

CG と音でお絵描きを拡張する不思議なスケッチブック

近藤 菜々子¹ 水野 慎士¹

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．しかし，これらのアプリケーションをスケッチ感覚で扱うには液晶ペンタブレットなどの機器が必要であり，子供たちが自由自在にお絵描きするには画面サイズが不十分である場合も存在する．そこで，本論文ではスケッチブックに描かれた絵をカメラで撮影して画像処理や CG 生成やサウンド生成を施すことでお絵描きを拡張する映像ツールを提案する．ユーザは普通のスケッチブックに普通のカラーペンで自由にお絵描きするだけである．そして，お絵描き中やお絵描き後に Web カメラを通して絵を眺めると，絵が立体的に変形して動き出し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へお絵描きすることができる．本論文では，お絵描き拡張映像ツールの概要と実現方法を述べるとともに，子供らを対象としたお絵描き実験について報告する．

Amazing Sketchbook to Expand Drawing on a Sketchbook with CG and Sound

NANAKO KONDO¹ SHINJI MIZUNO¹

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．そしてスケッチブックへお絵描きするような感覚の CG 制作インタフェースは，初心者でも扱い易いものとなるため，関連する数多くのコンピュータアプリケーションが提案，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．Igarashi らは，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”Teddy”を開発した [1]．Mizuno らは，彫刻や版画と同様な操作感覚で二次元/三次元 CG を生成する手法を開発した [2]．また，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，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ものも少なくない．さらに，画像処理技術や拡張現実感を用いて，スケッチ等のお絵描きをアシストするシステムも提案されている [7][8][9]．

三次元 CG 等の作成にスケッチベースのユーザインタフェースを採用することは，CG 作成をより多くの人々に対してより身近にするために非常に有効な手段である．ただし，前述したようなアプリケーションを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，本論文ではスケッチブックに描かれた絵を Web 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を提案する．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提案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 [10][11]．生成され

¹ 愛知工業大学 大学院 経営情報科学研究科
Graduate School of Business Administration
and Computer Science, Aichi Institute of Technology



図 1 お絵描き拡張ツールのシステム構成

る CG は自分では描い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。お絵描き拡張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 [12]。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 Web 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。

本論文で提案する映像ツールは、実際のスケッチブックを用いたお絵描きで三次元 CG やサウンドを生成するという、従来研究にはない特徴を持つ。そのため、普通のお絵描きと全く同じ感覚で誰でも扱うことができるため、例えば初等教育の図画工作の授業などで活用することで、お絵描きの創造性を拡張して、お絵描きに対する小学生のモチベーションを向上させることが期待できる。また、子供からお年寄りまで一般の人が気軽に三次元 CG 制作を楽しむことができるツールとして活用することも考えられる。そして、二次元形状から様々な形状を持つ三次元 CG が生成され、さらに CG に対するインタラクションも可能であるため、実物とデジタルの要素を合わせ持つ新しいデジタル絵本の実現も考えられる。

以下、本論文では提案するお絵描き拡張映像ツールの概要、実現のための画像処理手法と三次元 CG 生成手法、サウンド生成手法、および PC 上への提案手法の実装と映像ツールの試作について述べる。そして、提案映像ツールについて特に初等教育での活用を評価するため、主に小学生を対象とした実験を行うことで、お絵描き拡張映像ツールの有効性と今後の課題について考察する。

