

整備新幹線の開通に伴う長距離交通行動の変化に関する研究

河上 洋輝¹・太枝 良直²・外井 哲志³・樋口 尚弘⁴

¹学生会員 九州大学 工学府都市環境システム工学専攻 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)

E-mail:kawakami@doc.kyushu-u.ac.jp

²正会員 九州大学 工学研究員 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)

E-mail:oeda@doc.kyushu-u.ac.jp

²正会員 九州大学 工学研究員 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)

E-mail:toi@doc.kyushu-u.ac.jp

⁴非会員 国土交通省 九州地方整備局 企画部

近年、高速道路や新幹線の開通などにより長距離交通がより身近なものとなっている。このような交通サービスの効果を予測するためには人々の交通行動を十分に考慮する必要があり、特に長距離交通においては全体の行動時間が長いこと人々の生活サイクルが大きく影響を及ぼす。そこで、人々がある都市を訪問する頻度が交通サービスレベルの変化に伴いどのように変化するかをモデル化する。そして、新幹線が開通したことによる人々の都市の訪問頻度・訪問日程・訪問する際に利用する交通機関を考察する。

Key Words : *transportation service level, 24-hour life cycle, long distance traffic, modal choice*

1. はじめに

近年、高速道路の整備や新幹線の導入などにより長距離交通がより身近なものとなっている。ここでの長距離交通とは、数日かけて海外へ行くような交通ではなく、日帰りもしくは一泊二日で行くような比較的簡単なものである。交通網の整備によって旅行に対する関心が高まる一方で、公共交通の設備投資には莫大な費用がかかるため、建設にあたっては合理的な計画が不可欠である。このような交通サービスの効果を予測するには人々の交通行動を十分に考慮する必要があり、特に長距離交通では全体の活動時間が長いこと、人の一日の生活サイクルが大きく影響を及ぼす。このように、長距離交通における交通サービスの効果は訪問頻度と生活サイクルを考慮することが重要であると考えられる。

現在まで、交通を再現する様々なモデルが提案されており新幹線に関する研究も数多く存在する。

柴田ら¹⁾の研究では新幹線利用者等を対象とした実態調査(パーソントリップ調査)により、利用実態と需要特性を明らかにしている。この研究では主に通勤定期券に関するモデルを構築し、通勤利用特性に関する分析を行い、勤務先からの通勤費支給額や時間短縮が新幹線を選択する大きな要因となると考察している。また、青島ら²⁾の研究では新幹線通勤者の新幹線駅選択の状況を把

握し、新駅設置による利用者数の推計を行っている。この研究では新幹線通勤・通学利用者数の推計モデルを構築するとともに、新駅設置による利用者数の推計を行っている。このような研究で利用頻度に注目しているものはみられていない。

また、誘発交通量に関する研究には、高橋ら³⁾の情報流動量に着目し誘発交通量を含めた将来交通量推定のモデル構築を行い、誘発交通量の理論的な推計が可能とした研究がある。しかし、誘発交通を利用頻度上昇に置き換えて考え、利用頻度予測できるモデルを構築した研究は存在しない。また、頻度に関する研究では、交通サービスレベルの変化を考慮した広森ら⁴⁾の研究がある。しかしながら、長距離交通では生活サイクルを考慮することが重要であり、それを考慮した頻度予測のモデルを扱った研究は見られない。

本研究では、観光・買い物を目的とした大都市を訪問する長距離交通に着目し、平成23年に全線開通した九州新幹線の駅周辺における実態調査から得られたデータを用い、1日という時間制約の中に占める移動時間の短縮や、料金の変化などからおこる交通サービスレベルの変化を考慮して、都市の訪問頻度・訪問日程・訪問する際に利用する交通機関を予測できるモデルを作成する。

2. 宿泊・日帰りモデル

(1) 訪問頻度・日程決定モデル

人がある都市の訪問頻度とその際の旅行日程を決定する際、目的地で得られる満足度や移動にかかる時間や費用が大きな要因になると考えられる。そこで、人は都市 j への訪問から得られる効用 (U_j) と、移動することに関する非効用 (D_j) との差が最大となるように訪問頻度を決定すると仮定する。まず、日帰りで旅行する場合限界効用逓減の法則を取り入れて、効用 (U_j) は頻度が増えるところある一定の値に収束すると仮定する。そこで日帰り日程における効用を式(1)で表す。また、非効用 (D_j) は頻度に関する線形関数であると仮定し、式 (2) で表す。次に、一泊二日で旅行をする場合には、日帰り時に比べ効用は大きくなると考え、式 (3) で表す。また、非効用 (D_j) は宿泊することによる非効用 (C_{stay}) を考慮に入れ式 (4) で表す。人は効用が最大となるよう行動するという考え方に基づいて、この効用から非効用を引いた最大効用を式 (5) で表す。そして、より大きな最大効用を持つ都市への訪問頻度と旅行日程を人が選択すると考えると、式 (6) を頻度 n で微分して、その式を0とおいて得られる n が最適な頻度となる。最適頻度 n_0 は式 (7) のように求められる。

