

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：16201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2015

課題番号：24700226

研究課題名(和文) 構造をダイナミックに変化させる粒子群最適化法の提案とその分岐解析への応用

研究課題名(英文) Particle Swarm Optimization that changes its network structure

研究代表者

松下 春奈 (Matsushita, Haruna)

香川大学・工学部・講師

研究者番号：00604539

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、まず、問題に合わせて構造をダイナミックに変化させる新しい粒子群最適化(PSO)法を提案した。また、提案手法を様々な工学的応用問題に適用した。提案したPSOでは、PSO内部にネットワーク構造をもたせ、その構造を学習とともに変化させることで、従来よりもより精度とロバスト性が高い最適化を実現した。また、それを回路設計や通信ネットワークの最適化問題に適用し、その有効性を確認した。

研究成果の概要(英文)：This study proposed a novel Particle Swarm Optimization (PSO) that changes its neighborhood structure dynamically with time. Furthermore, the proposed PSO was applied to various real world applications such as a parameter detection on the circuit design and an multi-objective problems on the communication network.

研究分野：非線形工学

キーワード：群知能 非線形最適化 非線形工学 非線形解析

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化に伴う限られた資源の有効活用や、費用を最小に抑えての製品作り、目的地までの最短・最安ルート検索等のような、ある制約条件の中で目的を達成すること(最適化問題の解決)は、必要不可欠である。このことから、様々な最適化問題の開発、及び調査は非常に重要であり、実際に実社会でも用いられている。その中でも粒子群最適化(PSO)が注目されている。PSOは、魚などの群れの動きをモデル化した最適化手法の一種であり、粒子群と呼ばれる解群が、各自が発見した最適位置情報をやり取りすることで、群全体での最適解を探索する。概念が単純かつ実現が容易な上、収束が早いという特徴を持つことから、人工ニューラルネットワークの設計や、デジタルフィルタ、電力システムなどの応用に用いられている。しかし、複雑な問題においては局所解に陥りやすい上、パラメータ依存性が強く、問題が変わるごとにパラメータ設定をし直さないと有用な解を得られないことから、状況に応じて変化する実社会問題への応用結果は、芳しくないのが現状である。

2. 研究の目的

問題に合わせて構造をダイナミックに変化させる新しい粒子群最適化(PSO)法を提案すること、及び、提案手法様々な工学的問題に応用することを目的としている。提案手法では、PSO内部にネットワーク構造をもたせ、その構造を問題に応じて柔軟に変化させることで、より精度が高く、ロバスト性の高い最適化法の実現を目標とする。また、提案手法を分岐特性の解析、回路設計におけるパラメータ設定、光通信ネットワークの最適化など、様々な工学分野へ応用することを目指す。

3. 研究の方法

以下のステップに従い、研究を遂行した

- ① パラメータを変化させることで、粒子間の結合関係を変化させる PSO を提案する。
- ② 問題に合わせて、結合関係を自動的に変化させる PSO を提案する。
- ③ 提案 PSO を、太陽電池をモデル化したスイッチ力学系の分岐解析へ適用する。
- ④ 提案 PSO を、回路設計、及び、光通信ネットワークの最適化問題適用する。

4. 研究成果

4. 1 新しい PSO の提案

まず、ネットワーク構造を柔軟に変化させる PSO を提案した。これは、従来全結合である PSO の近傍関係ネットワーク構造を、協調度と呼ばれるパラメータを新たに導入することで、シミュレーション時間とともに

に柔軟に変化させる手法である(図1)。提案手法をベンチマーク最適化問題に適用し、特に複雑な最適化問題に対して有効であることを確認した。更に、提案 PSO の改善を繰り返すことで、計算時間の短縮、及び、パラメータ設定の簡略化に成功した。

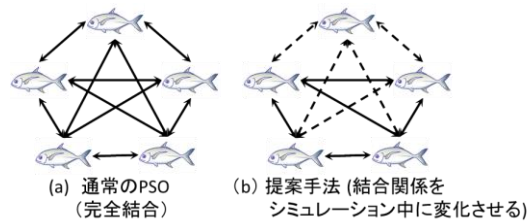


図1: PSOの粒子間の結合関係

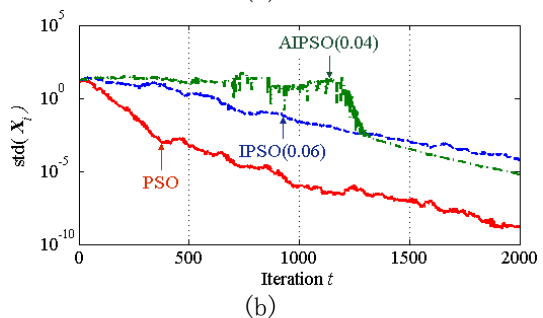
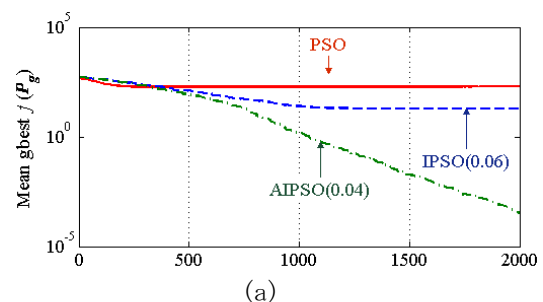


