【土木計画学研究・講演集 No.8 1986年1月】

集計Nested Logit-Modelによる広域観光行動予測

Sightseeing Behavior Forecast by Aggregate Nested Logit-Model

森杉壽芳 **・林山泰久 ***・平山賢二 ****

By Hisayosi MORISUGI, Yasuhisa HAYASHIYAMA and Kenji HIRAYAMA

This paper proposes a model which is able to forecast the volume of sightseeing trip chains, and the impacts on them of any associated projects such as road improvement and new development of sightseeing resources. It may be said that one of the characteristics of sightseeing trips is that individuals conbine trips into a home-based "chain" in which more than one destination location may be visited. Due to this fact the conventional Four Step Forecast Method cannot be applied because it implicitly assumes that trip distribution is chosen independently of any neighborhood locations. Our model adopts the Nested Logit Model in order to explicitly represent this chain behavior of sightseeing trips by making a choice tree on the sequence of visits for several sightseeing sights. For parametr etimation our model proposes the sequential aggrregate Logit procedure because the locational conditions of any sightseeing sites could be viewed as remaining at the same values irrespectively of individual data when we fix its home location. Lastly our study shows its paracticalty by applying our model to the Hida region.

1. はじめに

観光行動を行なう人々の行動を把握することは、観光者数や観光交通量の予測、種々の観光施設の規模算定や事前評価を行なうための重要な課題である。観光行動を特徴づけるものの一つは、周遊特性である。本研究は、周遊特性を忠実に表現する交通行動モデルを構築することを目的とする。

この分野における従来の研究には、マルコフ過程によるアプローチと効用理論によるアプローチに代表される試みがある。Lermanは、トリップチェインをマルコフ再生理論で表現し、目的地・モード選択に関する非集計選択モデルの結合を試みているが、モデル構造の複雑さと集計化の問題点を有している[1]。

* キーワーズ : Nested Logit,観光,交通需要予測
** 正会員 工博 岐阜大学教授 工学部建設工学科
*** 学生員 岐阜大学大学院 土木工学専攻
**** 学生員 岐阜大学工学部 土木工学科
(〒501-11 岐阜市柳戸1-1)

また、Kitamuraは、トリップチェインの性質を目的地選択モデルへの内包する方法を検討しており、その結果、目的地の魅力を規定する要因として、その目的地の訪問以降に続くトリップにより得られると期待される効用が有意に関連していることを示した[2]。西井は、交通行動の軌跡をとらえるにあたりトリップ連鎖パターンを中心にその構成要素であるチェイン内のソージャーン数あるいは、トリップベイズとソージャーンとの関係などに着目し、トリップ単位に分割した時の発生集中・OD分布との関係をモデル化し現状再現性が良いという結果を示している[3]。

これらの研究は、業務交通などトリップチェインが複雑な行動を対象にしている。しかし広域観光行動は、トリップチェインのパターンが限定されており目的観光地に対する選択ツリーの構築が容易であると考えられる。そこで本研究は、広域観光行動の場合は Nested Logit-Model(NL-Model)による分析が有効であると考え、将来の道路整備や観光資源開発などの影響に抽出でき、かつ便益評価が可能であ

