

第3章

IDE-GSM で用いるパラメータ

早川和伸, 磯野生茂, 熊谷 聡

IDE-GSM では、シミュレーションを実行する際に多くのパラメータを必要とする。モデル内の主要な関数に関連するものとしては、(1)消費関数における各財のシェア、(2)生産関数における労働投入シェア、(3)各産業の代替の弾力性、がある。輸送費関連では、輸送モード別に金銭的費用と時間費用を推計している。また、モデルの動的な挙動に影響するものとして、(1)賃金格差に対する人口移動の反応速度、(2)国レベルでの人口増加率、(3)国レベルでの生産性上昇率、を設定している。現時点で、これらパラメータは、外生変数として他の文献で推計されたものや、新たに推計したものを利用して。一方で、モデル内で内生的に決まる重要なパラメータとしては、生産性パラメータ A の水準がある。本章では、現時点での各パラメータの値やその根拠について解説する。

第1節 消費シェア・労働投入シェア・代替の弾力性

1. 消費シェア

シミュレーション内の消費関数における産業部門別消費シェアには、全世界合計の産業別 GDP シェアを用いている⁽¹⁾。この消費シェアは、現時点で

表3-1 IDE-GSM で用いられる産業別消費シェア

農業	自動車	電機	繊維	食品	その他製造業	サービス
0.0373	0.0183	0.0195	0.0128	0.0317	0.1623	0.7043

(出所) 筆者作成。

はすべての国・地域で共通である。産業別消費シェアは表3-1のとおりである。サービス業・建設業が消費の7割程度を占め、その他製造業、農林漁業・鉱業、食料品・飲料・たばこ、繊維製品・衣服、自動車、電気機械と続く。

長期的なシミュレーションにおいて、所得水準の大きく異なる各国の消費シェアをどのように設定するかについては、さまざまな考え方がある。たとえば、計量的な方法によって、所得水準と消費シェアの関係を推計し、シミュレーション内で各国の消費シェアをダイナミックに変更していくことも考えられる。現時点では、シミュレーション結果の安定性や理解しやすさを重視し、最も単純な仮定を採用している。

2. 労働投入シェア

IDE-GSM では、農業部門は労働と土地を、製造業は労働と中間財を、サービス業では労働のみを生産への投入としている⁽²⁾。まず、農業の労働投入シェアは、アジア経済研究所による「アジア国際産業連関表2005年」(Asian Input Output Table Project, IDE-JETRO 2013) のタイの農業部門の数値をアジア地域の平均値とみなして用いている。製造業部門については、同一産業内でも企業の規模や技術水準による差が大きいため、大企業のものに近くなる産業連関表のデータをそのまま使うことはできない。ここでは、「在アジア・オセアニア日系企業実態調査」(JETRO 2013) のデータを基に、さらに地場企業との格差を考慮して補正を行ったものを用いている。サービス業については中間財の扱いが難しいため、現段階では生産への投入は労働のみとしている(表3-2)。

表3-2 IDE-GSM で用いられる労働投入シェア

農業	自動車	電機	繊維	食品	その他製造業	サービス
0.61	0.57	0.57	0.64	0.61	0.59	1.000

(出所) 筆者作成。

表3-3 IDE-GSM で用いられる各産業の代替の弾力性

自動車	電機	繊維	食品	その他製造業	サービス
7.1	8.8	8.4	5.1	5.3	3.0

(出所) 筆者作成。

労働投入シェアについては、実際には各国で異なるだけでなく、都市部と農村部、大企業と中小企業で大きく異なる。また、長期的には要素価格や技術の変化に伴って変動していく。現時点では、それらについての信頼できるデータがなく、また特定の仮定に基づいて長期的な変化を再現するよりも、シミュレーション結果の安定性と解釈の容易さを優先し、全地域で同一の数値を用いている。

3. 代替の弾力性

IDE-GSM のにおける各産業の代替の弾力性 σ は、農業および製造業については Hummels (1999) を参考に決定し、サービス業における代替の弾力性は、法人税率を説明変数に含む重力方程式を推定することで、その係数を基に計算している (表3-3)。

第2節 輸送費関連パラメータ

IDE-GSM における広義の輸送費は、物理的輸送費、時間費用、関税、非関税障壁、文化的障壁からなる。IDE-GSM では、輸送モードとして、トラック輸送、鉄道輸送、海上輸送、航空輸送の4モードを含んでいる。産業別、

地域ペア別に計算、従価税換算された、物理的輸送費、時間費用、関税率、非関税障壁、文化的障壁を掛けることで、広義の輸送費を得る⁽³⁾。本節では、これらのうち、物理的輸送費、時間費用の計算方法について、それぞれその概要を説明する。より詳しい説明は、補論にて行われる。また、関税率、非関税障壁、文化的障壁は第4章第3節にて解説される。

1. 物理的輸送費

物理的輸送費は、以下の式によって表される。

国内取引の場合：2地点間ルート距離×距離当たり費用+国内積み替え費用

国際取引の場合：2地点間ルート距離×距離当たり費用+国際積み替え費用

上記「距離当たり費用」や「積み替え費用」は、輸送モードごとに異なった値を用いている。これらの値は、日本貿易振興機構（JETRO）による「ASEAN Logistics Network Map」（JETRO 2009, 以下, Map）から入手している。結果として、「距離当たり費用」（米ドル/キロメートル）は、トラックで1、鉄道で0.5、海上輸送で0.24、航空輸送で45.2としている。本費用は20フィートコンテナ・ベースである。「国内積み替え費用」（米ドル）は、トラックおよび鉄道輸送で0、海上輸送で190、航空輸送で690である。「国際積み替え費用」（米ドル）はトラックおよび鉄道輸送で500、海上輸送で491、航空輸送で1276とする（より正確には、国際積み替え費用は複雑な計算によって得られる。詳しくは補論を参照）。

