

2009年度 卒業論文

# 規則性を考慮した日本の集落の自動生成

指導教員：三上 浩司 講師

メディア学部 ゲームサイエンスプロジェクト

学籍番号 M0106449

目時 英樹

**2009年度 卒業論文概要**

**論文題目**

規則性を考慮した日本の集落の自動生成

**メディア学部**

学籍番号：M0106449

**氏名**

目時 英樹

**指導  
教員**

三上 浩司 講師

**キーワード**

3DCG、自動生成、集落、江戸時代、塊村、街村、路村

近年、3DCGによって制作された建築物や街がテレビゲームや、アニメーションなどに登場する機会が多くなった。それに伴い3DCGで建築物や街を制作する技術を対象とした研究も増えてきている。特に同じ処理を繰り返す街の制作にはいろいろなアプローチから作業の効率化が図られている。それらの研究で対象とするものは比較的最近の街並みで海外の街を対象としたものが多い。しかし、テレビゲームなどは過去の日本を舞台とすることも多く、日本の街が登場する場面も増加している。日本の街並みを対象とした研究においては、城下町などの限られた街であり、日本の村、一般的に「集落」と呼ぶ街並みは対象となっていない。城下町などは人間が住むことを前提で家屋を配置しており、土地の状況は全く考慮していない。集落は土地の状況が家屋の配置規則に変化を及ぼしており、人間の都合で家屋の配置を決めている城下町などとは根本的に配置規則が異なっている。日本の集落の形式はいくつか種類がある。街路を中心として家屋が隙間なく配置される街村、街路よりも規模の小さい道路に間隔を空けて家屋が密集する路村、共同井戸などを中心として家屋が密集する塊村などである。本研究手法では日本の集落、特に集落の種類が豊富であった江戸時代の頃に日本に存在した集落を対象として、道路や水路を生成することで土地を生成し、その土地の状況を考慮し、それに加えて、集落の配置規則に応じて家屋を生成する確率を変動させることで現実に即した集落を生成する手法を提案した。生成対象とする集落は配置規則が顕著に表れている塊村、街村、路村の3種類を選別し、本研究で生成した集落がそれぞれの集落の配置規則を踏まえた配置になっているかを検証した。

# 目次

<b>第1章</b>	<b>はじめに</b>	<b>1</b>
1.1	研究背景と目的	1
1.2	本文の構成	3
<b>第2章</b>	<b>土集落</b>	<b>4</b>
2.1	土地と集落	4
2.1.1	道路	4
2.1.2	街路	4
2.2	集落の種類	5
2.2.1	塊村	5
2.2.2	街村	6
2.2.3	路村	7
<b>第3章</b>	<b>本研究手法</b>	<b>9</b>
3.1	生成対象	9
3.2	生成手法	10
3.3	街路の生成	11
3.4	道路の生成	12
3.5	水路の生成	14
3.6	家屋のオブジェクトの生成	15
3.7	それぞれの集落の生成法	16
3.7.1	街村の生成方法	17
3.7.2	路村の生成方法	17
3.7.3	塊村の生成方法	18
<b>第4章</b>	<b>検証と考察</b>	<b>20</b>
4.1	検証結果	20
4.1.1	塊村	21
4.1.2	街村	22
4.1.3	路村	23
4.2	考察	23

第5章 終わりに	25
謝辞	26
参考文献	27

# 目 次

2.1	砺波平野の散村	5
2.2	塊村のイメージ図	6
2.3	街村のイメージ図	7
2.4	路村のイメージ図	8
3.1	生成した街路	12
3.2	生成した道路	13
3.3	生成した水路	14
3.4	道路生成時の座標	15
3.5	オブジェクト生成時の座標	15
3.6	オブジェクトの生成用の座標の図	16
3.7	街村生成のイメージ図	17
3.8	路村生成のイメージ図	18
3.9	塊村生成のイメージ図	19
4.1	本手法で生成した塊村	21
4.2	本手法で生成した街村	22
4.3	本手法で生成した路村	23

# 第 1 章

## はじめに

### 1.1 研究背景と目的

近年、テレビゲームやアニメーション、実写作品などにおいて3次元コンピューターグラフィックス（通称3DCG）で制作した建築やその建物で形成した街を使用する機会が増加傾向にある。しかし、それらを制作する作業は決して簡単なものではなく、多大な時間を要するものである。また、近年は技術の進歩により、細部までの作りこみが可能となり、3DCGの建築物とその集合体である街には高いクオリティと、すぐに生成できるような効率性に重きがおかれ、それらに関係した研究 [1] も盛んに行われている。それらが対象としているものはそのほとんどが現代の街がである。しかし、テレビゲームやアニメーションの舞台は現代に限るものではなく、時代や場所は様々である。その中でも特に、昔の日本の集落というものはテレビゲームなどを中心にして使用する頻度が高い。現在は日本のゲームだけに限らず、海外のゲームでも日本の集落を取り扱う機会が増えてきている。

この状況から、世界的に見ても日本的な集落を自動的に作成する技術というものは必要だと判断できる。しかし、集落は家屋の配置の仕方に特性があり、既存の研究で再現することは困難である。例としては宿場町などによく見られた街村という集落形態は街路に沿って家屋が建っているという特性がある。集落には他にも種類があり、様々な特性があるが、それらの特性は後述の2章で説明する。

既存の街を自動生成する Parish ら [2] の研究ではプロシージャル技術 [3] を用いて街を自動生成している。前述した 2 つの研究を日本の集落の生成にも適用するのは難しい。まず Parish らの研究は規則的に家屋を配置しているが、日本の集落は規則的に家屋を配置していない。海外の街並みが家屋を規則的に配置するのに比べ、日本の集落は土地に依存する特性がある [4][5]。日本の集落は家屋を規則的に配置しているのではなく密集して配置している。Parish らの研究の区切った後に家を配置するという手法では整然としすぎていて違和感が生じる。Vanegas らの研究 [6] は人口密度に重きを置き街を生成していくものであるが、日本の集落は土地の特徴を踏まえて密集している。Vanegas らの研究で街を生成すると密集した街になるが、土地に重点を置く日本の集落として見ると違和感がある。上記の研究のほかにも、全方位カメラで屋外を撮影しそれから街を生成する手法 [7]、実在する街の写真から家屋のイメージを抽出しそれらを組み合わせで新しい街を生成する手法 [8]、遺伝的アルゴリズムを用いて街を生成していく手法 [9] などがあるが、それらの研究も土地の特性という観点から手法を提案しているものではない。

