

多地域AGEモデルと中国省間分析への適用*

A Multi-Regional AGE Model and It's Application to Chinese Provincial Analysis.*

長尾康博**, 安藤朝夫***, 柴田貴徳****

By Yasuhiro NAGAO**, Asao ANDO***, Takanori SHIBATA****

1. はじめに

従来、交通施設整備の効果分析には地域計量モデルがよく用いられてきたが、多数のパラメータを含むことから、その適用に際しては、多量の時系列データを必要とするという問題があった。これに対して近年、モデル式の相当部分をミクロ経済学的な均衡条件式で置き換えることにより、少量のデータで経済システムの均衡状態を表現しようとする応用一般均衡(Applied General Equilibrium)分析モデルの研究が進められてきた。

土木計画の分野でもこの応用一般均衡分析の考え方を援用した交通ネットワーク分析モデルの研究、開発が行われている。^{1)~4)} また筆者らは、(i)従来のモデルでは取り扱われていない政府、外国の経済主体を加える、(ii)交通施設整備の影響を直接的に受ける運輸企業については独自の取り扱いを行う、等の特徴を持つモデルの開発を試みてきた。⁵⁾

本研究は、このモデルに若干の改良を加え、中華人民共和国の省間分析への適用を図り、モデルの有用性を確認するものである。

2. モデルの定式化

本研究では、R個に分割された地域(多地域)を想定し、それぞれの地域に各産業を代表するI個の一般企業、運輸企業、建設企業、及び代表的な家計が存在するものとする。また完全競争市場を仮定する。尚、変数の添字は、r, sは地域(E:外国)を、i, jは企

業(T:運輸企業, C:建設企業)を、kは最終需要の項目(1:個人消費, 2:政府消費, 3:固定資本形成)を表す。

(1) 交易係数

地域間交易係数 t_{ij}^s を以下の式で表す。発地 r には E (外国) が含まれており、通常の産業連関モデルにおける「輸入係数」を含む形で定義している。

$$t_{ij}^s = \frac{\exp\{-\lambda_i(p_i + d_i)\}}{\sum_{r=1 \sim R, E} \exp\{-\lambda_i(p_i + d_i^r)\}} \quad (1)$$

ここに、 p_i : 財の生産価格、 d_i : 輸送費

また財の中間投入価格 q_{pi}^s 、消費地価格 q_{hi}^s は以下の式で与えられる。企業は自ら移輸入を行い、財価格と輸送費を区別した形で投入行動を行うが、消費者は購入した財の価格に含まれる形で間接的に輸送費を支払うことになる。

$$q_{pi}^s = \sum_{r=1 \sim R, E} p_i^r t_{ij}^s \quad (2)$$

$$q_{hi}^s = \sum_{r=1 \sim R, E} (p_i^r + d_i^r) t_{ij}^s \quad (3)$$

(2) 一般企業

一般企業は、生産技術を制約として利潤最大化行動原理に基づき生産活動を行う。中間投入量 x_{ij}^s 、労働量 L_j^s 、資本量 K_j^s を要素とする Cobb-Douglas 型生産関数を用いると、1階の条件から以下の式を得る。

$$\alpha_{ij}^s = \frac{(p_i + d_i^s) x_{ij}^s}{p_j X_j^s} \quad (4)$$

$$\alpha_{Lj}^s = \frac{\omega_j L_j^s}{p_j X_j^s} \quad \alpha_{Kj}^s = \frac{\rho_j K_j^s}{p_j X_j^s} \quad (5)$$

ここに、 ω : 賃金、 ρ : 資本レント

上式から Cobb-Douglas 型生産関数の指数 α_{ij}^s などは、金額単位の地域間投入係数に他ならないことが分かる。更に物量単位の地域間投入係数 a_{ij}^s が t_{ij}^s と地域別投入係数 a_{ij}^s との積に分解できるとすれば、 $a_{ij}^s = p_i^s \alpha_{ij}^s / q_{pi}^s$ であるから、 α_{ij}^s は(6)式のように表せる。いま生産技術を全国一律 ($\alpha_{ij}^s = \bar{\alpha}_{ij}^s$) と

