動学的生産要素モデルに関する一考察

朱，保華

https://doi.org/10.15017/3000033

出版情報：経済論究．81，pp.81-94，1991-11-20．九州大学大学院経済学会
バージョン：
権利関係：

動学的生産要素モデルに関する一考察*

朱　　保　　華

1. はじめに

通常の投資モデルはおおよそ資本ストック調整原理にもとづくものが多い。この原理によれば，何らかの方法によって，最適資本ストックが決まれば，それと既存の資本ストックの間に，適当な分布ラグが選択され，投資関数が導かれることになっている。最適資本ストックの決定メカニズムとしては，加速度原理型モデルと新古典派型モデルとがある。投資モデルの構築における二段構えの問題を回避するために，調整費用の役割を重視し，動学的最適化から導かれるq型モデルが存在する。しかし，これらのモデルは，資本ストックの変化である投資にしか議論を集中していないが，その他の生産要素と資本ストックとの関係に十分に考慮を払っていないのが現状である。すなわち，モデルにおいて資本ストックだけは準固定生産要素とみなされ，その他の生産要素はみな可変生産要素として取り扱われると同時に，それらの調整は投資モデルに明示的に取上げられていない。

通常，生産要素の調整過程では資本ストックとその他の生産要素が同時に調整するはずである。しかし，労働を取入れる投資モデルの多くは労働と資本の調整はそれぞれ独立に特定化し，推定されている。労働需要と資本需要の意思決定主体は同一であり，生産関数から利潤最大化行動を仮定しているため，各生産要素の調整経路を独立に推定することは，それらのパラメーターにおける

* 本稿は1991年度理論・計量経済学会西部部会（1991年6月甲南大学）において報告した内容に加筆・修正したものである。その席上名古屋市立大学の北坂真一先生より有益な御助言を頂いた。ここに深く感謝致します。

一貫性を保証していないことが明らかである。この問題を意識し，労働と資本の調整を同時に計量モデルに取り入れる分析は Nadiri-Rosen モデルである。しかし，Nadiri-Rosen モデルは労働と投資を一つの枠組によって考察することをその出発点にしているが，その実証分析では，投資は生産に投入される資本ストックの分析に融合されている。これ以外，Nadiri-Rosen モデルでは，Cobb-Douglas 型生産関数による生産要素の調整方程式が導出されているが，計量分析においてはパラメーター間の制約関係は十分に配慮されていないという問題が残されている。Nadiri-Rosen モデルの問題を回避することを試みるのは動学的生産要素モデルである。

一般的に，外生的な期待生産量，価格などが各生産要素需要に与える影響の違いや各生産要素の調整過程での時間的遅れ構造の違いなどによって，各生産要素の長期調整経路は互いに異なる。価格調整と比べると生産調整のほうが時間がかかるのではないかということから，短期と長期の区別は，短期においての価格に対する反応は長期においてのそれより小さいことによるものと思われる。従来の計量分析は基本的にこの枠組みを活かしながら，ラグ分布の精致化に力を注いでいる。Nadiri-Rosen モデルも例外ではなかった。ラグ分布の接近法においてはあくまでも静学的モデルに分布構造を重ね合わせることであるから，理論的な正当化が欠けているという基本問題が残されているように思われる。動学的生産要素モデルはこの基本問題の解決をめざしており，動学的最適化を明示的にモデルに導入し，それによって生産要素の調整を提示することになる。

本論文は動学的要素需要（Dynamic Factor Demand）モデルを用い，資本と労働との調整を同時に考慮する動学的生産要素モデルを構築し，実証分析を行うことにする。

