

第3章 国際航空旅客需要予測モデルの構築

3.1 国際航空旅客需要予測モデルの前提条件

3.1.1 基本的前提条件

(1) 基本的前提条件

需要予測モデルの検討および需要予測に当たっての基本的前提条件を次のとおりとした。

旅客を対象とする。

日本人は観光 / その他目的の2区分、外国人は全目的で出入国者の流動を捉える。

生成・発生量モデルにおいて、アジア / 非アジアの2区分でモデルを構築する。

際々トランジット(日本の空港における国際線相互のトランジット)についても検討する。

全国を50ゾーン(北海道を4分割した府県単位)、海外を20ゾーン(表3.1.1、図3.1.1参照)に分割した50×20ゾーン相互の流動を対象とする。

表3.1.1 海外ゾーンの区分

	地域ブロック名	定義
1	北米西海岸	アメリカ合衆国50州のうちアラスカ州、ワシントン州、オレゴン州、カリフォルニア州、カナダ12州のうちブリティッシュコロンビア州
2	北米東海岸	アメリカ合衆国50州のうち北米西海岸4州、ハワイ州を除く計45州、カナダ11州
3	ハワイ	ハワイ州
4	グアム・サイパン	グアム、サイパン
5	中南米	中南米
6	香港	香港
7	台湾	台湾
8	韓国	韓国
9	中国	中国
10	マレーシア	マレーシア、ブルネイ
11	インドネシア	インドネシア
12	シンガポール	シンガポール
13	タイ	ベトナム、ラオス、カンボジア、タイ、ミャンマー
14	フィリピン	フィリピン
15	西南アジア・中近東	インド、パキスタン、スリランカ、イラン、カタール、バーレーン、サウジアラビア等
16	ヨーロッパ	旧ソ連を除くヨーロッパ諸国
17	旧ソ連	極東ロシアを除く旧ソ連
18	極東ロシア	バイカル湖付近以東(イルクーツク、ハバロフスク、ウラジオストク、ユジノサハリンスク)
19	アフリカ	エジプト等アフリカ諸国
20	オセアニア	オーストラリア、ニュージーランド、バングラデシュ、パキスタン、スリランカ、イラン、カタール、バーレーン、サウジアラビア等

注) アジア: 香港、台湾、韓国、中国、マレーシア、インドネシア、シンガポール、タイ、フィリピン

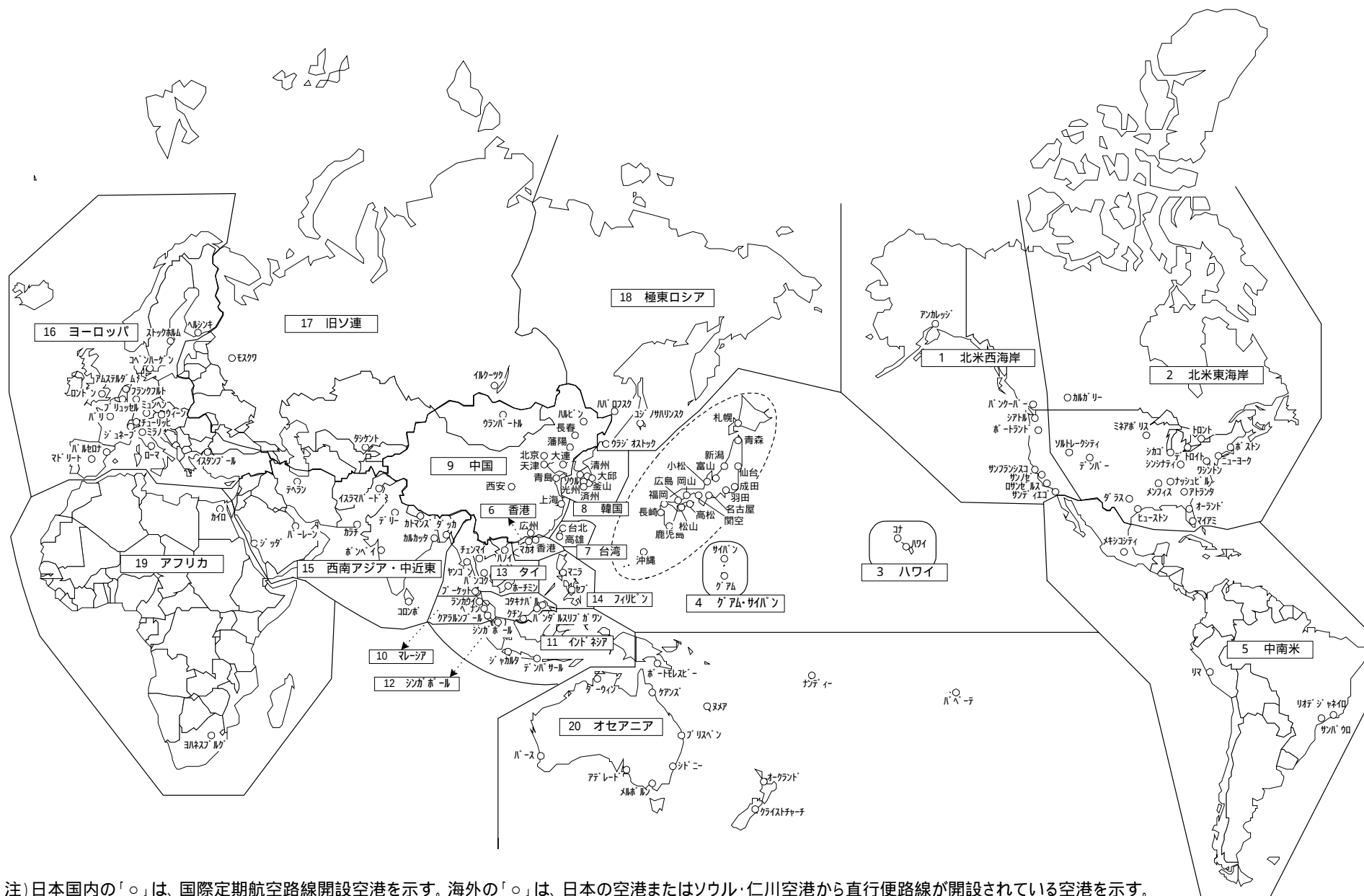


図3.1.1 海外ゾーンの区分

ボリューム予測モデルにおいては、定期便 / 不定期便の合計の流動量を対象とし、選択率予測モデルにおいては、定期便のみの選択の実態を対象とする。

海外との流動において、対象とする交通機関は航空のみとする。

ソウルトランジットも航空経路の1つとして考慮する。ただし、その他海外空港におけるトランジットは対象外とする。

(2) 予測指標

ゾーン間の純流動ベースで段階的に予測を実施する。

(3) モデルの区分

出入国日本人および外国人を対象とした4段階推計法に則したモデルとした。

トランジット旅客については、空港毎に方面別流動量を予測する単独のモデルとして構築し、その予測値は、上記4段階推計法による予測とは別の取り扱いとした。

3.1.2 交通サービス水準データ

ここでは、各交通機関毎の経路設定方法および交通サービス水準データの概要を示す。

なお、この経路上で算定される指標(所要時間や頻度等のモデルの説明変数候補)の定義は、個別のサブモデルを解説した章の「説明変数データ」の部分に示した。

(1) ゾーン中心と経路の起終点

日本国内の 50 ゾーンのゾーン中心は都道府県庁とした。ただし、北海道については 4 区分とし、道北は旭川市、道東は釧路市、道南は函館市の各市役所、道央は北海道庁とした。

一方、海外側のゾーン中心は設定しなかった。

経路の起終点は、日本のゾーン中心から海外ゾーンにおける各空港までとした。

(2) ゾーン間移動の経路の設定

設定した経路は、3.4 で定義した経路の中で 1 週間のうちに移動できる最小一般化費用¹の経路とした。

最小一般化費用経路の探索では、国際・国内航空およびゾーンと空港間で利用する JR 優等列車のダイヤ情報をデータ化した上で、乗り継ぐ交通機関の種類毎に設定した「最小乗り継ぎ時間」を超える場合のみを乗り継ぎ可能と判断し、また、その他の在来鉄道やバス等は、ダイヤ情報を持った交通機関の便に「最小乗り継ぎ時間」で接続するものとした。

1 つの海外ゾーンには、日本路線(仁川空港でのトランジットルートの場合は、ソウル路線)が開設された空港が複数存在する。したがって、所要時間等の指標の算定では、まず海外空港毎に最小一般化費用経路を設定した上で、経路毎に指標を平均あるいは合計等して、1 つの海外ゾーンに対応する指標として集約した(例えば、北米西海岸の場合、ロサンゼルス国際空港、サンフランシスコ国際空港等北米西海岸ゾーンの各空港毎に最小一般化費用経路を設定して指標を算定し、その後経路毎の各指標を平均した)。

(3) 交通サービス水準データの一覧

各交通機関毎の交通サービス水準データ一覧は、表 3.1.2 のとおりである。

¹: 一般化費用とは、所要費用と、所要時間を時間評価値で貨幣換算した所要時間費用とを足し合わせたものであり、次の式で表される。「一般化費用 = 費用 + 時間 × 時間評価値」

(4) 空港までのアクセス交通機関

空港までのアクセス交通機関は、最終交通機関で定義した。経路の設定方法は、ゾーン間移動の設定に準じた。

なお、空港アクセスでの「鉄道」では、優等列車相互または航空との乗り継ぎの際に、便相互の接続時間を考慮した。

表 3.1.2 交通サービス水準データの一覧

項 目		内 容
国内および国際航空	路線	・ 1999 / 2000 年 10 月の時刻表による
	所要時間、発着時刻	・ 1999 / 2000 年 10 月の時刻表による ・ 各路線毎に全便の発着時刻を登録
	運賃	・ 1999 / 2000 年 10 月の時刻表の通常期の運賃(各種割引未考慮) ・ ソウル発日本以外の場合はエアタリフによる
	乗り換え時間・待ち時間	・ 以下を最小乗り継ぎ時間とした。 国際航空 各交通機関(ソウルでのトランジット含む) 90 分 国内航空 各交通機関(国際航空除く) 搭乗時 40 分 降機時 15 分
鉄 道	路線	・ 1999 / 2000 年 10 月の時刻表による
	所要時間、発着時刻	・ 1999 / 2000 年 10 月の時刻表による ・ J R 優等列車の場合は、各路線毎に全列車の駅間発着時刻を登録 ・ その他の列車は運行形態に応じた最速列車で代表
	運賃・料金	・ 1999 / 2000 年 10 月の時刻表の通常期運賃・料金 ・ 割引きは、新幹線と J R 特急・急行の乗継時の割引のみ考慮
	乗り換え時間・待ち時間	・ 以下を最小乗り換え時間とした 鉄道→鉄道、バス 10 分 / 回 鉄道→その他(航空を除く) 15 分 / 回 ・ J R 優等列車相互の乗り換えの場合は便の接続時間を考慮して設定
バ ス	路線	・ 1999 / 2000 年 10 月の時刻表による
	所要時間	・ 1999 / 2000 年 10 月の時刻表による(発着時刻はデータ化しない)
	運賃	・ 1999 / 2000 年 10 月の時刻表による
	乗り換え時間・待ち時間	・ 以下を最小乗り換え時間とした バス→バス 10 分 / 回 バス→その他(航空を除く) 15 分 / 回
自 動 車	路線	・ 1999 / 2000 年時点
	所要時間	・ 以下の速度で設定 高速道路・外環: 80km/h 一般有料道路・都市高速: 40km/h 国道・県道・その他: 30km/h
	休憩時間	・ 走行距離 × (30 分 / 200km) で算定
	高速道路等料金	・ 高速道路 23 円 / km × 高速道路距離 + 150 円で算定。ただし距離による割引を考慮。 ・ その他有料道路 1999 年時点の料金 ・ 平均乗車人員 1.7 人 / 台
	走行経費	・ 22.26 円 / 台 km × 走行距離 ・ 平均乗車人員 1.7 人 / 台
	乗り換え時間・待ち時間	・ 自動車と航空の最小乗り換え時間は上記。

注) ゾーンと最寄の公共交通機関のターミナル間は日本国内では 10 分と設定。海外側では空港からゾーン中心までの移動は想定していない。

注) 生成モデル以外のサブモデルについては、需要データとして『平成 11 年度 国際航空旅客動態調査』を用いているため、モデル構築を行う際は交通サービス水準データも全て 1999 年で整備した。ただし、予測を行う際は 2000 年を基準年としてデータもそれに合わせ整備した。

3.2 生成モデル

ここでは、日本人および外国人出入国者を予測対象とした、4段階推計法の中の1つのサブモデルである生成モデルを予測対象とした生成モデルについて示す。

モデルの構造(原単位型)は、海外の経済動向を反映させるために、海外をアジア地域とその他地域の2区分に分割し、アジアと非アジアの2区分のモデルを構築した。

今回のモデル構築に当たっては、長期予測を目的とすることから、データセットが入手可能な範囲でかつ最も期間が長くなるような1978年～2000年のデータでモデル構築を行った。

3.2.1 モデルの要件と構造

(1) モデルの要件

アジア/非アジア別の日本人および外国人出入国者を対象とした生成モデルには、経済状況や人口動態、交通利便性の変化による生成量の変化を予測でき、国際・国内航空路線サービスや空港アクセス等の利便性向上が生成量に与える影響(需要の誘発)も評価できることが求められる。

(2) モデルの構造

1) モデルの区分と構造

出入国日本人の生成モデルは、旅行目的毎に、人口指標×生成原単位型のモデル構造とし、生成原単位は、社会経済指標やアクセシビリティ指標で説明されるとした。

出入国外国人の生成モデルは、全旅行目的1区分とし、原単位型とするために必要な海外の人口指標を用意することが困難なことから、外国人出入国者数を直接予測するモデル構造とした。

