

IV-158 トラックの配車・配送計画システムの高度化による道路交通への影響に関する一考察

榊野村総合研究所 正会員 細川 貴志 関西大学工学部 正会員 山田 忠史
 京都大学工学部 正会員 谷口 栄一 関西大学工学部 正会員 則武 通彦

1. はじめに

近年、我が国では、都市域において交通環境が悪化してきている。その原因として、交通需要の増大や不法駐車による交通容量の低下などが挙げられる。これらの現象が生じる要因の一端を物流車両が担っており、交通状況の悪化は企業の物流コストを増大させている。その結果、企業の中には、非効率な集配活動を改善するために、配車・配送計画システムの高度化を通して物流コストの削減を模索する傾向が見られる。将来的にこのようなシステムが普及する状況を踏まえると、企業にとって合理的なシステムが都市・地域全体にとっても適切なものであるかどうかを検討する必要がある。そこで、本研究では、配車・配送計画システムの高度化が道路交通に与える影響について分析を行う。

2. 配車・配送計画モデル

配車・配送計画システム導入後の集配送活動を記述するため、配車・配送計画モデルの定式化を行う。本研究では、都市内集配送を対象とし、m-VRSPに基づいて配車・配送計画モデルを構築する。このモデルは、物流コスト最小化問題として以下のように定式化される。

$$\min C(t_0, \mathbf{X}) = \sum_{l=1}^m c_l \cdot T_l(t_{l,0}, \mathbf{x}_l) + \sum_{l=1}^m \delta_l \cdot C_l + \sum_{l=1}^m c_d \max\{0, t_{l,n_l}^a(t_{l,0}, \mathbf{x}_l) - t_{n_l}^e\} \quad (1)$$

$$T_l(t_{l,0}, \mathbf{x}_l) = \sum_{i=0}^{N_l} \left[\max\{t_{l,n_i} + d(t_{l,n_i}, n_i, n_{i+1}), t_{n_{i+1}}^s\} + t_{c,n_{i+1}} - t_{l,n_i} \right] \quad (2)$$

subject to

$$w_l(\mathbf{x}_l) \leq w_l^{\max} \quad (3)$$

ここに、

t_0 : 各トラックの出発時刻（ベクトル）

$\mathbf{X}$: 各トラックの割当てと訪問順序（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 の割当てと訪問順序（数列）

$$\mathbf{x}_l = \{n_i \mid i = 1, N_l\}$$

n_i : i 番目の訪問先のノード番号

c_l : トラック l の単位時間費用（円／分）

$T_l(t_{l,0}, \mathbf{x}_l)$: トラック l の総稼働時間（分）

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 0-1 変数

C_l : トラック l の稼働費用（円／台）

c_d : 単位遅刻ペナルティ費用（円／分）

w_l : トラック l の積載量（ t ）

$w_l^{\max}$: トラック l の最大積載量（ t ）

$t_{n_i}^s$: 訪問先 n_i での許容最早到着時刻

$t_{l,n_i}^a(t_{l,0}, \mathbf{x}_l)$: 時刻 t_l にデポを出発したトラック l が訪問先 n_i に到着する時刻

$t_{n_i}^e$: i 番目の訪問先 n_i での許容最遅到着時刻

N_l : トラック l の総訪問先数

t_{l,n_i} : トラック l が訪問先 n_i を出発する時刻

$d(t, n_i, n_{i+1})$: 時刻 t における、訪問先 n_i から訪問先 n_{i+1} までの最短所要時間（分）

t_{c,n_i} : 訪問先 i における荷役作業時間（分）

である。この問題は組み合わせ最適化問題となり、本研究では、遺伝的アルゴリズムを用いて解く。

3. 道路交通状況の再現モデル

本研究で用いる道路交通状況再現モデルの概要を図1に示す。このモデルは上述の配車・配送計画モデルと交通シミュレーションモデルから構成されている。交通シミュレーションモデルにはボックスモデル¹⁾を用いる。これら2つのサブモデルは循環的な関係を有しており、出力結果が安定するまで計算

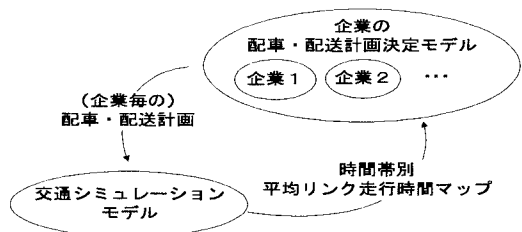


図1 道路交通状況の再現モデル

Key words: 配車・配送計画, 交通シミュレーション, 組み合わせ最適化, 総走行時間

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 Tel. 075-753-5126 Fax 075-753-5109 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 Tel/ Fax 06-368-0964

