

第3章 国内航空需要予測モデルの構築

3.1 国内航空旅客需要予測モデルの前提条件

3.1.1 基本的な前提条件

需要予測モデル(メインモデル)の検討および需要予測に当たっての基本的な前提条件を次のとおりとした。

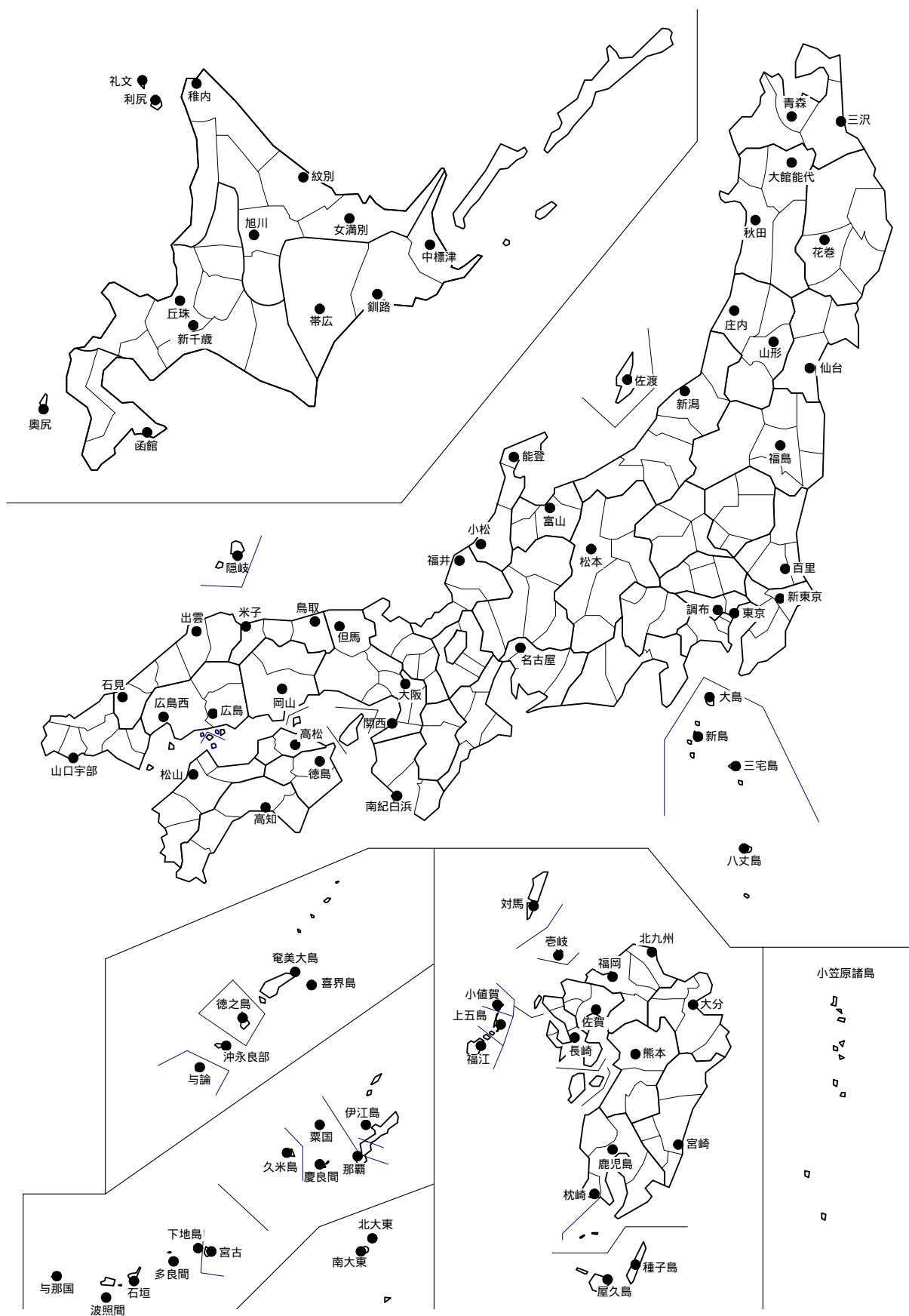
旅客を対象とする。

旅客の流動を居住地から旅行先への流動として捉える。

旅行目的別に流動を捉える(業務/観光/私用等 3 目的)。

全国を 214 の生活圏ゾーンに分割する。

* 幹線旅客純流動データ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(図 3.1.1)を考慮して、一部のゾーンを細分化した(表 3.1.1)。



注) ●は空港

図 3.1.1 ゾーン区分と空港位置

表 3.1.1 幹線旅客純流動データにおけるゾーンを細分したゾーン

府県名	207 ゾーン名	細分化ゾーン名	ゾーン中心都市名	含まれる市町村数
島根県	松江	松江	松江市	2 市 14 町 1 村
		隠岐	西郷町	3 町 4 村
長崎県	五島	五島	福江市	1 市 4 町
		上五島	上五島町	6 町
	佐世保	佐世保	佐世保	1 市 11 町
		小値賀	小値賀町	2 町
鹿児島県	大島	大島	名瀬市	1 市 6 町 3 村
		徳之島	徳之島町	3 町
		与論	与論町	1 町
沖縄県	那覇	那覇	那覇市	6 市 5 町 11 村
		久米島	具志川村	2 村
沖縄県	石垣	宮古	平良市	1 市 2 町 1 村
		石垣	石垣市	1 市 3 町 1 村

ゾーン間移動で対象とする交通機関を、5機関(航空 / 鉄道 / 旅客船 / 幹線バス / 自動車)とする。

対象ODは、全ODの中から以下のODを除いたものとする。

- ・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 200km未満のOD(陸つづきの場合)

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、ヘリコムータ路線およ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。

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

214 のゾーンの中心は、幹線旅客純流動データにおける中心都市(細分化したゾーンについては表 2.1.1 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)

航空 > 旅客船 > 鉄道 (優等列車) > 幹線バス > 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...と複数設定した。

代表交通機関が航空または鉄道の場合の最短所要時間の探索は、国内航空および 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) 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の一覧は、表 3.1.2 のとおりである。

(5) 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、通常の最短所要時間経路とした。

表 3.1.2 交通サービス水準データの一覧

項 目		内 容
航空	路線	・ 2000 年 10 月の時刻表による
	所要時間、発着時刻	・ 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	・ 2000 年 10 月の時刻表の通常期の運賃
	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 15 分(降機時) 航空 航空 30 分
鉄道	路線	・ 2000 年 10 月の時刻表による
	所要時間、発着時刻	・ 2000 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	・ 2000 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) 15 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	・ 2000 年 10 月の時刻表による
	所要時間	・ 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	・ 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
旅客船	路線	・ 2000 年 10 月の時刻表による
	所要時間	・ 2000 年 10 月の時刻表による
	運賃	・ 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 船→バス 10 分/回 船→その他(航空を除く) 15 分/回
自動車	路線	・ 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 2000 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 10 分と設定。

3.2 生成モデル

3.2.1 モデルの要件と構造

(1) モデルの要件

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、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生成量に与える影響（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) モデルの構造

人口指標×生成原単位型とし、生成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。

2) モデルの区分

旅行目的区分がない旅客地域流動データを用いたため、全目的1区分のモデルとした。

3) モデル式

モデル式を、式 3.2.1～3.2.2 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生成モデル用に計算されたログサム変数を、旅行目的別発生量で重み付け平均して算出した。

$$Q_t = POP_t \cdot \left[\exp(\alpha_s) \cdot \left\{ \left(\prod_k X_{kt}^{\beta_{sk}} \right) \cdot Logsum_{st}^{\gamma_s} \right\} \right] \quad (3.2.1)$$

$$Logsum_{st} = \frac{\sum_i \sum_l Q_{ilt} \cdot Logsum_{g_{ilt}}}{\sum_i \sum_l Q_{ilt}} \quad (3.2.2)$$

Q_t	: t 年の旅客地域流動ベースの全目的生成量（人/年）
Q_{ilt}	: t 年における居住ゾーン i 、旅行目的 l の純流動ベースの発生量（人/年）
POP_t	: t 年の全国の夜間人口(1000 人)
X_{kt}	: t 年の社会経済指標 k
$Logsum_{st}$	: t 年の全国のアクセシビリティ指標。居住ゾーン i 、旅行目的 l 毎のアクセシビリティ指標 $Logsum_{g_{ilt}}$ を、旅行目的別発生量 Q_{ilt}

で重みづけ平均したもの

$Logsum_g_{ilt}$: t 年における居住ゾーン i 、旅行目的 l 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、旅行先選択モデルから計算されるログサム変数（式4.2参照）

α_s 、 β_{s_k} 、 γ_s : パラメータ

(3) 予測時のモデルの使用方法

図 3.2.1 に示すように、生成モデルで旅客地域ベースの将来生成量を予測し、現況(2000年)から予測年次までの生成量伸び率を旅客地域ベースで算出しておく。そして、純流動ベースでも同じ伸び率との仮定の下、純流動ベースの生成量実績値にこの伸び率を乗じ、予測年次における純流動ベース生成量を予測することとした。

なお、予測時には、全目的年間生成量に対して現況補正を行う。

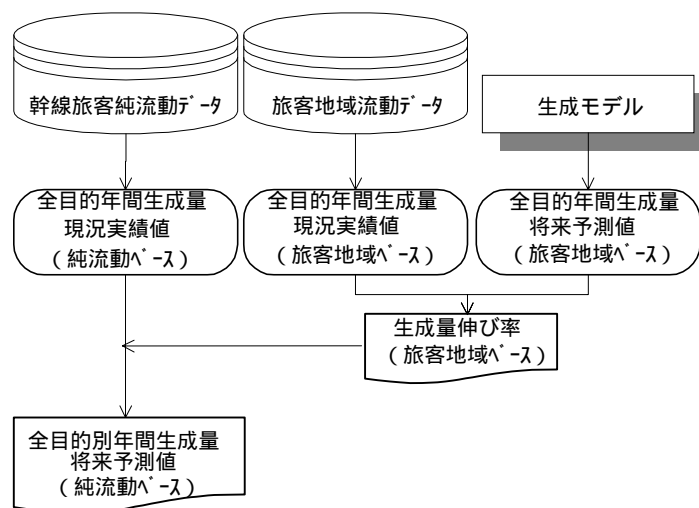


図 3.2.1 生成モデルの使用方法

3.2.2 モデル構築のためのデータ整備

(1) 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、旅客地域データと幹線旅客純流動データしかない。旅客地域データは、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、特に自動車データについては各年時でのブレが大きい。幹線旅客純流動データは、1990年、1995年、2000年の10年間の3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、今回、生成モデルの構築に当たって、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が、自動車データについては各年時のブレや近年の急増が生成モデルのパラメータ推計に影響を与えることから、幹線旅客純流動データも活用し、以下のように作成した。

1980年～1989年：旅客地域データをそのまま用いる。

1990年～：1990～1995年、1995年～2000年の各5年間での平均伸び率を、純流動データでの伸び率に合わせる（毎年の増減は旅客地域データの増減傾向を適用）

表 3.2.1 自動車需要の伸び率

	旅客地域流動調査	純流動調査
1980年～1985年	1.854	
1985年～1990年	1.167	
1990年～1995年	1.756	1.134
1995年～1999年	3.059	1.047