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 Web カメラと処理用 PC、ス

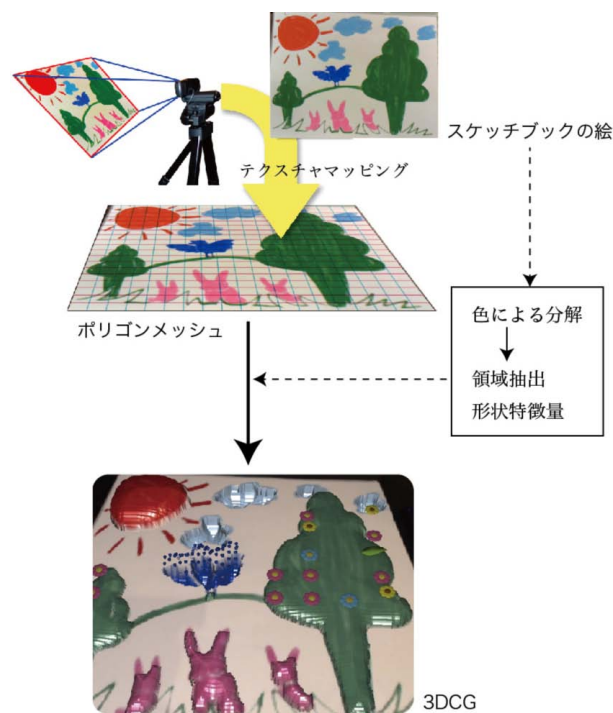


図 2 お絵描き拡張ツールによる映像生成の概要。

ピーカーで構成される。図 1 に提案ツールの構成を示す。

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 Web カメラで撮影されており、その動画像は PC に送られて、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が逐次行われる。

お絵描き拡張映像ツールでは、Web 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。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 Web 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。始めに、Web カメラで撮影したスケッチブックの絵がポリゴンメッシュ平面にテクスチャとして貼り付けられる。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。また、色によっては対応する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 CG 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、Web 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。

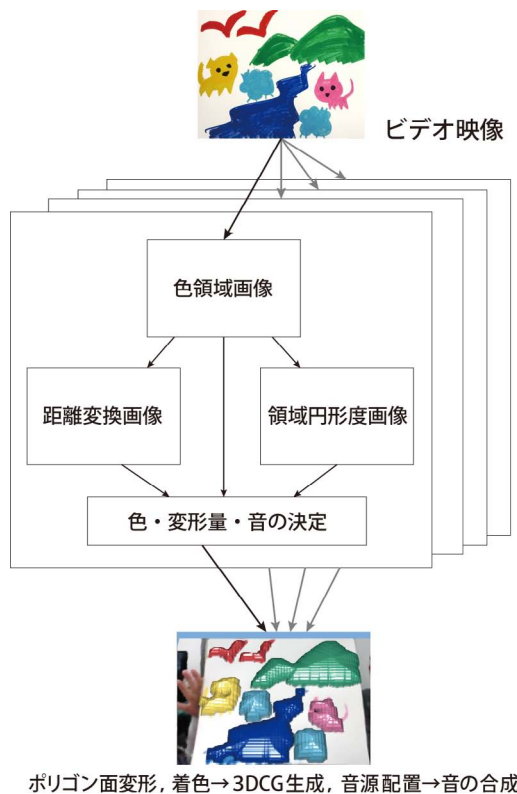


図 3 お絵描き拡張ツールの映像解析処理手順.

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, Web カメラで撮影したビデオの各フレーム画像に対して逐次行われる. 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 CG 映像やサウンドが生成されたり変化したりする様子を楽しむことができる.

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. 提案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 (H), 彩度 (S), 明度 (V) の情報は事前にシステムに与えられている. Web 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, Web 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が生成される.

図 4 にスケッチブック上の絵に対する処理過程で生成される中間画像を示す. 始めに, Web カメラで撮影されたスケッチブック上の絵 (図 4(a)) のビデオの各フレーム画像に対して, 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, 映像ツールで用いる色別の領域画像 (図 4(b)) が生成される. 次に, 生成した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

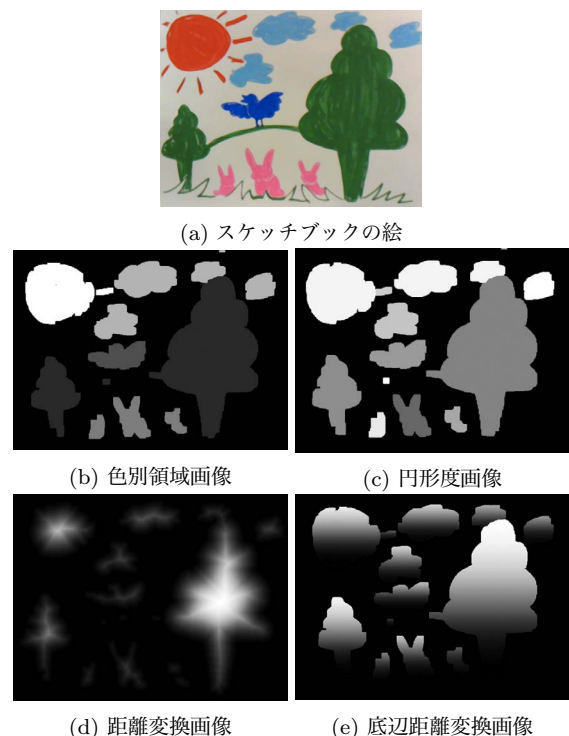


図 4 スケッチブック上の絵に対する映像解析処理で生成される CG 生成用中間画像.

