

Title	切り絵初心者の上達を目的とする切り絵練習帳の評価
Author(s)	東, 孝文; 金井, 秀明
Citation	情報処理学会研究報告, 2014-GN-91(43): 1-8
Issue Date	2014-03-06
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/12215">http://hdl.handle.net/10119/12215</a>
Rights	<p>社団法人 情報処理学会, 東 孝文, 金井 秀明, 情報処理学会研究報告, 2014-GN-91(43), 2014, 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 (C) Information Processing Society of Japan.</p>
Description	

# 切り絵初心者の上達を目的とする切り絵練習帳の評価

東 孝文<sup>†1</sup>, 金井 秀明<sup>†2</sup>

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からなる切り絵練習帳による実験とその評価について述べる。切り絵練習帳とは、切り絵の熟練者の知識を提供するための物である。切り絵練習帳には、(1)なぞる順番に枠を表示する機能、(2)適切な筆圧でのみ筆跡を表示する機能、(3)なぞり始め、なぞり終わりを強調する機能の3つの機能がある。切り絵練習帳の各機能やシステム全体の評価を行った。その結果、各機能及びシステム全体ともに、初心者を熟練者の切り絵の仕方を身につけるのに効果があった。

## Study on evaluation of a supporting system for practicing paper cutout

TAKAFUMI HIGASHI<sup>†1</sup> HIDEAKI KANAI<sup>†2</sup>

In this paper, we propose a supporting system for practicing paper cutout using tablet computer stylus for novices. The system provides users with expert's knowledge how to make paper cutout. The system has three functions: (1) The function displaying the order to cut. (2) The function displaying the handwriting by changed color depending on pressure. (3) The function displaying points at the start and end. We conducted user tests to investigate the effects of individual function and the whole system. The results show that the users can acquire manner of paper cutout like experts using the system.

### 1 はじめに

切り絵とは白黒に染め分けた下絵と色紙を二枚重ねにした状態から白の領域を切り抜き、黒の領域のみを残し動物や人、風景などを表現する絵画手法のひとつである[1]。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)[2]。切り絵の道具にはデザインナイフが多く利用されている。デザインナイフとは、替え刃式の工芸用の物であり、細かい作業に特化した物である。

切り絵には難しい要素がいくつかあり、切る順番やデザインナイフの使い方など些細なことが切り絵の失敗へ繋がる。そのための支援の一つとして、中島らは切り絵の切る順番を対象にした支援システムを提案した[3]。この研究のように芸術活動を支援する研究は多くあり、Dixonらは人の頭部を対象にしたスケッチの支援システムを提案した[4]。また、澤田らはデッサンする対象との大きさの比率や奥行き、陰影について、初心者への支援するシステムを提案した[5]。

我々は、切り絵初心者を対象に、効率的に切り絵を上達することを目的とした切り絵の練習を支援するシステム「切り絵練習帳」を開発した[6]。切り絵練習帳とは、切り絵の熟練者の切り方の知識を利用者に提供するための物である。切り絵練習帳を利用することにより、利用者を熟練者らしくさせることを目指している。本研究では、開

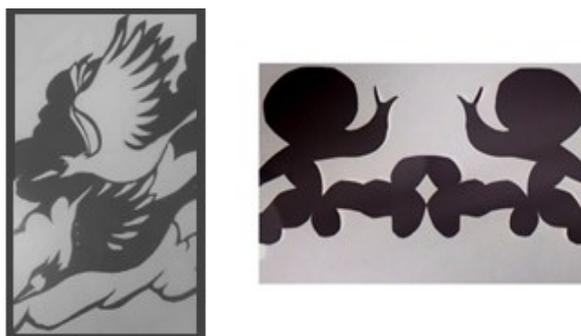


図 1: 切り絵の作品(左), 紙切りの作品(右)

発した切り絵練習帳によって、初心者が効率的に切り絵を上達するのかを明らかにするための評価実験を行った。本稿ではその結果と考察について述べる。

### 2 予備実験

筆者らは、予め、初心者と熟練者との違いを明らかにするための予備実験を行った。初心者3名と熟練者2名(切り絵歴4年、6年)に、同じ内容の切り絵をさせた。その結果、以下の3点の違いが見られた[6]。切り絵練習帳では、初心者に対し、これらの3点に関して、熟練者の切り絵動作を身につけることを支援する。

