

土地取引価格の空間内挿への共クリギングの適用可能性の検討

李 勇鶴, 井上 亮, 清水英範

The applicability of cokriging to land-transaction price interpolation

Yonghe LI, Ryo INOUE, Eihan SHIMIZU

Abstract: It is necessary to provide the land price information of arbitrary parcels for improving transparency in the real estate market. A method to provide land price information is the one based on Geostatistics; however, the estimation accuracy of land price may not be acceptable when the land price data is spatially unevenly distributed such as land-transaction price data. In this paper, we focus on the Cokriging method which is a statistical method for estimation of multivariate spatial data. We analyzed the applicability of Cokriging to land-transaction price estimation empirically using the simulated data through the comparison of the estimation accuracy of it with those of OLS and Kriging methods.

Keywords: 共クリギング(Cokriging), 土地取引価格(Land-transaction Price), 空間内挿(Spatial Interpolation)

1. はじめに

近年, 市場原理によって土地の高度・有効利用を促進する施策の一環として, 不動産市場の透明性の向上, 特に地価に関する情報のさらなる整備と公開の必要性が叫ばれている. 市場参加者が関心をもつ土地の価格や動向を知り, これを他の土地の情報と比較することができなければ, 合理的な意思決定を行うことは不可能であるからである.

日本では, この「地価に関する情報の整備と公開」の役割をこれまで国土交通省による公示地価が担ってきた. もちろん, 公示地価は鑑定価格であるため, 市場取引価格との乖離が指摘されてきたことは周知の通りである. そこで, 国土交通省は, ついに一定の制限のもとに不動産取引価格を

公開する方針を決定し, 平成17年度第三四半期から全国の政令指定市を中心とする地域について取引価格情報を「土地総合情報システム」(<http://www.land.mlit.go.jp/webland/>)で公表している.

しかし, 地価情報には必然的な限界が存在する. 取引価格の場合, 取引事例は地域的に偏在するため, 全ての市場参加者が関心をもつ土地の価格や動向の情報を必ずしも提供するわけではない. 従って, 市場参加者が関心をもつ土地の価格や動向を知るためには, 否応無しに空間で蓄積された情報を利用した予測というプロセスが不可欠になる.

さて, これまで空間統計手法で地価推定を行う場合には, 一種類の地価情報の時間・空間上の相関を利用し, Krigingを用いた地価推定が行われることが多かった. しかし, 日本の地価は「一物多価」と言われているように, 様々な地価情報が異なる需要を満足するために公表されており, これら複数の地価情報の有効利用によって, 地価の推

定精度をより高められることが期待できる。

そこで本研究では、対象変数(推定対象となる変数)と類似度が高く空間相関が強い補助変数を利用して変数間の空間相関を構造化し、任意の地点の推定を行うCokrigingに着目し、地価推定への適用可能性を検討する。なお、現時点では取引事例情報は地価推定に必要な位置情報を提供しないため、本研究では属性情報をを利用して位置推定した取引事例情報を対象変数とし、路線価情報を補助変数としてCokrigingの実証分析を行う。取引価格と路線価の情報としては、2006年度の東京23区の取引価格と路線価を利用する。

2. Cokriging

Cokriging(共クリギング)とは、Krigingを拡張した手法で、多変量間の相関を利用して推定を行う空間統計学の手法である。Cokrigingでは、特定の位置の推定対象変数の値を、近傍に存在するその変数自体と複数の補助変数に関するデータを基に推定する(Wackernagel, 2003)。

Cokrigingの特徴は各変数間の相関を相互共分散関数または相互バリオグラムで表現することである。N変量確率上において、同時2次定常性の仮定と同時固有仮説の枠組みで、自己・相互共分散関数 $C_{ij}(h)$ と自己・相互バリオグラム $\gamma_{ij}(h)$ は式(1)と定義される。

$$\begin{aligned} C_{ij}(h) &= E[(Z_i(x) - m_i)(Z_j(x+h) - m_j)] \\ \gamma_{ij}(h) &= \frac{1}{2} E[(Z_i(x+h) - Z_i(x))(Z_j(x+h) - Z_j(x))] \end{aligned} \quad (1)$$

