U.D.C. 69.003:657.47

清水建設研究所報
第11号昭和43年4月

建設企業における生産性と原価分析のモデルについて

荒木睦彦

§1. はじめに

生産活動の効果尺度としての生産性の問題は，アダム・スミス以来とりあげられてきたものである．しかしこの概念の背景となる考え方は，他の経営諸比率の場合と同じく，長い間単純な平均的比率分析のわくを出ることができなかった．

その理由は，1つには比率分析が単純で分りやすいにもかかわらず，一応は生産性向上の目安としうることからきていると思われる．しかしこの分析方法は，企業への投入量および産出量をともに一変量に限定して，その単純な比率を分析の基礎にしているため，生産性の構造把握はもちろん，その変動要因を発見することすら容易なことではない．

建設生産の機構はきわめて複雑である．したがって生産性分析はできる限り厳重に行なわれなければならない．それにもかかわらず実際には1人当り消化高（=労働生産性）とか歩掛り（=広義の生産性の逆数）とかいうきわめて素朴な尺度でもって長い間取扱われてきた．

この小論の目的は，建設工事における生産性概念を多変量のインおよびアウトプットの関係として把握することにより，建設生産性および建設原価の構造的把握を試みることにある．

ここで取りあげた方法は，計算手順が若干複雑になるとはいえ，それによって求められる指標そのものは，従来のものに比べてより現実的意味をもちうるものであると考えられる．

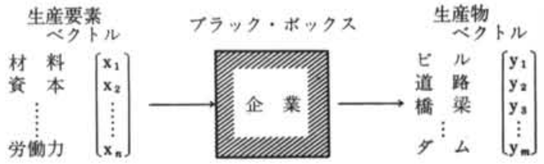
§2. 多変量回帰モデルによる生産性分析

2.1 モデルの考え方

企業は，たとえば資本，労働力といった生産要素を投入し，これを商品や利潤といった生産物に変換する1つの変換システムとして考えることができる．

建設企業を例にとって考えてみると，生産されるものは建物，橋梁，道路などの建設物と利潤であり，またこのために投入される生産要素は鋼材，セメント，ガラスなどの建設材料と大工，鳶，土工，‥‥といった直接労働力と技術職員のような管理労働力，それに施工機械，会社諸施設といった資本などである．

この関係をブロック・ダイアグラムの型に表わしてみると図—1のようになる．



図—1　建設企業のブロック・ダイアグラム

ここで，m種類の建設生産物をベクトルY，この建設生産のために投入されたn種類の生産要素をベクトルXとし，YがXの1次変換で表わされるとする．

$$X=\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix},\quad Y=\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_m \end{pmatrix},\quad A=\begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

とすると，XとYとの関係は，

$$Y=AX \qquad (1)$$

で表わされる．

ここで行列Aは各生産要素の限界生産性を示すものであり，たとえばAの要素 a_{ij} は生産要素 j の1単位が生産物 i の何単位に変換されるかを示すパラメーターである．図—1の例について表わしてみると表—1のようになる．(1)式で表わされる生産性モデルは通常のダグラス型生産関数を一般化したものにすぎない．そして現実の建設企業の生産性を考える場合にはかなり非現実的な考え方を前提にしている．

その非現実性とは，このモデルがまず生産量は需要量に等しいという所謂セイの法則 (Say's Law) を前提にしている点にある．建設業は注文生産を前提にしているため，もちろん結果的には需要量と生産量は一致してい

生産物 ＼ 生産要素	材料 x_1	資本 x_2	……	労働力 x_n
ビル y_1	a_{11}	a_{12}	……	a_{1n}
道路 y_2	a_{21}	a_{22}	……	a_{2n}
橋梁 y_3	a_{31}	a_{32}	……	a_{3n}
⋮ ⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
ダム y_m	a_{m1}	a_{m2}	……	a_{mn}

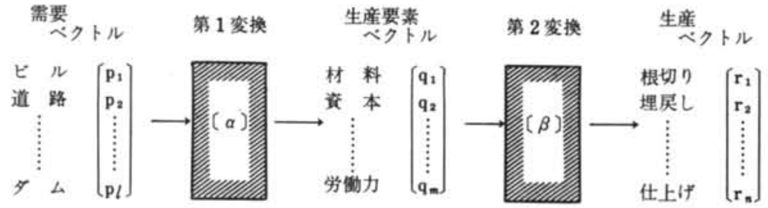
表—1 生産要素の限界生産性行列

る．しかし投入された生産要素によって決定される生産能力と実際の生産量は必ずしも一致するという保証はない．

このように考えると，実際の建設企業における生産性はある建設需要が存在した場合，これに必要な生産要素の量，またその生産要素を投入した場合の施工能力といった２段階で考える方がより妥当であることがわかる．

