

## 刺繍ミシンにおける縫糸切断機構

鎌田佳伸・宮川昌子・渡辺 瞳・箕輪真理子・江端美和

生活環境学科 材料物理研究室

Mechanism of Needle Thread Breakage in Embroidery Sewing Machine

Yoshinobu KAMATA\*, Masako MIYAKAWA\*, Hitomi WATANABE\*,  
Mariko MINOWA\* and Yoshikazu EBATA\*\*

\**Department of Human Environmental Sciences, Jissen Women's University,*

\*\**Janome Sewing Machine Co., Ltd.*

The mechanism of needle thread breakage during machine embroidering was investigated using a lotus pattern. Polyester embroidery thread with a higher twist is more difficult to break. Embroidery threads such as acrylics which break easier are made stronger through processing by which paraffin is added. When compared to lighter colored threads such as beige and white, darker colored threads such as black and purple showed a tendency to break more easily. The cause of thread breakage was investigated through analysis of needle thread tension wave profiles. There are two scenarios whereby a thread becomes broken. The first is estimated from the disorder of the needle thread tension wave profile. It is thought that first the thread becomes untwisted, allowing a portion of the needle thread to get caught and broken by the hook of the hook race which ultimately results in the entire thread becoming severed. The other thread breakage scenario is implicated by the disappearance of the peak tension from the needle thread tension wave profile. As the tip of the needle passes through fabric that has already been embroidered with multiple layers of thread, the needle thread is pulled taut and prevented from entering the fabric to cause the thread to break. In such cases, only a short amount of thread is left remaining on the underside of the fabric.

Key words : embroidery 刺繍, embroidery thread 刺繍糸, tension 張力, sewing machine ミシン, thread breakage 糸切れ

### 1. はじめに

一針一針丁寧な手作業で美を形成する手芸や刺繍芸術は今も脈々と受け継がれているが、その一方で能率化の道具としてミシンが利用され、更にはミシン機能とコンピュータ機能が合体した精密、高速化、高機能化と各種の専用機が作られている。ミシンによる縫いは縫合を目的にしたものと装飾を目的にしたものの2つに大きく分類される。縫合を目的とした縫いは本縫いと環縫いに大別される。刺繍ミシンは後者の装飾を目的としたミシンである。刺繍ミシンでの縫いは縫合を目的とした本縫いと同じ構成である。

ミシン刺繍では刺繍作業中に糸切れが発生することがある。刺繍は基布に刺繍糸を縫いこんで行くが、そ

の過程において糸が多層に重なり合う場所が存在する。したがってミシン刺繍は、通常の縫製と比べて糸が布に入り難く糸の負担が大きくなることが予想される。そして、糸切れの発生原因として糸強度や撚り戻り、縫い方向、引抜摩擦など様々な要因が考えられる。しかし、縫糸メーカーやミシンメーカーにおいても特定されていないと言われている。

本研究ではミシン刺繍による糸切れの原因と機構を明らかにすることを目的としている。まずは糸切れ現象の実体を調査し、その糸切れの原因究明の手段として上糸張力測定器を試作し、張力波形の解析から、糸切れの原因を究明した。

なお、刺繍ミシンに関する従来の研究には、サテン

縫いの運針データ生成のアルゴリズム<sup>1)</sup>、デザイン表現と刺繍の技法との関係の体系化<sup>2)</sup>、ニットの刺繍欠点<sup>3)</sup>、の報告が見られるのみと思われ、糸切れに関する報告は見られない。

## 2. 実験

### 2.1 使用刺繍マシン及び刺繍パターン、針、基布

実験に使用した刺繍マシンはジャンメモリークラフト 10000 (図 1)、針は# 11 のオルガン針、基布には厚さ 0.75 mm のデニムを用いた。使用した刺繍パターンは糸切れの発生が出やすいと言われる蓮のパターン (図 2) である。また、実験に用いた刺繍糸を表 1 に示す。刺繍糸は 4 メーカー 6 種を使用し、それぞれ T、F、R、G、T-M、G-M と記号で示す。T-M、G-M には糸をパラフィン溶かした液層の中に通過させ浸透させる加工 (これを M 加工とする。) が

