

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25750125

研究課題名(和文) 集団意思決定問題に対する多目的評価手法の開発と現実問題への適用

研究課題名(英文) Multi-criteria evaluation method for group decision making and applications

研究代表者

林田 智弘 (Hayashida, Tomohiro)

広島大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：20432685

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、意思決定者の選好構造に対する厳密な定量的評価に基づく多属性効用分析を、集団意思決定問題に適用するための手法を開発しました。従来手法では、意思決定者は属性間のトレードオフ関係の定量的評価のための難解な質問に回答する必要がありましたが、これをいくつかの平易な質問のみで最も選好される代替案を選択できるようになりました。宮崎県における農業政策の策定および評価を集団意思決定問題と解釈して現実問題への適用研究を行い、提案手法の妥当性を確認しています。また、一般に集団意思決定問題は不確定要素の多い問題であるため、不確実性評価のためのエージェントベースシミュレーションの基礎研究も行いました。

研究成果の概要(英文)：We have developed a multi-criteria evaluation method for group decision problems based on multi-attribute utility theory (MAUT). In the existing method of MAUT, a decision maker is required to answer a complex question to quantitatively identify trade-off relations. However, by using our proposed method, such complex questions can be replaced with some questions which are easy to answer, and the most preferred alternative can be chosen. We applied the proposed method to a farming policy evaluation problem in Miyazaki Prefecture in Japan, and availability has been indicated. Additionally, some fundamental researches are executed for agent-based simulation to estimate the uncertainty in the future which would be included many group decision problems.

研究分野：意思決定および機械学習を用いたシミュレーション

キーワード：多属性効用分析 集団意思決定 農業政策

### 1. 研究開始当初の背景

多属性効用分析は、複数の目的から構成される意思決定問題に対して、意思決定者の選好構造を関数として定義し、すべての代替案に対する意思決定者の満足度(効用)を定量的に評価する意思決定手法である。すなわち、ある問題の解決策としての複数の代替案の中から、意思決定者がもっとも満足するものを合理的に選択する手法である。これまでに、多属性効用分析は自治体の政策評価、原子力発電所の運用、韓国の経済分析、広島県東広島市の森林保全に関する政策評価、北海道の農業政策の評価など、いくつかの現実社会における意思決定問題に適用され、その有用性が示されている。

地方自治体による政策決定や公共事業などのような集団意思決定問題では、利害関係者の意向を考慮することが望ましく、これに対して利害関係者全員による集団意思決定手法も提案されている。しかし、多数の利害関係者がいるような集団意思決定問題の場合、その適用は困難である。したがって、県知事のような行政単位の長を行政執行者としての責任と権限により唯一の意思決定者とすることで効率的に意思決定できる。このような状況では、意思決定者や利害関係者の選好構造を解析的に評価できる多属性効用分析が有用である。

研究代表者はこれまでに、広島県の森林保全に対する政策評価や、北海道十勝地方における耕畜連携型の農業ビジネスモデルの評価などの集団意思決定問題に対して多属性効用分析を行い、利害関係者の意向を反映させた農業政策や農業ビジネスモデルの評価を行い、多属性効用分析の有効性を確認している。特に、北海道十勝地方を対象とした実践的研究は、多基準意思決定に関する国際会議(MCDM2011, Finland)において Wiley Practice Prize の最終候補 3 名に選出されるなど、国際的にも高く評価されている。

一方で、多属性効用分析は対象問題に対する調査対象者(回答者)の選好構造を厳密に同定する手法であり、質問が難解でその数も多いため、回答者の選好構造を厳密に同定することはほぼ不可能と言える。研究代表者がこれまでにやってきた実践的研究においても、地域の利害関係者に対して多属性効用分析の手順を用いて彼らの選好構造を明らかにしたが、回答者の負担が大きくなり、回答の信憑性が低くなることが問題となった。この問題を回避するためにも、回答者の負担を小さくするような意識調査手法の開発が必要である。

