

1 T-3

セル・オートマトンモデルを用いた汎用シミュレータの実装とその応用

羽吹重臣 有澤 誠

慶応義塾大学大学院政策・メディア研究科

1 はじめに

セル・オートマトンモデルを用いた汎用性の高いシミュレータを制作した。本ツールの特徴は、実験条件をGUIを通じて対話的に設定できること、及び結果を3次元CGでリアルタイムに確認できることである。これによりプログラミングの知識の無い者が容易にシミュレーションを行うことが可能となる。本論文では、人工生命における応用例を通じて本ツールの概要を述べる。

2 研究の背景

セルオートマトン (Cellular Automata) とは、有限オートマトン (セル) を空間内に規則的に配置し、相互に接続したものである。各々のセルは、その近傍のセルと情報を交換することで状態を遷移し、その結果として空間の大域的な状態も時刻と共に変化していくという特徴を持つ。このモデルは、各々の要素が並列動作するシステムのモデルとして主に数理的な側面から研究が行われると同時に、工学、化学、経済学、芸術など幅広い分野におけるシミュレーションに利用されてきた。

筆者は、そうしたセルオートマトンの汎用性を最大限に活かすことを目的とし、同一のインターフェイスで汎用目的に対応することが可能なシミュレーションツールの設計・実装を行った。

本ツールでは、セルの配置の方法や状態遷移ルールなどのシミュレーションに関する属性、及びセルの色や形状などの表示に関する属性を、目的に応じてユーザが自由に設定できる。属性の設定はGUIベースで対話的に行われ、シミュレーションの結果は3次元CGによりリアルタイムに可視化される。これらにより本ツールでは、プログラミングの技術及び知識を持たないユーザが、目的に応じた多様なシミュレーションを容易に行うことが可能になるものと思われる。

3 本ツールの概要及び応用例

本ツールはWindows95上で動作するアプリケーションソフトウェアである。制作はMicrosoft Visual C++ Version 4.0 上でを行い、実装にはMFC (Microsoft Foundation Class) とDirectX ライブラリを用いた。

本ツールのシステムは、環境管理部、シミュレーション部、ビジュアライゼーション部の3つのサブシステムから構成される。環境管理部はユーザからの入力を処理し、シミュレーション及びビジュアライゼーションに関する属性の設定と管理を行う。シミュレーション部は、設定された状態遷移ルールを処理し、セル空間全体の状態遷移を実行する。ビジュアライゼーション部は、シミュレーションの結果をリアルタイムの3次元CGとしてウィンドウ上に表示する。

次節以降では、これら各部の機能を実際の応用例を交えながら解説する。尚、応用例としては、セルオートマトンが盛んに利用されている人工生命の分野から、C.G.Langtonの自己複製ループ [1,2] を取り上げる。

3.1 環境管理部

シミュレーション実行の際には、事前にシミュレーション及びビジュアライゼーションに関する属性の設定を行う必要がある。これらの設定を管理するのが環境管理部である。環境管理部は、シミュレーション及びビジュアライゼーションの各設定用ダイアログを介してユーザからの入力を受け取る。各属性はテキストフィールドもしくはドロップダウンリストボックスからの入力により設定される。尚、複雑な入力を必要とする状態遷移ルール等については、各設定ダイアログから更に専用のダイアログを提

The Application and Implementation of Simulator for General Purpose by Cellular Automata

Shigeomi Habuki, Makoto Arisawa

Graduate school of Media and Governnace, Keio University

5322 Endo,Fujisawa,Kanagawa,Japan

示する。

シミュレーションの際に最も重要となる属性が状態遷移ルールである。本ツールでは、状態遷移ルールを条件判定、数値計算などの基本的な命令の組み合わせにより表現している。各命令はカード状ウィンドウとして表現され(図1)、その機能はカード上に説明文として表示される。説明文中にはテキストフィールドもしくはドロップダウンリストボックスが埋め込まれており、ユーザはこれらを利用して命令のパラメータを指定することができる。これらの命令がユーザにより順序立てて配置されることで遷移ルールが完成する。状態遷移ルールをこうしたプリミティブな命令の組み合わせで構成することにより、柔軟なルールの作成が可能となった。また、処理手順に沿ってカード間に矢印を表示することにより、内容が視覚的に理解し易くなった。

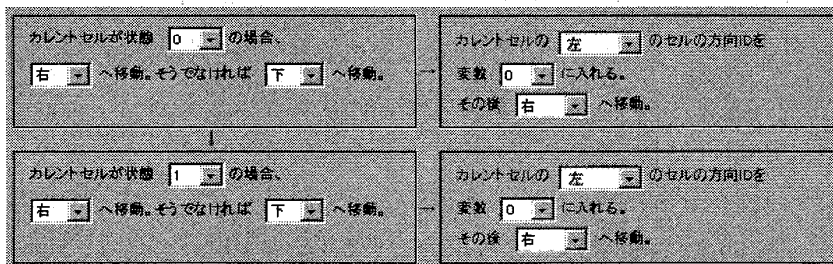


図1 状態遷移ルールの表現の例(部分)

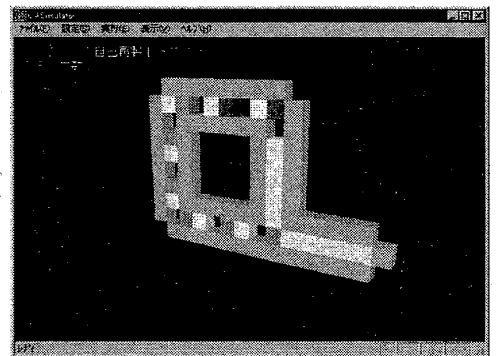


図2 ビジュアライゼーションの例

3.2 シミュレーション部

シミュレーション部は全てのセルの状態遷移を実行する。状態遷移ルールは基本的な命令の組み合わせられた一種のプログラムとして表現される。従って状態遷移処理関数は、そのプログラムを解析し実行する仮想的なインタプリタとして実装されている。このようにすることで、ユーザが入力する任意の状態遷移ルールに対応することが可能となっている。

また、シミュレーションは環境設定部で設定した属性を用いて自動的に進められる。そのためユーザは、プログラミングの技術あるいは知識の習得など、目的に直接結び付かない事柄に煩わされる必要が無い。

3.3 ビジュアライゼーション部

ビジュアライゼーション部は、シミュレーションの結果を3次元CGを用いてリアルタイムに表示する。図2はLangtonの自己複製ループのシミュレーションをビジュアライズした結果である。図の場合は2次元平面上の計算結果を3次元のオブジェクトとして表示しているが、オブジェクトの形状、各状態の可視・不可視、表示の際の色など、表示属性も自由に変更することが可能である。

以上のように、本ツールを用いることで、プログラミングの技術を必要とせずに、セルオートマトンモデルを用いたシミュレーションを容易に行うことが可能となる。また、今回は1つの例しか挙げる事ができなかったが、多様な目的に柔軟に対応することが可能である。

4 今後の展望

本ツールでは、今回の実装において1次元から3次元のセル空間をビジュアライズすることを可能にした。但し、3次元のシミュレーションについては描画の負荷が大きく、処理速度に若干の問題がある。今後処理の効率化を進める予定である。

参考文献

- [1] C.G.Langton: "Self-Reproduction in Cellular Automata", Physica 10D, pp.135-144(1984).
- [2] C.G.Langton: "Studying artificial life with cellular automata", Physica D22, pp.120-149(1986).