Vol.2015-GN-93 No.6
Vol.2015-CDS-12 No.6
Vol.2015-DCC-9 No.6
2015/1/26

# 不思議なスケッチブックを用いたワークショップ実施とシステム拡張

近藤 菜々子[1]　水野 慎士[1]

**概要**：筆者らは従来より普通のスケッチブックにペンで絵を描くだけで三次元 CG が作成することができるとともに，CG とのインタラクションも可能な新しいメディアシステム「不思議なスケッチブック」を開発してきた．そして本稿では「不思議なスケッチブック」を用いた大規模なワークショップの実施，およびシステム拡張について報告する．ワークショップでは 200 人以上の子供たちが「不思議なスケッチブック」での CG 作成体験を行い，アンケート結果では大部分の子供たちからシステムに対する高い評価を得た．そして，アンケートで得られた要望に基づいてシステムの形状生成とインタラクションに関する拡張を行った．この拡張により，「不思議なスケッチブック」を通じてより多彩な三次元 CG の生成とインタラクションが可能となった．

# A workshop using “Amazing Sketch Book” and a system extension

Kondo Nanako[1]　Mizuno Shinji[1]

***Abstract:*** Authors have been developing “Amazing Sketchbook”: a novel media system in which a user can create 3DCG objects by drawing a picture on a physical sketchbook with physical color pens, and can interact with the 3DCG objects. In this paper, we report about a workshop with “Amazing Sketchbook” and a system extension. Over 200 children experienced 3DCG creation with “Amazing Sketchbook”, and most of them liked our system. Then we extended our system on the shapes of 3DCG objects and interaction with them according to opinions from children who experienced our system. This extension enabled “Amazing Sketchbook” to create more various 3DCG and to interact with 3DCG objects in more various way.

## 1. はじめに

スケッチブックへのお絵描きは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．そのためコンピュータによる絵画とも言える CG の制作について，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 制作を様々な年代の人にとってより身近なものにすることが期待される．そして CG 制作を取り入れた教育やエンターテインメント，広告向けのデジタルコンテンツなども可能となる．そのため，塗り絵から三次元 CG の魚やロボットを生成したり，身体動作で二次元 CG イラストを描くなど，お絵描きをベースとしたデジタルコンテンツへの注目が高まっている [1][2][3].

そのような背景の中，筆者らは主に子供を対象とした新しい三次元 CG 制作手法を提案して，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 [4][5]．このメディアシステムでは二次元の絵をスケッチ感覚で描くだけで三次元 CG を生成するが，このときにインタフェースとしてスケッチブックとカラーペンを用いる．本システムでユーザは普通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システム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．さらにスケッチブック上の絵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 を変形させたりサウンドを発生させたりなどのイン

[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

© 2015 Information Processing Society of Japan

Vol.2015-GN-93 No.6
Vol.2015-CDS-12 No.6
Vol.2015-DCC-9 No.6
2015/1/26

タラクションも可能である．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のかを確認しながら，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．

筆者らは小学校で「不思議なスケッチブック」のプロトタイプを用いた実験を行い，アンケートの結果から多くの子供たちがシステムによって拡張されたお絵描きを楽しみ，お絵描きに対する興味もより大きくなることを確認した．しかし，この実験ではシステムの台数の関係からお絵描き中はシステムを用いず，完成した絵をシステムのカメラにかざして三次元 CG を生成するものであり，本システムの特性すべてを検証するには不十分であった．そしてシステムを教育やエンタテインメント分野で実用化するにはより大規模な実証実験が必要であると考えられる．

そこで，本稿では「不思議なスケッチブック」をワークショップに出展して大規模な実証実験を行った．このワークショップではシステムを複数台用意して，子供たちにお絵描きをしながら三次元 CG を対話的に生成することを体験してもらった．そして完成させた絵を触ったりスケッチブックを揺らすことで，三次元 CG の変形やサウンド生成などのインタラクションも体験してもらった．

