

観光地魅力度と周遊行動を考慮した 観光交通需要の予測システム

溝上章志¹・朝倉康夫²・古市英士³・亀山正博⁴

¹正会員 工博 熊本大学教授 工学部環境システム工学科 (〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1)

²正会員 工博 愛媛大学教授 工学部 (〒790-8577 松山市文京町3)

³正会員 工修 社団法人システム科学研究所 (〒600-8492 京都市下京区四条通烏丸西入月鉦町62)

⁴正会員 修士(工学) 大分県 (〒879-7131 大分県大野郡三重町大字市場1123)

観光周遊行動は、自宅をベースとして幾つかの観光地を訪問した後に帰宅するという時間軸に沿った連続的目的地選択行動と考えることができる。また、観光目的地の選択には観光地魅力度の影響が大きいことから、観光地魅力度を客観的に定量化しておく必要がある。本研究では、生活圈程度の地域間観光流動量は既知として地域内の観光地間観光周遊行動のモデル化を行っている既往研究を拡張し、観光地魅力度と観光周遊行動を明示的に考慮した観光交通需要の予測システムの構築を行った。さらに、京奈和地域の観光系幹線道路網整備計画をケーススタディとし、提案した予測システムの特定化と現況再現性の検討を行っている。その結果、本予測システムの実用可能性が検証された。

Key Words : sightseeing travel demand, excursion behavior, area attraction measure

1. はじめに

観光地内の交通施設や観光系幹線道路網の整備など、自家用車を利用した旅行に対する環境整備が進められたことや、観光レクリエーション活動の単位が団体から家族・小グループへと変化してきていることなどにより、国内観光旅行の交通機関としての自家用車の利用率は、近年、ますます高まっている。長時間運転による不快感の軽減や魅力のある多くの観光スポットへの訪問可能性の向上など、自家用車利用者に快適な観光活動を保証するためには、地域間幹線道路網の整備を行うことによって、広域的な観光交通ネットワークを充実させることが効果的であるといえる。一方で、このような大規模な交通施設整備を推進するためには、事前に整備効果についての十分な検討を行っておく必要がある。観光系幹線道路網整備の場合にも、観光需要には不確実性や季節変動などの顕著な特徴がある中で、より信頼性の高い需要分析・予測システムの開発が求められている。

このような観光交通需要の分析・予測システムには、特に以下の2つの要因の考慮が必要であろう。

1) 観光行動は、自宅をベースとして幾つかの観光地

を訪問した後に帰宅するという周遊行動であり、時間の経過に伴う一連の目的地選択行動と見なすことができる。したがって、時間的・空間的な観光周遊行動をモデルで記述する必要がある。

2) 各観光地の魅力度は観光地選択に対して極めて影響の大きい要因であるから、これを客観的に定量化して観光目的地選択などの行動選択モデルに反映できるシステムが必要である。

本研究では、生活圈程度の地域間観光流動量は既知として地域内の観光地間観光周遊行動のモデル化を行った既往研究¹⁾を参考に、観光地魅力度と観光周遊行動を考慮した自動車利用の観光交通需要の予測システムの構築を行う。さらに、京奈和地域の観光系幹線道路網整備をケーススタディとし、提案した予測システムの同定と実用可能性の検証を行っている。春・夏・秋の3季に実施された観光実態アンケート調査データを用いて季節ごとにシステムの同定を行っており、観光周遊需要の季節特性を明らかにしていることも本研究の特徴のひとつである。

以下、2. では観光周遊行動の予測モデルのフレーム、およびそれを構成する各部分モデルの説明を行う。3. では観光地魅力度の推定方法、およびその際に必要となる拡大率の算出方法について概説

する。4.では奈良県観光実態アンケート調査データを用いて観光地魅力度と観光周遊モデルを推定した。さらに、5.ではマイクロシミュレーションによって現況再現性の検証を行い、本予測システムの実用可能性について検討する。最後に、6.で本研究の成果と今後の課題について述べる。

2. 観光周遊行動のモデル化

(1) 観光周遊モデルのフレーム

観光行動は、発地からいくつかの観光地を訪問した後には帰宅するという周遊行動である。このような周遊行動を多段階選択行動と見なし、各段階の選択行動を記述するモデルを段階的に結合するというアプローチをとった既往の研究が幾つかある。ここで提案するモデルは、森地ら²⁾や森川ら³⁾のモデルフレームを参考にして、

- 1)空間的な観光目的地選択と、
- 2)そこでの時間的な滞在時間選択

を交互に組み合わせることによって、観光周遊行動を時間の経過に沿った連続的目的地選択行動としてモデル化したものである。

具体的には、図-1に示すように、まず、1)発地出発時刻や観光地までの所要時間、観光地魅力度などから第一目的地を決定する段階を「第一目的地選択モデル」で表現する。2)第一目的地に移動した後、到着時刻や観光地魅力度などを考慮した「滞在時間モデル」により、そこでの滞在時間を決定する。その後、3)滞在時間によって決まる現滞在観光地の出発時刻や次観光地までの所要時間、次観光地からの帰宅に要する時間などを考慮して、帰宅するか周遊を続けるか、もし周遊を続ける場合には次にどの観光目的地に行くかを「周遊選択モデル」で記述する。以上の観光目的地への移動、滞在、帰宅するか周遊するか決定、周遊するとすれば次の観光目的地の決定を繰り返し、帰宅が選択された時点で観光周遊行動は終了する。

このとき、時間の経過は、出発時刻に「第一目的地選択モデル」で選択された目的地までの所要時間と「滞在時間モデル」から推定される滞在時間の和によって「周遊選択モデル」の出発時刻が決定されるという具合に表現される。このようなフレームによって、本モデルは観光周遊行動を時間軸に沿った連続的観光目的地選択行動としてモデル化している。

以下では、観光客が訪問する観光施設の最小単位を観光スポットと記す。また、観光スポットの幾つかを適切に集約して一体的に機能している地域に

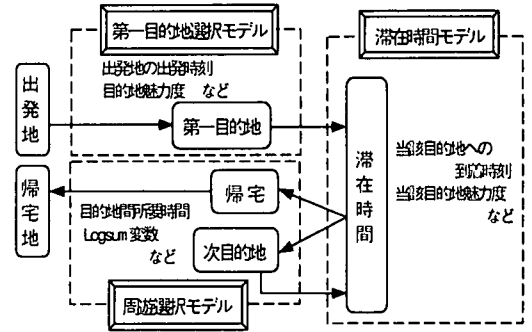


図-1 観光周遊モデル

ゾーニングしたものを観光（目的）地と定義する。

(2) 各部分モデルの定式化

a) 第一目的地選択モデル

第一目的地選択モデルは、出発地から最初に訪問する観光目的地を選択するモデルであり、次式に示す非集計型の多項 Logit モデルを使用する。

$$P_{in} = \frac{\exp[\lambda V_{in}]}{\sum_{j \in A_n} \exp[\lambda V_{jn}]} \quad (1)$$

