

セル構造オートマトンによる仮想粘土細工システムの構築

2T-9

荒田秀樹 高井昌彰 山本強
 北海道大学大学院 北海道大学大型計算機センター
 工学研究科

1 はじめに

3次元自由形状モデリングの従来手法では、直観的な形状操作が困難であったり、物理法則を考慮するための計算量が膨大になり対話型の実時間応用に不向きである、などの問題点がある。

これに対し我々は、3次元ボクセル空間においてセル構造オートマトンを自由形状モデリングに応用し、計算量を抑えた仮想粘土の基本モデルを提案している[1]。

本論文では3次元仮想粘土モデルの概略を示し、基本的な自由形状操作の実現手法を説明する。実際に仮想粘土を変形させることにより、本モデルの粘土細工への可能性を検証し、対話的な粘土細工システムのプロトタイプの実現を試みる。

2 仮想粘土細工システム

2.1 仮想粘土モデルの概略

セル構造オートマトンは連続系の物理現象を抽象化した局所並列計算モデルである。同一の有限状態オートマトンが規則的に連結され、簡単な近傍形と局所写像により全体として複雑な挙動を示すことが知られている[2]。

粘土モデルのための3次元セル構造オートマトンの近傍形としては、図1のようなマーグラス近傍を採用する。3次元マーグラス近傍は最近接の8つのセルを1つのブロックとみなし、ブロック内のセルをまとめて状態遷移させる。すなわち、ブロック内の任意のセルの近傍はそのブロック自身である。ブロックの境界は1ステップごとに1セル分入れ替えられ、セルの状態変化が周囲に伝播する。

セルの属性値（ボクセル値）としては、当該セルが有する粘土の質量を与える。このため質量保存則を容易に実現することができる。

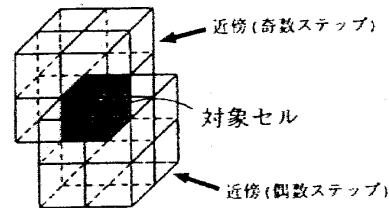


図1: 3次元マーグラス近傍

セルの状態遷移においては、セルが有する粘土の量に対して閾値を設定して局所写像を非線形化することで、状態変化を高速に遠方まで伝播させる。すなわち、ブロック内のあるセルに閾値以上の粘土が存在する場合のみ状態遷移が起こり、ブロック内で粘土を再分配する。図2のように、ブロック内に存在する閾値以上のセルの粘土を閾値以下のセルに局所的に分配し、全体として粘土の変形を実現する。閾値以上のセルの粘土量を m_1, m_2 、閾値以下のセルの粘土量をそれぞれ $m_3 \sim m_8$ とする時、状態遷移は以下ようになる。

$$\begin{aligned} m &\leftarrow m_1 \times \alpha & m' &\leftarrow m_2 \times \alpha \\ m_1 &\leftarrow m_1 - m & m_2 &\leftarrow m_2 - m' \\ m_4 &\leftarrow m_4 + m/3 & m_3 &\leftarrow m_3 + m'/3 \\ m_5 &\leftarrow m_5 + m/3 & m_6 &\leftarrow m_6 + m'/3 \\ m_8 &\leftarrow m_8 + m/3 & m_7 &\leftarrow m_7 + m'/3 \\ \alpha &= 0.3 \end{aligned}$$

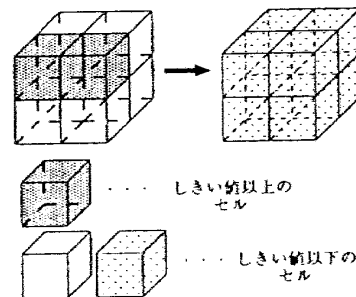


図2: 状態遷移の概略

2.2 粘土細工操作の実現

基本的な粘土細工操作には「押し」、「接続」、「切断」、「型押し」などがある。ここでは「押し」につい

て、その実現方法を説明する。

本モデルでは力の伝搬を直接考慮していないため、「セルの粘土を強制的に隣に移動」させることにより「押し」の操作を実現する。図3左のように板などの障害物を粘土に押しあてる場合、接触面のセルの粘土を内側に強制的に移動させることにより閾値以上のセルを作り出し、その後閾値以上のセルがなくなるまで状態遷移を繰り返すことにより変形が起きる。

