JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	タブレットを用いた切り絵練習帳の開発
Author(s)	東，孝文；金井，秀明
Citation	情報処理学会グループウェアとネットワークサービス研究会 ワークショップ2013 (GN Workshop 2013)論文集，2013：1-8
Issue Date	2013-11-21
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/12224
Rights	社団法人 情報処理学会，東 孝文，金井 秀明，情報処理学会グループウェアとネットワークサービス研究会 ワークショップ2013 (GN Workshop 2013)論文集，2013，1-8． ここに掲載した著作物の利用に関する注意：本著作物の著作権は（社）情報処理学会に帰属します。本著作物は著作権者である情報処理学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」ならびに「情報処理学会倫理綱領」に従うことをお願いいたします。 Notice for the use of this material: The copyright of this material is retained by the Information Processing Society of Japan (IPSJ). This material is published on this web site with the agreement of the author (s) and the IPSJ. Please be complied with Copyright Law of Japan and the Code of Ethics of the IPSJ if any users wish to reproduce, make derivative work, distribute or make available to the public any part or whole thereof. All Rights Reserved, Copyright © Information Processing Society of Japan.
Description	

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

情報処理学会
グループウェアとネットワークサービス研究会
2013年11月28日,29日

タブレットを用いた切り絵練習帳の開発

東 孝文[†1]，金井 秀明[†2]

概要：本稿では切り絵の初心者を対象に，タブレット端末とタッチペンを用いた切り絵制作を練習するための「切り絵練習帳」を提案する．切り絵練習帳とは，切り絵を制作するための経験者の切り方等の知識を提供するためのモノである．切り絵には難しいとされる要素がいくつかあり，千切れる等の失敗が頻繁に発生する．しかし，失敗に対しやり直すことや，事前に失敗しやすい場所を繰り返し練習することが不可能という問題がある．そこで，初心者と経験者に切り絵をさせ，時間やデザインナイフの使い方の差から，経験者の切り方を明らかにした．この知見に基づいて，切り絵練習帳での初心者への支援機能について検討し，本稿で報告する．

1. はじめに

近年，CAD（Computer-Aided Design）と 3D プリンタを利用したモノ作りに代表されるように，高精度なモノ作りを容易に行うことが可能になりつつある[1]．これにより，伝統工芸や芸術活動等長い時間や経験を経なければ作ることが困難なモノを熟練者でなくとも容易に作ることが可能になる[2]．一方，試行錯誤しながら手作業でモノを生み出す「クラフトアート」といった，自分の手でモノを作る分野もある．クラフトアートは機械ではなく，手作業で作る等の過程を重要とし，また自らの手で作ることでの楽しみや充実感がある．クラフトアートの 1 つに切り絵がある．

切り絵は，白黒に染め分けた下絵を色紙の上に重ね，デザインナイフ等を用いて不要な部分を切り抜いて絵を作り上げていく絵画手法の 1 つである[3]．切り絵の基本的な表現は，線によって分けられた白の領域を切り抜き，黒の領域のみを残すことで表現する[4].また，紙を折り曲げハサミで切り抜く「紙切り」とは異なる(図 1).

切り絵は細かい作業が多く，切り方や道具の使い方で作品の完成度に大きく影響する．本研究を行うにあたり事前に調査した切り絵教室では，授業の始めの段階では切り絵講師が用意した下絵を生徒に勧め，それを切ることで段階的に上達をさせる．講師が生徒へどのような絵柄を勧めるかについて話を伺ったところ，初心者に勧める絵柄は単純で太い線の絵柄の切り絵から始まり，そこから様々な切り絵を経験することで徐々にデザインナイフの使い方や切り方等切り絵独特の要素に適応できるようになることを目的としている．そこまでの経験を経た後に，生徒は自分の好きな絵柄で切り絵をするという形をしているとのことだった．

図 1：切り絵の作品(左)，紙切りの作品(右)

初心者には難しいとされる要素がいくつかある．例えば，細い部分で千切れる等の失敗や，デザインナイフに不慣れな初心者には切る作業も簡単ではない．また，切り絵の場合，紙が切り抜かれていくため，作業が進むにつれて徐々に破れやすくなる等があり，容易に切り絵をすることは難しい．

