

断面交通量データに基づく滞在周遊行動の分析*

Analysis of Touring Behavior Based on Section Traffic Data *

塚井誠人**, 辻井啓***, 奥村誠****

By Makoto TSUKAI, Kei TSUJII, and Makoto OKUMURA

1. はじめに

観光産業は、来訪者の消費活動によって他地域の資本(所得)を地域内に取り込む「移外型産業」的な性格を持つことが知られており、余暇需要の高まりを背景として製造業に代わる基盤産業として期待されている。地域の観光産業を成功させるには、より多くの来訪者を、より長い期間、地域内に留める施策が必要である。そのためには魅力的な観光スポットの開発と並んで、来訪者がそれらの観光スポットを快適かつ効率的に周遊できるような、交通サービスの提供が必要となる。

来訪者の滞在時間は、基本的には目的地での活動の魅力度によって定まるが、同時に天候や帰途の交通混雑の状況といった時間的に変動する要因の影響を受ける。滞在周遊行動を喚起する目的で企画される高速道路の料金施策(たとえば出発地から目的地までの区間を一括して割引くパック通行券など)の成否は、上述の要因に基づいて決定される周遊パターンに依存するため、滞在周遊行動はOD交通量の形で把握しておくことが望ましい。すなわち滞在時間の確率的な分布に対する時間的な変動要因と滞在周遊に関するOD交通量特性の把握が重要である。

これまでの観光周遊に関する研究は、非集計データを用いて旅行者の滞在周遊行動を詳細に分析することを目的としてきた。観光の滞在周遊行動は、出発時刻、交通機関、目的地などの多くの選択問題が複合しており、選択の自由度が高い。したがってそのモデル化に際しては、目的地や経路の魅力度を考慮するアプローチ¹⁾や、あるいは目的地の組み合わせや類似性を明示的に考慮するなどのアプローチ^{2) 3)}がとられる。これらの研究からは、旅行者のマイクロな滞在周遊行動の特徴

に基づく需要予測がなされている。しかし複雑な非集計モデルに基づく需要予測と、自動的に観測される断面交通量データ等の交通量データが統合利用されることはほとんど無いため、施策のマクロな効果の検証は難しくなっている。

一方、上記のような非集計的なアプローチを補完する意味においては、集計的な断面交通量に基づいて滞在周遊行動を分析するアプローチも考えられる。これは断面交通量に基づいてOD交通量を推計する逆推定問題である。高山・杉山⁴⁾は、経路選択率の代わりに交差点の右左折確率を用いて、マルコフチェーンの考え方を適用したOD推計法を提案した。内田・藤由⁵⁾は、目的地選択率、経路選択率をAVI検知器によって取得して、ランプ間交通量を推定する方法を示した。また経路選択確率を所与としない推定法として松本ら⁶⁾は、動的OD交通量を推定する問題について検討した。この研究では、与えられた経路利用率の下でOD交通量を推定する上位問題と、与えられたOD交通量の下で利用者均衡原理に基づいてネットワーク交通量を推定しつつ経路分担率を内生的に決定する下位問題が定式化されており、これらを動的な断面交通量データに基づいて再帰的に推定する方法が示されている。

本研究はサンプルごとの到着・出発時刻が不明な場合に、集計的な到着・出発時刻分布のみを利用して、時間的な変動要因を含む生存関数モデルとルート選択確率の推定を行い、断面交通量データに基づくOD交通量の推定方法を提案する。また、提案した推定方法を本州四国連絡橋の日別断面交通量データに適用して、本州から四国を訪れる観光客の滞在周遊行動の分析を行う。

2. 使用データ

本州四国連絡橋の3ルートの大鳴門橋、瀬戸大橋、来島海峡大橋における一日断面交通量⁷⁾を用いた。データの期間は、1999年5月1日から1999年8月8日までを1年目、2000年5月1日から2000年8月8日までを2年目、2001年5月1日

*Key words: OD交通量推定, 滞在周遊行動, 滞在時間モデル

**正会員, 博(工), 立命館大学理工学部

(〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1 TEL 077-561-5986)

***学生員, 学(工), 広島大学大学院工学研究科

(〒739-8527 東広島市鏡山1-4-1 TEL&FAX 082-421-7849)

****正会員, 博(工), 広島大学大学院工学研究科

(〒739-8527 東広島市鏡山1-4-1 TEL&FAX 082-424-7827)

