

都市内の集配活動における旅行時間の推定*

Estimating Travel Times on Deliveries in Urban Areas

岡山 正人** 今井 昭夫***

by Masato OKAYAMA and Akio IMAI

1. はじめに

近年、都市内物流においては「多頻度少量」および「ジャスト・イン・タイム」の配送が重要な役割を果たすようになってきた。そのため、配送車をより効率よく運行するために、最適な配送ルートを決する方法が数多く考案されてきている。

一般に、最適な配送ルートを決する際に必要となる取引先間の旅行時間には、その区間距離を用いる場合が多い。しかしながら、現在の都市内における交通環境では渋滞が頻繁に発生するなど、旅行時間をその区間距離で代用することは、必ずしも実用的であるとは言い難い。

そこで、本研究では、過去に行われた配送ルートを実際に走行することで得られたデータをもとに、配送ルート上の取引先間の旅行時間を、簡便に推定できる手法を考案することを目的としている。

旅行時間の推定に関する研究には、車両感知器を用いてリアルタイムに旅行時間を推定するもの¹⁾や、バス路線の計画や運営の基礎データとして、路線における旅行時間を推定するもの²⁾などがある。本研究は、配送ルート上の取引先間の旅行時間を推定しようとするもので、これらの研究とは以下の点で異なる。すなわち、車両感知器やバス路線のある幹線道路やいわゆる表通りばかりではなく、一方通行のある裏通りなど多様な道路が混在するルートにおいて旅行時間を推定する必要がある。また、リアルタイムに旅行時間を推定する必要はないが、様々なルートに適用されることなどを考え、より一般的で収集しやすいデータを用いる必要がある。

2. 使用データの概要

* キーワーズ：物資流動、交通情報

** 正会員 商船修 広島商船高等専門学校 講師 流通情報工学科
(〒725-02 広島県豊田郡東野町4272-1 電話 08466-5-3101)

*** 正会員 工博 神戸商船大学 助教授 輸送システム工学講座
(〒658 神戸市東灘区深江南町5-1-1 電話 078-431-8261)

(1) 測定方法の概要

本研究で使用したデータは、1994年3月に物流共同化実験において神戸市南部の国道2号線の周辺地域で実際に行われた配送ルートと同一ルートを、2日間に渡り「朝」、「昼」、「夕方」の1日3回(計6回)、実際に観測車を走行させることにより測定したデータである。表-1は、こうして得られたデータの概要を、図-1は、測定した配送ルートの周辺地域を示したものである。

なお、以下の分析では各距離は測定した6回の平均値を用いることとした。

(2) 測定結果の概要

a) 測定対象ルートの特性

表-2は、得られたデータより、取引先間の「旅行時間+総距離」、また「表および裏通りの距離」、「信号数」、「右左折回数」の平均値を求めたものである。表-2によれば、平均旅行時間は約6分、取引先間の平均距離は約1.8kmであることがわかる。また、平均距離のうちその90%(約1.6km)は表通りを走行しているものの、取引先のいくつかは裏通りにあったため、裏通りも平均約200m走行していた。

「信号数」は平均7.7個で約230mに1個の割合で信号が存在し、「右左折回数」は両方あわせて平均

表-1 計測データの概要

<測定対象ルート>

神戸市南部(灘区、中央区、兵庫区、長田区)の国道2号線沿域に位置する計20ヶ所の取引先を巡回する配送ルート

<測定時期>

1994年8月11日(木)および22日(月)における下記の3つの時間帯で、計6回、すべて同一のルートで行なった。

朝 : 午前7時~9時30分

昼 : 午前10時30分~午後1時

夕方 : 午後2時30分~午後5時

<測定内容>

各取引先間(計19区間)における

- ・旅行時間
- ・表通りの距離(センターラインのある道路)
- ・裏通りの距離(センターラインのない道路)
- ・信号数(ボタン信号も含む)
- ・右折回数(Uターン数も含む)、左折回数

