

需要予測モデルの技術的改善報告

航空需要予測について

目 次

1.	需要予測モデルに求められる要件と対応状況	1
2.	航空需要予測モデルの体系	4
	(1) 国内航空旅客需要予測モデル	4
	(2) 国際航空旅客需要予測モデル	8
	(3) 国内航空貨物需要予測モデル	14
	(4) 国際航空貨物需要予測モデル	15
3.	将来予測	21
	(1) 予測ケースの設定	21
	(2) 社会経済フレーム等の設定	21
4.	国内航空旅客需要予測のモデル式	25
	(1) 全国発生モデル（旧生成モデル）	25
	(2) 地域別発生モデル（旧発生モデル）	26
	(3) 旅行先選択モデル	27
	(4) 交通機関選択モデル	28
	(5) 航空経路選択モデル	30
	(6) 空港アクセス交通機関選択モデル	31
5.	国際航空旅客需要予測のモデル式	33
	(1) 全国発生モデル（旧生成モデル）	33
	(2) 国内地域別発生モデル（旧発生モデル）	35
	(3) 航空経路選択モデル	37
	(4) 空港アクセス交通機関選択モデル	38
	(5) 際際トランジットモデル	39
6.	国内航空貨物需要予測のモデル式	40
7.	国際航空貨物需要予測のモデル式	41
	(1) 海外方面別発生・集中モデル	41
	(2) 国内地域別モデル	43
	(3) 分布モデル	44
	(4) 航空経路選択モデル	45
	(5) 継越貨物モデル	47

1. 需要予測モデルに求められる要件と対応状況

- ・ 需要予測は、空港の整備や整備する施設規模等の検討材料とともに、事業評価における費用対効果分析の基礎データとしても重要なものである。
- ・ 現在、需要予測に求められている要件としては、大別すると下記の4点に集約される。
 - (1) 社会経済の変化を適切に反映できること
 - (2) 各種交通サービス水準の違いや変化を反映できること
 - (3) 航空行政を巡る変化を反映できること
 - (4) 旅行者、貨物の属性別の需要が予測できること

将来の航空需要予測の際には、上記4点について、下記の観点から①～⑪の要件を考慮する必要がある。

表 1-1 需要予測モデルに求められる要件

要件		要件の説明
(1) 社会 経済 動向	①人口減少	人口変化は航空需要の変動要因であり、2005（平成17）年以降減少に転じることが推計されている我が国の将来人口は 航空旅客需要に大きな影響を及ぼす 要因の一つ。
	②経済成長	経済成長は航空需要の変動要因であり、 航空旅客需要、及び航空貨物需要ともに最も影響を及ぼす 要因の一つ。
	③為替変動	為替変動は航空運賃や財価格等に直接影響を及ぼす要因であり、 国際旅客需要、国際貨物需要に大きな影響を及ぼす 要因の一つ。
(2) 交通 サー ビス	④交通機関	航空や新幹線等の交通機関のサービス水準の違い、あるいは変化（例えば頻度（本数・便数）増加など）は、 旅行目的地までの交通機関の選択に影響を及ぼす 。空港間競争、他の輸送機関との競合を捉える上で重要。
	⑤空港アクセス	空港を選択する際に、空港までのアクセスサービスが大きく影響する。空港アクセスサービスの変化は他交通機関との選択にも影響する。そのため、 空港までのアクセス利便性を評価できることが重要 。
(3) 航空 行政	⑥首都圏空港の容量緩和	成田空港平行滑走路延伸により首都圏空港の容量が緩和されると、空港の魅力度（利便性）が向上し、 航空需要に影響を及ぼす 。
	⑦空港別規制	伊丹空港における B747 の乗入れ制限等の個別空港に関わる規制は、 空港選択に影響を及ぼす 。
(4) 旅客 ・ 貨物 特性	旅客特性	
	⑧国籍	日本人、及び外国人の航空需要動向は異なることから、日本人／外国人の特性の差を考慮する必要がある。
	⑨旅行目的	観光、あるいはビジネスといった旅行目的により、 航空需要動向は異なる ことから、旅行目的を考慮した予測が必要。
	⑩発着地域	特に国際旅客において、東アジア圏との流動の増加など、 発着地域別の経済等の動向を考慮した予測ができることが必要 。
	貨物特性	
⑪発着地域	東アジアの経済成長により貨物流動の増加など、 貿易相手地域・国別需要動向を考慮した予測ができることが必要 。	

上記の①～⑪の要件に対して、各需要予測モデルでは表 1-2のとおりに対応している。

表 1-2 需要予測モデルに求められる要件と各予測モデルにおける対応状況

予測モデル		国内旅客	国際旅客	国内貨物	国際貨物
(1) 社会 経済	①人口変化	○ ^{※1}	○ ^{※1}	△ ^{※2}	△ ^{※2}
	②経済成長 ^{※3}	○	○	○	○
	③為替変動	—	○	—	○
(2) 交通 サービス	④交通機関	○	(○ ^{※4})	—	(○ ^{※4})
	⑤空港アクセス	○	○	—	—
(3) 航空 行政	⑥首都圏空港の 容量緩和	○	○	—	○
	⑦空港別規制	○	—	—	—
(4) 旅客・ 貨物 特性	旅客特性				
	⑧国籍	—	○	—	—
	⑨旅行目的	○	○	—	—
	⑩発着地域 ^{※5}	○	○		
	貨物特性				
⑪発着地域 ^{※5}	—	—	—	○	

※1：国内旅客、国際旅客の予測モデルでは、わが国全体の将来人口の減少だけでなく、都道府県別の将来人口変化についても考慮している。

※2：国内貨物、国際貨物の予測モデルにおいては、わが国の人口減少を明示的にモデル化していないが、将来における経済成長の設定は人口減少を考慮しているため間接的に考慮していることになる。

※3：経済成長については、国内需要予測モデル（旅客・貨物）においては、わが国全体の経済成長だけでなく、都道府県別の経済成長についても考慮している。国際需要予測モデル（旅客・貨物）では、海外の経済成長について考慮している。

※4：経路選択モデルのみ対応している。

※5：データの制約等により、各モデルの区分は異なる。

・国内旅客の予測モデルでは「発着地域」は 223 区分。国際旅客の予測モデルでは、国内は 50～75 区分（概ね都道府県別）、海外は 32 区分（主要地域・国別）。

・国際貨物の予測モデルでは「発着地域」は国内 47 区分（都道府県別）、海外 28 区分（主要地域・国別）。

※6：上記表中の「△」は、間接的に考慮している項目を表す。

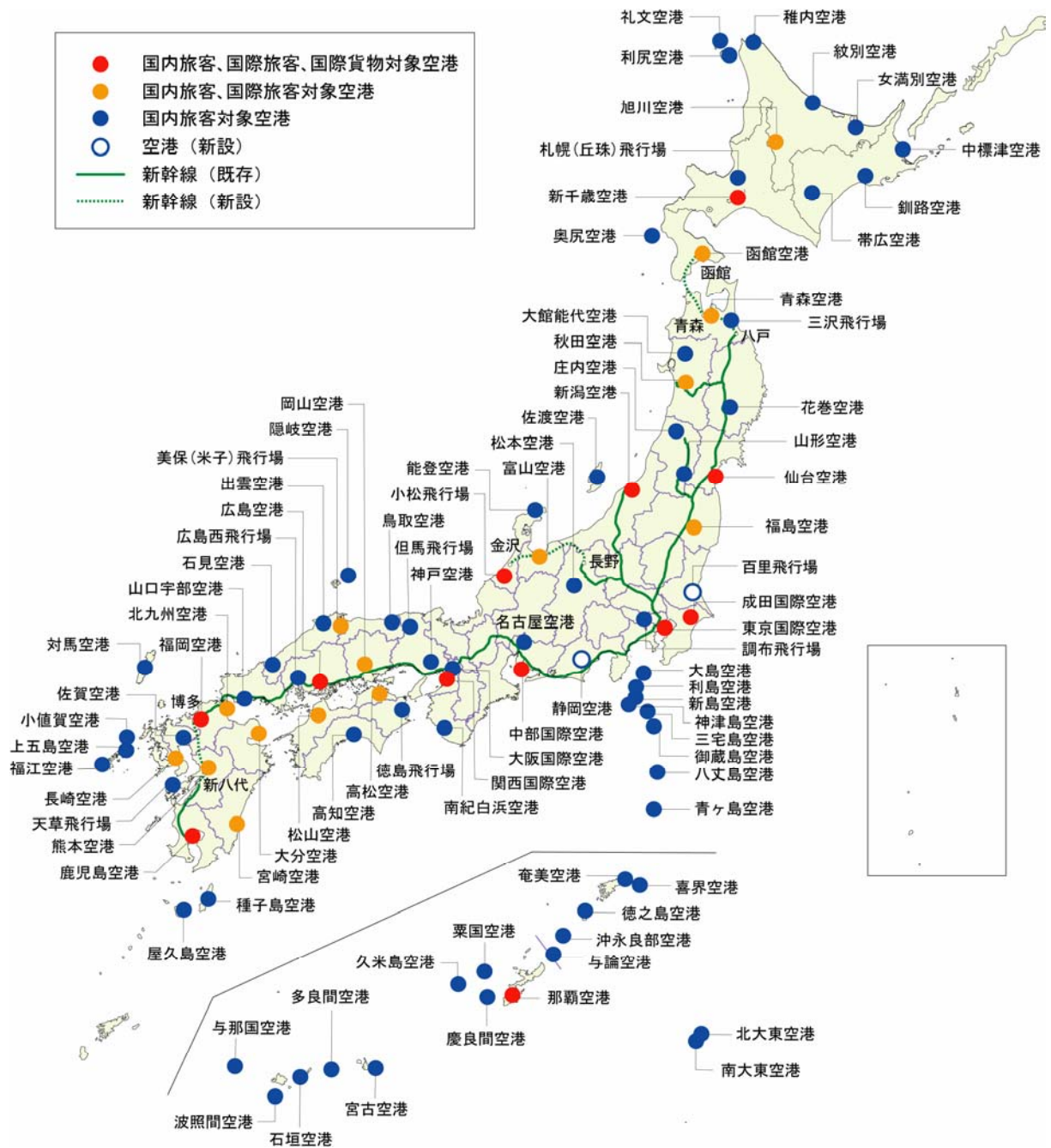


図 1-1 検討対象空港

2. 航空需要予測モデルの体系

(1) 国内航空旅客需要予測モデル

- ・ 四段階推計法に基づく（前回の長期計画（2000年予測時）と基本的に同じ。）
- ・ サブモデルの精度向上とゾーン分割等予測精度を向上。

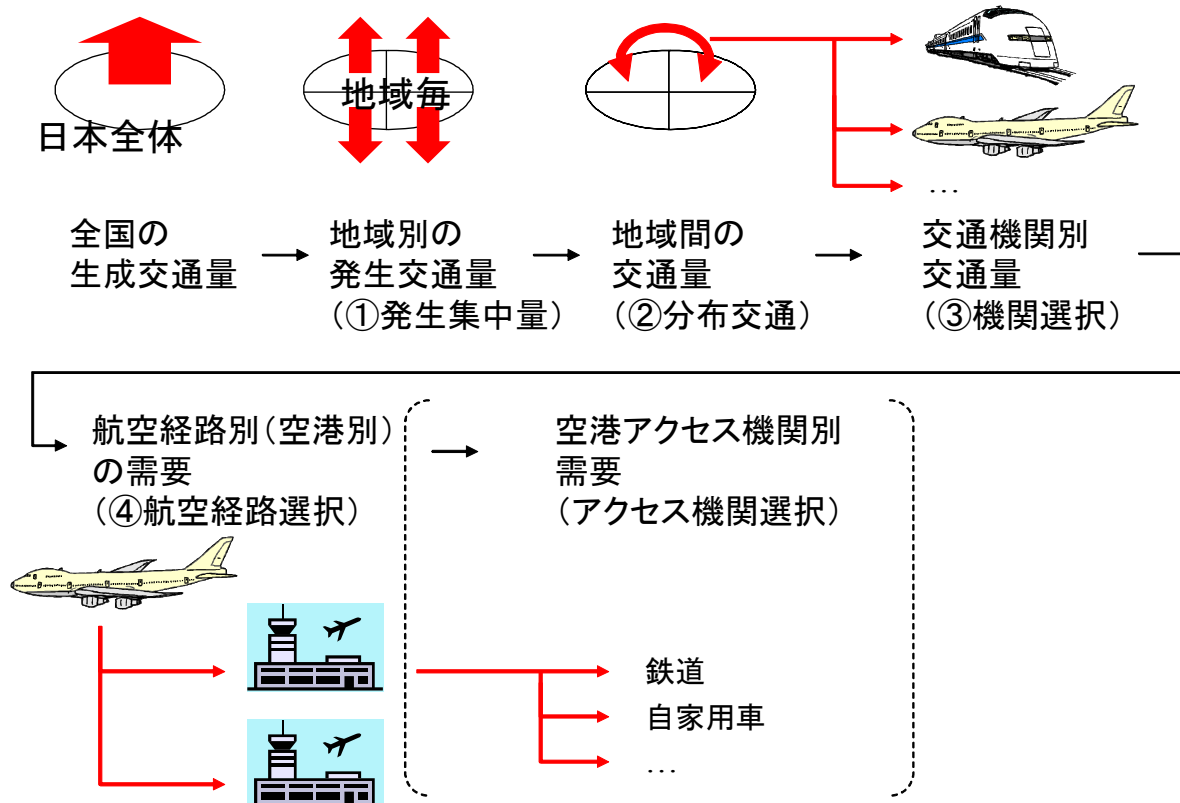
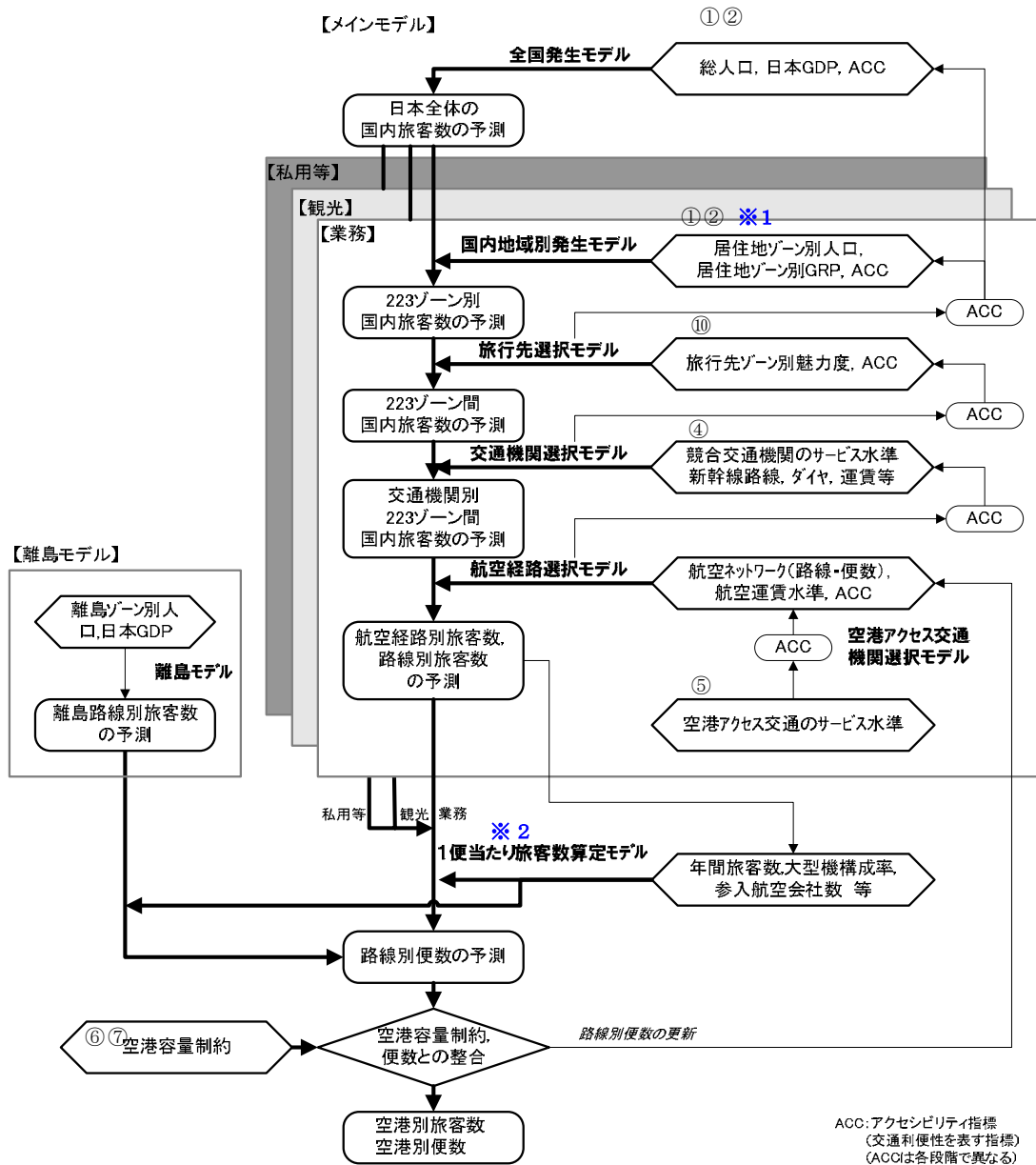


