

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2009

課題番号：20700171

研究課題名（和文） 編物の3次元CT画像から抽出された糸位置情報による編組織解析

研究課題名（英文） Structure Analysis of Knitted Fabric with Yarn Positional Information  
Extracted from Three-dimensional CT Image

研究代表者

篠原 寿広（SHINOHARA TOSHIHIRO）

近畿大学・生物理工学部・助教

研究者番号：20434863

研究成果の概要（和文）：本研究は、3次元CT(Computed Tomography)画像より抽出された糸位置情報を利用した編組織自動解析による組織図作成を目的とし、「よこ編」および「たて編」を対象に「基本編目解析」方法の提案を行った。さらに提案手法の正当性の確認のため、実際によこ編物およびたて編物に対して編組織自動解析による組織図作成実験を行い、正しく組織図を作成できることを確認した。組織図作成とはすべての編目を解析し、対応する編成記号を意匠紙に記す作業で、現在は主に手作業で行われている。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to construct weave diagrams by automatically analyzing the structures of the weft and warp knitted fabrics using each yarn positional information extracted from its three-dimensional CT image. In this study, methods for the structure analysis of knitted fabrics are proposed. In order to confirm the validity of the proposed methods, experiments are carried out for weft and warp knitted fabrics. It is confirmed that the weave diagrams of the sample fabrics are correctly constructed. The construction of weave diagram is work to identify the stitch types for all the stitches and to write down the mark corresponding to the identified stitch type for each stitch to a grid sheet. Now, the weave diagram is manually constructed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	600,000	180,000	780,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,200,000	360,000	1,560,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：画像情報処理、編物

## 1. 研究開始当初の背景

本研究は、CT(Computed Tomography)による3次元画像を利用し、織物、編物(以下、これらを総称して、織編物と表記する)の組織分解を行うものである。組織分解とは、織編物構造、構成を解析する作業で、織編物の設計において重要な役割を果たしている。組織分解は、

- ・狭義組織分解
- ・広義組織分解

の2つに分類される。狭義組織分解は織り方、編み方、すなわち、試料の織編物の糸がどのように絡み合っているかを解析する作業である。一方、広義組織分解とは織り方、編み方を解析することに加え、試料を構成するパラメータ(糸の種類や太さ、密度、撚りの状態など)をすべて明らかにする作業である。組織分解は織編物の設計において重要な役割を果たしている。織編物の組織分解は現在においても針と顕微鏡を用いた昔ながらの手作業で行われているが、近年の繊維製品の需要増加に伴い、織編物構造が複雑化し、手作業による組織分解が非常に困難になる一方で、熟練工の減少や若手離れにより、組織分解の自動化が強く望まれている。そこで、本研究は広義組織分解を最終目標として、はじめに狭義組織分解として、織編物を構成する糸同士の間隔を明らかにするため、織編物の構造を明らかにする上で必要な基礎的情報を得ることを目的とした。基礎的情報とは、織編物の糸同士の間隔を復元できる情報であり、具体的には、「織編物の各糸の中心線(本研究では心線と表記する)の位置情報」のことである。各糸の心線の位置情報は、各糸の位置情報を代表していると考えことができ、この情報をもとにさまざまな応用が期待できる。たとえば、実験により得られた実際の編物の各糸の位置情報を応用して、3次元的に編物構造を再構成し、各糸を色付けすることにより、各糸の位置関係を視覚的、直感的に理解することができる。

これまでの研究により、糸位置情報を織編物の3次元CT画像から抽出する手法を提案し、実際の織編物の3次元CT画像を用いた実験により、糸位置情報を抽出できることを確認した。現在、本研究は抽出された糸位置情報の利用方法について検討している。その利用方法の一つとして、3次元的に織編物の構造を表現する方法を提案したが、独立に1本ずつ糸を表現することもできる。3次元的に織編物の構造を表現することにより、各糸の位置関係、また糸がどのように変形しているかを視覚的、直感的に理解でき、組織分解、織編物の設計において大変価値のあるものである。しかし、3次元的に織編物の構造を表現しても、この編物がどのように編まれているかを詳細に理解することは難しい。

## 2. 研究の目的

そこで当該研究では、抽出された糸位置情報の利用方法の一つとして、編物の編組織自動解析による組織図作成を目的とする。ここで、組織図とは編物の編み方に関する設計図を指す。編目には編成記号と呼ばれる記号がJISにより規定されており、組織図作成とは、すべての編目を解析し、対応する編成記号を意匠紙に記す作業である。すなわち、組織図を作成することにより糸同士の間隔が明らかになる。なお、すでに織物については、抽出された糸位置情報から組織図の自動作成を行い、立体的な構造を有する二重織物の組織図自動作成を国内外ではじめて可能にするなど良好な結果を得ている。

