

IV-43

時間指定制約下における配送効率化の検討

東北大学工学部土木工学科 学生員 ○ 首藤 敦
東北大学大学院情報科学研究科 正 員 徳永 幸之

1. はじめに

物流における高品質のサービスは、配送車両の増加や施設整備といった企業コスト面だけではなく、交通渋滞、駐車問題、排出ガスなどの社会問題を顕在化させる。特に時間指定配送は、走行時間の増加や待ち時間の発生を惹き起こし、社会的影響は大きいと考えられる。しかし、時間指定をなくすこと、無視することは、今井の実験¹⁾でも集荷量減少の危険性がある。つまり、運輸会社の経営を危うくし、荷主側も時間指定によるメリットを享受出来ず、社会全体の利潤は減少する。そこで、今では必要不可欠となっている時間指定配送が、交通環境面に与える影響を明確にする必要がある。

本研究では、時間指定を考慮した配送経路決定モデルを構築する。これを用いて、時間指定制約が配送効率に与える影響を明らかにする。更に、その指定方式の違いによる影響分析を行う。

2. 配送経路決定モデル

所要時間最小化問題として以下のように定式化する。

(1)式第1項は走行時間を、第2項は待ち時間、遅刻によるペナルティの時間換算値、積み卸し時間の総和を表す。(7)、(8)式は、各配送先を1度ずつ訪問し、配送センター($i=0$)に戻ってくる制約を表す。

$$\sum_{i \in I'} \sum_{j \in J} \sum_{m \in I} \sum_{z \in Z} t_{im}^z x_{ij} x_{m,j+1} y(z, S_j^d) + \sum_{i \in I'} \sum_{j \in J} f(E_i, L_i, S_j^a) x_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

$$S_{j \in J'}^a = S_{j-1}^a + \sum_{i \in I'} \sum_{m \in I} \sum_{z \in Z} t_{im}^z x_{i,j-1} x_{mj} y(z, S_{j-1}^d) + \sum_{i \in I'} g(E_i, S_{j-1}^a) x_{i,j-1} \quad (2)$$

$$S_{j \in J'}^d = S_{j-1}^d + \sum_{i \in I'} \sum_{m \in I} \sum_{z \in Z} t_{im}^z x_{i,j-1} x_{mj} y(z, S_{j-1}^d) + \sum_{m \in I} g(E_m, S_j^a) x_{mj} \quad (3)$$

$$f(E_i, L_i, S_j^a) = LU + \begin{cases} E_i - S_j^a & (S_j^a < E_i) \\ 0 & (E_i \leq S_j^a \leq L_i) \\ p(S_j^a - L_i) & (L_i < S_j^a) \end{cases} \quad (4)$$

$$g(E_i, S_j^a) = LU + \begin{cases} E_i - S_j^a & (S_j^a < E_i) \\ 0 & (E_i \leq S_j^a) \end{cases} \quad (5)$$

$$y(z, S_j^d) = \begin{cases} 1 & (z \cdot \Delta z \leq S_j^d < (z+1) \cdot \Delta z) \\ 0 & (S_j^d < z \cdot \Delta z, (z+1) \cdot \Delta z \leq S_j^d) \end{cases} \quad (6)$$

subject to

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = \begin{cases} 2 & (i=0) \\ 1 & (i \in I') \end{cases} \quad \sum_{i \in I} x_{ij} = 1 (j \in J) \quad (7)$$

$$x_{00} = 1 \quad x_{0,n+1} = 1 \quad \sum_{i \in I} x_{i,n+2} = 0 \quad (8)$$

ここで、

t_{im}^z : 地点*i*から地点*m*への時間帯別走行時間

Δz : 時間帯幅

x_{ij} : 地点*i*を*j*番目に訪れる場合1、訪れない場合0の0-1変数

$f(E_i, L_i, S_j^a)$: *j*番目の地点における待ち時間と遅刻ペナルティ、積み卸し時間

$g(E_i, S_j^a)$: *j*番目の地点における待ち時間と積み卸し時間

$y(z, S_j^d)$: *j*番目の地点出発時、時間帯 $[z \cdot \Delta z, (z+1) \cdot \Delta z)$ である場合1、そうでない場合0とする0-1変数

S_j^a : *j*番目の地点に到着するまでの総所要時間 ($S_j^a = 0$)

S_j^d : *j*番目の地点を出発するまでの総所要時間 ($S_j^d = 0$)

$E_{i \in I'}$: 地点*i*における最早到着予定時間 (時間指定)

$L_{i \in I'}$: 地点*i*における最遅到着予定時間 (時間指定)

