本縫ミシンにおける上糸張力と上糸移動量の同時計測法

鎌田 佳伸*, 加藤 豊文**, 小田 拓也***
坂本 勝之****, 安藤 幸広****, 稲田 雅巳****

Simultaneous Measuring Method of Needle Thread Tension and Needle Thread Movement for Lockstitch Sewing Machine

Yoshinobu Kamata*, Toyofumi Kato**, Takuya Oda***
Katsuyuki Sakamoto****, Yukihiro Ando****, Masami Inada****

Abstract

Understanding of general mechanism of the needle thread tension and the movement of the needle thread drawn out of the tension disc during a stitch formation is indispensable for performance of an excellent sewing. We propose a new simultaneous measuring method of them in high speed sewing with an industrial single-needle lockstitch sewing machine. Two detectors for measuring needle thread tension were installed between the left arm thread guard and the needle bar connecting the stud thread guard, and between the right arm thread guard and the bending thread guard, respectively. The needle thread tensions are detected by sensing the deflection of a cantilever beam using semi-conductor strain gages. A laser feed monitor, manufacturing by Keyence Co., Ltd., model FC-2000 was used for measuring needle thread movement. The sensor head was installed on the sewing machine being out of contact with the machine. Needle thread movement was measured by using a rotating ring which moved with the needle thread because it was impossible to measure the thread movement directly. The ring and the ring holder are made of acrylic plates. Silicon oil is slightly supplied between them to reduce frictional force. The ring has 20 mm in outer diameter and only 0.1 g of weight, so it seems to be possible to neglect inertia force of the ring. The tension waves and the movement wave are recorded simultaneously with the marker signals generated at the upper dead point of the needle bar.

(Received Oct. 7, 1997)

(Accepted for Publication Jan. 14, 1998)

1. はじめに

一般に、ミシンは2枚以上の布を縫糸をもって繋ぎ合わせる機械である。しかし、単に繋ぎ合わせれば良いかというと、そうではなく、繋ぎ目(縫目)のきれいさが商品価値から要求される。高速でミシンを稼働させると低速でミシンを稼働させた場合に比して縫目のきれいさが損なわれる傾向にある。それゆえ、工業用本縫いミシンは毎分5000針程度の高

速で稼働するものが製造されているにもかかわらず、実際の縫製作業ではそれよりかなり低い速度で使用されている現状にある。

縫製作業において、上糸は一針ごとに順次縫い込まれてゆく。そのために天秤の引き上げ時に上糸量が不足するので、上糸張力が発生する。そして、その張力によって下糸を布中に引き上げ、縫目を締め、そして糸調子皿から新たな上糸を引き込む(この引き込む上糸量を上糸移動量と呼ぶ)。そしてさ

*会員, Member, 香川大学教育学部, Faculty of Education, Kagawa University, 高松市幸町, Saiwaicho, Takamatsu, Kagawa,
会員, Member, 東京農工大学工学部, Faculty of Technology, Tokyo University of Agriculture and Technology, 小金井市中町, Nakacho, Koganei, Tokyo, * 東京農工大学工学部, Faculty of Technology, Tokyo University of Agriculture and Technology, 小金井市中町, Nakacho, Koganei, Tokyo, **** アイシン精機㈱, Aisin Seiki Co., Ltd., 刈谷市朝日町, Asahi-machi, Kariya, Aichi

らに送り作用によって上糸と下糸の交絡点の布中の位置が決まる。これらの過程において、その上糸移動量の安定していることが均質で良好な縫目形成にとって大切なことはいうまでもない。しかし、縫糸消費量（被縫製布の1針ごとの縫糸量）の測定¹⁾では、連続する縫糸消費量は不規則に変動していると報告されているし、我々の予備的調査でも同様な結果を得ている。しかし、その変動の発生原因についてはわかっていない。また、その対策も見出されてはいない。我々は、その原因究明のためには少なくとも上糸に発生する張力と移動量との関係を調べることが必要であろうと考える。前に写真技術を用いて上糸移動量を測定し、かま抜け時に発生する特別大きな上糸張力が上糸移動を発生させている事実を明らかにした^{2,3)}。しかし、この場合には、ミシン1回転中の固定されたある区間内の移動量を調べるとどまったため、上糸張力と上糸移動量の詳細な対応関係を知るには至らなかった。