ここで、 P_{in} は個人 n が第一目的地として観光地 i を選択する確率、 V_{in} は個人 n が観光地 i から受ける効用のうちの確定項、 A_n は個人 n の第一目的地として選択可能な観光地集合、 λ は効用の確率項の分散を規定するパラメータである。観光目的地までの所要時間や目的地の観光地魅力度などが効用の説明変数として利用可能であろう。

b) 滞在時間モデル

当該目的地での滞在時間を決定する滞在時間モデルには、分布形に Weibull 分布を仮定した Duration モデルを適用する。Duration モデルとは、観測を始めてからある事象が発生するまでの期間を分析する確率モデルであり、ここでは観光地に到着してから次の観光地への移動、もしくは帰宅のための移動が生じるまでの時間が確率変数である。

時間 t まで当該目的地に滞在している確率は

$$S(t) = \exp \left[-t^{\frac{1}{\sigma}} \exp \left(\frac{-\beta X_{in}}{\sigma} \right) \right] \quad (2)$$

で表される。ここで、 σ は尺度パラメータ、 β は未知パラメータベクトル、 X_{in} は個人 n に対する観光地 i の特性ベクトルであり、発地、または前観光地の出発時刻に所要時間を加えた当該目的地への到着時刻、観光地魅力度などが導入できるであろう。

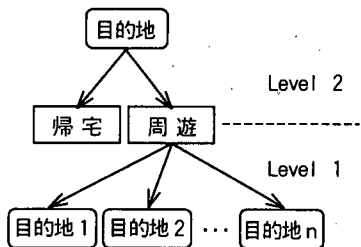


図-2 周遊選択モデル

c) 周遊選択モデル

周遊選択モデルは、周遊を続けるか帰宅するか、周遊を続ける条件下で次にどの観光目的地を選択するかという段階的選択行動を記述する。ここでは、図-2に示す2段階のNested Logitモデルを適用した。

Level 1は、周遊 (e : excursion) するという条件下で次の観光目的地を選択する階層であり、個人 n が Level 2 で周遊を選択したという条件のもとで次目的地として観光地 j を選択する確率 $P_n(j|e)$ は次式で表される。

$$P_n(j|e) = \frac{\exp[\lambda_1 V_{(j|e)n}]}{\sum_{j \in A'_n} \exp[\lambda_1 V_{(j|e)n}]} \quad (3)$$

ここで、 A'_n は個人 n が Level 2 で周遊を選択した条件のもとでの選択可能な観光地集合、 $V_{(j|e)n}$ は個人 n が Level 2 で周遊を選択した条件のもとで観光地 j から受ける効用の確定項、 λ_1 は効用の確率項の分散の大きさを示すパラメータである。説明変数としては次目的地までの所要時間や観光魅力度、次目的地から自宅までの所要時間などが有用であろう。

Level 2は、周遊を続けるか帰宅 (h : home) するかを選択する階層であり、個人 n が周遊を選択する確率 $P_n(e)$ は次式で示される。

$$P_n(e) = \frac{\exp[\lambda_2 (V_{en} + V_{en}^*)]}{\exp[\lambda_2 (V_{en} + V_{en}^*)] + \exp[\lambda_2 V_{hn}]} \quad (4)$$

$$\text{但し、} V_{en}^* = \frac{1}{\lambda_1} \ln \sum_{j \in A'_n} \exp[\lambda_1 V_{(j|e)n}] \quad (5)$$

ここで、 V_{en} は個人 n が周遊することで得られる効用の確定項、 V_{hn} は個人 n が帰宅することで得られる効用の確定項、 V_{en}^* は個人 n が周遊を選択したときに次目的地から得られると期待される効用の Logsum 値、 λ_2 は効用の確率項の分散パラメータである。滞在時間モデルによって更新された現滞在観光地からの出発時刻などが説明変数として利用可能である。

3. 観光地魅力度の推定方法⁴⁾

(1) 観光スポット魅力度の推定

都市交通とは異なりは、観光交通においては道路や観光地の混雑状況などによる観光目的地選択の自由度は大きい。また、経路に関しても沿道の風景や走行性などが選択要因となり、必ずしも時間最小の経路が選ばれるとは限らない。このような特徴を有する均衡フローを表現可能な需要変動型確率均衡配分モデルを応用することによって、観光スポットの魅力度の推定を行う。詳細については文献 4) で発表済みであるので、以下ではその要点を簡潔に整理する。その後で、幾つかの観光スポットを集約した観光地全体の観光地魅力度を推計する方法を説明する。

需要変動型確率均衡配分モデルとは、交通需要者の目的地選択とそこへの経路選択という多次元の選択行動をランダム効用理論によって統合的に記述したネットワーク均衡モデルである。需要変動型確率均衡配分交通量は、以下の式から成る非線形連立方程式を解くことにより求めることができる。

$$f_r^{od} = q_{od} \frac{\exp[-\theta C_r^{od}]}{\sum_{m \in R_{od}} \exp[-\theta C_m^{od}]} \quad \forall r, od \quad (6)$$

$$q_{od} = O_o \frac{\exp[\zeta (V_{od} - S_{od})]}{\sum_d \exp[\zeta (V_{od} - S_{od})]} \quad \forall od \quad (7)$$

$$S_{od} = -\frac{1}{\theta} \ln \sum_{r \in R_{od}} \exp[-\theta C_r^{od}] \quad \forall od \quad (8)$$

$$C_r^{od} = \sum_a t_a \delta_{a,r}^{od} \quad \forall r, od \quad (9)$$

$$x_a = \sum_{od} \sum_r f_r^{od} \delta_{a,r}^{od} \quad \forall a \quad (10)$$

式(6)と式(7)はそれぞれ経路交通量の期待値 f_r^{od} 、観光スポット od 間交通量の期待値 q_{od} を定義している。 C_r^{od} は観光スポット od 間 r 番目経路の交通費用、 O_o は発スポット o からの発生交通量、 V_{od} は観光スポット od のもつ確定的効用値であり、この値がまさに観光スポット d の魅力度 (以後、 λ_d で表示) に相当する。 S_{od} は期待最小経路費用であり、式(8)で定義される。 θ と ζ は効用の誤差項の Weibull 分布の標準偏差を定義する定数である。