この関係をモデル化してみると，たとえば**図—2**のようなカスケード・ダイアグラムが考えられる．

このモデルにおける各ベクトル，行列を次のように表わしてみよう．



図—2 建設企業のカスケード・ダイアグラム

$$需要ベクトルP=\begin{pmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_l \end{pmatrix}$$

$$生産要素ベクトルQ=\begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_m \end{pmatrix}$$

$$生産ベクトルR=\begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \vdots \\ r_m \end{pmatrix}$$

$$第１変換行列\alpha=\begin{pmatrix} \alpha_{11} & \cdots & \alpha_{1l} \\ \vdots & & \vdots \\ \alpha_{m1} & \cdots & \alpha_{ml} \end{pmatrix}$$

$$第２変換行列\beta=\begin{pmatrix} \beta_{11} & \cdots & \beta_{1m} \\ \vdots & & \vdots \\ \beta_{n1} & \cdots & \beta_{nm} \end{pmatrix}$$

さて第１段および第２段の変換のメカニズムは，それぞれ式(2), (3)のように表わすことができる．

$$Q=\alpha P \tag{2}$$

$$R=\beta Q \tag{3}$$

ここで行列αは各種建設工事の需要１単位に対して必要とされる各生産要素の数量を示すものであり，現行の「歩掛り」概念を一般化したものである．その任意の要素 α_{ij} ($i=1, 2, \cdots m$, $j=1, 2, \cdots l$) を例にとると，j種の建設需要１単位に対し生産要素 i が何単位必要となるかという限界比率を示している．

また行列βは上記生産要素を投入した場合，建設工事における工種別にどれほどの生産が可能であるかという「限界生産性」を示すものであり，β上の要素 β_{ij} は生産要素 j を１単位投入することによって工事 j が何単位生産しうるかという限界比率である．

第２のモデルにおいて，生産性の指標は需要ベクトルが工種別ベクトルに変換される過程で中間的に現われてくるものにすぎない．

このことは生産性概念が生産効率の尺度として決して絶対的なものではなく，需要ベクトルの影響の下ではじめて意味をもつことを示している．したがって，たとえ多変量で考えたとしても，生産性概念を他から切離して単純な投入，産出の関係としてとらえることは妥当ではないといえよう．

企業の諸活動は，これを外部から規制する外生的諸変量（たとえば建設需要など）と企業内部で相互に影響を与え，ある内生的諸変量との関数関係として総合的に把握されるべきである．この意味では，いわゆる「生産性」概念は内生的諸変量内部の問題にすぎない．

したがって企業の生産性を把握するためには企業の計量経済モデル，さらには最適制御モデルへの展開がどうしても必要になる．しかしここではそのような高度なモデルへのまず第一歩として，(1)式で表わされる単純なシステムを前提にして建設企業における限界生産性の計測とその総合へのアプローチを試みた．

2.2 限界生産性の推計

(1)式における行列A，(3)式における行列βで表わされる限界生産性の推計を行なうことは，必要データさえそろえればそれほど困難なことではない．

ここでは(1)式を例にとって，その最も容易なものとして最小自乗法による推計手順を述べてみよう．

(1)式におけるベクトルX，Yの$(n+m)$個の変量のすべての組合わせについて分散，共分散の計算を行ない行列Sを作成すると(4)式をうる．

$$S=\begin{array}{c} \\ x_1 \\ \vdots \\ x_n \\ y_1 \\ \vdots \\ y_m \end{array}\begin{pmatrix} x_1\cdots\cdots x_n & y_1\cdots\cdots y_m \\ S_{11}\cdots\cdots S_{1n} & S_{1n+1}\cdots\cdots S_{1n+m} \\ \vdots \qquad\quad \vdots & \vdots \qquad\quad \vdots \\ S_{n1}\cdots\cdots S_{nn} & S_{nn+1}\cdots\cdots S_{nn+m} \\ S_{n+11}\cdots S_{n+1n} & S_{n+1n+1}\cdots S_{n+1n+m} \\ \vdots \qquad\quad \vdots & \vdots \qquad\quad \vdots \\ S_{m1}\cdots\cdots S_{mn} & S_{mn+1}\cdots\cdots S_{mn+m} \end{pmatrix}=\begin{array}{c}\left[\begin{array}{c|c} S_{xx} & S_{xy} \\ \hline S_{yx} & S_{yy} \end{array}\right]\begin{array}{l} \}n \\ \}m \end{array} \\ \underbrace{\quad}_{n}\ \underbrace{\quad}_{m}\qquad \end{array} \tag{4}$$

