

政策効果の分析システムに関する研究

- 国内航空分野における規制緩和及び航空ネットワーク拡充に関する分析 -

2002年12月

国土交通省国土交通政策研究所

総括主任研究官 山口 勝弘

前主任研究官 日原 勝也

研究官 肥高 俊明

目 次

はじめに	1
1.調査の背景と目的	1
1.1.背景と目的	1
2.政策効果の分析手法の概要と本研究の対象	2
2.1.政策研究と政策形成	2
2.2.交通政策における便益評価	6
2.3.航空ネットワーク拡充に伴う LOS 変化とそれによる航空需要の変化	18
2.4.本研究の対象と留意事項	23
第 1部 航空施策の展開及び国内航空市場の展開	27
3.航空市場の拡大と成熟	27
3.1.航空輸送需要のさらなる増大	27
3.2.航空運送事業の競争促進と利用者利便の増進	30
3.3 大都市拠点空港を中心とした空港整備	38
第 2部 基本モデルによる航空政策評価	41
4.部分均衡分析による航空政策の評価	42
4.1.分析の考え方	42
4.2.航空政策を評価する部分均衡分析モデルの開発	43
4.3.政策の評価と考察	48
4.4.システムマニュアル	53
4.5.課題	56
5.応用一般均衡分析による航空政策の評価	57
5.1.分析の考え方	57
5.2.応用一般均衡 (CGE) モデルの概要	60
5.3.応用一般均衡 (CGE) モデルによる航空政策の評価と考察	66
5.4.システムマニュアル	69
5.5.課題	75

第3部 航空ネットワークモデル・SCGEによる空港容量拡大施策の評価	77
6.航空ネットワークモデルによる分析および空間応用一般均衡分析(SCGE)	77
6.1.分析の考え方	78
6.2.航空NWモデルの概要	79
6.3.SCGEモデルの概要	87
6.4.航空NW・SCGEモデルによる空港容量拡大政策の評価および検証	93
6.5.まとめと課題	108
第4部 むすび	109
7.まとめと今後の検討方針	109
7.1.調査のまとめ	109
7.2.今後の検討課題	109
参考1 航空NWモデルの詳細	111
参考2 SCGEモデルの詳細	127
(付録)政策効果の分析システムに関する研究会の構成	167

はじめに

はじめに

1. 調査の背景と目的

1.1. 背景と目的

我が国の経済社会がさまざまな課題を克服して発展を遂げていくためには、各行政分野における政策形成機能の強化が不可欠である。とりわけ、国民本位で効率的な質の高い行政の推進、成果重視の行政への転換、国民へのアカウンタビリティの遂行等を図っていくためには、行政部門において政策効果の分析を客観的に行う能力を身に付け、それをシステムとして導入・活用することが必要である。

そこで本研究では、航空分野のケーススタディを通じ、各種政策を計量的に評価・分析するためのモデルを構築し、汎用的な政策効果分析システムの確立に向けた一助とすることを目的としている。またその際には、最新の経済分析モデルに関する研究成果を活用し、ソフトからハードまでの各種政策の経済効果を総合的に把握するための手法を検討するものとする。

以上の問題意識のもとに、国土交通政策研究所において、学識経験者らで構成する「政策効果の分析システムに関する研究会」を設置し、研究会での議論を踏まえ、研究成果をとりまとめたものである。報告書をとりまとめるにあたり、研究会の座長である森杉壽芳東北大学工学部土木学科情報科学研究科教授、ワーキンググループの座長である上田孝行東京工業大学工学部開発システム工学科助教授をはじめとする委員各位から貴重なご意見をいただいた。ここに、深く感謝の意を表する。

2.政策効果の分析手法の概要と本研究の対象

2.1.政策研究と政策形成

(1)政策研究の意義と役割

わが国の経済社会の基礎をなす人口構造は、少子・高齢化が進展し、今後総人口の減少が予想される。また、地球規模の環境問題への対応等新しい課題への取り組みが求められているなか、長引く経済の低迷から脱却するための構造転換を推進していくことも必要となっている。人々の生き生きとした暮らしを確保し、これを支える活力ある経済に変革していくためには、政策の企画立案に関する「知識創造」が求められている。

政策形成機能を強化していくためには、行政分門による企画・立案機能を強化するだけでなく、政策研究の「場」の提供や研究成果の発信を通じ、政策形成に幅広く寄与することが必要であり、本研究では、こうした使命を果たすための重要な機能の一つである「政策効果の分析」を柱としてしている。

政策効果の分析に関しては、国民本意の行政を展開し、顧客重視、成果重視の視点に立脚することが必要であり、そのためには、まず、政策の効果を具体的に認知できるようにすることが不可欠であると考えられる。特に、財政状況が厳しさを増す中で、効率的・効果的な行政運営が求められており、国民に対する説明責任（アカウンタビリティ）を果たすことができるよう、これまでの政策がどのような効果をもたらしてきたのか、また、今後新たに推進しようとする政策がどのような結果をもたらすのかについて、分析手法の高度化を図りつつ、より客観的な分析を行う必要がある。

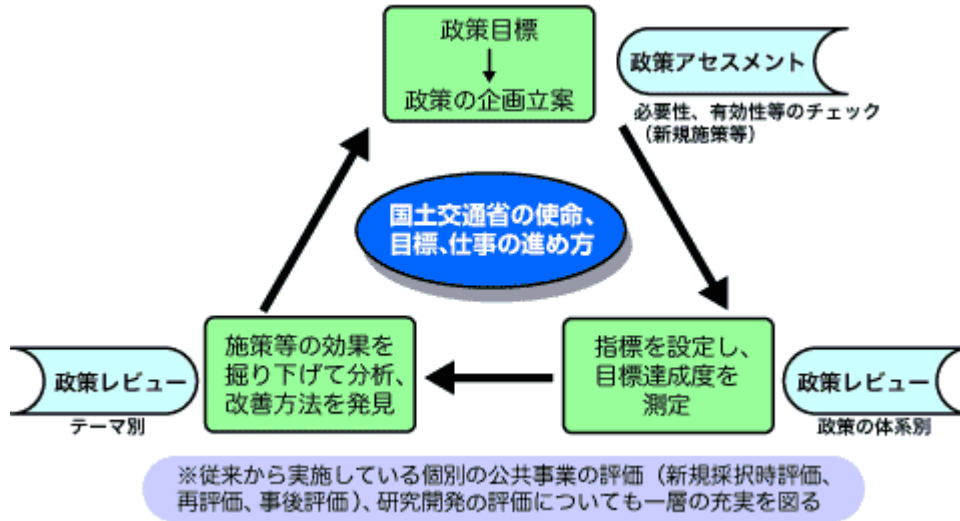
以下の(2)節以降において、本研究の内容について詳述して行きたい。

(2)政策評価と便益分析

今般の行財政改革を求める急速な社会的機運の高まりに対して、政府としても「Plan」「Do」「See」という行政マネジメントサイクルに沿って各種政策がどのような効果をもたらすのかを評価すべく、平成13年1月の中央省庁等の再編を契機に具体的な取り組みが始められたところである。

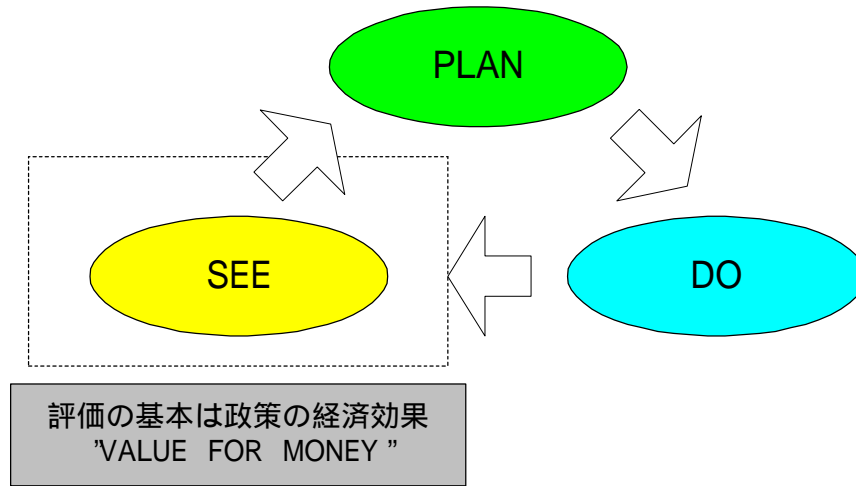
その際、政策評価の中心となるのはその政策の実行によって得られる経済的便益の分析（Value for Money）であり、これまで主に公共事業の分野において、様々な便益計測の手法が発展して来ている。

図表 2.1 政策のマネジメントサイクルと評価方式



(出典)国土交通省ホームページ

図表 2.2 政策のマネジメントサイクルと政策の経済効果分析



しかしながら先述の通り、効率的な行政への社会的な要請や折からの厳しい財政事情に鑑みて、今後は公共事業に限らずその他の政策全般に対しても評価・分析の対象を広げて行く必要があるとの認識が高まっている。

そして経済的便益の分析を中心とした政策評価を行うにあたり、交通政策は、その直接的影響が及ぶ交通機関の利用者だけではなく、それ以外の経済主体、更には地域社会のあり

方や国土構造へも波及するインパクトを有するものであることに留意する必要がある(この点については、2.1.章(4)節において説明する)。

そのため、適切な政策効果の分析を行うためには、あらゆる部門において出来る限り計量的な効果測定に努めることが肝要である。具体的には、既に理論的に確立されており従来から交通分野において経済的便益の評価手法として実績のある「部分均衡分析」を行うことに加え、理論的課題やデータ制約に注意しながらその他の分析手法についても研究を行い、それら新しい手法をも活用した政策効果の分析手法の高度化を図って行くことが望ましいと言える。

本研究でも以上の考え方に基づき、最近学界で研究が進められている新しい分析手法を活用し、分析手法のメリット・デメリット自体についても検証を行うこととした。

(3) 便益評価手法

政策評価手法としてはそのアプローチの仕方によって数多くのものがあるが、政策の実施による各部門の便益を計測する手法としては以下のようなものが代表的である。

図表 2.3 代表的な便益評価手法

手法	特徴
消費者余剰計測法 (部分均衡分析)	政策の実施により発生する消費者余剰の変化分を便益として計測する手法
一般均衡シミュレーション (一般均衡分析)	経済の動きを経済変数によって説明した数量経済モデルを用いることで、政策による便益を計測する手法
代替法	評価対象と同等な効果を有する他の市場財で代替して供給した場合に必要なとされる費用を、政策の実施による便益として計測する手法
ヘドニック法	投資による便益は全て地価に帰着すると仮定し、政策の実施により発生する地価の上昇分を便益として計測する手法
仮想評価法 (CVM)	住民アンケート等により評価対象に対する支払意思額を尋ねることで、政策の実施による便益を計測する手法

(4) 政策効果の整理

前節では交通政策の実施による便益評価の際の主な手法について概観したが、翻って評価される便益 (効果) について考えてみたい。

交通政策がなされると、当該施設の利用者のみならずその他多数の経済主体にも様々な効果がもたらされることは 2.1 章 (2) 節で述べたが、航空を例にして検証してみたい。

まず、航空輸送に関する規制緩和や空港整備により航空利用者にとっては移動時間の短縮等の直接的な効果が発生する。そして移動費用が低下することで、例えば、製造業の営業費用の節減に伴い、製品の価格が低下し、企業の生産性が向上することで利潤が増加する等の「波及効果」が発生する。更には、新幹線から航空に交通量の一部がシフトする効果も発生する。

このように交通政策の実施によって発生する効果は、直接関与する経済主体のみに影響を及ぼすのではなく、新たな効果を生み出したその効果が他の主体にも連鎖的に波及して行くという複雑な全体構造を呈している。

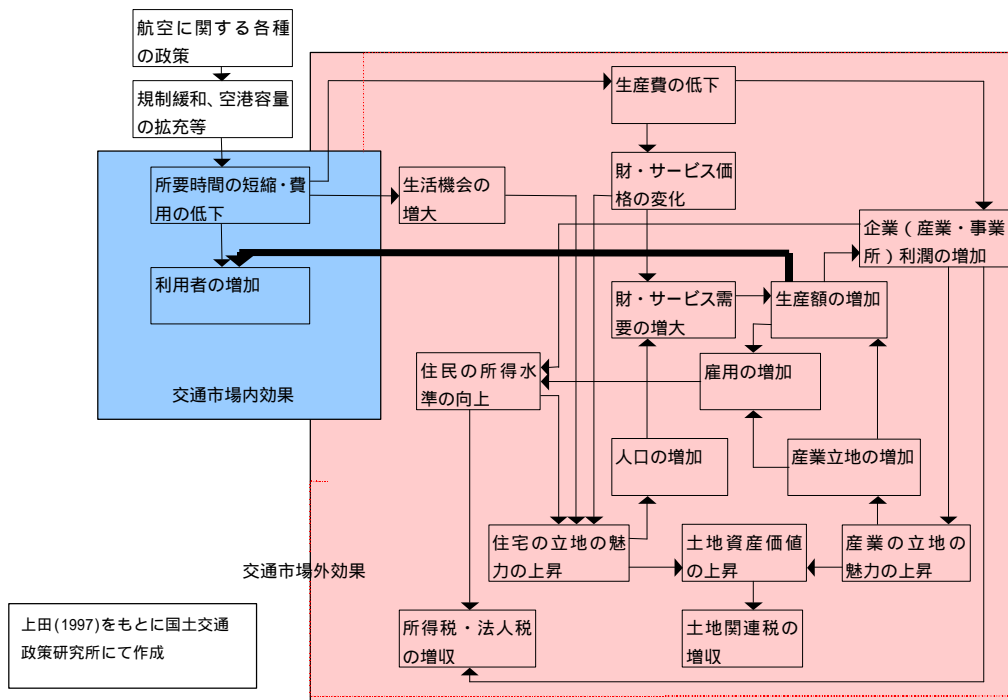
2.2.交通政策における便益評価

(1)部分均衡分析

2.1.章 Q)節でも触れた通り 既にこの手法は実務的に広く利用されており 本研究の目的の1つである政策効果の分析手法の高度化にとって欠かすことのできない基本的な分析手法であることから、以下において若干の説明を加えて行く。

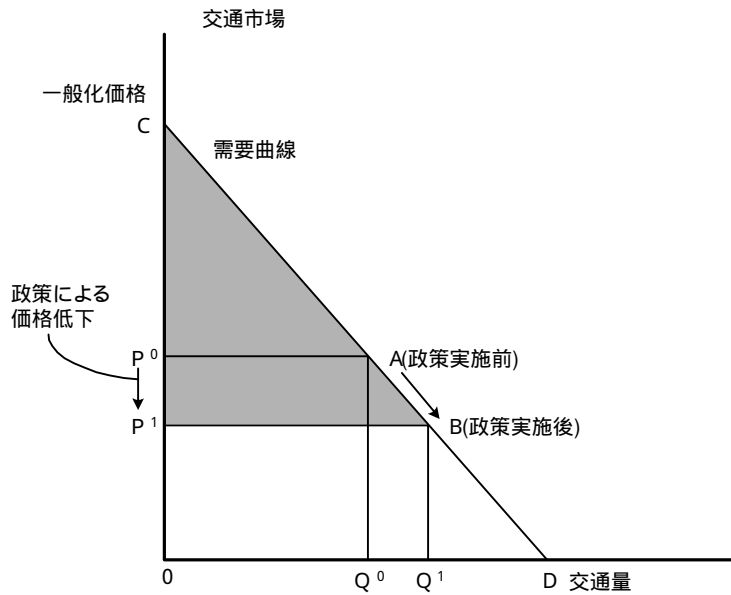
この手法は、ある交通政策が外的なインパクトとなって直接に影響を及ぼす交通市場のみを分析することで、そのインパクトによる経済的効果を測定しようとするものである。

図表 2.4 交通政策の便益評価手法 (交通市場内効果のみ)



これをある交通政策を例にして考えてみると、まず政策実施の前の交通量と交通サービスの一般化費用を求め、次に同じく政策実施後の交通量と交通サービスの一般化費用を測定(推定)する。そして更に交通サービス市場の需要曲線を求め、政策実施前後の消費者余剰の増減を計測するものである。

図表 2.5 交通政策の便益評価手法 (部分均衡分析)

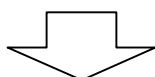


今、交通政策の実施により交通サービスの一般化価格が P^0 から P^1 へ低下したとすると、このとき、消費者余剰は、台形 P^1P^0AB の面積だけ増加する。この消費者余剰の増加額が、交通政策の利用者便益を表している。

このように、ある交通政策により発生する時間短縮効果や費用節約効果等の便益は、一般化費用の低減を部分均衡分析（消費者余剰計測法）によって把握することで測定可能であり、それが我が国でも各種の交通基盤整備についての評価マニュアルにおいて既に採用されてきている所以である。

図表 2.6 利用者便益の測定 (容量に制約がある空港の滑走路延長の例)

交通機関	所要時間	費用 (運賃)	需要量 (人/年)	分担率	一般化費用
航空	170 分	25,000 円	249,750	75%	35,642
鉄道	350 分	21,000 円	83,250	25%	42,910
全機関			333,000	100%	37,459



(滑走路延長により潜在需要が鉄道からシフト)

交通機関	所要時間	費用 (運賃)	需要量 (人/年)	分担率	一般化費用
航空	170 分	25,000 円	293,040	88%	35,642
鉄道	350 分	21,000 円	39,960	12%	42,910
全機関			333,000	100%	36,514

消費者余剰の増分 $(37,459 \text{ 円} - 36,514 \text{ 円}) \times 333,000 \text{ 人} = 315 \text{ 百万円}$

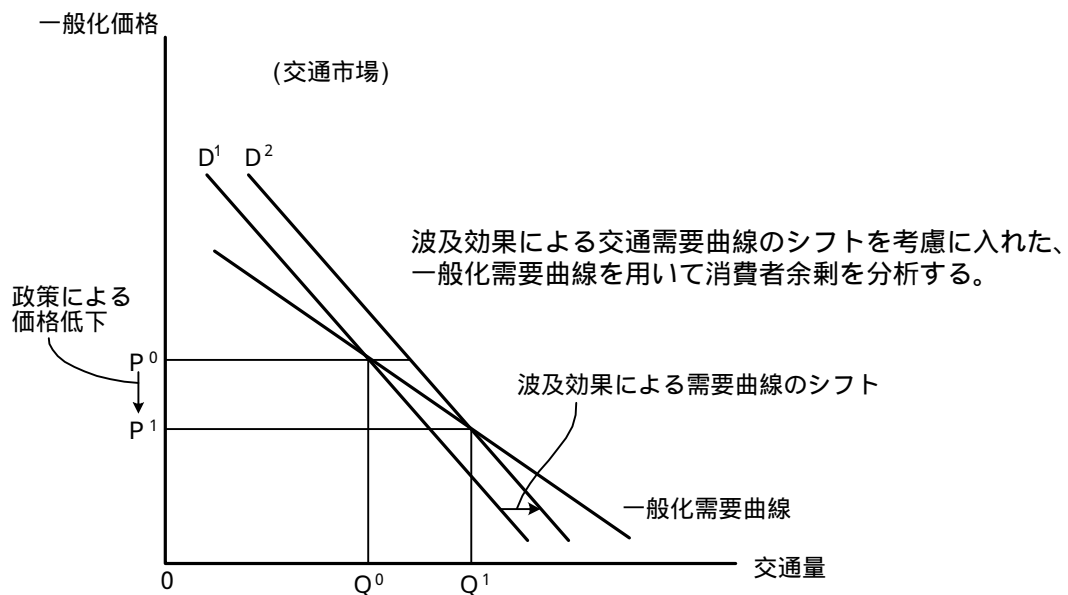
注 時間評価価値 : 3,756 円 / 時間 (航空利用者の所得を基にした「所得接近法」による。
出典 航空局監修 空港整備事業の費用対効果分析マニュアル(1999年)」

(2)応用一般均衡分析

部分均衡分析の手法は交通政策の便益評価にとって有効なツールであることは(1)節で述べた。

しかし、交通政策のインパクトが交通市場以外の市場に及ぼす効果や、更にそれが交通市場にフィードバックされた結果としての波及効果については、交通市場の一般均衡需要曲線が推定できれば理論的には把握可能とされるが、実務的には困難が伴うのが現状である。

図表 2.7 交通政策の便益評価手法 (交通市場の一般均衡)



また、交通政策による効果を計測する際に注意しなければならない点として、交通市場における直接的効果と他部門への波及効果とのダブルカウントを排除しなければならないことが挙げられる。

ダブルカウントについて、航空関係の政策が実施された場合を例として考えてみると、例えば規制緩和によって運賃の減少という便益を享受することができた場合、それによって節約できた分を買い物の原資に充当した場合、前述の運賃減少分と物品の購入分を合算することは、ダブルカウントに該当することになる(ダブルカウントを回避しつつ便益分析を可能とする手法の1つとして「応用一般均衡 (CGE) 分析」があるが、これについては次節において詳述する)。

さらに、部分均衡分析では交通政策の波及効果や便益の最終的な帰着先を把握するのは困難である。また、複数地域間での交易関係を分析に反映させることも部分均衡分析では難しい。このような分析が可能になれば、国や地域間の財源負担のあり方について、一定の示唆を得ることが可能となる。

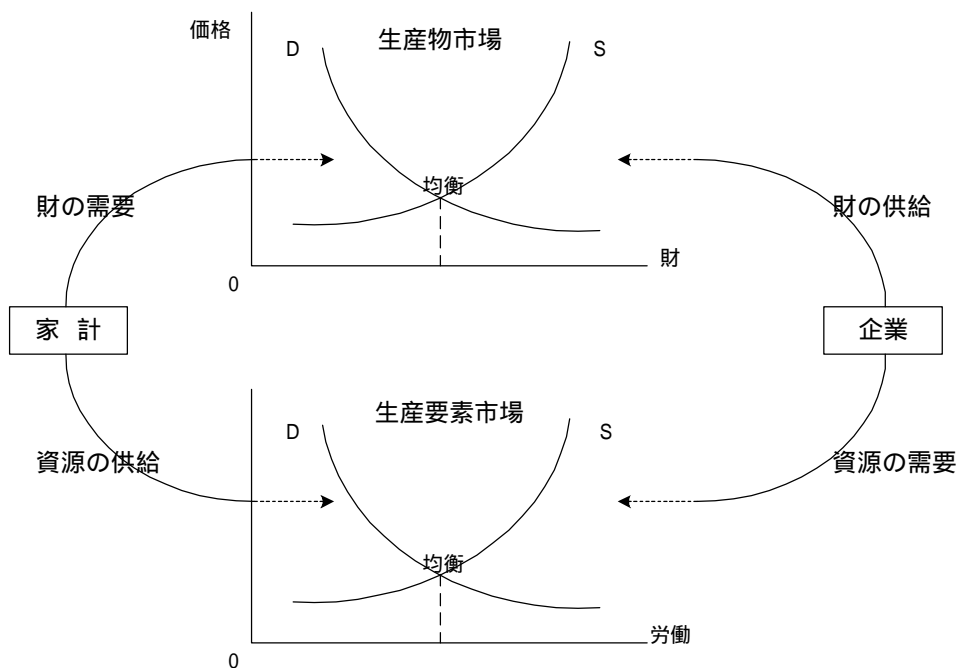
そこで本研究では部分均衡分析を一方の柱としながらも、交通政策の分析手法の高度化という研究目標に鑑み、2.1.章(3)節で例示した一般均衡分析のうち、国民経済計算体系における社会経済データを用いた計算によって一般均衡モデルを解き、現実の政策による便益の推計を行う応用一般均衡(CGE)分析に着目し、市場を介して複雑に相互依存する経済主体間を連鎖的に波及して行く政策効果の一連のプロセスを解明し、最終的な便益の帰着状況を明らかにして行くこととした。

応用一般均衡(CGE)分析とは、政策効果が波及する複数の市場を包括的に捉え、市場における効果の波及プロセスをミクロ経済学の分野において発展してきた一般均衡理論に基づいたモデルによって定式化し、最終的にどの経済主体にどのような効果がどれだけの規模で帰着するのかと言う政策効果及びその波及状況をトータルに把握するために考案された分析手法であり、複数の市場の相互依存状況を明示して部分均衡分析の持つ弱点を補うものである。

また、2.2.章(1)節において述べた政策効果のダブルカウントの危険性も少ないとされている。

CGE についての概念を理解するための一例を図示すると、以下のようなものとなる。

図表 2.8 交通政策の便益評価手法 (生産物及び生産要素市場全体の一般均衡分析)



出典 武藤慎一(1998)「一般均衡理論の基礎」応用一般均衡モデルの適用」

この概念図では、経済主体として「家計」と「企業」、市場として「生産物」と「生産要素」のそれぞれ2つずつを設定している。

図の上の生産物市場においては、企業によって生産された生産物が市場での取引を通じて企業から家計へと流れ、ちょうどそれとは反対方向に生産物の対価として貨幣が流れている。そして生産物の需要と供給が一致する価格で均衡する。

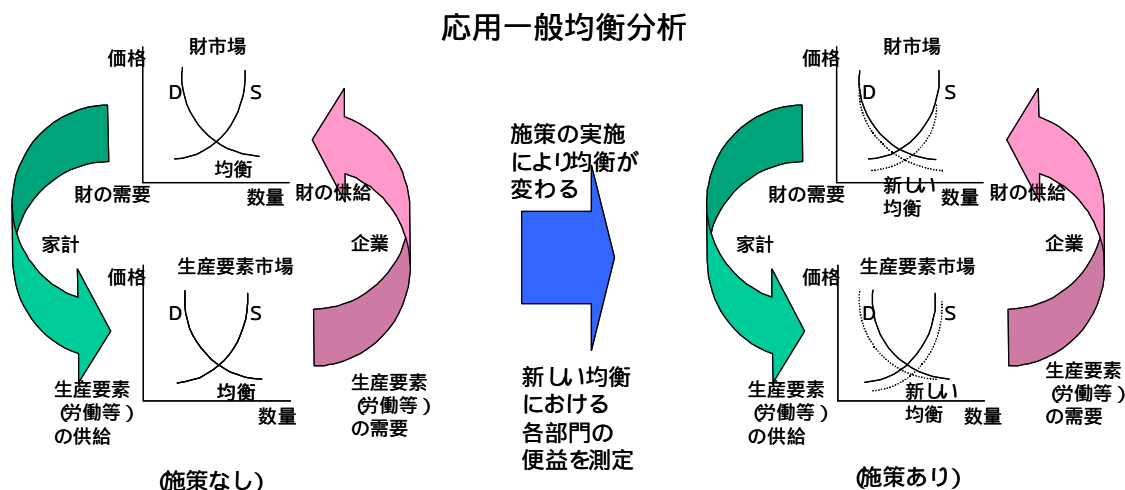
図の下の生産要素市場においては、家計からの生産要素、つまり労働が市場を通じて家計から企業へと流れ、それとは反対方向に生産要素の対価として貨幣が流れている。そして生産要素の需要と供給が一致する価格で均衡する。

このように、相互に関連する複数の市場において競争による価格形成がなされ、最終的に全ての市場において均衡が成立するのである。この状態を「競争均衡」と呼び、競争均衡の状態であるということは全ての市場において経済的資源の配分が最適化された状態であり社会的効率性の観点から見た場合、経済全体における社会的効用が最大化している状態と考えることができよう。

こうした競争均衡状態の達成状況に着目し、ある交通政策によってどの経済主体にどれ

ほどの効果(便益)が帰着するののかということ进行分析しようとするのが本研究におけるCGE分析であり、ここでの交通政策によるインパクトはそれまでの競争均衡状態への新たな外的ショックと見なすことができる。

図表 2.9 一般均衡分析における交通政策によるインパクト



武藤慎一(1998)を参考に作成。

その新たなショックは2.2.章(1)節の(図表2.11)のようなプロセスを経て、上記のような各市場における均衡価格の変化を通して各経済主体に伝播して行き、最終的には全ての市場において需要と供給がマッチした新たな競争均衡状態となる。

そこで、ある交通政策を実施した(する)場合の新たな競争均衡状態と、交通政策を実施しない場合の競争均衡状態をモデルによって比較し、そこで計測された社会的効用の差が当該交通政策によってもたらされた便益であると判断するのである。

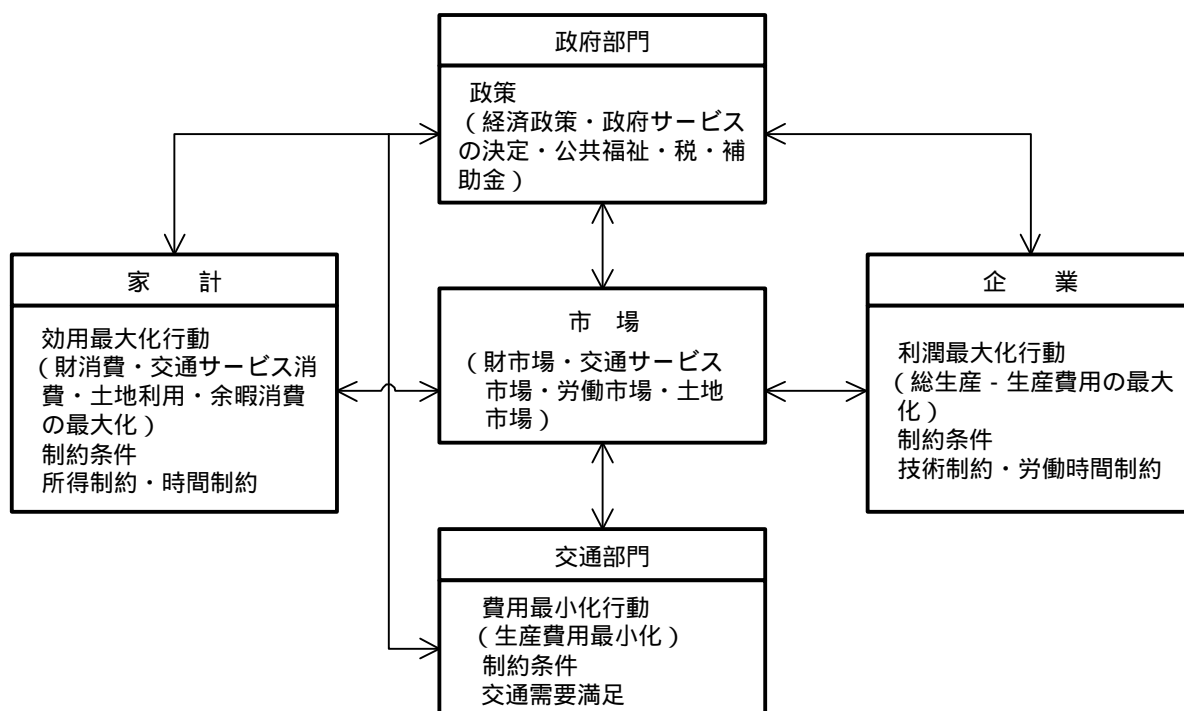
(3) 応用一般均衡分析の具体的手法

2.2.章(2)節において応用一般均衡(CGE)分析の概念について明らかにしてきたが、本節ではこのCGEモデルを用いた分析を行う具体的手法について、順次説明して行く。

経済主体の設定と行動モデルの定式化

CGE 分析を行うにあたり まずはどのような経済主体が存在するのかを設定する必要があるが、交通政策を対象とした本研究の趣旨に鑑みれば、以下のような設定が一般的かつ妥当であると言える。

図表 2.10 応用一般均衡分析 (経済主体の設定)



出典 森杉壽芳・大野栄治(1997) 『便益評価の基礎理論と便益帰着構成表』
(森杉壽芳編著『社会資本整備の便益評価』勁草書房)

続いて、設定した経済主体が具体的にどのような経済的行動をとるかを数学的に定式化することも必要である。

通常、例えば「家計」であれば予算制約等のもとで効用を最大化しようとし、「企業」であれば技術制約等のもとで利潤を最大化しようとするものとして設定され、これら設定された経済的行動を制約条件付の効用関数・費用関数の最適化問題として数学的に定式化する。

市場の需要関数の導出

で定式化した制約条件付最適化問題を解き、解の満たす必要条件から各市場における生産要素や財等の需要関数を導き出す。

産業連関表の利用

CGE 分析をより正確に行うためには、現実の経済社会システムを高精度に再現したモデルを構築する必要がある。そのため、モデルを構築する連立方程式のパラメータを現実の経済にフィットさせるような設定が必要であり、この際に利用されるのが産業連関表である。

産業連関表は、国民経済全体を構成する各産業部門において生産・販売される財やサービスが最終需要部門にどのように渡って行くのかをトレースし、それを一覧表として取りまとめたものである。

産業連関表の数値は、ある年における財・サービスがどの産業部門からどの産業部門へ取引されたのかを「価格×取引量」の形で表しているため、モデルを構築する連立方程式にこれらの数値を解として代入し、その解を満たすようにモデルのパラメータを設定すれば、当該年における経済状況を再現したモデルを構築することが可能となるのである。

こうしたパラメータの推定方法を「キャリブレーション手法」と呼び、CGE 分析を行う際に多用される最も普遍的な手法であることから、本研究においてもそれを踏襲することにした。

図表 2.11 産業連関表の構成

		内生部門					外生部門		
		中間需要				最終需要			
需要部門 (買い手)	供給部門 (売り手)	1	2	3	計	消 費	投 資	輸 入	国内生産額
		農林水産業	鉱業	製造業					
内生部門	1. 農林水産業								
	2. 鉱業								
	3. 製造業								
	計 D								
外生部門	雇用者所得								
	営業余剰								
	控除補助金								
	計 E								
国内生産額 D + E									

注: 表内には「中間投入」の行と「生産物の販路構成(産出)」の列が示されています。また、表の右側には「輸入」の項目と「国内生産額」の計算式 A+B-C が記載されています。

出典 総務庁(1994)「平成 2 年(1990 年)産業連関表』総合解説編」

便益帰着構成表の利用

交通政策の評価手法の高度化等を目的とする本研究において、部分均衡分析にはないCGE分析の長所は、ある交通政策による効果(便益)が波及する全ての市場の相互関係を、モデル分析によって明らかにすることができる点である。

そして、上記 から において説明してきたような手法・手順によってCGE分析を行った場合、上記のようなCGE分析の長所を具体化する手段として便益帰着構成表がある。

これは、交通政策によって発生した効果(便益)がどのように帰着しているのかを経済主体別・地域別にまとめることが可能なようになっている一覧表である。

以下にその一例を示すが、この方式を採用することでどの経済主体にどれほどの便益が最終的に帰着しているのかが一目瞭然に理解することができ、本研究にとって非常に有効なものと言える(但し、下記の図は空間を考慮しない単純化された例である)。

図表 2.12 便益帰着構成表

(単位:億円)

項目	主体	交通事業者	世帯	私企業	地主	政府	合計
投資額		-31					-31
運営費		-5					-5
料金収入		12					12
交通の便益 (交通価格減少)			21	37			58
交通の便益 (交通時間減少)			15	19			34
財の便益 (価格の変化)			-3	3			0
土地の便益 (地代の変化)			-9	-13	22		0
労働の便益 (賃金率の変化)			8	-8			0
補助金		24				-24	0
税金			-2	-4	-15	21	0
合計		0	30	34	7	-3	68

出典 森杉壽芳・大野栄治(1997)『便益評価の基礎理論と便益帰着構成表』
(森杉壽芳編著『社会資本整備の便益評価』勁草書房)に基づき作成

CGE 分析の発展形としての空間的応用一般均衡分析

さて、これまで から で応用一般均衡 (CGE) 分析の手法について説明してきたが、実はこの手法では地域的な問題は一切反映されていない。つまり どの経済主体にどれだけの交通政策による効果 (便益) が帰着したか明らかにすることは可能なものの、どの地域にそれが帰着するのかという空間的な問題について明らかにするには理論的な限界があり、明示し切れないのである。「どの地域に」と言う部分については、いわばブラックボックスに入った状態とも言えるのである。

しかし空港整備という交通政策を例に挙げてみても、政策による便益は直接的に関与する航空旅客だけでなく間接的に関与する各主体にも複雑に連鎖しながら波及して行くことはこれまで説明してきた通りであるものの、その影響度の大きさには自ずと格差が生ずることは自明の理であろう。空港整備がなされた地域とそれ以外の地域とでは、波及してくる便益の大きさは同一ではなく、当然異なってくるであろうことは容易に想像がつく。

そこでその弱点を補う手法として近年開発されたのが、空間的応用一般均衡 (SCGE) モデルを使った分析手法であり、以下その中身について説明を加えて行くこととする。

SCGE モデルとは、CGE モデルを改良し空間的な問題も明示的に取り扱えるように拡張させたもので、経済社会を複数の地域に分けて複数地域間で行われる取引関係を考慮した競争均衡モデルを構築し、交通政策が実施される前後の均衡状態を把握することで効果 (便益) の経済主体別のみならず、地域別の帰着状況をもトータルに測定するものである。

具体的な手法としては、複数存在するそれぞれの地域毎に 2.2 章 (2) 節の (図表 2.12) のように設定された経済主体や市場が存在していると考え、これらの地域間では輸送業者の仲立ちで取引が行われていると仮定する。

このケースでは、取引により財は価格の安い地域から高い地域へと移動し、その際には財の価格に輸送コストが付加された価格で供給されることになる。そして財市場における競争的価格形成メカニズムを経て、「地域間の財の均衡価格の差」=「輸送コスト」となるように財市場は新たに均衡し、次いで生産要素市場等の均衡もなされて最終的には経済社会全体が競争均衡の状態へと落ち着くこととなる。

これらのプロセスは空間的な問題を明示的に扱えない CGE モデルと同様に、価格を変数とした数式によってモデル化できるので、複数地域の競争均衡をモデル化して上記 から と同手順で分析すれば、交通政策の実施前後の比較によって経済主体別だけでなく、地域別の便益帰着状況をつぶさに観察することができる。

(4) 応用一般均衡分析を用いた便益評価の注意点

しかしながら、(空間的) 応用一般均衡分析についても万能なものではなく、利用する上で注意を要するいくつかの点がある。

まず、精密なモデルを志向すれば現実には入手困難なものも含む多種多様なデータ収

集が不可避となり、データ制約に直面することが多くなりがちとなる。また個々のデータに含まれる誤差が、モデル化される過程で蓄積・増幅されてしまう危険性もある。更にはモデルのパラメータを設定する際に他の研究によって得られた値を参考にする場合があるが、その時にモデル作成者の恣意性が入り込む可能性も捨てきれない。

以上見てきた通り、部分均衡分析にはない長所を持つ応用一般均衡分析ではあるが、同時に部分均衡分析にはない短所も持ち合わせていることから、交通市場以外への効果の波及が比較的限られることが予想される交通政策の便益評価については部分均衡分析を用い、地域的にも政策効果の波及の度合いも比較的大きいと考えられるものについては(空間的)応用一般均衡分析の結果を参考値として利用するなど、それぞれの長所・短所を踏まえる必要がある。

2.3.航空ネットワーク拡充に伴うLOS変化とそれによる航空需要の変化

ここでは、具体的な航空路線の開設、増便といった航空ネットワークの拡充によるLOS (Level of Service) の変化とそれに伴う航空需要の変化を、実績データを基に例示した。以下に見られるような、様々な航空ネットワーク拡充方策の効果・影響を把握可能な効果計測手法の構築が望まれる。

(1) 路線開設による影響

広島～宮崎間における航空利用時の所要時間は、広島～宮崎線の開設により、約5時間50分から約3時間10分に、約2時間40分短縮されている。

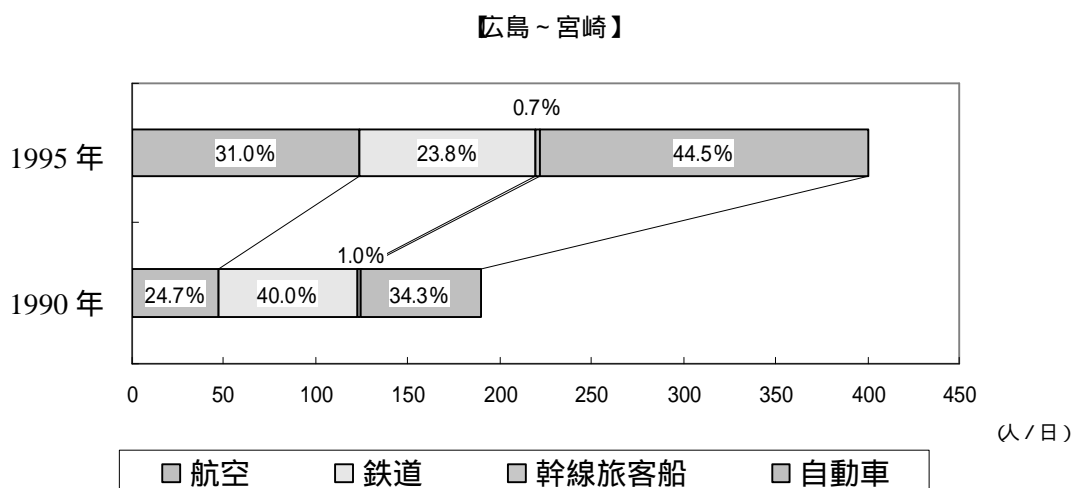
路線開設に伴うLOSの変化による誘発効果と交通機関分担率の変化を、広島～宮崎線の開設(1993年)前後での流動から見ると、全流動量、航空利用の流動量の増加が見られる。

図表2.13 広島～宮崎線の開設による航空利用LOS変化

ケース	所要時間 ^注	利用経路
広島～宮崎線開設前	約5時間50分	広島～鹿児島線利用を想定
広島～宮崎線開設後	約3時間10分	広島～宮崎線利用

注 JR 広島駅～宮崎駅間の所要時間を、乗換時間10分、航空チェックイン時間40分、チェックアウト時間20分として、JR時刻表(1995年11月)に基づき試算。

図表2.14 広島～宮崎線の航空路線の開設に伴う交通機関別分担率の変化



資料 全国幹線旅客純流動データ(国土交通省)、平成2年度、平成7年度
 幹線旅客流動の実態 幹線旅客純流動データの利用あらない
 (国土庁・運輸省・建設省)より

富山～道央間における航空利用時の所要時間は、富山～新千歳線の開設により 約5時間25分から約4時間25分に、約1時間短縮されている。

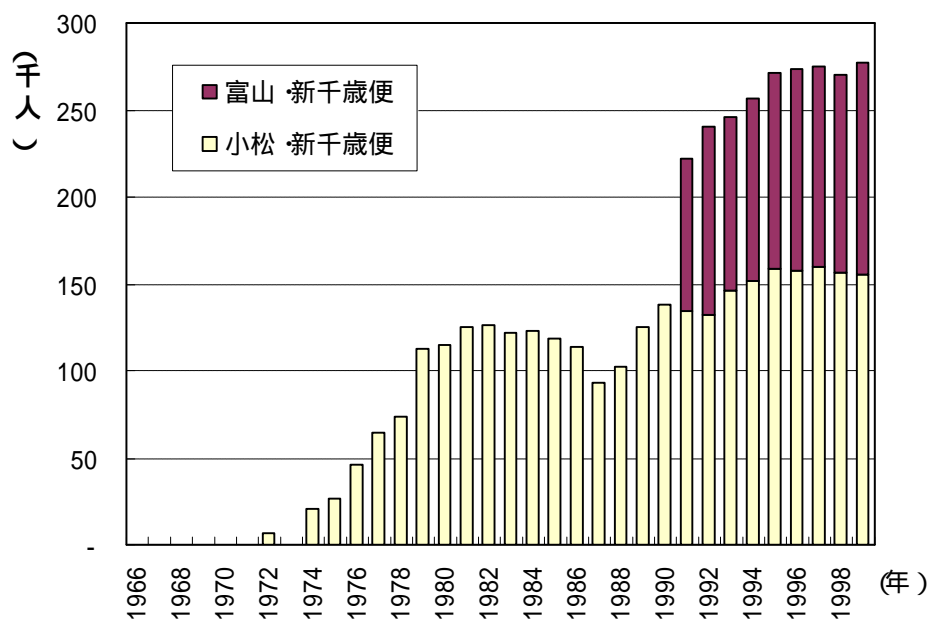
下図に示すように、富山空港に新千歳線が開設されたとき、近接する小松空港との需要の取り合いだけでなく、大きな誘発需要が発生している。

図表 2.15 富山～新千歳線の開設による航空利用 LOS 変化

ケース	所要時間 ^注	利用経路の想定
富山～新千歳線開設前	約4時間40分	小松～新千歳線利用を想定
富山～新千歳線開設後	約3時間35分	富山～新千歳線利用

注 JR 富山駅～札幌間の所要時間を、乗換時間 10 分、航空チェックイン時間 40 分、チェックアウト時間 20 分として、路線開設時の JR 時刻表 (1992 年 11 月) に基づき試算。

図表 2.16 富山～新千歳線と小松～新千歳線の旅客数の動向



資料 旅客地域流動調査 (国土交通省) 各年度版

(2) 空港アクセス交通機関の整備による影響

1993 年の福岡空港への地下鉄延伸によって、福岡市内から空港へのアクセシビリティが改善された。例えば、博多駅から福岡空港への所要時間は、路線バス利用の 14 分と比べて、9 分短縮し、5 分となっている。

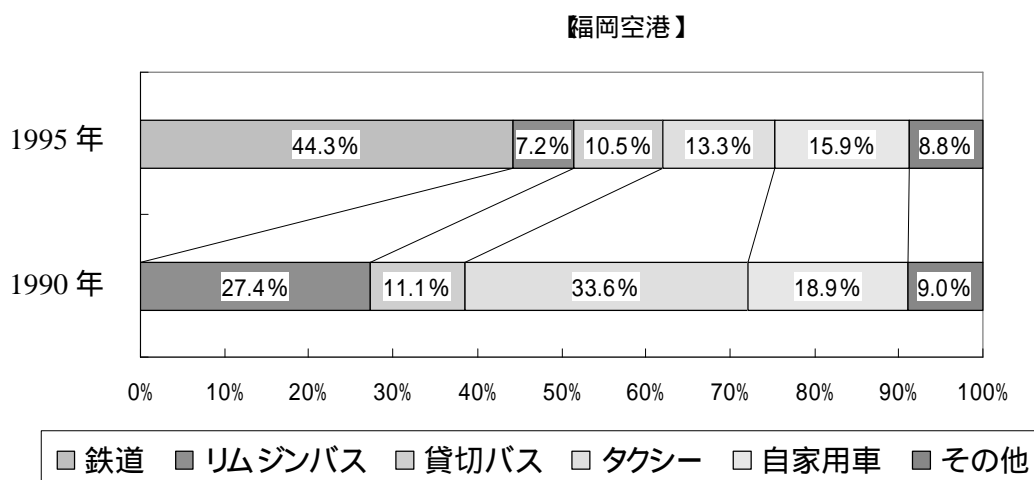
福岡空港への最終アクセス交通機関の分担状況を見ると、定時性の高い鉄道の分担率が増加しており、地下鉄が大きなアクセス機能を果たしていることが分かる。

図表 2.17 福岡空港への地下鉄延伸による博多駅～福岡空港間の所要時間の変化

ケース	所要時間 ^注	利用交通機関の想定
1号線延伸前	14 分	路線バス
1号線延伸後	5 分	地下鉄 1号線

注 開業時の JR 時刻表に基づき試算。

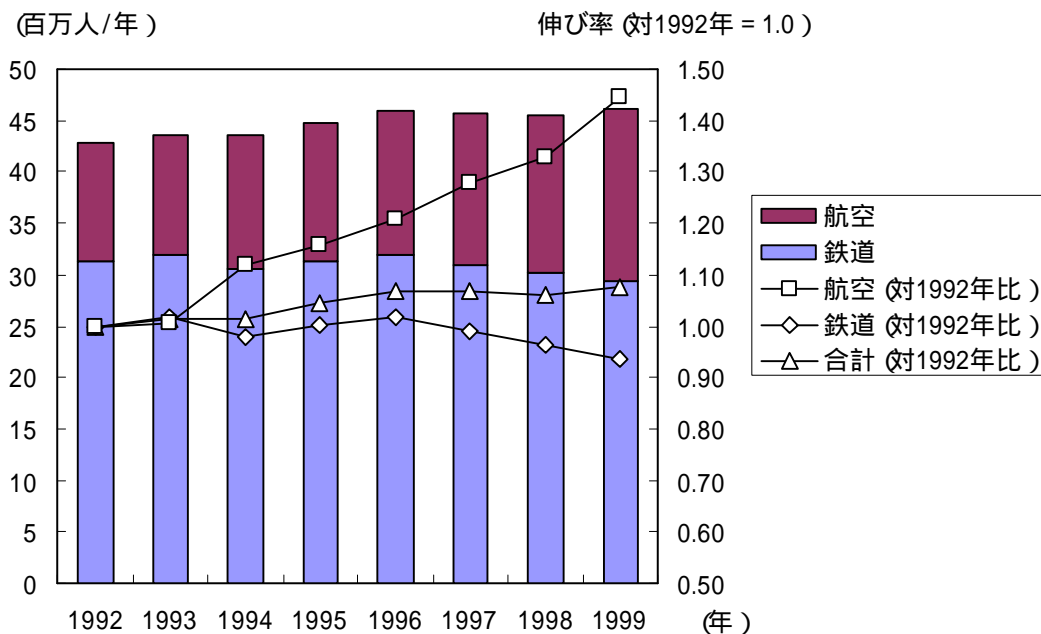
図表 2.18 福岡空港への鉄道直結によるアクセス交通機関別分担率の変化



資料 全国幹線旅客純流動データ(国土交通省) 平成 2年度、平成 7年度
 幹線旅客流動の実態 幹線旅客純流動データの利用あんない
 (国土庁 運輸省 建設省)より

