

対話型遺伝的アルゴリズムにおけるインタフェース の改善および評価

高木, 英行
九州芸術工科大学音響設計学科

大宅, 喜美子
九州芸術工科大学音響設計学科

大崎, 美穂
九州芸術工科大学音響設計学科

<https://hdl.handle.net/2324/4481586>

出版情報 : pp. 513-516, 1996-06. 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における入力インタフェースの改善および評価

Improvement of Input Interface for Interactive Genetic Algorithms and its Evaluation

高木 英行

大宅 喜美子

大崎 美穂

Hideyuki TAKAGI Kimiko OHYA Miho OHSAKI

九州芸術工科大学 音響設計学科

Kyushu Institute of Design, Dept. of Acoustic Design

This paper proposes two methods that improve the interface of inputting fitness values for interactive GA and evaluates them. The proposed are "input method of discrete fitness values (method #1)" and "combinational input method of discrete and continuous fitness values (method #2)." They let operators not care about distinguishing and rating slight differences of the interactive GA outputs. First, we evaluate if the quantized noise of the proposed method causes bad convergence of GA search. Simulation experiment has shown that the proposed methods do not result bad convergence in practical order. Then, we evaluate how the proposed methods reduce human burden through subjective tests. The statistical test has shown significantly better result than the conventional input method of continuous fitness values. It has also shown that the method #2 has better performance than the method #1.

1. はじめに

対話型 GA(遺伝的アルゴリズム)では人間の評価系を評価関数とし、主観的評価を与える作業を繰り返す。提示される複数の候補を同時に比較しつつ評価することは操作者にとって容易であるが、音声や音響信号を扱うシステム [1] [2] [3]、1枚ずつしか表示装置に提示できない CG や CAD システムなど、GA の解候補が時系列的に提示される場合は比較評価が困難になり、操作者の心理的負担が大きくなる。また、世代を経ると疲労が増していき、判断基準も曖昧になってくることが考えられる。特に微妙な印象の差や評価点の差を数値で表現することは非常に困難である。このような操作者の心理的負担を軽減し、操作をより快適なものにする必要がある。本研究ではこの問題を解決するためのインターフェイス改善方法を提案し、その有効性を評価する。

2. 評価点入力方法の提案

今回提案する評価点入力方法は、提案手法 1: 評価値を離散値入力する方法、提案手法 2: 連続値・離散値を組み合せ入力する方法の 2 つである [4]。

主観評価時に心理的負担がかかる場合の 1 つとして、解候補の微妙な印象の差などを数値化して評価することが挙げられる。そこで細かい印象の差などを識別評定する負担を減らすように、「評価値を連続値入力する方法」に対して「評価値を離散値入力する方法」を提案し、その有効性を定量評価する。本文での離散/連続とは心理尺度上での区別である。例えば 5 段階評価に対して 100 段階評価とは、心理上の尺度では連続的な値で評価することに近い。この提案手法 1 が、特に解候補が時系列的に提示される場合の評価の困難さを解決するのに有効であるかどうかを調べる。

この提案手法 1 の効果を調べた主観評価実験から得た内観報告をふまえて、さらに提案手法 2 「連続値・離散値を組み合せ入力する方法」も提案する。

3. 実験

3.1. 実験 I

まず、離散値入力の方が連続値入力よりも操作者の心理的負担が小さくなるのかを心理実験により調べなければならない。しかし心理的負担が減っただけでは、離散値入力の方が優れているとはいえない。離散値入力法(提案手法 1)の場合、次に示す 2 つの問題点がある。1 つは評価値の量子化によって量子化ノイズが加わることであり、2 つ目は、本来評価点異なる複数の個体に対し量子化によって同じ最高点を与えられるため、エリート戦略がうまく働かなくなることである。これらの理由より、離散値入力法の場合は連続値入力法に比べて収束が悪くなると考えられる。そこで量子化ノイズが収束にどの程度悪い影響を及ぼすかを調べるため、連続値入力と離散値入力のシミュレーション実験を行なった。離散値入力の段階数は様々にし、どの程度の段階なら収束に問題がないかを調べることにした。

〈実験 I-1〉

連続値入力の場合と 15、13、11、9、7、5、3 段階離散値入力の場合について第 1000 世代目までの収束状況を調べるシミュレーション実験を行なった。各入力方法につき、GA 演算の初期値を乱数として 10 回シミュレーションし、これら 10 パターンの平均値を用いて入力方法の比較を行なった。

〈実験 I-2〉

量子化ノイズに人間の評価の揺らぎが加わった場合において、連続値入力と離散値入力を比較するシミュレーション実験を行なった。実際に人間が評価を行なう場合、評価の揺らぎが生じると考えられる。離散値入力による量子化ノイズが揺らぎによって生じるノイズに対し、微小なものであり無視できる程度かどうかを調べる。このため人間の評価の揺らぎに対応するようなノイズを付加して、実験 I-1 と同様のシミュレ

