

Lシステムを用いた道路網の生成

3 S - 7

†奥野 智江 †岡野 紋 †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、3次元ゲーム上での仮想都市の利用が広がってきている。しかし、仮想都市の生成作業には大量の時間と人手がかかり、大規模な仮想都市の生成が困難である。これを解決するために実際の都市の写真を基に仮想都市を構築する手法が研究されているが、この手法では新しいパターンの都市を生成することはできない。

著者らは、仮想都市を自動的に生成する手法を検討している [1][2]。本稿では、都市の骨格となる道路網をLシステムを用いて自動的に生成する手法について述べ、その有効性を示す。

2 研究分野の概要

2.1 道路網の特徴

道路網は交通機能の面で幹線道路、地区道路などの段階的構成となっている [3]。各段階の道路網は十字、T字、Y字の同じ分岐構造を持っている。

ある地域内の道路網に着目すると地域により極めて多種多様な構造となっているが、これらは通常次のような指標により分類されている [4]。

$$\pi = (\text{交通網の総延長}) / (\text{交通網の直径})$$

$$\alpha = (\text{実際の閉路数}) / (\text{閉路の最大数})$$

ここではさらに τ 、 μ の2つの指標を用いる。

$$\tau = (\text{交差点間の総延長}) / (\text{交差点間の直線距離})$$

$$\mu = (\text{閉路の長さの標準偏差}) / (\text{閉路の長さの平均})$$

2.2 Lシステム

Lシステムは記号で表現された状態の集合 Σ 、書き換え規則 P 、初期記号列 ω の3つから成る。

$$L = (\Sigma, P, \omega)$$

Lシステムは初期記号列 ω に書き換え規則 P を繰り返し適用することで発生の様子を記述するもので、細胞の発生、植物の成長を記述するのに使われている [5]。

Lシステムには、1つの記号に対して1つの書き換え規則が与えられた決定論的Lシステムその他、条件や確率によって与えられる書き換え規則が違うテーブルLシステム、確率Lシステム等がある [5]。

3 Lシステムを用いた道路網の生成

3.1 基本方針

本手法における基本方針は次の3つである。

1. 道路網の分岐構造をLシステムの書き換え規則で表現する。Lシステムの記号をリンクとし、道路網をリンクの集合として表現する。
2. 環境として道路間の相互作用を取り入れる。また、相互作用の働く空間を場とする。
3. 段階構造の各段階を幹線道路、地区道路とし、それぞれの道路網を同じ書き換え規則で生成する。

3.2 Lシステムによる定式化

道路網のパターンとして直進と十字・Y字・T字の各分岐を考え、環境に依存したLシステム [6] で表現する。それぞれの書き換え規則を次のようにする。

$$\Sigma = \{A, F, +, -, [,]\}, P = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5\}, \omega = F$$

$$\text{直進 } p_1: F:(n1, p) \rightarrow AF \quad :prob_a$$

$$\text{十字分岐 } p_2: F:(n1, p) \rightarrow A[+F]F[-F] \quad :prob_c$$

$$\text{Y, T字分岐 } p_3: F:(n1, p) \rightarrow A[+F][-F] \quad :prob_y$$

$$p_4: F:(n2) \rightarrow A \quad :np$$

$$p_5: F:(n2) \rightarrow AF \quad :(1-np)$$

ただし $p_1 \sim p_5$ は、

書き換え前の記号:(環境) → 書き換え後の記号:適用確率
 という意味である。

A, Fは長さ l の成長を、+,-は進行方向に対する左右の回転を表現する。またFの成長のとき、揺らぎ角 $\pm\beta$ を与えている。道路の場 $n2$ に入っていないときは p_1 から p_3 までの書き換え規則が適用され、道路の場 $n2$ に入ったときは p_4, p_5 の書き換え規則が確率によって適用される。

3.3 道路の場

道路が不自然に集中することを避けるため、道路の場を導入する。道路の場とは、道路間の相互作用によって力が働く領域のことである。

図1において道路の場がある場合に、注目している道路Aの先端座標を (x, y) 、書き換え規則によって道路Aが次に伸びる先端座標を (x', y') 、道路Aの先端座標から最寄りの道路までの距離を $|\vec{a}|$ とする。このとき道路Aが次に伸びる先端の座標 (x'', y'') を以下のように計算する。

$$(x'', y'') = (x + a'_x, y + a'_y) \text{ ただし、} \vec{a} = (x' - x, y' - y)$$

Generating Road-Network Using L-system

†Tomoe OKUNO, †Aya OKANO, †Nobuko KATO, †Hitoshi KANO, †Seiichi NISHIHARA

†Institute of Information Sciences and Electronics, University of Tsukuba

†Tsukuba College of Technology

$y), \vec{a}' = (a'_x, a'_y)$ として
 $d1 < |\vec{r}|$ のとき $\vec{a}' = \vec{a}$
 $d2 < |\vec{r}| \leq d1$ のとき $\vec{a}' = (|\vec{r}|/d1)\vec{a} + (1 - |\vec{r}|/d1)\vec{r}$
 $|\vec{r}| \leq d2$ のとき $\begin{cases} \vec{a}' = \vec{r} & (\text{確率 } np) \\ \vec{a}' = \vec{a} & (\text{確率 } 1-np) \end{cases}$