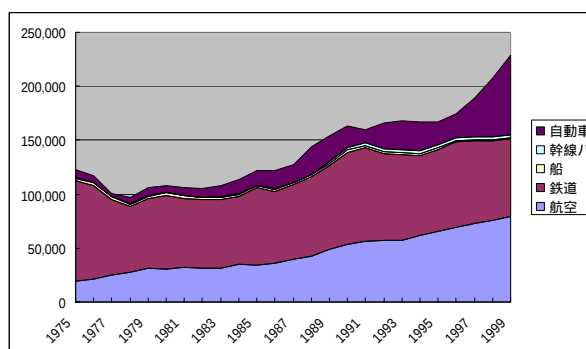


図 3.2.2 旅客地域データによる生成量の経年変化

対象交通機関

他のサブモデルとの整合性を図り、ＪＲと民鉄の定期外、乗合バス、自家用乗用車、旅客船、定期航空の６機関とした。

旅客地域流動データの修正方法

表 3.2.2 に示すように、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、前述したとおり生成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、３大都市圏内々ＯＤおよびゾーン中心間空間距離で 200km 未満のＯＤを対象外としているが、生成量伸び率算定のための旅客地域流動データは、以降の《参考》に示す理由から、府県中心間空間距離 300km 以上、自動車交通量は３ヵ年の移動平均値とした。

表 3.2.2 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と対応方法

		幹線旅客純流動データ (発生モデル等で使用)	旅客地域流動データ (生成モデルで使用)	生成モデル作成と生成量予測上の 対応方法
旅行目的		年間値 区分なし 秋季1日 3目的	区分なし(全目的)	・ 旅客地域ベースで全目的のモデルを作成し、伸び率を予測に使用する
純流動/総流動		純流動	総流動	
対象ＯＤ	ゾーン 単位	214 ゾーン (オリジナルデータは 207 ゾーン)	50 府県単位	・ 旅客地域流動データを以下のとおり修正して生成モデルを構築する。 - 府県内々、３大都市圏内々、府県中心間空間距離 300km 未満を対象外とした - 自動車需要のみ３ヵ年の移動平均値とした (参考)を参照
	対象ＯＤ の定義	・ 府県内々および３大都市圏内々は対象外(オリジナルデータでも同様) ・ 近接 OD(ゾーン中心間空間距離 200km 未満)は対象外(本モデルで追加的に付加した条件)	県内々も対象(短距離の自動車需要の占める割合が大きい)	

<参考>

300km 未満のODを対象外とした生成量でも、自動車需要の変動は依然大きく、交通機関別OD量を見たところ、自動車以外の交通機関が概ね一定の傾向を持った年次推移を示しているのに対し、自動車は一定の傾向が見られない（一例として航空と自動車の発生量の年次変化を示した）。したがって、自動車については、3ヵ年の移動平均をとってデータをスムージングした。

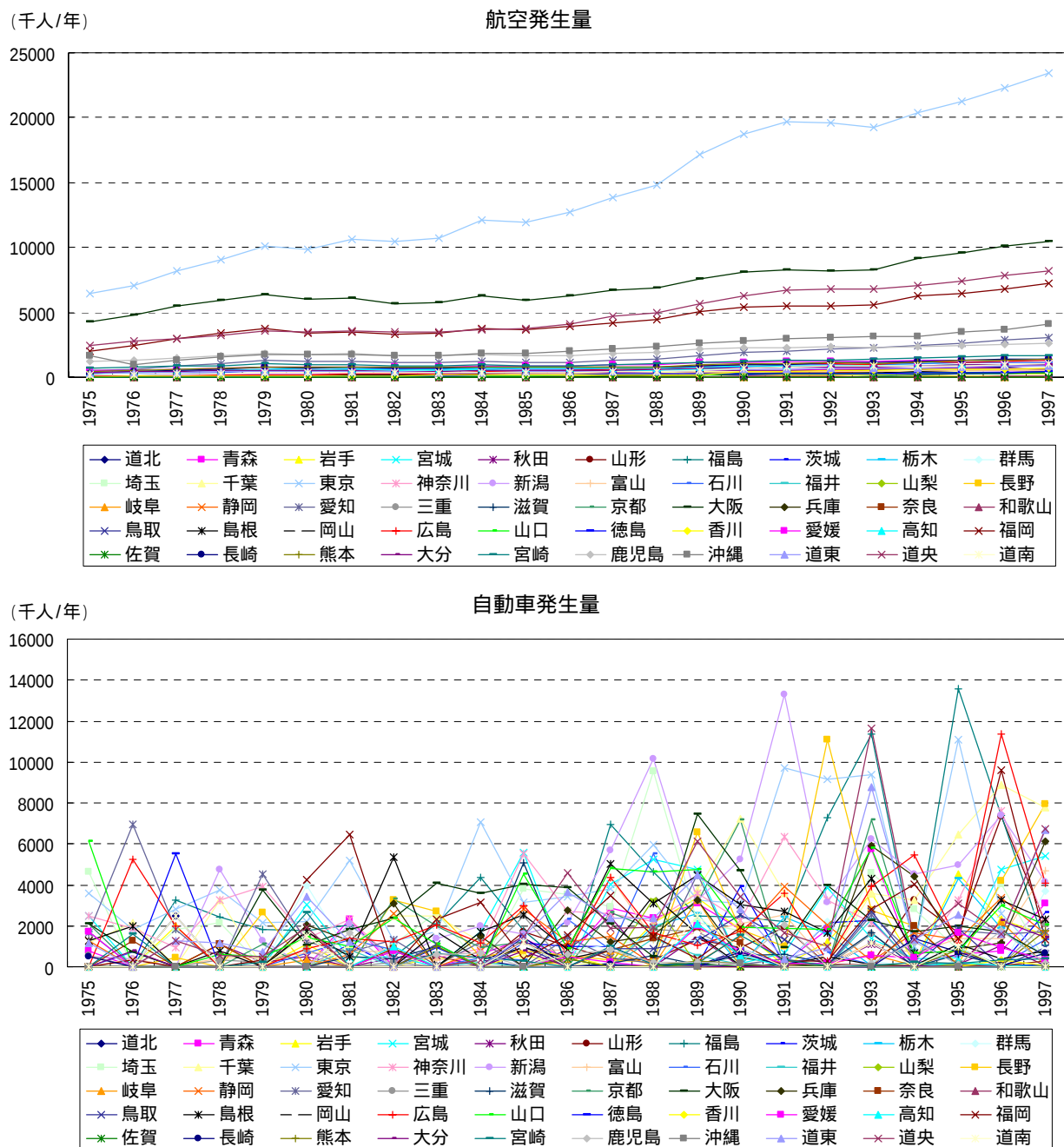


図 3.2.3 航空と自動車の発生量の時系列変化

(資料) 旅客地域流動調査 (運輸省)

(2) 説明変数データ

以下に示すとおり、説明変数データを用意した。

人口指標

生成原単位を設定するための人口指標（1000人）として、夜間人口合計値、生産年齢人口、（生産年齢＋老年）人口の3候補を考えた。しかし、図3.2.4に示すように、3つの原単位で過去の傾向に大きな差がなかったことから、夜間人口合計値を用いた。

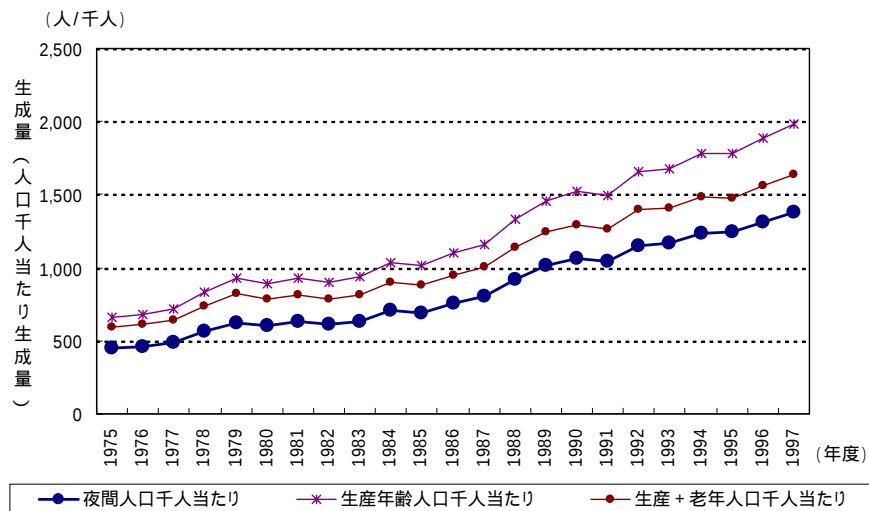


図 3.2.4 人口指標別生成原単位の動向

（資料）人口は国勢調査（総務庁） 生成量は旅客地域流動調査（運輸省）による

1人当たりGDP

経済要因として、夜間人口1人当たり GDP（万円/人、平成7年度価格）を用意した。

なお、パラメータの符号条件は、「+」とした。

GDP変化率

式 3.2.3 で定義する GDP 変化率を用意した。しかし、モデルに取り込めなかった。

$$\begin{aligned} (\text{t年のGDP変化率}) = & [(\text{t年GDPの前年からの伸び率}) \\ & \div (\text{t年GDPのn年前からの伸び率})] \end{aligned}$$

(3.2.3)

ここで、nは2、3、4の3ケースを用意した。

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

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発生量で重み付けしたアクセシビリティ指標を用意した。

なお、パラメータの符号条件は、「+」とした。

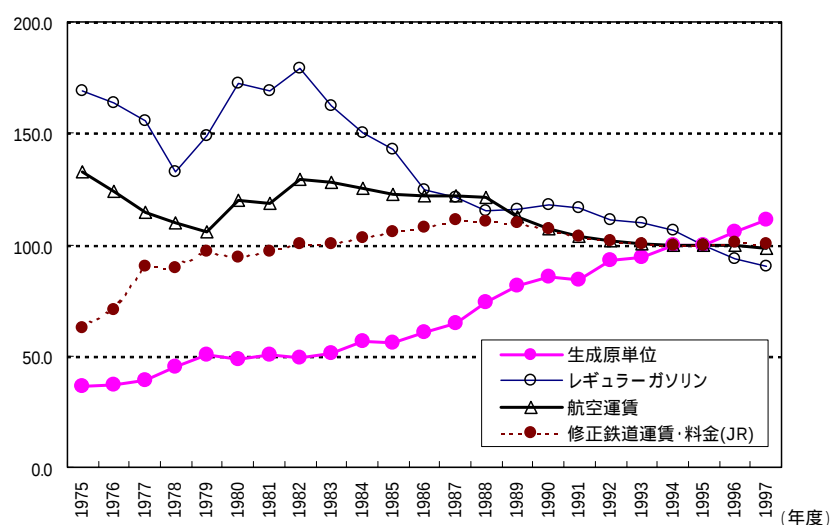
アクセシビリティ指標の算定に当たっては、対象期間の各年次で、航空および鉄道の発着時刻情報を含む交通ネットワークデータを全て用意するのは困難なため、以下のよう処理した。

- ・ 1975、1980、1985、1990、1995、1999年の6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。
- ・ 発着時刻情報を含む交通ネットワークデータの整備は6時点でも困難なことから、航空経路選択モデル中の航空便数と滞在可能時間、交通機関選択モデル中の鉄道有効運行頻度のパラメータを0として（無効として）アクセシビリティ指標を算定した。

アクセシビリティ指標の算定の際、交通価格には、各年次の名目値をそのまま用いるのではなく、基準とする1995年の実質価格を用いなければならないが、その具体的な方法を2通り設定した。

1番目の方法は、1995年以外の交通価格も単純に1995年の価格を用いる方法である（ただしジェット化した場合のジェット料金等は加味した）。

一方、消費者物価指数に対する交通関連項目の価格指数の比について経年変化をみると（図 3.2.5）例えばガソリン価格は、オイルショック後の1985年頃までは高水準、ここ数年は低水準で推移しているように、物価水準に比した交通価格の水準は、年次によって、また交通機関によって変化してきている。2番目の方法は、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んだ方法であり、具体的には、 $(1995 \text{ 年時点の交通価格}) \times (t \text{ 年の交通関連項目の価格指数}) \div (t \text{ 年の消費者物価指数})$ とするものである。なお、対象とする交通価格は、自動車のガソリン代、鉄道の運賃・料金、航空の運賃とした。その結果、重相関係数、符号条件及びt値の条件から2番目の方法をモデルに取り込むこととした。



