

## 布地の変形シミュレーション

6D-9

太田 高志

日本アイ・ビー・エム株式会社

東京基礎研究所

### 1 はじめに

服飾デザインなどに関してコンピューター・グラフィックスを利用する場合、その形状のリアルさを実現する為様々な手法が提唱されてきている[1][2][3]。なかでも物理的手法を利用したものは、複雑な布地の形状をその静止状態のみならず、変形の過程を時間を追って再現出来ることでアニメーションに有効な手段となっている。

物理的手法により布地の変形を計算するには、対象となる布地を差分法や有限要素法で用いるような格子として置き換え、各格子点に対する運動方程式を構成するのが一般的である。人体など、他の物体との関係を考慮する場合は、干渉チェックを行なう必要がある。以上のことで、布のモデルの基本的な部分は達成されており、簡単な衣服やテーブルクロスなどは計算することが出来る。しかしながら、現実の世界でも布だけでは複雑な形状を作るのは不可能でありはさみや針と糸などの加工する道具が必要となる。特に、モデルの性格上、任意の形状の布を扱おうとするときに、格子生成が困難となる場合が想定される。

そこで、ここでは加工する環境も含めた総括的な布のモデルへの試みとして、布の形状を切ったり貼りつけたりを比較的自由に行なえるような格子(型紙)の生成を考える。作業の全体のながれは、現実の作業をなぞった形で、布(初期格子)を用意し、加工(切断、裁縫)して、使用(変形)する、となる。

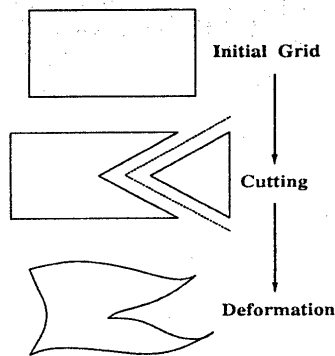


図1: 作業のながれ

### 2 型紙の加工

本手法では、初期の格子として差分で用いられるような構造格子を考える。この場合、単純な直交格子をとるのが一番簡単であるが、たとえ切り張りの加工を加えたとしてもそれだけでは表現できる形状が非常に限定されてしまう。外形に沿った形の曲線座標を用いれば良いが、複雑な形状の場合格子生成が非常に面倒である。ある程度形状を満たした曲線座標を加工していく方法でそれぞれの困難が緩和されることが期待できる。計算される形状のリアルさは格子の細かさ依存する所が大きいが、細かいしわ、折り目が多数発生する場所に格子を集中させるという点でも同様の手順が有効である。

布に切り目を入れたい場合などは、格子点の接続を切るのではなく、格子点を増加させる形(図2)で行なう。各格子間の接続もそれに合わせて編成し直すことになる。

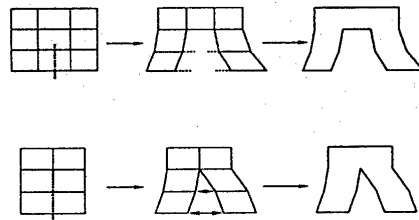


図2: 切れ目の生成

任意の曲線座標と格子線に捕らわれない切断の組合せによれば、さらに柔軟な格子生成が達成される。

### 3 布地の変形

出来た格子系に対して各格子間のつながりを図3の様に仮定し、それぞれを弾性体として、方程式を導く。この接続は標準のもので、切断に応じて各格子点の連絡する数は変化する。第3近接点とのつながりは布の折り目を操作するために用いている。方程式は以下のラグランジュ形式で与えられる。

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{r}_n} - \frac{\partial L}{\partial r_n} = F_n$$

実際の計算に際してはこれに減衰項を付加して行なっている。ここで与えられる外力は状況に応じて構成す

る。他の物体、例えばテーブルなどはポリゴンとして読み込まれ三角形に分割され扱われる。他物体との干渉検出は格子点のみではなく、格子の線及び物体の稜線も利用して行なうことにより、鋭利な角との干渉も検出することが出来る。

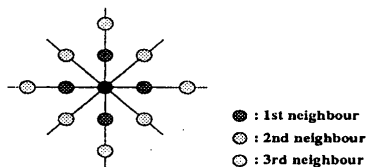


図 3: 格子間の接続

#### 4 計算例

図 4は椅子の上にかかる布を計算したものである。布の形は正方形であり切断などの操作は加えていない。布に椅子の上方より落されるような初期条件を与えて計算を行なった。そのように計算を進めることによって実際と同じようにしわが形成されるのが期待出来る。



図 4: 椅子にかかる布

図 5は格子を切断加工した例である。左のものは螺旋状に正方の布を切ったもので、4角を支持して吊ったという条件で変形させた。右のものは、布の中央に十字の切れ目を入れたものであり、同様の条件で変形させている。どちらも元の格子は直交であり格子にそって切っている。

インテリア・デザインに布を組み込んだ例を図 6に示す。ここでは、テーブルクロス、カーペット、カーテンに利用している。カーテンは、曲率の制限をエネルギーに与えることで形を作っている。

#### 5 まとめ

布のモデルは様々なものが提出され、それぞれが本物らしい形を得ることに成功しているようである。しかしながら、応用を考えた時、例えばここで示したインテリアへの応用では、布それ自体の変形以外では他の静止物体との衝突干渉のみ考慮した簡単な例であったが、様々な状況への適用を行なう場合、布のモデル

それ自体だけでは、複雑な形状や他の物体との組合せを考える時に十分とはいえないだろう。今回提示できたのは、テストケースとして行なった程度のものであるが、今後、様々な環境に対し柔軟に対応させられる、システムとしてのモデルを考えていかねばならないだろう。

このような物理モデルではリアルさというのは、その格子点数の多さに依るところがある。従って、アルゴリズムの高速化や並列計算機の使用を含めて、多数の格子点系を扱えるようにする必要がある。布のモデルに関しては、今後はどのような応用例をつくれるかが課題となるだろう。

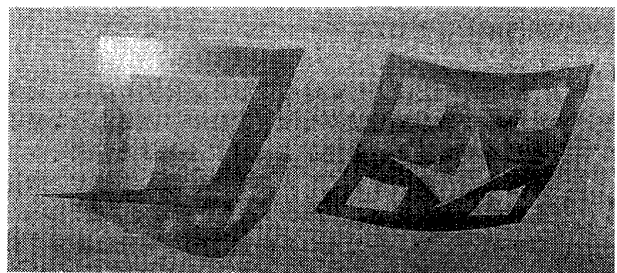


図 5: 切断した格子による計算例

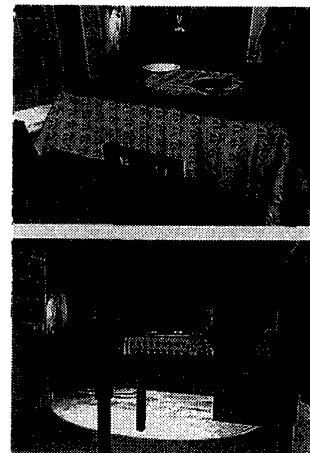


図 6: インテリア・デザイン適用例

#### 参考文献

- [1] Weil, J., "The Synthesis of Cloth Objects," *Computer Graphics*, 20, 4, 1986, pp. 49-54.
- [2] Terzopoulos, D., Platt, J., Barr, A. and Fleischer, K., "Elastically Deformable Models," *Computer Graphics*, 21, 4, 1987, pp. 205-214.
- [3] Aono, M., "A Wrinkle Propagation Model for Cloth," *Proceedings of CG International '90*, 1990, pp. 95-115.