紙とデザインナイフで行う切り絵には，失敗した時にやり直すことや，事前に失敗しやすい場所を繰り返し練習することが不可能という問題がある．本研究では，初心者を対象に，切り絵を制作するための経験者の切り方の知識を提供し，切り絵制作を練習するための「切り絵練習帳」を提案する

2. 切り絵練習帳とは

例えば，ボールペン字を上達するための字を書く練習をする冊子がある．完成形，書き方の説明，繰り返し練習が可能な練習帳である．それらの説明を参考にし，利用者が字を書いて練習をする．利用者は練習帳を用いた練習をすることで，これ

†1 北陸先端科学技術大学院大学　知識科学研究科
School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology
†2 北陸先端科学技術大学院大学　ライフスタイルデザイン研究センター
Research Center for Innovative Lifestyle Design, Japan Advanced Institute of Science and Technology

らを効率よく上達することが可能となる．

切り絵は，実際に紙をデザインナイフで切り抜くため，やり直しが困難である．一度紙を切ってしまうと，ビデオ等で切り絵作業を録画しない限り，デザインナイフを把持する手の動きを確認しながら，自分の動作を振り返ることが難しい．特に，初心者にとっては紙のどの部分から切るべきかを把握することは困難であり，それらの情報を分かりやすく提供することは，切り絵を上手に行う上で重要である．

そこで，切り絵練習帳をデジタル機器で作ることにより，手の動きや時間等様々な情報を振り返ることが可能になる．本研究では紙の代わりにタブレット，デザインナイフの代わりにタッチペンを使うことで，紙とデザインナイフを使う切り絵の動きを再現しながら，デジタル機器による仮想的に切り絵を作成する．

実際の紙とデザインナイフの切り絵の工程には，紙を切る前や切る最中にも注意するべき点がいくつもある．例えば，細かい部分や，小さいパーツを見つけることや，似た形のパーツがあるかを見つけることは切る順番を決めるために重要な情報である．また，切る時に，デザインナイフにかかる筆圧や，どこまで切り進めているか等がある．

4 章で述べる予備実験により，初心者と経験者との切り絵をする動作や作品を比較し，それらの差異の原因について，以下の 3 点が挙げられる．

- 切る順番
- デザインナイフの力加減
- 切り抜く時の動作

それらの点の原因となる初心者の動きを明らかにする．本研究で提案する切り絵練習帳では，それらの原因に対し,それぞれ以下の機能を提供し，初心者に経験者の切り方の向上を目指す．詳細については 6 章で述べる．

- なぞる順番に枠を表示する機能
- 筆圧の値で筆跡の色を変えて表示する機能
- 切り直しが必要な箇所を表示する機能

3. 関連研究

Xu らは写真から切り絵の下絵を作り出す手法を提案した[5]．この手法では画像の選択された部分において，二値化を繰り返すことで白と黒で色分けし，面積の小さな黒領域と他の黒領域が繋がるまで元の画像の輝度値を考慮しながら領域を変形させる．これにより全体が 1 つの黒領域になるまで繰り返すことで，切り絵の下絵を作成する．この手法では切り絵の下絵を作成することを支援している．一方，本研究では下絵ではなく，切る動作を支援することを対象としている．

中島は切り絵の制作支援として，切る順番のための支援ツールを提案した[6]．この手法では切り絵の切る時に紙が部分的に「ずれる・ずれない」ことに着目し，紙の端を固定した状態から既に切られている線と，これから切る線の関係から紙の「ずれる・ずれない」を判定した．そこから，コンピュータに複数の切る線を入力することでずれることなく切ることが可能であるかをシミュレーションし，利用者の切るべき線が順番に表示される．この手法では主として切る線の順番を対象としている．一方，本研究では切る順番の他にもデザインナイフの筆圧や利用者が紙を千切る行動を抑えることも対象としている．

Dixon らは人の顔をスケッチするための練習ツールを提案した[7]．コンピュータに人物の顔写真とスケッチするためのウインドウを設置する．その顔写真に対し，輪郭はどのような形で目や鼻，口はどの位置にあり，どのような傾向があるか等の情報が表示される．利用者が描いたスケッチに対して，元となる顔写真とどのような差があるかが表示されることで，どのように描くべきか，またどのように修正をすべきかが表示される．その結果，利用者は顔のスケッチが上達する．一方，切り絵の場合，ペンと紙で描くことに対しデザインナイフで紙を切断し，紙にかかる負担等様々な点で異なる．

