

街路植栽計画において対話型 GA を用いた VR 景観提示システムに関する研究 A Study on VR landscape presentation system for street planting planning by Interactive Genetic Algorithm

○庄司 創^{*1}, 山邊 友一郎^{*2}
So SHOJI^{*1}, Yuichiro YAMABE^{*2}

^{*1} 神戸大学大学院工学研究科 大学院生

Graduates Student, Graduate school of Engineering, Kobe University

^{*2} 神戸大学大学院工学研究科 准教授 博士(工学)

Association Professor, Graduate school of Engineering, Kobe University, Dr. Eng.

キーワード：景観生成; 対話型 GA; VR; 街路植栽

Keywords: Landscape Formation; Interactive Genetic Algorithm; VR; Street Planting

1. はじめに

街路沿いに植えられている高木（樹木）や低木（花壇）の植栽景観に対する好みは、1人1人異なるものであり、またそれは歩行者や運転者の視点の高さや移動速度の違いによっても印象が異なるものである¹⁾。しかし、実際の計画において、市民1人ずつに対して景観の具体的な好みを把握することは技術的に難しいため、そのような主観的な嗜好性を反映した植栽景観の計画はあまり実施されていない。そこで本研究では、街路沿いに高木と低木が並ぶ景観に対して、VR上で歩行者・運転者の双方の視点からウォークスルーで体験させ、人間の主観的評価に基づいて好ましい植栽景観を形成するシステムを構築する。遺伝的アルゴリズムの評価フェーズに人間の評価を反映させた対話型遺伝的アルゴリズム²⁾³⁾（以下、対話型 GA と呼ぶ）をシステムに用いて5人の被験者を対象にそれぞれ実験を行い、ユーザーがどのような評価を経て、どのような景観を形成していくかを考察する。さらに、実験終了後にユーザーへのアンケートを行い、本システムの有効性を検討することを目的とする。

2. 植栽景観生成システム

2.1 対象街路のモデル

本システムでは、生成した街路植栽景観を被験者に評価させ、その評価を基に景観に対して、対話型 GA に基づく遺伝的操作を行って新たな景観を生成する。それをまたユーザーに評価してもらうという手順を繰り返すことで、より好みの景観へと進化させる（図1参照）。対象街路は神戸市にある街路の中で植栽のない街路を選んだ（図2）。この街路を対象として、Unity⁴⁾を用いて3Dモデル化したものを図3に示す。

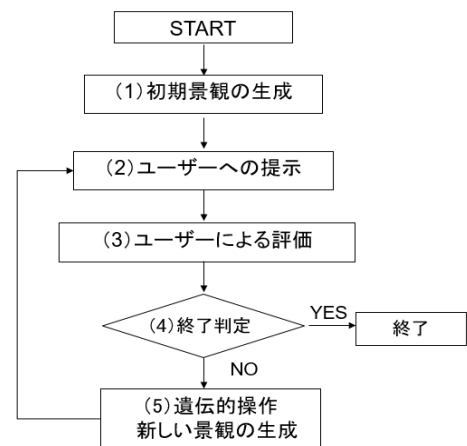


図1 システムフローチャート



図2 対象街路



図3 街路のモデル化

2.2 景観生成方法

景観 A と景観 B の 2 種類を生成する。植栽の並びは対話型 GA における 0 と 1 の遺伝子情報によって決定される。図 4 に示す平面図のスタート地点から 5m 間隔で 0～11 まで順番にアドレス番号を割り振り、計 12 個のアドレス 1 つ 1 つに対して 0 または 1 の数字を入れる。(図 5 参照)

0 が入った位置では高木が生成され、1 が入った位置では低木が生成される。初期景観はランダムな遺伝子によって生成され、以降の世代は被験者の評価を基に交叉や突然変異の遺伝的操作が行われて次世代景観が生成される。また、反対側の歩道沿いについても対称的に植栽を生成する。図 5 に遺伝子列の例を示す。

