

令和 4 年 5 月 23 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18H01658

研究課題名（和文）人に優しい意思決定支援のための不確かさの表現と計算そして曖昧さの活用

研究課題名（英文）Representations and calculations of uncertainty for decision aid considering human factors and utilization of ambiguity

研究代表者

乾口 雅弘（Inuiguchi, Masahiro）

大阪大学・基礎工学研究科・教授

研究者番号：60193570

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：近年、不確かさの度合の不確かさをモデル化した複雑なモデルを扱う研究が盛んであるが、モデル化において人へ要求する情報が多く、煩雑となりやすい。本研究では、最適化や決定問題を取り上げ、少ない情報に基づくモデルで不確かさを扱っても、十分効果的に人の要求を反映した解析が可能となることを明らかにした。また、決定解析やルール抽出において、与えられたデータや情報の不確かさをモデルに取り込むことにより、解の許容範囲の特定やプライバシー保護に活用できることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

少ない情報でも不確かさと選好を十分に反映でき、モデルの簡便性により問題が扱いやすくなること、および、データに含まれる不確かさをモデルに反映する方法とその有用性を明らかにしている。特に、選好を反映した必然性測度の定め方、非退化基底解の必然的最適性の容易な解析法、最小と最大の範囲で表される不明確な範囲に関する矛盾した情報の整合化法、相対重要度が不明確な範囲で与えられる場合の多基準決定問題の解析法、不精密ルールのプライバシー保護への応用など、まったく新しい考え方に基づいた新規な手法を提案している。

研究成果の概要（英文）：Recently, studies using complex models representing uncertainties of the uncertainty degrees are popular. However, such a model requests a lot of effort from human experts to provide various information in modelling. In this study, we demonstrate that simple uncertainty models requesting much less information can work well and effectively for representing human preferences in the settings of optimization and decision-making problems. Moreover, we show that models retaining the uncertainty existing in the given data and information are advantageous for the specification of tolerance and privacy protection in decision analysis and rule induction, respectively.

研究分野：システム計画数理

キーワード：ファジィ線形計画法 必然性測度 ロバスト最適性 階層分析法 2重集合 整合化法 ルール抽出 k-匿名性

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

1990年代のファジィ理論の普及を契機に、不確かさを表す様々なモデルが提案され応用されてきた。これらのモデルは高度に発展し、近年では、ファジィ集合のメンバシップ値がファジィ集合で表される複雑なモデルがよく研究されている。このようなモデルはタイプ2ファジィ集合と呼ばれ、通常ファジィ集合のメンバシップ値が大まかに扱え、メンバシップ値に関する集団の意見を纏めて扱うことができる。しかし、これらのモデルは複雑になり、タイプ2ファジィ集合を一つ定めるためだけでも、多くの情報が必要になるという欠点がある。また、集団の意見のように複数のメンバシップ値を取り扱う場合には、Aさんが評価するメンバシップ値0.3が、Bさんが評価するメンバシップ値0.3と同じかどうかなど、尺度の通約性の問題も生じる。これらの疑問点以外にも、本質的な取り扱いとは通常ファジィ集合と大きく変わらず、手法としての発展性が高いとはいえない。人に要求する情報がずっと少ない簡便なモデルを用いても十分に効果が得られるのではないかという疑問が生じる。

一方、多クラス分類データなどの解析においては、多くの場合、各クラスを説明するモデルが求められる。しかし、種々の組合せのクラスの和集合を説明するモデルを求めてもクラス分類することができる。たとえば、ある対象が合併クラス *CUD* に属し、かつ合併クラス *CUE* に属することが分かれば、クラス *C* に属することになる。このように、クラスごとの精密な分類モデルを求める代わりに、複数のクラスのいずれかに属することを表す曖昧な分類モデルを求めても未知対象の分類に十分に役立つのではないだろうか、また、通常の方法では得られない曖昧さをうまく利用することはできないかという疑問が生じる。

