Title	規模の経済性と構造変化(一)
Sub Title	Economies of scale and structural change
Author	尾崎, 巌 池田, 明由
Publisher	慶應義塾経済学会
Publication year	1989
Jtitle	三田学会雑誌 (Keio journal of economics). Vol.81, No.4 (1989. 1) ,p.541(1)- 561(21)
JaLC DOI	10.14991/001.19890101-0001
Abstract	
Notes	論説
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234610-19890101-0001

「三田学会雑誌」81巻4号（1989年1月）

規模の経済性と構造変化 (一)*

尾崎　　巌
池田明由

I　問題の所在

1.　研究の目的

工業化にもとづく経済発展の過程において規模の経済性の追求が不可欠であることは，多くの実証研究で確かめられた経験的事実である〔7〕,〔15〕。にもかかわらず，規模の経済性の追求がどのようなメカニズムを通じて成長を持続させるのかの実証分析は必ずしも多くない。その理由は，経済発展の分析における規模の経済性の定量的把握が十分でなかったことに起因しているように思われる。教科書的には，長期費用曲線が画かれる時，費用極小となるような生産の最適規模の点が与えられるのが通常である。最適規模が定められた後は，通常，それ以上の規模の経済性の分析的追求は行なわれない。

本研究の目的は，規模の経済性の追求が，経済発展の基底に存在する構造変化に与えるメカニズムを分析的に解明することにある。言いかえれば，各生産部門において，技術的に規模の経済性が存在する場合，その複合的な効果が経済全体の発展にどのように作用するかのメカニズムを定量的に明らかにしようとする。各部門における規模の経済性の追求は，相互に相まって経済全体の規模の経済性の追求を可能にし，同時に構造変化をひき起こすであろう。この規模の経済性の追求と構造変化の関係を実証的に明らかにすることが，本研究の主な内容を形成している。

2.　これまでの研究との関連

本研究は，主としてこれまでになされてきた三つの分野の研究成果を基盤として展開された。

(i)　Leontief の “The Dynamic Inverse” model

その第一は，Leontief の（数量方程式と価格方程式の連立による）多部門動学モデルである。このうち本分析ではとくに Leontief の，“The Dynamic Inverse” の model の拡充を試みた〔3〕。

*)　本研究は，Keio Economic Observatory，生産構造分析プロジェクトの研究成果の一部を形成している。分析は，構造変化に関する一連の協同研究，尾崎・清水〔11〕，Ozaki & Shimizu〔16〕，Ozaki〔6〕，〔7〕をより構造的に展開したものである。

The Dynamic Inverse model は次の2つの方程式から成る。

(1) $X_t = A_t X_t + B_{t+1}(X_{t+1} - X_t) + C_t$ ：数量方程式

(2) $P_t = A_t' P_t + [(1 - r_{t-1}) B_t' P_{t-1} - B_{t+1}' P_t] + w_t l_t$ ：価格方程式

この式の変数記号については第II節で詳しく述べることとして，このモデルの特徴は，技術係数行列 A_t と資本係数行列 B_{t+1} が共に時間の経過につれて変化することを明示している点に見られる。従って，(1), (2)式は，構造変化を含む動学体系の定式化と呼ぶことができるであろう。だが，この "The Dynamic Inverse" model においては，次の2つの点が欠落している。一つは，A_t 行列，B_{t+1} 行列の変化が外生的に与えられており，その変化を内生的に説明することができない。これは Leontief の展開に関する限り，各部門の生産関数が自律的に計測されていないという理由に基づいている。本研究では，これまで計測されてきた一連の要素制約型生産関数の計測結果を基礎にして，B^{t+1} 行列の変化を生産能力規模との関連において分析することを試みた。

第2は "The Dynamic Inverse" においては，生産主体の内部均衡の性質が明らかでない。そこで本分析では，まず各部門ごとに計測された生産関数を基礎にして，規模の経済性という概念を明確に定義する。そのため生産規模の単位としてプラント・スケールという概念を導入する。次いで各部門内で，与えられた要素相対価格の下でのプラント・ベース生産能力規模の決定図式を展開する。再言すれば，規模の経済性が働くときのプラント・スケールの決定が，各部門内の費用極小行為の結果として定まるというモデルを検証する。この結果，各部門の生産主体の合理的行動という内部均衡の図式と全経済の構造変化の相互波及のメカニズムが明らかにされ，レオンティエフ体系における B^{t+1} 行列の変化と規模の経済性の関係がより自律的に説明されることになる。

(ii) 生産関数の計測に関する諸研究との関連

一つは異質的資本 (heterogeneous capital) に関するソローの研究である〔12〕〔13〕。そこでは，機械の異質性を，その機械を稼動する際の必要労働係数の差異によって識別し，かつ種々の機械の生産者価格を，その機械の建設費用 (coustruction cost) を基礎に算出している点にこの研究の特徴が見られる。このとき必要労働係数のより小さい（したがって労働生産性の高い）機械の建設費用は逓増すると仮定される。この結果，賃金率の上昇する過程では，使用労働節約のためのより高い質（効率）の機械が選ばれることになる。ソローの研究は新古典派的完全競争市場を前提にした理論的展開であって，実証的研究ではない。そこでは，当然のこととして生産関数の一次同次性が仮定されている。

他は，より自律度の高い工学的なレベルで生産関数を計測した，H. B. Chenerry に始まる一連の論文である〔1〕，〔2〕。チェネリイの先駆的論文では，生産プロセスにおける投入—産出の技術的関係を，経済学的生産関数 (economic production function) と工学的生産関数 (engineering production function) という2つの概念に分け，前者の基底に後者の関係が存在することを天然ガス輸送プラントの設計について，経験的・解析的に導出した。また小尾の研究〔5〕では，後者の工学的生産関係から前者の経済学的生産関数の導出し得る諸条件を吟味し，現実に工学的変数と経済学

的変数のデータを用いて，水力発電の生産関数を計測した。何れも，天然ガス輸送設備や，水力発電所等の生産能力規模の決定図式を工学的設計として導出した点に特色がある。本研究で展開する要素制約型生産関数は，この Chenerry に始まる工学的生産関数の計測を基礎にしている。

(iii) 要素制約型生産関数の計測

この研究の基礎になった生産関数の研究は，経済の全部門における要素制約型関数の計測結果である（〔6〕〔7〕〔11〕)。そこでは，次のような分析モデルが提示された。

(i) 規模の経済性に関して；各部門に存在する資本財総体の技術的単位としてプラントという新しい概念が導入された。ここで規模の経済性とは，この plant-scale（プラントの生産能力）が増大するにつれて，その plant を稼動するのに必要なフローの投入量（原材料，エネルギー，労働投入量等）の全部または一部が逓減することと定義される。このプラント・スケールの増大が，フロー投入量を逓減させるという関係は，技術的な設備の不分割性に起因するものであって，逆に言えば，設備の不分割性の存在が，プラントという新しい技術単位の導入を必要とさせるのである。

次に財の分類について概述しておこう。レオンティエフ体系においては，常に第 i 財について

(3) $\sum_j x_{ij}+\sum_j s_{ij}+C_i=X_i$

というコモディティ・バランスの関係式が成立している。この式において，市場で取引されるすべての財（goods & services）を次の 2 種類に分割することができる。一つは単一財（a single commodity）であり，他は複合財（a composite commodity）である。記号的には，(1)式の第 1 項フローマトリックスに入る x_{ij} は単一財の中間財取引量であるが，資本財取引行列に入る s_{ij} は主として，建物，構築物や機械類から成り，それらは単一財 x_{ij} の投入から構成される複合財であると考えてよい。（今動学体系を扱うため，消費財 C_i を考察の対象からはずす）（単一財と複合財の区別については〔12〕）

単一財と複合財は共に財毎に市場で取引されるが，単一財はそれぞれの物量自然単位（ton, yard 等）をもつのに対し，たとえば機械類はそれが複合財であるために一意的な自然単位をもたない。そこで基準時点における one dollar worth で測られた単位を複合財の物量単位に代置する。後述の分析においては，この機械の複合的性質を通じて，経済全体に規模の経済性が働くという図式が展開される。

3. Plant の特性

(i) 設備（X_j）を稼動するときのプラント規模の経済性の作用

規模の経済性は現実にどのようなプロセスに表われるのであろうか。部門別にはプラント規模の経済性はその稼動面のみに表われる。いま X_j という能力をもつプラントを稼動するために必要なすべての flow inputs の量を構成要素とする次のベクトルを定義しよう。第 j 商品の生産に対して，第 k 番目のプラントの生産力を $X_j^{(k)}$ で表わし，$X_j^{(k)}$ を生産するために必要な中間投入量を $x_{ij}^{(k)}(i=1,2,\cdots\cdots,n)$，また必要労働量を $L_j^{(k)}$ で示すと，

(4) $(X_j^{(k)},\ x_{1j}^{(k)},\ x_{2j}^{(k)},\cdots\cdots,\ x_{nj}^{(k)},\ L_j^{(k)})$

は第k番目のプラントが持つ技術特性を表わすベクトルと考えられる。同様に異なった技術特性をもつ第h番目のプラントの技術特性は

(5) $(X_j^{(h)},\ x_{1j}^{(h)},\ x_{2j}^{(h)}, \cdots\cdots, x_{nj}^{(h)},\ L_j^{(h)})$

