

研究報告書

手芸・工芸のための対話的な形状デザイン手法

研究タイプ：通常型

研究期間：2016年12月～2020年3月

研究者：五十嵐 悠紀

1. 研究のねらい

手芸や工芸などのクラフトを対象にした創造的作業の知的支援システムの構築を目指す。手芸・工作の知識を持たない初心者(例：子ども、主婦、お年寄り)でも、簡単に設計をしたり、制作作業をしたりできるような支援技術の研究およびシステムの開発を行う。通常、手芸や工芸といった分野は立体物(3次元)を制作するために、対応する平面(2次元)の「パターン(型紙)」を設計することが必要であり、これは専門家が長年の経験や勘を頼りに試行錯誤をしながら手作業でデザインしていることが多く、「手芸を楽しむ」といった趣味のユーザは専門家によるパターンを利用して作っている。

本研究では、物理シミュレーションを適用しながらのモデリング手法を用いながら手芸作品の設計支援システムを作成した。これらのシステムに裁縫技術がなくて実際には制作できないような複雑なデザインにならないよう、作る人の技術力に応じて設計段階から考慮することを組み込んだ。具体的には、設計段階で制作難易度を表示し、自分の制作技術のレベルに応じたデザインを行えるよう支援した。具体的には制作時間の算出やそれに基づく制作難易度評価、作業工程の複雑さなどの所定の必要な指標を設計(モデリング)時に取り込み、その制約の中で設計することを行った。

2. 研究成果

(1)概要

技術的取り組みとして、これまで行ってきた物理的な制約の下での形状モデリングの枠組みをより多様な応用へと展開していった。具体的には、かごデザイン(クラフトバンドデザイン)、ストリングアート、ポップアップカード、ボンボン手芸、ビーズデザイン、など身の回りの手芸、工芸を対象とした。趣味として楽しむ際に出来合いのデザインではなく、自らが設計したデザインで制作することでより楽しめると考える。対象とした手芸、工芸は現実世界での試行錯誤が難しいもの、組み立てが複雑なもの、コンピュータで支援できる可能性を秘めているものを中心に選択した。また、現状ではどれも手作業でデザインされており、コンピュータを導入することでこれまでにない形状などが現れる可能性を検討した。

(2)詳細

<研究テーマA：制作難易度評価技術>

手芸や工芸作品における制作の難易度はすでに設計完了段階で決定される。設計を終えた状態で難しいものができてしまっているとそれを簡単に作ることは不可能である。これまでのワークショップではボランティアスタッフが設計段階にあまり作りこまないようアドバイスすることで最終的な制作時間を調整していた。そこで、技術がなくて制作できないような複雑なデザインにならない

ように設計段階から制作難易度を考慮し、提示することを行った。

①クラフトバンドを利用した紙工作のためのモデリング手法

クラフトバンド工作を対象として初心者が簡単にデザインできるよう、インターフェースの設計とモデリング手法を提案した(図1)。ユーザはデザインするとリアルタイムにシステムで反映結果を見ることができる。修正したら最終的に必要なクラフトバンドのそれぞれの色および長さが算出され、ユーザに提示する。また、実際の制作過程をCGで支援するインターフェースも構築した(後述)。本プロトタイプシステム BandWeavy は、第26回 Visual Computing 2018にてポスター発表を行い、ポスター発表賞を受賞した(5項、主な学会発表-1)。また、第26回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2018)でも研究者とディスカッションを重ねて、これらの内容をまとめて国際学術誌 IEEE Computer Graphics and Applications に掲載された(5項、論文発表-1)。