空港アクセス機関の整備により 福岡県発着の航空流動が鉄道と比較して大きな伸びを示している。

図表 2.19 福岡県発着の航空及び鉄道利用旅客数の動向



資料 旅客地域流動調査 (国土交通省) 各年度版

注1 航空利用数には、1991年開港の北九州空港利用者も含む。

注2 鉄道旅客は、JR定期外 + 民鉄定期外のうち、県内々を除く全てのOD量が対象

(3) 運行頻度増加の影響

運行頻度が増加して利便性が高まることによって、需要が増加している路線もある。ここでは、例として、名古屋～福岡線での運行頻度増加による旅客数の変化を示した。

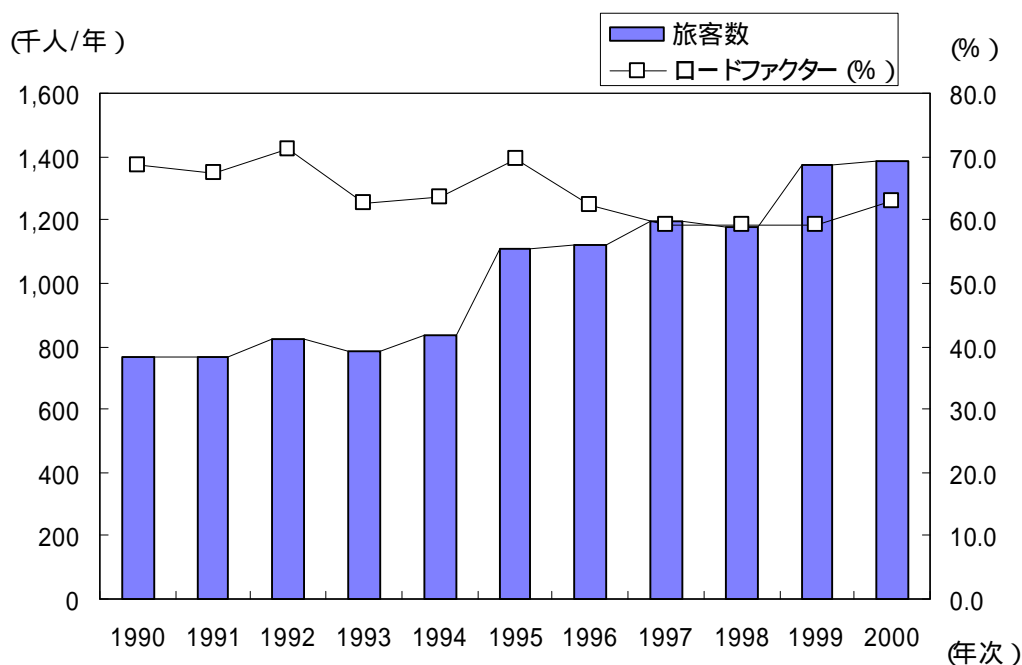
名古屋～福岡線においては、6便/日(1990年)から15便/日(2000年)へ大幅に便数を増加させているが、それに伴い旅客数も1990年から2000年にかけて1.8倍に増加している。

図表 2.20 名古屋～福岡線での運行頻度増加による旅客数とロードファクターの変化

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
便数 (便/日)	6	6	6	7	7	8	9	11	12	14	15
旅客数 (千人/年)	764	766	819	787	837	1,107	1,120	1,193	1,173	1,371	1,385
座席数 (席/年)	1115	1135	1150	1255	1317	1590	1,767	1,988	1,978	2,211	2,236
ロードファクター (%)	68.5	67.4	71.2	62.7	63.5	69.6	62.3	59.2	59.1	59.2	62.8

資料 航空輸送統計年報(国土交通省)各年度版

図表 2.21 名古屋～福岡線での運行頻度増加による旅客数とロードファクターの変化



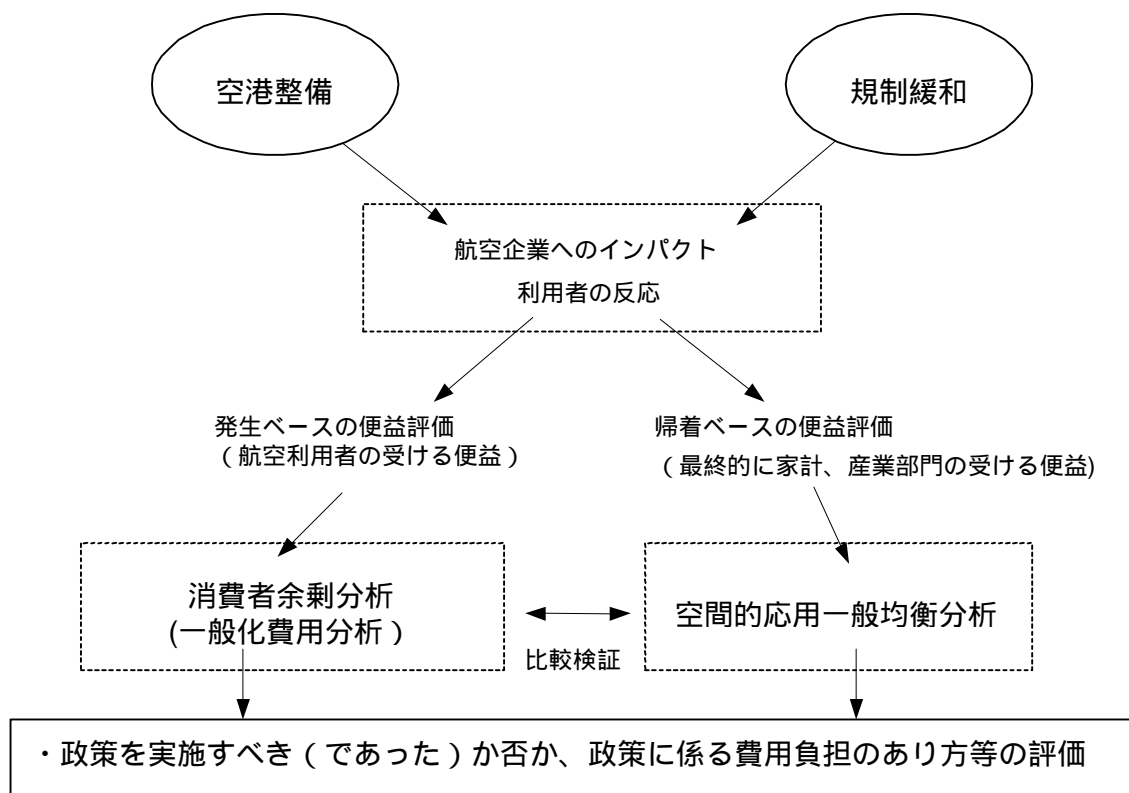
資料 航空輸送統計年報(国土交通省)各年度版

2.4.本研究の対象と留意事項

(1)本研究の対象

本研究は、交通政策全般にわたる政策効果の分析システム構築を目的としているが、そのケーススタディーとして国内航空旅客市場を対象に2.2章で説明した手法を活用して研究を進めることとする。国内航空旅客市場を対象としたのは、規制緩和や空港整備等のソフト・ハードの施策が複合的に実施されていること、広域経済圏へのインパクトを評価する上で適当であること、ネットワークの構造、需要、価格に関する情報が比較的入手しやすいこと等によるものである。研究全体のイメージを図示すると以下のようになる。

図表2.22 航空分野における政策効果の分析システムに関する研究のイメージ



そして具体的には、以下のような視点に特に注目しながら検討を行った。

規制緩和、羽田空港の段階的な発着枠の拡大、空港使用料の見直し等、これまでの主要な航空政策がどのような便益をもたらし、それがどのように帰着したのかを分析する。

現在の日本の国内航空市場は世界的にも稀な大型航空機活用市場であり、その要因

として空港制約の存在が指摘されている。そこで、空港整備や技術開発等によって空港制約、とわけ我が国の拠点である東京国際空港(羽田)の空港制約が緩和されたと仮定した場合、路線や便数、運賃はどのように変化しその際の便益の発生及び帰着状況はどのようなのかを分析する。

(2) 調査にあたっての留意点

本報告書における調査にあたっては、航空市場の特殊性などを鑑み、特に以下のような点に留意した。

- ・航空は、道路交通などと異なり、利用者が自ら運航するのはごく一部であり、一般的には航空企業の輸送サービスが利用されている。このため、航空企業の行動や利用者の反応について分析を行い、モデルに反映させることが必要である。
- ・これまでのモデルは、完全競争の仮説の下に定式化されているが、現実にはさまざまな要因により不完全競争の状況下にある。このため、航空市場の寡占的な側面、複数地域間の交易関係等をモデルに反映させることが必要である。
- ・本調査では特に応用一般均衡分析を用いた実証分析を行うが、応用一般均衡分析モデルによる分析には、モデルの複雑性、動学的な実証性等いくつか課題がある。これらを念頭に置きつつ、交通市場の部分均衡分析についても平行して研究を進める必要がある。そこで、本調査では、まず伝統的な部分均衡分析の枠組みを用いた効果計測を行い、応用一般均衡モデルなどのより高度な手法を用いた分析結果については、適宜部分均衡分析などのより基本的な手法による分析結果と比較し、その妥当性について検討する。

第1部

航空施策の展開及び国内航空市場の展開

第1部 航空施策の展開及び国内航空市場の展開

ここでは、我が国の航空施策の展開及び国内航空市場の展開について、本研究における分析の対象とする1980年代から2000年までを概説する。

3. 航空市場の拡大と成熟

3.1. 航空輸送需要のさらなる増大

(1) 航空輸送の拡大

1951年に再開された我が国の航空輸送は、旅客、貨物ともに急激な発展を遂げ、'80年代前半までには、国際旅客と国内長距離旅客の大半が航空を利用し、貨物についても付加価値の高い製品を中心に幅広く利用されるに至り、遠距離高速輸送の主要な担い手として位置付けられることとなった。

その理由としては、所得水準の向上と産業活動の活性化により時間価値が高まり、このことが時間短縮効果が大きく快適性にも優れた航空輸送の特性に合致したこと、及びジェット機の就航、ジャンボ機の就航等の一層の高速化・大型化の進展及び燃費向上等の技術革新による生産性の向上により、輸送コストが相対的に低下し、実質的な航空運賃が低下したことが挙げられる。

'80年代後半に入っても、航空輸送量は引き続き増加基調にあったが、政府による競争促進施策がさらなる輸送量の増大に寄与することとなった。'86年6月の運輸政策審議会の答申「今後の航空企業の運営体制の在り方について」の趣旨に沿って、国際線の複数社化及び国内線のダブル・トプルトラック化を推進し、積極的に新路線の開設及び増便を行ったこと、さらに、'88年7月に東京国際空港の新A滑走路の供用が開始されたことに伴い、同空港発着便の増便が行われたこと等により、航空輸送量は大幅に増加した。

国内航空旅客輸送量については、'85年8月に起こった日航ジャンボ機の墜落事故の影響等により、'85年度には4,378万人(対前年度比2.1%減)と減少したものの、'86年度には初めて6千万人を突破して6,012万人(同13.6%増)となり、'85年度から'86年度までの年平均伸び率は8.3%となった。

このような航空輸送需要の大幅な増大に支えられ、我が国航空企業の収支は、'85年の日航機事故によりしばらく低迷したものの、'87年度以降は順調に推移した。

(2) バブル崩壊の影響

1990年度の我が国の国際航空旅客輸送量は、湾岸戦争による利用客の減少が大きく影響したため、3,105万人(対前年度比3.6%増)と微増にとどまった。一方、国内航空旅客輸送量は6,525万人(同8.5%増)と好調であり、貨物輸送については、国内航空貨物輸送量が

69.1万トン(同4.7%増)、国際航空貨物の輸送量が158.1万トン(同4.1%増)となっていた。

バブルの崩壊により景気が後退する中、'91年度の国内航空旅客輸送量は6,869万人(対前年度比5.3%増)となり我が国の経済活動の発展及び旅行需要の増加を背景に急激な増加を続けてきた国内航空需要の伸びは鈍化した。一方、国際航空旅客輸送量は3,415万人(同10.0%増)となり湾岸戦争の影響からは脱したが、国際・国内の景気低下の影響を受け、ビジネス需要についてはファーストクラス及びビジネスクラスが伸び悩むとともに、観光需要についても高額商品離れが進んだ。

'87年度以降順調に推移してきた我が国航空企業の収支は、競争の激化に伴う実質運賃の低下等により'91年度には各社とも前年度に比べて大幅な減益となり'92年度には航空3社計で約427億円の経常損失を計上するに至った。さらに、景気減速等による需要の低迷と国際的な競争激化による収入の落ち込みは予想以上に激しく、'93年度においても3社計で360億円の経常損失を計上したため、一層の合理化・効率化等によりコスト競争力の強化に努めるとともに、サービスと営業力の向上等により増収を図る努力が必要となった。

(3) 航空需要の増大と課題

バブルの崩壊以降、航空輸送需要は低迷を続け、1994年度に入っても上期は国内航空旅客輸送量は前年度並みと低迷したが、6年9月の関西国際空港の開港、さらには7年1月の阪神・淡路大震災の発生に伴う山陽新幹線等に代替する臨時便等の運航により、年度計では7,455万人(対前年度比7.1%増)と増加に転じることとなった。

その後も、我が国経済が停滞する中においても、競争の激化による航空輸送サービスの向上等により我が国の航空輸送は堅調な伸びを続け、'97年度の数字を'85年度と比べてみると、国際航空旅客輸送量は4,633万人と約2.6倍、国内航空旅客輸送量は8,555万人と約2.0倍、国際航空貨物輸送量は245.0万トンと約2.8倍、国内航空貨物輸送量は85.0万トンと約1.8倍となっており、特に我が国経済のグローバル化を反映して、国際輸送の伸びが大きくなっていった。

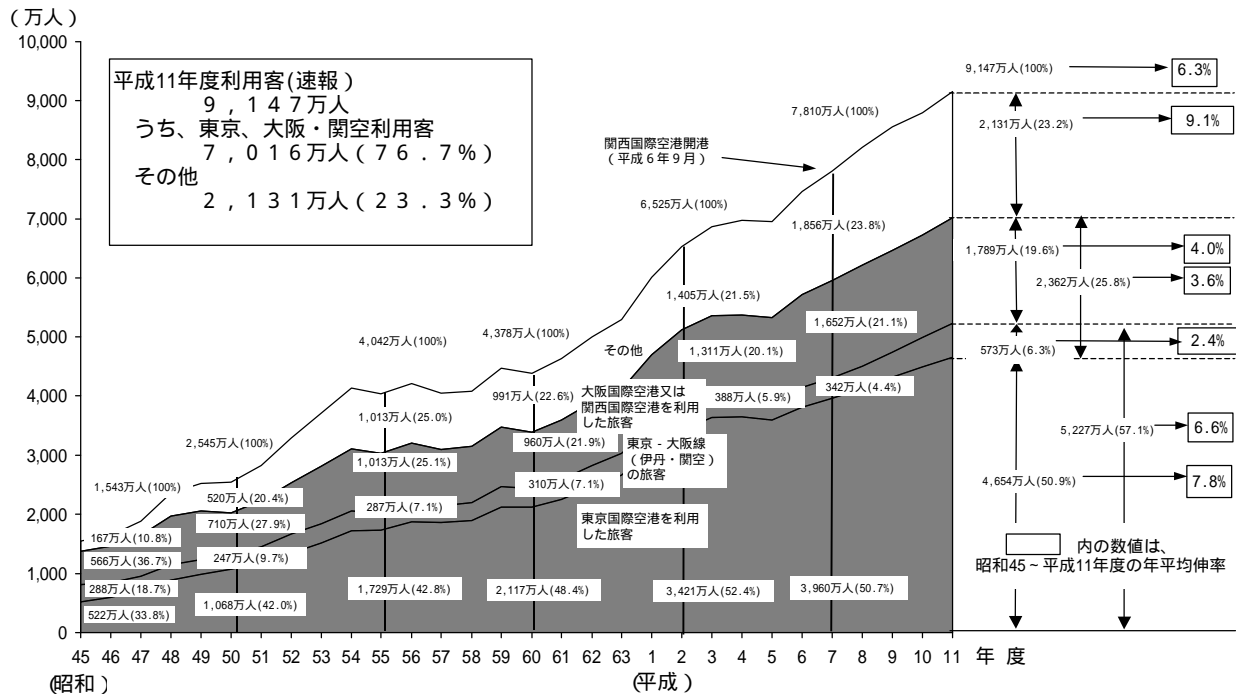
'98年11月時点では、我が国航空企業6社と外国航空企業58社により我が国19都市と世界42か国2地域115都市との間で国際航空ネットワークが形成され、国際定期運航便数は週間約2,100便に及んでいたが、旺盛な日本人海外旅行需要等を背景として、我が国への新規乗り入れや増便を希望する国は依然として多い状態にあった。こうした国の多くは、我が国の旅客・貨物需要の重要な拠点である東京及び大阪の二大都市圏への乗り入れを希望していたが、新東京国際空港及び関西国際空港とも空港の処理能力が限界に達しつつあり、各国の希望に十分応えられない状況にあった。このため、航空輸送需要の一層の増大に対応できるよう滑走路の増設等空港容量の拡充を図っていくことが重要な課題となった。

図表 3.1 我が国航空輸送量の推移

(単位 旅客:万人、貨物:万トン)

年度	国際旅客 (伸率)	国内旅客 (伸率)	国際貨物 (伸率)	国内貨物 (伸率)
1985	1,758 (5.3%)	4,378 (-2.1%)	87.3 (10.0%)	46.9 (7.9%)
1986	1,865 (6.1%)	4,637 (5.9%)	102.4 (17.3%)	50.8 (8.2%)
1987	2,251 (20.7%)	5,005 (7.9%)	121.9 (19.1%)	57.3 (12.8%)
1988	2,664 (18.4%)	5,295 (5.8%)	140.5 (15.3%)	61.8 (8.0%)
1989	2,995 (12.4%)	6,012 (13.6%)	151.8 (8.1%)	66.1 (6.8%)
1990	3,105 (3.6%)	6,525 (8.5%)	158.1 (4.1%)	69.1 (4.6%)
1991	3,415 (10.0%)	6,869 (5.3%)	154.1 (-2.5%)	68.4 (-1.0%)
1992	3,449 (1.0%)	6,969 (1.5%)	154.3 (0.1%)	67.3 (-1.6%)
1993	3,600 (4.4%)	6,958 (-0.1%)	171.7 (11.2%)	69.2 (2.8%)
1994	3,886 (7.9%)	7,455 (7.1%)	199.7 (16.3%)	74.6 (7.8%)
1995	4,357 (12.1%)	7,810 (4.8%)	212.6 (6.5%)	79.1 (6.0%)
1996	4,651 (6.7%)	8,213 (5.2%)	223.1 (4.9%)	83.3 (5.3%)
1997	4,633 (-0.4%)	8,555 (4.2%)	245.0 (9.8%)	85.0 (2.0%)

図表 3.2 国内航空旅客数の推移



出典 国土交通省航空局資料

3.2.航空運送事業の競争促進と利用者利便の増進

(1)競争促進施策の積極的推進

1)国内線のダブル・トリプルトラック化及び国際線の複数社化の推進

我が国においては、1986年6月及び'91年6月の運輸政策審議会答申の趣旨に沿って、安全運航の確保を基本としつつ、航空会社間の競争促進を通じて利用者利便の向上を図るため、国内線については高需要路線を中心にダブルトラック化及びトリプルトラック化(1つの国内路線について2社又は3社の航空会社が競合して運航している状態をダブルトラック、トリプルトラックという)を、また、国際線については複数社化を推進してきた。

我が国航空企業の運営体制については、1970年の閣議了解及び'72年の運輸大臣の指導により航空会社の過当競争を排して、その共存共栄を図るとの観点に立って、航空企業の事業分野(日本航空:国際線及び国内幹線、全日本空輸:国内線(幹線及びローカル線)、日本エアシステム(当時の東亜国内航空):国内ローカル線)が定められ、以来十数年間にわたり'70年と'72年の昭和の年号をとったいわゆる「45・47体制」の枠組みの下で事業活動が行われていた。しかし、生活水準の向上と時間価値意識の高まり等により航空輸送は、国際、国内ともに急速な成長を遂げてきたことから、'85年12月の閣議了解により「45・47体制」は閣議了解により廃止され、これを契機に、国際線については、すべての航空会社の参入を認めるとともに、国内線については、ダブル・トリプルトラック化の基準を定め(当時は、トリプルトラック化基準:年間需要100万人以上、ダブルトラック化基準:年間需要70万人以上)、競争促進施策を推進した。この結果、国際線においては、'86年以降平成3年までに、日本航空のみで運航されていた東京-ロサンゼルス、香港、ソウル、バンコク及びシンガポール線等について全日本空輸が、東京-ソウル及びシンガポール線について日本エアシステムが、それぞれ参入し、国内線においては、'86年以降平成3年までに、東京-鹿児島、小松及び広島線、大阪-札幌線等のトリプルトラック化、東京-秋田、小松、熊本及び長崎線、札幌-福岡線並びに大阪-松山線等のダブルトラック化が実施された。このように、航空運送市場は競争を通じた発展の時代を迎えて、以後は、安全運航の確保を基本としつつ、企業間の競争を通じて、利用者の要請に応じたサービスの向上、経営基盤の強化及び国際競争力の強化等をめざすこととなった。

また、日本航空については、特殊法人として独占的ないし優越的な条件でリスクの少ない経営を行ってきたが、国際線を運航していく上で、特殊法人としての国の助成を必要としないまでに成長したことから、同社の自主的かつ責任ある経営体制を確立し、活力を引き出すため、'87年11月、同社の完全民営化を行った。

2)さらなる競争促進施策の推進

また、国内線においては、さらなる利用者利便の向上を図るため、1992年にダブル・トリプルトラック化基準となる年間旅客数を引き下げた(ダブルトラック化基準:年間需要40万

人以上。ダブルトラック化基準（年間需要70万人以上、ただし、空港整備状況等を勘案し、当分の間は原則80万人以上とされた。）。この新基準に従って同年11月以降、東京 - 旭川線及び那覇 - 宮古線等のダブルトラック化、東京 - 大分線等のダブルトラック化が進められた。

さらに、'96年、ダブル・ダブルトラック化基準の2回目の引き下げを行い、ダブルトラック化については原則20万人以上、ダブルトラック化については35万人以上に引き下げた。この基準に基づき、同年4月以降、札幌 - 仙台及び福岡線等の路線がダブルトラック化される等、各路線における各社の競争がさらに促進されることとなった。

そして、'97年4月には、ダブル・ダブルトラック化基準そのものが廃止されることとなり、'98年4月までに、東京 - 帯広線及び福岡 - 仙台線等のダブルトラック化、東京 - 女満別及び高知線等のダブルトラック化が行われ、国内線における競争はますます激化した。

(2) 運賃制度の弾力化

1) 国内航空運賃制度

従来の運賃設定方式

従来の国内航空運賃の設定方式は、物価の上昇等により航空会社の収支が悪化し、運賃改定を行いたい旨の申請があった場合に、会社ごとに収支が均衡するために必要な範囲で値上げを認める方式であり、その場合のコストの算定に当たっては、能率的な経営の下における適正原価に適正利潤を加えたものとする総括原価方式が採用されていた。

しかしながら、同じような距離であっても、北部の路線の方が南部の路線に比べて運賃が割高になっているという「南北格差」と呼ばれる賃率格差が生じていることに対して、多くの利用者が不公平感を抱くようになったことを踏まえ、1990年には、こうした不公平感を解消するため、割高となっている運賃の引き下げを行うこととなった。このときに導入された概念が標準原価であり、これは、各航空運送事業者の運航する路線ごとの原価をもとに算出したものであり、このときに行った措置は、路線別の特性を損なわぬよう、各路線ごとの運賃を、それぞれの標準原価の上下10%以内に納めるように認可することとした。

幅運賃制導入の経緯

公共料金をめぐる世論の厳しい動向を踏まえ、'94年11月には与党経済対策プロジェクトチームが中心となって「今後の公共料金の取扱いについて」が策定、閣議了解された。ここでは、「公共料金のうち市場原理を導入できる分野については、競争的環境の整備を図る中で規制緩和を一層推進することとし、その一環として、事業の内容・性格等を勘案しつつ、上限価格規制の是非を含め、経営の効率化を促す方策について検討する」とともに「多様化した利用者ニーズに対応した料金体系の確立を図る」とこととされた。

さらに、'95年3月に閣議決定された規制緩和推進計画において、運輸産業の運賃・料金設定方式のあり方等について検討を行うことになり、同年9月の経済対策閣僚会議に

において検討された経済対策では、国内航空運賃に標準原価を上限とする幅運賃制を年内に導入することが決定されたことを受け、12月、物価問題に関する関係閣僚会議の了承を経て、運賃の上限となる標準原価の算出方法、下限の幅等を始めとする運用方針を決定し、幅運賃制を導入した。

この幅運賃制度は、各路線の運賃を標準原価を上限とする一定の幅(25%)の中で包括的に認可する制度であり、この制度の導入により各航空会社は、それぞれの路線について上限と下限を持った幅のある運賃の認可を受け、その幅の中で、各社の自主的な判断により自由に運賃設定を行うことができるようになることから、従来の同一路線同一運賃の制度を改め、季節、時間帯及び路線の特性等を加味し、多様化・高度化する利用者ニーズに弾力的に応えた多様な運賃設定が可能となった。

この新しい幅運賃制度の下で、1996年、各事業者の運賃認可が行われ、同年5月から6月にかけて新運賃の適用が開始された。

様々な割引運賃の登場

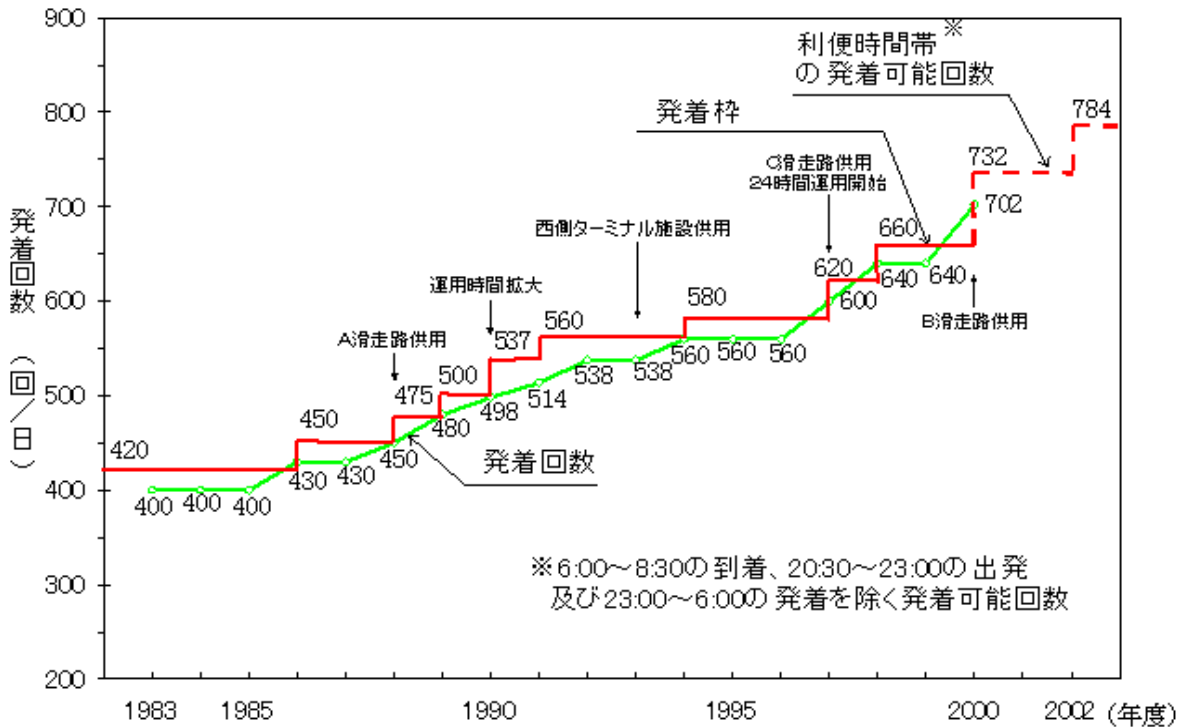
運輸省は、幅運賃制の導入に先立ち、'94年に航空法を改正し、定期航空運送事業に係る総収入を減少させないと見込まれる範囲内で行う割引率50%までの、需要喚起のために各社が設定する営業政策的な割引運賃については届出制とすることとした。これを受けて、最大割引率50%の事前購入割引や、割引率40%の特定便割引等、多様な割引運賃が登場し、幅運賃制と連動することにより、多様化するニーズに対応した様々な運賃設定が可能となった。

(3)東京国際空港新C滑走路の供用開始と新規航空会社の参入

東京国際空港では、沖合展開事業が実施され、1997年3月に新C滑走路が供用開始された。

これにより二段階('97年7月と'98年4月)に分けて合計で40便発着枠が増加することとなったが、その配分については、我が国の航空の発展にとって極めて重要であるため、配分基準について、'96年11月より運輸省航空局に「羽田空港の新規発着枠の配分基準懇談会」を設け、有識者による公開の場での議論が重ねられた。その結果、'97年2月に同懇談会から報告書が提出された。本報告書も踏まえつつ、同年3月に、航空会社の自由な路線設定を可能とする「自由枠」を設定するとともに、利用者利便の向上につながる競争の一層の促進という観点から新規会社用の枠(6便分)を新たに設定し、具体の配分を実施した。これにより、同年7月に第一段階の増便(20便)が、さらに、'98年4月に第二段階の増便(20便)が実施された。

図表 3.3 国内航空旅客数の推移



出典 国土交通省航空局資料

また、この東京国際空港新C滑走路の供用開始による発着枠の増加に伴い、新たに国内定期路線等を開設しようとする新規航空会社(6社)が現れた。運輸省においては、これらの航空会社について、利用者利便の向上につながる競争の一層の促進という観点から評価する一方で、事業者にとって安全の確保は最重要課題であることには何ら変わりはなく、新規航空会社が安全な運航を維持することができるような体制を整えていくことが必要であったため、これらの航空会社の免許申請に対してはこの点に関して十分審査を行うこととした。

これらの新規航空会社の中においては、'98年2月に免許申請を行ったスカイマークエアラインズに対して、同年7月、東京 - 福岡間に係る新規の定期航空運送事業の免許を交付し、同社は、同年9月に就航した。これは、既存3社の関連会社を別にすれば、'63年8月の長崎航空以来、定期航空運送事業としては約35年ぶりの免許であった。なお、同社は、'99年3月、大阪(伊丹) - 福岡間及び大阪(伊丹) - 札幌間に係る免許を取得、同年4月運航を開始した。

また、'98年6月に免許申請を行った北海道国際航空(エアドゥ)に対しては同年10月、東京 - 札幌間の路線に係る新規航空運送事業の免許を交付し、同社は12月より運航を開始した。

この二つの新規航空会社は、就航開始にあたり、既存3社より大幅に低い運賃を設定し

(スカイマークは既存3社の半額、エアドゥは36%引き) 機内サービスの簡略化や航空機整備業務や空港カウンター業務の一部委託等の経営努力を行った。この結果、誰でもいつでも低運賃を利用できるという運賃戦略が利用者の人気を集め、就航当初は、8割前後の高い利用率で推移した。一方、既存3社は当初、利用者数、利用率とも前年同月比で減少したが、新規2社の便の前後便を対象とした特定便割引やマイレージサービスの拡充等を行い、さらに'99年3月には特定割引の対象便数を拡大した結果、利用者数、利用率とも前年同月比を上回るまでに改善された。

こうした航空会社間の競争による利用者利便の向上の結果、全体旅客数は、'99年3月には東京 福岡間で16.3%、東京 札幌間で9.4% (それぞれ対前年同月比) 増加した。

(4) 需給調整規制の廃止について

1) 運輸政策審議会答申について

こうした航空会社間の競争による利用者利便の向上の結果、全体旅客数は、'99年3月には東京 福岡間で16.3%、東京 札幌間で9.4% (それぞれ対前年同月比) 増加した。

我が国でも段階的に国内航空運送事業の規制緩和を進めてきたが、さらに運輸省は、1996年12月、行政改革や経済構造改革の推進が焦眉の急であること等にかんがみ、自由競争の促進により交通運輸分野における経済活動の一層の効率化・活性化を図るため、交通運輸分野における需給調整規制を原則として目標年限を定めて廃止する方針を定めた。このうち、航空分野における需給調整規制については、'99年度中に廃止することとされ、これを受けて、'98年4月、運輸政策審議会は、

参入に係る需給調整規制の廃止後における国内航空運送事業制度のあり方

政策的に維持すべき路線の維持のあり方

継続的な競争を実現するための空港のスロットレールのあり方

について検討を行い、答申をとりまとめた。

2) 需給調整規制廃止とその環境整備方策について

以上のような答申の内容を踏まえ、運輸省としては、需給調整規制廃止を柱とする航空法の改正を行うとともに、その競争環境の整備のため、生活路線の維持方策、空港制約のある空港における発着枠の配分ルール等、競争環境の整備のための所要の措置を講ずることとした。

これを受けて、運輸省は、生活路線の維持方策、空港制約のある空港における発着枠配分ルール等の環境整備方策を確立するとともに、'99年度中の需給調整規制廃止に向けて、航空法の改正等所要の措置を講ずることとした。

航空法の改正

航空法については、主に以下の点について改正が行われた(1999年公布 施行(一部

2000年))

イ 事業参入規制の見直し

定期航空運送事業と不定期航空運送事業の事業区分を航空運送事業に一本化するとともに、参入規制について、需給調整規制を廃止し、路線ごとの免許制から安全面の審査を中心とした事業ごとの許可制に改める。

ロ 運賃・料金規制の見直し

航空運送事業に係る運賃及び料金(国際航空運送事業に係るものを除く。)の設定又は変更について、認可制を事前届出制に改めるとともに、一定の事由に該当する場合には、その変更を命ずることができることとする。

ハ 運航ダイヤの取扱いの見直し

国内定期航空運送事業に係る路線の開設や運航ダイヤの設定及び変更について、運航計画の事前届出制とする。

ニ 混雑飛行場の特例

羽田空港、伊丹空港など航空交通容量に制限がある混雑飛行場を使用して当該事業を営もうとする者は、運航計画を提出して混雑飛行場を使用して運航を行うことについて許可を受けなければならないこととし、当該許可には有効期間を付すこととする。また、当該許可の有効期間内における運航計画の変更は、認可制とする。

ホ 運航又は整備に関する業務の管理の受委託

安全な運航を確保しつつ、アウトソーシングの活用による新規参入や経営効率化を促進するため、運航又は整備に関する業務の管理の受委託の許可制度を創設する。

混雑空港におけるスロット配分ルール

混雑空港におけるスロット配分ルールについては、有識者による「スロット配分方式検討懇談会」を開催し、'98年11月に、利用者利便を増進し、かつ効率的な航空会社にスロットを配分する「評価方式」を優先的に採用すること、実際に個々の配分のケース毎に適用されるべき具体的なルールについては、今後具体的な配分の必要性が生じた段階で、有識者からなる検討組織において配分の時点における混雑空港の状況、社会経済情勢、利用者ニーズの変化、諸外国のスロット配分を巡る状況の変化等を十分に踏まえて検討を行うことが適当であること等を内容とする報告書をまとめた。

離島航空路線の維持

需給調整規制の廃止に際しては、航空会社間の競争を促進させることを通じて、航空会社の経営効率化等による経営基盤の強化、利用者に対するより良い航空サービスの提供を図っていく中で、不採算路線については撤退により路線維持が困難となるおそれがあった。特に離島路線については、住民の生活に不可欠な交通手段となっている場合が多く、路線の運航維持を図ることが適正な競争環境整備等の観点から非常に重要である

との観点から、総合的な支援施策を講ずることが検討された。その結果、'99年度においては、新規に運航費補助（離島の住民の生活に必要な路線について、運航費の一部を補助する制度）及び離島航空路線に係る航空機燃料税の軽減措置を行うこととしたほか、離島ジェット路線に係る空港使用料軽減措置の拡充（一般路線の6分の1）や、離島路線に使用する小型航空機に対する固定資産税の軽減措置の拡充を行う等、離島の航空輸送の確保のために国等による支援措置の大幅な拡大を実施した。

空港使用料等公的負担の見直し

国際・国内における競争環境の整備を進める一方、利用者利便の向上及び地域経済の活性化を図る観点から、航空ネットワークの維持・拡充等を図るため、空港使用料等の公的負担の見直しを行った。具体的には、'99年4月より国の管理する2種A空港及び共用飛行場の着陸料を2/3に軽減し、これに伴い航空運賃の引下げが行われ利用者還元が図られた。なお、地方自治体の管理する2種B及び3種空港についても、大部分の空港において、同様に着陸料の引き下げが実施され航空運賃が引下げられた。また、我が国の上空を通過する航空機から航行援助施設利用料を新たに徴収する一方、従来の航行援助施設利用料の引き下げを行い、負担の公平化を行った。

(5) 地域航空輸送の展開

離島航空路線は、従来より離島住民の足として生活に密着した役割を果たしていたが、採算性の確保等種々の問題が存在するところであった。その開設及び維持については、離島航空事業者の自主的な経営努力を基本としつつ、離島路線の必要性を踏まえ、国においては、国が管理する空港の空港使用料の軽減措置を実施するとともに、離島路線に使用する小型航空機の購入費補助を行い、地方公共団体においても地方管理空港の空港使用料の軽減措置、固定資産税の軽減措置及び欠損補助等の助成により支援を行ってきた。

小型航空機の購入費補助については、1993年度には補助対象機材の定員を19人以上から9人以上とし、'96年度には機材の必要滑走路長を800mから1,500mまで延長するなど、要件の緩和を図った。

離島航空路線に係る空港使用料については、'89年度及び'96年度における軽減措置の拡充の結果、'96年度においては普通着陸料について、ジェット機：1/6、6トン超の航空機：1/8、それ以外：1/16となった。

また、'99年度の需給調整規制廃止後に際しては、航空会社間の競争が促進される中で不採算路線からの撤退が相次ぐことが考えられたため、これらの路線のうち地域住民の日常生活に不可欠な路線については引き続き維持していくことが必要であるとの考え方に立ち、離島航空路線に係る総合的な支援施策を検討し、所要の措置を講じた。

また、離島以外のコムーター航空については、地域住民の生活の向上、地域経済の活性化等の観点から、地方空港の整備の進展と相まって地域の足として各地で注目を浴び、

'96年度に入ってから、広島 - 出雲及び高松 - 福岡等の路線が新たに開設され、'98年7月の時点で、20路線において運航されることとなった。しかしながら、コムーター航空各社においては、合理化等の経営努力を行ったものの、各社の経営はいずれも厳しい状況に置かれた。そのため、コムーター航空事業者が航空機の購入及び格納庫等の整備に要する資金について開銀等の政府系金融機関から低利融資を行った。

また、コムーター航空については、座席数や反復継続性等の要件があり、定期航空路線のサービスが提供されていない路線を中心に定期航空に影響を及ぼさない範囲で運航が認められてきたが、'98年4月の運輸政策審議会答申において、需給調整規制の廃止を踏まえ、こうしたコムーター事業に係る制約の見直しを行う必要があるとされた。これを受け、需給調整規制廃止後においては、従来のコムーター航空を定期航空と同様に取り扱うこととし、コムーター事業者の経営判断に基づいた自由な路線設定を可能とすることとした。

なお、沖縄振興の観点から、本土～沖縄路線に係る航空運賃の引下げについて、代表的な路線である東京 - 那覇路線で往復8,000円程度の運賃引下げを実現するため、'99年7月より'01年度までの間、特例的な措置として、空港使用料を1/6に引き下げることと併せ、同路線に係る航空機燃料税を3/5に軽減した。さらに、'99年7月1日より、航空機燃料税の特例措置の拡充（税率を本則の3/5から1/2に軽減）が行われ、本土 - 那覇路線の航空運賃のさらなる引下げが実施された（東京 - 那覇路線の片道の普通運賃について、31,050円から30,050円に1,000円引下げ等）。

3.3.大都市拠点空港を中心とした空港整備

第五次、第六次及び第七次空港整備五箇年計画の概要は次のとおり

(1)第五次空港整備五箇年計画

1980年代後半には、新東京国際空港、東京国際空港及び大阪国際空港は利用の限界に達しつつあり、いわゆる三大空港プロジェクト(新東京国際空港の整備、東京国際空港の沖合展開、関西国際空港の整備)の推進が急務となっていた。このような状況を踏まえ、'85年11月、'86年度から'90年度までの5年間を計画期間とする第五次空港整備五箇年計画(投資規模1兆9,200億円、対前計画比12.3%増)が閣議決定された。

同計画の基本的方針は、国際及び国内航空輸送の増大に対処するため、三大空港プロジェクトを最重点課題として推進するとともに、引き続き一般空港の整備を進めること、空港と周辺地域との調和ある発展を図るため、地域の環境整備を中心とした対策を推進すること及び航空交通の安全の確保と空域利用の効率化を図るため、航空保安システムの近代化を推進することであった。

(2)第六次空港整備五箇年計画

1991年11月、'91年度から'95年度までの5年間を計画期間とする第六次空港整備五箇年計画(投資規模3兆1,900億円、対前計画比66.1%増)が閣議決定された。

同計画においては、三大空港プロジェクトを最優先課題として推進するほか、一般空港等についても、就航機材の大型化等に対応するとともに、国際・国内航空ネットワークの充実を図るため、空港の新設、滑走路の延長等所要の整備を図ることとされた。さらに、中長期的な航空需要の動向を勘案して、関西国際空港の全体構想について、その推進を図るため調査検討を進めるとともに、事業の健全な経営と円滑な実施を図るための措置に関し関係者間で具体的方策を確立するほか、中部新国際空港構想及び首都圏の空港能力の拡充についても調査を進めることとされた。

(3)第七次空港整備五箇年計画

1996年12月、'96年度から'00年度までの5年間を計画期間とする第七次空港整備五箇年計画(投資規模3兆6,000億円、対前計画比12.9%増)が閣議決定された。

同計画においては、空港の整備を我が国における経済的・社会的発展を持続するための一つの条件として捉え、航空ネットワークの拠点となる大都市圏における拠点空港の整備(新東京国際空港の整備、東京国際空港の沖合展開、関西国際空港の2期事業及び中部圏における新たな拠点空港の調査検討等)を最優先課題として推進するとともに、一般空港等については継続事業を中心として整備することとした。

なお、我が国財政の厳しい状況を踏まえ、公共事業関係の長期計画について計画期間

の延長により投資規模の実質的な縮減を図るため、'97年6月に「財政構造改革の推進について」が閣議決定され、さらに同年12月には「財政構造改革の推進に関する特別措置法」が公布、施行されたのを受けて、同月の閣議決定により、空港整備五箇年計画は総事業費を変更せずに計画期間を2年延長し、'96年度から'02年度までを計画期間とする七箇年計画に改定された。

図表3.4 第五～七次空港整備五(七)箇年計画の概要

区分	第五次五箇年計画	第六次五箇年計画	第七次七箇年計画
空港の整備	8,000億円	1兆6,100億円	2兆220億円
民間出資関連事業	6,500億円	8,450億円	5,740億円
環境対策事業	1,700億円	2,650億円	3,370億円
航空保安施設の整備	1,800億円	3,000億円	4,670億円
調整費	1,200億円	1,700億円	2,000億円
合計	1兆9,200億円	3兆1,900億円	3兆6,000億円

図表3.5 年間国内航空旅客数の実績と予測値



出典 国土交通省航空局資料

第2部

基本モデルによる航空政策評価

第2部 基本モデルによる航空政策評価

ここでは、国内航空市場において過去15年程度の間採られてきた各種政策（各種規制緩和、羽田の空港容量の拡大など）による効果をマクロに把握するために、国内航空政策による利用者便益推計のための基本モデルを構築する。このモデルは、国内航空市場のみに着目した部分均衡分析モデルと、航空市場以外の市場も明示的に考慮し、波及効果も含めて計測可能な応用一般均衡分析モデルから成る。ただし、いずれのモデルも日本全国を一地域とみなした国民経済モデルであり、帰着便益の空間的な分布などは出力できない。また、航空市場の寡占的状況は捨象しており、航空企業に関しては常に利潤が0であるとの想定を置いているために、供給者便益は常に0であり、利用者便益が社会的便益と等しくなる。換言すれば、航空市場で発生する便益はすべて利用者に還元されるとの想定のもとでの効果計測となっている。

便益の空間的な帰着状況、および航空市場の寡占的状況は第2部において構築する航空ネットワークモデルおよび空間的応用一般均衡モデル（SCGEモデル）において明示的に考慮する。

以下、4章では部分均衡分析を、5章では応用一般均衡分析モデル（CGEモデル）を用いた各種政策の効果分析について述べる。

4.部分均衡分析による航空政策の評価

本章では、まず国内航空市場のみに着目したマクロな部分均衡分析モデルを構築し、国内航空市場における各種規制緩和および羽田のスポット拡大などに伴う運賃低下による利用者便益を計測する。さらに、既存の航空需要予測モデルを援用し、航空ネットワークの拡充に伴う便数の増加、時間短縮による利用者便益を合わせて計測する。

また、マクロな部分均衡分析モデルについては、簡便に操作可能なシステム化を行った。その使用方法等については 4.4 で解説する。

4.1.分析の考え方

部分均衡分析は、従来から交通施設整備効果の計測に適用されてきた分析手法であり、公共事業関連各省庁から出されている「費用便益分析マニュアル(案)」では、この手法を利用することが規定されている。これは、基本的に交通市場のみに着目した分析手法である。

部分均衡分析による便益の計測は、多くの場合、以下の2ケースで行われている(下図)。

a)OD 交通量が整備有無(with/without)で変化しない場合

整備有無で同じOD表を適用

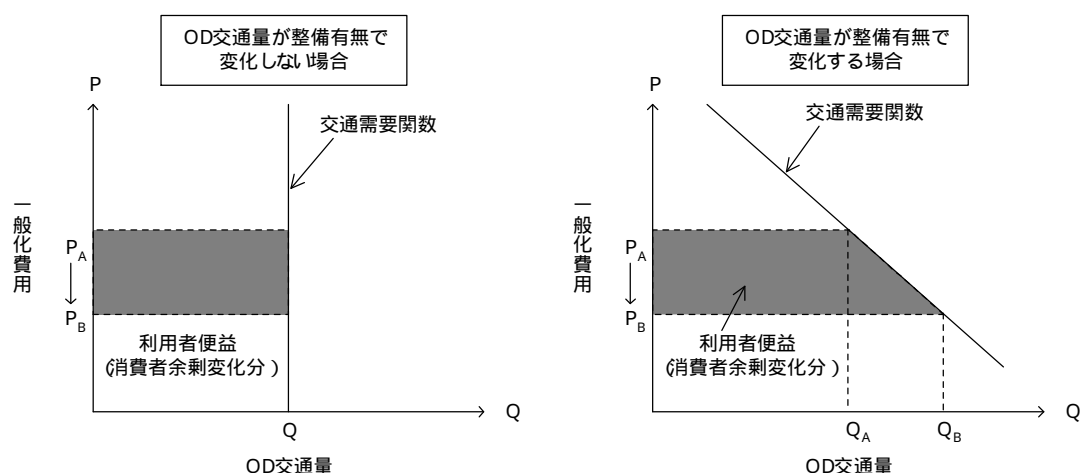
b)OD交通量が整備有無で(with/without)で変化しない場合

重力モデルなどにより整備有無別のOD表を推計

(ゾーン間アクセシビリティの変化がODパターンを変化させると想定)

この図から分かるように、交通施設整備の便益を、交通市場における消費者余剰の変化によって、発生ベースで捉えている点が特徴である。

図表 4.1 部分均衡分析における便益



4.2. 航空政策を評価する部分均衡分析モデルの開発

国内航空市場における各種政策が消費者余剰を生み出す経路としては、主に以下の2つが考えられる。

図表4.2 各種政策が消費者余剰を生み出す経路

各種規制緩和および空港発着容量の緩和(スロット拡大)等に伴い、航空企業の生産性が向上することによる運賃の低下 各種空港の建設等に伴い、航空ネットワークが拡充し、便数が増加することによる時間短縮等
--

もちろん、¹⁾の効果は独立なものではなく、相互に大きな関連を持つが、ここでは分析の便宜上、²⁾それぞれの効果を計測するモデルを開発し、分析を行う

(1) 各種規制緩和および空港発着容量の緩和(スロット拡大)等の効果計測モデル

まず上記¹⁾による効果を計測可能な部分均衡分析モデルを推計する。

各種規制緩和およびスロット拡大の効果を計測するためには、規制緩和に関する変数等を明示的に取り込んだ部分均衡分析モデルを開発する必要がある。基本的にこれらの政策は航空企業の生産性に影響を与えと考えられる。したがって、より具体的にはこれらの変数を導入した供給曲線と、その対となる需要曲線を推定することになる。

需給両曲線を推定する際に利用するデータは、消費者の需要計画、企業家の供給計画に基づく取引量や価格ではなく、市場で実現した取引量や価格であるため、一般的な通常最小二乗法(Ordinary Least Square Method :OLS)で推定しようとする、経済理論的には意味のない需給両曲線の混合(モンダレル)を推計したに過ぎなくなる。これを回避するため、2段階最小二乗法(2 Stage Least Square Method :2SLS)を用いた推計を行うこととする。

ここで、需要曲線と供給曲線の被説明変数および説明変数は以下のように設定し、1985年から1999年までの時系列データを用いて推計を行った。なお、説明変数はパラメータのt値の有意性等をかんがみて取捨選択した。

< 需要曲線 >

被説明変数 : 旅客キロ(人 km)

説明変数 : 実質イールド(人キロ当たり平均運賃) (円 / 人 km)

実質 GDP (十億円 / 年)

< 供給曲線 >

被説明変数 実質イールド(人キロ当たり平均運賃) (円/人 km)

説明変数 旅客キロ(人 km)

羽田スロット(発着容量)(回/日)

