

住宅庭園設計支援のためのアルゴリズムックデザインに基づく提案機構の試作

橋本創[†] 夏目 欣昇^{††} 伊藤孝行^{†,†††}[†]名古屋工業大学情報工学科 ^{††}名古屋工業大学建築・デザイン工学科^{†††}名古屋工業大学大学院産業戦略工学専攻

1 はじめに

近年のコンピュータの高速化に伴い、建築の分野において、CADによる設計が一般的となり、マネジメント分野まで視野に入れたBIMが注目され目覚ましく進展している。そのため、与えられた条件を満たす設計をコンピュータが提案するアルゴリズムックデザインが注目を集めている。3DCGの描画が可能なコンピュータが一般的になったが、設計に関する知識や技能の不足などの問題により、期待するような成果物を作成することが困難な場合が多い。そのため、コンピュータを用いて設計を行う人は一部に限られている。本稿では住宅庭園設計支援のためのアルゴリズムックデザインに基づく提案機構(以下本システム)の試作を行った。本システムでは、ユーザがいくつかのパラメータを入力するだけで、コンピュータが自動で設計をし、設計案を提案する。ユーザはコンピュータによって提案された設計案を基に設計を行うことができるため、ユーザ自身では考えられなかった設計をすることもできる。また、設計に関してあまり知識のないユーザでも設計を行うことができる。

2 関連研究

アルゴリズムックデザインに基づく設計支援システムとして、スイス連邦工科大学チューリッヒ校のProf. Ludger Hovestadtらによる DesignYourOwnNeighbourhoodというプロジェクトにおいて開発されたソフトウェアの Kaisersrot[1]や、千葉大学平沢研究室によるAlgorithmic City[2]がある。建物の配置、自然度などのパラメータを入力することで、入力されたパラメータに基づいて、ビルや街路樹などを自動で配置した街の設計案を提示する。

アルゴリズムックデザインを利用することで、以下のような利点がある。

- ・ 様々なパラメータの組み合わせにより、多様な街の設計案を提案することができる
- ・ 今まで設計に参加できなかった住民が設計に参加することができる
- ・ 入力されたパラメータを示すことで、設計された街がどのような意図をもって設計されたのか、分かりやすく説明することができる。

3 庭園設計支援システム

3.1 概要

本システムはアルゴリズムックデザインの手法であるfDLA[3]やL-system[4]を応用した庭園の設計を支援するシステムである。fDLAとは、空間上に基点となる粒子を配置し、任意の位置に発生させた粒子との付着判定を行うことで凝集体を成長させていく手法であり、L-systemは、形式文法の一つで、初期状態から置換規則を適用していくことで、複雑な文字列を生成する手法である。

本システムでは、ユーザによるオブジェクトの追加・配置に加えて、アルゴリズムに基づき自動的にオブジェク

トの配置を行うことができる。アルゴリズムは2種類あり、小節3.2,小節3.3で詳細を述べる。小節3.2の手法では、集中して配置されやすく、小節3.3の手法では、分散して配置されやすい。

3.2 重点と気勢を考慮した木の自動配置

庭で最も厚みのある重点と、形や存在感から感じ取れる勢いの気勢を考慮して木を自動で配置する。以下の1,2,3,及び4に重点と気勢を考慮した木の自動配置で利用しているアルゴリズムの手順を述べる。

1. 地面をグリッドに分け、重点と非重点を選択する
 2. 重点と非重点の距離が適当ならば3.にすすむ。そうでなければ1.に戻る
 3. 重点と非重点の間に点を補完する
 4. 設定した点を基点としてfDLAにより木を配置する
- 4.において、重点に近いほど配置される木の数を多くし、重点に近いほど高い木を配置している。配置する木の数や高さを変化させることで、重点と気勢を表現している。配置される木の数と木の高さは以下の式(1),式(2)のように決定される。

$$\frac{trees}{n} + \left(\frac{n-1}{2.0} - i\right) \times \left(\frac{trees}{n} - 1.1\right) \times \frac{2.0}{n-1} \times diff \quad (1)$$

$$basicLength + gap + \left(\frac{n-1}{2.0} - i\right) \times \frac{2.0 \times gap}{n-1} \times diff \quad (2)$$

