

# 空間的類似性を考慮した地価推定モデル<sup>\*1</sup>

## Development of Land Price Model using Geostatistics <sup>\*1</sup>

孫瀟瀟<sup>\*2</sup>・菊池輝<sup>\*3</sup>・中井周作<sup>\*2</sup>・北村隆一<sup>\*4</sup>

By Xiaoxiao Sun<sup>\*2</sup>, Akira Kikuchi<sup>\*3</sup>, Shusaku Nakai<sup>\*2</sup> and Ryuichi Kitamura<sup>\*4</sup>

### 1. はじめに

国土整備・交通体系整備に関連する施策は、長期的な予測とそれに対する評価が必要である。しかし近年導入がすすめられている TDM 施策は、旧来の施設拡充型の交通施策と異なり、短期的な将来に対してその施策の効果が評価されることがあっても、長期的な予測が行われることは少ない。しかし、多くの TDM 施策は個人の交通行動・生活行動に即座に影響を及ぼすと同時に、その長期的効果は土地利用の変化・人口構成の変化等と密接に関係している。その一方で、将来時点での個人の交通行動に関する情報を高い精度で推定するためには、予測時点での土地利用状況を適切に推定する必要があるが、これは容易なことではない。これは、長期的な土地利用状況・人口構成の変化を考慮するためには、世帯がどのような土地に居住するのか（あるいは移転するのか）、また、どの土地がどのように開発されるのか、ということを明らかにする必要があるためである。

移転や土地開発における重要な要素の一つに土地価格が挙げられるであろう。これまでに地価形成の分析に関する研究が数多くなされてきているが、その中でも重要な位置づけを占めるのが、ヘドニック・アプローチによる社会資本整備の評価に用いた地価分析手法である。具体的には、市場の地価を被説明変数に、そして各土地の社会資本整備水準などの諸属性を説明変数としたモデルを用いて地価推定を行っている<sup>1)</sup>。他にも資産選択理論<sup>2)</sup>やランダム付け値理論<sup>3)</sup>などを用いた地価推定モデルが提案されている。これらの研究では土地自身の定着性・固定性に着目し、地価は土地の使用価値を反映したものととして、必ず土地の立地条件から影響を受けるも

のとしており、土地同士の空間的な繋がりについては考慮されていない。

また、日本では土地の取引価格は公表されず、公示価格が一般の土地の取引価格の指標、不動産鑑定士等の鑑定評価の規準、公共事業用地の取得価格算定の規準とされている。しかし全点的な調査は困難であり、なんらかの方法で補間する必要がある。近年では地価推定に空間統計学を援用したモデルが提案されている<sup>4)</sup>。

本研究では、以上のような従来の地価形成研究の成果を踏まえ、さらに空間的な類似性を考慮した地価推定モデルの構築を目的とする。具体的には、空間統計学で用いられるバリオグラムという空間的非類似性を表現する関数を、対象地域内の地点間の関係を記述する目的で用い、さらに、その地点特有の指標として、既存研究で用いられてきた地価形成に影響を与える要因を考慮する。

### 2. 地価推定モデルの定式化

本章では、空間的類似性の基本概念であるバリオグラムについて述べた後、空間的な類似性を考慮した地価推定モデルの定式化を行う。

#### (1) バリオグラム<sup>5)</sup>

連続空間確率場<sup>5)</sup>上では、対象領域における全ての位置において、観測されている変量は確率変数からの実現値の1つとし、また確率変数の無限集合を連続空間確率場とする。この連続空間確率場における確率変数は空間内のすべての点で、同一の期待値を保有している。また空間内における任意位置のデータ対の共分散はデータ間の距離ベクトルのみに依存する。ここで、 $P(\mathbf{x})$ は位置 $\mathbf{x}$ での地価（観測値）を表し、 $\mathbf{h}$ は地価の標本地点間の距離（以下、離間距離）とすると、上記の特性は以下のように表される。

$$E[P(\mathbf{x} + \mathbf{h})] = E[P(\mathbf{x})] = m \quad (1)$$

$$\text{cov}[P(\mathbf{x} + \mathbf{h}), P(\mathbf{x})] = C(\mathbf{h}) \quad (2)$$