2.　モデルの説明

動学的生産要素モデルは経済分析上に短期分析と長期分析の再認識から構築されるものである。動学的生産要素モデルにおける短期分析と長期分析は企業

が価格の変化に応じた自らの生産量の調整過程から生まれたものである。動学的生産要素モデルは事前の動学調整過程を基礎にした伸縮的加速度あるいは投資需要モデルの延長線上にあるものである。その流れをみると，エネルギー需要と設備調整のモデリングの動学的エネルギー需要モデルは，Berndt, Morrison and Watkins によって開発された。Berndt et al のモデルでは，資本ストックは準固定生産要素，労働力とエネルギーは可変生産要素であると仮定されており，資本ストックに関する二次形式の調整費用関数を用い，明示的な最適投資需要関数が導かれる。Pindyck and Rotemberg は Berndt et al モデルの枠組を活かし，準固定生産要素を資本ストックから，建築物，労働力等の生産要素までに拡張し，より一般的な動学的生産要素モデルを構築している。

動学的生産要素モデルの特定化は調整費用の枠組で展開されている。経済理論によると，企業の最適生産が行われる際に，生産関数と費用関数の間に，唯一の対応関係が存在している。それゆえ，企業の生産構造を生産費用関数によって表わすことが可能である。通常，生産過程に利用されている生産要素は可変生産要素と準固定生産要素に分かれている。可変生産要素の調整に関する調整費用は無視されるほど小さいのに対して，準固定生産要素の調整費用は大きい。準固定生産要素の調整費用の大きさによって，準固定生産要素の調整経路が決められる。したがって，動学的生産要素モデルにおいて準固定生産要素の調整過程を含む生産構造分析の枠組みが必要となる。

動学的生産要素モデルの接近法は制約された費用関数のアプローチである。制約された費用関数は産出と生産要素を短期的に固定したもとでの生産費用の最小化から得られたものである。不確実の世界では動学的最適化を求める企業は将来の決定変数である産出，資本，労働などについて何らかの期待をもつわけである。ここでは企業が合理的期待のメカニズムを通じ，生産費用の割引現在値を最小化するように行動すると仮定される。モデルの特定化にあたっては，制約された可変生産費用関数から準固定生産要素の動学的最適化条件である Euler 方程式が導かれるという処理方法がとられている。ただし，導かれる Euler 方程式は動学的最適化問題の解ではなく，単なる企業の生産構造を表

わす方程式である。

いま，準固定生産要素と可変生産要素に関しては，資本と労働は準固定生産要素，所定外の労働時間は可変生産要素と仮定される。以上の仮定は次のことによるものである。企業は資本を生産過程に使用する際に，資本と結合する労働者を雇わなければならない。雇われる労働者は特殊の技能を持たなくてはいけない。すなわち，資本とそれに対応する労働は簡単に分離できない。労働市場では企業にとって労働者を解雇することはそれを雇うより難しいのが現状である。雇用された労働者が特別の場合を除いて，簡単にやめさせられない。企業は生産状況に応じて労働者を残業させる際，残業手当以外にそれほど調整費用を必要としないであろう。とすると，資本と労働を準固定生産要素とし，所定外の労働時間を可変生産要素と考えるのが合理的である。

可変生産要素の価格ベクトルを $\boldsymbol{PV}$, 準固定生産要素ベクトルを $\boldsymbol{X}$ とする。企業は可変と準固定生産要素を利用し，産出 Y を生み出すと仮定される。この場合，準固定生産要素を含む制約された費用関数は次のように，

$$C_t=C(\boldsymbol{PV},\boldsymbol{X},Y,t) \tag{1}$$

と特定化される。通常，C は可変生産要素価格 $\boldsymbol{PV}$ の増加かつ凹関数，準固定生産要素 $\boldsymbol{X}$ の減少かつ凸関数であると仮定される。時間変数 t は技術進歩または単なる時間トレンドを表わす。

準固定生産要素の調整に関しては，以下の二次形式の準固定生産要素の調整費用関数を想定する。

$$f(\Delta \boldsymbol{X}_t)=\frac{1}{2}\beta_L(\Delta L_t)^2+\frac{1}{2}\beta_K(\Delta K_t)^2 \tag{2}$$

