

## 医療用弾性ストッキングの自動設計技術の開発

三好英円\*, 細束正一\*\*, 中村久子\*\*, 松本光生\*\*, 大西京子\*\*

### 抄 録

医療用弾性ストッキングはリンパ浮腫患者用に製造されるが、その医療用弾性ストッキングの編立寸法は今のところ、特定の部位の周囲寸法とその部位にかける着圧を元にして、手計算で行っている。現在採寸した部位以外の場所の周囲寸法は熟練技術者が算出している。そこでリンパ浮腫患者の任意の位置での脚の周囲寸法とその部位に与える着圧のデータから、医療用弾性ストッキングの編立寸法を自動で算出する事ができるプログラムを作成した。作成したプログラムで算出した編立寸法と、従来の手法で算出した編立寸法を比較した結果、実用試験が可能な段階までの目途を立てることができた。

### 1 目的

本研究は「リンパ浮腫患者用弾性ストッキング製造システムの開発」の一部として行った。リンパ浮腫の治療には、患者の症状に合わせたオーダーメイドの弾性ストッキングが必要となる。しかし、現在患者の脚の寸法から弾性ストッキングの編立寸法を求める際、特定の部位しか採寸していないため、採寸した部位の間の部分については、今までのノウハウから編立寸法を算出している。このため、熟練技術者しか編立寸法を求めることができない。

そこで、パソコン上でリンパ浮腫患者任意の位置での脚の周囲寸法とその部位にかける着圧を入力すると、自動的に弾性ストッキングの編立寸法を算出する方法を検討した。

### 2 研究方法

#### 2・1 使用した弾性ストッキング

この研究に使用した弾性ストッキングは M, L, LL の3種類のサイズを各 10 本ずつ、計 30 本の弾性ストッキングを、東光(株)が製造した。

#### 2・2 SS カーブの算出

SS カーブとは弾性ストッキングに使用される糸の張力と伸張率の関係をグラフ化したものである。糸単体の場合、この SS カーブは曲線である。30 本の弾性ストッキングは、HOSY という装置を用いて、高さ方向に 5cm 間隔で張力と伸張率の関係を計測した。HOSY は図 1 のような装置である。5cm 間隔にストッキングを固定して、引っ張ることで張力と

伸張率の関係を求めることができる。その結果、弾



図1 HOSYの外観

性ストッキングの場合は高さ方向で任意の点での SS カーブは直線に近似できる事がわかった。

しかし、この計測データは HOSY の仕様により、5cm 間隔でしか調べることができないので、5cm の間隔の間の SS カーブは分からない。そこで計測したポイントの間での SS カーブは、計測データを近似して求めることにした。図 2 に近似の方法をまとめている。

まず、HOSY により得られた 5cm 間隔での SS カーブは 1 次式に近似できるので、各高さでの傾きと切片を最小二乗法で得る。ここで得られた 5cm 間隔の傾きと切片で、それぞれ「床からの高さ」と傾き、「床からの高さ」と切片の関係を作り出し、最小二乗法を用いて、任意の高さにおける傾きと切片、すなわち任意の高さでの SS カーブの近似式を得る

