

## 対話型遺伝的アルゴリズムのインターフェイス改善 ： GAの高速化手法の提案

印具, 毅雄  
九州芸術工科大学大学院

高木, 英行  
九州芸術工科大学音響設計学科

大崎, 美穂  
九州芸術工科大学大学院

<https://hdl.handle.net/2324/4481594>

---

出版情報 : pp. 859-862, 1997-06. 日本知能情報ファジィ学会  
バージョン :  
権利関係 :

## 対話型遺伝的アルゴリズムのインターフェイス改善 -GA の高速化手法の提案-

Improvement of Interface for Interactive Genetic Algorithms

-Proposal for Fast GA convergence-

印具 毅雄\*

高木 英行\*\*

大崎 美穂\*

Takeo INGU\* Hideyuki TAKAGI\*\* Miho OHSAKI\*

九州芸術工科大学 \* 大学院, \*\* 音響設計学科

Kyushu Institute of Design, \*Graduate School, \*\*Dept. of Acoustic Design

**Abstract:** To make interactive GA practical, we have tried to reduce psychological/physical burden of human operators by improving human interface and GA convergence. This paper proposes a method that combines GA and modeling human evaluation to make GA convergence better. In this proposed method, a quadratic function is fitted to a solution space in each generation, and the best individual obtained from the approximated function is replaced with worst individual obtained from real fitness function. We evaluated how the proposed method can make convergence better through simulations using five fitness functions of DeJong and drawing faces system with interactive GA. The results show that the proposed method can make GA convergence better in four functions of DeJong and drawing faces task and at least does not make the convergence poorer.

### 1. はじめに

解探索の一手法である対話型 GA (遺伝的アルゴリズム) では、人間が評価系となり、提示された解候補に対して主観的な評価値を与えることを繰り返す。したがって対話型 GA は、評価関数をモデル化するアプローチでは扱うことが困難だった人間の好み、感性、コンセプトに基づいたアプリケーションに広く応用されている [1]。

しかし対話型 GA には、操作者の負担が大きという問題点がある。特に、解候補や世代が複数の場合や解候補の印象の差が微妙な場合、操作者の負担が大きくなり評価が曖昧になってしまう。

そこで我々は、対話型 GA 操作者の心理的・肉体的負担低減に関する研究を行っている。負担低減には、人間が操作しやすいようにインターフェイス部分を改善するアプローチと、操作時間が短縮されるように GA 演算部分を改善するアプローチが考えられる。昨年度は、評価値入力インターフェイス改善として人間が楽に点数を与えられる入力方法を提案し、その有効性を示した [2, 3, 4]。

本研究では GA 演算部分の改善として収束の高速化手法を提案し、シミュレーション実験によってこの有効性を示すことを目的とした。提案手法によって GA の収束が速くなれば、対話型 GA 操作時の人間の負担低減だけでなく GA が応用される分野全般に貢献することが可能である。

### 2. 二次曲面あてはめによる GA 高速化手法の提案

対話型 GA では人間自体が評価系として組み込まれるので、心理空間上の人間の評価関数をモデル化する

る処理は含まれていない。人間の心理空間は非常に複雑でモデル化するのは難しいが、もし簡単な関数で近似的にモデル化し GA 演算と組み合わせることができれば、収束が速くなる可能性がある。

そこで我々は、対話型 GA の操作過程で得られる情報から探索空間を大局的にモデル化し、このモデルにおいて高い評価を得られる個体を生成して GA 演算に加える手法を提案する。

図 1 に提案手法の概要を示す。

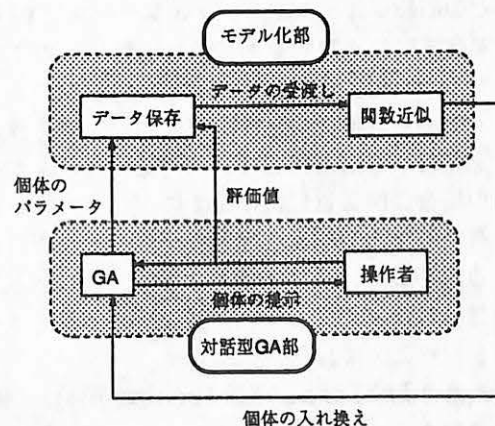


図 1: GA 収束の高速化のための提案システム

このシステムでは、GA が生成する個体のパラメータと操作者が入力する評価値を蓄えておき、そのデータに簡単な関数をあてはめて人間の評価をモデル化する。このモデルにおける最適解を求め、実際の評価系によって最も低い評価値を与えられた個体と入れ換えて、これらの個体を GA 演算に用いる。