ただし，$\Delta \boldsymbol{X}$ は $\boldsymbol{X}_t-\boldsymbol{X}_{t-1}$ である。β_L と β_K はそれぞれ労働と資本の調整費用にかかわるパラメーターである。以上の調整費用関数の特定化では，準固定生産要素調整の交差効果が無視されている。

生産過程に準固定生産要素を用いる際に，準固定生産要素の使用コストがかかるわけである。準固定生産要素の効用が時間と関係なく，つねに同質であると仮定すれば，準固定生産要素の使用コスト関数 F を以下のように，

$$F_t = \boldsymbol{PF} \sum_{i=0}^{T} \boldsymbol{X}_{t-i} \tag{3}$$

と特定化することができる。$\boldsymbol{PF}$ は準固定生産要素の使用コストのベクトル，T は準固定生産要素の耐用期間である。

短期では企業は可変生産要素による生産費用を最小化するように行動するのに対して，長期では準固定生産要素を含むすべての生産要素による生産費用を最小化するように生産活動を行うと考えられる。したがって，長期では企業は全生産要素の費用関数を最小化することにより，準固定生産要素の需要を決めることになる。それゆえ，準固定生産要素の決定は次式，

$$Min\ E_t \sum_{t=0}^{\infty} R_t [C_t + f(\Delta \boldsymbol{X}_t) + F_t] \tag{4}$$

の最小化によって行われる。E_t は t 期に利用可能な情報による期待値，R_t は割引率である。

最適化問題(4)の一階条件を検討してみよう。式(4)を準固定生産要素 X_{it} について微分し，0とおけば，次式を得る。

$$E_t \left[\frac{\partial C_t}{\partial X_{it}} + \frac{\partial f(\Delta \boldsymbol{X}_t)}{\partial \boldsymbol{X}_{it}} + R_{t+1} \frac{\partial f(\Delta \boldsymbol{X}_{t+1})}{\partial X_{it}} + \frac{\partial F_t}{\partial X_{it}} \right] = 0 \tag{5}$$

最適化条件(5)は Euler 方程式と呼ばれ，準固定生産要素を一単位追加することによる生産費用の現在値の変化分が0であると解釈されている。準固定生産要素の追加使用による生産費用の変化は，可変費用の増加，準固定生産要素の調整費用とそれに伴う余分な支出費用，将来の調整費用の節約分から構成されていることは式(5)からわかる。式(5)の最後の項は準固定生産要素の生産過程での使用コストの一般的な表現であることに注意してほしい。

可変生産要素が一つしかない場合，制約された費用関数はその需要関数の形になる。モデルでは，準固定生産要素は資本と所定内労働時間，可変生産要素は所定外労働時間のみであるから，所定外労働時間の需要関数を以下のような translog の形，

$$\ln H_t = \alpha_0 + \alpha_1 \ln L_t + \alpha_2 \ln K_t + \alpha_3 \ln Y_t + \frac{1}{2}\gamma_{11}(\ln L_t)^2$$

$$+\gamma_{12}\ln L_t \ln K_t+\gamma_{13}\ln L_t \ln Y_t+\frac{1}{2}\gamma_{22}(\ln K_t)^2$$
$$+\gamma_{23}\ln K_t \ln Y_t+\frac{1}{2}\gamma_{33}(\ln Y_t)^2+\lambda t \qquad (6)$$

に特定化することができる。H は所定外労働時間，L は労働者，K は資本ストック，Y は産出量である。所定外労働時間は $H=L\cdot h$ と定義される。h は一人あたりの所定外労働時間である。λ は中立的技術進歩を表わすパラメーター，t は時間トレンドである。

