

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 23 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25730148

研究課題名(和文) 少数データから多数データを複製する進化計算の開発とポートフォリオ複製問題への応用

研究課題名(英文) Development of Evolutionary Algorithm for Replication of Large Size Data from Small Size Data and Application to Portfolio Replication Problem

研究代表者

折登 由希子(Orito, Yukiko)

広島大学・社会科学部研究科・講師

研究者番号：60364494

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,300,000円

研究成果の概要(和文)：多峰性のランドスケープを有し、解が不定の多変数関数の最適化問題に対して、既知の少変数の値から未知の多変数で構成される解を複製する効率的な進化計算の手法を開発した。
本手法は、最適化問題の制約を無制約化する三角関数を利用した変換式により局所解に陥る問題点に対処し、探索の焦点を変数ごとに変更することで、未知の多変数の中で探索が不足していた変数の値を効果的に探索する。
ポートフォリオの複製問題に本手法を適用した結果、問題のサイズが大きいほど従来の方法より効果的な手法であることを示した。

研究成果の概要(英文)：We developed a new evolutionary algorithm for solving optimization problems that have multi-peak landscape and indefinite solutions. Our algorithm replicates the solutions consisting of large size data from small size data.
Our algorithm has the following two contributions. First, our algorithm transforms variables of solution on constrained search space to them on unconstrained search space through trigonometrical functions. It can avoid the problem that evolutionary algorithms fall into local optima. Second, our algorithm effectively searches all variables by changing the searching area.
We applied the algorithm to portfolio replication problem. From the numerical results, our algorithm works well when the size of problem is large.

研究分野：経済モデルの最適化

キーワード：進化計算 ポートフォリオの複製 多峰性 不定解

1. 研究開始当初の背景

多峰性のランドスケープを有する最適化問題において、進化計算の適用により評価値が最大もしくは最小に非常に近い値となったとしても最適解と全く異なる局所解を見つけた場合があり、この問題を回避するため進化計算の様々な手法が開発されている。研究代表者は、多峰性を有する実問題の一つとして、株式ポートフォリオの最適化に関する研究に重点を置いてきた。

ポートフォリオの最適化問題の一つであり、実務的に要望が高いが解析的に最適解を導くことが困難な問題として、ポートフォリオの複製問題が挙げられる。具体的には、A社のポートフォリオがB社のポートフォリオより良いパフォーマンス（リターン）を示しているとき、B社はA社のポートフォリオの複製を行いたい。しかしながら、A社はそのポートフォリオの総リターンや組入れアセット（資産）など一部の情報だけを公表しており、各アセットに対する投資配分比率や投資時期など多数の情報は非公表である。

この問題は、多峰性のランドスケープを有するだけでなく解が不定の問題となり、最適化が困難な実問題である。

2. 研究の目的

多峰性のランドスケープを有し、解が不定の多変数関数の最適化問題に対して、既知の少変数の値から未知の多変数で構成される解を複製する効率的な進化計算の手法を開発することが本研究の目的である。

このため、第一に、多峰性のランドスケープを有する最適化問題において、局所解に陥り探索が鈍化する問題点を改善した手法の開発を試みる。

第二に、少数データから多数データを複製することは大変困難であるため、多変数関数の目的変数に対して重要度の高い説明変数を選択し、優先的かつ大域的に探索する手法の開発を試みる。

実問題への応用として、ポートフォリオの複製問題に本手法を適用し有効性を検証する。

3. 研究の方法

無制約な空間では進化計算は効果的に最適解を探索できることが知られているため、多峰性の問題点に対しては、三角関数を利用して最適化問題の制約を無制約化する変換式の構築を試みた。

既知の少変数から未知の多変数を複製する際の不定解が存在する問題点に対しては、進化計算の探索の焦点を変数ごとに変更することで、未知の多変数の中で探索が不足していた変数の値を効果的に探索する方法の開発を試みた。

