

対話型GAによる3次元CGライティングデザイン支援

青木, 研
九州芸術工科大学大学院

Takagi, Hideyuki
九州芸術工科大学音響設計学科

<https://hdl.handle.net/2324/4377902>

出版情報 : The transactions of the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers. J80-D-II (7), pp.1601-1608, 1998-07. Institute of Electronics, Information and Communication Engineers

バージョン :

権利関係 : 著作権は一般社団法人電子情報通信学会に帰属する。

対話型 GA による 3 次元 CG ライティングデザイン支援

青木 研[†] 高木 英行^{††}

Interactive GA-Based Design Support System for Lighting Design in 3-D Computer Graphics

Ken AOKI[†] and Hideyuki TAKAGI^{††}

あらまし 本論文では対話型 GA 技術を 3 次元 CG のライティングデザイン支援に応用した。5 人のアマチュアデザイナーに対し、与えられたモチーフに最適なライティングパラメータの設定を行わせる実験を、対話型 GA を用いた場合と用いない場合、更に対話型 GA を用いないで設定したパラメータを初期値に、対話型 GA を用いた場合の 3 通りで行った。この実験タスクには人物像に対する 3 灯ライティングのデザインを設定した。ライティング結果に対し、Sheffé の一対比較法および符合検定を評価者 20 名によって行い、対話型 GA によるデザイン支援の有効性を調べた。その結果、対話型 GA を用いない場合の評価が低いデザイナー、すなわち知識や経験の少ないデザイナーに対しては対話型 GA による支援効果が有意に現れた。一方、対話型 GA を用いない場合でも評価の高いデザイナーに対しては対話型 GA による支援効果は有意とは言えなかった。

キーワード 対話型 GA, コンピュータグラフィックス, ライティング, デザイン支援, 主観評価実験

1. まえがき

コンピュータの高性能化と低価格化が進んだ現在、3 次元コンピュータグラフィックス (CG) の使用は以前ほど高価ではなくなり、個人レベルでも使用が可能になってきた。また、マルチメディア産業の成長によってその需要も拡大したため、現在では 3 次元 CG の制作者はプロフェッショナルばかりでなく、セミプロやアマチュアまで広く拡大してきている。

しかし、安価で高性能な 3 次元 CG の制作環境は、高画質の 3 次元 CG を生成してはくれるものの、CG をデザインすること自体を支援するものではない。そのため、アマチュアにとって、高品質の 3 次元 CG をデザインすることは依然として困難である。

本研究の目的は、このような問題を解決するため、人間とコンピュータが協調的に作業することで人間の創造的な能力を拡大する技術を実現することにある。

デザインの作業は、色や明るさ、形状、配置など多数のデザインパラメータの最適化問題としてとらえる

ことができる。各デザインパラメータを最適な組合せに設定するには深い知識と経験が必要となるが、具体的なデザイン例に対し評価を与えるには、特別な知識や経験を要しない場合が多い。そこで本研究では対話型遺伝的アルゴリズム (対話型 GA) を利用し、デザイナーの主観的評価をフィットネス値として、最適なデザインパラメータの探索を行う。このように人間のもつ評価能力と、コンピュータのもつ探索能力を組み合わせることで、デザイン支援の実現を試みる。

GA はフィットネス値をベースに探索を行うので、デザイナーの主観的評価を直接フィットネス値として扱うことで、デザイナーの直観や、与えられたモチーフに対する解釈などを解の探索に反映させることができ、デザイナーは GA によるデザインパラメータ最適化の支援を受けつつデザインを進めることができる。対話型 GA のこのようなデザイン領域への応用は、画像や図を扱うシステム [2], [6], [11], 音楽を扱うシステム [4], 工学応用システム [17] などに用いられている。

本論文では特に 3 次元 CG におけるライティングデザインの問題をとりあげる。3 次元 CG においてライティングデザインは見る者に強い印象を与える重要なデザイン要素の一つである。基本的に 3 次元 CG は写真撮影のコンピュータシミュレーションであると言え

[†]九州芸術工科大学大学院, 福岡市

Graduate School, Kyushu Institute of Design, 9-1 Shiobaru 4-chome, Minami-ku, Fukuoka-shi, 815-8540 Japan

^{††}九州芸術工科大学音響設計学科, 福岡市

Department of Acoustic Design, Kyushu Institute of Design, 9-1 Shiobaru 4-chome, Minami-ku, Fukuoka-shi, 815-8540 Japan

