

高速道路SA施設内における利用者の回遊行動に関する基礎的考察

Behavioral Analysis of Users Moving around in Expressway Rest Areas

米田 和也* 飯田 克弘** 北村隆一***
Kazuya YONEDA, Katsuhiko IIDA and Ryuichi KITAMURA

1.はじめに

わが国の高速道路は開通後、高度経済成長に支えられたモータリゼーションの急速な進展によってネットワーク化が進み、日常的な路線として定着してきている。また利用者の増加も著しく、特に大都市近郊および休日におけるサービスエリアなどの休憩施設（以下、SAと略記）で利用者の集中が見られる。このことは施設内における利用者の混雑・滞留を生じさせ、施設利用者の快適性・安全性を損なっている。

休憩施設においてより質の高いサービスを提供するためには、このような混雑・滞留の発生を抑えるような効率的な空間利用を考えなければならない。また、休憩施設が大規模化・複雑化している動向を考慮した場合、効率的な空間利用の重要性は明らかである。

これまでに倉沢ら¹⁾は休憩施設の利用実態を調べ、現在の休憩施設の混雑の状況や、多様化するニーズに応えるために行われている整備の状況について述べているが、利用者が施設をどのような目的でどのように利用しているのか、すなわち利用者の空間利用の把握にまでは至っていない。これに対し飯田ら²⁾は、空間の総合的な検討を行うために、利用者の歩行動線とそれに影響を及ぼすサインなどの情報伝達媒体や施設の配置との関係に着目することにより歩行行動をモデル化し、施設の利用状況を計算機上でシミュレートしている。しかしこのモデルでは利用者の施設内回遊状況、施設間の移動に改良の余地が残されている。

本研究では、休憩施設の利用実態を調査した上で、飯田らのモデルで検討課題とされている利用者の施設内回遊状況を施設間の移動と滞在時間に着目して分析する。具体的には、ケーススタディの対象となる休憩施設の利用者の行動を調査し、基礎的分析を行った後、施設間の移動をモデル化する。

2.回遊状況調査

本研究では、高速道路休憩施設利用者が実際にどのように施設内を回遊し、どのような地点で滞留しているのかを把握するために回遊行動の調査を行い、施設間の移動および各施設滞在時間分布について分析する。調査対象となる休憩施設としては、観光バスの休憩利用が多く、短時間に集中した利用者が生じるため、施設内で利用者の混雑・滞留が頻繁に見られる多賀SA（名神高速道路東行き路線）を選定した。図-1に多賀SAのレイアウトを示す。調査は平成6年11月24日（木）、11月27日（日）（調査時間はともに9:00~17:00）に行った。本調査は、追跡調査とアンケート調査から構成される。調査概要・調査項目を以下に簡略に述べる。

(1) 追跡調査

調査開始時刻から、一定時間間隔（6分間）内に基準線（図-1の太線）を最初に通過した利用者を対象者に決定し、その対象者の回遊行動を以下の項目について観察し調査用紙に記録する。

- ・施設利用中の歩行動線
- ・各出入口および施設境界の通過時刻
- ・買い物や飲食などによる滞留の発生地点、原因およびその継続時間
- ・利用者の性別・同伴者数

(2) アンケート調査

アンケート調査員は、追跡調査が終了した対象者に以下の項目をインタビュー形式で質問した。

- ・高速道路の利用頻度
- ・普段の高速道路利用目的
- ・今回の高速道路利用目的
- ・多賀SAの前に立ち寄ったSA・PAの有無
- ・多賀SAの利用経験および前回の利用時期
- ・今回の多賀SA利用目的
- ・急ぎ具合・年齢
- ・職業・駐車位置
- ・最初に利用した施設とその施設の利用予定とその施設の認識地点
- ・多賀SA内での飲食・買い物の有無とその場所とその予定の有無

キーワード：高速道路休憩施設、施設間移動

* 学生員 京都大学大学院工学研究科
応用システム科学専攻
(〒606 京都市左京区吉田本町
Tel075-753-5136 Fax 075-753-5916)

