

氏名	尾崎 嘉彦
学位の種類	博士(社会工学)
学位記番号	博甲第 10441 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
審査学術院	理工情報生命学術院
学位論文題目	Practical Blackbox Optimization for Real-World Problems (実世界の問題を解決するための実践的なブラックボックス最適化)
主査	筑波大学・准教授(連携大学院) 博士(工学) 大西 正輝 (産業技術総合研究所)
副査	筑波大学・教授 博士(理学) 繁野 麻衣子
副査	筑波大学・准教授 博士(工学) 高野 祐一
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

論文の要旨

審査対象論文は、実世界の問題を解決するための実践的なブラックボックス最適化に焦点をあてた研究について、最適化手法の提案から実応用への適用例までを報告している。1章では、実世界の問題の多くはブラックボックスであること、評価に時間がかかること、ノイズが多いこと、非連続であることなどに言及し、ブラックボックス最適化として定式化して解決するのが一般的であることについて説明している。また、2章ではブラックボックス最適化手法についてベイズ最適化や進化計算、Nelder-Mead 法などの代表的な手法について説明している。さらに3章では深層学習のハイパパラメータ最適化問題に焦点をあてて Nelder-Mead 法のような局所最適化手法がベイズ最適化などの大域最適化手法に比べてよい結果が得られることを実験的に示し、それぞれの手法が探索する最適化結果の特徴を分析している。4章では多目的最適化手法を用いて深層学習のモデルを作成することに焦点をあて、従来から提案されている Tree-Structure Parzen Estimator を多目的に拡張する手法を提案し、深層学習モデルの精度と計算速度といった多目的の最適化を行い、パレート解を得ることに成功している。5章では結晶構造を解析する代表的な手法である XRD 解析をブラックボックス最適化として扱い、ベイズ最適化によって結晶構造を解析する手法を提案し、実際の結晶構造を解析することで専門家よりもよい解析結果を得ることができることを実験的に明らかにしている。

実世界の問題は目的関数の形状が明らかではないことが多く、そのような問題の代表例としてハイパパラメータの最適化や結晶構造解析といった全く異なる問題を同じ枠組みで解決することができることを示している。

審査の要旨

【批評】

本論文は、実世界の多くの問題をブラックボックス最適化として定式化し、解決することを目的とした論文である。特に実世界の問題を実際に解決することに主眼を置き、応用例として深層学習のハイパラメータ最適化と結晶構造の解析の自動化に焦点をあてた実用的な論文として高い完成度を有している。

ブラックボックス最適化は社会工学のような社会の問題を工学的知見で解決する際の基本的な最適化手法の一つであり、実際の問題に適用した事例を積み重ねていくことは、最適化問題の実応用という観点で非常に高い研究意義を持ち、学位論文として十分に高い水準に達していると考えられる。

特に実問題へ適用する際に多くの実験を行っており、例えばハイパラメータ最適化ではベンチマーク関数や深層学習の問題へ適用した実験結果を可視化すると共に結果を詳細に分析している。また、結晶構造の解析では実際の専門家が人手で解析した場合の結果と比較して議論している。このような結果は、同様の研究を行う研究者に多くの示唆を与える研究成果であり、今後の応用範囲の広がりに貢献するものと期待される。

このように実験的な分析や考察は十分に行われていると考えられるものの、一方で、理論的な裏付けが弱いこと、分析している結果が汎用的であるかが分かりにくいこと、問題を解く上での仮説がどのように生まれたのかが分かりにくいことなどの指摘があった。特に深層学習の場合は理論的な裏付けを明らかにするのが難しい側面もあるが、できる限り丁寧に議論することが望ましいと考える。

【最終試験の結果】

令和4年2月8日、理工情報生命学術院において、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。この結果とシステム情報工学研究群社会工学学位プログラムにおける達成度評価による結果に基づき、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（社会工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。