

並列分散対話型遺伝的アルゴリズムの提案

Parallel Distributed Interactive Genetic Algorithm

正 三木 光範 (同志社大工) 正 廣安 知之 (同志社大工)

非 富岡 弘志 (同志社大院)

Mitsunori MIKI, mmiki@mail.doshisha.ac.jp, Doshisha University, Kyo-Tanabe, Kyoto
Tomoyuki HIROYASU, tomo@is.doshisha.ac.jp, Doshisha University
Hiroshi TOMIOKA, tomioka@mikilab.doshisha.ac.jp, Graduate School of Engineering, Doshisha University

Key word: Interactive Genetic Algorithms, Evolutionary Computation, Consensus-building, Parallelization, Distributed Processing,

1 はじめに

近年,人間の感性に基づいて最適化を行う手法として,対話型進化計算法 (Interactive Evolutionary Computation:IEC) が注目されている.しかしながら,IECは1人の人間が行うため,複数の人間の感性に基づいて最適化を行う場合には利用できない.複数の人間の感性を含む解をコンピュータ上で同時に処理することが可能になれば,IECにおける解探索の過程で他のユーザの感性の影響を受け,新たな感性を含んだ解を形成することができる.この考えをもとに,IECの一つである対話型遺伝的アルゴリズム (Interactive Genetic Algorithm:IGA) を並列分散モデルに拡張した並列分散対話型遺伝的アルゴリズム (Parallel Distributed Interactive Genetic Algorithm:PDIGA) を提案し,被験者を用いた実験により提案手法の有効性を検証した.

2 対話型遺伝的アルゴリズム

これまでの知能科学,特にソフトコンピューティングと呼ばれる分野において,1980年代にニューラルネットワーク (Neural Network:NN),ファジイシステム,進化計算 (Evolutionary Computation:EC) 等の技術が発展し,その後それぞれの技術の融合,協調モデルが提案され,1990年代に実応用問題へと広がった.2000年代の研究はこれらの技術と感性工学が融合し,Hurmanized Technology が一つの研究分野として注目されている¹⁾.その一つとして注目されている研究がIECである.高木はIECを「ユーザの主観評価値に基づいて最適化を行う技術のうち,進化的計算を最適化手法として用いる方法である」と説明している¹⁾.

IGAはIECの一つであり,遺伝的アルゴリズムによる探索をベースにしつつ,GAの評価の部分人間が行うものである²⁾.つまり,IGAは最適化を行う基準となる評価関数を人間に置き換えたGAであり,人間の主観的評価に基づいてシステムを最適化させる技術である.IGAは解の解析においてGAの遺伝的操作と人間の評価という人為的な判断によって解の探索を行うため,従来のGA

に比べて人の感性という複雑な構造の解析に適していると言われている.

3 並列分散対話型遺伝的アルゴリズム

3.1 概要

PDIGAは,IGAを並列分散モデルに拡張したアルゴリズムである.Fig.1にPDIGAのアルゴリズムを示す.

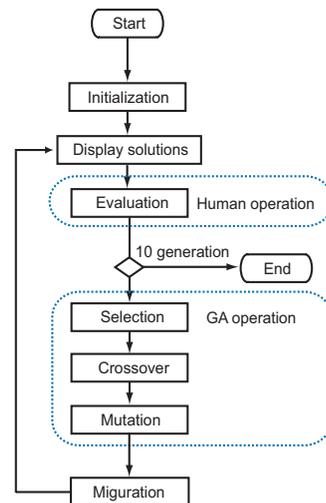


Fig. 1 The flowchart of PDIGA

IGAの並列分散モデルとは,ネットワークを用いて複数のコンピュータを繋ぎ,それぞれのコンピュータ上でIGAを行う仕組みである.このアルゴリズムでは,各ユーザが良いと判断した設計解をコンピュータ間で通信することにより,お互いの設計解をIGA処理に組み込むことができる.その概念図をFig.2に示す.ここでMigrationとは,移住と呼ばれる設計解の交換を意味する.他のユーザからの設計解がIGA処理に組み込まれることによって,他人の感性により設計された解とユーザ自身の感性により設計された解が交わる可能性がある.これにより,複数人の設計解を組み合わせた新たな設計解が生成される可能性が考えられる.

本研究は,並列分散遺伝的アルゴリズム (Parallel Distributed Genetic Algorithm:PDGA)³⁾の研究を対話型進化計算に応用した研究である.