*キーワーズ：国土計画、産業立地、整備効果計測法

**正員、工修、(株)福山コンサルタント

(北九州市小倉北区片野新町1-11-4、

TEL 093-931-3101、FAX 093-932-1282)

***正員、学博、工博、東北大学情報科学研究科

(仙台市青葉区片平2-1-1、TEL 022-217-5057、

FAX 022-263-9858)

****正員、学博、(株)福山コンサルタント

仮定しても、地域別の原料調達価格によって、調達先や物量単位での技術は地域毎に異なることになる。

$$\alpha_{ij}^s = \frac{(p_i + d_i^s) a_{ij}^s}{p_j^s} = \frac{(p_i + d_i^s) t_i^s a_{ij}^s}{p_j^s} \\ = \frac{(p_i + d_i^s) t_i^s \alpha_{ij}^s}{q_{ji}^s} \quad (6)$$

(3) 家 計

家計は、生産要素の供給の対価として得た所得から政府に税金を支払い、政府からの所得移転を加えたものの内一定割合を貯蓄し、残りを財の消費に費やす。この予算を制約とし、効用最大化行動原理の下でCobb-Douglas型の効用関数を用いると、1階の条件から財の消費量 y_{i1}^s は以下の式で与えられる。

$$y_{i1}^s = \frac{\beta_{i1}^s}{q_{ii}^s} (1 - \sigma^s) [(1 - \tau_L) \sum_j \omega_j^s \bar{L}_j^s + (1 - \tau_K) \sum_j \rho_j^s \bar{K}_j^s + \bar{T}R^s] \quad (7)$$

ここに、 σ : 貯蓄率, τ_L : 給与所得税率,

τ_K : 資本所得税率, $\bar{T}R$: 所得移転

β_{i1}^s は消費の財別構成比を表す。同様に政府消費、固定資本形成についても β_{ik}^s (最終需要コンパクトと呼ぶ) とし、全国一律 ($\beta_{ik}^s = \bar{\beta}_{ik}^s$) を仮定する。

(4) 政 府

政府は、家計から所得税を徴収し、各地域での政府消費、家計に対する所得移転を決定する。地域別徴税額 T^s は、以下の式で与えられる。

$$T^s = \tau_L \sum_j \omega_j^s \bar{L}_j^s + \tau_K \sum_j \rho_j^s \bar{K}_j^s \quad (8)$$

ここで所得移転は外生的に与えるものとし、地域別政府消費 W_2^s は地域の人口 $\bar{N}^s$ に比例的であるとすれば、財別政府消費 y_{i2}^s は(10)式で与えられる。

$$W_2^s = \frac{\bar{N}^s}{\sum_s \bar{N}^s} \sum_s [\tau_L \sum_j \omega_j^s \bar{L}_j^s + \tau_K \sum_j \rho_j^s \bar{K}_j^s - \bar{T}R^s] \quad (9)$$

$$y_{i2}^s = \frac{\beta_{i2}^s}{q_{ii}^s} W_2^s \quad (10)$$

(5) 貯蓄・投資

地域別の貯蓄額 S^s は以下の式で与えられる。

$$S^s = \sigma^s [(1 - \tau_L) \sum_j \omega_j^s \bar{L}_j^s + (1 - \tau_K) \sum_j \rho_j^s \bar{K}_j^s + \bar{T}R^s] \quad (11)$$

貯蓄額の全てが投資され、固定資本の形成に向けられると仮定する。ただし本研究では資本の存在量

を外生としているため、投資額の産業配分はモデル上必要なく、地域配分が決まれば十分である。資本家の効用が資本レントに比例するとすれば、地域別の固定資本形成 W_3^s は(12)式のように表すことができ、財別固定資本形成 y_{i3}^s は(13)式で与えられる。

$$W_3^s = \frac{\sum_i \exp(\delta \rho_i^s) \sum_s S^s}{\sum_s \sum_i \exp(\delta \rho_i^s)} \quad (12)$$

$$y_{i3}^s = \frac{\beta_{i3}^s}{q_{ii}^s} W_3^s \quad (13)$$

(6) 運輸企業 ($i = T$)

