

第 II 編

航空需要予測モデルの改善

1. 国内航空旅客需要予測手法

1-1 国内航空旅客需要予測モデル構築の基本的考え方

(1) 国内航空旅客需要予測の対象及び基本的前提条件

国内航空旅客需要予測モデル（メインモデル¹）の検討並びに需要予測に当たっての対象及び基本的前提条件を次のとおりとした。

- ① 航空を含む5つの国内幹線交通機関（航空／鉄道／旅客船／幹線バス／自動車）を利用する旅客を対象とした。
- ② 旅客の流動を居住地から旅行先への流動として捉えた。
- ③ 旅客の流動を旅行目的別（業務／観光／私用等の3目的）に捉えた。なおサブモデル毎のモデルの区分は以下の通り。（サブモデルの詳細は後述）
 - ◆ 全国発生モデル（旧生成モデル）：旅行目的区分がない「旅客地域流動調査」のデータを用いたため、全目的1区分のモデルとした。
 - ◆ 地域別発生シェアモデル（旧発生モデル）／旅行先選択モデル／交通機関選択モデル／航空経路選択モデル：旅行目的毎の3区分とした。
 - ◆ 空港アクセス交通機関選択モデル：旅行目的3区分、居住地側／旅行先側の2区分の、合計6区分とした。なお、本モデルにおけるODは居住地～旅行先としたため、居住地側あるいは旅行先側のアクセスとイグレスとを併せて考え、ゾーンから空港方向（アクセス）と空港からゾーン方向（イグレス）は区別しなかった。
- ④ 対象ODは、全ODの中から以下のODを除いたものとした。
 - ・ 府県内々ゾーン間OD
 - ・ 大都市圏（首都圏／中京圏／近畿圏）内々ゾーン間OD
 - ・ ゾーン中心間距離 200 km未満のOD（陸つづきの場合）
- ⑥ メインモデルで対象とした航空路線は、全ての国内航空路線のうち、ヘリコプター路線及び空港所在ゾーン間が対象外のODとなる離島関連路線等を除いたものとした。
- ⑦ 海外旅行者の国内旅客流動も対象とした。なお海外旅行者の目的地は出国空港所在ゾーンとした。（例えば、成田空港出国者の目的地は成田ゾーン）
- ⑧ 社会経済フレームや交通サービス水準自体は与件として外生的に与えられるものとした。すなわち、社会経済フレームや、交通サービス供給者の行動を仮定して交通サービス水準を内生的に予測する仕組みはモデルに取り込んでいない。なお、国内線の航空便数についてのみ、内生的に算出される仕組みを取り入れた。

¹ 国内航空旅客需要予測は、需要の基礎データとして用いる「全国幹線旅客純流動調査」の対象ODに含まれる路線を扱うモデル（メインモデル）と、対象ODに含まれない路線を扱うモデル（離島モデル）から構成される。モデルの全体構造はP. II-4以降参照。

(2) ゾーニング

全国を223のゾーンに分割する。

*全国幹線旅客純流動調査で用いられている全国207の生活圏ゾーンをベースとし、空港位置や首都圏・関西圏の空港間競争を考慮して、首都圏及び関西圏等のゾーンを細分化した。

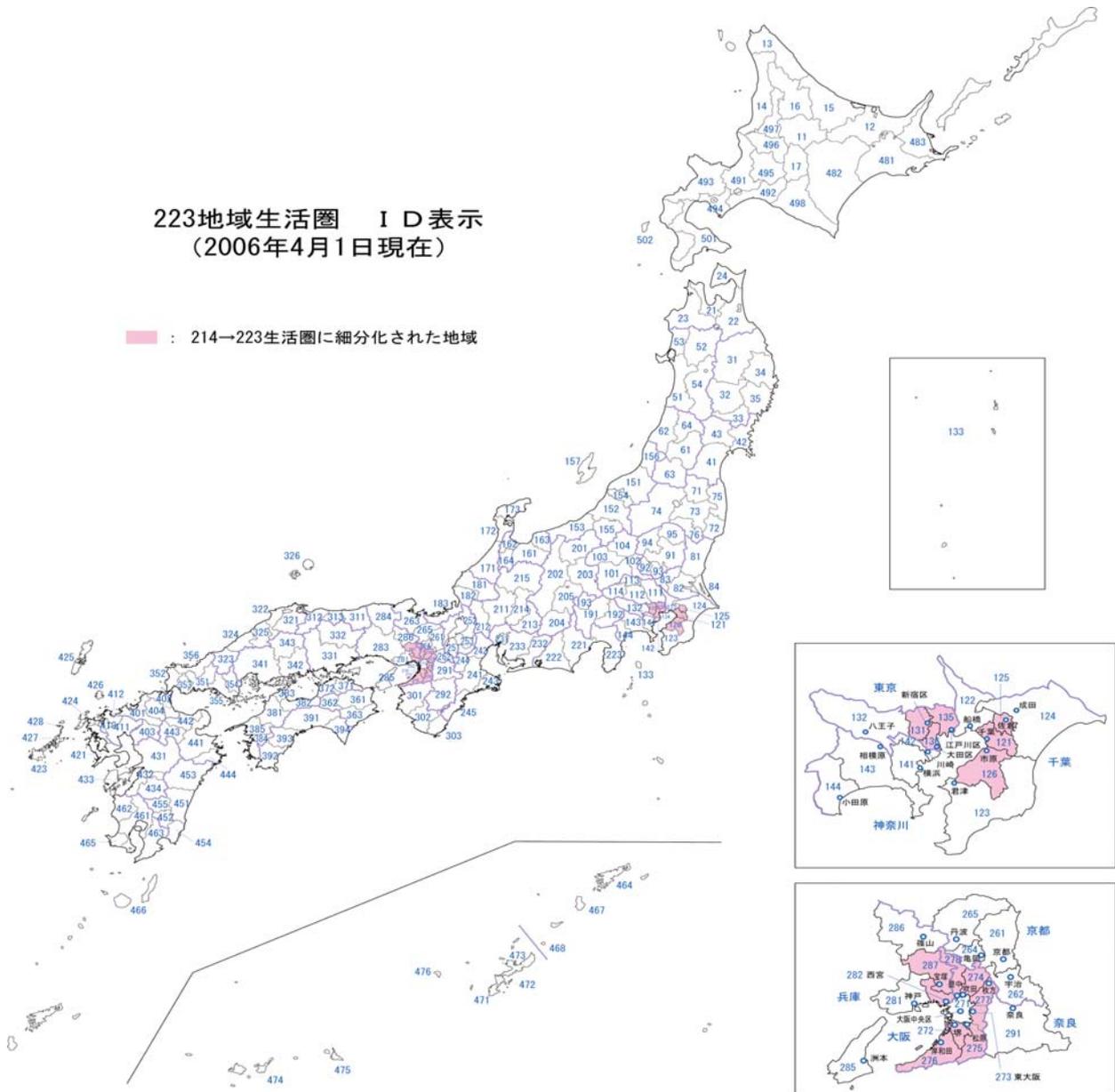


図 2-1 国内223ゾーン図（国内旅客）

表 2-1 全国幹線旅客純流動調査におけるゾーンを細分したゾーン

府県名	207 ゾーン名	ゾーン ID	細分化ゾーン名	ゾーン中心都市名	含まれる市町村数
千葉県	千葉	121	千葉	千葉市	1 市
		125	佐倉	佐倉市	2 市
		126	市原	市原市	3 市
東京都	23 区	131	西部	新宿区	9 区
		135	東部	江戸川区	9 区
		22	南部	大田区	5 区
大阪府	堺	272	堺	堺市	1 市
		275	松原	松原市	6 市 2 町 1 村
		276	岸和田	岸和田市	8 市 4 町
	東大阪	273	東大阪	東大阪市	3 市
		277	枚方	枚方市	7 市
	豊中	274	吹田	吹田市	4 市 1 町
278		豊中	豊中市	3 市 2 町	
兵庫県	尼崎	282	西宮	西宮市	3 市
		287	宝塚	宝塚市	4 市 1 町
島根県	松江	321	松江	松江市	3 市 3 町
		326	隠岐	西郷町	3 町 1 村
長崎県	五島	423	五島	福江市	1 市
		427	上五島	新上五島町	1 町
	佐世保	422	佐世保	佐世保市	1 市 4 町
		428	小値賀	小値賀町	1 町
鹿児島県	大島	464	大島	名瀬市	1 市 6 町 3 村
		467	徳之島	徳之島町	3 町
		468	与論	与論町	1 町
沖縄県	南部	471	那覇	那覇市	6 市 4 町 6 村
		476	久米島	久米島町	1 町
	宮古・八重山	474	石垣	石垣市	1 市 2 町 1 村
		34	宮古	平良市	1 市

(3) 国内航空旅客需要予測モデルの全体構造

国内航空旅客需要予測モデルの全体構造を以下に示す。

国内航空旅客需要予測モデルは、基本的に下図に示すような四段階推計法に即した体系から成り、個々のサブモデルは、全国発生モデル、地域別発生シェアモデル（以上、ボリューム予測モデル）と、旅行先選択モデル、交通機関選択モデル、航空経路選択モデル、空港アクセス交通機関選択モデル（以上、選択率予測モデル）から構成される。このうち、選択率予測モデルは、ネスティッドロジットモデルとしており、全国発生モデル、地域別発生シェアモデルは、交通サービス向上による誘発需要を評価できるように、交通機関選択モデルから計算されるアクセシビリティ指標を取り込んだ構造としている。

航空経路選択モデルによって計算されるゾーン間の航空需要を路線別に集約した上、1便当たり旅客数により便数に変換し、便数が初期に設定した便数（航空経路選択モデルの説明変数）と一致していない場合、その便数により需要を再計算し、便数が一致するまでくり返し計算した上で全国の航空旅客需要を確定する。

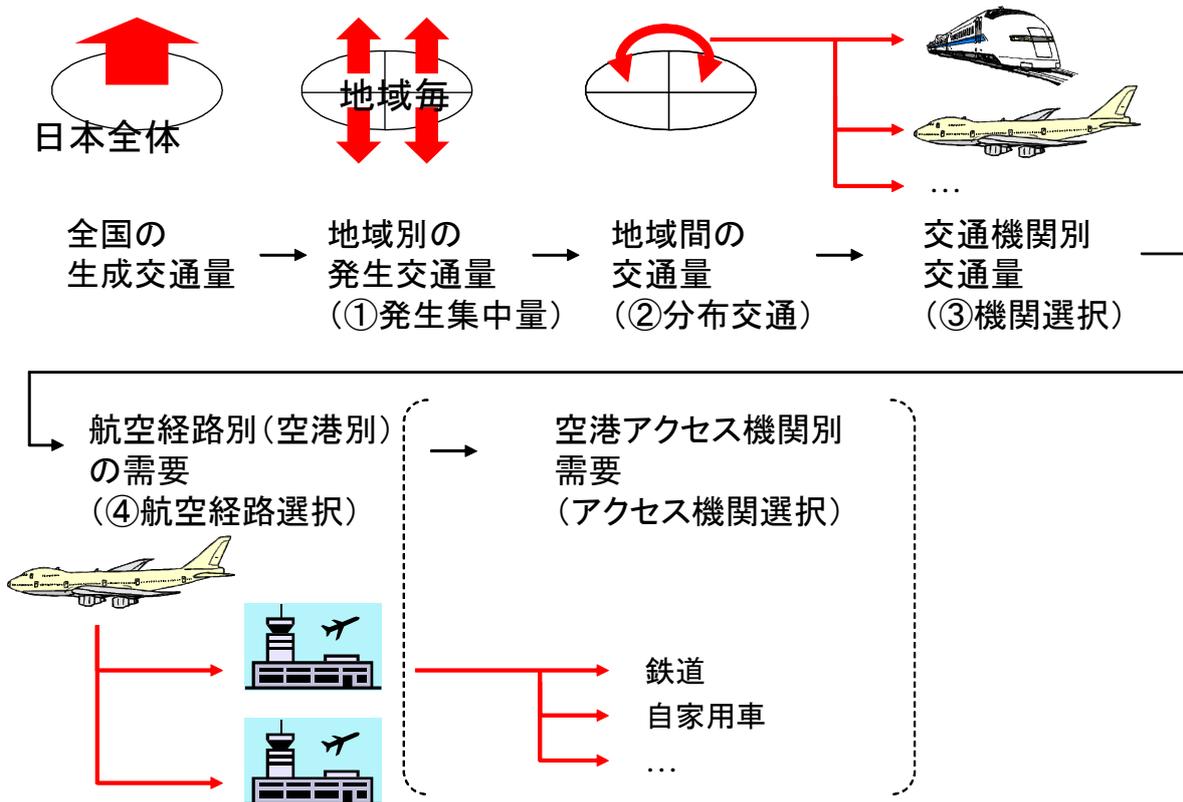


図 2-2 予測の流れ

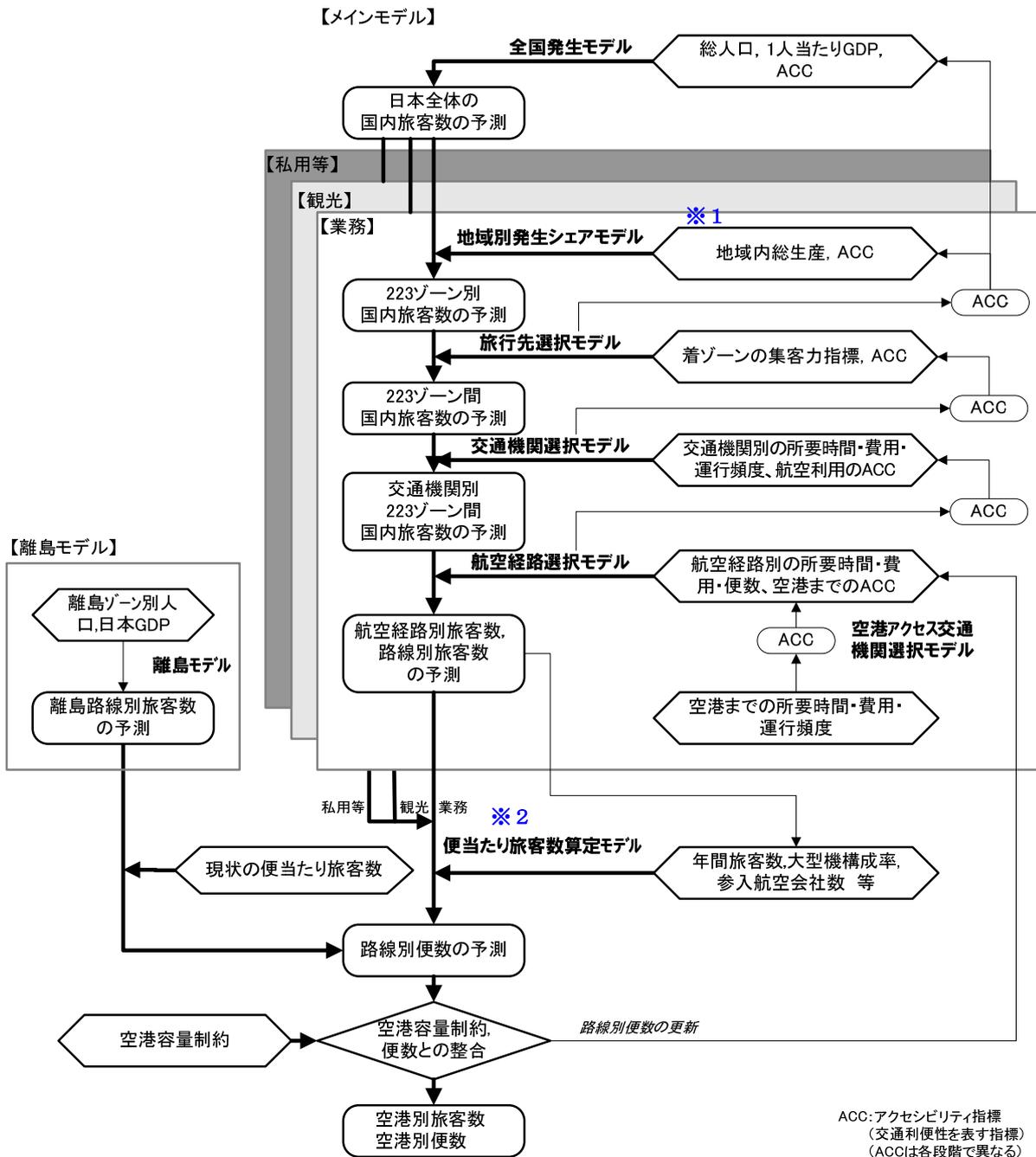


図 2-3 モデルのフロー（国内旅客）

【2000年モデルからの主な改良ポイント】

改良点	改良のポイント
ゾーニングの変更 (※1)	首都圏及び関西圏ゾーンを細分化（214→223 生活圏ゾー）し、複数空港の競合を表現。
1 便あたり旅客数の設定方法の変更 (※2)	1 便あたりの旅客数の予測モデルを構築。

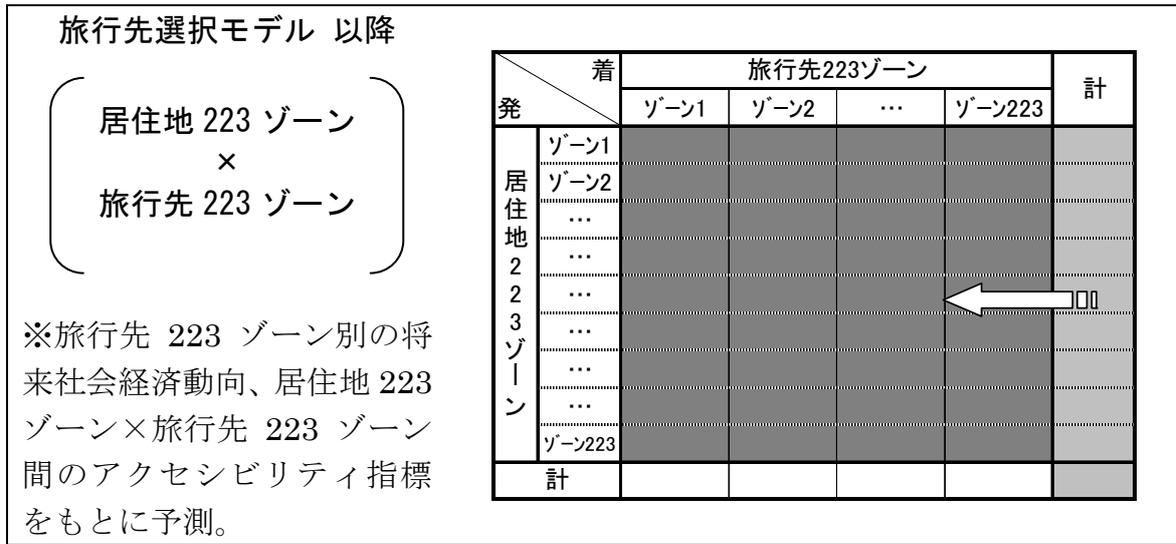
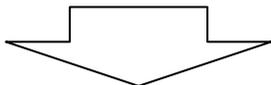
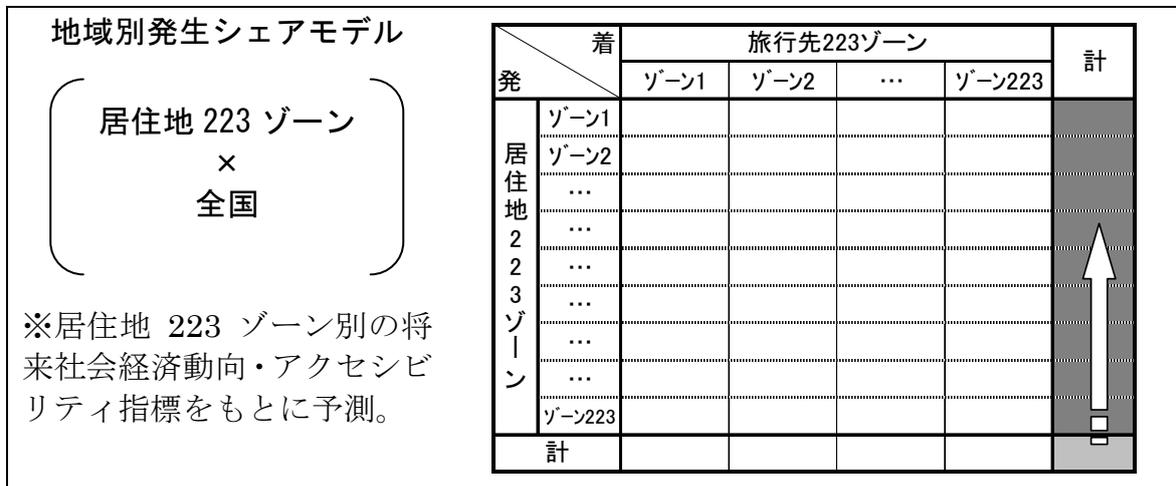
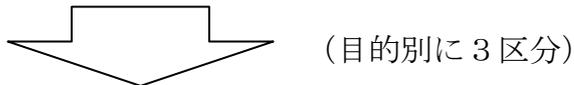
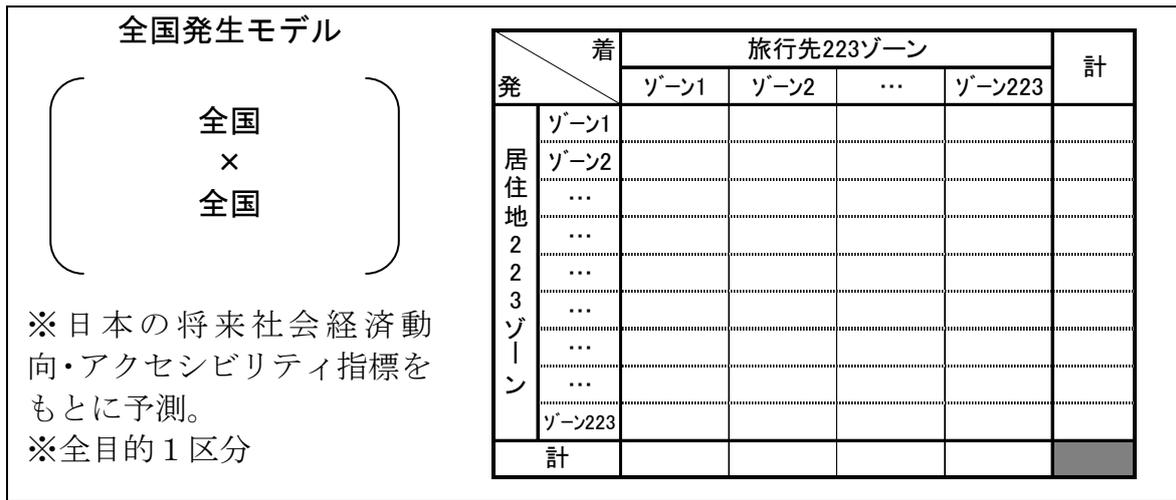