4. 予備実験

切り絵練習帳を通して初心者が上達するために必要となる機能を調査する．そこで，複数人の初心者と経験者に切り絵をさせ，初心者と経験者の動きの差異を見る．それにより，切り絵を経験することで変化する動きの差を明らかにする．

初心者 3 名と経験者 2 名(切り絵歴 4 年,6 年)に対し，同じ下絵と黒い紙を 2 枚重ねの状態で切り絵をさせ，その様子を録画，完成後にインタビューをした．今回，利用した下絵は A4 サイズで，絵柄の線の太さは 3mm からなる(図 2)．本実験では初心者と経験者の切り絵作品以外に，切る動作を見るために，以下の 3 つに着目した．

- 完成までの時間
- デザインナイフの入刀回数
- 切り直しの回数

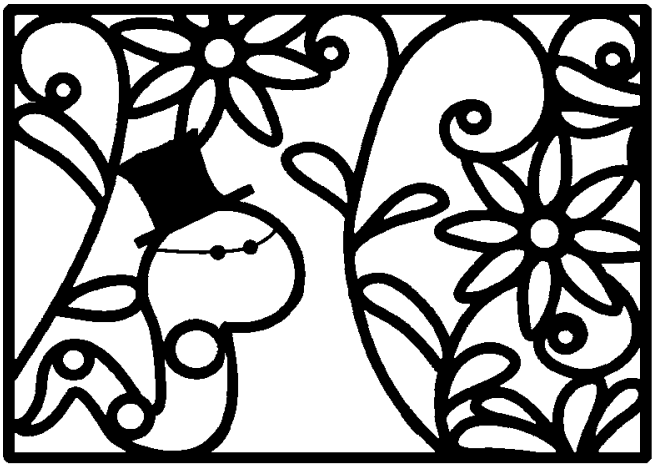

図 2: 予備実験で利用した絵柄

作品を完成させるまで時間が長いほど切り絵が不慣れであると考えられる．また，初心者と経験者で何回の切る動作から作品が完成したかを数える．入刀回数が多いほど，頻繁にデザインナイフを利用していることが分かる．他に，入刀回数とは別に，既に一度切り終えた場所に対して再び切る行動が初心者，経験者ともに見られたため，その回数も数えた．

4.1 初心者への予備実験の結果

初心者 3 名に対し，切り絵の実験を行った．初心者の予備実験から時間，入刀回数，切り直し回数について表 1 に示す．

表 1 に示すように，切り絵が完成するまでの時間は 3 名とも 90 分を超え，長い者は 140 分であった．初心者の切り方の傾向として，デザインナイフに不慣れなことから，一度切り終えた場所をもう一度切り直す動作が頻繁に見られた．切り直しをする原因は，筆圧の調整が分からず，下絵と黒い紙の両方を一度に上手く切ることができないためであり,その結果,黒い紙を切り直していた．また，刃を入れてから出すまでの一筆に長時間かけていた．他に曲線や円を切る時は，角度を変えながら短い直線をつなげて切る傾向，その他にも,切り抜く部分がわずかに繋がってしまったときに手で千切ることで切り離す傾向が見られた.また,インタビューから,「どこから切ればいいかが分からない」 という戸惑いの意見があった．

表 1 :予備実験の結果(初心者)

	初心者 A	初心者 B	初心者 C
完成までの時間	100 分	140 分	95 分
入刀回数	369 回	349 回	332 回
切り直し回数	15 回	22 回	25 回

表 2 : 予備実験の結果(経験者)

	経験者 A	経験者 B
完成までの時間	45 分	62 分
入刀回数	208 回	235 回
切り直し回数	13 回	13 回

4.2 経験者への予備実験の結果

経験者 2 名(切り絵歴 4 年,6 年)に対し，切り絵の実験を行った．今回の実験の経験者らは自身の切り絵作品を作品集として本にし，販売する等，切り絵に関して熟練者である．

