

自己評価報告書

平成 23 年 4 月 26 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008 ～ 2011

課題番号：20300084

研究課題名（和文） 多数目的最適化問題に対する進化型多目的最適化アルゴリズムの開発と応用

研究課題名（英文） Development and Applications of Evolutionary Multi-objective Optimization Algorithms for Many-objective Optimization Problems

研究代表者

石渕 久生 (Ishibuchi Hisao)

大阪府立大学・工学研究科・教授

研究者番号：60193356

研究分野：計算知能

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：遺伝的アルゴリズム，多目的最適化，多数目的最適化，進化型多目的最適化

1. 研究計画の概要

近年，複数の目的を持つ多目的最適化問題に対する進化計算の適用が大きな注目を集めており，幅広い応用分野における成功事例が報告されている．しかし，目的関数の数が 3 以上の場合では，進化型多目的最適化アルゴリズムの探索能力が急激に悪化するという問題点も指摘されている．

本研究では，多数の目的関数を持つ多目的最適化問題に対して，高度な探索能力を持つ進化型多目的最適化アルゴリズムを開発し，その有効性を実証する．当初の研究計画調書では，以下の研究目的を挙げていた．

- (1) 多数目的最適化問題に対する従来手法の問題点と対応策に関する調査研究
- (2) 多数目的最適化問題に対して有効な繰り返し型優越領域最大化アルゴリズムの開発
- (3) 多数目的最適化問題に対して有効な進化型多目的局所探索アルゴリズムの開発
- (4) 上記(2)と(3)で開発したアルゴリズムの性能評価
- (5) 繰り返し型優越領域最大化と進化型多目的局所探索のハイブリッド化
- (6) 平成 20 年度と平成 21 年度に開発したアルゴリズムの並列計算機での実装
- (7) 数値実験による並列実装の有効性の検討とアルゴリズムおよび実装方法の改良
- (8) 現実世界の多数目的最適化問題に対する適用と有効性の検討
- (9) 現実世界の多数目的最適化問題を効率的に取り扱うためのアルゴリズムの特殊化
- (10) 多数目的最適化に対する新しい研究方向の模索と提案

2. 研究の進捗状況

これまでに以下のような研究成果が得ら

れている．

(1) 進化型多目的最適化手法を多数目的問題に適用した場合での問題点と対応策に関する調査研究を行った．文献調査により，目的数の増加に伴う収束性の悪化の指摘，収束性向上のための様々な手法の提案，収束性の向上に伴う多様性の減少という副作用の指摘が過去に行われていることを確認した．

(2) 局所探索を組み込むことで，多数目的最適化問題に対する進化型多目的最適化アルゴリズムの探索性能が大きく向上することを明らかにした．また，局所探索を適用する個体の選択が遺伝的多目的局所探索アルゴリズムの性能に大きな影響を与えることを明らかにし，局所探索適用個体の選択方法を提案した．

(3) 多数目的最適化問題に対して有効である MOEA/D や SMS-EMOA の性能評価を行い，スカラー化関数の選択や優越領域サイズの効率的な計算方法が大きな問題であることを明らかにした．

(4) 多数目的最適化問題に対する優越領域最大化手法の計算時間を大幅に減少させるために，優越領域を複数の線形関数で近似する方法を提案した．

(5) 非劣解集合に含まれる解の個数の最小化と非劣解集合による優越領域の超体積の最大化という 2 目的最適化問題を定式化した．

(6) 異なる種類のスカラー化関数を同時に用いるという新規性の高いアイデアを実装し，MOEA/D の性能向上を示した．

(7) 類似した目的関数や依存関係のある目的関数を持つ多数目的最適化問題に対する進化型多目的最適化アルゴリズムの性能を調べた．数値実験により，目的関数をランダムに設定した場合には，目的関数の数の増加と

共にアルゴリズムの探索能力が大きく悪化するが、類似した目的関数を追加しても性能の悪化は起こらないことを明らかにした。

3. 現在までの達成度

現在までの達成度は、『①当初の計画以上に進展している』と言える。具体的には、以下のような理由による。

(1) 優越領域の計算時間が目的関数の数の増加と共に指数関数的に増加するため、計算量の少ない繰り返し型アルゴリズムの開発を研究目標として挙げていた。しかし、優越領域の近似手法を提案したことにより、繰り返し型アルゴリズムではなく、一般的な優越領域最大化アルゴリズムSMS-EMOAを多数目的最適化問題へ適用することが可能になった。このような研究成果により、2011年システム制御情報学会論文賞を受賞した。

