

カメラとプロジェクタを用いた折り紙への制作手順提示手法

大曾根 諒介* 五十嵐 悠紀*†

概要. 本稿ではプロジェクションを用いた折り紙の折り方の提示手法を提案する. カメラを用いて実世界の折り紙の位置や形状を認識し, 折り紙上に直接折り図をプロジェクションするシステムを開発した. ユーザにとっては折り紙と折り図を同時に視認することができ, 従来のイラストやアニメーションなどによる提示手法よりも正確に制作手順を把握・理解する可能性を議論する.

1 はじめに

折り紙は日本の伝統文化であり, 娯楽や芸術, 教育などの目的で使用されている. 折り紙の制作過程における折り方の提示は, 書籍などを用いて行われることが多い. また最近では, Web ページ上でアニメーションを用いた提示も行われている. しかし, これらの折り方の提示方法では, 実際の折り紙と折り図を同時に視認することが出来ない. そのため, 初心者には手順の理解が困難であるものも存在している.

そのため, 折り紙作品の制作時における, 初心者支援システムが必要であると考えられる. 関連研究として, 折り手順を 1 ステップずつ生成しコンピュータグラフィックスで提示する研究[1]や, 低年齢児向けに 4 回以下の折り操作で作ることができる単純な折り紙作品を, 新しく創作するためのシステム[2]がある. また, カメラとプロジェクタを用いたビリヤードの初級者支援システム[3]も提案されている.

そこで本稿では, プロジェクションを用いた折り紙の制作手順提示手法を提案する. 実際の折り紙を折りながら, 折り紙上に折り図をプロジェクションする. ユーザにとっては折り紙と折り図を同時に視認することができ, より正確かつ容易に手順を理解することが可能となる可能性を探る.

2 提案システム

本システムは Processing, OpenCV ライブラリを用いて実装した. システムの外観は図 1 のようになり、赤外線 WEB カメラ, 再帰性反射材, 小型プロジェクタ, PC から成る.

赤外線 WEB カメラとプロジェクタ, 再帰性反射材は固定して設置する. ユーザには再帰性反射

材上で折り紙制作を進めてもらう. 折り紙制作時には, 投影画像が折り紙に自動で追従する.



図 1 システムの外観

2.1 折り図の準備

投影する折り図と, 折り図の頂点座標を入力する. 折り図がアニメーションの場合, アニメーションを投影する. この手順は, 折り図を追加する際のみ行う.

2.2 カメラとプロジェクタのセットアップ

カメラで認識した折り紙と, 投影する折り図の座標のズレを調整するため, カメラ-プロジェクタ間でキャリブレーションを行う. キャリブレーションには, 同一の 4 点に対するカメラの座標とプロジェクタの座標の組が必要である.

本システムでは, この必要な座標を, 再帰性反射材の角に 4 つのマーカが重なるようにドラッグアンドドロップすることで取得する. また, 取得した座標はテキストデータに保存する. プロジェクタとカメラの位置関係が変化しないならば, 2 度目以降はこの手順を省略する.

2.3 折り紙の検出

折り紙の検出の一連の流れを図 2 に示す. まず二値化処理を施したカメラ画像(図 2, a)に対して, OpenCV ライブラリを用いた直線検出を行う(図 2, b). その後, 各直線の交点から折り紙の頂点を求

Copyright is held by the author(s).

*明治大学総合数理学部先端メディアサイエンス学科, †JST さきがけ

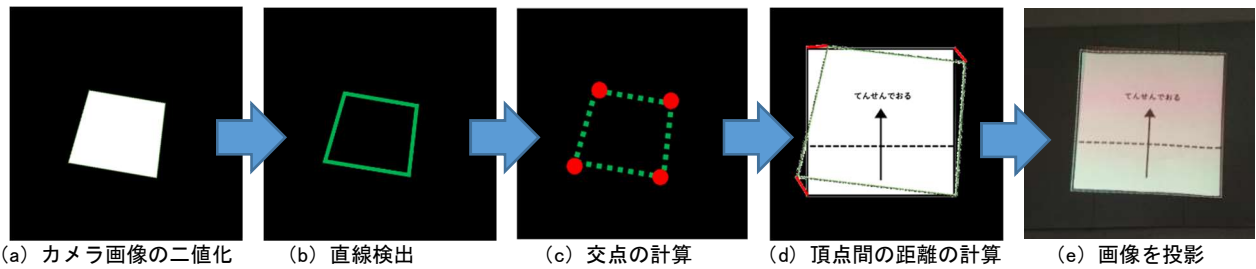


図2 提案システムの処理の流れ

める(図2, c). 正確に頂点を求めるために, 再帰性反射材の4辺と重複する直線, 直線から離れた交点の除去を行った.