## 3. 研究の方法

編物は大きく、「よこ編」と「たて編」に分かれる。よこ編は横方向に、たて編は縦方向にループを形成しながら編まれた編物のことである。以下では、「よこ編」および「たて編」それぞれについて、基本編目解析方法を述べる。

### (1) よこ編の基本編目解析法

図1, 2のように、よこ編には「ニット」、「ミス」、「タック」という編み方により3種類の編目が存在する。基本的によこ編はこれらの編目が組み合わさられて作られており、この3種類の編目解析がよこ編組織解析の基礎となる。

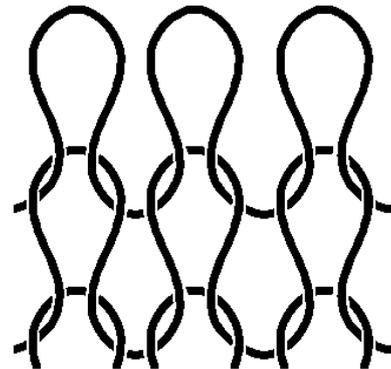


図1 ニット

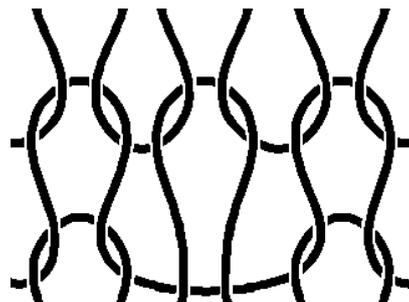


図2 ミス

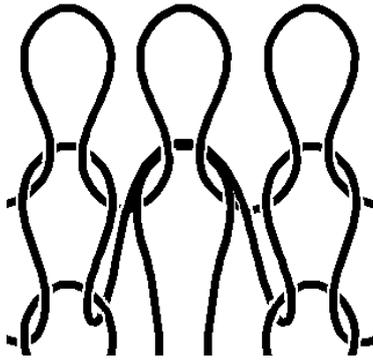


図3 タック

また、基本編目には、それぞれ「表目」、「裏目」が存在するが、ニットの表目、裏目の組み合わせにより、「平編」、「ゴム編」、「パール編」と呼ばれるよこ編の三原組織が作られる。これらは、よこ編の基本組織である。逆にいえば、これらの基本組織を解析できれば、すべての編目に対応できるといえる。

提案する3次元CT画像から抽出された糸位置情報を利用した基本編目解析法は、以下の2つ手順からなる。すなわち、

- ・編目位置の検出
- ・編目種類の同定

#### ① 編目位置の検出

編目は下の糸のループに糸を引っかけることによって作られる。したがって、基本的に下の糸と上の糸には図4のように4つの交点A, B, C, Dが存在し、これらの交点はある特定の関係をもつ。すなわち、交点AとDでは下の糸を上にして上の糸と交わっている。逆に交点BとCでは上の糸を上にして下の糸と交わっている。これらの関係をもつ4点を見つけることにより、編目の位置を特定できる。さらに、交点BとCとの間の最大点Eを見つけることで、編物の向きを特定し、編目の誤検出を防いでいる。また、裏目の場合は、交点AとDでは下の糸を下にして上の糸と交わり、逆に交点BとCでは下の糸を上にして下の糸と交わるため、容易に検出できる。

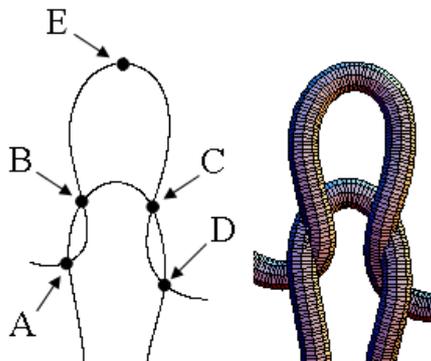


図4 編目同士の4つ交点A, B, C, Dと最大点E

#### ② 編目種類の同定

編目種類は、編目がどの糸の編目と交わっているかを考慮することによって同定される。すなわち、「ミス」はすぐ下の糸の編目と交わらずに、さらに下の糸の編目と交わる。したがって、もし編目がすぐ下の糸の編目と交わっていなければ、すぐ下の編目は「ミス」であると同定できる。「タック」は、複数の下の糸の編目と交わるので、そのような下の糸の編目は「タック」であると同定できる。「ミス」、「タック」のどちらにも該当しない編目は「ニット」であると同定できる。

このように本手法は編目がどの糸の編目と交わるかによって編目を同定しているため、編目種類の同定の順番として、一番上の糸の編目から同定をはじめ。ただし、一番上の編目は、上のどの糸の編目と交わっているかを知ることができないため同定できない。

