



# 身分パラメータを導入した 江戸民家のプロシージャルモデリングの検討

First Study on Procedural Modeling of Edo-House 3D Models with a Parameter for Social Status

関 隼利<sup>1)</sup>, 小池 崇文<sup>2)</sup>

Hayato SEKI and Takafumi KOIKE

1) 法政大学大学院 情報科学研究科 (〒 184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2, hayato.seki.2s@stu.hosei.ac.jp)

2) 法政大学 情報科学部 (〒 184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2, takafumi@hosei.ac.jp)

**概要:** 歴史的町並みを 3DCG で表現する際、時代考証に基づいたデザインが必要になる場合がある。歴史的町並みの 1 つである江戸に注目すると、民家は住民の身分ごとに、その材や造りが異なる。そこで本研究では、身分をパラメータとして扱う、江戸民家プロシージャルモデリング手法を検討する。本手法では、建物の材や造りを身分パラメータで制御し、民家 3D モデルを生成する。

**キーワード:** プロシージャルモデリング, 江戸民家, 身分, 町並み生成

## 1. はじめに

建物は都市ごとに、ある共通の特徴を持つことがある。Doersch らは、町並み画像のパッチの特徴量をクラスタリングし、その町並みを構成する要素を発見する手法を提案している [1]。一方建築学や民俗学では、現地での調査や、現存する資料を基に研究が行われる。また行政が、適切な町並みを定義している地域もある [3]。その場合、その町並みを満たすよう、修繕や保護を行う。この際、町並みを構成する建物について、その造りや材に着目している。ここで歴史的町並みのうち、江戸に着目する。江戸では、社会階級(以下、身分)ごとに、住居の造りや材が異なっていた [5]。筆者らは、この身分ごとの住居の違いが、江戸の町並みを表現する特徴の 1 つであると考えた。

事前定義されたアルゴリズムやパラメータに従い 3D モデル(以下モデル)を生成するシステムを、プロシージャルモデリングと呼ぶ。映画やゲームでは、モデルを利用し、町並みを表現することがある。この町並みを表現するためには、多数の建物モデルが必要となる。しかしそれら全てを手作業で作成するのは、手間がかかる。プロシージャルモデリングを用いることで、その手間が軽減されることがある。

映画やゲームでは、実在した都市をモデルで再現したり、モチーフにすることがある。この際アーティストが、都市の町並みの特徴を調査し、デザインを行う。最近では、過去の都市をモチーフにする際、時代考証に基づくことが求められることがある。そこで本研究では、江戸において重要な考証要素の 1 つである、身分に着目する。身分をパラメータとして扱い、その身分に合った民家を生成するプロシージャルモデリング手法を検討する。

## 2. 関連研究

都市をプロシージャルモデリングで作成するためには、道路網や建物モデルを生成し、道路網に建物モデルを配置する必要がある。Sun らは都市を構成する要素のうち、道路網を生成する手法を提案している [6]。この手法では、テンプレートに基づき道路網を生成出来る。

筆者らは、道路網は町並みを表現する特徴の 1 つとして考える。しかし町並み表現には、生成した道路網に、建物モデルを配置する必要がある。そのため本研究では、建物モデルを生成する手法に注目する。

Wonka らは、プロシージャルモデリングで建物モデルを生成する手法を提案している [7]。この手法では、面を分割することで、建物の正面(以下、ファサード)を表現する。Nishida らは CNN を利用し、単一画像から建物モデルを生成する手法を提案している [4]。この手法では、建物の単一画像とユーザが入力した建物輪郭からパラメータを推定し、建物モデルを自動生成する。CNN によるパラメータ推定を可能にするため、建物形状やファサード、窓などの種類を事前定義する。この際事前定義や利用したデータは、西洋の建物を基にしている。そのため瓦、板、茅葺きなどの日本家屋には対応していない。従って同様の手法で江戸の建物モデルを生成するためには、事前定義を見直す他、それぞれに対応する学習用データを多量に入手する必要がある。