図 2-4 各サブモデル段階でのゾーン区分 (国内旅客)

(4) 国内航空旅客需要予測モデルの特徴

国内航空旅客需要予測モデルは以下の特徴を持つ。

表 2-2 国内航空旅客需要予測モデルの特徴（2000年モデルと共通の特徴）

項目	特徴等
①航空需要の特性を加味できるモデル	<ul style="list-style-type: none"> 航空と他交通機関との競合や空港間の競合、需要の誘発、幹線交通のダイヤ設定の影響等といった国内航空需要の特徴を可能な限りモデルに反映させ、国内航空運航サービスの評価、空港アクセス整備の評価が可能なモデルである。
目的区分	<ul style="list-style-type: none"> 旅行目的によって交通機関選好、アクセス交通機関選好が異なることを考慮できる
居住地/旅行先の区分	<ul style="list-style-type: none"> 居住地と旅行先とでアクセス交通機関選好が異なることを評価できる 当地の地元客と入り込み客の旅行特性の違いを評価できる
空港へのアクセス交通整備の効果評価	<ul style="list-style-type: none"> 空港へのリムジンバス、鉄道、自動車等のアクセス交通機関の整備等が交通機関の選好を変化させることを評価できる
航空経路間の競合状況の評価	<ul style="list-style-type: none"> 近接する航空経路間の競合状況の評価できる 航空のダイヤ設定状況による需要への影響を評価できる 新規空港整備や増便等の航空サービス向上が交通機関選択に与える影響を評価できる
他機関との競合状況の評価	<ul style="list-style-type: none"> 航空との競合関係は、鉄道だけではなく、自動車、幹線バス、船との間で捉えられる 鉄道のダイヤ設定状況による需要への影響を評価できる（従来のモデルは航空と鉄道のみを対象に時間、費用のみで評価）
OD間の誘発需要・ODパターン変化の評価	<ul style="list-style-type: none"> 航空を含む交通サービスの向上によるODパターンの変化を評価できる
発生・生成の誘発需要の評価	<ul style="list-style-type: none"> 地域別の人口や所得水準等の社会経済動向、及び交通サービスの向上による発生量の増加、全国発生原単位の増加を評価できる
②全国の国内航空路線を対象とした予測モデル	<ul style="list-style-type: none"> 離島等一部の路線を除く全ての国内航空路線を対象としたメインモデルとその他の路線を対象とした離島モデルから成り、特定の地域や空港・路線を対象にしたものではなく、全国の国内航空旅客需要を予測するモデルである。
③四段階推計法に即し非集計行動モデルをベースとしたモデル	<ul style="list-style-type: none"> 交通需要予測モデル体系は、実務的にも従来から多方面で適用されてきた四段階推計法に即した体系であり、個々のサブモデルに近年実務的にも広く適用されてきている非集計行動モデルを採用しており精度が高く信頼度の高いモデルとなっている。
④アクセシビリティ指標を用いた統合型のモデル	<ul style="list-style-type: none"> 交通サービスの変化による誘発需要の発生や、交通機関等の選択の変化を、合理的に説明できるようにするため、アクセシビリティ指標を介してサブモデル間に関連性を持たせた統合型のモデルとしている。

表 2-2 に加えて、2005 年モデルは、2000 年モデルと比較して以下の特徴を持つ。

表 2-3 2005 年国内航空旅客需要予測モデルの特徴

項目	2000 年モデル	2005 年モデル	2005 年モデルの特徴と改善のポイント
国内ゾーンニング	214 生活圏ゾーン	223 生活圏ゾーン (東京+2,千葉+2,大阪+4,兵庫+1 の計+9 に細分化。市町村を最小単位とし、複数空港間のアクセス時間差、鉄道沿線、連続したまとまりのある圏域といった観点で圏域を設定。)	首都圏及び関西圏の空港間競争をより適切に表現するために、首都圏及び関西圏ゾーンを細分化。
全国発生モデルのモデル構造	全国の長距離旅行者数を、人口、1 人当たり実質 GDP、アクセシビリティ指標で説明する重回帰モデル。	全国の長距離旅行者数を、人口、1 人当たり実質 GDP (1992 年迄/93 年以降別)、アクセシビリティ指標で説明する重回帰モデルを構築。	1990 年代初頭のバブル崩壊を境として 1 人当たり実質 GDP に対する 1 人当たり長距離旅行回数の伸びが鈍化したことを適切に表現するために、構造変化を表すモデルを構築。
1 便当たり旅客数	全路線共通の機材投入基準(路線需要－機材別日便数対応表)を適用。	路線別の 1 便当たり旅客数を、路線別の年間旅客数、路線距離、路線特性、大型機構成率等で説明する重回帰モデルを構築。	需要増加や羽田空港の容量緩和などにより、1 便当たり旅客数の変化が想定されるため、それらの変化を反映可能な関数式を推定。

(5) 国内航空旅客需要予測モデルの構築方法

1) モデル決定までの手順

個々のサブモデルは、次の手順にしたがって複数の候補の中から決定した。

① モデル型の検討

航空需要予測に関する既存研究等を参考に、非集計ロジットモデルはネステッド型、発生モデル等は人口等の原単位型及び重回帰型のモデルを基本とした。なお、選択構造の考え方（ネストの考え方等）に関し有力な複数の代替案がある場合は、最終的には再現性等を鑑みてモデルを決定した。

② 説明変数候補の抽出とモデルへの取り込みの優先順位づけ

再現性の向上の観点から、説明変数の候補を複数列举した上で、モデルへの取り込みについての優先順位をつけた。

③ パラメータ推定

説明変数の候補を組合せ、複数のモデルケースについてパラメータを推定した。

④ 統計的な評価基準に照らしたモデルの絞り込み

符号条件や尤度比、時間評価値等の統計条件からモデルを絞り込んだ。

⑤ 再現性の確認による採用モデルの決定

絞り込まれたモデルに対し、再現性を検討の上、最終的なモデルを決定した。本モデルは、航空旅客需要量の多寡に応じた平均的な再現性が確保されていることを重要視した。

2) パラメータ等評価の目安

推定されたパラメータやモデル全体の統計的な妥当性を評価する基準は、以下のとおりとした。

表 2-4 パラメータやモデルの妥当性評価の主な統計的基準

項目	評価基準
重相関係数	概ね0.8以上であることが望ましい。
尤度比	概ね0.2以上であることが望ましい。
的中率	概ね70%以上であることが望ましい。
符号条件	パラメータのプラス・マイナスが不自然でないこと。
t 値	絶対値が2を越えることが望ましい。
時間評価値 (円/時間)	2,000円/時間~6,000円/時間程度であることが望ましい。

また、パラメータの大きさ、1つのモデル中の複数のパラメータの相対的な大小関係（時間評価値もその1つ）等も併せて検討した。

3) モデル構築で使用したデータ

国内航空旅客需要予測モデルの構築で使用した基礎データは、国際航空旅客需要予測モデルと可能な限り整合性を確保できるよう留意し、以下のデータを用いた。

① 需要データ

- ・ 「旅客地域流動調査」 (国土交通省総合政策局)
- ・ 「全国幹線旅客純流動調査」 (国土交通省政策統括官)
- ・ 「航空旅客動態調査」 (国土交通省航空局)
- ・ 「航空輸送統計年報」 (国土交通省総合政策局)

② 交通サービス水準データ

- ・ 「JTB時刻表」

③ 社会経済データ

国内総生産・県内総生産

- ・ 「国民経済計算年報」 (内閣府)
- ・ 「県民経済計算年報」 (内閣府)

夜間人口・就業者数・従業者数

- ・ 「国勢調査」 (総務省)
- ・ 「推計人口」 (総務省)

4) 交通サービス水準データの概要

ここでは、各交通機関の経路設定方法及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

223のゾーンの中心は、第3回全国幹線旅客純流動調査における中心都市（細分化したゾーンについては表2-1参照）の市町村役場（都道府県庁が存在する場合は都道府県庁）とし、ゾーン間移動の起終点はゾーン中心とした。

② ゾーン間移動の代表交通機関

ゾーン間移動における代表交通機関を以下のとおり設定した。

* 公共交通機関については、以下の優先順位を付け、1つの経路中の複数の交通機関の中で優先順位の最も高い交通機関で代表させた。

（代表交通機関設定のための優先順位）

①航空>②旅客船>③鉄道（優等列車）>④幹線バス>⑤鉄道（在来）・路線バス

* 代表交通機関が自動車の場合は、自動車のみの利用を想定した。

③ ゾーン間移動の経路の設定

設定した経路は「最短所要時間」の経路とした。ただし、航空経路については、所要時間の短い経路から順に、第1経路、第2経路・・・とし、最大第4経路まで設定した。なお、第2経路から第4経路については、旅客流動の実態を踏まえ、第1経路との一般化時間²差が2時間以内の場合のみ候補経路とした。

代表交通機関が航空又は鉄道の場合の最短所要時間の探索は、国内航空及びJR優等列車のダイヤ情報をデータ化し、乗り継ぐ交通機関毎に設定した「最小乗り継ぎ時間」を超える場合のみ相互の乗り継ぎが可能と判断し、さらに、1日（朝5:00発～夜1:00着）の間に移動できる経路のみを対象とした。

④ 代表交通機関「航空」における空港までのアクセス

代表交通機関が航空の場合は、ゾーン中心と空港間の空港アクセス交通機関を4種類（鉄道、リムジンバス、旅客船、自動車）設定し、各々空港までの最終交通機関で定義した。

なお、空港アクセスの場合の「鉄道」では、ダイヤ情報は考慮せず、通常 shortest 所要時間経路とした。

⑤ 交通サービス水準データの一覧

各交通機関の交通サービス水準データの一覧は、以下のとおりである。

²: 一般化時間とは、所要時間と、費用を時間評価値で時間換算した費用時間とを足し合わせたものであり、次の式で表される。
「一般化時間=所要時間+費用÷時間評価値」

表 2-5 交通サービス水準データの一覧

項目		内容
航空	路線	・2005年10月の時刻表による
	所要時間、発着時刻	・2005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	・2005年10月時刻表の大人普通運賃をベースに航空旅客動態調査で把握される利用券種別旅客数構成率等をもとに推計した実勢運賃
	乗り換え時間・待ち時間	・以下を最小乗り継ぎ時間とした。 他交通機関⇒航空 40分(搭乗時) 航空⇒他交通機関 20分(降機時) 航空⇔航空 30分
鉄道	路線	・2005年10月の時刻表による
	所要時間、発着時刻	・2005年10月の時刻表による ・JR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	・2005年10月の時刻表の通常期運賃・料金 ・割引きは、新幹線とJR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) 10分/回 ・JR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	・2005年10月の時刻表による
	所要時間	・2005年10月の時刻表による(発着時刻はデータ化しない)
	運賃	・2005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) 10分/回
旅客船	路線	・2005年10月の時刻表による
	所要時間	・2005年10月の時刻表による
	運賃	・2005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 船→バス 10分/回 船→その他(航空を除く) 10分/回
自動車	路線	・2005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 2005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) ゾーン中心と最寄りの公共交通機関のターミナル間は10分と設定。

1-2 国内航空旅客需要予測モデルの構築

(1) 全国発生モデル (2000年モデルにおける生成モデルに相当)

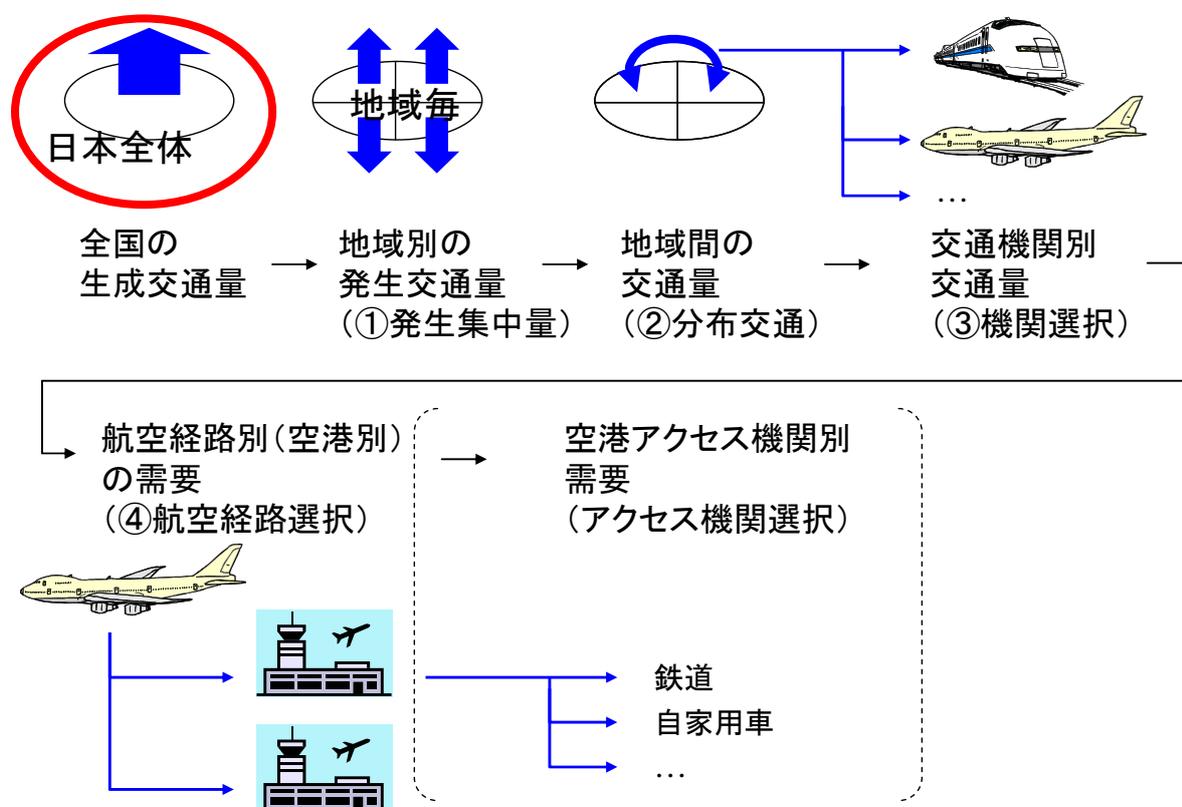


図 2-5 予測の流れ

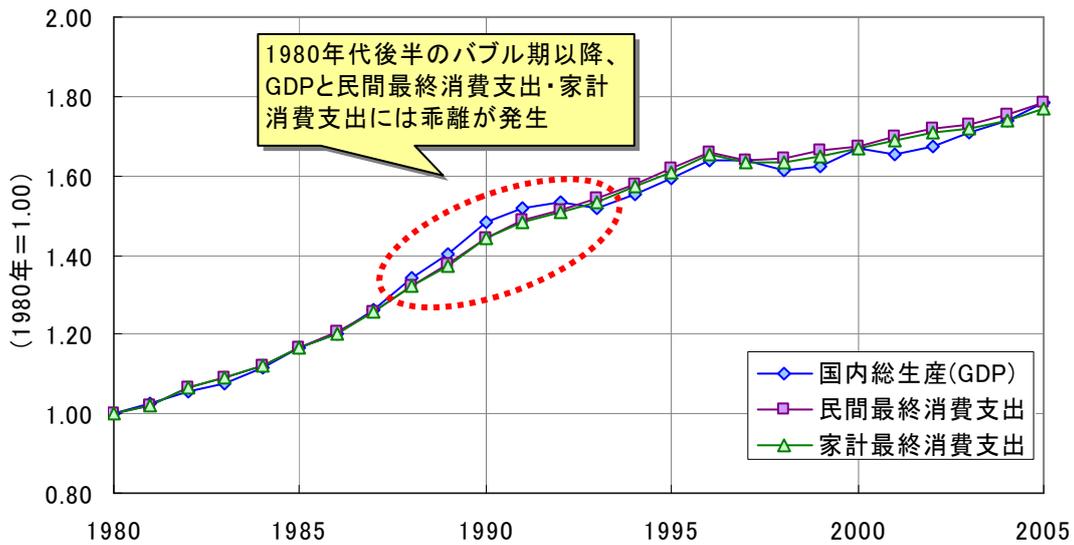
1) モデルの要件

経済状況や人口動態(少子高齢化等)、交通利便性の変化による全国発生量の変化を予測でき、航空路線サービスや空港アクセス等の交通利便性向上が全国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

人口指標×全国発生原単位型とし、全国発生原単位を社会経済指標やアクセシビリティ指標で説明するモデルとした。

なお、1980年代後半のバブル期以降、実質GDPは観光旅行等に直結する消費支出の伸びを上回って伸びており、短期的にGDPと家計消費との関係に乖離が生じたと考えられる。またバブル崩壊以降、収入の伸びが鈍化したのに伴い、旅行などへの消費性向にも変化が生じたと考えられる。このため、過去の時系列データを無差別に適用してモデル構築を行うと、こうした経済活動の構造変化による影響を加味することができない。したがって、収入に関する経済指標に相当する1人当たり実質GDPによる交通需要への影響について、バブル崩壊頃を境とする構造変化を考慮したモデル構築を検討した。



資料)「国民経済計算」(内閣府)より作成

図 2-6 実質 GDP と民間最終消費支出・家計消費支出の推移

3) モデル式

モデル式を、以下のとおりとした。

説明変数として取り込んだアクセシビリティ指標は、旅行先選択モデルから全国発生モデル用に計算されたログサム変数(詳細は後述)を、旅行目的別発生量で重み付け平均して算出した。

$$Q_t = POP_t \cdot \left[\exp(\alpha) \cdot \left(\prod_k X_{kt}^{\beta_k} \right) \cdot \exp(\gamma \cdot ACC_t) \cdot \left(\prod_m \exp(\delta_m \cdot DMY_{mt}) \right) \right] \quad (1.1)$$

$$ACC_t = \frac{\sum_l \sum_i (Q_{li0} \cdot ACC_{lit})}{\sum_l \sum_i Q_{li0}} \quad (1.2)$$

- Q_t : t 年の旅客地域流動ベースの全目的生成量(千人/年)
- Q_{li0} : 2005年における旅行目的 l 毎の居住地ゾーン i の純流動ベースの発生量(千人/年)
- POP_t : t 年の全国の夜間人口(千人)
- X_{kt} : t 年の社会経済指標 k
- ACC_t : t 年の全国のアクセシビリティ指標。旅行目的 l 毎の居住地ゾーン i のアクセシビリティ指標 ACC_{lit} を、2005年の旅行目的別発生量 Q_{li0} で重みづけ平均したもの。
- ACC_{lit} : t 年における居住地ゾーン i 、旅行目的 l のアクセシビリティ指標。全国発生モデルのアクセシビリティ指標算定のために、旅行先選

択モデルから計算されるログサム変数
 DMY_{mt} : t 年のダミー変数 m
 α 、 β_k 、 γ 、 δ_m : パラメータ

4) モデル構築のためのデータ整備

モデル構築で使用した基礎データは以下のとおり。

(a) 需要データ

◆データソース

各交通機関の流動が時系列で把握できるデータとしては、「旅客地域流動調査」(以下「旅客地域流動データ」)と「全国幹線旅客純流動調査」(以下「幹線旅客純流動データ」)がある。旅客地域流動データは、過去長期にわたって時系列動向が各年次で把握が可能であるが、自動車データについては各年次での変動幅が極端に大きい。幹線旅客純流動データは、1990年、1995年、2000年、2005年の4時点しかないが、各交通機関の流動が純流動ベースで把握されている。

したがって、時系列分析では旅客地域流動データが有益であり、クロスセクションの分析や選択モデルの構築には幹線旅客純流動データが有益である。そこで、全国発生モデルの構築に当たっては、時系列データが長期期間にわたって整備されている旅客地域流動データを需要データとして用いることとした。

なお、旅客地域流動データの自動車データについては各年次の変動幅が大きく、全国発生モデルのパラメータ推定に影響を与えることから、3カ年の移動平均値処理、50km以上のOD量による200km以上のOD量の補正処理等を行った上で使用した。

◆対象交通機関

旅客地域流動データの対象交通機関は、他のサブモデルとの整合性を図るため、定期航空、JRと民鉄の定期外、旅客船、乗合バス、自家用乗用車の6機関とした。

◆旅客地域流動データの修正方法

旅客地域流動データと幹線旅客純流動データの主な違いのうち、旅行目的、総流動／純流動の違いについては、前述したとおり全国発生モデルから予測される旅客地域ベースの生成量伸び率を用いることで対応することとした。