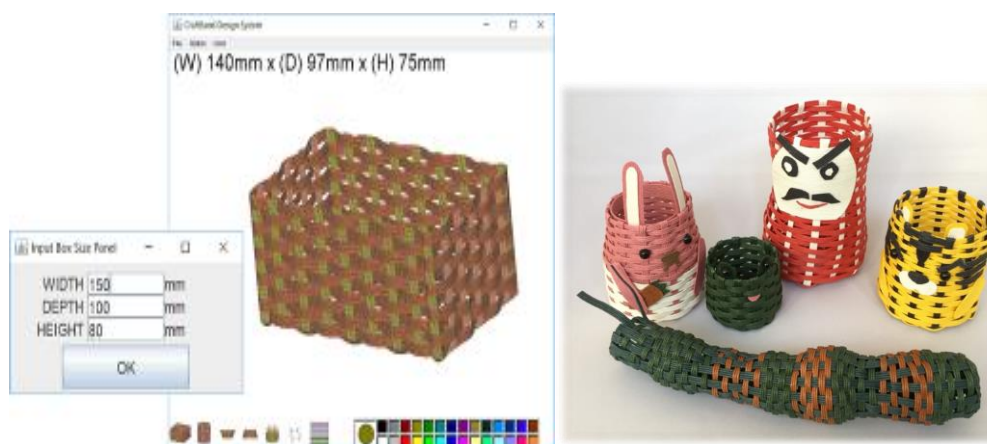


図1:クラフトバンドシステム BandWeavy とデザイン例

②ストリングアートデザインのための支援システム

ストリングアートという釘を打ち付けた板に糸を引っ掛けることで絵を描くアート作品を対象にして支援システムを構築した(図2)。製作するには板に多くの釘を打ち付ける必要があり、実際に糸を掛けて完成させるのに多くの手間と時間がかかる。また、完成させるまで絵としての全貌が見えないで釘の本数、糸をかける回数による完成形を想像するのが困難である。そこで、完成形となる絵を事前に完成形を確認することができ、釘と板を3Dプリンターで出力することによって製作者の負担を減らすことを行った。本システムは第26回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2018)にてデモ発表を行った。



(a)釘の位置、下図の調整

(b)糸を掛けるシミュレーション

(c)3Dプリンターで出力

(d)完成品

図2: システムでのデザインの流れ

③球体ポップアップカードのデザイン支援

球体ポップアップカードとは、円盤型の切り絵を格子状に組み立てて作る立体のアート作品であるが、立体の完成形をイメージしながら平面の型紙をデザインすることは初心者には難しい。そこで、好きなデザインを描くと完成図を3次元モデルで表示し、型紙を自動で生成するシステムを提案した(図 3)。ユーザは円盤型の型紙の中に自由に図柄をデザインし、システムは切り絵の制約である1枚に繋がった型紙を自動生成する。カッティングプロッタなどを用いて切断し、組み立てることで、ユーザは好きなデザインの作品を作ることができる。第 26 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2018)にてデモ発表を行った。



(左)立体完成画面に反映されている様子、 (右)ユーザによるデザイン

図 3: デザイン例

④2次元の木目込みデザインのための制作支援

初心者でも簡単に、オリジナリティのある2次元の木目込み細工を作れるような制作支援システムを提案した(図 4)。ユーザがデザインをするためのペイントツールと、作成したデザインを元に型の3次元モデルを自動生成するスクリプトを開発した。ユーザはこのシステムで生成した3次元モデルを3次元プリントして実際に木目込みを行うことで、自分だけの木目込み細工を作成することができる。木目込みを行なった後の形状をペイントツール内で再現することで、出来上がりを確認しながら修正を行って、初心者でも納得のいくデザインが容易に作れるシステムを目指した。本システムは第 26 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2018)にてデモ発表を行った。

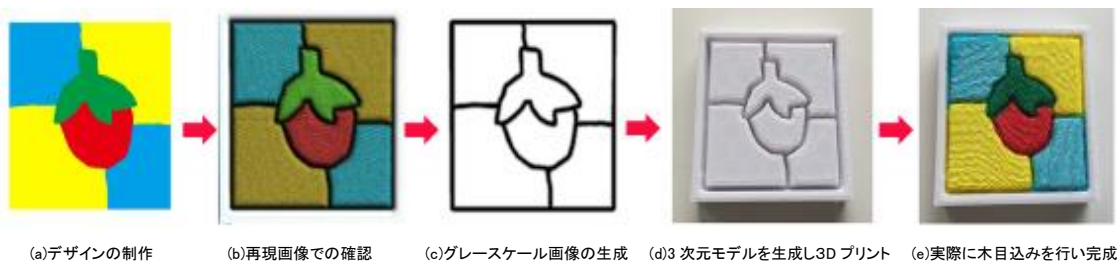


図 4: 木目込みデザイン支援システムの流れ

これに制作時間を算出し、提示したシステムへと発展させたものを、ヒューマンインタフェースシンポジウム 2019 にて発表を行った。また、木目込み細工の立体作品をデザインするためのシステムを WISS2019 にてデモ発表を行った(図 5)。



