

IV-14 土地利用計画のための1~2のモデル

神戸大学工学部 正員 枝村 俊郎
兵庫県 土木部 村上 努
神戸大学大学院 学生員 ○福島 徹

1. はじめに

都市の市街地に見られる異種建築物の混合立地による弊害を取除き土地利用を秩序づけるために用途地域制の果す役割は大きい。その目指すところは、法的な建築規制を通して各ゾーン内土地利用を純化することにある。いま、各ゾーンごとに純化の度合に応じた評価が行われるとし、その評価値統計を最大にするような土地利用が最適であるとしよう。これを0-1整数計画法により定式化する(モデル1)。また、異種建築物の混合立地により生ずる弊害を外部不経済と見て、これを最小にするようQPおよびLPによる定式化を行う(モデル2)。

2. モデル1

2-1 評価関数の定式化

土地を利用してアクティビティとして、住居、商業施設、工業施設の3つを考える。着目するゾーン*j*において、あるアクティビティ*a*に対する評価値 y_j^a は、そのゾーン面積を A_j 、アクティビティ*a*に利用されている面積を x_j^a とすれば、図-1のような値を持つものと仮定する。これを次のように線形近似する(図-2)。

$$\left. \begin{aligned} y_j^a &= 0 & (0 \leq x_j^a \leq A_j^a) \\ y_j^a &= \theta_j^a (x_j^a - A_j^a) & (A_j^a \leq x_j^a \leq A_j) \end{aligned} \right\} \text{--- (1)}$$

ここで式(1)を0-1変数 z_j^a を導入して次のように表わすと、0-1整数計画問題として定式化が可能となる。

$$\left. \begin{aligned} y_j^a &\leq 0 + U(1 - z_j^a) \\ y_j^a &\leq \theta_j^a (x_j^a - A_j^a) + U z_j^a \\ A_j^a &\leq x_j^a + U z_j^a \\ z_j^a &= 0 \text{ or } 1 \end{aligned} \right\} \text{--- (2)}$$

ここで U : 十分大きな整数

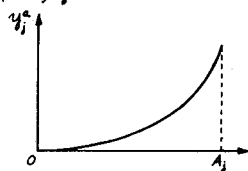


図-1 評価値モデル

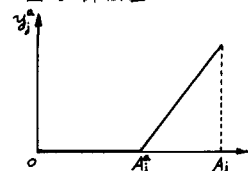


図-2 線形近似した評価値モデル

2-2 0-1 IPモデルとしての定式化

1) 目的関数

評価値統計の最大に加えて建て替えに伴う建設コスト、破壊コスト、及びトリアルコストを最小とするよう設定する。

$$\text{Max} \left\{ \sum_{a \in A} \sum_{j \in J} (w_a y_j^a - C_a^i x_{ac}^i - D_a^i x_{ad}^i) - \sum_{k \in J} \sum_{j \in J} F_{kj} (M_{kj} + N_{kj}) \right\} \text{--- (3)}$$

ここに、 A : アクティビティの集合 $A = \{h, b, i\}$, h, b, i はそれぞれ住・商・工アクティビティ, J : ゾーン全体の集合 $J = \{1, 2, \dots, n\}$, w_a : アクティビティ*a*の評価値に対する貨幣換算係数, C_a^i : j ゾーンアクティビティ*a*の建設コスト, D_a^i : j ゾーンアクティビティ*a*の破壊コスト, x_{ac}^i : j ゾーンアクティビティ*a*の建設面積, x_{ad}^i : j ゾーンアクティビティ*a*の破壊面積, F_{kj} : k, j ゾーン間の単位トリップあたりのトリアルコスト, M_{kj} : k, j ゾーン間の住↔商トリップ数, N_{kj} : k, j ゾーン間の住↔工トリップ数

2) 制約条件式

(a)必要面積制約 アクティビティ*a*のゾーン全体で必要とされる面積を AD_a とすると

$$\sum_j (x_{ao}^i + x_{ac}^i - x_{ad}^i) \geq AD_a \quad (\text{すべての } a \in A \text{ で}) \text{--- (4)} \quad \text{ここに } x_{ao}^i \text{ は } j \text{ ゾーンアクティビティの現況面積}$$

(b)ゾーン面積制約 j ゾーン立地可能面積を A_j とすると $\sum_{a \in A} (x_{ao}^i + x_{ac}^i + x_{ad}^i) \leq A_j \quad (\text{すべての } j \in J \text{ で}) \text{--- (5)}$

(c)破壊量制限 $x_{ad}^i \leq x_{ao}^i \quad (\text{すべての } a \in A, \text{ すべての } j \in J \text{ で}) \text{--- (6)}$

(d)トリップ制約 k ゾーンにおける住→商, 住→工, トリップ発生率を q_k, r_k , j ゾーンにおける

住→商, 住→工, トリップ吸収率を u_j, v_j とすると次式が成立する。

$$\left. \begin{aligned} \sum_{k \in J} N_{kj} &= u_j (x_{jo}^i + x_{jc}^i - x_{jd}^i) & \sum_{k \in J} N_{kj} &= r_k (x_{ko}^r + x_{kc}^r - x_{kd}^r) \\ \sum_{k \in J} M_{kj} &= v_j (x_{jo}^i + x_{jc}^i - x_{jd}^i) & \sum_{k \in J} M_{kj} &= q_k (x_{ko}^r + x_{kc}^r - x_{kd}^r) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