\*1 キーワーズ：地価，空間的類似性

\*2 学生員，京都大学大学院都市社会工学専攻

\*3 正員，博士(工学)，京都大学大学院都市社会工学専攻

\*4 正員，Ph.D.，京都大学大学院都市社会工学専攻

(京都市左京区吉田本町，kikuchi@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp)

$m$  は、領域全体における観測値の平均値であり、また  $C(\bullet)$  は共分散を表す関数である。

この連続空間確率場の 2 次特性として、連続空間確率場により定義される空間分布則を示す指標であるバリオグラムがある。バリオグラムとは変数の非類似性を表す測度である。複数の対を成す観測値を定量的に評価する指標であり、一般的には次式で定義される。

$$\gamma(\mathbf{h}) = \frac{1}{2} E \left[ (P(\mathbf{r}) - P(\mathbf{r} + \mathbf{h}))^2 \right] \quad (3)$$

この式からも分かるように、バリオグラムとは離間距離にのみ依存する関数であり、一般的には離間距離の増加関数である。すなわちバリオグラムは空間的な「非類似性」を表す指標であると言える。

### (2) 空間的類似性

本研究において、空間的類似性とは、任意の地点間の離間距離のみに従う関数であり、離間距離の減少関数であると定義する。そこで、(3)式で定義したバリオグラムを用い、次式のように定義する。

$$S(\mathbf{h}) = \frac{1}{\gamma(\mathbf{h})} \quad (4)$$

バリオグラムは、すべての標本対の情報を用いて推定される関数であるため、離間距離に反比例する単純な関数よりも、地点間の類似性をより適切に表現することができる。

### (3) 地価推定モデル式

本研究で提案する類似性を考慮した地価推定モデルを次式で表す。

$$\ln(P_i) = \alpha \left\{ \sum_j S(h_{ij}) \cdot P_j \right\} + \beta_1 \mathbf{X}_1 + \beta_2 \mathbf{X}_2 \quad (5)$$

ここで、

$P_i$  : 地点  $i$  の地価

$i, j$  : 標本地点

$h_{ij}$  : 地点  $i$  と地点  $j$  の離間距離

$\mathbf{X}_1$  : 交通利便性を表す変数

$\mathbf{X}_2$  : 周辺環境を表す変数

$\alpha, \beta$  : パラメータ

とする。右辺第一項は(4)式で定義される空間的類似性に関する項であり、第二項・第三項は、地価に影響を与える要因に関する項であり、既往研究の成果より、標本地点周辺の交通利便性ならびに周辺環境

(各種施設の集積状況など)に関する変数を取り入れることとする。

## 3. 使用するデータの概要

### (1) 対象地域と地価データ

対象は京都市全域とし、地価に関するデータとしては、2000年の地価公示データを用い、京都市全11区内の全302地点を標本地点として取り扱う。各地点は地価公示データに公表される土地用途の法規制の調査項目により、住宅地、商業地、工業地の3種類に分類される。各土地用途による地価に差があるかどうかを確かめるために、一元配置の分散分析を行った結果、3種類の土地用途の平均地価に差があることが示された。従って、モデル推定は、土地用途別に行う。全標本地点のうち、住宅地に属する地点は225地点、商業地は50地点、工業地は27地点である。

### (2) 周辺環境・交通利便性のデータ

地価に影響を与える要素として、地価公示データに記載されている各公示価格地点の建坪率、容積率、前面道路の幅員、上下水道、ガスなどライフラインの整備状況に関するデータを用いた。