所定内労働の賃金率は w，所定外労働時間の賃金率は Ph とすれば，費用関数 $C=Ph\cdot H$ と Shepherd 補題によって，以下の所定内労働時間に関する Euler 方程式が得られる。

$$\left(\frac{Ph_t H_t}{L_t}\right)(\alpha_1+\gamma_{11}\ln L_t+\gamma_{12}\ln K_t+\gamma_{13}\ln Y_t)+w_t$$
$$+\beta_L(L_t-L_{t-1})-\beta_L E_t\{R_{t+1}(L_{t+1}-L_t)\}=0 \qquad (7)$$

次に，企業は資本サービス価格を払いながら，資本の購入時点からその生産能力の喪失時点までこれを利用するものとしよう。c を資本サービス価格とすれば，資本に関する Euler 方程式が得られる。

$$\left(\frac{Ph_t H_t}{K_t}\right)(\alpha_2+\gamma_{12}\ln L_t+\gamma_{22}\ln K_t+\gamma_{23}\ln Y_t)+c_t$$
$$+\beta_K(K_t-K_{t-1})-\beta_K E_t\{R_{t+1}(K_{t+1}-K_t)\}=0 \qquad (8)$$

このように導出された動学的生産要素モデルは式(6), (7)と(8)から構成される。通常の生産要素モデルと比べると，動学的生産要素モデルは以下の特徴，

1. 準固定生産要素の長期均衡水準への調整は内生的に決定され，かつ時間的に変化する。
2. 可変生産要素の短期需要は，価格，産出量，および準固定生産要素などに依存している。
3. 長期均衡への調整の動学径路によって，長期と短期は明確に区別されることが可能となる。

などをもっていることがわかる。

動学的生産要素モデルには，企業の行動原則としての Euler 方程式が含まれ

ていることを注目しておこう。動学的生産要素モデルでは，Euler 方程式を推定する理由は，Lucas による計量モデルに対する批判によるものである。すなわち，政策変数の変化による計量モデルの構造変化を十分に配慮すれば，企業の行動基準から導かれた Euler 方程式は計量モデルの構造との関係が薄いから，生産要素需要関数を推定するよりも，Euler 方程式を推定することが望ましい。

3. 計量分析

以上特定化された動学的生産要素モデルにおける Euler 方程式に期待変数も含まれているから，それを推定する際に多少工夫することが必要である。期待変数を含むモデルの推定法はいくつかあるが，ここでは操作変数推定法を一般化した GMM (Generalized Method of Moments) 推定法を用いることにする。GMM 推定法では実は各操作変数と推定する方程式との間の相関係数を最小化するように，各パラメーターの推定値を求めることになっている。

GMM 推定法を Euler 方程式に適用させることは自然であろう。所定内労働時間と資本の Euler 方程式の残差が合理的期待仮説のもとで予測誤差と見なされる。予測誤差は利用可能な情報を完全に利用すれば，0に近づくであろう。可変生産要素の所定外労働時間は生産技術を表わすものであるが，観測データによって完全にあてはまることはまれである。通常，残差項が式(6)に含まれない説明変数の影響を表わしており，何らかの理由でそこに誤差が存在するであろう。式(6)の特定化が正しいならば，その誤差は0に近いであろう。したがって，労働と資本の Euler 方程式と同じく，式(6)に残差項をつけ加え，GMM 推定法によって，モデル推定を行うことが不自然であるとはいえないであろう。

GMM 推定法は基本的に以下のようなものである。いま，r 次元のパラメーターを $\boldsymbol{\theta}$，k次元の説明変数を $\mathbf{x}_{t+n}$，m 次元の残差項を $\mathbf{u}_{t+n}$ とするモデル，

$$h(\boldsymbol{x}_{t+n},\boldsymbol{\theta})=\boldsymbol{u}_{t+n} \tag{9}$$

を想定し，残差項の一階モーメントを，

$$E_t[\boldsymbol{u}_{t+n}]=\mathbf{0} \tag{10}$$

であると仮定する。二階モーメントをもつ q 次元の操作変数 $\boldsymbol{z}_t$ を用いて以下の関数，

$$f(\boldsymbol{x}_{t+n},\boldsymbol{z}_t,\boldsymbol{\theta})=h(\boldsymbol{x}_{t+n},\boldsymbol{\theta})\otimes\boldsymbol{z}_t=\boldsymbol{u}_{t+n}\otimes\boldsymbol{z}_t \tag{11}$$