さてベクトルYの任意の要素$y_i\,(i=1,2,\cdots m)$をとり，(1)式を題示的な形式で表わすと(5)式のようになる．

$$y_i=a_{i1}x_1+a_{i2}x_2+\cdots\cdots+a_{in}x_n \tag{5}$$

(5)式の係数パラメーターa_{ij}を最小自乗法により推計するためには，(6)の正規方程式を解けばよい．

$$\left.\begin{array}{l} \sum x_1y_i=a_{i1}\ \sum x_1x_1+a_{i2}\ \sum x_1x_2+\cdots\cdots+a_{in}\ \sum x_1x_n \\ \sum x_2y_i=a_{i1}\ \sum x_2x_1+a_{i2}\ \sum x_2x_2+\cdots\cdots+a_{in}\ \sum x_2x_n \\ \qquad\vdots \\ \sum x_ny_i=a_{i1}\ \sum x_nx_1+a_{i2}\ \sum x_nx_2+\cdots\cdots+a_{in}\ \sum x_nx_n \end{array}\right\} \tag{6}$$

分散，共分散の定義から(6)式は(4)式の行列の要素を用いて(6′)式のように表わされる．

$$nm\begin{pmatrix} S_{1n+i} \\ S_{2n+i} \\ \vdots \\ S_{nn+i} \end{pmatrix}=nmS_{xx}\begin{pmatrix} a_{i1} \\ a_{i2} \\ \vdots \\ a_{in} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} S_{1n+1} & S_{1n+2}\cdots\cdots & S_{1n+m} \\ S_{2n+1} & S_{2n+2}\cdots\cdots & S_{2n+2} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ S_{nn+1} & S_{nn+1}\cdots\cdots & S_{nn+m} \end{pmatrix}=S_{xx}\begin{pmatrix} a_{11} & a_{21}\cdots\cdots & a_{m1} \\ a_{12} & a_{22}\cdots\cdots & a_{m2} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{1n} & a_{2n}\cdots\cdots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

上式を書き換えると，

$$S_{xy}=S_{xx}A' \tag{6′}$$

となり，$|S_{xx}|\neq 0$とすれば，さらに，

$$A'=S_{xx}^{-1}\ S_{xy} \tag{6″}$$

となる．ここでA'はAの転置行列を表わす．

以上のような手順をへて，行列Sから比較的容易に限界生産性の推計を行なうことができる．

この推計を行なうにあたって，若干注意を要することはベクトルXの要素である諸変量間の関係はすべて独立であると仮定されていることである．これらの変量が独立でなく，その間の相関が高い場合には限界生産性行列が求められなくなることがある．

この問題は，いわゆる「線型重合」(Multi-col–linearity) といわれ，これを避けるために(4)式の他に相関行列を作成しそのチェックを行なうが，これらの詳細についてはここではふれない．

2.3 限界生産性の変動と総合生産性

以上のようにして推定された限界生産性行列は，総合的な生産性指標として多くの情報をもたらすすぐれたものであるが，1つ重要な問題点をもっている．

それは生産性を多次元の量としてとらえているため，全体を総合した場合の生産性の上昇，下落の判断がつかないことである．そこで生産要素と生産物に分解して算定した限界生産性をいま一度総合して指数化することを考えなければならない．

そこでまず(5)式をとりあげ，両辺をy_iで除すると(7)式をうる．（ただし，$y_i\neq 0$）

$$1=\frac{a_{i1}x_1}{y_i}+\frac{a_{i2}x_2}{y_i}+\cdots\cdots+\frac{a_{in}x_n}{y_i} \tag{7}$$

(7)式において，$a_{i1}x_1/y_1$, $a_{i2}x_2/y_i,\cdots\cdots,a_{in}x_n/y_i$をそれぞれ$w_{i1}$, $w_{i2},\cdots\cdots$, w_{in}で示すと，上式はさらに，

$$1=w_{i1}+w_{i2}+\cdots\cdots+w_{in} \tag{7′}$$

で表わされる．

ここで$w_{ij}\,(i=1,2,\cdots\cdots,\ m,\ j=1,2,\cdots\cdots,\ n)$は，生産物$i$の総生産量に占める生産要素$j$の投入量の比率を表わすものであり，この比率が各生産物について一定であると仮定する．

