

ISSN 1346-7328

国総研資料 第690号
平成24年6月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.690

June 2012

航空輸送部門の生産性向上に伴う
経済効果に関する応用一般均衡分析

佐藤清二・波多野匠

Computable General Equilibrium Analysis on Economic Effects brought by
Productivity Improvement of Air Transport Industry

Seiji SATO, Takumi HATANO

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

航空輸送部門の生産性向上に伴う経済効果に関する応用一般均衡分析

佐藤清二*・波多野匠**

要 旨

本研究では、航空・空港政策における政策代替案の評価ツールの1つとして、航空輸送部門に係る仮設のシナリオが日本経済に与える影響を算定できる応用一般均衡モデルを、GAMSという数値計算ソフトウェアを用いて構築した。そして、構築したモデルと日本の2005年の産業連関表をベースに作成した30部門の社会会計表を用いて、航空輸送部門に係る仮設のシナリオによる経済効果を試算した。航空輸送部門の生産性が5%向上するというシナリオの場合、航空輸送サービスの価格が約4%低下するとともに、多方面の経済活動に影響を及ぼし、家計に帰着する便益（等価変分）は年額1,200億円を超えること等が算定できた。

キーワード：航空輸送，空港，経済効果，応用一般均衡モデル

* 前空港研究部長（現横浜市港湾局企画調整部担当部長）

** 空港研究部 国際海事政策分析官

Computable General Equilibrium Analysis on Economic Effects brought by Productivity Improvement of Air Transport Industry

Seiji SATO*
Takumi HATANO**

Synopsis

In this study, a computable general equilibrium model, which is able to estimate an effect on Japanese economy brought by a hypothetical scenario relating to air transport industry, as an evaluating tool for air transport and airport policy alternatives, is constructed using algebraic modeling software GAMS. Using this model and the social accounting matrix of 30 sectors compiled from the Japanese 2005 Input-Output Tables, economic effects brought by hypothetical scenarios relating to air transport industry are estimated. In case of the productivity improvement by 5% of air transport industry, it is estimated that the price of air transport services will decrease by 4%, and this will affect economic activities of many industry sectors, and then the economic benefit to households measured as Equivalent Variant will exceed JPY 120 billion per year.

Key Words: air transport, airport, economic effects, CGE model

* Predecessor Director of Airport Department

** International Maritime Policy Analyst, Airport Department

目 次

1. はじめに	1
2. CGEモデルとGAMSの概要	1
3. 産業連関表の部門統合と社会会計表の作成	2
4. CGEモデルの構築	6
4.1 CGEモデルの枠組みと定式化	6
4.2 キャリブレーションによる係数の推定	8
4.3 経済厚生 の測定	9
4.4 GAMSプログラム	9
5. CGEモデルを用いた経済効果分析	9
5.1 航空輸送部門の生産性向上による経済効果試算	10
5.2 構築したCGEモデルの感応度	10
6. おわりに	13
謝辞	13
参考文献	13
付録	14
付録-A 社会会計表	14
付録-B CGEモデルの連立方程式体系の導出	20
付録-C 係数の推定式の導出	24
付録-D 支出関数の導出	26
付録-E GAMSプログラム（入力ファイル・コア部分）	27

1. はじめに

首都圏空港における発着枠拡大等の空港制約の緩和を契機として、わが国の航空分野は変革期に踏み出した。そして、航空・空港政策の重点は、オープンスカイの推進、格安航空会社（LCC：Low Cost Carrier）参入促進、戦略的空港経営等に移っている¹⁾。

狙う効果は、航空輸送サービスの向上である。即ち、国際定期便の増便を図り、インバウンド客による地域経済の活性化につなげることで、効率的な運航・運営に資する空港機能の向上及び利用料金負担の低減を図り、一旦縮小した航空網の回復・充実による利用者利便の向上を図ること等である。

本研究では、航空・空港政策における政策代替案の評価ツールの1つとして、航空輸送部門に係る仮設のシナリオが日本経済に与える影響を算定できる応用一般均衡（CGE：Computable General Equilibrium）モデル（以下、「CGEモデル」という。）を、GAMS²⁾（General Algebraic Modeling System）という数値計算ソフトウェアを用いて構築した。そして、構築したCGEモデルと日本の2005年の産業連関表をベースに作成した30部門の社会会計表を用いて、航空輸送部門に係る仮設のシナリオによる経済効果を試算した。航空輸送部門の生産性が5%向上するというシナリオの場合、航空輸送サービスの価格が約4%低下するとともに、多方面の経済活動に影響を及ぼし、家計に帰着する便益（等価変分）は年額1,200億円を超えること等が算定できた。

本研究の構成は、まず、第2章でCGEモデルとGAMSの概要をレビューした上で、第3章で産業連関表からCGEモデルに入力する社会会計表を作成する。続いて、第4章ではCGEモデルを構築する。具体的には、CGEモデルの枠組みを設定して定式化を行う。GAMSプログラムは、キャリブレーションにより係数を推定し、均衡解を求め、経済厚生を測定を行えるようコーディングする。第5章では、構築したCGEモデルを用いて仮設のシナリオが経済に与える影響・効果を分析する。仮設のシナリオとしては、航空輸送部門の生産性向上を設定する。そして、このシナリオが経済に与える影響を算定するとともに、構築したCGEモデルの感応度を確認する。

2. CGEモデルとGAMSの概要^{3),4),5),6)}

本章では、CGEモデルと一般均衡理論との関係、CGEモデルの長所・短所、GAMSの概要、GAMSを用いた応用一般均衡分析の手順を整理する。

CGEモデルは、ワルラスが創始者である一般均衡理論を、市場経済における効率的な資源配分など具体的な経済政策の策定や評価に役立てるため、数値解を求めることができるモデルとして案出されたものである。

市場経済では、効率的な資源配分が価格メカニズムを通じて実現される。単純な例として、財の循環と貨幣の循環のイメージを図-1に示す。消費者は、予算制約下で効用最大化を図るべく財市場で財を需要し消費支出を行うとともに、用役市場に労働と資本を供給し賃金と利子を受け取る。一方、生産者は、技術制約下で利潤最大化を図るべく用役市場で労働と資本を需要し生産費支出を行うとともに、財市場に財を供給し収益を上げる。これらの需要量と供給量が均衡するように価格が変化するのである。

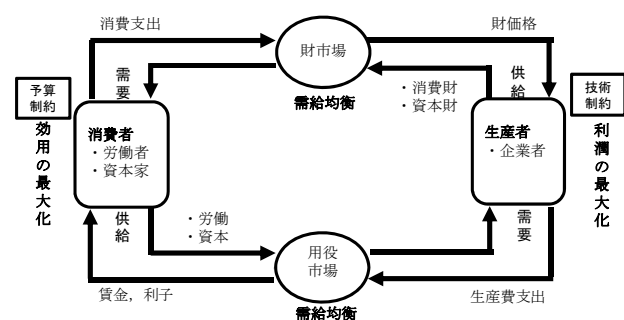


図-1 財の循環と貨幣の循環（イメージ）

CGEモデルには長所と短所が指摘されている。長所は、市場経済における資源配分の効率性を定量的に分析するのに有効であることや、1期分のデータに基づいてモデルを構築することができることである。短所は、基準年の経済活動が均衡的であるかどうか、モデルの外で判断が必要であること、基準年だけに基いて作るため静学モデルとなること、インフレや外国為替政策等、経済の貨幣的側面を扱えないことである。また、CGEモデルには、均衡の現実性、分析の恣意性、作業の労力、理解の困難等の批判もあることから、応用一般均衡分析はこうした点も踏まえて活用する必要がある⁷⁾。

本研究で構築するCGEモデルは、GAMSという数値計算ソフトウェアを使ってコンピュータ上で問題を解く。GAMSは、非線形計画問題（NLP：Non Linear Programming）や混合相補性問題⁸⁾（MCP：Mixed Complementarity Problem）等を解くためのソルバを選択的に利用することができるという特徴がある。本研究では、MCPソルバの一つPATHを使用した。GAMSは開発の初期段階では主に開発途上国の経済分析を行うために世界銀行にて開発

され、現在では GAMS Development Corp.が開発・管理・販売を行っている。同社のウェブサイトには、GAMS 試用版（無料だが変数制約あり。）及び CGE モデルを始めとするプログラムライブラリが公開されている。

GAMS を用いる利点は、例えば FORTRAN と比べ 2 つある。1 つ目は、多次元配列変数の計算において、FORTRAN なら DO ループを何重にも回す必要があるが、GAMS なら方程式を記述するだけでよいこと。2 つ目は、連立方程式体系を解く際、FORTRAN なら独自に複雑な解法アルゴリズムを考えてプログラムする必要があるが、GAMS なら解くべき連立方程式体系を特定さえすればソルバが解いてくれること。これらの利点により、コーディング及びデバッグ作業のミスと労力が激減するとともに、第三者が作成したプログラムでも簡単に解読できる。

また、近年、第三者による再現・検証が可能となるようにプログラムを公開するケースが増えつつあるが、その際 GAMS を用いることにより、情報の送り手（モデル構築者）と受け手の間の情報伝達が比較的容易に実現できる可能性がある。本研究においても GAMS プログラム（入力ファイル）を付録-E に示す。

本研究における応用一般均衡分析の手順は、以下のとおりである。

- ① 仮設のシナリオを表現できるような CGE モデルの定式化
- ② 基準均衡データセットである社会会計表の作成
- ③ GAMS プログラムのコーディングとデータ入力
- ④ GAMS でキャリブレーションによる係数の推定
- ⑤ GAMS で基準均衡の再現を確認
- ⑥ GAMS で仮設のシナリオのシミュレーション
- ⑦ シミュレーション結果の評価

このうち、CGE モデルの基準均衡データセットについては、日本の 2005 年の産業連関表をベースに作成した 30 部門の社会会計表を用いた。また、仮設のシナリオとしては、航空輸送部門の生産性向上を設定した。

3. 産業連関表の部門統合と社会会計表の作成

本章では、本研究の分析に適した産業部門を設定し、産業連関表の部門統合を行った上で、CGE モデルに入力する社会会計表（SAM：Social Accounting Matrix）を作成する。

CGE モデルの基準均衡データセットである社会会計表の産業部門分類として、表-1 の 30 部門を設定した。

産業部門分類の設定は、2005 年の産業連関表統合大分類（34 部門）を基本としつつ、本研究の目的を勘案して運輸部門から同中分類の航空輸送部門及び鉄道輸送部門を分離するとともに、大分類の鉱業部門及び石油・石炭部門を、鉄鋼部門、非鉄金属部門及び金属製品部門を、医療・保険・社会保障・介護部門及びその他の公共サービス部門を、対個人サービス部門、事務用品部門及び分類不明をそれぞれ統合した。部門統合の理由は、産業連関表で負の値があり、これによる GAMS プログラムのエラー発生を避けるためである。そのエラー対策としては、負の値が生じないように部門統合する方法と、プログラムをきめ細やかにコーディングする方法があるが、本研究では、プログラムを極力シンプルに維持したい一方で、部門統合によって本研究の趣旨が損なわれることはないことから、前者の方法を選択した。

社会会計表（30 部門）の作成は、産業連関表統集中分類部門表（2005 年 108 部門）をベースに、まず、産業連関表では外生部門に位置付けている家計外消費支出（福利厚生費、交際費等の企業消費）を内生部門に組み替え、次に、集計行列を用いて 30 部門表を作成し、最後に、この 30 部門表から社会会計表を作成した⁷⁾。これを付録-A の表 A.1 に示す。

以下、部門統合・作成した 2005 年における 30 部門の産業連関表及び社会会計表を概観する。

まず、各産業部門の生産時における航空輸送の投入係数（2005 年）を図-2 に示す。航空輸送の投入係数は、航空輸送自らの投入係数 0.0073 以外では情報通信の 0.0046 が最大で、以下、商業の 0.0040、教育・研究の 0.0025、繊維製品の 0.0019、電子部品の 0.0017、対事業所サービスの 0.0017 等と続いており、幅広い産業部門で航空輸送の中間投入が行われている。

次に、航空輸送部門の生産時における各産業の投入係数（2005 年）を図-3 に示す。航空輸送への投入係数は、その他運輸の 0.3194 が最大で、以下、対事業所サービスの 0.1193、鉱業・石油・石炭製品の 0.1187、輸送機械の 0.0843 が太宗を占めており、上述の航空輸送の投入係数とは対照的に限られた産業部門から投入が行われている。

なお、社会会計表（2005 年）によると、航空輸送部門の生産合計は約 4 兆 2500 億円で、輸入約 1 兆 3900 億円を差し引いた約 2 兆 8700 億円が国内生産額（投入係数の分母）となる。これに対して、その他運輸（統合品目名：その他の航空付帯サービス、空港管理(国公営)、航空施設管理(産業)、航空交通管制等)は約 9200 億円、対事業所サービスは約 3400 億円、鉱業・石油・石炭製品（統合品目名：ジェット燃料油）は約 3400 億円、輸送機械（統

合品目名：飛行機、機体部品、航空機修理等）は約 2400 億円である。国内生産額には、中間投入の他に、資本約 2500 億円、労働約 3800 億円、純間接税約 1400 億円（うち、航空機燃料税約 1000 億円）が含まれている。

社会会計表（2005 年）の需要合計に対する内生部門等の比率を表-2 に示す。内生部門の比率が高い部門は、パルプ・紙・木製品 91%、鉄鋼・非鉄金属・金属製品 89% 等である。家計消費の比率が高い部門は、不動産 87%、対個人サービス・事務用品・分類不明 67% 等である。政府消費の比率が高い部門は、公務 95% 等である。投資の比率が高い部門は、建設 86%、一般機械 45%、精密機器 33% 等である。輸出の比率が高い部門は、電子部品 32%、電気機械 30%、輸送機械 28% 等である。航空輸送部門は、内生部門 33%、家計消費 49%、政府消費 0%、投資 0% 及び外国（輸出）17% である。

続いて、社会会計表（2005 年）の生産合計に対する内生部門等の比率を表-3 に示す。内生部門の比率が高い部門は、輸送機械 77%、化学製品 66% 等である。資本の比率が高い部門は、不動産 77% 等である。労働の比率が高い部門は、教育・研究 60% 等である。純間接税の比率が高い部門は、鉱業・石油・石炭製品 12% 等である。関税等の比率が高い部門は、繊維製品 5%、鉱業・石油・石炭製品 4% 等である。輸入の比率が高い部門は、鉱業・石油・石炭製品 46%、繊維製品 40%、航空輸送 33% 等である。航空輸送部門は、内生部門 49%、資本 6%、労働 9%、間接税 3% 及び輸入 33% である。

また、上記と同様に作成した 2000 年の社会会計表を付録-A の表 A.2 に示す。これは、5.3 節で CGE モデルの感応度を確認する際に使用する。

表-1 本研究における産業部門等の分類

記号	産業部門等の分類	2005年産業連関表統合大分類との対応
S01AFF	農林水産業	01農林水産業
S02MPC	鉱業・石油・石炭製品	02鉱業, 07石油・石炭製品
S03BAF	飲食料品	03飲食料品
S04TEX	繊維製品	04繊維製品
S05PPW	パルプ・紙・木製品	05パルプ・紙・木製品
S06CHE	化学製品	06化学製品
S07CSC	窯業・土石製品	08窯業・土石製品
S08IAS	鉄鋼・非鉄金属・金属製品	09鉄鋼, 10非鉄金属, 11金属製品
S09GEM	一般機械	12一般機械
S10ELM	電気機械	13電気機械
S11ICE	情報・通信機器	14情報・通信機器
S12ELC	電子部品	15電子部品
S13TRE	輸送機械	16輸送機械
S14PRI	精密機械	17精密機械
S15MMP	その他の製造工業製品	18その他の製造工業製品
S16CON	建設	19建設
S17EGH	電力・ガス・熱供給業	20電力・ガス・熱供給業
S18WWD	水道・廃棄物処理	21水道・廃棄物処理
S19COM	商業	22商業
S20FAI	金融・保険	23金融・保険
S21REE	不動産	24不動産
S22RLW	鉄道輸送	中分類078鉄道輸送
S23AIR	航空輸送	中分類082航空輸送
S24OTR	その他運輸	25その他運輸(鉄道輸送・航空輸送以外)
S25IAC	情報通信	26情報通信
S26PUA	公務	27公務
S27EDR	教育・研究	28教育・研究
S28MHS	医・保・社保・介護・他公サ	29医療・保険・社会保障・介護, 30その他の公共サービス
S29BUS	対事業所サービス	31対事業所サービス
S30PES	対個人サ・事務用品・不明	32対個人サービス, 33事務用品, 34分類不明
CAP	資本	営業余剰, 資本減耗引当
LAB	労働	雇用者所得
IDT	純間接税	間接税(除関税・輸入品商品税), (控除)経常補助金
TRF	関税等	(控除)関税, (控除)輸入品商品税
TRF	家計消費	民間消費支出
HOH	政府消費	一般政府消費支出
GOV	投資	国内総固定資本形成(公的, 民間), 在庫純増
INV	外国(列:輸出)	輸出計
EXT	外国(行:輸入)	(控除)輸入計

備考: 左列の記号は、後述のGAMSプログラムで産業部門等のインデックスとして利用。

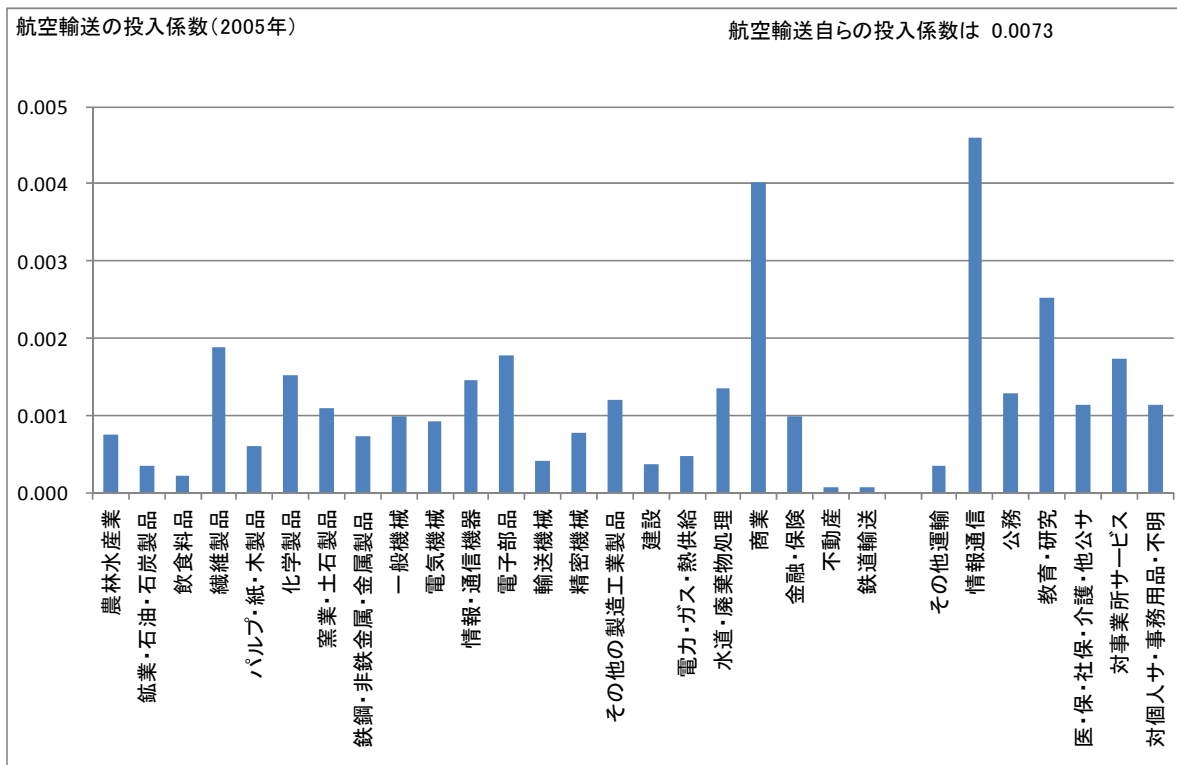


図-2 航空輸送の投入係数 (2005年)

