

内生的成長理論に基づく動学的産業連関システム*

Dynamic Leontief System Based on Endogenous Growth Theory*

長野俊平**・加河茂美***・石倉智樹****・稲村肇*****

By Shunpei NAGANO**・Shigemi KAGAWA***・Tomoki ISHIKURA****・Hajime INAMURA*****

1. はじめに

交通計画、港湾計画等に代表される国土計画策定時には、長期に渡る経済状態の変化に伴う需要の予測やその間に生じる環境への負荷は当然考慮すべきことである。このように社会資本整備は長期的な評価を要する性質を持つものである。そして評価する際、計量分析に優れる産業連関分析が有効であることは自明であろう。

長期的評価に産業連関モデルを用いる際に、動学化は不可欠である。Leontief⁽¹⁾⁽²⁾による従来の動学的産業連関モデルは、資本係数を用い、生産性成長の要因を資本ストックの蓄積で表現する形を取っている。また Johansen⁽³⁾はこのモデルを拡張し、生産容量のタイムラグを考慮している。しかしながら、これらの動的産業連関モデルは固定的な資本係数による動的システムを用いているため、投資決定のメカニズムが全く考慮されていない。

従来の動学的産業連関モデルを拡張したモデルの開発は数多くなされており、応用一般均衡モデル(Computable General Equilibrium : CGE)と融合し、本源的生産要素である資本と労働の代替性を考慮したモデルもある⁽⁴⁾。ただし、このモデルも生産性成長の要因は物的資本蓄積のみに留まる。

一方、経済成長理論では生産性成長の要因に関する研究が進んでいる。特に内生的成長理論では、生産性成長の要因であると考えられる技術革新をもた

らず研究開発(Research & Development : R&D)活動による技術革新の蓄積、いわゆる知識ストックの蓄積を内生的に扱っている⁽⁵⁾⁽⁷⁾。このような理論を踏まえると、産業連関モデルを動学化する上で R&D 活動による技術の蓄積は無視できない要因であると言える。

内生的成長理論を概念的に取り入れ、R&D 活動が生み出す技術の蓄積を内生化し、従来の動学的産業連関モデルを拡張した研究がなされている⁽⁸⁾。特に Los⁽⁹⁾は、内生的成長理論に基づく生産関数は明示的に使用せず、労働係数が R&D 活動によって内生的に変化するモデルを開発している。ただし、価格は当期の均衡価格ではなく、前期の経済活動の結果で決まる形になっており、産業連関体系と完全に整合しているとは言えない。

そこで本研究の目的は、内生的成長理論に基づく動学的産業連関モデルを開発し、モデルの有用性を確かめることとする。

2. モデルの枠組み

本研究はある閉鎖的経済を対象に行い、資本財に関しては独占市場、中間財・最終財に関しては完全競争市場を仮定する。労働に関しては完全雇用を仮定する。労働者は生産あるいは R&D 活動の従事に二分する。また技術革新は R&D 活動に従事する労働者数とその時の技術水準に依存するものとし、R&D 活動への投資に関しては、本研究では人的投資のみを明示的に扱う。

本研究における動学化の流れを図-1に示す。前期の経済活動の結果得られる資本と技術、外生的に与えられる労働(①)から付加価値(生産容量)及び投入量、産出量(②)が決定する。R&D 活動に従事する労働者数と技術蓄積から次期の技術(③)が導出され、

*Keywords : 国土計画, 産業連関分析

** 学生員 東北大学大学院 情報科学研究科

*** 正会員 博(学) 国立環境研究所

**** 学生員 情修 東北大学大学院 情報科学研究科

*****フェロー 工博 東北大学大学院教授 情報科学研究科

(〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 06

TEL 022-217-7497 FAX 022-217-7494)

Figure 1 is a flow diagram of the economic model. It consists of several interconnected boxes and arrows, numbered 1 through 5. The main components are:

