

Poisson Image Editing を用いたキャラクタコラージュシステムの開発

渡辺 賢悟[†] 伊藤 和弥^{††} 茂木 龍太^{†††} 岡本 直樹^{†††} 近藤 邦雄^{††††} 宮岡 伸一郎^{††††}

[†]東京工科大学片柳研究所 メディアテクノロジーセンター

^{††}株式会社アイヴィス

^{†††}東京工科大学片柳研究所 クリエイティブ・ラボ

^{††††}東京工科大学 メディア学部メディア学科

E-mail: kengo@mediatelier.net, miyaoka@media.teu.ac.jp

The Character Collage System using Poisson Image Editing

Kengo Watanabe[†], Kazuya Ito^{††}, Ryuta Motegi^{†††}, Naoki Okamoto^{†††},
Kunio Kondo^{††††} and Shinichiro Miyaoka^{††††}

[†]Tokyo University of Technology, Katayanagi Research Institute, Media Technology Center

^{††}IVIS, INC

^{†††}Tokyo University of Technology, Katayanagi Research Institute, Creative Lab

^{††††}Tokyo University of Technology, School of Media Science

E-mail: kengo@mediatelier.net, miyaoka@media.teu.ac.jp

1. はじめに

ゲームやアニメといった、多様なメディアにおけるコンテンツ産業の充実がめざましく、多くの作品が制作されている。これらコンテンツは特徴あるキャラクタによって彩られており、コンテンツ全体の出来を支える最重要の要素の一つである。キャラクタ制作には多くの人間と労力を必要としており、現状では必ずしも効率的とはいえない環境で制作が行われている。将来のコンテンツ産業のさらなる充実を考えるうえで、キャラクタ制作環境の改善が必須の課題になる。

特に、コンテンツ全体をコントロールするプロデューサーにデザイン経験がない場合が多く、実際にデザインを作成するデザイナーとのコミュニケーションは、リテラル資料（文字や言葉）で行われる。このため、プロデューサーの意図がデザイナーに伝わりにくい。結果、できあがったデザインがプロデューサーの意図に沿わないことから、多くのリテイクが発生する原因となっており、非効率的な制作を余議なくされている。

そこで茂木らは、プロデューサーのデザイン経験の有無にかかわらず、プロデューサー本人がキャラクタデザインの元となる「キャラクタ原案」を作成できるようなキャラクタデザイン原案制作システムの仕組みを提案している^[1]。

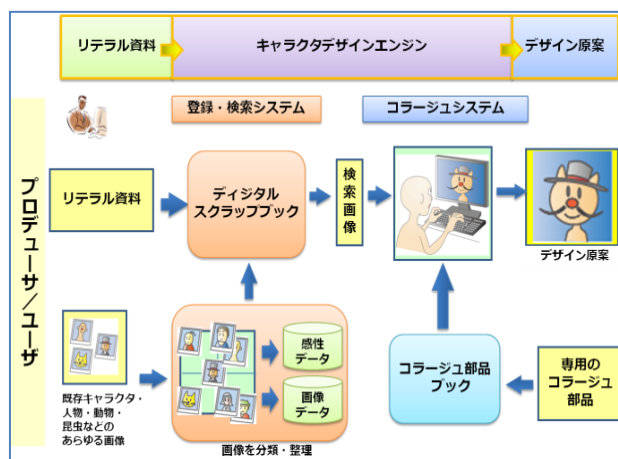


図1. キャラクタデザイン原案制作システムの構成

「キャラクタ原案」とは、プロデューサーのイメージをデザイナーに伝えるための試験画像であり、実際に用いられる正式なキャラクタ図案を指すものではない。よって、プロデューサーの意図伝達を阻害しない程度の品質を保つことが目的となる。また、多くのコンテンツにおいてキャラクタ原案の存在は作業工程に良い影響を与える。キャラクタにフォーカスしないコンテンツ（教育コンテンツのアバターなど）ではキャラクタ原案を必要としない例も考えられるが、多くのコンテンツではキャラクタがコンテンツの核となり重要である。特に、TVアニメやゲームにおけるRPGなどでは、キャラクタの個性・デザインに依る部分が多い。こ

