折り図の自動生成に向けた折り紙画像からの折り線推定

加藤　眸[†]　加藤　大貴[†]　平山　高嗣[††]　駒水　孝裕[†]　井手　一郎[†]

† 名古屋大学　〒464–8601 愛知県名古屋市千種区不老町
†† 人間環境大学　〒444–3505 愛知県岡崎市本宿町上三本松 6–2
E-mail: †fkatoht,katohg@cs.is.i.nagoya-u.ac.jp, ††t-hirayama@uhe.ac.jp,†taka-coma@acm.org,†ide@i.nagoya-u.ac.jp

あらまし　折り紙の折り方を説明する方法として一般に折り図と折り方動画がある．折り図の制作には多くの手間と時間を要すること，スマートフォンなどの普及により折り方動画の撮影が容易になりつつあることを踏まえ，筆者らは任意の折り紙の折り方動画から折り図を自動的に生成するシステムの制作を目指している．本研究では，このようなシステムを実現する上で解くべき部分問題を整理し，その中の 1 つの特別な場合である，直線折り操作における折り線推定に取り組んだ．そのための手法として，本報告では折り操作前後の画像（以下，折り状態画像対）と，それらの間で行なわれた折り操作を表す線分との関係を学習する折り線推定手法を提案する．また，折り線推定器の学習と評価のためのデータセットを作成した．評価実験では，折り線推定器として畳み込みニューラルネットワーク（Convolutional Neural Network; CNN）を用いたモデルを実装し，折り線の推定性能を評価した．その結果，データ拡張によりデータ数を増やすことで，推定された線分の距離の誤差および傾きの誤差が小さくなること，直線折りの中にも，推定が比較的容易なものと難しいものがあることを確認した．
キーワード　折り紙，折り図，直線検出

Crease Estimation from Origami Pictures for Automatic Folding Diagrams Generation

Hitomi KATO[†], Hirotaka KATO[†], Takatsugu HIRAYAMA[††], Takahiro KOMAMIZU[†], and Ichiro IDE[†]

† Nagoya University　Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, 464–8601 Japan
†† University of Human Environments　6–2 Kami Sanbonmatsu, Motojuku-cho, Okazaki, Aichi,444–3505 Japan
E-mail: †fkatoht,katohg@cs.is.i.nagoya-u.ac.jp, ††t-hirayama@uhe.ac.jp,†taka-coma@acm.org,†ide@i.nagoya-u.ac.jp

Abstract　In general, folding diagrams and videos are provided for explaining how to fold origami. However, creating folding diagrams requires a lot of time and effort. Considering that it is becoming easier to take videos of how to fold origami with the spread of smartphones and other devices, we aim to create a system that automatically generates folding diagrams from a video of how to fold any origami. First, we organized the subproblems that need to be solved in order to realize such a system. In this report, we focus on one special case of crease estimation in linear valley fold. For this, we propose a crease estimation method that learns the relationship between images before and after a folding operation (hereinafter, folded state image pairs) and the line segment that represents the folding operation performed between them. We also created a dataset for training and evaluating the fold line estimator. In the evaluation experiment, we implemented a model using a Convolutional Neural Network (CNN) as a fold line estimator and evaluated the fold line estimation performance. As a result, we confirmed that by expanding the data, the error in the distance and inclination of the estimated line segments was reduced, and that even among linear folds, there are some that are relatively easy and difficult to estimate.
Key words　Origami, folding diagrams, line detection

1. はじめに

1.1 研究の背景

折り紙によって様々な教育効果が得られることが期待され，難解な折り紙の折り方を説明した書籍が多く出版されるなど，折り紙を学ぶことに対する需要が高まってきている．折り紙の折り方を伝える方法として一般に折り図と折り方動画がある．両者にはそれぞれ長所と短所があり，双方の欠点を補い合うこ