

建築物の生成ルールと中華風や和風の複数のモデルを用いた Angry Birds のレベル自動生成

蒋 雨軒[†] 海段 美紗希[‡] 原田 智広[‡] ターウォンマット ラック[‡]
国際語学学院[†] 立命館大学[‡]

1. はじめに

本論文では、著名なゲームの一つである Angry Birds において、美観性の観点からレベル(ステージ)の自動生成手法を提案する。文法的に定義した建築物の生成ルールに、中華風や和風の複数の様式を適用することによって Angry Birds のレベルを生成する。中華風や和風の建築物を模倣した Angry Birds のレベルを自動生成するとともに、中華風や和風の建築物の特徴を混合した新たなレベルも生成する。生成したレベル及び実際の建築物を比較し、中華風や和風の建築物を模倣したレベルを自動生成可能であることを示す。本論文では、Ferreira 氏らが開発した Angry Birds のクローンを使用する[1]。同クローンは、GitHub¹ からダウンロード可能である。

2. 関連研究

2.1 モデルライブラリを用いた建築物の生成

既存研究[2]では、設定したパラメータによるモデルライブラリを用いて、和風や中華風、韓国風などのアジア風の 3D 建築物(宮殿、民家、寺院、塔、東屋など)を生成している。しかし、意図した様式の建築物を生成するためには、設計者がパラメータを適切に設定する必要があるという問題がある。

2.2 Video Game Description Language (VGDL)

VGDL[3]とは、ゲームのマップやルールなどのゲームコンテンツを記述するための言語である。VGDL には、可読性、簡単性、拡張性に優れ、ゲーム生成に多く用いられている。しかし、VGDL では各要素を任意の位置に配置可能であるため、建築物のように要素の位置関係に制限(例えば、屋根は一番上)がある構造物を生成する場合に自由度が高すぎるという問題がある。

3. 提案手法

VGDL での問題点を解決するために、本研究では 2D Building Construction Rule(2D-BCR) を提案する。レベルの生成手法として、文法的に定義した 2D-BCR に、複数の様式を適用することに

よって、中華風や和風の建築物を模倣したレベルを自動生成する。

3.1 2D Building Construction Rule

2D-BCR は建築物の構造を記述するルールである。同ルールでは、建築物を下から上まで

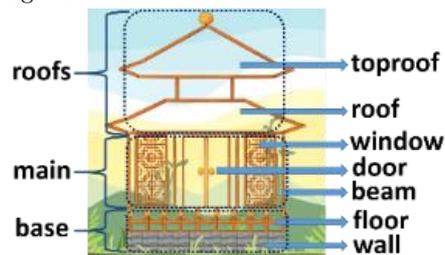


図 1: 建築物の構成

主に base, main, roofs の 3 要素に分割され、「wall」、「floor」、「beam」、「window」、「door」、「roof」、「toproof」の 7 つの要素で構成される(図 1)。

以下に、2D-BCR の文法をバックス・ナウア記法で示す。下記において、「<>」で囲まれた変数は非終端記号、囲まれていない変数は終端記号を表し、「::=」記号は左辺の非終端記号が右辺に展開されることを意味する。「|」記号は選択を表し、「|」記号で接続されたいずれかの変数に展開されることを意味する。

```
<building> ::= <base> <main> <roofs>
<base> ::= wall floor | wall | floor
<main> ::= beam <mainlist> beam
<mainlist> ::= window | door |
               <mainlist> <mainlist> |
               <mainlist> beam <mainlist>
<roofs> ::= <rooflist> | toproof |
            <rooflist> toproof
<rooflist> ::= roof | roof <rooflist>
```

3.2 複数の様式

本研究では、中華風と和風の様式をそれぞれ実際の建物の様式を模倣することによって作成する。beam と floor, wall は和風と中華風で共通のモデルを用い、toproof と roof, window, door に和風と中華風で異なるモデルを用いる。特に、beam は 1 種類のモデルを和風と中華風で共通して用いる。

3.3 ルール例と生成したレベル

2D-BCR に基づくルール例を以下に示す。また、ルール例に基づき生成したレベル及び類似する

Automatic Generation of Angry Birds Levels using Multiple Chinese-Style or Japanese-Style Models and Building Constructive Grammar Rules

[†]Uken Shou, Interculture Language Academy,

[‡]Misaki Kaidan, Tomohiro Harada, Ruck Thawonmas, Ritsumeikan University

¹ <https://github.com/lucasnfe/AngryBirdsCover>

実際の建築物を図2に示す。

```

<building> ::= <base> <main> <roofs>
<base> ::= wall
<main> ::= beam window beam door
           beam window beam
<roofs> ::= roof roof toproof
    
```

