3Z-3

CGによる複数の紙が折り重なった状態の表現手法

富士岡佑哉† 三谷純† 福井幸男† 金森由博†
†筑波大学

1 はじめに

ＣＧ技術の発展にともない、建築物や毛髪など現実世界の様々な物体をディスプレイ上で表現できるようになった。紙を折って形状を生成する、折り紙もまた表現できるようになってきている。

紙はすぐに計算機でのシミュレートが実現可能な対象物のように見える。しかし紙という素材の特性、つまりガウス曲率が 0 である可展面の集合であるという幾何的な制約を考慮すると、容易とは言えない。計算機とアプリケーションを用いてモデルの面やそれを構成する辺、頂点を移動させ、編集するような手作業だけで形状を表現することは困難である。これを解決する手法としては、たとえば discrete shell model と呼ばれる物理モデルを用いた、Burgoon らの研究[1]がある。

文献[1]にある通り、紙のように厚さのごく小さい素材の形状をＣＧで扱う場合は、厚さを無視した多数の平面多角形の集合と見なし、形状モデルを構築することが一般的である。しかし複数枚の紙が折り重なった状態を表現する場合には、紙同士のずれやしわなどが生じるため、厚さを無視することは適切でない。文献[1]では紙と紙の衝突が考慮されていないが、衝突の問題は紙の重なりを表現するに際し避けては通れない要素である。

また、ＣＧで物体を表現する場合、その工程は幾何的な形状を構築するモデリングと、その形状にテクスチャをはりつけるなどの処理を行うレンダリングの二つのステージに大分することができる。

これらを踏まえ本研究では、モデリングとレンダリングの両面から、よりリアルな紙の厚みの表現を試みた。

具体的には、点要素を格子状に並べた物理モデルと簡易な折り操作を実現したインタフェース、紙素材のテクスチャを適用したレンダリングによって、より写実的な紙の表現を目指した。

2 厚みを持つ紙の表現

2.1 モデリング

本研究では、紙の形状を表現するため図１に示すような、点要素が格子状に並んだ物理モデルを用い、ユーザがマウスカールを使用して折りたたみ操作を行えるようなインタフェースを実装した。これらの点要素は互いに隣接するもの同士で接続関係にある。

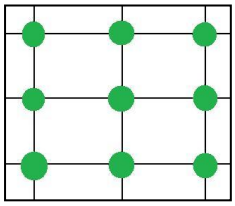


図１：本研究で用いた物理モデルの簡易図。

紙は伸縮しない素材であるため、ユーザの操作によって形状を変形する時には隣接した点要素間の距離が一定に保たれるようにした。

隣接していない点要素が一定の距離より近づいた場合には、紙モデルの一部が他の離れた箇所に近付いているということになる。このときは図２に示すように、互いに反発するよう動作させる。これにより、衝突を回避させると同時に、紙の厚みや折った際に生じる隙間を表現する。

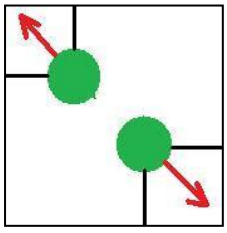


図２：点要素の反発を示した簡易図。衝突判定には、点要素が接続関係にないことを利用する。

インタフェースは次ページ図３のようなものである。起動する際、先に示した紙モデルを読み込み、３Ｄ形状として表示

A method for making CG images of overlapping multiple sheets of paper
Yuya FUJIOKA†, Jun MITANI†, Yukio FUKUI†, Yoshihiro KANAMORI†
†University of Tsukuba