図 2-1 予測の流れ

1) モデルのフロー



○囲みの数字は、「需要予測モデルに求められる要件」の番号に対応している。

図 2-2 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生活圏ゾーン)し、首都圏(羽田・成田)及び関西圏(関西・伊丹・神戸)の空港間競合を表現。
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。

2) 各サブモデル段階でのゾーン区分

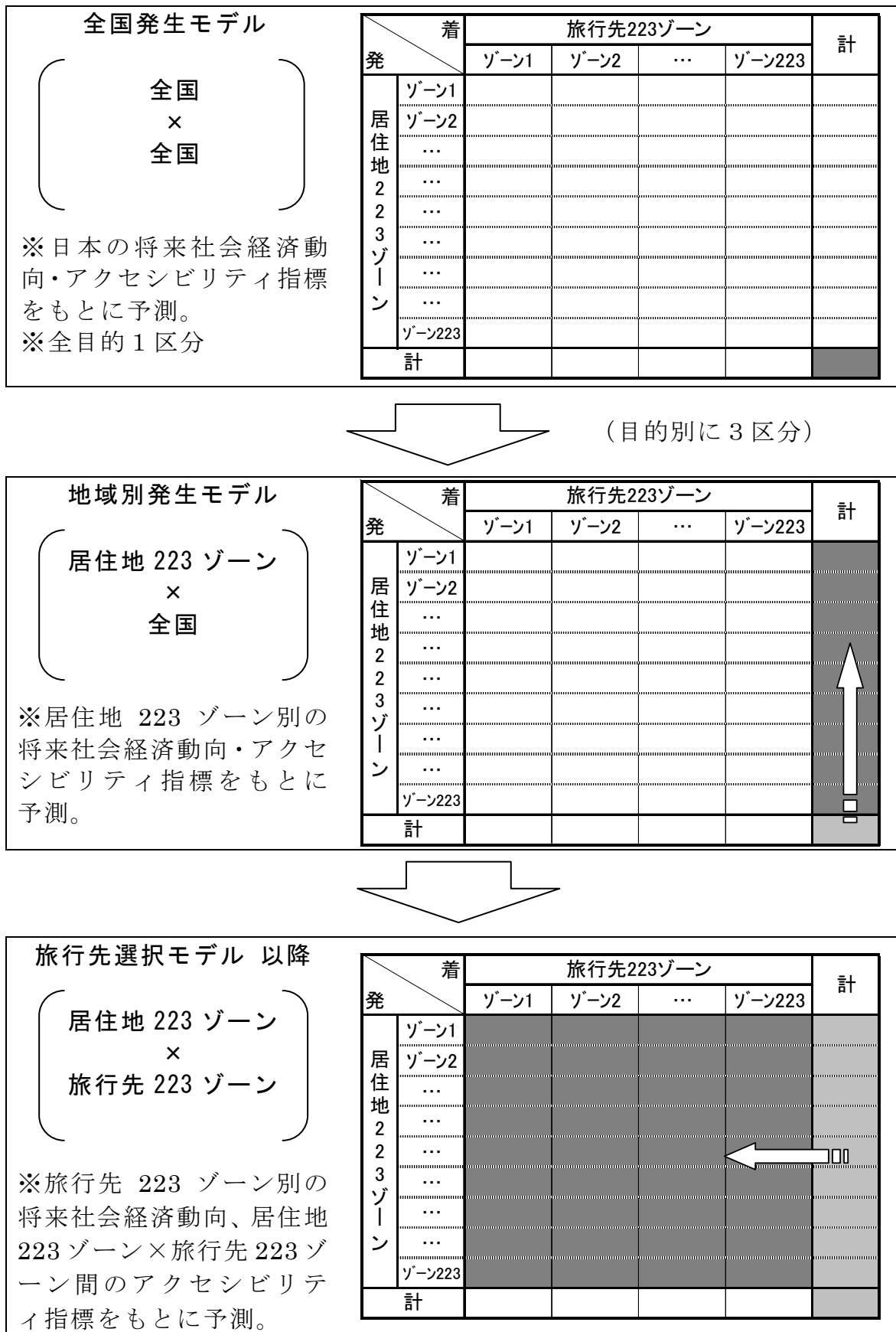


図 2-3 各サブモデル段階でのゾーン区分 (国内旅客)

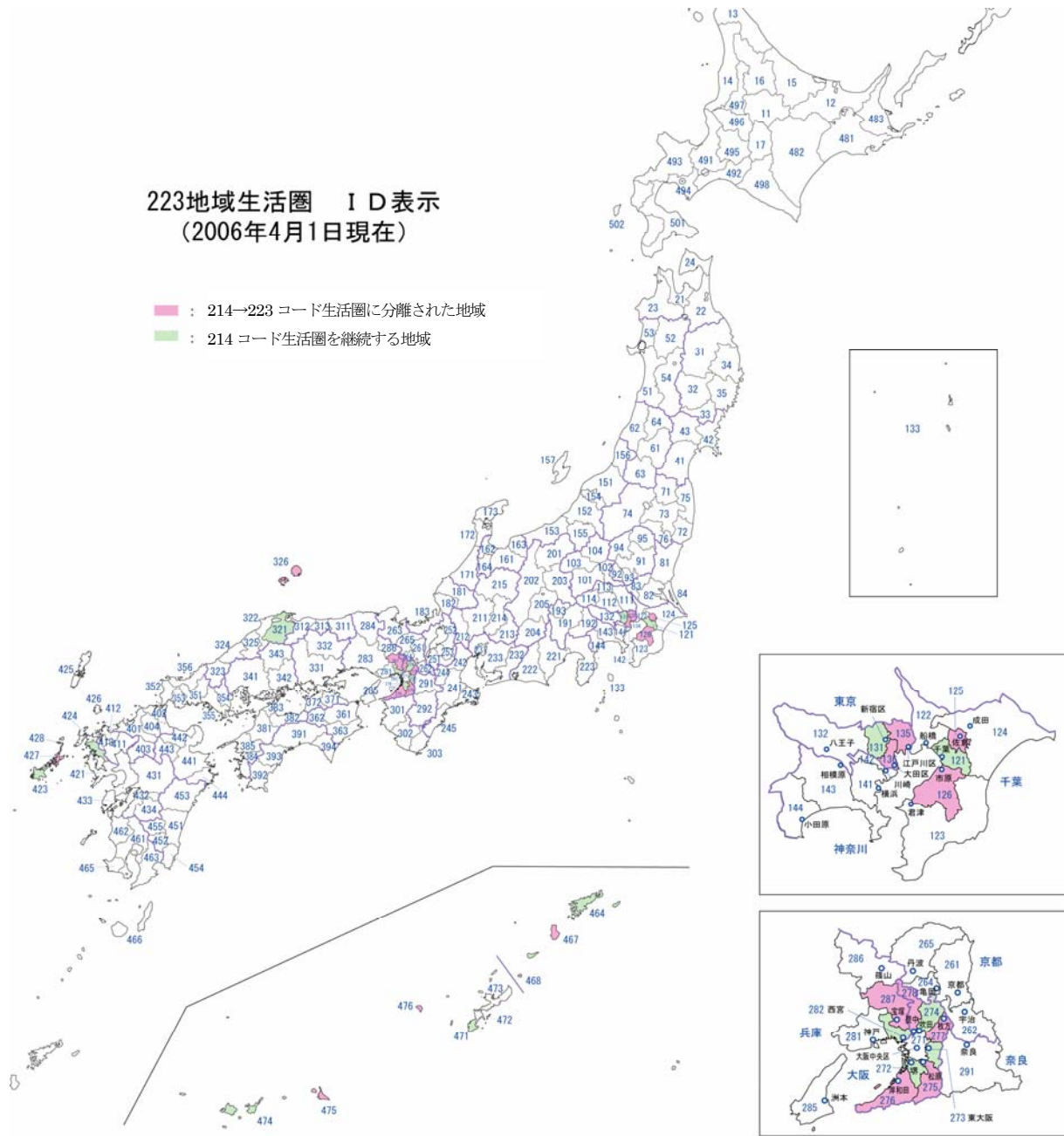


図 2-4 国内 223 ゾーン図 (国内旅客)

(2) 国際航空旅客需要予測モデル

- 四段階推計法に基づく（前回の長期計画（2000年予測時）と基本的に同じ。）
- 日本人観光目的、日本人業務目的、外国人の3区分に分けて推計。
- サブモデルの精度向上とゾーン分割等予測精度を向上。

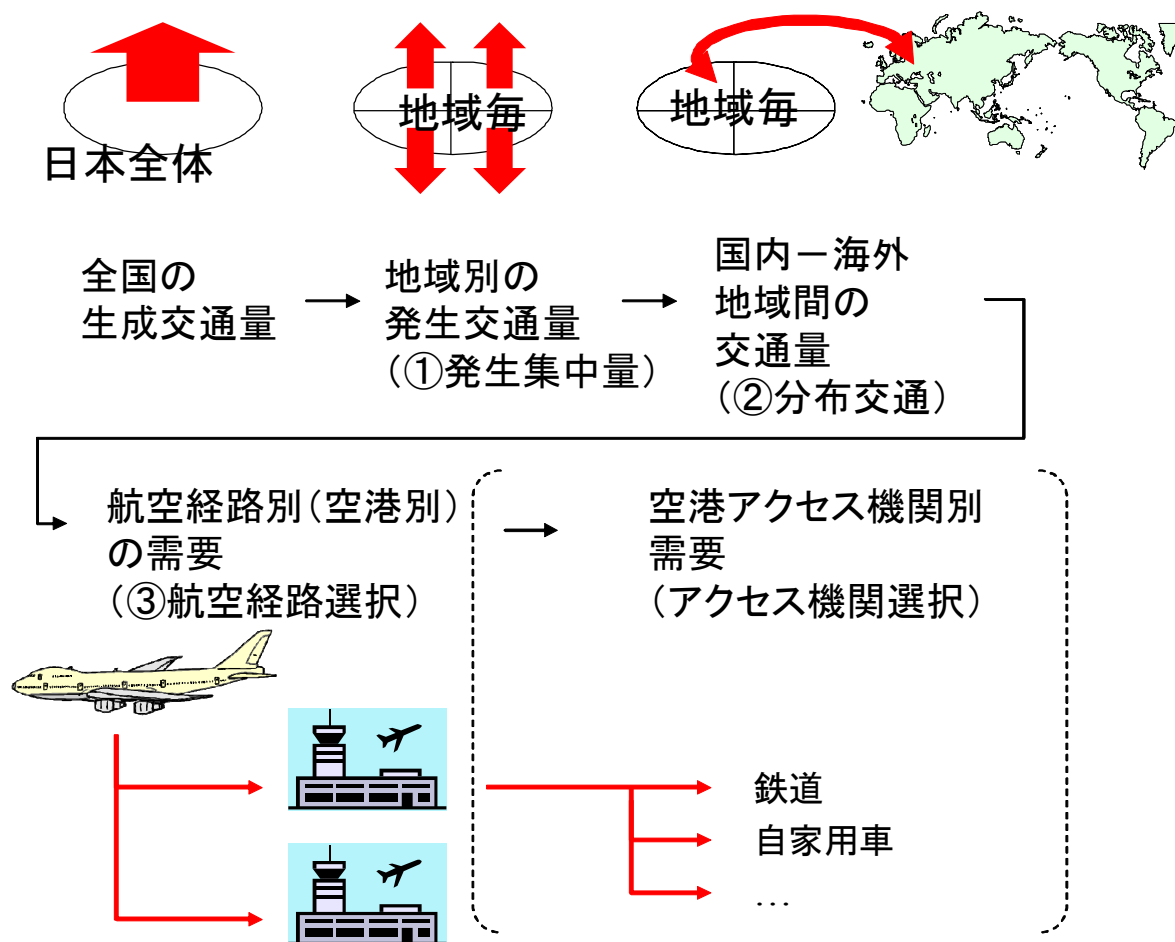
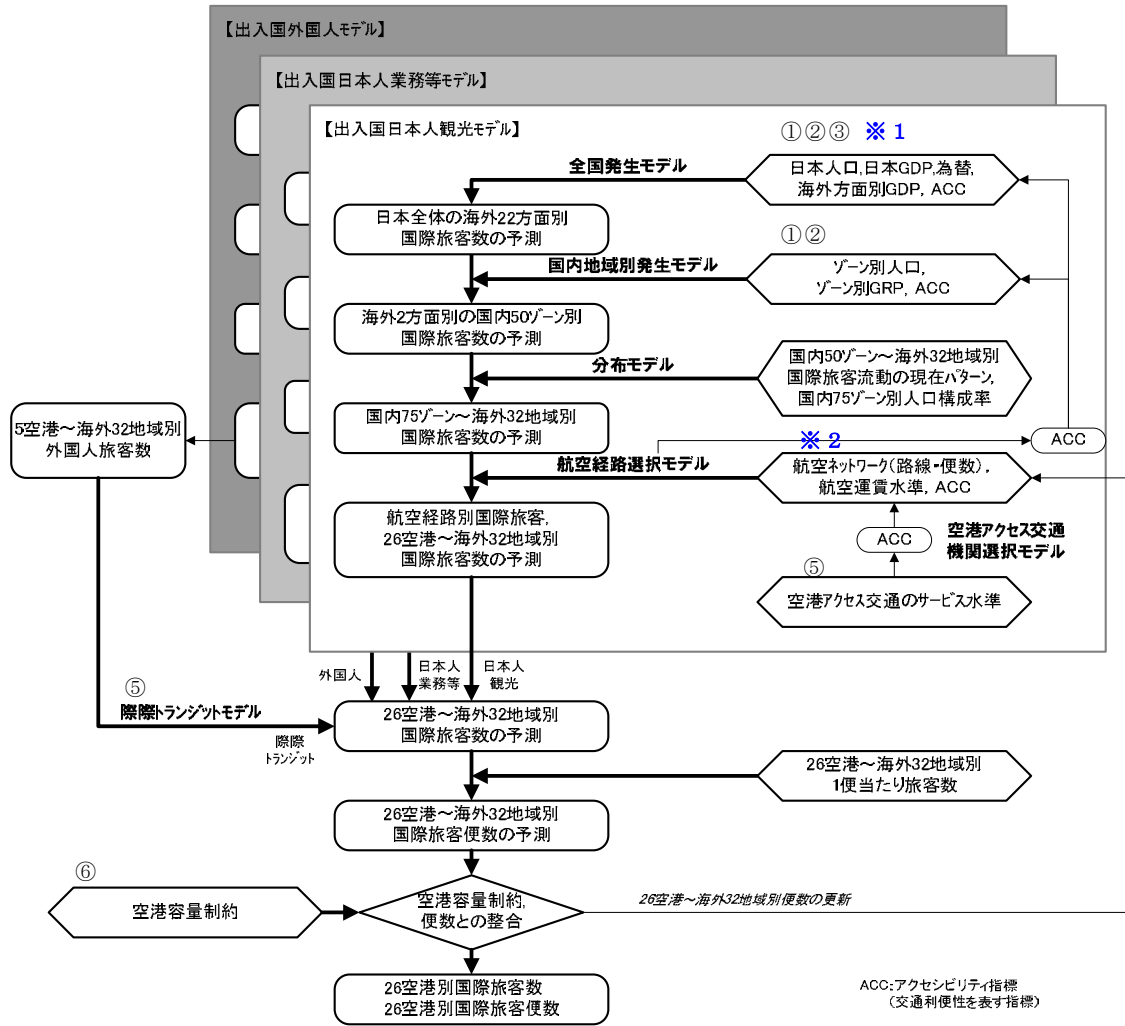


