

### 3. 国内航空貨物需要予測手法

#### 3-1 国内航空貨物需要予測モデル構築の基本的考え方

##### (1) 国内航空貨物需要予測モデルの特徴

基本的に 2000 年モデルに準拠。  
GDP 成長の変化などを反映できるモデルである。

#### 3-2 国内航空貨物需要予測モデルの構築

##### (1) モデルの構造

国内航空貨物モデルは、日本国内の貨物量を予測するモデルである。モデル構造は、社会経済指標（日本GDPなど）を説明変数とする時系列の回帰モデルとする。  
なお、航空保安規制強化を考慮にいたれた構造変化を想定したモデルも検討した。

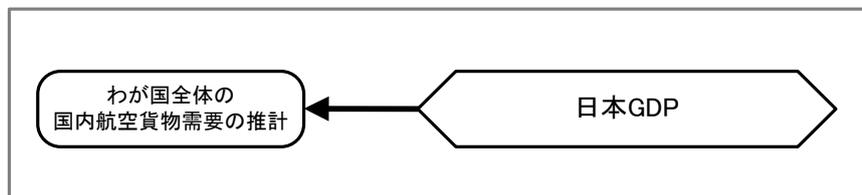


図 2-70 モデルのフロー（国内貨物）

#### 【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
説明変数の変更	近年ベリー便の小型化多頻度化の傾向があり、便数の増加が貨物容量の増加と一致していないため、説明変数から国内線便数を除いた。
構造変化を想定	2001 年テロに伴う航空保安規制強化によって、航空貨物量が大きく減少したため、規制強化に伴う構造変化を想定した。

## (2) モデル式

モデル式は以下のとおり。

2001年テロに伴う規制強化を踏まえて2001年の構造変化を想定している。

$$Q_t = \exp(\alpha) \cdot \left( \prod_k X_{kt}^{\beta_k} \right) \cdot \left( \prod_m \exp(\delta_m \cdot DMY_{mt}) \right) \quad (3.1)$$

- $Q_t$  :  $t$ 年の貨物量  
 $X_{kt}$  :  $t$ 年の社会経済指標  $k$   
 $DMY_{mt}$  :  $t$ 年のダミー変数  $m$   
 $\alpha, \beta_k, \delta_m$  : 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

- ・「空港管理状況調書」（国土交通省航空局）より1983年から2005年の時系列データを作成。

### (b) 社会経済データ

国内総生産

- ・「国民経済計算年報」（内閣府）より1983年から2005年の時系列データを作成。

## (4) モデル構築結果

### ① モデルパラメータ推定結果

表 2-38 全国発生モデルのパラメータ推定結果 (式3.1)

	パラメータ	t値
GDP_2000年以前(兆円)	$\beta_1$	1.70 21.3
GDP_2001年以降(兆円)	$\beta_2$	1.25 1.6
構造変化ダミー <sup>※1</sup>	$\delta$	2.8 0.6
定数項	$\alpha$	-3.1 -6.4
重相関係数		0.97

※1：構造変化ダミー：2001年以降=1，その他=0

## ② 現況再現性

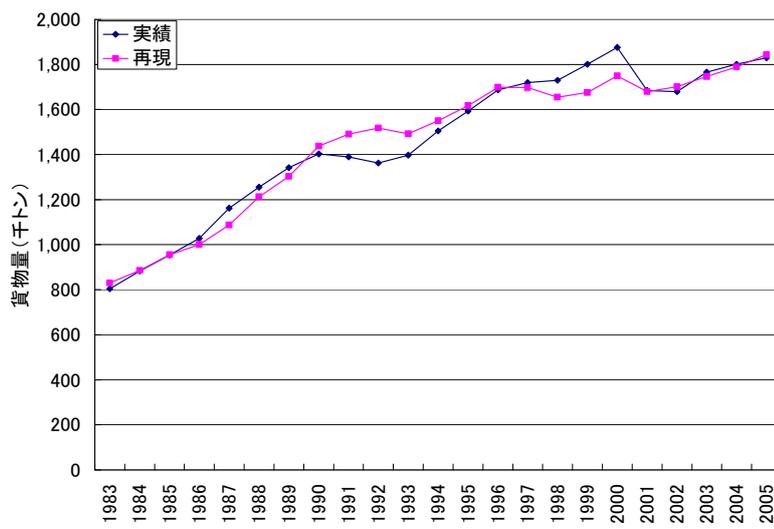


図 2-71 モデルの現況再現性

## 4. 国際航空貨物需要予測手法

### 4-1 国際航空貨物需要予測モデル構築の基本的考え方

#### (1) 国際航空貨物需要予測の対象

需要予測モデルの検討および需要予測における基本的前提条件として

- ①航空貨物を対象とする
- ②貨物の流動を発生地から最終目的地への流動（純流動）として捉えるとした。

#### (2) ゾーニング

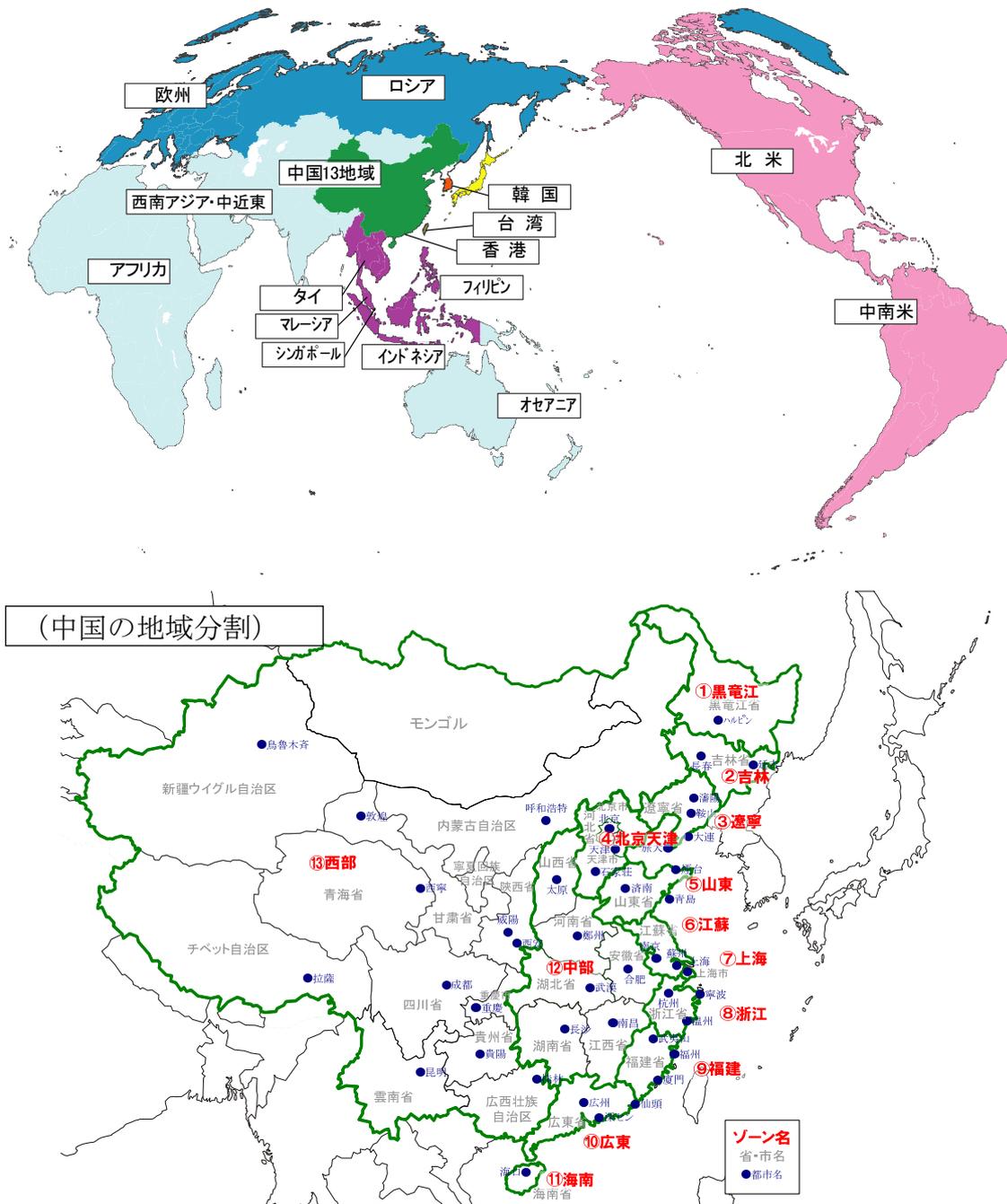


図 2-72 世界の地域分割 (28 地域)

表 2-39 海外方面・地域区分

海外6方面 (全国モデル)	海外28地域 (航空経路選択モデル)
中国+香港	中国 13 地域 香港
台湾	台湾
韓国	韓国
ASEAN	マレーシア
	インドネシア
	シンガポール
	タイ
	フィリピン
米州	北米
	中南米
欧州・その他	ヨーロッパ
	ロシア
	西南アジア・中近東
	アフリカ
	オセアニア

(3) 国際航空貨物需要予測モデルの全体構造

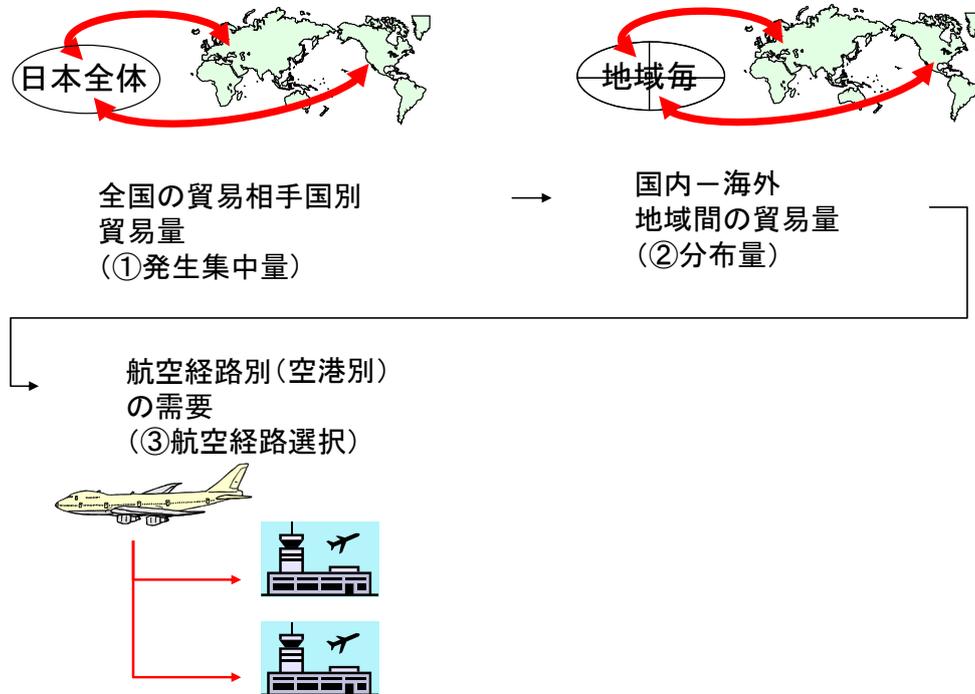
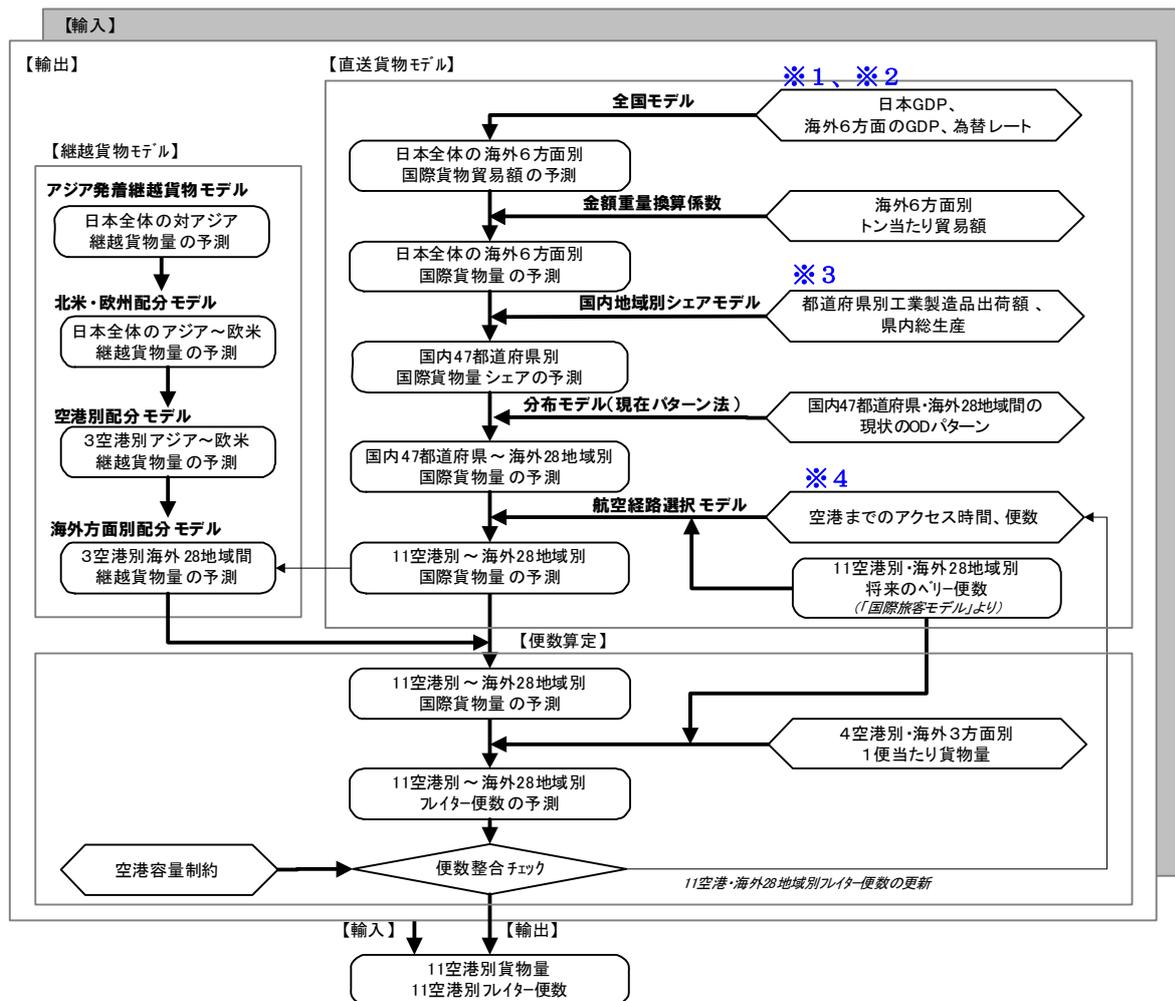


図 2-73 予測の流れ



注) 便数換算はまずベリー便に貨物を積載し、残りの貨物をフレーター便に積載することとしている。

図 2-74 モデルのフロー (国際貨物)

【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
海外方面区分の変更 (※1)	アジア域内の方面区分を細分化 (5区分→6区分)。
将来の経済成長率を反映できるモデルに変更 (※2)	トレンド予測から海外GDPや為替等で全国の貨物量を予測する重回帰モデルに変更。
将来の地域別シェアの変更 (※3)	最新年の実績値設定から、都道府県GRP等で予測する重回帰モデルに変更。
便数を考慮した空港選択モデルに変更 (※4)	便数を待ち時間に換算して説明するモデルから、便数を直接説明変数とするモデルに変更。

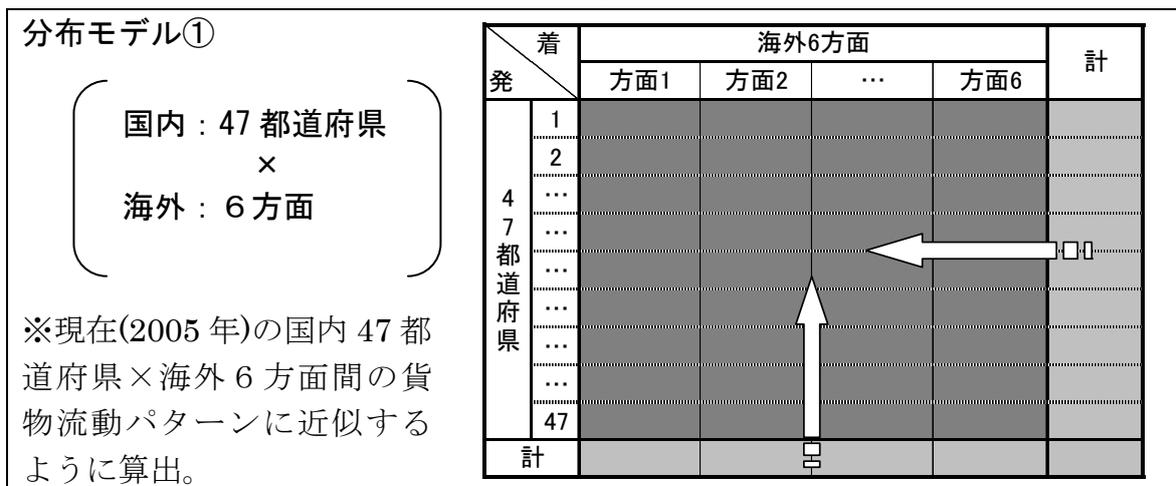
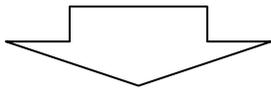
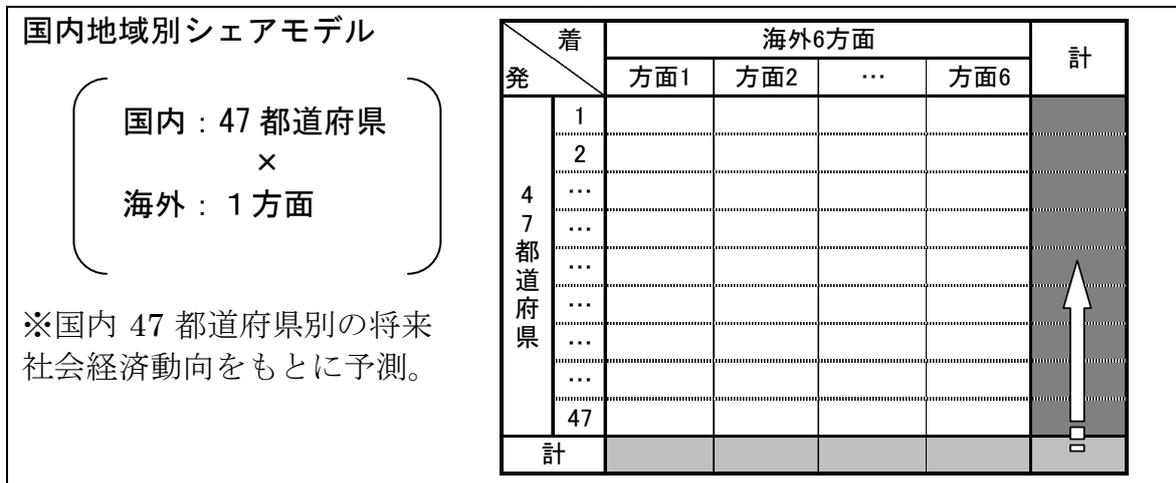
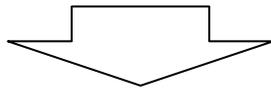
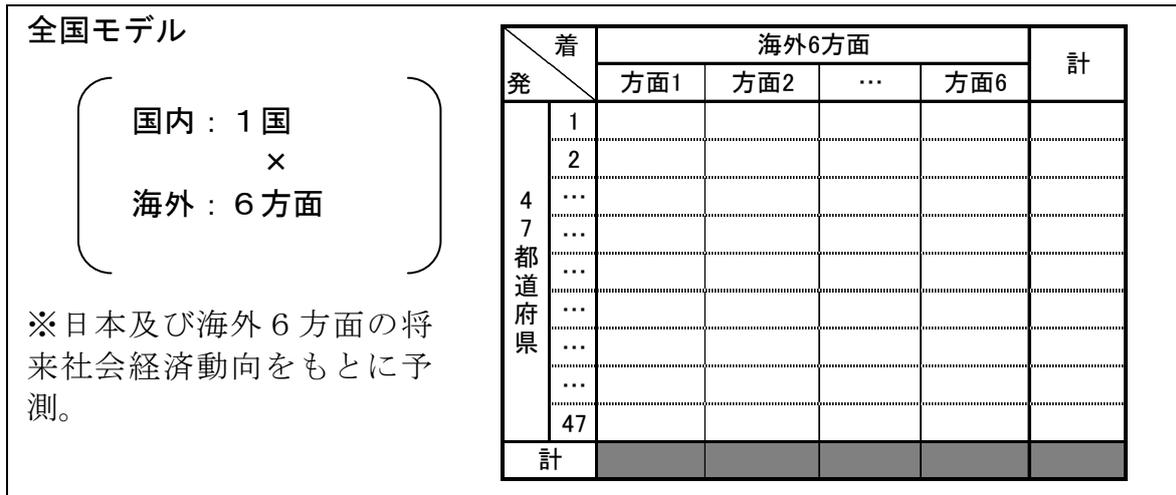
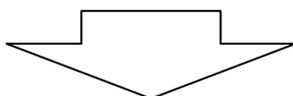


