

CG による紙の破れ表現

－ 多層繊維分布画像を用いた剥がれ別れ表示 －

大森 健斗 (指導教員: 田中 敏光)

名城大学 理工学部

1. はじめに

CG で表現された紙を折る・曲げる方法は、コンピュータ上で折り紙を再現する研究等でいくつか提案されている。しかし、CG の紙を破る方法はあまり研究されていない。先行研究(1)はその数少ない1つであるが、紙がゴムのように伸びたり、厚く表示されたりする問題が残っている。本研究では、先行研究の問題点を解決し、紙の破れを表現する手法を提案する。

2. 先行研究

先行研究では、紙を 3～5 層の立方格子で定義している。それぞれの格子の頂点には質量を、格子の辺と対角線にはばねを配置する。紙を引っ張るときの変形量が基準値を超えたら格子を切り離すことで、破れを表現する。ばね定数を、繊維の塊の内部では強く、塊の間では弱く定義することで、表層だけが剥がれる様子や、繊維の塊の境界に沿って破れる様子を再現している。

このモデルは実際の紙よりも厚いため、表示の前に層を圧縮している。そのため、モデルと表示に差が生じ、破れる途中で紙片が不自然に動いたり、破れ跡の形が不自然になったりする。特に、紙をせん断する場合や紙が曲がる場合に問題がおきやすい。

3. 提案手法

上記の問題は、紙を多層モデルとして定義したこと起因する。そこで本研究では、紙の物理モデルを単層の質点ばね格子で表現する。こうすると、表層の剥がれ別れを形状として表現できなくなるので、新たに多層の繊維分布画像を用意し、画像上で剥がれ別れを表現する。以下に、提案手法の詳細を述べる。

3. 1 繊維分布画像

紙繊維の分布を表現するための画像で、必要に応じて 3～5 層用意する。各層はプログラムで作成する。まず、初期化した画像の上に繊維の塊をランダムにプロットする。このとき、繊維塊の大きさと長さを、紙質に合わせて一定の範囲内からランダムに選び変形させる。また、紙の繊維の向きに合わせて、一定の範囲内で回転を与える。繊維分布をばねの強度に反映するため、全層の繊維分布画像を合成した画像も作成する。

3. 2 単層メッシュモデル

紙を単層のメッシュ構造で定義する。それぞれの頂点には質量を、格子の辺と対角線にはばねを配置する。また、向かい合った辺の間に曲げに抵抗するためのばねを挿入する。それぞれのばねの強さは、先に述べた繊維分布画像を利用して、ばねの近傍に繊維の塊が多く存在するほどばね定数が大きくなるように決める。また、格子点の質量も、同様に周囲の繊維分布に比例して増減させる。

メッシュに力を加えてばねが一定以上の長さになったら、

そのばねが含まれる区画を構成するばねを全て同時に消すことで分断を表現する。このときに消滅するのはばねだけで、質点の数は変化しない。この方法だと、紙の一部が消滅することになるが、本研究では、この部分を後述する方法で画像として表示するため、区画が消えても問題は無い。

3. 3 表層の剥がれ別れ

剥がれ別れは、層ごとに繊維分布画像の切断位置をずらすことで表現する。紙は繊維の塊の少ない部分から切断されると仮定する。ばねが切断されたら、その上で表層の分布画像を調べ、一番繊維が薄い位置を切断開始位置とする。メッシュの 1 区画を囲む 4 辺のうち、2 つが切断されたら、その間をつなぐ切断線を作成する。このとき、繊維分布に従って切断線に凹凸を与える。第 2 層以降では、1 つ上の層の切断位置を若干ずらしたところから同様の探索を行い、切断位置を決める。ずらす向きは、破れが起きたときの力の向きから決める。こうして作った各層の切断画像を、透過合成してメッシュにマッピングすることで、剥がれ別れを表示する。

4. 実験結果

紙の繊維の方向による破れ方の違いを確かめる実験を行った。メッシュの大きさは縦 50×横 50 で、3 層の繊維分布画像を用いた。紙の右側を手前に、左側を奥に引き裂いて破れ目を作った。図 1 は、その一部を拡大表示したもので、表層を緑、第 2・3 層を白にし、各層を半透明で表示している。図 1 は繊維に垂直(横目)に破る場合で、図 2 は繊維の方向(縦目)に破る場合である。横目のほうが破れ目が曲がり、凹凸も目立っている。

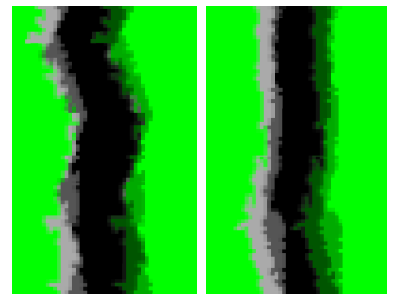


図 1 繊維に垂直に破る場

図 2 繊維に平行に破る場

5. まとめと今後の課題

単層メッシュのモデルに多層の繊維分布画像を組み合わせることで、紙の剥がれ別れを表現することができた。繊維の方向や力のかけ方による破れ方の違いも、再現することができた。これにより、従来手法の厚みの問題を解決できた。ただし、破れ目の形状に不自然な点が残っているので、実際の破れ目に近づくように手法を改良する必要がある。

参考文献

(1) 木谷 他, “CG による紙の破断表現,” 電気学会論文誌 C, vol. 128-C, no. 12, pp. 1735-1740, 2008.