CG 画像の感性評価による対話型進化計算を用いたファサードガラス特性
の探索法の研究A STUDY OF A SEARCH METHOD OF FACADE GLASS ATTRIBUTES
BY AN AESTHETIC EVALUATION OF CG IMAGES APPLYING
AN INTERACTIVE EVOLUTIONARY COMPUTATION

松下大輔*, 宗本 順三**

Daisuke MATSUSHITA and Junzo MUNEMOTO

We tried the method to search the glass attributes, which are color, reflectance and transmittance, of objective glass facade images by an aesthetic evaluation of ray-tracing CG applying an interactive genetic algorithm. To verify the method, we firstly used the existent CG image as an objective image and searched it. Resultant acquired image closely resembled the objective image and both glass attributes are also close for the most part. We applied the method to a hotel facade, and reached an image that satisfied an chooser's expectation highly. The availability of this method to search the glass attributes by combining human aesthetic evaluation, high reproducibility of CG and multiple search procedure of GA was shown.

Keywords: *Interactive Evolutionary Computation, Aesthetic Evaluation, Search Method, Facade Glass, Computer Graphics, Ray Tracing Algorithm*

対話型進化計算, 感性評価, 探索方法, ファサードガラス, コンピュータ・グラフィックス, レイ・トレーシング法

1. はじめに

近年、ファサードにガラスが使用された建物が数多く建設されている。ガラスのファサードを持つ建物の外観の印象は、選定するガラスの特性によって大きく左右される。また、昼夜で異なる周囲の光環境も外観の印象に関係する等、ファサードガラスの見え方は多様である。ガラスの選定においては、部分的なサンプルや他の既存事例を元に、竣工後の状態を予測して検討したり、実物のガラスのモックアップで確認をしたりするなど、デザイナーの経験や完成イメージの推測能力に大きく依存している現状がある。そこで、デザイナーやクライアント等のガラスの選定を行う者（以下「選定者」）が、望ましい印象をもたらすガラスの特性を効率的に探索する方法があれば建築設計に有効であると考えられる。

一方、コンピュータ・グラフィックス(computer graphics、以下CG)の進歩は著しく、コンピュータの演算能力の増大と共に、仮想現実感(virtual reality、VR)等の技術が急速に発達しつつあり、今後さらなる発展が予想されている。建築設計過程においても、3次元CADによるCGを用いたスタディは、現時点では未熟な面もあるが、対象空間の可視化、把握等に最も有用な手法の一つである。CGは建築設計過程のあらゆる部分に導入され、不可欠な道具となっているといえる。人は擬似的に現実空間を表現したCGをもとに、自らの空間認識を補完的に用いて実物を推測し、両者を対応づけることによりシミュレーションを行う。本論においても、ガラスの性能値である、可視光反射率、透過率等を反映したシミュレ

ーションが可能な、レイ・トレーシング法^{注1)}によるCG画像を扱うことにより、ガラスの探索を模擬的に行うものとする。

「選定者」の目標とするガラスファサードの印象が明確な場合、目標の印象をもたらすガラスを同定するには、色や透過率、反射率といった複数の指標からなるガラスの性能値を知る必要がある。目標の印象を、手続的に性能値に翻訳することは、優れた「選定者」でなければ容易ではない。ガラスファサードの印象は、それらの複数の性能値の複合により決定されるためである。例えば、透過率が大きいガラスでも、反射率が大きく昼間の場合は、周囲の景色の映り込みによって、透き通って見えなくなったり、一方夜間で建物外部が暗く、内部が明るい場合は、透過率が大きければ反射率に関わらず透き通って見えるようになっていたりすることがあるように、それらの性能値は互いに依存しあって外観の印象を導いていると考えられる。

直ちに目標のガラスの性能値を見つけることは簡単でないが、任意に生成され、現前するガラスファサードの画像に対し、それらが目標とする印象とどれほど近似しているか、乖離しているか、自らの感性に基づいて評価することは比較的容易である。なぜ優劣をつけられるのかを理論的に説明することは困難であるが、対象が具体的に存在する場合に、それらに対して微妙な相違まで総合的に考慮して、どれほど好きか嫌いかと直感で判断する能力においては人間は優れているといえる。このような人間の持つ感性のはたらきを適切に用いて、代替案を探索して行く方法があれば有効であると考え

* 京都大学大学院工学研究科 助手・工博
** 京都大学大学院工学研究科 教授・工博

Research Assoc., Graduate School of Engineering, Kyoto University, M. Eng.
Prof., Graduate School of Engineering, Kyoto University, Dr. Eng.

