

複数色 CG 物体生成を可能にする 「不思議なスケッチブック」の拡張

水野 慎士^{1,a)}

概要：著者らは普通のスケッチブックに普通のカラーペンでお絵描きをするだけで対話的に三次元 CG シーンを生成してインタラクションを行うことができるメディアシステム「不思議なスケッチブック」を開発してきた。従来システムは単色で塗りつぶされた領域ごとに CG 物体を生成しており、複数の色が組み合わされた CG 物体として生成することはできなかった。本稿では、スケッチブック内で黒線で囲まれた領域については、複数の色で描かれていても一つの CG 物体を生成してインタラクションを行うことができる拡張を行う。この拡張により、従来手法で生成した CG 物体と組み合わせてより多彩な三次元 CG シーンの生成とインタラクションが可能となる。

Extension of “Amazing Sketchbook” for Creating Multi-Colored 3DCG Objects

SHINJI MIZUNO^{1,a)}

Abstract: We have developed “Amazing Sketchbook”: an interactive system in which a user can create a 3DCG scene interactively by drawing a picture with ordinary physical color pens on a ordinary sketchbook. The former system generated 3DCG objects for each region painted in a single color, and could not generate 3DCG objects with multi-colors. In this study, I extend the system to generate multi-colored 3DCG objects and interact with them for regions enclosed with black lines. The extension could create more variable 3DCG scenes and interact with them by combining with 3DCG objects created by the former method.

1. はじめに

お絵描きや塗り絵は紙とペンがあればいつでもどこでも始められ、多くの人にとって最も身近な芸術制作の一つである。そのため、CG 制作にお絵描き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、デジタル技術を用いてお絵描きを発展させたような CG 制作手法がいくつも開発されている [1][2]。そして、エンタテインメント分野や子供向けワークショップなどでもお絵描きや塗り絵を用いた CG 制作アプリケーションが活用されている [3][4]。

そのような背景の中、著者らは普通のスケッチブックに

普通のカラーペンで絵を描くだけで三次元 CG シーンを生成してインタラクションを行うことができるメディアシステム「不思議なスケッチブック」を開発してきた [5][6]。このシステムでは、スケッチブックにカラーペンで自由に描かれる物体をビデオカメラで撮影しながら分析することで、描いた各物体から様々な形状の三次元 CG 物体をリアルタイムで生成して三次元 CG シーンを作り上げる。そして、スケッチブックに描いた物体に触れたりスケッチブックを揺らしたりすることで、三次元 CG 物体を変形したり動かしたりするなど、三次元 CG シーンとのインタラクションも可能である。

従来の「不思議なスケッチブック」では単色で塗りつぶされた領域ごとに CG 物体を生成しており、複数の色が組み合わされた CG 物体を生成することはできなかった。そのため、ワークショップなどで「不思議なスケッチブック」

¹ 愛知工業大学情報科学部
Faculty of Information Science, Aichi Institute of Technology,
Toyota, Aichi 470-0392, Japan

a) s_mizuno@aitech.ac.jp



図 1 「不思議なスケッチブック」を使用している様子
Fig. 1 A user using “Amazing Sketchbook”

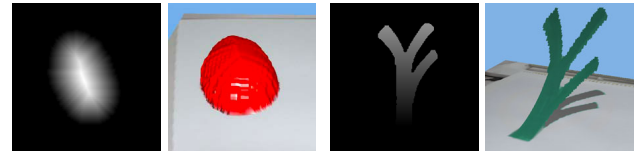
を体験した子供たちからは、複数の色を用いた三次元 CG 物体も制作してみたいという要望が多く挙っていた。

そこで、本研究では「不思議なスケッチブック」で複数の色で構成された三次元 CG 物体の生成を可能にする拡張を行う。そのため、スケッチブック内で黒線で囲まれた領域の検出を行い、その領域については複数の色で描かれていても一つの CG 物体を生成してインタラクションを行うことができるように改良する。そして、黒線で囲まれない領域については従来通りの CG 物体生成を行う。これにより、新手法と従来手法で生成した CG 物体と組み合わせて、より多彩な三次元 CG シーンの生成とインタラクションを行うことが可能となる。

