テクニカルノート

編物における紐状態の表現方法と編目記号生成システムの作成

宮崎 剛[†,☆] 山田雅之[†] 島尻優香[†]
世木博久[†] 伊藤英則[†]

本論文では，編物における紐状態の表現方法として新規に軸・ループ表現を提案する．この表現方法は，編目模様を構成する最小単位であるループに着目して，独立性の高い表現を実現し，これにより複雑な編目模様の紐構造を記号化する．また，この表現方法を用いた，編目模様から編目記号を生成するシステムについて述べ，いくつかの実行例を通して，この表現方法の有効性を評価する．

A String State Representing Method for Knitting and Implementing a Stitch Symbol Generating System

TSUYOSHI MIYAZAKI,[†,☆] MASASHI YAMADA,[†] YUKA SHIMAJIRI,[†]
HIROHISA SEKI[†] and HIDENORI ITOH[†]

In this paper, Axis-Loop Representation, a novel method for representing a knitting pattern is proposed. This representation method takes notice of loops which are basic unit of a knitting pattern structure, realizes an independent representation it gives a symbolizing method for string structure of a complicated knitting pattern. Moreover, a system which generates stitch symbols from a knitting pattern by using the representing method is described, and the effectiveness of our representation method is verified by dealing some examples by this system.

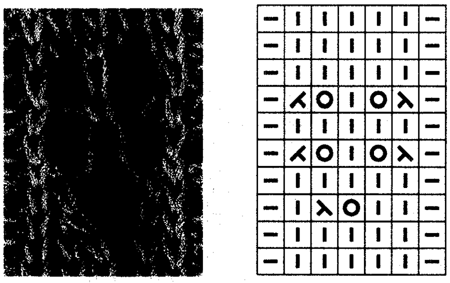
1. はじめに

編物は1本の紐から衣服などをつくる工芸であり，生活との関わりも深い．編物ではいくつかの基本的な編み方が用意されており，これらの組合せと繰り返しにより，複雑な模様（例えば図1a）を編成できる．基本的な編み方は日本工業規格（JIS）の編目記号（**図2**参照）により表記でき☆☆，模様を編む手順は編目記号をマス目状に配置した編目記号図（図1b）で表せる[1]．編み手はこの図に従い編むことで，ある編目模様を編成する．しかしながら，逆に，その編目模様がいかにして編成されたかを推定することは，かなりの経験と知識が必要であり，編物の熟練者でなければ困難である．これは編目模様に編成の手順が陽に現れないことと，編目模様が複雑な構造をもつことによる．このことは，編目模様をデザインしたり，出来上がった編目模様が正しく編成されているか否かを確認することを困難にする要因であった．

そこで本論文では，計算機を用いて，このような編物における問題を解決し，デザイン等を支援する**編目記号生成システム**について述べる．このシステムは，スキャナで取り込んだ編目模様の画像からその編成過程を推定し編目記号を生成する．システム開発の際，編目模様の複雑な紐構造を一意に表し，かつ，計算機処理が容易な表現方法が必要となる．そこで，本論文では編目模様を紐の位置と関係により表現する方法を提案する．この表現方法は，編目模様を構成する最小単位であるループに着目して，独立性の高い表現を実現し，これにより複雑な編目模様の紐構造を記号化する．また，24種類の編目記号から得られる模様をす

† 名古屋工業大学工学部知能情報システム学科
Department of AI and Computer Science, Nagoya Institute of Technology
☆ 現在，日本電気（株）
Presently with NEC Corporation

☆☆ 編物は，棒針編み，機械編み，およびかぎ針編みに分類される．本論文では，棒針編みと機械編みのみを取り扱う．図2は棒針編みと機械編みを対象とした編目記号（24種類）である．



(a) 編目模様　(b) 編目記号図

図1　編目模様とその編目記号図

Fig. 1 A knitting pattern and the stitch symbol diagram.