のことから、プロデューサによるキャラクタ原案作成は、コンテンツ制作に有益であると言える。

茂木らが提案したシステムは、与えられたリテラル資料を元に、参考となるイメージを既存の画像から検索し、キャラクタのイメージ明確化を支援する「スクラップブック」と、キャラクタの部品を組み合わせて短時間にデザイン原案を作成する「コラージュシステム」の2部で構成されている(図1)。さらに茂木らはこの仕組みをもとに、スクラップブックとコラージュシステムの開発・評価を行った⁴⁾。そこでスクラップブックによるイメージ化支援については一定の有効性が示されたが、コラージュシステムについてはユーザインタフェース設計の問題などから、プロデューサによるキャラクタ原案作成の効率化が図れておらず、改善が必要であることが示されている。一方で、伊藤らは Poisson Image Editing の手法を用いたキャラクタのパーツ合成方法の提案を行っており、良好な合成結果を得ている⁵⁾。ただしパーツ合成手法の言及にとどまっており、実用的なキャラクタ原案作成システムの実現には至っていない。

上記の流れを得て、本研究では効率的にデザイン原案を作成するための実用的なコラージュシステムを提案・実現することを目的とする。茂木らの研究の問題点であるコラージュシステムのユーザインタフェースについても言及し、デザイン経験の有無に関わらず効率的なキャラクタ原案制作が可能なシステムの実装を目指す。また、キャラクタパーツを組み合わせる作業に Poisson Image Editing を利用し、短時間で質の高いコラージュ結果を得られる方法を提案する。

実装したシステムで制作したキャラクタ原案と、従来の方法で作成した結果を比較し、システムの有効性を評価する。

2. コラージュシステムの設計

2.1 既存のキャラクタ原案作成作業

金子ら⁶⁾は、プロデューサとデザイナーの意図伝達を支援する「キャラクタデザインのための思考にあった操作や機能」を持つシステムが存在しないことを挙げている。仮にコラージュ作業で原案を作成する場合

でも、Photoshop、Gimp、SAI といった複雑で多機能な汎用のフォトタッチソフトを用いるのが現状であり、プロデューサによるキャラクタ原案作成の難度を上げている。よって本研究では、キャラクタデザインの思考にあった操作と機能という視点を軸に、システムを開発し評価する。また現状で用いられている上記のソフトのうち、特に良く用いられる Photoshop との作業比較を行いながら、コラージュの手順を考察する。

2.2 コラージュの手順

コラージュでは、まず下地となる画像を用意する。次にパーツ画像を読み込み、必要な加工を施したのちに下地画像に貼りつける(パーツの合成)という作業を繰り返し、キャラクタ原案を作る(図2)。

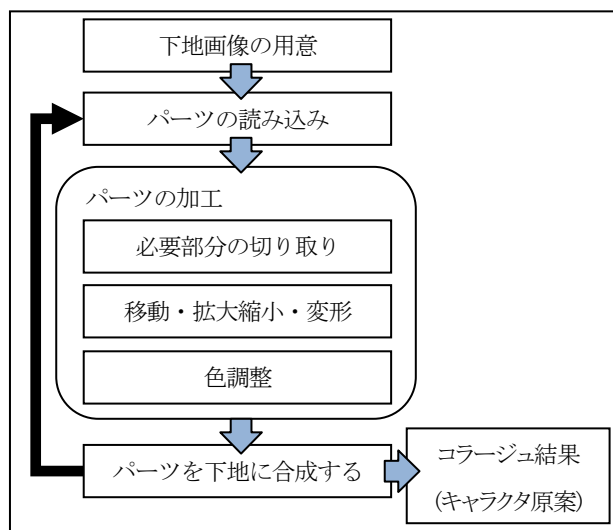


図2. コラージュシステムの作業手順

2.3 パーツの配置・パーツの埋め込み

図2のパーツを下地に合成する作業は、「パーツの配置」と「パーツの埋め込み」の2つに分類できる(図3)。

画像加工パーツの配置は、下地画像に合成した別パーツと重ならないように並べていく合成を指す。これはパーツ間の干渉がないため、単純な切り取り・変形や色調整などの画像処理で実現できる。これらの機能は既存のタッチソフトではほぼ実装されており、利用することができる(図3(a))。