図 2-75 各サブモデル段階でのゾーン区分 (国際貨物) (1/2)





#### (4) 国際航空貨物需要予測モデルの特徴

国際航空貨物需要予測モデルの基本的な特徴は、以下のとおりである。

##### ① 経済活動の影響を適切に反映できるモデル

本来、貿易は国際経済において、国際間の財需要供給関係の結果として金額ベースで決定される。そこで、需要の全体ボリュームを推計する最初の段階は、金額ベースで予測する。ただし、予測対象となる貨物量は重量単位で必要とされるため、貨物重量の動向や特性を踏まえて重量換算を行う。

また、国際輸送における輸送形態は、貨物特性（品目や価値）によって異なると考えられる。特に、輸送機関については、航空輸送と他の輸送機関では費用や輸送時間が大きく異なるため、輸送される品目や貨物価値も他機関とは異なる。そこで、航空貿易を他の輸送機関による貿易と分離して航空輸送による貿易のみを予測対象とする。

##### ② 経路選択を適切に表現したモデル

輸送経路の決定においては、旅客と同様に、よりサービスレベルが高い（所要時間が短い、運行頻度が高い等）経路が選ばれやすいと考えられる。そこで、旅客と同様に輸送経路選択モデルを構築する。

##### ③ 将来のアジア各国・地域の経済成長を適切に表現できるモデル

海外ゾーニングを細かく区分、特に、成長著しい中国の沿岸部は省別に区分することによって、中国の個別の省の動向を反映することが可能である。

##### ④ トランジット貨物を表現できるモデル

将来のトランジット貨物を表現できるモデルである。なお、トランジット貨物は、日本以外の国同士貿易財輸送であるため、データ制約も含め、精緻にモデル化することが困難なので、簡易なモデル化とした。

##### ⑤ 将来の機材構成を反映できるモデル

現状の機材別の積載量や1便あたり積載量をもとに1便あたり貨物量原単位を設定しているため、将来の機材構成を想定すれば、それに伴う貨物輸送量の変化を表現することが可能である。

2005年モデルは2000年モデルと比較して、以下（表2-40参照）の特徴（メリット）が挙げられる。

表 2-40 2005年国際航空貨物需要予測の特徴

	2000年モデルの概要	モデル改良のポイント	今回モデルの改良結果
モデル体系	重量ベースでモデル体系を構築。	経済活動の影響を適切に反映するため、金額ベースでモデルを構築。さらに、単価の変化を加味して重量に換算。	金額ベースで将来貿易額を予測し、その後、重量換算。
	総流動ベースでモデル体系を構築	トランジット貨物を正確に把握するために、総流動ベースではなく、純流動ベースでモデルを構築。	純流動ベースで海外方面別の発生量を予測。 経路選択の候補として仁川経由を追加。
ゾーニング	海外5区分。	成長著しい中国の沿岸部は省別に区分するなど、海外方面を細分化。	アジアの細分化などにより、海外を28方面に区分。
海外方面区分	海外3方面（アジアその他・欧州・太平洋）別貨物量を予測し、アジアその他方面を別途細分化。	中国など個別地域の伸びの違いを適切に反映するため、全国の発生集中量を予測するモデルの海外方面区分を細分化。	アジアを細分化（中国+香港、韓国、台湾、ASEAN）して、海外6方面別貨物量を予測。
国内地域別シェアの推計方法	都道府県別発生量シェアは、最新値で一定と仮定。	将来の都道府県別の人口動向や産業動向の違いを適切に反映するため、それらの変化を反映可能なモデルを構築。	都道府県別発生量シェアを県内GRP等で説明する重回帰モデルを構築。
空港選択モデルのモデル構造	犠牲量モデルを採用。	フレーター便就航が空港選択に与える影響など、時間・費用以外の要因（便数など）を直接取り込むため、モデル型を変更。	フレーター便数などを説明変数とした集計ロジットモデルを構築。

## (5) 国際航空貨物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、選択モデルは非集計ロジットモデル、発生モデル等は乗法型の重回帰モデルを基本とした。

#### 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挙した上で、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、重相関係数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。

### 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 2-4-1 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。
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。

### 3) モデル構築で使⽤したデータ

#### ① 需要データ

- ・ 「貿易統計」(財務省)
- ・ 「国際航空貨物動態調査」(国土交通省)
- ・ 「日本出入航空貨物路線別取扱実績」(国土交通省)
- ・ 「空港管理状況調書」(国土交通省)
- ・ 「日本発混載実績・輸出直載航空貨物実績」(JAFA)

#### ② 交通サービス水準データ

- ・ 「OAG時刻表」(OAG)
- ・ 「JTB時刻表」(JTB)
- ・ 「Traffic by freight stage」(ICAO)
- ・ 「貨物運賃と各種料金表」(日本交通社)
- ・ 「高速道路便覧 2006」(全高速道路建設協議会)

#### ③ 社会経済データ

国内総生産・県内総生産

- ・ 「国民経済計算」(内閣府)
- ・ 「県民経済計算」(内閣府)

製造品出荷額

- ・ 「工業統計表」(経済産業省)

夜間人口・就業者数・従業者数

- ・ 「国勢調査」(総務省)

海外GDP

- ・ 「World Economic Outlook Database」(IMF)

為替レート

- ・ 「World Economic Outlook Database」(IMF)
- ・ 「月間・海外経済データ」(経済企画庁)

## 4-2 国際航空貨物需要予測モデルの構築

### (1) 全国モデル

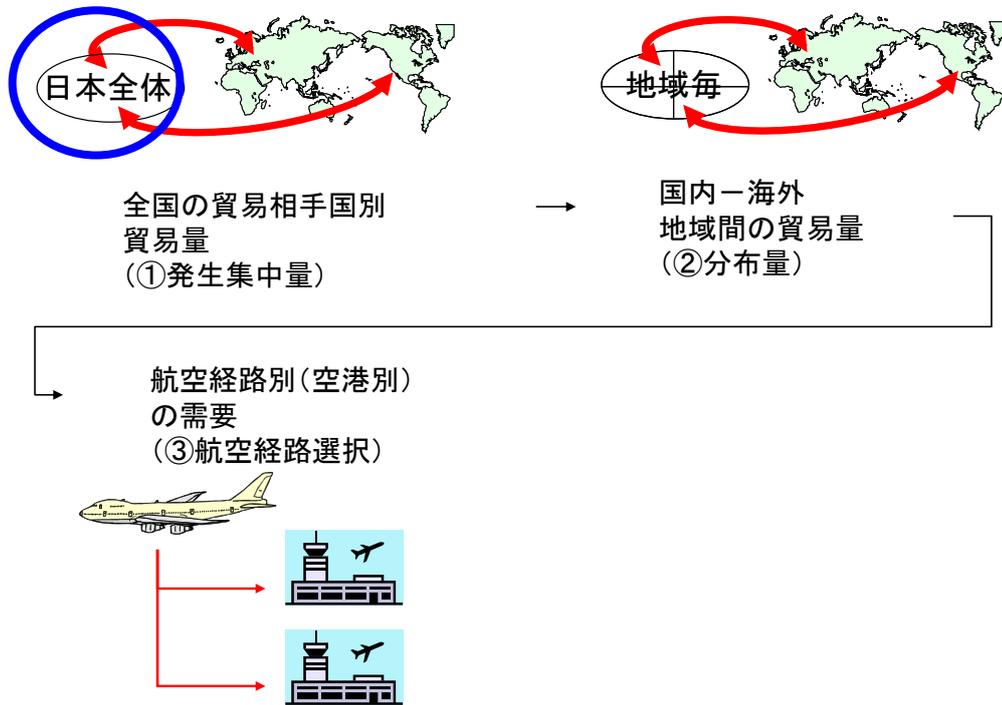


図 2-77 予測の流れ

#### 1) モデルの要件

海外の経済状況の変化による生成量の変化を予測できることが求められる。

#### 2) モデルの構造

海外の社会経済指標などを説明変数とした重回帰モデルとした。

#### 3) モデル式

モデル式は以下のとおり。

$$Q_{jt} = \exp(\alpha_j) \cdot \left( \prod_k X_{kjt}^{\beta_{jk}} \right) \cdot \left( \prod_m \exp(\delta_{jm} \cdot DMY_{mjt}) \right) \quad (4.1)$$

$Q_{jt}$  :  $t$ 年の海外方面  $j$  の貨物量

$X_{kjt}$  :  $t$ 年の海外方面  $j$  の社会経済指標  $k$

$DMY_{mjt}$  :  $t$ 年の海外方面  $j$  のダミー変数  $m$

$\alpha_j, \beta_{jk}, \delta_{jm}$  : 海外方面  $j$  のパラメータ

貿易動向を踏まえて、以下のモデル式を検討した。

① モデル A : 基本ケース

対象方面 : ASEAN 輸出・ASEAN 輸入

$$Q_{ij} = \exp(\alpha_j) \cdot JGDP_t^{\beta_{1j}} \cdot FGDP_{tj}^{\beta_{3j}} \cdot RATE_{tj}^{\beta_{5j}} \cdot \left( \prod_m \exp(\delta_{jm} \cdot DMY_{mjt}) \right) \quad (4.2)$$

② モデル B : 構造変化を想定

アジア危機や国際分業の進展などにより、貿易構造が変化すると、GDP などの説明変数の影響が変化すると考えられる。そこで、構造変化を想定したモデル式も想定した。

対象方面 : 米州輸出

$$Q_{ij} = \exp(\alpha_j) \cdot JGDP1_{tj}^{\beta_{1j}} \cdot FGDP1_{tj}^{\beta_{3j}} \cdot FGDP2_{tj}^{\beta_{4j}} \cdot RATE_{tj}^{\beta_{5j}} \cdot \left( \prod_m \exp(\delta_{jm} \cdot DMY_{mjt}) \right) \quad (4.3)$$

$$Q_{ij} = \exp(\alpha_j) \cdot JGDP1_{tj}^{\beta_{1j}} \cdot JGDP2_{tj}^{\beta_{2j}} \cdot FGDP_{tj}^{\beta_{3j}} \cdot RATE_{tj}^{\beta_{5j}} \cdot \left( \prod_m \exp(\delta_{jm} \cdot DMY_{mjt}) \right) \quad (4.4)$$

③ モデル C : GDP に占める貿易額の割合を算出

近年の国際分業の進展などによって GDP に占める貿易の割合が増加していることをふまえて、GDP 当たり貿易額の割合を被説明変数としたモデル式も想定した。なお、この場合日本の GDP のパラメータを 1 に固定することと同じこととなる。

対象方面 : 中国香港輸出・台湾輸出・韓国輸出・台湾輸入

$$Q_{ij} = JGDP_t \cdot \left( \exp(\alpha_j) \cdot FGDP_{tj}^{\beta_{3j}} \cdot RATE_{tj}^{\beta_{5j}} \cdot \left( \prod_m \exp(\delta_{jm} \cdot DMY_{mjt}) \right) \right) \quad (4.5)$$

⇔

$$Q_{ij} / JGDP_t = \left( \exp(\alpha_j) \cdot FGDP_{tj}^{\beta_{3j}} \cdot RATE_{tj}^{\beta_{5j}} \cdot \left( \prod_m \exp(\delta_{jm} \cdot DMY_{mjt}) \right) \right) \quad (4.6)$$

④ モデルD：構造変化を想定し、GDPに占める貿易額の割合を算出

対象方面：欧州輸出・中国香港輸入・韓国輸入・米州輸入・欧州輸入

$$Q_{ij} = JGDP_t \cdot \left( \exp(\alpha_j) \cdot FGDP1_{ij}^{\beta_{3j}} \cdot FGDP2_{ij}^{\beta_{4j}} \cdot RATE_{ij}^{\beta_{5j}} \cdot \left( \prod_m \exp(\delta_{jm} \cdot DMY_{mjt}) \right) \right) \quad (4.7)$$

- $Q_{ij}$  :  $t$ 年の海外方面  $j$  の実質航空貿易額 (10億円/年, 2000年価格)  
 $JGDP_t$  :  $t$ 年の日本実質GDP (10億円/年, 2000年価格)  
 $FGDP1_{ij}$  :  $t$ 年の海外方面  $j$  の実質GDP (10億USD/年, 2000年価格)  
 $FGDP2_{ij}$  :  $t$ 年の海外方面  $j$  の実質GDP (10億USD/年, 2000年価格)  
 $RATE_{ij}$  :  $t$ 年の海外方面  $j$  の為替レート (円/相手国通貨)  
 $DMY_{mjt}$  :  $t$ 年の海外方面  $j$  のダミー変数  $m$   
 $\alpha_j, \beta_{jk}, \delta_{jm}$  : 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

- ・「貿易統計」(財務省)より1988年から2005年の時系列データを作成。

(b) 社会経済データ

国内総生産

- ・「国民経済計算年報」(内閣府)より1988年から2005年の時系列データを作成。なお、2000年基準の実質データとした。

海外の国内総生産 (GDP)

- ・「World Economic Outlook Database」(IMF)より1988年から2005年の時系列データを作成。なお、2000年基準の実質データとした。

為替レート

- ・「World Economic Outlook Database」(IMF)より1988年から2005年の時系列データを作成 (ユーロを除く)。
- ・「月間・海外経済データ」(経済企画庁)より1988年から2005年の時系列データを作成 (ユーロ)。

(参考) 実績データ

- ・ 国際貨物に係る実績データを整理する。
- ・ 実績データには、貨物量を対象とした、空港管理状況調書、日本出入航空貨物路線別取扱実績、日本発混載実績（輸出のみ）、国際航空貨物動態調査、貿易額を対象とした、貿易統計がある。
- ・ 今回のモデルで必要となる国・地域別のデータは、金額ベースでは貿易統計、重量ベースでは日本発混載実績（輸出のみ）、国際航空貨物動態調査である。
- ・ 国際航空貨物動態調査は1日調査を拡大しており精度に難がある。（海外3方面ではCT（コントロールトータル）をとっているので十分な精度がある）

○実績データの概要一覧

表 2-42 実績データの概要一覧

統計名	純流/総流	輸出/輸入	金額/重量	直送/継越	海外方面別	調査対象	採用
貿易統計 (金額ベース)	純流	輸出/輸入	金額	直送	国別	全数	積上(輸入) 積上(輸出)
国際航空貨物動態調査	純流	輸出/輸入	重量	直送	都市別	1日調査	CT(輸入)
日本出入航空貨物路線別取扱実績	総流	輸出/輸入	重量	直送/ 継越別	4方面	全数	—
空港管理状況調書	—	輸出/輸入	重量	直送+継越	なし	全数	—
日本発混載実績・輸出直載航空貨物実績	純流	輸出のみ	重量	直送(直載+混載)	国別	全数	CT(輸出) 積上(輸出)

注) 網掛け部分は今回の需要予測の目的に照らして課題となる点

## ○各実績データの概要

### ・貿易統計

関税法の規定に基づき、日本から外国への輸出及び外国から日本への輸入について、税関に提出された輸出入の申告を集計し、定期的に公表しているもの。

貿易の実態を正確に把握し各国の外国貿易との比較を容易にすることにより、国及び公共機関の経済政策並びに私企業の経済活動の資料に資することを目的とする。

(財務省 HP より作成)

### ・国際航空貨物動態調査

国際航空貨物について、重量・品目等の基礎的項目のほか、国内及び国際流動を把握し、国際航空貨物の総合的な動態をとらえ、国際航空貨物の需要動向の予測・空港ターミナル計画策定・国際航空貨物輸送体系の検討のための基礎資料とすることを目的として、国土交通省が作成したもの。

国際航空運送協会（IATA）加盟の航空貨物代理店及び航空貨物運送協会（JAF A）加盟の利用航空運送事業者（混載業者）が、航空運送状を発行した輸出航空貨物及び税関に対して輸入申告をした輸入航空貨物を対象とする。したがって、我が国を中継する国際航空貨物は本調査の対象外である。

対象となる貨物のうち国際宅配便については、把握できる項目が限られているため、当該貨物以外の航空貨物（以下「一般貨物」とする）とは別途の扱いとしている。

なお、対象となる事業者は、上記「一般貨物」については119社（JAF A準会員を含む）、「国際宅配便貨物」については20社（一般貨物との兼業事業者を含む）。

(国際航空貨物動態調査報告書より作成)

### ・日本出入航空貨物路線別取扱実績

国土交通省がまとめた航空貨物の輸出入実績。日本全体の貨物量を把握する上で数ある資料の中で最も信頼性が高いといわれる。主要空港ルート別の動向だけでなく、直送貨物、継越貨物別の実績もわかることが特徴。

(月刊 CARGO (株海事プレス社) より作成)

### ・空港管理状況調書

公共の用に供されている空港ごとの着陸回数、乗降客数、貨物取扱量、郵便取扱量、航空燃料供給量の管理状況を取りまとめたもの。着陸回数及び乗降客数は、定期航空のほか、不定期航空などを含んでいる。国土交通省航空局が作成。

(福岡空港調査連絡調整会議 HP より作成)

### ・日本発混載実績

航空貨物運送協会（JAF A）がまとめた日本の一般混載全事業者の取扱い実績。各事業者の主要方面別重量、件数実績を集計。輸出貨物の約9割が混載貨物なので、主要方面別にだいたいの貨物取扱い動向が把握できる。

(月刊 CARGO (株海事プレス社) より作成)

### ・輸出直載航空貨物実績

JAF A が日本発直載航空貨物(ストレートカーゴ)の件数、重量、運賃を集計したもの。

(月刊 CARGO (株海事プレス社) より作成)

