

エントロピー最大化による土地利用分布モデル

徳島大学 正員 青山吉隆
徳島大学 〇学員 大谷 博

§1 はじめに 近年、人口および産業の急激な都市集中のために、都市部の土地の絶対量が不足し、各種機能の混在化、地価の高騰、住宅難、スプロール化等、多くの深刻な都市問題を抱え込み、極めて不適正な土地利用が生じている。これに対し、今日、住民意識の高まりとともに、行政主体に対して抜本的かつ合理的な土地利用計画の立案が望まれている。最適な土地利用計画を製作するその初期の段階でインプットされなければいけないデータは将来の土地利用像である。本研究はこの将来の土地利用像を予測する簡単なモデルとしてエントロピー最大化による土地利用分布モデルを提案し、その予測精度を求め、将来の土地利用計画策定に役立たんとするものである。

§2 エントロピー最大化による土地利用分布モデル 本研究はゾーン別用途別床面積を予測対象とし、現状及び将来の土地利用像を土地利用表(表-1)で表示する。Tを X_{ij} に配分する場合の数(同時確率)が多項分布式に従うとして S_1 を定義する。

$$S_1 = \frac{T!}{\prod_j X_{ij}} \prod_j (P_{ij})^{X_{ij}} \quad (1)$$

ここに、 P_{ij} は同時確率であり、 $P_{ij} = \frac{U_i \cdot V_j}{T^2}$ 、 $\sum_j P_{ij} = 1$ (2)

(1)式を最大にするように X_{ij} を決定することが目的であるが本研究では X_{ij} の持つ効用 C_{ij} を考え、(6)式で求められる総効用Cを最大にするように X_{ij} を決定することを加えてtrade-offパラメーター α を仮定し

$$S_2 = S_1^\alpha \cdot C^{1-\alpha} \rightarrow \max \quad (3)$$

$$\log S_2 = \alpha \log S_1 + (1-\alpha) \log C \rightarrow \max \quad (3')$$

を新たに目的関数とし、制約条件として

$$U_i = \sum_j X_{ij} \quad (4)$$

$$V_j = \sum_i X_{ij} \quad (5)$$

を定義する。ここに、 $C = \sum_{ij} C_{ij} X_{ij} = \sum_{ij} X_{ij} \sum_j \omega_{ij} Z_{ij}$ (6)

Z_{ij} はTを X_{ij} に配分する場合の決定要因であり、ポテンシャルやアクセスビリティなどが考えられる。 ω_{ij} はパラメーターである。(4)式、(5)式の条件の下で S_2 を最大にするため次のラグランジェ関数Lの極値を求める。

$$L(X_{ij}, \alpha_i, \beta_j) = \alpha \{ -\sum_{ij} (X_{ij} \log X_{ij} - X_{ij}) + \sum_{ij} X_{ij} P_{ij} \} + (1-\alpha) \log \sum_{ij} C_{ij} X_{ij} + \sum_i \alpha_i (\sum_j X_{ij} - U_i) + \sum_j \beta_j (\sum_i X_{ij} - V_j)$$

$$\frac{\partial L}{\partial X_{ij}} = 0, \frac{\partial L}{\partial \alpha_i} = 0, \frac{\partial L}{\partial \beta_j} = 0 \quad (7)$$

$$X_{ij} = T P_{ij} \lambda_i \mu_j \exp \left(\sum_j \omega_{ij} Z_{ij} \right) \quad (8)$$

$$\lambda_i = U_i / T \sum_j P_{ij} \mu_j \exp \left(\sum_j \omega_{ij} Z_{ij} \right) \quad (9)$$

表-1 土地利用表

USE	1	...	j	...	m	Σ
ZONE	1	...	j	...	m	Σ
1	X_{11}	...	X_{1j}	...	X_{1m}	U_1
...	...	...	...	...	...	...
i	X_{i1}	...	X_{ij}	...	X_{im}	U_i
...	...	...	...	...	...	...
n	X_{n1}	...	X_{nj}	...	X_{nm}	U_n
Σ	V_1	...	V_j	...	V_m	T

X : ゾーンi 用途jの床面積

U : ゾーンiの総床面積

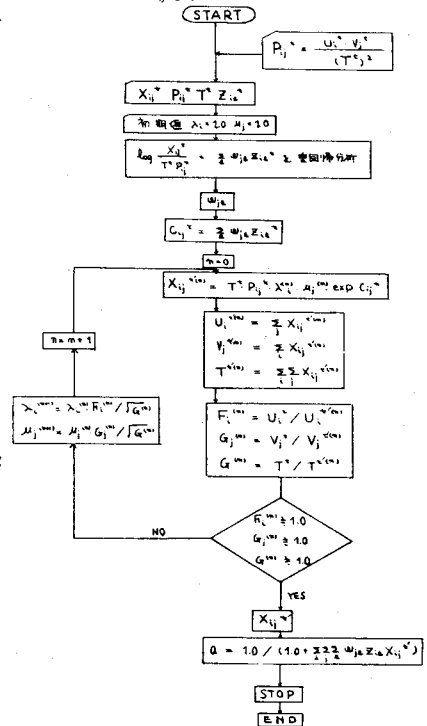
V : 用途jの総床面積

T : 総床面積

n : ゾーン数

m : 用途数

図-1 X_{ij} を求めるフローチャート



$$\mu_j = V_j / T \sum P_j \lambda_i \exp (w_{j2} Z_{i2}) \quad (10)$$

$$(8) \text{式より} \log \frac{X_{ij}}{T \cdot P_j} = \log \lambda_i + \log \mu_j + \sum w_{j2} Z_{i2} \quad (8')$$