注)縦軸は、 $(t\text{年の交通関連価格指数}) \div (t\text{年の消費者物価指数}) \times 100$ 。1995 年=100

図 3.2.5 物価水準と比べた交通価格の相対的な価格水準の変化

(資料)消費者物価指数年報(総務庁)、旅客地域流動調査(運輸省)、国勢調査(総務庁)

以上、生成モデル構築のためのデータ整備方法を整理すると、表 3.2.3 のとおりとなる。

表 3.2.3 生成モデル構築のためのデータ整備方法

項 目		データソース	データ期間等
被説明変数(需要)データ		旅客地域流動調査	・1975～1999年度の毎年の実績値を用意 ・府県中心間300km以上のODを対象とし、自動車需要は3カ年の移動平均とした
説明変数データ	夜間人口	国勢調査	・1975～1999年度の5年毎の実績値を用意
	国内総生産	国民経済計算年報	・1975～1999年度の毎年の実績値を用意

3.2.3 モデル構築結果

表 3.2.4 生成モデルのパラメータ推定結果

説明変数			重相関係数
1人当り GDP(万円/人)	アクセシビリティ指標	定数項	
9.26128E-01	2.47032E+00	-3.41334E+00	0.987
5.0	2.0	-2.7	

注) 下段はt値

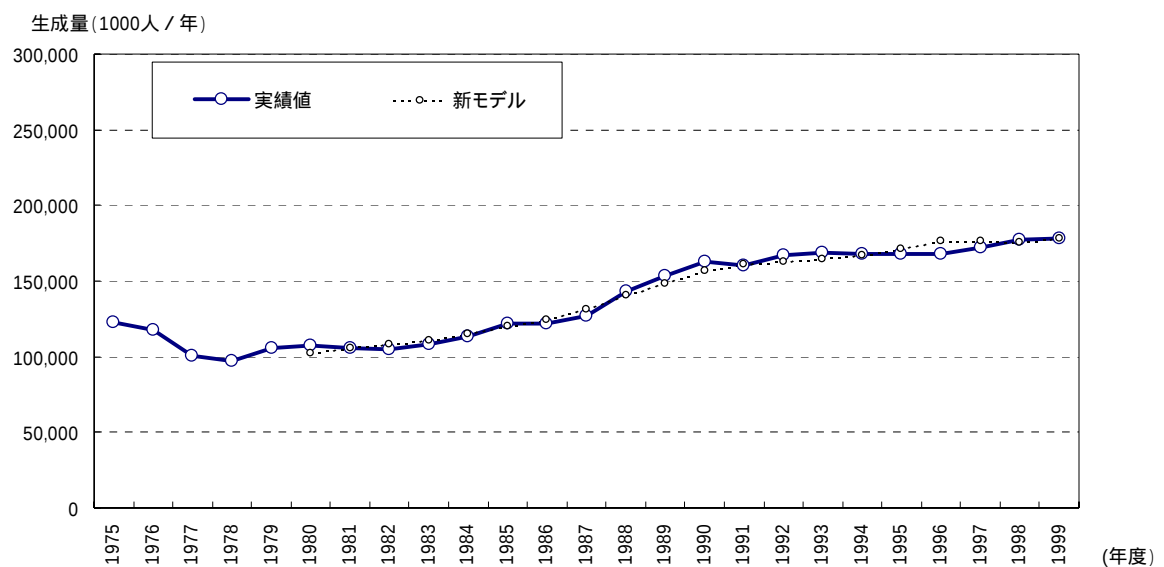


図 3.2.6 生成モデルの再現性

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、交通利便性の地域間格差やその変化による、発生量の地域間格差、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) モデルの構造

人口指標×発生原単位型とし、発生原単位を社会経済指標等や交通サービス指標で説明するモデルとした。

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、ゾーン毎に用意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。

2) モデルの区分

旅行目的毎の3区分とした。

3) モデル式

モデル式は、式3.3.1～3.3.2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。

$$Q_i = POP_i \cdot \left[\exp(\alpha_g) \cdot \left\{ \left(\prod_k X_{ik}^{\beta_{gk}} \right) \cdot Logsum_g_i^{\gamma_g} \right\} \right] \quad (3.3.1)$$

$$Logsum_g_i = \ln \left\{ \sum_{j \in c_d_i} \exp(V_{d_{ij}}) \right\} \quad (3.3.2)$$

Q_i	: 居住ゾーン i の発生量 (人/日)
POP_i	: 居住ゾーン i の人口指標(1000 人)
	[業務] 就業者数
	[観光] 夜間人口
	[私用] 夜間人口
X_{ik}	: 居住ゾーン i の社会経済指標 k
$Logsum_g_i$	: 居住ゾーン 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
$V_{d_{ij}}$	: 居住ゾーン 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_{d_i}	: 居住ゾーン i における旅行先の対象となるゾーン j の集合
α_g 、 β_g_k 、 γ_g	: パラメータ

(3) 予測時のモデルの使用方法

発生モデルによって予測される日当たりの旅行目的別発生量に年間拡大係数を乗じて、年間の旅行目的別発生量 1 次予測値を作成しておく。次いで、先に予測した全目的年間生成量（純流動ベース）をコントロールトータルとして、発生量 1 次予測値でこれを按分し、旅行目的別年間発生量を得る。

なお、予測時には、旅行目的別年間発生量に対して現況補正を行うこととした。

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、その取扱いを以下のとおりとした。

人口指標

業務目的では居住ゾーンの就業者数 1 0 0 0 人当たり、観光および私用等目的では夜間人口 1 0 0 0 人当たりの発生原単位とした。

1人当たり県内総生産

業務目的では居住ゾーンの就業者数 1 人当たり、観光および私用等目的では夜間人口 1 人当たりの県内総生産（万円/人、1995 年価格）を用意した。

パラメータの符号条件は、「+」とした。

アクセシビリティ指標

旅行先選択モデルから計算される居住ゾーン別旅行目的別のログサム変数を、アクセシビリティ指標として用意した。

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

幹線旅客純流動データの秋季 1 日データを用い、モデル区分毎に、発生量が 20 人/日を目安に微小なデータを除いた全てのデータを用いた。

3.3.3 モデル構築結果

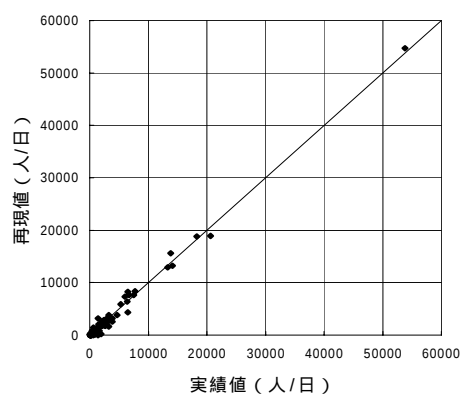
発生モデルのパラメータ推定結果は表 3.3.1 のとおりである。

表 3.3.1 発生モデルのパラメータ推定結果

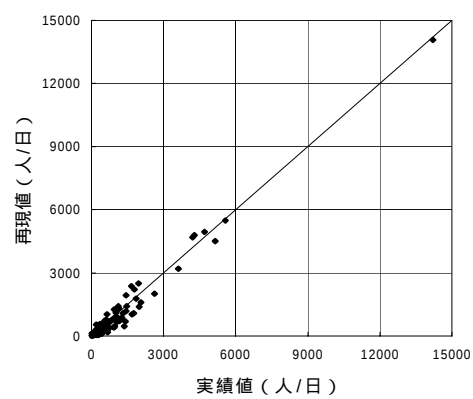
	業務目的	観光目的	私用等目的
1人当たり県内総生産(万円/年)	5.33200E-01 8.8	1.90073E-01 2.3	6.40637E-01 5.0
アクセシビリティ指標	2.55560E+01 15.9	1.84563E+01 4.7	1.35246E+01 5.3
定数項 α	-3.86894E+01 -20.8	-1.65894E+01 -4.2	-2.98759E+01 -5.9
重相関係数	0.984	0.966	0.963
サンプル数	129	128	129
備 考	就業者数1000人当 りの発生原単位	夜間人口1000人当 りの発生原単位	夜間人口1000人当 りの発生原単位

注) 上段：パラメータ値、下段：t 値

(業務)



(観光)



(私用等)

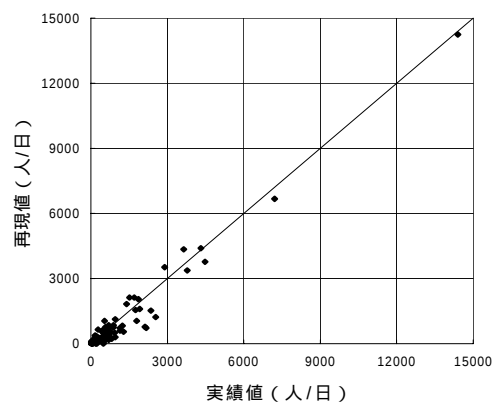


図 3.3.1 発生モデルの再現結果

3.4 旅行先選択モデル

3.4.1 モデルの要件と構造

(1) モデルの要件

交通利便性、旅行先の魅力度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

1) モデルの構造

図3.4.1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ネスティッド型のロジットモデル（集計ロジットモデル¹⁾）とした。

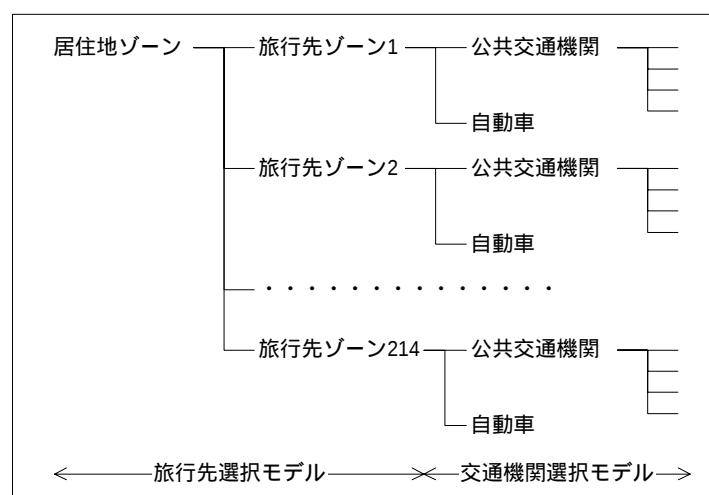


図 3.4.1 旅行先選択モデルの選択構造

2) モデルの区分

旅行目的毎の3区分とした。

3) モデル式

モデル式は、式3.4.1～3.4.3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。

¹ 集計ロジットモデル以外のパラメータ推計結果については、3.4.3 参照。

$$P_{dij} = \frac{\exp(V_{dij})}{\sum_{j \in c_{di}} \exp(V_{dij})} \quad (3.4.1)$$

$$V_{dij} = \sum_k \beta_{dk} \cdot X_{jk} + \gamma_d \cdot \text{Logsum}_{dij} \quad (3.4.2)$$

$$\text{Logsum}_{dij} = \ln \left\{ \sum_{m \in c_{2ij}} \exp(V_{m2ij}) \right\} \quad (3.4.3)$$

- P_{dij} : 居住地ゾーン*i*における旅行先ゾーン*j*の選択確率
 V_{dij} : 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_{di} : 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} : 居住地ゾーン*j*の*k*番目の魅力度指標
 Logsum_{dij} : 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。
 V_{m2ij} : 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_{m2ij} : 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_{dk} 、 γ_{dk} : パラメータ

(3) 予測時のモデルの使用方法

旅行目的別年間発生量に、旅行先選択モデルによる旅行目的別の選択確率を乗じ、旅行目的別の年OD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、その取扱いを以下のとおりとした。

なお、以下の説明変数は全て選択肢共通変数とした。

旅行先ゾーンの魅力度指標

旅行先ゾーンの魅力度指標として、対数をとったゾーン毎の集中量（人／日）を用意した。

なお、将来予測時の魅力度指標の設定は、従業人口を説明変数とした式 3.4.4 ~ 3.4.6 で求めることとした。

$$(\text{業務}) Y_j = 12.7515 \cdot JYU_j - 44.3084 + C_j \quad (3.4.4)$$

(53.5) (-2.8)