本研究では、需要の高まってきている町並みの自動生成の中で日本の集落といった不規則的な配置をする住宅群を研究対象とした。集落を形成する基本となる土地の情報に重点を置き、家屋の配置の基礎となる道や共同井戸などを最初に生成し、それらの座標を元にして家屋を配置していく。まずユーザーが土地の広さを設定し、次に集落の種類を選択する。プログラムではユーザーが設定した土地の広さに基づいて大通りである街路、そこから派生する道路、街路と平行に流れる水路を生成し、次にユーザーが設定した集落の種類によって土地のどの状況を参照するか決定する。街村ならば街路の座標と長さを考慮することで家屋を街路に寄り添って生成することを可能にし、路村は道路の座標と長さを取得しそれらを参照し家屋を生成することで道路に沿って家屋を配置することを可能にしている。塊村の場合はユーザーが事前に座標を設定し、その座標を中心として家屋を生成することで塊村独特の道などに依存しない家屋の配置を実現した。家屋の生成にはパターン化だけではなく、確率を用いることで、ある程度のランダム性を持た

せ、同じ集落を生成する際でも変化を持たせている。これにより土地の状況を考慮し、それを踏まえてそれぞれの特性を考慮した集落を自動生成することを可能にしている。

## 1.2 本文の構成

本論文ではまず2章で集落の背景と種類を説明し、その中から生成対象を選出し、評価基準を述べる。3章では本研究の生成手法を述べ、4章では2章で述べた評価基準に基づいて実際に評価を行い、提案手法による結果と生成した集落が特性を考慮しているかどうかを検証し考察を述べる。最後に現在の問題点と今後の手法を述べる。

## 第 2 章

# 土集落

### 2.1 土地と集落

集落を生成する際に重要になってくるのがその土地を構成する要素となる道と水源の存在である。本研究では道は人が通ることによって草が踏みならされ自然と道とになっていくものを道路、交通の便の関係で人工的に作られるものを街路と分類する。今回、生成の対象とする集落は塊村、街村、路村の3種類であるが、このうち路村は道路を基準とし、街村は街路を基準とする。塊村は道路には依存することなく、水源に依存する。これは塊村の特徴である乏水性が関係しているが、それについては次節にて詳しく述べる。以下に道路と街路の特徴を記述する。

#### 2.1.1 道路

道路は人間が移動の際に草を踏みならしていくことで自然に発生したものである。人間が通る道なのでその幅はさほど広くなく、それ自体も曲がりくねっていたり、途中で分岐していることがある。主に狩猟や農作の際の移動に用いられることが多く、その道路近辺に住む人々以外は利用することが少ない。

#### 2.1.2 街路

街路は商店などの流通の要となる道で、人通りが多いことを想定して幅が広い作りとなっている。人通りが激しいため、商業的な色合いが強く、人間を相手と

した商店が街路沿いに並ぶことが多い。また、流通を視野に入れているため、曲がりくねることは少なく、比較的まっすぐとした道である。

## 2.2 集落の種類

大辞林 [10] は集落について

1. 人が集まって生活している所。人家が集まっている所。村落。
2. 地理学で、人間の居住の形態。家屋だけでなく耕地なども含む。また、村落のみならず広義には都市をも含む。

と定義している。

集落と呼ぶ形態の住宅群は、その種類によって2つに分けられ、その配置の特徴から家が散布している「散村」と1か所に集中している「集村」に大別できる。

下記画像、図 2.1 は砺波平野の散村 [11] である。



図 2.1: 砺波平野の散村

集村には塊村・街村・路村・円村・環濠集落などがある [10][12]。本研究の対象は塊村・街村・路村を想定しており、以下にその特徴を述べる。

### 2.2.1 塊村

塊村とは街路などに依存することもなく、計画性なしに家屋が密集している集落のことを言う。水源が限られた乏水性の高い台地などに多い形態である。この

ような無計画な設置になったのは共同井戸などを中心として本家筋の家が数戸あり、それらが散村の体をして広がっていき、時間が経つにつれて分家が周りに広がり、結果的に塊になったという背景がある。中世以前から存在していたような村はこの形態を取ることが多く、無計画ゆえに家屋の配置に限界が起こり、集落ごと移動することもあった。日本の集落は主にこの形態を取ることが多い。以下の図 2.2 は塊村のイメージ画像である。

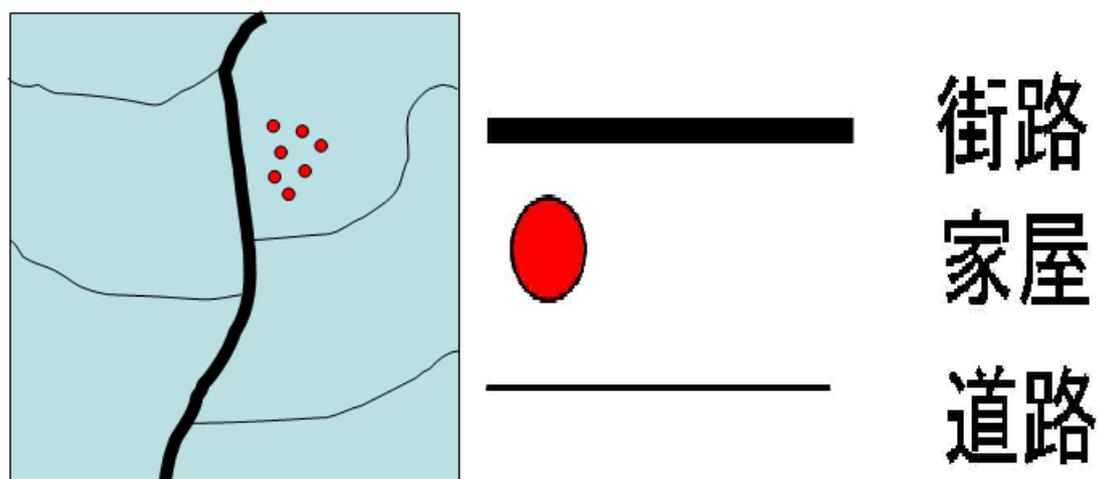


図 2.2: 塊村のイメージ図

### 2.2.2 街村

街村は街路を基準として家屋が建っているのが特徴であり、宿場町などに多くあてはまる形である。街路を基準とする点から商業的な観点が強い集落であり、構成する家屋は商店が多い。商店という特性上、街路に面した側はほぼ隙間がなく商店が配置され、その裏に居住空間となる母屋が存在することが多い。近世の宿駅はほとんどがこの形態をしている。以下の図 2.3 は街村のイメージ画像である。