ダブル・トリプルトラック化比率(二社・三社参入路線における供給座席数が、
全路線における供給座席数に占める比率)(%)

運賃規制ダミー(96年の幅運賃制度導入以降を1、95年以前を0とするダミー
変数)

新規参入ダミー(98年のスカイマーク、エアドゥー参入以降を1、97年以前を
0とするダミー変数)

旅客キロは国内大手三社についてのもの

実質イールドは、国内大手三社について、各社決算資料から得られる旅客収入を航空
輸送統計年報より得られる旅客キロ

説明変数および被説明変数を時系列にまとめたものが以下の表である。

図表 4.3 需給曲線推計のためのデータ

	実質イールド (人キロ当たり平均運賃) (円/人km)	旅客キロ (千人キロ)	実質GDP (十億円/年)	羽田スロット (回/日)	DT比率 (%)	運賃規制 ダミー	新規参入 ダミー
1985年度	24.2	32,439,440	368,184	420	52.8	0	0
1986年度	22.6	34,556,953	379,895	450	56.7	0	0
1987年度	22.7	37,644,097	399,442	450	58.9	0	0
1988年度	22.8	39,981,259	424,657	475	62.6	0	0
1989年度	22.4	45,548,871	445,468	500	65.2	0	0
1990年度	21.8	49,757,408	469,780	537	65.2	0	0
1991年度	21.3	52,976,756	481,660	560	67.6	0	0
1992年度	20.8	53,812,133	483,375	560	70.3	0	0
1993年度	20.1	53,763,359	485,498	560	73.1	0	0
1994年度	19.2	57,469,086	490,730	580	74.1	0	0
1995年度	18.6	61,253,846	502,794	580	74.9	0	0
1996年度	18.3	64,984,883	520,053	580	75.0	1	0
1997年度	17.2	68,533,194	521,315	620	76.6	1	0
1998年度	16.6	70,125,605	518,380	660	78.9	1	1
1999年度	16.4	72,137,620	525,695	660	79.9	1	1

パラメータの推計結果を次ページに示す。

図表 4.4 推計結果 (1)

【需要曲線】

$$\ln(\text{旅客キロ}) = -0.012 + 1.522\ln(\text{実質 GDP}) - 0.696\ln(\text{実質イールド})$$

(-0.0108) (21.51) (-10.36)

自由度修正済み決定係数=0.997 ダービン・ワトソン比=2.16

【供給曲線】

$$\ln(\text{実質イールド}) = -3.39 - 0.125 \text{ 運賃規制ダミー} - 0.0186\text{DT} - 0.788\ln(\text{羽田スロット})$$

(-0.82) (-4.06) (-2.63) (-1.73)

$$+ 0.713\ln(\text{旅客キロ})$$

(2.05)

自由度修正済み決定係数=0.923 ダービン・ワトソン比=1.72

注：パラメータ下の ()内は t値。DT はダブル・トリプルトラック化比率 (%)。

(参考) 既存の研究における航空需要の所得弾力性および価格弾力性

長期所得弾力性 + 1.32、長期価格弾力性 - 0.82 (増井、山内 (1990))

羽田スロットに係るパラメータが有意水準 95%を下回る結果となるが、他のパラメータについては定数項を除き95%有意水準を満たしており、自由度修正済み決定係数、ダービン・ワトソン比についても良好な値と言える。また所得弾力性の推計値は 1.522、価格弾力性の推計値は - 0.696 となっているが、これは増井・山内 (1990)における推計結果と同じオーダーの結果となっている。以上のことから、上記推計結果はおおむね妥当と考えられる。

また、推計結果 (1)においては新規参入ダミーが説明変数として入っていないが、参考のために新規参入ダミーを考慮した推計結果を次ページに示す。この推計結果は、新規参入ダミーに係るパラメータが有意でない、羽田スロットに係るパラメータの t値も推計結果 (1)に比べ悪化している、などの点で、推計結果 (1)より妥当性の点で劣ると考えられる。そこで、以下では推計結果 (1)を用いて、各種政策効果を推計することとした。

図表 4.5 推計結果 (2) (新規参入ダミーを導入した推計)

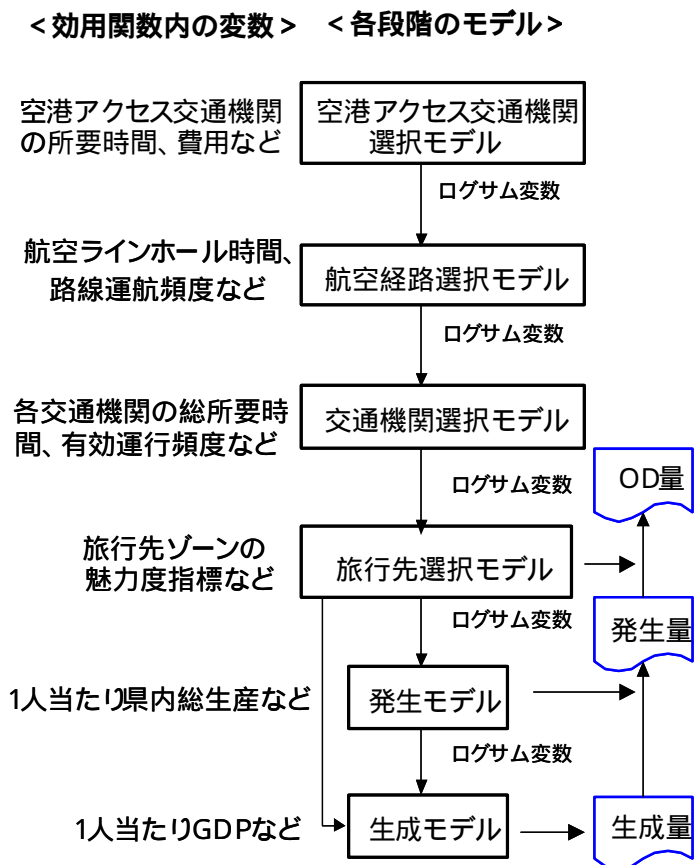
【需要曲線】		
$\ln(\text{旅客キロ}) = -0.079 + 1.526\ln(\text{実質 GDP}) - 0.692\ln(\text{実質イールド})$		
(-0.072) (21.69)		(-10.38)
自由度修正済み決定係数=0.997	ダービン・ワトソン比=2.16	
【供給曲線】		
$\ln(\text{実質イールド}) = -7.427 - 0.172 \text{ 運賃規制ダミー} - 0.0725 \text{ 新規参入ダミー}$		
(-1.00) (-2.52)		(-0.87)
$-0.0221\text{DT} - 1.482\ln(\text{羽田スロット}) + 1.200\ln(\text{旅客キロ})$		
(-2.16) (-1.44)		(1.58)
自由度修正済み決定係数=0.877	ダービン・ワトソン比=2.01	

(2) 航空ネットワーク拡充の効果計測モデル

航空ネットワークが拡充し、便数が増加すること等による利用者便益の計測には、便数、所要時間などのサービス変数を導入した交通需要予測モデルを適用することが可能である。ここでは、航空需要予測手法に関する調査報告書(平成12年3月財団法人運輸政策研究機構)に掲載されている航空需要予測モデルを援用し、利用者便益を計測する。

モデルの概要は次ページ図のようになっている。通常の四段階推定法と同様に、生成モデルから経路選択モデルまでの一連のサブモデルから構成されているが、各モデル間がログサム変数で連結されており、たとえば航空経路選択モデルにおける便数の変化などがログサム変数を介して交通機関選択モデル、旅行先選択モデル、発生モデル、生成モデルへと影響を与える構造となっている点が特徴である。これにより、交通利便性の変化による誘発交通も加味した効果推計を行うことが可能である(モデルの詳細に関しては、上記報告書を参照)。

図表 4.6 航空需要予測モデルの概要



4.3.政策の評価と考察

ここでは、4.2.で検討したモデルを用いて、1986～1999年の間になされた各種政策の評価を行う

対象とする政策は、4.2.における推計結果等を鑑み、以下の4種とする。()内は効果の計測期間である。

図表4.7 部分均衡分析の効果計測対象とする政策

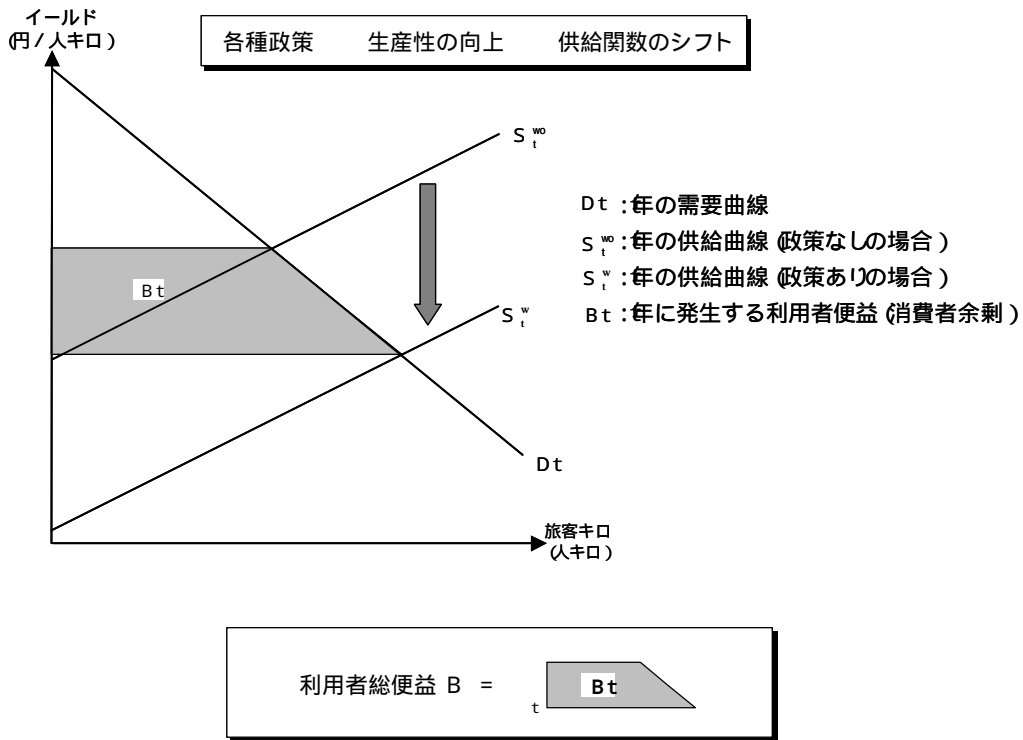
- | |
|-------------------------------|
| (A)幅運賃制度導入 (1996～1999年) |
| (B)ダブル・トリプルトラック化 (1986～1999年) |
| (C)羽田スロット拡大 (1986～1999年) |
| (D)航空ネットワーク拡充 (1995～1999年) |

(A)～(C)については、二段階最小自乗法により推定した需給曲線により、(D)については航空需要予測モデルを援用し、利用者便益を推計する。

(1)幅運賃制度導入・ダブルトリプルトラック化・羽田スロット拡大の効果計測

二段階最小自乗法により推計された供給曲線には、政策変数として運賃規制ダミー、ダブルトリプルトラック化比率、羽田スロットが導入されており、これらの変数の相違による供給曲線のシフトを考えると、利用者便益を計測することが可能である(次ページ図)。これは、運賃規制緩和などにより航空企業の生産性が向上した結果と解釈できる。

図表 4.8 部分均衡分析による利用者便益の計測



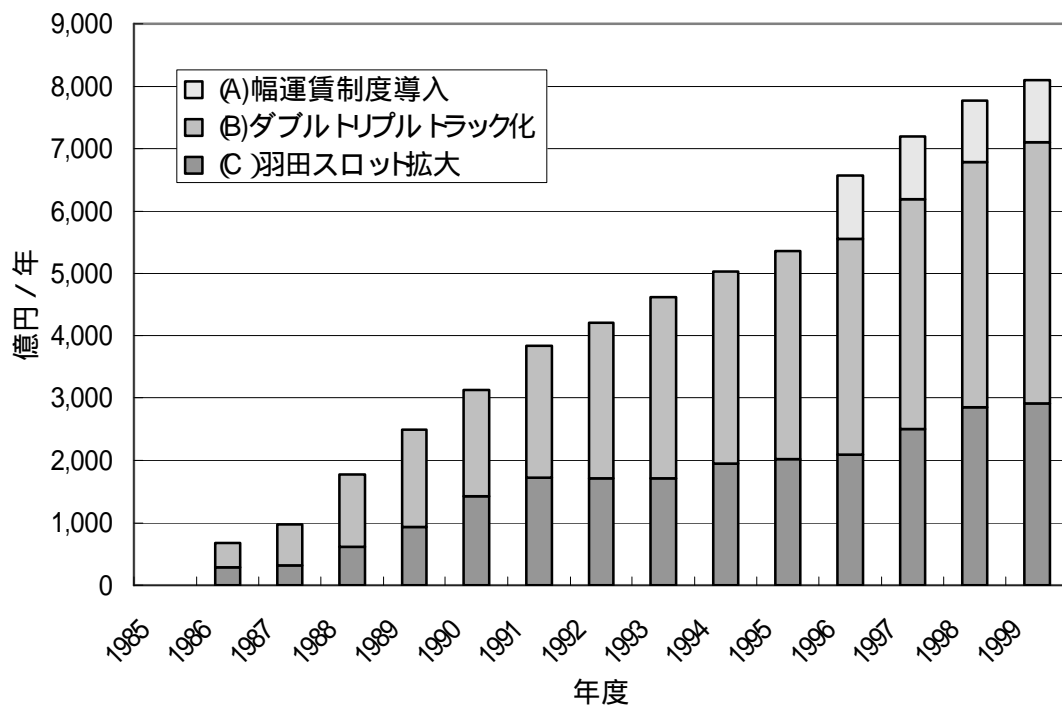
注 通常の交通市場における部分均衡分析とは異なり 縦軸が一般化費用ではなく運賃 (ここではイールド) であることに注意する。

上記の考え方にに基づき、各政策について利用者便益を計測した結果を次ページに示す。(A)については、幅運賃制度が1996年以降も導入されなかった場合をwithout、1996年以降導入された場合をwith、(B)については1986年以降もダブルトラック化比率が1985年時点のままであった場合をwithout、1986年以降実際のように伸びた場合をwith、(C)については1986年以降も羽田スロットが1985年時点のままであった場合をwithout、1986年以降実際のように伸びた場合をwithとして、各年度の利用者便益を計測した。

図表 4.9 部分均衡分析による利用者便益計測結果 (政策 (A)~ (C))

(単位 : 億円 / 年、1995 年価格)

年度	(A)幅運賃制度導入	(B)ダブルトリプルトラック化	(C)羽田スロット拡大	合計
1985				
1986		387	290	677
1987		662	313	975
1988		1,160	611	1,771
1989		1,574	928	2,502
1990		1,703	1,428	3,131
1991		2,107	1,726	3,833
1992		2,497	1,719	4,216
1993		2,902	1,714	4,617
1994		3,076	1,948	5,024
1995		3,338	2,026	5,364
1996	1,017	3,459	2,094	6,570
1997	1,004	3,681	2,512	7,197
1998	976	3,941	2,852	7,770
1999	997	4,190	2,912	8,099
合計	3,994	34,678	23,074	61,746



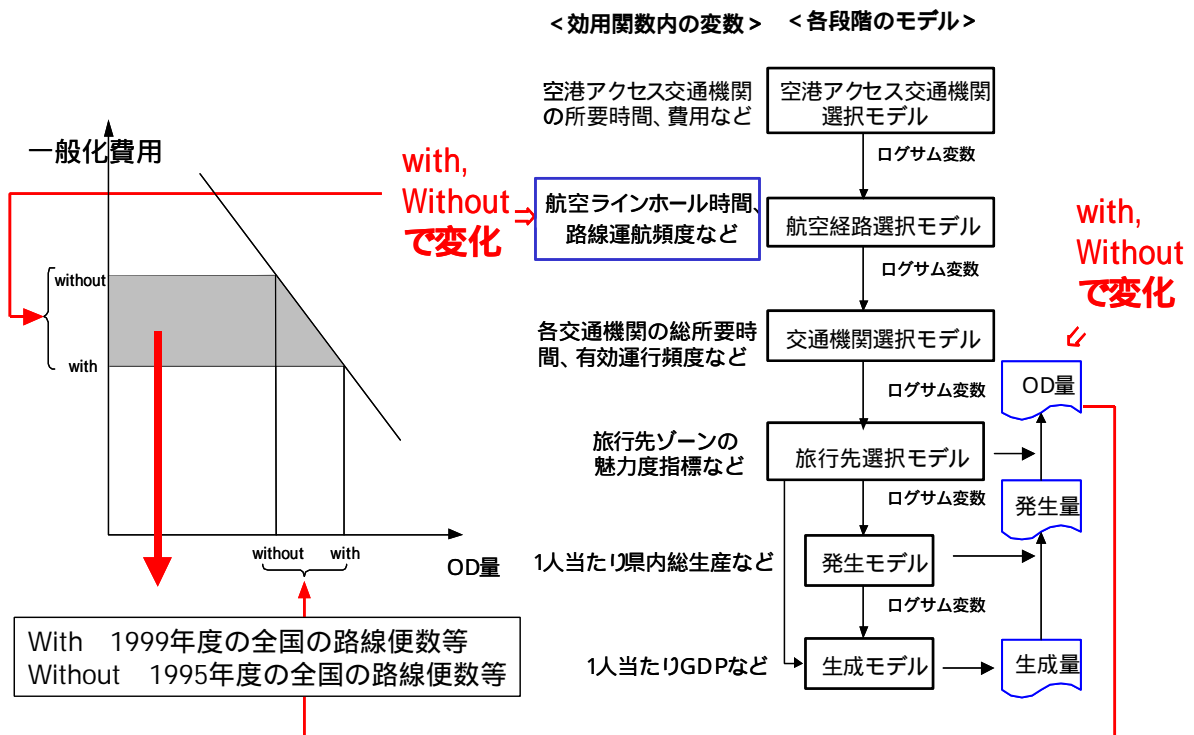
この計測結果より 15 年間累計で (A) 幅運賃制度導入により約 4000 億円、(B) ダブルトラック化の推進により約 3 兆 5000 億円、(C) 羽田スロット拡大により約 2兆 3000 億円、(A)~(C) 合計で約 6 兆 2000 億円の利用者便益が発生していることがわかる。また、利用者便益は年度を追うごとに大きくなっていくが、これは 1985 年時のダブルトラック化比率、羽田スロットと当該年次のダブルトラック化比率、羽田スロットとの差が年度を追うごとに大きくなるからである。

(2) 航空ネットワーク拡充の効果計測

これについては前述の需要予測モデルを援用した効果計測を行うが、データ制約上年度毎の効果計測は難しい。そこで、ここでは with を 1999 年時点の航空ネットワーク、without を 1995 年時点の航空ネットワークとし、その差異により発生する利用者便益について効果計測を行った。ここで運賃については変化しないと想定しているため、これは 1995~1999 年の間に拡充された航空ネットワークによる効果 (便数増、新規路線開設による効果) と解釈することができる。

この方法により計測された利用者便益は、約 290 億円 / 年となった。

図表 4.10 需要予測モデルによる利用者便益計測の概要 (政策 D))



(3) 効果計測結果のまとめ

(1)、(2)の効果計測結果をまとめると以下のようになる。なお、ここでは計測の年次を揃えるために、いずれの政策についても1995年時点をwithout、1999年時点をwithと想定した結果をまとめる。

図表4.11 部分均衡分析による効果計測結果のまとめ(1999年 with、1995年 without)

計測対象	利用者便益(億円/年)(1995年価格)
(A) 幅運賃制度導入	970
(B) ダブルトプルトラック化	710
(C) 羽田スロット拡大	790
(D) 航空ネットワーク拡充	290

注1 航空ネットワーク拡充には一部羽田スロット拡大の効果等も含まれると考えられるため、上記計測結果を単純に合計することはできない。

注2 便益額が大きいのは、羽田-新千歳、福岡、那覇便を中心とした大幅な増便がなされている路線を利用しているゾーン間である。

ここで、各政策の効果額を比較すると、 $(A) > (C) > (B) > (D)$ となる。航空ネットワーク拡充による効果額よりも、(A)のような規制緩和政策による効果の方が大きいとの結果となっており、近年の航空市場における規制緩和の効果が非常に大きいことが示唆される。

4.4.システムマニュアル

(1)仕様

エクセルにより 航空政策評価の部分均衡分析システムを構築した。OS は Microsoft Windows である。

(2)ファイルの概要

ファイル名

部分均衡システム.xls」

シート名

ファイル「部分均衡システム.xls」は「設定」、「グラフ」の 2 個のシートから構成されている。以下に各シートの概要を示す。

・「設定」

1985～1999 年までの実績値データを基に、with/without 各ケースについて説明変数を設定する。設定した説明変数の値と 需給関数によって、with/without 各ケースにおけるイールド(価格)・旅客キロ(需要)が決定され、利用者便益の計測を行うことができる。

・「グラフ」

「設定」シートで計測した利用者便益、旅客人キロ、イールドを年度ごとにグラフ化する。

(3) 操作説明

ここでは、「部分均衡システム.xls」を用いて航空政策による利用者便益を計測するための操作説明を行う

シート「設定」に説明変数を入力

シート「設定」画面内の説明変数の表に評価を行う政策の説明変数を入力する。

The screenshot shows an Excel spreadsheet with columns labeled A through G. The data includes years from 1984 to 1999. A red dashed oval highlights a specific range of data in the middle of the table. A callout box on the right side of the spreadsheet points to this highlighted area with the text "説明変数入力".

イールド・旅客キロを出力

で設定した説明変数と需給関数により、同シート上にイールド・旅客キロが算出される。

The screenshot shows an Excel spreadsheet with columns labeled O through L. The data includes years from 1984 to 1999. A red dashed oval highlights a section of the table. A callout box on the right side of the spreadsheet points to this highlighted area with the text "イールド・旅客キロ出力".

消費者余剰を出力

で算出されたイールド・旅客キロにより 利用者便益が同シート上へ出力される。

西暦	利用者便益(億円/年) (95年価格)
1995	0
1996	0
1997	0
1998	1
1999	1
1990	239
1991	245
1992	244
1993	244
1994	425
1995	473
1996	484
1997	906
1998	1,274
1999	1,297
合計	5,025

(4)使用例

ここでは、羽田スロットが 1990 年以降拡大しなかった場合を without、実績どおりに拡大した場合を with として、1990 年以降の羽田スロット拡大政策による利用者便益を計測する。

まず、設定シートの with の説明変数には、すべて実績値を入力する。Without の説明変数には、1990 年以降の羽田スロットについてはすべて 1990 年の羽田スロットの値 (637 回 / 日) を入力する。その他はすべて実績値とする。

このように入力した説明変数により 供給関数・需要関数から with/without それぞれについてイールド・旅客キロが推計される。その結果を用いて利用者便益が推計され、最終的に 1990 ~ 1999 年合計で約 5600 億円の利用者便益が発生していることが確認される。

4.5. 課題

以上のように部分均衡分析を用いて各種政策の評価を行ったが、以下のような課題が残されている。

本章における部分均衡分析では、交通市場のみに着目しているため、交通市場における生産性の変化等が他の市場へ波及する部分を捉えていない。また、二段階最小自乗法により推定した需給曲線による分析では、競合交通機関である鉄道、自動車との分担関係も明示的に考慮していない。

日本全国を一地域とみなした国民経済モデルであり、帰着便益の空間的な分布などは出力できない。

航空市場の寡占的状況は捨象しており、航空企業に関しては常に利潤が0であるとの想定をしており、航空企業の利潤の変化を計測できない。

については、次章の応用一般均衡モデルを用いた効果計測により対応する。 、 については、第3部で行う羽田スロットの拡大を対象とした効果計測において明示的に考慮する。

5. 応用一般均衡分析による航空政策の評価

前章では、国内航空市場のみに着目したマクロな部分均衡分析モデルにより効果計測を行ったが、本章では航空市場以外の市場も考慮し、波及効果も計測可能である応用一般均衡モデルを用いて分析を行う。また、部分均衡分析での効果計測結果と比較することにより計測結果の妥当性に関する考察を行う。

さらに、応用一般均衡モデルについては VBA を用いたシステム化を行う。

5.1. 分析の考え方

ここでは、一般均衡の概念および応用一般均衡分析の概要について簡単にまとめる。

(1) 一般均衡の概念

一般均衡とは、財・サービス市場、労働市場、土地市場などのすべての市場において競争的な価格調整メカニズムが有効に機能し、需要と供給が一致した状態を言う。

ただし、この競争的な価格調整メカニズムが機能するためには、以下の前提条件が満たされることが必要である。

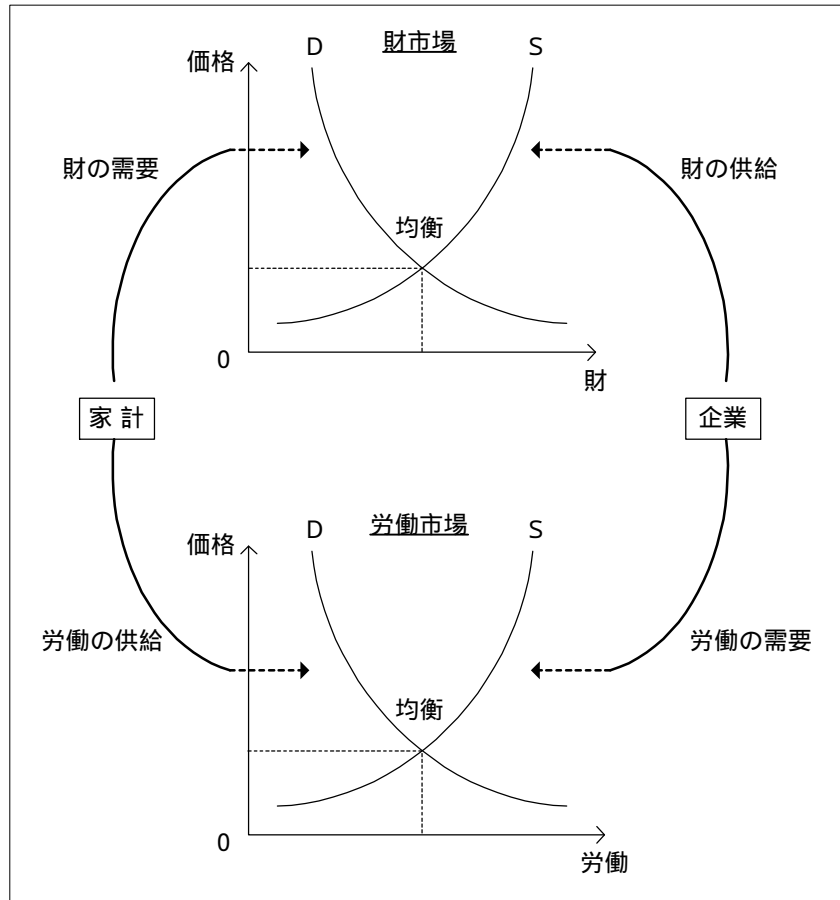
- ・ 個々の経済主体（家計、企業など）は、他の経済主体に与える影響を考慮せず、価格を所与として合理的に行動する。
- ・ 同種類の財を作る生産者の生産物は同質である。
- ・ 経済主体は多数存在し、個々の取引量は全体に比べて十分小さい。
- ・ 個々の経済主体は、市場価格や財の特性について完全な情報を持っている。
- ・ 市場への参入・退出は長期的に自由である。

資料 建設省建設政策研究センター 交通ネットワーク形成効果に関する研究
～ 交通社会資本整備と応用一般均衡分析(2000)

参考に、家計・企業の2つの経済主体と、財市場、労働市場の2市場からなる、単純な経済モデルにおける一般均衡を次ページの図に示す。

この図の上部では、財市場を通じて、企業の生産した財と家計の貨幣との取引が行われている。下部では、労働市場を通じて、家計の労働と企業の貨幣との取引が行われている。それぞれの市場は、需要と供給が一致する価格で均衡する。このように、相互に関連する各市場において競争的な価格調整メカニズムが機能し、すべての市場において均衡が成立する。

図表 5.1 一般均衡の概念

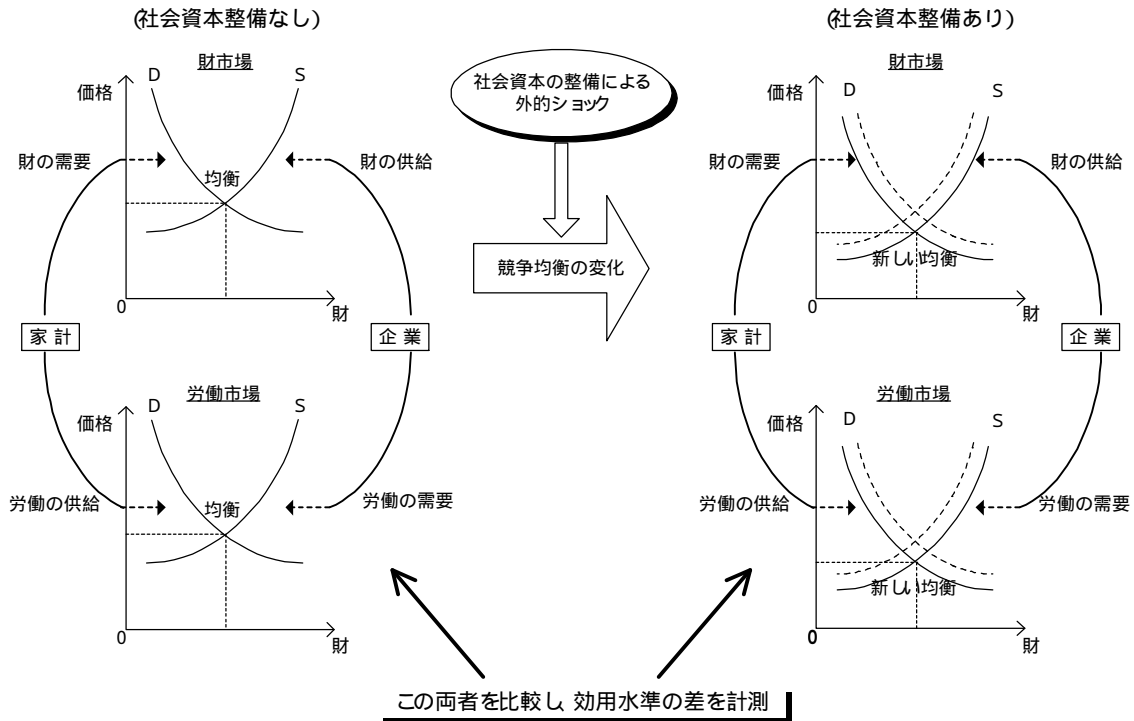


資料 武藤慎一：『一般均衡理論の基礎』、土木学会土木計画学研究委員会『応用一般均衡モデルの公共投資評価への適用』土木計画学ワンデーセミナーシリーズ15、(1998)を一部改訂

(2) 応用一般均衡分析の概要

応用一般均衡分析は、上記のような一般均衡の概念を利用して交通施設整備などの政策の効果を測定するものである。具体的には、交通施設整備の有無 (with/without) 別にそれぞれ均衡状態を算出し、各均衡状態における社会的な効用水準の差を計測することにより、交通施設整備の効果を算出する(次ページ図)。

図表 5.2 応用一般均衡分析の概念



資料 建設省建設政策研究センター 交通ネットワーク形成効果に関する研究
 ~ 交通社会資本整備と応用一般均衡分析(2000)を一部改訂

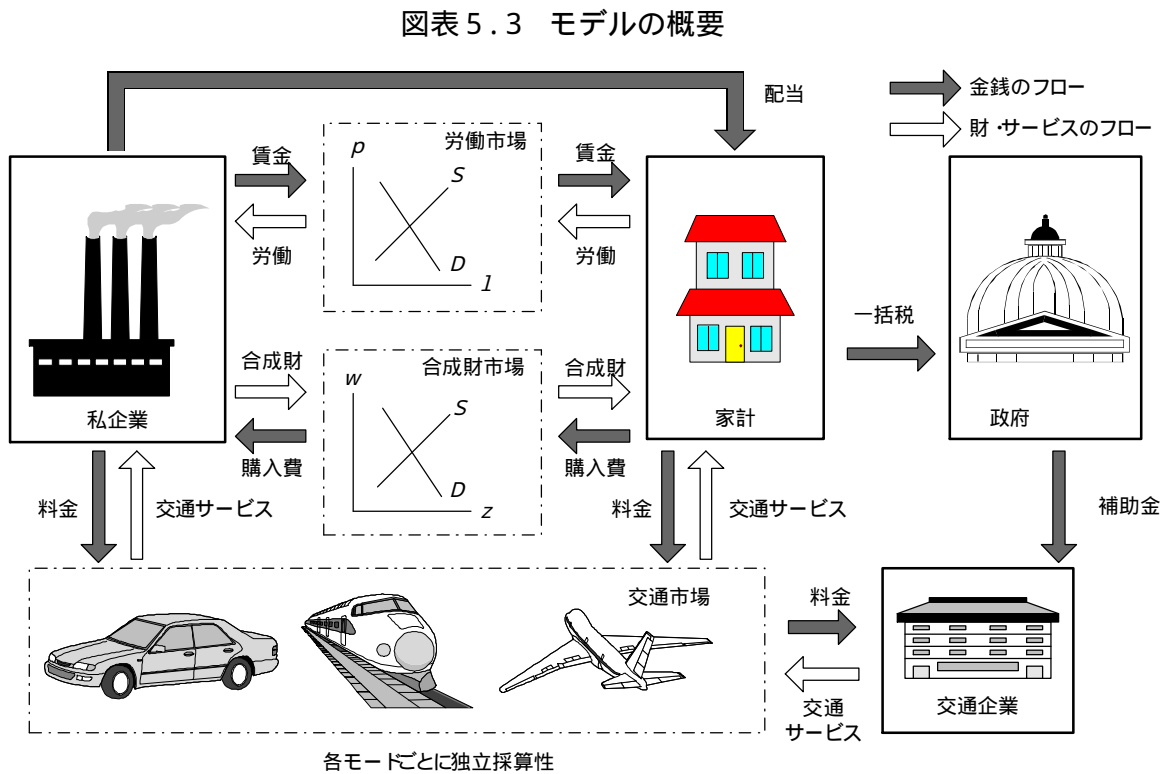
応用一般均衡分析においては、こうした社会的な効用水準の差を計算し、それを貨幣換算することにより便益を算出する。貨幣測度としては、補償変分 (CV :Compensating Valuation) 等価変分 (EV :Equivalent Valuation) 補償余剰 (CS :Compensating Surplus) 等価余剰 (Equivalent Valuation) 等が用いられるが、いずれも効用水準の差を貨幣価値で表現しているという点では共通している。多くの場合、等価変分 (EV) が用いられる。本調査においても、航空運賃低下等による等価変分を算出することにより、各種政策の効果を計測する。

5.2. 応用一般均衡 (CGE) モデルの概要

本調査では、上田・林山・河合により開発された CGE モデルを用いて各種航空政策の効果を計測する。以下にこの CGE モデルの概要を示す (以下の記述は、主に「上田・林山・河合 大規模交通整備の事後的費用便益分析 (社)日本経済研究センター 社会資本整備研究会 社会資本の効果我问 第 6 章、1999 .)」に依っている。

(1) 全体の構成

モデルの全体構成は下図のようになっている。主体として、家計、私企業、政府、交通企業が存在し、これらの主体が労働市場、合成財市場、交通市場の各市場で取引を行うという構造となっている。



資料 :Taka UEDA, Takeharu KAWAI, Yasuhisa HAYASHIYAMA: Post Evaluation of Japanese High-Speed Transport System, An International Symposium on Structural Changes in Transportation and Communication in Knowledge Society, 1999.より一部改訂

(2)モデルの前提条件

本 CGE モデルでは、以下のような前提条件を置いている。

社会は、世帯 (就業人口 N 人)、1 個の私的生産部門 (以下私企業と記す)、3 個の交通部門 (道路、鉄道、航空)からなる。

社会で生産・消費される財は、一般財・交通サービス (鉄道・道路・航空)から構成される。

社会は長期的均衡状態にあるものとする。すなわち、一般財・労働力・利潤に関して需要と供給が均衡しているものとする。

世帯は、すべて同一の効用関数と所得を持っている。交通サービスの状況に関わらず世帯数は一定とする。また、世帯については旅客サービスのみを検討対象とする。

私企業の生産は、労働と道路サービス (貨物交通および業務交通)の投入により行われるとする。貨物交通の輸送機関は自動車のみを対象にし、他の交通機関 (鉄道・航空)は対象としない。

(3)各行動主体の定式化

各行動主体の定式化は以下のようになっている。

世帯の行動

世帯は、予算制約 (式(2))・時間制約 (式(3))で効用最大化行動 (式(1))をするものとする。すなわち、

$$\max U(z, \mathbf{x}) = b_z \ln z + b_r \ln x_r + b_t \ln x_t + b_a \ln x_a + b_s \ln s \quad (1)$$

ここで、

$$z + \mathbf{p}^t \mathbf{x} + m = w l + y \quad (2)$$

$$\mathbf{t}^t \mathbf{x} + l + s = \Omega \quad (3)$$

$$b_z + b_r + b_t + b_a = 1 \quad (4)$$

z :	一般財 (価格 1) 消費量 (円)
w :	時間あたりの労働所得 (円/時)
m :	建設投資額負担額 (円)
y :	企業からの配当 (円)

$\mathbf{x} = (x_r, x_t, x_a)^t$: 交通サービス消費量ベクトル

x_r : 自動車サービス消費量 (台 km)

x_t : 鉄道サービス消費量 (人 km)

x_a :	航空サービス消費量 (人 km)	
$\mathbf{p} = (p_r, p_t, p_a)^t$:	交通サービス価格ベクトル	
p_r :	自動車サービス価格 (燃費 + 通行料金)	(円/km)
p_t :	鉄道サービス価格	(円/km)
p_a :	航空サービス価格	(円/km)
$\mathbf{t} = (t_r, t_t, t_a)^t$:	所要時間ベクトル	
t_r :	自動車所要時間	(時/km)
t_t :	鉄道所要時間	(時/km)
t_a :	航空所要時間	(時/km)
l :	労働時間	(時)
s :	余暇時間	(時)
Ω :	全時間	(時)
b_i :	パラメータ ($i \in \{z, r, t, a, s\}$)	

私企業の行動

私企業は、労働と道路サービス(貨物輸送 業務交通)の投入により価格 1 の一般財を生産し、生産関数制約下(式(6))での利潤最大化行動(式(5))を行う。

$$\max \Pi = Z - p_q Q - \mathbf{p}^t \mathbf{X} - wL \quad (5)$$

ここで、

$$\begin{aligned} Z &= Z(L - t_q Q - \mathbf{t}^t \mathbf{X}, Q, X) \\ &= A(n - n_0)^{a_n} (L - t_q Q - \mathbf{t}^t \mathbf{X})^{a_1} Q^{a_q} X_r^{a_r} X_t^{a_t} X_a^{a_a} 1^{1-a_1} \end{aligned} \quad (6)$$

Π :	私企業の企業利潤 (円)
Z :	価格 1 の一般材の生産量 (円)
Q :	貨物車サービス消費量 (台 km)
p_q :	貨物自動車輸送費用 (円/km)
$\mathbf{X} = (X_r, X_t, X_a)^t$:	業務交通サービス消費量ベクトル
X_r :	自動車サービス消費量 (台 km)

X_r :	鉄道サービス消費量 (人 km)
X_a :	航空サービス消費量 (人 km)
$\mathbf{p} = (p_r, p_t, p_a)^t$:	業務交通サービス価格ベクトル
p_r :	自動車サービス価格 (燃費 + 通行料金) (円/km)
p_t :	鉄道サービス価格 (円/km)
p_a :	航空サービス価格 (円/km)
t_q :	貨物自動車所要時間 (時/km)
$\mathbf{t} = (t_r, t_t, t_a)^t$:	所要時間ベクトル
t_r :	自動車所要時間 (時/km)
t_t :	鉄道所要時間 (時/km)
t_a :	航空所要時間 (時/km)
L :	私企業の雇用労働量 (時)
n :	検討対象年次
A, n_0, a_i :	パラメータ ($i \in \{l, q, r, t, a, n\}$)

交通部門の行動

各交通部門の生産行動は、その収入と支出が等しくなるという独立採算性を仮定する。すなわち、交通需要に対応するために、ちょうどその収入分に相当する交通サービス生産費用が必要であるとする。ゆえに、式(7)、式(8)が成り立つ。

$$c_r = p_r(Nx_r + X_r) + p_q Q \quad (7)$$

$$c_i = p_i(Nx_i + X_i) \quad (i \in \{t, a\}) \quad (8)$$

N : 就業人口

(4)市場均衡

仮定より、社会経済は長期的均衡状態にあるものと仮定しているので、一般財、労働および利潤に関して需要量と供給量が均衡していることになる。すなわち、

$$N(z + m) + \mathbf{C}^t \mathbf{I} = Z \quad (9)$$

$$Nl = L \quad (10)$$

$$\Pi = Ny \quad (11)$$

ワルラスの法則により、このうちの1つの式は残り2つが成立すると自動的に成立する、すなわち冗長である。以下は式(10)、(11)を使用する。

(5)一般化費用の定義

本CGEモデルでは、交通社会資本ストックの蓄積の影響を考慮するため、一般化費用の定義を以下のようにしている。

交通機関(高速道路・新幹線・航空機)利用時の単位距離あたり費用・所要時間と時間価値(=時間あたり労働所得)から、それぞれの交通機関の「基準一般化費用」を計算する。

上記で対象とした交通機関へのアクセス利便性をストック量の関数で表し、上記の基準一般化費用に掛け合わせる。この値を需要関数上の一般化費用と定義する。ストック量 x は、高速道路延長、新幹線営業キロ、空港滑走路総延長で表す。また、ストック量による利便性関数は、成長率曲線の逆数とする。すなわち、以下の式で定義する。

$$S_{io}(x) = 1 + b_{io} \exp(-a_{io}x) \quad (12)$$

S_{io} : 利便性関数

x : ストック量

a_{io}, b_{io} : パラメータ($i \in \{r, t, a\}, o \in \{\text{業務}, \text{業務以外}\}$)

(6)インプットデータ

主なインプットデータは下記のとおりである。

生産額 国民経済年報(経済企画庁)より

人口 国勢調査「住民基本台帳」より

労働時間 労働統計年報より

輸送量 「自動車輸送統計年報」「鉄道輸送統計年報」「航空輸送統計年報」より

所要時間

道路:高速道路 80km/h

鉄道:新幹線 160km/h

航空 500km/h

交通費用

道路:単位距離あたり料金+燃費

鉄道:新幹線 単位距離あたり運賃+料金(東京-新大阪間)

航空:単位距離あたり料金(東京-大阪間)

(7)パラメータ推定値

各パラメータ推定結果は下表の通りである(ここでは、1963年度から1993年度までの時系列データによりパラメータを推定している)。a, bはストック関数 $1+b\exp(-ax)$ のパラメータである。

図表 5.4 パラメータ推定結果

名称	値	a	b	R ²
b_r/b_z	0.005626	0.00064	10.27106	0.8127
b_t/b_z	0.004271	0.00278	7.18599	0.8146
b_a/b_z	0.003182	0.04497	115.95664	0.7767
b_s/b_z	2.810887			0.9607
a_l	0.788594			0.9964
a_q	0.003353	0.00095	11.36507	0.8155
a_r	0.002094	0.00098	21.49486	0.6660
a_t	0.002412	0.00273	7.06035	0.8941
a_a	0.001787	0.04493	115.00000	0.9017
A	32,517.907			0.9932
a_n	0.837582			
n_0	1,955.941			
b_z	0.261797			
b_r	0.001473			
b_t	0.001118			
b_a	0.000833			
b_s	0.734779			

5.3. 応用一般均衡 (CGE) モデルによる航空政策の評価と考察

ここでは、上記で概説したCGEモデルを用いて、1986～1999年の間になされた各種政策の評価を行う

対象とする政策は、部分均衡モデルにおいて対象とした幅運賃制度導入、ダブル・トプルトラック化、羽田スロット拡大、航空ネットワーク拡充に加え、1999年に行なわれた第2種空港の着陸料の引き下げについても評価する。以下に対象となる政策の一覧を示す。()内は効果の計測期間である。

図表 5.5 応用一般均衡分析の効果計測対象とする政策

- | |
|-------------------------------|
| (A) 幅運賃制度導入 (1996～1999年) |
| (B) ダブル・トプルトラック化 (1986～1999年) |
| (C) 羽田スロット拡大 (1986～1999年) |
| (D) 着陸料引き下げ (1999年) |
| (E) 航空ネットワーク拡充 (1986～1999年) |

(A)、(B)、(C)については、部分均衡分析で推定した需給両曲線を用いて、各政策有無の場合のイールドの比を求め、これを航空運賃の低下としてCGEモデルにインプットし、効果を計測した。すなわち、各政策による運賃低減効果をCGEモデルのインプットとした。

(D)については、空港整備特別会計の着陸料収入の1998年度と1999年度の差分が約194億円であることから、以下のような係数を設定し、この係数を航空運賃の変化としてCGEモデルにインプットし、効果を計測した。

$$\text{係数} = (\text{大手3社の国内旅客からの収入} + 194 \text{ 億円}) / (\text{大手3社の国内旅客からの収入})$$

ここでは、着陸料引き下げにより、この194億円の減額分がすべて運賃低下に反映されると想定している。

(E)については、本CGEモデルでは滑走路延長を航空ネットワークの利便性の代理指標としていることから、1986年以降も1985年時点の滑走路延長のままであった場合をwithout、1986年以降滑走路延長が現実と同様に延伸した場合をwithとして効果計測を行った。

(1)各種政策の効果計測結果

上記の各種政策の効果計測結果とまとめて下表に示す。

ここで、波及効果は交通市場以外の市場からのフィードバックによる効果であり EV(社会的便益)の内数である。計測結果を見ると、いずれの政策においても波及効果が社会的便益の2~3割程度を占めており、航空市場における各種政策が他市場へも大きな影響を及ぼす可能性が示唆される。また、政策間でその効果を比較すると、(C)羽田スロット拡大、(E)航空ネットワーク拡充のようなハード的な政策による効果が14年間累計で数兆円規模と非常に大きく、現在までの着実な空港整備の推進が利用者に対して大きなメリットをもたらしてきたことが確認できる。一方で、(A)幅運賃制度の導入のようなソフト的な政策によっても、年間2000億円程度の便益が発生しており、ソフト的な政策の重要性も示唆される。

図表5.6 応用一般均衡分析による各種政策の効果計測結果のまとめ

(単位:億円/年、1995年価格)

年度	(A)幅運賃制度導入		(B)ダブルトリプルトラック化		(C)羽田スロット拡大		(D)着陸料金低下		(E)航空ネットワーク拡充	
	EV	波及効果	EV	波及効果	EV	波及効果	EV	波及効果	EV	波及効果
1985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1986	0	0	820	306	614	229	0	0	715	255
1987	0	0	1349	505	641	240	0	0	1140	414
1988	0	0	2276	867	1207	460	0	0	1528	569
1989	0	0	2954	1133	1755	673	0	0	2194	829
1990	0	0	3052	1195	2567	1006	0	0	4235	1659
1991	0	0	3587	1307	2950	1075	0	0	4895	1793
1992	0	0	4190	1451	2907	1007	0	0	5333	1864
1993	0	0	4789	1489	2863	890	0	0	5612	1770
1994	0	0	4935	1389	3162	890	0	0	5495	1576
1995	0	0	5286	1512	3249	929	0	0	5699	1661
1996	1688	515	5616	1710	3445	1050	0	0	5871	1808
1997	1772	538	6292	1907	4352	1320	0	0	4756	1433
1998	1753	481	6778	1859	4974	1366	0	0	4487	1217
1999	1846	517	7398	2070	5226	1465	367	103	3869	1047
合計	7058	2051	59322	18700	39911	12600	367	103	55829	17896

EV: 等価変分 (社会的便益)

波及効果 EVの内数

(2) 部分均衡分析と応用一般均衡分析との比較

ここでは、(1)での効果計測結果の妥当性を検討するために、1995年の状態を without、1999年の状態を with として (A)、(B)、(C)、(E) の各政策について部分均衡分析により計測した結果と、応用一般均衡分析により計測した結果を比較する(部分均衡分析により計測した結果は、第3章に記載した結果と同じである)。

両者について比較した結果を以下に示す。理論的には、部分均衡分析により算出される利用者便益と、応用一般均衡分析により算出されるEVから波及効果を除いた値が一致することになるが、下記推計結果においては両者が完全ではないものの、概ね一致している。ここでの部分均衡分と、応用一般均衡分析とはモデル構造、使用データ等に大きな違いがあるが、両者で計測した効果額が概ね一致していることから、応用一般均衡分析による計測結果は概ね妥当なレベルであると判断できる。

図表 5.7 部分均衡分析と応用一般均衡分析による効果計測結果の比較

(1999年 with、1995年 without)

計測対象	部分均衡分析により算出される利用者便益 (億円/年)(1995年価格)	応用一般均衡分析により算出されるEV(社会的便益) (億円/年)(1995年価格) []内は波及効果
(A) 幅運賃制度導入	970	1770 [500]
(B) ダブルトプルトラック化	710	1290 [360]
(C) 羽田スロット拡大	790	1430 [430]
(E) 航空ネットワーク拡充	290	250 [90]

注 航空ネットワーク拡充には一部羽田スロット拡大の効果等も含まれると考えられるため、上記計測結果を単純に合計することはできない。

5.4. システムマニュアル

(1) 仕様

エクセルマクロ機能のVBA (Visual Basic for Applications) を用いて応用一般均衡分析のプログラムを作成した。OS は Microsoft Windows である。

