

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 19 日現在

機関番号：12612  
 研究種目：基盤研究(C)  
 研究期間：2010 年度～2012 年度  
 課題番号：22500084  
 研究課題名（和文） 彫紙作成支援システムの構築

研究課題名（英文） Choshi design system

## 研究代表者

高橋 裕樹 (TAKAHASHI HIROKI)  
 電気通信大学・大学院 情報理工学研究所・准教授  
 研究者番号：80262286

研究成果の概要（和文）：本研究では、切削した有色紙群を重ねることで凹凸と色彩を表現する彫紙において、表現および、形状における次の 3 つの特徴に着目し、画像処理技術を用いてこれらの特徴を満たした画像データの作製手法を提案する。(1)彫紙は、色を表現する各領域を一枚の有色紙で表すため、一つの領域内において色の変化がない。(2)彫紙は、有限の有色紙で表現されるため、色数は有色紙が持つ色の範囲で制限される。(3)各有色紙は、可視な領域以外にも紙が存在し、それらが重なって重畳構造を構成している。これらの特徴を満たした画像データを作製するシステムを提案し、仮想彫紙の表示と、カッティングプロッタを用いた実際の彫紙の作製を行った。

研究成果の概要（英文）：In this research, we propose Choshi design system. Choshi is a new artistic curving method, which expresses uneven 3-D shape and unique color of papers. Choshi, derives from curving overlaid color papers, has the following three features in expression and formation. (1)Each region represents unique color. (2)The number of colors user can use is restricted within the existing papers. (3)Choshi has overlaid structure that one paper overlays other papers, and each paper exists even in hiding with overlaid papers. We propose a design system that generates Choshi image data satisfying the above three features. Finally, we represent virtual Choshi in 3-D space, and make Choshi with a cutting plotter.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2012 年度	800,000	240,000	1,040,000
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：グラフィックス

## 1. 研究開始当初の背景

コンピュータグラフィックスの分野において、NPR は画像の簡略化、抽象化を目的とし表現する対象のエッセンスを伝えることに注力している[1]. 絵画的表現の再現や人間

の知覚、認知に即した情報の強調などに応用されており、新たなコンテンツ制作技術や効率的な情報伝達を可能にすることが期待される。

NPR を用いた絵画的表現は、画像加工に始

まり、油彩、水彩などの画材や画家のタッチのコンピュータ上での再現、セルアニメーションやイラストレーションの制作効率化手法などが提案されている[2]。また、近年では NPR の新しい表現対象として、折り紙[3]、ペーパクラフト[4]、ぬいぐるみ[5]、レリーフや彫金[6, 7]など立体形状の表現、制作に関する研究も行われており、対象となる表現手法の幅も広がってきている。NPR を用いた絵画的表現手法を構築するためには、対象となる表現手法の特徴を定義する必要があり、対象毎に特徴が異なるため、各々異なった手法が必要となる。

## 2. 研究の目的

本研究では、新たな表現手法である彫紙アート[8]を対象とし、コンピュータ上で対話的に二次元画像および対象の奥行きデータから彫紙アートを作成するシステムを検討する。彫紙アートとは、複数の異なる色の有色紙を重ねることで厚みを持たせたものをカッターや彫刻刀で彫ることによって、凹凸形状に加え、色彩も表現する彫刻技法である。下絵に基づき、必要な有色紙を選び、適切な色と凹凸感の表現が可能な順に重ねる。表現したい色の一枚上の有色紙まで彫り抜くことによって色を出す。この作業を全色に対して行うことで、複雑な形状と共に紙独特の色彩も表現が可能である[8]。

本研究では、通常、手作業で行われるデッサン、彩色、色毎のナンバリング、紙の切削の一連の作業をコンピュータ上で自動的にを行い、ユーザへ彫紙作成の雛型を提供する。また、コンピュータ上で作成した雛型をユーザが対話的に操作することで、ユーザが意図した彫紙を作成することが可能な彫紙作成支援システムを構築することを目的とする。

## 3. 研究の方法

本手法では、有色紙群を重ね切削を行うことで凹凸と色彩を表現する彫紙において、表現および、形状における次の3つの特徴に着目する。

- (1) 彫紙は、色を表現する各領域を一枚の有色紙で表すため、一つの領域内において色の変化がない。
- (2) 彫紙は、有限の有色紙で表現されるため、表現可能な色数は有色紙が持つ色の範囲で制限される。
- (3) 各有色紙は、可視な領域以外にも紙が存在し、それらが重なって重畳構造を構成している。

