Ⅳ-18　環境整備のための土地利用計画法に関する一考察

京都大学工学部　正員　長尾義三
三菱総合研究所　正員　森杉寿芳
○（株）竹中土木　正員　木城勇介

1. はじめに　筆者らは環境整備計画を、土地利用計画モデルの中で取り扱う方法について研究を行って来た。[1]　本研究は、これにひき続くものである。筆者らはこのモデルを、与えられた総床面積需要量と環境規準を制約条件とした、総費用最小化問題として定式化した。しかしこのようなモデルの問題点の1つは、制約条件として設けた総床面積需要量、環境規準が妥当なものであるか否かということである。このような計画目標の妥当性の検討には、それらを満たすことによって得られる便益の計量が不可欠のものであるが、この計量はきわめて困難かつ不確実である。本研究では、このような問題点解決のための1方法として、費用最小化モデルを主問題としたとき、そこから数理的に導かれる双対問題およびその解である双対解を用いて計画目標の妥当性の検討手法を提案する。これは所与の計画目標である需要量と環境規準のもとで、費用最小化を行ったモデルが、どのような暗黙の便益構造を想定しているかを明らかにする方法論の提案である。

2. 本モデルの前提および定式化　本モデルは、各用途各評価項目についての環境規準、および各用途に対する総床面積需要を与件とし、これを満たすという制約条件のもとで、総費用の最小化を計るとする。総費用は、当該ゾーン当該環境評価項目の水準を改良する改良費用と、当該ゾーンのある用途が立地している土地を別の用途に転換する転換費用より成るとする。また費用関数には、線型性を仮定する。以上の仮定のもとで、本モデルはつぎのように定式化される。

$$
(1)\quad
\begin{cases}
\min.\quad z=\sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{K}C_i^k x_i^k+\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{J}c_{ij}y_{ij} \\
\text{s.t.}\quad \sum_{i=1}^{N}a_i^k x_i^k \geq D^k \qquad \sum_{k=1}^{K}x_i^k \leq A_i \\
\qquad UQ_i^k - x_i^k \geq 0 \qquad L_j^k Q_i^k-(r_{ij}-y_{ij})\geq 0 \\
\qquad Q_i^k = 0 \text{ or } 1,\quad x_i^k,\ y_{ij}\geq 0
\end{cases}
$$

記号は、表1の通りとする。

3. 双対問題の定式化と双対変数の経済的翻訳　主問題(1)の双対問題は、Balasによって定義された混合整数計画の双対問題を用いることによって得られる。[2]　Balasの双対問題を採用した理由は、この定義がもっとも体系的で経済的翻訳も比較的明瞭であるということによった。これによって、主問題(1)の双対問題はつぎのようになる。ただし、u^k, v_i, λ_i^k, w_{ij}^k は、双対変数である。

$$
(2)\quad
\begin{cases}
\min_{Q_i^k}.\ \max_{u^k, v_i, w_{ij}^k}.\ \Pi=\sum_{k=1}^{K}D^k u^k-\sum_i A_i v_i+\sum_i\sum_j r_{ij}\left(\sum_k w_{ij}^k\right) \\
\qquad\qquad -\sum_i\sum_k\left(\sum_j L_j^k w_{ij}^k - U\lambda_i^k\right)Q_i^k \\
\text{s.t.}\quad a_i^k u^k-\sum_i\left(\sum_k v_i\right)-\lambda_i^k \leq C_i^k \\
\qquad \sum_k w_{ij}^k \leq c_{ij} \\
\qquad u^k,\ v_i,\ w_{ij}^k,\ \lambda_i^k \geq 0
\end{cases}
$$

記号		定義	記号		定義
指数	i	ゾーン番号	係数	r_{ij}	現況環境水準
	j	環境評価項目番号		U	十分大きい正数
	k	用途番号		C_i^k	転換費用
係数	L_j^k	環境基準		c_{ij}	改良費用
	a_i^k	容積率	変数	x_i^k	立地面積
	D^k	総床面積需要量		y_{ij}	改良される環境水準量
	A_i	ゾーン面積		Q_i^k	0-1変数

表-1

これらの双対変数の経済的翻訳は、つぎの通りである。上にバーをつけた変数は、最適解であることを示す。$\bar{u}^k$, $\bar{v}_i$ はそれぞれ D^k, A_i を限界的に1単位増加したときに発生する費用の限界的な変化である。しかしこれは、D^k, A_i を1単位増加したときに、最適解の改良されるべき環境水準は変化しない場合、すなわち改良費用の項については変化しない場合にのみ成り立つことに注意しなければならない。この点が一般の線型計画の双対解

と著しく異なる点である。また$\overline{w}_j^k$は、k用途j評価項目についての環境水準L_j^kを1単位限界的に増加したとき、iゾーンにおけるj評価項目の改良費用の限界的な増加を表わしている。

