

1k-09

ボクセル空間における仮想粘土の変形動作について

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

1 はじめに

コンピュータグラフィックスにおいて3次元自由形状のモデリングは難しい問題の1つである。制御点を用いた曲面の制御は高速ではあるが、直感的な形状操作が困難であり、熟練を要する。また厳密な物理法則に基づくモデルは、膨大な計算量のために対話的なモデリングが行えないという欠点がある。

そこで我々は3次元ボクセル空間にセル構造オートマトンを適用することで粘土細工型の自由形状モデリングを実現する研究を行っている [1][2]。

2 仮想粘土細工モデル

近傍形としてマーガラス近傍を用いた3次元セル構造オートマトンにより仮想粘土モデルを構築する。セル構造オートマトンは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を与えることで全体として複雑な挙動を示すことが知られている。

セルの属性値(ボクセル値)としては、そのセル内に存在する粘土の質量のみを与える。セルの状態遷移は近傍内に閾値以上のセルが発生した場合に行い、閾値以上のセルの一定割合の粘土を閾値以下のセルへと等分配する。この状態遷移を閾値以上のセルがなくなるまでセル空間全体に行うことで押し操作による粘土の変形を実現する。

3 ユーザ・インターフェース

仮想粘土細工システムのユーザ・インターフェースを図1に示す。ウィンドウの下部の右側のボタン列で粘土を配置する。また、左側のボタン列で仮想粘土を押すための障害物を配置する。配置した障害物は中央のスライドバーで大きさを変更し、ウィンドウ上での直接操作により動きを制御する。この障害物で粘土を押すことで粘土を変形させていく。

Deformation of the Virtual Clay in a Voxel Space
Toshiki Saito, Takai Yoshiaki, Tsuyoshi Yamamoto
Hokkaido University toshiki@cc.hokudai.ac.jp

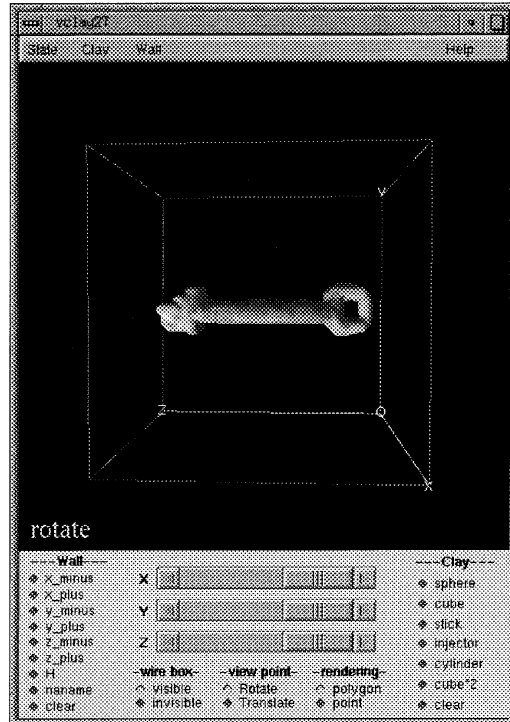


図1: 仮想粘土細工システムのGUIとモデリング例(鍵)

また粘土に対するダイレクトマニピュレーションも実装している。すなわち、ウィンドウ上で粘土表面をマウスカーソルで押すことで粘土を部分的に変形させることもできる。

ボリュームデータの可視化にはマーチングキューブ法を用い、システムはOpenGLで実装した [3]。

4 形状操作の拡張

粘土への操作は「押し」が基本となっている。これは押したい部分の粘土を強制的に隣りのセルに移動させることにより実現している。その際の全体的な形状変形は2節で述べた状態遷移によって達成される。しかし、よりこまかな粘土細工を考えたとき、「押し」だけでは不十分であり、「引く」という操作も

必要になる。そこで引き操作を実現するために次のような状態遷移規則を与える。

1. 引きたい場所（領域）にフラグを立てる
2. マーゴラス近傍内にフラグの立ったセルが存在した場合
 - (a) 近傍内の他のセルに粘土が存在する時
粘土の存在するセルからフラグの立ったセルに一定割合の粘土を移動させ、フラグをリセットする。(図2)
 - (b) 近傍内の他のセルの粘土が閾値以下の時
状態遷移は行わない

2次元での動作例を図3に示す。また、状態遷移2(a)の具体例を、図2のcase0の場合について示すと以下のようなになる。

$$\begin{aligned}
 m_0 &= 0.3 * m_1 + 0.3 * m_2 + 0.3 * m_3 \\
 m_1 &= 0.3 * m_1 \\
 m_2 &= 0.3 * m_2 \\
 m_3 &= 0.3 * m_3
 \end{aligned}$$

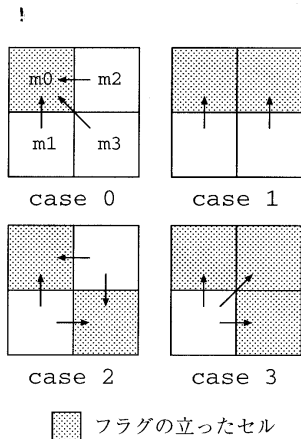


図2: 引き操作の状態遷移規則 (2次元)

5 実行例

本システムを用いて「鍵」を粘土細工操作で構築した例を図1に示す。ただしボクセル空間の大きさは $64 \times 64 \times 64$ 、レンダリング領域は 450×450 である。実行速度は粘土の存在するセルの数にはほぼ反比例するが、SGI INDIGO 2 IMPACT 10000 (R10000 195MHz, メモリ 192MByte) や、HP 社製

PC (intel Pentium II 400MHz, メモリ 192MByte) といったマシンでは平均して約 10 フレーム/秒以上の速度で動作し、リアルタイムの対話型操作を実現できている。

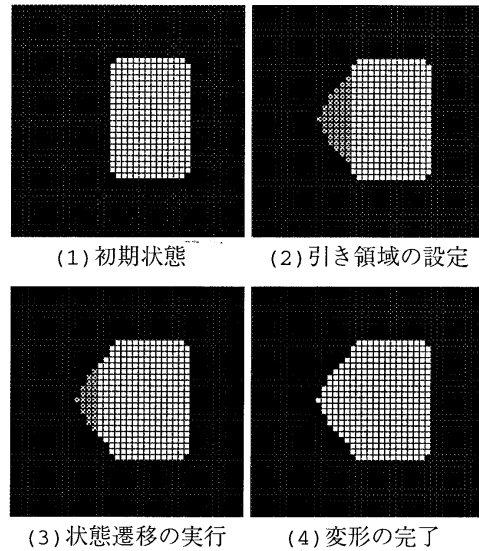


図3: 引き操作の動作例

6 まとめと今後の課題

3次元マーゴラス近傍を有するセル構造オートマトンを用いた仮想粘土細工システムについて述べた。引き操作をインプリメント中である。今後の目標としてデータグループを用いた粘土細工を考えている。

参考文献

- [1] 斎藤敏樹, 荒田秀樹, 高井昌彰, 山本強: “セル構造オートマトンを用いた仮想粘土細工システム”, 情報処理学会北海道シンポジウム'98, pp.131-132(1998).
- [2] 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(グラフィックスとCAD), Vol.97, No.124, pp.19-24(1997).
- [3] Jackie Neider, Tom Davis, Mason Woo: “OpenGL Programming Guide”, アジソンウェスレイ (1996)