

仮想都市のための自律的変化を伴う建物配置

4ZC-04

山内 大介[†] 本田 真望[†] 加藤 伸子[‡] 福井 幸男[†] 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

バーチャルリアリティは、現実の自然や人工物あるいは現象を実質的に再現することを目的の一つとしている。都市は、人工物の集合でありながら有機的自然物とみなすこともでき、かつ時間的変化を伴う現象とみなすこともできる。仮想都市の生成は、実在する都市の再現またはそれに基づく生成と、実在しない都市の創成とに大別でき、前者には地図データや3次元CADデータ、さらには実際の都市の画像を用いる方法などがある^[1]。後者については都市工学の分野で、都市の計画モデルの模型作成やコンピュータ化などが従来行われてきたが、VRの分野での試みは多くはない。しかし近年、架空または想像上の都市の需要も高まりつつあり、現実の都市らしさを持ちつつ、諸条件の影響下でオリジナルな都市を生成する技術の開発が試みられている^{[2][3]}。

本稿では都市を、道路によって囲まれた矩形または不定形の閉領域(ブロック)同士の相互作用により発展するものと捉え、セルオートマトンを用いてブロック間の変化を表現する手法を提案する。

2. 都市の特徴と生成法の方針

2.1 建物と配置の特徴

建物は住居や商店など多様な役割を持ち、その役割ごとに形状・大きさや配置条件、周囲に与える影響などが大きく異なる。建物は一般に、住宅街や商店街のように同種類の建物の集団を形成することが多い^[4]。また建物の配置の変化には、周囲の状況によって増加する(=発展)ものや、過密状態や異種の建物との競合により消滅または機能を失う(=衰退)ものが見られる。

2.2 セルオートマトン法

セルオートマトン(CA)は格子状に区切られた最小

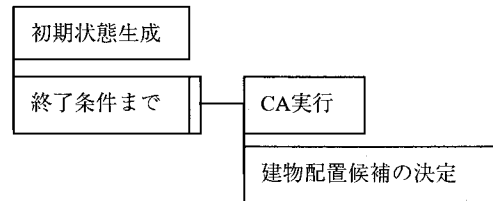


図1 本手法の流れ

単位をセルとし、各セルの状態をその近傍のセルの状態によって並列的に一斉に変化させる機構であり、様々なシミュレーションモデルとして用いられる。ライフゲームや複雑系モデルが代表的な例である。

3. セルオートマトンによる建物配置

3.1 手法の流れ

本手法では代表的な建物種として住宅、個人商店及びショッピングモールの3種類をそれぞれオブジェクト $O_1 \sim O_3$ 、各オブジェクトの建ちやすさを表すポテンシャル値を $P^n(n=1,2,3)$ とし、 i ステップ目におけるブロックの状態をベクトル (P_i^1, P_i^2, P_i^3) とする。CAを用いてこの値を変化させ、建ちやすさのポテンシャル場を生成することにより、ブロックごとの建物の配置状況を決定する。また、本手法の全体の流れを図1に示す。

本稿では、セルを特殊な矩形形状のブロックを想定してCAのルールを構築した。以下ではCAへの定式化について説明する。

3.2 CAへの定式化

本手法では $i+1$ ステップ目のセルの状態を、 i ステップ目のセルの状態と近傍8セルの状態との差を用いて決定する。本手法で用いるCAのルールは、8近傍のセルを集合 V として以下に定めた。

$$r_1: P_i^n = 0, V > a \rightarrow P_{i+1}^n = a$$

$$r_2: P_i^n = 0, V \leq a \rightarrow P_{i+1}^n = P_i^n + f(V)$$

$$r_3: P_i^n > 0 \rightarrow P_{i+1}^n = P_i^n + g(V)$$

ここで、 a はブロックにおける最低限の建ちやすさ

Autonomous Method of Placing Buildings for Virtual Cities.

Daisuke Yamauchi[†] Masanobu Honda[†] Nobuko Kato[‡] Yukio Fukui[†] Seiichi Nishihara[†][†] Institute of Information Sciences and Electronics, University of Tsukuba.[‡] Tsukuba College of Technology.

