

# グレースケール人物線画の自動彩色における Grabcut によるデータセット作成及び白目領域検出手法の検討

Study on the method creating of dataset based on Grabcut and detection of white-eye region in automated colorizing grayscale line drawing of a person

逢澤 昌志      清 雄一      田原 康之      大須賀 昭彦  
Masashi AIZAWA    Yuichi SEI    Yasuyuki TAHARA    Akihiko OHSUGA

電気通信大学大学院情報理工学研究科

Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

The colorizing of line drawings requires special skills, experience and knowledge. So artists need a lot of time and effort. Such a background, studies of automatic colorizing for line drawings have attracted attention in recent years. However, existing approaches have challenges. One of them is the problem that inconsistency occurs in the white-eye region of the grayscale line drawing of a person and the automatic coloring result. One of them is that inconsistency arise in white-eye region of grayscale line drawings of a person and automatic coloring results. In grayscale line drawing of a person, the region of the skin and the white-eye of a person is often expressed in white in both cases, so that existing approach often can not determine its boundary. Therefore, in this research, in addition to improving concerning reduction of burden of annotation attachment in preparation of dataset of white-eye region detection method of existing grayscale line drawing of a person, segmentation is performed by detecting white-eye region using machine learning. In this paper, we apply white-eye region segmentation and automatic colorizing approach in grayscale line drawing of a person and evaluate segmentation by using indicators concerning the accuracy of inference results.

## 1. はじめに

線画の彩色はアニメーション、イラスト、カラー漫画などといった芸術作品の作成において重要な工程であり、手作業による彩色は多大な労力と時間を費やすことでアーティストの負担となっている。また、この作業は特別な技術や知識が必要となるため初心者が高なるのは困難である。これらのことから近年線画の自動彩色に関する研究が行われているが、実際にアーティストが作成する芸術作品のように彩色することは難しい。既存のアプローチにより得られる彩色結果には課題がいくつか存在する。特にグレースケール人物線画における人物の肌と白目の領域は多くの場合どちらも白色で表現されるため、望まぬ白目領域が肌色で塗られてしまうなど既存の自動彩色技術ではその境界を判断できない場合がある。人物を表現した芸術作品において顔の特徴は重要であり、白目領域と肌領域の境界の過度なあいまいさは作品の品質を損なう恐れがある。したがって白目領域の検出はグレースケール人物線画の自動彩色の精度向上に貢献することが予想される。本研究では、グレースケール人物線画とそれを入力とした自動彩色結果のそれぞれの白目領域に不一致が生じるという課題に焦点を当て、白目領域を検出することで自動彩色の精度向上を図る。具体的には、web 上から収集した人物キャラクターのカラーイラストに対して Grabcut を用いて白目領域を抜き出したマスク画像を作成し、カラーイラストを線画化したグレースケール人物線画とマスク画像のペアを深層学習することで、グレースケール人物線画から白目領域のマスク画像を作成する手法を提案する。

## 2. 関連研究

本研究に関連する線画の自動彩色の既存研究と、白目領域推定による自動彩色について述べる。

連絡先: 逢澤 昌志, 電気通信大学大学院情報理工学研究科, 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1,  
Email: aizawa.masashi@ohsuga.lab.uec.ac.jp

## 2.1 線画の自動彩色

線画の自動彩色に関する研究は、漫画のページ全体を半自動彩色する初の試み [1] や、1つの線画とカラー画像のペアから複数の漫画のコマを彩色する研究 [2]、参考カラー画像の彩色スタイルを適用した線画の自動彩色を行う研究 [3]、1コマの漫画画像を参照して他のコマを自動彩色する研究 [4] など数多く行われている。また、PaintsChainer [5] は、オンライン上で線画を3つのスタイルで自動彩色できるサービスであり、ユーザーが色のヒントを与えることでより望ましい結果を得ることが可能となる。しかしこれらの研究は人物の肌の領域に白目が混入して彩色されてしまう場合があり、課題が残る。

## 2.2 白目領域推定による自動彩色

白目領域を画素単位でアノテーション付けしたマスク画像とグレースケール人物線画のペアを用いて機械学習により白目領域を推定する研究 [6] が行われている。しかし、この研究のマスク画像作成はイラストなどの芸術作品作成経験者が手動でアノテーション付けをしなくてはならないため、マスク画像作成者にとって大きな負担となる、初心者には困難な作業であるなどの問題がある。本研究は Grabcut を用いたデータセット作成を行うことでデータセット作成者の負担を軽減させる、初心者にも行いやすい作業であるなどの利点がある。

