多色編み物デザイン支援システムの提案と構築について

非会員 鈴木 大 介 (名古屋工業大学)

非会員 中 村 剛 士 (名古屋工業大学)

非会員 何 立 風 (愛知県立大学)

正 員 伊 藤 英 則 (名古屋工業大学)

A Supporting System for Colored Knitting Design

Daisuke Suzuki, Non-member, Tsuyoshi Nakamura, Non-member (Nagoya Institute of Technology), Lifeng He, Non-member (Aichi Prefectural University), Hidenori Itoh, Member (Nagoya Institute of Technology)

Knitting is a kind of art work and it is not so easy for knitting beginners to construct a work that they would design. Thus knitting requires that designers have some artistic sense and technical knowledge. Until now we had already proposed the supporting system for knitting design. It can change simple designed figures into pattern-knitting diagrams by using changing rules, and it supplies designers complete CG images of knitting that they have designed. Generally designers use various colored strings to knit, however the system could deal with only monochromatic knitting patterns.

In this paper, we have developed new version of the system and would propose a method for colored knitting design. The new version supplies the CG images of colored knitting design and can support many designers to use colored strings to knit.

キーワード：編み物デザイン支援システム，色情報，CG

1. ま え が き

一般によく知られているように，編み物とは糸を複雑に絡ませて模様を作り，セータなどの衣服やレース編みなどの装飾品を製作することを指す。これは，日本に限らず世界中至るところに存在する工芸であり，特定の民族が製作する作品については，伝統工芸品として希少価値が高く，芸術品同様に扱われる場合も少なくない。一方，伝統工芸品などを除いた一般的な編み物では，模様編記号図と呼ばれる設計図に従い，機械的に編み上げていく手法が主流とされ，マニュアルの整備が進みつつある。当然ながら，日本においても，模様編記号図は日本工業規格 (JIS)⁽¹⁾に規定される編目記号の組み合わせにより構成され，編み物をデザインしようとする者は，それを用いて様々な編目模様を表現することができる。

編目記号とそれに対応する編み目をイラスト表示したものの⁽²⁾を，図 1 に示す。この図から分かるように，編目記号と実際の編み目の対応関係を確実に知識として持っていない限り，編目記号の羅列から編み目模様を想像することは，容易とは言い難い。また，編み物に関する知識や経験が乏

しい初心者が，編み物の製作を試みるとき，通常，入門書などの編み物に関する書籍をその製作における参考資料として用いると考えられる。しかし，編み物デザインについて記述した書籍の多くは，すでに設計された模様編記号図と，それに対応する編み上がり予想図を併記して，デザインの参考例を紹介するのみであり，デザインの仕方などについて詳細に記述したものは少ない。

これらの点を考慮して，我々はこれまでに単純なデザイン画から，編み上がり予想図を自動生成する編み物デザイン支援システムを研究・構築してきた。そのシステムでは，ユーザが 3 つの記号 (□、△、×) を用いて描いたデザイン画を，変換ルールを用いて模様編記号図に変換する。さらに，その模様編記号図を編み上がり予想図に変換し，3 次元 CG によってディスプレイ上に表示する^{(3)~(6)}。これにより，ユーザが自分自身で設計したオリジナルの模様編記号図や，書籍などで紹介している模様編記号図を実際に編むことなく，編み上がり状態の確認ができるようになった。なお，このシステムについては，デザインに有効なツールの一つとして編み物専門誌上で紹介されている⁽⁷⁾。

しかしながら，このシステムでは，単色の糸を使用した

図 1 編目と編目記号

Fig. 1. Knitting stitches and each symbol of them

図 2 単色編み物デザイン支援システムにおける入出力データの例

Fig. 2. Each example of input data and output data for the previous system for knitting design