対象ODは、幹線旅客純流動データと同様に、府県内々OD及び3大都市圏内々ODを除くゾーン中心間空間距離200km以上のODを対象とした。

(b) 交通サービスデータ

◆アクセシビリティ指標

旅行先選択モデルから計算されるログサム変数を旅行目的別・居住地ゾーン別発生量で重み付けしたアクセシビリティ指標を設定した。なお、パラメータの符号条

件は、「+」とした。

アクセシビリティ指標の算定に当たっては、対象期間の各年次で、航空及び鉄道の発着時刻情報を含む交通ネットワークデータを全て設定するのは困難なため、以下のように処理した。

- ・ 1975、1980、1985、1990、1995、2000、2005年の7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完した。
- ・ 交通機関選択モデルや航空経路選択モデルの交通サービス水準データの設定においては、国内航空及びJR優等列車のダイヤ情報（発着時刻等）に基づき航空便数やダイヤ指標（滞在可能時間や鉄道有効運行頻度等、詳細は後述）を考慮しているが、発着時刻情報を含む交通ネットワークデータの整備は7時点のみでも困難である。そこで、全国発生モデルに用いるアクセシビリティ指標の算定にあたっては、航空便数やダイヤ指標を考慮しないで計算することとした。（これを「全国発生モデル用に計算されたログサム変数」と呼ぶ。）

時系列のアクセシビリティ指標の算定の際、交通価格（運賃・料金）は、各年次の名目値をそのまま用いるのではなく、物価水準変動の影響を取り除いた上で、基準年（2005年）の実質価格を用いる必要がある。そこで、物価水準と比べた交通価格の経年変化を明示的に取り込むために、以下の式により実質交通価格を設定した。

$$\begin{aligned} & t \text{ 年の実質交通価格}_{(2005 \text{ 年基準})} \\ & = t \text{ 年の名目交通価格} \div t \text{ 年の物価指数}_{(2005 \text{ 年基準})} \\ & = \{2005 \text{ 年の名目交通価格} \times t \text{ 年の交通価格の価格指数}_{(2005 \text{ 年基準})}\} \\ & \quad \div t \text{ 年の物価指数}_{(2005 \text{ 年基準})} \end{aligned}$$

資料) 2005年の名目交通価格 : 「JTB時刻表」(2005年10月)による運賃・料金。

資料) t年の交通価格の価格指数 : 航空運賃は「有価証券報告書」による大手航空会社の国内線イー
ルド。鉄道の運賃・料金及び自動車のガソリン代は「消費者物価
指数」(総務省)による品目別価格指数。

資料) t年の物価指数 : 「消費者物価指数」(総務省)の総合価格指数。

(c) 社会経済データ

◆人口指標

全国発生原単位を設定するための人口指標(千人)として、夜間人口を設定した。

◆1人当たり実質GDP

経済要因として、夜間人口1人当たり実質GDP(千円/人、2000暦年連鎖価格)を設定した。なお、パラメータの符号条件は、「+」とした。

5) モデル構築結果

データサンプルの対象期間は全国発生量が減少から増加に転じる 1978 年から、旅客地域流動調査の最新時点データである 2004 年までの 27 時点のデータを使用した。

全国発生モデルのパラメータ推定結果及び再現性は以下のとおりである。

1990 年代初頭のバブル崩壊を境として 1 人当たり実質 GDP に対する 1 人当たり長距離旅行回数の伸びが鈍化したことを適切に表現するために、1990 年代初頭の各年を構造変化年候補として複数のモデル構築を試行し、重相関係数、t 値、再現性等から 1992 年迄/1993 年以降を境とするモデルを採用することとした。

1 人当たり実質 GDP のパラメータは、1978～1992 年が 0.920 に対して、1993～2004 年が 0.578 と低下しており、1990 年代初頭のバブル崩壊以降、旅行などへの消費性向に関する構造変化が生じたことを表現したモデルとなっている。

表 2-6 全国発生モデルのパラメータ推定結果 (式 1.1)

		係数	t値
1人当たり実質GDP(1992年以前)(千円/人年)	$\beta 1$	0.920	12.6
1人当たり実質GDP(1993年以降)(千円/人年)	$\beta 2$	0.578	1.9
アクセシビリティ指標	γ	0.217	2.3
構造変化ダミー ※1	δ	2.763	1.3
定数項	α	-9.582	1.6
重相関係数		0.994	
DW値		1.254	
サンプル数		27	
備考(対象期間)		1978-2004年、構造変化1993年	

※1 : 構造変化ダミー : 1993 年以降=1, その他=0

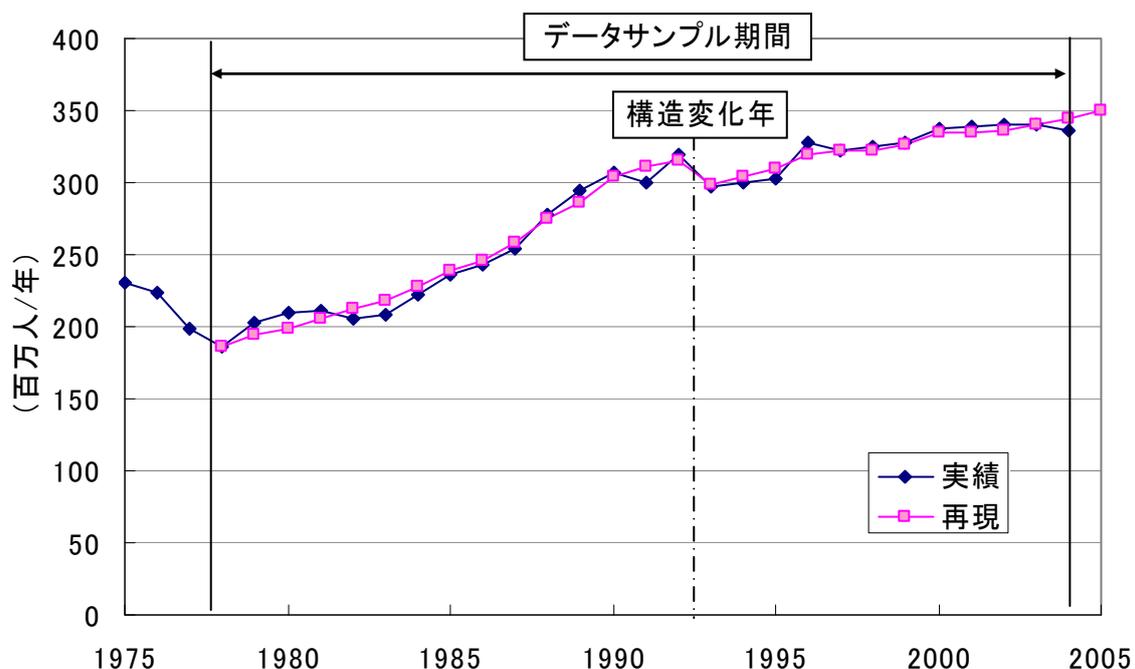


図 2-7 全国発生モデルの再現性

(2) 地域別発生シェアモデル (2000年モデルにおける発生モデルに相当)

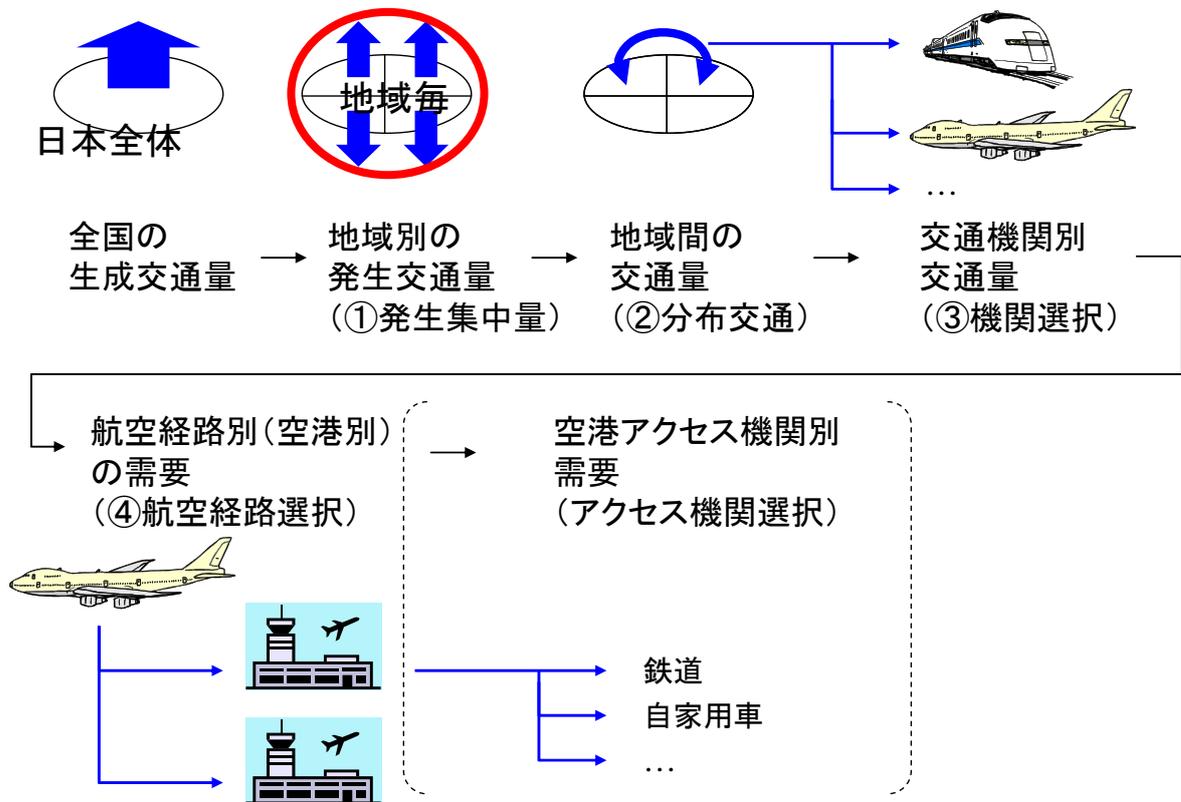


図 2-8 予測の流れ

1) モデルの要件

経済状況、人口動態、交通利便性の地域間格差やその変化による、発生量シェアの地域間格差、変化を予測でき、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シェアに与える影響（需要の誘発力）を評価できることが求められる。

2) モデルの考え方と構造

地域別発生量シェアは地域の社会経済指標等や交通サービス指標により影響を受けると考えられるため、これらを説明要因とするモデルとした。地域別発生量シェアを推計するにあたり、旅行目的別に地域別発生量シェアへの影響要因や影響度が異なることが考えられるため、モデルは旅行目的別に構築する。

3) モデル式と推定方法

地域別発生量シェアの定義は、式1.3、1.4のとおりとする。ただし、モデル式を推定するにあたり、式1.5、1.6により旅行目的別地域別発生量を推計し、推計された発生量を式1.3、1.4へ代入することにより各旅行目的の地域別発生量シェアを算出することとした。これは、将来予測を行うにあたり、シェアを直接推定するよりも発生量を推定する方が、誤差による影響が小さくモデルの予測結果が安定する

ためである。

説明変数として取り込んだ居住地ゾーン毎のアクセシビリティ指標は、交通機関選択モデルから計算されるログサム変数を、最新（2005）年の旅行目的別OD量で重み付け平均して算出した。

通常の出発地／目的地ベースのODとした場合、あるゾーン発の交通量にはそのゾーンの居住者と他のゾーンの居住者の両方が含まれるため、ゾーンの1人当たり県内総生産等の意味合いが曖昧になるが、本モデルではODの定義を居住地／旅行先ベースとしているため、ゾーン毎に設定した発生原単位の説明変数（特に1人当たり県内総生産等の社会経済変数）は、当該ゾーン居住者の属性として明確な意味合いを持たせることができる。

モデル式は、以下のとおりとした。説明変数として取り込む居住ゾーン毎のアクセシビリティ指標は、旅行先選択モデルから計算されるログサム変数とした。

$$S_{li} = \frac{Q_{li}}{\sum_i Q_{li}} \left(= \frac{Q_{li}}{S_l \cdot Q} \right) \quad (1.3)$$

$$S_l = \frac{\sum_i Q_{li}}{\sum_l \sum_i Q_{li}} \left(= \frac{Q_l}{Q} \right) \quad (1.4)$$

$$Q_{li} = \exp(\alpha_l) \cdot \left(\prod_k X_{lik}^{\beta_k} \right) \cdot \exp(\gamma_l \cdot ACC_{li}) \cdot \left(\prod_m \exp(\delta_{lm} \cdot DMY_{lim}) \right) \quad (1.5)$$

$$ACC_{li} = \ln \left\{ \sum_{j \in C_{li}} \exp(V_{lij}) \right\} \quad (1.6)$$

- S_{li} : 旅行目的 l 居住地ゾーン i の発生量の旅行目的 l 全国発生量に対するシェア
- S_l : 旅行目的 l の発生量の全目的全国発生量に対するシェア
- Q : 全国発生量（千人/年）
- Q_l : 旅行目的 l の発生量（千人/年）
- Q_{li} : 旅行目的 l 居住地ゾーン i の発生量（千人/年）
- X_{lik} : 旅行目的 l 居住地ゾーン i の社会経済指標 k
- ACC_{li} : 旅行目的 l 居住地ゾーン i のアクセシビリティ指標。旅行先選択モデルから計算されるログサム変数
- DMY_{lim} : 旅行目的 l 居住地ゾーン i のダミー変数 m
- V_{lij} : 旅行目的 l 居住地ゾーン i から旅行先ゾーン j を選択するときの旅行先選択モデルの効用
- C_{li} : 旅行目的 l 居住地ゾーン i における旅行先の選択対象となるゾーン j の集合
- α_l 、 β_k 、 γ_l 、 δ_{lm} : パラメータ

4) モデル構築のためのデータ整備

モデル構築で使用した基礎データは以下のとおり。

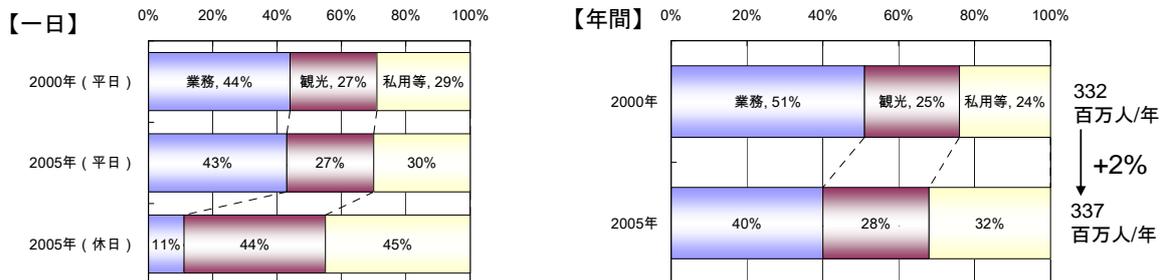
(a) 需要データ

幹線旅客純流動データの年間データを旅行目的別に設定した。

[(参考) 「2005年全国幹線旅客純流動調査」データの特徴]

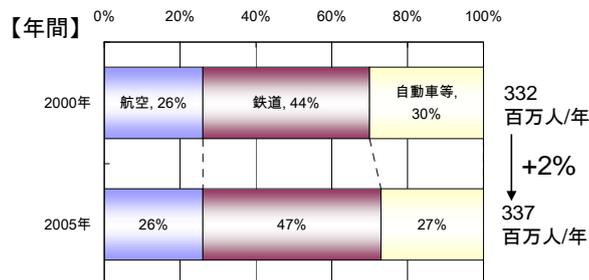
旅行目的別発生量

2000年純流動調査は秋期平日1日のみが調査日であったが、2005年調査では「秋期休日1日(日曜)」が調査日に追加された。その結果、平日1日と休日1日の2日間のデータから推計された年間データは、業務目的の発生量シェアが減少し、観光及び私用等目的の発生量シェアが増加している。



代表交通機関別発生量

代表交通機関別発生量シェアを見ると、鉄道が増加し自動車等(幹線旅客船・幹線バス含む)が減少しているが、航空については変化していない。



注) 200km以上の流動のみ対象

資料) 「全国幹線旅客純流動調査」(国土交通省)

図 2-9 旅行目的別発生量・代表交通機関別発生量

(b) 交通サービスデータ

◆アクセシビリティ指標

旅行先選択モデルから計算される旅行目的別居住地ゾーン別のログサム変数を、アクセシビリティ指標として設定した。なおパラメータの符号条件は、「+」とした。

(c) 社会経済データ

◆人口指標

業務目的では居住地ゾーンの就業者数(千人)、観光及び私用等目的では夜間人口(千人)を設定した。なお、パラメータの符号条件は、「+」とした。

◆ 1人当たり実質GRP

業務目的では居住地ゾーンの就業者数1人当たり、観光及び私用等目的では夜間人口1人当たりの実質GRP（千円/人年、2000 暦年連鎖価格）を設定した。なお、パラメータの符号条件は、「+」とした。

5) モデル構築結果

地域別発生シェアモデルのパラメータ推定結果は以下のとおりである。

表 2-7 地域別発生シェアモデルのパラメータ推定結果 (式 1.5)

		業務		観光		私用等	
		係数	t値	係数	t値	係数	t値
実質GRP(百万円/年)	β	0.8365	30.7	0.6874	26.0	0.7427	23.5
アクセシビリティ指標	γ	1.7574	9.4	1.5769	6.9	0.7726	4.9
業務・東京南部ダミー(134) ^{※1}	$\delta 1$	1.1300	20.8	-	-	-	-
北海道ダミー ^{※2}	$\delta 2$	-	-	0.8782	11.9	0.9852	10.3
定数項	α	-24.750	0.5	-21.010	0.4	-13.306	0.6
重相関係数		0.944		0.905		0.895	
サンプル数		217		218		219	

※1：業務・東京南部ダミー：業務目的で居住地ゾーンが東京南部生活圏の場合=1，その他=0

なお、東京南部生活圏とは、千代田区、中央区、港区のいわゆる都心3区と、品川区、大田区の5区。

※2：北海道ダミー：観光・私用等目的で居住地ゾーンが北海道内各生活圏の場合=1，その他=0

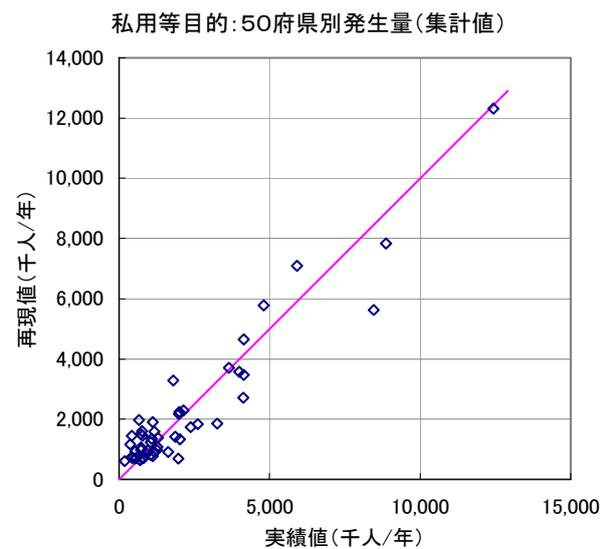
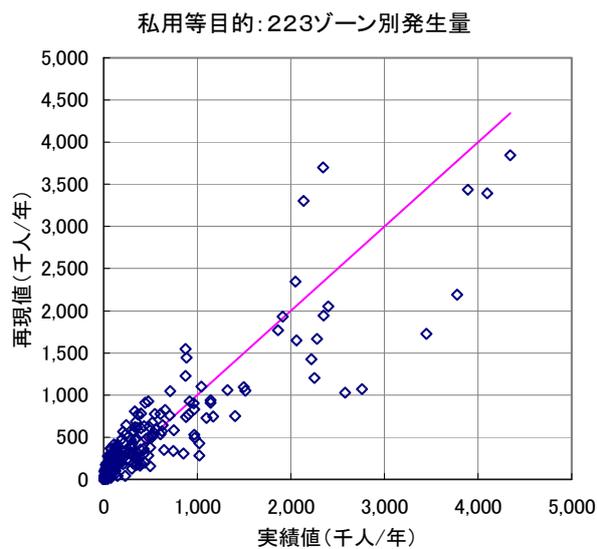
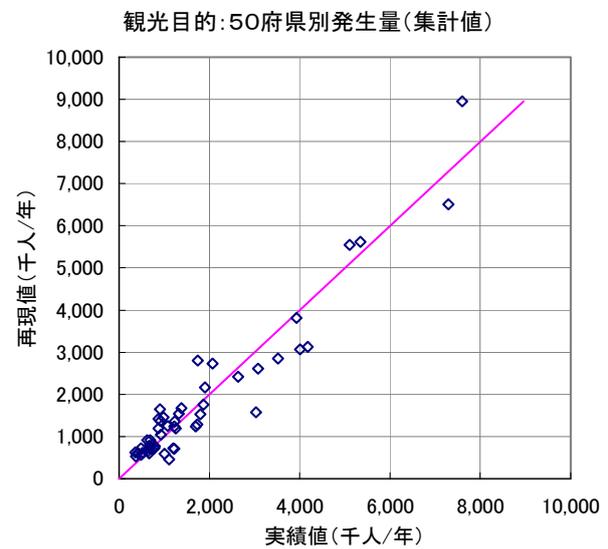
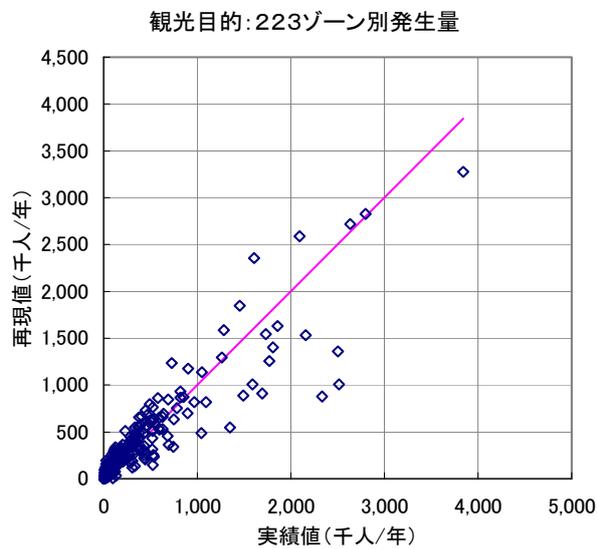
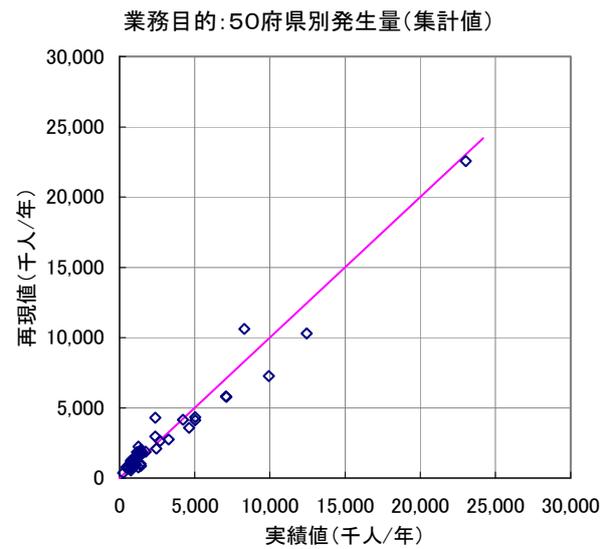
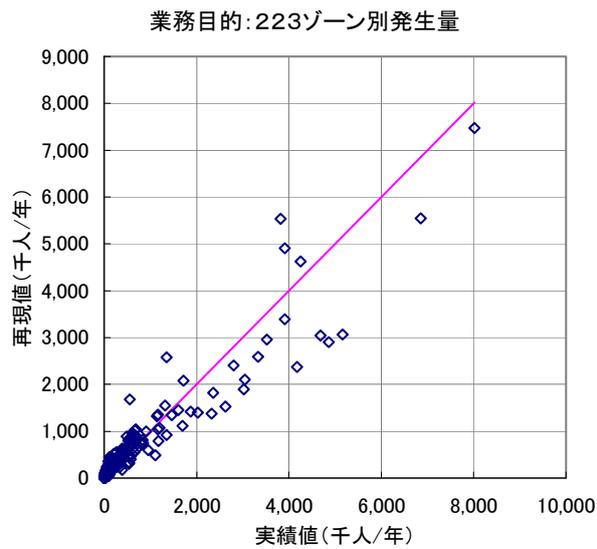