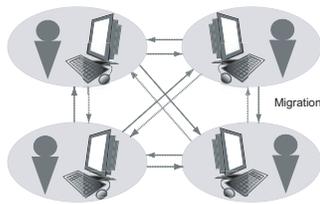


Fig. 2 The PDIGA system

3.2 並列分散モデル

PDGA の研究では、GA の計算を並列に処理することで解の早熟収束が回避されることが実証されている³⁾。PDGA において母集団は複数のサブ母集団に分割され、移住と呼ばれる解交換操作が行われる。この方法において分割された母集団は、並列計算機の各プロセッサで並列に処理される。PDGA では計算時間の短縮だけでなく、GA 特有の早熟収束を回避できる。この考え方を IGA に応用した手法が PDIGA である。移住による解交換操作を IGA に用いることで、他のユーザが良いと考える解を自らの解に組み込むことができ、新たな解を設計する発想支援に繋がると考えられる。

一般的には PDGA では各ノードの評価関数が同じであるのに対し、PDIGA では各ユーザの評価関数にばらつきがあると考えられる。しかし、PDIGA においては複数のユーザで同じ最適解を得ることを目的としていない。ユーザによって最適解が異なっていることを前提として、他ユーザからの移住個体が各ユーザの発想を支援しているかどうかが重要となる。そのため、本論文では IGA と PDIGA について比較実験を行った。

4 提案システム

4.1 システム概要

PDIGA の有効性を検証するために「オフィスデザインシステム」を提案する。オフィスデザインシステムとは、Fig. 3 に示すようにパーティション、カーペット、テーブル、コンピュータ、椅子の各色を変更することにより、新たなデザインを決定するシステムである。画面上ではオフィスにおける個人の作業空間のみのデザインを行うようにしている。ただし、ユーザには 10 名程度が共同生活を行うオフィス空間をイメージした状態で本システムを操作してもらうようにしている。

本システムでは、「自分の好み」、「円滑なコミュニケーションを行える環境」といったコンセプトに基づいて提示されるデザインを評価し、コンセプトに合ったデザインを形成していくことが目的である。

本論文では、コンピュータの乱数によって生成された突然変異個体と他人からの移住個体がどのように評価されているかについての比較を行う。さらに、IGA システムと PDIGA システムについて、設計解の面から比較を

行う。

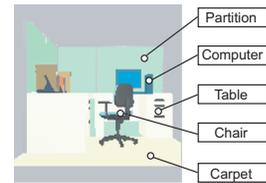


Fig. 3 Each objects of the office design system

4.2 設計変数

本システムでは GA 処理における設計変数として、オフィスにおけるパーティション、カーペット、テーブル、コンピュータ、椅子のクッションの 5 つを用いている。ユーザはこれらの設計変数のトータルバランスを考慮したうえで提示される各デザインに対して評価を行う。

4.3 Hue & Tone

各設計変数におけるカラーパターンは 120 としている。この 120 色は、色相 (Hue) と色調 (Tone) と呼ばれる色データの有彩色のみを用いた。色相とは赤、黄、青などの色の变化を、色調とは明暗、濃淡、派手、地味などの色の調子を意味する。有彩色とは、赤み、青みといった色味のある色のことをいい、白、黒、灰色といった色味の無い色を無彩色という。本来、色は色相、明度および彩度の 3 要素で捉えられてた。明度は色の明暗、彩度は色の鮮やかさの度合いを意味する。これに対し、Hue&Tone では色相と色調の 2 次元で色を表現し、無限に広がる色を単純で理解しやすい形で、有彩色 120 色、無彩色 10 色に分類および整理している。

Hue&Tone を用いた理由は、有彩色 120 色は色相と色調の 2 次元から構成されており、各色の RGB 値から解析を行うよりも、2 次元で表現されているデータの方が解析を容易に行うことができるからである。

Hue&Tone を用いる利点は人間の感性を考慮したカラーパターンで構成されている点である。Hue&Tone におけるカラーパターンは、人間の感性を現す 180 のイメージ語と関連付けられおり、色の意味をイメージで系統立てた仕組みに構成されているといえる。IGA を用いて人間のイメージを一つの形にしていく上で、感性を元にカラーパターンが系統立ててあるということは重要なことである。Hue&Tone をシステムに組み込むことで、ある程度人間の感性を考慮した数値データを得ることが出来る。

4.4 実数値遺伝的アルゴリズム

実数値 GA (Real-coded GA) は、探索対象の表現型をコード化せず、表現型の数値を用いて交叉、突然変異といった遺伝的操作を行うアルゴリズムである。実数値 GA は連続関数最適化問題においてビットストリング型 GA よりも有効であると報告されている⁴⁾。Hue&Tone は色相および色調という 2 次元で表現された連続空間である。そのため、表現空間における親個体の近傍に子個体を生