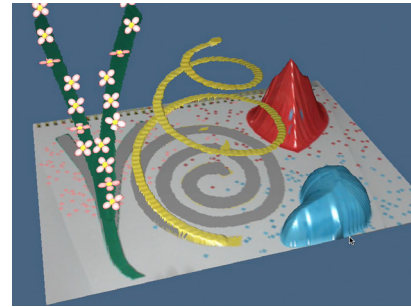
2. 「不思議なスケッチブック」の概要

「不思議なスケッチブック」は、普通のスケッチブックにカラーペンで絵を描くだけで三次元 CG を対話的に生成することができ、さらに絵に触れたりスケッチブックを揺らすことで三次元 CG を変形させるインタラクションが可能なメディアシステムである。このシステム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、処理用 PC、Web カメラで構成される(図 1)。使用するカラーペンは、赤、緑、青、ピンク、シアン、黄で、各色の情報は事前にシステムに与えている。

システムはお絵描き中のスケッチブックを Web カメラで撮影している。まず、Web カメラ映像を三角形パッチで構成された三次元 CG メッシュ面にマッピングする。また、Web カメラ映像をカラーペンの色情報に基づいて色別の領域に分割する。そして、それぞれの色別領域に対して、輪郭距離変換や底辺距離変換など色によって決められた処理を適用して、各領域内の各点での距離値を求める。そして、各領域に対応する位置にある CG メッシュ面の頂点を距離値に応じて上方方向に移動させる。これにより、スケッチブック上の各色の領域が領域形状や適用処理に応じてそれぞれ様々な形で膨らんだり立ち上がったりして、各色領域に対応した三次元 CG 物体が生成されて(図 2(a)(b))、全体としてスケッチブックの絵に基づく三次元 CG シーンが生成される(図 2(c))。



(a) 輪郭距離に基づく CG 物体 (b) 底辺距離に基づく CG 物体



(c) 生成された三次元 CG シーンの例

図 2 「不思議なスケッチブック」での三次元 CG 物体の生成
Fig. 2 Creating 3DCG objects on “Amazing Sketchbook”

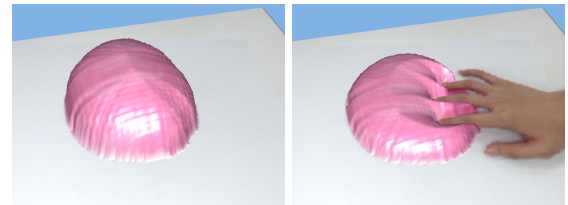


図 3 手による三次元 CG の対話的変形の例

Fig. 3 Interactive deformation of a 3DCG object by a hand

システムはあらかじめ与えられたペンの色にのみ反応する。そのため、スケッチブック上に手をかざしても手が色領域として認識されることはなく、絵に手で触れるとスケッチブックに描かれた色領域の一部が手で隠されて形状が変化するため、その結果として生成される三次元 CG 物体も変形する(図 3)。また、Web カメラ映像のオプティカルフローに基づいてスケッチブックの動きを検出しており、スケッチブックを揺らすことで三次元 CG シーンの各物体も移動や変形が行われる。

3. システムの拡張

3.1 描き方に関する条件

前章で述べたように、従来の「不思議なスケッチブック」は Web カメラ映像を色別の領域に分割している。そのため、各領域は単色で塗りつぶされており、シーン中に生成される各三次元 CG 物体も単色であった。

本研究では複数の色で構成された三次元 CG 物体の生成を可能にする拡張を行う。そのための前提として、スケッチブックで絵を描くとき、複数の色で構成される三次元 CG 物体を生成した場合には領域を黒線で囲むこととする(図 4)。



