Ⅳ-4　技術革新を考慮した動的産業連関モデルに関する考察

鳥取大学工学部　正会員　小林　潔司
セントラルコンサルタント(株)　正会員　追田　一喜
鳥取大学大学院　学生員　○宮地　賢治

1. はじめに

Leontieff が開発した伝統的な動的I-Oモデルでは投入係数，資本係数が固定されるため，産業構造の変動を十分に表すことができなかった．そこで著者等は，企業の長期的行動である投資・R＆D行動，また社会基盤の整備の結果として，産業連関表の投入・資本係数が内生的に決定される動的I-Oモデルを開発した[1)]．本研究では，モデルの実用性を高めるために改良を加え，その分析結果を発表することとする．

2. 本研究の枠組み

本研究で提案する動的I-Oモデルは，従来の動的I-Oモデルの基本構造を拡張したもので，従来の動的I-Oモデルと投入・資本係数の変化を記述する差分方程式から成っている．本研究では時間幅を5年程度と考え，1) 各期の期首に新規投資が発注され投資は当該期内に生産技術として体化する，2) 価格体系は当該期内に均衡すると仮定し，n 部門経済について式 (1), (2) に示される動的安定性に優れた後方ラグ型動的I-Oモデルと静学的価格均衡モデルを採用する．

$$\boldsymbol{X}(t) = [\boldsymbol{B}(t) - \boldsymbol{E} + \boldsymbol{A}(t)]^{-1}[\boldsymbol{B}(t)\delta\boldsymbol{X}(t-1) - \bar{\boldsymbol{D}}(t)] \quad (1)$$

$$\begin{aligned}\boldsymbol{p}(t+1) &= (1+\pi) \\ &\cdot[\boldsymbol{E} - (1+\pi)\boldsymbol{A}'(t) - (1+\pi)\delta_\rho(t)\boldsymbol{B}'(t)]^{-1}\boldsymbol{W}(t) \quad (2)\end{aligned}$$

ここで，$X(t)$:中間財投入量，$\boldsymbol{p}(t) = (p_1(t), \cdots, p_n(t))'$:価格ベクトル，$\boldsymbol{A}(t) = [\alpha_{ij}(t)]$:投入係数行列，$\boldsymbol{B}(t) = [\beta_{ij}(t)]$:資本係数行列，$\bar{\boldsymbol{D}}(t)$:最終需要量，$\delta$, $\delta_\rho(t)$ は減耗率δ_j，$(\rho(t)+\delta_j)$ を要素とする対角行列 ($\rho(t)$:市場利子率)，$\boldsymbol{W}(t)$:付加価値，π:マークアップ率，$\boldsymbol{E}$:単位行列，$'$は転値を表す．次に，投入・資本係数の変化過程を表す差分方程式を技術革新関数と呼び，次式で表現する．

$$\begin{aligned}\boldsymbol{A}^\circ(t) &= F_A(\boldsymbol{p}^\circ(t-1), \rho(t-1), \boldsymbol{B}(t)) \\ \boldsymbol{B}(t) &= F_B(\boldsymbol{p}^\circ(t-1), \rho(t-1), \boldsymbol{B}(t-1); \\ &\qquad \zeta(t-1), \boldsymbol{\Omega}(t-1))\end{aligned}$$

ここで，$\zeta(t)$:社会資本の整備水準，$\boldsymbol{\Omega}(t)$:知識の社会的蓄積量，$\boldsymbol{A}^\circ(t), \boldsymbol{p}^\circ(t)$ はそれぞれ第 $(n+1)$ 列に労働投入係数，賃金率を含んだ拡張された投入係数行列，価格ベクトルである．

3. 長期的企業行動に関するミクロ分析

企業行動を最適制御問題として定式化する．資本・知識の蓄積経路が定常状態にあると考えると，τ時点における企業の最適制御問題は次のようになる．

$$\begin{aligned}\min_{I(t),J(t)} \int_\tau^\infty &[C(\boldsymbol{p}(t); \boldsymbol{K}(t), \boldsymbol{G}(t), \boldsymbol{I}(t), \boldsymbol{J}(t), Y) \\ &+ \boldsymbol{\omega}'\boldsymbol{K}(t) + \boldsymbol{\theta}'\boldsymbol{G}(t)]\exp\{-\rho(t-\tau)\}dt \\ \text{subject to} \quad &\dot{\boldsymbol{K}}(t) = \boldsymbol{I}(t) - \delta_K\boldsymbol{K}(t) \quad (t \geq \tau) \qquad (3) \\ &\dot{\boldsymbol{G}}(t) = \boldsymbol{J}(t) - \delta_G\boldsymbol{G}(t) \quad (t \geq \tau) \\ &\boldsymbol{K}(\tau) = \bar{\boldsymbol{K}}, \qquad \boldsymbol{G}(\tau) = \bar{\boldsymbol{G}}\end{aligned}$$

