

デジタル表現とアナログ工作を併せ持つ”惑星づくり” ワークショップの提案

鈴木浩^{†1} 佐藤尚^{†1} 速水治夫^{†1}

筆者らは、デジタル表現とアナログ工作を併せ持つワークショップとして、3DCG による演出を加えたワークショップ「惑星づくり」を提案する。本ワークショップでは子ども達が USB カメラを利用して、自由にテクスチャを選択し、3DCG によるオリジナル惑星を作ることができる。できあがった惑星は、宇宙空間を模した共有システムに展開することで、参加者全員でそれぞれの惑星を鑑賞することができる。また、多面体のペーパークラフトの展開図に惑星のテクスチャをマッピングし、印刷することで、コンピュータで作成した惑星を物理的な作品として持ち帰ることができる。本論文では、本ワークショップの概要と実現方法及び、実施したワークショップ内容とその評価について述べる。

“Make Your Own Planet”: Workshop for Digital expression and physical creation

HIROSHI SUZUKI^{†1} HISASHI SATO^{†1} HARUO HAYAMI^{†1}

We propose the “Make Your Own Planet” workshop, which combines handicraft and digital representation tools (3DCG effects). In this workshop, a child uses a USB camera to select texture freely in the process of making an original planet. All planets are then placed in a simulated universe for public viewing. By watching this universe, children can appreciate the planet of each child. Further, the texture of each planet is translated to a polyhedron template and printed out as a paper-craft template. In this process, children are able transform the planets that they made with computers into physical objects that they can bring home. We first describe the workshop concept and then the method by which it was implemented. Finally, we evaluate the workshop.

1. はじめに

図画工作科のような「ものづくり」を通じて子ども達の表現や創造性を育む科目では、コンピュータは「ものづくり」における専門的な知識や技術を補助するためのツールとして利用されることが一般的である。コンピュータが難易度の高い「ものづくり」の敷居を下げ、入門者や子どもでも容易に難易度の高い工芸品の制作ができるようにすることで創作活動の幅を広げている。このような「ものづくり」をサポートするシステムを利用した造形活動は、ワークショップとして大学や科学館などの教育的な施設で積極的に実施され、一般市民や子ども達が先端技術や研究成果を体験できる場として重要視されている。

しかしながら「ものづくり」の敷居が下がったとはいえ、これらのシステムのほとんどが、キーボード入力やマウス操作などの比較的高度なコンピュータの操作を必要とするため、ワークショップの対象を小学校高学年とすることが多く、未就学児や小学校低学年向けのワークショップになっているとは言い難い。

筆者らは、これまでにコンピュータを利用して子ども達の積極的な造形活動を引き出すデジタルワークショップを開発してきた[1]。これらのワークショップを研究開発する

過程で、テクノロジーでないと表現できない演出を造形活動に加えることや、ワークショップで利用するコンピュータに直感的なインタフェースを加えることで、子ども達の参加動機を高め、創作意欲につながるができることがわかってきた。

これらのことを踏まえ、本論文では、未就学児や小学校低学年の子ども達でも、テクノロジーを利用した造形活動が行えるワークショップとして「惑星づくり」を提案し、実現できるシステムを制作した。また、制作したシステムを利用して実際にワークショップを行い、システムの有効性を検証した。

2. 惑星づくり

2.1 本ワークショップの概要

本ワークショップは、ペーパークラフト工作に近年急速に発展しているゲームエンジンによる演出やセンサ系のハードデバイスを導入した未就学児や小学校低学年の子ども達でも「ものづくり」が楽しめるワークショップである。

ワークショップの体験時間は1回60分程度を目安とし、想像・創造→鑑賞→工作という3つのフェーズによって構成されている(図1参照)。

想像・創造フェーズでは、子ども達は、USBカメラで撮影した画像をコンピュータの中の球体オブジェクトの表面にテクスチャとして張り付け、球体を自分だけの惑星とし

^{†1} 神奈川工科大学 情報学部 情報メディア学科
Kanagawa Institute of technology Faculty of Information Technology

