

投入係数の変化と産業連関分析

今 井 賢 一

I・まえがき

産業連関分析を現実の解明に用いようとするとき、その拠りどころとなるものは投入係数についての仮定である。ケインズ経済学による実証分析が単純な消費函数から出発してかの消費函数論争を生んだように、産業連関分析を鍛え上げるためには投入係数についての実証的研究が積み重ねられねばならない。わが国で産業連関分析による実証研究が始められてから既にかかなりの期間が経っているにもかかわらず、この分野における研究はほとんど未開拓のままになっている。本稿は、その穴を埋めるための1つの試みであり、主題に関係するいくつかの実証研究を覚書きとして整理したものである。

II 投入係数の変化と相互依存のブロック

投入係数を一定と仮定することは、実体的には次の4つのことを仮定することになる¹⁾。第1に、原材料などすべてのインプットは「規模の変化」によって一様に比例的な影響をうける。第2に、1つのセクター内におけるプロダクト・ミックスの変化は、そのセクターの投入係数に影響を与えないと考える。第3に、相対価格の変化にもとづく諸原材料間の代替を無視するか、あるいはそれが実質的に大きな影響をもたないと仮定する。第4に、生産技術の変化は投入構造に当然変化をもたらすはずであるが、その変化は微々たるものであると想定する。これらの仮定が経済発展の過程において完全にみたされるということはいえないし、また最近のわが国におけるようにいちぢるしい技術革新期においては、これは到底容認しがたい仮定と考えられるであろう。しかし、実際に生産構造の分析なり経済予測の道具として用いる場合には、これらはいずれも程度問題であり、その変化の幅がある範囲内にあることを実証できるか、あるいは変化の方向と程度をなんらかの方法によって推定することができるならば、実践的には容認しうる仮定と考えてよい。

そこで問題のいとぐちとして、投入係数の変化についてこれまでの産業連関分析において実証されてきた結果をかんとんに整理しておこう。まず第1の資料は、W.

レオンチェフによる1919, 1929, 1939年の表(13部門)を用いての分析である²⁾。これによると、投入係数の時系列的な比較では、1919~29年の10年間においては約80%³⁾、1929~39年の10年間においては約65%の係数が20%以上の変化を示している。この変化は直感的にみるとかなり大きいようであるが、しかし、これらの変化が総合されて各産業の生産額計算値に与える影響という点からみると、プラスの変化とマイナスの変化とが相殺されるために、この両期間を通じて共に1割以上の誤差を示す産業は「鉄鋼」、「石炭・コークス・ガス」、「運輸」の3部門だけである。第2の資料は、アメリカの1939年表および1947年表を用いての、実績値にたいする予測誤差の分析である。これには、M. Hoffenberg, B. L. S., H. Barnet, S. Arrow, M. Hatanaka によるものなど各種の分析結果⁴⁾があるが、これらに共通していえることは、5~7年以上の長期の予測では、全産業を平均して10%程度の誤差を伴うということである。第3の資料は、H. B. Chenery & T. Watanabe によるアメリカ、ノールウェイ、イタリーおよび日本についての国際比較のデータ⁵⁾である。この結果についてはいろいろな見方があるであろうが、大ざっぱにいえば、著者たちがのべているように「これら4つの工業国の間においては、生産諸部門間の相互依存の型にいちぢるしい類似性がみられる」ということである。

これらの evidence から推測するかぎりでは、投入係数はかなり安定的であるといえそうである。しかし、これはあくまでも産業全体を平均してのことであって、特定の個別産業に目をむけてみれば、たとえばアメリカの1929~39年間において投入係数の変化が化学工業の生産額を約80%変化させているというように、かなり大

2) W. Leontief [1], pp. 17~47.