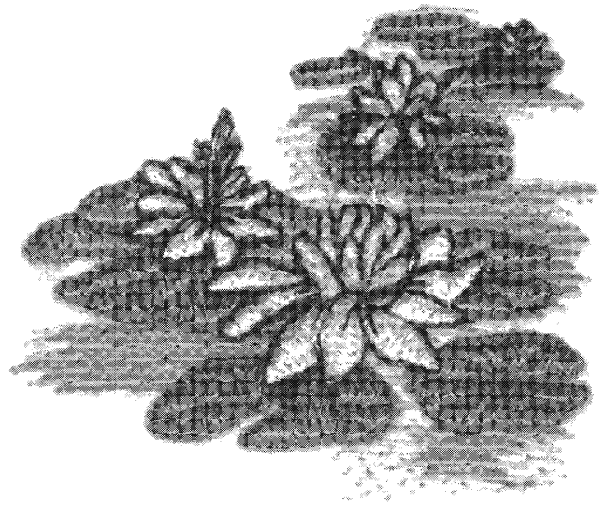


図 2 蓮の刺繍パターン

施されており、この加工の効果によって糸の撚りが戻りにくく、また糸が擦過されてもぼらつきにくい糸になっている。G は多頭刺繍マシン用刺繍糸である。

表 1 刺繍糸の諸元

糸種 (記号)	材質	撚数	糸の太さ (tex)	色
T	A	120	32	黒、他 15 色
F	P	152	40	黒
R	P	156	31	黒
G	P	86	40	黒
T-M	A	147	44	黒
G-M	P	91	33	黒

-M はパラフィンを含浸させた糸、A...アクリル、P...ポリエステル、G、G-M...機械刺繍糸

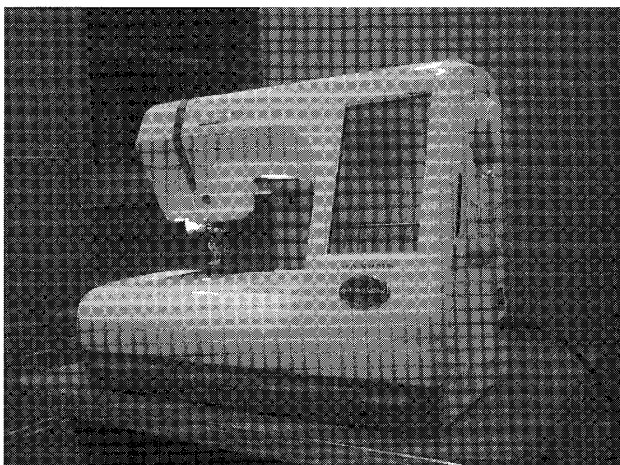


図 1 刺繍マシン (ジャンメモリークラフト 1000)

### 2.2 実験方法

実験は、糸切れの実態調査と糸切れの機構調査の 2 種類である。

#### 2.2.1 糸切れの実態調査方法

糸種 T の 15 色を用いて、図 2 のパターンを刺繍し、色別による糸切れの実態を調査した。また、糸種別による糸切れの実態を調査した。色別、糸種別ともに繰り返し回数は 5 回とした。そして糸切れの切断面、またその付近の観察を顕微鏡で行った。

#### 2.2.2 糸切れ機構の調査方法

糸切れ機構を調査する方法として糸切れに際して発生するであろう上糸張力の変化を利用した。そのために上糸張力の測定器を試作した。張力検出はカンチレバー方式で、センサには半導体ひずみゲージ (2 ゲージ法) を用いた。記録にはポータブルメモライザ 7 G 01 (日本電気三栄) を用いている。張力検出器の設置に際しては、通常の刺繍作業時に対する上糸の走行経路の変化を極力少なくなるように配慮した。