ション実験を行なった。

シミュレーションに用いる人間の評価の揺らぎノイズを調べるため、被験者1名による評価の予備実験を行なった。この予備実験では、1世代目、10世代目、20世代目に現れる20個体をそれぞれ1セットとして、各世代でランダムに並べ直した3セット×5回を評価させた。これにより同じ顔に対して5回ずつ得られた評価値から標準偏差を求め、これを評価の揺らぎ幅と仮定することにした。各世代での評価の揺らぎ幅は同じような傾向を示したので、全世代のデータをまとめて評価値に対する評価の揺らぎ幅を表すフィットネス関数を算出した(図1)。揺らぎノイズを考慮したシミュレーションを行なう際には、フィットネス関数の幅内におさまる一様乱数を生成し、評価値に加算した。

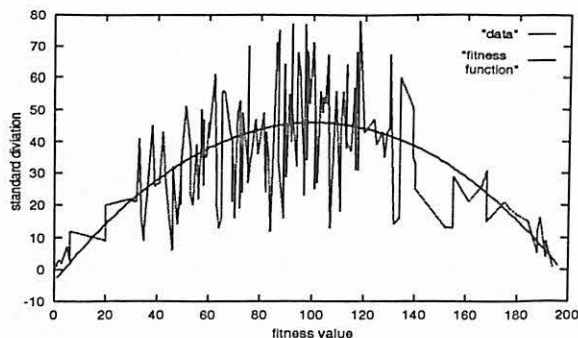


図1：人間の評価の揺らぎを調べる予備実験の結果

〈実験 I-3〉

実験 I-1 において、第 300 世代以降ベクトル距離はほとんど変動しておらず、第 1000 世代目ではほぼ 4～5 であった。今回用いた GA の解探索の限界はベクトル距離 = 4～5 であると考えられるが、局所解に陥ったまま脱出できなかった可能性も否定できない。

そこで、今回行なったシミュレーション実験で解探索が順調に進んだかどうかを確認するため、ベクトル距離値がほとんど変化しなくなる世代から突然変異率を変えるシミュレーション実験を行なった。実験 I-1 では各入力方法につき 10 パターンのシミュレーションを行なったが、それらの収束状況はよく似ていたので、実験 I-3 では 1 パターンのみを用いることにした。

3.2. 実験 II

本研究で提案した手法の効果を調べるために、系列範疇法と Sheffé の一対比較法を用いて主観評価実験を行なった。離散値入力の方が連続値入力より心理的負担が小さいのか、また離散値入力によって時系列提示の心理的負担を小さくすることができるか、を調べるように試料を選択した。実験に用いた試料は次の 4 つである。

試料 1：同時提示 連続値入力

試料 2：時系列提示 連続値入力

試料 3：時系列提示 離散値入力 (提案手法 1)

試料 4：時系列提示 連続値・離散値の組み合わせ入力 (提案手法 2)

実験には GA を組み込んだ似顔絵システムを用いた。連続値入力は 196 段階入力、離散値入力は 5 段階入力、マウスでストロークバーを操作して点数を入力する方法である。また組み合わせ入力は、各世代最初はおおまかな点数を入れるのみにし、点数順に並びかえたところで点数入力バーが細かく動く連続入力に切り替わり、おおまかに入れておいた点数を微調整することができるしくみである。

〈実験 II-1〉

試料 1、試料 2、試料 3 (提案手法 1) を用いた。被験者は 18 名で 6 名ずつの 3 グループに分け、次に示す試料提示順序で操作を行なわせた。

グループ 1

1 → 2	3 → 1	2 → 3	休憩
2 → 1	3 → 2	1 → 3	

グループ 2

3 → 1	2 → 3	1 → 2	休憩
1 → 3	2 → 1	3 → 2	

グループ 3

2 → 3	1 → 2	3 → 1	休憩
3 → 2	1 → 3	2 → 1	

提示順序効果をなくすためには合計 6 グループとするのが望ましいが、本実験では代わりに十分な休憩をはさんだ。それぞれ 3 世代分操作の後、その試料について評価・評価点の入力がしやすいかどうかの判定を行なわせる (系列範疇法)。この場合、1 人の被験者が 1 つの試料に対し 4 回判定を行なうことになる。判定は「評価・評価値の入力がしにくい (-2)～しやすい (+2)」の 5 段階で行なった。また各対を操作し終えた後、後に操作した試料が前に操作した試料に対して、評価・評価点の入力がどの程度しやすいかを判定させる (Sheffé の一対比較法) [5] [6]。

〈実験 II-2〉

試料 3 (提案手法 1) と試料 4 (提案手法 2) を用いた。被験者は 10 名で 5 名ずつの 2 グループに分け、次に示す試料提示順序で操作を行なわせた。

