

令和 2 年 6 月 16 日現在

機関番号：23903

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01264

研究課題名(和文) 不確実状況下の多目的多重レベル単純リコース計画問題に対する意思決定とその応用

研究課題名(英文) Interactive decision making for multilevel multiobjective simple recourse programming problems and its applications

研究代表者

矢野 均 (YANO, Hitoshi)

名古屋市立大学・大学院人間文化研究科・教授

研究者番号：00166563

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、確率変数やファジランダム変数を含む多目的2レベル単純リコース計画問題を定式化し、上位レベル意思決定者の立場において、均衡条件とパレート最適性を同時に満たすパレートシュタッケルベルグ解集合の中から満足解を導出するための対話型意思決定手法を提案した。連続型・離散型の各変数に対応して、パレートシュタッケルベルグ解が非線形計画法および混合整数計画法に基づいて導出できることを示した。また、上位レベル意思決定者が下位レベル意思決定者の選好を推測できる場合とできない場合に対応して、それぞれ、推測型、楽観型・悲観型パレートシュタッケルベルグ解の概念を導入した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現代社会が直面する諸問題の多くは、あちら立てればこちらが立たずというトレードオフの状況における多目的意思決定問題としてとらえることができる。また、将来に対する予測が極めて困難であり、不確実性による影響を考慮した意思決定が要求されている。さらに、現実の意思決定では、複数の意思決定者が各自の利得を最大化する状況の中から均衡解を解決策として採用するものと考えられる。このような複雑な意思決定状況を数学モデルとして定式化した問題が、本研究で対象とする「不確実状況下の多目的多重レベル単純リコース計画問題」であり、提案する意思決定手法は現実の意思決定問題を解決する一助となりうる。

研究成果の概要(英文)：We focus on multiobjective two-level simple recourse programming problems with random variables or fuzzy random variables. To deal with such problems, we introduce three kinds of Pareto Stackelberg solution concepts for the leader, which are called an estimated one, an optimistic one, and a pessimistic one respectively. For a continuous type of random variables or fuzzy random variables, nonlinear programming problems are formulated to obtain Pareto Stackelberg solutions. Similarly, for a discrete type of random variables or fuzzy random variables, mixed integer programming problems are formulated to obtain Pareto Stackelberg solutions. We have proposed various types of interactive algorithms to obtain a satisfactory solution of the leader from among an estimated (or optimistic, pessimistic) Pareto Stackelberg solution set.

研究分野：複合領域

キーワード：多目的計画法 2レベル計画法 単純リコース 確率変数 ファジランダム変数 パレートシュタッケルベルグ解

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、研究者個人に帰属されます。

1. 研究開始当初の背景

1. 互いに相競合する複数の目的をバランスよく最適化しようとする多目的計画法に対しては、理論のみならず現実の種々の意思決定問題への応用に関する研究が活発に行われてきており、数多くの成果を上げている。一方、複雑な意思決定状況においては、ただ一人の意思決定者が意思決定するのではなく、互いに競合する複数の意思決定者間のバランスを考慮した均衡解を導出することが望ましい。
2. また、現実の意思決定状況を対象とする数学モデルにおいては、確率的不確実性や人間の主観的判断の曖昧性が含まれており、これらの不確実性に対処すべく確率計画法やファジィ計画法の観点から、種々のアプローチが展開されてきた。
3. 以上の観点から、既に、不確実状況下における多目的 2 レベル (多重レベル) 計画問題に対する意思決定手法が、種々提案されてきた。一般に、このような問題を取り扱うために、「競合する多目的関数」に対してはパレート最適性の概念を、「多重レベルにおける複数の意思決定者」に対しては均衡の概念を導入することにより、種々の解概念が提案されてきた。
4. 従来、このような不確実状況下における多目的 2 レベル計画問題に対して、問題に含まれる確率的な不確実性を「機会制約問題」を用いて取り扱うアプローチのみが提案されてきた。しかし、現実の意思決定状況においては、制約を破る確率を制御するよりはむしろ、制約を破ることによる影響の度合いを制御する「2 段階問題」が望ましい場合が多い。残念ながら、確率変数を含む多目的 2 レベル計画問題に対して、「2 段階問題」に基づくアプローチは、これまで全くなされてこなかった。
5. 本研究では、このような問題点に対処すべく、「2 段階問題」の中でも比較的取り扱いの容易な単純リコース計画問題を採用して、不確実状況下における多目的 2 レベル単純リコース計画問題を定式化し、上位レベル意思決定者にとっての満足解を導出するための対話型意思決定手法を提案する。