から 2001 年 8 月 8 日までを 3 年目とし、サンプル日数は 3 年間共に 100 日間である。

3. 滞在時間モデルと架橋選択確率の推定方法

滞在時間モデルは既往論文⁸⁾と同様のモデルとする。しかし前回と異なり本研究では、本州四国連絡橋の大鳴門橋、瀬戸大橋、来島海峡大橋の 3 つの架橋に対して、架橋ごとに滞在時間モデルを適用する。そのため、生存関数は架橋ごとにパラメータを推定する必要がある。

断面交通量としては、到着交通量 A_i と出発交通量 D_j が観測されているが、架橋間の交通量は不明である。そこで四国を出発する際の架橋分担率を滞在時間モデルと組み合わせることにより表 1 のような時間と空間を組み合わせた OD 表が完成する。それぞれの架橋ごとに周辺分布を満足する交通量分布の発生によるモデル推定方法によって求める。ここで架橋の分担率を表 2 のように設定し、滞在時間モデルにより求めた各架橋の交通量分布との積により、各架橋の交通量分布 $t(kk)_{ij}$, $t(ks)_{ij}$, $t(kn)_{ij}$, ... を求める。

表 1 より各架橋の時刻 j における総出発交通量 $\hat{D}(n)_j$, $\hat{D}(s)_j$, $\hat{D}(k)_j$ は、式(1)~(3)となる。

$$\hat{D}(n)_j = \sum_{i=1}^j \{t(kn)_{ij} + t(sn)_{ij} + t(nn)_{ij}\} \quad (1)$$

$$\hat{D}(s)_j = \sum_{i=1}^j \{t(ks)_{ij} + t(ss)_{ij} + t(ns)_{ij}\} \quad (2)$$

$$\hat{D}(k)_j = \sum_{i=1}^j \{t(kk)_{ij} + t(sk)_{ij} + t(nk)_{ij}\} \quad (3)$$

したがって架橋の選択確率は、鳴門~鳴門間を例にとると、式(4)で表現できる。

表 1 時間と空間を組み合わせた OD 表

	1 日目			...	n日目			計	
	n	s	k		n	s	k		
1 日目	n	$t(nn)_{11}$	$t(ns)_{11}$	$t(nk)_{11}$	...	$t(nn)_{1n}$	$t(ns)_{1n}$	$t(nk)_{1n}$	$A(n)_1$
	s	$t(sn)_{11}$	$t(ss)_{11}$	$t(sk)_{11}$	...	$t(sn)_{1n}$	$t(ss)_{1n}$	$t(sk)_{1n}$	$A(s)_1$
	k	$t(kn)_{11}$	$t(ks)_{11}$	$t(kk)_{11}$	...	$t(kn)_{1n}$	$t(ks)_{1n}$	$t(kk)_{1n}$	$A(k)_1$
...	
n 日目	n				...	$t(kk)_{nn}$	$t(kk)_{nn}$	$t(kk)_{nn}$	$A(n)_n$
	s	0			...	$t(kk)_{nn}$	$t(kk)_{nn}$	$t(kk)_{nn}$	$A(s)_n$
	k				...	$t(kk)_{nn}$	$t(kk)_{nn}$	$t(kk)_{nn}$	$A(k)_n$
計		$\hat{D}(n)_1$	$\hat{D}(s)_1$	$\hat{D}(k)_1$	...	$\hat{D}(n)_n$	$\hat{D}(s)_n$	$\hat{D}(k)_n$	X

n:大鳴門橋 s:瀬戸大橋 k:来島海峡大橋

表 2 架橋の選択確率

		上り		
		大鳴門橋	瀬戸大橋	来島海峡大橋
下り	大鳴門橋	P_1	P_2	$P_3 = 1 - P_1 - P_2$
	瀬戸大橋	P_4	P_5	$P_6 = 1 - P_4 - P_5$
	来島海峡大橋	P_7	P_8	$P_9 = 1 - P_7 - P_8$

$$P_{ij}(nn) = t_{ij}(nn) / \sum_{i=1}^j \{t(nn)_{ij} + t(ns)_{ij} + t(nk)_{ij}\} \quad (4)$$

そこで、仮に求められた滞在時間モデルをベースに、式(1)~(3)を満足するような交通量分布 $T(i, j, X_i, Z_j)$ を発生させ、それに対して通常の最尤法によりパラメータ推定を行って、滞在時間モデルを更新する。滞在時間が有限期間内であるならば、この計算は到着時刻を出発地 O, 出発時刻を目的地 D とする OD 表の内部を埋める計算に他ならない。そこでデトロイト法を用いて交通量分布 $T(i, j, X_i, Z_j)$ を発生させる。

