

機関番号：13302

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20500202

研究課題名（和文） 不確実性下における多属性評価システムに関する研究

研究課題名（英文） Research on multiattribute evaluation systems under uncertainty

研究代表者

ヒュン ナム ヤン (HUYNH NAM VAN)

北陸先端科学技術大学院大学・知識科学研究科・助教

研究者番号：00362020

研究成果の概要（和文）：多属性意思決定分析において、不確実性を伴う異なったタイプの情報を代表させるための統合的フレームワークを構築した。さらに、目標指向型多属性評価モデルを構築して日本の伝統工芸品の評価に応用し、いわゆる「感性」的特徴と消費者それぞれの好みを使って伝統工芸品を個人別に推薦した。最後に、新製品開発を言葉によって選別評価する新たなモデルを構築し、従来のファジィ理論に基づく選別評価モデルの限界を克服した。

研究成果の概要（英文）：We have developed an integrated framework for representing information with different types of uncertainty in multi-attribute decision-making problems. Then we have developed a target-oriented multiple attribute evaluation model with application to evaluation of Japanese traditional crafts so as to provide personalized recommendations using so-called *kansei* features and preferences specified by consumers. Finally, we have developed a new linguistic screening evaluation model for new-product development, which overcomes the limitations of the previous fuzzy logic-based screening evaluation model.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：決定科学・コンピュータ知能

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：感性情報学, 解析・評価, 意思決定, 不確実性, 情報融合, ファジィ集合

## 1. 研究開始当初の背景

意思決定者は実務上、いくつかの選択肢の中から順位付けや選択を迫られることが多いが、その選択肢の属性が量的と質的の両方の性質を持っていることがある。例えば、工業製品の設計評価では、コスト、品質、安全性、信頼性、保守性および環境負荷などのさ

まざまな属性が同時に考慮されるであろう。納入業者の選定においては、組織のニーズとして、品質、技術的性能、サプライチェーンマネジメント、財務的健全性、環境、倫理、健康・安全の基準、および総合的な要素のような属性を考慮に入れる。また、そのような属性の多くは質的なものであり、人間の判断

によってのみ適切に評価される主観的な性質のものである。そのため、人間が完璧に判断出来ないこと、情報の不足、あるいは属性やその査定の意味がはっきりしないことが原因で、不確実性を伴うことは避けられない。そのために、多くの意思決定問題においては、不確実性と不正確性を伴う意思決定知識を取り扱うための単一指標がしばしば必要とされている。このように情報統合の問題は、意思決定分析のあらゆる分野で本質的に重要な役割を担っている。

これまで、多属性意思決定分析 (MADM) の問題解決には多くの手法が構築されており、代表的なものとして多属性効用理論 (Keeney and Raiffa, 1993) や解析的階層プロセス (Saaty, 1988) などがある。しかし、手法のいくつかは場当たりので、理論的・経験的な根拠が不十分との批判がある (Stewart, 1992)。この分野の意欲ある研究者は 1990 年代始めに新しい手法を構築し、堅実で合理的な結果を提供して不確実性を取り扱うことが出来るようになり、分析過程が明白となった (Stewart, 1992; Dyer, Fishburn, Steuer, Wallenius and Zionts, 1992)。不確実性を伴う MADM 問題を扱う努力の一部として、過去 30 年間に、証拠推論 (ER) アプローチが提案され、不確実状況下の MADM が構築された (Yang and Singh, 1994; Yang and Xu, 2002; Huynh, Nakamori, Ho and Murai, 2006)。このアプローチは工学や経営管理の MADM 問題に幅広く適用されてきている。さらに、ファジィ MADM 問題に対して可能性理論に基づく情報融合のアプローチが構築され (Guo, Tanaka and Inuiguchi, 2000)、その結果がファジィ MADM の 3 つの評価モデルとなった。同時に、ファジィ (言語的) 意思決定による情報集成の手法が数多く構築され、論文に発表された。これにより、言語情報による情報融合に関連したさまざまなアプローチが構築された (Herrera and Herrera-Viedma, 1997; Marimin, Umamo, Hatono and Tamura, 1998)。特に、目標を用いた手法が最近出現し、不確実な多くの判断基準を含む戦略的意思決定分析にとって重要なアプローチとなりつつある (Bordley and Kirkwood, 2004)。また、目標という言葉で思考することは、効用という言葉で思考するよりも、多くの意思決定の場面においてより自然であると議論されている (Tsetlin and Winkler, 2006)。例えば、戦略的マネジメントにおいてはその産業や分野におけるベストプラクティスと比較して組織のベンチマーク (目標) を設定するのが普通である。製品イノベーションの選別では、最近ではほとんどの新製品が世界中の他のメーカーを相手とした競争環境の下で開発される。したがって新製品の選別決定は、目標として設定した競争相手の製品と比

較してどれだけ優れた性能を持つかを評価することで為されている。

しかしながら、確率的な不確実性とあいまいな不正確性との両方を対象とした意思決定情報を持つ多属性意思決定分析に関しては、将来性のある研究はこれまでほとんど発表されていない。

