

人物イラストのポーズ変更ツールの開発

鈴木啓晃[†] 岡良祐[†] 渡辺賢悟^{††} 宮岡伸一郎^{††}

[†]東京工科大学大学院 バイオ・情報メディア研究科

^{††}東京工科大学 メディア学部 メディア学科

Pose Changing Tool for Portrait Illustration

Hiroaki SUZUKI[†] Ryouusuke OKA[†] Kengo WATANABE^{††} Shinichiro MIYAOKA^{††}

[†]Graduate School of Bionics, Computer Science and Media Science, Tokyo University of Technology

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

E-mail: fluorite-aks@hotmail.co.jp aquaragangel@msn.com

kengo@mediatelier.net miyaoka@media.teu.ac.jp

1 はじめに

近年、PCでイラストを描く人が増えている。なかでも人物イラストが描かれることが多い。しかし、人物の構造は複雑であり、イラストを描き始めた人などは、イメージ通りのポーズを描くことが困難である。また、人物はイラスト全体の印象を決めることが多いため、イラストを制作する途中でほかのポーズに変えて印象を比較し、より自分のイメージに合ったポーズになるように描いていくことがある。しかし、それには描き直しのため、もともとあった線や特徴あるパーツを消さなければいけなかったり、同じものを再度描き込むなど面倒な作業が必要となる。

そこで、元の絵に対して、拡大縮小、変形、回転などの変形処理を行うことで、ポーズ変更をさせることがある。しかし、これらの変形を行うと、大きく曲げた部分や移動した部分の絵が切れてしまい、不自然になる(図1 (b))うえ、隙間の補完などで人手による手直し

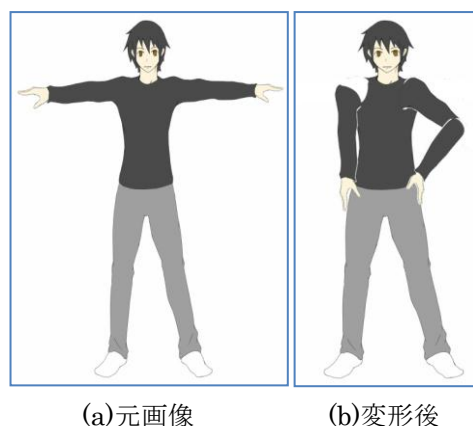


図1. 単純な変形処理でのポーズ変更

が必要となる。また、多くの変形処理は、四角形による変形であり、変形の形が決まっているため、思った通りのポーズにすることが難しい。

従来、ポーズ変更や形の変形に応用可能な技術として、PhotoshopCS5に搭載されている Puppet Warps^[2]や、自然な変形を行う Green Coordinates^[3]がある。しかし、Puppet Warpsでは変形したい部分をレイヤー分けしなけれ

ばいけなかったり、Green Coordinates は設定した多角形の枠を超えて変形処理が行われるため、自然な変形は行えるが、ユーザーが意図しない形になるという問題がある。また、ポーズ変更の技術は 3D モデルに対する変形処理は多いが、写真やイラストの中の人物に対してのポーズ変更に特化した技術やツールはほとんどない。

これらの問題を解決するため、本研究では Harmonic Coordinates^[1]の技術を応用し、選択した部位に対し、多角形による変形を行うことで、人物イラストのポーズ変更を行うツールの開発を行う。これにより、人物のポーズ変更を簡単にすることで、ユーザーがイメージしたポーズを作成しやすくし、作業の負担軽減を図る。

2 ポーズ変更処理の流れ

本研究では、人物イラストの動かす部位を選択し、その部位に対し変形処理を行うことで、ポーズ変更をする。

まずユーザーがポーズ変更のために変形させる部位の範囲選択をする。範囲選択には、ペンツールによる範囲選択、選択消去を行えるようにしている。ペンツールはほとんどのイラスト制作ツールに入っているため、慣れた操作で直感的に範囲選択が可能である。

次に人物の関節となる点をユーザーが示し、指定した点と選択範囲をもとに変形をかけるために必要な多角形の設定を自動で行う。多角形の設定をした後、Harmonic Coordinates を用いて、変形処理を行うことができるようになり、ユーザーが指定した関節の点や設定した多角形の各頂点を動かすことでポーズ変更をする。

