

# 求車求貨システムを活用した最適配車配送計画\*

## Optimal vehicle routing and scheduling using matching systems\*

谷口栄一\*\*・山田忠史\*\*\*・中佑介\*\*\*\*

By Eiichi TANIGUCHI\*\*・Tadashi YAMADA\*\*\*・Yusuke NAKA\*\*\*\*

### 1. はじめに

近年、消費生活の多様化から多頻度小口輸送が一般化し、都市圏における集配トラックの積載率が低下している。また、都市圏全体でみても交通量の増加による環境への悪影響も見られる。

その様な状況の中、物流事業者は配車配送計画の高度化を通して集配送の効率化をはかり、物流コストの削減を模索する傾向が現れてきている。

ここ数年急速に普及してきたインターネットを利用した求車求貨システムの導入も、その一例である<sup>1)</sup>。

そこで本研究では、求車求貨システムを活用した配車配送計画モデルを構築する。それを仮想ネットワークに適用し、求車求貨システムを利用しない場合との比較により、物流活動の効率化、交通環境や交通混雑への影響の観点から、求車求貨システムの有用性を評価、考察する。

### 2. モデルの定式化

#### (1) 配車配送計画モデル

配車配送計画とは、集配トラックが、デポと呼ばれる拠点から複数の顧客を訪問し、貨物を集荷ある

いは配達し、また同じデポに帰還するときのコストを最小化するように、顧客の訪問順序および経路を決定する計画である。なお、各顧客は、集配トラックに訪問してほしい指定時間帯を持っていると仮定する。

物流コストを、備車コスト、稼働時間コスト、遅刻ペナルティの総和で表現すると、時間指定付き配車配送計画モデルは、以下のように定式化される。

Minimise (最小化)

$$C(t_0, \mathbf{X}) = \sum_{l=1}^m c_{f,l} \cdot \delta_l(\mathbf{x}_l) + \sum_{l=1}^m C_{l,l}(t_{l,0}, \mathbf{x}_l) + \sum_{l=1}^m C_{p,l}(t_{l,0}, \mathbf{x}_l) \quad (1)$$

ここに、

$$C_{l,l}(t_{l,0}, \mathbf{x}_l) = c_{l,l} \sum_{i=0}^{N_l} \left\{ \bar{T}(\bar{t}_{l,n(i)}, n(i), n(i+1)) + t_{c,n(i+1)} \right\} \quad (2)$$

$$C_{p,l}(t_{l,0}, \mathbf{x}_l) = \sum_{i=0}^{N_l} \left[ c_{d,n(i)} \cdot \max \left\{ 0, t_{l,n(i)}^a(t_{l,0}, \mathbf{x}_l) - t_{n(i)}^e \right\} + c_{e,n(i)} \cdot \max \left\{ 0, t_{n(i)}^s - t_{l,n(i)}^a(t_{l,0}, \mathbf{x}_l) \right\} \right] \quad (3)$$

Subject to (制約条件)

$$n_0 \geq 2 \quad (4)$$

$$\sum_{l=1}^m N_l = N \quad (5)$$

\*キーワード：物流、最適配車配送計画、求車求貨システム

\*\*フェロー、工博、京都大学大学院工学研究科土木工学専攻（京都市左京区吉田本町、TEL075-753-5125, FAX075-753-5907）

\*\*\*正員、工博、広島大学大学院工学研究科社会環境システム専攻（東広島市鏡山1-4-1、TEL0824-24-7812, FAX0824-22-7194）

\*\*\*\*学生員、京都大学工学部地球工学科（京都市左京区吉田本町）

$$\sum_{n(i) \in \mathbf{x}_l} D(n(i)) = W_l(\mathbf{x}_l) \quad (6)$$

$$W_l(\mathbf{x}_l) \leq W_{c,l} \quad (7)$$

$$t_s \leq t_{l,0} \quad (8)$$

$$t'_{l,0} \leq t_e \quad (9)$$

ここに,

$$t'_{l,0} = t_{l,0} + \sum_{i=0}^{N_l} \{ \bar{T}(\bar{t}_{l,n(i)}, n(i), n(i+1)) + t_{c,n(i+1)} \} \quad (10)$$

ただし,

$C(t_0, \mathbf{X})$ : 総費用 [円]

$t_0$ : トラック  $l$  がデポを出発する時刻を表す

ベクトル

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

$\mathbf{X}$ : 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 ( $\mathbf{X}$ のなかには、すべての  $n(i)$  が必ず含まれる.)

$$\mathbf{X} = \{\mathbf{x}_l | l=1, m\}$$

$\mathbf{x}_l$ : 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

$$\mathbf{x}_l = \{n(i), d(j) | i=1, N_l, j=1, n_0\}$$

$n(i)$ : あるトラックが  $i$  番目に訪問する顧客のノード番号

$d(j)$ : あるトラックが  $j$  番目に訪問するデポを表す番号 (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  $\mathbf{x}_l$  中の  $d(j)$  の個数

