

3 レベル連関分析モデルの都市圏への適用性の検討

ON THE 3-LEVEL I-O ANALYSIS MODEL AND IT'S APPLICACION TO A METROPOLITAN AREA

堺 美智雄^{*}・安藤 朝夫^{**}

By Michio SAKAI, Asao ANDO

In this paper, the authors review the distribution model, which include the production distribution and the final demand distribution of 3-Level Input Output Analysis Model. It is neccessary to get the basic data for the simulation. But it is impossible to get them, because of the revision of the System of National Accounts (SNA). For this reason, we propose the new distribution model here.

1. はじめに

都市圏シミュレーションモデルの全体的な構成の中で、本研究は特に、生産額、需要額、などのフローを予測するモデルについて、これまでの研究¹⁾を踏まえ検討を行なったものである。

実際のシミュレーションを行なうに当っては、県民経済計算体系が国民経済計算体系（SNA方式）へ移行したことに伴い、各種データの入手可能性の点からも新たなモデル構築が必要といえる。

本研究で用いるフロー分析の手法としては、レオンチェフのI-O Analysisを基本とした3レベル連関分析であり、地域と活動性に着目したモデル構成となっているため、この分析モデル内における上位地域から下位地域へのフロー量配分モデ

ルにおいても配分パラメータについての配慮が必要といえる。

活動モデルは、都市圏全体での諸指標の分析を行なう圏域モデルや、従業者、人口、土地利用などのストック量の分析を行なう立地モデルとは、外生変数を通じて全体的なつながりをもつことになる。

2. 3レベル連関分析モデル

(2-1) 地域と活動の階層性について

現実の都市活動は極めて多様であり、それらについてこまかい地域に至るまで分析することは、操作可能性の面で困難である。そこで、都市活動を類別し、取り扱いが可能となるようなモデルを構成することは、合理的であるものと考えられる。

本研究では、都市活動をその需給が均衡する領域によって類別し、モデルを多階層的に構成する3レベル連関分析を用いる。すなわち分析対象地域を圏域[Rレベル] = 対象圏域全域

* 学生員 熊本大学大学院 土木工学専攻
(〒860 熊本市黒髪2-39-1)

** 正会員 熊本大学助教授 土木工学科

地域 [P レベル] = 圏域内のまとまった都市地域
 地区 [C レベル] = 細かい日常生活圏
 の3つのレベルに分割し、これに対応して活動の階層性を次のように規定する。

R レベル活動=圏域全域、あるいはそれ以上の領域で需給バランスが成立する活動。

P レベル活動=地域内で需給がバランスする活動。

C レベル活動=地区内ではば閉じる日常活動。

(2-2) 関東35部門活動連関表について

本研究では、昭和50年を基準点にとり、関東7都県(茨城、栃木、群馬、埼玉、千葉、東京、神奈川)を対象圏域とし、3レベル連関分析モデルでの活用を前提に活動連関表の作成を行なう。表の作成とその性質については文献2)で述べた。今回活動部門を35部門に再編したが、これを表-1に示す。

表-1. 都市活動の35部門分類

	活動部門		活動部門
R レ ベ ル	01 農林水産	P レ ベ ル	19 水道
	02 鉱業		20 住宅建築
	03 飲食料品		21 都市旅客輸送
	04 繊維織物		22 都市貨物輸送
	05 製材パルプ		23 通信
	06 印刷・出版		24 金融・保険・不動産
	07 化学		25 事業所サービス
	08 金属		26 娯楽
	09 機械		27 P 公共事業
	10 その他・製造業		28 P 公共サービス
	11 電気・ガス		29 P 行政サービス
	12 非住宅建築	C レ ベ ル	30 日用品小売
	13 広域輸送		31 飲食店・個人サービス
	14 商業		32 C 公共事業
	15 R 公共事業		33 C 公共サービス
	16 R 公共サービス		34 C 行政サービス
	17 R 行政サービス		35 下水・廃棄物処理
	18 本社・営業所活動		

