

時間変化を伴う仮想都市の自動生成における建物配置

大谷 洋平 山内 大介 本田 真望 水野 一徳 福井 幸男 西原 清一

筑波大学 電子・情報工学系

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、そのような手法では、実在しない都市を新たに生成することができない。また、生成された都市の時間に伴う変化は考慮されていなかった。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する。その一環として、Lシステムを用いた仮想道路網の生成手法の研究を行っている^[2]。また、都市の特徴を遺伝的アルゴリズムやCA(セルオートマトン)を用いて導き出すという研究を行ってきた^[3]が、建物の用途・構造の決定、配置位置の決定が不十分であった。

そこで、本稿では都市の特徴から建物の用途・構造、および配置位置を確率的に決定し、さらに時間とともに建物を建て変えていくことで景観変化を表現する手法を提案する。

2. 基本概要

2.1 都市の構成

本研究では、都市を構成する要素として道路と建物のみを取り上げる。建物についてその用途から以下のように分類する。

住居施設：一戸建て、アパート、マンション等の生活するための建物

商業施設：小店舗、デパート、雑居ビル等の消費を促すと考えられる建物

労働施設：工場、オフィスビル、雑居ビル等の生産を促すと考えられる建物

また、道路で構成される最小閉領域を**ブロック**と定義する。

2.2 都市の特徴

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作用し合いながら発展衰退することで時系列変化をおこす^[4]。本手法では、発展衰退により各ブロックの状態が変化し、ブロック内にその状態に合うような建物が存在するものとする。

そこで、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。

ε : 経済指標: 都市全体の経済力

$V_i^t = (v_1, v_2, v_3, d)$: 時刻 t におけるブロック番号 i の環境ベクトル

v_1 : 生活度: 生活環境として適している度合い
住居施設の立地を促す

v_2 : 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

v_3 : 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、 $0 \leq v_1 \leq 1.0$, $0 \leq v_2 \leq 1.0$, $0 \leq v_3 \leq 1.0$

かつ $v_1 + v_2 + v_3 = 1.0$

3. 処理手順

3.1 全体の流れ

本手法では、都市の持つ特徴に応じて建物を配置するとともに、都市の時間変化を表現するために、すべてのブロックに対して以下の処理を行う。全体の流れを図1に示す。

(1) 環境ベクトルを設定する。

(2) すべての建物について、維持するか削除するか決定する。

(3) ブロックの発展度が、目標の発展度 d に達するまで建物を追加する。

3.2 建物の削除

本手法では、建物の築経過時間 y から建物が維持される確率 p を求め、乱数を用いて建物を維持するか、削除するかを確率的に決定している。建物の維持確率 p を次のように定式化する。

$$p = \begin{cases} \varepsilon \cdot p_0 & (0 \leq y < y_0(s)) \\ \varepsilon \cdot \left(p_0 + \frac{(y - y_0(s))(p_1 - p_0)}{y_1(s) - y_0(s)} \right) & (y_0(s) \leq y < y_1(s)) \\ \varepsilon \cdot p_1 & (y_1(s) \leq y) \end{cases}$$

$y_0(s), y_1(s)$: 建物の構造 s についての築経過時間の基準点

p_0 : $y = y_0(s)$ における維持確率

p_1 : $y = y_1(s)$ における維持確率

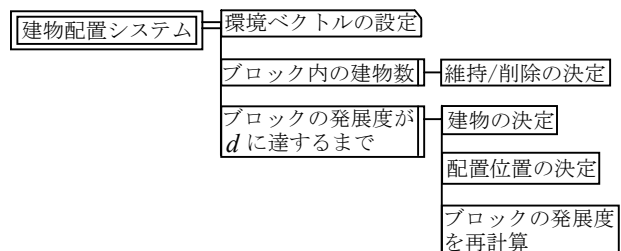


図1: システムの処理手順

Building layout for automatic generation of time-varying virtual cities
 Youhei Ohtani, Daisuke Yamauchi, Masanobu Honda,
 Kazunori Mizuno, Yukio Fukui, Seiichi Nishihara
 Institute of Information Sciences and Electronics, University of
 Tsukuba

表 1：建物の分類

用途	構造	種類	階数	底面積 [m ²]
住居施設	低層	一戸建て	1~3	50~150
	中層	アパート マンション	2~5	100~300
	高層	マンション	5~	200~1000
商業施設	低層	小店舗	1~3	50~200
	中層	デパート 雑居ビル	2~5	150~2000
	高層	デパート 雑居ビル	5~	500~2000
労働施設	低層	工場	1~4	200~5000
	中層	雑居ビル オフィスビル	2~10	150~2000
	高層	雑居ビル	10~	500~2000

