

審 査 の 結 果 の 要 旨

論文提出者氏名 増 山 篤

本論文は、空間的事象の位相的特徴を抽出し、それを空間的事象間で比較することによって、それらの構造的類似性を判断する方法の提案および適用を行ったものである。

近年、電子化された空間的データが豊富に作成され、また、それを計算機上で取り扱う地理情報システムが発達し、空間的データに対する様々な操作が容易になっている。そこで、空間的事象の理解において、単に人間の目で読み取るだけではなく、その特徴を記述し、それに基づいて客観的判断を下すという方法も実行可能となってきた。本論文で提案した方法は、空間的事象の特徴の記述において位相幾何学を援用することによって、データの歪みの影響をあまり受けることなく客観的判断を行うことを可能にした。

本論文は五つの章からなっている。第一章では、空間的事象の特徴を記述する方法とその特徴を用いた客観的判断方法に関する既存研究のレビューが行われている。その結果、連続量の時間的・空間的変動を記録したデータの位相的特徴を用いた客観的判断方法に関する研究が不十分であるにも関わらず、そのような方法が求められる実用上の要請があることが示され、本論文はまさにその空白を埋めるものである。

第二章では、連続量の時系列変化（「時系列曲線」）から、データ品質の低下に影響されることなく、特徴的パターンを探り出す分析方法が提案されている。

まず、時系列曲線上のピーク、ボトムのシーケンスという位相的特徴が、観測機器の劣化等に起因するデータ品質の低下に対して頑健であることが示されている。また、その他の原因による微小誤差が分析結果に及ぼす影響を取り除くスムージング手続きが提案されている。そして、離散的な観測値の列から、位相的特徴の抽出およびスムージングを行う計算法を開発し、実用的な計算時間で実行可能であることが示されている。

以上の準備の後、二つの分析方法が提案されている。まず、固定されたスムージングパラメータを用い、スムージング後の大局的特徴が一致する時系列曲線同士を同一カテゴリーにまとめる位相的分類方法が提案されている。次に、スムージングパラメータを可変とした時系列曲線間の位相的類似度の提案が行われている。

この後、リモートセンシング衛星によって取得された正規化植生指標の季節変動への適用が行われている。その結果、通常のクラスター分析法においては検出されない二峰性の季節変動パターンが検出され、また、実際の土地被覆変化によく符合する特徴的パターンを抽出されるなどの実証的有効性が示されている。

第三章では、連続面同士の量的関係に関するモデルの構築に先立つ探索的分析方法の提案が行

われている。

これまでも連続面間の関係を分析する方法はいくつも提案されてきた。しかし、そのいずれもが、どのような関係を分析するのか曖昧であるか、あるいは、そこで想定されている量的関係が極端に限定的なものであるといった欠点を有していた。この欠点を取り除くべく、当章では、領域あるいは定義域の連続的変換によって互いに移し替える連続面をすべて同一視することによって、量的関係が成立しうる連続面のみを篩い分ける方法が提案されている。

まず、この目的のために、等高線の入れ子関係によって決まる領域木という連続面の位相的特徴が利用できることが示されている。次に、領域木の位相構造と特異点（ピーク、ボトム、コル）が取る値を調べることで、連続面間に量的関係が成立するかどうかを判定する方法が述べられている。そして、実際の連続面データから領域木を構築するための計算アルゴリズムも開発されている。

提案された分析方法は、東京二十三区における窒素酸化物分布の時系列変化に対する適用され、エネルギー消費密度の代理指標としての人口密度の時間的・空間的変動と一致するという結果が得られている。

第四章では、複数のデータ作成主体によって作成された領域分割図データに生じた相違を検出し、そこで検出された相違を解消するための一連のプロセスが提案されている。

まず、ファイル形式、図郭線、ポリゴン名称リスト、境界線のなすネットワーク、ポリゴン間隣接関係の順に、相違の検出と解消を行う方法が述べられる。これらの段階の後、二つの領域分割図間において対応関係にある境界線のペアが得られる。

一般に、これらのペアに関しては、データ作成者やスケールの違いに起因し、それぞれの境界線の粗さが異なる。そこで、この粗さの相違が不明な場合であっても、同一レベルで比較を行えるように、複素数列のフーリエ変換を用い、それぞれの境界線の骨格を抽出する方法が提案されている。このように抽出された骨格に関し、ペアとなった境界線間でそれらの大局的構造が質的に同一となるかどうかの判定を、骨格を構成する頂点における折れ曲がり角度の列に対して第二章の位相的分析方法を拡張した方法を用いることによって可能としている。

質的に同一と判定された境界線については、複素数回帰分析と呼ばれる方法によってそれらの位置的相違を調べる方法が提案され、また、この方法の長短についても論じられている。

ここで提案された一連の手続きは、国土地理院と総務庁統計局によって作成された行政界データに適用され、その結果、人間の眼では捉えにくい相違が検出されるという結果が得られている。

第五章では、本論文の成果がまとめられ、今後の研究の方向性が示されている。

以上のように、本論文は斬新かつ実用的な方法を開発し学術的に大きく貢献しており、よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。