図 2-5 予測の流れ

1) モデルのフロー



○囲みの数字は、「需要予測モデルに求められる要件」の番号に対応している。

図 2-6 モデルのフロー (国際旅客)

【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
海外方面区分の変更 (※1)	【全国発生モデル】アジア域内の方面区分を中国中心に細分化 (2方面→22方面)。
海外ゾーニングの変更 (※2)	【航空経路選択モデル】海外20方面を32地域に細分化し、需要増加が著しい中国内各地域との流動をモデル化。

2) 各サブモデル段階でのゾーン区分

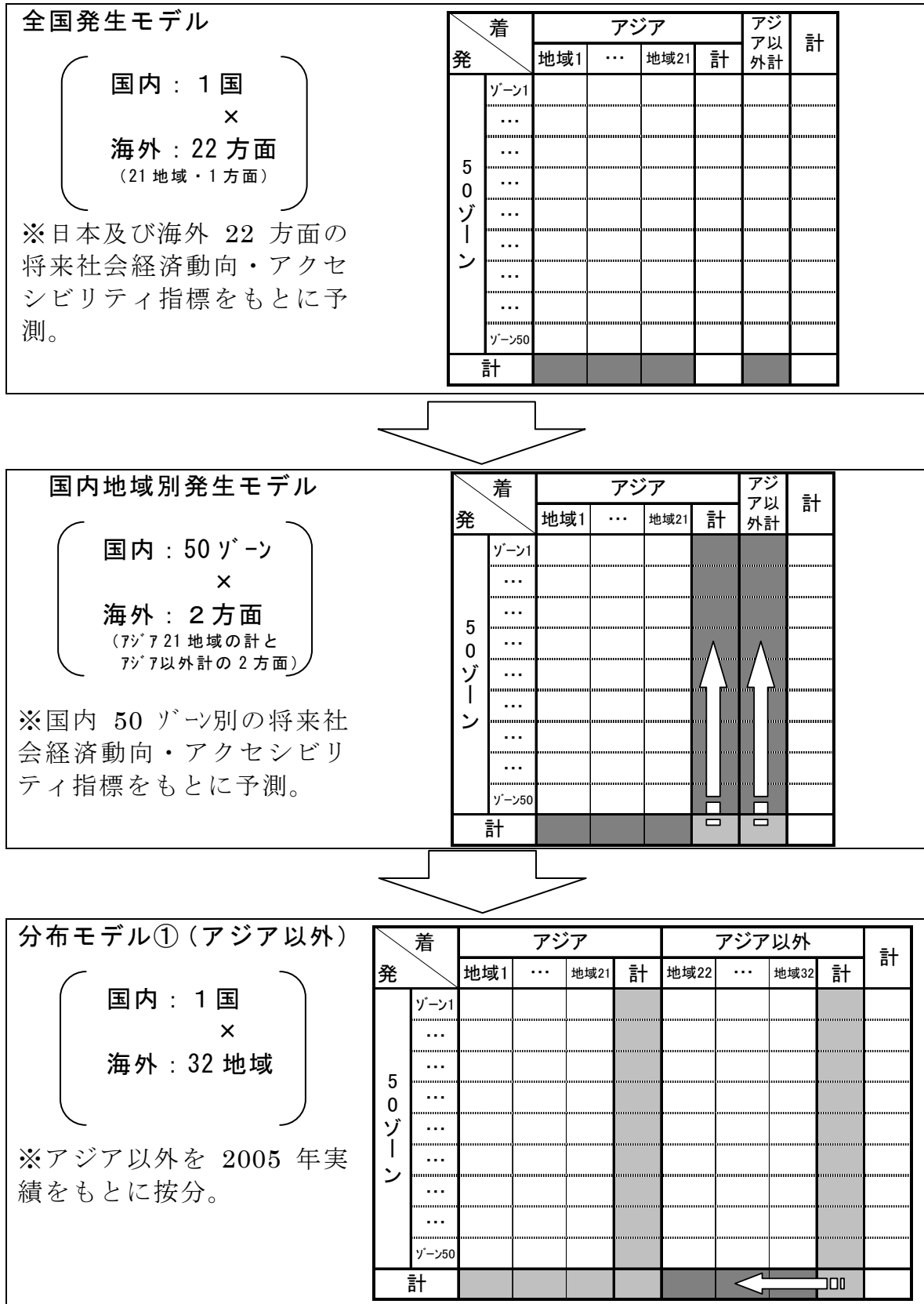
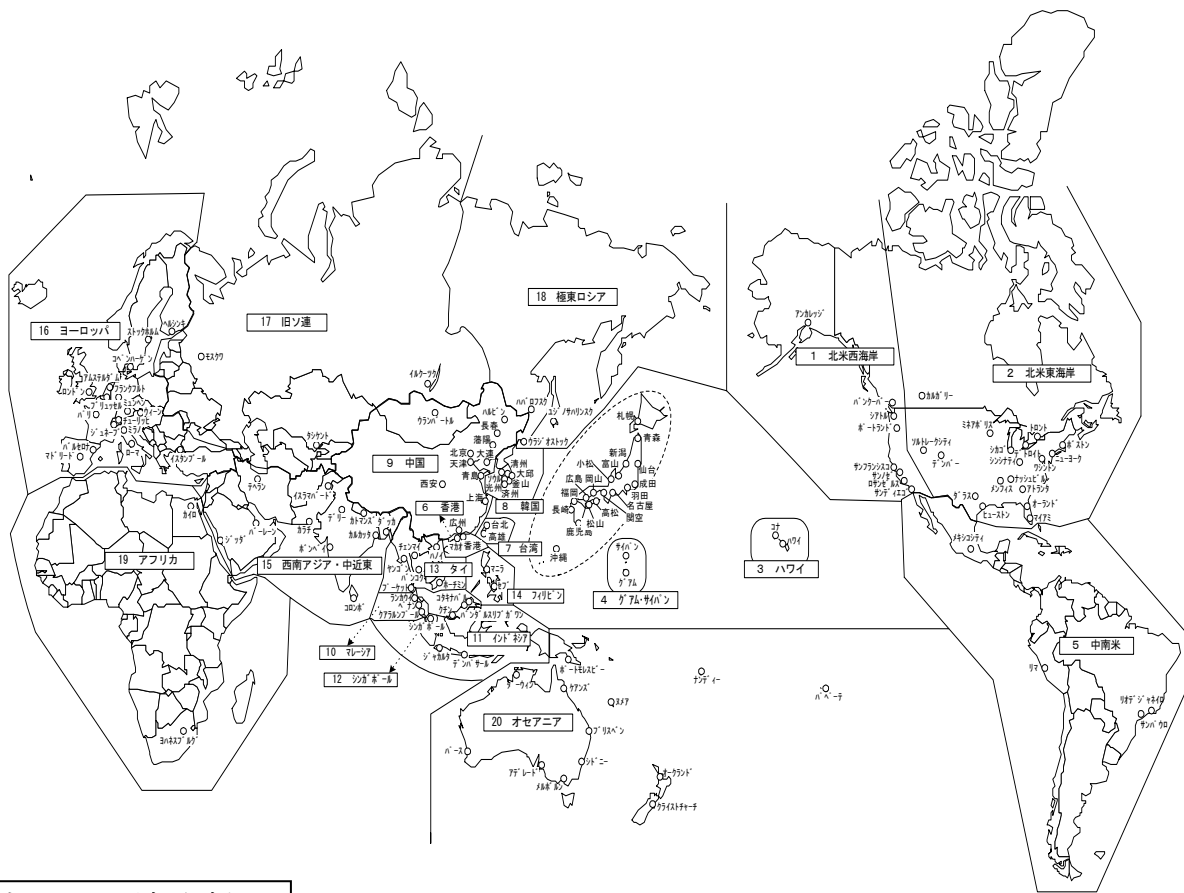


図 2-7 各サブモデル段階でのゾーン区分 (国際旅客) (1/2)



中国の地域分割

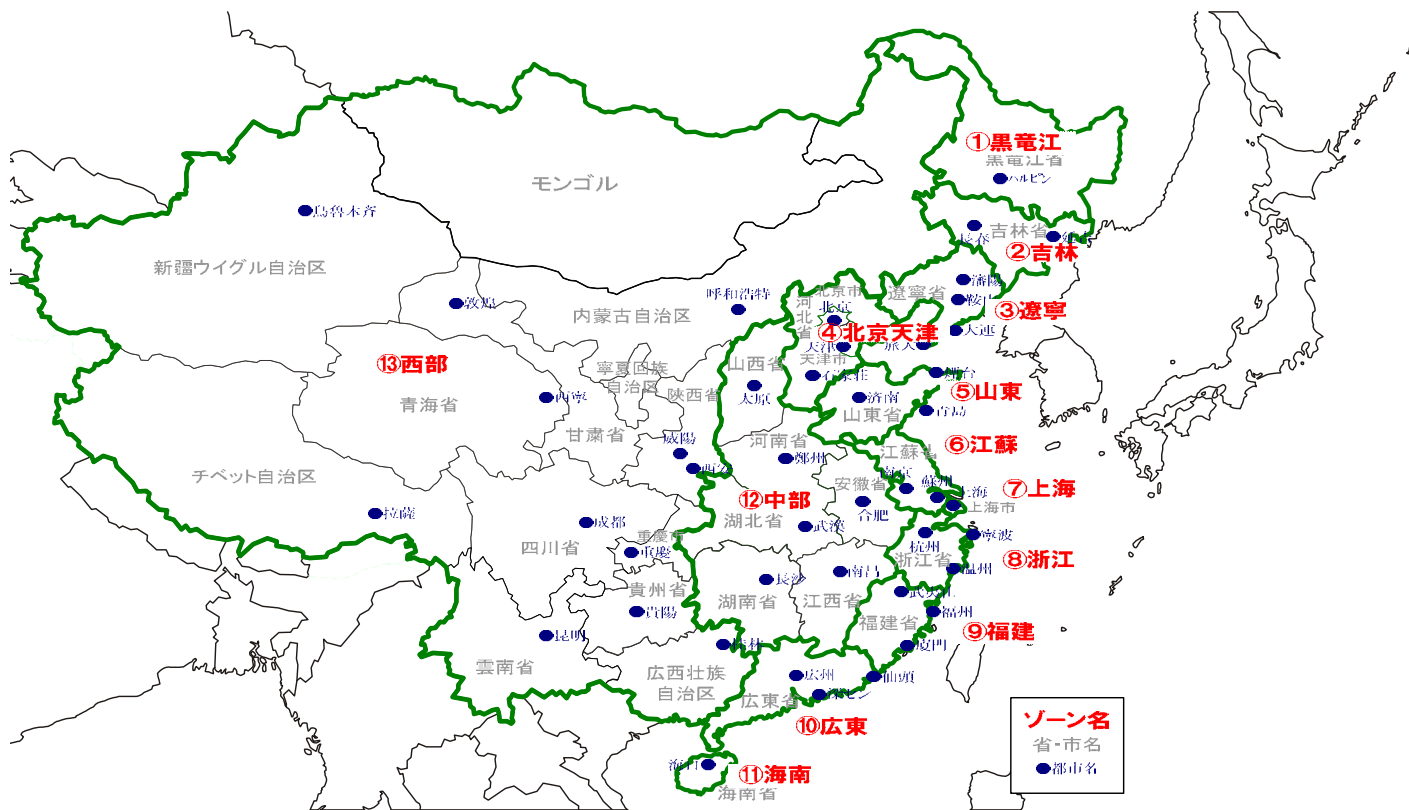


図 2-8 世界の地域分割 (32 地域)