る自動車交通のみを取り扱ったモデルを構築し、その適用性と有効性を検討したものである。

2．観光行動の定式化

（1）観光行動における仮定と選択ツリーの構築

本研究では、観光行動の定式化において次の仮定を行なった。

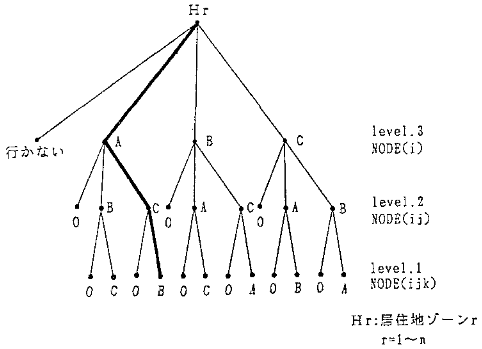
1）観光行動は、すべてHome-Based-Tripであるとする。

2）調査対象地域である観光地以外の観光地には、立ち寄り行動を起こさないものとする。

3）個人は、観光目的地間において最短時間経路で行動し、その経路は主要道路のみに限定する。

4）個人の効用は、観光地を訪れた時に得られる効用と、それ以降訪れる観光地の効用の和で表現されるものとする。

図－1は、これらの仮定に基づき、に居住地ゾーン別の調査対象観光地A，B，Cに対する選択ツリーの例を構築したものである。図－1の、それぞれの観光地A，B，Cを結ぶ枝が主要観光道路を示しており、個人はこの経路により観光行動を行なう。一例を挙げるならば、図－1において太実線で示してある周遊パターンは、"Hr⇨A⇨C⇨B⇨帰る"という代替案を示している。



図－1　居住地ゾーン別選択ツリーの例

ここで、各段階を下からレベル1、レベル2、レベル3とし、各段階のノードを同じように(ijk)，(ij)，(i)とする。この選択ツリーは、NL-Modelの考え方を導入しており、居住地ゾーンごとに存在する。この時、NL-Modelの誘導理論に従うとレベルごとの条件付確率は、以下で表現される。

$$P_{(k|ji)n} = \frac{e^{\lambda_1 V_{(k|ji)n}}}{\Sigma e^{\lambda_1 V_{(k'|ji)n}}} \quad \text{(1-1)式}$$

$$P_{(j|i)n} = \frac{e^{\lambda_1 (V_{(j|i)n} + V^*_{(j|i)n})}}{\Sigma e^{\lambda_1 (V_{(j'|i)n} + V^*_{(j'|i)n})}} \quad \text{(1-2)式}$$

$$P_{(i)n} = \frac{e^{\lambda_2 (V_{(i)n} + V^*_{(i)n})}}{\Sigma e^{\lambda_2 (V_{(i')n} + V^*_{(i')n})}} \quad \text{(1-3)式}$$

ここに、

$$V^*_{(j|i)n} = \frac{1}{\lambda_1} \ln \Sigma \exp \lambda_1 V_{(k|ji)n} \quad \text{(1-4)式}$$

$$V^*_{(i)n} = \frac{1}{\lambda_1} \ln \Sigma \exp \lambda_1 (V_{(j|i)n} + V^*_{(j|i)n}) \quad \text{(1-5)式}$$

ただし

$P_{(k|ji)n}$ ： 個人nが、レベル2において選択肢(ji)という代替案を選んだという条件のもとでレベル1において選択肢(k)という代替案を選ぶ確率。

$P_{(j|i)n}$ ：個人nが、レベル3において選択肢(i)という代替案を選んだという条件のもとでレベル2において選択肢(j)という代替案を選ぶ確率。

$P_{(i)n}$：個人nが、レベル3において選択肢(i)という代替案を選ぶ確率。

$V_{(k|ji)n}$ ：個人nが、(ji)を選択したときの効用のうちで(kji)と(ji)の両者の組み合わせによって変化する部分の確定項。

$V_{(j|i)n}$ ：個人nが、(i)を選択したときの効用のうちで(ji)と(i)の両者の組み合わせによって変化する部分の確定項。

$V_{(i)n}$：個人nが、(ji)を選択したときの効用のうち(j)に無関係で(i)のみによって変化する部分の確定項。

λ_1：レベル1，2における分散パラメーター

λ_2：レベル3における分散パラメーター

ここで、レベル1，2においておなじ分散パラメーターを用いたのは、観光行動を行なっている間の目的地選択に関する選択確率の分散は、一定であると仮定したためである。

（2）効用関数の特定化

個人nの効用$V_{(k|ji)n}$，$V_{(j|i)n}$，$V_{(i)n}$は、パラメーターに関して線形と仮定し次式のように仮定する。

$$V_{(kji)n} = V_{(k|ji)n} + V_{(j|i)n} + V_{(i)n} \quad \text{(2-1)式}$$

$$V_{(k|ji)n} = \alpha_0 + \alpha_1 X_{(k|ji)n_1} + X_{(k|ji)n_2} \quad \text{(2-2)式}$$