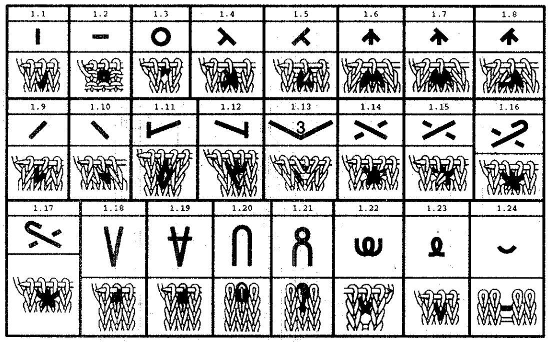


図2　JIS 編目記号

Fig. 2 JIS stitch symbols.

べて表現できる．以下ではまず，編目模様の紐構造を記号化する**軸・ループ表現**について述べ，次にこの表現方法を用いた編目記号生成システムについて述べ，実行例をとおしてその有効性を評価する．

2. 軸・ループ表現

一般に編目模様は，**図3** に示すように n 本の横糸で構成される．各横糸はそれに垂直な m 本の軸上にループを持つ．ここで，ループとは紐が輪状になった部分を指す．同図中には $n \times m$ 個のループがある．軸・ループ表現は各ループの状態表現を用いて編目模様を表現する．

[定義]

横糸 i の軸 j 上のループを (i,j) で表す．編目模様 P の軸・ループ表現 $\boldsymbol{K}_P$ は編目模様 P 上のすべてのループ (i,j) $(i=1,2,\cdots,n,\ j=1,2,\cdots,m)$ の状態表現 $\boldsymbol{\kappa}_{i,j}$ のリストとする．すなわち，$\boldsymbol{K}_P=\{\boldsymbol{\kappa}_{i,j} \mid i=1,2,\cdots,n,\ j=1,2,\cdots,m\}$．ここで，ループ (i,j) の状態表現 $\boldsymbol{\kappa}_{i,j}$ は以下の四つ組とする．

$$\boldsymbol{\kappa}_{i,j} = <\boldsymbol{L},\ \boldsymbol{O},\ \boldsymbol{U},\ \boldsymbol{T}>$$

$\boldsymbol{L}=$ 横糸 $i+1$ のループと (i,j) の関係：

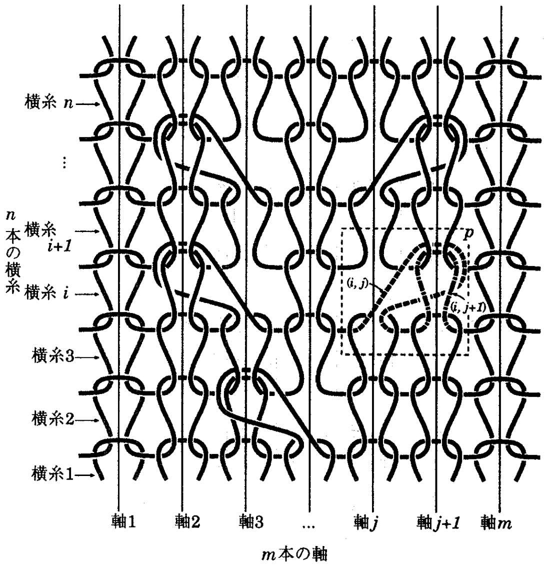


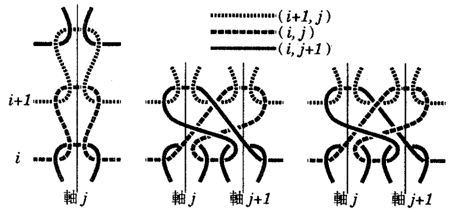
図3　編目模様の構造

Fig. 3 A structure of a knitting pattern.

(a) 針抜き　(b) 裏　(c) 表　(d) ねじり

図4　上段のループとの関係

Fig. 4 Relationships between a loop and the upper loop.



