

## 縫い糸の油剤処理効果の評価法の提案

A Proposal for a Method of Evaluating the Effect of Lubricant on Sewing Threads

被服学科  
Dept. of Clothing

島崎 恒藏  
Kozo Shimazaki

松梨 久仁子  
Kuniko Matsunashi

**抄 録** 合繊ミシン糸の油剤処理は、その可縫性を高める上で、必須の加工である。本研究では、合繊ミシン縫い糸に適用される油剤処理の効果を、実際に縫製することなしに、評価するための方法を提案した。工業的な高速度縫製においては、布と針の間の摩擦により針温度が上昇するために高温度条件下の摩擦特性が重要と考え、温度制御可能な加熱金属シリンダとミシン糸との間の摩擦特性によって油剤処理効果を検討した。使用したミシン糸は、ポリエステルフィラメントミシン糸で、2種類のシリコン系油剤を用いて、2段階の工程により各種条件の油剤処理が行われた。金属シリンダとミシン縫い糸との摩擦特性は、シリンダの温度が低い場合（100℃以下程度）には、油剤量の影響は明瞭ではなかった。しかしシリンダ温度が高くなると、急速に油剤効果が観察されるようになった。本研究における計測可能な上限は、約200℃であった。この温度レベルにおいても、摩擦特性による油剤効果は可縫性とある程度の対応はあったが、加熱シリンダを用いる方法は、縫い糸素材の融点に近い温度域の計測により、ミシン糸の油剤効果を詳細に評価できる可能性のあることが推定された。

**キーワード**：縫い糸、シリコン油剤、摩擦、可縫性、ミシン縫製

**Abstract** The lubricant treatment on synthetic threads for industrial sewing machines is an essential finish for improving their sewability. In this study, we proposed a method for evaluating the effect of the lubricant treatment on sewing threads without actual machine sewing. We considered that the friction characteristics during high temperature conditions are important because the temperature of the machine needle increases due to the friction between the needle and the fabric during industrial high-speed sewing, and adopted a method for evaluating the friction characteristics between the thread and a metal cylinder, which is able to control the temperature electrically. The thread used here was a polyester filament and was finished with two types of silicone oil through two oiling processes. In the friction characteristics below the low temperature area (under 100°C), the effect of the amount of silicone lubricant was not so distinct. But in the high temperature area of the heated cylinder, the effect of the lubricant became clear with the increase in temperature. The upper limit measurable in this study was about 200°C. Even though within this temperature level the relation between the friction characteristics and the sewability of the threads was fairly connected, we considered that the method using the heated cylinder has the possibility of evaluating fully the effect of the lubricant by measuring in the temperature area near its material melting point.

**Keywords** : sewing thread, silicone lubricant, friction, sewability, machine sewing

## 1. 緒 言

工業用ミシン縫い糸には、古くは綿を中心とする天然繊維が多く使用されてきたが、現在は、合成繊維が主要な縫い糸素材となっている。中でもポリエステル素材は、ミシン縫い糸において極めて重要な位置を占めている<sup>1)</sup>。

工業用ミシンにおいては、一般的に縫製速度が高く、例えば本縫いミシンでは毎分5,500針(spm)<sup>2)</sup>、緑かがり縫いミシン(オーバーロックミシン)で10,000spm<sup>3)</sup>に及ぶ高速縫製が可能となっている。この場合、大きな問題となるのが、縫い糸の可縫性である。工業的な縫製では、ミシン針と布との間で生じる摩擦熱によりミシン針の温度が上昇し<sup>4-6)</sup>、特に合繊ミシン糸の場合、この温度上昇が合繊縫い糸の可縫性を損なうことが指摘され、これが合繊ミシン糸の最大の弱点となっていた。

ミシン糸の製造技術の進展により、コアヤーン(コアスパンヤーン)<sup>7)</sup>のような素材が出現し、コアの合繊フィラメント糸を綿などのセルロース素材で表面を覆って複合したものは、ミシン縫い糸として明らかに優位性を持つてはいるものの、一方でコストなどの問題があるようで、わが国では厚物素材用などの限定された範囲でしか使用されていないようである。

