

カード織りのためのテキスタイルデザインおよび制作支援

五十嵐悠紀¹⁾ 三谷純²⁾(正会員)

1) 筑波大学システム情報系／JSPS 2) 筑波大学システム情報系

Interactive Card Weaving Design and Construction

Yuki Igarashi¹⁾ Jun Mitani²⁾

1) Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba / JSPS

2) Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

yukim @ acm.org, mitani @ cs.tsukuba.ac.jp

概要

織物は古くから行われており、縦糸と横糸を組み合わせることで布を作り出すものである。中でもカード織りはとても単純で簡単な織り手法で、色のついた織り糸と穴の開いた四角いカード状の板があれば他には何も必要ないため、初心者でも手軽に行えるものである。一方、織り柄(テキスタイル)をデザインすることは手作業であり大変である。テキスタイルが決定する要素には、それぞれの縦糸の色、カードの穴に通す際の縦糸の通す向き、それぞれのカードを回転させる方向と回転させる回数、などがある。そこで、我々はカード織りを対象として、インタラクティブにオリジナルなテキスタイルデザインを行えるシステムを提案する。従来は矩形のグリッドを用いて手作業でデザインしていたが、我々は結果がわかりやすい「表示モデル」に置き換え、この表示モデル上でユーザが直接編集できるようにした。また、デザイン支援に加えて、カードに縦糸を通す際の制作支援も備えた。初心者を対象にユーザスタディを行い、織りという糸と糸の交差を含む難しい構造の仕組みを理解しなくても、直観的なツールによってデザイン可能になることを示したので報告する。

Abstract

We propose an interactive system to assist in the design of original weaving patterns and their construction. “Card weaving” is a very simple and easy weaving method. However, the textile patterns are typically designed via a laborious manual process. The final textile design is determined by 1) the color of each warp yarn, 2) the direction of four yarns passing through each card, and 3) the direction and number of rotations of the cards. The user first designs the color of warp yarn in the matrix of $m \times n$ cells (m is the number of holes in a card and n is the number of cards). The user can design a long woven band using a slider bar when he/she wants to design a band without repetition or independent rotation of the cards. The system automatically considers some constraints, such as the number of colors and the rotation direction of the cards. He/she then passes the yarn through the hole of each card using a construction guide. Finally, the user creates a real original weaving using these cards and yarns. The system also provides a construction guide assists a guide to assist manual weaving construction process.

1 はじめに

織物は縦糸と横糸を組み合わせて織ることで布を作り出すもので古くから行われている。似たような布を作る方法には、編み物やフェルティンク、レース編みなどが存在する。織物の中でも特に「カード織り」はとても単純で簡単な織り手法である。ユーザは色のついた縦糸と4つの穴の開いた四角いカード状の板があれば他には何も必要ない [1]。カード織りで織った作品は、ストラップやかばんの持ち手、ヘアアクセサリなどにすることができる (図 1)。しかし、これまで、織り柄 (テキスタイル) のデザインは手作業で行われており、大変な作業であった。テキスタイルが決定する要素には、それぞれの縦糸の色、カードの穴に通す際の縦糸の通す向き、それぞれのカードを回転させる方向と回転させる回数、などがある。また、できあがりの目の形状は、カードの回転方向によって異なるため、それを反映したデザインをする必要があり、これらの要素を考慮して手作業でデザインをしていくことは大変難しい。

そこで、我々はインタラクティブにオリジナルなテキスタイルデザインを行うシステムを提案する。従来は構造を表す矩形のグリッドおよび糸の通す向きを表す矢印 (これを本稿では「構造モデル」と呼ぶ) を用いて手作業でデザインしていたが、我々は結果がわかりやすい「表示モデル」に置き換えて提示を行い、この表示モデル上でユーザが直接編集できるようにした。

また、ユーザがテキスタイルをデザインすることを支援するモードと、デザインし終わったあとに、実際にカードに糸を通す際を支援するモードを用意した。

さらに、織りという糸と糸の交差を含む複雑な構造の仕組みを理解しなくても、直観的なツールを使用することによって、独自のデザインをすることが可能になることを示すため、我々はユーザスタディを行った。本システムを用いて国際学会でのデモ展示および、国内でのワークショップを行った。その結果を報告し、デザイン支援ツールを用いて独自デザインを行うことの是非を議論する。



図 1: カード織りで作成する作品の例。

2 カード織りとは

2.1 カード織りの原理

まず、簡単にカード織りの原理について説明する。模式図を図 2 に示す。

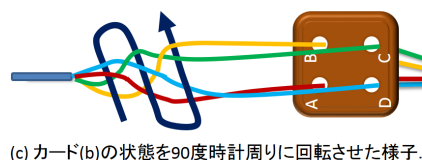
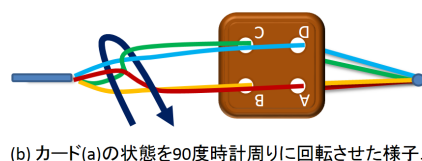
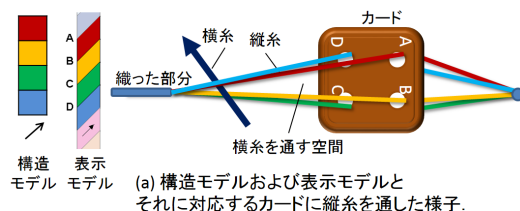


