

形状の変更履歴を利用した折り紙創作システム

一戸 大樹¹ 向井 伸治² 古川 進³ 清水 誠司⁴

¹前橋工科大学大学院, ²前橋工科大学, ^{3,4}山梨大学

1. 緒言

折り紙は日本の伝統文化の一つであり、近年では「ORIGAMI」として、海外でも高く評価されている。また、指先の動きが脳を刺激し、集中力、創造力、秩序の感覚を養うという医学的効果より、折り紙は幼児教育や趣味の他、老化防止、リハビリなど多方面で利用されている。

本研究では、これらの分野に貢献すべく、コンピュータ内で折り紙の創作をシミュレートするシステムの開発を行っている。システムの開発に当たり、折り操作を単純かつ手で折るのに近い感覚で行えること、スムーズに作業ができること、創作過程をアニメーション表示でき、本システムで創作した作品を実際の折り紙へフィードバックできること、以上の三点に重点を置いている。

折り紙のモデリングにはクリスタルデータ構造⁽¹⁾を用いている。このデータ構造では、形状の変更履歴を記憶することが可能で、折り操作のたびに形状の変形が繰り返される折り紙には最適である。これを利用することで、作業効率が良くなり、また、創作過程のアニメーション表示や創作した作品の保存、読み込みが容易に実現できる。

2. 折り紙創作システム

2.1 システムの概要

本システムでは、インタフェースとしてマウスとキーボードを使用する。マウス操作では、左右ボタンのクリック、ドラッグで折り操作全般を行う。また、中央ボタンのドラッグで視点を回転させることができ、任意の角度から折り紙を観察することができる。

キー操作では、折り操作の切り替えや、展開図の表示(図1)、テクスチャマッピングの有効・無効、履歴レベルの上げ下げなど種々の操作を行う。

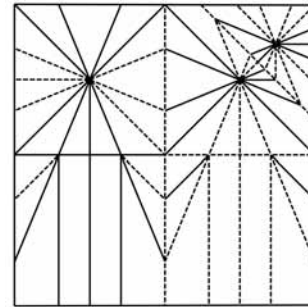


図1 鉛筆の展開図

(実線は輪郭線及び谷折り線, 破線は山折り線)

2.2 折り操作の仕様

折り紙における折り操作は、折れ線を軸とした面の回転と考えることができる。このとき、折り操作によっては回転軸となる折れ線が複数存在する場合があるが、現段階における本システムでの折り操作は、単一の回転軸による面の回転に限定している。

本システムでは、折り操作を実際の折り紙で頻繁に使用されるものをもとに、(a)~(f)の六つの操作に分類している。基本的に、各折り操作は、(1)頂点(線分)を一つ選択する、(2)選択頂点(線分)の回転先を指定、の手順で行われる。(2)の手順が各折り操作により異なる。

(a)基本となる折り操作

ドラッグして回転先を直接指定する。

(b)折れ線が任意の一点を通る折り操作

折れ線を通る一点を指定し、次に、ドラッグして回転先を指定する。

(c)折れ線が任意の二点を通る折り操作

折れ線を通る二点を指定する。二点が指定されると、回転先は自動的に決まる。

(d)二つの線分を重ね合わせる折り操作

選択線分と重なる線分を指定する。線分が指定されると、回転先は自動的に決まる。

(e)中割り折り, かぶせ折り操作

手続きは(a)~(d)と同じだが、折り操作後の面の重なり方が通常とはそれぞれ異なる。

(f)折り目をつける操作

(a)~(d)において、面の回転を実行せず、折れ線の生成のみを行う。

ユーザーは折り操作毎にこれらのうちいずれか

An Interactive System of Origami Using History of Shape Manipulation

¹Hiroki ICHINOHE, Graduate School, Maebashi Institute of Technology

²Shinji MUKAI, Maebashi Institute of Technology

³Susumu FURUKAWA, University of Yamanashi

⁴Seiji SHIMIZU, University of Yamanashi

を選択し、回転先を指定する。この後、折れ線の生成、回転頂点の探索、折れ線を軸とした面の回転、面の重なり順の更新、といった一連の内部処理を自動的に行い、その結果が直ちにスクリーンに反映される。

3. 形状の変更履歴の利用

3.1 創作過程の記憶

本システムでは、クリスタルデータ構造に内蔵されている形状変更履歴により、創作過程が全て記憶されている。形状変更履歴は履歴レベルによって管理される。履歴レベルは、頂点や折れ線の生成、頂点の移動など折り紙の形状に変更があるたびに、1レベルずつ増加する(図2)。これにより、初期の正方形の状態からの全ての創作過程の記憶が可能となる。操作をやり直す場合は、履歴内の任意の地点へ移動することで容易にでき、効率的に作業が行える。