勝村らは江戸時代の建物の大きさの規格が、3 尺ごとであることに着目し、家屋の部品を並べることで江戸時代家屋の 3D モデルを生成する手法を提案している [2]。これによって様々な形状かつ、多量の江戸家屋が作成できる。しかし身分によって、建物の特徴が異なることを考慮していない。

### 3. 提案手法

本手法では江戸の身分と、建物の造りや材の組み合わせを、身分パラメータで制御し江戸民家モデル生成する。これにより、ユーザは江戸の身分ごとの建物の違いを作り分ける際に、その手間が削減できると考える。またプロシージャルモデリングのプログラムとして実装し、その出力結果を示す。

提案手法の処理プロセスを図 1 に示す。プロセスは、事前定義とモデル生成に分けられる。事前定義では、建物の造りや材の設定をユーザが行う。また、それらと身分パラメータの組み合わせを設定する。建物の造りや材については、3.1 項にて説明する。また身分パラメータについては、3.2 項にて説明する。モデル生成では、民家モデルを生成する。ユーザは身分パラメータを入力する。入力された身分パラメータを基に、プログラムがモデル生成のためのパラメータ（モデル生成パラメータと表記）を取得する。プログラムはこのパラメータを利用し、民家モデルを生成、出力する。

#### 3.1 モデルの設計と生成

モデル生成の工程は 2 つある。1 つはモデリングで、モデルの形状（メッシュ）を生成する。これにより、建物の造りを表現する。もう 1 つは質感表現で、建物の材を表現する。

Nishida らの手法 [4] に倣い、作成する民家モデルの形状を事前定義する。建物形状を屋根、ファサード、部品の 3 部分に分類する（以下これらをまとめて、建物の 3 部分と表記する）。これらそれぞれについて、江戸民家の造りを考慮し形状と、生成するためのアルゴリズムとパラメータを設計する。モデル生成時には図 1 内下部の“モデリング”に示すように、屋根、ファサード、部品の、順でモデルを生成する。

質感表現では事前定義した質感を、メッシュに割り当てる。この際、江戸民家の材を考慮する。

#### 3.2 身分パラメータ

江戸の民家は、その家に住んでいる人（以下、家主）の身分によって、用いられる材や造りが異なる [5]。例えば商人や農民が、武士よりも豪華な住居に住むことは禁じられていた。そのため住居を見れば、その家主の身分が推測できる。

そこで身分ごとの特徴を制御し、適切な民家モデルを生成する身分パラメータを提案する。プログラムは、身分パラメータと関連づいたモデリングのアルゴリズムと、割り当てる質感を、事前定義に基づき選択する。この関連付けは、知識ベースにて設定する。これによりユーザは、身分パラメータを選択するだけで、家主の身分に合った民家モデルを得ることができる。また本手法では身分のうち、商人と農民に注目する。

### 4. プロシージャルモデリングコードの実装

ユーザはモデリングソフトで民家モデルを作成、利用することを想定する。そのためオープンソースモデリングソフト

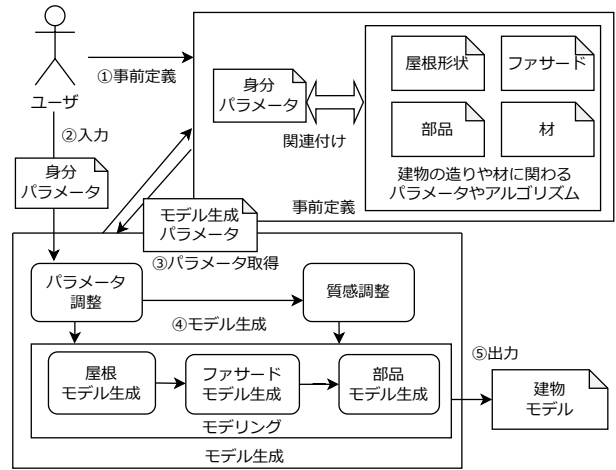


図 1: 提案手法の処理プロセス。ユーザが、建物の造りや材に関するパラメータやアルゴリズム、身分パラメータを設計する。またそれらの関連付けを行う。次に身分パラメータをプログラムに入力する。入力を基にプログラムは、モデル生成パラメータを取得する。取得したパラメータを調整し、モデルを生成し出力する。



