

氏 名	竹村 祐亮
授与した学位	博 士
専攻分野の名称	理 学
学位授与番号	博甲第 6648 号
学位授与の日付	2022年 3月 25日
学位授与の要件	環境生命科学研究科 環境科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	Proposal and application of a new method for cluster detection in large-scale spatial data by the echelon scan method (Echelon scan 法による大規模空間データにおける高リスクな空間クラスター検出のための新手法の提案とその応用)
論文審査委員	准教授 石岡 文生 教授 栗原 考次 教授 坂本 亘
学位論文内容の要旨	
<p>近年、GPS や GIS といった位置情報端末の普及により様々な分野で空間データの収集が行われている。ある空間的事象が特定の地域に集中して発生する場合、「クラスターが存在する」という。これまで、クラスター検出手法として多くの手法が提案されているが、中でも、空間スキャン統計量はクラスターの有無とその位置を同時に検出可能な手法として、現在主として使用されている。空間スキャン統計量の問題点として、実際にはリスクが低い領域が高リスクなクラスターとして検出されてしまうことがある。この問題に対して、制限付スキャン統計量が提案され、高リスクな領域からなるクラスターを検出することが可能になった。しかし、領域数が数千から数万に及ぶ大規模時空間データの解析では、任意の形状からなるクラスターの検出が困難になってしまう。本論文では、echelon 解析によって得られるデータの階層構造と制限付スキャン統計量の考えを組み合わせることで、大規模空間データに対するクラスター検出を可能にする新たな手法として adjusted echelon scan 法 (AESM) を開発した。Echelon 解析は、領域上の 1 変量値に対して、空間的な位置を表面上のデータの高低に基づき分割し、空間データの位相的な構造を系統的かつ客観的に表現する解析法である。AESM は、既存手法に比べ、大規模空間データを用いたシミュレーションにおいて解析時間を大幅に短縮し、クラスターの検出精度も同等以上の結果を示した。このことから、AESM はこれまで様々な分野で収集されているにかかわらず、既存手法では適用が困難とされていた大規模空間データのクラスター検出を可能にし、新たな知見を得ることが期待される結果となった。</p> <p>大規模空間データの例として、時空間データが挙げられる。AESM の時空間データへの適用例として、日本国内の都道府県別かつ日別に収集された新型コロナウイルス感染症 (coronavirus disease 2019; COVID-19) の新規陽性者数のデータを用いて解析を行った。都道府県ごとの人口に基づくクラスターと PCR (polymerase chain reaction) 検査の実施件数に基づくクラスターの検出を行った結果、人口に基づくクラスターは東京をはじめ、人口の多い地域で長期間のクラスターが確認され、特に、年末年始ではクラスターが周辺地域に拡大する様子も確認された。また、沖縄や北海道といった観光地でも人流が増加していたと考えられる時期にクラスターが発生しており、人口密度や人の動きがクラスターの形成・拡大に影響を与える要因の一つであることが示唆された。PCR 検査数に基づくクラスターでは、陽性者数が急激に増加した時期にクラスターが広い範囲で検出されており、検査陽性率の高い地域がクラスターに含まれていることがわかった。</p>	

論文審査結果の要旨

ある空間的事象が特定の地域に集中して発生するとき、「クラスターが存在する」という。本論文では、大規模空間データに対する高リスクなクラスター検出を可能にする新たな手法として、adjusted echelon scan法 (AESM) を開発している。

前半では、AESMのアルゴリズムについて解説するとともに、シミュレーション実験によって既存手法と性能比較を行っている。その結果、AESMは既存手法に比べて解析時間が大幅に短縮され、また、クラスターの検出精度についても同等以上の結果を示すなど、一定の有効性が認められた。このことから、AESMはこれまで様々な分野で収集されているにかかわらず、既存手法では適用が困難とされていた大規模時空間データに対するクラスター検出を可能にし、そこから新たな知見が得られるようになる事が期待される。

後半では、実データへの応用として、日本国内における「都道府県別」かつ「日別」に収集されたCOVID-19新規陽性者データに対しAESMを適用している。その結果に基づき、COVID-19の時空間クラスターが「いつ」「どこで」発生していたかといったクラスターの経時的な変化を可視化し、その背景にある社会的な要因等についても考察している。具体的には、東京をはじめとした人口の多い地域で長期間のクラスターが検出され、特に年末年始では、そのクラスターが周辺地域に拡大する様子が捉えられた。また、沖縄や北海道といった観光地でも、人流が増加していたと考えられる時期でのクラスターの存在が明らかになった。これらの結果は、人口密度や人の動きがCOVID-19クラスターの形成・拡大に影響を与える要因の一つであることを示唆するものとなっており、この事を時空間クラスターの観点から統計的根拠（データ）によって見出した事は一定の成果が認められる。

これらの研究成果について、これまでに1篇の査読付きの原著論文にまとめると共に、国内外の学会・研究会等において10件の発表を行っている。中でも2019年12月に開催された2019年度日本分類学会シンポジウムでは、優秀学生発表賞を受賞するなど高い評価を得ている。空間統計学における時空間クラスター検出のための理論と応用において、これらの研究がもたらす貢献は著しく、本論文は博士（理学）に値すると判断した。