

当たり判定付きアンカーポイントを用いた隠し絵デザイン

久保 晃一[†]

隠し絵は、隠された絵を探して遊ぶというエンタテインメント性があり、国籍や老若男女を問わず誰でも楽しむことができる。しかし、隠し絵を描くためには人間の知覚的特性を理解し、更にそれを利用して絵画を描く技術が必要である。そのため、一般の人々にとって隠し絵は決して「描いて」楽しむものではなく、見て楽しむだけの存在となってしまう。そこで本稿では、誰もが簡単に隠し絵を描くことのできる隠し絵作成システムを提案する。本システムでは、ベクターツールに当たり判定をもったアンカーポイントを導入することで、描画した図形を吸着・変形させ図地反転が起きる状況を生み出す隠し絵作成を行う。

Hidden Picture Design by Anchor Points with Collision Detection

KOHICHI KUBO[†]

Hidden pictures contain entertainment of looking for the hidden object, and everyone enjoy them regardless of nationality, age and sex. However, to draw these kind of pictures it is necessary to understand human perception characteristics, and what is worse, the technique for drawing them is not established even now. Therefore general people can only enjoy them in spite of drawing them. In this paper, I propose the system that everyone can easily draw hidden pictures. It is a vector draw tool; the object data contains anchor points with hit judgment, so any charts absorb and transform their images, and finally the user can get an image with cognitive optical illusions like Rubin vase.

1. はじめに

人間の知覚的特性を利用した騙し絵の中でも、1つの絵の中によく注意して見なければわからないように工夫して別の絵を描き込んだ絵を「隠し絵」とよぶ。近年、騙し絵展が開催されたり¹⁾、隠し絵を題材としたゲーム²⁾が販売されるなど、身近なところに隠し絵を見ることができるようになった。隠し絵は、隠された絵を探して遊ぶといったエンタテインメント性を含み、国籍や老若男女を問わず誰でも楽しむことができる。人目をひくという点では広告デザインとしての応用価値も高い。

しかし、一般の人々にとって隠し絵は決して「描いて」楽しむものではなく、見て楽しむだけの存在となってしまうのが現状である。隠し絵を実際に描くためには、人間の知覚的特性に関する知識やそれを実現するための技術が必要であり、何よりも、隠し絵には決められた描き方がないため、描きたいという潜在的需要が多くてもそれを描くツールや手法の提案が追いつかずに困難なものにしているのである。

そこで本稿では、誰もが簡単に隠し絵を描くことのできる隠し絵作成システムを提案する。本システムで

は、ユーザが描いた複数の図形を「変形させてくっつける」ことにより輪郭線を統合し、人間の知覚的特性である図地反転が起きる状況を生み出す隠し絵を作成する。この吸着・変形による輪郭線統合は、当たり判定をもったアンカーポイントによるベクターツールとして実現している。

隠し絵を題材とした Yoon らの研究では、背景となる線画からデータベースに登録された物体の形と類似した箇所を計算し、これらの物体に合わせて変形させることによって隠し絵を生成するシステム³⁾があるが、ユーザの自由度が少なく、ユーザが意図した絵を創作することは難しいと考えられる。Xu らの Calligraphic packing は、図形をいくつかの領域に分割し各領域を「文字」で表現した一種の隠し絵であり、それに特化した制作システムが提案されている⁴⁾。篠原らは、騙し絵の中でも「不可能立体」の描画を可能とする 3DCG レンダリング手法を提案しており^{5) 6)}、初心者でも簡単に不可能立体の CG を制作できるツールとして公開している⁷⁾。

提案システムの内部アルゴリズムに関連した方法論としては、2次元図形に骨組み等をあらかじめ仕込むことなく、2次元図形をつかんで自由に变形することのできる五十嵐らの手法がある⁸⁾。また、島田らは 3DCG のテクスチャー・マッピング制作を用意するた

[†] 明治大学理工学部情報科学科

めに格子点を用いた画像変形を行うシステムを提案している⁹⁾。

ペイントシステムに関連した研究としては、福本らがマチエール、色、構図といった絵画の技法を取り入れたペイントツールを開発している¹⁰⁾。本研究では隠し絵を描画するためシステムとして、アンカーポイントを用いたドローツールを開発した。

2. システム概要

2.1 システムデザイン

人間は、世界をありのままに見ているわけではなく、経験や文脈に基づいて、対象が何であるかの意味的解釈を行い、あいまいな部分についてはその解釈に矛盾しないように認知している。例えば文字や絵など、人間は何かを対象として認識しようとするとき、その対象を背景から抜き出して区別しようとする特性を持つ。