るので、写真撮影にとって最も重要なデザイン要素の一つであるライティングは、3次元CGにおいても同様の重要性をもつ。

図1のようなライトの位置や向き、光線の種類、色、複数のライトの組合せなど、ライティングデザインのパラメータを最適に組み合わせるには深い知識と経験が必要であり、たとえ高性能の3次元CGの制作環境があったとしても、アマチュアデザイナーにとっては最適な調整をすることは困難である。しかし、一方で、複数のライティングデザインの結果を見て、その中のどのライティングデザインが良いかを判断することは、アマチュアデザイナーにとってもさほど困難なことではない。このような人間のもつ評価能力を使ってライティングデザインができれば、それはアマチュアデザイナーに対するデザイン支援となる。

そこで本論文の実験では対話型GAが3次元CGシステムを操作し、人間に複数のライティングデザインの結果を提示する。人間はこれに対し評価値を与え、対話型GAはその評価値から更に評価が良くなるようなライティングパラメータを探索する。

また、このような対話型GAによるデザイン支援の有効性について、支援を行わない場合との比較評価実験を行い、統計的に検定を行う。

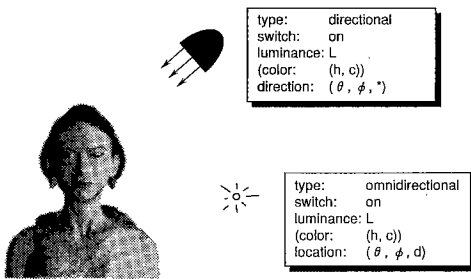


図1 3次元CGにおけるライティング
2種類のライトはそれぞれ2.に示されるようなライティングパラメータをもつ

Fig.1 Lighting in 3-D CG. Two types of lights have several lighting parameters described in Sect.2.

2. 対話型GAによるCGライティング

今回評価を行う対話型GAによるCGライティングデザインには、ライティングパラメータの種類とGA演算の方式がそれぞれ異なる二つのタスクと、GAの初期値の生成方法が異なる一つのタスクの計三つのタスクを用いた。表1に各タスクの実験条件を示す。

2.1 ライティングパラメータ

すべてのタスクにおいて、被写体、構図、ライトの数は共通で、女性上半身正面像の3灯ライティングとする。タスク間の主な違いは、タスク1が白色光ライトのみを扱うのに対して、タスク2およびタスク3は光の色のパラメータをもっており、GA探索の難易度が増していることである。対話型GAは図2に示されたパラメータの最適な組合せ解を探索する。

タスク1の三つのライトはそれぞれ6個のパラメータをもち、90bitの染色体に遺伝子コーディングされる(図2(a))。typeはライトの種類を示し、点光源か平行光源かを1bitで区別する。ON/OFFはライトを点灯させるかどうかを示す。luminanceはライトの明るさを示す。latitude, longitude, distanceは、typeが点光源の場合はライトの位置座標を、平行光源の場合は光束の方向を球座標で表す。

タスク2およびタスク3の三つのライトはそれぞれタスク1のパラメータに加え、ライトの色の色相を示すhue、飽和度を示すsaturationを加えた8個のパラメータをもち、114bitの染色体に遺伝子コーディングされる(図2(b))。

2.2 GA演算

タスク1に対し、タスク2およびタスク3ではGA演算の方式も多少異なったものを採用している。タスク1ではシンプレクス交叉[3]と非対称突然変異率を用いている。この方式では個体数の半分を、良い親2個体と悪い親1個体を使ったシンプレクス交叉により生成し、残りの半分はこれをコピーする。そして二つのグループに対してそれぞれ20%と0.2%の突然変異

表1 各タスクの実験条件
Table 1 The CG object and lighting conditions of three tasks.