表3.2.1. 生成モデルに取り込んだ説明要因

モデルの種類			説明要因分類		
日本人/ 外国人	目的	方面	日本の経済フ レーム	海外の経済フ レーム	アクセシビリテ ィ指標
日本人	観光	アジア	○	○	-
		アジア以外	○	○	○
	その他	アジア	○	○	-
		アジア以外	○	○	-
外国人		アジア	○	○	-
		アジア以外	○	○	○

2) モデル式

出入国日本人

アジア / 非アジア別にモデル式を式3.2.1 ~ 3.2.2のとおりとした。なお、式3.2.1中の「2」は、出国ベースの予測値を2倍して出入国ベースの予測値に直していることを示すものである²。

説明変数として取り込むアクセシビリティ指標は、航空経路選択モデルから生成モデル用に計算された³ログサム変数を、旅行目的別OD量で重み付け平均したものである。

生成量 = 人口 × 生成原単位

$$= 2 \times \text{人口} \times [\exp(\text{定数項}) \times (\text{説明変数1})^\beta \times (\text{説明変数2})^\alpha \times \dots]$$

$$Qj_{lt} = 2 \cdot POP_t \cdot \left[\exp(\alpha j - s) \cdot \left\{ \left(\prod_k X_{kt}^{\beta j - s_k} \right) \cdot \exp(\text{Logsum}j - s_{lt}^{jj - s}) \right\} \right] \quad (3.2.1)$$

$$\text{Logsum}j - s_{lt} = \frac{\sum_i \sum_j Qj_{ijlt} \cdot \text{Logsum}j - d_{ijlt}}{\sum_i \sum_j Qj_{ijlt}} \quad (3.2.2)$$

Qj_{lt}	: t 年における旅行目的 l の日本人出入国者数 (人/年)
Qj_{ijlt}	: t 年における国内居住地ゾーン i 、海外ゾーン j 、旅行目的 l の日本人出入国者数 (人/年)
POP_t	: t 年の全国の夜間人口 (人)
X_{kt}	: t 年の社会経済指標 k
$\text{Logsum}j - s_{lt}$	: t 年における旅行目的毎の日本人出入国者全体の平均アクセシビリティ指標。国内居住地ゾーン i と海外ゾーン j 間の旅行目的 l 毎のアクセシビリティ指標 $\text{Logsum}j - d_{ijlt}$ を OD 量 Qj_{ijlt} で重みづけ平均したもの
$\text{Logsum}j - d_{ijlt}$	: t 年における国内居住地ゾーン i と海外ゾーン j 間の旅行目的 l 毎のアクセシビリティ指標。生成モデルのアクセシビリティ指標算定のために、航空経路選択モデルから計算されるログサム変数 (式3.3.3参照)
$\alpha j - s, \beta j - s_k, jj - s$	: パラメータ

2 ベースデータとする出入国管理統計 (法務省) では、日本人は出国ベース、外国人は入国ベースのデータで把握されている。

3 生成モデルの1つの説明変数となるアクセシビリティ指標は、航空経路選択モデルから算定されるログサム変数であるが、多年次のデータ整備は困難なことから、1975年から5年間隔でデータを整備し、中間年は線形補完値とした。また、過年度のダイヤデータでは発着時刻が把握できないことから、最小乗り継ぎ時間を超える待ち時間を考慮していない。さらに、過年度の航空旅客動態調査ではソウルトランジットの実態が把握できないことから、ソウルトランジット経路のログサム変数は含まれていない。これらの点で、3.3発生モデルで使われているアクセシビリティ指標とは異なる。

出入国外国人

アジア / 非アジア別にモデル式を式3.2.3 ~ 3.2.4のとおりとした。なお、式3.2.3中の「2」は、入国ベースの予測値を2倍して出入国ベースに直していることを示すものである²。

説明変数として取り込むアクセシビリティ指標は、航空経路選択モデルから生成モデル用に³計算されたログサム変数を、OD量で重み付け平均したものをを用いた。

【外国人】

生成量 = $[\exp(\text{定数項}) \times (\text{説明変数1})^\beta \times (\text{説明変数2})^\alpha \times \dots]$

$$Qf_t = 2 \cdot \exp(\alpha f - s) \cdot \left\{ \left(\prod_k X_{kt}^{\beta f - s_k} \right) \cdot \exp(\text{Logsumf} - s_t^{\mathcal{H} - s}) \right\} \quad (3.2.3)$$

$$\text{Logsumf} - s_t = \frac{\sum_i \sum_j Qf_{ijt} \cdot \text{Logsumf} - d_{ijt}}{\sum_i \sum_j Qf_{ijt}} \quad (3.2.4)$$

Qf_t	: t 年の外国人出入国者数 (人/年)
Qf_{ijt}	: t 年における国内訪問地ゾーン i 、海外ゾーン j の外国人出入国者数 (人/年)
X_{kt}	: t 年の社会経済指標 k
$\text{Logsumf} - s_t$	: t 年における外国人出入国者全体の平均アクセシビリティ指標。国内訪問地ゾーン i と海外ゾーン j 間のアクセシビリティ指標 $\text{Logsumf} - d_{ijt}$ をOD量 Qf_{ijt} で重みづけ平均したもの
$\text{Logsumf} - d_{ijt}$	: t 年における国内訪問地ゾーン i と海外ゾーン j 間のアクセシビリティ指標。生成モデルのアクセシビリティ指標算定のために、航空経路選択モデルから計算されるログサム変数 (式3.3.6参照)
$\alpha f - s, \beta f - s_k, \mathcal{H} - s$	: パラメータ

3) 予測時のモデルの使用方法

生成モデルで予測した日本人旅行目的別および外国人の出入国者数を、発生量のコントロールトータルとする。

3.2.2 モデル構築のためのデータ整備

(1) 説明変数データ

説明変数として用意したデータ、その取り扱いを以下のとおりとした。

人口指標

出入国日本人モデルの生成原単位を、夜間人口1人当たりの出入国者数とした。

1人当たりGDP

夜間人口1人当たりGDP(万円/人、2000年価格)を用意し、モデルに取り込むこととした。

なお、出入国外国人モデルの場合は、この1人当たりGDPを集中要因として考えた。

パラメータの符号条件は、「+」とした。

海外GDP

海外GDP(USドル、2000年価格)を用意し、モデルに取り込むこととした。

パラメータの符号条件は、「+」とした。

為替レート

出入国日本人および出入国外国人モデルの構築用に、為替レート(円/USドル、名目価格)を用意し、モデルに取り込むこととした。

出入国日本人モデルの場合は、為替レートが小さくなるほど(円高になるほど)出入国者数が増加すると考え、パラメータの符号条件は「-」とし、出入国外国人モデルの場合は、逆に減少すると考え、パラメータの符号条件は「+」とした。

アクセシビリティ指標

出入国日本人および出入国外国人の生成モデルの構築用に、航空経路選択モデルから計算されるログサム変数を旅行目的別のOD量で重み付け平均して作成したアクセシビリティ指標を、対象期間の全年次で用意し、これをモデルに取り込むこととした。

パラメータの符号条件は、「+」とした。

対象期間の各年次でアクセシビリティ指標の算定が必要となるが、国内・国際航空および鉄道の交通ネットワークデータを、対象期間の各年次で全て用意することが困難なため、以下のように処理した。

- ・ 1975、1980、1985、1990、1995、1999、2000 年の8時点でアクセシビリティ指標を算定

し、その他の年次については線形補間した

- ・発着時刻を含む交通ネットワークデータは、7時点のみでも整備が困難なことから、国際・国内航空およびJR優等列車相互の乗り継ぎにおいて便の接続を無視した単純な最小一般化費用をベースとして、アクセシビリティ指標を算定した

(2) 需要データ

出入国日本人および外国人のモデル構築では、1978～2000 年までのED統計(国土交通省)を用いた。なお、同データでは、日本人は出国ベース、外国人は入国ベースで需要が把握されているため、パラメータの推定は、出国ベース、入国ベースで各々実施した。予測時には、モデル式に2を乗じることで、出入国ベースの予測値とした。

3.2.3 モデル構築結果

(1) 出入国日本人

出入国日本人モデルのパラメータ推定結果は、表3.2.2、再現結果は図3.2.1～図3.2.4のとおりである。

両旅行目的とも、概ね 0.97 以上と相関係数は極めて高く、符号条件、t 値とも妥当である。また、再現性も良好である。

ともに1人当たりGDPが他の変数と比べてt 値が高く、次いで相手国GDPのt 値が高くなっており、自国 - 相手国の経済により需要が増加していることが分かる。

また、日本人観光(非アジア)においては、国際線の新規路線開設や増便等といった交通利便性の向上が、国際航空需要の増加に寄与していることが分かる。

表3.2.2 生成モデルのパラメータ推定結果(出入国日本人)

[日本人]

	日本人観光(アジア)		日本人観光(非アジア)		日本人その他(アジア)		日本人その他(非アジア)	
	係数	t 値	係数	t 値	係数	t 値	係数	t 値
1人あたりドル建てGDP(\$/人)	0.85525	16.284	0.49214	4.025	-	-	-	-
1人あたりGDP(円/人)	-	-	-	-	3.29070	10.407	1.86480	8.322
為替レート(円/\$)	-	-	-	-	-0.20910	-1.189	-0.10753	-1.533
アジアGDP(10億\$)	0.43169	2.091	-	-	0.63139	2.405	-	-
北米GDP(10億\$)	-	-	1.26521	5.409	-	-	0.49325	3.051
アクセシビリティ指標	-	-	0.14391	2.471	-	-	-	-
定数項	-15.46498	-12.765	-19.30954	-10.142	-58.46538	-10.315	-36.89157	-13.960
重相関係数	0.97816		0.98928		0.98604		0.99494	
2000補正係数	1.10448		0.91878		1.07873		0.99167	