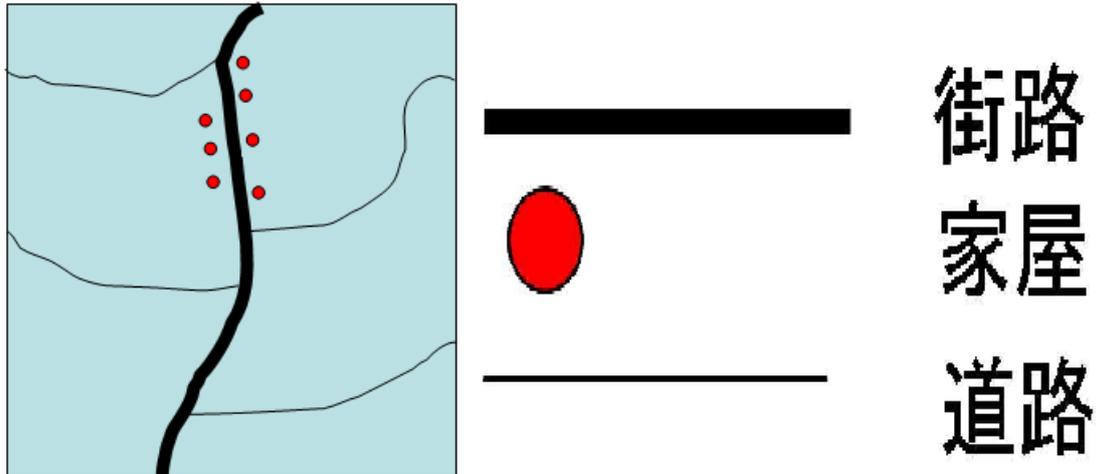
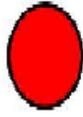
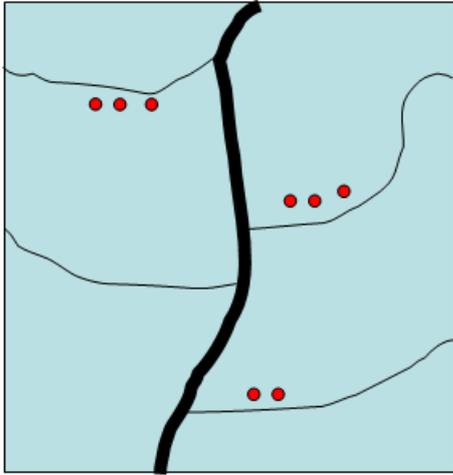


図 2.3: 街村のイメージ図

### 2.2.3 路村

路村は街村と同じように道を基準として家屋が立っている集落である。街村と違う点は街村が商業的な集落であるのに対し、路村は農業的な集落であり、街村に比べて街道への依存率が低いということである。農業的な集落である路村は家屋の近くに自分の畑を持っていることが多く、道路に家屋と畑が面していることが多い。それにより、家屋同士の間隔が広く取られている。路村は計画的に家屋が立っているが、これは塊村だった集落がこれ以上家屋が配置できない状態になった際に集落ごと移動し、移動先では計画的に家屋を配置することになったからである。以下の図 2.4 は路村のイメージ画像である。



街路  
家屋  
道路

図 2.4: 路村のイメージ図

# 第 3 章

## 本研究手法

本章では日本の集落の配置の特性を考慮した家屋の生成手法の説明を述べる。3.1 節で本研究が目標とするもの、3.2 節で本研究での大まかな集落生成の流れ、3.3 節で街村の生成の基礎となる街路の生成方法、3.4 節で3.3 節から派生するようにして道路の生成、3.5 節で川などの水路の生成、3.6 節で家屋を表すオブジェクトを生成する座標の取得方法、3.7 節でそれぞれの集落の生成方法について述べる。

### 3.1 生成対象

本研究の対象は塊村と街村、路村を対象としている。これら3つの集落は配置の特徴が顕著に現れており、お互いを見比べたときに違いがわかりやすい。また、塊村から路村や街村へと変化した時代背景があり、3つの集落は密接な関係にあり、対象とするには適していると考えられる。

本研究が対象とする集落は江戸時代のものを対象としている。江戸時代は、現代に至るまで大きな土地分配が行われていない [13] ので検証が行いやすく、塊村からの移動で誕生した路村、宿場町の発展によって発生した街村、それらの基本となった塊村の3つが同時に存在していた特別な時代である。

本研究で生成した生成物が集落と呼べるかどうかの判断基準としては、江戸時代の集落の平均人口数が約 400 人 [14]、平均家族数が 10 人前後 [15] であることを

考慮すると、生成した家屋が40個ほどあれば江戸時代の集落であると言える。本研究では家屋の配置による集落の特性に重点を置き民家の種類などは考慮しないこととする。

日本の集落は土地に依存するものなので、生成する集落もその特徴を有しているか判断する。街村であれば、集落の基礎となる街路に沿うようにオブジェクトが生成され、かつそれらのオブジェクトに隙間が無いか、路村は街路ではなく道路に沿うようにオブジェクトを生成し、それらが一定の間隔が空いているか、塊村は街路などと違い道ではなく井戸などを中心として家屋が集まるので、井戸となる場所を中心としてオブジェクトを生成しているかを基準とする。

以上の点を踏まえて、本研究では生成する集落が塊村、街村、路村どれかの様相を呈しており、かつ家屋が40以上あり、街村ならば街路を、路村ならば道路を、塊村ならば井戸となる場所を中心としてオブジェクトが生成できたものをそれぞれの集落であると判断する。

## 3.2 生成手法

本研究では集落の生成を以下の手順で行った。

1. 土地の広さを設定
2. 街路を生成
3. 街路から派生するように道路を生成
4. 街路から離れた位置から水路を生成
5. オブジェクトを配置する位置ベクトルの取得
6. オブジェクトの生成