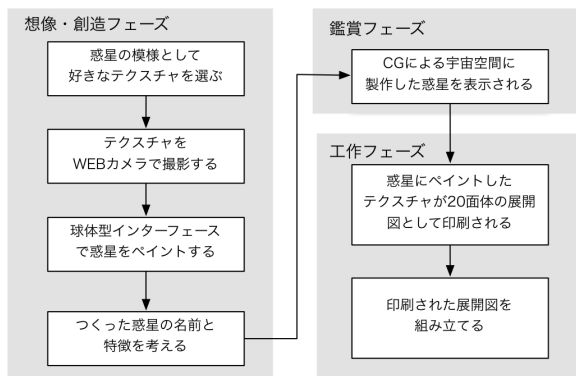


図1 ワークショップの流れ

て作成するとともに、作った惑星の名前や特徴などを想像する。次に、鑑賞フェーズでは、テキストを張り付けた惑星を宇宙空間に模した共有スペースに配置し、参加者全員で閲覧する。

最後の工作フェーズでは、自分で制作した惑星のペーパークラフトを使って工作をおこなう。

2.2 未就学児や小学校低学年を対象とした造形活動でのコンピュータ利用の要件

未就学児や小学校低学年を対象としてコンピュータを利用した造形活動をデザインする研究は、これまでも教育現場において実施されている。岩崎ら[2]は、小学校の図画工作科でのコンピュータ導入に関して、この年齢層の発達段階での特徴である以下のことを考慮することが重要だと述べている。

1. 造形活動のすべてをデジタルではなく、コンピュータの中でのスタンピング的な活動や、プリントしたものを並べるような活動を存分に楽しめるような活用形態であること。
2. 複雑なコンピュータの操作や、念頭操作が苦手であるということ。
3. カタログ的に制作物を掲示していくことで友達がつくった作品を閲覧できる環境をつくること。

本ワークショップでは、項目1を満たす仕組みとして、自分だけの惑星をつくるための実世界との関わりを取り入れている。子ども達が、実世界にあるオブジェクトを直接触れたり、選んだりすることで惑星の姿を想像し、好きな色や模様で惑星をつくり上げる活動は、アナログ的な作業のなかにもデジタルでないと表現できない仕組みが含まれていると考えられる。さらに、本ワークショップでは、コンピュータ上で作成した「非・もの」である惑星をペーパークラフトとして印刷することで「もの」へと出力し、フルデジタルによる表現活動だけではなく、アナログ工作による造形活動も伴ったワークショップとなっている。

項目2に関しては、惑星のペイントツールにおいて、マウスやキーボードを利用した描画や入力を行うのではなく、直感的に惑星に模様を描くことができる独自のインタフェ

ースを制作することで対応している。また、システムに惑星名や惑星の制作者を表示させる場合も、紙媒体の文字をUSBカメラで取得するなど、キーボードで文字入力を行わないインタフェースを導入している。

項目3に関しては、制作した惑星を宇宙に模したパブリックビューイングに表示させることで、自分の惑星だけでなく、他の子ども達が制作した惑星も閲覧できる環境を設けている。子ども達がこのパブリックビューイングを鑑賞することで、他の子ども達の惑星と自分が作成しようとする（作成した）惑星の比較や評価を行い、表現のアイデアが刺激されることを期待した。

3. Planet Maker

3.1 システムの概要。

本論文では、提案したワークショップ「惑星づくり」を実現できるシステムとして“Planet Maker”を制作した。

Planet Maker は、USBカメラから取り込んだテキストを球体へと張り付けることができる“ペイントモジュール”，制作した惑星を参加者全員で鑑賞できる“宇宙空間表示モジュール”，さらに、制作された惑星のテキストを様々な多面体の展開図へとマッピングした後に印刷する“マッピングモジュール”の3つのモジュールによって構成されている。また未就学児や小学校低学年でも直感的な操作を可能とするインタフェースとして“球体型インタフェース”を独自に作成した。本システムの全体構成図を図に示す。

3.2 ペイントモジュール

ペイントモジュールでは、参加者が球体型インタフェースを操作することで、惑星のテキストをペイントすることができる。ペイント部分のソフトウェアには、Unity を利用し、球体型インタフェースには、I/O デバイスと接触位