図 2: ファサード分割の流れ。面を再帰的に分割し、それぞれに面の種類を割り当てる。分割後、面の属性に従ってモデリングを行う。

ト Blender と、Blender Python API を用いて実装を行った。Blender のバージョンは 3.2.0 である。

建物の 3 部分のそれぞれについて、設計を行った。この際、[5, 3, 8] を参考にした。また、江戸東京たてもの園、日本民家集落博物館の展示物を参考にした。配置するメッシュの生成方法は 2 種類ある。1 つはプロシージャルモデリングのアルゴリズムを事前設計し、生成する方法である。もう 1 つは、筆者が事前にモデリングを行い、プログラムが配置する方法である。設計した建物の 3 部分について、順に説明する。

屋根は、上辺が短い台形 2 つと、3 角形 2 つで斜面が構成される屋根とした。この屋根は寄棟屋根と呼ばれる。この寄棟屋根について、2 種類の形状を設計した。図 3 内屋根がその形状である。左から順にそれぞれ茅葺き、瓦葺きの屋根として設計した。

ファサードは、図 2 のように、面を再帰的に分割することで表現する。この分割方法について、図 3 内ファサードに示す分割方法を設計した。図内の白い面は壁か柱、水色の面は壁や柱以外の部品を示す。実線は、常に分割される

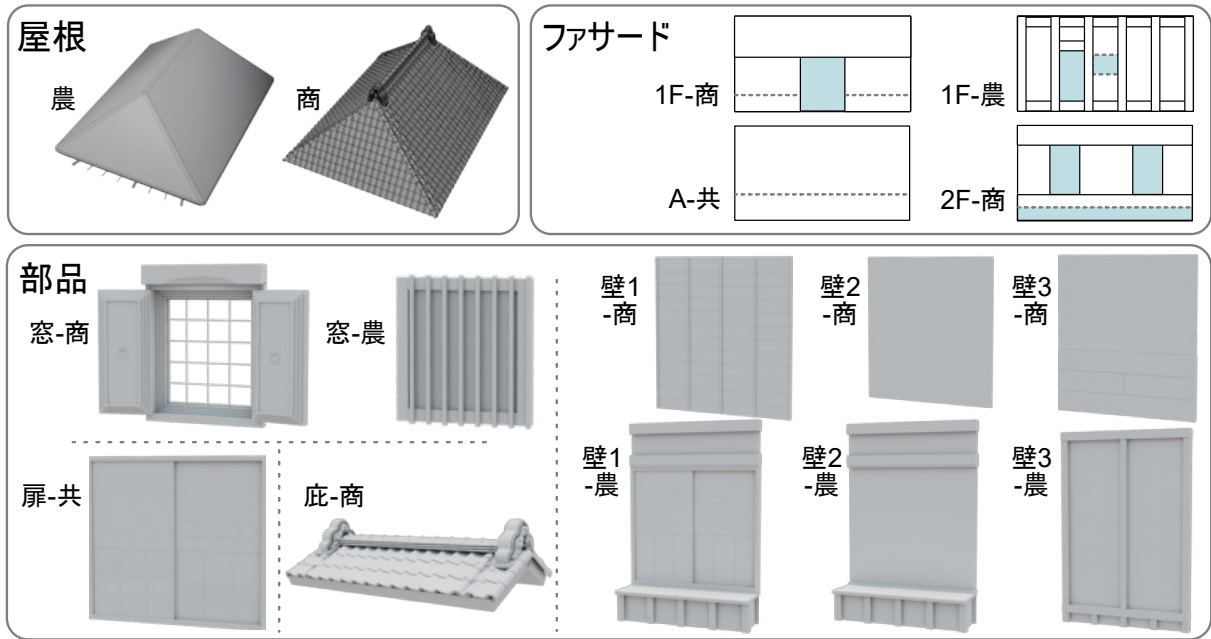


図 3: 実装した屋根, ファサードの分割, 部品の一覧. ファサード内, 白い面は壁か柱, 水色の面は壁と柱以外の部品を示す. 実線は常に分割される部分を示す. 破線部分は, 分割されないことがある.