(2) ファイルの概要

ファイル名

「一般均衡システム.xls」

シート名

ファイル、「一般均衡システム.xls」は「ファイル名」「政策変数」「初期値」「分析結果」「便益 (EV)」「便益 (CS)」「均衡条件式」「 X_r と Z の計算」「 E の計算」「 x と s の計算」の10個のシートで構成されている。以下に各シートの概要を示す。

・「ファイル名」

シート内のセル “This book” を「一般均衡システム.xls」としてファイル名を定義する。

・「政策変数」

各交通機関 (道路・鉄道・航空) の価格、所要時間、ストック量 (高速道路延長・新幹線営業キロ・空港滑走路総延長)、投資額の実績値データを1963年～1999年まで表にまとめている。その下に、政策によって各変数を設定できるように交通施設整備の有無 (with, without) のケース別に2つの表を表示している。政策変数を任意に設定することで便益計測を行うことが可能であり、各年度における便益額がこのシート上に表示される。ただし、プログラム内で with 時における需要量などが実績値と合うように補正しているため、原則として with 時の政策変数は実績値に等しく設定することとなる。

・「初期値」

パラメータ推定の結果を示すとともに、各交通サービスの消費量、GDP、世帯数、労働時間、余暇の時間、労働者人口、時間当たりの労働所得、一般財消費量、企業からの配当、投資負担額などの均衡計算に必要な変数の初期値を設定している。その他、各交通 (自動車・鉄道・航空) サービスの価格に利便性関数を掛け合わせた値についても表を作成し、需要関数上の一般化費用として均衡計算に用いている。

・「分析結果」

均衡計算により計測された便益 (EV) および、そのうちの所得効果分を示すシートである。

・「便益 (EV)」

ここでは、一般化費用、時間当たりの労働所得、企業からの配当、投資負担額、などについて、with, without のケースにおいて出力される計算結果を示しており、さらにその値から算出される等価変分 (Equivalent Valuation) の結果を表示している。

・「便益 (CS)」

ここでは、消費者余剰 (Consumer Surplus) を計測するために、マクロ実行時に算出される一般財消費量、各交通サービスの費量・価格などを with, without のケースに分けて表示している。

・「均衡条件式」

均衡計算に必要な変数を表にまとめている。

・「 X_r と Z の計算」

私企業の貨物サービス消費量および旅客交通 (自動車・鉄道・航空) サービス消費量について、一般財の生産量が実績値である場合のモデル値と実績値との比をそれぞれ補正值として計算した結果を示す。

・「 Z の計算」

世帯の一般財消費量に関して、企業からの配当が実績値である場合のモデル値と実績値との比を補正值として計算し結果を表す。

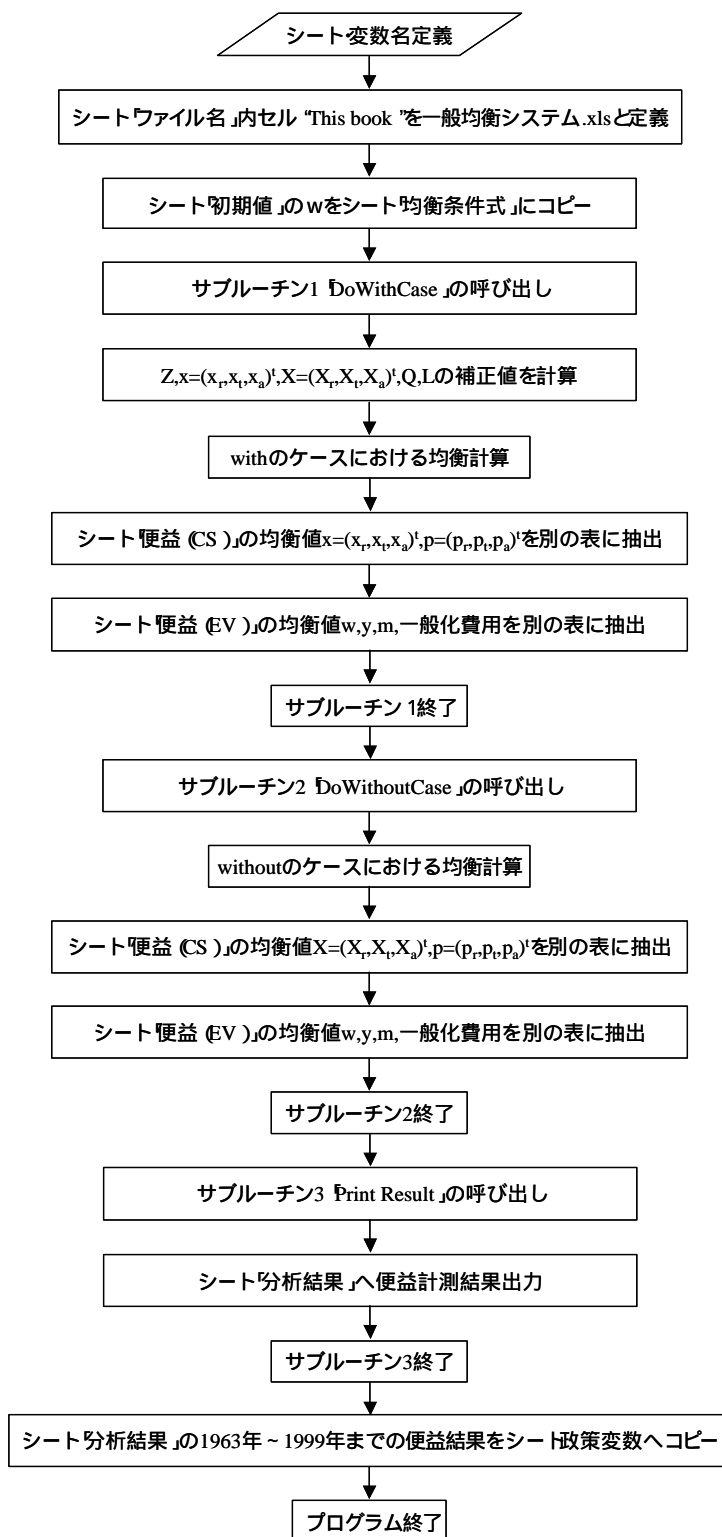
・「 k と s の計算」

世帯の各交通 (自動車・鉄道・航空) サービスの消費量、余暇の時間に関して、一般財の消費量が実績値である場合のモデル値と実績値との比をそれぞれ補正值として計算し結果を示す。

(3)プログラムフロー

プログラムフローは下図のようになる。

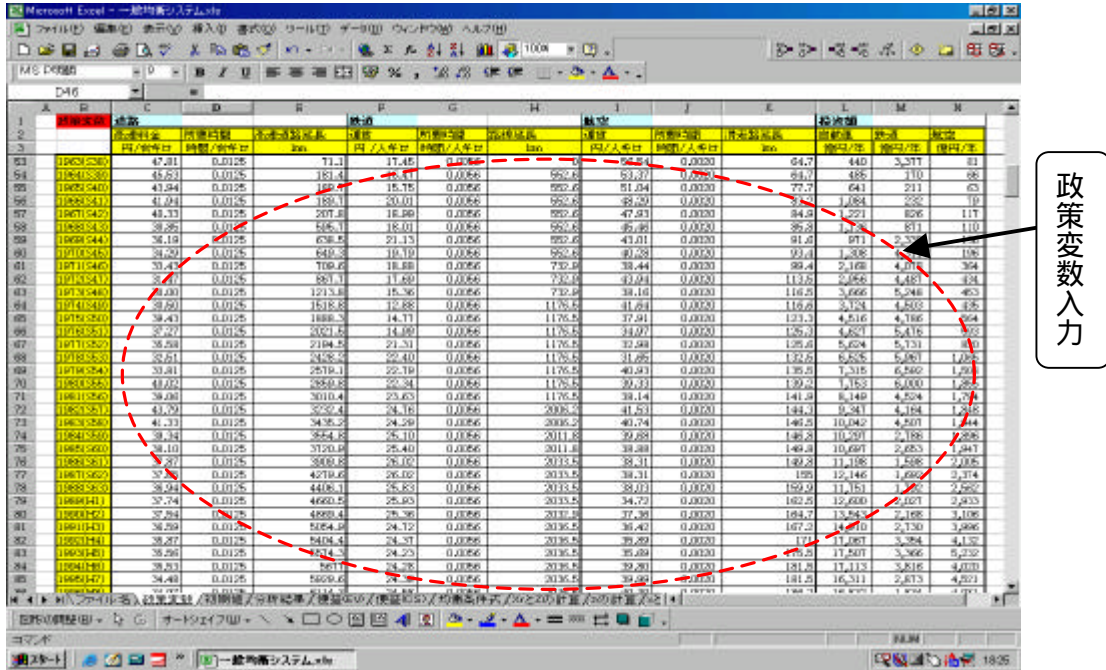
図表 5.8 プログラムフロー



(4) 操作説明

ここでは、航空政策の評価を行う、一般均衡システム.xls の操作方法について図を用いて説明を行う

シート“政策変数”に政策変数を入力

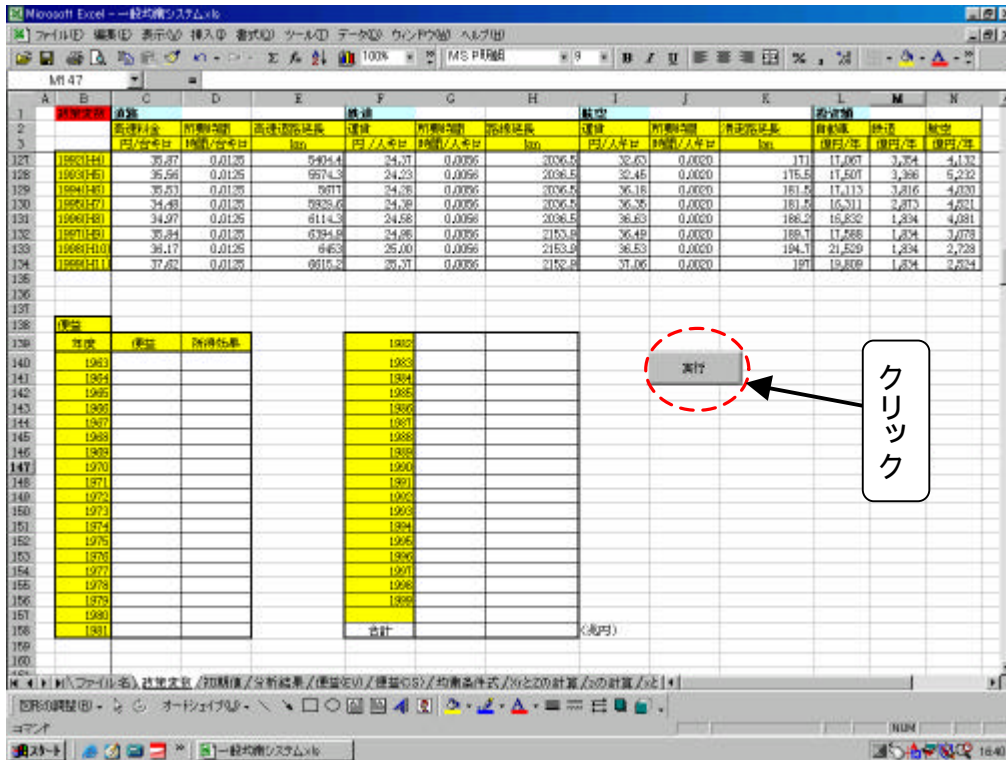


シート“政策変数”画面にある with/without 政策変数の表に政策変数を入力する。以下に政策変数の一覧を示す。

図表 5.9 政策変数一覧表

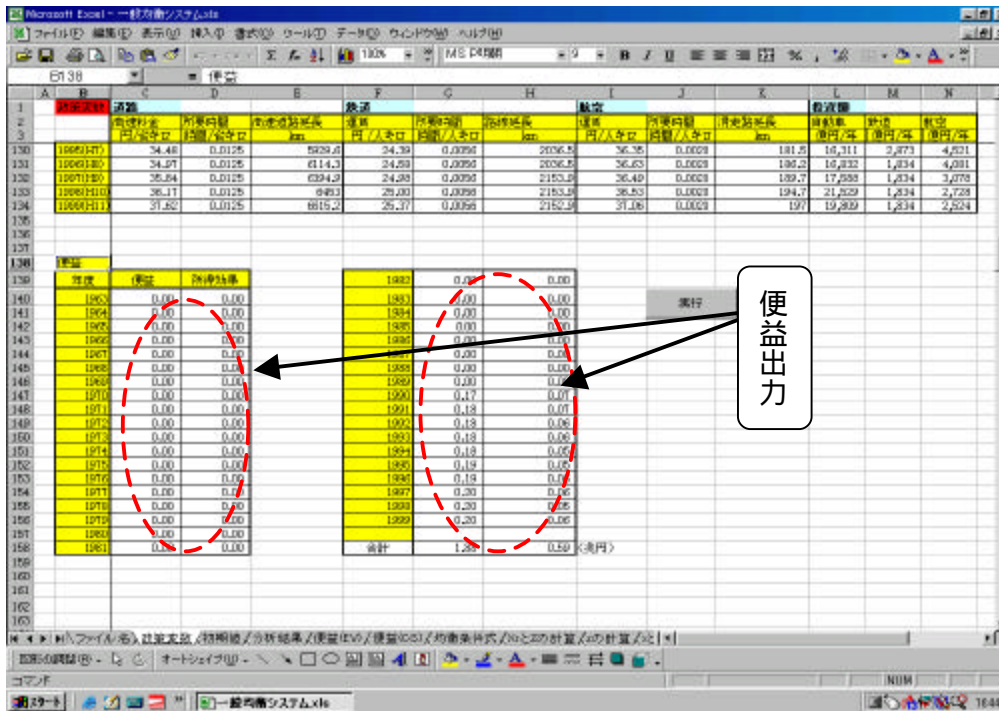
政策変数		単位
道路	高速料金	円/台キ口
	所要時間	時間/台キ口
	高速道路延長	km
鉄道	運賃	円/人キ口
	所要時間	時間/人キ口
	路線延長	Km
航空	運賃	円/人キ口
	所要時間	時間/人キ口
	滑走路延長	km
投資額	道路	億円/年
	鉄道	億円/年
	航空	億円/年

「実行」ボタンをクリック



の操作と同じシート「政策変数」内にある、「実行」ボタンをクリックすることでマクロ(均衡計算)が実行され便益 (EV) が計算される。

便益 (EV) を出力



マクロ(均衡計算)が実行されると、「実行」ボタンの左にある表に1963年～1999年までの便益(EV)が出力される。

(5)使用例

ここでは、例として1990年以降にある政策実施の結果として航空運賃が10%低下したと仮定し、その効果計測例を示す。

まず、「シート「政策変数」」に政策の対象となる変数を入力する。ここでは、1990年以降に政策実施により航空運賃が10%低下した場合を想定しているため、シート内の「without」の1990年～1999年までの航空運賃について、実績値より10%高く設定し表に入力する。また「with」には実績値を入力しておく。同シート内の「実行」ボタンをクリックすることにより、均衡計算、便益計測を行うことができる。

上記の方法に従って実行した結果、政策を実施し、航空運賃が10%低下したことで、発生した便益は1.88兆円、そのうち所得効果は0.59兆円と推計された。

5.5.課題

本章では、上田・林山・河合によって開発された応用一般均衡モデルを援用して各種航空政策の評価を行った。その結果、羽田のスポット拡大、空港整備による航空利便性向上のようなハード的施策が、非常に大きなメリットをもたらしたことを確認するとともに、運賃規制緩和のようなソフト的な政策もある程度の効果をもたらしたことが示された。また、いずれの政策においても、応用一般均衡モデルにより明示的にとられることができる波及効果が社会的便益の2~3割程度を占めている可能性が示唆された。さらに、部分均衡分析による計測結果と応用一般均衡モデルによる計測結果を比較することにより、応用一般均衡モデルによる計測結果の妥当性を検証した。さらに、この応用一般均衡モデルをVBAによりシステム化した。

しかし、本章で取り上げた応用一般均衡モデルは、日本全国を一地域と捉えた国民経済モデルであるために、便益の空間的な帰着を考慮できない。また、交通部門について独立採算性を仮定しているために、供給者便益は常に0であり、利用者便益が社会的便益と等しくなる。換言すれば、交通市場で発生する便益はすべて利用者に還元されるとの想定のもとでの効果計測となっており、交通企業に超過利潤が発生する寡占的状況は考慮されていない。

そこで、第3部では、便益の空間的な帰着状況、および航空市場の寡占的状況を明示的に考慮した航空ネットワークモデルおよび空間的応用一般均衡モデル(SCGEモデル)を構築し、羽田スポット拡大を対象とした効果分析を行う。

第3部

航空ネットワークモデル・SCGEによる 空港容量拡大施策の評価

第3部 航空ネットワークモデル・SCGEによる空港容量拡大施策の評価

ここでは、国内航空市場の寡占的競争を表現した航空ネットワークモデルと空間的な広がりを考慮した経済モデルである空間的应用一般均衡モデル (Spatial Computable General Equilibrium Model) を用いて、羽田の空港容量拡大の効果について計測を行う

6. 航空ネットワークモデルによる分析および空間应用一般均衡分析 (SCGE)

第3章で触れたように、わが国の国内航空市場では1980年以降、首都圏の国内航空拠点である羽田空港を始めとするボトルネックの緩和と航空輸送の担い手である航空事業に対する規制緩和が進められてきた。その結果、航空ネットワークの拡大と運賃水準の低下という形で利用者利便の増進が図られてきており、第4・5章では部分均衡分析および应用一般均衡分析を用いてこれらの政策の効果分析を行った。

しかし、第4・5章で用いたモデルは日本全国を一地域と捉えた国民経済モデルであるために、便益の空間的な帰着を考慮できなかった。また、交通部門について独立採算性を仮定しているために、交通企業に超過利潤が発生する寡占的状況は考慮されていない。

そこで、本章では、国内航空市場の寡占的競争を表現した航空ネットワークモデル (以下「航空NWモデル」と表記) と空間的な広がりを考慮した経済モデルである空間的应用一般均衡モデル (Spatial Computable General Equilibrium Model、以下「SCGE」と表記) を用いることにより、航空企業の超過利潤および便益の空間的な帰着分布を考慮した分析を行う。また分析の対象としては、羽田の空港容量拡大 (スロット拡大) を取り上げる。第4・5章における分析において、羽田スロットの拡大は非常に大きなメリットをもたらしたことが示されており、その効果の空間的な帰着分布などについてより詳細に分析することの価値は大きいと考えられる。

具体的には、大橋・安藤によって開発された航空市場構造モデル (大橋忠宏・安藤朝夫：航空市場でのハブ・スポークネットワーク形成と空港使用料政策に関する研究、土木学会論文集、No.611 / -42、pp.33-44、1999.) を基礎に、新たに航空NWモデル (各航空企業が、他の航空企業・旅客の行動や、空港発着枠制約などを考慮して自社の各路線における運賃、便数を決定するメカニズムをゲーム理論により表現したモデル) を開発し、羽田空港の発着枠制約が緩和された場合の航空運賃、便数の変化をシミュレートした。さらに、その結果を小池・上田・宮下 (小池淳司・上田孝行・宮下光宏：旅客トリップを明示したSCGEモデルの構築とその応用、土木計画学研究・論文集、No.17、pp.237-245、2000.) によって開発されたSCGEモデルを今回一部改良したモデルに入力することにより、各地域・産業の生産額変化、帰着便益などを計測した。さらに、以上の結果を、第4章で構築した部分均衡分析モデルによる効果計測結果と比較すること等により、計測結果の妥当性について検討を行った。

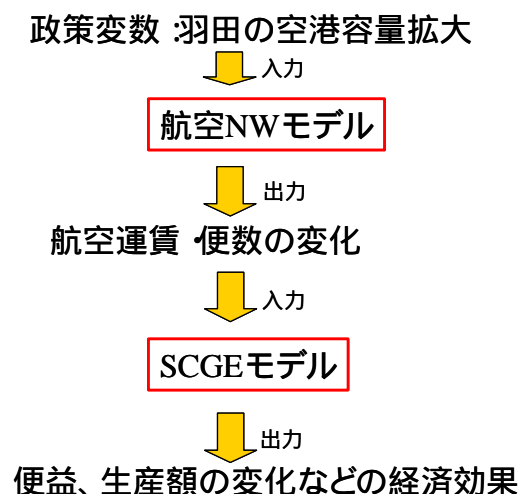
6.1. 分析の考え方

ここで構築する航空 NW モデルは、各航空企業が、他の航空企業 旅客の行動や、空港発着枠制約などを考慮して、自社の各路線における運賃、便数を決定するメカニズムを表現したモデルであり、空港発着枠が拡大したときの、航空運賃や便数の変化をシミュレーションすることが可能である。一方、SCGE モデルは、航空や鉄道のサービスレベル（運賃や所要時間）が変化したときに各地域に帰着する便益や、各産業の生産額の変化、旅行先での財消費（宿泊、土産など）の変化といった経済効果を計測可能なモデルであり、航空運賃や運航頻度の変化による経済効果を計測することができる。

本章では、1995 年時点の社会経済状態、および交通サービスレベル、空港容量などを前提として、下図に示すようなシミュレーションを実施する。まず、羽田の空港容量拡大（ここでは、95 年時点の空港容量が 10% 拡大すると想定）を航空 NW モデルにインプットし、空港容量拡大による航空運賃・便数の変化を出力する。さらに、この航空運賃・便数の変化を SCGE モデルに入力することにより、便益、生産額などの各種経済効果を計測する。

また、効果計測結果のまとめとして、便益帰着構成表を作成し、各地域・各主体への便益の帰着状況を把握する。

図表 6.1 本章でのシミュレーションの概要



6.2.航空 NW モデルの概要

ここでは航空 NW モデルの概要を示す。定式化の詳細は「参考1 航空NWモデルの詳細」を参照されたい。

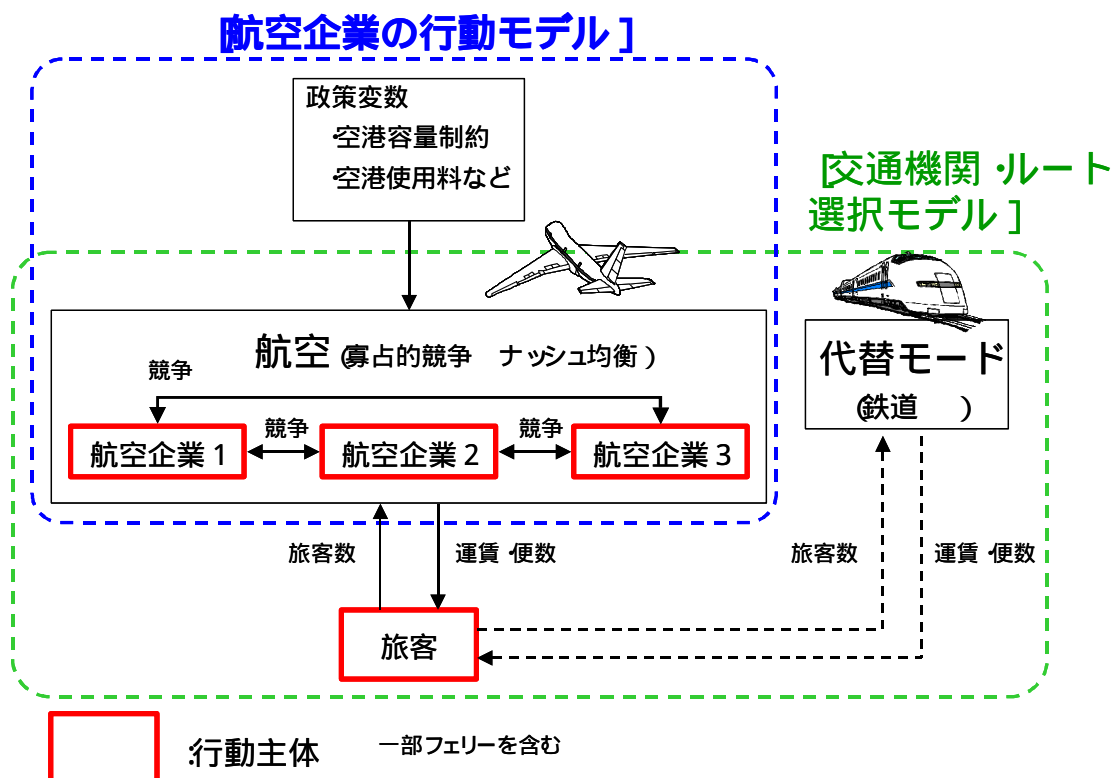
(1)航空 NW モデルの構成

航空 NW モデルの全体の構成を示す。行動主体としては、航空企業 (ここでは国内主要3社を想定)と旅客を設定する。

航空企業は与件として与えられる空港容量制約、空港使用料と旅客の交通機関・ルート選択行動を考慮しながら、航空市場において寡占的競争を行うものとする。ここでは、ゲーム理論におけるナッシュ均衡 (各主体が、他の主体がいかなる戦略を選択するかを想定して判断する状況において、それぞれの主体が最適であると認識する戦略の組み合わせ) の概念を用いて寡占的競争を表現する。

一方、旅客は航空企業の決定する運賃、便数 (頻度) と 代替モード (原則として鉄道を想定) の運賃、便数を考慮して、交通機関・ルートを選択するものとしている。

図表 6.2 航空 NW モデルの構成



(2) 主な前提条件

モデルの主な前提条件は以下のとおりである。

図表 6.3 航空 NW モデルの主な前提条件

ノード・リンク・ルート概念を以下のように定義する。
ノード：空港や駅、港のような交通結節点
リンク：2つのノードを結ぶ路線
ルート：直行ルート（単一リンクから成る）
 トランジットルート（複数リンクから成る）
OD 交通量は外生的に与えられる（誘発需要は生じない）。
航空会社は3社（A, B, C）存在し、その費用構造は同質である。
全てのリンクに代替モード（鉄道およびフェリー）が存在する。代替モードの運賃・便数は固定であり、需要に見合うサービスを供給するものとする。代替モードと航空の競争関係（航空の運賃値下げに反応し、鉄道側が運賃を値下げする等）は明示的には考慮しない。
機材の種類は各路線ごとに1種類のみであり、機材の変更は行わない。
便数は連続変数として取り扱う
例) 0.33 便/日 は 「3日に1便」と解釈

(3) 各主体の定式化

ここでは、各主体の定式化の概要を述べる。

a) 航空企業

各航空企業は、他の航空企業の行動、旅客の行動を考慮しながら、自社の各路線における運賃、便数を操作し、次ページに示す利潤最大化問題を解くと仮定する。

ここで、利潤は運賃収入から可変費用を差し引いたものである（ここでは固定費用（本社の運営費など）は明示的には考慮していない）。また、需給制約は、各便に搭乗させることができる旅客数が受け入れ可能旅客数（概念としては、機材容量にロードファクターを乗じたもの）を越えないための制約条件である。

また、関東発着枠制約は、関東ブロック（各ブロックの区分などは後述）における発着便数が、関東ブロックの各空港の容量（スロット）の合計値を越えないということ表現しており、ここでは主に羽田空港の容量制約を表現していることになる。同様に、近畿発着枠制約は伊丹空港の容量制約を、九州発着枠制約は福岡空港の容量制約を表現している。

図表 6.4 航空企業の利潤最大化問題

$$\text{Maximize 利潤} = \underbrace{(\text{需要量} \times \text{運賃})}_{\text{運賃収入}} - \underbrace{1\text{便あたり費用} \times \text{便数}}_{\text{可変費用}}$$

subject to 需給制約 (旅客数 便数 × 1便あたり受け入れ可能旅客数)

関東発着枠制約 (関東発着便数 関東発着枠)

近畿発着枠制約 (近畿発着便数 近畿発着枠)

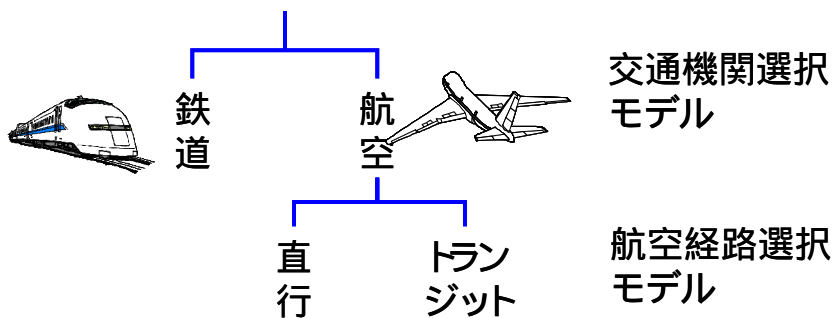
九州発着枠制約 (九州発着便数 九州発着枠)

w.r.t. **【運賃、便数】**

b) 旅客

ここでは、旅客の交通機関・ルート選択行動を以下のネステッドロジットモデルで表現する。具体的には「航空需要予測手法に関する調査報告書（平成12年3月 財団法人 運輸政策研究機構）」に記載されている旅行目的別（業務、観光、私用）の「航空経路選択モデル」「交通機関選択モデル」を採用する。

図表 6.5 旅客の交通機関・ルート選択モデル

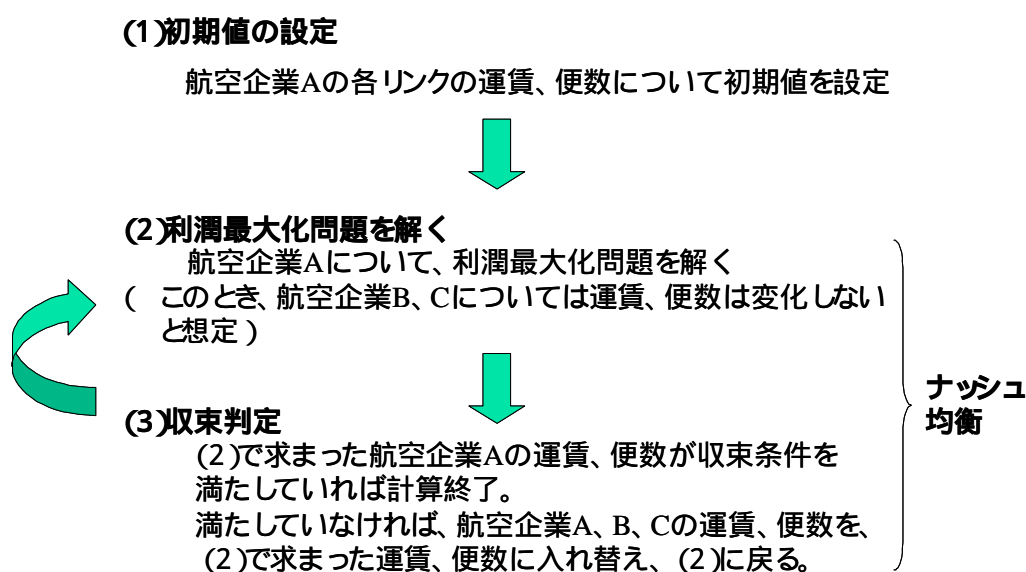


(4) 計算プロセス

本モデルにおいてナッシュ均衡を求めるための計算プロセスを以下に示す。まず(1)で初期値を設定し、(2)でその初期値のもとで航空企業 A に関する利潤最大化問題を解く(ここで制約条件付き最適化問題を解くことになるが、その手法としてはペナルティ法を用いる)。このとき、他の航空企業 B,C については運賃、便数がしないと想定する。この利潤最大化問題の結果得られる航空企業 A の各路線の運賃・便数が、収束条件を満たしていなければ、航空企業 A,B,C すべての運賃・便数を、今得られた運賃・便数に置き換えた上で(2)に戻る。この(2)、(3)のプロセスを繰り返すことにより、ナッシュ均衡の状態(各航空企業が、他の航空企業の戦略が変わらないと想定した上で、最適な戦略(各路線の運賃、便数の組み合わせ)を選択している状態)を算出する。

ここで、(1)の初期値の設定に関しては、原則として現況の運賃、便数を採用するが、計算の結果現況と大きく外れた異常値がでるリンクについては、試行錯誤的に初期値を変化させ、計算結果の現況再現性が可能な限り高くなるように設定した。

図表 6.6 航空 NW モデルの計算プロセス



(5)ブロック・リンク・ルート設定

航空 NW モデルの実際の適用に際しては、計算可能性等を考慮し、日本全国を以下の9ブロックに区分し、各ブロックにひとつのノードがあると仮定した(このブロック区分は、後述するSCGE モデルにおけるブロック区分とも共通である)。

図表 6.7 航空 NW モデルにおけるブロック区分

地域区分	地域範囲 (都道府県)
北海道	北海道
東北	青森、岩手、宮城、秋田、山形、福島
関東	茨城、栃木、群馬、埼玉、千葉、東京、神奈川、新潟、山梨、長野、静岡
中部	愛知、岐阜、三重、富山、石川
近畿	福井、滋賀、京都、大阪、兵庫、奈良、和歌山
中国	鳥取、島根、岡山、広島、山口
四国	徳島、香川、愛媛、高知
九州	福岡、佐賀、長崎、熊本、大分、宮崎、鹿児島
沖縄	沖縄

注 地域区分は経済産業省「地域間産業連関表」に基づく。

また、各ノード間を結ぶルートとしては、直行ルート(1つのリンクのみから成るルート)およびトランジットルート(2つ以上のリンクから成るルート)合わせて36ルートを次ページのように設定した。これは、国内航空におけるルートをすべて網羅するものではないが、需要量等から見て主要と考えられるルートは概ね含まれている。

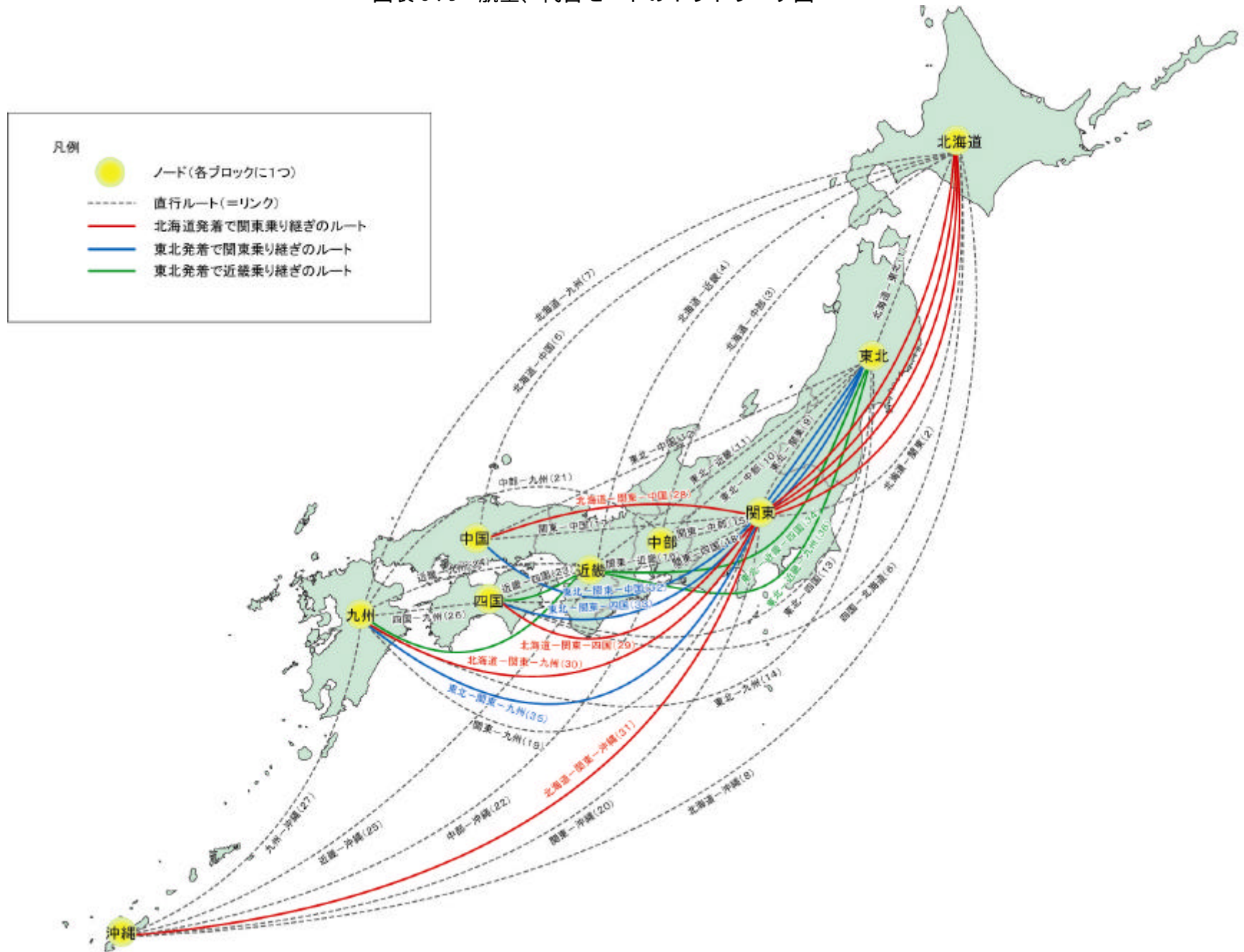
次々ページにネットワーク図を示す。

図表 6.8 航空 NW モデルにおいて設定したルート

直行ルート					
1	北海道	~	東北	10	東北 ~ 中部
2	北海道	~	関東	11	東北 ~ 近畿
3	北海道	~	中部	12	東北 ~ 中国
4	北海道	~	近畿	13	東北 ~ 四国
5	北海道	~	中国	14	東北 ~ 九州
6	北海道	~	四国	15	関東 ~ 中部
7	北海道	~	九州	16	関東 ~ 近畿
8	北海道	~	沖縄	17	関東 ~ 中国
9	東北	~	関東	18	関東 ~ 四国
				19	関東 ~ 九州
				20	関東 ~ 沖縄
				21	中部 ~ 九州
				22	中部 ~ 沖縄
				23	近畿 ~ 四国
				24	近畿 ~ 九州
				25	近畿 ~ 沖縄
				26	四国 ~ 九州
				27	九州 ~ 沖縄

トランジットルート			(直行ルート)
28	北海道	~ 関東 ~ 中国	2+ 17
29	北海道	~ 関東 ~ 四国	2+ 18
30	北海道	~ 関東 ~ 九州	2+ 19
31	北海道	~ 関東 ~ 沖縄	2+ 20
32	東北	~ 関東 ~ 中国	9+ 17
33	東北	~ 関東 ~ 四国	9+ 18
34	東北	~ 近畿 ~ 四国	11+ 23
35	東北	~ 関東 ~ 九州	9+ 19
36	東北	~ 近畿 ~ 九州	11+ 24

図表 6.9 航空、代替モードのネットワーク図



(6)データセット

本モデルに必要な費用データ、LOS データの作成方法の概要は以下の通りである。

図表 6.10 航空 NW モデルのデータ作成方法

データ	作成方法
1便あたり費用	1便あたりの 航空機材維持費・整備費 人件費 燃油費・燃料税 着陸料 航行援助施設使用料 を合計
1便あたり受け入れ可能旅客数	95年現況の需要量を現況の便数で除することにより作成 (概念としては、供給座席数(機材容量)にロードファクターを乗じたものとなる)
関東発着枠 近畿発着枠 九州発着枠	95年現況の関東ブロック、近畿ブロック、九州ブロックの発着 便数を合計した値を、各ブロックの発着枠として設定
航空 鉄道LOS (運賃、運航頻度など)	214ゾーン間データを需要量で加重平均することにより9ブロッ ク間に集約化することにより作成
航空 鉄道需要量	幹線旅客純流動データの居住地 - 旅行先ODを 業務・観光・私用その他目的別に集計 (年間データを365で除することにより1日あたりに換算)

6.3.SCGE モデルの概要

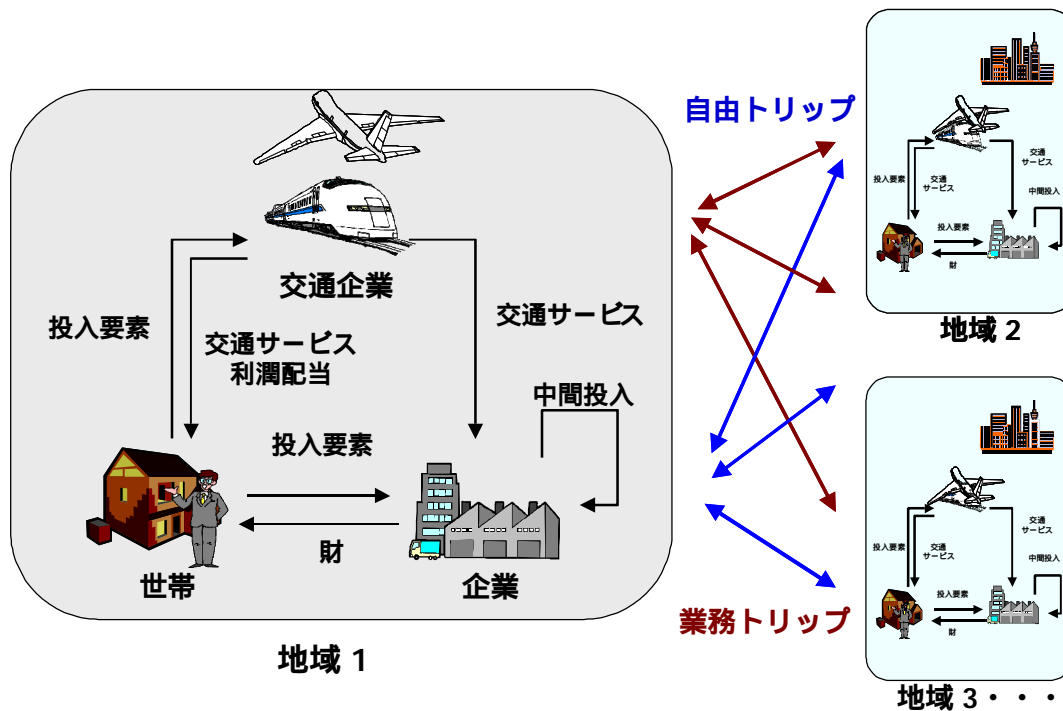
ここでは、SCGE モデルの概略を示す。定式化の詳細等は「参考2 SCGE モデルの詳細」を参照されたい。

(1)SCGE モデルの構成

ここで適用するSCGE モデルの構成を以下に示す。

モデル分析の対象となる地域は複数のブロックに分割されており、各ブロックに企業、世帯、交通企業（ここでは、航空、鉄道（あるいはフェリー）サービスの両方を供給する交通企業を想定）が存在する。

図表 6.11 SCGE モデルの構成



(2) 主な前提条件

SCGE モデルにおける主な前提条件は以下の通りである。

図表 6.12 SCGE モデルの主な前提条件

- 1) 9ブロックに分割された国土空間を考える(ブロックの区分は、航空 NW モデルと共通)。
- 2) 経済主体は各地域毎に企業、世帯、交通企業の3主体より構成されている。各地域の各産業(アクティビティベース)毎に企業が1つ存在する。また、世帯・交通企業は各地域毎に1つ存在する。ここで、交通企業は鉄道サービス・航空サービス両方を供給する仮想的な企業である
- 3) 企業は、中間投入財と資本、労働および業務トリップを生産要素として生産をおこなう。また、その行動は利潤最大化行動にしたがう。
- 4) 世帯は企業に生産要素を提供し、対価を受け取る。そして、これらの所得から自地域で生産された財サービスに加えて、他地域で生産する財サービス、レクリエーション時間、交通サービスを同時に消費する(なお、この消費行動をトリップ投入型消費と呼ぶ)。また、その行動は効用最大化行動にしたがう。
- 5) 交通企業は、資本、労働を生産要素として、交通サービスを生産する。また、その行動は利潤最大化行動に従い、利潤は世帯に分配される。
- 6) 社会は長期的均衡状態にある。

(3)各行動主体の定式化

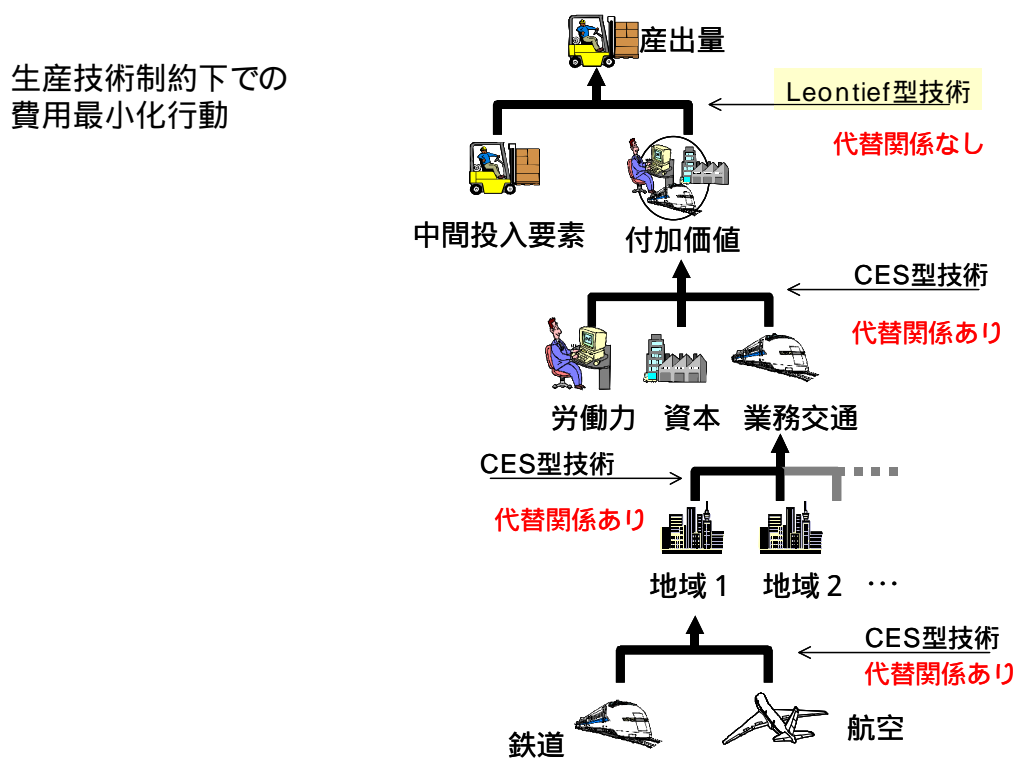
ここで、SCGE モデルにおける各行動主体の定式化の概要について述べる。

a)企業

企業は、通常の応用一般均衡分析モデルと同様に、生産技術制約下での費用最小化行動をとると仮定する。生産技術は、以下に示すようなNested CES 型の技術を想定する。

ここで特徴として、業務トップを付加価値投入として考慮していること、さらにその下のツリーで目的地選択 機関選択行動をCES 型関数により表現していることが挙げられる。

図表 6.13 企業の生産技術構造

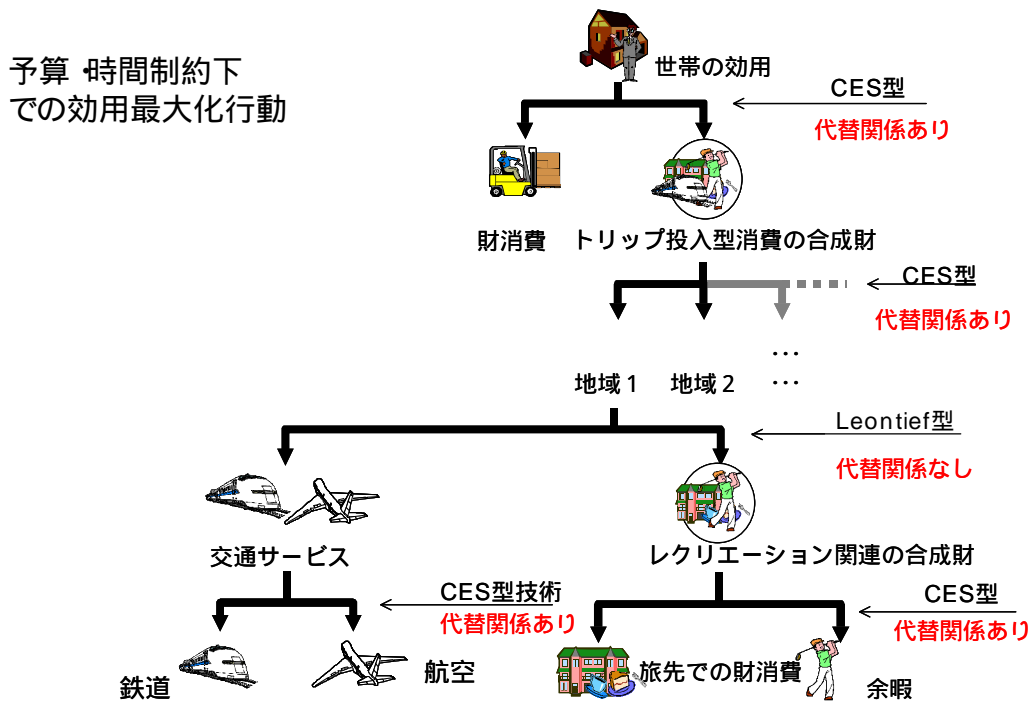


b)世帯

世帯も、通常の応用一般均衡分析モデルと同様に、予算・時間制約下での効用最大化行動をとると仮定する。効用関数は、以下に示すようなNested CES型の効用関数を想定する。

各地域の世帯は、自地域に立地する企業に生産要素を提供することにより所得を得る。その所得によって規定される予算制約内において、自地域で生産される財・サービス、トリップ投入型消費（観光を表現する）の合成財を消費する。さらに、トリップ投入型消費の目的地（観光の目的地）を選択する。さらにその下のツリーでは、トリップ投入型消費において、費用を交通サービスの購入費用とそれ以外の費用（レクリエーション合成財）にどれだけ割り振るかを決定する。一番下のレベルでは、レクリエーション消費において、費用を旅行先での財消費（土産物の購入など）と余暇時間の消費にどれだけ割り振るかを決定し、また航空サービスと鉄道サービスをそれぞれどの程度購入するか（機関分担）を決定する。