2. 時間費用

物理的輸送費同様，時間費用は，以下の式によって表される。

国内取引の場合： $((2 \text{ 地点間ルート距離} / \text{時速}) + \text{国内積み替え時間}) \times \text{時間当たり費用}$

国際取引の場合： $((2 \text{ 地点間ルート距離} / \text{時速}) + \text{国際積み替え時間}) \times \text{時間当たり費用}$

物理的輸送費同様，「時速」や「積み替え時間」は輸送モードごとに異なった値を用いており，「時間当たり費用」には産業ごとに異なった値を用いている。これらの値は，東アジア・アセアン経済研究センター（ERIA）による「Establishment Survey on Innovation and Production Network 2008」を用いて計算されている。本データは，インドネシア，フィリピン，タイ，ベトナムの製造業企業に対するサンプル・サーベイであり，各企業の取引相手に関する詳細な情報を含んでいる。とくに，取引相手に対する輸送距離，輸送時間，利用輸送モードに関する情報を含む。さらに，取引相手の立地国を特定できるため，国内取引か国際取引かも特定できる。

これらの情報から，輸送時間と輸送距離の関係を，輸送モード，国内取引・国際取引の違いを考慮しながら調べることで，「時速」および「積み替え時間」を計算することができる。結果として，「時速」は，トラック輸送で38.5キロメートル，鉄道輸送で19.1キロメートル，海上輸送で14.7キロメートル，航空輸送で800キロメートルと設定される。「国内積み替え時間」は，トラックおよび鉄道輸送で0時間，海上輸送で3.301時間，航空輸送で6.123時間とする。「国際積み替え時間」は，トラックおよび鉄道輸送で13.224時間，海上輸送で14.972時間，航空輸送で12.813時間とする。

残るは産業別の「時間当たり費用」であるが，これは上記 ERIA によるデ

表3-4 輸送費用パラメータ

	トラック	鉄道	海上	航空	単位	出所
距離当たり費用	1	0.5	0.24	45.2	米ドル/km	Map
時速	38.5	19.1	14.7	800	km/hour	推定
国内積み替え時間	0	2.733	3.301	2.245	Hours	推定
国際積み替え時間	13.224	13.224	14.972	12.813	Hours	Map & 推定
国内積み替え費用	0	0	190	690	米ドル	Map
国際積み替え費用	500	500	491	1,276	米ドル	Map & 推定

(出所) 筆者作成。

ータを用いて、企業レベルの輸送モード選択モデルを推定することで入手している。まず、産業特性、取引相手との距離などが与えられたときに、企業が各輸送モードを選択する「確率」を計算する。つぎに、航空輸送や海上輸送を選択する確率が、トラック輸送を選択する確率と同値になる距離を求める。この「距離」のもとでは、物理的輸送費と時間費用の合計値が、トラック輸送時と航空・海上輸送時において同値になるような方程式関係において、残る唯一のパラメータである時間当たり費用に関して「解く」ことで、本パラメータを入手する。結果として、「時間費用」(米ドル/時間)は、食品で16.5、繊維で17.5、電機で1,792.1、自動車で17.3、その他製造業で17.1となる。

こうして入手された各パラメータ値は、表3-4のように整理できる。

3. 物理的輸送費と時間費用の従価換算

以上のパラメータを基に、各地域間における物理的輸送費と時間費用の和が、輸送モードごとに計算される。そして、それらが最小となる輸送ルート、輸送モードが、最適ルート、モードとして選択される。ここでの計算では、フロイド-ワーシャル (Floyd-Warshall) 法が用いられる (Cormen et al. 2001)。こうして得られた最適な物理的輸送費と時間費用の和はコンテナ当たりの輸送費用である。この和を、以下のコンテナ当たり業種別出荷額で割ることで、従価換算された物理的輸送費と時間費用の和を得る。食品で3万7233米ドル、

繊維で3万4560米ドル、電機で37万6611米ドル、自動車で8万9691米ドル、その他製造業で5万9450米ドルである。これらの数値は、2010年度のERIAによるGSMプロジェクトにおけるサーベイ調査、およびタイの貿易データから入手した。

第3節 その他主要パラメータ

1. 人口移動パラメータ

人口移動は、IDE-GSMにおいて中心的な役割を果たしている。現状のモデルでは、労働力と人口の区別はなく、したがって労働移動と人口移動の区別はない。実質賃金の格差に基づき、地域間で人口が移動するモデルとなっている。

人口移動に関するパラメータは、地域間移動には0.02、同一地域内の産業間移動には0.05を設定している。地域間移動のパラメータ0.02とは、ある地域が同一国内の平均実質賃金に比べ、10%高いとすれば、当該地域に毎年0.2%の人口移入が起こることを意味している。Barro and Sala-i-Martin (1992)は、10%の地域間所得格差に対する人口移動速度はアメリカの州間では年率0.26%、日本の県間では0.27%としており、IDE-GSMで設定は、これを参考に、地域人口のシミュレーション結果が現実の値に近づくように0.02という数字を採用している。

一方で、同一地域内の産業間労働移動について設定した0.05は、地域間の労働移動よりも地域内での産業間移動の方が容易であるという仮定に基づいている。

IDE-GSMの重要な仮定として、国際間の人口移動を認めていないという点がある。実際にも、東アジア地域においては、とくに大部分を占める非熟練労働において国際間の人口移動は制限されたものとなっている。したがっ