一方でパーツの埋め込みは、他のパーツに重ねるため、パーツ境界部分で絵の乱れが発生する。図3(b)で



図 3. パーツの配置と埋め込みの例

はキャラクターの目を埋め込んでいるが、パーツの境界色が下地の色と合わないため違和感がでている。本研究の指すキャラクター原案は高い品質の結果画像を求めないが、原案であっても、単純な埋め込みによる絵の乱れはデザイナーへの意思伝達を乱す可能性が高い。このような場合、既存のレタッチソフトではパーツを手作業で緻密に切り取り、絵の乱れを防ぐが、長い作業時間が必要であり、現実的な作業環境ではない。

そこで本研究では、パーツ埋め込み時のパーツ境界部分の絵の乱れをなくすため、Poisson Image Editing によって絵をなじませる自動処理と、切り取り領域の最適化処理を実装する。これらを実装することで、ユーザはおおまかな切り取り領域を指定する作業のみで、高品質なパーツ埋め込み結果を得ることができるようになると考えられる。Poisson Image Editing については 3 章、切り取り領域の最適化処理については 4 章で詳述する。

2.4 ユーザインタフェース

茂木らの研究²⁾で試作したコラージュシステムでは、従来の画像処理ソフトウェアの利用経験がないプロデューサーが利用することを前提に、意図的に従来とは異なったユーザインタフェースで実装したが、逆に作業効率の悪化につながってしまった。これはプロデューサーにデザイン経験はなくても他のソフトウェアの利用経験があり、使用感の大きな差異から混乱を招いた

めと考えられる。

このことから、画像の移動や拡大縮小といった基本的な作業を行うユーザインタフェースには、従来のレタッチソフトの形式を採用するのが良いと考えられる。そこで日本で利用者の多い画像処理ソフト Photoshop、ペイントツール SAI を参考にしたユーザインタフェースを採用し、利用者の混乱解消をねらう。

3. Poisson Image Editing

3.1 Poisson Image Editing の原理

Poisson Image Editing⁶⁾は、指定したオブジェクト領域 Ω 内の画素において、貼りつけるパーツ画像 f_s を、貼り付け先画像 f_t になじむように補間する手法である。オブジェクト領域の境界部分 $\partial\Omega$ 上にある貼り付け先の画素値 $f_t|_{\partial\Omega}$ を境界条件として、先に求めておいたパーツ画像 f_s の内部のエッジやテクスチャの状況を表すラプラシアン Δf_s を反映した画像 $f|_{\Omega}$ を、Poisson 方程式 $\Delta f = \Delta f_s$ を解くことにより導き出す (図 4)。

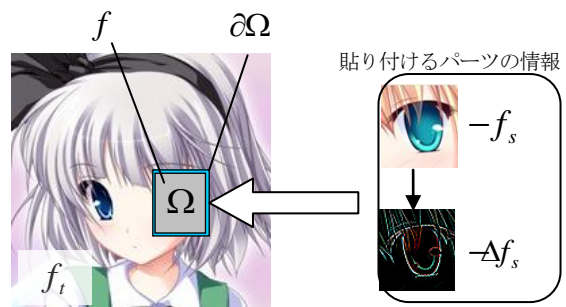


図 4. Poisson Image Editing の原理

今回のシステムにおけるオブジェクト領域 Ω は、切り取ったパーツ画像の領域をそのまま利用する。つまりパーツの外縁部にある貼り付け先の画素を境界条件として Poisson 方程式を解く。

3.2 SOR 法

3.1 で示した Poisson 方程式 $\Delta f = \Delta f_s$ の内部領域を求める計算は、ラプラシアンを計算する離散式を用いて、式 1 のような連立方程式となる。

$$f(i, j) = \frac{1}{4}(f(i+1, j) + f(i-1, j) + f(i, j+1) + f(i, j-1)) - \frac{1}{4}\Delta f_s(i, j) \dots (式 1)$$