ここで，$\boldsymbol{K}(t)$:物的固定要素の蓄積量，$\boldsymbol{G}(t)$:知識蓄積量，$\boldsymbol{I}(t)$:物的投資量，$\boldsymbol{J}(t)$:知識生産量，Y:生産水準，$\boldsymbol{\omega}$:資本財のサービス価格，$\boldsymbol{\theta}$:知識財のサービス価格，δ_K, δ_G:資本・知識の減耗率である．問題 (3) を解くことにより，R＆D・投資需要及び中間財投入量を次式のように導出することができる[1)]．

$$\dot{\boldsymbol{\nu}} = \boldsymbol{\Psi}^{-1}(\rho\boldsymbol{\Phi} - \boldsymbol{\nu}) \quad (4)$$

$$\boldsymbol{X} = \rho\partial\boldsymbol{V}/\partial\boldsymbol{p} - \rho\partial(\boldsymbol{R}'\boldsymbol{\Psi}^{-1}\boldsymbol{\Phi})/\partial\boldsymbol{p} + \partial(\boldsymbol{R}'\Psi^{-1}\boldsymbol{\nu})/\partial\boldsymbol{p} \quad (5)$$

4. モデルの特定化

本研究では次のように最適値関数を特定化する．

$$\begin{aligned}\rho V = &\frac{1}{2}a_0Y + \frac{1}{2}\boldsymbol{\upsilon}'\boldsymbol{\Xi}\boldsymbol{\upsilon}Y + \rho(\boldsymbol{\upsilon}'\boldsymbol{\Theta} + \boldsymbol{\iota}')\boldsymbol{\nu} \\ &+(\boldsymbol{\upsilon}'\boldsymbol{\Theta}\boldsymbol{\zeta} + \boldsymbol{b}_0)\boldsymbol{\Omega}Y + \boldsymbol{\upsilon}'\boldsymbol{\Theta}\boldsymbol{\pi}Y \qquad (6)\end{aligned}$$

ここで，a_0はスカラー，$\boldsymbol{\upsilon} = (\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{p}, p_{n+1})'$，$\boldsymbol{\nu} = (\boldsymbol{K}, \boldsymbol{G})'$，$\boldsymbol{\iota} = (\iota_1, \cdots, \iota_n)'$，$\boldsymbol{b}_0 = (b_{01}, \cdots, b_{0s})'$，$\boldsymbol{\pi}, \zeta$は $n \times 1$ 行列である．また，$\boldsymbol{\Xi}, \boldsymbol{\Theta}$は $(2n+1) \times n, (2n+1) \times (2n+1)$ の定数行列である．式 (6), (4) より次式のR＆D・投資需要関数が得られる．

$$\dot{\boldsymbol{\nu}} = -\boldsymbol{M}(\boldsymbol{\nu} - \boldsymbol{\nu}^*) + \boldsymbol{\zeta}\boldsymbol{\Omega}\boldsymbol{Y} \quad (7)$$

ただし，$\boldsymbol{M}, \boldsymbol{\nu}^*$は関係を満足する行列である．式 (7) より，粗投資は伸縮的な加速度原理を満足することがわかる．ここで，$\boldsymbol{M}$は多産業の知識ストックを所与とした調整行列であり，$\boldsymbol{\nu}^*$は産業間での知識のスピルオーバーがない場合 ($\boldsymbol{\zeta\Omega Y} = \boldsymbol{o}$) における知識・資本の長期的均衡状態を示す．このとき，投資・R＆D需要は伝統的な加速度原理によって決定される．以下整理し，両辺を$\boldsymbol{Y}$で除することにより第 k産業の資本係数を得ることができる．

$$\begin{aligned}\boldsymbol{\beta}_k(t) = &\boldsymbol{\beta}_{k0} + \boldsymbol{\Lambda}_{k1}\boldsymbol{\upsilon}(t-1) \\ &+\{(1+\rho(t-1))\boldsymbol{E} - \boldsymbol{\Lambda}_{k2}\}\boldsymbol{\beta}_k(t-1)\end{aligned}$$

$$+\zeta_k(t-1)\boldsymbol{\Omega}(t-1) \qquad (8)$$

また，式(6)を式(5)に代入し，$\boldsymbol{Y}$で除することにより第j産業の投入係数を得る．

$$\boldsymbol{\alpha}_j^\circ(t)=\boldsymbol{\alpha}_{j0}+\boldsymbol{\Gamma}_{j1}\boldsymbol{v}(t-1)+\boldsymbol{\Gamma}_{j2}\boldsymbol{\beta}_j(t) \qquad (9)$$

ここで，$\boldsymbol{\beta}_{k0},\boldsymbol{\Lambda}_{k1},\boldsymbol{\Lambda}_{k2},\boldsymbol{\alpha}_{j0},\boldsymbol{\Gamma}_{j1},\boldsymbol{\Gamma}_{j2}$は定数行列である．

