

| | | | |
|---------|--------------------|--------|-----------------------|
| 氏名 | 阪本 直気 | | |
| 学位の種類 | 博士(工学) | | |
| 学位記番号 | 博 甲 第 10248 号 | | |
| 学位授与年月日 | 令和 4 年 3 月 25 日 | | |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第1項該当 | | |
| 審査研究科 | システム情報工学研究科 | | |
| 学位論文題目 | 進化計算のための明示制約対処法の開発 | | |
| 主査 | 筑波大学・教授 | 博士(工学) | 佐久間 淳 |
| 副査 | 筑波大学・教授 | 工学博士 | 久野 誉人 |
| 副査 | 筑波大学・教授 | 博士(工学) | 福井 和広 |
| 副査 | 筑波大学・准教授 | 博士(工学) | 秋本 洋平 |
| 副査 | 筑波大学・助教 | 博士(科学) | アランニャ クラウ ス デ カステロ |
| 副査 | 東京工業大学・准教授 | 博士(工学) | 小野 功 |

論文の要旨

審査対象論文は、ブラックボックス連続最適化 (BBO) において、明示制約と呼ばれる制約条件を扱うための制約対処法を提案している。現実世界の BBO に対して広く用いられている最適化手法である Covariance Matrix Adaptation Evolution Strategy (CMA-ES) を、明示制約付き BBO 問題へと適用する場合に、既存の制約対処法よりも効率的に最適解を近似するアプローチを提案している。

第1章および第2章では、審査対象論文が扱う明示制約付き BBO 問題に対する制約対処法の研究の現状と課題、CMA-ES の概略が述べられている。

第3章から第5章では、明示制約の一つである矩形制約に対して提案されている既存の制約対処法を、目的関数および制約関数の単調増加変換に対する不変性、および、探索空間の座標系のアフィン変換に対する不変性の観点から一般化し、非線形な明示制約のための制約対処法を提案している。ベンチマーク問題を用いた数値実験により、既存の明示制約および非明示制約対処法と比較し、その有効性が検証されている。

第6章では、明示制約のうち、制約充足する解集合が非連結となる問題を想定し、矩形な探索空間全体から制約充足領域への変換を予め学習しておき、獲得された変換への入力空間において最適解探索を実施する、Decoder ベースの制約対処法に着目している。本章では、この写像を深層ニューラルネットワークによって表現するとともに、訓練データを使わない学習方法を提案し、テスト問題およびトポロジー最適化問題において、既存手法に対する優位性を報告している。

第7章では、得られた成果と今後の展望が述べられている。

審査の要旨

【批評】

ブラックボックス最適化 (BBO) に対する数値解法における制約対処法の開発は、勾配ベースの最適化法における制約対処法の開発と比較して遅れている一方、現実世界の BBO 問題では多くの場合に制約条件が存在する。審査対象論文が着目している明示制約は、目的関数値を計算するシミュレーターの必要条件や解の実現可能性の評価などの面で頻出の制約クラスであり、明示制約付き BBO 問題に対するアプローチの開発は、当該学術分野において重要な課題であることが述べられている。

審査対象論文全体を通し、関連研究を体系的にまとめ、提案手法の位置づけと意義が明確に述べられている。第3章から第6章で述べられている数値実験においては、既存の方法と比較した利点および欠点が明確になるように実験が計画されており、実験結果の可視化の方法も適切である。実験結果に対する分析や考察も客観的になされている。一方、提案手法はいずれも、仮説検証のために人工的に設計されたベンチマーク問題によって評価されており、現実世界の明示制約付き BBO 問題での有効性の検証には改善の余地がある。この点については、今後の発展が期待される。

審査対象論文についての口頭発表は、研究成果の位置づけおよび貢献がわかりやすく構成されており、関連事項についての質疑応答も申し分ない。

以上より、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な能力を有すると判断する。

【最終試験の結果】

令和4年2月8日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。