

DIFFUSION MODELを用いた海外観光旅行者数の予測

DEMAND ANALYSIS OF OVERSEAS TOURISM USING DIFFUSION MODELS

森川高行*・村山杏子**

By Takayuki MORIKAWA and Kyoko MURAYAMA

The number of Japanese overseas tourists has been dramatically increasing the past few years. The rapid growth of overseas tourism has been promoted by "imitating" behavior as well as increase in income per capita and advantageous foreign exchange rate. This type of phenomenon is often modeled by "Innovation Diffusion Models" applied to the diffusion process of new products in market research. This paper extends the idea of diffusion models, develops new concepts in modeling, and applied the proposed models to the overseas tourism. The method shows successful agreement to the past trends and reasonable prediction of the future demand.

1. はじめに

わが国からの海外渡航者数は、国民所得水準の伸び、企業の国際化、円高などを要因として近年非常に増大している。なかでも、海外渡航者の8割を占める観光旅行者数の増加はめざましく、その予測を行なうことは、国際空港整備のための基礎情報として非常に重要なものとなっている。

ところが、四段階推計法という予測手法がほぼ確立されている国内のマクロな交通需要分析に比して、国際航空需要に関する有効な予測手法は確立していない。国内交通、とくに都市交通では、生成量モデルとして主に原単位法が用いられており、30年来のパーソントリップ調査を通してその安定性が知られている。しかしながら、海外旅行の生成量について、近年の急増現象からみても、少なくとも今後数年間は、安定した原単位を見いだすことは不可能であると思われる。

わが国からの国際航空旅客の需要予測に関する研究は、これまでいくつかなされている¹⁾が、現状再現にとどまり、その後の現象を説明しきれていない。ほとんどの既存研究は、直線や対数曲線を用いて過去のトレ

ンドを伸ばす方法や、GNPなどの簡単な説明変数による回帰式を用いており、旅行者の行動原理を考慮しているものではなく、また近年の爆発的増加を表せないでいる。表1は、近年提案された代表的な予測モデルによる1990年の予測値と実績値である。いずれも70%程度の大きな誤差が生じていることがわかる。

表1 既存予測モデルの予測値と実績値

1990年海外渡航者実績値	1100万人
モデル型	1990年予測値
時系列直線回帰	585万人
GNPを用いた対数回帰	610万人
GNPと航空運賃を用いた対数回帰	1830万人
GNPと1期前の旅行者数を用いた対数回帰	2000万人

また、個人の行動特性を考慮する方法として非集計行動モデルが考えられるが、現段階では都市交通においても実用的な交通発生モデルは提案されておらず、とくに海外旅行に関しては、説明要因の不明さやデータの制約から、実務上適用することは現在のところ困難であるといえる。

ここで、近年の海外観光旅行者の爆発的増加の大きな要因は「模倣行動」とその結果である「流行現象」

キーワード：海外観光旅行、需要予測、Diffusion Model

* 正会員 Ph.D. 名古屋大学助教授 工学部土木工学科
(〒464-01 名古屋市中区千種区不老町)

** 正会員 パシフィックコンサルタンツ(株)
(〒532 大阪市淀川区西中島4丁目3-24)

であると著者らは考える。昭和40年頃までは海外旅行は庶民にとっては全くの夢であったが、相次ぐ海外渡航に関する規制緩和と航空運賃の引き下げによって昭和40年代には次第に一般化してきた。しかし、その後の2回の石油ショックもあり、国民全体が模倣行動に走るほどの累積旅行者には達しなかった。昭和50年以降は格安のバック旅行が出回るようになり、60年以降の急激な円高によって完全に庶民の手の届くところになると、堰を切ったように我も我もと海外に行きだしたのはまだ記憶に新しいところである。このときの旅行の動機には、「友達も行くから」とか「一辺は話の種に」といった相互依存性が極めて強かったように思われる。このあたりに、通常の関数モデルや合理的選択モデルでは表しきれなかった原因があったのではなかろうか。つまり、円高や所得の伸びは、流行を起こす引き金にはなったが、それだけで旅行者数を表す説明変数にはならなかったのではないだろうか。