られる。一方、人間は存在する代替案を感性で評価することは可能であるが、可能な代替案の総数が多い場合、その全てを検討することは、過大な時間や労力を要する。しかしデザインのスタディでは、一定の時間内に成果を残す必要があることを考慮すると、効率的な探索が求められる。すなわち、問題空間を適切に絞り込みつつ、かつ広範な問題空間を対象としながら代替案の探索を行う過程が必要となる。

そこで、目標の印象をもたらすガラスの性能値を効率的に探索してゆく手法として、コンピュータが進化計算により、あるガラスの性能値に基づいたレンダリング画像の代替案の生成を行い、「選定者」が生成された代替案に評価値を与え、その評価値が次の代替案の生成に反映されるという、対話型進化計算の可能性が考えられる。すなわち、「選定者」が目標として持つガラスファサードの印象と、提示される代替案とを照合し、感性に基づいてそれらの類似度を測ることで、評価を行う人間と適応システムとの対話により短時間で効率的に目標に近づいて行くことが期待される(図1)。

図1 「選定者」が明確なガラスファサードの印象を持つ場合における対話型進化計算を用いたガラスの性能値の探索

進化計算は、生物の進化の仕組みを適応システムと捉え、それにアナロジーを得て効率的に優れた解の探索を行う計算方法であるが、そこでは同時に存在する複数の解によって探索が進められる。つまり対話型進化計算において各世代で提示される複数の代替案を評価することは、あるデザインの過程における限定された問題空間を俯瞰し、次なる新たな問題空間を定義する指針を与えることに相当する。遺伝子表現されたガラスの性能値を表す代替案に、適者生存や有性生殖の概念に基づく遺伝的オペレータを適用することにより、代替案の評価の高い部分構造を進化させてゆく対話型進化計算の手法は、目標により近い印象をもたらすファサードガラスの性能値の効率的な探索に有効である(図2)。

図2 デザインプロセスと対話型進化計算を援用した代替案の探索との関係

2. 研究の目的

本論では、CG画像の感性評価による対話型進化計算を用いる方法を提示し、その方法が目標のガラスファサードの印象をもたらすガラスの特性の探索において、有効にはたらくことをシミュレーションにより確かめることを目的とする。対話型遺伝的アルゴリズム(Interactive Genetic Algorithm, 以下IGA)により、目標の

印象をもたらすガラスの性能値の概要を短時間で効率的に探索して行くモデルを作成して試行を行い、その有効性を考察する。本論の方法は、目標のガラスファサードを現実空間の光環境で得るためのガラス選択の精緻なスタディに資する点に意義がある。

3. 対話型進化計算を用いた探索の手順

はじめに、「ガラスファサードモデル」を作成する。「ガラスファサードモデル」は、CADアプリケーション内^{注2)}における、対象とするガラスファサードを持つ建物の3次元モデルと、ガラスの性能値を表す各パラメータからなる。これらの3次元モデルやパラメータを様々に設定して、各々の性能値に対応したレンダリング画像を作ることができる。この「ガラスファサードモデル」のパラメータを遺伝子化することにより、遺伝的アルゴリズム(以下GA)と組み合わせて「選定者」の評価を対話的に取り込んだIGAを用い、目標のガラスの性能値の獲得を行う。

4. 既往の研究

CGは、現実近似した表現ができることから、建築分野においても空間の把握を行うツールとして、これを用いたシミュレーション等が様々に行われ、数多くの研究がなされている(文献1~4等)。

