

1T-01 地形を考慮したLシステムによる仮想的道路網の生成

本田 真望† 奥野 智江† 加藤 伸子‡ 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、インターネットや3次元ゲーム上で仮想都市の利用が高まっている。大規模な仮想都市のために、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。しかしこの手法では新たなパターンの都市を生成することはできない。

そこで、新たなパターンの仮想都市を生成する手法が提案され[1][2]、その一環としてLシステムによって道路網を生成する手法が提案された [1][3]。この手法は平地での道路網を生成するには有効であるが、山や海など地理的条件に合った道路網を生成することができない。

本稿では地形を考慮した道路網を生成する手法を提案する。

2 研究分野の概要

2.1 道路網の特徴

道路網は幹線道路、補助幹線道路などの階層的な構成となっている。各階層の道路はいずれも同じ分岐構造を持ち、十字、ト字、T字などの分岐構造が見られる。また、実際の道路網には海岸線に沿う道や、山を迂回する道、谷に入り込む道といった地形に特有の道路形状が見られる。

2.2 Lシステム

Lシステム[4]は初期記号列に書き換えを繰り返し適用することで発生の様子を記述でき、記号集合 Σ 、書き換え規則集合 P 、初期記号列 ω の3つから成り、 $L=(\Sigma, P, \omega)$ と表される。

3 Lシステムを用いた道路網の生成

3.1 基本方針

本手法は、文献[3]に基づいており、その基本方針は次の2つである。

- (1)地形をベクトル場で表現する。
- (2)ベクトル場を基にLシステムを適用し、地形に合わせた道路網の分岐構造を決定する。

本手法の処理の流れを図1に示す。次節でベクトル場の算方法とLシステムによる定式化について説明する。

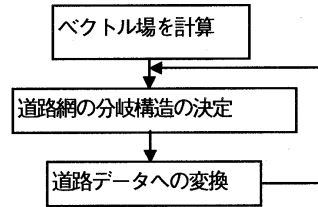


図1 全体処理の流れ

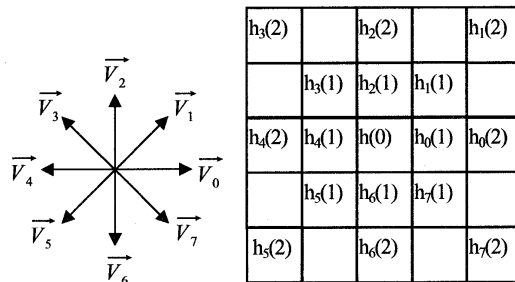


図2 参照するセルと方向

3.2 ベクトル場の計算

道路網を生成する範囲をセルで区切る。標高を基に地形をベクトルの場で表現し、各セルごとに8方向に量子化されたベクトル \vec{v}_i ($i = 0, \dots, 7$)を計算する(図2)。 \vec{v}_i は道路の伸びやすさを表し、その方向に海や崖がある場合は進入不可とするため $|\vec{v}_i| = 0$ 、平地の場合は道路が伸びやすくするため $|\vec{v}_i| = 1$ となるように以下の式で計算する。

$$|\vec{v}_i| = \begin{cases} 1 & (s_i \leq MIN) \\ 0 & (s_i \geq MAX) \\ 1 - (s_i - MIN) / (MAX - MIN) & (otherwise) \end{cases}$$

MAX, MIN : 定数

ただし、 s_i は \vec{v}_i 方向の傾斜とし、次のように計算する。

$$s_i = \max \left\{ \frac{|h(0) - h_i(j)|}{j \times D} \right\} \quad (j = 1, \dots, n)$$

$h(0)$: 注目しているセルの標高値
 $h_i(j)$: \vec{v}_i 方向に j 個隣りのセルの標高値
 D : セルの1辺の長さ

また、海岸線に沿う道や谷道など地形に沿う道を表現するため、 $|\vec{v}_{i+1}| = 0$ または $|\vec{v}_{i-1}| = 0$ であるベクトル \vec{v}_i を地形に沿うものとし、その大きさを定数倍する。

3.3 Lシステムによる定式化

道路網の分岐構造を決定するためにLシステムを用いて以下のように定式化する。

$$\Sigma = \{ A, F, +, -, [,] \}, P = \{ p_1, \dots, p_{10} \}, \omega = \{ FF \}$$

L-system Approach to Generating Virtual Road Networks Considering Geography.

Masanobu Honda†, Tomoe Okuno†, Nobuko Kato‡, Seiichi Nishihara†

†Institute of Information Sciences and Electronics, University of Tsukuba

‡Tsukuba College of Technology

書き換え規則 p_n を以下の型で表現する。

識別子:書き換え前の記号:条件→書き換え後の記号:適用確率

$p_1:$	$F:n_0$	→	AF	:	B_1	(直進)
$p_2:$	$F:n_0$	→	$A[+F][-F]F$:	B_2	(十字)
$p_3:$	$F:n_0$	→	$A[+F]F$:	B_3	(左ト字)
$p_4:$	$F:n_0$	→	$A[-F]F$:	B_4	(右ト字)
$p_5:$	$F:n_0$	→	$A[+F][-F]$:	B_5	(T字)
$p_6:$	$F:n_0$	→	A+F	:	B_6	(左折)
$p_7:$	$F:n_0$	→	A-F	:	B_7	(右折)
$p_8:$	$F:n_0$	→	A	:	B_8	(行止)
$p_9:$	$F:n_1$	→	AA	:	B_9	(突当)
$p_{10}:$	$F:n_1$	→	AF	:	B_{10}	(交差)

