

CG と音でスケッチブックのお絵描きを拡張する映像ツール

近藤菜々子¹⁾(学生会員) 水野慎士¹⁾(正会員)

1) 愛知工業大学大学院経営情報科学研究科

A Media Tool to Expand Drawing on a Sketchbook with CG and Sound

Nanako Kondo¹⁾ Shinji Mizuno¹⁾

1) Graduate School of Business Administration and Computer Science, Aichi Institute of Technology
{b13718bb, s_mizuno} @ aitech.ac.jp

概要

スケッチブックへのお絵描きは、ペンやクレヨンさえあればいつでもどこでも始められ、特に子供たちにとっては最も身近な芸術制作の一つである。そのため、スケッチブックへお絵描きするような感覚で二次元および三次元のCGを制作できるコンピュータアプリケーションが数多く開発されており、画像処理技術などを用いてお絵描き表現の拡張を試みているものも少なくない。その中で、本論文ではスケッチブックに描かれた絵をビデオカメラで撮影して画像処理を施して、CG生成やサウンド生成を行うことでお絵描きを拡張する映像ツールを提案する。提案ツールを通して見た絵は、動き出したりオブジェクト追加されたり様々なステレオサウンド発生をしており、ユーザは絵に基づく映像とサウンドの変化を楽しみながらスケッチブックのお絵描きを楽しむことができる。

Abstract

Drawing on a sketchbook is easy to start only with color pens or crayons, so it is one of the most popular art works especially for children. Thus a lot of computer applications which enables us to create 2D / 3D computer graphics with drawing operations, and some of them expand drawing expressions using computer graphics and image processing technologies. In this paper, we propose a media tool that can expand drawing on a sketchbook by using image processing on an image of the picture on a sketchbook, and synthesizing computer graphics and sound. The picture on a sketchbook would be deformed, move, be added some objects, or making sound if it is seen through our tool. The user can enjoy drawing on a sketchbook as seeing changes of the picture.

1 はじめに

スケッチブックへのお絵描きは、ペンやクレヨンさえあればいつでもどこでも始められ、特に子供たちにとっては最も身近な芸術制作の一つである。そのためコンピュータでのお絵描きとも言えるCG制作について、スケッチブックへお絵描きするような感覚のインタフェースを取り入れることは、CG制作をより多くの人々にとって扱いやすいものにすると考えられる。そのため、スケッチベースのCG制作アプリケーションがいくつも提案され開発されている。これらは、OS付属のアプリケーションのようにスケッチを簡易的に再現するものだけでなく、デジタル技術を用いてスケッチを発展させたものもある。例えば、二次元スケッチ

を三次元CGに変換するアプリケーション[1]、彫刻や版画と同様な操作感覚で二次元/三次元CGを生成する手法[2]、スケッチをアニメーションで動かすことができるアプリケーション[3]、空中へお絵描きができるアプリケーション[4]、お絵描きした絵を空間に配置できるアプリケーション[5]、作成した3次元モデルなどに自由に着色するアプリケーション[6]など、絵が苦手な人のスケッチを支援するシステム[7]など、CGや画像処理の技術などを用いてお絵描き表現の拡張を試みている例も少なくない。

近年、ICTを活用した学校教育が推進される中で、CGが新しい美術表現方法の一つとして捉えられており、小学校での図画工作の授業でも活用され始めている。しかし、その大部分は二次元CGを用いたもので

あり、三次元 CG 制作の教育的価値に対する期待は非常に大きいものの、適したアプリケーションや教材の不足から活用例は限られている [8]。ここでスケッチベースの三次元 CG 制作アプリケーションは、小学生などの子供向けとして大きな可能性を持っているが、本当の意味のスケッチ感覚で扱うには液晶ペンタブレットや HMD などの機器が必要であり、いつでもどこでも手軽に、とは必ずしも言えない。また、子供たちが自由自在にお絵描きするには、操作領域や画面サイズが不十分である場合がある。

そこで、本論文では主に子供を対象とした新しい三次元 CG アニメーション制作手法を提案して映像ツールを開発する。この映像ツールでは二次元の絵をスケッチ感覚で描くだけで三次元 CG アニメーションを生成するが、このときにインタフェースとして本物のスケッチブックとカラーペンを用いる。すなわち、スケッチブックに描かれた絵をビデオカメラで撮影して画像処理を行い、CG 生成、サウンド生成を施すことで、通常のお絵描きを拡張する映像ツールである [9][10]。本映像ツールではユーザは市販のスケッチブックとカラーペンを用いて自由にお絵描きをするだけである。そしてお絵描き中やお絵描き終了後に映像ツールを通してスケッチブックの絵を眺めると、描いた絵がスケッチブックから盛り上がったような三次元 CG が生成されている。生成される CG にはスケッチブックには描かれていないオブジェクトが追加されたり、ユーザの動作に反応して動き出したりする場合もある。提案映像ツールによって生成される三次元 CG はユーザのお絵描きによって逐次変化するため、ユーザは自分が描いている絵がどのように変化するかを確認しながら、自由にスケッチブックへのお絵描きを楽しむことができる。また、描いたオブジェクトからは様々な音が生成される。そしてユーザがスケッチブックにオブジェクトを描き加えたり、スケッチブックをビデオカメラに近づけたり遠ざけたりすることで、生成されるサウンドが逐次変化する。