子供たちには体験後にアンケートを実施して，アンケート結果に基づくシステムの有効性を検証した．さらにアンケートで得られたシステムに対する要望に基づいてシステムの拡張を行った．この拡張により「不思議なスケッチブック」による表現とインタラクションがより多彩になり，子供たちにとってより魅力的なメディアシステムになると期待できる．

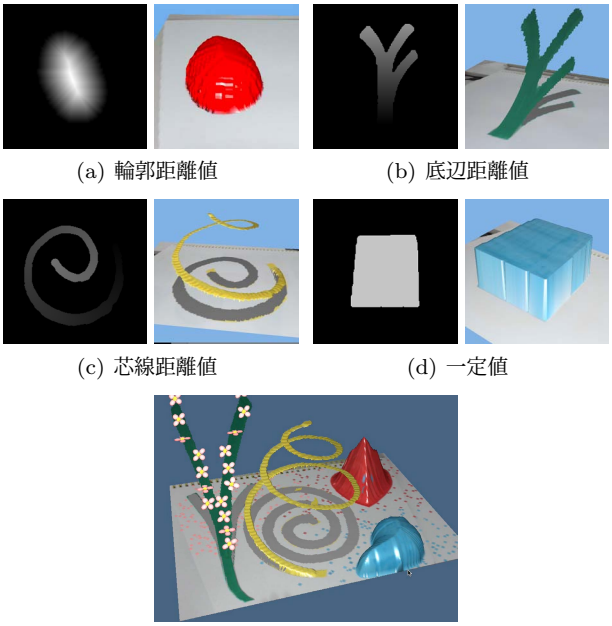
## 2. 不思議なスケッチブックについて

「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がことができ，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 と Web カメラと，スピーカーで構成される．使用するカラーペンは，赤，ピンク，緑，青，シアン，黄，黒の 7 色で各色の情報は事前にシステムに与えている．図 1 にシステムの外観を示す．

ユーザがペンでスケッチブックにお絵描きするとき，ツールはスケッチブック上の絵を Web カメラで撮影して，フレーム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．またフレーム映像を色別の領域に分割して各色の各領域に対して濃度値を与える．そして，その濃度値に基づいて領域に対応するメッシュ面を変形することで三次元 CG 物体を生成する．各領域の濃度値は三次元 CG 物体の形状を決定する重要な要素である．現状の




**図 1** 「不思議なスケッチブック」の外観．



(a) 輪郭距離値　(b) 底辺距離値　(c) 芯線距離値　(d) 一定値　(e) 生成された三次元 CG の例

**図 2** 「不思議なスケッチブック」での二次元映像に基づく三次元 CG 物体の生成．

システムでは輪郭距離値，底辺距離値，芯線距離値，および一定値という 4 種類の濃度値を用いており，領域の色や形状に応じて適用する濃度値を自動的に決定している．図 2 に二次元映像に基づく三次元 CG 物体生成の様子を示す．

各距離値はお絵描き中や絵描き後に絵に触れた場合にリアルタイムで更新されるため，その結果として三次元 CG の対話的生成と CG を手で触れて変形させるようなインタラクションを実現している．また，Web カメラ映像中のオプティカルフローに基づいてスケッチブックの揺れを検出して揺れに応じて三次元 CG 物体を変形させることで，スケッチブックを介して三次元 CG を揺らすインタラクションを実現している．

## 3. ワークショップでの実証実験

### 3.1 ワークショップの概要

「不思議なスケッチブック」を 2014 年 8 月 29 日と 30 日に東京・青山学院大学で開催された “ワークショップコレクション 10” に出展した．ワークショップコレクションは NPO 法人 CANVAS が主催する世界最大級の子供向け

© 2015 Information Processing Society of Japan

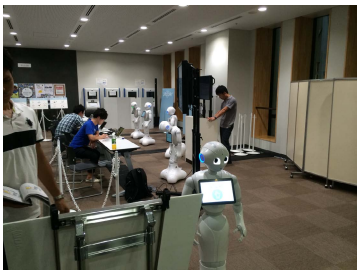


**図 3** ワークショップコレクション 10 のブース例.

ワークショップに特化した博覧会イベントである [6]．10 回目の開催となるワークショップコレクション 10 では 100 種類以上のワークショップに約 5 万 7 千人の参加者があった．ワークショップ出展者は一般企業，各種団体，大学，個人など様々である．そして，造形，絵画イラスト，電子工作，映像，デジタルコンテンツなどをテーマとした多種多彩の子供向けワークショップが展開された．具体的には，ガシャポンカプセルを使ったスタンプ作り，ソフトバンクロボット Pepper のプログラミング体験，オリジナル新聞の製作，毛糸アート作品制作などのワークショップが用意された（図 3）．

