

学位論文の要旨

氏名	SARPONO
学位論文題目	Local Spatial Regression Model for Small Area Estimation: A Case Study of Disadvantage Villages in Jawa Tengah Province, Indonesia (局所空間回帰モデリングによるインドネシア共和国ジャワ島の未開発村分布の小地域推定法に関する研究)

本論文は、空間データ解析において、空間的非定常性を表現する新たな局所モデルを提案し、インドネシア共和国ジャワ島における未開発村分布の小地域推定問題に適用した結果をまとめたものである。

第1章では、本研究の背景と目的、および、本研究と先行研究の概要についてまとめた。

第2章では、この問題に関する先行研究を紹介するとともに、本研究で解析を行うデータの概要についてまとめた。本研究で扱う、一人当たりの平均家計支出データと、それにもとづく貧困度規準(poverty line, インドネシア統計局で提案された)は、当該分野において、貧困度の指標として広くもちいられているものである。先行研究の紹介では、比較的最近開発された手法である ELL 法の解説に特に重点を置くとともに、最小二乗法、空間的重み付け回帰モデル、混合空間的重み付け回帰モデル、クリギング法、統計的有意性検定などの統計手法についても説明した。

第3章では、インドネシア共和国ジャワ島の未開発村分布に対する探索的空間データ解析を行った結果をまとめた。本章では、大域モデルと局所モデルの当てはまり具合の差異に注目することにより、空間的クラスターや未開発村が集中する地域(hot spot)を検出した。また、貧困度が、自然環境、交通通信環境、社会環境などの因子の影響をどの程度受けるかについても検討した。

第4章では、空間的重み付け回帰モデルのデータへの当てはめを行い、各説明変数の空間的非定常性の分析を行った。本研究で分析するデータは、異なる調査によって得られた2種類のデータであり、そのマッチング手法についても検討した。さらに、説明変数の空間的非定常性を考慮した新たなモデルとして、空間的重み付け回帰-クリギング法を提案した。提案手法により、局所推定が必要な空間的に非定常な説明変数に関しても、解析領域全域での推定値が得られ、領域内のすべての村を貧困村と非貧困村に分類することが可能となった。分類の結果を、インドネシア統計局により報告されている貧困度規準と比較し、提案手法の妥当性を検証した。

第5章では、空間的重み付け回帰モデルの拡張として、局所モデルと大域モデルの混合モデルである混合空間的重み付け回帰モデルのデータへの当てはめを行った。さらに、このモデルにもとづき、第4章で提案した空間的重み付け回帰-クリギング法を拡張した、混合空間的重み付け回帰-クリギング法を提案し、データへの当てはめを行った。提案するモデルは、説明変数に、空間的定常性を有するものと有さないものの両方が混在する、本研究で扱うデータの性質をよく反映するものであり、第4章で得られた分類の改善が見られることを確認した。

第6章では、空間的データ解析の分野において空間的非定常性と並ぶもうひとつの概念である、空間的自己回帰モデルに注目し、大域、および局所、両方の、空間的自己回帰モデルをデータに当てはめ、その当てはまりを検証した。また、4,5章と同様に、領域内のすべての村の貧困村、非貧困村への分類を行い、結果を比較、検証した。

第7章では、自然環境、交通通信環境、社会環境と貧困度との因果関係を、空間的-属性重み付け回帰モデルにより検証した。ここでの重み関数は、空間構造と、各環境変数の属性構造の両方を統合したものである。