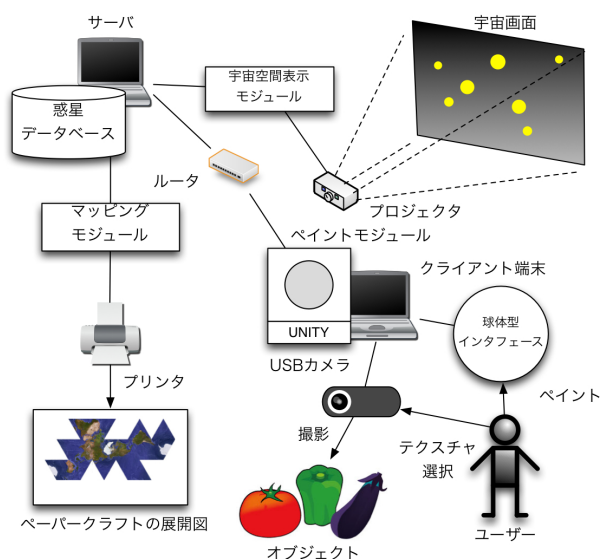


図2 Planet Maker の構成図

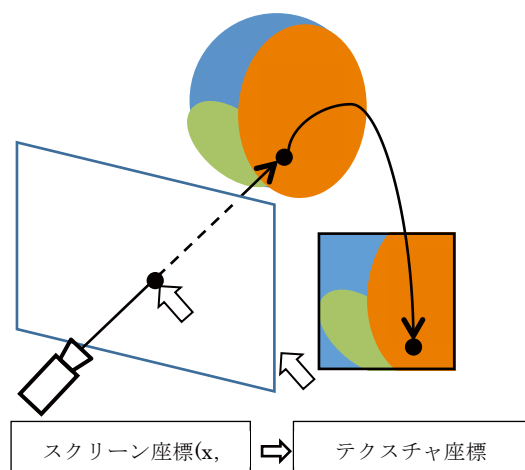


図3 テクスチャの動作原理

置センサを利用している。

3.2.1 3D モデルへのペイント

Unity とは、Unity Technology 社により開発されているゲームエンジンである。物理演算モジュールなどコンピュータゲーム開発に必要な要素を一通り内蔵しており、比較的容易に開発を行うことができる。ペイントモジュールでは USB カメラによって取り込んだ画像データを、ユーザーが球体型インタフェースを用いて惑星上の任意の位置に好きな色でペイントすることができる。動作原理を図3に示す。テクスチャ座標への変換工程では、まず、球体型インタフェースで指定したスクリーン座標とカメラを結ぶ線分を延長し、惑星の 3D 形状との接触判定を行う。ユーザーの指が球体型インタフェースに接触していた場合、惑星と線分の接触点のテクスチャ座標を取得する。その後、そ

のテクスチャ座標に指定された色とサイズでペイントを行う。実際の動作画面を図4(b)に示す。加工されたテクスチャと惑星の形状データはサーバに設置された惑星データベースに保存される。

3.2.2 球体型インタフェース

球体型インタフェースは、球体モデルをペイントする際に利用する(タンジブル)インタフェースである。

球体へのテクスチャを張り付ける位置指定は、(北極から南極を結ぶ)中心軸で回転し、経度に沿ったガイド上に位置指定ポイントで行う(図4(c)参照)。回転とガイド上の位置により、球体オブジェクトの任意の経度・緯度地点にテクスチャを張り付けることができる。テクスチャを張り付ける方法としては、一点にスタンプのように張り付けることもできるし、球体の回転とガイド上のポイントを動かしながら押すことにより、ブラシでなぞった様にも張り付けることができる。

インタフェースの台座部分には、USB カメラの画像を取り込むスイッチと、ペイントする際のテクスチャの大きさを調整するボリュームに、画面遷移を行うスイッチが装備されている。これらの機構は I/O デバイスである Arduino によって制御され、クライアント PC とシリアル通信により接続されている。