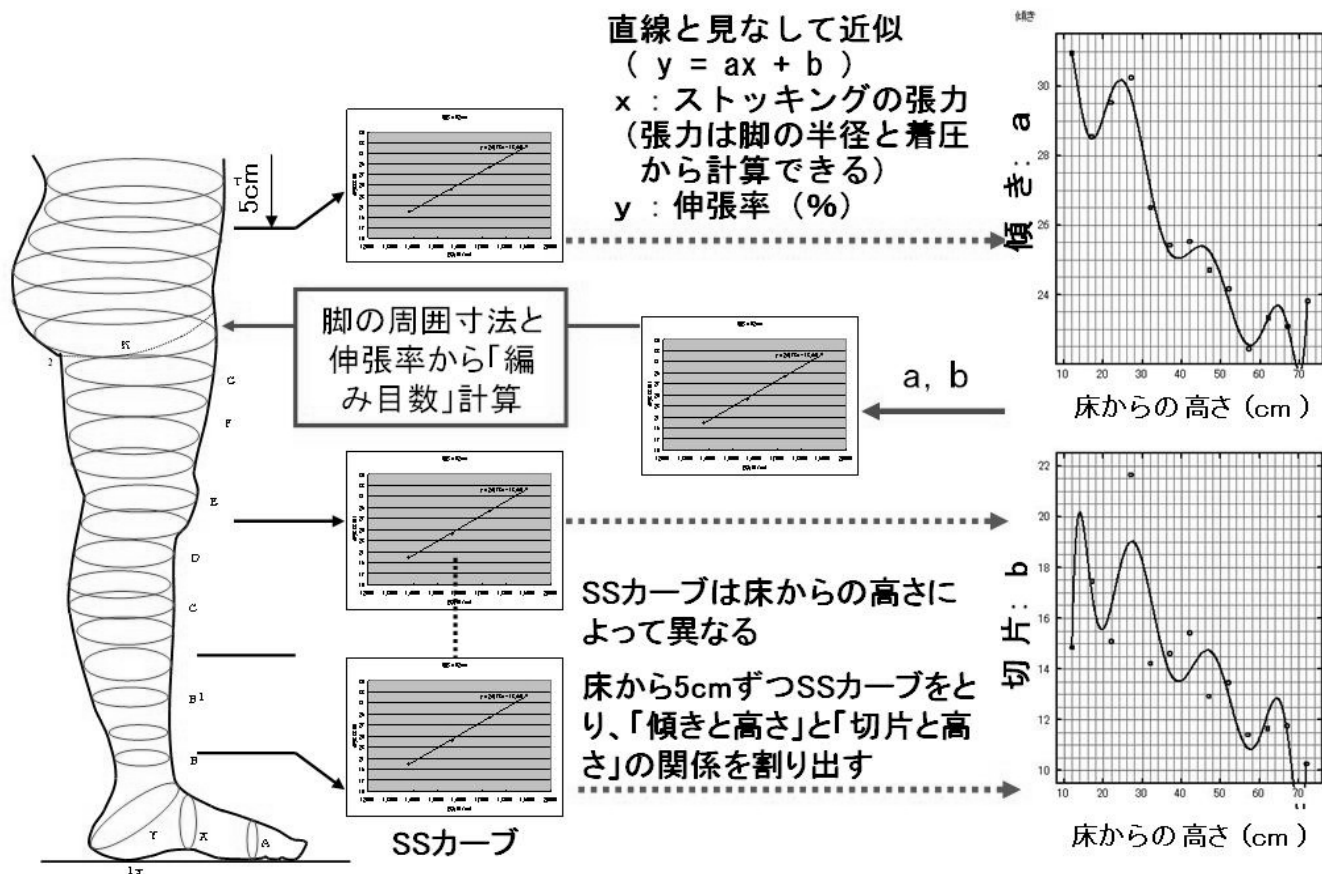


図2 集めたSSカーブのデータから任意の高さのSSカーブを求める方法

ことにした。この得られたSSカーブの式を元にして、編み目数（針数）を算出した。また、図2では、「高さ」と「傾き」と「高さ」と「切片」の関係式を9次関数で表しているが、これでは良い精度が出なかったため、床からの高さの区間を3つに分割して、各々の区間で最小二乗法を用いて、3次関数に近似した。

### 2・3 精度を良くするために採った手法

弾性ストッキングを編む方法として2つの方法がある。縦編みと横編みである。今回採用している方法は横編みである。特徴は「編むのに使用する針数で編立寸法が決まる」というものである。そこでまず普段使用している編み機の使用針数と編立寸法の間を用いて自動計算を行った。この場合、針数が1本増えると、編立寸法（ストッキングの周囲長）は約0.23cm増えることになる。この数字を用いた結果、精度は余り良くなかった。

そこで、横編みの特徴である「使用する針数で編立寸法が決まる」という前提を無くし、弾性ストッキングの各位置で使用する針数と編立寸法をサンプルの弾性ストッキングから各々求めて、そのデータ