(2) スカラー化関数に基づくMOEA/Dは、現時点では、計算時間および探索能力の両面で最も優れた進化型多目的最適化アルゴリズムである。本研究では、MOEA/Dを様々な問題に適用することでMOEA/Dによる多目的探索の特徴を明らかにすると共に、異なる種類のスカラー化関数を同時に利用するという新規性の高いアイデアを提案した。このアイデアの実装と性能評価に関する研究により、国際会議で最優秀論文賞を受賞した。

(3) 局所探索を進化型多目的最適化アルゴリズムに組み込んだ多目的遺伝的局所探索の実装において、交叉や突然変異の前に局所探索を行なうという一般的な実装とは逆の実装方法を提案し、多数目的最適化問題を含めて、幅広い問題に対して良好な結果を得た。

(4) 当初の研究計画には含まれていなかった目的関数の間の類似性と進化型多目的最適化アルゴリズムの性能との関係という新しい研究テーマを開拓した。

(5) 並列分散実装に関しても、分散並列遺伝的機械学習への応用により、その有効性の検討を着実に進めている。

4. 今後の研究の推進方策

多数目的最適化問題における目的関数の間の類似性と進化型多目的最適化アルゴリズムの性能との関係は、本研究により開拓した興味深い研究テーマである。今年度は、目的関数の類似性や目的関数値の相関を変化させた数値実験により、進化型多目的最適化アルゴリズムの挙動を調査する。また、目的関数の間の類似性や目的関数値の相関に応じて重みベクトルの配置を自動的に変更するMOEA/Dの開発を行う。

また、大規模データからの知識獲得などの問題に対して並列分散化を行なうことで、多数の目的を持つ多数目的最適化問題だけでなく、大規模な現実問題へも適用可能な進

化型多目的最適化アルゴリズムの実装を試みる。

さらに、今年度は研究期間の最終年度であるため、研究成果を論文として投稿することも積極的に行う。

5. 代表的な研究成果

(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10件)

① H. Ishibuchi, N. Tsukamoto, and Y. Nojima: Diversity improvement by non-geometric binary crossover in evolutionary multiobjective optimization, *IEEE Trans. on Evolutionary Computation*, vol. 14, 985-998, 2010 査読有

② 一柳徳宏, 若松良彦, 能島裕介, 石淵久生: 多目的遺伝的局所探索アルゴリズムにおける局所探索適用個体の選択, システム制御情報学会論文誌, vol. 23, 178-187, 2010 査読有

③ 塚本実孝, 坂根悠治, 能島裕介, 石淵久生: Indicatorに基づく進化型多目的最適化アルゴリズムへのHypervolume近似手法の適用, システム制御情報学会論文誌, vol. 23, 165-177, 2010 査読有

④ H. Ishibuchi, Y. Hitotsuyanagi, N. Tsukamoto, and Y. Nojima: Use of biased neighborhood structures in multiobjective memetic algorithms," *Soft Computing*, vol. 13, 795-810, 2009 査読有

⑤ 塚本実孝, 坂根悠治, 能島裕介, 石淵久生: 進化型多目的最適化に対するスカラー化関数を用いたHypervolumeの近似手法の提案, システム制御情報学会論文誌, vol. 22, 385-395, 2009 査読有。

[学会発表] (計40件)

① H. Ishibuchi: Simultaneous use of different scalarizing functions in MOEA/D, Genetic and Evolutionary Computation Conference, 2010年7月11日, 米国ポートランド市

② H. Ishibuchi: Indicator-based evolutionary algorithm with hypervolume approximation by achievement scalarizing functions, Genetic and Evolutionary Computation Conference, 2010年7月11日, 米国ポートランド市

③ H. Ishibuchi: Selecting a small number of representative non-dominated solutions by a hypervolume-based solution selection approach, IEEE International Conference on Fuzzy Systems, 2009年8月23日, 韓国済州島

④ H. Ishibuchi: Effectiveness of scalability improvement attempts on the performance of NSGA-II for many-objective problems, Genetic and Evolutionary Computation Conference, 2008年7月14日, 米国アトランタ

⑤ H. Ishibuchi: Evolutionary many-objective optimization: A short review, IEEE Congress on Evolutionary Computation, 2008年6月5日, 香港