

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) | 審査の要旨 |
| Type(English) | Exam Summary |

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

| 報告番号 | 甲第 | 号 | 学位申請者氏名 | | 益富 和之 | |
|-------------|-----|-------|---------|-----|-------|----|
| | | 氏名 | 職名 | | 氏名 | 職名 |
| 論文審査 審査員 | 主査 | 小野 功 | 准教授 | 審査員 | 渡邊 澄夫 | 教授 |
| | 審査員 | 樺島 祥介 | 教授 | | | |
| | | 寺野 隆雄 | 教授 | | | |
| | | 山村 雅幸 | 教授 | | | |

論文審査の要旨 (2000 字程度)

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類されることを述べている。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している。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のための新たな実数値進化計算手法を提案し、その有効性を確認することにあると述べている。最後に、本論文における研究の方法と意義について論じている。

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)を紹介している。次に、本論文で取り扱う、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問題、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問題を定義した後、前者に対する有力な既存手法として Uncertainty-Handling CMA-ES (UH-CMA-ES)、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数の観測を要する問題があることを指摘している。最後に、必要な観測数を削減するための本論文における接近法について論じている。

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 を拡張した DX-NES for Uncertain Environments (DX-NES-UE) を提案している。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っている。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している。

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)を提案している。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考順序を用いて個体の優劣を決定している。数値実験により、HDCGAは、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している。しかし、HDCGAは、履歴を利用するため、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している。

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と同じ選考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)を提案している。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している。

第6章「結論」では、本論文を総括し、今後の課題について述べている。

以上を要するに、本論文は、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対する実数値進化計算手法を提案し、その有効性の確認を行ったものであり、工学上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」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。