人間の感性をデザインやものづくりに結びつけてゆく研究は、感性工学の形をとって、多くの工学分野やデザイン分野で様々な成果を上げている。中でも、進化計算に人間の評価を取り込み、対話的に人間の要求を明確にしてゆく手法として、対話型進化計算は幾つかの分野で試みられている。青木、高木⁵⁾は、人間の感性や嗜好をシステムに取り込む手法としてインタラクティブEC(対話型進化計算)を提案し、ライティングデザイン支援における対話型GAの有効性を明らかにした。建築分野においても、瀧澤、河村、谷⁶⁾は、対話型進化計算を用いたテーブルデザイン支援において、ユーザーの試行を定量化し、その予測の精度を明らかにした。筆者ら⁷⁾は、平面図形の形態創発を行い、木構造で表される形態構成規則を獲得するモデルを試みた。また他にも、李、位寄、両角⁸⁾、宗本、加藤、今村⁹⁾、Nguyen、Goldberg、huang¹⁰⁾によって、対話型のモデルが試みられている。

以上関連する既往の研究は様々にあるが、CGの高度な現実空間の再現性と、人間の感性評価の能力と、多点探索を行う進化計算による適応システムの利点を活用することにより、建築分野の当該デザイン問題において有効な方法を提示するものは筆者らのグループの他には見られない。本論の特色は、目標のファサードガラスの印象をもたらすガラスの探索という、人間の微妙な感覚が求められるデザイン問題に対して、写実的な空間表現が可能なレイ・トレーシング法によるCG画像の感性評価により、人間と適応システムとの対話において、より良い代替案を効率的に探索して行く点にある。

5. ガラスファサードモデル

はじめに、通りに面した南面に幅20m、高さ18mのガラスファサードを持つ低層の商業建物を想定する。ガラスは単板ガラスで、厚さは6mmとする。ガラスの性能値は、色(RGB方式)、反射率、透過率とする(図3)。ガラスのような透明物体の見え方に関する属性を設定するパラメータには、透過率、反射率、屈折率があるが、ガ

ラスファサードモデルのスケールとガラスの厚さの関係から、屈折の効果は小さいと考えられるので屈折率の値は1.56の定数を用いる。

図3 ガラスファサードモデル

以下に各性能値のCADアプリケーションにおける概要を記す。

- ①ガラスの色(拡散反射光)…物体表面が光源からの光を拡散反射する時、ある色の光を吸収する場合に、その物体表面は着色して見える。この色をシミュレートする属性を、「色」と呼ぶ。
- ②ガラスの反射(鏡面反射光)…物体表面が色を鏡面反射する時、これをシミュレートする属性を、「反射」と呼ぶ。
- ③ガラスの透過…ガラスのような透明物体が光が透過するとき、一部の光は物体表面で反射し、他の光は屈折し、場合によっては、ある色の光は吸収され、残りの光は反対側の物体表面に到達すると、ふたたび屈折して射出されていく。これをシミュレートする属性を、「透過」と呼ぶ。

6. 感性評価による対話型進化計算

(1) 遺伝子コーディングと評価の方法

GAでは、二値表現の数値列による遺伝子型と、ある解釈機構によって遺伝子型を翻訳した実際の問題空間における解である表現型が用いられる。表現型の評価によって決められる評価値が、遺伝子型の遺伝的操作に反映されることによって、解の探索が行われる。本研究では、ガラスの性能値は①ガラスの色②反射率③透過率からなる。色はRGB方式により0以上255以下の3つの整数の組で表され、染色体上ではそれぞれ8ビットずつとなる。反射率と透過率はそれぞれ0.00以上1.00以下の100段階の小数で表され、染色体上ではそれぞれ7ビットずつとなる。以上より全部で38ビットの長さの染色体にコーディングされる(図4)。ガラス面以外の物体の属性、無限遠光源、点光源、スポットライト等の光環境、背景は適宜設定し、固定とする。

画面(図5)注3)左側の代替案表示ウィンドウには、レイ・トレーシング法によってレンダリングされた8個体の画像を順番に、昼景と夜景を並べて表示する。「選定者」は表示された8個の代替案の感性評価により、画面右側のスコア入力ウィンドウに評価値を入力する。評価方法は1～7の整数で表される7段階評価とし、「選定者」の評価の高い代替案ほど大きい評価値を与えたとする。

ガラスの性能値 (10進数表記)	色			反射率	透過率
	R	G	B		
	173	252	222	0.10	0.90

GAにおける遺伝子 (2進数表記)	38ビット				
	8ビット	8ビット	8ビット	7ビット	7ビット
	10101101	11111100	11011110	0001010	0101101

