

# 応用一般均衡分析のためのデータ構築と課題\*

## Data Construction for Applied General Equilibrium Analysis and Its Problems\*

石川良文\*\*・長谷川俊英\*\*\*

By Yoshifumi ISHIKAWA\*\*・Toshihide HASEGAWA\*\*\*

### 1. はじめに

応用一般均衡分析においては、近年土木計画の分野でも様々なタイプのモデルが開発され、現実の社会資本整備の効果分析に多数供されるようになってきた。これは、主に税制政策、貿易政策などの分野で開発されてきた応用一般均衡モデルが土木計画の分野でも紹介されると共に、80年代後半から実際の土木計画学の研究に取り入れられるなど研究の蓄積が進んできたことや、従来の計量経済モデルや産業連関モデルでは計測されない便益評価が可能のため、90年代後半に急速に広まった費用便益分析に対するデータ提供としてのニーズが増してきたことが大きな要因として考えられる。また、他の理由として応用一般均衡モデルでは、比較的少数の限られたデータのみを用いることで政策分析が可能である点が挙げられよう。

このような状況にあって、今後益々応用一般均衡モデルの実務での適用は進むと考えられ、そのための理論的・実務的研究も期待されるが、実際の政策分析に適用する際のアカウンタビリティにおいては、未だ克服すべき諸問題があると考えられる。特に研究レベルではミクロ経済学的な行動理論の基礎を持つという意味において理論的方法ではあるが、計算に必要な外生パラメータの設定は現実経済を踏まえた実証的設定とは言えない。特に本稿では、様々な政策分析に対応するためのモデル化の問題点は捨象し、データ面での問題点、課題点を議論する。

キーワード：計画基礎論，応用一般均衡分析

正員，工博，富士常葉大学環境防災学部，

(静岡県富士市大淵325，TEL:0545-37-2041，

E-mail:ishikawa@fuji-tokoha-u.ac.jp)

正員，工修，UFJ総合研究所研究開発第一部，

(名古屋市中区錦3-20-27，TEL:052-203-5322，

E-mail: toshihide.hasegawa@ufji.co.jp)

### 2. 産業連関表の問題

最も基幹的なデータは産業連関表であるが、応用一般均衡モデルでは、基準時点における経済が均衡状態にあることを前提に、いわゆるキャリブレーションによって決定論的に各種パラメータを推定する。必要な産業連関表は、我が国の場合比較的精度が良いとされる産業連関表が揃っているため、応用一般均衡分析にとっては都合の良い環境となっている。

しかしながら、今日的な地域政策分析のニーズは、これら既存の地域設定を前提としたものばかりではなく、任意の都市圏などを設定し、その地域における政策評価を行うことが望まれる場合が多くなってきた。殊に地方分権化の再燃と共に広域的な道州制に伴う問題や、既存の行政エリアに依らない地方をいくつかの地域に分割した小地域レベルのCGEのニーズは高まっている。これらの問題に対しては、安藤・堺<sup>1)</sup>や石川・小池・上田<sup>2)</sup>による都市圏産業連関表の作成手法に関する研究や小池・石川・上田<sup>3)</sup>による都市圏CGEモデルの開発、安藤・柴田<sup>4)</sup>による中国を対象に全国産業連関表と限られた地域統計からノンサーベイツ的に推計された地域別産業連関表、宮城・石川<sup>5)</sup>らによる都道府県間産業連関表の作成があり、任意の地域設定によるCGEの適用も展望が開けてきた。

ここで問題となるのは、例えば小地域を対象とした場合の当該産業連関表全体の精度と、それを用いた例えば生産関数などの技術構造の設定である。前者については、任意の小地域を対象とする場合、詳細なサーベイを行って産業連関表を作れば実体経済に近い地域産業連関表が作成されるであろうが、実務的にはそのCGEモデルのためだけにサーベイ手法による産業連関表を作成するのは現実的ではない。そのためノンサーベイ手法を用いて産業連関表を如何に精度良く(できるだけサーベイ手法に近く)推