$(x, x+h \in D : i, j = 1, \dots, N)$

Cokrigingは、主に対象変数の数が少なく、自己相関だけを利用したKrigingでは均一かつ高精度の予測ができない場合によく使われる。この時、対象変数と空間相関が強く観測数が多い補助変数を予測に利用するCokrigingを用いることによって、対象変数だけを利用したKrigingに比べて、予測精度を高めることができる。

Cokrigingでは、対象変数と直接の関係のある他の変数を補助変数として用いることが多い。

Chen・Tian・Guo(2005)は地表標高を補助変数とし

たUniversal Cokrigingを用いて地下水位の予測を行っており、本多ほか(2000)は貯水位と降水量を補助変数とした時空間Cokrigingを用いてダム周辺の地価水位の予測を行っている。また、Cokrigingでは補助変数として対象変数と同じ変数を用いることもある。例えば、Zhang・Shouse・Yates(1999)はある深さにある土壌の硝酸塩の濃度を同じエリアの他の深さにある土壌の硝酸塩の濃度を補助変数としたCokrigingを用いて予測を行っている。また、本多ほか(2000)とZhang・Shouse・Yates(1999)の研究では、CokrigingとKrigingによる推定精度を比較しているが、その結果、Cokrigingによる推定がより高い精度を持っている事が明らかになっている。

従来の地価予測に関する手法としては、主に空間と時間上の自己相関を利用した時空間Universal Krigingなどが挙げられる(井上・木越・清水, 2005)。また、Cokrigingによる地価予測に関する研究として、Chica-Olmo(2007)はAGE(apartment age), AMP(amplitude), HEAT(central heating)などの情報を補助変数として、Ordinary Cokrigingを用いて不動産価格の推定を行っている。地価のような社会経済データでは、空間距離の近さだけでは現象を説明することはできないので、本研究では地価モデルの誤差に自己・相互共分散構造を仮定したUniversal Cokrigingを行うこととし、次章で住宅地取引価格と路線価を用いて土地取引価格の推定へのUniversal Cokrigingの適用可能性を検証する。

3. 実証実験

3.1 使用データと地価モデル

Universal Cokrigingの地価推定への適用可能性を、2006年の国土交通省東京23区住宅地(更地)取引価格を対象変数とし、同年の国税庁相続税路線価を補助変数として実験を行う。しかし、取引価格情報は、Universal Cokrigingの実証実験への利用には不十分な情報であるため、下記の二段階の前処理を行ってから実験に用いた。

まず、前述のとおり現時点では取引価格情報はKrigingによる地価推定に必要となる位置情報を公開していない。そこで、本研究では取引価格の属

性情報(住所, 最寄り駅と最寄り駅までの距離)を用いて取引価格の位置推定を行い実験に使用する。東京23区内に100m間隔の点網(メッシュ)を作成し, その中から住所, 最寄り駅, 最寄り駅までの距離条件を満たす点を抽出する。その後, 抽出された点の中から無作為に一点を選び取引価格情報の地点とする。

次に, 取引価格は取引参加者各自の事情により標準的な価格から大きく外れる場合がある。Universal Cokrigingでは, パラメータ推定に用いる対象変数は必ず再現する手法であるため, そのまま取引価格情報を利用すると個別の取引による取引価格の違いをそのまま近傍の地価推定に反映させてしまうことになり, 不適切である。そこで, 本研究では取引価格を最寄りの路線価と比較し, 相対的に標準的と考えられる90%のデータを抽出して実験に用いる。

以上の処理の結果, 対象地域内の住宅地(更地)取引価格点数は2200点が抽出された。

実験では, 全2200点の取引価格地点から無作為に100点の地点を抽出して取引価格をパラメータ推定用の対象変数, 全2200点の路線価を補助変数としてパラメータ推定を行う。その後, 推定されたパラメータを用いて, 取引価格地点の残りの2100点の取引価格を推定し, 実際の取引価格データと比較して推定精度の検証を行う。