また、式(9)と式(10)は、それぞれ経路費用とリンクコストとの関係式、経路交通量とリンク交通量の関係を表す。ここで、 t_a はリンク a の費用、 x_a はリンク a の交通量、 $\delta_{a,r}^{od}$ は観光スポットペア od の r 番目経路上でのリンク a の有無を表すダミー変数である。

しかし、この方程式群から直接、解を導くことは容易でないため、この方程式群と等価な以下のような最適化問題[NLSUE/DIST]⁵⁾を定式化し、この問題を解くことで解を比較的容易に導くことができる。

[NLSUE/DIST]

Min.Z(f,q)

$$= \sum_o \int_0^{s_o} t_o(x) dx - \frac{1}{\theta} \sum_{od} q_{od} H_{od}^{(1)} - \frac{1}{\zeta} \sum_o O_o H_o^{(2)} \quad (11)$$

$$s.t. \quad O_o = \sum_d q_{od} \quad \forall o \quad (12)$$

$$D_d = \sum_o q_{od} \quad \forall d \quad (13)$$

$$q_{od} = \sum_r f_r^{od} \quad \forall od \quad (14)$$

$$f_r^{od} \geq 0 \quad \forall r, od \quad (15)$$

$$\text{但し, } H_{od}^{(1)} \equiv - \sum_r \frac{f_r^{od}}{q_{od}} \ln \frac{f_r^{od}}{q_{od}} \quad (16)$$

$$H_o^{(2)} \equiv - \sum_d \frac{q_{od}}{O_o} \ln \frac{q_{od}}{O_o} \quad (17)$$

である。ここで、 D_d は着スポット d への集中交通量、 $t_o(\cdot)$ はリンク a のリンクコスト関数である。この最適化問題の解がまさに需要変動型確率均衡配分交通量(6)~(10)を与えるが⁵⁾、その証明は文献4)や文献5)に譲る。

このモデルを用いると各観光スポットの魅力度は以下のようにして推定できる。まず、[NLSUE/DIST]の必要条件として得られる

$$q_{od} = \exp[\zeta(\mu_o^* + \lambda_d^* - S_{od}) - 1] \\ = O_o \frac{\exp[\zeta(\lambda_d^* - S_{od})]}{\sum_d \exp[\zeta(\lambda_d^* - S_{od})]} \quad \forall od \quad (18)$$

に、式(12)と(13)を代入すると、それぞれの制約条件に対応したラグランジュ乗数 μ_o^* 、 λ_d^* は、

$$\mu_o^* = \frac{1}{\zeta} \left\{ - \ln \sum_d \exp(\lambda_d^* - S_{od}) + \ln O_o + 1 \right\} \quad (19)$$

$$\lambda_d^* = \frac{1}{\zeta} \left\{ - \ln \sum_o \exp(\mu_o^* - S_{od}) + \ln D_d + 1 \right\} \quad (20)$$

のように表すことができる。式(7)と式(18)との対応より、観光スポット d の魅力度はラグランジュ乗数 λ_d^* に相当することから、均衡フローと同時に求まる q_{od} と S_{od} により、観光スポット d の魅力度 λ_d^* の推定が可能となる。但し、 S_{od} には未知パラメータ θ が含まれている。この θ は経路選択モデルの感度パラメー

タであり、観光地間の経路選択実績データから、式(6)のモデルによりあらかじめ推定されていなければならない。

本手法から推定される観光スポット魅力度は、本来ならトリップチェーンを構成する観光周遊トリップを明示的に考慮したものではなく、それらを訪問スポット間のトリップに分割・集計したOD交通量に整合した魅力度であることを付記しておく。また、ここでの魅力度は目的地選択モデルにおける目的地ダミーに相当するので、出発地と観光スポット間所要時間に関する信頼性の高いデータが整備されていれば、通常の集計型多項Logitモデルによって目的地ダミーのパラメータとして推定できる。しかし、観光実態調査などから得られる発地・観光スポット間所要時間データの信頼性は、現実にはサンプル数が少ないために高くない。また、代替観光スポット数は非常に多く、目的地選択モデルそのものの推定が容易でない。これに対して、本魅力度推定法は、観光スポット間の現況OD交通量さえ把握できれば[NLSUE/DEST]を介して所要時間の均衡値と同時に負の所要時間の次元で観光スポットの魅力度を推定できる点で非常に有用である。

観光周遊モデルは、幾つかの観光スポットを集約化した観光地間の周遊行動を記述するものである。したがって、観光地内に存在する複数の観光スポットを集約した観光地全体の魅力度(観光地魅力度)を推計する必要が生じる。以下では、R.J. Sweet⁶⁾が提案した集計化アクセシビリティ指標の概念を応用した観光地魅力度の推計方法について述べる。

いま、いくつかの観光スポットにより観光地ゾーン i が構成されているとする。個人 n が観光スポット d を選択する確率は、個人 n の選択可能集合を C_n とすると、Logitモデルを使用した場合、

$$P_{dn} = \frac{\exp(V_{dn})}{\sum_{j \in C_n} \exp(V_{jn})} \quad (21)$$

と表すことができる。さらに、個人 n が観光地ゾーン i を選択する確率は、

$$P_{in} = \sum_{d \in i} P_{dn} \quad (22)$$

となることから、式(21)、(22)より、

$$\frac{\exp(V_{in})}{\sum_{j \in C_n} \exp(V_{jn})} = \sum_{d \in i} \frac{\exp(V_{dn})}{\sum_{j \in C_n} \exp(V_{jn})} \quad (23)$$

が成立する。従って、

$$\exp(V_{in}) = \sum_{d \in i} \exp(V_{dn}) \quad (24)$$

なる関係が得られる。確定的効用 V_{dn} を魅力度 λ_d とみなせば、観光地ゾーン i の観光地魅力度 λ_i は次式より推計できることになる。

$$\lambda_i = \ln \sum_{d \in I} \exp(\lambda_d) \quad (25)$$

本方法で推定される観光地魅力度は、当該観光地において新たな観光地開発や観光資源発見などが行われぬ限りにおいては、本質的には変化しない当該観光地固有の魅力度である。

(2) 拡大率の算出方法

前節で述べた方法を用いて観光地魅力度の推定を行うためには、観光スポット間交通量の実績値が必要である。しかし、調査データからはサンプル値しか得られないので、これを実績交通量に拡大する必要がある。そこで、次式に示す観光スポット入り込み客数に関する観測値と推計値との残差平方和最小化モデル⁷⁾により、発ゾーンごとの発生交通量を推計して拡大率を算出する方法を提案する。

$$\begin{aligned} \text{Min. } G &= \sum_{(O_a)} (x_a - x_a^*)^2 \\ &= \sum_a \left(\sum_o \sum_d O_o \cdot p_{od} \cdot p_{a,od} - x_a^* \right)^2 \\ &= \sum_a \left(\sum_o \sum_d O_o \cdot U_{a,o} - x_a^* \right)^2 \end{aligned} \quad (26)$$

