

氏名（本籍）	榎本雄介（和歌山県）
学位の種類	博士（工学）
学位授与番号	甲第19号
学位授与日付	平成20年3月25日
専攻	システム工学専攻
学位論文題目	ラフ集合理論に基づくデザイン選好推論解の導出
学位論文審査委員	（主査）教授 原田利宣 （副査）教授 鯉坂恒夫 教授 瀧寛和

## 論文内容の要旨

### 1 研究の背景

従来、様々なデータマイニング手法が開発されているが、それぞれの手法の利点や問題点、またそれらによる推論解の特徴を比較した研究例はさほど多くはなく、また、企業における企画/設計者がそれらの手法を実務に応用する際の注意事項が分かりやすくまとめられたリファレンスは数少ない。そのような中、近年、比較的少ないサンプルからでも推論解の算出が可能であり、また非線形問題にも対応できる手法として、ラフ集合理論が様々な分野において注目されはじめた。しかし、ラフ集合理論から得られる推論解の特徴について考察している研究事例は未だ少ない。さらに、企画/設計に応用した際、他のデータマイニング手法と比較している研究例も少なく、国内の研究では、C4.5や数量化第Ⅱ類との比較を行っている程度である。よって、企画/設計の現場においては、ラフ集合理論による推論解の特徴がよく分からず、試行錯誤しながら実務への応用が先行しているのが現状である。したがって、企画/設計者が何らかの事例に対してラフ集合理論の利用を考えた際、ラフ集合理論の効用や特徴を捉えた上で、その事例に対してラフ集合理論を用いることの妥当性を見極めが、極めて困難な状況にある。

### 2 研究の目的

本研究では、ラフ集合理論と他のデータマイニング手法（本研究においては、ラフ集合理論とほぼ同様のデータを用いることのできる手法を選び、線形的手法の代表として、数量化理論第Ⅱ類、非線形的手法の代表として、ニューラルネットワーク）を比較する。具体的には、ラフ集合理論から得られる縮約と数量化理論第Ⅱ類から得られる偏相関係数の比較を行う。また、ラフ集合理論から得られる決定ルール条件部と数量化理論第Ⅱ類から得られる主効果およびニューラルネットワーク（恒等写像モデルによる逆推論システム）から得られる最適解の比較を行う。これらの比較を通じて本研究では、

- ① ラフ集合理論によって得られる推論解の特徴把握
- ② ラフ集合理論をデータマイニング手法として用いる際の留意点の明確化

を実施する。また、上記2点を通して、ラフ集合理論を企画に応用した際の有効性についても検証を行う。さらに、本研究の副次的な目的として、企画の現場で働く実務者に提供するラフ集合理論のリファレンスの創造と、ラフ集合理論をデータマイニング手法として広く普及させることを目指したパッケージソフトの開発と提供がある。

### 3 研究の内容

本研究は、ラフ集合理論から得られる推論解の特徴把握、および企画/設計者が容易にラフ集合理論を利用するための留意点の明確化を目的として、「縮約」、「決定ルール条件部」、「多人数併合決定ルール条件部」算出システムを開発し、ラフ集合理論より算出される推論解とその他の線形的手法、非線形手法より算出される推論解の比較を行い、ラフ集合理論から算出される推論解の特徴を明らかにした。また、従来、ラフ集合理論を用いた推論解の抽出では、一人の評価者の決定表のみを対象として推論解（縮約、決定ルール条件部）を抽出し、企画/設計に用いており、複数の評価者の決定表を同時に分析することはできなかった。

そこで、複数の評価者の決定表に対して、共通する決定ルール条件部を抽出できるアルゴリズムを提案した。

各章における具体的な研究概要を以下に述べる。

#### <第2章>

ラフ集合理論に関する国内外の研究論文134報の調査を行い、その内容について分析を行うことにより、現在発表されているラフ集合理論に関する論文を体系的に整理した。また、国内、海外という切り口でラフ集合理論に関する研究動向、および研究内容の特徴を明らかにした。これらの分析結果をもとに、本研究の位置づけをより明確にした。