を定義しておこう。$\otimes$は Kronecker 積である。式(11)により定義された f は $R^k\times R^q\times R^l$ から R^r への写像関数である。$r=m\cdot q$ である。式(10)と(11)により次式が成立することがわかる。

$$E[f(\boldsymbol{x}_t,\boldsymbol{z}_t,\boldsymbol{\theta})]=\mathbf{0} \tag{12}$$

上式の E は期待値を意味している。このように定義された関数 f の次元 r がパラメーターの次元 l より大きければ，式(12)からパラメーター $\boldsymbol{\theta}$ の推定量が得られる。

利用可能なデータにより，以下の関数を定義することができる。

$$G_0(\hat{\boldsymbol{\theta}})=E[f(\boldsymbol{x}_t,\boldsymbol{z}_t,\hat{\boldsymbol{\theta}})] \tag{13}$$

関数 $G_0(\hat{\boldsymbol{\theta}})$ では，$\hat{\boldsymbol{\theta}}=\boldsymbol{\theta}$ のとき 0 であることが明らかである。式(9)により定まるモデルが正しければ，関数 $G_0(\boldsymbol{\theta})$ のモーメントの推定量としては，

$$G_T(\hat{\boldsymbol{\theta}})=\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}f(\boldsymbol{x}_t,\boldsymbol{z}_t,\hat{\boldsymbol{\theta}}) \tag{14}$$

が与えられる。一般的に，$G_T(\boldsymbol{\theta})$ は $T\to\infty$ のとき，0 に近づくはずである。通常の積率推定法では，もし関数 G_T が $\hat{\boldsymbol{\theta}}$ について連続であれば，$G_T(\hat{\boldsymbol{\theta}})$ を最小化するような $\hat{\boldsymbol{\theta}}$ がパラメーター $\boldsymbol{\theta}$ の推定量とされる。GMM 推定法では，Amemiya，Jorgenson and Laffort の考え方にしたがい，weighting matrix としての正値定符号行列 $\boldsymbol{W}_T$ を用いて以下の目的関数 J_T，

$$\boldsymbol{J}_T(\hat{\boldsymbol{\theta}})=G_T(\hat{\boldsymbol{\theta}})'\,\boldsymbol{W}_TG_T(\hat{\boldsymbol{\theta}}) \tag{15}$$

を最小にするような $\hat{\boldsymbol{\theta}}$ をパラメーター $\boldsymbol{\theta}$ の推定量とする。$\boldsymbol{W}_T$ は利用可能なデータにより計算されており，推定量 $\hat{\boldsymbol{\theta}}$ の漸近分散共分散行列は行列 $\boldsymbol{W}_T$ の選択に左右されている。一般的に，GMM 推定量から漸近的分散共分散行列を最小にするような行列 $\boldsymbol{W}_T$ を選択することが多い。

GMM 推定量を求める際に，関数 f の次元 r がモデルのパラメーターの次元 l を越えたとき，$r-l$ 個の式はパラメーターの推定に利用されていない。モデル(9)が真であれば，利用されていない $r-l$ 個の式は 0 に近いはずである。この点を考慮すると，利用されていない式は十分に 0 に近いかどうかという検定を行う必要がある。これはいわば GMM 推定法における過剰識別の検定問題である。通常，過剰識別検定を行う際に J 統計量というものが利用されている。

モデルの残差項 u_{t+n} が一定の条件を満たす場合，GMM 推定法を三段階最小自乗法に単純化することができる。しかし，GMM 推定法を三段階最小自乗法に単純化する際に，J 統計量による仮説検定には問題が残ることになる。