表 - 1 全国投入係数と地域オリジナルの集計投入係数の差異（岐阜都市圏の場合）

バイアス

単位：%

	農林水産業	鉱業	製造業	建設	電力ガス水道	商業	金融保険	不動産	運輸	通信放送	公務	サービス	分類不明
農林水産業	6	0	-24	12	0	53	0	0	0	0	0	-1	0
鉱業	0	0	511	11	-42	0	0	0	0	0	0	7	-6
製造業	-3	1	2	3	-1	18	10	10	4	-8	3	-3	0
建設	1	0	10	8	-8	13	0	0	9	-30	0	10	0
電力ガス水道	2	0	-2	5	8	29	0	0	11	-15	0	6	0
商業	-7	0	-15	3	-14	3	0	0	-5	-21	0	-3	0
金融保険	0	0	-10	4	1	-6	0	0	11	-12	0	-1	0
不動産	3	0	-17	3	-20	-5	0	0	1	-2	0	2	0
運輸	4	0	3	3	-21	-15	0	0	-2	-6	0	1	0
通信放送	9	0	-24	12	-19	-1	0	0	1	1	0	-10	-1
公務	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
サービス	-1	-1	14	4	-10	6	-3	-2	-4	-20	-4	-8	0
分類不明	-3	0	-3	5	-16	-28	0	0	3	-33	0	2	0

定できるかにCGEモデルの計算結果も左右されることになる。この任意地域における産業連関表の推定精度については、石川・小池・上田<sup>26)</sup>などでも論じられている他、Morimoto<sup>7)</sup>では、任意地域の産業連関表を作る際に問題となる投入係数の集計化の問題が議論されている。

生産関数などの財・サービス投入の技術構造の設定については、小都市圏産業連関表の作成において、内生部門の数値を推定する際、投入係数を全国表と同じと仮定して行う場合がある。しかし、このことは全国と地域の生産技術が全く変わらないと想定することになり、地域のCGEモデルで政策評価を行う特色の一つを全く失ってしまう。表-1は、岐阜都市圏の都市圏CGEモデルの構築を前提に、産業連関表の内生部門推計にあたって、全国の投入係数をそのまま用いた場合と、各地域の生産額ウェイトを考慮して作成された集計投入係数の差異を示したものであるが、この差異が地域の技術構造として当該地域用のCGEモデルの評価に特色として現れることになる。

### 3. パラメータ設定の問題

#### (1) 既往研究における代替弾力性値の設定

応用一般均衡モデルでは、未知パラメータの多くは、いわゆるカリブレーションによって推定される。各主体の行動モデルは、中間投入財については代替の弾力性をゼロとするレオンチェフ型技術を採用し、労働、資本などの本源的生産要素間の技術は、Cobb-Douglas型やCES型の技術を用いて定式化される場合が多い。なかでもCobb-Douglas型関数は、代替弾力性値の設定が必要なく、計算の容易性とあいまっ

て多用されている。一方、CES関数では、代替弾力性を外生的に与えなくてはならない。このパラメータをどのように設定すべきかという問題が実務的にはある。CGEモデルを実務に応用する場合には、モデルのアカウンタビリティの面から生産関数の特定化にあたっては根拠ある設定が必要であろう。以下に既往研究での弾力性の設定方法を概観する。

代替弾力性の推定には、一般的に計量経済学（或いは実証経済学）の分野で蓄積された研究成果などから外生的に与える場合が多い<sup>8)</sup>。また、独特の産業カテゴリーの設定をしていたり、部門数が多い場合は、文献による設定が不可能なためモデル構築者が恣意的に設定することもある。市岡<sup>9)</sup>によるAGE日本モデルでは24の生産財を設けて、労働と資本の間にCES型生産関数を想定したモデル化を行っているが、日本には信頼できる推定値がないとして、代替弾力性を1と仮定し、結果的にCobb-Douglas型になっている。経済企画庁による規制改革の経済効果分析のための応用一般均衡モデル<sup>10)</sup>では、オーストラリアで開発されたORANI-Gモデルをベースにして日本モデルが構築されているが、その計算における弾力性値の設定は、GTAPモデルの値を参考に設定されており、産業部門の設定もGTAPとは異なることから90部門の産業部門に対して、わずか6産業の弾力性値しか用いられていない。そのためこの分析過程においても、弾力性値がもたらす重要な役割が指摘され、生産要素間の代替弾力性として、全ての産業の弾力性が1の場合と0.5の場合の感度分析が行われている。その結果、全産業の弾力性が0.5の場合には日本モデル設定値の場合と比べて、実質GDPの増加率が約30%減少する結果となっている。

