

令和 4 年 6 月 6 日現在

機関番号：12201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2021

課題番号：17K00376

研究課題名（和文）手描き線画を入力としたアートワーク作成支援

研究課題名（英文）An artwork production support system from handwritten line drawings

研究代表者

東海林 健二（Shoji, Kenji）

宇都宮大学・工学部・教授

研究者番号：70143188

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：アートワーク作成支援システムは、ユーザが選んだカラー写真を下敷きにして手描きした線画に対し、システムが写真の色情報に基づき彩色を行うことで、ユーザの線画による絵画表現を活かしながら効果的な彩色で完成度の高い絵画を生成するシステムである。本研究では、その基本である彩色機能に対して、線で描画した対象内部領域のみ彩色する機能、印刷品質の解像度で出力する機能、画面上で線画入力・修正して彩色結果を確認する機能、画面ではなく紙の上に市販ペンで線画を描くことで彩色結果を得る機能を加え、複数のユーザでその動作確認を行った。さらに、システムの主要な部分をWebアプリケーションとして実装した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

絵画の自動生成の研究では一般に、ユーザの労力なしに完成度の高い絵画を得ることをめざしている。一方われわれは、ユーザ自身が描画した感覚を失わないで完成度の高い絵画の完成をめざし、ユーザが選択したカラー写真を下敷きにして手描き線画を入力すると、システムが写真の色情報を用いて入力線画に自動彩色するという絵画作成支援法を提案してきた。本研究は、提案する絵画作成支援法を実用的なシステムとして実装し、ユーザの線画による絵画表現を活かしながらシステムによる効果的な彩色で完成度の高い絵画をユーザが作り出すことを助けるもので、その絵画はシステムの自動生成結果ではなくユーザの作品とみなせるという特長をもつ。

研究成果の概要（英文）：By using the artwork production support system we have proposed, we can create a high-quality artwork with effective coloring from a handwritten line drawing on the color photograph selected by the user while making use of the painting expression by the user's line drawing. This work added the following features to the fundamental colorization algorithm of the system: coloring only the target internal area drawn with a set of lines, output at print quality resolution, checking the coloring result by inputting / correcting the line drawing on the screen, and handling line drawings on real paper with a consumer pen instead of the screen. In addition, the features were confirmed by several users. Finally, we implemented the main part of the system as a web application for widespread use.

研究分野：画像処理

キーワード：手描き線画 自動彩色

1. 研究開始当初の背景

絵画風画像生成に関する研究は、近年、深層学習を利用することで成功している。引用文献は、2015年にarXivで公開された"A Neural Algorithm of Artistic Style"を国際会議CVPR 2016で発表したもので、あらかじめ物体認識用に訓練した畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を使って、CNNの中間層の状態が目標状態となるよう入力画像を修正することで、入力画像をユーザが与えた絵画作品風に自動変換する。引用文献には、前述の手法の実行例として新聞紙風、設計図風のような興味深い変換結果も示されている。この手法は入力画像を絵画風に自動変換する画期的な手法であるが、一方、提案手法は自動変換とは違い、ユーザが手で描いた線画に対して、線画に基づいて彩色する手法であるため、ユーザ独自の個性を表す余地が十分にあるという特長をもつ。

古い写真などのモノクロ写真に彩色する手法(引用文献)も、深層学習を利用することで成功している。しかし、本研究の対象は線画であるので、そのままこれを適用することは難しい。

多数のストロークで描かれたラフスケッチをCNN利用により1本の描画線に単純化する研究(引用文献)もスケッチを対象としている点で本研究と関係が深い。

2. 研究の目的

アートワーク作成支援システムは、ユーザが選んだカラー写真を下敷きにして手描きした線画に対し、システムが写真の色情報に基づき彩色を行うことで、ユーザの線画による絵画表現を活かしながら効果的な彩色で完成度の高い絵画を生成するシステムである。本研究では、その基本である彩色機能に対して、影とハイライト領域をそれぞれ抽出し、彩色線画に影とハイライトを自動付与する機能、線で描画した対象内部領域のみ彩色する機能、印刷品質の解像度で出力する機能、画面上で電子ペンやマウスで線画を入力・修正して彩色結果を確認することを繰り返すためのユーザインタフェース機能、印刷した写真の上に重ねて置いた半透明紙に市販のペンで線画を描き、これをスキャナ等で読み取って彩色対象線画とする機能を加える。そして、絵画をどこでも気軽に楽しめるシステムとして幅広い年齢層向けに提供したい。