#### 2.2.3 刺繍糸の物性調査

6 種の糸の物性 (撚り数、糸の太さ、引張強度、擦過による損傷の状態、擦過糸の引張強度、擦過損傷による強度低下) を調べ、糸切れとの関係を考察した。糸は各糸種の黒糸と T の白糸を使用した。

撚数は、測定に検ねん器を使い、各糸 25 cm を測

定した 5 回の平均とした。糸の太さは 10 m の各糸の重さをはかり、見かけのテックス値を算出した。強度測定にはテンシロン万能引張試験機を使用し、JIS-1095 の方法に準じて測定した。繰り返しは 5 回とし、測定は、つかみ間隔 20 cm、200 mm/min の引張速度で行った。糸の擦過は各糸をミシンの針棒と滑車間に刃を置き、糸を針棒から滑車に渡らせ糸を引く方法で行った。その糸を顕微鏡で観察し、擦過させる前の糸と比較して擦過による損傷の程度をみた。糸が刃に当たる時の角度が 165° と 170° の 2 つの場合において調査した。擦過損傷による強度低下は擦過前の引張強度と擦過後の引張り強度の比から算出した。

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1 糸の色と糸切れとの関係

糸種 T の 15 色を用いて、色別による糸切れの実態を調査した。その結果を図 3 に示す。本来の刺繍は色糸を交換しながら行うが、ここでは図 2 のパターンを用いて単色で刺繍を行った。図から明らかなようにすべての測定において完成針数 (8,010 針) 以内で糸切れが発生した。糸切れに関わる色の影響としては、黒、紫に代表される濃色の糸は糸切れしやすく、ベージュ、白等の淡色の糸は切れにくいといった傾向が少なからず見られた。針数が 3820 針付近で糸切れが多発している。その場所は両者ともに刺繍糸が多層に重なる場所であった。

#### 3.2 糸種と糸切れとの関係

3.1 項と同様のパターン刺繍において、糸種別によ

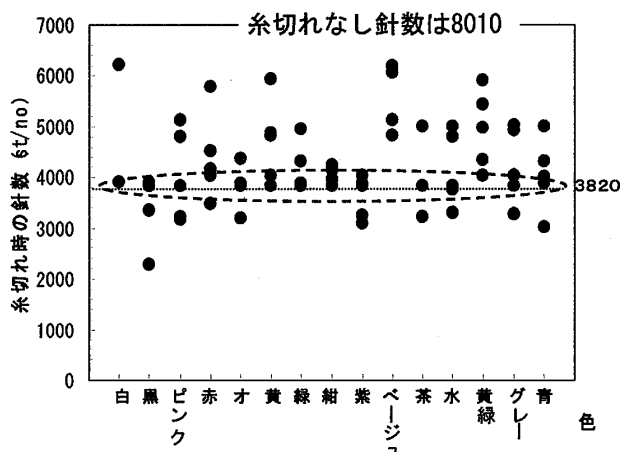


図 3 色別糸切れ分布 (糸種: T)

る糸切れ分布を平均値で図 4 に示す。図において、R と F を用いた場合にはほとんど糸切れが起こらずに最後まで刺繍することができた。T と G を用いた場合には完成針数の半分程度の針数で糸切れが発生した。よって、R、F は糸切れしにくく、T、G は糸切れしやすい刺繍糸であった。G を別にすれば、(R と F) と (T) は素材が違う。前者はポリエステルで後者はアクリルである。この素材の強度の違いが糸切れに関わっていると推測される。一般に光沢はアクリル刺繍糸がポリエステル刺繍糸に勝るにも関わらず、刺繍糸としてポリエステル素材が使われる理由がこの高い強度にあることが理解できる。

ところで、同じポリエステル素材である G は (R と F) に比して糸切れしやすいという結果が得られている。この理由は G の低撚数にあると思われる。刺繍糸 G は表 1 に見られるように (R と F) の半分程度の撚数しかない。撚数が少ない方が糸の光沢は高くなるためにとられた加工方法と思われるが、そのために刺繍時に糸切れしやすくなっていると思われる。