表 2-1 海外方面・地域区分

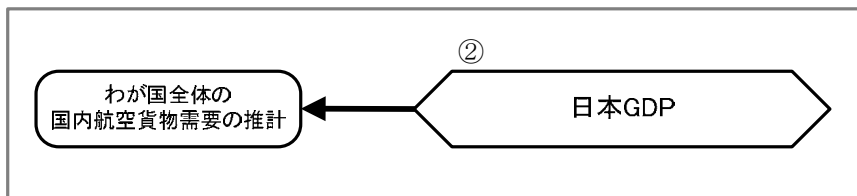
全国発生モデル 22 方面区分			地域別 発生モ デル 2 方面区 分	公表値 の区分	航空経路選択モ デル 32 地域区分	対象国・地域	代表空港	
1	中国	黒龍江	アジア	中国	1	黒龍江	黒龍江省	哈爾濱
2		吉林			2	吉林	吉林省	長春
3		遼寧			3	遼寧	遼寧省	大連
4		北京 天津			4	北京 天津	北京市・天津市・河北省	北京
5		山東			5	山東	山東省	青島
6		江蘇			6	江蘇	江蘇省	南京
7		上海			7	上海	上海市	上海
8		浙江			8	浙江	浙江省	杭州
9		福建			9	福建	福建省	厦門
10		広東			10	広東	広東省	広州
11		海南			11	海南	海南省	海口
12		中部			12	中部	山西省等の6省・	武漢
13		西部			13	西部	重慶市等の1市・6省・5自治区、モン ゴル	成都(重慶 *1)
14	香港		香港	14	香港	香港	香港	
15	台湾		台湾	15	台湾	台湾	台北	
16	韓国		韓国	16	韓国	韓国	仁川(金浦 *2)	
17	マレーシア		ASEAN	17	マレーシア	マレーシア、ブルネイ	クアラルンプール	
18	インドネシア			18	インドネシア	インドネシア	デンパサール	
19	シンガポール			19	シンガポール	シンガポール	シンガポール	
20	タイ			20	タイ等	ベトナム、ラオス、カンボジア、タイ、ミャンマー	バンコク	
21	フィリピン			21	フィリピン	フィリピン	マニラ	
22	アジア以外	アジア 以外	米州 欧州 その他	22	北米西海岸	アメリカ合衆国 50 州のうちアラスカ州、ワシントン州、オレゴン州、カリフォルニア州、カナダ 12 州のうちブリティッシュコロンビア州	ロサンゼルス (サンフランシスコ *3)	
		23		北米東海岸	アメリカ合衆国 50 州のうち北米西海岸 4 州、ハワイ州を除く計 45 州、カナダ 11 州	シカゴ		
		24		ハワイ	ハワイ州	ホノルル		
		25		グアム・サイパン	グアム、サイパン	グアム		
		26		中南米	中南米	サンパウロ		
		27		西南アジア・ 中近東	インド、パキスタン、アフガニスタン、スリランカ、イラン、カタール、バーレーン、サウジアラビア等	ドバイ		
		28		ヨーロッパ	旧ソ連を除くヨーロッパ諸国	パリ		
		29		旧ソ連	極東ロシアを除く旧ソ連	モスクワ (タシュケント*4)		
		30		極東ロシア	バイカル湖付近以東(イルクーツク、ハバロフスク、ウラジオストーク、ユジノサハリンスク)	ウラジオストーク (ユジノサハリンスク*5)		
		31		アフリカ	エジプト等アフリカ諸国	カイロ		
		32	オセアニア	オーストラリア、ニュージーランド、パプアニューギニア、フィジー、タヒチ	ケアンズ			

注) 代表空港は 2005 年 10 月時点に日本から便数が最も多い空港を選定。ただし、当該空港への路線がない場合は別途設定。具体的には、(*1) 中部=重慶、(*2) 羽田=金浦、(*3) 中部=サンフランシスコ、(*4) 関西=タシュケント、(*5) 札幌・函館=ユジノサハリンスク。

(3) 国内航空貨物需要予測モデル

- 最新データを用いてモデルパラメータを推定する。

1) モデルのフロー



○囲みの数字は、「需要予測モデルに求められる要件」の番号に対応している。

図 2-9 モデルのフロー（国内貨物）

(4) 国際航空貨物需要予測モデル

- これまで航空貨物を量から予測していたが、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ため、金額ベースで将来の貿易量を予測し、貨物重量の動向や特性を踏まえて重量換算を行った。

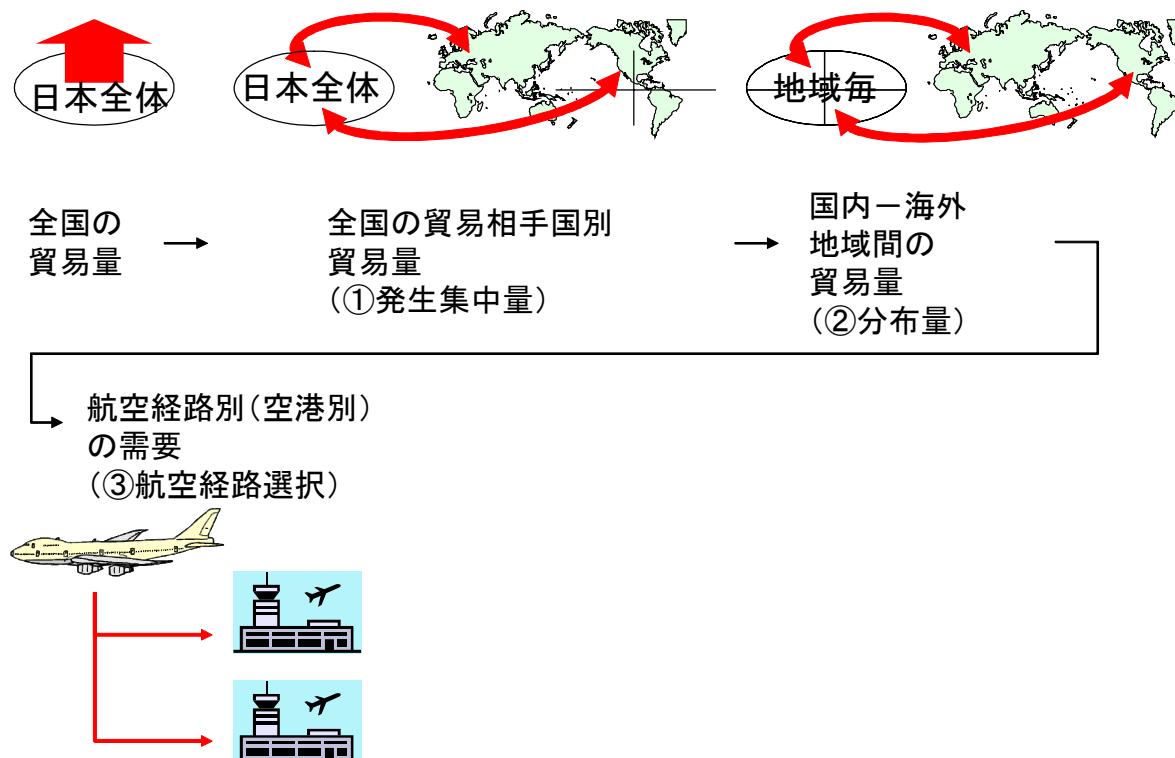
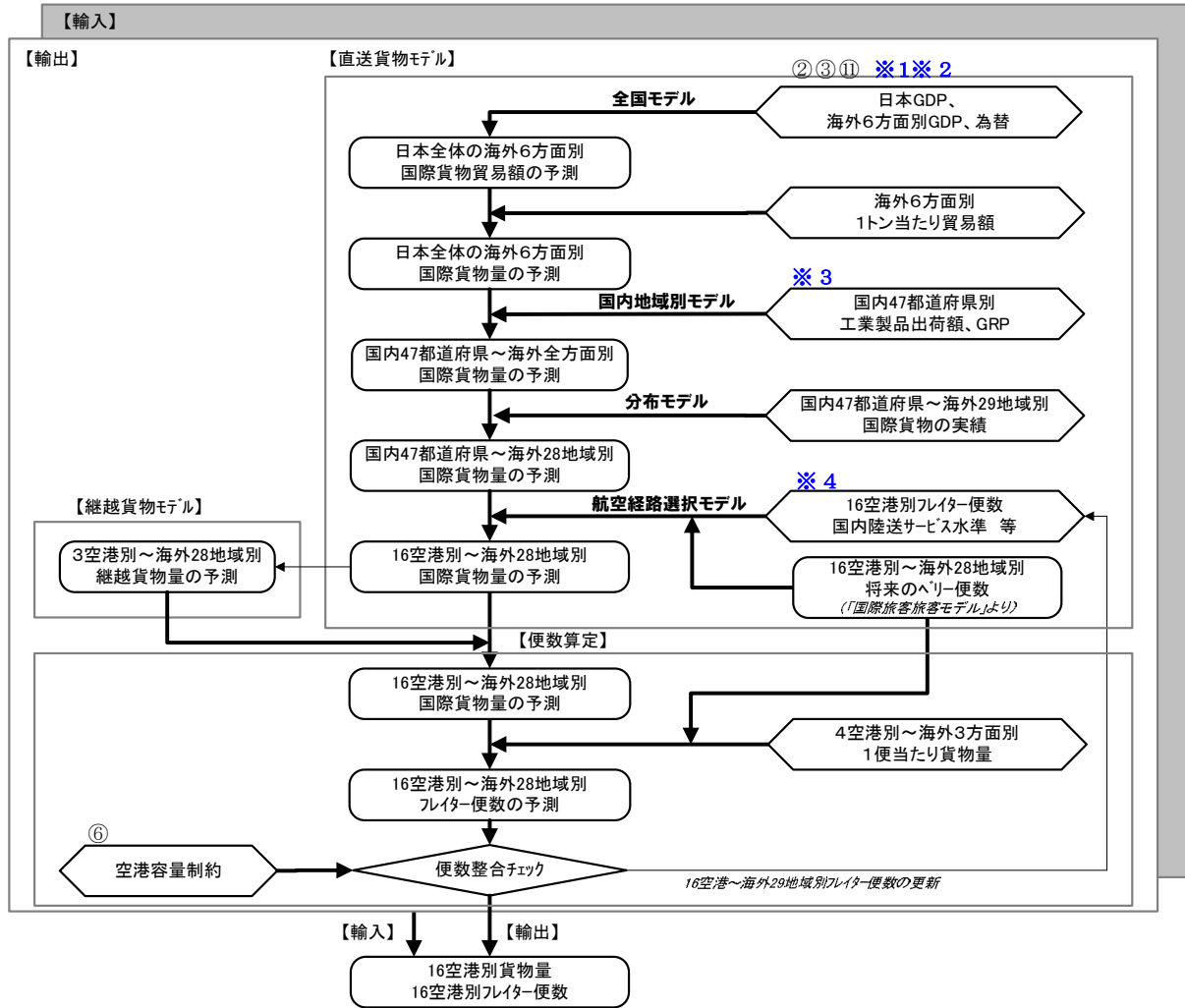


図 2-10 予測の流れ

1) モデルのフロー



※1：囲みの数字は、「需要予測モデルに求められる要件」の番号に対応している。
 ※2：便数換算の際はベリー便に貨物を積載し、積み残し分をフレーター便に積載する。

図 2-11 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。
将来の都道府県別発生量シェアの変更(※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、便数を直換説明変数とするモデルに変更。

2) 各サブモデル段階でのゾーン区分

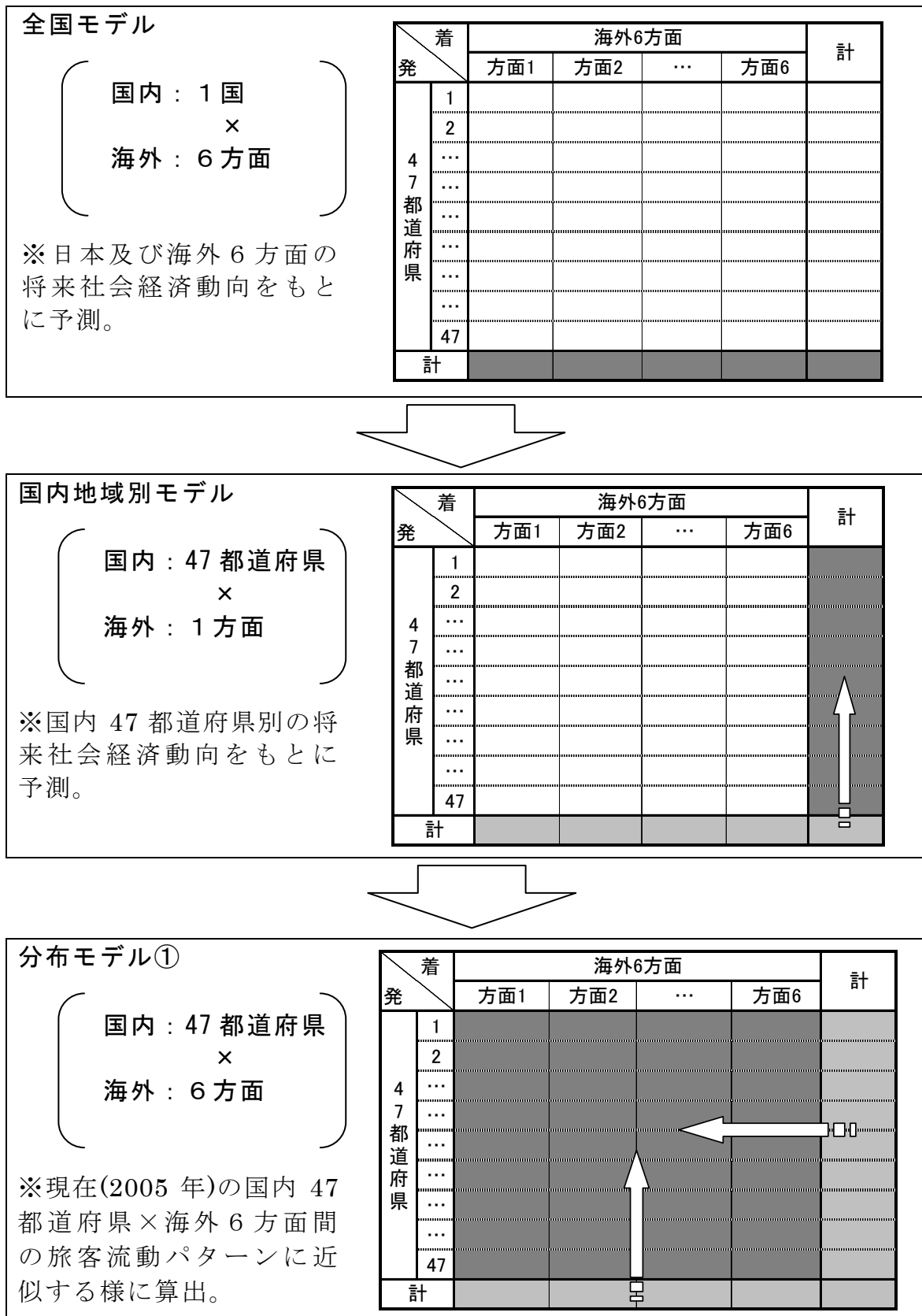


図 2-12 各サブモデル段階でのゾーン区分 (国際貨物) (1/2)