2. 研究の目的

本研究では、確率変数や、確率的な不確実性と主観的判断の曖昧性を同時に組み込んだファジィランダム変数係数を含む多目的 2 レベル (多重レベル) 単純リコース計画問題に対する上位レベル意思決定者の満足解を導出するための対話型意思決定手法を提案する。研究対象とする多目的計画問題は以下のとおりである。下記において、離散型と連続型に確率変数 (ファジィランダム変数) をあえて分類した理由は、単純リコースの期待値計算の取り扱いが一般に、困難であることによる。

1. 連続型確率変数係数を含む多目的 2 レベル単純リコース計画問題と推定型パレートシュタッケルベルグ解
2. 離散型確率変数係数を含む多目的 2 レベル単純リコース計画問題と推定型パレートシュタッケルベルグ解
3. 連続型ファジィランダム変数係数を含む多目的 2 レベル単純リコース計画問題と推定型パレートシュタッケルベルグ解
4. 離散型ファジィランダム変数係数を含む多目的 2 レベル単純リコース計画問題と推定型パレートシュタッケルベルグ解
5. 連続型確率変数係数を含む多目的 2 レベル単純リコース計画問題と楽観型・悲観型パレートシュタッケルベルグ解
6. 離散型確率変数係数を含む多目的 2 レベル単純リコース計画問題と楽観型・悲観型パレートシュタッケルベルグ解
7. 連続型ファジィランダム変数係数を含む多目的 2 レベル単純リコース計画問題と楽観型・悲観型パレートシュタッケルベルグ解
8. 離散型ファジィランダム変数係数を含む多目的 2 レベル単純リコース計画問題と楽観型・悲観型パレートシュタッケルベルグ解
9. 離散型確率変数係数を含む多目的多重レベル単純リコース計画問題
10. 離散型ファジィランダム変数係数を含む多目的多重レベル単純リコース計画問題
11. 現実の意思決定問題の定式化と提案手法の適用

3. 研究の方法

上記目的に対応して、以下の段取りで作業を進めることを計画した。

1. 連続型確率変数係数を含む多目的 2 レベル単純リコース計画問題に対して、下位レベル意思決定者の最適性条件を制約式として記述することにより、上位レベル意思決定者の多目的計画問題に帰着させる。上位レベル意思決定者は下位レベル意思決定者の選好を推定可能と仮定する。しかし、単純リコースの期待値が非線形関数であること、および、下位レベル意思決定者の最適性条件も非線形制約式であることから、確率変数が特殊な場合を除き、上位レベル意思決定者の満足解の候補を求めることは数値計算上困難である。
2. 一方、離散型確率変数係数を含む多目的 2 レベル単純リコース計画問題に対して、下位レベル意思決定者の最適性条件を制約式として記述することにより、上位レベル意思決定者の多目的計画問題に帰着する。上位レベル意思決定者は下位レベル意思決定者の選好を推定可能と仮

定する。離散型確率変数の場合単純リコースの期待値は容易に計算できるため、下位レベル意思決定者の最適性条件の非線形性のみが数値計算上の問題となる。変数変換を用いることにより、混合整数計画問題を解くことにより、上位レベル意思決定者の満足解の候補を求めることが可能となる。

3. 連続型ファジィランダム変数係数を含む多目的2レベルファジィランダム単純リコース計画問題に対して、下位レベル意思決定者の最適性条件を制約式として記述することにより、上位レベル意思決定者の多目的計画問題に帰着させる。上位レベル意思決定者は下位レベル意思決定者の選好を推定可能と仮定する。この時、確率的不確実性と主観的判断のあいまい性を同時に考慮した解概念を導入する。しかし、単純リコースの期待値が非線形関数であること、および、下位レベル意思決定者の最適性条件も非線形制約式であることから、確率変数が特殊な場合を除き、上位レベル意思決定者の満足解の候補を求めることは困難である。

4. 離散型ファジィランダム変数係数を含む多目的2レベルファジィランダム単純リコース計画問題に対して、下位レベル意思決定者の最適性条件を制約式として記述することにより、上位レベル意思決定者の多目的計画問題に帰着させる。上位レベル意思決定者は下位レベル意思決定者の選好を推定可能と仮定する。この時、確率的不確実性と主観的判断のあいまい性を同時に考慮した解概念を導入する。離散型ファジィランダム変数に対する単純リコースの期待値は容易に計算できるため、下位レベル意思決定者の最適性条件(相補条件)の非線形性のみが数値計算上の問題となる。変数変換を用いることにより、混合整数計画問題を解くことにより、上位レベル意思決定者の満足解の候補を求めることが可能となる。

5. 連続型確率変数係数を含む多目的2レベル単純リコース計画問題に対して、下位レベル意思決定者の最適性条件を制約式として記述することにより、上位レベル意思決定者の多目的計画問題に帰着させる。一般に、上位レベル意思決定者は下位レベル意思決定者の選好を推定することができないことから、上位レベル意思決定者の楽観的・悲観的立場から解概念を導入する。しかし、単純リコースの期待値が非線形関数であること、および、下位レベル意思決定者の最適性条件も非線形制約式であることから、確率変数が特殊な場合を除き、上位レベル意思決定者の満足解の候補を求めることは数値計算上困難である。