（重相関係数 0.925、サンプル数 214）

$$(\text{観光}) Y_j = 3.46760 \cdot JYU_j + 442.327 + C_j \quad (3.4.5)$$

(26.8) (5.1)

（重相関係数 0.879、サンプル数 214）

$$(\text{私用等}) Y_j = 4.47045 \cdot JYU_j + 26.3340 + C_j \quad (3.4.6)$$

(33.3) (0.3)

（重相関係数 0.916、サンプル数 214）

ここで、

Y_j : j ゾーンの魅力度指標（集中量 人/日）

JYU_j : 旅行先 j ゾーンの従業人口（1000 人）

C_j : 現況補正係数²

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用意した。

なお、パラメータの符号条件は「+」とした。

(2) サンプリングとパラメータ推定方法

幹線旅客純流動データの秋季1日データを用い、対象ODのうち、微小量のOD（20人／日以下）を除いたODをパラメータ推定データとした。

なお、パラメータ推定には最尤推定法を用いた。

² 現況補正係数は、（2000年実績値）－（2000年再現値）で設定した。

3.4.3 モデル構築結果

パラメータ推定結果（集計ロジットモデル）は表 3.4.1 のとおりである。

表 3.4.1 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)

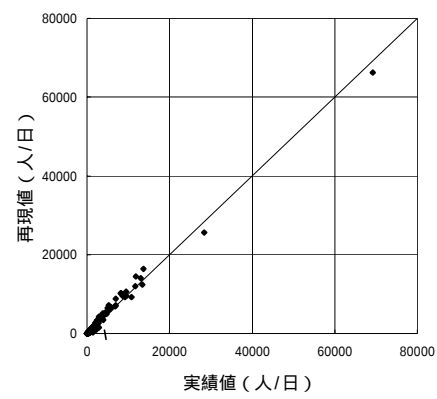
	業務目的	観光目的	私用等目的
1人当たり県内総生産(万円/年)	5.33200E-01 8.8	1.90073E-01 2.3	6.40637E-01 5.0
アクセシビリティ指標	2.55560E+01 15.9	1.84563E+01 4.7	1.35246E+01 5.3
定数項 α	-3.86894E+01 -20.8	-1.65894E+01 -4.2	-2.98759E+01 -5.9
重相関係数	0.984	0.966	0.963
サンプル数	129	128	129
備 考	就業者数1000人当たりの発生原単位	夜間人口1000人当たりの発生原単位	夜間人口1000人当たりの発生原単位

	業務目的	観光目的	私用等目的
ln[魅力度指標(集中量;人/日)]	7.26786E-01 2.8	3.84570E-01 3.1	4.32452E-01 2.5
アクセシビリティ指標	5.23848E-01 3.5	3.22840E-01 2.3	9.68947E-01 2.3
OD量相関係数	0.903	0.812	0.828
集中量相関係数	0.985	0.979	0.978
サンプル数(OD数)	3010	2530	2030
最大選択肢数	124	100	101

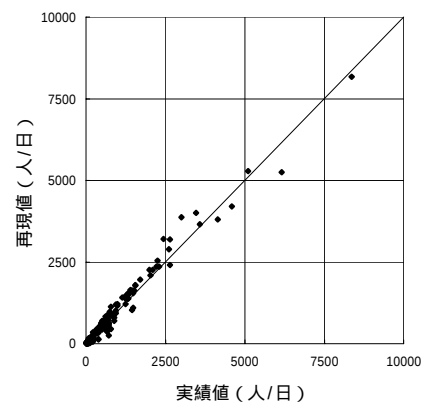
注1) 上段：パラメータ値、下段：t 値

注2) 相関係数はサンプル（人/日）ベース

(業務)



(観光)



(私用等)

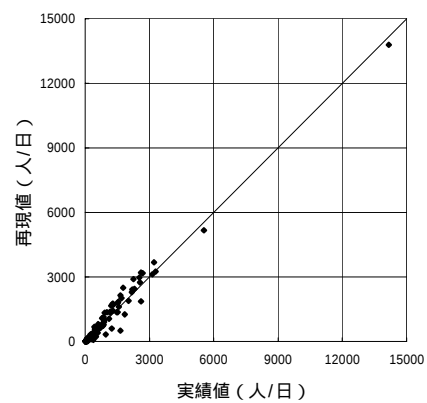


図 3.4.2 旅行先モデルの再現結果(集中量を表示)

3.5 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

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

1) 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 3.5.1 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。

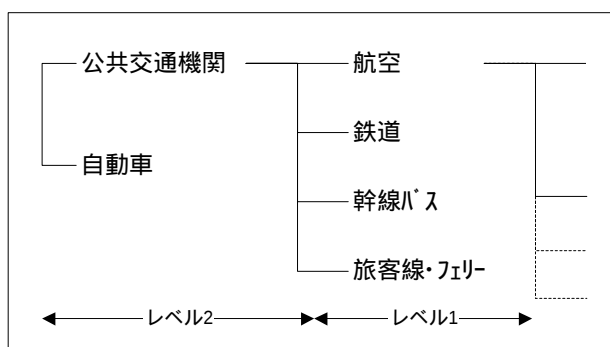


図 3.5.1 交通機関選択モデルの選択構造

(1) 2) モデルの区分

旅行目的毎の3区分とした。

3) モデル式

モデル式は、式 3.5.1 ~ 3.5.6 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]

$$P_{m1_{ijm}} = \frac{\exp(V_{m1_{ijm}})}{\sum_{m \in c_{m1_{ij}}} \exp(V_{m1_{ijm}})} \quad (3.5.1)$$

$$V_{m1_{ijm}} = \sum_k \beta_{m1_{mk}} \cdot X_{ijmk} + \gamma_{m1} \cdot \text{Logsum}_{m1_{ijm}} \quad (3.5.2)$$

$$\text{Logsum}_{m1_{ijm(m=\text{航空})}} = \ln \left\{ \sum_{r \in c_{r_{ij}}} \exp(V_{r_{ijr}}) \right\} \quad (3.5.3)$$

$P_{m1_{ijm}}$: 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

$V_{m1_{ijm}}$: 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

$c_{m1_{ij}}$: 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_{ijmk} : 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

$\text{Logsum}_{m1_{ijm}}$: 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。

$V_{r_{ijr}}$: 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

$c_{r_{ij}}$: 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

$\beta_{m1_{mk}}$ 、 γ_{m1} : パラメータ

(2)

[レベル2]

$$P_{m2_{ijm}} = \frac{\exp(V_{m2_{ijm}})}{\sum_{m \in c_{m2_{ij}}} \exp(V_{m2_{ijm}})} \quad (3.5.4)$$

$$V_{m2_{ijm}} = \sum_k \beta_{m2_{mk}} \cdot X_{ijmk} + \gamma_{m2} \cdot \text{Logsum}_{m2_{ijm}} \quad (3.5.5)$$

$$\text{Logsum}_{m2_{ijm(m=\text{公共交通機関})}} = \ln \left\{ \sum_{m' \in c_{m1_{ij}}} (V_{m1_{ijm'}}) \right\} \quad (3.5.6)$$

$P_{m2_{ijm}}$: 居住地ゾーン*i*と旅行先ゾーン*j*間でのレベル2の交通機関*m*の

	選択確率
$V_{m2\ ij}$	: 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
$c_{m2\ ij}$	: 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 2 の交通機関の集合
X_{ijmk}	: 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 を選択する場合の k 番目の交通サービス指標
$Logsum_m2_{ij}$	: 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。
$V_{m1\ ij}$	: 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
$c_{m1\ ij}$	: 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_{ijmk}	: 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
$\beta_{m2_{mk}}$ 、 γ_{m2}	: パラメータ

(3) 予測時のモデルの使用方法

旅行目的別年間 OD 量に、交通機関選択モデルによる交通機関選択確率を乗じて、旅行目的別交通機関別の年間交通量を得る。

なお、予測時には、旅行目的別交通機関別の年間交通量³に対して、現況補正を行うこととした。

³ 幹線旅客純流動データでは、年間の旅行目的別需要は把握できないが秋季 1 日では把握できる。本調査では、年間の旅行目的構成を秋季 1 日の旅行目的構成と同じとした。

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、その取扱いを以下のとおりとした。

総所要時間

下層に選択肢がつながっていない全ての交通機関(航空とレベル2の「公共交通機関」以外の交通機関)を対象とし、ゾーン間移動の総所要時間(分)を用意し、モデルに取り込むこととした。

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。

パラメータの符号条件は、「 - 」とした。

総費用、自動車の時間費用(レベル2)

下層に選択肢がつながっていない全ての交通機関(航空とレベル2の「公共交通機関」以外の交通機関)を対象とし、ゾーン間移動の総費用(円)と、これを夜間人口1人当り県内総生産で除した指標を用意し、いずれかをモデルに取り込むこととした。

ただし、自動車については、費用を総所要時間とともに取り込めない場合、「総所要時間(分)×時間評価値(円/分)+総費用(円)」で定義した「時間費用(円)」を取り込むこととした。なお、時間評価値は、公共交通機関相互の選択での時間評価値(レベル1の所要時間および費用パラメータから算定)で代用した。

パラメータの符号条件は、「 - 」とした。

運行頻度およびダイヤ指標

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つのダイヤ指標を用意し、可能な範囲でモデルに取り込むこととした。

*滞在可能時間(分)

*出発可能時間(分)

*有効運行頻度(本/日)

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。

[ダイヤ指標の算定方法(図 3.5.2 参照)]

- ・ JR 優等列車について発着時刻を含むデータを用意し、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。

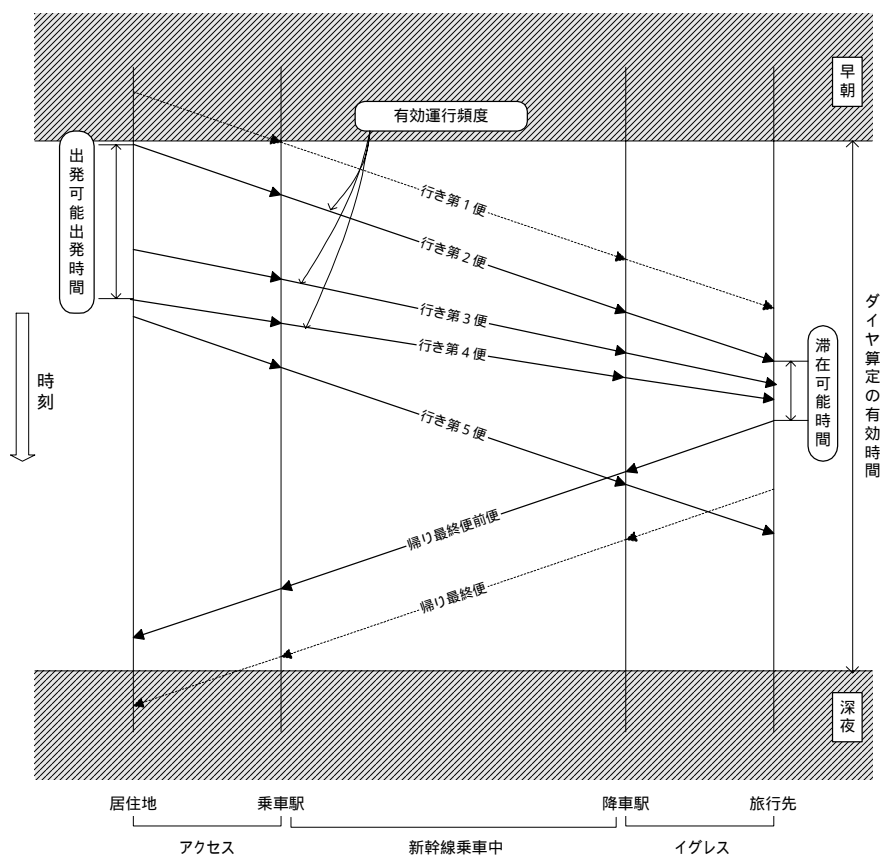


図 3.5.2 本調査で定義するダイヤ指標のイメージ

・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（滞在可能時間およ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

