

部分的に着色されたアニメ線画の自動着色精度と着色箇所との関係における一考察

渡邊 大起[†] 品川 政太郎[‡] 船富 卓哉[‡] 前島 謙宣[§] 向川 康博[‡] 中村 哲[‡] 久保 尋之[†]千葉大学[†] 奈良先端科学技術大学院大学[‡]株式会社オー・エル・エム・デジタル / 株式会社 IMAGICA GROUP[§]

1. はじめに

アニメーションの制作工程における線画の着色作業は非常に手間のかかる作業であり、自動化が強く望まれている。そのため、機械学習を用いた自動着色に関する研究が多く行われており、品川ら[1]、石井ら[2]の研究では線画の自動着色問題をセマンティックセグメンテーションのタスクとして定式化する手法を提案した。しかしながら、完全に自動的な着色のタスクでは着色精度に限界があるため、陰影などの曖昧性を排除できない箇所における着色ミス修正のために線画を手作業で着色し直すコストが発生しているのが現状であり、それらは最低限に抑える必要がある。そこで本研究では、線画の着色作業の効率化を目的として、部分的に着色されたアニメ線画を自動着色システムの入力とし、全体的な着色精度の向上を実現するシステムを提案する。事前に着色する手間が必要である代わりに、着色された領域をヒントに無着色の領域の着色精度を向上させることで、総合的なコストの削減を期待することができる。

なお、著作権の都合で実験結果の一部を画像として本稿に掲載することが叶わなかった点をあらかじめご承知おきいただきたい。

2. 提案手法

提案手法の概要を図1に示す。従来手法では、無着色の線画をシステムの入力として完全に自動的な着色を行っていたのに対し、提案手法では、着色のヒントとして一部の領域を事前に手作業で着色した線画をシステムの入力として半自動的に着色を行う。ただし、ヒントとして着色する領域は、最小限の手間で着色でき、なおかつ出力される着色結果の精度向上に最も有効な領域が望ましい。そこで、自動着色の精度向上への寄与



図1: 提案手法の概要

と事前に着色する領域の関係を考察するための検証実験を行う。

3. 検証実験と結果の考察

3.1 データセットと事前準備

学習に用いるデータセットは、放映済みのテレビアニメシリーズの1シリーズで用いられた線画と着色済み画像を使用した。データセット（線画と着色済み画像の組）は計5,806組であり、3,465組を学習データ、1,213組を検証データ、1,128組をテストデータとしている。事前準備として、登場するキャラクターに使用される全73色のうち特徴的な11色を選び、選定した色が使用されている線画中の領域を事前に着色したデータセットを各色で新たに作成した。

3.2 検証実験

提案手法に則った検証実験を行う。まず、準備した部分的に着色済みの線画と正解画像のデータセットを用いて学習を行う。従来手法[1]と同様にハイパーパラメータを設定し、U-netの学習を300エポック分を行った。比較対象には従来の無着色の線画と正解画像のデータセットで同程度学習させたモデルを用いる。テストデータの線画を部分的に着色して入力し着色予測のテストを選定した各色に対して行った。結果の定量的な評価は、次式に示すmIoUを用いる。

$$mIoU = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \frac{N_{ii}}{\sum_{j=1}^K (N_{ij} + N_{ji}) - N_{ii}} \quad (1)$$

なお、 N_{ij} はクラス*i*であるとラベル付された画素をクラス*j*であると予測した画素の数であり、 K はクラス数である。mIoUは、着色予測画像と正解の色ラベルにおける領域の積集合と和集合を用いてどの程度正しく予測されたかを判断する評価指標であり、値が1に近いほど精度よく予測されていることになる。

A study of the relationship between a given partial colored area and the accuracy of automatic colorization

Watanabe Taiki[†] Shinagawa Seitaro[‡]
Funatomi Takuya[‡] Maejima Akinobu[§]
Mukaigawa Yasuhiro[‡] Nakamura Satoshi[‡]
Kubo Hiroyuki[†]

[†]Chiba University

[‡]Nara Institute of Science and Technology

[§]OLM Digital, Inc./IMAGICA GROUP Inc.