(2-3) 3レベル連関分析モデルの概要

このモデルにおける基本仮定は次の通りである。

仮定1. 活動の階層数は3レベルで規定される。

仮定2. 各財は唯一の基本活動で生産される。

仮定3. 投入係数は圏域全体を通じて同一である。

仮定4. 競争輸入、競争移入。

ここで輸入とは国内外を問わず、圏域外からの財の流入を指し、移入とは圏域内交易を指す。輸移出も同様である。

次に、3レベル連関分析モデルの概略を述べる。

その概要は図-1に示す通りである。

[Rレベル連関分析] Rレベル活動、Pレベル活動、Cレベル活動の生産額のベクトル表示を X_R 、 X_P 、 X_C で表し、圏域内純最終需要を $\hat{Y}_R$ 、 $\hat{Y}_P$ 、 $\hat{Y}_C$ 、

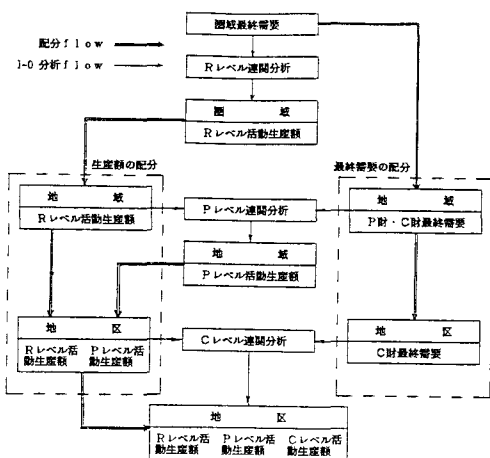


図-1. 3レベル連関分析モデル

在庫純増を J_R 、 J_P 、 J_C 、輸出入を F_R 、 M_R で表し、 $A = \{a_{ij}\}$ を投入係数とすれば、圏域全体での需給バランス式は、

$$\begin{pmatrix} X_R \\ X_P \\ X_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{RR} & A_{RP} & A_{RC} \\ A_{PR} & A_{PP} & A_{PC} \\ A_{CR} & A_{CP} & A_{CC} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_R \\ X_P \\ X_C \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Y_R + J_R + F_R - M_R \\ Y_P + J_P \\ Y_C + J_C \end{pmatrix} \quad (2-1)$$

である。したがって、これを X について解けば各活動の圏域生産額(X_R 、 X_P 、 X_C)が求まる。

[Pレベル連関分析] Rレベル活動の地域 p での生産額 X_p が与えられれば、Pレベル活動、Cレベル活動の地域 p でのバランス式は、

$$\begin{pmatrix} X_p^P \\ X_p^C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{pp} & A_{pp} \\ A_{cp} & A_{cp} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_p^P \\ X_p^C \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} A_{pp} X_p^P + \hat{Y}_p^P + J_p^P \\ A_{cp} X_p^C + \hat{Y}_p^C + J_p^C \end{pmatrix} \quad (2-2)$$

これを解けば、 X_p^P 、 X_p^C が求まる。

[Cレベル連関分析] Rレベル活動、Pレベル活動の地区 c での生産額 X_c^R 、 X_c^P が与えられれば、Cレベル活動の地区 c でのバランス式は、

$$X_c^C = A_{cc} X_c^C + (A_{cr} X_c^R + A_{cp} X_c^P + \hat{Y}_c^C + J_c^C) \quad (2-3)$$

これより、 X_c^C が求まる。

以上で、地区 c におけるすべての生産額が得られたことになり、分析の定式化が完了する。

3レベル連関分析の実際の適用に際しては、次の変数があらかじめ与えられておく必要がある。

(圏域) 投入係数 a_{ij}
 圏域内純最終需要 $\tilde{Y}_i$
 圏域在庫純増 J_i
 圏域輸出入 F_i, M_i ($i \in R$)