(8), (9), (10)式を用いて将来の X_{ij} を求めるフローチャートを図-1に示す。

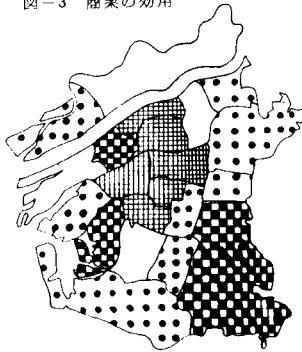
§3 モデルの適用 §2で述べたエントロピー最大化による土地利用分布モデルを大阪市22区5用途、昭和45年～49年の床面積に適用した。大阪市のゾーニングは

表-2 用途分類

用途分類	内容
用途1 (住宅)	住宅
用途2 (商業)	商店、映画施設、娯楽、デパート 飲食店、問屋、批发市场
用途3 (工業)	工場
用途4 (事務所)	官公庁、業務施設、教育研究施設 文化施設、宗教施設、医療施設 体育施設
用途5 (その他)	交通運輸施設、供給調整施設 倉庫、公園緑地、工事現場

旧大阪市22区をそのまま用い、用途分類は表-2の通りである。 Z_{i2} として22区5用途のポテンシャルを用い図-1のフローチャートに従って昭和49年の X_{ij} の予測を行なった。表-3は(8)式に重回帰分析を行なって得られたパラメータ w_{j2} の値を表わしたものである。(8)式から分かるように w_{j2} の値は正ならj用途にとってj用途は誘引しやすく反対に負なら誘引にくいことを表わしている。例えば用途住宅について考察すると住宅地に立地しあつた用途の一番が工業になっている。これは大阪府は住宅地に中々の工場が存在していることを考慮すれば納得できる。このように表-3は大阪府における5用途間の関係を表わしている。図-2、3、4は用途住宅、商業、工業のゾーン別効用 G_j を図化したものである。それぞれ、その用途にとっての効用が

図-3 商業の効用



正であるゾーンが現状の土地利用表においてその用途の床面積の大きいゾーンに良く一致し、負であるゾーンがその用途の床面積の小さいゾーンに一致していて良い結果が得られた。図-5はjゾーンj用途の床面積 X_{ij} の実測値を縦軸にモデルによる推定値を横軸にとりプロットしたものである。両者の相関が完全相関であれば原点を通る45°線上に全ての点が乗る。図-5を見るとプロットした点が45°線周囲に分布し相関係数も非常に高い結果が得られた。以上により本研究で提案したモデルが分布モデルとして十分な機能を備えていることが分かった。

§4 結び 本研究において各用途の効用を求める要因としてすべて5用途のポテンシャルを用いて一応有意な結果を得たのであるが、今後の課題として決定要因の選択収集を行なうことを提案したい。例えば工業の効用を求める場合には港までの距離とかインターチェンジまでの時間距離を要因として付加した方がより良い結果が得られるだろうと思われる。現在以上を考慮し本モデルを横浜市に適用中である。

表-3 w_{j2} の値

用途	住宅	商業	工業	事務所	その他
住宅	0.192	-37.149	42.86R	-14.091	4.906
商業	-7.588	61.387	-51.827	33.115	-23.556
工業	8.04R	-64.570	34.105	-25.995	22.021
事務所	-5.118	64.752	-66.970	31.180	-19.566
その他	2.097	-7.463	0.58R	1.133	-4.571

図-2 住宅の効用

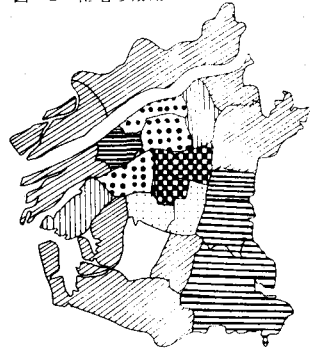


図-4 工業の効用

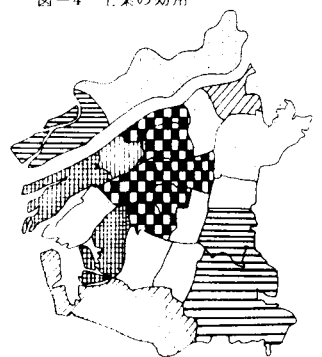


図-5 X_{ij} の実測値と推定値の関係
収束後 相関係数=0.9746