3. 研究の方法

システムに追加する機能として、影とハイライトの自動付与については、手描き線画に対する彩色結果と線画を描くときに下敷きとしたカラー写真の差分画像の画素値が大きい部分を影とハイライト領域としてそれぞれ抽出することで行う。

線画の対象内部領域は、線画に彩色する際に行うドロネー三角形分割結果を利用する。すなわち、対象画像は線画上のサンプリング点を頂点とする多数の三角形に分割する。そして画像の4辺に接する三角形から始めて描画線を1辺にもつ三角形まで背景属性を伝播し、背景とならなかった三角形からなる領域を対象内部領域と決定する。このとき、小さな三角形に対しては背景属性伝播を抑制することによって、閉じていない線画の対象領域検出を行う。

印刷品質の解像度で出力するためには、画面上でオンライン手描きされた線画に対する彩色線画をベクトル形式のPDFとして得るようにする。

画面上で電子ペンやマウスで線画を入力・修正して彩色結果を確認することを繰り返すためのユーザインタフェースとして、ボタン配列を用いる。ペンの種類の切り替え、彩色や線画の編集、カラー写真の選択等のためのボタンを配置する。

線画入力に画面上で電子ペンを使う(以下、オンライン入力と呼ぶ。)代わりに、印刷した写真の上に重ねて置いた半透明紙に市販のペンで線画を描き、これをスキャナ等で読み取る方式(以下、オフライン入力と呼ぶ。)でも行えるようにする。電子ペンは4種類を使い分けるユーザインタフェースなので、紙に市販ペンで描くときも、4色のペンを使い分けるようにする。そのため、スキャナ等で読み取った画像は4色の線からなる画像である。この線画画像に対して彩色処理を行うため、各色の線画4枚に分離する処理を加える。

以上の機能をPC上に実装し、複数のユーザでその動作確認を行う。

絵画をどこでも気軽に楽しめるシステムとするため、これらの機能をスマートフォンやタブレットからも利用できるようにすることをめざす。具体的には、まず、システムの主要な部分をWebアプリケーションとして実装する。

4. 研究成果

PC上に実装したシステムを用いて、公開講座の一講座として、2時間×5日の計10時間で「写真から描き起こすコンピュータ絵画教室」を開催した。10歳代から70歳代の男女9名の参加があった。参加者はオンライン入力とオフライン入力のうち使いやすい入力方式を選択し利用した。図1のような例を示して、線画の基本的な描き方を説明した後、カラー写真として自ら撮影した写真を使って、複数の絵を完成させるように指示した。最後の回では作品を印刷してパネルに貼り付けるまでを行った。最後にこの講座で自分が制作した作品についての印象

を尋ねるアンケートを実施した。回答者7名で各項目7段階評価とした結果を図2に示す。図2の赤丸の数字がその評価の回答数である。また、7名の平均を白丸で示す。比較的评价が高いのは、満足、新鮮、美しい、良い、新しい、柔らかい、である。それ以外で、特に、派手か地味かについては中立的な評価となっている。また、制作が容易だったか面倒だったかについては、評価が分かれている。

講座を受講しての感想も得た。あらかじめ用意した項目で、「人に自慢できる絵が描ける」(3名)、「自宅に飾れる絵が描ける」(5名)という絵画作成支援システムについて肯定的な感想の回答を得た。一方、「絵を描いたのはコンピュータ」(3名)という感想の回答も得ており、自分で絵を描いたという感覚が得られなかった参加者もいたことが分かる。この自分で絵を描いたという感覚は、他の画像生成に関する研究ではあまり考慮されていないが、ユーザの満足感に直結する重要な感覚と考える。提案システムはこの感覚に関してはまだ不十分であるが、今後、これを重視してシステムを改善し、講座のやり方を工夫していきたい。

