

交通機関分担率を考慮した観光入り込み客数予測モデルに関する基礎的分析 A Study on Recreational Demand Forecasting and Modal Split

古屋秀樹**、西井和夫***、大矢正樹****、元田智子*****

By Hideki FURUYA**, Kazuo NISHII***, Masaki OOOYA**** and Tomoko MOTODA*****

1. はじめに

本研究は、鉄道や道路における交通基盤施設の整備が観光入り込み客数に及ぼす影響を定量的に把握することを目的とする。具体的には、観光地までのアクセス時間の変化によって、自動車利用・鉄道利用それぞれの入り込み客数への影響を、重力モデルをベースとした交通需要予測モデル（観光入り込み客数の予測モデル）の構築を行い、モデルによる現況再現性についての検討を行うものとする。

2. 観光入り込み客数推計モデルについて

2.1 観光交通データについて

現在の観光交通に関するデータの整備についてみると、観光交通発生行動に関しては、「観光の実態と志向」¹⁾や「観光レクリエーションの実態」²⁾など世帯単位・個人単位での特性把握は行われており、個人属性や地域単位での発生量推計の研究例は多くみることができる³⁾。しかしながら着地ベースの観光入り込み客数データは完全に整備されておらず、また休日交通センサス、全国観光交通実態調査⁴⁾など自動車利用観光ODデータは、近年整備されようとしているが、他交通機関も含めたOD交通量の把握は十分行われていない。

このようなデータの制約下で、本研究ではOD交通量推計に重力モデルを用いる。このモデルは、構造上の簡便さ及び交通条件の変化を明示的に扱うことができるなどの操作性に富む利点を有する⁵⁾。しかしながらデータの制約上、重力モデルを用いて観光入り込み客数やOD交通量を推計する際には、交通機関分担率についてとモデル同定化の方法論が問題点として存在する⁶⁾。以下では、この2点についての基礎的考察を加える。

2.2 交通機関分担率について

異なる交通機関が存在する場合、重力モデルに用いる交通抵抗には空間距離や交通手段別所要時間の平均などが多い。しかしながらこれらの方法では、交通施設整備が分布パターンに及ぼす影響を明示的に扱えないケースや交通抵抗に機関分担率を十分考慮できない問題点が指摘される⁷⁾。

そこで本研究では、アクセス時間の短縮による交通機関分担率の変化および交通抵抗の変化を明示的にモデルに導入するためにOD間交通抵抗の算出に電流の並列回路の概念を用いるものとする。

これは、異なる交通機関が存在する場合、以下の3つの仮定にもとづき交通抵抗を算出するものである。

- 1)同一OD間の機関別シェアは、所要時間に反比例する。
- 2)同一OD間における各交通機関別交通量と所要時間を乗じたものは一定である。
- 3)交通抵抗は、電流の並列回路の合成抵抗の考え方と同じものである。

これらは次式のように書き示すことができる。

$$Q_{ij}^{\text{rail}} \times T_{ij}^{\text{rail}} = Q_{ij}^{\text{car}} \times T_{ij}^{\text{car}} = Q_{ij} \times T_{ij} \cdots (1)$$

$$\frac{1}{T_{ij}} = \frac{1}{T_{ij}^{\text{car}}} + \frac{1}{T_{ij}^{\text{rail}}} \cdots (2)$$

ここで、 Q_{ij}^{α} ：交通機関 α のij間OD交通量

T_{ij}^{α} ：交通機関 α のij間所要時間

(α が省略の場合はOD間代表値)

(1)式は、1)、2)を示したものであり、(2)式は3)を表したものである。(1)式より各交通機関分担率は、

$$\text{Share}(\text{car}) = \frac{T_{\text{rail}}}{T_{\text{rail}} + T_{\text{car}}} \cdots (3)$$

$$\text{Share}(\text{rail}) = 1 - \text{Share}(\text{car}) \cdots (4)$$

となり、所要時間の差異がそのまま交通機関分担率の偏りとして表される。また(2)式より、ij間交通機関の合成抵抗は、以下の示すことができる。

*Keywords：分布交通、交通手段選択、観光・余暇

** 正会員 工修 山梨大学工学部土木環境工学科

(山梨県甲府市武田4-3-11、

TEL.0552-20-8532, FAX.0552-20-8773)