図 2: カード織りの模式図。縦糸をびんと張った状態にして、上下にわかれた部分に横糸を通す。

カードには4つの穴が開いており、順に A,B,C,D とする。カードを図 2(a) のように置き、糸をそれぞれの穴に1本ずつ通す。A に赤糸、B に黄色、C に緑色、D に青糸を通す。これらの糸が織物をする際の縦糸になる。カードの穴に通した縦糸の両端は結んでおきクランプや机の脚などに結び付けてピンと張った状態にしておく。

縦糸は、カードの向きにより、上部2つの穴 (図 2(a) では A,D) と下部2つの穴 (図 2(a) では B,C) にわけることができ、その空間に横糸を通すことで織りこんでいく。この例では手前から奥に向かって横糸を通したとする。

次にカードを90度回転させることで、この上部と下部の組み合わせが変化する。90度時計まわりに回転させた例が図 2(b) である。上部が D,C の穴に、下部が A,B の穴にと組み合わせが変化した。ここに横糸を奥から手前へと織り込んでいく。このようにして、4本の縦糸の間に横糸が織り込まれていき、布を織ることができる。

このカードを複数枚並列につなげることで、縦糸の本数が横に増えるため、幅の広い布を織ることができる (図 3)。

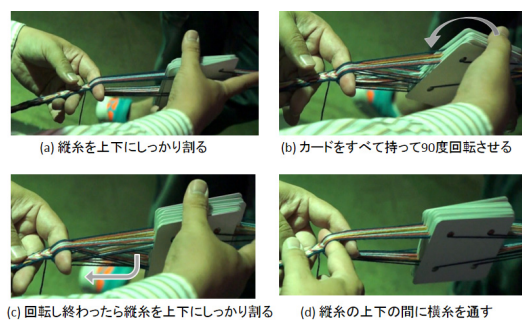


図 3: カードを複数枚並列にした際のカードと糸の振る舞い。

2.2 テキスタイルデザインを決定する要素および制約条件

テキスタイルをデザインするためには以下のような制約の下、それぞれの要素を決定する必要がある。

1) カードの穴と同数の縦糸の色

出来栄の色味を決定する。1枚のカードにつき、4つの穴があいており、カードの枚数分(n)の縦糸をデザインする。デザインには2種類のやり方が存在する。1つ目は図4(a, b)のように $4 \times n$ の矩形のグリッドをデザインし、このデザインが繰り返されていくものである。これを繰り返しパターンモードと呼び、3.1節で詳しく述べる(図6(a))。繰り返しパターンモードの場合は、それぞれのセルには何色を使用してもよく、同じ色を使用しても良い。

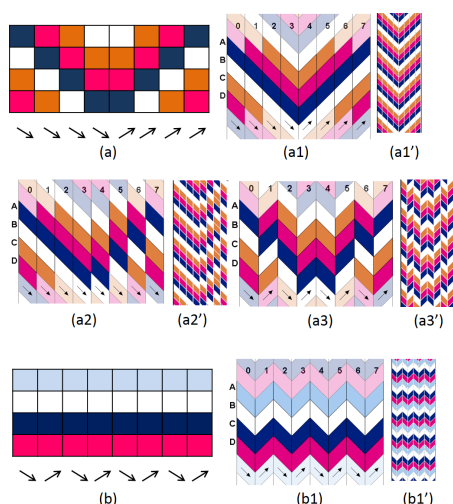


図 4: 矩形グリッドの構造モデル(a, b)と提案システムの「表示モデル」でデザインした場合の柄の見え方(a1, a2, a3, b1)の違い。実際に織った際にできるテキスタイル(a1', a2', a3', b1')。

2つ目は背景と前景をデザインしていくものでこちらをフリーペインティングモードと呼ぶ(図7(b))。フ

リーペインティングモードの場合は1枚のカードにつき前景および背景の2色のみを使用して、カードの回転数を m としたとき、 $n \times m$ のセルの色を決定する。それぞれのカードで前景色・背景色を決定できるので最大 $2m$ 色使うことができる。詳細は3.2節で述べる。

どちらのモードでも横糸は基本的には縦糸の間に隠れてしまうため、何色でも良いとされているが、折り返し部分(織ったテキスタイルの左右両端)に見えるため、端に使われている色となるべく同色にすることを推奨される。

2) カードの穴に対して、カードの表側から糸を通すか、裏側から糸を通すか

織った部分の1目1目は、矩形ではなく、ひし形をしている(図5)。カードの穴に対して表側から縦糸を通したか、裏側から縦糸を通したかによって、ひし形の傾きが反転する。これを従来の矩形グリッドを使用したデザインの場合にはそのカードの列の下に傾きを示す矢印を記載することで表現する(「構造モデル」)。同一カードの穴にはすべて同じ方向で縦糸を通さなければいけない、という制約がある。