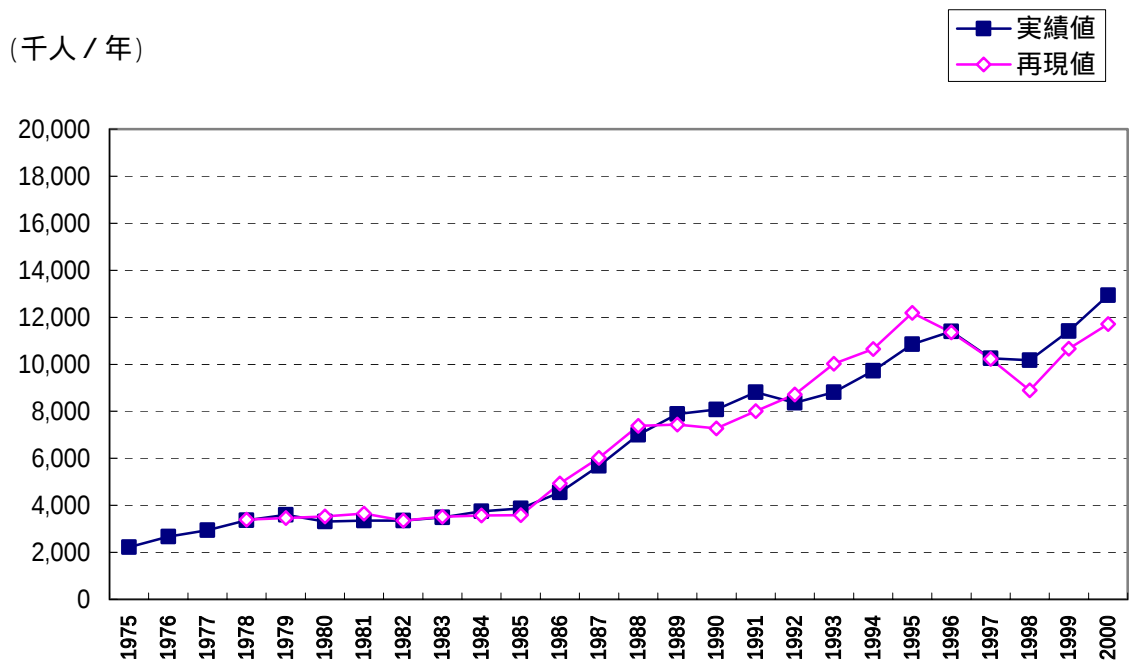


図3.2.1 生成モデルの再現性(出入国日本人・観光目的・アジア)
(資料)実績値は、出入国管理統計年報(法務省)より

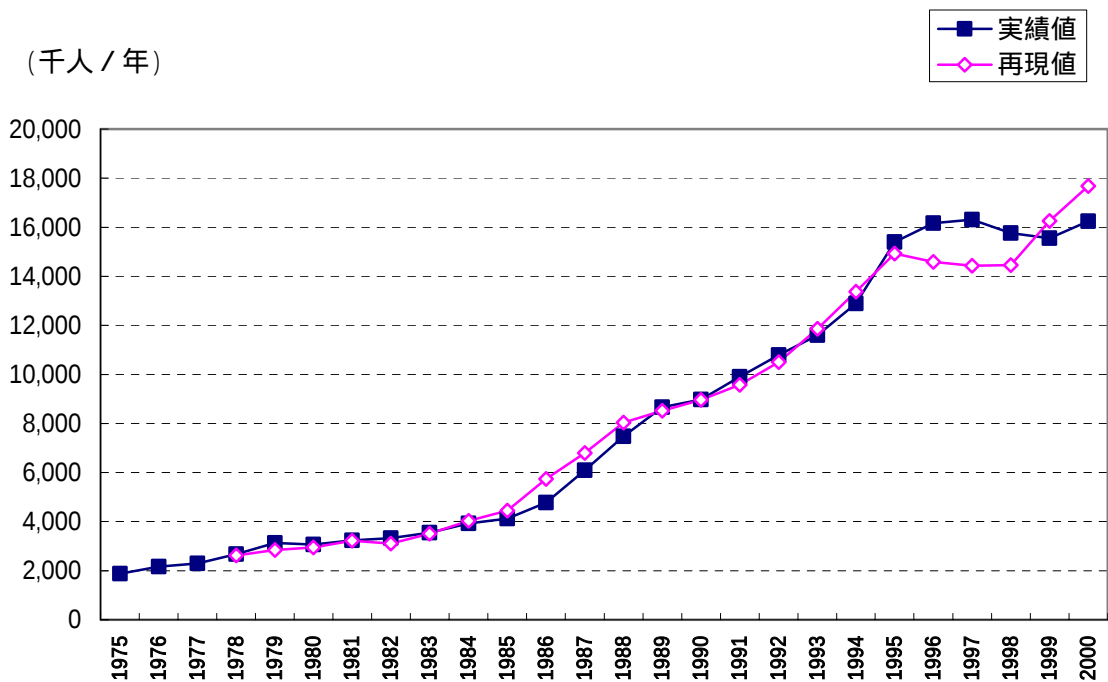


図3.2.2 生成モデルの再現性(出入国日本人・観光目的・非アジア)
(資料)実績値は、出入国管理統計年報(法務省)より

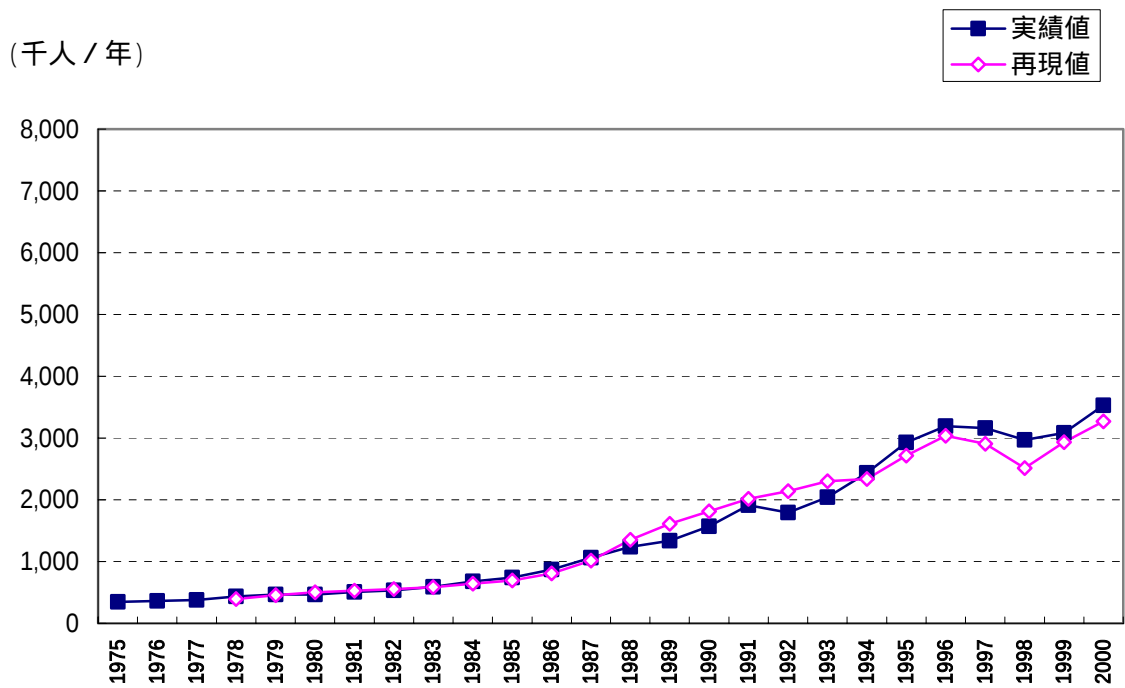


図3.2.3 生成モデルの再現性(出入国日本人・その他目的・アジア)
(資料)実績値は、出入国管理統計(法務省)より

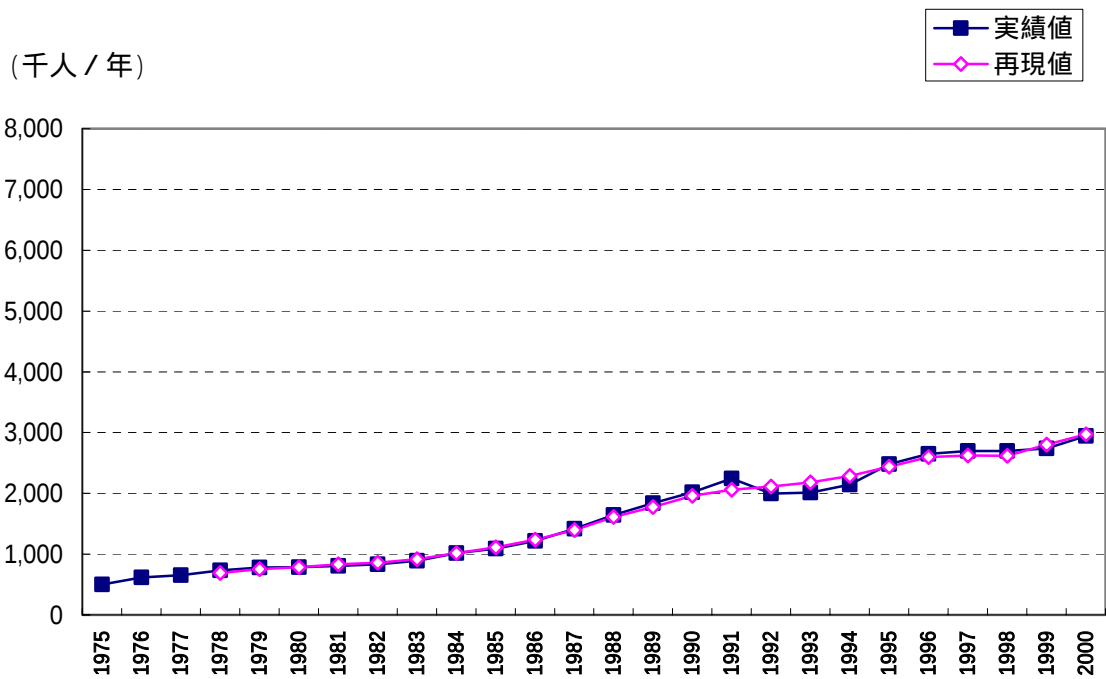


図3.2.4 生成モデルの再現性(出入国日本人・その他目的・非アジア)
(資料)実績値は、出入国管理統計(法務省)より

(2) 出入国外国人

出入国外国人モデルのパラメータ推定結果は表3.2.3、再現結果は図3.2.5～図3.2.6のとおりである。

相関係数は0.99と高く、符号条件、t値とも妥当である。また、再現性も良好である。

出入国外国人モデルにも、日本のGDPや為替レートとともにアクセシビリティ指標が取り込まれており、交通サービス水準の向上による需要の誘発を表せるモデルとなっている。

また、アジア地域ではアジアのGDPが、その他ではアメリカのGDPの変数が取り込まれ、地域別の経済発展による、交流増加の違いを評価できる。

表3.2.3 生成モデルのパラメータ推定結果(出入国外国人)

〔 外国人 〕

	外国人(アジア)		外国人(非アジア)	
	係数	t値	係数	t値
日本ドル建てGDP(10億\$)	-	-	-	-
日本GDP(10億円)	2.51809	18.332	0.25518	0.417
為替レート(円/\$)	-	-	0.62547	7.052
アジアGDP(10億\$)	0.14870	0.661	-	-
北米GDP(10億\$)	-	-	1.72320	5.179
アクセシビリティ指標	-	-	0.35618	2.863
定数項	-19.30415	-14.786	-6.99802	-1.187
重相関係数	0.99095		0.99333	
2000補正係数	1.03981		1.03099	

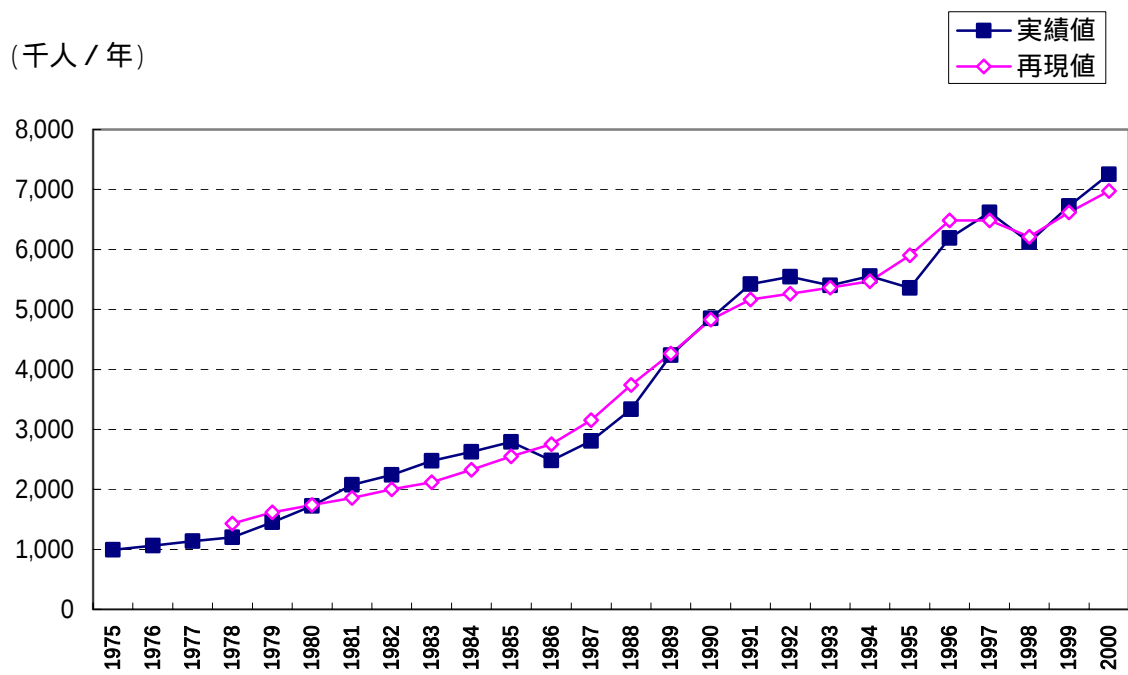


図3.2.5 生成モデルの再現性(出入国外国人・アジア)
(資料)実績値は、出入国管理統計(法務省)より

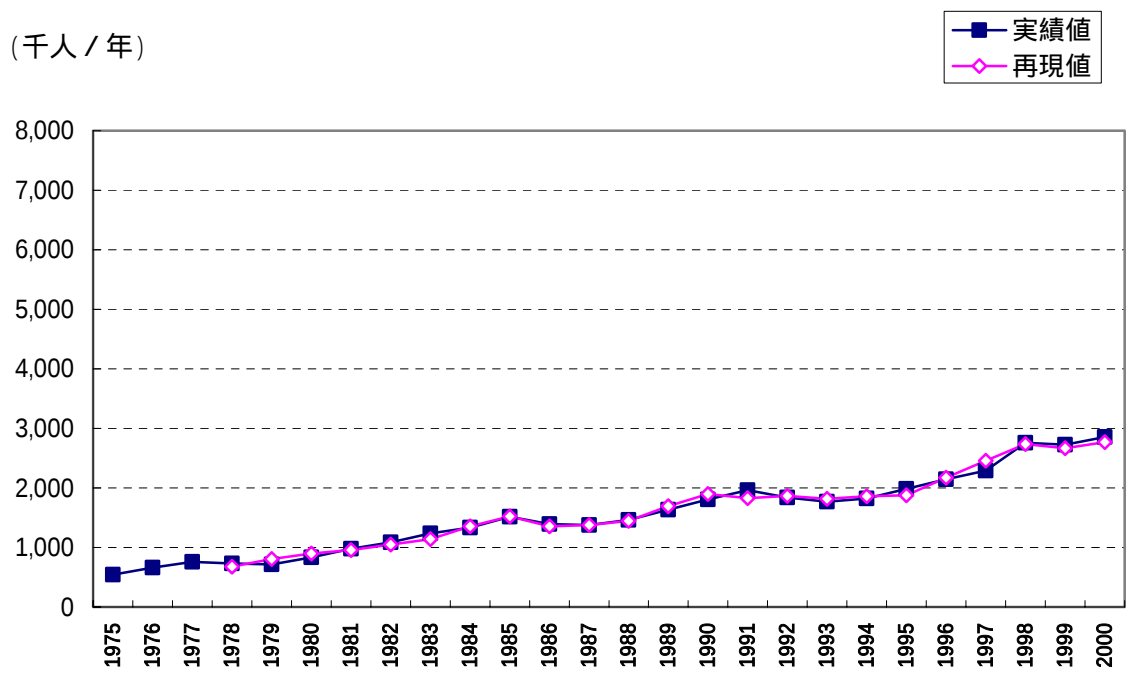


図3.2.6 生成モデルの再現性(出入国外国人・非アジア)
(資料)実績値は、出入国管理統計(法務省)より

3.3 発生モデル

3.3.1 モデルの要件と構造

(1) モデルの要件

経済状況、人口動態、交通利便性の国内の地域間格差やその変化による、発生量の国内の地域間格差、変化を予測でき、国際・国内航空路線サービスや空港アクセス等の利便性向上が発生量に与える影響(需要の誘発)を評価できることが求められる。

(2) モデルの構造

1) モデルの区分と構造

出入国日本人の発生モデルは、旅行目的毎の2区分毎にアジア / 非アジア別に人口指標 × 発生原単位型のモデル構造とし、発生原単位は社会経済指標やアクセシビリティ指標で説明されることとした。