で示されるであろう。

ここで $a_{ij}=x_{ij}/X_j=\mathrm{const}$，つまり中間財投入に関しては，技術的に規模の経済性は作用しないと仮定すれば，

(4) $L_j=g(X_j)$

のみが，設備の不分割性にもとづく規模の経済性を表わすことになる。後述のように，われわれは(4)の計測式を次のように特定化した。

(6) $L_j=\alpha_L^j X_j^{\beta_L^j}$ あるいは $\log L_j=\log\alpha_L^j+\beta_L^j \log X_j$

このとき，工業統計表3桁分類（約350産業）の全産業に対して，統計的に有意に

(7) $\beta_L^j<1$ $(j=1, 2, \cdots\cdots, 350)$

が検出された。(サンプルは，各年ごとのクロスセクションデータ（個表）を用いた。全サンプル数の合計は各年約20万事業所である。) この結果は，各サンプル点の事業所規模を理論的なプラント・スケールの代理変数とみなしたとき，「プラント能力の拡大が，労働投入過程に顕著に規模の経済性を作用させる」ことが実証的に示された〔6〕〔11〕。

(ii) プラントの物的構成（資本財の構造）

プラントの物的構成は直接的には上に定義されたフロー面での規模の経済性と無関係である。しかし，どのような規模のプラントを採択するかという生産費の問題に対しては，その建設にかかる費用（資本費用）と，プラントを利用する際の，稼動面における規模の経済性の程度は相互に対比されて最適なプラント規模が決定されることに留意しなければならない（ソロー〔12〕〔13〕)。

第j商品の生産に対応するプラントの物的構成は，次のベクトルで表わされるであろう。

(8) $(S_{1j},\ S_{2j}, \cdots\cdots,\ S_{ij}, \cdots\cdots,\ S_{nj})$

ここに S_{ij} は第j財の生産プラントの建設に用いられた第i財の投入ストック量である。もしプラントの生産能力を X_j で表わすとき，単位能力当りの資本係数を

$$b_{ij}=\frac{S_{ij}}{X_j}$$

で定義すれば，b_{ij} 表示で，このプラントの技術的要素は，次のベクトル

(9) $(b_{1j},\ b_{2j}, \cdots\cdots,\ b_{ij}, \cdots\cdots,\ b_{nj})$

で表示することができる。これが，レオンティエフ動学体系における資本係数行列 $B=[b_{ij}]$ の列ベクトルの意味にほかならない。もし b_{ij} がプラント・スケール X_j の関数ならば，X_j の決定図式の解明によって，B行列の変化が自律的に説明されることになろう。

4. モデルの概要と特徴

上記の内容を基礎として，各部門の生産主体による単位費用最小化の図式を，全体系の同時方程

式と結合することを試みた。これは Leontief Dynamic Inverse Model を各部門の内部均衡の図式と連結した一つの均衡論的な解釈である。

このモデルのきわ立った特徴の第1は，各産業の供給面の行動を経済の総需要の大きさと切り離し，賃金水準と利子率の変化のみを外生変数として各産業ごとにプラント・スケール決定図式を導出したことである。すなわち，要素制約型生産関数を前提として，単位費用極小という設計段階の図式を採用する。ここで総需要 D_j とプラント・スケールの調整はすべて，決定されたプラントの基数 (m_j) によってなされるものとする ($D_j=m_jX_j$)。

特徴の第2は，稼動面における規模の経済性の作用する部門において，資本財の質の相異性をプラント・スケールのちがいに対応した労働生産性の相異として測ろうと試みた点である。その結果，各部門内での労働生産性のちがいが，その部門で使用される大規模から小規模にわたる plant の質の差を表わすことになる。後述の，資本係数行列の変化率 η_k は，使用された労働生産性の変化率に還元される。この結果，産業構造全体の効率のちがいは，過去から蓄積されたプラント・スケールの部門間分布のちがいによるものであり，それは各部門の労働生産性のちがいを示していることとなる。

特徴の第3として，このモデルは資本ストックの分布（それはプラント・スケールの分布によって表わされる）の異時点間移動を考えており，各期ごとに採択された最も効率的とみなされる平均のプラント・スケールの水準を決定するモデルである。

第4に，各部門における最適プラント能力の決定が，産業構造全体としての相乗効果を持ち，各産業で使用される資本財の建設費用を引き下げるというプロセスにおいて，規模の経済性の効果が経済全体に波及することになる。このモデルの有効性はすべて検証の結果にかかっている。

II　内部均衡のモデル——plant scale の決定図式

経済体系に存在する各財生産部門には，技術的に個有の生産関数が存在し，それはプラントベースの能力規模に対する要素の投入関数として，次のように表現される。

(1)　$L_i=\alpha_{Li}X_i^{\beta_{Li}}$　但し $\beta_{Li}\overset{(1)}{<}1$　i=財生産部門

(2)　$S_{ki}=\alpha_{ki}X_i^{\beta_{ki}}$　但し $\beta_{ki}\overset{(1)}{>}1$　k=プラント構成財

但し，　X_i：i 部門のプラント1基当りの生産能力規模

　　　　L_i：i 部門のプラント1基当りの必要労働投入量

　　　　S_{ki}：i 部門のプラント1基を構成する k 番目の財のストック量

各生産主体は，与えられた経済的条件の下で(1)，(2)の関係に従ってプラント・スケールの大きさを決定する。今，労働の価格 w と利子率 r（償却率も含む）は外生的に与えられるものとする。さらに

（1）　$\beta_{Li}<1$ は労働投入に関して規模の経済性が，$\beta_{ki}>1$ はプラント構成財の投入に関して規模の非経済性が働くことを仮定している。生産関数のパラメタに関するこのような仮定については尾崎・清水〔12〕を参照。

t 期に使用し得る機械設備は期首にすでに生産されており，その機械設備コストが P_k で与えられているものとする。その時，各部門の生産の単位費用（生産能力当り単位費用）C_i はそのプラントを稼動するための労働費用と資本費用の合計として，次のように定義することができる。まず(1)，(2)より

(3) $l_i=\dfrac{L_i}{X_i}=\alpha_{Li}X_i^{\beta_i-1}$

(4) $b_{ki}=\dfrac{S_{ki}}{X_i}=\alpha_{ki}X_i^{\beta_{ki}-1}$

を導く。l_i と b_{ki} はそれぞれ X_i のプラントを稼動する為に必要な単位労働量と単位当り資本投入量である。従って，単位費用 C_i は，

(5) $C_i=wl_i+rP_kb_{ki}$

$$=w\cdot\alpha_{Li}X_i^{\beta_{Li}-1}+rP_k\alpha_{ki}X_i^{\beta_{ki}-1}$$

となる。

各部門の生産主体は，この C_i が極小となるように内部均衡を成立させ，次期のプラントの最適生産能力規模を選択すると考えれば，その必要条件は，

(6) $\dfrac{dC_i}{dX_i}=0 \quad \therefore \quad w\dfrac{dl_i}{dX_i}+rP_k\dfrac{db_{ki}}{dX_i}=0$

したがって，

(6)′ $\dfrac{db_{ki}}{dl_i}=-\dfrac{w}{rP_k}$

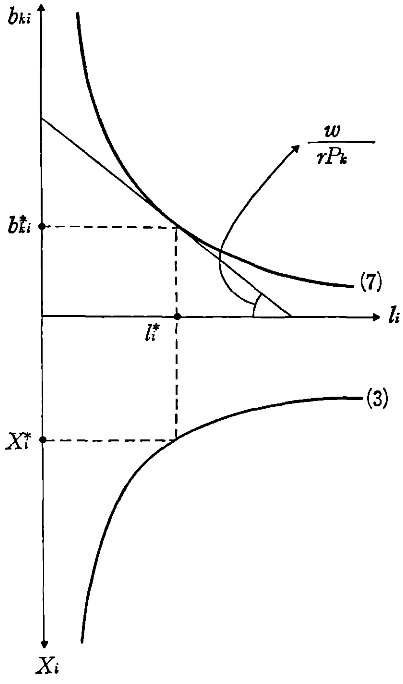
ここで(3)(4)式から X^i を消去すれば

(7) $b_{ki}=\phi_{ki}l_i^{\delta_{ki}}$ 但し $\phi_{ki}=\alpha_{ki}\left(\dfrac{1}{\alpha_{Li}}\right)^{\delta_{ki}}$

$$\delta_{ki}=\frac{\beta_{ki}-1}{\beta_{Li}-1}$$

が導かれる。今，$\beta_{Li}<1$, $\beta_{ki}>1$ である場合には，$\delta_{ki}<0$ となり，(7)の曲線は右下がりとなる。(6)′式の条件は，(7)式で示される曲線の傾きが要素価格比に等しくなるような点に，均衡が成立していることを示す。

i 部門について，(3)，(7)式を図示して，(6)′の内部均衡を図示したのが第1図である。図では，(6)′式の均衡条件に従って，最適生産能力規模 X_i^* が選択されている。



第1図

ここでは最適生産能力規模の決定が，価格 P_k を与えられたものとして説明されていることに注意するべきである。しかし，価格は単位生産費として，全産業構造，すなわち，全部門の生産能力の分布に応じて決まるものである。さらに生産能力の分布のちがいは，過去から蓄積されてきた資本ストックの分布のちがいに依存する。従って，第1図における i 部門の内部均衡の図式は，それ

単独にではなく，全産業構造との関連で inter temporal に再検討される必要がある。

そこで以下では，Leontief の "Dynamic Inverse" の再検討を行うことによって，より産業構造的な視点から，個別部門の内部均衡図式の見直しを試みる。

