IV—22　地域分析の土木計画学への適用について

京都大学工学部　正員　　米谷栄二
京都大学工学部　正員　○河上省吾

1、緒言　　本研究は、近時Isardによりほぼ完成の域に達した地域分析を応用して、工業立地計画およびそれにともなう工業地帯の整備計画を合理化しようとしたものである。これには、工業地帯をモデル化し、Operations Researchの一手法であるLinear Programmingとそれを基礎としたNonlinear Programmingの方法を用いた。ところで、工業立地計画の最終目的は、その地域を開発し、住民の繁栄をもたらすことであるから、ここでは、その目的に適合した計画となるように、その地域の産業が地域にもたらす分配所得の合計を最大にすることを目標とした。

2、地域分析に基いた工業立地計画　　地域分析とは、地域の工業資源や産業に関する分析のことである。各地域を工業立地という立場から分析するとき、立地条件として取り上げるべき要因は、工業用地、工業用水、労働力、資本、輸送力、需要量などである。地域分析では、これら各種要因の保有量などを調べる。また、産業については、投入産出分析を行う。投入産出分析では、産業が単位の操業水準で活動するときの、各資源の投入量および産出物の量を調査する。この結果を表にしたものが投入産出表である。このとき、単位操業水準で活動する各種産業が地域にもたらす分配所得も調べておく。ところで、合理的な工業立地を行うためには、限られた資源を効果的に利用することがきわめて大切であるから、本研究では、この点に重点を置いた。

(1)　2つの地域からなる地域圏における工業立地　　いま、地域AとBの2つの地域からなる地域圏モデルを考える。各地域においては、それぞれ最終製品、輸送、工業用地の3物資だけが生産されるとする。また、生産には、多くの資源が使用されるが、使用制限のある資源は、工業用水、工業用地、資本の3つで、表-1に示すように、$R_i^L\begin{pmatrix}L=A,B\\ i=1,\cdots 5\end{pmatrix}$によりこれら各資源の使用制限量を表わす。このうち、工業によってのみ使用される中間資材である輸送に関するRは0である。このような地域および産業を分析し、表-1を得たものとする。この表で、投入を表わす係数は負、産出を表わす係数は正で表わす。このようなデータが得られたとき、L.P.モデルを作成すると次のようになる。

表-1

物資＼産業	1A 輸送業	2A AからBへの工業用水移出業	3A 土地造成業	4A 最終製品生産業	5A AからBへの最終製品移出業	1B 輸送業	2B AからBへの工業用水移出業	3B 土地造成業	4B 最終製品生産業	5B AからBへの最終製品移出業	制限量
1A 工業用水	0	a_{12}^A	0	a_{14}^A	0	0	$a_{12}^{B\to A}$	0	0	0	R_1^A
2A 工業用地	0	0	a_{23}^A	a_{24}^A	0	0	0	0	0	0	R_2^A
3A 輸送	a_{31}^A	0	0	a_{34}^A	a_{35}^A	0	0	0	0	0	R_3^A
4A 資本	a_{41}^A	a_{42}^A	a_{43}^A	a_{44}^A	0	0	0	0	0	0	R_4^A
5A 最終製品	0	0	0	a_{54}^A	a_{55}^A	0	0	0	0	$a_{55}^{B\to A}$	R_5^A
1B 工業用水	0	$a_{12}^{A\to B}$	0	0	0	0	a_{12}^B	0	a_{14}^B	0	R_1^B
2B 工業用地	0	0	0	0	0	0	0	a_{23}^B	a_{24}^B	0	R_2^B
3B 輸送	0	0	0	0	0	a_{31}^B	0	0	a_{34}^B	a_{35}^B	R_3^B
4B 資本	0	0	0	0	0	a_{41}^B	a_{42}^B	a_{43}^B	a_{44}^B	0	R_4^B
5B 最終製品	0	0	0	0	$a_{55}^{A\to B}$	0	0	0	a_{54}^B	a_{55}^B	R_5^B
単位水準分配所得	C_1^A	C_2^A	C_3^A	C_4^A	C_5^A	C_1^B	C_2^B	C_3^B	C_4^B	C_5^B	

目的関数　$\mathrm{Max}\ Y=\sum_L\sum_j C_j^L X_j^L$

条件式　$-\sum a_{kj}^L X_j^L-\sum_{\substack{J\\ J\neq L}}\sum_j a_{kj}^{J\to L} X_j^L \leq R_k^L,\quad X_j^L\geq 0$　$\begin{pmatrix}k=1,\cdots\cdots 5\\ L=A,B\end{pmatrix}$

ただし、X_j^L：産業の操業水準，C_j^L：単位操業水準当たりの分配所得（その産業の単位水準当たりの最終製品産出

量にその価格を乗じたものに等しい。） また、需要量に関する条件式では、$-R_k^L$が需要量を表わし、常に等号が成立しなければならない。 ここに、目的関数Yは各種産業のもたらす分配所得の和を表わし、資源および中間資材に関する条件式は資源に対する需要量は供給量を越えられないことを意味し、最終製品に関する条件式は最終製品の生産量が需要量に等しいことを表わしている。このようなモデルができると、各条件式の下でYを最大とする計算法(Simplex法)を用いることにより、われわれの目的とする合理的な工業立地計画を算出することができる。

(2). 一般的な地域圏における工業立地　　(1)の場合の考え方を拡張し、U個の地域からなる地域圏の工業立地について考察する。U個の各地域には、v個の産業とS個の物資があるものとする。この地域圏で、地域分析により表-1と同様なデータが得られたものとすると、地域圏モデルは次式のようになる。条件式の意味は、(1)の場合と同じである。