二次元スケッチから三次元 CG を生成するという点で、本研究のお絵描き拡張映像ツールの目的は参考文献 [1] の Teddy の他、SmoothSketch[11]、スケッチインタプリタシステム [12] などと類似している。しかし、これらは PC 画面内でペンタブレット等を用いてお絵描きするのに対して、本論文のお絵描き拡張映像ツールでは実物のスケッチブックとペンを用いてお絵描きをするため、普通のスケッチと全く同じ感覚で誰でも三次元 CG を制作することができる。また描画した領域の形状と色を用いて三次元形状を生成するため、描画途中でも領域の形状や色の変化に応じて逐次三次元 CG が生成される。そして絵に触れることで三次元 CG



図 1: お絵描き拡張映像ツールのシステム構成。

を変化させることができるため、スケッチブック上の絵とのインタラクションという従来にはない体験を楽しむこともできる。

実物のスケッチブックを用いるという点では、本研究の映像ツールは参考文献 [13] のスケッチ学習支援システムと類似している。しかし、本論文の映像ツールは子供を対象とした新しい三次元 CG 制作手法を提案するもので目的が大きく異なる。

画像に基づく音楽やサウンドの生成としては、お絵描きに基づいてサウンドを生成する RAKUGACKY[14] や e-gakki[15] の他、画像の特徴量に基づいてメロディーを自動生成する研究 [16] などが報告されているが、本研究のように実物のスケッチブックにお絵描きをしながら、その絵に基づくサウンドを自動生成する例はほとんど報告されていない。

本論文では、提案するお絵描き拡張映像ツールの概要、実現手法などを説明するとともに、映像ツールを試作して実際に子供たち使ってもらった様子とアンケート結果について述べて、提案映像ツールの有効性と今後の課題を示す。

2 お絵描き拡張映像ツールの概要

本論文で提案するお絵描き拡張映像ツールは、通常のお絵描きで使用するスケッチブックとカラーペンに加えて、スケッチブックを撮影するビデオカメラと処理用 PC、スピーカーで構成される。図 1 にシステムの構成を示す。

ユーザはカラーペンでスケッチブック上に自由にお絵描きを行う。現在使用しているカラーペンの色は 7 種類で、事前にそれぞれの色情報が PC に与えられている。スケッチブック上の絵はビデオカメラで撮影しており、その動画像の各フレーム画像に対して色の解析、各色の領域の抽出、各領域の形状特徴量の計算などの処理を逐次行う。

お絵描き拡張映像ツールでは、ビデオカメラの各フレーム画像に基づいて三次元 CG を逐次生成していく。

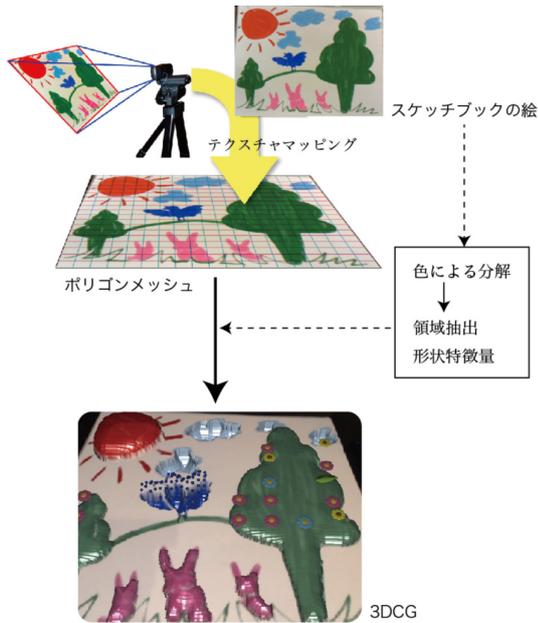
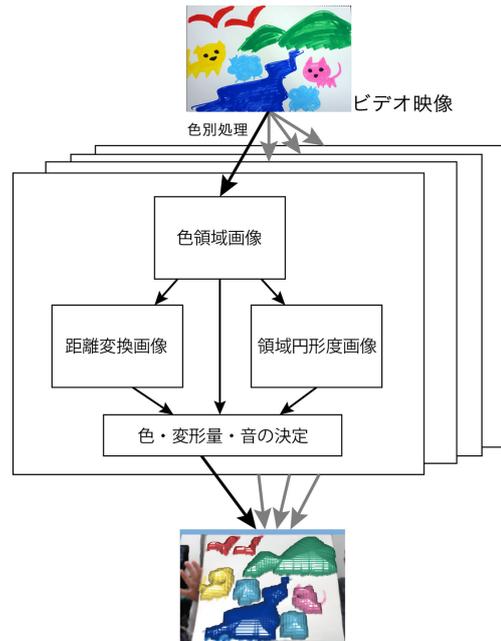


図 2: お絵描き拡張映像ツールによる映像生成の概要。

三次元 CG はポリゴンメッシュで構成された平面をベースとし、平面上の各点はビデオカメラで撮影しているスケッチブック上の各点に対応する。初めに、ビデオカメラで撮影したスケッチブックの絵をポリゴンメッシュ平面にテクスチャとして貼り付ける。また、ビデオカメラの映像を画像処理技術を用いて解析する。そして、ポリゴンメッシュ平面の各領域が、スケッチブックの絵の対応する領域の色や形状特徴量などに応じて異なる方法で変形する。このとき、変形量が周期的に変化したり、変形領域が徐々に移動したりするため、お絵描き拡張映像ツールによって生成される映像は CG アニメーションのように変化する。色によっては、対応するポリゴンメッシュ上の領域に花などの三次元オブジェクトが追加で描画される。図 2 にお絵描き拡張映像ツールによって映像が生成される様子を示す。