## 3. 提案手法

本研究では、Grabcut を用いたデータセット作成により作成者の負担を軽減すると共に、グレースケール人物線画における白目領域を検出することで自動彩色結果の白目領域の不一致を解消し、既存の自動彩色手法の精度向上を図る手法を提案することを目的とする。

次の図1は、本手法による白目領域を考慮した自動彩色システムの構成を示す。システムは図1上部のセグメンテーションモデル学習部と、下部の白目領域検出及び自動彩色部に分かれる。セグメンテーションモデル学習部では、web 上からカラーイラストを収集し、それらを線画化、顔検出する処理を行う。

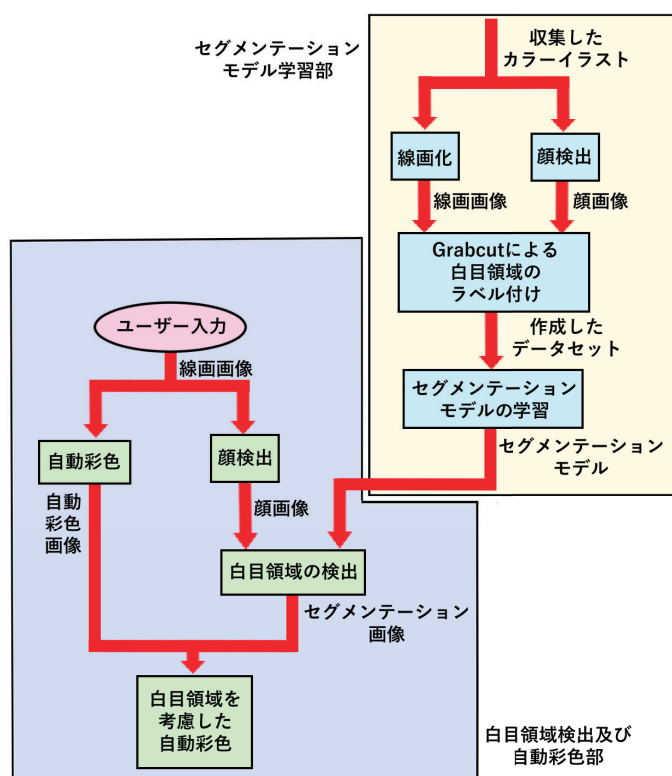


図 1: 提案手法の構成

それをもとに、Grabcut によるグレースケール人物線画とそれに対応する白目領域のマスク画像のペアを作成する。それらを用いてセグメンテーションモデルを学習する。白目領域検出及び自動彩色部では、グレースケール人物線画を入力として、顔検出結果とセグメンテーションモデルを用いて白目領域の検出を行うと同時に、既存の自動彩色手法によるグレースケール人物線画の自動彩色を行う。最後に、自動彩色結果と白目領域検出結果を結合することで、白目領域の彩色を行う。

### 3.1 セグメンテーションモデル学習部

Web 上から収集した人物キャラクターの描かれたカラーイラスト画像それぞれに対して後述する顔検出の処理を行い、カラー人物顔画像を得る。また、同時にカラーイラスト画像に対して線画化の処理を行い、カラー人物顔画像と同じ領域を抜き出し、グレースケール人物線画顔画像を得る。そうして得られたグレースケール人物線画顔画像に対し、カラー人物顔画像を参考に Grabcut を用いて白目領域を検出し、マスク画像を作成する。

図 2 にデータセットの例を示す。

#### 3.1.1 顔検出

カラーイラスト及びグレースケール人物線画におけるキャラクターの顔検出には lbpascade\_animeface [7] を用いる。

#### 3.1.2 線画化

カラーイラスト画像の線画化にはキャラクター構造線抽出ネットワークである LineDistiller [8] を用いる。事前に学習されたモデル Model\_180121 が公開されているため、本研究ではそれを用いる。



図 2: データセットの例

### 3.1.3 Grabcut

Grabcut [9] は入力した矩形領域の外側を背景と仮定し内側を前景と背景に分離する Graph Cuts [10] の応用手法である。Grabcut は前景と背景の色分布の混合ガウスモデルを用いて、Graph Cuts により前景らしさと背景らしさの尤度を計算して前景と背景の色分布を再学習することで前景分離を繰り返す。また、前景と背景のラベルを入力することで分離精度を向上させることができる。

