

# GapFill: アニメ調彩色における塗り残しの解消を支援するツール

河野 将大\* 前島 謙宣†‡ 小山 裕己\* SECHAYK Yotam\* 五十嵐 健夫\*

**概要.** 本研究では、アニメ制作現場における彩色工程を対象に事前調査を行い、ペイントソフトによる下塗り作業で塗りつぶし（バケツ）ツールが広く用いられている一方で、小さな未着色領域（「塗り残し」）が頻繁に発生し、既存ツールでは十分に対処されていない現状を明らかにした。これを踏まえ、現場の制作慣行に即した塗り残し解消支援ツール「GapFill」を提案する。提案ツールは直感的な操作性を通じて、「塗り残しの検出」「拡大操作」「色選択」といった従来では避けられなかった反復的作業の負担軽減を主目的としている。内部の色予測機能は、アニメ調画像特有のベタ塗りの配色に注目し、周辺領域の対応関係を参照して間接的に色を推定する深層学習手法によって構成されている。13名のプロの彩色者によるユーザスタディの結果、本ツールは従来ツールに比べて塗り残し修正作業の効率性と有用性を向上させることが確認された。

## 1 はじめに

日本産アニメーション（以下アニメ）の制作工程における「彩色」は、輪郭線や色トレス線などを含む線画に対し、色指定表に従って「塗りつぶし（バケツ）」ツールを用い、閉領域をベース色で塗りつぶす方法が一般的である。これは「仕上げ」と呼ばれる最終的な映像品質を左右する重要な工程の一部であるものの、年間200本を超える作品が制作される現在においても、依然としてデジタルペイントソフトによる手作業に依存している。

本研究では、制作工程の実態を把握するために事前調査を行った。その結果、既存ツールでは十分に対応できない実務的課題として、「塗り残し」という微小な未着色領域の効率的な解消が浮き彫りになった。これらの領域は特に髪の毛先の鋭角部で生じやすく、視認や修正に時間を要するため、作業効率を阻害する要因となっている。制作現場を対象とした絵コンテ支援 [2] や漫画彩色 [5] の研究は存在するものの、塗り残しに特化した解決策は提案されていない。また、自動彩色手法 [3] においても、小領域での高精度な色予測は困難である。以上を踏まえ、本研究ではプロの彩色者を想定利用者とし、塗り残し解消に特化した彩色支援ツール GapFill を提案する。

## 2 提案ツール：GapFill

### 2.1 設計思想

事前調査により、制作現場における塗り残し対策の実態が明らかとなった。塗り残しの検出には、彩色

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

\* 東京大学

† OLM Digital

‡ IMAGICA GROUP

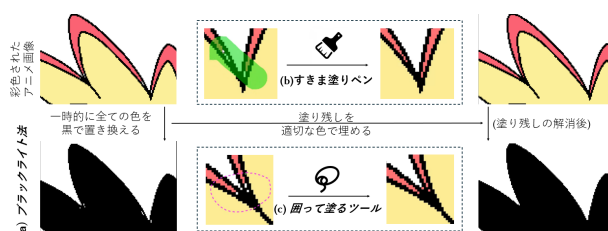


図 1. 塗り残しに対する従来手法

が概ね完了した段階で拡大縮小操作を繰り返し、単一操作で全体の塗りを一時的に黒へ変換する「ブラックライト法」(図 1a) が一般的に用いられる。この操作により未着色部分が白点として浮かび上がり視認しやすくなる。検出された塗り残しは、バケツツールに加え、「すきま塗りペン」 [1] (筆跡中の閉領域を指定色で一括で塗る, 図 1b) や「囲って塗るツール」 [1] (投げ縄内の閉領域を指定色で一括で塗る, 図 1c) によって修正される場合が多いことが判明した。

これらを踏まえて、以下の設計思想が抽出された。

- 従来手法に必然的に伴う「塗り残し検出」「拡大操作」「色選択」という反復操作を省略する。
- 塗り残し解消には主に周囲の色情報などの局所的な文脈を参照する。
- 現場の彩色者が慣れ親しんだ操作体系から自然に移行できる、直感的な操作感を提供する。