これから，日本の製造業を分析対象として，GMM 推定法により動学的生産要素モデルの推定を行う。計測期間は原則として1965年第Ⅰ四半期から，1988年第Ⅳ四半期までの96期である。モデルの推定に用いた資本サービス価格 c は次式，

$$c=0.25\times PI(r+\delta)$$

によって計測される。PI は資本財価格，r は銀行の平均貸出金利，δ は資本の減価償却率である。割引率 R は次式，

$$R=\frac{1}{(1+rr-\dot{P})^{0.25}}$$

により計測される。rr は電電社債の利回り，$\dot{P}$ は生産物価格の変動である。推定において利用されるデータは以下のとおりである。

製造業の資本ストック：『四半期民間企業資本ストック速報』の取付ベースの資本ストック

製造業の産出額：『国民経済計算』の関連データにより作成

生産物価格：『国民経済計算』の国内総支出のデフレーター

資本財価格：『国民経済計算』中の民間総固定資本形成のデフレーター

減価償却率：『法人企業統計季報』の関連データにより作成

利子率：『経済統計月報』の全国銀行貸出約定平均金利

利付電電債利回：『東証上場債券利回』の利付電電債

賃金率：『毎月勤労統計調査報告』の全産業と製造業の実質賃金指数（定期給与総額）

所定外労働の賃金率：標準化され，１とする

所定外労働時間：『毎月勤労統計調査報告』の製造業の所定外労働時間

所定内労働時間：『毎月勤労統計調査報告』の製造業の所定内労働時間

製造業の労働者数：『労働力調査報告』の製造業の就業者数

以上のデータは，必要に応じて，センサス局法Ⅱ（X11）により季節変動の修正を行った。

動学的生産要素モデルの推定では，常数項，前期投資額，前期所定外労働時間，前期労働者数，前期産出量，前期資本ストック，前期割引率，前期国民総生産のデフレーター，前期資本サービス価格，前期賃金率，時間トレンドを操作変数とする。

通常の分析においては，生産技術の規模に関する収穫不変の仮定がおかれる。それゆえ，動学生産要素モデルについては，規模に関する収穫不変である制約条件をつけ加えながら，モデルの推定を行ってみる。動学的生産要素モデルにおける規模に関する収穫不変の仮定は式(6)により，

$$\begin{cases} \alpha_1+\alpha_2+\alpha_3=1 \\ \gamma_{11}+\gamma_{12}+\gamma_{13}=0 \\ \gamma_{12}+\gamma_{22}+\gamma_{23}=0 \\ \gamma_{13}+\gamma_{23}+\gamma_{33}=0 \end{cases} \tag{16}$$

である。上記の収穫不変の仮定で，動学的生産量素モデル(6)，(7)と(8)の推定も行うことにする。

GMM 推定法は，残差項が条件付きの均一分散にしたがい，モデルが線形であるとき，それは通常の三段階最小自乗法と同じである。それゆえに，GMM 推定を比較するために三段階最小自乗法によるモデルの推定も行うことにする。GMM 推定法と三段階最小自乗法（3SLS）による動学的生産要素モデルの推定結果は表１のとおりである。