図 5: 木目込み細工の立体作品
デザインシステム

⑤動物の革細工制作のための設計支援ツール

ヌメ革という革を使った動物の革細工を対象に設計支援ツールを制作した。この革は水で濡らすと柔らかくなり形を変えることができるという性質を持ち、型紙があれば手で形を形成するだけであるため簡単に作るすることができる。本支援システムでは一枚の革から立体の形を作るためのデザイン支援を行った。ユーザが作成したい対象の動物の3次元サーフェスモデルを本システムに入力してシステム上でデザインすることで、それを革細工で表現するための型紙を得ることができる(図6)。本内容は第182回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会にて発表を行った(5項、主な学会発表-3)。

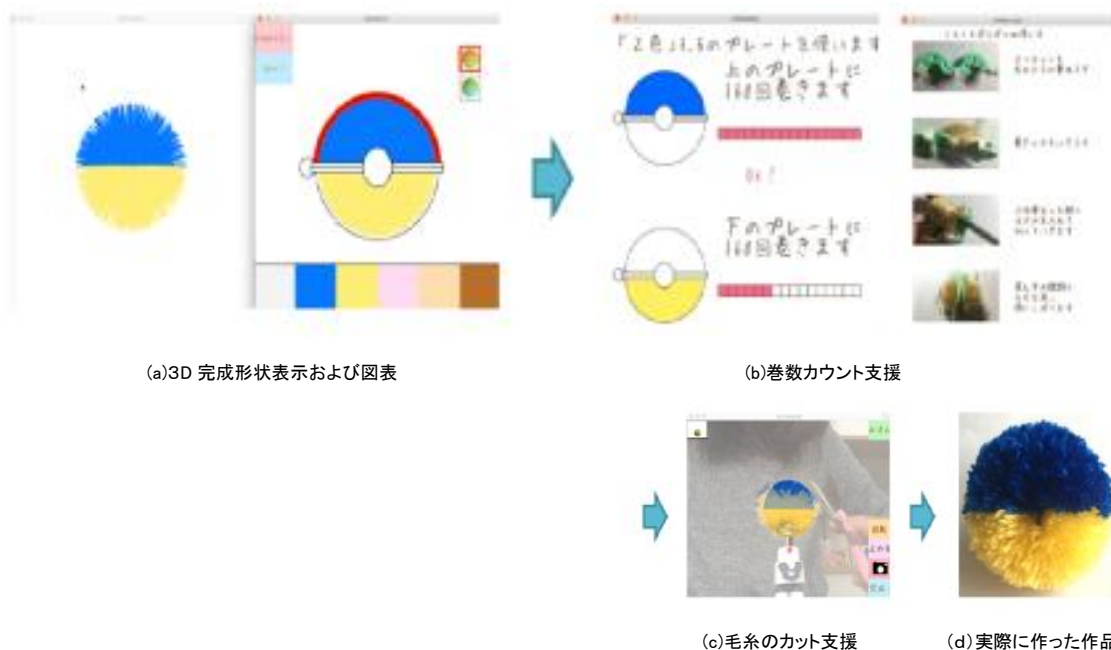


(左)アドオンと3次元モデル入力画面 (中央)システムで制作した型紙 (右)制作した革細工

図 6: 動物の革細工のためのデザイン支援システム

⑥ボンボン手芸を対象としたデザインおよび制作支援

毛糸を巻いて、好きな形にカットして動物などを作る「ボンボン手芸」を対象にデザインおよび制作を支援するシステムを提案した(図7)。このシステムを使うことによって、最後まで諦めずに手芸を楽しんでもらうことができる。本システムは第25回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2017)にてデモ発表を行った。



(a)3D 完成形状表示および図表

(b)巻数カウント支援

(c)毛糸のカット支援

(d)実際に作った作品

図 7: ポンポン手芸の支援システム

⑦ポーチを対象とした型紙デザイン支援及び製作支援システム

ポーチを題材にして、ユーザが製作したいポーチのデザインから、実際に完成させるまでを支援するシステムを提案した(図 8)。ユーザは 3 つのデザインのポーチから 1 つを選択し、大きさを入力する。システムは入力された数値からそれぞれに合った型紙を計算することで必要な材料の調達やパーツの裁断を支援する。また、製作手順を表示することでポーチの製作過程を支援する。さらに自分の使いたい布の柄をデザインし、それを型紙製作支援システムや手順表示システムと組み合わせることもできる。デザインした布の柄を用いた製作支援表示により、より具体的で意欲のわく製作支援が可能になる。本システムは第 25 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2017)にてデモ発表を行ったあと、デモ発表でもらった意見を元に研究を引き続き進め、ユーザスタディを行った後に、論文誌へ投稿し、画像電子学会論文誌にショートペーパーとして採択された(5 項、主な論文発表-2)。