ここで、 x_a^* は観光スポット a への入り込み客数の観測値である。一方、 x_a は観光スポット a への入り込み客数の推計値であり、未知数である観光スポット o の発生交通量 O_o 、既知である観光スポット o から d への推移確率 p_{od} と観光スポット間交通量が観光スポット a を訪問する確率 $p_{a,od}$ とによって表現できる。最終的には、 O_o が観光スポット a を訪問する確率 $U_{a,o}$ によって、式(26)の最終式のように表現できる。

4. モデルの推定と考察

(1) データの作成

a) 奈良県観光実態アンケート調査

本研究では、モデル推定および実用可能性の検証のためのデータとして、「奈良県観光実態アンケート調査」データのうちの奈良県北部地域を対象とした日帰り観光客のサンプルを用いている。この調査は、奈良県を訪れる観光客の観光・レジャー活動の実態を把握するために、奈良県が平成9年度の春・夏・秋の3季にわたって実施したものであり、質問A：今回の旅行について、質問B：今回の旅行の立寄り先やルート、質問C：過去の奈良県内への観光旅行

表-1 奈良県観光実態アンケート調査の概要

	春季	夏季	秋季
調査日 (天候)	5月25日(日) (晴れ)	8月2日(土) (晴れ)	11月24日(月) (晴れ)
調査時間	施設の営業時間 (駐車場、IC料金所等では7:00~19:00)		
調査箇所	22ヶ所	58ヶ所	27ヶ所
配布件数	13,330	10,272	39,550
回収件数 (回収率)	1,977 (14.8%)	1,064 (10.3%)	3,121 (7.9%)
対象者	施設の全来訪者(但し、複数のグループの場合は引率者・代表者を対象)		
調査方法	施設の入出口において調査員による手渡し配布、回答は後日郵送により回収		

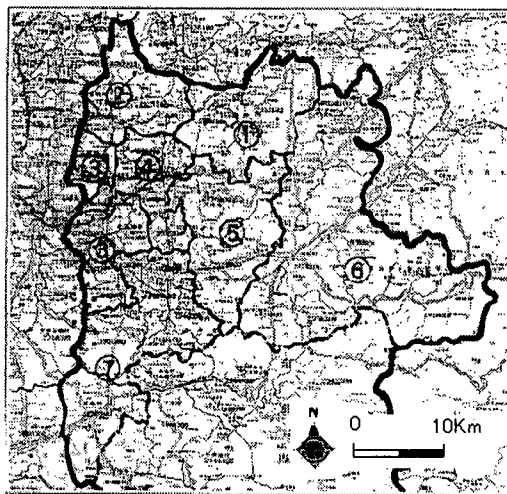


図-3 奈良県北部地域ゾーニング図

について、質問D：個人属性についての4つの質問項目から構成されている。調査方法やデータの属性分析については、表-1や文献8)に詳しい。

b) ゾーン分割

観光周遊モデルを推定する際、観光スポットを目的地とすると選択肢数が膨大になる。そこで、地域性や実績の徒歩・自転車によるトリップ圏域などを考慮して、幾つかの観光スポットを集約した7つの観光目的地ゾーンに奈良県北部地域を分割した(図-3参照)。観光地ゾーン間ODパターンを数え上げたところ、全42パターンのうち、サンプル数が0でないのは春季37、夏季31、秋季41パターンあり、これはモデルを推定するには十分な数である。

複数の観光スポットを観光地に集約したことにより、同一観光地内の幾つかの観光スポットを連続して訪問するサンプルが生じる。それらは当該観光地への1回の訪問とする。このサンプルの観光地到着時

表-2 ゾーン別主要観光スポット

	主な観光スポット	JTBランク個数		
		特A	A	B
1	東大寺、春日大社、奈良公園、奈良国立博物館、奈良ト「ラムラト」、興福寺、若草山など	4	1	8
2	唐招提寺、薬師寺、平城宮跡、大和文華館、生駒山上遊園地、宝山寺、あやめ池遊園地など	1	3	8
3	当麻寺、千光寺、朝護孫子寺、巢山古墳、信貴山、ふたかみ公園など	0	1	3
4	法隆寺、中宮寺、法輪寺、法起寺、慈光院、金剛山寺など	1	1	2
5	長谷寺、石上神宮、崇神天皇陵、景行天皇陵、天理教教会本部、大神神社、談山神社など	0	5	3
6	室生寺、月ヶ瀬梅溪、屏風岩、宇太水分神社、曾爾高原など	1	0	3
7	飛鳥寺、岡寺、壺阪寺、橿原神宮、石舞台古墳、高取城跡、一言主神社、葛城山など	0	0	8

注)・太字はアンケート調査配布箇所を示す。
 ・JTBランクでは、国際的に優れた物件を特A、全国的レベルで優れた物件をA、近畿地方で貴重な物件をBとランク付けしている。

刻は当該観光地内の最初の観光スポットへの到着時刻、出発時刻は最後の観光スポットからの出発時刻とし、両時刻の差を当該観光地ゾーンの滞在時間とした。また、観光地別に訪問頻度の高い観光スポットは、1, 2, 4, 7では歴史的建造物や史跡であり、これらのスポットにおいては訪問確率の季節変動は小さい。一方、2, 3, 5, 6は自然景勝地や花木の名所などが主な観光スポットであり、訪問確率が高いスポットが季節によって異なるという特徴が得られた。そこで、前者を「寺社古墳型」観光地、後者を「自然型」観光地と分類し、後述の観光周遊モデルの説明変数にダミー変数として導入する。表-2には各ゾーンの主要観光スポットを示している。

なお、発ゾーンについては、近畿7府県、中部3県、および静岡県の各生活圏を適切に集約した31ゾーンとしている。これらは道路交通センサスのBゾーンに対応させている。

c) サンプル

オリジナルの調査サンプルには、①出発地、日時、訪問地、交通手段に記入漏れがあるもの、②日帰り観光でないもの、③出発地・訪問地に対象圏域以外が含まれているものがある。また、④奈良県北部を訪問していないもの、⑤交通手段として飛行機、鉄道、バス、船舶などを使用しているもの、⑥交通手段として自家用車、レンタカー、営業車、タクシー、バイクを一度も使用していないものもある。本研究では、①～⑥のすべての項目に該当しないサンプルだけを抽出して使用した。その結果、有効サンプル数