図 2-10 地域別発生シェアモデルの再現性

(参考) 実質 GRP を人口指標と 1 人当たり実質 GRP に分けたモデル

当初「人口指標×発生原単位型」のモデル構築（パターン1）を試行したが、観光目的で「人口指標 1 人当たり実質 GRP」のパラメータが、符号条件を満たさない、旅行目的別の 1 人当たり実質 GRP のパラメータ値に大きな乖離が生じる（この問題点は後述）などの問題が生じた。

そこで、人口指標自体も説明変数の 1 つとするモデル構造（パターン2：「人口指標」と「1 人当たり実質 GRP」のパラメータを独立に推定）を試行した。しかし、前述の問題は解決されなかった。

そこで次に、両変数のパラメータを共通化したモデル構造（パターン3）を試行したところ、前述の問題が生じなかったためパターン3のモデルを採用することとした。パターン3とは、結果的に人口指標と 1 人当たり県内総生産を乗じた「実質 GRP」が説明変数となっている。

表 2-8 試行段階の地域別発生シェアモデルのパラメータ推定結果

業務目的		パターン1		パターン2		パターン3	
		係数	t値	係数	t値	係数	t値
人口指標(千人)	$\beta 1$	1.0000	-	0.9529	25.5	0.8365	30.7
1人当たり実質GRP(千円/人年)	$\beta 2$	0.3914	5.2	0.4336	5.3		
アクセシビリティ指標	γ	1.6564	9.3	1.6542	9.5	1.7574	9.4
業務・東京南部ダミー ※1	δ	1.4030	22.8	1.3563	19.1	1.1300	20.8
定数項	α	-20.692	0.5	-20.722	0.5	-24.750	0.5
重相関係数		0.950		0.950		0.944	
サンプル数		217		217		217	

観光目的		パターン1		パターン2		パターン3	
		係数	t値	係数	t値	係数	t値
人口指標(千人)	$\beta 1$	1.0000	-	0.8360	26.9	0.6874	26.0
1人当たり実質GRP(千円/人年)	$\beta 2$	-0.2001	-2.1	-0.0556	-0.6		
アクセシビリティ指標	γ	1.6075	6.7	1.6172	7.9	1.5769	6.9
北海道ダミー ※2	$\delta 2$	0.7840	11.7	0.7573	11.9	0.8782	11.9
定数項	α	-16.221	0.4	-16.278	0.4	-21.010	0.4
重相関係数		0.920		0.929		0.905	
サンプル数		218		218		218	

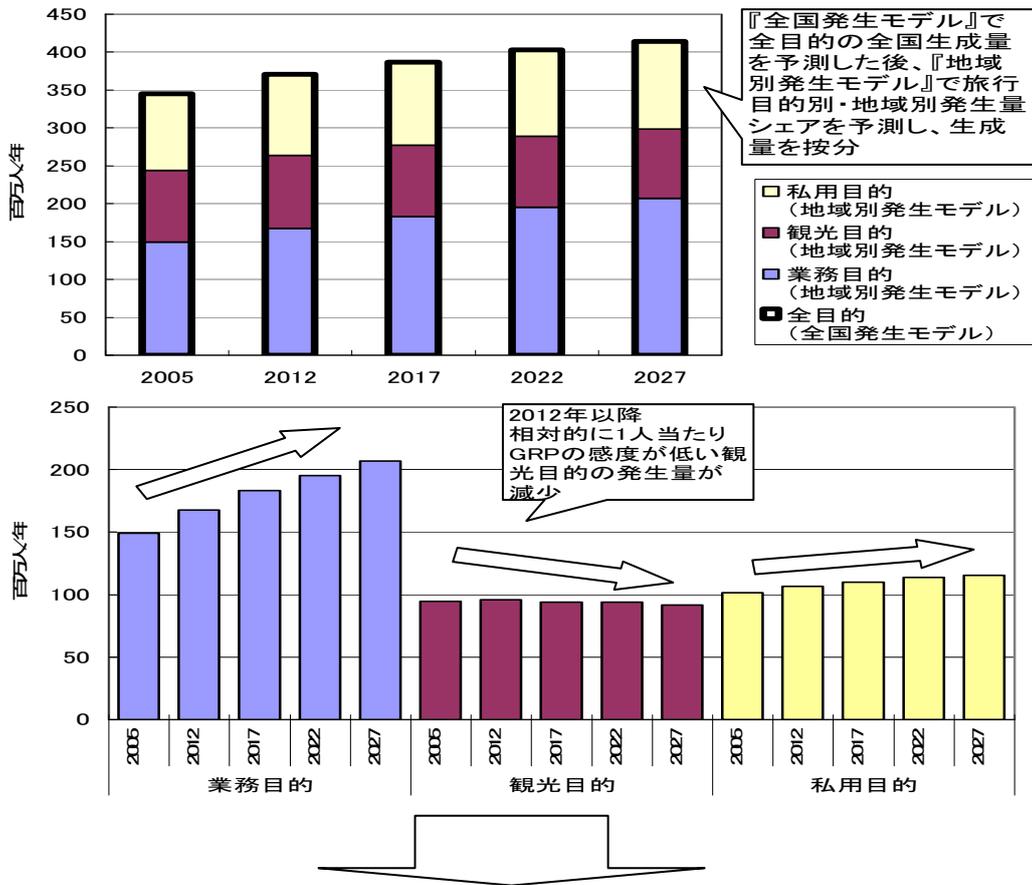
私用等目的		パターン1		パターン2		パターン3	
		係数	t値	係数	t値	係数	t値
人口指標(千人)	$\beta 1$	1.0000	-	0.8420	20.0	0.7427	23.5
1人当たり実質GRP(千円/人年)	$\beta 2$	0.2387	2.4	0.3477	3.3		
アクセシビリティ指標	γ	0.5366	3.3	0.7308	4.7	0.7726	4.9
北海道ダミー ※2	$\delta 2$	0.8943	9.4	0.9093	9.8	0.9852	10.3
定数項	α	-8.323	0.5	-10.233	0.5	-13.306	0.6
重相関係数		0.896		0.929		0.895	
サンプル数		219		219		219	

※1：業務・東京南部ダミー：業務目的で居住地ゾーンが東京南部生活圏の場合=1，その他=0

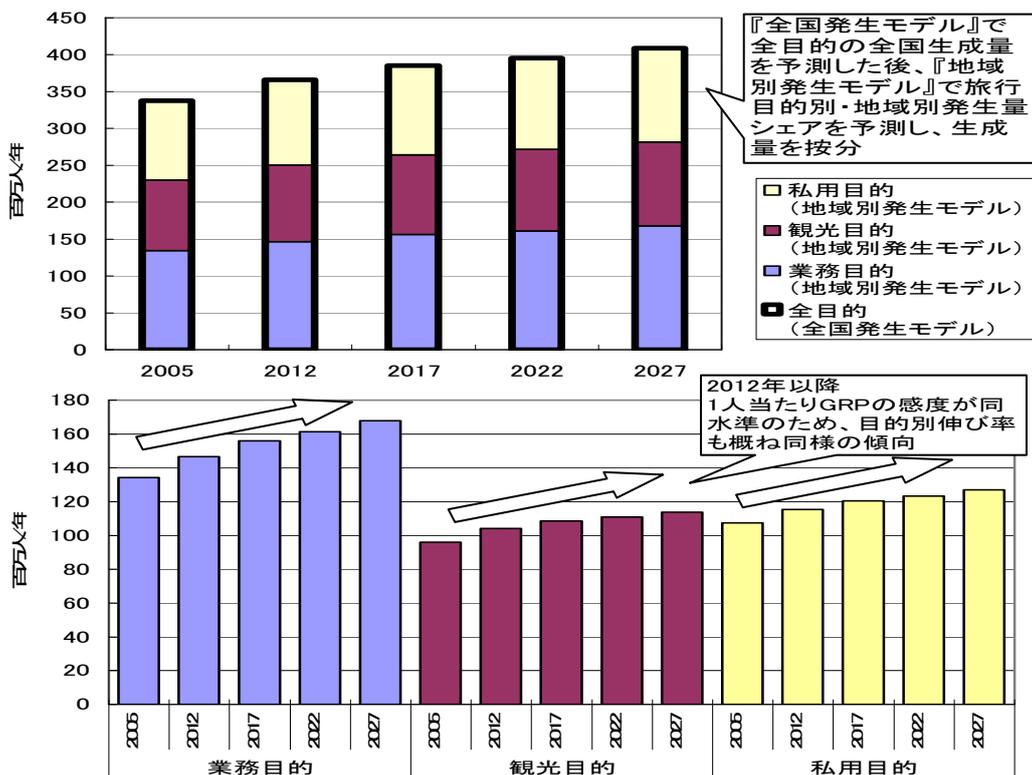
※2：北海道ダミー：観光・私用等目的で居住地ゾーンが北海道内各生活圏の場合=1，その他=0

[補足：将来の旅行目的別発生量]

[2000年モデル：2000年純流動データ]



[改善モデル：2005年純流動データ]



(3) 旅行先選択モデル

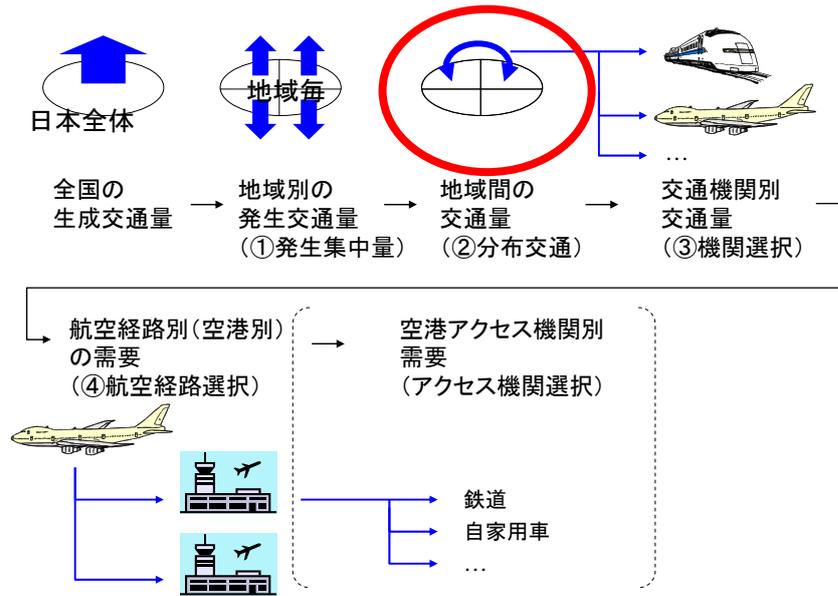


図 2-1-1 予測の流れ

1) モデルの要件

交通利便性、旅行先の集客力の違いやその変化によるOD需要量の違い、変化を予測でき、航空サービス水準や空港アクセス利便性等の向上が、ODパターンやOD需要量に与える影響を評価することが求められる。

2) モデルの構造

図 2-1-2 に示すように、ある居住地ゾーンから全旅行先ゾーンへの選択構造を仮定し、OD毎に、交通機関選択モデルを連結させた集計ロジットモデルとした。

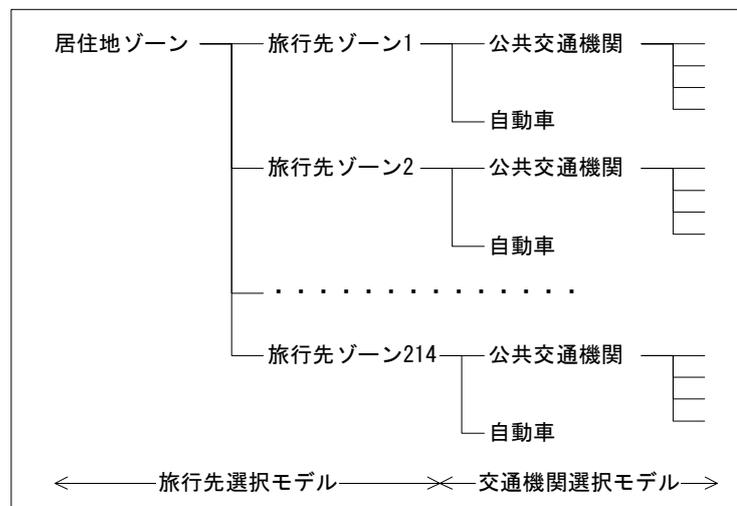


図 2-1-2 旅行先選択モデルの選択構造

3) モデル式

モデル式は、以下のとおりとした。アクセシビリティ指標は、交通機関選択モデルから計算されるログサム変数である。

$$P_{ij} = \frac{\exp(V_{ij})}{\sum_{j \in c_i} \exp(V_{ij})} \quad (1.7)$$

$$V_{ij} = \sum_k \beta_k \cdot X_{jk} + \gamma \cdot ACC_{ij} + \sum_m \delta_m \cdot DMY_{jm} \quad (1.8)$$

$$ACC_{ij} = \ln \left\{ \sum_{m \in c_{2ij}} \exp(V_{2ijm}) \right\} \quad (1.9)$$

- P_{ij} : 居住地ゾーン*i*における旅行先ゾーン*j*の選択確率
 V_{ij} : 居住地ゾーン*i*において旅行先ゾーン*j*を選択するときの効用
 c_i : 居住地ゾーン*i*から選択可能な旅行先ゾーンの集合
 X_{jk} : 旅行先ゾーン*j*の*k*番目の集客力指標
 ACC_{ij} : 居住地ゾーン*i*と旅行先ゾーン*j*間のアクセシビリティ指標。交通機関選択モデル（レベル2）から計算されるログサム変数。
 DMY_{jm} : 旅行先ゾーン*j*のダミー変数*m*
 V_{2ijm} : 居住地ゾーン*i*と旅行先ゾーン*j*間でレベル2の交通機関*m*を選択するときの効用
 c_{2ij} : 居住地ゾーン*i*と旅行先ゾーン*j*間で選択可能なレベル2の交通機関の集合
 β_k 、 γ 、 δ_m : パラメータ

4) モデル構築のためのデータ整備

① データ一覧

モデル構築で使用した基礎データは以下のとおり。

(a) 需要データ

2005年度幹線旅客純流動データの年間データ（秋期平日1日＋秋期休日1日の両データを反映）を旅行目的別居住地・旅行先OD別に設定した。

パラメータ推定においては対象ODのうち、全223居住地ゾーンから、各都道府県内の中心地である52旅行先ゾーン（北海道を4分割した50府県ゾーンの中心地に加え、東京都23区内の3ゾーンが対象）へのODを対象とした。これは全ODを対象とした場合、サンプル数が非常に多くなること、また中心地以外を旅行先とするODではOD量が極端に多い又は少ないといったばらつきが大きいことによる。

(b) 交通サービスデータ

◆アクセシビリティ指標

OD間の（全交通機関による）アクセシビリティ指標として、交通機関選択モデル（レベル2）から算定されるログサム変数を設定した。なお、パラメータの符号条件は「+」とした。

(c) 社会経済データ

◆旅行先ゾーンの集客力指標（旧魅力度指標）

旅行先ゾーンの集客力指標として、旅行目的 l 毎、旅行先ゾーン j 毎の対数をとった集中量（千人／日）を設定した。なお、将来予測時の集客力指標の設定は、現状値で一定と仮定した。（後述の「旅行先ゾーンの集客力指標」参照）

[補足：旅行先ゾーンの集客力指標]

旅行先選択モデルの説明変数として用いる旅行先ゾーンの集客力指標とは、旅行目的によって異なるものである。例えば、業務目的であれば本社・支社・支店の立地する地域や、取引先事業者の立地する地域、消費市場が集積する地域等が旅行先としての集客力が高い地域と考えられる。また観光目的であれば、観光資源の豊富な地域や宿泊施設の充実した地域、私用等目的であれば都市機能の集積した地域や人的交流の多い地域等が考えられる。

これら旅行先ゾーンの集客力を定量的に表す指標については、過去にいくつかの調査研究が行われているが、将来予測を行う調査研究の中で定番として位置付けられるような指標は存在していないのが現状である。これは旅行先の集客力には多くの要因が混在しており、少数の代理指標で全体の傾向を反映することが困難なこと、及び集客力指標の将来設定が困難なことによる。

2000年モデルでは旅行先ゾーンの集客力指標として、旅行先ゾーンの集中量を対数変換した値を用いてきた。これは前述の各種集客力の高い地域には結果として訪問する旅客数が多くなるという現象を表現したものである。また将来予測時の集客力指標の設定にあたっては、旅行先選択モデルの計算結果として算出される集中量を使用することができないため、別途、従業人口を説明変数として将来の集客力指標を推計するモデル式を構築してきた。

しかし、将来減少する従業人口を説明変数としたために、将来の集客力指標が減少するという課題が生じていた。更に、旅行先選択モデルの集客力指標も含むログサム変数が全国発生モデル（旧生成モデル）の説明変数として使用されていたために、将来従業人口が減少すると全国発生量を押し下げる方向に影響するという状況であった。

そこで本モデルでは、モデル構造は2000年モデルを踏襲したまま、将来の従業人口の減少に伴う集客力指標の減少を回避するために、将来の従業人口に代わり、「従業人口の地域別構成率」を反映することを検討した。しかし、将来予測において「従業人口の地域別構成率」を用いたとしても、結果的に将来の全国発生モデルに関連するアクセシビリティ指標は低下するままであった。

したがって、将来の集客力指標を適切に反映するための指標の検討については引き続き今後の課題であるという認識のもと、今回の将来予測においては将来の集客力指標（集中量の対数変換値）は現状値で一定と仮定することとした。即ち、今回の旅行先選択モデルは実質的に交通機関選択モデルで計算されるOD毎のアクセシビリティ指標の変化のみを反映し、変化がなければ現在パターンで一定とする現在パターン法を用いた結果とほぼ等しい結果となっている。

5) モデル構築結果

パラメータ推定結果は以下のとおりである。

いずれの旅行目的においても「集客力指標」と「アクセシビリティ指標」、「北海道内々ダミー」を説明変数とするモデルが構築された。これにより将来の旅行先ゾーンの集客力の変化やアクセシビリティの変化に伴う旅行先の変化を予測することができる。なお北海道内々ダミーは、北海道内々流動における比較的近距离の自動車利用流動の影響を軽減するためにダミー変数を設定した。

