

京都大学大学院 学生員 柿本 恭志
 京都大学大学院 フェロー 谷口 栄一
 関西大学工学部 正会員 山田 忠史

1. はじめに

近年、物流企業の中にはサービスの高水準化や物流コストの削減を計るために、配車配送計画システムを高度化する動きがみられる。Taniguchi ら¹⁾は、配車配送計画を決定する際に必要な経路所要時間の予測値に正規分布を仮定して、確率論的配車配送計画モデルを構築した。

本研究では、経路所要時間の予測値として、反復計算の中で蓄積される所要時間データ（ヒストグラム）を、分布形を仮定せずに直接利用する。このような確率論的配車配送計画モデル（確率論モデル）から得られる結果と、所要時間の平均値のみを用いた配車配送計画モデル（平均値モデル）から得られる結果を比較することにより、確率論的配車配送計画システムの有用性を評価する。

2. 確率論的配車配送計画モデル

定式化を行う際の前提条件として、a)デポに待機しているトラックの種類・台数及び積載容量、ネットワーク上での顧客の位置、各顧客の需要量は既知とする、b)各顧客には、到着時刻制約が設けられている、c)1つの顧客の需要はトラックが1度訪問するだけで満たされるものとする、d)1つの巡回経路に含まれる顧客の需要量の合計は、トラックの最大積載容量を超えない、e)全てのトラックの行動は1日で完結するものとする。

目的関数は、総費用（固定費用、時間費用、遅刻・早着ペナルティーの和）最小化であり、以下のように表される。

$$TC(t_0, \mathbf{X}) = \sum_{l=1}^m E[RC_l(t_{l,0}, \mathbf{x}_l)] + \sum_{l=1}^m \delta_l \cdot FC_l + \sum_{l=1}^m E[PC_l(t_{l,0}, \mathbf{x}_l)] \quad (1)$$

ここに、

$\mathbf{X}$ ：トラックの割り当てと訪問順序（数列）

$$\mathbf{X} = \{\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_l, \dots, \mathbf{x}_m\}$$

$\mathbf{x}_l$ ：トラック l の割り当てと訪問順序（数列）

δ_l ：トラック l を使用するとき1、そうでない場合は0の変数

$PC_l(t_{l,0}, \mathbf{x}_l)$ ：トラック l の遅刻及び早着ペナルティー（円）

である。

t_0 ：各トラックの出発時刻ベクトル

$RC_l(t_{l,0}, \mathbf{x}_l)$ ：トラック l の稼働時間コスト（円）

$t_{l,0}$ ：トラック l のデポ出発時刻

$TC(t_0, \mathbf{X})$ ：企業の物流コスト（円）

FC_l ：トラック l の備車コスト（円/台）

3. 問題設定

図1に示された仮想道路ネットワークにモデルを適用する。ネットワーク上には物流企業が10社存在するものとし、各企業のデポの位置、顧客の数・位置は一様乱数を用いて設定した。また、各企業が所有するトラックは、2t車、4t車、10t車がそれぞれ4台ずつの計12台とした。各顧客での到着指定時刻及び貨物量は、京阪神地域の貨物特性に基づいて設定した。なお、乗用車はネットワーク内の全ノードにおいて発生・集中するものと仮定する。

4. 仮想ネットワークへのモデルの適用

1) 計算ケース

配車配送計画モデルと交通シミュレーションモデル（ポ

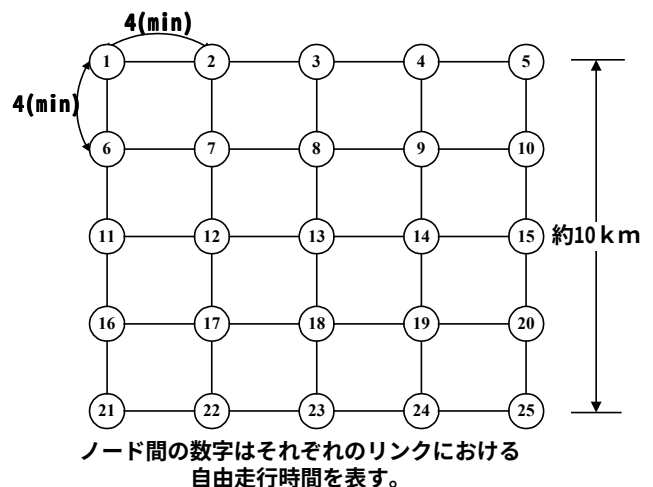


図1 計算対象ネットワーク

キーワード 所要時間分布、配車配送計画、物資流動

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL 075-753-5126 FAX 075-753-5907