次に生産性変動の基準となる第o年度の限界生産性を$a_{ijo}\,(i=1,2,\cdots\cdots,\ m,\ j=1,2,\cdots\cdots,\ n)$，またこれに対する第$t$年度の限界生産性を$a_{ijt}$としてみよう．

以上の結果を利用すると，第t年度$(t=1,2,3,\cdots\cdots)$における建設生産物の総合生産性指数IP_{it}は(8)式によって求められる．

$$\mathrm{IP}_{it}=w_{i1}\times\frac{a_{i1t}}{a_{i1o}}+w_{i2}\times\frac{a_{i2t}}{a_{i2o}}+\cdots\cdots+w_{in}\times\frac{a_{int}}{a_{ino}} \tag{8}$$

基準年度の生産性指数は，(8)式からもちろん1.00となる．

(8)式では建設生産物iについての総合生産性指数を求めたのであるが，企業全体の総合生産性を求めるためには次のようにする．

(7)式においてy_iの代りに，$\sum_{i=1}^{m}y_i$をとる．すなわち

$$\Pi=\sum_{i=1}^{m}y_i \tag{9}$$

$$a_{ij}x_j/\pi = W_{ij} \tag{10}$$

$$(i=1, 2, \cdots\cdots, m, \ j=1, 2, \cdots\cdots, n)$$

とすると W_{ij} は次の行列で示される．

$$W\begin{bmatrix} W_{11} & \cdots\cdots & W_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ W_{m1} & \cdots\cdots & W_{mn} \end{bmatrix}$$

前の場合と同様，基準となる第 o 年度の限界生産性を a_{ijo}，これに対する第 t 年度の計測値を a_{ijt} で表わすと，当該企業の t 年度における総合生産性指数 IP_t はつぎの(11)式で与えられる．

$$IP_t = [W_{11} \cdots W_{ij} \cdots W_{mn}] \begin{bmatrix} a_{11t}/a_{11o} \\ a_{ijt}/a_{ijo} \\ a_{mnt}/a_{mno} \end{bmatrix} \tag{11}$$

$$(i=1, 2, \cdots m, j=1, 2, \cdots, n)$$

(11)式において W_{ij} を基準年度に算定した値によって固定し，以下各年度における総合生産性を同一のウェイトで算定する IP_t の計算方法はラスパイレス方式 (Laspeyres Formula) と呼ばれる．

この関係を分りやすく表示してみると **表—2** のようになる．

生産物	生産要素 ＼ 年度	第 0 年		第 1 年			第 t 年	
		標準生産性 a_{ij0}	ウエイト W_{ij}	実績生産性 a_{ij1}	$a_{ij1}/a_{ij0} \times W_{ij}$		実績生産性 a_{ijt}	$a_{ijt}/a_{ij0} \times W_{ij}$
1．ビル	1．材　料	a_{110}	W_{11}	a_{111}	$a_{111}/a_{110} \times W_{11}$		a_{11t}	$a_{11t}/a_{110} \times W_{11}$
	2．資　本	a_{110}	W_{12}	a_{121}	$a_{121}/a_{120} \times W_{12}$		a_{12t}	$a_{12t}/a_{120} \times W_{12}$
	⋮　⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮
	n．労働力	a_{1n0}	W_{1n}	a_{1n1}	$a_{1n1}/a_{1n0} \times W_{12}$		a_{1nt}	$a_{1nt}/a_{1n0} \times W_{1n}$
2．道路	1．材　料	a_{210}	W_{21}	a_{211}	$a_{211}/a_{210} \times W_{21}$		a_{21t}	$a_{21t}/a_{220} \times W_{21}$
	2．資　本	a_{220}	W_{22}	a_{221}	$a_{221}/a_{220} \times W_{22}$		a_{22t}	$a_{22t}/a_{220} \times W_{22}$
	⋮　⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮
m．ダム	⋮　⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮
	n．労働力	a_{mn0}	W_{mm}	a_{mn1}	$a_{mn1}/a_{mn0} \times W_{mn}$		a_{mnt}	$a_{mnt}/a_{mn0} \times W_{mn}$
総合生産性指数		$\Sigma\, a_{ij0}/a_{ij0} \times W_{ij} = 1.0$		$\Sigma\, a_{ij1}/a_{ij0} \times W_{ij}$			$\Sigma\, a_{ijt}/a_{ij0} \times W_{ij}$	