表-3 拡大率の推計結果

	春	夏	秋
推計発生量	80,021	37,162	66,701
サンプル数	1,480	567	2,374
拡大率	54.07	65.54	28.10

表-4 観光地魅力度の推定結果

	春	夏	秋
1	1403 ① (1)	2832 ① (2)	2222 ① (1)
2	360 ⑤ (2)	2013 ② (1)	1179 ④ (3)
3	0 ⑦ (6)	0 ⑦ (6)	520 ⑥ (6)
4	343 ⑥ (3)	1006 ⑤ (5)	0 ⑦ (4)
5	369 ④ (4)	1909 ④ (3)	1292 ③ (2)
6	695 ③ (7)	628 ⑥ (7)	590 ⑤ (7)
7	1255 ② (5)	2002 ③ (4)	2112 ② (5)

注) ①は魅力度の順番、()は入込み者数の順番

は、春季831、夏季231、秋季1,339と、調査票回収件数の約1/2～1/4になった。

(2) 観光地魅力度の推計結果

ここでは、ゾーン別の発生比率はサンプルの比率に等しく、すべてのゾーンの拡大率は同一であるという最も簡単な仮定のもとでサンプル拡大率の推計を行った。観光スポット入込み者数の実測値 x_{ij} には、アンケート調査票配布と同時に実測された観光スポット別入込み客数のうち、駐車場を除いた春季18ヶ所、夏季17ヶ所、秋季21ヶ所のものを用いている。推計結果を表-3に示す。この結果の信頼性を確認するために、平成6年道路交通センサス10月30日実測の奈良県北部を目的地とするOD交通量と内々交通を除く秋のOD交通量推計値とを比較したところ、相関係数は0.853となった。これより、本方法で推計された拡大率の信頼性はかなり高いといえる。

表-4に観光地魅力度の推定結果を示す。[NLSUE/DIST]を解く際には、道路交通センサスの現況配分時に用いられるネットワークとリンクコスト関数を用いている。また、センサスや車両感知器によって観測された断面交通量のうちの一定割合を各リンクにあらかじめ負荷することによって、観光目的以外の交通量を考慮した。一方、本調査からは経路選択に関する十分な実績データが得られなかったため、ここでは経路選択感度パラメータ θ に0.02という比較的小さい値を外生的に与えて、利用者が最短経路以外の経路をばらついて選択するようにした。3季とも観光地1の値が最も大きく、3と4が小さい値となった。観光地1には東大寺などの著名な観光スポットも多いことから、この推計結果は適切だといえよう。

しかし、魅力度と入込み者数の順番を比較すると、観光地4は過小に、7は過大に評価されている。観光地4は観光スポットの数は少ないものの法隆寺という世界的にも著名な観光スポットが存在するため入込み客数は多い。一方、観光地7には著名な観光スポットは少ないものの、スポットが数多く点在している。式(25)によって観光地全体の魅力度に集計化する本推計法では、後者のような観光地の方が大きい魅力度値をとる場合も生じうる。

(3) 観光周遊モデルの推定結果

a) 第一目的地選択モデル

表-5に第一目的地選択モデルの推定結果を示す。説明変数として、「地域特性ダミー：寺社古墳」は寺社古墳型観光地に1、その他に0を、「地域特性ダミー：自然」は自然型観光地に1、その他に0を、「目的地魅力度」には推計した観光地魅力度値を用いている。「目的地までの所要時間」は、実際に選択している目的地にはアンケート回答値を、代替目的地にはサンプルより得られた観光地間所要時間の平均値を用いている。サンプルが存在しない観光地間では所要時間の平均値が得られないため、その観光目的地はその個人の選択肢集合から除外する。

推定結果をみると、春季は「寺社古墳」、夏と秋季は「自然」のパラメータ値が相対的に大きく、季節による相違点が見られた。これは、春に比べて夏や秋は涼や紅葉などの自然による効用が寺社古墳による効用よりも相対的に高くなるように評価されているためと解釈できる。「目的地までの所要時間」と「目的地魅力度」は3季ともパラメータの符号がそれぞれ負と正であり、出発地から近く、魅力度の高いゾーンの効用がより高いという妥当な結果が得られた。「目的地魅力度」は3季ともt値が高く、統計的に有意であるのに対し、夏季の「目的地までの所要時間」は有意とはいえない。また、目的地選択肢が7つと多いこともあって、3季とも ρ^2 値、的中率は高くなく、モデル全体の統計的有効性は十分であるとはいえないという結果となった。

b) 滞在時間モデル

表-6に滞在時間モデルの推定結果を示す。推定にはSASのLIFEREGプロシジャを用いている。説明変数の「訪問順番」は、サンプルごとの訪問ゾーンへの訪問順番だけに1を与えるダミー変数としている。3季とも「到着時刻」の符号は負、「魅力度」の符号は正であり、そのゾーンへの到着時刻が早いほど、ゾーンの魅力度が高いほど長時間滞在する確率が高

表-5 第一目的地選択モデルの推定結果

説明変数	パラメータ推定値 (t値)		
	春	夏	秋
地域特性 寺社古墳 ダミー	0.2072 (1.59)	0.4434 (2.21)	-0.2464 (2.69)
	-0.1328 (0.95)	0.5453 (3.19)	0.01168 (0.13)
目的地までの所要時間 (10^{-2})	-0.4303 (3.30)	-0.0254 (0.23)	-0.7237 (6.46)
目的地魅力度 (10^{-3})	0.7064 (7.06)	0.3937 (3.58)	0.4637 (9.97)
サンプル数	831	231	1339
的中率 (%)	35.8	29.0	28.6
ρ^2 値	0.0599	0.0417	0.0299

表-6 滞在時間モデルの推定結果

説明変数		パラメータ推定値 (χ^2 値)		
		春	夏	秋
ゾーンダミー	1	-0.635 (78.9)	-1.588 (23.1)	-0.144 (8.2)
	2	4.827 (481.3)	0.277 (3.9)	3.036 (994.1)
	3	6.393 (467.6)	4.923 (52.7)	4.908 (1033.3)
	4	4.572 (426.2)	2.735 (55.4)	6.506 (1039.3)
	5	4.403 (420.0)	-0.227 (2.6)	2.474 (818.8)
	6	2.725 (325.9)	3.847 (62.0)	4.712 (1016.4)
到着時刻 (分)		-0.00164 (131.2)	-0.00102 (10.8)	-0.00186 (231.1)
目的地魅力度		0.00531 (482.5)	0.00269 (63.4)	0.00316 (1118.3)
訪問順番	1 番目	-0.277 ^a (1.1)	0.318 ^a (0.3)	-0.164 ^a (1.0)
	2 番目	-0.463 (3.1)	0.170 ^a (0.1)	-0.420 (6.7)
	3 番目	-0.710 (6.8)	-0.036 ^a (0.01)	-0.446 (6.8)
尺度パラメータ		0.514 (0.514)	0.588 (0.588)	0.522 (0.522)
サンプル数		1018	252	1676