*** 正会員 工博 山梨大学工学部土木環境工学科

**** 正会員 (社)システム科学研究所

(京都市下京区四條烏丸西、

TEL.075-221-3022, FAX.075-231-4404)

***** 学生員

山梨大学大学院土木環境工学専攻

$$T_{ij} = \frac{T_{ij}^{\text{rail}} \times T_{ij}^{\text{car}}}{T_{ij}^{\text{rail}} + T_{ij}^{\text{car}}} \dots (5)$$

(5)式により、一方の交通機関のみ所要時間短縮がなされた場合でもOD間合成所要時間は減少する。また、2つの交通機関の所要時間の偏りが存在する場合には、両者の所要時間が等しい場合に比べて、合成所要時間が小さく算出される特性を有する。

なお、こうした交通抵抗の議論は字野による一般式の数学的導出などがあり⁸⁾、その考え方は本研究を今後より発展させる上で関連してくるものと考えている。

2.3 観光交通OD量モデルの同定化について

第2点目の問題点は、予測モデル構築の際に被説明変数となるOD交通量が把握されていないことによるものである。通常の重力モデルは、以下の式形で表される。

$$X_{ij} = k \frac{G_i^\alpha \times A_j^\beta}{f(T_{ij})} \dots (6)$$

ここで X_{ij} : ij間OD交通量
 G_i : 観光発生ポテンシャル
 A_j : 観光吸引ポテンシャル
 $f(T_{ij})$: ij間交通抵抗
 k : 調整係数
 α, β : パラメータ

通常の重力モデルでは、(6)式の対数を取り、最小2乗法などによりパラメータの算出を行う。しかしながら複数交通機関を包含した観光交通OD量は把握されておらず、データとしては観光地別入り込み客数のみ把握されているため、このままではモデル同定化ができない。

そこで本研究は、ポアソン重力モデルを改良したものをパラメータ推計方法として用いるものとする。この方法は、通常(6)式を用いてモデル推定を行う際に問題となる交通量が観測されないODペアの情報をポアソン分布を用いた最尤法により活用しようとするものである^{9), 10)}。

本推定方法は、非線形モデル式の係数を一意的に導くことができるとともに、入り込み客数データだけが既知の時に重力モデルによる観光交通分布量モデルの同定化ができる特徴を有する。

本研究で用いる場合、観光地入り込み客数の実測値 $X = (X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n)$ がポアソン分布

$$P(X_j|\lambda_j) = \frac{\lambda_j^{X_j} \times \exp(-\lambda_j)}{X_j!} \dots (7)$$

に従って発現するものと考えられる。ここで λ_j は、観光地 j の入り込み客数推定値を示し、(8)式のようになる。

$$\lambda_j = \sum_i k \frac{G_i^\alpha \times A_j^\beta}{f(T_{ij})} \dots (8)$$

(添字の i は、発地を示す)

モデル推計に用いる変数は、ゾーン居住人口(G_i)、観光資源数とそのウェイトによる総合指標(A_j)、ij間交通抵抗 ($f(T_{ij}) = (T_{ij})^{-\gamma}$) とする。この場合、尤度は以下の(9)式のようになる。

$$L^* = \prod_j \frac{\lambda_j^{X_j} \times \exp(-\lambda_j)}{X_j!} \dots (9)$$

なお、推定にあたって、(9)式中で $\alpha = \beta = 1.0$ と仮定し、調整係数 k は観光地魅力度に定数項を導入することにより省略している¹¹⁾。パラメータ推計では、(9)式の対数を取り、Newton-Raphson法を用いてパラメータ推定を行う。

3. 対象圏域及び使用データ

本研究では、対象圏域を京都を中心とする約200km圏と設定する。これは、観光交通のアクセス距離が1泊2日で約400km程度によることから¹²⁾、これらの観光交通をは対象に含められると考えたからである。

