

# 遺伝的アルゴリズムを用いた3次元編み物表示

5Q-9

伊藤 裕一朗      山田 雅之      世木 博久      伊藤 英則  
名古屋工業大学

## 1 はじめに

3次元空間上の様々な物体を計算機上で表現、処理するための手法についての研究は盛んに行なわれているが、複雑な物体を限られたメモリ量と計算時間の中で表現、処理することは困難である。本稿では、紐が複雑に絡み合っつくる模様を3次元データとして表現、処理するための方法を提案する。また、この方法を実装した、編み物の編み上がり模様の3次元イメージを出力する「3次元編目模様生成システム」について説明する。

## 2 紐図形とその表現

本手法では、紐が絡み合っつくる模様(紐図形)を2次元空間上での紐の交差点(図1)の位置データ及び連結データにより表現する。2次元空間上での交差点は、3次元空間上では図2のような、(a)紐が互いに絡まっているものと、(b)そうでないもの、二種類のパターンに分けられる。

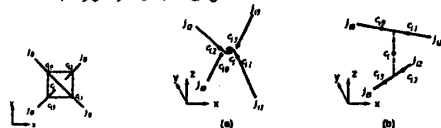


図1 交差点(2D)      図2 交差点(3D)

## 3 3次元編目模様生成システム

「3次元編目模様生成システム」は、編目記号\*を入力として受けとり、編み物の編み上がり模様の3次元イメージを出力する。本システムは、図3に示す三つのサブシステムから構成される。以下、各システムについて説明する。

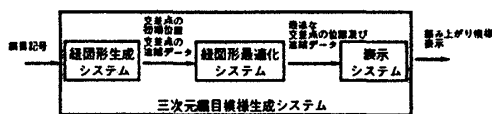


図3 システム構成

編目記号	紐図形	編目記号	紐図形
□		⊗	
⊖		⊕	

図4 JIS 編目記号と紐図形

### 3.1 紐図形生成システム

図4に示したような表をもとに編目記号から交差点の連結データを生成する。また、編目記号の位置をもとに、交差点の初期位置を決める。

### 3.2 紐図形最適化システム

紐図形生成システムで得られた交差点の連結データをもとに、交差点の位置及び連結の最適化を行なう。すなわち、紐図形の紐の長さの合計が最小となるような交差点の位置及び連結を以下の三つの手法を組み合わせて求める。

#### 3.2.1 ライデマイスター移動

ライデマイスター移動(図5)は紐図形の位相的性質を保存する変形として知られている[1]。すなわち、ライデマイスター移動を施す前と後の図形は空間内の等価な紐の状態を表現する。この操作により、交差点の連結を最適化する。

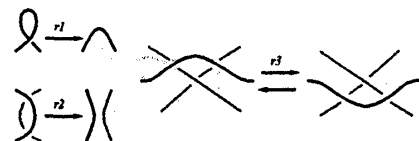


図5 ライデマイスター移動

#### 3.2.2 長さ縮小処理

紐図形生成システムで得られた交差点の位置を移動し、紐図形の全体の紐の長さの合計が最小となるようにする。長さ縮小処理では、紐図形の各交差点  $c_i (i = 0, \dots, n-1)$  (ただし、 $n$  は紐図形を構成する交差点の数) に対し、以下の方法にしたがって移動を繰り返す。ここで、交差点のパターンが図2の(a)の場合は(i)、(b)の場合は(ii)の方法で移動する。

##### (i) 交差点がパターン(a)の場合

図6のように、連結している各点への単位ベクトルの和  $v$  を計算し、これを用いて交差点  $c_i$  の移動先を以下のように計算する。

$$p' = p + av$$

( $p, p'$  はそれぞれ、 $c_i$  の現在の位置と移動先)

この移動方法は、物理的な動作に基づいているため、移動ベクトルの係数  $a$  は微小な値を取ることが望ましいが、本システムでは高速化のために  $t$  回目の移動における係数  $a_t$  を以下のように定めている。

$$a_t = \begin{cases} A_{min} & (D_t < B_{dec}, a_{t-1} A_{dec} \leq A_{min}) \\ A_{dec} a_{t-1} & (D_t < B_{dec}, a_{t-1} A_{dec} > A_{min}) \\ A_{inc} a_{t-1} & (D_t > B_{inc}) \\ a_{t-1} & else \end{cases}$$

3D Knitting Display using Genetic Algorithm, Yuichiro Itoh, Masashi Yamada, Hirohisa Seki, Hidenori Itoh, Nagoya Institute of Technology

\*JIS L0201, 日本規格協会

ただし、

$$D_t = \begin{cases} \frac{\sum_{i=t-10}^t (L_{i-2} - L_{i-1})}{\sum_{i=t-10}^t M_{i-1}} & (t \geq 12) \\ D_{const} & (t < 12) \end{cases}$$