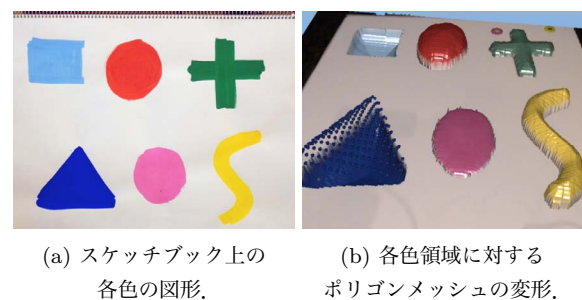


図 5 色によるポリゴンメッシュの変形方法の違い.

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 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られる.

3.2 三次元 CG の生成

3.2.1 ポリゴンメッシュ平面に基づく変形

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させることで三次元形状を生成する手法を用いる. すなわち, お

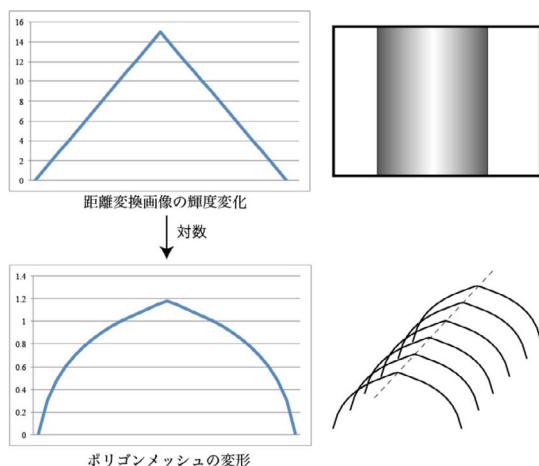


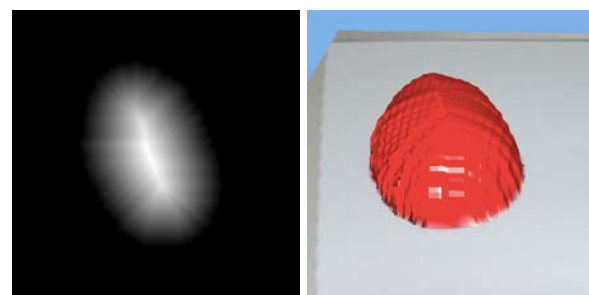
図 6 距離変換画像からポリゴンメッシュ変形量の決定方法.

絵描き拡張映像ツールではカラーペンでお絵描きをしている最中に逐次三次元 CG が生成されていく。そして、制作中はスケッチブックに色を塗るだけでなく、スケッチブックを盛り上げたり、逆に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。

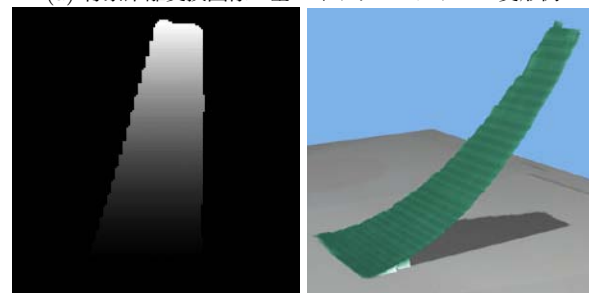
描画中に Web カメラで撮影されたスケッチブックの絵は、三次元 CG 空間中の xy 平面上に配置されたポリゴンメッシュ平面上にテクスチャとして貼り付けられる。そのままの状態であれば、スケッチブックに描かれた絵と変わらない。そこで、前節の手順で得られた各領域に基づく距離変換画像と円形度画像を用いて、各領域に対応するポリゴンメッシュの各頂点の z 座標を変化させることでポリゴンメッシュを変形させて三次元 CG を生成する。このとき、色によって変形方法や追加オブジェクトの有無が異なる。図 5 に色による変形方法の違いの例を示す。

ポリゴンメッシュ面の変形量は主に 3.1 節で説明した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基本変形量は距離値の対数に基づいており、図 6 に示すように領域の中央部分から曲面的に変形する。そして、大きく太く描いた領域ほど大きく変形する。図 7(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。また、底辺距離変換画像を用いた場合には、ポリゴンメッシュの変形量は距離値に比例しており、飛び出す絵本のような効果が得られる。図 7(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。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よって基本変形量から変化させている。

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。



(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 7 二種類の距離変換画像によるポリゴンメッシュ変形例.