図 4 黒線で囲まれた領域を含む絵の例

Fig. 4 An example of a picture with regions enclosed by black lines

3.2 黒線で囲まれた領域の抽出

スケッチブックには、様々な色をそれぞれ単独で用いて描かれた物体と、黒線で囲んだ領域内に複数の色で描かれた物体が混在する。また黒線は領域輪郭を示すために用いるため、細く描かれる場合が多い。システムの改良には、このような絵を Web カメラで撮影しながら、黒線で囲まれた領域を安定的に抽出する必要がある。

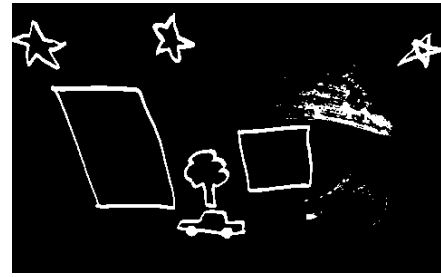
そこで、Web カメラ映像を HSV 形式に変換して、各画素の S (彩度) と V (明度) の値に基づいて黒色画素を抽出する。まず、V の値がしきい値以下の領域を抽出する (図 5(a))。これにより、主に黒色画素による領域が抽出されるが、絵を描いている照明環境によっては緑や青などの濃色画素の領域も抽出される。次に、S の値がしきい値以下の領域を抽出してから領域拡張処理を行う (図 5(b))。これにより、黒色画素および白や黄色などの淡色画素が大きめに抽出される。そして、V に基づく領域と S に基づく領域のいずれにも含まれる領域を黒色画素として抽出する (図 5(c))。

抽出された黒色画素領域に対して、外側輪郭検出処理を行う。外側輪郭に囲まれた領域内には様々な色が含むことができる。そして、それぞれがスケッチブック上の絵において黒線で囲まれた領域となる (図 5(d))。

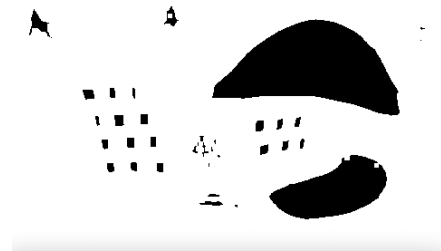
3.3 複数の色で構成された CG 物体の生成

本稿では、複数の色で構成された CG 物体と従来手法による単色で構成された CG 物体との差を明確にするため、複数の色で構成された CG 物体については、黒線で囲まれた領域を切り出したような表現を用いる。

そこで、まず各黒線領域を包含しながら黒線領域の高さと幅を辺の長さとして持つ矩形を求める (図 6(a))。次に、各黒線領域矩形と同じ縦横比を持つ矩形を CG 空間に配置する (図 6(b))。CG 矩形の配置位置は黒線領域の位置によって自動的に決定する。現状は、Web カメラ映像中で中央線より下方にある黒線領域に対応する CG 矩形は CG 空間の床に接して立ち上がるように配置して、上方の黒線領域に対応する CG 矩形は中央線からの距離に応じて CG 空間の床の上方に浮かび上がらせる。



(a) V(明度) に基づいて抽出された領域



(b) S(明度) に基づいて抽出された領域



(c) 領域 (a)(b) のいずれにも含まれる領域



(d) 領域 (c) の外側輪郭内部

図 5 黒線で囲まれた領域の抽出

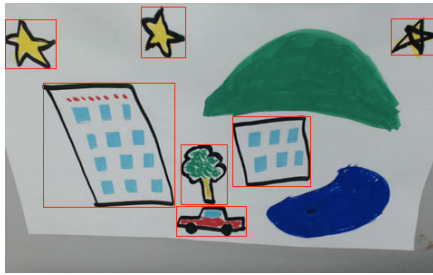
Fig. 5 Extracting regions enclosed by black lines