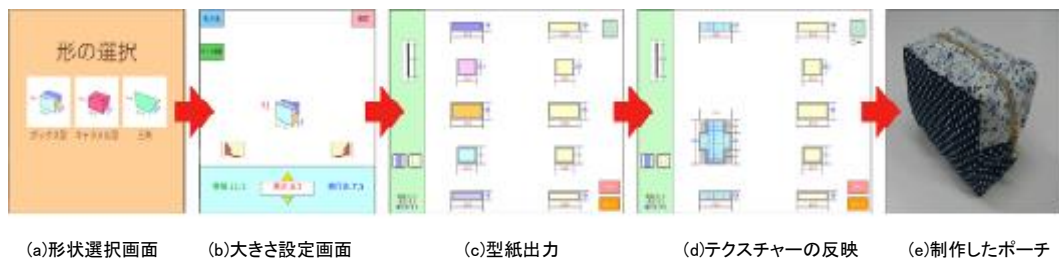


図 8: 提案システムの概要

そのほか、手芸、工芸作品に関して、初心者では難しかった設計をコンピュータグラフィックスや数学・物理学の知識を用いてコンピュータに実装し、ユーザインタフェースの観点から初心者を使いやすいシステムになるよう研究・実装を進めてきた。本研究のテーマである「難易度設計支援」というところまで踏み込んで研究を行っている。

<研究テーマ B : 3次元コンピュータグラフィックスを用いた制作手順支援>

3次元 CG が普及してきているものの手芸の制作過程を伝達する方法はすべて 2次元のイラストや写真を紙面上で見ながら行うに留まっている。制作過程の動画をオンライン動画サイトなどにアップしているものもあるが、効率的ではなく、特に撮影した方向からしか見ることができない、すでに制作した部分にオーバーラップしてしまう際には見づらい(もしくは見えない)などといった制約がある。本研究ではインタラクティブなコンピュータグラフィックスを利用することで、ユーザにとってわかりやすい制作手順の提示や構造の可視化を行い、制作過程を支援する。「自分で作らないといけない」ではなく、「自分で作りたくなる」のように興味を持たせることのできる制作支援を目指した。

①クラフトバンドを利用した紙工作のための制作支援

クラフトバンド工作のシステム(5 項、論文発表-1)では 3次元 CG による制作支援を備えてい

る(図 9)。1 ステップずつコンピュータグラフィックスで提示することで自分がデザインしたオリジナルデザインでの制作提示が可能になり、実物の制作物と一対一対応が取れるため、作りやすくなる。



図 9: 提案システムの概要

②ストリングアートデザインのための製作支援手法

初心者のユーザがストリングアートをデザインすることを支援するため、デザイン過程での支援と自動で制作経路を算出するシステムを提案した(図 10)。算出した制作経路手順を LED ライトで順に提示することで制作過程も支援した。この過程は従来、釘に糸を掛けて制作する際には、釘の番号を逐一数えながら糸を掛けていく必要があり、ミスが起きやすく後戻りも困難なため、製作には多大な時間を要していた。本システムでは釘の位置に LED ライトを設置し、糸を掛ける手順をライトによって提示することで制作を簡略化した。ライトの提示を自動化することにより、制作中に両手が塞がっていても制作が可能となる。また制作に必要な糸の長さや時間をシミュレーションにより計算し提示している。本システムを利用することで、自由にデザインしたストリングアートを簡単に制作することができる。本システムを WISS2019 のデモセッションにて発表を行い、フィードバックを得た。