** 正会員 博士(工学) 大阪大学工学部土木工学科 助手
(〒565 吹田市山田丘2-1 Tel06-879-7610)

*** 正会員 Ph.D 京都大学工学部交通土木工学教室 教授

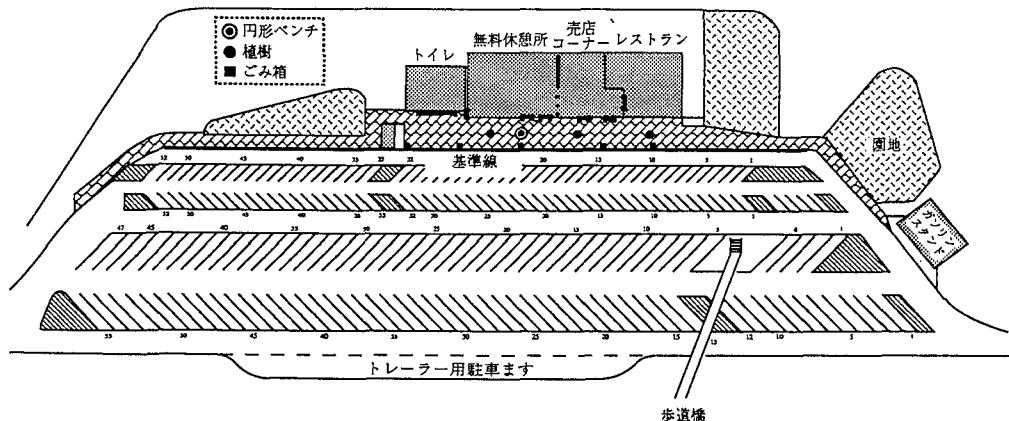


図-1 多賀SA (名神高速道路東行き路線) のレイアウト図

3. 調査結果の分析

追跡調査によって得られた各施設の滞在時間の分布を平日・休日別にヒストグラムに表したところ、それらの分布は対数正規分布に従うと考えられたため、これを帰無仮説として適合度を検定した。結果を表-1に示す。また、平日と休日で分布の差異を調べるために、母分散と母平均の差を検定した。まず母分散の差の検定を行って等分散性が成り立つことを確認し(表-2)、さらに母平均の差の検定を行った(表-3)。これらの結果からわかるように有為水準が低いものもあるがすべての帰無仮説が棄却されなかったことから、本調査で得られた各施設の滞在時間分布は対数正規分布に従い、平日と休日での差はないものものと仮定する。

4. モデルの構築

追跡調査結果より、施設の外を通過して移動するケースはほとんど観測されなかったため、本研究では施設内を通過しての移動についてのみ考える。その遷移図を図-2に示す。

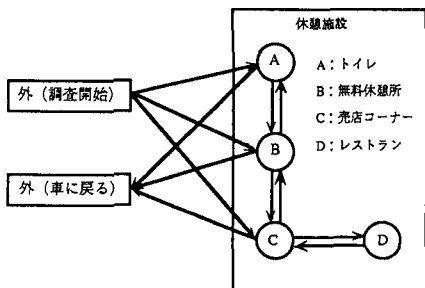


図-2 利用者の遷移図

表-1 分布の適合度の検定の χ^2 検定統計量

	トイレ	無料休憩所	売店コーナー	レストラン	総施設滞在時間	総滞在時間
有為水準 α	0.05	0.0125	0.05	0.05	0.05	0.05
平日	5.200	9.682	0.785	4.027	2.833	2.766
休日	1.436	9.934	1.677	1.152	2.014	1.059
χ^2 値	7.815	10.861	7.815	7.815	7.815	7.815

データ区間数=6, 自由度=3

表-2 母分散の差の検定結果

	トイレ	無料休憩所	売店コーナー	レストラン	総施設滞在時間	総滞在時間
有為水準 α	0.025	0.05	0.05	0.025	0.025	0.05
自由度	61,55	97,88	53,47	5,9	78,72	78,72
検定統計量	1.773	1.123	1.730	5.549	1.588	1.572
$F(\alpha/2)$	1.823	1.510	1.762	5.645	1.691	1.582