経験者 2 名に対し，予備実験から時間，入刀回数，切り直し回数について表 2 に示す．

表 2 に示すように，切り絵の作品が完成するまでの時間はそれぞれ 45 分，62 分であった．実験開始から紙を切り始めるまでの時間が短く，また切るまでの考える時間が短い傾向や，デザインナイフの使い方にも慣れていることから，曲線や円を切る動作も，スムーズな流れで紙を切る傾向が見られた．経験者にも一度紙を切り，もう一度切り直す動きが見られた．この動きは切り終えた後の線のブレや，より滑らかな線にするという，切り絵作品としてより良くするための工夫の手段の 1 つとして切り直しをしていた． 他にも，切る前に実験で利用した絵の印象について，中心部分にある切り離す面積の大きい部分を最後に切るべきと判断をしていた．

4.3 初心者と経験者との予備実験の結果の比較

初心者と経験者で比較すると時間や入刀回数の点で大きな差が見られた．

「完成までの時間」を比較すると， 1 つのパーツを切り終えてから，次のパーツを切るまでの時間の差が見られた．初心者はどのように切るかを考える時間が長く頻繁に費やしていた．しかし，経験者は始めの段階でどのように切るかを考え，それ以降，切ることを止めて考えることなく円滑に切り続けていた．つまり初心者は切る順番に悩む傾向があるのに対し，経験者はあまり悩まずに切ることができていた．したがって，初心者と経

図 3：訂正の切り直し(左)，修正の切り直し(右)

験者との時間の差の原因は,「切る順番」の判断ができるかであると考えられる．

「入刀回数」を比較すると，初心者の入刀回数は経験者よりも 100 回以上多く，明らかな差が見られた．それぞれの切る動作を比較すると，初心者はデザインナイフにかける筆圧が弱く，同じ場所を再び切る動作をしていた．一方，経験者はデザインナイフを安定した筆圧で切っていたため，二枚重ねの紙を一回の動作で切り落としていた．つまり，初心者と経験者との間で入刀回数の差が見られた原因は,「デザインナイフの筆圧」を上手く調整することができているかということである．

「切り直し回数」を比較すると，初心者と経験者の両方に切り直しをする行動が見られた．しかし,それぞれが切り直しをする場面を比較すると，初心者が切り直しをする時は一度切り終えた線に対し上手く切ることができなかったために行う「訂正のための切り直し」である．一方，経験者の切り直しは初心者と異なり，既に切り離すことに成功をしているが，切り終えた線に対してより作品の見栄えを良くするために行う「修正のための切り直し」であることが分かる．(図 3)

他に初心者と経験者の動きを比較して見られたものとして,「切り抜く時の動作」が見られた．この点については，次章で詳細に述べる．

5. 初心者と経験者との差異

4 章より予備実験の結果から，初心者と経験者を比較することで大きな差異が見られた．予備実験で比較した「完成までの時間」,「デザインナイフの入刀回数」及び「切り直しの回数」の 3 点について，初心者と経験者との間で，それぞれ「切る順番」,「デザインナイフの筆圧」及び「切り抜く時の動作」について相違があることが明らかになった．

図 4：初心者の切る順番(左)，経験者の切る順番(右)

5.1 切る順番

初心者の切る順番は右から左という単純な流れで，切る形や大きさ等は無関係に切り進められていた．一方，経験者の切る順番は,「切る面積の小さいもの」,「細かい場所から順番に切る」や「似た形のものはまとめて切る」という動作が見られた(図 4)．経験者は「大きいものから切ると紙が千切れやすい状態になるから」という理由から切る順番を判断していた．

切り絵教室で切り絵講師に初心者が一番気を付けるべきことは何かと聞いたところ,「切る順番」が一番重要であると回答した．また，その切り絵教室に通う生徒からも同様の答えを得た．切り絵において，切る最中に千切れる失敗は致命的である．経験者たちはその失敗を防ぐために，常に気を配りながら作業をし，切り絵をしていることが分かった．一方，初心者はどこから切るべきかの判断をすることが難しく，切ることのみに集中し作業をしていた．経験が浅いため，失敗の起きやすい順番についての知識を持たず，後々になって失敗しやすい状況に直面し，より難しい状況で作業をせざる負えなくなる．