(a) (i,j) が $(i+1,j)$ に掛かっている　(b) $(i,j+1)$ が (i,j) の上を通っている　(c) (i,j) が $(i,j+1)$ の中を通っている

図5　ループの状態

Fig. 5 States of a loop.

$$\begin{cases} 0 & (\text{針抜き（図 4a）}) \\ 1 & (\text{裏（図 4b）}) \\ -1 & (\text{表（図 4c）}) \\ 2 & (\text{ねじり（図 4d）}) \end{cases}$$

$$\boldsymbol{O}=\{(i',j') \mid (i,j) \text{ が掛かるループ}\}$$

$$\boldsymbol{U}=\{(i',j') \mid (i,j) \text{ の上を通るループ}\}$$

$$\boldsymbol{T}=\{(i',j') \mid (i,j) \text{ が中を通るループ}\}$$

ここで，ループが掛かるとは，**図5a** に示すように下のループが上の段の紐が作るループに掛かっている

ことであり，上を通るとは，同図bのように交差する他のループの上を通ることであり，中を通るとは，同図cのようにあるループが他のループの中を通ることである． □

［表現例］

図3の破線で囲んだ部分の編目模様 p の軸・ループ表現 $\boldsymbol{K}_p$ を以下に示す．編目模様 p は (i,j) と $(i,j+1)$ より構成されることから，

$$\boldsymbol{K}_p = \{\boldsymbol{\kappa}_{i,j}, \boldsymbol{\kappa}_{i,j+1}\}.$$

(i,j) は $(i+1,j+1)$ に掛かっており，(i,j) と $(i+1,j+1)$ の関係は表（図4c）であるので，$\boldsymbol{L}=-1$, $\boldsymbol{O}=\{(i+1,j+1)\}$．ループの上下関係は紐どうしが交差する点での紐の上下関係から決まる．(i,j) は $(i,j+1)$ と交差しており，$(i,j+1)$ が (i,j) の上にあるので $\boldsymbol{U}=\{(i,j+1)\}$．$(i,j)$ は他のどのループの中も通っていないので $\boldsymbol{T}=\{\ \}$．したがって，

$$\boldsymbol{\kappa}_{i,j} =< -1, \{(i+1,j+1)\}, \{(i,j+1)\}, \{\ \} >.$$

同様にして，

$$\boldsymbol{\kappa}_{i,j+1} =< -1, \{(i+1,j+1)\}, \{\ \}, \{\ \} >.$$

3. 編目記号生成システム

軸・ループ表現は，編目模様の複雑な紐状態を記号化し，高速な処理を可能とする．また，ループの位置とループどうしの関係に基づいて編目模様を表現することから，模様と編目記号との対応をとるとき有効である．模様と編目記号との対応をとる方法として，あらかじめ模様の部分的パターンと，編目記号との対応表を作る方法がある[2]．しかし，記号の組合せにより模様のパターンが変わってくることから，すべての組合せを考慮した対応表を作る必要がある．二つの記号の組合せだけでも 24^2 あることから対応表は非常に大きなものとなる．一方，軸・ループ表現を用いると，一つ一つの編目記号に対し，軸・ループ表現を対応させることができる．これは，軸・ループ表現が編目模様の紐構造を過不足なく表現していることによる．編目記号と軸・ループ表現の対応表を**表1**に示す．ここでは，軸・ループ表現を用いて編目模様の画像から編目記号を生成するシステムについて述べ，システムをとおして，この表現の有効性を確認する．

本システムは，**紐画像処理部**，**交点データ生成部**および**記号生成部**の三つの処理部からなる．本システムの処理の流れを**図6**に示す．紐画像処理部では編目模様の画像から紐の輪郭を抽出する．交点データ生成部では，紐の交点データを生成する．ここで交点とは，2本の紐の交差する点をいい，交点データとは，交点における紐の上下関係と交点どうしの隣接関係についてのデータをいう．記号生成部では，交点データを軸・ループ表現に変換し，表1の対応表を用いて，編目記号を生成する（紐画像処理部，交点データ生成部についての詳細は文献3)～5)を参照）．

［実行例］

本システムの実行例を**図7**に示す．システムは三つの入力模様，模様1，模様2，および模様3に対する編目記号図をそれぞれ表示する．また，**表2**に3画像の画素数，交点数，および処理時間を示す．計算機はCPU i486DX2（66 MHz）のパソコンを使用した．表において，紐画素数とは紐そのものを表示する画素

表1 編目記号と軸・ループ表現の対応

Table 1 Correspondences of stitch symbols and axis-loop representations.