表1　動学的生産要素モデルの推定結果

	制約条件なし		制約条件付き	
	GMM 推定値	3SLS 推定値	GMM 推定値	3SLS 推定値
α_0	−173.53	−137.93	−34.198	−29.948
	(17.2586)	(5.9371)	(7040)	(4.6824)
α_1	46.8803	12.5351	7.6991	6.4953
	(4.1825)	(4.9598)	(0.6087)	(0.6880)
α_2	59.5228	54.2226	44.4138	12.1570
	(2.7473)	(2.7991)	(6.0995)	(1194)
α_3	−73.8188	−68.5120		
	(3.4063)	(3.5014)		
γ_{11}	−4.9529	−3.9948	0.1805	0.2768
	(0.5395)	(0.6450)	(0.0630)	(0.0730)
γ_{12}	−6.6307	−8423	−4.7029	−4.0229
	(0.3007)	(0.3296)	(0.3400)	(0.3842)
γ_{13}	7.2122	6.1972		
	(0.3632)	(0.4058)		
γ_{22}	−8.4005	−7.6141	−26.133	−8.9320
	(0.5675)	(0.8603)	(3.2636)	(2.8032)
γ_{23}	9.5743	8.4893		
	(0.6570)	(0.9744)		
γ_{33}	−9.7705	−8.1277		
	(0.7671)	(1.1527)		
λ	−0.0320	−0.0314	−0.0409	−0.0412
	(0.0028)	(0.0037)	(0.0007)	(0.0008)
β_L	0.0056	0.0714	0.1182	0.1386
	(0.0207)	(0.0406)	(0.0438)	(0.0535)
β_K	0.0010	0.0047	0.0274	0.0228
	(0.0009)	(0.0020)	(0.0120)	(0.0083)
J	103.84	79.24	87.82	98.74

括弧内の数値は標準誤差である。

表１の推定結果をみると，GMM 推定値と三段階最小自乗推定値はあまり差異がないように思える。パラメーター β_L と β_K の推定値が通常の符号条件を一応満たしている。収穫不変の生産関数に関する有効性の検定は J 統計量を用いることによって行われる。表１の推定結果をみると，制約条件付きの J と制約条件なしの J との差異はだいたい10を超えている。これは自由度４であ

る χ^2 分布にしたがうことから，収穫不変の仮説は棄却される。

以下では収穫不変の制約なし GMM 推定値を用いて，所定外労働時間の労働，資本，産出量の弾力性を計測してみる。その結果は図1に描かれている。

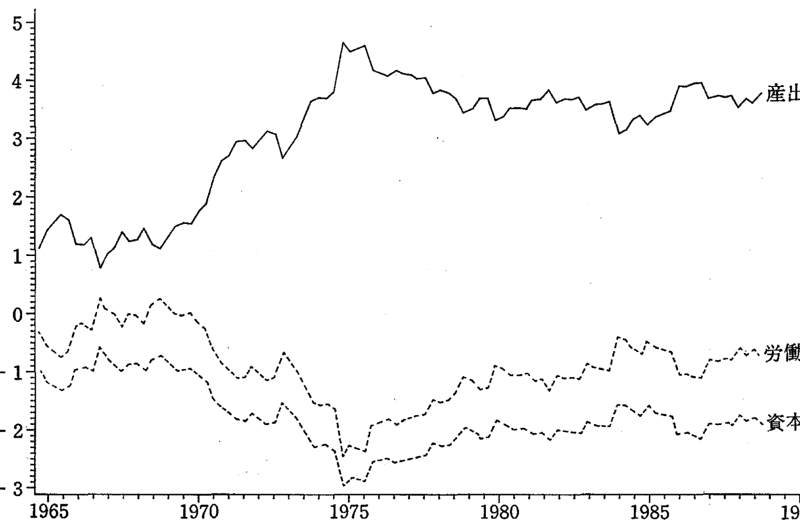

図1　弾力性の計測結果

推測された弾力性の大小関係をみると，所定外労働時間に対しては，産出量の弾力性はもっとも大きいが，次は労働，資本の順になっている。弾力性の符号をみると，産出量の増加は所定外労働時間の増加につながっているのに対し，労働と資本の増加は所定外労働時間の減少に寄与するように思える。さらに，弾力性の絶対値の大小関係により，産出の増加は直ちに所定外労働時間の増加につながるが，労働と資本の増加は所定外労働時間の変化後に起こると推測できるのではないかと思われる。