従来から、上糸の張力測定に関するいくつかの報告⁴⁾はある。上糸の移動量の計測に関しては、上記の文献³⁾以外の報告には回転角度計を用いた報告^{5,6)}はあるが、検出器である回転角度計の慣性力の影響を考慮するとごく低速しか適用できないものと考えられる。なお、実用性が期待されるものとしてレーザドップラー流速計の利用が考えられるが、その報告例は見られない。我々は、レーザドップラー流速計に比して1/10程度の費用で利用できる、すなわち、比較的安価であるレーザフィードモニタ（レーザ測長・スピード計、キーエンス製）を利用した上糸移動量の測定方法を考案した。その結果、上糸張力と上糸移動量の連続同時計測が可能なシステムを構築することができた。本報告では、その構築した上糸張力と上糸移動量の同時計測システムについて報告する。

なお、本報で用いる用語「上糸張力」と「上糸移動量」について明確化しておく。上糸張力とは、稼働中の上糸に発生する張力であり、その値は測定場所により異なる。上糸張力の中で、特に、天秤上死点付近で発生する張力波形のピーク値は、布締め時の張力であるので、引締張力と呼び、上糸がかま止め部と内がま押さえの爪を抜けるときに発生する張力のピーク値をかま抜け張力、そして上糸がかまの最下端を通過する時に発生する張力のピーク値をかま越し張力と呼ぶ。上糸移動量とは、糸調子皿から縫目形成側へ引き入れられる上糸量である。特に、

ミシン1サイクルの上糸移動量を総上糸移動量、布締め時を引締上糸移動量、かま抜け時をかま抜け上糸移動量、そしてかま越し時をかま越し上糸移動量と呼ぶ。なお、上糸移動量はミシン稼働中に1針ごとに糸調子皿から引き入れられる上糸量であり、被縫布に存在する上糸消費量の個々とは必ずしも一致するとは限らないが、平均値としては対応するはずである。

2. 測定方法

2.1 上糸張力の測定法

上糸張力の測定には、半導体ひずみゲージをセンサとするカンチレバー方式を用いた。測定位置は天秤と針の間および天秤と糸調子皿の間の2か所であり、前者で測定される張力を T_a と呼び、後者を T_b と呼ぶ（図1）。張力 T_a は縫目形成に直結する張力で、張力 T_b は糸調子皿における上糸の把持に関する情報を与える張力である。なお、ミシンと張力検出器との間に防振ゴムを挟み、ミシンの振動によるノイズ対策を行った。また、電気的なノイズ対策としてメモライズに取り込まれるまでの配線に高周波シールドを施した。本張力検出器の固有振動数は、

Fig. 1 Install of needle thread tension detectors and the needle thread movement detector

2-1 Assembly diagram of the needle thread movement detector

2-2 Ring and ring holders

Fig. 2 Detail of Needle thread movement detector

Taで15,600Hz, Tbで8,100Hzであった。追従周波数を固有振動数の3分の1と考えると, 3,600spm回転のミシンにおいては, Taでおおよそ4度, Tbでおおよそ8度である。これより低速の場合には速度に比例して追従周波数は小さくなる。

2.2 上糸移動量の測定法

本報告の主体は上糸移動量の計測法にあるので, その方法について次に詳細に述べる。

2.2.1 上糸移動量の測定代替器

上糸の移動量の検出に上糸の移動(走行)の代替として回転リングを利用した。その構造を図2に示す。図2-1は組付図で, 図2-2にリングとリング受けの分解図を示した。リングの外径は20.7mm, 内径は20.4mm, 幅は1.25mm, 重量は0.11gである。リングとリング受け(A)は透明アクリル製, リング受け(B)のみはテフロン製である。リングの回転摩擦の増加は上糸張力の増大につながるため, 張力測定に影響を与える。そのため, 加工面を研磨し, 可能な限り回転抵抗の低減に努めた。ただし, 測定用レーザ光の通過防止のためリングの片面は塗料で着色した後に研磨してある。リングとリング受け(A)の潤滑にはシリコンオイルを使用した。また, リングの回転慣性力を抑えるために極力軽量化をはかった。これらの処置により, かま抜け移動などの

