

シミュレーションによる土地利用予測モデル

九州大学工学部 〇学生員 湯田 三弘
九州大学工学部 正員 橋本 武
九州大学工学部 学生員 河野 雅也

1. はじめに 都市計画を行う場合、土地利用の将来予測は、欠くべからざるものであり、数多くの土地利用予測モデルが考案されている。しかし、それらでは、土地利用間の競合が考慮されていない点で、問題があるといえる。そこで本研究は、各土地利用は相互に競合するものとして、用途別土地利用間に働く親和力を定義し、立地ゾーン間距離、集積度を考慮した配分関数を用いて、土地利用予測を行うものである。

2. 土地利用予測モデル 都市を詳しく知るためには、都市内で行われている諸活動を調査し、都市内で行われてきた種々の活動が、どのように関連しあつて現在の都市パターンを形成してきたかを、明らかにすることができれば、都市について、より深い理解を得ることができよう。しかし、都市内で行われている活動や、土地利用間の関連を、定量的・定性的に知ることは、かなり困難である。そこで、本研究では、都市の成長過程を把握し、将来の土地利用の変化パターンを、各活動の関連度=親和力を表わす親和マトリックスを用いて説明する。その際、業種としては、土地利用区分で関連の高いものをひとまとめにし、面積割合が高く、業種間に親和力が作用すると考えられるもの6業種(住宅、商業、業務、工業、文教、田畑)とした。

2-1. 配分関数とシミュレーションの手順 ある業種がある地区を好ましいとする尺度は、前述の親和マトリックスと、距離尺度、集積度から規定されるものとする。親和マトリックスAの要素 a_{ij} は、第i種の業種がj単位あるときに第j種の業種がもつ好ましさを意味する。 a_{ij} が負であれば、第i種の業種は、第j種の業種を嫌うことになる。地区 k に第j業種が現在 m_{kj} だけ存在するとすれば、 $\sum_i a_{ik} m_{ki}$ は第j業種の地区 k における「好ましさを表わす。つぎに、地区 k にある業種分布が、地区 k に及ぼす影響であるが、この場合は地区 k と地区 k' の距離に依存する影響係数 $c_{kk'}$ を考慮する。このとき、地区 k に第j業種を配置することの好ましきは、 $\sum_{k'} c_{kk'} \sum_i a_{ik'} m_{ki}$ で与えられる。また、地区 k を占める業種の単位数の総和 N_k が多いときには、 N_k に応じてスライド式に費用が加算され、その費用を支払ってもなお、その地区に入、た方が有利な場合には、その地区に配分されるものと考えれば、費用関数 $P_k(N_k)$ を考慮に入れた配分関数 $U(k, l)$ が得られる。

$$U(k, l) = \sum_{k'} c_{kk'} \sum_i a_{ik'} m_{ki} - P_k(N_k) \quad (1)$$

シミュレーションの手順は以下のとおりである。

(i) 業種ごとの単位数の総和 M_k が一定であるとして、初期分布を現状に即して配分する。

$$\sum_k m_{kl} = M_k \quad (l=1, 2, \dots) \quad (2)$$

(ii) 各地区ごとに、現在占めている単位数の ϵ_k 倍だけを各業種から減らす。

$$m_{kl}^{(I)'} = (1 - \epsilon_k) m_{kl}^{(I)} \quad (k=1, 2, \dots, l=1, 2, \dots) \quad (3)$$

FEI ϵ_k は業種ごとに一定とし、実情を反映した値を定義する。Iは反復回数である。

(iii) いま減らした分を、業種ごとにまとめ、式(1)を最大にする地区に再配分する。たとえば、第j業種の最も好ましい地区が k であれば

$$m_{kl}^{(I+1)} = m_{kl}^{(I)'} + \epsilon_k M_k \quad (4)$$

(iv) 指定された反復回数に達するまで、あるいは地区内の動きが安定するまで(ii)~(iii)の計算を繰返す。

都市が開発途上であれば、最初は外部からその地区に業種が入ってくる考え、徐々に積上げを行つて行き、ある期間の経過後に地区を占める業種単位数が多くなり、その地区が飽和の状態になる。たときに、少しづつ減らして再配分するモデルが、採用されるべきであるが、福岡市及び周辺地域の場合は、開発が進み、もはや再配分