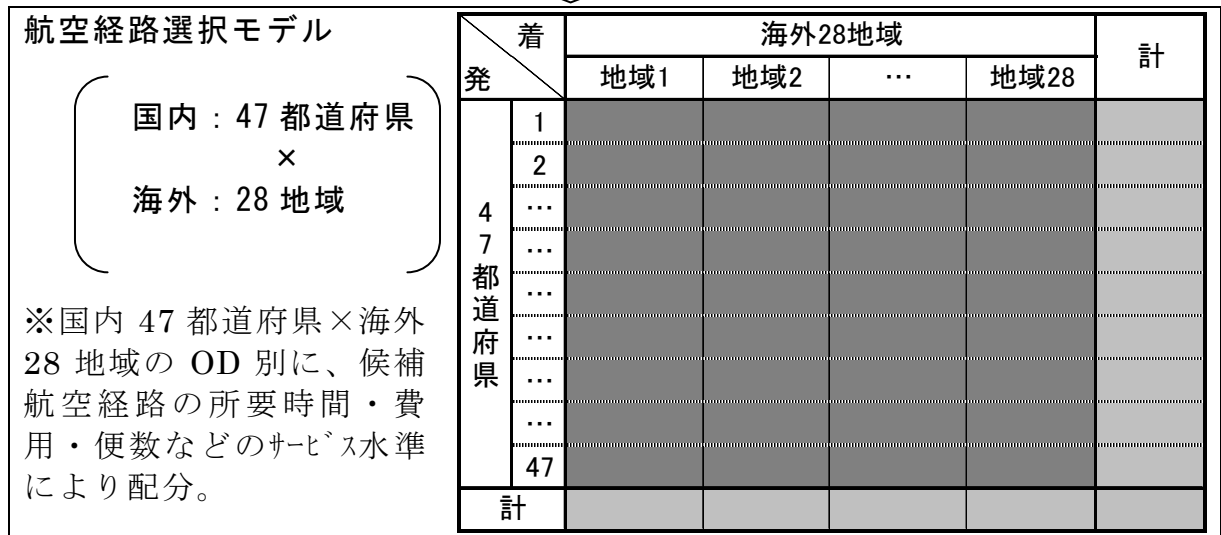
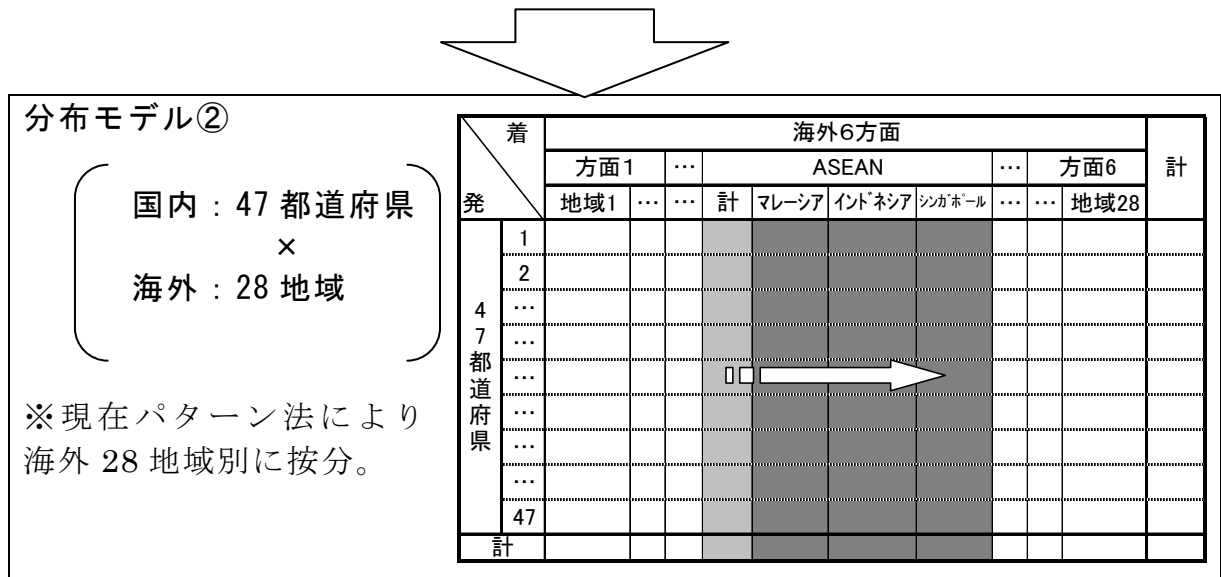
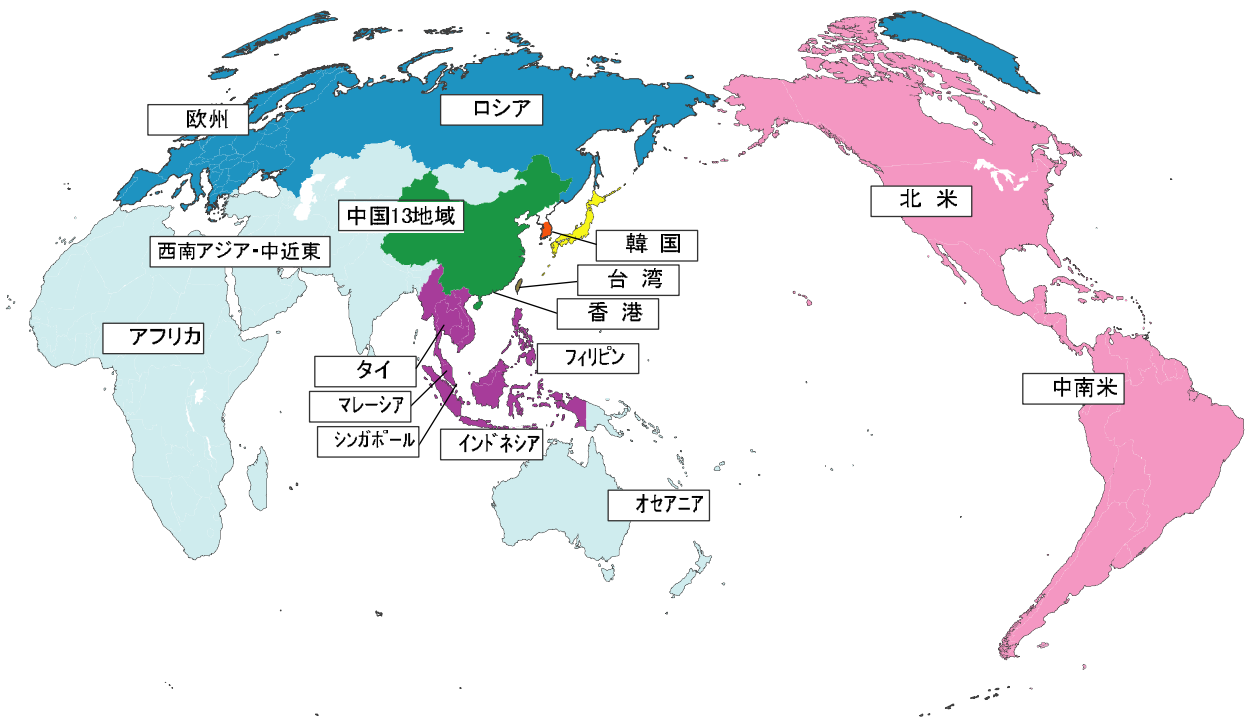


図 2-1 2 各サブモデル段階でのゾーン区分（国際貨物）（2/2）



中国の地域分割

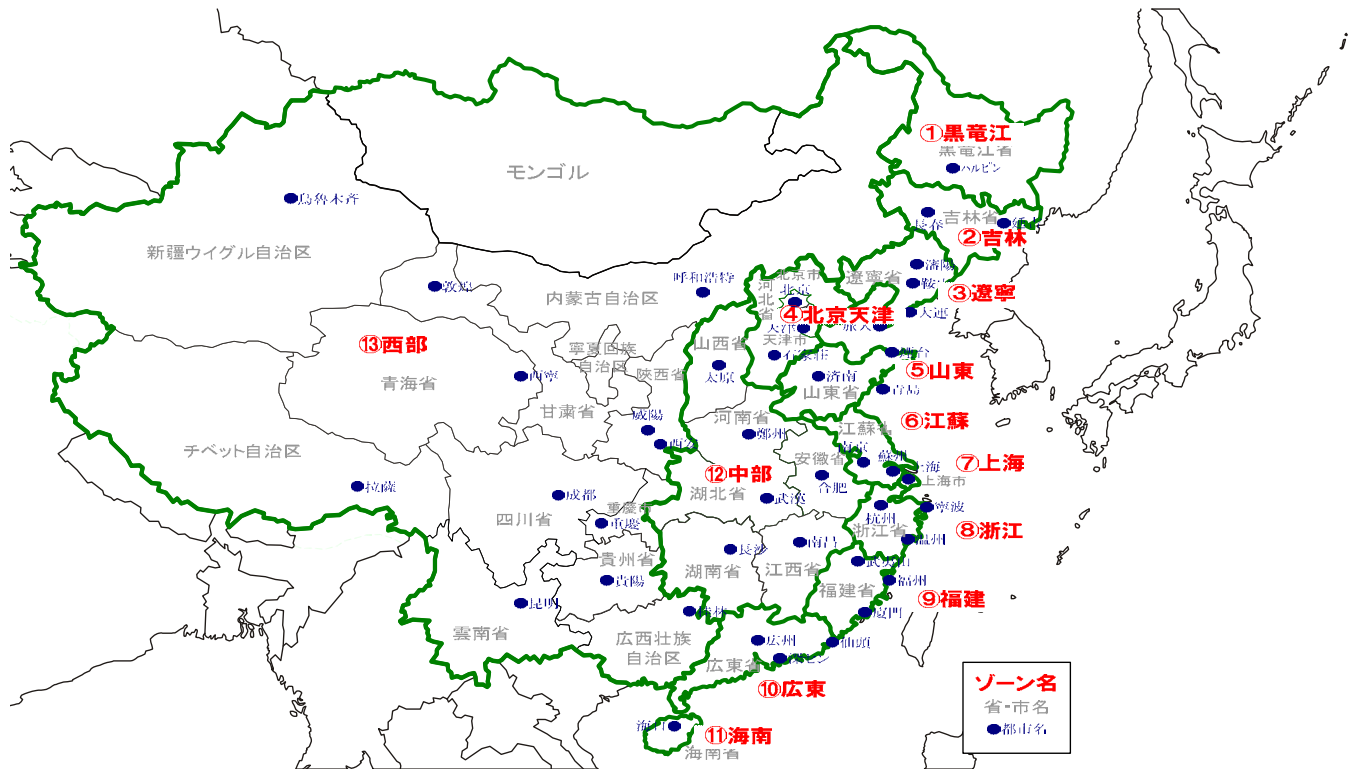


図 2-13 世界の地域分割 (28 地域)

表 2-2 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. 将来予測

(1) 予測ケースの設定

表 3-1 予測ケースの設定

予測ケース	基本ケース	
	羽田	成田
国内旅客	37.7万回	2万回
国際旅客※1	24.5万回	
国際貨物※1		

※1: 羽田と成田を一括し、成田に集約して予測

※2: 便数上限に到達後、ロードファクター上昇、機材大型化を可能とする

(2) 社会経済フレーム等の設定

1) 共通事項

表 3-2 将来予測にかかる社会経済フレーム等の設定 (共通事項)

項目	2005年モデル
予測年次	2012・2017年度 (参考値 2022・2027年度)
日本 GDP 成長率 ※1	基本ケース: 政府見通し等より 1.7%(2006~2012)、2%程度(2013~2020)、1%台半ば(2021~2027) 上位・下位ケース: 基本ケースから年平均成長率±0.3%
都道府県別 GRP※ 2	実質経済成長率の推計を基に算出した全国の実質国内総生産をコントロールトータルとして、人口変化率により人口増減に伴う経済規模の増減を反映させた方法で推計。
人口※2	全国値は国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口」(平成18年12月推計)の中位推計値。 都道府県別値は国土計画局推計値。
道路ネットワーク ※2	既設 2005年度時点での高速道路ネットワーク 新設 高規格幹線道路が段階的に整備・供用開始
LOS(時間・運賃) ※2	・2005年10月現在のLOS(時間・運賃)を設定。 ・新設空港は2006年10月時点を反映。 ・整備新幹線は整備計画や既存の路線を参考に設定。

※1: GDPの上位・下位ケースの設定値は、平成14年1月及び平成17年1月の「構造改革と経済財政の中期展望」における中期予測(2006~2010年の5年間)の差の単純平均(0.3%)より設定している。

※2: 都道府県別GRP、人口、道路ネットワーク、及びLOS(時間・運賃)については、国内航空貨物以外(国内航空旅客、国際航空旅客、国際航空貨物)の共通事項。

※3: 緑網掛部分は今後変更する可能性あり。

(1) 日本GDP成長率: 2007年2月に国土計画局推計値に差替予定。

(2) 人口: 都道府県別値については、2007年3月に国立社会保障・人口問題研究所都道府県別推計値に差替予定。

(3) 道路ネットワーク(新設): 高規格幹線道路は2012、2017に整備予定に応じ供用。

2) 国内航空旅客

表 3-3 将来予測にかかる社会経済フレーム等の設定（国内旅客）

項目		2005年モデル ^{※1}
ゾーン		全国 223 ゾーン(2000年モデルに比べ、東京+2、千葉+2、大阪+4、兵庫+1)
国内航空ネットワーク	既設路線	2006年10月現在の路線を設定
	新設路線	静岡・百里が2012年度当初までには供用と設定。路線設定は計画に基づく。 成田・関西空港における路線成立の可能性を検討。
鉄道ネットワーク	既設路線	2005年10月現在の路線を設定
	整備新幹線	・八戸～新青森，博多～新八代間が2012年度当初までには供用と設定。 ・新青森～新函館，長野～金沢間が2017年度当初までには供用と設定。
	空港アクセス鉄道	成田新高速鉄道・仙台空港アクセス鉄道が2012年度当初までには供用と設定
容量制約	羽田	37.7万回/年
	成田	2万回/年
	伊丹 ^{※2}	ジェット200回/日、プロペラ170回/日
	神戸	2.0万回/年
	その他	容量制約なし