### 2. 研究の目的

本研究では、意思決定問題における人に優しい決定支援を念頭に置き、不確かさの表現・管理と曖昧さの利用に関する上述の疑問への答えを探究する。

まず、不確かさを伴う意思決定問題を取り上げ、詳細な情報によるモデルではなく、少ない情報に基づいた簡単なモデルにより、個々の不確かさや曖昧さを表現するアプローチを考究する。このアプローチでは、モデルの簡便性のお陰で、専門家や意思決定者から不明確な係数と選好に関する情報を容易に引き出して活用することができることを示す。すなわち、複雑で複雑なモデルを用いずとも、少ない情報に基づく簡単なモデルでも不確かさを十分に取り扱い得ること、およびその簡便性により情報が引き出しやすく、専門家や決定者の意見や選好が解に反映されやすいという付加的効果があることを明らかにしたい。

一方、多クラス分類データが与えられた場合に、曖昧に分類するモデルを用いる方法を取り上げる。この方法の有効性を種々の観点から考察するとともに、通常の方法にない曖昧性をうまく活用できないか検討する。基礎モデルとして、人にとって意味が理解しやすいルールベースモデルを用いる。すなわち、データ集合から、対象を各クラスに分類するルールを求めず、複数のクラスのいずれかに分類されることを示すルールを、多くのクラスの組合せについて求めることになる。他の類似した手法と比較し提案法の有効性を示すとともに、データ公開時に必要となるプライバシー保護にルールの曖昧性を活用する方法を検討する。ここでは、常に精密に分類するモデルを求めることばかりが得策とは限らず、不精密に分類する複数のモデルを求めて用いることも効果的で有用であることを明らかにしたい。

### 3. 研究の方法

本研究の目的は、(1)不確かさを伴う意思決定問題に対して、少ない情報でも十分に不確かさが取り扱え、モデルの簡便性により付加的効果が得られることを明らかにすることと、(2)クラス分類データから精密に分類するルールを求めることばかりが得策とは限らず、不精密に分類する種々のルールを求めることも効果的で有用であることを示すことにある。

#### (1) 不確かさを伴う意思決定問題、最適化問題における展開

不確かなパラメータをファジィ数などで表すのではなく、パラメータの変動する範囲を最も小さく見積もった「確実に取り得るといえる集合」(以降、最小範囲という)と、最も大きく見積もった「その外側のいずれの値も絶対に取り得ないといえる集合」(以降、最大範囲という)の二つ、あるいは、中程度に見積もった「普通に取り得るといえる範囲」(以降、通常範囲)を加えた三つの集合で表す。同様に、満足できる範囲も、「確実に満足できるといえる集合」(最小範囲)と「その外側のいずれの値も全く満足できないといえる集合」(最大範囲)の二つ、あるいは「普通に満足できるといえる集合」(通常範囲)を加えた三つの集合で表す場合を検討する。

#### ① ファジィ線形計画法における研究

最小、通常、最大の三つの範囲をファジィ集合の $\epsilon$ -レベル集合( $\epsilon$ は十分小さい正数)、0.5-レベル集合、1-レベル集合と見做し、取り得る範囲と満足できる範囲との包含関係に関する階層的な要求を与えることにより、必然性測度が求められることを明らかにする。すなわち、決め方が全く議論されていない必然性測度が決定者の意向に応じて定めることができることを示す。こ

のアプローチを不明確な係数をもつ線形計画問題へ応用し、その解法を議論する。

また、目的関数の係数のみが不明確でその取り得る範囲が最小、通常、最大の三つの範囲などで与えられる場合、非退化基底解のロバスト最適性について考察する。ファジィ線形計画法とは独立に研究されてきたトレランス解析を用いれば、係数の変動範囲がどのレベルであれば最適性が損なわれないかを示す必然的最適性指標が容易に算出できることを示す。また、この簡便性を失わない変動範囲の一般化について考察する。

## ② 一対比較値が不明確な階層分析法(AHP)における研究

もう一つのアプローチでは、専門家や決定者から得られた最小範囲と最大範囲の情報を用いて、不明確な範囲を表現する方法について考究する。このようなモデルは、会議の開催期間や人の曖昧な評価値の変動範囲に関する不明確さを表現することができる。本研究では、人による評価値が曖昧で区間で表されると仮定した下で、多基準決定解析法である AHP がどのように拡張できるかと検討する。この場合、最小範囲および最大範囲は区間で与えられると仮定できる。