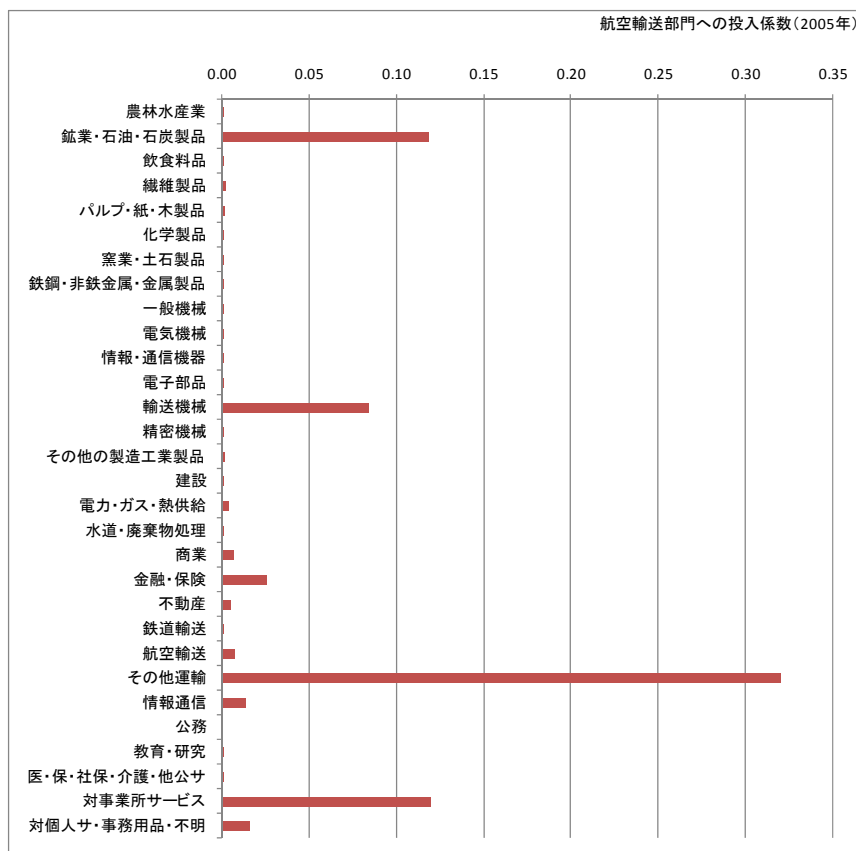


図-3 航空輸送部門への投入係数 (2005年)

表-2 需要合計に対する主要項目の比率（2005年）

	内生部門		家計消費	政府消費	投資	外国 (輸出)
	うち自部門	うち他部門				
農林水産業	71%	11%	23%	0%	6%	0%
鉱業・石油・石炭製品	82%	30%	16%	0%	-1%	3%
飲食料品	33%	13%	20%	65%	1%	1%
繊維製品	43%	14%	29%	47%	0%	7%
パルプ・紙・木製品	91%	23%	68%	3%	0%	2%
化学製品	76%	29%	47%	8%	0%	15%
窯業・土石製品	87%	7%	79%	3%	0%	10%
鉄鋼・非鉄金属・金属製品	89%	42%	47%	1%	0%	9%
一般機械	29%	19%	10%	0%	45%	26%
電気機械	31%	9%	22%	15%	0%	30%
情報・通信機器	16%	2%	13%	24%	0%	33%
電子部品	67%	25%	42%	1%	0%	32%
輸送機械	50%	44%	6%	10%	0%	28%
精密機械	20%	1%	19%	17%	0%	35%
その他の製造工業製品	75%	15%	60%	11%	0%	9%
建設	14%	0%	14%	0%	86%	0%
電力・ガス・熱供給業	68%	4%	65%	32%	0%	0%
水道・廃棄物処理	67%	6%	61%	26%	8%	0%
商業	36%	2%	34%	44%	0%	8%
金融・保険	70%	11%	59%	28%	0%	2%
不動産	12%	1%	12%	87%	0%	0%
鉄道輸送	37%	0%	37%	61%	0%	1%
航空輸送	33%	0%	33%	49%	0%	17%
その他運輸	67%	11%	56%	20%	0%	11%
情報通信	58%	10%	47%	24%	0%	18%
公務	3%	0%	3%	2%	95%	0%
教育・研究	33%	0%	33%	21%	45%	0%
医・保・社保・介護・他公サ	5%	2%	3%	29%	66%	0%
対事業所サービス	88%	9%	78%	7%	0%	1%
対個人サ・事務用品・不明	31%	3%	29%	67%	0%	2%
30部門計	46%	—	—	27%	9%	11%

表-3 生産合計に対する主要項目の比率（2005年）

	内生部門	生産要素		純間接税	関税等	外国 (輸入)
		(資本)	(労働)			
農林水産業	41%	33%	9%	3%	1.0%	14%
鉱業・石油・石炭製品	35%	1%	1%	12%	4.0%	46%
飲食料品	54%	12%	11%	8%	2.5%	11%
繊維製品	37%	3%	13%	2%	4.9%	40%
パルプ・紙・木製品	58%	10%	16%	3%	0.8%	13%
化学製品	66%	11%	9%	2%	0.7%	12%
窯業・土石製品	54%	15%	20%	4%	0.4%	7%
鉄鋼・非鉄金属・金属製品	66%	9%	14%	3%	0.4%	8%
一般機械	61%	9%	20%	2%	0.4%	8%
電気機械	61%	7%	17%	1%	0.7%	13%
情報・通信機器	56%	5%	10%	1%	1.4%	27%
電子部品	61%	5%	14%	1%	0.9%	18%
輸送機械	77%	5%	12%	1%	0.2%	5%
精密機械	45%	7%	18%	2%	1.3%	27%
その他の製造工業製品	55%	9%	21%	3%	0.9%	11%
建設	55%	6%	35%	3%	0.0%	0%
電力・ガス・熱供給業	58%	25%	11%	6%	0.0%	0%
水道・廃棄物処理	41%	25%	32%	3%	0.0%	0%
商業	34%	23%	39%	3%	0.0%	1%
金融・保険	38%	31%	28%	2%	0.0%	1%
不動産	15%	77%	3%	5%	0.0%	0%
鉄道輸送	38%	32%	23%	5%	0.0%	3%
航空輸送	49%	6%	9%	3%	0.0%	33%
その他運輸	52%	10%	30%	4%	0.0%	5%
情報通信	45%	23%	27%	3%	0.0%	2%
公務	28%	30%	42%	0%	0.0%	0%
教育・研究	26%	12%	60%	1%	0.0%	2%
医・保・社保・介護・他公サ	41%	11%	48%	0%	0.0%	0%
対事業所サービス	42%	22%	32%	3%	0.0%	2%
対個人サ・事務用品・不明	48%	17%	24%	5%	0.0%	6%
30部門計	46%	19%	25%	3%	0.5%	6%

4. CGE モデルの構築

本章では CGE モデルを構築する。具体的には、CGE モデルの枠組みを設定して定式化を行う。また、GAMS プログラムは、キャリブレーションにより係数を推定し、均衡解を求め、経済厚生を測定を行えるようコーディングする。

なお、本章で構築する CGE モデルは、細江ら^{3),4)}による「現実的な応用一般均衡モデル (stdcge)」をベースに、航空・空港政策シミュレーションのための CGE モデルとして必要最小限の加筆修正を行ったものである。

4.1 CGE モデルの枠組みと定式化

(1)モデルの枠組みと構造

モデルの枠組みを以下のように設定する。

- 日本国経済を 1 つの地域経済と見なす。
- 30 の消費財，2 つの生産要素（資本，労働）が存在する。
- 経済主体は 1 つの家計，30 の企業（各消費財に 1 つ），1 つの政府から構成される。
- 市場は完全競争的であり，経済主体は価格受容者である。
- 家計は，保有する全ての生産要素を企業に提供し，対価として所得を受け取り，自らの効用を最大化するべく消費財を購入する。
- 企業は，中間投入財と，家計が提供する生産要素を投入し，利潤を最大化するべく財を生産する。
- 社会は長期的均衡状態にあり，財や生産要素の需要量と供給量が一致し，かつ，供給者価格と需用者価格が一致する。
- 政府は，一定の税率（従価）で，直接税，生産税，輸入関税を徴収し，税金を政府貯蓄以外は全て政府消費に充てる。
- 貯蓄と投資が行われる。民間貯蓄と政府貯蓄は平均貯蓄性向に従う。
- 国際貿易が行われる開放経済である。その際，小国の仮定（輸出財と輸入財の外貨建て価格は一定。）及びアーミントンの仮定（輸入財と国内財は不完全代替。）を置く。

モデルの構造を図-4 に示す。効用関数はコブ＝ダグラス型，合成財生産関数は CES 型（Constant Elasticity of Substitution），国内生産変形関数は CET 型（Constant

Elasticity of Transformation），国内生産関数はレオンティエフ型，合成生産要素生産関数はコブ＝ダグラス型で表されるものとする。なお，これらの関数と代替の弾力性については西村⁹⁾が詳しい。

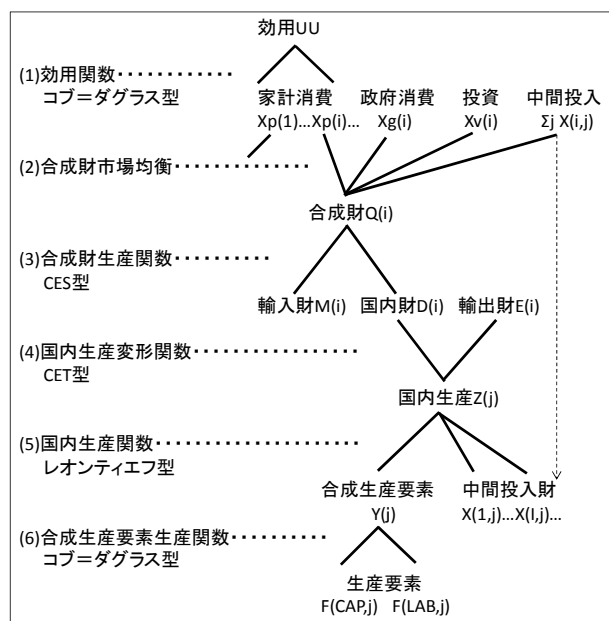


図-4 本研究における CGE モデルの構造

(2)モデルの定式化

モデルの全容は，24 組 1,476 本（ $=2 \times 30 + 30 \times 30 + 17 \times 30 + 4 + 2$ ）の方程式と同数の内生変数からなる連立方程式体系となる。ただし，これは価格に関しゼロ次同次であり，ワルラス法則は常に成り立っているので，方程式のうち 1 本は冗長である。そこで，財や生産要素のうち 1 つをニユメレール（基準財）に選び価格を固定すると，他は相対価格として表現される。本研究では，労働 1 単位 100 万円をニユメレールに設定している。連立方程式体系の導出を付録-B に示す。

①国内生産

$$Y_j = b_j \prod_h F_{h,j}^{\beta_{h,j}} \quad \forall j \quad \dots \text{式 1}$$

$$F_{h,j} = \frac{\beta_{h,j}}{p_h^f} p_j^y Y_j \quad \forall h,j \quad \dots \text{式 2}$$

$$X_{i,j} = \alpha x_{i,j} Z_j \quad \forall i,j \quad \dots \text{式 3}$$

$$Y_j = a y_j Z_j \quad \forall j \quad \dots \text{式 4}$$

$$p_j^z = a y_j p_j^y + \sum_i \alpha x_{i,j} p_i^q \quad \forall j \quad \dots \text{式 5}$$

②政府行動

$$T^d = \tau^d \sum_h p_h^f FF_h \quad \dots \text{式 6}$$

$$T_j^z = \tau_j^z p_j^z Z_j \quad \forall j \quad \dots \text{式 7}$$

$$T_j^m = \tau_i^m p_i^m M_i \quad \forall i \quad \dots \text{式 8}$$

$$X_i^g = \frac{\mu_i}{p_i^q} \left(T^d + \sum_j T_j^z + \sum_j T_j^m - S^g \right) \quad \forall i \quad \dots \text{式 9}$$

③投資と貯蓄

$$X_i^v = \frac{\lambda_i}{p_i^q} (S^p + S^g + \varepsilon S^f) \quad \forall i \quad \dots \text{式 10}$$

$$S^p = ss^p \sum_h p_h^f FF_h \quad \dots \text{式 11}$$

$$S^g = ss^g \left(T^d + \sum_j T_j^z + \sum_j T_j^m \right) \quad \dots \text{式 12}$$

④家計行動

$$X_i^p = \frac{\alpha_i}{p_i^q} \left(\sum_h p_h^f FF_h - S^p - T^d \right) \quad \forall i \quad \dots \text{式 13}$$

⑤輸出財・輸入財価格と国際収支制約

$$p_i^e = \varepsilon p_i^{We} \quad \forall i \quad \dots \text{式 14}$$

$$p_i^m = \varepsilon p_i^{Wm} \quad \forall i \quad \dots \text{式 15}$$

$$\sum_i p_i^{We} E_i + S^f = \sum_i p_i^{Wm} M_i \quad \dots \text{式 16}$$

⑥輸入財と国内財の間の代替（アーミントンの合成財）

$$Q_i = \gamma_i (\delta m_i M_i^{\eta_i} + \delta d_i D_i^{\eta_i})^{\frac{1}{1-\eta_i}} \quad \forall i \quad \dots \text{式 17}$$

$$M_i = \left(\frac{\gamma_i^{\eta_i} \delta m_i p_i^q}{(1 + \tau_i^m) p_i^m} \right)^{\frac{1}{1-\eta_i}} Q_i \quad \forall i \quad \dots \text{式 18}$$

$$D_i = \left(\frac{\gamma_i^{\eta_i} \delta d_i p_i^q}{p_i^d} \right)^{\frac{1}{1-\eta_i}} Q_i \quad \forall i \quad \dots \text{式 19}$$

⑦輸出財と国内財の変形

$$Z_i = \theta_i (\xi e_i E_i^{\phi_i} + \xi d_i D_i^{\phi_i})^{\frac{1}{1-\phi_i}} \quad \forall i \quad \dots \text{式 20}$$

$$E_i = \left(\frac{\theta_i^{\phi_i} \xi e_i (1 + \tau_i^z) p_i^z}{p_i^e} \right)^{\frac{1}{1-\phi_i}} Z_i \quad \forall i \quad \dots \text{式 21}$$

$$D_i = \left(\frac{\theta_i^{\phi_i} \xi d_i (1 + \tau_i^z) p_i^z}{p_i^d} \right)^{\frac{1}{1-\phi_i}} Z_i \quad \forall i \quad \dots \text{式 22}$$

⑧市場均衡条件

$$Q_i = X_i^p + X_i^g + X_i^v + \sum_j X_{i,j} \quad \forall i \quad \dots \text{式 23}$$

$$\sum_j F_{h,j} = FF_h \quad \forall h \quad \dots \text{式 24}$$

⑨内生変数：24組 1,476個

Y_j ：第 j 企業により第 1 段階で生産され第 2 段階に投入される合成生産要素の量

$F_{h,j}$ ：第 j 企業により第 1 段階で投入される第 h 生産要素の量

$X_{i,j}$ ：第 j 企業により用いられる第 i 中間投入財の量

Z_j ：第 j 企業の国内生産の量

X_i^p ：家計の第 i 財の消費量

X_i^g ：政府の第 i 財の消費量

X_i^v ：第 i 財に対する投資需要量

E_i ：第 i 輸出財の量

M_i ：第 i 輸入財の量

Q_i ：第 i 合成財の量

D_i ：第 i 国内財の量

p_h^f ：第 h 生産要素の価格

p_j^y ：第 j 合成生産要素の価格

p_j^z ：第 j 国内生産の価格

p_i^q ：第 i 合成財の価格

p_i^e ：第 i 輸出財の内貨建て価格

p_i^m ：第 i 輸入財の内貨建て価格

p_i^d ：第 i 国内財の価格

ε ：為替レート（内貨／外貨）

S^p ：民間貯蓄額

S^g ：政府貯蓄額

T^d ：直接税収額

T_j^z ：第 j 部門の生産に対する生産税収額

T_i^m ：第 i 財輸入から得られた輸入関税収額

⑩外生変数

- FF_h : 第 h 生産要素の家計における初期賦存量
 S^f : 外貨建て経常収支赤字 (外国貯蓄額)
 p_i^{We} : 第 i 輸出財の外貨建て価格
 p_i^{Wm} : 第 i 輸入財の外貨建て価格
 τ^d : 直接税率
 τ_j^z : 第 j 部門国内生産における生産税率
 τ_i^m : 第 i 財輸入に対する輸入関税率

⑪係数

- α_i : 効用関数の支出割合係数 (0 ≤ α_i ≤ 1, ∑_i α_i = 1)
 μ_i : 政府消費総額に占める第 i 財の割合
 (0 ≤ μ_i ≤ 1, ∑_i μ_i = 1)
 ax_{ij} : 第 j 財 1 単位作るために必要な第 i 中間投入財の量を表す投入係数
 ay_j : 第 j 財 1 単位作るために必要な第 j 合成生産要素の量を表す投入係数
 β_{h,j} : 生産関数の投入割合係数
 (0 ≤ β_{h,j} ≤ 1, ∑_h β_{h,j} = 1)
 b_j : 生産関数の規模係数
 λ_i : 投資総額に占める第 i 財の割合
 (0 ≤ λ_i ≤ 1, ∑_i λ_i = 1)
 ss^p : 家計の平均貯蓄性向
 ss^g : 政府の平均貯蓄性向
 γ_i : 第 i 合成財生産関数の規模係数
 δm_i, δd_i : 第 i 合成財生産関数の投入割合係数 :
 δm_i + δd_i = 1, δm_i, δd_i ≥ 0
 η_i : 代替の弾力性に関する係数 : η_i = $\frac{(\sigma_i - 1)}{\sigma_i}$, η_i ≤ 1
 σ_i : 第 i 合成財生産関数の代替の弾力性 :

$$\sigma_i \equiv - \frac{\frac{d(M_i/D_i)}{M_i/D_i}}{\frac{d(p_i^m/p_i^d)}{p_i^m/p_i^d}} \quad \text{本研究では 2 と仮定.}$$