3.3 惑星シート

惑星シートは、惑星の制作者や惑星名や惑星の特徴などの説明を子ども達が書き込む用紙である。制作者の名前や惑星名の部分を、USB カメラで取得することにより、宇宙空間表示モジュールでプレビュー表示する際のラベルとして利用している。



図4 Planet Maker の画面と球体型インタフェース

3.4 宇宙空間表示モジュール

宇宙空間表示モジュールは、サーバに設置された宇宙を模したパブリックビューイングを表示するモジュールである。各クライアントに設置されているペイントモジュールによって制作された惑星のテクスチャは、サーバに設置された、惑星データベースへと登録される。

宇宙空間表示モジュールでは、惑星データベースに新しく追加された惑星データを Unity によって表現された宇宙空間に次々と惑星を生成していく。図 4(h)に宇宙空間表示モジュールの実行画面を示す。画面の右下には、現在時間から 5 分以内に制作された惑星を 10 秒程度順番に表示するプレビュー表示部を設けている。

3.5 マッピングモジュール

マッピングモジュールは、ペイントモジュールによってペイントされた惑星のテクスチャを多面体の展開図へとマッピングするモジュールである。

未就学児や小学校低学年では、複雑な工作作業ができないことを考慮し、多面体の形を 12 面体や 20 面体、変形 12 面体など球体を模した多面体を 3 種類準備することで工作作業の難易度を調整できるようにしている。

ペイントモジュールによって作成されるテクスチャ図 4(d)と惑星シートに書かれた惑星名や制作者などの情報を多面体の展開図へとマッピングし図 4(f)のような PDF ファイルを自動で生成する。PDF ファイルが生成されたら、サーバに接続されたプリンタから自動でペーパークラフト用紙が印刷され、子ども達は図 4(g)のようにペーパークラフトによる自分の惑星を工作する。

4. 関連研究

子どもを対象として、コンピュータを造形活動に利用する研究やワークショップ例はこれまで数多く実施されている。これらの研究や事例を大きく分けると、「プログラミング系」「制作補助ツール系」「表現ツール系」の 3 つに分けることができる。

コンピュータを利用した造形活動の最もポピュラーな例として、モータやセンサなどの電子デバイスが備わったブロックを使って、ロボットや機械を作成し、それとともにそれらのロボットや機械を制御するプログラミングを学べるソフトウェアや教育ツール[3][4]が有名である。

これらのツールを利用したワークショップでは、ある目的に沿ったロボットや機械の創作と、それに伴うプログラミング学習を提案している。このようなワークショップでは、電子デバイスの特徴の理解やコンピュータを利用する際に比較的高度な操作を必要とするため、小学校高学年からを対象としていることほとんどであり、未就学児や小学校低学年向けではない。また、学習の目的としてプログラミングの理解や上達に軸をおいているところに本研究の目的との違いがある。

制作補助系では、造形活動において、コンピュータが専

門的な知識や技術が必要な部分を補助することで、入門や子ども達でも従来では難しかった工芸品の制作が可能にするために研究開発されたシステムである。近年では、ペーパークラフト[5]や、ぬいぐるみ[6]、ステンシルデザイン[7]など様々なものづくりを補助するツールが研究開発されている。これらの研究では、コンピュータを知識や技術を補完するツールとみなしている点において、コンピュータを「ものづくり」における造形活動の演出や表現に取り入れている本研究とは異なっている。

コンピュータを利用してデジタルでないと実現できない表現活動を含んだ表現ツールの研究や作品がメディアアートの分野で多く見ることができる。絵を描くことに焦点を当てた表現ツールとして、回転するキャンバスをシミュレーションして絵を描かせる Minimal Drawing[8]や、自らの身体を筆にして壁面へのドローイングを擬似的に体験できる Body Paint[9] などが上げられる。

