

土地利用の時系列相関と空間的相互依存を考慮したマイクロ立地モデル

熊本大学 大学院 正 員 ○柿本 竜治

熊本大学 工学部 正 員 溝上 章志

熊本大学 工学部 学生員 倉成 秀幸

1. はじめに

本研究では、土地区画整理地区内での立地主体の立地行動を記述する非集計立地予測モデルを提案する。本モデルの目的は、宅地供給や用途純化など区画整理事業の本来の目的を達成するための効果的な街路の設定や詳細計画の策定を支援するものである。

提案する立地モデルは、Ellickson の付け値地代モデル¹⁾にもとづくものであるが、①区画整理地区内の時系列立地データを用いる。②立地主体は、ある土地へ立地しようとするとき、その土地に固有の要因だけでなく、周辺土地利用の状況についても考慮していると仮定する。という2点を従来のモデルに導入している。①については誤差項に時系列相関を考慮し、②については空間的相互依存項を導入することで対応している。

2. 時系列相関と空間的相互依存項を導入したマイクロ立地モデル

a) 基本モデル

属性ベクトル Z_h を持つ土地 h ($h \in H$: 利用可能な土地の集合) に対して、各立地主体は式(1)にしたがって付け値地代を提示し、最大の付け値地代を提示した立地主体が当地に立地すると仮定する。

$$\Psi_i(Z_h) = Z_h \beta_i + \omega_{ih} \quad (1)$$

β_i : パラメータベクトル, ω_{ih} : 誤差項

このとき、誤差項 ω_{ih} は同一で独立なガンベル分布にしたがうと仮定すると、土地 h における立地主体 i の立地確率は 式(2)のロジットモデルで表される。

$$P_{ih} = \frac{\exp(Z_h \beta_i)}{\sum_{j \in J_h} \exp(Z_h \beta_j)} \quad (2)$$

J_h : 土地 h に立地可能な立地主体の集合

b) 空間相互依存項

ある立地主体 i が、ある土地 h へ立地しようとするとき、前面道路の道幅やバス停までの距離といっ

たその土地に固有の要因だけでなく、隣に何が立地しているかなど周辺の土地利用の状況も考慮した上で、付け値地代を決定していると考えられる。そこで、式(1)の付け値地代関数に、周囲の土地利用状況を反映した空間相互依存項 K_{ih} を導入する。

$$K_{ih} = A_i \Delta_h D_h \quad (3)$$

$$A_i = [\alpha_{1i} \ \alpha_{2i} \ \cdots \ \alpha_{ki} \ \cdots]$$

$$\Delta_h = \begin{bmatrix} \delta_{11} \cdots \delta_{1h-1} \delta_{1h+1} \cdots \\ \delta_{21} \cdots \delta_{2h-1} \delta_{2h+1} \cdots \\ \delta_{31} \cdots \delta_{3h-1} \delta_{3h+1} \cdots \\ \vdots \\ \delta_{k1} \cdots \delta_{kh-1} \delta_{kh+1} \cdots \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix} \quad D_h = \begin{bmatrix} \exp(-\gamma d_{h1}) \\ \exp(-\gamma d_{h2}) \\ \vdots \\ \exp(-\gamma d_{hh-1}) \\ \exp(-\gamma d_{hh+1}) \\ \vdots \end{bmatrix}$$

$$\delta_{kh} = \begin{cases} 0 & \text{土地 } h \text{ に主体 } k \text{ が立地していない時} \\ 1 & \text{土地 } h \text{ に主体 } k \text{ が立地している時} \end{cases}$$

ただし、 $\sum_{k \in J_h} \delta_{kh} = 1$

A_i : 空間相互依存パラメータベクトル

α_{ki} : 空間相互依存パラメータ

Δ_h : 立地状況マトリクス

D_h : 距離減衰ベクトル

$d_{hh'}$: 土地 h と h' の距離

γ : 距離減衰パラメータ

c) 前期状態依存と時系列相関

本研究では区画整理地区内の時系列立地データを用いて、立地モデルを推定することを想定している。そこで、立地傾向が特徴的に変化する時点で時間を t 期と $t+1$ 期の2時点に離散的に区分することを前提にモデルの定式化を行うこととする。

土地利用の場合、 t 期にある土地 h を主体 i が利用していれば、 $t+1$ 期にも主体 i がそこを利用する確率は、極めて高いと考えられる。これを用途の前期状態依存と呼ぶとすれば、 $t+1$ 期の土地属性ベクトル Z_h^{t+1} に t 期の立地主体を示すダミー変数を導入することによって、この効果を付け値関数に導入することが可能である。