また、お絵描き拡張映像ツールでは、ビデオカメラの映像解析結果に基づいて、空間に様々な種類の音源を配置することができる。そして、配置された各音源からサウンドを発生することで、描いた絵全体からステレオサウンドが生成される。

スケッチブックに描かれた絵の解析、および映像とサウンドの生成は、撮影したビデオカメラ映像の各フレーム画像に対して逐次行う。そのため、ユーザはスケッチブックで絵を描きながら、お絵描き拡張映像ツールによって映像やサウンドが逐次生成されたり、描いた絵に応じて変化したりする様子を楽しむことができる。



ポリゴン面変形, 着色→3DCG生成, 音源配置→音の合成

図 3: お絵描き拡張映像ツールの映像解析処理手順。

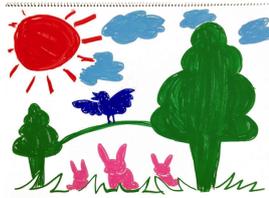
3 実現方法

3.1 映像の解析

図 3 に提案するお絵描き拡張映像ツールの映像解析処理手順を示す。映像ツールのお絵描きで用いるカラーペンは赤色、ピンク色、緑色、青色、水色、黄色、および黒色の 7 種類で、各色の色相、彩度、明度の情報は事前にシステムに与えている。ビデオカメラはスケッチブックをビデオ撮影しており、ユーザがスケッチブック上にカラーペンで絵を描くと、ビデオカメラの各フレーム画像に対して画像処理手法を適用して、三次元 CG 映像の生成と音源配置を行うための処理用中間画像を生成する。

図 4 にスケッチブック上の絵に対する処理過程で生成する中間画像を示す。初めに、ビデオカメラで撮影されたスケッチブック上の絵のビデオの各フレーム画像 (図 4(a)) に対して、色相や彩度に基づいて色別領域抽出を行う。そして、抽出した領域に対して Opening / Closing 処理を施して小領域や穴を削除することで、映像生成ツールで用いる色別の領域画像 (図 4(b)) を生成する。

次に、色別領域画像の各領域について、輪郭検出を行って面積と周囲長を計算して、各領域の円形度に基づく画素値を持つ円形度画像を生成する (図 4(c))。また、各領域に対してユークリッド距離変換を施すことで背景距離変換画像を生成する (図 4(d))。さらに、色別領域画像の各領域の上下長および最下点の座標を求めて、各領域の最下点からの高さの二乗を上下長で割った値を画素値とする底辺距離変換画像を生成する (図



(a) スケッチブックの絵 .



(b) 色別領域画像 .



(c) 円形度画像 .



(d) 背景距離変換画像 .



(e) 底辺距離変換画像 .

図 4: スケッチブック上の絵に対する映像解析処理で生成される CG 生成用中間画像 .

4(e) . 二種類の距離変換画像は、生成する CG 映像のためのポリゴンメッシュ基本変形量の決定に用いる .

なお、ツールを使用する場所の照明条件によっては、事前にシステムに与えた色情報ではスケッチブック上の絵の各色を正しく識別できないことがある . その場合、ビデオカメラ映像画面をマウスクリックすることにより、領域として抽出したい色に関する情報を取得して、色別領域抽出に用いる色相や彩度の範囲を対話的に変更することができる . これにより、抽出精度を向上させるだけでなく、事前に登録されていない色領域を抽出することも可能である .

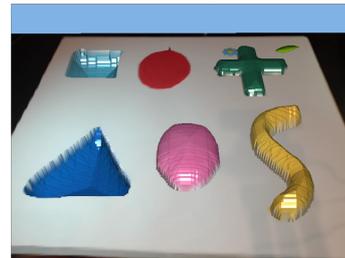
3.2 三次元 CG の生成

3.2.1 ポリゴンメッシュ平面の変形

スケッチブックの絵の三次元化には様々な方法が考えられる . 提案映像ツールではスケッチブックを拡張するという観点から、文献 [1] で用いる手法のように領域の形状が確定した後で個別の三次元立体を生成するのではなく、スケッチブックを模したポリゴンメッシュ平面を変形することで三次元形状を生成する手法を用いる . 提案映像ツールでは、ユーザがカラーペンでお絵描きをしながら逐次三次元 CG が生成されていく . そのため、ユーザはスケッチブックに色を塗るだけでな



(a) スケッチブックの各色の図形 .



(b) 各色図形に対するポリゴンメッシュの変形例 .

図 5: 色によるポリゴンメッシュの変形方法の違い .

く、スケッチブックを盛り上げたり、逆に掘り下げたりすることができるカラーペンを使ってお絵描きするような感覚となり、スケッチブックの絵を立体化したような三次元 CG が生成されていく .

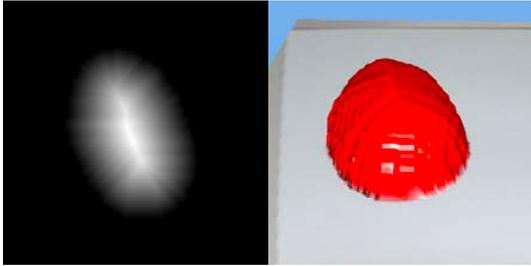
描画中にビデオカメラで撮影されたスケッチブックの絵は、三次元 CG 空間中の xy 平面上に配置したポリゴンメッシュ平面上にテクスチャとして貼り付けられる . そのままの状態であれば、スケッチブックに描かれた絵と変わらない . そこで、前節の手順で得られた各領域に基づく距離変換画像と円形度画像を用いて、各領域に対応するポリゴンメッシュの各頂点の z 方向に移動することでポリゴンメッシュを変形して三次元 CG を生成する . このとき、色によって変形方法や追加オブジェクトの有無が異なる . 図 5 に色による変形方法の違いの例を示す .