微小移動にも対応することができるものとなっている。なお, リングの外周には幅0.5mm, 深さ0.5mmのV字型の糸の走行溝が掘られている。

2.2.2 リングの回転検出

上糸の移動を代替するリングの回転検出にはレーザフィードモニタ(株式会社キーエンス製, 型名: FC-2000)を用いた。その測定原理はレーザ光の反射イメージをCCD素子で取り込み, そのイメージが次のサンプリング時まで移動した位置との比較から, サンプルの移動距離を計測するものである。光源には波長780nmの半導体レーザが用いられている。その仕様性能は, 照射距離5~40mmの範囲で, 移動速度4m/sまでの対象物を, 移動距離に対して±0.5%精度で測定することができるとされている。

2.2.3 上糸移動量測定器の設置

上糸移動量測定器は, 上糸移動量の測定代替器とレーザフィードモニタとで構成される(図2-1)。そのミシンへの設置状態は図1に示されている。プリテンションに取り込まれた上糸はリングに導かれ, リングの外溝を一周巻き付かされた後, またプリテンションに戻される。糸の移動はリング側面の動きで代替される。なお, レーザ光のヘッドはリング側面に対して約6度の傾きを持って取り付けられている。レーザフィードモニタは直線移動を測るものであるため, 本実験のように回転体側面の移動を測定するには厳密な意味では適していない。偶然ではあるが, レーザヘッドの取り付け角によって測定結果が変わることを知り, それを利用したキャリブレーションを行った。すなわち, 一定速度で回転するモータで上糸を巻き取り, モニターの示す速度とモータの周速とが一致するようにレーザ光の角度を調節した。角度の調整ありとなしの2種類のキャリブレーションの結果を図3に示す。

2.3 上糸張力と上糸移動量の同時測定システム

2.3.1 計測システムの構成

計測システムの構成を図4に, 使用機器の一覧を表1に示す。上糸張力測定器は防振ゴムを介してミシンに固定されているが, 上糸移動量測定器はミシンに接触していない。レーザ照射ヘッドで検出された上糸移動量データはアンブユニットの内部で処理され, アナログ変換機に送られる。そこでアナログ電圧に変換された後, メモライザに取り込まれる。上糸張力Ta値とTb値もメモライザ内蔵のひずみ

Fig. 3 Calibration curve

Table 1 measuring instrument

Photo-electric synchronizer	PS-1A	Sugawara Laboratory Co., Ltd.
Stroboscope	PS-240	
Lamp house	PL-240	
Memorizer	7G01	NEC San-ei Instruments, Ltd.
Laser feed monitor	FC-2000	Keyence Co., Ltd.
Analog pulse unit	FC-500	

変換器を通してメモライザに取り込まれる。また、メモライザには同時に上軸回転角度信号（マーク信号）が取り込まれる。マーク信号は、光学式シンクロナイザのトリガにより針棒上死点の上軸回転角度

で発光するストロボスコープのランプハウス前に取り付けられたフォトランジスタに誘起する電圧信号である。なお、マーク信号の発生にストロボスコープを用いた理由は、本研究では使用していないが、任意の上軸回転角度でストロボスコープを発光させ、それにスチールカメラを連動させて高速で動く糸の挙動の観察等を行うことができるシステム構成とするためである。メモライザに取り込まれた上糸張力と上糸移動量のデータは、マーク信号により角度に対応した張力波形として処理される。使用したメモライザは1ch当たりのメモリが16kwであった。本研究では、上軸回転角の約1度ごとに、すなわち、1縫目当たりおよそ360データを採取することとした。この結果、44（ $\approx 16000/360$ ）縫目数程度の連続測定ができる。