て、現時点では、この仮定は妥当であるといえる。

2. 生産性パラメータ A

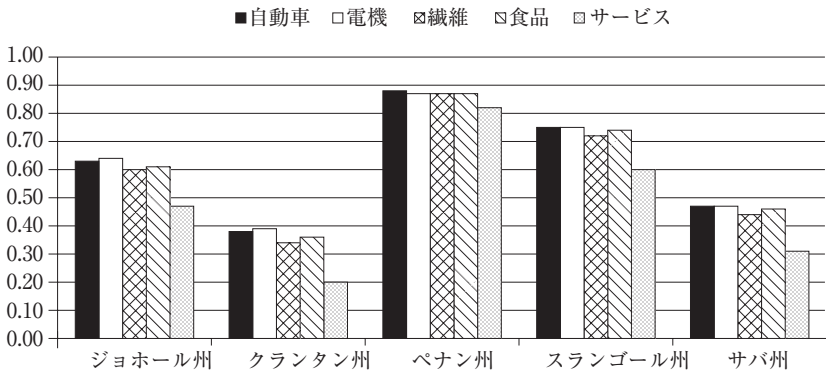
IDE-GSM では、自地域の域内総生産（Gross Regional Product: GRP）および輸送費を考慮した周辺地域の GRP や価格指数を考慮して、各地域の GRP が算出される。しかし、モデル内で理論的に算出された GRP と各地域のデータに基づく実際の GRP は必ずしも一致しない。そこで、この理論的に計算された GRP と実際の GRP の差違を各地域の生産性の違いと位置づけ、それを一致させるように生産性パラメータ A を設定する。

A には、モデル内で GRP の水準を計算する際に明示的に組み入れられている要素（地域間を結ぶ基幹輸送インフラ、地域の人口、周辺都市の経済規模等）以外の、生産性に影響するすべての人的・物的・社会的要素が包括的に含まれている。例示すると、以下のようになる。

・教育水準 / 技能水準

・基幹交通以外の交通インフラ

図3-1 マレーシアの州別生産性パラメータ A（クアラルンプールを1.0とした場合）



(出所) 筆者作成。

- ・通信インフラ、電気/水道等の供給
- ・企業内の設備
- ・企業間の取引関係

理論的に計算された GRP よりも実際の GRP が高い（低い）地域は、 A も大きく（小さく）なる。 A を調整しながら計算を繰り返し、全地域・全産業で理論的 GRP と実際の GRP が一致するまで A のキャリブレーションを行う。

図 3-1 はマレーシア各州の A を産業別に示したもので、数値は、同国で最も一人当たり GRP が高いクアラルンプールを 1.0 として基準化してある。ペナン州がどの産業もクアラルンプールの 8～9 割の生産性があるのに対して、同国で最も一人当たり GRP の低いクランタン州では、2～3 割にとどまっていることがわかる。

3. 外生成長パラメータ

IDE-GSM には、経済成長率に影響する外生成長パラメータが二つある。第 1 は、人口成長である。IDE-GSM では、国レベルの人口は、国連人口部（UN Population Division）による中位推計に従って増加する。第 2 は、生産性上昇率である。通常、後述するモデル内の内生的経済成長だけでは、現実の経済成長率を下回る。したがって、より現実の値に近い経済成長率をモデル内で再現するために、各産業の生産性パラメータ A について、国別に外生的な成長率を定めて上昇させることが必要になる。生産性上昇率については、先進国 1%，中進国 2%，低所得国 3% というような簡易な設定を行っているが、シミュレーションの核となるアジア各国については、2005 年からスタートさせたベースライン・シミュレーションで算出された 2010 年時点での国別 GDP と、実際の 2010 年のデータを比較し、おおむねそれを再現できるレベルに生産性成長率を調整している。

IDE-GSM において、経済成長は、三つの要因によって内生的に発生する。

第1に地域間の人口移動である。生産性の低い地域から、生産性の高い地域に人口が移動することで、経済成長が起こる。これは、「都市化」に相当するといえるかもしれない。第2に、生産性の低い産業から、生産性の高い産業に労働力が移動することでも経済成長が起こる。これは、後進地域では「工業化」に相当し、先進地域では「産業高度化」に相当するといえる。第3に、国レベルで外生的に与えられる人口増加率である。人口の増加は、ほぼそれに比例したGDP成長を引き起こす。

第4節 パラメータに対するシミュレーション結果の感応度

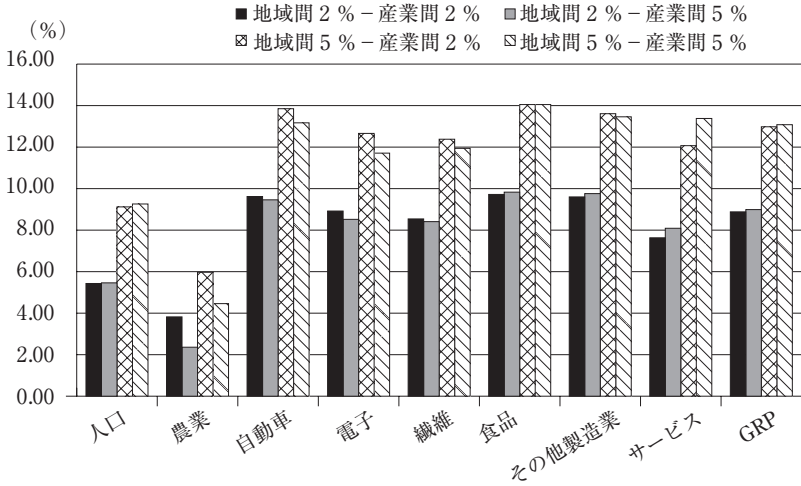
1. 人口移動パラメータ

各種パラメータはそれぞれにシミュレーション結果に影響を与える。そのなかで、影響が最も大きいものの一つが人口移動パラメータである。ここでは、人口移動パラメータがシミュレーション結果に与える影響を確認した。結論からいえば、影響は一定の傾向をもっており、わずかなパラメータの変更がシミュレーション結果を決定的に変えてしまう可能性は低い。