※1：現段階では2000年モデルを使用。2005年全国幹線旅客純流動調査が公表された段階で2005年モデルを構築・差替予定。

※2：機材の最大利用者数はジェット330人(B777を想定)、プロペラ60人(DH4を想定)を想定。

※3：首都圏については参考として制約無しケースを計算。

※4：緑網掛部分は今後変更する可能性あり。

(1)日本GDP成長率：2007年2月に国土計画局推計値に差替予定。

(2)人口：都道府県別値については、2007年3月に国立社会保障・人口問題研究所都道府県別推計値に差替予定。

(3)道路ネットワーク(新設)：高規格幹線道路は2012、2017に整備予定に応じ供用。

3) 国際航空旅客

表 3-4 将来予測にかかる社会経済フレーム等の設定 (国際旅客)

項目		2005年モデル
ゾーン		国内 75 ゾーン(日本人)・50 ゾーン(外国人) 海外 32 ゾーン
海外 GDP 成長率		アジア/アジア以外 2006:11.0%/3.4%、2007:7.4%/3.8%、2008:6.7%/2.5%、 2009~2027:4.1%/2.1% 2006~2007:「WORLD ECONOMIC OUTLOOK Database, September 2006」(2006年9月, IMF) 2008:「Global Economic Prospect 2007(世界経済の展望 2007)」(2006年12月, 世界銀行) 2009~2027:「Global Economic Prospect 2007」又は「世界経済の潮流 2004年秋」(2004年11月, 内閣府政策統括官室)
為替レート		IMF 短期見通しで一定:「WORLD ECONOMIC OUTLOOK Database, September 2006」(2006年9月, IMF)の2007年値 [ドル]116円/ドル [ユーロ]127円/ドル
国際航空ネットワーク	既設路線	2006年10月現在の路線を設定
	新設路線	成田・関西・中部空港における路線成立の可能性を検討。 静岡空港における韓国路線を設定。
国内航空ネットワーク	既設空港	2006年10月現在の路線を設定
	新設空港	静岡・百里が2012年度当初までには供用と設定。路線設定は計画に基づく。
鉄道ネットワーク	既設路線	2005年10月現在の路線を設定
	整備新幹線	・八戸~新青森, 博多~新八代間が2012年度当初までには供用と設定。 ・新青森~新函館, 長野~金沢間が2017年度当初までには供用と設定。
	空港アクセス鉄道	成田新高速鉄道・仙台空港アクセス鉄道が2012年度当初までには供用と設定
容量制約	成田	24.5万回/年 ^{※1}
	羽田	
	その他	容量制約なし

※1:羽田と成田を一括し、成田に集約して予測(旅客便+貨物便)

※2:首都圏については参考として制約無しケースを計算。

※3:緑網掛部分は今後変更する可能性あり。(日本GDP、人口、道路ネットワーク、容量制約については2)国内航空旅客と同様)

4) 国内航空貨物

表 3-5 将来予測にかかる社会経済フレーム等の設定 (国内貨物)

項目	2005年モデル
ゾーン	全国1ゾーン

5) 国際航空貨物

表 3-6 将来予測にかかる社会経済フレーム等の設定 (国際貨物)

項目	2005年モデル	
ゾーン	国内 47 ゾーン, 海外 17 ゾーン	
工業製品出荷額	経済産業省が提唱する「新産業創造戦略」(平成 16 年 5 月)が実現すると想定し、国内都道府県別業種別工業製品出荷額に新産業創造戦略の業種別成長率を乗じて、推計。	
海外 GDP 成長率	アジア/アジア以外 2006:11.0%/3.4%、2007:7.4%/3.8%、2008:6.7%/2.5%、 2009~2027:4.1%/2.1% 2006~2007:「WORLD ECONOMIC OUTLOOK Database, September 2006」(2006年9月, IMF) 2008:「Global Economic Prospect 2007(世界経済の展望 2007)」(2006年12月, 世界銀行) 2009~2027:「Global Economic Prospect 2007」又は「世界経済の潮流 2004 年秋」(2004年11月, 内閣府政策統括官室)	
為替レート	IMF 短期見通しで一定:「WORLD ECONOMIC OUTLOOK Database, September 2006」(2006年9月, IMF)の2007年値	
国際航空ネットワーク	既設路線 2006年10月現在の路線を設定	
容量制約	成田	24.5万回/年 ^{※1}
	羽田	
	その他	容量制約なし

※1:羽田と成田を一括し、成田に集約して予測(旅客便+貨物便)

※2:緑網掛部分は今後変更する可能性あり。(日本GDP、人口、容量制約については3)国際航空旅客と同様)

4. 国内航空旅客需要予測のモデル式

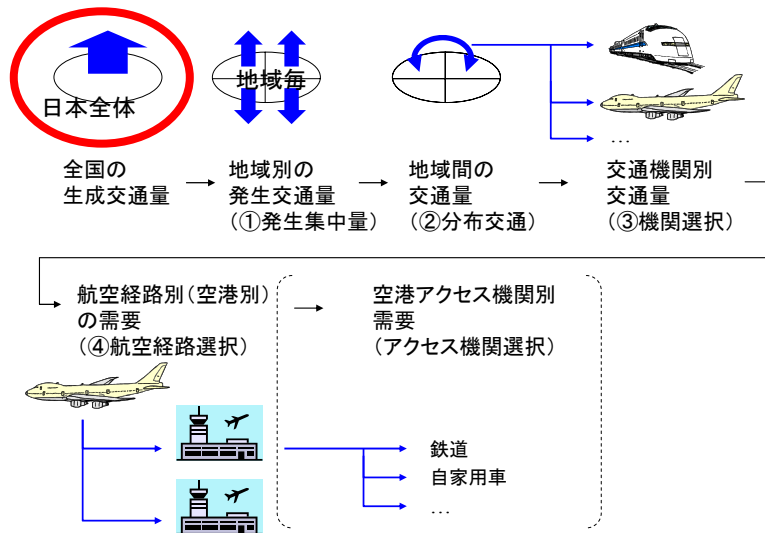
(1) 全国発生モデル (旧生成モデル)

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。

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

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

- 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*
- $Logsum_{s_t}$: 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3.4.3)
- α_s 、 β_{sk} 、 γ_s : パラメータ



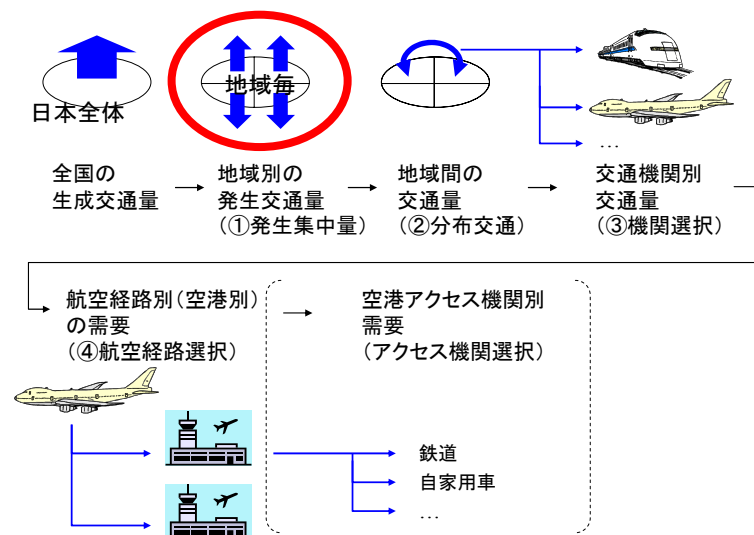
(2) 地域別発生モデル (旧発生モデル)

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。

$$Q_i = POP_i \cdot \exp(\alpha_g) \cdot \left\{ \left(\prod_k X_{ik}^{\beta_{gk}} \right) \cdot \text{Logsum}_{g_i}^{\gamma_g} \right\} \quad (3.3.1)$$

$$\text{Logsum}_{g_i} = \ln \left\{ \sum_{j \in c_{d_i}} \exp(V_{d_{ij}}) \right\} \quad (3.3.2)$$

- 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_{gk} 、 γ_g : パラメータ



(3) 旅行先選択モデル

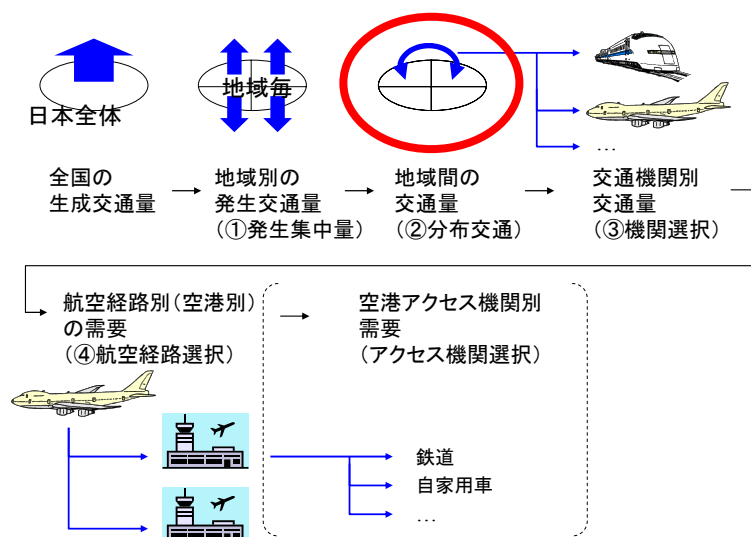
モデル式は、式 3.4.1～3.4.3 のとおりとした。アクセシビリティ指標は、交通機関選択モデルから計算されるログサム変数である。

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

$$V_{_dij} = \sum_k \beta_{_dk} \cdot X_{jk} + \gamma_{_d} \cdot \text{Logsum}_{_dij} \quad (3.4.2)$$

$$\text{Logsum}_{_dij} = \ln \left\{ \sum_{m \in c_{_2ij}} \exp(V_{_m2ijm}) \right\} \quad (3.4.3)$$

- $P_{_dij}$: 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
- $\text{Logsum}_{_dij}$: 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。
- $V_{_m2ijm}$: 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
- $\beta_{_dk}$ 、 $\gamma_{_d}$: パラメータ



(4) 交通機関選択モデル

モデル式は、下式のとおりとした。

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
 β_m1_{mk} 、 γ_m1 : パラメータ

[レベル2]

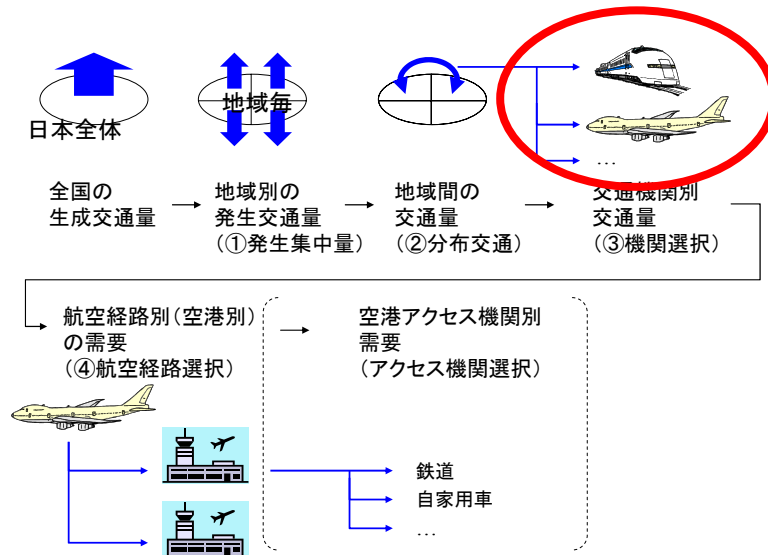
$$P_m2_{ijm} = \frac{\exp(V_m2_{ijm})}{\sum_{m \in c_m2_{ij}} \exp(V_m2_{ijm})} \quad (3.5.4)$$

$$V_m2_{ijm} = \sum_k \beta_m2_{mk} \cdot X_{ijmk} + \gamma_m2 \cdot \text{Logsum_}m2_{ijm} \quad (3.5.5)$$

$$\text{Logsum_}m2_{ijm(m=\text{公共交通機関})} = \ln \left\{ \sum_{m' \in c_m1_{ij}} \exp(V_m1_{ijm'}) \right\} \quad (3.5.6)$$

- 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_{ijm} : 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

- c_{m2ij} : 関 m を選択するときの効用
 : 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_{m2ijm} : 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。
 $V_{m1ijm'}$: 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_{m1ij} : 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
 β_{m2mk} 、 γ_{m2} : パラメータ



(5) 航空経路選択モデル

モデル式は、下式のとおりとした。

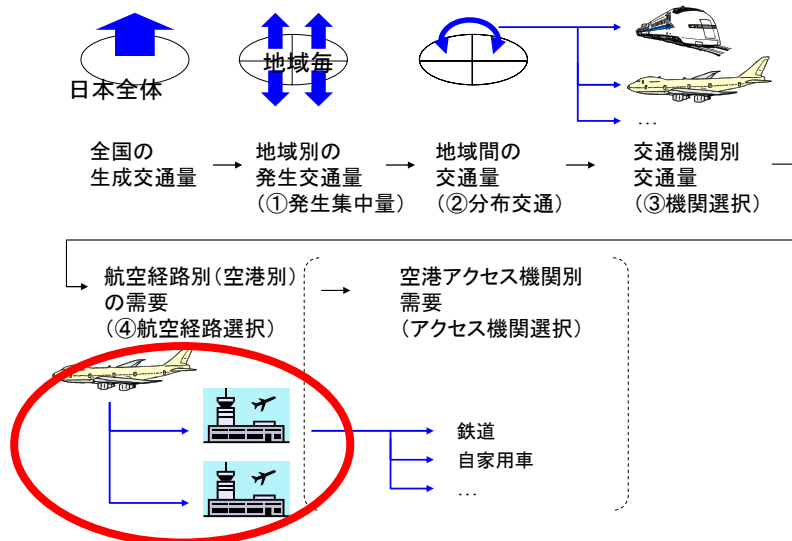
アクセシビリティ指標は、空港アクセス交通機関選択モデルから計算される、居住地側ログサム変数と旅行先側のログサム変数の和としている。

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

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

- $P_{-r_{ijr}}$: 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_{ijkkr} : 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
- $\text{Logsum}_{-r_{inr}}^{resd}、\text{Logsum}_{-r_{jnr}}^{dest}$: 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。

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



(6) 空港アクセス交通機関選択モデル

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]

$$P_{_ac1_{inn}} = \frac{\exp(V_{_ac1_{inn}})}{\sum_{m \in c_{_ac1_{in}}} \exp(V_{_ac1_{inn}})} \quad (3.7.1)$$

$$V_{_ac1_{inn}} = \sum_k \beta_{_ac1_{mk}} \cdot X_{innk} \quad (3.7.2)$$

$P_{_ac1_{inn}}$: 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

$V_{_ac1_{inn}}$: 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

X_{innk} : 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]

$$P_{_ac2_{inn}} = \frac{\exp(V_{_ac2_{inn}})}{\sum_{m \in c_{_ac2_{in}}} \exp(V_{_ac2_{inn}})} \quad (3.7.3)$$

$$V_{_ac2_{inn}} = \sum_k \beta_{_ac2_{mk}} \cdot X_{innk} + \gamma_{_ac2} \cdot \text{Logsum}_{_ac2_{inn}} \quad (3.7.4)$$

$$\text{Logsum}_{_ac2_{inn(m=\text{公共交通機関})}} = \ln \left\{ \sum_{m' \in c_{_ac1_{in}}} \exp(V_{_ac1_{innm'}}) \right\} \quad (3.7.5)$$