1.1	$\kappa_{i,j} =< -1, \{(i+1,j)\}, \{\ \}, \{\ \} >$
1.2	$\kappa_{i,j} =< 1, \{(i+1,j)\}, \{\ \}, \{\ \} >$
1.3	$\neg\kappa_{*,*} =< *, \{(i,j)\}, *, * >$
1.4	$\kappa_{i,j} =< -1, \{(i+1,j)\}, \{(i,j+1)\}, \{\ \} >$ $\kappa_{i,j+1} =< -1, \{(i+1,j)\}, \{\ \}, \{\ \} >$
1.5	$\kappa_{i,j} =< -1, \{(i+1,j)\}, \{\ \}, \{\ \} >$ $\kappa_{i,j+1} =< -1, \{(i+1,j)\}, \{(i,j)\}, \{\ \} >$
1.6	$\kappa_{i,j-1} =< -1, \{(i+1,j)\}, \{(i,j),(i,j+1)\}, \{\ \} >$ $\kappa_{i,j} =< -1, \{(i+1,j)\}, \{\ \}, \{\ \} >$ $\kappa_{i,j+1} =< -1, \{(i+1,j)\}, \{(i,j)\}, \{\ \} >$
1.7	$\kappa_{i,j-1} =< -1, \{(i+1,j)\}, \{(i,j),(i,j+1)\}, \{\ \} >$ $\kappa_{i,j} =< -1, \{(i+1,j)\}, \{(i,j+1)\}, \{\ \} >$ $\kappa_{i,j+1} =< -1, \{(i+1,j)\}, \{\ \}, \{\ \} >$
1.8	$\kappa_{i,j-1} =< -1, \{(i+1,j)\}, \{\ \}, \{\ \} >$ $\kappa_{i,j} =< -1, \{(i+1,j)\}, \{(i,j-1)\}, \{\ \} >$ $\kappa_{i,j+1} =< -1, \{(i+1,j)\}, \{(i,j-1),(i,j)\}, \{\ \} >$
1.9	$\kappa_{i,j} =< -1, \{(i+1,j+1)\}, \{\ \}, \{\ \} >$
1.10	$\kappa_{i,j} =< -1, \{(i+1,j-1)\}, \{\ \}, \{\ \} >$
1.11	$\kappa_{i,j} =< -1, \{(i+2,j+1)\}, \{\ \}, \{\ \} >$ $\kappa_{i+1,j} =< -1, \{(i+2,j)\}, \{\ \}, \{(i,j)\} >$
1.12	$\kappa_{i,j} =< -1, \{(i+2,j-1)\}, \{\ \}, \{\ \} >$ $\kappa_{i+1,j} =< -1, \{(i+2,j)\}, \{\ \}, \{(i,j)\} >$
1.13	$\kappa_{i+1,j-1} =< -1, \{(i+2,j-1)\}, \{\ \}, \{\ \} >$ $\kappa_{i+1,j} =< -1, \{(i+2,j)\}, \{\ \}, \{\ \} >$ $\kappa_{i+1,j+1} =< -1, \{(i+2,j+1)\}, \{\ \}, \{\ \} >$ $\kappa_{i,j} =< -1, \{(i+1,j-1),(i+1,j),(i+1,j+1)\}, \{\ \}, \{\ \} >$
1.14	$\kappa_{i,j} =< -1, \{(i+1,j+1)\}, \{(i,j+1)\}, \{\ \} >$ $\kappa_{i,j+1} =< -1, \{(i+1,j)\}, \{\ \}, \{\ \} >$
1.15	$\kappa_{i,j} =< -1, \{(i+1,j+1)\}, \{\ \}, \{\ \} >$ $\kappa_{i,j+1} =< -1, \{(i+1,j)\}, \{(i,j)\}, \{\ \} >$
1.16	$\kappa_{i,j} =< -1, \{(i+1,j+1)\}, \{\ \}, \{\ \} >$ $\kappa_{i,j+1} =< -1, \{(i+1,j)\}, \{\ \}, \{(i,j)\} >$
1.17	$\kappa_{i,j} =< -1, \{(i+1,j+1)\}, \{(i,j+1)\}, \{\ \} >$ $\kappa_{i,j+1} =< -1, \{(i+1,j)\}, \{\ \}, \{\ \} >$
1.18	$\kappa_{i,j} =< -1, \{(i+2,j)\}, \{\ \}, \{\ \} >$ $\kappa_{i+1,j} =< 0, \{\ \}, \{(i,j)\}, \{\ \} >$
1.19	$\kappa_{i,j} =< -1, \{(i+2,j)\}, \{(i+1,j)\}, \{\ \} >$ $\kappa_{i+1,j} =< 0, \{\ \}, \{\ \}, \{\ \} >$
1.20	$\kappa_{i,j} =< -1, \{(i+2,j)\}, \{\ \}, \{\ \} >$ $\kappa_{i+1,j} =< -1, \{(i+2,j)\}, \{(i,j)\}, \{\ \} >$
1.21	$\kappa_{i,j} =< 2, \{(i+2,j)\}, \{\ \}, \{\ \} >$ $\kappa_{i+1,j} =< -1, \{(i+2,j)\}, \{(i,j)\}, \{\ \} >$
1.22	$\kappa_{i,j} =< 2, \{(i+1,j)\}, \{\ \}, \{\ \} >$ $\neg\kappa_{*,*} =< *, \{(i,j)\}, *, * >$
1.23	$\kappa_{i,j} =< 2, \{(i+1,j)\}, \{\ \}, \{\ \} >$
1.24	$\kappa_{i,j} =< 0, \{\ \}, \{\ \}, \{\ \} >$