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、青色の領域は多数のコーン形状が配置されている。また緑の領域では花や葉の三次元オブジェクトが追加で描画されるため、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ールでは三次元 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、Web 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、特定の色の領域を画面中で自由に移動させることも可能である。これは、動かしたい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 Web 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

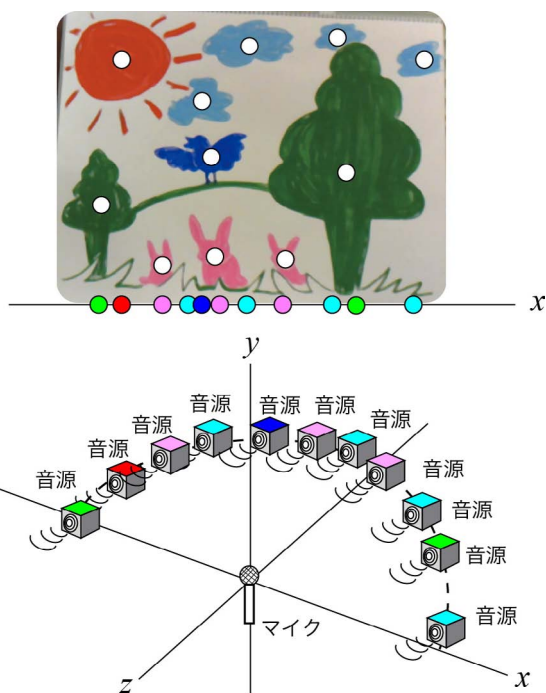


図 8 スケッチブックの絵に基づく音源の配置.

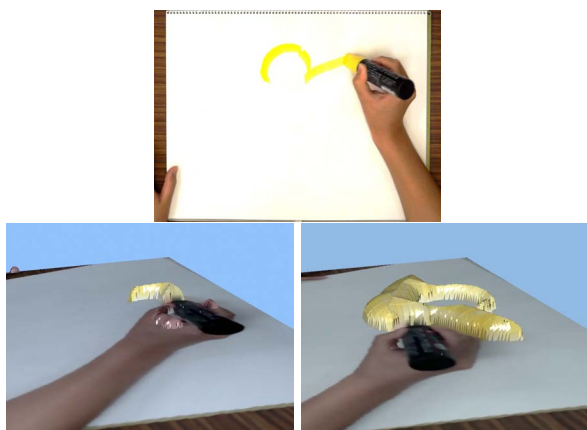


図 9 お絵描きで三次元 CG が逐次生成される様子.

中のオブ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、その値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から動かした方向に振ることで、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 [12] の手法を応用して、Web 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が決定されており、それぞれのサウンドファイルが用意されている。そして色別領域画像が生成される



(a) スケッチブックの絵. (b) 生成された三次元 CG 映像.

図 10 お絵描き拡張ツールによる三次元 CG 生成例 (1).

と、図 8 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して、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 Web 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 ライブラリを使用しており、三次元 CG 映像生成のために OpenGL ライブラリを使用している。

Web 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 ($300 \times 300 \times 2$) の三角形パッチで構成している。提案ツールでは、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 (図 9)。生成される映像は約 10 (フレーム/秒) であった。

4.2 三次元 CG 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変形や追加オブジェクトの設定は以下の通りである。なお、緑色領域は背景距離変換画像と底面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, 画面中移動。
- 青色：掘り下げ (中), コーンのオブジェクトを追加。

