

学 位 論 文 題 名

ファジィ構造モデリング法に関する研究

学位論文内容の要旨

本論文は、ファジィ構造モデリング法の研究に関するものである。ファジィ構造モデリング法とは曖昧模糊とした複雑な対象をファジィ二項関係を用いて分類、整理する手法である。本論文では、従来のファジィ構造モデリング法に関する問題点を整理し、これらの問題点を解決するために、基礎理論としてファジィ部分可到達行列理論を提案し、この理論を用いて柔軟なファジィ構造モデリング法 FISM/fuzzy を提案する。さらに知識獲得支援法への応用を通して FISM/fuzzy の有用性を述べる。

論文は全 6 章より構成されている。以下、各章ごとに概要を述べる。

第 1 章では序論として、研究の背景、目的について述べている。曖昧模糊とした複雑な対象をモデル化する一手法として構造モデリング法がある。様々な構造モデリング法が開発されており、代表的な手法として KJ 法、DEMATEL、ISM 等が挙げられる。ISM(Interpretive Structural Modeling) は、対象の構成要素集合とその上に定義される二項関係に注目し、構造を分類、整理する手法である。ISM の応用事例を通して、人間の思考過程の柔軟性、人間の判断の曖昧性を考慮したシステムの開発に対する要求が強いことが認識された。思考過程の柔軟性を考慮した ISM の改良版として、FISM(Flexible ISM) が開発されている。FISM は、部分可到達行列理論を用いてモデル化を行うものであり、柔軟な構造モデリングに適していると考えられる。また、判断の曖昧性を取り扱うために二項関係をファジィ二項関係に拡張したファジィ構造モデリング法が開発されている。ファジィ構造モデリング法は、要素間の二項関係の有無を従属関係の曖昧さを許容し、要素間が“関係にある、ない”の二値的判断から関係の度合いを考慮するというものである。ファジィ構造モデリング法の主なものとしては従来、FSM(Fuzzy Structural Modeling) が考案されている。FSM ではファジィ二項関係を導入することにより ISM に比較して利用上の制約を緩和し、多元的価値が錯綜する対象の構造化を行うことが可能となった。しかし FSM は、ファジィ二項関係に特別な条件は要求されない代わりに、ファジィ二項関係の推移性を利用した無矛盾な具象化や一対比較の効率化は考慮されていない。そこで、従来のファジィ構造モデリング法にはない思考過程支援機能を付加した、FISM のファジィ版への自然な拡張としてのファジィ構造モデリング法 FISM/fuzzy を提案する。

第 2 章では数学的準備として、本研究が基礎を置くファジィ二項関係、特にファジィ構造モデリング法において利用される反射的かつ推移的な性質を持つファジィ可到達関係について概説し、本論文で用いる諸定義、諸記号について述べる。さらに本論文の基礎となる構造モデリング法 FISM とファジィ構造モデリング法 FSM について述べ、ファジィ構造モデリング法における問題点について検討する。

第 3 章ではファジィ構造モデリング法で取り扱うファジィ可到達行列について述べ、その含意構造を明らかにする。ファジィ可到達行列は、その反射的かつ推移的な性質より、行列要素間に互いの値を制約す

る含意関係が存在する。本章において、その行列要素間の含意関係を解明し、更に対話的にファジィ可到達行列を生成するための理論として、ファジィ部分可到達行列とファジィ部分可到達行列更新のための含意規則について検討する。ファジィ部分可到達行列は、FISMの基礎理論となる部分可到達行列をファジィ化した行列であり、ファジィ可到達行列の拡張である。含意規則は、ファジィ部分可到達行列の未知要素に値を与えたときに、新たな行列が再びファジィ部分可到達行列となるために、他の行列要素の値を決定する規則である。ファジィ部分可到達行列と含意規則を利用することによって、柔軟にファジィ可到達行列を生成することが可能となる。

第4章ではファジィ部分可到達行列理論を利用した、ファジィ構造モデリング法 FISM/fuzzy の構成、機能について述べる。FISM/fuzzy によるモデリングの実行を“FISM/fuzzy セッション”と呼ぶ。FISM/fuzzy セッションにおいては対象を有限集合 S と $S \times S$ 上のファジィ二項関係 R の組 $\langle S, R \rangle$ としてモデリングする。FISM/fuzzy セッションは問題設定、関係定義、具象化、構造化、描画の五つのプロセスより構成される。更にセッションの効率的かつ柔軟に行うための戦略として、要素対選択戦略を述べ、更に実験を通して戦略の有用性を検討する。

