

氏名	爲季 和樹			
学位の種類	博士(工学)			
学位記番号	博甲第7689号			
学位授与年月日	平成28年3月25日			
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当			
審査研究科	システム情報工学研究科			
学位論文題目	Methodological developments for spatial analysis of origin-destination flows (ODフローにおける空間分析手法の理論的開発)			
主査	筑波大学 教授	博士(工学)	堤 盛人	
副査	筑波大学 教授	学術博士	大澤 義明	
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	鈴木 勉	
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	岡本 直久	
副査	筑波大学 准教授	博士(経済学)	大久保 正勝	
副査	広島大学 助教	博士(工学)	瀬谷 創	

## 論文の要旨

地理空間データの特質である空間的な(自己)相関と異質性とそれらの特質に対して空間統計学の分野において開発された様々な手法や方法論は、地理空間データの利活用が進む中で、経済学・都市学・地理学・疫学・生態学などの学問分野において盛んに適用されるようになり、研究の蓄積が進んでいる。扱うことの出来る地理空間データの種類が豊富になるに従って、より複雑な分析の手法や方法論が必要になっている。特に、地域間の交易や移動などのように発地と着地の位置に関する情報を有する Origin-Destination Flow (OD フロー) に関するデータを扱うための空間統計学の研究は未だ発展途上にあり、多くの課題が残されている。

本論文は、OD フロー分析における空間統計学的理論に基づく新たな手法の開発を目的とする。

第1章で論文構成を説明した後、第2章で上述の研究背景について詳しく論じている。続く第3章において、OD フロー間の空間的な自己相関を明示的に考慮した新たな OD フローの空間クラスタリング手法を提示している。第4章では、地理的加重回帰モデルを基にして、発地と着地それぞれに基づく空間的な相関や異質性を明示的に考慮した OD フローモデルを提示している。第5章では、OD フローをより詳細な OD におけるフローへとダウンスケーリング(空間詳細化)するための新たな手法を提示している。最後に、第6章において本論文の成果を総括し、今後の課題について論じている。

## 審査の要旨

### 【批評】

OD フローを対象とした計量分析は、計量地理学を始めとして数十年以上の研究の歴史があるものの、OD フローデータに内在する空間的な相関や異質性という地理空間データが持つ特質を明示的に考慮したモデル化やパラメータの推定方法等に関する研究は始まったばかりであり、全体として本論文の新規性は非常に高い。

第3章で扱ったフローデータのクラスタリング手法に関しては、データに内在する空間的な相関を考慮するための空間重み行列を用いることで計算量が膨大になる問題に対し、近年、空間計量経済学の分野で提案された重み行列の **Kronecker 積** を用いたモデルのアイデアを援用することで、実行可能な方法を提案した。さらに、東京 23 区を対象とした従業トリップのデータへの適用とその結果の考察を通じて、提案手法の実用性と有用性を確認した。

第4章では、従来、着地に基づく **Kernel** を用いた発地ベースの地理的加重モデルに基づく OD フローモデルに対して、逆に発地に基づく **Kernel** を用いた着地ベースのモデルを提示した上で、発地と着地の双方の **Kernel** に基づく地理的加重モデルに OD フローモデルを提示している。発想そのものは非常に単純であるが、従来手法を包含する新たな手法の開発に成功し、日本の都道府県間人口移動データに対して適用することで、手法の実用性と有用性を確認した。

第5章での空間詳細化のモデルの構築に際しては、扱うデータが連続変数ではなく非負の整数値のいであるカウントデータという性質を考慮してポアソン分布を用いている点で実際の適用場面により整合的である一方で、パラメータの推定が格段の困難になるという問題を抱える。これに対し、ベイズ推定の技法を用いることでその問題を解決し、茨城県を対象とした人口移動データを対象として実証分析を通じ、空間詳細化に関して高い精度を有することを確認した。

第3～5章の各々において、精緻な理論的検討に基づき新たな理論モデルの提案に成功しているだけでなく、実際のデータを用いた実証的分析も行うことで、提案手法が実用に資することを確認しており、それらの内容は高く評価出来る。

### 【最終試験の結果】

平成28年2月3日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

### 【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。