図4 遺伝子化されたガラスの性能値の概要(数値は一例)

図5 画面表示

IGAのフローは以下のようになる(図6)。

- 1) 試行の対象とするガラスの色の系統を設定する。
- 2) IGAプログラムがランダムに初期個体を8個体生成する。
- 3) 色の系統の条件を満たしているかを調べ、満たしていない個体は突然変異させる。条件に当てはまる個体が全数得られるまで3)を繰り返す。
- 4) 10進数表記に書き換えた8組のガラスの性能値を、3次元CADアプリケーションに送り、昼景・夜景それぞれについてレイ・トレーシング法を用いたレンダリング計算を行う。
- 5) 得られた画像を「代替案表示ウィンドウ」に表示する。
- 6) 画面に表示された代替案に対して、「選定者」が評価を行い、評価値を「スコア入力ウィンドウ」に入力する。ここで十分望ましい代替案が得られたときは、試行を終了する。
- 7) 入力されたスコアをもとに、GA演算(選択、交叉、突然変異)を行い、次世代の個体を生成する。
- 8) 重複する個体を調べ、重複する個体は突然変異させ、異なる8個体が得られるまで繰り返す。
- 9) 3)に戻る。

図6 対話型進化計算のフロー

(2) 対話型進化計算の試行

1) CG画像のガラスの探索と性能値の比較検証

「選定者」^{注4)}が図7に示すCG画像の印象を目標として明確に持っているものと想定した。この予め作成された画像と十分近似した代替案が得られるまで試行を続ける。得られた画像と、目標の画像のガラスの性能値を比較することにより、探索が有効に行われているか検証する。「選定者」は試行において、CG画像と代替案との類似度を感性評価し、評価値を与えるのみで、ガラスの性能値を意識することはないが、参考のため世代ごとに性能値と、与えられた評価値の推移を抜粋して示す(図8, 9)。

図7 目標のガラスファサードの印象のCG画像

第10世代において、「選定者」は目標の印象と十分近似した代替案を得たとみなし、試行を終了した。ランダムに生成された初期世代の代替案はいずれも目標とする印象との相違が大きかった。初期世代内で評価が最も高かった代替案の性能値を見ると、目標の印象をもたらす性能値とは大きく異なることがわかる。すなわちこの試行は、初期世代において目標に近似した代替案が偶然生成されるこ

第0世代(初期世代)

R	G	B	反射率	透過率	評価値
38	93	158	43	37	5
53	201	66	48	11	2
15	144	4	13	52	2
126	78	33	20	69	4
55	109	242	37	35	2
43	125	35	21	17	1
21	35	180	74	25	4
62	193	207	17	45	4

第3世代

R	G	B	反射率	透過率	評価値
102	78	33	20	69	2
23	79	33	20	69	5
23	79	180	20	69	2
126	34	33	20	69	2
23	79	33	7	69	3
102	78	33	23	69	2
87	78	1	7	69	2
38	79	33	20	69	7

第6世代

R	G	B	反射率	透過率	評価値
168	247	127	63	26	1
38	79	161	20	69	2
6	75	33	21	69	6
6	79	33	20	69	1
23	79	33	20	56	2
6	75	33	20	69	4
38	79	33	20	69	2
23	79	33	20	69	2

第9世代

R	G	B	反射率	透過率	評価値
38	79	99	20	69	2
39	109	33	21	69	2
39	111	33	21	18	1
39	111	32	21	69	2
7	79	97	20	69	7
38	111	161	21	69	2
23	79	97	20	69	2
39	111	33	21	69	2

第10世代(試行を止めた世代)

R	G	B	反射率	透過率	評価値
39	109	33	19	69	—
7	79	97	20	56	—
7	79	97	20	69	—
38	79	227	20	69	—
39	109	33	21	69	—
39	111	32	21	69	—
34	79	99	20	69	—
7	79	97	21	69	(選択)