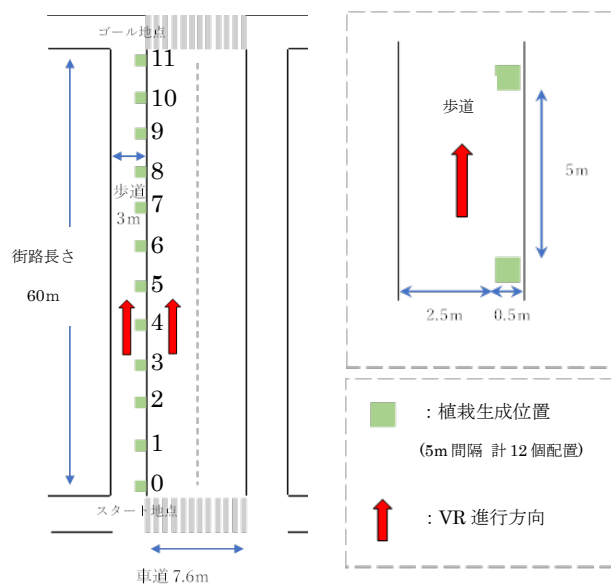


図 4 街路平面図

アドレス	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
遺伝子	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1



(0 : 高木を生成)



(1 : 低木を生成)

図 5 遺伝子列の例

2.3 景観の VR 体験

実際に被験者が VR で見る街路景観の例として歩行者視点の例(図 6)と運転者視点の例(図 7)を示す。VR ゴーグルを装着したユーザーに、街路をウォークスルーで進みながら景観を体験させる。視点カメラの位置や速度などを細かく設定できるため、現実のように歩いたり運転したりすることができる。本システムでは歩行速度を 1.36m/s、運転速度を 40km/h (11.1m/s) と設定した⁵⁾。ユーザーは首を周囲に振ることで建物等の周辺環境も確認できる。

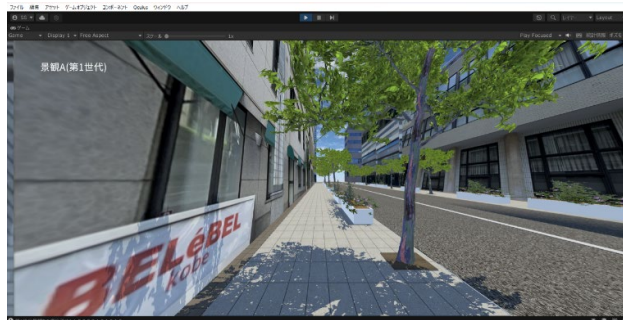


図 6 歩行者視点の例

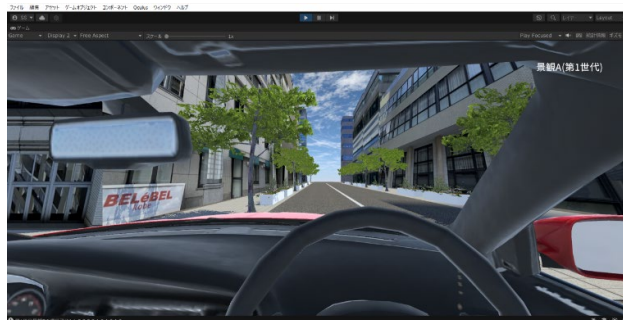


図 7 運転者視点の例

2.4 ユーザーによる景観評価

一対比較法⁶⁾とは、ある集団の中から個体を 2 つ取り出し、1:1 で相対比較させる評価手法である。作られた景観 A と B それぞれに対して歩行者視点でどちらが良かったか、運転者視点ではどちらが良かったかをユーザーは一対比較法によって点数を付ける。図 8 に一対比較評価における点数選択図を示す。



図 8 一対比較評価における点数選択図

選択した数値から総合的な評価を計算する。総合評価では、歩行者視点と運転者視点のそれぞれの点数をもとにして、片方の景観がもう一方の景観に対してどれぐらい良いか悪いかを割合で示す。式(1)～(2)に、景観 A と景観 B について各総合評価の重みの計算式を示す。

$$S_a = \left(\frac{P_a}{1 + P_a} + \frac{D_a}{1 + D_a} \right) \div 2 \quad (1)$$

$$S_b = 1 - S_a \quad (2)$$

S_a : 景観Aにおける総合的評価の重み

S_b : 景観Bにおける総合的評価の重み

P_a : 景観Aに対する歩行者視点での評価点数

P_b : 景観Bに対する歩行者視点での評価点数

D_a : 景観Aに対する運転者視点での評価点数

D_b : 景観Bに対する運転者視点での評価点数

景観 A、景観 B それぞれに対して歩行者視点と運転者視点の評価を合わせた総合的な評価を求めたが、その後続く操作である景観個体の遺伝的処理は、2 つの総合評価の差に基づいて行う。式(3)に、景観 A と景観 B の評価の差の計算式を示す。

$$\alpha = |S_a - S_b| \quad (3)$$

α : 景観 A と景観 B の総合評価の差の絶対値

2.5 遺伝的操作

ユーザーの評価結果を基に2つの親景観の遺伝子列に対して、(i)～(iv)のいずれかの遺伝的処理を行うことで次世代の子景観①、②を作成する。

子①は景観 A と景観 B の評価の重み(式 1.1～1.2 参照)を比較して評価が高かった優秀な個体をエリート保存で次世代へそのまま残す。

子②は、親個体の総合評価の差(式 1.3 参照)に応じて遺伝的処理の種類を変えるという方法をとって生成する。表 1 に総合評価の差に応じた遺伝的操作の種類を示す。