注) ^aは10%の危険率で0仮説を棄却できないことを示す

いという妥当な結果が得られている。また、「訪問順番」は3季とも訪問の順番が早いほどパラメータ値が大きい。これは訪問順番が早いほど長時間滞在する確率が高いという妥当な結果である。 χ^2 値も大きく、本モデルの統計的有用性は高いといえる。

c) 周遊選択モデル

第二目的地選択：Level 1の推定結果を表-7(a)に示す。春・夏季は「寺社古墳」、秋季は「自然」の値の方が相対的に大きく、季節によるウェイトの相違が得られた。また、「目的地までの所要時間」、「目的地自宅間所要時間」、「目的地魅力度」のパラメータの符号は3季ともそれぞれ負、負、正であり、これらは全て論理的である。3季に共通して、「目的地までの所要時間」のt値が最も高いことから、第二

表一 7 (a) 周遊選択 (第二目的地選択: Level 1) モデルの推定結果

説明変数	パラメータ推定値 (t 値)		
	春	夏	秋
地域特性 寺社古墳 ダミー	0.8519 (5.12)	-0.2242 (0.47)	0.2751 (1.62)
自然	0.2892 (1.59)	-0.5018 (1.21)	0.3775 (2.35)
目的地までの所要時間 (10 ⁻¹)	-0.1881 (6.37)	-0.2251 (3.33)	-0.1686 (8.06)
目的地自宅間所要時間 (10 ⁻²)	-0.3012 (1.50)	-0.09853 (0.38)	-0.5212 (3.19)
目的地魅力度 (10 ⁻⁴)	0.9885 (0.58)	1.147 (0.65)	4.129 (4.97)
サンプル数	321	71	405
的中率 (%)	38.9	36.6	39.7
ρ^2 値	0.077	0.037	0.078

表一 7 (b) 周遊選択 (第二目的地選択: Level 2) モデルの推定結果

説明変数	パラメータ推定値 (t 値)		
	春	夏	秋
定数項 (10 ¹)	0.4992 (7.46)	0.3804 (3.83)	0.8067 (12.35)
現在地出発時刻 (10 ⁻²)	-0.5890 (8.04)	-0.4344 (3.83)	-1.037 (13.78)
Logsum 変数	0.1574 (0.72)	0.6924 (1.81)	0.4615 (2.07)
サンプル数	633	148	984
的中率 (%)	64.7	63.5	74.1
ρ^2 値	0.086	0.109	0.223

目的地は現滞在観光地から時間的に近い観光地が選ばれる傾向にあるといえる。春・夏季では「目的地魅力度」の統計的有意性は低い。また、3季とも ρ^2 値、的中率は十分に高いとはいえない。

表一 7 (b)には第二目的地選択: Level 2 の推定結果を示す。「現在地出発時刻」とはサンプルごとの現滞在観光地からの出発時刻であり、「Logsum 変数」とは Level 1 から得られる周遊を選択した場合に選択可能な目的地効用の Logsum 値である。3季とも「現在地出発時刻」の符号は負であり、t 値も高く、現滞在ゾーンからの出発時刻が早いほど周遊する効用は高いという妥当な結果が得られた。また、春季の「Logsum 変数」は有意に達していないものの、3季ともすべて 0 と 1 間の値であることから、ここで想定した選択構造の仮定は妥当であったといえる。モデル全体の統計的有効性は、春・夏季に関しては高いとはいえないが、秋季は ρ^2 値、的中率ともに高いことから、統計的有効性は高いといえよう。

表一 8 (a)と (b)に第三目的地選択モデルの Level 1 と Level 2 の推定結果を示す。サンプル数が少ないために、Level 1 では説明変数の統計的信頼性や的中率

表一 8 (a) 周遊選択 (第三目的地選択: Level 1) モデルの推定結果

説明変数	パラメータ推定値 (t 値)		
	春	夏	秋
地域特性 寺社古墳 ダミー	0.3095 (0.78)	-0.2535 (0.23)	0.5916 (1.56)
自然	-0.4162 (0.96)	-0.7339 (0.80)	0.4663 (1.30)
目的地までの所要時間 (10 ⁻¹)	-0.3185 (4.46)	-0.3000 (1.93)	-0.1818 (3.94)
目的地自宅間所要時間 (10 ⁻²)	-0.1488 (2.97)	-0.0333 (0.65)	-0.0414 (1.09)
目的地魅力度 (10 ⁻⁴)	0.2294 (0.69)	-0.2652 (0.72)	0.3165 (1.90)
サンプル数	73	18	82
的中率 (%)	52.1	22.2	37.8
ρ^2 値	0.159	0.035	0.092

表一 8 (b) 周遊選択 (第三目的地選択: Level 2) モデルの推定結果

説明変数	パラメータ推定値 (t 値)		
	春	夏	秋
定数項 (10 ¹)	0.8721 (5.15)	0.3496 (1.37)	0.6322 (4.89)
現在地出発時刻 (10 ⁻²)	-0.8040 (4.95)	-0.3063 (1.13)	-0.9290 (6.59)
Logsum 変数	1.177 (4.41)	0.7279 (1.45)	0.9248 (2.09)
サンプル数	227	46	339
的中率 (%)	71.8	60.9	79.4
ρ^2 値	0.251	0.098	0.325

が高くないモデルとなり、特に夏季にはその傾向が強い。また、「地域特性ダミー」や「目的地魅力度」は目的地選択にはあまり影響を与えず、「目的地までの所要時間」だけが主要な説明変数となっている。一方、Level 2 では第二目的地選択モデルと同様に「現在地出発時刻」と「logsum 変数」の統計的有意性は高い。しかし、春季のモデルでは logsum 変数にかかるパラメータが 1.0 よりやや大きく、選択構造の設定に問題があるという結果になった。このように、第二目的地選択モデルとは性質を異にするモデルが推定された。

5. 京奈和地域における実用可能性の検証

ここでは、推定したモデルがどの程度現況を再現できるかを検討するため、サンプルごとにモンテカルロ法によるマイクロシミュレーションを行い、予測結果と現況とを比較する。

(1) シミュレーションの方法

図一 4 に従って、個人 n の観光周遊行動を再現して

いくマイクロシミュレーションの手順を示す。

Step-1: χ^2 検定の結果, 発ゾーン別の出発時刻は正規分布に従うものと仮定する. 各出発ゾーンの平均出発時刻 μ と標準偏差 σ の実績値から, 個人 n の発ゾーン出発時刻 x を

$$x = a\sigma + \mu \quad (27)$$

より定める. a は標準正規乱数である.

