

## 研究論文

## オーダーメイドサポーター設計システムの開発

福田ゆか\*<sup>1</sup>、山内宏城\*<sup>1</sup>、佐々木敏哉\*<sup>2</sup>、佐々木哲哉\*<sup>2</sup>

## Development of Designing System for Custom-made Stocking

Yuka FUKUTA\*<sup>1</sup>, Hiroki YAMAUCHI\*<sup>1</sup>, Toshiya SASAKI\*<sup>2</sup> and Tetsuya SASAKI\*<sup>2</sup>Owari Textile Research Center\*<sup>1</sup> Trestech Co.,Ltd.\*<sup>2</sup>

リンパ浮腫防止効果を保ちつつ快適な着用感を得られるオーダーメイドサポーターを設計するためのシステムを開発した。編地の伸縮特性について評価し、設計に用いるための近似式と脚のサイズと着圧から型紙を作成するアルゴリズムについて検討した。サイズは児童向けから大人向けまでを想定し、着圧 5～25mmHg と設定して開発したシステムで作成した型紙からサポーターを編成した。脚の可動マネキンに装着した時の着圧をエアバック方式で測定し、誤差が大きいサンプルの近似式を再検討し誤差を減じる修正を行った。修正したシステムでは、50%延伸糸使用の風合いの異なる 2 種類の組織を用い、目標である誤差 10% 以内でサポーターを設計できることを確認した。今後システムを用いたオーダーメイドサポーターの商品化をめざす予定である。

## 1. はじめに

ニットは伸縮性に富み、その特長を活かしてアパレル以外への用途展開が期待されている。無縫製横編機のような高性能編機も開発されており、編組織設計の幅も広がってきている。しかし、ニット製品を設計するための CAD システムはアパレル用途が主であり、型紙のない製品設計については試行錯誤を繰り返しながら行っているのが現状である。

がん患者等に発生する浮腫を軽減させるために、現在は医療用弾性着衣や伸縮性のある筒状包帯が使用されている。しかし患者の多くはこの 25mmHg 以上の医療用弾性着衣では圧迫力が強く、握力の弱い高齢者等は自身で装着することが難しく介助が必要ということである。また、伸縮性のある筒状包帯では反対に圧迫力が弱すぎて効果が期待できないということである<sup>1)2)</sup>。そこで、医療用弾性ストッキングと筒状包帯の中間の着圧(10～25mmHg)のサポーターをオーダーメイドで設計するためのシステムの開発を行った。

## 2. 実験方法

## 2.1 編地の耐久性と風合い評価

サポーターの耐久性と風合いを上げるため、綿糸とウレタン糸のエア加工時のウレタン糸の延伸条件を 30%、50%、70% とした糸を作製した。30%、50%、70% 延伸糸を用い、編地の耐久性と引張特性を評価するため、サポーターと同じ編組織(以下大人用組織と表記)

で試験片を編成した。

50% 延伸糸については、児童向けのサポーター用に圧迫力が高くなりすぎないことを目的とし糸の配列を変えた児童向けの組織(以下児童用組織と表記)で試験片を編成した。

編地の耐久性を確認するため、30% と 70% 延伸糸使用の 1 種類の編地と 50% 延伸糸使用の 2 種類の編地について、(株)島津製作所製 精密万能試験機(AG-IS)を用い、JIS L 1096 定伸長時伸長弾性率 A 法(定率伸長時伸長弾性率・繰返し法)を測定した。

編地の風合いを確認するため、30% と 70% 延伸糸使用の 1 種類の編地と 50% 延伸糸使用の 2 種類の編地について、カトーテック(株)製 風合い(曲げ)試験機(KES-FB2-AUTO-A)で編地の曲げ硬さを測定した。

## 2.2 オーダーメイドサポーターを設計するためのアルゴリズムの検討

編地の引張特性から、設定した着圧となるように製品の各部位の編地の伸び率を算出し、効果の高い着圧(5～25mmHg)で設計を行うアルゴリズムについて検討した<sup>3)4)</sup>。50% 延伸糸使用の 2 種類の編地について、カトーテック(株)製 風合い(引張・せん断)試験機(KES-FB1-AUTO-A)を用い編地の引張特性を測定した。