表—2 総合生産性指数の算定

このような総合生産性指数の算定を行なうためには，現在の日本の建設企業ではまだ必要な統計データがきわめて不足している．そのためこの生産性分析の前提となったモデルの線型性，ウェイトの固定化といった諸仮説の検定と実際の数値計算は今後の課題として残さざるを得ない．しかし欧米ではすでにこのような生産性分析の実例を見ることができる．

その一例を **表—3** に示してみよう．

この例はニューヨークの Ebasco Services, Inc. のものである．[1] この表によると，この対象となった建物の総合生産指数は 1.06 で，標準より 6％ 高いことを示している．この方法によると貨幣単位によらず物量的な単位による総合生産性の計測も可能となり，実務的にも扱いやすくきわめて有効な方法といえよう．

§ 3.　部門連関モデル（Verflechtungs modell）による生産性と原価の分析

3.1　基本概念

§2. で述べた生産性分析では，生産ベクトルが生産額そのものでとらえられている．したがってこのモデルでは建設企業以外で生産された価値額と，建設企業内部で計算された価値額を分離することができない．

厳密な意味での生産性は当然この両者を分離して考えられるべきである．このような生産性の構造的把握を目指したものがここで述べる部門連関モデルによる分析方法である．

さて部門連関モデルの基本的な考え方は，1930年代に W. W. Leontief によって開発された投入，産出モデル (Input-Output Model) に依存している．この Leontief のモデルは L. Walras の一般均衡体系の具体的計測を目的として作成されたマクロ的なモデルである．そして技術的，構造的に条件づけられた産業部門間の財およびサービスの同時的な流れに着目し，これによって経済

項	目	標準マンアワー	実績マンアワー	ウエイト %	実績／標準
土　工　事					
	根切りおよび埋戻し	0.40／CY	0.50／CY	●12.5	1.25
コンクリート工事		6.50／CY	6.40／CY	●24.3	0.98
鉄骨・鉄筋工事		7.00／トン	7.70／トン	●11.0	1.10
配　管　工　事	鋼製パイプ(主サイズ)	0.505／LF	0.549／LF	● 7.5	1.09
	径1フィート	0.35／LF	0.40／LF	50.0	
	径2フィート	0.50／LF	0.50／LF	30.0	
	径3フィート	0.90／LF	0.95／LF	20.0	
冷・暖房工事		0.19／SF	0.195／SF	●15.2	1.03
	暖房，通風，エアコン	0.135／SF	0.140／SF	71.0	
	自動消火装置	0.020／SF	0.015／SF	10.5	
	上　下水道	0.035／SF	0.040／SF	18.5	
電気設備工事		0.15／SF	0.17／SF	●12.0	1.07
	照　明	0.057／SF	0.065／SF	38.0	
	動　力	0.093／SF	0.095／SF	62.0	
仕上げ工事		0.22／SF	0.21／SF	●17.5	0.96
	Building Siding	0.45／SF	0.40／SF	12.8	0.89
	屋根工事	2.85／SF	3.00／SF	12.8	1.07
	ブロック塀	100／千個	95／千個	58.0	0.95
	塗装工事	1.50／トン	1.35／トン	10.7	0.90
	その他	0.012／SF	0.015／SF	5.7	1.25
総合生産性指数					1.06

表—3　総合生産性指数の例

構造，とくに生産構造を分析しようとしていることから，このモデルによる分析は産業連関分析（Inter-Industry Analysis）ともよばれている．

このモデルでは経済のシステムが内生部門と外生部門に大きく分類される．なおここでいう内生部門とは生産活動を行なう産業部門のことでn個の部門に分割される．また外生部門は内生部門以外の非生産的部門で家計消費，政府消費および資本形成などの最終需要部門と賃金，企業所得などの付加価値部門などからなっている．