ポリゴンメッシュ面の変形量は主に二種類の距離変換画像によって決定する . 背景距離変換画像を用いた場合には、ポリゴンメッシュ各頂点の時刻 t における z 座標は式 (1) に示すように距離値の対数に基づいている .

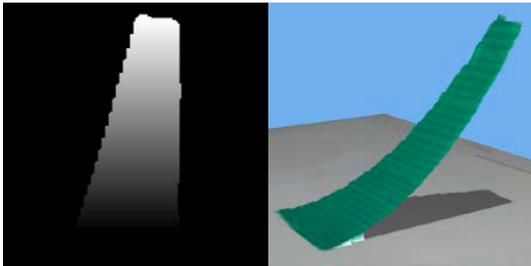
$$z = a \cdot \cos(p/c \cdot t) \cdot \log(d_1), \quad (1)$$

a : 色別変形量パラメータ,
 p : 色別変形周期パラメータ,
 c : 所属する領域の円形度,
 d_1 : 背景距離値.

図 6(a) に背景距離変換画像に基づくポリゴンメッシュ変形例を示す . 大きく太く描いた領域ほど大きく、領域の中央部分から曲面的に変形する . なお、各領域の実際の変形量や変形方向は、その領域の色や円形度に



(a) 背景距離変換画像に基づくポリゴンメッシュ変形例。



(b) 底辺距離変換画像に基づくポリゴンメッシュ変形例。

図 6: 二種類の距離変換画像によるポリゴンメッシュ変形例。

よって基本変形量から変化させている。

底辺距離変換画像を用いた場合には、ポリゴンメッシュ各頂点の z 座標は式 (2) に示すように距離値の二乗に基づいている。

$$z = b \cdot d_2^2, \quad (2)$$

b : 変形量制御用パラメータ,
 d_2 : 底辺距離値.

図 6(b) に底辺距離変換画像に基づくポリゴンメッシュ変形例を示す。先端に行くほど立ち上がり、まるで飛び出す絵本のような変形結果を得ることができる。

領域の色によっては変形量を周期的に変化させることで、ポリゴンメッシュ上の対応領域が脈動を打つように変形を繰り返す。このとき、円形度に基づいて周期を決定することで、複雑な形状を持つ領域ほど活発に脈動を打つように変形させることができる。

生成された三次元 CG は任意の視点から眺めることが可能であり、ユーザが対話的に視点変更を行うことができる。

3.2.2 オブジェクトの追加とテクスチャの変更

ポリゴンメッシュの変形に加えて、領域の色によっては追加のオブジェクトを描画する。図 5 の例では、青色の領域はポリゴンメッシュの変形に加えて多数のコーン形状を配置している。また緑の領域ではポリゴンメッシュの変形に加えて花や葉の三次元オブジェクトを追加で描画するため、例えばスケッチブックに緑色のカラーペンで木を描いた場合には、お絵描き拡張映像ツ

ルでは三次元 CG の緑色の木に、花が咲いていたり果物が実っていたりするような映像となる。

ポリゴンメッシュに貼り付けるテクスチャは、ビデオカメラで取得したビデオ映像をそのまま用いるだけでなく、各色の抽出領域だけビデオ映像を貼り付けて、それ以外の背景領域は別の映像を貼り付けることも可能である。これにより、例えばスケッチブックには魚の絵と水草だけを描き、背景画像として水色の泡がちりばめられた画像を貼り付けることで、水槽の中の魚と水草のような三次元 CG 映像を生成することも可能である。

3.2.3 オブジェクトの移動

生成された三次元 CG では、各色の領域のポリゴンメッシュ変形量を周期的に変化させて脈動のように動作させるだけでなく、事前に設定した特定の色の領域を画面中で平行移動させることも可能である。これは、移動対象の色に関する色別領域画像を平行移動させることで実現している。色別領域画像が平行移動することにより、距離変換画像と円形度画像も平行移動して、その結果としてポリゴンメッシュ変形領域も平行移動することになる。

平行移動量と移動方向はビデオカメラで検出された画像中のオプティカルフローの平均に基づいて決定する。画像中のオプティカルフローの平均の絶対値がしきい値を超えた場合には、オプティカルフローの平均に基づいて色別領域画像の平行移動速度を決定して、色別領域画像を逐次平行移動させる。これにより、スケッチブック上に手をかざして、動かしたい方向に手を振ることで、特定の色で描いた物体だけを三次元 CG 中で移動させることが可能である。

3.3 サウンドの生成

お絵描き拡張映像ツールでは、三次元 CG の生成に加えてサウンドを生成することができる。サウンドの生成は文献 [14] の手法を応用して、ビデオカメラの映像の解析で生成された色別領域画像に基づいて空間に音源を配置することで実現する。

提案映像ツールではあらかじめカラーペンの各色に対する音源の種類を決めており、それぞれのサウンドファイルを用意している。そして色別領域画像が生成されると、図 7 に示すように、各色各領域に対応した音源を各領域の中心座標に基づいて仮想空間上に配置していく。このとき、音源のピッチ（音程とスピード）を各領域の面積に比例して変化させる。配置された各音源はそれぞれの場所でサウンドファイルを再生する。