○各実績データの比較

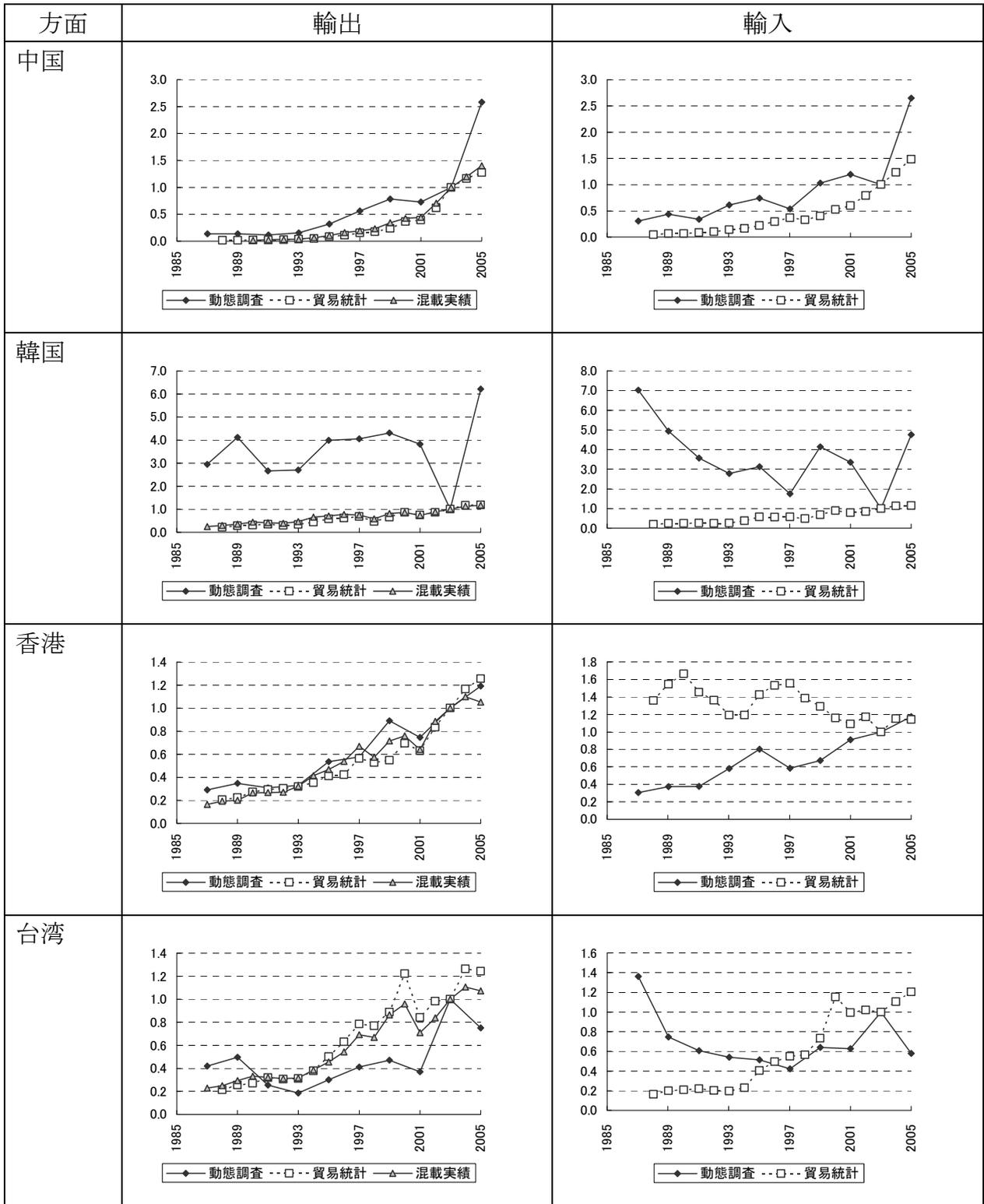


図 2-78 アジア国別データの比較 (2003年=1) (1/3)

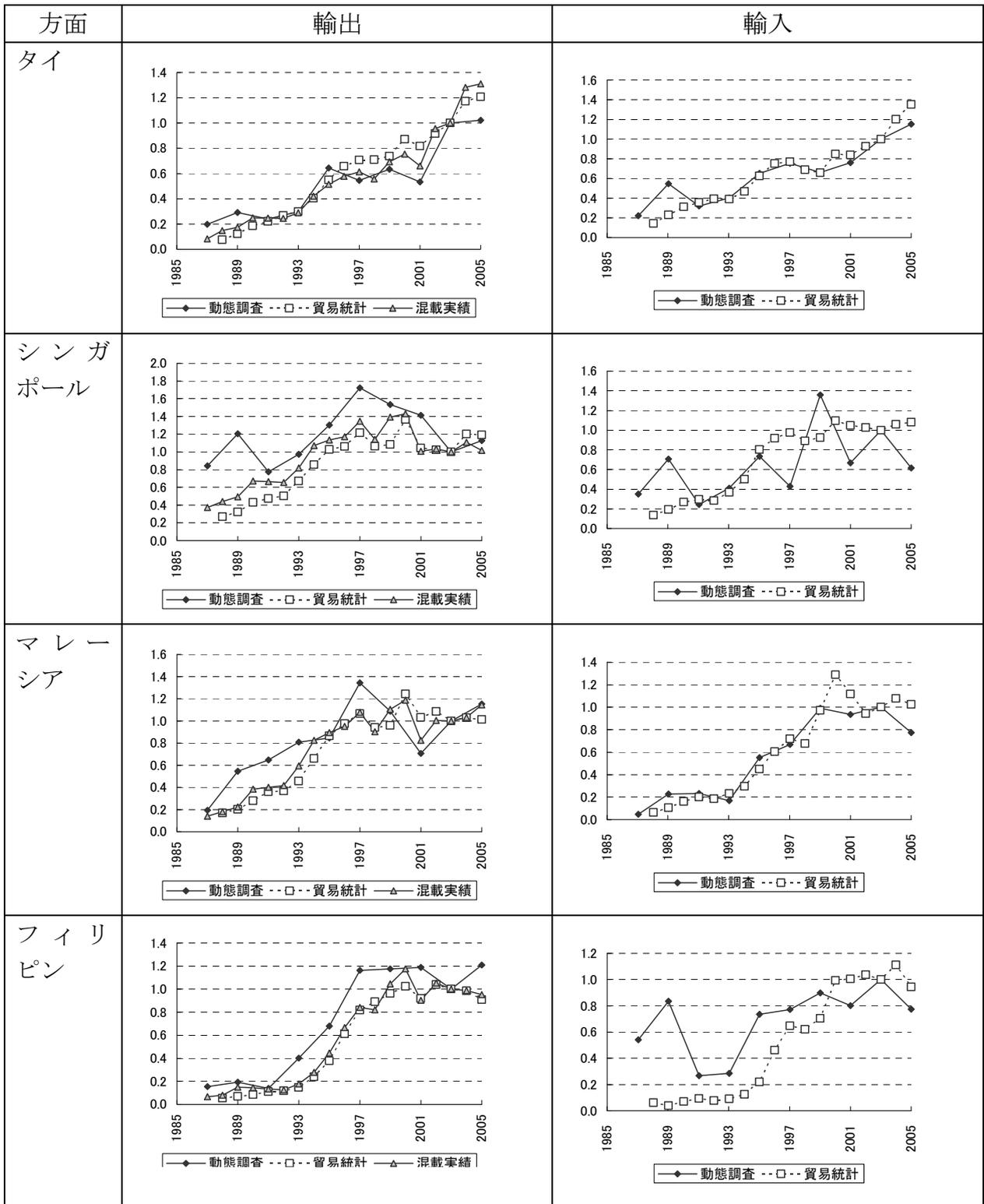


図 2-79 アジア国別データの比較 (2003年=1) (2/3)

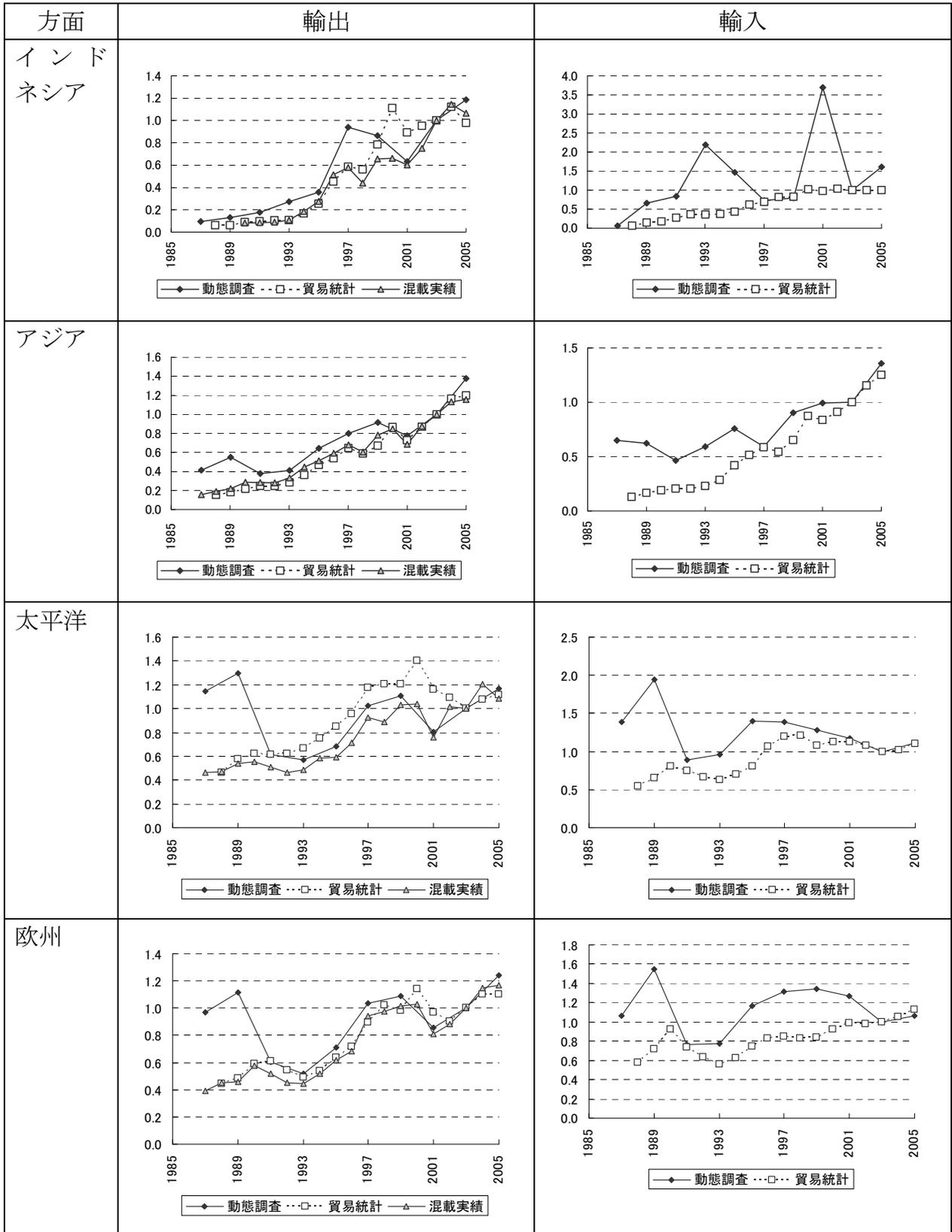


図 2-80 アジア国別データの比較 (2003年=1) (3/3)

## 5) モデル構築結果

### ① モデルパラメータ推定結果

推定されたパラメータは以下のとおりである。

表 2-43 全国モデルのパラメータ推定結果 (式 4.2~4.7)

(輸出)

説明変数	中国・香港		台湾		韓国		ASEAN		米州		欧州	
	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値
モデル式	モデルC		モデルC		モデルC		モデルA		モデルB		モデルD	
日本GDP_1997以前(兆円/年)	$\beta_1$		1.000	※1	1.000	※1	1.000	※1	3.634	4.9	1.000	※1
日本GDP_1998以降(兆円/年)	$\beta_2$								0.000	※2		
海外GDP_1997以前(10億米ドル/年)	$\beta_3$		1.102	15.3	1.640	3.3	1.378	5.5	1.225	4.5	0.871	1.8
海外GDP_1998以降(10億米ドル/年)	$\beta_4$										1.155	2.2
為替レート(円/各国通貨)	$\beta_5$		-0.169	-1.3	-1.658	-2.6	-1.415	-9.1	-3.015	-13.5	-	-
ITダミー	※3 $\delta_1$		-	-	-	-	-	-	-	-	0.249	2.3
インドネシアダミー	※4 $\delta_2$		-	-	-	-	-	-	0.269	1.6	-	-
構造変化ダミー	※5 $\delta_3$		-	-	-	-	-	-	-	-	22.660	4.9
定数項			-7.803	-10.3	-8.631	-2.4	-13.325	-8.8	-4.417	-1.3	-22.382	-6.7
重相関係数			0.99		0.95		0.97		0.95		0.97	
DW値			0.6		0.6		0.4		0.4		0.9	

(輸入)

説明変数	中国・香港		台湾		韓国		ASEAN		米州		欧州	
	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値
モデル式	モデルD		モデルC		モデルD		モデルA		モデルD		モデルD	
日本GDP_1997以前(兆円/年)	$\beta_1$		1.000	※1	1.000	※1	1.000	※1	1.000	※1	1.000	※1
日本GDP_1998以降(兆円/年)	$\beta_2$											
海外GDP_1997以前(10億米ドル/年)	$\beta_3$		1.009	8.1	1.358	2.0	1.313	5.0	1.115	3.5	2.919	8.3
海外GDP_1998以降(10億米ドル/年)	$\beta_4$		1.357	16.3			1.307	2.7			0.000	※2
為替レート(円/各国通貨)	$\beta_5$		-0.310	-4.0	-2.381	-2.8	-0.931	-2.6	-3.272	-12.3	0.447	2.5
ITダミー	※3 $\delta_1$		-	-	-	-	-	-	-	-	0.101	1.4
インドネシアダミー	※4 $\delta_2$		-	-	-	-	-	-	0.245	1.3	-	-
構造変化ダミー	※5 $\delta_3$		-7.238	-8.1			-12.876	-5.1			26.624	8.4
定数項			-2.542	-2.9	-6.755	-1.4	0.388	0.1	-3.255	-0.8	-28.981	-7.8
重相関係数			1.00		0.92		0.99		0.95		0.97	
DW値			1.5		0.4		1.2		1.3		1.3	

※1：パラメータを1に固定した。(構造変化)

※2：パラメータを0に固定した。(説明変数から除いた)

※3：ITダミー：2000年=1、その他=0

※4：インドネシアダミー：1998年~2001年=1、その他=0

アジア経済危機に端を発したインドネシア経済崩壊の中で、1998年にスハルト体制から民主主義の体制が形成され、経済構造改革がなされた。結果、1998年に急落したGDPが2002年にアジア危機前並みに戻ったことを反映。

※5：構造変化ダミー：1998年以降=1、その他=0

※6：中国・香港の為替レートは元(中国)、ASEANはバーツ(タイ)で代表させた。

② 現況再現性

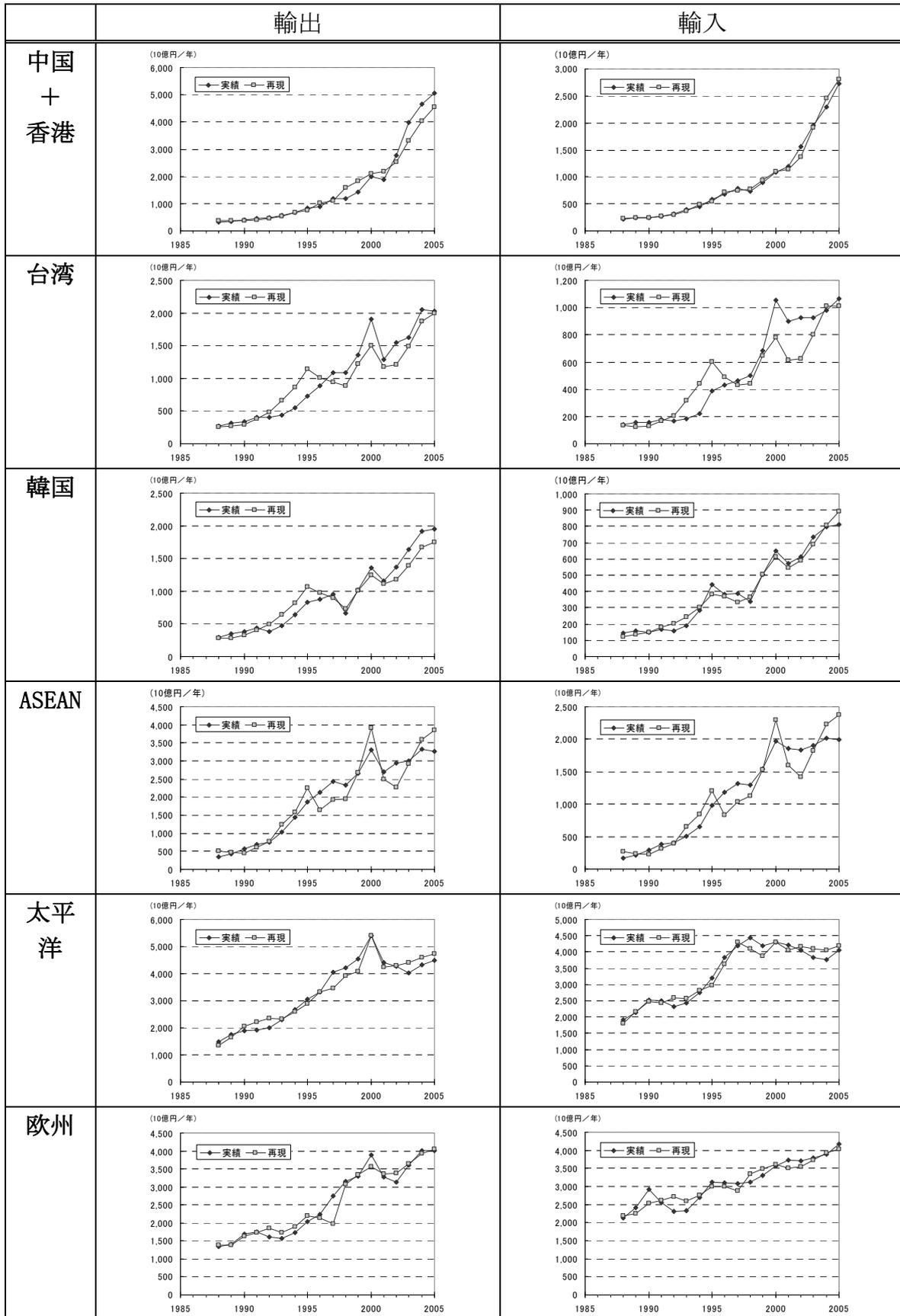


図 2-81 全国モデル再現性

(検討1) 純流動と総流動

- ・ 総流動はトランジット空港を到着地、純流動はトランジットを経た真の目的地を到着地とする。
- ・ 貨物流動はトランジットの割合が高いため、総流動ベースの場合、海外方面別モデルのパラメータ推定に歪みが生じる。そこで、純流動ベースとして、極力実態に即したモデルを構築することとする。

表 2-44 総流動と純流動の比較

	総流動ベース	純流動ベース
概要	海外方面別の到着地はトランジット空港とする。(路線需要)	海外方面の到着地を真の目的地とする。(目的地需要)
海外方面別モデルのパラメータ	△海外方面別モデルのパラメータ推定に歪みが生じる。(例えば、本来アメリカの GDP に応じて決まる仁川経由アメリカ行きの貨物量が韓国の GDP に応じて決まることとなる)	○海外方面別モデルのパラメータ推定に歪みがない。
経路選択モデルでのトランジットの扱い	○トランジット空港も到着地として扱うため、トランジットを明示的に扱う必要がない。	△トランジットを経路選択の際に考慮する必要がある。トランジットを選択経路に含める場合には、実勢航空運賃の設定が必要となるが(例えば、仁川経由はコスト要因による選択が大きいと考えられる)困難であるため、代替指標が必要となる。
データセット	△日本出入航空貨物路線別取扱実績。(海外4方面別のみ)	△国際航空貨物動態調査。(国別のデータだが精度に課題)

