

領域分散型多目的遺伝的アルゴリズムの検討

廣安 知之 (tomo@mikilab.doshisha.ac.jp), 三木 光範, 渡邊 真也
同志社大学 工学部

本研究では多目的遺伝的アルゴリズムを並列処理するための分散モデルとして得られるパレート最適個体を目的関数に着目して領域によって分割するモデルを提案し,これによるアルゴリズムを領域分散型多目的遺伝的アルゴリズム(Divided Range Genetic Algorithms in Multi Objective Optimization Problems : DRGA)と呼びその性能を検討した.いくつかの数値計算例に適応することにより, DRGAモデルでは単一母集団モデルで得られる解とほぼ同等の解を分散・並列により求めることが可能であることが明らかとなった.

Divided Range Genetic Algorithms in Multiobjective Optimization Problems

Tomoyuki HIROYASU, Mitsunori MIKI, and Sinaya WATANABE

In this paper, Divide Range Genetic Algorithm in Multi objective optimization Problems (DRGA) is proposed. In this method, population of GAs is sorted with respect to the objective function and divided into sub populations. In this method, the Pareto optimum solutions which are close to each other are collected by one sub population. Therefore, by this algorithm, the calculation efficiency is increased, and the neighborhood search can be performed. Through the numerical examples, the followings are made cleared. DRGA is very suitable algorithm for parallel processing. DRGA can derive the good solutions compared to the single population model and the distributed model.

Key Words: Distributed Genetic Algorithms, Multiobjective Optimization Problems, Sharing

1. はじめに

最適化問題の中で目的関数を複数持つような問題は多目的最適化問題(Multiobjective Optimization Problems: MOPs)と呼ばれる.実際の問題はこの複数の目的を持つ多目的問題になるものと考えられ,これらの目的は,ある目的の値を上げれば他の目的の値が下がるようないわゆるトレードオフの関係にある場合が多い.目的関数間にトレードオフがあるような場合には,解は単一ではなく解集合となりその集合はパレート最適解集合と呼ばれている.例えば設計の最適化問題においては,設計者がこのパレート解集合を参考にして設計を進めることができるようになるため,このパレート解集合を得ることは多目的最適化問題の一つの目標であると言える.

遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm: GA)は生物の遺伝と進化を模擬した確率的探索手法の一つである[1].このGAによる多目的最適化問題に関

連する研究は近年盛んに行われている[2].GAは多点探索手法であるために多目的最適化問題におけるパレート最適解集合の探索に非常に有効な手法であると考えられる.

一方,多目的最適化問題においてパレート解を求めるためには,複数存在する目的関数および制約条件の値を繰り返し算出する必要があり膨大な計算時間が必要となる.その解決法の一つとして多目的最適化問題のGAによる解決を並列処理により行うことが挙げられる.

単一目的におけるGAの並列化に関する研究は近年活発に行われている[3].一方で,多目的最適化GAの並列化に関する研究例はあまり多く見られない.また,そこで使用されているモデルは単一目的におけるGAの並列化とほぼ同様で,例えば適合度関数の値を求める部分の並列化を行うモデルであったり[4],個体数を分割するモデルであったりする[6].しかしながら,GAという同じ操

作によって解を求めるのであっても、単一目的の場合と多目的の場合では最終的に求める点が唯一のものとの解集合という大きな違いがあるために、多目的最適化 GA に適した並列モデルが存在するものであると考えられる。

そこで本研究では、パレート解候補を領域で分散して並列処理を行う領域分散型多目的遺伝的アルゴリズムを提案し、その有効性や得られる解の特性を個体数を分割するモデルである島モデルや単一母集団モデルとの比較を数値計算例を通じて行う。

2. 領域分散型多目的遺伝的アルゴリズム

本研究では多目的最適化問題においてパレート解を遺伝的アルゴリズムにて求める領域分散型多目的遺伝的アルゴリズムを提案する。本手法で使用するモデルは、提案する手法を並列処理にて行うことを想定したものである。

多目的最適化 GA においては広範囲のパレート解を効率よく求めるためには

- 1) 得られたパレート最適個体の近傍探索を行う能力があること。
- 2) 必要以上のパレート最適個体の近傍探索を行い計算の無駄を生じないこと。

が求められる。例えば島モデルにより多目的GAを並列処理した時には、場合によっては同精度のパレート解集合をもとめるためには単一母集団モデルと島モデルと比較して島モデルの方が必要な個体数が増大してしまうためにかえって並列処理を行う方が計算時間が長く必要になってしまう場合がある。