このとき見る対象を「図」とよび、背景を「地」とよぶ。この境界がどちら側の輪郭となるかがあいまいな場合、「図」の領域と「地」の領域が反転することがあり、これを図地反転とよぶ。ルビンの杯がこの一例である。ルビンの杯は、中心部の色を「図」として見ると盃が見え、周辺部の色を「図」として見ると向かいあう2人の顔が見える隠し絵であるが、このように1本の線が2つ以上の物体の輪郭を表すようにすることが図地反転を起こさせる隠し絵を作成するための一条件である。杉原もだまし絵の描き方として隠したい図形の輪郭が他の図形を遮ってはならないと指摘している¹¹⁾。

したがって隠し絵を制作するためにはあらかじめ2つ以上の物体を意識して輪郭の形や物体同士の位置関係と構成を考えなくてはならないが、この複数の物体の形を考慮しながら描くプロセスが困難である。

そこで本稿では、ユーザが描画した図形を図形同士の輪郭線が統合されるように変形処理を行う。具体的には、同一レイヤー上にある図形をドラッグ処理で衝突させたとき、その図形の印象を壊さぬように変形するようなペイントソフトを開発した。

これにより、ユーザが複数の物体の形状を考慮することなく図地反転が起きる状況を生み出しやすい絵を容易に描画できるようになると考えた。

2.2 画面構成

本システムはツールバー、キャンバス、パレットの3部分で構成されている(図1)。ユーザはツールバーから機能を選択し、キャンバスで作業を行う。また、パレットでは線の色や太さの変更を行うことができる。

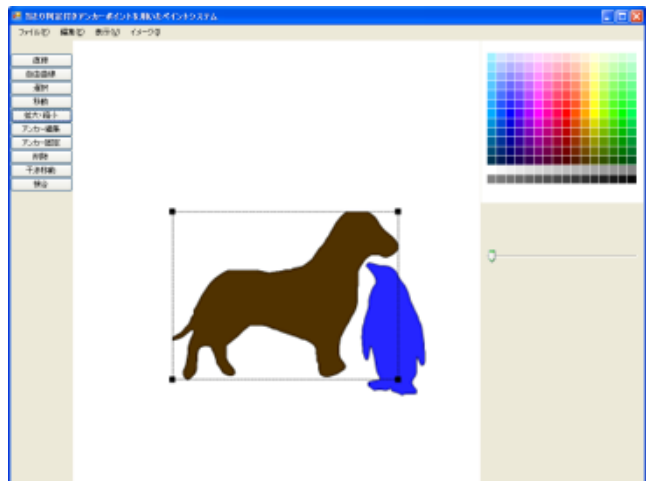


図1 スクリーンショット

2.3 オブジェクト

隠し絵を作成するためには、隠したい図形とその輪郭を構成する図形が必要となる。しかし、いきなり隠したい図形の輪郭を別の図形によって構成しようとしても難しい。これは、輪郭を構成する図形の形状が隠したい図形の形状によって影響を受けるためである。

そこで本システムでは、まずユーザが自由に図形を描き、そのあとで隠したい図形に合わせて他の図形を変形させていく手法をとることにした。

ユーザが描いた図形は一つ一つをオブジェクトという単位で管理する。これらオブジェクトは線の座標や色、オブジェクトの種類、図形内部の色、図形の特徴点の座標、オブジェクトを固定するか可動にするかといった情報を持つ。

2.4 オブジェクトの描画

ツールバーの直線ボタンおよび自由曲線ボタンを選択すると線を描画することができる。自由曲線では線の始点と終点の距離が短い場合、始点と終点をつないで図形を閉じることができるようにした。このとき、図形が閉じられなければオブジェクトの種類をオープンパス、閉じられたときオブジェクトの種類をクローズドパスとして扱い、オブジェクトの種類がクローズドパスならば、内部を指定した色で塗りつぶす。オブジェクトの色を変更したい場合はパレットの中から色を選択して、左クリックで線の色を変更、右クリックで図形の塗りつぶしができる。

2.5 オブジェクトの配置・修正

ユーザは、作成したオブジェクトをキャンバス上に配置していくことで隠し絵の構図を決定していく。ユーザは各オブジェクトに対して拡大や縮小、回転といった操作やオブジェクトに修正、書き足しを行うことができる。これにより、オブジェクト間のバランスを取るとともに、隠したい図形に合わせてオブジェクト