式(1)が基点の周りに配置される木の本数を示し、式(2)が基点の周りに配置される木の高さを示している。式中の n は基点の数であり、 i は基点のインデックスを示している。 i は $0 \leq i < n$ の範囲の整数であり、0に近いほど重点に近い基点である。また、 $diff$ は、重点と非重点のメリハリの差であり、 $0 \leq diff \leq 100$ の範囲の実数である。式(1)に含まれる $trees$ は自動配置される全体の木の本数である。式(2)に含まれる $basicLength$ は木の最低限の高さであり、生成される木の基本パターンによって異なる値をとる。また、 gap は生成される木の最大の高さと最小の高さとの差であり、 $basicLength$ と同様に生成される木の基本パターンによって異なる値をとる。

図1に重点と気勢を考慮した木の自動配置の例を示す。図1での地面上にある青い点が基点を表し、水色の青い矢印が気勢の流れを表している。矢印の始点が重点であり、矢印の終点が非重点である。

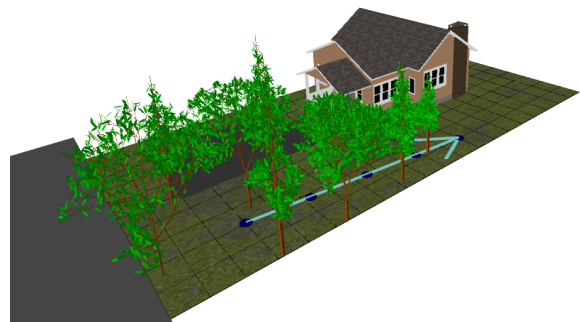


図1: 重点と気勢を考慮した木の自動配置

[†]Sou HASHIMOTO ^{††}Yoshinori NATSUME ^{†,†††}Takayuki ITO
[†]Dept. of Computer Science, Nagoya Institute of Technology
^{††}Dept. of Architecture and Design, Nagoya Institute of Technology
^{†††}Master of Techno-Business Administration, Nagoya Institute of Technology

3.3 fDLAに基づいた木の自動配置

fDLAに基づき木を自動で配置する。以下の1,2,3及び4にfDLAに基づいた木の自動配置で利用しているアルゴリズムの手順を述べ、図2に設計例を示す。

1. 地面をグリッドに分け、その中から1つを選択し、木の本数を決定する
2. fDLAにより、木の配置を計算し、配置する
3. 配置した木の数が、ユーザが設定した全体の木の木の本数よりも少なければ1.にもどる。そうでなければ4.に進む
4. 配置を完了する

以上の手順によりコンピュータによるDLAに基づいた自動配置を行っている。

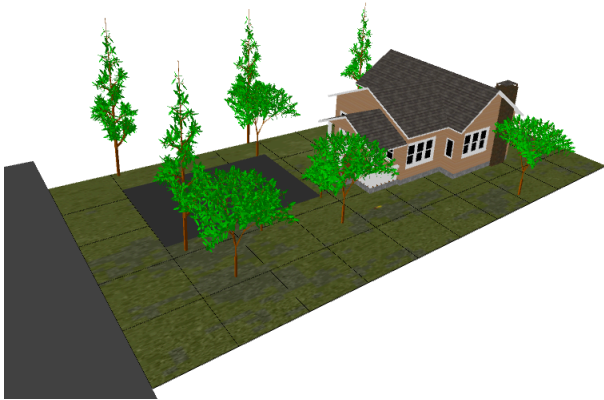


図 2: fDLAに基づいた木の自動配置

4 評価と考察

デザインを専攻としている学生10名に対してアンケートによる評価を行った。アンケートは、システムがアルゴリズムに基づいて自動的に提案した設計案に対して、システムを用いて修正を行った設計案に対する印象評価とシステムに対してのユーザビリティ評価を行った。印象評価の項目は16項目あり、5段階で評価を行い、ユーザビリティ評価に項目は7項目あり、5点満点の5段階での評価を行った。印象評価の結果を表1、表2にユーザビリティ評価の結果を表3に示す。