さらに公示価格地点周辺の交通状況や地域属性も、地価に大きな影響を与えると考えられるため、以下に示すデータを用いた。

#### 昼 12 時間の断面車種別交通量・歩行者交通量

平成 11 年の道路交通センサスのデータを用い、公示価格地点から最も近い一般市道を特定し、各交通量を求めた。

#### 周辺の人口・世帯の密度

国勢調査の統計データ<sup>6)</sup>(2001年)を用いて算出した。具体的には、地価公示に記載されている住所を、国勢調査の住所に対応させ、公示価格地点を含む町字単位のゾーンを想定し、そのゾーン毎の人口・世帯の密度を、地点周辺の人口・世帯密度とした。

#### 周辺の事業所密度

事業所・企業統計調査データ<sup>6)</sup>(2001年)を用いて算出した。と同様に地価公示の住所と対応させ、町字単位のゾーンの密度を用いた。ただし、事業所とは小売業とサービス業を総括したものを指す。

#### 周辺の病院・デパート店舗数等

電子地図<sup>7)</sup>を用い、公示価格地点から半径 500m 以内に存在する病院数、コンビニエンス店舗数、デパート店舗数、ショッピングセンタ数、公園数を集計した。

最寄りの学校・鉄道駅等までの距離

と同様に、ゼンリン電子地図帳<sup>7)</sup>を用い、公示価格地点から最も近い学校、スーパーマーケット、鉄道駅までのそれぞれの距離を算出した。ただし、学校までの距離は、地価公示地点から最も近い小学校、中学校までの距離を平均した値としている。

4. 推定結果

(1) バリオグラム

モデル推定は土地利用別（住宅地、商業地、工業地）に行うが、他の土地利用との空間的類似性の可能性を検討するため、まず、3種類の土地利用のすべての組み合わせ（6種類）について、離間距離と類似度の関係を調べた。表1は離間距離と非類似度（(3)式より算出）の相関係数である。また、図1はそれぞれ「住宅地 - 住宅地」「住宅地 - 商業地」「商業地 - 商業地」についての、離間距離 - 非類似度の散布図である。

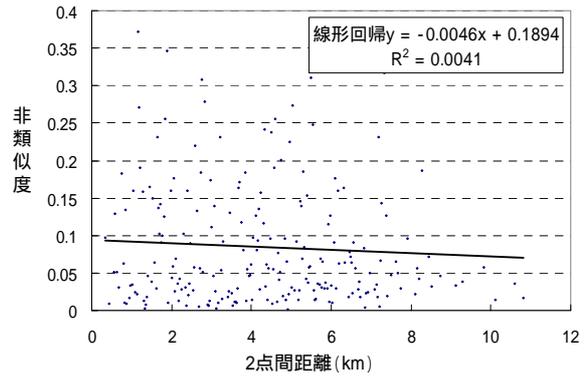


図1(c) 「商業地 - 商業地」のバリオグラム

表1 離間距離と非類似度の相関係数

組合せ	相関係数
住宅地 - 住宅地	0.7866
住宅地 - 商業地	0.6056
住宅地 - 工業地	0.6487
商業地 - 商業地	-0.0637
商業地 - 工業地	0.1921
工業地 - 工業地	0.4180