(i) 運輸企業に対する需要は、他の経済主体の財需要に伴う派生需要のみからなる。

(ii) 輸送費は発地側の輸送企業に対して支払う。

という仮定の下で運輸企業に対する中間需要 x_{ij}^s 、最終需要 y_{ik}^s は以下の式で与えられる。

$$x_{ij}^s = \sum_{i'} \frac{d_{i'}^s}{p_{i'}^s} t_{i'}^s a_{ij}^s X_{i'}^s \quad (14)$$

$$y_{ik}^s = \sum_{i'} \frac{d_{i'}^s}{p_{i'}^s} t_{i'}^s b_{ik}^s W_k^s \quad (15)$$

ここに b_{ik}^s は金額一単位当りの需要量を表す係数であり、 $b_{ik}^s = \beta_{ik}^s / q_{ii}^s$ で表される。

(7) 建設企業 ($i = C$)

国民経済計算上、建設企業の生産額は建設物の属地主義で計上されるため地域間交易はゼロとなる。また建設企業は産業連関表の列方向には通常の投入構造を持つが、行方向には中間需要、消費ともにゼロであり、生産額は全て固定資本形成に計上される。

(8) 外 国 ($r = E$)

輸入 M_i^s については、輸入価格 p_i^E に主要港湾から各地域までの輸送費 d_i^E を加えた c. i. f 価格 ($p_i^E + d_i^E$) で、国内製品と完全に競争的であるとする。

$$M_i^s = p_i^E t_i^E (\sum_j a_{ij}^s X_j^s + \sum_k b_{ik}^s W_k^s) \quad (16)$$

また輸出 F_i^s については、外生的に与える財別全国輸出枠 $\bar{F}_i^s$ を、港における積み出し価格 ($p_i^s + d_i^E$) で、国内の地域に分配する。

$$F_i^s = p_i^s f_i^s \bar{F}_i^s \quad (17)$$

$$f_i^s = \frac{\exp\{-\lambda_i (p_i^s + d_i^E)\}}{\sum_{r=-R} \exp\{-\lambda_i (p_i^r + d_i^E)\}} \quad (18)$$

以上の各経済主体間の関係を資金の流れに着目してまとめると、図-1 になる。モデル内で主体的に行動するのは一般企業と家計であり、実物財需要に対する派生需要として運輸企業に対する需要が発生する。企業は家計に賃金と配当を支払い、それが個人消費と貯蓄・納税に回り、貯蓄は投資に、税金は家計への所得移転と政府消費に回るといふ、マクロ的な資金循環が明示的に考慮されている。