分析は、図-1に示すように、上位の活動・地域へ一方的に進む。下位レベルの連関分析を行なうためには、次の値が別途配分されている必要がある。

< Pレベル連関分析 > $X_R^P, \tilde{Y}_P^P, \tilde{Y}_C^P, J_P^P, J_C^P$

< Cレベル連関分析 > $X_R^C, X_P^C, \tilde{Y}_C^C, J_C^C$

しかしながら、在庫純増については、次の仮定を設けることで生産額と同時決定される。

仮定5. 在庫純増の地域配分比は生産額に比例する。
 以上の変数を事前に求めるためのモデルが次に述べる最終需要配分モデルと生産額配分モデルである。

3. 最終需要配分モデル

(3-1) 最終需要配分モデルについて

圏域モデルから与えられた最終需要項目(表-2参照)ごとの総和 $\tilde{Y}$ を単位コンバータ c_{ij} によって、各財に配分したものの和をとることによって、財別の純最終需要 $\tilde{Y}_i$ が得られる。

$$\tilde{Y}_i = \sum_j c_{ij} \cdot Y_j \quad \text{または} \quad \tilde{Y} = C \cdot Y \quad (3.1)$$

したがって、 $\tilde{Y}_P^P, \tilde{Y}_C^P, \tilde{Y}_C^C$ だけを切り離して求めることはできず、各項目ごとの配分がなされれば、すべてのレベルの財への純最終需要の配分が同時に決定される。

表-2. 最終需要項目

純最終需要	C1	: 家計外消費支出
	C2	: 家計消費支出
	C3	: 中央政府消費支出
	C4	: 地方政府消費支出
	IF	: 産業資本形成
	IR	: 民間住宅資本形成
	IGR	: 政府住宅資本形成
	IG	: 政府一般資本形成
	J	: 在庫純増
	F, M	: 輸出入

$$\tilde{Y}_i^P = \sum_j c_{ij} \cdot Y_j^P \quad \text{または} \quad \tilde{Y}_i^C = \sum_j c_{ij} \cdot Y_j^C \quad (3.2)$$

ここで、単位コンバータ c_{ij} についても、投入係数と同じく地域的同一性を仮定している。純最終需要のうち、資本形成に関する項目(IF, IR, IGR, IG)については、ストック分析を行なう立地モデルによって定まるという形をとるため、結局、ここで必要とされるのは、消費支出に関する項目(C1, C2, C3, C4)の地域、地区への配分モデルである。

(3-2) 最終需要配分モデルの定式化

これまでの研究では、 $\tilde{Y}^P$ を求めるpレベル地域への配分モデル(以下p地域配分モデル)と $\tilde{Y}^C$ を求めるcレベル地区配分モデル(以下c地区配分モデル)では、配分パラメータを別途求める形となっていた。

また、配分の指標としては純生産や個人所得が用いられていたために、SNAへの移行によって新たな指標の設定をする必要が生じてきた。本研究では、p地域配分モデル、c地区配分モデルに対して、配分パラメータを共通に使用可能となるように構成したものである。以下、モデル式を列挙する。

1) 家計外消費支出 C1(t)

$$C1^P(t) = \left[\frac{C1^P(t-1)}{E^P(t)} + \alpha_{11} \left(\frac{C1^P(t-1)}{E^P(t)} - \frac{C1^P(t+1)}{E^P(t)} \right) + \alpha_{12} \left\{ \frac{VA^P(t) + VA^C(t) \cdot \left(\frac{E^P(t)}{E^C(t)} - \frac{E^P(t)}{E^C(t)} \right)}{E^P(t)} - \frac{VA^P(t)}{E^P(t)} \right\} \right] E^P(t) \quad (3.3)$$

$$C1^C(t) = \left[\frac{C1^C(t-1)}{E^C(t)} + \alpha_{11} \left(\frac{C1^C(t-1)}{E^C(t)} - \frac{C1^C(t+1)}{E^C(t)} \right) + \alpha_{12} \left\{ \frac{VA^C(t) + VA^P(t) \cdot \left(\frac{E^C(t)}{E^P(t)} - \frac{E^C(t)}{E^P(t)} \right)}{E^C(t)} - \frac{VA^C(t)}{E^C(t)} \right\} \right] E^C(t) \quad (3.4)$$