$m$ : 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]

$\delta_l(\mathbf{x}_l)$ : = 1; トラック  $l$  を使用するとき  
= 0; その他の場合

$C_{l,l}(t_{l,0}, \mathbf{x}_l)$ : トラック  $l$  の運行費用 [円]

$C_{p,l}(t_{l,0}, \mathbf{x}_l)$ : トラック  $l$  のペナルティ [円]

$c_{l,l}$ : トラック  $l$  の単位時間当りの運行費用  
[円/分]

$t_{l,n(i)}$ : トラック  $l$  の顧客  $n(i)$  における出発時刻

$\bar{T}(\bar{t}_{l,n(i)}, n(i), n(i+1))$ : トラック  $l$  の時刻  $\bar{t}_{l,n(i)}$  における顧客  $n(i)$  と顧客  $n(i+1)$  の間における平均所要時間

$t_{c,n(i)}$ : 顧客  $n(i)$  における貨物の積み卸し時間

$c_{d,n(i)}(t)$ : 顧客  $n(i)$  における単位時間当りの遅刻ペナルティ [円/分]

$c_{e,n(i)}(t)$ : 顧客  $n(i)$  における単位時間当りの早着ペナルティ [円/分]

$t_{l,n(i)}^a(t_{l,0}, \mathbf{x}_l)$ : トラック  $l$  がデポを時刻  $t_{l,0}$  に出発したときのノード  $n(i)$  への到着時刻

$N$ : 顧客の総数

$D(n(i))$ : 顧客  $n(i)$  の需要 [kg]

$t'_{l,0}$ : トラック  $l$  が最後にデポに到着する時刻

$t_s$ : トラックの稼動可能時間の開始時刻

$t_e$ : トラックの稼動可能時間の終了時刻

$W_l(\mathbf{x}_l)$ : トラック  $l$  の積載量 (kg)

$W_{c,l}$ : トラック  $l$  の積載容量 (kg).

## (2) 求車求貨システムモデル

対象とするネットワーク上に複数の物流事業者が存在すると仮定する。それぞれが自社のデポを有し、自社の顧客に対し、配車配送計画を立案しているものとする。

顧客には固定顧客と非固定顧客の2種類があり、固定顧客とは仕事を請け負う物流事業者がすでに決定しており、年間の定期利用が契約されている荷主を意味する。

一方、非固定顧客とはその日限りの新規の荷主で、条件により仕事を請け負う物流事業者が変化するものである。実際に求車求貨システムを利用する荷主は非固定顧客として表現されている。

なお、非固定顧客を受け持つ物流事業者の決定方法として、今回は以下の3通りの決定パターンをケーススタディーとして考えた。

ケース 1： 求車求貨システム運用会社が交通渋滞緩和などを考慮した意思決定を行うものと考え、その非固定顧客を訪問することによって増加する走行時間の増加幅が最小となる物流事業者が仕事を請け負う。

ケース 2： その非固定顧客を訪問することによって増加する物流コストの増加幅が最小となる物流事業者が最も安い運送料金の設定が可能と考え、その様な物流事業者が仕事を請け負う。

ケース 3： 荷主の選択行動を考慮すると、遅刻をせず、運送料金が安い物流事業者が好まれると考えられる。よって、遅刻時間が最小となる物流事業者者に任せる。なお、遅刻時間が等しいときは物流コストの増加幅が最小となる物流事業者が仕事を請け負う。

システム利用時との比較のため、システム非利用時のモデルに関しては、非固定顧客においても仕事を請け負う物流事業者が決定しているものとした。

## (3) 全体的流れ

対象ネットワーク上で各物流事業者が、まず各社の年間の定期利用が契約されている固定顧客のみで配車配送計画を立案する。この時、トラック台数は無限に使用可能という設定で行う。その結果、算出された必要トラック台数をその物流事業者が所有するトラック台数とする。以後の非固定顧客も考

慮した配車配送計画を立案する際には、その限られた所有トラック台数を用いて配車配送計画を立案するものとする。次に、1社目の非固定顧客に関して仕事を請け負う物流事業者を決定する。以後、2社目、3社目の非固定顧客が現れた場合に、順次、仕事を請け負う物流事業者を決定していく。

## 3. 問題設定

今回、解析対象とする仮想道路ネットワークは、図1に示すような5×5の格子状のものを考え、各リンク所要時間は一定値として、時間的に変動しないものとする。物流事業者は3社（A社、B社、C社）を想定し、各社のデポは図1のように配置した。固定顧客は各物流事業者に10社ずつ（計30社）あるものとした。図1のA,B,Cの表示は各社の顧客の位置を示す。非固定顧客は1社の場合と、求車求貨システムが普及した時を想定し3社の場合を考えた。図1では、“1”が非固定顧客の位置を示す。