乗換え回数

航空以外のレベル1の各公共交通機関を対象とし、ゾーン間移動での（異種および同種）交通機関相互の乗換え回数（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用意し、モデルに取り込むこととした。

レベル2では、「公共交通機関」を対象とし、レベル1の個別公共交通機関の効用から計算されるログサム変数を用意し、取り込むこととした。

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

レベル2の公共交通機関および鉄道を除く各交通機関を対象とし、選択肢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はないが、自動車の選択では、所要時間や費用以外の要因も大きいことから、一般に自動車ダミーは、「 + 」とした。

(2) サンプルの抽出

幹線旅客純流動データの秋季1日データを用い、サンプル数3,000程度を目安に、全データからランダム抽出した。

3.5.3 モデル構築結果

パラメータ推定結果は表 3.5.1、再現結果は図 3.5.3、図 3.5.4 に示すとおりである。

各モデルとも尤度比、的中率が高く、再現性も良好と言える。

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、「通常の運行頻度」を取り込むことが出来なかった。これは、「通常の運行頻度」は、列車の接続状況や列車の追い抜き等が頻度設定で加味されていなかったためと考えられる。一方、有効運行頻度（鉄道の固有変数）は、これらが加味されているため、 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 3.5.1 交通機関選択モデルのパラメータ推定結果
(レベル1)

レベル1	業務目的		観光目的		私用等目的	
	選択肢	パラメータ	選択肢	パラメータ	選択肢	パラメータ
総所要時間(分)	rsb	-1.31605E-02 -21.2		-5.15717E-03 -11.8		-6.43880E-03 -14.0
総費用(円)	rsb	-2.20762E-04 -14.5		-1.00336E-04 -9.7		-1.19349E-04 -12.2
ln[有効運行頻度(本/日)]	r	8.26907E-01 25.1		6.29052E-01 19.9		6.54042E-01 20.3
アクセシビリティ指標	a	8.40946E-01 19.7		4.40599E-01 14.9		5.83801E-01 18.8
尤度比		0.442		0.387		0.446
的中率(%)		83.0		77.0		80.6
時間評価値(円/hr)		3577		3084		3237
サンプル数		4811		3125		3404

注1) パラメータ欄 上段：パラメータ値、下段：t 値

注2) 選択肢欄 r：鉄道、s：旅客船、b：幹線バス

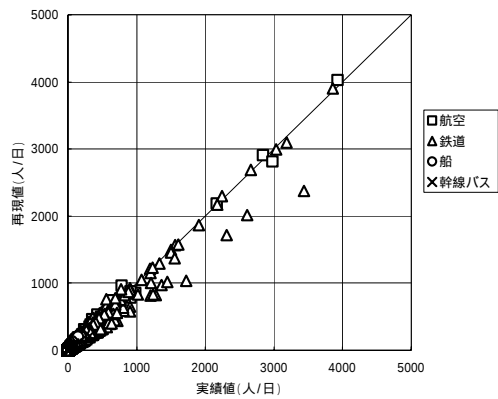
(レベル2)

レベル2	業務目的		観光目的		私用等目的	
	選択肢	パラメータ	選択肢	パラメータ	選択肢	パラメータ
総所要時間(分)	c	-1.20843E-02 -5.2	c	-7.39044E-03 -3.4	c	-7.90011E-03 -3.7
総費用(円)	c	-2.00424E-04 -1.0	c	-2.04345E-04 -5.5	c	-2.01814E-04 -6.4
自動車タミ-	c	1.12645E+00 2.8	c	3.34806E+00 15.3	c	3.13566E+00 12.2
アクセシビリティ指標	p	5.33183E-01 5.9	p	5.78097E-01 5.5	p	6.69006E-01 6.2
尤度比		0.215		0.230		0.229
的中率(%)		97.2		73.8		75.9
時間評価値(円/hr)		3618		2170		2349
サンプル数		3545		3629		3106

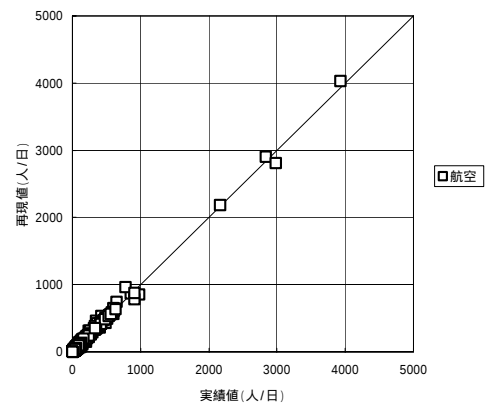
注1) パラメータ欄 上段：パラメータ値、下段：t 値

注2) 選択肢欄 p：公共交通、c：自動車

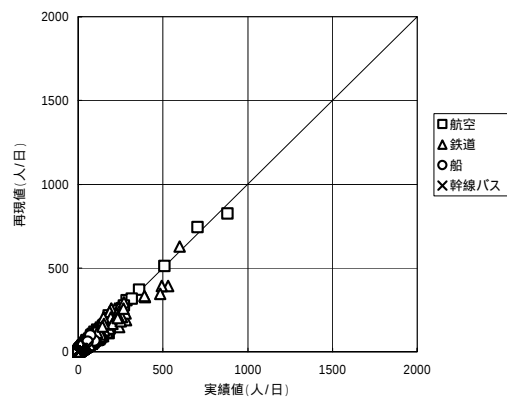
(業務)



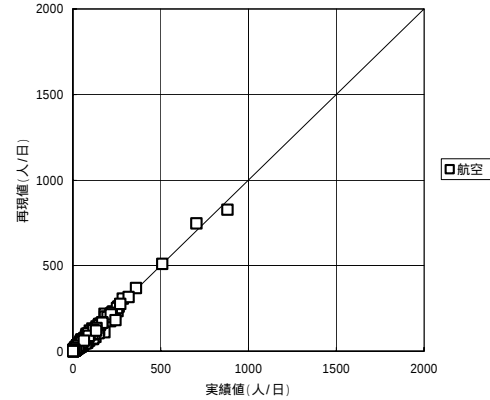
(右は航空のみ)
(業務)



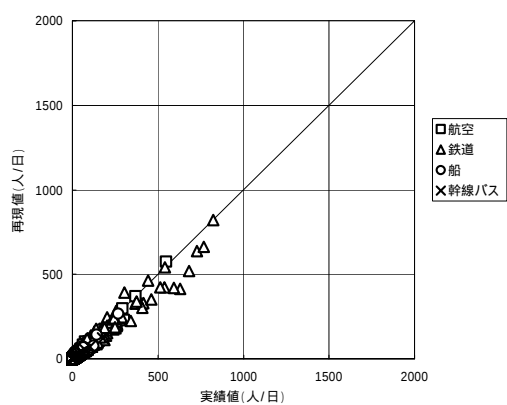
(観光)



(観光)



(私用等)



(私用等)

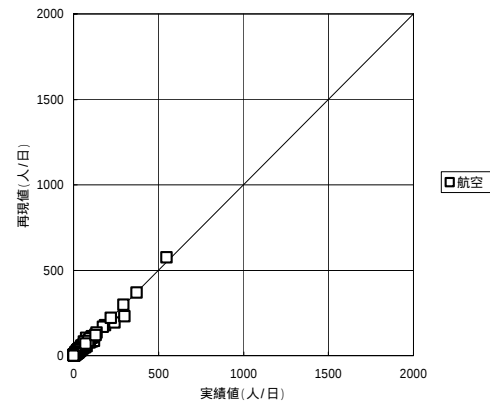
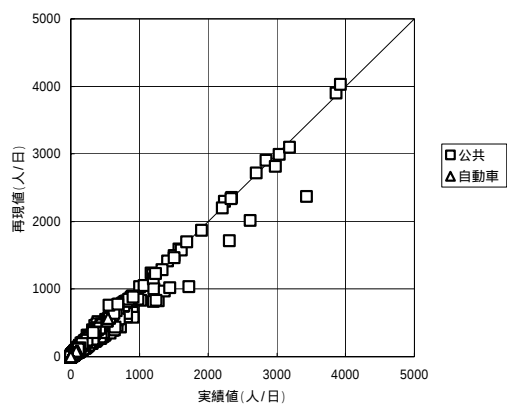
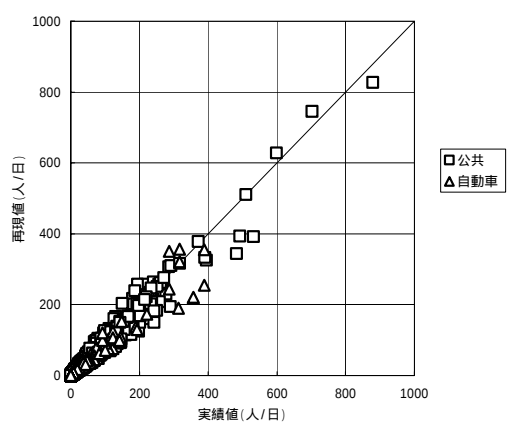


図 3.5.3 交通機関選択モデルの再現結果(レベル1)

(業務)



(観光)



(私用等)

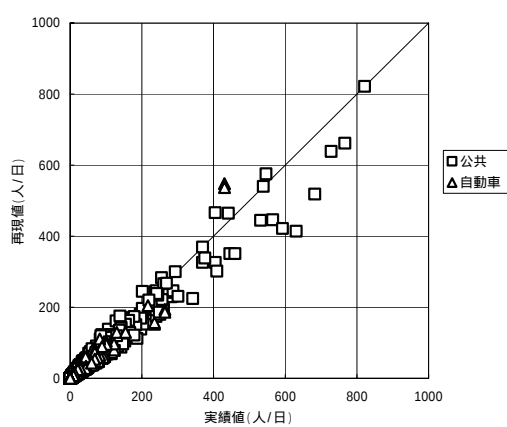


図 3.5.4 交通機関選択モデルの再現結果(レベル2)

3.6 航空経路選択モデル

3.6.1 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

1) モデルの構造

図 3.6.1 に示すように、同一 O D 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。

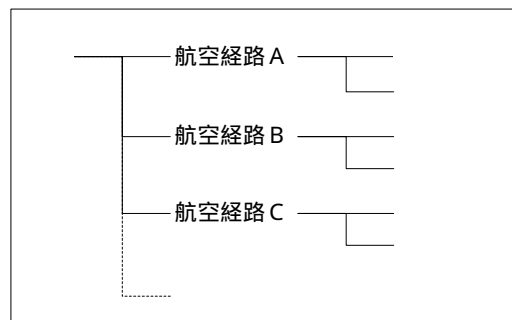


図 3.6.1 航空経路選択モデルの選択構造

2) モデルの区分

旅行目的毎の 3 区分とした。

3) モデル式

モデル式は、式 3.6.1 ~ 3.6.3 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。

$$P_{r_{ijr}} = \frac{\exp(V_{r_{ijr}})}{\sum_{r \in C_{r_{ij}}} \exp(V_{r_{ijr}})} \quad (3.6.1)$$

$$V_{r_{ijr}} = \sum_k \beta_{r_{kr}} X_{ijk_r} + \gamma_r \cdot \{ \text{Logsum}_{r_{inr}}^{\text{resd}} + \text{Logsum}_{r_{jnr}}^{\text{dest}} \} \quad (3.6.2)$$