- 切る順番の違い
- デザインナイフの筆圧の違い
- 切り抜く動作の違い

<sup>†1</sup> 北陸先端科学技術大学院大学 知識科学科  
School of Knowledge Science,  
Japan Advanced Institute of Science and Technology  
<sup>†2</sup> 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



図 2： 初心者の切る順番(左)，熟練者の切る順番(右)

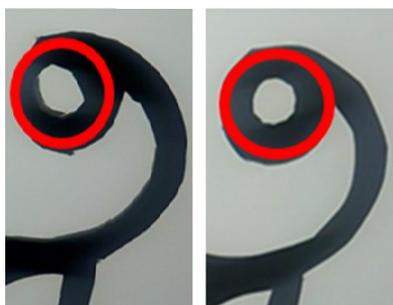


図 3： 初心者の切る円(左)，熟練者の切る円(右)



図 4： 紙の千切った跡

## 2.1 切る順番の違い

初心者の切る順番は左から右という切る形や大きさなどとは無関係に切る傾向がある。そのため、初心者は千切れやすくなる状態のまま作業をしていた。一方、熟練者の切る順番は「小さい場所から順番に切る」、「グループ分けをする」という 2 点意識して切る傾向がある(図 2)。

## 2.2 デザインナイフの筆圧の違い

デザインナイフの筆圧の違いが原因となり、入刀回数が 100 回以上の差があった。入刀回数とは、デザインナイフにより紙を切る回数のことである。

初心者はデザインナイフの筆圧が弱すぎ、二枚重ねの紙

を貫通して切れず、同じ場所を切り直すことから、入刀回数が増加する。また、逆に筆圧が強すぎ、曲線に対してデザインナイフを徐々に回転させ切ることができず、粗い曲線のように切り分けるため、入刀回数が増加する。一方、熟練者は 1 回の切る動作で二枚重ねを貫通し、かつ滑らかな曲線を切る(図 3)。

## 2.3 切り抜く動作の違い

紙を切り抜く時、切り始めと切り終わりの点が重なるように切らなければ、紙を切り抜くことはできない。

初心者は、紙を切り始めと切り終わりが重なっていない状態にも関わらず切り抜こうとしていた。そのため、初心者は手を使い千切ることによって切り抜いていた。その結果、千切った場所にはその跡が残り、作品の見栄えを大きく損なう(図 4)。

一方、熟練者は切り始めと切り終わりの点を重ねることを意識している。また、切り始めと切り終わりの点が重なっていない状態の場合、手で千切るのではなくデザインナイフで繋がるの場所を切っていた。

## 3 切り絵練習帳について

予備実験の結果より、熟練者らしい切り方を初心者へ体験させるために以下の 3 つの機能を提供する切り絵練習帳を開発した[6]。

- なぞる順番に枠を表示する機能
- 適切な筆圧でのみ筆跡を表示する機能
- なぞり始め、なぞり終わりを強調する機能

### 3.1 なぞる順番に枠を表示する機能

この機能は、熟練者の切る順番を利用者に体験させるための物である。切り絵練習帳が表示する画像のなぞる場所を順番に赤色の枠で表示し、なぞる場所が含まれるグループを黄色の円で表示する。また、なぞり終えた場所を青色で塗りつぶす(図 5)。

### 3.2 適切な筆圧でのみ筆跡を表示する機能

この機能は、熟練者のデザインナイフの筆圧を体験させるための物である。予備実験の結果より、筆圧を 2048 段階で測定可能なタッチペン (Adonit 社 Jot Touch 4) を利用する。この機能を利用し、適切な筆圧の範囲内の場合には筆跡を表示し、範囲外の場合は非表示にする(図 6)。

### 3.3 なぞり始め、なぞり終わりを強調する機能

この機能は熟練者のように切り始めと切り終わりを重ねることを意識させるための物である。タブレット上のなぞり始めの点となぞり終わりの点を強調し、利用者にそれらを重ねることを意識させる(図 7)。これにより、紙を切



図 5：なぞる場所(左)，次のなぞる場所(右)

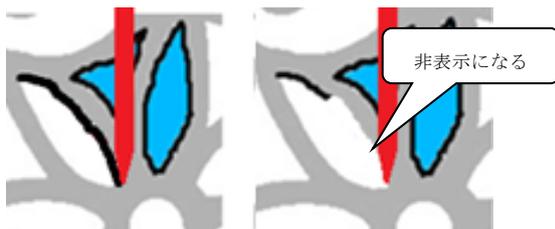


図 6：適切な筆圧の場合(左)，範囲外の筆圧の場合(右)

