

セルオートマトンによる仮想都市空間内の 土地利用変化シミュレーション

今 佐和子[†] 水野 一徳[‡] 三谷 純^{††} 福井 幸男^{††} 西原 清一^{††}

[†]筑波大学第三学群情報学類 [‡]拓殖大学工学部情報工学科

^{††}筑波大学大学院システム情報工学研究科

1. はじめに

近年、インターネット上のバーチャルシティや 3次元ゲーム上において、仮想都市の利用が増加している。このような需要に対し、実在の都市の画像を用いた生成手法が開発されてきた^[1]。しかし、それらの手法では、実在しない都市の新たな生成や、生成された都市の時間に伴う変化は不可能であった。そこで我々は、実際の都市の特徴をもちながら、時間変化を伴う仮想都市を生成する手法を提案してきた。その一環として本研究では、仮想都市空間に、経済モデルに基づく土地利用変化の機能を加える。本研究では建物を配置する領域を 2次元のセルとして、セルオートマトンを用いてその領域の土地利用の変化を示す。

2. 基本概要

2.1 都市の構成

道路で囲まれた最小閉領域をブロックと定義する。都市は、ブロックの集合によって構成されており、各ブロックが相互に影響を与えながら発展衰退を繰り返す^[3]。相互作用を表すため、本研究のシミュレーションではセルオートマトンを用いる。ブロックを、セルオートマトンの変化の単位であるセルとする。

また、土地利用の変化に影響を与える要素として、道路の性質を考慮する。以下の道路性質を定義し、事前に全ての道路に与えておく。

表 1: 道路性質

種類	用途	近隣ブロックに及ぼす性質
基本道路	区画道路	特になし
特殊道路	物流道路 (物流性の高い道路)	工業性が上がる 発展しやすい 衰退しにくい
	商業道路 (商業性の高い道路)	商業性が上がる 発展しやすい 経済に敏感に対応

2.2 都市の特徴

都市およびブロックの状態を表す特徴として、以下のようなパラメータを定義する。各セルの状態はこの環境ベクトルによって表し、経済指標は都市全体で共通のものとする。

$\varepsilon(t)$: 経済指標: 時刻 t における好況・不況の程度を表す

$V'_i = (l, c, p, d)$: 時刻におけるブロック番号の環境ベクトル

l : 生活度: 生活環境に適している度合い
住居施設の立地を促す

c : 消費度: 消費活動に適している度合い
商業施設の立地を促す

p : 生産度: 生産活動に適している度合い
労働施設の立地を促す

d : 発展度: $= \frac{\text{ブロック内全建物の延べ床面積}}{\text{ブロックの総面積}}$

ただし、 $-1.0 \leq \varepsilon(t) \leq 1.0$ $0 \leq l, c, p \leq 1.0$

かつ $l + c + p = 1.0$

3. 土地利用変化シミュレーション

本研究では、図 1 に示したアルゴリズムでセルの環境ベクトルを計算する。

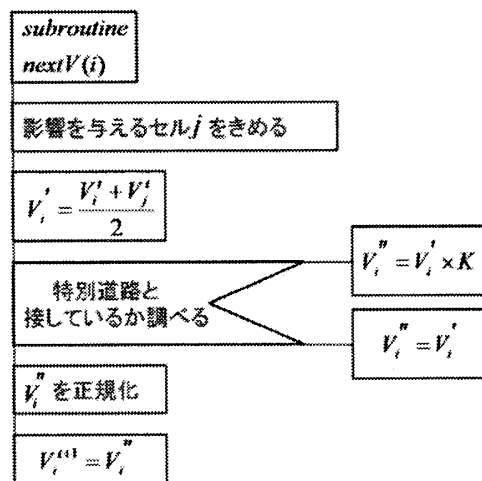
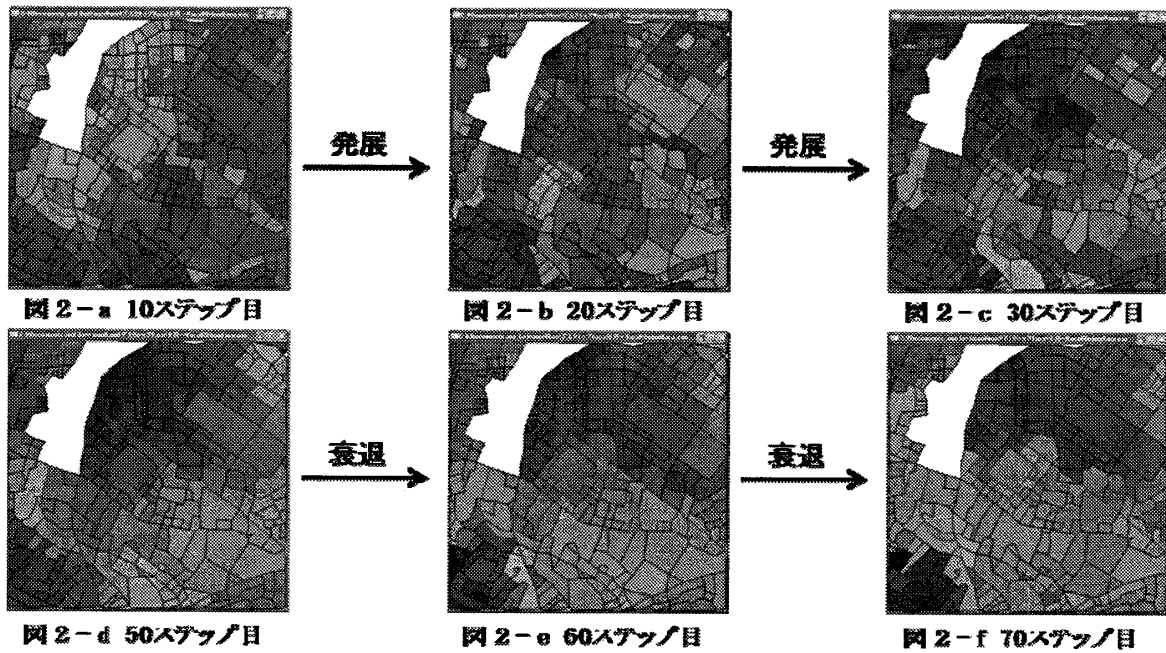


