

第Ⅳ部門 都市内集配トラックの到着時間指定付き配車配送計画に関する研究

京都大学大学院工学研究科
関西大学工学部

フェロー会員 谷口 栄一
正会員 則武 通彦

関西大学工学部
京都大学工学部

正会員 山田 忠史
学生員 ○玉石 宗生

1. はじめに

近年、都市内集配トラックの配車配送計画は多頻度・時刻指定輸送のニーズの増大と共に複雑化してきている。そのため、企業や物流業者の中には、ヒューリスティックな手法が組み込まれた配車配送計画システムを構築することにより、配車配送計画の合理化を図ろうとする動きが見られる。

本研究は、こうした高度な配車配送計画が導入された場合の交通へのインパクトを明確にすることを目標とし、その基礎段階として、ヒューリスティックな手法を用いた配車配送モデルの構築と、到着指定時間の幅が配車配送計画に対してどのように影響するかについて考察するものである。

2. 配車配送モデルの定式化

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のようになる。

$$\begin{aligned} \min C(\mathbf{X}) = & \sum_l c_{v,l} \cdot \delta_l(\mathbf{x}) \\ & + \sum_l c_{t,l} \cdot T_l(\mathbf{x}) \\ & + \sum_i c_{d,i} \cdot \max\{0, t_{a,i}(\mathbf{X}) - t_{d,i}\} \quad (1) \end{aligned}$$

subject to

$$W_l(\mathbf{x}) \leq W_{c,l} \quad (2)$$

$$t_{a,i}(\mathbf{X}) \leq t_{l,i} \quad (3)$$

ここで、

$C(\mathbf{X})$: 総費用 (円)

$\mathbf{X}$: 全てのトラックの割当てと訪問順序を示す数列

$c_{v,l}$: トラック l の一台当たりの固定費用 (円/台)

$\delta_l(\mathbf{x})$: =1; トラック l が稼動した時
=0; 稼動しなかった時

$\mathbf{x}_l$: トラック l の割当てと訪問順序を示す数列

$c_{t,l}$: トラック l の単位時間費用 (円/分・台)

$T_l(\mathbf{x})$: 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

$W_l(\mathbf{x})$: トラック l の積載量 (kg)

$W_{c,l}$: トラック l の積載容量 (kg)

$t_{l,i}$: 集荷先 i での遅刻許容限界時刻

である。なお、 $\mathbf{X} = \{\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_l, \dots, \mathbf{x}_m\}$ (m : 使用できるトラックの台数) と表現できる。

3. 前提条件

式(1)～(3)で示された配車配送計画問題を解くことにより、変数 $\mathbf{X}$ 、すなわちトラックの割当てと訪問順序が決定される。その際、以下のような前提条件を設ける。

まず、トラックは、デポを出発して複数の集荷先を回って貨物を積み、デポに戻ってきて貨物をおろすという行動を複数回にわたって行うこととする。トラックは1つの集荷先に1台だけ割り当てられ、1度の集荷でその集荷先のすべての貨物が積み込まれるものとする。

訪問先に指定時刻より早着した場合、トラックは指定時刻まで待つこととし、逆に遅刻した場合には、遅刻した時間に比例したペナルティが課される。また、1時間以上の遅刻は認められないこととする。集荷先は10箇所、集荷先の情報（所在ノード番号、貨物量、荷役時間、到着指定時間、遅刻ペナルティ）は既知とする。また、使用できるトラックの台数 m は10台で、それぞれの積載容量、固定費用、単位時間費用は既知とする。対象とする道路ネットワークは、図1に示されるような 5×5 の格子状のものであり、リンクの所要時間は既知とし、時間帯に