また同一地点の土地データを時間の系列でプールしてサンプルにする場合、同一の主体が、同一の土地につける付け値地代には相関があることなどの理由から、誤差項 ω_{ih} には系列相関が生じていると考えられる。そこで誤差項 ω_{ih} を、主体 i に対して固有の特定の分布を仮定した誤差項 u_{ih} と系列的に独立な誤差項 ε_{ih} の和に分離する²⁾。

$$\omega_{ih}^t = u_{ih}^t + \varepsilon_{ih}^t \quad (4a)$$

$$\omega_{ih}^{t+1} = \rho_i u_{ih}^t + \varepsilon_{ih}^{t+1} \quad (4b)$$

d) ミクロ立地モデル

a) の基本モデルに b) c) を導入した $t, t+1$ 期の付け値地代関数はそれぞれ以下のように表せる。

$$\Psi_i(z_h^t, D_h^t) = Z_h^t \beta_i + K_{ih}^t + u_{ih}^t + \varepsilon_{ih}^t \quad (5a)$$

$$\Psi_i(z_h^{t+1}, D_h^{t+1}) = Z_h^{t+1} \beta_i + K_{ih}^{t+1} + \rho_i u_{ih}^t + \varepsilon_{ih}^{t+1} \quad (5b)$$

系列的に独立な誤差項がガンベル分布にしたがうと仮定すると、ある u_{ih} のもとで土地 h における立地主体 i の立地確率はそれぞれ、式(6a)(6b)となる。

$$P_{ih}^t(u_h) = \frac{\exp(Z_h^t \beta_i + K_{ih}^t + u_{ih}^t)}{\sum_{j \in J_h} \exp(Z_h^t \beta_j + K_{jh}^t + u_{jh}^t)} \quad (6a)$$

$$P_{ih}^{t+1}(u_h) = \frac{\exp(Z_h^{t+1} \beta_i + K_{ih}^{t+1} + \rho_i u_{ih}^t)}{\sum_{j \in J_h} \exp(Z_h^{t+1} \beta_j + K_{jh}^{t+1} + \rho_j u_{jh}^t)} \quad (6b)$$

μ : スケールパラメータ

$$u_h = [u_{1h} \ u_{2h} \ \dots \ u_{ih} \ \dots]$$

$f(u_h)$ を確率密度関数とすると、ある土地 h に t 期に立地主体 i が立地し、 $t+1$ 期に立地主体 j が立地する確率は、式(7)で与えられる。

$$P_{ijh} = \int \dots \int P_{ih}^t(u_h) P_{jh}^{t+1}(u_h) f(u_h) du_h \quad (7)$$

4. パラメータの推定

立地モデルの多くは、広域な範囲に集計的なゾーンをとり、ゾーン単位での集計データをもとにパラメータの推定を行っている³⁾。それに対して本研究の立地モデルは、区画整理地区内の各主体の立地行動を対象としているため、主体個別のデータを用いた分析となる。したがって、本研究の立地モデルは非集計モデルとなり、求めるべき未知のパラメータ

$\mu, \beta_i, \rho_i, \alpha_{ki}$ は、最尤推定法により推定される。尤度関数は、分析対象区画整理地区における t 期、 $t+1$ 期の実際の立地結果の同時生起確率であり、これを最大化する解がパラメータの最尤推定量である。実際の推定計算においては、式(8)の対数尤度関数を、最大にする解として求められる。

$$L = \sum_{h \in H} \sum_{i \in J_h} \sum_{j \in J_h} \delta_{ih}^t \delta_{jh}^{t+1} \ln(P_{ijh}) \quad (8)$$

δ_{ih}^t : t 期に立地主体 i が土地 h に立地しているとき1、立地していないとき0

δ_{jh}^{t+1} : $t+1$ 期に立地主体 j が土地 h に立地しているとき1、立地していないとき0

実証研究では、分析の簡単化のため次の2つの前提のもとでパラメータの推定を行う。

前提1 u_{ih} は立地主体 i と土地 h ごとに独立であり、 u_h の周辺分布は、標準正規分布に従うと仮定する。

$$f(u_h) = \prod_{i \in J_h} f_i(u_{ih}) \quad (9)$$

$f_i(u_{ih})$: 周辺確率密度関数

前提2 分析の対象とする立地主体を空地、住宅、商業・業務に限定し、空間相互作用項に反映する周辺土地利用については、上記の3主体に加えて道路、学校、公共施設、その他を含めた7主体の土地利用を考慮する。

5. おわりに

本研究は、区画整理地区という面積的に限定された地区内における立地メカニズムをミクロにとらえることのできる立地モデルを提案した。

実証研究の対象地域は熊本市南部第一土地区画整理地区を予定しており、その分析結果については講演時に報告する。

参考文献

- 1) Ellicson, B.: An Alternative Test of the Theory of Housing Markets', J. Urban Economics 9, pp.56-79, 1981.
- 2) 森川高行・山田菊子: R PデータとS Pデータの系列相関を考慮した交通機関選択行動モデルの推定法, 土木計画学研究・講演集, No.14(1), pp.605-612, 1991.
- 3) 赤倉・柿本・溝上: 都市圏における土地利用・交通モデルの統合化に関する研究, 土木計画学研究・講演集, No.17, pp.503-506, 1995.