これらの処理の流れを図 2 で示す。

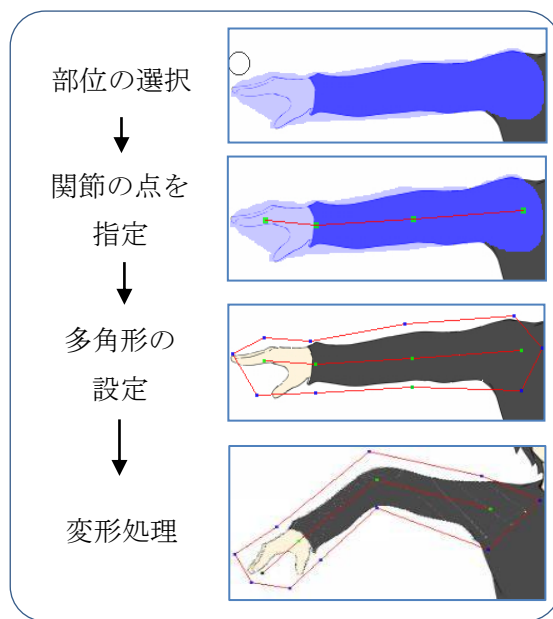


図 2. 処理の流れ

3 Harmonic Coordinates

3.1 Harmonic Coordinates の重み計算

Harmonic Coordinates による変形処理とは、設定した多角形の各頂点から、多角形の内部のピクセルに対する重みを計算し、その重みを用いて変形処理を行うものである。この変形処理は、アフィン変換や射影変換のように三角形や四角形など、形を制限されることがないため、自由度の高い変形処理を行うことが可能である。そのため、人物の複雑な形に対する変形処理にも対応することができる。

以下では、Harmonic Coordinates の定式化および、それに必要な重みの計算について述べる。

まず、変形や重み計算に必要な多角形 C の設定をする(図 3(a))。設定した多角形 C 内のすべてのピクセル p に対し、各頂点 C_i の重み $g_i(p)$ を計算する。これにより、多角形 C の内部のピクセル p を式(1)のように表すことができる。これが Harmonic Coordinates による表現である。

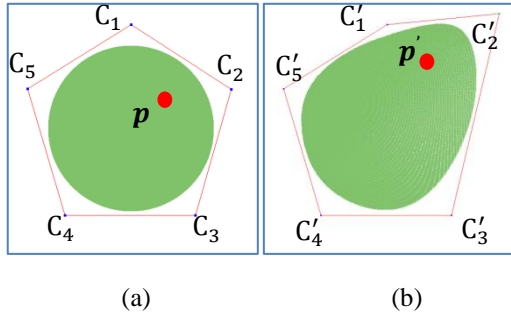


図 3. Harmonic Coordinates で用いる多角形

$$p = \sum_i g_i(p)C_i \quad (1)$$

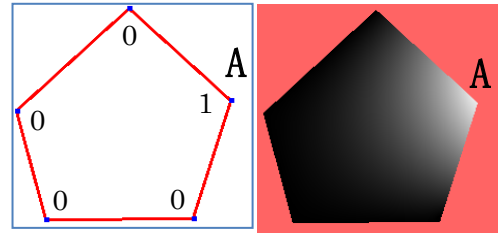
この重み $g_i(p)$ は多角形を変形した後も変化しないため、この重みを用いて次式(2)により、変形後のピクセルの位置を求めることが可能となる(図 3(b))。

$$p' = \sum_i g_i(p)C'_i \quad (2)$$

この重み $g_i(p)$ は変形前の多角形 C の各頂点 C_i から、多角形 C 内にあるピクセル p に対し、以下のラプラス方程式を解くことで求めることができる。

$$\nabla^2 g_i(p) = 0 \quad (3)$$

また、ラプラス方程式を解くための、境界条件は以下のように設定する。まず、注目する頂点の値を 1、隣接する頂点の値を 0 とし、頂点同士をつなぐ線上の値は線形補間をして求める。また、その他の頂点の値は 0 とし、各頂点をつなぐ線上の値も 0 に設定する(図 4(a))。設定した境界条件をもとに、式(3)を解くことで、注目した頂点からの重みを算出することができる。図 4(b)が頂点 A に対し、ラプラス方程式を解いた際の重みを可視化したものである。