合繊素材の弱点を克服し、合繊ミシン糸が現在のよう縫い糸の中で中心的地位を占めるようになった背景には、油剤処理技術の向上が指摘できる<sup>8)</sup>。油剤・潤滑剤は、縫製において各種のトラブルを回避するために種々の利用が考案され、検討されている<sup>9-12)</sup>。特にミシン縫い糸は、縫製中に針部を含む各部で高速度下の機械的な作用を受けたり、上述のように針部では高温度環境下に置かれたりしている。このような状況化で重要な役目を負っているのが油剤処理(オイリング)であり、特に合繊ミシン糸の場合には必須な加工技術である。

一般に、市販合繊ミシン糸に対しては、シリコン系の油剤処理が行われている。この油剤は性能面から優れてはいるが、高価であるため経済的な観点からは適量付与でかつ十分な効果を上げるようなオイリング条件の究明が重要である。しかしながら、実際に縫製することなく、縫い糸における油剤処理効果を簡便に評価する実用的観点からの研究は、これまであまり見当たらないようである。本研究で

は、縫製において最もよく使用されているポリエステルミシン糸を試料として、未処理の縫い糸をベースに油剤付着量を種々に変化させたミシン糸を調製し、新たな視点から油剤処理効果を評価する簡便な方法について検討した。

## 2. 実 験

### 2-1 油剤処理ミシン糸の調製

本実験で使用したミシン糸の調製は、ミシン糸のメーカーに依頼した。試料となる縫い糸は、“呼び”<sup>13)</sup>が#60のポリエステルフィラメントミシン糸である。このミシン糸はマルチフィラメント糸(50D)の三子糸構成になっており、縫い糸の総繊度は150Dである。

縫い糸試料は、1次オイル、2次オイルの2工程によって油剤処理を行った。1次オイル、2次オイルは、いずれもシリコン系の油剤であり、実際の市販縫い糸の製造に使用されているものである。オイリングの方法としては、1次オイルは縫い糸をかせ状にしてなされ、2次オイルは1本の糸を走行させ、その過程においてオイリングを行っている。オイリング量は、未処理の縫い糸試料に対してどれだけ質量増加があったかによって表示し、1次オイルでは0, 4, 6, 8%, また2次オイルは0, 2, 2.5, 5%のそれぞれ4段階を設定し、これらを組み合わせて未処理試料を含めて、全部で16種類のオイリングレベルの異なる縫い糸を作製した。オイリング試料の標記は、1次オイル、2次オイルの順に行うこととする。たとえば“0-0”であれば、1次、2次オイルともに未処理であり、“4-2.5”の標記であれば、1次オイルが4%、2次オイルが2.5%の油剤の付着した試料を意味するものとする。

### 2-2 縫い糸の摩擦特性の計測方法

縫い糸の油剤処理効果は、金属面との摩擦特性で評価できるのではないかと考えた。また緒言でも述べたように、縫い糸は加熱されたミシン針と接触しながらステッチ形成が進捗するために、可変温度環境下で摩擦特性を計測することが必要と考えた。本研究で採用した縫い糸の摩擦特性(係数)測定は、金属シリンダを用いる方法<sup>14)</sup>を採用した。

測定法の概要をFig. 1に示した。この測定においては定速伸長型の引張試験機(テンシロン)を利用し、金属シリンダ(10mmφ)に縫い糸を1回転分

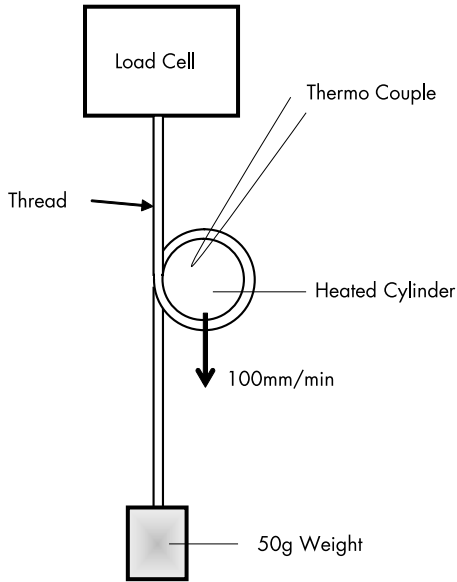


Fig. 1 Measuring method for the friction characteristics of sewing thread

かけて、縫い糸の一端に重り（50 g）を負荷し、また他端をロードセルに接続し、シリンダを一定速度（100 mm/min）で下方へ移動しながら動的摩擦力を記録した。またこの金属シリンダは、電氣的に一定温度に制御することが可能である。

