

令和元年6月11日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01244

研究課題名(和文) 協力2レベル非線形計画に対する粒子群最適化とファジィ・ランダム環境への拡張

研究課題名(英文) Cooperative two-level nonlinear programming through particle swarm optimization and its fuzzy stochastic extensions

研究代表者

松井 猛 (Matsui, Takeshi)

群馬大学・社会情報学部・准教授

研究者番号：50512505

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：現実の意思決定状況のファジィ性とランダム性を考慮したファジィ・ランダム環境における2レベル計画問題の定式化を行った。さらに、モデリング過程でのパラメータに含まれるファジィ性のみならず、意思決定者の人間としての判断の曖昧性を同時に考慮した、人間中心の対話型ファジィ意思決定手法の開発を行った。ファジィ性を考慮して拡張された満足解を求めるための最適性に関する探索を効率的に行う粒子群最適化手法の提案により、高速かつ高精度な近似手法を構築した。  
また、現実の意思決定問題への応用として実システムにおける計画問題を取り上げて定式化を試みるとともに、粒子群最適化手法による満足解の導出を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現実のさまざまな意思決定状況における不確実性を考慮したファジィ・ランダム環境における2レベル非線形計画法の提案により、ファジィ数の実現値が確率的に変動するファジィランダム2レベル非線形計画法のみならず、平均や分散がファジィ数であるようなランダムファジィ2レベル非線形計画法が確立され、産業界における幅広い活用が容易になる。

また、現実の意思決定状況への幅広い応用。産業界における実システムの一例として、地域冷暖房システムにおける計画問題を取り上げ、不確実環境下での計画問題としての定式化を試みることにより、より幅広い意思決定者からの支持を受けることが期待される。

研究成果の概要(英文)：Was the formulation of the two-level programming problems in fuzzy random environment that takes into account the fuzziness and randomness of the reality of the decision-making situation. Furthermore, not only the fuzziness included in the parameter of the modeling process, considering ambiguity of judgment as a human decision maker simultaneously, was developed Interactive Fuzzy decision method of human-centered. A high-speed and high-precision approximation method has been constructed by proposing a particle swarm optimization method that efficiently searches for the optimality for finding an extended satisfactory solution considering the fuzziness. Further, it addresses the planning problem in the real system as an application of the real decision problem with trying to formulate were derived of satisfactory solution by particle swarm optimization technique.

研究分野：オペレーションズ・リサーチ

キーワード：2レベル計画法 協力関係 粒子群最適化 ファジィ計画法 確率計画法

1. 研究開始当初の背景

鳥や魚の群れにおける個体は自身の情報だけでなく群れの情報も用いて行動していることに注目し、群れをなしながら集団としてよりよい点を探るように振る舞う点を模擬した探索手法である粒子群最適化 (PSO: Particle Swarm Optimization) 手法が、Kennedy らによって提案され、高速で高精度な近似最適化手法として注目されてきている (図 1)。

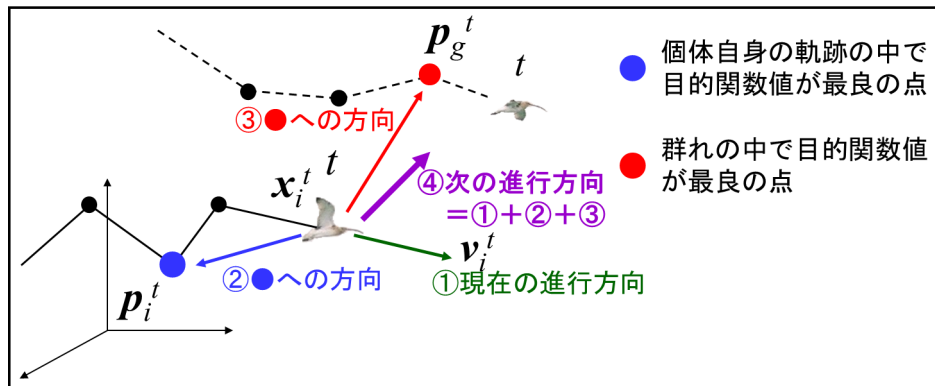


図 1 . 粒子群最適化手法

生物の進化のメカニズムを模擬する人工モデルとして提唱された遺伝的アルゴリズム (GA: Genetic Algorithm) は、染色体の一部の交換あるいは変化といった操作に基づくため、基本的には離散的な探索手法であるのに対して、生物群の生息空間における最良点の移動を模倣した粒子群最適化手法は個体の最良点へ方向ベクトルや個体群の最良点へ方向ベクトルなどの加重和による移動に基づくため、連続的な探索手法となっており、決定変数が連続である一般の非線形計画問題に対する大域的近似最適化手法として期待されている。

しかし、Kennedy らの提案した手法には、制約のある問題にそのまま適用できないことや局所的な最適解に留まってしまうという問題点があった。

このような問題点に対処するため、本研究では、粒子群最適化手法における初期個体群の生成方法や個体の移動方法ならびに評価関数に検討を加えることにより、制約条件を考慮した探索を可能にするとともに、局所的な最適解に留まることなく大域的な探索が可能となるように改良する。

さらに、上位レベルの意思決定者と下位レベルの意思決定者のそれぞれの複数個の目的を同時に考慮するという 2 レベル非線形計画問題への一般化を試みる。

ここで、2 レベル非線形計画問題の満足解を求めるための効率的な対策を考案することにより大域的粒子群最適化手法の開発を目指す。

しかも、不確実情報下における 2 レベル非線形の確率計画問題やファジィ計画問題の定式化を試み、意思決定者の満足解を高速かつ高精度に導出するという対話型ファジィ意思決定手法を提案し、現実のさまざまな状況における意思決定問題への幅広い応用を遂行する。