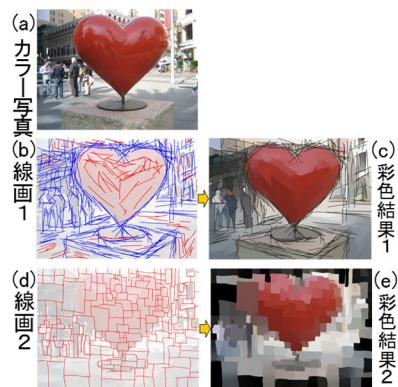


図1 線画彩色の例

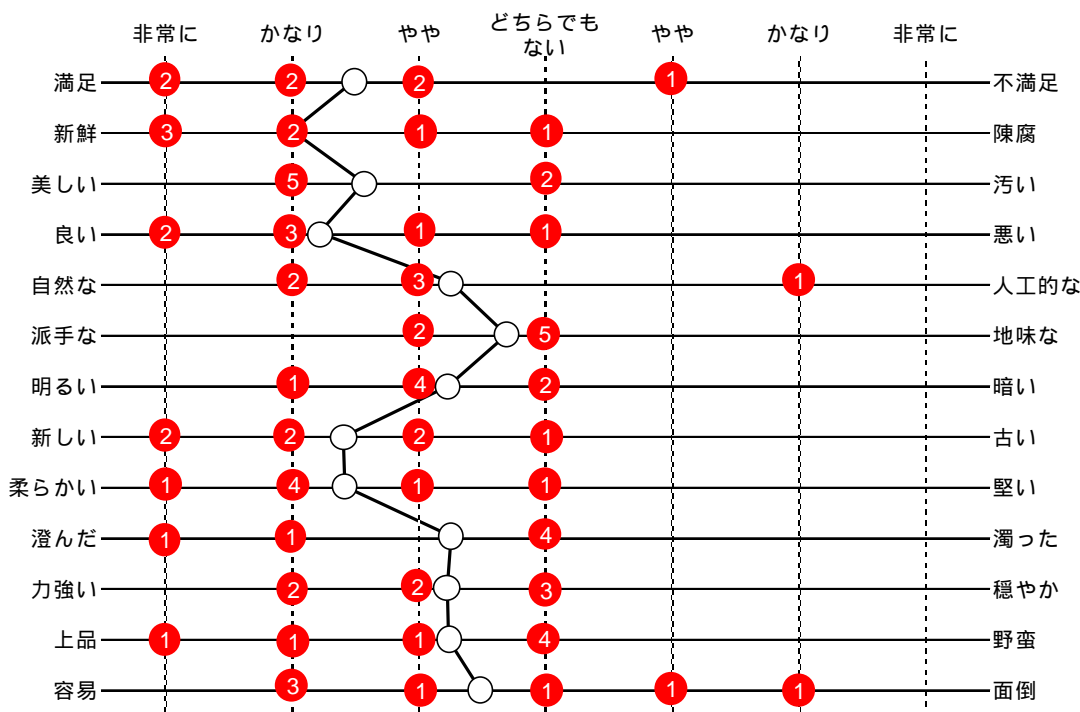


図2 受講者自身が制作した作品についての印象

PC上に実装したシステムをスマートフォンやタブレットからも利用できるようにすることをめざし、主要な部分をWebアプリケーションとして実装した。PC上に実装したシステムは、表示画面上で手描き線画を入力するGUIの処理、描画線上のサンプリング点群を頂点として描画方形領域をドロネー三角形分割する処理、各三角形領域の色を下敷きにしたカラー写真画像から決定する画像処理等を行うものである。つまり、本システムの主要な部分はGUIと幾何計算と画像処理から成る。これをWebアプリケーションとして実装するために、JavaScriptとその幾何計算・画像処理ライブラリを利用した。Webアプリケーションとして実装したのはシステムの主要部分のみであるため、絵画作成に利用できるシステムとしての公開には至っていないが、今後残りの部分を実装して公開し、絵画をどこでも気軽に楽しめるシステムとして幅広い年齢層向けに提供したい。

<引用文献>

L. A. Gatys, A. S. Ecker, and M. Bethge, "Image Style Transfer Using Convolutional Neural Networks", CVPR 2016, pp. 2414-2423, 2016.