## 2. 研究の目的

この研究プロジェクトの第一の目的は、意思決定問題において異なるタイプの不確実性を取り扱うことができる代表的かつ統合された知識のための統合的なフレームワークを構築することである。特に、正確なデータと不確実性やあいまいさを伴う主観的判断とをすべて矛盾無く代表し、不確実で不正確な知識を統合する手法を含んだ統一フレームワークの構築を目指している。選択評価と順位付け評価とは似通っており、実際の人間の意思決定行為の共通側面であるから、この研究の第二の目的は、不確実で不正確な状況下で量的および質的な両方の属性をもつ MADM 問題に対する評価手法を構築することである。

## 3. 研究の方法

意思決定の知識とデータ素材は多くの場合、関連する情報源の範囲に由来するものであり、通常はあいまいさと不確実性を伴う。例えば、選択肢の量的属性は数値で正確に評価したり、数値区間やファジィ数で不正確に評価したりすることができる。一方、質的属性は主観的判断によって評価され、通常はでたらめさ、あいまいさ、または無知が伴う。したがって、このような数値情報とあいまいさや不確実性を伴う主観的判断とを融合して評価するためには、それらを単一の統一的代表値に変換する合理的な方法を見つけ出す必要がある。そのために、Dempster-Shafer の証拠理論 (Dempster, 1967; Shafer, 1976) に基づく統合ソフトコンピューティングアプローチとファジィ集合論 (Zadeh, 1965) が構築され、あいまいさと不確実性をもつ知識やデータを意味論的に統一し代表する今日のフレームワークが提供された。

いったん上記のような統一フレームワークが構築されると、このフレームワークに合致する新しい集成方法を構築するために、文献中の集成手法について幅広く体系的に調査された。そこで、構築された集成演算子の理論的特性が吟味され、同時に集成の矛盾管理の問題が調査された。

そして、上述の問題に関して以前得られた研究結果に基づき、我々は多専門家多属性意思決定分析の評価手法とモデルの構築に注

力し、その応用として伝統工芸品の個人別推薦や、新製品開発への適用を指向した。

#### 4. 研究成果

この研究プロジェクトの成果を以下に要約する。

第一に、不確実性とあいまいさを伴う情報を代表する統合フレームワークを提案した。これは基本的に Dempster-Shafer の証拠理論と Baldwin のファジィ集合への質量割り当ての概念に基づくものである。提案したフレームワークでは、数値的な不正確情報を意味論的に統一した代表値を作成した。その情報とは、クリスプ値、区間あるいはファジィ数、および多属性意思決定分析問題における不確実な主観的判断のことである。結局これによって、異なるタイプの不確実性を持つ情報を矛盾無く明白な方法で集成することが可能となった。

第二に、異なる情報源が結合されるかどうかの根拠を示す問題では、集成方法選択の際に矛盾が特に重要となることから、意思決定における矛盾認識の問題と情報統合過程での矛盾管理方法について、入念に研究した。以前の研究のほとんどは、空集合に割り当てられた結合質量を矛盾と見なし、Dempster の結合規則すなわち矛盾を管理する方法とはほど遠いもの、に代わるものを提供しようと試みてきた。そこで我々は、二つの証拠の違いを情報結合の矛盾分析を基に判断する新しい基準を導入した。この新しい基準によれば、空集合を割り当てられた結合質量が二つの部分に分割できることが分かる。そのうちの一方は結合の結果としての中立の信念の質量を表すものであり、他方は矛盾を表している。興味深いことに、この分析は以前の研究でよく疑問視されていた Dempster の規則の有効性に関する疑問を解決するのに役立つ。また、意思決定のために多数の情報源や属性からなる証拠を結合する際に、矛盾を解消するため結合演算子に関連した割引演算子の使用を提案した。

最後に、多専門家多属性意思決定分析の評価モデルを構築し、伝統工芸品（特に、九谷焼や山中漆器）の個人別推薦や、新製品開発へ、それぞれ応用した。

特に、最初の応用ではファジィ目標に基づく決定アプローチを採用し、日本の伝統工芸品に対する消費者指向の評価モデルを構築した。対象となる伝統工芸品は、いわゆる「感性」的特徴によって評価される典型的なものであり、人間の知覚のうち美的側面が反映される。この評価モデルは感性データや目標のあいまいさを度数分布に基づく確率的な不確実性で取り扱うことにより、消費者の好みに最も良く合致する伝統工芸品を個人別に

推薦することができる。

二つ目の応用では、言語的な多専門家意思決定モデルを構築し、新製品開発の初期段階における選別評価への利用についてケーススタディを実施した。この結果から、構築した選別評価モデルは、以前の研究の本質的な限界を克服しただけでなく、ファジィ集合論に基づくアプローチとしての管理者の意思決定への柔軟性をも維持していたことが判明した。実際、このモデルは選別評価の追加的な方法論も提供し、管理者が新製品開発において言語的な情報を扱う場合に適切に利用できる評価モデルとして役立つと期待される。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 8 件)