図3-2はタイ・ラヨン県について、2010年から2030年までの人口および産業別GRPの増加率を人口移動パラメータの4種類の組み合わせごとに示したものである。パラメータは、地域間移動と産業間移動について、IDE-GSMで通常使われている0.02と0.05の組み合わせに加えて、0.02と0.02（産業間移動が低いケース）、0.05と0.02（地域間移動が高く、産業間移動が低いケース）、0.05と0.05（地域間移動が高いケース）の三つの組み合わせを試した。

まず、地域間移動パラメータが大きい方が、ラヨン県のような全国平均よりも実質賃金が高い地域では人口増加率が高まる。高い人口増加率を反映するかたちで、GRPおよび産業別GRPの成長率も高くなっている。地域間移動パラメータを0.02から0.05に高めると、人口増加率は5%台半ばから9%

図3-2 タイ・ラヨン県の人口・産業別 GRP 成長率（2010～2030年）



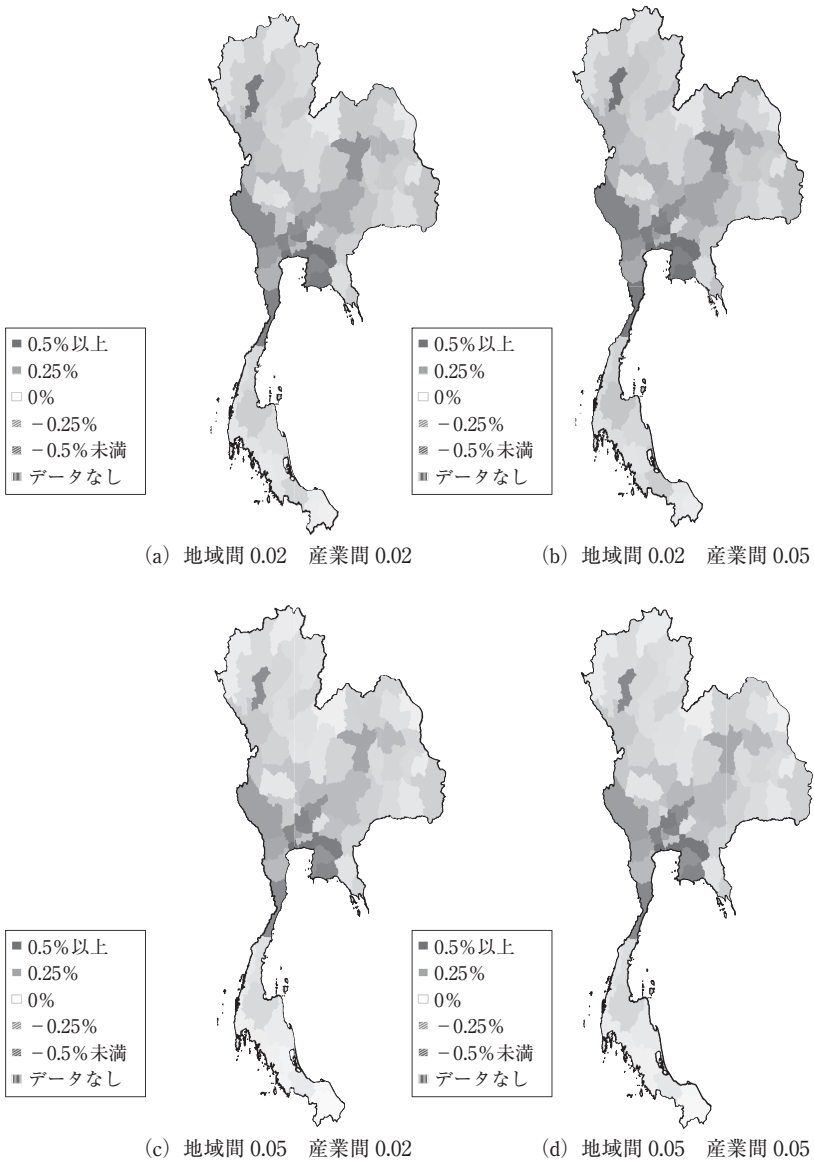
(出所) 筆者作成。

台前半、GRP 成長率は約 9% から約 13% に高まる。ラヨン県は 2010 年時点でタイで最も一人当たり所得が高く、全国平均の 4.4 倍であり、また地域間人口移動パラメータの 0.05 はかなり高い数字であるから、これは考えうる変化の上限に近い。地域間人口移動パラメータの引き上げは相対的に実質所得が高い地域で高い人口増加率と GRP 成長率につながるが、シミュレーション結果が発散してしまうような変化は生じない。

一方で、産業間人口移動パラメータの影響はより小さい。同パラメータを通常の 0.05 から 0.02 に低くすることの効果は、産業別 GRP の成長率を最大で 1% ポイント程度変化させるにとどまる。これは、同一地域内では産業間で極端な賃金格差が生まれにくいためである⁽⁴⁾。産業間人口移動パラメータの変化についても、シミュレーション結果に与える影響は限定的であるといえる。