- Inputs:** Capital (資本), Technology (技術), and Labor (労働). Labor is also associated with population growth rate and R&D ratio (人口増加率, R&D比).
- Production Process:** A box labeled "付加価値 (生産容量)" (Value Added / Production Capacity) receives inputs from Capital, Technology, and Labor. It produces "中間投入" (Intermediate Inputs), labeled with a circled 4.
- Intermediate Inputs:** These are used for "投資" (Investment) and "消費" (Consumption).
- Output:** The result of Investment and Consumption is "産出量" (Output).
- Accumulation:** Investment leads to "資本蓄積" (Capital Accumulation) and "技術蓄積" (Technology Accumulation). Labor also contributes to "技術蓄積" through "R&D活動" (R&D Activity).
- Flow Numbers:**
 - ①: Labor input.
 - ②: Capital and Technology inputs to the production process.
 - ③: Labor input to R&D activity.
 - ④: Intermediate inputs from the production process.
 - ⑤: Investment leading to capital and technology accumulation.

3. モデルの定式化

$$X_t = F\{x_t, K_t, L_t\} \quad (1)$$
$$X_{jt} = \min \left\{ \frac{x_{1jt}}{a_{1j}}, \dots, \frac{x_{njt}}{a_{nj}}, \frac{Y_{jt}}{v_j} \right\} \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

$$\frac{Y_{jt}}{X_{jt}} = \frac{Y_{j,t+1}}{X_{j,t+1}} = v_j \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (4)$$

付加価値 Y_t は, 資本 K_t と労働 L_t により決定されるものとする. 生産関数は CES 型関数の 1 つである

$$Y_{jt} = K_{jt}^{\alpha_j} (\Lambda_{jt} L_{jt}^Y)^{1-\alpha_j} \quad (5)$$

$$L_{j,t+1} = (1 + v)L_{jt} \quad (7)$$

$$L_{jt} = L_{jt}^Y + L_{jt}^R \quad (8)$$

$$L_{jt}^R = s_{jt}^R L_{jt} \quad (9)$$

資本蓄積の変化は投資 I と資本減耗率 d で決まるので、第 j 財の生産に必要なとされる資本財 i の必要量の時間変化分は、

$$\Delta K_{ij} = K_{ij,t+1} - K_{ij,t} = I_{ij,t} - d_j K_{ij,t} \quad (10)$$

$$r_{jt} = \alpha_j^2 \frac{Y_{jt}}{K_{jt}} \quad (11)$$

$$w_{jt}^y = (1 - \alpha_j) \frac{Y_{jt}}{L_{jt}^y} \quad (12)$$

$$Y_j = r_{jt}K_{jt} + w_{jt}^Y L_{jt}^Y + w_{jt}^R L_{jt}^R \quad (13)$$

- 642 -

動に従事する労働の賃金率 w_{jt}^R は次のようになる。

$$w_{jt}^R = \alpha_j(1 - \alpha_j) \frac{Y_{jt}}{L_{jt}^R} \quad (14)$$

t 期における物量均衡式は式(15)で表されることは良く知られている。

$$X_t = AX_t + I_t + f_t \quad (15)$$

ここで、 X_t は産出量ベクトル、 A は a_{ij} を要素に持つ投入係数行列、 I_t は $\sum_{j=1}^n I_{jt}$ を要素に持つ列ベクトル、 f_t は物的資本投資を除く最終需要列ベクトルを表している。

f_t は消費選好列ベクトル h 、その活動レベル c_t を用いて下式(16)のように表す。ここで h は外生要素であり、変化しないものと仮定する。

$$f_t = h \cdot c_t \quad (16)$$

更に、消費活動レベル c_t については、式(17)のような線形の消費関数を仮定する。

$$c_t = c_b + c_m \sum_{j=1}^n Y_{jt} \quad (17)$$

ここで、 c_b を基礎消費、 c_m を限界消費性向とし、これらは時間に関して一定値を取るものとする。また $\sum_{j=1}^n Y_{jt}$ はこの経済の家計の総所得を表している。

従って式(10)、(16)から、式(15)を展開すると、

$$\begin{aligned} X_{it} &= \sum_{j=1}^n a_{ij} X_{jt} + \sum_{j=1}^n [K_{ijt+1} - (1-d_j)K_{ijt}] + f_{it} \\ &= \sum_{j=1}^n a_{ij} X_{jt} + \sum_{j=1}^n K_{ijt+1} - \sum_{j=1}^n \left[(1-d_j) b_{ij} \frac{\alpha_j^2}{r_{jt}} v_j X_{jt} \right] + f_{it} \end{aligned} \quad (18)$$