場合の編み物デザインをすることはできるが、複数色の糸を用いた場合の編み物デザインには対応していなかった。一般に、編み物では様々な色の糸が使用されており、システム上で編み物のデザインに複数色の糸を使用することができれば、編み物自体のデザイン性が向上することは明らかである。そこで、本論文では従来システムに色情報を組み込む手法を提案し、デザイン支援システムの拡張を図る。

なお、本システムでは処理の単純化のために図 1 に示す表目、裏目、かけ目、右上二目一度、左上二目一度、中上三目一度の 6 種類の編目記号のみを使用することとした。これにより、本システムでデザイン可能な模様は、これら 6 種類の記号を用いた表目と裏目の模様および透かし模様に制限されることになる。

2. 単色編み物デザイン支援システム

〈2・1〉 処理概要 従来までの単色編み物デザイン支援システムにおける入出力データの例を図 2 に示す。処理プロセスは以下に示す 3 つの段階から成る。

- (1) ユーザは m 目 n 段の模様をデザインするとき、 Δ , $\times$, $\square$ の 3 つの記号を使い、 m 目 n 段のフィールド上にそれらを配置してデザイン画を作成する。それぞれの記号がもつ意味は、 Δ はデザインオブジェクトの輪郭、 $\times$ は穴、それ以外は $\square$ であり、単純な記

号の羅列によるデザインを実現している。なお、編物の強度を考慮して、 $\times$ は上下左右に隣接しあって配置することはできないものとする。

- (2) デザイン画の各段について、変換ルールを適用することにより中間コードを経て、模様編記号図を生成する。
- (3) 模様編記号図に、3 次元空間内における紐状物体表現方法⁽³⁾を適用することにより、3 次元 CG によって編み上がり予想図を表現し、コンピュータディスプレイ上に表示する。

〈2・2〉 変換ルール デザイン画から中間コードを経て、模様編記号図を生成する変換ルール (図 3) について述べる。まず、デザイン画の各段について、 $\square$ を $\square$ (表目)、 Δ を $\square$ (裏目)、 $\times$ を $\square$ (かけ目) に変換して、中間コードを生成する。

次に中間コードの各段について、 $\square$ が存在しない段は変換は行わず、 $\square$ が存在する段は、同じ段の $\square$ または $\square$ を $\times$ (右上二目一度)、 $\square$ (左上二目一度)、または $\square$ (中上三目一度) に変換する。このシステムでは、各段における編目の総数を一定にするを原則としているため、編目の数が 1 つ増える $\square$ を使用した場合 (表 1)、編目の数を減少させる編目記号 ($\times$, $\square$, または $\square$) を使用しなければならない。このときの変換ルールを以下に示す。

- (1) $\square$ の隣が $\square$ であるか、もしくは $\square$ 以外で $\square$ に最も近い記号が $\square$ である場合 (左右同じ距離に $\square$

図 3 変換ルールの適用例

Fig. 3. Examples of applying changing rules

表 1 編目記号と編目の増減

Table 1. Relationship of stitch number between knitting symbols and knitting stitches

編目記号	目の増減
$\square$ $\square$	増減なし
$\square$	1 目増
$\times$ $\square$	1 目減
$\square$	2 目減

編目記号	紐図形ユニット	編目記号	紐図形ユニット

図 4 編目データベース

Fig. 4. Database of string-diagram unit

(a)模様編記号図

(b)初期紐図形

図 5 模様編記号図と初期紐図形

Fig. 5. A pattern-knitting diagram and an initial string diagram

があるときは右側の□を対象とする)

- その□が□の右にあれば、□を△に変換する。
 - その□が□の左にあれば、□を△に変換する。
- 以外で□に最も近い記号が□であれば、2つの□の中間点の□を△に変換する。(偶数個の□が間にある時は中間点の右側の□を対象とする)
 - それ以外の場合、□のすぐ右隣の□を△に変換する。