6. 離散型確率変数係数を含む多目的2レベル単純リコース計画問題に対して、下位レベル意思決定者の最適性条件を制約式として記述することにより、上位レベル意思決定者の多目的計画問題に帰着させる。一般に、上位レベル意思決定者は下位レベル意思決定者の選好を推定することができないことから、上位レベル意思決定者の楽観的・悲観的立場から解概念を導入する。離散型確率変数の場合単純リコースの期待値は容易に計算できるため、下位レベル意思決定者の最適性条件の非線形性のみが数値計算上の問題となる。楽観型の解は、混合整数計画問題を解くことにより、上位レベル意思決定者の満足解の候補を求めることが可能となる。しかし、悲観型の解は、3レベル計画問題に帰着するため、一般には容易に解くことができない。

7. 連続型ファジィランダム変数係数を含む多目的2レベルファジィランダム単純リコース計画問題に対して、下位レベル意思決定者の最適性条件を制約式として記述することにより、上位レベル意思決定者の多目的計画問題に帰着させる。一般に、上位レベル意思決定者は下位レベル意思決定者の選好を推定することができないことから、上位レベル意思決定者の楽観的・悲観的立場から解概念を導入する。しかし、単純リコースの期待値が非線形関数であること、および、下位レベル意思決定者の最適性条件も非線形制約式であることから、確率変数が特殊な場合を除き、上位レベル意思決定者の満足解の候補を求めることは数値計算上困難である。

8. 離散型ファジィランダム変数係数を含む多目的2レベルファジィランダム単純リコース計画問題に対して、下位レベル意思決定者の最適性条件を制約式として記述することにより、上位レベル意思決定者の多目的計画問題に帰着させる。一般に、上位レベル意思決定者は下位レベル意思決定者の選好を推定することができないことから、上位レベル意思決定者の楽観的・悲観的立場から解概念を導入する。離散型ファジィランダム変数の場合単純リコースの期待値は容易に計算できるため、下位レベル意思決定者の最適性条件の非線形性のみが数値計算上の問題となる。楽観型の解は、混合整数計画問題を解くことにより、上位レベル意思決定者の満足解の候補を求めることが可能となる。しかし、悲観型の解は、3レベル計画問題に帰着するため、一般には容易に解くことができない。

9. 離散型確率変数係数を含む多目的多重レベル単純リコース計画問題に対して、二人以上の下位レベル意思決定者の最適性条件を制約式として記述することにより、上位レベル意思決定者の多目的計画問題に帰着させる。この場合、複数のラグランジュ乗数の積を変数として含む制約式の非線形性に対処する方法について、検討することが重要な問題となる。

10. 離散型ファジィランダム変数係数を含む多目的多重レベル単純リコース計画問題に対して、二人以上の下位レベル意思決定者の最適性条件を制約式として記述することにより、上位レベル意思決定者の多目的計画問題に帰着させる。この場合も、複数のラグランジュ乗数の積を変数として含む制約式の非線形性に対処する方法について、検討することが重要な問題となる。

11. 提案手法を適用するための実システムの定式化として、食品スーパーの多店舗展開問題を検討する。この問題は、上位レベル意思決定者が多店舗を展開するスーパーの経営者、下位レベル意思決定者として全国の市場で食品の卸売を展開する卸売業者を想定している。本来の定式化では、上位・下位レベルとも各自の利潤を目的関数として採用しているが、多目的関数への拡張