式 1 について SOR 法による反復解法で収束解を得

ることとする。式 1 の計算において反復回数 n を考慮し、加速緩和係数を ω としたとき、本研究で用いる SOR 法の式は次式(2)のようになる。

$$f^{n+1}(i, j) = (1-\omega)f^n(i, j) + \omega \left\{ \frac{1}{4}(f^n(i+1, j) + f^{n+1}(i-1, j) + f^n(i, j+1) + f^{n+1}(i, j-1)) - \frac{1}{4}\Delta f_s(i, j) \right\} \quad \dots(式 2)$$

SOR 法の加速緩和係数 ω は、実験的に求める必要がある。本研究で計算が収束するまでの演算回数を検証した結果、複数の素材において収束回数が最小になりやすい $\omega = 1.9$ に設定して用いることにした。

4. パーツ領域の最適化

4.1 Poisson Image Editing の問題点

Poisson Image Editing はパーツ境界部分が平坦な画素値の場合、良質な結果が得られるが、パーツ境界上に画像のエッジ部分をまたいでいると、期待した合成結果が得られない。そこでユーザが指定したおおまかなパーツ領域から Poisson Image Editing に適したパーツ領域を自動的に判別する最適化処理が望まれる。

Jia らの研究^[7]では、グラフの最短経路アルゴリズムで顕著なエッジを避けながら目標を切り抜く方法を提案しているが、滑らかさを欠いた切り取り結果になるなどの問題点を残している。

そこで本研究では、パーツの切り抜き処理がシステムのユーザオペレーションの一環であることに着目し、ユーザが適宜、最適化の処理を繰り返すことで、パーツ境界を少しずつ収縮していく領域収縮処理を採用する。これによって、ユーザは必要なパーツ領域を得られるまで最適化処理を繰り返しながら領域指定の微調整を行うことができ、汎用的な利用を期待できる。

4.2 パーツ領域境界からの領域収縮処理

初期のパーツ領域は、あらかじめユーザにおおまかに指定してもらう(図 5(a))。この時、ユーザが選択したパーツ領域の境界部分には色値が平坦な部分だけでなく、エッジ部分をまたいだ場合などが含まれており、多彩な色値が含まれている。そのため、単色を指定した単純な領域選択処理ではパーツ領域最適化に対応できない可能性が高い。

そこで、パーツ領域の境界部分の各ピクセルを基準画素とした領域拡張処理を考える。基準画素から領域拡張を開始し、画素の RGB 値が一定の閾値範囲内(基準画素値の ± 10)の色を選択していく。この選択処理を境界部分にある全てのピクセルから行う(図 5(b))。各境界部分の基準画素の領域拡張処理によって選択された領域を全て重ね合わせ、大きな一つの領域を作成する。作成した大きな選択領域を現在のパーツ領域から除くことにより、パーツ領域の余分な選択部分を除去する(図 5(c))。ただし、選択領域には多くのノイズが含まれているため、これらのノイズを除去するために選択領域の膨張収縮処理を行う。



図 5. パーツ領域最適化の手順

Poisson Image Editing を適用するとき、パーツ領域が画像のエッジ部分の内部に少しでも入りこんでいると必要な部分に色が侵食してしまう。そこでエッジ部分の内部を除去しないように、パーツのエッジ部分の外縁にある領域を少し含ませるようにする。よって、収縮処理は 2 回、膨張処理は 4 回施すようにし、パーツ画像のエッジより若干膨張した領域を維持する(図 5(d))。

ここではユーザが任意にパラメータ設定を行うという手法も考えるが、本システムの対象ユーザ(プロデューサ)に画像処理のパラメータ設定を行わせるのは適切ではない。またインターフェースが煩雑になると、簡易に利用可能というシステム本来の目的が失われる。そこで本システムの領域収縮処理は、閾値±10、収縮2回・膨張4回を固定のパラメータを設定する。このパラメータは、最適化処理を繰り返し行った時、輪郭の明確なキャラクターパーツにおいてパーツ領域形状がパーツ周辺で定常化しやすい特徴を持っており、用途に対して適当であるため、採用する。