- $P_{r_{ijr}}$: 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
- $V_{r_{ijr}}$: 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
- $c_{r_{ij}}$: 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_r} : 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
- $\beta_{r_{kr}}、\gamma_r$: パラメータ
- $\text{Logsum}_{r_{inr}}^{\text{resd}}、\text{Logsum}_{r_{jnr}}^{\text{dest}}$: 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。居住地または旅行先ゾーン 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 $V_{ac2_{inm}}$ 、選択肢集合を $c_{ac2_{in}}$ とすると、以下の式で表される。

$$\text{Logsum}_{r_{in}} = \ln \left\{ \sum_{m \in c_{ac2_{in}}} \exp(V_{ac2_{inm}}) \right\} \quad (3.6.3)$$

3.6.2 モデル構築のためのデータ整備

説明変数として用意するデータ、その取扱いを以下のとおりとした。

なお、説明変数は全て選択肢共通変数とした。

(1) 説明変数データ

説明変数として用意した主なデータ、その取扱いを以下のとおりとした。

航空ラインホール所要時間

航空ラインホール時間（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。

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運賃（円）と、運賃 ÷ 1 人当り県内総生産を用意し、いずれか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。

運航頻度およびダイヤ指標

通常の運航頻度（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 つのダイヤ指標を用意した。運航頻度、有効運航頻度は、需要からの便数・機材算定の際の Key 変数になることから、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。

なお、トランジットの場合の運航頻度は、経路上の路線の最小の便数とした。

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）を用意し、可能な範囲で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

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用意し、これを取り込むこととした。

パラメータの符号条件は、「+」とした。

(2) 需要データの整備

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。

なお、ベースデータは平成11年度の航空旅客動態調査データとした。

[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
- ・ 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

3.6.3 モデル構築結果

モデル区分毎のサンプル数が少ないことや良好にパラメータを推定できなかったことから、観光目的と私用目的を区分せず、業務目的および観光・私用等目的の2区分のモデルを構築した。

パラメータ推定結果を表 3.6.1 に、再現結果を図 3.6.2 に示したが、いずれも、尤度比、的中率が高く、良好なモデルといえる。また、時間評価値の水準および旅行目的間での相対関係（「業務目的」>「観光・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。

滞在可能時間は、日帰り時の旅行先での滞在可能な時間として設定しているが、業務目的の方が観光・私用等目的よりも t 値が大きくなった。このことは、観光・私用等目的より業務目的の方が、旅行先に早く到着できる経路、帰りの最終便が遅い方の経路に対する選好が強いことを示すものと考えられ、感覚的にも納得できる結果である。

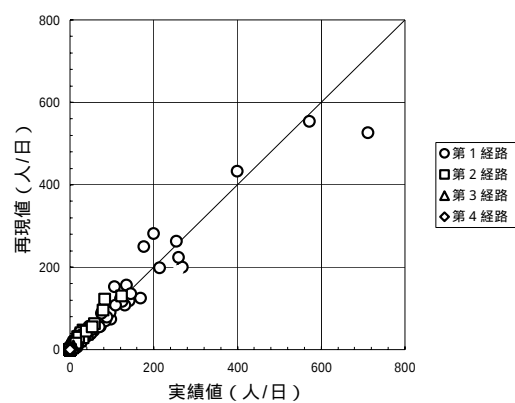
なお、航空ラインホール費用を1人当たり県内総生産で除した費用負担力を示す変数は取り込めなかった。

表 3.6.1 航空経路選択モデルのパラメータ推定結果

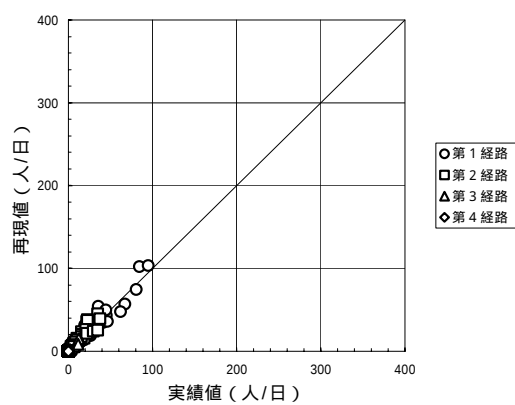
	業務目的	観光・私用等目的
航空ラインホール時間(分)	-2.35533E-02 -8.3	-1.72316E-02 -6.6
航空ラインホール費用(円)	-2.94753E-04 -2.4	-2.67557E-04 -2.1
ln[路線運航頻度(便/日)]	7.52284E-01 9.2	7.72880E-01 4.1
滞在可能時間(分)	1.88510E-03 4.8	1.81855E-03 6.8
アクセシビリティ指標	7.59895E-01 19.8	7.54901E-01 14.9
尤 度 比	0.388	0.351
的 中 率 (%)	73.5	71.5
時間評価値(円/hr)	4795	3864
サンプル数	3297	3191

注) 上段：パラメータ値、下段：t 値

(業務)



(観光)



(私用等)

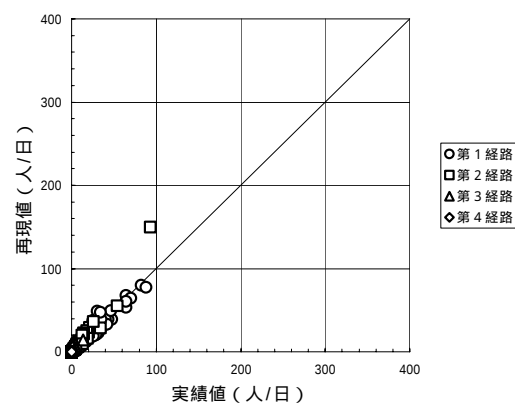


図 3.6.2 航空経路選択モデルの再現結果
(資料) 横軸の実績値は航空旅客動態調査(平成11年、運輸省)より

3.7 空港アクセス交通機関選択モデル

3.7.1 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 3.7.1 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。

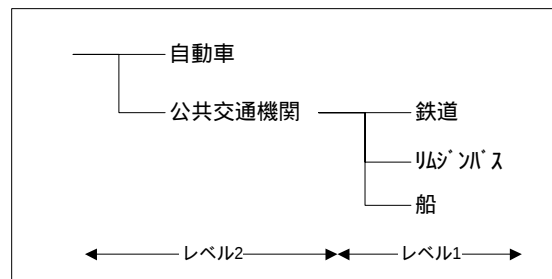


図 3.7.1 空港アクセス交通機関選択モデルの選択構造

2) モデルの区分

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、本調査における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。

3) モデル式

モデル式は、式3.7.1～3.7.5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]

$$P_{ac1_{inm}} = \frac{\exp(V_{ac1_{inm}})}{\sum_{m \in c_{ac1_{in}}} \exp(V_{ac1_{inm}})} \quad (3.7.1)$$

$$V_{ac1_{inm}} = \sum_k \beta_{ac1_{mk}} \cdot X_{inmk} \quad (3.7.2)$$

$P_{ac1_{inm}}$: 居住地または旅行先ゾーン 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

$V_{ac1_{inm}}$: 居住地または旅行先ゾーン 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

$c_{ac1_{in}}$: 居住地または旅行先ゾーン 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_{inmk} : 居住地または旅行先ゾーン 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

$\beta_{ac1_{mk}}$: パラメータ

[レベル2]

$$P_{ac2_{inm}} = \frac{\exp(V_{ac2_{inm}})}{\sum_{m \in c_{ac2_{in}}} \exp(V_{ac2_{inm}})} \quad (3.7.3)$$

$$V_{ac2_{inm}} = \sum_k \beta_{ac2_{mk}} \cdot X_{inmk} + \gamma_{ac2} \cdot \text{Logsum}_{ac2_{inm}} \quad (3.7.4)$$

$$\text{Logsum}_{ac2_{inm(m=\text{公共交通機関})}} = \ln \left\{ \sum_{m' \in c_{ac1_{in}}} \exp(V_{ac1_{inm'}}) \right\} \quad (3.7.5)$$

$P_{ac2_{inm}}$: 居住地または旅行先ゾーン 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

$V_{ac2_{inm}}$: 居住地または旅行先ゾーン 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

$c_{ac2_{in}}$: 居住地または旅行先ゾーン 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_{inmk} : 居住地または旅行先ゾーン 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

$Logsum_ac2_{inn}$: 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。
 $V_ac1_{inn'}$: 居住地または旅行先ゾーン 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_ac1_{in} : 居住地または旅行先ゾーン 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_ac2_{mk} 、 γ_ac2 : パラメータ

(3) 予測時のモデルの使用方法

航空経路選択確率を予測するに当たり、空港アクセス交通機関選択モデルのレベル 2 の効用から計算される居住地側、旅行先側のログサム変数を、航空経路選択モデルのアクセシビリティ指標とする。

3.7.2 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、その取扱いを以下のとおりとした。

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2の「公共交通機関」以外の交通機関）を対象として、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や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、自動車の時間費用(レベル2)

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2の「公共交通機関」以外の交通機関）を対象として、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。

ただし、自動車については、費用と所要時間を同時に取り込めない場合は、「アクセス所要時間（分）×時間評価値（円/分）+アクセス費用（円）」で定義した「時間費用（円）」を取り込むこととした（時間評価値は公共交通機関相互の選択での時間評価値（レベル1の所要時間および費用パラメータから算定で代用））。

パラメータの符号条件は、「 - 」とした。

乗換え回数

レベル1の各公共交通機関を対象とし、ゾーン - 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」を対象とし、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自動車アクセス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、東京国際空港と大阪国際空港とした。

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2の「公共交通機関」および鉄道を除く各交通機関を対象とし、選択肢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ないが、一般に鉄道ダミーは「 + 」、自動車ダミーも「 + 」とした。

(2) 需要データとサンプルの抽出

空港アクセス交通機関選択モデルは、平成11年航空旅客動態調査（運輸省）⁴のデータ（日単位、10月に実施）を用いた。なお、空港アクセス交通機関は、空港への最終交通機関で定義し、また航空旅客動態調査データは、ゾーン区分や居住地／旅行先、旅行目的等を、幹線旅客純流動データの定義に合わせた。

モデル作成では、この航空旅客動態調査データをベースとし、サンプル数3,000程度を目安に全データからランダム抽出した。

⁴ 平成12年の幹線旅客純流動データ（国土交通省）の航空データは、平成11年の航空旅客動態調査（国土交通省）がデータベースとなって作成されている。

3.7.3 モデル構築結果

サンプル数が少ないことや、良好にパラメータ推定できなかったことから、観光目的と私用目的とを区分せず、旅行目的を2区分とした。

パラメータ推定結果、再現結果は、各々表 3.7.1、図 3.7.2～図 3.7.4 のとおりである。

各モデルとも尤度比、的中率がますます高く、再現性も良好である。

時間評価値の水準は若干低い、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、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。

さらに、船ダミーは居住地側で正、旅行先側で負となっているが、他の交通機関との相対的な関係で効用値の調整のためにモデルに入ったと考えられ、 t 値がさほど大きくないことから、符号自体が積極的な意味合いを持つとは考えにくい。

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 t 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、感覚的に理解できる結果といえる。

表 3.7.1 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
(レベル1)

レベル1	業務目的(居住地側)		業務目的(旅行先側)		観光・私用等目的(居住地側)		観光・私用等目的(旅行先側)	
	選択肢	パラメータ	選択肢	パラメータ	選択肢	パラメータ	選択肢	パラメータ
アクセス所要時間(分)	rbs	-3.08729E-02 -12.6	rbs	-3.53191E-02 -10.2	rbs	-1.83089E-02 -8.0	rbs	-2.44665E-02 -11.1
アクセス費用(円)	rbs	-6.54275E-04 -10.2	rbs	-7.55753E-04 -8.6	rbs	-6.61894E-04 -10.2	rbs	-8.78095E-04 -6.0
鉄道タミ-	r	7.51375E-01 16.2	r	1.05290E+00 16.7	r	6.36141E-01 13.9	r	4.57907E-01 4.7
尤 度 比		0.280		0.515		0.214		0.577
的 中 率 (%)		78.7		87.0		74.1		88.4
時間評価値(円/hr)		2831		2804		1660		1672
サンプル数		3574		3280		3275		2766