観光目的については、前述の3変数のみでモデルを構築した場合、沖縄県内ゾーンを旅行先とするOD量及び集中量の再現性が低かった。これは全国一律の指標では沖縄県の観光目的地としての集客力を十分に説明しきれないことによるものと考えられる。そこで、観光目的のモデルについてのみ、沖縄県固有の観光集客力を反映するため「沖縄観光ダミー（旅行先が沖縄県内各ゾーンの場合=1、その他=0）」を設定したところ、有意な結果が得られた。

現況再現性については、業務目的については223ゾーン間においても比較的良好的な再現性が得られた。またいずれの目的についても、旅行先ゾーンの集中量で見ると良好的な再現性が確認された。

表 2-9 旅行先モデルのパラメータ推定結果（集計ロジットモデル）（式1.8）

		業務		観光		私用等	
		係数	t値	係数	t値	係数	t値
集客力指標(ln集中量(千人/年))	β	0.975	143.1	0.973	74.6	0.943	83.6
アクセシビリティ指標	γ	0.299	38.0	0.323	31.5	0.724	46.1
北海道内々ダミー	※1 $\delta 1$	2.356	10.5	1.292	5.3	1.587	7.2
沖縄観光ダミー	※2 $\delta 2$	-		0.626	5.4	-	
重相関係数		0.929		0.783		0.850	
サンプル数		5,981		5,624		5,946	

※1：北海道内々ダミー：居住地ゾーン及び旅行先ゾーンの双方が北海道内生活圏の場合=1，その他=0

※2：沖縄観光ダミー：観光目的で旅行先ゾーンが沖縄県内各生活圏の場合=1，その他=0

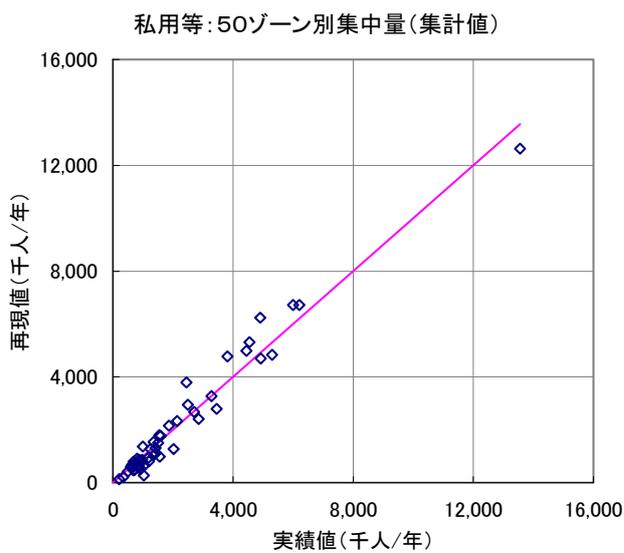
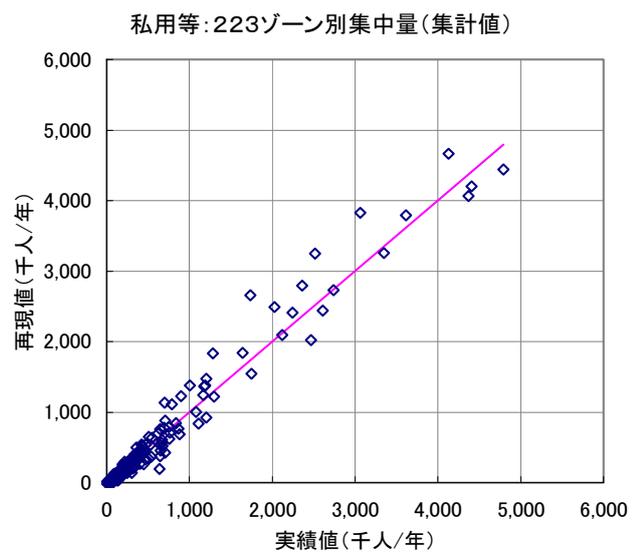
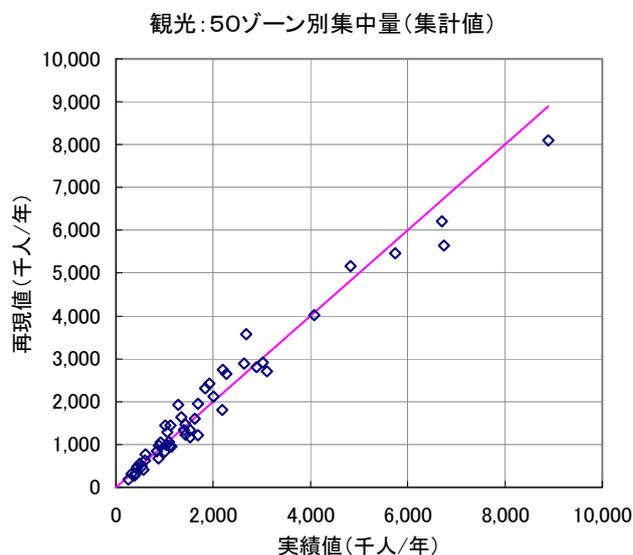
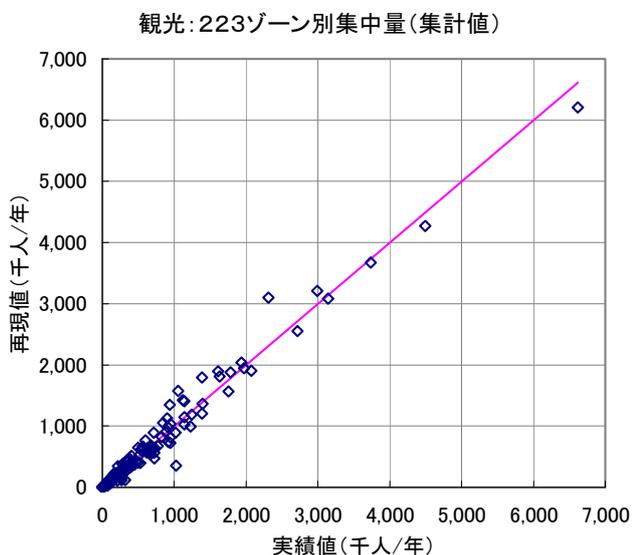
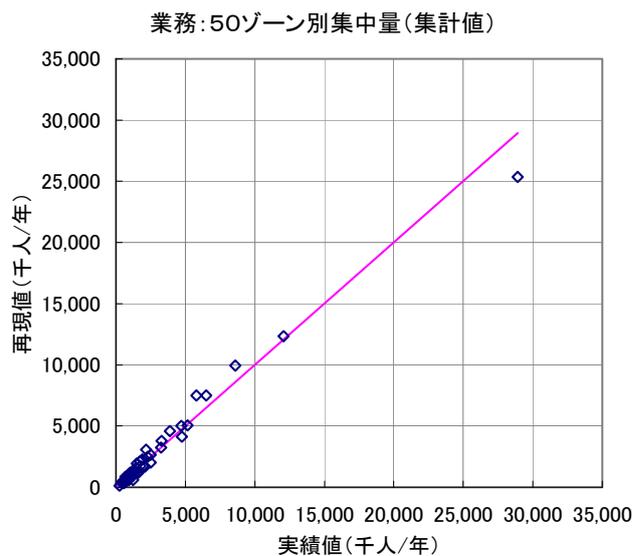
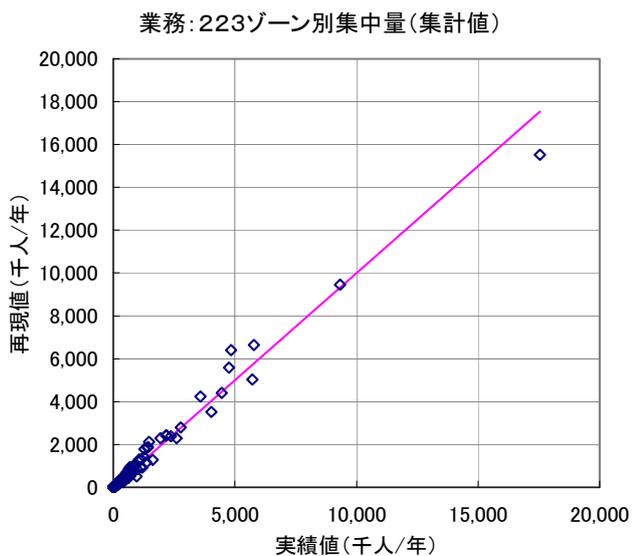


図 2-13 旅行先モデルの再現結果 (集中度量を表示)

(4) 交通機関選択モデル

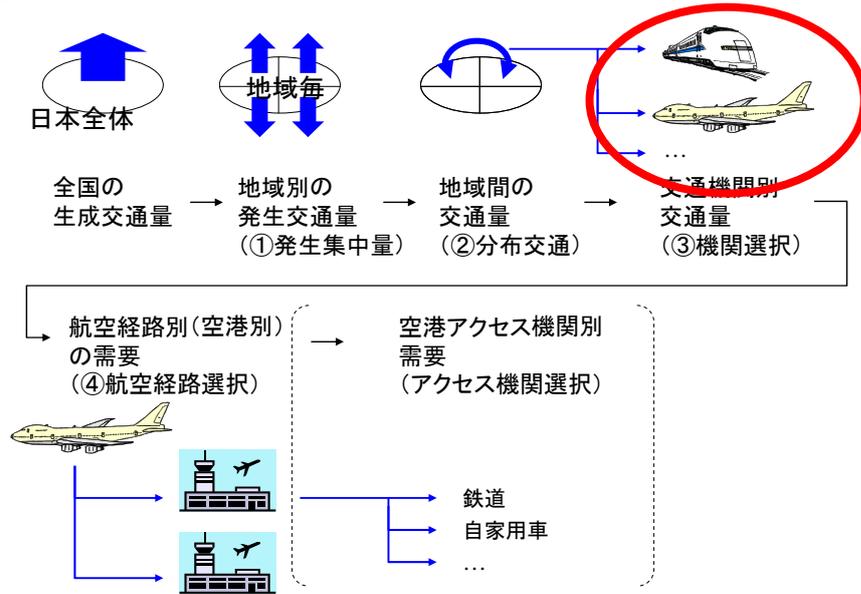


図 2-14 予測の流れ

1) モデルの要件

航空や新幹線等の交通サービス水準の違いやその変化による交通機関別需要の違い、変化を予測でき、航空路線サービス水準や空港アクセス等の利便性の向上が、航空をはじめとする交通機関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

公共交通機関相互間と、私的交通機関の自動車と公共交通機関間の選択構造は、同じと考えにくいことから、図 2-15 に示すように、公共交通機関相互の4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、さらに公共交通機関の中の航空については、下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。

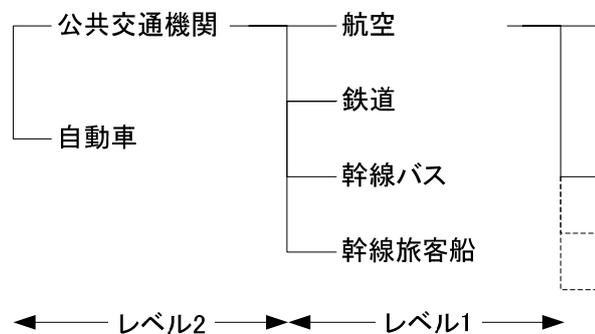


図 2-15 交通機関選択モデルの選択構造

3) モデル式

モデル式は、以下のとおりとした。

レベル1の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るログサム変数であり、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]

$$P_{lijm} = \frac{\exp(V_{lijm})}{\sum_{m \in c_{ij}} \exp(V_{lijm})} \quad (1.10)$$

$$V_{lijm} = \sum_k \beta_{1mk} \cdot X_{lijmk} + \gamma_1 \cdot ACC_{lijm} \quad (1.11)$$

$$ACC_{lijm(m=\text{航空})} = \ln \left\{ \sum_{r \in c_{ij}} \exp(V_{ijr}) \right\} \quad (1.12)$$

- P_{lijm} : 居住地ゾーン*i*と旅行先ゾーン*j*間でのレベル1の交通機関*m*の選択確率
- V_{lijm} : 居住地ゾーン*i*と旅行先ゾーン*j*間でレベル1の交通機関*m*を選択するときの効用
- c_{ij} : 居住地ゾーン*i*と旅行先ゾーン*j*間で選択可能なレベル1の交通機関の集合
- X_{lijmk} : 居住地ゾーン*i*と旅行先ゾーン*j*間でレベル1の交通機関*m*を選択する場合の*k*番目の交通サービス指標
- $ACC_{lijm(m=\text{航空})}$: 航空の固有変数である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_{ijr} : 居住地ゾーン*i*と旅行先ゾーン*j*間で航空経路*r*を選択するときの効用
- c_{ij} : 居住地ゾーン*i*と旅行先ゾーン*j*間で選択可能な航空経路の集合
- β_{1mk} 、 γ_1 : パラメータ

[レベル2]

$$P_{2ijm} = \frac{\exp(V_{2ijm})}{\sum_{m \in c_{2ij}} \exp(V_{2ijm})} \quad (1.13)$$

$$V_{2ijm} = \sum_k \beta_{2mk} \cdot X_{2ijmk} + \gamma_2 \cdot ACC_{2ijm} \quad (1.14)$$

$$ACC_{2ijm(m=\text{公共交通機関})} = \ln \left\{ \sum_{m' \in c_{1ij}} \exp(V_{1ijm'}) \right\} \quad (1.15)$$

P_{2ijm}	: 居住地ゾーン <i>i</i> と旅行先ゾーン <i>j</i> 間でのレベル2の交通機関 <i>m</i> の選択確率
V_{2ijm}	: 居住地ゾーン <i>i</i> と旅行先ゾーン <i>j</i> 間でレベル2の交通機関 <i>m</i> を選択するときの効用
c_{2ij}	: 居住地ゾーン <i>i</i> と旅行先ゾーン <i>j</i> 間で選択可能なレベル2の交通機関の集合
X_{2ijmk}	: 居住地ゾーン <i>i</i> と旅行先ゾーン <i>j</i> 間でレベル2の交通機関 <i>m</i> を選択する場合の <i>k</i> 番目の交通サービス指標
ACC_{2ijm}	: 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。レベル1から計算されるログサム変数。
$V_{1ijm'}$: 居住地ゾーン <i>i</i> と旅行先ゾーン <i>j</i> 間でレベル1の交通機関 <i>m'</i> を選択するときの効用
c_{1ij}	: 居住地ゾーン <i>i</i> と旅行先ゾーン <i>j</i> 間で選択可能なレベル1の交通機関の集合
β_{2mk} 、 γ_2	: パラメータ

4) モデル構築のためのデータ整備

モデル構築で使用した基礎データは以下のとおり。
 なお、各交通機関の経路設定方法はP. II-11 参照。

(a) 需要データ

2005年幹線旅客純流動データの秋期1日データ（秋期平日1日及び秋期休日1日）を旅行目的別居住地・旅行先OD別代表交通機関別に設定した。

(b) 交通サービスデータ

◆総所要時間

下層に選択肢がつながっていない交通機関（レベル1の鉄道、幹線バス、幹線旅客船、及びレベル2の自動車）を対象とし、ゾーン間移動の総所要時間（分）を設定した。

鉄道のゾーン間総所要時間の設定では、優等列車を使う場合、列車相互の接続時間を加味した。（詳細は表 2-5 参照）

なお、パラメータの符号条件は、「-」とした。

◆総費用

下層に選択肢がつながっていない交通機関（レベル1の鉄道、幹線バス、幹線旅客船、及びレベル2の自動車）を対象とし、ゾーン間移動の総費用（円）を設定した。

なお、パラメータの符号条件は、「-」とした。

◆運行頻度及びダイヤ指標

鉄道を対象とし、ゾーン間の（単純な）運行頻度（最短所要時間ルート上の区間毎の利用列車の運行頻度最小値）と、次の3つのダイヤ指標を設定し、可能な

範囲でモデルに取り込むこととした。(詳細は後述の表 2-16 参照)

- ・滞在可能時間 (分)
- ・出発可能時間 (分)
- ・有効運行頻度 (本/日)

なお、パラメータの符号条件は、運行頻度、各ダイヤ指標ともに「+」とした。

◆乗換え回数

レベル1の鉄道、幹線バス、幹線旅客船を対象とし、ゾーン間移動での(異種及び同種)交通機関相互の乗換え回数(回)を設定し、可能な場合はモデルに取り込むこととした。なお、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1では、航空を対象とし、航空経路の利便性を表わすアクセシビリティ指標として航空経路選択モデルから計算されるログサム変数を設定した。

レベル2では、公共交通機関を対象とし、レベル1の交通機関選択モデルから計算されるログサム変数を設定した。

なお、パラメータの符号条件はともに「+」とした。

◆選択肢交通機関固有ダミー

下層に選択肢が繋がっていない交通機関(レベル1の鉄道、幹線バス、幹線旅客船、及びレベル2の自動車)を対象とし、選択肢交通機関ダミーを設定した。

公共交通機関についてはパラメータの符号条件は特に定めなかった。自動車については、所要時間や費用以外の利便性・快適性といったプラスの要因が大きく、一般に自動車ダミーはプラスとされていることから「+」とした。

[補足：本モデルで定義するダイヤ指標]

「2005年10月 JTB 時刻表」をもとに J R 優等列車について発着時刻を含むデータを設定し、朝 5:00 以降に居住地ゾーンを出発して夜 1:00 までに旅行先ゾーンに到着する往路の最短所要時間ルート・便（乗り継ぎでは列車接続時間等を加味する）を複数抽出しておく。復路についても同様に、朝 5:00 から夜 1:00 の間で最短所要時間ルート・便を複数抽出しておく。この往路復路の最短所要時間ルート・便を対象にして、3つの指標を算定する。

居住地を朝 5:00 以降に出発して夜 1:00 までに居住地まで日帰りできるルート・便を使うことを条件に、旅行先での滞在可能な最長の時間を「滞在可能時間」とする。同様の条件で、最も遅く出発できる時刻と最も早く出発できる時刻の差を「出発可能時間」、その間のルート・便の数を「有効運行頻度」とする。

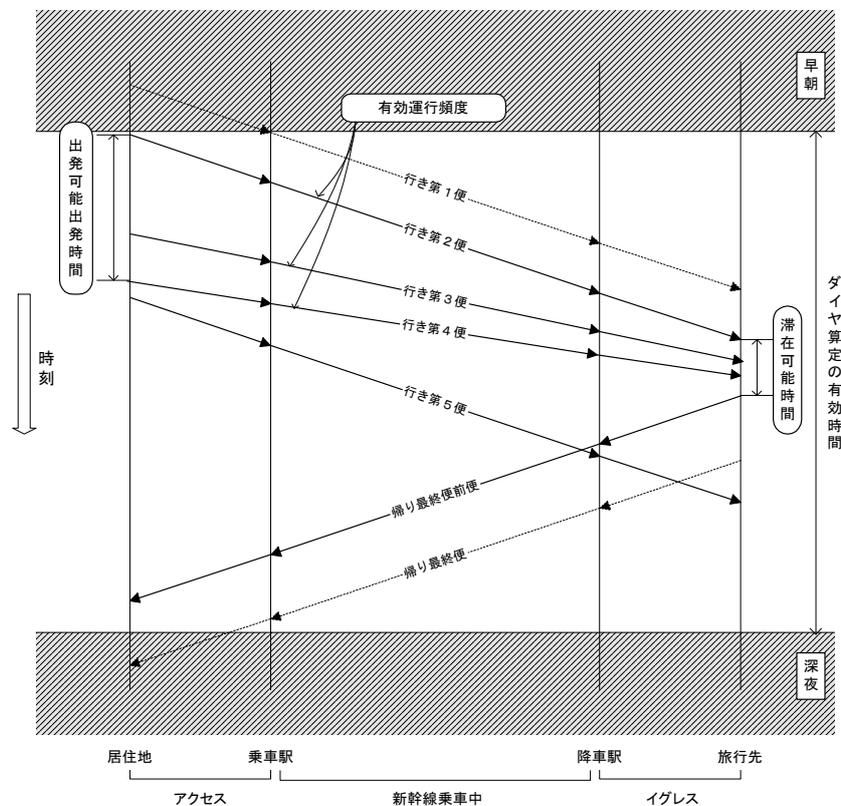


図 2-16 本モデルで定義するダイヤ指標のイメージ

これらのダイヤ指標は、一般に以下の場合に利便性が高くなるよう（滞在可能時間及び出発可能時間は長く、有効運行頻度は高くなるよう）変化する傾向を持つ。

- 列車運行特性……………運行頻度が増加、便接続時間が短縮、所要時間が短縮するほど利便性大
- ゾーンとターミナル間距離…近距離ほど利便性大
- OD 間距離……………近距離ほど利便性大

5) モデル構築結果

パラメータ推定結果は表 2-10、再現結果は図 2-17に示すとおりである。

時間評価値については、旅行目的間ではレベル1・2とも、「業務>私用等>観光」、また、レベル間では各旅行目的とも、「レベル1（公共交通機関相互の選択）>レベル2（公共交通機関と自動車の選択）」となっており、時間評価値の相対的關係、またその水準についても妥当といえる。

レベル1では、鉄道の固有変数として、「有効運行頻度」を取り込むことが出来、t値も極めて高くなった。

また、乗り換え回数の導入も検討したがモデルに取り込めなかった。これは鉄道の所要時間の中に、実際の発着時刻に応じた接続時間が含まれていたことも影響していると考えられる。

表 2-10 交通機関選択モデルのパラメータ推定結果

(レベル1) (式1.11)