#### (2) たて編の基本編目解析法

図5のように、たて編には「開き目」、「閉じ目」という編み方により2種類の編目が存在する。基本的にたて編はこれらの編目が組み合わさられて作られており、この2種類の編目解析がたて編組織解析の基礎となる。

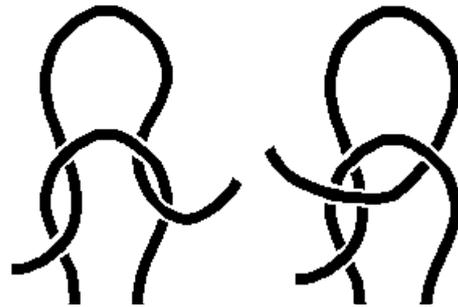


図5 開き目(左)と閉じ目(右)

基本編目の組み合わせにより「シングルトリコット編」、「シングルコード編」、「シングルアトラス編」と呼ばれるたて編の三原組織が作られる。これらは、たて編の基本組織である。逆にいえば、これらの基本組織を解析できれば、すべての編目に対応できるといえる。

よこ編の編組織解析法と同様に、3次元CT画像から抽出された糸位置情報を利用したたて編の基本編目解析法も、以下の2つの手順からなる。すなわち、

- ・編目位置の検出
  - ・編目種類の同定
- である。

#### ① 編目位置の検出

よこ編と同様に、編目は下の糸のループに糸を引っかけることによって作られる。したがって、基本的に下の糸と上の糸には図6の

ように4つの交点A, B, C, Dが存在し、これらの交点はある特定の関係をもつ。すなわち、交点AとDでは下の糸を上にして上の糸と交わっている。逆に交点BとCでは上の糸を上にして下の糸と交わっている。これらの関係をもつ4点を見つけることにより、編目の位置を特定できる。しかしながら、たて編はよこ編と異なり、同じ糸同士が短い間隔で何度も交わり編目を形成するため、2つの編目のみのこれら4つの交点を見つけるためには、ほかの編目との交点も考慮する必要がある。さらによこ編と同様に、交点BとCとの間の最大点Eを見つけることで、編物の向きを特定し、編目の誤検出を防いでいる。

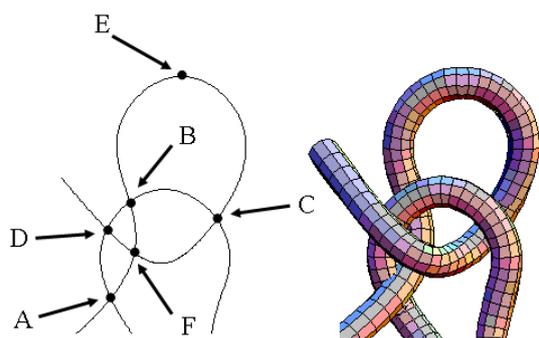


図6 編目同士の4つ交点A, B, C, Dと最大点Eおよび編目自身の交点F

## ② 編目種類の同定

編目を形成する糸自身が交点をもつかもたないかにより、「閉じ目」、「開き目」が決定される。したがって、図6における交点AからDまでを編目と考え、その間に交点(図6交点F)が存在するかしないかを確認することにより編目の種類を同定できる。

## 4. 研究成果

提案手法の妥当性の確認のため、よこ編、たて編について、それぞれ、実際の編物の3次元CT画像から抽出された糸位置情報を用いて、提案手法により組織図作成する実験を行い、正しく組織図を作成できることを確認した。

### (1)よこ編実験

糸の太さが約0.2mmの平編物に対し、提案手法を適用した。平編物とは、すべての編目がニットによって構成された編物で、編物の中でもっとも基本的な編物といえる。図7は3次元CT画像から抽出された糸位置情報をプロットしたものである。図8は、本手法により得られた組織図である。すべての編目(8つ)を検出し、すべての編目がニットとして同定されている。なお、記号はJISにより規定されている編成記号と呼ばれる記号を用いている。

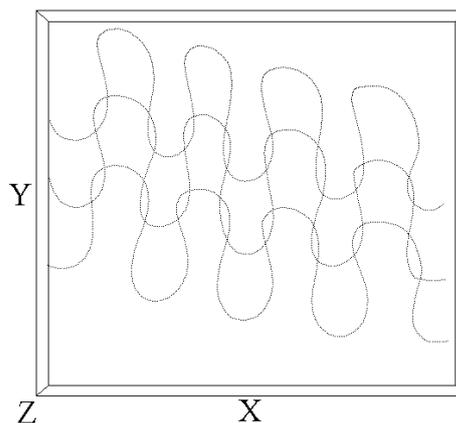


図7 3次元CT画像から抽出された平編物の糸位置情報

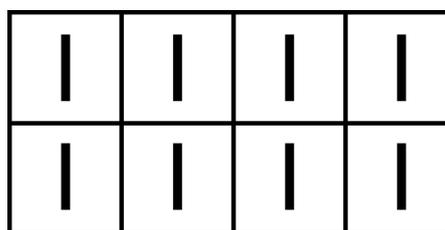


図8 提案手法により得られた組織図

### (2)たて編実験

糸の太さが約0.1mmのネット編物に対し、提案手法を適用した。ネット編物とは、交差する糸を周期的に変化させることによってネット状の構造をもつ編物である。図9は3次元CT画像から抽出された糸位置情報を用いて編組織を3次的に再構成したものである。ただし、組織構造を見やすくするために、糸の太さを実際の糸の太さよりも細くしている。