本実験においては、金属シリンダと縫い糸の接触角度は  $2\pi$  rad であり、縫い糸と金属シリンダ間の摩擦係数  $\mu$  は、 $T_1$  を負荷荷重（50 gf）、 $T_2$  を測定摩擦力（gf）としたときに、次式で表されることになる。

$$\mu = (2\pi)^{-1} \ln(T_2/T_1) \quad (1)$$

本研究においては、縫い糸と金属シリンダ間の摩擦特性については、(1) 式による摩擦係数  $\mu$  および負荷荷重に対する摩擦力の比（ $T_2/T_1$ ）に着目した。

### 2-3 縫い糸の縫製可能距離の測定

縫い糸に対する油剤処理効果の評価は、直接的には実際にミシン縫製を行って、縫い糸切れを発生することなく安定的に縫製可能かどうかで行うべきであろう。本研究においては、かなり過酷な条件下ではあるが、Table 1 に示されたような厚地の生地をたて方向に 3 枚重ねしてエンドレスのループ状と

Table 1 Fabric details

Material	Weave	Thickness (mm)	Weight (g/m <sup>2</sup> )	Fabric Count (1/2.54 cm)	
				Warp	Weft
Cotton	Twill	0.62	292.1	103	47

し、静的針糸張力 160 gf、縫製速度 3,560 spm のもとで縫製を行い、縫い糸切断に至るまでの縫製継続可能距離を測定した。なおこの時のボビン糸張力の設定は、針糸張力に対してボビン糸がバランスするようにボビンケースの調子ばねで調整した。

## 3. 結果と考察

### 3-1 縫い糸の油剤処理と摩擦特性の変化傾向

縫い糸と金属シリンダ間の摩擦係数は、まずシリンダの温度条件によって大きく変化した。本研究では、測定温度を常温（25℃）から摩擦係数測定が不可能となる 200℃ 程度まで変化させたが、25℃ から 60℃ 位までは油剤処理条件に関わりなく全試料において、軽い stick-slip 現象が見られた。約 70℃ を過ぎる辺りから、stick-slip 摩擦は消失し始め、約 100℃ を超えた温度域になると、stick-slip 現象は消失し比較的安定な摩擦状態となった。しかし、ここまでの温度域においては、1 次オイル、2 次オイルの油剤量による違いは、明瞭に読み取ることができなかった。

それ以上に温度が上昇した条件下になると、縫い糸と金属シリンダ間の摩擦係数は増大する傾向があり、またオイリングの油剤量による差異が比較的明瞭に現れるようになってくる。Figure 2 に温度をさらに上昇させた場合の各試料の摩擦係数の変化をグラフにして示した。Figure 2-a は、温度条件が 110℃ の場合の摩擦係数の変化であるが、未処理ミシン糸の摩擦係数（0.195）に対して、1 次オイル、2 次オイル処理により明らかな摩擦係数の低下として油剤処理効果が観察される。1 次オイル、2 次オイル別では、1 次オイル処理を行わない場合には、2 次オイルの油剤付着量によって明瞭な摩擦係数の低下傾向が観察できるのに対し、1 次オイル処理が行われると、2 次オイルの影響がやや不明瞭になり、1 次オイルが 8% のレベルでは 2 次オイルの影響はほとんど不明瞭といえる。