の形状をおおまかに変形させ、輪郭を統合したときに違和感がないように調整することができる。

2.6 アンカーポイント

図形の輪郭を表す座標データの集まりをアンカーポイントとして扱う。このアンカーポイントを移動させることによって図形の形状を変化させることができる。本システムでは、アンカーポイントを元の形状を維持しながら他図形にあわせて変形させ、図地反転が起きる状況を作り出すことによって隠し絵の作成を行う。アンカーポイントを四角枠で視覚化したものを図2に示す。

2.6.1 アンカーポイントの編集

アンカー編集モードではアンカーポイントをドラッグすることで直接線を変形させることができる。アンカーポイントをドラッグすると選択しているアンカーポイントの座標を更新し、その周りのアンカーポイントも移動したアンカーポイントに合わせて間を補間するようにその座標を更新する(図3)。

アンカー固定モードでは周りのアンカーポイントが移動しても動かないように固定化できる。これにより、物体の形が崩れてしまわないようあらかじめ設定を行うことができる。図2の青い部分が固定化したアンカーポイントである。この固定化した部分は図形の特徴を表す特徴点である可能性が高いので、変形処理時に他のアンカーポイントよりも優先的に処理を行う。

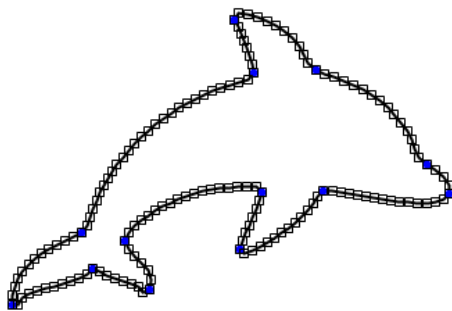


図2 アンカーポイントの設定
(青いものは固定化したアンカーポイント)

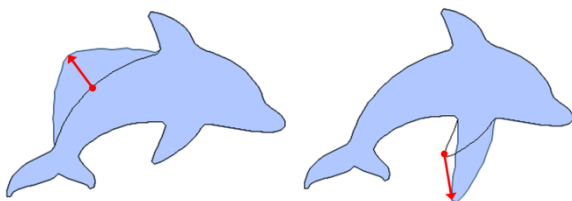


図3 アンカーポイントの編集

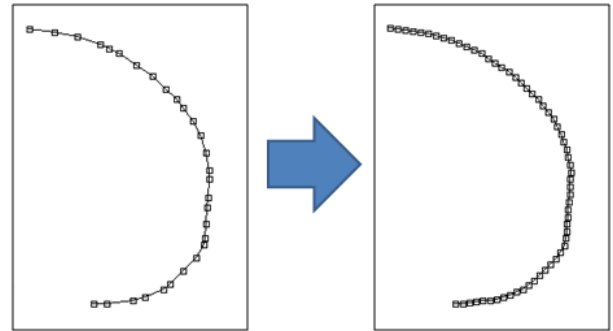


図4 アンカーポイントの再設定

2.6.2 アンカーポイントの設定

線の描画では、マウスの位置座標を配列に保存してそれらを線でつなぐことによって図形を描画する。このとき、配列に保存された座標をそのままアンカーポイントとして設定しようとする、アンカーポイントの間隔が不均一になってしまう。これはオブジェクト同士の当たり判定を検出するのに不適切である。また、オブジェクトの自由な変形を可能にするためにもアンカーポイントの設定は等間隔で設定する必要がある。そこで、線の描画終了後にマウスの位置座標間の値を補間して、等間隔にアンカーポイントの再設定を行う(図4)。

2.7 オブジェクトデータの読み込み

過去に描画した図形や写真などの画像を読み込み、オブジェクトデータとして本システム上で編集を行えるようにした。描画した図形だけでなく既存の画像から輪郭とマスクデータを抽出し、オブジェクトデータに変換することにより、様々な形状を利用して隠し絵の作成を容易に行えるようにした。

2.8 背景画像の読み込み

背景として使用する画像を読み込んで最背面に表示できるようにした。背景画像がキャンバスよりも大きいときはキャンバスを背景画像の大きさに合わせることも可能である。輪郭の重なりを利用した図地反転の隠し絵には奥行きを使って描かれているものも多い。奥行きを使うことによって、隠したい図形を自然に表現することが可能となる。また、隠したい図形上に背景の画像を見せることによって図形の存在を認識にくくする。そのため、背景画像は隠し絵を描く上で必要な要素となる。