### 3.1.4 セグメンテーション

ピクセル単位で白目領域であるかそうでないかを識別する分類を行うことで白目領域の検出を行う。白目領域の検出は学習されたセグメンテーションモデルを使用することで行う。セグメンテーションモデルの学習には U-net [11] のネットワークを用いる。

## 3.2 白目領域検出及び自動彩色部

ユーザーが用意した線画画像に対し前述の顔検出処理を行い、得られた線画顔画像のサイズをデータセットのものと等しく変形したのち、学習したセグメンテーションモデルを用いて白目領域を検出する。検出結果を元の線画顔画像のサイズに変形し、線画画像の自動彩色結果と検出した白目領域を用いて白目領域を考慮した自動彩色を行う。

### 3.2.1 自動彩色

線画の自動彩色には PaintsChainer [5] の自動彩色サービスを用いる。PaintsChainer は、線画を入力すると 3 種類の彩色スタイルで自動彩色結果の表示を行うサービスを中心としたツールである。

### 3.2.2 白目領域を考慮した自動彩色

線画画像に対し、学習したセグメンテーションモデルを用いて白目領域の検出を行う。検出により得られるマスク画像の RGB 値のいずれかが 0 以上である部分を白目領域だとして切り出し、線画画像の自動彩色結果に重ねることで白目領域を考慮した自動彩色を行う。これによって、グレースケール人物線画と自動彩色結果の白目領域が一致した彩色結果を得ることが可能となる。

## 4. 評価

提案手法のデータセット作成における負担軽減、作成した白目領域検出結果及び自動彩色結果に関する評価を行った。その評価方法を以下に述べる。

#### 4.1 データセット作成における負担軽減の評価

データセット作成における負担軽減の評価方法について示す。手動による白目領域全体をラベル付けしたマスク画像作成の速度と、大まかな線を描画することによる Grabcut を用いるためのラベル画像作成の速度について比較した。評価には新たに web 上から収集した人物キャラクターの描かれたカラーイラスト画像 10 枚を用いた。白目領域全体のマスク画像作成は、カラー人物顔画像をペイントソフトで読み込み、白目領域のラベル付けを行い、マスク画像を保存するまでの時間を、大まかな線の描画によるマスク画像作成は、カラー人物顔画像をペイントソフトで読み込み、左右の目について大まかな領域を切り出し、左右それぞれの白目領域のラベル画像及び白目領域以外のラベル画像を保存するまでの時間を計測し比較した。ペイントソフトには市販されている Clip Studio Paint Ex を用いた。白目領域全体のマスク画像作成には平均 223.8 秒かかり、最短 186 秒、最長 351 秒という結果になった。大まかな線の描画によるマスク画像作成には平均 119.0 秒かかり、最短 88 秒、最長 175 秒という結果になった。

#### 4.2 白目領域検出の評価

グレースケール人物線画における白目領域検出の評価方法について示す。白目領域の検出は画素単位のセグメンテーションによる分類を用いた。新たに web 上から収集した人物キャラクターの描かれたカラーイラスト画像 69 枚に対して、顔検出及び線画化ののち学習したセグメンテーションモデルを用いて白目領域検出を行った同時に、イラストなどの芸術作品作成経験者がカラーイラストの白目領域をラベル付けすることで正解となるマスク画像を作成し、白目領域検出結果と比較した。評価指標として IOU を用いた。

- IOU

正解となる白目領域及び検出された白目領域のうち、どの程度正しく検出できたかを評価するために、IOU の指標を使用した。

$$IOU score = T_P / (T_P + F_P + F_N)$$

ここで、 $T_P$  は、白目領域だと推論され、かつ正解である領域の画素の総数を、 $F_P$  は、白目領域だと推論され、かつ正解でない領域の画素の総数を、 $F_N$  は、白目領域だと推論されず、かつ正解である領域の画素の総数を表し、mIOU は複数の画像について計算した  $IOU score$  を平均した値である。

- データセット作成

本手法では白目領域検出のためのデータセット作成に Grabcut を用いた。その適用方法について説明する。まず、ペイントソフトを用いて左右の目のおおよその領域を切り出した。左右の目の領域が含まれる最小サイズの矩形について、白目の領域、白目以外の領域をそれぞれ大まかに表す線の描画によるラベル画像を作成した。そして白目領域を前景、白目以外の領域を背景として Grabcut を適用した。本研究における Grabcut の適用について、先にガウス混合モデルによるラベル画像を用いた Graph Cuts を適用し、その結果に対して、切り出した左右の目の領域が含まれる最小サイズの矩形を用いた Grabcut を行うという手法をとった。図 3 にラベル画像等の Grabcut の例を示す。