Figure 2-b は温度条件が 150℃ の場合であり、

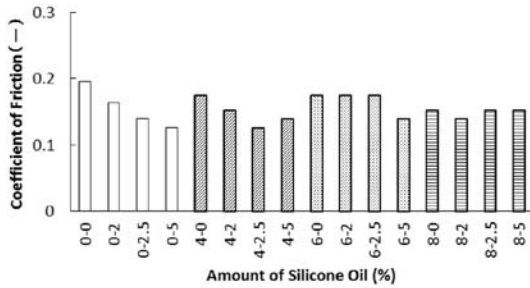


Fig. 2-a A Relation between coefficient of friction and lubricating conditions (110°C)

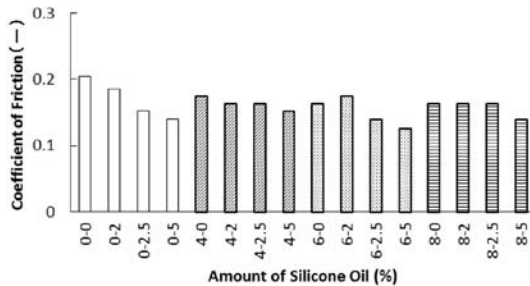


Fig. 2-b A Relation between coefficient of friction and lubricating conditions (150°C)

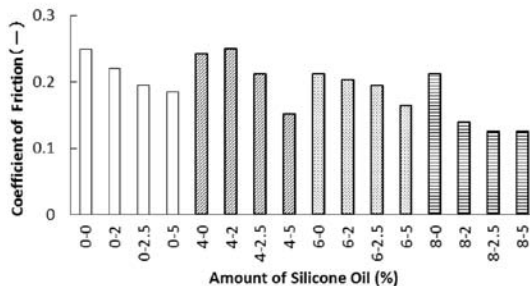


Fig. 2-c A Relation between coefficient of friction and lubricating conditions (190°C)

Fig. 2-c は測定可能な温度域のほぼ上限の 190°C の場合である。温度条件が 150°C の場合には、110°C の場合に比較して未処理のミシン糸を含めて摩擦係数は増加傾向を持ち、2 次オイルの油剤の存在が比較的明瞭に観察されるようになることがわかる。1 次オイル処理を施さない場合の 2 次オイルの効果については 110°C の場合と同様に明瞭に現れている。一方、温度条件が 190°C になると、未処理のミシン糸の摩擦係数は、0.25 にまで増大し、1 次オイル処理をしない場合の 2 次オイル処理効果は相変わらず

きれいな変化傾向を持っているが、最大の特徴は 1 次オイルの油剤効果が極めて明瞭に観察されることである。これまで温度条件が 150°C までには 1 次オイル処理の存在感が希薄であり、2 次オイルのみでも油剤量を適宜選択することにより効果的な摩擦低減効果を得ることが可能とも言えたわけであるが、190°C の高温条件になると 1 次オイル、または 2 次オイルの単独オイリングでは、効果が上がらなくなっていることがわかる。1 次オイルと 2 次オイルの相乗効果が高温条件になると、明瞭になるわけであるが、本研究で行われた油剤処理は、実際の製品においても用いられている油剤であり、1 次オイル、2 次オイルを 2 段階で処理する意味は、高温条件 (190°C) における摩擦係数低減効果で見限り、明らかに意味があるといえる。

### 3-2 重回帰分析による摩擦低減効果の検討

前節で示された油剤処理と摩擦低減効果への影響を、重回帰分析を用いて検討することにした。種々検討した結果、前節では摩擦係数を用いて検討を進めてきたが、本節では目的変数としては  $(T_2/T_1)$ 、すなわち摩擦力と負荷荷重の比（以下、これを摩擦力と呼ぶ）を採用し、説明変数として 1 次オイルと 2 次オイルの付着量  $S_1$ 、 $S_2$  の 2 変数を考えた。したがって重回帰式は、以下のような式となる。

$$T_2/T_1 = AS_1 + BS_2 + C \quad (2)$$

なお上記の重回帰式 (2) において、目的変数に摩擦係数を採用しなかった理由は、温度変化による傾向は同様であったが、重回帰式へのあてはめの精度が、摩擦力を用いた方が高かったことによる。