そこで本研究では次に示すように、得られているパレート最適個体を目的関数に沿って領域で分割し、その領域ごとに多目的 GA を行う手法を提案する。これにより島モデルでの長所を持ちながら、単一母集団モデルに近い結果が期待される。

以下に提案する領域分散型多目的遺伝的アルゴリズムの流れを説明する。ただし、分割数 m およびソート間隔 k はあらかじめ決定しておくものとする。

ステップ 1

N 個の個体数をランダムに生成する。これらは設計領域内にあるものとする。

ステップ 2

得られた個体のうちランク 1 のものだけを選択する。

ステップ 3

注目する目的関数 f_i の値に従ってソートを行う。さらに着目する目的関数の最大値 $f_i(x)$ から目的関数値順に N/m 個の個体を選択し、サブ母集団を形成する。

ステップ 4

サブ母集団ごとに多目的 GA を行う。次章で行う数値計算例では、各島内では、交叉後にランク 1 のものだけを選択し、個体数が N 個以上になった場合にはシェアリングにより N 個にしている。

ステップ 5

終了判定を行い、条件を満たす場合には終了する。

ステップ 6

k 世代後にステップ 4 にもどる。

本手法はいくつかの発展的な方法が考えられるが、次章ではステップ 3 にて着目する目的関数に応じて 2 種類の手法を検討している。すなわち、常に同一の目的関数でソートを行う場合と、すべての目的関数を順番にソートに利用する方法である。

図 1 には 2 目的の場合に目的関数 f_i に沿って 3 分割している概念図を示す。

3. 数値計算例

3.1 テスト関数

本研究で提案している領域分割型多目的遺伝的アルゴリズムの有効性と得られる解集合の特徴を把握するため、以下に示すテスト関数に適應した。式 1 は玉置らの使用したテスト問題数[5]である。これらの関数の真のパレート最適解は既知である。

$$f_1(x) = -2x_1 + x_2 \dots\dots\dots (1a)$$

$$f_2(x) = x_2 \dots\dots\dots (1b)$$

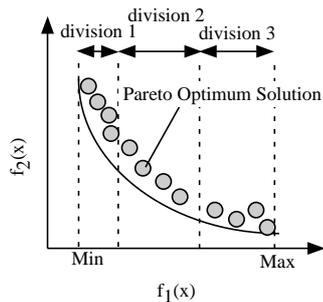


図 1：領域分散型遺伝的アルゴリズム

$$g_1(\mathbf{x}) = x_1^2 - x_2 \leq 0 \dots\dots\dots (1c)$$

$$g_2(\mathbf{x}) = x_1 \geq 0 \dots\dots\dots (1d)$$

$$g_3(\mathbf{x}) = x_2 - 1 \leq 0 \dots\dots\dots (1e)$$

3.2 得られた解候補の評価方法

従来の得られたパレート最適個体の評価方法は2目的、もしくは3目的の問題で得られた個体と真のパレート解を图示する方法が主であり、定量的な評価方法が確立されていない。

本研究では、比屋根[6]が提案している定量的な評価方法のいくつかに着目し、さらに簡略化して利用することとする。

1) 誤差 (error)

真のパレート解が既知の場合、各パレート最適個体と真のパレート解とのユークリッド距離の平均を誤差とみなせる。誤差は小さい方がパレート最適個体が真のパレート解集合に近いことを示している。ただし、この評価基準は真のパレート解が既知の場合でなければ使用できない。

また、本研究において適応したテスト関数では、多くの場合が、制約条件上がパレート解であるため、さらに簡略化して、例えば $g(x)=0$ が真のパレート解である場合には

$$Error = \sqrt{\sum_{i=1}^N g(x_i)^2 / N} \dots\dots\dots (2)$$

を誤差としている。ここで N はパレート最適個体数である。

2) 被覆率 (cover rate)

パレート解を探索する場合、例えば、誤差が0.0であったとしても1点に集中しては良い解集合とは言えない。そのため、解のばらつきを示す指標が必要となる。

まず、図2に示すように(図では2目的の場

合)、各目的関数の最大値および最小値を検索しその間をあらかじめ決めておいた分割数で分割する。それぞれの分割された間隔の中に解が存在する場合は1、存在しない場合には0とする。カバー率は総ての合計の間隔数に対する平均とする。よってこのカバー率が1に近い方がすべての間隔に解が存在していることになり解が集中することなく全体に解が行きわたっていることがわかる。本研究の数値計算例では分割数を50としている。

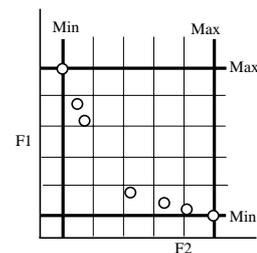


図 2：被覆率 (cover ratio)