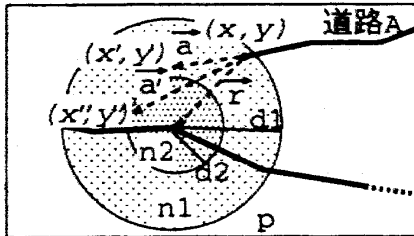


図1: 道路の場

3.4 段階構造

道路を段階的に構成するため、幹線道路と地区道路を道路のパラメータ $(l, d1, d2, prob_s, c, y)$ を変えることにより表現する。

4 評価実験

図2,3,4に地区道路の生成例を示す。図中の右欄に示されているパラメータ以外は次のように設定した。

$$\begin{aligned}
 d1 &= 5l & d2 &= 2l \\
 prob_s &= 0.9 & prob_c &= 0.05 \\
 prob_y &= 0.05 & np &= 0.1 \\
 \beta &= 10^\circ
 \end{aligned}$$

図5は、 $prob_s = 0.9, 0.8$ (ただし、 $prob_c = prob_y = (1 - prob_s)/2$)として各100回生成させたときの π 指標の値の分布を示している。図6に段階的に構成した道路網の例を示す。

以上より、パラメータの変更によって多様なパターンの道路を生成できることがわかった。

5 おわりに

本稿では、道路の場を用いたLシステムによる道路網生成手法を提案し、多様なパターンが得られることを確認した。

今後は、場の種類を増やすことにより地形に合った道路網を生成する手法を検討する予定である。

参考文献

- [1] 加藤、奥野他:人工生命の手法による仮想都市生成の基礎的検討, 日本VR学会大会論文集 Vol.2, pp.77-78(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] 新谷洋二:都市交通計画, 技報堂出版(1994).
- [4] 奥平耕造:都市工学読本, 彰国社(1976).
- [5] 土居洋文:生物のかたちづくり, サイエンス社(1988).
- [6] P.Prusinkiewicz: Synthetic Topiary, Proceedings of SIGGRAPH'94, pp.351-358(1994).

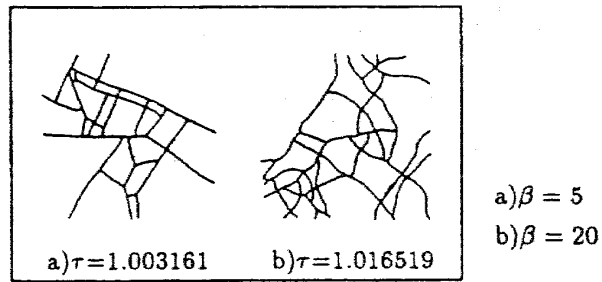


図2: 曲がり具合 τ の値による違い

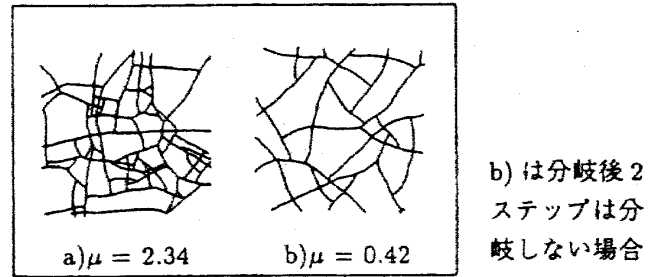


図3: 閉路の大きさのばらつき μ による違い

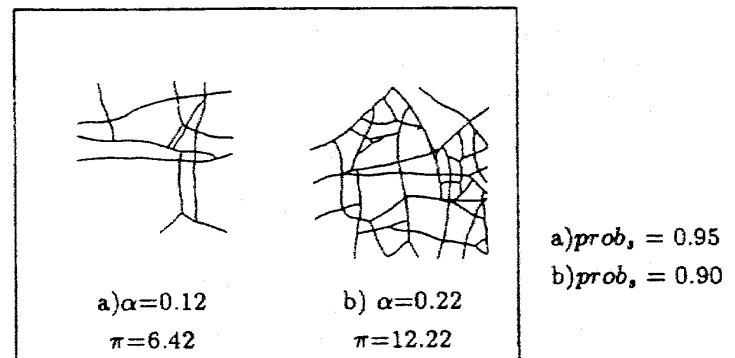


図4: α と π による違い

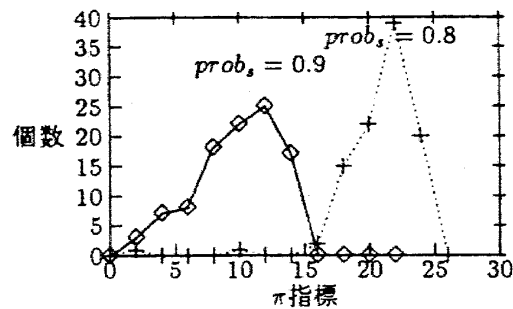


図5: $prob_s$ の違いによる π 指標の分布

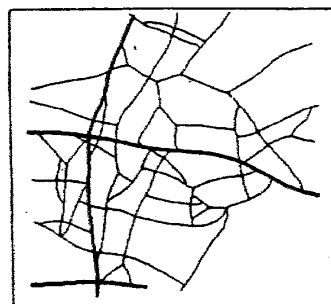


図6: 段階的に構成された道路網の例