"Dynamic Inverse" によれば，単位生産費 P_t の決定方程式は，次の(8)式のように与えられる。

(8) $P_t=A'P_t+[(1-\rho_{t-1})B'_t P_{t-1}-B'_{t+1}P_t]+w_t l_t$

但し，P_t：t 期の単位生産費ベクトル

A：投入係数行列（時点間で一定の仮定をおく）（$n\times n$）

ρ_{t-1}：$t-1$ 期における利子率（スカラー）

B_t：t 期におけるプラント構成財に関する係数行列　$B_t=[b^t_{kj}]$（$n\times n$）

w_t：t 期の賃金水準（スカラー）

l_t：t 期の労働係数ベクトル（$n\times 1$）

(8)に対応する数量方程式が次の(9)式である。

(9) $X_t=AX_t+B_{t+1}(X_{t+1}-X_t)+C_t$

$=AX_t+B_{t+1}X_{t+1}-B_{t+1}X_t+C_t$

但し，X_t：t 期の生産能力規模ベクトル（$n\times 1$）

C_t：t 期の最終需要ベクトル（$n\times 1$）

ここで(9)における $B_{t+1}P_t$ の time subscript のずれに関連して，時点間のB行列のリンクを次のように考える。まず(3)，(4)より

(3)′ $\dfrac{l_i^{t+1}}{l_i^t}=\left(\dfrac{X_i^{t+1}}{X_i^t}\right)^{\beta_{Li}-1}$

(4)′ $\dfrac{b_{ki}^{t+1}}{b_{ki}^t}=\left(\dfrac{X_i^{t+1}}{X_i^t}\right)^{\beta_{ki}-1}$

(3)′，(4)′ より（X_i^{t+1}/X_i^t）を消去すれば，(10)式が導かれる。

(10) $b_{ki}^{t+1}=\left(\dfrac{l_i^t}{l_i^{t+1}}\right)^{\frac{\beta_{ki}-1}{\beta_{Li}-1}}b_{ki}^t=\eta_{ki}^{t+1}\ b_{ki}^t$　但し $\eta_{ki}=\left(\dfrac{l_i^t}{l_i^{t+1}}\right)^{\frac{\beta_{ki}-1}{\beta_{Li}-1}}$

$\therefore\ b_{ki}^{t+1}X_i^t=\eta_{ki}^{t+1}\ b_{ki}^t\ X_i^t$

η_{ki}^{t+1} は労働生産性を基準として，t 時点におけるプラント構成財を $t+1$ 時点におけるプラント構成財に換算する換算率と考えられる。従って(9)は，

(9)′ $\left[X_i^t\right]=\left[a_{ji}\right]\left[X_i^t\right]+\left[b_{ki}^{t+1}\right]\left[X_i^{t+1}\right]-\left[\eta_{ki}^{t+1}b_{ki}^t\right]\left[X_i^t\right]+\left[C_i^t\right]$

という形に書き換えることができる。(9)又は(9)′ の持つ意味は次のとおりである。

（t 期の総生産量）=（t 期の中間需要）+（$t+1$ 期のプラント設備のために必要とされる量）

−（t 期のプラント設備にすでに存在している分の換算量）+（t 期の最終需要）

今，(9)式を次のようにまとめる。

(9)″ $G_tX_t-B_{t+1}X_{t+1}=C_t$

但し，$G_t=I-A+B^{t+1}$

ここで，$t=-m$時点から$t=0$時点までの各時点における(9)″式を列挙する。

(11)
$$\begin{pmatrix} G_{-m} & -B_{-m+1} & & & & \\ & G_{-m+1} & -B_{-m+2} & & 0 & \\ & & \ddots & \ddots & & \\ & 0 & & G_{-2} & -B_{-1} & \\ & & & & G_{-1} & -B_0 \\ & & & & & G_0 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} X_{-m} \\ X_{-m+1} \\ \vdots \\ X_{-2} \\ X_{-1} \\ X_0 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} C_{-m} \\ C_{-m+1} \\ \vdots \\ C_{-2} \\ C_{-1} \\ C_0+B_{+1}X_{+1} \end{pmatrix}$$

$n(m+1)\times n(m+1)$ 　　 $n(m+1)\times 1$ 　　 $n(m+1)\times 1$

(11)を X_t のベクトルについてとくと，

(12)
$$\begin{pmatrix} X_{-m} \\ X_{-m+1} \\ \vdots \\ X_{-2} \\ X_{-1} \\ X_0 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} (G_{-m}^{-1}) \cdots (R_{-m}\cdots R_{-3}R_2G_{-1}^{-1}) & (R_{-m}\cdots R_{-3}R_{-2}R_{-1}G_0^{-1}) \\ \vdots & \vdots \\ 0 \quad (R_{-2}G_{-1}^{-1}) & (R_{-2}R_{-1}G_0^{-1}) \\ (G_{-1}^{-1}) & (R_{-1}G_0^{-1}) \\ & (G_0^{-1}) \end{pmatrix}\begin{pmatrix} C_{-m} \\ \vdots \\ C_{-2} \\ C_{-1} \\ C_0+B_{+1}X_{+1} \end{pmatrix}$$

$n(m+1)\times 1$ 　　 $n(m+1)\times n(m+1)$ 　　 $n(m+1)\times 1$

但し，$R_t=G_t^{-1}B_{t+1}=(I-A+B_{t+1})^{-1}B_{t+1}$

以上の数量的関係に対して，(8)の単位費用方程式が次のように書き換えられる。

(8)′ $P_t=w_t(G_t')^{-1}l_t+\alpha_{t-1}(G_t')^{-1}B_t\rho_{t-1}$

但し，$G_t'=I-A'+B_{t+1}'$ 　 $\alpha_{t-1}=1+\rho_{t-1}$

各時点の(8)′を，$t=0$時点から$t=-m$時点まで列挙すれば，

(13-1) $P_0=w_0(G_0')^{-1}l_0+\alpha_{-1}(G_0')^{-1}B_0P_{-1}$

(13-2) $P_{-1}=w_{-1}(G_{-1}')^{-1}l_{-1}+\alpha_{-2}(G_{-1}')^{-1}B_{-1}P_{-2}$

(13-3) $P_{-2}=w_{-2}(G_{-2}')^{-1}l_{-2}+\alpha_{-3}(G_{-2}')^{-1}B_{-2}P_{-3}$

(13-m+1) $P_{-m}=w_{-m}(G_{-m}')^{-1}l_{-m}+\alpha_{-m+1}(G_{-m}')^{-1}B_{-m}P_{-m-1}$

ここで，(13-1) に (13-2) を，さらに (13-2) に (13-3) を，さらに……(13-m+1) を逐次代入することによって，(14)が導かれる。

(14) $P_0=w_0(G_0')^{-1}l_0+\alpha_{-1}w_{-1}(G_0')^{-1}R_{-1}'l_{-1}+\alpha_{-1}\alpha_{-2}w_{-2}(G_0')^{-1}R_{-1}'R_{-2}'l_{-2}+\cdots\cdots$
$+\alpha_{-1}\alpha_{-2}\cdots\cdots\alpha_{-m}w_{-m}(G_0')^{-1}R_{-1}'R_{-2}'\cdots\cdots R_{-m}'l_{-m}$

但し，$G_t'=I-A'+B_{t+1}'$ 　 $R_t'=B_{t+1}'(G_t')^{-1}=B_{t+1}'(I-A'+B_{t+1}')^{-1}$

さて，(14)で示される$t=0$時点の価格体系の下で，$t=+1$時点に稼動するプラント設備B_{+1}をt

＝0時点に生産することに要する建設費用は⒂のように与えられるであろう。

$$(15)\quad B'_{+1}P_0=w_0B'_{+1}(G'_0)^{-1}l_0+\alpha_{-1}w_{-1}B'_{+1}(G'_0)^{-1}R'_{-1}l_{-1}+\alpha_{-1}\alpha_2w_{-2}B'_{+1}(G'_0)^{-1}R'_{-1}R'_{-2}l_{-2}+\cdots\cdots$$
$$+\alpha_{-1}\alpha_{-2}\cdots\cdots\alpha_{-m}w_{-m}B'_{+1}(G'_0)^{-1}R'_{-1}R'_{-2}\cdots\cdots R_{-m}l_{-m}$$

$$=\underset{n\times n}{B'_{+1}}\underset{n\times n(m+1)}{[(G'_0)^{-1}\{(G'_0)^{-1}R'_{-1}\}\cdots\{(G'_0)^{-1}R'_{-1}\cdots R'_{-m}\}]}\underset{n(m+1)\times(m+1)}{\begin{pmatrix} l_0 & & & \\ & l_{-1} & & 0 \\ & & \ddots & \\ 0 & & & l_{-m}\end{pmatrix}}\underset{(m+1)\times 1}{\begin{pmatrix} w_0 \\ \alpha_{-1}w_{-1} \\ \vdots \\ \alpha_{-1}w_{-2}\cdots\alpha_{-m}w_{-m}\end{pmatrix}}$$

$$=B'_{+1}\Lambda'\hat{l}\,\tilde{w}$$

但し，$\Lambda'=[(G'_0)^{-1}\{(G'_0)^{-1}R'_{-1}\}\cdots\{(G'_0)^{-1}R'_{-1}R'_{-2}\cdots R'_{-m}\}]$

$$\hat{l}=\begin{pmatrix} l_0 & & & \\ & l_{-1} & & 0 \\ & & \ddots & \\ 0 & & & l_{-m}\end{pmatrix}\qquad l_t=\begin{pmatrix} l^t_1 \\ \vdots \\ l^t_n\end{pmatrix}\qquad l^t_i=\alpha_L(X^t_i)^{\beta_L-1}\qquad \tilde{w}=\begin{pmatrix} w_0 \\ \alpha_{-1}w_{-1} \\ \vdots \\ \alpha_{-1}\alpha_{-2}\cdots\alpha_{-m}w_{-m}\end{pmatrix}$$