土木計画の分野においても、研究・実務を問わず Cobb-Douglas 生産関数と CES 生産関数が用いられるケースが多い。研究レベルでは、もちろん関数形の特定化に着目して研究しているのではなく、政策ニーズに呼応した新たなモデルそのものの構築に力点がおかれていることが多いため、どちらが適切などと評価するものではない。そのため、モデルの開発に注力し、CES 型関数を用いている場合でも弾力性値等は様々な文献を参考に外生値として設定している場合が多い。しかし、生産関数の弾力性を推定しているのではないが、中にはパラメータ推定の重要性を認識し、モデルの構築とは別に何らかのパラメータ推定法を用いて外生パラメータを推計し、その下でシミュレーションを行っている研究もある。<sup>11)</sup>

## (2) 土木計画におけるモデル適用のアカンタビリティとしてのパラメータ設定

応用一般均衡分析と同様、交通工学の分野においては道路交通量を推計する際、より合理的な経路選択行動を反映した均衡配分計算が我が国でも実務で利用され始めている。均衡配分計算においても、別途リンクコスト関数を推定する必要があるが、これまではアメリカ道路局で提案されている BPR 関数が用いられるケースが多かった。日本独自の推定式が必要との見地から、吉田・原田<sup>12)</sup>、溝上・松井<sup>13)</sup>、松井・山田<sup>14)</sup>らがリンクコスト関数を推定している。このように交通計画の分野では、均衡理論とその応用のためのデータ構築が進んでいるのに対し、土木計画における応用一般均衡モデルは、現実の政策分析として使われていながら、現状では model-oriented になっており、モデルの実際的適用に必要なデータの実証分析はほとんど行われていない。

## 4. 応用一般均衡モデルのための産業別 CES 生産関数の推定

### (1) 応用一般均衡分析のための日本経済における産業別 CES 関数の推定

応用一般均衡分析に「利用可能」な日本経済における産業別 CES 関数の推定は意外なほど少ない。もっとも Arrow, Chenery, Minhas and Solow (1961) が CES 生産関数を提案した 1960 年代から 1980

年頃にかけては、その推定方法も含めて盛んに議論され、その後生産関数の議論は、例えば社会資本の生産力効果のように本源的生産要素として、社会資本を導入したり、環境・エネルギー問題との関係において、エネルギーと非エネルギー財の代替可能性を論じる研究に推移していったようにも見える。

また、ここでの産業別 CES 関数の推定が少ないという意味は、“応用一般均衡分析のため”のという意味である。すなわち、既往研究の多くは、製造業のみを対象としたものであり、農林水産業などは農業経済学の分野の研究者により行われているものの、サービス産業をも対象にした実証研究は少ない。さらに、産業部門設定も応用一般均衡分析への適用を踏まえたものではないため、当該産業部門の弾力性値を既往研究のどの部門の推定値から設定するかといった合理的な適用はできない。その他、応用一般均衡モデルで想定した経済における代替可能な生産要素の設定と生産関数の実証研究における生産要素設定が異なるという問題などがある。

### (2) CES 生産関数における弾力性推定の方法

CES 生産関数の推定方法には、統計的推定とキャリブレーションによる推定があり、統計的推定では、時系列データまたはクロスセクションデータを用いて、直接推定か間接推定が行われる。直接推定では、対数線形型に変換した後通常の最小自乗法を用いる場合と、非線形方程式のままパラメータ推定を行う場合がある。これは正規方程式をどう解くかによって、各種の方法がある。一方、間接推定は、現実に観察された産出量と生産要素量が、企業の最適化行動のために意図的に選択された結果だとし、企業の最適化の必要条件が利用される。

本研究では直接推定と間接推定のハイブリッド型の推定手法として、間接推定で推計されたパラメータを初期値とする非線形回帰分析を提案する。まず、一次同次の CES 生産関数の一般形は以下のよう示される。

$$V_i = \gamma \left[ \delta L_i^{-\rho} + (1-\delta) K_i^{-\rho} \right]^{-\frac{1}{\rho}} \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{1}{1+\rho}$$