2.3.2 データ処理

メモライザに取り込まれたデータはフロッピーディスクに落とされ、本研究用に作成した処理プログラムを用いてパソコンにより処理される。その処理内容は、次に述べる上糸移動量データの位相補正やマーク信号を用いた自動分割、さらに、要求による波形の拡大・縮小表示やピーク値の自動切り出し等ができる。

1) 上糸移動量データの位相補正

レーザ照射ヘッドから検出された上糸の移動量のデータは変位測定器（レーザフィードモニタ FC-2000）と D-A 変換器（アナログパルスユニット FC-500）を経てメモライザに取り込まれる。メーカーの説明によると、①FC-2000内部でのデータサンプリングが0.1ms でなされているので、この過程で位相が遅れる。②データが FC-2000 から FC-500 へ RS-232C により送られる過程で1.0ms 位相が遅れる。さらに、③FC-500 内でアナログ電圧に変換するときに0.2ms 位相が遅れるとのことであった。したがって、本システムではデータサンプリングでの位相の遅れを平均して0.05ms として、合計1.25ms の位相補正を行った。この位相補正では、データサンプリング時間において $\pm 0.05ms$ の誤差が存在する。この誤差はミシン速度が3600spm のと、上軸回転角でおよそ1度になる。

3. 結果および考察

3.1 測定事例

ミシン条件および被縫布と縫糸の条件は表2の通

Fig. 4 Measuring system

りである。糸調子皿は、ミシン速度200spm で良好な縫目バランス（上下糸の縫糸長さが一致）となるように設定した。この設定は、今後の研究におけるミシン速度依存性の実験のために採用した条件である。図 5-1 に毎分3000回転、送り 3mm の場合の連続測定データの例を示す。図の上部は上糸移動量で、下部はそれらに対応する上糸張力 (Ta, Tb) である。この図からは張力 Ta と Tb は重なっているため両者の区別はつかない。上糸移動量のデータは上記のデータ処理により針棒上死点で破断された 1 縫目ごとの上糸移動量で表示されている。図から連続した上糸移動量および上糸張力が不規則に大きく変動している様子が見て取れる。なお、張力波形にアンダーシュート張力が観察されるが、これはかま抜け時の急激な張力の解放（内かま止め部に引っかかった上糸が解放される）で発生するものであり、2.1項で述べた本張力センサの追従周波数を越す速さの張力変動が発生しているためによる。図 5-2 は図 5-1 の一部の拡大例である。この図では、張力 Ta と Tb の違いや張力と上糸移動との関係も読み取れる。また、図 5-2 のデータとは異なるが、張力 Ta と張力 Tb とを分離して上糸移動量とともに示した例を図 6 に示す。図の上段は張力 Ta と上糸移動量で、下段は張力 Tb と上糸移動量である。両段に示されている上糸移動量は同じものである。図中に示した種々の上糸張力に対応して上糸の移動が発生していることがわかる。A は引締張力、B はかま抜け張力、C はかま越し張力であり、それらに対応する上糸移動がプライム符号で示されている。本来、ミシンは引締張力 (A) の発生時においてのみ糸調子皿からの上糸の引き込み (A') が行われるのが理想であるが、実際にはその他の上糸張力によっても引き出されている。図では、かま抜け上糸移動量が顕著であり、また、かま越し上糸移動量もごく微量ではあるが認められる。なお、図では認められないが、送り作用時（張力 D の発生時）にごくわ

Table 2 Sewing conditions

1. Sewing machine	— SYSTEMA AD1100 (Aisin Seiki Co., Ltd.), industrial single-needle lockstitch sewing machine
Bobbin thread static tension:	20 ± 2 gf
Stroke of thread take-up spring:	10 ± 1 mm
Strength of thread take-up spring:	20 ± 2 gf
2. Needle	— DB × 1 NO. 11
3. Sewn fabric	— T/C broadcloth (2 ply)
4. Sewing thread	— No. 60 polyester spun

5-1 Continuous measurement

5-2 Zoom-up expression

Fig. 5 An example of simultaneous measurement of needle thread tensions and needle thread movement, (sewing speed is 3,000spm and feed length 3mm)