重回帰分析による重回帰式、自由度調整済み決定係数、1 次オイル、2 次オイルの変数に対する F 検定結果などを Table 2 に示す。まず”自由度調整済み決定係数”に注目すると、シリンダの温度設定により大きく変化していることが分かる。すなわち温度が 110°C の場合には、決定係数は 0.328 で式の当てはまりはよくないが、150°C、190°C と上昇するに伴って、決定係数は大きくなり、特に 190°C では決定係数が 0.657 で、シリンダ温度が高くなると、重回帰式モデルがよく適合してくることが分かる。変数に対する F 値をみても、110°C では 2 次オイルのみが 5% 有意、150°C でも 2 次オイルのみが 1% 有意、190°C で 1 次オイル、2 次オイルともに 1%

**Table 2** Cylinder temperature and multiple regression equation (2)

Temperature (℃)	A	B	C	F-Test		Adjusted R-Square
				S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	
110	-0.019	-0.099	2.909		*	0.328
150	-0.038	-0.135	3.255		**	0.581
190	-0.141	-0.315	4.843	**	**	0.657

有意となり、シリンダの温度変化によりオイルの摩擦への影響（効果）が大きく変化し、有意な効果が発現することが分かる。

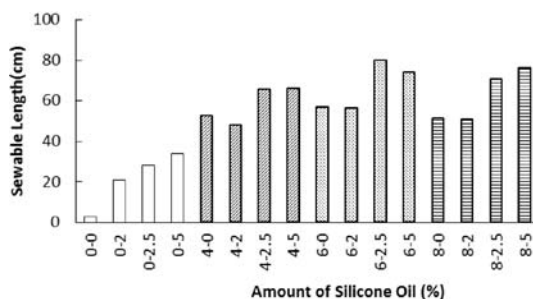
付け加えれば、シリンダ温度 190℃ に関しては、1 次オイル量の二乗値を SS<sub>1</sub> として、S<sub>1</sub> の代わりに採用すると、決定係数は 0.762 となり、重回帰式の当てはまりが更によくなった。この重回帰式を以下に示す。

$$T_2/T_1 = -0.020 SS_1^{**} - 0.315 S_2^{**} + 4.800 \quad (3)$$

以上、シリンダ温度と縫い糸との摩擦係数の変化の関係をまとめると、温度変化全般において 2 次オイルの摩擦低減効果が広く発揮されること、高温域になると 2 次オイルの摩擦低減効果が顕著になってくる点であり、この点からも縫い糸に二種類のオイリングを併用していることは、それなりの意味を持っていると言ってよいであろうことが分かる。付け加えれば、(3) 式においては、1 次オイル変数 SS<sub>1</sub> には 1 次オイル付着量（% 表示）の二乗値を使用しているので、1 次オイルに関しては付着量を増加させると、摩擦低減効果が大きく増進する特性を持っていることも推定できる。

### 3-3 縫い糸の可縫性試験の結果

縫い糸の油剤処理の効果を実際に検討するために、2-3 で述べたような方法で工業用本縫いミシンを用いて縫い糸の縫製可能距離を測定した。各種油剤処理条件のミシン縫い糸を用いた実験結果を Fig. 3 に示した。図からわかる傾向を簡単に述べると、まず油剤処理をしなかった縫い糸 “0-0” は、最も縫製距離が短く、1 次オイル、2 次オイルのいずれのオイリングによっても、縫製距離を延ばす効果があり、シリコーン油剤による処理の有効性が十分に観察できる。1 次オイル、2 次オイル別では、1 次オイルの油剤付着量に対して、縫製距離が比較的にきれいな上昇トレンドを有し、2 次オイルの付着量の



**Fig. 3** A Relation between sewable length and lubricating conditions

対しては量的に縫製距離を延ばす効果は確認できるが、条件によっては逆転しているケースもいくつか存在する。

可縫性実験の結果を定量的に検討するために、ここにおいても重回帰分析を行って検討することにした。目的変数に縫製可能距離  $y$  (cm)、説明変数に 1 次オイル、2 次オイルの付着量（いずれも %）の 2 変数 ( $S_1$ ,  $S_2$ ) として、重回帰式を求めた。ここで摩擦力においては 1 次オイル量として二乗値を用いると、あてはめ精度はよくなったが、可縫性実験では  $S_1$  は二乗値ではないことに注意されたい。