3. オブジェクト変形処理

3.1 可変オブジェクトと固定オブジェクト

提案システムでは、変形を行うにあたって多少図形が崩れたとしても認識できる図形を「可変オブジェクト

ト), できるだけ形を崩したくない図形を「固定オブジェクト」として設定可能である。たとえば, 木の幹や葉っぱ, 岩, 壺などは様々な形状があり, 絵の中で物体として認識することができるので, これらの物体は可変オブジェクトとして扱う。逆に, 人の顔の輪郭などの, 形状が崩れてしまうとそれが何だか分からなくなってしまう図形は固定オブジェクトとして扱う。

図形を「隠す」からには, その図形の色や詳細なテクスチャを捨象して, 逆に図形の形状を重要な要素ととらえて隠すことになる。そのため, オブジェクトの輪郭統合は可変オブジェクトを固定オブジェクトに合わせて吸着・変形させることで実現する。

3.2 オブジェクトの移動

オブジェクトの移動には二つの種類があり, まず「通常移動」では, オブジェクトがそれぞれ独立しており自由に配置することができる。通常移動によってオブジェクト同士が重なった場合, 上に配置したオブジェクトが手前に表示される。

もう一方は, 移動過程でオブジェクト同士が衝突した際, 可変オブジェクトの形状がへこむように変形する「干渉移動」である。干渉移動ではオブジェクトが移動するたびに, キャンバス上に配置されている各オブジェクトのアンカーポイント間の距離を計算する。アンカーポイント同士の距離が近いまたは衝突した場合, アンカーポイントを吸着させることによって輪郭線の統合を動的に行うことが可能である。固定オブジェクトは予め指定しておき, 移動するオブジェクトを可変オブジェクトとして扱う。吸着をするたびに, 吸着を行ったアンカーポイントの周りのアンカーポイントもその移動に合わせて補間することによって元の形状を維持しながら変形させる。干渉移動時のアンカーポイントの当たり判定の結果を図5に示す。赤く表示されているアンカーポイントが他のオブジェクトのアンカーポイントと衝突したことを表している。

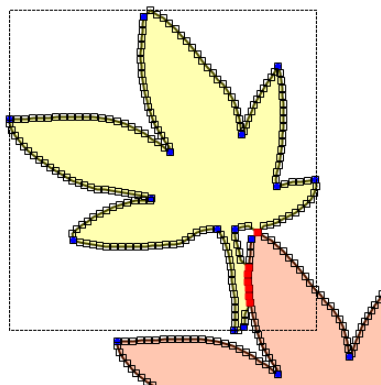


図5 当たり判定

3.3 輪郭線の統合

隠したい図形の輪郭をその周りに配置されている図形である程度表現できたら, ユーザは輪郭線の統合を行う。輪郭統合ボタンを押すと固定オブジェクトと操作している可変オブジェクトの吸着・変形処理を行い輪郭線を統合する。

3.4 アルゴリズム

3.4.1 表示データと演算データ

アンカーポイントを吸着・変形させる際, できるだけ図形の形状が崩れないよう, ユーザが描画したオブジェクトの座標データは表示用と演算用の二種類のデータを保存している。オブジェクトを変形させるときは演算用のデータを用いて演算を行い, その結果を表示用のデータに上書きして描画することで, ユーザに変形した結果を提示している。変形前の演算用オブジェクトデータを用いて計算することで, オブジェクトに変形処理を行ったとき, 変形前のユーザが描画したオブジェクトの形状をできる限り再現することが可能になる。

3.4.2 吸着

吸着はオブジェクト間で近い位置にあるアンカーポイント同士をくっつける処理である。アンカーポイント間の距離を計算して, 最も近いアンカーポイントとの距離が閾値内であれば可変オブジェクトのアンカーポイントに固定オブジェクトのアンカーポイントの座標を上書きすることによって図形を変形させる。吸着を行うアンカーポイントは以下の順番で処理する。

1. 他オブジェクトに重なっている固定アンカーポイント
2. 他オブジェクトのアンカーポイントとの距離が閾値内の固定アンカーポイント
3. 他オブジェクトに重なっている可変アンカーポイント
4. 他オブジェクトのアンカーポイントとの距離が閾値内の可変アンカーポイント