＊は不特定の値をとる．

$\neg\kappa =< \cdot >$ は $< \cdot >$ を満たす κ が存在しないことを表す．

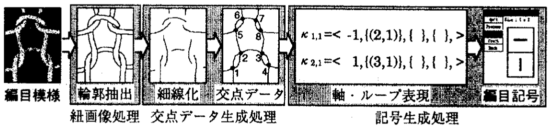


図6 編目記号生成システムの処理の流れ

Fig. 6 A processing flow of a stitch symbol generating system.

表 2　3 画像のデータとその処理時間
Table 2　Data of 3 images and the processing time.

		画像 1	画像 2	画像 3
紐画素数 / 総画素数		8046 / 24480	40610 / 130000	79324 / 244800
交点数		8	34	68
処理時間 (sec)	画像処理部	6.72	155.74	572.88
	交点データ生成部	0.11	0.59	1.37
	記号生成部	0.01	0.01	0.02
	合計時間	6.84	156.34	574.27

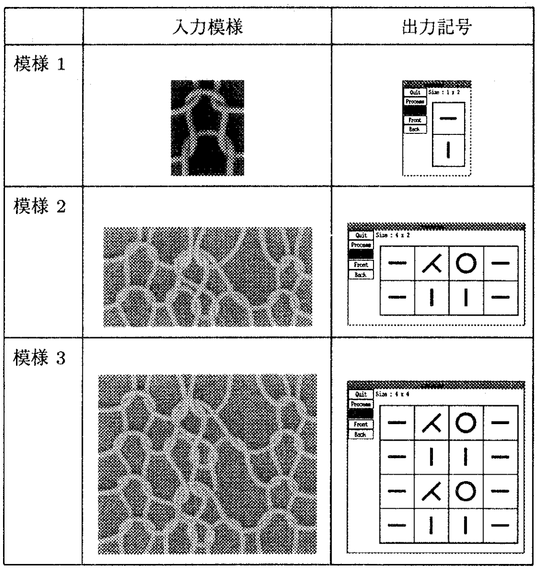


図 7　実行例
Fig. 7　Execution examples.