IDE-GSM では、ベースライン・シナリオと特定の開発シナリオの差分で経済効果を算出する。この経済効果への人口移動パラメータの影響はどうか。

図3-3 タイの経済効果 (2030年, ベースライン比)



(出所) 筆者作成。

表3-5 人口移動パラメータによる経済効果の変化

地域間移動	0.02	0.02	0.05	0.05
地域内移動	0.02	0.05	0.02	0.05
経済効果 (100万米ドル)	2,620	3,280	3,712	3,923

(出所) 筆者作成。

図3-3 (a)～(d) はメコン＝インド経済回廊 (MIEC) の経済効果⁽⁵⁾を、人口移動パラメータ別にみたものである。まず、図3-3 (a) と (b), (c) と (d) がほとんど同様の図となっていることから、産業間人口移動パラメータが経済効果に与える影響は小さいといえる。一方で、図3-3 (a) と (c), (b) と (d) には若干の差がみられ、地域間人口移動パラメータは経済効果に一定の影響を与えることがわかる。ただし、地図の視覚的な印象は維持されている。タイの例では、地域間人口移動パラメータが高まることで、バンコク近辺に経済効果がより集中しているようにみえる。パラメータの四つの組み合わせの経済効果について相関係数を計算すると、0.92から1.00と非常に高い数値を示した。人口移動パラメータの変化に対して経済効果の地域的な表れ方の傾向はかなり頑健であるといえる。

IDE-GSM では、インフラ整備の経済効果の絶対額を実質米ドル⁽⁶⁾で示すことがある。経済効果の絶対額は、人口移動パラメータによってどの程度の影響を受けるのだろうか。上記のシナリオについて、四つのパラメータの組み合わせでタイ全体への経済効果を計算した結果が表3-5である。

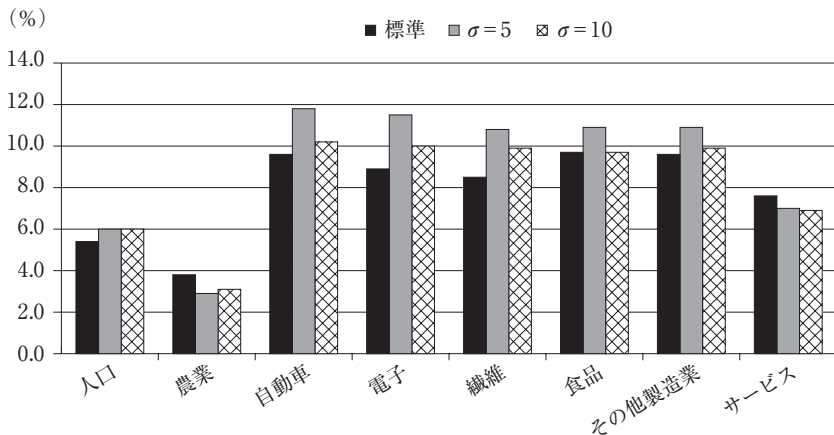
地域間・産業間の人口移動パラメータを大きくするほど、経済効果の絶対額も大きくなっている。人口移動が実質賃金により反応するようパラメータを設定すると経済効果は大きくなるというのは、モデルのメカニズムと整合的である。パラメータの変更による経済効果の絶対額の差は最大で1.5倍程度となっており、比較的安定的であるといえるだろう。

2. 代替の弾力性

シミュレーション結果に大きな影響を与えるもう一つのパラメータは、各産業の代替の弾力性である。以下では、代替の弾力性を表3-3のように設定した標準ケースと、全産業の代替の弾力性をそれぞれ5および10に統一した場合の3ケースについて、シミュレーション結果に与える影響をみた。

図3-4は、タイ・ラヨン県を例に、2010年から2030年の間の人口および産業別 GRP の増加率を三つの異なる代替の弾力性についてみたものである。人口増加率は、標準パラメータの5.5%から $\sigma=5$ と $\sigma=10$ の両方のケースで6.0%と0.5%ポイント上昇している。産業別 GRP の成長率については、0.5~2.6%ポイントの変化となっている。パラメータ変更に伴う影響の傾向については、 σ が小さいほど規模の経済が働き、成長率が高まるようにみえる。ただし、他産業の σ との相対的な関係も影響するため、実際には複雑な反応となっている。

図3-4 タイ・ラヨン県の人口・産業別 GRP 成長率 (2010~2030年)