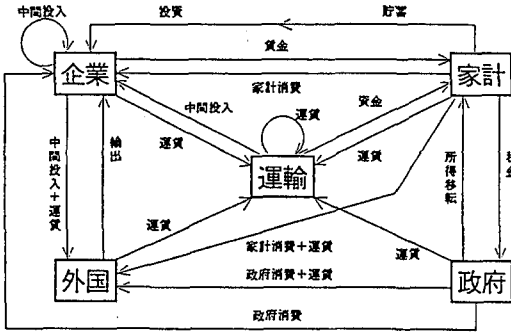


図-1 モデル中の資金流動図

3. モデルの均衡条件、整合条件

モデルの均衡条件を図-2 に示す。(a)~(c)式は財市場の均衡条件式(R(I+2)式)であり、地域間産業

連関分析の産出体系の式となっている。(d)式は同じく投入体系の式(R(I+2)式)であるが、生産関数の1次同次の条件式 $\sum_{i \in C} \sum_{r \in R} \alpha_{ij}^r x_{ij}^r + \alpha_{Lj}^L + \alpha_{Kj}^K = 1$ に、(6)式、 $\sum_{i \in C} \alpha_{ij}^r x_{ij}^r + \alpha_{Lj}^L + \alpha_{Kj}^K = 1$ を代入して得られる。(e)式は労働、資本市場の均衡条件式(2R(I+2)式)であり、(f)~(k)式は最終需要(3R式)、交易・輸出係数(R(R+1)I, RI式)、価格(2RI式)、投入係数(RI(I+2)式)、最終需要コンバータ(3RI+R式)の定義式である。ここで方程式の数と内生変数の数を確認すると、(f)~(k)の定義式と各変数との数は必然的に一致するため、残る式は(a)~(e)の4R(I+2)式、残る変数は $X_{ij}^r, p_j^r, \omega_j^r, \rho_j^r$ の4R(I+2)個で一致しており、モデルが解けるための必要条件を満たしている。

またモデルで推計される地域別変数の全国和は、与件データである全国産業連関表の値と一致しなければならない。図-3 にその整合条件を示す。ここに斜体文字は全国値を表し、全て金額表示とする。(l)式は生産額についての式である。内生部門 x_{ij} 、付加価値部門 L_j 、 K_j については、 α を全国一律としていること、投入体系の均衡条件が満たされていることから、(l)式が満たされれば x_{ij} 、 L_j 、 K_j についても整合することになる。続いて(m)~(o)式は最終需要、(p)~(r)式は輸出入に関する式である。

