

# Researches on Hierarchical Bare Bones Particle Swarm Optimization for Single-Objective Optimization Problems

著者	GUO Jia
page range	1-115
year	2020-03-24
学位授与番号	32675甲第491号
学位授与年月日	2020-03-24
学位名	博士(理学)
学位授与機関	法政大学 (Hosei University)
URL	<a href="http://doi.org/10.15002/00022971">http://doi.org/10.15002/00022971</a>

博士学位論文  
論文内容の要旨および審査結果の要旨

論文題目	Researches on Hierarchical Bare Bones Particle Swarm Optimization for Single-Objective Optimization Problems
氏名	Guo Jia
学位の種類	博士（理学）
学位番号	第 491 号
学位授与年月日	2020 年 3 月 24 日
学位授与の要件	法政大学学位規則第 5 条第 1 項第 1 号該当者（甲）
論文審査委員	主 査 廣津 登志夫 教授 副 査 佐藤 裕二 教授 副 査 日高 宗一郎 教授 副 査 劉 少英 教授

### 1. 論文内容の要旨

最適化問題は与えられた条件下で、ある目的に関して取りうる最も良い解を求める問題で、その良質な解法は工学や社会科学など幅広い分野で必要とされている。Guo Jia 氏の論文は、この最適化問題においてパラメータ調整なしに高い精度を得ることに主眼がある。

ここでは、単一目的関数の最適化問題を PSO(Particle Swarm Optimization, 粒子群最適化)の手法を用いて解く手法について取り扱っている。PSO では最適化の対象となる問題を多次元空間の位置と速度を持つ粒子群でモデル化し、動き回る粒子の相互作用により粒子が最適な位置に配置されることで最適化が進む。PSO により良好な最適化結果を得るためには、モデルにおける速度に相当するパラメータを適切に設定することが必要であり、それを如何に設定するかが一つの課題であった。これに対して PSO を単純化した手法である BBPSO(Bare Bones Particle Swarm Optimization)では、パラメータ調整が不要で高速である。しかし、問題に応じて探索パターンを適切に変動させることができず、達成される最適化の精度が低いということが問題であった。

この論文では、この BBPSO に対して 7 つの異なる階層化手法を導入し、その改善を図っている。そのうち 4 つのアルゴリズムは粒子群を分割して大域最適解への収束を高速化するものである。PBBPSO では粒子群をいくつかのユニットに分割し、各ユニットに 2 つの粒子を置くことで局所的な探索能力を向上させている。これに対して DABBPSO では粒子群を二つのグループに分け、途中段階での最適解の近傍を探索するグループと粒子群の周辺エリアを探索させるグループを併存させることで大域的な最適化の向上を図っている。TBBPSO では、それまで単純に粒子数を増加させることで対応していた解空間にシフトや回転のある問題への対応を行っている。粒子数を増加させることは処理時間が増大するという難点があったが、粒子群に階層構造を導入することで粒子数を抑制しつつ効率よく

解を得ることを可能にしている。DLS-BBPSO では粒子群を大きさの異なる複数の局所グループに分割し、各グループ内での粒子の役割分担を動的に変化させることで、異なる問題に対して異なる探索パターンを実現している。

これらに対して、残りの3つのアルゴリズムは粒子群の統合に関するものである。工業的な応用を考えると、収束速度を調整することで最適化結果の質を向上させることができるが、従来の手法ではパラメータの調整により収束速度を調整しており、個々の問題に対して適切なパラメータを決めることが困難であった。BBPSO-C では、シャドウ粒子群を導入し、集約的に探索する元の粒子群に対して比較的散逸的に探索を行う。そして双方の粒子群の間で粒子の交換を行うことで、パラメータ調整することなく適切な収束速度を実現している。DRBBPSO では、良好な評価値をもつエリート個体を選択し、それを中心に統合を行うことで粒子群に十分な多様性を維持することで、長時間の計算の際においても高い精度を達成している。最後に、異なるタイプの最適化問題に対応する手法として、粒子群の分裂と融合のハイブリッド手法である FHBBPSO を提案している。FHBBPSO では探索空間の分割に相当する分裂戦略を取る粒子群と、探索空間を狭める融合戦略をとる粒子群を混在させることで、異なる最適化問題に対しても良好な結果を得ている。

以上の多面的な改良により、パラメータ調整が不要な BBPSO をベースにした手法で、多様な問題に対して良好な結果を得ている。また、これらの手法を粒子群の分裂・融合という探索戦略と必要となる処理時間の傾向で整理し、その特性を明らかにすることで、PSO に基づく最適化において技術的に新しいアプローチを提示している。

## 2. 審査結果の要旨

この論文では、最適化問題の近似解法である粒子群最適化(Particle Swarm Optimization)の高性能化において、良好な性能を示すがパラメータ設定が難しい PSO アルゴリズムに対して、パラメータフリーであるが性能が劣る BBPSO アルゴリズムに着目し、様々な工夫と改良によりその性能を向上させている。提案手法はパラメータ設定が不要であるという特徴に加えて、その性能は PSO において現在最適と知られる手法と同等の性能を達成している。また、提案した7つのアルゴリズムに対して、その特性を比較し効果を明らかにしており、提案されたアルゴリズムの持つ精度や収束速度に応じた特徴に応じて、多様な問題に適用することが期待できる。以上により、この論文は最適化問題の解法において、新しいアプローチを提示し、その効果を示したものである。よって、本審査小委員会は全会一致をもって提出論文が博士(理学)の学位に値するという結論に達した。

(報告様式Ⅲ)