なお、塊村を生成する際には塊村の中心に共同井戸があるものと仮定し、その共同井戸が「街路の左右どちら側にあるのか」という情報も取得する。この情報

はユーザーが任意で選択可能である。また、塊村の立地条件の中で、乏水性があるので、塊村を生成する際には水路を生成しない。

### 3.3 街路の生成

街路は位置ベクトルを順々に生成し、その後、それらの座標を線で結ぶことで生成する。街路の位置ベクトルを配列  $\mathbf{v}_i (i = 1, 2, \dots, n)$  とする時、 $i$  は取得する座標の番号を表している。 $\mathbf{v}_0$  に任意の座標を代入する、 $\mathbf{v}_1$  の座標の求め方は式 (3.1) のようになる。 $\cos w$  と  $\sin w$  は疑似乱数  $w$  を取得しそれらを三角関数に変換したものである。 $w$  の値の範囲は  $60^\circ \leq w \leq 90^\circ$  とする。 $a$  と  $b$  は定数であり、ユーザーが任意に値を変更することができる。この処理を任意の回数繰り返し、最後にそれらを結ぶことで街路を生成する。

$$\mathbf{v}_i = \mathbf{v}_{i-1} + (a \cos w, b \sin w) \quad (3.1)$$

今回は、 $a$ 、 $b$  をそれぞれ 120 と 200 としている。これは街路は曲線の角度が急なことが少なく、細かく曲がっていることが少ないのでそれを再現するためである。繰り返す回数分処理が終了し、もし最後の座標が設定してある地面の端よりもよりも小さい場合には地面の端に座標が来るようにしている。

以上の工程を経て完成した街路が以下の図 3.1 のようになる。

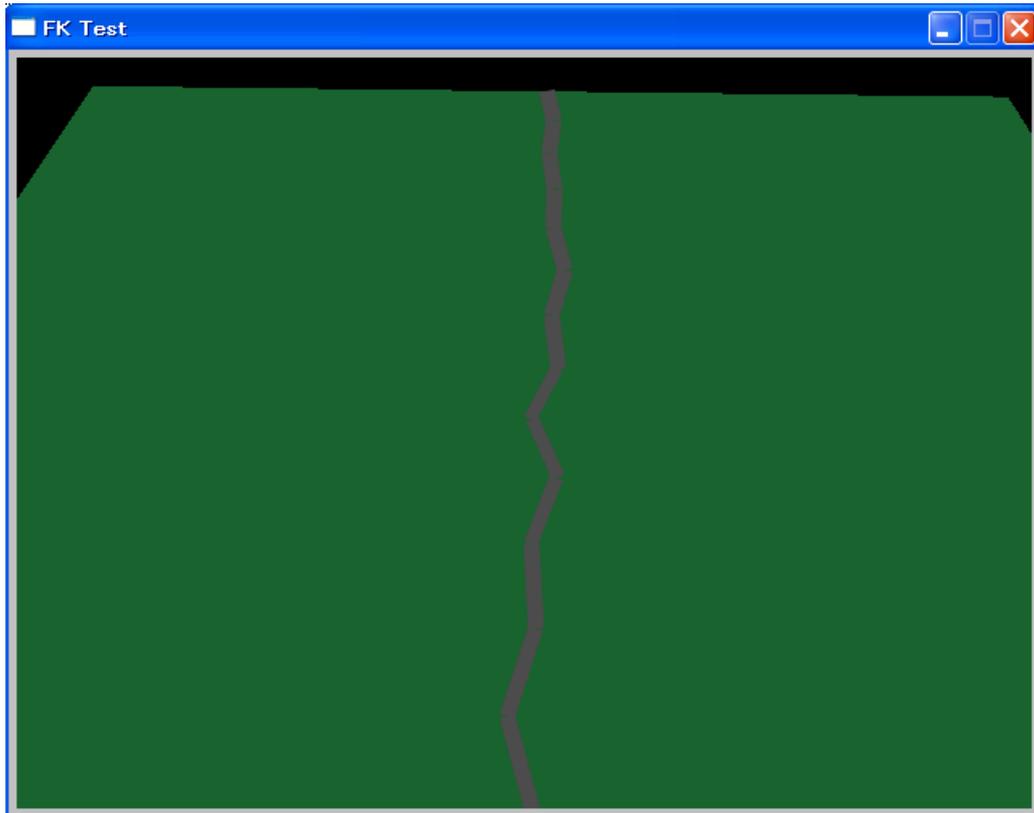


図 3.1: 生成した街路

### 3.4 道路の生成

道路も街路と同じように位置ベクトルを取得して生成していく、道路を配列  $V_{l,i}(l = 1, 2, \dots, n)(i = 1, 2, \dots, n)$  とする時、 $l$  は生成する道路の番号を表しており、 $i$  はそれぞれの道路の取得する座標を表している。 $V_{l,0}$  には街路の座標を代入する、 $V_{l,1}$  の座標の求め方は式 (3.2) となる。式中の  $c$ 、 $d$  は定数であり、ユーザーが任意に値を調節することができる。しかし、道路の生成では街路と異なる点が出てくる。それは道が左右にあることである。それを表現するために道路では、道が左に伸びる道の場合は  $c$  に  $-1$  をかけることで値をマイナスにし、右に伸びる道の場合はそのままにすることで、道が左右になるようにしている。式 (3.2) 中の  $\sin$  と  $\cos$  は疑似乱数  $z$  を取得し角度としている。左の道路の場合には  $z$  の範囲を  $160^\circ \leq z \leq 180^\circ$ 、右の道路の場合は  $0^\circ \leq z \leq 20^\circ$  とする。道路が左右どちらに伸

びるかは  $\mathbf{V}_{l,i}$  の  $l$  が奇数の場合は右、偶数の場合は左と場合分けしている。このようにして取得した道路の座標を線で結ぶことで道路を生成していく、道路を生成し終わった後は  $\mathbf{V}_{l,i}$  の  $l$  が奇数同士と偶数同士を結ぶことでより込み入った道路を生成している。この際、結ぶ道路は  $i$  の値が同じ座標同士である。