また, 本研究では地価モデルの説明変数として, 取引価格の場合はアクセシビリティ指標(分), 最寄り駅までの距離(m), 容積率(%), 地積(m²), 全面道路幅員(m), 適正ダミーの情報を用い, 路線価は説明変数を用いていない。

取引価格と路線価の地価モデルはそれぞれ式(2)と(3)を用い, 自己・相互バリオグラムは両方とも指型の式(4)を用いた。

$$\ln(P) = \beta_0 + \sum_{i=1}^6 \beta_i \ln(x_i) + \varepsilon \quad (2)$$

$$\ln(P) = \beta_0 + \varepsilon \quad (3)$$

(但し, P : 地価(円/m²), x_i : 説明変数, β_i : パラメータ, ε : 誤差)

$$C(h|\theta) = \theta_1 \cdot \exp(-\|h\|/\theta_2) \quad (4)$$

なお, 自己・相互バリオグラムのrangeは15kmと設定し, パラメータ推定は重み付き最小二乗基準を用いた(間瀬・武田, 2001)。

Universal Cokrigingのパラメータ推定は, まず, Universal Krigingを用いて取引価格と路線価の各地価モデルの残差を繰り返し計算で求める。次に, 求まった取引価格と路線価の残差を用いて, 経験相互バリオグラムを計算し, それに理論相互バリオグラム関数を当て嵌める。最後に, Universal Cokriging方程式でパラメータを求め, 推定を行う。

3.2 通常最小二乗法(OLS)・Universal Kriging(UK)・Universal Cokriging(UCK)による地価推定の精度比較

OLS・UK・UCKによる地価推定精度は, それぞれ35.1%, 22.9%, 15.1%で, UCKによる推定精度が一番高い。また, 表1のパラメータの比較より, パラメータの絶対値はOLSからUCKに渡って小さくなることが分かる。これはUCKによる地価推定では, 地価を空間上の相関で説明する部分が大きくなっていることを示す。他に, UCKの「地積」, 「前面道路幅員」のパラメータはOLS, UKと比べて符号が違うことが分かり, UCKのパラメータは説明変数の変動による地価の変動をうまく説明できないことが分かる。しかし, 本研究の目的は任意の地点の地価を均一かつ高精度で推定することなので, 本研究には影響がない。

表1 OLS・UK・UCKによるパラメータの比較

パラメータ	OLS	UK	UCK
定数項	17.211	15.276	13.328
アクセシビリティ	-0.791	-0.541	-0.138
最寄駅までの距離	-0.273	-0.197	-0.065
容積率	-0.245	-0.045	-0.038
地積	0.063	0.017	-0.017
全面道路幅員	0.031	0.029	-0.002
適正ダミー	0.415	0.350	0.378

また, 図1にUKとUCKによる地価推定精度の空間分布を示す。図1より, UKでは, パラメータ推定用の取引価格の偏在により, 推定精度は空間上でかなり大きい地域差を持つことがわかる。特に, 取引価格の分布が疎な地区では推定精度が著しく下がる。これに比べて, UCKでは均一に分布する補助変数を用いることによって, 全域でほぼ同じ

精度の推定が行われることがわかる。他に、UKとUCKの推定精度の標準偏差はそれぞれ17.73%，9.51%で、これからもUCKの方がUKより推定精度が均一であることがわかる。