(検討2) 中国の扱い

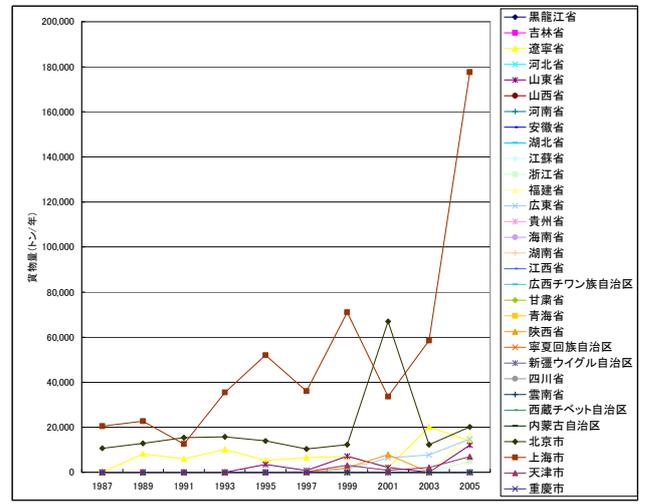
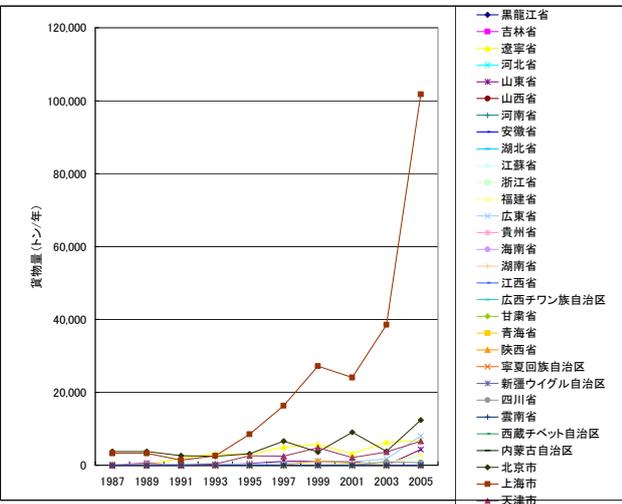
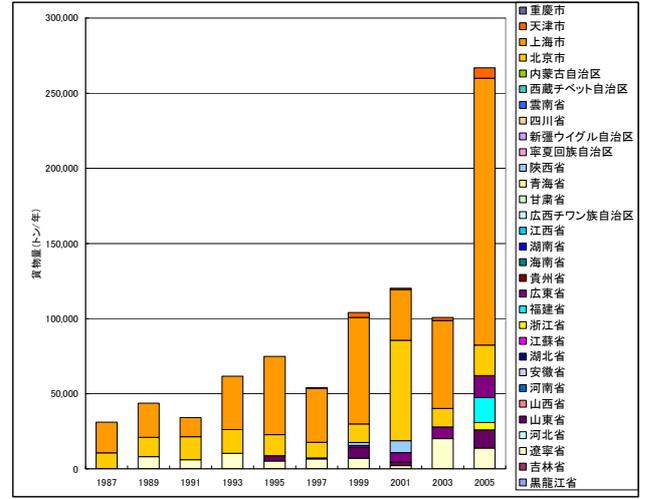
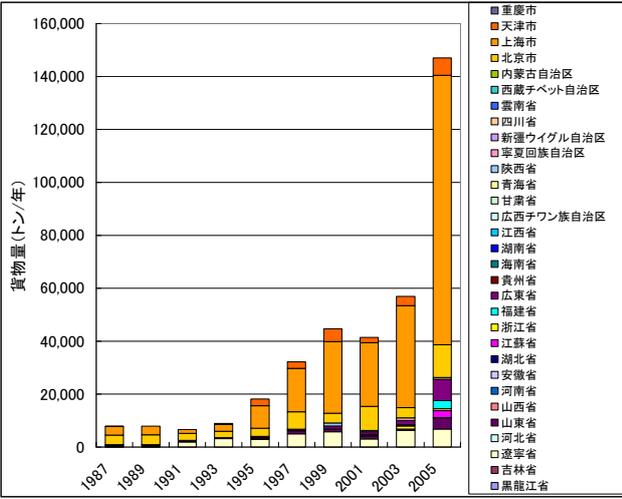
- 中国は広大であり、各省がほぼアジアの1国に相当する面積をもっているため、中国の細分化を検討した。
- 中国の省別データは国際航空貨物動態調査によってのみ把握できるが、精度が不十分であるためモデルを構築しないこととした。
- ただし、対中国貿易量の増加は航空ネットワークの拡充により日本と直接結びつく地域が広がったことによる効果も大きいと考えられるため、中国のGDPは日本と直接航空ネットワークが結ばれている省の積上げとした。

表 2-45 モデルでの中国の扱い

	省別にモデルを構築	説明変数を省別の積上げ
概要	省別の実績から、モデルを構築し、予測する。	中国1国としてモデルを構築するが、説明変数である中国のGDPは省の積上げとする。なお積上げる対象の省は日本と直行便でつながっている省とする。
メリット	省別の特性を反映できる。	精度の高い実績データからパラメータを推定できる。
デメリット	実績データの精度が低い。	省別の特性を明示的に反映できない。

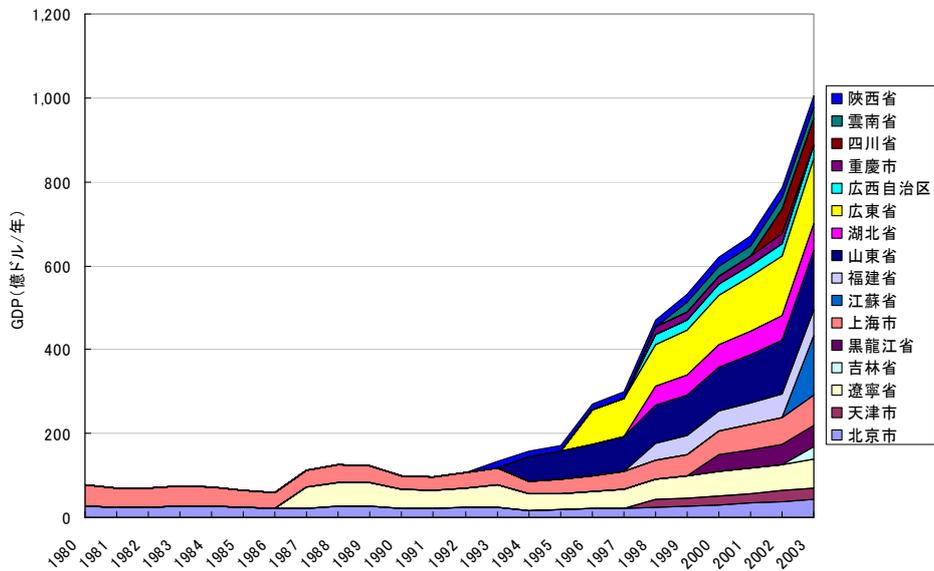
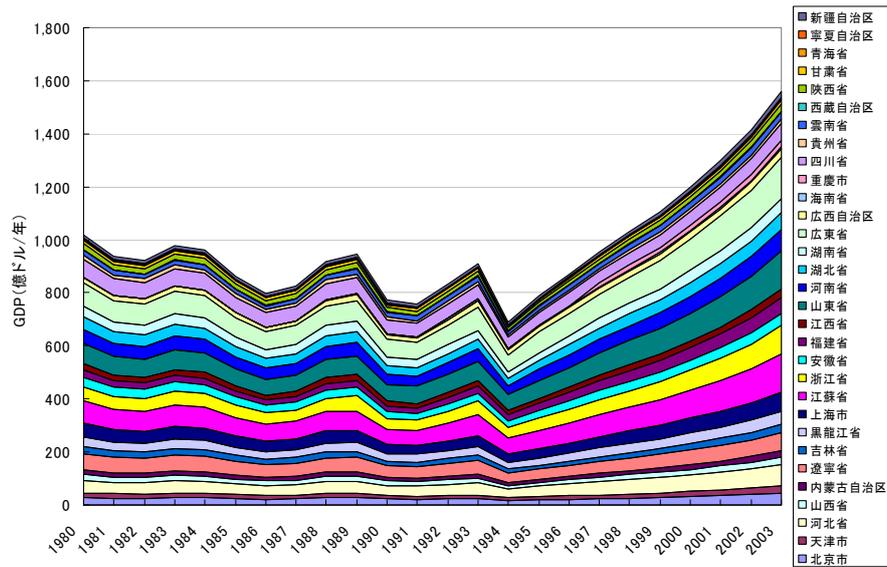
輸出

輸入



資料)「国際航空貨物動態調査」(国土交通省)

図 2-82 中国省別実績



資料)「中国統計摘要」(中国国家统计局 編)、「中国情報ハンドブック 2006 年版」(21 世紀中国総研 編)

図 2-83 中国省別 GDP (上: 全省、下: 日本との路線がある省)

(検討3) コントロールトータル型 vs 個別積み上げ型

- ・ 以下を考慮して、輸出入ともに個別積上型（金額ベース）とした。
- ①国別の特性を反映した個々の国別の積み上げとすること
- ②輸出と輸入で揃えること

表 2-46 海外方面別発生・集中モデルの考え方の比較

	コントロールトータル型 <sup>注)</sup>	個別積上型
考え方	海外3方面別（太平洋・欧州・アジアその他）は、重量ベースでモデルを構築する。 なお、アジアその他方面の細分化は、別途モデルを構築して、上記のアジアその他方面をコントロールトータルとして按分する。	海外6方面別にモデルを構築する。 （輸出は重量ベース or 金額ベース、輸入は金額ベース） コントロールトータルは用いずに、各方面の貨物量を積み上げて、トータルの貨物量を算出する。
利用データ	輸出：日本発混載実績（重量ベース） 輸入：国際航空貨物動態調査（重量ベース）	輸出：日本発混載実績（重量ベース） 財務省貿易統計（金額ベース） 輸入：財務省貿易統計（金額ベース）
メリット	重量ベースで海外3方面別貨物量を正確に把握することができる。	アジア域内の個別方面の特徴を直接反映できる。
デメリット	アジア域内の個別方面の特徴を直接反映できない。	金額重量換算係数を算出する実績データについて、方面別貨物量の精度が低い。

注) 次ページに具体のパラメータ推定結果を示す。

(検討3\_参考) 全国発生モデル (コントロールトータル型モデルの構築)

- ・ コントロールトータル型モデルは、日本と海外との貿易量を輸出入別 (2) 海外方面別 (3) に予測するモデルである。モデル構造は、社会経済指標 (日本GDP、海外GDP、為替など) 説明変数とする時系列の回帰モデルとする。
- ・ 構造変化を想定したモデルを作成する。

表 2-47 海外3方面発生・集中モデルパラメータ推定結果  
(輸出)

対象国地域		太平洋		欧州		アジア	
モデル構築結果	説明変数	係数	t 値	係数	t 値	係数	t 値
	日本 GDP_1997 以前	1.000	-	1.000	-	1.000	-
	日本 GDP_1998 以降						
	海外 GDP_1997 以前	1.833	7.0	1.119	1.7	2.974	4.9
	海外 GDP_1998 以降						
	為替レート	-0.382	-1.0	-0.650	-1.3	0.569	0.5
	IT ダミー	-	-	-	-	0.633	1.6
	定数項_1997 以前	-15.357	-4.4	-8.280	-1.2	-25.608	-2.9
	定数項_1998 以降	-	-	-	-	-	-
	重相関係数	0.87		0.66		0.89	
	DW 値	0.3		0.2		0.9	

(輸入)

対象国地域		太平洋		欧州		アジア	
モデル構築結果	説明変数	係数	t 値	係数	t 値	係数	t 値
	日本 GDP_1997 以前	1.000	-	1.000	-	1.000	-
	日本 GDP_1998 以降						
	海外 GDP_1997 以前	2.110	3.4	0.472	0.7	1.019	4.5
	海外 GDP_1998 以降	-	-	-0.258	-0.7	0.603	4.2
	為替レート	-0.135	-0.4	-0.679	-2.9	-0.902	-3.7
	IT ダミー	0.103	0.8	-	-	-	-
	定数項_1997 以前	-18.977	-2.9	-1.501	-0.2	-3.899	-1.5
	定数項_1998 以降	19.071	3.4	6.904	1.0	3.684	2.1
	重相関係数	0.90		0.89		0.99	
	DW 値	0.8		1.1		1.1	

注 1) モデルの説明変数の略語について

JGDP: 日本のGDP、FGDP: 相手国のGDP、RATE: 為替レート、DMY: ダミー (具体的な内容はダミー列)、ε: 定数項、

また、変数の右の数字 (JGDP1 など) は構造変化のモデル型の場合の前半と後半を示す。

注 2) WTO ダミー: 2002 年以降=1、2001 年以前=0 IT バブルダミー: 2000 年=1、その他=0

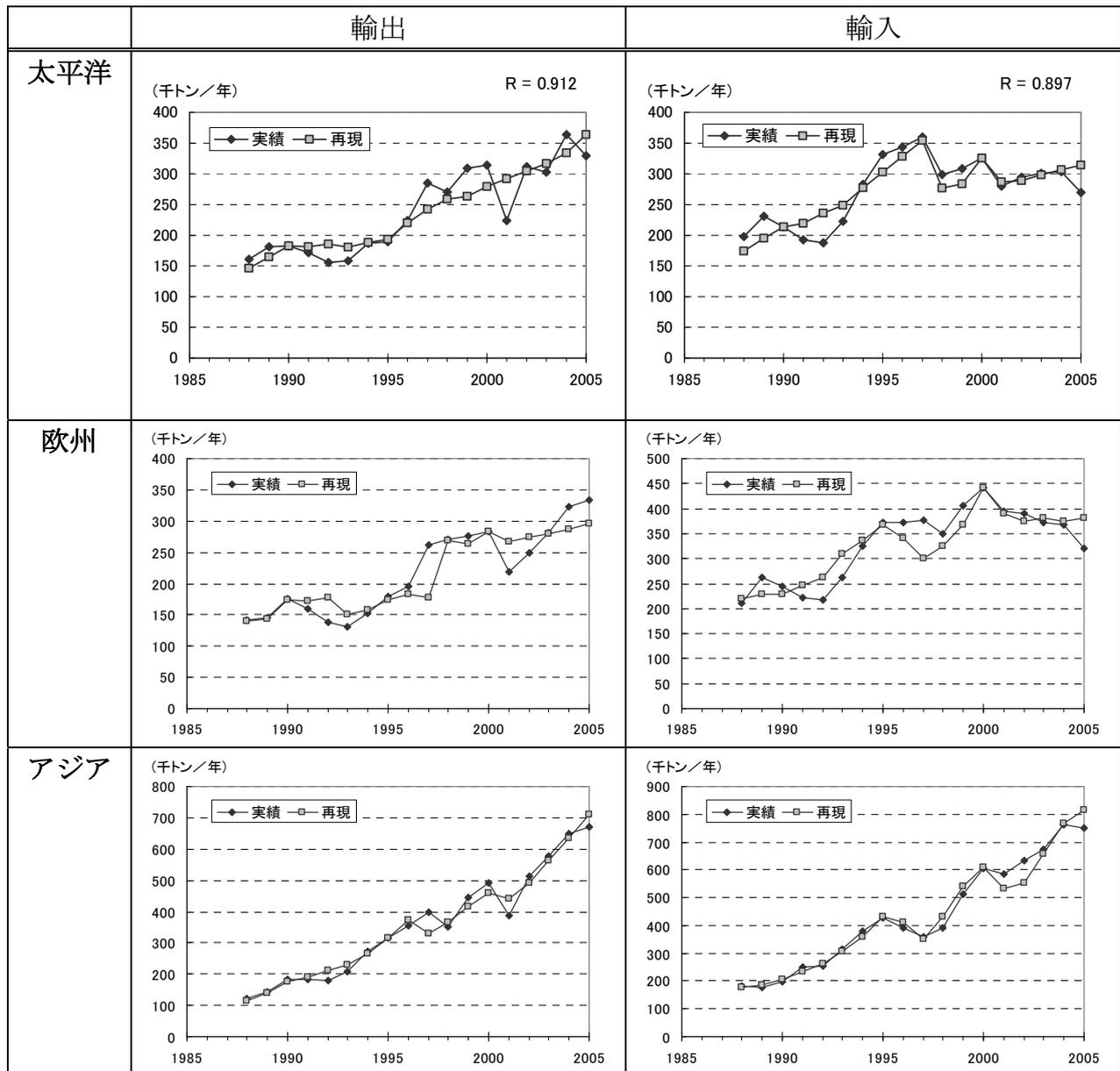
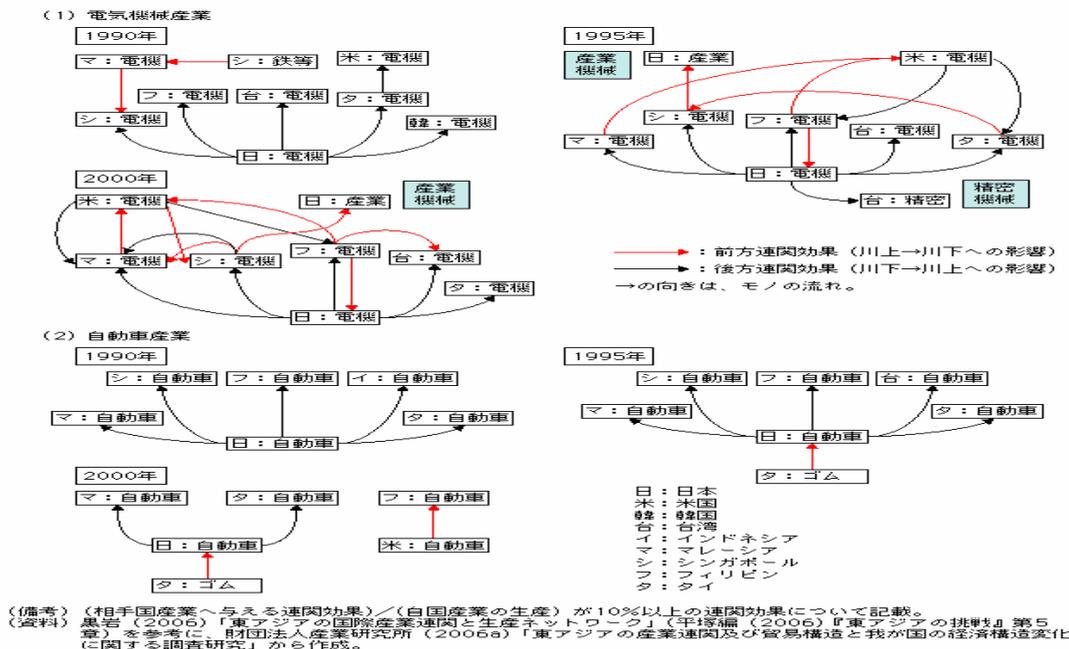