本システムと関連度が高いシステムとして了戒らの I/OBrush[10]と安斎らの The wall[11]がある。I/OBrush は、本システムと同じく実世界のオブジェクトのテクスチャを絵の具としてペイントに利用するツールである。ドローイングにおいて、テクスチャを自由に選択できることで子どもの表現力の幅を広げ表現活動を楽しませるという点においては、本システムと目的が同じであると考えられる。また、円形のスクリーンに制作物を共有することで創造的な活動を刺激することを試みた The wall は、制作物を共有して子ども達の創作活動における想像力の刺激を試みる。ところは、本システムと関連度が高いといえる。しかしながら、これらのシステムは、それぞれコンピュータ内のデジタル表現だけの活動にとどまっており、本システムのようにアナログ工作との関連を持たせていない。

5. Planet Maker の評価

5.1 ワークショップ実施の概要

惑星づくりを実現するために制作した Planet Maker を評価するために、2013 年 3 月 9 日、10 日に慶應義塾大学日吉キャンパスで実施された「ワークショップコレクション 9」にて、「惑星づくり」ワークショップを実施し、本ワークショップ及びシステムについてアンケート調査を行った。ワークショップコレクションに来場する学年の割合は、未就学児や小学校低学年～中学年が約 80%を占めており、本ワークショップを評価するにあたって相応しいと考えられた。

ワークショップ当日の Planet Maker の構成は、サーバ PC1 台とクライアント PC4 台で、クライアント PC には、それぞれ球体型インタフェースを準備した。惑星の制作においては、球体型インタフェースやシステムの操作を教えるインストラクターをクライアント PC 1 台に対し 1 名つけて対応した。

5.2 アンケート調査概要

アンケートでは、1.システムのユーザビリティ、2.作品

共有の度合い, 3.制作物の満足度, 4.今後の制作へ意欲, の4点を調査するため, 表1のような設問で実施した. また, 本ワークショップの魅力がどのような点にあるかを調査するため, 設問5では, 本ワークショップで楽しいと考えられる5つの項目を上げ, 最も楽しかった項目を選んでもらった. その他に, 本ワークショップの感想として感じたことを自由に記入できる自由記述を設けた.

回答に関しては, 子どもと共に来場した保護者と一緒にアンケート調査することをお願いし, 子どもにアンケート項目を口答で伝えながら回答を得た.

5.3 アンケート結果と考察

会期中ワークショップをでは261名の子どもにアンケートの回答を得ることができた. アンケートによって得られた結果を図に, 自由記述の結果は付録に示す.

設問1のシステムのユーザビリティに関しては, 「とても簡単だった」「簡単だった」と答えた体験者は44.4%, 「なれば簡単だった」も含めると81.2%となり, 比較的高い評価を得ることができた.

設問2に関して最も多くの体験者が選んだ回答は「全く参考にしなかった」で, 66.7%あった. 「参考にした」「ちょっと参考にした」を合わせた割合は, 33.3%であり, 約3割の体験者が, 他人の惑星を参考にして惑星を制作していることがわかった.

設問3に関しては, 「とても満足」と「満足」を合わせると93.2%の体験者が自分で作成した惑星に満足している. 項目1と項目3の結果を踏まえると, 球体型インタフ

ェースを利用したペイントは, 若干の慣れが必要ではあるものの未就学児や小学校低学年の子ども達でも自分の満足できる惑星を作ることができたことがわかる.

設問4に関しては, 「ぜひともつくりたい」と回答した75.9%の体験者がリピートを強く求めている. 「あまりつくりたくない」「つくりたくない」などワークショップに否定的な回答はなく, 本ワークショップへの満足度が非常に高いことを示すとともに, 新たな惑星制作への意欲につながっていることを示唆している.

設問5の本ワークショップの魅力に関する項目に関しては, 1位を5点, 2位を4点, 3位を点としてスコア化しその集計を行った. ワークショップのねらいであるデジタル表現とアナログ工作の融合のために設けた「球体型コントローラを転がして惑星をつくること」「自分で模様を選べること」と「自分の惑星をペーパークラフトで作れること」の3点の評価が高かった. このことから, 本ワークショップは, アナログ工作とデジタル表現の組み合わせが適した造形活動を提供できていたといえる.

さらに自由記述の回答から作成した惑星を物理的なペーパークラフトとして残せることが, 子ども達の造形活動をするモチベーションに少なからずつながっていることが推測できる.