注1) パラメータ欄 上段：パラメータ値、下段：t 値

注2) 選択肢欄 r：鉄道、s：船、b：リムジンバス

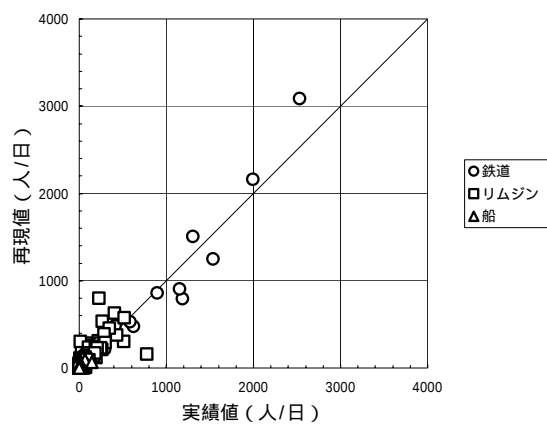
(レベル2)

レベル2	業務目的(居住地側)		業務目的(旅行先側)		観光・私用等目的(居住地側)		観光・私用等目的(旅行先側)	
	選択肢	パラメータ	選択肢	パラメータ	選択肢	パラメータ	選択肢	パラメータ
アクセス所要時間(分)	c	-2.53961E-02 -3.2	c	-3.05174E-02 -3.5	c	-3.01472E-02 -4.7	c	-2.45645E-02 -2.3
アクセス費用(円)	c	-6.89270E-04 -8.7	c	-1.14673E-03 -8.8	c	-8.97898E-04 -5.3	c	-9.14396E-04 -6.8
大都市圏空港タミ-	c	-1.34997E+00 -13.6	c	-1.22959E+00 -9.8	c	-1.25736E+00 -12.6	c	-1.29418E+00 -10.9
自動車タミ-	c	8.53591E-01 4.9	c	8.51779E-02 1.0	c	1.48603E+00 10.7	c	4.27303E-01 6.0
アクセシビリティ指標	p	3.86443E-01 8.4	p	2.92708E-01 7.5	p	4.04317E-01 8.0	p	2.67829E-01 7.1
尤 度 比		0.196		0.179		0.183		0.171
的 中 率 (%)		76.5		72.2		70.9		68.8
時間評価値(円/hr)		2211		1597		2015		1612
サンプル数		3386		3349		3007		3333

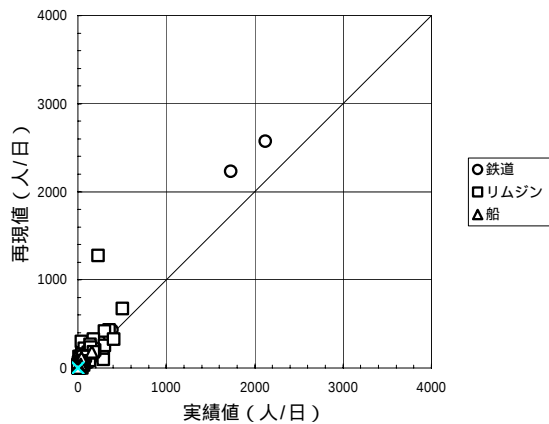
注1) パラメータ欄 上段：パラメータ値、下段：t 値

注2) 選択肢欄 p：公共交通、c：自動車

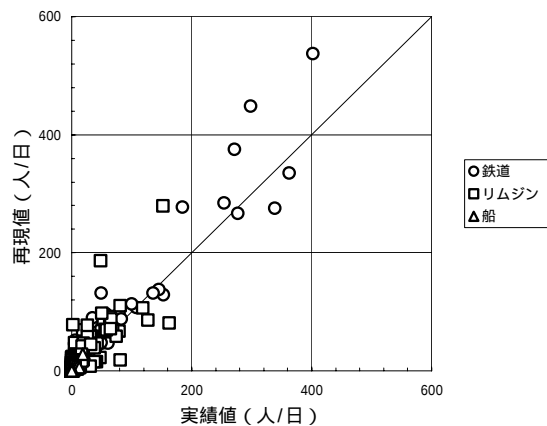
(業務)



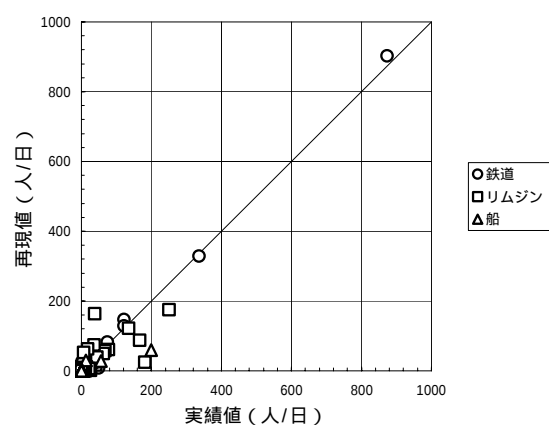
(左:居住地側、右:目的地側)
(業務)



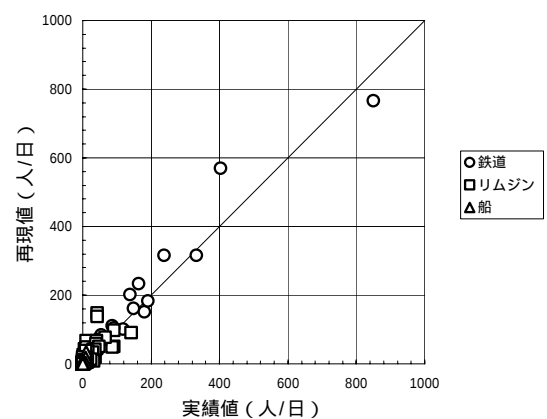
(観光)



(観光)



(私用)



(私用)

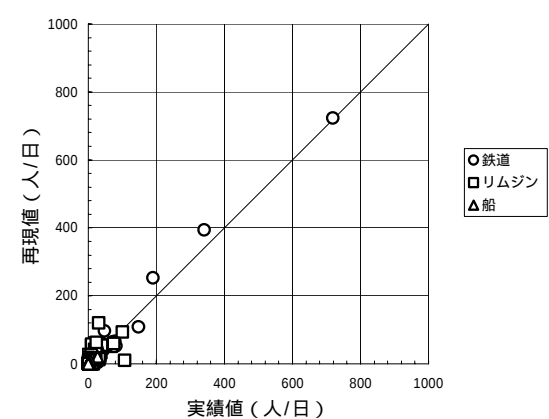
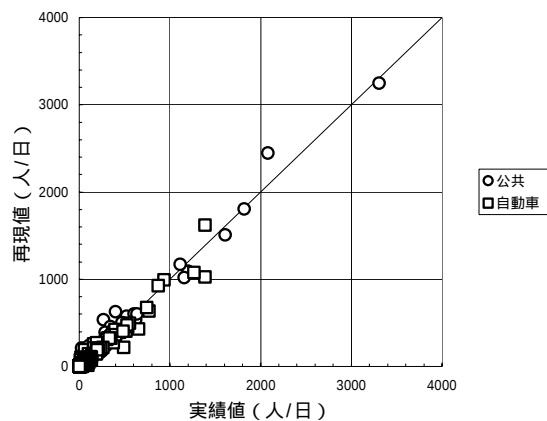
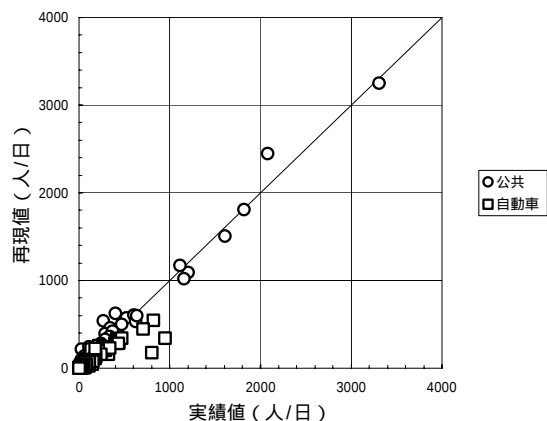


図 3.7.2 空港アクセス交通機関選択モデルの再現結果(レベル1(ゾーン - 空港))
(資料) 横軸の実績値は航空旅客動態調査(平成11年、運輸省)より

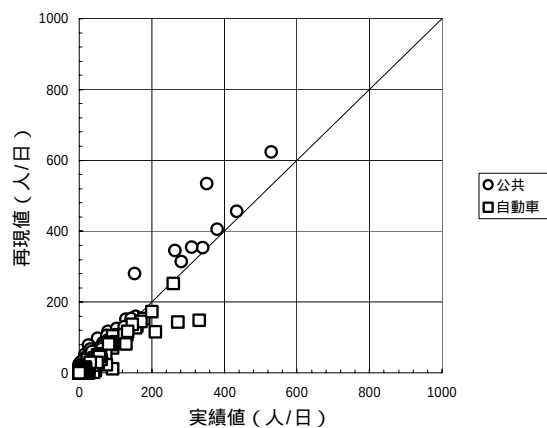
(レベル2業務)



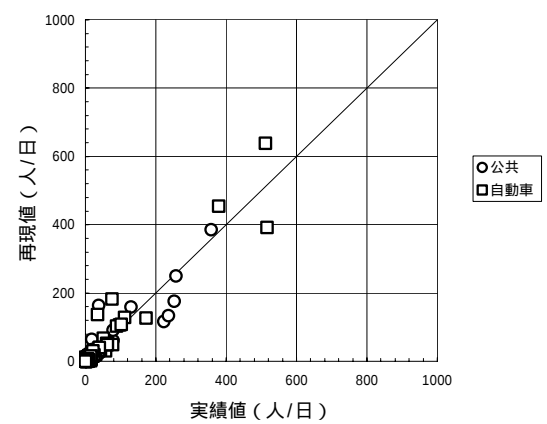
(左:居住地側、右:目的地側)
(レベル2業務)



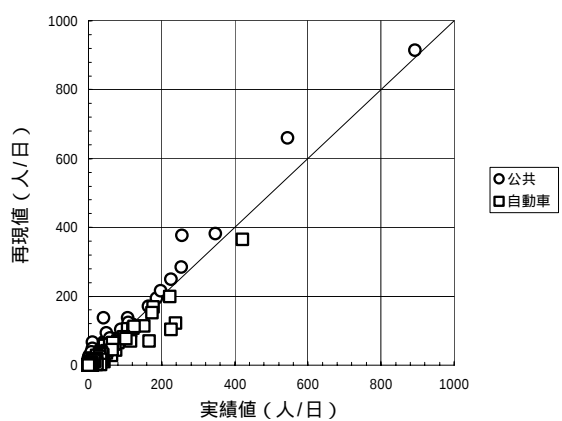
(レベル2観光)



(レベル2観光)



(レベル2私用)



(レベル2私用)