出入国外国人の発生モデルは、全旅行目的1区分とし、原単位型とするために必要な海外の人口指標等を用意すること等が困難なため、アジア / 非アジア別に外国人出入国者数を直接予測するモデル構造とした。

2) モデル式

出入国日本人

アジア / 非アジア別もモデル式を式3.3.1 ~ 3.3.3のとおりとした。なお、式3.3.1中の「2」は、出国ベースの予測値を2倍して出入国ベースの予測値に直していることを示すものである⁴。

説明変数として取り込むアクセシビリティ指標は、航空経路選択モデルから計算されたログサム変数を、旅行目的別OD量で重み付け平均したものである。

発生量 = 人口 × 発生原単位

$$= 2 \times \text{人口} \times [\exp(\text{定数項}) \times (\text{説明変数1})^\beta \times (\text{説明変数2})^\alpha \times \dots]$$

$$Qj_i = 2 \cdot POP_i \cdot \left[\exp(\alpha j - g) \cdot \left\{ \left(\prod_k X_{ik}^{\beta j - g_k} \right) \cdot Logsumj - g_i^{\gamma j - g} \right\} \right] \quad (3.3.1)$$

4 ベースデータとする国際航空旅客動態調査(運輸省)では、日本人、外国人ともに出国ベースのデータとなっている。

$$Logsumj_g_i = \frac{\sum_j Qj_{ij} \cdot Logsumj_d_{ij}}{\sum_j Qj_{ij}} \quad (3.3.2)$$

$$Logsumj_d_{ij} = \ln \left\{ \sum_{r \in c_r_{ij}} \exp(V_r_{ijr}) \right\} \quad (3.3.3)$$

Qj_i	: 国内居住地ゾーン <i>i</i> の日本人出入国者数(人/年)
Qj_{ij}	: 国内居住地ゾーン <i>i</i> 、海外ゾーン <i>j</i> の日本人出入国者数 (人/年)
POP_i	: 国内居住地ゾーン <i>i</i> の夜間人口(人)
X_{ik}	: 国内居住地ゾーン <i>i</i> の社会経済指標 <i>k</i>
$Logsumj_g_i$	: 国内居住地ゾーン <i>i</i> のアクセシビリティ指標。国内居住地ゾーン <i>i</i> と海外ゾーン <i>j</i> 間のアクセシビリティ指標 $Logsumj_d_{ij}$ をOD量 Qj_{ij} で重みづけ平均したもの
$Logsumj_d_{ij}$	: 国内居住地ゾーン <i>i</i> と海外ゾーン <i>j</i> 間のアクセシビリティ指標。航空経路選択モデルから計算されるログサム変数
V_r_{ijr}	: 国内居住地ゾーン <i>i</i> と海外ゾーン <i>j</i> 間で航空経路 <i>r</i> を利用したときの効用
c_r_{ij}	: 国内居住地ゾーン <i>i</i> と海外ゾーン <i>j</i> 間で利用可能な航空経路の集合
$\alpha j_g, \beta j_g_k, \eta j_g$	: パラメータ

出入国外国人

アジア / 非アジア別のモデル式は、式3.3.4 ~ 3.3.6のとおりとした。なお、式3.3.4中の「2」は、出国ベースの予測値を2倍して出入国ベースの予測値に直していることを示すものである⁴。

説明変数として取り込むアクセシビリティ指標は、航空経路選択モデルから計算されたログサム変数を、OD量で重み付け平均したものである。

発生量 = $2 \times \exp(\text{定数項}) \times [(\text{説明変数}1)^\beta \times (\text{説明変数}2)^\alpha \times \dots]$

$$Qf_i = 2 \cdot \exp(\alpha f_g) \cdot \left\{ \left(\prod_k X_{ik}^{\beta f_g_k} \right) \cdot (Logsumf_g_i)^{\gamma f_g} \right\} \quad (3.3.4)$$

$$Logsumf_g_i = \frac{\sum_j Qf_{ij} \cdot Logsumf_d_{ij}}{\sum_j Qf_{ij}} \quad (3.3.5)$$

$$Logsumf_d_{ij} = \ln \left\{ \exp \left(\sum_{r \in c_r_{ij}} V_r_{ijr} \right) \right\} \quad (3.3.6)$$

Qf_i	: 国内訪問地ゾーン <i>i</i> の外国人出入国者数(人/年)
Qf_{ij}	: 国内訪問地ゾーン <i>i</i> 、海外ゾーン <i>j</i> の外国人出入国者数 (人/年)
X_{ik}	: 国内訪問地ゾーン <i>i</i> の社会経済指標 <i>k</i>
$Logsumf_g_i$	: 国内訪問地ゾーン <i>i</i> のアクセシビリティ指標。国内訪問地 ゾーン <i>i</i> と海外ゾーン <i>j</i> 間のアクセシビリティ指標 $Logsumf_d_{ij}$ をOD量 Qf_{ij} で重みづけ平均したもの
$Logsumj_d_{ij}$	: 国内訪問地ゾーン <i>i</i> と海外ゾーン <i>j</i> 間のアクセシビリティ 指標。航空経路選択モデルから計算されるログサム変数
V_r_{ijr}	: 国内訪問地ゾーン <i>i</i> と海外ゾーン <i>j</i> 間で航空経路 <i>r</i> を利用 したときの効用
c_r_{ij}	: 国内訪問地ゾーン <i>i</i> と海外ゾーン <i>j</i> 間で利用可能な航空 経路の集合
$\alpha f_g, \beta f_g_k, \gamma f_g$	: パラメータ

3) 予測時のモデルの使用方法

発生モデルで予測した日本人旅行目的別および外国人の発生量1次予測値を、先に予測した同区分の生成量をコントロールトータルとして修正し、発生量予測値として確定する。

3.3.2 モデル構築のためのデータ整備

(1) 説明変数データ

説明変数として用意したデータ、その取り扱いを以下のとおりとした。

人口指標

出入国日本人モデルの発生原単位を、夜間人口1人当たりの出入国者数とした。

1人当たり県内総生産、第3次従業者数

出入国日本人モデルは原単位型のため、夜間人口1人当たり県内総生産(万円/人、2000年価格)を用意し、これをモデルに取り込むこととした。

一方、出入国外国人モデルは、外国人の日本への集中要因としてゾーン毎の第3次従業者数(1000人単位)を用意し、モデルに取り込むこととした。

両変数とも、パラメータの符号条件は、「+」とした。

アクセシビリティ指標

航空経路選択モデルから計算されるログサム変数を旅行目的別のOD量で重み付け平均したアクセシビリティ指標を用意し、これをモデルに取り込むこととした。

パラメータの符号条件は、「+」とした。

(2) 需要データとサンプルの抽出

1999年時点の国際航空旅客動態調査(旧運輸省)の年間拡大値を用い、全データを対象にパラメータを推定した。

なお、同データは日本人、外国人ともに出国ベースとなっているため、パラメータの推定は各々出国ベースで実施し、予測時には、モデル式に2を乗じることで出入国ベースの予測値とした。

3.3.3 モデル構築結果

(1) 出入国日本人

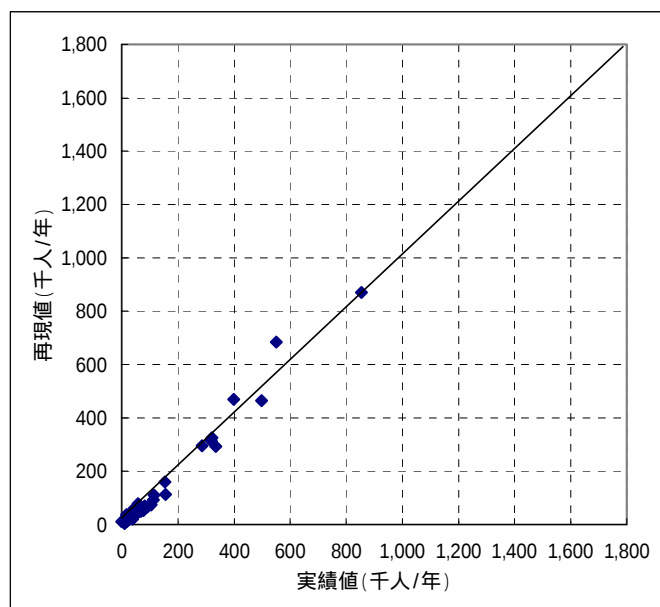
出入国日本人モデルのパラメータ推定結果は、表3.3.1、再現結果は図3.3.1～図3.3.4とおりである。

ともに、相関係数、符号条件、t値は良好である。再現性も概ね良好である。

観光・その他目的とも、1人当たりGDPに加えて、国際線の新規路線開設や増便等といった交通利便性を表わすアクセシビリティ指標が説明変数となっており、交通サービス水準の向上による需要の誘発を予測できるモデルとなっている。

表3.3.1 発生モデルのパラメータ推定結果(出入国日本人)

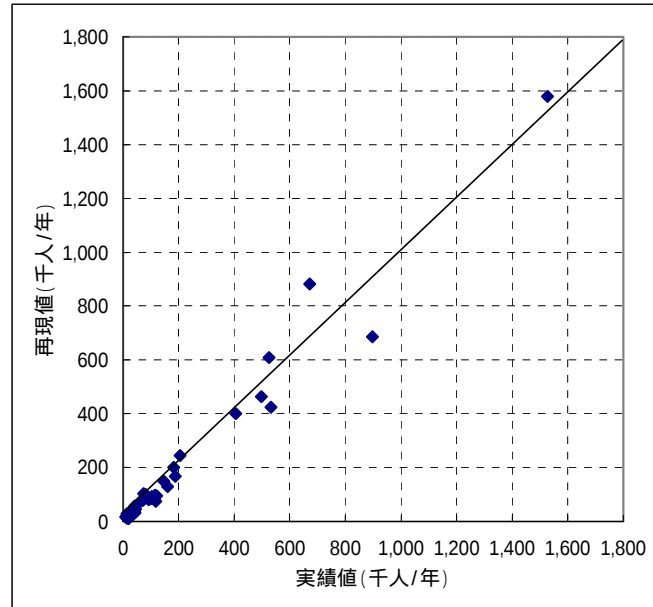
	日本人・観光目的				日本人・その他目的			
	アジア		非アジア		アジア		非アジア	
	パラメータ	(t値)	パラメータ	(t値)	パラメータ	(t値)	パラメータ	(t値)
1人あたり県内総生産	9.666E-01	(1.911)	1.061E+00	(3.376)	1.901E+00	(2.660)	8.520E-01	(0.837)
アクセシビリティ指標	2.944E-01	(6.939)	2.634E-01	(10.524)	5.084E-01	(6.736)	5.336E-01	(5.723)
定数項	-9.273E+00	(-3.105)	-9.064E+00	(-4.867)	-1.677E+01	(-3.972)	-8.772E+00	(-1.450)
サンプル数	50		50		50		50	
重相関係数	0.990		0.984		0.888		0.973	



注) 出入国ではなく出国ベースで示している

図3.3.1 発生モデルの再現性(出入国日本人・観光目的・アジア)

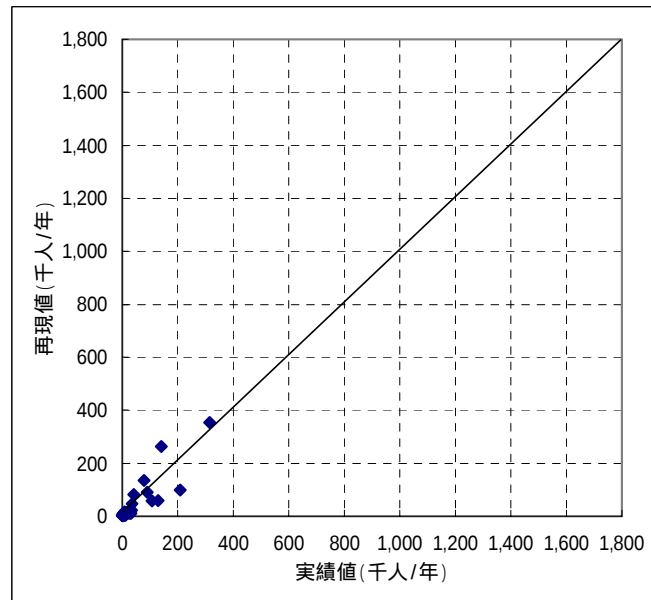
(資料) 横軸の実績値は、国際航空旅客動態調査(平成11年、旧運輸省)より



注) 出入国ではなく出国ベースで示している

図3.3.2 発生モデルの再現性(出入国日本人・観光目的・非アジア)

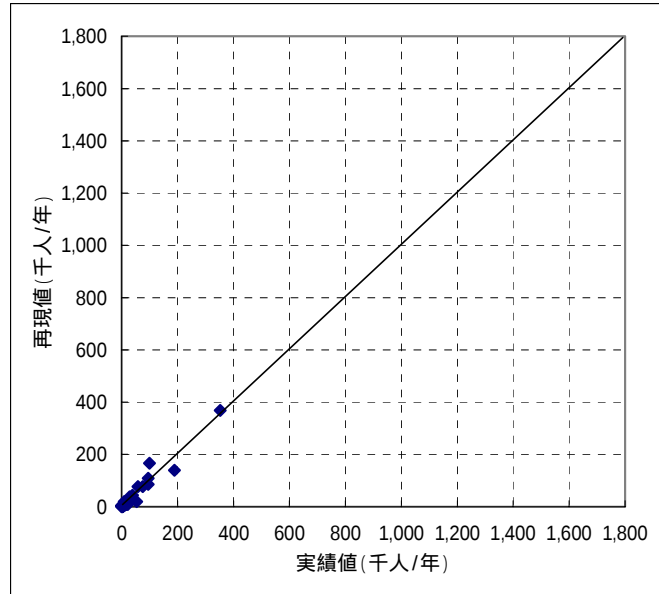
(資料) 横軸の実績値は、国際航空旅客動態調査(平成11年、旧運輸省)より



注) 出入国ではなく出国ベースで示している

図3.3.3 発生モデルの再現性(出入国日本人・その他目的・アジア)