ックスモデル)との間で10回(10日間)の繰り返し計算を行う(図2参照)。この時、日々の交通変動を考慮するため、非混雑な交通状況を表す発生交通量の値を基本として、交通需要を±10%の範囲内でランダムに変動させた。そして、11回目の計算において、交通状況が急変するような場合も含めて3計算ケースを設定し、確率論モデルと平均値モデルを総費用や環境面で比較した。

2) 計算結果

表1は、両モデル導入時の物流コストを比較したものである。ここで、VSSとは確率論モデルを導入することにより、平均値モデルに比べて物流コストがどれほど削減されたかをパーセンテージで表したものである。各ケースともVSSが10%以上であり、特に混雑度が大きくなると

(case1・case2)、コスト削減効果も大きくなる傾向が見られる。よって、交通事故や突発事象などで交通渋滞が発生した場合には、確率論モデルの効果が大きく現われるものと考えられる。

また、物流コストを構成する各項目に着目すると、確率論モデルでは、遅刻ペナルティーが大幅に減少し、早着ペナルティーが増加している。つまり、各顧客にできるだけ早く到着しようとする傾向にあることがわかる。確率論モデルの利用は、顧客サービスの質の向上にも繋がると考えられる。

次に、表2に両モデル導入時のCO₂排出量の比較を示す。各ケースとも両モデル間で乗用車のCO₂排出量の違いはほとんどないが、トラックのCO₂排出量は確率論モデル導入時では減少しており、環境改善の効果が期待できる結果となった。

使用トラック台数については、確率論モデルでは、2t車が減少し4t車が増加しており、使用車両が大型化する傾向が見られた。

5. まとめ

本研究では、所要時間の分布を考慮した確率論的配車配送計画モデルと、その平均値のみを用いた配車配送計画モデルとを比較することにより、高度な配車配送計画システムの導入効果を検討した。

確率論的配車配送計画システムを導入することにより、遅刻ペナルティーが大幅に減少されるので、総物流コストも削減されることが認められた。さらには、CO₂排出量も抑制されるので、環境面でも良好な結果をもたらすことが示された。今後は、さらに様々な条件下においてモデルを適用・比較することにより、確率論的配車配送計画モデルの有用性を検討する必要があると思われる。

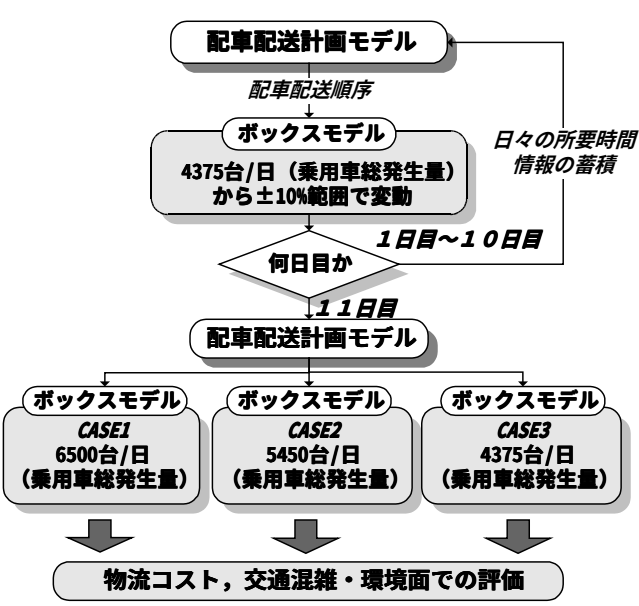


図2 計算のフローチャート

表1 物流コストの比較

		CASE1	CASE2	CASE3
平均値 モデル	備車コスト	238043	238043	238043
	稼働時間コスト	214207	197634	188051
	早着ペナルティー	20608	22496	24356
	遅刻ペナルティー	789125	507169	363604
	計	1261982	965342	814054
確率論 モデル	備車コスト	250671	250671	250671
	稼働時間コスト	212495	195822	187991
	早着ペナルティー	22764	24970	26287
	遅刻ペナルティー	601797	331945	256786
計		1087727	803408	721736
VSS(%)		13.8	16.8	11.3

単位:円/日

表2 CO₂排出量の比較

		case1	case2	case3
平均値 モデル	乗用車	1686	1313	988
	トラック	809	764	739
	計	2495	2077	1727
確率論 モデル	乗用車	1709	1314	987
	トラック	756	715	693
	計	2466	2029	1680
削減率(%)		1.2	2.3	2.7

単位:kg-C/日

削減率とは平均値モデルからどれだけ削減されたかを%で表したものである

【参考文献】

1) E. Taniguchi, T. Yamada and D. Tamagawa “ Probabilistic vehicle routing and scheduling on variable travel times with dynamic traffic simulation ”, City Logistics I Institute of Systems Science Research pp.85-99 1999