図 3には、変換ルールを適用した結果、デザイン画から中間コードを経て模様編記号図へと変換した例を示す。

〈2・3〉 3次元空間における紐状物体表現 3次元空間内における紐状物体表現方法⁽³⁾により、模様編記号図を入力として編み上がり予想図をコンピュータディスプレイ上に表示する方法について述べる。編目記号と紐図形ユニットを対応づける編目データベースを用い(図 4)、入力された模様編記号図から編目模様の初期紐図形を生成する(図 5)。さらに、これを 3次元物体表現し、編み上がり予想図の生成・出力を行なう。なお、図 4に示す編目データベースのうち、△、△、△の左右および下段に配置した編目記号

についてはあくまで例であり、他の編目記号(破線部分)が配置されることもありうる。

3. 多色編み物デザイン支援システム

従来の単色編み物デザイン支援システムでは、6種類の編目記号を組み合わせることによって、編み物のデザインをすることが可能である。しかしながら、単色の糸のみを用いた編目記号の組み合わせによるデザインでは、そのデザインには自ずと限界が生じる。そこで本章では、システムにおけるデザイン性を向上させるために、複数色の糸を編み物デザインにおいて使用可能にした多色編み物デザイン支援システムを提案し、複数色の糸を使用可能なデザイン支援を実現する。

〈3・1〉 処理概要 多色編み物デザイン支援システムの処理概要を図 6 に示す。処理プロセスは以下に示す 4つの段階から成る。

- ユーザは m 目 n 段のブロックから構成されるカラーデザイン画を、本システムのデザイン・エディタ上で作成する。
- ユーザが作成したカラーデザイン画を構成する各ブロックにたいし、システムは□(表目)、□(裏目)、□(かけ目)の編目記号を与え、中間コードを作成する。[†]
- 中間コードの各段について、変換ルールを適用することにより、模様編記号図を生成する。
- 模様編記号図に、3次元空間内における紐状物体表現方法⁽³⁾を適用する。このとき、後述する色情報伝達処理により、各ブロックの色情報を紐図形ユニットに反映させ、3次元 CG によって編み上がり予想図を表現し、コンピュータディスプレイ上にカラー表示する。

〈3・2〉 色情報伝達処理 各紐図形ユニットにたいし、各ブロックからそのまま色情報を伝達した場合、図 7右に示すような編み上がり予想図が形成される。編み物において別の色糸を繋いで色変更する場合、その糸の繋ぎ目が目立たないように裏側で糸の色を変更するのが通常であることから、図 7に示した糸の状態は不自然と言わざるを得ない。実際の編み物の作成は、下段から上段へ、同一段においては右から左へと編目を作成していくため、異なる色糸を使用する場合、 x 目 y 段と $x+1$ 目 y 段の境界において色変更を実施し、糸の繋ぎ目については、編み物の表側に現れる糸によって隠蔽する。^{††}

そこで、本システムでは、図 4に例示した各紐図形ユニッ

[†]ここでは、デフォルト設定として、同色のブロックには同一の編目記号を与える。また、図 6に例示したように、グレーで示されたブロックは色情報が無い部分として扱い、□(かけ目)の編目記号を与える。

^{††}実際の編み物では、編目を詰めたり、糸の繋ぎ目の位置を調整することによって、繋ぎ目が見えないようにすることが可能である。しかし、本システムでは、かけ目や右上二目一度などを多用した編み物や細い糸を使用した場合に、糸の繋ぎ目が完全には隠蔽できない場合がある。

図 6 多色編み物デザイン支援システムの処理概要
 Fig. 6. Overview of a supporting system for colored knitting design

トそれぞれを、記号形成部^{†††}と付属部の 2 つの部分から構成されるものとして、紐図形ユニットに伝達する色情報を制御し、カラーデザイン画に対応した編み上がり予想図を生成する。図 8 に □ (表目) の構成を例示するが、紐図形ユニットの外枠底辺に接した糸を記号形成部 (図 8 実線部分)、それ以外の部分を付属部 (図 8 破線部分) とする。また、 x 目 y 段の紐図形ユニットの外枠を構成する 4 辺、すなわち上辺、底辺、左辺、右辺をそれぞれ、 $e_N(x, y)$, $e_S(x, y)$, $e_W(x, y)$, $e_E(x, y)$ と表現する。 x 目 y 段の紐図形ユニットはそれと隣接する紐図形ユニットと、これらの辺を共有するものとする^{††††}。