次に M 加工について考えてみる。T と T-M、また G と G-M を比べると、両者共に M 加工により糸切れしにくくなっている。これは、パラフィンを含浸させる M 加工の効果、つまり糸の撚り戻りを防ぐ効果、また糸が擦過によってばらつくことを防ぐ効果によって糸切れしにくい刺繍糸になったものと思われる。糸の撚り戻り、擦過が糸切れの原因に深く関係していることも示唆された。このような加工は糸切れし難くさせるが、一方において糸の光沢を低下させるために刺繍糸としては採用され難いようである。

#### 3.3 顕微鏡による切断面の観察

本縫いミシンにおける縫糸の切断には熱に起因する溶断と機械的な切断との 2 種類がある。本刺繍におけ

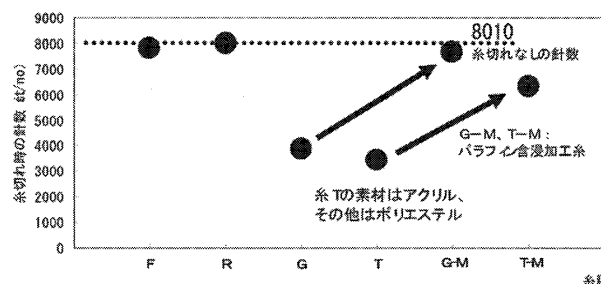


図 4 糸種別の糸切れ (糸の色は黒色を使用)

る顕微鏡による切断面の観察の結果では、すべての糸切れに溶断はみられず、機械的に切断されているように観察された。色別の糸切れの実態が濃色の糸が糸切れしやすい傾向であったため、基布と布、または糸と糸との摩擦熱による切断の可能性が考えられたが、摩擦熱に起因した切断とは認められなかった。また切断の痕跡の多くは布の裏面にわずかな糸を残すものであった(図5)。その時の糸の切断面は図6の例図に見られるようにシャープに切断されていた。単純な引張破断であれば力が糸に平均的にかかり、糸の弱い場所で糸切れが発生するため切断場所が一定にはならない。よって単純な引張破断が糸切れの原因とも認められなかった。また糸切れには至らなかったのだが、擦過によって糸が部分的に切断され針の運針が自動的に止められた場合もあった(図7)。M加工の糸が未加

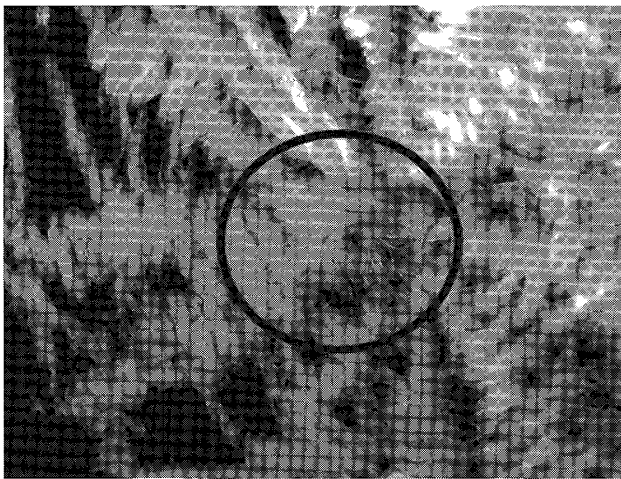


図5 布裏面に見られる糸の切断部分の例  
(円内にわずかに糸端が残る)