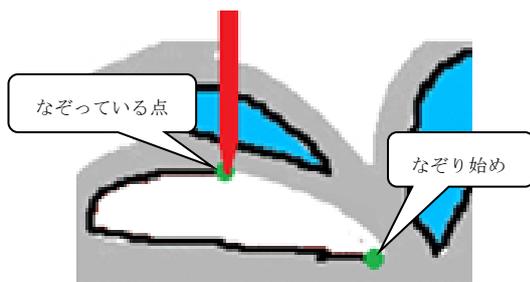


図 7：なぞり始めとなぞり終わりの点

り抜く時に手で千切ることによって切り離す動きの原因となる状態を予防する。

## 4 実験の概要

切り絵練習帳の効果を評価するための実験について述べる。切り絵練習帳を機能ごとに利用するグループなどにグループ分けを行い、各グループと比較する。

### 4.1 実験の流れ

切り絵練習帳の機能である(1)「なぞる順番に枠を表示する機能」、(2)「適切な筆圧でのみ筆跡を表示する機能」及び(3)「なぞり始め、なぞり終わりを強調する機能」により被験者の切り方にどのような変化したかを評価する。被験者 35 名で、1 グループ 5 名の 7 グループに分けて実験を行った(表 1)。

実験の手順は、まず全てのグループに 1 回目の切り絵をさせる。次に、各単一の機能のみをオンにした切り絵練習帳を利用させ、その後、1 回目と同じ切り絵をさせる。ま

表 1：実験のグループ分け

グループ 1	全ての機能をオフにした切り絵練習帳を利用する
グループ 2	(1)の機能のみの切り絵練習帳を利用する
グループ 3	(2)の機能のみの切り絵練習帳を利用する
グループ 4	(3)の機能のみの切り絵練習帳を利用する
グループ 5	全ての機能をオンにした切り絵練習帳を利用する
グループ 6	切り絵練習帳を利用せず、切り絵のみをする
グループ 7	熟練者の知識を言葉でのみ説明を受ける



図 8：実験で利用する画像

た、グループ 6、7 は切り絵練習帳を利用しないグループであり、同じ画像の切り絵を 3 回行わせる(図 8)。グループ 7 は熟練者の知識を言葉で説明を受ける。実験では、2 回目の時にのみ、予備実験の結果である初心者と熟練者の違いである以下の内容について説明した。

- 熟練者の切る順番は、小さい場所から順番に切る。
- 熟練者の切る順番は、グループ分けをして切る。
- 筆圧が弱すぎる場合、二枚重ねの紙を貫通できない。
- 筆圧が強すぎる場合、滑らかな曲線を切れない。
- 熟練者は紙を切り抜く時、紙を手で千切らない。

### 4.2 比較方法

被験者の動作から「切る順番」、「入刀回数」及び「千切った回数」を計測し、被験者の「切る順番の違い」、「デザインナイフの筆圧の違い」及び「切り抜く動作の違い」を比較する。

#### 4.2.1 切る順番の違いの比較方法

事前に熟練者 4 名に実験で利用する画像の切る順番についてアンケートを行った。その結果を図に示す(図 9)。被験者の「切る順番」を 6 桁の数字で表現する。次の 2 種類の評価指標から比較する。