$$V_{(j|i)n} = \beta_0 + \beta_1 X_{(j|i)n_1} + \beta_2 X_{(j|i)n_2} \quad \text{(2-3)式}$$

$$V_{(i)n} = \gamma_1 X_{(i)n_1} + \gamma_2 X_{(i)n_2} \qquad \text{(2-4)式}$$

ここで、

$X_{(k|ji)n_1}$：j-k間の利便性

$X_{(k|ji)n_2}$：観光地kの魅力度

$X_{(j|i)n_1}$：i-j間の利便性

$X_{(j|i)n_2}$：観光地jの魅力度

$X_{(i)n_1}$：Hr-i間の利便性

$X_{(i)n_2}$：観光地iの魅力度

$[\alpha_0, \alpha_1]$：レベル1の選択時の未知パラメーター

$[\beta_0, \beta_1, \beta_2]$：レベル2の選択時の未知パラメーター

$[\gamma_1, \gamma_2]$：レベル3の選択時の未知パラメーター

以上のように特定化を行なったのは、観光地の観光吸引力は、その観光地の持つ固有の観光ポテンシャル(観光地としての魅力度)によるものと、周辺観光地への周遊行動の利便性によるものとに大別できると仮定したためである。すなわち、

(観光吸引力)＝a(魅力度)＋b(利便性)　(3)式

ここに、　a,b:未知パラメーター

として表現される。また、自動車は、自由度が高い観光行動であるから他の交通機関の場合よりも個人は、魅力度と利便性を最大限生かすという効用最大化行動をとると考えられるためである。

3．データ作成

(1) データ作成の手順

本研究では、データ作成として以下に示すような手順を踏む。

(手順.1)調査対象地域の主要観光地や主要道路を調査し、限定する。

(手順.2)図－1に示した観光地A,B,Cにおける年間入込み客数を既存の調査において把握する。

(手順.3)着地サイドである当該観光地を訪れた観光客に対しランダムサンプリングによるアンケート調査を行ない、現在の周遊パターンとその人数及び、個人属性などを調査する。これは、非集計,集計両方のデータ作成を可能にしようとするためである。

(手順.4)着地サイドにおいての調査では、観光地A,B,Cに対して観光行動を起こさないという代替案を選択した人の属性及び、人数がわからない。このため、居住地別に総人口にその居住地から年間に当該観光地へ来た人の平均回数(着地サイドにおいてデータは、入手可能である。)を乗じたものから年間入込み客数を差し引いた数を観光行動を起こさない人の全数とする。また、非集計データ作成に必要な個人属性については、居住地ゾーンにおいてランダムサンプリングでアンケート調査を行なう。

(2) データ作成の問題点

3－(1)に示したように、非集計,集計データの作成は、理論上可能であるが、目的地選択の段階において居住地ゾーンと周遊パターンが同じ場合は、個人ごとに散らばった値のデータ作成が困難となり、非集計データによる観光行動分析は、不可能でなる。そこで本研究は、集計データによる集計NL-Modelといった方法により分析を行なう。

4．パラメーター推定

パラメーターの推定については、典型的な集計ロジットの推定法をNL-Modelに適用した[4]。すなわち、

(基準.1)
- レベル1において"帰る"という代替案を選択する確率。
- レベル2において"帰る"という代替案を選択する確率。
- レベル3において"行かない"という代替案を選択する確率。

を各レベルにおける基準確率として対数をとると次式のように表現できる。

$$\ln\frac{P_{(k|ji)}}{P_{(k_0|ji)}} = \lambda_1(V_{(k|ji)} - V_{(k_0|ji)}) \qquad \text{(4-1)式}$$

$$\ln\frac{P_{(j|i)}}{P_{(j_0|i)}} = \lambda_1(V_{(j|i)} + V^*_{(j|i)} - V_{(j_0|i)} - V^*_{(j_0|i)}) \qquad \text{(4-2)式}$$

$$\ln\frac{P_{(i)}}{P_{(i_0)}} = \lambda_2(V_{(i)} + V^*_{(i)} - V_{(i_0)} - V^*_{(i_0)}) \qquad \text{(4-3)式}$$