そこで本研究では、わが国からの海外旅行全体のうち83%を占める(1990年現在)観光目的のものについては、個人レベルもしくは市場全体レベルでの相互作用が働いた「模倣」や「流行」が大きく作用したのではないかと考えている。このような相互作用が働いた場合の普及現象を表すのに有効であるDiffusion Modelを応用した海外観光旅行者数の予測モデルを構築し、ひいては空港の施設計画や航空輸送の運行計画に資することを目的としている。

2. Diffusion Modelの概念

Diffusion Modelは、新奇なものの普及現象を表すために開発され、近年では主にマーケティング・リサーチの分野で研究されている²⁾。ここでいう新奇なものには、実際の物(新製品など)やサービス(例えばホームバンキング)、思想、病気など様々なものが含まれる。以下では、新製品の購入・普及現象を例にしてモデルの説明を行なう。

Diffusion Modelの基本式は、次のような微分方程式で表される。

$$\frac{dN(t)}{dt} = P(t)(M-N(t)) \quad (1)$$

ここで、 $N(t)$ は時点 t において製品を購入した者の累積数(顕在市場)、 M は最終的に製品の普及が飽和状態

に達した市場(飽和市場)の大きさである。実際のデータは「 t 年度の購入者数」などと離散的な時間で与えられるので、以下では $\frac{dN(t)}{dt} = N(t+1) - N(t) = n(t)$ とにおいて、 $n(t)$ を t 期に製品を購入する者の数と考える。 $P(t)$ は普及係数と呼ばれ、未購入者 $M-N(t)$ (潜在市場)が t 期に製品を購入する確率とも考えられる。

普及係数の表現によって様々なDiffusion Modelが考えられるが、代表的なものとして、

$$P(t) = p \quad (2)$$

$$P(t) = q \frac{N(t)}{M} \quad (3)$$

$$P(t) = p + q \frac{N(t)}{M} \quad (4)$$

の3種類が挙げられる。式(2)のモデルは潜在市場の一定の割合で購入が進むもので「外部影響モデル」と呼ばれる。つまり、購入者は自発的な意思によって購入するか(革新者)、広告などの外部的要因によって購入を促進される場合である。式(3)のモデルは「内部影響モデル」と呼ばれ、市場の飽和度 $\frac{N(t)}{M}$ に比例して購入確率が増えるものである。これは、「隣の人が買ったから私も買おう」というような「模倣行動」や、既購入者(adopter)からの口コミによって購入が促進される場合であり、いわゆる「流行現象」を表す。式(4)のモデルはこの両方の要因を考慮したものである。式(4)のタイプのモデルはBass³⁾によって様々な耐久消費財の普及現象に適用され、Bassモデルとも呼ばれる。

これらのモデルの未知パラメータは、 M, p, q であり、とくに p を革新係数、 q を模倣係数と呼ぶことがある。例えばBassモデルの場合、これを式(1)に代入して展開すると、

$$n(t) = pM + (q-p)N(t) - \frac{q}{M}N(t)^2 \quad (5)$$

となる。データとして $n(t)$ (つまり $N(t)$)が与えられると、 M, p, q を最尤法または非線形最小二乗法で推定することができる。より簡便には、式(5)の $N(t)$ に関する二次式の3つの係数を最小二乗法で求め、それらの推定値から M, p, q について解く方法がある。

このようにDiffusion Modelは、極めて単純なモデルでありながら、「模倣」や「流行」といった人々の間の相互依存性を表すことができる点で興味深い。非集計

離散型選択モデルなどのより厳密な行動モデルでは、通常個人間の行動を独立として扱っており、相互依存性を考慮するためには極めて複雑なモデリングを要するのと対象的である。しかし、式(5)で表されるような基本的なDiffusion Modelは、完全に閉じた市場を仮定していること、リピーターを考慮していないこと、政策変数が全く入っていないことなどから、極めて限定的な場面にしか有用性がないことは明らかである。それぞれの限定的な仮定を緩めたDiffusion Modelの発展形がいくつか提案されている⁴⁾。本論文においても新たな発展形を提案し、それを新たな対象として海外観光旅行に適用している。