### 2. 研究の目的

本研究では、回答者の負担を軽減させるための調査方法および意思決定手法を開発し、これを宮崎県における農業経営に関わる集団意思決定問題に適用する。宮崎県の平野部の年間日照時間は 2,200 時間以上であり、高

知県や和歌山県とともに日本でもっとも太陽に恵まれた地域である。このような地域特性を生かした野菜や果実の促成栽培などの商品性作物の生産が盛んである。本研究では、ビニルハウスを利用したきゅうり、なす、ピーマン、ミニトマトなどの野菜の促成栽培に着目する。ハウス栽培では内部温度調整のために重油などの石油燃料を用いた暖房器具が利用されており、燃料コストの高騰や温暖化効果ガスの発生などが問題となっている。地域の発展、安全・安心な農作物の栽培を考慮した複数の農業政策が、このような問題に対する有効な解決策となると考えられる。

農業政策は、長期的かつ広範囲に渡って影響すると考えられる。農業政策に関する代替案を多属性効用分析により評価する場合、将来の不確実性を確率分布で定義し、期待値によりこれを評価する。従来は意思決定者が確率分布を主観的に評価していたため、代替案の長期的な影響が客観的に評価されておらず、精確な代替案の評価が行われていないことも問題と言える。

地方自治体による政策決定や公共事業のように、意思決定の影響が広範囲となる集団意思決定問題では、その影響を受ける人々(利害関係者)の意向も考慮した意思決定を行うことが適切である。本研究では、利害関係者に対する意識調査を行い、多属性効用分析に基づく意思決定プロセスに彼らの意向を効果的に反映させるための手法を提案する。提案手法をいくつかの地方自治体の農業政策に関する意思決定問題に適用してその有用性を検証する。さらに、農業政策の評価には将来の不確実性を考慮する必要があるために、マルチエージェント技術を用いたシミュレーションシステムを開発し、精緻な評価法の開発を目指す。

本研究の学術的な特色および予想される結果と意義は以下に要約される。多属性効用分析は、意思決定者の選好構造を定量的に評価することから、厳密で合理的な意思決定手法として有用であるが、多くの利害関係者の意向を反映することは難しい。本研究では、この問題を解決するために、集団意思決定問題に対する新しい意思決定手法を開発する。この手法により、集団意思決定問題に対する利害関係者の意識調査に必要な時間が大幅に減少し、地方自治体などによる大規模な意思決定問題に対しても、十分な数の利害関係者の意向を集約した集団意思決定が可能となる。さらに、マルチエージェントシステムを用いたシミュレーションにより農業政策の長期的な影響評価ができることも本研究の特徴である。

### 3. 研究の方法

本研究では、集団意思決定問題においてその影響を受ける利害関係者の意識調査を効率的に行うために、数理計画法などの最適化手法を応用することで、多属性効用分析にお

ける分析手順を簡略化した新しい意思決定手法を提案する。本研究で提案する意思決定手法を用いて、宮崎県の農業地域における諸問題に対する農業政策の評価を行う。なお、宮崎県ではビニルハウスにおけるエネルギー利用を再生可能エネルギーに転換する政策を軸とした複数の農業政策をそれぞれ策定する。ただし、農業政策の評価に必要な、農業人口や自然環境の変化などの将来の不確実性を考慮するためにマルチエージェントシステムを基礎とする、シミュレーションモデルの構築およびシミュレーション実験を行う。

本研究課題は、5つの手順で行われる。

(i) 多属性効用分析を基礎とした選好構造の近似的な同定手法の開発

研究代表者は、これまでに多属性効用分析を用いた実践的研究において意識調査を行ったが、従来の多属性効用分析の手法では、調査対象の意思決定者（あるいは利害関係者）から正確な回答を得ることが難しいということが明らかになった。この問題に対応するため、回答方法を改善し、数理計画問題として意思決定問題を定式化することで代替案の順序の算定方法が提案されている。多属性効用分析におけるこのような多目的評価手法は、属性間のトレードオフ関係に関する手法が提案されているが、本研究ではこれを多属性効用分析の手順全体に拡張することで、回答者の選好構造を近似的に同定する手法を開発する。このような手法を用いることで、意識調査の手順が簡略化され、多くの利害関係者の選好を比較的容易に抽出できる。

