

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 池 浩一郎
学位 博士 (理学)
学位記番号 新大院博 (理) 第 466 号
学位授与の日付 令和3年3月23日
学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当
博士論文名 Further Study on Possibility-Theoretical Indices for Comparing Fuzzy Sets
(可能性理論に基づくファジィ集合の比較指標に関する更なる研究)

論文審査委員 主査 教授・田中 環
副査 教授・山田 修司
副査 教授・家富 洋
副査 准教授・劉 雪峰
副査 准教授・蛭川 潤一
副査 助教・折田 龍馬

博士論文の要旨

本論文は、複数のファジィ集合の比較に利用される「可能性理論に基づく比較指標」と集合値最適化および集合最適化で最近良く利用され、集合関係と呼ばれる「集合と集合の優劣を判断する二項関係」(凸錐によるベクトル間の半順序とそれに基づいた二つの集合間の直接的な比較法)の関連性に関する研究を行っている。従来の集合値最適化問題における集合の最適性規準は、ベクトル最適化の延長線上にあり、集合族に対するある種の半順序のような二項関係に対して必ずしも望むべき解になっているとは限らない状況であった。最近では、このようなベクトル同士の有効性の代わりに、集合間の直接的な比較法とその二項関係を保存するような非線形のスカラー化関数が複数提案され利用されている。一方、通常の集合の一般化として Zadeh によって導入されたファジィ集合の概念 (1978 年) とそれらの比較指標に関係する研究は全く別の研究対象として、主に工学系の研究者の間で活発に行われてきた。

様々な意思決定の場面においては、複数の選択肢を比較することが本質的に重要となる。そのため、複数のファジィ集合 (特に実数の一般化であるファジィ数) を比較する際の指標や規準に関して多くの提案や議論がなされてきた。そのような中で有力と評価されるものの一つに、Dubois・Prade (1983 年) によって提案された「可能性理論に基づく比較指標」がある。これは後に乾口・市橋・久米 (1992 年) によって一般化された形で六種類のファジィ関係として定義され、いくつかの文献ではそれらの様々な性質 (1992, 1993 年) が調査されるとともに、ファジィ数理計画問題への応用 (2003 年) も行われた。本論文では、それらの六種類の「ファジィ関係」と通常の集合間の比較基準として黒岩・田中・Ha (1997 年) によって提案された「集合関係」との間に密接な関連性があることを明らかにしている。当初は、“六種類”が偶然の一致とみられていたが、本論文の中で解き明かされるように、六種類のファジィ関係を「可能性測度」と「必然性測度」を組み合わせて、ファジィ集合のレベル集合の (クリस्पな)「集合関係」の比較の式に落とし込むことにより、それぞれのファジィ関係の所属度関数を

「集合関係」に対応して表現できることを証明している。さらに、ファジィ理論や集合値解析で用いられるような位相的な性質として、集合にある種のコンパクト性や所属度関数の所属度に関するレベル集合の対応（集合値写像）が（集合値写像として）ある種の半連続性などを持つことを仮定することで六種類のファジィ関係とファジィ集合のレベル集合に直接的な関係があることを巧み導出している。これらの証明を読み解くには、関数解析や集合値解析の知識が必要である。

本論文の構成は、次のように構成されている。第1章は序論である。第2章では準備として、前順序線形位相空間、集合関係（set-relation）、ファジィ集合とファジィ関係、凸錐に関連する概念、可能性測度と必然性測度などの定義や性質が述べられている。第3章では、可能性理論に基づく六種類のファジィ関係の定義と基本的性質が与えられ、それらと集合関係との間の関連性が明らかにされている。また、ファジィ最適化問題への応用についても触れている。最後に、第4章でまとめを行っている。

審査結果の要旨

本論文は、ファジィ理論における、複数のファジィ集合の比較指標とファジィ集合の（クリस्पな）レベル集合の集合関係との間の密接な関連性について3つの主結果をもとにまとめたものである。この考え方は数学分野だけでなく、ソフトコンピューティングと呼ばれる工学分野においても大変斬新なものである。これらの発表内容から本論文が新規性に富んでいることが確認できた。このような取り組みは、数理科学的にも独創性、新規性、有効性の高いものと認められ、今後の多方面への発展に貢献が期待できる。また、本論文の内容の一部は既に学術論文として、ファジィ理論と応用の研究分野で権威のある査読付国際雑誌に掲載されている。このことから、本論文が当該分野において評価される研究であることが確認できた。

よって、上記の内容に基づき本論文が博士（理学）の博士論文として十分であると認定した。