グループ 1

3 → 4	一週間	4 → 3
-------	-----	-------

グループ 2

4 → 3	一週間	3 → 4
-------	-----	-------

提示順序効果をなくすために、一対終わった後に 1 週間の間隔をあけてもう一対の実験を行なった。主

観評価の方法は実験 II-1 とほぼ同じである。ただし系列範疇法については、1 人の被験者が 1 つの試料に対し 2 回判定を行なうことになる。

4. 実験の結果と考察

4.1. 実験 I の結果と考察

実験 I-1 の結果のうち第 20 世代目までの結果を図 2 に示す。人間にとって実用的な世代数内 (第 10 ~ 20 世代程度) では連続値入力も離散値入力も収束状況にたいして差はない。連続値入力の場合と離散値入力の場合との相関係数をそれぞれ求めたところ、いずれの組み合わせでも 0.99 以上の値が得られた。従って、入力方法の違いは実用的にはあまり影響がないと言える。

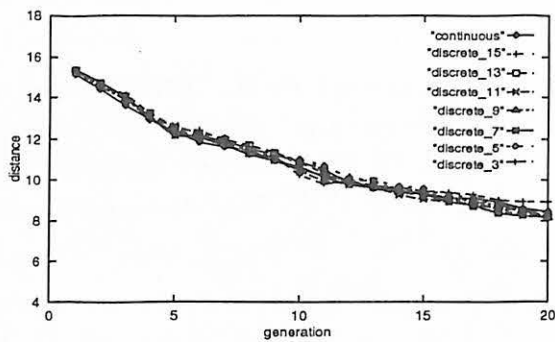


図 2：実験 I-1 シミュレーション実験の結果

実験 I-2 の結果のうち第 20 世代目までの結果を図 3 に示す。実験 I-1 と同様に、第 10 ~ 20 世代程度では連続値入力も離散値入力も収束状況にたいして差はない。また相関係数は、いずれの組み合わせでも 0.99 以上の値が得られた。従って人間の評価の揺らぎノイズを考慮に入れた場合においても、入力方法の違いは実用的にはあまり影響がないと言える。

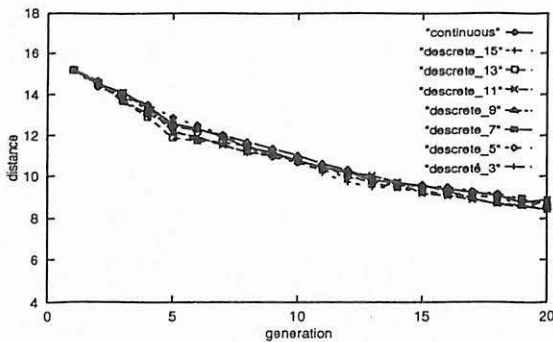


図 3：実験 I-2 評価の揺らぎをのせたシミュレーション実験の結果

実験 I-3 の結果を図 4 に示す。第 300 世代付近で突然変異率を高くした場合には全く改善が見られず、低くした場合には収束が良くなることが分かった。これより、今回のシミュレーションでは解探索が順調に進んだことが確認された。