評価項目	評価得点				
	1	2	3	4	5
整然としたー雑然とした	24	72	34	69	21
きゅうくつなーひろびろとした	5	42	63	85	25
開放的なー閉鎖的な	25	103	53	35	4
平面的なー立体的な	9	29	19	85	78
複雑なー単純な	27	91	27	55	20
自然なー人工的な	41	86	31	48	14
明るいー暗い	27	112	57	21	3
重厚なー軽快な	17	50	37	97	19
あたたかいーつめたい	22	116	57	22	3
賑やかなー落ち着いた	15	85	34	62	24
弱々しいー力強い	1	27	56	99	37
装飾的なーシンプルな	12	110	34	43	21
洗練されたー地味な	22	112	40	32	14
ユニークなー平凡な	13	71	70	57	9
現代的なー伝統的な	6	53	96	50	15
すきーきらい	43	113	49	14	1

表 1: 3.2の手法を基にした設計案への印象評価の結果

評価項目	評価得点				
	1	2	3	4	5
整然としたー雑然とした	8	33	9	27	3
きゅうくつなーひろびろとした	1	16	17	33	13
開放的なー閉鎖的な	13	40	15	10	2
平面的なー立体的な	0	10	7	39	24
複雑なー単純な	9	28	11	25	7
自然なー人工的な	11	27	12	25	5
明るいー暗い	6	50	19	4	1
重厚なー軽快な	3	13	16	41	7
あたたかいーつめたい	5	47	22	5	1
賑やかなー落ち着いた	10	32	10	23	5
弱々しいー力強い	0	6	28	37	9
装飾的なーシンプルな	6	40	12	18	4
洗練されたー地味な	5	48	15	11	1
ユニークなー平凡な	4	32	21	21	2
現代的なー伝統的な	4	25	35	10	6
すきーきらい	8	61	9	2	0

表 2: 3.3の手法を基にした設計案への印象評価の結果

評価項目	評価得点				
	1	2	3	4	5
操作のわかりやすさ	0人	1人	1人	3人	5人
構成のわかりやすさ	0人	0人	0人	6人	4人
見やすさ	0人	2人	3人	3人	2人
反応のよさ	2人	7人	0人	1人	0人
好感度	0人	1人	5人	4人	0人
内容の信頼性	0人	2人	2人	5人	1人
役立ち感	0人	1人	3人	5人	1人

表 3: ユーザビリティ評価の結果

表1では、複雑なよりの評価が単純なよりの評価より約20%高く、自然なよりの評価が人工的なよりの評価より約30%高かったのに対し、表2では、複雑なよりの評価が単純なよりの評価より約6%高く、自然なよりの評価が人工的なよりの評価より約10%高かっただけであり、基にするアルゴリズムの違いにより複雑さや自然さについて、変化が生じる。表3より、評価得点1または2を否定的な評価、4または5を肯定的な評価とすると、反応のよさ、好感度を除く項目で過半数の肯定的な評価を得られ、高い評価を得られた。また、操作のわかりやすさと構成のわかりやすさでは肯定的な評価が80%以上であり、特に高い評価を得られた。だが、反応のよさでは90%が否定的な意見であり、改善が必要である。

5 まとめ

本研究では、アルゴリズムデザインに基づいて設計案の提案を行うシステムを試作した。また、アルゴリズムデザインを用いることでデザインについてあまり知識がない人でも簡単にデザインができるシステムとなっている。本システムでは、システムがアルゴリズムに基づいて設計案を提案することができ、重点と氣勢を考慮したアルゴリズムとfDLAに基づいたアルゴリズムの2種類を用いている。評価実験では、システムについてのアンケートを行い、操作のわかりやすさと、構成のわかりやすさという評価項目で特に高い評価を得られた。

参考文献

- [1] KAISERSROT, "DesignYourOwnNeighbourhood" http://www.kaisersrot.com/kaisersrot-02/2001_DesignYourOwnNeighbourhood.html
- [2] Algorithmic City http://hlab.ta.chiba-u.jp/images/hlab/download/acity_A3_2010.pdf
- [3] 千葉大学 平沢研究室-建築でコンピュータ、する? <http://hlab.ta.chiba-u.jp/>
- [4] James S. Hanan, F. David Fracchia, Deborah Fowler, Martin J. M. de Boer, Lynn Mercer, "The Algorithmic Beauty of Plants" <http://algorithmicbotany.org/papers/abop/abop.pdf>