注) 距離の測定には観測車のトリップメーターを使用した。

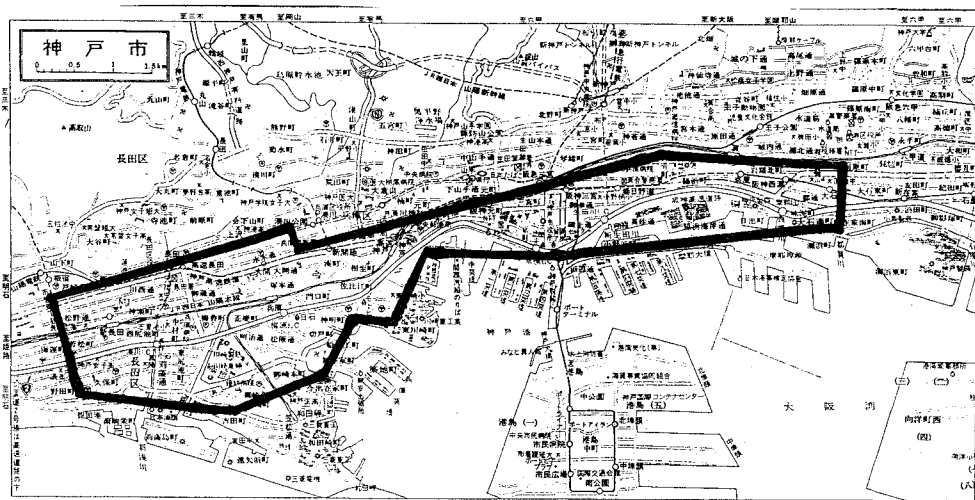


図-1 測定ルートの周辺地域図

3.8回で、約480mに1回の割りて右折または左折を行うなど、今回測定対象としたルートは、頻繁に停止や右左折を繰り返すルートであると言える。

b) 時間帯別平均速度の分析

今回の測定調査では、朝(午前7時～9時30分)、昼(午前10時30分～午後1時)、夕方(午後2時30分～午後5時)と1日3回の測定を行った。こうした結果、目視観測ではあるがいずれの測定日においても、「夕方」の交通量が「昼」や「朝」の交通量に比して明らかに多く、「昼」の交通量が最も少なかった。なお、こうした傾向は図-2に示すように、都市内では一般的傾向であると思われる。

そこで、こうした交通量による旅行時間への影響を知るために、各時間帯ごとに平均走行速度を求め

が多かった「夕方」の平均速度は、他の時間帯に比して約1.5km/h遅くなっており、交通量が走行速度に影響を与えているものと考えられる。

3. 重回帰分析による旅行時間の推定モデル

(1) 旅行時間推定モデルの構築

本研究では、重回帰分析を用いて各取引先間の旅行時間を推定するモデルを構築した。説明変数としては、今回測定した「表通りの距離」、「裏通りの距離」、「信号数」、「右折回数」、「左折回数」に加えて、測定した「時間帯」および「曜日(日にち)」の計7変数を考えた。ここで「時間帯」は、朝=1、昼=2、夕方=3、「曜日」は、月曜日=1、木曜日=2として分析を行った。

行った重回帰分析は、上記の7つの変数を説明変数の候補とするステップワイズ法を用いた。なお、ステップワイズの方法は、モデルに変数を投入した

表-2 ルート特性の概要

特 性	取引先間の 平均 値
取引先間の旅行 時間(分)	8.009 (3.868)
取引先間の距離 (km)	1.808 (1.234)
表通りの距離 (km)	1.818 (1.243)
裏通りの距離 (km)	0.192 (0.202)
信 号 数 (個数)	7.737 (4.694)
右 折 回 数 (回数)	1.789 (1.255)
左 折 回 数 (回数)	2.000 (1.356)

注) ()内は標準偏差を意味する。

た。表-3はこの結果を示したものである。これによれば、最も交通量

表-3 時間帯別平均速度

時 間 帯	平均速度 (km/h)
朝	18.885 (5.509)
昼	18.960 (5.735)
夕方	17.297 (5.633)
全体	18.390 (5.828)

注) ()内は標準偏差を意味する。

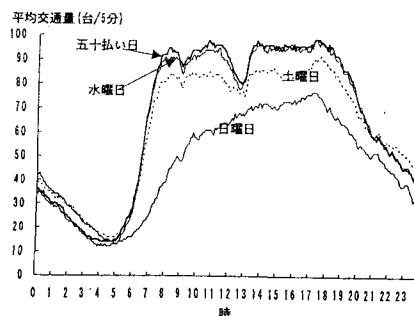


図-2 交通量の日変動の例(参考文献3)より転載)

表-4 旅行時間推定モデル

説明変数	偏回帰係数	F 値
表通りの距離	2.084	82.88**
裏通りの距離	4.122	30.45**
右折回数	0.385	9.52**
信号数	0.184	7.58**
時間帯	0.356	3.95*
定数	-0.831	2.39
自由度調整済重相関係数(寄与率)	0.908 (0.825)	—