4. 研究成果

研究成果は次の通りである。

(1) 多峰性のランドスケープにおける進化計算の探索鈍化の問題点の改善

ポートフォリオの複製問題は等式制約付き最適化問題である。このため、進化計算で探索した実行不可能解を制約を満たす実行可能解に変換する必要がある。探索した個体の分布と実行可能解の分布が異なることから局所解から抜け出せず、しばしば探索鈍化の問題が起きる。

この問題を改善するため、三角関数の性質を利用することで、等式制約のある解空間の一部を無制約な解空間に変換する新たな進化計算の方法を提案した。具体的には、多変数のベクトル (x_1, \dots, x_N) を探索する際に、

$$\text{制約 } x_1 + \dots + x_N = 1$$

という等式制約を満たすため、ピタゴラスの定理から、

$$\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$$

を必ず満たすような変数 (x_1, \dots, x_N) と変数 θ の変換式を構築した。

これにより、進化計算は無制約な θ の空間を探索することで、変換式から制約付き探索空間の (x_1, \dots, x_N) の実行可能解のみを自動的に探索できることになった（変換式の詳細は、雑誌論文1を参照のこと）。

ポートフォリオ複製問題に対する数値実験の結果として、 (x_1, \dots, x_N) の変数の個数 N が増加するほど、本手法は従来手法よりより評価値の良い準最適解を見つけることができることを示した。

本手法は、進化計算の探索後の実行不可能解を実行可能解に変換する処理を必要としないため、従来手法にない新たなアイデアの手法である。本手法の効果は、進化計算の特定のアルゴリズムに依存しないという一般性という点からも意義がある。

(2) 少変数から多変数を復元する際の不定解の問題点の改善

ポートフォリオの複製問題は、既知の少ない目的変数から未知の多くの決定変数を探索する不定解の中から真の解を見つけるといった問題である。不定の問題は、何らかの手法によりある一つの最適解を見つけることはできても、その解が真の解である保証はない。

この問題を改善するため、進化計算の探索過程において実験対象期間の決定変数値の分散が大きい変数から順に定数化し、探索すべき変数の集合から除外する方法を開発した。これにより、これまで探索において焦点の当たっていなかった変数まで適切な値を探索できることを示した。

多変数で構成されるポートフォリオの最適化問題における進化計算の探索の特徴に関して一つの知見が得られたと言える。

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 5 件)

1. 柴田峻輔, 折登由希子, 山本久志, 花田良子: ポートフォリオのレプリケーション問題における進化計算の探索効果改善のための探索空間無制約化モデルの提案, 電気学会論文誌 C 電子・情報・システム部門誌, Vol.134, No.9, pp.1384-1393, 2014, [査読有]
2. 折登由希子, 花田良子, 柴田峻輔, 山本久志: 複製対象の解の特性を考慮した分布交換 EDA によるロングショートポートフォリオのレプリケーション, 情報処理学会論文誌 数理モデル化と応用, Vol.7, No.1, pp.1-14, 2014, [査読有]
3. 鍋谷洋介, 花田良子, 折登由希子: 遺伝的アルゴリズムによる荷重メジアンフィルタの多目的最適化に基づく設計, 情報処理学会論文誌 数理モデル化と応用, Vol.6, No.3, pp.106-116, 2013, [査読有]
4. 加島智子, 折登由希子, 山本久志: 多期間献立計画問題に対する食育評価モデルの提案と分布推定アルゴリズムによる最適化, 電気学会論文誌 C 電子・情報・システム部門誌, Vol.133, No.8, pp.1576-1585, 2013, [査読有]
5. 折登由希子, 蔵澄亨, 山本久志, 辻村泰寛: ポートフォリオ最適化問題における縁付きヘッセ行列の極値判定を用いた GA の初期解決定法の有効性, 情報処理学会論文誌 数理モデル化と応用, Vol.6, No.1, pp.146-155, 2013, [査読有]

[学会発表] (計 29 件)