Step-2: 第一目的地選択モデルに個人 n の説明変数データを代入し, 観光目的地ゾーンごとの選択確率 P_{in} を求める. 求めた観光地選択確率を $[0.0, 1.0]$ 上に観光地番号順に並べる. 発生させた $(0, 1)$ の一様乱数 γ_n の値が $\sum_{j=1}^i p_{nj} \leq \gamma_n \leq \sum_{j=1}^{i+1} p_{nj}$ を満足する観光地 $i+1$ を第一目的地として選択するものとする. 第一目的地「到着時刻」は, 発ゾーン出発時刻に「目的地までの所要時間」を加えた値となる.

Step-3: 滞在時間モデルに「目的地到着時刻」などの説明変数データを代入して, 累積滞在時間分布を作成する. 発生させた $(0, 1)$ の一様乱数値を滞在確率 P_n とし, それに対応する滞在時間 T_n を逆算する. 「現在地出発時刻」は, 「到着時刻」と滞在時間 T_n の和より算出する.

Step-4: 周遊選択モデルの Level 1 に「目的地までの所要時間」や「目的地自宅間所要時間」などのデータを代入して得られる次目的地の効用値より「logsum 値」を算出する.

Step-5: 周遊選択モデルの Level 2 に「logsum 値」と「現在地出発時刻」データを代入し, 周遊か帰宅かの選択確率を求める. Step-2 と同様, 一様乱数を発生させて行動を決定する.

Step-6: 周遊が選択された場合は, Level 1 の次目的地選択確率を用いて, 第一目的地選択のときと同様に一様乱数を発生させて次の訪問観光目的地ゾーンとそこへの「到着時刻」を決定する.

Step-7: Step-3~Step-6 の操作を, 個人 n が帰宅を選択するまで繰り返す. ただし, 4 ヶ所以上周遊したサンプルは各季とも全体の 2% 未満であったため, 第三目的地選択モデルで周遊が選択されたサンプルもその時点でシミュレーションを終了し, 3 ヶ所以上として集計した.

以上の操作を全サンプルについて実行して以下のような評価項目に合わせて集計を行う. 一連のシミュレーションを 100 回実行し, 各評価項目についての平均値と分散を計算して実績値との差の検定などを行うことによって, 現況再現性の検証を行った.

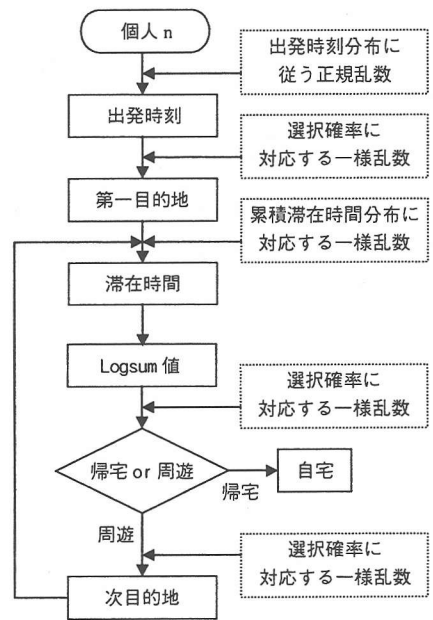


図-4 マイクロシミュレーションによる現況再現性の検証フロー

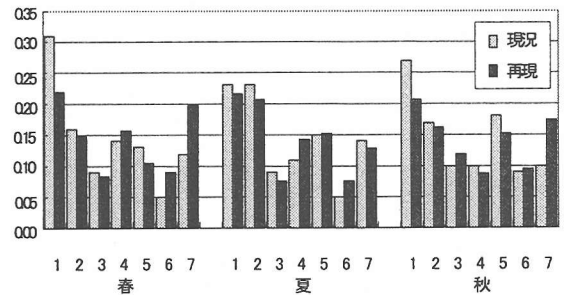
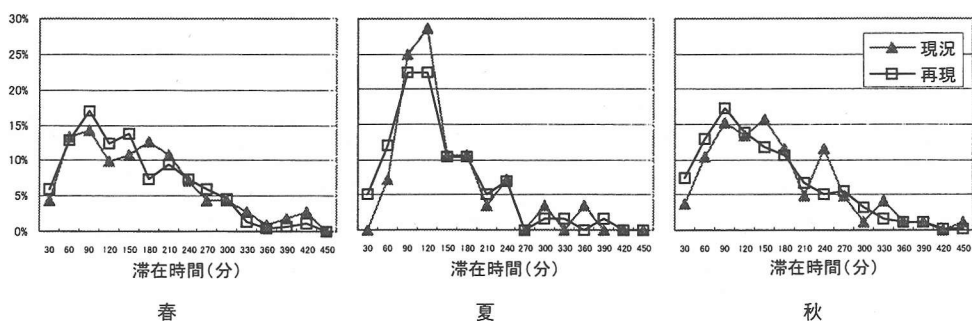


図-5 観光地別入込み客比率

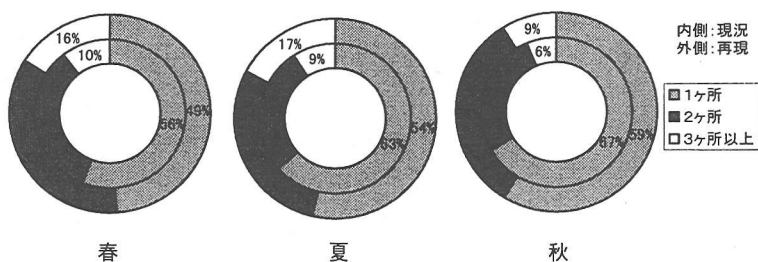
(2) 現況再現性の検証

a) 観光地入込み者割合

図-5 に観光地別入込み者比率を示す. 春・秋季で観光地 1 が過小, 7 が過大に, 夏季は観光地 4 が他と比べてやや過大になっている. 春季と秋季に関しては, 実績入込み者数がそれほど多くない観光地 7 の観光魅力度値がかなり過大に推計されているためと考えられる. また, 夏季に関しては, 周遊選択モデル Level 1 の「目的地までの所要時間」の影響が大きいことから, 全ての観光地の中心に位置する観光地 4 の入込み者数が過大になったと考えられる. 実績値との相関係数は春季 0.77, 夏季 0.95, 秋季 0.78 であり, 3 季ともかなり高い値を得ている. 実績値と 100 回の



図一六 滞在時間分布（観光地 7）



図一七 周遊観光地数比率

表一九 観光地別平均滞在時間（単位：分）

	春		夏		秋	
	現況	再現	現況	再現	現況	再現
1	194	176	244	224	198	181
2	138	144	158	163	150	153
3	110	99	76	62	123	127
4	107	101	112	109	118	117
5	109	100	77	69	129	126
6	120	109	132	131	140	125
7	145	146	122	108	140	140
相関係数	0.96		0.98		0.95	