注1) 目的変数は「取引先間の旅行時間」、説明変数の「時間帯」は、朝=1、昼=2、夕方=3として分析した。

注2) 重回帰分析の変数選択にはステップワイズ法を用い、有意水準5%の変数をモデルに投入し、モデル内での変数で有意水準10%に満たないものは除外することとした。

注3) F値の横の*は有意水準5%で、**は1%で有意であることを意味する。

際、その変数のF値の有意水準が5%で有意となる変数をモデルに投入し、モデル内での変数でF値の有意水準が10%で有意とならないものは除外することとした。

表-4はこうして求めた旅行時間推定モデルの推定結果を示

したものである。これによれば、自由度調整済重相関係数は0.908および自由度調整済寄与率も0.825と高い値を示している。また、いずれの変数のF値も比較的高い値を示し、偏回帰係数の符号も論理的な整合性が取れているのがわかる。こうしたことから考えて本推定モデルは良好なものと考えられる。

次に説明変数について見ると、まず、「表通りの距離」および「裏通りの距離」という距離変数が他の変数に比べてF値が高くなっているのがわかる。しかし、「表通り」と「裏通り」のF値の間にも、同じ単位でありながらも大きな差があり、表通りと裏通りとでは走行環境が異なるものと考えられる。

また、右左折回数では「左折回数」はモデルから除外され、「右折回数」のみが説明変数として採用されている。しかも「右折回数」のF値は「信号数」のものより大きくなっている。これは、国道2号線

などの大きな道路を右折する際は、信号のある交差点を直進するよりも多くの時間を要するためと考えられ、一方、左折についてはほぼ直進と同じ程度の時間しか要しないためと考えられる。

さらに、「時間帯」も説明変数として採用されているが、これは先にも述べたように、それぞれの時間帯でルート上の交通量が異なるためである。

最後に、「曜日」は「左折回数」と同様にステップワイズ法により説明変数から除外されている。しかしながら「曜日」については、今回は月曜と木曜のみしか測定していないことや、五十払い日が含まれていないことなど、今回の結果だけで「旅行時間」に影響がないとは言えないものと思われる。

(2) 推定モデルの検討

ここでは、上記のように得られた推定モデルの精度や特性について調べる。

図-3は本モデルを用いた旅行時間の推定値と実測値を比較したものである。これによれば、旅行時間が大きい部分で誤差が大きくなっているのがわかる。これは、一般に長距離の移動になるほどその旅行時間のばらつきが大きくなる傾向があるためと考えられる。

そこで図-4では、取引先間の距離と、推定値と実測値の残差の関係を図示した。この図に示されるように、距離が6kmの残差の散らばりは3km以下のそれに比べて大きくなっており、先に述べたような長距離ほど旅行時間のばらつきが大きくなる傾向があることを実証している。

こうした傾向は、本モデルで用いた重回帰分析における「等分散性」という点からも大きな問題であり、今後、本モデルをより発展させていく際の課題となろう。

しかしながら、F値の大きさ、偏回帰係数の符号、また重相関係数の値から本モデルには有効性があると考え、以下ではこの推定モデルを基本モデルとして分析を進めることとした。

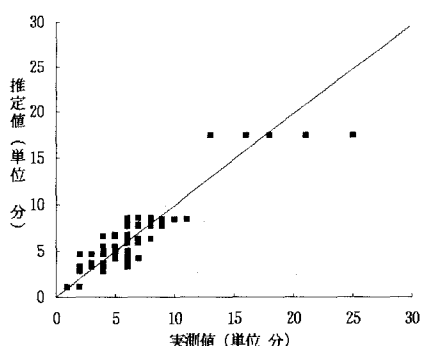


図-3 旅行時間の推定値と実測値の比較

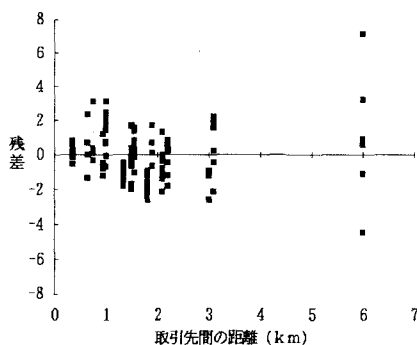


図-4 推定モデルの残差と取引先間距離の関係

表-5 時間帯別の旅行時間の推定モデル

説明変数	偏回帰係数		
	朝	昼	夕方
表通りの距離	1.707 (26.1**)	1.682 (22.7**)	2.882 (44.0**)
裏通りの距離	2.574 (5.6*)	4.921 (18.5**)	5.289 (14.4**)
右折回数	0.331 (3.3)	0.236 (1.5)	0.828 (7.3*)
信号数	0.209 (5.8*)	0.174 (3.6)	0.112 (1.0)
定数	0.329 (0.3)	0.278 (0.2)	-1.207 (2.6)
自由度調整済重相関係数(寄与率)	0.919 (0.844)	0.902 (0.813)	0.929 (0.864)

