

京都大学大学院 フェロー会員 谷口 栄一
京都大学工学部 学生員 ○嶋本 寛

1. はじめに

近年、消費生活の多様化のため、多頻度・小口 Just-in-Time 輸送のように、物流企業にとっては運営・管理が困難となるような、より高度なサービスが要求されるようになってきている。物流企業はこのようなサービスを実現させようとするために都市内集配トラックの積載率が低下し、企業として物流関連コストの増加を招いてしまい、非効率な物流を展開している例も多い。

そこで、本研究では、ITS によるリアルタイムな交通情報を用いた動的な配車配送計画を構築し、企業が動的配車配送計画を導入した場合のコスト、走行時間の削減効果を考察する。

2. 配車配送計画モデル

2.1. 定式化

企業にとっての最適な配車配送計画とは、総費用（固定費用、時間費用、遅刻ペナルティの和）を最小にするものであると考えられる。集荷を対象として、このことを定式化すると次式ようになる。

Minimize

$$C(t_0, \mathbf{X}) = \sum_{l=1}^m c_{f,l} \cdot \delta_l(\mathbf{x}_l) + \sum_{l=1}^m c_{t,l} \cdot T_l(\mathbf{x}_l) + \sum_{i=1}^n c_{d,i} \cdot \max\{0, t_{a,i}(\mathbf{X}) - t_{d,i}\} \quad (1)$$

ただし、

$\mathbf{X}$: すべてのトラックの割り当てと訪問順序を表す数列
($\mathbf{X} = \{\mathbf{x}_l | l = 1, m\}$)

$C(t_0, \mathbf{X})$: 総費用 (円)

$c_{f,l}$: トラック l の固定費用 (円/台)

$\delta_l(\mathbf{x}_l) := 1$; 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)

$T_l(\mathbf{x}_l)$: トラック l の稼働時間 (分)

$c_{d,i}$: 集荷先 i での単位遅刻ペナルティ費用 (円/分)

$t_{a,i}(\mathbf{X})$: 集荷先 i への到着時刻

$t_{d,i}$: 集荷先 i での到着指定時間帯の終了時刻

m : 使用可能なトラック台数の上限

式(1)で示された配車配送計画を解くことにより、トラックの割り当てと訪問順序が決定される。その際、以下の前提条件を設ける。

- トラックは、一日に複数回顧客を巡回できる。
- 顧客はトラックの運行ルートのもれかに必ず割り当てられ、貨物はトラックの1回の訪問で全て集荷される。
- 1つの運行ルートの貨物重量の合計は、トラックの積載容量を超えることはできない。

なお、上記の問題は、NP-困難な組み合わせ最適化問題である。そこで、短い計算時間で解を得るため、ヒューリスティック手法の1つである遺伝的アルゴリズム (GA) を用いて近似解を求めることとする。

2.2. モデルの比較

本研究では2種類の配車配送計画モデルを比較した。まず1つは、リンク所要時間として履歴所要時間を用いる従来の配車配送計画モデル (VRPTW-F; Vehicle Routing and scheduling Problem with Time

Window-Forecasted)であり、他の1つは、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たびに訪問順序を決め直す動的な配車配送計画モデル(VRPTW-D; Vehicle Routing and scheduling Problem with Time Window-Dynamic)である。なお、VRPTW-Fモデルにおいて、当日に訪問順序は変更できないが、顧客間のルートは当日の交通状況に応じて変更できるものとする。

3. 仮想ネットワークへのモデルの適用

3.1. 計算条件

上述のモデルを図1に示すようなノード数25、リンク数80の仮想ネットワークに適用した。このネットワーク上の各ノードは乗用車が発生・集中するセントロイドであり、トラックが訪問する顧客ノードにもなり得る。本研究では、ネットワーク内に物流企業1社のみが存在し、積載容量4トンのトラック12台を所有しているとす。また、22の顧客があり、すべての顧客を集荷先とし、需要量を500kgとする。各顧客の位置はランダムに配置し到着指定時間帯は、平成6年度の京阪神物資流動調査をもとに決めた。また、10日間のリンク所要時間の平均値を履歴所要時間とした。

図1のリンクAにおいて交通事故を発生させ、1時間にわたって交通容量を半減させた。事故の発生時刻を午前7時、8時、9時、10時の4通りについて計算を行った。

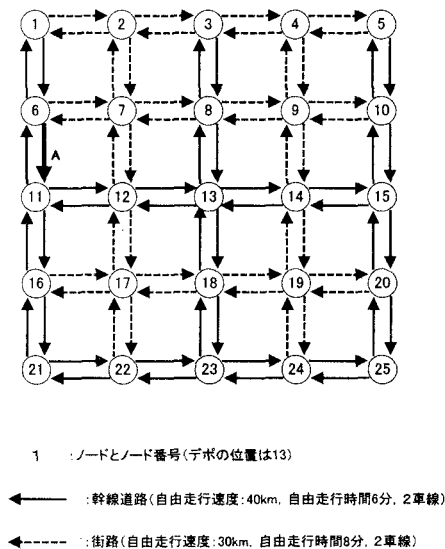


図1 計算対象ネットワーク

3.2. 計算結果

図2、図3は物流コスト、トラックの総走行時間(待ち時間を除く)の比較である。すべてのケースにおいてVRPTW-Dモデルのほうが物流コストを低く抑えられている。従って、リアルタイム所要時間情報を活用することによって、物流コストを削減できることがわかる。また、10:00~11:00にリンク容量を半減させた場合のコスト削減率は著しく高いが、これはちょうどこの時間帯にトラックがリンクAを通るように計画していたからであると考えられる。次に、トラックの総走行時間に注目すると、VRPTW-Dモデルのほうが減少するケースが多いが、逆に総走行時間が増加するケースも見られた。

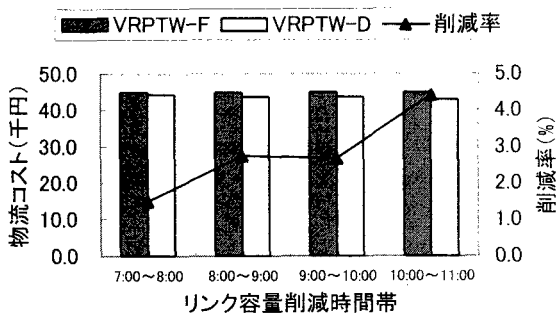


図2 物流コストの比較

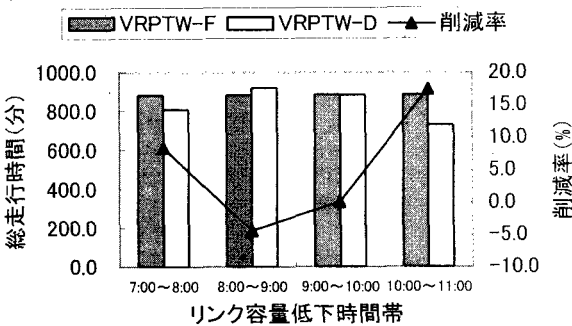


図3 総走行時間の比較

4. おわりに

本研究では、リアルタイム所要時間情報が得られる場合を想定し、VRPTW-Dモデルを構築した。その結果、交通事故などであるリンクの交通容量が減少する場合には、VRPTW-Dモデルを用いるほうがVRPTW-Fモデルを用いるよりも物流コストはかなり削減されることがわかった。また、多くの場合に総走行時間も削減され、ある程度は交通渋滞の緩和にも寄与すると考えられる。