3. 本研究で提案するモデル

3.1 基本モデル

本研究では、わが国の海外観光旅行の動機は、すでに経験した市場からの影響、すなわち模倣意識に関与すると考える。海外観光旅行者を、市場の規模に伴って拡大するマスコミ、口コミなどからの情報を何らかの形で得たうえで実行に移す広い意味での模倣者(imitator)と解釈するものである。

そこで、海外旅行自体を新製品とみても、この製品の普及現象を前節で述べたDiffusion Modelを用いて説明する。

以下に本研究で構築した基本モデルを示す。

$$n(t) = q \frac{N(t)}{M(t)} (M(t) - N(t)) \quad (6)$$

$n(t)$: t 年の海外観光旅行者数(人)

$N(t)$: t 年までの海外観光旅行者の累積数(人)

$M(t)$: t 年に考えられる飽和市場

q : 未知パラメータ(模倣係数)

ここで、飽和市場については以下のように考える。

$$M(t) = \alpha \text{GNP}(t) \quad (7)$$

$\text{GNP}(t)$: t 年における一人あたりの日本の実質GNP (US\$/人 1980年価格)

α : 未知パラメータ

これは、前節で示した内部要因モデルの発展形である。本モデルでいう飽和市場 $M(t)$ は $\text{GNP}(t)$ の定数倍で表され、リピーターを含んだadopter全体を表す漠然とした大きさのものである。

また、 $\text{GNP}(t)$ が一人あたりのわが国のGNPをドルで

表したものであるため、市場の規模に関わる人口、国民生活の豊かさの尺度となるGNP、そして為替相場という3つの要素の変動をひとつの説明変数に組み込んでいる。

適用対象の市場としては、海外観光旅行者全体や、アジア、ヨーロッパなどの方面別、各国別などが考えられる。市場の細分化の意義は、1)市場によってパラメータの値が有意に異なるかも知れないこと、2)飽和市場がadopter全体を表しているとしたが、Diffusion Modelの性格上なるべくリピーターの影響を少なくすること、である。

3.2 コーホート型モデル

上記の基本モデルは、中短期の予測には適用可能であるが、GNPが順調に延びたとしてもやがては飽和市場に達して海外旅行者数が0になってしまうという矛盾をはらんでいる。これは元々、Diffusion Modelが閉じた市場とfirst-time adopter(トライアル層)のみを考慮したものであるからである。そこで本研究では、ある程度閉じた市場として「世代」のコーホートを考えた。それぞれのコーホートについては飽和市場を考えることは無理がないうえ、新しい世代は続々と生まれてくるため、市場全体で見れば、やがて旅行者が0になるという矛盾を避けることができる。また、世代間での差により異なると思われる「海外旅行に対する意識」もコーホート間のパラメータ値の差によって表されるであろう。

さらに、ひとつのコーホートを考えても、経年的に見ると年齢によって海外旅行を行ないやすい時期と行ないにくい時期があるのは明らかである。このため、このコーホート型モデルでは次式のようにデータ自身に重みを付けることによってこの問題を考慮している。

$$n'_i(t) = \frac{n_i(t)}{\mu_{it}} \quad (8)$$

$n_i(t)$: 世代 i の t 期の海外旅行者数

$n'_i(t)$: 修正された旅行者数

μ_{it} : 世代 i が t 期における年齢の旅行者数が、すべての年齢の旅行者数に対する割合

$n'_i(t)$ は年齢効果を平均化したデータになっており、これをキャリブレーション・データとして用いる。例えば、20才台が最も旅行を行ないやすい年齢であるとすると、1950年生まれのコホートは1970年代に、相互

作用による「流行」に関係なく旅行者数のピークを迎えるであろう。このような年令効果があると、純粋な相互作用を捉えられなくなるので、このような平均化を行なうのである。