色情報伝達処理としては、まず、 x 目 y 段の紐図形ユニットの記号形成部にたいし、同位置である x 目 y 段のブロックに与えた色情報 $C(x, y)$ を付与し初期化する。この初期化処理は、すべての紐図形ユニットにたいし同時に実行する。

つぎに、色情報が未付与である付属部にたいして、それが連結する他ユニットの記号形成部から色情報を伝達する。 x 目 y 段の紐図形ユニットにおける記号形成部の色情報 $C(x, y)$ については、この記号形成部が接する辺 $e_X(x, y)$ (ただし、 $X = N, S, W, E$) と共有する辺に接する他の紐図形ユニットの付属部にたいし、色情報 $C(x, y)$ を伝達する。伝達プロセスはユニット単位で 1 プロセスずつ順次実行されるため、1 プロセスで色情報が伝達されなかった付属部については、さらに色情報を伝達していく。ただし、付属部の接する辺が複数存在し、それらの辺を共有する複数ユニットからの色情報がそれぞれ異なる場合には、その色情報の伝達元である記号形成部の紐図形ユニットを図 9 に示す優先順位を用いて比較し、伝達すべき色情報を一意に決定する。ただし、優先順位が同列である場合は、左に位置するユニットの色情報を優先するものとする。

図 10 に各編目記号の色情報伝達処理プロセスを例示する[†]。また、紐図形ユニットの優先順位が適用される例を図

11 に示す。図 11 に示す色情報伝達処理の過程 (3) 終了後、中央の □ (表目) の付属部については、色情報が未だ同定されていないことが分かる。また、その付属部が接する辺を共有する両隣のユニットから伝達する色情報はそれぞれ、赤と黄色であることから、紐図形ユニットの優先順位を適用し、伝達元の 1 つである □ (中上三目一度) の色情報 (赤) がこれに伝達する。

x 目 y 段の紐図形ユニットの付属部はその定義から、底辺 $e_S(x, y)$ には接しない。また、上辺 $e_N(x, y)$ に接する場合は、その辺を共有する上段の記号形成部から色情報が伝達する。したがって、図 10 に例示したように、色情報伝達処理の結果、糸の色変更は紐図形ユニットの縦辺 $e_W(x, y)$, $e_E(x, y)$ においてのみ発生することになる。ただし、裏目が同一段に複数個連続して配置され、それぞれの付属部に伝達する色情報が異なる場合、例えば x 目 y 段と $x+1$ 目 y 段に □ (裏目) が配置され、両者の付属部に赤と緑という異なる色が伝達した場合については、本システムでは糸の繋ぎ目を表側の糸によって隠蔽することができない。したがって、こういったデザインがユーザによって指定された場合はシステムがそのデザインをエラーとして、ユーザに注意またはデザイン変更を促すものとした。

4. 出力例

本システムによって生成された模様編記号図とその編み上がり予想図を図 12, 図 13 に示す。ユーザはデザイン画を

図形ユニットの記号形成部と同じ色情報を与えることとする。

図 7 現実的でない色情報伝達処理
 Fig. 7. Unreal transmission processing of colored information

^{†††} 記号形成部は、その紐図形ユニットに対応する編目記号の形状を決定する主たる部分に相当する。
^{††††} すなわち、 $e_N(x, y)$, $e_S(x, y)$, $e_W(x, y)$, $e_E(x, y)$ はそれぞれ、 $e_S(x, y+1)$, $e_N(x, y-1)$, $e_E(x+1, y)$, $e_W(x-1, y)$ に相当する。
[†] なお、最上段 $n-1$ に位置する紐図形ユニットの付属部の色情報については、この処理では同定することができないため、ここでは $n-1$ 段の紐