$L_t$ : 各交差点を  $t$  回移動したときの紐の長さの合計  
 $M_t$ :  $t$  回目の移動で各交差点の移動した距離の合計

ここで、 $A_{dec} \leq 1.0$  かつ  $A_{inc} \geq 1.0$  であり、 $B_{dec} \leq D_{const} \leq B_{inc}$  である。すなわち、移動距離に対する減少率が大きいときは  $a$  を増加し、小さいときは  $a$  を減少する。また、 $a_t$  に下限  $A_{min}$  を設ける。

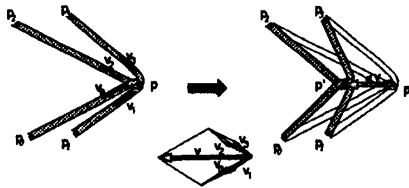


図6 交差点の移動

(ii) 交差点がパターン (b) の場合

交差点を上 ( $z$  軸方向) から見たときの直線 ( $j_{i0}, j_{i1}$ ) と ( $j_{i2}, j_{i3}$ ) の交点を新しい交差点の位置の ( $x, y$ ) 座標とする。また、その点における二直線の  $z$  座標の中点を新しい交差点の位置の  $z$  座標とする。

### 3.2.3 遺伝的アルゴリズム (GA)

システム出力が局所解に陥った場合の補正処理に遺伝的アルゴリズムを用いる。上で述べたライデマイスター移動及び長さ縮小処理を繰り返し、紐図形の長さの合計の変化がなくなった時点で、以下のように遺伝的アルゴリズムを適用する。

1. 現在の紐図形における交差点の位置データのコピーをいくつか作り、それぞれをGAの個体とする。
2. 遺伝子(各交差点の位置)に乱数を加えることにより、各個体を多様化する。
3. 各個体に対し、上で述べたライデマイスター移動及び長さ縮小処理を施す。
4. 個体の評価値を紐図形の長さの合計の逆数として、遺伝的操作を行なう
5. 3に戻る。

### 3.3 表示システム

紐図形最適化システムにより求められた最適な交差点の連結、位置データから、レイトレーシングにより編み上がり模様を表示する。

## 4 出力例

システムの出力例を図7,8に示す。出力画像の下に、編み紐の太さを  $2mm$  としたときの、紐の長さの総和と編み物の厚さを示した。また、上に述べた長さ縮小処理の際の移動係数  $a$  の決定方法に対する評価を行なった。図9のグラフは移動係数を1.0に固定したもの、0.05に固定したものと、上で述べた移動係数

を可変にしたもの ( $A_{dec} = 0.95, A_{inc} = 1.1, B_{dec} = 0.001, B_{inc} = 0.5, A_{min} = 0.05, a_0 = 1.0$ ) の比較結果を示している。これにより、移動係数を可変とする方法の有効性が示される。

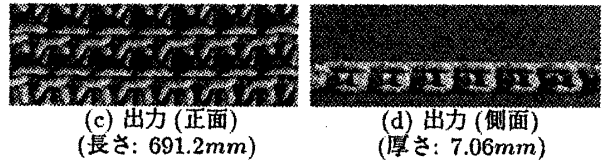
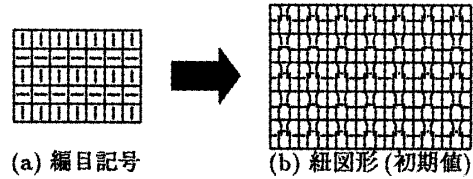


図7 出力例1 (ガーター編み)

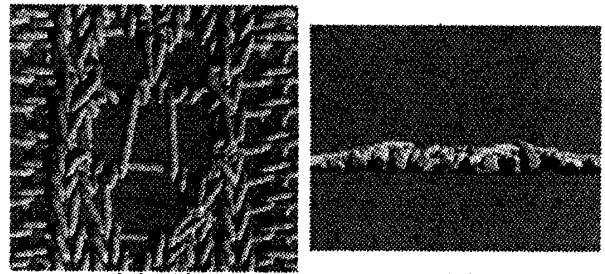


図8 出力例2 (透かし編み)

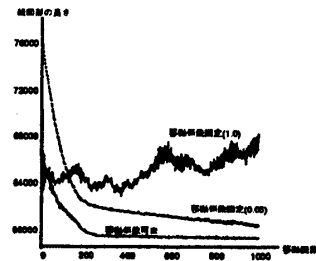


図9 移動係数の効果の比較

## 5 おわりに

本稿では、紐の作る模様の3次元表現及び処理の方法について述べた。また、この方法を実装した「3次元編目模様生成システム」について説明した。システムの出力例により、このシステムの生成する図形の妥当性が確かめられた。

### 参考文献

- [1] L.H. Kauffman: On Knots, Annals of Mathematics Studies, Vol. 155 Princeton Univ. Press, 1987.
- [2] Yamada, M., Seki, H. and Itoh, H.: An Implementation of Knit Designing System Based on a Genetic Algorithm, Proc. of The 3rd International Conference on Automation, Robotics and Computer Vision, Vol.2, pp.1277-1281, 1994.