ここで、圏域トータル値としての $C1(t)$ は次式で与える。

$$C1(t) = \left[\alpha_{10} + \alpha_{11} \frac{C1(t-1)}{E(t)} + \alpha_{12} \frac{VA(t)}{E(t)} \right] E(t) \quad (3.5)$$

なお、配分パラメータの決定は、次式による。

$$\frac{C1^P(t)}{E^P(t)} = \alpha_{10} + \alpha_{11} \frac{C1^P(T-1)}{E^P(t)} + \alpha_{12} \frac{VA^P(t) + VA^C(t) \cdot \left(\frac{E^P(t)}{E^C(t)} - \frac{E^P(t)}{E^C(t)} \right)}{E^P(t)} \quad (3.6)$$

ここで $C1^P(t)$: 今期p地区家計外消費支出
 $E^C(t)$: 今期C地区従業者数
 $E_i(t)$: 今期圏域i活動従業者数
 (i=18は、本社営業所活動)
 $VA(t)$: 今期圏域付加価値額合計
 $VA(t) = \sum_{j=1}^{35} a_{0j} X_j(t)$
 (a_{0j} はj財・付加価値投入係数)

家計外消費支出とは、「企業消費」に相当し、交際費、接待費などがこれに含まれる。工場などが立地する場所においてこういった消費がなされるとは限らず、むしろ、その本社の存在する地域において消費が行われることのほうが多いはずであり、この考えを α_{12} に関する項目で取入れている。

さらに、式(3-3)を全地域 p について総和を求めれば、 $C1(t)$ となることは自明であり、同様に式(3-4)を p の部分集合である c 地区について合計すれば、 $C1^c(t)$ となり整合性の条件も保証される。

以下 $C2$ から $C4$ については、 p 地域配分式のみを述べる。なお、配分パラメータについては、表-3の通りである。部分的なモデルの検討として、 $C2$ の昭和55年のモデル推定値と実績値との比較を図-2に示す。また、配分パラメータについては、表-3の通りである。

2) 家計消費支出 $C2(t)$

$$C2^p(t) = \left[\frac{C2(t)}{N(t)} + \alpha_{21} \left(\frac{C2^p(t-1)}{N^p(t)} - \frac{C2(t-1)}{N(t)} \right) + \alpha_{22} \left(\frac{VA^p(t)}{N^p(t)} + \frac{VA(t)}{N(t)} \left(\frac{N^p(t)}{N(t)} - \frac{E^p(t)}{E(t)} \right) - \frac{VA(t)}{N(t)} \right) \right] \cdot N^p(t) \quad (3.7)$$

ここで、 $N^p(t)$ ：今期 p 地域人口
家計消費というのは、居住地においてのみなされるというものでなく、勤務地においてもなされるという点を α_{22} に関する項目で考慮する。

3) 中央政府消費支出 $C3(t)$

$$C3^p(t) = \left[\frac{C3(t)}{N(t)} + \alpha_{31} \left(\frac{C3^p(t-1)}{N^p(t)} - \frac{C3(t-1)}{N(t)} \right) + \alpha_{32} \left(\frac{\Delta EP_R^p(t)}{N^p(t)} - \frac{\Delta EP_R(t)}{N(t)} \right) \right] \cdot N^p(t) \quad (3.8)$$

ここで、 $\Delta EP_R^p(t)$ ：今期の p 地域 R レベルサービス従業者数 $E(t)$ と p 地域 R レベル行政サービス従業者数 $E(t)$ の増加数

政府消費支出は、前期の支出額を基に今期の支出額が決定されるという面と、今期の公共サービス、行政サービスの従業者の増加数に応じて予算配分がなされるという側面とを有すると考え定式化を行な

っている。

4) 地方政府消費支出 $C4(t)$

$$C4^p(t) = \left[\frac{C4(t)}{N(t)} + \alpha_{41} \left(\frac{C4^p(t-1)}{N^p(t)} - \frac{C4(t-1)}{N(t)} \right) + \alpha_{42} \left(\frac{\Delta EP_L^p(t)}{N^p(t)} - \frac{\Delta EP_L(t)}{N(t)} \right) \right] \cdot N^p(t) \quad (3.9)$$