まず、最小範囲と最大範囲に関する情報が複数得られ、これらを統合する際に生じる情報間の矛盾を処理する整合化法として、最小範囲修正法、最大範囲修正法、両範囲修正法の三つを提案する。また、最小範囲、最大範囲が区間に限定される場合へこれらの方法を修正する。次に、AHP の一対比較行列の各成分が最小範囲と最大範囲で与えられた場合にこれらの整合化法を適用するとともに、この一対比較行列に基づく多基準決定解析法について考究する。

## (2) 不精密な結論をもつルール抽出法とプライバシー保護への応用

与えられたクラス分類に関するデータ集合から、各クラスに分類する精密な結論をもつルールを求めず、複数のクラスのいずれかに分類されることを示す不精密な結論をもつルールを抽出する。また、その曖昧性を利用したプライバシー保護法について考察する。

## ① 不精密ルールを用いたデータ表の匿名化に関する研究

クラス数が 3 個以上の不精密ルールの抽出法とその有用性は今までの研究により明らかになっているので、不精密ルールを用いたデータ表の匿名化について研究する。 $k$ -匿名性の概念を適用し、与えられたデータ集合内の  $k$  個以上の対象に支持される  $k$ -匿名ルールのみを考える。データ表における矛盾しない各対象を正確かつ精密に分類できる複数の不精密ルールを選択し、各対象をそれらの不精密ルールに暫定的に置き換える。その後、不精密ルールで値が与えられていない属性に、対象が特定されないことに注意して属性値集合を代入し、匿名化データ表を作成する。数値実験により、この匿名化データ表の有用性とプライバシー保護性能を評価するとともに、従来のデータ表の  $k$ -匿名化法である Mondrian 法と比較する。

## ② 2 クラス分類データ集合からの $k$ -匿名ルールの抽出に関する研究

不精密ルールは、条件部を満たす対象が結論部の合併集合に帰属することを導くルールであるので、クラス数が 3 以上のデータ集合に適用できるが、クラス数が 2 の場合は、クラスの合併集合が対象の全体集合になり、今までの不精密ルール抽出法は適用できない。クラス数が 2 の場合にも、何らかの方法により不精密ルールの概念が適用できないかを検討する。一つの方法は、通常ルール抽出法で各クラスの精密ルールを抽出し、これらに基づき各クラスを細分化し、 $k$ -匿名不精密ルールの抽出を試みる。もう一つの方法は、抽出した精密ルールの中で、 $k$ -匿名性を満たさないルールを、 $k$ -匿名性を満たすように修正していく方法である。数値実験により、これらのアプローチの有用性を検討する。

## 4. 研究成果

3 で述べたように、(1)、(2)とも①、②に分かれるので、(1-①)、(1-②)、(2-①)、(2-②)に分けて研究成果を述べる。

### (1-①) ファジィ線形計画法における研究成果

線形計画法の係数の取り得る値に対して、最小、通常、最大の三つの範囲を与え、各制約あるいは目的関数値の満足できる値についても、同様に、最小、通常、最大の三つの範囲で与えるものとする。このとき、係数が変動しても制約や目的関数値が満足できるというロバスト性の要求は、取り得る値の領域が満足できる値の領域に包含されるという条件で表される。三つの範囲でこの包含関係を表現すると、要求の強さの異なる 15 種が得られ、この強弱関係は半順序関係になる。三つの範囲が  $\epsilon$ -レベル集合、0.5-レベル集合、1-レベル集合となるように区分的線形メンバーシップ関数を持つファジィ集合を定め、各包含関係をファジィ集合のパラメトリック修飾子関数で表現した。これにより、決定者が最低限必要な要求から最も望ましい要求までの階層的な要求を与えることにより、その制約や目的関数値の満足度を必然性測度で表せ、これが大きいほど望ましい解になる。決定者の選好に応じた必然性測度の定め方は未解決な問題であったが、階層的な要求を通して容易に定められることを明らかにした。複数の制約や目的関数に対する要求の達成状況に関する優先順位を決定者に与えてもらうことにより、決定者の選好に応じた解を求める問題が定式化される。また、この問題の解法について考察し、2 分法とシンプレックス法により容易に解けることを明らかにした。この成果を国際学術会議で発表した。また、内容が