ここに

$$V^*_{(j_0|i)} = V^*_{(i_0)} = 0 \qquad \text{(4-4)式}$$

(4-4)式は、基準とした代替案"帰る""行かない"を選択した時の効用をゼロと仮定することをしめす。(4-1)式～(4-3)式は、効用差の形で表現され、各々の式に誤差項を導入することにより回帰分析の段階推定が可能となる。基準となる代替案を(基準.1)とした理由は、観光行動を行なう時は、観光行動を起こさなかった時の効用と比較し、観光行動を行なっているときは、行動を終了し帰る場合の効用と比較して個人の効用最大化行動により選択されると仮定するのが整合性を有していると考えられるからである。

5．ケース・スタディ

（1）調査対象地域の概要

本研究で構築したモデルをケース・スタディとして適用した調査対象地域は、岐阜県北部の高山市を中心とした飛騨地域である。飛騨地域は、名所旧跡，温泉地やスキー場などを数多く有しており、東に乗鞍，穂高の北アルプス連峰を眺め、西には、加賀の白山を望むといった自然環境に富み、年間入込み観光客数800万人といった全国有数の観光地である。

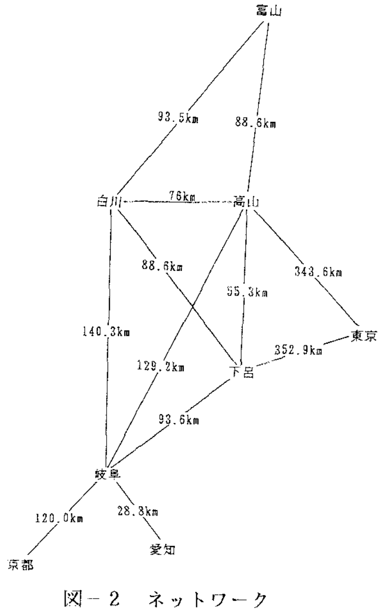
具体的に図－１の選択ツリーに対応させた観光地は、高山市，白河村，下呂の3ヶ所である。これらの観光地についての居住地別年間入込み客数を表－１に示す。

表－１　居住地別年間観光入込み客数[5)]（単位：千人）

居住地＼観光地	岐阜	東海地方	北陸地方	甲信越地方	関東地方	関西地方	その他	小　計
観光地Ａ（白川）	102	92	86	14	167	67	7	535
観光地Ｂ（高山）	524	481	251	105	264	185	150	1960
観光地Ｃ（下呂）	328	486	79	74	160	225	81	1433
小　計	954	1059	416	193	591	477	238	3928

（2）データ作成

データ作成に関しては、本論文．３において述べた方法により作成するわけであるが、今回アンケート調査を行なう段階まで至らなかったため既存の調査資料よりデータ作成を行なった。居住地ゾーンを、岐阜（対象地域外），愛知，京都，富山，東京の5ヶ所とし簡単なネットワークを図－２に作成した。

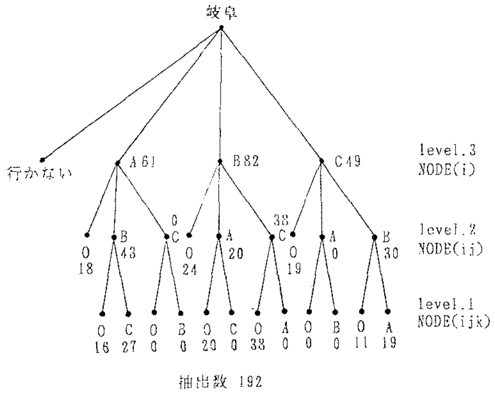


図－２　ネットワーク

このケース・スタディでは、観光目的，季節変動，旅行期間などの既存データが、入手できなかったため、年間の当該地域における観光行動のみを対象としてパラメーター推定を行なう。居住地ゾーン別観光入込み客数の抽出数とその周遊パターンの例を表－２および、図－３に示す。