が得られる。ここで、 $(b_{ij})_{i,j=1,\dots,n}$ は第 j 産業が所有する資本 i の構成割合を表しており、 $b_{ij} = K_{ijt} / \sum_{i=1}^n K_{ijt}$ として求めることができる。従って、従来の動的産業連関モデルで用いられる固定資本係数行列とは意味を異にする。また、この値についても時間に関して一定であると仮定していることに注意されたい。

今、

$$s_{ijt} = (1-d_j) b_{ij} \frac{\alpha_j^2}{r_{jt}} v_j \quad (19)$$

が成り立つとし、 s_{ijt} を要素とする行列を S_t と置くと、式(18)に示される物量均衡式は最終的に次式(20)のように表される。

$$X_t = AX_t + BK_{t+1} - S_t X_t + f_t \quad (20)$$

ここで、 K_{t+1} は $\sum_{j=1}^n K_{jt+1}$ を要素に持つ列ベクトルを、 B は b_{ij} を成分に持つ行列を表している。 B が逆行列を持つとすると、次期の資本 K_{t+1} は以下のように決定される（資本係数行列の特異性についての議論は Kendrick¹⁰⁾ を参照されたい）。なお式中の E は n 次元の単位行列を表している。

$$K_{t+1} = B^{-1}[(E - A + S_t)X_t - f_t] \quad (21)$$

以上より、式(1)から(22)で構成される拡張動学的産業連関モデルを開発できた。式(21)より決定される次期の資本 K_{t+1} 、式(6)より求まる次期のアイデアのストックを表す Λ_{t+1} 、式(7)、(9)より求められる次期の生産活動に従事する労働行ベクトル L_{t+1}^Y から、次期の生産量 Y_{t+1} が決定し、式(4)より次期の産出量 X_{t+1} が決定する。

4. 数値シミュレーション結果

3 部門のデータセットを作成し、数値シミュレーションを行った。部門 1 は労働集約的な産業、部門 2 は資本集約的な産業、部門 3 は R&D 集約的な産業を想定し、各々特徴付けられる外生値、パラメータを以下のように設定した。

$$A = \begin{pmatrix} 0.4 & 0.1 & 0.1 \\ 0.1 & 0.4 & 0.1 \\ 0.1 & 0.1 & 0.4 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 0.4 & 0.1 & 0.2 \\ 0.4 & 0.6 & 0.3 \\ 0.2 & 0.3 & 0.5 \end{pmatrix},$$

$$v_{j=1,2,3} = (0.4 \quad 0.4 \quad 0.4),$$

$$\alpha_{j=1,2,3} = (0.33 \quad 0.40 \quad 0.28),$$

$$s_{j=1,2,3}^R = (0.05 \quad 0.10 \quad 0.20),$$

$$\delta_{j=1,2,3} = (0.001 \quad 0.005 \quad 0.01)$$

また、 $d = 0.1$ 、 $v = 0.001$ 、 $\gamma = 0.9$ 、 $\phi = 0.1$ 、 $c_b = 400$ 、 $c_m = 0.74$ としている。初期値については以下のように設定した。

$$K_0 = (436 \quad 640 \quad 314),$$

$$L_0 = (310 \quad 258 \quad 194),$$

$$\Lambda_0 = (1.30 \quad 1.26 \quad 3.24)$$

これより結果並びにその考察を行い、モデルの挙

動を探る。

まず、労働者1人当りの産出量の推移について見てみた。図-2がその結果である。この推移を見ると、産出成長が資本に大きく依存していることが見て取れる。また4期以降、部門3が部門1を大きく上回っており、部門3の高いR&D投資比率に従うアイデアの蓄積が生産性成長に持続的な影響を与えている様子が伺える。

経済全体の産出量に対する各部門の産出量の占める割合は図-3のようになった。この結果では、資本が大きく影響してくることがより顕著に見て取れる。また時間の経過に従うアイデアの蓄積により、部門3の割合が増加傾向に見られる点を考慮すると、更に時間を経過させればR&D活動による生産性向上に対する効果が表れることが予想され、これは図2に示す考察結果と一致する。