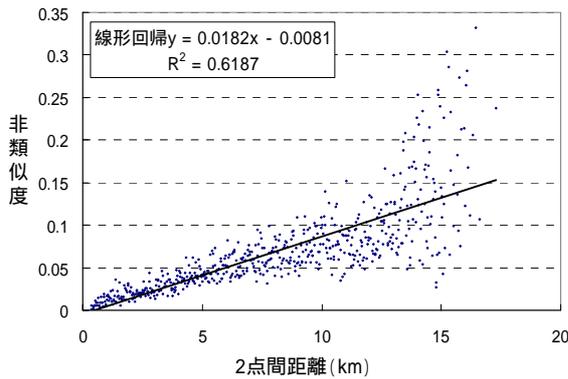


図1(a) 「住宅地 - 住宅地」のバリオグラム

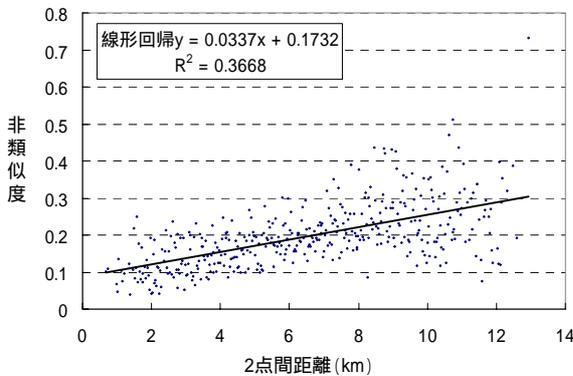


図1(b) 「住宅地 - 商業地」のバリオグラム

住宅地との組合せはいずれも強い相関関係があるが、商業地との組合せに関しては、相関は見られなかった。図1(c)を見ると「商業地 - 商業地」の場合はほぼ一様に散布していることが分かる。一方、強い相関を示した住宅地との組合せについて、線形回帰を行ったところ、いずれも高い決定係数での回帰結果が得られ、また離間距離の増加に伴い、非類似度が増加傾向にあった（図1中に回帰結果を示す）。

以上、相関係数と回帰分析の結果から、公示地価に空間的類似度が存在するのは、住宅地との組合せであり、「商業地 - 商業地」「商業地 - 工業地」「工業地 - 工業地」については、(5)式の第一項は0になるものとする。また、設定するバリオグラム関数  $\gamma(h)$  は以下の通りである。

- 住宅地 - 住宅地： $\gamma(h) = 0.0182h - 0.0081$
- 住宅地 - 商業地： $\gamma(h) = 0.0367h + 0.1732$
- 住宅地 - 工業地： $\gamma(h) = 0.0159h + 0.0155$

(2) 地価推定モデル

空間的類似度の効果を比較分析するため、土地利用ごとに4つのモデルを推定した。

- モデル 1：空間的類似度を考慮しないモデル。(5)式の第一項をすべての場合において0と扱う
- モデル 2：空間的類似度のみを説明変数としたモデル。(5)式の第二項・第三項を0と扱う
- モデル 3：モデル 1 で特定された説明変数に空間的類似度変数を加えたモデル

・モデル 4：空間的類似度を考慮した上で，説明変数を特定したモデル

推定結果を表 2 に示す（住宅地の結果のみ示す）．ここで類似度項とは，前節で設定したバリオグラム関数を用い，推定地点からすべての他の標本地点までの類似度を足し合わせたものである．

まずモデル 1 に関して，統計指標から，回帰式の有意性ならびに回帰式の説明力が支持される結果となっている．また，特定された説明変数に関しては，「学校や鉄道駅までの距離が遠いほど生活上の利便性が低くなり，地価が低くなる」といったように一般的な認識と整合している．

表 2 住宅地の地価推定モデル

モデル	変数名	非標準化係数	標準化係数	t値
住宅地モデル1	定数項	3.329		94.530 **
	学校まで平均距離(100m)	-0.020	-0.248	-4.943 **
	最寄り駅までの距離(100m)	-0.006	-0.196	-3.339 **
	公示地点500m以内コンビニ数(軒)	0.023	0.142	3.020 **
	市街化調整区域ダミー	-0.523	-0.361	-6.961 **
	平日昼間バス交通量(1000台)	0.145	0.155	3.483 **
	人口あたりの飲食店数(軒/人)	0.034	0.109	2.506 *
	F(6,211)		60.686	
	R <sup>2</sup>		0.633	
	調整済み R <sup>2</sup> サンプル数(N)		0.623 218	
住宅地モデル2	定数項	2.247		54.686 **
	類似度項*1000	0.055	0.858	24.987 **
	F(1,223)		624.372	
	R <sup>2</sup>		0.737	
	調整済み R <sup>2</sup> サンプル数(N)		0.736 225	
住宅地モデル3	定数項	2.555		45.925 **
	学校まで平均距離(100m)	-0.003	-0.041	-1.100
	最寄り駅までの距離(100m)	-0.004	-0.120	-2.954 **
	公示地点500m以内コンビニ数	0.003	0.016	0.469
	市街化調整区域ダミー	-0.356	-0.245	-6.750 **
	平日昼間バス交通量(1000台)	0.037	0.040	1.254
	人口あたりの飲食店数(軒/人)	0.013	0.041	1.364
	類似度項*1000	0.040	0.636	15.441 **
	F(7,210)		144.606	
	R <sup>2</sup>		0.828	
調整済み R <sup>2</sup> サンプル数(N)		0.822 218		
住宅地モデル4	定数項	2.413		43.527 **
	最寄り駅までの距離(100m)	-0.005	-0.143	-3.882 **
	市街化調整区域ダミー	-0.322	-0.230	-6.582 **
	公示地点前面道路幅(m)	0.013	0.074	2.582 **
	類似度項*1000	0.045	0.698	20.719 **
	F(4,210)		260.997	
	R <sup>2</sup>		0.826	
	調整済み R <sup>2</sup> サンプル数(N)		0.823 218	

