

# プロジェクションを用いた 折り紙への制作手順提示手法の提案

藤間広也<sup>†1</sup> 五十嵐悠紀<sup>†2</sup>

**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提示手法を提案する。机の上で実際の折り紙を折りながら、そこへ従来の折り図をプロジェクションする。折り紙と折り図を同時に視認することができ、より正確に折り図を把握・理解することが可能となる。提案手法のシステムを構築して実験をすることで、本手法の有効性および課題を検討したので報告する。

**キーワード:** 折り紙, 制作支援, プロジェクション

## Folding Procedure Support Method of Origami using Projection

HIROYA TOMA<sup>†</sup> YUKI IGARASHI<sup>†</sup>

**Abstract:** In this paper, we propose a folding procedure support method of origami using projection. We fold the actual origami on the desk and project the corresponding folding chart there. Origami and folding chart can be visually recognized at the same time, therefore the user can understand folds more accurately. We investigate the effectiveness and the problem of the method using prototype system and reporting it.

**Keywords:** Origami, Folding Procedure Support, Projection

### 1. はじめに

折り紙は古くは室町時代から日本の娯楽として存在し、今や娯楽の範囲を超え芸術作品としても愛されている。また折り畳み形状は人工衛星の太陽電池パネルの折り畳みや自動車のエアバッグの折り畳みといった、工学分野へ技術を活用する動きもあり、産業界へのさらなる応用が模索されている。このように今や日本を代表する伝統文化として世界に広く知られている折り紙だが、折り紙の制作過程に目を向けてみると、通常書籍などを見ながら折ることが多い。最近では、WEBページ上でアニメーションや折り図表示による折り方提示[1]や、オンライン動画での折り方提示なども増えてきている。しかし、これらの折り方提示方法はいずれも一長一短である。例えば、紙での折り方では解読が難解であるものも存在する。アニメーションによる折り方提示やオンライン動画での折り方提示ではそもそもコンテンツを作成する手間も生じる上、一覧性もない。

そこで本稿では、プロジェクションを用いた折り紙の折り方提示手法を提案する。机の上で実際の折り紙を折りながら、そこへ従来の折り図をプロジェクションする。折り紙と折り図を同時に視認することができ、より正確に折り図を把握・理解することが可能となる。提案手法のシステムを構築して実験をすることで、本手法の有効性および課題を検討したので報告する。

### 2. 関連研究

折り紙作品の形状をコンピュータの中で3次元モデル化するためのインタフェースに関する研究には、宮崎[2]、古田[3]、三谷ら[4]の研究などがある。一方、低年齢児向けのシステムとして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[5]が提案されている。これはユーザが動物の顔など、折り紙で作りたい形をシステムに入力すると、それに類似した形をデータベースから検索し、折り方を提示するものである。

折り紙の制作過程に着目すると、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[6]が発表されている。これは平坦折り可能な展開図を入力とすると、その折り手順を示す流れ図(折り図)を生成するシステムであり、完成形の展開図を1ステップずつ簡略化することで、逆順に折り図を生成していく。本稿では制作過程を対象として折り方提示手法を検討する。

また、プロジェクションにより支援するものに、文字を美しく書くためのシステム[7]が提案されている。文字の位置と大きさに注目し、プロジェクタを用いてユーザに提示する。我々はこのシステムを参考にしてシステムを構築した。

<sup>†1</sup> 明治大学

Meiji University

<sup>†2</sup> 明治大学/JST さきがけ

Meiji University / JST PRESTO

### 3. システム概要

提案システムの概要を述べる。システムの外観は図1のようになっており、WEBカメラ、小型プロジェクタ(Smart Beam), および PC(CPU:2.7GHz Intel Core i5, メモリ 8GB)から成る。ソフトウェアは Processing, keystone ライブラリ, および OpenCV ライブラリを利用して実装した。

WEBカメラとプロジェクタは互いに固定して設置し、その下に折り紙を置く。折り紙の上からプロジェクタで折り図を投影し、ユーザはその折り図に従い折り紙制作を進めてもらう。

システム構成は図2に示す。処理の内容は主に、カメラ-プロジェクタのキャリブレーション、折り紙の検出と折り紙-折り図のキャリブレーション、そして折り図の投影に分けられる。以下、それぞれについて述べる。



図1 提案システムの外観。  
Figure1 Appearance of proposed system.

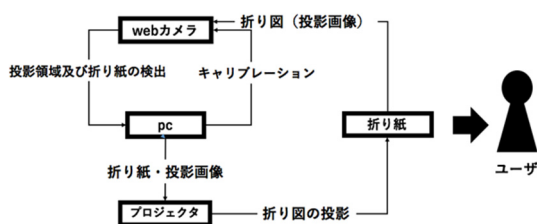


図2 提案システム構成。  
Figure 2 System configuration.