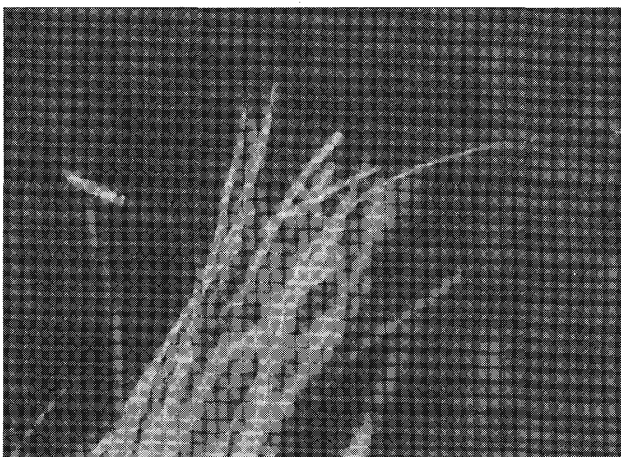


図6 糸の切断部分の状況の例

工の糸より糸切れしにくいこともふまえると、擦過により糸が部分的に切断され、ばらついた糸が布面で糸抜けを阻害し糸詰まりが起ることによる切断の可能性が高いと考えられる。

### 3.4 糸の物性と糸切れとの関係考察

図8に糸の物性と糸切れとの関係を示す。糸切れに関してはR、Fは糸切れしにくく、T、Gは糸切れしやすいという結果であった。糸切れしにくいR、Fは撚数が多く擦過損傷が少ない(擦過強度比大)という特徴を有する。また逆に糸切れしやすい同素材のGでは撚数が少なく擦過に対する損傷が大きい(擦過強度比小)。撚数が多いと繊維同士の絡みが強くなるので擦過損傷が少なくなると考えられる。また糸の太さと引張強度は糸切れのしやすさとの関係性を見いだせなかったため、糸の素材が同じであればこれらは糸切れの要因にはならないと思われる。

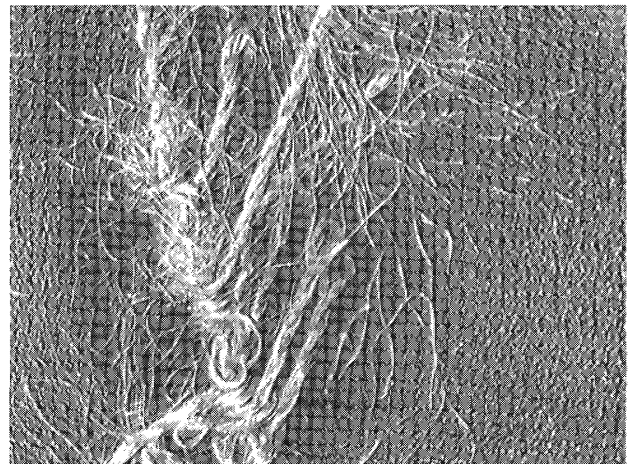


図7 色の部分的切断

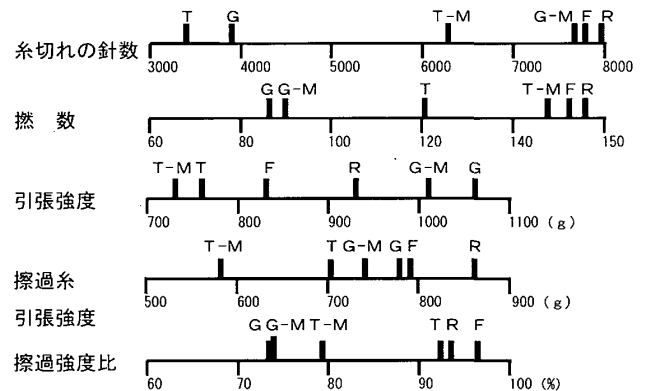


図8 色の物性

T に関しては撚数も比較的多く、擦過に対する損傷も少ないという R、F に類似する特性を持っているが糸切れしやすい糸であった。擦過が糸切れの要因であるという考察が正しいのであれば、それはアクリル糸では、ポリエステル糸と同じように擦過によって糸が損傷し、布面で糸抜けが阻害されても、引張強度にみられるように素材自体が弱いため、ポリエステル糸であるなら耐えられる場合でも糸切れに至ってしまうのではないかと思われる。