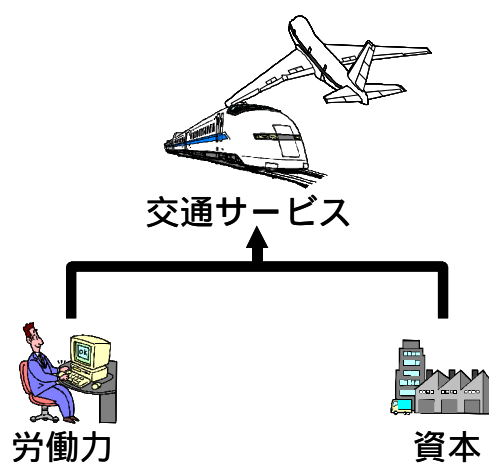
図表 6.14 家計の効用関数構造



c)交通企業

各地域の交通企業は、地域内の世帯から提供される生産要素 (労働力、資本)をもとに交通サービスを生産する。交通企業については生産技術の1次同次性を想定しないため、利潤が発生するが、その利潤は各地域の世帯へ配分される。

図表6.15 交通企業の生産関数構造



(4)パラメータの設定

SCGE モデルにおける各パラメータは、以下のように設定している。

図表 6.16 SCGE モデルにおけるパラメータ設定

	パラメータ	出典(1)
企業	投入係数行列、付加価値係数、投入要素に関する効率パラメータ、投入要素分配パラメータ	産業連関表
	投入要素に関する代替パラメータ	既存研究
	交通目的地選択に関する効率パラメータ	産業連関表および幹線旅客純流動調査(3)
	交通目的地選択に関する代替パラメータ	1.0 (2)
	交通目的地選択のシェアパラメータ	幹線旅客純流動調査・LOSデータ
	交通機関選択に関する代替パラメータ	1.0 (2)
	交通機関選択に関するシェアパラメータ	幹線旅客純流動調査・LOSデータ
世帯	消費に関するシェアパラメータ	産業連関表、家計調査年報
	交通目的地選択のシェアパラメータ	幹線旅客純流動調査・LOSデータ
	消費する合成財のシェアパラメータ	家計調査年報
	財消費に関する代替パラメータ	応用一般均衡分析,有斐閣,1991
	交通目的地選択の代替パラメータ	1.0
	レクリエーションに関する効率パラメータ	1.0
	家計生産関数における分配パラメータ	観光の実態と志向
	家計生産関数における代替パラメータ	応用一般均衡分析,有斐閣,1991
	交通需要量とレクリエーション合成財の消費割合	家計調査年報
	交通機関選択に関する代替パラメータ	1.0 (2)
	交通機関選択に関するシェアパラメータ	幹線旅客純流動調査・LOSデータ
交通	投入要素(労働・資本)の投入係数	産業連関表

- 1 データは95年基準
- 2 交通機関選択・目的選択の代替パラメータについては、参照できる既存研究が少なく、ここでは暫定的に1.0と置いている
- 3 これらのパラメータに関しては、交通量の現状再現性を高めるために調整を行っている

6.4.航空NW・SCGEモデルによる空港容量拡大政策の評価および検証

ここでは、前節で構築した航空NWモデル・SCGEモデルを用いて、羽田の空港容量が10%拡大した場合の効果を計測する。また、合わせて、部分均衡分析による効果計測結果等との比較検証を行う。

(1)航空NWモデルによるシミュレーション

1995年時点における交通需要、空港容量の制約等を前提に、関東ブロックの空港容量、すなわち羽田の空港容量が10%拡大した際の航空運賃、航空便数の変化をシミュレーションした。

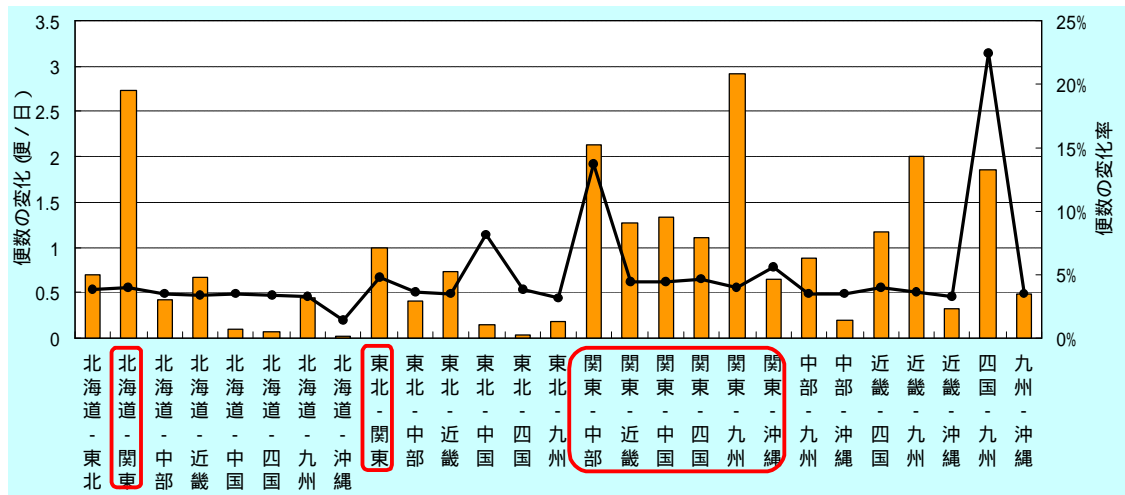
便数については、全リンクで上昇し、運賃については全リンクで低下するという結果になる。これは、関東発着枠の拡大が、まず関東発着路線での競争促進、便数増、運賃の低下を引き起こし、それが乗り継ぎルートでの競争促進、便数増、運賃の低下を通じて、関東発着路線以外での競争をも促進し、地方間の路線においても便数増、運賃低下を引き起こすというメカニズムが表現された結果であると推察される(詳細は後述)。また、近畿 - 九州、四国 - 九州などの現況の便数が多い路線における増加分も大きい。

また、関東 - 中部の便数が増加しているが、これは主に羽田 - 小松間の便数増と考えられる。

運賃については、関東発着リンクのみならず、全リンクで運賃が低下している。特に、北海道 - 沖縄、関東 - 九州などの現況の運賃が高いリンクでの低下分が大きく、関東から遠い地方部での航空利便性向上に資することが伺える。

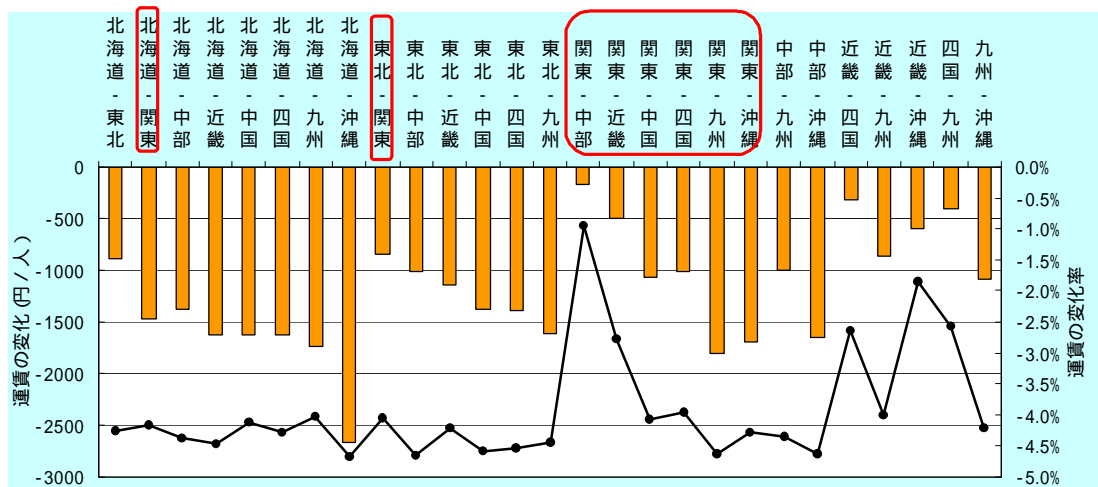
図表 6.17 航空 NW モデルのシミュレーション結果

【航空便数の変化】



棒グラフが変化分、折れ線が変化率

【航空運賃の変化】



棒グラフが変化分、折れ線が変化率

この結果の解釈としては、下図のように考えられる。

羽田発着枠の拡大が、羽田発着枠での競争を促進し、羽田発着路線での運航頻度の増加、および運賃の低下を引き起こす

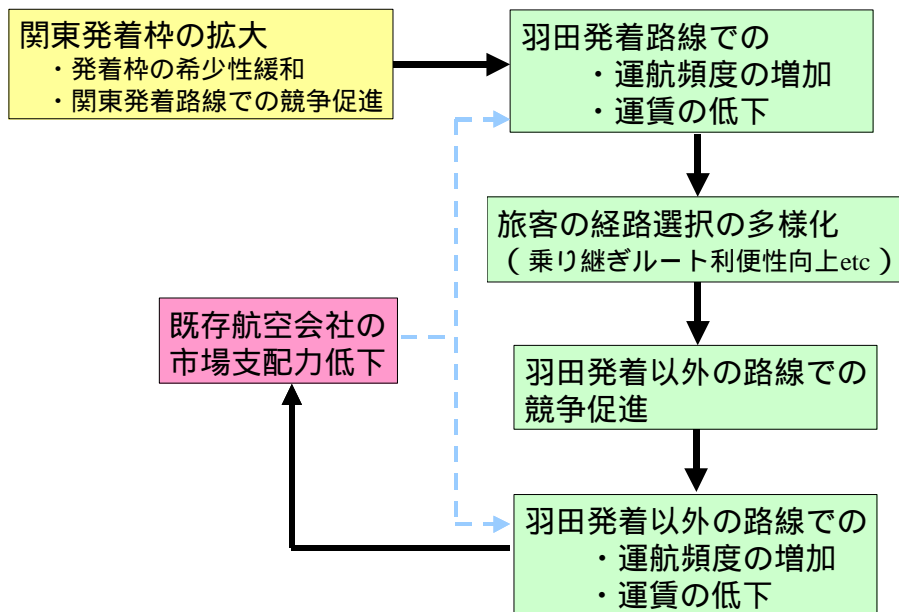
の結果、羽田乗り継ぎルート¹の利便性向上などにより、旅客の経路選択が多様化するから、羽田発着以外の路線でも競争が促進される

羽田発着以外の路線でも運航頻度の増加、運賃低下が起こる

この一連のメカニズムの結果、地方部同士の路線でも運航頻度が増大、運賃が低下し、地方間路線における航空利便性向上も図られると考えられる。

図表 6.18 航空 NW モデルのシミュレーション結果の解釈

羽田発着枠の拡大の効果



(2) SCGE モデルによるシミュレーション

(1)で計測された羽田空港の空港容量 10% 拡大による運賃・便数変化を SCGE モデルに入力し、各種経済効果を計測する。

ここで、航空 NW モデルから計測される運賃・便数変化を SCGE モデルに受け渡す際には、以下のような方法を用いる。

図表 6.19 航空 NW モデルから SCGE モデルへの変数の受け渡し方法

航空運賃の変化

航空運賃については、大橋モデルにより算出される航空運賃の変化率を、without の運賃 (1995 年現況値) に乗ずることにより with の所要時間を算出する。

便数の変化

SCGE モデルには、航空サービスの頻度を明示的に表現する変数は織り込まれていない。そこで、ここでは航空 NW モデルで用いている機関分担モデルのパラメータを用いて、以下の式により便数の変化を所要時間の変化分に換算し、入力する。

$$\text{業務目的交通における所要時間の変化分} = 7.23602\text{E-}01 \times (\ln(\text{fwith}) - \ln(\text{fwithout})) \div 2.05493\text{E-}02$$

$$\text{観光目的交通における所要時間の変化分} = 9.25701\text{E-}01 \times (\ln(\text{fwith}) - \ln(\text{fwithout})) \div 8.14859\text{E-}03$$

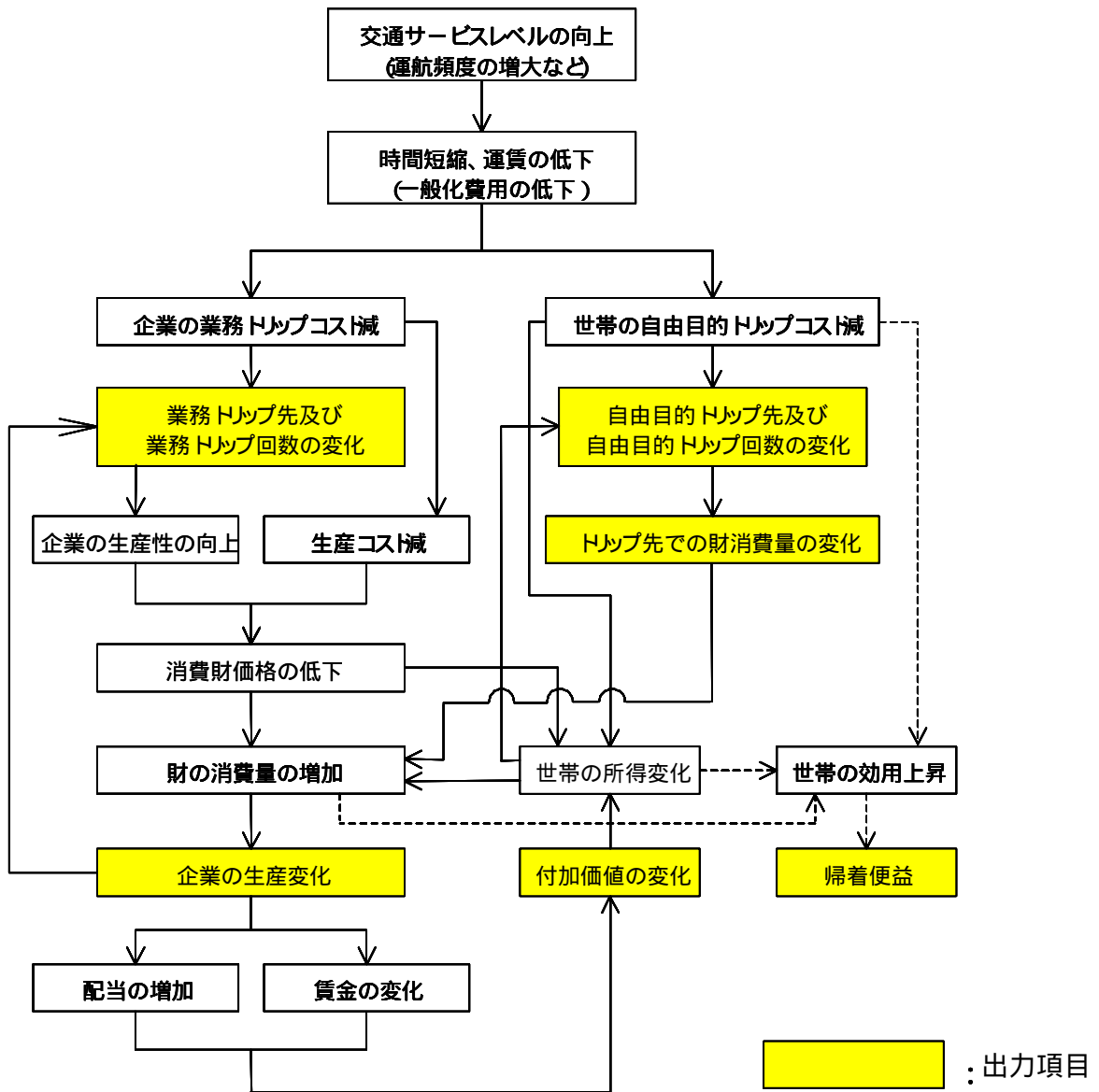
fwith: with における便数 (全社合計)

fwithout: without における便数 (全社合計)

この所要時間の変化分を、業務・観光目的の OD シェアで加重平均し、平均的な所要時間変化を算出する。この値を、without の所要時間から差し引きすることにより with の所要時間を算出する。

また、以下に SCGE モデルで表現される効果の波及フロー図を示す。以下では、このフローに従い、各出力項目についてシミュレーション結果を示す。

図表 6.20 SCGE モデルで表現される効果波及フロー



a)交通需要の変化

まず、羽田の空港容量 10%拡大による交通需要の変化をみる。

下表は航空分担率の変化を旅行目的別に見たものであるが、運賃低下、頻度増大により航空の利便性が向上し、鉄道から航空への需要転換が起こる結果、多くの OD ペアにおいて航空分担率が上昇していることがわかる。特に、関東発着 OD のみならず、地方間 OD でも航空分担率が上昇している点が特徴的である。

図表 6.21 航空分担率の変化

表 業務目的・航空分担率の変化

(トリップ/年)

着	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄	合計
北海道	0.00%	0.57%	0.13%	0.13%	0.50%	0.25%	0.00%	0.04%	0.00%	0.75%
東北	0.78%	0.00%	0.24%	0.91%	0.90%	1.13%	1.02%	1.00%	0.00%	0.41%
関東	0.14%	0.33%	0.00%	0.15%	0.17%	0.83%	0.46%	0.37%	0.00%	0.48%
中部	0.28%	0.86%	0.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.92%	0.00%	0.25%
近畿	0.20%	0.92%	0.19%	0.00%	0.00%	0.00%	0.61%	0.90%	0.10%	0.35%
中国	0.49%	1.09%	0.82%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.29%
四国	0.00%	0.31%	0.59%	0.00%	0.55%	0.00%	0.00%	1.13%	0.00%	0.74%
九州	0.12%	0.34%	0.35%	0.95%	0.90%	0.00%	1.10%	0.00%	0.09%	0.83%
沖縄	0.00%	0.00%	0.01%	0.60%	0.00%	0.00%	0.00%	0.14%	0.00%	0.07%
合計	0.95%	0.46%	0.38%	0.21%	0.26%	0.31%	0.78%	0.88%	0.05%	0.49%

表 観光目的・航空分担率の変化

(トリップ/年)

着	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄	合計
北海道	0.00%	0.88%	0.26%	0.11%	0.35%	0.13%	0.31%	0.01%	0.00%	0.33%
東北	0.76%	0.00%	0.21%	1.07%	0.94%	1.10%	1.05%	0.97%	0.00%	0.51%
関東	0.50%	0.26%	0.00%	0.11%	0.21%	0.72%	0.86%	0.51%	0.01%	0.34%
中部	0.53%	0.92%	0.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.84%	0.06%	0.36%
近畿	0.34%	0.95%	0.21%	0.00%	0.00%	0.00%	0.48%	0.90%	0.07%	0.38%
中国	0.14%	1.01%	0.80%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.31%
四国	0.46%	0.49%	0.83%	0.00%	0.47%	0.00%	0.00%	1.13%	0.00%	0.50%
九州	0.09%	0.65%	0.54%	0.87%	0.90%	0.00%	0.92%	0.00%	0.16%	0.54%
沖縄	0.00%	0.00%	0.02%	0.44%	0.00%	0.00%	0.00%	0.07%	0.00%	0.07%
合計	0.47%	0.52%	0.32%	0.34%	0.35%	0.33%	0.50%	0.56%	0.03%	0.41%

また、以下に航空と鉄道（一部フェリーを含む）の需要量合計値の変化を各 OD ごとに示す。需要量は、関東 - 北海道、関東 - 九州などの遠距離の OD で増加、関東内々などの近距離の OD で減少しているが、これは航空の利便性向上により目的地変更が起こるためである。さらに、全 OD の需要量合計値は業務目的で約 0.2%（約 40万トリップ/年）観光目的で約 0.3%（約 25万トリップ/年）増加しており全体として交通需要が誘発されていることがわかる。

図表 6.22 航空 + 鉄道需要量の変化

表 業務目的・航空 + 鉄道需要量の変化率

着 発	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄	合計
北海道	-1.4%	1.6%	2.2%	2.4%	1.9%	2.0%	2.4%	2.1%	2.5%	0.6%
東北	2.5%	-0.3%	-0.1%	1.0%	1.1%	2.4%	2.2%	1.6%	-0.3%	0.1%
関東	3.3%	-0.1%	-0.4%	-0.3%	-0.2%	0.8%	2.6%	3.3%	3.6%	0.1%
中部	3.6%	1.0%	-0.1%	-0.2%	-0.2%	-0.2%	-0.2%	2.3%	4.1%	0.1%
近畿	3.6%	2.1%	0.0%	-0.2%	-0.2%	-0.3%	0.8%	1.4%	1.5%	0.2%
中国	3.0%	2.7%	0.9%	-0.3%	-0.3%	-0.3%	-0.3%	-0.3%	-0.3%	0.1%
四国	3.2%	3.1%	2.1%	-0.8%	0.0%	-0.8%	-0.8%	1.6%	-0.8%	0.4%
九州	2.5%	2.6%	2.8%	1.2%	0.5%	-1.1%	0.9%	-1.1%	2.6%	0.4%
沖縄	2.4%	-1.7%	2.3%	1.7%	0.0%	-1.8%	-1.8%	1.9%	0.0%	1.3%
合計	1.2%	0.1%	0.1%	-0.1%	-0.1%	-0.1%	0.9%	0.9%	2.6%	0.2%

表 観光目的・航空 + 鉄道需要量の変化率

着 発	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄	合計
北海道	-0.1%	0.1%	0.7%	0.7%	0.8%	0.7%	0.8%	0.7%	1.0%	0.6%
東北	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.8%	0.7%	0.8%	0.0%	0.2%
関東	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.5%	0.8%	0.9%	0.2%
中部	0.8%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	1.0%	0.2%
近畿	0.8%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.4%	0.4%	0.2%
中国	0.8%	0.8%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%
四国	0.9%	0.9%	0.6%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.7%	-0.1%	0.3%
九州	0.8%	0.8%	0.7%	0.6%	0.4%	-0.1%	0.4%	-0.1%	0.8%	0.4%
沖縄	1.0%	-0.2%	0.8%	1.2%	0.2%	-0.2%	-0.2%	0.6%	0.0%	0.6%
合計	0.7%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%	0.2%	0.4%	0.6%	0.3%

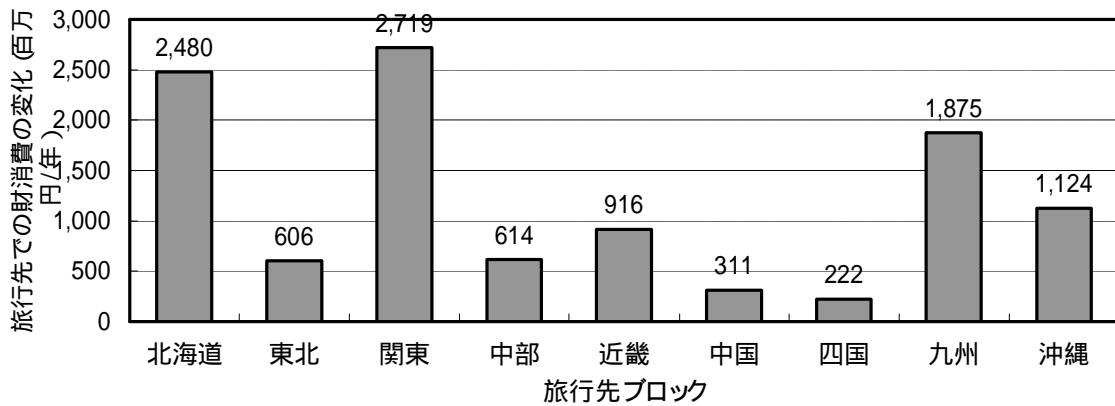
b)旅行先での財消費の変化

旅行先での財消費(宿泊費、お土産代など)は合計約110億円/年程度の増加となる。簡便な試算(下の注を参照)によれば、これは航空を利用した場合の観光旅行における財消費市場の約0.8%を占める値である。

また、旅行先ブロック別にみると、特に北海道、九州、沖縄における変化額が大きく、地方部における観光関連需要等が誘発されることがわかる。

図表6.23 旅行先での財消費額の変化

旅行先での財消費額の変化(実質値)



注：旅行「観光産業の経済効果に関する調査研究(2001年)」によれば、わが国における国内宿泊旅行総消費額は14.74兆円/年である。

また、「第8回全国旅行動態調査報告書(総理府編、1997年)」の1人1回あたりの宿泊観光旅行データより「宿泊観光旅行の消費額全体」に占める「航空を用いた宿泊観光旅行の消費額」は約16.5%と試算される。

さらに、「平成8年度観光の実態と志向(社)日本観光協会」より、飛行機を用いた宿泊観光において交通以外の費用が占める割合は約56.7%と試算される。

以上のデータを用いて、航空機を使った場合の旅行先での財消費の市場規模は

$14.74 \text{ 兆円/年} \times 0.165 \times 0.567 = 1.38 \text{ 兆円/年}$ 程度となる。上記の110億円/年は、この市場規模の約0.8%の値となる。

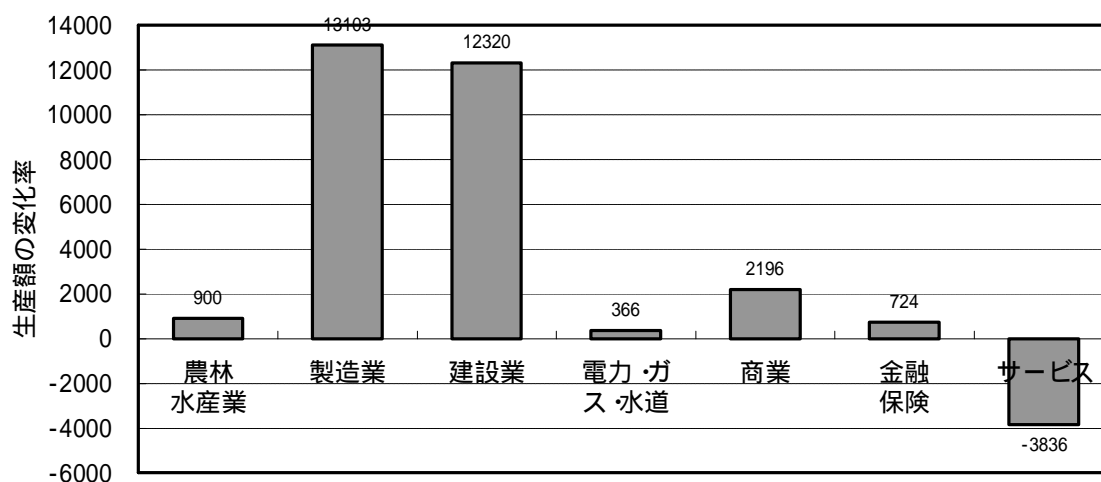
c)各産業の生産額の変化

各産業の生産額については、サービス業（通信、教育、飲食等）を除くすべての産業において増加する。サービス業については、中間投入部門が小さく、名目賃金率の低下による名目所得の低下、最終需要額の低下の影響を大きく受けるため、生産額が低下するものと考えられる。

産業全体としては約260億円/年の生産額増加となる。

図表6.24 各産業の生産額の変化（実質値）

生産額の変化（百万円/年）

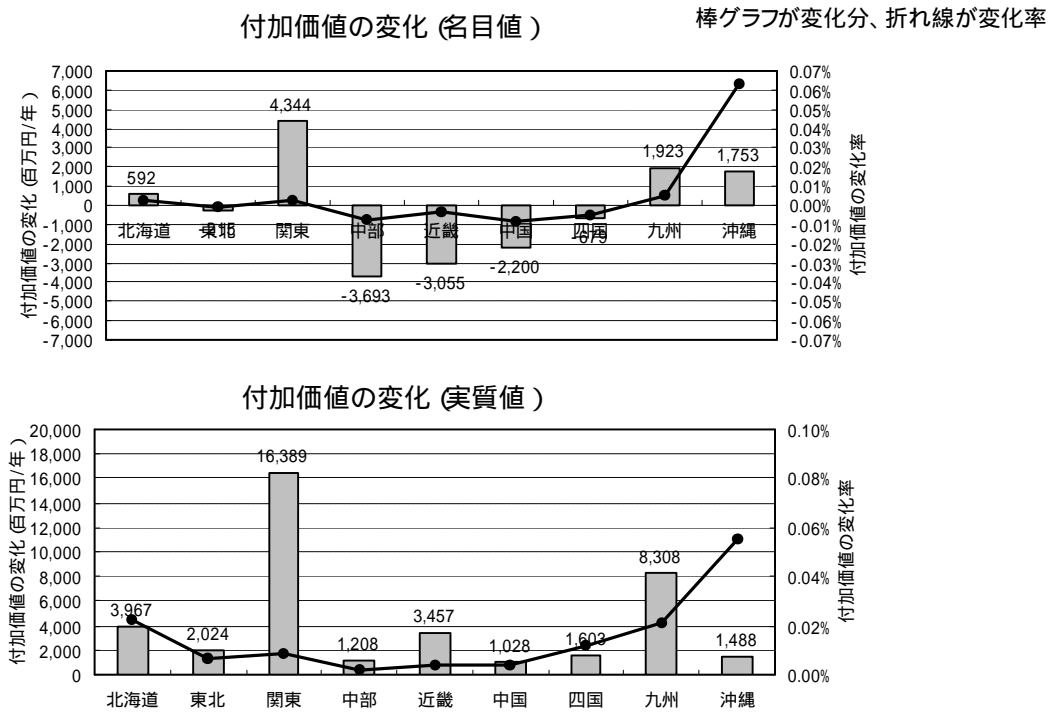


d)付加価値の変化

付加価値額については、名目でみると低下している地域も多い。

ただし、各地域での財やサービスの価格も低下しているため、実質値でみるとすべての地域で付加価値額は増加している(全国合計で約 400 億円/年の増加)。伸び率では、北海道、九州、沖縄が大きい。

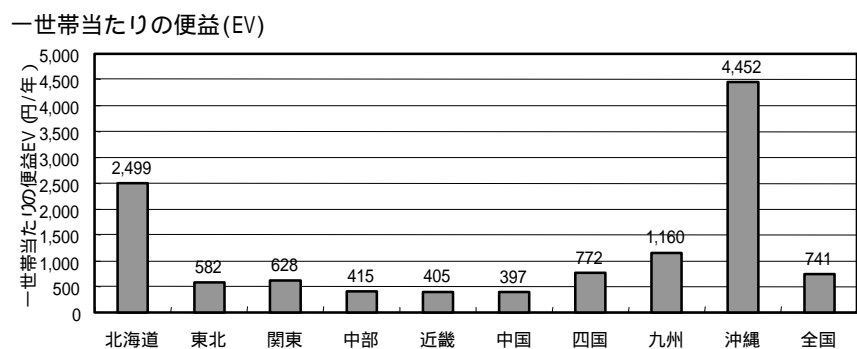
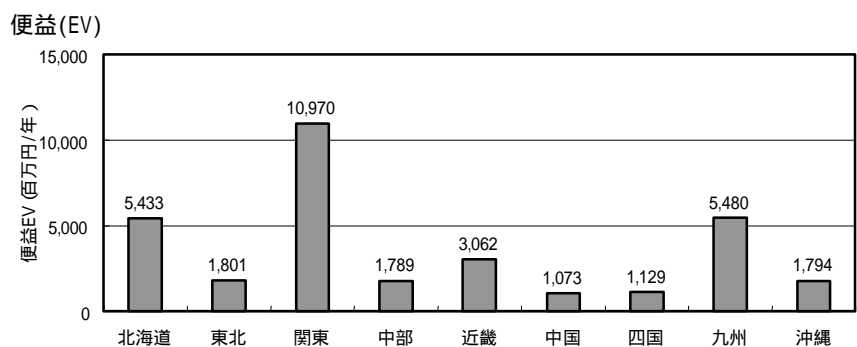
図表 6.25 付加価値の変化



e)各地域への帰着便益

最終的に各地域へ帰着する便益をみると、関東地域を中心として、全国合計で約330億円/年の便益が帰着している。ただし、一世帯あたりで見ると北海道・九州・沖縄などの地方部での便益が大きく、羽田の空港容量拡大が、大都市圏のみならず地方部へも大きな経済効果をもたらすことが伺える。

図表 6.26 各地域への帰着便益



(注) EV=Equivalent Variation (等価的偏差)

地域間便益帰着構成表

SCGE モデルの結果を用いて、地域間の便益帰着構成表を作成すると下表のようになる
この表より 利用者便益が約 820 億円 / 年発生するが、空港容量の拡大による競争促進に伴い交通企業からの配当が約 490 億円 / 年減少し、結果として世帯への帰着便益が約 330 億円 / 年となることがわかる。

特に企業の列に着目すると、直接的な便益 (利用者便益) は約 420 億円 / 年、それによって財・サービスの価格が低下する効果が約 400 億円 / 年、賃金・資本配当が増える分が約 20 億円 / 年となっており、利用者便益が財・サービスの価格低下、配当増を通じて最終的な帰着先である世帯へ波及していくメカニズムが表現されている

図表 6.27 地域間便益帰着構成表

(単位: 億円 / 年)

	関東				関東以外				全地域計			
	世帯	企業	交通企業	小計	世帯	企業	交通企業	小計	世帯	企業	交通企業	小計
料金収入変化	0	0	-136	-136	0	0	-351	-351	0	0	-487	-487
利用者便益	85	160	0	245	309	263	0	571	394	422	0	816
財・サービスの価格変化	123	-122	0	1	281	-282	0	-1	404	-404	0	0
賃金変化	30	-30	-0	-0	19	-19	-0	-0	49	-50	-0	-0
資本配当変化	9	-9	-0	-0	-36	36	0	-0	-27	27	0	-0
交通企業の配当変化	-136	0	136	0	-351	0	351	0	-487	0	487	0
計	112	-2	0	110	221	-2	0	219	333	-4	0	328

ハッチ部は、理論上は 0 となるが計算上の誤差で 0 となっていないセルである

(3)シミュレーション結果の検証

ここでは、(1) (2)で示したシミュレーション結果の妥当性を検証するために、a)実際の空港容量拡大時の便数変化との比較、b)2SLS で推計された需給曲線による効果計測結果との比較、c)航空 NW モデルとSCGE モデルの出力結果の比較を行う

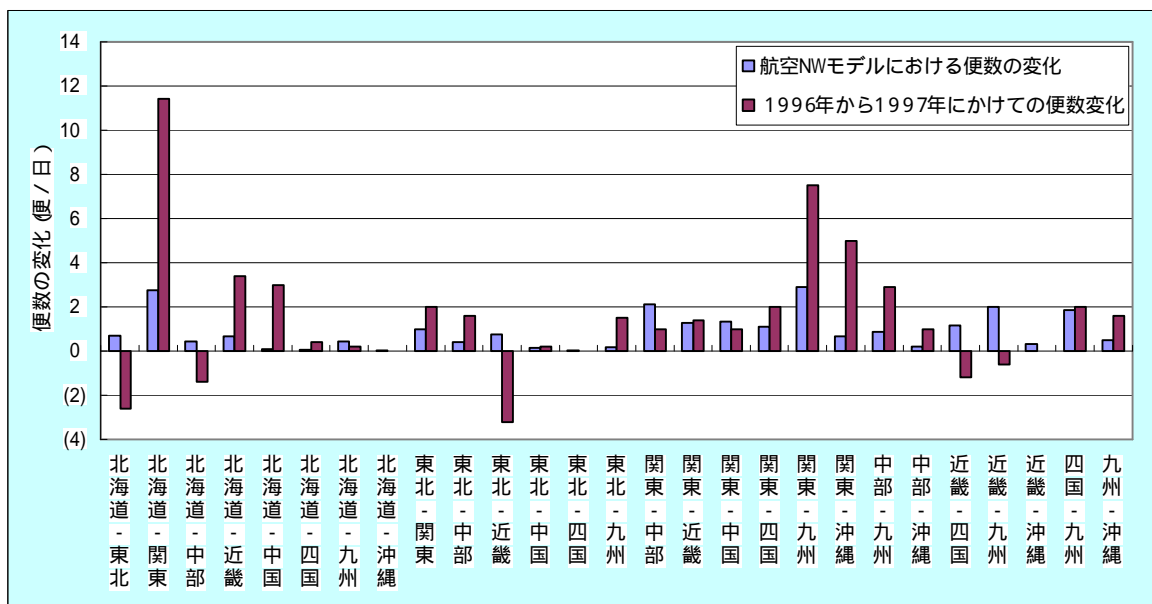
a)実際の空港容量拡大時の便数変化との比較

(1) (2)では、95 年時点での経済状態や空港容量を前提として、羽田の空港容量が10%増加した場合の効果をシミュレートした。ここでシミュレートした政策は、1997 年7月の羽田容量拡大(新C滑走路供用フェーズ、280便/日から300便/日への増加)に類似している。そこで、上記政策時点での便数の変化と航空モデルにおける便数の変化を比較する。

以下がその比較を行った図である。当然ながら1996年から1997年への便数の変化については、羽田の容量拡大以外の要因もあるため、航空NWモデルの結果と必ずしも一致しない。しかし、関東発着路線での便数が増加するという点については、シミュレート結果と実際の傾向は合致していると考えられる。

このことから、航空NWモデルより出力される便数変化パターンについては、現実的にもあり得るパターンと考えられる。

図表6.28 実際の空港容量拡大の際の変化との比較



- 1 1996年10月時点と1997年10月時点における便数の比較(データ出典:数字でみる航空1998、1999)
- 2 航空NWモデルにおける便数には離島への便が含まれていないなど、定義に若干の相違がある
- 3 1996年から1997年への変化については、政策枠の設定による変化も含まれる

b) 2SLS で推計された需給曲線による効果計測結果との比較

ここでは、第4章での需給曲線を用いて、95年時点において羽田スロットが10%拡大した場合の実質イールド、旅客人キロの変化率を計算し、また航空NWモデルより10%拡大時の平均運賃、旅客人キロの変化率を計算し、その両者を比較した(ここで、平均運賃は、with, withoutにおける各リンク間運賃を需要で加重平均することにより算出。旅客人キロは、with, withoutにおける需要に各ブロック間の路線距離を乗じることにより算出)。

その結果を以下に示す。このように、需給曲線によるマクロな推計結果と航空NWモデルによる推計結果は、オーダーは概ね一致している。

図表6.29 2段階最小自乗法で推定された需給曲線による推計との比較

	需給曲線による推計	航空モデルによる推計
実質イールド、平均運賃の変化率	- 4.9%	- 4.1%
旅客人キロの変化率	+ 3.6%	+ 4.2%

c) 航空NWモデルとSCGEモデルの出力結果の比較

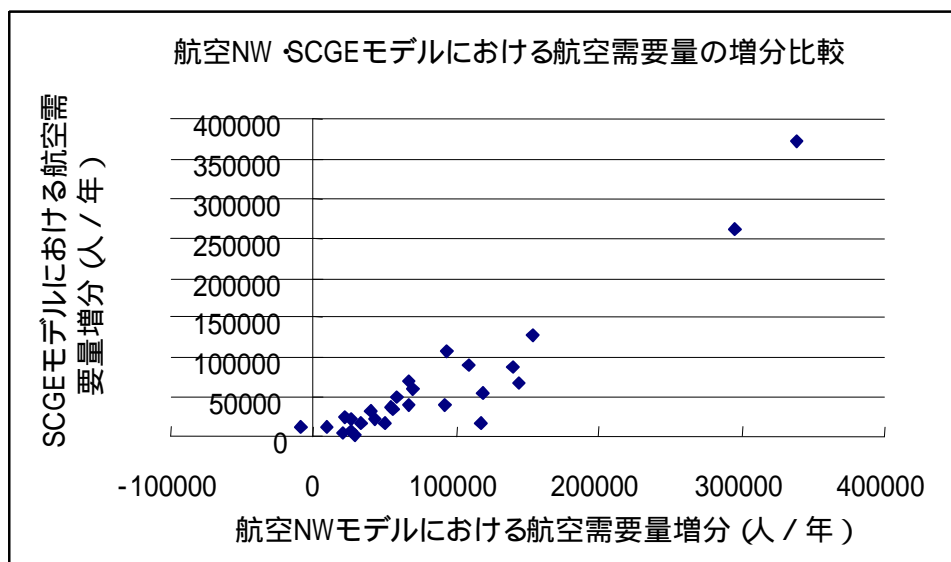
ここでは、航空NW・SCGEモデルの整合性を確認するため、航空需要量の変化(航空NWモデルで対象とする27リンクを対象)航空企業および交通企業の利潤変化についてマクロなチェックを行った

航空需要量の変化について比較した結果を次ページに示す。SCGEモデルは9ブロック間のODであり、航空NWモデルでは27リンクの需要量であり、定義に若干の相違はあるが、需要変化の傾向は概ね一致している。

また、航空企業および交通企業の利潤変化については、航空NWモデルにおける航空企業の利潤減少分が約400億円/年、SCGEモデルにおける交通企業(鉄道・航空を合わせたもの)の利潤減少分が約490億円/年となっており、これについてもオーダーは一致している。

これらのことから、航空NWモデルとSCGEモデルは構造が大きく異なるものの、その共通の出力結果は概ね一致しており、両モデルの整合性はとれていると考えられる。

図表 6.30 航空 NW モデルと SCGE モデルにおける航空需要量変化の比較



6.5.まとめと課題

まず、航空 NW・SCGE モデルによるシミュレーション結果をまとめると以下のようになる。

羽田の空港容量拡大は、関東発着路線での競争促進により、関東発着路線における航空運賃の低下、航空便数の増加を促す。さらに、地方間路線の競争環境も変化することにより、地方間路線における航空運賃の低下、航空便数の増加も起こる。

における航空運賃低下、航空便数の増加は、各地域に便益をもたらす。また、1世帯あたりで見ると北海道、九州、沖縄などの地方部への帰着便益が相対的に大きい。航空需要量が増加、鉄道需要量が減少するが、交通需要量全体は誘発需要により増加する。また、航空の利便性向上により、近距離トリップから遠距離トリップへの目的地変更が起こる。

旅行先での財消費の変化は、北海道、関東、九州、沖縄などで大きい。これらの地域での観光サービス需要などが誘発されると考えられる。

さらに、第6・7章で計測した羽田スロット拡大による運賃低減の効果を合わせて考えれば、86年から99年にかけての羽田スロット拡大によって、数兆円規模の便益が生じ、その多くの部分が大都市圏のみならず地方部へも帰着したと考えられる。

また、各モデルに関する今後の発展の方向性としては、以下のような点が考えられる。

今回の航空 NW モデルによるシミュレーションは、航空企業数を3社とし、使用機材は実績値を採用しているが、使用機材の小型化が進む、新規路線に航空企業が参入する等の将来予想される変化をシナリオとして設定し、シミュレーションを行うことが考えられる。さらに、モデル自体にもリンク数の拡大や国際航空への拡大などへの発展の余地がある。ただし、その際にはデータの利用可能性やアルゴリズム面での取り組むべき課題がある。SCGE モデルについても、東アジア地域等を加えた国際SCGEモデルへの拡張、或いは、将来の経済状況を想定した動学モデルなどへの発展の余地がある。ただし、これについても同様にデータの利用可能性等について検討すべき課題がある。

本章では、航空 NW モデルとSCGE モデルを別個に計算しているが、今後は、両者を統合したモデルの構築も検討されなければならない。その際には、変分不等式の考え方をを用いて各モデルを最適化問題として置きなおすなどの手法が考えられる。

第4部

むすび

第4部 むすび

ここでは、本調査の結果をまとめ、さらに今後の検討課題について整理を行う

7.まとめと今後の検討方針

7.1.調査のまとめ

本報告書においては、国内航空旅客市場を研究対象とし、航空市場におけるこれまで規制緩和、羽田空港の段階的な発着枠の拡大、空港使用料の見直し等の政策について、伝統的な部分均衡分析モデルおよび最新的手法である応用一般均衡モデル、航空NWモデルを用いた評価を行った。

その結果得られた主要な知見は以下のようになる。

羽田スロットの拡大や、新規空港整備といったハード面での施策は、86～99年の14年間累計で数兆円規模と非常に大きな便益を発生させたと考えられる(第4、5章)。

さらに、空間的な便益の帰着分布を考慮した分析の結果、羽田スロットの拡大による便益は人口1人当たりで見れば地方部で特に大きいことがわかった。したがって、上記の数兆円規模の便益は、大都市圏のみならず、地方部へも波及していたと考えられる(第6章)。

近年では、運賃規制緩和、ダブルトプルトラック化の推進といったソフト面での施策も非常に大きな効果をもたらしつつあり、ハード面の整備と同時にソフト面での施策の重要性も示唆された(第4、5章)。

また、部分均衡分析モデルと応用一般均衡モデル、航空NWモデルに関する比較検討も並行して行ったが、多くの場合において両者から得られる出力が概ね一致していることから、今回の計測結果がおおむね妥当であることが示された。このように、さまざまな手法を用いて同一の政策を評価し、評価結果の妥当性について検討を行っていくことが、今後の政策・事業評価において重要であると考えられる。

7.2.今後の検討課題

今後の主な検討課題として、以下のような点が挙げられる。

2SLSを用いて各種政策変数を取り込んだ需給曲線を推定し、部分均衡分析により政策の効果を簡便に計測するという方法は、航空市場のみならず他の交通市場にも適用可能なものであると考えられる。今後は、この手法を様々な市場に対して適用し、その適用可能性等について検討していくことも重要な課題である。

航空NWモデルによるシミュレーションについては、使用機材の小型化、新規路線への参入などの将来予想される変化をシナリオとして導入し、分析の幅を広げる必要がある。また、

取り扱えるリンク数を拡大し、より詳細なネットワークへ適用していくことも考えられる。SCGE モデルについては、東アジア地域等を加えた国際SCGEモデルへの拡張、或いは、将来の経済状況を想定した動学モデルなどへの発展の余地がある。本調査では、航空 NW モデルとSCGE モデルを別個に計算しているが、今後は、両者を統合したモデルの構築を検討する必要がある。

参考 1

航空NWモデルの詳細

参考 1 航空NWモデルの詳細

1. はじめに

ここでは、本調査で用いた航空 NW モデルの詳細を示す。まずモデルの基本的な定式化について示し、対象とするルート・航空会社の設定、航空企業が解く最適化問題について解説する。次にデータの加工方法等を示し、最後に具体的な最適化問題の数値解法について簡単に示す。

2. モデルの定式化について

2.1. 各変数・集合の定義

モデルで用いる変数および集合の定義を示す。また、交通量についてはすべて往復の値で考えている。

図表 変数・集合の一覧

x^l : リンク交通量 (人/日)
y_m^l : 各モードのリンク交通量 (人/日)
z_a^l : 各モード・各企業のリンク交通量 (人/日)
$flow_{mk}^l$: 各ルート・各目的・各モードの交通量 (人/日)
AL^l : 各リンクに参入している航空企業数
p_a^l : 各リンク・各企業の運賃 (円/人)
f_a^l : 各リンク・各企業の便数 (便/日)
\tilde{f}_a^l : 各リンク・各企業が提供する運航頻度のサービスレベル
OC_a^l : 航空企業における 1 便あたりの運航費用 (円/便)
(ただし、航空企業の費用構造はすべて同質との仮定より、 $OC_1^l = OC_2^l = OC_3^l$)
$R(l)$: リンク l を含むルートの集合
$k \in K = \{1,2,3\}$: 旅行目的番号の集合
$a \in A = \{1,2,3,4\}$: 企業番号の集合
$m \in M = \{1,2\}$: モード番号の集合
$l \in L = \{1,2,\dots,27\}$: リンク番号の集合
$L(n)$: ノード n を端点にもつリンク番号の集合
$n \in N = \{1,2,\dots,9\}$: ノード番号の集合
$W(a)$: 各企業が参入しているリンク
V^l : 各リンクを運航する機材の 1 便あたり受入可能旅客数データ
$CAPA_n$: 各ノードにおける空港容量 (ただし、ここでは関東、近畿、九州のみ空港容量を考慮する)

ここで、「便数」 f_a^l は各航空企業が各リンクにおいて実際に飛ばしている便数を指す。本モデルでは後述するように、国内を9ブロックに分割するため、各ブロック間の便数を単純に合計したものが f_a^l となる。しかし、この便数は交通機関・ルート選択モデルの説明変数の1つである「航空利用者側から見た運航頻度（サービスレベル）」とは一致しない。なぜなら、交通機関・ルート選択モデルにおける運航頻度は、あくまで各ブロック内の空港（複数存在する）を利用する航空利用者にとっての平均的な運航頻度であるため、厳密には各空港間の便数を各空港間の需要で加重平均した値としなければならないためである。

そこで、ここでは「便数」 f_a^l は国内9ゾーン間の便数を集計した値、「運航頻度（サービスレベル）」 \tilde{f}_a^l は「航空需要予測手法に関する調査報告書（平成12年3月 財団法人 運輸政策研究機構）」で設定されている214ゾーン間の便数を需要で加重平均することにより算出した値とする。また、両者は以下の式で関係づけられているとする。

$$f_a^l = a^l \cdot \tilde{f}_a^l \quad (1)$$

a^l ：「便数」から「運航頻度（サービスレベル）」への換算係数

これは、航空企業が実際に飛ばしている便数と、各航空利用者にとってのサービスレベルが比例的であるという仮定であり、現実的にみて妥当と考えられる。

また、交通量を表現する変数について以下のように算出される。

まず $flow_{mk}^r$ については、運賃 p_a^l 、運航頻度 \tilde{f}_a^l 、およびその他のLOS構成変数（ラインホール時間など）より、交通機関・ルート選択モデル（詳細は上記報告書参照）から算出される。 x^l 、 y_m^l 、 z_a^l については、 $flow_{mk}^r$ を元に以下の式で算出される。

$$y_m^l = \sum_{k \in K} \sum_{r \in R(l)} flow_{mk}^r \quad (2)$$

$$z_a^l = \frac{y_1^l}{AL^l} \quad (a = 1, 2, 3) \quad (3)$$

$$z_4^l = y_2^l \quad (4)$$

$$x^l = \sum_{m \in M} y_m^l \quad (5)$$

(3)は、各リンクの航空需要量を航空企業数で除したものが、当該リンクにおける各航空企業が獲得する需要量であるという仮定に基づいている。本モデルでは、各航空企業の費用構造は同質であり、最終的な均衡状態においては各航空企業の運賃、便数などが等しくなるという想定を置いているために、この仮定は許容される。