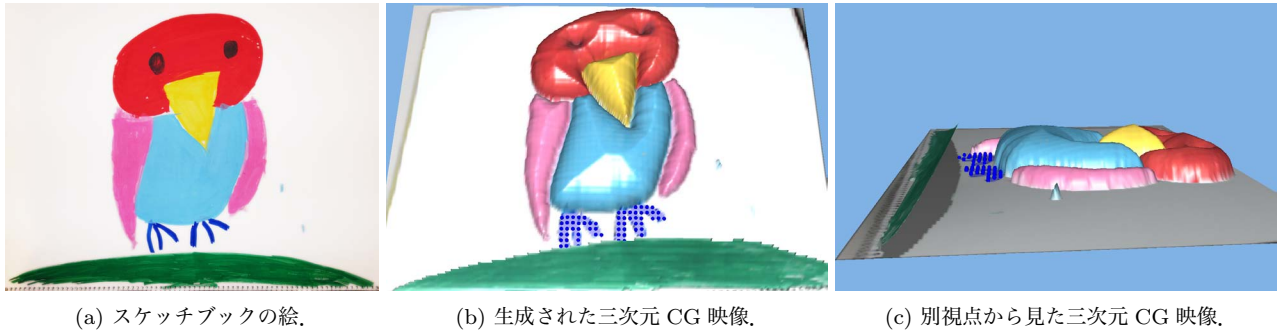


図 11 お絵描き拡張ツールによる三次元 CG 生成例 (2).

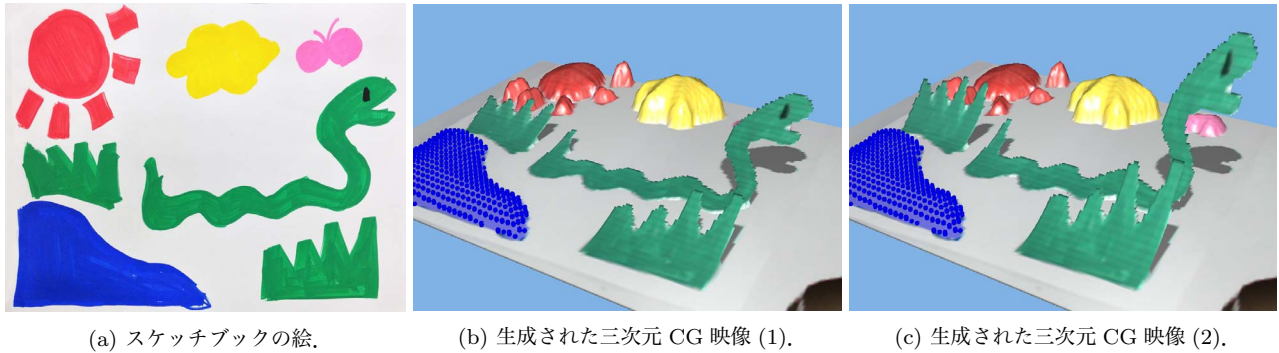


図 12 お絵描き拡張ツールによる三次元 CG 生成例 (3).

- 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可能.
- 水色：掘り下げ (小).
- 黄色：盛り上げ (中).
- 黒色：変形せず.
- その他：背景.

図 10～13 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 10 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が、映像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が、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。お絵描き拡張映像ツールで生成された映像は三次元 CG のため、図 11 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 12 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、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 13 にテクスチャ変更とオブジェクトの移動の例を示す。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 13(a))。そして提案映像ツー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 13(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動作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 13(c))。

図 14 の例では、映像と同時にサウンドも生成されている。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、Web 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、各色の領域の距離変換画像に基づいており、Web 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、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リアルタイムで変化する。このとき、手の部分は各色領域に対して背景となるため、生成された立体形状オブジェクトを手で凹ませたり (図 15(a))、立ち上がったオブジェクトを押し倒したり (図 15(b)) するように変形する。このように、本研究の映像ツールでは実物の絵とのインタラクションが可能である。

4.3 子供たちによる制作実験と考察

提案したお絵描き拡張映像ツールの初等教育での活用を考えて、システムを評価するために小学生を対象とした実験を行った。そこで、愛知県小牧市立篠岡小学校の授業の中で小学 1 年生 55 人 (男子 29 人、女子 26 人) に実際に