### 2.2 ユーザーインターフェイスの実装 (図 2)

**塗り残しの自動検出と強調表示** 幅優先探索により未着色の閉領域を自動検出し、円形マーカーで強調表示する。本機能により、従来必要であった塗り残しの検出操作を省略できる。

**塗り残しの自動色予測** 検出された各塗り残し領域に対して、予測色を一時的に重ねて表示す

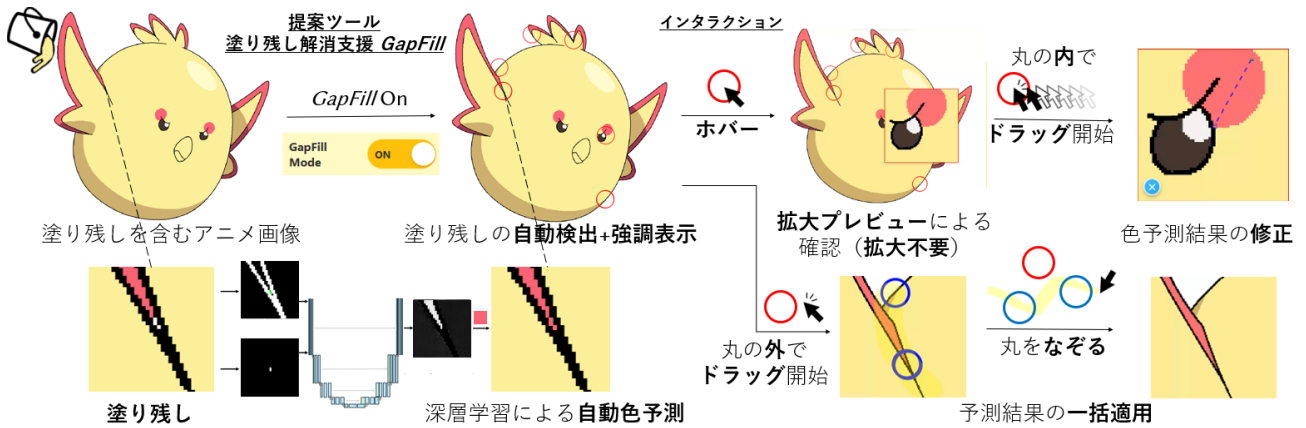


図 2. GapFill に搭載されているインタラクション機能

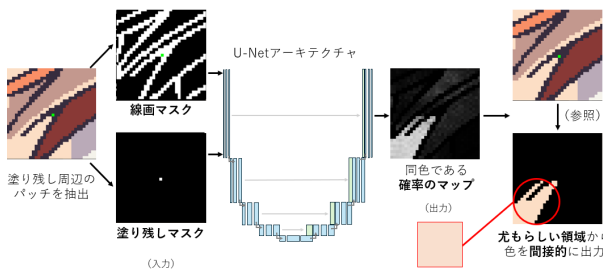


図 3. GapFill における色予測手法

る。本機能では、アニメ調画像特有のベタ塗りの配色と、塗り残しの発生が使用色に依存しない点に着目し、領域間の対応関係を学習した U-Net ベース [4] の深層学習モデルを採用した (図 3)。具体的には、塗り残り周辺の線画マスクと塗り残り領域マスクを入力とし、各ピクセルが対象塗り残り領域と同一色である確率を表す確率マップを出力する。最終的に、尤度が最も高い領域の色を予測色として間接的に決定することで、局所的な情報に基づく頑健な色予測を実現する。本機能により、従来必要であった色選択操作を省略できる。

**拡大プレビュー** 強調表示上にカーソルがある間は、局所的な拡大プレビューが表示され、塗り残り周辺を即座に確認できる。本機能により、従来必要であった拡大操作を省略できる。

**予測色の手動修正** 拡大プレビューが表示されている (カーソルが強調表示内にある) 状態でドラッグ操作を開始すると、色修正モードが起動する。このモードでは、カーソル下のピクセル色が動的に塗り残しの塗り色へ置換され、ドラッグを終了した位置の色が最終的な塗り色として確定する。本機能により、カラーピッカーに近い馴染み深い操作感を通じて、拡大操作を行うことなく少数の誤予測を修正できる。



図 4. ユーザスタディで使用した 2 種類のペイントソフトの概要 (赤枠は差分、タスク A の様子)