### 3.5 上糸張力による糸切れの検討

#### 3.5.1 張力波形

正常な刺繍時の張力波形の例を図 9 に示す。上軸回転角  $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$  でミシン 1 サイクルである。 $0^{\circ}$  が針棒上死点、最大のピーク張力は約  $60^{\circ}$  で天びん上死点となる。上糸切れの観察から上糸切れに 2 つのパターンが認められているが、その一つは布裏面にわずかに糸を残した糸切れであり、もう一つは糸の部分的な破断に起因する糸切れである。

#### 3.5.2 布裏面にわずかに糸を残した糸切れ

この糸切れ (図 5 と図 6 参照) は布面上にわずかに糸を残した様式である。正常時の張力波形図 9 と比べると、図 10-(b) の C 部にあるべきピーク張力が消滅しているため、糸切れが発生していることが分かる。図の波形から、 $140^{\circ}$  付近 (図 10-(b) の B 部) の張力の消滅から、この部分で糸切れが発生していると推測される。この  $140^{\circ}$  付近は、丁度針が布を通過するタイミングである。その時の状況をモデル図 10-(a) に示す。この糸切れした部分は刺繍糸が多層に重なっている部分であった。縫い込まれた糸が多層に重なって

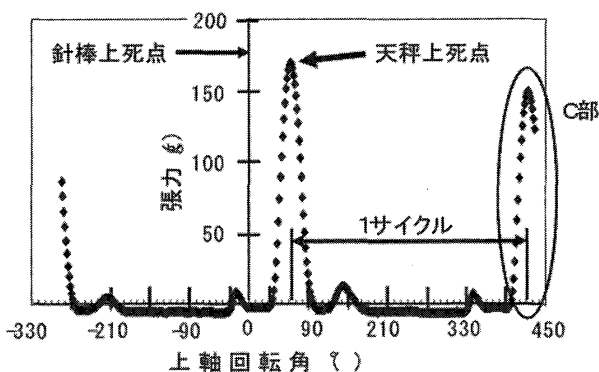


図 9 正常な張力波形 (約 300 spm)

いる布中を針先端部分が通過する時に上糸が締め付けられて、上糸が布に入っていくのを阻止され、切れてしまったと考えられる。このように上糸が布に入ったところで切断するために布の裏面に残された切断糸が短いこととなる。

また、図 11-(b) の張力波形の糸切れは上記の糸切れと同様の現象と見られるが、張力波形との対応からして糸切れが発生しているのは、 $240^{\circ}$  付近である。この  $240^{\circ}$  付近は、針が布を抜ける時である。この場合のモデルを図 11-(a) に示す。この様式の場合には、かまの剣先に糸が捉えられて引き込まれて行く過程において、上糸が多層に縫い込まれた糸によって拘束され、固定されてしまう。しかし、上糸の引き上げは行われるために、糸切れが発生することになる。このパターンの場合、上糸がゆるんだ状態であるために、張力波形の変化が出にくい場合があるが、糸切れの状況からこのような機構で糸切れが発生しているものと考えられる。

このパターンの糸切れが発生する過程を考えると、糸切れの回避には針穴部分の構造が非常に重要になる。上糸の引き込みが行われる際に針穴部分に溝がないために上糸が拘束されやすい状態になり、糸切れが起こりやすくなると思われる。したがって、針穴部分に溝があれば、上糸が拘束されることはなく、糸切れを回避できる可能性があると考えられる。

このことを検証するために、#11 の針で針穴部分に溝のある針を用いて追加実験を行ったところ、切断する針数が 6000~7000 針と高くなった。よって、このことに関わる上糸切れは針の先端構造を改良することで防止できることがわかった。

#### 3.5.3 糸の部分的な破断に起因する糸切れ

これは糸の撚り戻りが起こり、カマの剣先が上糸を割って入る等の作用により、上糸の一部が破断した後、しばらくしてから糸全体の上糸切れに至ると考えられる場合であり、波形の乱れからそれが推測される。図 12-(b) にその時の張力波形の例を示し、図 12-(a) に針先が糸を割って入る状況のモデル図を示した。