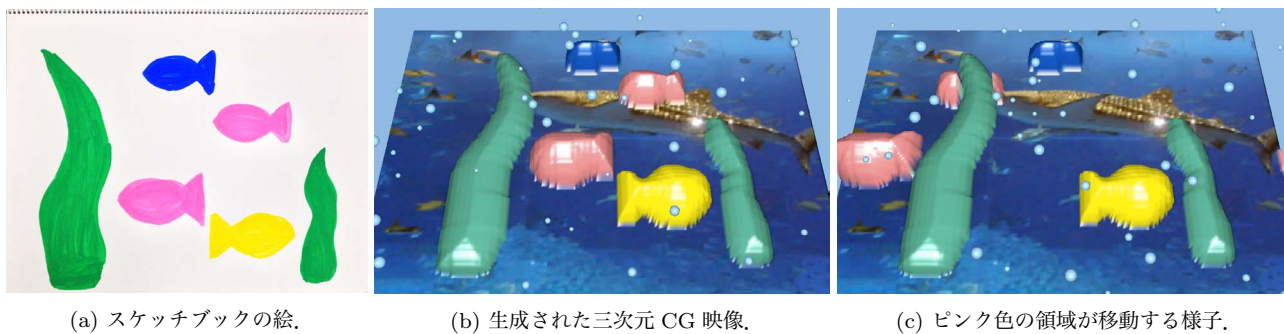


図 13 お絵描き拡張ツールによる三次元 CG 生成例 (4).

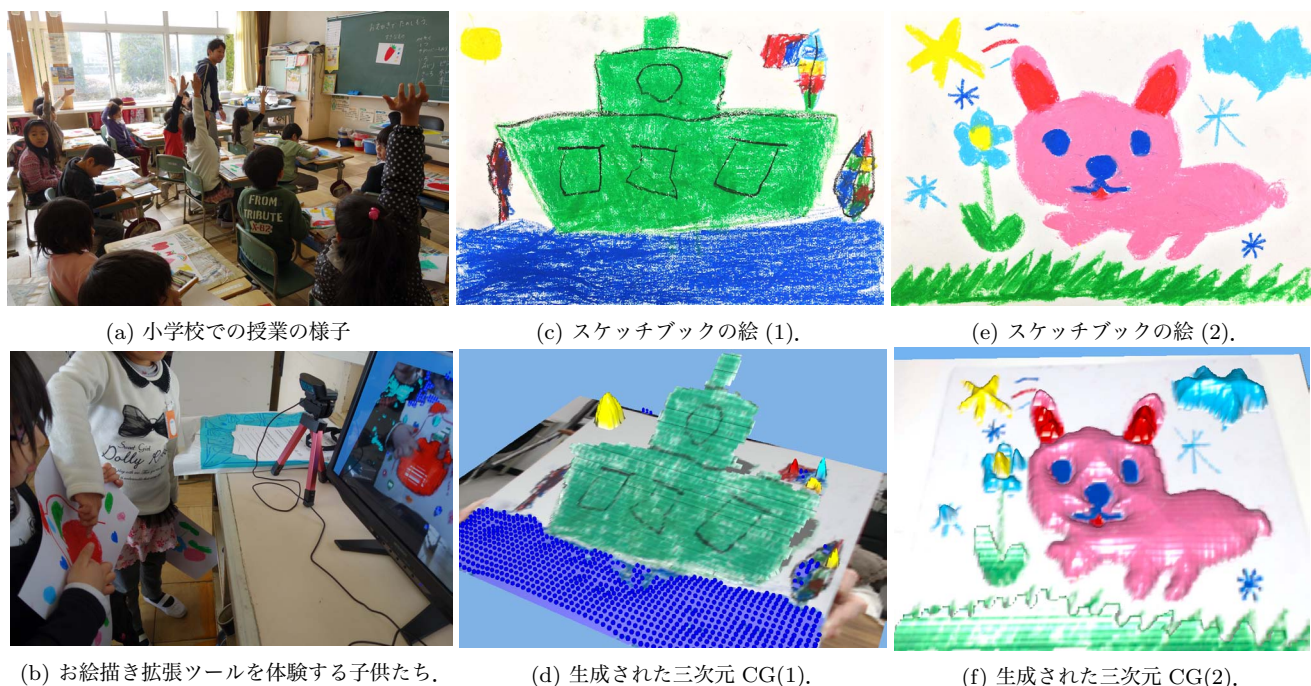


図 16 小学校でのお絵描き拡張映像ツールを用いた授業の様子と生徒たちによる作品例.