5. システムの実装と実験・評価

5.1 システムの実装

本節では、提案したコラージュシステムの構成と実装したユーザインターフェースについて述べる。図6にシステムの全体図を示す。

画面左に作業用ツール、右側にキャンバスを用意している。パーツ加工や下地加工に用いる全ての機能を画面上に表示し、ユーザがツールを操作しなくても、機能を一望できるようにした。極力操作できる項目を少なくし、新しいソフトウェアの習得時間の軽減について考慮した。また加工中のパーツには Photoshop などと同じ操作感で利用が可能な変形ボックスを採用し、ユーザのソフトウェア経験の有無に関係なく、パーツの変形等を直感的にできるよう工夫した。



図6. コラージュシステムの全体図

5.2 Poisson Image Editing と領域最適化の実験

パーツの埋め込み作業において、単純な埋め込み・Poisson Image Editing・領域最適化処理を利用した場合での埋め込みを行う。処理結果を比較し、提案手法の有効性を確かめる。以下の図7にその結果を示す。

図7の結果は、ユーザは大まかな選択のみ行うことを前提としている。図7(b)は大まかに目を選択し埋め込んだ結果だが、肌の色の違いや不要な領域の埋め込みにより絵の乱れが著しい。また同じパーツ領域で Poisson 合成を施したものが図7(c)である。肌の色は周辺になじみ違和感は減っているが、パーツ領域が下地の眉毛などに侵入しており、合成結果に不都合が生じている。図7(d)は図7(b)に領域最適化を1度施した結果である。不要なパーツ領域が削がれ、必要なパーツ周辺がうまく切り取られている。図7(d)のパーツ領域で Poisson 合成を行ったものが図7(e)である。不要

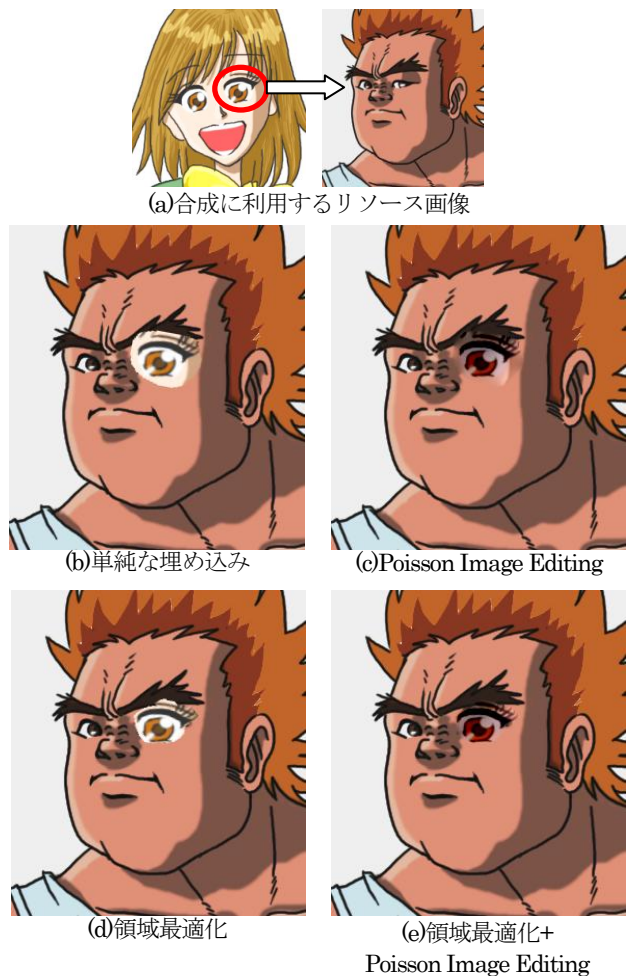
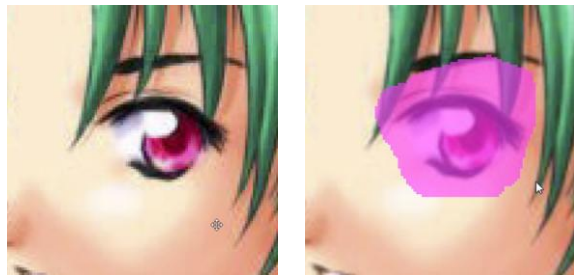
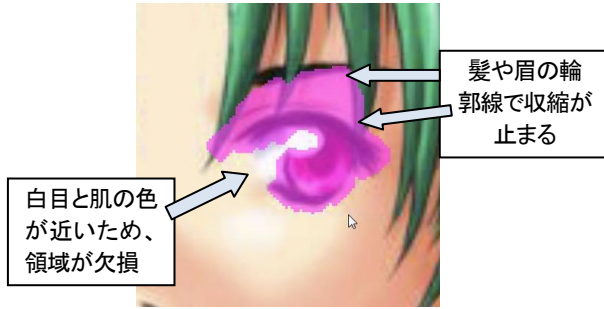