$$y = 5.483 S_1^{**} + 4.599 S_2^{**} + 16.490 \quad (4)$$

1 次オイル、2 次オイル量ともに F 検定の結果は有意水準 1% で有意であり、重回帰式において両変数ともに重要な変数であることが分かる。自由度調整済みの決定係数は、0.780 であり、良好な重回帰式であることが分かる。縫製距離に与える油剤処理効果としての大きさは、F 値や標準回帰係数などから 1 次オイル量が 2 次オイル量よりもはるかに大きな寄与をしていることが示されており、先に示した加熱円筒を用いた摩擦力試験結果との傾向（190℃）とは、1 次オイル、2 次オイルの働きが、いくぶん相違している点が注目される。

### 3-4 摩擦力に関する油剤処理効果と可縫性実験結果の考察

前節の(4)式は、1次オイル、2次オイルともに縫製可能距離による油剤効果を発揮することを示しているが、特に1次オイルの油剤効果の方が大きいことを示唆するものであった。緒言においても述べたように、縫製条件下のミシン縫い糸は、針糸の温度上昇下と、特にミシン針穴部などとの過酷な摩擦環境下により縫い糸へのダメージが与えられ、それが限界に達すると縫い糸破断に及ぶものと考えられる。事実、筆者は縫製におけるミシン縫い糸の強度低下<sup>15)</sup>、外観変化やポリエステルミシン縫い糸の縫製による影響を分散染料の染着量の変化<sup>16)</sup>などにより検討したことがあり、温度環境や機械的環境が縫い糸に少なからず影響を与えることが明らかになっている。

ミシン縫製における針温度の測定実験によれば、ミシン針温度は縫製開始後急上昇し、すぐに安定するが<sup>4)</sup>、条件によっては短時間に合繊の熔融温度以上に達することがある。このような条件の下では、すでに3-1で見てきたように、油剤処理が施されていないならば金属面との間で摩擦力の増大・熔融を招き、容易に縫い糸切断に至るものと推定される。油剤処理が施されていれば、油剤の付着条件に対応した油剤効果、すなわち縫い糸との摩擦力低減効果や熱絶縁的效果が発揮され、縫製距離を増大させることができるようになる。

Figure 4は、油剤処理を全くしていないミシン縫い糸“0-0”の縫製前の外観と生地に縫い込まれた部分から採取された縫い糸の走査型電顕による外観(2種)を示したものである。油剤処理していな

い縫い糸は本実験条件においては、すぐに切断してしまうが、縫製前の縫い糸は整然としたフィラメント糸の外観(Fig. 4-a)であるのに対し、縫い目から分離した縫製後の縫い糸はいずれも縫製により縫い糸が大きくダメージを受けていることが分かる(Fig. 4-b, -c)。いずれの写真からもフィラメント繊維の一部が融解したような形状を呈していることが注目される。本研究における可縫性実験は生地も厚く、このSEM写真からも縫製開始後、短時間でポリエステル熔融温度に達していることが推定される。

ここで注目すべきは、シリンダによる摩擦力(摩擦係数)の結果である。すなわち金属シリンダと油剤処理縫い糸との摩擦特性は、温度が100℃から190℃までの温度上昇において油剤の影響が大きく変化し、1次オイルの役割が極めて大きくなることをすでに明らかにした。先に述べたように本実験における縫製では、針温度がポリエステルの熔融温度(260℃)以上に上昇していることが推定されるので、そのような温度域のもとでは1次オイルの効果もさらに増大するものと期待される。

縫い糸切断により縫製が継続できないという現象に影響を及ぼす因子は、温度だけではなく、例えば張力(縫い糸に作用する力)なども関与すると思われるが、そのメカニズムは複雑であろう。しかし、そうであっても温度が極めて重要な役割を果たしていることは間違いなく、縫い糸に対する油剤処理は、まさにこの温度変化に対する対処的加工であるといえる。したがって、本研究で提案した加熱円筒を使用した摩擦特性の評価法は、油剤処理効果をある程度的確に評価しているものと考えられる。