\*\*は1%水準で有意，\*は5%水準で有意であることを示す．

モデル 2 の調整済みの R<sup>2</sup> 値は，モデル 1 より大きくなっており，空間的な類似性のみを考慮する場合でもモデルの推定精度が向上することが分かった．これは，地価が空間的な類似性に依存し，その分布は連続的であることを示している．

モデル 3 では，調整済みの R<sup>2</sup> の値が 0.822 であり，モデル 1,2 より大きくなった．空間的類似性を考慮することでモデルの推定精度が向上することが分かる．さらに標準化回帰係数を見ると，類似度項の値が他の説明変数より非常に大きいことから，空間

的類似性が地価に与える影響は，他の説明変数より大きいことが分かる．

モデル 4 は，モデル 3 と比較して説明変数が減っているが，モデルの推定精度はもっとも高かった．モデル 3 に含まれていてモデル 4 に含まれていない変数として「学校までの平均距離」「バス交通量」といった変数があるが，これらは周辺の施設の集積状況や，交通整備状況を表しており，観測地点間の離間距離が近い場合は類似することが予想される．すなわち，これらの影響は類似度項に吸収されたものと考えられる．周辺の施設状況や交通整備状況を詳細に調査するのは時間や費用の制約から困難であることが多いが，もし周辺環境の影響も，類似度項が表現するのであれば，離間距離から地価の推定できることになる．すなわち，地価推定を行う際の，空間的類似性を考慮することの意義をここに見いだすことができる．

## 5. おわりに

本研究で提案した空間的な類似性を地価推定モデルに組み込むことで，モデルの精度を向上させるのみならず，その類似性を含む説明変数の説明力が非常に高くなることが確認された．

本研究で提案したモデルは，静的なモデルである．しかし，地価は長期的なスパンで変動し，時間的なずれを伴い空間的な類似性に依存することが考えられる．予測モデルとして用いるためには，時間軸を考慮した動的な枠組みへのモデルの拡張が必要であると考えられる．

## 参考文献

- 1) 例えば，青山吉隆：地価の動的・空間的連関構造に関する基礎的研究，土木学会論文集，No.425/IV-14，pp.127-133，1991.
- 2) 宮尾尊弘：地価決定理論の再検討，土木学会論文集，No.470/IV-20，pp.27-33，1993.
- 3) 宮本和明：効用および付け値の確率変動を考慮した土地利用シミュレーションモデル構築の試み，土木計画学研究・論文集，No.5，pp.15-26，1987.
- 4) 井上亮，木越尚之，清水英範：時空間クリギングの地価推定への適用可能性の検討，地理情報システム学会講演論文集，No.14，pp.39-42，2005.
- 5) Hans Wackernagel，地球統計学委員会訳編，青木謙治監訳：「地球統計学」，森北出版，2003.
- 6) 総務庁統計局：統計GISプラザ，<http://gisplaza.stat.go.jp/GISPlaza/>
- 7) ゼンリン電子地図帳，Z8 DVD全国版