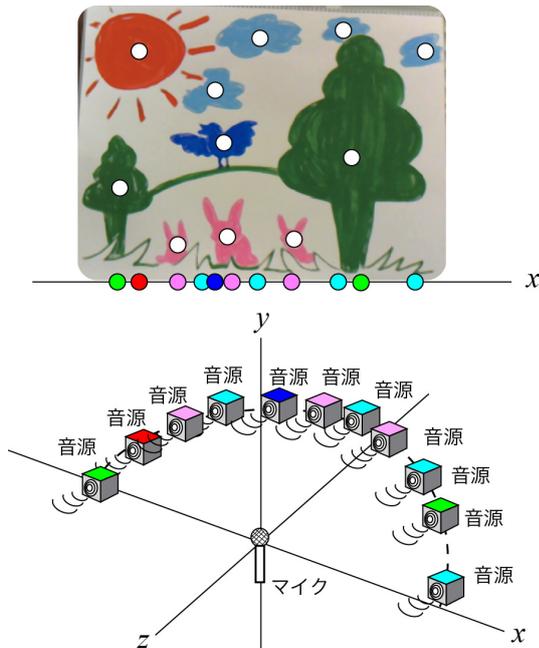


図 7: スケッチブックの絵に基づく音源の配置 .

そして、各音源から仮想空間原点に到達する音量を左右別に計算して合成することにより、描かれた絵に基づくステレオサウンドを生成する。これらの処理はビデオカメラの各フレームに対して行われるため、ユーザが絵を描くたびに生成されるサウンドは逐次変化する。

4 実験

4.1 ツールの実装

本論文で提案したお絵描き拡張映像ツールを PC 上に実装して実験を行った。使用した PC は Mac Book Air (Mac OSX 10.7.4, 2GHz Core i7, 8GB メモリ) で、C++ を用いて開発した。なお、画像の解析のために OpenCV ライブラリ、三次元 CG 映像生成のために OpenGL ライブラリ、サウンドの生成に OpenAL ライブラリを使用している。

ビデオカメラの映像は 640 × 480 (ピクセル) で入力しており、スケッチブック上の絵を貼り付けるためのポリゴンメッシュ面は 180000 個 (300 × 300 × 2) の三角形パッチで構成している。生成される映像は約 10 (フレーム/秒) であった。

4.2 映像生成実験

スケッチブック上にカラーペンで絵を描いて、お絵描き拡張映像ツールに適用させて映像を生成する実験を行った。カラーペンの色別の变形方法や追加オブジェクトの設定は以下の通りである。なお、緑色領域は背

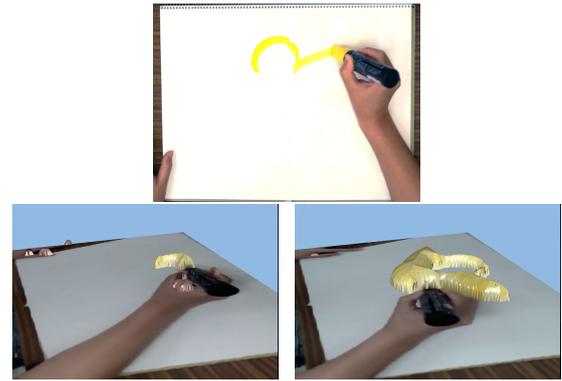


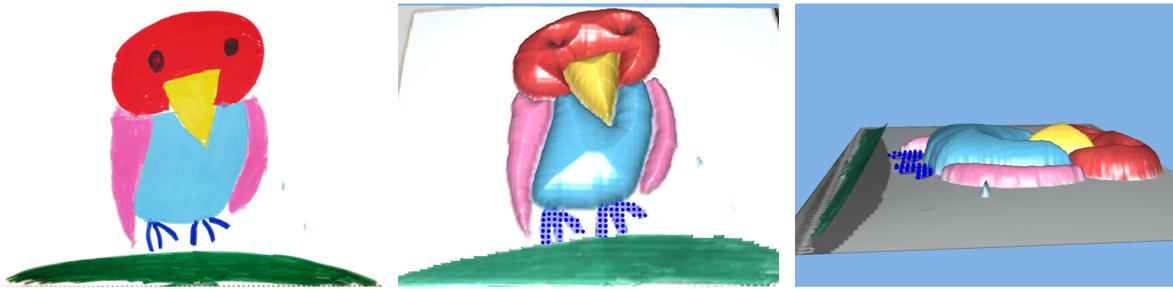
図 8: お絵描きで三次元 CG が逐次生成される様子 .

景距離変換画像と底辺距離変換画像を切り替えてポリゴンメッシュ変形を行い、それ以外の色の領域は背景距離変換画像を用いてポリゴンメッシュ変形を行っている。

- 赤色：盛り上げ (大), 周期的に変形量変化 .
- ピンク色：盛り上げ (小), 周期的に変形量変化, 画面移動 .
- 青色：掘り下げ (中), コーンオブジェクトを追加 .
- 緑色：盛り上げ (中), 追加オブジェクト (花)
 - 底辺距離変換画像に基づく変形も可能 .
- 水色：掘り下げ (小) .
- 黄：盛り上げ (中) .
- 黒：変形せず .
- その他：背景 .