図 5: エディタと対応する織り物の比較。

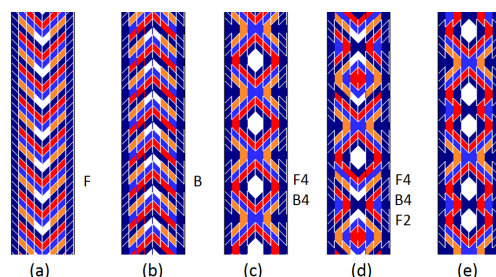


図 6: カードを回転する方向によって図柄が異なる。

3) カード全体を90度回転させる向き。

この向きによって出来上がりの柄を変化させることができる。例えば、図5を前方向(F: Forward)に回転させて織っていくと図6(a)のようにV字型になる柄になる。これを実際に織ったものは図5右である。同じ柄を、後方向(B: Backward)に回転させることで図6(b)のような山型のデザインになる。これを前方向4回、後方向4回をセットとして繰り返していくと図6(c)とまた異なった柄になる。これを「F4B4」と表し、これを1セットとして希望の長さになるまで繰り返す、という意味である。

2.3 関連研究

次に関連研究を紹介する。まず, Coahranm ら [2] はスケッチインタフェースでキルティングアートのためのデザインシステムを提案した。一方, 織りデザインはすべてのピクセルが同じサイズであるため, ピクセルアートのようなものである。しかし, それぞれのピクセルが正方形ではなく, 図 5 右図に示したようなひし形をしており, さらにその形状はカードの回転方向に依存して, 傾きが異なるという違いがある。また, 織ったバンドの横幅 (ピクセルの列の数) はカードの枚数 (n) によって決定する。それぞれの列の色はカードの穴の数まで使用できる。(現在の我々のシステムでは 4 と設定してある。)

Card Weaver [3] はカード織りのためのデザインシステムである。しかしこれは簡単な繰り返しデザインしかサポートしておらず, 次の章で説明するような自由にペインティングしてデザインすることはできない。

大人の科学 [4] では, カード織りを題材としたキットが販売されており, 初心者でも手軽にカード織りを楽しめるように, わかりやすい図解および写真に加えて, カードと糸もセットになっている。しかし, 制作するデザインは専門家がデザインしたものが載せてあり, それを真似ることでカード織りを親しんでもらうためのもので, 初心者がデザインを行うまでには至っていない。

織物制作には, 機織り (はたおり) 機も普及しており全自動化もされている [5] が, カード織りは手作業で自分の思ったデザインの織物が作れるという点で趣味として普及している。1 本の毛糸でつながったホールガーメントセーターを自動で編む機械が登場しても手編みのセーターがなくなるのと同じである。

手芸のための設計支援の研究を紹介する。Plushie [6] は初心者がぬいぐるみを設計するためのツールである。3 次元モデリングとシミュレーションを融合することで, 知識がなくともぬいぐるみの形を設計することができ, 対応する型紙をシステムが自動生成してくれる。五十嵐らは他にもあみぐるみやカバーデザインなどの手芸作品を対象に設計支援の研究を行っている [7]。手芸の他にも, ポップアップカード [8] やカム仕掛けのおもちゃ [9] などを対象とした設計支援が研究されている。

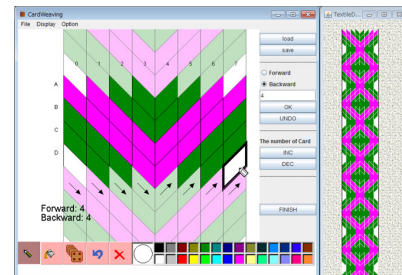
次に手芸に関する制作支援の研究を挙げる。Rosner ら [10] は, 棒針編みのための支援を行っている。棒針にマーカーをつけておき, WEB カメラで撮影することで遠隔地にいる専門家が初心者を支援する研究が提案されている。コンピュータビジョンの技術を用いることで編み物をしている間の情報を自動/手動で取得可能になる。

ビーズデザインシステム Beady [11] では, 3 次元コンピュータグラフィックス (CG) を使って, ビーズの制作過程を支援することを行っている。従来ビーズ製作は 2 次元のイラストで描かれた作り方を見ながら作る。Beady システムでは, 3 次元 CG で製作手順を提示することで手元にある製作途中のビーズと同じ状態をコンピュータ上で提示でき, 1 ステップずつ進んでいくことができる。そのため, 初心者でも立体的なビーズ作品を作り上げることができる。

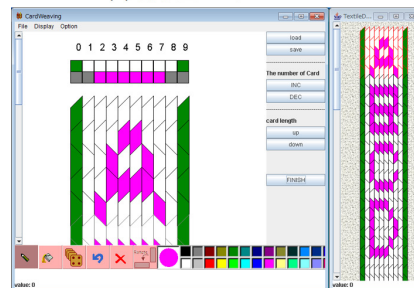
手芸以外では, 粘土細工のための制作支援システム [12] も発表されている。距離センサーで対象物までの距離を計測し, どのくらい現在の粘土細工が近いかをプロジェクタで投影することで, 足りない部分や多すぎて削るべき部分をユーザにわかりやすくフィードバックしている。