タスク	被写体・構図	ライトの種類・数	ライトの色	交叉演算	突然変異演算	エリート数	個体数	GAの初期値
1	女性上半身 正面像	点光源・平行光源 3灯	白色光	シンプレクス 交叉	0.2%・20% 非対象突然変異率	2	9	一様乱数
2			可変	2点交叉	2%突然変異率	1		
3								手作業で作成 した個体から 10%突然変異

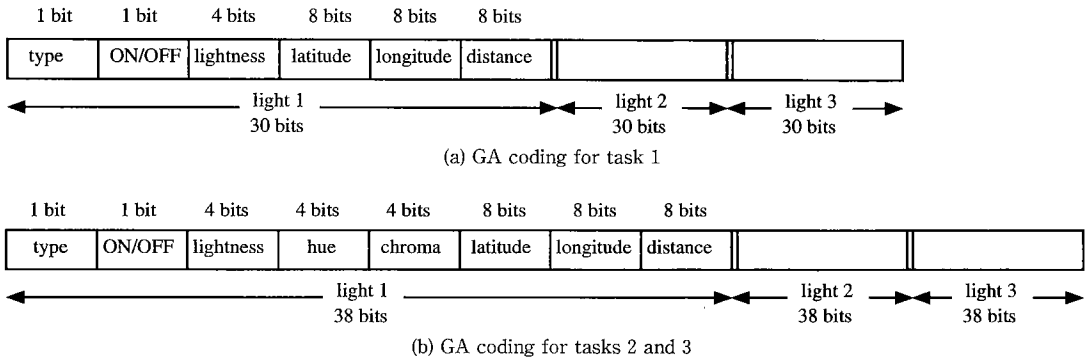


図2 ライティングパラメータの遺伝子コーディング 'type' はライトの種類が点光源か平行光源かを示す。'ON/OFF' はライトのスイッチ、'lightness' は照度、'hue' は色相、'saturation' は飽和度を表す。ライトが点光源の場合、'latitude'、'longitude'、'distance' はライトの位置を球座標で表し、ライトが平行光源の場合、'latitude'、'longitude' は光の進行方向を球座標で表す。

Fig.2 Parameters of three lights on a chromosome. 'Type' of a light is either an infinite or omni-directional; 'ON/OFF', 'lightness', 'hue' and 'saturation' are of lighting. When light is omni-directional, 'latitude', 'longitude' and 'distance' show its light position. When light is infinite, 'latitude' and 'longitude' show its light direction.

率で突然変異演算を行う。これは GA の広域探索能力と収束の高速性のバランスをねらったものであるが、文献 [16] の突然変異戦略とは多少異なっている。タスク 1 の個体数は 9 で、そのうち 2 個体はエリートとして前世代からコピーされる。タスク 2 およびタスク 3 ではより一般的な GA 演算を用いる。2 点交叉演算と、2% の突然変異率で突然変異演算を行い、個体数 9 のうち一つをエリートとして前世代からコピーする。

個体数が 9 というのは、通常の GA から考えると少なすぎるように思われるが、これは対話型 GA 特有の制約である。個体数が増加すると、多くの個体を一度に画面に表示できなかつたり、オペレータが何世代にもわたって全個体に対して評価を与えなければならないため、疲労が増加するなど、実用上の問題が生じてくる。このような対話型 GA システムのユーザインタフェースに関する問題は重要な研究課題の一つである。この議論については 6. で再度取り上げる。

2.3 GA の初期値

タスク 1 およびタスク 2 では、GA の初期値は一樣乱数によって与えられる。それに対しタスク 3 では、あらかじめ手作業によって一つの個体を作成して、その個体に対して 10% の突然変異率で突然変異演算を行い、残り 8 個体を生成して GA の初期値とする。

3. CG ライティングデザイン実験

3.1 ユーザインタフェース

本論文では手作業と対話型 GA を用いたライティングデザインの比較実験を行うが、それぞれのユーザインタフェースにはデザイナーの心理的負担を少なくするようにマウス操作だけで済むようなグラフィカルユーザインタフェース (GUI) を採用した。

手作業でライティングを行うソフトウェアでは、3 次元 CG 空間上での直接操作が行えるように、3 次元 CG ツールキットである Open Inventor を使って GUI を構築した (図 3)。この GUI では、ライトの位置や光の方向を表すオブジェクトを、マウスにより直接 3 次元 CG 空間上で動かすことができる。また、光の強さや色などはスライダーをマウスで動かすことで調整され、ライトの ON/OFF、種類の切換えはボタンをクリックすることで行われる。これらの調整によるライティング結果の変化はリアルタイムで画面に反映される。

一方、対話型 GA でライティングを行うソフトウェアでは、各ライティング結果の下に五つのボタンを配し、そのうちの一つをクリックする 5 段階評価法を採用した (図 4)。評価値の離散入力、オペレータの疲労軽減方法として採用した [9],[12],[15]。