- θ_i : 第 i 変形関数の規模係数
 ξe_i, ξd_i : (グザイ) 第 i 変形関数の産出割合係数 :
 ξe_i + ξd_i = 1, ξe_i, ξd_i ≥ 0
 φ_i : 変形の弾力性に関する係数 : φ_i = $\frac{(\psi_i + 1)}{\psi_i}$, ψ_i ≤ 1
 ψ_i : (プサイ) 第 i 変形関数の変形の弾力性 :

$$\psi_i \equiv - \frac{\frac{d(E_i/D_i)}{E_i/D_i}}{\frac{d(p_i^e/p_i^d)}{p_i^e/p_i^d}} \quad \text{本研究では 2 と仮定.}$$

4.2 キャリブレーションによる係数の推定

CGE モデルの係数を推定するにはキャリブレーション (calibration) という方法を用いる。これはモデルの基準均衡データセットである社会会計表を再現するようにモデル中の係数を推定する方法である。通常、CGE モデルの連立方程式体系を解くとは、既知の外生変数及び係数を入力し内生変数を未知数として求めることであるが、キャリブレーションでは逆に、基準均衡時の内生変数が既知であるため、この既知の内生変数及び外生変数を入力し推定すべき係数を未知数として求める作業となる。また、この推定方法は、モデル中の係数の妥当性を統計的に検証することを放棄するという短所を持つ一方で、社会会計表に示されるただ 1 期分の基準均衡解だけで推定を行うことができるという長所を持つ。

基準均衡時の内生変数の値 (数量と価格) を特定するには、金額表示の社会会計表の値を数量と価格に分割する必要がある。このため、本研究では、すべての財や生産要素について、基準均衡時に 100 万円で買える分量 (税抜き価格) を 1 数量単位とする。これにより、金額表示である社会会計表の値を、数量表示の値としても扱うことができる。また、これと整合的になるように、輸出財の外貨建て価格 p_i^{We} 及び輸入財の外貨建て価格 p_i^{Wm} も 1 に設定する。

係数の推定式は、次のとおりである。なお、係数の推定式の導出を付録-C に示す。

$$\alpha_i = \frac{p_i^{q0} X_i^{p0}}{\sum_j p_j^{q0} X_j^{p0}} \quad \forall i \quad \dots \text{式 25}$$

$$\beta_{h,j} = \frac{p_h^{f0} F_{h,j}^0}{p_j^{y0} Y_j^0} = \frac{p_h^{f0} F_{h,j}^0}{\sum_k p_k^{f0} F_{k,j}^0} \quad \forall j \quad \dots \text{式 26}$$

$$b_j = \frac{Y_j^0}{\prod_h F_{h,j}^0 \beta_{h,j}} \quad \forall j \quad \dots \text{式 27}$$

$$ax_{i,j} = \frac{X_{i,j}^0}{Z_j^0} \quad \forall i, j \quad \dots \text{式 28}$$

$$ay_j = \frac{Y_j^0}{Z_j^0} \quad \forall j \quad \dots \text{式 29}$$

$$\mu_i = \frac{p_i^{q0} X_i^{g0}}{\sum_j p_j^{q0} X_j^{g0}} \quad \forall i \quad \dots \text{式 30}$$

$$\lambda_i = \frac{p_i^{q0} X_i^{v0}}{(Sp^0 + Sg^0 + \varepsilon^0 S^f0)} \quad \forall i \quad \dots \text{式 31}$$

$$\delta m_i = \frac{(1 + \tau_i^{m0}) p_i^{m0} M_i^{0(1-\eta_i)}}{(1 + \tau_i^{m0}) p_i^{m0} M_i^{0(1-\eta_i)} + p_i^{d0} D_i^{0(1-\eta_i)}} \quad \forall i \quad \dots \text{式 32}$$

$$\delta d_i = \frac{p_i^{d0} D_i^{0(1-\eta_i)}}{(1 + \tau_i^{m0}) p_i^{m0} M_i^{0(1-\eta_i)} + p_i^{d0} D_i^{0(1-\eta_i)}} \quad \forall i \quad \dots \text{式 33}$$

$$\gamma_i = \frac{Q_i^0}{(\delta m_i M_i^{0\eta_i} + \delta d_i D_i^{0\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}}} \quad \forall i \quad \dots \text{式 34}$$

$$\xi e_i = \frac{p_i^{e0} E_i^{0(1-\phi_i)}}{p_i^{e0} E_i^{0(1-\phi_i)} + p_i^{d0} D_i^{0(1-\phi_i)}} \quad \forall i \quad \dots \text{式 35}$$

$$\xi d_i = \frac{p_i^{d0} D_i^{0(1-\phi_i)}}{p_i^{e0} E_i^{0(1-\phi_i)} + p_i^{d0} D_i^{0(1-\phi_i)}} \quad \forall i \quad \dots \text{式 36}$$

$$\theta_i = \frac{Z_i^0}{(\xi e_i E_i^{0\phi_i} + \xi d_i D_i^{0\phi_i})^{\frac{1}{\phi_i}}} \quad \forall i \quad \dots \text{式 37}$$

$$ss^p = \frac{Sp^0}{\sum_h p_h^{f0} FF_h} \quad \dots \text{式 38}$$

$$ss^g = \frac{Sg^0}{T^{d0} + \sum_j T_j^{z0} + \sum_j T_j^{m0}} \quad \dots \text{式 39}$$

$$\tau^d = \frac{T^{d0}}{\sum_h p_h^{f0} FF_h} \quad \dots \text{式 40}$$

4.3 経済厚生の変化の測定

仮設のシナリオによる社会全体の経済厚生の変化を、等価変分 (Equivalent Variation) で計測する。

$$EV \equiv ep(p^{q0}, UU^1) - ep(p^{q0}, UU^0) \quad \dots \text{式 41}$$

$$ep(p^q, UU) \equiv \min_{X^p} \{p^q \cdot X^p | UU(X^p)\} \quad \dots \text{式 42}$$

ここで、

$ep(p^q, UU)$: 支出関数

X^p : 財の消費ベクトル

p^q : 財の価格ベクトル

UU : 効用水準 (外生)

$UU(X^p)$: 効用関数

なお、経済厚生の評価尺度として家計の効用水準を基本に置くが、効用には序数的な性質しかないことから、本研究では、効用水準を金額換算するために支出関数を導入する。ここで、支出関数とは、効用水準を達成する最小の支出額を与える関数である。これにより、仮想均

衡と基準均衡との間の経済厚生の変化を、金額換算された効用水準の変化として定義することができる。なお、仮想均衡と基準均衡では均衡価格が異なり、支出額を単純に比較することはできないことから、基準均衡時の価格で評価することとし、価格の変化が効用水準に与える影響を取り除く。効用水準の変化は代替効果と所得効果に分解できるが、等価変分はこのうち所得効果の部分の測るものである。

本研究では、4.1 節において、効用関数をコブ=ダグラス型に特定しているため、支出関数は効用水準 UU を外生として、支出最小化問題の最適解として得られる。支出関数の導出を付録-D に示す。

$$ep = \frac{UU}{\prod_i \left(\frac{\alpha_i}{p_i}\right)^{\alpha_i}} \quad \dots \text{式 43}$$

4.4 GAMS プログラム

前節までの、CGE モデルの枠組みと定式化、キャリブレーションによる係数の推定、経済厚生の変化の測定について、GAMS プログラム (入力ファイル) にコーディングした。これは、細江ら^{3),4)}による「現実的な応用一般均衡モデル (stdcge)」をベースに、航空・空港政策シミュレーションのための CGE モデルとして必要最小限の加筆修正を行ったものである。これを付録-E に示す。

5. CGE モデルを用いた経済効果分析

本章では、構築した CGE モデルを用いて仮設のシナリオが経済に与える影響・効果を分析する。仮設のシナリオとしては、航空輸送部門の生産性向上を設定する。そして、このシナリオが経済に与える影響を算定するとともに、構築した CGE モデルの感応度を確認する。

なお、石倉¹⁰⁾は、空港容量の拡大がわが国の航空輸送サービス産業の生産効率性に寄与してきた効果を、全要素生産性アプローチにより推定し、CGE モデルとの結合により、その国民経済的効果についても推定する手法を提案している。これによると、1985 年から 2001 年までの羽田空港の発着容量拡大による航空輸送部門の全要素生産性の増加は約 4.5% と算出し、また、同空港で四本目の滑走路が整備され総スロット数が 40.7 万回に増加した状況を想定すると全要素生産性はさらに 5.6% 向上すると推計している。この全要素生産性の向上を、CGE モデルにおける航空輸送部門生産関数の生産技術パラメ

タの変化として扱い、経済効果を分析している。

本研究で構築した CGE モデルは、航空輸送部門に係る様々な仮設のシナリオが日本経済に与える影響を評価するための基本モデルとして構築したものであり、石倉¹⁰⁾の CGE モデルと比較して、政府や投資と貯蓄の取り扱い、海外部門の閉じ方等、枠組みと構造において違いがある。また、本研究では、日本の 2005 年の産業連関表をベースに作成した 30 部門の社会会計表を用いた点、及び、第三者による再現・検証が可能とさせるとともに航空輸送分野における一般均衡分析の普及を図る狙いから、GAMS を用いて構築し、そのプログラムを公開している点に特徴がある。

なお、経済効果試算がエラーなく正しく行われていることを、次の方法により確認した。

- モデルがスクエアになっていること（内生変数と式の数が一致）を確認。
- GAMS の実行結果において、文法その他のエラーの発生がないことを確認。また、SOLVER STATUS が Normal Completion（正常終了）、MODEL STATUS が Optimal（最適解）であることを確認。
- GAMS の実行結果から、基準均衡時と仮想均衡時の社会会計表を作成し、ワルラス法則が成立しており、行の合計と対応する列の合計が一致していることを確認（付録 A の表-A.3 参照）。

5.1 航空輸送部門の生産性向上による経済効果試算

本節では、航空輸送部門の生産性向上による経済効果を試算する。

仮設のシナリオを、航空輸送部門の生産性が 5% 向上すると設定する。これは、前述の石倉¹⁰⁾が算出した 1985 年から 2001 年までの羽田空港の発着容量拡大による航空輸送部門の全要素生産性の向上、及び、同空港で四本目の滑走路が整備され総スロット数が増加した場合の全要素生産性の向上と概ね同水準である。

本研究における CGE モデルでは、航空輸送部門の生産性 5% 向上を、レオンティエフ型の国内生産関数において、キャリブレーションで推定した中間投入財の投入係数 ax_{ij} 及び合成生産要素の投入係数 ay_j のそれぞれ逆数が 5% 向上するものとして扱う。

社会会計表（2005 年）を用いて試算した結果は表-4 のケース 1 及び図-5 のとおりである。これによると、航空輸送部門の生産性が 5% 向上すると、航空輸送サービスの価格が約 4% 低下するほか幅広い産業部門で価格の低

下が見られるなど、多方面の経済活動に影響を及ぼし、家計に帰着する便益（等価変分）は年額 1,200 億円を超えること等が示された。

なお、図-5 において輸送機械部門の価格が上昇している理由は、図-3 のとおり輸送機械部門の航空輸送部門への投入係数が大きいいため、航空輸送部門の生産性向上が中間投入の節約に作用する一方、表-2 のとおり輸送機械の中間投入需要の大半は自部門の需要であり、他部門からの波及効果を得られにくいことが一因と考えられる。

また、GDP と国内生産額の変化の要因分解を表-5 に示す。GDP は三面等価の原則により「GDP = 家計消費 + 政府消費 + 投資 + 輸出 - 輸入 - 関税等」と、国内生産額は「国内生産額 = 内生部門計 + GDP」と表すことができるので、これらの部分の変化に分解したものである。これによると、GDP（実質値）及び国内生産額（実質値）の増加において家計消費が最も貢献していることが分かる。

5.2 構築した CGE モデルの感応度

本節では、構築した CGE モデルの感応度を確認する。

まず、仮設のシナリオを、航空輸送部門の生産性が 5.1 節の設定の 2 倍に当たる 10% 向上する場合の経済効果を試算する。結果は、表-4 のケース 2 のとおりである。航空輸送部門の生産性が 5% 向上する場合に比べて、等価変分、航空輸送の価格低下率、GDP（実質値）変化、国内生産額（実質値）変化、いずれも約 2 倍となっている。

次に、本研究では、4.1 節において、合成財生産関数の代替の弾力性 σ_i 及び変形関数の変形の弾力性 ψ_i を 2 と仮定したところである。本節では、これらの弾力性を 1.5 及び 2.5 に変更して、仮設のシナリオが 5.1 節と同じく航空輸送部門の生産性 5% 向上の場合の経済効果を試算した。その結果は表-4 のケース 3 及びケース 4 のとおりであり、弾力性が 2 の場合に比べ、等価変分の変化が 1% 程度であるなど、弾力性の変化による経済効果試算結果への影響は小さいと言える。

最後に、仮設のシナリオが 5.1 節と同じく航空輸送部門の生産性 5% 向上の場合の経済効果を、日本の 2000 年の産業連関表をベースに作成した 30 部門の社会会計表を用いて試算した。結果は、表-4 のケース 5 のとおりである。2005 年の社会会計表を用いた場合に比べて、等価変分、航空輸送の価格低下率、GDP（実質値）変化、国内生産額（実質値）変化の差は 1 割程度であった。

表-4 経済効果試算結果

ケース	仮設のシナリオ	評価項目	基準均衡 (2005年)	仮想均衡	変化	備考
1	航空輸送部門の 生産性5%向上	等価変分 (EV)	—	—	+1289億円	
		航空輸送の価格	—	—	-4.11%	
		GDP (名目値)	489兆0714億円	489兆0803億円	+89億円	
		GDP (実質値)	同上	489兆2271億円	+1557億円	
		国内生産額 (名目値)	972兆0146億円	971兆8467億円	-1679億円	
		国内生産額 (実質値)	同上	972兆1254億円	+1107億円	
2	航空輸送部門の 生産性10%向上	等価変分 (EV)	—	—	+2622億円	航空輸送部門の 生産性5%向上 を 10%向上 に変更
		航空輸送の価格	—	—	-8.19%	
		GDP (名目値)	489兆0714億円	489兆0915億円	+201億円	
		GDP (実質値)	同上	489兆3922億円	+3208億円	
		国内生産額 (名目値)	972兆0146億円	971兆6806億円	-3340億円	
		国内生産額 (実質値)	同上	972兆2457億円	+2311億円	
3	航空輸送部門の 生産性5%向上	等価変分 (EV)	—	—	+1272億円	弾力性 $\sigma_i=2$ 弾力性 $\phi_i=2$ を 弾力性 $\sigma_i=1.5$ 弾力性 $\phi_i=1.5$ に変更
		航空輸送の価格	—	—	-4.06%	
		GDP (名目値)	489兆0714億円	489兆0763億円	+49億円	
		GDP (実質値)	同上	489兆2222億円	+1508億円	
		国内生産額 (名目値)	972兆0146億円	971兆8444億円	-1703億円	
		国内生産額 (実質値)	同上	972兆1210億円	+1064億円	
4	航空輸送部門の 生産性5%向上	等価変分 (EV)	—	—	+1305億円	弾力性 $\sigma_i=2$ 弾力性 $\phi_i=2$ を 弾力性 $\sigma_i=2.5$ 弾力性 $\phi_i=2.5$ に変更
		航空輸送の価格	—	—	-4.15%	
		GDP (名目値)	489兆0714億円	489兆0843億円	+129億円	
		GDP (実質値)	同上	489兆2321億円	+1607億円	
		国内生産額 (名目値)	972兆0146億円	971兆8493億円	-1654億円	
		国内生産額 (実質値)	同上	972兆1300億円	+1153億円	
5	航空輸送部門の 生産性5%向上	等価変分 (EV)	—	—	+1211億円	基準均衡 (2005年) を (2000年) に変更
		航空輸送の価格	—	—	-4.14%	
		GDP (名目値)	500兆3107億円	500兆2940億円	-167億円	
		GDP (実質値)	同上	500兆4564億円	+1457億円	
		国内生産額 (名目値)	958兆8865億円	958兆6790億円	-2075億円	
		国内生産額 (実質値)	同上	958兆9814億円	+949億円	

備考①： GDP = 家計消費 + 政府消費 + 投資 + 外国（輸出） - 外国（輸入） - 関税等

国内生産額 = 内生部門計 + GDP

備考②： 仮想均衡におけるGDPと国内生産額の名目値は、GAMSの実行結果（ニューメールは労働）である。

一方、実質値は、名目値から価格変化の影響を除いた値（基準均衡時の価格）である。

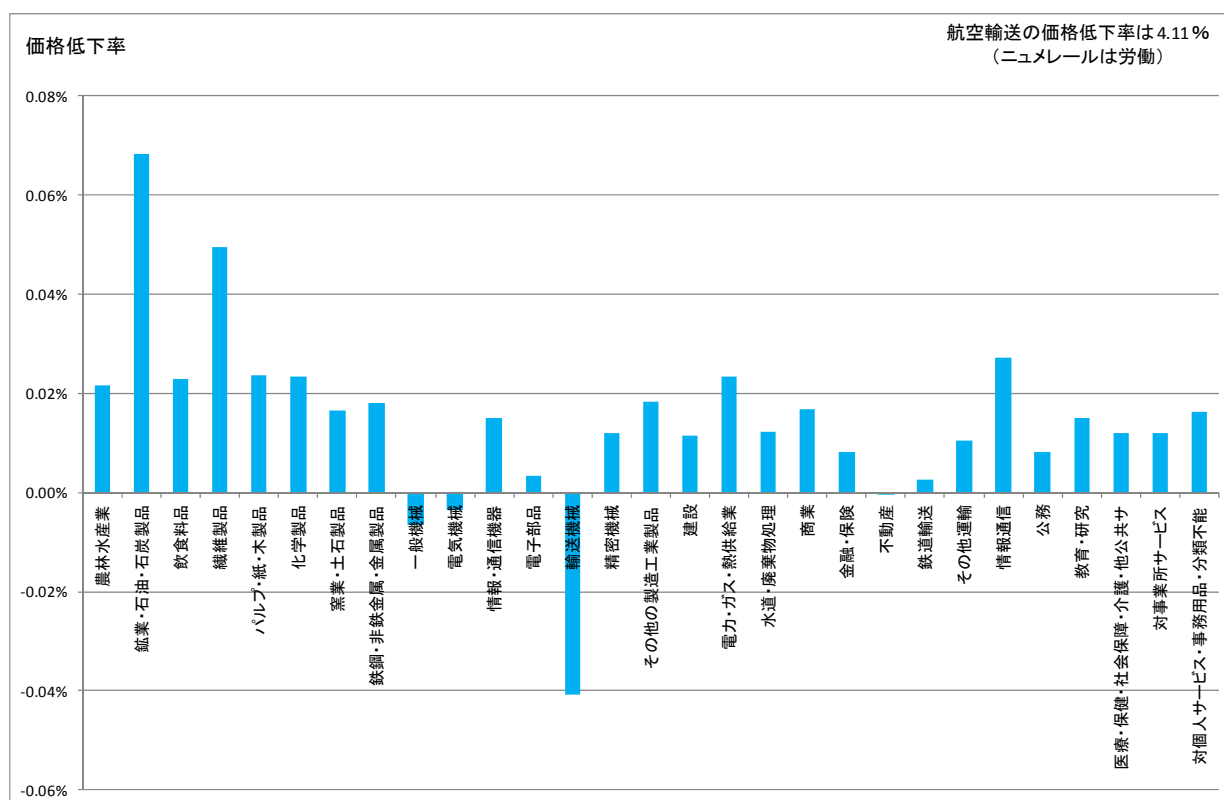


図-5 仮想均衡時の価格低下率

(ケース1：航空輸送部門の生産性5%向上，SAM2005年ベース)