1. 柴田峻輔, 折登由希子, 花田良子, 山本久志: 三角関数を用いた等式制約付き探索空間の無制約化, 進化計算学会 進化計算シンポジウム 2014, 2014 年 12 月 20 日, 安芸グランドホテル (広島県廿日市市)
2. 尾川僚, 折登由希子, 加島智子: 大相撲の割を編成する評価関数と進化計算の検討, 進化計算学会 進化計算シンポジウム 2014, 2014 年 12 月 20 日, 安芸グランドホテル (広島県廿日市市)
3. Yoshiko Hanada, Yukiko Orito: Unsupervised Multiobjective Design for Weighted Median Filters Using Genetic Algorithm, 2014 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, 12-19 Dec 2014, Orlando (USA)
4. 松本怜, 染谷博司, 加島智子, 折登由希子: 対話型進化計算による献立作成システムにおける嗜好抽出の性能評価, 電気学会 システム産業計測制御合同研究会, 2014 年 12 月 6 日, 大洗ホテル (茨城県東茨城郡)
5. Yoshiko Hanada, Kotaro Minami, Keiko Ono, Yukiko Orito, Noriaki Muranaka: A

- Study on Neighborhood and Temperature in Multi-step Crossover Fusion for Tree Structure, 18th Asia Pacific Symposium on Intelligent and Evolutionary Systems, 11 Nov 2014, Singapore (Singapore)
6. Yukiko Orito, Yoshiko Hanada, Shunsuke Shibata, Hisashi Yamamoto: A New Equality Constraint-handling Technique: Unconstrained Search Space Proposal for Equality Constrained Optimization Problem, 18th Asia Pacific Symposium on Intelligent and Evolutionary Systems, 11 Nov 2014, Singapore (Singapore)
7. マルデワ・グジェゴシュ, 井澤裕司, 折登由希子, 岡村誠: 消費借入計画問題における経済実験による現実解と進化計算による最適解: 進化計算は行動経済学の道具となるか?, 平成 26 年度 日本経営工学会 秋季大会, 2014 年 11 月 9 日, 広島大学 (広島県東広島市)
8. 笹川篤史, 折登由希子: 逆進性緩和のための軽減税率対象品目の検討: GA による最適化, 平成 26 年度 日本経営工学会 秋季大会, 2014 年 11 月 9 日, 広島大学 (広島県東広島市)
9. 尾川僚, 折登由希子, 加島智子: 大相撲の割を組む進化計算のデザイン: 平成 22 年秋場所, 平成 26 年度 日本経営工学会 秋季大会, 2014 年 11 月 9 日, 広島大学 (広島県東広島市)
10. 加島智子, 折登由希子, 染谷博司: 多期間献立計画問題における献立の提供順序ばらつき指標の比較, 平成 26 年 電気学会 電子・情報・システム部門大会, 2014 年 9 月 5 日, 島根大学 (島根県松江市)
11. 折登由希子, 柴田峻輔, 山本久志, 花田良子: 等式制約付き最適化問題を無制約化した探索空間の提案と進化計算の探索性能の検証: ポートフォリオ複製問題を例として, 平成 26 年 電気学会 電子・情報・システム部門大会, 2014 年 9 月 5 日, 島根大学 (島根県松江市)
12. 井澤裕司, 折登由希子, 岡村誠, マルデワ・グジェゴシュ, 森伸宏: ローン計画問題のモデル化とメメティックアルゴリズムによる最適化: 人は最適な消費・借入計画を立てるのか?, 第 7 回 進化計算学会 研究会, 2014 年 8 月 29 日, 近畿大学 (大阪府東大阪市)
13. 大内田康徳, 折登由希子, 岡村誠: 混合複占市場における民営化と環境投資: 進化計算による解析, 第 6 回 進化計算学会 研究会, 2014 年 3 月 7 日, 電気通信大学 (東京都調布市)
14. Hiroshi Izawa, Grzegorz Mardyla, Yukiko Orito, Makoto Okamura: Time Preferences and Optimal Consumption-loan Planning: Numerical and Experimental Analysis. Does impatience make it har