(e) 評価関式 式(2) (すべての $a \in A$, すべての $j \in J$ で)。ただし, $Z_j^a = 0$ or 1 は $0 \leq Z_j^a \leq 1$ とし, また $x_j^a = x_{jo}^i + x_{jc}^i - x_{jd}^i$ の変換を行う。

(f) 非負条件 $x_{ac}^i \geq 0, x_{ad}^i \geq 0, y_j^a \geq 0$ (すべての $a \in A$, すべての $j \in J$ で) — (8)

3. モデル 2

3-1 外部不経済の定式化

各アクティビティが及ぼす外部不経済の大きさではゾーン間の空間距離の2乗に反比例するものと仮定する。ゾーン i においてアクティビティ a が単位立地している時、地域全体から受ける外部不経済は、

$$\sum_{j \in J} \sum_{a' \in A} e_{aa'} (x_{jo}^i + x_{jc}^i - x_{jd}^i) / T_{ij}^2 \quad (9) \quad \text{ここに } e_{aa'} \text{ はアクティビティ } a \text{ の単位立地に対しアクティビティ } a' \text{ の及ぼす外部不経済換算係数, } T_{ij} \text{ は } i, j \text{ 間の空間距離とする。したがって } i \text{ ゾーンのアクティビティ } a \text{ の受ける総外部不経済は } (x_{jo}^i + x_{jc}^i - x_{jd}^i) \sum_{j \in J} \sum_{a' \in A} e_{aa'} (x_{jo}^i + x_{jc}^i - x_{jd}^i) / T_{ij}^2 \quad (10) \text{ となる。}$$

3-2 目的関数

モデル1同様に建て替えるに伴う建設・破壊コスト、トラベルコストに前述の外部不経済を加え、これを最小にする。

$$\min \left\{ \sum_{i \in J} \sum_{a \in A} (x_{jo}^i + x_{jc}^i - x_{jd}^i) \sum_{j \in J} \sum_{a' \in A} (x_{jo}^i + x_{jc}^i - x_{jd}^i) / T_{ij}^2 + \sum_{a \in A} \sum_{j \in J} (C_a x_{ac}^i - D_a x_{ad}^i) + \sum_{k \in J} \sum_{j \in J} F_{kj} (M_{kj} + N_{kj}) \right\} \quad (11)$$

式(11)は2次式でありこれを解くことは2次計画法としての解法を要し容易でない。そこで、単位立地に対する外部不経済の値(9)を各々のアクティビティの現況面積を用いて次のように計算し、LPの解法導入をはかった。

$\sum_{j \in J} \sum_{a' \in A} e_{aa'} x_{jo}^i / T_{ij}^2 \quad (10)' \quad \text{この際 注意を要するのは、土地利用用途の大幅な転換が一瞬にあってはいけないことで、破壊量制限等により数回に分割して計算を行う等の配慮が必要である。}$

3-3 制約条件式

制約条件式としてはモデル1で定式化した式(4)~(8)を用いる。

4. 計算結果および考察

モデル1の計算はタンギンによる分岐限定法のアルゴリズムにより、3ゾーン、2アクティビティの例題の計算を行ってみたが最適解到達までに相当の計算を要した。ゾーン数を増加させるとその計算量は飛躍的に増大なものとなり、このままでは実用に供することはできない。当然このような問題は厳密解でなく、ヒューリスティックな近似解によらざるをえないであろう。用途指定を実際に行う際には、その指定が流動的なものはある程度限られており、自然環境、道路網、マスタープラン、現況等により固定的なものも多い。そこで、このモデルの0-1変数を流動的なゾーンにのみ適用するなども考えられる。モデル2については、これを神戸市灘区に適用した計算結果と参考として実際の神戸市が行っている用途指定を表-1に示す。なお、この計算は1回のLP計算での破壊量を500a以下におさえて次の計算では前の結果を用いて再度外部不経済を計算しなおし、それを用いて行った。表-1はこれを5回繰返した結果である。なお建設欄の(-)値は破壊を示す。また用途指定欄については計算モデルのメニューの方が大きいので最も広い範囲を占めている指定で代表した。2種類以上の指定が同じ位の面積でなされているものについては併記した。

項目	ゾーン	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
住	現況面積	32.4	938.8	2021.4	2277.8	2613.3	3033.5	1310.2	2580.2	1521.6	1671.7	2705.2	1953.0	2684.3	779.6	1003.6
	建設面積	-34.2	-912.4	0	0	252.1	103.8	73.3	114.8	39.7	84.3	44.4	45.3	145.4	40.8	2.3
商	現況面積	334.0	90.1	179.5	351.4	147.4	169.7	15.6	283.0	34.7	60.6	33.6	17.3	108.1	24.3	1.0
	建設面積	-110.8	0.5	0.5	426.8	-147.4	75.1	0.1	0.1	0	-60.6	-33.6	-17.3	-108.1	-24.3	-1.0
工	現況面積	6510.9	2016.4	463.3	466.7	104.2	178.4	72.9	114.4	39.2	23.2	10.3	27.5	36.8	16.0	1.2
	建設面積	145.5	912.4	0	-426.3	-104.2	-178.4	-72.9	-114.4	-39.2	-23.2	-10.3	-27.5	-36.8	-16.0	-1.2
実際の用途指定		工専	準工	住・準工	住・準工	住・準工	住・準工	住・準工	住・準工	住・準工	住・準工	住・準工	住・準工	住・準工	住・準工	住・準工

表-1 モデル2計算結果(単位: a)