通常の動学的生産要素モデルでは，労働と資本などの弾力性を通じ，生産過程では，外生的ショックに対して資本と労働の変化様式が分析の目的になっている。ここでは，産出量・労働と産出量・資本の平均弾力性を計測してみよう。その結果，産出・労働の弾力性は0.57786であるのに対し，産出・資本の弾力性は0.29598である。つまり，産出・資本弾力性は産出・労働のそれより

小さく，産出の変化に対しては，労働のほうが先に変化することが考えられる。このことは通常の投資行動を分析する際に労働と資本の代替関係を考慮する必要があると示唆しているように思われる。最後に資本・労働の平均代替弾力性を計測してみる。得られる資本・労働の代替の弾力性は1.9523である。

4. むすび

本論文は動学的生産要素モデルの分析手法を用い，日本の製造業の資本と労働の計量分析を行った。その結果，動学的生産要素モデルでは調整費用の役割を示すパラメーターは符号条件を満たしている。これは調整費用関数の合理性を実証的に示す例の一つと思われる。しかし，以上の分析では資本ストックを議論の対象にしているが，投資を十分にとりあげていない。投資を動学的生産要素モデルを明示的に取り入れるために，準固定生産要素の調整費用関数の特定化では，資本ストックの変化ではなく，投資を導入する方法が考えられる。動学的生産要素モデルに投資を取り入れる場合，投資行動を説明する枠組みが必要となり，本論文で展開された動学的生産要素モデルを一層拡張しなければならない。これらを考慮すると，今後の研究課題としては，第一に，動学的生産要素モデルに明示的に投資行動を取り入れる分析の展開である。第二に，動学的生産要素モデルでの準固定生産要素調整経路の具体的な特定化と分析である。

参考文献

〔1〕 Amemiya, T., "The Maximum Likelihood and Nonlinear Three-Stage Least Squares Estimator in the General Nonliear Simultaneous Equations Model." *Econometrica*, 45, 1977, pp. 955-968.

〔2〕 Berndt, E. R., C. J. Morrison, and C. G, Watkins, "Dynamic Models of Energy Demand: An Assessment and Comparison." in E. Berndt and B. Filed, eds., *Measuring and Modelling Natural Resource Substitution*, Cambridge: MIT Press, 1982, pp. 259-289.

〔3〕 Hansen, L. P., "Large Sample Properties of Generalized Method of Moments

Estimators." *Econometrica*, 50, 1982, pp. 1029–1054.

〔4〕 Hansen, L. P. and K. Singleton, "Generalized Instrumental Variables Estimation of Nonlinear Rational Expecations Models." *Econometrica*, 50, 1982, pp. 1269–1286.

〔5〕 Jorgenson, D. W., and J. Laffont, "Efficient Estimation of Nolinear Simultaneous Epuations with Additive Disturbances." *Annals of Economic and Social Measurement*, 3, 1974, pp. 615–640.

〔6〕 Kokkelenberg, E. C., and C. W. Bischoff, "Expectation and Factor Demand." *The Review of Economics and Statistics*, 86, 1986, pp. 423–431.

〔7〕 Lucas, R. E., "Econometric Policy Evaluation: A Critique." in "The Philips Curve and Labor Markets." ed. by K. Brunner and A. Meltzer. *Carneigie–Rochester Conference Series on Public Policy*, 1, 1976, pp. 5–46.

〔8〕 Nadiri, M. I., and S. Rosen, "Interrelated Factors Demand Functions." *American Economic Review*, 59, 1969, pp. 457–471.

〔9〕 奥野正寛・鈴村興太郎『ミクロ経済学 I』, 岩波書店, 1988.

〔10〕 Pindyck, R. S., and J. J. Rotemberg, "Dynamic Factor Demands under Rational Expectations." *Scandinavian Journal of Economics*, 85, 1983, pp. 223–238.

〔11〕 Pindyck, R. S., and J. J. Rotemberg, "Dynamic Factor Demands and the Energy Price Shocks." *American Economic Review*, 73, 1983, pp. 1066–1079.