

## 折り図に基づく折り紙製作支援手法の提案

一期崎 祐貴† 恩田 憲一†

尚美学園大学 芸術情報学部 情報表現学科†

## 1.はじめに

折り紙の折り方を記述する手段としては、一般に折り図<sup>1)</sup>が広く用いられている。折り図とは折り紙を折る際に、目標とする完成形に至るまでの折り方や折り手順などの過程を記載した折り紙の設計図として、ユーザーが折り紙を折る際に利用するものである。

折り図を参考にして折り紙を折る際、折り図上には複数種類の線があり、折り紙の形状を表す線、山折り線、谷折り線などの線をそれぞれ正しく解釈する必要がある。また、折り紙は折る過程で徐々に立体的な形状になっていくのに対し、折り図は平面的な図としての記述となるため、ユーザーが立体的なイメージを把握するのが困難な場合も見受けられ、未経験の折り紙を折る際には、経験者が対面で手本を示しそれに従い折り方を覚えていくのが最も確実な折り紙の学び方であるといえる。この様な観点から、折り紙の折り方をユーザーに対して立体的な視覚的な情報として時系列で提示することを目的とした、折り紙の折り方教示システムが報告されている<sup>2) 3)</sup>。これらの多くは折り紙の制作過程をどのようにユーザーに提示するかについて研究する立場を取っており、折り方のコンテンツとなる具体的な折り手順の取得に関してはシステムにとって既知の問題として取り扱われている。

本研究では折り紙の折り方を教示するシステムがユーザーに教示する折り紙の具体的な折り方に関して、システムが情報を取得する方法として、一般に普及している折り図を入力としてその構造を画像解析し、折り紙の形、折り方などをデータ化し、そのデータを用いて、折り紙の折れる過程を映像化し、最終的に視覚的に支援を行うシステムを構築することを目標とする。本研究では折り図は日本折紙協会準拠の折り図を対象とし、画像解析の一部に OpenCV を利用する。

A proposal of guidance system for origami folding based on origami diagram

Yuki Ichigozaki, Norikazu ONDA, †Faculty of Informatics for Arts Shobi University

## 2.折り図の認識

システムでの利用を前提とした CAD データなど構造化された情報とは異なり、折り紙の折り図は人間が読み取ることを前提として制作されている。従って折り図上に記述される表記に関しては定型的なルールに拠らない自由な記述が見受けられ、画像処理による折り図の解釈には折り紙の折り図に特化した画像処理の手順が必要となる。

## 2.1 線領域抽出

折り図画像には、折り紙の外郭形状を表す線、折りの操作を示す山折り線、谷折り線などの折り線、そして折り込む方向を示す矢印線など、複数種類の線が記述されており、それらを正しく認識する為、以下の処理を行う。

- (1) 前処理
- (2) 2 値化
- (3) 画像の白領域の膨張・収縮処理によるノイズ除去

入力画像の折り図の二値化時に、ノイズの混入により正しく線認識が行えないケースに対応するため、前処理としてスムージングを行う。

(1), (2) を行った後に折り図の線部分を白画素、背景部分を黒画素になるよう二値化を行う。

二値化された画像をそのまま線認識をすると、画像上のノイズに反応し誤認識をする可能性があるため、白領域を膨張・収縮処理をしてノイズを除去する。

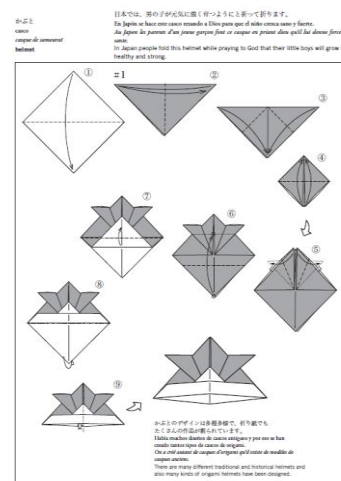


図1 折り図の例<sup>1)</sup>

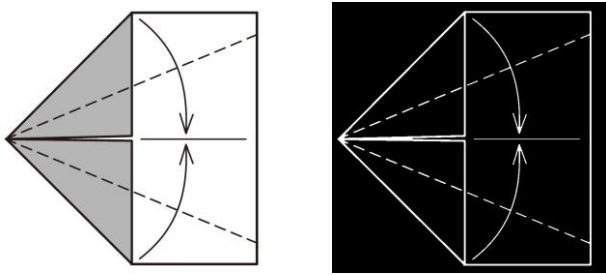


図1 線領域抽出

### 2.2 各領域の抽出

後述の線認識で実線とその他の線では認識の手法が異なる為、実線とその他の線とで分別する必要がある。折り図画像上においては実線以外の線は、小さい点、短い線などの線分としての領域が細かい領域で構成されている線であり、実線は最も面積の広い線分領域となるため、最大領域を抽出して最大領域のみの画像、最大領域を除去した画像の二つに分別する。