##### (1) ハミング距離

ハミング距離とは、等しい文字数を持つ二つの文字列の対応する桁の異なる文字の個数のことである[7]。熟練者の切る順番を「123456」とし、被験者とのハミング距離

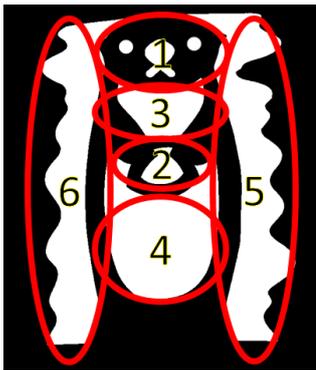


図 9: 熟練者の切る順番

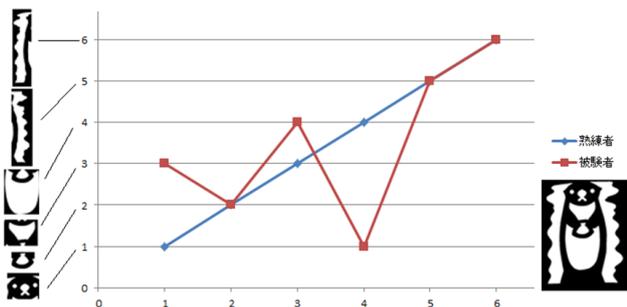


図 10: 切る順番の例

を比較する。被験者が熟練者と同じ切る順番の場合、ハミング距離は 0 となり、0 に近似するほど熟練者らしい切る順番であると言える。

## (2) 変曲点の数

変曲点とは、グラフの曲線の傾きの符号が変化する点のことである[8]。これにより、被験者の切る順番の傾向を見る。切る順番の回数を横軸、熟練者の切る順番を縦軸としたグラフを作成し、変曲点の数を比較する。被験者が熟練者と同じ切る順番の場合、変曲点の数が 0 となり、0 に近似するほど熟練者らしい切る順番の傾向であると言える。

切る順番の中で熟練者が順不同と判断した 5 と 6 の場所については逆の順番に切った場合も正しい順番とし、ハミング距離と変曲点の数も考慮しない。例として、被験者が「324156」の切る順番の場合、ハミング距離は 3、変曲点の数は 3 となる(図 10)。

以上の評価指標(1)と(2)から、被験者と熟練者の切る順番を比較し、熟練者のハミング距離と変曲点の数である 0 に近づくほど被験者が熟練者に近づいたと言える。

## 4.2.2 デザインナイフの筆圧の違いの比較方法

1 回目と 2 回目の「入刀回数」を統計による検定を行い、切り絵練習帳の機能による効果の有意差を検証する。有意差がある場合、「切り絵練習帳の効果がある」という対立

仮説を採択し、有意差がない場合、「切り絵練習帳の効果はない」という帰無仮説を採択する。

検定手法として、分布に依存しない独立した 2 群のデータを比較する Mann-Whitney's U test(マン・ホイットニーの U 検定)とする。特定の母集団がもう一方よりも大きな値を持つ傾向にある時、2 つの母集団が同じであるとする帰無仮説に基づいて検定する[9][10]。

検定から求まる有意差により、切り絵練習帳の機能により被験者のデザインナイフの筆圧について熟練者らしくなるかを求める。

## 4.2.3 切り抜く動作の違いの比較方法

1 回目と 2 回目の「千切った回数」を 4.2.2 と同様に U 検定する。有意差がある場合、「切り絵練習帳の効果がある」という対立仮説を採択し、有意差がない場合、「切り絵練習帳の効果はない」という帰無仮説を採択する。

検定から求まる有意差により、切り絵練習帳の機能により、被験者が熟練者のように紙を千切ることによって切り離してしまう状態を回避し、切り始めと切り終わりの点を重ねるように切れるかを求める。

## 5 実験の結果

グループ分けをした 7 つのグループを各結果から比較した。比較する組み合わせを以下に示す。

- グループ 1 とグループ 2 の比較
- グループ 1 とグループ 3 の比較
- グループ 1 とグループ 4 の比較
- グループ 5 とグループ 6 の比較
- グループ 5 とグループ 7 の比較

### 5.1 グループ 1 とグループ 2 の比較

「全ての機能をオフにした切り絵練習帳を利用する」グループ 1 と、「なぞる順番に枠を表示する機能」を持った切り絵練習帳を利用するグループ 2 を比較する。実験より切り絵練習帳の効果が見られた「切る順番の違い」について述べる。

グループ 1 の 1 回目と 2 回目の切る順番に変化はなかった。この時、1 回目と 2 回目のハミング距離の平均は 5.6、分散は 0.64、変曲点の数の平均は 2.2、分散は 1.36 であった(図 11)。

グループ 2 の 1 回目のハミング距離の平均は 4.2、分散は 2.56、2 回目の平均は 2.0、分散は 4.80 であり、1 回目の変曲点の数の平均は 2.4、分散は 1.44、2 回目の平均は 1.0、分散は 0.80 であった(図 12)。

以上の結果より、グループ 1 の切る順番に変化はないが、グループ 2 は切る順番が大きく変化し、ハミング距離と変

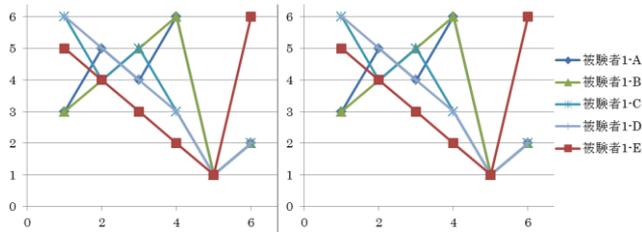


図 11: グループ 1 の切る順番(左:1 回目, 右:2 回目)