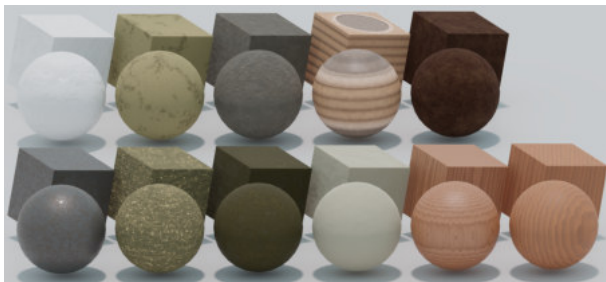


図 4: Blender 上で実装したマテリアルの一覧. 左上から漆喰, 土壁, 石, 竹, 鏽, 瓦, 茅, 苔, 和紙, 木 2 種を表現した. レンダラは Cycles を用いた.

境界線を示す. 破線は, 分割されない場合がある境界線を示す. ファサードの 1F-農, 2F-商では, 横方向への分割数は固定でない. 建物の 1 階は, 図内の 1F とつくファサード分割のいずれかである. 2 階以上の階は, 図内 A-共か 2F-商のいずれかである.

部品は, 図 3 内部品に示す形状を設計した. 窓, 扉, 庇, 壁ひさしに分類し, それぞれ形状を設計した.

質感は, Blender シェーダノードのマテリアルを利用し, 表現した. 図 4 に示すマテリアルを実装した. 模様やノイズを表現するテクスチャを組み合わせ, 質感を表現した. ベイクしたテクスチャ画像を利用すると, 繰り返し感が生まれてしまう. 模様やノイズを組み合わせることで, この繰り返し感を避けることが出来る.

身分パラメータは, 農民と商人の 2 種類を実装した. 身分パラメータが農民の場合は, 図 3 内の-農, -共とつくものが生成される. また 2 階以上の建物は生成されない. 商人

表 1: 身分パラメータと質感の関係.

身分	質感			
	屋根/庇	壁	窓	扉
商人	瓦	漆喰, 木	漆喰	木
農民	茅	土壁	木	木

の場合は, 図 3 内の-商, 共とつくものが生成される. また各メッシュに割り当てる質感を, 表 1 とした. 図 4 に示すマテリアルのうち, この表に対応するものを各メッシュに割り当てた.

### 5. 民家モデル生成結果

以上のプログラムを実装した際の Blender 画面が, 図 5 上段である. また上段右の赤丸内が, パラメータ入力画面である. この入力画面は, Blender 上のサイドバーに表示される.

生成した民家モデルの例を, 図 5 内下段に示す. 図 5 下段左側が, 身分パラメータが農民のとき, 右側が商人のときに生成された民家モデルの例である. またこれらのモデルを利用して, シーンを制作した. 図 6 がそのシーン例である. 身分に合った民家モデルを, 事前定義通り生成できた.

### 6. まとめ

本手法は江戸民家について, 身分を考慮するパラメータによる制御を検討した. これにより, 身分ごとの建物の造りや材の違いを扱いやすく出来る. またこのスクリプトを実装し, 建物の 3D モデルを生成した.