筆者らは 6 台のシステムによる「不思議なスケッチブック」ワークショップブースを用意した．そして体験者 1 人に対して 1 台ずつシステムを使用して，B4 サイズのスケッチブックにカラーペンでお絵描きをしながら，三次元 CG の対話的な作成や変形インタラクションを体験した．図 4 に「不思議なスケッチブック」ブースの様子を示す．ブースには 2 日間で 220 人以上の子供が訪れて「不思議なスケッチブック」によるお絵描きを楽しんだ．1 人当たりの体験時間は 15 分程度を想定していたが，実際の平均体験時間は約 20 分であった．中にはスケッチブックの余白がなくなるまで色を塗り続けたり，様々な色や形の物体を少しずつ描きながら生成される三次元 CG 物体の形状を確かめたりするなど，30 分以上絵を描き続ける子供もいた．そのため「不思議なスケッチブック」を体験するための長い列ができて，待ち時間は最大 1 時間 30 分となった．

### 3.2 アンケート調査と考察

ワークショップでの「不思議なスケッチブック」の体験者に対してアンケートを実施した．アンケートの回答者は男性 61 人，女性 150 人，無回答 3 人の合計 214 人であった．また，回答者の年齢は 6 歳以下 69 人，7 ～ 9 歳 110 人，10～12 歳 32 人，13 歳以上 3 人であった．アンケート内容とそれに対する回答を以下に示す．また図 5 にグラフ化したアンケート結果を示す．

**問 1** 絵を描くことは好きですか？（図 5(a)）

- 好き：170 人
- 少し好き：26 人
- どちらでもない：14 人
- 少し嫌い：1 人
- 嫌い：0 人
- 不明：3 人



(a) システムでお絵描きする子供 (1)



(b) システムでお絵描きする子供 (2)



(c) ブース内の様子



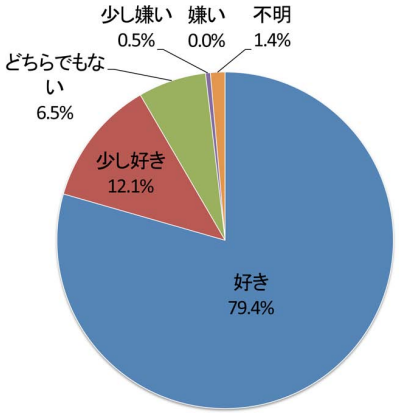
(d) 体験を待つための行列

**図 4** ワークショップコレクション 10 での「不思議なスケッチブック」ブースの様子.

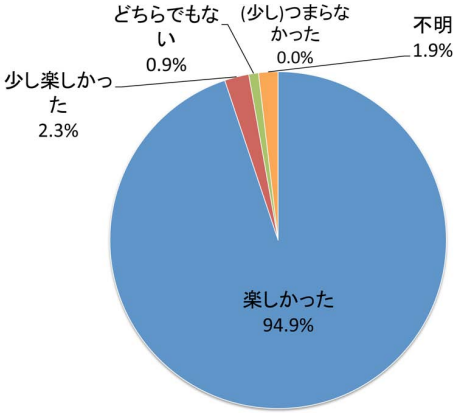
**問 2** 「不思議なスケッチブック」のお絵描きは楽しかったですか？（図 5(b)）