図 1 アルゴリズム

3.1 影響を与えるセル j の決定

セル i に影響を与えるセル j は以下の $P(j)$ の確率で隣接するセルの中から一つ決定する。経済指標

Land-use Change Simulation of Virtual Cities by using Cellular Automata
Sawako Kon, Kazunori Mizuno, Jun Mitani, Yukio Fukui, Seiichi Nishihara
Department of Computer Science, University of Tsukuba



が大きいほど開発度の高いセルが選ばれる確率が高くなり、経済指標が小さいほど開発度の低いセルが選ばれる確率が高くなる。

$$P(j) = \frac{(d_j)^{k\epsilon(t)}}{\sum_{m \in N_i} (d_m)^{k\epsilon(t)}}$$

N_i : セル*i*に隣接するセルの集合

k : 定数

3.2 特別道路からの影響

セル*i*が特別道路に接している場合は経済指標の絶対値に比例して表2の分類に従って計算を行う。つまり好況または不況の度合いが大きいほど道路特性の影響が大きくなる。

表2: Kの分類

道路	ϵ	K	k
物流道路	$\epsilon \geq 0$	$p''=p' * k11$	$k11=1.25$
		$c''=c' * k21$	$k21=1.23$
	$d''=d' * k31$	$k31=1.40$	
	$\epsilon \leq 0$	$p''=p' * k12$	$k12=0.97$
$c''=c' * k22$		$k22=0.97$	
商業道路	$\epsilon \geq 0$	$c''=c' * k41$	$k41=1.9$
		$d''=d' * k51$	$k51=1.7$
	$\epsilon \leq 0$	$c''=c' * k42$	$k42=0.85$
		$d''=d' * k52$	$k52=0.7$

4. 評価

図2にシミュレーション結果を示す。豊島区池袋駅周辺(範囲 1.4km 四方)の地図をもとに道路網を作成した。経済指標は図3のように80ステップ周期で、0~20:上昇, 21~60:下降, 61~80:上昇と設定した。

図2より、商業道路と物流道路周辺の特性として、発展時は物流道路商業道路から発展して衰退時は商業道路付近から衰退していることが読み取れる。

また図3より、経済変動の影響が多くの地域に到達するまでに時間差があることがわかる。

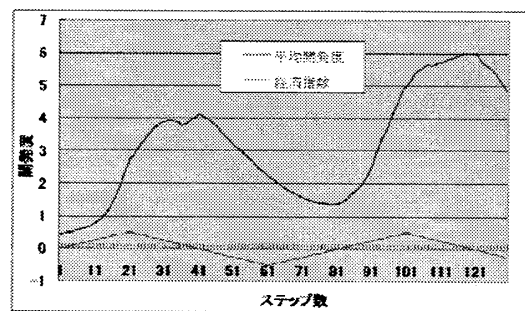


図3 平均開発度

5. おわりに

本稿では、実際の都市のように時間変化を伴う仮想都市を生成するために、ブロックの状態を表す特徴を定義し、その特徴をセルオートマトンにより時系列変化させる手法を提案した。

実際の都市で道路性質は人為的に変化していく。今後は道路性質の指定を自動化できるよう拡張していくとともに、仮想都市生成手法^[2]に組み合わせ3次元での都市の景観変化を表現していきたい。

参考文献

- [1]原田裕明:「仮想でない仮想都市ーミラーワールド構築を目指して」, 日本バーチャルリアリティ学会研究報告, Vol. 1, No. 1, pp13-18(1997).
- [2]本田真望: 自律的に変化する仮想都市の自動生成に関する研究, 筑波大学大学院博士課程システム情報工学研究科博士論文, 2005.
- [3]秋山政敬:「図説都市構造」, 鹿島出版(1990).