上の⒂の右辺で示されるプラントの建設費用は，経済学的にどのような意味を持つのであろうか。このことを明らかにするためにまず，⒂は実物面でどのような数量関係に対応しているかを確認しておく。今，⑿の体系の最終需要ベクトルのうち，B_{+1} の関係だけをとり出してみる。すなわち $t=+1$ 時点に稼動するプラント B_{+1} を $t=0$ 時点に建設するために，過去の各時点にエンジニアリングに必要とされる生産量の系列が，⒃のように示される。

$$(16)\quad \underset{n(m+1)\times n(m+1)}{\begin{pmatrix} (G^{-1}_{-m}) & \cdots & (R_{-m}\cdots R_{-2}G^{-1}_{-1}) & (R_{-m}\cdots R_{-2}R_{-1}G_0^{-1}) \\ & & \vdots & \vdots \\ & & (R_{-2}G^{-1}_{-1}) & (R_{-2}R_{-1}G_0^{-1}) \\ & & (G^{-1}_{-1}) & (R_{-1}G_0^{-1}) \\ & & & (G_0^{-1})\end{pmatrix}}\underset{n(m+1)\times n}{\begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ \vdots \\ 0 \\ B_{+1}\end{pmatrix}}=\underset{n(m+1)\times n}{\begin{pmatrix} R_{-m}\cdots R_{-1}G_0^{-1} \\ \\ R_{-2}R_{-1}G_0^{-1} \\ R_{-1}G_0^{-1} \\ G_0^{-1}\end{pmatrix}}\underset{n\times n}{B_{+1}}=\Lambda B_{+1}$$

$$\text{但し，}\quad \Lambda=\begin{pmatrix} \{R_{-m}\cdots R_{-2}R_{-1}G_0^{-1}\} \\ \vdots \\ \{R_{-2}R_{-1}G_0^{-1}\} \\ \{R_{-1}G_0^{-1}\} \\ G_0^{-1}\end{pmatrix}$$

$$R_t=G_t^{-1}B_{t+1}=(I-A+B_{t+1})^{-1}B_{t+1}$$

この⒃を転置したものが⒂の初めの部分を構成しており，⒂の費用関係式が，⒃の数量関係式に対応することを確認できる。

さて⒂において以上で明らかなとおり，Λ は過去の各時点の $B_t(t=-m+1,\ \cdots\cdots,\ -2,\ -1,$

0）の系列に依存して決まり，各 $B_t=[b_{kj}^t]$ は，(4)に従って各時点の生産能力規模ベクトル X_t に応じて決まる。したがって Λ は過去からの X_t 系列の関数として考えられるので，今このことを強調して $\Lambda(X)$（但し X は X_t の系列を示す）と書き表わすことにする。一方，(3)に従って各時点の労働係数もその時点の生産能力に依存して決まるから，過去からの労働係数の系列を示す対角行列も，$\hat{l}(X)$ と表現することができる。そこで過去からの生産能力の分布（すなわち産業構造）の状態がもたらす総合的規模効果の指標 E を，雇用された労働者数のタームで次の様に定義すれば，

$$(17)\quad E=\hat{l}(X)\Lambda(X)=\underset{(m+1)\times n(m+1)}{\begin{pmatrix} l'_{-m} & & & \\ & \ddots & & \\ & & l'_{-1} & \\ & & & l'_0 \end{pmatrix}}\underset{n(m+1)\times n}{\begin{pmatrix} (R_{-m}\cdots R_{-1}G_0^{-1}) \\ \vdots \\ (R_{-1}G_0^{-1}) \\ (G_0^{-1}) \end{pmatrix}}=\underset{(m+1)\times n}{\begin{pmatrix} l'_m R_{-m}\cdots R_{-1}G_0^{-1} \\ \vdots \\ l_{-1}R_{-1}G_0^{-1} \\ l_0 G_0^{-1} \end{pmatrix}}$$

$$\text{但し，}\ \underset{(m+1)\times n}{E}=\begin{pmatrix} l'_{-m}R_{-m}\cdots R_{-1}G_0^{-1} \\ \vdots \\ l_{-1}R_{-1}G_0^{-1} \\ l_0 G_0^{-1} \end{pmatrix}$$

この(17)を代入することによって(15)を

$$(15)'\quad B'_{+1}P_0=B'_{+1}E'\tilde{w}$$

$$\text{但し，}\ E'=\Lambda'(X)\hat{l}(X)$$

と書き換えることができる。但し E（又はその転置である E'）は，(3)，(4)で示される規模効果の側面に着目して，ある経済体系が過去からの産業構造の累積的結果としてどの程度の経済効率を持つかを労働のタームで示したものである。(15)′ の両辺に左から $(B'_{+1})^{-1}$ をかけることによって

$$(18)\quad P_0=E'\tilde{w}$$

という関係が得られる。すなわち，$t=0$ 時点における単位生産費ベクトル P_0 は，経済効率を労働タームで示した E と，利子率及び賃金水準の系列を示す $\tilde{w}$ という2つの要素を合成させた結果として考えることができる。本論では P_0 を E と $\tilde{w}$ という2つの要因に分離することによって，過去の産業構造のあり方が E を通じて，プラントの建設費用に与える影響を明らかにする。

さて(15)′ 式を要素表示で分解してかくと，

$$(15)''\quad \underset{n\times n}{\overset{B'_{+1}}{\begin{pmatrix} b_{11}^{+1} & b_{21}^{+1}\cdots\cdots b_{n1}^{+1} \\ b_{12}^{+1} & \\ \vdots & b_{ki}^{+1} \\ b_{1n}^{+1} & \end{pmatrix}}}\underset{n\times 1}{\overset{P_0}{\begin{pmatrix} P_1^0 \\ P_2^0 \\ \vdots \\ P_n^0 \end{pmatrix}}}=\underset{n\times n}{\overset{B'_{+1}}{\begin{pmatrix} b_{11}^{+1} & b_{21}^{+1}\cdots\cdots b_{n1}^{+1} \\ b_{12}^{+1} & \\ \vdots & b_{ki}^{+1} \\ b_{1n}^{+1} & \cdots\cdots\cdots\ b_{nn}^{+1} \end{pmatrix}}}\underset{n\times(m+1)}{\overset{E'}{\begin{pmatrix} \varepsilon_0^0 & \varepsilon_1^{-1}\cdots\cdots\varepsilon_1^{-m} \\ \varepsilon_2^0 & \\ \vdots & \varepsilon_k^{-\tau} \\ \varepsilon_n^0 & \varepsilon_n^{-1}\cdots\cdots\varepsilon_n^{-m} \end{pmatrix}}}\underset{(m+1)\times 1}{\overset{\tilde{w}}{\begin{pmatrix} w_0 \\ \alpha_{-1}w_{-1} \\ \vdots \\ \alpha_{-1}\cdots\cdots\alpha_m w_{-m} \end{pmatrix}}}$$

ここで E' 行列の k 行 τ 列要素 $\varepsilon_k^{-\tau}$ は，$t=0$ 時点における k 番目のプラント構成財の生産が $t=-\tau$

時点における産業構造の効率にどの程度依存するかをその時点でそのために雇用された労働者の数によって示すものである。従って，Eの各k行についての行和

$$\varepsilon_k=\sum_t \varepsilon_k^t=\varepsilon_k^0+\varepsilon_k^{-1}+\cdots\cdots+\varepsilon_k^{-m}\ (k=1,\ 2,\cdots\cdots,\ n)$$

は，過去からの産業構造の累積の下では，k番目のプラント構成財の生産がどの程度の効率的であるかをそのために雇用されてきた総労働者の数で示したものになる。今，この $\varepsilon_k=\sum_t \varepsilon_k^t$ を使って次のような l_c 行列 $(n\times n)$ を定義しよう。

⒆ $l'_c=B'_{+1}\hat{\varepsilon}$

$$\text{但し,}\quad \hat{\varepsilon}=\begin{pmatrix} \varepsilon_1 & & & & \\ & \varepsilon_2 & & 0 & \\ & & \ddots & & \\ & 0 & & \varepsilon_k & \\ & & & & \ddots \\ & & & & & \varepsilon_n \end{pmatrix} \quad \varepsilon_i=\sum_t \varepsilon_i^t \quad i=1,\ 2,\cdots,\ k,\cdots,\ n$$

又は要素表示によって

$$(19)'\quad \underset{n\times n}{\begin{pmatrix} l_{c11}\cdots\cdots l_{cn1} \\ \vdots \quad l_{cki} \quad \\ l_{c1n}\cdots\cdots l_{cnn} \end{pmatrix}}=\underset{n\times n}{\begin{pmatrix} b_{11}^{+1}\cdots\cdots b_{n1}^{+1} \\ \vdots \quad b_{ki}^{+1} \quad \vdots \\ b_{1n}^{+1}\cdots\cdots b_{nn}^{+1} \end{pmatrix}}\underset{n\times n}{\begin{pmatrix} \varepsilon_1 & & & 0 \\ & \varepsilon_2 & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & \varepsilon_k & \\ & & & \ddots \ \varepsilon_n \end{pmatrix}}=\begin{pmatrix} \varepsilon_1 b_{11}^{+1} & \varepsilon_2 b_{21}^{+1}\cdots\cdots\varepsilon_n b_{n1}^{+1} \\ \varepsilon_1 b_{12}^{+1} & \\ \vdots & \varepsilon_k b_{ki}^{+1} \\ \varepsilon_1 b_{1n}^{+1} & \cdots\cdots\cdots\cdots \varepsilon_n b_{nn}^{+1} \end{pmatrix}$$

l_c 行列の第k行i列要素では，i部門で$t=+1$期に稼動するプラントのk番目の構成要素 b_{ki}^{+1} を，$t=0$期に生産することにおける，過去からの産業構造全体の累積的効率が，労働タームで示されている。今，⒂′との対応関係から l_c 行列を使って恒等的に⒇で示される関係が成り立つ。