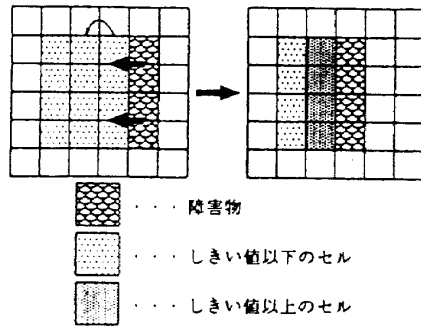


図3: 平板による押し操作の実現手法

3 実行例

3次元仮想粘土モデルを用いて実際に粘土の変形を行った例を示す。ボクセル空間の大きさは $40 \times 40 \times 40$ である。なお、ボリュームの可視化には AVS を用いて等値面を表示した。

図4は、立方体の粘土を下から固定し、上から板で押しつぶした時の様子である。図5はアルファベットの「H」の型を粘土表面に押しつけ、型押しした時の様子を示している。

4 まとめ

セル構造オートマトンによる3次元仮想粘土モデルを用いて、「押し」、「型押し」など粘土細工に必要な機能の一部を実現した。この他に「切断」、「接続」の自由形状操作が現在可能である。現在、統合的な仮想粘土細工システムをインプリメント中である。

参考文献

- [1] 荒田秀樹, 高井昌彰, 山本強: “セル構造オートマトンによる仮想粘土モデリング”, 情報処理学会研究報告, Vol. 97, No. 124, pp. 19-24 (1997).
- [2] T. Toffoli and N. Margolus: *Cellular Automata Machines*, MIT Press (1987).

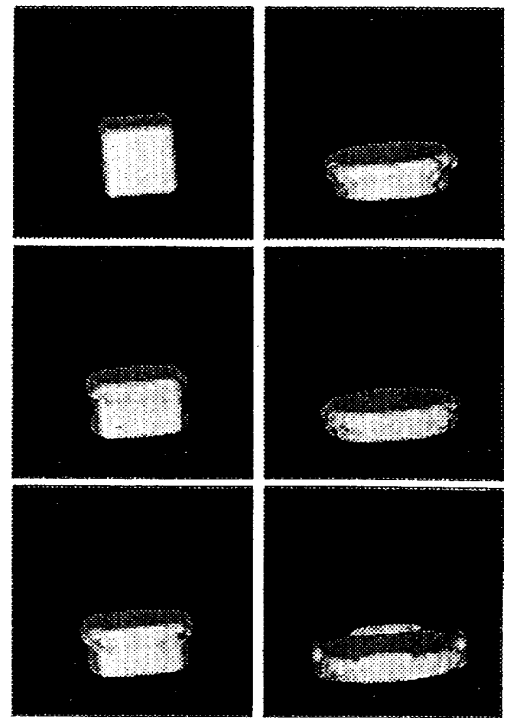


図4: 粘土の変形例1 (左上から右下)

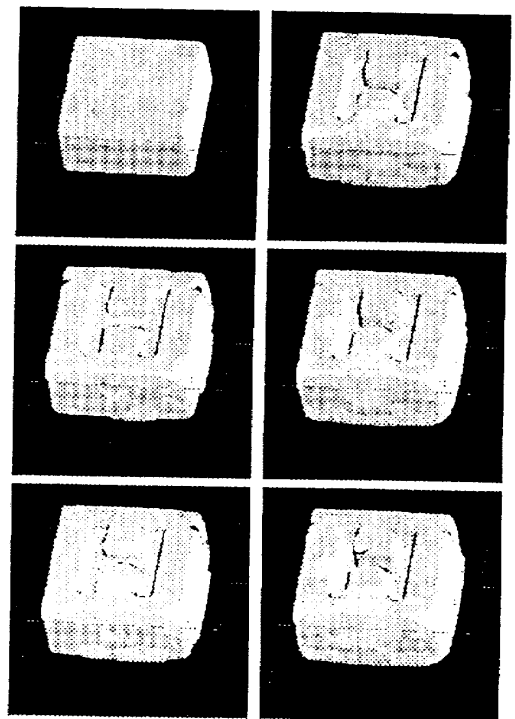


図5: 粘土の変形例2 (左上から右下)