#### 3.1 カメラとプロジェクタ間のキャリブレーション

折り紙上に折り図を投影する際、画像投影範囲とカメラ撮影範囲やカメラの視野角が異なる為、実際に投影する折り図にはズレが生じてしまう。そこで、それぞれの座標系の対応関係を得るために、カメラ-プロジェクタ間でキャリ

ブレーションを行い、ホモグラフィ行列を求めた。これにより各座標系の対応関係を一意に定めることができ、折り図をカメラ画像内の描画位置と同位置に投影することができる。本システムでは投影された四角形画像とカメラ画像内の四角形画像それぞれのコーナー座標から、ホモグラフィ行列を求めて変換を行った。なお、投影された四角形のコーナー4点はクリック操作で任意に決めことができ、画像処理による負荷を軽減した。

#### 3.2 折り紙の検出および投影画像表示領域の決定

カメラ画像から折り紙を検出および折り図投影範囲を決定し、折り紙-カメラ間のキャリブレーションを行う。折り紙の検出は opencv ライブラリを用いた直線検出により行い、各直線の交点からコーナーを求めた。求めたコーナー座標と一致するように折り図画像を表示する。なお、現在は折り図画像のコーナー各4点をマウスドラッグすることで手で画像の形および大きさを調整している。

#### 3.3 折り図の投影

あらかじめ準備した任意の折り図画像を投影する。3.2節において調整した画像を実際に本システムを用いて船を折る手順を図3に示す。

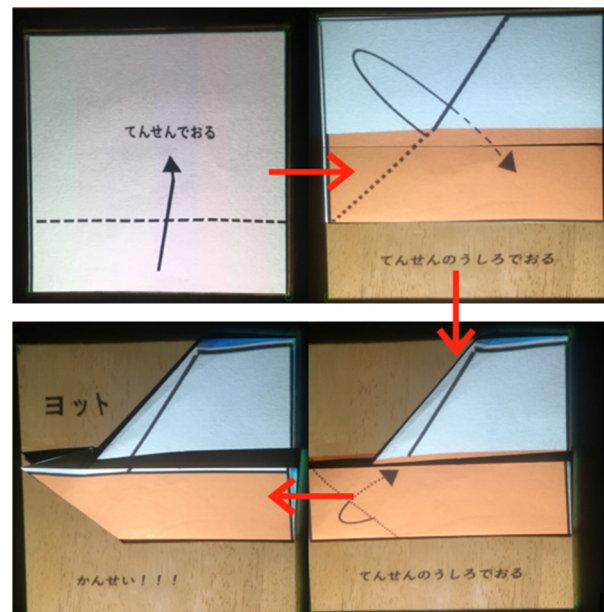


図3 折り紙を折っていく様子  
Figure3 A state of ORIGAMI making

### 4. 実験と考察

提案システムを用いて折り紙上にプロジェクションした。本提案手法を用いることで、折り紙と折り図を同時に視認することが可能となり、折る位置や幅などの折り紙と折り図の関係性をより明確に提示することができる。

現状では、折り図はあらかじめ自作して保存しておかなければならず、色や表示方法が1パターンのみのため、折り紙の色や環境に合わせた演出が困難である。しかしこれらは折り紙のデータベースを作成したり、形状入力からの低年齢児向け創作折り紙[5]や1ステップずつの折り手順のビジュアル提示[6]など既存手法と組み合わせることで、解決できると考える。

また、現状では投影する折り図も固定位置であったため、ユーザは常に投影する折り図に合わせた折り紙制作を余儀なくされた。また折り図は静止画として投影したため、2次元的な表現にとどまり、表現できる範囲が著しく限定されてしまう。特に折っている最中では、折り図と折り紙の関係が非常に難解であった。そのためより複雑な折り方が必要な作品を折る際にはアニメーションでの提示手法を含めて検討することが必要となる。

## 5. まとめと今後の課題

本稿では、プロジェクションを用いた折り紙の折り方提示手法を提案した。机の上で実際の折り紙を折りながら、そこへ従来の折り図をプロジェクションすることで、折り紙と折り図を同時に視認することができる。これにより、折り図を理解することが容易になったと考える。

今後の課題としては、ユーザ実験を計画しているほか、関連研究の章で挙げた、形状入力からの低年齢児向け創作折り紙[5]や1ステップずつの折り手順のビジュアル提示[6]など既存手法と組み合わせることで、子どもでも簡単に折り紙を楽しむための手助けができる可能性を検討する。また実験の章で挙げたように、折り図提示方法が一様的であり、利便性や応用性について改良の余地が見て取れた。今後は利便性や面白さ、没入度など各項目について従来の折り図提示手法を比較することで現状の課題を明確にし、システムの応用性を高めたい。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり助言をいただきました、早稲田大学の中村優文氏、山口周悟氏に感謝する。

## 参考文献

- [1] 株式会社シティブラン. おりがみくらぶ. <https://www.origami-club.com/>
- [2] Miyazaki, S., Yasuda, T., Yokoi, S. and Ichiro Toriwaki, J.: An Origami Playing Simulator in the Virtual Space, *Journal of Visualization and Computer Animation*, Vol. 7, No. 1, pp. 25-42, (1996).
- [3] 古田陽介, 木本晴夫, 三谷 純, 福井幸男: マウスによる仮想折り紙の対話的操作のための計算モデルとインタフェース, *情報処理学会論文誌*, Vol.48, No.12, pp.3658-3669 (2007).
- [4] Mitani, J.: Recognition, modeling and rendering method for Origami using 2D bar codes, *Origami 4*, pp.251-258 (2006).
- [5] 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", *インタラクション 2011 論文集, IPSJ Symposium*

Series Vol.2011, No.3, pp.49-56, 2011

- [6] 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)
- [7] 中村優文, 山口周悟, 森島繁生. motebi~文字を手書きで美しく書くための支援ツール. 第24回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2016).