成する方法とされる実数値 GA を用いることが効果的であると考えた。

提案システムにおいて用いた初期個体数は 12 である。初期個体は一樣乱数により生成される。選択方法はルーレット選択とエリート保存戦略を用い、保存するエリートは 1 個体とした。また実数値 GA ではコード化を行わないため、実数値 GA に特化した交叉オペレータを用いる必要がある。本研究では、設計変数間に依存関係がある関数に対して効率よく探索を行えるといわれている UNDX⁴⁾ を交叉法として用いた。突然変異については、設計変数分の 1 の確率で発生するようにした。一般的に GA 処理における突然変異率は染色体長分の 1 とされている。この突然変異率は、ある個体において 1 つの設計変数が突然変異により生成される程度の確率といえる。そこで、本研究においてもある個体において一つの設計変数が突然変異を起こすような確率とした。また、移住個体との比較のため、IGA システムでは強制的に突然変異を起こす個体を 3 個体含めている。

終了世代は一般的に、IGA システムにおいてユーザが評価を行う場合、一般的に 20 世代が限界だといわれている。本研究では主観評価実験で 2 つのシステムを連続して使用するため、1 つのシステムの終了世代を 10 世代とした。

5 主観評価実験

5.1 実験概要

主観評価実験は、各被験者の主観的判断によっていくつかの事物を評価する実験方法である。実験に用いた被験者は 60 人とし、4 人一組で実験を行った。実験は実験室内に 4 台のコンピュータを配置し、IGA システムと PDIGA システムの 2 つのシステムの操作を行う。各被験者は提示された教示にしたがって 2 つのシステムを操作する。ただし、被験者には 2 つのシステムのどちらが IGA システム、PDIGA システムであるかわからない仕組みとなっている。これは、主観評価実験において余計な心理的作用をなくすためである。

本実験では、オフィスデザインシステムによりデザインするオフィスのコンセプトを以下のように設定した。

1. 華やかで明るいオフィス空間
2. 涼しげで落ち着いたオフィス空間

このコンセプトにした理由は、人によって異なる評価関数がある程度似たものにするためである。「好み」の評価尺度は人によって全く異なるが、「華やかで明るい」「涼しげで落ち着いた」という評価尺度を加えることでオフィス空間のイメージはある程度固まると考えた。そのため、本実験では上記のコンセプトをもとに 2 つのシステムを操作するようにした。

被験者は上記のコンセプトを判断基準として、各個体

に対して「良い」から「悪い」までの 5 段階評価を行う。本実験では、以下の項目について検証を行った。

1. IGA システムでの突然変異個体と PDIGA システムでの移住個体に対する評価
2. IGA システムと PDIGA システムにおける最終設計解の比較

5.2 実験結果

5.2.1 移住個体の評価

突然変異 3 個体と移住 3 個体に関して、全体の評価値平均及び評価値分散を算出した結果を Table 1 に示す。突然変異個体と移住個体の評価値の平均を見ると、移住個体は突然変異個体と比べて高い評価を得ることがわかった。また、両個体の評価値の分散を見ると、突然変異個体よりも移住個体の方が分散が大きくなっている。このことから、突然変異個体に対する評価値が低い値周辺に集中しているのに比べて、移住個体に対する評価値にはややばらつきがあることがわかった。

Table 1 The average and variance of fitness of 3 mutated individuals and 3 migrated individuals

	The average of fitness value	The variance of fitness value
Mutated individual	1.997	1.115
Migrated individual	3.012	1.370

5.2.2 設計解の比較

IGA システムと PDIGA システムを設計解の面から比較を行う。比較方法として、設計解を各設計変数に分解し、各設計変数をさらに Hue&Tone に分解した。その例として、グループ C の Carpet の色を Hue&Tone に分解した結果を Fig. 4 に示す。Fig. 4 の左は PDIGA システムを、右は IGA システムを用いて各ユーザが設計した色を示している。Fig. 4 から、PDIGA システムで設計を行ったほうが各ユーザが互いに類似した色を設計していることが分かる。さらに、9 つのグループにおいて分散を算出した結果を Fig. 5 に示す。全ての設計変数に関して、ほとんどのグループにおいて IGA システムよりも PDIGA システムを使用した場合の方が、設計解に対する分散が小さくなった。

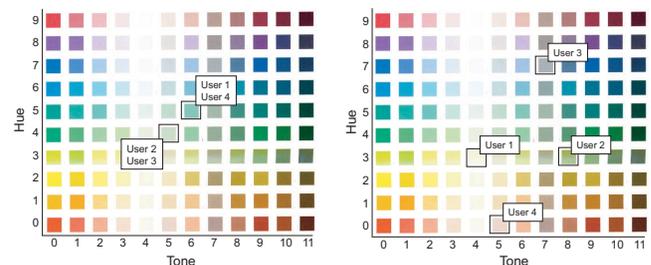


Fig. 4 The example of solution (left:PDIGA right:IGA)

