

氏名	陳 騏
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博乙第2934号
学位授与年月日	令和元年9月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第2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	Solving Graph Coloring Problems Using Discrete Artificial Bee Colony (離散 Artificial Bee Colony を用いたグラフ色塗り問題の解法)
主査	筑波大学 教授 博士(工学) 狩野 均
副査	筑波大学 教授 博士(工学) 安永 守利
副査	筑波大学 教授 博士(理学) 高橋 大介
副査	筑波大学 准教授 博士(工学) 古川 宏
副査	筑波大学 助教 博士(科学) アランニャ クラウス

## 論文の要旨

審査対象論文は、組合せ最適化問題や制約充足問題の新たな解法として、群知能アルゴリズムを用いて効率的に解を探索する手法を提案したものである。群知能は、生物の集団行動から着想を得た問題解決方式であり、ここ 10 年間に大きな注目を集め、科学・工学の広い分野において基礎および応用に関する研究論文が多数発表されている。代表的なアルゴリズムとして、粒子群最適化法 (PSO)、カッコー探索 (CS)、蛍アルゴリズム (FA)、人工蜂アルゴリズム (ABC) などが提案されている。群知能は NP 困難な問題を対象としているため、対象問題を複数のカテゴリーに分類し、それぞれのカテゴリーに適した群知能アルゴリズムを適用することになる。しかし、現状ではこの分類に即して群知能アルゴリズムの性能を系統的に評価した研究は行われていない。

著者は、従来の ABC と FA を改良して探索性能を大きく向上させた。また、問題を制約密度とグラフ構造に着目して分類し、ABC、FA、PSO、CS の探索性能を系統的に評価している。論文の前半では、ABC と FA に対して、解空間における解の類似度を定義し、これを用いた新規な定式化を提案している。これにより、探索空間上の解の移動を効率的に行うことができるようになったと主張している。制約充足問題のベンチマークとしてグラフ色塗り問題を取り上げ、従来の PSO との系統的な比較実験により、解を発見する確率と探索の収束性の両方を高めることができることを示している。

論文の後半では、対象問題のグラフ構造と探索過程における解の質に着目した指標を提案し、これを用いて ABC における大域的探索と局所探索のバランスを探索の過程において適応的に変更する方法を提案している。グラフ色塗り問題を難易度に基づいて詳細に分類し、ABC、FA、PSO、CS を対象とした系統的な比較実験により、提案した方法が有効であることを示している。

## 審 査 の 要 旨

### 【批評】

群知能アルゴリズムは、実数値を変数とする関数最適化などの非線形最適化問題の解法として提案され、多くの分野で高い性能を示している。しかし実世界には、スケジューリング問題などのように解候補を離散値の組合せで表現した組合せ最適化問題や制約充足問題などの重要な応用問題が多く存在しており、近年、これらへの適用が重要な研究課題となっている。従来提案されていた手法では、探索空間上の距離を定義する方法とそれを用いた解の移動方法の検討が不十分であり、群知能アルゴリズムの性能が思うように向上できなかった。本論文は、この問題を解決し、大規模かつ NP 困難な制約充足問題を効率的に解くことができる汎用的な手法を開発したことは、高く評価できる。また、問題をその難易度に基づいて詳細に分類した上で、代表的な群知能（ABC, FA, CS, PSO）との系統的な比較実験を行っていることも評価できる。本論文で提案している内容は、対象問題に関する知識を用いていない。また、ABC のみならず他の群知能や進化計算にもそのまま適用できる。したがって、提案手法は拡張性に優れているといえる。今後は、提案手法を具体的な応用問題に適用し、実用面での評価を実施することが重要であると考えられる。

### 【学力の確認】

令和元年 8 月 1 日、システム情報工学研究科において論文審査委員全員出席のもと、著者の論文について説明を求め関連事項について質疑応答を行った。その結果、国立大学法人筑波大学学位規程第 2 条第 4 項の「大学院の行なう博士論文の審査に合格し、かつ、大学院の博士課程を修了した者と同以上の学力を有すること」を論文審査委員全員によって確認し、合格と判定された。

### 【結論】

上記の論文審査ならびに学力の確認結果に基づき、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。