

京都大学大学院 フェロー 谷口 栄一
京都大学工学部 学生員 ○中西 正継

1. はじめに

近年、都市内の交通混雑により物流環境も悪化しつつあり、また、消費生活の多様化により、物流企業は Just-in-Time 輸送のような高度なサービスを展開することとなり、多頻度・小口輸送を行うことでサービスを実現している。その結果、トラックの積載率が低下し、困難な配車配送計画によってコストの上昇を促している。

そこで、本研究においては、企業側の配車配送計画の高度情報化によるコスト削減を目的として、リアルタイム所要時間情報および履歴所要時間情報を利用した動的配車配送計画モデルを構築し、システム導入時における交通状況を再現することにより、コスト、走行時間などの交通状況に対する改善効果について考察する。

2. 配車配送計画モデル

2.1. 定式化

本研究において、物流企業における最適な配車配送計画とは総コスト(固定コスト、運行コスト、早着・遅刻ペナルティ)を最小にするものと考え、集荷を対象として以下の定式化を行った

Minimize

$$C(t_0, X) = \sum_{k=1}^b \sum_{l=1}^{m(k)} c_{f,l} \cdot \delta_l(x_l) \\ + \sum_{k=1}^b \sum_{l=1}^{m(k)} C_{t,l}(t_{l,0}, x_l) \\ + \sum_{k=1}^b \sum_{l=1}^{m(k)} C_{p,l}(t_{l,0}, x_l)$$

ただし、

$C(t_0, X)$: 総費用(円)

b : 企業におけるデポの総数

t_0 : トラック l がデポを出発する時刻を表すベクトル

$$t_0 = \{t_{l,0} | l=1, m(k)\}$$

X : 全トラックの配送ルートへの顧客の割り当てと訪問順序を示す数列 (X の中には、全ての $n(i)$ が必ず含まれる。)

$$X = \{x_l | l=1, m(k)\}$$

x_l : トラック l の配送ルートへの顧客の割り当てと訪問順序を示す数列

$$x_l = \{n(i) | i=1, N_l\}$$

$n(i)$: トラック l が i 番目に訪問する顧客のノード番号

$d(j)$: デポを表す番号 (ここでは=0)

N_l : トラック l が訪問する顧客の総数

n_0 : 数列 x_l 中の $d(j)$ の個数

$m(k)$: デポ k において使用可能なトラック台数の上限

$C_{f,l}$: トラック l の固定費用 (円/台)

$\delta_l(x_l) = 1$; トラック l を使用する時
= 0; その他の場合

$C_{t,l}$: トラック l の単位時間当りの運行費用 (円/分)

2.2. 前提条件

デポに待機しているトラックの種類・台数及び最大積載量また、デポ・顧客のネットワーク上における位置は既知であり、各顧客の需要量も既知である。各顧客に到着時刻制約を設け、顧客の需要は1回のトラックの訪問で満たされるものとする。

また、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量を超えないものとする。

2.3. モデル比較

本研究では経路決定におけるリンク所要時間情報として過去の履歴所要時間を用いた従来型の配車配送計画モデルである VRPTW-F (Vehicle Routing and scheduling Problems with Time Window-Forecasted) と当日においてリアルタイムな所要時間情報を用いてトラックが顧客またはデポに到着するごとに訪問順序を決め直す動的配車配送計画モデルである VRPTW-D (Vehicle Routing and scheduling Problems

with Time Window-Dynamic)を用いた。

履歴所要時間情報は過去 10 日間のリンク所要時間の平均値を用いたものである。

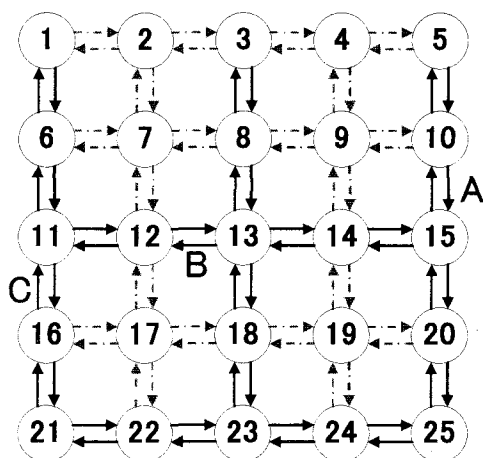
3. 仮想ネットワークにおけるモデルの適用

3.1. 計算条件

図 1 のようなノード 25 個、リンク 80 個からなる仮想道路ネットワークを想定した。

本研究では物流企業は 1 社とし、デポをネットワーク上で 2 箇所設定し、積載量 4 t のトラックを 6 台ずつ配備した。また、顧客はデポを除く 23 箇所設定し、すべての顧客を集荷先とし需用は 500 kg で一定とした。

さらに、図 1 のリンク A, B, C において突発事象を発生させ、2 時間に亘って交通容量を 1/5 に低下させた。リンク A, B, C はそれぞれ VRPTW-F においてトラックの走行経路となっている。



21 : ノード(デポの位置は5と21)

—— : リンク(自由走行速度: 40km/h
自由走行時間6分、2車線)
----- : リンク(自由走行速度: 30km/h
自由走行時間 8分、2車線)

図 1 対象ネットワーク

3.2. 計算結果

図 2 に総コストの比較、図 3 に総走行時間(待ち時間は除く)の比較を示す。それぞれの値が、すべての場合において VRPTW-D の方が低く抑えられている。

このことからリアルタイム所要時間情報を用いることによってコスト、走行時間ともに削減可能であ

ることがわかる。また、VRPTW-D では突発事象が生じたリンクを回避し、効率的な順序で顧客を訪問していることから遅刻も大幅に減少している。

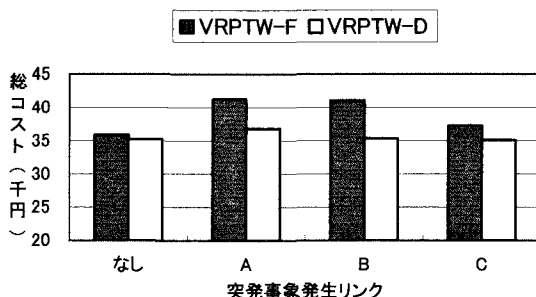


図 2 総コストの比較

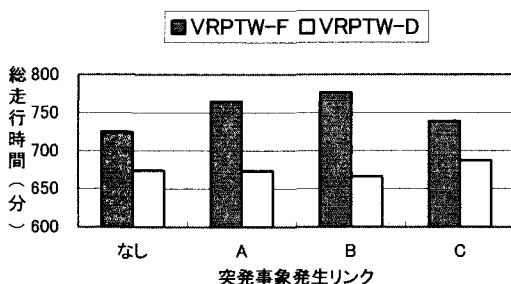


図 3 総走行時間の比較

4. 結論

本研究では、仮想ネットワークにおける複数デポ・複数トラックによるリアルタイム所要時間情報を用いた動的配車配送計画モデルの構築を行った。

その結果、突発事象の発生に関わらずリアルタイム所要時間情報を用いた動的配車配送計画においてコスト削減とトラックの走行時間削減に効果が期待できることが確認された。特に、遅刻ペナルティが大きく削減できていることから、企業にとってはコスト削減効果だけでなく、遅刻時間を減少できるので顧客からの信頼が得られるという効果もあると言える。また、動的配車配送計画により、突発事象が生起する場合においてもコストは比較的に安定することが示された。さらに、トラックの走行時間が減少することから、物流関連のトラックは都市内交通において減少することによって、社会的にも交通混雑緩和や環境改善に寄与すると考えられる。