- 楽しかった：203 人
- 少し楽しかった：5 人
- どちらでもない：2 人
- 少しつまらなかった：0 人
- つまらなかった：0 人
- 不明：4 人

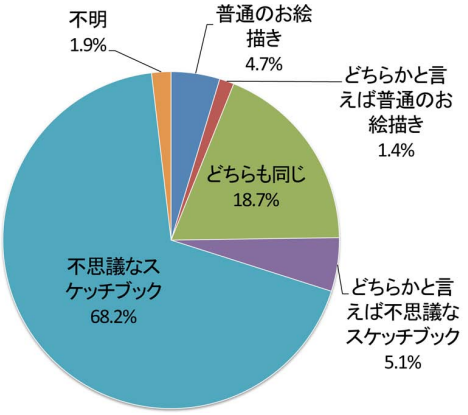
© 2015 Information Processing Society of Japan



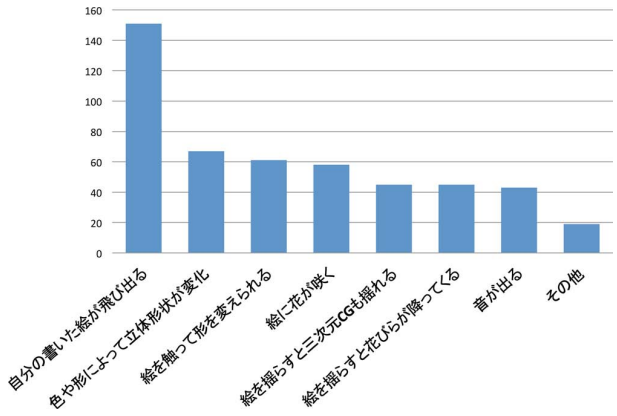

(a) 絵を描くことは好きですか？




(b) 「不思議なスケッチブック」は楽しかったですか？




(c) 普通のお絵描きと「不思議なスケッチブック」はどちらが楽しかったですか？




(d) 「不思議なスケッチブック」はどこが楽しかったですか？

**図 5** アンケート結果.

**問 3** 普通のお絵描きと「不思議なスケッチブック」のお絵描きはどちらが楽しかったですか？（図 5(c)）

- 普通のお絵描き：10 人
- どちらかと言えば普通のお絵描き：3 人
- どちらも同じ：40 人
- どちらかと言えば不思議なスケッチブック：11 人
- 不思議なスケッチブック：146 人
- 不明：4 人

**問 4** 「不思議なスケッチブック」はどこが楽しかったですか？（選択回答・複数選択可能）（図 5(d)）

- 自分の描いた絵が飛び出る：151
- 絵の色や形によって三次元形状が変わる：67
- 絵を触って形を変えられる：61
- 絵に花が咲く：58
- 絵を揺らすと三次元 CG も揺れる：45
- 絵を揺らすと花びらが降ってくる：45
- 音が出る：43
- その他：19

**問 5** 「不思議なスケッチブック」でこんなことができたらいいな，ということはありますか？（自由記述・主な回答）

- “変形方法を選択したい”
- “追加描画されるものの種類を増やして欲しい”
- “使用できる色や音源の追加”
- “細い線や黒色にも対応して欲しい”

**問 6** なぜ「不思議なスケッチブック」のブースに来てみようと思ったのですか？（自由記述・主な回答）

- “お絵描きが好きだから”
- “パンフレットを見て面白そうだと思ったから”
- “「不思議なスケッチブック」の「不思議」が気になったから”
- “CG に興味があったから”

**問 7** パソコン・タブレット・スマートフォンは使っていますか？

- パソコン：74 人
- タブレット：73 人
- スマートフォン：59 人
- ほとんど使わない：54 人

© 2015 Information Processing Society of Japan

**問 8** パソコン・タブレット・スマートフォンで、お絵描きで楽しいことができるアプリであそんだことはありますか？

- はい：64 人
- いいえ：113 人
- 不明：37 人

アンケートの結果から，大部分の体験者が「不思議なスケッチブック」でのお絵描きを楽しんでおり，非常に好評であったと言える．体験者の大部分は元々絵を描くことが好きな子供たちであったが，そのうちの約 73%の子供が「不思議なスケッチブック」によって拡張されたお絵描きは通常のお絵描きよりも楽しいと答えた．