**予測色の一括適用** 予測色が妥当と判断された場合、カーソルが強調表示外にある状態でドラッグ操作を開始し、対象の強調表示をなぞることで、複数の塗り残りに対して色予測結果を一括適用できる。また、「全適用」ボタンを押すことで全塗り残しにまとめて結果を適用することも可能である。本機能により、ブラシのような直感的な操作感を通じて、色予測を効率的に活用しながら、塗り残しを迅速に解消できる。

### 3 評価実験の概要

業界標準の Clip Studio Paint [1] の基本機能や操作感に加え、実際の彩色工程を模した自作ペイントソフト (図 4) を用いて、13 名のプロのアニメ彩色者を対象にユーザスタディを実施し、従来手法と提案手法を比較した。実験では、髪を含んだ殆ど左右対称なアニメ画像を半分に分割したものを用意し、実際のアニメ線画を一から彩色するタスク A (図 4) と、塗り残しの発生条件が公平になるよう調整した部分的彩色済み画像を用いた塗り残り検出・修正特化タスク B1・B2 の 2 種類の課題を行わせた。タスクの遂行時間による定量評価の結果、提案ツールはタスク B において有意な改善を示した。さらに、アンケート及び半構造化面接による主観評価では、概ね肯定的な意見が得られるとともに、提案手法が既存手法を補完しうる可能性が示唆された。また、現場導入に向けた機能単位での評価や改善案も収集された。

## 謝辞

本研究で使用した画像は、「©IIS-P / ぼんのみち製作委員会」の素材に基づいて作成しました。また、本論文は、経済産業省と国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が実施する、国内の生成 AI の開発力強化を目的としたプロジェクト「GENIAC（Generative AI Accelerator Challenge）」の成果をもとに作成されました。本研究は、JST CRONOS JPMJCS25K1 の支援も受けたものです。

## 参考文献

- [1] Celsys. CLIP STUDIO PAINT. Website, 2025. Retrieved October 24, 2025 from <https://www.clipstudio.net>.
- [2] J. Kato, K. Hara, and N. Hirasawa. Griffith: A Storyboarding Tool Designed with Japanese Animation Professionals. In *Proceedings of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–14, 2024.
- [3] A. Maejima, S. Shinagawa, H. Kubo, T. Funatomi, T. Yotsukura, S. Nakamura, and Y. Mukaigawa. Continual few-shot patch-based learning for anime-style colorization. *Computational Visual Media*, 10(4):705–723, 2024.
- [4] O. Ronneberger, P. Fischer, and T. Brox. U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In *International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention*, pp. 234–241. Springer, 2015.
- [5] C. Yan, J. J. Y. Chung, Y. Kiheon, Y. Gingold, E. Adar, and S. R. Hong. FlatMagic: Improving flat colorization through AI-driven design for digital comic professionals. In *Proceedings of the 2022 CHI conference on human factors in computing systems*, pp. 1–17, 2022.

## 未来ビジョン

提案した色予測手法そのものは、未使用のデータセットを用いて客観的に精度を評価できる（実際 82 % の精度を達成している）一方で、問題設定自体を揺るがしかねない本質的な問いが存在する。それは、そもそも視認が困難なほど塗り残しが小さいのであれば（色指定表に基づく大領域の彩色とは異なり）、果たして「絶対的に正解となる色は存在するのか」という点である。もし尤もらしい「正解」が複数許容されるのであれば、単純に周囲の最頻色で埋めるだけでも実用上十分であり、有用性に対する予測精度の寄与を再考する必要性が生じる。

この仮説を検証するために、ユーザスタディでは、色予測結果の主観的評価を問うタスク C も実施した。その結果、客観的な精度評価に比べて主観評価は大きく向上せず、多くの参加者は概ね高精度と評価しながらも、瞳のように人目につきやすく現手法が苦手とする領域では修正が必要と指摘した。

また、タスク A で得られた彩色結果を参加者間で比較すると、見た目には差異がない一方で、数ピクセル単位で異なる色選択が複数確認された。これらを踏まえると、「精密な予測が求められる状況」を慎重に検討したうえで、視聴者の知覚に基づく本質的な「精度」を定義することこそが、自動彩色研究における核心的な貢献となり、制作現場の実用性向上に直結すると推察できる。

このように、ほんの数ピクセルの世界にしか思えない、一見すると些末な問題設定の中に、人間の認知や判断にまで関連するような深淵な問いが潜んでいる——この思いがけない繋がりの発見こそが、本研究が投げかける最も興味深い示唆であろう。