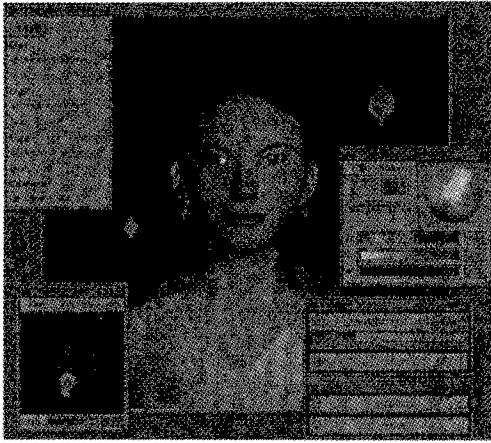


図3 手作業によるライティングデザインのための GUI
Fig.3 The graphical user interface for designing lighting by hand.

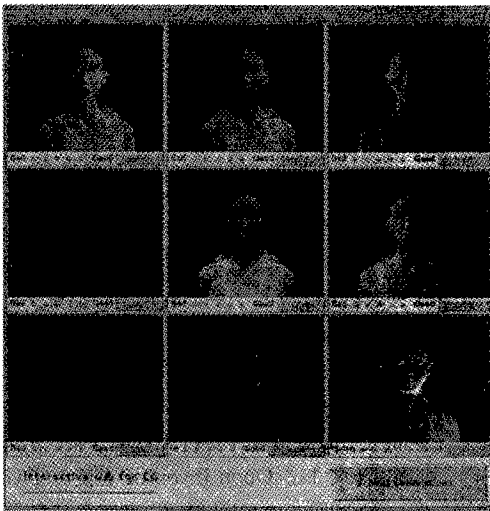


図4 対話型 GA によるライティングデザインのための GUI
Fig.4 The graphical user interface for designing lighting by an interactive GA.

3.2 手作業 v.s. GA

ライティングデザイン支援における対話型 GA の能力を評価するため、5人のアマチュアデザイナーにライティングモチーフを与え、対話型 GA を使った場合と使わない場合とでライティングデザインを行わせた。対話型 GA を用いた実験の実験条件には前節で述べたタスク 1 およびタスク 2 を用い、対話型 GA を用いない実験では、それぞれのタスクがもつライティングパラメータを手作業によって設定した。

表2 ライティングデザインのモチーフ
Table 2 Lighting design motives.

タスク 1	暗く陰鬱 明るくさわやか
タスク 2	映画のヒロインのパンフレット写真 映画の悪役のパンフレット写真

本実験は対話型 GA による支援効果の有意差を検定することが目的なので、順序効果を考慮し、同一のモチーフに対してははじめに手作業によるデザイン実験を行い、その後 1 日以上時間をあけて対話型 GA による支援実験を行った。この場合、順序効果があるとすると対話型 GA による支援実験のときに手作業による作品のデザインを記憶していることになるので、手作業による作品が対話型 GA による作品より有意に評価が高いことは示せないが、対話型 GA による作品が手作業による作品より有意に評価が高いことは示すことができる。

5人のアマチュアデザイナーの CG 制作経験年数は、それぞれ 0~2 年程度であり、対話型 GA を用いない場合にはその経験と知識のみでライティングを行うことになる。対話型 GA を用いてライティングを行う場合は、GA が生成した 9 個のライティング結果が各世代ごとに同時に表示され、デザイナーはそれぞれについて、どれだけ与えられたコンセプトに近いライティング結果であるかを 5 段階で評価する。

タスク 1 およびタスク 2 ではそれぞれ表 2 に示すようなモチーフをデザイナーに与え、それに合ったライティングデザインを行わせた。

タスク 2 では更にモチーフの追加説明として、「映画のヒロインのパンフレット写真」には「やさしい、かれん、ほがらか、前向き、正義感」という描写を与えた。また、「映画の悪役のパンフレット写真」に対しては「いじわる、しつこい、ずるい、こそく、邪悪、悪魔的」という描写を与えた。

タスク 1 およびタスク 2 で作成されたライティングデザインの例を図 5 に示す。なお、実際の実験では画像は CRT モニタ上にフルカラーで表示されるので、本論文の画像とは多少印象が異なっている。

3.3 手作業 v.s. 手作業 + GA

手作業で一度作品を完成させた上で、更に GA を用いて完成度を高めることができるかどうかを評価するため、タスク 2 で手作業により作成した作品を初期値として、対話型 GA を用いたライティングデザインを行う実験を行った。実験はタスク 2 の実験を行った 5