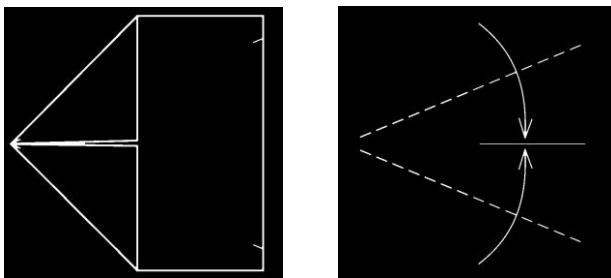


図2 分別画像

### 2.3 確率的 Hough 変換による線検出

前述の処理で実線を表す画像を対象に、確率的 Hough 変換による線検出を行う。Hough 変換をした際に同じ位置に複数の線が検出される場合があるが、後述の処理においてノイズになるため、検出された複数の線同士の傾きや線の座標などを比較し、差が無ければその線同士の座標の平均値をとり、それを元に新たに線を出力する。

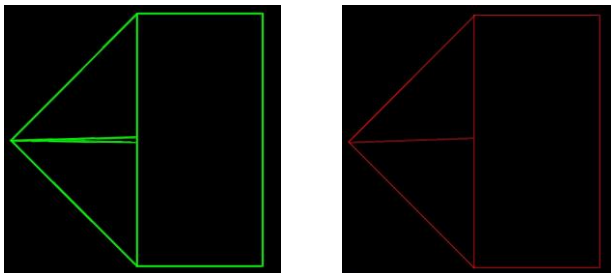


図3 線検出

### 2.4 その他の線認識

実線を除去した画像を用い以下の処理を行う。

- (1) 画像上の点、短線の重心の出力
- (2) Hough 変換による線の検出
- (3) 重心数、不偏分散によるノイズの除去
- (4) 破線、鎖線、点線の分別
- (5) 線の統合

点や短線の重心を画像上に点で出力し、Hough 変換によりその点が直線上に並んでいるかどうかを調べる。検出された線を保存する。保存された線に乗っている点、線などの各領域の面積値の平均をとり、そこから不偏分散を求め、不偏分散の値を閾値によって分別する。不偏分散の小さいものを破線、点線のグループにし、不偏分散の大きいものを鎖線とする。破線、点線のグループに入力された線上の白領域のひとつから面積値をとり、面積値が大きい場合それを破線に分別、面積値の小さいものを点線と分別する。

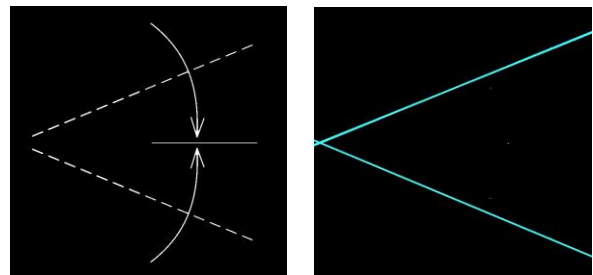


図4 破線の抽出

### 3. 折り図の段階に対応した折り紙の状態表示

折り図は折り紙の初期状態から完成状態までのステップを追って折り方の記述が為されており、山折り、谷折り等の折り操作を反映した折り紙画像を合成しユーザーに提示する。

### 4. まとめ

折り図から折り紙の折り方を抽出し、折り紙の完成に至る制作のステップを立体的な折り紙画像として出力することにより、未経験の折り紙の制作を容易に行えるシステムを作成した。

#### 参考文献

- 1) おりがみ4か国語テキスト 日本折り紙協会
- 2) 古田陽介、三谷純、福井幸男、マウスによる仮想折り紙の対話的操作用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.
- 3) 溝口達也、松原康夫、仮想空間における折り紙シミュレーション、情報処理学会研究報告、Vol. 2011-EC-22 No. 5