ただしA, Fは一定長のリンクを, +, -は進行方向に対してそれぞれ左, 右への回転を, [,]は分岐を表現する。また, n_1 はリンクFの先端が道路の場[3]に入っていることを示し, n_0 は入っていないことを示す。

また, 確率 B_n ($n=1, \dots, 8$)を以下の式で計算する。 α_n は定数とする。

$$b_1 = \alpha_1 \times f$$

$$b_2 = \begin{cases} 0 & (f \times r \times l = 0) \\ \alpha_2 \times (f + r + l) / 3 & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

$$b_3 = \begin{cases} 0 & (f \times r = 0) \\ \alpha_3 \times (f + r) / 2 & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

$$b_4 = \begin{cases} 0 & (f \times l = 0) \\ \alpha_4 \times (f + l) / 2 & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

$$b_5 = \begin{cases} 0 & (r \times l = 0) \\ \alpha_5 \times (r + l) / 2 & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

$$b_6 = \alpha_6 \times r$$

$$b_7 = \alpha_7 \times l$$

$$b_8 = \begin{cases} 1 & (f + r + l = 0) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

$$B_n = b_n / \sum_{i=1}^8 b_i$$

ここで, f, r, l は次のように定義する。(図3)

$$f = \max\{|\vec{V}_k|, |\vec{V}_{k+l}|, |\vec{V}_{k+l}| \} \quad (\alpha=1)$$

$$r = |\vec{V}_{k+l}| \quad (\alpha=2)$$

$$l = |\vec{V}_{k+l}| \quad (\alpha=2)$$

ただし, 注目しているリンクFの伸長方向とx軸とのなす角を θ とすると,

$$k = (\theta - \pi/8) / (\pi/4)$$

$$k \pm a = (k \pm a + 8) \bmod 8 \quad \text{mod : 剰余関数}$$

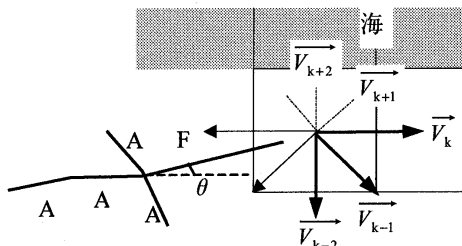
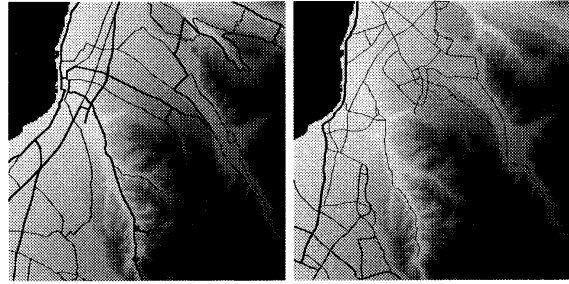


図3 確率計算に用いるベクトル



(平均評点3.2)

図4 実際の道路網

(平均評点3.6)

図5 生成した道路網

さらに, 得られた文字列と注目しているセルのベクトルを基に伸長方向を計算し, 道路データを作成する。

4 評価実験と考察

実際の道路網及び本手法を用いて生成した道路網の例を示す(図4,5)。生成範囲10km×10kmとして200×200セルに区切り, 地形データとして国土地理院「数値地図50mメッシュ」の標高データを与えた。実際の道路網図にはゼンリン「ゼンリン電子地図97」を用いた。また, パラメータの値をそれぞれ $D=50(m)$, $MAX=0.10$, $MIN=0.05$ とした。主観評価として, 20代~50代の男女34名を対象にアンケートを行った。実際の道路網と生成した道路網について「5.本物らしい, 4.やや本物らしい, 3.どちらでもない, 2.やや本物らしくない, 1.本物らしくない」という評定尺度の5段階評価を行った。

図5の道路網から, 海岸線に沿う道や谷道が生成できていることを確認した。さらにアンケートより, 生成した道路網(図5)は実際の道路網(図4)に近い平均評点を得た。

5 おわりに

本稿では地形の場を考慮したLシステムによる道路網生成手法を提案した。本手法を用いて, 地形に合った道路網が得られること, ならびに主観評価によって実際の道路網に近い道路網を生成できることを確認した。しかし一方で, 本手法では国道のような筋状に伸びている道路を表現することが困難となっている。

今後は定量的な評価方法を開発し, 実際の道路網と生成した道路網の比較を行う。さらに近隣都市を環境として考慮し, 生成する道路に都市と都市を結ぶ役割を持たせることによって国道のような道を生成する予定である。

参考文献

- [1] Kato, N. et al. :An Alife approach to modeling virtual cities, SMC'98, pp.1168-1173 (1998)
- [2] 加藤他:「遺伝的アルゴリズムを用いた仮想都市のための建物配置方式」, 信学論]82-D-II, No.10, pp.1766-1774(1999)
- [3] 奥野他:「Lシステムを用いた道路網の生成」, 第56回 情処大会 3S-07(1998)
- [4] Prusinkiewicz, P. et al. :The algorithmic Beauty of Plants, Springer-Verlag(1990)