表-5 GDPと国内生産額の変化の要因分解

(ケース1：航空輸送部門の生産性5%向上，SAM2005年ベース)

	基準均衡 (100万円)	仮想均衡(名目値, 100万円)		仮想均衡(実質値, 100万円)			
		変化	変化率	変化	変化率		
内生部門計	482,943,243	482,766,429	-176,814	-0.037%	482,898,288	-44,955	-0.009%
GDP	489,071,389	489,080,251	8,862	0.002%	489,227,092	155,703	0.032%
家計消費	280,873,295	280,877,054	3,759	0.001%	281,004,022	130,727	0.047%
政府消費	91,041,577	91,046,129	4,552	0.005%	91,056,170	14,593	0.016%
投資	115,871,000	115,877,581	6,581	0.006%	115,886,405	15,405	0.013%
輸出	73,768,661	73,706,837	-61,824	-0.084%	73,764,952	-3,710	-0.005%
(控除)輸入	-67,709,053	-67,652,003	57,050	-0.084%	-67,705,344	3,710	-0.005%
(控除)関税等	-4,774,091	-4,775,347	-1,256	0.026%	-4,779,112	-5,021	0.105%
国内生産額	972,014,632	971,846,679	-167,953	-0.017%	972,125,380	110,748	0.011%

備考①：GDP = 家計消費 + 政府消費 + 投資 + 外国(輸出) - 外国(輸入) - 関税等

国内生産額 = 内生部門計 + GDP

備考②：仮想均衡におけるGDPと国内生産額の名目値は、GAMSの実行結果(ニューメールは労働)である。

一方、実質値は、名目値から価格変化の影響を除いた値(基準均衡時の価格)である。

6. おわりに

本研究では、航空・空港政策における政策代替案の評価ツールの1つとして、航空輸送部門に係る仮設のシナリオが日本経済に与える影響を算定できるCGEモデルを、GAMSという数値計算ソフトウェアを用いて構築した。そして、構築したCGEモデルと日本の2005年の産業連関表をベースに作成した30部門の社会会計表を用いて、航空輸送部門に係る仮設のシナリオによる経済効果を試算した。航空輸送部門の生産性が5%向上するというシナリオの場合、航空輸送サービスの価格が約4%低下するとともに、多方面の経済活動に影響を及ぼし、家計に帰着する便益（等価変分）は年額1,200億円を超えること等が算定できた。

なお、本研究では、仮設のシナリオとして航空輸送部門の生産性が5%向上する場合の試算を行ったが、空港発着容量の拡大、LCCの参入促進策、航空燃料税の税率変更等の様々な政策代替案をモデル上で具体的にどのように扱うかは今後の課題としたい。また、本研究では、日本国経済を1つの地域経済と見なしたが、空間的な経済効果の波及等を見るためには、多地域モデルに拡張することが必要であり、これも今後の課題としたい。

(2012年5月31日受付)

謝辞

本研究を行うにあたり、首都大学東京の石倉智樹准教授から貴重なご指導ご助言を頂きました。末尾ながら、ここに記して深く感謝致します。

参考文献

- 1) 長田太：航空行政の現状と展望について，航空政策研究会第476回月例研究会，2012年
- 2) GAMS Development Corp.：<http://www.gams.com/>
- 3) 細江宣裕，我澤賢之，橋本日出男：テキストブック 応用一般均衡モデリング—プログラムからシミュレーションまで—，東京大学出版会，2004年
- 4) Hosoe N.：stdcge, A Standard CGE Model, NLP, <http://www.gams.com/modlib/libhtml/stdcge.htm>
- 5) 小平裕：GAMSによる応用一般均衡分析：基本モデル，成城大學経済研究156号，pp45-108，2002年
- 6) 武田史郎：貿易政策を対象とした応用一般均衡分析，REITI Discussion Paper Series 07-J-010，2007年
- 7) 上田孝行編著：Excelで学ぶ地域・都市経済分析，コロナ社，2010年
- 8) 福島雅夫：均衡モデル：相補性問題への招待，pp.331-336，オペレーションズ・リサーチ1996年6月号，1996年
- 9) 西村和雄：ミクロ経済学，pp.193-200，東洋経済新報社，1990年
- 10) 石倉智樹：航空輸送サービス産業の生産性向上を考慮した応用一般均衡モデルによる空港整備効果分析：羽田空港を例として，国土技術政策総合研究所研究報告No.24，2005年

付録-A 社会会計表

表-A.1 社会会計表（2005年，30部門，単位100万円）その1

		生産活動									
		農林水産業	鉱業・石油・石炭製品	飲食料品	繊維製品	パルプ・紙・木製品	化学製品	窯業・土石製品	鉄鋼・非鉄金属・金属製品	一般機械	電気機械
生産活動	農林水産業	1643335	1597	7113142	36188	414526	33757	1507	2868	2354	1559
	鉱業・石油・石炭製品	260899	10787195	160671	32572	112776	2186390	618747	2542789	42708	15742
	飲食料品	1248345	5677	5393689	16659	33716	150828	11033	30100	27325	18098
	繊維製品	57855	8915	45515	1149312	88939	27070	23147	42458	43903	51846
	パルプ・紙・木製品	183596	3451	573365	34652	3456628	399314	150841	107433	57955	118887
	化学製品	573812	39818	331735	481931	409934	9014005	193746	294967	177347	201913
	窯業・土石製品	17676	7608	137995	2330	79665	154855	575011	248363	166585	127203
	鉄鋼・非鉄金属・金属製品	15909	34420	682892	8835	326441	364402	181967	20655385	4197726	2011180
	一般機械	251	4516	116	17	17783	908	22268	37663	6152655	243604
	電気機械	3504	741	2000	273	2650	2742	612	14848	764384	1632115
	情報・通信機器	5155	7778	34082	5000	16648	43130	10573	42011	54793	26543
	電子部品	17	33	169	19	180	310	33	44564	866972	1606844
	輸送機械	67599	40	0	0	0	0	0	0	3875	0
	精密機械	2852	140	555	144	903	1138	521	1031	155727	14541
	その他の製造工業製品	132407	22428	988230	125878	386347	537923	100562	552074	731496	659840
	建設	65697	22738	57602	16915	84255	178017	100221	302221	88024	62443
	電力・ガス・熱供給業	100070	143959	437325	77711	387917	654733	207931	1135434	280249	154246
	水道・廃棄物処理	12742	12931	120044	17758	48987	198044	37994	81601	72030	23085
	商業	549646	229771	2930784	352224	1110744	1228311	342702	2096244	1980481	1115643
	金融・保険	226282	164534	330771	195252	243200	414963	192432	572887	425665	151330
	不動産	4520	14217	51378	15435	36937	79979	23630	99538	82649	47858
	鉄道輸送	5959	11080	27194	9009	18805	57439	23541	57058	61772	30966
	航空輸送	9904	6083	8176	8218	7673	41868	7787	33312	29986	14621
	その他運輸	619240	726219	1189072	99450	521744	624838	439088	1140935	543157	290440
	情報通信	38053	30018	145400	42097	92003	411247	75521	301520	365633	261077
	公務	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	教育・研究	10891	42564	224374	27141	79967	2022341	255602	464586	986641	1252244
	医・保・社保・介護・他公サ	6031	11724	40599	7091	15642	60491	11756	55301	67439	20578
	対事業所サービス	184391	132034	1127656	130916	377190	1385670	381291	1010476	1296179	755179
	対個人サ・事務用品・不明	222695	81924	490354	62964	221918	406586	157977	560822	537776	283805
生産要素	資本	5082506	505298	5177591	216812	1516709	3437378	1141603	4527353	3012913	1335596
労働	1368885	441302	4627820	1048943	2306716	2732675	1561322	6804222	6517767	3057628	
間接税	純間接税	433854	4427797	3439053	153046	412016	635600	304962	1268221	583885	245434
関税等	149278	1453401	1042176	393023	125715	227213	28191	220335	134340	135632	
最終消費	家計消費										
政府消費											
投資											
外国(輸入)		2092569	16645449	4625095	3205556	1911727	3807771	504382	4001729	2648703	2429477
合計		15396422	36027401	41556621	7973370	14867002	31521934	7688502	49350549	33161533	18397198

		生産活動									
		情報・通信機器	電子部品	輸送機械	精密機械	その他の製造工業製品	建設	電力・ガス・熱供給	水道・廃棄物処理	商業	金融・保険
生産活動	農林水産業	1330	1328	1926	297	207325	92509	1461	760	20773	5187
	鉱業・石油・石炭製品	4706	30101	112550	3642	58462	1208599	4373463	118601	228759	20191
	飲食料品	15438	15408	21693	3451	52924	53432	16962	8824	149551	60205
	繊維製品	20184	60783	102206	5908	118032	188392	5531	13117	390584	73527
	パルプ・紙・木製品	75591	102382	79260	23806	1026828	2935691	36620	27382	822458	197224
	化学製品	84588	277541	534481	25271	3233928	286906	19584	119063	28297	13591
	窯業・土石製品	21954	474654	403137	90001	88124	3624734	1638	21716	39799	2380
	鉄鋼・非鉄金属・金属製品	526924	842944	3997654	218907	499114	8148057	27960	9627	338582	4570
	一般機械	36534	56897	531542	34127	63516	418130	244	32968	1394	279
	電気機械	246910	370270	1366100	63392	9329	497764	1411	1350	39177	4858
	情報・通信機器	377174	24155	430974	4862	40736	179440	23512	12497	197540	85641
	電子部品	3728511	4988685	394243	626416	108978	13702	321	104	4577	3029
	輸送機械	0	0	24604589	0	0	0	0	0	0	0
	精密機械	25897	7198	34438	77448	5524	7498	304	830	158825	3889
	その他の製造工業製品	497642	445165	2050519	178348	4294523	1061944	166668	250194	1154307	883232
	建設	28035	89032	68037	14631	92300	143850	1046250	231683	651679	164048
	電力・ガス・熱供給業	68530	333867	507985	42512	407934	256481	678585	373157	1703132	134025
	水道・廃棄物処理	8303	42854	59321	8571	43307	148914	131432	493160	337893	112455
	商業	807155	709130	2590536	226434	1828858	4214302	408113	188734	2052683	355398
	金融・保険	105735	162311	404593	96923	453476	937855	635458	74615	5707665	4478960
	不動産	23900	24785	42728	10253	75210	160378	161725	18237	2879732	569767
	鉄道輸送	43185	46556	28894	5958	70013	102969	14701	51206	661560	341773
	航空輸送	16100	28866	21322	2848	30659	23600	8860	11206	428200	40775
	その他運輸	163878	237268	847984	64999	1084661	3244706	483928	231241	4437973	468545
	情報通信	208748	169615	198136	32793	218957	769347	345436	257290	4254389	2342480
	公務	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	教育・研究	770294	1654923	1823954	235196	457185	79319	437447	1231	327863	19473
	医・保・社保・介護・他公サ	23014	18837	27770	4241	35279	85516	37505	58619	123742	135622
	対事業所サービス	511423	727822	1579548	173397	927937	4961788	1514741	597348	6046074	4679883
	対個人サ・事務用品・不明	213297	217631	329903	50446	451025	1154031	269862	178789	2661994	964004
生産要素	資本	728701	955029	2524890	377004	2644641	4031753	4635531	2044296	24623782	13054601
労働	1460983	2867645	6509999	923101	6227357	22309670	2064275	2648955	42068805	11577132	
間接税	純間接税	166961	228074	785407	97510	738708	1893048	1127640	229672	3732782	790042
関税等	211942	181345	130609	70142	262174	0	0	0	0	0	
最終消費	家計消費										
政府消費											
投資											
外国(輸入)		4101871	3626958	2674069	1414262	3182179	0	1262	1716	704600	499171
合計		15325437	20020059	55820996	5207097	29039201	63237324	18678428	8308187	106979112	42085956

表-A.1 社会会計表（2005年，30部門，単位100万円）その2

		生産活動									
		不動産	鉄道輸送	航空輸送	その他運輸	情報通信	公務	教育・研究	医・保・社 保・介護・他 公サ	対事業所 サービス	対個人サ・ 事務用品・ 不明
生産 活動	農林水産業	954	479	160	5406	10863	4757	36022	237919	6950	1044430
	鉱業・石油・石炭製品	32760	30642	340434	4835960	50841	335403	278045	214212	117573	375831
	飲食料品	10136	5554	1853	48859	126087	39846	51679	758341	69489	5459508
	繊維製品	2759	14819	6714	71073	74053	97417	18891	269682	133792	253104
	パルプ・紙・木製品	36202	5009	4638	294938	889805	82317	206625	364522	230131	1027559
	化学製品	3202	1516	1059	27743	119272	35727	191373	6497049	253756	474646
	窯業・土石製品	2804	198	170	2887	3838	8518	63739	64482	72560	146010
	鉄鋼・非鉄金属・金属製品	17671	2098	325	88630	18889	182667	6511	89336	115780	237765
	一般機械	47	401	412	4240	999	12168	98	211	1758664	118120
	電気機械	1424	2279	303	11440	18422	68935	15847	6319	443593	26172
	情報・通信機器	15456	8132	2639	58380	179694	121359	30665	64058	222193	99227
	電子部品	33	41	12	275	74104	134671	53243	212	701762	40889
	輸送機械	0	418296	241685	77694	0	764324	1568	0	1833918	3091
	精密機械	485	143	117	2392	19361	31290	940	445862	46057	18678
	その他の製造工業製品	32091	15620	4516	224212	1508169	990359	877642	601453	1461927	851814
	建設	3047681	215010	379	290434	233419	588219	453558	306931	175208	301196
	電力・ガス・熱供給業	194382	343115	10139	352855	315291	446541	784413	667999	291060	1266403
	水道・廃棄物処理	25521	110517	2352	149781	165927	819034	390342	552762	74079	1227230
	商業	89591	33144	19714	1693453	929276	633218	738130	3097068	1826137	4032186
	金融・保険	3798525	736890	72632	1410658	636187	126352	314070	748397	2533850	3137219
	不動産	378002	14569	14591	720234	897579	36347	284839	402555	322496	748569
	鉄道輸送	5980	3746	1925	62102	71684	199159	166389	113333	75372	153044
	航空輸送	4073	408	20892	14245	211089	49653	91623	62388	110073	65428
	その他運輸	146174	160181	915750	4765180	889592	962682	458237	856994	799611	1678581
	情報通信	140257	43380	39001	533518	4792541	1345638	1099876	1099103	5922567	1331926
	公務	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1109667
	教育・研究	170	49381	2920	46984	503975	6396	85024	7595	98904	163932
	医・保・社保・介護・他公サ	25865	5340	1247	78955	116142	16398	61873	975038	166159	247526
	対事業所サービス	1386563	188605	341963	6079290	5736017	2093706	1864978	2649416	5969293	1960854
	対個人サ・事務用品・不明	420292	148985	45332	727853	2477291	460663	920043	1535853	1270870	1683263
生産要素	資本	50656597	2135328	246642	4285071	10902527	11556133	4429425	6035886	14046623	10361201
労働	2129177	1533540	383423	12824588	12367442	16181351	22074557	26500789	20776644	14920611	
間接税	純間接税	3601062	305981	143224	1554562	1595583	106628	242912	16565	1822059	2942157
関税等	0	0	0	0	6127	0	0	0	1203	1245	
最終消費	家計消費										
政府消費											
投資											
外国(輸入)	1463	204106	1386835	2076356	707962	0	641415	35921	1040258	3536191	
合計	66207398	6737452	4253997	43420248	46650046	38537877	36934593	55277952	64790611	61045273	

	生産要素		間接税		最終消費			外国 (輸出)	合計
	資本	労働	純間接税	関税等	家計消費	政府消費	投資		
生産 活動	農林水産業				3482543	0	919745	62464	15396422
	鉱業・石油・石炭製品				5845918	0	-265683	915904	36027401
	飲食料品				26809656	327785	249404	265065	41556621
	繊維製品				3787188	0	181004	545653	7973370
	パルプ・紙・木製品				477800	1684	477699	354708	14867002
	化学製品				2630876	0	92943	4850314	31521934
	窯業・土石製品				231145	0	58251	748471	7688502
	鉄鋼・非鉄金属・金属製品				395348	508	459400	4642124	49350549
	一般機械				87674	38	15062868	8460183	33161533
	電気機械				2838223	0	4418276	5521593	18397198
	情報・通信機器				3680420	0	5081438	4139533	15325437
	電子部品				237524	0	8732	6380855	20020059
	輸送機械				5567891	0	6877258	15359168	55820996
	精密機械				901453	88	1843296	1397534	5207097
	その他の製造工業製品				3311498	4297	1236943	2698936	29039201
	建設				0	0	54117611	0	63237324
	電力・ガス・熱供給業				5889401	0	0	31044	18678428
	水道・廃棄物処理				2131416	634473	0	13326	8308187
	商業				46974695	6873	12967223	8620512	106979112
	金融・保険				11941693	0	0	654576	42085956
不動産				57908362	37145	0	19254	66207398	
鉄道輸送				4114202	30	1473	99374	6737452	
航空輸送				2101052	11	1958	741040	4253997	
その他運輸				8699943	-74809	874074	4828993	43420248	
情報通信				10976086	35886	8397087	333423	46650046	
公務				786643	36641567	0	0	38537877	
教育・研究				7608327	18803455	0	384294	36934593	
医・保・社保・介護・他公サ				16090832	36622546	0	20238	55277952	
対事業所サービス				4540344	0	2810000	668198	64790611	
対個人サ・事務用品・不明				40825142	0	0	1011884	61045273	
生産要素	資本							196229420	
労働								258817524	
間接税								34024445	
関税等								4774091	
最終消費	家計消費	196229420	258817524					455046944	
政府消費				34024445	4774091			95815668	
投資								115871000	
外国(輸入)								67709053	
合計		196229420	258817524	34024445	4774091	455046944	95815668	115871000	