宇宙空間表示モジュールを利用して制作物をカタログ的に鑑賞させることに関しては, 設問2の結果から惑星の制作する際に他の友達の惑星を参考にした子ども達は3割程度という結果であった. また, 設問5の作品鑑賞に関連する項目Dのスコアは, 他の項目に比べて最も低いスコアで

表1 アンケート設問

設問No	設問文	回答1	回答2	回答3	回答4	回答5
1	球体型コントローラとカメラで惑星をつくることは簡単でしたか?	とても簡単だった	簡単だった	なれば簡単だった	むずかしかった	
2	惑星をつくる時に友達の惑星を参考にしましたか?	参考にした	ちょっと参考にした	参考にしなかった		
3	自分でつくった惑星に満足できましたか?	とても満足	満足	どちらでもない	不満	とても不満
4	また、機会があれば、このワークショップで惑星を作りたいですか?	ぜひともつくりたい	時間があればつくりたい	あまりつくりたくない	つくりたくない	
5	このワークショップで楽しいと感じたことに順位をつけてください。					
	A 球体型コントローラを転がして惑星を描くこと					
	B 自分で模様を自由に選べること					
	C 自分惑星が宇宙に出てくこと					
	D 友達の惑星を見ることができること					
	E 自分の惑星をペーパークラフトで作れること					

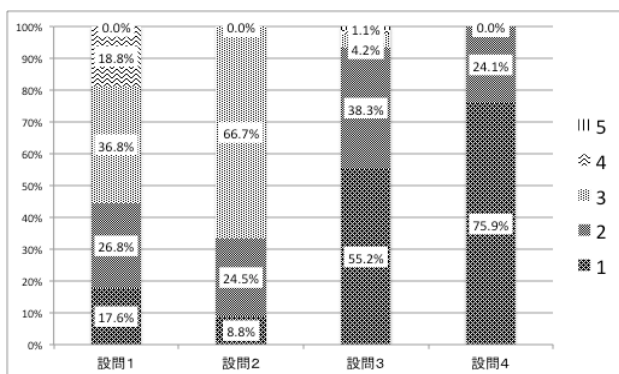


図5 設問5以外の回答結果

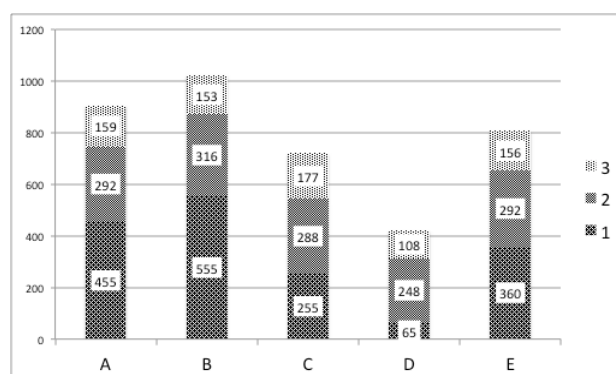


図6 設問5の回答結果

となった。これらのことから、他人の制作物を鑑賞することへの興味が他の項目と比べて低いことがわかる。

一方で、設問 5 の項目 C の結果では、スコアの高かった他の 3 つ項目とほぼ同じ水準となっており、作品がパブリックな場へとアウトプットされることに関しては、肯定的な反応であることがわかった。

自由記述においても、他の子ども達の惑星に関する記述がいくつか見られるため、宇宙空間表示モジュールは、ワークショップに肯定的に受け入れられているが、期待していた他の作品との比較や評価、アイデアの刺激を効果的に提供できたとは言い難い。

6. まとめと今後の展望

本論文では、未就学児や小学校低学年の子ども達でも、テクノロジーを利用した造形活動が行えるワークショップとして「惑星づくり」を提案し、本ワークショップを実現できるシステム「Planet Maker」を制作した。

「Planet Maker」には、未就学児や小学校低学年でもコンピュータを利用した工作活動が実施できるように、実世界のテクスチャを絵の具として利用できるしくみや、直感的に操作が行えるインタフェース、友達と制作物を共有できるパブリックビューイングを設けた。さらに物理的な成果物として制作した惑星のテクスチャを利用した多面体のペーパークラフトを印刷し、デジタル表現とアナログ工作の融合を試みた。