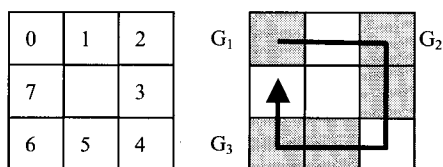


図2 8近傍セルの番号 図3 微弱な値のグループ

を表すポテンシャルの閾値である。Pⁿの値がa以下である場合、高いポテンシャルを持つセルの集団の存在が、微弱な影響として遠くに伝わっているものと考えられる。このことにより、CAにおいては8近傍のみを参照してルールを適用するが、全体としては住宅や商店の集団に合わせた変化を見ることが期待できる。また、ルール_{r2}及び_{r3}で用いる関数f(V)、g(V)は近傍8セルの状態からiステップ目におけるセルのポテンシャル値の増減量を決定する関数で、近傍8セルの左上から時計回りに番号を付けて(図2)、次式で計算する。

$$f(V) = \sum_{j=1}^4 \max(G_j^n)$$

$$g(V) = h(V) + \sum_{m=1, m \neq n}^3 E_m^n(h(V))$$

ここでG_jⁿは、0を越え、aに満たないポテンシャル値を持ち時計回りに連続したセルのグループを表し(図3)、max(G_jⁿ)は各グループのセルにおけるポテンシャルの最大値を示す。また、関数Eは与えられたh(V_n)を評価する関数であり、第m近傍セルをN_mⁿとして、近傍8セルと対象セルのポテンシャル値の差h(V_n)は次式で計算する。

$$h(V) = (N_m^n + \max\{N_{j+1}^n, N_{j+2}^n\}) / 2 - P_j^n$$

$$(j = (m+3) \bmod 8)$$

以上の計算を全てのセルに同時に行うことで1ステップとする。

4. 実行例

本手法による実行例を図4、図5に示す。それぞれ(a)はポテンシャルP¹の分布、(b)はポテンシャルP²の分布を示している。濃い色で示されている強い値の場の周囲には微弱な値を持つ場が広がっている。また、P¹、P²はその値が弱い部分においては互いに混在する形で高まっているが、一方が高まっている領域においては他方のポテンシャルが高まっていない。このことから、現実の都市における住宅街や商店街などの住み分けが表現できているものと考えられる。

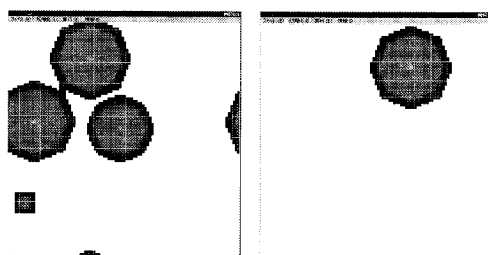


図4 20ステップ目のポテンシャル場

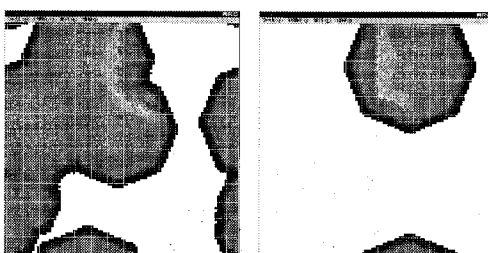


図5 40ステップ目のポテンシャル場

5. まとめと今後の課題

本稿では、都市の発展を種々の建物の建てやすさの分布が変動することによって行われるものと考え、CAを用いて表現した。実行例より、住宅及び商店のポテンシャルが実際の都市と同じように住み分けられるように発生することが分かった。今後は、本手法において生成したポテンシャル場を基に、各セルの内部に配置する建物の大きさ・形状および数や割合などを自動的に決定して配置するアルゴリズムを考案し、仮想空間内に実際に3次元の建物オブジェクトを配置したい。

参考文献

- [1] 原田：仮想でない仮想都市—ミラーワールド構築を目指して、日本VR学会研究報告, 1, 1 (1997).
- [2] 加藤他：遺伝的アルゴリズムによる仮想都市のための建物配置方式、信学論, J82-DII, 10 (1999).
- [3] 本田, 加藤, 福井, 西原:Lシステムによる仮想都市のための道路網の生成と評価、グラフィックスとCADシンポジウム2000, 情報学会 (2000).
- [4] 秋山：図説都市構造、鹿島出版会(1990).