提案システムのモデル化部では、最小二乗法によって探索空間に二次関数式 (1) を図 2 に示すようにあて

はめる。ただし式(1)において、 $x_i$ は個体を構成するパラメータ、 $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ は評価値、 $c$ は定数である。近似する関数として二次関数を選んだのは、複雑な探索空間でも最適解付近の形状や大局的な形状は二次関数に近い場合が多いと考えたからである。

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n (a_i x_i^2 + b_i x_i) + c \quad (1)$$

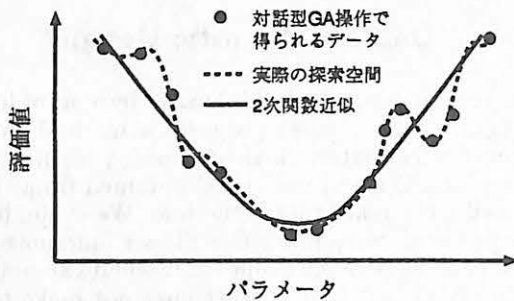


図 2: 探索空間のモデル化

### 3. 実験

提案手法により GA 収束の高速化が可能であるか調べるために、従来の GA と提案手法でシミュレーションを行い収束状況を比較した。

まず実験 I において、DeJong の 5 関数を用いてシミュレーションを行い提案手法がどのような探索空間に対して有効であるかを調べる。次に実験 II において、実際のアプリケーションの一つとして対話型 GA を組み込んだ似顔絵システムでもシミュレーションを行う。

探索空間に二次関数をあてはめる際にどのようなデータを用いればよいかは、探索空間の形状によって異なると考えられる。例えば大局的には二次関数とは異なる形状だが最適解付近は二次関数に近いような探索空間の場合、関数近似には全てのデータではなく評価値の高い優秀なデータを選んで用いた方がよいと考えられる。そこで、表 1 に示すようにあてはめる二次関数の係数算出に用いるデータ数を変えてシミュレーションを行うことにした。

その他の実験 I および実験 II の実験条件は、表 2 に示す通りである。

	使用するデータ数
提案手法 1	全て
提案手法 2	最小二乗法が適応できる最小データ数の 2 倍
提案手法 3	最小二乗法が適応できる最小データ数の 5 倍
提案手法 4	最小二乗法が適応できる最小データ数の 10 倍

表 1: 最小二乗法に使用するデータ数

	実験 I	実験 II
パラメータ数	関数による	18
遺伝子コード化	ビットコーディング	ビットコーディング
選択方法	エリート戦略	エリート戦略
突然変異率	2%	3.33%
個体数	20	20
世代数	100	100
評価関数	DeJong の 5 関数	目標の値とのユークリッド距離

表 2: 実験 I、実験 II の実験条件

GA の探索能力は初期乱数によってかなり異なるため、収束曲線を求める際は同じ条件ごとに 10 種類の初期乱数を用いたシミュレーションデータを平均した。さらに評価値の平均の差の検定を行い、従来の GA と各提案手法における収束曲線の間に差があるかどうかを定量的に調べた。

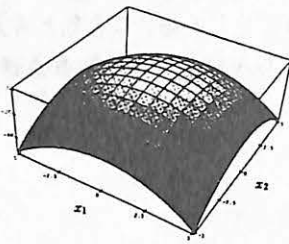
実験 I から得られた収束曲線と DeJong の評価関数の曲面を図 3 ~ 図 7 に、実験 II から得られた収束曲線を図 8 にそれぞれ示す。ただし DeJong の関数の曲面図は、文献 [5] より引用した。

### 4. 考察

実験 I の結果、今回のシミュレーションで F1、F4 において本提案手法の効果が顕著に見られた。F4 では同じ遺伝子でも評価されるごとに評価値が変わるため、通常の GA では最適解を求めるのが困難である [3]。対話型 GA は人間の評価の揺らぎからこのようなことが頻繁に起こるため、本提案手法は対話型 GA に非常に有効であると考えられる。

F3 では、近似に用いる個体数が多い条件 (提案手法 1、2) では収束が非常に速くなっている。F3 は大局的には二次関数の一部に形状が似ているが局所的には細かい凹凸があるため、近似に用いる個体数が少ない条件では提案手法の高速化効果が小さくなったと考えられる。F5 では、近似に用いる個体数が最も多い条件 (提案手法 1) においては提案手法と従来の GA の間に差はなく、個体数がより少ない条件 (提案手法 2、3、4) において収束が速くなった。様々なアプリケーションにおける実際の探索空間は、F3 や F5 のように凹凸を含み大局的もしくは局所的に二次関数に似た形状であることが多いと考えられる。したがって、本提案手法は勾配法では探索が困難な探索空間においても有効であると考えられる。