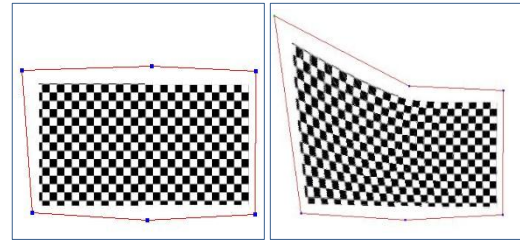


(a)境界条件の設定 (b)頂点 A に対する重み

図 4. 境界条件と重みの計算結果

3.2 Harmonic Coordinates による変形

Harmonic Coordinates を用いた変形処理は、設定した各頂点を動かすことで、変形をかけることができる。



(a)変形前

(b)変形後

図 5. Harmonic Coordinates による変形

Harmonic Coordinates の重みはグラデーションのようになっているため、図 5(b)のように、変形した多角形の頂点に近く強い重みを持つピクセルは引っ張られるように、頂点から遠くほとんど重みがないピクセルには影響が少ない変形処理が行われる。そのため、人のように動く部分動かさない部分が出てくものに対し、適切な変形処理を行うことが可能となる。

4 ボーンと多角形の設定

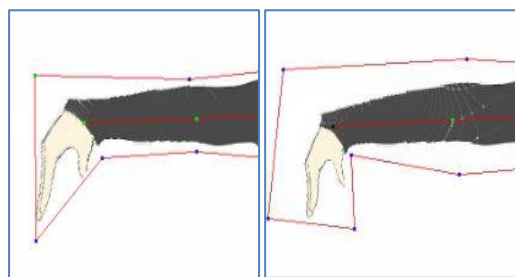
以下では、説明のため、設定した関節の点をつなげた骨に相当する部分を「ボーン」と呼ぶ。また、ボーンの両端の点を端点、それ以外の点を接続点と呼ぶことにする。

4.1 多角形の自動生成

Harmonic Coordinate を用いて設定された多角形の内部の重みと、その多角形の変形により、画像の変形処理を行う。しかし、ユーザーが多角形を設定する際、変形したい部位の範囲選択をした後にもう一度多角形で選択範囲を囲むのは二度手間となるうえ、最適な多角形を設定することが困難である。また、人物のポーズを変更するのに、多角形の各頂点一点一点を動かしていくのは面倒な作業となる。そこで、ユーザーが範囲選択と人物の骨となるボーン設定を行うことで、自動的に多角形の生成をする。またボーンを動かすことで、多角形に変形がかかり、より人間を動かしているように、直感的で簡単にポーズ変更を行えるようにする。

4.1.1 ボーンの端点からの頂点の設定

ボーンの端点から設定される多角形の頂点は3点とする。3点とする理由は以下の通りである。図6(a),(b)は、人物の手首から手先にかけて、(a)は多角形の頂点3点、(b)は4点を設定し、向きを変える変形処理を行った様子である。どちらの設定であっても変形の結果に大きな差は見られないことがわかる。そのため、指先の1点で向きの変更を行うことができ、頂点からの重みを算出する計算処理が少なくなる、3点の設定としている。



(a)頂点3点

(b)頂点4点

図6. 手先の変形

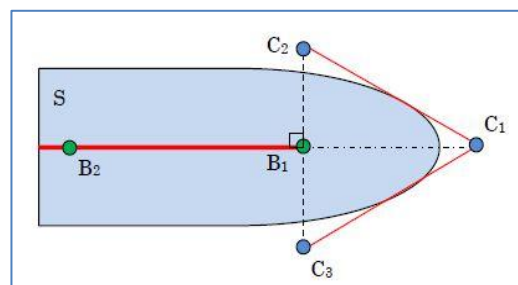


図7. 端点に対する多角形頂点の設定

以下では、ボーンの端点からの多角形の頂点の設定について、図7を基に説明する。

図7において、指定したボーンの各点を B_1, B_2 、選択領域を S 、生成された多角形の頂点を C_1, C_2, C_3 とする。

まず、先端部分となる頂点 C_1 の設定をする。 C_1 はボーン B_1, B_2 の延長線上に位置し、選択領域 S の外側に位置するように設定をする。

次に頂点 C_2, C_3 の設定をする。 C_2, C_3 は B_1 から、ボーン B_1, B_2 に対し垂直方向に位置し、 C_1 と同じように選択領域 S の外側になるように設定する。