$$U_j^{(1)} = m_j \beta' \{1 - \exp(-\alpha' n)\} \quad (1)$$

$$D_j^{(1)} = (D_{ij}^{mode} + D_n)n \quad (2)$$

$$U_j^{(2)} = m_j \beta' \{1 - \exp(-2\alpha' n)\} \quad (3)$$

$$D_j^{(2)} = (D_{ij}^{mode} + D_n + C_{stay})n \quad (4)$$

$$\Delta U_j^{(k)} = U_j^{(k)} - D_j^{(k)} \quad (k=1,2) \quad (5)$$

$$\Delta U_j = \max [\Delta U_j^{(1)}, \Delta U_j^{(2)}] \quad (6)$$

$$n_0 = -\frac{1}{k\alpha'} [- (D_{ij}^{mode} + D_n + C_{stay}) / \alpha' \beta' m_j] \quad (7)$$

(日帰りの場合は $C_{stay}=0$, $k=1,2$)

ここで、 m_j : 都市 j の魅力度 n : 頻度 (回/年)

i, j : 出発地、目的地

β' : 都市の魅力度に関する個人差
(正規分布 ($\mu_{\beta'}, \sigma_{\beta'}$))

α' : 正のパラメータ

mode : 車 (C)、在来線 (R1)

優等列車 (新幹線を含む, R2)

D_{ij}^{mode} : 交通機関分担率モデルで仮定する相対的な交通サービスレベルの非効用

D_n : 交通機関分担率モデルから頻度モデルへと移行する際の調整子

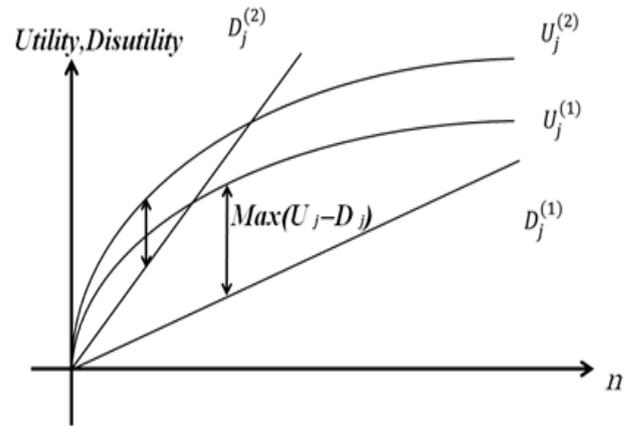


図-1 訪問頻度・日程決定モデルの概念図

(2) 交通機関の非効用 (交通機関分担率モデル)

(1)で示した訪問頻度・日程決定モデルでは、交通機関分担率モデルを含めている。ここから得られる非効用 D_{ij}^{mode} を式 (2) に用いる。各交通機関 m の非効用 $D_{(m)ij}$ は費用 C_f 、乗り換え回数 n_t 、交通所要時間を含む目的地で十分な滞在時間が得られるかどうかの非効用 D_{ij}^{stay} 、交通機関がもつ特性 $Z_{(m)}$ の4要素によって表せるとし、またこの要素を加算可能とし式(8)で仮定する。長距離旅客が選択する交通機関は式(9)で表すように各交通機関のもつ非効用 $D_{(m)ij}$ の内、最小なものとし、その時の非効用を D_{ij}^{mode} とする。モデルが今回対象とする交通手段は車 ($D_{(C)ij}$)、在来線 ($D_{(R1)ij}$)、優等列車 (新幹線を含む) ($D_{(R2)ij}$) である。

式(8)、(9) 中で、 A' 、 B' はパラメータで、 B' は正規分布 $N(\mu_B, \sigma_B)$ に従うと仮定する。

$$D_{(m)ij} = A' C_f + B' n_t + D_{ij}^{stay} + Z_{(m)} \quad (8)$$

$$D_{ij}^{mode} = \min [D_{(C)ij}, D_{(R1)ij}, D_{(R2)ij}] \quad (9)$$

(3) 滞在に関する非効用 (出発・退出時刻決定モデル)