を試みる。

4. 研究成果

1. 離散型確率変数係数を含む多目的2レベル単純リコース計画問題に対して、下位レベル意思決定者の最適性条件を制約式として記述することにより、上位レベル意思決定者の多目的計画問題として定式化した。上位レベル意思決定者は下位レベル意思決定者の選好を推定可能と仮定する。離散型確率変数の場合単純リコースの期待値は容易に計算できるため、下位レベル意思決定者の最適性条件の非線形性のみが数値計算上の問題となる。したがって、任意の離散型確率変数を含む問題に対して、混合整数計画問題を解くことにより、推定型パレートシュタッケルベルグ解集合の中から上位レベル意思決定者の満足解を導出するための対話型意思決定手法を提案した。
2. 連続型ファジィランダム変数係数を含む多目的2レベルファジィランダム単純リコース計画問題に対して、下位レベル意思決定者の最適性条件を制約式として記述することにより、上位レベル意思決定者の多目的計画問題として定式化した。上位レベル意思決定者は下位レベル意思決定者の選好を推定可能と仮定する。この時、確率的不確実性と主観的判断のあいまい性を同時に考慮した解概念を導入する。単純リコースの期待値計算が可能なファジィランダム変数を含む問題に対して、推定型パレートシュタッケルベルグ解集合の中から上位レベル意思決定者の満足解を導出するための対話型意思決定手法を提案した。
3. 離散型ファジィランダム変数係数を含む多目的2レベルファジィランダム単純リコース計画問題に対して、下位レベル意思決定者の最適性条件を制約式として記述することにより、上位レベル意思決定者の多目的計画問題として定式化した。上位レベル意思決定者は下位レベル意思決定者の選好を推定可能と仮定する。この時、確率的不確実性と主観的判断のあいまい性を同時に考慮した解概念を導入する。混合整数計画問題を解くことにより、確率的不確実性と主観的判断のあいまい性を同時に考慮した推定型パレートシュタッケルベルグ解集合の中から上位レベル意思決定者の満足解を導出するための対話型意思決定手法を提案した。
4. 連続型ファジィランダム変数係数を含む多目的2レベルファジィランダム単純リコース計画問題に対して、下位レベル意思決定者の最適性条件を制約式として記述することにより、上位レベル意思決定者の多目的計画問題に帰着させる。一般に、上位レベル意思決定者は下位レベル意思決定者の選好を推定することができないことから、上位レベル意思決定者の楽観的・悲観的立場から解概念を導入する。単純リコースの期待値計算が可能なファジィランダム変数を含む問題に対して、楽観型・悲観型推定型パレートシュタッケルベルグ解集合の中から上位レベル意思決定者の満足解を導出するための対話型意思決定手法を提案した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Hitoshi Yano, Ichiro Nishizaki, Rongrong Zhang	4. 巻 7
2. 論文標題 Interactive Decision Making with Fuzzy Goals for Simple Recourse in Multiobjective Stochastic Programming Problems	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Multicriteria Decision Making	6. 最初と最後の頁 326-346
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1504/IJMCDM.2018.094376	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 -

1. 著者名 Hitoshi Yano	4. 巻 22
2. 論文標題 Multiobjective Two-level Fuzzy Random Programming Problems with Simple Recourses and Estimated Pareto Stackelberg Solutions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 359-368
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.20965/jaciii.2018.p0359	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 -

1. 著者名 矢野均・茨木智・三村健・倉田陽右	4. 巻 31
2. 論文標題 多目的ミニマックス型 m 人巡回セールスマン問題の定式化と複数フロアのブランド配列問題への応用	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 名古屋市立大学人間文化研究紀要	6. 最初と最後の頁 85-98
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Hitoshi Yano	4. 巻 -
2. 論文標題 Two-level Fuzzy Random Programming Problems with Simple Recourse	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of The Bilateral Conference between 26th Forum of Interdisciplinary Mathematics and International Symposium of Management Engineering	6. 最初と最後の頁 42-51
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 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 -

1. 著者名 Hitoshi Yano, Ichiro Nishizaki and Kota Matsui	4. 巻 -
2. 論文標題 Two-level Simple Recourse Programming Problems with Discrete Random Variables	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of The 14th International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence	6. 最初と最後の頁 12-23
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 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 -

1. 著者名 Hitoshi Yano	4. 巻 -
2. 論文標題 Multiobjective Two-level Simple Recourse Programming Problems with Discrete-type LR Fuzzy Random Variables	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Procedia Computer Science	6. 最初と最後の頁 -
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 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 -

〔学会発表〕 計4件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 矢野均・西崎一郎
2. 発表標題 離散型確率変数を含む多目的2 レベル単純リコース計画問題と推定型パレートシュタッケルベルグ解
3. 学会等名 日本オペレーションズリサーチ学会2018年度秋季研究発表会 (於名古屋市立大学)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 矢野均 三村健
2. 発表標題 ミニマックス型TSPに基づく2目的ファジィ計画問題の定式化と複数フロアのブランド配列問題への応用
3. 学会等名 日本オペレーションズリサーチ学会2017年度秋季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 矢野均
2. 発表標題 多目的ファジィランダム2レベル単純リコース計画問題に対する楽観型・悲観型パレートシュタッケルベルグ解
3. 学会等名 日本経営システム学会第63回（2019年秋季）全国研究発表大会（於神戸学院大学）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢野均・西崎一郎
2. 発表標題 離散型確率変数を含む多目的2レベル単純リコース計画問題
3. 学会等名 電子情報通信学会2020年総合大会 基礎・境界ソサイエティ（於広島大学）
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Hitoshi Yano and Rongrong Zhang	4. 発行年 2017年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 158
3. 書名 Interactive Decision Making for Multiobjective Simple Recourse Programming Problems with Discrete or Continuous Fuzzy Random Variables, Transactions on Engineering Technologies (eds.S.L.Ao, H.K.Kim,X.Huang and O.Castillo), pp.143-158	

〔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
---------------------------	-----------------------	----