$P_{_ac2_{inn}}$: 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

$V_{_ac2_{inn}}$: 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

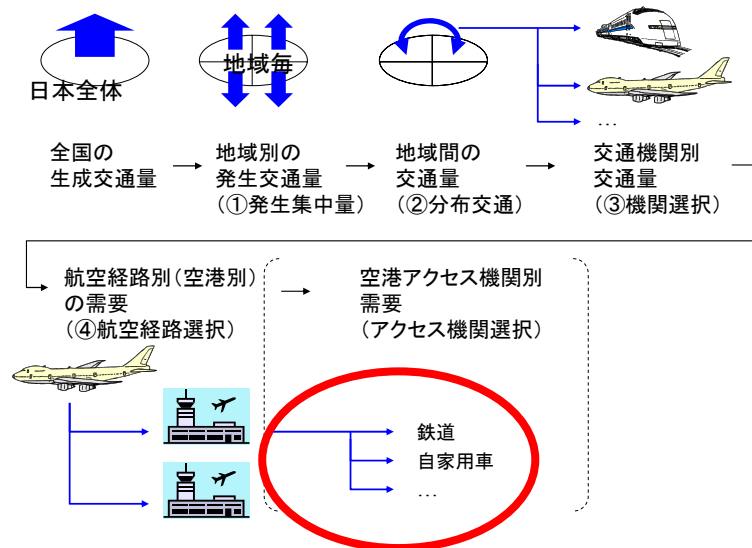
X_{innk} : 居住地または旅行先ゾーン i と空港 n 間でレベル 2 の空港アクセス交通機関 m を選択する場合の k 番目の交通サービス指標

$\text{Logsum}_{_ac2_{inn}}$: 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

$\beta_{ac2_{mk}}$ 、 γ_{ac2} : パラメータ



5. 国際航空旅客需要予測のモデル式

(1) 全国発生モデル（旧生成モデル）

① 出入国日本人

観光／業務等の2区分別にモデル式を以下の通りとした。なお、式中の「2」は、出国ベースの予測値を2倍して出入国ベースの予測値に直していることを示すものである¹。

説明変数として取り込むアクセシビリティ指標は、航空経路選択モデルから生成モデル用に計算された²ログサム変数を、旅行目的別OD量で重み付け平均したものである。

$$DEM_{jt} = 2 \cdot \frac{JPOP_{jt} \cdot \{JGDPPC_t^{\alpha 1} \cdot FGDP_{jt}^{\alpha 2} \cdot RATE_{jt}^{\alpha 3} \cdot ACC_{jt}^{\alpha 4} \cdot \exp(SARS_{jt})^{\alpha 5} \cdot \exp(DMY_j)^{\alpha 6} \cdot \exp \beta\}}{(\text{人口}) \quad (\text{人口 1 人あたり旅行回数})}$$

DEM _{jt}	: t年の海外方面jへの日本人出入国者数（人/年）
JPOP _t	: t年の日本の総人口（※観光は総人口、業務等は生産年齢人口（15～64歳）。）（15～64歳）（百万人）
JGDPPC _t	: t年の日本の1人あたり実質GDP（千円/人年）
FGDP _{jt}	: t年の海外方面jの実質GDP（10億USドル/年）
RATE _{jt}	: t年の海外方面jの為替レート（円/相手国通貨）
ACC _{jt}	: t年の日本と海外方面j間のアクセシビリティ指標 （航空経路選択モデルから算出されるログサム変数）
SARS _{jt}	: t年の海外方面jのSARSダミー （アジア各国・地域2003年=1,その他=0）
DMY _j	: 海外方面jの固有ダミー
α ₁ ～α ₆ , β	: パラメータ

② 出入国外国人

中国／中国以外の2区分別にモデル式を以下の通りとした。なお、式中の「2」は、入国ベースの予測値を2倍して出入国ベースに直していることを示すものである¹。

説明変数として取り込むアクセシビリティ指標は、航空経路選択モデルから生成モデル用に²計算されたログサム変数を、OD量で重み付け平均したものをを用いた。

【外国人】

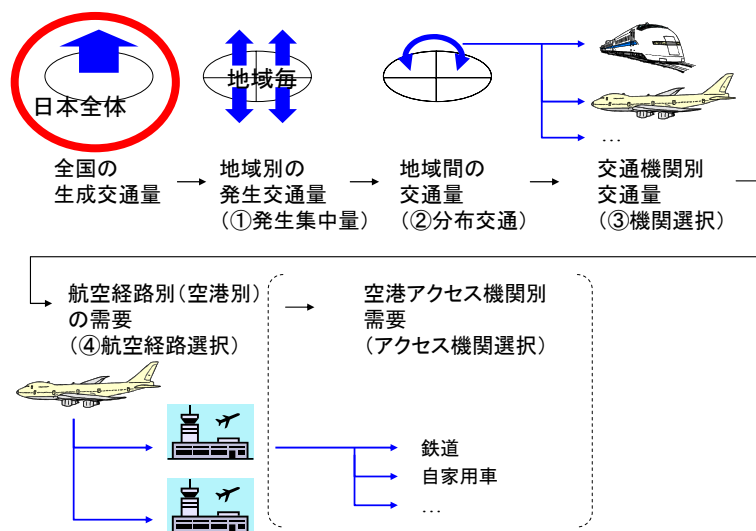
$$DEM_{jt} = 2 \cdot \{JGDP_t^{\alpha 1} \cdot FGDP_{jt}^{\alpha 2} \cdot RATE_{jt}^{\alpha 3} \cdot ACC_{jt}^{\alpha 4} \cdot \exp(VISA_{jt})^{\alpha 5} \cdot \exp(DMY_j)^{\alpha 6} \cdot \exp \beta\}$$

DEM _{jt}	: t年の海外方面jからの外国人出入国者数（人/年）
-------------------	----------------------------

¹ ベースデータとする出入国管理統計（法務省）では、日本人は出国ベース、外国人は入国ベースのデータで把握されている。

² 生成モデルの1つの説明変数となるアクセシビリティ指標は、航空経路選択モデルから算定されるログサム変数であるが、多年次のデータ整備は困難なことから、1975年から5年間隔でデータを整備し、中間年は線形補完値とした。また、過年度のダイヤデータでは発着時刻が把握できないことから、最小乗り継ぎ時間を超える待ち時間を考慮していない。さらに、過年度の航空旅客動態調査ではソウルトランジットの実態が把握できないことから、ソウルトランジット経路のログサム変数は含まれていない。これらの点で、3.3発生モデルで使われているアクセシビリティ指標とは異なる。

- $JGDP_t$: t 年の日本実質 GDP (兆円/年)
 $FGDP_{jt}$: t 年の海外方面 j の実質 GDP (10 億 US ドル/年)
 $RATE_{jt}$: t 年の海外方面 j の為替レート (円/相手国通貨)
 ACC_{jt} : t 年の日本と海外方面 j 間のアクセシビリティ指標
 (航空経路選択モデルから算出されるログサム変数)
 $VISA_{jt}$: t 年の中国各地域 j の中国団体観光ビザダミー (北京・上海・
 広東は 2000 年以降=1, 江蘇・浙江・山東・遼寧は 2004 年以降=1, 他
 の中国ゾーンは 2005 年以降=1)
 DMY_j : 海外方面 j の固有ダミー
 $\alpha_1 \sim \alpha_6, \beta$: パラメータ



(2) 国内地域別発生モデル (旧発生モデル)

① 出入国日本人

観光／業務等別、アジア／アジア以外別の計4区分別にモデル式を以下の通りとした。式中の「2」は、出国ベースの予測値を2倍して出入国ベースの予測値に直していることを示すものである³。

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

$$DEM_i = 2 \cdot \frac{POP_i}{(\text{人口})} \cdot \frac{\{GRPPC_i^{\alpha_1} \cdot ACC_i^{\alpha_2} \cdot \exp \beta\}}{(\text{発生原単位})}$$

- DEM_i : 国内居住地ゾーンiの日本人出入国者数 (人/年)
POP_i : 国内居住地ゾーンiの夜間人口 (千人)
GRPPC_i : 国内居住地ゾーンiの1人当たり実質GRP (千円/人年)
ACC_i : 国内居住地ゾーンiと海外方面間のアクセシビリティ指標
(航空経路選択モデルから算出されるログサム変数)
α₁ ~ α₂, β : パラメータ

② 出入国外国人

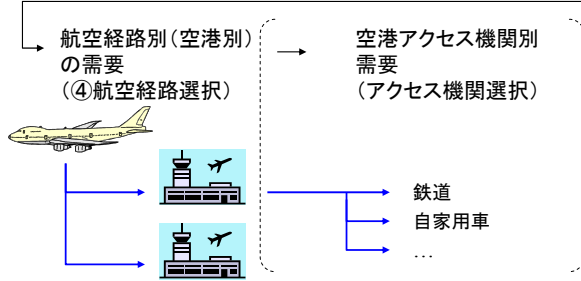
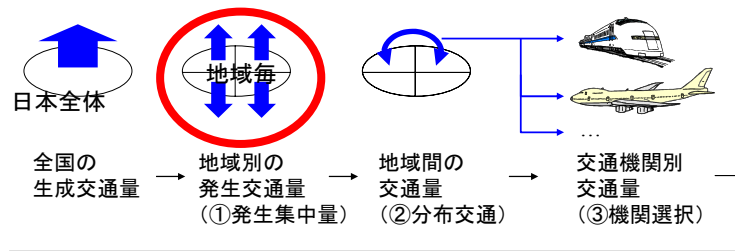
アジア／アジア以外の2区分別にモデル式を以下の通りとした。なお、式中の「2」は、出国ベースの予測値を2倍して出入国ベースの予測値に直していることを示すものである³。

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

$$DEM_i = 2 \cdot \{JYUGYO_i^{\alpha_1} \cdot ACC_i^{\alpha_2} \cdot TYO_i^{\alpha_3} \cdot \exp \beta\}$$

- DEM_i : 国内訪問地ゾーンiの外国人出入国者数 (人/年)
JYUGYO_i : 国内訪問地ゾーンiの従業者数 (千人)
ACC_i : 国内訪問地ゾーンiと海外方面間のアクセシビリティ指標
(航空経路選択モデルから算出されるログサム変数)
TYO_i : 東京ゾーンiの固有ダミー
α₁ ~ α₃, β : パラメータ

³ ベースデータとする国際航空旅客動態調査 (運輸省) では、日本人、外国人ともに出国ベースのデータとなっている。



(3) 航空経路選択モデル

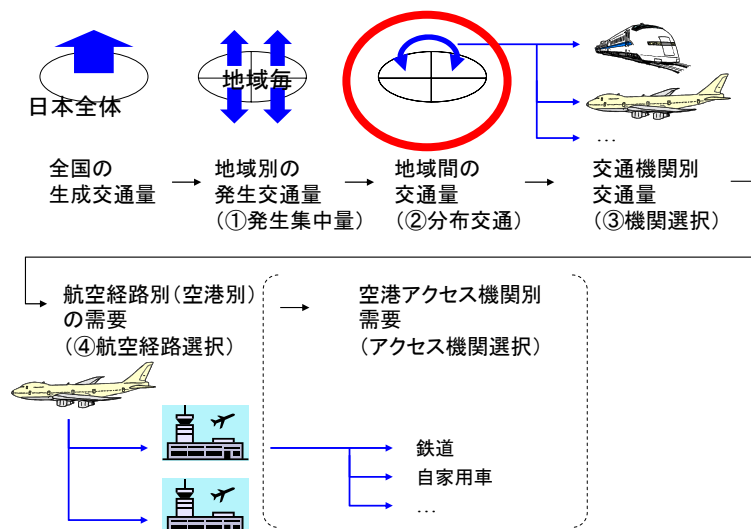
モデル式は以下の通りとした。説明変数として取り込むアクセシビリティ指標は、空港アクセス交通機関選択モデルから計算されたログサム変数である。

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

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

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

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



(4) 空港アクセス交通機関選択モデル

モデル式は、以下の通りとした。

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]

$$P_{_ac1_{inn}} = \frac{\exp(V_{_ac1_{inn}})}{\sum_{m \in c_{_ac1_{ij}}} \exp(V_{_ac1_{inn}})} \quad (3.5.1')$$

$$V_{_ac1_{inn}} = \sum_k \beta_{_ac1_{mk}} \cdot X_{innk} \quad (3.5.2')$$

- $P_{_ac1_{inn}}$: 国内ゾーン*i*と国内空港*n*間でのレベル1の空港アクセス交通機関*m*の選択確率
 $V_{_ac1_{inn}}$: 国内ゾーン*i*と国内空港*n*間でレベル1の空港アクセス交通機関*m*を利用したときの効用
 $c_{_ac1_{in}}$: 国内ゾーン*i*と国内空港*n*間で利用可能なレベル1の空港アクセス交通機関の集合
 X_{innk} : 国内ゾーン*i*と国内空港*n*間でレベル1の空港アクセス交通機関*m*を利用した場合の*k*番目の交通サービス指標
 $\beta_{_ac1_{mk}}$: パラメータ

[レベル2]

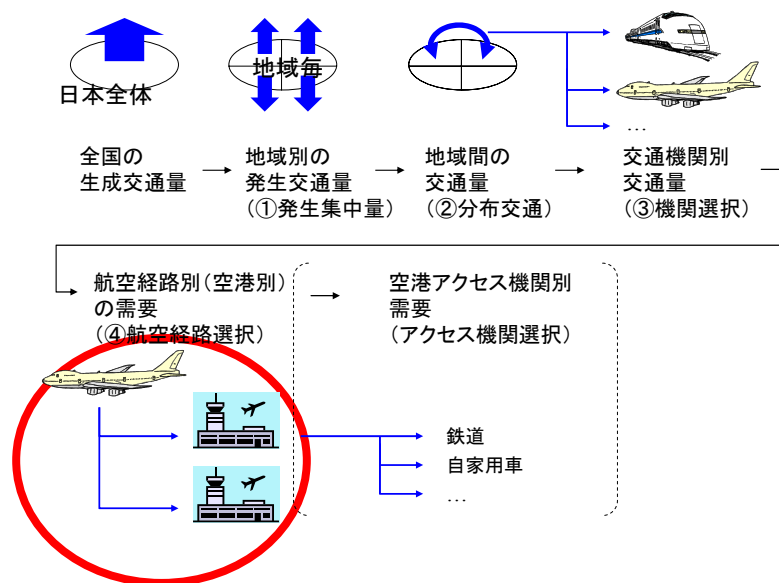
$$P_{_ac2_{inn}} = \frac{\exp(V_{_ac2_{inn}})}{\sum_{m \in c_{_ac2_{in}}} \exp(V_{_ac2_{inn}})} \quad (3.5.3')$$

$$V_{_ac2_{inn}} = \sum_k \beta_{_ac2} \cdot X_{innk} + \gamma_{_ac2} \cdot \text{Logsum}_{_ac2_{inn}} \quad (3.5.4')$$

$$\text{Logsum}_{_ac2_{inn(m=\text{公共交通機関})}} = \ln \left\{ \sum_{m' \in c_{_ac2_{in}}} \exp(V_{_ac1_{inn'}}) \right\} \quad (3.5.5')$$