[産出] $\sum_i t_i^* (\sum_{j \in T} a_{ij}^r X_{ij}^r + \sum_{j \in L} b_{ij}^L W_j^L) + a_{i \tau}^r X_{i \tau}^r + f_i^r F_i^r = X_i^r \quad (i \neq T, C) \quad (a)$ $\sum_{i \in C} \sum_{r \in R} d_i^r t_i^* (\sum_{j \in T} a_{ij}^r X_{ij}^r + \sum_{j \in L} b_{ij}^L W_j^L) + d_i^r f_i^r F_i^r = p_i^r (1 - \alpha_{i \tau}^r) X_i^r \quad (i = T) \quad (b)$ $b_{i \tau}^L W_i^L = X_i^L \quad (i = C) \quad (c)$ [投入] $p_j^r = \frac{1}{\alpha_{j \tau}^r} \sum_{i \in T} a_{ij}^r t_i^* \sum_{r \in R} d_i^r t_i^* \quad (j \neq T) \quad p_\tau^r = \frac{1}{\alpha_{\tau \tau}^r} \sum_{i \in T} a_{i \tau}^r d_i^r \quad (j = T) \quad (d)$ [労働・資本] $\omega_j^r L_j^r = \alpha_{Lj}^L p_j^r X_j^r \quad \rho_j^r K_j^r = \alpha_{Kj}^K p_j^r X_j^r$ [最終需要] $W_i^r = (1 - \sigma^r) [(1 - \tau_L) \sum_j \omega_j^r L_j^r + (1 - \tau_K) \sum_j \rho_j^r K_j^r + T R^r]$ $W_i^L = \frac{N^r}{\sum_j N^r} \sum_j [\tau_L \sum_j \omega_j^r L_j^r + \tau_K \sum_j \rho_j^r K_j^r - T R^r]$ $W_i^S = \frac{\sum_j \exp(\delta \rho_j^r)}{\sum_j \exp(\delta \rho_j^r)} \sum_j \sigma^r [(1 - \tau_L) \sum_j \omega_j^r L_j^r + (1 - \tau_K) \sum_j \rho_j^r K_j^r + T R^r]$ [交易係数・輸出係数] $t_i^* = \frac{\exp(-\lambda_i (p_i^r + d_i^r))}{\sum_{i \in T} \exp(-\lambda_i (p_i^r + d_i^r))} \quad f_i^r = \frac{\exp(-\lambda_i (p_i^r + d_i^r))}{\sum_{i \in T} \exp(-\lambda_i (p_i^r + d_i^r))} \quad (i \neq T, C) \quad (i)$ [価格] $q_{hi}^r = \sum_{j \in T} (p_j^r + d_j^r) t_j^* \quad q_{hi}^L = \sum_{j \in L} p_j^L t_j^* \quad (i \neq T, C) \quad (j)$ [投入係数] [最終需要コンバータ] $a_{ij}^r = \frac{p_j^r}{q_{hi}^r} a_{ij}^r \quad (i \neq T, C) \quad b_{ij}^L = \frac{p_j^L}{q_{hi}^L} \quad (i \neq T, C) \quad b_{i \tau}^L = \frac{p_\tau^L}{p_\tau^L} \quad (i = C) \quad (k)$	[均衡条件式の数] (a)~(c): R(I+2), (d): R(I+2), (E): 2R(I+2), (f)~(h): 3R, (i): R(R+1)I, RI, (j): 2RI, (k): RI(I+2), 3RI+R 合計: RI(R+1+3)+12 [内生変数の数] X_i^r: R(I+2), p_j^r: R(I+2), ω_j^r: R(I+2), ρ_j^r: R(I+2), W_i^r: 3R, t_i^*: R(R+1)I, f_i^r: RI, q_{hi}^r: RI, q_{hi}^L: RI, a_{ij}^r: RI(I+2), b_{ij}^L: 3RI+R 合計: RI(R+1+3)+12 (e) [生産額] (f) $\sum_i p_i^r X_i^r = X_i^r$ (l) [最終需要] (g) $\sum_i W_i^r = W_i^r$ (m) (h) $\sum_{i \in T} \sum_{r \in R} \frac{p_i^r}{q_{hi}^r} t_i^* \beta_{ik}^r W_k^r = y_{ik}$ (i ≠ T, C) (n) (i) $\sum_{i \in T} \sum_{r \in R} \frac{p_i^r}{q_{hi}^r} t_i^* \tau_{ik}^r W_k^r = y_{\tau k}$ (i = T) (o) [輸出入] (p) $\sum_{i \in T} \sum_{r \in R} d_i^r f_i^r F_i^r = F_\tau$ (p) (q) $\sum_i p_i^r t_i^* (\sum_{j \in T} \frac{\alpha_{ij}^r}{q_{hi}^r} p_j^r X_j^r + \sum_{j \in L} \frac{\beta_{ij}^L}{q_{hi}^L} W_j^L) = M_i$ (i ≠ T, C) (q) (r) $\sum_{i \in T} \sum_{r \in R} d_i^r t_i^* (\sum_{j \in T} \frac{\alpha_{ij}^r}{q_{hi}^r} p_j^r X_j^r + \sum_{j \in L} \frac{\beta_{ij}^L}{q_{hi}^L} W_j^L) = M_\tau$ (i = T) (r)
---	---

図-2 モデルの均衡条件

図-3 モデルの整合条件

4. 計算手法

本モデルの計算フローを図-4に示す。ここで、地域間輸送費 d_i^s を、地域間時間距離 D_i^s を用いて $d_i^s = \theta_i D_i^s$ で表し、 θ_i は他のパラメータ同様全国整合条件を用いて推計する。よってモデルの外生変数は、地域人口 N_i^s 、労働者数 L_i^s 、資本量 K_i^s 、全国輸出量 F_i 、金額単位の投入係数 α_{ij} 、最終需要コンバート β_{ik} 、貯蓄率 σ^s 、所得移転 TR^s 、地域間時間距離 D_i^s である。また与件データとして全国産業連関表が必要となる。

本モデルを用いて政策の効果分析（交通施設整備効果など）を行なう場合、実施前(withoutケース)の計算ではパラメータ推計を含めた全過程の反復計算を行い、 θ_i が収束に至れば終了とする。それに対して政策実施後(withケース)の場合は、政策内容を表す外生変数(例えば $D_i^{s'}$)を入力し、点線で囲まれた範囲の反復計算を行い、賃金 ω_i 、資本レント ρ_i が収束に至れば終了とする。