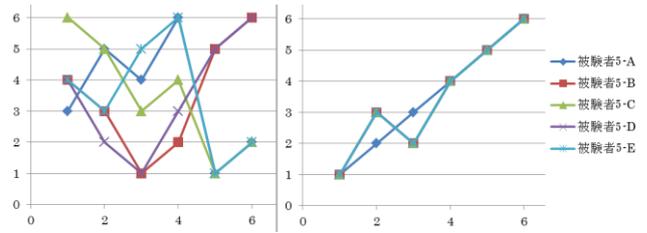


図 13: グループ 5 の切る順番(左:1 回目, 右:2 回目)

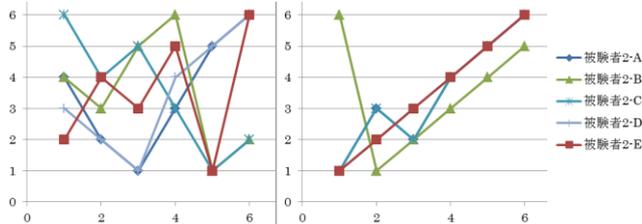


図 12: グループ 2 の切る順番(左:1 回目, 右:2 回目)

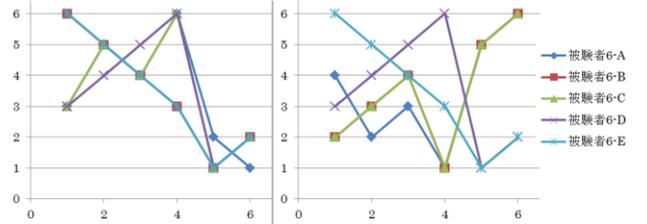


図 14: グループ 6 の切る順番(左:1 回目, 右:3 回目)

曲点の数が減少した。つまり、「なぞる順番に枠を表示する機能」により「切る順番」が熟練者らしくなる効果があると言える。

## 5.2 グループ 1 とグループ 3 の比較

グループ 1 と「適切な筆圧でのみ筆跡を表示する機能」を持った切り絵練習帳を利用するグループ 3 を比較する。実験より切り絵練習帳の効果が見られた「デザインナイフの筆圧の違い」について述べる。

グループ 1 の結果より検定を行った。1 回目と 2 回目の入刀回数の検定の結果、検定統計量(U)=8.0, 棄却限界値( $\alpha=0.01$ )=0.0 であった。この時、有意水準 0.01 で、統計量(U)が棄却限界値より大きいため、帰無仮説を採択する。また、この時の両側の有意確率は 0.331 である。

グループ 3 の結果より検定を行った。1 回目と 2 回目の入刀回数の検定の結果、検定統計量(U)=0.0, 棄却限界値( $\alpha=0.01$ )=0.0 であった。有意水準 0.01 の時、統計量(U)が棄却限界値以下であるため、帰無仮説を棄却し対立仮説を採択する。また、両側の有意確率は 0.009 である。

以上の結果より、グループ 1 とグループ 3 の入刀回数検定した結果、グループ 1 は対立仮説が棄却されたが、グループ 3 は対立仮説が採択された。つまり、「適切な筆圧でのみ筆圧を表示する機能」に「デザインナイフの筆圧の違い」を熟練者らしくする効果があると言える。

## 5.3 グループ 1 とグループ 4 の比較

グループ 1 と「なぞり始めと終わりを強調する機能」を持った切り絵練習帳を利用するグループ 4 を比較する。実験より切り絵練習帳の効果が見られた「切り抜く動作の違い」について述べる。

グループ 1 の結果より検定を行った。1 回目と 2 回目の入刀回数の検定の結果、検定統計量(U)=8, 棄却限界値

( $\alpha=0.01$ )=0.0 であった。有意水準 0.01 の時、統計量(U)が棄却限界値より大きいため、帰無仮説を採択する。また、この時の両側の有意確率は 0.331 である。

グループ 4 の結果より検定を行った。1 回目と 2 回目の入刀回数の検定の結果、検定統計量(U)=0.0, 棄却限界値( $\alpha=0.01$ )=0.0 であった。有意水準 0.01 で、統計量(U)が棄却限界値以下であったため、帰無仮説を棄却し対立仮説を採択する。また、両側の有意確率は 0.008 である。