以上の結果から見て、R&D活動に伴う生産性向上効果を内生的に取り扱える多部門成長モデルになっていることが確認できた。

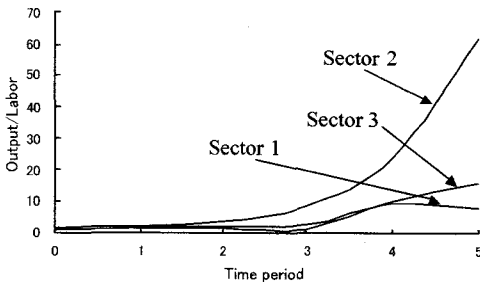


図-2 労働者1人当りの産出量の推移

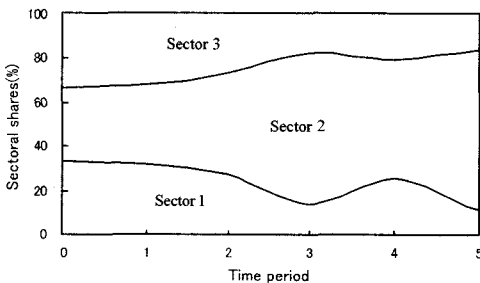


図-3 産出量の部門構成割合

5. おわりに

本研究では、内生的成長理論に基づく動学的産業連関システムを開発できた。本モデルにより、将来の産業毎の産出量予測等が可能となった。またその予測と他の静的な産業連関モデルと組み合わせることにより、社会資本整備による環境への負荷、最適な経済成長を遂げる為の公共事業への効率的投資等の分析に応用することも可能である。また、資本蓄積を対象とした伝統的なターンパイクモデルからアイデアの蓄積に伴う生産性向上効果を内生化した新たなターンパイクモデルの方向も見えてくる。

今後のモデルの拡張として、R&D活動によって生み出されるアイデアの産業内・産業間スピルオーバー効果を導入するとともに、生産容量のタイムラグ等を考慮した一般化モデルの構築を図っていく。また同時に、実際の産業連関表のデータを用いて上に挙げた実証分析を行う予定である。

参考文献

- 1) Leontief, W. W. : *Dynamic Analysis, Studies in the Structure of the American Economics*, Chapter 3, New York: Oxford University Press, pp53-90 and 486-493, 1952.
- 2) Leontief, W. W. : *The Dynamic Inverse*, in A.P. Carter and A. Brody (eds), *Contributions to Input-Output Analysis*, Chapter 1, Amsterdam, North Holland Publishing Company, pp17-46, 1970.
- 3) Johansen, L. : *On the Theory of Dynamic Input-Output Models with Different Time Profiles of Capital Construction and Finite Life-Time of Capital Equipment*, *Journal of Economic Theory*, Vol.19, No.2, pp513-533, 1978.
- 4) Zhang, J. S. : *Iterative Method for Finding the Balanced Growth Solution of the Non-Linear Dynamic Input-Output Model and the Dynamic CGE Model*, *Economic Modelling*, Vol.18, pp117-132, 2001.
- 5) Romer, P. M. : *Endogenous Technological Change*, *Journal of Political Economy*, Vol.98, No.5, pp71-102, 1990.
- 6) Aghion, P. & Howitt, P. : *A Model of Growth through Creative Destruction*, *Econometrica*, Vol.60, No.2, pp323-351, 1992.
- 7) Jones, C. I. : *R&D-Based Models of Economic Growth*, *Journal of Political Economy*, Vol.103, No.4, pp759-784, 1995.
- 8) Kurz, H. D. & Salvadori, N. : *The Dynamic Leontief Model and the Theory of Endogenous Growth*, *Economic Systems Research*, Vol.12, No.2, 2000.
- 9) Los, B. : *Endogenous Growth and Structural Change in a Dynamic Input-Output Model*, *Economic Systems Research*, Vol.13, No.1, pp3-34, 2001.
- 10) Kendrick, D. : *On the Leontief Dynamic Inverse*, *Quarterly Journal of Economics*, Vol.86, pp.693-696, 1972.