<第3章>

自動車フロントマスクデザインの選好分析をケーススタディーとして、ラフ集合理論より算出される決定ルール条件部と、数量化理論第Ⅱ類より算出される主効果の比較を行った。その結果、ラフ集合理論による推論解は数量化理論第Ⅱ類による推論解では得られない組み合わせによる相乗効果を得られる可能性があることが確かめられた。

<第4章>

腕時計の選好分析をケーススタディーとして、ラフ集合理論により算出される縮約と、数量化理論第Ⅱ類により算出される偏相関係数の比較を行った。本研究ではコアの考え方を応用し、算出された縮約に多数含まれている属性に注目し実験を行ったが、必ずしもコアに近い属性が結論に対して重要な属性ではないことが推察された。その結果、縮約を企画/設計に用いる際には分析対象のデータの特徴によって、分析手法を選択する必要がある、注意を要することが示された。

<第5章>

オーディオ製品の選好分析をケーススタディーとして、ラフ集合理論により算出される決定ルール条件部と、恒等写像モデルを利用した逆推論システムより算出される最適解、および数量化理論第Ⅱ類により算出される主効果の比較を行った。決定ルール条件部総数、最適解総数、選好サンプル総数の間に強い相関関係が見られた。このことから、アンケート調査における被験者の選好サンプル数により、決定ルール条件部、最適解が強く影響を受けることが確認された。また、決定ルール条件部、最適解の中に被験者の選好基準が比較的多く含まれていたことから、ラフ集合理論、恒等写像モデルが製品開発のための知識獲得に有効な手法であることが推察された。

<第6章>

従来、一人の評価者の決定表のみが分析の対象となり、その決定表から決定ルール条件部の抽出を行い、企画/設計に用いており、複数の評価者の決定表を同時に分析することができなかった。そこで、複数の評価者の決定表に対して共通する決定ルール条件部を抽出できるアルゴリズムを提案するとともに、本アルゴリズムを用いた多人数決定ルール条件部併合システムを開発した。また、本システムを用いて、多人数の評価値を対象としたオーディオ製品の選好分析に応用し、その有効性を検証した。その結果、多人数決定ルール条件部併合アルゴリズムの商品企画/設計作業への応用の可能性を示すことができた。加えて、多人数決定ルール条件部併合システムを製品ラインアップ検証に応用することも確認できた。

表1 本研究により明らかになったラフ集合理論の特徴

	データマイニングのプロセス	ラフ集合理論	
		利点	問題点
PLAN (計画)	データ取得・選比方針立案	・線形的データ、非線形的データに対して対応が可能のため、データの種類を選ばずに利用できる。	・従来ソフトウェアが販売されていなかった。
	前処理		・データに抜け・矛盾がないかチェックが必要。
DO (実施)	データ変換		・量的データが扱えない。
	パターンの発見	・比較的短時間で推論解を得ることができる。 ・多様な推論解を得ることができる。 ・カテゴリ間の組み合わせによる相乗効果を考慮したうえで推論解を抽出できる。	・カテゴリ数が非常に多いと、推論解算出に非常に時間が必要となる。
Check (点検・評価)	データの解釈と評価	・カテゴリの組み合わせによる相乗効果を考慮した解釈と評価が可能。 ・決定ルール条件部に多く含まれるカテゴリにより、推論解の評価がある程度可能	・推論解の個数が膨大になることがあるため、意思決定時にどの推論解を用いればよいの分かりにくいことがある。 ・C.I.の高い決定ルール条件部が多数得られることがある。 ・コアに近いアイテムが必ずしも結論に対して、重要なアイテムではない。 ・選好に関係のないカテゴリ（サンプル中のカテゴリの偏りなど）がノイズとして抽出される傾向がある。
Action (処置・改善)	データの改善	・データの改善、再評価がある程度容易に実施可能	
まとめ		・どのようなデータに対してもある程度有効な推論解が抽出可能	