の数である．紐画像処理は，画像の画素数が増えると処理時間が指数的に増大する傾向がある．一方，記号生成の処理時間は比較的小さい．

なお，ここで用いた入力模様はテストのため非常に粗く編んだものであり，実際の編物はより密に編まれる．

4. おわりに

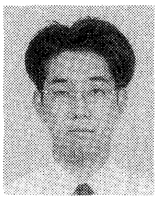
本論文では，編目模様がループで構成されていることに着目し，その複雑な構造を表現する軸・ループ表現を提案した．軸・ループ表現は，24 種類の編目記号から得られる模様をすべて表現できる．また，一つ一つの編目記号と対応がとれるため，編目記号の組合せによる模様パターンの変化を考慮する必要がない．この表現方法を用いて編目記号生成システムを作成し，システムを通して，軸・ループ表現の有効性を確認した．さらに，複雑な紐状態を記号化することにより高速な処理が可能となることを示した．

なお，システムを実用化するためには，画像処理の高速化および編目が密な場合に模様の構造を正確に認識する方法の確立が必要であり，現在これらの課題について検討している．

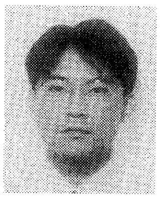
参考文献

1) 日本規格協会：編目記号，日本工業規格 JIS L 0201-1978 (1978).
2) 山田雅之，伊藤裕一朗，世木博久，伊藤英則：編物デザインを支援するための編目模様生成システムの作成，情報処理学会論文誌，Vol.36, No.11, pp.2728–2735 (1995).
3) Miyazaki, T., Shimajiri, Y., Yamada, M., Seki, H. and Itoh, H.: Pattern Recognition and Stitch Symbol Generating System for Knit Designing, *Proc. of 17th International Conference on Computers and Industrial Engineering* (1995).
4) 宮崎　剛，島尻優香，山田雅之，世木博久，伊藤英則：編み物における軸・ループ表現から編目記号の生成，電気関係学会東海支部連合大会予稿集，p. 286 (1994).
5) 宮崎　剛，島尻優香，山田雅之，世木博久，伊藤英則：編み物教育に向けた編目記号生成方法について，教育工学関連学会協会連合第 4 回全国大会予稿集，pp.188–189 (1994).

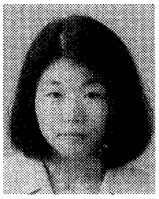
(平成 7 年 5 月 15 日受付)
(平成 7 年 9 月 6 日採録)



宮崎　剛（正会員）
1995 年名古屋工業大学工学部知能情報システム学科卒業．同年，日本電気株式会社に入社，現在に至る．在学中は，画像処理と画像認識の研究に従事．

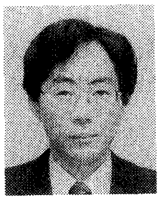


山田　雅之（正会員）
1992 年名古屋工業大学工学部電気情報工学科卒業．1994 年同大学院工学研究科博士前期課程修了．同年同大学工学部知能情報システム学科助手．人工知能学会会員．



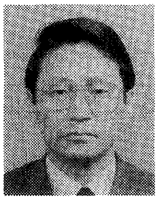
島尻　優香（学生会員）

1994 年名古屋工業大学工学部電気情報工学科卒業．現在，同大学院工学研究科博士前期課程在学中．論理プログラミング，知識表現に興味を持つ．人工知能学会会員．



世木　博久（正会員）

1979 年東京大学工学部計数工学科卒業．1981 年同大学院工学系研究科修士課程修了．同年 4 月より三菱電機（株）中央研究所に勤務．1985 年～1989 年（財）新世代コンピュータ技術開発機構に出向．1992 年 4 月より名古屋工業大学工学部知能情報システム学科助教授．工学博士．論理プログラミング，演繹データベース等に興味を持つ．電子情報通信学会，人工知能学会，ACM，IEEE Computer Society 各会員．



伊藤　英則（正会員）

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．同年日本電信電話公社入社，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 年より名古屋工業大学教授，現在知能情報システム学科所属．これまでに，数理言語理論とオートマトン，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と開発に従事．電子情報通信学会，人工知能学会，ファジィ学会各会員．