

# Estimation of Geographically Varying Coefficient Model via Group Fused Lasso

広島大 大石 峰暉 大阪医科大 福井 敬祐  
(株) 東京カンテイ 岡村 健介, 伊藤 嘉道 広島大 柳原 宏和

地理に依存したデータは地域の影響を受けているため、地域による効果である地域効果を考慮することが重要である。地域効果は重回帰モデルにおける回帰係数に表れると考えられ、例えばマンションの賃料の予測問題において、経年劣化に対する賃料の下がり方は地域によって異なると考えられる。このような地域効果は変化係数モデルによりモデル化され、特に地理的加重回帰などで推定される(例えば、植杉, 2012; 中村・兼田, 2015)。地理的加重回帰は、標本点間の距離に基づく重みを用いた重み付き推定により回帰係数を地域に対して連続的に変化させる手法であり、標本点ごとのモデルを推定できる。しかしながら、重み付き推定に用いる重みを計算するために距離行列が必要であるため、大標本データに対して使いづらいという欠点がある。また、標本点ごとに推定を行うことから、新たに得られた位置における予測値を求めるためにはその位置で再度推定を行う必要があるため、予測問題に対しても使いづらい手法である。

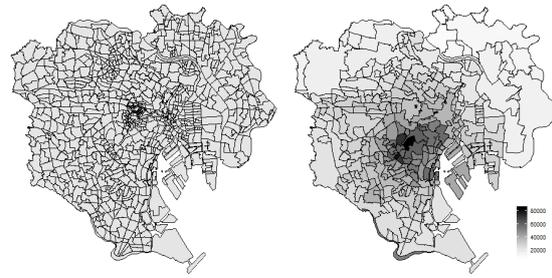
そこで、これらの欠点を改善するために離散的に回帰係数を変化させる変化係数モデルを group fused Lasso を用いて推定する手法を提案する。解析対象の地域を細かく  $m$  個の地域に分割したとき(図 (a) 参照)、その小地域  $j$  に対して以下のようなモデルを考える。

$$\mathbf{y}_j = \mathbf{X}_j\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}_j\boldsymbol{\gamma}_j + \boldsymbol{\varepsilon}_j \quad (j = 1, \dots, m).$$

ここで、 $\mathbf{y}_j$  は  $n_j$  次元目的変数ベクトル、 $\mathbf{X}_j$  は  $n_j \times p$  説明変数行列、 $\mathbf{Z}_j$  は切片項を含む  $n_j \times q$  説明変数行列、 $\boldsymbol{\varepsilon}_j$  は  $n_j$  次元誤差変数ベクトルであり、 $\boldsymbol{\beta}$  は全地域共通の  $p$  次元回帰係数ベクトル、 $\boldsymbol{\gamma}_j$  は小地域  $j$  に対する  $q$  次元回帰係数ベクトルである。解析対象の地域を分割したとき、各小地域は隣接関係を持つため、未知パラメータ  $\boldsymbol{\gamma}_1, \dots, \boldsymbol{\gamma}_m$  を group fused Lasso 型の罰則項を用いた以下の目的関数により推定する。

$$\sum_{j=1}^m \|\mathbf{y}_j - \mathbf{X}_j\hat{\boldsymbol{\beta}} - \mathbf{Z}_j\boldsymbol{\gamma}_j\|^2 + \lambda \sum_{j=1}^m \sum_{\ell \in D_j} w_{j\ell} \|\boldsymbol{\gamma}_j - \boldsymbol{\gamma}_\ell\|. \quad (1)$$

ここで、 $\hat{\boldsymbol{\beta}}$  は  $\boldsymbol{\beta}$  の推定量、 $\lambda$  はチューニングパラメータ、 $w_{j\ell}$  は重み、 $D_j$  は小地域  $j$  と隣接する小地域の添え字集合である。小地域  $j$  ごとにモデリング、すなわち、回帰係数を小地域ごとに離散的に変化させ、罰則付き推定を行うことで、距離行列が不要となることから大標本データに対しても使いやすい手法となる。また、小地域ごとのモデルを推定できるため、新たに得られた位置における予測値は、その点が属する小地域の回帰係数を用いればよく、予測問題に



(a) 地域の分割

(b) クラスタリング結果

対しても使いやすい手法である。さらに、fused Lasso を利用した推定法であることから、図 (b) のようなクラスタリングを行うこともできる。(1) 式を効率良く最小化するためのアルゴリズムを開発することで、地理的加重回帰の欠点を改善したより使いやすい変化係数モデルを提案する。

## 引用文献

- [1] 植杉 大 (2012). 小地域別地価水準のローカル回帰モデル推定 ~ 埼玉県さいたま市を例として. 撰南経済研究, **2**, 1–20.
- [2] 中村 卓馬・兼田 敏之 (2015). 混合地理的加重回帰モデルを応用した地価形成要因の分析 –2002 年と 2012 年の名古屋市の住宅地を対象として–. 日本建築学会技術報告集, **21**, 307–310.