ここで、

$V_i$ : 実質付加価値  $L_i$ : 労働投入量  $K_i$ : 資本投入量  
 $\gamma$ : 効率パラメータ  $\delta$ : 分配パラメータ  $\rho$ : 代替パラメータ

上記の生産関数において、限界生産力命題による労働、資本の利潤最大化条件より下記の誘導形方程式が導出される。

$$\frac{V_i}{L_i} = \left( \frac{\gamma^\rho}{\delta} \right)^\sigma w_i^\sigma \quad (2) \quad \frac{V_i}{K_i} = \left( \frac{\gamma^\rho}{1-\delta} \right)^\sigma r_i^\sigma \quad (3)$$

$w_i$ : 実質賃金  $r_i$ : 実質資本費

両式においてそれぞれ対数をとることによって線形の回帰分析によってパラメータを推定できる。そして、どちらかの推定法で統計的検定の良好なパラメータを初期値として採用する。この値を一般的な非線形推定回帰分析法を用いてパラメータ推定を行う。非線形推定は正規方程式としてGauss法、Newton-Raphson法、Marquart法などの方法を用いる。

## 5. まとめ

本稿では、応用一般均衡モデルを実際の政策分析に適用する場合の、データ構築の問題を議論した。

データ構築の問題としては、任意の都市圏で応用一般均衡モデルを適用する場合の都市圏産業連関表の技術係数作成における集計化の問題と、各主体の行動モデルにおける代替弾力性設定の問題を取り上げたが、後者の弾力性推定には多くの問題があることは事実であろう。そのため、応用一般均衡モデルの関数形の特定化に関する実証研究を積み重ね、そのうち信頼性の高い数値を用いて設定するか、複数の推定値から中心的推定値を算出し、設定することが考えられる。また、各経済主体の関数形については、可能な限りCES型関数で記述し、その特殊形としてCobb-Douglas型関数のケース（すなわち弾力性パラメータが1）の場合を感度分析として行うべきであろう。

## 参考文献

- 1) 安藤朝夫, 堺美智雄: 産業連関表の都市圏への適用のためのノンサーベイ改訂について, 土木学会論文集, 第401号, -10, pp33-40, 1989.
- 2) 石川良文・小池淳司・上田孝行: Non-Survey手法

による都市圏産業連関表の作成, 第56回年次学術講演会講演概要集CD-ROM, 土木学会, 2001.

- 3) 小池淳司・石川良文・上田孝行・河野貢: 都市圏レベルの応用一般均衡モデルの開発と応用, 土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), Vol.26, 2002
- 4) 安藤朝夫・柴田貴徳: 中国の開放政策と都市化 - 産業連関表の地域展開による分析, 都市計画論文集, no.26-B, pp.565-570, 1991.
- 5) 宮城俊彦・石川良文・清水美帆・由利昌平: 地域内産業連関表を用いた都道府県間産業連関表の作成とその利用, 土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), Vol.26, 2002
- 6) 石川・小池・上田: 地域産業連関分析における地域規模を考慮した地域間取引のNon-Survey手法, 2002年度ARSC発表大会講演用論文, 2002
- 7) Y.Morimoto: On Aggregation Problem in Input-Output Analysis, Review of Economic Studies, Vol.37, pp119-126, 1970.
- 8) J.B.Shoven and J.Whalley, Applying General Equilibrium, Cambridge University Press, 1992
- 9) 市岡修: 応用一般均衡分析, 有斐閣, 1991
- 10) 経済企画庁経済研究所, 規制改革による経済効果分析のための応用一般均衡モデルの開発, 大蔵省印刷局, 1999
- 11) 土木学会土木計画学研究委員会: 土木計画学ワンデーセミナーテキスト 応用一般均衡モデルの公共投資評価への適用 -, 1998
- 12) 吉田禎雄・原田昇: 均衡配分用BPR式パラメータ, 土木学会論文集, No.695 / -54, pp91-102, 2002
- 13) 溝上章志・松井寛・阿知隆: 日交通量配分に用いるリンクコスト関数の開発, 土木学会論文集, No.401 / -10, pp99-107, 1989
- 14) 松井寛・山田周治: 道路交通センサスデータに基づくBPR関数の設定, 交通工学, No.6/vol33, pp9-16, 1998