

第IV部門

プローブデータを活用した貨物車による配送行動の分析

神戸大学大学院自然科学研究科 学生員 ○中村 賢一郎
 神戸大学大学院自然科学研究科 正会員 小谷 通泰
 広島商船高等専門学校 正会員 田中 康仁

1. はじめに

貨物車による配送においては常に、定時性の確保が求められているが、毎日の運行では所要時間に変動が生じるため、配送計画を立案する際にはこうした所要時間の不確実性を考慮することが重要となる。そこで本研究では、運転者の作業状況とリンクした貨物車プローブデータを用いて、走行時間や荷捌き時間に見られる不確実性を考慮して、最適出発時刻の決定行動を「遅刻確率」を用いることによって、また複数地点を巡回する場合の車両巡回順序の選択行動を「選択確率」を算出することによってそれぞれ分析することを試みた。

2. 使用データの概要

本研究で使用したデータは、貨物車の運行管理システムの開発を目的とした実証実験¹⁾で得られたデータの内、貨物車両の位置情報、時刻情報と運転者の作業状況データを取り出したものである。5分間隔にデータが得られていることに加えて、ドライバーによる作業報告（出発・帰社、積載・荷卸など）が記録されている。

3. 遅刻確率を用いた最適出発時刻の決定行動の分析

3-1. 遅刻確率の考え方

旅行時間の不確実性を考慮し、貨物車が指定された時刻に遅刻する確率²⁾を出発時刻ごとに求め、遅刻確率の変化から出発時刻の決定行動を分析した。今、出発時刻を t_0 、到着指定時刻を t_d 、実際の到着時刻を T_a として、到着指定時刻に対する遅刻を表す関数を $F(t_d, t_0)$ とする。輸送者は到着指定時刻に対する最小の遅刻確率 α を受け入れ、かつ出発時刻をできるだけ遅くしようとするを仮定する。このとき旅行時間は期待値 $\mu_t = E(T_a - t_0)$ 、標準偏差 σ_t の正規分布に従うとすると、遅刻確率 α の値を変化させたときの出発時刻 t_0 は以下の式により求められる。ただし、 $\Phi^{-1}(\cdot)$ は、標準正規分布の逆分布関数である。

$$\text{Object } t_0^* = \max(t_0) \quad \text{s.t.} \quad F(t_d, t_0) > (1 - \alpha)$$

$$t_0^* = t_d - (\mu_t + \sigma_t \Phi^{-1}(1 - \alpha))$$

3-2. 配送事例への適用

図1は都心部における配送事例を示しており、この例では到着指定時刻を持つ地点Eに対する定時性を確保するため、配送順序の変更がみられた。そこで、通常の配送順序の場合（パターン1）と配送順序の変更が行われた場合（パターン2）を取り上げ、それぞれの場合について、旅行時間分布の正規性を確認した上で、その平均値と標準偏差から上述の計算方法に従って出発時刻と遅刻確率の関係を求めた。図2は旅行時間データの正規性について示しているが、これを見るとデータはほぼ直線上に存在し正規性が保たれていることがわかる。図3は遅刻確率の変化を表したものであるが、地点Eへ直接向かうパターン2の方が、傾きは急になっており、少しの遅れがより大きく遅刻確率に影響を及ぼしていると考えられる。また、丸印がパターン1の出発時刻、白抜き丸がパターン2の出発時刻を示しているが、6時45分頃を境にして配送順序が異なっており、配送順序を変更することで地点Eへの遅刻確率を減少させていることわかる。

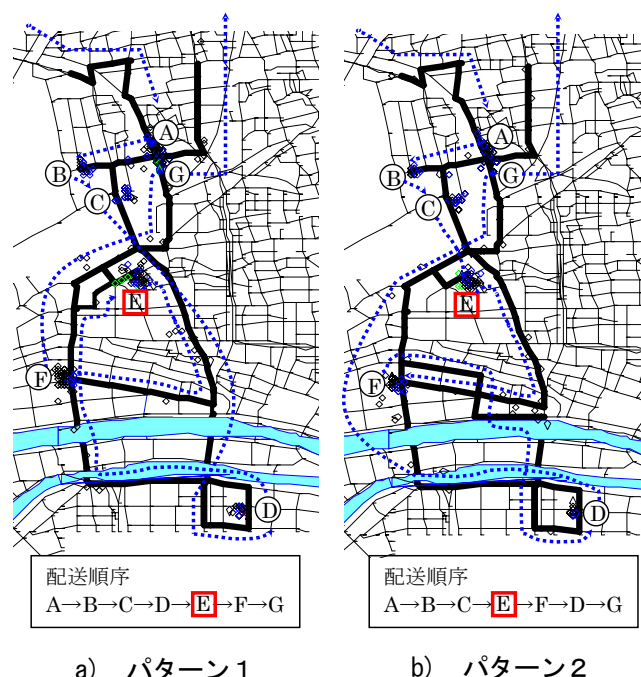
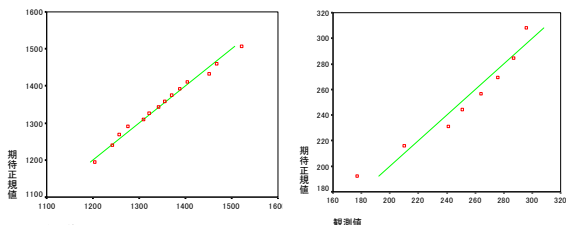