2.2.対象とするルートおよび航空企業

ここでは、全国を9ブロック（地域間産業連関表と同一の地域ブロック）にゾーン分けした上で、下記のルートを対象としてモデル構築を行う。これらのルートは、現況の需要量およびトランジットルートとしての重要性等を勘案して設定した。また、航空企業については、大手3社（JAL、JAS、ANA）のみが存在すると仮定し、かつこれらの航空企業間で費用構造等は同質としている。現実的には、航空企業によりその費用構造が異なり、それが最終的に市場シェア等に反映されていると考えられるが、「費用構造を非同質とした場合、ナッシュ均衡の計算が非常に煩雑になること」「各航空企業ごとの費用データが入手できないこと」といった要因を鑑み、ここでは費用構造は3社同質と仮定している。

図表 対象とするルート

直行ルート		
1 北海道 ~ 東北	10 東北 ~ 中部	19 関東 ~ 九州
2 北海道 ~ 関東	11 東北 ~ 近畿	20 関東 ~ 沖縄
3 北海道 ~ 中部	12 東北 ~ 中国	21 中部 ~ 九州
4 北海道 ~ 近畿	13 東北 ~ 四国	22 中部 ~ 沖縄
5 北海道 ~ 中国	14 東北 ~ 九州	23 近畿 ~ 四国
6 北海道 ~ 四国	15 関東 ~ 中部	24 近畿 ~ 九州
7 北海道 ~ 九州	16 関東 ~ 近畿	25 近畿 ~ 沖縄
8 北海道 ~ 沖縄	17 関東 ~ 中国	26 四国 ~ 九州
9 東北 ~ 関東	18 関東 ~ 四国	27 九州 ~ 沖縄

乗り継ぎルート	(対応する直行ルート)
28 北海道 ~ 関東 ~ 中国	2+ 17
29 北海道 ~ 関東 ~ 四国	2+ 18
30 北海道 ~ 関東 ~ 九州	2+ 19
31 北海道 ~ 関東 ~ 沖縄	2+ 20
32 東北 ~ 関東 ~ 中国	9+ 17
33 東北 ~ 関東 ~ 四国	9+ 18
34 東北 ~ 近畿 ~ 四国	11+ 23
35 東北 ~ 関東 ~ 九州	9+ 19
36 東北 ~ 近畿 ~ 九州	11+ 24

2.3.航空企業の解くべき最適化問題

(1) 最適化問題

航空企業の解くべき最適化問題は下記のように定式化される。目的関数である(6)は航空企業の利潤(ただし固定費は考慮せず)を表現しており、(7)~(12)は制約条件である(【】内は各制約条件の式の数である)。この合計 84 個の制約条件のもと、航空企業は利潤最大化を行うと仮定する。

$$\max_{p_a^l, f_a^l} p_a = \sum_{l \in \Omega(a)} (p_a^l \cdot z_a^l(\mathbf{p}_a, \mathbf{f}_a) - OC_a^l \cdot f_a^l) \quad (6)$$

s.t.

$$f_a^l \cdot V^l - z_a^l(\mathbf{p}_a, \mathbf{f}_a) \geq 0 \quad (l = 1, 2, \dots, 27) \quad (7) \quad (\text{機材容量制約})【27】$$

$$f_a^l \geq 0 \quad (l = 1, 2, \dots, 27) \quad (8) \quad (\text{非負制約})【27】$$

$$p_a^l \geq 0 \quad (l = 1, 2, \dots, 27) \quad (9) \quad (\text{非負制約})【27】$$

$$CAPA_3 - \sum_{l \in L(3)} (f_a^l + f_b^l + f_c^l) \geq 0 \quad (10) \quad (\text{関東空港容量制約})【1】$$

$$CAPA_5 - \sum_{l \in L(5)} (f_a^l + f_b^l + f_c^l) \geq 0 \quad (11) \quad (\text{近畿空港容量制約})【1】$$

$$CAPA_8 - \sum_{l \in L(8)} (f_a^l + f_b^l + f_c^l) \geq 0 \quad (12) \quad (\text{九州空港容量制約})【1】$$

(2) 目的関数の一階微分およびヤコビ行列

最適化問題を解く際に、目的関数の一階微分およびヤコビ行列(制約条件左辺の1階微分の行列)を用いる。それぞれ以下のように導出される。

【目的関数の一階微分】

$$\frac{\partial p_a}{\partial p_a^l} = z_a^l + \sum_{l' \in \Omega(a)} \left(p_a^{l'} \frac{\partial z_a^{l'}(\mathbf{p}_a, \mathbf{f}_a)}{\partial p_a^l} \right) \quad (l = 1, 2, \dots, 27) \quad (13)$$

$$\frac{\partial p_a}{\partial f_a^l} = -OC_a^l + \sum_{l' \in \Omega(a)} \left((p_a^{l'}) \frac{\partial z_a^{l'}(\mathbf{p}_a, \mathbf{f}_a)}{\partial f_a^l} \right) \quad (l = 1, 2, \dots, 27) \quad (14)$$

【ヤコビ行列】

$$\Psi = \begin{array}{c} \left. \begin{array}{c} 27 \\ \\ \\ \end{array} \right\} \left(\begin{array}{cc|cc} \overbrace{\hspace{2cm}}^{27} & & \overbrace{\hspace{2cm}}^{27} & \\ \hline -\frac{\partial z_a^1}{\partial p_a^1} & -\frac{\partial z_a^1}{\partial p_a^{27}} & V^1 - \frac{\partial z_a^1}{\partial f_a^1} & V^1 - \frac{\partial z_a^1}{\partial f_a^{27}} \\ & \ddots & \ddots & \ddots \\ -\frac{\partial z_a^{27}}{\partial p_a^1} & -\frac{\partial z_a^{27}}{\partial p_a^{27}} & V^{27} - \frac{\partial z_a^{27}}{\partial f_a^1} & V^{27} - \frac{\partial z_a^{27}}{\partial f_a^{27}} \\ \hline 0 & 0 & 1 & 0 \\ & \ddots & \ddots & \ddots \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 \\ & \ddots & \ddots & \ddots \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 \text{ or } -1 & \\ 0 & 0 & 0 \text{ or } -1 & \\ 0 & 0 & 0 \text{ or } -1 & \end{array} \right) \end{array}$$

(15)

右下 3 列の「0 or -1」の部分は、それぞれ関東、近畿、九州の発着制約がかかるリンクのみ-1、その他は0 という行列になる。

3. LOS データ・需要データの加工

LOS データ・需要データの加工方法を以下に示す。

3.1. LOSデータの加工方法

LOS は以下の方法に従い加工を行った。また、ここで用いている LOS の構成変数等の詳細については「航空需要予測手法に関する調査報告書（平成 12 年 3 月 財団法人 運輸政策研究機構）」を参照されたい。

- ・LOS の基準時点は、平成 7 年 10 月時点であり、重み付けのための需要は平成 7 年度年度計・全目的の数値を用いる。但し、居住地・旅行先別空港アクセス指標は目的別に数値が異なるため、目的別の需要にて重み付けする。
- ・次ページ表中の「ルート」とは、居住地ブロック、旅行先ブロック以外のブロックに位置する空港におけるトランジットを含む流動を指す。居住地ブロック内もしくは旅行先ブロック内におけるトランジット（たとえば九州ブロック内のトランジット）は、ここではトランジットと見なさない。
- ・次ページ表中の航空経路別データは、航空経路選択モデルのパラメータ推定のために整備されたデータを用いる（経路は最大 4 経路までとなっている）。
- ・9ブロック間のみならず、9ブロック内々のLOSについても同様に整備する。

3.2. 需要データの加工方法

需要データは下記の方法で加工を行った。

- ・需要の集計については、居住地・旅行先 OD を用いて、業務・観光・私用その他の 3 区分につき、平成 7 年度年間ベースで集計を行った。
- ・9ブロック間のみならず、9ブロック内々の需要についても同様に整備する。

図表 LOS、需要データの加工方法

項目	交通機関	使用データ	加工方法
(1) LOS	航空	214ゾーン間航空経路別ラインホール時間、ラインホール費用、路線運航頻度、滞在可能時間、居住地・旅行先別目的別空港アクセシビリティ指標 214ゾーン間航空経路別需要量(純流動データ:年度合計:全目的) 航空経路は最大4経路まで	214ゾーン間航空経路別ラインホール時間・ラインホール費用、路線運航頻度、滞在可能時間、居住地・旅行先別目的別空港アクセシビリティ指標を、214ゾーン間航空経路別需要量を用いて、ブロック間ルートごとに加重平均 但し、居住地・旅行先目的別空港アクセシビリティ指標のみ目的別需要量にて重み付けする
	鉄道	214ゾーン間総所要時間・総所要費用 214ゾーン間需要量(純流動データ:H7年度合計:全目的)	214ゾーン間総所要時間・総所要費用・有効運行頻度を、214ゾーン間需要量を用いて、ブロック間ごとに加重平均
(2) 需要	航空	純流動データ(年度拡大データ)	各ブロック間に集計 別途、各ブロック間のトランジットブロック別トランジット需要量を集計
	鉄道	純流動データ(年度拡大データ)	各ブロック間に集計

4. 運航費用データの加工

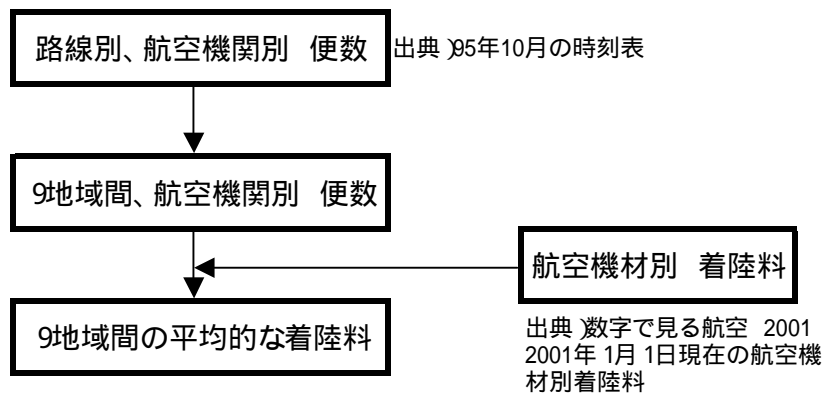
この航空 NW モデルで取り扱うべき運航費用データは、運航便数等に影響されない固定費ではなく、変動費（1便あたりの運航費用 OC_a^l ）のみである。ここでは、変動費として以下の4つの費用を考慮し、各リンクにおける運航費用を算出することとした。

航空機材維持 + 整備費
人件費
燃油費 + 燃料税
航空機着陸料および航空援助施設使用料

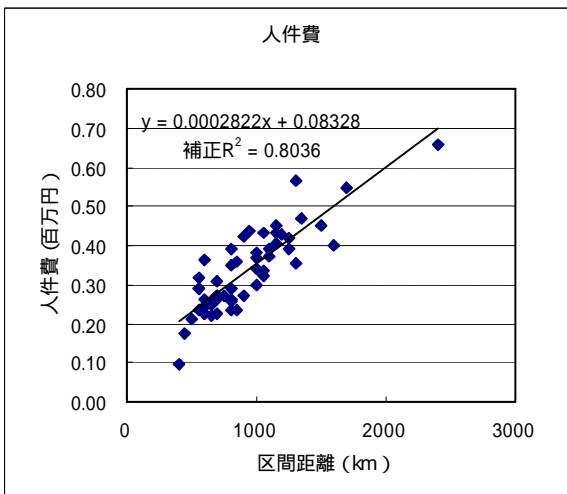
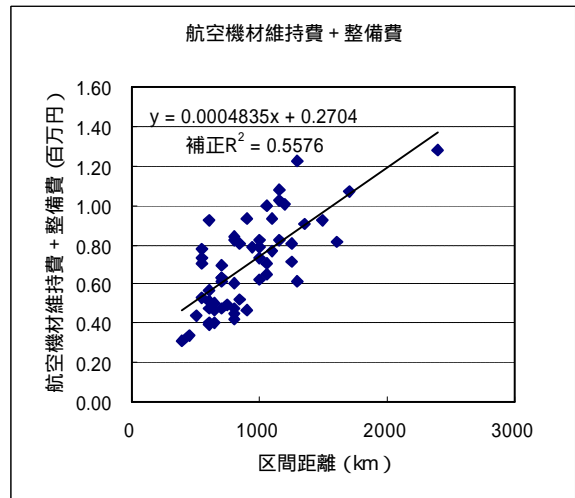
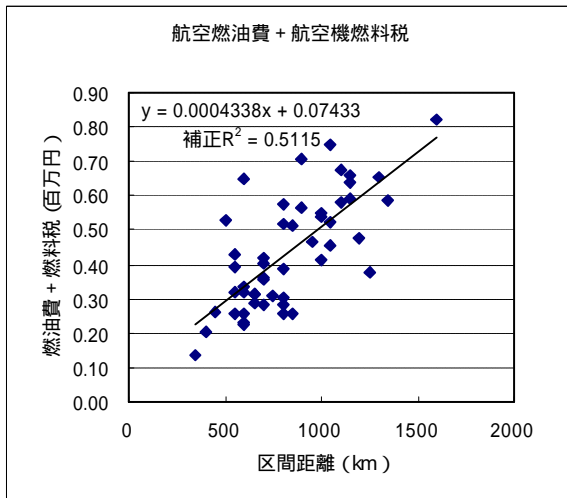
～ の項目に関しては、国土交通省より提供いただいた各路線の費用と区間距離との関係から、区間距離により各費用を説明する回帰式を推定した（「**図** 変動費として扱う費用項目に関する区間距離との相関および回帰式」参照）。この式と、各ブロック間の平均的な区間距離（各空港間の区間距離を需要で加重平均し算出）から、各リンクにおける運航費用を算出した。

航空機着陸料については、95年10月の時刻表データ、および2001年1月1日現在の航空機材別着陸料より算出した（**下図**参照）。

図表 航空機着陸料の算出フロー



図表 変動費として扱う費用項目に関する区間距離との相関および回帰式
 (回帰式において y : 費用 (百万円 / 便) x : 区間距離 (km))



上記の方法により、各ルートごとに1便あたりの運航費用を算出した結果を以下に示す。

図表 データ作成結果

	(参考) 路線距離 (km)	航空機材維持費 + 整備費 (百万円)	人件費 (百万円)	燃油費 + 燃料税 (百万円)	着陸料 (百万円)	航行援助施設 使用料 (百万円)	合計 (9年価格)		往復換算 (5年価格)
							(百万円)	(百万円)	(百万円)
1 北海道 ~ 東北	583	0.55	0.25	0.33	0.10	0.10	1.32	1,355	2,710
2 北海道 ~ 関東	1,038	0.77	0.38	0.53	0.21	0.29	2.17	2,226	4,452
3 北海道 ~ 中部	1,167	0.83	0.41	0.58	0.15	0.21	2.18	2,234	4,468
4 北海道 ~ 近畿	1,357	0.93	0.47	0.66	0.17	0.24	2.47	2,531	5,062
5 北海道 ~ 中国	1,520	1.01	0.51	0.73	0.14	0.20	2.59	2,655	5,310
6 北海道 ~ 四国	1,507	1.00	0.51	0.73	0.14	0.20	2.58	2,638	5,276
7 北海道 ~ 九州	1,775	1.13	0.58	0.84	0.12	0.17	2.85	2,917	5,829
8 北海道 ~ 沖縄	2,839	1.64	0.88	1.31	0.12	0.17	4.12	4,220	8,441
9 東北 ~ 関東	621	0.57	0.26	0.34	0.14	0.14	1.46	1,492	2,984
10 東北 ~ 中部	685	0.60	0.28	0.37	0.09	0.09	1.43	1,464	2,929
11 東北 ~ 近畿	813	0.66	0.31	0.43	0.11	0.15	1.67	1,706	3,412
12 東北 ~ 中国	1,002	0.75	0.37	0.51	0.11	0.15	1.89	1,936	3,873
13 東北 ~ 四国	964	0.74	0.36	0.49	0.08	0.11	1.77	1,808	3,617
14 東北 ~ 九州	1,358	0.93	0.47	0.66	0.08	0.10	2.23	2,285	4,571
15 関東 ~ 中部	389	0.46	0.19	0.24	0.20	0.16	1.25	1,283	2,565
16 関東 ~ 近畿	542	0.53	0.24	0.31	0.21	0.21	1.50	1,531	3,063
17 関東 ~ 中国	810	0.66	0.31	0.43	0.12	0.17	1.69	1,733	3,466
18 関東 ~ 四国	750	0.63	0.30	0.40	0.15	0.15	1.64	1,676	3,352
19 関東 ~ 九州	1,128	0.82	0.40	0.56	0.22	0.31	2.31	2,361	4,723
20 関東 ~ 沖縄	1,992	1.23	0.65	0.94	0.22	0.30	3.34	3,421	6,842
21 中部 ~ 九州	813	0.66	0.31	0.43	0.12	0.17	1.70	1,740	3,480
22 中部 ~ 沖縄	1,862	1.17	0.61	0.88	0.13	0.18	2.97	3,042	6,084
23 近畿 ~ 四国	265	0.40	0.16	0.19	0.07	0.06	0.88	0,897	1,794
24 近畿 ~ 九州	617	0.57	0.26	0.34	0.16	0.16	1.48	1,516	3,033
25 近畿 ~ 沖縄	1,548	1.02	0.52	0.75	0.21	0.29	2.79	2,855	5,710
26 四国 ~ 九州	345	0.44	0.18	0.22	0.06	0.05	0.96	0,980	1,960
27 九州 ~ 沖縄	1,085	0.80	0.39	0.55	0.09	0.13	1.95	1,992	3,985

5. 1 便あたりの受入可能旅客数データ・空港容量データの作成方法について

5.1.1 便あたり受入可能旅客数データ V^l

ここでは、95 年現況において各航空企業は、ほぼ最大限 1 便あたりの旅客を受け入れていると仮定し、現況の便数と需要から「1 便あたり受入可能旅客数」を算出している。これは、概念的には機材容量にロードファクターを乗じたものと等しい。

各リンクについて、以下の式により算出する。設定値を次ページに示す。

$$V^l = \frac{\bar{z}^l}{\bar{f}^l} \quad (16)$$

\bar{z}^l : 各リンクの需要量（往復計）の現況値（人/日）

\bar{f}^l : 各リンクの便数の現況値（便/日）

図表 1 便あたり受入可能旅客数の設定値

リンク番号	リンクの端点のゾーン	1便(往復)あたり受入れ可能旅客数(人/便)
1	北海道 - 東北	214
2	北海道 - 関東	463
3	北海道 - 中部	360
4	北海道 - 近畿	369
5	北海道 - 中国	597
6	北海道 - 四国	370
7	北海道 - 九州	199
8	北海道 - 沖縄	388
9	東北 - 関東	295
10	東北 - 中部	145
11	東北 - 近畿	170
12	東北 - 中国 ()	846
13	東北 - 四国 ()	1078
14	東北 - 九州	464
15	関東 - 中部	360
16	関東 - 近畿	334
17	関東 - 中国	272
18	関東 - 四国	341
19	関東 - 九州	444
20	関東 - 沖縄	569
21	中部 - 九州	231
22	中部 - 沖縄	300
23	近畿 - 四国	147
24	近畿 - 九州	239
25	近畿 - 沖縄	281
26	四国 - 九州	156
27	九州 - 沖縄	222

「東北 - 中国」、「東北 - 四国」での値が大きいが、これは、現在需要データとして、純流動データの居住地 - 旅行先ODを用いていることによる。たとえば、「東北 - 四国」の航空需要としては、基本的には高松空港 - 仙台空港間の需要が計上されているが、一部、伊丹空港まで鉄道等でアクセスしてそこから仙台まで航空を利用する旅客もあり、これらもすべて「東北 - 四国」の航空需要量として計上される。したがって、上記のデータには一部このようなODが含まれてしまっており、このことが上記の値に反映されていると考えられる。

5.2. 空港容量データ $CAPA_3, CAPA_5, CAPA_8$

関東、近畿、九州について、それぞれ当該リンクの便数（95年現況値）の合計を空港容量とする。これは、これらのブロックでは現況で空港容量を使いきっているとの仮定である（関東では羽田空港、近畿では伊丹空港、九州では福岡空港を想定）。

$$CAPA_3 \equiv \sum_{l \in L(3)} \bar{f}^l$$

$$CAPA_5 \equiv \sum_{l \in L(5)} \bar{f}^l$$

$$CAPA_8 \equiv \sum_{l \in L(8)} \bar{f}^l$$

\bar{f}^l : 便数の現況値

図表 空港容量の設定値

空港容量 (発着枠制約)	
	空港容量 (便 / 日)
関東	285
近畿	181
九州	210

6 . モデルの解法

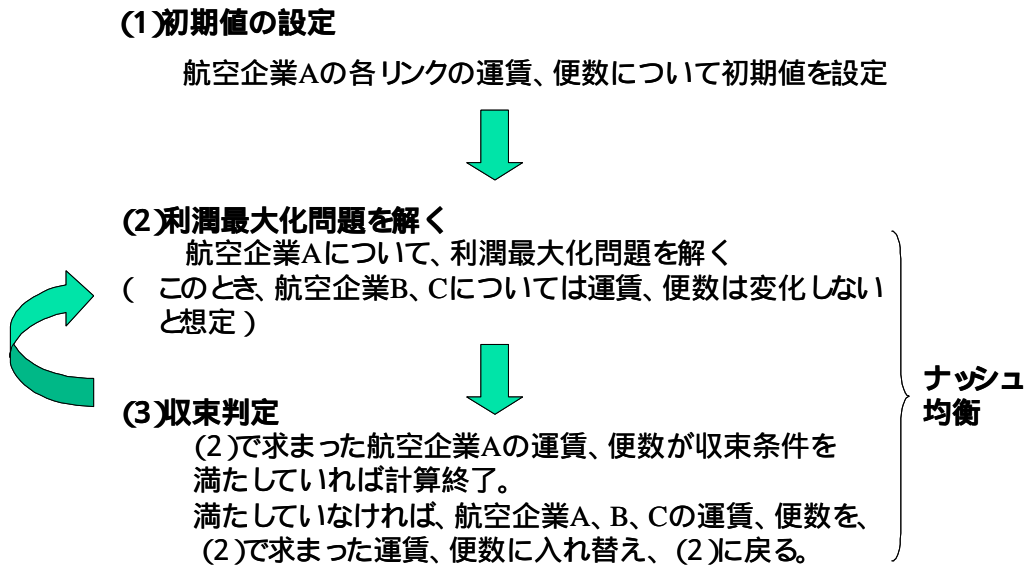
解法の全体フローは次ページ図のようになっている。まず(1)で初期値を設定し、(2)でその初期値のもとで航空企業 A に関する利潤最大化問題を解く¹(ここで制約条件付き最適化問題を解くことになるが、その手法としてはペナルティ法を用いる)。このとき、他の航空企業 B,C については運賃、便数がしないと想定する。この利潤最大化問題の結果得られる航空企業 A の各路線の運賃・便数が、収束条件を満たしていなければ、航空企業 A,B,C すべての運賃・便数を、今得られた運賃・便数に置き換えた上で(2)に戻る。この(2)(3)のプロセスを繰り返すことにより、ナッシュ均衡の状態(各航空企業が、他の航空企業の戦略が変わらないと想定した上で、最適な戦略(各路線の運賃、便数の組み合わせ)を選択している状態)を算出する。

ここで、(1)の初期値の設定に関しては、原則として現況の運賃、便数を採用するが、計算の結果現況と大きく外れた異常値がでるリンクについては、試行錯誤的に初期値を変化させ、計算結果の現況再現性が可能な限り高くなるように設定した。

また、実際に収束計算を行う際には、運賃、便数に現況値を入力した際に、各ルートの航空需要量が完全に再現されるように補正係数を作成し、交通機関・ルート選択モデルの部分に適用している。さらに、収束解を探索する際に、1次元探索の前後で、航空企業 A の便数・運賃が5%以上動いた場合、目的関数の値を強制的に小さくする(便数、運賃が動きすぎるのを強制的に抑える)という工夫を加えている。また、(3)で便数、運賃の値を置き換える際も、便数、運賃が前回の最適化問題の解よりも5%以上動いている場合には、その便数・運賃を5%動かした値に修正した上で置き換えている。以上は計算の安定化のための工夫である。

¹ 利潤最大化問題を解く際のサブルーチンとしては、富士通の数値計算ライブラリ SSL に収録されちる NLPGI(パウエル法)というサブルーチンを用いている。

図表 大橋モデルにおける解法のフロー



参考 2

SCGEモデルの詳細

参考 2 SCGE モデルの詳細

1.はじめに

ここでは、本調査で用いた SCGE モデルの詳細について解説する。まず、本モデルにおいて考慮されている各経済主体（企業、世帯、交通企業）の行動モデルについて解説する。次に、本モデルにおける市場均衡条件を示し、対象プロジェクトの整備前後の変化から社会的便益が求められることを示す。最後に、数式展開の詳細についてまとめる。

ここでの着目点は、企業、世帯、交通企業における旅客トリップのとり込む考え方、また、世帯における家計生産関数の概念を導入することにより、旅行先の財消費量が内生的に決まるところにある。さらに、交通と交通以外の財の代替関係が考慮されているので、誘発される交通需要や目的地での最終需要が計測できることに注目する。

ラベル変数の設定は以下のとおりである。

$s \in \mathbf{S} = \{1, \dots, s, \dots, S\}$: 地域を表すラベル
$i \in \mathbf{I} = \{1, \dots, i, \dots, I\}$: 財の種類を表すラベル
$k \in \mathbf{K} = \{1, \dots, k, \dots, K\}$: 投入要素の種類を表すラベル
$a \in \mathbf{A} = \{1, \dots, a, \dots, A\}$: 交通手段の種類を表すラベル

2.各主体の行動モデル

2.1.各主体の行動の仮定

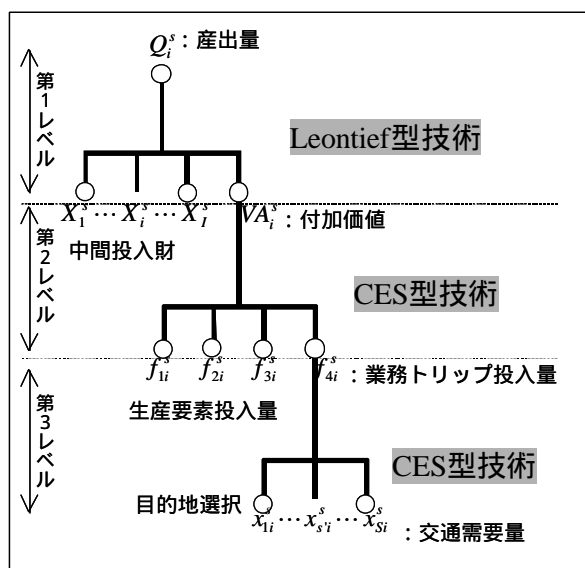
モデル構築に際して以下のような仮定をおく。

- 1) S個に分割された国土空間を考える。
- 2) 経済主体は各地域に企業、世帯、交通企業の3主体より構成されている。各地域の産業(アクティビティベース)毎に企業が1つ存在する。また、世帯・交通企業は各地域に1つ存在する。
- 3) 企業は、中間投入財と資本、労働および業務トリップを生産要素として生産をおこなう。また、その行動は利潤最大化行動にしたがう。
- 4) 世帯は企業に生産要素を提供し、対価を受け取る。そして、これらの所得から自地域で生産された財サービスに加えて、他地域で生産する財サービス、レクリエーション時間、交通サービスを同時に消費する(なお、この消費行動をトリップ投入型消費と呼ぶ)。また、その行動は効用最大化行動にしたがう。
- 5) 交通企業は、資本、労働を生産要素として、複数手段の交通サービスを生産する。また、その行動は利潤最大化行動に従い、超過利潤は世帯に分配される。
- 6) 市場は地域毎に閉じているものとする。また、社会は長期的均衡状態にある。

2.2.企業の行動モデル

地域 s に立地し財 i を生産する企業は、自地域で生産された中間投入財 X_{ii}^s と労働力、資本、業務トリップにより構成される生産要素 f_{ki}^s を用い、図に示すようなネステッドCES型の生産構造の生産技術を用いて商品 Q_i^s を生産するとする。

図表 企業の生産関数構造



したがって、企業の生産関数は以下のように定式化できる。

$$Q_i^s = \min \left[\frac{VA_i^s}{a_{vi}^s}, \frac{X_{1i}^s}{a_{1i}^s}, \dots, \frac{X_{i'i}^s}{a_{i'i}^s}, \dots, \frac{X_{li}^s}{a_{li}^s} \right] \quad (1)$$

$$VA_i^s = f_{li} \left[\sum_{k \in K} d_{ki} f_{ki}^s \frac{s_{li}^{s_{li}-1}}{s_{li}^{s_{li}-1}} \right]^{\frac{s_{li}}{s_{li}-1}} \quad (2)$$

ただし、

VA_i^s : 付加価値関数

$a_{i'i}^s$: 投入係数

a_{vi}^s : 付加価値係数

f_{li}^s : 効率パラメータ

d_{ki} : 分配パラメータ ($0 < d_{ki} < 1$)

s_{li} : 代替パラメータ

上式より、付加価値 1 単位あたりの生産要素需要 cf_{ki}^s が以下のように求まる。

$$cf_{ki}^s = \frac{f_{ki}^s}{VA_i^s} = f_{li}^{-1} d_{ki} s_{li} w_k^{s-s_{li}} \left[\sum_{k' \in K} d_{k'i} s_{li} w_{k'}^{s_{li}-s_{li}} \right]^{\frac{s_{li}}{1-s_{li}}} \quad (3)$$

ただし、

w_k^s : 生産要素価格

ここで、生産要素を $k=1$: 労働力、 $k=2$: 資本、 $k=3$: 業務交通とする。

次に、業務交通による生産投入要素は各地域への業務交通合成財の関数として表現され、その選択行動は以下の最小化問題として定式化できる。

$$\begin{aligned} & \min_{x_{s'i}^s} \sum_{s \in S} p_{s'i}^s x_{s'i}^s \\ & s.t. \quad f_{3i}^s = f_{2i} \left[\sum_{s \in S} A_{s'i}^s x_{s'i}^s \frac{s_{2i}^{s_{2i}-1}}{s_{2i}^{s_{2i}-1}} \right]^{\frac{s_{2i}}{s_{2i}-1}} \end{aligned} \quad (4)$$

ただし、

$p_{s'i}^s$: $s'(\in S)$ までの交通合成財の価格

$x_{s'i}^s$: s' までの業務交通合成財

$A_{s'i}^s$: 目的地選択に関するシェアパラメータ

f_{2i}^s : 効率パラメータ

s_{2i} : 代替パラメータ

また、業務交通合成財は交通手段別業務交通量の関数として表現され、その選択行動は以下のように定式化できる。

$$x_{s'i}^s = \max \left[\sum_{a \in A} \left(g_{s'}^{s,aB} \right)^{\frac{1}{s_{3i}}} \left(x_{s'i}^s \right)^{\frac{s_{3i}-1}{s_{3i}}} \right]^{\frac{s_{3i}}{s_{3i}-1}} \quad (5)$$

$$s.t. \quad x_{s'i}^s p_{s'i}^s = \sum_{a \in A} \left(p_{s'}^s + w_1^s t_{s'}^s \right) x_{s'i}^s$$

ただし、

- $p_{s'}^s$: $s' (\in S)$ までの交通手段 a による交通費用
- $t_{s'}^s$: s' までの交通手段 a による所要時間
- $x_{s'i}^s$: s' までの交通手段 a の業務交通量
- $g_{s'}^{s,aB}$: 交通機関選択に関するシェアパラメータ
- s_{3i} : 代替パラメータ

上記の最大化問題をラグランジュ未定乗数法を用いて解くと、以下のように交通手段別需要関数とその価格が求まる。

$$x_{s'i}^s = \frac{\left(p_{s'}^s + w_1^s t_{s'}^s \right)^{-s_{3i}} g_{s'}^{s,aB} x_{s'i}^s p_{s'i}^s}{\sum_{a \in A} g_{s'}^{s,aB} \left(p_{s'}^s + w_1^s t_{s'}^s \right)^{1-s_{3i}}} \quad (6)$$

$$p_{s'i}^s = \left[\sum_{a \in A} g_{s'}^{s,aB} \left(p_{s'}^s + w_1^s t_{s'}^s \right)^{1-s_{3i}} \right]^{\frac{1}{1-s_{3i}}} \quad (7)$$

(4),(7)式より、業務交通 1 単位あたりの各地域への業務交通需要 $cx_{s'i}^s$ が以下のように求まる。

$$cx_{s'i}^s = \frac{x_{s'i}^s}{f_{3i}^s} = f_{2i}^{-1} A_{s'i}^s s_{2i} \left[\sum_{a \in A} g_{s'}^{s,aB} \left(p_{s'}^s + w_1^s t_{s'}^s \right)^{1-s_{3i}} \right]^{\frac{-s_{2i}}{1-s_{3i}}} \quad (8)$$

$$\times \left[\sum_{s' \in S} A_{s''i}^s s_{2i} \left[\sum_{a \in A} g_{s'}^{s,aB} \left(p_{s'}^s + w_1^s t_{s'}^s \right)^{1-s_{3i}} \right]^{\frac{1-s_{2i}}{1-s_{3i}}} \right]^{\frac{s_{2i}}{1-s_{2i}}}$$

さらに、そのときの業務交通 1 単位あたりの費用は業務交通の生産要素価格 w_3^s と等しくなり、以下のように求まる。

$$w_3^s = \sum_{s' \in S} \sum_{i \in I} \left[\sum_{a \in A} g_{s'}^{s,aB} \left(p_{s'}^s + w_1^s t_{s'}^s \right)^{1-s_{3i}} \right]^{\frac{1}{1-s_{3i}}} cx_{s'i}^s \quad (9)$$

ここで、企業の技術は規模に関して収穫一定であるため、企業の提供する生産財の価格は単位生産量あたりの生産費用に等しい水準となる。すなわち、以下の式が成立する。

$$P_i^s = a_{vi}^s \left[\sum_{k=1,2} w_k^s c f_{ki}^s + \sum_{s' \in S} \left[\sum_{a \in A} g_{s'}^{s, aB} \left(p_{s'}^{s, a} + w_1^s t_{s'}^{s, a} \right)^{1-s_{3i}} \right]^{\frac{1}{1-s_{3i}}} c x_{s'i}^s \right] + \sum_{i' \in I} P_{i'}^s a_{i'i}^s \quad (10)$$

さらに、上式をすべての財に対して行列表現すると以下ようになる。

$$\begin{bmatrix} P_1^s \\ \vdots \\ P_i^s \\ \vdots \\ P_I^s \end{bmatrix}^t = \begin{bmatrix} a_{v1}^s \left\{ \sum_{k=1,2} w_k^s c f_{k1}^s + \sum_{s' \in S} \left[\sum_{a \in A} g_{s'}^{s, aB} \left(p_{s'}^{s, a} + w_1^s t_{s'}^{s, a} \right)^{1-s_{3i}} \right]^{\frac{1}{1-s_{3i}}} c x_{s'1}^s \right\} \\ \vdots \\ a_{vi}^s \left\{ \sum_{k=1,2} w_k^s c f_{ki}^s + \sum_{s' \in S} \left[\sum_{a \in A} g_{s'}^{s, aB} \left(p_{s'}^{s, a} + w_1^s t_{s'}^{s, a} \right)^{1-s_{3i}} \right]^{\frac{1}{1-s_{3i}}} c x_{s'i}^s \right\} \\ \vdots \\ a_{vI}^s \left\{ \sum_{k=1,2} w_k^s c f_{kI}^s + \sum_{s' \in S} \left[\sum_{a \in A} g_{s'}^{s, aB} \left(p_{s'}^{s, a} + w_1^s t_{s'}^{s, a} \right)^{1-s_{3i}} \right]^{\frac{1}{1-s_{3i}}} c x_{s'I}^s \right\} \end{bmatrix}^t [\mathbf{I} - \mathbf{A}]^{-1} \quad (11)$$

ただし、

\mathbf{I} : 単位行列

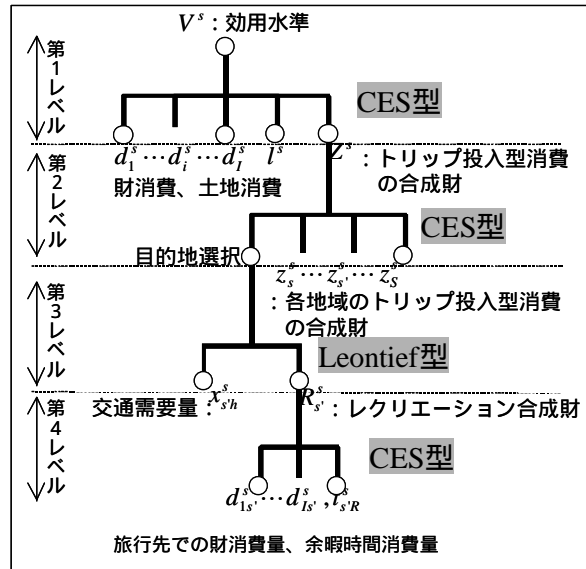
\mathbf{A} : 投入係数行列

すなわち、生産財価格が上式を満たしている場合、すべての企業において超過利潤が発生しない。

2.3.世帯の行動モデル

地域 s に立地する世帯は、自地域に立地する企業に生産要素(労働力、資本)を提供して、自地域の企業が生産した財 d_i^s およびトリップ投入型消費の合成財 Z^s (旅行先への交通需要 $x_{s'h}^s$ 、旅行先でのレクリエーション時間 $t_{s'R}^s$ 、旅行先での財消費 $d_{is'}^s$ の関数)を消費し図に示すようなネスティドCES型の効用関数を持つとする。

図表 世帯の効用関数構造



したがって、世帯の最大化行動は以下のように定式化できる。

$$V^s = \max \left[\sum_{i \in I} (g_{li}^s)^{\frac{1}{r_1}} (d_i^s)^{\frac{r_1-1}{r_1}} + (g_{IZ}^s)^{\frac{1}{r_1}} (Z^s(d_{s'i}^s, x_{s'h}^s, t_{s'R}^s))^{\frac{r_1-1}{r_1}} \right]^{\frac{r_1}{r_1-1}} \quad (12)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i \in I} P_i^s d_i^s + \sum_{s' \in S} \sum_{i \in I} P_{is'}^s d_{is'}^s + \sum_{s' \in S} \sum_{a \in A} p_{s'h}^{s'a} x_{s'h}^s = \sum_{k=1,2} w_k^s F_k^s + p_0^s$$

$$T^s = F_1^s + \sum_{s' \in S} \sum_{a \in A} t_{s'h}^{s'a} x_{s'h}^s + \sum_{s' \in S} t_{s'R}^s + \sum_{s' \in S} \sum_{i \in I} \sum_{a \in A} t_{s'i}^{s'a} x_{s'i}^s$$

ただし、

- V^s : 間接効用関数
- g_{li}^s : 最終需要に関するシェアパラメータ
- g_{IZ}^s : トリップ投入型消費の合成財に関するシェアパラメータ
- r_1 : 消費財の代替弾力性
- F_k^s : 世帯が所有する資本 $k = 1, 2$
- T^s : 世帯の総利用可能時間
- $x_{s'h}^s$: s' までの交通手段 a の観光私用目的交通量

なお、制約条件の第一式は所得制約、第二式は時間制約を表している。これらは一般化価格での制約条件として以下のようにまとめることができる。

$$\begin{aligned} & \sum_{i \in I} P_i^s d_i^s + \sum_{s \in S} \sum_{i \in I} P_i^{s'} d_{is'}^s + \sum_{s \in S} \left[\sum_{a \in A} \left[\left(p_{s'}^{s'a} + w_1^s t_{s'}^{s'a} \right) x_{s'h}^{s'a} + \sum_{i \in I} w_1^s t_{s'}^{s'a} x_{s'i}^{s'a} \right] + w_1^s t_{s'R}^s \right] \\ & = w_1^s T^s + w_2^s F_2^s + p_0^s \end{aligned} \quad (13)$$

上式より、各財の需要関数が以下のように求まる。

$$d_i^s = \frac{g_{li}^s (w_1^s T^s + w_2^s F_2^s + p_0^s)}{P_i^{s'r_1} \left[\sum_{i' \in I} g_{li'}^s P_{i'}^{s'1-r_1} + g_{lZ}^s P_Z^{s'1-r_1} \right]} \quad (14)$$

$$Z^s = \frac{g_{lZ}^s (w_1^s T^s + w_2^s F_2^s + p_0^s)}{P_Z^{s'r_1} \left[\sum_{i' \in I} g_{li'}^s P_{i'}^{s'1-r_1} + g_{lZ}^s P_Z^{s'1-r_1} \right]} \quad (15)$$

ただし、

P_Z^s : トリップ投入型消費の合成財価格

次に、世帯はトリップ投入型消費の合成財消費 Z^s をどの地域で消費するかを選択する。その選択行動は以下の最大化問題として定式化できる。

$$\begin{aligned} Z^s &= \max_{z_{s'}^s} \left\{ \sum_{s' \in S} \left(g_{2s'}^s \right)^{\frac{1}{r_2}} \left(z_{s'}^s \right)^{\frac{r_2-1}{r_2}} \right\}^{\frac{r_2}{r_2-1}} \\ \text{s.t. } P_Z^s Z^s &= \sum_{s' \in S} P_{s'z}^s z_{s'}^s \end{aligned} \quad (16)$$

ただし、

$g_{2s'}^s$: 目的地選択に関するシェアパラメータ

$P_{s'z}^s$: 地域毎のトリップ投入型消費の合成財価格

上式より、各地域のトリップ投入型消費の合成財の需要量 $z_{s'}^s$ が以下のように求まる。

$$z_{s'}^s = \frac{P_{s'z}^{s-r_2} g_{2s'}^s (P_Z^s Z^s)}{\sum_{s' \in S} g_{2s'}^s P_{s'z}^{s'1-r_2}} \quad (17)$$

さらに、この最適化条件に付随するラグランジュ乗数より、トリップ投入型消費の合成財の価格 P_Z^s が以下のように求まる。

$$P_Z^s = \left[\sum_{s' \in S} g_{2s'}^s P_{s'z}^s (1-r_2) \right]^{\frac{1}{1-r_2}} \quad (18)$$

次に、世帯は各地域毎のトリップ投入型消費 $z_{s'}^s$ （各地域への交通合成財消費 $x_{s'h}^s$ とレクリエーション合成財 $R_{s'}^s$ の関数）の交通費用とそれ以外の費用にどれくらい割り振るかを選択する。その選択行動は以下のトリップ投入型消費に必要な費用 $C_{s'}^s$ の最小化行動として定式化できる。なお、ここでの選択に際してはレオンチェフ型を採用する。

$$\begin{aligned} C_{s'}^s &= \min \left[p_{s'h}^s x_{s'h}^s + P_{s'R}^s R_{s'}^s \right] \\ \text{s.t. } z_{s'}^s &= \min \left\{ \frac{x_{s'h}^s}{b_1}, \frac{R_{s'}^s}{b_2} \right\} \end{aligned} \quad (19)$$

ただし、

- b_1, b_2 : 消費割合を表すパラメータ
- $P_{s'R}^s$: レクリエーション合成財の価格

上式より、交通需要量と各消費地でのレクリエーション合成財の需要量が以下のように求まる。

$$x_{s'h}^s = z_{s'}^s b_1, \quad R_{s'}^s = z_{s'}^s b_2 \quad (20), (21)$$

また、観光目的交通合成財は交通手段別観光交通量の関数として表現され、その選択行動は以下のように定式化できる。

$$\begin{aligned} x_{s'h}^s &= \max \left[\sum_{a \in A} \left(g_{s'}^{s,aP} \right)^{\frac{1}{r_3}} \left(x_{s'h}^{s,a} \right)^{\frac{r_3-1}{r_3}} \right]^{\frac{r_3}{r_3-1}} \\ \text{s.t. } x_{s'h}^s p_{s'h}^s &= \sum_{a \in A} \left(p_{s'}^{s,a} + w_1^s t_{s'}^{s,a} \right) x_{s'h}^{s,a} \end{aligned} \quad (22)$$

ただし、

- $x_{s'h}^{s,a}$: s' までの交通手段 a の観光交通量
- $g_{s'}^{s,aP}$: 交通機関選択に関するシェアパラメータ
- r_3 : 代替パラメータ

上記の最大化問題をラグランジュ未定乗数法を用いて解くと、以下のように交通手段別需要関数とその価格が求まる。

$$x_{s'h}^s = \frac{\left(p_{s'}^s + w_1^s t_{s'}^s\right)^{-r_3} g_{s'}^s x_{s'h}^s p_{s'h}^s}{\sum_{a \in A} g_{s'}^s \left(p_{s'}^s + w_1^s t_{s'}^s\right)^{-r_3}} \quad (23)$$

$$p_{s'h}^s = \left[\sum_{a \in A} g_{s'}^s \left(p_{s'}^s + w_1^s t_{s'}^s\right)^{1-r_3} \right]^{\frac{1}{1-r_3}} \quad (24)$$

さらに、各地域のトリップ投入型消費の合成財 z_s^s の価格 $P_{s'z}^s$ は 1 単位あたりの費用として以下のように求まる。

$$P_{s'z}^s = \left[\sum_{a \in A} g_{s'}^s \left(p_{s'}^s + w_1^s t_{s'}^s\right)^{1-r_3} \right]^{\frac{1}{1-r_3}} b_1 + P_{s'R}^s b_2 \quad (25)$$

最後に、世帯はレクリエーション合成財 R_s^s (旅行先で消費する財消費 d_{is}^s と旅行先で費やす余暇時間 $t_{s'R}^s$ の関数) における各財と余暇時間の消費水準を決定する。この段階での世帯の旅客行動は、そこへ出かけた際に、世帯が自ら消費財を生産し消費していると解釈する、家計生産関数 (household production function) ¹⁶⁾ の概念を用いるとする。この場合、世帯行動は以下の費用最小化行動として定式化できる。

$$\begin{aligned} \min_{d_{is}^s, t_{s'R}^s} & \left(\sum_{i \in I} P_i^s d_{is}^s + w_1^s t_{s'R}^s \right) \\ \text{s.t.} & R_s^s = f_{s'h}^s \left[\sum_{i \in I} d_{ih}^s d_{is}^s \frac{s_h - 1}{s_h} + d_{0h}^s t_{s'R}^s \frac{s_h - 1}{s_h} \right]^{\frac{s_h}{s_h - 1}} \end{aligned} \quad (26)$$

ただし、

- d_{ih}, d_{0h} : 家計生産関数における分配パラメータ
- s_h : 家計生産関数におけるシェアパラメータ
- $f_{s'h}^s$: レクリエーションに関する効率パラメータ

上式より、レクリエーション合成財 1 単位あたりの当該地域での財消費量および余暇時間消費量が以下のように求まる。

$$d_{s'i}^s = R_s^s \cdot f_{s'h}^s{}^{-1} d_{ih}^s P_i^{s'-s_H} \left[\sum_{i \in I} d_{ih}^s P_i^{s'-1-s_H} + d_{0h}^s w_1^{s'-1-s_H} \right]^{\frac{s_H}{1-s_H}} \quad (27)$$

$$t_{s'R}^s = R_{s'}^s \cdot \mathbf{f}_{s'h}^{s-1} \mathbf{d}_{0h}^{s_h} w_1^{s-s_h} \left[\sum_{i \in I} \mathbf{d}_{ih}^{s_h} P_i^{s-1-s_h} + \mathbf{d}_{0h}^{s_h} w_1^{s-1-s_h} \right]^{\frac{s_h}{1-s_h}} \quad (28)$$

さらに、レクリエーション合成財の価格 $P_{s'R}^s$ はレクリエーション合成財 1 単位あたりの生産費用と等しくなり、以下のように求まる。

$$P_{s'R}^s = \sum_{i \in I} \left(P_i^{s'} \frac{d_{si}^s}{R_{s'}^s} \right) + w_1^s \frac{t_{s'R}^s}{R_{s'}^s} \quad (29)$$

2.4. 交通企業の行動モデル

地域 s に立地する交通企業は、自地域の世帯からの労働力 f_{10}^s 、資本 f_{20}^s を生産要素として、交通サービス Q_0^s を生産するものとする。また、その生産関数を以下のように定式化する。

$$Q_0^s = \min \left[\frac{f_{10}^s}{c_1^s}, \frac{f_{20}^s}{c_2^s} \right] \quad (30)$$

ただし、

c_1^s, c_2^s : 交通企業の投入係数

上式より、交通企業における生産要素需要関数は以下のように求まる。

$$f_{k0}^s = c_k^s Q_0^s \quad \text{ただし、} k = 1, 2 \quad (31)$$

また、交通企業は規模に関して収穫一定の技術を仮定しているため、常に、需要に見合うだけの供給を生産し、超過利潤が以下ようになる。

$$p_0^s = \sum_{a \in \mathbf{A}} \sum_{s' \in \mathbf{S}} p_{s'}^a \left(\sum_{i \in \mathbf{I}} x_{s'i}^a + x_{s'h}^a \right) - \sum_{k \in \{1, 2\}} w_k^s f_{k0}^s \quad (32)$$

ただし、

$$Q_0^s = \sum_{a \in \mathbf{A}} \sum_{s' \in \mathbf{S}} \left(\sum_{i \in \mathbf{I}} x_{s'i}^a + x_{s'h}^a \right) \quad (33)$$