4. 計画目標の妥当性の検討　上記のように、本モデルは費用最小化モデルとして定式化されている。このように定式化された主な理由は、便益の計量の不確実性による。このような本モデルの欠点を補う意味で、このモデルがどのような便益構造を暗黙裏に前提としているかを明らかにすることを試みる。ここでは説明の簡単のため、1用途1環境規準の場合について記す。今計画主体は、計画目標DおよびLが純便益を最大にする計画目標であると決定したとする。この目的関数は　$NB(D,L)=B(D,L)-C(D,L)$ …(3)　ただし、$B(D,L)$；総便益、$C(D,L)$；総費用、$NB(D,L)$；純便益。ここで、Lに関してはNBは凹関数であると考えられる。Dに関しては、総費用関数は式(1)からも分かるように、段階的な改良費用を含むので、純便益関数は必ずしも凹関数でない。しかし右下りの連続な需要関数を考えると、区間的には凹になっている。したがって$NB(D,L)$を最大にする最適条件はつぎのように考えられる。条件I、$\partial B/\partial D=\overline{u}$、$\partial B/\partial L=\sum_i \overline{w}_i=\overline{W}$、条件II、$NB(D,L)=B(D,L)-C(D,L)\geq 0$、条件III、条件I,条件IIを満足するD,Lの中で、$NB(D,L)$を最大にするD,L …(4)。条件Iは、DおよびLに関する限界便益が双対解(=限界費用)に等しいこと。条件IIは、純便益が非負であること。そして条件IIIは、全体的最適化を保証している。ここで計画目標の妥当性の検討に関してつぎのことが言える。(4)は、需要曲線および費用関数が与えられたときに、最適な計画目標D^*,L^*を与える式である。しかしながら逆にある計画目標$\overline{D}$,$\overline{L}$を与えたとき、その与えられた$\overline{D}$,$\overline{L}$が純便益を最大にする計画目標D^*,L^*と一致するための条件式とみなすことができる。したがって(4)は、$\overline{D}$,$\overline{L}$がD^*,L^*に一致するための条件式とみなすことができる。この条件を明確化することによって、暗黙裏に想定された便益構造を知ることができる。

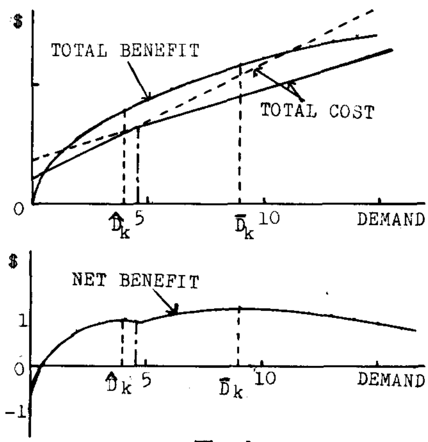
ここで、整備された土地に対する線型の需要関数を仮定する。すなわち、　$p=\alpha-2\beta D-\xi L$ ------(5)
ここに、α,β,ξは未知の正定数。pは、環境基準L、計画土地需要Dであるときの限界便益を示す。このとき、便益関数はpの定義より次式で示される。

$$B(D,L)=\int_0^D p\,dD=(\alpha-\xi L)D-\beta D^2 \quad \text{----} \quad (6)$$

したがって、(4)式はつぎのように整理される。

$$\left.\begin{array}{l}\text{条件I、}\ \alpha-2\beta\overline{D}-\xi\overline{L}=\overline{u}\ ,\quad \xi\overline{D}=\sum w_i=\overline{W}\\ \text{条件II、}\ (\alpha-\xi\overline{L})\overline{D}-\beta\overline{D}^2-C(\overline{L},\overline{D})\geq 0\\ \text{条件III、}\ NB(\overline{D},\overline{L})\geq NB(\hat{D},\hat{L})\end{array}\right\}\quad (7)$$

ここに、$\hat{D}$は$\overline{D}$以外の条件の条件I、IIを満たす需要量を示す。(図1参照)



図－1

(7)式において、α,β,ξ以外は、全て(1)式において与件とされているので、(7)式を満足するα,β,ξが求める計画(1)が暗黙理に想定している便益構造を規定する。まず、(7)式条件Iより、$\xi=\overline{W}/\overline{D}$。この$\xi$は、環境レベル1単位の変動に対して、土地需要者が支払ってもよいと考えている対価を示しているので、(1)式の計画では、$\overline{W}/\overline{D}$なる値を平均支払い対価とみなしていることになる。さらに、ξの値を(7)式に代入すれば、(α,β)の範囲を知ることができる。この範囲は、(α,β)平面での直線$\alpha-2D\beta=\overline{u}+\overline{W}\cdot\overline{L}/\overline{D}$の1部からなる線分として示される。したがって、この線分上にある(α,β)の値に対応する便益(6)式が、想定された計画目標(D,L)が妥当であるための便益構造である。通常、環境整備計画の便益は、地価に反映するので、上記(α,β,ξ)の範囲内でのpの値を計算し、このpの値と地価とを比較することによって、計画目標の妥当性を検討することができる。

1) 長尾義三、森杉寿芳、林恒一郎「環境整備のための土地利用計画法に関する研究」『S.49、全口大会講演概要』
2) Balas, E.: "Duality in Discrete Programming", 'Proceedings of the Princeton Symposium on Mathematical Programming (H.W. Kuhn ed.), 1970