

Title	ラフ近似手法と双対的数理モデル
Author(s)	杉原, 一臣
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/1992
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	すぎ 杉 ほん 原 かず 一 とみ 臣
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 17818 号
学位授与年月日	平成 15 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科応用物理学専攻
学位論文名	ラフ近似手法と双対的数理モデル
論文審査委員	(主査) 教授 石井 博昭 (副査) 教授 伊東 一良 教授 谷田 純 助教授 柏原 昭博 助教授 森田 浩

論 文 内 容 の 要 旨

ラフ集合は情報近似のための理論的概念である。ラフ集合には、同値関係による分類や上側と下側からの近似といった特徴があるが、従来の意思決定理論やその手法において、それらに類似する概念を備えているものも少なくない。本論文では、ラフ集合の概念を数理的意思決定問題に適用した。

まず、従来のラフ集合の概略について述べ、ラフ集合の特徴である上下近似について説明を行った。上下近似は、あいまいな情報が与えられたときに、そのデータを2つの側から近似、包含するという概念である。この近似概念を意思決定問題へ適用し、あいまいな現象を上近似関数と下近似関数とで表現する双対的数理モデルへの拡張を行った。これらは、それぞれ Least Upper と Greatest Lower という概念で対応づけられている。

次に、全体評価から各要因の部分効用を算出するコンジョイント分析と呼ばれる多変量解析手法にラフ集合の概念を適用し、各要因と全体評価との関係を IF・Then ルールで表現する手法を提案した。多変量解析は幾つかの項目間の関連性を統計的に分析し、現象を簡潔に要約する手法である。従来の手法では、数理モデルによる表現を行うための制約が枷となって、データの持つ複雑な構造を取扱うのは困難となっている。そこで、コンジョイント分析の結果を IF・Then ルールで導出する方法を示し、IF・Then ルールが数理モデルよりも多様で複雑な構造を表現するのに有効であることを示した。

更に、意思決定者のあいまいな判断から各代替案の重要度を算出する AHP (Analytic Hierarchy Process) と呼ばれる代替案選択手法に、ラフ近似の概念を適用した区間 AHP 手法を提案した。従来の AHP 手法ではその重要度を実数値で求めていたが、提案手法では判断のあいまいさをできるだけ重要度に反映するために、区間重要度が得られるような AHP の双対的数理モデルを考えた。上述の近似概念に基づいて、意思決定者のあいまいな判断を2つの観点から近似し、2つの数理計画問題が定式化された。また、線形計画問題として定式化された区間 AHP モデルの持つ性質を示した。その上で、区間重要度により代替案の選好関係が線形順序のみではなく半順序関係でも得ることができ、従来の手法に比べてあいまいな現象に対してより柔軟な表現が可能となっていることを示した。

論文審査の結果の要旨

ラフ集合の特徴は、データベースにおける情報の近似表現とその表現に最低限必要な属性の集合を求める方法である。ラフ集合の研究はデータマイニングの研究との関係から、その研究の応用として位置づけられ、知識発見やデータマイニングを専門とする研究者の間で広がっている。したがって、最近の研究も知識発見のための効率的なアルゴリズムの開発が中心である。その発展の経緯から、知識獲得のためのプロセスのみに脚光が当てられているが、それはラフ集合の適用可能な範囲を狭めている。本論文は、ラフ集合の研究を数理的意味決定へ拡張することが目的となっている。従来の意味決定モデルでは、意味決定者の評価意識や選好構造を関数による数理モデルによって表現して、効率的な意味決定を行うことができると言われている。しかし、与えられた情報が統計的に不十分である場合や、人間の心的変化や判断のあいまいさにおける非一貫的な判断を取扱う場合に、それらに基づき何らかの判断を下すことは意味決定の判断を誤る危険性が高い。このような不確かな情報から意味決定を行う場合は、意味決定手法に1つの結論を求めるのではなく、幾つかの判断の候補を求めるべきであり、それに基づいてユーザ側が意味決定を行うべきである。厳密に1つの関数モデルではなく、そのあいまいさを概ね同定するようなモデルを構築した方が現実の問題に適している。このようなことから、ラフ集合の概念を数理的意味決定モデルに応用することは、現実の意味決定問題を取扱う上で非常に重要である。本論文の主要な成果を要約すると以下のとおりである。

(1)ラフ集合の特徴である情報近似の概念では、あいまいな情報が与えられたときに、既存の知識により上側と下側から包含するように情報が近似される。その集合近似の概念を関数近似の概念へと拡張することにより、従来数理モデルを通して取扱ってきたような意味決定問題について、ラフ集合の近似の概念が適用可能となっている。すなわち、あいまいな区間データが与えられたときに、その区間を包含する最小の区間を求める上近似関数と、区間に包含される最大の区間を求める下近似関数により、区間を上側と下側から近似する双対的モデルが提案されている。このような下近似・上近似という2つの観点からデータを近似するという双対的数理モデルと呼ばれる概念はほとんど研究されておらず、データ分析に新たな手立てを与えている。

(2)ラフ集合によるデータ分析では、データ内に出力値にあたる属性が含まれている場合、そのデータから出力値と他の属性との関係をIF-Thenルールで記述することができる。本論文では、全体評価から各要因の部分効用を算出するコンジョイント分析と呼ばれる多変量解析手法にラフ集合を適用し、各要因と全体評価との関係をIF-Thenルールで表現する方法を提案している。このことは、従来の多変量解析のような数理モデルを用いるデータ分析手法についてもルール形式でのデータ表現が可能であることを示している。その他の様々な手法におけるデータ分析の考え方を踏まえた新たな分析手法を開発することを可能にしている。

(3)人間の主観的な情報を用いて、客観的な判断をする方法にAHPがある。従来の手法ではその重要度が実数値で求められ、その結果から明確な順序関係が得られている。しかし、その情報に整合性が無い場合、明確な順序関係を求めて何らかの判断を下すことは危険性が高い。提案手法では判断のあいまいさをできるだけ重要度に反映するために、重要度を区間として与えるようなAHPの双対的数理モデルを考えている。提案手法により得られた結果からは、順序関係ではなく半順序関係が求められる。得られた情報に信憑性が無い場合でも、その状態を意味決定者に提示できるという点で提案モデルは現実の意味決定問題により適している。

以上のように、本論文は情報近似の研究であるラフ集合の概念を数理的意味決定問題へ応用し、人間のあいまいで主観的な判断や複雑な構造を伴うデータを分析・記述する上で提案手法が有効であることを示している。従来のラフ集合研究ではほとんど取り扱われなかった意味決定問題という分野への適用を試みており、応用物理学、特に数理情報工学の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものとして認める。