の状態と考え(1)のように初期分布を定義する。

2-2. 親和マトリックスの算出方法 前述したように、親和マトリックスは、本研究の中核をなすものであるが、実際親和マトリックスを客観的に求めるのは困難である。そこで、土地利用の時系列データを用いて親和マトリックスを定義できるのであると考えた。しかし、現在、国土地理院発行の土地利用図は、昭和50年測量のもの1期分しか存在しない。このため、数期分発行されている統計資料との相関を明らかにし、土地利用の経年変化を推定し、これを利用して、親和マトリックスを定義する。親和マトリックスの算出に当り、データは実際シミュレーションを行う場合と同様の対象地域、メッシュ分割とし、地域特性を損ねないように、ランダムに24メッシュを抽出した。関連分析を行う統計資料は、用途別土地利用状況と相関が高いと考えられる点から、課税家屋による用途別家屋の棟数及び床面積を採用することが望まれるが、福岡市統計書での集計区が、全市及び行政区であるため、都市内部の比較的精細な土地利用変化を説明できないと考えられる。そこで、やや問題はあるが、一定面積のメッシュごとに、数十項目にわたるデータが3期分存在するメッシュ統計(昭和50年国勢調査結果・昭和50年事業所統計結果)を用いることにする。

土地利用の用途別面積割合と、統計資料から得られる説明変量との相関分析であるが、まずクラスター分析で、説明変量16個の中で相関が高いもののグループ分けを行い、ついで主成分分析を行い、クラスター分析結果のグループ内で、第1主成分の因子負荷量が大きく、説明変量として、モデルに組込められるもの8変量を抽出した。以上の分析で選択された代表変量で、回帰式をたてるが、ここでは、説明力の強い変量からモデルに取込むステップワイズの回帰モデルを採用した。6業種それぞれについて、回帰式及びモデルの適合度を表わす指標を表-1に示す。

表-1.

業 種	回 帰 式	通 合 度			
		R	R.M.S.	χ^2	% E _r
住 宅	$Y_1 = 3.55 + 1.464 \cdot 10^{-4} X_1 - 5.782 \cdot 10^{-4} X_2$	0.940	7.046	9.522	-0.025
商 業	$Y_2 = -4.47 + 6.382 \cdot 10^{-4} X_1 + 8.107 \cdot 10^{-4} X_5 + 3.340 \cdot 10^{-4} X_6$	0.978	1.729	4.125	0.018
業 務	$Y_3 = -8.29 + 2.482 \cdot 10^{-4} X_5 + 1.058 \cdot 10^{-4} X_6$	0.674	3.665	103.338	-0.004
工 業	$Y_4 = -19.47 - 6.727 \cdot 10^{-4} X_3 + 1.552 \cdot 10^{-4} X_4 + 4.469 \cdot 10^{-4} X_5 - 7.220 \cdot 10^{-4} X_6$	0.526	3.566	80.646	0.041
文 教	$Y_5 = 0.44 + 1.416 \cdot 10^{-4} X_2$	0.975	1.999	32.974	0.042
田・畑	$Y_6 = 2.92 - 1.761 \cdot 10^{-4} X_1 + 1.262 \cdot 10^{-4} X_2$	0.883	5.400	75.942	-0.003

ただし

X_1 :人口 X_5 :労働力割合
 X_2 :通学人口 X_6 :総事業所数
 X_3 :第1次産業人口 X_4 :第3次産業事業所割合
 X_7 :農業人口 X_8 :運輸業事業所割合

ついで、上記の回帰式を用いて、用途別土地利用面積割合の推定を行う。推定年次は、国勢調査年次と一致させて昭和45年とし、調査年次の異なる事業所統計は、直線回帰式で求めた値を用いた。一連の手続きで、適合度の低い業種もあるが、2期分の用途別土地利用割合が求められた。このデータで自メッシュ内の各用途別土地利用の増減と増減率を求め、第*i*業種と第*j*業種の変化割合の関係を直線回帰式で求め回帰直線の傾斜をもつて親和力の大小を定義し、親和マトリックスが求められる。

2-3. 距離に依存する影響係数行列及び費用関数の定義 影響係数が計算結果に及ぼす影響は大きいことが知られている。そこで、影響係数は距離の*n*乗に反比例するものとして、シミュレーションを行い、現状をうまく説明できるような*n*の値を決める。距離はメッシュ中心間ユークリッド距離をもつて定め、隣接メッシュとの距離を1とした。自メッシュ間距離は1/2とする。費用関数はメッシュ内全業種の単位数の総和*N_k*に依存し、費用が必要となる臨界収容数*N₀*、限界収容数*N_{max}*を現状に合うように定義し、その間で曲線的に増加するものとする。費用関数は式(5)とする。

$$R_k(N_k) = \begin{cases} 0 & N_k \leq N_0 \\ e^{b(N_k - N_0)} - 1 & N_0 < N_k < N_{max} \\ \infty & N_{max} \leq N_k \end{cases} \quad (5)$$

3. 結語 用途別土地利用割合とメッシュ統計との相関が必ずしも高くなく、土地利用の経年変化を推定する段階で精度的に問題があり、爾後の改善を待つとともに、親和マトリックスが必ずしも十分でないなど問題を残しているが、配分関数の値は影響係数及び費用関数が親和マトリックスを相互に補間し合うもので、簡便で実情に即した土地利用予測の手法と成得るものと確信している。なお、紙面の都合上計算結果は講演当日報告する。