先に固定化されたアンカーポイントを計算することによって, 特徴点を考慮した大まかな変形を行う。その後, 特徴点である固定アンカーポイント間の細かい変形を行う。また, 吸着処理のたびに補間変形を行うことによって吸着による形状変化を整える。

3.4.3 補間変形

本システムでは, 吸着によってアンカーポイントの座標を更新したときの形状維持の方法として平均値法と回転法の二種類の補間変形処理を採用している(図6)。一般的に複雑な形状をした図形は輪郭線が長く, 単純な形状をした図形は輪郭線が短い。したがって,

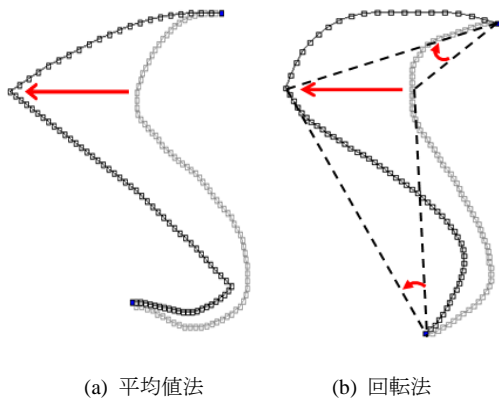


図6 平均値法と回転法

補間変形では輪郭線の伸縮を許容することによってより自然な変形を可能にしている。

平均値法では、アンカーポイントの吸着後に吸着したアンカーポイントに近いアンカーポイントから順に両隣のアンカーポイントの間になるよう座標を更新する。この手法を用いることによって形状がやや崩れてしまうが、吸着したアンカーポイントに対して自然な変形を行う。

回転法では、吸着したアンカーポイントを固定したアンカーポイントを軸として伸縮・回転させることにより変形させる手法である。平均値法に比べて変形の自由度では劣るが、適切な位置に固定アンカーポイントを指定することによって、形状を維持した変形を行うことが可能である。

4. 作例

このシステムによる作例を示す。図7は大樹のシルエットと二羽の鳥の画像を元にして作成した隠し絵である。この作例では、大樹のシルエットを可変オブジェクト、鳥の画像を固定オブジェクトとした。まず、可変オブジェクトである大樹のオブジェクトの幹と葉のつなぎ目や葉の端のアンカーポイントを固定した。次に、左右から鳥のオブジェクトを干渉移動により衝突させることによって、アンカーポイントを吸着させて大樹のオブジェクトを変形させた。その後、違和感がなくなるように不自然な形で太かった幹を二本の幹に見えるようにしたり、飛んでいる鳥の図形を追加するなどして修正を行った。その結果、図7のように大樹の地面と葉の間の空間に幹を中心として二羽の鳥の輪郭を作成することが出来た。これは、黒い図形に注目して見れば大樹が見え、白い図形に注目して見ると二羽の鳥が向い合っているように見える図地反転を利用した隠し絵である。

図8は岩と顔の画像、鳥のシルエットおよび海の背



図7 大樹における鳥の隠し絵表現



図8 海辺の岩における顔の隠し絵表現



図9 林における人影の隠し絵表現

景画像を元にして作成した隠し絵である。岩の輪郭と鳥によって人の顔を表現している。岩や鳥、背景画像などの奥行きを利用して顔オブジェクトを隠している。顔オブジェクトを固定オブジェクト、岩オブジェクトを可変オブジェクトとして二つのオブジェクトの輪郭を吸着・変形により統合した。その後、顔の目の部分に鳥のオブジェクトを配置することによって顔が隠されていることをわかりやすくした。

図9は木のオブジェクトと人型のシルエットおよび草原の背景画像を元にして作成した隠し絵である。左

側の木の間に人型のオブジェクトが隠してある。木の大きさを変えることや背景画像をもちいることによって輪郭だけでなく、奥行きを利用して人型のオブジェクトを隠している。この作例では、木のオブジェクトを可変オブジェクト、人型のオブジェクトを固定オブジェクトとして作成している。木のオブジェクトは幹と葉の部分に分けて描画したクローズパスのオブジェクトである。木のオブジェクトのアンカーポイントを人型のオブジェクトのアンカーポイントに吸着・変形させることによって輪郭線を統合し、図地反転を起こさせる隠し絵を作成した。