(ii) 農業政策の策定

宮崎県における農業政策を策定する。宮崎県ではビニルハウスの温度や湿度調整のための石油燃料による空気汚染が問題となっているため、再生可能エネルギー普及を軸とした複数の農業政策を策定する。なお、愛媛県や和歌山県、大分県では同様の農業問題に取り組んでおり、栽培品目の転換や、農地集積による農業インフラの共同利用などが試みられている。このような地域の対策も参考にして農業政策を策定する。

(iii) 実地調査および意識調査

(ii) で策定した農業政策を評価するために、対象地域の利害関係者を対象とした意識調査を行う。

(iv) 農業政策の評価

(iii) の調査結果に基づき、宮崎県では特に農業が盛んに行われている大淀川流域を対象とし、太陽熱発電や風力発電などの再生可能エネルギー普及を軸とした農業政策の評価を行う。

(v) 不確実性評価のためのシミュレーション

農林水産省発行の「秋冬野菜、指定野菜に準ずる野菜等の作付面積、収穫量及び出荷量」などを参考に、大淀川流域の農産業の状

況から農業政策を利害関係者の評価項目の候補を作成する。農業人口、農産物の価格、農業費用だけではなく、(i) で策定した農業政策の長期的な影響評価として、土壤汚染や空気汚染などの自然環境に関する指標を評価する必要があるが、将来の不確実性を含む事項を考慮してこれらの項目を主観的に評価することは難しい。このため、本研究では農業政策の評価に必要な、長期的な影響の客観的な評価のために、シミュレーション分析を行う。本研究では、研究代表者のこれまでの研究活動（「社会システムに対するシミュレーション分析」、「シミュレーションのための新しい手法の開発」など）で得られた技術や知識などを利用して、農業政策の高精度な評価を行う。

#### 4. 研究成果

研究課題(i)については、多属性効用分析における属性間のトレードオフ関係に関する評価の従来手法(Keeney and Raiffa; 1976)を改訂した。従来手法では、属性間のトレードオフ関係を定量的に表すスケール定数を同定するために厳密な無差別点を一意に特定する必要があったが、本研究での改訂手法では仮想的な代替案のいくつかのペアに対する選好関係を評価するだけで、対象問題に対する意思決定者の選好構造を表す効用関数を近似的に同定する2種類の意思決定手法を開発した。1つは意思決定構造の特定に基づく意思決定問題を数理計画法に定式化する手法であり、1つはニューラルネットワークと遺伝的アルゴリズムを応用した進化計算手法に基づく手法である。「強意選好関係に基づく多属性意思決定分析」は少数の利害関係者の選好を考慮した集団意思決定手法であるのに対して、「ニューラルネットワークを用いた集団多属性効用分析」は多数の利害関係者の選好構造を考慮した意思決定分析に適した手法となっている。

研究課題(ii)については、宮崎県において行われている促成栽培農業では、ビニルハウスの温度や湿度調整のために石油燃料を用いているために空気汚染が進行していることに着目した。本研究では、太陽光および太陽熱エネルギーを用いた再生可能エネルギーを石油燃料の代替エネルギーとして考え、このような再生可能エネルギー導入促進のための農業政策を策定した。

研究課題(iii)については、宮崎県の農業地域での実地調査および関係者に対する聞き取り調査を行った。これらの調査では、農業経営の実態や農業経営者の選好構造、および再生可能エネルギーの農業への応用研究などに対する調査を行った。