### 4. まとめ

刺繍糸は淡色の方が濃色より比較的糸切れし難い。素材がポリエステルで撚りが多い刺繍糸は糸切れし難

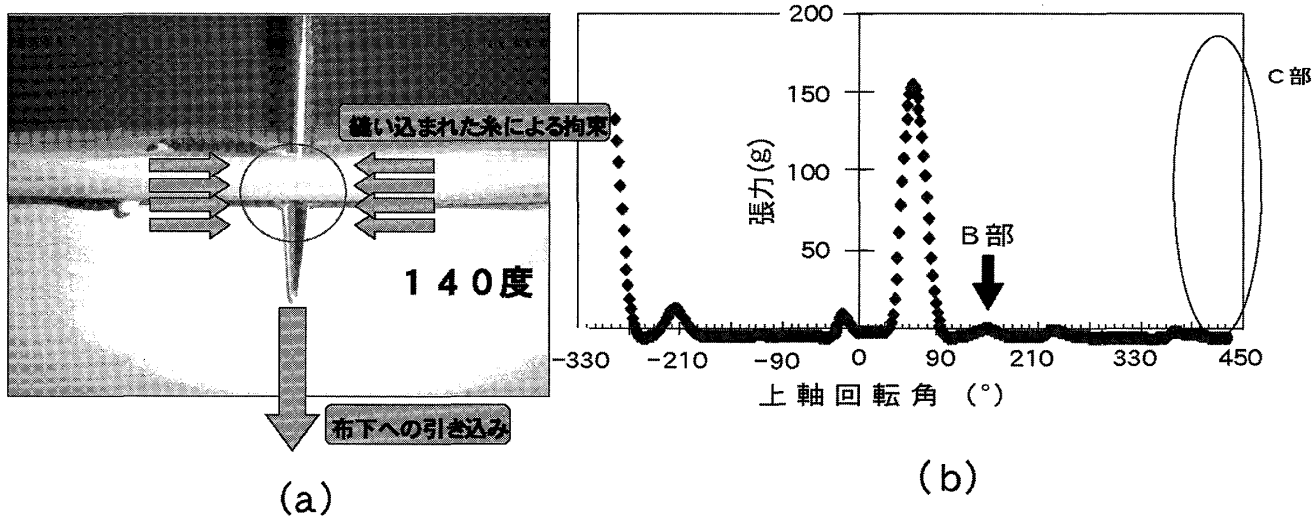


図10 針の貫入時の糸切れ (140°付近)