を用いて、自動計算を行った。

## 3 結果及び考察

### 3・1 実験結果

SSカーブはSSカーブの算出の項で記載した方法で算出したものを用いた。今回、2種類の方法で弾性ストッキングの編み目数から針数に変換した。

(I) どの位置でも針数と編立寸法の間は同じとして、針数に変換する

(II) 各位置での針数と編立寸法の間を求めた上で、各位置における編立寸法を針数に変換する

今回、実際に編んだ弾性ストッキングを用いて(I)と(II)の場合と比較した。実際に編んだ弾性ストッキングは各位置の脚の周囲寸法、着圧とその位置で編み立てるのに使用した針数がわかっている。そして各位置の脚の周囲寸法、着圧から(I)、(II)の方法を用いて針数を計算した。計算した針数と実際に弾性ストッキングを編むのに使用した針数を比較した。

算出した結果を比較すると、横編みの特徴である

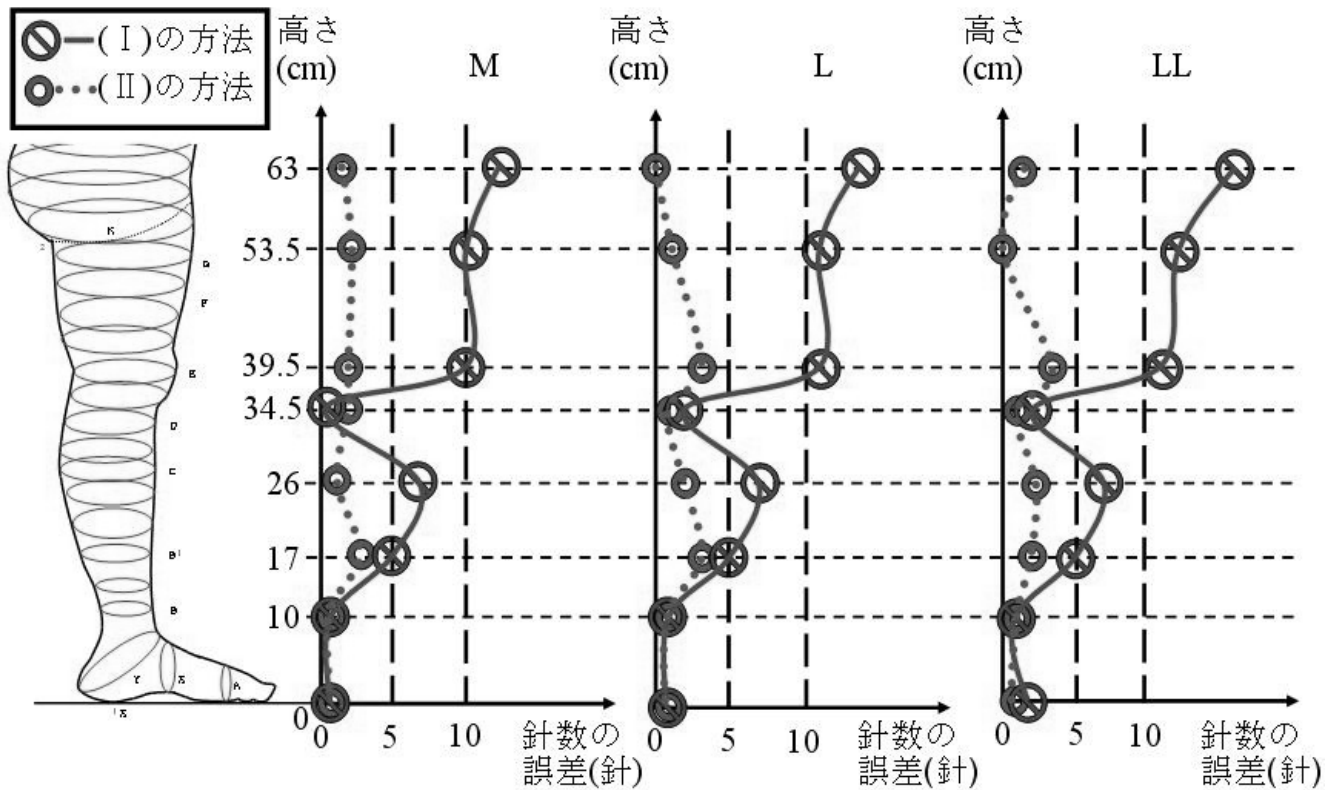


図3 (I)と(II)で算出した針数と実際のストッキングで使用した針数との誤差

「編むのに使用する針数で編立寸法が決まる」という前提では良い結果は出ず、各々の位置で針数と編立寸法の間隔を割り出して、実際の自動計算に使用する方が良く、ということがわかった。