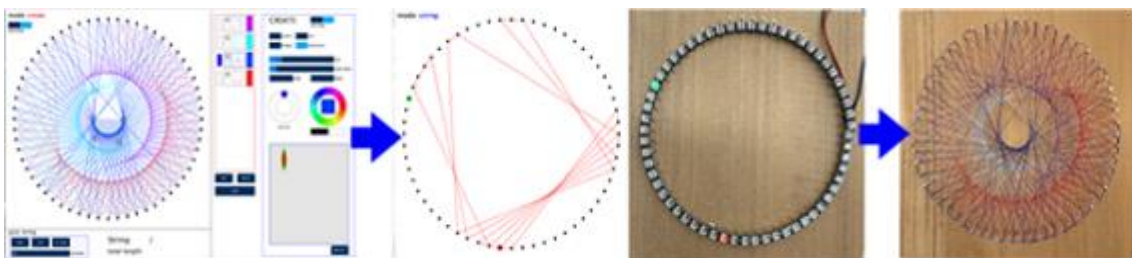


図 10: システムでの設計、および LED ライトを用いた制作支援

③プロジェクションを用いた折り紙の折り方提示手法

実際の折り紙を折りながら、折り紙上に折り図をプロジェクションする制作手順手法を提案した(図 11、図 12)。ユーザにとっては折り紙と折り図を同時に視認することができ、より正確かつ容易に手順を理解することが可能となる可能性を探るため、プロトタイプシステムを構築した。本システムのプロトタイプをヒューマンコンピュータインタラクション研究会で発表しフィードバックを得て、改良したものを WISS2019 のデモセッションにて発表を行い、フィードバックを得た。

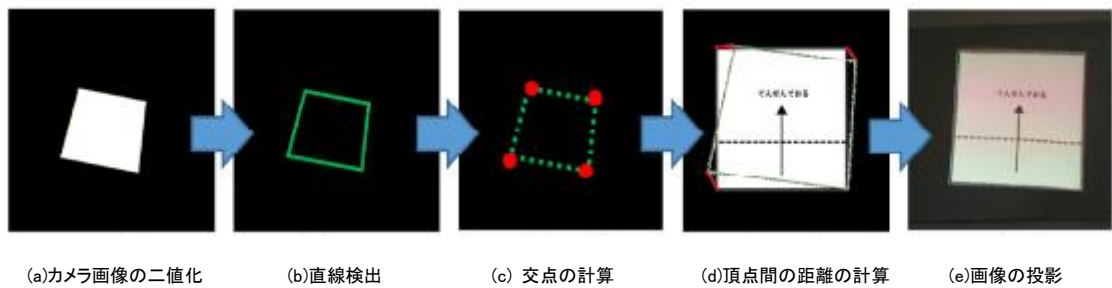


図 11: 折り図の投影処理の流れ

このように、CG を利用することで最後まで作れるように工夫したシステムを提案してきた。システム内での 3 次元 CG 表現による支援だけでなく、プロジェクションマッピングや LED ライトなどを用いた提示により制作をより簡便に支援することを行った。

④羊毛フェルトを用いたマスコット制作支援

更に、羊毛フェルトを対象としてオリジナルな作品を制作するための支援システムの提案を行った。システムの構成図は図 12 のようになっており、提案システムではスマートグラスを用いて完成予想モデルを 2 次元と 3 次元の両方で表示することとした。図 13 にシステムを使った一連の制作支援の流れを示す。制作段階の羊毛フェルトのサイズを取得し、歪みが生じた場合には完成予想モデルの更新を行うことで、ユーザがイメージしたものにより近い作品の制作を目指すための支援を行った。