2.4 特徴点の対応付け

次に, ホモグラフィ変換を行うために, 特徴点の組を決定する. あらかじめ準備した折り図の頂点の座標を用いて特徴点の対応付けを行った. 処理の手順は, 重心と1つの頂点が, 検出した折り紙の座標と重なるように, 折り図の頂点座標に対してアフィン変換を行う. その後, 検出した折り紙と折り図の頂点間の距離を求め(図2, d), 距離が最小であった頂点の組み合わせを, 特徴点として対応付けした. カメラ画像に手が映り込むなどして, 正しい特徴点が検出できない場合には, 誤った画像が投影される可能性がある. この問題は, 頂点間の距離に閾値を設けることで解決した.

2.5 折り図の投影

最後に, あらかじめ準備した折り図を, 特徴点を用いてホモグラフィ変換し, 投影する(図2, e). 正確に位置を合わせるために, 全ての特徴点を使用し, 疑似逆行列を用いてホモグラフィ変換を行った.

3 結果

本システムを使って制作手順を提示した様子を図3に示す. 平坦折り可能な折り紙であれば, 実際の折り紙と折り図を同時に視認することができた.

4 まとめと今後の課題

本システムを用いることで, 初心者でも容易に折り紙制作の手順を理解することが可能になる. カメラで折り紙の形状を検出し, プロジェクタで折り紙上に折り図を投影することにより, 実際の折り紙と折り図を同時に視認することができる.

今後, アニメーションや書籍での提示に比べて理解しやすく, 折りやすくなっているかどうかの評価実験を行う予定である.

また現在のシステムでは, 赤外線カメラによる

画像を使用しているため, 折り紙の輪廓しか検出できず, 一部の形状で裏表の区別がつかないといった問題があった. そこで折り紙の裏表を判別できるようなシステムに発展させるため, システムおよびアルゴリズムの改善を検討している.

さらに, 平坦折りの折り紙だけでなく, 立体にする折り紙にも適用することができるシステムへ発展させる可能性も検討している. 折り紙の検出方法や, 折り図の投影方法などを模索したい.

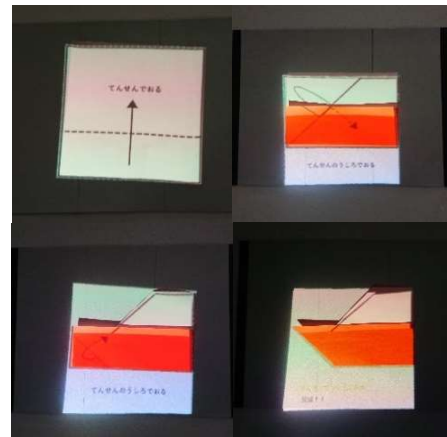


図3 折り紙上に投影した例

参考文献

- [1] Hugo AKITAYA, Jun MITANI, Yoshihiro KANAMORI and Yukio FUKUI, "Origami Diagrams and 3D Animation from Flat-Foldable Crease Patterns Sequences", International Conference on Simulation Technology(JSST), Tokyo, 2013
- [2] 緒方祐介, 有田大作, 菅沼明, 谷口倫一郎: プロジェクタ・カメラシステムを用いたビリヤードの初級者向けショット練習支援, 情報処理学会研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC), Vol.2007, No.37, pp.17-23, 2007
- [3] 鶴田直也, 金森由博, 福井幸男, "幼児向け折り紙作品の創作支援システム", インタラクシオン 2011 論文集, IPSJ Symposium Series Vol.2011, No.3, pp.49-56, 2011