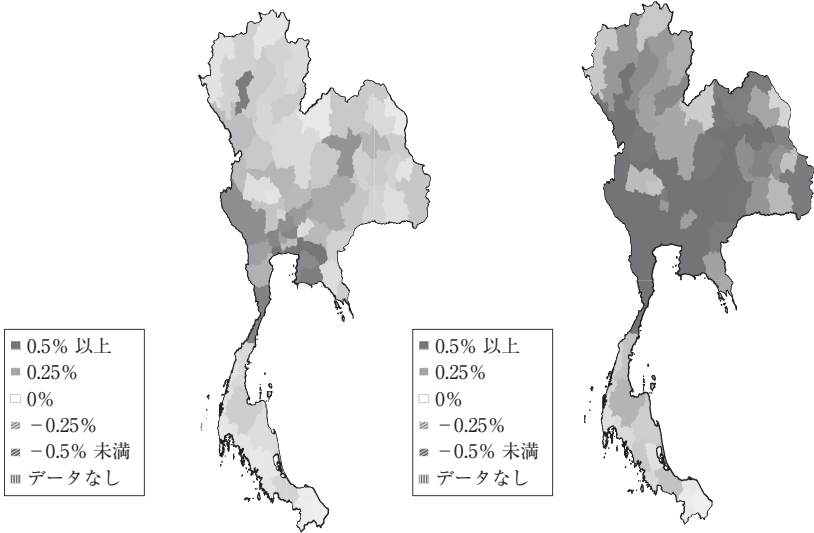


(出所) 筆者作成。

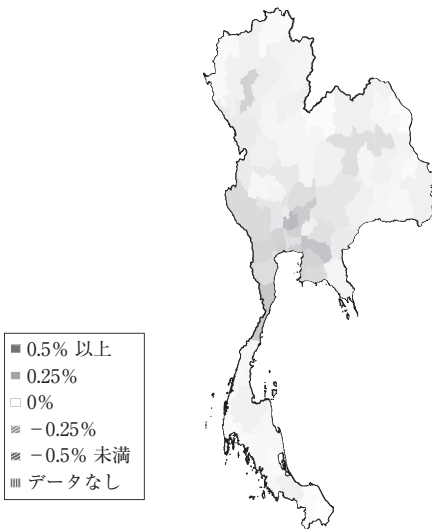
図3-5 タイの経済効果 (2030年, ベースライン比)

(a) 標準ケース

(b) $\sigma=5$



(c) $\sigma=10$



(出所) 筆者作成。

続いて、インフラ開発の経済効果について、前項と同様のタイの例について確認してみる。図3-5(a)~(c)は、それぞれ、代替の弾力性パラメータが標準ケース、 $\sigma=5$ 、 $\sigma=10$ の場合である。経済効果が小さい地域では、パラメータの変更によって、効果の正負が変わっている地域がみられるものの、全体としてみると、経済効果の傾向はすべての地図において類似しているようにみえる。経済効果の率の相関係数をみると、標準ケースと $\sigma=5$ が0.95、標準ケースと $\sigma=10$ が0.96、 $\sigma=5$ と $\sigma=10$ が0.94となっている。

インフラ開発効果の絶対額をみてみると、標準ケースが32億8030万米ドル、 $\sigma=5$ のケースが98億3640万米ドル、 $\sigma=10$ のケースが8億米ドルとなっている。代替の弾力性が大きくなるにしたがって経済効果が減少するのは、モデルと整合的であるといえる。一方で、代替の弾力性を $\sigma=5$ から標準値、標準値から $\sigma=10$ に変更すると、経済効果の絶対額も数倍のスケールで変化するため、 σ を適切に設定することが重要であるとともに、絶対額でみた経済効果については、ある程度の幅をもつものとして理解する必要があるだろう。

第5節 まとめ

IDE-GSMでは、シミュレーションを実行するために必要とされる各種のパラメータがある。これまでの開発において、先行文献から採用したり、入手可能なデータから独自に推計してきた。パラメータの正確性はシミュレーション結果の信頼性に大きな影響を与えるが、いくつかのパラメータの変化に対しては、シミュレーション結果の傾向はかなり頑健であるといえる。一方で、各財の代替の弾力性に代表される特定のパラメータについては、シミュレーション結果に相応の影響を及ぼすことがわかる。経済効果の地理的な特徴についてはパラメータの変化に対して頑健であるのに対し、経済効果の絶対額はパラメータに影響されるため、幅をもつものとして理解する必要がある。

〔注〕 _____

- (1) アジア経済地理データセットで地域データを作成している18の国・地域以外の産業別 GDP は国連工業開発機関 (UNIDO) の INDSTAT データベースから入手している。
- (2) ここで注意する必要があるのは、IDE-GSM のモデルでは、生産への投入に資本を含まない点である。したがって、労働投入比率に関するデータを統計から作成する場合、 $1 - \text{中間財投入比率}$ を労働投入比率として扱う。
- (3) より正確には、従価税換算された各費用を100で割り、それに1を足したものをすべて掛け合わせたものが、シミュレーションモデル上の氷塊型輸送費に対応する。
- (4) ただし、農業については、製造業との間の賃金格差があるため、影響はやや大きくなる。
- (5) シミュレーションの具体的なシナリオは、第5章第2節のシナリオ6と同一である。
- (6) IDE-GSM では、シミュレーション開始年の地域別 GDP はその時点での名目米ドルとなっている。それ以降については、内生的に計算される価格指数で GDP を実質化しているため、シミュレーション開始年を基準年とした実質米ドルが経済効果の単位となる。

〔参考文献〕

<日本語文献>

JETRO 2013. 在アジア・オセアニア日系企業実態調査 (<http://www.jetro.go.jp/jfile/report/07001539/0700153901a.pdf>).

<英語文献>

Barro, R. T. and X. Sala-i-Martin. 1992. "Regional Growth and Migration: A Japan-United States Comparison." *Journal of the Japanese and International Economies* 6(4): 312-346.

Cormen, T.H., C.E. Leiserson, R.L. Rivest and S. Clifford 2001. *Introduction to Algorithms*. Cambridge MA: MIT Press.

Asian International Input-Output Project, Institute of Development Economies, Japan External Trade Organization (IDE-JETRO) ed. 2013. "Asian International Input-Output Table 2005." Statistical Data No. 98. IDE-JETRO.

Hummels, D. 1999. "Toward a Geography of Trade Costs." GTAP Working Paper 17.