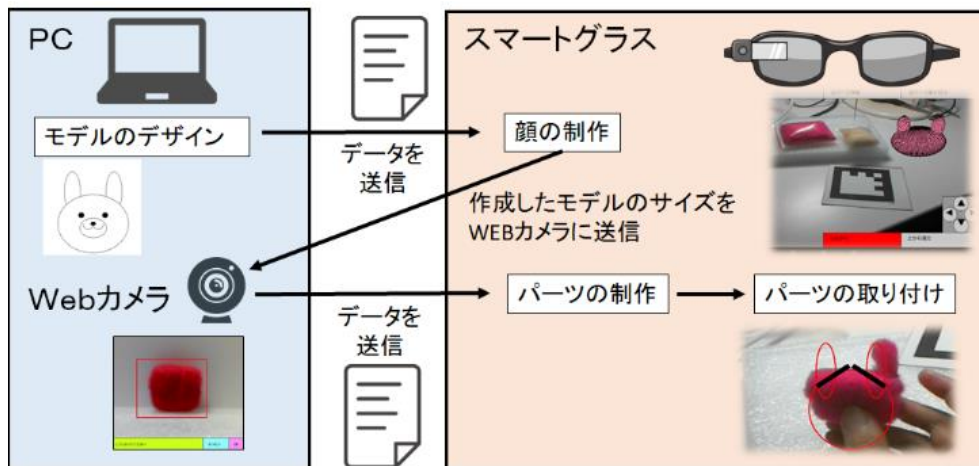


図 12: システムの構成図

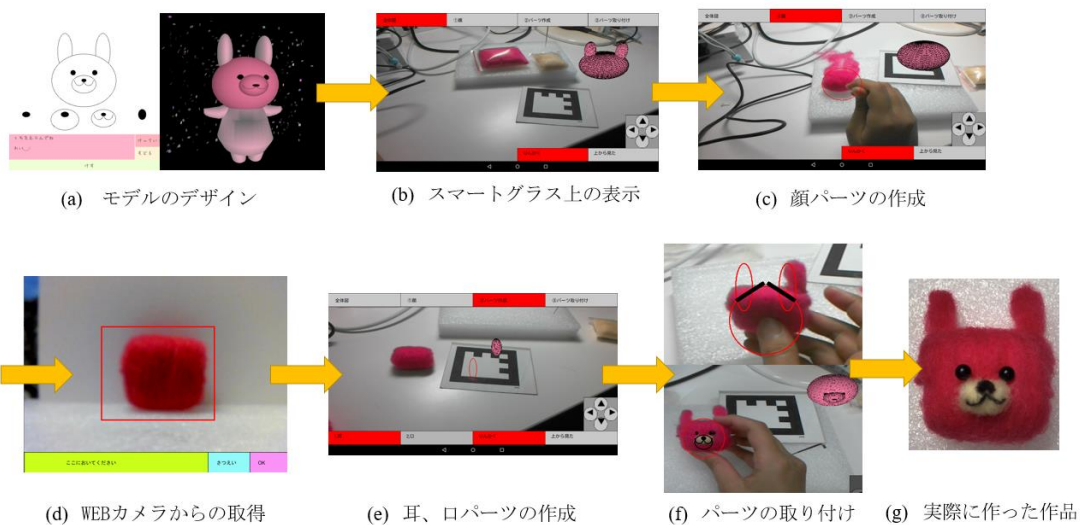


図 13:システムでの制作支援の流れ

<研究テーマ C : 支援システムを用いたワークショップ開催などによる知見の収集>

① ビーズデザインシステムを用いた設計・制作ワークショップ

ビーズを対象とした設計・制作支援システム Beady を用いて一般を対象としたワークショップを開催した(図 14)。ビーズデザインシステムを用いたワークショップでは中学生を対象として 20 名が参加し、コンピュータを用いてデザインを行ったあと、コンピュータによる制作支援を用いて実際のビーズ作品を作成するところまで行った。ワークショップで得た知見をもとに研究を進めている。



図 14: ビーズデザインシステム Beady を用いたワークショップの様子と作品例

② クラフトバンドデザインシステムを用いた設計・制作ワークショップ

先に紹介したクラフトバンドシステム BandWeavy を用いて、中野区教育委員会と共催でワーク

ショップを行った(5項、アウトリーチ-1、2019年10月12日開催予定であったが、台風19号の接近により中止となった)。

③ 羊毛フェルトを用いたマスコット制作のユーザスタディ

先に述べた羊毛フェルトを用いたマスコット制作支援システムのユーザスタディを行った。ユーザスタディの様子を図15に、完成したものを図16に示す。左から、ユーザがデザインしたもの、本システムを使用して作成したもの、本システムを使用しないで作成したものである。写真から見られるように本システムを使用した場合がデザインしたものに近いものとなった。また被験者からも、本システムを使用した方がイメージしたものに近いものが完成したとの声があった。このことから本システムでの制作支援技術を用いることで羊毛フェルトでのマスコット作成においてユーザのイメージに近いものを作成できると考えられる。



図15: ユーザスタディの様子



図16: ユーザスタディの結果:(左) システム内でのマスコットデザイン、(中央)本システムで制作過程を支援したもの、(右)システムを使わずに制作したもの

④木目込みデザインシステムを用いたユーザスタディ

先に述べた木目込みデザインシステムを用いて、子どもを対象としたユーザスタディを行った(図 17)。システムの使い方は通常のペイントソフトのように使えるためほとんどレクチャーの必要はなく自由に絵を描いていた。マウスで絵を描く子どももいればペンタブレットを用いてペンで描く方を好む子どももいた。デザイン1の制作まで終わったあとに、次のデザインにとりかかるといった手順で実験を行った。制作は3次元プリンターでの出力時間(およそ1つあたり1時間半~2時間)が必要であるため、1日一人1つの制作として全体で数日間にわけて制作を行った。図18に、図17のUser B(デザイン2)のデザイン過程の様子を示す。20分程度の予想時間が表示されると簡単すぎると判断しもう少し複雑なデザインに変更していたが、50分を超えると時間がかかりすぎると判断してもっと簡易的なデザインへと修正を行っていた。その結果、図17のデザイン2のような予想時間40分のデザインを作ることにした様子であった。