⒇ $B'_{+1}P_0=B'_{+1}E'\tilde{w}$　　但し　$E'=\Lambda'\hat{l}$

$\equiv B'_{+1}\hat{\varepsilon}\,\omega$

ここでωは次のように定義されている。

(21) $P_0=\hat{\varepsilon}\,\omega$　$\therefore$　$\omega=\hat{\varepsilon}^{-1}P_0$

又は，

(21)′ $E'_1\tilde{w}=\hat{\varepsilon}\omega$　$\therefore$　$\omega=\hat{\varepsilon}^{-1}E'\tilde{w}$

(21)′を要素表示すれば，

$$(21)''\quad \underset{n\times 1}{\begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \vdots \\ \omega_k \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix}}=\underset{n\times n}{\begin{pmatrix} 1/\sum_t \varepsilon_1^t & & & 0 \\ & 1/\sum_t \varepsilon_2^t & & \\ & & \ddots\ 1/\sum_t \varepsilon_k^t & \\ 0 & & & \ddots\ 1/\sum \varepsilon_n^t \end{pmatrix}}\underset{n\times(m+1)}{\begin{pmatrix} \varepsilon_1^0 & \varepsilon_1^{-1}\cdots\cdots\varepsilon_1^{-m} \\ \varepsilon_2^0 & \\ \vdots & \varepsilon_k^{-\tau} \\ \varepsilon_n^0 & \varepsilon_n^{-1}\cdots\cdots\varepsilon_n^{-m} \end{pmatrix}}\underset{(m+1)\times 1}{\begin{pmatrix} w_0 \\ \alpha_{-1}w_1 \\ \vdots \\ \alpha_{-1}\cdots\cdots\alpha_{-m}w_{-m} \end{pmatrix}}$$

$$
=\begin{pmatrix}
\frac{\varepsilon_1^0}{\sum_t \varepsilon_1^t} & \frac{\varepsilon_1^{-1}}{\sum_t \varepsilon_1^t} & \cdots\cdots & \frac{\varepsilon_1^{-m}}{\sum_t \varepsilon_1^t} \\
\frac{\varepsilon_2^0}{\sum_t \varepsilon_2^t} & & \frac{\varepsilon_k^{-\tau}}{\sum_t \varepsilon_k^t} & \vdots \\
\vdots & & & \vdots \\
\frac{\varepsilon_n^0}{\sum_t \varepsilon_n^t} & \frac{\varepsilon_n^{-1}}{\sum_t \varepsilon_t^n} & \cdots\cdots & \frac{\varepsilon_n^{-m}}{\sum_t \varepsilon_n^t}
\end{pmatrix}
\begin{pmatrix}
w_0 \\
\alpha_{-1}w_{-1} \\
\vdots \\
\alpha_{-1}\cdots\cdots\alpha_{-m}w_{-m}
\end{pmatrix}
$$

$n\times(m+1)$ $(m+1)\times 1$

となり，新たに定義された ω ベクトルの各要素の持つ経済学的含意を次のように読みとることができる。たとえばプラントを構成する k 番目の財の ω_k は，過去の各時点における賃金及び利子率の水準を，k 財の生産が，その時点の労働に依存する度合によって加重平均した値であり，l_{Cki} に対する平均賃金と考えられる。ω_k の水準は，k 財がどの i 部門のプラント構成財として使われる場合にも共通である。

Leontief dynamic model に従って，経済全体に存在する以上の関係を明らかにした。この時，通常第1図のように示される各部門の最適生産能力規模決定の内部均衡図式は，どのように書き改められるであろうか。

今，任意の i 部門のプラントを構成する k 番目の構成要素をとりあげて考えてみよう。(たとえば，鉄鋼部門のプラントに設置された一般機械を考える。) (19)′ より

(22) $l_{Cki}=\varepsilon_k b_{ki}^{+1}$ 但し，k ＝一般機械 i ＝鉄鋼

(22)と(2)(4)を連立して，X_i を消去すれば，

(23) $l_{Cki}=\varepsilon_k\cdot A_{ki}S_{ki}^{\varphi_{ki}}$

但し，$A_{ki}=\alpha_{ki}^{\frac{1}{\beta_{ki}}}$ $\varphi_{ki}=\dfrac{\beta_{ki}-1}{\beta_{ki}}>0$

又，(22)と(3)(4)を連立して X_i と b_{ki} を消去すれば，

(24) $l_{Cki}=\varepsilon_k\cdot B_{ki}l_i^{\delta_{ki}}$

但し，$B_{ki}=\alpha_{ki}\alpha_{Li}^{-\delta_{ki}}$ $\delta_{ki}=\dfrac{\beta_{ki}-1}{\beta_{Li}-1}<0$

(3)，(4)，(23)，(24)を次の(25)の体系にまとめる。

$$
(25)\quad\begin{cases}
(25\text{-}1)\quad l_i=\alpha_{Li}X_i^{\beta_{Li}-1} & \beta_{Li}<1 \\
(25\text{-}2)\quad S_{ki}=\alpha_{ki}X_i^{\beta_{ki}} & \beta_{ki}>1 \\
(25\text{-}3)\quad l_{Cki}=\varepsilon_k A_{ki}S_{ki}^{\varphi_{ki}} & \varphi_{ki}>0 \\
(25\text{-}4)\quad l_{Cki}=\varepsilon_k B_{ki}l_i^{\delta_{ki}} & \delta_{ki}<0
\end{cases}
$$

(25)で与えられる関係の下で，鉄鋼部門の各生産主体は $t=+1$ 期における鉄鋼の単位費用 C_i が極小となるように，$t=+1$ 期のプラント能力規模を採択し，投資活動を行う。今 $t=+1$ 期における予想賃金水準を w^{t+1}，利子率（及び償却率）を r^{t+1} とすれば，単位費用は(5)に対応して次のよ

うに書くことができる。

(26) $C_i = w^{t+1} l_i + r^t \omega\, l_{Cki}$

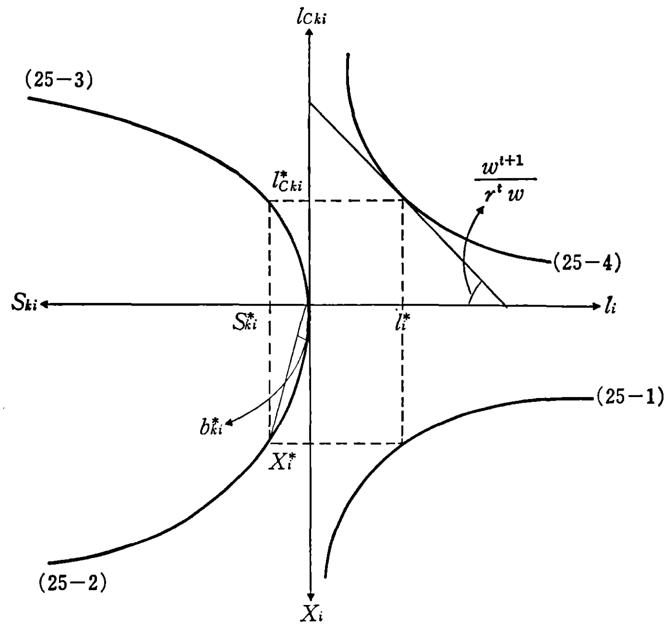
(25)の体系から明らかなように l_i, l_{Cki} はそれぞれプラント規模の関数である。従って，プラント能力規模選択のための，単位費用極小の条件は次のように与えられる。

(27) $\dfrac{dC_i}{dX_i} = 0 \quad \therefore \quad w^{t+1}\dfrac{dl_i}{dX_i} + r^t \omega_k \dfrac{dl_{Cki}}{dX_i} = 0$

従って

(27)′ $\dfrac{dl_{Cki}}{dl_i} = -\dfrac{w^{t+1}}{r^t \omega}$

すなわち鉄鋼部門の各生産主体は，賃金水準の上昇にちょうど見合うようなプラント能力規模の拡張を行い，機械設備の新規投資をして，単位労働を節約する。これが(27)′の意味である。鉄鋼部門における一般機械について，(25)の体系と(27)′の均衡条件を図示したのが第2図である。



第2図

第2図から，賃金の上昇する過程では（図中の $w^{t+1}/r^t\omega$ の傾きがきつくなること）プラント能力規模が拡大し，より大量の機械設備が導入され，単位労働の節約（すなわち，労働生産性の向上）が進むことが確認されよう。さらに，このことが，鉄鋼以外の部門でも同時に進行するものとすると，産業構造全体として，ε_k の減少（すなわち，プラント構成財生産の効率上昇）が dynamic にもたらされることになる。このことは，第2図の第1・4象現の曲線が時点間に下方シフトを意味しており，それが一層，規模拡大を進行させることになろう。高度成長期における日本の発展メカニズムは，この様な機械設備投資を媒介とするものであったと考えられる。

Ⅲ　モデルの検証

前節に展開した Leontief dynamic system に基づく理論モデルを前提として，オイル・ショックをはさむ1970年から1980年の期間における生産主体の単位費用極小化行動を確認したい。