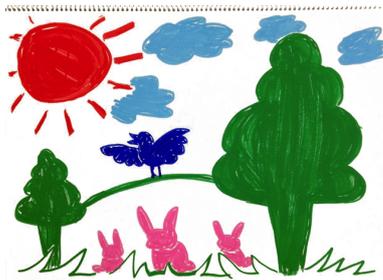
図 8 に示すように、提案映像ツールではお絵描きを行いながら逐次リアルタイムで三次元 CG が生成され、まるでスケッチブックを盛り上げたり掘り下げたりするようなペンで描いている感覚となることが確認できた。また、図 9 縹彌 reffig:ex4 にスケッチブック上の絵と、その絵にお絵描き拡張映像ツールに適用して生成された映像を示す。図 9 では、スケッチブックに赤やピンクのペンで描いた太陽や動物について、本ツールで生成された映像では膨らんでいるのが確認できる。そして実際には周期的に脈動している。また、青色や緑色のペンで描いた鳥や木に対して、生成された映像ではコーン上の物体や花が追加されているのが確認できる。本ツールで生成された映像は三次元 CG のため、図 10 に示すように視点を移動させることで様々な方向から変形の様子を確認することもできる。また、図 11 では底辺距離変換画像を用いたポリゴンメッシュ変形も利用しており、本ツールによってスケッチブックに描いた絵から飛び出す絵本のような映像が生成される。

図 12 ではテクスチャ変更とオブジェクトの移動を行っている。スケッチブックにはピンク色の魚と緑色の水草が描かれている (図 12(a))。そして提案映像ツ



(a) スケッチブックの絵 . (b) 生成された三次元 CG . (c) 別視点から見た三次元 CG 映像 .

図 10: 映像ツールによる三次元 CG 生成例 (2) .

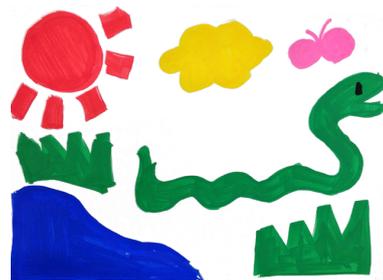


(a) スケッチブックの絵 .



(b) 生成された三次元 CG .

図 9: 映像ツールによる三次元 CG 生成例 (1) .



(a) スケッチブックの絵 .



(b) 生成された三次元 CG .

図 11: 映像ツールによる三次元 CG 生成例 (3) .

ルで生成された映像では、背景部分に水中をイメージしたテクスチャを貼り付けている (図 12(b)) . そして、ユーザがスケッチブック上で手を動かすことで、映像ツールでは手の動きを検出して、ピンク色で描いた魚だけが検出した動作の方向に脈動しながら泳ぐように移動していく映像が生成された (図 12(c)) .

図 13 の例では、映像と同時にサウンドも生成している . 緑色の領域は虫の音、青色はせせらぎ音、黄色は犬の鳴き声などである . スケッチブックにお絵描きすることで、それぞれのオブジェクトからサウンドが発生して、徐々に各オブジェクトのサウンドが合成されて絵全体からステレオサウンドが生成されていくことを確認した . また、ビデオカメラの前で絵を動かしたり、絵に描かれたオブジェクトを手で隠したりすることで、音源のピッチが変更されてサウンドがリアルタイムで変化した .

お絵描き拡張映像ツールでの三次元形状生成法は、各色領域の距離変換画像に基づいており、ビデオカメラで撮影されたスケッチブックの画像から距離変換画像を逐次計算しながら立体形状を生成していく . そのため、カラーペンでスケッチブックに絵を描くことだけでなく、図 14 に示すようにスケッチブックに手をかざして絵の一部を隠した場合でも、距離変換画像が変化して生成される立体形状も変化する . 生成される映像中で立体形状は手で押しつぶされたように変形する .

4.3 小学校での実験とアンケート調査

提案したお絵描き拡張映像ツールを、愛知県小牧市立篠岡小学校の授業の中で小学 1 年生 115 人 (男子 62 人、女子 53 人)、小学 4 年生 58 人 (男子 29 人、女子 29 人) に対して、3 回に分けて実際に使用してもらった実験を行い、その制作の様子を観察した . 図 15 に実験の様子を示す .

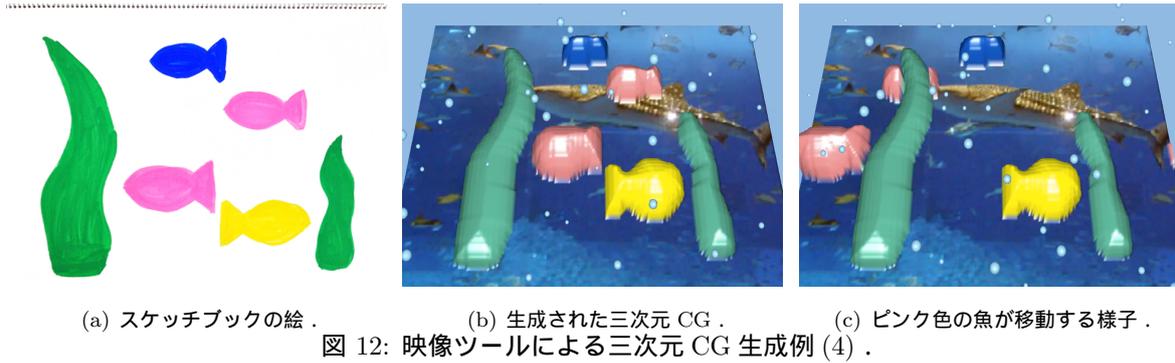


図 13: 映像ツールによる三次元 CG とサウンド生成例 .