以上の結果より、グループ 1 とグループ 4 の入刀回数は検定の結果、グループ 1 の結果に対し、グループ 4 は対立仮説が採択されたため、グループ 1 とグループ 4 には大きな変化があることから、「なぞり始めと終わりを強調する機能」に「切り抜く時の動作の違い」の効果があると言える。

## 5.4 グループ 5 とグループ 6 の比較

「全ての機能をオンにした切り絵練習帳を利用する」グループ 5 と、切り絵練習帳を利用せずに切り絵のみをするグループ 6 を比較する。これにより、切り絵のみをした場合と切り絵練習帳を利用した場合のどちらがより熟練者らしい切り方となるかの比較を (1)切る順番の違い、(2)デザインナイフの筆圧の違い、(3)切り抜く動作の違いの 3 点から評価した。

### (1)切る順番の違い

グループ 5 は 1 回目と 2 回目の切る順番には大きな変化があった。ハミング距離の 1 回目の平均は 4.6, 分散は 1.44 であったが、2 回目の平均は 1.6, 分散は 0.64 であった。また、変曲点の数の 1 回目の平均は 2.4, 分散は 1.44, 2 回目の平均は 1.6, 分散は 0.64 であった(図 13)。

グループ 6 の 1 回目と 3 回目の切る順番にも小さな変化は見られた。ハミング距離の平均の 1 回目は 6.0, 分散

は 0.0, 3 回目の平均は 4.4, 分散は 2.24 であった. 同様に変曲点の数の平均の 1 回目は 2.2, 分散は 1.36, 3 回目の平均は 2.0, 分散は 0.40 であった(図 14).

以上の結果より, グループ 5 の切る順番は大きく変化し, グループ 6 の切る順番はグループ 5 ほどの変化はなかったことから, 切り絵のみをした場合以上に切り絵練習帳を利用することにより熟練者らしい切る順番になったと言える.

### (2) デザインナイフの筆圧の違い

グループ 5 の結果より検定を行った. 1 回目と 2 回目の入刀回数の検定の結果, 検定統計量(U)=0.0, 棄却限界値( $\alpha=0.01$ )=0.0 であった. 有意水準 0.01 の時, 統計量(U)が棄却限界値以下であったため, 帰無仮説を棄却し対立仮説を採択する. また, 両側の有意確率は 0.009 である.

グループ 6 の結果より検定を行った. 1 回目と 2 回目の入刀回数の検定の結果, 検定統計量(U)=8.0, 棄却限界値( $\alpha=0.01$ )=0.0 であった. 有意水準 0.01 の時, 統計量(U)が棄却限界値より大きいため, 帰無仮説を採択する. また, 両側の有意確率は 0.347 である.

以上の結果より, グループ 5 とグループ 6 の入刀回数検定の結果, グループ 5 は対立仮説が採択され, グループ 6 は帰無仮説が採択された. つまり, グループ 5 とグループ 6 には大きな変化があることから, 切り絵のみをした場合以上に切り絵練習帳を利用することにより熟練者らしいデザインナイフの筆圧になったと言える.

### (3) 切り抜く動作の違い

グループ 5 の結果より検定を行った. 1 回目と 2 回目の入刀回数の検定の結果, 検定統計量(U)=0.0, 棄却限界値( $\alpha=0.01$ )=0.0 であった. 有意水準 0.01 の時, 統計量(U)が棄却限界値以下であるため, 帰無仮説を棄却し対立仮説を採択する. また, 両側の有意確率は 0.008 である.

グループ 6 の結果より検定を行った. 1 回目と 2 回目の入刀回数の検定の結果, 検定統計量(U)=1.0, 棄却限界値( $\alpha=0.01$ )=0.0 であった. 有意水準 0.01 の時, 統計量(U)が棄却限界値より大きいため, 帰無仮説を採択する. また, 両側の有意確率は 0.014 である.

以上の結果より, グループ 5 とグループ 6 の入刀回数は検定の結果, グループ 5 は対立仮説が採択され, グループ 6 は帰無仮説が採択された. つまり, グループ 5 とグループ 6 には大きな変化があることから, 切り絵のみをした場合以上に切り絵練習帳を利用することにより熟練者らしい切り抜く動作になったと言える.

上記(1),(2),(3)の結果より, 切り絵練習帳を利用し, 被験者が熟練者らしい切り方となる効果があると言える.