		業務		観光		私用等		
		係数	t値	係数	t値	係数	t値	
rsb	1 総所要時間(分)	$\beta 1$	-1.23E-02	-18.0	-6.72E-03	-12.5	-3.20E-03	-14.5
rsb	2 総費用(円)	$\beta 2$	-1.76E-04	-9.2	-1.11E-04	-6.2	-6.12E-05	-7.6
r	3 Ln{有効運行頻度(本/日)}	$\beta 3$	9.05E-01	19.5	7.25E-01	14.7	7.56E-01	26.6
a	4 アクセシビリティ指標	γ	6.51E-01	18.4	6.21E-01	10.9	4.23E-01	15.0
時間価値(円/hr)		4,193		3,642		3,133		
尤度比		0.34		0.39		0.25		
的中率(%)		90.3		92.7		86.8		
サンプル数		4,749		4,056		4,591		

a: 航空、r: 鉄道、s: 旅客船、b: 幹線バス

(レベル2) (式1.14)

		業務		観光		私用等		
		係数	t値	係数	t値	係数	t値	
c	1 総所要時間(分)	$\beta 1$	-1.16E-02	-7.5	-8.18E-03	-8.0	-7.64E-03	-9.4
c	2 総費用(円)	$\beta 2$	-1.93E-04	-3.2	-1.53E-04	-4.6	-1.52E-04	-5.2
c	3 自動車ダミー	$\beta 3$	1.63E+00	6.4	3.85E+00	19.4	3.54E+00	15.6
p	4 アクセシビリティ指標	γ	5.87E-01	8.2	5.99E-01	6.3	5.85E-01	6.3
時間価値(円/hr)		3,620		3,198		3,020		
尤度比		0.19		0.22		0.27		
的中率(%)		94.9		84.8		85.5		
サンプル数		4,936		3,437		4,792		

p: 公共交通、c: 自動車

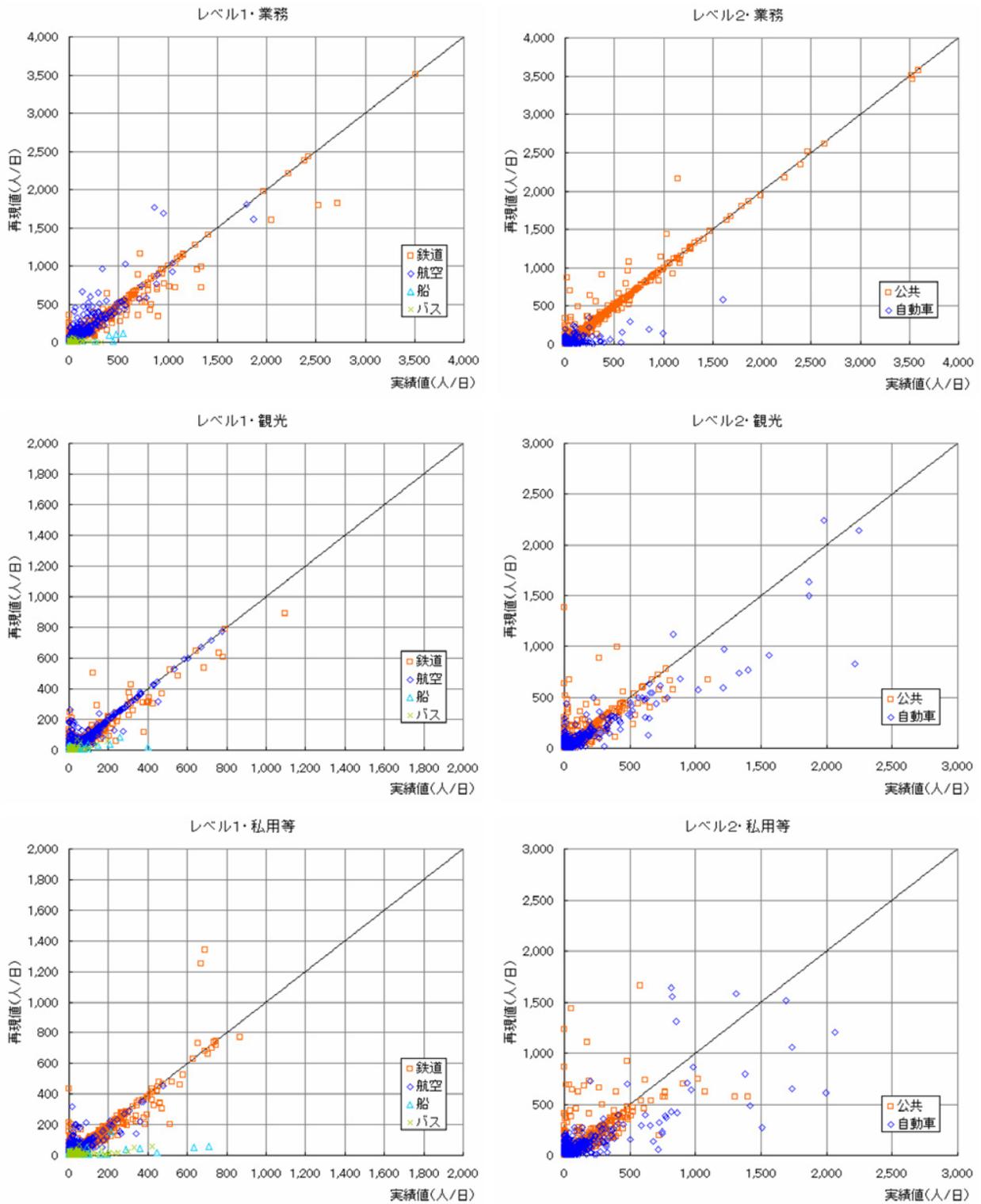


図 2-17 交通機関選択モデルの再現結果

(5) 航空経路選択モデル

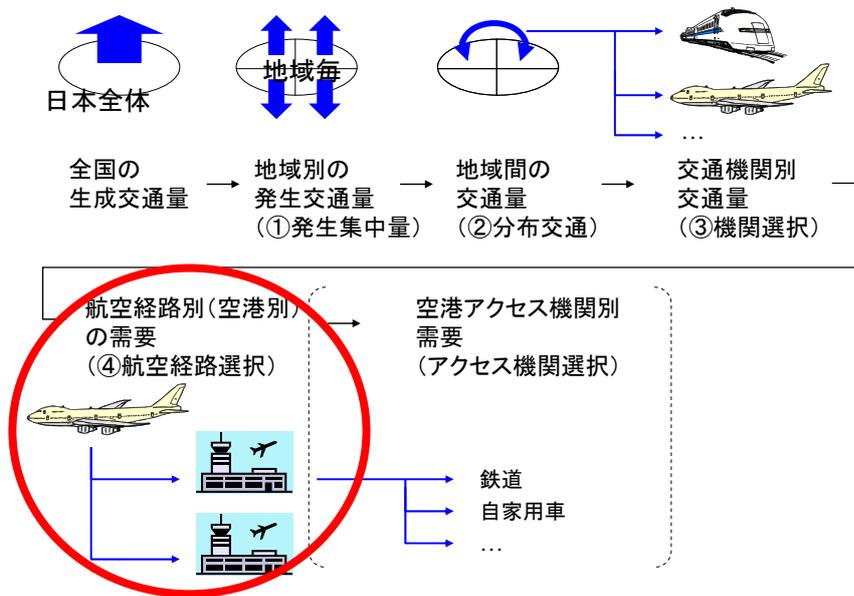


図 2-18 予測の流れ

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、航空需要の変化を予測でき、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することができるものとし、空港発着容量との適合性の判定に資することが求められる。

2) モデルの構造

図 2-19 に示すように、同一ODにおける複数の航空経路の選択構造を仮定し、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。

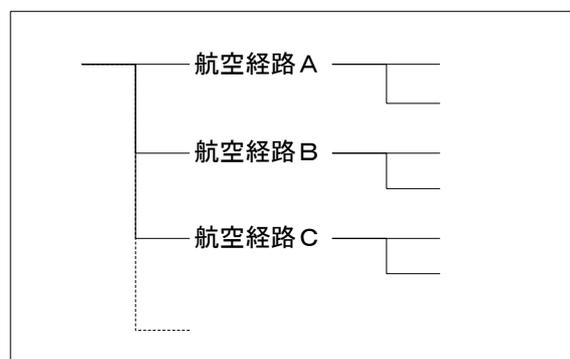


図 2-19 航空経路選択モデルの選択構造

3) モデル式

モデル式は、以下のとおりとした。

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る、居住地側ログサム変数と旅行先側のログサム変数の和としている。

$$P_{ijr} = \frac{\exp(V_{ijr})}{\sum_{r \in c_{ij}} \exp(V_{ijr})} \quad (1.16)$$

$$V_{ijr} = \sum_k \beta_{kr} \cdot X_{ijk} + \gamma \cdot \{ACC_{inr}^{resd} + ACC_{jnr}^{dest}\} \quad (1.17)$$

- P_{ijr} : 居住地ゾーン*i*と旅行先ゾーン*j*間での航空経路*r*の選択確率
- V_{ijr} : 居住地ゾーン*i*と旅行先ゾーン*j*間で航空経路*r*を選択するときの効用
- c_{ij} : 居住地ゾーン*i*と旅行先ゾーン*j*間で選択可能な航空経路の集合
- X_{ijk} : 居住地ゾーン*i*と旅行先ゾーン*j*間で航空経路*r*を選択する場合の*k*番目の交通サービス指標
- β_{kr} 、 γ
 ACC_{inr}^{resd} 、 ACC_{jnr}^{dest} : パラメータ
 : 居住地側(*resd*)ゾーン*i*、旅行先側(*dest*)ゾーン*j*から各々の空港*n*までの利便性を表わすアクセシビリティ指標。空港アクセス交通機関選択モデル(レベル2)から計算されるログサム変数。居住地又は旅行先ゾーン*i*から空港*n*の間で、空港アクセス交通機関選択モデル(レベル2)による交通機関*m*の効用を V_{2im} 、選択肢集合を c_{2in} とすると、以下の式で表される。

$$ACC_{in} = \ln \left\{ \sum_{m \in c_{2in}} \exp(V_{2im}) \right\} \quad (1.18)$$

4) モデル構築のためのデータ整備

モデル構築で使用した基礎データは以下のとおり。

なお、航空経路の設定方法はP. II-11 参照。

(a) 需要データ

2005年幹線旅客純流動データの秋期1日データ(秋期平日1日及び秋期休日1日)を旅行目的別居住地・旅行先OD別航空経路別に設定した。

航空需要全体をパラメータ推定データの母集団としてランダムサンプリングを行えば、経路間の競合が生じていないデータが多く含まれ、安定的にパラメータを推定できない可能性がある。

そこで、同一ODにおいて以下の条件を共に満たす経路を、経路間競合が生じている主要航空経路とみなし、パラメータ推定データの母集団とした。そこから

サンプル数 3000～5000 程度を目安に旅行目的別にサンプルをランダム抽出することとした。

[パラメータ推定のための航空経路競合データの抽出条件]

- ・ 一定規模以上の航空需要があるOD
⇒ 214 ゾーン単位ODで航空需要が全目的で 50 人／日以上以上のOD
- ・ そのODで競合が生じている主な航空経路
⇒ 全目的で1経路当たり 10 人／日以上かつ経路分担率 5%以上の航空経路

(b) 交通サービスデータ

◆航空ラインホール所要時間

航空ラインホール所要時間(分)は、飛行時間(時刻表に記載の発着時刻の差)と発着空港での乗り継ぎ時間・待ち時間の合計とし、モデルに取り込むこととした。トランジットの場合は、トランジット空港での便の接続時間をさらに加えたものとした。(乗り継ぎ時間・待ち時間の設定は表 2-5 参照)

なお、パラメータの符号条件は、「-」とした。

◆航空ラインホール費用

航空ラインホール費用として、時刻表に記載されている通常期の大人普通運賃(円)を設定した。航空会社により複数の運賃がある場合は、便数による加重平均値とした。

なお、パラメータの符号条件は、「-」とした。

◆運航頻度及びダイヤ指標

通常運航頻度(便/日)と、鉄道と同様の方法で設定した有効運航頻度(便/日)、滞在可能時間(分)、出発可能時間(分)の3つのダイヤ指標を設定した。運航頻度、有効運航頻度は、需要からの便数・便あたり旅客数算定の際に不可欠な変数であるため、いずれかをモデルに取り込むこととし、滞在可能時間、出発可能時間は、可能な範囲でいずれか一方を取り込むこととした。トランジットの場合の運航頻度は、経路上の路線のうち少ない方の便数とした。

なお、パラメータの符号条件は、いずれの指標も「+」とした。

◆乗換え回数

トランジットの時は乗換え回数(回)を設定し、可能な範囲でモデルに取り込むこととした。

なお、パラメータの符号条件は、「-」とした。

◆アクセシビリティ指標

空港アクセス交通機関選択モデルから計算される、居住地側、旅行先側のログサム変数の和をアクセシビリティ指標として設定した。

なお、パラメータの符号条件は、「+」とした。

5) モデル構築結果

パラメータ推定結果を表 2-11 に、再現結果を図 2-20 に示した。また、時間評価値の水準及び旅行目的間での相対関係（「業務目的」>「観光目的」>「私用目的」）も、妥当と言える。

ダイヤ指標については、通常の運航頻度と滞在可能時間を取り込むことができ、ともに t 値も高くなった。なお、有効運航頻度を取り込んだ場合は、滞在可能時間を同時に取り込むことはできなかったため、通常の運航頻度と滞在可能時間を取り込んだモデルを採用することとした。

表 2-11 航空経路選択モデルのパラメータ推定結果 (式 1.17)

		業務		観光		私用等	
		係数	t値	係数	t値	係数	t値
1 航空ラインホール所要時間(分)	$\beta 1$	-2.72E-02	-3.1	-1.91E-02	-2.7	-1.87E-02	-2.1
2 航空ラインホール費用(円)	$\beta 2$	-3.44E-04	-4.6	-2.68E-04	-7.1	-3.01E-04	-6.0
3 Ln{運航頻度(便/日)}	$\beta 3$	1.03E+00	7.1	9.87E-01	11.6	8.53E-01	6.1
4 滞在可能時間(分)	$\beta 4$	6.25E-03	7.9	5.12E-03	8.4	1.13E-02	7.3
5 アクセシビリティ指標	γ	9.12E-01	4.9	8.97E-01	9.2	5.65E-01	2.5
時間価値(円/hr)		4,748		4,269		3,730	
尤度比		0.29		0.28		0.30	
的中率(%)		97.5		86.4		89.0	
サンプル数		4,411		4,200		4,725	

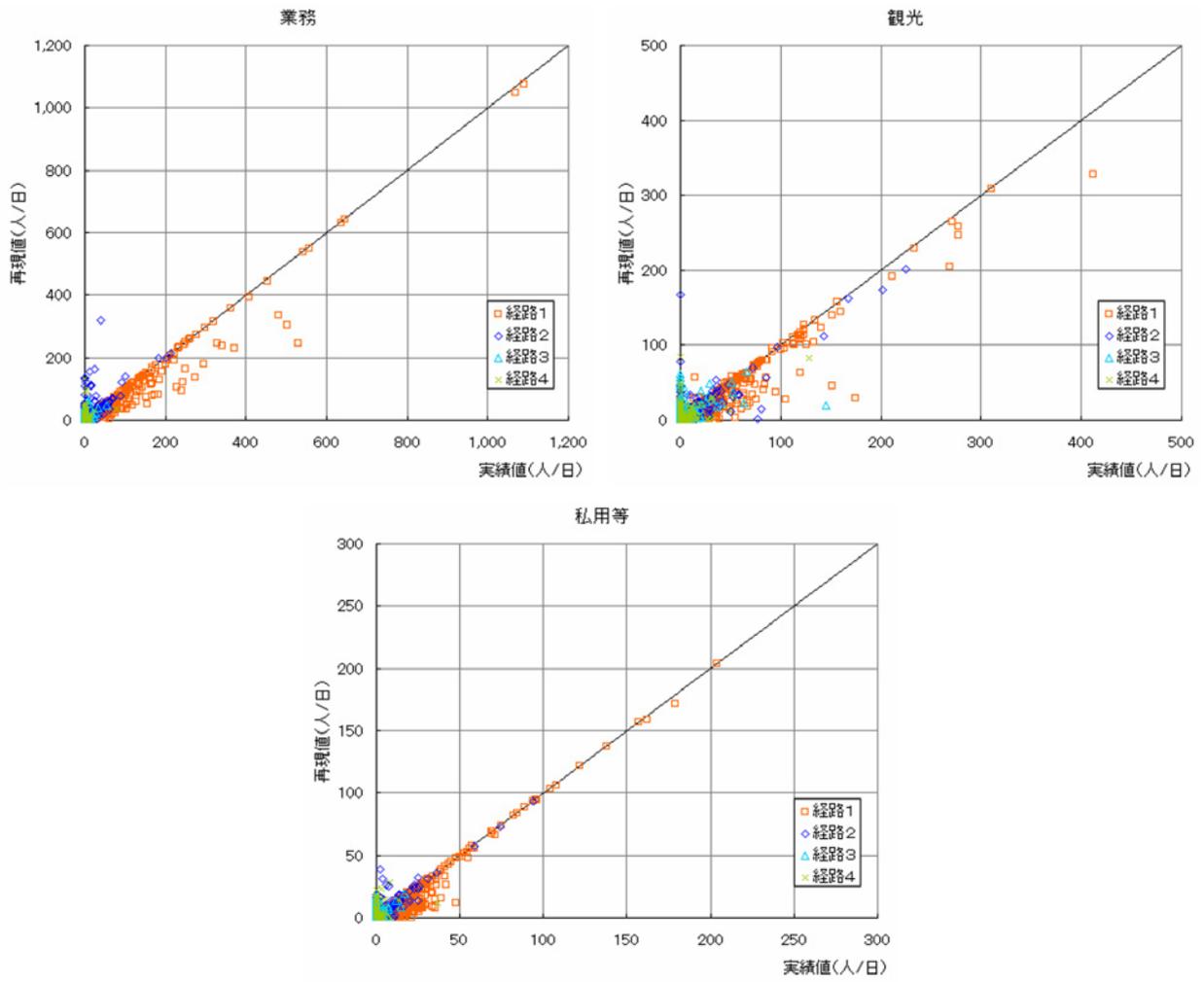


図 2-20 航空経路選択モデルの再現結果

(6) 空港アクセス交通機関選択モデル

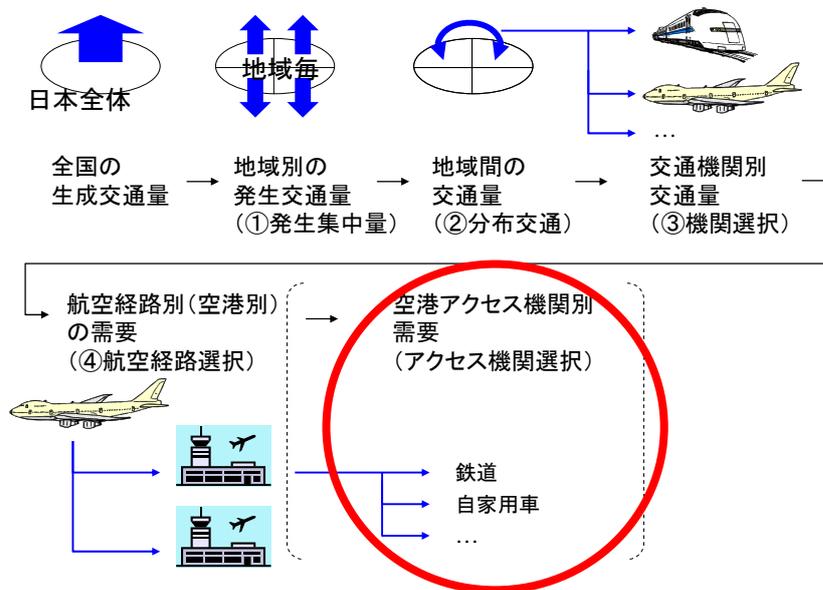


図 2-21 予測の流れ

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

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 2-22 に示すように、公共交通機関相互の3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、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。

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。

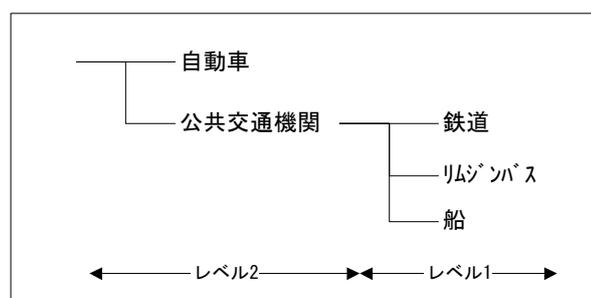


図 2-22 空港アクセス交通機関選択モデルの選択構造

3) モデル式

モデル式は、以下のとおりとした。

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]

$$P_{1inm} = \frac{\exp(V_{1inm})}{\sum_{m \in c_{1in}} \exp(V_{1inm})} \quad (1.19)$$

$$V_{1inm} = \sum_k \beta_{1mk} \cdot X_{1inmk} \quad (1.20)$$

P_{1inm} : 居住地又は旅行先ゾーン*i*と空港*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_{1inm} : 居住地又は旅行先ゾーン*i*と空港*n*間でレベル1の空港アクセス交通機関*m*を選択するときの効用

c_{1in} : 居住地又は旅行先ゾーン*i*と空港*n*間で選択可能なレベル1の空港アクセス交通機関の集合

X_{1inmk} : 居住地又は旅行先ゾーン*i*と空港*n*間でレベル1の空港アクセス交通機関*m*を選択する場合の*k*番目の交通サービス指標

β_{1mk} : パラメータ

[レベル2]

$$P_{2inm} = \frac{\exp(V_{2inm})}{\sum_{m \in c_{2in}} \exp(V_{2inm})} \quad (1.21)$$

$$V_{2inm} = \sum_k \beta_{2mk} \cdot X_{2inmk} + \gamma_2 \cdot ACC_{2inm} \quad (1.22)$$

$$ACC_{2inm(m=公共交通機関)} = \ln \left\{ \sum_{m' \in c_{1in}} \exp(V_{1inm'}) \right\} \quad (1.23)$$