作成し、入力するのみの操作でこれらの模様編記号図と編み上がり予想図を獲得することができる。これにより、ユーザは実際に編むことなく、編み上がりの状態を確認することが可能である。なお、図 12、図 13については、システムがデフォルトの設定をもとに自動的に生成した出力であるが、ユーザは生成された模様編記号図について色情報、編目記号の編集をデザイン・エディタ上ですることが可能であり、この機能により、ユーザの嗜好に合致した細かいデザイン設計にも対応することができる。図 14 は、図 12に例示した模様編記号図をユーザが実際にエディタ上で編集し、編目記号の一部を変更した場合の例である。†

5. むすび

CADをはじめとして様々なデザイン支援システムが存在するが、編み物を対象とした機能的なデザイン支援システムはほとんど存在しない。これは糸という形状を特定し難いものを処理の対象とし、かつ、それを複雑に絡ませた任意のデザインをユーザにたいし提案・表示することが容易ではないからと考えられる。

本論文では、従来の編み物デザイン支援システムを拡張することにより、よりデザイン性の高い多色編み物デザイン支援システムを提案・構築した。ユーザはカラーデザイン画を作成し、それを入力するだけの作業により、システムが模様編記号図および編み上がり予想図を生成・出力するため、ユーザは実際に編むことなく、編み上がり状態を確認できる。また、直観的に理解しやすいデザイン・エディタを用意することで、ユーザ自身が簡単な操作でデザイン編集作業をすることを可能にした。

†配置する編目記号を変更した場合には、改めて変換ルールを適用し整合性をとるものとする。

図 8 紐図形ユニットの構成

Fig. 8. Structure of a string-diagram unit

図 9 色情報伝達処理における優先順位

Fig. 9. Priority for transmission processing of colored information

今回構築したシステムについての評価実験として、編み物経験者 20 名と未経験者 20 名にシステムを実際に操作してもらい、(1) 操作性、(2) 機能性、(3) 実用性の 3 点についての実地評価を行なった。いずれも被験者が 1~5 の 5 段階の評価値と与える。なお、5 に近いほど高い評価である

図 10 各編目記号についての色情報伝達処理プロセス例

Fig. 10. Transmission processing of colored information for each stitch symbol

図 11 色情報伝達処理プロセス例
(優先順位の適用)

Fig.11. An example of transmission processing applying the priority

図 12 出力例 1

Fig. 12. An output example 1

図 13 出力例 2

Fig. 13. An output example 2

ものとした。

実験結果として、表 2、3、4に、その評価値を与えた被験者数を示す。操作性については、編み物経験の有無に関わらず一定の高い評価が与えられているが、機能性、実用性について、未経験者が比較的高い評価を与えているのにたいし、経験者については評価にばらつきがある。これは、経験者の中でもスキルや、編み物に従事する時間などに差があることから発生するものと考えられ、低い評価を与えた被験者ほど高度な編み物技術を有する傾向にあった。また評価実験終了後の任意のアンケート調査において、デザインに使用可能な編み目記号の種類が少ないといった趣旨の意見が経験者側から多く寄せられた。これらの実験結果から、現段階では、本システムは編み物未経験者もしくは初心者にとって有用性が高いと考えられる。