3) 投入金額で加重した値。

4) 後出文献をみよ。これらについてのサーベイは、K. J. Arrow and M. Hoffenberg [3], pp. 19~33. Selma Arrow. "Comparisons of Input-Output and Alternative Projections, 1929~39", The RAND Corporation, Paper P-239, April 14, 1951(筆者未見)は、本書の pp. 27~33 に詳細に紹介されている。

5) H. B. Chenery and T. Watanabe [7].

1) H. B. Chenery and P. G. Clark [2], pp. 157~6.

きな影響がみられるのであり、問題はどのようなレベルで投入係数の安定性を考えるかということになる。マクロの分析をやや細分化した程度に結果をアグリゲイトして分析するのであれば、投入係数一定を仮定する分析もかなり現実性をもつであろうが、個別産業の動向を分析の目的とする場合にはさらに立ち入った検討を行なわねばならない。

そこで、わが国における昭和26~30年における技術変化の分析から考察をはじめよう。わが国で作成された主要な産業連関表は、通産省の昭和26年表と、今回の各省合同による昭和30年表との2つであるが、この両表については未だ部門統一を行なった比較可能表が作成されていないので⁶⁾、ここでは通産省の昭和26年表と昭和30年予備表とを用いて分析を行なうこととする。

表1 主要産業における技術変化の影響 (昭和26~30年)

セクター	投入係数の変化による生産額の変化割合
農林漁業	-4.3%
石炭	-64.8
石油製品	+32.7
鉄鋼	+2.7
機械	-10.9
車両造船	+14.0
紡績	-3.3
化学製品	+11.0
電力	-3.4
全産業平均	+0.8

註) 本表の数値は、昭和26年逆行列係数に昭和30年最終需要実績をかけた生産額計算値の、昭和30年生産額実績に対する誤差比率である。プラスは計算値よりも実績の方が大きいことを示す。
データは、『日本産業の現状』(通産省)に示された32部門表による。

表1は、昭和26年の投入係数と昭和30年最終需要とを用いて昭和30年生産額を計算した値⁷⁾と、昭和30年の実績値とを比較したものである。これによると、この期間における投入係数変化の影響は、産業全体としてみれば0.8%という小さなものであるが、重油転換という大きな技術変化のあった「石炭」および「石油製品」部門では、それぞれ65%、33%という影響があり、機械工業や化学工業のように構造変化のいちぢるしかつ

た部門では10%をやや上廻る影響があらわれている。したがって、これらのセクターの予測を問題とする場合には、関連する投入係数の変化をなんらかの方法によって想定しなければならない。しかしこの場合に、産業の相互依存に注目する産業連関分析のたてまえを押し通すとすれば、全産業の投入係数をすべて推定しなければな

らないことになる。1つの産業における技術変化は当然他の産業に波及して連鎖的な変化をよび起すと考えられるからである。もちろん実際問題としては、たとえば重油転換の場合のように、各産業における石炭と石油の投入係数(すなわち投入係数表における「石炭」および「石油製品」の横欄)の変化を考えるだけで、それ以上の波及を無視してもほとんど影響のない場合も多い。しかし、たとえば化学工業におけるように、化学肥料をインプットする農業における変化や、化学繊維原料をインプットする繊維工業からの影響などが複雑にからみ合っており、しかも化学工業自体での変化がさらに石油や電力に波及してゆく場合には、特定の部分的な処理は産業連関分析の精神に背くということになる。

しかしながら、産業の相互連関といってもそこには自らいくつかのブロックが存在するはずであり、産業連関のマトリックスにおいて、あまり大きな誤差を伴うことなくある程度のブロック化を行ないうるならば、問題の処理はかなり容易になるであろう。事実、A. Ghoshの報告⁸⁾によれば、イギリスの1948年産業連関表についてこのブロック化はかなり成功しており、わが国の場合にも適当なブロック化を工夫することによって、投入係数推定のフレーム・ワークを限定してゆくことは十分可能と考えられる。いま $n \times n$ の投入係数マトリックスを(A)で示し、それを次のような部分マトリックスに分割することを考える。

$$(1) \quad [A] = \begin{bmatrix} \overline{A}_{11} & \overline{A}_{12} \\ \overline{A}_{21} & \overline{A}_{22} \end{bmatrix} \begin{matrix} k \\ l \end{matrix}$$