P_{2inm} : 居住地又は旅行先ゾーン*i*と空港間*n*でのレベル2の空港アクセス交通機関*m*の選択確率

V_{2inm} : 居住地又は旅行先ゾーン*i*と空港*n*間でレベル2の空港アクセス交通機関*m*を選択するときの効用

c_{2in} : 居住地又は旅行先ゾーン*i*と空港*n*間で選択可能なレベル2の空港アクセス交通機関の集合

X_{2inmk} : 居住地又は旅行先ゾーン*i*と空港*n*間でレベル2の空港アクセス交通機関*m*を選択する場合の*k*番目の交通サービス指標

ACC_{2inm} : 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。レベル1から計算されるログサム変数。

- $V_{linm'}$: 居住地又は旅行先ゾーン*i*と空港*n*間でレベル1の空港アクセス交通機関*m'*を選択するときの効用
- c_{lin} : 居住地又は旅行先ゾーン*i*と空港*n*間で選択可能なレベル1の空港アクセス交通機関の集合
- β_{2mk} 、 γ_2 : パラメータ

4) モデル構築のためのデータ整備

モデル構築で使用した基礎データは以下のとおり。

なお、各空港アクセス交通機関の経路設定方法はP. II-11 参照。

(a) 需要データ

2005年幹線旅客純流動データの秋期1日データ（秋期平日1日及び秋期休日1日）を旅行目的別居住地又は旅行先・空港間別に設定した。

- ・「全国幹線旅客純流動調査」（国土交通省政策統括官）

(b) 交通サービスデータ

◆空港アクセス所要時間

下層に選択肢がつながっていない全ての交通機関（レベル1の鉄道、船、リムジンバス、及びレベル2の自動車）を対象として、ゾーンー空港間の空港アクセス所要時間（分）を設定した。空港での乗り継ぎ時間・待ち時間は交通機関によって差がないこと、上層の航空経路選択モデルの航空ラインホール時間で別途見込みことから、ここでは含まないものとした。

なお、パラメータの符号条件は、「-」とした。

◆空港アクセス費用

下層に選択肢がつながっていない全ての交通機関（レベル1の鉄道、船、リムジンバス、及びレベル2の自動車）を対象として、ゾーンー空港間の空港アクセス費用（円）を設定した。

なお、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、船、リムジンバスを対象とし、ゾーンー空港間での（異種及び同種）交通機関相互の乗り換え回数（回）を設定した。

なお、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とし、レベル1の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を設定した。

なお、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、自動車の定時性が低いこと、競合機関である都市鉄道が充実していること等のため地方の空港に比べ自動車アクセス選好が低い傾向にある。そこで、羽田、伊丹、関西の3空港までの自動車選択肢を対象として大都市圏空港ダミーを設定した。

なお、パラメータの符号条件は、「-」とした。

◆選択肢交通機関固有ダミー

レベル1の鉄道、船、及びレベル2の自動車を対象とし、選択肢交通機関ダミーを設定した。

公共交通機関についてはパラメータの符号条件は特に定めなかったが、自動車については、所要時間や費用以外の利便性・快適性といったプラスの要因が大きく、一般に自動車ダミーはプラスとされていることから「+」とした。

5) モデル構築結果

パラメータ推定結果、再現結果は、各々、表 2-12、図 2-23のとおりである。

時間評価値の水準は若干低いが、時間評価値のモデル間の相対関係は、観光・利用目的より業務目的が大きく、レベル2よりレベル1が高くなっており、妥当といえる。

レベル1で、両目的とも、旅行先では乗り換え回数を取り込むことができたが、居住地側では取り込むことができなかった。これは、空港までの直行性が高いアクセス手段が居住者より入込客により評価されることを示す結果と考えられる。

また、両目的でいずれも鉄道ダミーがプラスでかつt値も大きいですが、鉄道の定時性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分離して取り込むことができた。

また、自動車ダミーが旅行先に比べて居住地側でパラメータの絶対値が高いが、これは入込客より居住者に自動車の選好が強い傾向を示すものである。多くの場合、旅行先では自家用車の利用が制限されている（送迎等による利用のみ）ため当然の結果といえる。

さらに、大都市圏空港ダミーは符号がマイナスだが、これは渋滞等で自動車の定時性が低い大都市圏では自動車の選好が低いことを示すものと考えられる。

表 2-12 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

(レベル1・居住地側) (式1.20)

		業務		観光		私用等		
		係数	t値	係数	t値	係数	t値	
rbs	1 空港アクセス所要時間(分)	$\beta 1$	-5.48E-02	-15.4	-2.58E-02	-9.6	-1.91E-02	-6.1
rbs	2 空港アクセス費用(円)	$\beta 2$	-7.47E-04	-7.4	-4.62E-04	-6.5	-3.40E-04	-3.7
rbs	3 乗換回数(回)	$\beta 3$	-1.90E-01	-2.6	-1.41E-01	-2.2	-2.58E-01	-2.8
r	4 鉄道ダミー	$\beta 4$	1.12E+00	17.9	8.62E-01	16.2	5.15E-01	8.1
s	5 船ダミー	$\beta 5$	-7.21E-01	-4.1	-9.88E-01	-6.4	-3.98E-01	-2.2
時間価値(円/hr)		4,398		3,354		3,372		
尤度比		0.30		0.21		0.25		
的中率(%)		88.4		77.4		85.2		
サンプル数		5,319		4,358		3,727		

r: 鉄道、s: 船、b: リムジンバス

(レベル1・旅行先側) (式1.20)

		業務		観光		私用等		
		係数	t値	係数	t値	係数	t値	
rbs	1 空港アクセス所要時間(分)	$\beta 1$	-6.12E-02	-12.7	-5.54E-02	-11.4	-5.14E-02	-10.1
rbs	2 空港アクセス費用(円)	$\beta 2$	-9.64E-04	-8.8	-1.06E-03	-9.4	-1.01E-03	-8.2
rbs	3 乗換回数(回)	$\beta 3$	-1.02E+00	-9.9	-2.37E-01	-2.2	-5.49E-01	-5.5
r	4 鉄道ダミー	$\beta 4$	1.71E+00	14.0	1.43E+00	14.0	1.46E+00	13.9
s	5 船ダミー	$\beta 5$	-5.02E-01	-2.1	-4.94E-01	-2.7	-6.26E-01	-2.7
時間価値(円/hr)		3,811		3,133		3,040		
尤度比		0.25		0.22		0.23		
的中率(%)		94.6		87.7		92.5		
サンプル数		4,482		3,471		4,037		

r: 鉄道、s: 船、b: リムジンバス

(レベル2・居住地側) (式1.22)

		業務		観光		私用等		
		係数	t値	係数	t値	係数	t値	
c	1 空港アクセス所要時間(分)	$\beta 1$	-1.78E-02	-6.4	-1.53E-02	-6.3	-1.42E-02	-6.0
c	2 空港アクセス費用(円)	$\beta 2$	-2.72E-04	-2.3	-2.77E-04	-2.7	-2.71E-04	-2.5
c	3 自動車ダミー	$\beta 3$	6.74E-01	4.2	1.52E+00	9.9	9.94E-01	6.6
c	4 大都市空港ダミー ※1	$\beta 4$	-2.85E+00	-25.4	-2.73E+00	-24.7	-2.28E+00	-22.0
p	5 アクセシビリティ指標	γ	2.16E-01	5.5	4.02E-01	5.9	3.82E-01	5.0
時間価値(円/hr)		3,938		3,322		3,147		
尤度比		0.17		0.18		0.13		
的中率(%)		80.6		81.8		76.9		
サンプル数		3,507		3,698		3,318		

p: 公共交通、c: 自動車

(レベル2・旅行先側) (式1.22)

		業務		観光		私用等		
		係数	t値	係数	t値	係数	t値	
c	1 空港アクセス所要時間(分)	$\beta 1$	-1.11E-02	-4.0	-4.74E-03	-4.5	-6.25E-03	-4.6
c	2 空港アクセス費用(円)	$\beta 2$	-1.90E-04	-2.5	-8.64E-05	-6.7	-1.19E-04	-2.0
c	3 自動車ダミー	$\beta 3$	4.45E-01	3.3	7.08E-01	8.9	9.70E-01	12.4
c	4 大都市空港ダミー ※1	$\beta 4$	-3.52E+00	-30.0	-2.73E+00	-28.9	-2.50E+00	-27.4
p	5 アクセシビリティ指標	γ	1.54E-01	6.1	1.73E-01	8.4	8.70E-02	4.1
時間価値(円/hr)		3,521		3,293		3,152		
尤度比		0.26		0.18		0.13		
的中率(%)		83.4		79.6		74.7		
サンプル数		4,137		4,053		4,436		

p: 公共交通、c: 自動車

※1: 大都市空港ダミーの対象は羽田・伊丹・関西

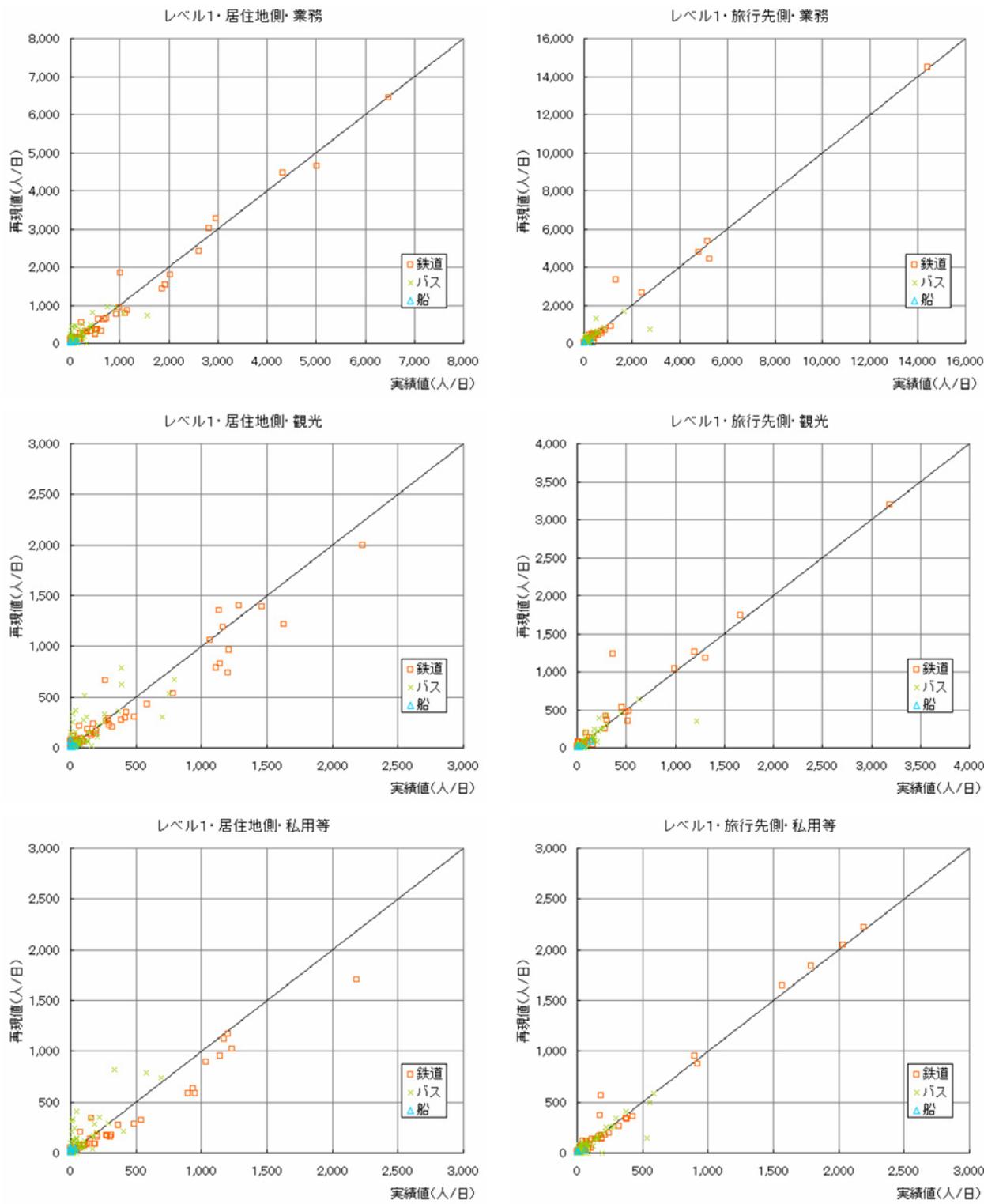


図 2-23 空港アクセス交通機関選択モデルの現況再現性（レベル1）

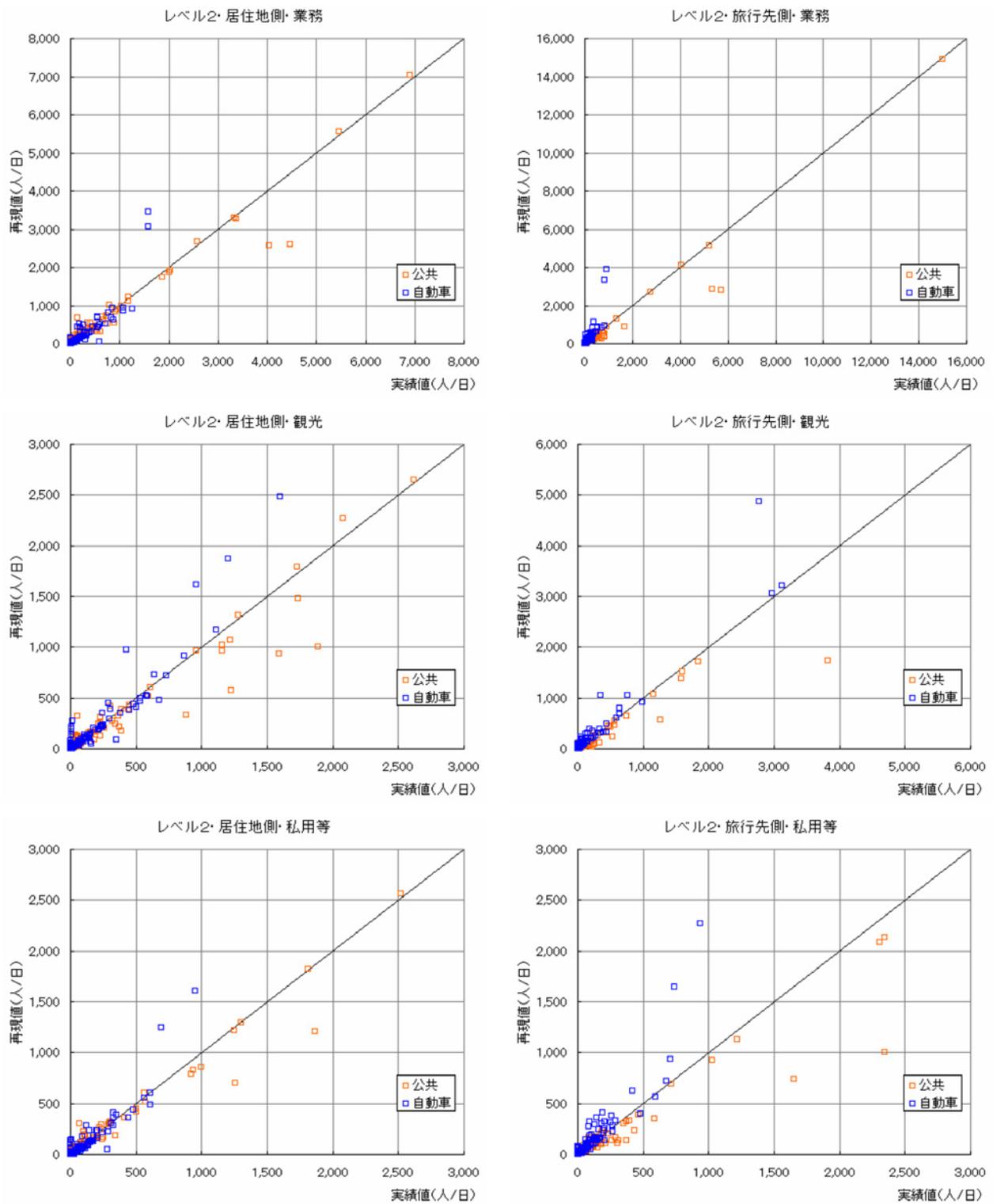


図 2-24 空港アクセス交通機関選択モデルの現況再現性（レベル2）

(7) 便当たり旅客数算定モデル

航空経路選択モデルによって計算される路線別の年間旅客数を、路線別の1便当たり旅客数をもとに便数に変換する。便数算定にあたっては1便当たり旅客数をモデル化した。

$$\text{日便数} = \{ \text{年間旅客数 (人/年)} \div 365 \text{ (日/年)} \} \div 1 \text{ 便当たり旅客数 (人/便)}$$

1) モデルの要件

路線毎の年間旅客数や路線特性、空港特性の違いやその変化による1便当たり旅客数の違い、変化を反映でき、羽田空港整備後の航空会社の運用機材構成の変化（小型化）に伴う影響を評価できることが求められる。

2) モデルの構造

路線別の年間旅客数や路線特性、空港特性、運用機材構成を説明変数とする重回帰モデルとした。

なお、パラメータ推定にあたっては、路線特性等の反映に加えて時系列の運用機材構成の変化を反映するために、路線別のクロスセクションデータと2000年～2005年（6時点）の時系列データを使ってパラメータ推定を行うこととした。

3) モデル式

モデル式は、以下のとおりとした。

$$q_{it} = \exp(\alpha) \cdot \left(\prod_k x_{itk}^{\beta_k} \right) \cdot z_t^\gamma \cdot \left(\prod_m \exp(\delta_m \cdot DMY_{itm}) \right) \quad (1.24)$$

q_{it} : t 年の路線*i*の1便当たり旅客数 (人/便)
 x_{itk} : t 年の路線*i*の年間旅客数・路線特性・空港特性*k*
 z_t : t 年の大手航空会社の運用機材構成 (大型機構成率 (%))
 DMY_{itm} : t 年の路線*i*のダミー変数*m*
 α 、 β_k 、 γ 、 δ_m : パラメータ

なお1便当たり旅客数上限値は過去6年間の実績を踏まえ「310人/便」と設定。

将来予測における大型機構成率は、本邦大手航空会社2社（JAL・ANA）の近年の機材構成の変化や、中期機材計画を参考に、2005年度現在の35%から2017年度の30%まで段階的に減少すると設定した。

4) モデル構築のためのデータ整備

モデル構築で使用した基礎データは以下のとおり。

(a) 需要データ

路線別に「航空輸送統計年報」の年間旅客数 (人/年) を年間運航回数で除した

1 便当たり旅客数（人／便）を 2000 年度から 2005 年度の 6 時点分設定した。

(b) 交通サービスデータ

◆路線距離

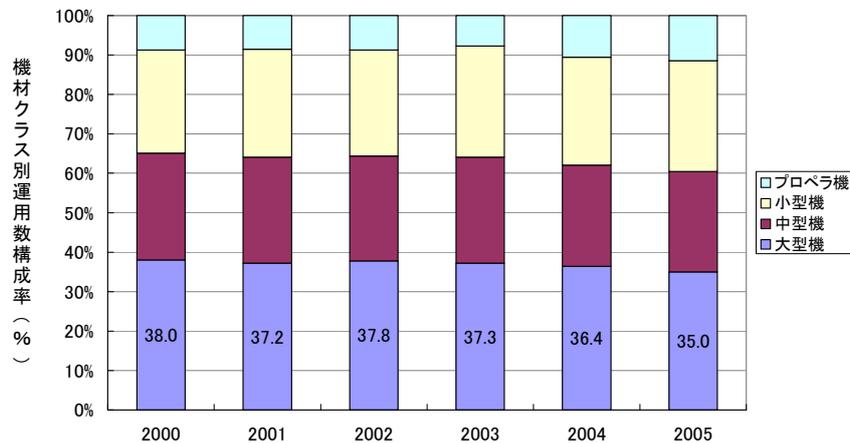
路線別に「航空輸送統計年報」の路線距離（km）を設定した。

なお、パラメータの符号条件は、「－」とした。

◆大型機構成率

本邦大手航空会社（JAL/JAS、ANA）の有価証券報告書をもとに、年度別の運航機材に占める大型機構成率（％）を設定した。ここでは B747 シリーズ及び B777 シリーズを大型機とした。また国内線用と国際線用の区別が不明のため、全ての運航機材を対象とした。

なお、パラメータの符号条件は、「＋」とした。



資料) 航空会社各社（JAL/JAS・ANA）の有価証券報告書より作成

図 2-25 本邦大手航空会社の機材クラス別運用数構成率の推移

◆航空会社 2 社競合ダミー・3 社以上競合ダミー

「航空輸送統計年報」の路線別・年度別の運航航空会社数をもとに、航空会社 2 社競合ダミー及び航空会社 3 社以上競合ダミーを設定した。運航実績のある航空会社数が 2 社の場合、航空会社 2 社競合ダミーを 1、3 社以上の場合、3 社以上競合ダミーを 1、1 社の場合、両ダミーとも 0 とした。