特に楽しかった点として最も多かった回答は，自分の描いた絵が飛び出ることであり，「不思議なスケッチブック」の基本コンセプトが多くの子供に受け入れられたことがわかる．また，絵の色や形によって三次元形状が変わることや，絵に触ると三次元 CG が変形したり絵を揺らすと三次元 CG が揺れたり飛び跳ねたりすることも，多くの子供が特に楽しかった点として挙げた．これらの回答から，描いた絵とのインタラクションができることが「不思議なスケッチブック」の満足度が上げていると考えられる．

また，パソコン・タブレット・スマートフォンを普段から使用している子供だけでなく，普段はほとんどデジタル機器を使用しない子供も「不思議なスケッチブック」を楽しむことができたことがわかった．これは「不思議なスケッチブック」が通常のスケッチブックとカラーペンを用いてお絵描きしたり，スケッチブックに触ったり揺らしたりするといった極めてアナログ的な道具と操作を用いたインタフェースによってデジタルデータを扱っており，この点が多くの子供たちに受け入れられたということが考えられる．

## 4. システムの拡張

### 4.1 手法

ワークショップで行ったアンケートでは，特に楽しかった部分として自分の描いた絵が飛び出ることを挙げた子供が最も多く，またシステムに対する要望の中では変形方法の選択や追加描画されるものの種類の増加など，生成される三次元形状に対する興味や要望が多く見られた．そこで，本稿では「不思議なスケッチブック」に新たな形状生成手法を追加するシステムの拡張を行った．

新たな形状として，お絵描きと並んで子供たちが好きだと思われるブロック形状を選択した．形状生成は従来と同様に，Web カメラのフレーム映像を色別領域に分割して，各領域に濃度値を与えることに基づく．このとき，図 6 に示すような 2 種類の手法で濃度値を与える．

1 つめの手法は輪郭距離値に基づく（図 6(a)〜(c)）．初めに各領域内に対して輪郭距離値を与えることで濃淡画像を生成する．次に濃淡画像の解像度および画素値の量子化レベルを下げて，ブロック用濃淡画像を生成する（図 6(b)）．得られたブロック用濃淡画像の各画素はブロック配置の 1 区画に相当して，濃度値はその区画に積み上げるブロック個数の決定に用いる．ブロックの色はフレーム映像の対応画素から取得して，スケッチブックに相当する三次元 CG メッシュ面上に CG ブロックを配置する．その結果，領域形状内にブロックを積み上げたような CG ブロック物体が生成される（図 6(c)）．

2 つめの手法は一定濃度値に基づく（図 6(d)〜(f)）．初めに各領域内に対して画素値が 1 の一定濃度値を与えることで濃淡画像を生成する．次に前述の手法と同様に濃淡画像の解像度を下げて，ブロック用濃淡画像を生成する（図 6(e)）．ブロック用濃淡画像の各画素はブロック配置の 1 区画に相当し，1 区画には 1 つずつのブロックが配置される，そして得られたブロック配置を三次元 CG メッシュ面に対して垂直になるように CG ブロックを配置する．その結果，領域形状を立ち上げたような CG ブロック物体が生成される（図 6(f)）．

配置した CG ブロックは 1 つずつ結合されていると見なしており，配置された状態のままで安定する．ここで他の形状と同様にインタラクション要素を加えるために，ブロックの結合の解除も可能とする．結合を解除すると，各ブロックは重力加速度に基づいて運動を開始する．このとき各ブロック同士はお互いに衝突判定を行っており，衝突状態に応じて様々な運動をする．さらに Web カメラ映像全体から計算されるオプティカルフローに基づいて各ブロックに加速度を与えることで，スケッチブックを揺らすことでブロックで生成された三次元 CG 物体を崩すことが可能となる．

### 4.2 実験

新たに提案したブロック形状生成手法を「不思議なスケッチブック」に実装して実験を行った．使用したハードウェア（MacBook Pro(Core i7 2.7GHz)），実装に用いた言語やライブラリ（C++，OpenGL，OpenCV，OpenAL）は，基本的には従来の「不思議なスケッチブック」と同じである．また今回の実験では，赤，青，黄，シアンの色領域では輪郭距離値に基づいて領域内にブロックを積み上げた CG ブロック形状生成を行い，緑，ピンクの色領域では領域形状を立ち上げた CG ブロック形状生成を行った．なお，今回の実験で生成した CG 物体はブロックに基づくものに限定しており，従来手法であるメッシュ平面の変形による形状生成は併用していない．

