

到着時間指定の影響を考慮した配車配送行動の評価

広島大学大学院工学研究科 正会員 ○山田 忠史
京都市 正会員 京谷 百恵

1. はじめに

都市圏では、道路交通の約半数を物流交通が占めるに至っている。物資の到着時間指定に伴う、集配送の多頻度少量化が、その一因である。物流関連企業は、顧客の時間指定ニーズを満たした上で、集配送の効率化を図り、物流コストの削減を目指している。本研究では、配車配送計画の高度化による集配送の効率化に注目し、到着時間指定下での配送行動について、物流企業と交通計画のそれぞれの視点から評価する。

配車配送計画は概ね 2 形態に大別される。一つは、配車配送担当者の経験や勘に頼る配車配送計画(PVR S)であり、もう一つは、リンクの評価値を単一値（例えば、平均所要時間）で捉え、ヒューリスティックな手法を用いて最適解を求める、高度な配車配送計画(A VRS)である。本研究では、既存の手法^{1),2)}を用いて、これらの配車配送計画を表現する。

2. 評価指標

物流業者にとっては、配送に要する費用が低廉であることが望ましい。また、同一の顧客数や顧客分布であっても、到着時間指定がない方が、より効率的に配送できるものと考えられる。したがって、到着時間指定がない場合と比較して、到着時間指定がある場合の配送費用の変化率が小さい方が、物流業者にとって望ましいと言える。このことから、次のような評価指標を設定する。

$$(\text{配送費用変化率}) = \frac{(\text{時間指定がない場合の配送費用})}{(\text{時間指定がある場合の配送費用})} \quad (1)$$

本研究では、リンク所要時間が単一値ではなく、変動することを考慮し、上述の配送費用も含めたすべての評価指標の算出において、所要時間の分布を考慮する。つまり、評価指標値は期待値で算出される。各物流業者の配送費用は、次式により算定される。

$$ETC = \sum_{l=1}^m (C_{f,l}(x_l) + E[C_{t,l}(t_{l,0}, x_l)] + E[C_{p,l}(t_{l,0}, x_l)]) \quad (2)$$

ここに、

ETC : 期待配送費用

m : 使用可能な車両台数の上限

$C_{f,l}$: 車両 l の固定費用 (円)

x_l : 車両 l の担当顧客と訪問順序を表す数列

$C_{t,l}$: 車両 l の期待運行費用 (円)

$t_{l,0}$: 車両 l のデポ出発時刻

$C_{p,l}$: 車両 l の期待ペナルティー費用 (円)

物流業者にとっては、顧客ニーズが満足されなければ、配送費用を抑制できたとしても、有効な配車配送行動であるとは言えない。そこで、顧客ニーズの充足を、総走行時間における総遅刻時間の割合を用いて表現する。すなわち、

$$(\text{非遅刻時間率}) = 1 - \frac{(\text{総遅刻時間})}{(\text{総走行時間})} \quad (3)$$

物流業者にとって望ましい配車配送計画が、必ずしも都市圏物流問題（交通混雑、環境負荷など）の解決には繋がらない。したがって、物流業者の立場からの評価だけでなく、社会的な観点からも評価する必要がある。そこで、物流業者の総走行時間に着目し、配送費用の変化率と同様の考え方を用いて、総走行時間の変化率を調べる。すなわち、

$$(\text{走行時間変化率}) = \frac{(\text{時間指定がない場合の総走行時間})}{(\text{時間指定がある場合の総走行時間})} \quad (4)$$

到着時間指定が問題となるのは、物流業者にとってのみではない。指定到着時間以前に到着すれば、訪問先近辺で駐車することが多く、道路が占有されることになり、道路混雑・交通安全・周辺住民の生活環境悪化に繋がる。つまり、社会にとって到着時間指定が問題となるのは、それにより生じる遅刻よりも、むしろ、早着である。早着に関する評価指標に、総走行時間に対する総早着時間の割合を用いる。

$$(\text{非早着時間率}) = 1 - \frac{(\text{総早着時間})}{(\text{総走行時間})} \quad (5)$$

上述のいずれの指標についても、1 に近いほど望ましいことになる。

3. 問題設定

計算対象地域は、図-1 のような 20km 四方の都市圏道路網とし、1 日の配送業務を計算対象とする。1 日を 4 つの時間帯に分類し、各時間帯でリンク所要時間分布を変化させる。このとき、都心部周辺リンクは、他のリンクよりも所要時間を大きな値に設定する。リンク所要時間分布は正規分布に従う³⁾と仮定する。