5. まとめと課題

当たり判定を持ったアンカーポイントを吸着、変形させることによって隠し絵の作成を行った。オブジェクトを用意し吸着させるという手法をとることによって、隠し絵を気軽に作成できるようにした。物体同士の形状を意識なくても隠したい図形の輪郭を表現出来れば図形を隠すことができる。しかし、物体同士の形状を考慮することにより、違和感がないよう図形を上手く隠せるようになる。

また、様々なオブジェクト同士を簡単に吸着できるため、これまでにない図形同士を利用した新たな隠し絵表現が可能である。その他にも、図7の作例のように、木と鳥といった関連性を持った図形同士の作品や向かいあっている二羽の鳥と空を仲良く飛んでいる二羽の鳥に込めた思い表現したメッセージ性のある作品の作成も容易に作成することができると考えている。本手法を用いて隠し絵を作成することにより、隠し絵に対する意識の変化や隠し絵の新しい可能性を発見に役立つことを期待している。

一方で、輪郭の形状を利用した図地反転による隠し絵には木や岩といった物体の形状が単一でないものが使用されることが多い。これは、木や岩などの物体の輪郭を隠したい図形の輪郭にあわせて変形させたとしても違和感が少ないからだと考えられる。しかし、本システムでは可変オブジェクトがどのような図形であっても輪郭の変形を行う。できるだけ原型の形状を保つように変形させてはいるが、図形によっては輪郭が少し変わってしまっただけでも違和感が出てしまうものがある。そこで、あらかじめ変形させても違和感のないオブジェクトを用意しておくことによって、どのような物体や形状のものが隠し絵に適しているのか色々と試して感じてもらうのが良いのではないかと考えた。また、まったく異なる形状の図形同士を利用した場合も違和感が出てしまう。これは、形状を意識せ

ずにまったく異なる形状同士をくっつけるときに、元の形が大きく歪められてしまうためである。そのため、似たような輪郭の図形やその一部分を提示することによって違和感のないオブジェクト同士を選択できるように支援をしていくと良いと考えられる。

6. おわりに

本研究では隠し絵デザインの方法として、当たり判定を持ったアンカーポイントを用いて図形の変形を行う手法を提案し、アンカーポイントを利用したベクターローツールを実装した。また、本システムを用いて物体同士の形状を考慮することなく、隠し絵の作成を行うことが出来た。今後は、前章で述べた課題の解決や本システムを用いて作成できる隠し絵表現の可能性について探っていきたい。また、本研究はインタラクシオン 2010 において発表予定である¹²⁾。

参 考 文 献

- 1) Bunkamura, 東京新聞：奇想の王国 だまし絵展. http://www.bunkamura.co.jp/museum/lineup/09_damdamas/topics.html
- 2) fonfun. 隠し絵ミステリー リクとヨハン〜消えた2枚の絵〜, 2009.
- 3) Jong-Chul Yoon, In-Kwon Lee, Henry Kang. A Hidden-picture Puzzles Generator, Computer Graphics Forum, Volume 27, Number 7, October 2008, pp. 1869-1877.
- 4) Jie Xu, Craig S. Kaplan. Calligraphic Packing. In Graphics Interface 2007, pp.43-50, 2007.
- 5) 篠原祐樹, 宮下芳明. 不可能立体のレイトレーシング, インタラクシオン 2009 論文集, pp143-144, 2009.
- 6) 篠原祐樹, 宮下芳明. 不可能立体の写実的表現手法の提案, 情報処理学会研究報告 2009-HCI-132, Vol.2009, No.19, pp.95-102, 2009.
- 7) 篠原祐樹. 不可能立体の写実的表現手法の提案, 未踏 IT 人材発掘・育成事業 2008 年度下期 未踏ユース, 2009.
- 8) Igarashi, T., Moscovich, T., Hughes, J.F. As-Rigid-As-Possible Shape Manipulation. ACM Transactions on Computer Graphics, Vol.24, No.3, ACM SIGGRAPH 2005.
- 9) 島田麻実, 荒木修. テクスチャー・マッピング支援の為の格子型画像変形ソフト, インタラクシオン 2003 論文集, pp.83-84, 2003.
- 10) 福本 麻子, 塚田 浩二, 棚沢 順. 古典絵画技法を応用したペイントツールの開発, インタラクシオン 2008 論文集, pp185-186, 2008.
- 11) 杉原厚吉. だまし絵の描き方入門, 誠文堂新光社, pp.100-111, 2008.
- 12) 久保晃一, 宮下芳明. 当たり判定付きアンカーポイントを用いた隠し絵デザイン, インタラクシオン 2010 論文集, 2010.