## 2.3 設計したサポーターのサンプル編成と着圧評価

大人サイズのサポーターについては、50% 延伸糸使用の 2 種類の組織で、着圧 15mmHg、20mmHg、25mmHg と設定し作成した型紙に基づき、着圧測定のためのサン

\*<sup>1</sup>尾張繊維技術センター 素材開発室 \*<sup>2</sup>株式会社トレストック

プルサポーターを編成した。子供サイズのサポーターについては、50%延伸系使用の2種類の組織で、着圧5mmHg、10mmHg、15mmHgと設定し作成した型紙に基づき、着圧測定のためのサンプルサポーターを編成した。

着圧を測定するため、Airwolf社製熱溶解積層式3Dプリンター(HD2X)を用い、(株)ミジンコ製匠コポリエステルフィラメントを用い、大人サイズを2サイズ(以下足首までのデザインを“大人サイズ1”、つま先までのデザインを“大人サイズ2”と表記)、児童サイズを1サイズ(合計3サイズ)の脚の可動マネキンを作製した。

#### 2.4 オーダーメイドのサポーターを設計するシステムの実装

システムの現場での実用化を検討するため、2.2で検討したアルゴリズムに基づきプロトタイプシステムを作成した。システムの開発環境として、OSはMicrosoft Windows XP、プログラム言語はMicrosoft Visual Basic 2005を用いた。

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1 編地の耐久性と風合い評価

30%と70%延伸系使用の1種類の編地と50%延伸系使用の2種類の編地について、定率伸長時間伸長弾性率を表1に示す。なお、繰返し20回以上の数値は20回の数値と比較しほとんど変化がなかった。糸を加工する時の延伸率が大きいほど、伸長弾性率が高く編地の回復が良く耐久性が高いことがわかった。50%以上の延伸系使用の編地について、伸長弾性率が90%を超える値となり、ストレッチの生地としての使用に適していることがわかった。

表1 30、70、50%延伸系を使用した編地の定率伸長時間伸長弾性率

試料	定率伸長時間伸長弾性率 (%)	
	繰返し 10 回	繰返し 20 回
30%延伸系使用大人用組織	88.7	87.0
70%延伸系使用大人用組織	95.2	94.7
50%延伸系使用大人用組織	94.5	93.9
50%延伸系使用児童用組織	92.8	92.3

ただし、糸の延伸率が大きいほど曲げ剛性が高くなり(図1)、編地の風合いが硬くなるため着用時の快適性が下がることが予測される。

30%延伸系を使用した編地については伸長弾性率90%以下で耐久性が劣り編地が回復しないと、太もも部分においてズリ落ちが顕著で着用時の快適性が劣ることがわかった。また、70%延伸系使用の編地は硬く装着が困難だったため、着用しやすいサポーターの製造に合致