図8 各世代の代替案の画像と性能値とそれらに与えられた評価値

となく開始された。「選定者」が一世代の評価に要する時間は約15秒ほどで、感性に基づいた評価は比較的容易で、即座に行うことができた。初期世代から第5世代にかけて、代替案は目標の印象に速やかに近づいて行く過程が見られた。それと同時に、突然変異して現れる代替案以外は、ある一定の範囲内で類似した印象をもたらす代替案が頻出するようになった。このことは、感性評価と、それを反映した遺伝的オペレータが、各世代の代替案に適用されることによって、ファサードガラスの画像を表す遺伝子の中に、「選定者」の評価の高い部分構造が生まれ、進化して行く過程を表していると予想される。また一方、第6世代以降では、前述の一定の類似性の範囲を超える、優秀な代替案の出現はしばらく見られなくなった。代替案の目標への接近は停滞したようにも見られたが、各代替案の微妙な印象の違い、周囲の風景のガラスへの映り込みや、色合い、ガラスを通して見える建物内部の透け具合等の違いを相対的に評価値に反映させて試行を続けた。この間、初期世代から第5世代辺りまでの進化のすすみ具合とは違い、このように細部がわずかに異なる代替案が多く現れた。このようなレンダリング画像に表現される微妙な印象の差異を「選定者」は、見分けて、どれがより目標に近いかに評価した。第9世代において、目標の印象にかなり近似しているとみなせる代替案が現れ、第10世代において「選定者」は、試行を終了した。改めて目標の画像と、試行で獲得された画像を並べて比較すると、モニター上での差異はごくわずかであった。目標の画像を生成したときに用いたガラスの性能値と、獲得された代替案のガラスの性能値は、図7に示される。以上より目標の印象をもたらす少なくとも一つのガラスの性能値の組が獲得され、それは目標の性能値の組と概ね近似していた。より目標に近い代替案を得るには、より大きな解像度の画像を用い、さらに長く試行を継続する必要があると考えられる。

図9 各世代内の最高評価個体の性能値の推移

2)「選定者」の目標とする印象をもたらすガラスの探索

1)において、CG画像を目標とした場合にある程度近似した性能値が得られることが確認された。ここでは、あるプロジェクトの事例^{注5)}を対象に、「選定者」^{注6)}の目標の印象をもたらすガラスの探索を試みる。図10のようなホテル建築の客室部分のガラスファサードに対し、「選定者」は、自ら描いた図11のスケッチで表されるような、一部屋当たりの外観の印象を求めた。ガラスには白色のハーフトーンパターン

第0世代(初期世代)

0	R	G	B	反射率	透過率	評価値
221	188	111	31	69	5	
209	104	30	23	74	5	
223	241	212	45	29	2	
49	89	93	29	29	4	
244	51	238	11	28	3	
180	230	203	66	18	2	
84	232	135	22	45	4	
207	211	28	48	28	1	

第14世代

14	R	G	B	反射率	透過率	評価値
80	8	108	13	78		
84	8	236	0	78		
47	39	79	16	78		
80	72	124	12	78		
47	99	253	13	78		
175	56	88	70	21		
47	39	125	0	53		
36	8	78	16	78		

フトーンパターン状のセラミックプリント^{注7)}が施されることが与件として決定している。ここで昼間と夜間で図と地の関係が反転するような印象、すなわち昼間は半透明のガラスに白のパターン、夜間は内部の透けたガラスに黒のパターンとなる外観をもたらすガラスを探索した。ハーフトーンパターンは白色で、条件は固定とした。

図10 対象ホテルの客室部分の平面と立面

図11 目標の印象を表す「選定者」によるスケッチ

第7世代

7	R	G	B	反射率	透過率	評価値
36	250	231	11	78	3	
48	97	205	14	78	3	
48	249	230	11	79	4	
48	249	231	11	78	4	
36	102	205	23	45	2	
80	72	92	13	78	5	
48	249	199	14	29	1	
36	102	239	11	79	5	

獲得代替案 (昼)

(夜)