図 14 お絵描き拡張映像ツールによる三次元 CG とサウンドの生成例.

ツールを使用してもらい、作品制作の様子を観察した (図 16).

初めに、映像ツールの説明をしないで、クレヨンを使用して画用紙に好きな物を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

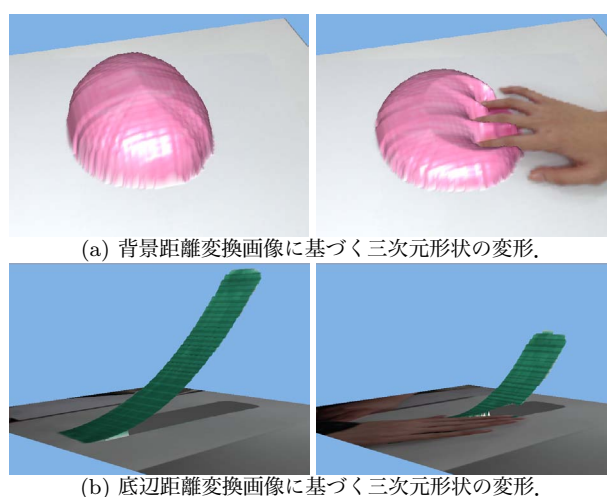


図 15 指による三次元 CG の対話的変形.

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。

実験後には子供たちに対してアンケートを実施した。アンケートの内容と、それに対する答えを以下に示す。

問 1. 普通のお絵描きは好きですか？

はい：47 人 ・ 普通：5 人 ・ いいえ：3 人

問 2. 映像ツールを使ったお絵描きは好きですか？

・ はい：52 人 ・ 普通：3 人 ・ いいえ：0 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：0 人

・ どちらも同じくらい楽しい：18 人

・ 映像ツールを使ったお絵描き：37 人

アンケートの結果からわかるように、お絵描き拡張映像ツールは小学校 1 年生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 5 名の子供のうち 4 名は映像ツールでのお絵描きが好きと答えた。また、お絵描きが嫌いな 3 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 1 名は映像ツールでのお絵描きが好きと答えた。このように、本論文で提案したお絵描き拡張映像ツールは、子供たちのお絵描きに対する興味を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、立ち上がったって動くことや、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。小学校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。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。このように、本論文で提案したお絵描き拡張映像ツールは子供たちのお絵描きに対する関心も拡張することでき、制作創造意欲をより一層向上させることが期待できる。

5. まとめ

本論文では、多くの人たちが慣れ親しんでいるスケッチブックへのお絵描きを拡張する映像ツールを提案した。通常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。子供たちによる実験では、子供たちのお絵描きに対する創造意欲を向上させる可能性も確認できた。小学校の教諭からも、提案した映像ツールが子供のお絵描きに対する

モチベーション向上に有効であるという意見を頂いた。

今後の課題としては、提案したお絵描き拡張映像ツールをより多くの小学校や児童館などで使用してもらうことで、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。また映像ツールの形状特徴などに基づく三次元形状生成手法を改良して、より多彩な形状の生成、変形、移動を実現することが挙げられる。音声や触覚などへの対応や立体へのお絵描きなど、様々な手法によるお絵描きの拡張方法の提案も行っていくつもりである。さらに、生成された三次元 CG を立体視に対応させることで、スケッチブックの映像が本当に飛び出して見える映像ツールへの改良も検討中である。

本研究を進めるにあたり、実験に協力して頂いた小牧市立篠岡小学校の皆様深く感謝する。本研究の一部は科学研究費補助金 (23500139) 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, "ShadowDraw: Real-Time User Guidance for Freehand Drawing", proc. of ACM SIGGRAPH 2011, pp. 27:1-9, 2011.
- [8] 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ティブ 2012 論文集, pp. 741-746, 2012.
- [9] 曾我真人, 松田憲幸, 高木佐恵子, 瀧寛和, 岩城朝厚, 辻達也, 大西隆裕, 吉本富士市, "自動診断助言可能な鉛筆デッサン学習支援システム", 情報処理学会インタラクティブ 2005 論文集, pp. 27-28, 2005.
- [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とその実現方法", 情報処理学会研究報告, Vol. 2012-DCC2, No. 20, 2012.
- [11] 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.
- [12] 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. (to be appeared)