- i) グリッドサーチで初期の滞在時間モデルパラメータの仮推計値を求める。この滞在時間モデルから出発率と時刻 i の観測到着交通量を用いて、時刻 i に到着し時刻 j に出発する交通量の初期値 $T_0(i, j, X_i, Z_j)$ を求める。
- ii) $T_0(i, j, X_i, Z_j)$ を周辺分布が条件(1)~(3)を満足するようにデトロイト法によって調整し、交通量分布 $T(i, j, X_i, Z_j)$ を発生させる。
- iii) $T(i, j, X_i, Z_j)$ に対して通常の最尤法により滞在時間モデルのパラメータを推定する(7 日目で以降の出発はライトセンシングとする)。
- iv) 更新された滞在時間モデルを用いて交通量 $T_0(i, j, X_i, Z_j)$ を更新する。
- v) 手順 ii)~iv) を、滞在時間モデルのパラメータ推計値が収束するまで繰り返す。

4. 推定結果と考察

(1) モデル適用の際の前提条件

1. 対象とした 3 橋の下り方向合計交通量を四国に到着する交通量 A_i , 上り方向合計交通量を四国から出発する交通量 D_j として扱う。
2. 交通量データの集計を行ったところ、連休などにはまず下り方向交通量が増加し、その後上り方向交通量が増加するという傾向が強い。そこで、四国に入り、数日間滞在した後に本州に戻る交通のみが存在し、逆の交通やフェリーなどの橋以外を利用する交通は存在しないと仮定する。

滞在日数に影響があると考えられる共変量のうち、到着時点依存の共変量として、ある交通が四国に到着した日の属性を使用した。使用した変数は、休日初日、休日最後、連休初日、連休中、連休最後の 5 種類である。ここで休日とは、土曜、日曜、祝祭日を表し、休日が 3 日以上続く場合を連休と呼ぶ。さらに、休日初

表3 計算結果および相関係数

	誤差二乗和	γ	λ	休日初日	休日最後	連休初日	連休中	連休最後	降雨ダミー	相関係数
1年目	7467.2*10 ⁻⁴	1.505 ** (42.37)	0.537 ** (19.23)	0.037 ** (6.14)	0.365 ** (5.87)	-0.148 (-1.43)	0.823 ** (6.00)	0.187 ** (2.92)	-0.524 ** (-12.19)	0.9668
2年目	7891.4*10 ⁻⁴	1.642 ** (45.37)	0.706 ** (21.33)	0.011 (0.20)	0.197 ** (3.94)	-1.567 ** (-11.24)	0.689 ** (5.25)	-0.155 ** (-2.98)	-0.017 (-0.42)	0.9495
3年目	20650.9*10 ⁻⁴	1.601 ** (43.98)	0.459 ** (18.61)	0.062 (1.06)	0.137 * (2.44)	-0.884 ** (-8.13)	0.704 ** (6.42)	-0.165 ** (-3.24)	0.063 (1.56)	0.9197