このような特徴を持つ画像データを作製する提案システムの処理概要を図1に示す。

(1)の特徴に関しては、入力画像を領域分割し、各領域を代表色で表した画像を下絵として利用することで実現する。彫紙において

各有色紙が表現する領域は、異なる領域の色値が下絵において同じ場合でも、必ずしも同じ順番にある一枚の有色紙で表現されるとは限らない。このため、画像空間と色特徴空間の双方を考慮した領域分割手法を用いることが望ましい。また、各領域が何番目に重ねられている有色紙で表現されるかを指定するためには、領域にラベリングを行い、論理的に区別をする必要がある。本手法では、入力画像を Mean Shift 法に基づいて領域分割[9]し、同時にラベリングを行う。その後、領域の隣接関係を RAG (Region Adjacency Graph) [10]で結び、色差がしきい値以内の隣接した領域を統合する。統合後の画像を彫紙の下絵とする。

(2)の特徴に関しては、各領域の代表色値をあらかじめ用意しておいた有色紙の色値で置き換える必要がある。彫紙のような絵画的表現においては、より人間の色知覚に近い表色系において色差を求め、置き換えることが望ましい。本提案手法では、各領域の代表色と色見本[11]から選択した有色紙の色値をそれぞれ宮原らの MTM [12]を用いてマンセル近似色空間における HVC で表し、Godlove の色差式[13]を用いて2色の色差を求め、最も色差の少ない組を最適色として有色紙を選択する。

(3)の特徴に関しては、彫紙における有色紙の重畳構造について新たに定義し、その重畳構造に基づいて、可視な領域以外も含めた各有色紙の切削データを生成する。生成された切削データに基づいて、3次元仮想彫紙の生成と彫紙の作製を行う。

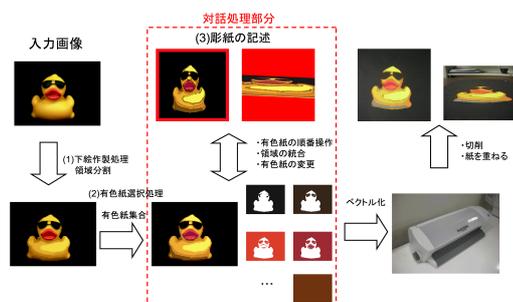
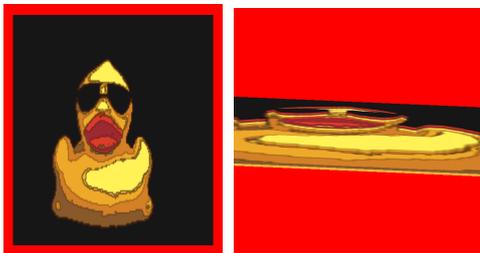


図1 提案システム概要

## 4. 研究成果

本研究では、新たな芸術表現である彫紙を対象に、NPR 手法を用いた彫紙のコンピュータ上での表現手法並びに、彫紙を作製するためのシステムを提案した。提案システムを用いた仮想彫紙の例を図2-5に示す。図2に示したような単純な模型写真を用いた場合は、物体表面の陰影変化が凹凸と一致することが多いため、違和感の少ない結果が得られている。図3に示したようなイラスト画像は、

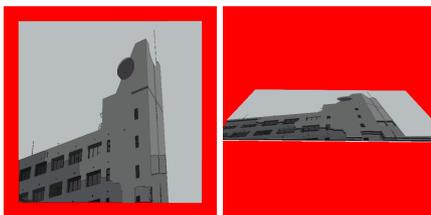
原画像が彫紙の下絵としての条件を満たしているため、良好な結果となっている。図4に示したような直線の多い建築物に関しては、下絵作製および、有色紙変換処理後の段階では、内部に疑似輪郭が発生している。しかし、このような場合は下絵作製処理において入力パラメータを変更することで、結果を改善させることが可能である。図5に示したような風景写真の場合、建築物に関しては良好な結果が得られている一方で、樹木の部分ではテクスチャが細かいため過分割となっている。また、樹木に合わせて下絵作製処理のパラメータを入力すると、建築物の部分が過統合になってしまう。このような場合は、まず過統合にならないように入力パラメータを調整後、ユーザが対話処理において明示的に領域を統合していくことで、結果を改善させることが可能である。



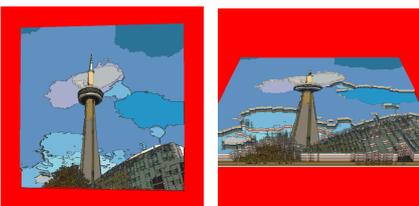
(a) 正面 (b) 下方  
図2 模型写真から作製した仮想彫紙



(a) 正面 (b) 下方  
図3 イラストから作製した仮想彫紙



(a) 正面 (b) 下方  
図4 建物写真から作製した仮想彫紙



(a) 正面 (b) 下方  
図5 風景写真から作製した仮想彫紙

最終的に完成形状を確認後、切削データを出力する。カッティングプロッタを用いて出力データに基づき各有色紙を切削し、奥から重ねていくことで彫紙の制作を行い、提案システムを用いて彫紙の立体形状を持ったデータおよび、実物を作製することが可能であることを示した。彫紙の切削結果を図6に示す。