図1 都心部における配送事例



a) パターン1 (N=14) b) パターン2 (N=8)
図2 旅行時間データの正規性

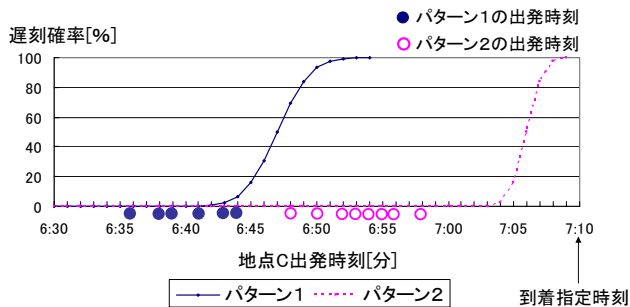


図3 遅刻確率と出発時刻の関係

4. 選択確率による配送順序の選択行動の分析

4-1. 選択確率の考え方

複数の配送先を対象として、巡回セールスマン問題 (TSP) により配送距離が最小となる上位 n 位までの配送順序を求め、旅行時間の不確実性を考慮して、それら n 通りの配送順序について所要時間が最小となる確率を算出した。そして、これをドライバーが各配送順序を選択する確率と考えた。配送順序 i の所要時間を t_i としたとき、他の複数の配送順序 j と比較し、 t_i が最も短時間となる確率³⁾ (すなわち配送順序 i の選択確率) は以下の式により求められる。

$$\phi_{ij} = \int_0^{\infty} \left\{ \prod_{i=1}^n \int_{x_i}^{\infty} F_j(t_j) dt_j \right\} F_i(t_i) dt_i \quad (i \neq j)$$

$F_i(t_i), F_j(t_j)$: 確率密度関数

4-2. 配送事例への適用

選択確率を算出するために必要となる所要時間の平均値および標準偏差を推定するために、実際の道路区間ごとに旅行時間データを収集し、走行距離と平均旅行時間の関係 (図4)、および平均旅行時間と変動係数 (σ/μ) の関係を求めた。次に、図5に示す実際の都市域内での配送事例を取り上げて、上式に従って選択確率の算出を試みた。図6はこの結果を示したものであり、出発時刻を配送実態と同じ午前2時30分とした場合の選択確率を実線で示すと、上位と中位の配送順序間で類似した値となった。そして配送実態では、最も選択確率の高い配送順序が選択されていた。また仮想的な状況として出発時刻を午前5時に変更した場合

の選択確率を求め、その推移を点線で示すと、走行時間帯によって平均旅行時間、標準偏差の変動が大きくなるため、配送順序の違いによる選択確率の大小関係が大きく変化することがわかった。

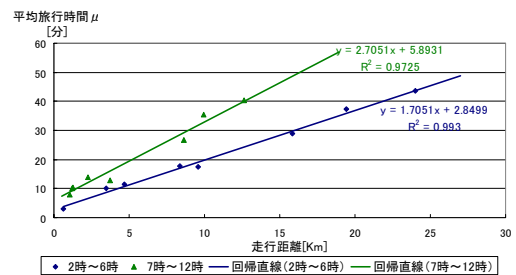


図4 走行距離と平均旅行時間の関係

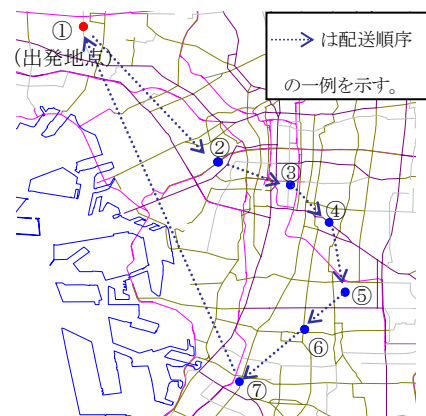


図5 都市域内での配送事例

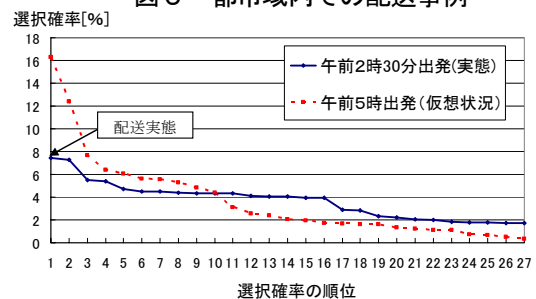


図6 選択確率の推移

5. おわりに

今後は、分析対象とする事例を増加させて分析の信頼性を向上させるとともに、プローブデータによって得られた所要時間の不確実性を配車・配送計画に組み込み、より信頼度の高いシステムを構築していく必要がある。

<参考文献>

- 1) 小谷通泰・吉井正明・今西周宏：共同利用型の貨物車運行管理システムの開発，土木計画学研究・講演集，Vol.27，2003(CD-ROM)
- 2) 松本昌二・白水義晴：所要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.75-82,1985.1
- 3) 辻紘良・鈴木雅博・高橋理一・川島弘尚：経路誘導効果の確率的推定手法，土木学会論文報告集 No.815，pp.103-114，1981.11