

氏 名 久保田 貴文

授与した学位 博士

専攻分野の名称 学 術

学位授与番号 博乙第4383号

学位授与の日付 平成24年 9月27日

学位授与の要件 博士の学位論文提出者

(学位規則第5条第2項該当)

学位論文の題目 Simulation Studies of Geometric Anisotropy Detection Methods for Geostatistical Data

(地理統計データにおける幾何異方性の検出法についてのシミュレーション研究)

論文審査委員 教授 垂水 共之 教授 栗原 考次 准教授 笛田 薫

### 学位論文内容の要旨

本論文では幾何異方性を検出する方法およびそれを修正する方法を提案した。さらに本研究で提案した方法の妥当性についてシミュレーションにより検討を行った。

第1章においては、地理統計データの幾何異方性について説明し、これまでになされた先行研究を紹介した。さらに、第2章においては、本研究で取り扱う地理統計データについて紹介した。第3章においては、バリオグラムのパラメータ推定について、特に本研究において提案している幾何異方性の検出のために、レンジの値を推定する方法を述べた。第2章および第3章においては、可視化のための応用として、GoogleMapsAPI および SVG を利用した地理統計データの地図上への可視化について、バリオグラムクラウドと観測地点とのリンク、および経験バリオグラムへの理論バリオグラムのフィッティングについての可視化を行った。

第4章において、2種類の幾何異方性の検出方法、すなわち楕円による方法と尤度に基づく方法について述べ、求められた幾何異方性のパラメータ、すなわち楕円における長軸・短軸の比および長軸の回転角度を用いて、元データを長軸と逆方向に回転し、短軸を求められた比の分だけ拡張し、異方性を修正する方法を提案した。

第5章においては、第4章で述べた2つの方法で求めた幾何異方性のパラメータを用いて、どちらの手法がよい方法なのか、さらには幾何異方性を修正した方が良いかを含め、シミュレーションで検証した。すなわち、等法性を仮定 (IS)、提案した楕円に基づく方法 (EL) および尤度に基づく方法 (ML) の3つのタイプについて比較した。手順については、まずパラメータを与え、幾何異方性を持つデータを作成し、そしてそれぞれのタイプについて幾何異方性のパラメータを推定した。それらのパラメータを用いて幾何異方性を修正した。すなわち変換されたデータは等方的であると見なした。その変換後のデータから今一度全方向バリオグラムのパラメータを推定し、そこから観測地点と同地点のデータ (特性値) を推定した。そして、与えられたデータと推定したデータの残差を算出した。以上を、乱数のシードを変更して100回計算することで、その平均値だけでなく、その残差が3つのタイプの中で最も小さくなった回数を比較した。

最後に、第6章において結論を述べた。本シミュレーション研究の結果より提案するのは次の4つである。

(1) データ数が少ない場合 (50個以下) 提案した方法が最小の残差を与える (2) 幾何異方性における長軸・短軸の比が大きい場合 (5以上) 提案した方法が最小の残差を与える (3) それ以外の場合は強制的に等法性を仮定する場合はデータに依存して善し悪しが決まる予測値となる、および (4) 尤度に基づく推定値は頑健な予測値となる。

すなわち、実際の解析ではしばしば無視される幾何異方性について、上記 (1) および (2) については、提案の方法がよい結果を与えることを示せた。また、そうでない場合についても、(4) により頑健な推定値を得ることも発見できた。

## 論文審査結果の要旨

本論文では空間データの一つである「地理統計データ」における未観測地点での値の推定問題を取り扱っている。未観測地点での値の推定には「クリギング法」が使われるが、その前提として2次定常性が必要となる。この条件を満たさない場合の一つとして、方向によってバリオグラムのレンジが異なる「幾何異方性」がある場合を中心にまとめている。

SVGを用いて地図の上に空間データを可視化するとともに、バリオグラムクラウドと観測地点とのリンク、理論バリオグラムの当てはめの可視化を行い、空間データをわかりやすく表示するとともに、4方向バリオグラムから推定した4方向のレンジに楕円を当てはめることによる幾何異方性の検出、幾何異方性の修正方法を新規に提案している。

その新しい検出方法・修正方法がどのような場合に有益であるか、シミュレーションで検証し、(1) データ数が少ない場合(50個以下)提案した方法が最小の残差を与える(2) 幾何異方性における長軸・短軸の比が大きい場合(5以上)提案した方法が最小の残差を与える(3) それ以外の場合は強制的に等方性を仮定して得られる推定値は、データに依存して善し悪しが決まる予測値となる、および(4) 尤度に基づく推定値は頑健な予測値となる、ことを示した。すなわち、実際の解析ではしばしば無視される幾何異方性について、上記(1)および(2)については、提案の方法がよい結果を与えることを示せた。また、そうでない場合についても、(4)により頑健な推定値を得ることも発見できた。

これらの結果は査読付きの4本の学会誌、国際会議プロシーディングで公表されており、学会での評価も受けている。

このように本論文は幾何異方性の検出法、その修正法について新しい手法を提案し、その修正が有益になる場合についてもシミュレーションで検証しており、博士(学術)の学位論文に値するものと判断する。