以上のことから,「切り離す面積の小さい順」及び「似た形のものはまとめて切る」という切り方が，切り絵を上達するための切り方につながると考えられる．

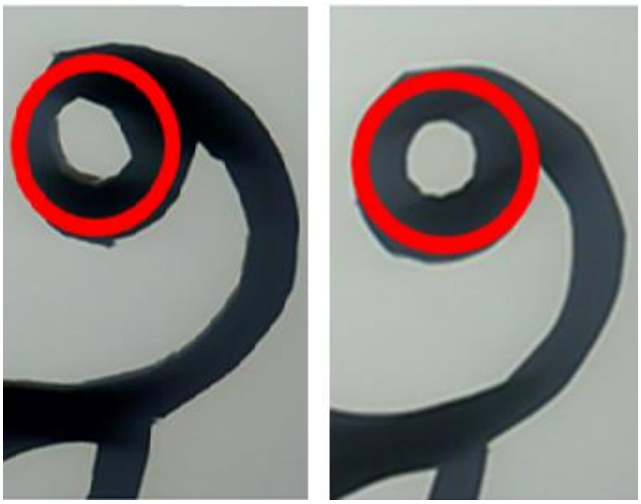

図 5：初心者の切る円(左)，経験者の切る円(右)

5.2 デザインナイフの筆圧

切る動作に着目すると，初心者はデザインナイフにかける筆圧が弱くなりがちになり，上手く切り離すことができずに，同じ箇所を何度も切る動作が見られた．また，一部では筆圧が強すぎたために滑らかに曲線を切ることができず，短い直線をつなげて切るような形をしていた．一方，経験者は安定した筆圧でデザインナイフを使うことで二枚重ねの紙を 1 回で切り，円や曲線を滑らかな曲線で切る様子が見られた．

以上のことから，デザインナイフの筆圧が弱すぎた場合，二枚重ねの紙を一度に切ることができずに切り直す行動が見られた．また強すぎた場合，なめらかな曲線を切ることができず，円が粗い多角形になる（図 5）．

5.3 切り抜く時の動作

初心者の切る動作の中には，紙を切り離す時に周囲の部分とわずかな繋がりのある部分に対し，千切る動作が見られた．その結果千切った跡が残り，作品の見栄えを大きく損なう（図 6）．

切り離す時，切り始めや切り終わりが繋がるように線を切らなければ，切り離すことは出来ない．同様に，角の部分でも一筆で切ることが難しく分けて切る場合，1 画目と 2 画目が繋がるように切る必要がある．初心者は切る線を繋げることに気付かず切り進めた結果，周囲の紙の一部と繋がりのある場所を千切ることで切り離した．経験者はそれを防ぐために，自分がどこまで切り進めているかを意識し，周囲の紙と繋がりが残った状態で切り離そうとする時も，繋がりの残った場所を千切らずにデザインナイフで切る．

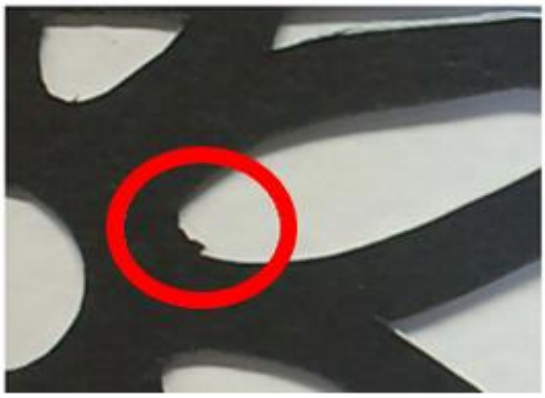

図 6：紙を千切ることでできる跡

表 3：初心者の切り直し

	初心者 A	初心者 B	初心者 C
訂正の切り直し	14 か所	18 か所	22 か所
修正の切り直し	1 か所	4 か所	3 か所

表 4：経験者の切り直し

	経験者 A	経験者 B
訂正の切り直し	5 か所	2 か所
修正の切り直し	8 か所	11 か所

5.4 切り直し

初心者と経験者に対して「訂正の切り直し」,「修正の切り直し」の両方がどれだけの回数を行われているかを数えた．その結果を表 3，4 に示す．初心者は「訂正の切り直し」の回数が多く，それに比べ「修正の切り直し」の回数は少ない．一方，経験者は「訂正の切り直し」は少なく，「修正の切り直し」の回数が多いという結果が出た．