- $P_{_ac2_{inn}}$: 国内ゾーン*i*と国内空港*n*間でのレベル2の空港アクセス交通機関*m*の選択確率
 $V_{_ac2_{inn}}$: 国内ゾーン*i*と国内空港*n*間でレベル2の空港アクセス交通機関*m*を利用したときの効用
 $c_{_ac2_{in}}$: 国内ゾーン*i*と国内空港*n*間で利用可能なレベル2の空港アクセス交通機関の集合
 X_{innk} : 国内ゾーン*i*と国内空港*n*間でレベル2の空港アクセス交通機関*m*を利用した場合の*k*番目の交通サービス指標
 $\text{Logsum}_{_ac2_{inn}}$: 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でレベル1から計算されるログサム変数
 $V_{_ac1_{inn'}}$: 国内ゾーン*i*と国内空港間*n*でレベル1の空港アクセス交通機関*m'*を利用したときの効用
 $c_{_ac1_{in}}$: 国内ゾーン*i*と国内空港*n*間で利用可能なレベル1の空港

アクセス交通機関の集合
 β_{ac2mk} 、 γ_{ac2} : パラメータ



(5) 実際トランジットモデル

モデル式は、空港別出入国外国人に最新年（2005年）の出入国外国人に対するトランジット数比率原単位を乗じる原単位型とする。

なお、成田・関西・中部空港については欧米方面の出入国外国人、福岡・那覇空港については全方面の出入国外国人に対して、トランジット数比率原単位を乗じる。

$$y_{pt} = \alpha_p \cdot x_{pt}$$

ただし、

y_{pt} : t年の空港 p のトランジット数（人/年）

x_{pt} : t年の空港 p の出入国外国人（人/年）

α_p : 空港 p の出入国外国人に対するトランジット数比率原単位

（2005年値一定）

空港別トランジット数の方面別への配分は、成田・関西・中部の3空港は「国際航空旅客動態調査」における2005年実績の方面別シェアが一定と仮定して行う。「国際航空旅客動態調査」で調査対象外の福岡・那覇の2空港は、将来の方面別出入国外国人に比例すると仮定して行う。

6. 国内航空貨物需要予測のモデル式

モデル式は以下のとおり。

$$y = \text{日本GDP}^\alpha \times \text{規制ダミー}^{-\beta} \times \gamma$$

y : 貨物量（空港管理状況調書）
 α, β, γ : パラメータ

7. 国際航空貨物需要予測のモデル式

(1) 海外方面別発生・集中モデル

①モデル A：基本ケース

韓国輸入

$$Q_{ij} = \left(JGDP_t^{\alpha_j} \cdot FGDP_{ij}^{\beta_j} \cdot RATE_{ij}^{\gamma_j} \cdot \exp(DMY_{ij})^{\delta_j} \cdot \exp(\varepsilon_j) \right)$$

②モデル B：構造変化を想定

太平洋輸出

$$Q_{ij} = \left(JGDP1_{ij}^{\alpha_j} \cdot FGDP1_{ij}^{\beta1_j} \cdot FGDP2_{ij}^{\beta2_j} \cdot RATE_{ij}^{\gamma_j} \cdot \exp(DMY_{ij})^{\delta_j} \cdot \exp(DMY2_{ij})^{\varepsilon2_j} \cdot \exp(\varepsilon_j) \right)$$

$$Q_{ij} = \left(JGDP1_{ij}^{\alpha1_j} \cdot JGDP2_{ij}^{\alpha2_j} \cdot FGDP_{ij}^{\beta_j} \cdot RATE_{ij}^{\gamma_j} \cdot \exp(DMY_{ij})^{\delta_j} \cdot \exp(DMY2_{ij})^{\varepsilon2_j} \cdot \exp(\varepsilon_j) \right)$$

③モデル C：GDP 占める貿易額の割合を算出

中国香港輸出・台湾輸出・韓国輸出・台湾輸入

$$Q_{ij} = JGDP_t \cdot \left(FGDP_{ij}^{\beta_j} \cdot RATE_{ij}^{\gamma_j} \cdot \exp(DMY_{ij})^{\delta_j} \cdot \exp(\varepsilon_j) \right)$$

$$\Leftrightarrow \frac{Q_{ij}}{JGDP_t} = \left(FGDP_{ij}^{\beta_j} \cdot RATE_{ij}^{\gamma_j} \cdot \exp(DMY_{ij})^{\delta_j} \cdot \exp(\varepsilon_j) \right)$$

④モデル D：構造変化を想定し、GDP 占める貿易額の割合を算出

ASEAN 輸出・欧州輸出・中国香港輸入・ASEAN 輸入・太平洋輸入・
欧州輸入

$$Q_{ij} = JGDP_t \cdot \left(FGDP1_{ij}^{\beta1_j} \cdot FGDP2_{ij}^{\beta2_j} \cdot RATE_{ij}^{\gamma_j} \cdot \exp(DMY_{ij})^{\delta_j} \cdot \exp(DMY2_{ij})^{\varepsilon2_j} \cdot \exp(\varepsilon_j) \right)$$

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)

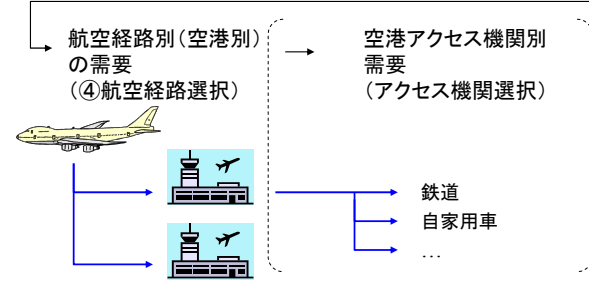
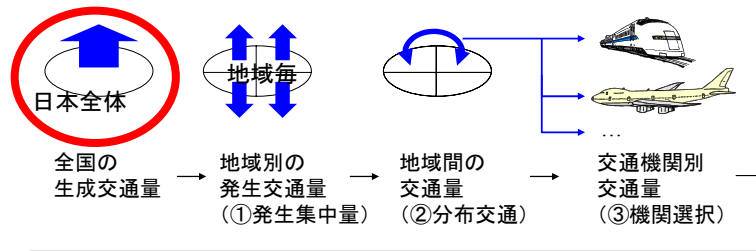
$JGDP_t$: t 年の日本実質 GDP (10 億円/年, 2000 年価格)

$FGDP_{ij}$: 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_{ij} : t 年の海外方面 j のダミー変数 (WTO ダミー又は IT バブルダミー)

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$: パラメータ

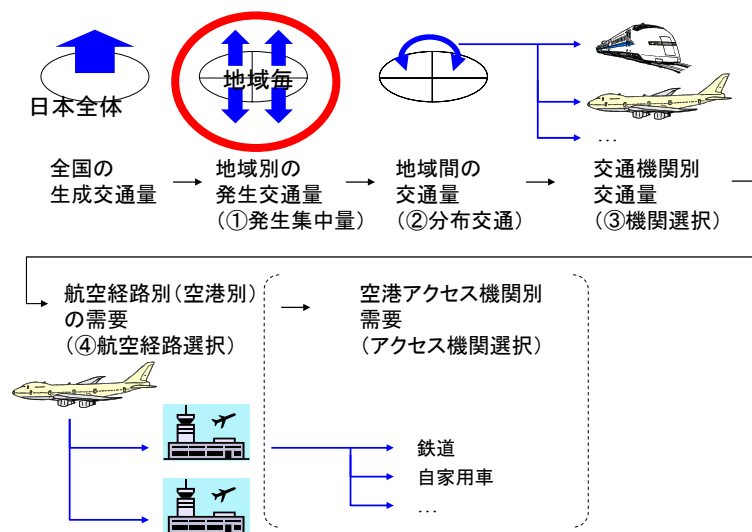


(2) 国内地域別モデル

1) モデル式

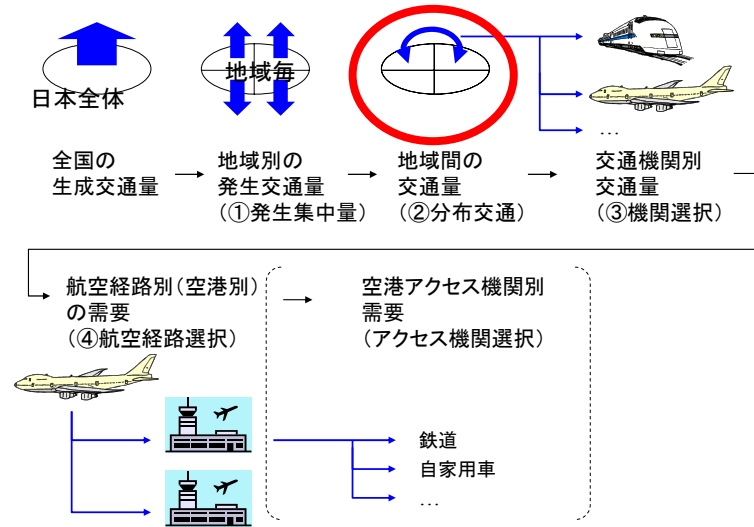
$$Q_i = \left(X_{i1}^{\alpha} \cdot X_{i2}^{\beta} \cdot \exp(\varepsilon) \right)$$

Q_i : i 地域の発生集中量
 X_{in} : i 地域の社会経済指標 (G R P、工業製品出荷額など)
 α 、 β . . . : パラメータ
 ε : 定数項



(3) 分布モデル

国内 47 都道府県－海外 6 方面の現在（2005 年）の地域間の各 OD パターンが変化しないとの前提（現在パターン法）をおき算出する。



(4) 航空経路選択モデル

- ・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年度実績又は将来GDPシェアで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12空港とした。(成田、関空、中部、札幌、新潟、小松、福岡、沖縄、仙台、広島、鹿児島、仁川) なお、仁川の扱いは以下のとおり。

【仁川トランジットの扱いについて】

- ・国内の出国空港：
 - ①県内の空港に仁川便が就航している場合はその空港
 - ②そうでない場合は陸上アクセス機関で早く到達できる以下の空港(千歳、仙台、成田、中部、関西、福岡)
- ・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(=1)
- ・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T/Sダミー：仁川トランジット選択の場合のダミー(乗換えなどを考慮して符号条件はマイナスとした)
- ・羽田空港は成田空港と併せて首都圏空港として扱った。
- ・説明変数は、「陸送時間」「フレイター便数」「ベリー便数」の組合せとした。

【集計ロジットモデル】

$$P_i = \frac{\exp(Y_i)}{\sum \exp(Y_i)}$$

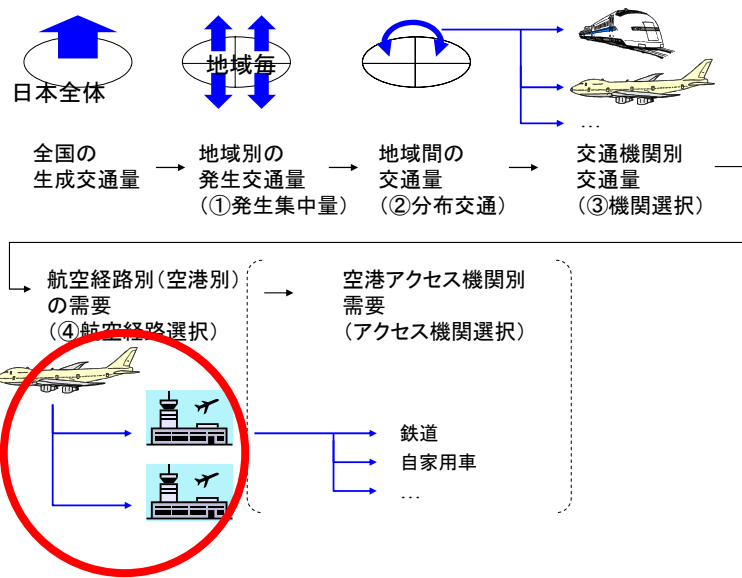
$$Y_i = \alpha_1 \times X_{i1} + \alpha_2 \times X_{i2} + \alpha_3 \times X_{i3} + \dots + \alpha_n \times X_{in}$$

P_i : 経路*i*の選択確率

Y_i : 経路*i*の効用水準

X_{i1}, \dots, X_{in} : 経路*i*の輸送サービス水準
(陸送費用・陸送運賃・総便数・フレイター便数・ラインホール時間等)

$\alpha_1, \dots, \alpha_n$: パラメータ



(5) 継越貨物モデル

1) アジア発着継越貨物モデル

$$Q_i = \left(X_{i1}^\alpha \cdot X_{i2}^\beta \cdot \exp(\varepsilon) \right)$$

Q_i : i 地域の発生集中量
 X_{in} : i 地域の社会経済指標
 α 、 β . . . : パラメータ
 ε : 定数項

2) 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。

3) 空港別配分モデル

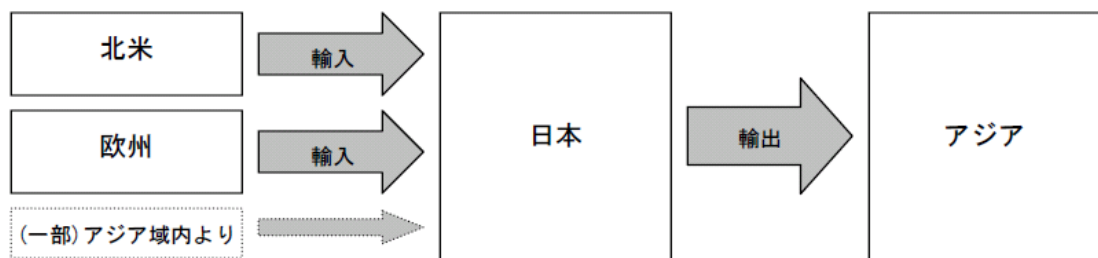
継越貨物は成田空港、関西空港、中部空港に配分されることとし、その配分率は現状（2005 年）の比率が将来も変化しないと想定する。

4) 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）。

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