備考：政府の貯蓄を表す投資行－政府消費列の欄には関税等相当額をダミー入力した。

表-A.2 社会会計表（2000年，30部門，単位100万円）その1

		生産活動										
		農林水産業	鉱業・石油・石炭製品	飲食品	繊維製品	パルプ・紙・木製品	化学製品	窯業・土石製品	鉄鋼・非鉄金属製品	一般機械	電気機械	
生産活動	農林水産業	1558932	1499	7560923	58243	580779	58290	1342	3061	2842	2327	
	鉱業・石油・石炭製品	188321	6448524	111685	26045	138839	1090560	681374	1117585	36852	17318	
	飲食品	1075751	7299	5416681	21711	41188	142672	14684	34744	34065	27892	
	繊維製品	68275	13621	52912	1860331	94351	26528	24258	45287	42510	67477	
	パルプ・紙・木製品	212803	5575	674364	69862	3853239	422025	173257	121004	62588	200702	
	化学製品	654887	52252	354132	600984	496349	7659659	204093	330742	181054	244737	
	窯業・土石製品	17021	8807	169344	4221	95121	167005	725753	242445	159151	135108	
	鉄鋼・非鉄金属・金属製品	18314	47085	791151	16022	331479	360417	176339	13696852	3374020	2165017	
	一般機械	284	6801	69	10	27818	894	23551	38629	5616849	294073	
	電気機械	4467	1588	4676	808	4743	5786	1533	21101	750552	2602772	
	情報・通信機器	5485	7194	32176	5853	16268	35069	10737	34612	37947	27724	
	電子部品	29	48	279	41	284	371	48	66489	913306	2957981	
	輸送機械	73900	55	0	0	0	0	0	0	0	0	
	精密機械	1158	156	642	176	888	1179	516	1076	128085	41598	
	その他の製造工業製品	153088	75765	1081649	289483	459914	669827	218205	1085295	726977	1094494	
	建設	80907	35059	74716	29275	93179	181417	123513	310829	80905	81926	
	電力・ガス・熱供給業	81561	159736	415361	99012	497014	1034177	310339	1166082	284861	238906	
	水道・廃棄物処理	10389	17481	124317	25225	49600	192234	42580	77543	61681	28282	
	商業	675644	189823	3075942	480667	1052066	1085497	402681	1520941	1643686	1454231	
	金融・保険	502499	219279	264695	215170	266561	434020	244539	592724	394693	222875	
	不動産	6102	24651	72724	39328	60989	97925	37403	133738	101085	80235	
	鉄道輸送	5948	14987	53820	14453	21069	61841	31470	62631	57139	41277	
	航空輸送	9891	7008	24343	13378	9185	36098	8079	35262	29877	20117	
	その他運輸	606238	745142	1196729	155649	552949	577044	575405	990366	478101	369139	
	情報通信	13155	29323	64659	38665	43637	190637	27662	142551	133296	98337	
	公務	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	教育・研究	12580	56410	220038	46378	89842	2015072	279445	489143	888535	1465224	
	医・保・社保・介護・他公サ	5959	9723	42739	10145	18371	55626	13659	47597	61981	27444	
	対事業所サービス	193600	176707	1422453	253614	492458	1605804	393640	1154528	1278785	1171874	
	対個人サ・事務用品・不明	154936	131308	643316	155642	302392	581164	175765	779939	727101	441627	
	生産要素	資本	6167952	767419	5718611	585300	1857335	3701019	1261015	4156916	3224096	2136223
	労働	1275384	559699	5130042	1764698	2866509	2939632	1872609	7105075	6483454	4517310	
	間接税	純間接税	534232	4542036	4129431	213215	447478	672962	313585	1144903	590600	365997
	関税等	144478	1095195	924363	372991	112987	154200	20749	141829	92647	118637	
	最終消費	家計消費										
政府消費												
投資												
外国(輸入)	1974129	9428410	4024109	2745026	1755237	2548276	376431	2532013	1852937	2374825		
合計	16488296	24885664	43873091	10211622	16730119	28804928	8766261	39423532	30532257	25133707		

		生産活動										
		情報・通信機器	電子部品	輸送機械	精密機械	その他の製造工業製品	建設	電力・ガス・熱供給	水道・廃棄物処理	商業	金融・保険	
生産活動	農林水産業	2130	1646	2017	362	179246	158184	1748	824	20118	5969	
	鉱業・石油・石炭製品	6095	21911	60346	2953	694427	1408273	2663465	6620	123168	13975	
	飲食品	25531	19735	22860	4343	94466	73482	20956	9877	148853	71556	
	繊維製品	23155	54264	88895	6616	148718	208082	7502	11296	300635	59404	
	パルプ・紙・木製品	46990	93023	74736	26464	1837602	3741638	23934	26383	752690	177545	
	化学製品	74224	226324	442341	28442	3316587	385218	23420	107312	25074	13884	
	窯業・土石製品	17256	478100	304777	72810	107655	4765255	1814	19705	37773	2840	
	鉄鋼・非鉄金属・金属製品	323336	656561	2898600	197237	760394	8815415	25934	8975	280401	4566	
	一般機械	24625	51018	500782	37121	55952	508599	167	27913	841	123	
	電気機械	289656	537371	1481095	74779	22024	715593	3015	1989	39925	10045	
	情報・通信機器	943129	19540	39153	4316	46237	184660	20684	9879	140007	71099	
	電子部品	4356526	4315245	405494	251856	217453	18652	370	102	5474	4076	
	輸送機械	0	0	1841324	0	0	0	0	0	0	0	
	精密機械	927	3916	27964	445427	4103	7750	337	804	143167	3053	
	その他の製造工業製品	602763	460065	1773065	187163	5407343	1612128	426238	245950	1237233	895420	
	建設	34353	74106	62100	16400	98432	199012	1039417	219318	548218	150273	
	電力・ガス・熱供給業	54382	360120	399255	49838	550806	364678	668429	395113	962014	137049	
	水道・廃棄物処理	7644	38064	45510	8797	44087	174941	110976	448886	264814	89044	
	商業	675525	876495	1826934	257635	1835524	5071938	303652	142424	1647664	316591	
	金融・保険	106253	156209	371556	85821	510350	864402	672446	88803	4927744	2872044	
	不動産	26953	23457	48867	15906	141806	269144	202622	21540	2861601	609139	
	鉄道輸送	48423	42251	24799	6719	80683	110227	14795	47929	650366	304998	
	航空輸送	20837	20417	18130	2770	94286	30894	9252	11559	343213	45304	
	その他運輸	169141	192160	620705	62739	1099369	3883749	431883	215552	3713628	413503	
	情報通信	63879	50865	79264	19044	211320	953560	82511	66535	2546703	843831	
	公務	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	教育・研究	1065290	1464730	1427755	263535	410170	206751	361261	1158	152310	18544	
	医・保・社保・介護・他公サ	26907	20094	22598	4494	46847	104017	36816	53196	105616	114191	
	対事業所サービス	937537	713930	1235277	178365	1574285	6082290	1740311	563018	5985027	4872199	
	対個人サ・事務用品・不明	365074	313556	362085	73197	786998	1222079	365171	184992	2688373	1257555	
	生産要素	資本	855216	2825928	2652123	383599	3691869	5459435	6682177	1859125	14781965	1249384
	労働	1522168	3416718	6396982	1085715	7696832	26795496	2035069	2680370	47256767	12493059	
	間接税	純間接税	233295	285519	540084	84473	872558	2914988	1311825	179631	4256243	-170780
	関税等	156672	142320	88239	50439	219279	0	0	0	0	0	
	最終消費	家計消費										
政府消費												
投資												
外国(輸入)	3133686	2846410	1786993	1027382	2822642	0	1511	515	677400	370548		
合計	16239576	20802069	44542704	5016755	35680349	77310529	19289706	7716690	97625025	38520032		

表-A.2 社会会計表（2000年，30部門，単位100万円）その2

		生産活動									
		不動産	鉄道輸送	航空輸送	その他運輸	情報通信	公務	教育・研究	医・保・社 保・介護・他 公サ	対事業所 サービス	対個人サ・ 事務用品・ 不明
生産 活動	農林水産業	1168	765	160	5995	6460	4966	27120	203649	10540	1113070
	鉱業・石油・石炭製品	37169	18432	218974	4426244	21286	186244	181116	158380	95126	227749
	飲食品	12894	9169	1923	5567	77430	43693	37800	645635	113020	6061974
	繊維製品	3090	14748	7481	74182	24505	77884	9696	220790	142650	276743
	パルプ・紙・木製品	41433	5080	6014	309280	60212	75220	159360	275478	346502	1227122
	化学製品	3652	2121	1241	27025	30466	35150	160082	5919002	261767	601487
	窯業・土石製品	3134	351	215	4519	2357	8741	54283	60138	58971	191560
	鉄鋼・非鉄金属・金属製品	16913	2105	402	86023	7612	176814	3305	67699	103749	207649
	一般機械	22	402	545	3445	346	11390	37	82	1523804	90466
	電気機械	2605	3515	439	15958	13942	77067	10375	9210	479964	49308
	情報・通信機器	13348	9668	1970	47088	75997	139745	22250	47953	198944	90876
	電子部品	44	53	16	351	23886	144827	47255	214	577881	37625
	輸送機械	0	417849	24479	87831	0	834431	1030	0	1774539	1712
	精密機械	452	189	139	1917	1929	25042	749	280232	47337	19901
	その他の製造工業製品	43992	22344	7551	267069	309932	1078556	1160902	745026	3817770	1169637
	建設	2843296	210811	513	267805	173935	569060	502571	252731	215457	409682
	電力・ガス・熱供給業	188124	338603	9069	315113	203579	454620	857884	784683	464817	1411932
	水道・廃棄物処理	31393	99385	2198	124179	115118	582271	360699	420632	68375	1183874
	商業	85334	33993	19904	1692483	231714	511566	555888	2591141	1964542	4267402
	金融・保険	3298310	1301078	83919	1547982	503540	100104	259579	672114	3521707	2337423
	不動産	407838	15840	19425	668357	376194	46648	352846	429092	917326	1019047
	鉄道輸送	6994	3482	2607	47419	45144	198068	116537	98968	96729	137767
	航空輸送	5050	414	22775	11638	79236	48125	64560	51198	168555	72503
	その他運輸	140841	158053	906873	3909685	418297	893801	372029	700926	994644	1760600
	情報通信	100860	36640	21780	313917	2687921	535820	438458	410299	3285313	890149
	公務	0	0	0	0	0	0	0	0	0	708777
	教育・研究	128	48321	3742	34901	329316	7212	17	6637	202995	74343
	医・保・社保・介護・他公サ	21425	6400	1082	68240	54472	15401	52501	866985	189312	242499
	対事業所サービス	1642256	179137	358551	5975063	2497234	2687648	1750267	2426530	8591014	2490876
	対個人サ・事務用品・不明	487232	136448	48850	789784	1833810	565287	479651	1511644	2501894	2856748
生産要素	資本	50298613	1691920	117425	3830391	5353372	9479097	4129997	5364253	15787136	12604870
労働	2366098	1409530	575861	12822180	5859804	16550953	24002192	23440884	24966800	17701258	
間接税	純間接税	3748954	264065	169977	998249	720442	60442	123209	-423929	2756777	2967317
関税等	0	0	0	0	0	0	0	0	0	911	
最終消費	家計消費										
政府消費	投資										
外国(輸入)	685	129279	1273442	1481909	126380	0	40930	61324	1934036	2998776	
合計	65853347	6570189	3909544	40311788	22265866	36225894	36334872	48299601	78179991	67503633	

		生産要素		間接税		最終消費			外国 (輸出)	合計
		資本	労働	純間接税	関税等	家計消費	政府消費	投資		
生産 活動	農林水産業					3874706	0	967198	72018	16488296
	鉱業・石油・石炭製品					4072478	0	24367	300359	24885664
	飲食品					28653102	417649	244998	189892	43873091
	繊維製品					5331578	0	235558	588604	10211622
	パルプ・紙・木製品					775299	1532	549844	301320	16730119
	化学製品					2819221	0	-6218	3528217	28804928
	窯業・土石製品					325429	0	-60370	584972	8766261
	鉄鋼・非鉄金属・金属製品					485156	337	392695	2924960	39423532
	一般機械					71628	41	14105873	7508059	30532257
	電気機械					5354789	0	5984730	6558286	25133707
	情報・通信機器					2121060	0	8635003	3143905	16239576
	電子部品					107804	0	78414	6269576	20802069
	輸送機械					4957013	0	6186216	11772325	44542704
	精密機械					942149	247	1646854	1236696	5016755
	その他の製造工業製品					5573258	39373	1052731	1690144	35680349
	建設					0	0	68331313	0	77310529
	電力・ガス・熱供給業					6006178	0	0	26372	19289706
	水道・廃棄物処理					2076696	785162	0	4614	7716690
	商業					45862001	4485	10777604	4491710	97625025
	金融・保険					10486047	0	0	395547	38520032
	不動産					56704783	17785	0	2951	65853347
	鉄道輸送					4087634	48	2161	30805	6570189
	航空輸送					1901826	98	2386	691280	3909544
	その他運輸					8743868	-42006	766293	3538690	40311788
	情報通信					7793058	0	0	52219	22265866
	公務					735152	34781965	0	0	36225894
	教育・研究					6956334	17713595	0	23160	36334872
	医・保・社保・介護・他公サ					13933485	31985906	0	33872	48299601
	対事業所サービス					6148752	0	10371088	1035874	78179991
	対個人サ・事務用品・不明					44089728	0	0	490290	67503633
生産要素	資本									189873781
労働										275589148
間接税	純間接税									34847778
関税等										3835936
最終消費	家計消費	189873781	275589148							465462929
政府消費	投資									89542153
外国(輸入)										130288738
合計		189873781	275589148	34847778	3835936	465462929	89542153	130288738	50325241	50325241

備考：政府の貯蓄を表す投資行－政府消費列の欄には関税等相当額をダミー入力した。

表-A.3 社会会計表（航空輸送生産性 5%向上による仮想均衡，SAM2005 年ベース，単位：100 万円）その 1

		生産活動										
		農林水産業	鉱業・石油・石炭製品	飲食料品	繊維製品	パルプ・紙・木製品	化学製品	窯業・土石製品	鉄鋼・非鉄金属・金属製品	一般機械	電気機械	
生産活動	農林水産業	1642671	1597	7111351	36161	414292	33720	1506	2863	2351	1556	
	鉱業・石油・石炭製品	260672	10788194	160556	32533	112660	2183007	617887	2537947	42633	15705	
	飲食料品	1247826	5680	5392268	16646	33697	150663	11022	30056	27290	18063	
	繊維製品	57815	8918	45490	1148156	88864	27033	23119	42385	43834	51733	
	パルプ・紙・木製品	183518	3453	573210	34626	3454605	398874	150699	107277	57880	118659	
	化学製品	573570	39839	331646	481573	409694	9004093	193563	294537	177118	201526	
	窯業・土石製品	17669	7613	137968	2329	79624	154695	574508	248018	166381	126968	
	鉄鋼・非鉄金属・金属製品	15903	34441	682745	8829	326268	364021	181806	20626392	4192523	2007432	
	一般機械	251	4520	116	17	17778	907	22254	37619	6146536	243210	
	電気機械	3503	742	2000	273	2650	2740	612	14830	763601	1629425	
	情報・通信機器	5153	7783	34076	4997	16640	43086	10564	41953	54727	26494	
	電子部品	17	33	169	19	180	309	33	44508	866025	1604086	
	輸送機械	67614	40	0	0	0	0	0	0	3872	0	
	精密機械	2851	140	555	144	903	1136	521	1030	155543	14515	
	その他の製造工業製品	132358	22441	988014	125790	386141	537358	100472	551298	730587	658608	
	建設	65677	22753	57593	16904	84216	177842	100138	301817	87921	62331	
	電力・ガス・熱供給業	100028	144037	437208	77653	387691	654013	207735	1133780	279887	153951	
	水道・廃棄物処理	12738	12940	120026	17747	48964	197848	37963	81492	71945	23043	
	商業	549451	229911	2930192	351985	1110170	1227042	342401	2093328	1978051	1113578	
	金融・保険	226221	164648	330732	195136	243095	414569	192280	572139	425179	151063	
	不動産	4519	14228	51377	15427	36924	79910	23613	99417	82562	47778	
	鉄道輸送	5958	11088	27192	9005	18798	57388	23524	56987	61705	30913	
	航空輸送	9495	5838	7840	7877	7356	40114	7462	31904	28724	13996	
	その他運輸	619060	726706	1188907	99389	521508	624232	438731	1139421	542526	289921	
	情報通信	38035	30033	145356	42064	91945	410779	75447	301069	365146	260566	
	公務	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	教育・研究	10887	42591	224332	27123	79927	2020284	255382	463947	985447	1249947	
	医・保・社保・介護・他公サ	6029	11732	40593	7086	15634	60431	11746	55227	67360	20541	
	対事業所サービス	184334	132121	1127483	130834	377014	1384305	380975	1009120	1295091	753818	
	対個人サ・事務用品・不明	222617	81975	490257	62921	221804	406167	157839	560044	537119	283281	
	生産要素	資本	5081679	505698	5177496	216702	1516198	3434460	1140808	4521869	3009750	1333360
		労働	1368662	441651	4627735	1048413	2305938	2730355	1560235	6796180	6510925	3052509
間接税	純間接税	433720	4428659	3438437	152923	411805	634891	304689	1266434	583212	244992	
税	関税等	149333	1454052	1042680	393014	125738	227186	28191	220218	134422	135673	
最終消費	家計消費											
	政府消費											
	投資											
外国(輸入)		2093341	16652907	4627332	3205481	1912077	3807322	504378	3999601	2650319	2430207	
合計		15393178	36039001	41552931	7969777	14860795	31490784	7682102	49284705	33128191	18369451	

		生産活動										
		情報・通信機器	電子部品	輸送機械	精密機械	その他の製造工業製品	建設	電力・ガス・熱供給	水道・廃棄物処理	商業	金融・保険	
生産活動	農林水産業	1328	1323	1923	297	207134	92501	1461	760	20766	5187	
	鉱業・石油・石炭製品	4695	29976	112299	3634	58381	1207933	4369833	118522	228575	20179	
	飲食料品	15411	15351	21654	3445	52875	53427	16956	8822	149499	60197	
	繊維製品	20143	60542	101997	5895	117890	188323	5527	13111	390342	73497	
	パルプ・紙・木製品	75457	102002	79119	23761	1025866	2935382	36606	27376	822163	197194	
	化学製品	84438	276513	533528	25224	3230903	286876	19577	119037	28287	13589	
	窯業・土石製品	21916	472927	402446	89838	88048	3624607	1637	21713	39788	2380	
	鉄鋼・非鉄金属・金属製品	526017	839864	3990738	218506	498674	8147653	27950	9625	338480	4570	
	一般機械	36480	56704	530752	34073	63476	418212	244	32971	1394	279	
	電気機械	246538	368997	1364031	63289	9323	497847	1411	1351	39113	4858	
	情報・通信機器	376537	24067	430241	4853	40701	179436	23505	12495	197486	85635	
	電子部品	3722646	4971193	393619	625361	108898	13703	321	104	4576	3029	
	輸送機械	0	0	24576471	0	0	0	0	0	0	0	
	精密機械	25854	7172	34380	77311	5519	7498	304	830	158787	3889	
	その他の製造工業製品	496784	443537	2046965	178021	4290723	1061888	166613	250152	1153954	883143	
	建設	27989	88713	67924	14605	92225	143852	1045975	231660	651524	164043	
	電力・ガス・熱供給業	68409	332630	507079	42432	407552	256455	678326	373075	1702526	134004	
	水道・廃棄物処理	8290	42700	59222	8556	43271	148916	131396	493107	337811	112450	
	商業	805778	706548	2586087	226022	1827269	4214147	407984	188705	2052088	353368	
	金融・保険	105564	161734	403932	96755	453120	937900	635311	74610	5706493	4478960	
	不動産	23863	24699	42662	10236	75158	160400	161702	18237	2879395	569817	
	鉄道輸送	43117	46393	28848	5948	69962	102980	14698	51205	661462	341792	
	航空輸送	15415	27584	20414	2727	29380	22633	8494	10746	410563	39104	
	その他運輸	163609	236419	846582	64885	1083787	3244794	483806	231220	4436969	468535	
	情報通信	208370	168980	197775	32730	218744	769238	345290	257223	4252709	2342035	
	公務	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	教育・研究	768992	1648926	1820851	234772	456795	79317	437316	1231	327773	19472	
	医・保・社保・介護・他公サ	22976	18770	27723	4233	35250	88517	37494	58613	123712	135617	
	対事業所サービス	510575	725208	1576913	173091	927176	4961848	1514337	597285	6044615	4679714	
	対個人サ・事務用品・不明	212934	216840	329337	50354	450635	1153993	269777	178762	2661233	963926	
	生産要素	資本	727586	951719	2520998	376385	2642810	4032299	4634942	2044353	24621044	13055894
		労働	1458748	2857707	6499865	921585	6223044	22312692	2064013	2649028	42064127	11578279
間接税	純間接税	166681	227247	784288	97339	738067	1893079	1127208	229647	3731527	790040	
税	関税等	212054	181101	130736	70182	262187	0	0	0	0	0	
最終消費	家計消費											
	政府消費											
	投資											
外国(輸入)		4104047	3622072	2676676	1415070	3182333	0	1262	1717	704911	499543	
合計		15309239	19956158	55748178	5201412	29017174	63238347	18671276	8307293	106943694	42086220	