目的関数（分配所得）　$\mathrm{Max}\ Y=\sum_{L=1}^{U}\sum_{j=1}^{v} c_j^L X_j^L$　　c_j^L：単位水準当たりの分配所得

条件式　$-\sum_{J}\sum_{j} a_{kj}^{J\to L} X_j^J \leq R_k^L,\ X_j^L \geq 0 \quad \begin{pmatrix} k=1,\cdots\cdots,S \\ L=1,\cdots\cdots,U \end{pmatrix}$　　X_j^L：産業の操業水準,

ただし、aの右肩の文字$J\to L$はLを表わすものとする。

(3) Nonlinear Programmingへの拡張　　以上では、産業の投入産出係数および単位操業水準分配所得をすべて常数として扱ってきた。しかし、これらの係数には、実際の産業活動において常数でないものがあり、それらはいろいろな要因の影響により変化する。そこで、実状にそくした工業立地モデルを設定するためには、投入産出係数、単位操業水準分配所得などを変数として取り扱わなければならない。ところで、変動する係数は資本投入係数と分配所得係数の2つで、これらの変動の主な要因は、産業活動に関係する資源および中間資材の価格の変動である。この資源および中間資材の価格の変動に最も密接な関係をもつものは、その資源に対する需要と供給の関係であるから、この関係を(資源に対する需要量)/(資源の供給量)という形で表わし、資源および中間資材の価格をこの関係式の一次関数として近似する。従って、地域Lの資源および中間資材の価格P_i^Lは次のように表わされる。

資源i：$P_i^L=\alpha_i^L+k_i^L\dfrac{-\sum_J\sum_j a_{ij}^{J\to L}X_j^J}{R_i^L+\sum_J\sum_t a_{it}^{J\to L}X_t^J}$，　　中間資材i：$P_i^L=\alpha_i^L+k_i^L\dfrac{-\sum_J\sum_j a_{ij}^{J\to L}X_j^J}{\sum_J\sum_r a_{ir}^{J\to L}X_r^J}$

(このモデルでは、中間資材を需要量だけ産出することにしているから中間資材の価格の変動は比較的小さい。） これらの式を用いると、資本投入係数は単位水準の操業を行うために投入される物資の価格の和であり、また分配所得係数は最終製品の販売額に等しい、すなわち製品の原価と利潤の和であるから、Nonlinear Programmingモデルは次のようになる。

$$\text{目的関数}\quad \mathrm{Max}\ Y=\sum_{L=1}^{U}\sum_{j=1}^{v}\left\{B_j^L+\sum_g k_g^L\frac{-\sum_J\sum_j a_{gj}^{J\to L}X_j^J}{R_g^L+\sum_J\sum_t a_{gt}^{J\to L}X_t^J}+\sum_\ell k_\ell^L\frac{-\sum_J\sum_j a_{\ell j}^{J\to L}X_j^J}{\sum_J\sum_r a_{\ell r}^{J\to L}X_r^J}\right\}\cdot X_j^L$$

$$\text{条件式}\quad \sum_{J=1}^{U}\sum_{j=1}^{v}\left\{A_{ij}^{J\to L}+\sum_g k_g^L\frac{-\sum_J\sum_j a_{gj}^{J\to L}X_j^J}{R_g^L+\sum_J\sum_t a_{gt}^{J\to L}X_t^J}+\sum_\ell k_\ell^L\frac{-\sum_J\sum_j a_{\ell j}^{J\to L}X_j^J}{\sum_J\sum_r a_{\ell r}^{J\to L}X_r^J}\right\}\cdot X_j^J\leq R_i^L,\quad X_j^L\geq 0\quad\begin{pmatrix} i=1,\cdots\cdots,S \\ j=1,\cdots\cdots,v \\ L=1,\cdots\cdots,U\end{pmatrix}$$

ただし、最終製品に関する条件式では、$-R_i^L \geq 0$が需要量を表わし、常に等号が成立しなければならない。すなわち供給量が需要量に等しくなければならないことを意味している。

ここに，L.P.より一層実状にそくした、Nonlinear Programmingモデルが確立された。

(4) 簡単なExample　　表-1の各係数に、$a_{12}^A=a_{12}^B=-1$, $a_{14}^A=a_{14}^B=-0.4$, $a_{23}^A=a_{23}^B=a_{54}^A=a_{54}^B=a_{31}^A=a_{31}^B=a_{12}^{A\to B}=a_{12}^{B\to A}=a_{55}^{A\to B}=a_{55}^{B\to A}=1$, $a_{42}^A=a_{42}^B=a_{43}^A=a_{43}^B=a_{55}^A=a_{55}^B=-1$, $a_{41}^A=a_{41}^B=a_{44}^A=-0.5$, $a_{24}^A=a_{24}^B=-0.2$, $a_{34}^A=a_{34}^B=-0.1$, $a_{35}^A=a_{35}^B=-0.8$, $a_{44}^B=0.4$, $R_1^A=2$, $R_2^A=3$, $R_3^A=R_3^B=0$, $R_4^A+R_4^B=10$, $R_5^A=10$, $R_1^B=6$, $R_2^B=5$, $R_5^B=5$なる数値を代入して計算したら次のような解を得た。$X_1^A=1$, $X_4^A=10$, $X_1^B=0.5$, $X_2^B=2$, $X_4^B=5$, 他の$X=0$。