(資料) 横軸の実績値は、国際航空旅客動態調査(平成11年、旧運輸省)より



注)出入国ではなく出国ベースで示している

図3.3.4 発生モデルの再現性(出入国日本人・その他目的・非アジア)

(資料)横軸の実績値は、国際航空旅客動態調査(平成11年、旧運輸省)より

(2) 出入国外国人

出入国外国人モデルのパラメータ推定結果は表3.3.2、再現結果は図3.3.5～図3.3.6とおりである。

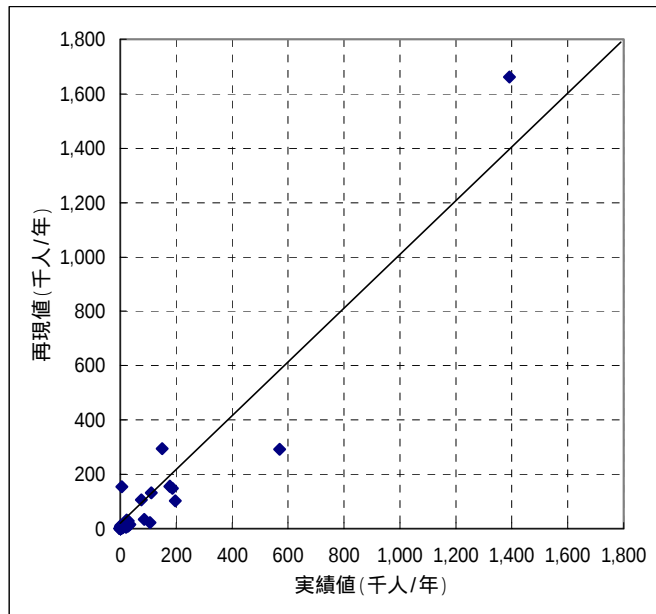
相関係数、符号条件、t値とも良好である。

再現結果は、一部のゾーンで実績との乖離が見られるが、これは、航空旅客動態調査で、外国人の国内訪問地が都道府県別ではなく主要訪問地で代表させたデータとなっていることが原因と考えられる。

表3.3.2 発生モデルのパラメータ推定結果(出入国外国人)

	外国人			
	アジア		非アジア	
	パラメータ	(t値)	パラメータ	(t値)
第3次従業者数	1.789E+00	(5.443)	1.356E+00	(5.217)
アクセシビリティ指標	1.922E-01	(1.011)	7.774E-02	(0.838)
定数項	-2.405E+00	(-1.158)	1.129E-01	(0.060)
サンプル数	36		40	
重相関係数	0.964		0.968	

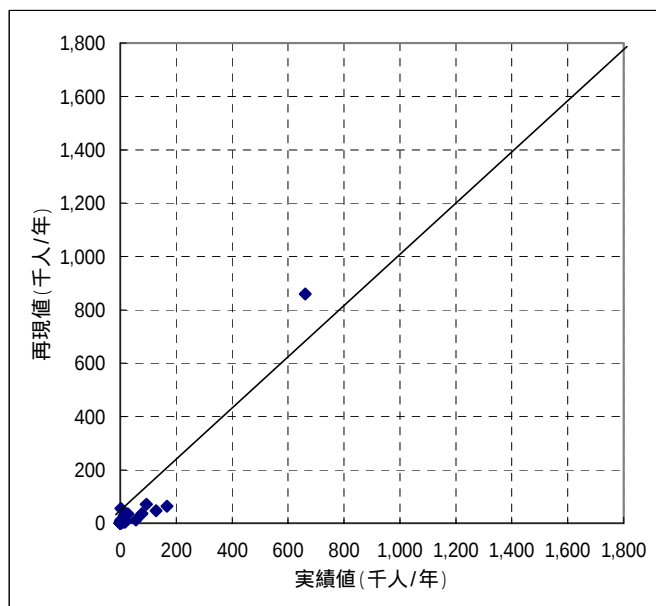
注) サンプル数は、外国人の発生量がゼロの府県を除いているため50よりも少ない。



注) 出入国ではなく出国ベースで示している

図3.3.5 発生モデルの再現性(出入国外国人・アジア)

(資料) 横軸の実績値は、国際航空旅客動態調査(平成11年、旧運輸省)より



注) 出入国ではなく出国ベースで示している

図3.3.6 発生モデルの再現性(出入国外国人・非アジア)

(資料) 横軸の実績値は、国際航空旅客動態調査(平成11年、旧運輸省)より

3.4 航空経路選択モデル

3.4.1 モデルの要件と構造

(1) モデルの要件

航空経路毎の交通サービス水準の違いやその変化による、航空経路別需要の違い、変化を予測でき、国際・国内航空路線サービス水準や空港アクセス等の利便性向上が、航空経路間の競合状況に与える影響を評価できることが求められる。

(2) モデルの構造

1) モデルの構造

図3.4.1に示すように、7経路間の選択構造を仮定し、基本的に、下層に空港アクセス交通機関選択モデルを連結させた、ネスティッド型の非集計ロジットモデルとした。

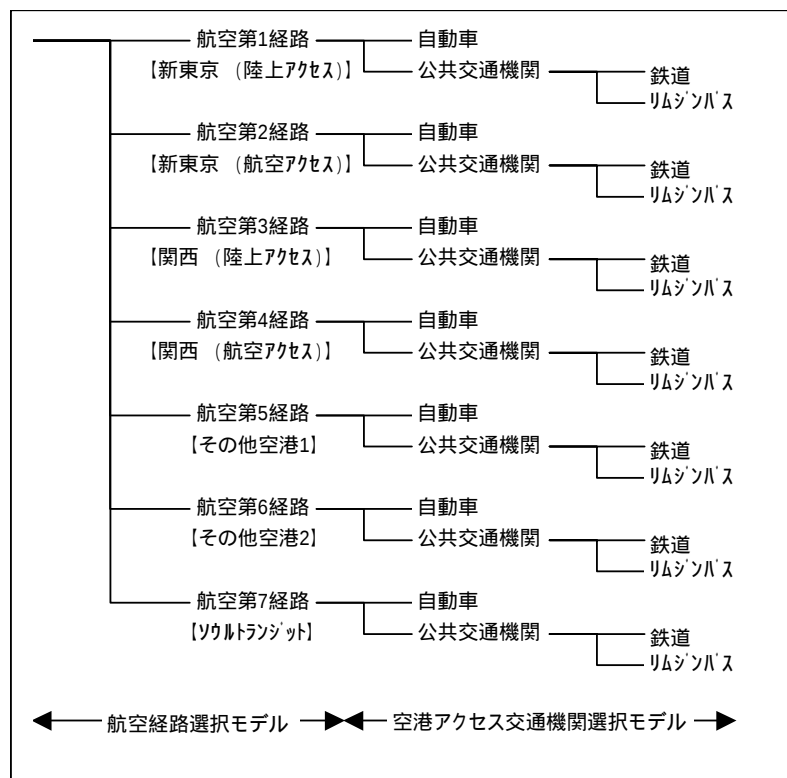


図3.4.1 航空経路選択モデルの選択構造

図3.4.1における経路の定義、航空経路選択と空港アクセス交通機関選択モデルの階層構造について、以下のとおり取り扱った。

経路の定義

平成11年国際航空旅客動態調査(旧運輸省)によると、日本から海外へ出国する際の出国空港の実態は、次のとおりである。

- ・新東京国際空港は、東日本を中心に全国からの利用が見られ、日本人出国者数の出国空港としてのシェアが最も高く52%を占める。
- ・関西国際空港は、西日本からの利用を中心とし、日本人出国者数の出国空港として新東京国際空港に次ぐ26%の利用があり、新東京+関西国際空港で全出国者数の78%を占める。
- ・その他の空港の内、地域拠点空港は所在県及び周辺県からの利用を中心としたものであり、残りの空港は所在県からの利用を中心としたものである。

上記の実態と、新東京国際空港や関西国際空港における際内航空乗り継ぎのサービス評価、ソウルトランジットとの競合評価が行えるように、図3.4.1、表3.4.1の7経路を設定した。

表3.4.1 経路の定義

経路 No・経路名	定 義
1 新東京 (陸上アクセス)	新東京国際空港まで陸上交通機関を利用し、新東京国際空港から出国する経路。
2 新東京 (航空アクセス)	新東京国際空港まで国内航空を利用(東京国際空港経由を含む)し、新東京国際空港から出国する経路。
3 関西 (陸上アクセス)	関西国際空港まで陸上交通機関を利用し、関西国際空港から出国する経路。
4 関西 (航空アクセス)	関西国際空港まで国内航空を利用(大阪国際空港経由を含む)し、関西国際空港から出国する経路。
5 その他空港 1	新東京・関西国際空港以外の空港から出国する経路(国内の出国空港までは国内航空利用有無は問わない最小一般化費用ルート)2経路を想定。
6 その他空港 2	
7 ソウルトランジット	ソウル・仁川空港でトランジットして海外目的地に向かう経路(国内の出国空港までは陸上交通機関を利用)。 ただし、以下のとおりゾーン毎に利用空港を限定した。 県内の空港にソウル便が就航している場合はその空港を利用。 そうでない場合は、陸上アクセス機関で早く到達できる以下の空港を利用 (千歳、仙台、成田、名古屋(中部)、関西、福岡)

注) 経路1～6は、ソウルトランジットを除く

表3.4.2 ソウルトランジット時のゾーン別出国空港

	ソウルトランジット利用空港	ソウル便就航空港所在地
道北	千歳	
道東	千歳	
道央	千歳	○
道南	千歳	
青森	青森	○
岩手	仙台	
宮城	仙台	○
秋田	仙台	
山形	仙台	
福島	福島	○
茨城	成田	
栃木	成田	
群馬	成田	
埼玉	成田	
千葉	成田	○
東京	成田	
神奈川	成田	
新潟	新潟	○
富山	富山	○
石川	小松	○
福井	関西	
山梨	成田	
長野	成田	
岐阜	中部	
静岡	中部	
愛知	中部	○
三重	中部	
滋賀	関西	
京都	関西	
大阪	関西	○
兵庫	関西	
奈良	関西	
和歌山	関西	
鳥取	関西	
島根	関西	
岡山	岡山	○
広島	広島	○
山口	福岡	
徳島	高松	
高松	高松	○
松山	松山	○
高知	高松	
福岡	福岡	○
佐賀	福岡	
長崎	福岡	
熊本	福岡	
大分	大分	○
宮崎	鹿児島	
鹿児島	鹿児島	○
沖縄	那覇	○

経路の区分と航空経路選択・空港アクセス交通機関選択モデルの階層構造

本モデルでは、1つの経路において、「アクセス」、「ラインホール」を、表3.4.3のとおり区分した。

表3.4.3 アクセスとラインホール区分

		定 義
アクセス		出発地から同一府県 ^{注)} 所在の最寄り幹線ターミナル(空港/駅)までの区間。国内航空はアクセスとして取扱わない
ラインホール	国内	最寄り幹線ターミナルから出国空港までの区間。国内航空や新幹線等は国内ラインホールとして扱う
	国際	出国空港から海外ゾーン(空港)までの国際線による区間

注)ただし、3大都市圏内は同一府県とみなす

このように区分した「アクセス」において、最寄り幹線ターミナルが空港の場合に、空港アクセス利便性を評価できるよう、空港アクセス交通機関選択モデルによるアクセシビリティ指標を航空経路選択モデルの説明変数に加えることとした。

したがって、アクセシビリティ指標で評価するアクセス部分は、当該空港が出国空港か国内線利用時の空港かには関係なく、また、最寄り幹線ターミナルが鉄道駅の場合には、その駅までのアクセス利便性は評価しないことになる。

図3.4.2には、アクセス・ラインホールの区分と、経路選択モデルの説明変数としてアクセシビリティ指標を導入するか否かに関する例を示した。

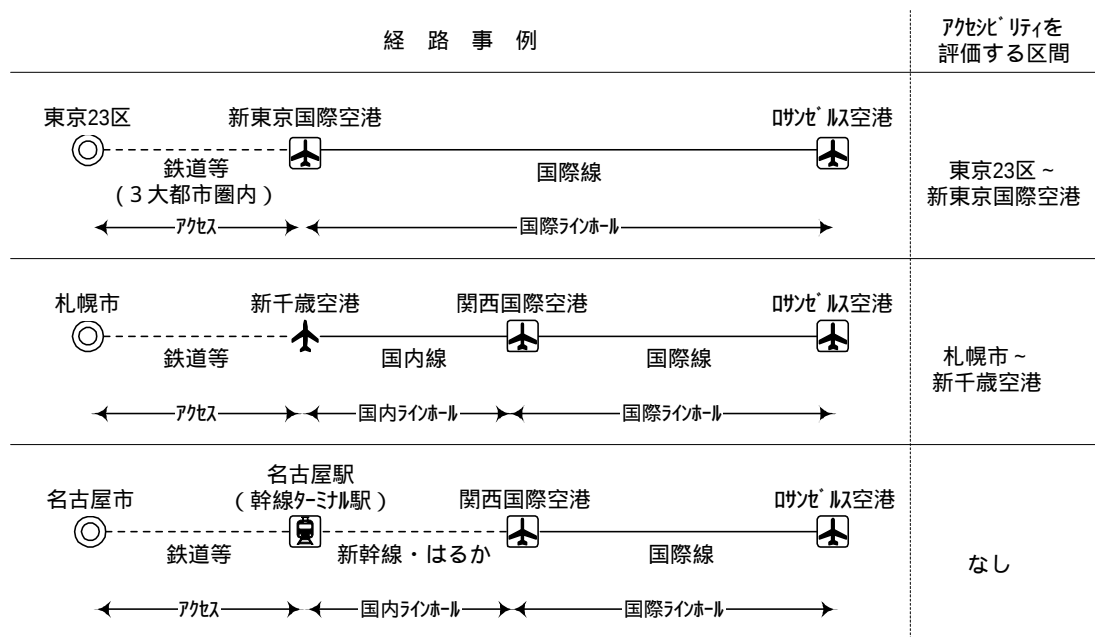


図3.4.2 アクセス、ラインホールの区分とアクセシビリティ指標導入有無の例

2) モデルの区分

出入国日本人は旅行目的別の2区分、出入国外国人は全目的1区分の合計3区分とした。

3) モデル式

モデル式を式3.4.1～3.4.3のとおりとした。説明変数として取り込むアクセシビリティ指標は、空港アクセス交通機関選択モデルから計算されたログサム変数である。

$$P_{r_{ijr}} = \frac{\exp(V_{r_{ijr}})}{\sum_{r \in c_{rij}} \exp(V_{r_{ijr}})} \quad (3.4.1)$$

$$V_{r_{ijr}} = \sum_k \beta_{r_{kr}} \cdot X_{ijk_r} + \gamma_r \cdot \text{Logsum}_{r_{ijr}} \quad (3.4.2)$$