表-A.3 社会会計表（航空輸送生産性 5%向上による仮想均衡，SAM2005 年ベース，単位：100 万円）その 2

		生産活動										
		不動産	鉄道輸送	航空輸送	その他運輸	情報通信	公務	教育・研究	医・保・社 保・介護・他 公サ	対事業所 サービス	対個人サ・ 事務用品・ 不明	
生産 活動	農林水産業	954	478	171	5413	10862	4757	36002	237903	6951	1044232	
	鉱業・石油・石炭製品	32739	30618	363457	4839551	50815	335217	277760	214098	117533	375585	
	飲食品	10134	5552	1979	48918	126079	39842	51649	758281	69497	5458411	
	繊維製品	2757	14810	7169	71139	74028	97381	18875	269589	133771	252985	
	パルプ・紙・木製品	36194	5008	4953	295288	889743	82308	206505	364491	230154	1027345	
	化学製品	3201	1515	1131	27776	119264	35723	191262	6496503	253782	474548	
	窯業・土石製品	2804	198	181	2891	3838	8517	63707	64481	72573	145898	
	鉄鋼・非鉄金属・金属製品	17668	2098	347	88740	18889	182658	6508	89333	115798	237729	
	一般機械	47	401	440	4246	999	12170	98	211	1759374	118131	
	電気機械	1424	2279	324	11457	18426	68946	15842	6320	443759	26174	
	情報・通信機器	15454	8130	2819	58454	179697	121356	30650	64058	222235	99215	
	電子部品	33	41	13	276	74114	134683	53223	212	701976	40888	
	輸送機械	0	418422	258311	77836	0	764733	1568	0	1835287	3092	
	精密機械	485	143	125	2395	19362	31290	940	445875	46067	18677	
	その他の製造工業製品	32086	15615	4823	224490	1508143	990303	877180	601433	1462154	851682	
	建設	3047412	214963	405	290815	233431	588226	453350	306942	175247	301170	
	電力・ガス・熱供給業	194342	342999	10830	353275	315270	446494	783960	667943	291091	1266143	
	水道・廃棄物処理	25519	110492	2513	149977	165934	819039	390160	552778	74095	1227115	
	商業	89578	33135	21058	1695582	929275	633193	737752	3097013	1826450	4031623	
	金融・保険	3798310	736751	77591	1412551	636240	126358	313936	748447	2534499	3137047	
	不動産	378014	14568	15588	721264	897333	36352	284743	402618	322607	748594	
	鉄道輸送	5980	3746	2057	62189	71694	199179	166328	113347	75396	153044	
	航空輸送	3906	391	21403	13680	202453	47620	87830	59835	105587	62742	
	その他運輸	146162	160147	978247	4771476	889647	962705	458032	856734	799798	1678454	
	情報通信	140223	43363	41655	534133	4792031	1345443	1099198	1098969	5922960	1331601	
	公務	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1109608	
	教育・研究	170	49368	3119	47044	503982	6396	84982	7595	98923	163912	
	医・保・社保・介護・他公サ	25862	5339	1332	79058	116147	16398	61844	975067	166195	247503	
	対事業所サービス	1386434	188563	365296	6087230	5736287	2093724	1864115	2649499	5970606	1960676	
	対個人サ・事務用品・不明	420234	148945	48423	728771	2477297	460647	919576	1535832	1271093	1683035	
	生産要素	資本	50659434	2135140	263505	4291211	10904493	11557752	4427923	6036824	14051556	10361621
	労働	2129296	1533405	409638	12842963	12369673	16183618	22067073	26504909	20783941	14921215	
	間接税	純間接税	3601176	305944	152950	1556545	1595420	106633	242793	16566	1822467	2941839
関税等	0	0	0	0	6130	0	0	0	1204	1246		
最終消費	家計消費											
政府消費												
投資												
外国(輸入)	1464	204250	1309408	2081036	708269	0	641529	35946	1041222	3538282		
合計	66209498	6736815	4371263	43477672	46645664	38539661	36916893	55279651	64805850	61041156		

		生産要素		間接税		最終消費			外国 (輸出)	合計	
		資本	労働	純間接税	関税等	家計消費	政府消費	投資			
生産 活動	農林水産業					3482590	0	919797	62320	15393178	
	鉱業・石油・石炭製品					5845996	0	-265698	91510	36039001	
	飲食品					26810015	327801	249418	264506	41552931	
	繊維製品					3787239	0	181014	544404	7969777	
	パルプ・紙・木製品					477806	1684	477726	353862	14860795	
	化学製品					2630911	0	92948	4837087	31490784	
	窯業・土石製品					231148	0	58254	746449	7682102	
	鉄鋼・非鉄金属・金属製品					395353	508	459426	4627214	49284705	
	一般機械					87675	38	15063723	8432847	33128191	
	電気機械					2838261	0	4418527	5500578	18369451	
	情報・通信機器					3680469	0	5081727	4124545	15309239	
	電子部品					237527	0	8732	6345609	19956158	
	輸送機械					5567966	0	6877649	15295315	55748178	
	精密機械					901465	88	1843401	1392219	5201412	
	その他の製造工業製品					3311542	4297	1237013	2691563	29017174	
	建設					0	0	54120685	0	63238347	
	電力・ガス・熱供給業					5889480	0	0	30981	18671276	
	水道・廃棄物処理					2131445	634505	0	13298	8307293	
	商業					46975324	6873	12967959	8602773	106943693	
	金融・保険					11941853	0	0	653195	42086220	
	不動産					57909137	37147	0	19209	66209498	
	鉄道輸送					4114257	30	1473	99131	6736815	
	航空輸送					2101080	11	1958	915099	4371263	
	その他運輸					8700059	-74813	874124	4825893	43477672	
	情報通信					10976233	35888	8397564	332869	46645664	
	公務					786654	36643399	0	0	38539661	
	教育・研究					7608429	16804295	0	383367	36916893	
	医・保・社保・介護・他公サ					16091047	36624377	0	20198	55279651	
	対事業所サービス					4540405	0	2810160	666999	64805850	
	対個人サ・事務用品・不明					40825688	0	0	1009796	61041156	
	生産要素	資本									196235510
	労働										258817524
	間接税	純間接税									34027217
関税等										4775347	
最終消費	家計消費	196235510	258817524							455053034	
政府消費				34027217	4775347	57017895				95820458	
投資						117158085	4774330		-6054834	115877581	
外国(輸入)										67652003	
合計		196235510	258817524	34027217	4775347	455053034	95820458	115877581	67652003		

付録-B CGE モデルの連立方程式体系の導出

B.1 国内生産

生産工程を2段階に分けて考える。第1段階では合成生産要素（例えば、機械設備と労働者からなる工場のイメージ）を生産し、第2段階ではその合成生産要素と中間投入材を用いて通常の財を生産する。生産技術は、第1段階では要素間の代替を描写できるコブ＝ダグラス型生産関数を、第2段階ではモデルの単純化が可能なレオンティエフ型生産関数を仮定する。以下、第j企業が直面する利潤最大化問題として定式化する。

第1段階：

$$\max_{Y_j, F_{h,j}} \pi_j^y = p_j^y Y_j - \sum_h p_h^f F_{h,j} \quad \forall j \quad \dots \text{式 B1}$$

subject to;

$$Y_j = b_j \prod_h F_{h,j}^{\beta_{h,j}} \quad \forall j \quad \dots \text{式 1}$$

第2段階：

$$\max_{Z_j, Y_j, X_{i,j}} \pi_j^z = p_j^z Z_j - \left(p_j^y Y_j + \sum_i p_i^q X_{i,j} \right) \quad \forall j \quad \dots \text{式 B2}$$

subject to;

$$Z_j = \min_i \left(\frac{X_{1,j}}{ax_{1,j}}, \dots, \frac{X_{i,j}}{ax_{i,j}}, \frac{Y_j}{ay_j} \right) \quad \forall j \quad \dots \text{式 B3}$$

利潤最大化問題の最適条件は以下のとおりである。

$$Y_j = b_j \prod_h F_{h,j}^{\beta_{h,j}} \quad \forall j \quad \dots \text{式 1}$$

$$F_{h,j} = \frac{\beta_{h,j}}{p_h^f} p_j^y Y_j \quad \forall h, j \quad \dots \text{式 2}$$

$$X_{i,j} = ax_{i,j} Z_j \quad \forall i, j \quad \dots \text{式 3}$$

$$Y_j = ay_j Z_j \quad \forall j \quad \dots \text{式 4}$$

$$Z_j = \min_i \left(\frac{X_{1,j}}{ax_{1,j}}, \dots, \frac{X_{i,j}}{ax_{i,j}}, \frac{Y_j}{ay_j} \right) \quad \forall j \quad \dots \text{式 B3}$$

式2の導き方は、式1を式B1に代入し、制約条件なし最大化問題として、 $F_{h,j}$ で偏微分した一階条件から導く。

$$\frac{\partial \pi_j^y}{\partial F_{h,j}} = p_j^y \beta_{h,j} \frac{b_j \prod_h F_{h,j}^{\beta_{h,j}}}{F_{h,j}} - p_h^f = 0 \quad \forall h$$

第j企業の合成生産要素の需要関数は、式1の Y_j を復

活させると、式2が得られる。

生産関数である式B3は、レオンティエフ型で90度折れ曲がった等産出量曲線をもつため、数値計算を行う際に問題を生じやすい。そこで、式B3の代わりに一般均衡時のゼロ利潤条件を用いることとし、式B2(=0)に式3と式4を代入した上で Z_j を消去し、式5を得る。

$$\begin{aligned} \pi_j^z &= p_j^z Z_j - \left(p_j^y Y_j + \sum_i p_i^q X_{i,j} \right) \\ &= p_j^z Z_j - \left(ay_j p_j^y Z_j + \sum_i ax_{i,j} p_i^q Z_j \right) = 0 \\ p_j^z &= ay_j p_j^y + \sum_i ax_{i,j} p_i^q \quad \forall j \quad \dots \text{式 5} \end{aligned}$$

B.2 政府行動（直接税、生産税、輸入関税、政府消費）

政府は、家計の所得に対し一定の税率で直接税を、国内生産に対し一定の税率で従価方式の生産税を、輸入に対し一定の税率で従価方式の輸入関税を課税する。政府は、税収をすべて政府消費に充当する。政府による各財の消費は一定割合とする。以下、政府の税収に関する方程式と各財に対する需要関数を定式化する。

$$T^d = \tau^d \sum_h p_h^f F_{h,j} \quad \dots \text{式 6}$$

$$T_j^z = \tau_j^z p_j^z Z_j \quad \forall j \quad \dots \text{式 7}$$

$$T_i^m = \tau_i^m p_i^m M_i \quad \forall i \quad \dots \text{式 8}$$

$$X_i^g = \frac{H_i}{p_i^q} \left(T^d + \sum_j T_j^z + \sum_j T_j^m \right) \quad \forall i \quad \dots \text{式 9'}$$

B.3 投資と貯蓄

静学モデルとして構築する一般均衡モデルに、来期の存在を前提とする投資と貯蓄を導入することはモデル構造と矛盾する。しかし、日本のGDPの約1/4は総固定資本形成に費やされるなど無視できないので、簡便な方法でこれらを導入する。投資主体は、受け入れた総貯蓄を一定の割合で各財の投資需要に充てるとし、以下のとおり、需要関数を定式化する。

$$X_i^v = \frac{\lambda_i}{p_i^q} (S^p + S^g + \varepsilon S^f) \quad \forall i \quad \dots \text{式 10}$$

$$S^p = ss^p \sum_h p_h^f F_{h,j} \quad \dots \text{式 11}$$

$$S^g = ss^g \left(T^d + \sum_j T_j^z + \sum_j T_j^m \right) \quad \dots \text{式 12}$$

B.4 家計行動（政府、貯蓄と投資を考慮しない場合）

家計は、消費財購入に際し効用最大化を図るものとし、効用はコブ＝ダグラス型関数で記述する。以下、予算制約下の効用最大化問題として定式化する。

$$\max_{X_i^p} UU = \prod_i X_i^{p\alpha_i} \quad \dots \text{式 B4}$$

subject to;

$$\sum_i p_i^q X_i^p = \sum_h p_h^f FF_h \quad \dots \text{式 B5}$$

式 B4 と式 B5 から作ったラグランジュ関数が、最大値を取るとき、一階条件が成り立つ。

$$L(X_i^p) = \prod_i X_i^{p\alpha_i} - \lambda \left(\sum_i p_i^q X_i^p - \sum_h p_h^f FF_h \right)$$

$$\frac{\partial L}{\partial X_i^p} = \alpha_i \frac{\prod_i X_i^{p\alpha_i}}{X_i^p} - \lambda p_i^q = 0 \quad \forall i$$

以下、2財（B：パン，M：牛乳）のケースに単純化して考えることとし、第1財の式からλを求め、第2財の式に代入すると、

$$\lambda = \frac{\alpha_B \prod_i X_i^{p\alpha_i}}{p_B^q X_B^p} = \frac{\alpha_M \prod_i X_i^{p\alpha_i}}{p_M^q X_M^p} - \frac{\alpha_B \prod_i X_i^{p\alpha_i}}{p_B^q X_B^p} p_M^q = 0$$

$$\frac{\alpha_M}{p_M^q X_M^p} = \frac{\alpha_B}{p_B^q X_B^p} \quad p_B^q X_B^p = \frac{\alpha_B}{\alpha_M} p_M^q X_M^p$$

これを式 B5 に代入して、

$$\sum_h p_h^f FF_h = \left(1 + \frac{\alpha_B}{\alpha_M} \right) p_M^q X_M^p = \frac{\alpha_M + \alpha_B}{\alpha_M} p_M^q X_M^p = \frac{p_M^q}{\alpha_M} X_M^p$$

$$\therefore X_M^p = \frac{\alpha_M}{p_M^q} \sum_h p_h^f FF_h$$

従って第 i 財の需要関数は、

$$X_i^p = \frac{\alpha_i}{p_i^q} \sum_h p_h^f FF_h \quad \forall i \quad \dots \text{式 13'}$$

B.5 家計および政府行動の修正

政府、貯蓄と投資を考慮することにより、家計の予算制約式に民間貯蓄額と直接税収額を加味する必要がある。これに伴い家計の第 i 財に対する需要関数が修正される。さらに、政府の予算制約式も政府貯蓄額を加味し修正される。

$$\sum_i p_i^q X_i^p = \sum_h p_h^f FF_h - S^p - T^d \quad \dots \text{式 B6}$$

$$X_i^p = \frac{\alpha_i}{p_i^q} \left(\sum_h p_h^f FF_h - S^p - T^d \right) \quad \forall i \quad \dots \text{式 13}$$

$$X_i^g = \frac{\mu_i}{p_i^q} \left(T^d + \sum_j T_j^z + \sum_j T_j^m - S^g \right) \quad \forall i \quad \dots \text{式 9}$$

B.6 輸出財・輸入財価格と国際収支制約

国際貿易を導入し開放経済モデルに拡張する。まず、小国の仮定（輸出財と輸入財の外貨建て価格は一定。）を置く。この国が直面する国際収支制約を定式化する。

$$p_i^e = \varepsilon p_i^{We} \quad \forall i \quad \dots \text{式 14}$$

$$p_i^m = \varepsilon p_i^{Wm} \quad \forall i \quad \dots \text{式 15}$$

$$\sum_i p_i^{We} E_i + S^f = \sum_i p_i^{Wm} M_i \quad \dots \text{式 16}$$

B.7 国内財，輸出財，輸入財の間の代替性

輸入財と輸出財の間は不完全代替と考える。但し、モデルの中では、輸入財と輸出財の代替関係を直接取り扱うことはせず、輸入財と国内財，輸出財と国内財の代替関係を分けて考える。

B.7.1 輸入財と国内財の間の代替性

アーミントンの仮定（輸入財と国内財は不完全代替。）を置く。具体的には、輸入財とそれに対応する国内財をある一定の割合で混ぜ合わせてアーミントンの合成財を生産し、それを利用すると考える。合成財生産に際しては、仮想的な企業の利潤最大化行動を仮定し、輸入財と国内財の需要行動，合成財の供給行動を導く。混ぜ合わせる具合は CES 型（図形は原点に凸）生産関数で表す。代替の弾力性 σ_i は相対価格が 1%上昇したとき相対的投入量が何%減少するかを示す。合成財を作る企業 i の利潤最大化問題を定式化する。

$$\max_{Q_i, M_i, D_i} \pi_i^q = p_i^q Q_i - \{(1 + \tau_i^m) p_i^m M_i + p_i^d D_i\}$$

subject to;

$$Q_i = \gamma_i (\delta m_i M_i^{\eta_i} + \delta d_i D_i^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}} \quad \forall i \quad \dots \text{式 17}$$

最適化問題の一階条件から、合成財の生産関数(式 17)に加え、輸入財と国内財に対する需要関数を得る。

$$M_i = \left(\frac{\gamma_i^{\eta_i} \delta m_i p_i^q}{(1 + \tau_i^m) p_i^m} \right)^{\frac{1}{1-\eta_i}} Q_i \quad \forall i \quad \dots \text{式 18}$$

$$D_i = \left(\frac{\gamma_i^{\eta_i} \delta d_i p_i^q}{p_i^d} \right)^{\frac{1}{1-\eta_i}} Q_i \quad \forall i \quad \dots \text{式 19}$$

式 18 及び式 19 の導き方は次のとおりである。まず、ラグランジュ関数を $L_i(\cdot)$ 、ラグランジュ乗数を θ_i として、

$$L_i(Q_i, M_i, D_i, \theta_i) \equiv p_i^q Q_i - \{(1 + \tau_i^m) p_i^m M_i + p_i^d D_i\} + \theta_i \left\{ \gamma_i (\delta m_i M_i^{\eta_i} + \delta d_i D_i^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}} - Q_i \right\}$$

$$\frac{\partial L_i}{\partial Q_i} = p_i^q - \theta_i = 0 \quad \forall i$$

$$\frac{\partial L_i}{\partial M_i} = -(1 + \tau_i^m) p_i^m$$

$$+ \theta_i \frac{1}{\eta_i} \gamma_i (\delta m_i M_i^{\eta_i} + \delta d_i D_i^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}-1} \delta m_i M_i^{\eta_i-1} = 0 \quad \forall i$$

$$\frac{\partial L_i}{\partial D_i} = -p_i^d + \theta_i \frac{1}{\eta_i} \gamma_i (\delta m_i M_i^{\eta_i} + \delta d_i D_i^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}-1} \delta d_i D_i^{\eta_i-1}$$

$$= 0 \quad \forall i$$

$$\frac{\partial L_i}{\partial \theta_i} = \gamma_i (\delta m_i M_i^{\eta_i} + \delta d_i D_i^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}} - Q_i = 0 \quad \forall i$$