探索空間の一部が二次関数をさかさまにしたような形状になっている F2 では、提案手法と従来の GA の間に収束の差がなくなっている。



(a) De Jong の F1

$$-\sum_{i=1}^3 x_i^2$$

parabola

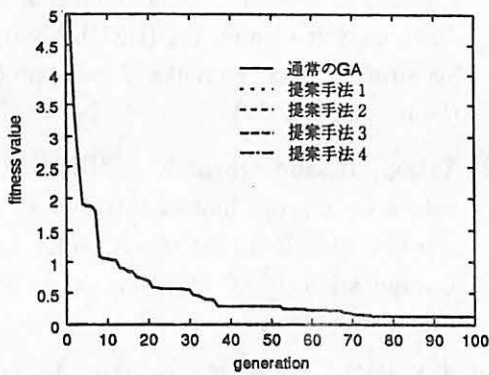
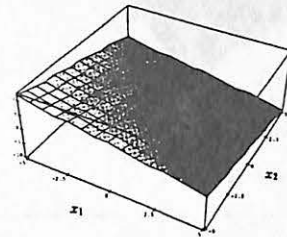


図3: 実験Iの結果 (関数 F1 の曲面と収束曲線)



(c) De Jong の F3

$$-\sum_{i=1}^5 [x_i]$$

step function

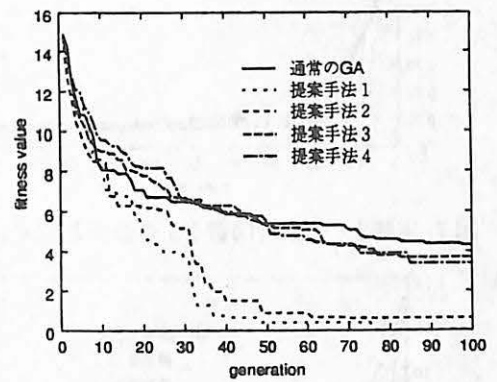
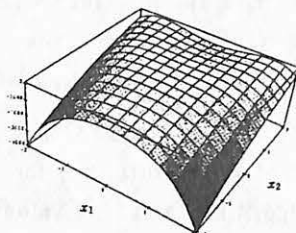


図5: 実験Iの結果 (関数 F3 の曲面と収束曲線)



(b) De Jong の F2

$$-(100(x_1^2 - x_2)^2 + (1 - x_1)^2)$$

Rosenbrock's saddle

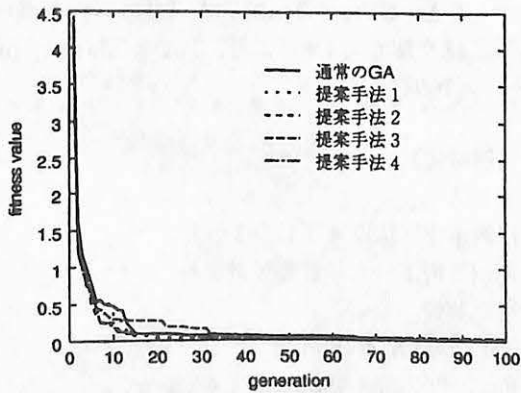
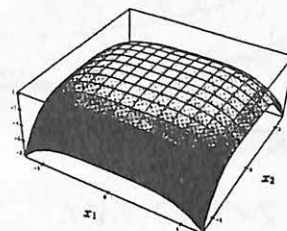


図4: 実験Iの結果 (関数 F2 の曲面と収束曲線)



(d) De Jong の F4

$$-\left\{\sum_{i=1}^{30} ix_i^4 + GAUSS(0,1)\right\}$$

quadratic with noise

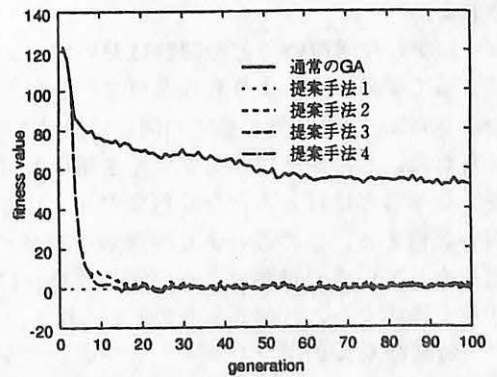
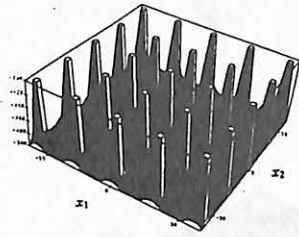