1. V.N. Huynh, Y. Nakamori. A linguistic screening evaluation model in new product development, *IEEE Transactions on Engineering Management* **58** (1), 165-175, 2011. 査読有
2. H. B. Yan, V.N. Huynh, Y. Nakamori. A probabilistic model for linguistic multi-expert decision making involving semantic overlapping, *Expert Systems with Applications* **38** (7), 8901-8912, 2011. 査読有
3. H. B. Yan, V.N. Huynh, Y. Nakamori, T. Murai. On prioritized weighted aggregation in multi-criteria decision making, *Expert Systems with Applications* **38** (1), 812-823, 2011. 査読有
4. V.N. Huynh, Y. Nakamori. Notes on Reducing algorithm complexity for computing an aggregate uncertainty measure, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics - Part A: Systems and Humans* **40** (1), 205-209, 2010. 査読有
5. V.N. Huynh, H. B. Yan, Y. Nakamori. A target-based decision making approach to consumer-oriented evaluation model for Japanese traditional crafts, *IEEE Transactions on Engineering Management* **57** (4), 575-588, 2010. 査読有
6. V.N. Huynh, T. T. Nguyen, A. C. Le. Adaptively entropy-based weighting classifiers in combination using Dempster-Shafer theory for word sense disambiguation, *Computer Speech and Language* **24** (3), 461-473, 2010. 査読有

7. V.N. Huynh, Y. Nakamori, J. Lawry. A probability-based approach to comparison of fuzzy numbers and applications to target oriented decision making, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems* **16** (2), 371-387, 2008. 査読有
8. H.B. Yan, V.N. Huynh, T. Murai, Y. Nakamori. Kansei evaluation based on prioritized multi-attribute fuzzy target-oriented decision analysis, *Information Sciences* **178** (21), 4080-4093, 2008. 査読有

[学会発表] (計 7 件)

1. V.N. Huynh, Y. Nakamori, H.B. Yan. A comparative study of target-based evaluation of traditional craft patterns using kansei data, *The 4<sup>th</sup> International Conference on Knowledge Science, Engineering and Management*, September 1 - 3, 2010, Belfast, UK, Y. Bi, M. Williams (Eds.), LNCS **6291**, Springer-Verlag, 160-173. 査読有
2. V.N. Huynh. Discounting and combination scheme in evidence theory for dealing with conflict in information fusion, *The 6<sup>th</sup> International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence*, November 30-December 2, 2009, Awaji Island, Japan, V. Torra, Y. Narukawa, M. Inuiguchi (Eds.), LNCS **5861**, Springer-Verlag, 217-230. 査読有
3. H.B. Yan, V.N. Huynh, Y. Nakamori. Target-oriented decision analysis with different target preferences, *The 6<sup>th</sup> International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence*, November 30-December 2, 2009, Awaji Island, Japan, V. Torra, Y. Narukawa, M. Inuiguchi (Eds.), LNCS **5861**, Springer-Verlag, 182-193. 査読有
4. H.B. Yan, V.N. Huynh, Y. Nakamori. Decision analysis with hybrid uncertain performance targets, *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, San Antonio, USA, 11-14 October, 2009, 4360-4365. 査読有
5. A. Hiramatsu, V.N. Huynh, Y. Nakamori. Decision making using early warning information on extreme weather, *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, San Antonio, USA, 11-14 October, 2009, 4668-4672. 査読有

有

6. V.N. Huynh, Y. Nakamori, C. Hu, V. Kreinovich. On decision making under interval uncertainty: A new justification of Hurwicz optimism-pessimism approach and its use in group decision making. *The 39<sup>th</sup> International Symposium on Multiple Valued Logic*, Naha, Japan, May 21-23, 2009, 214-220. 査読有
7. V.N. Huynh, Y. Nakamori. Two-tuple linguistic screening evaluation at the front end in new product development, *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, October 7-10, 2008, Singapore, 1770-1775. 査読有

[図書] (計 3 件)

1. V.N. Huynh, Y. Nakamori, J. Lawry, M. Inuiguchi (Eds.), *Integrated Uncertainty Management and Applications*, ADVANCES IN INTELLIGENT AND SOFT COMPUTING **68**, Springer-Verlag, 2010. 560 pages
2. V.N. Huynh, Y. Nakamori, H. Ono, J. Lawry, V. Kreinovich, H.T. Nguyen (Eds.), *Interval / Probabilistic Uncertainty and Non-Classical Logics*, ADVANCES IN INTELLIGENT AND SOFT COMPUTING **46**, Springer-Verlag, 2008. 375 pages
3. V.N. Huynh, Y. Nakamori, T. Murai. Decision analysis with fuzzy targets. In "Intelligent Decision Making: An AI-Based Approach", G. Phillips-Wren, N. Ichalkaranje, L. Jain (Eds.), Springer-Verlag, 2008, 131-151.

[その他]

ホームページ等

[http://www.jaist.ac.jp/profiles/info.php?profile\\_id=00370](http://www.jaist.ac.jp/profiles/info.php?profile_id=00370)

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

ヒュン ナム ヤン (HUYNH NAM VAN)

北陸先端科学技術大学院大学・知識科学研究科・助教

研究者番号：00362020