しないことがわかった。

よって、設計については50%延伸系使用の2種類の組織の編地について検討することとした。

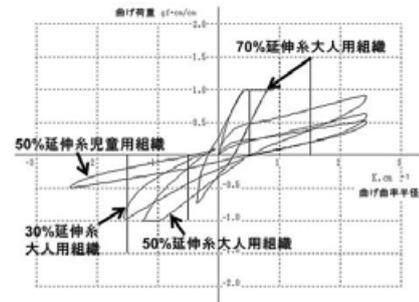


図1 KES 曲げ特性のグラフ

#### 3.2 オーダーメイドサポーターを設計するためのアルゴリズムの検討

50%延伸系使用の2種類の編地について、編成した編地の引張特性について評価した(図2)。

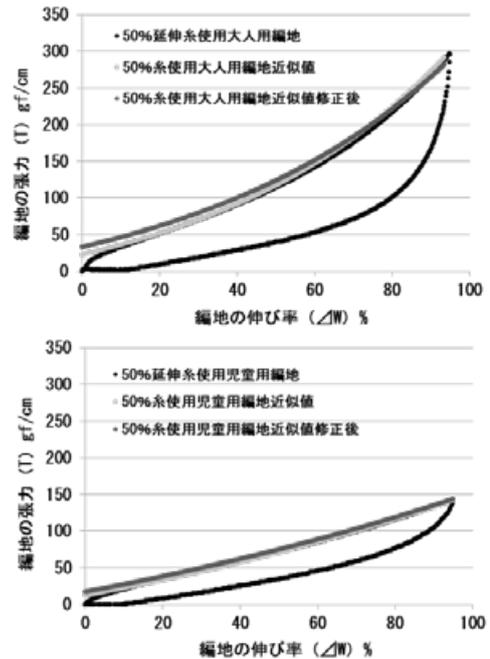


図2 KES 引張特性のグラフ

(上：大人用組織、下：児童用組織)

作製したい脚のサイズと着圧を入力し、引張特性の近似式から設定した着圧になる各部位の編地の伸び率と編目数を算出することで効果の高い着圧(15~25mmHg)のサポーターを設計するアルゴリズムについて検討した。子供サイズのサポーターについては、圧迫力が高くなりすぎないように効果の高い着圧を5~15mmHgと想定し、設計を行うアルゴリズムについて検討した。

引張特性を測定した50%延伸系使用の2種類の編地について、近似式(1)、(2)を用いたアルゴリズムで作成した型紙からサンプルサポーターを編成したところ、大人用組織の15mmHg及び25mmHgの設定値で設計したサ

ンプルと、児童用組織の5~15mmHgで設計した全サンプルについて、設計値と実測値の着圧の誤差が10%以内にならなかったため、近似式の補正を行い、最終的に近似式(3)、(4)を用いることとした。

初期近似式

50%延伸糸使用大人用組織の編地の近似式

$$T = 73 \times e^{0.0165 \times \Delta w} - 50 \quad \dots (1)$$

50%延伸糸使用児童用組織の編地の近似式

$$T = 152 \times e^{0.0065 \times \Delta w} - 140 \quad \dots (2)$$

補正後の近似式

50%延伸糸使用大人用組織の編地の近似式

$$T = 81 \times e^{0.015 \times \Delta w} - 48 \quad \dots (3)$$

50%延伸糸使用児童用組織の編地の近似式

$$T = 165 \times e^{0.006 \times \Delta w} - 148 \quad \dots (4)$$

T : 編地の張力 (gf/cm)

$\Delta w$  : 編地の伸び率 (%)

着圧は Kirk の計算式(5)で、筒形状のため張力はコース方向の1方向のみで算出した。

$$H = T/R \quad \dots (5)$$

H : 衣服圧 (gf/cm<sup>2</sup>)

R : 受圧面の曲率半径 (cm)

編地の伸び率と編目数の算出は、Kirk の計算式より求めた張力がかかった状態のコース方向の伸び率を以下の近似式(6)、(7)から算出した。張力がかかった状態のループの幅(着用時のループの幅)を式(8)で、ウェール方向、コース方向の編目数を式(9)、(10)でそれぞれ算出した。

50%延伸糸使用大人用組織の編地の近似式

$$\Delta w = \text{Log}((T + 48) / 81) / 0.015 \quad \dots (6)$$

50%延伸糸使用児童用組織の編地の近似式

$$\Delta w = \text{Log}((T + 148) / 165) / 0.006 \quad \dots (7)$$

$$J' = J \times (1 + \Delta w / 100) \quad \dots (8)$$

$$Mw = Lw / J' \quad \dots (9)$$

$$Mc = Lh / P \quad \dots (10)$$

J' : 張力が T gf/cm がかかった状態のループの幅 (mm)

J : 張力が 0 gf/cm の時のループの幅 (mm)

Mw : 各部位のウェール数 (目)

Lw : 各部位のサポーターの円周 (mm)

Mc : 総コース数 (目)

Lh : サポーターの長さ (mm)

P : ループの高さ (mm)