制作したシステムの有効性を評価するためにワークショップを実施し、本ワークショップを体験した子ども達に対してアンケート調査を実施した。

アンケート調査から本ワークショップの評価は高く、未就学児や小学校低学年の子ども達でもコンピュータを利用して自分の満足できる惑星(作品)を作ることができることがわかった。また、本ワークショップを体験することで、造形活動への意欲が高まることも示唆された。

しかしながら、子ども達が制作した作品を共有したり、ふりかえったりする仕組みが不十分であることも分かった。

自らの作品が公共の場で紹介されることに関しては肯定的な反応であったため、今後は、制作した作品がネットワークを通じてアーカイブされるような仕組みを設け、惑星づくりのポータルサイトを構築することで、作品の評価や振り返りに利用する予定である。

参考文献

- 1) Suga, N., Suzuki, H., Sato, H., “Fight!! our shadow robo: digital workshop by using paper craft”, Image Electronics and Visual Computing Workshop2012(2012), pp.21-24.
- 2) 岩崎由紀夫,山田芳明:子どもの造形表現の発達とコンピュータ教材の関係に関する考察,大阪教育大学紀要. V, 教科教育 49(1), pp.135-148(2000)
- 3) 森秀樹,杉澤学,張海,前迫孝憲:Scratch を用いた小学校プログラミング授業の実践:小学生を対象としたプログラミング教育の再考:日本教育工学会論文誌.Vol34(4), pp387-394(2011,3)

- 4) MINDSTORM:http://mindstorms.lego.com
- 5) Mitani, J. and Suzuki, H.: “Making Papercraft Toys from Meshes using Strip-based Approximate Unfolding”, ACM Transactions on Graphics(Proceeding of SIGGRAPH 2004),23(3),pp.259-263(2004)
- 6) Mori, Y. and Igarashi, T.: “An Interactive Design System for Plush Toys”, ACM Transactions on Graphics and Applications,30(4),pp.8-14(2010)
- 7) Igarashi, Y. and Igarashi, T.: “Holly: A Drawing Editor for Designing Stencils”, IEEE Computer Graphics and Applications,30(4),pp.8-14(2010)
- 8) 草地映介,渡邊淳司:表現意図と偶然性を併せ持つ “Minimal Drawing”の提案:日本バーチャルリアリティ学会論文誌.Vol.12, No.3,389-392(2007)
- 9) Mehment kten.: Body Paint:
http://www.memo.tv/bodypaint/
- 10) Ryokai, K., Marti, S., Ishii, H.: “Designing the World as Your Palette.” In Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems, (2005,4)
- 11) 安斎利洋,中村理恵子:連画コラボレーションを支援するパノラマ空間ペイントシステム: The Wall:情報処理学会研究報告,2000-EIP-13,pp.57-64(2000,1)

謝辞

本研究の一部は、中山隼雄科学技術財団の助成を受けたものである。

付録

アンケートの自由記述

- 写真をとって惑星をぬるのがおもしろかった。(7 歳女子)
- 玉をころがしながら惑星をつくるのがたのしかった。(6 歳女子)
- 自分でペーパークラフトがつくれたり、惑星がつくれるのがうれしかった。(8 歳男子)
- 自分のつくったものがペーパークラフトになってうれしかった。(9 歳女子)
- パソコンでつくった星がじっさいに作ることができてうれしい。(8 歳男子)
- 最初はあまり惑星に興味を持たなかったけど、やっていくうちにこんな星ができたらいなと思いました。(8 歳女子)
- 友達の惑星もいろいろなバリエーションがあった。(9 歳男子)
- だいすきな恐竜のわくせいがつくれたのがうれしかった。(6 歳男子)
- 自分の惑星がつくれてうれしいです、もし自分の惑星が宇宙にあったら行ってみたいです。(8 歳男子)
- ペーパークラフトでつくってもってかえれるのがいい。(7 歳男子)