手作業 対話型 GA
(a) 「暗く陰鬱」



手作業 対話型 GA
(b) 「明るくさわやか」



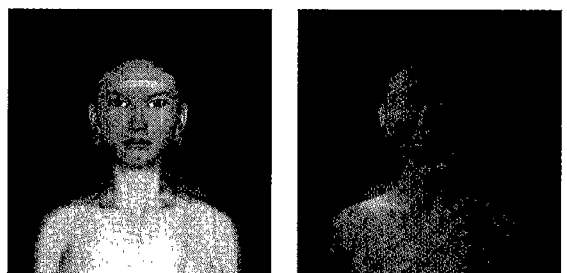
手作業 対話型 GA
(c) 「映画のヒロインのパンフレット写真」



手作業 対話型 GA
(d) 「映画の悪役のパンフレット写真」

図 5 手作業または対話型 GA によって作成したライティングデザインの作品例

Fig.5 Examples of lighting arts made by hand and with the interactive GA for the given motives.



「映画のヒロインのパンフレット写真」 「映画の悪役のパンフレット写真」

図 6 手作業 + 対話型 GA によって作成したライティングデザインの作品例

Fig.6 Examples of lighting arts made by hand + interactive GA for the given motives.

人のデザイナーに対して行い、実験条件は表 1 のタスク 3 に示されているものを用いた。また、モチーフはタスク 2 と同じものを使用した。この実験はタスク 2 の実験を行ってから約 4 か月経過後に行い、デザイナーには初期値に自分が作成した作品を使っていることを知らせなかった。タスク 3 で作成されたライティングデザインの例を図 6 に示す。なお、実際の実験では画像は CRT モニタ上にフルカラーで表示されるので、本論文の画像とは多少印象が異なっている。

4. ライティング作品の主観評価実験

4.1 Sheffé の一対比較法による評価実験

前章の実験で得られたタスク 1 およびタスク 2 のライティング作品を、Sheffé の一対比較法 [10] の浦の変法 [8] を用いて 20 名の評価者が評価した。

Sheffé の一対比較法は、評価者にライティング作品の対を提示し、その差を評価させる主観評価試験である。その評価者の評価結果から心理距離尺度が求められ、作品間の評価の有意差が分散分析によって検定される。

作品は、デザイナー 5 人がそれぞれ対話型 GA を用いた場合と用いない場合で作成しているため、一つのモチーフにつき 10 枚である。従って、主観評価実験に使われる作品の対は一つのモチーフにつき $10C_2 = 45$ 対である。

主観評価実験は作品制作時と同一の CRT モニタを用い、20 名の評価者を 4 人から 6 人の 4 グループに分けて行った。評価者には、(1) 作品がどの程度与えられたモチーフに合っているか、(2) 作品としての質がどの程度高いか、の 2 点についての総合評価を 1 対の

作品間で比較し、その差を5段階で評価させた。

評価者による評価を統計処理した結果を図7に示す。横軸は構成された心理距離尺度で、図の中の黒とグレーの線はそれぞれ95%および99%の信頼区間を表している。図の中央が評価の平均であり、右に行くほど評価が高いことを表す。心理距離尺度上で信頼区間が重なり合っていない作品間には評価に有意差があると言える。

4.2 符号検定による評価実験

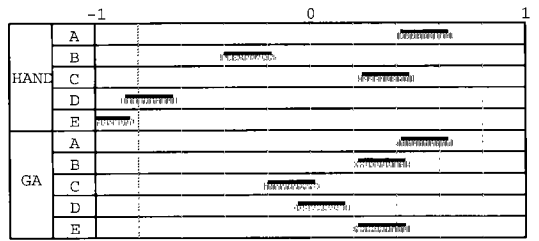
前節の実験、タスク3で作成された作品と、タスク3で対話型GAの初期値生成に使用された作品の間で、20名の評価者による主観評価を行い、評価の符号検定[7]を行った。5人のデザイナーがタスク3で作成した作品と、そのそれぞれの初期値生成に用いた作品を対し、(1) どちらの作品の方が与えられたモチーフに合っているか、(2) どちらの作品の方が質が高いか、について総合評価し、一方を評価者に選ばせる。その結果を符号検定することで評価に有意差があるかどうかを検定する。