- セグメンテーションモデル学習

67 組のグレースケール人物線画とマスク画像のペアを -40 度から 40 度までの 10 度刻みで回転させ、さらにそれらを左右反転したものを合わせ、高さ 240 画素、幅 240 画素にリサイズすることで学習に用いるデータセットとした。また、エポック数は 846、バッチサイズは 24 とした。

92 枚のグレースケール人物線画について、提案手法、既存手法 [6] の学習モデルを用いた白目領域検出によるマスク画像と、ランダム作成した白目領域マスク画像の 3 種類の結果について評価を行った。提案手法、既存手法ともに学習に用いる白目領域マスク画像はグレースケール画像とした。評価結果を表 1 に示す。

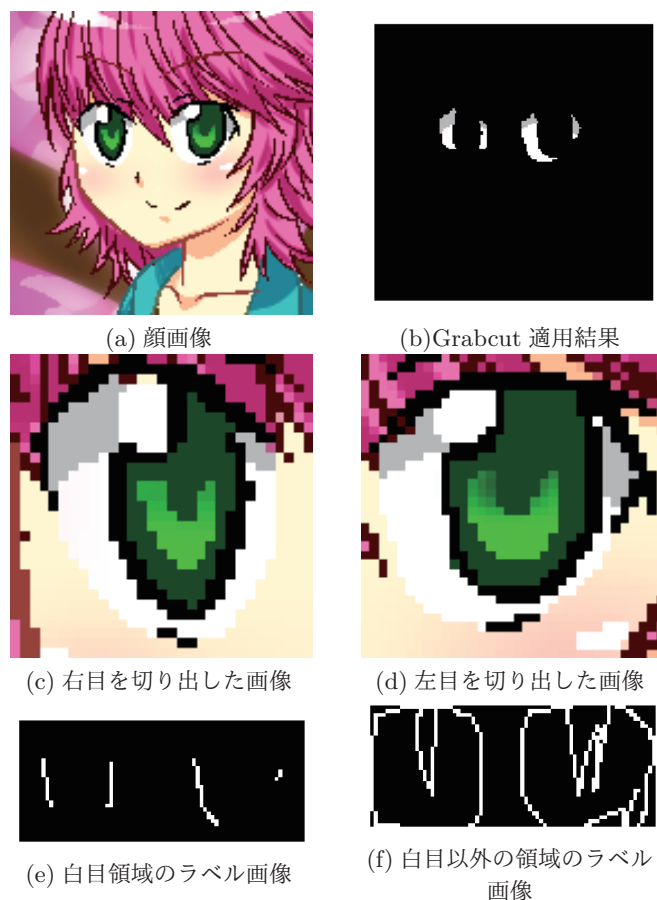


図 3: Grabcut の例



図 4: セグメンテーション結果の例

#### 4.3 白目領域を考慮した自動彩色の評価

白目領域を考慮した自動彩色のために、自動彩色サービス [5] によるグレースケール人物線画の彩色結果に対して、白目領域



表 1: セグメンテーション結果の評価

|      | 提案手法   | 既存手法 [6] | ランダム作成 |
|------|--------|----------|--------|
| mIOU | 0.3486 | 0.4638   | 0.0147 |

が一致するように画像サイズの拡張を行った。次に、検出した白目領域に対して、自動彩色に白目領域を重ねたうえでカーネルサイズ  $9 \times 9$  のガウシアンフィルタによるぼかし処理を行った結果に置き換えた。最後に、入力としたグレースケール人物線画の画像サイズに一致するように拡張を行うことで白目領域を考慮した自動彩色結果とした。

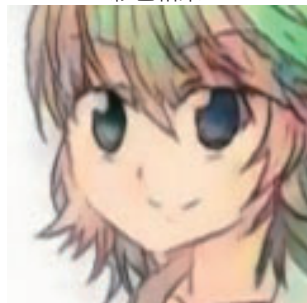
提案手法によるグレースケール人物線画に対して白目領域を考慮した自動彩色を行った結果を図 5 に示す。