はじめに，各部門における前節(25)の体系を特定化するためのパラメタ推計が必要である。この推計には，次にあげる統計データの1970～80年の値を用いた。

第1表

統計データ	変数との対応
昭和55年基準 国民経済計算年報 経済企画庁	X_i ：経済活動別生産者価格表示の産出額 P_i ：経済活動別産出デフレータ L_i ：経済活動別就業者数
昭和55年基準 毎月勤労統計調査	w_i ：産業別賃金指数
昭和55年基準 民間企業資本ストック 経済企画庁	S_i ：産業別資本ストック（取付ベース）

部門分類は，『国民経済計算年報』の経済活動分類のうち，製造業における小分類に従って第2表のように統一した。上記の統計データのうち，X_i, L_i, S_i については，景気変動による稼動率の問題を除去するために，四年毎の移動平均をとった。

次に，『民間企業資本ストック』から1970～80年における各部門の資本ストック総額 S_i が実質ベースで得られる。しかしこの S_i は，i 部門のプラント総体に対して与えられる大きさであり，プラントを構成する個別の財に関する情報は得られない。一方，(25)の体系で必要とされるのは，プラントを構成する各財（たとえば一般機械）とプラント生産能力の関係である。従ってこの目的の為には各部門の資本ストック総額 S_i の値を，それを構成する個別の財別に分割しなければならない。そのための分割比率の情報は，1970，75，80年の産業連関表（基本表）に付帯の固定資本マトリックスを，1980年基準に実質化の後，財構成比率を算出することによって得られる。プラント構成財の財分類は理論的には財生産の部門分類と一致しなければならないが，実際に資本投下されたとして統計データに登場する財はそのうちの一部である。そこで計測の際にはプラントを構成する財分類を，第3表のような6つのカテゴリーにまとめた。又，1970—75—80年の中間年次の比率については，各期間のゆるやかな変化を仮定して，補完推計を行った。このように各部門毎に推計された10年間の財別プラント構成比率をそれぞれ対応する資本ストック総額 S_i に乗ずることによって，最終的に1970～80年の各年について6（プラント構成財）×12（財生産部門）の資本ストック行列 $[S_{ki}]$ を推計することができた。第4表と第5表にはそれぞれ，1970年，75年，80年における，固定資本マトリックスの財構成比率，及び，それに対応した資本ストック行列が示されている。

第2表　財生産部門分類表

1	食料品
2	繊維
3	パルプ・紙
4	化学
5	石油・石炭製品
6	窯業・土石製品
7	一次金属
8	金属製品
9	一般機械
10	電気機械
11	輸送機械
12	精密機械

第3表　プラント構成財分類表

1	建物
2	輸送機械
3	一般機械
4	電気機械
5	精密機械
6	その他

なお，財別プラント構成比率はストック概念であるにもかかわらず，ここでその推計値として使用した固定資本マトリックスの財構成比率は，フローの投資構成に関する値である。しかし，ここでは他に有効な情報源の存在しないこと，又，t 期に建設されたプラント設備の財構成は t 期の投資構成に近似され得ると考えることによって，上記の結果を得た。

以上の統計データを用いて，前節(25)の体系のパラメタの特定化を行う。まず L_i と X_i の対数線形回帰によって，各財生産部門の労働投入関数パラメタ β_{Li} を推計した。次に，各財生産部門（i）におけるプラント構成財のうち，k =一般機械と電気機械について，S_{ki} と X_i の対数線形回帰をとり，それぞれ一般機械，電気機械の投入関数パラメタ β_{ki} を推定した。これらの結果は第6表の①欄と②欄にまとめられている。

これらの推定値によって，(25)の体系のすべての指数パラメタを特定化することができ，それらは第6表の②～⑤欄に示されている。そこで明らかなように，前節でおいたパラメタ制約に関する基本的仮定のうち，$\beta_{Li}<1$ はすべての財生産部門で，又，$\beta_{ki}>1$，$\varphi_{ki}=\dfrac{\beta_{ki}-1}{\beta_{ki}}>0$，$\delta_{ki}=\dfrac{\beta_{ki}-1}{\beta_{Li}-1}<0$ についても，i =石油・石炭製品，電気機械，及び輸送機械における k =電気機械のケースを除いて，成立していることが確認される。このことは，機械設備を（作るのでなく）使用して財生産を行う部門において，前節に展開した理論モデルが特に現実妥当性を持つことを示唆するものである。

さらに，(25)の体系における ε_k の値の特定化が必要である。ε_k は理論的には過去から現在に至る産業構造の累積結果として決まる k 財生産の効率基準（労働タームの）であるが，ここでは簡単に，現在のみの産業構造の効率に集約させてこれを考えることができるものとしよう。すなわち，

(29)　$C_k=\sum_i l_i \gamma_{ik}$

但し，l_i：i 部門における現時点の労働係数

　　γ_{ik}：現時点の $(I-A)^{-1}$ 行列の第 i 行 k 列要素

のように計算された労働タームの C_k によって k 番目のプラント構成財の全産業構造的生産効率を近似させる。1970年と80年の k =一般機械と電気機械についてこの C_k の値を示したのが第7表である。これによると，1970年から80年にかけて，一般機械及び電気機械一単位の生産のために，経

第4表 固定資本マトリックスの財構成比率

プラント構成財＼財生産部門		1.食料品	2.繊維	3.パルプ・紙	4.化学	5.石油・石炭製品	6.窯業・土石製品	7.一次金属	8.金属製品	9.一般機械	10.電気機械	11.輸送機械	12.精密機械
1970年	1.建物	0.40260	0.45114	0.27015	0.40808	0.31969	0.53367	0.54113	0.72287	0.45547	0.37791	0.38392	0.52812
	2.輸送機械	0.07417	0.08019	0.05927	0.01755	0.00681	0.10219	0.03868	0.06055	0.04255	0.02135	0.01987	0.05466
	3.一般機械	0.38512	0.35608	0.48625	0.33655	0.46250	0.23039	0.28180	0.15374	0.34652	0.24209	0.36078	0.23759
	4.電気機械	0.02463	0.02190	0.04555	0.08621	0.04323	0.05042	0.06925	0.04181	0.05488	0.16567	0.10544	0.07483
	5.精密機械	0.00584	0.00393	0.00111	0.00903	0.00276	0.00566	0.00768	0.00592	0.00853	0.00560	0.01173	0.01462
	6.その他	0.01937	0.01113	0.01099	0.04527	0.06519	0.01041	0.00270	0.01502	0.01403	0.05410	0.00898	0.02154
1975年	1.建物	0.35390	0.55070	0.29858	0.42412	0.28137	0.48904	0.34667	0.65350	0.29289	0.50016	0.38130	0.18931
	2.輸送機械	0.03897	0.04017	0.05481	0.00710	0.00399	0.05258	0.01525	0.04320	0.01719	0.01749	0.01117	0.05842
	3.一般機械	0.37532	0.24582	0.38647	0.26863	0.42228	0.25183	0.27802	0.16271	0.34237	0.11525	0.37110	0.13877
	4.電気機械	0.02081	0.02407	0.04561	0.07968	0.02986	0.03258	0.15820	0.02119	0.12052	0.16558	0.04555	0.04982
	5.精密機械	0.00794	0.00490	0.00176	0.00624	0.00909	0.00513	0.00795	0.00462	0.00464	0.00622	0.00471	0.29875
	6.その他	0.13424	0.10467	0.13093	0.15333	0.16568	0.13055	0.10837	0.10738	0.13231	0.14323	0.12516	0.16030
1980年	1.建物	0.14923	0.14836	0.12658	0.24232	0.37135	0.27156	0.35229	0.29130	0.10864	0.61673	0.18046	0.52523
	2.輸送機械	0.04299	0.05572	0.02093	0.00539	0.00419	0.05796	0.03244	0.11494	0.01712	0.01424	0.01912	0.02839
	3.一般機械	0.58632	0.55333	0.62349	0.44620	0.36115	0.47036	0.29508	0.35159	0.56173	0.15547	0.56525	0.20240
	4.電気機械	0.04072	0.05643	0.08176	0.14567	0.07787	0.06531	0.17837	0.04614	0.12878	0.11221	0.06762	0.12227
	5.精密機械	0.01279	0.00395	0.00633	0.05433	0.02022	0.01352	0.01365	0.02017	0.01566	0.03294	0.01703	0.03706
	6.その他	0.16794	0.18221	0.14091	0.10609	0.16521	0.12129	0.12816	0.17587	0.16808	0.06841	0.15051	0.08465

第5表 資本ストック行列

(単位：10億円)