主観評価実験は作品制作時と同一のCRTディスプレイを用い、20名の評価者を1~5名の数グループに分けて行った。評価者による評価を統計処理した結果を表3に示す。

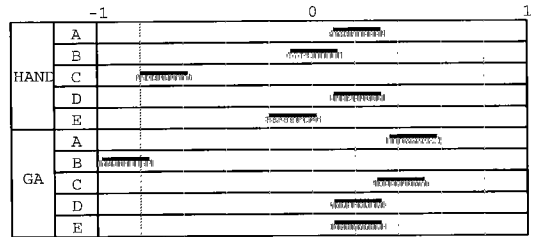
5. 考 察

図7に示されたタスク1および2の主観評価実験の結果から、GAの方式によらず、HANDで評価が悪かった (< 0) デザイナー (図7(a)のデザイナーB, D, E, (b)のデザイナーC, E, (c)のデザイナーC, D, (d)のデザイナーD) はGAを用いた場合、すべて有意に評価が高くなっていることがわかる。逆にHANDで評価が良かった (> 0) デザイナー (図7(a)のデザイナーA, C, (b)のA, B, D, (c)のデザイナーA, B, E, (d)のデザイナーA, B, C, E) はGAを用いた場合、評価に有意差があるとは言えないか、あるいは有意に悪くなる傾向が見られる。

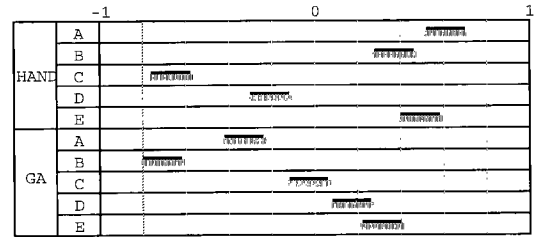
表3に示されたタスク3の主観評価実験の結果からも、HANDで評価が悪かった (< 0) デザイナー (図7(c)のデザイナーC, D, (d)のデザイナーD) の評価が支援を受けることで有意に上がっていることがわかる。一方、HANDで評価の高かった (> 0) デザイナー (図7(c)のデザイナーA, B, E, (d)のデザイナーA, B, C, E) は、タスク1および2の場合と同様に評価に有意差があるとは言えないか、あるいは有



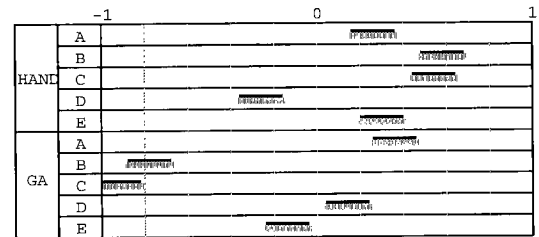
(a) 「暗く陰鬱」



(b) 「明るくさわやか」



(c) 「映画のヒロインのパンフレット写真」



(d) 「映画の悪役のパンフレット写真」

図7 主観評価実験の結果(a)から(d)の四つのモチーフについて、評価結果の信頼区間が心理距離尺度上にプロットされている。HANDは対話型GAを用いなかった場合、GAは用いた場合を示している。AからEはデザイナーを示す。黒とグレーの線はそれぞれ95%および99%の信頼区間を表し、グラフの右側が高い評価を表す。

Fig.7 Confidence interval of lighting arts made for four given motives on psychological scale. HAND and GA mean CG lighting made by hand and an interactive GA. A to E are five armature CG designers. Black and gray bars show confidence interval of 95% and 99%, respectively. Right side on the scale means better evaluation.

表 3 符号検定の結果 HAND の項は手作業での評価が平均より高い (+) か低い (-) かを示す。HAND + GA の項は手作業に比べ、有意に評価が高くなった (↑) か、低くなった (↓) か、有意差がない (0) かを示す。矢印の肩の星は 1%危険率 (**), 5%危険率 (*) を示す。

Table 3 Result of the sign test. ‘+’ and ‘-’ mean that manual design is better and poor than average, respectively. HAND + GA means the evaluation is improved significantly (↑), or it become worse significantly (↓), or not significant (0) from the evaluation of manual design. (**) and (*) mean ($p < 0.01$) and ($p < 0.05$), respectively.