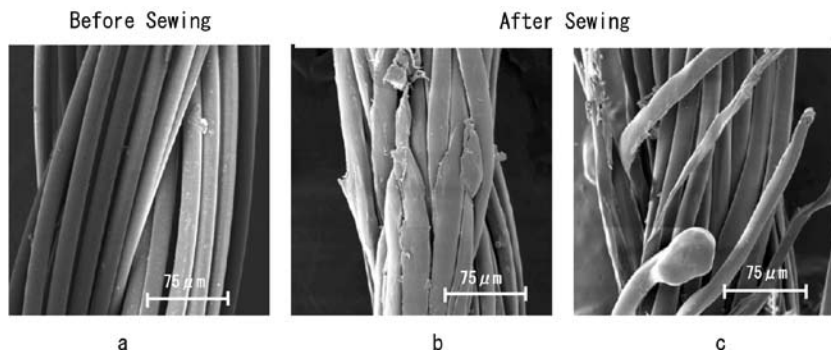


Fig. 4 Appearance of sewing thread “0-0”

本研究においては、測定上の容易さから金属シリンダと縫い糸の接触角度を  $2\pi$  rad に設定したが、もっと高い温度域（溶融温度に近い温度域）で測定することが望まれる。その方策としては、測定時の負荷荷重を検討したり、接触角度をもっと小さくすることが考えられる。これらの点については、今後さらに追究したいと考えている。

#### 4. 結 言

本研究では、合繊縫い糸の可縫性向上には必須な処理である油剤処理に着目して、油剤効果の評価法について一つの提案を行ったものである。ミシン縫製においては針温度が急上昇することに鑑み、温度制御可能な金属シリンダと縫い糸との間の摩擦特性に着目したが、これにより油剤の摩擦特性に与える効果が、ある程度検討できた。本研究で提案された評価法は、油剤処理効果を考えるうえで、極めて意味のある方法であると言えるが、糸切れを発生する温度域（融点に近い温度域）の計測が可能であれば、一層意味のあるデータが得られるものと考えられる。その一つの方法として、評価法における負荷荷重を検討したり、接触角度をもっと小さな条件下で計測することなどが思慮されるが、これは今後の課題としたい。

#### 謝辞

本研究を実施するにあたり、試料としてポリエステルミシン縫い糸の作製と提供をしていただいた谷神善一氏に厚くお礼申し上げます。

#### 参考文献

1) 小林茂雄他編：繊維製品の基礎知識，第2部

家庭用繊維製品の製造と品質，日本衣料管理協会，東京，新訂2版，8（2012）

- 2) 工業用ミシン総合カタログ，JUKI
- 3) PEGASASU NEWS, ペガサスミシン
- 4) 鎌田桂伸：学位論文「高速本縫いミシンの可縫性に関する研究」，東京工業大学，86（1985）
- 5) 石川欣造監修：新アパレル工学事典，繊維流通研究会，大阪，417（1994）
- 6) Harald L., Elena S., and Ulrich E.: Melliand Textilber, *Int. Text. Rep. Ger. Ed.*, **87**, 383 (2006)
- 7) 島崎恒蔵編著：衣服材料の科学，建帛社，東京，3版，48（2013）
- 8) 石川欣造監修：新アパレル工学事典，繊維流通研究会，大阪，119（1994）
- 9) 尾上正行，河井勇二：神奈川県織工指，**25**, 23（1980）
- 10) Onoue M. and Kawai Y.: *Sen-i Gakkaishi*, **38**, T235（1982）
- 11) Sandoz Chemical Corp.: *Am. Dyest. Rep.*, **75**, 24, 39（1986）
- 12) Poppenwimmer K.: *Chemiefassern/Textillind.*, **37**, 158, 160（1987）
- 13) 日本工業規格：JIS L 2511-2006「ポリエステル縫糸」，日本規格協会，東京（2010）
- 14) 岩崎振一郎編著：繊維要論，共立出版，東京，初版，104（1965）
- 15) 島崎恒蔵：織消誌，**19**, 116（1978）
- 16) 島崎恒蔵，中野喜久子他：繊維学会年次大会講演要旨集，199（1983）