注) *は 5%の危険率でシミュレーションによる平均値と実績値には統計的に有意な差がないことを示す

表一〇 平均周遊観光地数

	春	夏	秋	相関係数	平均誤差率
現況	1.561	1.481	1.413	0.91	6.85%
再現	1.654*	1.627*	1.479*		

注) *は 5%の危険率でシミュレーションによる平均値と実績値には統計的に有意な差がないことを示す

シミュレーションによる平均値の統計的検定より、春季の観光地 1 を除いて 5%の危険率で有意な差がないことから、各観光地への入れ込み者数はかなり正確に再現できているといってもよいであろう。

b) 観光地別滞在時間

表一九に観光地別平均滞在時間を示す。全体的に予測値がやや過小であるが、3季とも現況との相関は0.95程度であり、滞在時間モデルの現況再現性は高い。図一六には観光地 7 の滞在時間分布を示す。再現値と実績値との相関係数は春季0.92、夏季0.95、秋季0.88と高く、両者は分布形もほぼ一致している。

c) 周遊状況

表一〇に平均周遊観光地数、図一七には周遊観光地数の構成比率を示す。平均周遊数については現実

績との相関は高いものの、3季とも再現値の方がやや過大となった。また、周遊観光地数の構成比率は3季とも1ヶ所の割合がやや過少であり、春・夏季の3ヶ所以上の割合が過大となった。これは、滞在時間モデルが滞在時間をやや過小に推定しているため、第二、第三目的地における周遊選択モデルの Level 2 における「現在地出発時刻」が早くなり、周遊を選択する確率が実績よりも大きくなるように推定されるためと考えられる。しかし、3季とも平均周遊観光地数には実績値との統計的に有意な差は認められない。

以上の検討より、観光地別入れ込み者数などの集計ベースの現況再現性で見ると、本予測システムは時間の経過に沿った連続的な観光目的地選択行動の結果である観光周遊需要を比較的簡単に記述し、かつ精度よく予測することが可能であるといえる。

6. おわりに

本研究の成果としては、以下があげられる。

- 1) 需要変動型確率均衡配分モデルを応用した観光スポットの魅力度推定法を提案した。さらに、簡易的な拡大率算出法と組み合わせることによって、幾つかの観光スポットから構成される観光地の観光地魅力度を推定する方法を提案した。
- 2) 第一目的地選択モデル、滞在時間モデル、周遊選択モデルを、相互に組み合わせることによって、観光周遊行動を時間の経過に沿った観光目的地の連続的選択行動としてモデル化した。
- 3) 奈良県観光実態アンケート調査データを用いて観光地魅力度と本予測システムの各部分モデルを推定した。ある程度の適合性を持つモデルが推定されたのと同時に、推定パラメータの相対的な差異などから、季節による観光周遊特性の相違点なども明らかにされた。
- 4) モンテカルロ法によるマイクロシミュレーションにより、本システムの現況再現性の検証を行った結果、観光地別入れ込み者数などの集計ベースの評価指標については現況再現力は高く、観光需要予測システムとして利用可能であることが判明した。ただし、個人ごとの観光周遊行動についての再現性については検証を行っていないので、今後の課題とする。

本研究では、生活圏程度の地域間観光流動量は既知とし、対象観光地域内での観光地間観光周遊需要の予測システムを構築することを目的とした。しかし、本予測システムには各生活圏を発地とした観光流動量を予測する上位モデルが必要であり、両者を統合してはじめて、本需要予測システムの政策分析への適用可能性の評価が可能となる。上位モデルの構築と統合システムによる観光系幹線道路の整備評価、特に地域間所要時間の短縮による観光地別観光入込み者数や滞在時間、およびこれらの変化によって発生する観光便益の計測については、別途、論文

発表の準備を進めているところである。

謝辞：本研究は建設省奈良国道工事事務所、および奈良県が実施した「奈良県観光実態アンケート調査」データを基礎にしている。また、両者が主催した京奈和道路整備検討委員会での議論がモデル開発の参考になっている。両機関に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) たとえば、溝上章志：観光交通の分析技法，観光交通計画；観光地域の交通問題への対応，土木計画学ワンデイセミナー，シリーズ 8，pp.76-97，1996。屋井鉄雄，岡本直久：観光交通計画の分析手法，第 34 回土木計画シンポジウム，No.34，pp.47-60，1998。など
- 2) 森地 茂，兵藤哲朗，岡本直之：時間軸を考慮した観光周遊行動に関する研究，土木計画学研究・論文集，No.10，pp.63-70，1992。
- 3) 森川高行，佐々木邦明，東 力也：観光系道路網整備評価のための休日周遊行動モデル分析，土木計画学研究・論文集，No.12，pp.539-547，1995。
- 4) 溝上章志，亀山正博：ネットワーク均衡理論による観光地域の観光地容量推定法の開発と適用，土木計画学研究・論文集，No.15，pp.385-392，1998。
- 5) 赤松隆：各種静的均衡配分法の理論と適用可能，交通ネットワークの分析手法—実務と理論研究の接点—，土木学会土木計画学ワンデイセミナーテキスト，シリーズ 4，pp.75-99，1994。
- 6) Richard John Sweet：An aggregate measure of travel，Transpn Res.-B，Vol.31，No.5，pp.403-416，1997。
- 7) 飯田恭敬，高山純一：リンクフローによる OD 交通量推計モデル，交通ネットワークの分析と計画，土木学会土木計画学講習会テキスト，No.18，pp.97-122，1987。
- 8) 溝上章志，古市英士：奈良県観光交通調査と分析，第34回土木計画シンポジウム，No.34，pp.25-38，1998。

(1999.5.17 受付)

A FORECASTING SYSTEM OF SIGHTSEEING TRAVEL DEMAND CONSIDERING AREA ATTRACTION AND EXCURSION BEHAVIOR

Shoshi MIZOKAMI, Yasuo ASAKURA, Eiji FURUICHI and Masahiro KAMEYAMA

This study proposes a forecasting system of sightseeing travel demand to evaluate road network improvement project. In a model system of describing behavior of one-day sightseeing travel by auto, sightseeing excursion behavior and area attraction are considered carefully. The system consists of the first destination and next excursion choice models using the method of disaggregate choice analysis. These models are connected with the staying time choice model to describe sequential sightseeing area choices with progress of time. This system are estimated using questionnaire survey data on sightseeing excursion behavior in Nara prefecture. The practical use of the system is verified through the Monte Carlo micro simulation.