初めに、映像ツールの説明をせずにクレヨンを使用して画用紙に好きな物の一つだけ描いてもらった。そして、それぞれの絵を本ツールを用いて三次元 CG に変換して見てもらった。子供たちは自分の描いた絵が立体的に変形されることに驚きの声をあげるとともに非常に喜んだ。そして、色によって生成される CG が変わることや、丁寧に色塗りをすることできれいな立体形状が生成されることがわかると、自分の描いた絵に様々な色でオブジェクトを描き加えたり、色をしっかりと塗り直したりなど、夢中になって描き直しを始めた。特に絵が膨らんで動くこと、緑色の領域が飛び出す絵本のようなことになること、スケッチブックを触ることで生成 CG を変形できること、描いていない追加のオブジェクトが生成されることなどに大きな興味を持っているようであった。

実験後に子供たちに対してアンケートを実施した。アンケート内容とそれに対する回答を以下に示す。

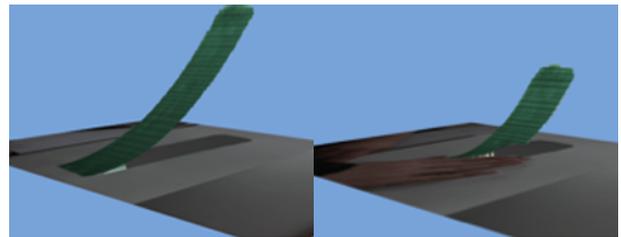
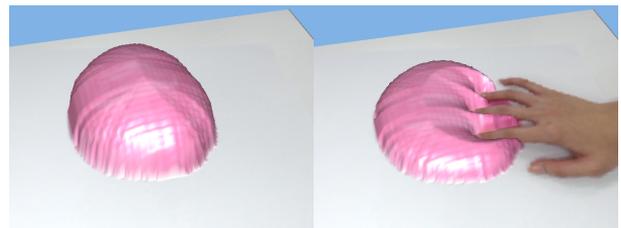


図 14: 手による三次元 CG の対話的変形 .

問 1 普通のお絵描きは好きですか？

- はい：144 人
- 普通：18 人
- いいえ：11 人

問 2 映像ツールを使ったお絵描きは好きですか？

- はい：151 人
- 普通：19 人
- いいえ：3 人

問 3 普通のお絵描きと映像ツールのお絵描きはどちらが楽しかったですか？

- 普通のお絵描き：10 人
- どちらも同じくらい楽しい：38 人
- 映像ツールを使ったお絵描き：125 人

アンケートの結果では、お絵描き拡張映像ツールは小学校 1 年生、4 年生共に非常に好評であった。お絵描きが好きでも嫌いでもない 18 名の子供のうち 14 名は映像ツールでのお絵描きが好きと答えた。また、お



(a) 小学校での授業の様子。



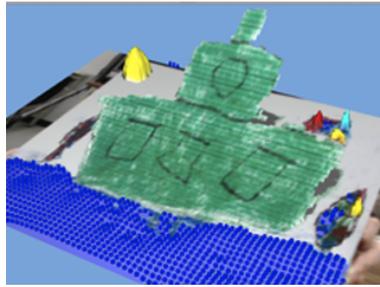
(c) 小学1年生のスケッチブックの絵(1)。



(e) 小学1年生のスケッチブックの絵(2)。



(b) 映像ツールを体験する子供たち。



(d) 生成された三次元CG(1)。



(f) 生成された三次元CG(2)。

図 15: 小学校でのお絵描き拡張映像ツールを用いた授業の様子と生徒たちによる作品例。

絵描きが嫌いな11名の子供も映像ツールを使ったお絵描きには興味を持ち、そのうちの5名は映像ツールでのお絵描きが好きと答えた。一方、普通のお絵描きが好きだが映像ツールを使用したお絵描きが好きではないと答えた子供は144名中2名だけであった。以上のことから、本論文で提案したお絵描き拡張映像ツールは大部分の子供たちが楽しむことができ、お絵描きに対する興味もより大きくすることができることを確認した。

アンケートの自由回答では、自分の絵が膨らんだり、立ち上がったりして動くことや手で触ったような感じでCGが変形することが特に楽しかったようである。1回目の実験では機材の関係でサウンド生成は行わなかったが、アンケートでは音が鳴るともっと楽しいという意見が5名から得られた。また、2回目および3回目の実験ではサウンド生成も行い、色によって様々な音が鳴るととても楽しいという好意的な意見が多く得られた。他には、絵で描いた物が本物になって飛び出してきて欲しいという意見が複数あった。提案映像ツールは三次元CGを生成するため立体視への対応は容易であり、子供たちの要望にもう少し近づくことができると思われる。

なお、今回実験に協力して頂いた小学校教諭からは、このようなツールで子供たちが喜ばないはずがないという非常に好意的な意見を頂いた。

5 まとめ

本論文では、多くの人たちが慣れ親しんでいるお絵描きを拡張する映像ツールを提案した。普通のお絵描きと同じように、普通のスケッチブックに普通のカラーペンで自由に絵を描き、その絵をお絵描き拡張映像ツールに通すことで、スケッチブックの絵に基づいた三次元CG映像が生成される。そして描いた絵を変形させたり動かしたりした映像を生成することもできる。また、描いたオブジェクトに基づいてステレオサウンドも生成される。提案映像ツールを子供たちに使用してもらった実験では、子供たちのお絵描きに対する創造意欲を大きく向上させる可能性も確認できた。