研究課題(iv)については、上記(iii)の調査によって明らかとなった関係者の選好構造に基づいて、研究成果(i)の2種類の意思決定手法を用いて、研究課題(ii)で策定した農業政策を評価した。ただし、農業政策の

評価にあたっては、化学肥料による土壌汚染や農産物の販路なども考慮した総合的な農業政策評価となっている。

研究成果(v)については、現実問題への応用までには至らなかったが、ニューラルネットワーク、遺伝的アルゴリズム、クラシファイアシステムなどの機械学習手法を基礎とした、エージェントベースシミュレーションのための基礎技術の開発を行った。

#### 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] Tomohiro Hayashida, Ichiro Nishizaki and Yoshifumi Uno, “Agent-based simulations for examining stability and efficiency of societies with respect to partnership structures,” *Journal of Contemporary Management*, (accepted) (査読有).

[2] Ichiro Nishizaki, Tomohiro Hayashida and Yuki Shintomi, “A core-allocation for a network restricted linear production game,” *Annals of Operations Research*, 238 (1), pp. 389–410, (2016) (査読有).

[3] 林田 智弘, 西崎 一郎, 末宗 明恵, “タブー探索を用いたリカレントニューラルネットワークの構造最適化,” *知能と情報(日本知能情報ファジィ学会誌)*, 27 (3), pp. 638–649, (2015) (査読有).

[4] 西崎 一郎, 林田 智弘, 小笠原 祐輝, “ニューラルネットワークを用いた集団多属性効用分析,” *システム制御情報学会論文誌*, 27 (11), pp. 434–442 (2014) (査読有).

[5] 林田 智弘, 西崎 一郎, 酒戸 亮典, “エイリアス状態を含む部分可観測マルコフ決定過程のための内部メモリを用いたACSの開発,” *電子情報通信学会論文誌 A*, J97-A (9), pp. 593–603 (2014) (査読有).

[6] Tomohiro Hayashida, Ichiro Nishizaki and Keita Moriwake, “XCS with an internal action table for non-Markov environments,” *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 5 (6), pp. 162–172, (2014) (査読有).

[7] 林田 智弘, 西崎 一郎, 上田 良文, “多属性効用分析に基づく再生可能エネルギーを用いた農業政策の評価と選定,” *広島大学大学院工学研究科研究報告*, 62, online (2013) (査読有).

[8] 西崎 一郎, 林田 智弘, 大見 正和, “強意選好関係に基づく多属性意思決定分析,” *システム制御情報学会誌*, 26 (6), pp. 202–210 (2013) (査読有).

[学会発表](計15件)

[1] 林田 智弘, 山本 透, 西崎 一郎, 関崎 真也, 平塚 尚人, 木下 拓矢, “リカレントニューラルネットワークを用いた時系列デ

ータ予測に基づく非線形特性を持つPID制御手法の提案,” 平成 28 年電気学会全国大会, 東北大学(宮城県仙台市), 2016.3.16-18. (発表者: 林田 智弘)

[2] 長谷川 智治, 林田 智弘, 西崎 一郎, 関崎 真也, “エージェント間のコミュニケーションを考慮した信頼ゲームにおける行動分析のためのシミュレーション,” 日本オペレーションズ・リサーチ学会・2016 年春季研究発表会, 慶應義塾大学(神奈川県横浜市), 2016.3.16-17. (発表者: 長谷川 智治)

[3] 林田 智弘, 西崎 一郎, 関崎 真也, 武内 宏明, “エイリアス状態問題に対応するための ACSM の改良 -迷路問題における相対位置テーブルを用いた内部メモリの効率の利用-, ” 第 8 回コンピューテーショナル・インテリジェンス研究会, 県立広島大学(広島県広島市), 2015.12.18-19. (発表者: 林田 智弘)