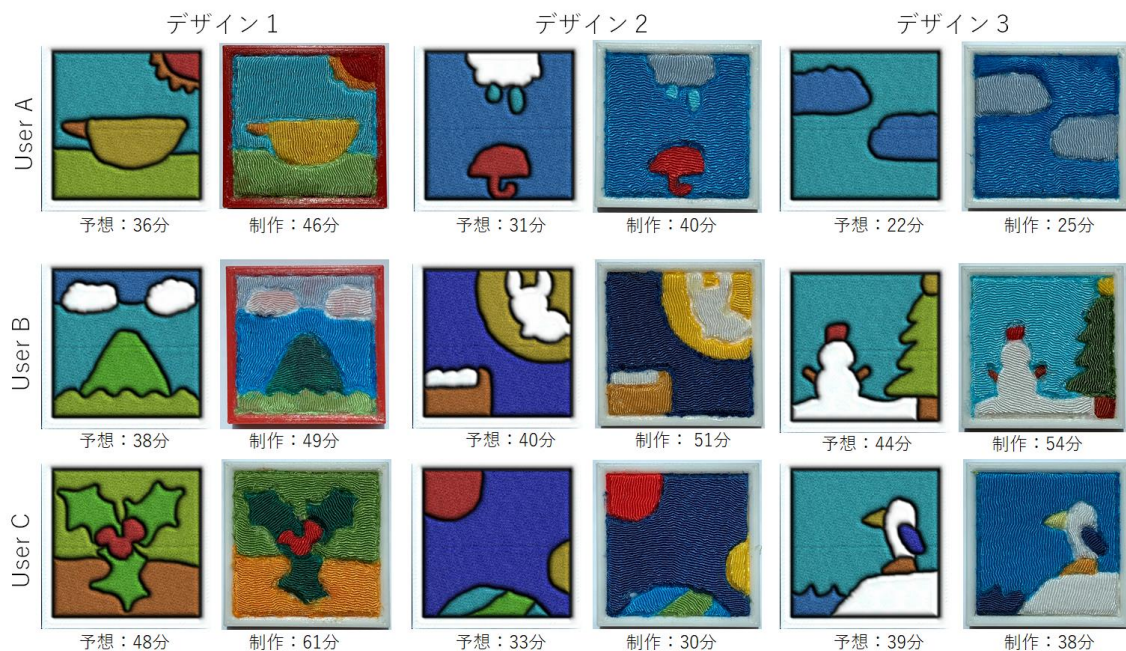


図 17: 木目込み細工を使ったユーザスタディ



図 18: 制作時間を見ながらデザインの試行錯誤をする例

⑤書籍執筆『AI 世代のデジタル教育 6歳までにきたえておきたい能力 55』

これまでのワークショップの経験を活かして、幼児教育および初等教育に関する専門家に取

材に行き、現場を見たうえで、これからの子どもに必要な力を家庭で取り組める方法を提案する書籍を執筆した(5項、著書-2)。今の子どもたちのデジタル環境について、親としてどのように整えていくと良いか論じた。情報技術分野の研究者の立場からの議論と、(幼児教育の専門家ではない)一般の母親としての子育ての経験を組み合わせた点がオリジナリティである。

ベネッセ、ひよこクラブ、プレジデントFamilyなどの各誌や育児・教育情報サイトからの取材も非常に多く、反響の大きい書籍となった。また、韓国語版(出版社:Wisdomhouse Mediagroup Inc.)、台湾語版(出版社:先覚出版社(園神出版社))が翻訳され発売となった。

⑥書籍執筆『スマホに振り回される子 スマホを使いこなす子』

スマートフォンやタブレットに関する内容について小中学生の子どもを持つ親を対象にした書籍を執筆した(5項、著書-1)。SNS やゲームをはじめとした「どのような危険があるか」といった書籍はすでに多々発売されているが、「どのように使いこなせば安全か」「現状の教育現場ではどのように使われているか」「生徒たちはどのように自分の力をスマートフォンやタブレットを使って生み出しているか」といったうまく活用する方法についてはあまり述べられていないことから、これらを中心にスマホを使いこなすとどのようなことができるのかについても触れた書籍となっている。インターネット社会の現在とその対処法も記載されている。