豊富であるので、種々の含意関数により定められる必然性測度のもつファジィ線形計画問題の解法に関する論文を国際学術書に執筆した。さらに、一拡張として変動範囲と満足範囲のレベルの和を最大化する問題を考え、その成果を国際学術会議で発表した。

一方、線形計画問題の不明確な制約条件は、可能性測度や必然性測度を用いて扱うことにより線形不等式に帰着することが多く、基底解が最適候補となることも少なくない。そこで、目的関数が不明確な係数を持ち、その取りうる範囲が区間、あるいは、最小、通常、最大などの範囲により見積もった通常ファジィ集合で与えられる場合の基底解の必然的最適性に関して考究した。ファジィ線形計画法や区間線形計画法とは独立に提案されたトランス解析を用いることにより、非退化な基底解の必然的最適性が2分法により簡単に扱えることを明らかにした。特に、最小範囲が尤もらしい一点で与えられる場合は、単純な計算により求めることができる。係数間に斜交行列で表される相互関係がある場合にも、同様な結果が得られることを示し、国際学術会議で発表するとともに国際学術雑誌論文として公表した。

#### (1-②) 一対比較値が不明確な階層分析法(AHP)における研究成果

人による評価に関して許容範囲があることも少なくない。ここでは、決定者の評価値が曖昧で、一点でなく区間で表現できると仮定した場合の多基準決定解析について考察した。まず、基礎として、ある決定者の評価値の範囲に対して、最低限あり得る範囲(最小範囲)とあり得ない値を除いた範囲(最大範囲)の対で表される情報が複数与えられた場合に、これらの情報を統合することを考えた。これらの情報が整合しているときは、最小範囲を和集合、最大範囲を共通集合で統合すれば良いことになる。しかし、整合していない場合は、競合解消し整合化が必要がある。この整合化法として、最小範囲を修正する最小範囲修正法と、最大範囲を修正する最大範囲修正法、および最小最大の両範囲を修正する両範囲修正法を提案し定式化した。また、範囲が実数の区間である場合に、得られる最小範囲と最大範囲が常に区間となるように、これらの整合化法を修正した。範囲が区間の場合には、すべての情報を一度に統合する必要があり、逐次的に統合すれば、区間内のすべての値がいずれの情報にも支持されない根拠の弱い区間が結果として得られることになる。次に、評価基準の一対比較行列の各成分が最小範囲と最大範囲の2重集合で与えられた場合に、評価基準の重要度を示す区間を求める多基準決定解析法を提案した。まず、一対比較行列の成分が整合しない場合に、最小範囲修正法、最大範囲修正法、および両範囲修正法を拡張し、これらの整合化問題がそれぞれ線形計画問題に帰着することを明らかにした。そして、整合した一対比較行列の下での多基準決定解析法について考察した。この解析では、評価値の区間表現による曖昧さ、2重集合で表される基準間の区間相対重要度の非決定性、区間相対重要度が整合した区間で定められたとしても区間重要度が一意に定まらない解の非唯一性の3種類の不確実性が存在することを明らかにした。また、一解析法として、解の非唯一性による不確実性をパラメータとし、他の不確実性をマキシミン基準やマキシマックス基準で扱う方法を提案した。これにより、パラメータに応じて変化する、決定者が心に抱きうる代替案の選好順序と各順序が生じるパラメータの領域が図示できることを示した。これを用いると、最も好まれることがない代替案の特定や、それぞれの代替案の好まれやすさなどが直感的に把握できる。すなわち、必ずしも解を一意に提示するのではなく、選好情報から考えられる代替案の選好順序とその確信度合を決定者に提示でき、これに基づき決定支援を行う手法を提案した。この成果を国際学術会議で発表するとともに、国際学術雑誌に論文として投稿した。