配置した各 CG 矩形には、Web カメラ映像から対応する黒線領域内の画像を切り取ってテキストチャとして貼り付ける。このとき、黒線領域をマスクとして使用することで、領域外に相当する CG 矩形の領域は切り取られる。以上の処理より、黒線で囲まれた領域に沿って絵が切り取られたような三次元 CG 物体が生成される (図 6(c))。

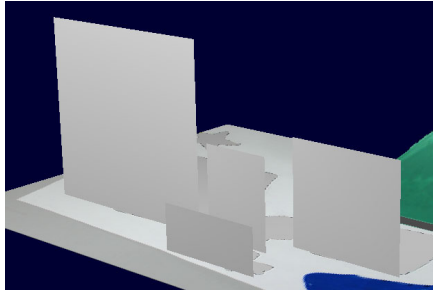
スケッチブック上に描かれたすべての黒線領域から三次元 CG 物体を生成して、描かれた位置に応じて CG 空間の床に接して配置したり床の上部に浮べて配置することで、複数の色で構成された CG 物体によるシーンが生成される。

3.4 単色で構成された CG 物体の生成

黒線で囲まれた領域の抽出が終わったら、Web カメラ映



(a) 黒線で囲まれた領域を包含する矩形の取得



(b) CG 矩形の生成



(c) マスク処理を伴う CG 矩形への黒線領域貼り付け

図 6 複数の色で構成された CG 物体の生成

Fig. 6 Creating CG objects of multiple colors

像の黒線領域内をスケッチブックの紙の色である白色で塗りつぶす。これにより、Web カメラ映像は黒線で囲まれた領域がなくなったような状態になる。そして、この映像に対して従来手法と同じように色別の領域への分解、色別領域への距離変換、メッシュ変形による三次元 CG 物体生成を行う。

これにより、複数の色で構成された CG 物体と単色で構成された CG 物体が並存する三次元 CG シーンが生成される。

3.5 インタラクション

黒線領域に基づく複数の色で構成された三次元 CG 物体とのインタラクションは、従来システムと同様に Web カメラ映像のオプティカルフローに基づいて行う。まず、各三次元 CG 物体は初期座標にバネで繋がれていると仮定する。そしてスケッチブックを揺らすなどによってオプティカルフローが検出されると、その値に応じた力を各 CG 物体に与える。そのため、各 CG 物体は初期座標を中心とした振り子運動を始める。

なお、スケッチブック上の黒線で囲まれた領域に手で触れると、黒線が切れて領域の抽出が行われなくなるため、生成されていた三次元 CG 物体も消滅する。

単色で構成された三次元 CG 物体とのインタラクションは、従来通り手で触れるインタラクションと、スケッチブックを揺らすことによるインタラクションが可能である。

4. 実験

提案手法を従来システムに追加実装して実験を行った。使用した PC は MacBookPro(2.8GHz core i7) で、Web カメラからは 480×300 の解像度で映像を入力している。実装は C++ で行い、CG 映像生成に OpenGL、Web カメラ映像の解析に OpenCV を用いている。

スケッチブックに単色で塗りつぶした領域を生成すると、従来システムと同じように領域が膨らんだり立ち上がったような三次元 CG 物体が生成された。そして、複数の色で構成される黒線で囲まれた領域を含む絵をスケッチブックに描くと、それぞれの黒線領域内全体が切り取られてハリボテのような三次元 CG 物体が生成され、他の CG 物体と共にシーン内に配置されることを確認した(図 7(a))。スケッチブックへの絵の描画と CG 物体の生成は種類に関わらずリアルタイムで行われており、拡張した「不思議なスケッチブック」は従来システムと同様にお絵描きから対話的に三次元 CG シーンを生成できることを確認した。