- der?, 2014 Asia-Pacific Economic Science Association Conference, 21 Feb 2014, Auckland (New Zealand)
15. 花田良子, 小野景子, 折登由希子: 遺伝的プログラミングにおける多段階探索交叉の性能評価, 進化計算学会 進化計算シンポジウム2013, 2013年12月15日, 霧島ホテル (鹿児島県霧島市)
 16. 柴田峻輔, 折登由希子, 山本久志, 花田良子: ポートフォリオのレプリケーション問題における進化計算の探索効果改善のための探索空間無制約化モデルの提案, 情報処理学会 第96回数理モデル化と問題解決研究発表会, 2013年12月12日, 東京工業大学 (東京都目黒区)
 17. Ryosuke Goto, Yukiko Orito, Takayuki Kataoka: A Plus Alpha Model Proposal for Long-Short Portfolio Replication Based on Genetic Algorithms, 14th Asia Pacific Industrial Engineering and Management System, 6 Dec 2013, Mactan (Philippines)
 18. 加島智子, 折登由希子: 多期間献立計画問題における献立グループの類似度を考慮した食育評価モデルの提案と最適化, 電気学会 システム研究会, 2013年11月23日, 愛知県立大学 (愛知県長久手市)
 19. 笹川篤史, 折登由希子: 経済学における最適化の一事例: 軽減税率における逆進性緩和策, 電気学会 システム研究会, 2013年11月23日, 愛知県立大学 (愛知県長久手市)
 20. Yukiko Orito, Yoshiko Hanada, Shunsuke Shibata, Hisashi Yamamoto: A New Population Initialization Approach Based on Bordered Hessian for Portfolio Optimization Problems, 2013 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 4 Dec 2013, Manchester (UK)
 21. Shunsuke Shibata, Yukiko Orito, Yoshiko Hanada, Hisashi Yamamoto: EDA with Switching Distributions for Long-Short Portfolio Replication Problems, 2013 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 4 Dec 2013, Manchester (UK)
 22. マルデワ・グジェゴシュ, 折登由希子, 岡村誠, 井澤裕司: 人はどこまで最適計算が可能か? 進化計算による最適消費-借入計画の導出, パーソナルファイナンス学会 第14回全国大会, 2013年10月12日, 関西学院大学 (兵庫県西宮市)
 23. 折登由希子, 花田良子, 柴田峻輔, 山本久志: 分布交換 EDA による複製ロングショートポートフォリオの将来期間のパフォーマンス評価, 第23回インテリジェント・システム・シンポジウム, 2013年9月26日, 九州大学 (福岡県福岡市)
 24. 折登由希子, 花田良子, 山本久志: リターン系列の内挿を利用した EDA によるポートフォリオのレプリケーション, 平成25年 電気学会 電子・情報・システム部門大会, 2013年9月6日, 北見工業大学 (北海道北見市)
 25. 花田良子, 小野景子, 折登由希子: 遺伝的プログラミングにおける演算順序を考慮した多段階探索交叉の有効性の検討, 計測自動制御学会 第3回コンピュータショナル・インテリジェンス研究会, 2013年8月30日, 大阪大学 (大阪府豊中市)
 26. 折登由希子: 計算複雑性のある問題へのアプローチ -進化計算によるポートフォリオの最適化-, 長崎大学 経済学会セミナー, 2013年7月8日, 長崎大学 (長崎県長崎市)
 27. 折登由希子, 花田良子: 自己相関関数のNKモデルへの当てはめによる最適化の難しさの定量化, 平成25年度 日本経営工学会 春季大会, 2013年5月18日, 慶応義塾大学 (神奈川県横浜市)
 28. 折登由希子, 花田良子: GA 初期集団の構造特性の違いがポートフォリオの最適化に与える影響, 第57回システム制御情報学会, 2013年5月17日, 兵庫県民会館 (兵庫県神戸市)
 29. 花田良子, 細川長洋, 小野景子, 折登由希子: 遺伝的プログラミングにおける遺伝的局所探索法の近傍と温度パラメータの検証, 第57回システム制御情報学会, 2013年5月17日, 兵庫県民会館 (兵庫県神戸市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

折登 由希子 (ORITO YUKIKO)

広島大学・大学院社会科学研究所・講師

研究者番号: 60364494