(2)で述べた交通機関分担モデルでは出発・退出時刻決定モデルを含んでいる。各交通機関のサービスレベルに関する非効用 $D_{(m)ij}$ を求めるために、出発・退出時刻決定モデルから得られる滞在時間に関する非効用 D_{ij}^{stay} を仮定する。生活サイクルに関わる非効用は、出発時刻が早いことによる非効用 D_1 と帰宅時刻が遅いことによる非効用 D_3 であり、それぞれ式(10)、(11)で仮定する。

(a) 出発時刻が早いことによる非効用

$$D_1(t_d) = A[\exp\{\alpha(t_a - t_d)\} - 1] \quad (t_d < t_a) \quad (10)$$

(c) 帰宅時刻が遅いことによる非効用

$$D_3(t_h) = B[\exp\{\beta(t_h - t_b)\} - 1] \quad (t_h > t_b) \quad (11)$$

ここで、 A, B, α, β は正のパラメータ、 t_d は出発地出発時刻、 t_h は出発地帰宅時刻、 t_a, t_b はそれぞれの非効用 D_1, D_3 を認識するか否かの閾値である。

また、滞在に関する非効用として、目的地滞在時間 t_s が短いことによる非効用 D_2 と活動による飽きや疲れを表す非効用 D_4 を仮定し、式(12)、(13)のように表す。

(b) 目的地滞在時間が短いことによる非効用

$$D_2(t_s) = m_j \exp(-\gamma_j t_s) \quad (12)$$

(d) 目的地滞在時間が長いことによる非効用

$$D_4(t_s) = \delta t_s \quad (13)$$

ここで、 m_j は都市 j の魅力度、 γ_j, δ はパラメータを表す。

以上の4つの非効用を用いて最適な時刻決定行動を構成する。非効用は加算可能であるとし、例えば、目的地を出る時刻（目的地出発時刻）を選択する場合、非効用 D_2, D_3, D_4 を全て加算した非効用 D_{234} を考え、その非効用が最も小さくなるように最適な目的地出発時刻 t_{om} を決定するものとする。この時3つの非効用は目的地出発時刻 t_o の関数として表すことができ、また、あらかじめ目的地到着時刻 t_{in} を条件として与えている。

図-2 は横軸に時間、縦軸に非効用をとり上記の内容を図示したものである。

最適な目的地出発時刻が決まりその時の最小非効用 D_{234}^* が得られるが、この非効用 D_{234}^* は先に述べたように目的地到着時刻 t_{in} をあらかじめ与えることによって求められたのであるから、目的地到着時刻 t_{in} の関数であり、 t_{in} に対して増加関数になる。したがって、今度は、最適な到着時刻 t_{im} を求めるため際には、非効用 D_1 と非効用 D_{234}^* の和である D_{1234} を考え、その和の最小となる時刻を最適な到着時刻 t_{mm} とし、得られる非効用が目的地滞在の非効用 D_{ij}^{stay} となる。目的地到着時刻や出発時刻は交通機関の所要時間を与えれば出発地出発時間や帰宅時間で表すこともできる。

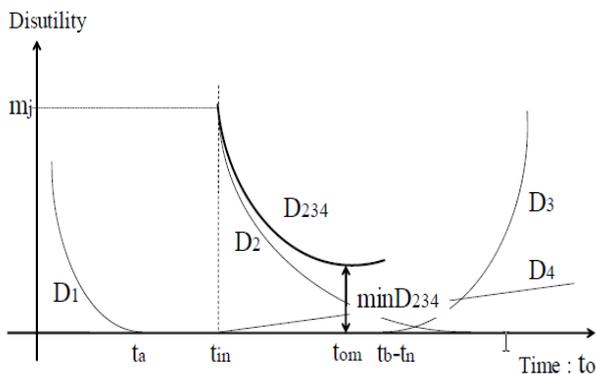


図-2 目的地出発時刻決定モデルの概念図

3. モデルの適用

(1) 利用データおよび対象地域

本研究では、平成 23 年に新幹線全線開通した V・W 市において、観光・買い物を目的とした行動を対象にし、開通前後に県庁所在都市 X・Y 市へ訪問する場合の交通手段や出発・帰宅時刻、訪問頻度等を得るためのアンケート調査を行った。V 市で平成 25 年 11 月 4~5 日、W 市で平成 25 年 11 月 5~6 日に実施し、配布方法は、鉄道・道路の交通サービスを所定の範囲に収めるように選んだ地区のすべての世帯に封筒投函し、郵送回収する方法をとった。集計結果を表-1 に示す。