一方、一対比較行列の各成分を最小範囲と最大範囲で定められる台形型ファジィ数で与えられた下で、各基準のファジィ重要度を求めるファジィAHPについても研究した。従来法では、解が一意に求められていたが、この解と与えられたファジィ一対比較行列との距離が等しい解が他にも存在しうることを明らかにし、それらのすべてを求める方法を示した。これにより、与えられたファジィ一対比較行列から考えられる代替案の選好順序とその確信度合を決定者に提示できることを明らかにした。少し扱いやすい最小範囲が一点で与えられる場合のこの成果を国際学術会議で発表した。

#### (2-①) 不精密ルールを用いたデータ表の匿名化に関する研究成果

データ表から抽出された $k$ -匿名性を満たす不精密性ルール集合(精密ルールを含む)が与えられた下で、これらのルールにより正しくクラス分類できるデータ表内のすべての対象( $k$ -共有化可能な対象)を用いて、 $k$ -匿名性を満たすデータ表( $k$ -共有データ表)の作成を検討した。その結果、 $k$ -共有化可能な対象それぞれを正しく分類する極小な $k$ -匿名ルール集合を用いて、 $k$ -共有データ表を生成する4手法cT1, cT2, cT3, cT4を提案した。これらの手法は、用いる $k$ -匿名ルールにない属性の値の定め方が異なり、cT2, cT3はcT1より、また、cT4は他のものより属性値を特定しにくくなるように工夫した。次に、提案法の有用性とプライバシー保護性能を数値実験により確認した。10分割交差法を10回適用しその平均で評価した。比較のため、通常 $k$ -匿名化手法であるMondrianをすべての対象に適用した表(M1)と決定クラスごとに適用した表(M2)も取り上げた。元のデータ表、cT1, cT2, cT3, cT4, M1およびM2のそれぞれにルール抽出アルゴリズムMLEM2を適用し、LERS分類器による分類精度を比較した。UCI Machine Learning Repositoryより入手した7データ集合で数値実験した結果、M1, M2に比べ、 $k$ -共有決定表cT1, cT2, cT3, cT4から抽出されるルールの分類精度は、元のデータ表の分類精度から大きく低下していない。また、cT2とcT1の精度に大きな差はない。これらから、ルール抽出に対するデータ

の有用性が保たれていることが分かった。また、ある対象の  $j$  個の属性値が知られた場合、他の属性値がどの程度の割合で一意に定められるかを調べた。表から属性値を推定する方法として、既知の属性値をもつ  $k$ -共有対象を集め、攻撃対象がもつ属性値をそれらの共通集合により推定する攻撃を考える。  $j$  個の属性値のすべての組合せに対して攻撃対象の属性値が正しく一意に暴露される割合を求めた結果、  $cT1$ ,  $cT2$ ,  $cT3$ ,  $cT4$  の順に、属性値が一意に定まる割合が低くなることが分かった。また、通常の  $k$ -匿名化手法である Mondrian によって作成される匿名化表  $M1$ ,  $M2$  は、提案法よりもプライバシー保護性能が高いことが分かった。提案法は、有用性の面では、  $M1$ ,  $M2$  より優るので、プライバシー保護性能をある程度、犠牲にしても高い有用性をもつ匿名化が要求される場合に有用となり得ることが分かった。この成果は国際学術会議で発表するとともに、国際学術雑誌論文として公表した。

