

微小平面パッチ変形による形状入力手法

4 R-6

二上 範之

水口 充

森田 昭弘

シャープ株式会社

1 はじめに

3次元モデリングシステムにおいて、形状の入力や修正を容易にするために、仮想現実感を応用する研究がなされてきている [1]。

本論文では、直感的な変形操作を可能とするために、曲面を平面パッチで表現し、リアルタイムに操作する手法について研究を行ったので報告する。

2 面の表現方法

本研究では曲面を平面パッチで近似表現し、変形の過程で必要に応じて平面パッチを再帰的に分割する手法を考案した。本稿では三角形の場合に関して論じる。四角形の場合も基本的には三角形と同様な処理が行える。

図1は三角形パッチの分割方法を示している。図1-aの三角形を分割するとき、図1-bのように各辺の midpoint (図中の白丸) を作成し、図1-cのように結んで4つの三角形に分割する。

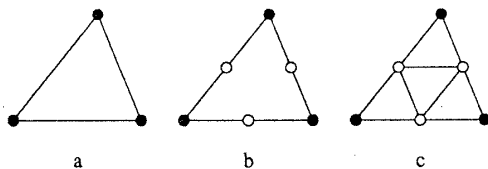


図1: 三角形パッチの分割

図2-aの右側の三角形のような、分割された三角形に隣接する三角形を遷移状態三角形と呼ぶことにする。遷移状態三角形は図2-bで矢印で示したように頂点を移動させると平面性が崩れる。そこで図2-cの破線で示したように二つの三角形として扱う。また、遷移状態三角形を分割するときは図2-dのように、既に存在する頂点を使用して分割を行う。更に、図2-eやfのように遷移状態三角形に隣接する三角形のいずれかが分割された場合は破線で示したように遷移状態三角形も

分割する。このように遷移状態三角形を取り扱うことで局所的に平面パッチの分割を行っても分割されていない平面パッチとの整合性を取ることが可能となる。

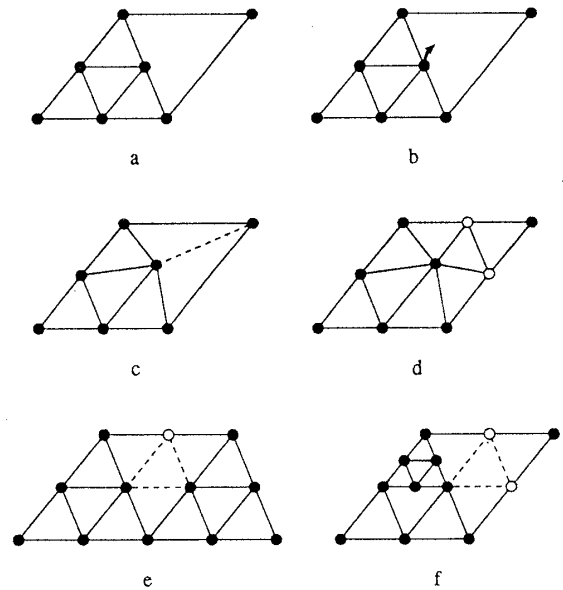


図2: 遷移状態パッチの扱い

以上のような再帰的分割手法を変形の過程で必要に応じて動的に適用する。

3 変形手法

前章のように表現された面を変形するため、以下のような頂点移動手段を定義した。

3.1 関数型変形

関数型変形は、各平面パッチの頂点の移動量を指示点からの距離の関数として表現する変形である。各頂点は次式で算出される移動量だけ元の平面の垂直方向に移動されるようにする。

$$f(d) = \begin{cases} k \exp(-ad^2) & (d \leq D) \\ 0 & (d > D) \end{cases} \quad (1)$$