第5章では知識獲得支援法への FISM/fuzzy の応用について述べる。エキスパート・システムなどの知識ベースを構築するためには、知識源である専門家からの知識獲得が必要である。専門家が、その専門領域の問題解決を行う際に利用している知識は、断片的に保持され、必要に応じて適宜利用してと思われる。このような断片的な知識を抽出し、断片的な知識の関係を分析・整理することで、専門家の高次な知識を獲得することが可能となる。知識獲得とは、専門家に自己の持つ知識の発想させ、知識の整理を行うことであるが、この専門家からの知識獲得は困難な作業であり、知識ベース構築のボトルネックとなっていて、種々の知識獲得支援法が提案されている。従来の知識獲得支援法からの問題点として、いかに専門家に問題領域に関連する必要な断片的知識を発想させ、知識の関係を整理するかということが挙げられる。この知識の発想、知識間の関係の整理は、知識の欠落、矛盾を招くとともに、専門家の知識獲得に対する負担が大きい。FISM/fuzzy は、利用者が柔軟に知識構造をモデル化することが可能であり、入力作業の削減効果が大いことから、知識獲得支援法への応用が考えられる。本章では知識獲得支援法への応用を通して FISM/fuzzy の有用性を述べる。

第6章では本論文の内容を総括する。本研究の全体的なまとめと FISM/fuzzy における今後の課題について述べている。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 大 内 東

副 査 教 授 宮 本 衛 市

副 査 教 授 佐 藤 義 治

副 査 教 授 嘉 数 侑 昇

学 位 論 文 題 名

ファジィ構造モデリング法に関する研究

本論文は、ファジィ構造モデリング法の研究に関するものである。ファジィ構造モデリング法とはファジィ理論に基づき、曖昧でかつ複雑な対象を分類、整理する手法であり、情報処理分野における重要な課題の一つであるシステム分析に対して有効な方法である。本論文では、従来のファジィ構造モデリング法に関する問題点を整理し、これらの問題点を解決するために、基礎理論としてファジィ部分可到達行列理論を提案し、この理論を用いて柔軟なファジィ構造モデリング法 FISM/fuzzy を提案する。さらに知識獲得支援法への応用を通して FISM/fuzzy の有用性を述べる。

曖昧模糊とした複雑な対象をモデル化する一手法として構造モデリング法がある。様々な構造モデリング法が開発されており、代表的な手法として ISM, FISM, FSM 等が挙げられる。ISM は、対象の構成要素集合とその上に定義される二項関係に注目し、構造を分類、整理する手法である。ISM の応用事例を通して、人間の思考過程の柔軟性、人間の判断の曖昧性を考慮したシステムの開発に対する要求が強いことが認識された。思考過程の柔軟性を考慮した ISM の改良版である FISM は、部分可到達行列理論を用いてモデル化を行うものであり、柔軟な構造モデリングに適していると考えられる。FSM は、判断の曖昧性を取り扱うために、二項関係をファジィ二項関係に拡張したファジィ構造モデリング法である。FSM ではファジィ二項関係を導入することにより、ISM に比較して利用上の制約を緩和し、多元的価値が錯綜する対象の構造化を行うことが可能となったが、ファジィ二項関係の推移性を利用した無矛盾な具象化や一対比較の効率化は考慮されていない。よって、従来のファジィ構造モデリング法にはない思考過程支援機能を付加した、FISM のファジィ版への自然な拡張としてのファジィ構造モデリング法の開発が望まれている。

本論文の主要な成果をまとめるとつぎのようになる。

1. ファジィ構造モデリング法で取り扱うファジィ可到達行列の含意構造を解明し、柔軟にファジィ可到達行列を生成するための理論として、ファジィ部分可到達行列とファジィ部分可到達行列更新のための含意規則を提案している。ファジィ部分可到達行列は、FISM の基礎理論となる部分可到達行列をファジィ化した行列であり、ファジィ可到達行列の拡張である。含意規則は、ファジィ部分可到達行列の未知要素に値を与えたときに、新たな行列が再びファジィ部分可到達行列となるために、他の行列要素の値を決定する規則である。ファジィ部分可到達行列と含意規則を利用することによって、柔軟にファジィ可到達行列を生成することが可能となる。

2. ファジィ部分可到達行列理論を利用した、ファジィ構造モデリング法 FISM/fuzzy を提案している。FISM/fuzzy によるモデリングの実行を“FISM/fuzzy セッション”と呼ぶ。セッションは問題設定、関係定義、具象化、構造化、描画の五つのプロセスより構成される。更にセッションの効率的かつ柔軟に行うための戦略として、要素対選択戦略を述べ、更に実験を通して戦略の有用性を検討している。
3. 知識獲得支援法への FISM/fuzzy の応用について述べている。知識獲得とは、専門家に自己の持つ知識の発想させ、知識の整理を行うことであるが、この専門家からの知識獲得は困難な作業であり、エキスパート・システム構築における知識ベース構築のボトルネックとなっていて、種々の知識獲得支援法が提案されている。従来の知識獲得支援法からの問題点として、いかに専門家に問題領域に関連する必要な断片的知識を発想させ、知識の関係を整理するかということが挙げられる。この知識の発想、知識間の関係の整理は、知識の欠落、矛盾を招くとともに、専門家の知識獲得に対する負担が大きい。FISM/fuzzy は、利用者が柔軟に知識構造をモデル化することが可能であり、入力作業の削減効果が大きいことから、知識獲得支援法への応用を提案している。

これを要するに、著者は、柔軟で効率的なファジィ構造モデリング法を開発し、知識獲得支援問題へ応用し、その有用性を検証しており、システム分析に関する研究上有益な新知見を得たものであり、情報工学の進歩に対して貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。