#### (2-②) 2クラス分類データ集合からの $k$ -匿名ルールの抽出に関する研究成果

二つのクラス  $D_1$ ,  $D_2$  のみをもつデータ表から、ルール抽出アルゴリズム MLEM2 により、  $if\ u\ satisfies\ P_{ij}\ then\ u\ belongs\ to\ D_i$  という複数のルール  $R_{ij}$  が抽出されたとき、対象の集合  $Y_{ij} = \{u \in D_i \mid u\ satisfies\ P_{ij}\}$  と定義し、  $D_i$  の subclasses を  $D_{ij} = Y_{ij} - \bigcup_{k=1,2,\dots,j-1} Y_{ik}$  と定める。ただし、  $j = 1$  のとき、  $\bigcup_{k=1,2,\dots,j-1} Y_{ik} = \emptyset$  とする。このように、  $D_1$ ,  $D_2$  の subclasses を定めれば、通常、3 以上の子クラスが存在するので、それらをクラスと見做し、  $k$ -匿名不精密ルール抽出法を適用するクラス細分化アプローチを提案した。しかし、想定した以上に多くの subclasses が生成され、  $k$ -匿名不精密ルールの種類が莫大となることが分かった。種々の簡略化法を検討したが、このアプローチは余り有用でないことが分かった。そこで、2クラス分類データ表から MLEM2 により抽出したルールの中で、  $k$ -匿名性を満たさない各ルールについて、条件部を十分に緩和した後、既に抽出されている  $k$ -匿名ルールによって正しくクラス分類されない対象に限定してルール抽出プロセスを続け、  $k$ -匿名ルールを探索するアプローチを提案した。具体的には、  $k$ -匿名精密ルールの抽出法 (P1) と  $k$ -匿名不精密ルールの抽出法 (P2) との二つの方法を提案した。前者では、ルール抽出の効率化のため、緩和したルールの条件部を満たす対象に限定して  $k$ -匿名精密ルールの探索することにした。UCI Machine Learning Repository および KEEL より入手したデータ集合を用いた数値実験により、これらの提案法の有用性を確認した。その結果、クラス細分化アプローチよりずっと高速に  $k$ -匿名ルールが抽出できた。とりわけ、P1 では、抽出された  $k$ -匿名精密ルール集合による分類精度は、  $k$ -匿名性を満たさない通常の MLEM2 により抽出された精密ルール集合による分類精度と比較しても遜色のないことが分かった。この成果は、国際学術会議で口頭発表した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Masahiro Inuiguchi, Hiroki Ichida, Vicenc Torra	4. 巻 無し
2. 論文標題 Data anonymization with imprecise rules and its performance evaluations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing	6. 最初と最後の頁 無し
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12652-019-01468-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Masahiro Inuiguchi, Zhenzhong Gao, Carla Oliveira Henriques	4. 巻 未定
2. 論文標題 Robust optimality analysis of non-degenerate basic feasible solutions in linear programming problems with fuzzy objective coefficients	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Fuzzy Optimization and Decision Making	6. 最初と最後の頁 未定
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10700-022-09383-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Masahiro Inuiguchi	4. 巻 --
2. 論文標題 Fuzzy Linear Programming with General Necessity Measures	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Intelligent Decision Support Systems: Combining Operations Research and Artificial Intelligence	6. 最初と最後の頁 未定
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計23件（うち招待講演 3件/うち国際学会 17件）