プラント構成財＼財生産部門		1.食料品	2.繊維	3.パルプ・紙	4.化学	5.石油・石炭製品	6.窯業・土石製品	7.一次金属	8.金属製品	9.一般機械	10.電気機械	11.輸送機械	12.精密機械
1970年	1.建物	1996.	2232.	840.	3730.	—	—	7066.	2272.	2532.	1614.	2554.	—
	2.輸送機械	368.	397.	184.	160.	—	—	505.	190.	237.	91.	132.	—
	3.一般機械	1909.	1762.	1511.	3076.	—	—	3680.	483.	1926.	1034.	2400.	—
	4.電気機械	122.	108.	142.	788.	—	—	904.	131.	305.	708.	701.	—
	5.精密機械	29.	19.	3.	83.	—	—	100.	19.	47.	24.	78.	—
	6.その他	96.	55.	34.	414.	—	—	35.	47.	78.	231.	60.	—
	7.合計	4957.	4948.	3108.	9140.	—	—	13058.	3143.	5559.	4271.	6653.	—
1975年	1.建物	2711.	3574.	2024.	5664.	1448.	3163.	6918.	3592.	2456.	3090.	4082.	215.
	2.輸送機械	298.	261.	372.	95.	21.	340.	304.	237.	144.	108.	120.	66.
	3.一般機械	2875.	1595.	2620.	3587.	2173.	1629.	5548.	894.	2871.	712.	3973.	158.
	4.電気機械	159.	156.	309.	1064.	154.	211.	3157.	116.	1011.	1023.	488.	57.
	5.精密機械	61.	32.	12.	83.	47.	33.	159.	25.	39.	38.	50.	339.
	6.その他	1028.	679.	887.	2048.	853.	844.	2162.	590.	1110.	885.	1340.	182.
	7.合計	7659.	6490.	6778.	13354.	5147.	6468.	19955.	5496.	8386.	6177.	10706.	1136.
1980年	1.建物	1517.	1010.	1258.	3885.	2435.	2138.	8474.	2299.	1170.	5677.	2628.	1003.
	2.輸送機械	437.	379.	208.	86.	27.	456.	780.	907.	184.	131.	278.	54:
	3.一般機械	5959.	3768.	6198.	7154.	2368.	3704.	7098.	2775.	6048	1431.	8232.	386.
	4.電気機械	414.	384.	813.	2335.	511.	514.	4290.	364.	1386.	1033.	985.	233.
	5.精密機械	130.	27.	63.	871.	133.	106.	328.	159.	169.	303.	248.	71.
	6.その他	1707.	1241.	1401.	1701.	1083.	955.	3083.	1388.	1810.	630.	2192.	162.
	7.合計	10163.	6809.	9940.	16032.	6557.	7874.	24053.	7893.	10766.	9205.	14563.	1909.

第6表

i	① β_{Li} (t値)	② β_{ki} (t値) (21−2)	③ $\beta_{Li}-1$ (21−1)	④ $\varphi_{ki}=\beta_{ki}-1/\beta_{kl}$ (21−3)	⑤ $\delta_{ki}=\beta_{ki}-1/\beta_{Li}-1$ (21−4)	⑥ θ_{ki}	⑦ Δ_{ki} (理論値)	⑧ l_{80}/l_{70} (現実値)	⑨ $\Delta_{ki}\frac{1}{\beta_{Li}-1}$ (理論値)	⑩ X_{80}/X_{70} (現実値)
1食料品	0.0505(2.47)	2.5701(8.65) 2.7335(6.08)	−0.9495	0.6109 0.6341	−1.6536 −1.8256	0.498 0.357	0.6473 0.5096	0.691	1.5810 2.0339	1.484
2繊維	−3.2112(−2.07)	2.8479(0.75) 9.0394(1.84)	−4.2112	0.6488 0.8893	−0.4388 −1.9090	0.493 0.354	0.4453 0.5183	0.656	1.2118 1.1689	1.086
3パイプ・紙	−0.4165(−6.75)	5.1760(9.96) 6.3495(9.77)	−1.4165	0.8068 0.8425	−2.9481 −3.7765	0.495 0.355	0.7451 0.6705	0.663	1.2308 1.3260	1.354
4化学	−0.5865(−7.02)	2.3307(12.52) 3.0074(16.29)	−1.5865	0.5709 0.6674	−0.8387 −1.2653	0.467 0.335	0.5154 0.4195	0.571	1.5185 1.7290	1.470
5石油・石炭製品	0.3603(10.57)	−2.0080(−2.14) −24.3585(−1.96)	−0.6397	1.4980 1.0410	4.7022 39.6412	0.462 0.331	1.3936 1.0526	0.860	0.5952 0.9230	1.296
6窯業・土石製品	0.0700(0.23)	8.9626(5.27) 9.7311(5.27)	−0.9300	0.8884 0.8972	−8.5619 −9.3882	0.495 0.355	0.8857 0.8321	0.820	1.1394 1.2185	1.152
7一次金属	−0.5076(−5.19)	1.8502(15.71) 4.3614(11.54)	−1.5076	0.4595 0.7707	−0.5638 −2.2296	0.520 0.372	0.4916 0.5616	0.586	1.6016 1.4662	1.454
8金属製品	0.1287(0.63)	1.8397(0.78) 2.2026(1.55)	−0.8713	0.4564 0.5459	−0.9637 −1.3802	0.500 0.358	0.5568 0.4423	0.752	1.9582 2.5504	1.226
9一般機械	−0.1834(−3.62)	1.7739(18.89) 1.9865(4.62)	−1.1834	0.4362 0.4966	−0.6539 −0.8336	0.482 0.345	0.4880 0.3474	0.482	1.8335 2.4434	1.935
10電気機械	0.0193(0.491)	0.4010(2.27) 0.3171(3.35)	−0.9807	−1.4713 −2.1535	0.6016 0.6963	0.459 0.329	0.0045 0.00015	0.413	247.15 7927.98	2.575
11輸送機械	0.0645(2.092)	1.9894(23.46) 0.3826(1.27)	−0.9355	0.4913 −1.6136	−1.0576 0.6599	0.488 0.350	0.5651 0.0034	0.571	1.8406 435.23	1.870
12精密機械	0.0922(3.497)	1.5485(10.78) 2.4080(13.35)	−0.9078	0.3542 0.5847	0.6042 −1.5510	0.488 0.350	0.4809 0.4704	0.521	2.2399 2.2950	2.106

注） 各欄の上段の数字は k＝一般機械，下段の数字は k＝電気機械についてである。数字が一つの場合は、各 kに共通の値である。

済全体で直接間接に雇用された労働量は，著しく減少の傾向を見せている。すなわち，この期間に生じた産業構造の変化によって，機械生産における全産業構造的効率が，大きく改善されたことを示す。1970年代に各部門で急速に機械化が進行した背景にはこのような現象が見出されるのである。

＜第７表＞ C_k

k ＼ 年	1970	1980
一般機械	0. 3004	0. 1904
電気機械	0. 4570	0. 1926

(25)の体系について以上の特定化を確認した上で，前節で展開した各財生産部門の内部均衡図式が，実際に1970年～80年の変化を斉合的に説明し得るかどうかを確認しなければならない。

まず，前節の(27)′均衡条件が，各時点・各生産部門のプラント構成財について成立しているとすれば，それぞれ次式が満たされているはずである。

(30) $\left(\dfrac{dl_{Cki}}{dl_i}\right)_{1970}=-\left(\dfrac{w^{t+1}}{r^t\omega}\right)_{1970}$

(31) $\left(\dfrac{dl_{Cki}}{dl_i}\right)_{1980}=-\left(\dfrac{w^{t+1}}{r^t\omega}\right)_{1980}$

(30)と(31)の比率をとれば，

(32) $\dfrac{\left(\dfrac{dl_{Cki}}{dl_i}\right)_{1980}}{\left(\dfrac{dl_{Cki}}{dl_i}\right)_{1970}}=\dfrac{1}{\theta_{ki}}$　　但し，$\dfrac{1}{\theta_{ki}}=\dfrac{\left(\dfrac{w^{t+1}}{r^t\omega}\right)_{1980}}{\left(\dfrac{w^{t+1}}{r^t\omega}\right)_{1970}}$

である。今，任意の i 部門の k プラント構成財について，ある時点の $\dfrac{w^{t+1}}{r^t\omega}$ はその年の $\dfrac{w_t}{P_k}$（但し，w_i は部門別賃金，P_k は k＝一般機械又は電気機械の価格）によって近似できるものとする。実際には第１表のデータから，w_i, P_k はそれぞれ，産業別賃金指数，経済活動別産出デフレータとして，1980年値を１（$w_i^{1980}=1$，$P_k^{1980}=1$）とする形で得られるので，相対賃金の変化の情報は，(32)の θ_{ki} という形で観測可能である。各 i 部門の k 財についてこの θ_{ki} が第６表の⑥欄に示されている。

一方，(25-4) から

(33) $\dfrac{dl_{Cki}}{dl_i}=C_k\cdot B'_{ki}\,l_i^{\delta_{ki}-1}$

但し，C_k は ε_k の観測可能な近似値

$B'_{ki}=\delta_{ki}\cdot B_{ki}$

が導かれるから，これを(32)に代入すれば

(34) $\dfrac{1}{\theta_{ki}}=\dfrac{(C_k\cdot B'_{ki}\,l_i^{\delta_{ki}-1})_{1980}}{(C_k\cdot B'_{ki}\,l_i^{\delta_{ki}-1})_{1970}}=\dfrac{C_k^{1980}}{C_k^{1970}}\cdot\left(\dfrac{l_i^{1980}}{l_i^{1970}}\right)^{\delta_{ki}-1}$

と書きかえることができる。(ここで B'_{ki} と δ_{ki} は生産関数のパラメタなので，1970年と80年でその値は共通である。) (34)は

(35) $\dfrac{l_i^{1980}}{l_i^{1970}}=\Delta_{ki}$　　但し，$\Delta_{ki}=\dfrac{C_k^{1970}}{C_k^{1980}}\cdot\dfrac{1}{\theta_{ki}}$

という形に書き換えることができる。(35)における $\varDelta_{ki}$ は，相対賃金の変化が与えられたときに，もしも前節で展開した内部均衡の図式が成立していれば生ずるであろう労働係数の変化の大きさである。