Copyright ©2011 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

する。そして、頂点の２箇所をマウスでクリックすることによって、折り線をつけ、紙モデルの折り操作を行う。

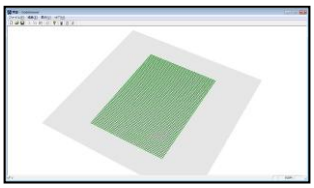


図３：モデリングに用いたインタフェース。折り機能と OBJ 形式への出力機能を備えている。

折り操作は折り線を中心とした点の回転移動によって実現される。折り線によって頂点を移動するものとしないものとに分けて、移動するとした方を 175 度回転移動させる。このときの回転軸は折り線である。また回転移動の際は、頂点を 1 度分動かすたびに紙モデルの破綻が起きていないか、すなわち隣接した点要素同士が一定の距離を保持しているか、また隣接していない点要素同士が接近しすぎていないかを調べる。

このような手法で、複数回折られた紙モデルを作成する。

2.2　レンダリング

レンダリングにはオープンソースの CG ソフトウェアである Blender を用いた。

モデリングで得られる格子状に並んだ点要素のままでは、レンダリングを行うことが難しい。そのため得られた点要素をＣＧで一般的に用いられる三角形メッシュに置き換えてレンダリングを行った。

またモデリングの際に多数の頂点を用いた方がより滑らかで写実的な紙の形状を表現しやすいが、先に書いたインタフェースであまりに多数の頂点を操作しようとすると折り操作のときに膨大な時間がかかることになってしまう。そのためモデリングでは頂点の数を少数にとどめ、レンダリングの段階で頂点の数を増加させることにした。

こうした紙モデルの頂点に対する編集ののち、テクスチャ画像およびレンダリング時に必要となる物体の材質や照明の設定を調整や平滑化を施し、写実的な表現を試みた。

3　結果

作成したモデルと、それにレンダリングをしたものをそれぞれ示す。

モデリングの段階で扱ったのは、縦に 70、横に 50 の頂点を格子状に並べた平板のモデルである。それに複数回の折り操作を加えたものが図４、さらにテクスチャマッピングを施して Blender でレンダリングした結果が図５である。

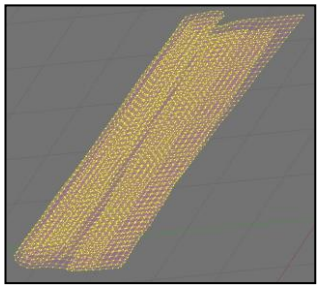


図４：折り紙モデルに複数回の折り操作を加え、Blender にインポートしたもの。

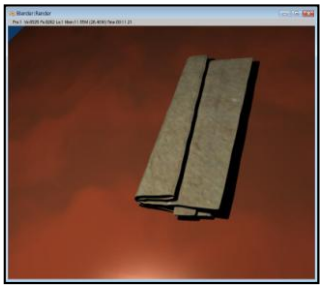


図５：図４にテクスチャマッピングを施したもの。テクスチャとして段ボールの表面をデジタルカメラで撮影した画像を用いた。

4　まとめと今後の課題

本研究では、物理モデルとインタフェース、Blender を用いたレンダリングによって、紙の厚みの写実的な表現を行った。

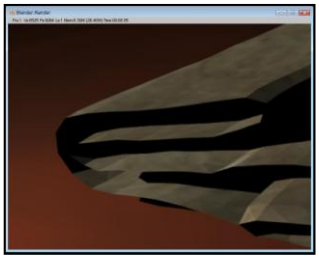


図６：図５にあるモデルの左下部分を別の視点から見たもの。

課題として、まずインタフェース側の問題を挙げる。厚みと隙間を考慮した折り方がなされるとはいえ、使用した紙モデルは依然一枚の平板であり、直感的に厚みのあるものを折っている、とは言い難い。今後は、この段階で複数の平板を用意する。また、Blender を用いたレンダリングの段階で、モデルの折り方やカメラの視点によっては不自然な箇所が出る。具体的には図６のように、数枚分の紙片が折り重なった部分を横から見た場合に、元のモデルである平板らしさが強調される。この問題については、平板にオフセット面とテクスチャを別途用意することで解決を試みる。

参考文献

[1] Burgoon, R., Grinspun, E., and Wood, Z. 2006. Discrete shells origami. In Proceedings of Computers and Their Applications, pp. 180 - 187, 2006.

Copyright ©2011 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.