以上の設定をボーンの端点に対して行うことで、端点に対する多角形の頂点の位置を決めることができる。

4.1.2 ボーンの接続点からの頂点の設定

次に接続点からの多角形の頂点の設定について図8を基に説明する。

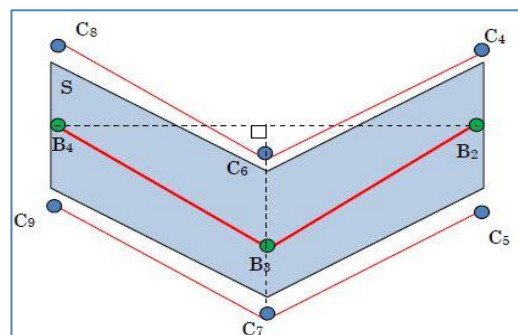


図8. 接続点に対する多角形頂点の設定

図 8 において、指定したボーンの各接続点を B_2, B_3, B_4 、選択領域を S 、生成された多角形の頂点を $C_4, C_5, C_6, C_7, C_8, C_9$ とする。今回はボーンの接続点 B_3 に対する多角形の頂点 C_6, C_7 の設定について述べる。

ボーンの接続点における多角形の頂点の設定は、端点からの設定方法と異なる。4.1.1 の設定方法では、ボーンの端点と隣接する接続点を結ぶ線の垂直線上に設定したが、接続点の場合、図 8 の B_3 のように、隣接する接続点が 2 つあり、かつ傾きも違う点が存在する。そのため端点と同じように求めることができない。

そこで、接続点の場合、注目する点に隣接する 2 点から多角形の頂点を設定する。図 8 の場合、注目する点を B_3 とすると、隣接する接続点は B_2, B_4 となる。この B_2, B_4 を結んだ線に対し B_3 から垂直方向に位置する所に多角形の頂点 C_6, C_7 の設定をする。このとき、端点と同じように選択範囲 S の外側に位置するように点を設定する。

以上の処理によりボーンの設定をすることで、変形に適した多角形を自動的に生成することが可能となる。

4.2 ボーンによる変形処理

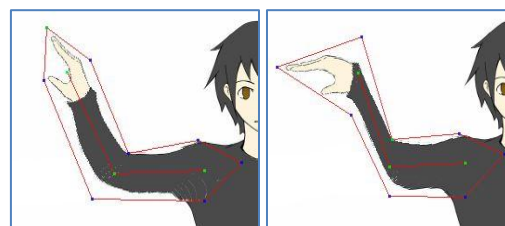
4.1 で述べたように、ボーンを設定し、それを動かすことで変形処理を簡単にし、ポーズ変更をやすくしている。ボーンによる変形処理の手法は自然変形と平行移動変形の 2 つである。

ボーンを動かした際に、移動する多角形の頂点は、ボーンの各点から自動生成した各頂点である。つまり図 7 の B_1 を動かした場合は C_1, C_2, C_3 、図 8 の B_3 を動かした場合は C_6, C_7 の頂点が移動し、多角形に変形がかかる。こ

れを踏まえ、以下でそれぞれの変形手法について説明する。

まず自然変形について説明する。自然変形は変形したい部位を、人間の動きに似せて変形させる変形手法である。これは、ボーンを動かした際に移動した多角形の頂点を、4.1 の生成手法と同じ手法で設定している。これにより、図 9(a)のように、手先の部分に設定されているボーンの端点を移動させるだけで、腕の形や指先の向きが人間の骨や関節に即したように変形処理をすることができる。そのため、ユーザーは人を動かすように、より直感的にポーズ変更をすることが可能となる。

次に平行移動変形について説明する。本研究では対象をイラストとしているため、自然変形だけでは勝手に変形がかかり、ユーザーの意図しない変形処理が行われることがある。そこで、平行移動変形では、図 9(b)の手先のように、ボーンを動かしても手先の角度が変わらないなど、勝手に変形処理が行われず、指先の向きや手の形などを保持したままの変形処理を行うことが可能である。