又，(25-1) より，

(36) $l_i^{1970}=\alpha_{Li}(X_i^{1970})^{\beta_{Li}-1}$

(36)′ $l_i^{1980}=\alpha_{Li}(X_i^{1980})^{\beta_{Li}-1}$

但し，α_{Li}，β_{Li} の値は生産関数のパラメタとして時点間に共通

であるから，(36)(36)′を(35)に代入すれば，プラント生産能力規模の理論的な変化の大きさを，(37)のように与えることができる。

(37) $\dfrac{X_i^{1980}}{X_i^{1970}}=\varDelta_{ki}{}^{\frac{1}{\beta_{Li}-1}}$

前節で展開された理論的枠組の中から導かれる(35)，(37)の大きさを，現実に観測される，各財生産部門の，労働係数と生産額の変化率と比較させてまとめたのが，第6表の⑦～⑩欄である。これらの数字の比較から，推定された生産関数のパラメタが，理論的制約を満たしているケースでは，理論値が良く現実を説明していることが読みとれる。すなわち，機械を使用して財生産を行う部門については，前節で展開した内部均衡図式が現実妥当性を持つことが確認された。

以上の結果から，1970年代に各部門で生じた機械化・労働生産性の向上を，単に相対賃金の上昇による労働と機械の代替現象と理解することはできず，相対賃金の変化によって惹き起された産業構造の変化の影響が大きいことが明らかになった。すなわち，各個別生産部門の労働生産性の向上が，全産業構造を通じて，機械の生産効率を上昇させ，そのことが機械化をより一層進行させる結果をもたらす。オイルショック後も日本経済が安定成長を持続させた背景には，このような構造的メカニズムが存在していたと考えられる。

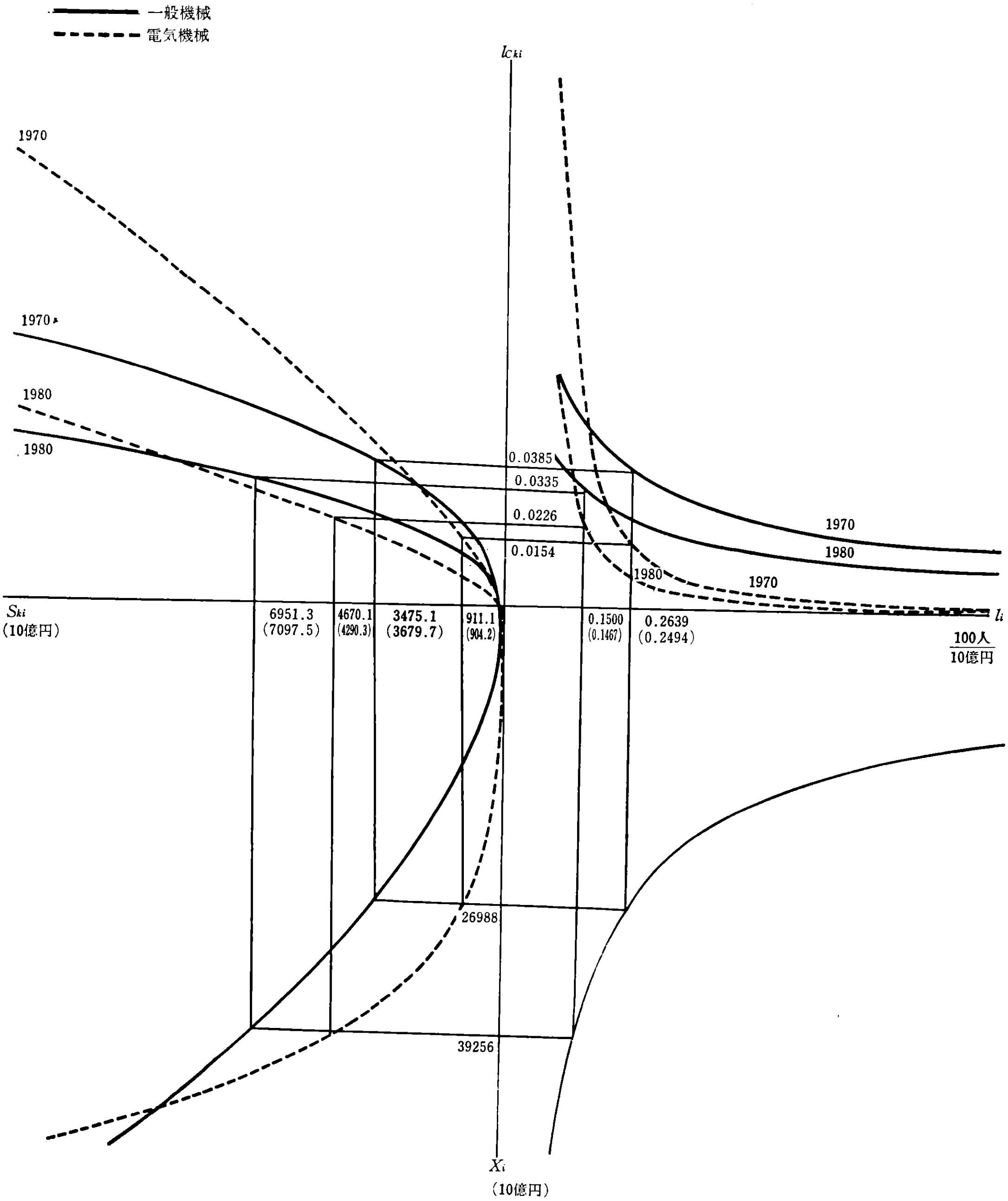
但し，ここで注意するべきことは，機械生産には全産業構造的背景が必要であると同時に，機械産業そのものが，全経済発展の牽引力となっていた事実である。従って，経済発展メカニズムの解明には，今後，機械生産のプロセスについて，分析が深められていくことが必要であろう。

最後に，第3図に，i =一次金属部門について，(25)の体系を図示した。図中第1・3・4象限における実線は k =一般機械，点線は k =電気機械のケースを示している。又，図中の四角形は，1970年と80年の現実の生産額の下ではどのような均衡が成立していたかを示している。東西方向の軸には，現実の生産額を与えたとき(25)で計算される l_i 及び S_{ki} の理論値が測られているが，参考のため，カッコ内にそれぞれの現実値も示してある。

Ⅳ むすび

この研究では，規模の経済性の効果が個別部門と経済全体の相互のフィードバックのメカニズムを通じて，産業構造全体に表われるという図式を展開し，それを統計的に検証した。この規模効果

第3図　一次金属部門における内部均衡



の相互波及を連結する部門は，いうまでもなく資本財部門（機械部門）である。この研究で資本財の集合体としての生産設備能力（プラント・スケール）の拡大が，一国の労働生産性を高めて行くという機構（メカニズム）が明らかになったと思われる。この研究では，各部門の生産性比較に one dollar worth という単位が用いられた。これらの点を含めて，一般的相互依存体系の下での構造変化の研究は今後に残された課題である。

参考文献

〔1〕 Chenery, H. B. (1949) : "Engineering Production Functions," Q. J. E., Vol. 63.

〔2〕 Chenery, H. B. (1953) : "Process and Production Functions from Engineering Date," In *Studies in the Structure of the American Economy*, ed. Leontief, Oxford.

〔3〕 Leontief, W. W. (1970) : "The Dynamic Inverse," *Contributions to Input-output Analysis*, Proceedings of the Fourth International Conference on Input-Output Techniques, Geneva, 1968. Vol. 1.

〔4〕 Leontief, W., "Structural Change" & "Dynamic Analysis," in Studies in the Structure of the American Economy by W. Leonitief et al. (New York: Oxford University Press, 1953).

〔5〕 小尾恵一郎（1956）"生産構造の計測と与件――生産函数計測における工学的資料の援用について――"「三田学会雑誌」49巻5号，1956年5月。

〔6〕 Ozaki, I. (1970) : "Economies of Scale and Input-Output Coefficients," *Iuput-Output Techniques*, Vol. 2, *Applications*, ed. A. P. Carter and A Bródy (Amsterdam: North-Hollan Publishing Co., 1970).

〔7〕 Ozaki, I. (1976) : "The Effects of Technological Changes on the Economic Growth of Japan, 1955–1970," in *Advances in Input-Output Analysis*, ed. Polenske and Skolka (Cambridge, Mass.: Bollinger Publishing Co.

〔8〕 Dorfman, R., Samuelson, P. A. & Solow, R. M. (1958) : "Linear Programming and Economic analysis," 安井・福岡・渡辺・小山訳『線型計画と経済分析』岩波書店，昭和34年。

〔9〕 尾崎巌（1967）"規模の経済性とレオンティエフ投入係数の変化"「産業研究所シリーズ」No. 195, 慶應義塾大学産業研究所。

〔10〕 尾崎巌（1979）"経済発展の構造分析㈠"「三田学会雑誌」72巻6号。

〔11〕 尾崎巌・清水雅彦（1980）"経済発展の構造分析㈡"「三田学会雑誌」73巻1号。

〔12〕 尾崎巌（1979）"経済発展の構造分析㈢"「三田学会雑誌」73巻5号。

〔13〕 Solow, R. W. (1962) : "Substitution and Fixed Proportions in the Theory of Capital," *Review of Economic Studies*.

〔14〕 Solow, R. M. (1963) : "Heterogeneous Capital and Smooth Production Functione: An Experimental Study," *Econometrica*.

〔15〕 Kuznetz, S. (1966) : "Modern Economic Growth ; Rate, Structure and Spread"『近代経済成長の分析』上・下，東京経済新報社，1968年。

〔16〕 Ozaki, I. and Shimizu, M. "Technological Change and the Pattern of Economic Development", *Proceedings of the Seventh International Input-Output Techniques*, United Nations, New York, 1984.

尾崎　巌（経済学部教授）

池田明由（大学院経済学研究科博士課程）