今後の課題としては、形状特徴に応じたより多彩な変形や移動、スマートフォンアプリへの対応などの実現が挙げられる。また、触覚などへの対応、立体形状に対するお絵描きなど、様々な手法によるお絵描きの拡張方法の提案を行っていくつもりである。そして、提案映像ツールを学校や児童館など子供たちが多く集まる場所で使用してもらうことで、本映像ツールによる子供たちの芸術創造意欲の向上に関するより詳細な検証を行うつもりである。

なお、本研究の一部は科研費基盤研究(C)(23500139)、基盤研究(B)(25280131)による。

参考文献

- [1] T. Igarashi, S. Matsuoka, H. Tanaka, Teddy: A Sketching Interface for 3D Freeform Design, proc. of ACM SIGGRAPH'99, pp. 409–416, 1999.
- [2] S. Mizuno, M. Okada, J. Toriwaki, An Interactive Designing System with Virtual Sculpting and Virtual Woodcut Printing, Computer Graphics Forum - J. of the European Association for Computer Graphics, Vol. 18, No. 3, pp. 183–193, p. 409, 1999.
- [3] T. Igarashi, T. Moscovich, J. F. Hughes, Spatial Keyframing for Performance-driven Animation, proc. of ACM SIGGRAPH / Eurographics Symposium on Computer Animation, 2005, pp. 107–115, 2005.
- [4] 石川大, 采原克美, 富澤功, 「フローティングインターフェース」の開発, PIONEER R&D, Vol. 16, No. 2, pp. 50–61, 2006.
- [5] 鈴木昭弘, 和嶋雅幸, 2D ペイントと Wii リモコンによる直感的 3D お絵かきシステムの開発と研究, 情報システム学会第 4 回全国大会・研究発表大会, D1-1, 2008.
- [6] Y. Takami, M. Otsuki, A. Kimura, F. Shibata, H. Tamura, Daichi's artworking: enjoyable painting and handcrafting with new ToolDevices, SIGGRAPH ASIA 2009, Emerging Technologies, pp. 64–65, 2009.
- [7] Y. J. Lee, C. L. Zitnick, M. F. Cohen, Shadow-Draw: Real-Time User Guidance for Freehand Drawing, proc. of ACM SIGGRAPH 2011, pp. 27:1–9, 2011.
- [8] 上山浩, 表現活動としての 3D アニメーション制作の教材化 II 軒驤 美術教育としての 3DCG 制作指導成立の与件 軒驤, 美術家教育学会誌, No. 27, pp. 43–53, 2008.
- [9] 近藤菜々子, 水野慎士, スケッチブックでのお絵描きを拡張する映像ツールの提案とその実現方法, 情報処理学会研究報告, Vol. 2012-DCC2, No. 20, 2012.
- [10] 近藤菜々子, 水野慎士, ”スケッチブックでのお絵描きを拡張する映像ツールの提案”, NICOGRAPH 2012 論文集, pp. 123–129, 2012.
- [11] O. A. Karpenko, J. F. Hughes, SmoothSketch: 3D free-form shapes from complex sketches, proc. of ACM SIGGRAPH 2006, pp. 589–598, 2006.
- [12] 松田浩一, 鈴木俊博, 静春樹, 近藤邦雄, スケッチインタプリタシステム:手描き陰影による 3 次元形状制御法, 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 11, pp. 2547–2555, 2003.
- [13] 稲留太郎, 曾我真人, 瀧寛和, 拡張現実感の利用と段階的な描画誘導を考慮したスケッチ学習支援環境の構築, 情報処理学会インタラクショナル 2012 論文集, pp. 741–746, 2012.
- [14] 後藤沙織, 水野慎士, らくがっきー: 絵と音を融合したデジタルコンテンツの提案, 情報処理学会研究報告, Vol. 2013-EC-27, No. 25, 2013.
- [15] 葛西信也, 後藤幸功, 村山優子, e-gakki: 描画情報を音に変換するシステム, 情報処理学会全国大会講演論文集, pp. 4493–4494, 2007.
- [16] 若林努, 小林孝浩, 平林 真実, ”画像の特徴を用いたメロディ自動生成システムの提案”, 情報処理学会インタラクショナル 2011 論文集, pp. 415–418, 2011.

近藤 菜々子



平成 2 年生・平成 25 年愛知工業大学情報科学部メディア情報専攻卒。現在、愛知工業大学大学院在学。DICOMO2013 優秀論文賞・野口賞受賞。コンピュータグラフィックスに関する研究に従事。

水野 慎士



平成 5 年名古屋大学工学部情報工学科卒業, 平成 7 年同大学大学院博士前期課程修了, 平成 10 年同大学大学院博士後期課程修了。博士(工学)。平成 11 年豊橋技術科学大学情報処理センター助手, 平成 21 年愛知工業大学情報科学部講師を経て, 平成 22 年同准教授, 現在に至る。コンピュータグラフィックスや画像処理に関する研究やそれらを応用したデジタルコンテンツの開発に従事。画像電子学会奨励賞, インタラクショナル 2005 プログラム委員特別賞, DICOMO2012 優秀論文賞・野口賞受賞。情報処理学会, 画像電子学会, 芸術科学会, 日本バーチャルリアリティ学会各会員。