図 2-84 海外3方面別モデル再現性

(検討4) 符号条件について

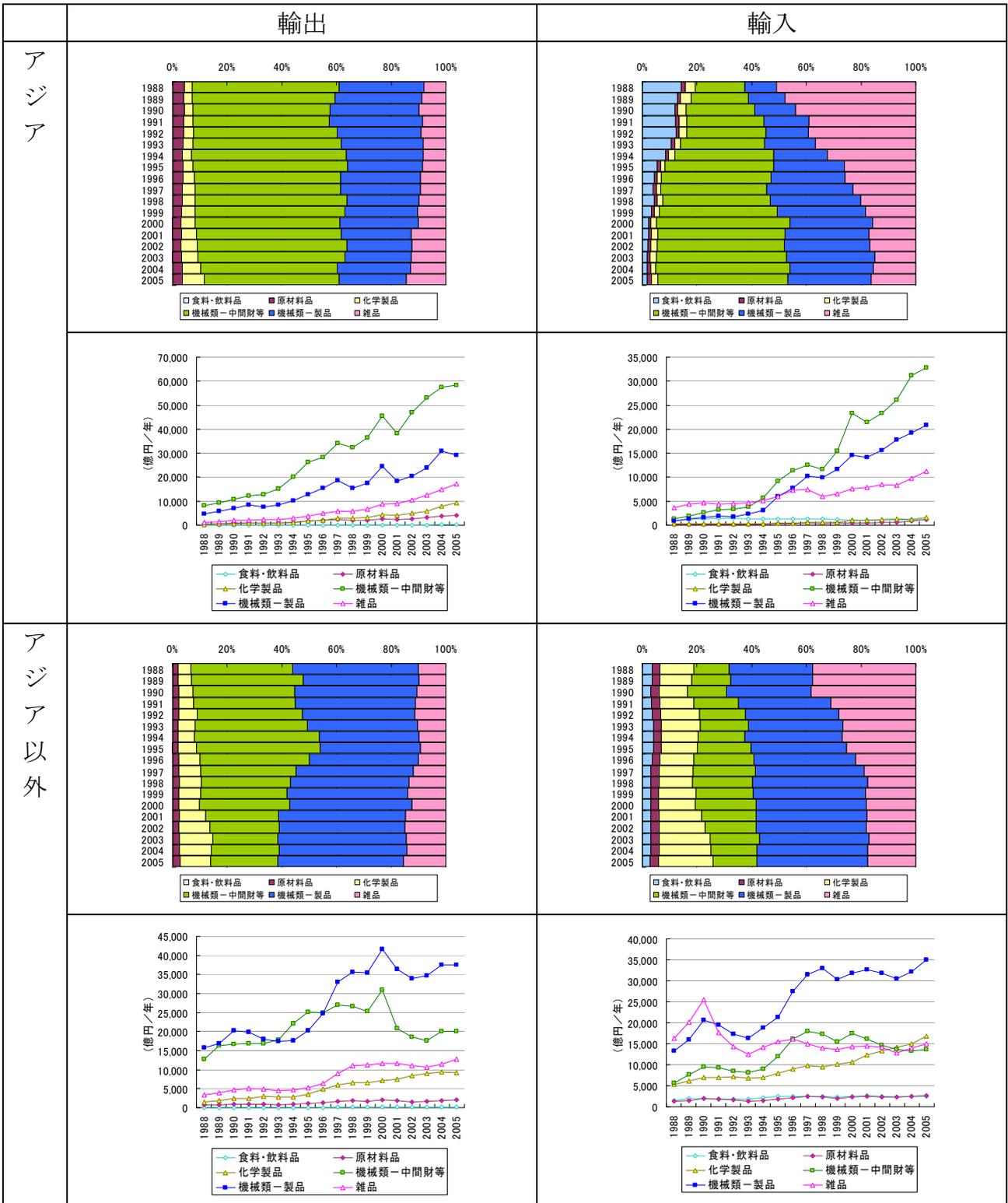
- ・近年、アジア域内における国際分業が進展している。特に最近では、一方的に日本から部品を供給する関係から、日本もアジア域内の多くの国・地域から部品調達を行うようになってきている。
- ・機械中間財を相互に輸出入しているため、一方が増加すれば他方が増加することとなり、パラメータの符号条件が輸出と輸入で同じとなることも考えられる。為替レートについても、一般的に輸出と輸入は符号条件が逆になると考えられているが、国際分業の進展から同じ符号となることもあり得る。
- ・以上から為替に対する符号条件は設定しない。



(備考) (相手国産業へ与える連関効果)/(自国産業の生産)が10%以上の連関効果について記載。  
 (資料) 黒岩 (2006)「東アジアの国際産業連関と生産ネットワーク」(平塚編 (2006)『東アジアの挑戦』第5章)を参考に、財団法人産業研究所 (2006a)「東アジアの産業連関及び貿易構造と我が国の経済構造変化に関する調査研究」から作成。

資料)「通商白書2006」(経済産業省)

図 2-85 電気機械産業における産業連関



資料)「貿易統計」(財務省)

図 2-86 品目別貿易額の推移

## (2) 金額重量換算係数

### 1) 係数の要件

金額ベースで算出した生成量を単価動向を踏まえて、重量換算することが求められる。

### 2) 係数の構造

近年の海外方面別金額重量換算係数（1トン当たり貿易額）は以下のとおり。

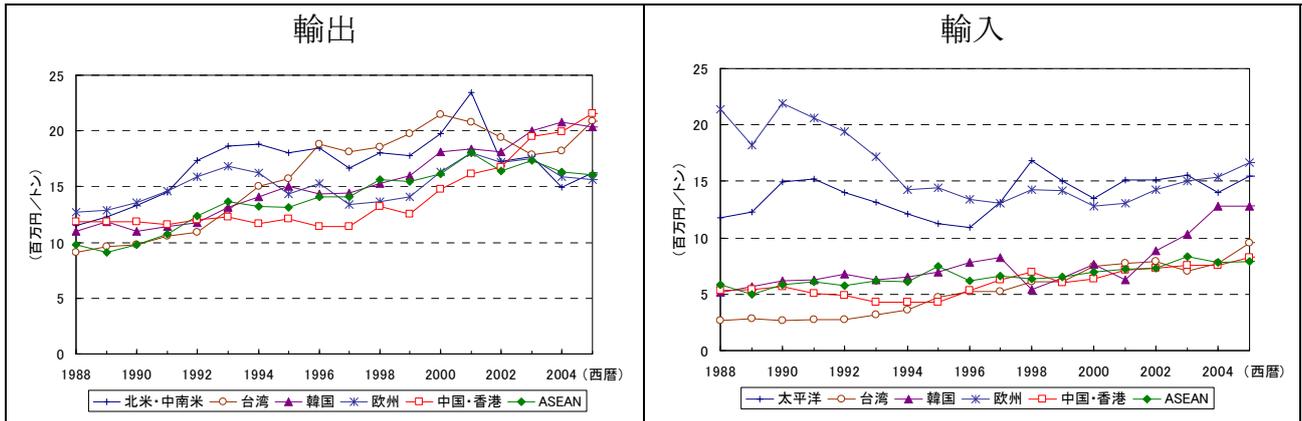


図 2-87 海外方面別1トン当たり貿易額

今後、アジア域内の経済成長に応じて、金額重量換算係数も上がっていくことが想定されるため、原則として成長率曲線を採用する。

ただし、アジア域内の貿易に係る高付加価値化も欧米程度までと考えられることから、欧米並みに金額重量換算係数が上昇している輸出については現状値が今後も続くと想定する。

また、輸入について、金額重量換算係数は将来上昇しても欧米の値は越えないと想定する。なお、現状で数値が最も低いASEANについては、今後もベトナムなどの新興国の台頭により金額重量換算係数の上昇は抑制されると想定する。

### 3) モデル式

$$K_j = \frac{\gamma}{1 + \gamma \exp(\alpha_j + \beta_j \cdot X)} \quad (4.8)$$

$K_j$  :  $j$  方面の金額重量換算係数  
 $X$  : 西暦年度  
 $\alpha_j, \beta_j$  : パラメータ  
 $\gamma$  : 上限値

#### 4) モデル構築のためのデータ整備

モデル構築で使った基礎データは以下のとおり。

##### (a) 需要データ

- ・「貿易統計」(財務省)より1988年から2005年の時系列データを作成。  
なお、トン数で記載されている項目のみを抽出した。

#### 5) モデル構築結果

##### ① モデルパラメータ推定結果

モデル構築結果は以下のとおり。

なお、輸出及び輸入の欧米方面は最新値で固定とした。

表 2-48 パラメータ推定結果 (式4.8)

		輸入			
		中国香港	台湾	韓国	ASEAN
上限値	$\gamma$	15.4	15.4	15.4	15.4
西暦年度	$\beta$	-0.08	-0.11	-0.17	-0.04
定数項	$\alpha$	165	216	333	77
重相関係数		0.90	0.93	0.75	0.71

## ② 現況再現性

現況再現性は以下のとおり。

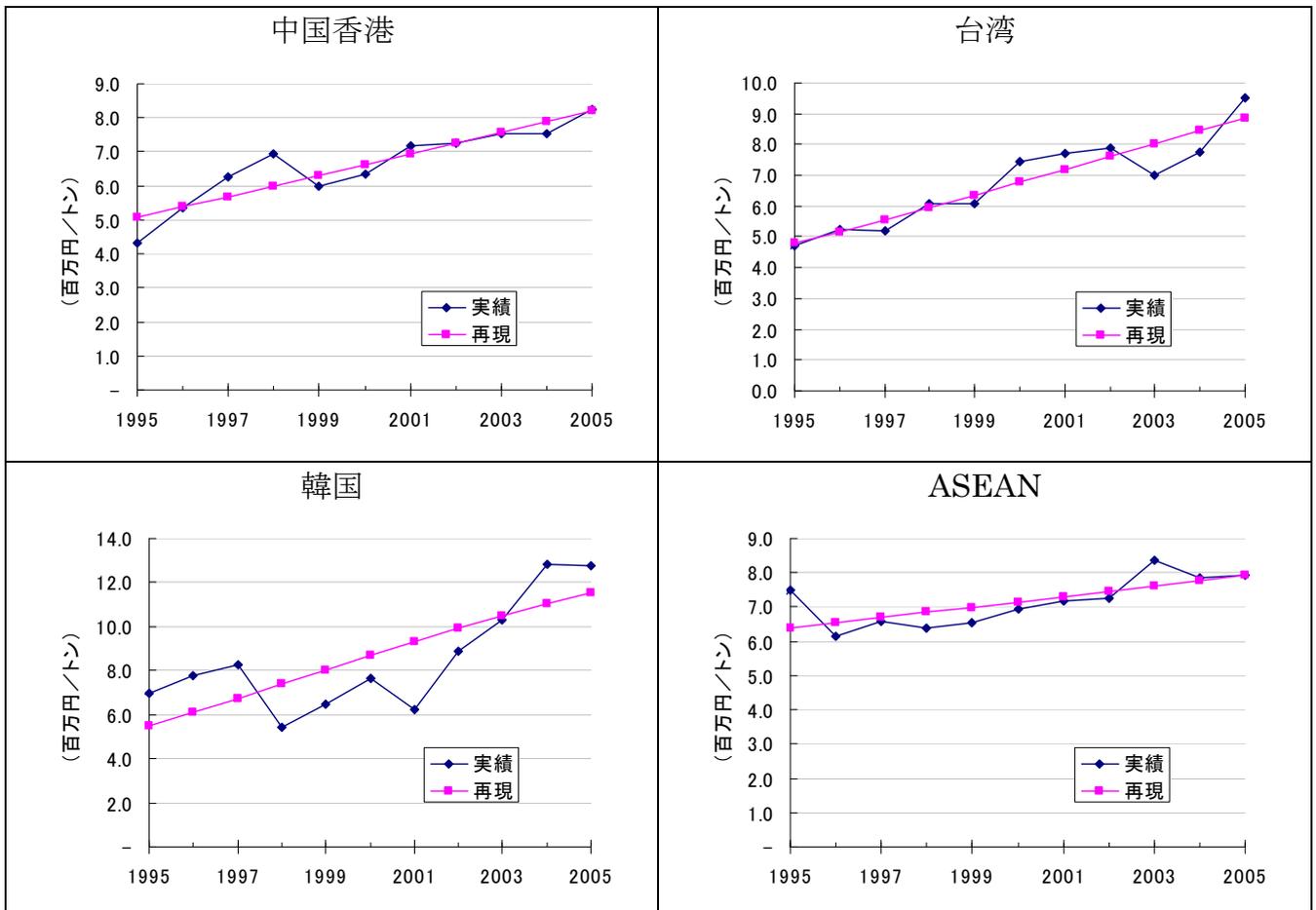


図 2-88 金額重量換算係数現況再現性

なお、予測にあたっては、2005年を実績値で補正する。この補正をする際の実績データは金額として「貿易統計」（財務省）、重量として「国際航空貨物動態調査」（国土交通省）を用いる。

注）「国際航空貨物動態調査」（国土交通省）の精度は低い、国別に年間重量を把握している唯一のデータであるため、2005年の発射台としては用いる。

### (3) 国内地域別シェアモデル

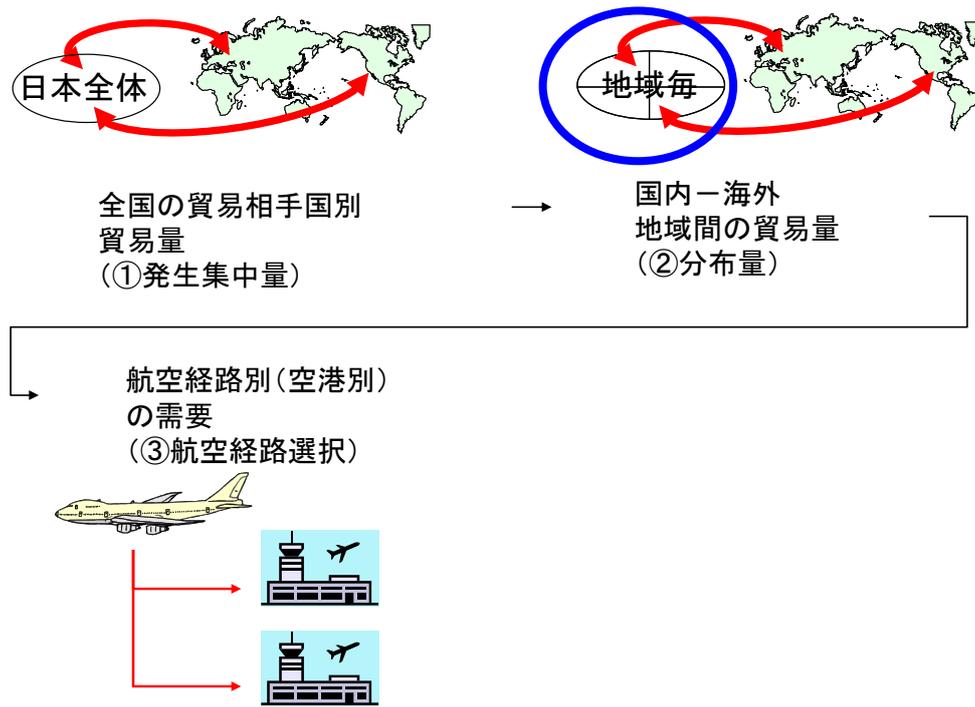


図 2-89 予測の流れ

#### 1) モデルの要件

地域別の社会経済市場の変化による航空貨物発生量のシェアの変化を予測できることが求められる。

#### 2) モデルの構造

47 都道府県別の社会経済指標などを説明変数とした重回帰モデルとした。

#### 3) モデル式

$$S_i = \frac{Q_i}{\sum Q_i} \quad (4.9)$$

$$Q_i = \exp(\alpha) \cdot \left( \prod_k X_{ik}^{\beta_k} \right) \quad (4.10)$$

- $S_i$  :  $i$  地域の発生集中量シェア
- $Q_i$  :  $i$  地域の発生集中量
- $X_{ik}$  :  $i$  地域の社会経済指標  $k$
- $\alpha, \beta_k$  : 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

- ・「国際航空貨物動態調査」(国土交通省航空局)より作成。

##### (b) 社会経済データ

県内総生産

- ・「県民経済計算年報」(内閣府)より作成。なお、2000年基準の実質データとした。

夜間人口

- ・「国勢調査」(総務省)より作成。

製造品出荷額

- ・「工業統計表」(経済産業省)より作成。

## 5) モデル構築結果

### ① モデルパラメータ推定結果

表 2-49 パラメータ推定結果 (式 4.9)

		輸出		輸入	
		係数	t値	係数	t値
製造品出荷額(10 億円/年)	$\beta_1$	1.41	11.83	—	
実質 GRP (10 億円/年)	$\beta_2$	—		1.54	10.81
定数項	$\alpha$	-2.23	-2.25	-4.58	-3.58
重相関係数		0.87		0.85	

### ② 現況再現性

47 都道府県別の再現性は以下のとおり。

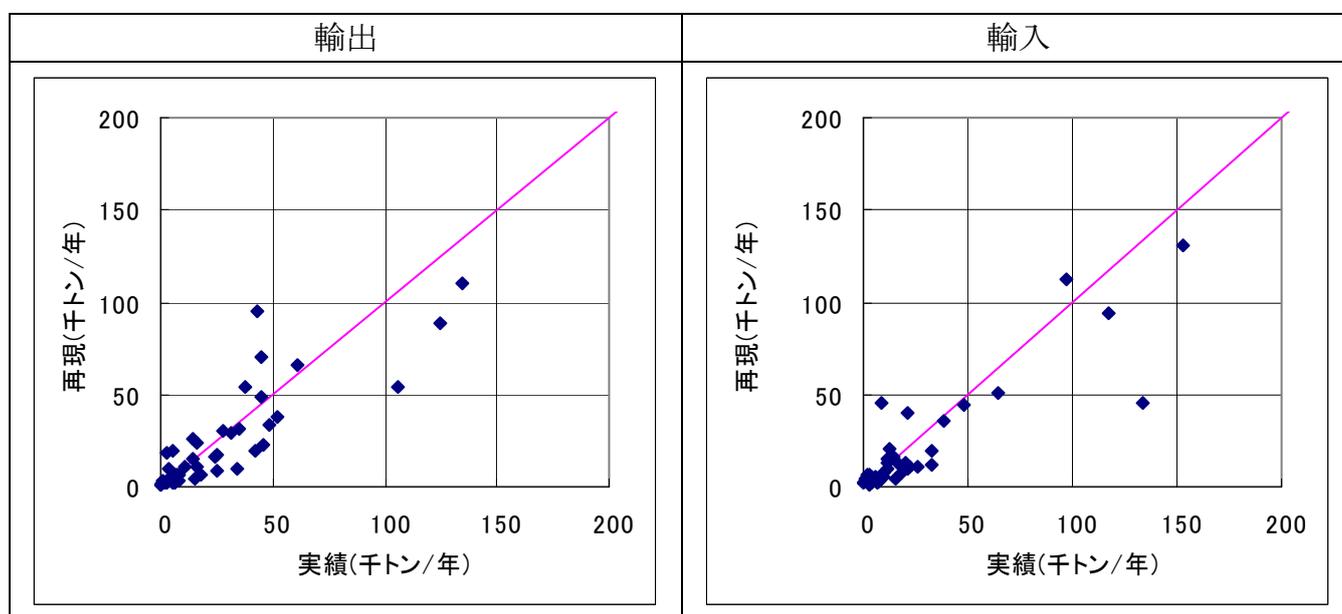


図 2-90 都道府県別貨物量現況再現性

#### (4) 分布モデル

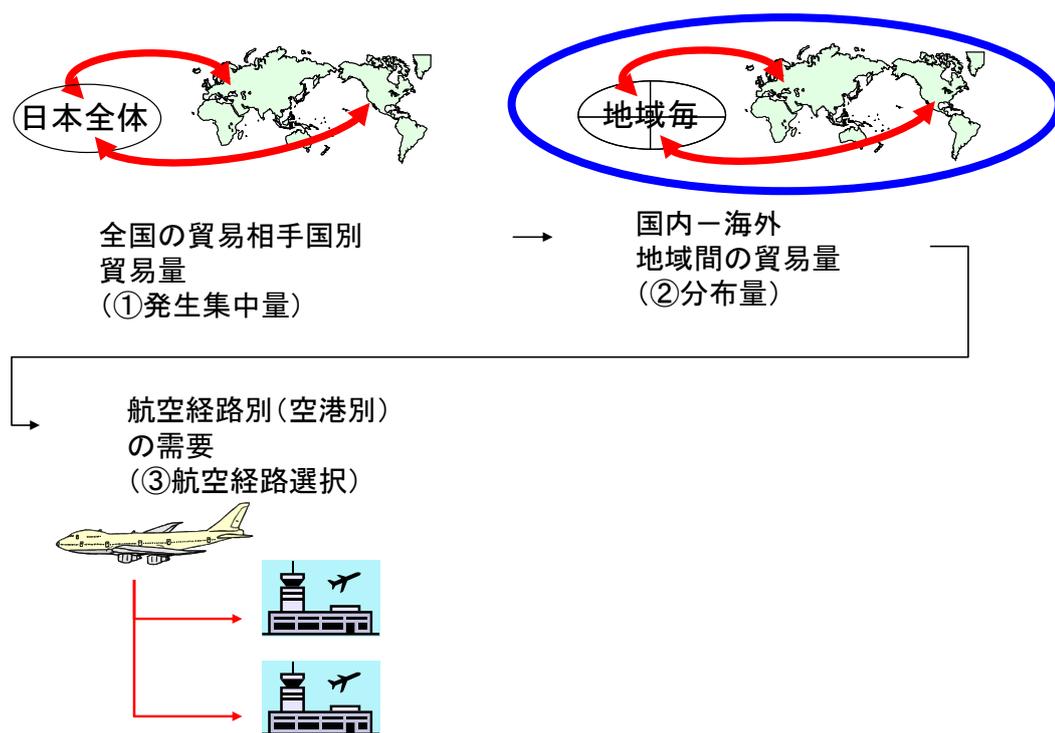


図 2-91 予測の流れ

#### 1) モデルの要件

過去の実績を踏まえて、海外方面別と国内都道府県別の関係を予測できることが求められる。

#### 2) モデルの構造

分布モデルには、以下の2段階がある。(図2-75、図2-76参照)