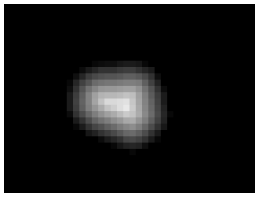
図 7，図 8 に CG ブロック生成実験の様子を示す．いずれも Web カメラ映像が入力されると，各フレーム映像からリアルタイムで CG ブロック物体が生成された．次に

© 2015 Information Processing Society of Japan

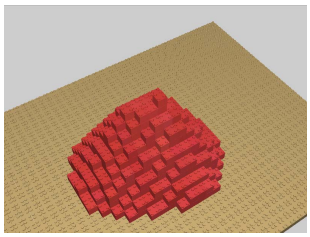
Vol.2015-GN-93 No.6
Vol.2015-CDS-12 No.6
Vol.2015-DCC-9 No.6
2015/1/26



(a) フレーム映像



(b) 輪郭距離値に基づくブロック用濃淡画像



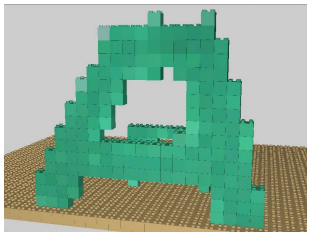
(c) 領域内にブロックを積み上げた CG ブロック物体の生成



(d) フレーム映像



(e) 一定濃度値に基づくブロック用濃淡画像



(f) 領域形状を立ち上げた CG ブロック物体の生成

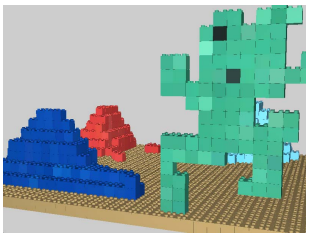
**図 6** フレーム映像からの CG ブロック物体の生成.

ブロック結合の解除を行うと，各ブロックは重力加速度に従って自由落下運動を始め，ブロック同士の衝突判定によってブロックが積み重なった．そしてスケッチブックを揺らすと，映像全体から得られたオプティカルフローに基づいて各ブロックに加速度が与えられて，ブロックが崩れるような運動が起こった．このとき，まるでスケッチブック上に作られたブロック物体を自分で揺らして崩すような感覚が得られた．

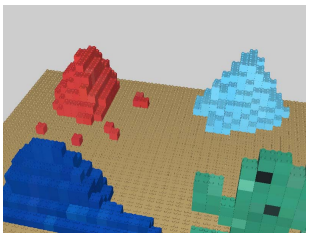
なお，CG ブロック物体生成に用いたブロック個数は，図 7 で約 850 個，図 8 で約 720 個であり，これらの場合にはインタラクション性は全く問題なかった，ブロック個数はお絵描きによって変化するが，赤色や青色などで大きく塗りつぶすと 3000 個を超えるブロックが積み上げられた物体が生成され，インタラクションが困難となった．そのため，ブロックを積み上げる形状の場合には内部を空洞化してブロック数を削減するなどの処理が必要になると思われる．