[4] 長谷川 智治, 林田 智弘, 西崎 一郎, 関崎 真也, “信頼ゲームに関するエージェントベースシミュレーション,” 第 20 回日本知能情報ファジィ学会中国・四国支部大会, 広島市立大学(広島県広島市), 2015.12.12. (発表者: 長谷川 智治)

[5] 関崎 真也, 西崎 一郎, 林田 智弘, “電力市場における協力ゲームに関する基礎検討,” 平成 27 年電気学会電力・エネルギー部門大会, 名城大学(愛知県名古屋市), 2015.8.25-27. (発表者: 関崎 真也)

[6] Tomohiro Hayashida and Ichiro Nishizaki, “Behavioral Analysis of Human Subjects in Centipede Games Based on Agent-based Simulation,” 23rd International Conference on Multiple Criteria Decision Making (MCDM2015), Hamburg (Germany), 2015.8.2-7 (発表者: 林田 智弘)

[7] Ichiro Nishizaki, Tomohiro Hayashida and Shinya Sekizaki, “Aggregation of preference information using neural networks in group multiattribute decision analysis,” 23rd International Conference on Multiple Criteria Decision Making (MCDM2015), Hamburg (Germany), 2015.8.2-7 (発表者: 西崎 一郎)

[8] 林田 智弘, 西崎 一郎, 関崎 真也, 古東 俊介, “粒子群最適化手法を用いた社会ネットワーク形成に関するシミュレーション分析,” 第 59 回システム制御情報学会研究発表講演会, 中央電気倶楽部(大阪府大阪市), 2015.5.20-22. (発表者: 林田 智弘)

[9] Tomohiro Hayashida, Ichiro Nishizaki and Koji Saiki, “Agent-based simulation for simultaneous ultimatum games,” 2014 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC2014), San Diego(USA), 2014.10.5-8. (発表者: 林田 智弘)

[10] Tomohiro Hayashida, Ichiro Nishizaki

and Ryosuke Sakato, "Aliased states discerning in POMDPs and improved anticipatory classifier system," 18th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES2014), Gdynia (Poland), 2014.9.15-19. (発表者: 林田 智弘)

[11] 林田 智弘, 西崎 一郎, 関崎 真也, 佐伯 幸治, "同時手番の最後通牒ゲームに関するシミュレーション分析," 日本オペレーションズ・リサーチ学会・2014 年秋季研究発表会, 北海道科学大学(北海道札幌市), 2014.8.27-28. (発表者: 林田 智弘)

[12] 林田 智弘, 西崎 一郎, 末宗 明恵, "タブーサーチに基づくリカレントニューラルネットワークの構造最適化," 第 58 回システム制御情報学会研究発表講演会, 京都テルサ(京都府京都市), 2014.5.21-23. (発表者: 林田 智弘)

[13] 小笠原 祐輝, 西崎 一郎, 林田 智弘, "多属性効用分析に基づくニューラルネットワークを用いた集団意思決定手法," 第 18 回日本知能情報ファジィ学会中国・四国支部大会, 第 15 回日本知能情報ファジィ学会九州支部学術講演会, 下関市生涯学習プラザ(山口県下関市), 2013.12.22. (発表者: 小笠原 祐輝)

[14] Tomohiro Hayashida, Ichiro Nishizaki and Mitsuhiko Imai, "Development of interactive support system using spreadsheet based on multiattribute utility analysis," The 22nd International Conference on Multiple Criteria Decision Making (MCDM 2013), Malaga (Spain), 2013.6.17-21. (発表者: 林田 智弘)

[15] Ichiro Nishizaki, Tomohiro Hayashida and Masakazu Ohmi, "Multiattribute utility analysis using strict preference relations elicited from a decision maker," The 22nd International Conference on Multiple Criteria Decision Making (MCDM 2013), Malaga (Spain), 2013.6.17-21. (発表者: 西崎 一郎)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等 該当なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

林田 智弘 (HAYASHIDA TOMOHIRO)

広島大学・工学研究院・准教授

研究者番号: 20432685

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号:

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号: