

令和 4 年 6 月 2 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K12152

研究課題名（和文）進化学習システムに基づく適応学習型最適化法開発と再構成可能デバイス応用

研究課題名（英文）Adaptative learning optimization method based on evolutionary learning system and its application to reconfigurable device

研究代表者

小坏 成一（Koakutsu, Seiichi）

千葉大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：70241940

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）：再構成可能デバイスは、AIの基盤技術であるニューラルネットワークにおいて、応用範囲の拡大や高速処理化のためのハードウェア実装法として、注目されている。本研究では、ニューラルネットワークの再構成可能デバイスへのハードウェア実装問題のように、解の品質と求解の高速性が要求される問題のために、目的関数の景観の曲面構造に基づいて解の探索過程を適応的に調整する適応学習型最適化法を開発する。開発最適化手法により、高品質の解を効率的に求めることができる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

進化型計算法は、解の状態を遺伝子コード化し、有益な部分解を交叉により組み合わせることにより、高品質の解を効率よく探索できる。しかし、実際的な問題に応用する際には、理想的な遺伝子コード化および交叉法を見出すことは容易ではない。また、問題毎に遺伝子コード化および交叉法の調整が必要である。開発した適応学習型最適化法の特徴は、解の探索過程そのものを遺伝子情報として付加し、観測された目的関数の景観の曲面構造の特徴に応じて探索過程を自律的・適応的に最適化する機能を、進化型計算法に導入する点にある。その結果、問題毎に遺伝子コード化および交叉法を調整する必要がなくなり、効率的に高品質の解を求められる。

研究成果の概要（英文）：Reconfigurable devices are attracting attention as a hardware implementation method for expanding the range of applications and speeding up processing in neural networks, which are the basic technology of AI. In this study, we develop an adaptive learning-type optimization method that adaptively adjust the search process based on the curved surface structure of the landscape of the objective function. We apply the developed adaptive learning-type optimization method to problems that require the quality of the solution and the high speed of optimization, such as the hardware implementation problem of neural networks in a reconfigurable device. High-quality solutions can be efficiently obtained by the developed method.

研究分野：最適化理論

キーワード：ソフトコンピューティング ニューラルネットワーク 進化計算 最適化 再構成可能デバイス

1. 研究開始当初の背景

AIの基盤技術であるニューラルネットワークを再構成可能デバイスにハードウェア実装する問題は、実用的な計算時間内に高品質の解を求めることが要求され、特に最近では高速動作化・低消費電力化が強く求められている。これまでの研究活動を通して、ニューラルネットワークの再構成可能デバイスへのハードウェア実装問題のように大規模かつ複雑な目的関数の景観の曲面構造を有する問題に対しては、最適化の過程で目的関数の景観構造に関する情報を収集・蓄積し、この情報に基づいて解の探索過程を自律的・適応的に調整することが、解の品質向上および計算時間短縮に有効であると考え、本研究では、生物の進化・学習システムに基づく新たな適応学習型最適化法を開発した。

2. 研究の目的

本研究では、生物進化を模擬した進化型計算法に基づいた新たな最適化手法として、目的関数の景観の曲面構造に基づいて解の探索過程を自律的・適応的に調整する適応学習型最適化法を開発し、ニューラルネットワークを再構成可能デバイスにハードウェア実装する問題に応用する。

3. 研究の方法

遺伝的アルゴリズムなどの進化型計算法は、解の状態を遺伝子コード化し、有益な部分解を交叉により組み合わせることにより、高品質の解を効率よく探索できる。しかし、実際的な問題に応用した際には、理想的な遺伝子コード化および交叉法を見出すことは困難である。

本研究の特徴は、解の探索過程そのものを遺伝子情報として付加し、観測された目的関数の景観の曲面構造の特徴に応じて探索過程を適応的に最適化する機能を、進化型計算法に導入する点にある。その結果、問題毎に人手で遺伝子コード化および交叉法を調整することなく、また、問題の規模およびモデル化に依存することなく、高品質の解を効率的に求められる。

本研究では、具体的には次の点に関して検討する。

- ・進化型計算法に目的関数の景観の曲面構造を遺伝情報として蓄積する機能を加えることにより、探索過程を自律的・適応的に最適化する適応学習型最適化手法を構築する。
- ・開発手法を実現する具体的なアルゴリズムを構築する。特に、目的関数の景観の曲面構造の情報を収集する手法、これを遺伝子にコード化する方法、およびこの遺伝情報を効率的に受け継ぐための交叉法を検討する。
- ・開発手法を最適化問題の基礎的なベンチマーク問題に応用し、有効性を検証する。また、ここでの実験結果に基づいて、開発手法の改良を検討する。
- ・開発手法をニューラルネットワークの再構成可能デバイスへのハードウェア実装問題に応用し、有効性を検証する。