第 4 偏微分式より、

$$\delta m_i M_i^{\eta_i} + \delta d_i D_i^{\eta_i} = \left(\frac{Q_i}{\gamma_i} \right)^{\eta_i}$$

これを第 2 偏微分式に代入して、

$$-(1 + \tau_i^m) p_i^m + p_i^q \gamma_i \left(\frac{Q_i}{\gamma_i} \right)^{\eta_i \left(\frac{1}{\eta_i} - 1 \right)} \delta m_i M_i^{\eta_i-1} = 0 \quad \forall i$$

$$p_i^q \gamma_i \left(\frac{Q_i}{\gamma_i} \right)^{(1-\eta_i)} \delta m_i M_i^{\eta_i-1} = (1 + \tau_i^m) p_i^m \quad \forall i$$

$$\frac{1}{\gamma_i} \left(\frac{\gamma_i}{Q_i} \right)^{(1-\eta_i)} M_i^{1-\eta_i} = \frac{\delta m_i p_i^q}{(1 + \tau_i^m) p_i^m} \quad \forall i$$

$$\left(\frac{M_i}{Q_i} \right)^{(1-\eta_i)} = \frac{\gamma_i^{\eta_i} \delta m_i p_i^q}{(1 + \tau_i^m) p_i^m} \quad \forall i$$

$$M_i = \left(\frac{\gamma_i^{\eta_i} \delta m_i p_i^q}{(1 + \tau_i^m) p_i^m} \right)^{\frac{1}{1-\eta_i}} Q_i \quad \forall i \quad \dots \text{式 18}$$

これを第 3 偏微分式に代入して、

$$\frac{\partial L_i}{\partial D_i} = -p_i^d + p_i^q \gamma_i \left(\frac{Q_i}{\gamma_i} \right)^{\eta_i \left(\frac{1}{\eta_i} - 1 \right)} \delta d_i D_i^{\eta_i-1} = 0 \quad \forall i$$

$$p_i^d = p_i^q \gamma_i \left(\frac{Q_i}{\gamma_i} \right)^{\eta_i \left(\frac{1}{\eta_i} - 1 \right)} \delta d_i D_i^{\eta_i-1} \quad \forall i$$

$$\left(\frac{D_i}{Q_i} \right)^{(1-\eta_i)} = \frac{\gamma_i^{\eta_i} \delta d_i p_i^q}{p_i^d} \quad \forall i$$

$$D_i = \left(\frac{\gamma_i^{\eta_i} \delta d_i p_i^q}{p_i^d} \right)^{\frac{1}{1-\eta_i}} Q_i \quad \forall i \quad \dots \text{式 19}$$

なお、この合成財を作る企業が直面する輸入財の投入価格すなわち需用者価格は、輸入関税が課されるため $(1 + \tau_i^m) p_i^m$ となり、この輸入関税率が利潤の定義式や輸入財に対する需要関数にも現れる。

B.7.2 輸出財と国内財間の変形

輸出財と国内財は不完全変形との仮定を置く。具体的には、例えば、自動車の国内向け仕様と輸出仕様の違いを想定する。その変形の過程を、CET 型(図形は CES 型と逆で原点に凹)関数で表す。輸出財と国内財間の相対価格によって、産出比率は変化する。変形の弾力性 ψ_i プサイは、相対価格が 1% 上昇したとき産出比率が何% 減少するかを示し、これが大きいほど、等投入量曲線の曲率は緩くなり、相対価格の変化に対して産出比率が変化しやすくなる。この変形企業 i の利潤最大化問題を定式化する。

$$\max_{Z_i, E_i, D_i} \pi_i^z = (p_i^e E_i + p_i^d D_i) - (1 + \tau_i^z) p_i^z Z_i \quad \dots \text{式 B7}$$

subject to;

$$Z_i = \theta_i (\xi e_i E_i^{\phi_i} + \xi d_i D_i^{\phi_i})^{\frac{1}{1-\phi_i}} \quad \dots \text{式 20}$$

最適化問題の一階条件から、国内生産変形関数(式 20)に加え、輸出財と国内財に対する供給関数を得る。これらの導き方は、前節 B.7.1 と同様である。

$$E_i = \left(\frac{\theta_i^{\phi_i} \xi e_i (1 + \tau_i^z) p_i^z}{p_i^e} \right)^{\frac{1}{1-\phi_i}} Z_i \quad \forall i \quad \dots \text{式 21}$$

$$D_i = \left(\frac{\theta_i^{\phi_i} \xi d_i (1 + \tau_i^z) p_i^z}{p_i^d} \right)^{\frac{1}{1-\phi_i}} Z_i \quad \forall i \quad \dots \text{式 22}$$

なお、国内生産 Z_i に対して生産税が課されるため、投入価格すなわち需用者価格は $(1 + \tau_i^z) p_i^z$ となり、この生産財率が利潤の定義式や輸出財と国内財に対する供給関数にも現れる。

B.8 市場均衡条件

財や生産要素の需要量と供給量の一致を保証するための制約式として、市場均衡条件を定式化する。

$$Q_i = X_i^p + X_i^g + X_i^v + \sum_j X_{i,j} \quad \forall i \quad \dots \text{式 23}$$

$$\sum_j F_{h,j} = FF_h \quad \forall h \quad \dots \text{式 24}$$

ここで、**式 23** は合成財の需給均衡式で、合成財 Q_i は、家計、政府、投資主体によって消費されるほか、中間投入財としても利用される。**式 24** は生産要素の需給均衡式である。

付録-C 係数の推定式の導出

係数の推定式の導出に当たっては、基準均衡における変数の値を使用するが、それらの値は、社会会計表から読み取る。社会会計表から直接読み取れない変数については、国内生産の量 Z_j^0 は式 B2 (=0：一般均衡時ゼロ利潤条件) より、合成財の生産量 Q_i^0 は式 23 より、国内財の量 D_i^0 は国内生産を輸出と国内供給に変形する企業に関するゼロ利潤条件の式 B7 (=0) より得られる。また、直接税率 τ^d 、国内生産における生産税率 τ_i^p 及び輸入関税率 τ_i^m をあらかじめ式 6、式 7 及び式 8 から求めておく。

なお、本研究では、輸出財の外貨建て価格 p_i^{we} 及び輸入財の外貨建て価格 p_i^{wm} を 1 に設定している。

効用関数（コブ=ダグラス型）の支出割合係数 α_i は、基準均衡における式 13 の右辺括弧内に、付録-B の式 B6 を代入して、

$$\alpha_i = \frac{p_i^{q0} X_i^{p0}}{\sum_j p_j^{q0} X_j^{p0}} \quad \forall i \quad \dots \text{式 25}$$

合成生産要素生産関数（コブ=ダグラス型）の投入割合係数 $\beta_{h,j}$ と規模係数 b_j は、基準均衡における式 1、式 2、式 B1 (=0：一般均衡時のゼロ利潤条件) より、

$$Y_j^0 = b_j \prod_h F_{h,j}^0 \beta_{h,j} \quad \forall j \quad \dots \text{式 1 基準均衡}$$

$$F_{h,j}^0 = \frac{\beta_{h,j}}{p_h^{f0}} p_j^{y0} Y_j^0 \quad \forall h,j \quad \dots \text{式 2 基準均衡}$$

$$p_j^{y0} Y_j^0 = \sum_h p_h^{f0} F_{h,j}^0 \quad \forall j \quad \dots \text{式 B1 基準均衡}$$

$$\therefore \beta_{h,j} = \frac{p_h^{f0} F_{h,j}^0}{p_j^{y0} Y_j^0} = \frac{p_h^{f0} F_{h,j}^0}{\sum_k p_k^{f0} F_{k,j}^0} \quad \forall j \quad \dots \text{式 26}$$

$$\therefore b_j = \frac{Y_j^0}{\prod_h F_{h,j}^0 \beta_{h,j}} \quad \forall j \quad \dots \text{式 27}$$

国内生産関数（レオンティエフ型）の係数である、中間投入財の投入係数 $ax_{i,j}$ 及び合成生産要素の投入係数 ay_j は、基準均衡における式 3 及び式 4 より、

$$ax_{i,j} = \frac{X_{i,j}^0}{Z_j^0} \quad \forall i,j \quad \dots \text{式 28}$$

$$ay_j = \frac{Y_j^0}{Z_j^0} \quad \forall j \quad \dots \text{式 29}$$

政府消費の割合係数 μ_i は、 α_i の導出と同様にして、

$$\mu_i = \frac{p_i^{q0} X_i^{g0}}{\sum_j p_j^{q0} X_j^{g0}} \quad \forall i \quad \dots \text{式 30}$$

投資の割合係数 λ_i は、基準均衡における式 10 より、

$$\lambda_i = \frac{p_i^{q0} X_i^{v0}}{(S^{p0} + S^{g0} + \varepsilon^0 S^{f0})} \quad \forall i \quad \dots \text{式 31}$$

アーミントンの合成財生産関数（CES 型）では、未知の係数が、投入割合係数 δm_i 及び δd_i 、代替の弾力性に関する係数 η_i 、代替の弾力性 σ_i の 4 つあるのに対して、これらの係数を含む方程式は、式 17、式 18、式 19 の 3 本しかない。このため、本研究では、細江ら³⁾にならって代替の弾力性 σ_i を全て 2 と仮定することとし、これに伴い、代替の弾力性に関する係数 η_i は 0.5 と決まる。投入割合係数 δm_i は、基準均衡における式 18 を式 19 で除して、

$$\frac{M_i^0}{D_i^0} = \left(\frac{\delta m_i}{\delta d_i} \frac{p_i^{d0}}{(1 + \tau_i^{m0}) p_i^{m0}} \right)^{\frac{1}{1-\eta_i}} \quad \forall i$$

これに、 $\delta d_i = 1 - \delta m_i$ を代入して整理すると、

$$\delta m_i = \frac{(1 + \tau_i^{m0}) p_i^{m0} M_i^{0(1-\eta_i)}}{(1 + \tau_i^{m0}) p_i^{m0} M_i^{0(1-\eta_i)} + p_i^{d0} D_i^{0(1-\eta_i)}} \quad \forall i \quad \dots \text{式 32}$$

同様に δd_i は、

$$\delta d_i = \frac{p_i^{d0} D_i^{0(1-\eta_i)}}{(1 + \tau_i^{m0}) p_i^{m0} M_i^{0(1-\eta_i)} + p_i^{d0} D_i^{0(1-\eta_i)}} \quad \forall i \quad \dots \text{式 33}$$

これらを基準均衡における式 17 に代入すると、合成財生産関数の規模係数 γ_i は、

$$\gamma_i = \frac{Q_i^0}{(\delta m_i M_i^{0\eta_i} + \delta d_i D_i^{0\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}}} \quad \forall i \quad \dots \text{式 34}$$

国内生産変形関数（CET 型）の場合も前述のアーミントンの合成財生産関数（CES 型）とほぼ同様である。未知の係数が、産出割合係数 $\xi_{e,i}$ 及び $\xi_{d,i}$ 、変形の弾力性に關

する係数 ϕ_i ，変形の弾力性 ψ_i の4つあるのに対して，これらの係数を含む方程式は，**式 20**，**式 21**，**式 22**の3本しかない．このため，本研究では，細江ら³⁾にならって変形の弾力性 ψ_i を全て2と仮定することとし，これに伴い，変形の弾力性に関する係数 ϕ_i は1.5と決まる．産出割合係数 ξ_{e_i} は，基準均衡における**式 21**を**式 22**で除して，

$$\frac{E_i^0}{D_i^0} = \left(\frac{\xi_{e_i} p_i^{d0}}{\xi_{d_i} p_i^{z0}} \right)^{\frac{1}{1-\phi_i}} \quad \forall i$$

これに， $\xi_{d_i} = 1 - \xi_{e_i}$ を代入して整理すると，

$$\xi_{e_i} = \frac{p_i^{e0} E_i^{0(1-\phi_i)}}{p_i^{e0} E_i^{0(1-\phi_i)} + p_i^{d0} D_i^{0(1-\phi_i)}} \quad \forall i \quad \cdots \text{式 35}$$

同様にして ξ_{d_i} は，

$$\xi_{d_i} = \frac{p_i^{d0} D_i^{0(1-\phi_i)}}{p_i^{e0} E_i^{0(1-\phi_i)} + p_i^{d0} D_i^{0(1-\phi_i)}} \quad \forall i \quad \cdots \text{式 36}$$

これらを基準均衡における**式 20**に代入すると，国内生産変形関数の規模係数 γ_i は，

$$\theta_i = \frac{Z_i^0}{(\xi_{e_i} E_i^{0\phi_i} + \xi_{d_i} D_i^{0\phi_i})^{\frac{1}{\phi_i}}} \quad \forall i \quad \cdots \text{式 37}$$

家計の平均貯蓄性向 ss^p 及び政府の平均貯蓄性向 ss^g は，基準均衡における**式 11**及び**式 12**より，

$$ss^p = \frac{S^p0}{\sum_h p_h^{f0} FF_h} \quad \cdots \text{式 38}$$

$$ss^g = \frac{S^g0}{T^{d0} + \sum_j T_j^{z0} + \sum_j T_j^{m0}} \quad \cdots \text{式 39}$$

直接税率 τ^d は，基準均衡における**式 6**より，

$$\tau^d = \frac{T^{d0}}{\sum_h p_h^{f0} FF_h} \quad \cdots \text{式 40}$$

付録-D 支出関数の導出

支出関数の導出を示す。本研究では、4.1 節において、効用関数をコブ＝ダグラス型に特定しているため、支出関数は効用水準 UU を外生として、支出最小化問題として定式化する。

$$\begin{aligned} \min_{X_i^p} ep &= \sum_i p_i^q X_i^p \\ \text{subject to;} & \\ \prod_i X_i^{p\alpha_i} &= UU \end{aligned}$$

両式から作ったラグランジュ関数が、最小値を取るとき、一階条件が成り立つ。

$$\begin{aligned} L(X_i^p) &= \sum_i p_i^q X_i^p - \lambda \left(\prod_i X_i^{p\alpha_i} - UU \right) \\ \frac{\partial L}{\partial X_i^p} &= p_i^q - \lambda \alpha_i \frac{\prod_i X_i^{p\alpha_i}}{X_i^p} = p_i^q - \lambda \alpha_i \frac{UU}{X_i^p} = 0 \\ \lambda &= \frac{p_i^q X_i^p}{\alpha_i UU} \end{aligned}$$

以下、2財（B：パン，M：牛乳）のケースに単純化して考えることとし、第1財の式から求めたλを、第2財の式に代入すると、

$$\begin{aligned} p_M^q - \frac{p_B^q X_B^p}{\alpha_B UU} \alpha_M \frac{UU}{X_M^p} &= 0 \\ X_B^p &= \frac{\alpha_B p_M^q}{\alpha_M p_B^q} X_M^p \end{aligned}$$

これを効用水準の式に代入して、

$$\begin{aligned} UU &= X_B^{p\alpha_B} X_M^{p\alpha_M} = \left(\frac{\alpha_B p_M^q}{\alpha_M p_B^q} X_M^p \right)^{\alpha_B} X_M^{p\alpha_M} \\ &= \left(\frac{\alpha_B p_M^q}{\alpha_M p_B^q} \right)^{\alpha_B} X_M^{p\alpha_M + \alpha_B} = \left(\frac{\alpha_B p_M^q}{\alpha_M p_B^q} \right)^{\alpha_B} X_M^p \\ X_M^p &= \frac{UU}{\left(\frac{\alpha_B p_M^q}{\alpha_M p_B^q} \right)^{\alpha_B}} \\ X_B^p &= \frac{\alpha_B p_M^q}{\alpha_M p_B^q} X_M^p = \left(\frac{\alpha_B p_M^q}{\alpha_M p_B^q} \right)^{\alpha_M + \alpha_B} \frac{UU}{\left(\frac{\alpha_B p_M^q}{\alpha_M p_B^q} \right)^{\alpha_B}} \end{aligned}$$

$$= \frac{UU}{\left(\frac{\alpha_M p_B^q}{\alpha_B p_M^q} \right)^{\alpha_M}}$$

これを支出関数に代入して、

$$\begin{aligned} ep &= p_B^q X_B^p + p_M^q X_M^p \\ &= \frac{p_B^q UU}{\left(\frac{\alpha_M p_B^q}{\alpha_B p_M^q} \right)^{\alpha_M}} + \frac{p_M^q UU}{\left(\frac{\alpha_M p_B^q}{\alpha_B p_M^q} \right)^{\alpha_B}} \\ &= \frac{(p_B^q)^{\alpha_B} (\alpha_B)^{\alpha_M} UU}{\left(\frac{\alpha_M}{p_M^q} \right)^{\alpha_M}} + \frac{(p_M^q)^{\alpha_M} (\alpha_M)^{\alpha_B} UU}{\left(\frac{\alpha_B}{p_B^q} \right)^{\alpha_B}} \\ &= \frac{(p_B^q)^{\alpha_B} (\alpha_B)^{\alpha_M} UU \left(\frac{\alpha_B}{p_B^q} \right)^{\alpha_B} + (p_M^q)^{\alpha_M} (\alpha_M)^{\alpha_B} UU \left(\frac{\alpha_M}{p_M^q} \right)^{\alpha_M}}{\left(\frac{\alpha_M}{p_M^q} \right)^{\alpha_M} \left(\frac{\alpha_B}{p_B^q} \right)^{\alpha_B}} \\ &= \frac{\alpha_B UU + \alpha_M UU}{\prod_i \left(\frac{\alpha_i}{p_i^q} \right)^{\alpha_i}} = \frac{UU}{\prod_i \left(\frac{\alpha_i}{p_i^q} \right)^{\alpha_i}} \quad \dots \text{式 43} \end{aligned}$$

付録-E GAMS プログラム (入力ファイル・コア部分)

ここに掲載する CGE モデルの GAMS プログラムは、細江ら^{3),4)}による「現実的な応用一般均衡モデル(stdcge)」をベースに、航空・空港政策シミュレーションのための CGE モデルとして必要最小限の加筆修正を行ったものである。プログラムの概略の流れは次のとおりである。

- ①産業部門等のインデックスを定義する。
- ②EXCEL から社会会計表を読み込む。
- ③社会会計表から変数等の初期値を読み取る。
- ④キャリブレーションにより係数を推定する。
- ⑤内生変数と方程式体系を定義する。
- ⑥ニューメラルを設定する。
- ⑦モデルを MCP で解き、基準均衡を確認する。
- ⑧仮設のシナリオを入力し、仮想均衡解を求める。
- ⑨経済厚生 の測定 (EV 算出) を行う。
- ⑩EXCEL に計算結果を出力する。

注：第 1 カラムが*の行はメモ行である。

\$ Title Air Transport CGE Model (atcge, seq=111)