(a)自然変形 (b)平行移動変形

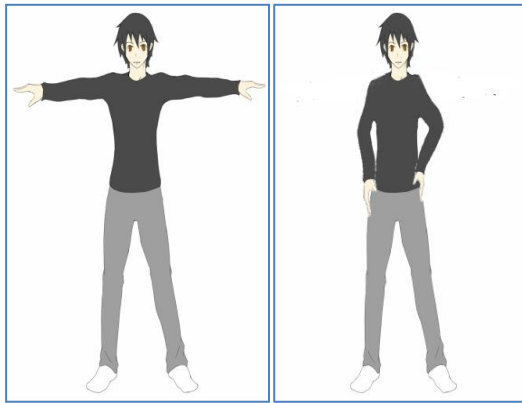
図 9. 変形手法

5 実験と評価

5.1 ポーズ変更の実験と評価

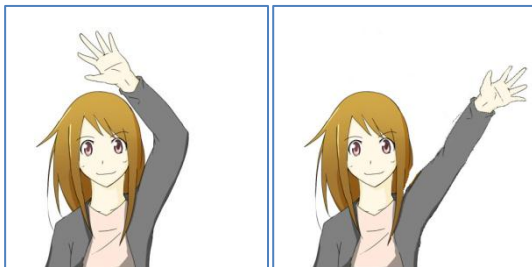
5.1.1 ポーズ変更の結果

本研究で述べた処理をツールに実装し、実験を行った。図 10 は 3 枚の画像に対し、本研究のポーズ変更処理を行った結果である。



(a)元画像

(b)ポーズ変更後



(c)元画像

(d)ポーズ変更後



(e)元画像

(f)ポーズ変更後

図 10. ポーズ変更の結果

図 10(a),(c),(e)のそれぞれに、多角形による変形処理を行うことで、腕や足など、図 10(b)のように大きく曲げたり、図 10(d)のように伸ばしたりしても、不自然な切れ目や繋ぎ目の少ない変形をかけることができる。また、図 10(e)のように、体や足が腕に重なっていても

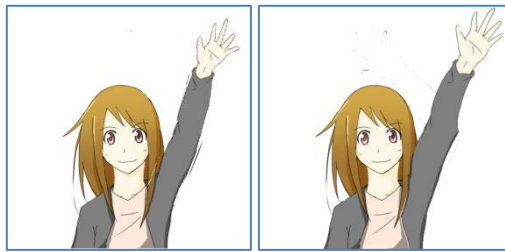
変形したい部位と体を離してポーズ変更することも可能である。この場合、図 10(f)の服や足の部分のように、変形させた部位があった場所に欠損が生じてしまう。また、現状ではこのツールだけで欠損を補完することは不可能である。しかし、欠損の補完のための手直しは、変形させたい部位を描き直すよりも作業が少なくなる。そのため、たとえ欠損領域が現れてしまっても、ポーズ変更としては十分に有効であると言える。このように、本研究の変形処理を行うことで、元の絵を消して描き直す、切れ目の補完の手直しをするといった作業の負担を減らすことができる。

また、最初にボーンを設定し、人間に近い動きで変形処理を行うことができるため、直感的なポーズ変更をすることが可能である。これにより、ポーズによる印象の違いを確かめたい人や、イラストを描き始めの人の構造がまだ難しいという人でも、動かしながらポーズ変更をすることができるため、イメージしたポーズや、イラストに合ったポーズを取らせやすくなる。

5.1.2 既存技術との比較

既存技術との比較として、ポーズ変更機能である PhotoshopCS5 の Puppet Warps^[2]との比較を行う。比較する画像は図 10(c),(e)の 2 枚で、それぞれに変形処理を行った結果が図 11 である。

まず、図 10(c)に対し、手首、肘、肩に制御点を置き、曲がった腕を伸ばす変形処理を行った結果が図 11(a),(b)である。Puppet Warps で曲がったものを伸ばす変形処理を行うと、曲がっていた部分を伸ばし切ることが難しく、肘の部分のように尖って残ってしまう。本研究では、自然に伸ばしたよ



(a)本研究 (b)Puppet Warps



(c)本研究 (d)Puppet Warps

図 11 本研究と Puppet Warps の比較

うな変形処理を行うことが可能である。

次に、図 10(e)に対し、指先、手首、肘、肩に制御点を置き、伸ばした腕を曲げる変形処理を行った結果が図 11(c),(d)である。Puppet Warps による変形の場合、腕を曲げる処理などを行うと、肘や腕など、丸みを帯びた変形がされてしまい、人物に対しては不自然な変形処理となる。本研究では、曲げる部分に対しては大きく変形するが、他の部分への影響が少ないため、より人の動きに近い変形をかけることが可能である。

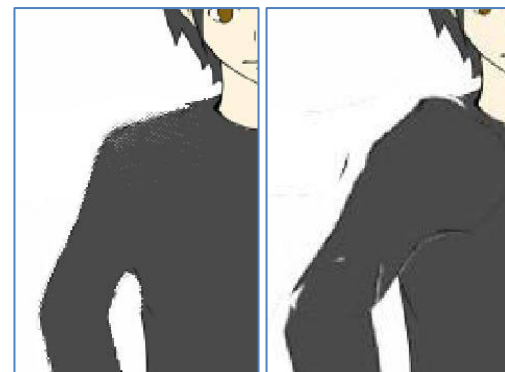
また、Puppet Warps は部位の大きさを変形することが困難であったり、変形のためにその部位をレイヤー分けしなければならないなど、部位の変形やポーズ変更には不向きな点が多かった。これらのことから、ポーズ変更のための変形処理としては本研究のほうが有効な手法であると言える。