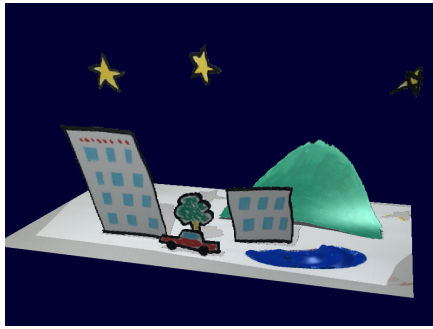
スケッチブックを揺らすと、単色で塗りつぶした領域に基づく CG 物体は揺れたり波打ったりするなど色によって異なる動作が行われて、黒線で囲まれた領域に基づく CG 物体は CG 空間で振り子運動の動作が行われることを確認した(図 7(b))。単色で構成された CG 物体については、従来システムと同様に手による変形やオプティカルフローによる運動を行うことができることを確認した。

他の絵による実験結果も図 8, 9 に示す。拡張した「不思議なスケッチブック」においても、従来システムと同様にスケッチブックに特別な描き方をする必要はなく、自由に絵を描きながら従来よりもバラエティに富んだ三次元 CG シーンの生成が可能となった。

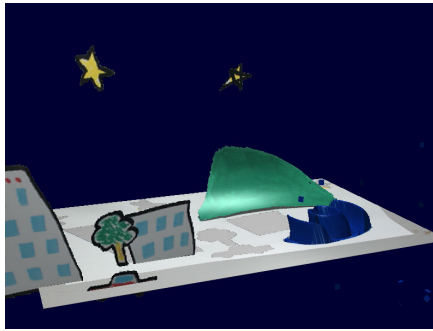
5. まとめ

本研究では、お絵描きしながら三次元 CG シーンを対話的に生成することができる「不思議なスケッチブック」において、従来システムでは困難であった複数色で構成される三次元 CG 物体の生成を行う拡張を行った。自由にお絵描きしながら三次元 CG シーンの生成とインタラクションを行うというコンセプトをそのままに、領域を黒線で囲むだけで、よりバラエティに富んだ三次元 CG シーンの生成が可能となった。

今後の課題としては、黒線領域形状の分析に基づく、よ



(a) 生成された三次元 CG シーン



(b) スケッチブックを揺れによる CG 物体の移動, 変形

図 7 複数色で構成された CG 物体を含むシーンの生成例 (1)

Fig. 7 An example of a scene constructed with CG objects of multiple colors (1)

り複雑な動きの生成などのシステムの完成度を上げる必要がある。そして、拡張した「不思議なスケッチブック」を用いた子供向けワークショップを実施して、システムの検証や改良を行うつもりである。

謝辞 本研究の一部は科研費基盤研究 (C)(26330420) 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] 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.
- [3] チームラボ: お絵描き水族館, <http://www.team-lab.net/all/products/aquarium.html>, 2014.
- [4] 愛知工業大学水野慎士研究室: お絵描きダンスステージ, <http://wsc.or.jp/workshop/award?ws=ws11>, 第 11 回ワークショップコレクション, 2015.
- [5] 近藤菜々子, 水野慎士: スケッチブックでのお絵描きを三次元 CG で拡張する映像ツールの提案とその実現方法, 情報処理学会論文誌 デジタルコンテンツ, Vol. 1, No. 1, pp. 1-9, 2013.
- [6] 近藤菜々子, 水野慎士: 新たな形状生成手法とインタラクションによる「不思議なスケッチブック」の拡張, 情報処理学会論文誌デジタルコンテンツ, Vol. 3, No. 2, pp. 10-21, 2015.



(a) スケッチブックに描かれた絵



(b) 生成された三次元 CG シーン



(c) スケッチブックを揺れによる CG 物体の移動, 変形

図 8 複数色で構成された CG 物体を含むシーンの生成例 (2)

Fig. 8 An example of a scene constructed with CG objects of multiple colors (2)



(a) スケッチブックに描かれた絵



(b) 生成された三次元 CG シーン

図 9 複数色で構成された CG 物体を含むシーンの生成例 (3)

Fig. 9 An example of a scene constructed with CG objects of multiple colors (3)