4. パラメータ推定結果

4.1 基本モデルの推定結果

基本となるデータとして、昭和39年から平成2年までの法務省の出入国管理統計年報の出国者数の内、観光目的の者の数を用いてパラメータ推定を行なった。実際には、式(6),(7)から

$$n(t) = qN(t) - \frac{q}{\alpha} \frac{N(t)^2}{GNP(t)} \tag{9}$$

と変形され、qおよび $\frac{q}{\alpha}$ を最小二乗法で推定してqおよび α を求めた。

海外観光旅行者数全体について適用したモデルの推定結果が表2である。t値、R²値共に高く、かなり現況再現性の高いモデルの構築ができたといつてよい。このモデルによる現況再現性と将来予測値を示したのが図1である。将来予測においては、実質GNP成長率を4.0%とし、厚生省人口問題研究所による「日本の将来推計人口」（1991年6月推定）の値を使用した。また、為替相場については、1 US\$=135円、130円、125円の3つの場合について予測計算を行ない、その結果をそれぞれ予測値I, II, IIIとしている。これを見ると、近年の旅行者数の急激な伸びをかなり良く表しており、将来においては旅行者数がわずかながら減る傾向を示している。この減少傾向の問題については次節で論じる。

方面別に適用した結果が表3である。これより、方面別にq、 α の値が有意に異なることが分かるが、とくに目をひくのが、アフリカ方面や南アメリカ方面の α が他方面に比べて、極端に低い値となっていることである。 α はGNP(t)に乘ずることによって飽和市場の大きさを表すので、この方面の飽和市場の規模が小さいことを表している。また、qは市場拡大による影響されやすさ、いいかえれば流行に左右される度合を示す。以上のことよりパラメータの推定結果から、次のことが言える。

南アメリカ、アフリカ方面への海外旅行者数は、比較的流行に左右されることなく飽和市場も小さい。対

して、アジア方面は飽和市場は大きい、流行にさほど左右されない。またオセアニア方面は、流行に大いに左右される。これらの地域的特性は、感覚的に理解しやすい。

表2 海外旅行者総数モデル

()内はt値

	q	q/α	α	R ²
総数	0.239 (8.5)	3.81*10 ⁻⁵ (3.8)	6270	0.929

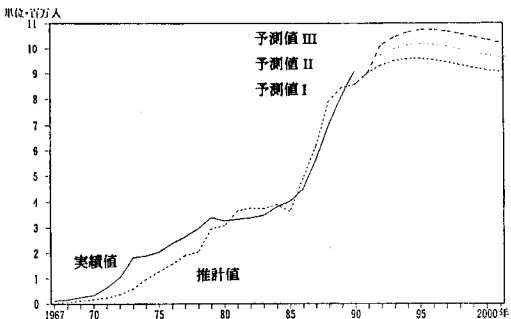


図1 海外観光旅行者数の実績値と予測値

表3 方面別モデル

()内はt値

方面	q	q/α	α	R ²
アジア	0.236 (8.6)	6.84*10 ⁻⁵ (4.1)	3450	0.907
ヨーロッパ	0.220 (7.4)	2.91*10 ⁻⁴ (3.0)	757	0.911
アフリカ	0.202 (6.1)	2.01*10 ⁻² (2.5)	10.0	0.838
北アメリカ	0.247 (9.4)	1.05*10 ⁻⁴ (4.2)	2350	0.941
南アメリカ	0.208 (6.0)	1.36*10 ⁻² (2.8)	15.2	0.755
オセアニア	0.373 (43.3)	1.62*10 ⁻³ (15.4)	231	0.997

航空路線計画のためには、表4に示したような国別のパラメータ推定が有用である。比較的わが国からの観光旅行者が多い国を選んだため、 α の違いはさほどではないが、表4の結果から、方面別で行なったものと同様の考察が得られ、興味深いものとなっている。