表－２　居住地別抽出数

居住地	岐阜	愛知	富山	京都	東京
抽出数	192	176	108	47	126



図－３　周遊パターンの例

次の目的地への利便性については、レベル3では、居住地ゾーンから第一目的地までの時間距離を直接用い、レベル1および2においては次式を仮定した。

$$F = \frac{L}{L_0} \qquad (5)式$$

ここで、

Ｆ：利便性

Ｌ：観光行動を続ける場合の総時間距離

L_0：観光行動を終了した場合の総時間距離

このように利便性を仮定したのは、図－４に示すように遠く離れた観光地に行くほど周遊距離が増すという現象を考慮したためである。

観光地魅力度は、観光地が有する観光資源の量及び、観光者の行動性により決定されると仮定し、次式のように設定した。[7)]

$$S_d = \sum_e a_e s_{ed} \qquad (6)式$$

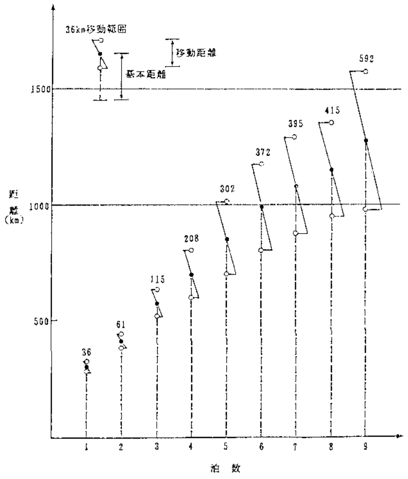
ここで、

S_d：観光地魅力度

ａ：対象地域における観光資源量eに対する観光行動比率

s :d地域のe観光資源量

観光資源量の中には、資源量として計量化が可能なもの(温泉,キャンプ場)と、不可能なもの(自然環境)があり非常に大きな問題点であるが、今回は既存の資料の値をそのまま引用し表－3に示す。



6)

図－4　泊数別平均基本距離および平均移動距離

表－3　観光地A,B,Cの観光地魅力度

観光地	魅力度
観光地A(白川)	0．221
観光地B(高山)	0．403
観光地C(下呂)	0．329

(3) パラメーターの推定結果

本研究で構築したモデルを適用した場合のパラメーター推定の結果を表－4に示す。ただし、CORは、重相関係数を示す。

表－4－a　パラメーターの推定結果(level.1)

level. 1	λ_1	α_0	α_1	COR
Linear	10.084	0.1136	-0.479	0.9802
t-value	11.359	18.196	-7.987	－

(Number of samples=11)

表－4－b　パラメーターの推定結果(level.2)

level. 2	λ_1	β_0	β_1	β_2	COR
Linear	10.084	0.0457	-0.17	0.3083	0.7885
t-value	11.359	4.8774	-4.998	2.456	－

(Number of samples=20)

表－4－c　パラメーターの推定結果(level.3)

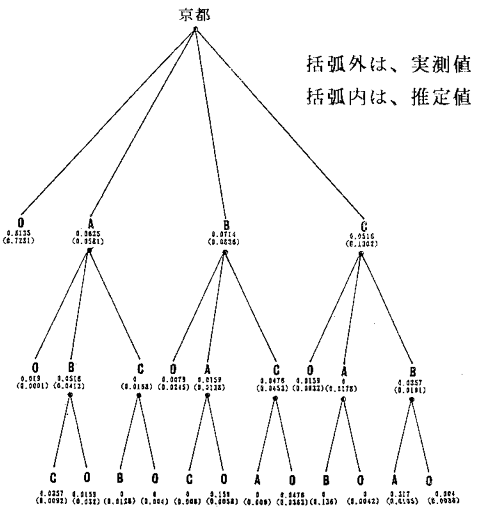
level. 3	λ_2	γ_1	γ_2	COR
Linear	2.8452	-0.282	1.3360	0.8029
t-value	2.5767	-3.653	2.2405	－