さてこれら部門間の取引き関係をわかりやすく表示してみると**表—4**のようになる．

産出＼投入		内生部門 生産部門1	……	生産部門 j	……	生産部門 n	外生部門 最終需要	産出合計
内生部門	生産部門1	x_{11}	……	x_{1j}	……	x_{1n}	y_1	X_1
	⋮	⋮		⋮		⋮	⋮	⋮
	生産部門 i	x_{i1}	……	x_{ij}	……	x_{in}	y_i	X_i
	⋮	⋮		⋮		⋮	⋮	⋮
	生産部門n	x_{n1}	……	x_{nj}	……	x_{nn}	y_n	X_n
外生部門	付加価値	v_1	……	v_j	……	v_n	0	$\sum_j v_j$
投入合計		X_1	……	X_j	……	X_n	$\sum_i y_i$	総生産額

表—4　産業連関表の構造

表—4において，各生産部門の横欄はその部門の生産物の消費先を示すもので，たとえば生産部門iの生産物に対する生産部門jまでの消費額をx_{ij}で表わす．また付加価値部門の横欄は労働用役と資本用役の販売先を示したものである．

また各生産部門の縦欄は，その産業の生産費の内訳を示すもので，たとえばx_{ij}は生産部門jの消費額のうち生産部門iから投入された額を表わしている．また外生部門の縦欄は各生産部門から家計などの購入額を示している．

さて各部門の産出方程式および投入方程式は，次の⑿，⒀式のように表わされる．

$$X_i=\sum_{j=1}^{n} x_{ij}+y_i \tag{12}$$

$$X_j=\sum_{i=1}^{n} x_{ij}+v_j \tag{13}$$

ここでi部門の産出量X_iはi部門への投入量X_iに等しいと仮定する．そしてj部門の産出合計X_jで各部門からj部門への投入額を除してその比〔x_{ij}/X_j〕$(i, j=1,2,\cdots\cdots,n)$を求める．これを投入係数という．

さてこの投入係数行列Aを

$$A=\begin{pmatrix} a_{11} & \cdots\cdots & a_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots\cdots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

で表わす．また最終需要Yおよび産出合計Xをそれぞれ次のようなベクトルで示してみよう．

$$Y=\begin{pmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_i \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix},\ X=\begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}$$

以上の記号を用いると，表—4における生産方程式は⒁式のように表われる．

$$AX+Y=X \tag{14}$$

上式はさらに⒂式のように変形される．

$$Y=(I-A)X \tag{15}$$

ここで $|I-A|\neq 0$ とすれば，

$$X=(I-A)^{-1}Y \tag{16}$$

となる．

⒃式から（I－A）の逆行列の値を計算しておけば，最終需要から投入，産出量を求めることができる．

産業連関分析は理論的には以上のような，きわめて単純な型をとっているため，国民経済の構造分析，経済予測および経済計画の立案などに非常に有力な武器となっている．

さて以上で述べたような国民経済における産業連関分析の考え方を，建設産業，建設企業といったミクロ的な経済分析に通用しようという試みが，最近ドイツを中心にして行なわれ始めている．

最近の例を見ただけでも，1965年に H. Göbel がこのような考え方を，行列を用いた原価分析の方法論としてとりあげ，67年になると，W. Marschall, G. Wagner による連関モデルを用いた建設産業の生産性分析[3]，W. Dahlenburg による連関モデルの企業分析への適用の試み[4]，また P. Feters による造船での資料管理への適用例など[5]が次々に発表されている．

これらの論文にあらわれている限りでは，理論面，応用面ともに現状ではまだかなり不明確な点がある．

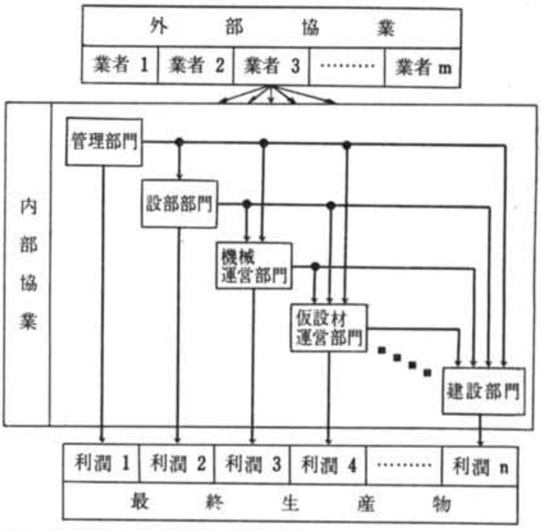
しかしこの分析方法は企業における原価，生産性の構造的把握を行なう方法論として，幾多のすぐれた点を有している．したがって建設企業のように複雑な生産機構の分析方法として，今後大いに検討すべき点をもつといえよう．