そうすると、通常の産業連関分析の体系は

$$(2) \quad \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{A}_{11} & \overline{A}_{12} \\ \overline{A}_{21} & \overline{A}_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix}$$

によって表わされる。ここで x は国内生産額ベクター、 y は最終需要ベクターを表わす。この連立方程式体系においてブロック化を行なうためには、たとえば \overline{A}_{12} 、 \overline{A}_{21} を共に0にすることを考えればよい。いま、 $[\overline{A}_{12}][x_2]$ を $[s_1][x_1]$ で、 $[\overline{A}_{21}][x_1]$ を $[s_2][x_2]$ でおきかえることができると思えば、

$$(3) \quad \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{A}_{11} + s_1 & 0 \\ 0 & \overline{A}_{22} + s_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix}$$

したがって

$$(4) \quad [x_1] = [1 - \overline{A}_{11} - s_1]^{-1} [y_1]$$

$$(5) \quad [x_2] = [1 - \overline{A}_{22} - s_2]^{-1} [y_2]$$

8) A. Ghosh [8]をみよ。以下のブロック化の方式はこれによる。

6) 現在、産業計画会議で作成中であり、来年には利用可能となるであろう。

7) ここでは、通産省で作成された $[1 - A + m - d]^{-1}$ という逆行列を用いたので、輸入係数も昭和26年のものを用いた結果となり、以下の技術変化の分析には輸入係数の影響も含まれている。

となり、2つのブロック化が行なわれる。ここで s_1 および s_2 は対角マトリックスであり、その経済的意味はこうである。すなわち、第2ブロックで使われる第1ブロックの生産物 $[A_{12}][x_2]$ は、第1ブロックの生産額のある一定割合によって決まってしまうと仮定するのである。たとえば、第1ブロックを重工業部門、第2ブロックを軽工業部門とすれば、重工業部門の各製品のうち軽工業部門に売られる製品の額は、供給側の重工業部門によって決められ、たとえば鉄鋼では生産額の1割、機械では2割を軽工業部門に販売すると考えるのである。このことは、各産業で需要予測をする場合に主要な需要部門以外は大かれ少かれ一括して取扱っていることからみて、決して非現実的な仮定ではないと思われる。もちろん、 s の数値があまり大きくならないようにブロック化を工夫することが必要である。

そこで通産省の32部門表を用いて、「金属・機械グループ」(第1ブロック)および「化学・繊維グループ」(第2ブロック)という2つのブロックを考え、この方法によって試算を行なってみると次のような結果となる。

表2 ブロック化による予測誤差

セクター	s_i	昭和30年実績にたいする予測誤差		
		全マトリックスによる場合	部分マトリックスによる場合	
第1ブロック	鉄 鋼	0.074	-2.7%	+0.04%
	鉄鋼製品	0.399	+6.9	+9.7
	非鉄金属	0.244	+10.3	+1.4
	機 械	0.085	+10.9	+11.9
	車両造船	0.053	-14.0	-11.1
第2ブロック	紡 績	0.027	+3.3	-0.5
	繊維製品	0.073	-1.9	-0.3
	基礎化学	0.190	+8.7	+15.2
	化学製品	0.374	-11.1	-0.7

注) 予測誤差の数値は、昭和26年投入係数に昭和30年最終需要実績を乗じて国内生産額計算値を求め、それと実績とを比較したもの。

これによれば、さきのような仮定を設けてブロック化を行なっても、分析結果をほとんど損なうことがないといえそうである。もちろん、もっと数多くの実験を行なってみなければブロック化のメリット・デメリットを論ずることはできないし、またそのこと自身はここでの目的ではない。ここでは投入係数の変化を考察する際に適当なブロックの中で部分的な取り扱いをすることが許されるかどうかをある程度テストすればよく、以上の結果はその可能性を十分に示唆していると思う。