##### [分布モデル①]

全国モデルから算出される「国内×海外6方面」の貨物量と、全国モデル及び国内地域別シェアモデルから算出される「国内47都道府県×海外」の貨物量から、現在パターン法(フレーター法)により「国内47都道府県×海外6方面」の貨物量を算出。

表 2-50 現在パターン法（フレーター法）の考え方

現在の都道府県別海外方面別分布が将来も継続と仮定		将来の都道府県別合計値・海外方面別合計値は別途予測		将来の都道府県別海外方面別分布を予測				
		海外方面						
		中国香港	台湾	韓国	ASEAN	太平洋	欧州	全方面
都道府県	北海道							
	・							
	・							
	・							
	沖縄							
	全国							
都道府県	北海道							
	・							
	・							
	・							
	沖縄							
	全国							
都道府県	北海道							
	・							
	・							
	・							
	沖縄							
	全国							

[分布モデル②]

分布モデル①から算出される「国内 47 都道府県×海外 6 方面」の貨物量の海外 6 方面を、2005 年の実績を用いて 28 地域に按分して「国内 47 都道府県×海外 28 地域」とする。

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

- ・「国際航空貨物動態調査」（国土交通省航空局）より作成。

## (5) 航空経路選択モデル

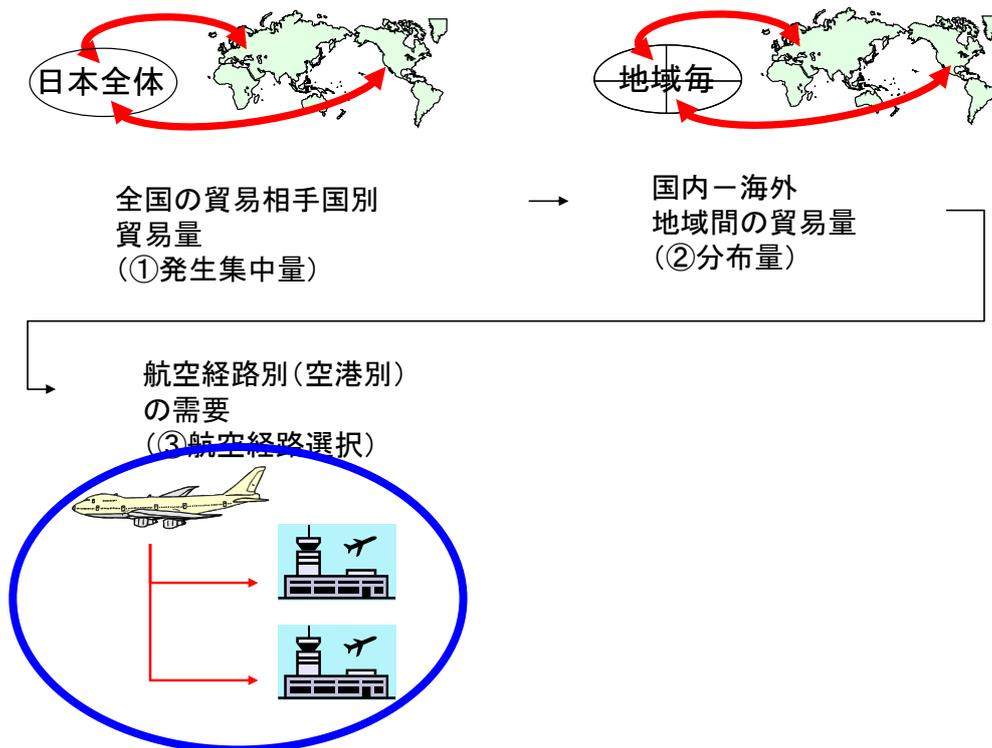


図 2-92 予測の流れ

### 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、航空貨物需要の変化を予測できることが求められる。

### 2) モデルの構造

便数、輸送時間などを説明変数とする集計ロジットモデルを構築する。

### 3) モデル式

【集計ロジットモデル】

$$P_{ijm} = \frac{\exp(V_{ijm})}{\sum_{m \in c_{ij}} \exp(V_{ijm})} \quad (4.11)$$

$$V_{ijm} = \sum_k \beta_{mk} \cdot X_{ijmk} \quad (4.12)$$

- $P_{ijm}$  :  $i$  地域と海外方面  $j$  間での航空経路  $m$  の選択確率  
 $V_{ijm}$  :  $i$  地域と海外方面  $j$  間で航空経路  $m$  を選択するときの効用  
 $c_{ij}$  :  $i$  地域と海外方面  $j$  間で選択可能な航空経路の集合  
 $X_{ijmk}$  :  $i$  地域と海外方面  $j$  間で航空経路  $m$  を選択する場合の  $k$  番目の交通サービス指標  
 $\beta_{mk}$  : 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

- ・「国際航空貨物動態調査」（国土交通省航空局）より作成。

#### (b) 交通サービス水準データ

- ・陸送時間

以下のとおり空港アクセス所要時間を作成。なお、貨物のハンドリング等にかかる時間は含めていない。

項目		内容
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

- ・陸送運賃

輸送運賃は貨物運賃と有料道路料金の合計と設定。貨物運賃は、「貨物運賃と各種料金表」（日本交通社）より作成。なお、一般貨物自動車運送業貸切運賃料金・4トン車までの下限値を使用。有料道路料金は、中型車ターミナルチャージと高速距離に応じた中型車高速料金の合計より作成。なお、中型車ターミナルチャージと中型車高速料金の距離原単位は「高速道路便覧 2006」（全高速道路建設協議会）よ

り設定した。

- ・フレーター便数

「OAG時刻表」より作成。なお、経由便も1便とカウントした。

- ・ベリー数

「JTB時刻表」より作成。なお、経由便も1便とカウントした。

- ・路線数

「OAG時刻表」・「JTB時刻表」より、フレーター又はベリーが就航している路線をカウントした。

- ・ラインホール時間

「JTB時刻表」より作成。

## ② データ整備詳細

- ・輸出入別（2）にモデルを構築した。

- ・データは輸出入別（2）海外方面別（28）都道府県別（47）にセットした。

注）予測にあたっては、海外6方面を2005年度実績で28方面に按分する。

- ・選択空港は2005年に国際航空貨物の取扱いの大きい11空港とした。

（成田、関西、中部、新千歳、新潟、小松、福岡、那覇、仙台、広島、鹿児島）

- ・羽田空港は成田空港と併せて成田空港として扱った。

- ・説明変数は、「陸送時間」「フレーター便数」「ベリー便数」の組合せとした。

- ・経路の一つとして仁川経由を設定した。

### 【仁川経由の扱いについて】

- ・国内の出国空港：本予測の選択対象空港11空港のうち、最寄りの空港

- ・陸送時間・運賃：国内の出国空港までの陸送時間・運賃

- ・便数：国内の出国空港から仁川までの便数

- ・路線数：国内の出国空港から仁川までの路線数

- ・ラインホール時間：国内の出国空港から仁川までの平均航空時間

- ・仁川経由ダミー：仁川経由選択の場合のダミー（乗換などを考慮して符号条件はマイナスとした）

- ・フレーター便の扱い：ベリー便のみ貨物を搭載すると想定

注）フレーター便への搭載ありで仁川経由便貨物量を算出した上で、ベリー便の積載可能量を超えた部分を他の経路に割り振る。

(参考) 2005 年国際航空貨物取扱実績

航空経路選択モデルの対象 11 空港で全国の国際貨物取扱量のほぼ 100% を網羅している。また対象外の空港は対象空港で代替できる。

表 2-51 2005 年国際航空貨物取り扱い実績

空港名	貨物取扱量(トン)		代表空港	
	調書	動態調査		
成田・羽田	2,233,489	66.9%	653,905	-
関西	799,152	90.8%	190,570	-
中部	204,682	97.0%	59,701	-
福岡	60,577	98.8%	20,062	-
小松	22,802	99.5%	5,665	-
新千歳	5,506	99.6%	5,048	-
仙台	4,069	99.8%	1,724	-
那覇	2,439	99.8%	-	-
鹿児島	2,025	99.9%	2,064	-
広島	1,551	99.9%	497	-
新潟	911	100.0%	-	-
岡山	467	100.0%	452	広島
長崎	449	100.0%	-	福岡
富山	248	100.0%	450	小松
秋田	73	100.0%	-	仙台
福島	57	100.0%	-	仙台
松山	39	100.0%	-	広島
高松	38	100.0%	8	広島
青森	26	100.0%	188	仙台
熊本	4	100.0%	-	福岡
函館	1	100.0%	-	新千歳
大分	-	100.0%	-	福岡
米子	-	100.0%	-	広島
宮崎	-	100.0%	-	福岡
北九州	-	100.0%	-	福岡
旭川	-	100.0%	-	新千歳
合計	3,338,605		2,670,123	-

注) 網掛け部分が空港選択対象空港

空港リストは国際航空旅客航空経路選択モデルでの対象空港

資料) 「空港管理状況調書」(国土交通省)

## 5) モデル構築結果

### ① モデルパラメータ推定結果

各種サービス水準を説明変数とするパラメータを推定した結果、「陸送時間」、「フレーター便数」「ベリー便数」「仁川経由ダミー」を説明変数とするモデルを構築した。なお、「陸送運賃」「ラインホール時間」などは採用されなかった。

表 2-52 パラメータ推定結果 (式 4.12)

		輸出		輸入	
		係数	t値	係数	t値
空港アクセス陸送時間(分)	$\beta_1$	-4.28E-03	-8.8	-6.07E-03	-9.9
Ln{フレーター便数(便/週)}	$\beta_2$	1.66E-01	1.2	3.02E-01	1.7
Ln{ベリー便数(便/週)}	$\beta_3$	6.07E-01	3.5	5.53E-01	2.6
仁川経由ダミー ※1	$\beta_4$	-1.56E-00	-5.8	-1.45E-00	-4.7
尤度比		0.258		0.476	

※1：仁川経由ルートを選択肢固有ダミー

### ② 現況再現性

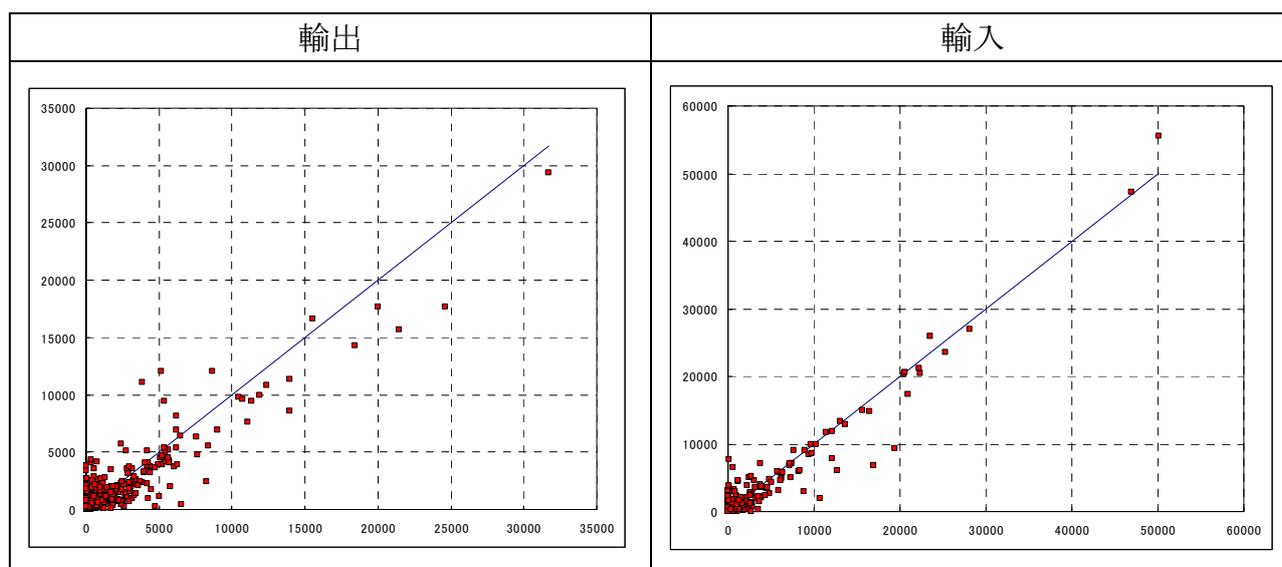


図 2-93 現況再現性

## (6) 継越貨物モデル

### 1) モデルの要件

海外の経済状況の変化による継越貨物量の変化を予測できることが求められる。

### 2) モデルの構造

日本への継越貨物は、アジア～北米間、アジア～欧州間の貨物流動の一部が日本を継越していると考えられる。さらに、日本から見た場合、北米・欧州からの継越輸入貨物量とアジアへの継越輸出貨物量、アジアからの継越輸入貨物量と北米・欧州への継越輸出貨物量は、(アジア域内での輸出入を除くと) ほぼバランスしていると考えられる。

① 北米・欧州からアジアへの日本経由貨物の流れ



② アジアから北米・欧州への日本経由貨物の流れ



図 2-94 継越貨物の概要

個々の貨物量の予測方法を表に整理する。

表 2-53 継越貨物量の予測方法

	フロー	モデル	予測手法
①	アジア発着継越貨物量を予測。	アジア発着継越貨物モデル	アジアGDP(\$)・北米GDP(\$)・欧州GDP(\$)を説明変数(候補)とする回帰モデル
②	①の貨物量を北米・欧州発着貨物量に配分。	北米・欧州配分モデル	過去10年間の平均シェアにより配分 ・アジア継越輸出量から北米・欧州継越輸入量を算出 ・アジア継越輸入量から北米・欧州継越輸出量を算出
③	空港別に配分。	空港別配分モデル	成田空港、関西空港、中部空港の現状(2005年)の空港別比率により算出
④	③の空港別貨物量を海外方面別に配分。	海外方面別配分モデル	直送モデルで予測された貨物の比率により算出(継越貨物は直送貨物の取り扱い量が多く発着便数が多い空港を利用すると考えられるため)

### 3) アジア発着継越貨物モデル

#### ① モデル式

$$Q_i = \exp(\alpha) \cdot \left( \prod_k X_{ik}^{\beta_k} \right) \quad (4.13)$$

$Q_i$  :  $i$  方面の発生集中量

$X_{ik}$  :  $i$  方面に係る社会経済指標  $k$

$\alpha, \beta_k$  : パラメータ

#### ② モデル構築のためのデータ整備

モデル構築で使った基礎データは以下のとおり。

##### (a) 需要データ

- ・「日本出入航空貨物路線別取扱実績」(国土交通省航空局) より 1980 年から 2005 年の時系列データを作成。

##### (b) 社会経済データ

海外の国内総生産 (GDP)

- ・「World Economic Outlook Database」(IMF) より 1980 年から 2005 年の時系列データを作成。なお、2000 年基準の実質データとした。

### ③ モデルパラメータ推定結果

決定係数は若干低いものの、t 値が高い結果が得られた。

表 2-54 パラメータ推計結果 (式 4.13)

		日本→アジア		アジア→日本	
		係数	t値	係数	t値
北米 GDP (10 億米ドル/年)	$\beta_1$	0.876	3.3	0.566	2.97
欧州 GDP (10 億米ドル/年)	$\beta_2$	0.383	1.3	0.289	1.41
定数項	$\alpha$	-0.438	-0.2	4.165	2.91
重相関係数		0.78		0.76	

### ④ 現況再現性

貨物量ベースの再現性を示す。相関係数も 0.7 を越えており、十分な再現性が得られた。

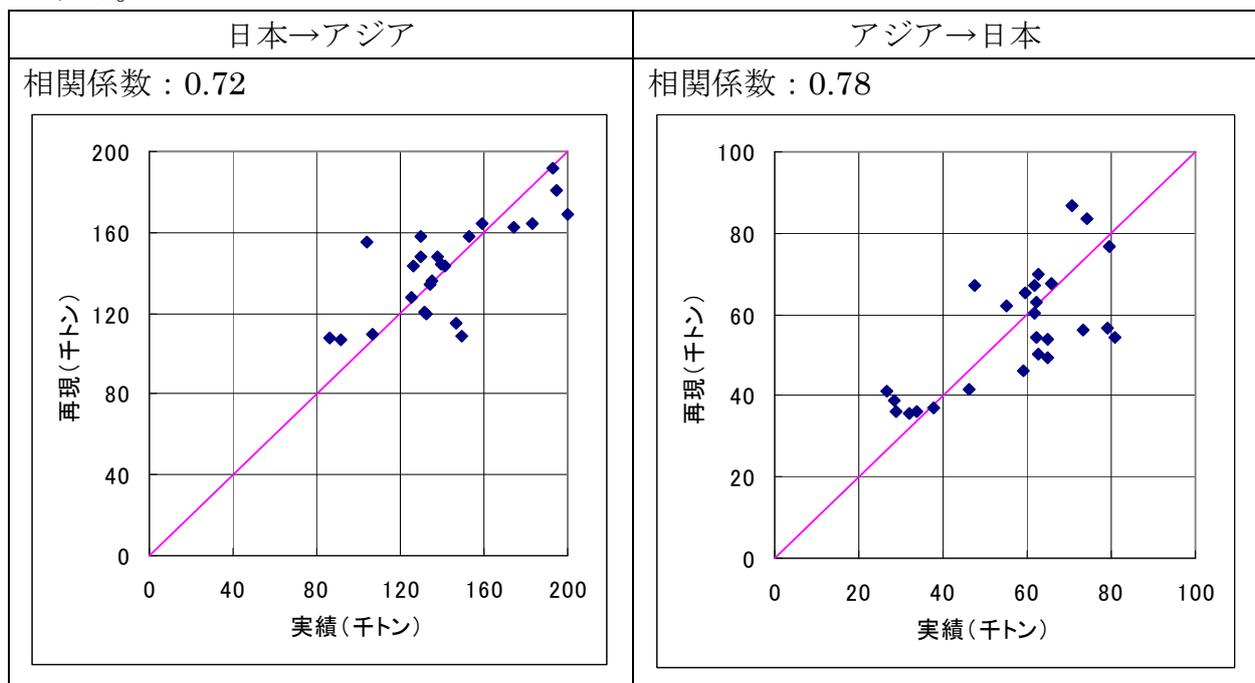


図 2-95 現況再現性

#### 4) 北米・欧州配分モデル

アジア発着の継越貨物量を過去10年間の欧米間の平均シェアにより配分する。なお、実績データとして「日本出入航空貨物路線別取扱実績」（国土交通省）を用いた。

表 2-55 欧米方面の配分率

	アジア→日本		日本→アジア	
	→太平洋	→欧州	太平洋→	欧州→
配分率	80%	20%	94%	6%

#### 5) 空港別配分モデル

##### ① 配分方法

継越貨物は成田空港、関西空港、中部空港に配分されることとし、将来の配分率は想定が困難であるため、現状（2005年）の比率が将来も変化しないと仮定する。

##### ② (参考) 現状分析

2005年実績で成田・関空・中部に配分する。直送の配分率と比較して、成田の配分が高くなっている。

表 2-56 直送と継越貨物の空港別配分実績（2005年）

	成田	関空	中部	その他	合計
積	1,064,968	398,073	120,696	48,507	1,632,244
卸	1,171,378	402,482	112,363	53,934	1,740,157
合計	2,236,346	800,555	233,059	102,441	3,372,401