注) 目的変数は「取引先間の旅行時間」。また、偏回帰係数の()内はF値を意味する。また、F値の横の*は有意水準5%で、**は1%で有意であることを意味する。

4. 時間帯ごとの旅行時間の要因分析

2. b) および3. a) の分析で、時間帯による交通量の違いが旅行時間に影響を与えていることを示した。そこでここでは、先の推定モデルで旅行時間の推定において有意となった「時間帯」以外の説明変数、すなわち、「表通りの距離」および「裏通りの距離」、「右折回数」、「信号数」の4変数を取り上げて、これらの変数が旅行時間に及ぼす影響が「時間帯」、すなわち「交通量の違い」によってどのように変化するかを分析する。

表-5は、先に述べた4変数を説明変数として、各時間帯ごとの旅行時間の推定モデルを重回帰分析を用いて構築したものである。

この表によれば、いずれの時間帯の推定モデルも自由度調整済重相関係数の値は0.9を越えており、いずれも良好な推定モデルが得られたものと考えられる。しかしながら、「表通りの距離」および「裏通りの距離」の2つの変数は、いずれのモデルにおいても有意水準1%または5%で有意となっているものの、「右折回数」と「信号数」はモデルによって統計的に有意となっていないものもある。

そこで、図-5ではこれら4変数のF値を各モデルごとに図示することにより、各モデルの相違を分析した。この図より以下のことがわかる。

「朝」のモデルと「昼」のモデルとでは、「裏通りの距離」を除けばそのF値の傾向は比較的似通っている。しかし、「夕方」のモデルにおいては「表通りの距離」のF値が朝、昼のそれより突出してい

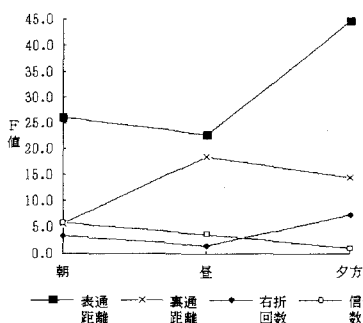


図-5 各変数の時間帯別のF値

ること、「右折回数」のF値が他の時間帯のモデルとは異なり「信号数」のそれよりも大きくなっていることなど、他の2つのモデルとは異なった傾向を示している。これは、実際に交通量が著しく変化するのは「表通り」のみであり、「裏通り」

の交通量にはほとんど変化が見られないため、交通量が多くなる夕方では「表通り」の走行に通常以上の時間を要するようになるためと考えられる。また、同様に交通量が多くなると「右折」も通常時よりも時間がかかり、こうした傾向は国道2号線のような大きな道路で顕著であるものと思われる。

5. おわりに

本研究で得られた成果を要約すると以下のようになる。

- ①重回帰分析を用いた旅行時間推定モデルを構築した。本モデルはF値や重相関係数の値により良好なモデルであることが示されたが、旅行距離が長くなると推定の精度が低くなる傾向があった。
- ②先の推定モデルを基礎に、時間帯による交通量の変化が旅行時間に与える影響について分析したところ、交通量の多い夕方では、他の時間帯に比べ「表通りの距離」と「右折回数」が旅行時間に大きな影響を与えていることがわかった。

今後の課題としては以下の諸点があげられる。

- ①本研究で構築した推定モデルでは、旅行距離が長くなるに従って旅行時間の分散が大きくなる傾向をモデル内に取り込むことができなかった。今後はこうした傾向もモデル内に取り込んでいく必要がある。
- ②今回はたった1つの配送ルートを対象に分析を行ったが、今後はさらに多くの配送ルートでデータを収集し分析の精度をあげていく必要がある。

<参考文献>

- 1) 安井, 池之上, 深井: 街路における旅行時間の推定, 土木計画学研究論文集No. 11, pp137~144, 1993年11月
- 2) Abkowitz, M. and Engelstein, I.: Methods for Maintaining Transit Service Regularity, U.S. Department of Transportation, 1984
- 3) 小谷, 新居: 車両感知器データを用いた都市内幹線道路網における交通渋滞分析へのコンピュータ・アニメーションの応用, 土木情報システム論文集Vol. 2, pp41~48, 1993年