3.3 建物の追加

3.3.1 建物の分類とその決定

建物を用途、構造、種類から表 1 のように分類し、それぞれの建物の底面積および階数に制限を与える。

建物の用途、構造、種類の決定は、すべて環境ベクトルの値をもとに確率的に決定する。 v_1 、 v_2 、 v_3 は用途、 d は構造および種類の確率的決定において重みの役割を果たす。また、底面積および階数の決定には設定した数値の範囲から乱数を用いて決定する。

3.3.2 配置位置の決定

最後に、建物の配置位置を決定するために以下の処理を行う。

- (1) 道路沿いかつ建物の建っていない領域を探索し配置位置候補とする。
- (2) 配置位置候補のうち、建物を配置するための十分な領域の確保できるものに対してのみ重みを付ける。
- (3) 乱数を用いて配置位置候補の中から一つを選択する。
- (4) 選択された配置位置に対して、建物の底面積を基準に乱数を用いて、建物の長方形形状の幅と奥行きを決定する。
- (5) 道路および既存の建物との衝突判定を行い、衝突があれば建物の奥行きを調整する。

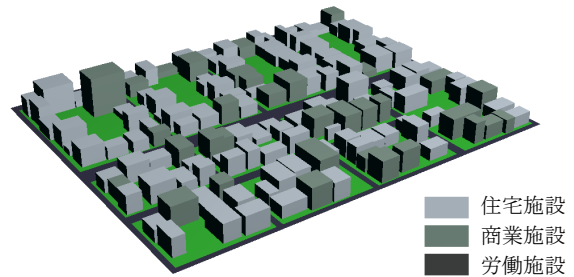
4. 実行例

図 2(a)-(b) に本手法を用いて生成した都市の例を示す。生成範囲は 1.5km×2.0km とし、環境ベクトルはすべてのブロックで同値であり、初期状態から変化させることなく一定とした。1 ステップは 1 年に値し、初期状態から 20、50 ステップ後の都市を表示したものである。築経過時間表示では、築経過時間に従って建物の色は濃く表示している。また、実行例における環境ベクトルの設定を表 2 に示す。

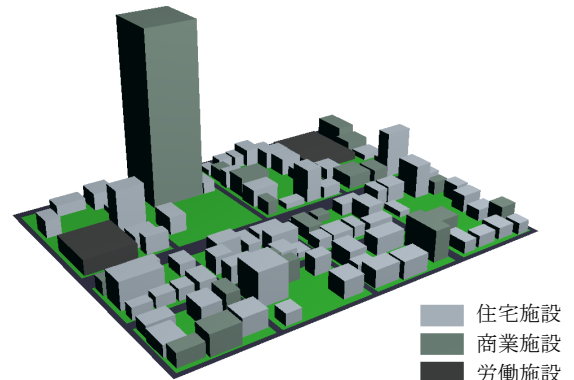
以上より、都市の特徴に環境ベクトルというパラメータを用いることで、都市の特徴を一定に維持しながらも有効に都市の時間変化を表現できることを確認した。

5. おわりに

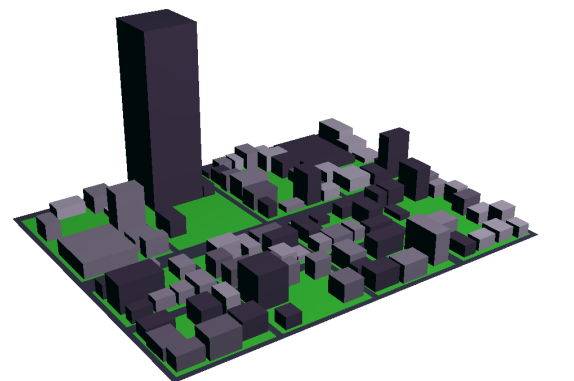
本稿では、実際の都市の特徴を持ちながら、時間変化を伴う仮想都市を生成するために、ブロックの状態を表す特徴を定義し、その特徴をもとに建物を



(a) 20 ステップ (用途別表示)



(b-1) 50 ステップ (用途別表示)



(b-2) 50 ステップ (築経過時間表示)

図 2：建物配置の時間変化

表 2：環境ベクトルの設定

v_1	v_2	v_3	d
0.7	0.25	0.05	1.2

建て変える手法を提案した。

今後はより現実的な建物の形状を自動生成できるよう拡張していくとともに、L システムを用いた道路網生成手法および CA を用いて都市の特徴を時系列変化させる手法を組み合わせ、都市の発展衰退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] 初田他：「L システムを用いた都市道路網の自動生成」、情報処理学会第 62 回全国大会, 3V-9 (2001).
- [3] 奥野他：「セルの相互作用と GA を用いた仮想都市の生成」、第 26 回知能システムシンポジウム, pp. 239-244, 計測自動制御学会 (1999).
- [4] 秋山政敬：「図説都市構造」、鹿島出版 (1990).