$$\mathbf{V}_{l,i} = \mathbf{V}_{l,i-1} + (c \cos z, d \sin z) \quad (3.2)$$

道路も街路と同様に繰り返す回数分処理が終了しても最後の座標が設定した地面の端よりも小さい場合には地面の端に座標が来るようにしている。

以上の工程を経て完成した道路が以下の図 3.2 のようになる。

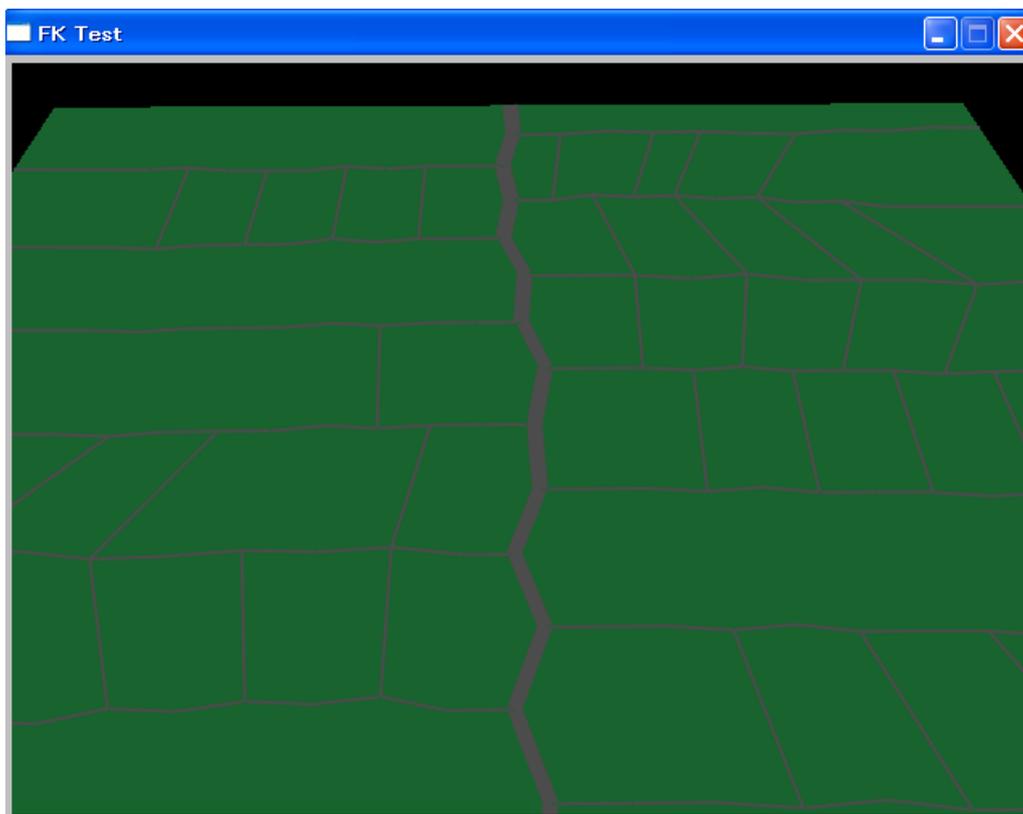


図 3.2: 生成した道路

### 3.5 水路の生成

水路は街路、道路を生成した後に生成する。今回対象とする集落形態では水路はまっすぐに流れている [16][17][18]。本研究でも水路は街路と同じく  $a \cos w, b \sin w$  を足し合わせることで生成することとする。水路の生成方法は街路と同じ計算式を用いるが、始点の座標は街路から  $x$  成分で任意の値分離することになる。これは街路と水路がぶつかってしまうのを避けるためである。今回の研究では始点は街路から  $x$  成分を  $-800$  分、離して設置している。これは街路とぶつからないようにするためである。水路は  $z$  座標を調節し、道路の上に表示するように調節し、道路を水路の上に生成するという事態を避けている。下図 3.3 は生成手順を踏んで生成した水路である。

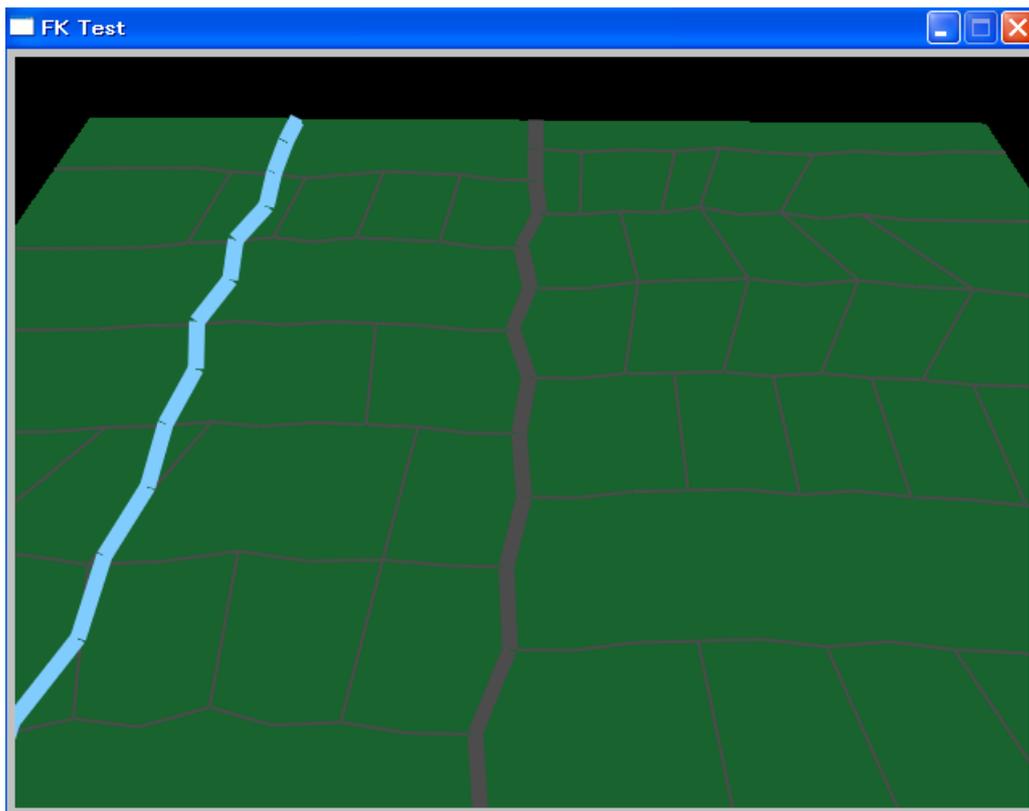


図 3.3: 生成した水路

### 3.6 家屋のオブジェクトの生成

オブジェクト生成用の座標の取得は道路の作り方とほぼ同一で、生成する位置ベクトルを配列  $\mathbf{u}_{l,i} (l = 1, 2, \dots, n) (i = 1, 2, \dots, n)$  とするとき、街路を基準として起点の座標を取得し、そこから次の座標を式 (3.3) を用いて順々に生成していく。異なるのは起点となる点を道路よりも細かく取得している点と配列  $\mathbf{u}_{l,1}$  の座標をランダムに選ぶのではなく、 $\mathbf{u}_{l,0}$  の  $x$  成分  $y$  成分に  $+70$  としている点である。以下の図 3.4 と 3.5 はそれぞれ道路の生成時とオブジェクト生成時に取得する座標を簡易的に図化したものである。線が街路を示しており、赤い点が取得する座標を示している。



