

# セルの相互作用に基づく仮想都市の創発

3S-8

†鈴木 里珠 †奥野 智江 †加藤 伸子 †狩野 均 †西原 清一  
 †筑波大学 電子・情報工学系  
 †筑波技術短期大学 電子情報学科

## 1 はじめに

近年、インターネット上での仮想都市の広がりや3Dゲームの普及にともない、多様な仮想都市を自動的に生成する方法が望まれている。従来、人手によるモデルの生成・配置や実際の都市の写真を基に構築する方法 [1] が提案されているが、新たなパターンの都市を作成することは困難である。このため、著者らは遺伝的アルゴリズム (GA) を用いて、与えられた道路網上に実世界の都市の特徴を持ち、多様なパターンの建物配置を自動的に行う方法を提案した [2]。この方法はランダムに配置された建物を、隣り合う建物の類似度が高くなるように GA で再配置することによって、「地域」(同種の建物が密集した領域) を生成させるものであったが、都市の時系列的な推移は扱えないという問題点があった。

本稿では、建物間の類似度をセルの相互作用、時系列的な変化を GA で生成する方法を提案する。

## 2 都市の特徴と本手法の基本方針

実世界の都市は住宅地、商業地、オフィスビル街などの「地域」が多数集まって形成され、これらの分布状態によって、都市が特徴付けられると考えられる [3]。また都市は局所的な相互作用の結果から、全体が形作られていくと考えられる。つまり、都市は最初から今ある形が決まっていた、トップダウンにその形を目指して成長したのではなく、個々のばらばらの意思によって、ボトムアップ的に複雑に生成されていると考えられる。

本手法は、これらをふまえ、次の基本方針に従って仮想都市を生成するものである。

- (1) 仮想都市を生成する領域を2次元のセルに分割し、セルの状態を空き地、道路種(幹線道路、区画道路)、建物種(住宅、商店、マンション、オフィスビル)とすることで都市を表現する。

- (2) セルの相互作用を「場」として表現し、その種類と強さで建物間、道路・建物間、道路間の相互の影響を表現する。
- (3) セルの状態は「道路網生成ルール」、「建物配置ルール」を基に決定する。「ルール」の適用順で都市の時系列変化を表現する。
- (4) GA でルールの適用順序を探索し、ユーザーの要求する都市を実現する。

## 3 提案する手法

### 3.1 セルの書式と場

セルを用いて都市を図1のように表現する。各建物、道路に関する場はセル単位に計算する。セルの受ける場の強さは建物や道路までの距離で決める。同種の場の値は重ね合わせで求める。新しく建物を配置する毎に、セルの場の値を更新する。

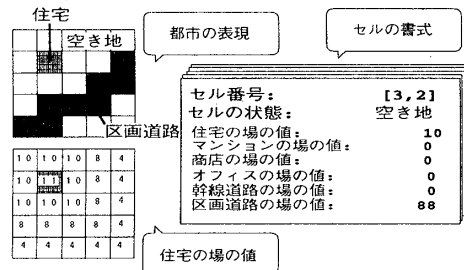


図 1: セルの書式と場の計算例

### 3.2 セルの状態変更ルール

ルールの例を表1に示す。場の値とセルの状態をもとにルールを確率的に適用し、セルの次の状態を決定する。

表 1: セルの状態変更ルールの例

ルール1	建物用	適用確率=0.1
if	セルの状態が空き地でオフィスの場が大	
then	セルの状態をオフィスにする	
ルール2	建物用	適用確率=0.1
if	セルの状態が空き地で商店の場が大かつ区画道路の場が大	
then	セルの状態を商店にする	
ルール3	建物用	適用確率=0.1
if	セルの状態が住宅で商店の場が大	
then	セルの状態を空き地にする	

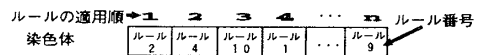


図 2: GA によるコード化

Modeling Virtual City Based on Interaction between Cells  
 †Rizu SUZUKI, †Tomoe OKUNO, †Nobuko KATO,  
 †Hitoshi KANO, †Seiichi NISHIHARA  
 †Institute of Information Sciences and Electronics, University of Tsukuba  
 ‡Tsukuba College of Technology