表-1 アンケート集計結果

	V市	W市	合計
配布枚数	3500	5500	9000
回収枚数	581	923	1504
回収率(%)	17	17	17
有効回答率(%)	73	78	75

(2) 出発・退出時刻決定モデル

得られた調査結果をもとに、提案した出発・退出時刻決定モデルのパラメータを推計する。推計方法としては、各非効用関数のパラメータに初期値を与え、提案したモデルに基づいて各目的地における退出時刻分布の理論値を計算し、観測値との χ^2 乗値が最小となるようにパラメータを推計した。日帰り日程と宿泊日程の旅行者について同時にパラメータ推計を行った。推計結果を表-2 に示す。与えられたパラメータを用いて算出した各目的地の退出時刻の推計値と実測値について KS 検定を行った結果、有意水準 20% で適合したため、このモデルの再現性は比較的良好であるといえる。結果から生活サイクルから生じる非効用は旅行日程による影響を受けないと仮定する。日帰り日程で旅行した際の X 市・Y 市の出発時刻と退出時刻の分布を図-3、図-4 に示す。

表-2 出発・退出時刻決定モデル

m_x	280	A	4.60
m_y	150	α	2.8
γ_x	0.150	B	0.100
γ_y	0.340	β	2.50
μ_{tb}	22.4	μ_{ta}	7.00
σ_{tb}	2.00	σ_{ta}	1.50
		δ	0.100

(3) 交通機関分担率・頻度決定モデル

(2) で得られたパラメータから D_{ij}^{mode} を算出し、これを用いてアンケート調査を行った V 市・W 市から X 市・Y 市それぞれへ訪問頻度・訪問日程・その際の交通機関分担を決定するモデルのパラメータを推定する。ここで、各パラメータに初期値を与え、各 OD 間の新幹線全線開通前後の乗用車と電車の利用者数の推計値と実測値の χ

二乗値が最小となるようなパラメータを推定し、それを用いて求めた非効用から目的地の訪問頻度の推計値と実測値の χ^2 二乗値を最小とするパラメータを推定した。推定結果を表-3 に示す。各交通機関の利用者数について実測値と推計値の相関係数を算出したところ $R=0.95$ となり、このモデルは比較的良好であるといえる。また各ODでの各交通機関の利用者数の相関図を図-5 に示す。

さらに交通機関ごとの、ある目的地の訪問頻度の理論値と実測値の相関係数を算出したところ $R=0.95$ となりこちらの結果からもモデルの再現性は良好であるといえることができる。また各都市間における交通機関ごとの訪問頻度の相関図を図-6 に示す。

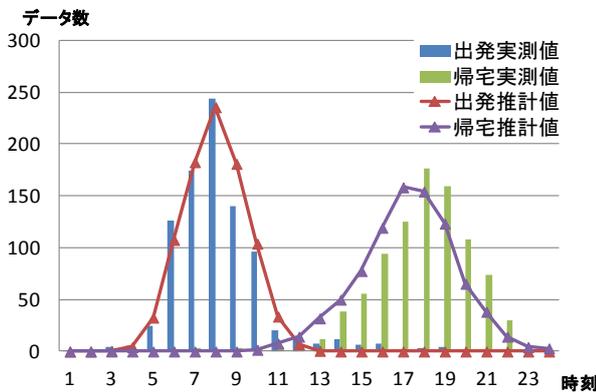


図-3 X市の出発時刻・帰宅時刻分布

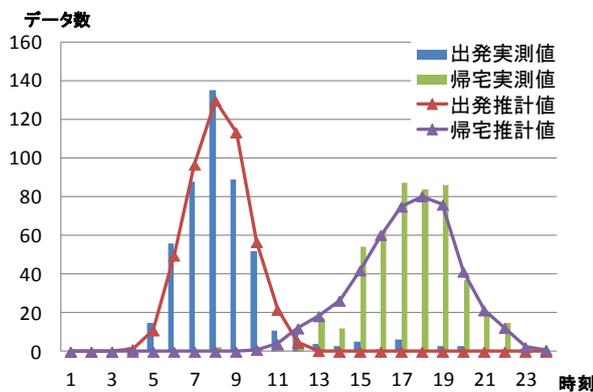


図-4 Y市の出発時刻・帰宅時刻分布

表-3 機関分担率・頻度決定モデル

A'	0.35	$\mu \beta'$	2.7
D_c	135	$\sigma \beta'$	1.15
Dr_1	55	α'	3
Dr_2	0	D_n	263
$\mu B'$	5.66	$Cstay$	30
$\sigma B'$	5.37		