図 3.4: 道路生成時の座標



図 3.5: オブジェクト生成時の座標

これにより、柔軟にオブジェクトを生成し、 $\mathbf{u}_{l,1}$  の位置ベクトルを意図的にずらすことで道路にオブジェクトが重ならなくなっている。また、式中で取得する角度はそれぞれの道路と同じ  $z$  を用いている。これは道路を基準として生成する路村が道路に沿ってオブジェクトを生成するための配慮である。

$$\mathbf{u}_{l,i} = \mathbf{u}_{l,i-1} + (c \cos z, d \sin z) \quad (3.3)$$

下記の図 3.6 はオブジェクト生成用の位置ベクトルを見やすく色づけしたものである。実際は、無色で見えないようになっている。

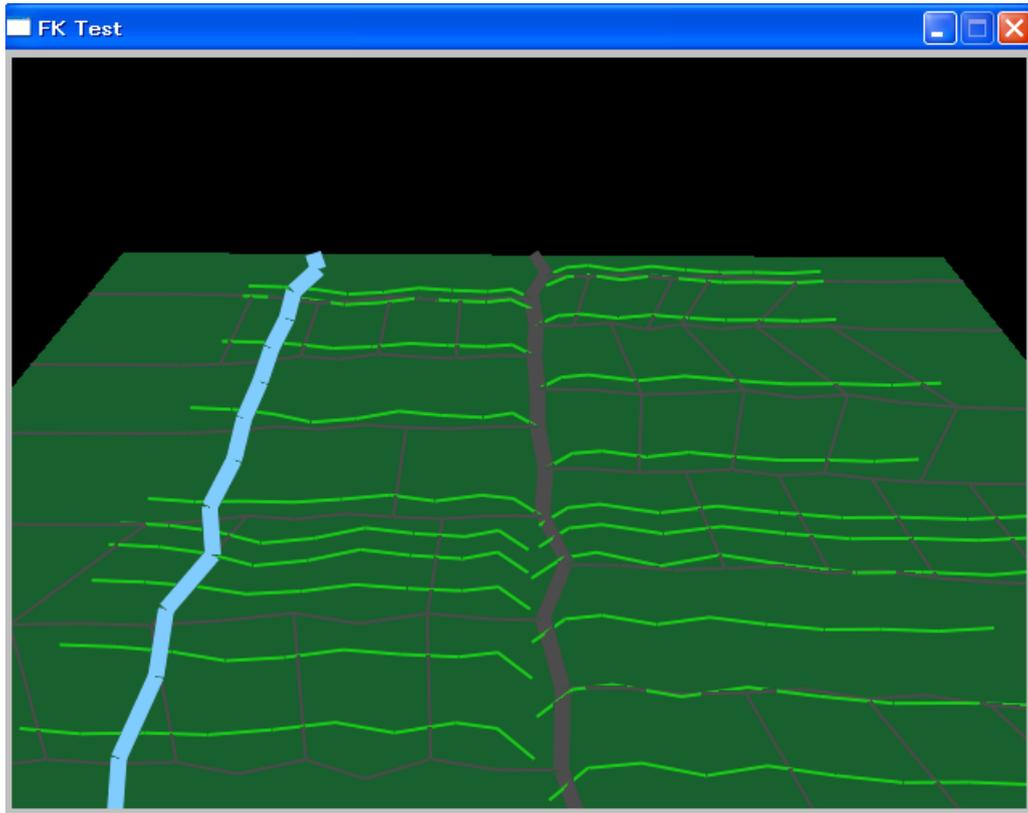


図 3.6: オブジェクトの生成用の座標の図

### 3.7 それぞれの集落の生成法

本研究では複数の集落を生成することを目標としており、その結果、集落の種類によって家屋の配置パターンが変わってくる。本研究ではオブジェクトを生成した後に配置パターンに沿って篩にかけてオブジェクトを減らしていくことで集落の配置パターンを再現した。また、配置パターンで篩にかけた後に、もう1度一定の確率で家屋を配置しないようにしてある。これはパターン化による整然とした配置を避けるためと実行の度に違った実行結果が出るように考慮したためである。

### 3.7.1 街村の生成方法

街村は街路に沿って家屋が配置される特性があり、街路から離れると家屋が建たない。また、家屋が商店という形態をとるため、家屋同士の間隔が狭く、母屋と呼ばれる生活用の家屋が商店の裏に建つことが多い。本研究では街路に沿って家屋を配置するために、 $u_{l,1}$  のオブジェクトの生成確率を 100% とし、街路沿いには必ず家屋を生成するようにしている。次に、母屋を再現するために  $u_{l,2}$  の生成確率を 75% に設定する。これにより、街村の特性である、街路に沿った家屋の配置と商店の母屋を再現することが可能となっている。図 3.7 は 4 角形がオブジェクトを表しており、太い線が中心となる街路を表している。細い線はそれぞれのオブジェクトの生成確率の区切りであり、実際のプログラムでは表示されることはない。今回、商店と母屋として生成するオブジェクトは同じものを使用しているが、オブジェクトを個別に設定可能なので、商店と母屋をそれぞれにオブジェクトを登録し集落を生成することも可能である。

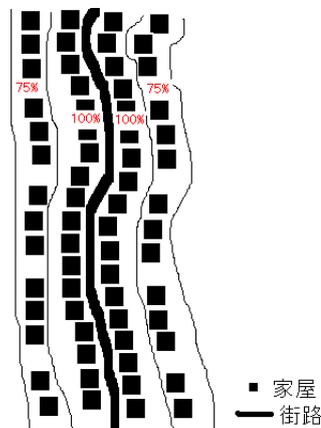


図 3.7: 街村生成のイメージ図

### 3.7.2 路村の生成方法

路村は道路に沿って家屋が配置される特性があり、道路から離れた場所には家屋が建たない。また、家屋同士の間隔が広いのも特徴である。本研究では生成を 2 段階に分けて行うことでそれを再現している。まず、道路沿いの家屋だけを生成

するために、道路と同じ起点を取った座標のみを選出し、これを80%の確率で生成していく。次に家屋同士の間隔をあけるために、オブジェクトを生成した場合はその隣の座標にはオブジェクトを生成しないように設定する。図3.8は4角形がオブジェクト、線が路村で重要な道路を表している。線で囲われている部分にはそれぞれオブジェクトが生成される確率を記載している。これにより、家屋同士の間隔が空いた路村を生成することが可能となる。