3. 今後の展開

これまでの一連の研究成果のシステムを使用したワークショップを一般の人々を対象として開催し、知見をまとめて国内外の論文誌に投稿することで研究成果としてまとめる。またこのような手芸設計支援の観点からコンピュータグラフィックスや数学に興味をもつ子どもたちが増えるような入口になるためにも、論文としての対外発表だけでなく書籍やインターネット上のコラムなどを通じてわかりやすく知見を広めていき、研究を展開していく予定である。

4. 自己評価

<研究目的の達成状況>

当初の研究目的であった、手芸設計支援の設計している段階からの難易度評価について様々な手芸・工芸を対象として行ってきた。実際には制作時の個人差や慣れの問題も大きく制作時間の提示などは目安にしかならないこともわかったが、個々の作品の相対的な目安の提示には十分使え、難しすぎる作品は作らない(自分ができる技量のものを作る)といったところは支援することができた。個々の成果全てに対してワークショップなどで評価したわけではないため、今後一般を対象としたワークショップをするなど還元できることを検討している。また、書籍を通じて、論文読者とは異なる層への研究成果の展開ができたことは社会への大きな還元の一つと考える。

<研究の進め方(研究実施体制及び研究費施行状況)>

研究実施体制は主に明治大学総合数理学部五十嵐悠紀研究室の学生と体制を組んだ。専門的な知識や知見が欲しいところではその都度、その分野に詳しい先生を尋ねるなどして進めてきた。研究費施行状況は企業さんとの連携が進みそうになったり止まったりということ

繰り返していた点が心残りである。手芸業界は人力で行っているところが多く、なかなか連携まで進むことが難しかった。

<研究成果の科学技術及び社会・経済への波及効果(今後の見込みを含む)>

一般への展示やワークショップ、書籍出版の予定などもあり、今後も本成果を社会へ還元していくことができる見込みである。

5. 主な研究成果リスト

(1)論文(原著論文)発表

- | |
|---|
| 1. Yuki Igarashi. BandWeavy: Interactive Modeling for Craft Band Design IEEE Computer Graphics and Applications, 2019, Volume: 39, Issue: 05, Pages: 96-103. |
| 2. 池田優希, 五十嵐悠紀. 「ポーチを対象とした型紙デザイン支援及び製作支援システム」画像電子学会論文誌 第 48 巻 第 4 号(通巻 250 号)ショートペーパー, 2019. |
| 3. Yuki Igarashi, Takeo Igarashi, Jun Mitani. "Computational Design of Iris Folding Patterns" Computational Visual Media, December 2016, Volume 2, Issue 4, pp 321-327, 2016. |

(2)特許出願

研究期間累積件数:0 件

(3)その他の成果(主要な学会発表, 受賞, 著作物, プレスリリース等)

主な学会発表

- 五十嵐 悠紀「クラフトバンドを利用した紙工作のためのモデリング手法」第 26 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2018),(査読あり)
2018 年 9 月 26-28 日.
- 五十嵐悠紀, 「クラフトバンド工作のためのデザイン支援システム」VC2018, 2018 年 6 月 21-23. (ポスター発表賞受賞)
- 大柏 卓也, 五十嵐悠紀「動物の革細工制作のための設計支援ツール」, 第 182 回 ヒューマンコンピュータインタラクション研究会, 2019 年 3 月 18-19 日.

受賞

- 情報処理学会 マイクロソフト情報学研究賞「手芸のための対話的な形状デザイン手法」, 2017 年 3 月 16 日.

著書

- 五十嵐悠紀『スマホに振り回される子 スマホを使いこなす子 (ネット社会の子育て)』(ジアース教育新社) ISBN: 978-4863715103, 2019 年 9 月 6 日発売
- 五十嵐悠紀『AI 世代のデジタル教育 6 歳までにきたえておきたい能力 55』(河出書房新社), ISBN: 978-4309253671, 2017 年 6 月 23 日.

アウトリーチ

- 明治大学×中野教育委員会「小学生対象理科ワークショップ 『コンピュータグラフィックスを使ってオリジナルペン立てを作ろう』」明治大学中野キャンパス, 2019 年 10 月 12 日.以上