表4 国別モデル
()内はt値

国	q	q/ α	α	R ²
台湾	0.209 (5.9)	2.18*10 ⁻⁴ (3.0)	956	0.642
香港	0.252 (7.7)	4.14*10 ⁻⁴ (4.4)	608	0.764
韓国	0.267 (6.4)	3.75*10 ⁻⁴ (3.4)	710	0.812
シンガポール	0.281 (8.6)	8.30*10 ⁻⁴ (2.6)	338	0.969
フランス	0.243 (6.6)	1.08*10 ⁻³ (3.4)	224	0.780
西ドイツ	0.204 (8.1)	1.85*10 ⁻³ (2.0)	110	0.963
イギリス	0.241 (6.8)	1.57*10 ⁻³ (3.3)	153	0.844
カナダ	0.302 (5.30)	2.66*10 ⁻³ (1.4)	113	0.905
アメリカ	0.256 (9.5)	1.22*10 ⁻⁴ (4.4)	2110	0.937

4.2 コーホート型モデルの推定結果

上に示されたように、本研究で用いられた基本的Diffusion Modelは、かなり現状再現性の高いモデルであるといつてよい。しかし、閉じた市場で適用されるべきである本来のDiffusion Modelの性質から、長期の予測には3.2で提案されたコーホート型のモデルの方が望ましい。表5がその推定結果である。なお、コーホートは、「1920年代生まれ」のように10年刻みに設定し、式(8)の重み μ は、過去10年間(1989年～1990年)の年齢別海外観光旅行者数よりすべてのコーホートに共通な値として求めた。

成人としてのサンプルが十分にある1950年生まれ以降の世代を見ると、新しい世代になるに従って α つまり市場規模が大きくなっていることがわかる。反対に

模倣係数qは小さくなってきている。若い世代では、海外旅行はより身近になっているが、模倣的動機による海外観光旅行が少なくなっているのかも知れない。1960年生まれより若い世代では、使用されたデータの時点では、ほとんどが親に連れられての旅行であるので、世代としての性質を推測することは早計であろう。

このように世代間でパラメータ値に一定の傾向が見られれば、将来世代に対するパラメータ値を予測して、海外観光旅行者の長期にわたる予測を妥当な線で行なえるのではないかと思われる。

表5 コーホート型モデル
()内はt値

世代	q	q/ α	α	R ²
1980-1989 年生	2.20 (8.5)	3.50*10 ⁻² (3.3)	63	0.960
1970-1979 年生	0.656 (23.0)	3.57*10 ⁻³ (11.1)	184	0.994
1960-1969 年生	0.124 (19.9)	1.46*10 ⁻⁴ (8.5)	1082	0.988
1950-1959 年生	0.0743 (10.2)	5.32*10 ⁻⁵ (4.7)	1397	0.939
1940-1949 年生	0.0855 (10.0)	6.31*10 ⁻⁵ (5.3)	1347	0.902
1930-1939 年生	0.098 (9.8)	8.51*10 ⁻⁵ (3.0)	1152	0.875
1920-1929 年生	0.129 (11.4)	1.57*10 ⁻⁴ (5.6)	822	0.917

5. おわりに

本研究は、近年の爆発的な海外観光旅行者数の伸びを、「普及」と「流行」という側面からモデル化した新しい試みである。リピーター層の明示的な取り扱いなど今後の検討テーマは多くあるが、本研究により次のような成果が得られた。

- (1) 海外観光旅行の動機を一種の「模倣」として捉えることにより、近年の爆発的増加を表すことができた。
- (2) 提案したモデルの構造は極めて単純であり、パラメータ推定は非常に容易である。それでいて、ある程度「行動」を表したものであり、政策変数（本研究では、GNPと為替レート）を盛り込むことも可能である。

- (3) 提案したモデルは、非集計行動モデルではかえって表しにくかった行動者同志の相互依存性が強い現象を表すのに適している。
- (4) 提案したコーホート型モデルでは、長期の安定した予測が可能である。

参考文献

- 1) 例えば、(財)航空振興財団：空港整備長期計画の基礎的調査（我が国における国際航空需要分析），1987
- 2) Mahajan, V. & Peterson, R.A.: Models for Innovation Diffusion, Sage University Paper, 1985.
- 3) Bass, F.M.: A New Product Growth Model for Consumer Durables, Jour. of Manag. Sci., Vol.15, pp.31-38, 1969.
- 4) Mahajan, V. & Muller, E.: Innovation Diffusion and New Product Growth Models in Marketing, Jour. of Marketing, Vol.43, pp.55-68, 1979.