Japan External Trade Organization (JETRO) 2009. *ASEAN Logistics Network Map 2nd*

補論 物理的輸送費および時間費用の推定

ここでは、物理的輸送費および時間費用に関するパラメータの推定、入手方法について解説する。まず航空輸送、海上輸送、トラック輸送に対するパラメータについて紹介し、最後に鉄道輸送に対するパラメータについて紹介する。

1. 各種パラメータの推定

本項では、輸送モード別（航空輸送、海上輸送、トラック輸送）の時速および積み替え時間を計算する。計算方法は単純なものであり、以下の式を推定する。

$$Time_{ij}^M = \rho_0 + \rho_1 Abroad_{ij}^M + \rho_2 Distance_{ij}^M + \epsilon_{ij}^M$$

$Time_{ij}^M$ は輸送モード M のもとで、地点 i から j に輸送するためにかかる時間を示す。これを、2 地点が国境を越えた取引か否かを示すダミー変数 (*Abroad*)、2 地点間距離 (*Distance*) に対して回帰する。この推定結果から、 ρ_2 の逆数は時速を示すことになる。また国内積み替え時間は定数項 ρ_0 で示され、国際積み替え時間はこれに ρ_1 を加えたものになる。推定は輸送モード別に行う。必要なデータはすべて、「Establishment Survey on Innovation and Production Network 2008」(ERIA) から入手する。本データは、インドネシア、フィリピン、タイ、ベトナムの製造業企業に対するサンプル・サーベイであり、各企業の取引相手に関する詳細な情報を含んでいる。分析は2008年を対象としたものである。

推定結果は表3-A1に示されている。結果として、時速は、トラック輸

表3-A1 時速および積み替え時間

	航空	海上	トラック
推定結果			
Abroad	9.010 [8.350]	11.671 [13.320]	10.979*** [2.440]
Distance	0.018* [0.010]	0.068*** [0.018]	0.026*** [0.002]
定数項	6.123 [7.940]	3.301 [13.099]	2.245*** [0.739]
積み替え時間			
国内取引	6.123	3.301	2.245
国際取引	15.133	14.972	13.224
時速	55.556	14.706	38.462
観測値数	51	34	754
決定係数	0.1225	0.3698	0.1772

(出所) 筆者作成。

(注) ***は1%有意, *は10%有意を示す。[]内は標準誤差を示す。

表3-A2 輸送コスト・パラメータ

	トラック	海上	航空	単位	出所
距離当たり費用	1	0.24	45.2	US\$/km	Map
時速	38.5	14.7	800	km/hour	推定
国内積み替え時間	0	3.301	2.245	hours	推定
国際積み替え時間	13.224	14.972	12.813	hours	推定 & Map
国内積み替え費用	0	190	690	US\$	Map
国際積み替え費用	500	下記参照	下記参照	US\$	Map

(出所) 筆者作成。

送で38.5キロメートル, 海上輸送で14.7キロメートル, 航空輸送で55.6キロメートルとなる。国内積み替え時間は, トラック輸送で2.245時間, 海上輸送で3.301時間, 航空輸送で6.123時間となり, 国際積み替え時間は, トラック輸送で13.224時間, 海上輸送で14.972時間, 航空輸送で12.813時間となる。

以上が推定から得られた値であるが, シミュレーションでは現実の値に近くなるよう修正されたものを用いている。修正は3点行われており, 第1に,

航空輸送の時速は800キロメートルとし、第2に、国内のトラック輸送では積み替えが行われないとみなし、積み替え時間はゼロとする。第3に、国際航空輸送にかかる積み替え時間は、「ASEAN Logistics Network Map 2008」(JETRO) から、12.813時間とする。このほか、同様に Map から、距離当たり費用、国内積み替え費用、トラック輸送における国際積み替え費用を入手

表3-A3 推定結果

基準：陸上輸送	航空輸送		海上輸送	
	係数	標準誤差	係数	標準誤差
Abroad	3.573***	0.736	2.915***	0.428
ln Distance (基準：食品)	0.444***	0.170	1.268***	0.167
* 繊維	0.104	0.126	-0.151	0.094
* 電機	0.300**	0.135	0.112	0.086
* 自動車	0.201	0.174	-0.104	0.154
* その他製造業	0.148	0.106	-0.068	0.066
定数項	-5.711***	0.760	-9.621***	0.993
輸送元国 (基準：インドネシア)				
フィリピン	-0.336	0.470	0.364	0.446
タイ	-2.239**	0.904	-0.794	0.624
ベトナム	-2.483***	0.683	-0.437	0.419
統計値				
観測値数		1,312		
疑似決定係数		0.3407		
対数尤度		-321.5		

(出所) 筆者作成。

(注) ***は1%有意, **は5%有意を示す。

表3-A4 確率同値距離 (単位：km)

	国内取引		海外取引	
	航空	海上	航空	海上
食品	60,300,000	3,699	19,254	371
繊維	2,022,900	11,218	2,968	825
電機	44,009	1,899	361	229
自動車	225,394	7,693	886	628
その他	684,540	5,909	1,634	520

(出所) 筆者作成。

した。輸送コストの要素となるパラメータは表3-A2のように整理される。

2. 確率同値距離の推定

企業がモノをある2地点間で輸送する際に、航空輸送、海上輸送、トラック輸送のいずれを使うかに関する多項ロジット・モデルの推定を行う。説明変数には、時速の推定同様、2地点が国境を越えた取引か否かを示すダミー変数 (*Abroad*)、2地点間距離 (*Distance*)、およびそれと産業ダミーの交差項、そして輸送元国を示すダミー変数である。必要なデータはすべて、「Establishment Survey on Innovation and Production Network 2008」(ERIA) から入手する。三つの輸送モードからの選択を考えるため、陸上輸送が可能な2地点間の取引に限定する。推定結果は表3-A3に示されている。第1に、国境を越えた取引の場合、トラック輸送に比べ、航空・海上輸送が用いられやすいことがわかる。第2に、越境取引か否かにかかわらず、距離が遠いほど、航空・海上輸送が利用されやすい。第3に、とくに電機では、他の産業に比べ、距離に応じて航空輸送が用いられやすい。