表 1 総合評価の差に応じた遺伝的操作

[α の値]	[遺伝的処理方法]
$\alpha \geq 0.5$ のとき	高評価だった親景観の方に突然変異の操作を行い、子②を生成
$0.5 > \alpha \geq 0.1$ のとき	親 A と親 B の二点交叉を行い、高評価だった親景観の遺伝子を多く含む個体を子②とする
$0.1 > \alpha$ のとき	ランダムに遺伝子情報を決定し、子②を生成

(α : 景観 A と景観 B の総合評価の差の絶対値)

表 1 に示すように、子②を生成する上での基本的な考え方として、優秀な親個体に対して突然変異または二点交叉の処理を加えることで景観を生成する。つまり、評価の差 α が大きく、どちらか一方の景観が大変良い評価であった場合は、なるべくその優秀な個体の遺伝子を残すために突然変異のみで景観を次世代に残す。景観 A、B の評価が同じぐらい、すなわち α の値が小さい場合は、交叉を行う。評価の差がより小さい場合はランダムに遺伝子情報を決定して子②の景観を生成する。

[遺伝的操作の種類]

(i) エリート保存

景観 A と景観 B において評価が高かった方の個体をそのまま次世代へ残す。

(ii) 交叉

二点交叉とし、交叉位置はランダムに決定する。生成した子の染色体のうち、前世代の優秀な遺伝子を多く含んでいる方の個体を1つ選択して次世代に残す。図 8 に交叉の例を示す。この例では、親となる景観 A の評価が景観 B よりも高かったとすると、子 A を次世代に残す。

[親景観 A]

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1

[親景観 B]

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0



[子景観 A]

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1

[子景観 B]

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0

図 8 二点交叉の例

(iii) 突然変異

評価が高かった方の親個体の遺伝子をランダムに変化させる。本システムでは突然変異率を 0.15 と設定した。図 9 に突然変異の例を示す。

[親景観 A]

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1

[子景観 A]

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1

図 9 突然変異の例

(iv) ランダム生成

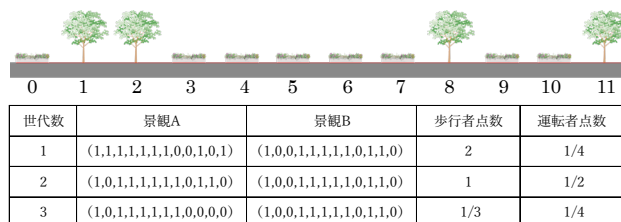
親個体の評価の差が小さい場合、局所解に陥る可能性があるため、ランダムに生成する。

3. 実行結果と考察

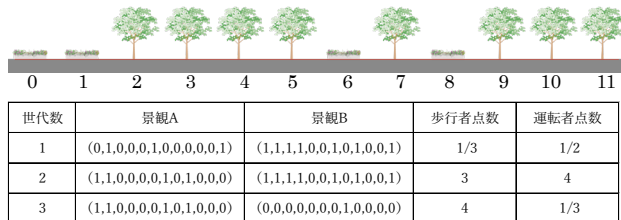
被験者 5 人を対象にケース 1～5 として景観形成システムを実行した。図 10 に各被験者が最終的に選択した景観とその過程を示す。実行結果より、多くのユーザーは、高木または低木だけで構成された景観よりも、高木と低木が交互に混ざり合っていて並んでいる景観を好む傾向があった。

ただし、高木の方が多くて視覚的に自然が多い景観を好むユーザーもいれば、低木が多くて視界が開けた景観を好むユーザーもいた。全体的に、歩行者視点では高木と低木の並びのバランスを気にするユーザーが多く、緑が多すぎても少なすぎても評価は低い傾向があった。一方で、運転者視点では、歩道上の歩行者が見えやすいという安全性を意識して低木中心の景観を選択するユーザーもいた。また、いずれの被験者も、対話型 GA のループは第 3 世代で終了させていた。これは、第 2 世代～第 3 世代で景観の変化が小さくなり、被験者にとって満足する景観が生成されたこと、あるいは、VR で景観を体験することの疲労感が大きくなったことなどが考えられる。