4. 研究成果

令和元年度は本研究の準備段階として、開発する適応学習型最適化法に対する基礎的研究、および開発手法を実現するためのアルゴリズム開発、シミュレーション実験システム構築、および開発手法の基礎的性能評価を行った。

基礎的研究は、以下の3段階により適応学習型最適化法に対する基礎的研究を進めた。(1)これまでの研究で開発を進めてきた進化型計算法に、目的関数曲面の特徴に関する情報を遺伝情報として蓄積する機能を加えるための手法を検討し、その理論的解析を行った。(2)与えられた問題の性質に応じて探索過程を適応的に最適化する方法を検討し、その理論的解析を行った。(3)以上の機能を組み合わせることで適応学習型最適化法を構築し、その理論的解析を行った。

アルゴリズム開発では、以下の5段階により適応学習型最適化法を実現するためのアルゴリズムの開発、シミュレーション実験システムの構築、および開発した適応学習型最適化法の基礎的性能評価を行った。(1)目的関数の景観の曲面構造を効率的に遺伝子にコード化する方法を検討し、そのアルゴリズムを構築した。(2)蓄積された情報の有用性に応じて必要な情報を適応的に取捨選択するための交叉法を検討し、そのアルゴリズムを構築した。(3)上述のアルゴリズムを組み合わせ、適応学習型最適化法のアルゴリズムを構築した。(4)構築したアルゴリズムに基づき、適応学習型最適化法を計算機上で実行できるような、シミュレーション実験システムを開発した。(5)適応学習型最適化法のシミュレーション実験システムを利用して、比較的単純な問題において、開発した適応学習型最適化法の基礎的な性能評価を行った。

令和2年度は、本研究の前年度までの研究結果に基づき、開発手法である適応学習型最適化法について、本格的な実問題への応用・展開段階として、生物の免疫系にみられるランダムな遺伝子組み換え交叉法の導入による開発手法の改良を行った。

開発手法の改良として、以下の4段階により適応学習型最適化法の改良を試みた。(1)生物の免疫系にみられるランダムな遺伝子組み換え交叉法を導入する方法を検討し、その理論的解析を行った。(2)ランダムな遺伝子組み換え交叉法の具体的なアルゴリズムを構築した。(3)

開発アルゴリズムを適応学習型最適化法のシミュレーション実験システムに導入した。(4)シミュレーション実験システムを利用して、比較的単純な問題である二次割当問題、巡回セールスマン問題等のベンチマーク問題において、アルゴリズムの改良の効果を検証した。ランダムな遺伝子組み換え交叉法の効果として期待される探索領域の拡大および解集団内の遺伝的多様性の維持により、開発手法の解の品質面での性能向上をはかった。