III engineering data による投入係数の推定

投入係数の変化を考慮するということは、はじめにのべた4つの仮定をひとつづつ取りはずしてゆくことに他

ならない。このうち、経済的に最も取り扱い易い問題は、第3の相対価格の変化にもとづく原材料間の代替であろう。しかし、既存の製造プロセスのなかで原料の代替が行なわれる場合には純粹に経済的問題であるが、相対価格の変化を契機として全く新しいプロセスに転換する場合には技術的なインフォメーションを必要とする。これを一般的に考えれば第2のプロダクト・ミックスの問題となる。第1および第4の、規模の変化の影響および技術的な改良については、ほとんど全く技術的なインフォメーションに頼る以外に方法がない。したがって、将来の投入係数変化を推定するという仕事は、かなりの程度まで技術的なものであり、いわゆる engineering economist の協力を必要とする。

われわれは技術者との共同研究によって昭和42年の投入係数を engineering data によって推定するという試みを行なったが、その詳細をここで述べることはできないし、またそれは経済学にとっては全く外部的なインフォメーションであるからこの紙面で具体的な推定の過程をとりあげる必要はないであろう⁹⁾。ここでは直ちに結果を示して、その経済的評価を行い、この方法の可能性を吟味することとする。

推定された昭和42年投入係数と昭和30年投入係数とを用いて、さきにのべた昭和29~30年の場合と同じように、生産額にたいする影響というかたちで技術変化の分析を行うと次の表3の通りである。

表3 主要産業における技術変化の分析 (昭和30~42年)

セクター	変化率	セクター	変化率
農 業	-15%	カーバイド	-13%
石油製品	+49	合成化学	+168
電 力	-3	樹脂化学	+89
食 料 品	-12	人絹スフ	+16
鉄鋼精錬	+19	合成繊維	+284
非鉄金属	-3	ゴム製品	+5
一般機械	+1	皮革製品	-8
電気機械	+4	パ ル プ	-3
セメント	+12	紙	-3
アンモニア	-27	木 製 品	-27

注) 本表の数値は、昭和42年投入係数による昭和42年生産額と、昭和30年投入係数による昭和42年生産額計算値との比較である。プラスは昭和42年係数による方が大きいことを示し、それらの製品がより多消費型になってゆくことを表わしている。マイナスは逆。

この結果をみると、合成化学、樹脂化学、合成繊維など全く新しいプロセスに転換する特定の産業では、アメ

9) この仕事は、笹生、殿木、矢島および筆者との共同研究であり、詳細は、電力中央研究所[9]および[10]を参照されたい。

リカにおける過去の分析例ではみられなかったような著しい変化のあることがわかり、このような変化は engineering data によらずには予測できないといえよう。また、鉄鋼、機械、化学などの重化学工業製品がほとんど多消費型になっているのは、生産の迂回化を示すもので、これはアメリカについての分析結果と consistent である。

ところでこの作業は最初の試みであるから、一応全体の目安をつけるためにできるかぎりすべての投入係数を修正することを原則としている。(もちろん、変化の可能性はありながらもデータの無い部門も多く、それらについては昭和30年係数のままとしている)。しかしながら、その推定の手続きは、一般均衡的な相互依存の枠組のなかで行うのではなく、多かれ少かれ部分的な処理であるから、特定の産業の予測を問題とするような場合には、はじめからブロック化を行なって作業を進める方が能率的である。また、投入係数の変化を産業全体に対する影響というレベルでみる場合には、すでにのべたように、またこの推定作業からも明らかなように、ほとんど大きな影響をもたないのであるから、投入係数の修正が本質的に必要な分野は個別産業の問題である。したがって、適当なブロック化を行なって、その内部の変化に注意をするというアプローチが実際的である。そこで、この昭和42年投入係数表から「化学・繊維」部門だけをとりあげてブロック化を行い、全体のマトリックスを用いた場合との比較を行なってみよう。表4はその結果である。