3.市場均衡条件

本モデルは、企業の生産に対して、規模に関して収穫一定の技術を仮定しているため、企業は常に需要に見合うだけの生産をおこなう。すなわち、本モデルの均衡条件としては生産要素市場に関する均衡条件が満たされればよい。また、全ての市場は地域内で閉じているため、地域 s での生産要素市場に関する均衡条件は以下ようになる。

$$\begin{aligned} & \sum_{i \in \mathbf{I}} w_1^s (a_{vi}^s Q_i^s(\mathbf{D}^s) c_{1i}^s) + w_1^s (c_1^s Q_0^s(\mathbf{D}^s)) \\ &= w_1^s \left[T^s - \sum_{s' \in \mathbf{S}} \sum_{a \in \mathbf{A}} t_{s'h}^{s'a} x_{s'h}^a(\mathbf{P}^s) - \sum_{s' \in \mathbf{S}} t_{s'R}^s(\mathbf{P}^s) - \sum_{s' \in \mathbf{S}} \sum_{i \in \mathbf{I}} \sum_{a \in \mathbf{A}} t_{s'i}^{s'a} x_{s'i}^a(\mathbf{P}^s) \right] \end{aligned} \quad (34)$$

$$\sum_{i \in \mathbf{I}} w_2^s (a_{vi}^s Q_i^s(\mathbf{D}^s) c_{2i}^s) + w_2^s (c_2^s Q_0^s(\mathbf{D}^s)) = w_2^s F_2^s \quad (35)$$

ただし、

\mathbf{D}^s : 地域 s の消費ベクトル

\mathbf{P}^s : 地域 s の生産財価格ベクトル

また、業務交通に関する生産要素需要は式(33)から、常に満たされる。さらに、企業の生産量は地域内最終需要と地域外からトリップを伴う消費の関数として以下のように表現できる。

$$\begin{bmatrix} Q_1^s \\ \vdots \\ Q_i^s \\ \vdots \\ Q_I^s \end{bmatrix} = [\mathbf{I} - \mathbf{A}]^{-1} \begin{bmatrix} d_1^s + \sum_{s' \in \mathbf{S}} d_{1s'}^{s'} \\ \vdots \\ d_i^s + \sum_{s' \in \mathbf{S}} d_{is'}^{s'} \\ \vdots \\ d_I^s + \sum_{s' \in \mathbf{S}} d_{Is'}^{s'} \end{bmatrix} \quad (36)$$

なお、このフレームにおいて交通整備事業などを評価する場合には、整備前後の所要費用および所要時間を外生的に与え、均衡計算の結果から効用水準の変化を計測することで旅客トリップにおける交通整備を評価することが可能である。

すなわち、旅客交通整備の便益は整備前後の状態における世帯の効用水準の変化量として定義する。そこで、地域別便益 EV^s は間接効用関数に等価的偏差 EV の概念を用いると以下のように定式化できる。

$$EV^s = e(\mathbf{P}^o, V^{s^w}) - e(\mathbf{P}^o, V^{s^o})$$

$$= I^{s^o} \left[\frac{V^{s^w} - V^{s^o}}{V^{s^o}} \right] \quad (37)$$

ただし、

e : 支出関数

\mathbf{P} : 全地域の価格ベクトル

\mathbf{I} : 可処分所得 (= $w_1^s T^s + w_2^s F_2^s + \mathbf{p}_0^s$)

w, o : それぞれ交通整備前後の状態を表す

V^s : 世帯の間接効用関数 (= $I^s \times \left[\sum_{i \in \mathbf{I}} \mathbf{g}_{1i}^s (P_i^s)^{1-r_1} + \mathbf{g}_{1z}^s (P_z^s)^{1-r_1} \right]^{\frac{1}{r_1-1}}$)

また、総社会的便益 SNB は以下ようになる。

$$SNB = \sum_{s \in \mathbf{S}} EV^s \quad (38)$$

【参考：数式の展開】

(1) 付加価値1単位あたりの生産要素需要 cf_{ki}^s の導出

企業は一定の付加価値水準の下で生産費用 $\sum_{k \in \mathbf{K}} w_k^s f_{ki}^s$ の最小化問題を解くことによって、付加価値 f_{ki}^s を得る。すなわち、付加価値の水準 f_{ki}^s は次のラグランジェ関数を解くことによって得られる。

$$\min_{f_{1i}^s, f_{2i}^s, f_{3i}^s} \sum_{k \in \mathbf{K}} w_k^s f_{ki}^s \quad (A-1)$$

$$s.t. \quad VA_i^s = \mathbf{f}_{li} \left[\sum_{k \in \mathbf{K}} \mathbf{d}_{ki} f_{ki}^s \frac{s_{li}-1}{s_{li}} \right]^{\frac{s_{li}}{s_{li}-1}}$$

$$L = \sum_{k \in \mathbf{K}} w_k^s f_{ki}^s + I \left(VA_i^s - \mathbf{f}_{li} \left[\sum_{k \in \mathbf{K}} \mathbf{d}_{ki} f_{ki}^s \frac{s_{li}-1}{s_{li}} \right]^{\frac{s_{li}}{s_{li}-1}} \right) \quad (A-2)$$

式(A-2)の極小化の一階の条件より、次の式を得る。

$$\frac{\partial L}{\partial f_{ki}^s} = w_k^s - I \frac{s_{li}}{s_{li}-1} \mathbf{f}_{li} \left[\sum_{k \in \mathbf{K}} \mathbf{d}_{ki} f_{ki}^s \frac{s_{li}-1}{s_{li}} \right]^{\frac{s_{li}}{s_{li}-1}-1} \cdot \frac{s_{li}-1}{s_{li}} \mathbf{d}_{ki} f_{ki}^{\frac{s_{li}-1}{s_{li}}-1} = 0 \quad (A-3)$$

$$\frac{\partial L}{\partial I} = VA_i^s - \mathbf{f}_{li} \left[\sum_{k \in \mathbf{K}} \mathbf{d}_{ki} f_{ki}^s \frac{s_{li}-1}{s_{li}} \right]^{\frac{s_{li}}{s_{li}-1}} = 0 \quad (A-4)$$

式(A-3)、(A-4)より、次の式を得る。

$$w_k^s = I VA_i^s \frac{\mathbf{d}_{ki} f_{ki}^{\frac{-1}{s_{li}}}}{\sum_{k \in \mathbf{K}} \mathbf{d}_{ki} f_{ki}^s \frac{s_{li}-1}{s_{li}}} \quad (A-5)$$

そして、任意の k および k' に関する比をとると、

$$\frac{w_k^s}{w_{k'}^s} = \frac{\mathbf{d}_{ki} f_{ki}^{\frac{-1}{s_{li}}}}{\mathbf{d}_{k'i} f_{k'i}^{\frac{-1}{s_{li}}}} \quad (A-6)$$

変形すると、

$$f_{k'i}^s = \left[\frac{w_k^s \mathbf{d}_{ki}}{w_{k'}^s \mathbf{d}_{k'i}} \right]^{-s_{li}} f_{ki}^s \quad (A-7)$$

となる。式(A-7)を式(A-4)に代入すると次の式が得られる。

$$VA_i^s = \mathbf{f}_{li} \left[\sum_{k \in \mathbf{K}} \mathbf{d}_{k'i} \left\{ \left[\frac{w_k^s \mathbf{d}_{ki}}{w_{k'}^s \mathbf{d}_{k'i}} \right]^{-s_{li}} f_{ki}^s \right\} \frac{s_{li}-1}{s_{li}} \right]^{\frac{s_{li}}{s_{li}-1}} \quad (A-8)$$

$$= \mathbf{f}_{li} \left[\sum_{k \in \mathbf{K}} \mathbf{d}_{k'i} \left[\frac{w_k^s \mathbf{d}_{ki}}{w_{k'}^s \mathbf{d}_{k'i}} \right]^{1-s_{li}} \right]^{\frac{s_{li}}{s_{li}-1}} f_{ki}^s$$

式(A-8)を生産要素 f_{ki}^s について解くと、次の式が得られる。

$$\begin{aligned} f_{ki}^s &= VA_i^s \mathbf{f}_{li}^{-1} \left[\sum_{k \in \mathbf{K}} \mathbf{d}_{k'i} \left[\frac{w_k^s \mathbf{d}_{ki}}{w_k^s \mathbf{d}_{k'i}} \right]^{1-s_{li}} \right]^{\frac{s_{li}}{1-s_{li}}} \\ &= VA_i^s \mathbf{f}_{li}^{-1} \mathbf{d}_{ki}^{s_{li}} w_k^{s-s_{li}} \left[\sum_{k \in \mathbf{K}} \mathbf{d}_{k'i}^{s_{li}} w_k^{s-1-s_{li}} \right]^{\frac{s_{li}}{1-s_{li}}} \end{aligned} \quad (3-A-9)$$

すなわち、付加価値 1 単位あたりの生産要素需要 cf_{ki}^s は、次の式となる。

$$cf_{ki}^s = \frac{f_{ki}^s}{VA_i^s} = \mathbf{f}_{li}^{-1} \mathbf{d}_{ki}^{s_{li}} w_k^{s-s_{li}} \left[\sum_{k \in \mathbf{K}} \mathbf{d}_{k'i}^{s_{li}} w_k^{s-1-s_{li}} \right]^{\frac{s_{li}}{1-s_{li}}} \quad (A-10)$$

(2) 業務交通 1 単位あたりの各地域への業務交通需要 $cx_{s'i}^s$ の導出

企業は生産要素水準 f_{3i}^s の下で交通合成財 $\sum_{s \in \mathbf{S}} p_{s'i}^s x_{s'i}^s$ の最小化問題を解くことによって、交通合成財消費量 $x_{s'i}^s$ を得る。すなわち、交通合成財消費量 $x_{s'i}^s$ は次のラグランジェ関数を解くことによって得られる。

$$\begin{aligned} \min_{x_{s'i}^s} \sum_{s \in \mathbf{S}} p_{s'i}^s x_{s'i}^s \\ \text{s.t. } f_{3i}^s = \mathbf{f}_{2i} \left[\sum_{s \in \mathbf{S}} A_{s'i}^s x_{s'i}^s \frac{s_{2i}-1}{s_{2i}} \right]^{\frac{s_{2i}}{s_{2i}-1}} \end{aligned} \quad (A-11)$$

$$L = \sum_{s \in \mathbf{S}} p_{s'i}^s x_{s'i}^s - \mathbf{l} \left(f_{3i}^s - \mathbf{f}_{2i} \left[\sum_{s \in \mathbf{S}} A_{s'i}^s x_{s'i}^s \frac{s_{2i}-1}{s_{2i}} \right]^{\frac{s_{2i}}{s_{2i}-1}} \right) \quad (A-12)$$

式(A-12)の極小化の一階の条件より、次の式を得る。

$$\frac{\partial L}{\partial x_{s'i}^s} = p_{s'i}^s - \mathbf{l} \frac{s_{2i}}{s_{2i}-1} \mathbf{f}_{2i} \left[\sum_{s \in \mathbf{S}} A_{s'i}^s x_{s'i}^s \frac{s_{2i}-1}{s_{2i}} \right]^{\frac{s_{2i}}{s_{2i}-1}-1} \cdot \frac{s_{2i}-1}{s_{2i}} A_{s'i}^s x_{s'i}^s \frac{s_{2i}-1}{s_{2i}} = 0 \quad (A-13)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \mathbf{l}} = f_{3i}^s - \mathbf{f}_{2i} \left[\sum_{s \in \mathbf{S}} A_{s'i}^s x_{s'i}^s \frac{s_{2i}-1}{s_{2i}} \right]^{\frac{s_{2i}}{s_{2i}-1}} = 0 \quad (A-14)$$

$$p_{s'i}^s = \mathbf{l} f_{2i} \frac{A_{s'i}^s x_{s'i}^s \frac{-1}{s_{2i}}}{\sum_{s \in \mathbf{S}} A_{s'i}^s x_{s'i}^s \frac{s_{2i}-1}{s_{2i}}} \quad (A-15)$$

そして、任意の s' および s'' に関する比をとると、

$$\frac{p_{s'i}^s}{p_{s''i}^s} = \frac{A_{s'i}^s x_{s'i}^s \frac{-1}{s_{2i}}}{A_{s''i}^s x_{s''i}^s \frac{-1}{s_{2i}}} \quad (A-16)$$

変形すると、

$$x_{s'i}^s = \left[\frac{A_{s'i}^s P_{s'i}^s}{A_{s'i}^s P_{s'i}^s} \right]^{-s_{2i}} x_{s'i}^s \quad (\text{A-17})$$

となる。式(A-17)を式(A-14)に代入すると次の式が得られる。

$$\begin{aligned} f_{3i}^s &= \mathbf{f}_{2i} \left[\sum_{s'' \in \mathbf{S}} A_{s''i}^s \left\{ \left[\frac{A_{s''i}^s P_{s''i}^s}{A_{s''i}^s P_{s''i}^s} \right]^{-s_{2i}} x_{s''i}^s \right\}^{\frac{s_{2i}-1}{s_{2i}}} \right]^{\frac{s_{2i}}{s_{2i}-1}} \\ &= \mathbf{f}_{2i} \left[\sum_{s'' \in \mathbf{S}} A_{s''i}^s \left[\frac{A_{s''i}^s P_{s''i}^s}{A_{s''i}^s P_{s''i}^s} \right]^{1-s_{2i}} \right]^{\frac{s_{2i}}{s_{2i}-1}} x_{s'i}^s \end{aligned} \quad (\text{A-18})$$

式(A-18)を交通合成財消費量 $x_{s'i}^s$ について解くと、次の式が得られる。

$$\begin{aligned} x_{s'i}^s &= f_{3i}^s \mathbf{f}_{2i}^{-1} \left[\sum_{s'' \in \mathbf{S}} A_{s''i}^s \left[\frac{A_{s''i}^s P_{s''i}^s}{A_{s''i}^s P_{s''i}^s} \right]^{1-s_{2i}} \right]^{\frac{s_{2i}}{1-s_{2i}}} \\ &= f_{3i}^s \mathbf{f}_{2i}^{-1} A_{s'i}^s P_{s'i}^s \left[\sum_{s'' \in \mathbf{S}} A_{s''i}^s P_{s''i}^s \right]^{\frac{s_{2i}}{1-s_{2i}}} \end{aligned} \quad (\text{A-19})$$

すなわち、交通合成財消費量 1 単位あたりの各地域への業務交通需要 $cx_{s'i}^s$ は、次の式となる。

$$cx_{s'i}^s = \frac{x_{s'i}^s}{f_{3i}^s} = \mathbf{f}_{2i}^{-1} A_{s'i}^s P_{s'i}^s \left[\sum_{s'' \in \mathbf{S}} A_{s''i}^s P_{s''i}^s \right]^{\frac{s_{2i}}{1-s_{2i}}} \quad (\text{A-20})$$

(3) 世帯の最終需要、一般財 d_i^s およびトリップ投入型消費の合成財 Z^s の導出

世帯は所得制約および時間制約のもと効用関数 $V^s(d_i, Z)$ の最大化問題を解くことによって、最終需要 d_i^s および Z^s を得る。すなわち、この 2 つの最終需要は次のラグランジェ関数を解くことによって得られる。

$$\begin{aligned} V^s &= \max \left[\sum_{i \in \mathbf{I}} (\mathbf{g}_{1i}^s)^{\frac{1}{r_1}} (d_i^s)^{\frac{r_1-1}{r_1}} + (\mathbf{g}_{1Z}^s)^{\frac{1}{r_1}} (Z^s(d_{s'i}^s, x_{s'h}^s, t_{s'R}^s))^{\frac{r_1-1}{r_1}} \right]^{\frac{r_1}{r_1-1}} \\ \text{s.t. } I &= \sum_{i \in \mathbf{I}} P_i^s d_i^s + \sum_{s \in \mathbf{S}} \sum_{i \in \mathbf{I}} P_i^{s'} d_{is'}^s + \sum_{s \in \mathbf{S}} \left[\sum_{a \in \mathbf{A}} \left[(p_{s'}^a + w_1^s t_{s'}^a) x_{s'h}^a + \sum_{i \in \mathbf{I}} w_1^s t_{s'}^a x_{s'i}^a \right] + w_1^s t_{s'R}^s \right] \\ &= w_1^s T^s + w_2^s F_2^s + \mathbf{p}_0 \end{aligned} \quad (\text{A-21})$$

ただし、 $I = w_1^s T^s + w_2^s F_2^s + \mathbf{p}_0$ は潜在所得、また、トリップ投入型消費の合成財に関する項

を $P_Z^s Z^s = \sum_{s \in \mathbf{S}} \sum_{i \in \mathbf{I}} P_i^{s'} d_{is'}^s + \sum_{s \in \mathbf{S}} \left[\sum_{a \in \mathbf{A}} \left[(p_{s'}^a + w_1^s t_{s'}^a) x_{s'h}^a + \sum_{i \in \mathbf{I}} w_1^s t_{s'}^a x_{s'i}^a \right] + w_1^s t_{s'R}^s \right]$ と置く。

$$L = \left[\sum_{i \in I} \mathbf{g}_{li}^{s, r_1} d_i^{s, \frac{r_1-1}{r_1}} + \mathbf{g}_{lZ}^{s, r_1} Z^{s, \frac{r_1-1}{r_1}} \right]^{\frac{r_1}{r_1-1}} + I \left(I - \sum_{i \in I} P_i^s d_i^s - P_Z^s Z^s \right) \quad (\text{A-22})$$

ここで、極大化のための一階の条件として次の式を得る。

$$\frac{\partial L}{\partial d_i^s} = \frac{r_1}{r_1-1} \left(\sum_{i \in I} \mathbf{g}_{li}^{s, r_1} d_i^{s, \frac{r_1-1}{r_1}} + \mathbf{g}_{lZ}^{s, r_1} Z^{s, \frac{r_1-1}{r_1}} \right)^{\frac{r_1}{r_1-1}-1} \cdot \frac{r_1-1}{r_1} \sum_{i \in I} \mathbf{g}_{li}^{s, r_1} d_i^{s, \frac{r_1-1}{r_1}-1} - I P_i^s = 0 \quad (\text{A-23})$$

$$\frac{\partial L}{\partial Z^s} = \frac{r_1}{r_1-1} \left(\sum_{i \in I} \mathbf{g}_{li}^{s, r_1} d_i^{s, \frac{r_1-1}{r_1}} + \mathbf{g}_{lZ}^{s, r_1} Z^{s, \frac{r_1-1}{r_1}} \right)^{\frac{r_1}{r_1-1}-1} \cdot \frac{r_1-1}{r_1} \mathbf{g}_{lZ}^{s, r_1} Z^{s, \frac{r_1-1}{r_1}-1} - I P_Z^s = 0 \quad (\text{A-24})$$

$$\frac{\partial L}{\partial I} = I - \sum_{i \in I} P_i^s d_i^s - P_Z^s Z^s = 0 \quad (\text{A-25})$$

ここで、 $\sum_{i \in I} P_i^s d_i^s = P_i^{1s} d_i^{1s}$ とおき、式(A-23)、(A-24)より、次式が得られる。

$$d_i^{1s, \frac{1}{r_1}} = \frac{P_i^{1s} \mathbf{g}_{lZ}^{s, r_1}}{P_Z^s \mathbf{g}_{li}^{1s, \frac{1}{r_1}}} Z^{s, \frac{1}{r_1}} \quad (\text{A-26})$$

$$d_i^{1s} = \left(\frac{P_i^{1s}}{P_Z^s} \right)^{-r_1} \frac{\mathbf{g}_{lZ}^{s, r_1}}{\mathbf{g}_{li}^{1s, r_1}} Z^s$$

式(A-26)を式(A-25)に代入すると、一般財 d_i^s およびトリップ投入型消費の合成財 Z^s の需要関数が得られる。

$$Z^s = \frac{\mathbf{g}_{lZ}^s I}{P_Z^{s, r_1} \left(\sum_{i \in I} \mathbf{g}_{li}^s P_i^{s, 1-r_1} + \mathbf{g}_{lZ}^s P_Z^{s, 1-r_1} \right)} = \frac{\mathbf{g}_{lZ}^s (w_1^s T^s + w_2^s F_2^s + p_0^s)}{P_Z^{s, r_1} \left(\sum_{i \in I} \mathbf{g}_{li}^s P_i^{s, 1-r_1} + \mathbf{g}_{lZ}^s P_Z^{s, 1-r_1} \right)} \quad (\text{A-27})$$

$$d_i^s = \frac{\mathbf{g}_{li}^s I}{P_{li}^{s, r_1} \left(\sum_{i \in I} \mathbf{g}_{li}^s P_i^{s, 1-r_1} + \mathbf{g}_{lZ}^s P_Z^{s, 1-r_1} \right)} = \frac{\mathbf{g}_{li}^s (w_1^s T^s + w_2^s F_2^s + p_0^s)}{P_{li}^{s, r_1} \left(\sum_{i \in I} \mathbf{g}_{li}^s P_i^{s, 1-r_1} + \mathbf{g}_{lZ}^s P_Z^{s, 1-r_1} \right)}$$

式(A-27)を式(A-21)の目的関数に代入することにより、間接効用関数が求められる。

$$V^s = I[\Delta]_{s_h}^{\frac{1}{s_h-1}} \quad (\text{A-28})$$

$$\text{ただし、} \Delta = \sum_{i \in I} \mathbf{g}_{li}^s P_i^{s, 1-r_1} + \mathbf{g}_{lZ}^s P_Z^{s, 1-r_1}$$

(4) 各地域毎のトリップ投入型消費の合成財の需要量 z_s^s の導出

世帯は所得制約のもと効用関数 Z^s の最大化問題を解くことによって、各地域毎のトリップ投入型消費の合成財の需要量 z_s^s を得る。次のラグランジェ関数を解くことによって得られる。

$$Z^s = \max \left[\sum_{s' \in S} \left(g_{2s'}^s \right)^{\frac{1}{r_2}} \left(z_{s'}^s \right)^{\frac{r_2-1}{r_2}} \right]^{\frac{r_2}{r_2-1}} \quad (\text{A-29})$$

$$s.t. \quad P_Z^s Z^s = \sum_{s' \in S} P_{s'z}^s z_{s'}^s$$

$$L = \left[\sum_{s' \in S} \left(g_{2s'}^s \right)^{\frac{1}{r_2}} \left(z_{s'}^s \right)^{\frac{r_2-1}{r_2}} \right]^{\frac{r_2}{r_2-1}} + I \left(P_Z^s Z^s - \sum_{s' \in S} P_{s'z}^s z_{s'}^s \right) \quad (\text{A-30})$$

ここで、極大化のための一階の条件として次の式を得る。

$$\frac{\partial L}{\partial z_{s'}^s} = \frac{r_2}{r_2-1} \left(\sum_{s' \in S} g_{2s'}^s \frac{1}{r_2} z_{s'}^{\frac{r_2-1}{r_2}} \right)^{\frac{r_1-1}{r_2-1}} \cdot \frac{r_2-1}{r_2} \sum_{s' \in S} g_{2s'}^s \frac{1}{r_2} z_{s'}^{\frac{r_2-1}{r_2}} - I P_{s'z}^s = 0 \quad (\text{A-31})$$

$$\frac{\partial L}{\partial I} = P_Z^s Z^s - \sum_{s' \in S} P_{s'z}^s z_{s'}^s = 0$$

(A-32)

需要関数を求めるときと同様、式(A-30)、(A-31)を整理すると、次の各地域毎のトリップ投

入型消費の合成財需要量 $z_{s'}^s$ が得られる。

$$z_{s'}^s = \frac{g_{2s'}^s P_Z^s Z^s}{P_{s'z}^s \sum_{s' \in S} g_{2s'}^s P_{s'z}^{s-1-r_2}} \quad (\text{A-33})$$

(5) レクリエーション合成財 1 単位あたりの当該地域での財消費量 d_{is}^s および余暇時間消費量 $t_{s'R}^s$ の導出

世帯は一定のレクリエーション合成財消費水準の生産費用 $\sum_{i \in I} P_i^{s'} d_{is'}^s + w_1^s t_{s'R}^s$ における最小化問題を解くことによって、当該地域での財消費量 d_{is}^s および余暇時間消費量 $t_{s'R}^s$ を得る。すなわち、2つの各消費量は次のラグランジェ関数を解くことによって得られる。

$$\min_{d_{is'}^s, t_{s'R}^s} \left(\sum_{i \in I} P_i^{s'} d_{is'}^s + w_1^s t_{s'R}^s \right) \quad (\text{A-34})$$

$$s.t. \quad R_{s'}^s = f_{s'h}^s \left[\sum_{i \in I} d_{ih} d_{is'}^{\frac{s_h-1}{s_h}} + d_{0h} t_{s'R}^{\frac{s_h-1}{s_h}} \right]^{\frac{s_h}{s_h-1}}$$

$$L = \sum_{i \in I} P_i^{s'} d_{is'}^s + w_1^s t_{s'R}^s + I \left(R_{s'}^s - f_{s'h}^s \left[\sum_{i \in I} d_{ih} d_{is'}^{\frac{s_h-1}{s_h}} + d_{0h} t_{s'R}^{\frac{s_h-1}{s_h}} \right]^{\frac{s_h}{s_h-1}} \right) \quad (\text{A-35})$$

ここで、極大化のための一階の条件として次の式を得る。

$$\frac{\partial L}{\partial d_{is'}^s} = P_i^{s'} - I \frac{s_h}{s_h-1} f_{s'h}^s \left[\sum_{i \in I} d_{ih} d_{is'}^{\frac{s_h-1}{s_h}} + d_{0h} t_{s'R}^{\frac{s_h-1}{s_h}} \right]^{\frac{s_h-1}{s_h-1}} \cdot \frac{s_h-1}{s_h} d_{ih} d_{is'}^{\frac{s_h-1}{s_h}-1} = 0 \quad (\text{A-36})$$

$$\frac{\partial L}{\partial t_{s'R}^s} = w_1^s - \mathbf{1} \frac{\mathbf{s}_h}{\mathbf{s}_h - 1} \mathbf{f}_{s'h}^s \left[\sum_{i \in \mathbf{I}} \mathbf{d}_{ih} d_{is'}^s \frac{\mathbf{s}_h - 1}{\mathbf{s}_h} + \mathbf{d}_{0h} t_{s'R}^s \frac{\mathbf{s}_h - 1}{\mathbf{s}_h} \right]^{\frac{\mathbf{s}_h - 1}{\mathbf{s}_h - 1}} \cdot \frac{\mathbf{s}_h - 1}{\mathbf{s}_h} \mathbf{d}_{0h} t_{s'R}^s \frac{\mathbf{s}_h - 1}{\mathbf{s}_h} = 0 \quad (\text{A-37})$$

$$\frac{\partial L}{\partial \mathbf{I}} = R_s^s - \mathbf{f}_{s'h}^s \left[\sum_{i \in \mathbf{I}} \mathbf{d}_{ih} d_{is'}^s \frac{\mathbf{s}_h - 1}{\mathbf{s}_h} + \mathbf{d}_{0h} t_{s'R}^s \frac{\mathbf{s}_h - 1}{\mathbf{s}_h} \right]^{\frac{\mathbf{s}_h}{\mathbf{s}_h - 1}} = 0 \quad (\text{A-38})$$

これらの式を整理すると、次式が得られる。

$$d_{is'}^s = \left(\frac{P_i^{s'}}{w_1^s} \right)^{-s_h} \frac{\mathbf{d}_{0h} t_{s'R}^s}{\mathbf{d}_{ih}} \quad (\text{A-39})$$

式(A-38)を式(A-37)に代入してまとめると、当該地域での財消費量 $d_{is'}^s$ および余暇時間消費量 $t_{s'R}^s$ が得られる。

$$d_{is'}^s = R_s^s \cdot \mathbf{f}_{s'h}^{-1} \mathbf{d}_{ih}^{\mathbf{s}_h} P_i^{s'1-s_h} \left[\sum_{i \in \mathbf{I}} \mathbf{d}_{ih}^{\mathbf{s}_h} P_i^{s'1-s_h} + \mathbf{d}_{0h}^{\mathbf{s}_h} w_1^{s'1-s_h} \right]^{\frac{\mathbf{s}_h}{1-s_h}} \quad (\text{A-40})$$

$$t_{s'R}^s = R_s^s \cdot \mathbf{f}_{s'h}^{-1} \mathbf{d}_{0h}^{\mathbf{s}_h} w_1^{s'1-s_h} \left[\sum_{i \in \mathbf{I}} \mathbf{d}_{ih}^{\mathbf{s}_h} P_i^{s'1-s_h} + \mathbf{d}_{0h}^{\mathbf{s}_h} w_1^{s'1-s_h} \right]^{\frac{\mathbf{s}_h}{1-s_h}} \quad (\text{A-41})$$

(6) 等価的偏差 EV の導出

式(A-28)より、世帯の間接効用関数が求められている。

$$V^s = I[\Delta]_{s_h-1}^{-1} \quad (\text{A-28})$$

この間接効用関数の逆関数が支出関数であるから、支出関数 e は以下のように表される。

$$e(=I) = V^s [\Delta]_{s_h-1}^{-1} \quad (\text{A-42})$$

したがって、この支出関数を用いて等価的偏差 EV を定義すると次のようになる。

$$EV^s = e(\mathbf{P}^o, V^{s^o}) - I^{s^o} \quad (\text{A-43})$$

式(A-43)に式(A-42)を代入し整理すると、

$$EV^s = V^s [\Delta]_{s_h-1}^{-1} - I^{s^o} \quad (\text{A-44})$$

また、式(A-42)より、

$$[\Delta]_{s_h-1}^{-1} = \frac{I^s}{V^s} \quad (\text{A-45})$$

となり、これを式(A-44)に代入すると、等価的偏差 EV が導出される。

$$\begin{aligned} EV^s &= V^{s^o} \frac{I^{s^o}}{V^{s^o}} - I^{s^o} \\ &= I^{s^o} \left[\frac{V^{s^o} - V^{s^o}}{V^{s^o}} \right] \end{aligned} \quad (\text{A-46})$$

【参考：パラメータの推定方法および推定結果】

SCGE モデルのパラメータおよび外生変数の導出方法を整理した。パラメータは各経済主体、企業、世帯、交通企業について各階層毎にまとめた。

1. 企業の行動

平成7年全国9地域間産業連関表の粗付加価値部門の「家計外消費支出」、「間接税」、「補助金」、「雇用者所得」の和から業務交通の時間費用を引いたもの（業務による移動時間を除いた実労働分）を労働部門とし、「営業余剰」、「資本減耗引当」を資本部門とする。さらに、業務目的交通量と一般化費用の積を業務交通部門で表している。また、交通企業における労働部門と資本部門は運輸業の付加価値部門の「家計外消費支出+間接税+補助金+雇用者所得」、「営業余剰+資本減耗引当」と考える。

(1) 第1段階

まず、企業*i*における生産関数のパラメータの導出方法を説明する。ここで設定されるパラメータは、投入係数 a_{vi}^s および付加価値係数 a_{li}^s である。いずれも、企業*i*の費用最小化問題における最適解である式(1)より、以下のように求められる。

$$Q_i^s = \min \left[\frac{VA_i^s}{a_{vi}^s}, \frac{X_{li}^s}{a_{li}^s}, \dots, \frac{X_{i'i}^s}{a_{i'i}^s}, \dots, \frac{X_{li}^s}{a_{li}^s} \right] \quad (1)$$

$$a_{i'i}^s = \frac{X_{i'i}^s}{Q_i^s} \quad (2)$$

$$a_{vi}^s = \frac{VA_i^s}{Q_i^s} \quad (3)$$

なお、このうち、投入係数 $a_{i'i}^s$ は産出量に占める中間投入財の投入量の比率を、付加価値係数 a_{vi}^s は産出量に対する付加価値額の比率を表していることがわかる。

(2) 第2段階

次に、企業*i*における生産関数に含まれる付加価値関数のパラメータを求める。ここで求められるパラメータは効率パラメータ f_{li}^s 、分配パラメータ d_{ki}^s および代替弾力性パラメータ s_{li} である。

$$\begin{aligned} & \min_{f_{li}^s} \sum_{k \in \mathbf{K}} w_k^s f_{ki}^s \\ & \text{s.t. } VA_i^s = f_{li}^s \left[\sum_{k \in \mathbf{K}} d_{ki}^s f_{ki}^s \frac{s_{li}^{s_{li}-1}}{s_{li}} \right]^{\frac{s_{li}}{s_{li}-1}} \end{aligned} \quad (4)$$

ここでは、一定の大きさの付加価値を得るための式(4)における生産要素費用

$\sum_{k \in \mathbf{K}} w_k^s f_{ki}^s$ の最小化条件からラグランジェ関数を解くことにより以下のように表される。

$$l_i VA_i^s \frac{d_{ki}^s f_{ki}^s s_{li}^{-1}}{\sum_{k \in \mathbf{K}} d_{k'i}^s f_{k'i}^s s_{li}^{-1}} = w_k^s \quad (5)$$

ただし、

l_i : ラグランジェ乗数

式(5)の両辺をそれぞれ割ると、

$$\frac{w_k^s f_{ki}^s s_{li}^{-1}}{w_{k'}^s f_{k'i}^s s_{li}^{-1}} = \frac{d_{ki}^s}{d_{k'i}^s} \quad (6)$$

が導かれる。さらに、 $\sum_{k \in \mathbf{K}} d_{ki}^s = 1$ を考慮して変形すると、

$$d_{ki}^s = \frac{w_k^s f_{ki}^s s_{li}^{-1}}{\sum_{k \in \mathbf{K}} w_{k'}^s f_{k'i}^s s_{li}^{-1}} \quad (7)$$

のように分配パラメータ d_{ki}^s がそれぞれ得られる。

さらに、効率パラメータ f_{li}^s は、一般均衡の状態においては各産業の超過利潤はゼロとなり、付加価値額が要素費用に等しくなるという条件より次の形で導出される。

$$(VA_i^s =) f_{li}^s \left[\sum_{k \in \mathbf{K}} d_{ki}^s f_{ki}^s s_{li}^{-1} \right]^{\frac{s_{li}}{s_{li}-1}} = \sum_{k \in \mathbf{K}} w_k^s f_{ki}^s \quad (8)$$

これを变形して、

$$f_{li}^s = \frac{\sum_{k \in \mathbf{K}} w_k^s f_{ki}^s}{\left[\sum_{k \in \mathbf{K}} d_{ki}^s f_{ki}^s s_{li}^{-1} \right]^{\frac{s_{li}}{s_{li}-1}}} \quad (9)$$

が得られる。産業連関表より、労働投入量、資本投入量、業務交通投入量の値を代入することにより、効率パラメータ f_{li}^s が求められる。なお、代替弾力性パラメータ s_{li} は、既存研究より、採用している。

(3) 第3段階

第3段階では、地域選択のパラメータ、つまり、効率パラメータ f_{2i}^s 、シェアパラメータ $A_{s_{2i}}^s$ 、代替弾力性パラメータ s_{2i} の3つである。

$$f_{3i}^s = f_{2i}^s \left[\sum_{s' \in S} A_{s'i}^s x_{s'i}^s \right]^{\frac{s_{2i}-1}{s_{2i}}} \quad (10)$$

まず、地域選択シェアパラメータ $A_{s'i}^s$ は、ここでは幹線旅客純流動調査「旅行目的別秋期1日地域府県相互間幹線旅客純流動表」の業務目的におけるトリップ量と一般化費用の積 $\sum_{a \in A} x_{s'a}^s \times (p_{s'}^{s,a} + w_1^s t_{s'}^{s,a})$ の地域割合として一定値として扱っている。すなわち、地域 s から各到着地 s' の手段別トリップ量 \times 手段別一般化費用の手段計を地域 s から全到着 s' の手段別トリップ量 \times 手段別一般化費用の手段計で割ることでシェアを決定する。

$$A_{s'i}^s = \frac{\sum_{a \in A} x_{s'a}^s \times (p_{s'}^{s,a} + w_1^s t_{s'}^{s,a})}{\sum_{s' \in S} \sum_{a \in A} x_{s'a}^s \times (p_{s'}^{s,a} + w_1^s t_{s'}^{s,a})} \quad (11)$$

また、代替弾力性パラメータ s_{2i} は、キャリブレーション手法では求められないので、ここでは、 $s_{2i} = 1$ とおき、いわゆる Cobb-Douglas 型関数^注となるケースで分析する。効率パラメータ f_{2i}^s は、地域選択シェアパラメータ $A_{s'i}^s$ 、業務交通投入量 f_{3i}^s および代替弾力性パラメータ s_{2i} が既知であるので次式より求めた。

$$f_{2i}^s = \frac{f_{3i}^s}{\left[\sum_{s' \in S} A_{s'i}^s \left(\sum_{a \in A} x_{s'a}^s \right)^{\frac{s_{2i}-1}{s_{2i}}} \right]^{\frac{s_{2i}}{s_{2i}-1}}} \quad (12)$$

注：Cobb-Douglas 型関数： $y = AK L^{1-}$ で表現される； A は技術係数、 y は生産量、 K は資本量、 L は労働量であり、限界生産物価格が資本と労働に分配される時、資本は総収入の 倍、労働は $(1 -)$ 倍を得る。利潤はゼロになる。

(4) 第4段階

第4段階では、手段選択のパラメータ、つまり、シェアパラメータ $g_s^{s'AB}$ 、代替弾力性パラメータ s_{3i} の2つである。

$$x_{s'i}^s = \max \left[\sum_{a \in A} \left(g_{s'}^{s'AB} \right)^{\frac{1}{s_{3i}}} \left(x_{s'i}^{s'a} \right)^{\frac{s_{3i}-1}{s_{3i}}} \right]^{\frac{s_{3i}}{s_{3i}-1}} \quad (13)$$

まず、手段選択シェアパラメータ $g_{s'}^{s'AB}$ は、ここでは幹線旅客純流動調査「旅行目的別秋期1日地域府県相互間幹線旅客純流動表」の業務目的におけるトリップ量と一般化費用の積 $x_{s'}^{s'a} \times (p_{s'}^{s'a} + w_1^s t_{s'}^{s'a})$ の手段割合として一定値として扱っている。すなわち、地域 s から各到着地 s' の手段別トリップ量 \times 手段別一般化費用を地域 s から到着 s' の手段別トリップ量 \times 手段別一般化費用の手段計で割ることでシェアを決定する。

$$g_{s'}^{s'AB} = \frac{x_{s'}^{s'a} \times (p_{s'}^{s'a} + w_1^s t_{s'}^{s'a})}{\sum_{a \in A} x_{s'}^{s'a} \times (p_{s'}^{s'a} + w_1^s t_{s'}^{s'a})} \quad (14)$$

また、代替弾力性パラメータ s_{3i} は、キャリブレーション手法では求められないので、ここでは、 $s_{3i} = 1$ とおき、いわゆる Cobb-Douglas 型関数となるケースで分析する。

表 投入係数 a_{ij}^s

北海道	農林水産	製造	建設	電力・ガス	商業	金融	サービス
農林水産	0.15515	0.14211	0.00153	0.00000	0.00004	0.00000	0.00413
製造	0.08894	0.20378	0.19433	0.05990	0.01588	0.00640	0.05370
建設	0.00307	0.00558	0.00322	0.04737	0.00442	0.02383	0.00826
電力・ガス	0.00475	0.02982	0.00820	0.09785	0.01401	0.00522	0.02596
商業	0.02784	0.04779	0.04793	0.00785	0.00839	0.00226	0.02729
金融	0.03829	0.02456	0.01914	0.04134	0.09770	0.08026	0.03888
サービス	0.04028	0.06509	0.11883	0.09901	0.08413	0.04703	0.09849

東北	農林水産	製造	建設	電力・ガス	商業	金融	サービス
農林水産	0.09737	0.05857	0.00065	0.00000	0.00004	0.00000	0.00352
製造	0.10695	0.22714	0.21131	0.05349	0.02063	0.00651	0.06539
建設	0.00445	0.00682	0.00359	0.05456	0.00734	0.03125	0.01014
電力・ガス	0.00475	0.02585	0.00887	0.11870	0.01357	0.00356	0.02894
商業	0.02230	0.02709	0.03113	0.00353	0.00666	0.00153	0.01726
金融	0.02592	0.02061	0.01595	0.03062	0.06834	0.04984	0.02980
サービス	0.03607	0.08883	0.10776	0.09204	0.07886	0.04356	0.09474

関東	農林水産	製造	建設	電力・ガス	商業	金融	サービス
農林水産	0.07361	0.01426	0.00114	0.00000	0.00005	0.00000	0.00266
製造	0.13826	0.35646	0.25809	0.10432	0.03221	0.01135	0.10151
建設	0.00399	0.00490	0.00263	0.04112	0.00556	0.02180	0.00718
電力・ガス	0.00364	0.01620	0.00690	0.07522	0.00922	0.00351	0.02123
商業	0.04066	0.05197	0.06878	0.01189	0.01185	0.00291	0.03093
金融	0.05577	0.02327	0.01931	0.04287	0.11433	0.08853	0.05058
サービス	0.03434	0.10403	0.10879	0.11170	0.09154	0.06558	0.12964

中部	農林水産	製造	建設	電力・ガス	商業	金融	サービス
農林水産	0.07986	0.01069	0.00102	0.00000	0.00005	0.00000	0.00225
製造	0.15395	0.42186	0.27629	0.13197	0.03240	0.01053	0.09704
建設	0.00316	0.00481	0.00281	0.04523	0.00537	0.02467	0.00769
電力・ガス	0.00626	0.01926	0.00716	0.08334	0.01022	0.00339	0.02543
商業	0.02777	0.03094	0.04240	0.00714	0.00799	0.00187	0.02229
金融	0.03303	0.01441	0.01398	0.03142	0.06440	0.05548	0.03477
サービス	0.03321	0.07613	0.10014	0.09570	0.07923	0.04819	0.09956

近畿	農林水産	製造	建設	電力・ガス	商業	金融	サービス
農林水産	0.07299	0.01013	0.00048	0.00000	0.00003	0.00000	0.00146
製造	0.09723	0.30165	0.23011	0.08406	0.02579	0.00897	0.08515
建設	0.00549	0.00715	0.00396	0.05447	0.00809	0.02957	0.01039
電力・ガス	0.00501	0.02345	0.00815	0.08397	0.01053	0.00422	0.02393
商業	0.03588	0.05206	0.06144	0.00882	0.01028	0.00252	0.03016
金融	0.04729	0.02473	0.01804	0.03209	0.09596	0.07387	0.04466
サービス	0.03814	0.09238	0.10996	0.09968	0.08509	0.05625	0.11195

中国	農林水産	製造	建設	電力・ガス	商業	金融	サービス
農林水産	0.07432	0.01875	0.00107	0.00000	0.00003	0.00000	0.00169
製造	0.14808	0.38359	0.23458	0.11306	0.02550	0.00802	0.06905
建設	0.00341	0.00684	0.00348	0.05428	0.00492	0.02767	0.00889
電力・ガス	0.00324	0.02890	0.00825	0.09541	0.01268	0.00361	0.02901
商業	0.01792	0.01451	0.02236	0.00395	0.00505	0.00127	0.01278
金融	0.03305	0.01814	0.01579	0.03622	0.07527	0.06277	0.03444
サービス	0.03042	0.07027	0.10897	0.09439	0.07452	0.04880	0.09982

四国	農林水産	製造	建設	電力・ガス	商業	金融	サービス
農林水産	0.10114	0.03998	0.00206	0.00000	0.00011	0.00000	0.00340
製造	0.09434	0.25997	0.23282	0.06693	0.02389	0.00793	0.05780
建設	0.00329	0.00572	0.00284	0.03729	0.00454	0.02272	0.00799
電力・ガス	0.00642	0.03396	0.00757	0.10449	0.01506	0.00358	0.02733
商業	0.01638	0.01506	0.01867	0.00305	0.00506	0.00122	0.01215
金融	0.04029	0.02435	0.01448	0.03500	0.06965	0.07292	0.03309
サービス	0.03299	0.08228	0.09708	0.09021	0.07425	0.04558	0.10123

九州	農林水産	製造	建設	電力・ガス	商業	金融	サービス
農林水産	0.09766	0.06371	0.00244	0.00000	0.00008	0.00000	0.00500
製造	0.15219	0.27914	0.23971	0.08435	0.02195	0.00850	0.06873
建設	0.00321	0.00601	0.00312	0.04860	0.00778	0.02545	0.00938
電力・ガス	0.00587	0.02754	0.00792	0.10802	0.01373	0.00387	0.02956
商業	0.02738	0.03452	0.04446	0.00645	0.00808	0.00204	0.02450
金融	0.03550	0.02139	0.01737	0.03726	0.08183	0.06951	0.03233
サービス	0.02844	0.08500	0.10816	0.09946	0.08186	0.05002	0.10249

沖縄	農林水産	製造	建設	電力・ガス	商業	金融	サービス
農林水産	0.07006	0.07649	0.00162	0.00000	0.00011	0.00000	0.00337
製造	0.11809	0.23988	0.17537	0.09073	0.01913	0.00561	0.04811
建設	0.00356	0.00343	0.00296	0.02973	0.00595	0.02266	0.00845
電力・ガス	0.00612	0.02257	0.00867	0.12894	0.01547	0.00491	0.02849
商業	0.03724	0.02605	0.04376	0.00946	0.00909	0.00192	0.02438
金融	0.04439	0.02119	0.01929	0.03534	0.09386	0.06743	0.03707
サービス	0.02777	0.04290	0.10696	0.07608	0.08924	0.04603	0.09908

表 付加価値係数 a_{vi}^s

	農林水産	製造	建設	電力・ガス	商業	金融	サービス
北海道	0.64167	0.48127	0.60681	0.64668	0.77542	0.83499	0.74329
東北	0.70220	0.54510	0.62074	0.64704	0.80456	0.86375	0.75020
関東	0.64973	0.42893	0.53436	0.61288	0.73525	0.80633	0.65627
中部	0.66276	0.42190	0.55619	0.60521	0.80035	0.85587	0.71097
近畿	0.69797	0.48844	0.56785	0.63691	0.76423	0.82460	0.69230
中国	0.68957	0.45900	0.60550	0.60270	0.80202	0.84786	0.74432
四国	0.70515	0.53868	0.62447	0.66303	0.80745	0.84604	0.75700
九州	0.64976	0.48268	0.57682	0.61587	0.78470	0.84061	0.72801
沖縄	0.69276	0.56749	0.64136	0.62972	0.76715	0.85144	0.75105

表 企業の生産関数の効率パラメータ f_{li}^s

	農林水産	製造	建設	電力・ガス	商業	金融	サービス
北海道	0.31246	0.34728	0.28088	0.37449	0.29801	0.34310	0.27250
東北	0.31931	0.32370	0.26150	0.33703	0.28310	0.32481	0.25656
関東	0.28906	0.39787	0.32226	0.38085	0.36004	0.34112	0.33873
中部	0.32359	0.37592	0.30491	0.37886	0.34579	0.32803	0.32128
近畿	0.31562	0.39512	0.32872	0.37208	0.36838	0.33736	0.33807
中国	0.33384	0.35482	0.28459	0.39249	0.31210	0.34539	0.28603
四国	0.33642	0.35255	0.27626	0.36872	0.30741	0.34086	0.28110
九州	0.32415	0.33821	0.26201	0.36640	0.28958	0.33668	0.26922
沖縄	0.30143	0.27169	0.23609	0.34479	0.26421	0.32968	0.23742

表 企業の投入要素の分配パラメータ d_{li}^s

	農林水産	製造	建設	電力・ガス	商業	金融	サービス
北海道	0.08998	0.88822	0.97054	0.11663	0.91356	0.17508	0.99598
東北	0.11009	0.90506	0.97550	0.02856	0.91631	0.14197	0.99670
関東	0.04756	0.83094	0.96230	0.05592	0.87011	0.13945	0.98033
中部	0.09883	0.86289	0.96747	0.06974	0.87294	0.12165	0.98507
近畿	0.07866	0.85454	0.95977	0.03534	0.86032	0.12971	0.98335
中国	0.12795	0.87791	0.97111	0.21124	0.90091	0.17433	0.99367
四国	0.13997	0.86487	0.97280	0.08856	0.89720	0.16931	0.99339
九州	0.11743	0.88017	0.97719	0.10262	0.91071	0.16900	0.99430
沖縄	0.07486	0.96921	0.98501	0.06233	0.92283	0.17023	0.99785

表 企業の投入要素の分配パラメータ d_{2i}^s

	農林水産	製造	建設	電力・ガス	商業	金融	サービス
北海道	0.91000	0.11178	0.02946	0.88337	0.08642	0.82492	0.00402
東北	0.88989	0.09494	0.02449	0.97144	0.08366	0.85803	0.00330
関東	0.95243	0.16906	0.03770	0.94408	0.12984	0.86054	0.01967
中部	0.90116	0.13711	0.03253	0.93026	0.12703	0.87835	0.01493
近畿	0.92132	0.14546	0.04023	0.96466	0.13963	0.87029	0.01665
中国	0.87203	0.12209	0.02888	0.78876	0.09906	0.82567	0.00633
四国	0.86001	0.13513	0.02720	0.91144	0.10278	0.83068	0.00661
九州	0.88254	0.11983	0.02281	0.89738	0.08926	0.83100	0.00570
沖縄	0.92504	0.03078	0.01499	0.93767	0.07714	0.82977	0.00215

表 企業の投入要素の分配パラメータ d_{3i}^s

	農林水産	製造	建設	電力・ガス	商業	金融	サービス
北海道	2.377E-05	7.650E-07	3.523E-06	2.181E-19	2.096E-05	2.424E-06	1.115E-12
東北	2.747E-05	2.578E-07	2.864E-06	2.312E-20	2.890E-05	1.952E-06	6.690E-13
関東	1.708E-05	3.302E-07	2.489E-06	8.259E-19	5.303E-05	2.478E-06	1.046E-12
中部	1.341E-05	1.394E-07	1.165E-06	1.975E-19	2.640E-05	1.505E-06	2.093E-13
近畿	2.092E-05	3.854E-07	2.802E-06	6.844E-19	4.875E-05	2.507E-06	1.135E-12
中国	2.099E-05	3.404E-07	2.037E-06	4.906E-18	2.555E-05	2.673E-06	3.991E-13
四国	1.739E-05	2.367E-07	1.652E-06	3.016E-19	1.993E-05	2.308E-06	2.593E-13
九州	3.007E-05	3.801E-07	2.436E-06	5.041E-18	2.584E-05	2.745E-06	5.779E-12
沖縄	9.677E-05	1.311E-06	5.104E-06	1.845E-18	2.840E-05	1.806E-06	2.629E-12