令和3年度(最終年度)は具体的には次の点に関して検討した。(1)前年度までに開発してきた目的関数の景観の曲面構造に基づいて解の探索過程を自律的・適応的に調整する適応学習型最適化法を、最適化問題の様々な基礎的なベンチマーク問題に応用し、有効性を検証した。(2)前年度までに実施した、開発手法である適応学習型最適化法を最適化問題の様々な基礎的なベンチマーク問題に応用した実験結果に基づいて、生物の免疫系にみられるランダムな遺伝子組み換え交叉法の導入による開発手法の改良を検討した。(3)開発手法である適法学習型最適化法をニューラルネットワークの再構成可能デバイスへのハードウェア実装問題に応用し、有効性を検証した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 金谷 凌, 小坏成一, 岡本 卓, 下馬場朋禄, 伊藤智義	4. 巻 139
2. 論文標題 Simulated AnnealingとGraph-based heuristicsを用いた自動ピッキングシステムの運用計画法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電気学会論文誌C	6. 最初と最後の頁 1481-1487
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shigeharu Shimamura, Kenta Uehara, Seiichi Koakutsu	4. 巻 9
2. 論文標題 Automatic Identification of Plant Physiological Disorders in Plant Factories with Artificial Light Using Convolutional Neural Networks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of New Computer Architectures and their Applications	6. 最初と最後の頁 25-30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 嶋村茂治, 上原賢太, 小坏成一	4. 巻 139
2. 論文標題 植物工場生産作物における植物生理障害の自動識別	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電気学会論文誌C	6. 最初と最後の頁 818-819
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 石井大稀, 小坏成一, 中間公啓
2. 発表標題 拡張版上水道送水ポンプ運用計画問題の最適解探索
3. 学会等名 電気学会 分野横断型新システム創成研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 米咲翔太, 中間公啓, 小坏成一
2. 発表標題 並列型Simulated AnnealingとGraph-based Heuristicsを組み合わせた自動ピッキングシステムの運用計画法
3. 学会等名 電気学会 システム・分野横断型新システム創成合同研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石井大稀, 小坏成一, 中間公啓
2. 発表標題 モンテカルロ木探索を用いた上水道送水ポンプ運用計画問題の最適化
3. 学会等名 2021年電気学会電子・情報・システム部門(第30回)大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森本汰一, 小坏成一, 中間公啓
2. 発表標題 ブロック構造の単純化による改良型ブロック構造ニューラルネットワーク
3. 学会等名 2021年電気学会電子・情報・システム部門(第30回)大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 池田直矢, 中間公啓, 小坏成一
2. 発表標題 深層強化学習による落ち物ゲームAI
3. 学会等名 2021年電気学会電子・情報・システム部門(第30回)大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takaya Mori, Seiichi Koakutsu, Kimihiro Nakama
2. 発表標題 Detection of Tipburn of Lettuce Producted at Plant Factory with Artificial Light Using Convolutional Neural Networks
3. 学会等名 2021年電気学会電子・情報・システム部門(第30回)大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Iori Ogasahara, Shigeharu Shimamura, Kimihiro Nakama, Seiichi Koakutsu
2. 発表標題 Automatic Detection of Lettuce Tipburn in Plant Factory with Artificial Light Using Deep Learning
3. 学会等名 IEEJ Int. Workshop on Sensing, Actuation, Motion Control and Optimization (SAMCON2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kohei Tamura, Kimihiro Nakama, Seiichi Koakutsu
2. 発表標題 Optimization Using Piecewise Linear Approximation for Energy Plant Operation Planning Problems with Nonlinear Constraints
3. 学会等名 IEEJ Int. Workshop on Sensing, Actuation, Motion Control and Optimization (SAMCON2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 米咲翔太, 中間公啓, 小坏成一
2. 発表標題 並列型MetaheuristicsとGraph-based heuristicsを用いた自動ピッキングシステムの運用計画法
3. 学会等名 電気学会システム・分野横断型新システム創生合同研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 嶋村茂治, 上原賢太, 小坏成一
2. 発表標題 人工光型植物工場生産レタスにおけるチップバーンの自動識別
3. 学会等名 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会2019(SS12019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenta Uehara, Yoshiki Hatakenaka, Shigeharu Shimamura, Seiichi Koakutsu
2. 発表標題 Automatic Identification of Lettuce Tipburn in Plant Factory Using Convolutional Neural Networks
3. 学会等名 2019年電気学会電子・情報・システム部門(第29回)大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 工藤完太郎, 小坏成一, 岡本 卓, 下馬場朋禄, 伊藤智義
2. 発表標題 高速化のためのブロック構造ニューラルネットワーク実装法
3. 学会等名 2019年電気学会電子・情報・システム部門(第29回)大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 羽田達佳, 中間公啓, 岡本 卓, 小坏成一, 下馬場朋禄, 伊藤智義
2. 発表標題 非時系列データを含む時系列予測問題のための Long Short-Term Memoryモデル
3. 学会等名 2019年電気学会電子・情報・システム部門(第29回)大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池田直矢, 小坏成一, 中間公啓
2. 発表標題 多段入力を導入した改良型ブロック構造ニューラルネットワーク
3. 学会等名 2019年電気学会電子・情報・システム部門(第29回)大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹田遼司, 小坏成一, 中間公啓
2. 発表標題 最小経路数を考慮したブロック構造ニューラルネットワークの誤差逆伝播学習法のハードウェア化
3. 学会等名 2019年電気学会電子・情報・システム部門(第29回)大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 麦野尊仁, 小坏成一, 中間公啓
2. 発表標題 LSTMを導入したブロック構造パルスニューラルネットワークの自律移動ロボットへの応用
3. 学会等名 2019年電気学会電子・情報・システム部門(第29回)大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shigeharu Shimamura, Kenta Uehara, Seiichi Koakutsu
2. 発表標題 Automatic Identification of Plant Physiological Disorders in Plant Factory Using Convolutional Neural Networks
3. 学会等名 The Fifth Intern. Conf. on Electronics and Software Science (ICESS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 樋田一博, 岡本 卓, 小坏成一, 下馬場朋禄, 伊藤智義
2. 発表標題 冗長経路除去とSequential Minimal Optimizationを用いた複数集団経路選択ゲーム問題の解法
3. 学会等名 電気学会システム研究会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------