* Definition of sets for suffix -----

Set u SAM entry /

S01AFF, S02MPC, S03BAF, S04TEX, S05PPW, S06CHE,
S07CSC, S08IAS, S09GEM, S10ELM, S11ICE, S12ELC,
S13TRE, S14PRI, S15MMP, S16CON, S17EGH, S18WWD,
S19COM, S20FAI, S21REE, S22RLW, S23AIR, S24OTR,
S25IAC, S26PUA, S27EDR, S28MHS, S29BUS, S30PES,
CAP, LAB, IDT, TRF, HOH, GOV, INV, EXT /

i(u) goods /

S01AFF, S02MPC, S03BAF, S04TEX, S05PPW, S06CHE,
S07CSC, S08IAS, S09GEM, S10ELM, S11ICE, S12ELC,
S13TRE, S14PRI, S15MMP, S16CON, S17EGH, S18WWD,
S19COM, S20FAI, S21REE, S22RLW, S23AIR, S24OTR,
S25IAC, S26PUA, S27EDR, S28MHS, S29BUS, S30PES /

h(u) factor / CAP, LAB / ;

Alias (u,v), (i,j), (h,k) ;

* -----

* Loading SAM-----

\$CALL GDXXRW.EXE sam200530.xlsx
par=SAM rng=input!B3:AN41
Cdim=1 Rdim=1

Parameter SAM(u,v) social accounting matrix ;

\$GDXIN sam200530.gdx

\$LOAD SAM

\$GDXIN

* -----

* Loading the initial values-----

Parameter	Y0(j)	composite factor
	F0(h,j)	the h-th factor input by the j-th firm
	X0(i,j)	intermediate input
	Z0(j)	output of the j-th good
	Xp0(i)	household consumption of the i-th good
	Xg0(i)	government consumption
	Xv0(i)	investment demand
	E0(i)	exports
	M0(i)	imports
	Q0(i)	Armington's composite good
	D0(i)	domestic good
	Sp0	private saving
	Sg0	government saving
	Td0	direct tax
	Tz0(j)	production tax
	Tm0(j)	import tariff
	FF(h)	factor endowment of the h-th factor
	Sf	foreign saving in a foreign currency
	pWe(i)	export price in a foreign currency
	pWm(i)	import price in a foreign currency
	tauz(i)	production tax rate
	taum(i)	import tariff rate ;
Td0	=	SAM("GOV","HOH");
Tz0(j)	=	SAM("IDT",j);
Tm0(j)	=	SAM("TRF",j);
F0(h,j)	=	SAM(h,j);
Y0(j)	=	sum(h, F0(h,j));
X0(i,j)	=	SAM(i,j);
Z0(j)	=	Y0(j) +sum(i, X0(i,j));
M0(i)	=	SAM("EXT",i);
tauz(j)	=	Tz0(j)/Z0(j);
taum(j)	=	Tm0(j)/M0(j);
FF(h)	=	SAM("HOH",h);
Xp0(i)	=	SAM(i,"HOH");
Xg0(i)	=	SAM(i,"GOV");
Xv0(i)	=	SAM(i,"INV");
E0(i)	=	SAM(i,"EXT");
Q0(i)	=	Xp0(i)+Xg0(i)+Xv0(i)+sum(j, X0(i,j));
D0(i)	=	(1+tauz(i))*Z0(i)-E0(i);
Sp0	=	SAM("INV","HOH");
Sg0	=	SAM("INV","GOV");

$S_f = \text{SAM}(\text{"INV"}, \text{"EXT"});$
 $p_{We(i)} = 1;$
 $p_{Wm(i)} = 1;$
 * -----
 * Calibration -----
 Parameter $\sigma(i)$ elasticity of substitution
 $\psi(i)$ elasticity of transformation
 $\eta(i)$ substitution elasticity parameter
 $\phi(i)$ transformation elasticity parameter ;
 $\sigma(i) = 2;$
 $\psi(i) = 2;$
 $\eta(i) = (\sigma(i)-1)/\sigma(i);$
 $\phi(i) = (\psi(i)+1)/\psi(i);$
 Parameter $\alpha(i)$ share parameter in utility func.
 $\beta(h,j)$ share parameter in production func.
 $b(j)$ scale parameter in production func.
 $ax(i,j)$ intermediate input requirement coeff.
 $ay(j)$ composite fact. input req. coeff.
 $\mu(i)$ government consumption share
 $\lambda(i)$ investment demand share
 $\delta_{am}(i)$ share par. in Armington func.
 $\delta_{ad}(i)$ share par. in Armington func.
 $\gamma(i)$ scale par. in Armington func.
 $xid(i)$ share par. in transformation func.
 $xie(i)$ share par. in transformation func.
 $\theta(i)$ scale par. in transformation func.
 ssp average propensity for private saving
 ssg average propensity for gov. saving
 τ_{aud} direct tax rate ;
 $\alpha(i) = X_{p0}(i)/\sum(j, X_{p0}(j));$
 $\beta(h,j) = F_0(h,j)/\sum(k, F_0(k,j));$
 $b(j) = Y_0(j)/\text{prod}(h, F_0(h,j)**\beta(h,j));$
 $ax(i,j) = X_0(i,j)/Z_0(j);$
 $ay(j) = Y_0(j)/Z_0(j);$
 $\mu(i) = X_{g0}(i)/\sum(j, X_{g0}(j));$
 $\lambda(i) = X_{v0}(i)/(S_{p0}+S_{g0}+S_f);$
 $\delta_{am}(i) = (1+\tau_{aum}(i))*M_0(i)**(1-\eta(i))$
 $\quad \quad \quad /((1+\tau_{aum}(i))*M_0(i)**(1-\eta(i)) + D_0(i)**(1-\eta(i)));$
 $\delta_{ad}(i) = D_0(i)**(1-\eta(i))$
 $\quad \quad \quad /((1+\tau_{aum}(i))*M_0(i)**(1-\eta(i)) + D_0(i)**(1-\eta(i)));$
 $\gamma(i) = Q_0(i)/(\delta_{am}(i)*M_0(i)**\eta(i)$
 $\quad \quad \quad +\delta_{ad}(i)*D_0(i)**\eta(i)**(1/\eta(i)));$
 $xie(i) = E_0(i)**(1-\phi(i))/(E_0(i)**(1-\phi(i))$
 $\quad \quad \quad +D_0(i)**(1-\phi(i)));$
 $xid(i) = D_0(i)**(1-\phi(i))/(E_0(i)**(1-\phi(i))$
 $\quad \quad \quad +D_0(i)**(1-\phi(i)));$
 $\theta(i) = Z_0(i)/(xie(i)*E_0(i)**\phi(i)$
 $\quad \quad \quad +xid(i)*D_0(i)**\phi(i)**(1/\phi(i)));$
 $ssp = S_{p0}/\sum(h, FF(h));$
 $ssg = S_{g0}/(T_{d0}+\sum(j, T_{z0}(j))+\sum(j, T_{m0}(j)));$
 $\tau_{aud} = T_{d0}/\sum(h, FF(h));$
 * -----
 * Defining model system-----
 Variable $Y(j)$ composite factor
 $F(h,j)$ the h-th factor input by the j-th firm
 $X(i,j)$ intermediate input
 $Z(j)$ output of the j-th good
 $X_p(i)$ household consumption of the i-th good
 $X_g(i)$ government consumption
 $X_v(i)$ investment demand
 $E(i)$ exports
 $M(i)$ imports
 $Q(i)$ Armington's composite good
 $D(i)$ domestic good
 $pf(h)$ the h-th factor price
 $py(j)$ composite factor price
 $pz(j)$ supply price of the i-th good
 $pq(i)$ Armington's composite good price
 $pe(i)$ export price in local currency
 $pm(i)$ import price in local currency
 $pd(i)$ the i-th domestic good price
 ϵ exchange rate
 S_p private saving
 S_g government saving
 T_d direct tax
 $T_z(j)$ production tax
 $T_m(i)$ import tariff
 UU utility [fictitious] ;
 Equation $eq_{py}(j)$ composite factor agg. func.
 $eq_F(h,j)$ factor demand function
 $eq_X(i,j)$ intermediate demand function
 $eq_Y(j)$ composite factor demand function
 $eq_{pzs}(j)$ unit cost function
 eq_{Td} direct tax revenue function
 $eq_{Tz}(j)$ production tax revenue function
 $eq_{Tm}(i)$ import tariff revenue function
 $eq_{Xg}(i)$ government demand function
 $eq_{Xv}(i)$ investment demand function
 eq_{Sp} private saving function
 eq_{Sg} government saving function

```

eqXp(i)  household demand function
eqpe(i)  world export price equation
eqpm(i)  world import price equation
eqepsilon  balance of payments
eqpqs(i)  Armington function
eqM(i)   import demand function
eqD(i)   domestic good demand function
eqpzd(i) transformation function
eqDs(i)  domestic good supply function
eqE(i)   export supply function
eqpzd(i) market clearing cond. for comp. good
eqpf(h)  factor market clearing condition
obj      utility function [fictitious] ;

*[domestic production] -----
eqpy(j).. Y(j)   =e= b(j)*prod(h, F(h,j)**beta(h,j));
eqF(h,j).. F(h,j) =e= beta(h,j)*py(j)*Y(j)/pf(h);
eqX(i,j).. X(i,j) =e= ax(i,j)*Z(j);
eqY(j)..   Y(j)   =e= ay(j)*Z(j);
eqpzs(j).. pz(j)  =e= ay(j)*py(j) +sum(i, ax(i,j)*pq(i));
*[government behavior] -----
eqTd..    Td      =e= taud*sum(h, pf(h)*FF(h));
eqTz(j).. Tz(j)   =e= tauz(j)*pz(j)*Z(j);
eqTm(i).. Tm(i)   =e= taum(i)*pm(i)*M(i);
eqXg(i).. Xg(i)   =e= mu(i)*(Td +sum(j, Tz(j))
                    +sum(j, Tm(j)) -Sg)/pq(i);
*[investment behavior] -----
eqXv(i).. Xv(i) =e= lambda(i)*(Sp +Sg +epsilon*Sf)/pq(i);
*[savings] -----
eqSp..    Sp      =e= ssp*sum(h, pf(h)*FF(h));
eqSg..    Sg      =e= ssg*(Td +sum(j, Tz(j))+sum(j, Tm(j)));
*[household consumption] -----
eqXp(i).. Xp(i)   =e= alpha(i)*(sum(h, pf(h)*FF(h))
                    -Sp -Td)/pq(i);
*[international trade] -----
eqpe(i).. pe(i)   =e= epsilon*pWe(i);
eqpm(i).. pm(i)   =e= epsilon*pWm(i);
eqepsilon.. sum(i, pWe(i)*E(i)) +Sf
                    =e= sum(i, pWm(i)*M(i));
*[Armington function] -----
eqpqs(i).. Q(i)   =e= gamma(i)*(deltam(i)*M(i)**eta(i)
                    +deltad(i) *D(i)**eta(i))**(1/eta(i));
eqM(i)..   M(i)   =e= (gamma(i)**eta(i)*deltam(i)*pq(i)
                    /((1+taum(i)*pm(i))**(1/(1-eta(i))))*Q(i);
eqD(i)..   D(i) =e= (gamma(i)**eta(i)*deltad(i)*pq(i)/pd(i))
                    *(1/(1-eta(i)))*Q(i);

[transformation function] -----
eqpzd(i).. Z(i)  =e= theta(i)*(xie(i)*E(i)**phi(i)+xid(i)
                    *D(i)**phi(i))**(1/phi(i));
eqE(i)..   E(i) =e= (theta(i)**phi(i)*xie(i)*(1+tauz(i))*pz(i)
                    /pe(i))**(1/(1-phi(i)))*Z(i);
eqDs(i)..  D(i) =e= (theta(i)**phi(i)*xid(i)*(1+tauz(i))*pz(i)
                    /pd(i))**(1/(1-phi(i)))*Z(i);
*[market clearing condition] -----
eqpzd(i).. Q(i)  =e= Xp(i) +Xg(i) +Xv(i) +sum(j, X(i,j));
eqpf(h)..  sum(j, F(h,j)) =e= FF(h);
*[fictitious objective function] -----
obj..      UU     =e= prod(i, Xp(i)**alpha(i));
* -----
* Initializing variables -----
Y.l(j)    =Y0(j);  F.l(h,j) =F0(h,j);
X.l(i,j)  =X0(i,j); Z.l(j)  =Z0(j);
Xp.l(i)   =Xp0(i); Xg.l(i)  =Xg0(i);
Xv.l(i)   =Xv0(i); E.l(i)   =E0(i);
M.l(i)    =M0(i);  Q.l(i)   =Q0(i);
D.l(i)    =D0(i);
pf.l(h)   =1;     py.l(j)  =1;   pz.l(j)  =1;
pq.l(i)   =1;     pe.l(i)  =1;   pm.l(i)  =1;
pd.l(i)   =1;     epsilon.l=1;
Sp.l     =Sp0;    Sg.l     =Sg0;
Td.l     =Td0;    Tz.l(j)  =Tz0(j); Tm.l(i)  =Tm0(i);
* -----
* Setting lower bounds to avoid division by zero-----
Y.lo(j)   =0.00001;  F.lo(h,j) =0.00001;
X.lo(i,j) =0.00001;  Z.lo(j)   =0.00001;
Xp.lo(i)  =0.00001;
*Xg.lo(i) =0.00001;
*Xv.lo(i) =0.00001;
E.lo(i)   =0.00001;
M.lo(i)   =0.00001;  Q.lo(i)   =0.00001;
D.lo(i)   =0.00001;  pf.lo(h)  =0.00001;
py.lo(j)  =0.00001;  pz.lo(j)  =0.00001;
pq.lo(i)  =0.00001;  pe.lo(i)  =0.00001;
pm.lo(i)  =0.00001;  pd.lo(i)  =0.00001;
epsilon.lo=0.00001; Sp.lo     =0.00001;
Sg.lo     =0.00001;  Td.lo     =0.00001;
*Tz.lo(j) =0.00000 ;
Tm.lo(i)  =0.00000 ;
* -----
* Numeraire -----
pf.fx("LAB")=1;

```

```
* -----
* Defining and solving the model -----
Model atcge / eqpy.py, eqF.F, eqX.X, eqY.Y, eqpzs.pz,
eqTd.Td, eqTz.Tz, eqTm.Tm, eqXg.Xg, eqXv.Xv, eqSp.Sp,
eqSg.Sg, eqXp.Xp, eqpe.pe, eqpm.pm, eqepsilon.epsilon,
eqpqs.pq, eqM.M, eqD.D, eqpzd.Z, eqE.E, eqDs.pd, eqpqd.Q,
eqpf.pf, obj.UU / ;
    atcge.reslim=60 ;
Option mcp = PATH ;
Solve atcge using mcp ;
* -----
* List A1: Benchmark of the model -----
File listA1out /listA1.csv/;
Put listA1out;
    listA1out.pc=5;
    listA1out.nd=10;
    listA1out.pw=1000;
Put "**** This table is the benchmark of this CGE model." /;
Put "SAM(u,v)" /; Put ""; Loop(v, Put v.tl); Put /;
Loop(u, Put u.tl; Loop(v, Put SAM(u,v):16:3;); Put /;); Put / /;
Put "alpha(i)" /; Put ""; Loop(i, Put i.tl); Put /;
Put ""; Loop(i, Put alpha(i)); Put / / /;
Put "beta(h,j)" /; Put ""; Loop(j, Put j.tl); Put /;
Loop(h, Put h.tl; Loop(j, Put beta(h,j)); Put /;); Put / /;
Put "b(i)" /; Put ""; Loop(i, Put i.tl); Put /;
Put ""; Loop(i, Put b(i)); Put / / /;
Put "ax(i,j)" /; Put ""; Loop(j, Put j.tl); Put /;
Loop(i, Put i.tl; Loop(j, Put ax(i,j)); Put /;); Put / /;
Put "ay(j)" /; Put ""; Loop(j, Put j.tl); Put /;
Put ""; Loop(j, Put ay(j)); Put / / /;
Put "mu(i)" /; Put ""; Loop(i, Put i.tl); Put /;
Put ""; Loop(i, Put mu(i)); Put / / /;
Put "lambda(i)" /; Put ""; Loop(i, Put i.tl); Put /;
Put ""; Loop(i, Put lambda(i)); Put / / /;
Put "deltam(i)" /; Put ""; Loop(i, Put i.tl); Put /;
Put ""; Loop(i, Put deltam(i)); Put / / /;
Put "deltad(i)" /; Put ""; Loop(i, Put i.tl); Put /;
Put ""; Loop(i, Put deltad(i)); Put / / /;
Put "gamma(i)" /; Put ""; Loop(i, Put i.tl); Put /;
Put ""; Loop(i, Put gamma(i)); Put / / /;
Put "xid(i)" /; Put ""; Loop(i, Put i.tl); Put /;
Put ""; Loop(i, Put xid(i)); Put / / /;
Put "xie(i)" /; Put ""; Loop(i, Put i.tl); Put /;
Put ""; Loop(i, Put xie(i)); Put / / /;
Put "theta(i)" /; Put ""; Loop(i, Put i.tl); Put /;
```

```
Put ""; Loop(i, Put theta(i)); Put / / /;
Put "ssp" ssp / / /;
Put "ssg" ssg / / /;
Put "taud" taud / / /;
* -----
* Simulation Runs: -----
ax(i,"S23AIR") = ax(i,"S23AIR") / 1.05 ;
ay("S23AIR") = ay("S23AIR") / 1.05 ;
Solve atcge using mcp ;
* -----
* Making a new SAM-----
Parameter SAM2(u,v) ;
SAM2(i,j) = pq.l(i) * X.l(i,j);
SAM2(h,j) = pf.l(h) * F.l(h,j);
SAM2("IDT",j) = Tz.l(j);
SAM2("TRF",j) = Tm.l(j);
SAM2("EXT",i) = pm.l(i) * M.l(i);
SAM2(i,"HOH") = pq.l(i) * Xp.l(i);
SAM2(i,"GOV") = pq.l(i) * Xg.l(i);
SAM2(i,"INV") = pq.l(i) * Xv.l(i);
SAM2(i,"EXT") = pe.l(i) * E.l(i);
SAM2("GOV","HOH") = Td.l;
SAM2("INV","HOH") = Sp.l;
SAM2("INV","GOV") = Sg.l;
SAM2("HOH","CAP") = sum(j,SAM2("CAP",j));
SAM2("HOH","LAB") = sum(j,SAM2("LAB",j));
SAM2("GOV","IDT") = sum(j,SAM2("IDT",j));
SAM2("GOV","TRF") = sum(j,SAM2("TRF",j));
SAM2("INV","EXT") = sum(j,SAM2("EXT",j))
- sum(i,SAM2(i,"EXT"));
* -----
* Welfare measure: Hicksian equivalent variations -----
Parameter UU0 utility level in the Base Run Eq.
ep0 expenditure func. in the Base Run Eq.
ep1 expenditure func. in the C-f Eq.
EV Hicksian equivalent variations ;
UU0 = prod(i, Xp0(i)**alpha(i));
ep0 = UU0 /prod(i, (alpha(i)/1)**alpha(i));
ep1 = UU.l/prod(i, (alpha(i)/1)**alpha(i));
EV = ep1-ep0;
* -----
(以下, 計算結果の出力命令につき省略.)
```

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 690

June 2012

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写のお問い合わせは

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1
管理調整部企画調整課 電話:046-844-5019