以上より，本研究で提案する動的Ｉ－Ｏモデルは式(1), (2), (8), (9)によって表される．

5. 数値計算事例

本研究では，まず２部門経済について取り上げ，仮想データを用いて簡単な数値実験を行った．部門１は資本形成，部門２は知識形成に貢献すると考え，これらの産業部門の投入・資本係数，製品価格，生産量の変動パターンを考察した．本節では実験結果の一部を掲載し，説明する．図-1は投入係数の推移を表す．投入係数の各要素は時間に伴い減少し，知識のスピルオーバーが存在する場合の方が，存在しない場合と比較して，より早く減少していくことが観察できる．資本係数についても同様のことが観察でき，知識のスピルオーバーの効果が資本・知識の蓄積過程を加速させ，その結果中間財，資本・知識の投入を抑制することが理解できる．

次に，比較動学分析として，まず社会資本の整備水準ζの変化による製品価格，投入・資本係数，生産量の推移を考察した．社会資本の整備水準を変化させた場合の部門１の投入係数の時間的変化パターンを図-2に示している．この分析より，社会資本の整備水準を高めていくと，投入・資本係数がより早いテンポで減少すること観察でき，社会資本の整備が進むほど技術革新が進展し，企業はより少ない中間財，資本・知識財の投入で財を生産することが可能になることが分かる．

6. モデルの適用事例

本研究では，昭和50年，55年，60年の全国９地域の産業連関表のデータを用いて式(8), (9)における定数行列$\boldsymbol{\beta}_{k0},\boldsymbol{\Lambda}_{k1},\boldsymbol{\Lambda}_{k2},\boldsymbol{\alpha}_{j0},\boldsymbol{\Gamma}_{j1},\boldsymbol{\Gamma}_{j2}$について推計を行った．現時点で利用可能なデータは限られており，加えて資本係数のデータの入手が困難なことから，本研究では建設業，機械産業の生産物を資本財，知識サービス産業等から他産業への投入をすべて知識財であると仮定し，最小二乗法によるパラメータ推計を試験的に行った．投入係数の(i,j)要素について式(9)より次式が成り立つ．

$$\alpha_{ij}(t)=\alpha_{ij,0}+[\Gamma_{i1,1},\cdots,\Gamma_{in,1}]\boldsymbol{v}(t-1)$$
$$+[\Gamma_{i1,2},\cdots,\Gamma_{in,2}]\boldsymbol{\beta}(t) \qquad (10)$$

式(10)より投入係数(i,j)要素に関するパラメータは$\alpha_{ij,0},[\Gamma_{i1,1},\cdots,\Gamma_{in,1}],[\Gamma_{i1,2},\cdots,\Gamma_{in,2}]$となるため，式(10)を推計する上で最低限必要なデータ数は$2n+1$個となる．本研究では産業構造の地域差を考慮せず，全国９地域のデータをそれぞれ一つの標本とみなして推計を行った．その結果，高い重相関係数の値が得られ，モデルの適合度の高さを確認できた．一方，各パラメータのｔ値は必ずしも有意な値を示さなかった．これはデータ数が乏しいことに起因しており，今後のデータの蓄積を図っていくことが必要であると考えられる．データに関していくつかの問題を残しているものの本研究で提案するモデルが実際に利用可能であることがいえる．

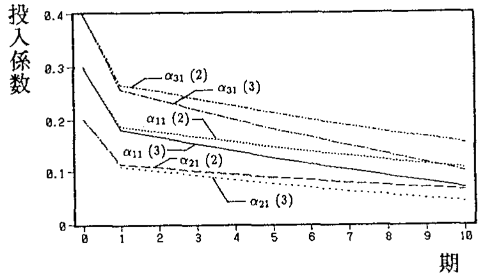

図-1　投入係数の時間的変化パターン
(2) 技術革新を考慮する場合
(3) 知識のスピルオーバーが存在する場合

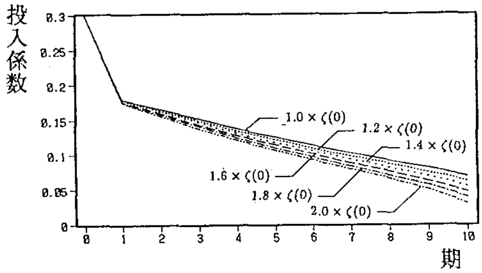

図-2　社会資本の整備水準を変化させた場合の部門１の投入係数の時間的変化パターン

6. おわりに

本研究で提案した動的Ｉ－Ｏモデルは，企業の長期的な投資・Ｒ＆Ｄ行動の結果生じる技術革新を，産業連関表の投入・資本係数の変動過程として示し，さらに各産業間における公共的知識のスピルオーバーが存在することによって，社会資本・知識基盤の整備，市場利子率の変化により政府等の公共主体による産業構造の政策的誘導が可能であることを示すことができた．また，適用事例において本モデルの有用性が確認された．しかしながら，データの確保・蓄積にいくつかの問題が残っており，モデルの適合度を判定し，改良を加える上で今後の課題としたい．

参考文献　1) 小林潔司，追田一喜，宮地賢治:技術革新を内生化した動的Ｉ－Ｏモデル，土木学会第47回年次学術講演会,1992.