表-3 母平均の差の検定結果

	トイレ	無料休憩所	売店コーナー	レストラン	総施設滞在時間	総滞在時間
有為水準 α	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
自由度	116	185	100	14	150	150
検定統計量	-0.988	1.688	-1.857	1.549	0.351	0.536
$F(\alpha/2)$	1.980	1.973	1.983	2.145	1.976	1.976

施設間の移動をモデル化するにあたっては、1つ1つの移動を個別に扱い、次に移動する際の目的施設の選択をロジットモデルで表現した。具体的には利用者の移動に各個人の属性・状態が影響すると考え、目的施設を選択する際に用いる効用関数を各利用者の属性・状態によって表すものとし、表-4に示すようにアンケート調査の項目をもとに説明変数を設定した。

表-4 モデルに用いた変数

項目	変数名	変数値	
		0	1
普段の高速利用頻度	FREQ	月に数回以上	年に数回未満
今回の高速利用目的	PUR	商用・勤務	観光・レジャー
多賀SA利用経験	EXP	4回以上	4回未満
食事目的	MEAL	なし	あり
トイレ目的	TOILET	なし	あり
買い物目的	SHOP	なし	あり
休憩目的	REST	なし	あり
性別	SEX	男性	女性
同伴者	ACC	なし	あり
急ぎ具合	HASTE	ゆとりあり	急いでいる
年齢	AGE	40歳以上	40歳未満
トイレ利用	u-TOI	なし	利用
無料休憩所利用	u-FREE	なし	利用
売店コーナー利用	u-SHO	なし	利用
レストラン利用	u-RES	なし	利用
巡回数	NUM	回遊中に巡った のべ総施設数	

ロジットモデルにおいて効用関数は、以下の[1]式のように表される。

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad [1]$$

U_{ij} : 施設iから施設jへの移動を選択したときの効用関数

V_{ij} : 施設iから施設jへの移動を選択したときの効用関数の確定項

ε_{ij} : 施設iから施設jへの移動を選択したときの効用関数の誤差項 (ガンベル分布に従う)

さらに、確定効用を説明変数 X_k の線形結合と考えて次の[2]式のように定式化した。

$$V_{ij} = \sum \alpha_{ij,k} X_k \quad [2]$$

V_{ij} : 施設iから施設jへの移動を選択したときの効用関数の確定項

なお、 $\alpha_{ij,k}$ は未知パラメータである。また、基準となる効用 ($V_{IG} = 0$) として、施設利用をやめて自動車に戻る選択肢を設定した。このうえで、相関分析、t検定

および χ^2 検定結果に基づき効用関数の確定項を以下の[3]～[13]式のように特定化した。

(1) 入り口選択

$$V_{SA} = \alpha_{SA,1} PUR + \alpha_{SA,2} MEAL + \alpha_{SA,3} AGE + \alpha_{SA,4} ACC + \alpha_{SA,5} HASTE + \alpha_{SA,6} \quad [3]$$

$$V_{SB} = \alpha_{SB,1} EXP + \alpha_{SB,2} MEAL + \alpha_{SB,3} TOILET + \alpha_{SB,4} \quad [4]$$

$$V_{SC} = \alpha_{SC,1} PUR + \alpha_{SC,2} MEAL + \alpha_{SC,3} REST + \alpha_{SC,4} AGE + \alpha_{SC,5} ACC \quad [5]$$

(2) トイレからの選択

$$V_{AB} = \alpha_{AB,1} EXP + \alpha_{AB,2} MEAL + \alpha_{AB,3} REST + \alpha_{AB,4} SHOP + \alpha_{AB,5} SEX + \alpha_{AB,6} ACC + \alpha_{AB,7} \quad [6]$$

$$V_{AG} = 0 \quad [7]$$

(3) 無料休憩所からの選択

$$V_{BA} = \alpha_{BA,1} EXP + \alpha_{BA,2} TOILET + \alpha_{BA,3} AGE + \alpha_{BA,4} u-TOI + \alpha_{BA,5} \quad [8]$$

