

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月20日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2018

課題番号：26330282

研究課題名(和文) 機械学習を導入した適応度景観推定型進化型計算フレームワークの提案

研究課題名(英文) Fitness Landscape Learning Evolutionary Computation by means of Machine Learning

研究代表者

森 直樹 (Mori, Naoki)

大阪府立大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：90295717

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、近年爆発的な発展を遂げる機械学習の性能向上を背景に、進化型計算における適応度景観を適応的に推定しながら可能な機械学習を導入した適応度景観推定型進化型計算(Fitness Landscape Learning Evolutionary Computation: FLLEC)の提案および応用について研究をした。特に深層学習と進化型計算を融合し、実問題への適用を中心に研究を進めた。その結果、FLLECに基づく人の創作物理解、株取引エージェントの戦略獲得、音楽の自動生成など多くの成果を得た。結果として機械学習と進化型計算の融合によって優れた人工知能の構築が可能であることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、計算機による問題解決は人工知能の発展を背景として複雑さを増し続けている。そこで、本研究では複雑な問題を持つ適応度景観を推定することで適応的に問題を解くことが可能な適応度景観推定型進化型計算(FLLEC)を提案した。特にFLLECに近年急速に発展している機械学習手法を導入することで大幅な性能の向上を実現した。また、人の創作物理解、株取引、音楽の自動生成など実問題への適用に関する数値実験を通して提案手法の有効性を具体的に示した。結果として機械学習と進化型計算の融合によって優れた人工知能の構築が可能であることを示した。

研究成果の概要(英文)：In this research, I proposed the Fitness Landscape Learning Evolution Computation (FLLEC) which can estimate the fitness landscape by means of machine learning techniques with the background of the remarkable improvement of machine learning in recent years. We focused on combining deep learning and evolutionary computing, and applying the proposed method to the real problem. I have gotten lots of results by FLLEC such as understanding of human creation especially four-scene comics, the agent strategy evolution of the real stock market, and automatic music generation based on Genetic programming and Variational AutoEncoder (VAE). As a result, I showed that it is possible to construct excellent artificial intelligence by combining machine learning and evolutionary computation.

研究分野：進化型計算

キーワード：進化型計算 機械学習 深層学習 適応度景観推定型進化型計算

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

生物進化から着想を得た進化型計算(Evolutionary Computation: 以下 EC)は、汎用的な問題解決手法として社会を支える重要な基盤技術として評価されてきた。一方で深層学習に代表される機械学習手法も急速な発展を遂げてきた。そこで複雑な適応度景観を持つ問題に対して適用可能な手法として、機械学習と進化型計算を融合した手法が強く求められるようになった。また、単なる数値的なベンチマーク問題ではなく、人間の感性により近い能力が必要となる問題を対象とする必要性が増大しつつあった。

2. 研究の目的

生物進化から着想を得た進化型計算(Evolutionary Computation: 以下 EC)は、汎用的な問題解決手法として円熟期を迎えており、社会を支える重要な基盤技術として評価されている。しかしながら、実問題やユーザが関わる問題の場合には適応度計算量が膨大となる点および冗長な解評価により計算コストが増大する点が致命的な欠点として指摘されており、新しい進化型計算の枠組みが必要とされている。そこで本研究では機械学習を進化型計算の適応度景観の学習に導入し、探索と同時に問題空間構造を学習することによって、適応度計算量を大幅に削減可能な適応度景観推定型進化型計算フレームワークの提案およびその理論的解析を主目的とする。

3. 研究の方法

まず、既に提案中である手法に基づき進化型計算における適応度景観および適応度の理論的解析をする。また、今回提案する適応度評価に機械学習機構を導入した進化型計算の基礎部分を構築する。異なる進化型計算手法や問題解決手法を比較する場合に、最も重要な評価基準は適応度評価回数である。特に、適応度評価が困難な実問題や複数回の適応度評価が困難な、ヒューマンマシン混在系ではこの傾向は顕著となる。この点を解決するために適応度景観と適応度評価回数に関する理論的解析をする。