(a) 正面 (b) 下方  
図6 彫紙切削例

#### 参考文献

- [1] 宮田 一乗: “レンダリング技術の動向”, 映情学誌, Vol. 57, No. 4, pp. 442-443, (2003).
- [2] 高木 佐恵子: “ノンフォトリリスティックの研究動向”, 映メ技報, Vol. 23, No. 63, pp. 1-6, (1999).
- [3] 三谷 純: “身近な折り紙がサイエンスに、そして新たなアートへ”, 第3回デジタルコンテンツシンポジウム講演予稿集, P2-4, (2007).
- [4] Jun Mitani and Hiromasa Suzuki: “Making Papercraft Toys from Meshes using Strip-based Approximate Unfolding”, *ACM Transactions on Graphics (Proc. SIGGRAPH)*, Vol. 23, No. 3, pp. 259-263, (2004).
- [5] Yuki Mori and Takeo Igarashi: “Plushie: An Interactive Designing System for Plush Toys”, *ACM Transactions on Graphics (Proc. SIGGRAPH)*, Vol. 26, No. 3, (2007).
- [6] 生田 大介, 田中 敏光, 堀場 勇夫, 山本 新, 杉江 昇: “多角的造形手段を備えた仮想レリーフシステムの提案”, 電子情報通信学会技術研究報告 MVE マルチメディア・仮想環境基礎, Vol. 99, No. 723, pp. 19-24, (2000).
- [7] Tim Weyrich, Jia Deng, Connelly Barnes, Szymon Rusinkiewicz and Adam Finkelstein: “Digital Bas-Relief From 3D Scenes”, *ACM Transactions on Graphics (Proc. SIGGRAPH)*, Vol. 26, No. 3, Article No. 32 (2007).
- [8] 林 敬三: “彫紙アート”, 特開 2004-255858, (2004).
- [9] Dorin Comaniciu and Peter Meer: Mean Shift: “A Robust Approach Toward Feature Space Analysis”, *IEEE Trans on PAMI.*,

Vol. 24, No. 5, pp.603-619, (2002).

[10] A. Tremeau and P. Colantoni: "Regions adjacency graph applied to color image segmentation", IEEE Trans. Image Process, Vol. 9, No. 4, pp.735-744, (2000).

[11] 福田 邦雄: "決定版色の名前 507", 株式会社主婦の友社, 東京, (2006).

[12] 宮原 誠, 吉田 育弘: "色データ(R, G, B)⇄(H, V, C) 数学的変換方法", テレビ学誌, 43, 10, pp.1129-1136, (1989).

[13] I. H. Godlove: "Improved color-difference formula, with applications to the perceptibility and acceptability of fadings.", J. Opt. Soc. Am., Vol. 41, No. 11, pp.760-772, (1951).

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 7 件)

1. 竹内 尚也, 高橋 裕樹: "Active Appearance Model を用いた単眼カメラによる注視点推定手法", 芸術科学会 東北支部研究会, 24-02-07(4pages), (2012.9). (秋田)

2. Naoya Takeuchi and Hiroki Takahashi: "Gaze Tracking for Mobile Devices Operation", proc. Of NICOGRAPH International 2012, pp.149-152, (2012.7). (バリ島・インドネシア)

3. 竹内 尚也, 高橋 裕樹: "携帯デバイス操作のための視線検出手法の検討", 信学技報, PMRU2011-24, pp.37-40, (2012.3). (神戸)

4. Zhang Yanxiang, Yang Chunyong, Fangbemi Abassin, Natsuki Takayama, Shubing Meng and Hiroki Takahashi: "Cho-Shi" Animation Based on Traditional Chinese Handmade Paper Texture", Second International Conference on Culture and Coputing, pp.161-162, (2011.10). (京都)

5. Natsuki Takayama, Shubing Meng and Hiroki Takahashi: "Choshi Design System from 2D Images", 9<sup>th</sup> International Conference on Entertainment Computing, LNCS6234, pp.358-365, (2010.9). (ソウル・韓国)

6. Martina Dumcke and Hiroki Takahashi: "Saliency-based Candidate Inspection Regions Extraction in Tape Automated Bonding", Institute of Computer Vision and Applied Computer Science In:

P.Perner(Ed.), Advances in Data mining –Applications and Theoretical Aspects, LNAI6171, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, pp.186-196, (2010.7). (ベルリン・ドイツ)

7. Shubing Meng and Hiroki Takahashi: "Choshi Generation System by Color and Shape Stylization", proc. of NICOGRAPH International 2010, pp.107-114, (2010.6). (シンガポール)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

高橋 裕樹(TAKAHASHI HIROKI)

電気通信大学・大学院 情報理工学研究科・准教授

研究者番号 : 80262286