6. 実装システム

予備実験の結果から，以下の 3 点について初心者と経験者との間で差異が見られた．

- 切る順番
- デザインナイフの筆圧
- 切り抜く時の動作

切り絵練習帳では，以下の機能を提供することで，それらの差異を補完することを目指す．これらの機能は，経験者の動きや考えに基づいた内容を表示する機能により初心者の切り絵上達に繋げることを目指す．

図 7: タブレット(左), タッチペン(右)

図 8: 用意した画像

- なぞる順番に枠を表示する機能
- 筆圧の値で筆跡の色を変えて表示する機能
- 切り直しが必要な箇所を表示する機能

6.1 システム構成

タブレットとタッチペン（図 7）で切り絵練習帳は構成される．予備実験の結果から「デザインナイフの筆圧」を測定する必要がある．よって，タッチペンは筆圧の測定が可能な「Jot Touch 4」を利用する．このタッチペンは筆圧を 2048 段階で測定することが可能であり，この機能によって，筆圧を測定する．タブレットは紙の代わりに利用し，予め用意した画像(図 8)を表示し，その画像に適切な「切る順番」を表示する．さらに，タッチペンの筆跡から，なぞり始めとなぞり終わりの線の繋がりを判定する．

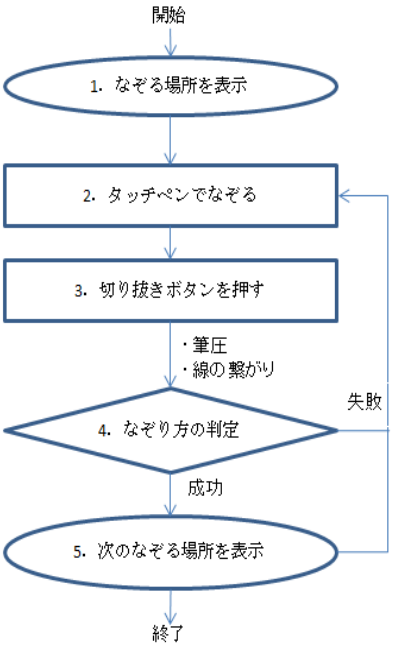

図 9 ： 全体の流れ

6.2 システムの流れ

切り絵練習帳の流れを図 9 に示す．

「1. なぞる場所を表示」では，順番に赤色の枠を表示する．また，なぞり終えた場所を青色で塗りつぶすことで，どこまでをなぞり終えたかを見やすくする．これにより，経験者が意識するような「切る順番」を利用者に提示する．

「2. タッチペンでなぞる」では，利用者が赤色の枠の部分にあわせて，タッチペンでなぞる．その筆跡を表示することで，利用者がどのようなになぞり方をしているかを分かりやすく表示する．また，タッチペンにかかる筆圧が基準より強い時，また弱い時に筆跡の色を変えることで，利用者は基準を維持した状態の筆圧でなぞることができるようになる．この機能により，なぞる行為の中で経験者のような「デザインナイフの筆圧」を利用者に体験させる．

「3. 切り抜きボタンを押す」では画面内に「切り抜きボタン」というボタンを用意し，表示される場所をなぞり終えた時に，このボタンを押すことで，なぞり方を判定する．

「4. なぞり方の判定」では，上手くなぞることができた時，「5. 次のなぞる場所を表示」につながる．タッチペンの筆圧を一定でなぞることができていない場合や，なぞる線が一つに繋がるようになぞることができていない場合は，切り直す必要があると切り絵練習帳が判断する．その場合，

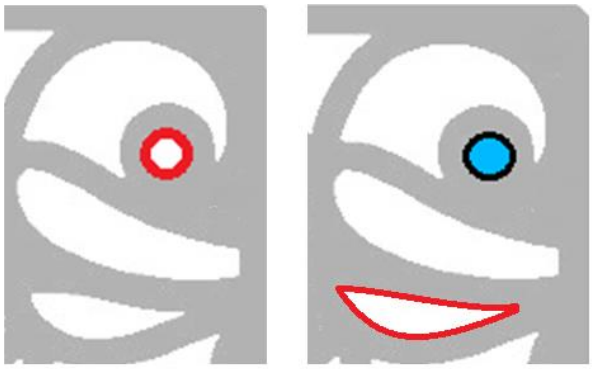

図 10：なぞる場所(左)，青色で塗られ次の場所が(右)