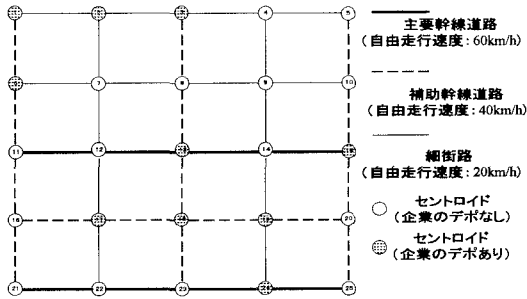


図2 対象とする道路ネットワーク

が繰り返し行われる。

4. モデルの適用例

上述のモデルを図2に示される道路ネットワークに適用し、高度な配車・配送計画システムの導入効果を分析する。図2に示されたエリア内には、企業が10社存在するものとし、図中には各社のデポの位置が示されている。また、ノード18を中心としたエリアがCBDに相当し、乗用車の発生・集中交通量が大きい。なお、到着時刻が指定される貨物の割合や到着指定時刻分布などの貨物特性は京阪神地域の実状に照らして設定されている。

配車・配送計画システム導入後の物流コストの変化を、システムを導入している企業の割合（システム導入率）別に比較したものが図3である。高度な配車・配送計画システムを導入することにより、企業の物流コストは大幅に削減されている。次に、表1はシステム導入率と各種車両の総走行時間の関係を示したものである。システム導入率が上がるにつれて、全体の総走行時間は低減している。車種別に傾向を見ると、トラックではシステム導入率が高くなるにつれて総走行時間が激減するのに対して、乗用車ではシステム導入率が向上するにつれて総走行時間がわずかに増加している。その理由は、図4に示されるシステム導入率別に見た各時間帯ごとの道

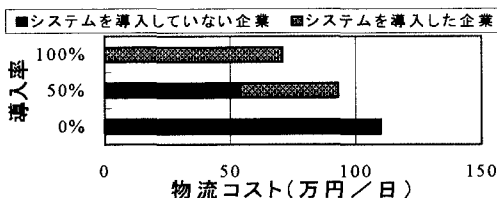


図3 システム導入率と物流コストの関係

表1 システム導入率と総走行時間の関係

	導入率		
	0%	50%	100%
トラック	15348	10596	5164
乗用車	19555	19412	20375
計	34903	30008	25539

単位：分/日

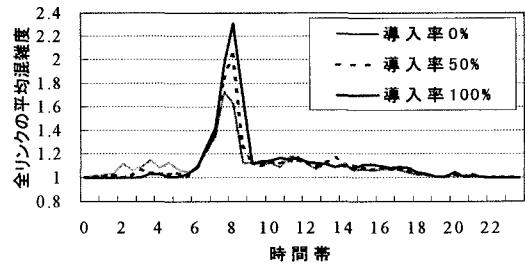


図4 道路ネットワークの混雑状況の推移

路ネットワークの混雑状況から推察される。つまり、システム導入率が高くなるにつれて、特定の時間帯にトラックが集中し、道路混雑が一時的にかなり大きくなるためである。このことは、貨物の到着指定時刻が午前中に集中していることと関係している。各企業のトラックは指定時刻に合わせて集配拠点（デポ）を出発するために、指定時刻の集中によりトラック交通量がかかなり増加する時間帯が生じる。

5. 結論

本研究では、高度な配車・配送計画システムの普及による集配トラックの行動変化が都市内の道路交通状況に与える影響について分析した。その際、企業の配車・配送計画システムを内包した、動的な道路交通状況再現モデルを構築した。分析を通して、企業レベルでの集配活動の合理化は、個々の企業の物流コスト削減に大きく貢献することが確認された。またそれによって、ネットワーク内の車両の総走行時間も減少することが分かった。しかし、特定の時間帯に車両が集中する傾向も見られた。この点については、貨物の需要分布を変動させて計算するなどして、慎重に検討していかなければならない。

なお本研究の遂行にあたり、建設省近畿地方建設局阪神国道工事事務所、(株)野村総合研究所関西支社のご協力を頂きました。ここに深く感謝いたします。

【参考文献】

- 飯田 恭敬, 藤井 聡, 内田 敬: “道路交通流シミュレーションを用いた道路網交通における情報提供効果に関する分析”, 交通工学 Vol. 31 No. 6, 1996