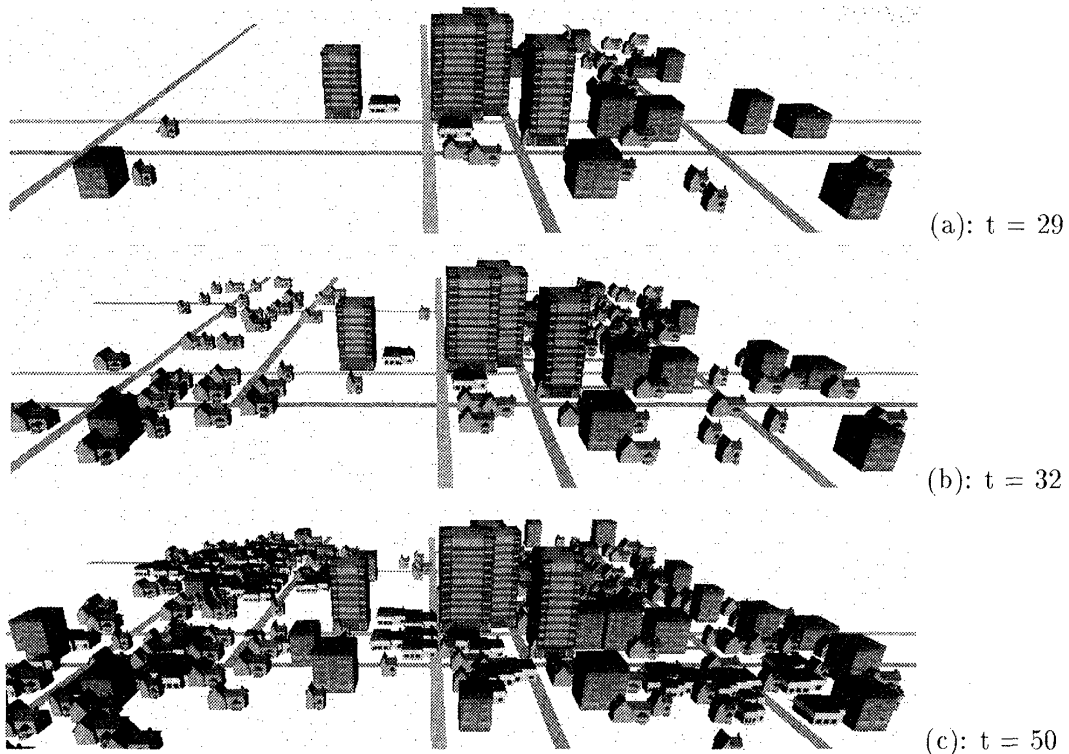


図 3: 仮想都市の時系列的な生成例 (エリート個体の 1~t 番ルールを用いて生成)

### 3.3 GA による都市の生成と適応度関数

本手法では1つの都市をGAの一個体で表現する。また、ルールの適用順序を染色体として図2のようにコード化する。

適応度関数  $F$  は次式で計算する。

$$F = \sum_{i=1}^4 \{w_1(i) \cdot f_1(i) + w_2(i) \cdot f_2(i)\}$$

$i$ : 建物種 (1:住宅, 2:マンション, 3:商店, 4:オフィスビル)

$w_1(i), w_2(i)$ : 重み係数

$f_1(i)$  は全建物数に対する建物種  $i$  の建物数の割合から図4(a)の関数を用いて求める。 $f_2(i)$  は地域の規模を表す関数で図4(b)の関数を用いて求める。本稿では、隣接しているセルの場の値が閾値をこえているときセルを連結し、その連結したセルの集合を「地域」とする。

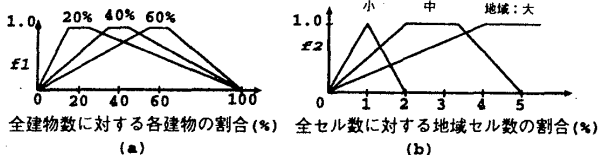


図 4: 適応度を計算する関数の例

### 4 評価実験

領域を  $100 \times 100$  セルに分割して仮想都市を生成した。染色体の長さを 50 ルールとし、ランダムに

生成した 50 個体に対して 50 世代探索した。GA の遺伝的操作として、交叉は一点交叉、選択はルーレット戦略とエリート保存戦略を併用した。また、 $f_1, f_2, w_1, w_2$  は次の条件に合うように設定した。図3に仮想都市の時系列的な推移を示す。

- ・住宅の地域: 中  $\times 2$     ・オフィスビルの地域: 中
- ・商店の地域: 中        ・マンションの建物数の比: 5%

### 5 おわりに

本稿では、建物間の類似度をセルの相互作用、時系列的な変化をGAで生成する方法を提案し、ユーザの要求に合った都市を生成できることを実験で確認した。今後は適応度関数の改良と、時系列データの評価方法の検討を実施する予定である。

### 参考文献

- [1] 原田裕明他: 仮想でない仮想都市-ミラーワールド構築を目指して-, 仮想都市研究会第1回シンポジウム論文集, pp.49-54(1997).
- [2] 岡野, 奥野他: 遺伝的アルゴリズムを用いたバーチャルワールドの生成, 情報処理学会第56回全国大会, 3S-08(1998).
- [3] 建築・まちなみ景観研究会: 建築・まちなみ景観の創造, 技報堂出版(1994).