ただし、 $f(d)$ は頂点の移動量、 d は変形の指示点と頂点の距離、 D 、 k 、 a は定数である。

この変形手段による変形例を図3に示す(図は平行法による立体視になっている。以下の図も同様である)。

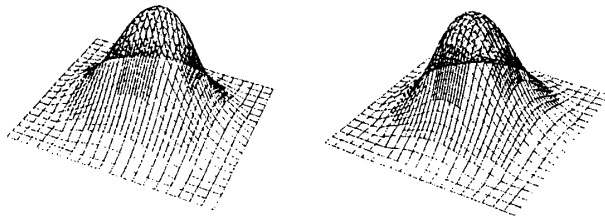


図3: 関数型変形による変形例

3.2 範囲型変形

範囲型変形は、変形範囲内にある頂点のみを同じ移動量だけ移動する変形手法である。図4は直方体の変形範囲で行った例である。

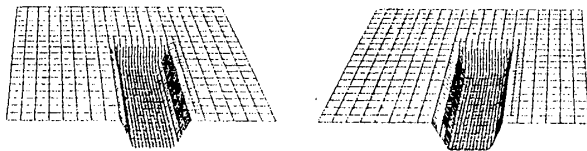


図4: 範囲型変形による変形例

3.3 平滑化変形

面を変形していく過程でできた細かな凹凸を平滑化する変形である。変形範囲内の頂点 i に関して、その点の元の平面からの変位量を次の式で求められる変位量にする。

$$f(i) = \frac{1}{n} \sum_{j \in R} k_j z_j \quad (2)$$

ここで、 R は頂点 i 及びその周囲の頂点からなる集合、 k_j は重み係数、 z_j は元の変位量、 n は R に属する頂点の数である。図5はこの変形手法で図4の変形を滑らかにした例である。

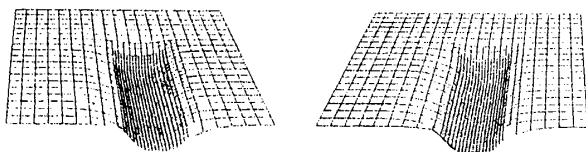


図5: 平滑化変形による変形例

4 実装例

今まで述べてきた面の表現方法及び変形手法を実装した試作システムを作成した。

図6はハードウェア構成を示したものである。

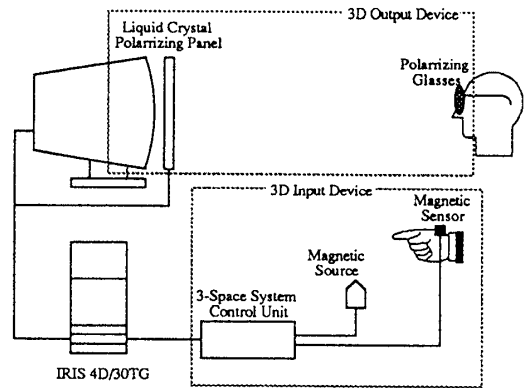


図6: ハードウェア構成

図7は画面例である。中央の格子状の面が変形対象となる面である。中央右の棒状の立体は3次元カーソルである。上部の立体は前述の変形を行う「道具」である。3次元カーソルで道具を選択するとその道具を把持して動かすことができる。下部及び中央左の立体は位置拘束を行う、「定規」を表す立体である。道具をこれらの定規の線/面に近づけると線/面上に拘束される。

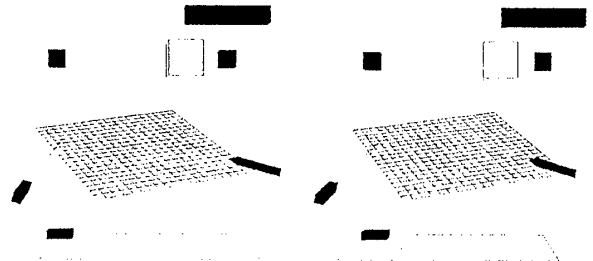


図7: 画面例

5 むすび

本研究により、3次元入出力装置を用いてリアルタイムに変形操作を行なうことの効果を確認することができた。今後は本手法を用いて立体形状を表現し、操作する手法を研究する予定である。

参考文献

- [1] 例えば、Tinsley A. Galyean and John F. Hughes, "Sculpting: An Interactive Volumetric Modeling Technique", *Computer Graphics*, Vol. 25, No. 4 (SIGGRAPH '91), pp.267-274(1991)