ここで、 $\Delta EP_L^p(t)$ ：今期の p 地域の P レベル公共サービス従業者数と行政サービス従業者数及び p 地域の C レベル公共サービス従業者数と行政サービス従業者の増加数

これまでのモデルでは、公共サービス従業者と行政サービス従業者の2指標を用いての配分パラメータの推定を行っていたが、説明変数の性格上、重共線性の問題³⁾が生じることになり、経済学的意味づけに適合するような回帰方法をとる必要があった。この点も実際の適用に当たっては注意を要した。

表-3. 最終需要配分パラメータ一覧

	α_{11}	α_{12}	α_{13}	R^2	d.f.
C1	0.06408 (3.23)	0.51603 (3.49)	0.00307 (2.10)	0.4670	32
C2	0.03273 (1.43)	0.96238 (25.71)	0.02592 (1.64)	0.9758	32
C3	-0.00131 (-1.77)	1.04607 (67.93)	4.22176 (3.65)	0.9933	32
C4	0.00230 (0.90)	0.99386 (48.31)	2.47864 (2.26)	0.9873	32

注：() は t 値を示す。

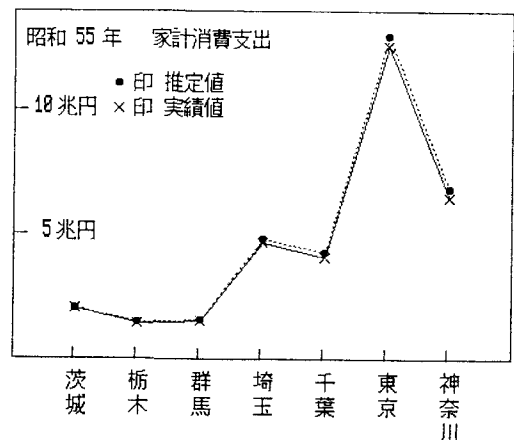


図-2. 最終需要配分モデル推定値と実績値の比較

図-2を見ると、全体として昭和55年は、推定値がやや大きく出ている。表-3のパラメータは、昭和51年から55年までの7都県でのブーリングデータをもとに算定しているため、全体の傾向がこのような年もある。C2で見る限り適合度は良いと考えられる。

4. 生産額配分モデル

(4-1) 生産額配分モデルについて

生産能力 $S_j^p(t)$ を今期における生産要素を用いて達成可能な最大の生産額と定義すれば、

$$X_j^p(t) = \rho_j^p(t) \cdot S_j^p(t) \quad (4 \cdot 1)$$

ここに、 $\rho_j^p(t) \in [0, 1]$ は、 $S_j^p(t)$ の稼働率を示し、各期の需給バランスよりほぼ決定される。いま、 $\rho_j^p(t)$ を圏域全域を通じて一定とみなせるならば、圏域生産額 $X_j(t)$ の地域 p への配分率 $r_j^p(t)$ は、

$$r_j^p(t) = \frac{X_j^p(t)}{X_j(t)} = \frac{S_j^p(t)}{\sum_p S_j^p(t)} \quad (4 \cdot 2)$$

で与えられる。このとき、

$$X_j^p(t) = r_j^p(t) \cdot X_j(t) \text{ また、 } X_j^c(t) = r_j^c(t) \cdot X_j(t) \quad (4 \cdot 3)$$