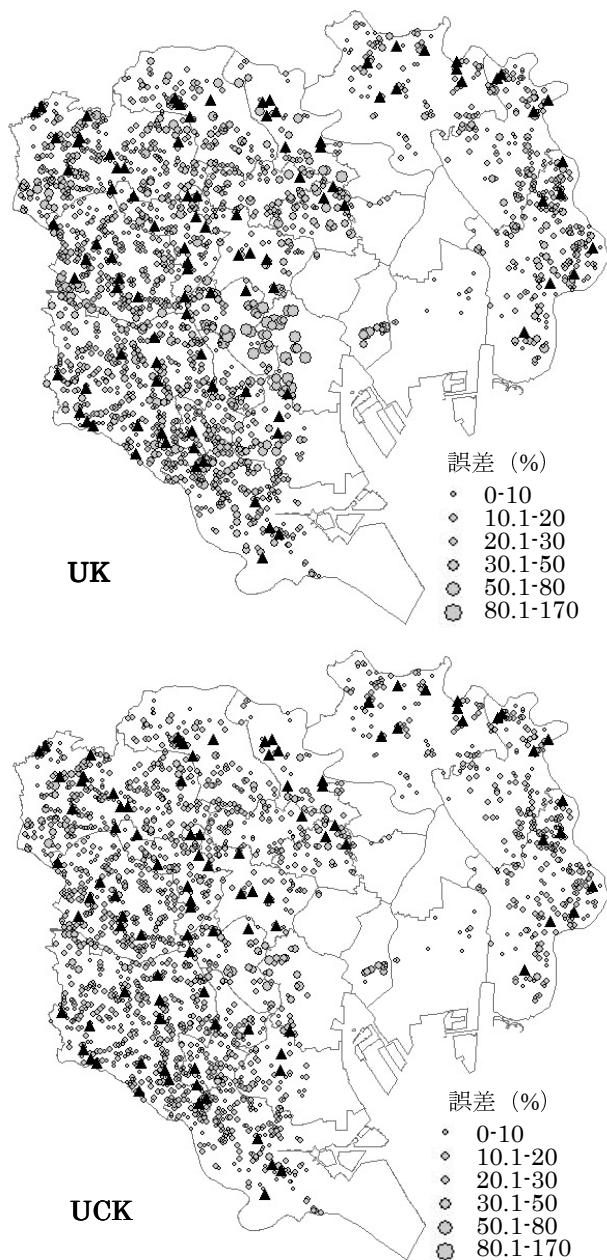


図1 UKとUCKの推定精度の空間分布の比較

4. おわりに

本研究では、空間予測を類似度の高い補助変数を利用して変数間の空間相関を構造化し推定を行うUniversal Cokrigingに着目し、2006年の東京23区における住宅地(更地)取引価格データと路線価データ

データを用いて実証実験を行い、Universal Cokrigingの地価推定への適用可能性を検証した。実証実験の結果、取引価格データの偏在により従来のUniversal Krigingによる推定精度はかなり高い地域差を持っているが、Universal Cokrigingによる推定精度は全域でほぼ同じレベルを保つことが明らかになった。また、全域の平均推定精度もUniversal Cokrigingの方が他の手法より高いことが分かった。

今後の課題としては以下が挙げられる。

一つは、他の補助変数を加えることである。今研究の場合は、補助変数として取引価格と直接相関のある路線価だけを用いたが、今後の研究では取引価格と相関のある他の情報も一緒に利用することによって、推定精度を向上させ、精度の地域差を抑えることが考えられる。

もう一つは、時空間Cokrigingによる地価推定である。地価は空間上の相関だけではなく、時間上の相関も持っているため、時空間相関を考慮したCokrigingによる地価推定も検討が必要である。

参考文献

- 青木謙治監訳、地球統計学研究委員会訳 (2003)『地球統計学』、森北出版株式会社. (Wackernagel, H. (1998) *Multivariate Geostatistics*, Springer-Verlag.)
- 井上亮, 木越尚之, 清水英範 (2005) 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」, 14, 39-42.
- 本多真, 菊地宏吉, 鈴木哲也, 水戸義忠 (2000) ダム周辺地下水位変動の時空間解析のための時空間Cokrigingの開発と適用、「土木計画学論文集」, (659), 283-295.
- 間瀬茂, 武田純 (2001) 空間データモデリング—空間統計学の応用、共立出版。
- Chen, J., Tian, K. and Guo, Q. (2005) Estimation of water table elevation by universal cokriging, *Journal of Hydrodynamics*, 17(2), 154-163.
- Chica-Olmo, J. (2007) Prediction of housing location price by a multivariate spatial method: cokriging, *Journal of Real Estate Research*, 29(1), 91-114.
- Zhang, R., Shouse, P. and Yates, S. (1999) Estimates of soil nitrate distributions using cokriging with pseudo-crossvariograms, *Journal of Environmental Quality*, 28(2), 424-428.