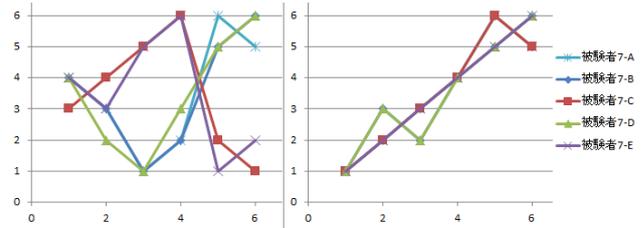


図 15: グループ 7 の切る順番(左:1 回目, 右:2 回目)

## 5.5 グループ 5 とグループ 7 の比較

グループ 5 と「熟練者の知識を言葉でのみ説明を受ける」グループ 7 を比較する. これにより, 切り絵練習帳による機能から熟練者の知識を体験する場合と, 熟練者の知識を言葉で知る場合との変化の比較から, 熟練者の知識をどれだけ習得できたかを評価する.

### (1) 切る順番の違い

グループ 5 の結果は 5.4 項(1)で述べたため省略する.

グループ 7 は 1 回目と 2 回目の切る順番には大きな変化があった. ハミング距離の 1 回目の平均は 5.0, 分散は 1.60 であったが, 2 回目の平均は 1.6, 分散は 0.64 であった. また, 変曲点の数の 1 回目の平均は 1.6, 分散は 0.64, 2 回目の平均は 1.2, 分散は 0.56 であった(図 15).

以上の結果より, グループ 5 と同様にグループ 7 も切る順番が大きく変化し, ハミング距離と変曲点の数も熟練者らしい切る順番になった. つまり, 言葉による説明を受けることは, 絵練習帳と同様に熟練者らしくなると言える.

### (2) デザインナイフの筆圧の違い

グループ 5 の結果は 5.4 項(2)で述べたため省略する.

グループ 7 の結果より検定を行った. 1 回目と 2 回目の入刀回数の検定の結果, 検定統計量(U)=2.5, 棄却限界値( $\alpha=0.01$ )=0.0 であるため, 有意水準 0.01 の時, 統計量(U)が棄却限界値より大きいため, 帰無仮説を採択する. また, 両側の有意確率は 0.036 である.

以上の結果より, グループ 5 とグループ 7 の入刀回数は検定の結果, グループ 5 は対立仮説が採択されたことに対し, グループ 7 は帰無仮説が採択された. つまり, 言葉による説明のみでは, 切り絵練習帳を利用するように熟練者らしくならないと言える.

### (3) 切り抜く動作の違い

グループ 5 の結果は 5.4 項(3)で述べたため省略する.

グループ 7 の結果より検定を行った. 1 回目と 2 回目の入刀回数の検定の結果, 検定統計量(U)=0.5, 棄却限界値( $\alpha=0.01$ )=0.0 であるため, 有意水準 0.01 の時, 統計量(U)が棄却限界値以下であるため, 帰無仮説が棄却され対立仮説を採択する. しかし, 棄却限界値( $\alpha=0.05$ )=2 であるこ

とから、有意水準 0.05 では対立仮説が採択される結果となった。また、両側の有意確率は 0.010 である。

以上の結果より、グループ 5 とグループ 7 の千切った回数は検定の結果、グループ 5 は対立仮説が採択されたことに対し、グループ 7 は有意水準 0.01 の場合は帰無仮説、0.05 の場合は対立仮説を採択できる。つまり、言葉による説明も、切り絵練習帳を利用するように熟練者に近づく傾向はあるが、切り絵練習帳を利用した場合はより熟練者らしくなると言える。

上記の(1),(2),(3)の結果より、切り絵練習帳を利用した場合と、熟練者の知識を言葉でのみ説明した場合とでは、「切る順番の違い」は大きな差もなくともに熟練者らしくなった。しかし、「デザインナイフの筆圧の違い」には差があり、言葉による説明のみでは熟練者らしくならない結果となった。また、「切り抜く動作の違い」では、言葉のみの場合も熟練者らしくなる傾向はあるが、切り絵練習帳を利用した場合ほどではなく、切り絵練習帳による機能から熟練者の知識を体験する場合と、熟練者の知識を言葉で知る場合では、切り絵練習帳を利用がより熟練者の知識を習得したと言える。

## 5.6 まとめ

グループ 1 とグループ 2 の比較より、「切る順番の違い」に対して「なぞる順番に枠を表示する機能」を持つ切り絵練習帳を利用することは切る順番が熟練者らしくなる。