したがって、 $S_j^p(t)$ 、 $S_j^c(t)$ の関数形を定めれば、生産額の配分モデルを定式化したことになる。

(4-2) 生産関数の決定

生産要素としては、労働、設備資本、土地の3つが考えられるが、これまでの研究においては生産要素の間での代替性についての吟味と、それに基づいた定式化がなされてきた。本研究では、活動ごとに種々の関数形を考え、それらについて回帰を行い、パラメータの符号条件に適合する関数形を採用している。概ね次の3つの形に代表されるが、その結果を表-4に示す。

$$A) X_j^p(t) = \alpha \cdot (K_j^p(t))^\beta \cdot (E_j^p(t))^\gamma$$

$$B) X_j^p(t) = \alpha \cdot (E_j^p(t))^\gamma$$

$$C) X_j^p(t) = \alpha \cdot (E_j^p(t))^\gamma \cdot \exp \left\{ \delta \left(\frac{VA_j^p(t)}{EU_j^p(t)} - \frac{VA_j(t)}{EU_j(t)} \right) \right\}$$

表-4. 生産関数パラメータ一覧

活動部門	採用した関数形	パラメータ			
		α	β	γ	δ
01 農林水産	B	6.997688 *		0.475077 (8.37)	
02 鉱業	C	-0.114511 *		1.419179 (4.32)	0.617729 (2.13)
03 飲食料品	A	1.648243 (3.10)	0.659674 (7.59)	0.395271 (4.26)	
04 繊維織物	A	-1.311872 (-2.97)	1.085915 (10.57)	0.255093 (3.12)	
05 製材・パルプ	A	1.926844 (4.85)	0.427806 (8.27)	0.586008 (12.84)	
06 印刷・出版	A	0.299656 (2.32)	0.64517 (18.62)	0.532464 (8.43)	
07 化学	A	1.308956 (3.36)	0.673626 (16.05)	0.439849 (7.52)	
08 金属	A	1.476307 (2.50)	0.445714 (12.00)	0.622627 (11.45)	
09 機械	A	0.783134 (2.99)	0.769777 (11.74)	0.340554 (5.23)	
10 その他・製造業	A	-1.148798 (-2.44)	0.536145 (9.68)	0.759238 (16.50)	
11 電気・ガス	C	5.007614 *		0.953121 (13.60)	0.667274 (5.64)
12 非住宅建築	C	2.529331 *		1.043695 (9.62)	0.633787 (4.23)
13 広域輸送	B	1.648837 *		1.142276 (31.29)	
14 商業	B	0.513080 *		1.148736 (44.82)	
15 R公共サービス	B	1.882172 *		1.043467 (62.58)	
17 R行政サービス	B	0.319187 *		1.077377 (11.29)	
18 本社・営業所活動	B	1.051845 *		1.001263 (105.5)	
19 水道	C	2.392254 *		1.008634 (15.32)	0.611861 (5.32)
20 住宅建築	C	5.115953 *		0.738353 (11.02)	0.725862 (6.71)
21 都市旅客輸送	B	0.404294 *		1.168178 (22.16)	
22 都市貨物輸送	B	0.172981 *		1.141941 (17.27)	
23 通信	C	0.385723 *		1.178808 (50.21)	0.112626 (2.87)
24 金融・保険・不動産	C	3.663473 *		0.320013 (40.28)	0.022841 (2.17)
25 事業所サービス	B	1.682530 *		1.031479 (36.55)	
26 娯楽	B	1.670082 *		1.059065 (32.31)	
28 L公共サービス	B	1.170985 *		1.061879 (17.98)	
29 L行政サービス	C	4.358482 *		0.754653 (33.01)	0.160376 (3.78)
30 日用品小売	C	4.674419 *		0.659537 (14.53)	0.366747 (5.45)
31 飲食店・個人サービス	B	0.800031 *		1.043393 (24.84)	
33 D公共サービス	B	1.159363 *		1.038328 (17.36)	
34 D行政サービス	B	-1.816869 *		1.299885 (17.35)	
35 下水・廃棄物処理	C	2.445979 *		0.964287 (18.73)	0.653780 (6.63)
36 公共事業 (R, L, D総括)	C	-0.104722 *		1.202767 (12.02)	0.475789 (2.91)