2. 研究の目的

本研究では、Kennedy らによって提案され、高速で高精度な近似手法として有望視されてきている粒子群最適化手法に対して、初期個体群の生成において準同型写像を用いることにより実行可能な個体だけを生成するとともに、移動後の個体の制約の取り扱いについて考察することにより、決定変数に対する上下制限約以外にも一般の等式制約と不等式制約条件をもつ非線形計画問題に対して適用可能となるような改良を加える。特に、粒子群最適化手法における制約を考慮した探索のために、探索点が実行不可能な個体を 2 分法により実行可能となるように修正する方法を採用する。ただし、2 分法の実行には時間がかかるため、2 分法による個体修正を行う部分個体群と実行不可能領域への移動を許可する部分個体群という 2 つの部分個体群を用いる粒子群最適化手法を提案する。

また、個体の移動方法と評価関数を変更するとともに離脱行動を採用することにより局所的な最適解への停留を抑制することを試みる。

さらに、提案した手法が高速で高精度な近似最適化手法であることを検証するために、問題の規模と非線形性の度合いが異なるさまざまな種類の非線形計画問題への適用を実施する。

また、近年の社会的要求の多様化にともない、単一目的の非線形計画法よりはむしろ協力関係下での上位レベルの意思決定者と下位レベルの意思決定者のそれぞれの複数個の目的を同時に考慮するという 2 レベル非線形計画法への需要が高まってきていることを考慮して、本研究で提案される非線形計画問題に対する粒子群最適化手法を、協力関係下での 2 レベル非線形計画問題へ一般化することを試みる。

特に、2 レベル非線形計画問題における満足解を求めるためのマックスミン問題に注目して、目的関数の最適性に関する探索を効率的に行う粒子群最適化手法を提案する。

さらに、意思決定者との対話により意思決定者の局所的な選好情報を引き出し、最終的に意思決定者が満足できる解を求めるという対話型意思決定手法を開発する。

しかも、本研究課題で提案する粒子群最適化手法を規模と非線形性の度合いが異なる数多くの2レベル非線形計画問題に適用して実行可能性と有効性を検証する。

また、現実の意思決定状況のファジィ性とランダム性を考慮したファジィ・ランダム環境における2レベル非線形計画問題として定式化を行い、定式化した問題に含まれるファジィ性とランダム性のみならず、意思決定者の判断の曖昧性をも同時に考慮した、人間性を尊重した新しい意思決定手法を開発するとともに、現実のさまざまな状況における意思決定問題への幅広い応用を試みる。

### 3. 研究の方法

制約のない多峰性の非線形最適化問題に対する近似解法として提案された粒子群最適化(PSO)に基づく一般の非線形計画問題に対する高速で高精度な近似最適化手法の提案と2レベル非線形計画問題への一般化を実施し、その後、粒子群最適化に基づくファジィ2レベル非線形計画問題から開始して、ランダム2レベル非線形計画問題に対する意思決定者の満足解を効率よく導出するという対話型意思決定手法の提案を試みた。

さらに、ファジィ環境とランダム環境を同時に考慮した2レベル非線形計画問題への拡張も考察した。

また、現実のさまざまな状況における意思決定問題への幅広い応用を行った。

### 4. 研究成果

#### (1) 不確実性や曖昧性の下での2レベル非線形計画法

現実の意思決定状況のファジィ性とランダム性を考慮したファジィ・ランダム環境における2レベル計画問題の定式化を行った。

さらに、モデリング過程でのパラメータに含まれるファジィ性のみならず、意思決定者の人間としての判断の曖昧性を同時に考慮した、人間中心の対話型ファジィ意思決定手法の開発を行った。

ファジィ性を考慮して拡張された満足解を求めるための最適性に関する探索を効率的に行う粒子群最適化手法の提案により、高速かつ高精度な近似手法を構築した。

#### (2) 現実の意思決定状況への応用

また、現実の意思決定問題への応用として実システムにおける計画問題を取り上げて定式化を試みるとともに、粒子群最適化手法による満足解の導出を行った。

具体的には、地域冷暖房システムにおける運転計画問題を不確実性を含む問題としての定式化を行った。

定式化された問題は、実規模の問題では数百の変数を含む大規模な問題になり、厳密最適解の導出は困難となるため、粒子群最適化手法および対話型意思決定手法の適用により、定式化した問題に含まれる不確実性のみならず、意思決定者の判断の曖昧性を同時に考慮した、人間性を考慮した新しい意思決定手法を開発することができた。

### 5. 主な発表論文等

#### 〔雑誌論文〕(計1件)

M. Sakawa, T. Matsui, Bilevel linear programming with fuzzy random variables through absolute deviation minimization, International Journal of Operational Research, 査読有, Vol. 25, No. 1, 2016, pp. 1-27

#### 〔学会発表〕(計3件)

T. Matsui, Interactive Fuzzy Multiobjective Programming for Operation Planning, International Symposium for Advanced Computing and Information Technology, 2018, 査読有

T. Matsui, An Interactive Fuzzy Satisficing Method for Multiobjective Portfolio Optimization through Mean-Variance Model, International Conference on Mechanical, Electrical and Medical Intelligent System 2017, 査読有, 2017, pp. 1-4

T. Matsui, K. Okuhara, Pattern Recognition through Particle Swarm Optimization and Deep Neural Network for Mixed Reality, 12th International Conference on Innovative Computing, Information and Control, 2017, 査読有, p. 191

#### 〔図書〕(計 件)

#### 〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

取得状況（計 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：  
ローマ字氏名：  
所属研究機関名：  
部局名：  
職名：  
研究者番号（8桁）：

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名：  
ローマ字氏名：

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。