第8章では、本論文の総括を行った。

論文審査の要旨

報告番号	理工研 第 330 号	氏名	SARPONO
審査委員	主査	青木 敏	
	副査	近藤 正男	種市 信裕
学位論文題目	Local Spatial Regression Model for Small Area Estimation: A Case Study of Disadvantage Villages in Jawa Tengah Province, Indonesia (局所空間回帰モデリングによるインドネシア共和国ジャワ島の未開発村分布の小地域推定法に関する研究)		
審査要旨	<p>提出された学位論文及び論文目録等を基に学位論文審査を実施した。</p> <p>本論文は、空間データ解析において、空間的非定常性を表現する新たな局所モデルを提案し、インドネシア共和国ジャワ島における未開発村分布の小地域推定問題に適用した結果をまとめたものである。</p> <p>第1章では、研究の背景と目的、本研究と先行研究の概要についてまとめられている。第2章では、先行研究と、本研究で解析するデータの概要についてまとめられている。本研究で扱う、一人当たりの平均家計支出データと、それにもとづく貧困度規準(poverty line)は、当該分野において、貧困度の指標として広く用いられているものである。先行研究の紹介では、比較的最近開発された手法である ELL 法の解説に特に重点が置かれるとともに、最小二乗法、空間的重み付け回帰モデル、混合空間的重み付け回帰モデル、クリギング法、統計的有意性検定などの統計手法についても説明されている。第3章では、インドネシア共和国ジャワ島の未開発村分布に対する探索的空間データ解析の結果が示されている。特に、大域モデルと局所モデルの当てはまりの差異に注目し、空間的クラスターや未開発村が集中する地域(hot spot)を検出している。また、貧困度が、自然環境、交通通信環境、社会環境などの因子の影響をどの程度受けるかについても検討されている。第4章では、空間的重み付け回帰モデルのデータへの当てはめと、各説明変数の空間的非定常性の分析が行われている。本研究で分析するデータは、異なる調査によって得られた2種類のデータであり、そのマッチング手法についても検討されている。さらに、説明変数の空間的非定常性を考慮した新たなモデルとして、空間的重み付け回帰-クリギング法が提案されている。提案手法により、局所推定が必要な空間的に非定常な説明変数に関しても、領域全域での推定値が得られ、領域内のすべての村を貧困村と非貧困村に分類することが可能となった。分類の結果を、先行研究で報告されている貧困度規準と比較し、提案手法の妥当性が示されている。第5章では、空間的重み付け回帰モデルの拡張として、局所モデルと大域モデルの混合モデルである混合空間的重み付け回帰モデルのデータへの適用が行われている。さらに、このモデルにもとづき、第4章での提案手法を拡張した、混合空間的重み付け回帰-クリギング法が提案され、データへの適用が行われている。提案モデルは、説明変数に、空間的定常性を有するものと有さないものの両方が混在する、本研究で扱うデータの性質をよく反映しており、第4章で得られた分類の改善が確認された。第6章では、大域と局所、両方の、空間的自己回帰モデルをデータに適用し、その当てはまりを検証している。また、4,5章と同様に、領域内のすべての村の貧困村、非貧困村への分類を行い、結果を比較、検証している。第7章では、自然環境、交通通信環境、社会環境と貧困度との因果関係を、空間的-属性重み付け回帰モデルにより検証している。重み関数は、空間構造と、各環境変数の属性構造の両方を統合したものである。第8章では、本論文の総括が行われている。</p> <p>以上、本論文は、それまで単純な大域モデルしか考慮されてこなかったインドネシアの未開発村分布に対して新たな知見を与えるものであり、空間データ解析の理論研究として新手法を提案している点での貢献も大きい。よって、審査委員会は博士(理学)の学位論文として合格と判定した。</p>		

最終試験結果の要旨

報告番号	理工研 第 330号	氏名	SARPONO
審査委員	主査	青木 敏	
	副査	近藤 正男	種市 信裕

平成22年2月5日に行われた論文発表会において、審査委員3名とその他聴講希望者15名に対して、学位論文の内容について1時間15分の説明を行い、その後30分に渡って質疑応答を行った。以下に質疑応答の内容を示す。

質問1：「局所モデルと大域モデルの推定結果の比較において、局所モデルの推定された母数の中央値、分位点、最大値、最小値を用いている理由は何か」

回答：中央値は、局所モデルにおいて地域ごとに推定された母数の中心を、大域モデルの母数の推定値と比較するために用いた。分位点および最大値、最小値に注目したのは、特に推定された母数の符号の変化を確認するためであり、ふたつの目的がある。ひとつ目は、局所モデルにおいて、ある特定の地域において生じているかもしれない多重共線性を検出すること。もうひとつは、ある特定の地域でのみ母数の有意性が低いようなケースを検出することである。

質問2：「第6章において、提案する手法を従来法である Leung 法と比較しているが、何故か」

回答：Leung の方法は、当該分野における代表的な手法であり、スタンダードとして知られる手法である。今回、論文において、その Leung 法と提案手法を比較し、提案手法が推定精度の点で引けをとらないことと、実データに対する判別がよく似た結果になることを確認した。

質問3：「提案手法は、Leung 法に代わる新たなスタンダードになると思うか」

回答：本研究において、提案手法が Leung 法を優越するという結果は得ていないが、同等な性能をもつ手法であることは確認できた。したがって、スタンダードではなくとも、代替法のひとつとして十分な提案ができたと判断している。

質問4：「第4章において、局所モデルの母数の推定量が最良線形推定量となるための条件は何か」

回答：（ホワイトボードに式を書いて、重み付き最小2乗推定の概略を説明したのち）式に含まれる空間重み行列 (spatial weight matrix) の対角成分は、推定対象となる各地点と、周囲の地点との距離にもとづいて値を決定しており、本研究ではガウシアンカーネル関数を採用している。これが、各地点での誤差分散の逆数に一致するとき、最良線形推定量となる。

以上、いずれの質問に対しても、おおむね明瞭かつ適切な回答がなされた。

以上の結果から、3名の審査委員は、申請者が大学院博士後期課程の修了者として十分な学力ならびに見識を有するものと認め、博士（理学）の学位を与えるに足りる資格を有するものと判定した。