資料)H17空港管理状況調査

	成田	関空	中部	その他	合計
積	65%	24%	7%	3%	100%
卸	67%	23%	6%	3%	100%
合計	66%	24%	7%	3%	100%

	成田	関空	中部	その他	合計
積	843,351	338,611	102,492	48,467	1,332,921
卸	886,438	315,294	88,078	47,392	1,337,202
合計	1,729,789	653,905	190,570	95,859	2,670,123

資料)H17国際航空貨物動態調査

	成田	関空	中部	その他	合計
積	63%	25%	8%	4%	100%
卸	66%	24%	7%	4%	100%
合計	65%	24%	7%	4%	100%

	成田	関空	中部	その他	合計
積	221,617	59,462	18,204	40	299,323
卸	284,940	87,188	24,285	6,542	402,955
合計	506,557	146,650	42,489	6,582	702,278

	成田	関空	中部	その他	合計
積	74%	20%	6%	0%	100%
卸	71%	22%	6%	2%	100%
合計	72%	21%	6%	1%	100%

注)「直送+継越」から「直送」を減じることで推計

#### 6) 海外方面別配分モデル

直送モデルで予測された貨物の比率により算出する。

(継越貨物は直送貨物の取り扱い量が多く発着便数が多い空港を利用すると考えられるため)。

## (7) 便数算定

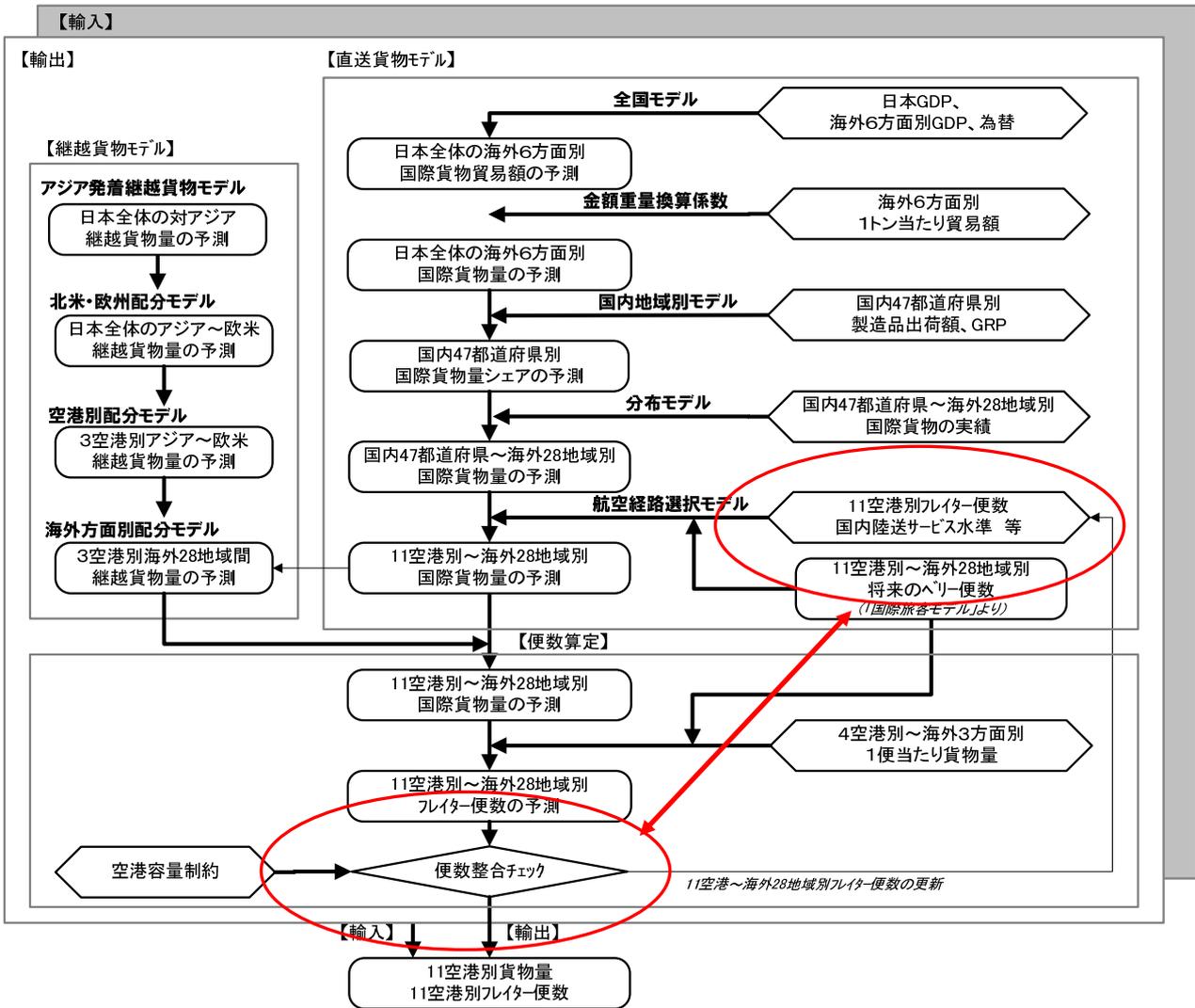


図 2-96 便数算定に係るフロー

### 1) 便数算定の要件

現状の便当たり貨物量を反映できるモデルが求められる。

### 2) 便数算定の構造

まずベリー便に平均的な量を積載し、積み残し分をフレター便に積載する。

ベリー便については、国際航空旅客需要予測で算出される便数を用いる。フレター便については、空港選択の説明変数である便数と、貨物量から算出される便数との整合がとれるように、繰り返し計算を行う。なお、フレター便の初期便数は 2007 年 2 月の実績値とする。

### 3) 便数算定式

#### ① 概要

具体的な便数算定のフローは図のとおり。  
それぞれについて、算定方法を整理する。

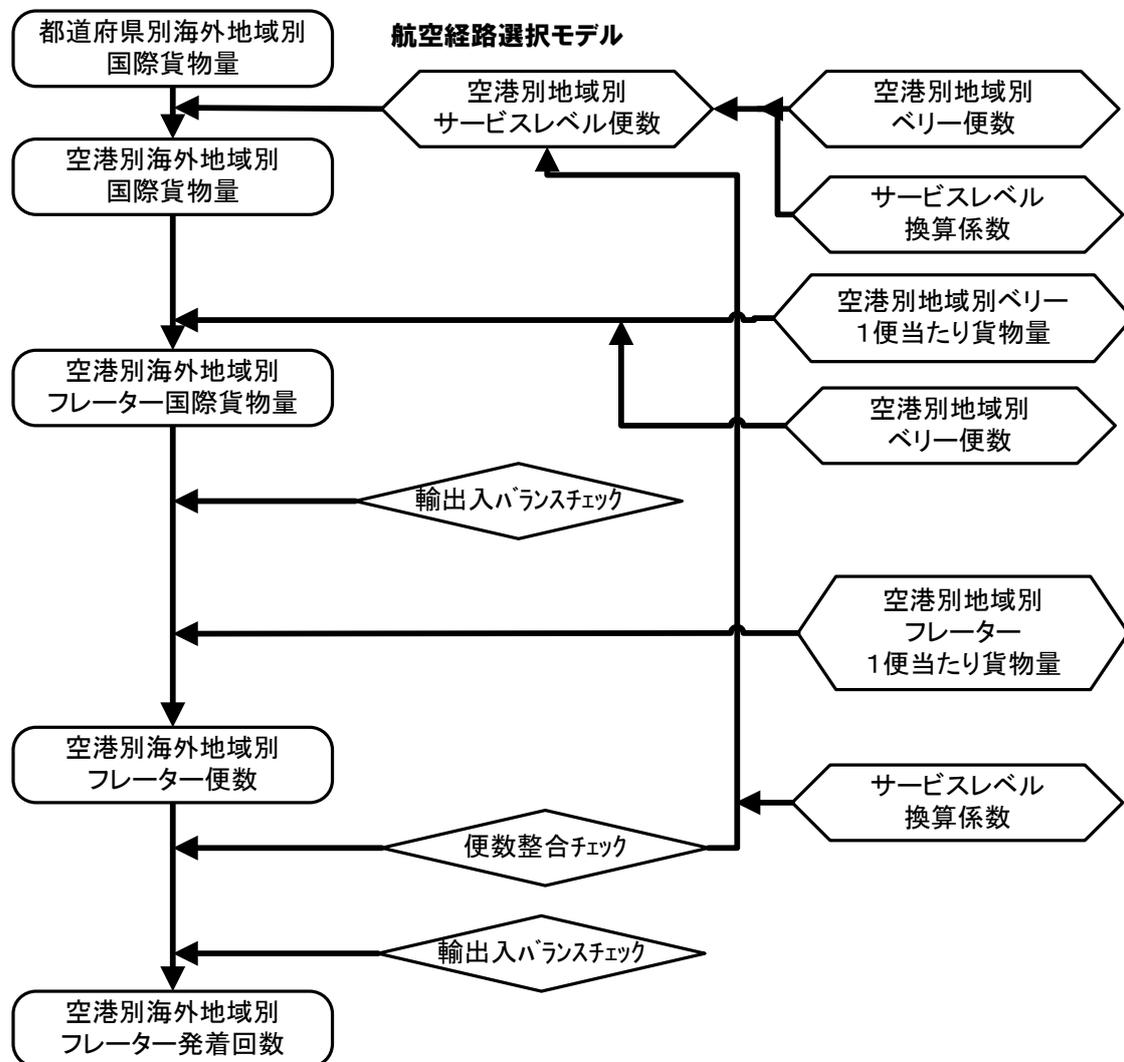


図 2-97 便数算定の詳細フロー

#### ② モデル構築のためのデータ整備

原単位作成に使用した基礎データは以下のとおり。

- ・「Traffic by freight stage」(ICAO)

なお、補正のために各空港会社公表値を用いた。

### ③ 1 便当たり貨物量

まずベリー便に貨物を積載し、残りの貨物をフレーター便に積載することとしている。

ベリー便については、国際航空旅客需要予測で算出される便数を用いる。フレーター便については、空港選択の説明変数である便数と、貨物量から算出される便数との整合がとれるように、繰り返し計算を行う。

ベリー便・フレーター便の1便当たり貨物量は、空港別の積載容量・積載率をもとに算出する。1便当たり貨物量原単位は2005年実績が将来も一定と想定する。

1便当たり貨物量原単位＝

空港別方面別1便当たりペイロードキャパシティ×積載率

表 2-57 1便あたりペイロードキャパシティ (トン)

区分	空港	アジア	太平洋	欧州他
フレイター	成田	89.4	86.4	86.4
	関西	89.3	91.9	91.9
	中部	100.0	91.9	91.9
	その他	90.2	86.6	86.6
ベリー	成田	45.9	48.0	43.7
	関西	35.3	45.7	47.2
	中部	33.7	35.8	34.5
	その他	37.6	44.7	43.2

表 2-58 積載率 (%)

区分	空港	アジア	太平洋	欧州他
フレイター	成田	48.0%	55.3%	55.3%
	関西	43.1%	55.4%	55.4%
	中部	33.2%	54.0%	54.0%
	その他	33.2%	54.0%	54.0%
ベリー	成田	16.0%	11.5%	17.8%
	関西	12.9%	8.0%	13.6%
	中部	8.0%	6.7%	11.6%
	その他	8.0%	6.7%	11.6%

表 2-59 1便当たり貨物量原単位 (トン/便)

区分	空港	アジア	太平洋	欧州他
フレイター	成田	42.9	47.8	47.8
	関西	38.5	50.9	50.9
	中部	33.2	49.7	49.7
	その他	29.9	46.8	46.8
ベリー	成田	7.3	5.5	7.8
	関西	4.5	3.7	6.4
	中部	2.7	2.4	4.0
	その他	3.0	3.0	5.0

1 便当たり貨物量原単位の出典である ICAO の「TFS」は ICAO 加盟のエアラインを対象としたサンプルベースであることから、空港会社が公表しているマクロの数値と整合がとれるように積載率を補正する。

つまり、「ICAO の 1 便あたり貨物量原単位に空港別の便数を乗じて推計した貨物量」と「空港別の貨物量」が一致するように補正する。なお、1 便あたり積載容量はサンプルベースであっても誤差が少ないと考えられるため、積載率を補正対象とする。具体的な補正方法は以下のとおり。

- ① 積み上げベリー貨物量 = ベリー便数 × 補正前 1 便あたり貨物量原単位
- ② 積み上げフレーター貨物量 = フレーター便数 × 補正前 1 便あたり貨物量原単位
- ③ 積み上げ貨物量 = 積み上げベリー貨物量 + 積み上げフレーター貨物量
- ④ 補正係数 = マクロ的貨物量 / 積み上げ貨物量
- ⑤ 1 便あたり貨物量原単位 = 積載率 × 1 便あたり積載量
- ⑥ 補正後積載率 = 補正前積載率 × 補正係数

表 2-60 積載率の補正

空港	マクロ的貨物量 (トン/年)	積み上げ貨物量 (トン/年)	補正係数
成田	2,236,346	2,731,490	0.82
関西	800,555	1,099,367	0.73
中部	233,059	327,822	0.71

表 2-61 積載率 (補正後)

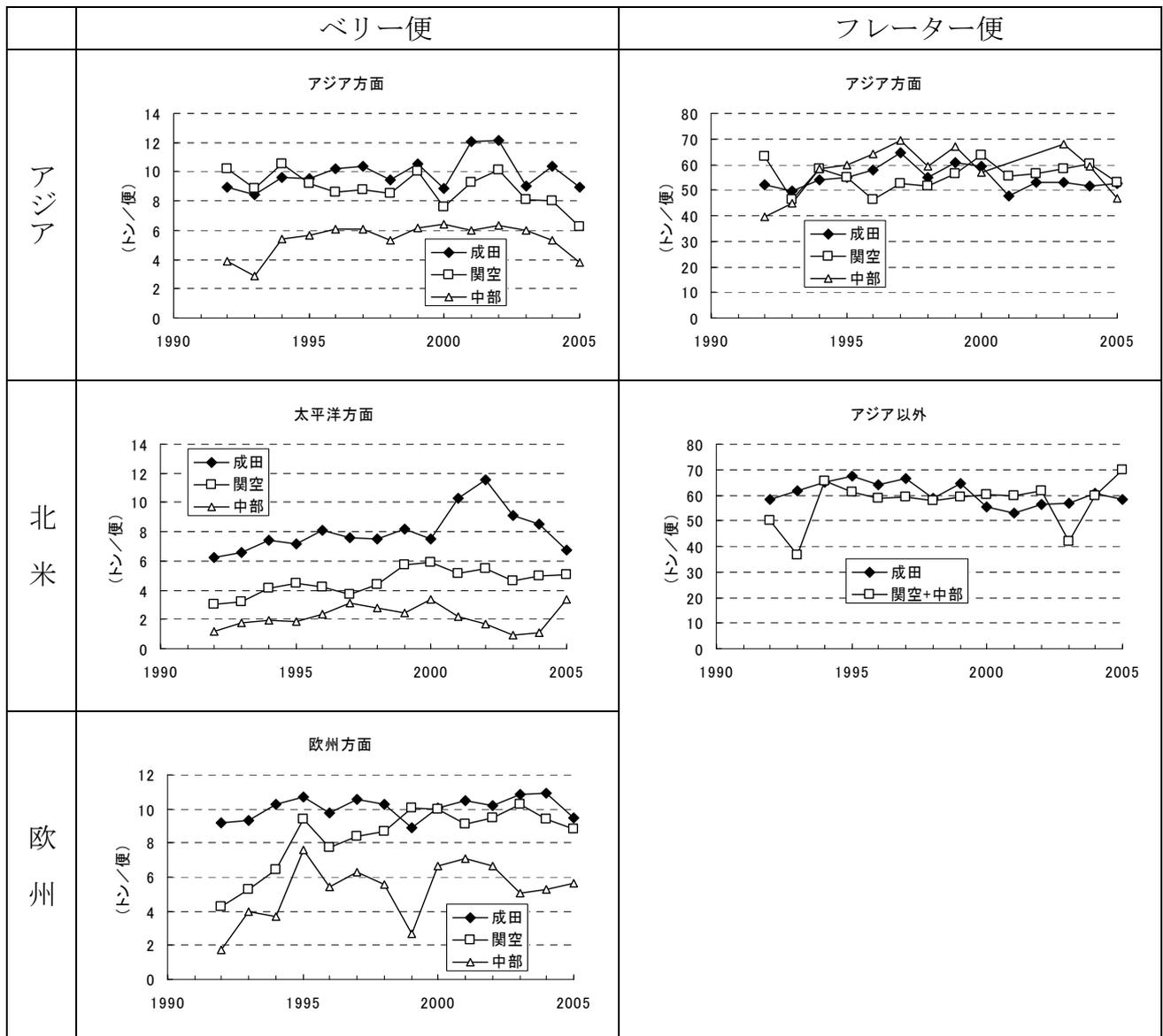
区分	空港	アジア	太平洋	欧州他
フレーター	成田	48.0%	55.3%	55.3%
	関西	43.1%	55.4%	55.4%
	中部	33.2%	54.0%	54.0%
	その他	33.2%	54.0%	54.0%
ベリー	成田	16.0%	11.5%	17.8%
	関西	12.9%	8.0%	13.6%
	中部	8.0%	6.7%	11.6%
	その他	8.0%	6.7%	11.6%

表 2-62 1 便あたり貨物量原単位 (トン/便) (補正後)

区分	空港	アジア	太平洋	欧州他
フレーター	成田	42.9	47.8	47.8
	関西	38.5	50.9	50.9
	中部	33.2	49.7	49.7
	その他	29.9	46.8	46.8
ベリー	成田	7.3	5.5	7.8
	関西	4.5	3.7	6.4
	中部	2.7	2.4	4.0
	その他	3.0	3.0	5.0

(参考) 原単位の過去の推移

空港別・海外方面別に1便あたり貨物量原単位の推移をみると、年ごとの変動はあるもの一定の傾向はみられない。



資料) 「TFS」(ICAO)

図 2-98 1便あたり貨物量原単位の推移

#### ④ サービスレベル換算係数

航空経路選択モデルでは、説明変数であるフレーター便数として経由も含んだ数値を入れている。

そこで、経由便を含めた便数とするための換算係数を設定する。

上記の事例：

「成田→上海→シンガポール」の便について、成田の便数として以下をカウント

- ・ 成田→上海
- ・ 成田→シンガポール

そのため、本来は成田から1便しか出ていないが、上海行きとシンガポール行きの合計2便が成田から出ていることになる。

表 2-63 サービスレベル換算係数

区分	空港	アジア	太平洋	欧州他
フレイター	成田	0.8	0.4	0.7
	関西	0.7	0.5	0.6
	中部	0.9	0.6	0.5
	羽田	0.8	0.4	0.7
	その他	0.8	0.3	0.7
ベリー	成田	1.0	1.0	1.0
	関西	1.0	1.0	1.0
	中部	1.0	1.0	1.0
	羽田	1.0	1.0	1.0
	その他	1.0	1.0	1.0

## ⑤ 輸出入バランス調整について

輸出入に係る便数算定的前提条件は以下のとおり。

①便数換算（経路選択～便数換算）は、輸出入別空港別海外地域別に行う。

- ・ 地域別に経路選択を行うため、その説明変数となる便数は地域別に算出する必要がある。
- ・ 積載率は輸出入別だと数値が不安定であるため輸出と輸入の平均として、空港別海外地域別に設定する。