() 内は t 値、** : 1%有意、* : 5%有意

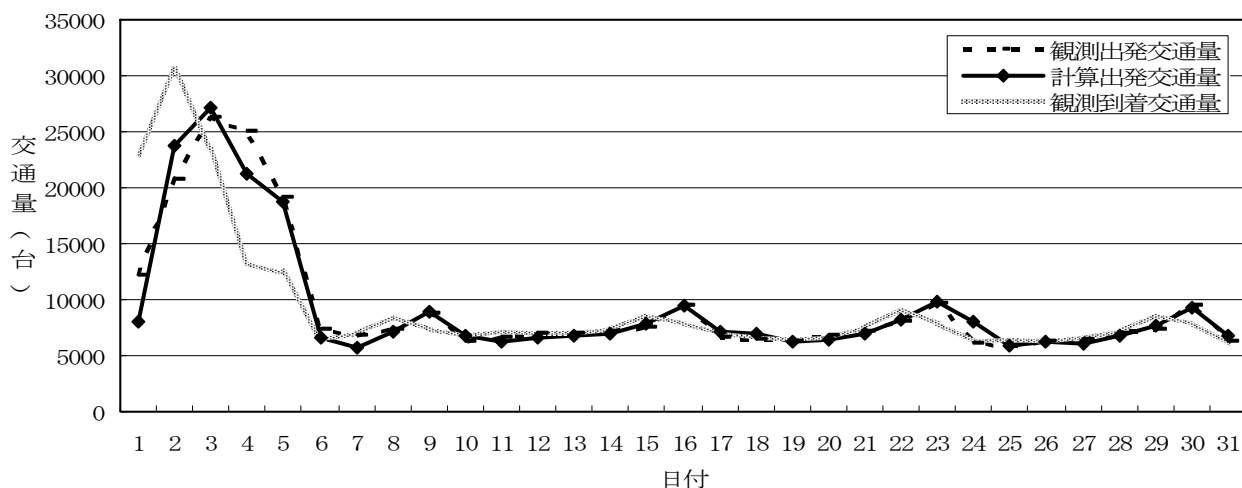


図1 計算値と実測値のプロット (1年目5月)

日, 休日最後はそれぞれの日を表すダミー変数であり, 連休初日は連休の初日, 連休中は連休の初日と最後の間, 連休最後は連休の最終日を表すダミー変数である. 滞在時点依存の共変量としては, 降雨の影響を取り入れた. 降雨は本州四国連絡橋の周辺主要都市の降雨量が平均して1ミリ以上の場合に1, それ以外で0となるダミー変数とした.

(2) 大鳴門橋の推定結果

紙面の都合上, 今回は大鳴門橋の推定結果のみを示す. 表3に誤差の最小二乗和, パラメータの計算結果, t 値, 計算出発交通量と観測出発交通量との相関係数を示す. 相関係数はいずれも0.91以上の値となっており, モデルの当てはまりは良い. 図1は1年目の初期1ヶ月間における観測到着交通量, 観測出発交通量, 計算出発交通量をプロットしたものである. 連休初日のパラメータは, 1年目は負で有意ではなかったが, 2, 3年目は負で有意となり, 滞在時間が延びる傾向がある. 一方連休中, 休日最後のパラメータは3年間とも正で有意となり, ハザードが増加して滞在時間が短くなる傾向がある. 降雨ダミーは, 1年目は負で有意であるので, 降雨によってその日のハザードは低下して滞在期間はのびる傾向にある. しかし2年目, 3年目については有意ではないため, 降雨の影響はあまり強くみられない結果となった.

表4 滞在日数と出発率(大鳴門橋)

	1年目	2年目	3年目
1日目	41.6%	50.6%	36.8%
2日目	78.2%	89.0%	75.2%
3日目	94.0%	98.6%	93.0%
4日目	98.7%	99.9%	98.5%
5日目	99.8%	100.0%	99.8%
6日目	100.0%	100.0%	100.0%

表4は, 各年のパラメータ γ , λ の推定値を元に, 共変量の効果を含まない平日の生存関数を示している. 平日においては日帰り交通が全体の約37~51%を占め, 滞在日数が5日までの交通でほぼ占められていることが分かる. γ , λ の経年変化の傾向から判断して, 平日の滞在日数は短くなる傾向が見られる.

(3) 滞在周遊行動の分析

図2~図4は1~3年目の大鳴門橋の滞在日数別の架橋選択確率を示している. なお滞在日数は5日までの交通が全体の大半を占めるので, 6日以降は5日目と同じ架橋選択確率を仮定した.

図2より, 1年目は滞在日数2日目に大鳴門~来島間の割合が増加している. これは1999年5月にしまなみ海道が全通したために, しまなみ海道を經由して帰ろうとする交通量が多かったためと考えられる. 3日目, 4日目は大鳴門橋で帰

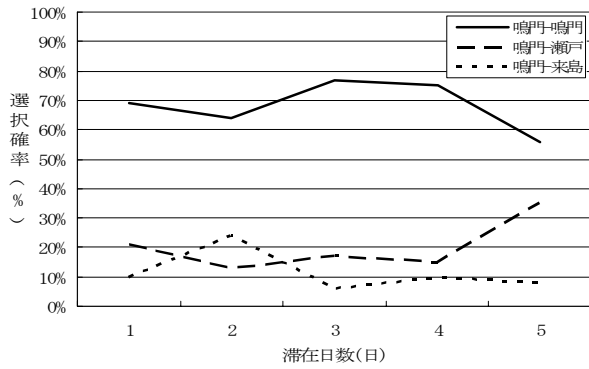


図2 滞在日数と選択確率(1年目)