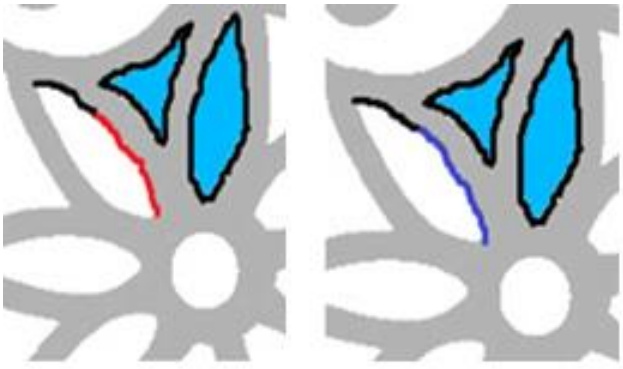

図 11：筆圧が強すぎた時(左)，筆圧が弱すぎた時(右)

もう一度同じ場所を利用者になぞらせる．

線が繋がるようになぞることができるまで利用者に繰り返しなぞらせることにより，経験者が気を付けている「切り抜く時の動作」を初心者に体験させる．

6.2.1 なぞる順番に枠を表示する機能

予備実験の結果から経験者のような「切る順番」を利用者に学習させるために，なぞる場所を順番に赤色の枠で表示させる．切り絵はどの場所からも自由な順番に切ることが可能である．しかし，その自由に対し経験や知識から順番を考えることが初心者には難しい．切り絵練習帳では画像に赤色の枠を表示することで，利用者に経験者の切る順番を意識させる．

利用者はタッチペンで画面の赤色の枠部分をなぞる．その後，利用者が「切り抜きボタン」を押し，なぞり方の判定が成功した時，先に囲まれた領域が青色に塗りつぶされ，次になぞる場所が赤色の枠で表示される(図 10)．

6.2.2 筆圧の値で筆跡の色を変えて表示する機能

「デザインナイフの筆圧」を利用者に学習させるために，タッチペンの筆圧を計測する機能を利用する．初心者はデザインナイフを基準を維持した状態の筆圧で作業し続けることが難しい．そこで，タッチペンにより自身の筆圧を可視化することで，経験者のような筆圧を維持することを意識させる．

筆圧の変化にあわせて，画面に表示するタッチペンの筆跡の色を変える．経験者のような筆圧を維持できている場合は黒色で筆跡を表示し，筆圧が強くなりすぎると赤色，弱くなりすぎると青色で表示する(図 11)．なぞり方の判定では，全ての筆跡が黒で表示された時,成功したと判定される．

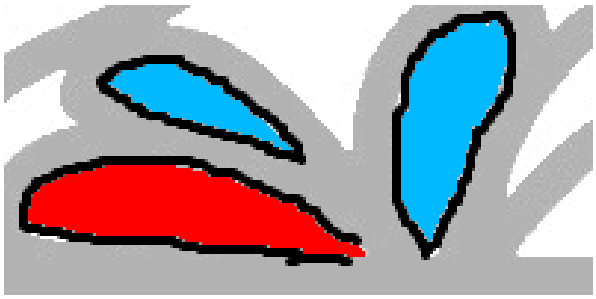

図 12：なぞり方が失敗した時

6.2.3 切り直しが必要な箇所を表示する機能

「切り抜く時の動作」にも注意することを利用者に意識させるために，なぞり始めとなぞり終わりに線の繋がりがあるかどうかを見る．切り直しが必要かを筆跡の座標から判定する．初心者が紙を千切ることで切り離し，見栄えが悪くなる作品を作ることを防止する．そのために，千切る原因となる紙を切る時に切り始めと切り終わり等，切る線に繋がりがない状態を防ぐ．