表4 技術変化の分析(昭和30~42年)

セクター	全マトリックスによる場合	部分マトリックスによる場合
アンモニア	-27%	-14%
カーバイド	-13	-24
酸・アルカリ	+2	-2
タール製品	+32	+32
合成化学	+168	+191
化学肥料	-4	-4
樹脂化学	+86	+124
油脂・医薬等	-3	-1
その他の化学	+5	-1
人絹スフ	+16	+19
合成繊維	+234	+295
その他の紡績および織物	-1	+1

註) 表3の註をみよ。

このデータはいずれも将来についてのものであるから、ここでその適合度を云々することはできないが、両者の数値にそれほど相違のないことは、このようなブロック化が実践的な目的に十分役立つと考えてよいであろう。この方法によって将来大きな構造変化の予想される分野

を重点的にとりあげてゆけば、engineering data による投入係数の修正というアプローチはそれほどの大作業を必要とすることなく効果をあげうると考えられる。

IV 時系列分析

前節にのべた engineering data による投入係数の推定は、現在のところ、投入係数を実際に予測するための唯一の方法と考えられるが、しかし、それは全く外部的な技術的知識に頼らなければならないこと、またその時々々の技術的な見通しに依存してアド・ホックに推定を行なわなければならないことなど、いくつかの欠点をもっており、その結果はきわめて不安定なものである。そこで、産業連関表に関連する過去のデータから、投入係数の変化について経験的になんらかの規則性を見出しうるならば、この方法を有力に補完することができるであろう。

わが国はもちろん、産業連関表を時系的に多数利用しうるような国はまだどこにもないので、投入係数の変化自体を統計的に時系列解析するということは不可能である。しかし、年々の産業連関表はなくとも、年々の産業別生産額のデータはかなり高い精度で利用することができるし、また、年々の最終需要も各種のデータからある程度まで推定することができる。そこで、ある1時点の投入係数を用いて年々の産業別生産額の計算値を求めそれと生産額実績との差額を計算して、その残差の系列に規則性があるかどうかを検討すれば、投入係数変化の方向を確かめることができる。すなわち、

$$(6) \quad \pi(t) = X(t) - [1 - A_0]^{-1} F(t) = f(z)$$

という函数関係を検討するのである。ここで $\pi(t)$ は t 期の残差のベクター、 $X(t)$ は t 期の生産額ベクター、 A_0 は基準時点の投入係数マトリックス、 $F(t)$ は t 期の最終需要ベクター、 z は説明変数を表わす。K. J. Arrow と M. Hoffenberg¹⁰⁾ はアメリカの1929~1950年の時系列データについてこの方法を試み、ある程度まで成功している。

しかし、わが国の場合には、まだ年々の最終需要の時系列をうることができないし、また年々の産業別国内生産額データも産業連関表の分類に合うように完全には整理されていないので、この方法を本格的に適用することはできない。そこで、現在利用しうる産業別生産額の年次データ(昭和26~34)と、昭和26年投入係数表とを用いて次のような試算を行なってみた。すなわち、

$$(7) \quad \pi'(t) = X(t) - [1 - A_0]^{-1} F(0) \frac{Y(t)}{Y(0)} = f(z)$$

10) K. J. Arrow and M. Hoffenberg [3] をみよ。

ここで Y (スカラー) は最終需要の合計値¹¹⁾であり、他の記号は(6)式と同様である。具体的にいえば、昭和26年の投入係数を一定とし、かつ最終需要の構成比をも一定として、最終需要の合計額だけを国民所得統計から年次別に求め、それによって年次別の生産額計算値を出して、実績値との残差を計算する。この残差の系列 $\pi'(t)$ を検討し、