(注) : () はt値を示す。なお、*印のt値については省略。

ここで $K_j^p(t)$: 今期 p 地域設備資本量

$E_j(t)$: 今期の都市的活動従業者数

$$EU_j(t) = \sum_{i=1}^{35} E_i^p(t)$$

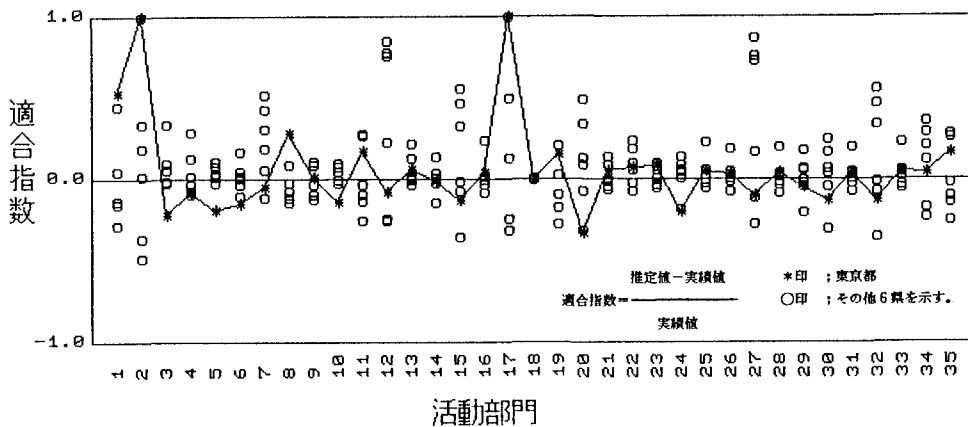


図-3. 生産額配分モデル推定値と実績値の比較（昭和55年）

活動部門3～10までのいわゆる製造業部門においては相関係数の大きいものを選んだときに、設備資本量を含むA)形となった。労働と資本の代替性を認める活動であるが、総てA)形となったのは興味深い所である。

表-4に示す生産関数を用いてp地域配分モデルについて推定値を求めてみた。図-3に、実績値との適合度を昭和55年について示す。

*印の、東京都について線をむすんでみると、各活動での適合の様子がわかる。17R行政サービスでかなり過大に推定されているが、主要官庁などが東京に集中していることから、B)形の関数形を用いたときに、従業者数にかなり影響された結果を示すものと考えられる。活動部門2,17を除けば適合度はかなりよいものと考えられる。

○印は、他の6県の適合指数を示すが従業者数に関する γ のt値が大きいほど、7都県全部の適合指数のばらつきは小さくなっている。このことから、従業者数は、生産関数を規定する極めて重要な指標であると考えられる。

5. 地域需給アンバランス

更に、すべてのレベルの純最終需要が先に、配分されることを利用すれば、地域別の輸移出入を需給アンバランス $(F_R^p - M_R^p)$ 、 $(F_R^c - M_R^c)$ の形で求めることができる。例えば、Rレベル活動の地域pにおける輸移出入は、Pレベル連関分析より、

$$(F_R^p - M_R^p) = (I_R - A_{RR}) X_R^p - A_{RP} X_P^p - A_{RC} X_C^c - \bar{V}_R^p - J_R^p \quad (5.1)$$

となる。

6. おわりに

3レベル連関分析モデル内においては、I-O分析と配分モデルを組み合わせることで、上位レベル地域から下位レベル地域までのフロー量が決定される。これまで、最終需要配分モデルと生産額配分モデルの部分的な検討を行いながら、新たなモデルを提案してきた。実績値との比較検討の結果からは、概ね良好なモデル構成を成しえたものと考えている。

〔謝意〕

本研究の遂行の当っては、文部省科学研究費（奨励研究A・59750442および60750516）より補助を受けた。ここに記して謝意を表する。

（参考文献）

- 1) Amano, K., Kimura, T., Ando, A.: Acting Analysis Model in a Metropolitan Area. 土木学会論文報告集, 273, 1978年6月
- 2) 藤・安藤: 3レベル連関分析のための都市活動連関表の作成とその検証 第39回土木学会年次学術講演録要集 昭和59年10月
- 3) J. Johnston: 計量経済学の方法, 東洋経済新聞社, pp183-184, 1972