グループ 1 とグループ 3 の比較より、「デザインナイフの筆圧の違い」に対して「適切な筆圧でのみ筆圧を表示する機能」を持つ切り絵練習帳を利用することはデザインナイフの筆圧が熟練者らしくなる。

グループ 1 とグループ 4 の比較より「切り抜く時の動作の違い」に対して「なぞり始めと終わりを強調する機能」を持つ切り絵練習帳を利用することは切り抜く動作が熟練者らしくなる。

グループ 5 とグループ 6 の比較より、切り絵練習帳は利用者に同じ内容の切り絵を繰り返す以上で熟練者らしい切り方になる。

グループ 5 とグループ 7 の比較より、言葉による説明と切り絵練習帳を利用した場合では、切る順番はともに熟練者らしくなるが、他の「デザインナイフの筆圧の違い」や「切り抜く時の動作の違い」では、言葉による説明以上に切り絵練習帳を利用することは利用者を熟練者らしくする。

以上の実験の結果から、切り絵練習帳の各機能は、切る順番やデザインナイフの筆圧、切り抜く動作を熟練者らしくする効果がある。また、全ての機能をオンにした切り絵練習帳を利用することは、同じ切り絵を繰り返す場合や熟練者の知識を言葉で説明する場合以上に、利用者を熟練者

らしくする。

## 6 おわりに

本研究では、著者らが開発した「切り絵練習帳」によって、初心者が効率的に切り絵を上達するのかを明らかにするために評価実験を行った。本稿ではその結果と考察について述べた。

筆者らが以前行った調査[6]により、初心者と熟練者では「切る順番の違い」、「デザインナイフの筆圧の違い」及び「切り抜く動作の違い」について明らかにした。

この調査結果に基づいて、開発した切り絵練習帳には、熟練者らしい動きを利用者に体験させるために「なぞる順番に枠を表示する機能」、「適切な筆圧でのみ筆跡を表示する機能」及び「なぞり始め、なぞり終わりを強調する機能」の 3 つの機能を実装した。

切り絵練習帳の効果を評価するための実験を行った。全ての機能をオフにした切り絵練習帳を利用するグループ、各単一の機能のみをオンにした切り絵練習帳を利用するグループ、全ての機能をオンにした切り絵練習帳を利用するグループ、切り絵練習帳を利用しないグループ、熟練者の知識を言葉でのみ説明を受けるグループという形で 35 名の被験者を 1 グループ 5 名の 7 グループに分け、各グループの変化した動きを比較した。

その結果、各機能は、初心者を熟練者らしくする十分な効果があった。また、切り絵のみのグループと全ての切り絵練習帳を利用するグループの比較から、切り絵練習帳を利用した場合は、同じ内容の切り絵を繰り返す場合よりも熟練者らしい切り方になる効果があった。また、切り絵練習帳は、切り絵練習帳の機能を言葉で説明した場合よりも、熟練者らしくする。

今後の課題として、既存の研究で、人や建造物の画像をコンピュータにより切り絵調の画像に変換する研究がある[11][12]。このシステムにより変換された切り絵調の画像を切り絵練習帳で利用し、利用者が選択した任意の画像での切り絵にも対応し、利用者が熟練者らしい切り方を学習し、実際の切り絵においても熟練者らしい切り方となるかを評価する予定である。

## 参考文献

- [1]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
- [2]日本きりえ協会(1997)『きりえ全科』誠文堂新光社
- [3]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)
- [4]Daniel Dixon Manoj Prasad, and Tracy Hammond 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
- [5]澤田彰浩, 亀田昌志「タブレット型 PC を用いた初心者向け対話型デッサン学習支援システムの開発」 情報処理学会第 74 回全国大会(2012)
- [6]東孝文, 金井秀明「タブレットを用いた切り絵練習帳の開発」 GN ワークショップ 2013 (2013)
- [7]結城浩(2011)『数学ガール ランダムアルゴリズム』ソフトバンククリエイティブ
- [8]杉浦光夫(1980)『解析入門 I』東京大学出版会
- [9]服部雄一(2008)『確立統計入門』培風館
- [10]菅民郎(2009)『ちくらく図解統計分析教室』オーム社
- [11]Meng Meng, Mingtian Zhao, Song-Chun Zhu 「Artistic Paper-Cut of Human Portraits」 Proceedings of the international conference on Multimedia(2010)
- [12]]Jie. Xu, Craig. S. Kaplan and Xiaofeng. Mi.  
「Computer-Generated papercutting」. In Proc. PG ' 07, pages 343-350, 2007.