最終的に出力された金額、物量単位双方での地域

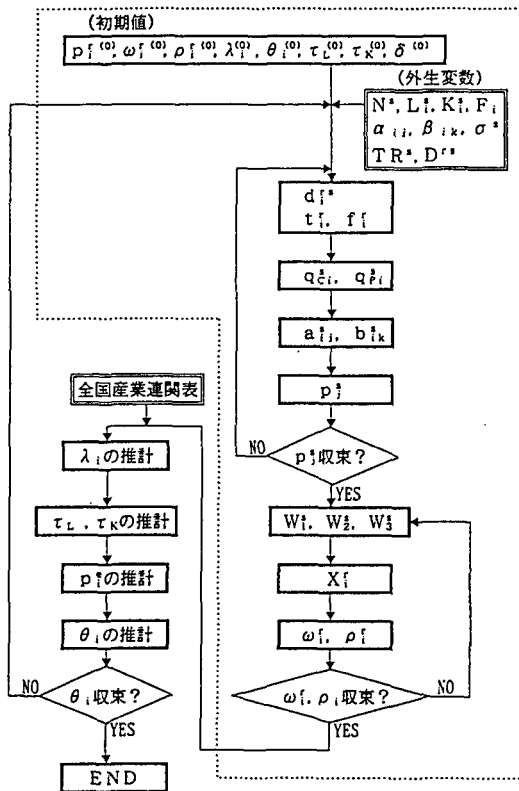


図-4 モデルの計算フロー

別産業連関表と地域間交易を実施前後で比較することによって、政策が各地域、地域間の相互関係に与える効果、影響を計測する。

以下、各パラメータの推計法について説明する。

〔 λ_i の推計〕

(ℓ), (n)の(4I+2)式より、交易・輸出係数のパラメータ λ_i I個をNewton法で推計する。

〔 τ_L , τ_K の推計〕

(m)の3式より、給与所得税率 τ_L 、資本所得税率 τ_K をNewton法で推計する。

〔 p_i^s の推計〕

(q)の1式より直接、輸入財価格 p_i^s I個を求める。

〔 θ_i の推計〕

運輸企業に関する(o), (p), (r)の(3+1+1=5)式より輸送費換算係数 θ_i 5個を推計する。本研究では中国への適用を図ったが、産業部門数を $I=5$ （農業、工業、エネルギー産業、商業、サービス業）と設定したため、式数と θ_i の数とが一致するにとどまったが、より多くの産業部門を設定する場合には条件式の追加などの工夫が必要となる。

5. おわりに

本モデルを用いて中国省間分析を行なった結果、及びモデルの検証結果については発表時に報告する。

本研究で提案したモデルでは人口、労働者数、資本量のストック変数を外生的に与えているが、これらを内生化することにより準動学的な分析が可能となる。また、複数の輸送機関による競争を考えた輸送市場の導入も、今後の課題といえる。

参考文献

- 1) 宮城俊彦・本部賢一：SCGEモデルによる地域間交易量の推計法に関する研究、土木計画学研究講演集，no.16(1)，pp.879-886，1993。
- 2) 奥田隆明・林良嗣：地域政策分析のための応用一般均衡モデル—ランダム効用理論を用いた地域計量モデルの展開—，応用地域科学研究会第7回研究発表会，mimeo，1993。
- 3) 溝上章志：産業間の連関性と空間的な価格均衡を考慮した物資流動モデル構築の試み，土木学会論文集，Vol.494/IV-24，pp.53-61，1994。
- 4) 柴田貴徳：価格差を考慮した多地域計量モデルによる交通基盤整備プロジェクト評価システムの開発—中国を対象として—，熊本大学博士論文，1992。
- 5) 安藤朝夫・長尾康博：多地域モデルによる量・価格均衡の表現と交通施設整備の効果分析：1987年中国連関表を用いて，応用地域科学研究会第8回研究発表会，mimeo，1994。