$$V_{BC} = \alpha_{BC,1} PUR + \alpha_{BC,2} EXP + \alpha_{BC,3} MEAL + \alpha_{BC,4} SHOP + \alpha_{BC,5} ACC + \alpha_{BC,6} u-SHO + \alpha_{BC,7} NUM + \alpha_{BC,8} \quad [9]$$

$$V_{BG} = 0 \quad [10]$$

(4) 売店コーナーからの選択

$$V_{CB} = \alpha_{CB,1} PUR + \alpha_{CB,2} EXP + \alpha_{CB,3} TOILET + \alpha_{CB,4} REST + \alpha_{CB,5} ACC + \alpha_{CB,6} HASTE + \alpha_{CB,7} u-TOI + \alpha_{CB,8} u-FREE + \alpha_{CB,9} \quad [11]$$

$$V_{CD} = \alpha_{CD,1} EXP + \alpha_{CD,2} MEAL + \alpha_{CD,3} REST + \alpha_{CD,4} AGE + \alpha_{CD,5} SEX + \alpha_{CD,6} u-RES + \alpha_{CD,7} \quad [12]$$

$$V_{CG} = 0 \quad [13]$$

ここで、

添字に対応する施設名

S : 車 (スタート) A : トイレ

B : 無料休憩所 C : 売店コーナー

D : レストラン G : 車に戻る

5. モデルの推定結果

先に特定化した施設間移動モデルを最尤推定法を用いて推定した。その結果を表-5に示す。パラメータの符号条件に関して論理の矛盾は生じていないと考えられる。特徴的な点として、各目的の有無を表す変数に関しては、その施設へ移動すると効用が増加する項目で正となり、逆に各施設の利用を表す変数については、一度その施設で用事を済ませるともう一度その施設を訪れる必要性がないことから、効用に対して負の働きをしていると考えられる。また、多賀SAの利用経験が少ない者は、利用経験が多い者よりも、他の施設へ移動する効用が高くなる傾向にある。これは、利用経験が少ない施設では、その施設構成を把握しようと行動が活発になることを反映していると考えられる。しかし、無料休憩所からトイレへの移動についてだけはこの傾向が見られない。

的中率(Hit Ratio)は、2肢選択では65%、3肢選択では63%、49%、63%とその値は低い。また決定係数 ρ^2 についても0.33、0.20、0.31、0.34とあまり高い値を示し

ていないが、 χ^2 値は、各効用関数のパラメータ数を自由度Kとした信頼度95%のもとでの χ^2 値と比較すると、どの χ^2 も、 $\chi^2_{0.05}(K)$ よりも大きく、各効用関数のパラメータは有意であると考えることができる(表-6)。

表-6 各パラメータベクトルの有意性の検定

	χ^2 値	自由度 K	$\chi^2_{0.05}(K)$
入り口選択の効用関数	86.89	15	25.00
トイレからの移動の効用関数	25.59	7	14.07
無料休憩所からの移動の効用関数	95.35	13	22.36
売店コーナーからの移動の効用関数	56.96	16	26.30

以上のことから、個人の施設利用履歴、属性、状態を考慮して、ある施設から次の施設への移動を表現する施設間移動モデルは、統計的検証のもとに妥当な結果を示すものであることが確認されたと考える。

6. おわりに

本研究では、高速道路休憩施設利用者の施設内回遊状況を把握するために、施設間の移動と施設滞在時間に着目して分析を行った。施設間の移動にロジットモデルを適用し利用者の属性や状態を考慮して、目的施設を選択するモデルを構築した。その結果より利用者の施設間移動に利用目的や施設利用履歴が影響することが分かった。

今後の課題として、滞在時間を生存時間解析を用いてモデル化し、施設間移動モデルと統合することによって各利用者個人の回遊行動を再現することが考えられる。また、施設利用者の回遊行動をモデル化する際に、説明変数として個人の属性や状態だけを用いたが、施設の状態によっても利用者の回遊行動は影響されると考えられるので、説明変数のなかに施設の属性や状態などの外的要因を取り込む必要があると考える。