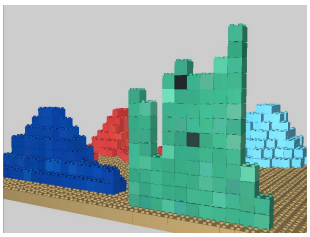
(a) フレーム映像



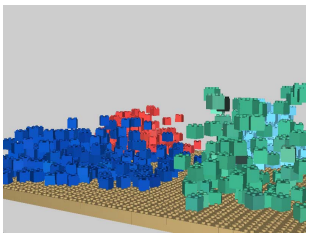
(b) 生成された CG ブロック物体（結合）



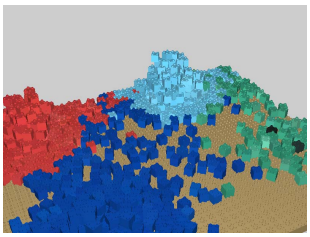
(c) 生成された CG ブロック物体（別視点）（結合）



(d) ブロック結合解除と重力加速度付加



(e) スケッチブックの揺れによる CG ブロックの崩れ

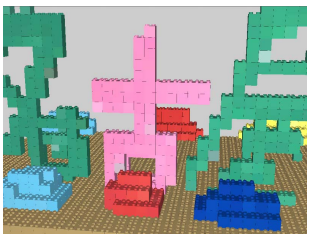


(f) スケッチブックの揺れによる CG ブロックの崩れ（別視点）

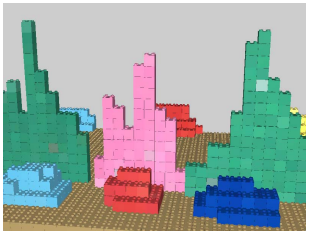
**図 7** CG ブロック生成実験 (1).



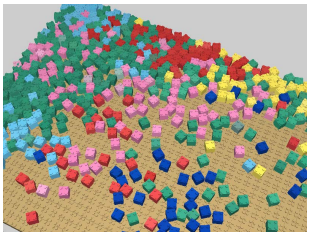
(a) フレーム映像



(b) 生成された CG ブロック物体（結合）



(c) ブロック結合解除と重力加速度付加



(d) スケッチブックの揺れによる CG ブロックの崩れ

**図 8** CG ブロック生成実験 (2).

## 5. まとめ

本稿では，スケッチブックへのお絵描きから三次元 CG を生成するメディアシステム「不思議なスケッチブック」

© 2015 Information Processing Society of Japan

をワークショップに出展して大規模な実証実験を行った．ワークショップでは 200 人以上の子供たちが「不思議なスケッチブック」でのお絵描きを体験した．アンケートの結果から，ほとんどの子供が「不思議なスケッチブック」でのお絵描きを楽しんだことがわかった．実物の紙とペンを用いる「不思議なスケッチブック」は日常で多くの人が扱う極めてアナログ的な道具と操作によってデジタルデータを取り扱っており，PC やスマートフォンなどの電子機器の使用に不慣れな子供でも抵抗なく楽しむことができた．なお，ワークショップコレクションでは優れたワークショップに対して「キッズワークショップアワード」が送られるが，「不思議なスケッチブック」は審査員特別賞を受賞した．

また，アンケートから描いた絵の色や形状に応じて生成される三次元形状が変化することや，絵を触ったり揺らしたりすることによる三次元 CG とのインタラクションへの関心が高いことがわかった．そこで，絵に合わせて三次元ブロックを積み上げていく三次元形状を追加するとともに，絵に触れたり揺らしたりして積み上げた三次元ブロックを崩すことのできるインタラクションを実現した．新たな三次元形状が増えることで，より多彩な三次元 CG の生成が可能になり，子供たちのお絵描きに対する創造意欲の向上が期待できる．

今後の課題としては，「不思議なスケッチブック」をタブレット端末等への移植することで多くの人々が気軽に体験できる環境を構築することや，デジタル絵本などとの連携を行うことで教育やエンターテインメントで活用できるコンテンツとして完成させることなどが挙げられる．

**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] チームラボ: お絵描き水族館, 入手先 ⟨http://www.team-lab.net/all/products/aquarium.html⟩ (2014.12.24).
[2] 鈴木浩, 佐藤尚, 速水治夫: 子どもを意欲的にペーパークラフト工作へと導く 3 次元ゲームシステムの開発, 情報処理学会研究報告，Vol. 2014-DCC-6, No. 18 (2014).
[3] 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).
[4] 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).
[5] 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” の拡張, DICOMO 2014 論文集, pp. 1436–1442 (2014).
[6] CANVAS: ワークショップコレクション，入手先 ⟨http://wsc.or.jp/⟩ (2014.12.24).

© 2015 Information Processing Society of Japan