3 デザイン支援のユーザインタフェース

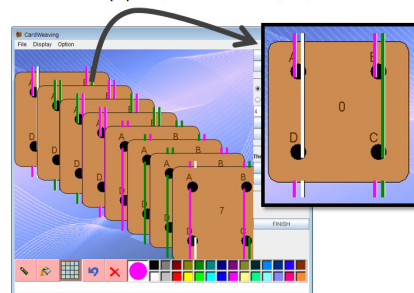
本システムには, ユーザがオリジナルのデザインを行うためのデザイン支援と, デザインが終わったあとに実際の糸をカードに通す際の制作支援を備えている (図 7 (c))。本章ではまず, デザイン支援のユーザインタフェースの説明をする。制作支援については, 次の章で述べる。



(a) 繰り返しパターンモード



(b) フリーペインティングモード



(c) 制作支援画面

図 7: システムのスナップショット. (a) 繰り返しパターンモード. (b) フリーペインティングモード. (c) 制作支援の画面。

デザイン支援については、2種類のデザインモードを用意した。1つ目は繰り返しパターンモードで繰り返しのあるデザインをデザインしていく(図7(a))。もう1つは背景と前景をデザインしていくフリーペインティングモードである(図7(b))。システムを開くとまずモードの選択画面になり、ユーザはどちらのモードでデザインをしたいかを選ぶことで始まる。途中での切り替えはできない。以下にそれぞれを述べる。

3.1 繰り返しパターンモード

Algorithm 1 繰り返しパターンモードにおけるインタフェースの実装.

```

procedure UPDATE_CELL(マウスクリック座標  $p$ ,
  選択されている色  $color_{new}$ )
  if  $p$  がどのセルにも含まれない then
    return
  end if
   $C(i, j) \leftarrow p$  が含まれるセル
  if  $p$  が矢印の上 then
    for all  $0 < k < \text{セルの全長}$  do
       $C(i, k)$  のひし形の向きを切り替える
    end for
  else
     $color_{prev} \leftarrow C(i, j)$  の色
     $C(i, j), C(i, j-4)$ , および  $C(i, j+4)$  の色
    を  $color_{new}$  に変更する
    // 4 はカードの穴の数
    if 塗りつぶしツールが選択されている then
       $A \leftarrow C(i, j)$  から Flood-Fill Algorithm
      を適用したセルの集合
      for all  $C(k, m) \in A$  do
         $C(k, m), C(k, m-4)$  および,
         $C(k, m+4)$  の色を  $color_{new}$  に
        変更する
      end for
    end if
  end if
end procedure

```

繰り返しパターンモードは、カラフルな色を使って繰り返し模様をデザインしていくモードである。まずユーザは図4(a)のように $4 \times n$ セルのマトリックスを使って縦糸の色をデザインしていく。従来は矩形のグリッド(構造モデルと呼ぶ)を用いているが、我々は結果がわかりやすい「表示モデル」に置き換え、表示モデル上でユーザが直接編集できるようにした。これによりできあがりに近いイメージでデザインをしていくことができる(図5)。

A, B, C, D はカードの4つの穴の位置を表している。繰り返し模様を前提としているので、例えば、ユーザが3枚目のカードのAのセルに青色を塗ったとしたら、Dのセルの次のセルには自動的にAと同じ色が塗られていく。 i 番目のカードの上から j 列目のセル

を $C(i, j)$ と表したときの疑似コードを Algorithm 1 に示す。

4本の縦糸をそれぞれのカードに通す穴の方向は、図8のように矢印をクリックすることで変更することができる。カードの裏から表に向かって縦糸を通すと、実際に織った際の織り目は右斜め上にあがるひし形になる。また逆に、カードの表から裏に向かって縦糸を通すと、実際に織った際の織り目は左斜め下に下がるひし形になる。これを従来のように方眼紙のような矩形グリッドを用いて手作業でデザインしようとする、図4のようになり、V字型や山型になったり、波目模様になったりするデザインをするのが非常に難しくなる。

また、出来上がりの織物の幅はカードの枚数で決まる。ユーザはカードの枚数をシステム内で増やしたり減らしたり指定することができる。

最終的な繰り返し模様のテキスタイルデザインはカード全体を回す方向と回数(織り操作)で決定する(図6)。表示モデルに対して、どのような織り操作を行うかをシステムでデザインすることで、テキスタイル表示もインタラクティブに変わるようにした。これにより、どのようなものになるのかを実際に織る前に確認することができる。

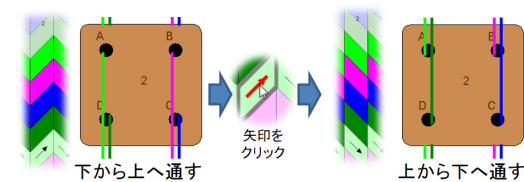


図8: 各縦糸のセルのひし形の向きはカードの表側から通すか、裏側から通すかによって決まる。

3.2 フリーペインティングモード

次にもう1つのモードについて説明をする。前節のモードではすべてのカードを1度に動かして柄をデザインしたが、カードを個別に操作することで、文字や絵柄など、複雑なパターンを作成することができる。例えば、1,2,5番のカードは前方方向へ回転、3,4,6,7番のカードは後方方向へ回転、などとする。