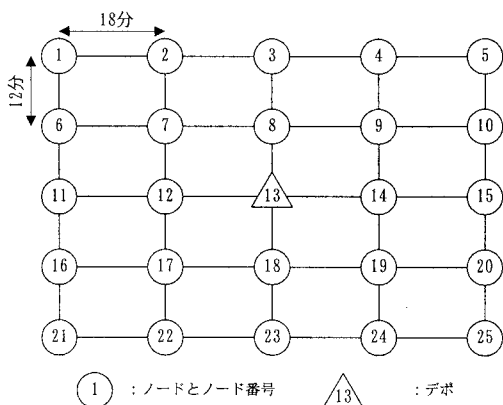


図1 対象道路ネットワーク

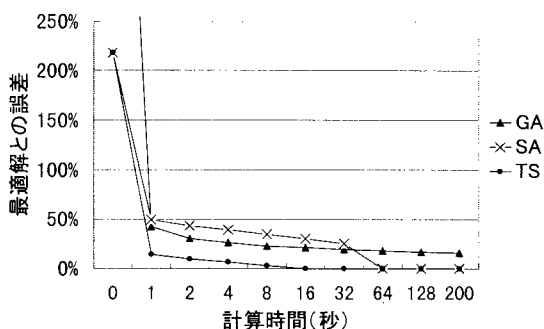


図2 解法比較の一例

よって変動しないと仮定する。

4. ヒューリスティックな解法の比較

式(1)~(3)で示された配車配送計画問題を解くためのヒューリスティックな手法として、遺伝的アルゴリズム(GA)、焼きなまし法(SA)、タブー・サーチ(TS)の3種類を考える。GAでは交叉率、突然変異方法、突然変異率を、SAではムーブの種類、冷却定数などを、TSではムーブの種類、タブー・リスト、タブー・ムーブの種類、タブー期間などを、それぞれパラメータとして与える。パラメータに変化を付けることによって、各手法内で種々のパラメータの組み合わせが作られる。これら各手法の各パラメータの組み合わせについて、上述の道路ネットワーク、前提条件を用いて、数通りの配車配送計画問題を設定し、計算を行い結果を比較した。計算結果の比較の一例を図2に示す。

その結果、TSは短時間でよい精度の解が得られるが、様々な問題に対応できるタブー期間が決定

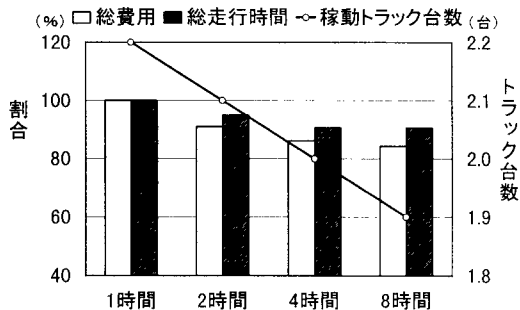


図3 到着指定時間の幅の緩和の影響

できなかった。GAは、計算時間が200秒程度なら問題による解のばらつきは小さいが、計算の中で使用する乱数によって解が多少なりとも左右されてしまう傾向が見られた。SAは、計算時間を200秒程度かけるなら、問題によっても乱数によっても解はばらつかず、最も解の精度がよいことがわかった。

5. 到着指定時間の幅の緩和による影響

図3は、到着指定時間の幅が緩和されたことによる影響を、総費用、総走行時間、稼働トラック台数について見たものである。到着指定時間の幅が広いほどこれらの値は減少するが、稼働トラック台数を除いて、幅が広くなるに従って減少量が小さくなる。ただし、総走行時間は指定時間の幅を4時間にしたときと8時間にしたときとで変わらない。これは、総待ち時間や総荷役時間においても見られる傾向であった。また、総遅刻時間については、指定時間の幅だけでなく稼働トラック台数との兼ね合いもあるので、到着指定時間の幅による影響が明確にはならなかった。

6. おわりに

本研究では、配車配送計画問題を定式化し、ヒューリスティックな手法を用いて解を求めると共に、到着時間制約の緩和が及ぼす影響を分析した。その結果、到着指定時間の幅が緩和されることにより、集荷コストが抑制されるだけでなく、総走行時間や総待ち時間も減少することが明らかとなった。総走行時間や総待ち時間の減少は交通混雑の改善に寄与すると考えられる。