そこで，ここではこの方法論に対する私なりのアプローチを次に試みてみたい．

3.2 生産性と原価分析の1つのモデル

§2. のモデルで考えられている建設生産量は，ある建設企業で生産された名目的な総生産量である．したがってこの内には材料，外注工事のように他産業で生産されたものの成果がそのままの形で含まれている．

このことは建設生産における生産性や原価の厳密な把握をきわめて困難にしているといえる．そこでこの関係を明確にするため，産業連関分析の考え方にならって建設生産のシステムを内部協業と外部協業に分離して考えてみよう．



図—3 建設企業における協業関係

建設企業における内外の協業関係と，それによってつくられる生産物の関係をみると **図—3** のように表わされる．

さて図—3において外部協業とは，資材，労務などの提供によって建設企業と結ばれる協業関係をいう．この外部協業の各業者に支払われた費用は，そのまま建設企業の生産物の価値に転化される．また内部協業とは建設企業内部の主として用役を中心にした部門間の取引関係をいう．たとえば現業部門に対する設計部門の用役費用の振替などの関係がそれである．

これらの協業関係を通じて，建設企業によって最終的に生産されるものは，各部門別の純利益であるとここでは考えてみよう．

一般には利益を生産するのは建設部門のみであり，他の内部協業部門はすべてこの建設部門によって生み出された利益を消費するものとして考えられている．しかしこの考え方はきわめて『ドンブリ勘定』的なものであり，むしろすべての内部協業部門が非負の利益を生産すべきものと考える方がより妥当である．

この内部協業関係の部門を内生部門，また外部協業関係および最終需要としての純利益を，外生部門としてある期における企業の経済活動を部門連関表にまとめた例が **表—5** である．

さて表—5において，内生部門の横欄はその部門で当該期に生産された付加価値とその内訳である純利益および他部門への用役の提供状況を表わす．たとえば部門 i では，その期の人件費が $\sum_j m_{ij}$ であり，そのうち j 部門への用役提供分が m_{ij} であること．またこれによって得られた純利益額と付加価値額はそれぞれ P_i, V_i であることを示している．

また外生部門の横欄は，企業の外部から提供され，なんらの付加価値をもたらすことなく，そのまま生産物の価値に転化されるような材料や用役の提供額とその消費先を示す．たとえば l_{hj} は，外部の h 部門から購入した材料もしくは用役などが，単純に内生部門 j で消費されたことを示している．なおここでは価値的な関係が考えられており，外部との取引きにおける価格差として生ずる利益は，その取引きに関係する内生部門の利益として上欄に記入される．

次に縦欄をみると，その部門における当該期の消費総額とその購入先別の額を表わす．このことからは $\sum_{i=1}^{n} C_i$ 当然その期の総原価に等しい．

表—5における各部門の産出および投入方程式は，産業連関分析の場合と同様に(17)および(18)式で表わされる．

$$[V_i]=[\sum_{j=1}^{n} m_{ij}]+[p_i] \qquad (17)$$

$$(i=1, 2, \cdots\cdots, n)$$

$$[C_j]=[\sum_{i=1}^{n} m_{ij}]+[c_j] \qquad (18)$$

$$(j=1, 2, \cdots\cdots, n)$$

この部門連関表が産業連関表と異なる重要な点は，ある部門について産出額と投入額が等しいという仮定をおいていないことである．

そこで内生部門の各列の要素をその部門の投入量の合計で除した比を求め，これを産業連関表の場と同じく投入係数とよぶことにしよう．

内生部門の投入係数行列をAとし次のように表わす．

$$A=\begin{pmatrix} a_{11} & \cdots\cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots\cdots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

また内生部門の純利益P，代加価値Vおよび内生部門への投入計Cをそれぞれ次のようなベクトルで表わすことにする．

$$\text{純利益ベクトル}P=\begin{pmatrix} p_1 \\ \vdots \\ p_i \\ \vdots \\ p_n \end{pmatrix}$$

$$\text{付加価値ベクトル}V=\begin{pmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_i \\ \vdots \\ v_n \end{pmatrix}$$