図2: 提案手法の収束の様子(a)と、その解の分散値(b)

4. 2 IPSOのアイデアのホタルアルゴリズムへの応用

IPSOの柔軟なネットワーク構造を、ホタルアルゴリズム(FA)と呼ばれる群知能へ応用した。FAはPSOよりも多峰性最適化関数に対して有効なアルゴリズムであり、最適化性能の向上、及び、計算時間の短縮が期待できる。提案FAの有効性を確認し、その応用の可能性を見出した。

4. 3 IPSO及びFAの工学的最適化問題への応用

提案手法を、様々な工学的実社会最適化問題へ適用した。適用事例は主に次の3つである。

4. 3. 1 太陽電池モデル回路の最大電力点問題

太陽電池モデル回路の最大電力点を持つパラメータ探索に対し、提案手法を用いた。これは、分岐解析により得られるパラメー

タと最大電力点を持つパラメータを多目的最適化問題と捉え、提案手法によりその両方を満足するパラメータを探索するといった方法である。これにより、従来法よりも高精度でパラメータを発見できることを確認した。

4. 3. 2 回路設計パラメータ探索問題

E級増幅器と呼ばれる回路に対して、その複数の制約条件を満たすパラメータを探索する問題に、提案手法を適用した。提案手法は多峰性関数問題を得意としており、E級増幅器のパラメータ設定のような非常に複雑な問題に対しても効果的であることを確認した。

4. 3. 3 光通信ネットワークの最適化問題

仮想光通信ネットワークの一つであるEONにおける、複数制約及び多目的最適化問題へ、提案手法を適用した。この問題は他の2つの実例とは異なり離散最適化問題である。提案手法を離散最適化問題にも対応可能なように設計しなおし、再生中継器の割り当てに利用することで、従来法よりも効率的なネットワーク設計を実現した(図3)。

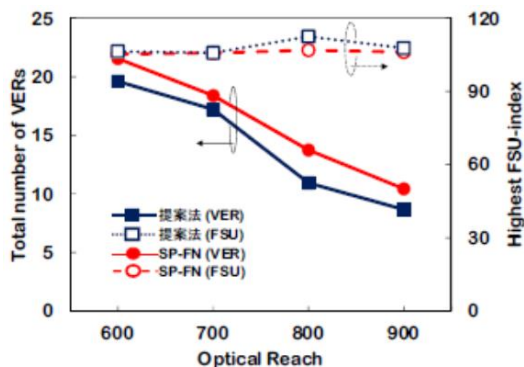


図3：シミュレーション結果

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計6件)

- ① H. Matsushita, Y. Nishio and C. K. Tse, "Network-Structured Particle Swarm Optimizer That Considers Neighborhood Distances and Behaviors," RISP Journal of Signal Processing, vol. 18, no. 6, pp. 291-302, Nov. 2014.
- ② Y. Tanji, H. Matsushita and H. Sekiya, "Particle Swarm Optimization for Design of Class-E Amplifier," Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE, vol. 3, no. 4, pp. 586-595, Oct. 2012.

- ③ S. Shimomura, H. Matsushita, Y. Uwate and Y. Nishio, "Ant Colony Optimization Including Dull Ants Caused by Genetic Algorithm," RISP Journal of Signal Processing, vol. 16, no. 4, pp. 303-306, Jul. 2012.

[学会発表] (計28件)

- ① M. Uemura, H. Matsushita and G. Kraetzschmar, "Behavior of Artificial Slime Mould Model and its application," Proc. of RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP'16), pp. 618-621, Mar. 2016. (ハワイ、アメリカ)
- ② H. Matsushita, M. Jinno and Y. Nishio, "Application of Firefly Algorithm to Optimization of Translucent Elastic Optical Networks," Proc. of International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA'15), pp. 629-632, Dec. 2015. (香港、中国)
- ③ M. Uemura, H. Matsushita and G. Kraetzschmar, "Path planning with slime molds: a biology-inspired approach," Proc. of 22nd International Conference on Neural Information Processing (ICONIP'15), Part IV, LNCS 9492, pp. 308-315, Nov. 2015. (イスタンブール、トルコ)
- ④ H. Matsushita, "Firefly Algorithm with Dynamically Changing Connections," Proc. of 2015 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC'15), pp. 2672-2677, May 2015. (仙台)
- ⑤ H. Matsushita, D. Matsumoto and Y. Nishio, "Network-Structured Firefly Algorithm and its Behavior," Proc. of International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA'13), pp. 310-313, Sep. 2013. (サンタフェ、アメリカ)
- ⑥ H. Matsushita and Y. Tanji, "Application of Independent-minded Particle Swarm Optimization for Design of Class-E Amplifiers," Proc. of The 6th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems, International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS-ISIS'12), pp. 60-64, Nov. 2012. (神戸)
- ⑦ H. Matsushita, "Proposal of Parameter Setting Method on Independent-Minded Particle Swarm Optimization," Proc. of International Symposium on Nonlinear Theory and

its Applications (NOLTA'12),
pp.154-157, Oct. 2012. (マヨルカ、ス
ペイン)

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松下 春奈 (MATSUSHITA, Haruna)

香川大学・工学部・電子・情報工学科・講
師

研究者番号：00604539