図7. パーツ埋め込み結果の比較



(a)パーツの元画像

(b)ユーザの選択領域



(c)最適化後の選択領域

図 8. 最適化処理がうまくいかない例

な領域を含んでおらず、かつ肌の色などは周辺になじみ、違和感を解消していることがわかる。以上の結果からパーツ埋め込みにおける、パーツ領域最適化と Poisson Image Editing の組み合わせ処理が有効であることがわかった。

ただし最適化の処理において、パーツの特徴やユーザが初期に選択する領域の形状によって上手くいかない例があった(図 8)。特に、目などのパーツは髪の毛や眉などの別パーツを選択領域に含む場合があり、髪の毛や眉の輪郭線が最適化を妨げることがあった(図 8(c))。また、パーツとパーツでない部分の色値が近く、明確な輪郭が存在しない場合、必要な領域まで収縮を繰り返して、領域の欠損が発生した。これらの現象を防ぐためには最適な閾値設定が必要となるが、本研究ではユーザによるパラメータの任意設定を前提としないため、閾値の設定方法に課題があることがわかった。

5.3 作業効率の評価

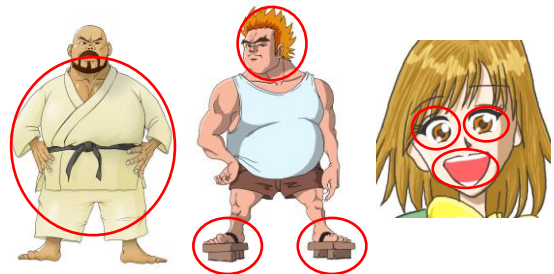
実装したコラージュシステムを用いた場合と、既存のソフトウェアで作業を行った場合の作業効率について比較、評価する。

ここではキャラクタパーツの配置と、顔内部パーツの埋め込み作業を処理する。利用するソース画像と利

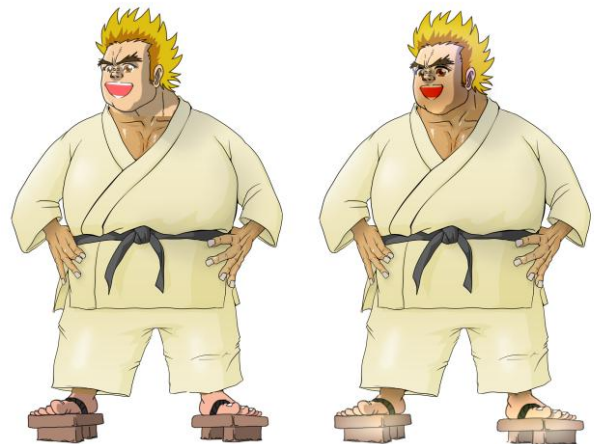
用箇所を図 9(a)に示す。そして Photoshop CS3 で作業を行った結果が図 9(b)、コラージュシステムで作業を行った結果が図 9(c)である。また、それぞれの作業に必要な作業時間を表 1 に示す。