着地の設定方法は、以下に示すとおりである。すなわち、今回の分析は集計レベルであるため、観光客からみたアクセス距離への抵抗の違いや観光資源量のウェイトの重みなどを考慮することはできない。そこで本分析では、これらの影響を小さくするために特に海岸景観を主とする観光地のみを対象としている。具体的には、「全国観光情報ファイル」¹³⁾より海岸に関連した資源数が各資源項目において少なくとも10を越えるゾーンを抽出し、続いて府県別観光入り込み客数データが整備されている観光地を抽出した(図1)。

本研究では重力モデルを用いているので、周遊交通を取り扱うことができない。そこで対象観光地のゾーン設定方法は、周遊ゾーンを考慮したゾーン区分となっている「全国観光情報ファイル」を参考にしている。

また魅力度に関しては、「JTBの新日本ガイド」¹⁴⁾を参考に国際的な資源(6点)から市町村内で知られる

資源（1点）の6段階評価を行っている¹⁵⁾。

一方、発地に関するデータについては、ゾーン設定方法が重要となる。これは、住民の日常生活にかかわる行動圏域の広さと公共施設・業務施設等の配置との両者に対応させて区分づけがなされている「地方生活圏」¹⁶⁾によりゾーン分けを行い、観光発生ポテンシャルには、ゾーンの居住人口を用いている。

最後に交通条件のLOSであるが、対象とする交通機関は鉄道と道路（自動車）の2種類とした。鉄道の所要時間算出では、発地、着地及び主要乗り換え駅をノードとして設定、時刻表によりノード間の所要時間を算出し、最短経路探索により発地・着地間の所要時間を求めている。道路に関しては国道と高速道路・自動車道に全交通量が負荷するものとみなし、渋滞が発生しない状態における所要時間を最短経路探索により算出している。なお両交通機関とも特急料金や高速道路通行料金、普通運賃や

ガソリン代等は考慮していない。

4. モデル推計結果

上記データを用いて、重力モデルをポアソン回帰によりモデル同定化を行った（表1）。交通抵抗には、2.2で示した今回適用する合成距離抵抗の場合（モデル#3）と

従来より用いられている加重平均 $T_{ij} = (T_{ij}^{car} + T_{ij}^{rail}) / 2$

（モデル1）の2つを用いている。算出された観光資源量に関するパラメータ及び交通抵抗 γ の値は、2つのモデル間で大差はみられない。また、算出されたパラメータを用いて推定した観光地入り込み客数推定値と実績値の相関（表1）をみると、単相関係数が約0.77程度となっており、傾きも1.0に近い。これらより観光地入り込み客数予測において、提案した合成距離抵抗は、従来からの加重平均を用いて推計した場合と同程度の予測精度を有していると考えられる。

合成距離抵抗モデルでは、さらに交通機関分担率の算出も同時に行うことができ、その結果を表2に示す。ここで交通機関分担率実績値には、宿泊観光アクセス交通機関を直接聞き取りしている「観光レクリエーションの実態」¹⁷⁾の値を引用しているため、ここでは日帰り観光交通の実態は考慮されていない。算出された機関分担率は、実績値と比較して鉄道の分担率が約20%過大に推計されている。また各観光地における自動車分担率は約40～50%となり、観光地別交通機関別分担率の実績値と乖離する観光地もみられる。この原因として、今回の合成距離抵抗は、所要時間のみを変数として用いているために、実際の交通機関分担に影響を及ぼす要因を完全に内生化できていないことも考えられる。これらの問題は、アクセス費用も併せて考慮したり、経年的な交通機関分担率の特性把握を通じた改善が考えられる。

ここでは、こうした分担率における実績値と推計値との乖離の補正のために、合成抵抗の算出式において所要時間の他に、ダミー変数（定数項： α 、係数： α' ）を用いることにより自動車の利便性を考慮した形に変更して、再度観光入り込み客の推計を行った。このときの新たな合成所要時間の算出方法として、以下の2つの方法が考えられる。

- (1) 定数項の導入
(自動車の利便性評価を表現、モデル4)