②空港別に輸出と輸入の便数は等しいとする。

- ・ 以下のとおり輸出と輸入のバランスをとる。
  - ベリーとフレーターの貨物量の配分
  - フレーター便の輸出と輸入の配分

表 2-64 輸出入バランスの調整方法

	考え方	具体的な方法
ベリーとフレーターの貨物量の配分	フレーター貨物量に輸出入の差がある場合には、ベリー便の積載率が変動してベリーの貨物量変動すると想定。	空港別方面別に、少ないフレーター便貨物量を基準として、多い方のベリー便の積載率を上げる。なお、積載率の上限値は実績での最大値とする。
フレーター便の輸出と輸入の配分	輸出と輸入の偏りは積載率で吸収すると想定	空港合計の便数は輸出と輸入の便数の平均とする。ただし、輸出入の積載率のどちらか一方が100%を越える場合には、積載率が100%になるまで増便する。

(参考) 輸出入バランスの実績について

便数について、輸出と輸入のバランスをみると、各空港別に、方面では輸出と輸入にばらつきが見られるものの、空港合計では輸出と輸入のバランスはとれている。なお、ばらつき具合は、輸出/輸入の標準偏差をみると0.21となっている。

これは三角貿易などを反映していると考えられる。

表 2-65 方面別便数 (便/月)

空港	海外6方面	輸出	輸入	合計	輸出/輸入
成田	太平洋	226	267	493	0.85
	欧州	166	179	345	0.93
	中国・香港	243	218	461	1.11
	台湾	56	57	113	0.98
	韓国	54	41	95	1.32
	ASEAN	119	105	224	1.13
成田 集計		864	867	1731	1.00
関西	太平洋	47	34	81	1.38
	欧州	55	53	108	1.04
	中国・香港	112	127	239	0.88
	台湾	18	13	31	1.38
	韓国	51	39	90	1.31
	ASEAN	64	73	137	0.88
関西 集計		347	339	686	1.02
中部	太平洋	16	22	38	0.73
	欧州	13	13	26	1.00
	中国・香港	60	40	100	1.50
	台湾	-	-	-	-
	韓国	8	8	16	1.00
	ASEAN	39	40	79	0.98
中部 集計		136	123	259	1.11

資料) 「OAG 時刻表」(2005 年)

積載率について、輸出と輸入のバランスをみると、各空港別に、方面では輸出と輸入には2~3割程度のばらつきが見られるものの、空港合計では比較的輸出と輸入のバランスはとれている。

ただし、中部については、太平洋方面で倍以上のばらつきが見られ、空港全体でも輸出が2割ほど大きくなっている。

表 2-66 方面別積載率

空港	方面	積載率		
		輸出	輸入	輸出/輸入
成田	アジア	49.8%	70.1%	0.71
	太平洋	78.1%	59.6%	1.31
	欧州	-	26.3%	-
	合計	62.0%	63.9%	0.97
関空	アジア	54.4%	63.9%	0.85
	太平洋	80.2%	59.1%	1.36
	欧州	86.0%	90.6%	0.95
	合計	64.2%	63.1%	1.02
中部	アジア	47.0%	47.8%	0.98
	太平洋	77.5%	36.6%	2.12
	欧州	-	-	-
	合計	54.8%	46.6%	1.18

資料) 「TFS」(2005 年、ICAO)

現状分析についてまとめると以下のとおり。

- 便数・積載率を方面別で見ると輸出入で差が大きいのが、空港別は小さい。特に積載率には差が残るが、便数はほぼ一致する。

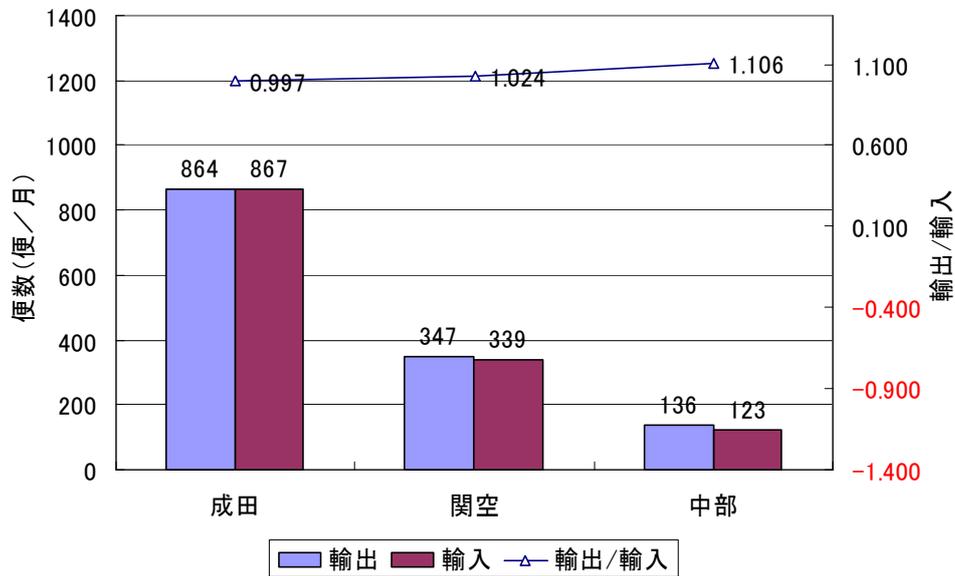


図 2-99 空港別便数

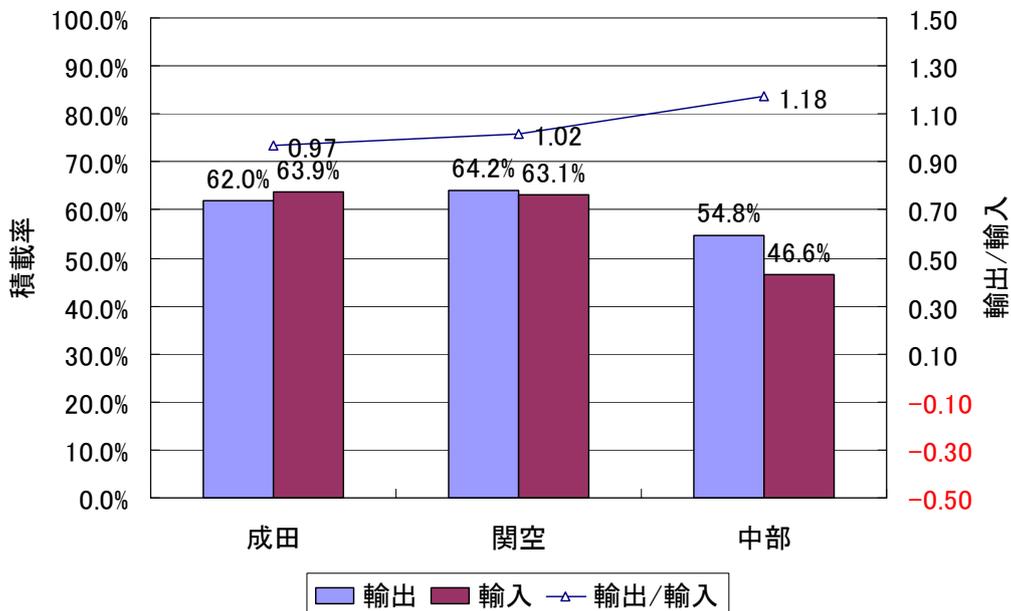


図 2-100 空港別積載率

(参考) 将来の機材構成率の変化について

将来の1便あたり貨物量は、将来の機材構成などはエアラインの戦略によるところもあり、想定が困難であるため、現状維持とする。

表 2-67 機材別積載率・1便あたり積載量

ベリー		積載率						1便あたり積載量		
海外方面	空港名	アジア (%)	太平洋 (%)	欧州 (%)	アジア (トン/便)	太平洋 (トン/便)	欧州 (トン/便)	アジア (トン/便)	太平洋 (トン/便)	欧州 (トン/便)
大型	成田	22%	14%	24%	54	50	46			
	関空	21%	11%	24%	52	49	53			
	中部	12%	11%	21%	51	51	32			
	その他	15%	10%	-	52	32	-			
	計	20%	13%	24%	53	50	46			
中型	成田	15%	14%	31%	36	41	41			
	関空	17%	12%	21%	36	33	47			
	中部	13%	7%	23%	32	31	37			
	その他	13%	10%	-	36	30	-			
	計	15%	12%	26%	35	37	42			
小型	成田	7%	2%	-	18	17	-			
	関空	5%	-	-	18	-	-			
	中部	3%	6%	-	18	18	-			
	その他	2%	0%	-	18	17	-			
	計	3%	2%	-	18	17	-			
合計	成田	19%	14%	25%	46	48	45			
	関空	17%	11%	23%	36	46	51			
	中部	11%	9%	22%	34	36	35			
	その他	8%	4%	-	25	20	-			
	総計	16%	13%	25%	38	45	45			

フレイター		積載率						1便あたり積載量		
海外方面	空港名	アジア (%)	太平洋 (%)	欧州 (%)	アジア (トン/便)	太平洋 (トン/便)	欧州 (トン/便)	アジア (トン/便)	太平洋 (トン/便)	欧州 (トン/便)
大型	成田	62%	68%	-	98	89	-			
	関空	61%	74%	87%	108	-	87			
	中部	51%	71%	-	105	96	-			
	その他	46%	85%	54%	131	-	-			
	計	61%	69%	87%	102	101	88			
中型	成田	52%	62%	26%	123	113	88			
	関空	60%	71%	48%	133	-	-			
	中部	39%	30%	-	102	89	-			
	その他	85%	12%	-	88	-	-			
	計	55%	65%	31%	125	181	110			
小型	成田	55%	75%	-	68	55	-			
	関空	52%	75%	-	65	-	-			
	中部	55%	-	-	-	-	-			
	その他	49%	-	-	58	-	-			
	計	54%	75%	-	67	99	-			
合計	成田	58%	67%	26%	100	90	88			
	関空	59%	72%	87%	106	-	88			
	中部	47%	69%	-	104	95	-			
	その他	47%	84%	54%	106	-	-			
	総計	58%	68%	86%	102	114	88			

資料) 「TFS」(2005年、ICAO)

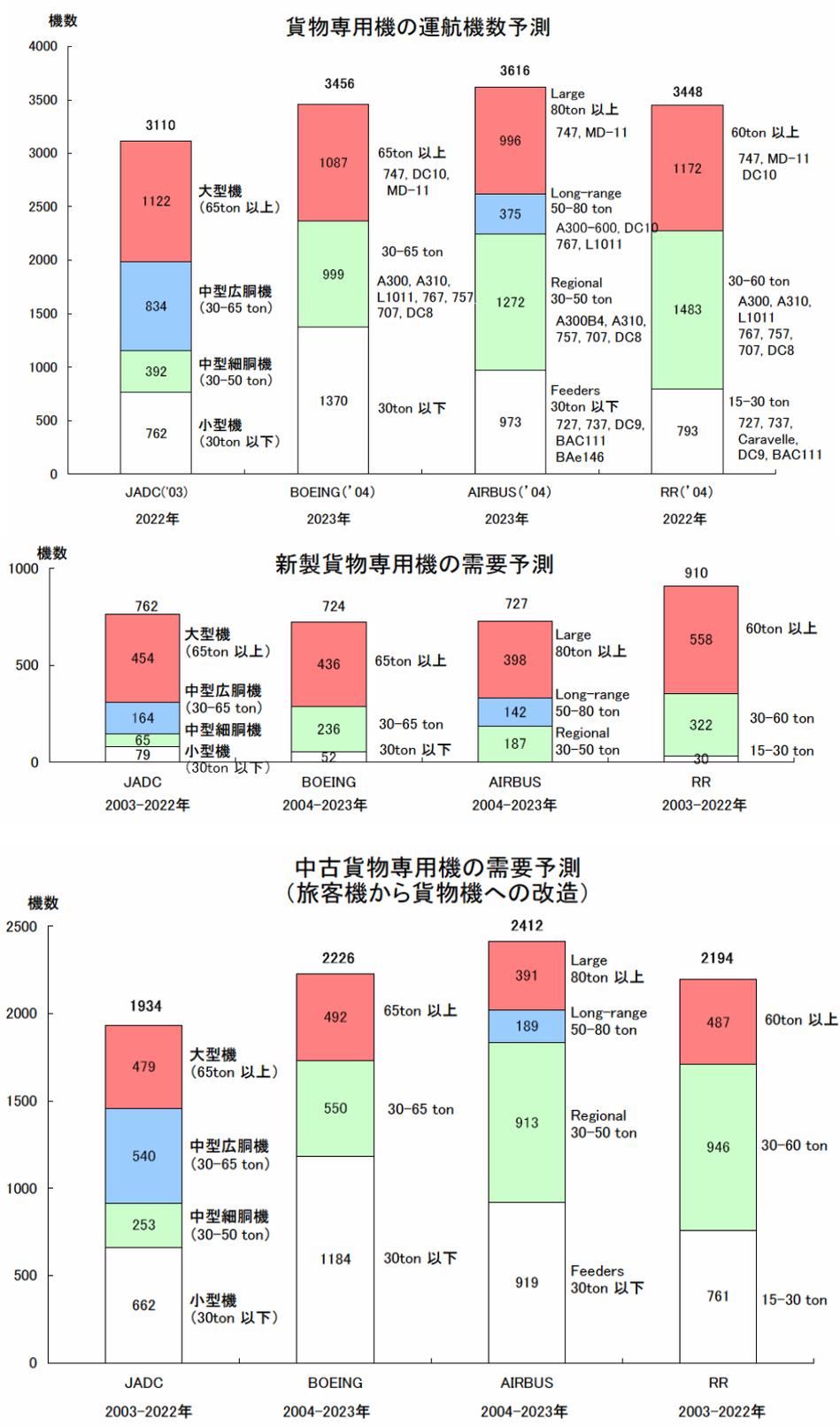
表 2-68 機材別便数

ベリー		便/月			
		アジア	太平洋	欧州	合計
成田	大型	3703	2965	1344	8012
	中型	3073	758	969	4800
	小型	250	122	30	402
関空	大型	1031	594	336	1961
	中型	1917	299	478	2694
	小型	726	32	0	758
中部	大型	398	209	60	667
	中型	1010	209	182	1401
	小型	472	121	0	593
その他	大型	384	0	0	384
	中型	1245	0	75	1320
	小型	1761	158	52	1971
合計	大型	5516	3768	1740	11024
	中型	7245	1266	1704	10215
	小型	3209	433	82	3724

フレイター		便/月			
		アジア	太平洋	欧州	合計
成田	大型	951	1242	426	2619
	中型	146	0	0	146
	小型	55	0	27	82
関空	大型	608	175	201	984
	中型	44	0	0	44
	小型	0	0	0	0
中部	大型	192	62	57	311
	中型	21	0	0	21
	小型	0	0	0	0
その他	大型	34	24	46	104
	中型	4	0	0	4
	小型	0	0	0	0
合計	大型	1785	1503	730	4018
	中型	215	0	0	215
	小型	55	0	27	82

資料) 「OAG時刻表」(2005年)

航空会社各社が予測している貨物専用機の運航機数は以下の通りである。



出典) 航空機関連データ集 (財団法人日本航空機開発協会 2006年9月版)

図 2-101 貨物専用機の運航機数予測

## (8) 容量制約の反映方法

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 基本的な考え方

容量制約をかけずに需要を算出し、容量制約を超えた分の需要を他の空港に割り振ることとする。

容量制約は便数を基準とする。またベリー便とフレーター便の合計の便数に対する制約を検討する。

### ② 具体的な容量制約処理の方法

○フレーター便とベリー便の合計の制約

- ・ フレーター便とベリー便の和の空港合計の便数について、超過前と超過後で線形補完し、超過後の便数は一定とする。
- ・ 海外方面・国内地域は空港合計と同率で圧縮する。
- ・ 制約後、便数を固定して、再度空港選択モデルと便数換算の繰り返し計算を行う。その際、制約対象の空港にかかるフレーター便の便当たり貨物量原単位は 2005 年実績より大きくする。(空港別海外方面別 2005 年実績の最大値まで)

(検討) 容量制約のかけ方

- ・ 国際旅客と国際貨物の合計の発着回数に容量制約をかける方法として、3案を検討した。
- ・ 超過前と超過後で線形補完。超過後は一定の方法（案3）をとることとした。

表 2-69 容量制約の方法

	具体的な方法	評価
案1	ベリー・フレイター潜在便数構成率で按分。	将来の便数が減少することは不自然。
案2	超過年次にベリーに優先配分。超過後は一定。	ベリーに優先配分する根拠が希薄。
案3	超過前と超過後で線形補完。超過後は一定。	特に問題ないと考えられる。

表 2-70 容量制約方法の比較（制約 20 万回の場合）

【潜在需要】

	潜在便数(千回/年)			潜在便数構成率(%)		
	ベリー	フレイター	合計	ベリー	フレイター	合計
2005	150	18	168	89.5%	10.5%	100.0%
2012	188	16	204	92.0%	8.0%	100.0%
2017	242	25	267	90.7%	9.3%	100.0%
2022	301	36	337	89.4%	10.6%	100.0%
2027	377	55	432	87.3%	12.7%	100.0%

【制約後】

<p>案1</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>ベリー</th> <th>フレイター</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2005</td> <td>150</td> <td>18</td> <td>168</td> </tr> <tr> <td>2012</td> <td>184</td> <td>16</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>2017</td> <td>181</td> <td>19</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>2022</td> <td>179</td> <td>21</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>2027</td> <td>175</td> <td>25</td> <td>200</td> </tr> </tbody> </table>		ベリー	フレイター	合計	2005	150	18	168	2012	184	16	200	2017	181	19	200	2022	179	21	200	2027	175	25	200	<p>案3</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>ベリー</th> <th>フレイター</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2005</td> <td>150</td> <td>18</td> <td>168</td> </tr> <tr> <td>2012</td> <td>183</td> <td>17</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>2017</td> <td>183</td> <td>17</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>2022</td> <td>183</td> <td>17</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>2027</td> <td>183</td> <td>17</td> <td>200</td> </tr> </tbody> </table>		ベリー	フレイター	合計	2005	150	18	168	2012	183	17	200	2017	183	17	200	2022	183	17	200	2027	183	17	200
	ベリー	フレイター	合計																																														
2005	150	18	168																																														
2012	184	16	200																																														
2017	181	19	200																																														
2022	179	21	200																																														
2027	175	25	200																																														
	ベリー	フレイター	合計																																														
2005	150	18	168																																														
2012	183	17	200																																														
2017	183	17	200																																														
2022	183	17	200																																														
2027	183	17	200																																														
<p>案2</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>ベリー</th> <th>フレイター</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2005</td> <td>150</td> <td>18</td> <td>168</td> </tr> <tr> <td>2012</td> <td>188</td> <td>12</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>2017</td> <td>188</td> <td>12</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>2022</td> <td>188</td> <td>12</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>2027</td> <td>188</td> <td>12</td> <td>200</td> </tr> </tbody> </table>		ベリー	フレイター	合計	2005	150	18	168	2012	188	12	200	2017	188	12	200	2022	188	12	200	2027	188	12	200	<p>線形補間</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>2005</td> <td>150</td> <td>18</td> <td>168</td> </tr> <tr style="background-color: #FFDADA;"> <td>2011</td> <td>183</td> <td>17</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>2012</td> <td>188</td> <td>16</td> <td>204</td> </tr> </tbody> </table>	2005	150	18	168	2011	183	17	200	2012	188	16	204												
	ベリー	フレイター	合計																																														
2005	150	18	168																																														
2012	188	12	200																																														
2017	188	12	200																																														
2022	188	12	200																																														
2027	188	12	200																																														
2005	150	18	168																																														
2011	183	17	200																																														
2012	188	16	204																																														