図6: 実験Iの結果 (関数 F4 の曲面と収束曲線)



(e) De Jong の F5

$$-\left[ \frac{1}{500} + \sum_{j=1}^{25} \frac{1}{j + \sum_{i=1}^j (x_i - a_{ij})^2} \right]^{-1}$$

Shekel's foxholes

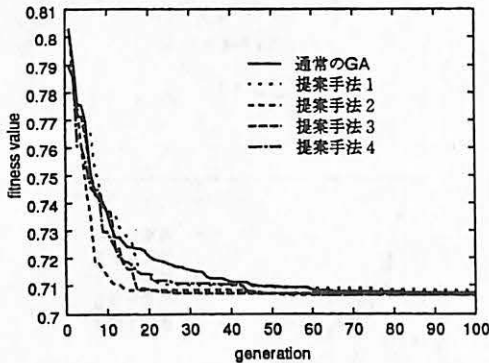


図7: 実験Iの結果 (関数F5の曲面と収束曲線)

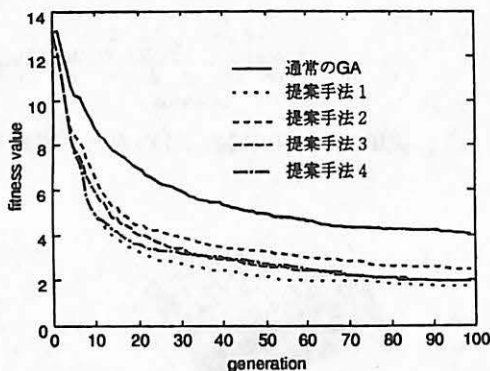


図8: 実験IIの結果

このように二次関数があてはまりにくい探索空間では提案手法による収束高速化の効果は少ないと考えられる。

しかし今回用いたどの関数においても、提案手法によって従来のGAよりも収束が遅くなることはなかった。さらに、F2以外の全ての関数で提案手法の効果が見られた。したがって本提案手法を用いれば、収束が悪くなることはほとんどなく収束が速くなる可能性が高いと言える。このことより、探索空間がどのような形状をしているか推測できないような場合にも本提案手法を適用することができると考えられる。

対話型GAのアプリケーションの一つを用いた実験IIでは、全提案手法において収束が非常に速くなっている。この実験では目標となる顔と生成された個体とのユークリッド距離を評価値としたため、探索空間が二次関数に近い形状となった。したがって実験IにおけるF1のように提案手法の効果が大きく出たと考えられる。

以上をまとめると、本提案手法は探索空間が推測できないような場合においても適応できると考えられる。探索空間が二次曲面に大域的に近似できる場合非常に収束が速くなる。本提案手法はGAの解探索が困難な評価の揺らぎが生じる場合に有効と考えられる。

今後は対話型GAにおいて被験者実験を行い、人間が操作を行っても収束が速くなるのかを評価する予定である。

## 参考文献

- [1] Aoki, K., Takagi, H., and Fujimura, N., "Interactive GA-based Design Support System for Lighting Design in Computer Graphics," Int'l Conf. on Soft Computing (IIZUKA'96), World Scientific, Iizuka, Fukuoka, Japan, pp.533-536 (Sept. - Oct., 1996)
- [2] Takagi, H. and Ohya, K., "Discrete fitness values to improve human interface of interactive GA," IEEE 3rd Int'l Conf. on Evolutionary Computation (ICEC'96), Nagoya, Aichi, Japan (May, 1996)
- [3] Takagi, H., Ohya, K., and Ohsaki, M., "Improvement of Input Interface for Interactive GA and its Evaluation," Int'l Conf. on Soft Computing (IIZUKA'96), Iizuka, Fukuoka, Japan, pp.490-493 (Sept./Oct., 1996)
- [4] Takagi, H., Ohya, K., and Ohsaki, M., "Improvement of Input Interface for Interactive Genetic Algorithms and its Evaluation," 12th Fuzzy System Symposium, Waseda, Tokyo, Japan, pp.513-516 (June, 1996)
- [5] 伊庭 斎志, "遺伝的アルゴリズムの基礎 -GAの謎を解く-, " オーム社, Tokyo, Japan, pp.17-18 (1994)

## 【連絡先】

〒815

福岡市南区塩原4丁目9-1

九州芸術工科大学音響設計学科

高木英行

Tel : 092-553-4555

Fax : 092-553-4569

E-mail : takagi@kyushu-id.ac.jp