R	G	B	反射率	透過率
36	8	78	16	78

図12 各世代の画面の様子と第14世代において選択された代替案

図 13 各世代内の最良評価値個体の性能値の推移

第 14 世代において、「選定者」は目標の印象に適う代替案を得て、試行を終了した。各世代の画面の様子と、最終的に選択された代替案、そのガラスの性能値を図 12 に、各世代の最良評価値個体の性能値の推移を図 13 に示した。初期世代から第 7 世代辺りまでは、ガラスの透明感の割に反射が大きく、昼間のハーフトーンパターンが認識されにくいものが多かった。夜間の画像においても、建物内部があまり透過して見えないために、パターンが判別しにくくなったり、逆にガラスのみの部分よりも明るく見えるものがあった。第 8 世代辺りから以降は、夜間の画像については、かなり目標に近いものが現れてきた。一方、昼間の画像については、ガラスのみの地の部分が白っぽく明るいため、パターンが埋没して、あまり目立たないものしかなかった。また世代毎の代替案全体の傾向として、第 11 世代辺りまでは、異なった特徴を示す代替案が混合して世代内に存在していたが、次第にどの代替案も一定の似通った特徴を持つようになり、その共通の枠組みの中で、微妙な差異を有する代替案が多数を占めるようになって行った。このことは、はじめは「選定者」の評価の高い性能値の組み合わせを比較的広範に探索し、世代を経るにしたがって「選定者」の評価を反映した遺伝的オペレータが適当に用いられることによって、次第に「選定者」の評価の高い遺伝子の部分構造が形成されて、その構造の枠組みを維持することで、問題空間を絞り込み、探索を行っている様子を表しているのではないかと予測される。また、これは遺伝的アルゴリズムにおける積み木仮説 (Building Block 仮説)^{注 8)} で説明される進化の様子であると考えられる。第 11 世代辺りから、昼間においてもパターンが際立って見え、かつ部屋内部の奥行きが半透明のガラスの向こうに認識されるような、目標に近似した代替案が現れるようになった。第 14 世代において選択された代替案は、十分「選定者」の求める印象に近似したものであった。

7. まとめ

はじめに、本論で提示する方法により、有効に代替案の探索がなされるか検討するために、予め作成され、目標として与えられた CG 画像のガラスの性能値の探索を行った。全くランダムに生成された初期世代から試行を開始して、第 10 世代において、目標の印象に十分近似しているとみなせる代替案を得た。目標のガラスの性能値と、獲得された代替案のガラスの性能値を比較すると、特に大きく異なる値がなく、概ね近似していることが確かめられた。このことより、目標の印象が明確に存在する場合に、それに近似した印象をもたらす代替案を短時間の内に効率的に探索できることが提示された。ガラスの性能値の探索において、CG の高度な現実空間の再現

性と、人間の感性評価の能力と、多点探索を行う進化計算による適応システムの利点を適切に組み合わせて用いる本論の方法が有効であることを示した。さらに、ある建物事例を対象に試行を行い、「選定者」の求める印象のガラスの性能値の同定を行った。「選定者」はガラスの見え方の微妙な差異を総合的に判断して、画像のガラスの持つどのような特性が原因であるのか不明であるが、どちらかといえればこの代替案の方が目標に近いと思われる、という主観的な評価を行うことで、目標とする印象に近づいて行く過程が見られた。得られる特性値は CG の精度に依存するが、対象の適切なモデル化によって、本論の方法が適用可能であることを提示した。複数の指標からなるガラスの性能値を探索する問題は多目的な問題であるといえる。これに対して本論では、人間の感性の、対象を直感的、総合的に評価する能力を用いる方法を提示した。多目的性を維持しながら、効率的に目標に接近して行く方法は、今後コンピュータの演算能力と共に CG の再現性が一層向上し、CG 上の特性とガラスの物理的特性の精緻なデータの作成により両者の摺り合わせが行われることで、より正確なガラスの同定に発展して行くことが可能である。

謝辞

本論は、日本建築学会大会で発表された田中、宗本、松下の学術講演梗概^{文獻 11)}、田中の京都大学修士論文^{文獻 12)}をもとにしている。田中理恵氏(現在伊東豊雄建築設計事務所)には対話型 GA システムの作成において多大な協力を頂いた。感謝いたします。

注釈

注 1) レイ・トレーシング法 (ray tracing algorithm: 光線追跡法) とは、モデルの表面形状、色、反射率、透過率および背景の同様の条件を考慮し、光線一本一本を追跡し、演算するもので、高度な表現効果を得ることができるとされている。