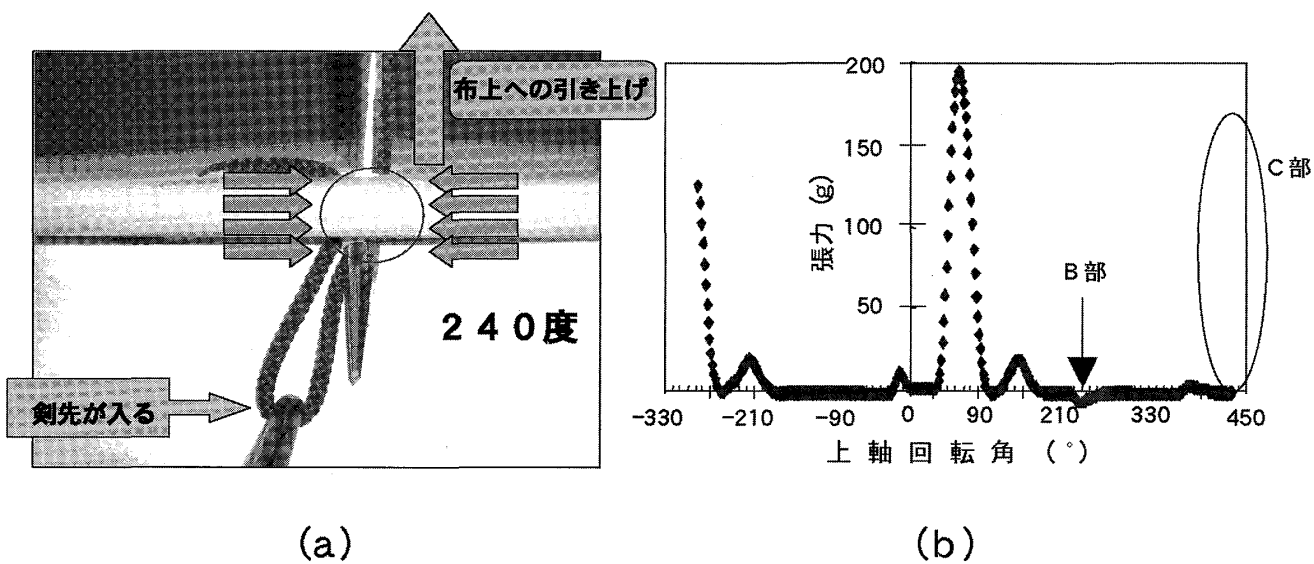
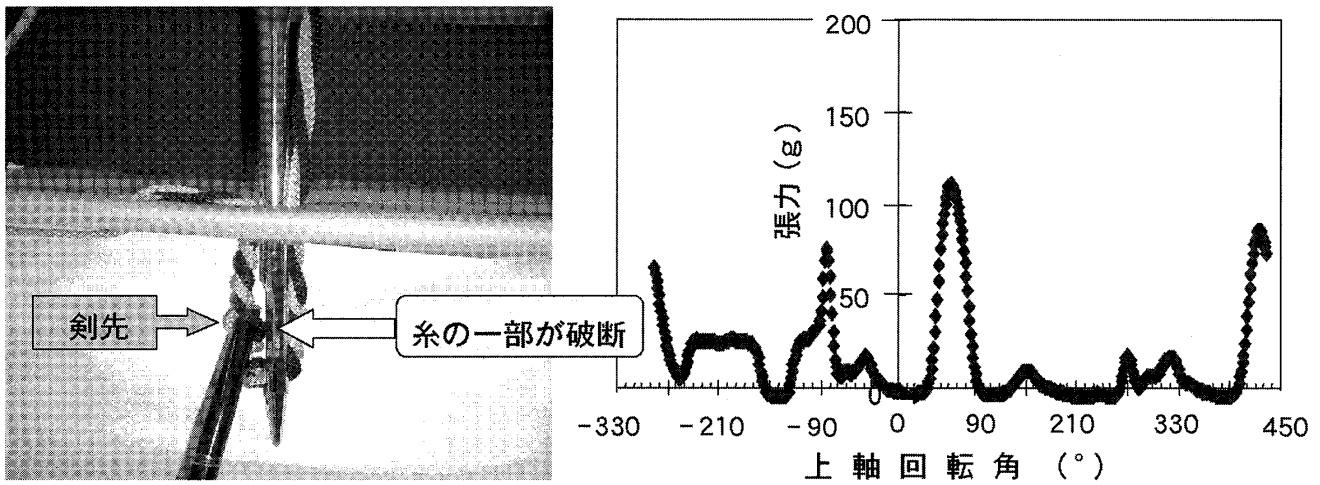


図11 針が布から抜ける時の糸切れ (240°付近)



(a)

(b)

図 12 糸の部分的な破断による糸切れ

い。刺繍糸にパラフィンを含浸させると刺繍糸は強くなる。糸切れには二つの形態がある。布の裏面に残された切断糸が短い場合は、縫い込まれた糸が多層に重なっている布中を針先端部分が通過する時に切れてしまうと考えられる。また、カマの剣先が上糸を割って入ることにより糸切れに至ると考えられる場合もある。

### 謝辞

刺繍ミシンのご提供を頂いた蛇の目ミシン工業株式会社に深甚なる謝意を表します。

### 文献

- 1) Fan J, Leeuwner W, Hunter L; Text Res J, 67, No. 2, 137 (1997)
- 2) Fan J, Leeuwner W, Hunter L; Text Res J, 67, No. 4, 258 (1997)
- 3) 木村勝典, 門脇互, 吉川良子; 鳥取県工業試験場研究報告, No.18, 67 (1996)