タッチペンでタブレットをなぞり終え，なぞり方の判定を行う時，なぞり始めとなぞり終わりが繋がるように線をなぞることができている場合はその部分を青色で塗りつぶし，それができていない場合はその部分を赤色で塗りつぶされる(図 12)．判定時には青で塗りつぶされている場合は成功，赤で塗りつぶされている場合は失敗とする．

7. おわりに

本研究で提案する切り絵練習帳は，初心者に対して，切り絵に重要な「切る順番」,「デザインナイフの筆圧」,「切り抜く時の動作」の 3 つの要素に対し，それぞれ「なぞる順番に枠を表示する機

能」,「筆圧の値で筆跡の色を変えて表示する機能」及び「切り直しが必要な箇所を表示する機能」を提供することで，経験者の切り方を学習させる．

タブレット端末を用いた切り絵練習帳では，従来の紙とデザインナイフのみでは不可能であった,繰り返し練習することや，利用者の手の動かし方といった情報の振り返りが可能となる．それにより，初心者が切り絵を効率よく上達することを支援する．

本研究では切り絵練習帳を通して，初心者が上達するために必要となる機能を調査するため，予備実験で初心者と経験者に切り絵をさせ，初心者と経験者との動きの差異を発見した．以上から，初心者は切り絵練習帳を利用することで，経験者の切り方を体験する．初心者は，切り絵練習帳を利用しない初心者よりも経験者に近い動き方が可能となる．それにより，初心者に対し切り絵の上達を効率的に支援することが可能であると考えられる．

今後の課題として，切り絵練習帳の効果について検証する．例えば，初心者を対象に，切り絵練習帳の効果を検証するため，2 つのグループを用意し，それぞれのグループに同じ絵で切り絵をさせる．その後，片方のグループにのみ切り絵練習帳を利用させる．最後に，再びそれぞれのグループに切り絵をしてもらう．1 回目と 2 回目の切り絵作品と切る動作を比較する．切り絵練習帳の 3 つの機能による学習効果を検証するため，1 回目と 2 回目の切り絵の「切る順番」,「デザインナイフの筆圧」及び「切り抜く時の動作」について，その変化を検証する．さらに，切り絵練習帳を利用したグループに見られた変化が，予備実験の経験者の切り方に近づくか,また,時間や入刀回数,切り直しの回数が経験者に近づくかを評価する．このような予備実験を行うことで初心者が切り絵練習帳により経験者らしい動きをできたかを検証する．

今回の切り絵練習帳では学習効果を検証することが目的となるため，切り絵練習帳に用意した画像は切る順番を間違えると切ることが難しくなる絵や，筆圧が強すぎると切ることが難しくなる単純な複数の絵柄としている．今後はより初心者が切り絵練習帳を積極的に活用するための改良をする．例えば，切り絵練習帳に表示される画像を利用者が選択し，その画像から切る順番等の情報を提示することで利用者が選んだ画像で切り絵の学習をすることが可能となれば，より初心者が切り絵を楽しむことができる．その画像での切り絵でも利用者が経験者らしい切り方を学習することで,紙とデザインナイフを利用した切り絵でも経験者らしい切り方ができるかを評価する予定である．

参考文献

[1]経済産業省　「2013 年版ものづくり白書」<http://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2013/pdf/honbun01_03_02.pdf >(2013/10/23 アクセス)
[2]ダニエレ・マリアーニ, swissinfo.ch　「３D プリンター、デジタル時代の手工芸」<http://www.swissinfo.ch/jpn/detail/content.html?cid=36890280>(2013/10/23 アクセス)
[3]]高木 亮(2012)『はじめてでも簡単 たのしい切り絵レッスン』家の光協会
[4]日本きりえ協会(1997)『きりえ全科』誠文堂新光社
[5] Jie. Xu, Craig. S. Kaplan and Xiaofeng. Mi. Computer-Generated papercutting. In Proc. PG ’07, pages 343–350, 2007.
[6] 中島 健次郎 作成手順を考慮した切り絵制作支援ツール 筑波大学博士前期課程修了論文（2011）
[7] Daniel Dixon Manoj Prasad, and Tracy Hammmond iCanDraw? – Using Sketch Recognition and Corrective Feedback to Assist a User in Drawing Human Faces CHI '10 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Pages 897-906