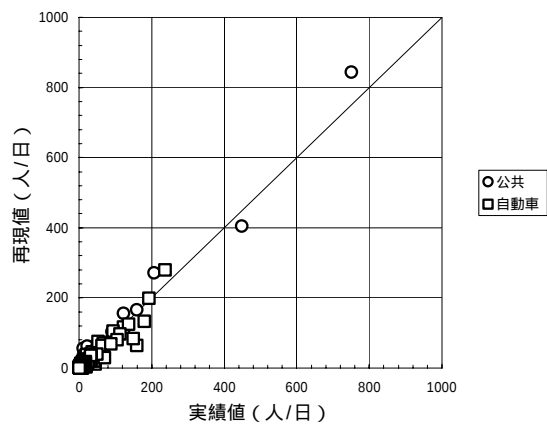
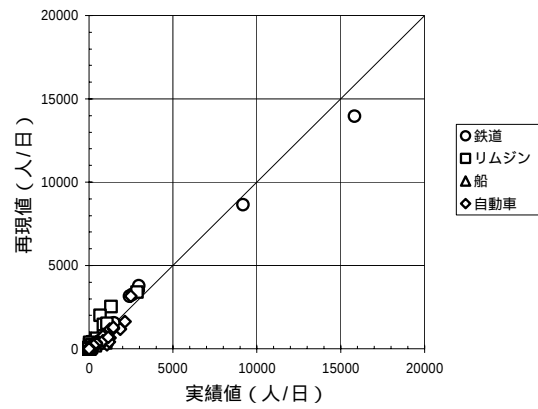
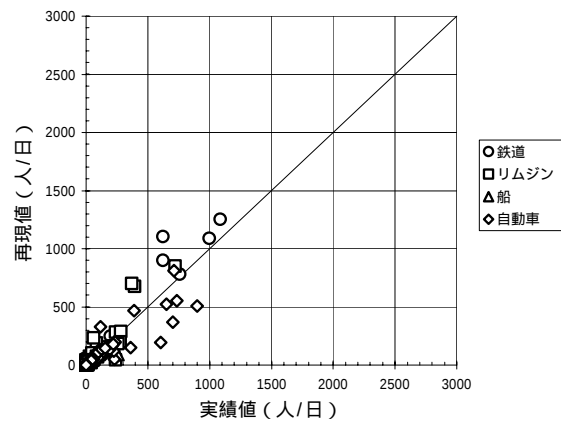


図 3.7.3 空港アクセス交通機関選択モデルの再現結果(レベル2(ゾーン - 空港))
(資料) 横軸の実績値は航空旅客動態調査(平成11年、運輸省)より

(業務)



(観光)



(私用)

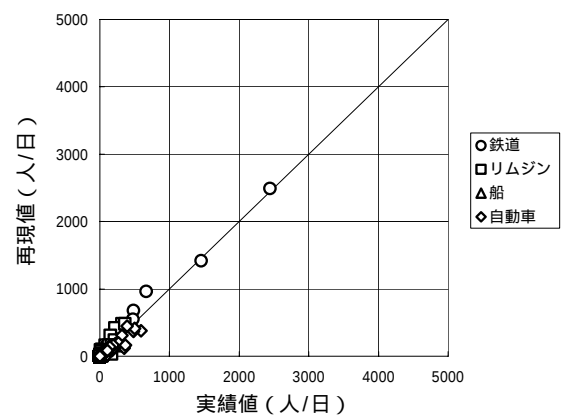


図 3.7.4 国内アクセス選択モデルの再現結果(空港単位)
(資料) 横軸の実績値は航空旅客動態調査(平成11年、運輸省)より

3.8 離島モデル

(1) 離島モデルの対象路線の考え方

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2000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））

(2) 離島モデル構築のための基礎需要データ

- 空港の利用状況（2000年9月）の「(11) 二地点間旅客輸送実績」に記載されている1993年度～1999年度路線需要、および空港の利用の状況（2001年9月）の「(6) 国内線路線別旅客数実績の推移」に記載されている対象路線の1993年度～2000年度路線需要

○ ただし、上述した「(6) 国内線路線別旅客数実績の推移」は定期便を運航しているエアラインによって運航されている不定期便も含むため（航空輸送統計年報が出典とされている）各年の航空輸送統計年報からエアラインを確認することにより重複を排除。さらに、1999年度分は、航空法改正により2月以降2ヶ月間の通勤路線も定期便扱いとなってこの間のみの需要が記載されているため、この2ヶ月間の重複も排除。

- 対象路線は全44路線

(3) 離島モデル作成方法

下記、の考え方に基づき各離島路線の離島モデルを作成。

少なくとも2000年度を含む4時点で実績データがある路線を対象に（最大で1993年度～2000年度のデータを用意）西暦年度を説明変数とする単回帰モデルを一旦作成し、増加傾向が統計的に有意と判断される路線については、モデルで推計。

パラメータ推定では、新しいデータ程パラメータの推定に与える影響が大きくなるよう、1993年度：1994年度：・・・：2000年度＝1：2：・・・：8といった年度による重付け推定（重み付け最小2乗法）を適用。

その他の路線については、2000年度以降横ばいで需要が推移するものと想定。

なお、2000年10月時刻表にない定期便（季節便等）に関しては、2000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。

3.9 予測に当たっての各種処理

3.9.1 機材投入基準

(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。

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。

一日あたりの発着回数 = (年間旅客数 / 365) / (機材提供座席数 × 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。

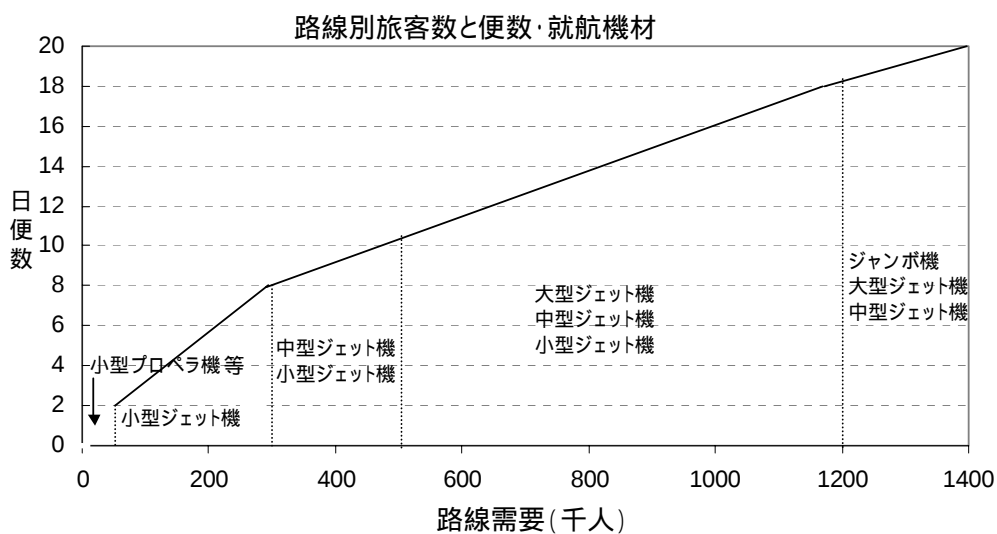


図 3.9.1 機材投入基準

機材投入基準に基づく路線需要毎の機材別便数

路線需要	PR2 19	PR1 50	S 160	M 280	L 410	J 560	計	提供 座席数	座席数 増分	ロードファクター(%)
0 ~ 29		2					2	100		~ 87.9
30 ~ 49		4					4	200	100	45.5 ~ 74.2
50 ~ 89			2				2	320	120	47.3 ~ 84.3
90 ~ 159			4				4	640	320	42.6 ~ 75.3
160 ~ 229			6				6	960	320	50.5 ~ 72.3
230 ~ 299			8				8	1,280	320	54.5 ~ 70.8
300 ~ 419			4	4			8	1,760	480	51.7 ~ 72.1
420 ~ 499			6	4			10	2,080	320	61.2 ~ 72.7
500 ~ 629			4	4	2		10	2,580	500	58.7 ~ 73.9
630 ~ 769			4	6	2		12	3,140	560	60.8 ~ 74.2
770 ~ 909			4	8	2		14	3,700	560	63.1 ~ 74.4
910 ~ 1,049			6	6	4		16	4,280	580	64.4 ~ 74.3
1,050 ~ 1,199			6	8	4		18	4,840	560	65.7 ~ 75.1
1,200 ~ 1,449				12	4	2	18	6,120	1,280	59.4 ~ 71.7
1,450 ~ 1,699				12	6	2	20	6,940	820	63.3 ~ 74.2
1,700 ~ 1,949				12	6	4	22	8,060	1,120	63.9 ~ 73.3
1,950 ~ 2,199				12	8	4	24	8,880	820	66.5 ~ 75.0
2,200 ~ 2,499				10	10	6	26	10,260	1,380	65.0 ~ 73.8
2,500 ~ 2,749				10	10	8	28	11,380	1,120	66.6 ~ 73.2
2,750 ~ 2,999				10	10	10	30	12,500	1,120	66.7 ~ 72.7
3,000 ~ 3,299				10	10	12	32	13,620	1,120	66.7 ~ 73.4
3,300 ~ 3,549				10	10	14	34	14,740	1,120	67.8 ~ 73.0
3,550 ~ 3,799				10	10	16	36	15,860	1,120	67.8 ~ 72.6
3,800 ~ 4,049				10	10	18	38	16,980	1,120	67.8 ~ 72.3
4,050 ~ 4,299				10	10	20	40	18,100	1,120	67.8 ~ 72.0
4,300 ~ 4,599				10	10	22	42	19,220	1,120	67.8 ~ 72.5
4,600 ~ 4,899				12	12	22	46	20,600	1,380	67.7 ~ 72.1
4,900 ~ 5,149				12	12	24	48	21,720	1,120	68.4 ~ 71.8
5,150 ~ 5,449				12	12	26	50	22,840	1,120	68.3 ~ 72.3
5,450 ~ 5,699				14	14	26	54	24,220	1,380	68.2 ~ 71.3
5,700 ~ 5,999				14	14	28	56	25,340	1,120	68.2 ~ 71.7
6,000 ~ 6,249				14	14	30	58	26,460	1,120	68.7 ~ 71.6
6,250 ~ 6,549				16	16	30	62	27,840	1,380	68.0 ~ 71.3
6,550 ~ 6,849				16	16	32	64	28,960	1,120	68.5 ~ 71.7
6,850 ~ 7,099				16	16	34	66	30,080	1,120	69.0 ~ 71.5
7,100 ~ 7,399				18	18	34	70	31,460	1,380	68.4 ~ 71.3
7,400 ~ 7,649				18	18	36	72	32,580	1,120	68.8 ~ 71.1
7,650 ~ 7,949				18	18	38	74	33,700	1,120	68.8 ~ 71.5
7,950 ~ 8,249				20	20	38	78	35,080	1,380	68.7 ~ 71.3
8,250 ~ 8,499				20	20	40	80	36,200	1,120	69.1 ~ 71.1
8,500 ~ 8,749				20	20	42	82	37,320	1,120	69.0 ~ 71.0
8,750 ~ 9,049				22	22	42	86	38,700	1,380	68.5 ~ 70.9
9,050 ~ 9,349				22	22	44	88	39,820	1,120	68.9 ~ 71.1
9,350 ~ 9,599				22	22	46	90	40,940	1,120	69.2 ~ 71.1
9,600 ~ 9,899				24	24	46	94	42,320	1,380	68.7 ~ 70.9

離島路線における投入

路線需要	PR2 19	PR1 50	S 160	M 280	L 410	J 560	計	提供 座席数	座席数 増分	ロードファクター(%)
0 ~ 9	2						2	38		~ 71.8
10 ~ 19	4						4	76	38	39.9 ~ 75.8
20 ~ 49		4					4	200	124	30.3 ~ 74.2
50 ~ 79		6					6	300	100	50.5 ~ 79.8
80 ~ 109		8					8	400	100	60.6 ~ 82.6
110 ~ 159			4				4	640	240	52.1 ~ 75.3
160 ~ 229			6				6	960	320	50.5 ~ 72.3
230 ~ 299			8				8	1,280	320	54.5 ~ 70.8
300 ~ 419			4	4			8	1,760	480	51.7 ~ 72.1
420 ~ 499			6	4			10	2,080	320	61.2 ~ 72.7

以下一般路線と同じ

3.9.2 容量制約

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また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。

(1) 反映方法

容量制約を考慮しない状態の需要(潜在需要)を算出し、これを機材投入基準で機材別便数に変換する。この機材別便数に対し、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、他の空港また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

- ・ 需要の多い路線から各路線1便ずつ最低便数(2便)まで減便
- ・ 小型機材から減便

注 オーバーフロー需要量の求め方

$$A = 1 \text{ 往復} \times 365 \text{ 日} \times \sum_i B_i \cdot C \cdot D_i$$

A: オーバーフロー需要量(人/年)

B_i : 減便対象機材*i*の座席数(人/便)

C: 63% (全国日平均ロードファクター)

D_i : 減便対象機材*i*の減便数(便/日)