- $P_{r_{ijr}}$: 国内ゾーン*i*と海外ゾーン*j*間での航空経路*r*の選択確率
 $V_{r_{ijr}}$: 国内ゾーン*i*と海外ゾーン*j*間の航空経路*r*を利用したときの効用
 c_{rij} : 国内ゾーン*i*と海外ゾーン*j*間の利用可能な航空経路の集合
 X_{ijk_r} : 国内ゾーン*i*と海外ゾーン*j*間の航空経路*r*を利用した場合の*k*番目の交通サービス指標
 $\beta_{r_{kr}}$ 、 γ_r : パラメータ
 $\text{Logsum}_{r_{ijr}}$: 国内ゾーン*i*と海外ゾーン*j*間の航空経路*r*を利用する場合に、国内の空港へのアクセス利便性を表わすアクセシビリティ指標で、空港アクセス交通機関選択モデルから計算されるログサム変数。国内ゾーン*i*から国内空港*n*までレベル2(後述、図3.5.1参照)の空港アクセス交通機関*m*を選択するときの効用を $V_{ac2_{inm}}$ 、利用可能な空港アクセス交通機関の集合を $c_{ac2_{in}}$ としたとき、次の式で表わされる。

$$\text{Logsum}_{r_{in}} = \ln \left\{ \sum_{m \in c_{ac2_{in}}} \exp(V_{ac2_{inm}}) \right\} \quad (3.4.3)$$

(3) 予測時のモデルの使用方法

区分毎の年間航空OD量に、航空経路選択モデルによる航空経路選択確率を乗じて、区分毎の経路別年間需要量を得る。

3.4.2 モデル構築のためのデータ整備

(1) 説明変数データ

説明変数として用意するデータ、その取り扱いを、以下のとおりとした。

ラインホール所要時間、乗り換え待ち時間

ラインホール所要時間(分)は、当該経路において、航空をはじめとするラインホール交通機関の最短所要時間である。最短所要時間は、国際・国内航空については、乗り継ぎが発生する場合、便の接続のための最小乗り継ぎ時間を超える待ち時間を考慮して算定したものである。

また、1つの国内空港から1つの海外方面には複数の路線があることから、路線毎の最短所要時間を一旦算定しておき、それを平均^{注)}したものをを用いた。

ラインホール所要時間および乗り換え待ち時間は、モデルに取り込むこととした。

パラメータの符号条件は、「-」とした。

注)例えば、ある県から北米西海岸方面での第1経路(新東京(陸上アクセス))の場合、新東京国際空港から北米西海岸の国際航空路線は、ロサンゼルス空港やサンフランシスコ空港路線等複数あるが、最短所要時間を各国際航空路線毎に算出しておき、その単純平均(路線毎の運航便数の大小は考慮していない)を用いることとした。

ラインホール費用

ラインホール費用(円)は、航空をはじめとするラインホール交通機関の時刻表に記載されている正規運賃ベースの費用とし、モデルに取り込むこととした。ラインホール所要時間と同様に方面毎に複数の国際航空路線を単純平均した。

パラメータの符号条件は、「-」とした。

国際総運航頻度

国際線総運航頻度(便/週)は、当該経路において、日本の出国空港と当該海外方面における複数の国際航空路線の週間運航頻度の合計とし、モデルに取り込むこととした。

パラメータの符号条件は、「+」とした。

国内ラインホール乗換え回数

国内ラインホール内の交通機関相互の乗り換え回数(回)を用意し、必要に応じてモデルに取り込むこととした。

パラメータの符号条件は、「-」とした。

ソウルトランジットダミー

ソウルトランジットルートの選択肢固有ダミーを用意し、必要に応じてモデルに取り込むこととした。

ソウルトランジット経路は、国際線相互での乗り換えが発生するため、パラメータの符号条件は「-」とした。

アクセシビリティ指標

国内ゾーンから空港へのアクセス利便性指標として、空港アクセス交通機関選択モデルのログサム変数を用意し、これを取り込むこととした。

なお、3.4.1に示したように、最寄幹線ターミナルが空港ではなく鉄道駅のときは、アクセシビリティ指標は取り込まないこととした。

パラメータの符号条件は、「+」とした。

(2) 需要データとサンプルの抽出

国際航空旅客動態調査(旧運輸省)には、年間拡大値とともに8月(ピーク期)、11月(オフピーク期)の週間拡大値が用意されている。本モデルでは、秋季の交通サービスデータを用意したため、11月の週間拡大値をベースデータとし、全データの中からサンプル数3000を目安に、モデル区分毎にランダム抽出してパラメータ推定用のデータとした。

3.4.3 モデル構築結果

モデルパラメータの推定結果は表3.4.4、再現結果は図3.4.3のとおりである。

各モデルとも、尤度比、的中率は高く、再現性も良好である。

時間評価値は、出入国日本人・観光目的の国際線、出入国外国人の国際線は若干高目の水準であるが、妥当な水準と考える。

表3.4.4 航空経路選択モデルのパラメータ推定結果

目的1:日本人観光

説明変数	パラメータ推定値	標準誤差	t値	自由度
1 (国内)ライン時間 + 待ち時間	-1.25374E-02	7.468E-04	-16.788	22296
2 (国内)ライン費用	-1.56050E-04	8.485E-06	-18.390	22296
3 ソウルトランジットダミー	-3.78444E+00	5.144E-01	-16.009	22296
4 ログサム変数 (アクセス)	4.20603E-01	1.525E-01	2.757	22296
5 (国際)ライン時間 + 待ち時間	-1.37617E-03	4.570E-04	-3.011	22296
6 (国際)ライン費用	-1.18609E-05	4.341E-06	-2.733	22296
7 Ln ((国際)運航頻度)	8.69638E-01	3.120E-02	27.869	22296
尤度比	尤度比	自由度修正済尤度比		
	0.701	0.701		
サンプル数	5195			
的中率 (%)	87.33			
時間価値 (円 / hr)	国内	国際		
	4820.547	6961.562		

目的2:日本人その他

説明変数	パラメータ推定値	標準誤差	t値	自由度
1 (国内)ライン時間 + 待ち時間	-8.31866E-03	6.608E-04	-12.588	17282
2 (国内)ライン費用	-1.29216E-04	8.029E-06	-16.093	17282
3 ソウルトランジットダミー	-4.08969E+00	5.548E-01	-15.213	17282
4 ログサム変数 (アクセス)	1.04821E+00	1.870E-01	5.607	17282
5 (国際)ライン時間 + 待ち時間	-1.29887E-03	4.794E-04	-2.710	17282
6 (国際)ライン費用	-2.05798E-05	4.193E-06	-4.908	17282
7 Ln ((国際)運航頻度)	1.01549E+00	3.659E-02	27.752	17282
尤度比	尤度比	自由度修正済尤度比		
	0.616	0.616		
サンプル数	4048			
的中率 (%)	84.34			
時間価値 (円 / hr)	国内	国際		
	3862.689	3786.831		

目的3:外国人

説明変数	パラメータ推定値	標準誤差	t値	自由度
1 (国内)ライン時間 + 待ち時間	-6.73096E-03	8.864E-04	-7.593	17087
2 (国内)ライン費用	-1.64420E-04	9.910E-06	-16.591	17087
3 ソウルトランジットダミー	-3.04275E+00	1.530E-01	-22.831	17087
4 ログサム変数(アクセス)	1.05122E+00	1.824E-01	5.763	17087
5 (国際)ライン時間 + 待ち時間	-3.64135E-03	4.949E-04	-7.358	17087
6 (国際)ライン費用	-1.26661E-05	1.535E-06	-8.249	17087
7 Ln ((国際)運航頻度)	7.72258E-01	3.921E-02	19.695	17087
尤度比	尤度比	自由度修正済尤度比		
	0.658	0.658		
サンプル数	4098			
的中率 (%)	87.53			
時間価値 (円 / hr)	国内	国際		
	2456.255	17249.239		

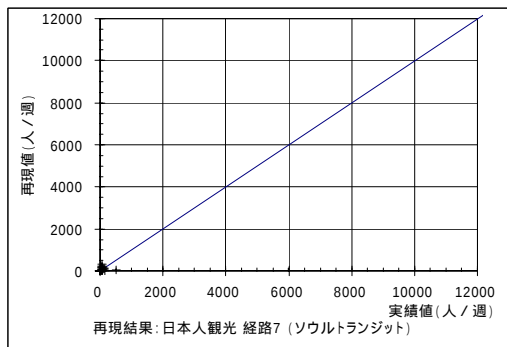
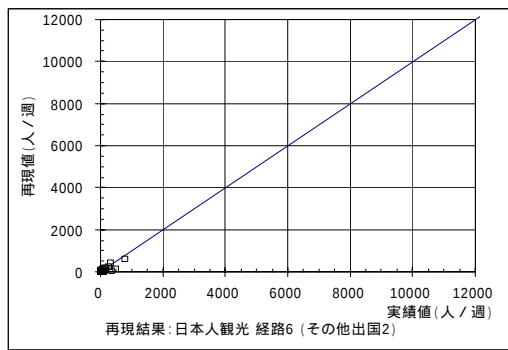
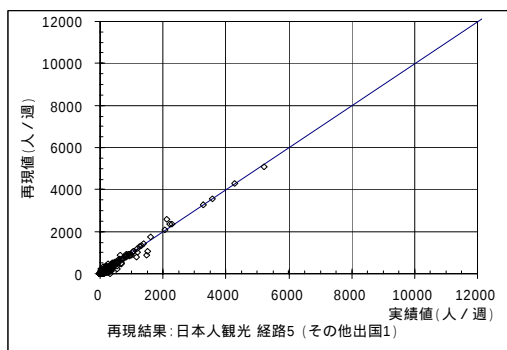
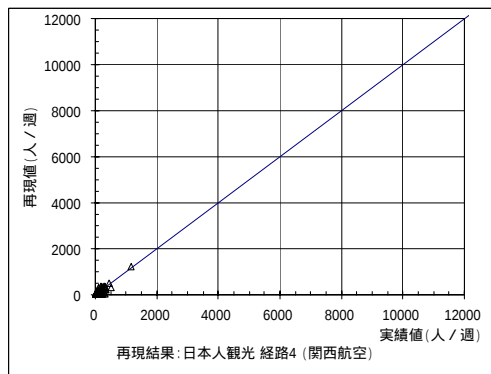
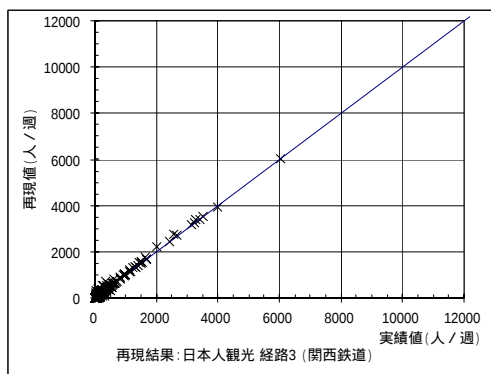
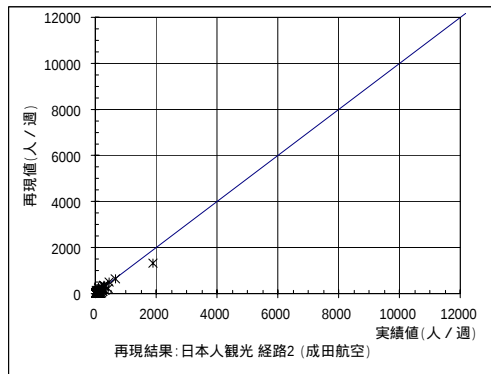
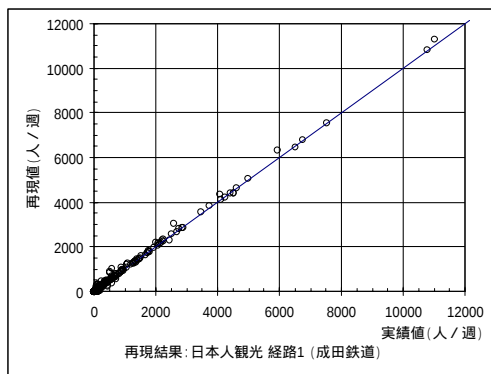


