

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	実数値進化計算によるノイズを有する関数の期待値最適化
Title(English)	Expectation Optimization of Noisy Functions using Real-Coded Evolutionary Computation
著者(和文)	益富和之
Author(English)	Kazuyuki Masutomi
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9869号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小野 功,樺島 祥介,寺野 隆雄,山村 雅幸,渡邊 澄夫
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9869号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	知能システム科学	専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（工学）
学生氏名： Student's Name	益富 和之		指導教員（主）： Academic Advisor(main)	小野 功	
			指導教員（副）： Academic Advisor(sub)		

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、科学や工学においてしばしば直面する、ノイズを有する関数の期待値最適化のための新たな実数値進化計算手法の提案とその有効性の検証を行ったものであり、「実数値進化計算によるノイズを有する関数の期待値最適化」と題し、6 章より構成される。

第 1 章「序論」では、まず、本論文の背景として、ノイズを有する関数の期待値最適化が制約の有無によって無制約問題と機会制約問題に分かれることを述べる。目的関数が明示的に表現されない(ブラックボックス) かつ、制約が非明示である場合の有力な数値解法として実数値進化計算があることを述べた後、ノイズを有する関数の期待値最適化のための既存の実数値進化計算手法は、観測数の観点から問題を有することを指摘する。次に、本論文の目的は、ノイズを有する無制約ブラックボックス関数の期待値最適化および非明示機会制約を有するブラックボックス関数の期待値最適化を、既存手法よりも少ない観測数で効率的に探索する新たな実数値進化計算手法を提案することであることを述べる。最後に、本論文における研究の方法と意義について論じる。

第 2 章「問題の所在」では、まず、準備として、決定的なブラックボックス関数最適化のための最も優れた実数値進化計算手法として、進化戦略の一種である DX-NES (Distance-Weighted Exponential Natural Evolution Strategy)と CMA-ES (Covariance Matrix Adaptation Evolution Strategy), 実数値遺伝的アルゴリズム(実数値 GA)の一種である REX/JGG (Real-coded Ensemble Crossover / Just Generation Gap)を紹介する。次に、本論文で取り扱うノイズを有する無制約関数最適化および機会制約を有する関数最適化の定義を述べ、前者に対する有力な既存手法として、Uncertainty-Handling CMA-ES (UH-CMA-ES) を、後者に対する有力な既存手法として、Loughlin と Ranjithan の手法(LR 法)を紹介し、高精度な解を得るために膨大な観測を必要とする問題があることを指摘する。最後に、必要な観測数の削減するための本論文における接近法について述べる。

第 3 章「ノイズを有する無制約ブラックボックス関数の期待値最適化のための自然進化戦略」では、決定的な関数最適化のための DX-NES を、不確かな環境のために拡張した DX-NES for Uncertain Environments (DX-NES-UE)を提案する。DX-NES-UE は、探索効率と精度のバランスを実現するため、現在探索中の領域における目的関数の変化量に対するノイズの相対的な大きさに基づいて探索状況を「低ノイズ期」と「高ノイズ期」に分類し、「低ノイズ期」では観測値を、「高ノイズ期」では十分精度がよくなるまで学習した 2 次多項式の値を用いて探索を行う。多峰性や悪スケール性を有する 20～80 次元の関数にノイズを加えたベンチマーク問題を用いた数値実験により、DX-NES-UE は、既存手法である UH-CMA-ES よりも少ない観測数で高精度な解を獲得できることを示す。

第 4 章「非明示機会制約を有するブラックボックス関数の期待値最適化のための実数値 GA」では、観測履歴中の近傍個体を利用して目的関数の期待値と実行可能確率を推定する実数値 GA である History Distribution Controlling Genetic Algorithm (HDCGA)を提案する。HDCGA は、推定精度のばらつきを低減するために近傍個体数が少ない個体の周りに個体を追加生成し、機会制約の充足を優先した選好順序を用いて個体の優劣を決定する。数値実験により、有力な既存手法である LR 法よりも少ない観測数で高精度な解を獲得できることを示す。しかし、HDCGA は、履歴を利用することから、空間計算量および時間計算量が膨大となる問題があることを指摘する。