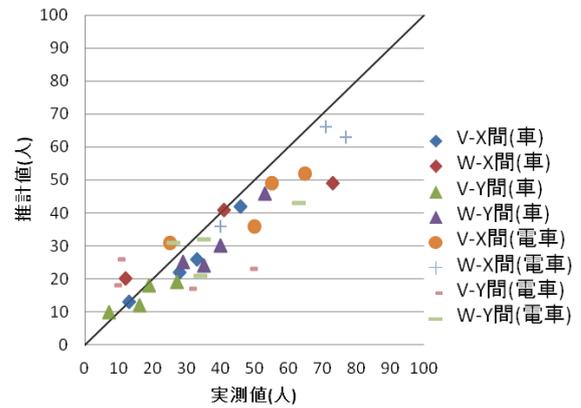


図-5 各交通機関の利用者数の相関図

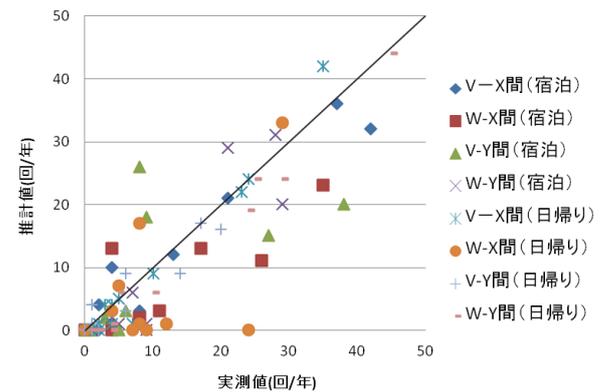


図-6 訪問頻度分布の相関図

4. おわりに

本研究では、大都市を訪問する長距離交通の影響を見るために、生活サイクルに関する非効用、交通サービスレベルに関する非効用などを仮定し、それらから旅行者の訪問頻度と訪問日程を決定するモデルを提案し、アンケート結果からモデルの妥当性を示すことができた。このモデルを用いることで交通サービスレベルが変化したことによって人々の交通行動にどのような影響が出るかを定量的に調べることができた。今回のモデルでは、目的地を2つに絞ってパラメータ推定を行ったがアンケート結果から目的地の数を拡張し、それらの都市が持つパラメータを推計することで、モデルの汎用性を高めることが出来ると考えられる。

また、今回の交通機関分担率モデルでは、対象都市は比較的短距離帯 (300km 程度) なので分担率に関する交通手段として自家用車と新幹線の2つのみを考慮したが長距離でのモデルの使用を考えるに当たっては新たな交通手段として航空機についても考慮していく必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 柴田 宗則, 武藤 雅威: 日常生活の足としての新幹線利用実態と需要特性, 鉄道力学シンポジウム
- 2) 青島 縮次郎, 川島 俊美: 新幹線通勤者の駅選択分析とそれを踏まえた新駅利用者数の予測, 第 54 回年次学術講演会講演概要集第 4 部
- 3) 高橋 清, 佐藤 馨一: 都市間交通における誘発交通量の予測手法に関する研究, 土木計画学研究・講演集 No.16 (1)
- 4) 広森源太, 角知憲: 新幹線導入後の利用頻度の変化に関する研究, 九州大学卒業論文, 2008

(2014.?.?受付)

A STUDY ON THE CHANGES OF PEOPLE'S BEHAVIOR IN LONG-DISTANCE TRAFFIC ASSOCIATED WITH INTRODUCTION OF SHINKANSEN

Hiroki KAWAKAMI, Yoshinao OEDA, Takahiro HIGUCHI and Taiki TOKUNAGA

This research aims to make a frequency model focusing on one-day and over night stay in long-distance traffic except commuters, with the intention of shopping, sightseeing and so on. This model assumes that the degree of satisfaction from a city and the transportation service level, are the main reasons for people to decide the frequency of visiting the city. It is assumed that the transportation service level is attributed to four main factors, travel cost, transfer numbers, time restriction based on a 24hour-life cycle and the attribute of each transport. The disutility from 24hour-life cycle is assumed to depend on the departure time and the arrival time at home. Based on this assumptions, this research made a model of selection of one-day visit or over night stay in consideration of the 24hour-life cycle and transportation service level. Using data from questionnaire in 2013, it was reviewed that this model could reproduce the travel behavior by chi-square test. This model also makes it possible to figure out the relation between the travel time and the stay time. As a result, selection of travel plans depends on patterns which travelers usually act.