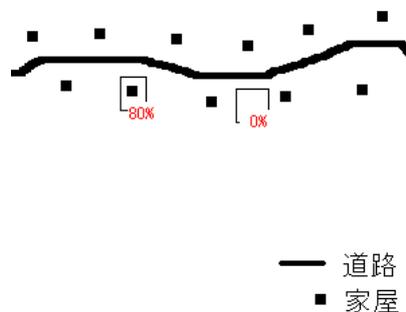


図 3.8: 路村生成のイメージ図

### 3.7.3 塊村の生成方法

塊村の場合は共同井戸などを中心として家屋が集まるので、街村や路村のように道に依存するわけではない。本研究では生成する集落に共同井戸があると仮定し、井戸の位置に応じてオブジェクトを配置をしていく。まず、ユーザーが井戸の座標をオブジェクト生成用の座標の中から設定する。次にユーザーが設定した座標とその他のオブジェクト生成用の座標の距離を求める、設定した座標とオブジェクトの距離に応じてオブジェクトの生成確率を変動させる。本研究では、集落の資料として兵庫県に現存する街の1つを選び出した。この街内には寺があり、現在まで土地の大きな分配はおこなわれていないものであると推測する。対象とした集落は1Km程の広さに土地が密集しており、本研究でもそれを参考にして、距離の単位をメートルと仮定し最大値を1000とし、設定した座標からオブジェク

トまでの距離を 200 ずつ区切り、200 離れるごとに生成確率を 20% ずつ下げていく。これは今回参考とした兵庫県に現存する街の家屋の数を計測し、200 メートルごとに約 20% ずつ家屋が減っている結果を参照したものである。図 3.9 は 4 角形がオブジェクト、赤丸が塊村の中心点を表している。線に記載されている数字は中心点からの距離を表したものである。

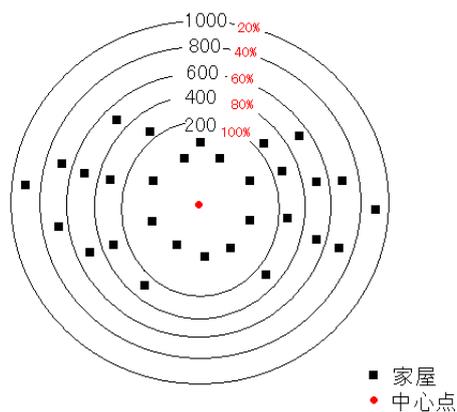


図 3.9: 塊村生成のイメージ図

# 第 4 章

## 検証と考察

### 4.1 検証結果

塊村・街村・路村に分けて実行し、それらの結果を記す。実行後は、集落の判断基準である、生成した集落が塊村、街村、路村のどれかの様相を呈しており、それぞれの集落の配置規則を満たしており、かつ生成オブジェクト数が40を超えているかどうかを判断する。実装には3DグラフィックツールキットであるFK Systemを用いて実装を行った [19]。

### 4.1.1 塊村

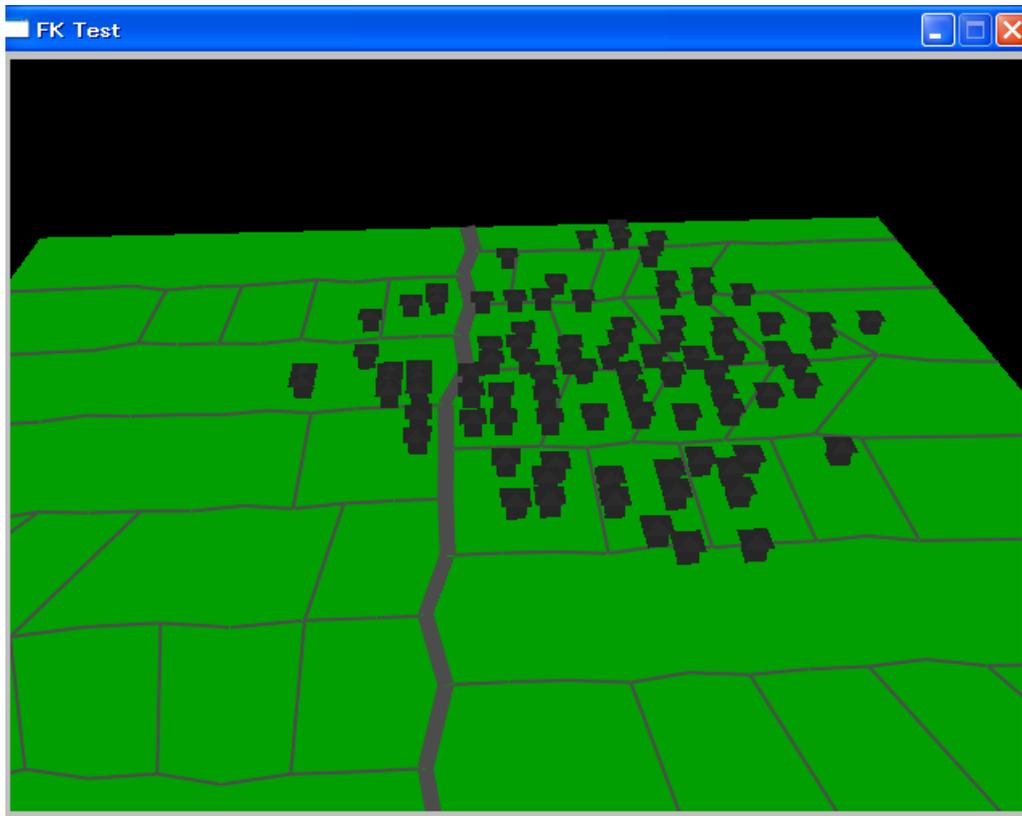


図 4.1: 本手法で生成した塊村

上記の図 4.1 は本研究手法を用いて生成した塊村の実行結果である。今回は共同井戸の位置を街路の右側に設定した。プログラムの実行結果はほとんどのオブジェクトが街路の左側に生成され、あたかも共同井戸が街路の左側にあるかのようになっており、それらのオブジェクトも密集するように設置されており、塊村の特徴である「家屋が密集する形を取る」という特徴をうまく再現できている。オブジェクトの数も 63 と江戸時代の集落の平均人口数を超えており、この生成物は塊村の形態を取った集落であると言える。

## 4.1.2 街村



図 4.2: 本手法で生成した街村

上記の図 4.2 は本研究手法を用いて生成した街村の実行結果である。街村を生成する中でもっとも重要である、街路に対してオブジェクトが寄り添うように生成されており、街村としての特性をよく踏まえた実行結果になっている。

また、集落の最低条件である家屋が 40 以上あるという点も 60 以上家屋が生成されているのでクリアしているといえる。街路から外れた所にある家屋は、農具などをしまっている倉庫を想定している。

### 4.1.3 路村



図 4.3: 本手法で生成した路村

上記の図 4.3 は本研究手法を用いて生成した路村の実行結果である。道路の側面にオブジェクトが生成できており、集落の数も 40 を超えて集落の条件を満たしている。