図 14 デザイン・エディタによる模様編記号図の変更例

Fig. 14. An edited example on the design editor

表 2 操作性評価

Table 2. Evaluation of the system interface

評価値	1	2	3	4	5
経験者 (人)	1	2	5	6	6
未経験者 (人)	0	2	4	7	7

表 3 機能性評価

Table 3. Evaluation of the system function

評価値	1	2	3	4	5
経験者 (人)	4	5	5	3	3
未経験者 (人)	1	2	6	5	6

表 4 実用性評価

Table 4. Evaluation of practical use

評価値	1	2	3	4	5
経験者 (人)	3	4	6	3	4
未経験者 (人)	1	1	4	7	7

これらの評価実験および意見を参考に、今後の課題として、現在 6 種類のみを扱うことができる編目記号の数をさらに増やすとともに、それにともなう変換ルールを設定し、デザイン性をさらに高めていくことを検討している。また、デザイン・エディタ上で作成可能なカラーデザイン画が現在ドット画のみであることから、任意の写真画像から、デザイン性の高い表現を用いた中間コードの自動生成などを検討している。

(平成 12 年 03 月 24 日受付, 同 12 年 07 月 24 日再受付)

文 献

- (1) 日本規格協会：編目記号, JIS L 0201, 日本工業規格 (1978)
- (2) だれにでもわかる役に立つ編目記号 (棒針編), プティック社 (1996)
- (3) 伊藤裕一郎・山田雅之・宮崎 剛・世木博久・伊藤英則：「3 次元紐図形表現を用いた編物パターン処理について」, 情報処理学会論文誌, Vol.37, No.2, pp.249~258 (1996)
- (4) 伊藤裕一郎・山田雅之・世木博久・伊藤英則：「編物における紐状態表現と編み上がり模様生成の一手法」, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.1, pp.60~69 (1998)
- (5) 舟橋達志・岩月由布子・武藤敦子・山田雅之・伊藤英則：「ルールベースを用いた編物デザイン支援システム」, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.8, pp.2547~2550 (1998)

- (6) Itoh,Y., Yamada,M., Miyazaki,T., Kunitachi,T., Fukumura,Y., Seki,H. & Itoh, H.: A Transformation Technique from Symbolic Media to 3-dimensional Patterns for Knitting, Proceedings of the Multimedia Japan 96, pp.338-345(1996)
- (7) 毛糸だま 98 年冬号, No.100, pp.155, 日本ヴォーグ社 (1998)
- (8) Suzuki,D., Miyazaki,T., Yamada,K., Nakamura,T., & Itoh,H.: A Supporting System for Colored Knitting Design, LNCS 1821, IEA/AIE-2000, pp.420-425 (2000)

鈴木 大 介 (非会員) 2000 年名古屋工業大学工学部知能情報システム学科卒業。現在 NTT コミュニケーションズ勤務。在学中は画像処理に関する研究に従事。マルチメディア情報処理に興味を持つ。

中 村 剛 士 (非会員) 1993 年名古屋工業大学工学部電気情報工学科卒業。1995 年同大学院博士前期課程修了。1998 年同大学院博士後期課程修了。現在同大学知能情報システム学科助手。博士 (工学)。画像処理, 感性情報処理, ソフトコンピューティング等に興味を持つ。情報処理学会, 日本ファジィ学会会員。

何 立 風 (非会員) 1982 年中国西北輕工業学院自動制御学科卒業。同年同大学助手, 1987 年同講師。1997 年名古屋工業大学工学研究科博士後期課程電気情報工学専攻修了。博士 (工学)。1998 年愛知県立大学情報科学部講師, 1999 年同助教授, 現在に至る。人工知能, 定理証明, マルチエージェント分散計算, 画像処理, ファジィ推論に関する研究に従事。

伊 藤 英 則 (正員) 1974 年名古屋大学大学院工学研究科博士課程電気電子専攻満了。工学博士号取得。1974 年日本電信電話公社横須賀研究所勤務。1985 年 (財) 新世代コンピュータ技術開発機構出向。1989 年名古屋工業大学教授。現在知能情報システム学科所属。この間, 数理言語理論, 計算機ネットワーク通信, OS, 知識ベースシステムなどの研究開発に従事。電子情報通信学会, 情報処理学会, 人工知能学会, 形の科学学会, 日本ファジィ学会各会員。