システムは前景 (Foreground) および背景 (Background) の2色を用いて自由にペイントできるモードを選択することもできる。このモードではユーザはカードの隣り合った2つの穴に前景色の縦糸を通し、残りの2つの穴に背景色の色の縦糸を通す。ユーザは任意のパターンをデザインしていくことができる。図7(b)のように前景色と背景色はそれぞれのカードごとに別の色を設定することができるが、以下説明を簡単にするため、前景を黒色、背景を白色で統一して説明する。

このモードでは、同じ色が続く際にはカードの回転方向を異なる向きに、異なる色に変わる際にはカードの回転方向はそのまま同じ向きになるため、ユーザが

ペイントしているそばから、システムは自動でそれぞれのカードを回転させる向きを計算し更新して表示する。カードを回転させる向きが変わると、セルのひし形の向きも変わるため、エディタにはそれがリアルタイムで反映される。

前景色/背景色の2色のみ切り替えができるため、ユーザインタフェースとしては、セルの上をクリックすると、前景色と背景色が切り替わるようにした(図9)。他にも回転ボタンを押すと、デザインしていく向きを縦向きと横向きを切り替えることができるなど、デザインをしやすくなるような工夫を行っている。 i 番目のカードの上から j 列目のセルを $C(i, j)$ と表したときの疑似コードを Algorithm 2 に示す。

Algorithm 2 フリーペインティングモードにおけるインタフェースの実装.

```

procedure UPDATE_CELL(マウスクリック座標  $p$ )
   $C(i, j) \leftarrow p$  が含まれるセル
   $color_{prev} \leftarrow C(i, j)$  の現在の色
   $color_{new} \leftarrow C(i, j)$  の前景色/背景色
    を反転させた色
   $C(i, j)$  の色を  $color_{new}$  に変更する
  if 塗りつぶしツールが選択されている then
     $A \leftarrow C(i, j)$  から Flood-Fill Algorithm を
      適用したセルの集合
    for all  $C(k, m) \in A$  do
       $C(k, m)$  の色を  $color_{new}$  に変更する
    end for
    for all  $0 < k < \text{カード数},$ 
       $0 < m < \text{セルの全長} - 1$  do
      UPDATE_FORM( $C(k, m), C(k, m + 1)$ )
    end for
  else
    for all  $j < m < \text{セルの全長} - 1$  do
      UPDATE_FORM( $C(i, m), C(i, m + 1)$ )
    end for
  end if

end procedure
procedure UPDATE_FORM( $C_{ref}, C_{target}$ )
  if セル  $C_{ref}$  とセル  $C_{target}$  の色と同じ then
     $C_{target}$  の形状を  $C_{ref}$  と反対の向きの
      台形とする
  else
     $C_{target}$  の形状をひし形とする
  end if
end procedure

```

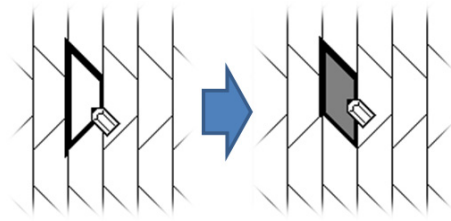


図 9: セルの上をクリックすることで前景色と背景色を切り替える。これにより、前後の目の形状もインタラクティブに切り替わる。

4 制作支援のユーザインタフェース

4.1 カードに糸を通す支援

デザインが終わったあと、実際に制作する段階に移る。今度は、縦糸をカードに通す際に何色の糸を何番のカードのどの穴(A,B,C,D)に通すか、また、どのような向きで通したら良いか、を知る必要がある。これらを図 6(c) のように、グラフィカルに表示することで、縦糸を通しやすくなるような支援を行った。

4.2 実際に織る際の支援

カードに糸を通し終わったら、その後はカードを回転させながら織っていく。以下、モードごとにそれぞれ述べる。

繰り返しパターンモードの場合 繰り返しパターンモードの場合には、ユーザがデザインした「F4B4」などを元に回転方向を前方、後方、そして何回目かに気を付けながら、順に織っていけば良い。織る手順については 2.1 節参照。

フリーペインティングモードの場合 フリーペインティングモードの場合には、システムがそれぞれのカードの回転方向を提示するのでそれを元にカードをどちら方向に回転させるかに注意して織っていかなければならない。カードの回転のさせ方は以下のである。

1. 縦糸をカードに通した状態で、C,D 側のカードの側面にマジックペンなどでしるしをつける。これが手前にくるようにしてスタートする。これを基準の向きとする。(図 10a)
2. システムが図 11 のように F か B かを提示するので、F と書かれたカードと B と書かれたカードに分けて、F のカードを手前側(時計周り)へ、B のカードを奥側(反時計周り)へとそれぞれを回転させる(図 10 b, c)。これで縦糸の上側に F, B それぞれに対応する色が出てくることになる。この状態で横糸を 1 回通す。

3. 先ほど回転させた向きと逆側にカードをそれぞれ回転させる。(F は奥側, B は手前側) へと回転させて, 横糸を 1 回通す。これですべてのカードが基準の位置になった (図 10 d)。

このようにデザインした 1 列のセルを作るのに、フリーペインティングモードでは 2 回転させなければならず、スタンダードモードに比べて縦の幅が 2 倍の柄ができあがる。