修正後のアルゴリズムに基づき型紙を作成したところ、設定した着圧と設計した型紙からの着圧の予測値を比較して、計算式上は設定値に近い型紙を作成できることを

確認した。

設計したサポーターを入力したサイズの脚に装着する前後の状態のサポーターの伸縮モデルを生成し、編成時と着用時の編地の状態を確認できるようにした(図3)。着圧の状態を色分けで表示する着圧予測のマッピングモデルについても作成した(図4)。

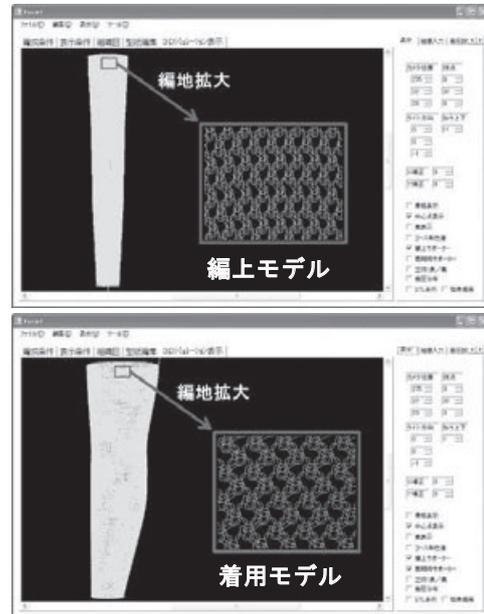


図3 伸縮モデル(設定値 25mmHg 大人用組織)

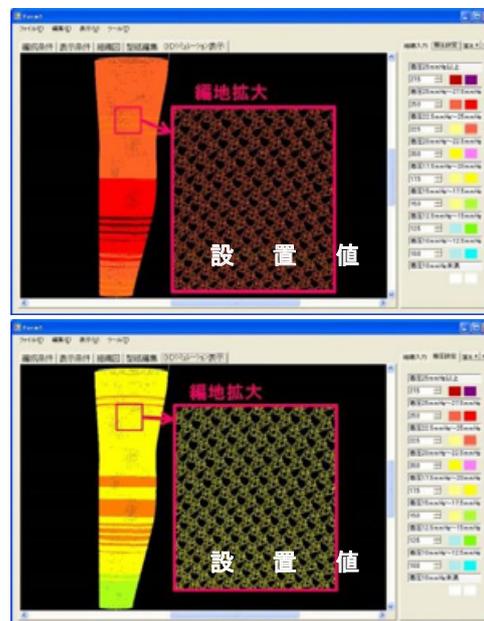


図4 着圧表示モデル (大人用組織)

### 3.3 設計したサポーターのサンプル編成と着圧評価

児童用組織で子供サイズのサポーターを設計した型紙と試作したサポーターの写真を図5に示す。試作したサポーターを作製した可動マネキンに装着した時の着圧を測定した。50%延伸糸を使用して作製した大人サイズ1のサポーターの着圧の実測値は、15mmHg、20mmHg、

25mmHg の設定値において、アルゴリズム修正後の全てのサンプルで誤差 10%以内であることを確認した(図 6)。

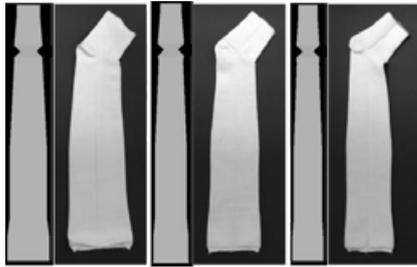


図 5 児童サイズの作成した型紙とサンプル  
(左から 5mmHg、10mmHg、15mmHg)

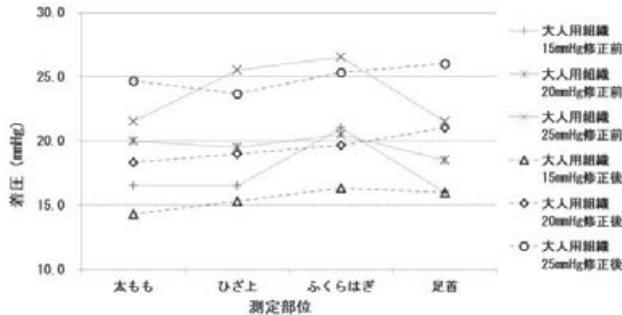


図 6 大人サイズ 1 の着圧の実測値

50%延伸糸を使用して風合いの異なる 2 種類の組織で作製した児童サイズのサポーターの着圧の実測値は、10mmHg、15mmHg の設定値において、アルゴリズム修正後の全てのサンプルで誤差 10%以内であることを確認した(図 7)。5mmHg のサンプルについては着圧が弱すぎるため、リンパ浮腫防止効果はほとんど無いと考えられること、測定の際のばらつきが大きいことから、開発したシステムで設計できる着圧の範囲から除外することとした。