表 企業の生産関数の効率パラメータ f_{2i}^s

	農林水産	製造	建設	電力・ガス	商業	金融	サービス
北海道	0.35805	1.48132	1.14942	0.10067	0.52352	0.14062	1.23416
東北	0.26252	1.60833	0.96372	0.13888	0.56186	0.10850	0.93826
関東	0.07747	2.50659	0.85849	0.14577	1.19726	0.26121	1.29091
中部	0.06717	2.31627	0.55345	0.11783	0.69105	0.11341	0.68280
近畿	0.03827	2.02967	0.74826	0.13357	0.81899	0.16350	0.88181
中国	0.12683	2.96251	0.80954	0.19085	0.57929	0.14783	0.95366
四国	0.27211	2.58530	1.00058	0.18129	0.58640	0.17673	1.10142
九州	0.30482	1.97407	0.94256	0.20006	0.64254	0.16149	1.23012
沖縄	0.20258	1.24498	1.27890	0.13459	0.35528	0.08625	1.55158

表 企業の地域選択のシェアパラメータ $A_{s,i}^s$

	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄
北海道	0.268805	0.065770	0.418700	0.054413	0.102880	0.019808	0.011569	0.050203	0.007852
東北	0.044932	0.266471	0.467128	0.035613	0.079514	0.021171	0.013899	0.063333	0.007939
関東	0.054415	0.095363	0.323104	0.128094	0.229016	0.054003	0.021616	0.083079	0.011310
中部	0.031789	0.036683	0.490167	0.059463	0.249684	0.052007	0.014875	0.057686	0.007646
近畿	0.028389	0.030758	0.527521	0.124144	0.055094	0.100647	0.035234	0.089341	0.008871
中国	0.018758	0.024015	0.313557	0.062473	0.247692	0.170656	0.031300	0.124047	0.007503
四国	0.015314	0.029812	0.320305	0.059215	0.243842	0.079916	0.179982	0.060426	0.011188
九州	0.017800	0.031535	0.338357	0.049973	0.152406	0.070524	0.019595	0.296374	0.023436
沖縄	0.021942	0.032019	0.427655	0.064791	0.146499	0.062800	0.011177	0.233117	0.000000

表 企業の交通手段選択のシェアパラメータ $g_s^{s,ab}$

航空	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄
北海道	0.217000	0.816133	0.927343	0.937602	0.775797	0.893043	1.000000	0.979644	1.000000
東北	0.679689	0.000000	0.075837	0.256048	0.305379	0.513202	0.526482	0.384152	1.000000
関東	0.933203	0.107984	0.000000	0.079463	0.060280	0.304791	0.808499	0.877608	1.000000
中部	0.888542	0.217190	0.073262	0.027335	0.000000	0.032433	0.320293	0.565377	1.000000
近畿	0.923829	0.531467	0.066052	0.000000	0.000000	0.020729	0.367614	0.394195	0.858437
中国	0.805402	0.575434	0.292564	0.023634	0.016231	0.000000	0.007359	0.082516	1.000000
四国	1.000000	0.882810	0.741066	0.224901	0.278045	0.005048	0.000000	0.424678	1.000000
九州	0.945778	0.876977	0.885017	0.521972	0.384997	0.056504	0.347826	0.161256	0.930864
沖縄	1.000000	1.000000	0.991830	0.668821	1.000000	1.000000	1.000000	0.892038	0.000000

鉄道	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄
北海道	0.783000	0.183867	0.072657	0.062398	0.224203	0.106957	0.000000	0.020356	0.000000
東北	0.320311	1.000000	0.924163	0.743952	0.694621	0.486798	0.473518	0.615848	0.000000
関東	0.066797	0.892016	1.000000	0.920537	0.939720	0.695209	0.191501	0.122392	0.000000
中部	0.111458	0.782810	0.926738	0.972665	1.000000	0.967567	0.679707	0.434623	0.000000
近畿	0.076171	0.468533	0.933948	1.000000	1.000000	0.979271	0.632386	0.605805	0.141563
中国	0.194598	0.424566	0.707436	0.976366	0.983769	1.000000	0.992641	0.917484	0.000000
四国	0.000000	0.117190	0.258934	0.775099	0.721955	0.994952	1.000000	0.575322	0.000000
九州	0.054222	0.123023	0.114983	0.478028	0.615003	0.943496	0.652174	0.838744	0.069136
沖縄	0.000000	0.000000	0.008170	0.331179	0.000000	0.000000	0.000000	0.107962	0.000000

2. 世帯の行動

(1) 第1段階

つづいて、CES 関数に特定化された効用関数式(15)のパラメータの決定方法を説明する。第1段階として求めるパラメータは3つで、最終需要に関するシェアパラメータ g_{li}^s 、トリップ投入型消費の合成財シェアパラメータ g_{Zi}^s 、消費財の代替弾力性 r_1 である。

$$V^s = \max \left[\sum_{i \in I} (g_{li}^s)^{\frac{1}{r_1}} (d_i^s)^{\frac{r_1-1}{r_1}} + (g_{Zi}^s)^{\frac{1}{r_1}} (Z^s (d_{s'i}^s, x_{s'h}^s, t_{s'R}^s))^{\frac{r_1-1}{r_1}} \right]^{\frac{r_1}{r_1-1}} \quad (15)$$

最終需要に関するシェアパラメータ g_{li}^s およびトリップ投入型消費の合成財シェアパラメータ g_{Zi}^s を設定する。ここでは、最終需要を地域内で消費し、トリップ投入型消費の合成財は地域外で消費するものとする。地域内の消費 d_i^s については、産業連関表の最終需要および幹線旅客純流動データから設定し、地域外の消費 Z^s については、客純流動データから設定する。また、地域内消費の産業別シェアは、産業連関表の最終需要の産業割合によって決定する。各々のパラメータについては、次式で表される。

$$g_{li}^s = \frac{d_i^{\frac{1}{r_1}}}{\sum_{i \in I} d_i^{\frac{1}{r_1}} + Z^{\frac{1}{r_1}}} \quad (16)$$

$$g_{Zi}^s = \frac{Z^{\frac{1}{r_1}}}{\sum_{i \in I} d_i^{\frac{1}{r_1}} + Z^{\frac{1}{r_1}}}$$

(2) 第2段階

第1段階と同様 CES 型関数である地域選択に関する式(17)のパラメータの導出方法を説明する。ここで求めるパラメータは2つで地域選択に関するシェアパラメータ $g_{2s'}^s$ 、地域選択に関する代替弾力性 r_2 である。

$$Z^s = \max_{z_{s'}^s} \left\{ \sum_{s' \in S} (g_{2s'}^s)^{\frac{1}{r_2}} (z_{s'}^s)^{\frac{r_2-1}{r_2}} \right\}^{\frac{r_2}{r_2-1}} \quad (17)$$

地域選択に関するシェアパラメータ $g_{2s'}^s$ は、企業における地域選択と同様に求める。ここでは、幹線旅客純流動調査「旅行目的別秋期1日地域府県相互間幹線旅客純流動表」の「観光+私用・帰省+その他」目的のトリップを扱う。地域選択に関する代替弾力性 r_2 も企業の地域選択の代替弾力性パラメータ s_{2i} と同様にキャリブレーション手法では決定できないため Cobb-Douglas 型関数となる $r_2 = 1$ とする。

(3) 第3段階

世帯の行動の第3段階として、レオンチェフ型関数である式(18)のパラメータを求める。

$$\begin{aligned}
 C_{s'}^s &= \min \left[(p_{s'}^s + w_1^s t_{s'}^s) x_{s'h}^s + P_{s'R}^s R_{s'}^s \right] \\
 \text{s.t. } z_{s'}^s &= \min \left\{ \frac{x_{s'h}^s}{b_1}, \frac{R_{s'}^s}{b_2} \right\}
 \end{aligned} \tag{18}$$

ここで決定されるパラメータは交通需要量とレクリエーション合成財の消費割合を表すパラメータ b_1, b_2 である。このデータは「観光の実態と志向 ((社)日本観光協会)」の旅行費用-費用の内訳-より得ることができる。世帯が旅行するときに消費する旅行費用を、交通費用と交通費用を除いた総費用と分けて考えることができる。つまり、交通合成財消費量とレクリエーション合成財の消費量の消費割合は、交通費と、宿泊費およびその他の費用 (みやげ、食事代) の比率といえる。

表 交通合成財消費量とレクリエーション合成財の消費割合

b_1	0.24
b_2	0.76

(4) 第4段階

1) レクリエーション合成財消費

第4段階1)ではCES型関数である家計生産関数式(19)の世帯におけるトリップ先での財消費または余暇の消費についての選択に関するパラメータの決定方法について述べる。

$$\begin{aligned}
 \min_{d_{is'}^s, t_{s'R}^s} & \left(\sum_{i \in I} P_i^s d_{is'}^s + w_1^s t_{s'R}^s \right) \\
 \text{s.t. } R_{s'}^s &= f_{s'h}^s \left[\sum_{i \in I} d_{ih}^s d_{is'}^s \frac{s_h^{-1}}{s_h} + d_{0h}^s t_{s'R}^s \frac{s_h^{-1}}{s_h} \right]^{\frac{s_h}{s_h-1}}
 \end{aligned} \tag{19}$$

ここで求めるパラメータはレクリエーションに関する効率パラメータ $f_{s'h}^s$ 、旅行先での財消費と余暇時間消費のシェアパラメータ d_{ih}^s, d_{0h}^s および代替弾力性パラメータ s_h の4つである。

ここで、レクリエーションに関する効率パラメータ $f_{s'h}^s$ が含まれているが、これは $g_{2s'}^s$ 、あるいは b_2 に含めて考えることができるので式(15)では $f_{s'h}^s = 1$ とおき、省略してもその後の展開で一般性を欠くことはない。

旅行先での財消費および余暇時間消費のシェアパラメータ d_{ih}^s, d_{0h}^s は、幹線旅客純流動データから設定し、旅行先での財消費の産業別シェアは、最終需要の産業別割合により決定する。

$$d_{ih}^s = \frac{d_{s'i}^s \frac{1}{s_h}}{\sum_{i \in \mathbf{I}} d_{s'i}^s \frac{1}{s_h} + t_{s'R}^s \frac{1}{s_h}} \quad (20)$$

$$d_{0h}^s = \frac{t_{s'R}^s \frac{1}{s_h}}{\sum_{i \in \mathbf{I}} d_{s'i}^s \frac{1}{s_h} + t_{s'R}^s \frac{1}{s_h}}$$

2) 交通サービス消費

第4段階2)では交通手段選択に関するパラメータの決定方法について述べる。

$$x_{s'h}^s = \min \left[\sum_{a \in \mathbf{A}} \left(g_{s'}^{s, aP} \right)^{\frac{1}{r_3}} \left(x_{s'}^{s, a} \right)^{\frac{r_3-1}{r_3}} \right]^{\frac{r_3}{r_3-1}} \quad (21)$$

$$\text{s.t. } x_{s'h}^s p_{s'}^s = \sum_{a \in \mathbf{A}} \left(p_{s'}^{s, a} + w_1^s t_{s'}^{s, a} \right) x_{s'}^{s, a}$$

ここで求めるパラメータは手段選択シェアパラメータ $g_{s'}^{s, aP}$ および代替弾力性パラメータ r_3 の2つである。

まず、手段選択シェアパラメータ $g_{s'}^{s, aP}$ は、企業における手段選択と同様に求める。ここでは、幹線旅客純流動調査「旅行目的別秋期1日地域府県相互間幹線旅客純流動表」の「観光+私用・帰省+その他」目的のトリップを扱う。地域選択に関する代替弾力性 r_3 も企業の手段選択の代替弾力性パラメータ s_{3i} と同様にキャリブレーション手法では決定できないため Cobb-Douglas 型関数となる $r_3 = 1$ とする。

表 最終需要およびトリップ投入型消費に関するシェアパラメータ g_{li}^s 、 g_{zi}^s

	最終需要に関するシェアパラメータ i							トリップ投入型消費の合
	農林水産	製造	建設	電力・ガス	商業	金融	サービス	成財シェアパラメータ z
北海道	0.006948	0.057400	0.226557	0.010574	0.078734	0.093169	0.459339	0.067278
東北	0.003481	0.097535	0.240612	0.009157	0.061588	0.117831	0.424897	0.044900
関東	0.001951	0.182907	0.163303	0.010270	0.103525	0.150530	0.364794	0.022720
中部	0.001635	0.168900	0.204248	0.009476	0.064426	0.130950	0.389193	0.031173
近畿	0.000968	0.122156	0.205869	0.015659	0.089932	0.141957	0.393453	0.030006
中国	0.002113	0.117482	0.210742	0.011547	0.040511	0.108067	0.463315	0.046222
四国	0.003496	0.092742	0.217844	0.010693	0.043835	0.115479	0.482687	0.033224
九州	0.005451	0.103527	0.183858	0.010647	0.072220	0.100645	0.485441	0.038213
沖縄	0.002057	0.038847	0.197258	0.014644	0.056035	0.070552	0.448729	0.171878

表 企業の地域選択のシェアパラメータ g_{2s}^s

	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄
北海道	0.143372	0.047711	0.399647	0.083231	0.187550	0.045893	0.019959	0.058742	0.013895
東北	0.040780	0.150481	0.462059	0.049807	0.116230	0.051561	0.031006	0.076351	0.021725
関東	0.104243	0.112607	0.343892	0.083273	0.134868	0.071676	0.020462	0.086868	0.042112
中部	0.097769	0.073876	0.368737	0.041525	0.193483	0.047121	0.020258	0.110092	0.047139
近畿	0.102105	0.058290	0.322393	0.098578	0.103385	0.107400	0.041431	0.140176	0.026242
中国	0.054122	0.050116	0.264226	0.081177	0.219931	0.096502	0.050464	0.109832	0.073631
四国	0.049680	0.060886	0.251807	0.055519	0.201939	0.123233	0.158219	0.060447	0.038271
九州	0.055718	0.040693	0.291160	0.075740	0.162931	0.061230	0.017494	0.268228	0.026805
沖縄	0.033702	0.043631	0.400007	0.152013	0.200306	0.073033	0.013366	0.083942	0.000000

表 旅行先での財消費と余暇時間消費のシェアパラメータ d_{ih}^s 、 d_{0h}^s

	旅行先での財消費に関するシェアパラメータ h							余暇時間消費のシェアパ
	農林水産	製造	建設	電力・ガス	商業	金融	サービス	ラメータ h
北海道	0.000675	0.008062	0.040449	0.001105	0.011686	0.014242	0.092791	0.830989
東北	0.000290	0.014523	0.041951	0.000902	0.008462	0.018134	0.081820	0.833919
関東	0.000140	0.028984	0.025370	0.000984	0.014852	0.023055	0.065219	0.841396
中部	0.000116	0.026959	0.033702	0.000914	0.008689	0.019992	0.071877	0.837751
近畿	0.000062	0.018298	0.033783	0.001638	0.012769	0.021830	0.072303	0.839316
中国	0.000163	0.018262	0.036280	0.001197	0.005228	0.016555	0.091533	0.830782
四国	0.000290	0.013647	0.037214	0.001079	0.005659	0.017656	0.094756	0.829699
九州	0.000488	0.015490	0.030413	0.001071	0.010147	0.014984	0.095146	0.832262
沖縄	0.000189	0.005961	0.040209	0.001895	0.009167	0.012016	0.105597	0.824964

表 世帯の交通手段選択のシェアパラメータ $g_{s'}^{aP}$

航空	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄
北海道	0.037186	0.629167	0.858482	0.949384	0.848874	0.945343	0.848695	0.992414	1.000000
東北	0.693810	0.000000	0.064458	0.419239	0.343853	0.548020	0.456121	0.510028	1.000000
関東	0.751010	0.082916	0.000000	0.054118	0.075828	0.235586	0.536450	0.823371	0.996680
中部	0.779407	0.248312	0.070405	0.007481	0.000000	0.031905	0.352764	0.630701	0.966716
近畿	0.871075	0.447266	0.072926	0.000000	0.000000	0.014358	0.219185	0.481657	0.906387
中国	0.949950	0.634432	0.281921	0.053156	0.012266	0.000000	0.002192	0.077816	0.996363
四国	0.796402	0.807721	0.573706	0.336428	0.211323	0.001653	0.000000	0.428801	0.660392
九州	0.959938	0.744924	0.814164	0.611512	0.507214	0.092504	0.217665	0.062537	0.879741
沖縄	1.000000	0.989016	0.987196	0.756431	1.000000	0.997481	1.000000	0.944000	0.000000

鉄道	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄
北海道	0.962814	0.370833	0.141518	0.050616	0.151126	0.054657	0.151305	0.007586	0.000000
東北	0.306190	1.000000	0.935542	0.580761	0.656147	0.451980	0.543879	0.489972	0.000000
関東	0.248990	0.917084	1.000000	0.945882	0.924172	0.764414	0.463550	0.176629	0.003320
中部	0.220593	0.751688	0.929595	0.992519	1.000000	0.968095	0.647236	0.369299	0.033284
近畿	0.128925	0.552734	0.927074	1.000000	1.000000	0.985642	0.780815	0.518343	0.093613
中国	0.050050	0.365568	0.718079	0.946844	0.987734	1.000000	0.997808	0.922184	0.003637
四国	0.203598	0.192279	0.426294	0.663572	0.788677	0.998347	1.000000	0.571199	0.339608
九州	0.040062	0.255076	0.185836	0.388488	0.492786	0.907496	0.782335	0.937463	0.120259
沖縄	0.000000	0.010984	0.012804	0.243569	0.000000	0.002519	0.000000	0.056000	0.000000

3. 交通企業の行動

レオンチェフ型関数で特定化される交通企業の生産関数式(22)におけるパラメータは労働力と資本の投入要素の投入係数である c_1^s, c_2^s である。

$$Q_0^s = \min \left[\frac{f_{10}^s}{c_1^s}, \frac{f_{20}^s}{c_2^s} \right] \quad (22)$$

これは、企業の行動での投入係数 a_{ji}^s を求めるのと同様に交通企業の投入係数 c_k^s は費用最小化問題における最適解である式(22)より、以下のように求められる。

$$c_k^s = \frac{f_{k0}^s}{Q_0^s} \quad (23)$$

したがって、地域間産業連関表より求められ、運輸部門における労働と資本の運輸部門における産出量の占める比率であるといえる。

表 労働と資本の運輸部門における産出量の占める比率

	c1(労働)	c2(資本)
北海道	0.52037	0.11175
東北	0.54525	0.13097
関東	0.42595	0.16572
中部	0.50194	0.13460
近畿	0.45400	0.16152
中国	0.49640	0.13417
四国	0.51877	0.12427
九州	0.49689	0.12821
沖縄	0.47816	0.09524

4. 外生変数

本調査で与えられる外生変数は世帯の所有する資本、総利用可能時間、交通費用、交通所要時間の4つである。ここでは、外生変数の設定方法を説明する。

世帯の所有する資本 F_k^s は産業連関表より、各地域における付加価値部門の「営業余剰 + 資本減耗引当」を用いている。総利用可能時間は、産業連関表の「家計外消費支出 + 間接税 + 補助金 + 雇用者所得」から業務交通の時間費用を差し引いた値を、時間価値 w_1^s で除した値を用いている。

交通費用および交通所要時間については、95年現状における各ゾーン間・交通機関別交通費用および交通所要時間を用いる。

表 世帯の所有する資本 F_k^s 、総利用可能時間 T^s

	資本 (百万円)	総利用可能時間 (時間)
北海道	6.67E+06	6.23E+09
東北	1.18E+07	1.12E+10
関東	7.62E+07	5.69E+10
中部	1.95E+07	1.66E+10
近畿	3.00E+07	2.37E+10
中国	9.52E+06	9.16E+09
四国	4.95E+06	4.47E+09
九州	1.48E+07	1.41E+10
沖縄	9.82E+05	1.18E+09

表 交通手段別所要時間 $t_{s,s'}^a$ (単位: 時間)

航空	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄
北海道	1.851	2.094	2.497	2.654	2.964	3.026	3.049	3.408	4.417
東北	2.085	0.000	2.107	2.175	2.390	2.521	2.500	2.928	3.814
関東	2.498	2.102	0.000	2.026	2.110	2.336	2.273	2.618	3.492
中部	2.661	2.173	2.026	1.917	0.000	2.213	2.000	2.301	3.233
近畿	2.994	2.375	2.108	0.000	0.000	1.863	1.717	2.087	3.031
中国	3.038	2.484	2.339	2.225	1.858	0.000	1.367	1.940	2.844
四国	3.069	2.500	2.277	1.953	1.733	1.367	0.000	1.837	2.804
九州	3.334	2.893	2.601	2.296	2.078	1.949	1.854	1.680	2.573
沖縄	4.417	3.791	3.475	3.214	3.034	2.856	2.844	2.500	0.000

鉄道	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄
北海道	3.262	4.830	13.246	13.553	12.264	12.167	14.467	16.536	41.200
東北	7.221	3.929	3.918	5.712	7.378	7.591	8.072	10.523	35.183
関東	13.020	3.752	2.935	3.539	3.972	5.078	6.395	7.057	31.717
中部	13.470	6.425	3.529	4.204	3.543	3.582	5.061	5.790	30.450
近畿	11.972	6.921	4.070	3.517	4.335	2.774	3.364	4.192	28.867
中国	12.167	6.998	5.127	4.230	2.847	2.747	2.117	2.773	27.433
四国	14.467	10.112	6.772	5.336	3.408	2.265	6.100	5.475	30.133
九州	16.658	9.117	7.127	5.487	4.097	2.981	5.111	4.920	29.583
沖縄	41.317	33.783	31.800	30.150	28.767	27.650	29.783	29.583	0.000

表 交通手段別費用 $p_s^{s^a}$ (単位：万円)

航空	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄
北海道	1.231	1.842	2.441	2.842	3.189	3.543	3.527	3.967	5.365
東北	1.865	0.000	1.790	2.019	2.429	2.772	2.785	3.313	4.232
関東	2.450	1.776	0.000	1.492	1.506	2.197	2.140	2.667	3.532
中部	2.834	2.021	1.492	1.300	0.000	1.883	1.573	1.976	3.300
近畿	3.211	2.424	1.505	0.000	0.000	1.321	1.039	1.606	2.969
中国	3.546	2.783	2.196	1.896	1.332	0.000	0.716	1.778	2.702
四国	3.506	2.785	2.141	1.571	1.043	0.716	0.000	1.472	2.676
九州	3.958	3.265	2.663	1.962	1.605	1.760	1.476	1.247	2.293
沖縄	5.365	4.187	3.525	3.286	2.990	2.711	2.652	2.282	0.000

鉄道	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄
北海道	0.687	0.892	2.402	2.374	2.911	3.056	3.362	3.925	5.132
東北	1.297	1.066	1.200	1.900	2.322	2.601	2.619	3.269	4.476
関東	2.273	1.138	1.041	1.186	1.479	1.934	1.979	2.458	3.666
中部	2.307	2.030	1.197	0.890	0.837	1.429	1.465	1.999	3.206
近畿	2.848	2.280	1.510	0.829	0.962	1.149	0.994	1.630	2.837
中国	3.056	2.553	1.985	1.495	1.179	0.963	0.518	1.135	2.342
四国	3.362	2.745	1.989	1.481	0.999	0.574	1.179	1.488	2.695
九州	3.928	3.131	2.466	1.943	1.638	1.165	1.535	0.815	2.023
沖縄	5.135	4.338	3.673	3.150	2.846	2.372	2.742	2.023	0.000

【参考：S C G Eモデルの計算プロセス】

市場均衡条件を解くには、生産要素のいずれかをニューメレール(基準財)として設定する必要がある。ここでは、ある地域の資本市場をニューメレールとして、資本の賃貸料 w_2^1 を1に固定して計算を行う。計算フローは図のように示される。なお、本調査における価格改定ルールは「せり人の行動」を用いている。

STEP1：賃金率 w_1^s を適当な値に設定する。なお、地域1の資本の賃貸料 $w_2^1 = 1$ に固定し、企業の超過利潤 $p_0^s = 0$ とおく。

STEP2：まず、企業の行動において、式(1-3)より単位生産要素需要量 cf_{ki}^s 、式(1-8)より単位業務交通需要量 $cx_{s'i}^s$ を計算する。

STEP3：求めた単位生産要素需要量 cf_{ki}^s と単位業務交通需要量 $cx_{s'i}^s$ を式(1-11)に代入して、生産財価格 P_i^s を得る。

STEP4：次に、世帯の行動において式(1-27)、(1-28)より、単位あたりのトリップ先での財消費量 $d_{s'i}^s$ および余暇時間消費量 $t_{s'R}^s$ を計算する。

STEP5：STEP4で求めた消費量を式(1-29)に代入し、レクリエーション合成財の価格 $P_{s'R}^s$ を求める。

STEP6：STEP5で求めたレクリエーション合成財の価格 $P_{s'R}^s$ を式(1-25)に代入し、各地域毎のトリップ投入型消費の合成財価格を計算する。

STEP7：STEP6を式(1-14)、(1-15)に代入し、財消費量 d_i^s とトリップ投入型消費財 Z^s を計算する。

STEP8：さらに、式(1-17)より各地域におけるトリップ投入型消費財 $z_{s'}^s$ を計算し、それを式(1-20)、(1-21)に代入してレクリエーション合成財 R_s^s および自由トリップ $x_{s'h}^s$ を求める。

STEP9：式(1-34)、(1-35)が成立すればSTEP10へ。成立しなければ $f_{1D} - f_{1S}$ 、 $f_{2D} - f_{2S}$ の絶対値が減少する方向に w_1^s 、 $w_2^s (s \neq 1)$ を変更してSTEP1へ戻る。(価格改定ルール「せり人の行動(ワルラスの模索過程)」)

STEP10：さらに、交通企業の行動として式(1-32)より、超過利潤 $p_0^{s'}$ を計算し、それが1回前の計算によって求められた超過利潤 p_0^s と等しければ計算終了。等しくなければ $p_0^s = p_0^{s'}$ として、STEP1へ戻る。全ての地域について、条件が満たされれば計算終了。

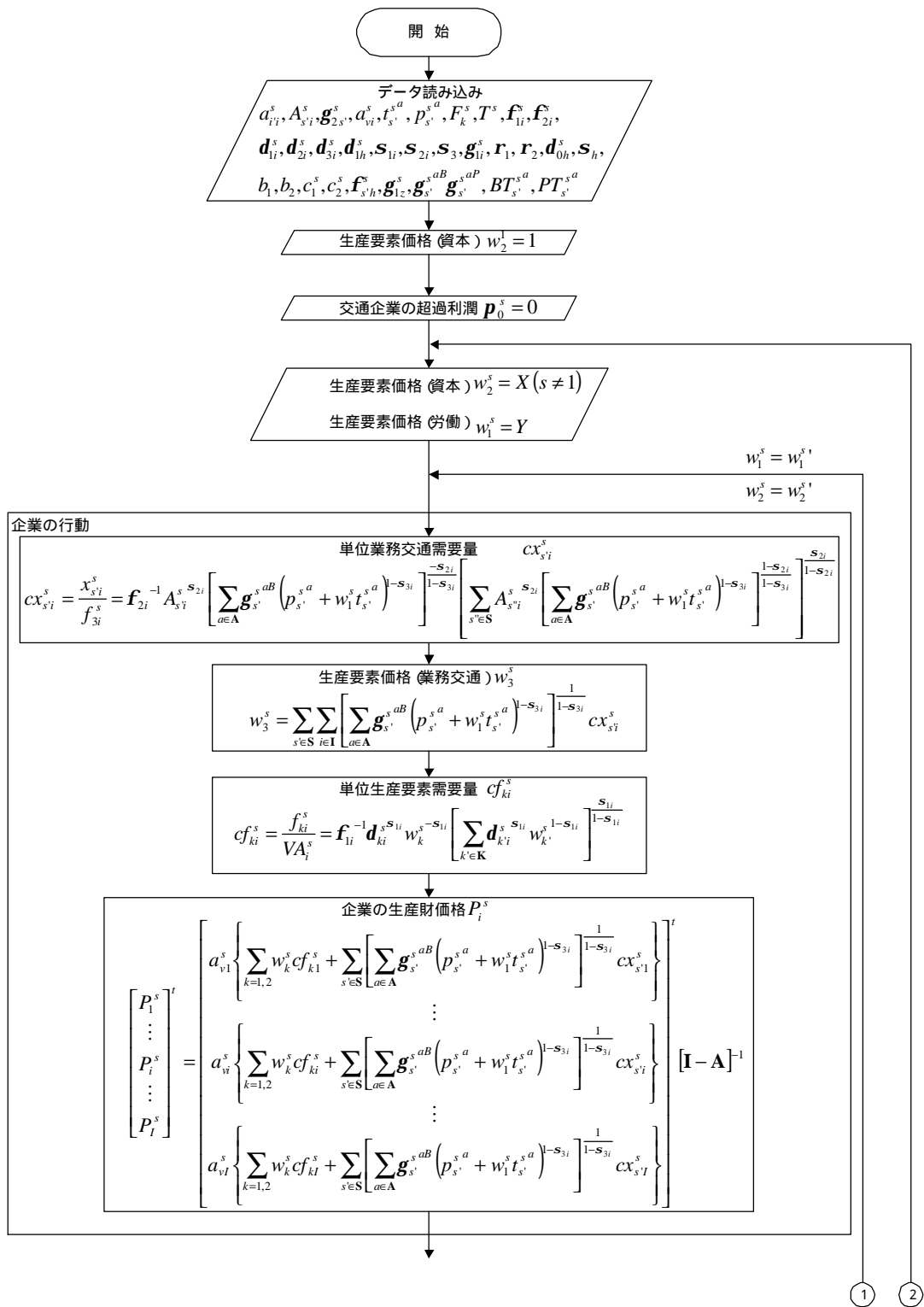


図 SCGE計算フローチャート(その1)

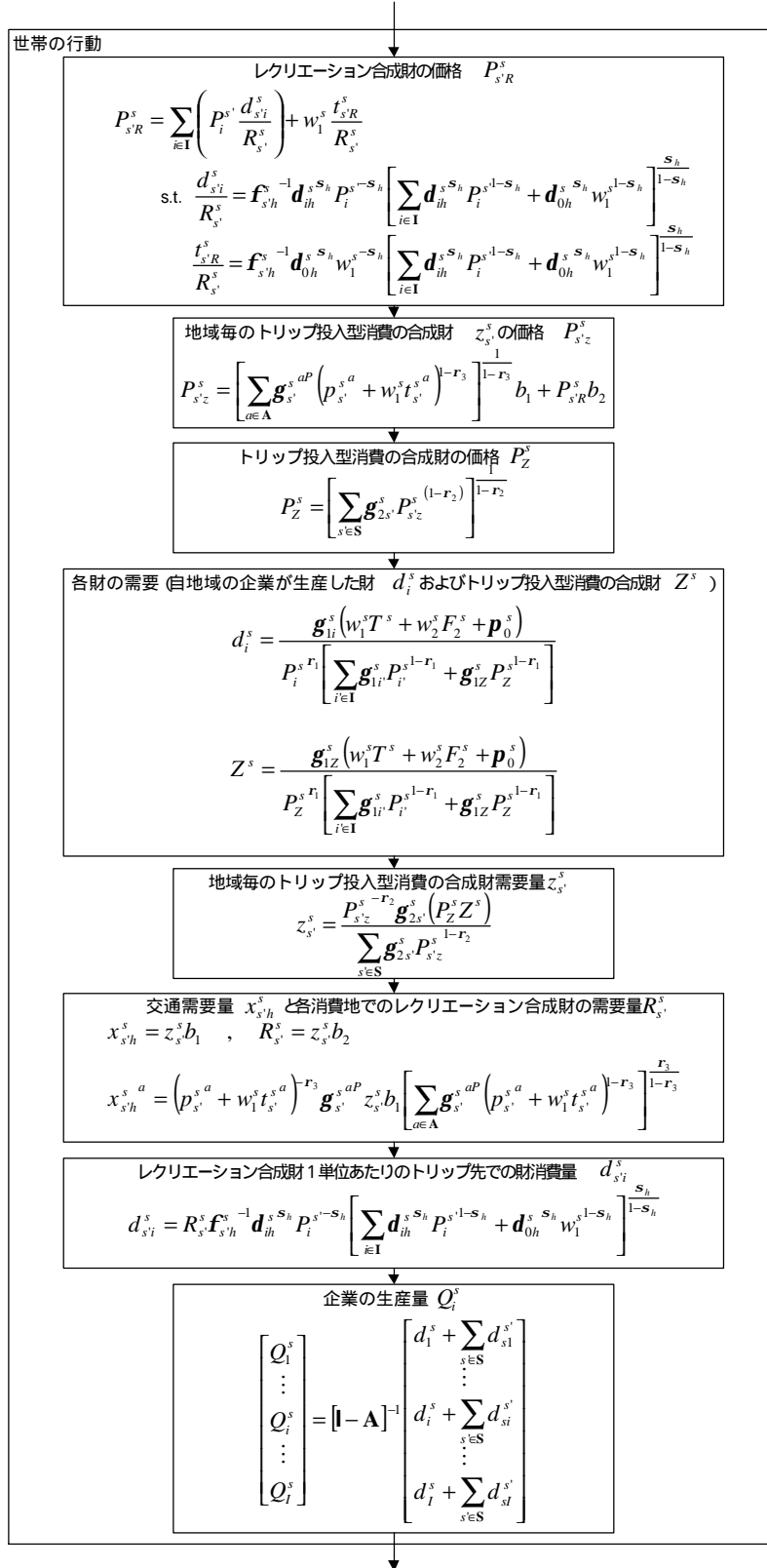


図 SCGE 計算フローチャート (その 2)

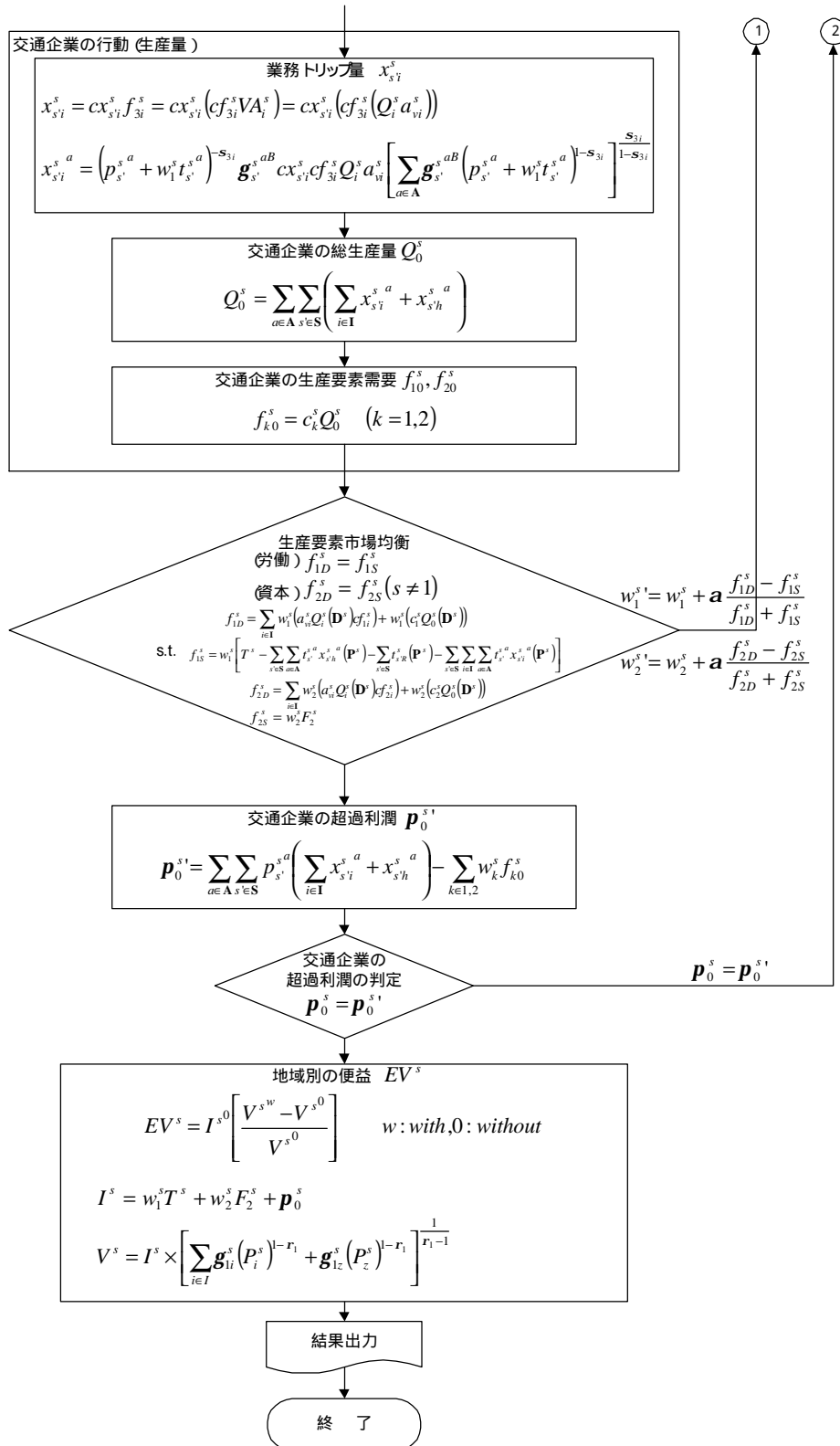


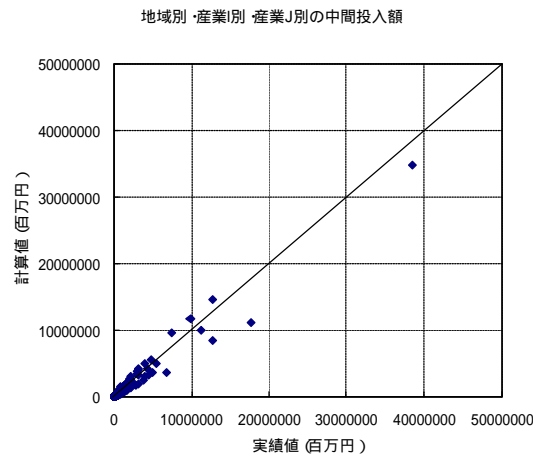
図 SCGE計算フローチャート(その3)

【参考：現況再現性の検証】

設定パラメータおよび外生変数（95年現況値）をモデルに入力して計算を実行し、内生変数の値を計算する。そして、それらの出力結果を産業連関表等の実績データと比較することにより、モデルがどの程度現実の地域経済を記述しているのかを検証する。

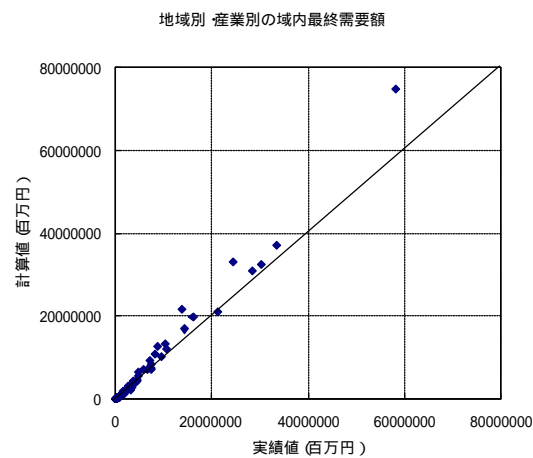
再現性を確認する指標として、地域別・産業別の中間投入額、最終需要額、付加価値額（労働、資本）、総生産額、目的別・交通手段別トリップ数を取り上げ、それぞれについて実績値と再現値の相関関数を計算した。その結果を図に示す。

本調査では実績値と計算値の相関係数は、中間投入額 0.978、地域内の最終需要額 0.993、付加価値（労働）0.967、付加価値（資本）0.988、総生産額 0.971、トリップ数 0.978～0.998 となり、また実績値と再現値のスケールがほぼ一致していることから、基準年における経済状況はある程度表現できているといえる。



(相関係数：0.978、計算値/実績値：0.937、サンプル数：441)

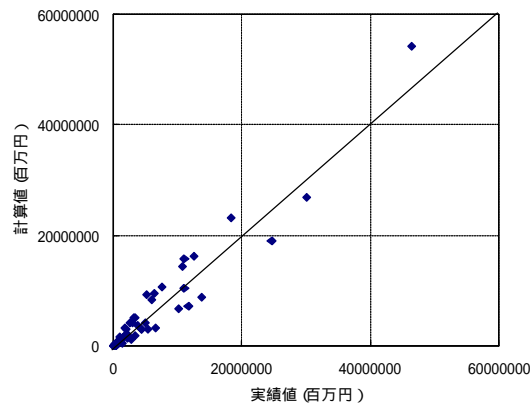
図 地域別・産業別の中間投入額



(相関係数：0.993、計算値/実績値：1.148、サンプル数：63)

図 地域別・産業別の域内最終需要額

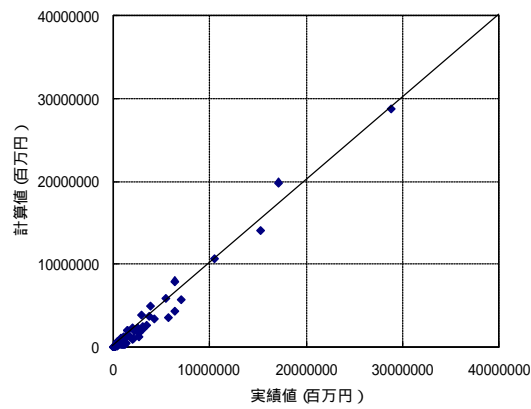
地域別・産業別の付加価値額（労働）



(相関係数 : 0.967、計算値/実績値 : 1.030、サンプル数 : 63)

図 地域別・産業別の付加価値額（労働）

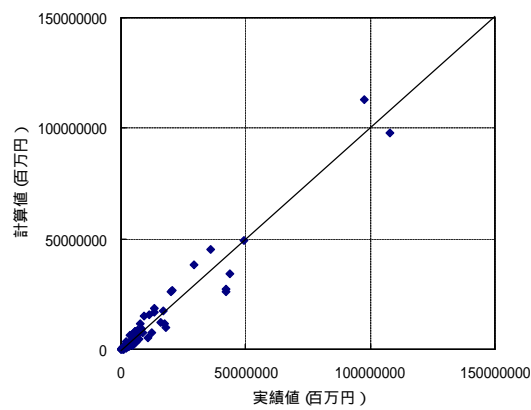
地域別・産業別の付加価値額（資本）



(相関係数 : 0.988、計算値/実績値 : 0.915、サンプル数 : 63)

図 地域別・産業別の付加価値額（資本）

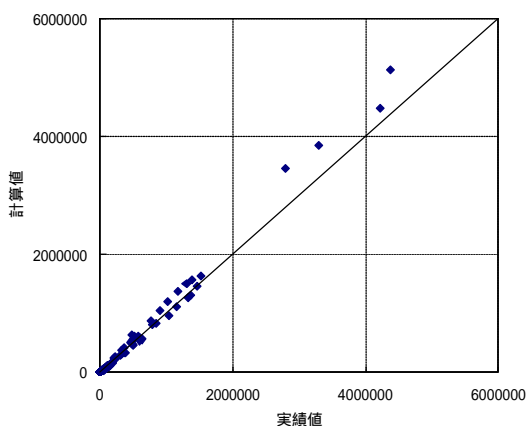
地域別・産業別の総生産額



(相関係数 : 0.971、計算値/実績値 : 0.969、サンプル数 : 63)

図 地域別・産業別の域内総生産額

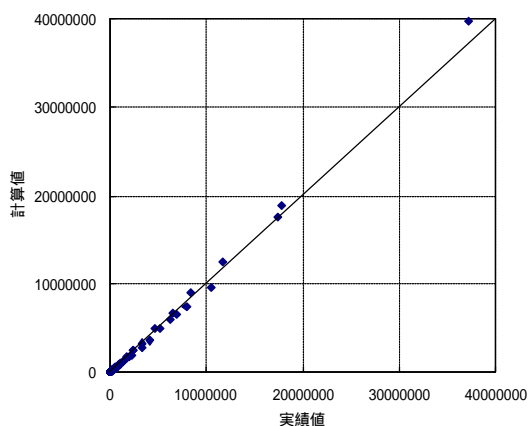
業務トリップ(航空)



(相関係数 : 0.996、計算値/実績値 : 1.082)

図 業務目的トリップ(航空)

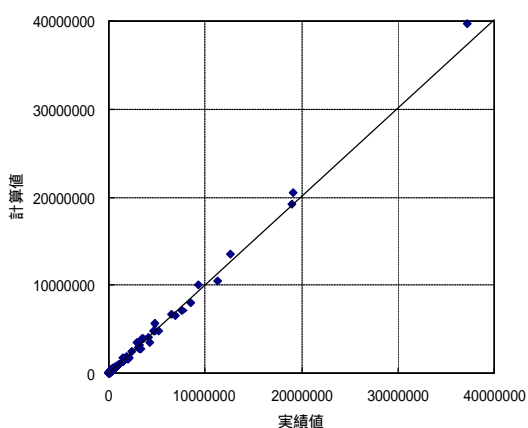
業務トリップ(鉄道)



(相関係数 : 0.999、計算値/実績値 : 0.995)

図 業務目的トリップ(鉄道)

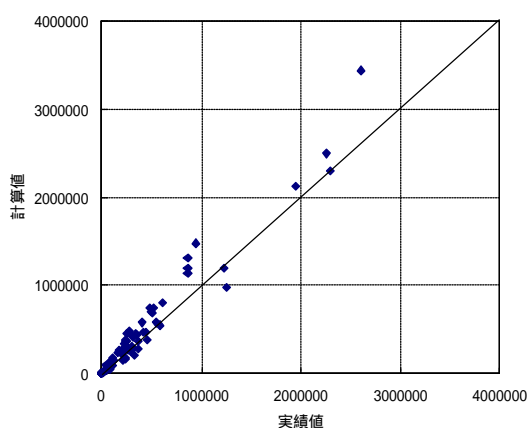
業務トリップ(全手段)



(相関係数 : 0.998、計算値/実績値 : 1.011)

図 業務目的トリップ(全手段)

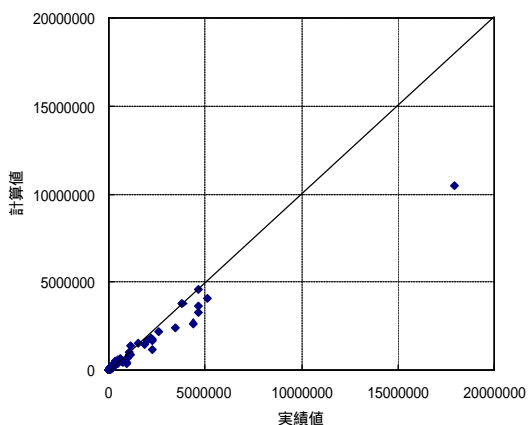
自由トリップ(航空)



(相関係数 : 0.978、計算値/実績値 : 1.185)

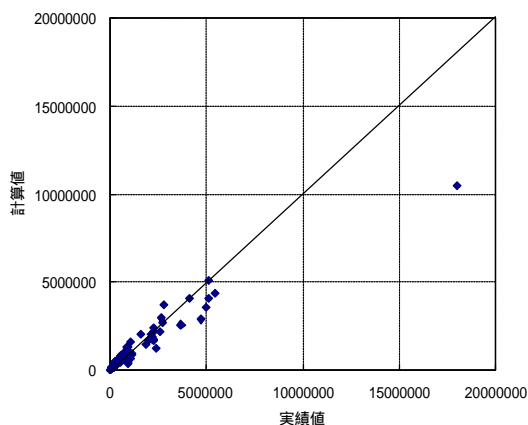
図 自由目的トリップ(航空)

自由トリップ(鉄道)



(相関係数 : 0.979、計算値/実績値 : 0.771)

自由トリップ(全手段)



(相関係数 : 0.962、計算値/実績値 : 0.879)

(付録)

**政策効果の分析システムに関する研究会の
構成**

〔付録〕政策効果の分析システムに関する研究会の構成

(学識経験者)

森杉 壽芳 東北大学 工学部土木学科情報科学研究科教授 (座長)
山内 弘隆 一橋大学 大学院商学研究科教授
屋井 鉄雄 東京工業大学 理工学研究科教授
上田 孝行 東京工業大学 工学部開発システム工学科助教授 (WG座長)
小池 淳司 鳥取大学 工学部社会開発システム工学科助教授
大橋 忠宏 弘前大学 人文学部講師
宅間 文夫 明海大学 不動産学部講師

(行政部門等)

田村雄一郎 国土交通省国土交通政策研究所長
影山 幹雄 " 政策評価官
大島 宏志 " 総合政策局情報管理部行政情報システム室長
奈良平 博史 " 航空局監理部総務課航空企画調査室長
辻岡 明 " " 航空事業課長
佐藤 孝夫 " " 飛行場部計画課地域航空施設計画官
田端 浩 " 鉄道局総務課鉄道企画室長
山口 勝弘 " 国土交通政策研究所総括主任研究官

(モデル作成・分析)

幕 亮二 (株)三菱総合研究所地域政策研究センター主任研究員
蜂谷 和仁 (株)三菱総合研究所社会システム部研究本部交通システム部研究員
堀 健一 (株)三菱総合研究所社会システム部研究本部交通システム部研究員
土谷 和之 (株)三菱総合研究所社会システム部研究本部交通システム部所員

(敬称略)