5.2 作業効率の評価

ここでは、本研究とペイントツール SAI^[4]による変形処理の作業工程や作業時間から作業効率の評価をする。図 12(a),(b)が図 10(a)の画像に対しそれぞれ変形処理を行ったものである。変形処理の比較のため、変形後に補完のための手直しは行っていない。



(a)本研究 (b)SAI



(c)本研究(拡大) (d)SAI(拡大)

図 12. 変形処理の比較

まず作業工程についてだが、本研究は図 2 で示した手順で行った。対してペイントツールの工程は、動かす部位の範囲選択、選択した部分の回転、変形である。変形処理のための作業は、範囲選択、変形と、どちらもほとんど変わらないが、ペイントツールでは、関節ごとに範囲選択、変形をしなければならない。そのため、腕を曲げるにも、肩、ひじ、手首に対しそれぞれ処理を行わなくてはなら

ない。これは動かす部位が多くなるほど作業の量は多くなるため、本研究のほうが少ない作業で変形処理を行うことが可能である。

また、図 12(d)の肘の部分ように、ペイントツールによる変形処理では、ひじの部分など変形した部位に亀裂が入っていたり、わきの下に腕の線が入ってしまうため、補間や修正などの手直しが必要となる。本研究による変形処理では、肩などにノイズが発生してしまう(図 12(c))が、余計な亀裂などが少ないため、手直しは少なく済む。手直しの作業は、変形する部位の形や模様が複雑になるほど作業が困難になるため、亀裂などが少ない本研究のほうが手直しをする作業工程も少なくなると考えられる。

次に作業時間について評価する。作業時間はどちらの変形処理も同じ 7 分間だった。しかし作業工程の評価でも述べたように、ペイントツールによる変形は、本研究よりも手直しをする作業が多く必要となる。そのため、手直しをする時間を含めた作業時間は、ペイントツールのほうが多くかかると考えられる。

これらのことから、ポーズ変更のための作業効率、本研究のほうが効率的であるといえる。一方で、本研究では、自動選択機能がないなど、ペイントツールよりも範囲選択の機能が劣っていた。そのため、特に指先などの細かい部分に対し、背景を変形部位に含めないように範囲選択を行う作業が困難であった。また、ラプラス方程式を解く時間が各部位に対し 10 秒ほどかかるため、ユーザーはその時間を待たなければならない。そこで、今後、範囲選択機能を充実させ、ラプラス方程式の計算を高速化することで、さらに作業効率を上げることができると考えている。

6 おわりに

本研究では、Harmonic Coordinate の技術を応用し、ポーズ変更ツールの開発を行った。

一般的なイラスト作成ツールで使われていた、射影変換やアフィン変換による変形処理とは異なり、多角形による変形処理を行うことで、人物の複雑な形に対応できる変形をかけることが可能となった。また、人物の動きと同じような変形をかけたり、動かしながらポーズを決定することができるため、容易にイメージしたポーズに変更できるため、より表現の幅を広げられるようになった。

しかし、本研究のツールでは、変形する部位があった部分に欠損が生じてしまったり、Harmonic Coordinates による変形が順変換のため、変形後の部位のピクセルの色が抜けてしまい、それに対する補完がまだ不十分で違和感が残るなどの問題点がある。

今後は実用性を高めるため、変形のクオリティを上げるとともに、欠損の補完機能について模索していく予定である。

参考文献

- [1]. Pushkar Joshi, Tony De Rose, Mark Meyer : Harmonic Coordinates for Character Articulation, proc. SIGGRAPH'07 pp.71:1-71:10,2007
- [2]. Adobe : PhotoshopCS5 Puppet Warps,<<http://www.adobe.com/>>,2010
- [3]. LIPMAN Y., LEVIN D., COHEN-OR D.: Green coordinates. ACMTrans. Graph. proc. SIGGRAPH'08, 27, 3 ,2008
- [4]. SYSTEMAX : ペイントツール SAI <<http://www.systemax.jp/ja/sai/>>