生成したレベルの建築物に一貫性を持たせるために、複数の同じ要素が存在

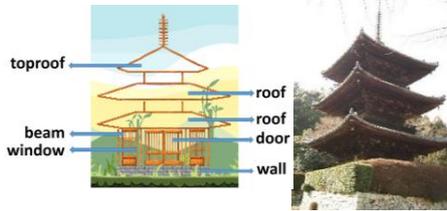


図2: 和風様式で生成したレベル(左)と類似する実際の建築物(右)は、同じ様式を選択する。具体的には、建築物に窓が2個ある場合には、同じ様式の窓を選択する。

3.4 生成可能なレベル数

2D-BCR で定義した各ルールを用いて生成可能なレベルの総数を算出する。2D-BCR に基づくルールは無数に考えられるが、本研究では建築物として妥当なルールとして中華風と和風それぞれについて表1の5つのルールを考える。また、各要素で選択可能なモデルの数を表2に示す。

表1: 中華風, 和風ルールのモデル含有状況

中華風	wall	floor	window	door	roof	toproof	和風	wall	floor	window	door	roof	toproof
ルール1	√	√	√	√	√	√	ルール1	√	√	√	√	√	√
ルール2	√	√	√	√	√	√	ルール2	√	√	√	√	√	√
ルール3	√	√	√	√	√	√	ルール3	√	√	√	√	√	√
ルール4	√	√	√	√	√	√	ルール4	√	√	√	√	√	√
ルール5	√	√	√	√	√	√	ルール5	√	√	√	√	√	√

表2: 中華風と和風及び共通要素のモデルの数

モデル	window	door	roof	toproof	共通モデル	wall	floor
中華風様式の数	3	3	3	2	様式の数	3	2
和風様式の数	3	3	3	2			

2D-BCR を用いて生成可能なレベルの総数 $f(x)$ は以下の式で算出される。

$$f(x) = \sum_{r \in R_x} \prod_{p \in P} N_{model}(x, r, p) \quad (1)$$

$x \in \{\text{中華風, 和風}\}, R = \{\text{ルール 1, \dots, ルール 5}\}$

$P = \{\text{wall, floor, window, door, roof, toproof}\}$

x は中華風や和風の様式を指定する変数, R_x は様式 x のルール, P は beam 以外の6要素を表す。

$N_{model}(x, r, p)$ は様式 x のルール r の中に含まれる要素 p のモデル数である, 要素 p が含まれない場合は1とする。

混合様式 (MIX) の生成可能なレベルの総数 f_{MIX} は以下の式で算出される。

$$f_{MIX} = \sum_{r \in R_{MIX}} \prod_{p \in P} N_{model}(MIX, r, p) - f(C) - f(J) \quad (2)$$

ここで $f(C)$ は中華風レベルの総数, $f(J)$ は和風レベルの総数である。混合様式のレベルの総数は、各ルールにより生成したレベルの数量から中華

風と和風のレベルの総数を引いた数である。

中華風, 和風, 混合様式でそれぞれの生成可能なレベルの総数を表3に示す。混合様式のルールは中華風と和風のルールを合わせた10ルールとする。表3より, 2D-BCRによる少量のルールと異なる様式のモデルを用意することによって, 多くのレベルを生成可能であることがわかる。

表3: 中華風, 和風と混合様式のレベル総数

中華風	567	個
和風	540	個
混合様式	10125	個

4. レベル自動生成

2D-BCR に基づいて生成した中華風, 和風及び混合様式のレベルと類似する実際の建築物を図3に示す。図3より, 生成したレベルと実際の建築物を比べると, 中華風と和風の建築物を模倣したレベルを自動的に生成可能であるといえる。



図3: 中華風(上段), 和風(中段; 右画像に関する著作権²⁾), 混合(下段)

5. まとめ

本論文では, 著名なゲームの一つである Angry Birds における美観性の観点から中華風や和風の建築物を模倣したレベル, 及び混合様式のレベル自動生成する手法を提案した。生成したレベル及び実際の建築物を比較し, 中華風と和風の建築物を模倣したレベルの自動生成が可能であることを示した。

今後は, 中華風と和風だけではなく, 様々な様式の建築物を模倣したレベルが生成することを検証する予定である。

参考文献

- [1] Luca Ferreira and Claudio Toledo, "A search-based approach for generating Angry Birds levels." Proc. of the 2014 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG 2014), Dortmund, Germany, pp. 1-8, Aug. 26-29, 2014.
- [2] Soon Tee Teoh, "Generalized Descriptions for the Procedural Modeling of Ancient East Asian Buildings," Eurographics Workshop on Computational Aesthetics in Graphics, Visualization and Imaging - Computational Aesthetics, pp.17-24, 2009.
- [3] M. Ebner, J. Levine, S. M. Lucas, T. Schaul, T. Thompson and J. Togelius, "Towards a video game description language," Artificial and Computational Intelligence in Games, Dagstuhl Publishing, pp. 85-100, 2013.

²[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:3AHijiri-jinja_\(Izumi%2C_Osaka\)_Hiraoka-jinja_honden.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:3AHijiri-jinja_(Izumi%2C_Osaka)_Hiraoka-jinja_honden.jpg) provided by I, KENPEI [GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>), CC-BY-SA-3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>) or CC BY-SA 2.5-2.0-1.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5-2.0-1.0/>)], via Wikimedia Commons