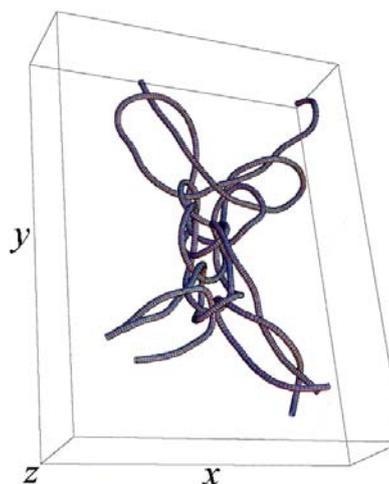


図9 ネット編物の糸位置情報から3次的に再構成された編組織構造

図 10 は、本手法により得られた組織図である。すべての編目(8 つ)を検出し、すべて編目が正しく同定されている。なお、よこ編と同様に記号は JIS により規定されている編成記号を用いている。

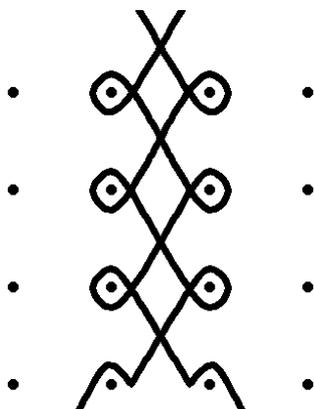


図 10 提案手法により得られた組織図

これら 2 つの実験結果のように、編組織の解析を自動化することにより、

- ・設計したとおりに編まれているかの確認作業の効率化
- ・欠陥箇所発見など、品質検査の効率化
- ・知的財産保護の効率化(同業他社に真似されていないかをすぐに確認できる)

など、さまざまな効果が期待できる。

編物は組織構造が複雑であるため、これまでに編物の組織図自動作成に関する研究はあまり報告されていないが、たとえばテンプレートマッチングを利用し、編目の種類を同定する手法が提案されている。この場合、あらかじめ用意したテンプレートの形状の編目しか同定することはできない。しかしながら、同じ編み方でも糸の種類や張力などにより編目の形状は大きく変化するため、マッチングが難しいことに加え、そもそも新しい編物、立体的な編物に対応できないという大きな欠点がある。その点、提案手法では、糸位置情報さえ得られれば、編目の形状がどのようなであっても組織図を自動作成することができる。これは国内外ではじめての手法だといえる。今後は、より多くの試料を用いて実験を行い、提案手法の有効性、有用性を検討していく予定である。また、当該研究は、組織分解のための 3 次元 CT 画像から抽出された糸位置情報の応用という位置付けであるが、組織図自動作成にとどまらず、さらに、編組織解析の支援に向けた糸位置情報の応用方法について検討を加える予定である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 4 件)

- ① Toshihiro Shinohara, Expression of Individual Yarn for Structure Analysis of Textile Fabric Based on Segmentation of Three Dimensional CT Image, Proceedings of The 35th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 2009 年 11 月 4 日, ポルト(ポルトガル)
- ② Toshihiro Shinohara, Automatic Weave Diagram Construction from Yarn Positional Information of Weft-knitted Fabric, Proceedings of ICROS-SICE International Conference 2009 年 8 月 21 日, 福岡(日本)
- ③ Toshihiro Shinohara, Expression of Individual Woven Yarn of Textile Fabric Based on Yarn Positional Information Extracted from Its Three Dimensional CT Image, Proceedings of International Conference on Control, Automation and Systems, 2008 年 10 月 15 日, ソウル(韓国)
- ④ Toshihiro Shinohara, Structure Analysis of Textile Fabric Based on Automatic Extraction of Yarn Positional Information from Three-dimensional CT Image, Proceedings of SICE Annual Conference 2008, 2008 年 8 月 21 日, 東京(日本)

[その他]

ホームページ等

- ① <http://www.waka.kindai.ac.jp/tea/sinohara/>
- ② <http://rais.itp.kindai.ac.jp/research/hdb/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

篠原 寿広 (SHINOHARA TOSHIHIRO)

近畿大学・生物理工学部・助教

研究者番号：20434863

### (2) 研究分担者

なし。

### (3) 連携研究者

なし。