この推定結果を用いて、輸送モード選択に関する、より直観的な数値を得る。具体的には、航空および海上輸送が、トラック輸送と選択確率が同値になる距離を求める。これは、たとえば、バンコクからの輸送を考えた際に、バンコクから何キロメートル離れた地点に輸送するときに、航空輸送（もしくは海上輸送）とトラック輸送の選択確率が同値になるかを計算するものである。結果は表3-A4に示されている。たとえば、バンコクから電気製品を海外に輸送する際に、400キロメートル以上離れているならば航空輸送もしくは海上輸送が選択されることを示している。

3. 時間当たり費用の推定

以上で、業種別に時間当たり費用を推定する準備が整った。本文でも述べ

ているように、国内取引の場合、物理的輸送費は、以下の式によって表される。

$$2 \text{ 地点間ルート距離} \times \text{距離当たり費用} + \text{国内積み替え費用}$$

また、時間費用は以下となる。

$$((2 \text{ 地点間ルート距離} / \text{時速}) + \text{国内積み替え時間}) \times \text{時間当たり費用}$$

これらの合計を今、輸送費用と呼ぶことにする。表3-A2より、「2地点間ルート距離」および「時間当たり費用」を除けば、すべてのパラメータが輸送モード別にわかっている。各輸送モードにおける国内輸送費用は以下のように示される。

$$\text{トラック輸送費用} = 2 \text{ 地点間ルート距離} \times 1 + 0 + ((2 \text{ 地点間ルート距離} / 38.5) + 0) \times \text{時間当たり費用}$$

$$\text{海上輸送費用} = 2 \text{ 地点間ルート距離} \times 0.24 + 190 + ((2 \text{ 地点間ルート距離} / 14.7) + 3.301) \times \text{時間当たり費用}$$

$$\text{航空輸送費用} = 2 \text{ 地点間ルート距離} \times 45.2 + 690 + ((2 \text{ 地点間ルート距離} / 800) + 2.245) \times \text{時間当たり費用}$$

ここで輸送モードの選択行動について、いくつか仮定をおく。第1に、機械産業では、航空輸送か陸上輸送のいずれかの輸送モードが選択され、それ以外の製造業では、海上輸送か陸上輸送のいずれかが選択されるとする。この仮定は時間費用を容易に計算するための仮定であり、後にシミュレーションを行う際には緩められる。すなわち、シミュレーションでは、すべての産業で、潜在的にはトラック、鉄道、海上、航空輸送のいずれも選択されうる。第2に、表3-A4で示された確率同値距離を超えると、電機は航空輸送を選択し、他の製造業は海上輸送を選択する一方、確率同値距離以下では、陸

上輸送を選択する。これらの仮定から、表3-A4で示された距離を用いることで、時間当たり費用を計算することができる。まず電機では、4万4009キロメートルを輸送するとき、陸上輸送費用と航空輸送費用が一致する。したがって、以下の方程式が成り立つ。

$$\begin{aligned} & 44009 \times 1 + 0 + ((44009 / 38.5) + 0) \times \text{時間当たり費用} \\ & = 44009 \times 45.2 + 690 + ((44009 / 800) + 2.245) \times \text{時間当たり費用} \end{aligned}$$

これを解くことにより、電機における時間当たり費用は1792.1ドルと計算できる。同様に、他の業種についても、陸上輸送費用と海上輸送費用から方程式をつくることで、時間当たり費用を計算することができる。結果として、食品で16.5ドル、繊維で17.5ドル、自動車で17.3ドル、その他製造業で17.1ドルとなる。

4. 国際積み替え費用の推定

時間当たり費用が明らかとなったため、海上および航空輸送における国際積み替え費用を計算する。本文でも述べているように、国際取引の場合、物理的輸送費は、以下の式によって表される。

$$2 \text{ 地点間ルート距離} \times \text{距離当たり費用} + \text{国際積み替え費用}$$

また、時間費用は以下となる。

$$((2 \text{ 地点間ルート距離} / \text{時速}) + \text{国際積み替え時間}) \times \text{時間当たり費用}$$

表3-A2、および先の「時間当たり費用」を代入すると、「2地点間ルート距離」および「海上および航空輸送における国際積み替え費用」を除けば、

すべてのパラメータが輸送モード別にわかっている。そこで、先と同様に、機械産業における確率同値距離を用いて航空輸送における国際積み替え費用を、それ以外の業種における確率同値距離を用いて海上輸送における国際積み替え費用を計算する。後者については、4業種別に計算されることになるが、シミュレーションではこれらの平均値を用いる。結果として、航空輸送における国際積み替え費用は1276ドル、海上輸送における国際積み替え費用は491ドルとなる。

5. 鉄道輸送

最後に、鉄道輸送に対するパラメータを推定する。国内積み替え時間および時速については、補論の第1節と同様の方法で推定する。国内積み替え費用は、トラック輸送同様に、ゼロとする。また、国際積み替えに関しても、時間、費用ともに、トラック輸送と同様のパラメータ値を用いる。最後に、距離当たり費用については、トラック輸送の半分の値、0.5を用いる。この値は、Mapで得られる値（トラック輸送の0.85倍）よりもわずかに小さい値である。Mapで得られる値は、トラックに積荷できる量を対象とした鉄道輸送費用である。これに対して、われわれは量に対してより一般的な鉄道輸送費用を用いる必要があること、そしてまた鉄道輸送はトラック輸送以上に、輸送量に対する規模の経済性が働くことから、より小さい値を用いている。