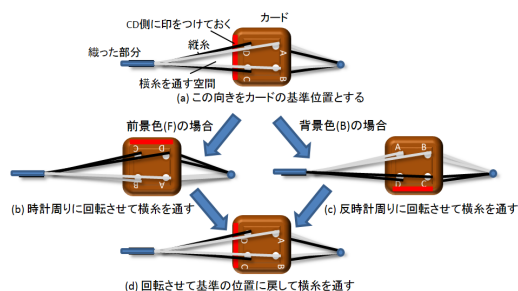


図 10: フリーペインティングモードの織り方。

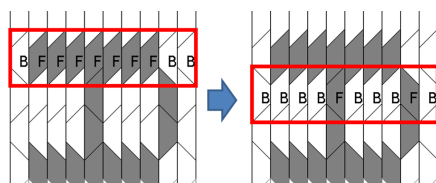


図 11: フリーペインティングモードの制作支援。

5 結果

図 12 に本システムを用いてテキスタイルデザインを行った結果と、実際の織りものを作成した結果を示す。デザインは 10 分程度で行える。実際に織物を作成するには、縦糸を通す作業にカード 8 枚で初心者でおよそ 30 分程度、その後実際に織る作業は織りたいものの長さやカードの枚数にもよるが、1~2 時間程度かかる。

5.1 SIGGRAPH 2013 Studioでの展示

SIGGRAPH 2013 での Studio において、2013 年 7 月 22 日 (月)~24 日 (水) の 3 日間、9~17 時にデモ展示を行った。この期間の来場者数はおよそ 130 人 (のべ人数) であった。属性はコンピュータグラフィックスの研究者、技術者、アーティスト、大学生・大学院生などである。

展示では、デモシステムの展示 (図 13(a)) と、カード織り体験 (図 13(b, c)) の 2 つに分割して行った。シ

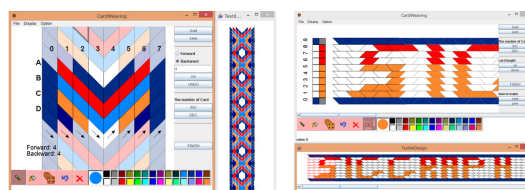


図 12: 本システムを用いてデザインした結果。

ステムの展示では、本システムの説明をした後、自由にデザインをした。1 人あたりのデザインの所要時間は約 2~3 分であった。体験していただいた方々のデザインの一部を図 14 に示す。



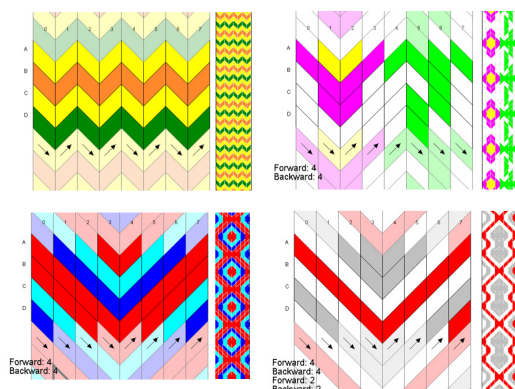
図 13: SIGGRAPH 2013 Studio での様子。

カード織り体験では、すでに著者によってデザインをしたものを 8 枚のカードに縦糸を通し終わって、両端を結んだ状態を用意し、SIGGRAPH2013 の会期中の参加者全員で長い織り物を作成する試みをした。2~3 回転する人、かなり長く織る人、それぞれであったが、3 日間の展示で 172cm の作品が完成した (図 13(d))。

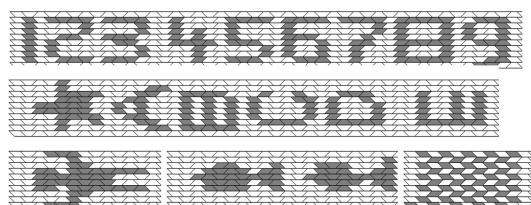
体験者の感想では「知らなかった」「面白かった」「こんな風に布が織れるんだ!」「Interesting!」「Amazing!」などを多く聞いた。また、「ワークショップをしているため、このソフトを紹介させて欲しい (2 名)」といった意見もあった。

5.2 大日本印刷ドット DNP でのワークショップ

2013 年 8 月 3 日 (土) 大日本印刷 ドット DNP において、ワークショップ「カード織りでオリジナルス



(a) 繰り返しデザインモードによるデザイン.



(b) フリーペインティングモードによるデザイン.

図 14: SIGGRAPH2013 Studio 参加者によるデザイン例.