#### 4 今後の展開

本研究の成果として、ラフ集合理論をデータマイニング手法として用いた際に得られる推論解の特徴を明らかにできた(表1)。また、様々なケーススタディに対し、ラフ集合理論を用いて分析することにより、企画/設計に対してラフ集合理論が有効であることが確かめられた。さらに、ラフ集合理論の「縮約」、「決定ルール条件部」、「多人数併合決定ルール条件部」を算出するプログラムを市販のパッケージとして開発した。加えて、ラフ集合理論を幅広い企画者が実務で利用できることを目的としたラフ集合理論に関する入門書の執筆に参画した。

しかし、ラフ集合理論を製品企画/設計に応用する際、「複数のC.I.の高い決定ルール条件部が多数得られる」、「コアに近いアイテムが必ずしも結論に対して、重要なアイテムではない」などの問題点も明らかになった。製品企画/設計の実務にラフ集合理論を用いるためには、C.I.以外の指標値を用いて、多数得られる決定ルール条件部の精度の高い絞込みが必要になると考える。今後、より決定ルール条件部の精度の高い絞込みが行えるように何らかの評価基準(関数)を設け、再検証を行う研究が必要である。

また、ラフ集合理論から適確に選好基準や選好過程を抽出できない場合、分析対象、分析データ、アイテム/カテゴリなどにどのような特徴があるのか、さらに詳細に研究を行う必要がある。

様々な分野において、論理的な企画/設計が求められる昨今、データマイニング手法の重要性はますます高まることが考えられる。その中で、現在様々な分野において応用研究が進められているラフ集合理論に対する期待は高い。また、製品開発における企画/設計のみならず、近年ではシステム開発時の企画/設計/要件定義の際に論理性が強くも求められつつある。従来のシステム開発では、開発経験者の経験と勘により、システム規模が見積もられることが多かったが、企業における情報システム規模の拡大、情報システムの複雑化を鑑みると、ラフ集合理論のような手軽に推論解を算出できるデータマイニング手法の応用範囲は広がることが予想される。

以上のようにラフ集合理論のデータマイニング手法としての可能性は、急速に拡大している。今後、さらに本研究を進展させることによって、企画者が手軽にラフ集合理論を実務に利用し、企画/設計が行える手法開発やリファレンス作成を行っていきたい。

### 論文審査結果の要旨

本論文は、様々なケーススタディにおいて、ラフ集合理論を用いた推論解と、既存の線形的手法(数量化理論第Ⅱ類)および非線形的手法(ニューラルネットワーク)による推論解を比較することにより、ラフ集合理論を様々なケーススタディに適用する際の留意点や有効性をまとめている。さらに、考案した手法を市販ソフトウェアとして開発し、ラフ集合理論の普及にも多大に貢献している。以上の論点を校閲した結果、本論文は、新規性、実用性のいずれの観点からも博士論文として十分な水準にあることを認めた。なお、本論文での研究成果は、現時点で、著書1冊、学術誌掲載論文5編、国際会議発表論文1編、作品(市販ソフトウェア)1本、国内会議発表論文5編で公表されていることを付記する。

### 最終試験結果の要旨

2月4日に公聴会を開催し、質疑応答をもって最終試験とした。質問や意見は、

- ・ラフ集合理論を用いた推論解の優位性を簡潔に述べよ。
- ・多人数決定ルール条件部併合アルゴリズムに関するロバスト性について述べよ。
- ・本論文において、各手法の特徴を入門者により分かりやすく明示するように。

等であり、これらに対し申請者は質問内容を十分に把握した上で、吟味不足な一部を除いて、的確な回答がなされた。また、本論文に上記質問内容に関連した部分を追記し、学位論文として製本することとした。この結果を受けて、学位審査委員会は最終判定会議を開催し、全員一致で最終試験を合格と判定した。