次に、機械学習としてサポートベクターマシン(SVM)を導入した進化型計算フレームワークを提案する。ここでは、機械学習の実行を世代によって切り替えるか、個体群中で割り振るのか、また基盤となる進化型計算は何を選ぶべきなのか、探索の進行状況によって機械学習の有効性はどのように変化するのか、問題依存性はどの程度存在するのかなどについて詳細に研究する。その後、SVM や遺伝的アルゴリズムに限定をしない新しい問題解決フレームワークとして本手法を発展させる。特に機械学習として、Deep Learning や統計的機械学習を提案手法に導入し、問題ごとに適したフレームワークを構築するための理論的枠組を明確にする。特に、学習時間と実際の適応度評価時間のトレードオフに関して十分な考察をし、実用的な手法として提案手法を発展させる。

上記の結果を受け、機械学習の効果と適応度景観の関係を明らかにするために、進化型計算の探索中に得られたデータをどのように組合せて機械学習用のデータを作成するべきかについて研究する。最適化を考える場合には、問題空間において適応度が低い部分は積極的に学習する必要はない。しかしながら適応度が高い部分領域での学習に重点を置きすぎると過学習により進捗が停滞する。非線形性の低い問題であれば適応度景観の予測は容易であるが、非線形性が増加するに従って機械学習で用いるデータの作成方法は困難となる。そこで、申請者が提案中のエピスタシスを計測可能な手法を利用して、対象とする問題の適応度景観に応じた学習データ作成方法を提案する。

次に応用に関して述べる。経済市場における最適化問題の多くは重要な課題であるが、再実験が困難である、動的問題であるといった性質を持つために従来の進化型計算では対応が難しいとされてきた。申請者は国際的に評価されてきた人工市場プロジェクト U-Mart に関する中心メンバーの一人として人工市場および実市場における進化型計算による問題解決についての研究をしており、既に膨大な実データを有している。そこで、提案手法の有効性を明らかにするために、経済市場における最適化問題に提案手法を適用し、緩やかな動的性を持つ問題においても提案手法が適用可能なことを示す。また、近年、対話型進化と呼ばれるヒューマンマシン混在系における進捗が注目されている。しかしながら、人間が評価に介入する場合は、極端に多くの適応度評価をすることは不可能であるため、いかに適応度評価回数を削減するかが大きな課題とされてきた。そこで、その点を考慮して提案手法を人間の創作物理解問題に適用する。

4. 研究成果

特筆すべき研究成果として、提案してきた適応度景観推定手法に機械学習を導入した適応度景観推定型進化型計算(Fitness Landscape Learning Evolutionary Computation: FLLEC)と深層学習を融合し、実問題への適用が挙げられる。FLLEC の拡張である深層学習と進化型計算を融合した進化型深層学習(Evolutionary Deep Learning: evoDL)について、4コマ漫画におけるストーリー理解を中心に、人工知能による人の創作物理解につ

いて、提案手法の適用を試みた。その結果 evoDL による優れた深層畳み込みニューラルネットワークの構造を獲得し、部分的に人の感性に近い人工知能の進化的獲得に成功した。また、深層学習とは別の機械学習手法として提案した、遺伝的プログラミングを応用するために多層個体群を有する遺伝的プログラミング (Genetic Programming with Multi-Layered Population Structure: MLPS-GP) について論文を発表し、進化計算学会論文賞を受賞した。その後、MLPS-GP のノードに機械学習を利用した新しい GP の枠組みを開発した。具体的な実環境への応用例として、株式取引の戦略獲得に関して有効であることを示し、本年度は新たに深層強化学習との融合について検討した。また、Variational AutoEncoder (VAE) に着目し、最適なセグメント長を進化的に最適化する手法により音楽を自動生成する手法を提案した。人の創作物理解への適用として既存の絵本からオブジェクト位置とストーリー展開を学習し、オブジェクトの場所とストーリー展開を予測する人工知能を考案し、人工知能による人の創作物理解の可能性を示した。課題全体を通じて、機械学習と進化型計算の融合によって優れた人工知能の構築が可能であることを示せた。

5. 主な発表論文等

多層個体群を有する遺伝的プログラミングの提案および Boolean 問題への適用:

長谷川 拓, 森 直樹, 松本 啓之亮, 進化計算学会論文誌, 2017, 8 巻, 2 号, p. 52-60

劣個体分布に基づく DII analysis の提案と応用

長谷川 拓, 井上 和之, 荒木 悠太, 森 直樹, 松本 啓之亮, 進化計算学会論文誌, 2016, 7 巻, 2 号, p. 13-23

〔雑誌論文〕(計 3 件)

〔学会発表〕(計 63 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

取得状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名:

ローマ字氏名:

所属研究機関名:

部局名:

職名：

研究者番号（8桁）：

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。