トラップを作ろう！」を開催した。あらかじめ WEB ページで募集を行い、応募してくださった 6 人の子供たちとその親が参加した。年齢は幼稚園年中 (6 歳) ~ 小学校 3 年生までの男児 3 名, 女児 3 名である。ワークショップは 2 時間で行い,

1. ワークショップについて趣旨説明 (10 分)
2. デザイン作成 (20 分)
3. 縦糸を通して, カード織りの準備 (30 分)
4. カード織り (50 分)
5. ヒアリング (10 分)

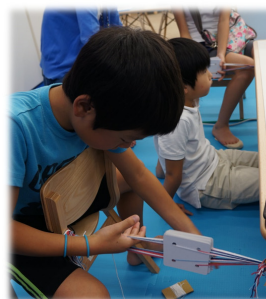
という構成で行った。繰り返しデザインモードを使用し, それぞれ好きな長さ, 時間内にできる長さまで織ってもらい, 時間で区切って終了とし, カードおよび使用した糸は持ち帰った。また, 実際に用意した縦糸の色にあわせて, システムも 5 色のみが選択できるような機能制限版をワークショップでは使用した。

図 15 にワークショップでの様子を, 図 16 に子どもたちが実際に作成したストラップの写真を示す。ワークショップ終了後のアンケートでは, ツールを使用した感想として「自分でデザインして作れたところが面白かった」「簡単にデザインができて面白かった」「いろいろ試せた」などが挙げられた。実際にカード織りをした感想としては「カードを使って織っていくこと

が面白かった」「模様ができてくるのが楽しかった。」といった意見があった。



(a)



(b)



(c)

図 15: 大日本印刷ワークショップでの様子. (a) 本システムを用いてオリジナルデザインを考えている様子. (b, c) カード織りを体験して実際に織物を制作している様子.

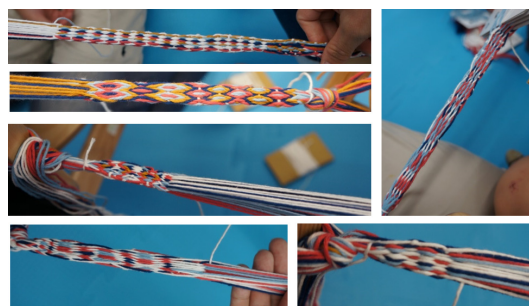


図 16: 子供たちが実際に作成したストラップ.

また, 反対に難しかったことでは, 「糸のテンションを保ち続けるのが難しかった」「カードの回転回数, 方向を覚えておけないことがありました」「糸の通す方向を間違えてしまった」「カードを回転させて編んでいくのが難しい」といった点が挙がった。

6 議論

ユーザスタディの結果、以下のような課題が見えてきた。

Studio およびワークショップの参加者はおそらくカード織りの原理を理解できていないであろうと推測されるが、直観的なデザインツールを使用することでそれなりのものを制作することができた。手芸作品は一般に原理を理解しなければ、自らデザインをして新しいバリエーションを増やそうとするのは困難である。しかし、デザイン支援システムを用いて、“GUIで出来上がりに近いデザインを作成し、それを元にコンピュータがカードの使い方を計算してユーザに指示をする”というゴールベースのインタラクションを用いることでカード織りのデザインをしたことがない人にも手軽に楽しんでもらうことが可能になる。また、原理を理解しなくとも、新しいバリエーションを増やすことが可能になる。

これはコンピュータによる支援ツールが原理を理解していない初心者にも有用である事を示していると考えられる。一方で技術の習熟のためには原理を理解できるようなツールもあるべきではないだろうか。なぜなら、このままでは「どうしてそうなるのか？」を知らないまま終わってしまうからである。2.3 節に挙げたように、デザイン支援システムの研究は増えているが、カム仕掛けのおもちゃデザイン [9] やビーズ細工 [11] などのように複雑な構造を持つものをデザインする際に、構造の仕組みを理解しないデザイン支援インタフェースで良いのかどうかは疑問が残る。このようなデザイン支援インタフェースに属する研究は、例えば、今後は以下のような着眼点で比較することで新たな可能性を拓いていけると考える。

- デザイン支援ツールを使うと構造の理解が早い
か否か
- 構造を理解した後の方が、デザイン支援ツールの
習得が早い
か否か
- デザインされたアウトプットの質は、構造を理
解している方が
良い
か否か
- 手芸の対象（今回はカード編み）に対する興
味の持ち方として、構造の理解があったほうが
良い
か
- デザイン支援ツールを与えられたユーザは、構
造の理解に興味を示すか、それとも、必要な知
識と判断するか

また、制作支援では、グラフィカルな提示のみを行ったが、それだけでなく、音声認識や画像認識などを使ってより高度な提示を行う必要があると考える。例えば、縦糸を通す方向を1つでも間違えるとカードを回転させることができなくなってしまう。あとからカードを回転させる際に回転できなくて、気づいたとき、どのカードのどの穴の縦糸が間違っていたのかを発見するのは簡単ではない。A,B,C は上から下に縦糸を通したが、D だけ誤って下から上に通してしまった際にその場で認識してその場で指摘してくれるようなシステムがあると便利である。

さらに、カード全体をどちらの方向に何回転し終わったかを人が覚えておくのは面倒であり、大変で

あった。前方方向に4回、後方方向に4回転させるデザインだったとき、今は何回目ですよ、次はこちら側に回転してください、といったことを教えてくれると便利である。

7 まとめと今後の課題

「カード織り」に着目し、これまで手作業で行われていたデザインをコンピュータで支援することで手軽にさまざまなデザインを試してみれるようなシステムを構築した。実際に初心者を対象にデモ展示やワークショップを行い、ご意見をいただいた。これにより、手芸作品における複雑な構造の仕組みを理解しなくても、直観的なツールによって独自のデザインが可能になることを示すことができた。