松元観一, "画風を変換するアルゴリズム", <https://research.preferred.jp/2015/09/chainer-gogh/> (2016/10/25 アクセス).

S. Iizuka, E. S.-Serra, and H. Ishikawa, "Let there be Color!: Joint End-to-end Learning of Global and Local Image Priors for Automatic Image Colorization with

Simultaneous Classification", Proc. of SIGGRAPH 2016.

E. S.-Serra, S. Iizuka, K. Sasaki, and H. Ishikawa, "Learning to Simplify: Fully Convolutional Networks for Rough Sketch Cleanup", Proc. of SIGGRAPH 2016.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 阿部真之, 森博志, 外山史, 東海林健二	4. 巻 J100-D
2. 論文標題 Delaunay分割を用いたPolygonality計測	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌D	6. 最初と最後の頁 783-797
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transinfj.2016JDP7112	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 東海林健二, 島田みなみ, 森博志, 外山史
2. 発表標題 写真から描き起こす絵画制作支援
3. 学会等名 第19回情報科学技術フォーラム (FIT2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤毅彦, 東海林健二, 外山史, 森博志
2. 発表標題 参照位置補正による画像ベースの線画彩色結果の改善
3. 学会等名 第17回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宇佐美翔平, 倉田沙織, 東海林健二, 森博志, 外山史
2. 発表標題 コラージュ画像を用いた自動彩色システムの表現力向上
3. 学会等名 第17回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大谷優志, 倉田沙織, 東海林健二, 森博志, 外山史
2. 発表標題 3Dデータを使用した入力線画に基づくワイヤーアート製作支援
3. 学会等名 第17回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 倉田沙織, 森博志, 外山史, 東海林健二
2. 発表標題 手描きスケッチパースの線分クラスタリングとその応用
3. 学会等名 情報処理学会第81回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 倉田沙織, 森博志, 外山史, 東海林健二
2. 発表標題 線画彩色における影とハイライトの自動描画
3. 学会等名 第23回画像センシングシンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 牛川祐弥, 森博志, 外山史, 東海林健二
2. 発表標題 凸多面体を対象にした線画の3次元形状推定
3. 学会等名 第16回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 X. Liu, H. Mori, F. Toyama, K. Shoji
2. 発表標題 Line Drawing Image Segmentation Using Constrained Delaunay Triangulation
3. 学会等名 The 24th International Display Workshops (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Kurata, H. Mori, F. Toyama, K. Shoji
2. 発表標題 Shadowing and Highlighting for Colorized Freehand Line Drawings Based on Reference Images and Users
3. 学会等名 The 24th International Display Workshops (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sadayuki Abe, Hiroshi Mori, Fubito Toyama and Kenji Shoji
2. 発表標題 Corner Estimation for 3D Point Cloud on Convex Polyhedral Surfaces Using Delaunay Tetrahedralization
3. 学会等名 Computer Graphics International Conference 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石垣早都, 森博志, 外山史, 東海林健二
2. 発表標題 印刷した画像上に描いた線画の抽出
3. 学会等名 映像情報メディア学会メディア工学研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 銭文侃, 東海林健二, 森博志, 外山史
2. 発表標題 点群のドロネー分割による凸多面体形状認識
3. 学会等名 映像情報メディア学会メディア工学研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 亀井理史, 倉田沙織, 東海林健二, 森博志, 外山史
2. 発表標題 VR空間で手描きした曲線に基づく3D形状生成
3. 学会等名 映像表現・芸術科学フォーラム2018,
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	森 博志 (Mori Hiroshi) (80538447)	宇都宮大学・工学部・准教授 (12201)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------