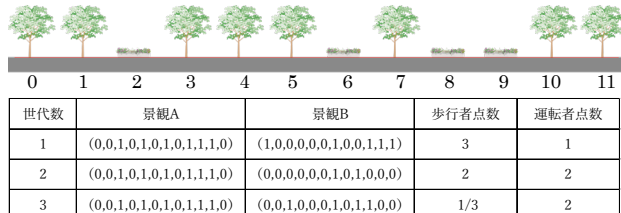
[被験者 1]



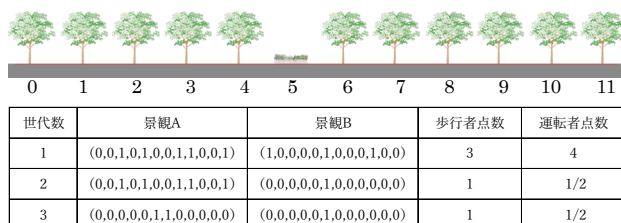
[被験者 2]



[被験者 3]



[被験者 4]



[被験者 5]

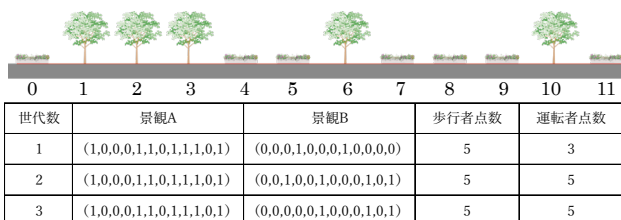


図 10 最終的な景観結果と生成過程

また、実験終了後に、本システムを体験した印象についてアンケートを行った。VR については、「景観がリアルに見られて評価に役立った」「臨場感があり、街の景観を想像して評価しやすかった」「VR が新鮮で楽しかった」などの肯定的な意見がある一方で、「目が疲れた」「VR 酔いした」などの使用感に関するデメリットも明らかとなった。また、評価方法については、「評価項目としてどちらも良い・悪いが欲しいと思った」「歩行者や車など他のオブジェクトを配置すると、より街の景観がイメージしやすい」などの意見があった。

4. 結論

本研究では、人によって好み異なる植栽景観を対象として、VR で街路のウォークスルーを体験させることで、各人の好みを反映した植栽景観を生成するシステムを構築した。実験では、被験者によって好みに差がありつつも、概ね高木と低木が交互に入り混じった景観が好まれる傾向があった。また、その傾向は運転車視点よりも歩行者視点で特に顕著であった。運転者視点では、歩行者の飛び出しに注意するため、視界が開けた低木が並ぶ景観を好むユーザーもいた。実験後に実施したアンケートでは、VR の使用に肯定的な意見が多く、VR が本研究の実施に有効であることを確認した。植栽景観の計画は環境的な面からのアプローチが多いが、人の好みという主観的な要素を取り入れた景観探索を行うことができた。そのため、このような探索方法によって導き出される景観は、実際の景観計画における 1 つの提示案として役立てることができると考える。今後の発展として、複数の被験者の評価に対して合意形成を行い、その合意評価を景観生成システムに反映させる予定である。

[参考文献]

- 市橋秀樹, 渡部力, 小島桃子: 街路植栽が歩行者および運転者心理に及ぼす影響, 公益社団法人日本造園学会 ランドスケープ研究, 63 (5), 795-798, 2000.3
- 北野宏明: 遺伝的アルゴリズム 4, 産業図書, 初版, 2000.8
- Atsushi Takizawa, Hiroshi Kawamura and Akinori Tani : Furniture Design Support System by Interactive Evolutionary Computing, Proceeding of Second Asia-Pacific Conference on Genetic Algorithms and Applications, pp.48-56, 2000.
- 安福健祐, 加藤銀河, 正満創太: ゲームエンジン (Unity, Unreal Engine), 映像メディア情報学会誌 71 巻 5 号, 353-357, 2017 年
- 松本直司, 清田真也, 伊藤美穂: 街路空間特性と歩行速度の関係, 日本建築学会計画系論文集 第 74 巻 第 640 号, 1371-1377, 2009.6
- 武田正則, 大迫正弘: はじめての AHP, 工学者, 初版, pp.8-9, pp.24-35, 2008