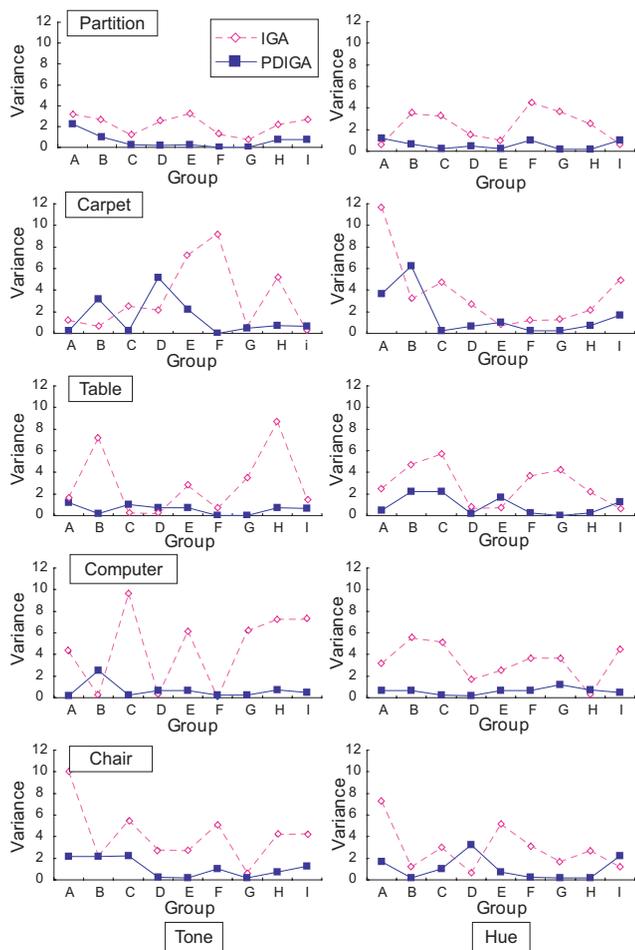


Fig. 5 The variance of elite solutions

6 考察

6.1 移住個体の評価

Table 1 における突然変異個体と移住個体の評価値平均及び評価値分散から、移住個体は突然変異個体に比べて高い評価を受けているが、ややばらつきがあることがわかる。これより、移住個体は突然変異個体に比べて解探索に役立つ良好な個体が多いこと、高く評価される個体と低く評価される個体の差が大きいことが言える。このことから、突然変異個体よりも移住個体のほうが解探索への影響力が高いと言える。ただし、他人の評価関数が自分と類似していない場合には、移住個体が解探索に役立たない可能性がある。そのため、移住個体に対して低い評価が与えられることがあったと考えられる。

6.2 設計解の比較

各グループで IGA システムと PDIGA システムの両システムの設計解を比較した結果、PDIGA システムで設計した解のほうが類似していることが分かった。また、Fig. 5 においても、ほとんどのグループで PDIGA の方が分散が小さくなっていることから、PDIGA システムを用いて解設計を行うと、グループ内の各ユーザの設計解は類似する傾向があると言える。このことから、グループ内

で合意形成を行い、1 つのものを作る協調作業を必要とする場合に PDIGA システムは有効であると言える。つまり、PDIGA システムは複数の人間で協調作業を行うコラボレーションツールとして期待できる。

7 結論

本研究では、並列分散モデルに基づく対話型遺伝的アルゴリズムの提案を行い、その有効性を検証した。実験より得られた結果を以下にまとめる。

1. 移住個体が突然変異個体よりも評価が高く、解探索に大きな影響を与えている。
2. PDIGA システムを用いることにより、合意形成を行い妥協案の生成を行うことが可能である。

実験結果より、移住個体はコンピュータによって生成された突然変異個体より解探索に影響力があることが分かった。このことから、他ユーザからが良いと考えた設計解がユーザの発想を支援しているといえる。また、一つのコンセプトを元に、複数の人間によって協調性の必要とする作業、あるいは一つの妥協案を生成するといった場合に、PDIGA システムを用いることで合意形成を行うことが可能であることが分かった。

参考文献

- 1) Hideyuki Takagi. Interactive Evolutionary Computation: Fusion of the Capabilities of EC Optimization and Human Evaluation. *Proceedings of IEEE*, Vol. 89, No. 9, pp. 1275–1296.
- 2) 高木英行, 畝見達夫, 寺野隆雄. インタラクティブ進化計算, 遺伝的アルゴリズム 4, pp.325-361. 産業図書, 2000.
- 3) 三木光範, 廣安知之, 畠中一幸, 吉田純一. 並列分散遺伝的アルゴリズムの有効性. 日本計算工学会.
- 4) 小野功, 佐藤浩, 小林重信. 単峰性正規分布交叉 UNDX を用いた実数値 GA による関数最適化. 人工知能学会誌, Vol. 14, No. 6, pp. 1146–1155.