今後の課題としては、「糸を編むことで平面ができる」ということの原理を理解を支援するためのツールを考えたい。例えば、図 17 のようなミシンで糸を縫う原理は理解するのが難しい。左図は通常のミシンの仕組みを理解するための gif 画像 [13] であるが、このような「原理をわかりやすく伝えるアニメーション」を手軽に製作できるようなツールを考えたい。また、図 16 右図のようにロックミシン（布端かがり専用ミシン）による縫い目も2本針4本糸などで処理されており、イラストのような複雑な構造になっている。他には、棒針編み、かぎ針編みなど編み物の原理の理解を支援することも考えられる。「指示された通りに手を動かす」だけではなく、「そもそも編むということはどういうことなのか」という、構造を理解することを支援する機構を提案することで、新しい編み方の発見にもつながるかもしれない。また、支援ツールを使うことで原理を理解できるようになることでのユーザの反応、デザインの発想などの変化も見てみたい。

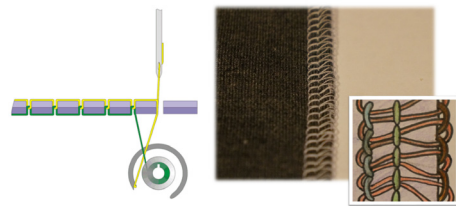


図 17: ミシンで上糸と下糸が絡み合いながら縫うメカニズムを表したイラスト表示 (左図) とロックミシンによる2本針4本糸のオーバーロックの構造を表したイラスト表示 (右図)。

謝辞

SIGGRAPH 2013 Studio およびドット DNP ワークショップに参加して体験して下さったみなさまに感謝いたします。また、SIGGRAPH 2013 Student Volunteer のみなさま、ワークショップを開催させて

いただいた大日本印刷ドット DNP 担当のみなさまに
感謝いたします。

参考文献

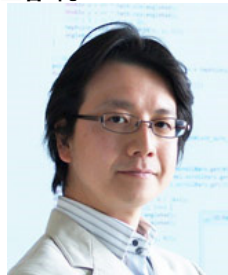
- [1] Crockett, C. 1991. Card Weaving. Interweave Pr.
- [2] Coahranm M. and Fiume, E. 2005. Sketch-Based Design for Bargello Quilts. Eurographics Workshop on Sketch-Based Interfaces and Modeling 2005, 165-174.
- [3] Polak, G. 2002. Card Weaver. <http://www.theloomybin.com>
- [4] ペシュカ：内田潤子（著），「カード織りのテキスタイル・ストラップづくり」．学研教育出版，2012．ISBN: 978-4056066234.
- [5] Wikipedia, “織 機”. <http://ja.wikipedia.org/wiki/機織>.
- [6] Yuki Mori, Takeo Igarashi. Plushie: An Interactive Design System for Plush Toys. ACM Transactions on Graphics (Proceedings of SIGGRAPH 2007), vol.26, No.3, 45:1-8, 2007.
- [7] 五十嵐悠紀「コンピュータを用いた手芸設計支援に関する研究」東京大学大学院 工学系研究科 博士論文．2010 年．
- [8] Xian-Ying Li, Chao-Hui Shen, Shi-Sheng Huang, Tao Ju, and Shi-Min Hu.
- [9] Lifeng Zhu, Weiwei Xu, John Snyder, Yang Liu, Guoping Wang, Baining Guo. Motion-guided mechanical toy modeling. 2012. ACM Transactions on Graphics (Proceedings of SIGGRAPH Asia 2012) Volume 31, Issue 6, Article No 127.
- [10] Rosner, D. K. and Ryokai, K., "Spyn: Augmenting knitting to support storytelling and reflection", in Proceedings of the 10th international conference on Ubiquitous computing, pp. 340-349 (2008).
- [11] Yuki Igarashi, Takeo Igarashi and Jun Mitani. Beady: Interactive Beadwork Design and Construction. ACM Transactions on Graphics (Proceedings of SIGGRAPH 2012), Volume 31, Issue 4, Article No. 49, Los Angeles, USA, August 2012.
- [12] Alec Rivers, Andrew Adams, Férdo Durand. Sculpting by numbers. ACM Transactions on Graphics (Proceedings of ACM SIGGRAPH Asia 2012), Volume 31 Issue 6, Article No. 157. 2012.
- [13] Wikipedia, "Sewing Machine". http://en.wikipedia.org/wiki/Sewing_machine.

五十嵐 悠紀



2005 年お茶の水女子大学理学部情報科学科卒業．2007 年東京大学大学院情報理工学系研究科修士課程修了．2010 年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了．博士（工学）．2010 年より日本学術振興会特別研究員 PD を経て，現在日本学術振興会特別研究員 RPD として筑波大学システム情報系に所属．インタラクティブコンピュータグラフィックス，ユーザインタフェースの研究に従事．ACM, 情報処理学会会員．

三谷 純



1998 年東京大学工学部精密機械工学科卒業．2000 年東京大学大学院工学系研究科修士課程修了．2004 年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了．博士（工学）．理化学研究所基礎科学特別研究員を経て，2005 年より筑波大学大学院システム情報工学系研究科講師．2009 年より准教授．コンピュータグラフィックス，CAD の研究に従事．芸術科学会，日本図学会，他会員．