顧客データに関して、顧客の需要量は250kg～2000kgの範囲内で250kg刻みの量を、また、そのネットワーク上の位置は、それぞれランダムに与えた。到着指定時間帯は、開始時刻を9:00～16:00、終了時刻を10:00～17:00の範囲内で1時間刻みにランダムに与え、時間帯の幅は最低でも1時間あるようにした。

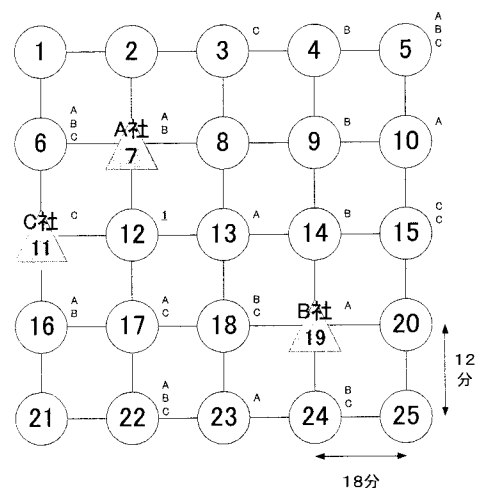


図1 仮想道路ネットワーク  
(非固定顧客が1社の場合)

#### 4. 計算結果

非固定顧客が1社の場合の計算結果を表1に示す。なお、これは10パターンに顧客データ(需要量、顧客の位置)を変えて計算した結果の平均値である。なお、ここでは、求車求貨システム非利用時には、非固定顧客をA社が獲得すると仮定している。

表1 物流コスト、走行時間の比較  
(非固定顧客1社)

|          | 物流コスト(円) |          |       |
|----------|----------|----------|-------|
|          | システム利用時  | 非利用時     | 比率    |
| ケース1     | 143920.4 | 144178.0 | -0.2% |
| ケース2     | 143706.2 | 144178.0 | -0.3% |
| ケース3     | 143706.2 | 144178.0 | -0.3% |
|          | 走行時間(分)  |          |       |
|          | システム利用時  | 非利用時     | 比率    |
| ケース1     | 2062.8   | 2085.6   | -1.1% |
| ケース2     | 2065.2   | 2085.6   | -1.0% |
| ケース3     | 2065.2   | 2085.6   | -1.0% |
| 3社合計の平均値 |          |          |       |

各ケースにおいて、非固定顧客獲得事業者に変化が生じたため、結果に違いが出たが、主として稼働時間コストの減少が影響し、物流コスト、走行時間の両者において、求車求貨システム利用による削減が見られる。なお、ケース1では、物流コストより走行時間の削減に重点を置いており、ケース2およびケース3ではその逆であるため、計算結果にはその傾向が見られる。

ここで、ケース2とケース3においては、非固定顧客を獲得した物流事業者に変化がなかったため同じ結果となっている。

次に求車求貨システムが普及した場合を想定し、非固定顧客を3社に増やして計算を行った。表1と同様に10パターンの平均を表2に示す。なお、求車求貨システム非利用時には、1社目の非固定顧客をA社が、2社目をB社が、3社目をC社が獲得すると仮定している。

この場合においても、求車求貨システム利用によって物流コストおよび、走行時間の削減が見込めるとの結果が出ている。また、表1と表2の結果の比較から、システムの普及が進み利

用者が増えることによって、より物流の効率化、走行時間の削減が可能であることが分かる。

表2 物流コスト、走行時間の比較  
(非固定顧客3社)

|          | 物流コスト(円) |          |       |
|----------|----------|----------|-------|
|          | システム利用時  | 非利用時     | 比率    |
| ケース1     | 171930.0 | 172212.0 | -0.2% |
| ケース2     | 160605.3 | 161874.7 | -0.8% |
| ケース3     | 160584.0 | 161874.7 | -0.8% |
|          | 走行時間(分)  |          |       |
|          | システム利用時  | 非利用時     | 比率    |
| ケース1     | 2137.7   | 2197.7   | -2.7% |
| ケース2     | 2122.7   | 2180.0   | -2.6% |
| ケース3     | 2122.7   | 2180.0   | -2.6% |
| 3社合計の平均値 |          |          |       |

#### 5. 結論

非固定顧客が1社の場合と、3社の場合でそれぞれ10パターンの計算を行ったが、求車求貨システム利用の最大の目的である物流の効率化とともに、トラックの走行時間の削減も見込めることが明らかになった。また、求車求貨システム利用者が増大によりシステム利用による効果も増大することが確認された。

今後の課題としては、今回のモデルでは各顧客から、集荷のみを行うものとしたため、より現実に近いモデルとするためにも集荷と配送の両方を考慮できるように改良する必要がある。また、リンク所要時間を時間帯ごとに変動する場合にも対応できるようにすること、あるいは、リバースオークション形式などの獲得事業者決定モデルの導入などが挙げられる。

#### (参考文献)

- 1) 谷口栄一，根本敏則：シティロジスティクス-----効率的で環境にやさしい都市物流計画論，森北出版，2001