道路網上に存在する物流業者は全部で 8 社とし、各物流業者のデポの位置は、図-1 の通りである。各物流業者の使用可能車両は、2t トラック 8 台とし、保有顧客数は、5 顧客、11 顧客、20 顧客の 3 通りとする。顧客分布は、都心部中心型であり、顧客の貨物需要は、都心部の顧客ほど大きくなるよう設定する。また、各顧客の貨物には 3 通りの到着時間指定(時間指定なし、時間帯指定(午前もしくは午後)、時刻指定(2 時間の許容幅))が考えられることとする。各顧客の指定到着時間の設定については、既存の都市圏物資流動調査から得られた、指定到着時間の分布に従うこととする。

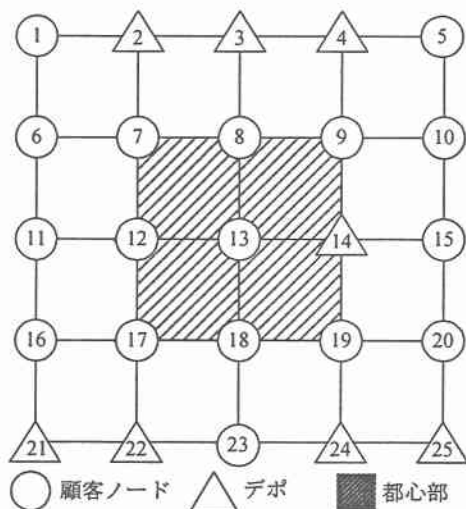


図-1 対象道路網

4. 高度な配車配送計画の効果

PVRS と AVRS のそれぞれに関する計算結果が図-2 に示されている。配車配送計画を高度化することで、配送費用や走行時間の変化率が上昇する。つまり、AVRS の適用によって、時間指定の付加に伴う、費用上昇や走行時間増大が抑制される。しかし、配送費用の変化率は、顧客数の増加に伴い低下することが窺える。顧客数の増加に伴い、指定到着時間が多様化するので、効率的な配車配送計画を策定するのが困難になるからである。

非早着時間率は、配車配送計画の高度化により、わずかに低下する。AVRS が遅刻を避ける傾向にあるので、そのぶん早着時間が増大することを意味する。つまり、AVRS は、道路に負担を強いることによって、遅刻費用を抑制している。時間指定ニーズを満足できずに顧客を失うことを、物流業者は恐れるので、物流業者は、早着よりも遅刻の方を問題視する。つまり、早着と遅刻に関するペナルティの大きさの差が、この結果に深く関与している。非早着時間率の低下傾向は、顧客数の増加に伴い顕著に顕れる。顧客数の増加に伴う指定到着時間の多様化が、ここでも影響を及ぼしている。

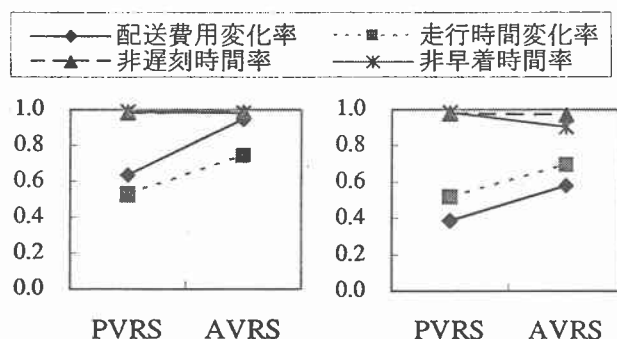


図-2 配車配送行動の比較 (左: 顧客数 5, 右: 顧客数 20)

5. おわりに

配車配送計画の高度化は、配送費用や走行時間の低減を介して、物流業者にとっても社会にとっても望ましい結果をもたらす可能性がある。リンク所要時間の不確実性を明示的に考慮した配車配送計画システムを構築・利用すれば、その傾向が、より顕著になることが予想される。

しかし、社会的にさらに望ましい成果を得るためには、訪問先での早着が抑制されるべきである。このことは、指定到着時間に対する遅刻ペナルティと深く関連しているので、早着と遅刻のトレードオフに配慮した配車配送計画システムの構築・使用が望まれる。

【参考文献】

- 1) 山田忠史, 谷口栄一, 伊藤裕: 貨物共同輸配送のモデル化と効果および成立に関する一考察, 土木計画学研究・論文集, Vol.18, No.3, pp.409-416, 2001.
- 2) 谷口栄一, 山田忠史, 細川貴志: 都市内集配配送トラックの配車配送計画の高度化・共同化による道路交通への影響分析, 土木学会論文集, No.625/IV-44, pp.149-159, 1999.
- 3) 松本昌二, 白水義晴: 旅行時間の不確実性が時刻の指定された物資輸送に及ぼす影響, 土木学会論文集, No.353/IV-2, pp.75-82, 1985.