着したトラックの費用の和である。バースについては稼働時と遊休時、トラックについてはバース待ち時と荷役時のいずれにおいても費用が発生していると考えられるので、総費用は次式ようになる。

$$C_s = C_b + C_h + C_w \quad (1)$$

C_s : 総費用(円)

C_b : バースの建設・維持費用(円)

C_h : バースで荷役中のトラックの費用(円)

C_w : バース待ち中のトラックの費用(円)

式(1)の右边各項は次式のように書ける。

$$C_s = c_b TS + c_t \sum_i (t_{hi} + t_{wi}) \quad (2)$$

c_b : 1バースの1時間当たりの費用(円/h)

c_t : トラック1台の1時間当たりの費用(円/h)

T : 考察対象期間。ここでは $T=24$ 時間とする。

S : バース数

t_{hi} : i 番目に到着したトラックの荷役時間(h)

t_{wi} : i 番目に到着したトラックの待ち時間(h)

この C_s を最小とする S が最適なバース数である。

3. 北大阪トラックターミナルへの適用

3.1 現状でのバース数最適化

モデルを北大阪トラックターミナルで現在稼働中のある一社のバースに適用する。1日の路線車と集配車の実際の到着台数並びにシミュレーションにより再現された到着台数は図1の通りである。

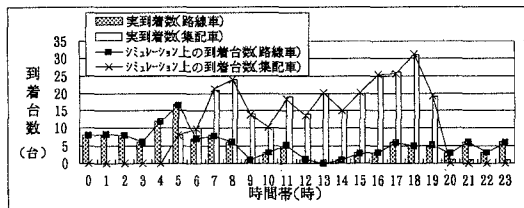


図1 路線車・集配車の到着台数

24時間の到着及びサービス時間に関する現地調査結果より、待ち行列型は、路線車については $M/E_2/S(\infty)$ 型、集配車については $M/M/S(\infty)$ 型となった。シミュレーションでは、1時間ごとの分布形は同じであると仮定し、各時間帯ごとに到着分布及びサービス時間分布のパラメータを変動させている。

バース数が変化したときの費用の変動は図2、図3の通りで、最適バース数については路線車が5、集配車が13となった。また、ピーク時の平均待ち行列長と最大待ち行列長は、路線車が各々7台、9台で集配車が各々13台、17台となった。

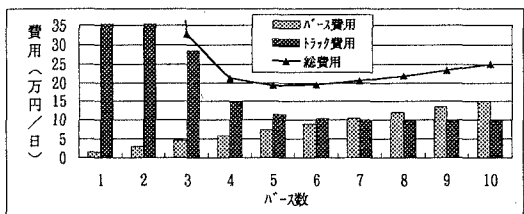


図2 バース数による費用の変動(路線車)

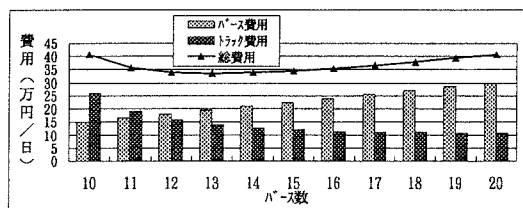


図3 バス数による費用の変動(集配車)

3.2 情報システムによる到着間隔の制御効果

調査の結果、トラックの到着はランダムであったが、将来的には物流業者とロジスティクスセンターをオンライン化することによって、トラックの到着時刻が制御可能になると考えられる。最も理想的なのはバスの空く時刻をトラックに知らせて、トラックの待ち時間を極力なくすることである。しかし、バス外のスペースでトラックを待機させる情報操作では、結果としてバス待ちと同じになる。そこで、時間帯ごとの到着台数は不変という前提で、到着予定のトラックに対し、到着間隔が可能な限り均等になるように事前に情報が提供された場合を想定する。

シミュレーションでは到着間隔の分布をアーラン分布にして、その次数を大きくすることで、この状況を再現できる。実際には50次程度で到着間隔の一様性が再現されたが、結果として路線車の最適バス数は5のままであった。そこで、 $M/E_2/5$ の場合のバス待ち費用 C_{w0} と、到着間隔分布のアーラン次数を変化させた場合のバス待ち費用 C_w とを比較する。式(1)の C_b , C_t はアーラン次数に依存しないので変化しないが、 C_w はアーラン次数が1から5に変化した程度でも、6割まで減少している(図4参照)。

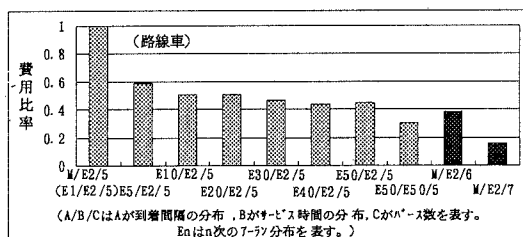


図4 到着間隔分布のアーラン次数と待ち費用の関係

路線車の場合、遠方より出発するので指定時刻通りに到着するのはかなり困難であるが、若干でも到着間隔に規則性が加われば費用削減に効果があることが示

唆された。図4より C_w だけを取り上げると、到着間隔を一樣にする効果はバスを1つ増設するのと同等の効果がある。また、同時にサービス時間も一樣になると C_w は3割程度に激減するのがわかる。

3.3 到着時刻制約を緩和することによる効果

荷主企業は在庫コスト削減のために、物流業者に対してJIT輸送を要請している。仮にJIT輸送がもたらす到着時刻制約が緩和できれば、図1の到着台数の時間変動が平準化されることになり、その効果を検討する。

路線車では、遠方からの到着便の多い22時~9時と遠方への出発便の多い17時~22時について、集配車も各々積み込み、積み込みと荷卸し、荷卸しの多い5時~10時、10時~15時、15時~20時について、各々平均到着率を均等にした。(STEP1)。さらに、3.2節の到着間隔制御を付加した状態も考慮した(STEP2)。

図5より、路線車はSTEP2で、集配車はSTEP1で各々最適バス数が4, 12に減少しており、総費用も減少している。特に、バス数が1つ減っているにも拘わらず、 C_w がさらに減少していることは注目に値する。また、STEP2は全時間帯で平均到着率を均等にした場合(STEP3: ただしランダム到着)と同等の効果がある。

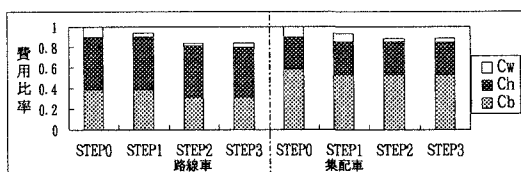


図5 到着台数均一化による効果(STEP0は現状を示す)

4. おわりに

本研究では、トラックの到着特性を考慮し、シミュレーションによる最適バス数決定モデルを構築した。その結果、ピーク時の待ち行列が的確に評価され、最適バス数決定への影響が分析可能となった。また、情報システム導入、到着時刻制約の緩和により、センターで消費される総費用は確実に減少し、最適バス数を減少させる効果も認められた。

今後は、あるエリア内での複数のロジスティクスセンターの最適配置を検討し、合理的な物流ネットワークについてさらに分析を行う予定である。

1) 則武通彦、谷口栄一、山田忠史、井上健一: ロジスティクスセンターにおける最適バス数の決定、平成7年度関西支部年次学術講演会概要