3) 計算時間もしくは目的関数の計算回数

本数値計算例では前節で説明した終了条件を使用しているため、得られるパレート最適個体の誤差はどのような手法を選択してもほとんど変化がない場合が多いものと考えられる。最も大きな違いが生じるのは必要な計算時間と目的関数の値の計算回数である。よってこれらは大きな指標となる。

3.3 数値計算結果

本数値計算例は比較的パレート解を求めるのが困難な問題である。ケース5における島モデルおよびDRGA2モデルによって得られたパレート最適個体を図3、4に示す。図5に各ケースでの被覆率を示す。

パレート最適個体の分布や図5からもわかるように単一母集団モデルにおいても1.0に近い被覆率は出ていない。また、DGAモデルにおける被覆率は非常に低い。DRGAモデルでは解はシェアリングレンジの影響を受けているがおおよそ単一母集団モデルと同等の解が得られている。このようにDRGAモデルではパレート解集合を求めにくい問題において分散し並列処理する場合に有効なモデルであると考えられる。

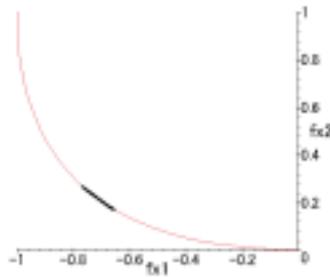


図3：パレート最適個体（島モデル，ケース5）

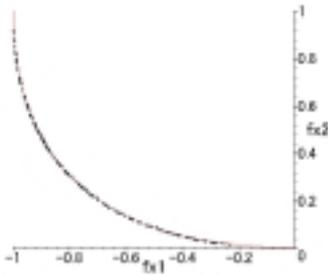


図4：パレート最適個体
(DRGA2モデル，ケース5)

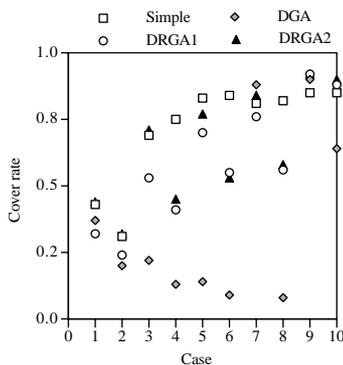


図5：被覆率

4. 結言

本研究では多目的遺伝的アルゴリズムを並列処理するための分散モデルとして得られるパレート最適個体を領域によって分割するモデルを提案し、これによるアルゴリズムを領域分散型多目的遺伝的アルゴリズム(Divided Range Genetic Algorithms in Multiobjective Optimization Problems: DRGA)と呼びその性能を検討した。

いくつかのテスト問題に適応したところ以下の点が明らかとなった。

- 1) 多目的遺伝的アルゴリズムでは多くの場合、単一母集団モデルによって良好な解が得られ

- 2) 島モデルなどの分散モデルと比較した場合、DRGAモデルはパレート解集合が求めにくい問題に特に有効である。
- 3) 分散化し多目的GAを処理する場合にはシェアリングの対象となる個体数が減少するために高速化を図ることができる。
- 4) DRGAにおいてソートを行う時に同一の目的関数に着目する場合と毎回異なる目的関数に着目する場合とを比較すると、毎回異なる目的関数に着目する方が良い解が得られる場合が多い。これは、ソートを行う際に、シェアリングと同等の効果が得られるためであると考えられる。

参考文献

- [1] D.E. Goldberg. Genetic Algorithms in search, optimization and machine learning Addison-Wesley, 1989.
- [2] C.A. Coello. An updated survey of evolutionary multiobjective optimization techniques: State of the art and future trends. In Proceedings of Congress on Evolutionary Computation pp.1 -11, 1999.
- [3] L. Nang and K. Matsuo. A survey on the parallel genetic algorithms. J.SICE Vol.33, No.6, pp.500 - 509, 1994.
- [4] B.R. Jones, W.A. Crossley, and A.S. Lyrintzi. Aerodynamic and aeroacoustic optimization of airfoils via a parallel genetic algorithm. In Proceedings of the 7th AIAA/USAF/NASA/ISSMO Symposium on Multidisciplinary Analysis and Optimization pp.1 - 11, 1998.
- [5] 玉置, 森, 荒木. 遺伝的アルゴリズムを用いたパレート最適解集合の生成法. 計測自動制御学会論文集, Vol.31, No.8, pp.1185 -1192, 1995.
- [6] 比屋根. 並列遺伝的アルゴリズムによる多目的最適化問題のパレート最適解集合の生成法と定量的評価法. 第9回自律分散システムシンポジウム, pp.295 -300, 1997.