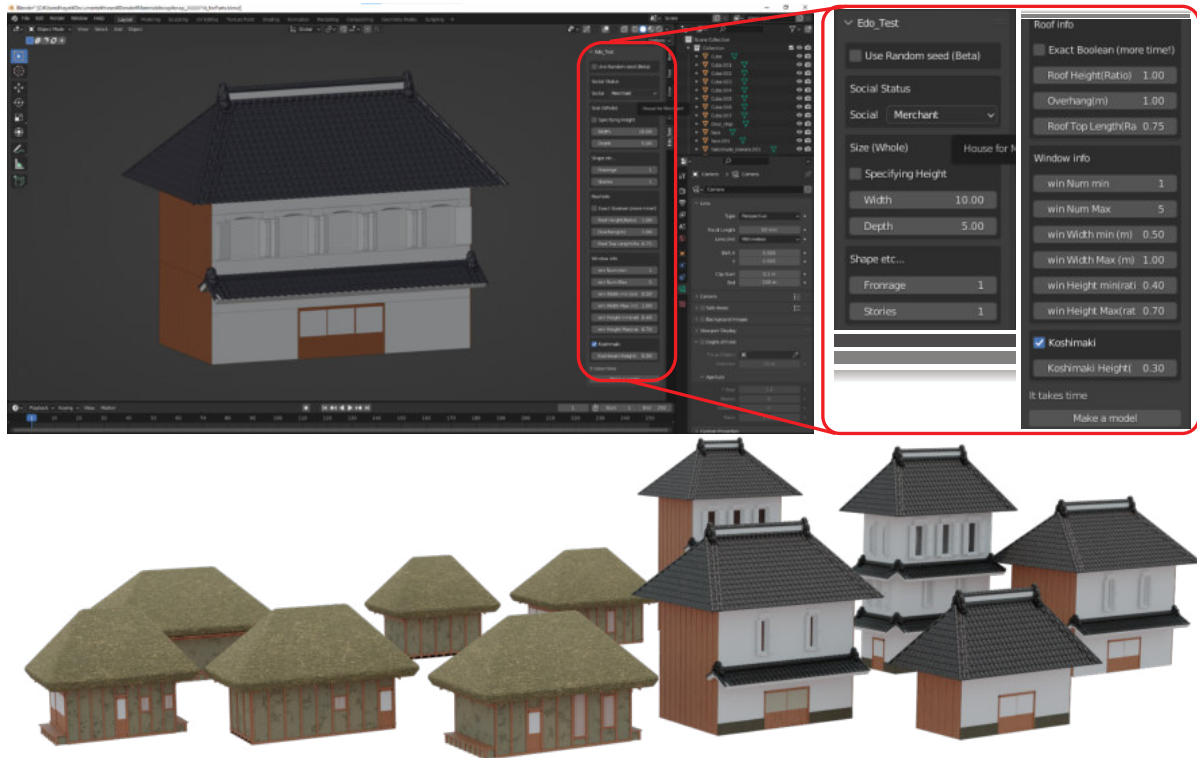


図 5: 本手法のプログラムを実装した Blender 画面 (上段) と, 生成した民家モデル例 (下段). 上段-右) パラメータ入力部分の拡大図.



図 6: シーン作成例.

今後は身分パラメータについて評価方法を定める必要がある. また生成できる部品のバリエーションを増やす必要がある.

#### 参考文献

- [1] C. Doersch, S. Singh, A. Gupta, J. Sivic, and A. A. Efros, "What Makes Paris Look like Paris?," *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 31, No. 3, 2012.
- [2] 勝村 大, 谷村 知洋, 青木 香織, 阿部 祥子, 田口 博之, 森谷 友昭, 高橋 時市郎, "3DCG による歴史的町並み復元のための家屋 生成手法," 画像電子学会誌, Vol.36, No.4, 2007.
- [3] 川越市 都市計画部 都市景観課, "川越伝建地区まちづくりガイドライン (改定版)," 2020.
- [4] G. Nishida, A. Bousseau, and D. G. Aliaga, "Procedural Modeling of a Building from a Single Image," *Computer Graphics Forum*, Vol. 37, No. 2, 2018.
- [5] 太田博太郎, "新訂図説日本住宅史," 彰国社, 1971.
- [6] J. Sun, X. Yu, G. Baciú, and M. Green, "Template-Based Generation of Road Networks for Virtual City Modeling," *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, pp. 33–40, 2002.
- [7] P. Wonka, M. Wimmer, F. Sillion, and W. Ribarsky, "Instant Architecture," *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 22, No. 3, 2003.
- [8] 米山勇, "江戸東京たてもの園でわかる日本建築史 - 江戸の民家から昭和の木造モダニズム建築まで -," 公益財団法人 東京都歴史文化財団 江戸東京たてもの園, 2020.