(c) 「映画のヒロインのパンフレット写真」

designers	HAND	HAND + GA
A	+	↓**
B	+	0
C	-	↑*
D	-	↑*
E	+	0

(d) 「映画の悪役のパンフレット写真」

designers	HAND	HAND + GA
A	+	0
B	+	0
C	+	↓**
D	-	↑**
E	+	0

意に悪くなる傾向が見られる。

デザイン作業の過程は、ラフデザイン、すなわち概観的なデザインと、フィニッシュワーク、すなわち仕上げの微調整の二つの作業に大きく分けることができる。この作業の過程を対話型 GA によるデザイン支援に当てはめると、GA の特徴である多点探索による発見的探索がラフデザインにあたり、GA の最適解への収束がフィニッシュワークにあたると思われる。

実験タスク 1, 2 では GA の初期値が乱数であるため、デザイン支援はラフデザイン、フィニッシュワークともに行われることになるが、タスク 3 については対話型 GA の初期値が完成された作品をもとに生成されるため、そこからの更なるフィニッシュワークのみが支援の対象になると考えられる。

図 5 では、手作業による作品と、初期値が乱数である対話型 GA による作品とのライティングデザインが大きく異なっているが、図 6 の作品は GA の初期値生成に用いられた作品 (図 5(c), (d) 手作業) のデザインに似ていることから、このことが裏づけられる。

タスク 1, 2, 3, いずれの場合も、手作業でのデザインの評価が悪かったデザイナー、すなわち知識や経験の少ないデザイナーは対話型 GA の支援を受けることで有意に評価が高くなっている。このことから、知識や経験の少ないデザイナーに対しては、ラフデザインとフィニッシュワークの両方を対話型 GA で支援した場合も、フィニッシュワークのみを対話型 GA で支援した場合でも有意に支援の効果があると結論することができる。

一方、手作業でのデザインの評価の良かったデザイナー、すなわち知識や経験のあるデザイナーに対してはタスク 1, 2, 3, いずれの場合も有意に支援の効果は得られなかった。これは手作業によるフィニッシュワークが既に高いデザインレベルに達しており、最適解への収束の遅い対話型 GA ではそれ以上のフィニッシュワークを行うことが困難であったためと推測される。しかし、タスク 1, 2 において手作業の場合と大きく異なるライティングデザインを対話型 GA により得た場合でも、必ずしも有意に評価が悪くなっていないことから、モチーフに対する、多様なラフデザインを発見するという支援効果はあるものと考えられる。

今後、対話型 GA の最適解への収束速度を改善するなど、フィニッシュワークの支援性能を強化することができれば、経験のあるデザイナーに対しても支援の効果を得られる可能性が考えられる。

6. む す び

本論文では対話型 GA を 3 次元 CG のライティングデザインのタスクに適用し、アマチュアデザイナーに対話型 GA を用いた場合と、用いない場合、そして手作業でデザインしたものを初期値として対話型 GA を用いた場合でライティングデザインを行わせ、主観評価実験を通じて評価を行った。主観評価実験の結果から、対話型 GA は本論文で扱ったタスクの種類や GA 演算の違いに関係なく、特に知識や経験の少ないアマチュアデザイナーの支援に効果があったと結論することができる。一方、知識や経験のあるデザイナーに対しては本論文の実験では有意な有効性は見られなかった。しかし、対話型 GA の最適解への収束性を改善できれば、経験のあるデザイナーに対しても有効な支援が行える可能性がある。

対話型 GA を用いた実用的なデザイン支援システムを作るには、前述の最適解への収束性と共に、ヒュー

マンインタフェースも一つの重要なポイントとなる。我々は一連の研究として、対話型 GA を CG デザイン支援に応用する研究と共に、取束速度の改善 [5]、入力インタフェース [9], [12], [15]、および表示インタフェース [13], [14] についても研究を行っている。このような多角的なアプローチによって、対話型 GA によるデザイン支援の実用化が可能になると考える。

謝辞 本学の藤村直美教授には研究面でのアドバイスを多く頂いた。また、本学の源田悦夫助教授には 3 次元 CG の人体モデルデータを提供して頂いた。本研究は本学教育研究学内特別経費の助成を得た。併せて感謝致します。