なお、パラメータの符号条件は、「－」とした。

◆観光路線ダミー

路線別に、「航空旅客動態調査」（国土交通省航空局、（1999, 2001, 2003, 2005 年（平日））の観光目的の旅客数構成率（サンプルベース、4 時点合計値）が 50% 以上の路線を 1 とするダミー変数を設定した。

なお、パラメータの符号条件は、「＋」とした。

◆伊丹路線ダミー

空港発着容量に制限がかかり他空港に比べて大型化進んでいる伊丹発着全路線を対象に、路線固有のダミー変数を設定した。

なお、パラメータの符号条件は、「+」とした。

5) モデル構築結果

1 便当たり旅客数モデルのパラメータ推定結果は、以下のとおりである。

年間旅客数が正の影響要因として有意であり、需要増加に伴う1便当たり旅客数の増加（L/Fや座席数の増加等）が反映できる。また、大型機構成率が正の影響要因として有意であり、羽田空港再拡張後を見据えた航空会社の大型機構成率の低下に伴い、1便当たり旅客数が減少することを反映できるモデルとなっている。

また航空会社2社/3社以上競合ダミーが負の影響要因として有意であり、かつ2社よりも3社以上の方がパラメータ値の絶対値が大きく、航空会社間の競争環境が進んでいる路線では、相対的に1便当たり旅客数が小さい（≒小型化・多頻度化）ことが表現できるモデルとなっている。なお、将来予測の際は、航空会社2社/3社以上競合ダミーは現状通りと仮定する。

表 2-13 便当たり旅客数算定モデルのパラメータ推定結果 (式 1.24)

		係数	t 値	
1	年間旅客数[人/年]	$\beta 1$	0.366	39.1
2	路線距離[km]	$\beta 2$	0.334	15.2
3	大型機構成率[%]	γ	1.213	4.6
4	航空会社2社競合ダミー ※1	$\delta 1$	-0.234	-10.4
5	航空会社3社以上競合ダミー ※2	$\delta 2$	-0.339	-12.2
6	観光路線ダミー ※3	$\delta 3$	0.172	8.9
7	伊丹路線ダミー ※4	$\delta 4$	0.124	6.4
8	定数項	α	-6.363	-6.5
重相関係数			0.883	
サンプル数(179路線×6時点)			1,074	

※1：航空会社2社競合ダミー：2005年度年間運航実績のある航空会社数が2社の場合=1, その他=0

※2：航空会社3社以上競合ダミー：2005年度年間運航実績のある航空会社数が3社以上の場合=1, その他=0

※3：観光路線ダミー：「航空旅客動態調査」（国土交通省航空局、(1999, 2001, 2003, 2005年(平日))において観光目的の旅客数構成率が50%以上の路線=1, その他路線=0

※4：伊丹路線ダミー：伊丹を発着地とする路線=1, その他路線=0

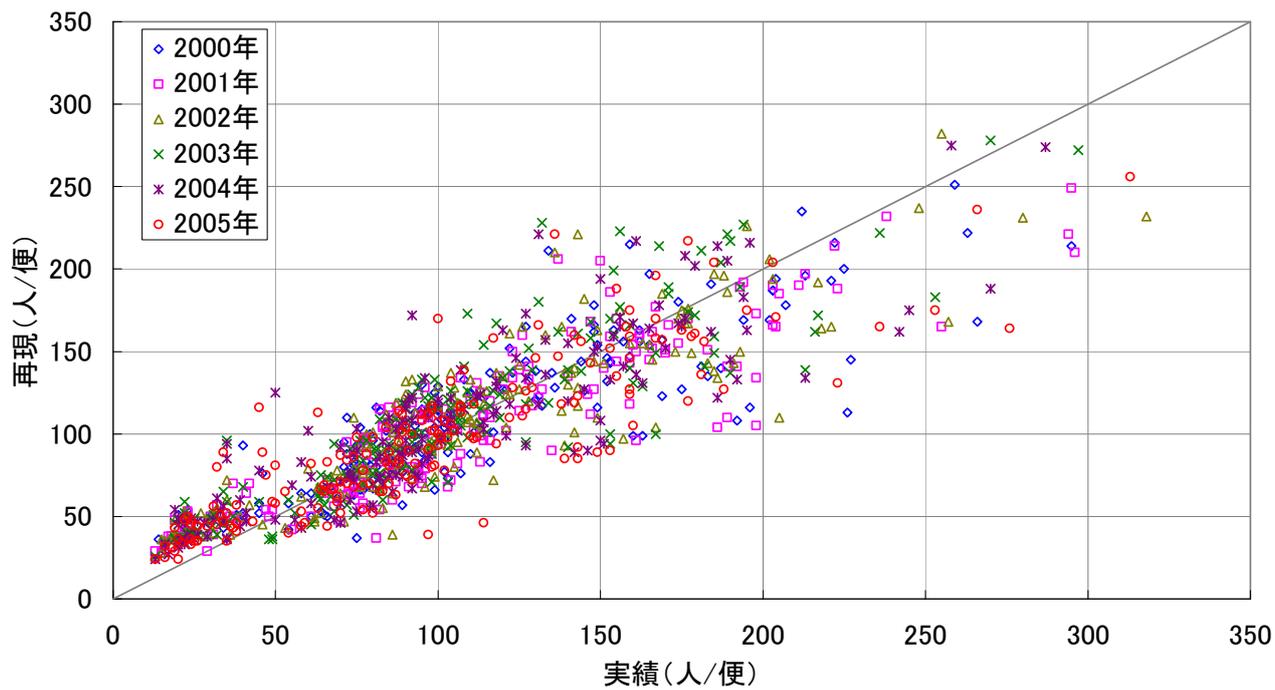


図 2-26 便当たり旅客数算定モデルの再現性

[参考：2000年モデルにおける便数算定方法]

2000年モデルでは、旅客数を便数に関する方法として、路線別年間旅客数に応じた便数・就航機材の関係を表す“機材投入基準”を設定し、将来予測に適用してきた。機材投入基準の課題としては、経験則的に設定されたものであった点と、機材投入基準の区分がメインモデル対象路線と離島路線の2区分しかないため、路線毎の特性を十分に反映しにくかった点があげられる。

以下、過年度報告書の機材投入基準に関する記載事項を示す。

(1) 路線別航空旅客数と運航機材について

航空の輸送特性を発揮するため、日帰り可能な輸送サービスの提供が必要であり、一日二往復の運航を下限とし、路線別航空旅客数に応じ、下記の航空機が運航されると設定することとした。

表 2-14 2000年モデルにおける路線別旅客数と就航機材の関係

路線別旅客数	運航機材	提供座席数
～5万人/年	小型プロペラ機等 (CRJ、DHC-8等)	50
5～30	小型ジェット機 (B737、A320、MD90等)	160
30～50	中型ジェット機 (A300、B767等) と小型ジェット機	280、160
50～120	大型ジェット機 (B777、MD11)、中型ジェット機、小型ジェット機	410、280、160
120～	ジャンボ機 (B747)、大型ジェット機、中型ジェット機	560、410、280

(2) 航空機発着回数の算出について

各路線ごとの年間旅客数をもとに、次の考え方により一日あたりの発着回数を算出する。

$$\text{一日あたりの発着回数} = (\text{年間旅客数} / 365) / (\text{機材提供座席数} \times \text{搭乗率})$$

なお、搭乗率は、全国日平均の実績値である63%とし、一日の運航回数は偶数になるよう補正することとした。

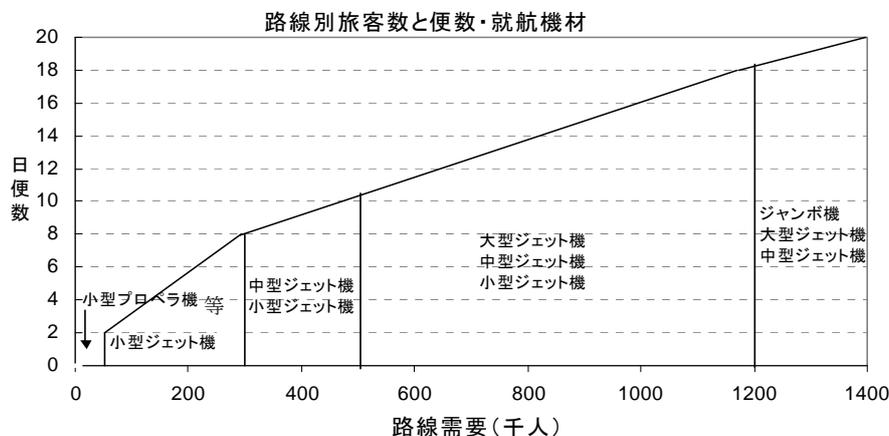


図 2-27 2000年モデルにおける機材投入基準

(8) 離島モデル

1) 基本的な考え方

幹線旅客純流動調査の対象 OD ゾーン以外を結ぶ路線（空港所在地で判断。ヘリポート除く）で 2005 年度に開設されている路線を離島モデルの対象路線とする。

○純流動調査における対象外ゾーン

都道府県内々内ゾーン、3 大都市圏内々ゾーン

首都圏 1 都 3 県、近畿圏 2 府 2 県、中京圏 3 県

○作成対象は必ずしも離島ではない。

（例：伊丹－但馬は対象、沖縄－東京は対象外（メインモデル扱い））

下記①、②の考え方にに基づき各離島路線の離島モデルを作成。

① 那覇＝石垣路線、那覇＝宮古路線

近年旅客数が増加傾向にあり、かつメインモデル路線と比較しても遜色のない需要規模である那覇＝石垣路線、那覇＝宮古路線の 2 路線については、社会経済指標（離島人口及び GDP）を説明変数とする重回帰モデルを作成して予測する。

② その他の路線

その他の路線については、基本的には離島居住者の日常生活の足として利用されていること、需要規模が非常に小さく全国需要や主要空港における需要予測を主眼とすることを鑑みれば精緻なモデルを構築することの必要性が低いこと等を考慮して、簡易的に最新年（2005 年度）の両端ゾーン人口当たり年間旅客数が今後も変化しないものと想定して予測する。

なお、2005 年 10 月時刻表にない定期便（季節便等）に関しては、2005 年度の実績を将来においても一定で推移するものと想定する。

2) モデルの構造及びモデル式

① 那覇＝石垣路線、那覇＝宮古路線

社会経済指標（離島人口及び GDP）を説明変数とする乗法型の重回帰モデル。

$$Q_t = \exp(\alpha) \cdot \left(\prod_k X_{kt}^{\beta_k} \right) \quad (1.25)$$

Q_{jt} : t 年における旅客数（人/年）

X_{kt} : t 年の海外ゾーン j の社会経済指標 k

α, β_k : パラメータ

② その他の路線

両端ゾーン人口当たり年間旅客数が一定と仮定する原単位モデル。

$$Q_t = POP_t \cdot \beta \quad (1.26)$$

Q_t : t 年における旅客数 (人/年)
 POP_t : t 年の両端ゾーン人口 (千人)
 β : パラメータ

3) モデル構築のためのデータ整備

モデル構築で使用した基礎データは以下のとおり。

(a) 需要データ

路線別に「航空輸送統計年報」の年間旅客数 (人/年) を設定した。なお時系列の回帰モデルとする那覇=石垣路線、那覇=宮古路線については、1989年度から2005年度の17時点、その他の路線については2005年度1時点とした。

(b) 社会経済データ

◆離島人口

「国勢調査」及び「推計人口」をもとに、離島路線の両端の空港が属するゾーンの夜間人口 (千人) の合計値を設定した。

なお、パラメータの符号条件は、「-」とした。

◆実質GDP

経済要因として、実質GDP (千円/人、2000暦年連鎖価格) を設定した。

なお、パラメータの符号条件は、「+」とした。

4) モデル構築結果

① 那覇=石垣路線、那覇=宮古路線

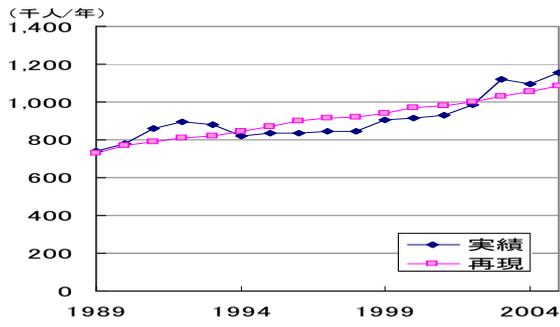
パラメータ推定結果は、以下の通りである。

表 2-15 モデルパラメータ推定結果 (式1.25)

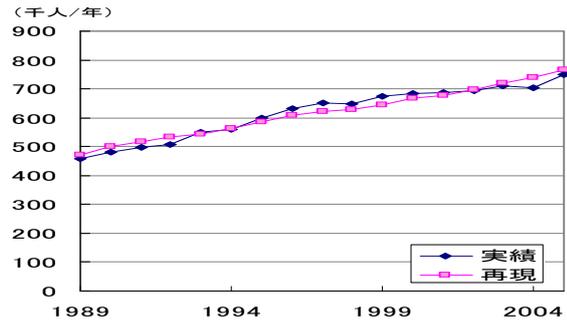
		那覇=石垣		那覇=宮古	
		係数	t値	係数	t値
離島ゾーン人口(千人)	$\beta 1$	2.387	1.3	3.275	3.2
実質GDP(兆円/年)	$\beta 2$	0.511	0.5	0.615	1.1
定数項	α	-12.248	-2.0	-19.213	-5.2
重相関係数		0.871		0.975	
サンプル数		17		17	

注) 1989~2005年度 (17時点) のデータを使用。

(那覇=石垣路線)



(那覇=宮古路線)



資料) 実績は「航空輸送統計年報」(国土交通省)

図 2-28 現況再現性

② その他の路線

両端ゾーン人口当たり旅客数原単位は、2005年度の実績値をもとに以下の通り設定した。

なお、両端ゾーン人口とは、路線両端の生活圈ゾーン人口の合計とした。なお、路線両端の生活圈ゾーンが同一の場合は当該ゾーンの人口とした。

表 2-16 両端ゾーン人口当たり旅客数原単位 (式 1.26)

	実績				予測				モデル型
	1989	1995	2000	2005	2012	2017	2022	2027	
1 羽田=大島	81.8	83.9	71.1	44.0	44.0				原単位モデル
2 羽田=八丈	182.2	220.9	185.8	155.9	155.9				
3 大島=三宅	—	—	—	109.2	109.2				
4 大島=八丈	—	—	—	351.1	351.1				
5 大島=調布	—	—	0.9	2.1	2.1				
6 大島=利島	—	—	—	105.5	105.5				
7 三宅=御蔵	—	—	—	96.8	96.8				
8 八丈=青ヶ	—	—	—	170.3	170.3				
9 八丈=御蔵	—	—	—	89.1	89.1				
10 新島=調布	—	—	5.5	5.5	5.5				
11 調布=神津	—	—	2.9	3.3	3.3				
12 新潟=佐渡	—	—	6.7	8.6	8.6				
13 隠岐=出雲	172.7	138.2	106.2	71.5	71.5				
14 長崎=五島	111.4	101.2	68.8	44.5	44.5				
15 長崎=壱岐	—	—	8.6	29.5	29.5				
16 長崎=対馬	68.9	78.0	85.9	80.5	80.5				
17 長崎=上五	—	—	13.6	4.8	4.8				
18 長崎=小値	—	—	4.3	3.3	3.3				
19 熊本=天草	—	—	8.7	8.2	8.2				
20 鹿児島=種子	175.3	126.8	121.9	98.3	98.3				
21 鹿児島=屋久	96.1	108.0	143.1	168.5	168.5				
22 鹿児島=奄美	285.6	312.3	317.7	283.4	283.4				
23 鹿児島=喜界	—	19.2	32.1	33.8	33.8				
24 鹿児島=沖永	50.4	66.6	66.5	62.4	62.4				
25 鹿児島=与論	40.1	38.1	30.7	27.2	27.2				
26 鹿児島=徳之	102.9	131.0	134.6	134.9	134.9				
27 奄美=喜界	570.7	520.4	505.1	488.5	488.5				
28 奄美=沖永	101.4	122.2	158.4	164.9	164.9				
29 奄美=徳之	202.0	197.0	193.2	198.1	198.1				
30 沖永=与論	—	—	54.1	57.1	57.1				
31 那覇=南大	23.4	—	40.3	32.8	32.8				
32 那覇=久米	343.5	358.5	315.2	300.4	300.4				
33 那覇=宮古	617.0	775.0	854.5	909.2	—				乗法型重回帰モデル
34 那覇=石垣	1,007.3	1,085.3	1,151.8	1,402.6	—				
35 那覇=与那	—	—	3.2	10.3	10.3				原単位モデル
36 那覇=北大	9.0	—	15.2	13.0	13.0				
37 那覇=粟国	20.4	—	35.1	17.1	17.1				
38 那覇=慶良	—	—	7.5	3.0	3.0				
39 南大=北大	—	—	12.8	12.8	12.8				
40 宮古=石垣	885.0	1,056.4	880.2	984.8	984.8				
41 宮古=多良	209.1	—	313.5	316.3	316.3				
42 石垣=与那	1,137.9	1,373.5	1,173.3	1,293.6	1,293.6				
43 石垣=多良	85.2	—	67.2	34.0	34.0				
44 石垣=波照	166.5	—	102.1	69.0	69.0				
45 函館=奥尻	15.6	—	33.0	23.5	23.5				

資料)「航空輸送統計年報」(国土交通省)、「国勢調査」(総務省)、「日本の将来推計人口」(2006年12月、国立社会保障・人口問題研究所)

5) 離島モデル対象路線の1便当たり旅客数

離島モデル対象路線については、メインモデル対象路線とは異なり滑走路長が短いため就航できる機材が限定している点や、就航しているエアラインが限定している点、将来大幅な旅客数増加が見込まれず投入機材の変更が見込まれない点などを考慮して、将来にわたり1便当たり旅客数は一定と仮定して設定した。

具体的な将来の1便当たり旅客数は、2001年～2005年（5カ年）の平均値をもとに設定した。

表 2-17 離島モデル対象路線の1便当たり旅客数の将来設定値

府県	路線		実績値					将来値
			2001	2002	2003	2004	2005	2012-2027
道南	函館	奥尻	9	9	9	9	8	9
東京都	羽田	大島	43	36	38	42	44	41
	羽田	八丈島	93	90	80	78	91	86
	大島	三宅島		4	4	4	4	4
	大島	八丈島					30	30
	大島	調布	5	5	6	6	6	5
	大島	利島		5	5	4	5	4
	三宅島	御蔵島		4	4	4	4	4
	八丈島	青ヶ島		6	6	6	7	6
	八丈島	御蔵島		3	4	4	4	4
	新島	調布	9	8	8	8	8	9
調布	神津島	8	7	7	7	8	7	
新潟県	新潟	佐渡	4	4	4	4	4	4
島根県	隠岐	出雲	31	34	20	18	21	25
長崎県	長崎	五島福江	46	22	20	22	21	26
	長崎	壱岐	11	16	21	22	21	18
	長崎	対馬	61	59	33	26	26	41
	長崎	上五島	5	4	4	4	4	4
	長崎	小値賀	3	3	3	3	3	3
熊本県	熊本	天草	19	18	16	18	18	18
鹿児島県	鹿児島	種子島	34	35	33	32	28	32
	鹿児島	屋久島	42	40	41	43	46	43
	鹿児島	奄美	88	87	86	82	82	85
	鹿児島	喜界島	23	23	23	23	25	24
	鹿児島	沖永良部	33	32	32	31	33	32
	鹿児島	与論	31	32	32	33	35	33
	鹿児島	徳之島	92	90	91	91	91	91
	奄美	喜界島	23	23	22	22	22	22
	奄美	沖永良部	22	22	22	22	22	22
	奄美	徳之島	17	17	17	18	17	17
沖永良部	与論	8	8	8	8	8	8	
沖縄県	那覇	南大東	26	26	26	26	23	25
	那覇	久米	67	58	61	61	59	61
	那覇	宮古	79	81	85	84	89	84
	那覇	石垣	90	90	84	82	87	87
	那覇	与那国	20	23	26	26	26	24
	那覇	北大東	29	28	27	29	27	28
	那覇	粟国	6	6	6	6	6	6
	那覇	慶良間	4	3	4	4	3	3
	南大東	北大東	26	27	28	28	28	27
	宮古	石垣	64	62	62	54	56	60
	宮古	多良間	10	6	11	24	24	15
	石垣	与那国	63	60	69	67	68	65
	石垣	多良間	5	4	3	3	3	4
石垣	波照間	6	5	5	5	6	5	

資料) 実績値は「航空輸送統計年報」(国土交通省)より作成

(9) 容量制約に対する処理方法

発着容量制約がある空港の場合、容量を超過する需要は他の空港又は他の交通機関に転換せざるを得ないため、発着容量制約の有無によって需要が異なってくると考えられることから、以下の方法により容量制約の影響を反映することとした。

容量制約を考慮しない状態の需要（潜在需要）を算出し、これを1便当たり旅客数で便数に変換する。この便数に対し、以下の方法により空港発着容量にまで減便する。この結果、容量制約を考慮しない状態で減便される便を利用していた需要（オーバーフロー需要^注）は、他の空港又は他の交通機関に再配分する。

○容量制約対象路線

- ・ 3便以上（減便後最低2便）の路線

○容量制約のかけ方

- ・ 需要の少ない路線から各路線1便ずつ最低便数（2便）まで減便

注）オーバーフロー需要量の求め方

$$A_i = 2(\text{往復}) \times 365(\text{日}) \times \sum_i B_i \cdot C_i$$

A_i : 減便対象路線*i*のオーバーフロー需要量（人／年）

B_i : 減便対象路線*i*の1便当たり旅客数（人／便）

C_i : 減便対象路線*i*の減便数（便／日）