表2 交通機関分担率

	実績値	合成距離抵抗算出値
交通機関分担率(%) (鉄道/自動車)	24.3/75.7	43.7/56.3

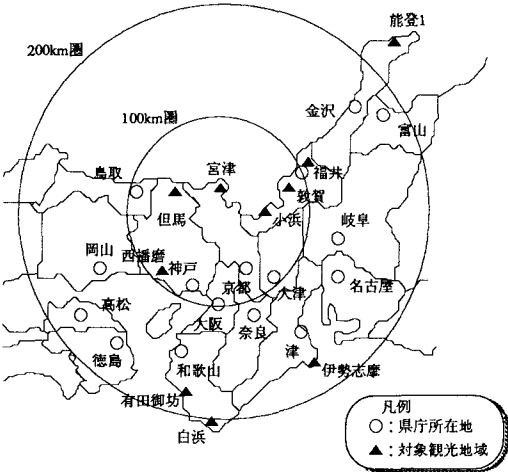


図1 対象圏域及び対象観光地
表1 交通抵抗別観光入り込み客推計モデル結果

交通抵抗算出方法		加重平均法		合成距離抵抗（提案モデル）		
修正の有無 シェア(自動車)		モデル1 無	モデル2 ウェイトづけ	モデル3 無	モデル4 定数項導入	モデル5 係数導入
		50%	75.7%*1	56.3%*2	75.7%*1	75.7%*1
パラメータ	海岸景観	0.001511	0.001161	0.001024	0.0009401	0.001102
	マリーナ等	0.01118	0.01020	0.007646	0.009156	0.009240
	定数項	0.09496	0.08650	0.06720	0.07685	0.07620
	γ	0.4854	0.3759	0.4554	0.3594	0.3121
推定値と実績値の単回帰結果						
相関係数		0.7743	0.7624	0.7714	0.7560	0.7341
切片		-7816e+03	-7653e+03	-7870e+03	-7529e+03	-6501e+03
傾き		1.209	1.205	1.210	1.201	1.174

*1：自動車のシェア75.7%は実績値
*2：56.3%はモデルからの計算値

$$T_{ij} = \frac{(T_{ij}^{\text{rail}} + \alpha) \times T_{ij}^{\text{car}}}{(T_{ij}^{\text{rail}} + \alpha) + T_{ij}^{\text{car}}}$$

(2)係数の導入

(所要時間に対する評価の違いを表現、モデル5)

$$T_{ij} = \frac{(T_{ij}^{\text{rail}} \times \alpha') \times T_{ij}^{\text{car}}}{(T_{ij}^{\text{rail}} \times \alpha') + T_{ij}^{\text{car}}}$$

いずれのケースも自動車側の所要時間がマイナスになることを避けるために、鉄道側にダミー変数 (α, α') を導入する。この係数は、既知である交通分担率に合致するような値を0.1刻みで試行錯誤により算出したものである ($\alpha=5.0, \alpha'=2.5$)。これらの改善された方法 (モデル4、モデル5) と、交通機関分担率により算出した加重平均交通抵抗値 (モデル2) の3モデルについて重力モデルの同定化を再度行った (表1)。この結果から、この3モデルとも補正しないケースと比較してそれ程、相関係数の増加にはつながらなかった。しかしながら、ダミー変数を係数として導入したケース5では、重回帰において定数項が小さくなり、傾きも1.0により近づく特性が認められた。

算出されたモデル式を用いた観光入り込み客数実績値と予測値の相関は、図2に示すように比較的良好な結果となっている。また、発地ベースでの発生量の検証として、住民1人当たりの年間発生回数との比較が考えられる。「観光の実態と志向」によると、年間1人当たりの観光発生回数は、宿泊観光1.31回、日帰り観光3.20回となっている。推定モデルでは対象観光地への年間観光発生回数は、約0.84~1.16回となっており、全発生回数の約1/5を占める結果が算出され、発生原単位に関しては、ある程度の妥当性を有していると考えられる。