(Number of samples=13)

いずれのレベルにおいても一応満足できるt値とCORを得ている。なお､各レベルにおいてサンプル数が少なくサンプル数に違いがあるのは、誰も選択する人がいないという周遊パターンも存在しており図－1に示した選択ツリーの例における代替案がすべて存在し得ないためである。

6．現実再現性の検討

ここでは､"5．ケース・スタディ"において推定したパラメーターの値を(1-1)式～(1-5)式に代入することにより推定される選択確率と、調査によって得た実際の選択確率との相関関係を調べることにより本モデルの現実再現性の検討を試みた。ここで、推定した選択確率の京都の例を図－5に､その回帰させた結果を表－5に示す。



図－5　推定された選択確率の例

表－5　居住地別相関係数

居住地	岐阜	愛知	富山	京都	東京	全体
COR	0.7679	0.8001	0.7981	0.7882	0.7845	0.7879

全体としては、COR=0.7879という一応満足できる値を得ているため、本モデルによる現実再現は、可能であると言える。しかし、図－5において下位レベルにいくほど、推定した選択確率と実際の選択確率との誤差が大きくなるという欠点を有している。これは、観光地Bの観光魅力度が高いことによる期待効用の大きさが、選択確率の推定に大きく影響しているためであると考えられる。また、本研究において使用した図－2のネットワークでは、主要観光道路の安全性、通年交通の可能性、道路周辺の景観やドライブイン等の休憩所の有無といった道路特性や道路周辺の特性を考慮していない。そのため、本研究での観光行動の利便性は、時間距離にのみ依存することになり実際の観光交通とはやや整合性に欠ける点が、このような結果をもたらした一つの理由であると考えられる。

7．将来予測の可能性についての検討

本研究で構築したモデルにより、観光行動の現状把握は可能であることは、"6．現状再現性の検討"により明らかになった。ここではさらに、本モデルが将来予測が可能であるかを問う。将来において道路整備や観光資源開発が行なわれたとするならば、2－(2)において特定化した特性変数が変化することになり、この時、特性変数と現状把握のパラメーターにより将来の観光入込み客数と周遊パターンが得られると考えられる。

8．おわりに

本研究は、広域観光行動を把握するに際して集計NL-Modelによるは、有効であることがほぼ検証された。また、本モデルによる将来予測も可能であると考えられる。しかし、本研究は、第一に機関分担をモデルに取り込んでいない。第二に集計データによる解析であるため個人の意志決定に敏感に反応しないという欠点を有している。第三に発地における一人当たり調査対象地域への年間訪問回数を与件としているが、この予測方法も問題を残している。また、調査対象観光地が増加するとモデル構造が複雑になるという欠点も有している。しかし、選択ツリーそのものが複雑になっても、そのパラメーター推定の作業そのものは簡単であるから、比較的適用可能性を持っているものと考えられる。

《参考文献》

1)Lerman S.R.(1979);"The Use of Disaggregate Choice Models in Semi-Markov Process Models of Trip Chaining Behaviour", Transpn. Sci. Vol.13,No.4,pp.273-291.

2)Kitamura R.(1984);"Incorporating Trip Chaining into Analysis of Destination Choice", Transpn.Res.Vol.18B,No.1,pp.67-81.

3)西井和夫:トリップチェインによる交通需要分析,京都大学学位論文,1985年2月

4)森杉壽芳,林山泰久:Logit-Modelによる観光交通需要予測に関する方法論的研究,土木学会年講概要集,pp.403-404,1985

5)岐阜県企画部観光課:岐阜県観光レクリェーション動態調査結果書,1984年

6)建設省道路局:観光レクリェーション交通調査,1974年3月

7)建設省中部建設局.高山国道工事事務所:高山地域観光交通実態調査報告書,1982年1月