参考文献

- 1) 倉沢真也・藤下幸三：休憩施設の混雑と改良，高速道路と自動車，第33巻，第12号，pp.49-55，1990。
- 2) 飯田克弘・北村隆一：公共施設利用者の歩行動線シミュレーションモデルの構築—高速道路休憩施設を対象として—，土木学会論文集，No. 506/IV-26，pp.99-108，1995.1。

表-5 パラメータの推定結果

入り口選択		推定値	(t-statistic)	Sample Size = 117 L(0) = -128.54 L(C) = -99.00 L(β) = -85.09 χ ² 値 = 86.89 χ ² 値 = 27.81 ρ ² = 0.338 ρ ² = 0.140 Hit Ratio = 0.632	
V _{SA}	今回の高速利用目的	0.683	(1.47)		
	食事目的	-0.497	(-0.71)		
	年齢	0.514	(1.03)		
	同伴者の有無	-0.461	(-1.23)		
	急ぎ具合	-0.567	(1.32)		
	定数項	4.192	(3.78)		
	多賃利用経験	0.529	(1.03)		
V _{SB}	食事目的	-0.768	(-1.05)		
	トイレ目的	-1.531	(-2.96)		
	定数項	4.165	(4.46)		
V _{SC}	今回の高速利用目的	1.567	(2.16)		
	食事目的	1.264	(1.65)		
	休憩目的	1.372	(2.01)		
	年齢	-1.467	(-1.96)		
	同伴者の有無	1.501	(1.56)		
トイレからの選択		推定値	(t-statistic)	Sample Size = 92 L(0) = -63.77 L(C) = -60.60 L(β) = -50.98 χ ² 値 = 25.59 χ ² 値 = 19.24 ρ ² = 0.201 ρ ² = 0.158 Hit Ratio = 0.652	
V _{AB}	多賃利用経験	0.785	(2.52)		
	食事目的	0.741	(1.47)		
	休憩目的	0.717	(1.68)		
	買い物目的	2.016	(2.00)		
	性別(女性)	-1.220	(-3.16)		
	同伴者の有無	1.572	(3.73)		
	定数項	-0.642	(-1.38)		
無料休憩所からの選択		推定値	(t-statistic)		Sample Size = 138 L(0) = -151.61 L(C) = -133.27 L(β) = -103.93 χ ² 値 = 95.35 χ ² 値 = 58.68 ρ ² = 0.314 ρ ² = 0.220 Hit Ratio = 0.493
V _{BA}	多賃利用経験	-1.082	(-1.21)		
	トイレ目的	0.519	(1.05)		
	年齢	-1.581	(-2.87)		
	トイレ利用	-3.079	(-2.86)		
	定数項	0.269	(0.68)		
V _{BC}	今回の高速利用目的	0.568	(1.68)		
	多賃利用経験	-0.526	(-1.28)		
	食事目的	0.971	(2.60)		
	買い物目的	0.646	(0.54)		
	同伴者の有無	0.251	(0.66)		
	売店コーナー利用	-1.421	(-2.66)		
	巡回数	-0.364	(-2.27)		
	定数項	0.454	(1.01)		
売店コーナーからの選択		推定値	(t-statistic)	Sample Size = 75 L(0) = -82.40 L(C) = -68.89 L(β) = -53.92 χ ² 値 = 56.96 χ ² 値 = 29.94 ρ ² = 0.346 ρ ² = 0.217 Hit Ratio = 0.627	
V _{CB}	今回の高速利用目的	-0.666	(-0.84)		
	多賃利用経験	1.048	(1.59)		
	トイレ目的	0.756	(1.37)		
	休憩目的	0.434	(0.65)		
	同伴者の有無	-1.835	(-2.14)		
	急ぎ具合	-0.956	(-1.29)		
	トイレ利用	-0.458	(-0.90)		
	無料休憩所利用	1.025	(1.37)		
	定数項	1.909	(1.34)		
	多賃利用経験	2.162	(1.88)		
V _{CD}	食事目的	3.617	(3.74)		
	休憩目的	2.487	(2.21)		
	年齢	-1.706	(-1.12)		
	性別(女性)	1.858	(1.73)		
	レストラン利用	-1.826	(-2.32)		
	定数項	-3.442	(-3.42)		