5. まとめ

本研究は、比較的データの制約が多い観光交通において、観光入り込み客数と観光発生ポテンシャル、観光アクセス抵抗を変数とした観光地別入り込み客数予測モデルの構築を行った。本研究における交通抵抗は、加重平均によって算出するのではなく、電流の並列回路における概念をアナロジーさせた合成距離抵抗を用いるものであった。この合成所要時間の算出方法を用いることによって、交通機関別所要時間により交通分担率をも併せて考慮することができるという特徴を有している。

また本研究では、OD交通量が把握されず、観光地における入り込み客数のみが明らかな場合、重力モデルのパラメータ算出方法としてポアソン回帰を用いた。これより重力モデル内のパラメータが一次的に算出できた。

これらの手法を用いて観光地入り込み客数の推計を行ったが、予測精度に関しては従来の加重平均を用いた

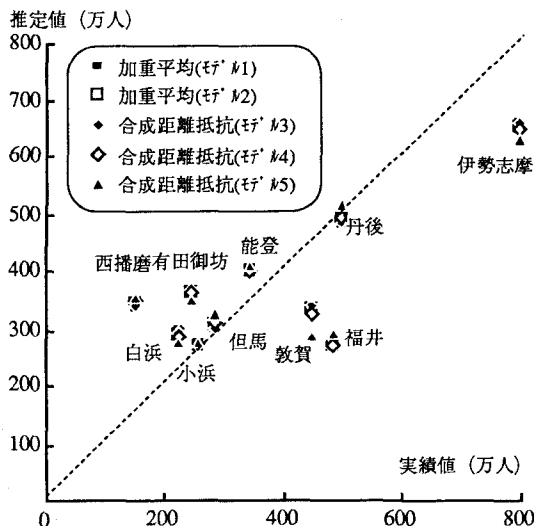


図2 観光入り込み客数の実績値と推定値

場合と同精度の推計が可能になったのに加え、交通機関分担率の算出が行えた。しかしながら、ここで算出された分担率は実績値と約20%乖離しており今後、自動車の利便性を表現する方法や経年的分担率の変化をモデルに反映することが課題といえる。

参考文献

- 1) 日本観光協会：観光の実態と志向、1992
- 2) 総理府編：観光レクリエーションの実態、1992
- 3) 集計レベルでは、(1)森地茂、田村亨、屋井鉄雄、兵藤哲朗：観光交通予測モデルの事後的分析、土木計画学研究・論文集No.4、pp.125-132、(2)山田晴利、屋井鉄雄、中村秀樹、兵藤哲朗：全国観光交通実態調査を用いた交通発生量モデルの提案、交通工学No.2 (Vol.29)、pp.19-27、1994などが、個人レベルでは、(3)古屋秀樹、兵藤哲朗、森地茂：発生回数分布に着目した観光交通行動に関する基礎的研究、都市計画論文集No.28、pp.319-324、1993、などがみられる。
- 4) 建設省土木研究所：全国観光交通実態調査、土木研究所資料、1994
- 5) 土木学会編：交通需要予測ハンドブック、技報堂出版、1981
- 6) 西井和夫、古屋秀樹、元田智子：交通条件の変化が観光入り込み客数へ及ぼす影響予測、土木学会年次講演会講演集第4部、pp.808-809、1994
- 7) 前述文献5)
- 8) 宇野敏一：関数方程式論を用いた経路選択ε' #の統一に関する研究、京都大学博士論文、1985
- 9) MADDALA G. S.: Limited-dependent and qualitative variables in econometrics, Cambridge University Press, 1983
- 10) 飯田恭敬、岡田憲夫編著：土木計画システム分析、森北出版、1992
- 11) 佐佐木綱著：都市交通計画、国民科学社、1983
- 12) 建設省道路局：観光レクリエーション交通調査、1974
- 13) 日本観光協会：全国観光情報ファイル、1980
- 14) 日本交通公社：JTBの新日本ガイド、1989
- 15) 土木工学体系編集委員会：観光・レクリエーション計画、彰国社、1984
- 16) 地域開発研究所：地方生活圏要覧、1989
- 17) 前述文献2)