それぞれ適当な説明変数を求めて回帰分析を行なってみた。この方法は、年次別の最終需要がえられないための便法ではあるが、最終需要のパターンを変動させる要因と、プロダクト・ミックスを動かす要因とは大体において同じものだと考えられ、また投入係数の変化はプロダクト・ミックスの変化によって左右されるところが大きいので、それほど非現実的な方法ではないであろう。説明変数としては、実質国民総支出、重化学工業化比率、相対価格および時間を選んでみた。これらの説明変数によって比較的フィットのよい関係のえられるセクターは上記の通りである。他のセクターについてはまだフィッ

セクター	定数項	説 明 変 数				R	S
		実質国民総支出	重化学工業化比率	時 間	相対価格		
10 ⁹ 円	10 ⁹ 円	Y(10 ⁹ 円)	Q(30年=100)	t	P(26年=100)		
化学製品 $\pi'(t) =$	-347.4	+14.7 Y(t) (8.5)	—	+48.0t (16.8)	—	0.99	21.8
鉄 鋼 $\pi' =$	-109.1	+21.2 Y(t) (16.9)	+6.3 Q(t) (8.3)	—	—	0.91	72.2
電 力 $\pi' =$	-258.4	+14.3 Y (3.3)	—	-19.9 t (6.4)	—	0.94	8.3
石 炭 $\pi' =$	-34.5	—	—	-16.8 t (1.8)	+0.2 Pr ^{a)} (0.4)	0.96	11.9
石油製品 $\pi' =$	+83.8	—	—	+32.3 t (2.5)	-1.1 Pr ^{a)} (0.5)	0.98	16.1

a) Pr=重油価格(c重油)石炭価格
() 内はパラメーターの標準誤差

トのよい回帰式がえられていないし、ここに掲げたうちにもパラメーターの標準誤差の大きいものもあるので、この結果を直ちに実際に適用することはできないが、このいくつかのサンプルからみて、今後さらにデータを整備することによって分析を続けてゆけばかなりの結果がえられるであろう。その場合にはそれぞれの回帰式からえられる残差項を最終需要に加えることによって、投入係数の変化と最終需要パターンの変化とを補正することができ、産業連関分析による予測の有力な補完材料がえられると考える。

文 献

[1] W. Leontief, "Structural Change", W. Leontief et al, *Studies in the Structure of the American Economy*, N. Y., 1953, pp. 17~52.
 [2] H. B. Chenery & P. G. Clark, *Interindustry Economics*, N. Y., 1959.
 [3] K. J. Arrow & M. Hoffenberg, *A Time Series Analysis of Interindustry Demands*, Amsterdam, 1959.
 [4] C. F. Christ, "A Review of Input-Output Analysis", National Bureau of Economic Research, *Input-Output Analysis: An Appraisal*, Princeton 1955, pp. 137~182.
 [5] M. Hatanaka, "Testing the Workability of Input-Output Analysis", Technical Report. Economic Research Project, Princeton University, April 22,

1957 (mimeographed).
 [6] H. Barnett, "Specific Industry Output Projections", *Confence on Research in Income & Wealth, Long-Range Economic Projection*, 1594, pp. 191~226.
 [7] H. B. Chenery and T. Watanabe, "International Comparisons of the Structure of Production", *Econometrica*, vol. 26, No. 4, pp. 487~521.
 [8] A. Ghosh, "Input-Output Analysis with a Substantial Independent Groups of Industries", *Econometrica*, vol. 28, No. 1, pp. 88~96.
 [9] 電力中央研究所『わが国における将来の技術発展と産業構造』昭和32年(mimeographed).
 [10] 電力中央研究所『産業連関表—資料昭和26・30・42年投入係数表』昭和36年。

11) 実際の計算の場合には、家計消費、政府消費、固定資本形成、在庫、輸出、特需の各最終需要項目に Y を分けて計算したが、ここでは記号を簡単にするために Y だけで示しておく。