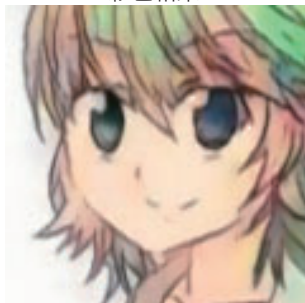
(a) 既存手法 [5] による自動彩色結果



(b) 白目領域を考慮した自動彩色結果



(c) 既存手法 [5] による自動彩色結果の顔部分



(d) 白目領域を考慮した自動彩色結果の顔部分

図 5: 白目領域を考慮した自動彩色結果の例

## 5. むすび

本研究では、Grabcut を用いたデータセットの作成とそれを用いたセグメンテーションによる白目領域の検出を行うことで、白目領域を考慮した自動彩色を行い、既存の自動彩色結果の精度向上を図った。本手法を用いることによって、既存手法 [6] と比較してデータセット作成の負担を軽減しながら白目領域を検出することが可能である。白目領域検出の精度評価として IOU の評価指標を用いたところ、提案手法が 0.3442、既存手法 [6] が 0.4479、ランダム作成が 0.0154 という結果になった。課題として既存手法よりも白目領域の検出精度が低くなることが挙げられる。この原因として Grabcut による白目

領域検出では白目周辺で輝度の高い部分、例えば目のハイライトなども白目として検出されてしまうことで作成したデータセットの質が落ちたことが考えられる。この問題は Grabcut に用いる白目以外の領域を示すラベル画像をより精巧に作成することで改善される。また、白目領域を考慮した自動彩色では、白目領域の検出精度が低かった。この問題の改善として、学習に用いる白目領域マスク画像を二値画像に変更することで白目領域の検出精度が向上すると考えられる。これらのことから、Grabcut に用いるラベル画像の精巧さとラベル付けを行う負担の関係と、学習に用いる白目領域マスク画像がグレースケール画像である場合と二値画像である場合の検出結果の差について調査する必要がある。その他の今後の展望として、検出した白目領域の合成方法の工夫が挙げられる。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 16K00419, 16K12411, 17H04705, 18H03229, 18H03340 の助成を受けたものです。本研究を遂行するにあたり、研究の機会と議論・研鑽の場を提供して頂き、御指導頂いた早稲田大学 本位田 真一 教授をはじめ、活発な議論と貴重な御意見を頂いた研究グループの皆様へ感謝致します。

## 参考文献

- [1] Chie Furusawa, Kazuyuki Hiroshiba, Keisuke Ogaki, Yuri Odagiri, Comicolorization: semi-automatic manga colorization, SIGGRAPH Asia 2017 Technical Briefs. No.12, Nov 2017
- [2] Paulina Hensman, Kiyoharu Aizawa, cGAN-based Manga Colorization Using a Single Training Image, MANPU2017, No.13 pp.72-77, Nov 2017
- [3] Lvmin Zhang, Yi Ji, Xin Lin, Style transfer for anime sketches with enhanced residual u-net and auxiliary classifier GAN, arXiv:1706.03319, Jun 2017
- [4] Kevin Frans, Outline Colorization through Tandem Adversarial Networks, arXiv:1704.08834 Apr 2017
- [5] Preferred Networks, Paintschainer, \raggedright[https://paintschainer.preferred.tech/index\\_ja.html](https://paintschainer.preferred.tech/index_ja.html)(Nov 2018 アクセス)
- [6] 逢澤 昌志, 清 雄一, 田原 康之, 大須賀 昭彦, 白黒人物線画における自動彩色のための白目領域検出手法の提案, 電子情報通信学会技術研究報告, Volume 118, No. 350, Issue 7, December 2018
- [7] nagadomi, lbpcascade\_animeface, \raggedright[https://github.com/nagadomi/lbpcascade\\_animeface](https://github.com/nagadomi/lbpcascade_animeface)(Oct 2018 アクセス)
- [8] hepesu, LineDistiller, \raggedright<https://github.com/hepesu/LineDistiller>(Oct 2018 アクセス)
- [9] Carsten Rother, Vladimir Kolmogorov, Andrew Blake, "GrabCut": interactive foreground extraction using iterated graph cuts, ACM Transactions on Graphics, Volume 23, pp. 309-314, 2004
- [10] Yuri Y. Boykov, Marie-Pierre Jolly, Interactive graph cuts for optimal boundary & region segmentation of objects in N-D images, ICCV 2001, Volume 1, pp.105-112
- [11] Olaf Ronneberger, Philipp Fischer, Thomas Brox, U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation, MICCAI 2015, pp 234-241, 2015