ずかではあるが上糸移動の認められることもある。図 5 と 6 から明らかなように、連続した縫目について上糸張力と上糸移動量の同時測定ができています。現在のシステムではメモライザのメモリの制約から連続測定は40針程度であるが、よりメモリ容量の多い記録計を使うことでより多くの連続縫目の測定が可能である。

3.2 上糸移動量測定器の存在の影響

上糸移動量測定器は縫糸の走行経路を大きく変えている。その影響調査のために、上糸移動量測定器がある場合とない場合との張力波形の違いを調べた。図 7 に結果を示す。図から明らかなように両者に差は認められ、上糸移動量測定器を用いた方が若干張力は高くなっているが、その違いはそう大きくない。移動量測定器のリングの回転抵抗が極めて小さいことが確認され、また、その影響は問題にするほどではないと判断した。

Fig. 6 An example of relationship between needle thread tensions, T_a and T_b , and needle thread movement, (sewing speed is 3,000 spm and feed length 3mm) A: Needle thread tightening tension. A': Needle thread movement by the tension, A. B: Needle thread tension generated when the thread disengages from the rotating hook bobbin case holder position bracket and the rotating hook section jib. B': Needle thread movement part of the rotating hook. C: Needle thread movement by the tension, C. D: Needle thread tension with the feed motion. D': Needle thread movement by the tension, D.

3.3 上糸移動量の計測器の追従性

縫い速度が3,000spm, 送り長さが3mmの測定例である図6において, 引締時の上糸移動はおよそ44度で始まり84度で終了している. この間40度での上糸の移動量が実測で2.3mmであるので, 上糸移動速度は1.04m/sと計算される. また, 移動速度の大きな計算例として, 本実験ミシンの最高速度: 3600spm, 上糸移動量: 3.5mm, 上糸の移動角度範囲: 30度とすると, 上糸の移動速度は2.54m/sとなる. レーザフィードモニタによる追従速度は4m/sであるので, 例えば, かま抜け時に発生することがある特別大きな張力による上糸の特異な移動があるとすれば, そのような移動を除いて, 十分に測定結果は信頼できるものとする.

4. 結 言

以上述べたように, 高速で稼働するミシンの上糸移動量と上糸張力を同時測定するシステムを構築し

Fig. 7 Effect of being of the ring on needle thread tensions, (sewing speed is 3,000spm and feed length 3mm)

た. このシステムを用いれば稼働中の上糸の挙動に関する詳細な情報が得られるものと期待される. 次報では本縫いミシンの上糸張力と上糸移動量との関係の詳細な調査結果を報告する.

なお, 上糸移動量の測定法に関して次のことを申し添えておく. レーザフィードモニタを用いた糸の直接測定は, 糸の細さ, 表面粗さ等のため成功しなかった. また, 上糸の走行を代替する方法として, 上糸と同時走行する反射テープの利用も検討したが, 高速測定を条件とした時, テープの慣性力のために連続10針程度までが限界で, 連続多量測定に適さなかった.

謝 辞

本研究を遂行する上で重要なデータ処理プログラムの作成に貢献頂いた, 東京農工大学大学院修士課程(当時) 廣田和彦君に深甚なる感謝を申し上げる.

文 献

- 1) 岩神直, 安喰功; 繊維製品消費科学, 23, 23 (1982)
- 2) 鎌田佳伸, 木下陸肥路, 石川昇之輔, 不二崎潔; 繊維機械学会誌, 35, T60 (1982)
- 3) 鎌田佳伸, 故木下陸肥路, 太田友忠; 繊維機械学会誌, 38, T171 (1985)
- 4) 例えば, 宮下利平, 関口純一, 笹原もと江, 神立均; 繊維機械学会誌, 27, P55 (1974)
- 5) 堀野恒雄, 三浦義人, 坂本勝之, 安藤幸広; 繊維機械学会誌, 33, T7 (1980)
- 6) O. N. Gordeev and V. Pischikov Tech. Prom. No. 3, 103 (1971)