第 5 章「非明示機会制約を有するブラックボックス関数の期待値最適化のための自然進化戦略」では、HDCGA の計算量の問題を克服するため、2 次多項式により目的関数の期待値と実行可能確率を近似し、HDCGA と同じ選好順序を用いるように DX-NES-UE を拡張した DX-NES for Chance Constraints (DX-NES-CC) を提案する。数値実験により、DX-NES-CC は、観測数で評価した性能を HDCGA と同程度に保ったまま、HDCGA よりも計算量を大きく削減できることを示す。

第 6 章「結論」では、本論文は、ノイズを有する関数の期待値最適化を、制約の有無によって「ノイズを有する無制約ブラックボックス関数の期待値最適化」と「非明示機会制約を有するブラックボックス関数の期待値最適化」に分類し、それぞれの対象問題に対して、既存手法の問題点を克服し、観測数および計算量の観点から効率よく問題を解くことを目的として、新たな実数値進化計算手法を提案し、その性能評価を行ったものであると総括する。また、今後の課題として、提案手法のパラメータの推奨値の提示や提案手法の有効性を示すための理論的分析、および本論文で扱わなかった分位数の最適化への拡張が挙げられることを述べる。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： 知能システム科学 専攻
Department of
学生氏名： 益富 和之
Student's Name

申請学位(専攻分野)： 博士 (工学)
Academic Degree Requested Doctor of
指導教員(主)： 小野 功
Academic Advisor(main)
指導教員(副)：
Academic Advisor(sub)

要旨(英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This thesis proposes evolutionary algorithms for expectation optimization of noisy functions and confirms their effectiveness. This thesis is titled "Expectation Optimization of Noisy Functions using Real-Coded Evolutionary Computation" and consists of six chapters.

In Chapter 1, we, first, state the background and the purpose of this study. The purpose of this study is to propose new evolutionary algorithms for expectation optimization of unconstrained black-box noisy functions (UBNFs) and implicit-chance-constrained black-box noisy ones (ICBNFs). Then, we discuss the way and the importance of this study.

In Chapter 2, we, first, define expectation optimization of UBNFs and ICBNFs. Then, we introduce the uncertainty-handling covariance matrix adaptation evolution strategy (UH-CMA-ES) and Loughlin and Ranjithan's method (LR-method) that are state-of-the-art methods for expectation optimization of UBNFs and ICBNFs, respectively. Then, we point out problems of UH-CMA-ES and LR-method. They require a large number of observations to obtain good solutions.

In Chapter 3, we propose a natural evolution strategy for expectation optimization of UBNFs named the distance-weighted exponential natural evolution strategy for uncertain environments (DX-NES-UE). DX-NES-UE approximates an objective function with a quadratic polynomial. Numerical experiments show that DX-NES-UE requires fewer observations than UH-CMA-ES does.

In Chapter 4, we propose a real-coded genetic algorithm for expectation optimization of ICBNFs named the history distribution controlling genetic algorithm (HDCGA). HDCGA estimates objective function values and feasible probabilities with observation history. HDCGA uses preference order taking account of feasible probabilities. Numerical experiments show that HDCGA requires fewer observations than LR-method does. However, HDCGA requires huge computational space and time.

In Chapter 5, we propose a natural evolution strategy named DX-NES for chance constraints (DX-NES-CC) to reduce computational space and time. DX-NES-CC approximates an objective function and feasible probabilities with quadratic polynomials and employs the same preference order as HDCGA uses. Numerical experiments show that DX-NES-CC requires less computational space and time than HDCGA does.

In Chapter 6, we conclude this thesis and discuss future work.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).