1. 発表者名 Zhenzhong Gao, Masahiro Inuiguchi
2. 発表標題 A Simple Method for Optimality Analysis in Interval Linear Programming
3. 学会等名 第31回ソフトサイエンス・ワークショップ & 第25回 曖昧な気持ちに挑むワークショップ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 乾口 雅弘, 印南 成章
2. 発表標題 イルノウンー対比較データに基づく多基準決定支援
3. 学会等名 第31回ソフトサイエンス・ワークショップ & 第25回 曖昧な気持ちに挑むワークショップ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiro Inuiguchi
2. 発表標題 Interval Probability Model and Its Relation to Evidence Theory
3. 学会等名 The 28th International Conference of Forum for Interdisciplinary Mathematics: Synergies in Computational, Mathematical, Statistical and Physical Sciences (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masahiro Inuiguchi
2. 発表標題 Rough Set Approaches to Data Mining
3. 学会等名 15th Annual Conference on Theory and Applications of Models of Computation (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Inuiguchi
2. 発表標題 Relations between Normalized Interval Vector and Belief Functions
3. 学会等名 The 16th International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Inuiguchi
2. 発表標題 Normalized Interval Vectors are Divided into Two Classes in View of Belief Functions
3. 学会等名 22nd Czech-Japan Seminar on Data Analysis and Decision Making (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshiharu Uchida, Masahiro Inuiguchi
2. 発表標題 Inducing k-anonymus Binary Cassification Rules from Data Tables
3. 学会等名 22nd Czech-Japan Seminar on Data Analysis and Decision Making (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 内田圭春, 乾口雅弘
2. 発表標題 不精密ルールを用いた2クラス分類表からのk-匿名ルールの抽出
3. 学会等名 第35回 ファジィ システム シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 乾口雅弘
2. 発表標題 正規な区間重要度と証拠理論
3. 学会等名 第30回ソフトサイエンス・ワークショップ
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 内田圭春, 乾口雅弘
2. 発表標題 2クラス分類表に対するk-匿名ルールの抽出
3. 学会等名 第63回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Inuiguchi, Hiroki Ichida, Vicenc Torra
2. 発表標題 Data Anonymization with Imprecise Rules and Its Performance Evaluations
3. 学会等名 The 15th International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahiro Inuiguchi
2. 発表標題 Flexible Treatments of Robust Constraints with Necessity Measures in Fuzzy Linear Programming
3. 学会等名 The 6th Asian Conference on Nao-Asia 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahiro Inuiguchi, Keisuke Washimi
2. 発表標題 Utilization of Imprecise Rules for Privacy Protection
3. 学会等名 The Seventh International Symposium on Integrated Uncertainty in Knowledge Modelling and Decision Making (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Zhenzhong Gao, Masahiro Inuiguchi
2. 発表標題 A Minimax Criterion Approach to Treat the Inexactness in Feasible Set of a Linear Programming Problem
3. 学会等名 Joint Conference of the 19th IFSA, the 12th EUSFLAT, and the 11th AGOP (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Zhenzhong Gao, Masahiro Inuiguchi
2. 発表標題 Estimating the Optimal Probability of a Candidate Basic Solution in Stochastic Linear Programming
3. 学会等名 60th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Zhenzhong Gao, Masahiro Inuiguchi
2. 発表標題 A Necessity Measure of Fuzzy Inclusion Relation in Linear Programming Problems
3. 学会等名 The 18th International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Zhenzhong Gao, Masahiro Inuiguchi
2. 発表標題 An Analysis to Treat the Degeneracy of a Basic Feasible Solution in Interval Linear Programming
3. 学会等名 The 9th International Symposium on Integrated Uncertainty in Knowledge Modelling and Decision Making (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shigeaki Innan, Masahiro Inuiguchi
2. 発表標題 Decision Analysis with the Set of Normalized Triangular Fuzzy Weight Vectors in Fuzzy AHP
3. 学会等名 The 9th International Symposium on Integrated Uncertainty in Knowledge Modelling and Decision Making (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masahiro Inuiguchi, Akiko Hayashi, Shigeaki Innan
2. 発表標題 Decision Analysis with Non-unique Solutions in Interval AHP
3. 学会等名 31st European Conference On Operational Research (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Zhenzhong Gao, Masahiro Inuiguchi, Carla Margarida Saraiva Oliveira Henriques
2. 発表標題 A Simple Method for Robustness Analysis of Nondegenerate Optimal Basic Solutions in Linear Programming Problems with Fuzzy Objective Coefficients
3. 学会等名 31st European Conference On Operational Research (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiro Inuiguchi, Shigeaki Innan
2. 発表標題 Decision Analysis Based on a Pairwise Comparison Matrix Showing Rough Relative Importance
3. 学会等名 The 18th International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Taichi Chujo, Masahiro Inuiguchi
2. 発表標題 Backtracking Approaches to K-anonymous Rule Induction Method for Binary Classified Data Tables
3. 学会等名 The 9th International Symposium on Integrated Uncertainty in Knowledge Modelling and Decision Making (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中條 太彦, 乾口 雅弘
2. 発表標題 2クラス分類データにおけるk-匿名ルール抽出法
3. 学会等名 第37回ファジィシステムシンポジウム
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
ポルトガル	Polytechnic Institute of Coimbra	INESC Coimbra	University of Coimbra	
アイルランド	Maynooth University			