投入 / 産出		内生部門 管理 1	設計 2	機械 3	………	××j	………	建設 n	外生部門 純利益	産出合計
内生部門	管理部門 1	m_{11}	m_{12}	m_{13}	………	m_{1j}	………	m_{1n}	p_1	V_1
	設計部門 2	m_{11}	m_{22}	m_{23}	………	m_{2j}	………	m_{2n}	p_2	V_2
	機械部門 3	m_{31}	m_{32}	m_{33}	………	m_{3j}	………	m_{3n}	p_3	V_3
	⋮ ⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	××部門 i	m_{i1}	m_{i2}	m_{i3}	………	m_{ij}	………	m_{in}	p_i	V_i
	⋮ ⋮	⋮	⋮	⋮		⋮		⋮	⋮	⋮
	建設部門 n	m_{n1}	$_{n2}$	m_{23}	………	m_{nj}	………	m_{nn}	p_n	V_n
外生部門	原材料部門 1	l_{11}	l_{12}	l_{13}	………	l_{1j}	………	l_{1n}	0	L_1
	外注部門 2	l_{21}	l_{22}	l_{23}	………	l_{2j}	………	l_{2n}	0	L_2
	⋮ ⋮	⋮	⋮	⋮		⋮		⋮	⋮	⋮
	××部門 h	l_{h1}	l_{h2}	l_{h3}	………	l_{hj}	………	l_{hn}	0	L_h
	⋮ ⋮	⋮	⋮	⋮		⋮		⋮	⋮	⋮
	経費(除人件費)k	l_{k1}	l_{k2}	l_{k3}	………	l_{kj}	………	l_{kn}	0	L_k
投入合計		C_1	C_2	C_3	………	C_j	………	C_n	P	総生産額

表—5 建設企業の部門連関表の一例

投入量（総原価）

$$\text{ベクトル}C=\begin{pmatrix} c_1 \\ \vdots \\ c_i \\ \vdots \\ c_n \end{pmatrix}$$

さてこれらの間の関係は(19)式で表わされる．

$$AC+P=V \tag{19}$$

また外生部門の投入係数行列B，外生部門の産出ベクトルLを次のように表わすと，これらの関係は(20)式で表わされる．

$$\text{投入係数行列}B=\begin{pmatrix} b_{11} & \cdots\cdots & b_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ b_{k1} & \cdots\cdots & b_{kn} \end{pmatrix}$$

外生部門産出

$$\text{ベクトル}L=\begin{pmatrix} l_1 \\ \vdots \\ l_h \\ \vdots \\ l_k \end{pmatrix}$$

とすれば，

$$BC=L \tag{20}$$

である．

(19)式において投入係数Aと純利益ベクトルPは過去の経験から基準値が設定されているとしてみよう．すると投入量ベクトル，つまり総生産量の予測とその部門別配分が与えられれば，われわれはその生産によって生み出すべき付加価値額や部門別人件費の支出基準を算定することができる．

また(20)式においては，あらかじめBが算定されているので，各部門別の総消費予定額が分れば，この期の生産に必要な原材料，外部からの労務費，経費などの必要数量を求めることができる．

この部門連関表は企業の部門別の生産性および原価の構造，特に付加価値生産性の構造を知るには，きわめて有効な方法であるといえよう．

＜参考文献＞

1) John R. Ice: "Field Estimating and Cost Control" ASCE Journal of Construction Div., Vol. 89 No. CO. 2, (1964) pp. 1～10.

2) Host Göbel: "Kostenstellenrechnung und Kostenflussanalyse als Matrizenrechnung" Z. f. Betriebswirtschaft, 35 Jg. H. 11 (1965) S. 738～752.

3) W. Marschall u. G. Wagner: "Können in der Bauindustrie Verflechtungsmodelle zur Produktivitätsberechung verwendet werden?" Bauzeitung (Teil 1) 21 Jg. H. 1 (1967) S. 24～26 (Teil 2) 21 Jg. H. 2 (1967) S. 74～78.

4) Werner Dahlenburg: "Mathematische Methoden und Moderne Datenverarbeitung bei der Kapazitäts-und Aufwandsplanung im industriellen Wohnungsbau" Bauzeitung 21 Jg. H. 2 (1967) S. 84～87.

—: "Mathematische Modellierung bauökonomischer Prozesse" Bauzeitung 21 Jg. H. 7 (1967) S. 357～362.

—: "Weiteren Wicklung der Baubilanzierung zur Verflechtungsbilanzierung" Bauzeitung 21 Jg. H. 8 (1967) S. 404～408.

5) P. Peters: "Bedeutung und Methode der Verbesserung der Materialplanung mit Hilfe der Verflechtungsbilanzierung im Schiffbau" Schiffbautechnik 17 (6/1967) S. 320～322.