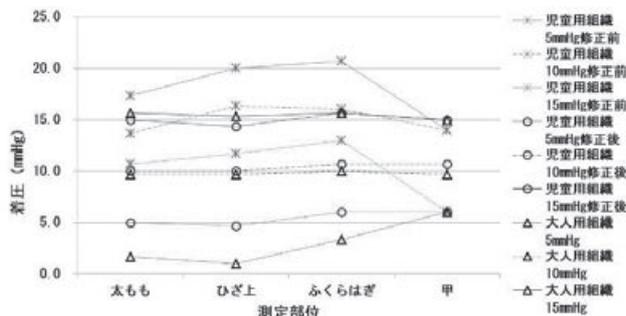


図 7 子供サイズの着圧の実測値

システム確認のため 50%延伸糸を使用して風合いの異なる 2 種類の組織で、サイズの異なる大人サイズ 2 のサポーターを作製した。着圧の実測値は、15mmHg、20mmHg、25mmHg の設定値において、サンプルで誤差 10%以内であることを確認した(図 8)。

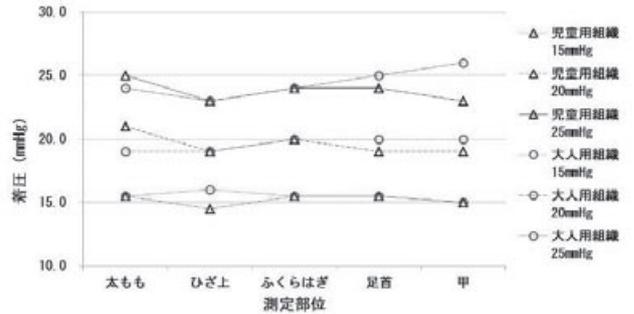


図 8 大人サイズ 2 の着圧の実測値

### 3.4 オーダーメイドのサポーターを設計するシステムの実装

測定した脚のサイズと設定した着圧から自動で無縫製横編用の型紙データを出力するシステムとして実装した。システムによって作成したビットマップ形式の型紙画像は、(株)島精機製作所製の無縫製横編機で編成するための圧縮柄データに変換することができた。

## 4. 結び

本研究成果として、リンパ浮腫防止効果を保ちつつ快適な着用感を得られるオーダーメイドサポーターを設定値との誤差 10%以内で設計するためのシステムを開発できた。効果的な着圧と風合いの好みは患者によって個人差があるため、耐久性と風合いを考慮の上、50%延伸糸使用による大人用に作製した硬い風合いの組織と児童用に作製した柔らかい風合いの組織と設定着圧を選択することで、患者の好みを考慮し効果のあるサポーターを提供できるシステムとなった。

オーダーメイドでの製品生産に対応するため、開発したシステムによって作成したビットマップ形式の型紙画像を、(株)島精機製作所製の無縫製横編機で編成するための圧縮柄データに簡易に変換できることを確認した。

## 付記

本研究の一部は独立行政法人科学技術振興機構 平成 27 年度研究成果展開事業マッチングプランナープログラム「探索試験」として実施した。

## 文献

- 1) 小川佳宏：静脈学, 24(4), 447 (2013)
- 2) 平井正文：日本血管外科学会雑誌, 16(6), 717(2007)
- 3) W. Kirk and S.M. Ibrahim : *Text. Res. J.*, 37, 37(1966)
- 4) 丹羽雅子 他：アパレル科学 美しく快適な被服を科学する, P22-28, P85-97(1997), 朝倉書店