表 1 の結果から、本システムを利用することで、合成に必要な作業時間は約半分になることが確認できた。Photoshop では、パーツを綺麗に切り抜くための作業に多くの時間を要した。一方で本システムでの主な作業は、Poisson Image Editing で良好な結果が得られるためのパーツ位置の調整作業となった。また、他のパーツ加工作業においても、本システムを利用することで作業時間が短くなる傾向が見られた。

図 9(b)と図 9(c)の結果を比較すると、Photoshop の結果では、道着の男性の肌の色と、顔と足に適用した肌の色の調整が取れておらず、首元と足の色に違和感が出ている。この違和感を解消するためには、色調整や、より緻密なパーツ切り抜き作業が必要となり、Photoshop での作業時間はさらに増えることになると考えられる。また、Photoshop の利用に必要な習得時間に比べ、本システムは 10~15 分程度の習得時間で、



(a)合成に利用するリソース画像



(b)Photoshop による結果

(c)本システムによる結果

図 9. 合成作業のソース画像と結果画像

表 1. 図 9 の合成作業に必要なとした作業時間

	Photoshop CS3	本システム
作業総時間	約 9 分	約 4 分 15 秒
時間を要する 主な作業	パーツ抜き加工 結合部の色調整	パーツ変形・ パーツ位置調整

キャラクタ原案作成に利用でき、さらに効率的である。

上記の結果から、本システムがキャラクタ原案作成において、作業時間・結果の品質向上の双方に効果的であることが示せた。一方で、本システムでは、Photoshop などでも実装されているピクセル単位でのアルファチャンネルを設定するような「パーツ領域形状の微調整」を行う機能がなく、表 1 の作業において遅滞が発生した。今後、これらの機能を充実することによって、さらなる作業の効率化が期待できると考えられる。

6. おわりに

本研究では、プロデューサのデザイン経験の有無に関わらず、効率的にキャラクタ原案を作成できるコラージュシステムの提案・実装を行った。

既存のソフトウェアでは煩雑な作業になっていた「パーツの埋め込み」において Poisson Image Editing と領域最適化の手法を用いることで、高品質なキャラクタ原案を効率的に作成可能であることを示した。よって「キャラクタデザインのための思考にあった操作や機能」を備えたシステムとして、一定の成果を得ることができた。

今後はコラージュシステムの実用化を突きつめるため、実験過程でユーザインタフェースに不便を感じた部分の改良、必要な機能の追加等を行っていく。加えて、より高精度なパーツ領域の最適化手法や、Poisson Image Editing の応用を考え、作業効率と合成品質の向上を図りたい。

また、入力するパーツ画像の選定において、デジタルスクラップブックと、より緊密な連携が取れるような方法を模索していく予定である。

なお提案・実装を行ったシステム「Chara Collage」は web 上で公開しており、自由に利用することが可能である⁸⁾。

参考文献

- [1] 茂木, 松本, 近藤, 金子: “リテラル資料に基づくキャラクターデザイン構成手法の研究”, 第23回 NICOGRAPH 論文コンテスト論文集 (2007)
- [2] 茂木, 岡本ら: “デジタルスクラップブックを用いたキャラクターデザイン原案制作システム”, 2009年度日本図学会春季大会論文集 (2008)
- [3] 金子満, 近藤邦雄, 岡本直樹, 三上浩司: “創作テンプレートを用いたデジタルキャラクターメイキング手法の提案”, NICOGRAPH 論文コンテスト, (2009)
- [4] 金子満, 近藤邦雄, 岡本直樹, 三上浩司: “映像コンテンツ制作のためのデジタルキャラクターメイキング教育”, NICOGRAPH 論文コンテスト, (2009)
- [5] 伊藤, 渡辺, 宮岡: “キャラクタデザインのための画像合成手法の研究” 第71回情報処理学会全国大会講演論文集, 6R-2 (2009)
- [6] P'EREZ, et al. “Poisson image editing” SIGGRAPH 2003, pp313-318 (2003)
- [7]. J.Jia, et al. “Drag-and-Drop Pasting” SIGGRAPH 2006, pp631-636 (2006)
- [8] けん悟庵, <http://kengolab.net/>