

氏名(本籍)	みず たに きよ たか 水谷清隆(岐阜県)		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第3950号		
学位授与年月日	平成18年3月24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	内積に基づくクラスタリングアルゴリズムの非線形化とその応用に関する研究		
主査	筑波大学教授	工学博士	宮本定明
副査	筑波大学教授	工学博士	稲垣敏之
副査	筑波大学教授	工学博士	鬼沢武久
副査	筑波大学助教授	博士(工学)	イリチュ美佳
副査	筑波大学助教授	博士(工学)	遠藤靖典

論文の内容の要旨

高度情報化社会の中で膨大なデータを効率よく取り扱うためには、データ解析は極めて有効な手段となる。特に近年、クラスター分析あるいはクラスタリングと呼ばれる教師なし分類の技法が様々な分野で注目を集め、盛んに利用されている。クラスタリングを行う際には、データ間に定義された類似性や距離に基づいて、互いに類似性が大きい距離が小さいものを同一グループに入れるように分類を行う。

本論文では、個体のグループへの所属性にファジィネスを導入したファジィc-平均法と呼ばれるクラスタリング技法および競合学習に基づくクラスタリング技法を論じている。これらに関わる研究は数多いが、内積およびコサイン相関を類似度に利用し、次に述べる非線形化を扱っているところに特徴がある。

クラスタリングにおける非線形化とは、非線形境界をもつクラスターを抽出する技法のことであり、サポートベクターマシンなどで利用しているカーネル関数を用いるアルゴリズムが最近注目されている。ファジィc-平均法へのカーネル関数の利用は既に提案されているが、先行研究ではユークリッド距離を用いており、内積を扱ったアルゴリズムは本研究ではじめて提案された。

第1章では、本研究の背景として、前述のようなクラスター分析の持つ役割について触れ、内積に基づく類似度を利用したクラスタリング手法の位置づけについて示している。また、従来の手法が持つ問題点について指摘し、本研究の意義、目的について簡潔に述べている。

第2章では、c-平均クラスタリングを行うための類似度として内積とコサイン相関を述べ、それを利用したファジィc-平均法の理論について述べている。

第3章では、クラスタリングアルゴリズムにカーネル関数を利用することにより、非線形化、すなわち非線形な境界をもつクラスターを抽出する方法について述べている。内積およびコサイン相関を用いた場合のアルゴリズムを示し、その有効性を人工データによる数値実験により視覚的に示している。

第4章では、c-平均法とは異なるアプローチである競合学習という概念からクラスタリングを行う方法について述べている。競合学習モデルに基づくクラスタリングにカーネル関数を用いた場合のアルゴリズム

を提案し、その有効性を数値例により示している。

第5章では、情報検索におけるクラスター検索モデルへの応用として、ファジィマルチ集合を用いる方法について述べている。ファジィマルチ集合は要素の数と帰属度を同時に表現する構造を持つため、同一の用語が異なる度合いを持って複数回出現しているようなweb上の情報や文献情報を適切に表現できる。このモデルにもとづく文書情報クラスタリングの方法について述べ、実際の文書情報を用いた実験により、従来のクラスタリング手法との分類性能を比較し、非線形化されたクラスタリングアルゴリズムの有効性を示している。

第6章では、リスク解析におけるクラスタリングの利用方法の一例として、クラスタリングによる日本周辺の軍事情勢の分析を行う方法について述べている。各国の軍事データを使用してクラスタリングを行い、世界の国々をクラスタリングによりグループ化し、そこから得られる情報を利用して我が国を取り巻く軍事的リスク（脅威）の分析を行っている。

最後に、本研究成果のまとめを行い、提案した技法の意義を述べ、今後の課題と展望について述べている。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、内積を類似度として利用した場合のアルゴリズムを考察しており、近年注目されているカーネル関数を利用した非線形境界クラスター抽出の方法を中心に論じている。

従来の研究では、カーネル関数を用いる場合は、ユークリッド距離にもとづく技法が考察されてきているが、内積を利用した場合についての非線形化の試みは初めてであり、独創性が認められる。さらに、内積を用いた場合のクラスター抽出性能が、典型的な数値例についてユークリッド距離に優ることを実証しており、今後の関連研究に影響を及ぼすことのできる意義深い研究となっている。今後の課題としては、様々な実データに提案手法を利用し、その効果を実証・評価していくことが望まれる。

よって、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。