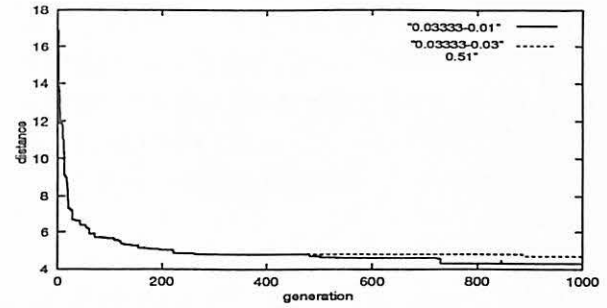


図 4：実験 I-3 突然変異率を変化させたシミュレーション実験の結果

4.2. 実験 II の結果と考察

実験 II-1、II-2 の系列範疇法の結果を図 5 と図 6 に、両者の一対比較法の結果を表 1 に示す。

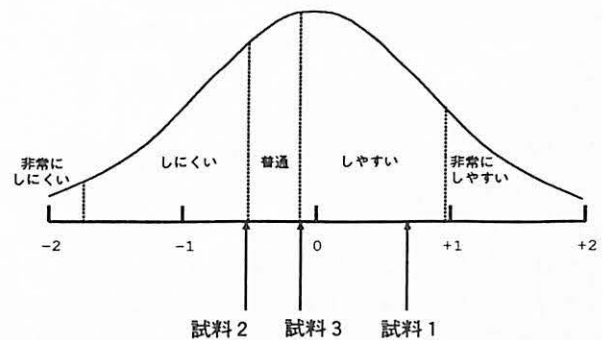


図 5：実験 II-1 系列範疇法の結果

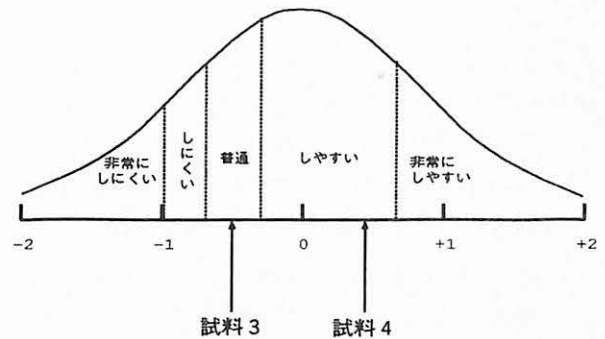


図 6：実験 II-2 系列範疇法の結果

実験 II-1 について、系列範疇法において (図 5) 試料 2 と試料 3 は明らかに異なる範疇に属している。また一対比較法において、試料 2 と試料 3 の間に危険率 1% で有意差が認められた (表 1)。以上の結果より離散値入力法 (提案手法 1) は連続値入力より操作者の負担を有意に軽減する効果があることがわかった。なお、一対比較法の分散分析の結果、組み合わせ効果や順序効果は有意とはならなかったため、いずれの組み合わせについても特に検討の必要はなく、また試料の提示順序についても適当であったと言える。

また、実験 II-2 については、系列範疇法において (図 6) 試料 3 と試料 4 は明らかに異なる範疇に属している。また一対比較法においても、試料 3 と試料 4 の

間に危険率1%で有意差が認められた(表1)。以上の結果より組み合わせ入力法(提案手法2)は離散値入力法(提案手法1)より操作者の負担を有意に軽減する効果があることがわかった。なお、順序効果は有意とはならなかったため、試料の提示順序は適当であったと言える。

実験II-1の結果を考慮すると、組み合わせ入力法(提案手法2)は、対話型GAの解候補が時系列提示される場合の操作者の心理的負担を同時提示の場合程度に軽減する効果がある可能性を示している。

表1: 実験2-1、2-2 対比較法の検定結果

入力法比較	2-3	3-1	3-4
有意差検定	○	×	○

○: 危険率1%で有意差あり

×: 危険率5%で有意差認められず

5. 結論

本研究では対話型GAの解候補が時系列的に提示される場合の評価の困難さを補う目的のため、従来の「評価値を連続値入力する方法」に対して「評価値を離散値入力する方法」と「連続値・離散値を組み合わせ入力する方法」を提案した。提案手法が収束状況に及ぼす影響を調べるシミュレーション実験と、提案手法の効果調べる心理実験より、以下のようなことが得られた。

- シミュレーション実験の結果、人間にとって実用的な世代数内(第10~20世代程度)では、「連続値入力法」と「離散値入力法」の収束状況には差がなかった。これより、入力方法の違いが収束に与える影響は少ないと考えられる。
- 心理実験の結果、「離散値入力法」の方が「連続値入力法」より評価・評価値の入力がしやすかった。「離散値入力法」は、時系列提示における評価の困難さを完全に補うものではなかったが、評価における心理的負担を軽減するのに有効な手法と言える。
- 心理実験の結果、「連続値・離散値の組み合わせ入力法」の方が「離散値入力法」よりもさらに心理的負担を軽減する手法であることが分かった。この手法によって、時系列提示における操作者の心理的負担をかなり軽減できると考えられる。

今後は対話型GAを実用技術にするため、提示インターフェイスの改善[7][8]などのインターフェイスの改善を続ける予定である。

参考文献

- [1] Watanabe, T. and Takagi, H., "Recovering system of the distorted speech using interactive genetic algorithms," IEEE Int'l Conf. on Systems, Man and Cybernetics (SMC'95), vol.1, pp.684-689, Vancouver, Canada (Oct., 1995)
- [2] Biles, J. A., "GenJam: a genetic algorithm for generating jazz solos," International Computer Music Conference, Aarhus, Denmark, pp. 131-137 (1994)
- [3] Damon, H., "Generating Rhythms with Genetic Algorithms," International Computer Music Conference, Aarhus, Denmark, (1994)
- [4] 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)
- [5] Ura, S., "An analysis of experiments of paired comparisons," Quality Control, vol. 16, pp. 78-80 (1959)
- [6] Sheffé, H., "An analysis of variance for paired comparisons," Am. Statis. Assoc. J., vol. 47, pp. 381- (1952)
- [7] Takagi, H., "System optimization without numerical target," NAFIPS'96, Berkeley, CA, USA (June, 1996) (will appear)
- [8] Takagi, H. "Interactive GA for System Optimization: Problems and Solution," 4th European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing (EUFIT'96), Aachen, Germany (Sept.2-5, 1996) (will appear)

【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