また、(II)のデータを見ると、床からの高さによって、相対的に誤差の大きい部分と小さい部分があることもわかった。例えば、床からの高さが17cmの位置では、どのサイズのストッキングでも誤差が大きい。Lサイズストッキングでは、床から17cmと39.5cmの位置での誤差は同じであるが、パーセントでの誤差は17cmの方が大きい。

### 3・2 考察と課題

図3に記載されている結果は、比較的良好な結果を抜き出したものであり、改良を加えることで精度を上げることができると考えられる。誤差が出る原因と現時点で考えられる解決法について以下に記載する。

#### 3・2・1 サンプルデータの数

まず、各々の位置での使用針数と編立寸法の相関関係に関するサンプルデータを増やすことが考えられる。現在、解っているのは、図3にある床からの高さ(63cm, 53.5cm, 39.5cm, 34.5cm, 26cm, 17cm,

10cm, 0cm)だけである。よって、多くの位置(例えば5cm間隔)で実際に編まれた弾性ストッキングから、編立寸法と針数の関係を求める必要がある。

しかし、例えば5cm間隔といっても、そのまま弾性ストッキングの編立寸法と編み目数(針数)を調べれば良いわけではない。現在解っている63cm, 53.5cm, 39.5cm, 34.5cm, 26cm, 17cm, 10cm, 0cmの位置はHOSYという装置上での位置である。弾性ストッキングをHOSYに取り付ける際、弾性ストッキングを高さ方向に伸ばして決められた位置で固定される。その伸ばした弾性ストッキングの位置で63cm, 53.5cm, 39.5cm, 34.5cm, 26cm, 17cm, 10cm, 0cmでの針数と編立寸法の間隔が解っているのである。このことから、5cm間隔といってもHOSYで伸ばした状態での針数と編立寸法を調べる必要がある。ただし、HOSYではそのようなことは出来ない。

そこで、実際の弾性ストッキングの伸ばしていない位置と伸ばした場合の位置から伸び率を算出する。そして、伸ばした状態での5cm間隔が伸ばしていない状態ではどれぐらいの間隔になるかを、算出した伸び率から逆算することで、近似ではあるが使用できるデータ(使用針数と編立寸法の間隔)が

増加するため、精度がよくなると考えられる。

### 3・2・2 SSカーブのデータの妥当性

今回の研究で使用した弾性ストッキングはM, L, LLの3種類を10本ずつ、計30本である。各々の弾性ストッキングのSSカーブを算出したが、同じサイズでもばらつきがあり、またサイズが違うことによる変化も不規則であった。このことから、SSカーブの計算方法に不備がある、ないしはSSカーブを求めるために必要なデータ（HOSYで弾性ストッキングの特性を調べている）が少ない可能性が考えられる。

そこで、まずSSカーブの算出手法に不備がないか、または現在使用している計算手法の最小二乗法で改良できる点の有無などを調べる必要がある。また、東光株式会社の研究者と連携を密にして、HOSYで得られるデータ量を現在より増やせるかどうかを検討することで、精度が改善されることが考えられる。

### 3・3 今後の予定

現状では実用段階には入っていないが、SSカーブの改善、使用針数と編立寸法の相関データを増やすことで、精度を向上させることができるのではないかと考えられる。また、ある程度まで精度が改善された時点で、実際に弾性ストッキングを編んで、その弾性ストッキングの各位置における着圧をHOSYなどの測定機器で計測する予定である。また、従来の方法で編んだ弾性ストッキングと自動設計ソフトで算出したデータで編んだ弾性ストッキングを、実際にリンパ浮腫の患者の方に使用していただき、履き心地、圧迫の違いなどを調査し、よりリンパ浮腫の患者に適した弾性ストッキングを自動的に設計できるソフトウェアを作成する。

### 謝辞

本研究は平成18年度と19年度地域新生コンソーシアム研究開発事業の一部として実施しました。四国経済産業局、(財)とくしま産業振興機構の支援機関の皆様、またこの事業の研究メンバーの皆様に深くお礼を申し上げます。また、リンパ浮腫に関する情報、この研究開発に対しての方向性などについて助言して下さった、リムズ徳島クリニックの小川佳宏院長を始めとするアドバイザーの方々に深く御礼を申し上げます。