LU : 積み卸し時間

p : 時間指定の遅刻に対するペナルティ係数

i, m : 配送センター及び配送先の域を表す添字

j : 配送順序を表す添字 z : 時間帯を表す添字

n : 配送先の数 k : 時間帯数

但し、式中の $I = \{0, 1, \dots, n\}$, $I' = \{1, \dots, n\}$ は位置を、

$J = \{0, 1, \dots, n, n+1\}$, $J' = \{1, \dots, n\}$ は配送順序を、

$Z = \{0, 1, \dots, k-1\}$ は時間帯を表す添字集合である。

これは組み合わせ最適化問題となり、厳密解を求めることは困難である為、本研究では、遺伝的アルゴリズム (GA) を用いて近似解を求める。

3. シミュレーション

(1) 設定

仙台市内に、1 台の配送車両が担当する配送エリアとして、5km 四方のエリアを任意設定し、それを 12 ゾーンに分割する。各ゾーンに 1 箇所の配送先が存在し、配送センター（卸町に配置）より巡回配送すると考える。

2 地点間の走行時間は、その距離を道路交通センサス²⁾から推定した速度で除した値を用いる。積み卸し時間は、各配送先とも一律 15 分とする。

時間指定を設ける配送先をランダムに設定し、試行を 20 回行った。そのうち遅刻をしない経路が存在した場合のみ採用し、その割合が「無遅刻経路率」である。この値が 100%に満たない場合は、配送車両を増やす必要があることを示す。

(2) 時間指定割合の影響

図1に時間指定の割合別に所要時間の平均値を示す。時間指定の時間幅は、最大 3 時間・最小 30 分の間でランダムに設定した。図より、時間指定を設ける配送先の割合が増加するとともに、大幅に所要時間が増加することがわかる。特に 50%を超えると無遅刻経路率が低下し、1 台で配送するのは困難であると考えられる。

(3) 時間指定幅の影響

1 台で配送出来る限界と思われる 5 割の配送先で時間指定を行うという制約の下、時間指定幅別に所要時間を求めている。結果は図2に示す。時間指定幅を変えても走行時間の大きな変化はみられない。待ち時間に関しても、時間指定幅 120 分以上では変化が小さいが、90 分になるとやや増加する。更に、30 分になると待ち時間は倍になり、無遅刻経路率は大幅に低下する。

(4) 時間指定時間帯の影響

時間指定制約がどの時間帯に分布しているかによる影響を分析する。混雑時は午前 7:00~9:00 に設定する。1 台で配送出来る限界と思われる 5 割の配送先で、60 分間内の時間指定を行うものとし、特定時間帯への集中率はそのうち 1/3 とする。結果は図3に示す。走行時間はどの時間帯に時間指定を集中させてもその差は小さいが、待ち時間は混雑時集中の場合増加する。これは、混雑時に走行するより、その前の所要時間が短い早朝時に走行して、時間指定時刻まで待つ方が時間短縮になる為と考えられる。待ち時間が路上駐車になるとすれば、特に混雑時の待ちは、他の時間帯と比べ

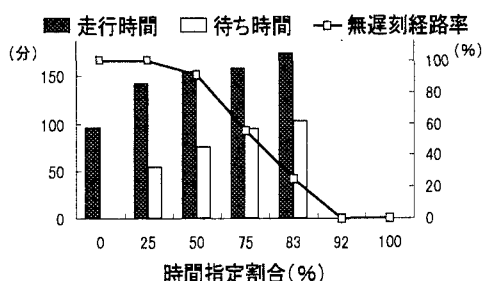


図1 時間指定割合と所要時間

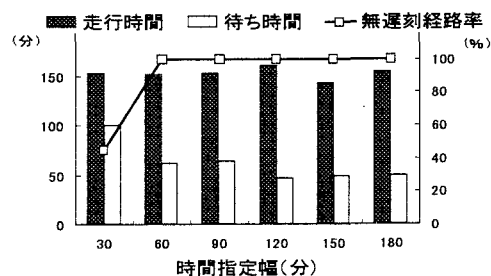


図2 時間指定幅と所要時間

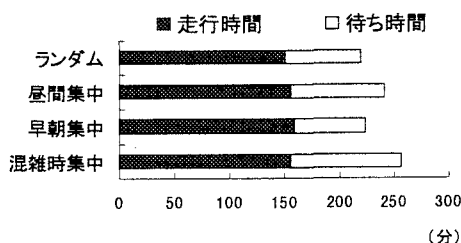


図3 時間指定の分布と所要時間

て交通環境に与える影響が大きい。従って、混雑時に時間指定が集中する場合は、時間指定の移行や緩和、もしくは配送価格の値上げが必要であろう。

4. おわりに

本研究では、時間指定制約付き配送経路決定モデルを用いて、時間指定が配送効率や交通環境に及ぼす影響を明らかにした。今後は、配送エリア、配送センターからの距離、配送先の数などの条件を変えて分析をしていきたい。

参考文献

- 1) 今井昭夫：大阪機械卸業の共同配送実験，土木計画学研究・論文集，No12，pp.511-518，1995。
- 2) 建設省道路局：平成 9 年度全国道路交通情勢調査，1998。