図3.4.3 航空経路選択モデルの再現結果(ODベース:日本人観光目的)
(資料)横軸の実績は、国際航空旅客動態調査(平成11年、旧運輸省)の11月週間拡大値

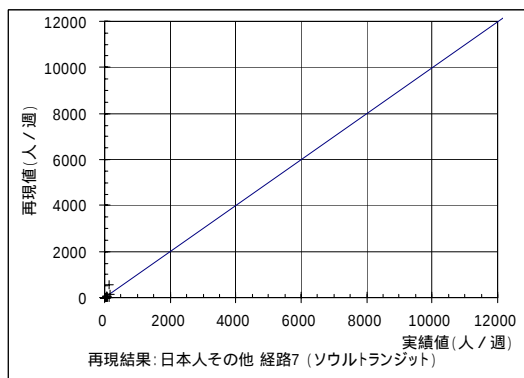
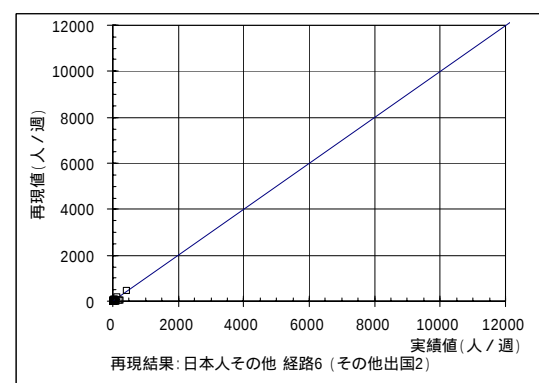
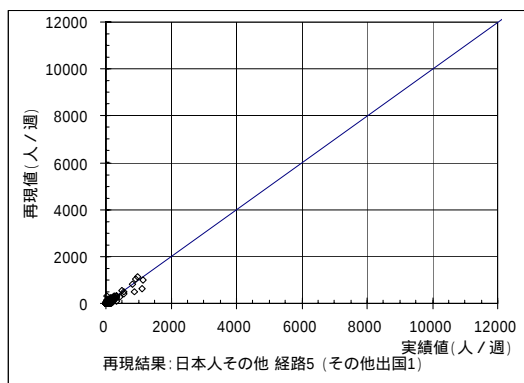
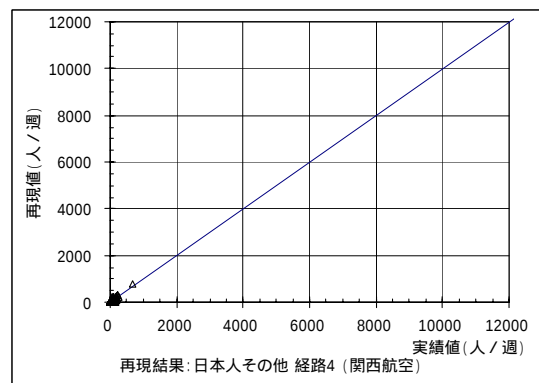
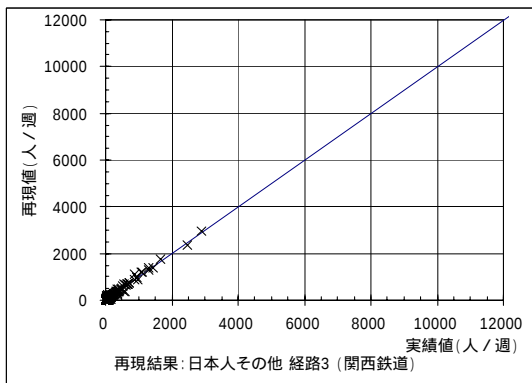
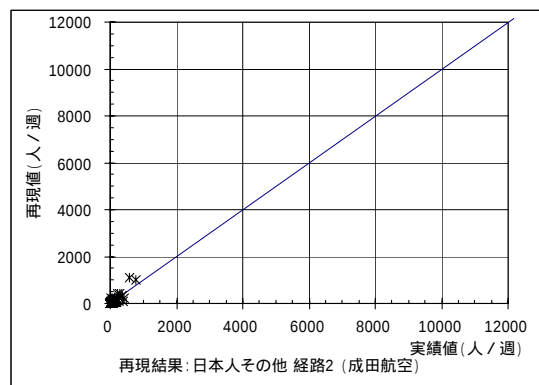
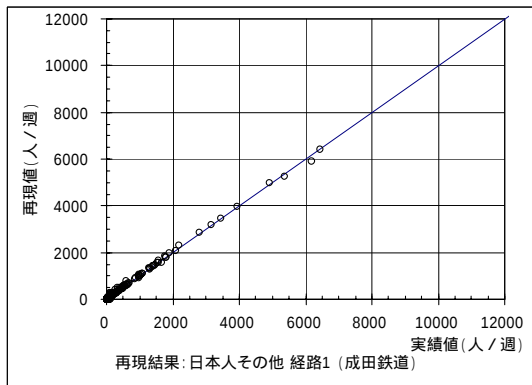


図3.4.3 航空経路選択モデルの再現結果(ODベース:本人その他目的)
(資料)横軸の実績は、国際航空旅客動態調査(平成11年、旧運輸省)の11月週間拡大値

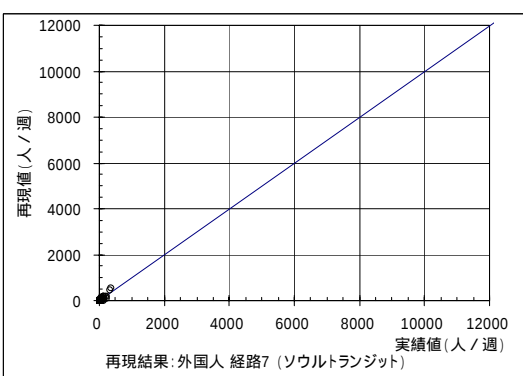
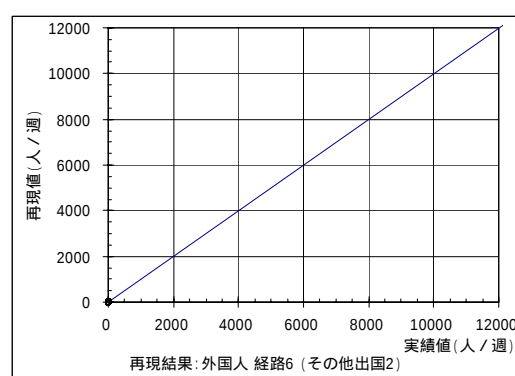
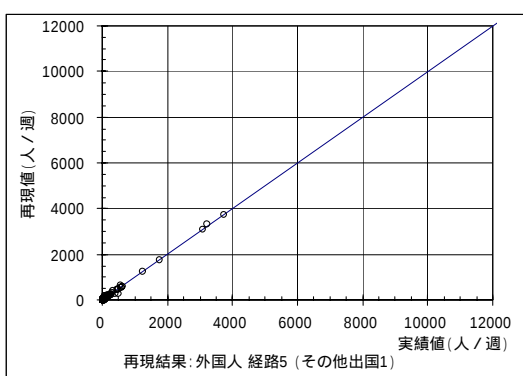
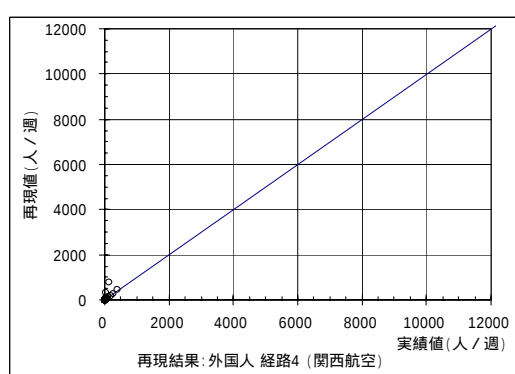
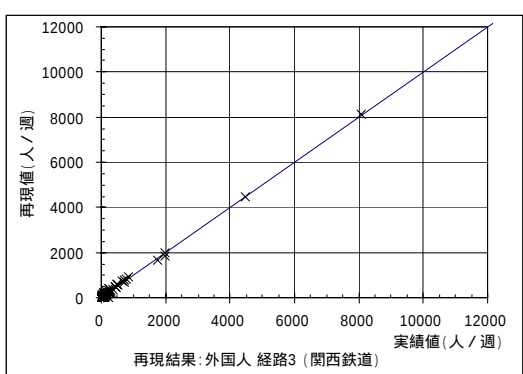
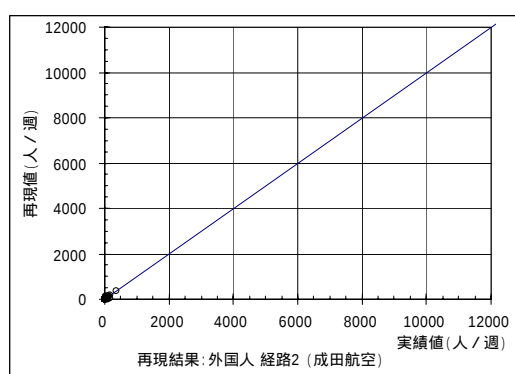
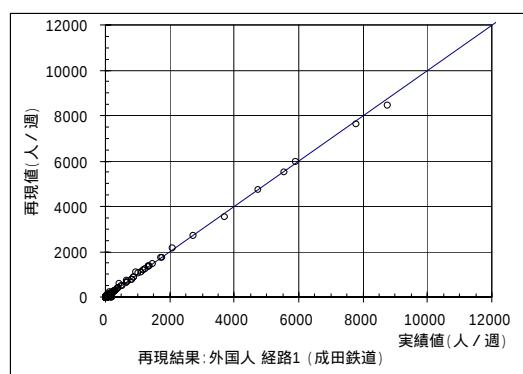


図3.4.3 航空経路選択モデルの再現結果(ODベース:外国人目的)
(資料) 横軸の実績は、国際航空旅客動態調査(平成11年、旧運輸省)の11月週間拡大値

3.5 空港アクセス交通機関選択モデル

3.5.1 モデルの要件と構造

(1) モデルの要件

交通サービス水準の違いやその変化による、空港アクセス交通機関(最終アクセス交通機関)の選好状況の違い、変化を評価できることが求められる。

(2) モデルの構造

1) モデルの構造

公共交通機関相互間の選択構造と、公共交通機関と私的交通機関である自動車との選択構造は、同じと考えにくいことから、図3.5.1に示すように、公共交通機関相互の2機関の選択(レベル1)、公共交通機関と自動車の2機関の選択(レベル2)を2つの階層構造で表し、この上層に航空経路選択モデルを連結させたネスティッド型の非集計ロジットモデルとした。ただし、当該経路においてゾーン最寄りの幹線交通ターミナルが空港ではなく駅の場合は、航空経路選択モデルとの階層構造を設定しなかった。

また、空港アクセス交通機関は、代表交通機関で定義することも考えられるが、本モデルでは、空港におけるアクセス交通需要の評価が可能な最終アクセス交通機関で定義した。

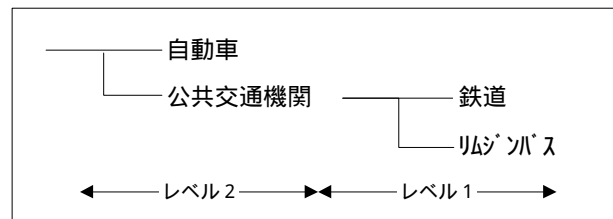


図3.5.1 空港アクセス交通機関選択モデルの選択構造

2) モデルの区分

出入国日本人について旅行目的別に2区分とした。

出入国外国人については、国際航空旅客動態調査で空港アクセス交通機関が把握できないため、モデル構築を行わず、出入国日本人・観光目的モデルで代用した。

3)モデル式

モデル式は、式3.5.1～3.5.5のとおりとした。

レベル2でのアクセシビリティ指標は、公共交通機関相互の選択を表すレベル1から計算されるログサム変数である。

[レベル1]

$$P_{ac1_{inm}} = \frac{\exp(V_{ac1_{inm}})}{\sum_{m \in c_{ac1_{ij}}} \exp(V_{ac1_{inm}})} \quad (3.5.1)$$

$$V_{ac1_{inm}} = \sum_k \beta_{ac1_{mk}} \cdot X_{inmk} \quad (3.5.2)$$

$P_{ac1_{inm}}$: 国内ゾーン*i*と国内空港*n*間でのレベル1の空港アクセス交通機関*m*の選択確率

$V_{ac1_{inm}}$: 国内ゾーン*i*と国内空港*n*間でレベル1の空港アクセス交通機関*m*を利用したときの効用

$c_{ac1_{in}}$: 国内ゾーン*i*と国内空港*n*間で利用可能なレベル1の空港アクセス交通機関の集合

X_{inmk} : 国内ゾーン*i*と国内空港*n*間でレベル1の空港アクセス交通機関*m*を利用した場合の*k*番目の交通サービス指標

$\beta_{ac1_{mk}}$: パラメータ

[レベル2]

$$P_{ac2_{inm}} = \frac{\exp(V_{ac2_{inm}})}{\sum_{m \in c_{ac2_{in}}} \exp(V_{ac2_{inm}})} \quad (3.5.3)$$

$$V_{ac2_{inm}} = \sum_k \beta_{ac2} \cdot X_{inmk} + \gamma_{ac2} \cdot \text{Logsum}_{ac2_{inm}} \quad (3.5.4)$$

$$\text{Logsum}_{ac2_{inm(m=\text{公共交通機関})}} = \ln \left\{ \sum_{m' \in c_{ac2_{in}}} \exp(V_{ac1_{inm'}}) \right\} \quad (3.5.5)$$