3.2 着色済み領域の有無による影響

まず、事前に着色した領域の有無によって出力される着色結果にどのような影響があるかを確認する。キャラクタの体（黄色）の領域に対する事前の着色が無しの場合と有りの場合でそれぞれ着色予測結果を比較した。この結果、ヒントが無しの結果では予測ミスが発生している顔の領域でも、有りの結果では正しく予測されていることがあることが確認された。さらに、耳の領域における予測精度が向上していることから、事前に着色されたキャラクタの体の色をヒントに、その領域の色がキャラクタの耳の色であると推論できたのではないかと考えられる。mIoU の値で比較した場合、従来手法の平均値は約 0.81 であったのに対し、事前に着色した場合は約 0.90 と 0.09 程度予測精度が向上した。

3.3 精度向上に有効な領域の検討

次に、選定した特徴的な 11 色のうち、着色精度の向上に有効な領域について定量的に評価する。評価指標には、mIoU に加え、着色予測結果と正解画像を画素ごとに比較して正解画素数の割合を算出した画素ごとの Accuracy、事前に着色した色が正解のデータセットに使用されている割合、事前に着色した領域の色を除外した mIoU の値を用いる。実験結果に対する評価指標および従来手法で同程度学習させた場合の結果に対して、事前に着色した領域の色を除外した mIoU の値を算出した結果をまとめ、11 色のうち 6 色を抜粋して表 1 に示す。全体の評価として、着色割合として大部分を占めるような色（表 1 における体の色）を事前に着色しておくことで平均して 0.036 程度精度が向上した。しかしながら、比較的着色割合の大きな色（10%~15%）でも効果が小さい色があることがわかった。個別の評価としては、特に陰影のような色トレスを境界とした領域や、ボーダー柄の服に使用される色を事前に着色した場合着色精度が大きく向上していると言える。陰影の領域に対する着色予測結果に注目すると、従来手法では、色トレスを境界とする陰影も完全に推論させていたため、陰影の位置が本来とは逆になるといった予測を出力することが多くあった。しかし、提案手法ではキャラクタの体の色を事前に着色したデータセットを学習させることによって、陰影が誤りなく着色され、予測する際の補助になったと考えられる。

表 1：着色済み領域に対する各評価指標の値

領域と色	髪	服(青)	肌	耳	体	体(陰)	頬
Pixel-wise Accuracy (平均値)	0.9126	0.9183	0.9189	0.9222	0.9457	0.9356	0.9269
mIoU	0.8273	0.8357	0.8305	0.8317	0.8616	0.8656	0.8537
mIoU w/o Pre-paint ^{*1}	0.8143	0.8232	0.8172	0.8145	0.8467	0.8560	0.8376
mIoU w/o Pre-paint (Base model) ^{*2}	0.8105	0.8134	0.8094	0.8276	0.8107	0.8354	0.8237
*1と*2の差	0.0038	0.0098	0.0078	-0.0131	0.036	0.0206	0.0139
着色割合	7.69%	10.89%	15.65%	0.75%	27.76%	2.69%	1.13%

4. まとめと今後の展望

検証実験の結果から特定領域における事前の部分的な着色が精度向上に有効であることが分かり、さらに着色する領域に応じて精度の違いが生じることが明らかになった。特に陰影のある領域やボーダー柄のような領域に対する補助的な着色が有効であると考えられる。今後のとしては、制作現場の方に使用していただき、制作コスト削減への影響を調査していきたい。

参考文献

- [1] 品川政太朗, 久保尋之, 石井大地, 前島謙宣, 船富卓哉, 中村哲, 向川康博, "セメンティックセグメンテーションに基づくアニメ作品の自動彩色", In Proc. Visual Computing 2020
- [2] D. Ishii, H. Kubo, S. Shinagawa, A. Maejima, T. Funatomi, S. Nakamura, Y. Mukaigawa, "Confidence-aware Practical Anime-style Colorization", In SIGGRAPH 2020 Talk, 2020. 8.