## 4.2 考察

本研究手法で生成した集落は土地の状況を加味した集落の特性を満たして生成できたと判断する。まず、街村は土地の「街路に沿って家屋が配置されている」と「家屋同士がとても近くほぼ隙間がない」という 2 点を満たしていると生成結果から判断できる。次に路村は「道路に沿って家屋が配置される」と「家屋同士が離れている」という 2 点を考慮して生成が出来たと判断できる。塊村は「ある 1 点

を中心として家屋が密集して配置されている」という点を考慮し生成が出来たと生成結果から判断できる。生成オブジェクト数はどの集落も40以上生成できており、規定を満たしている。以上から再現性の点については問題ないと考える。また、作業の効率化についても、極力簡単な処理で生成することを心掛けて作り、実際に生成時間を測ったところ、1秒もたたずに集落を生成出来ていることから問題はない。しかしながら、この実行プログラムでは4回に1回ほどの割合で、街路や道路に家屋が生成されてしまったり、家屋同士が重なってしまうという問題点が発見されており、この点に関しては数値の調整が必要であると考え。また、同プログラムではユーザーから任意の数値を得て、それをもとに集落を生成しているのではなく、ある程度決まった数値で生成を行っており、その部分の改善がよりユーザー向けの手法の提案に繋がると考える。結果として今回の手法では集落の特性を考慮して集落を生成することに成功した。しかし、数値設定の問題でオブジェクトが他のオブジェクトと重なってしまうという問題点や、自動生成としている割にはユーザーの自由度が低いという問題点が発覚した。

# 第 5 章

## 終わりに

本研究では特異な規則性を持った日本の集落を自動的に生成するというものをテーマとした。日本の集落の密集するという特性を再現することを目的とし、それに対して本研究では日本の集落の規則性に対して、基準とするために最初に道を生成し、配置にはランダム性を持たせることでリアリティが高くかつ作業量の短縮につながる手法を提案した。生成対象として、塊村、街村、路村の3つを選んだ、これらは配置の特徴が顕著に表れており、お互いを見比べたときに違いが一目瞭然であること、塊村から街村と路村に変化した時代背景があり、それぞれが関係しているという点からこの3つを選んだ。結果はそれぞれの集落の家屋の配置の特性を考慮した集落の生成に成功した。今後の展望として、本研究では家屋のオブジェクトを正方形を用いて表しているが、現実の日本の家屋はL字型や長方形が多い [20] のでそれらに即したオブジェクトを作成すること、プログラムの数値を調整し家屋や道が重ならないようにすること、生成できる集落の種類を増やすことなどを行い、生成する集落をより現実のものに近付けること、ユーザーが入力する項目を増やし、自由度の高いプログラムにすることが望まれる。最後に、本研究がゲームなどのコンテンツを制作する人々の制作支援につながることを願いつつ本論文の締めくくりとする。

## 謝辞

この研究を行うにあたり、様々な助言をしてくださった当メディア学部の渡辺大地講師、三上 浩司講師にはこの場を借りてお礼を申し上げたいと思います。また、自分の不勉強のためにご迷惑をおかけしたにもかかわらず少しも嫌な顔をせずアドバイスをしてくださった竹内さん、および院生の安部先輩、武田先輩、石塚先輩、瀬田先輩、中島先輩に厚くお礼を申し上げたい次第であります。最後に、自分を精神的に支えてくれた同期のみんな、父、母、弟、モモに感謝を。

## 参考文献

- [1] Pascal Müller, Peter Wonka, Simon Haegler, Andreas Ulmer, Luc Van Gool, “Procedural modeling of buildings,” *SIGGRAPH2001* **10**, 12–17 (2001).
- [2] Yoav I H Parish, Pascal Müller, “Procedural modeling of cities,” *SIGGRAPH2001* **8**, 12–17 (2001).
- [3] 西川善司, “ICEDEC 2008—コンピュータが知性でコンテンツを自動生成、プロシージャル技術とは（前編）.” <http://journal.mycom.co.jp/articles/2008/10/08/cedec03/index.html>.
- [4] 大和平野農地防災事業, “農の新しい歴史を刻む —国営大和平野総合農地防災事業—.” <http://www.maff.go.jp/kinki/seibi/midori/kanryou/yamato/index.html>.
- [5] 広瀬和雄, **[考古学の基礎知識]**, 角川学芸出版 (2007).
- [6] Carlos A. Vanegas, Daniel G. Aliaga, Paul A. Waddell, “Interactive design of urban spaces using geometrical and behavioral modeling,” *SIGGRAPH2009* **8** (2009).
- [7] 浅井俊弘, 神原誠之, 横矢直和, “全方位距離画像と全方位カラー画像の統合による屋外環境の三次元モデル化,” *The Journal of the Institute of Image Electronics Engineers of Japan* **10**, 529–538 (2005).

- [8] Daniel G. Aliaga, Carlos A. Vanegas, Bedrich Benes , “Interactive example-based urban layout synthesis,” *SIGGRAPH2001* **10** (2008).
- [9] 奥野智江, 鈴木里珠, 狩. 加., “セルオートマトンと GA を用いた仮想都市の時系列的生成手法,” *人工知能学会論文誌* **16**(1), 111–119 (2001).
- [10] 三省堂, [**大辞林**] (2001).
- [11] 国土交通省, “国土情報ウェブマッピングシステム.” <http://w3land.mlit.go.jp/WebGIS/>.
- [12] 木村礎、林英夫, [**地方史研究の新方法**], 八木書店 (2000).
- [13] 橋爪大三郎, [**政治の教室**], PHP 研究所 (2001).
- [14] 渡辺尚志, [**百姓たちの江戸時代**], 筑摩書房 (2009).
- [15] 速水融, [**歴史人口学で見た日本**], 文春新書 (2001).
- [16] 坊垣和明, [**民家のしくみ**], 学芸出版 (2008).
- [17] 小松康之, 黒野弘靖, 石上栄一郎, 水木巧, “塊村との比較をとおしてみた街路村の空間特性,” *日本建築学会北陸支部研究報告集* **4**, 319–322 (1998).
- [18] 渡辺寿紀, 黒野弘靖, “水路と街路からみた新潟県巻町 (福井) 集落の空間構成 (集落空間と水, 農村計画),” *日本建築学会北陸支部研究報告集* **2** (2002).
- [19] 渡辺 大地, “Fine Kernel Tool Kit System.” <http://fktoolkit.sourceforge.jp/>.
- [20] 高井潔, [**民家**], 光村推古書院株式会社 (2008).