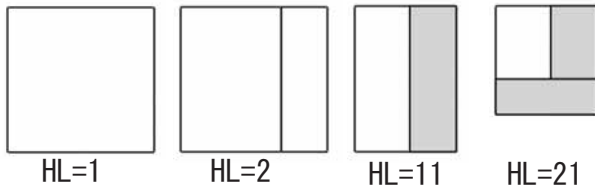


図2 履歴レベル(HL)による創作過程の記憶

3.2 折り操作のアニメーション表示

折り紙を平坦に折ることを考えた場合、折り操作により面は180度回転する。このとき、履歴には180度の回転を、例えば、20度ずつに分割して記憶させる。このとき、面の回転後の履歴レベルは、回転前より9レベル増加する。このように分割して記憶することで、折り操作のアニメーション表示が可能となる(図3)。なお、折り操作のうち、中割り折りとかぶせ折りに関しては、その操作の特殊性から、分割しての記憶はされていない。

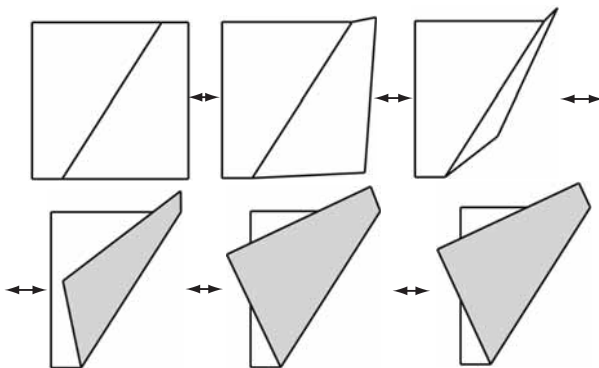


図3 折り操作のアニメーション表示
(図は40度刻みで表示)

3.3 創作作品の保存・読み込み

本システムでは、創作した作品の保存・読み込みが可能である。保存された作品については、その創作過程を追うことで、折り紙教本の代わりとして利用できる。

4. 創作例

実際に本システムで創作した作品を図4に示す。創作にかかる手間や時間は、鶴を例にとると、折り操作の実行回数は20回で、履歴レベルは最終的に152になる。創作時間は、ユーザーの慣れにもよるが、3分程度である。他の作品については1,2分程度の時間で創作できる。

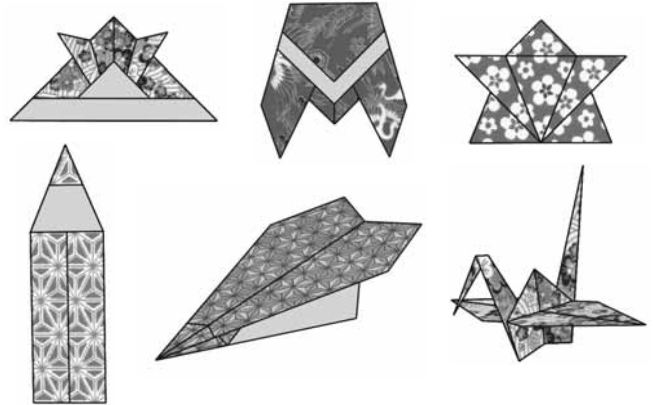


図4 本システムでの創作例
(上段左から兜、蝉、福助、鉛筆、飛行機、鶴)

5. 結言

本研究では、コンピュータ内での折り紙の創作を、マウスとキー操作による比較的単純な操作で実現した。また、形状変更履歴の利用により、効率的な作業と実際の折り紙への優れたフィードバック性を実現した。

現時点での問題点は、一度の折り操作で複数の回転軸が存在する折り操作ができないことが挙げられる。このため、創作できる作品がかなり限定される。この他に、本システムでは紙の厚みを考慮していないため、CG表示しても現実味に乏しく、折り紙の構造を把握しにくいことも挙げられる。これらの問題の解決と共に、システムの機能を充実させていくことが今後の課題である。

参考文献

- (1)清水誠司・ほか3名：形状変形履歴を保持する立体モデルについて、2004年度精密工学会秋季大会学術講演論文集，pp.21-22，2004.
- (2)宮崎慎也・ほか3名：仮想空間における折り紙の対話型操作の実現，情報処理学会論文誌，vol.34，no.9，pp.1994-2001，1993.