文 献

- [1] K. Aoki and H. Takagi, "3-D CG lighting with an interactive GA," Proc. 1st Int'l Conf. on Knowledge-Based Intelligent Electronic Systems (KES'97), Adelaide, Australia, pp.296-301, May 1997.
- [2] S. Baluja, D. Pomerleau, and T. Jochem, "Towards automated artificial evolution for computer-generated images," Connection Science, vol.6, Nos.2 & 3, pp.325-354, 1994.
- [3] H. Bersini and G. Scront, "In search of a good evolution-optimization crossover," 2nd Conf. on Parallel Problem Solving from Nature, Brussels, Belgium, pp.479-488, Sept. 1992.
- [4] J.A. Biles, "GenJam: A genetic algorithm for generating jazz solos," Int'l Computer Music Conf. (ICMC'94), Aarhus, Denmark, pp.131-137, Sept. 1994.
- [5] 印具毅雄, 高木英行, 大崎美穂, "対話型遺伝的アルゴリズムのインターフェイス改善," 第 13 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.859-862, June 1997.
- [6] J. McCormack, "Interactive evolution of L-System grammars for computer graphics modelling," in Complex systems: from biology to computation, ed. D.G. Green and T. Bossomaier, pp.118-130, IOS Press, Amsterdam, Netherlands, 1993.
- [7] 中川聖人, 高木英行, "パターン認識における有意差検定と音声認識システムの評価法," 音響誌, vol.50, no.10, pp.849-854, Oct. 1994.
- [8] 日科技連官能検査委員会編, "官能検査ハンドブック," 日科技連出版社, 東京, 1973.
- [9] M. Ohsaki, H. Takagi, and K. Ohya, "An input method using discrete fitness values for interactive GA," J. of Intelligent and Fuzzy Systems, vol.6, no.1, pp.131-145, 1998.
- [10] H. Sheffé, "An analysis of variance for paired comparisons," J. of American Statistical Association, vol.47, pp.381-400, 1952.
- [11] K. Sims, "Interactive evolution of equations for procedural models," The Visual Computer, vol.9, pp.466-476, 1993.
- [12] H. Takagi and K. Ohya, "Discrete Fitness Values for Improving the Human Interface in an Interactive GA," IEEE 3rd Int'l Conf. on Evolutionary Computation (ICEC'96), pp.109-112, Nagoya, Japan, May 1996.
- [13] H. Takagi, "System optimization without numerical target," 1996 Biennial Conf. of the North American Fuzzy Information Processing Society (NAFIPS'96), Berkeley, USA, pp.351-354, June 1996.
- [14] H. Takagi, "Interactive GA for system optimization: problems and solution," 4th European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing (EUFIT'96), pp.1440-1444, Aachen, Germany, Sept. 1996.
- [15] H. Takagi, K. Ohya, and M. Ohsaki, "Improvement of input interface for interactive GA and its evaluation," Int'l Conf. on Fuzzy Logic, Neural Networks, and Soft Computing (IIZUKA'96), pp.490-493, Iizuka, Japan, Sept./Oct. 1996.
- [16] K.N. Wada, H. Doi, S.T. Tanaka, Y. Wada, and M. Furusawa, "A neo-Darwinian algorithm: Asymmetrical mutations due to semiconservative DNA-type replication promote evolution," Proc. of the National Academy of Sciences of the United States of America, vol.90, no.24, pp.11934-11938, Dec. 1993.
- [17] T. Watanabe and H. Takagi, "Recovering system of the distorted speech using interactive genetic algorithms," IEEE Int'l Conf. on Systems, Man and Cybernetics (SMC'95), Vancouver, Canada, vol.1, pp.684-689, Oct. 1995.

(平成 9 年 10 月 21 日受付)



青木 研 (学生員)

昭 63 東海短大・コンピュータイメージデザイン卒。平 4 千葉大・工・画像応用卒。平 8 九州芸工大修士課程了。現在、同大学院博士後期課程在学中。コンピュータグラフィックスおよび、ソフトコンピューティングによるデザイン支援に関する研究に従事。日本ファジィ学会, 日本デザイン学会各会員。



高木 英行 (正員)

昭 56 九州芸工大修士課程了。同年松下電器産業(株)入社, 中央研究所勤務。平 3~5 UC Berkeley 客員研究員。平 7 九州芸術工科大学音響設計学科助教授。博士(工)。ファジィ, ニューラルネット, 遺伝的アルゴリズム等の研究に従事。昭 63 年度本会榎原記念学術奨励賞, KES'97 Best Paper Award 各受賞。IEEE, 日本ファジィ学会, 日本音響学会, 人工知能学会各会員。