注 2) 株式会社フロンティア社の Shade Professional version6 を用いた。これは建築設計分野等で広く用いられている 3 次元 CAD アプリケーションの一つである。

注 3) モニターの仕様は次の通りである。名称: EIZO FlexScan L557-FBK、サイズ: 43cm 型、パネル: カラー TFT 液晶パネル、画素ピッチ: 0.264mm 角、最大表示色 1677 万色、表示階調: 256 階調、輝度: 250cd/m²、色温度: 6500K。

注 4) ここでは、ある建築設計を学ぶ大学院生 (1 名) が「選定者」となった。

注 5) OMA Asia Ltd. (現 RAD) Sheraton Grande Walkerhill new annex (W hotels)

注 6) ここでは、ある建築設計を専門とする者 (1 名) が「選定者」となった。

注 7) ハーフトーンパターン (網点) とは、写真イメージを印刷する際の印刷手法であり、濃度によって大きな異なる点を並べることによって、画像を表現するものである。すなわちここでは、網点状にセラミックプリントが施されるガラスのシミュレーションを行う。

注 8) GA には、「GA の集団はスキーマ (schema) と呼ばれる最適解の部分解を保持する」というスキーマ定理と、「交叉、突然変異によってそのスキーマを組み合わせて最適解を構成して行く」という積み木仮説がある。

参考文献

- 1) 金 鍾河, 平尾和洋, 川崎 清: 視点・視対象間距離と色彩変化の関係, CG による距離感表現に関する研究 その 1, 計画系論文集, NO. 475, P. 209, 1995 年
- 2) 金 鍾河, 大影佳史, 平尾和洋, 川崎 清: 視点・視対象間距離による建物の色彩変化, CG による建物の距離感表現に関する研究, 計画系論文集, NO. 486, P. 241, 1996 年
- 3) 川崎寧史, 宗本順三, 大影佳史: CG による色彩遠近効果の景観描写法に関する研究, フィルタ処理操作による色彩遠近効果の研究, 計画系論文集, NO. 511, P. 153, 1998 年
- 4) 中山和佐, 佐藤仁人, 澤田敏実: ニューラルネットワークを用いた建物外観色彩遠近法の研究, 計画系論文集, NO. 510, P. 9, 1998 年
- 5) Ken Aoki and Hideyuki Takagi: 3-D CG Lighting with an Interactive GA, vol. 1 of the Proceedings of the 1st Int. Conf. on Conventional and Knowledge-based Intelligent Electronic Systems (KES' 97), Adelaide Australia, May. 1997.
- 6) 瀧澤重志, 河村廣, 谷明勲: 対話型進化計算法による家具デザイン—遺伝的プログラミングによるユーザーの嗜好の定量化と予測, 日本建築学会情報システム技術委員会 第 23 回情報システム利用シンポジウム, p. 175, 2000
- 7) 松下大輔, 宗本順三: 対話型進化計算による形態構成規則の獲得モデル, 計画系論文集, NO. 560, P. 135, 2002 年
- 8) 李 ワイ 強, 位寄和久, 両角光男: インタラクティブ色彩計画システム, 計画系論文集, NO. 537, P. 325, 2000 年 11 月
- 9) 宗本晋作, 加藤直樹, 今村元一: 直交グラフ描画法を用いた室配置手法, タブー探索法を用いた対話型多目的最適化, 計画系論文集, NO. 529, P. 279, 2000 年 3 月
- 10) Thang C. Nguyen, David E. Goldberg, Thomas S. Huang: Evolvable Modeling: structural adaptation through hierarchical evolution for 3-D model-based vision, Beckman Institute and Coordinated Science Laboratory, University of Illinois, 1993
- 11) 田中理恵, 宗本順三, 松下大輔: 対話型 GA を用いたファサードガラスの選定システム, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E1 (建築計画 I), p. 493, 2002 年 8 月
- 12) 田中理恵: 感性評価の学習を用いた対話型進化計算によるファサードガラス同定法の研究, 京都大学修士論文, 2003 年 2 月

(2003 年 12 月 15 日原稿受理, 2004 年 6 月 9 日採用決定)