$P_{ac2_{inm}}$: 国内ゾーン*i*と国内空港*n*間でのレベル2の空港アクセス交通機関*m*の選択確率

$V_{ac2_{inm}}$: 国内ゾーン*i*と国内空港*n*間でレベル2の空港アクセス交通機関*m*を利用したときの効用

c_ac2_{in}	: 国内ゾーン i と国内空港 n 間で利用可能なレベル2の空港アクセス交通機関の集合
X_{inmk}	: 国内ゾーン i と国内空港 n 間でレベル2の空港アクセス交通機関 m を利用した場合の k 番目の交通サービス指標
$Logsum_ac2_{inm}$	: レベル2の公共交通機関の固有変数であるアクセシビリティ指標でレベル1から計算されるログサム変数
$V_ac1_{inm'}$	: 国内ゾーン i と国内空港間 n でレベル1の空港アクセス交通機関 m' を利用したときの効用
c_ac1_{in}	: 国内ゾーン i と国内空港 n 間で利用可能なレベル1の空港アクセス交通機関の集合
$\beta_ac2_{mk}, \gamma_ac2$	: パラメータ

(3) 予測時のモデルの使用方法

ゾーンからの最初の幹線交通ターミナルが空港の場合に、レベル2の効用から計算されるログサム変数を航空経路選択モデルのアクセシビリティ指標とした。

なお、国際航空旅客動態調査(旧運輸省)のデータ制約から、空港アクセス交通機関選択モデルは、出国日本人の出国空港へのアクセス交通機関の選択を評価するものであるが、際内乗り継ぎで国内航空利用時の出発空港までの空港アクセス、さらに出入国外国人の空港アクセスについては、この出入国日本人のモデルで代用した(出入国外国人は目的区分がないため、出入国日本人の観光目的のモデルで代用)。

3.5.2 モデル構築のためのデータ整備

(1) 説明変数データ

説明変数として用意したデータ、その取り扱いを、以下のとおりとした。

アクセス所要時間

鉄道、リムジンバス、自動車を対象に、ゾーン - 空港間のアクセス所要時間(分)を用意し、モデルに取り込むこととした。

なお、アクセス所要時間には空港での乗り換え待ち時間は含まないものとした。

パラメータの符号条件は、「-」とした。

アクセス費用

鉄道、リムジンバス、自動車を対象に、ゾーン - 空港間のアクセス費用(円)を用意し、モデルに取り込むこととした。

パラメータの符号条件は、「-」とした。

乗換え回数

レベル1の鉄道とリムジンバスを対象に、ゾーン - 空港間での(異種および同種)交通機関相互の乗り換え回数(回)を用意し、可能な場合はモデルに取り込むこととした。

パラメータの符号条件は、「-」とした。

アクセシビリティ指標

レベル2の「公共交通機関」を対象に、レベル1の効用から計算されるログサム変数を用意し、モデルに取り込むこととした。

パラメータの符号条件は、「+」とした。

大都市圏空港ダミー

大都市圏所在の空港では、定時性が低いこと等のために自動車の選好が低いことを再現するため、自動車を対象として大都市圏空港ダミーを用意し、必要な場合にモデルに取り込むこととした。対象空港は、東京国際空港とした。

パラメータの符号条件は、「-」とした。

交通機関固有ダミー

リムジンバス、鉄道を対象に、交通機関ダミーを用意し、必要な場合に取り込むこととした。

パラメータの符号条件は特に設定していない。

(2) 需要データとサンプルの抽出

国際航空旅客動態調査(旧運輸省)には、年間拡大値とともに8月(ピーク期)、11月(オフピーク期)の週間拡大値が用意されている。

本モデルでは、交通サービスデータを秋季で用意したため、11月の週間拡大値をベースデータとし、全データの中からサンプル数3000を目安に、モデル区分毎にランダム抽出してパラメータ推定用のデータとした。

3.5.3 モデル構築結果

パラメータ推定結果を表3.5.1、再現結果を図3.5.2に示した。

各モデルとも、尤度比、的中率は比較的高く、データ再現性も良好である。

レベル1では、アクセス費用を取り込むことが出来なかったが、レベル2ではアクセス所要時間とともにアクセス費用を取り込むことができ、時間評価値も妥当な水準である。

レベル1では、両目的とも乗換え回数を取り込むことができ、空港までの直行性を評価可能となった。また、両目的でいずれも鉄道ダミーがプラスでかつt値も大きい、鉄道の定時制等の利便性が高く評価されたことを示すものと考えられる。

レベル2では、自動車の費用を所要時間として分離して取り込むことができた。

表3.5.1 空港アクセス交通機関選択モデルのパラメータ推定結果(出入国日本人)

パラメータ推定結果

レベル1

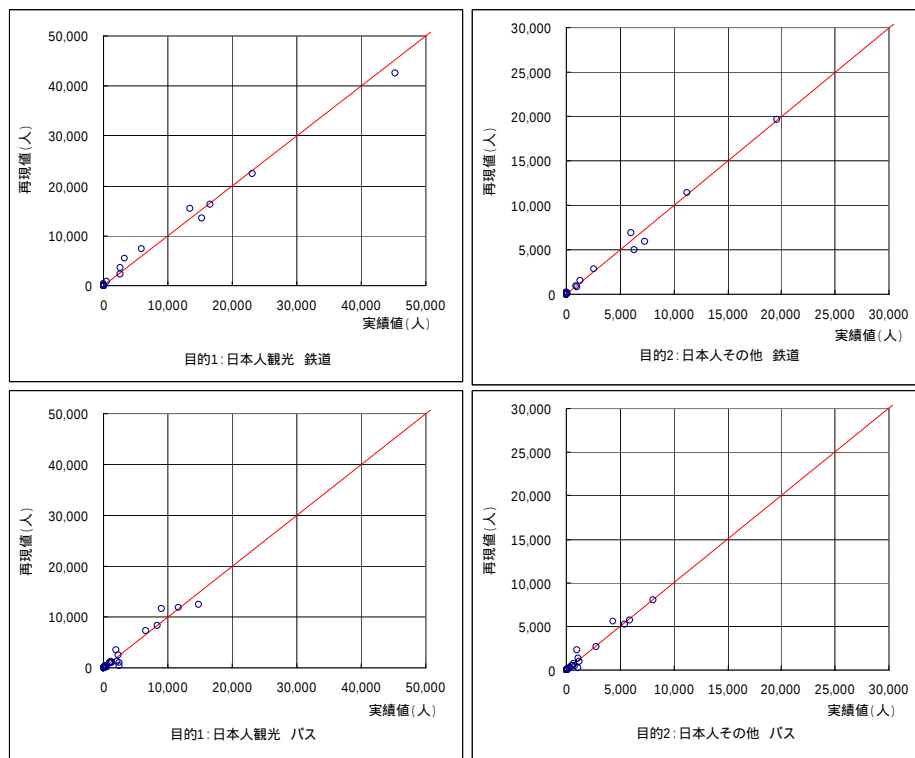
説明変数		観光目的		その他目的	
		パラメータ	t値	パラメータ	t値
1	アクセス所要時間(分)	-4.54600E-02	-18.4	-4.50200E-02	-18.9
2	乗換え回数(回)	-2.02043E+00	-12.3	-2.05145E+00	-14
3	鉄道ダミー	8.31300E-01	14.4	4.51940E-01	8.8
尤度比		0.177		0.178	
サンプル数		4896		5832	
的中率(%)		82.30		76.10	
時間価値(円/hr)		-		-	

レベル2

説明変数		観光目的		その他目的	
		パラメータ	t値	パラメータ	t値
1	アクセス所要時間(分)	-1.03011E-02	-5.431	-1.93168E-02	-7.943
2	アクセス費用(円)	-5.24384E-04	-10.792	-3.16718E-04	-4.997
3	自動車ダミー	7.30605E-01	8.430	5.94788E-01	5.481
4	アクセシビリティ指標	9.10210E-02	6.790	7.08243E-02	4.104
尤度比		0.104		0.097	
サンプル数		5924		4795	
的中率(%)		72.54		80.25	
時間価値(円/hr)		1178.65		3659.44	

外国人は日本人観光モデルで代用

レベル1



レベル2

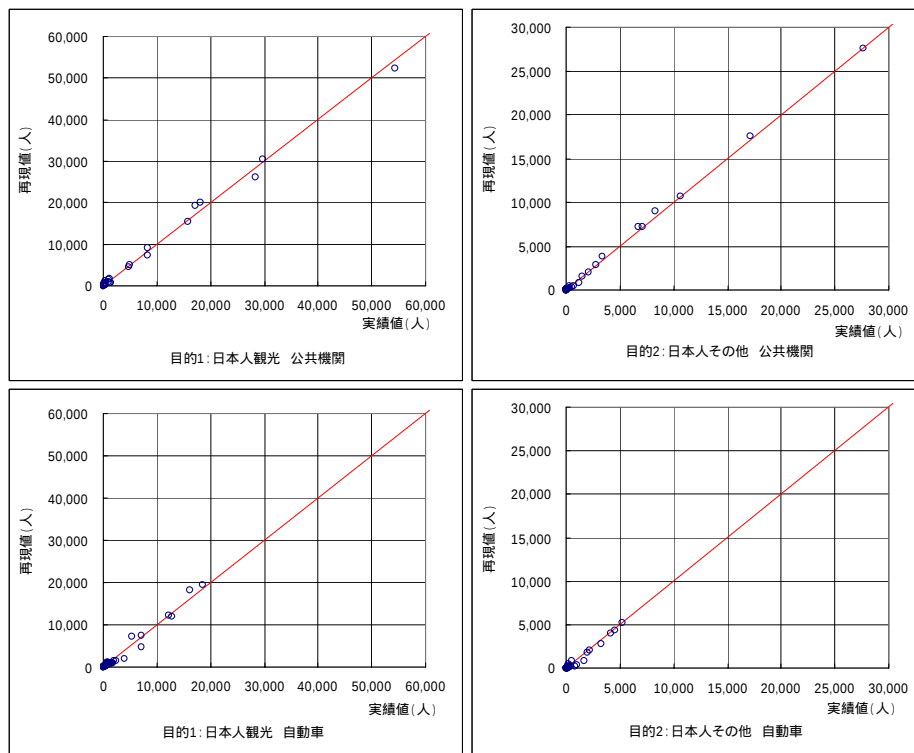


図3.5.2 空港アクセス交通機関選択モデルの再現結果(空港ベース)
(資料) 横軸の実績は、国際航空旅客動態調査(平成11年、旧運輸省)の11月週間拡大値

3.6 国際トランジットモデル

ここでは、国際トランジット旅客数を予測対象とした国際トランジットモデルについて示す。

3.6.1 モデルの要件と構造

(1) モデルの要件

国内空港における国際線相互のトランジット旅客を対象としたモデルには、最新のトランジット動向を取り込んだモデル構築が求められる。

(2) モデルの構造

1) モデルの区分と構造

トランジット需要は、本来、世界の航空OD量を予測した後、周辺諸国等の空港と日本の空港との競合を考慮して予測すべきであるが、データの都合上、こうしたモデルの構築が困難なため、空港別にトランジット旅客数を出入国者数で説明する簡易なモデルとした。

具体的には、実態としてトランジット旅客の大半が「太平洋 日本 アジア」及び「欧州 日本 アジア」の路線において発生しており、また、地方空港においては、トランジットの大部分が「アジア 日本 アジア」の路線において発生していることから、太平洋線 & 欧州線の出入国者数およびアジア線の出入国者数により算出されるモデルとした。

2) モデル式

モデル式を式3.6.1のとおりとした。

$$y_p = \alpha \cdot x_1 + \beta \cdot x_2 \quad (3.6.1)$$

ただし、

y_p : 空港別トランジット数(人/年)

x_1 : 空港別の太平洋線 & 欧州線の出入国日本人 & 外国人(人/年)

x_2 : 空港別のアジア線の出入国日本人 & 外国人(人/年)

α 、 β : パラメータ

3) 予測時のモデルの使用方法

トランジット旅客数の予測は本モデルの予測値のみに留め、また、4段階推計法による出入国者数の予測とは別に取り扱うこととした。また、方面別の配分は、現在パターン法を用いる。

3.6.2 モデル構築のためのデータ整備

(1) 説明変数データ

説明変数として用意したデータ、その取り扱いを以下のとおりとした。

出入国者数

空港別方面別の出入国者数(日本人および外国人)を取り込むこととした。

なお予測の際、説明変数として取り込む方面別の日本人および外国人出入国者数は、3.2～3.5で予測されたものを用いることとした。

(2) 需要データ

トランジットのモデル構築では、2000年のトランジット旅客数(ED統計)を用いた。なお、同データではトランジット1回を1人としてデータが用意されているため、これをベースとしてモデルを構築し、予測時にはモデル式に2を乗じることで、1回のトランジットを2人とみなした。

3.6.3 モデル構築結果

表3.6.1 実際トランジットモデルのパラメータ推定結果

空港	係数 β (太平洋 & 欧州)	係数 α (アジア)
成田	0.249633	0.202484
関西	0.148772	0.080480
名古屋	0.081623	0.037811

3.7 便数の算定容量

本モデルは、現状の路線別便数を初期値とし、予測される需要が現状を上回る場合は増便を行いながら交通サービスの向上効果を加味できるモデル体系となっている。

具体的には、現在の空港別・方面別における使用機材の違い等による1便あたり平均搭乗者数に将来の機材動向を反映させたものを4方面毎に設定している。

将来の機材動向は、過去の機材動向、本邦に就航している国際旅客エアラインに対し、機材の更新時期、更新時の代替機材、将来における機材投入に関する意向(大型化、小型化、多頻度化)等について、アンケートを実施した結果等を踏まえ想定した。

表3.7.1 空港・方面別平均搭乗者数の設定値

現状(2000年)

空港		太平洋	欧州	アジア	韓国
1	成田	250	260	290	320
2	関西	270	250	210	210
3	中部	270	280	190	250

将来(2007年)

空港		太平洋	欧州	アジア	韓国
1	成田	255	265	295	325
2	関西	275	255	215	210
3	中部	275	290	190	250

将来(2012年～)

空港		太平洋	欧州	アジア	韓国
1	成田	260	270	300	330
2	関西	280	260	220	210
3	中部	280	300	190	250