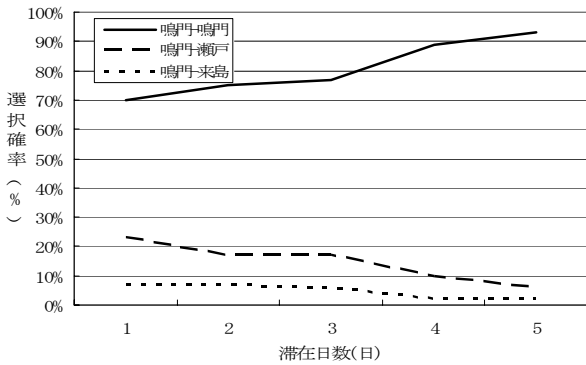


図3 滞在日数と選択確率(2年目)

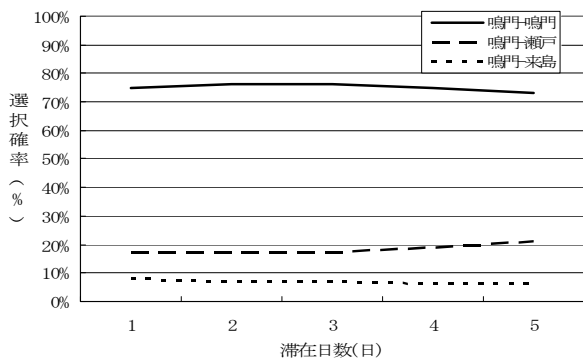


図4 滞在日数と選択確率(3年目)

る交通量が増加しており、それ以上の滞在日数になると、瀬戸大橋で帰る交通量が多くなっている。これは1999年現在、高松自動車道が津田東ICまでしか完成していなかったため、当時すでに坂出JCTで接続されていた瀬戸大橋へ向かう交通が多かったのではないかと考えられる。

図3に示す2年目は滞在日数が長くなるほど、鳴門で帰る交通が増加している。一方、図4に示す3年目は滞在日数が延びるほど、鳴門で帰る交通量は減少し、瀬戸や来島で帰る交通が増加している。これは2001年3月に高松自動車道が板野ICまで延長した事により、他の架橋に行きやすくなったためと考えられる。

5. おわりに

本研究では、目的地の集計的な到着、出発時刻分布を用いて、滞在時間分布を表す生存関数モデルと架橋の選択確率を組み合わせることでOD交通量分布を推定する方法を提案した。さらに本州四国連絡橋3橋の断面交通量を四国地域への到着・出発時刻分布とみなして、提案した方法を適用した。

その結果、平日に比べて休日の前半や連休の前半ではハザードが低下して滞在日数が伸びる一方、休日や連休の最後ではハザードが増加して滞在日数が短縮することが確認された。また経年的に平日の滞在時間はあまり変化していないが、休日における滞在日数は長くなっていることが明らかとなった。滞在日数ごとの選択確率の変化に関する分析からは、出発する際の本州四国連絡橋の架橋選択は、四国地域内の高速道路等の道路網に左右されることがわかった。

今後の課題としては、分析期間を2003年7月の本四架橋利用料金改定後まで延長し、料金の引き下げと滞在期間の延長、あるいは料金の引き下げと架橋選択の関係を分析する必要がある。またアンケート調査や、公共交通カードデータなどのマイクロデータとの統合利用により、得られた知見の妥当性の検証が望まれる。

参考文献

- 1) 杉恵頼寧ほか：道路整備が観光周遊行動に及ぼす影響の分析,土木計画学研究論文集, No.16, pp.699-705, 1999.
- 2) 西野至ほか：観光周遊行動を対象とした複数目的地の組み合わせ決定に関する逐次的モデル, 土木計画学研究論文集, No.17, pp.575-581, 2000.
- 3) 福田大輔, 森地茂：選択行動間の相互依存性に着目した観光行動分析, 土木計画学研究論文集, No.18-3, pp.553-561, 2001.
- 4) 高山純一, 杉山智美：吸収マルコフ連鎖を用いた観測交通量からのOD推計法に関する研究, 土木学会論文集, No.569/IV-36, pp.75-84, 1997.
- 5) 内田敬, 藤由雅裕：経路情報とリンクフローを用いたランプ間交通量推定法, 土木計画学研究論文集, No.16, pp.675-680, 1999.
- 6) 松本幸正ほか：交通量観測値に基づく動的OD交通量の再帰的推定に関する研究, 土木学会論文集, No.590/IV-39, pp.553-561, 1998.
- 7) 本州四国連絡橋公団：<http://www.hsba.go.jp>
- 8) 塚井誠人ほか：集計的な到着・出発時刻分布に基づく滞在時間モデルの推定方法, 土木計画学研究論文集, No.21-2, pp.443-448, 2004.

