緯入運動の立場からみた力織機的高速化*

(第5報) 両耳間に配置される緯糸の形および長さに関する一考察

(昭和32年12月9日受理) 会 員 久 世 栄 一**

——→ 摘 要 ←——

研 究 目 的

シャトルの運動状態、緯糸解舒の状態、杼口の形状などの組合せによって、両耳間に通入される緯糸がどのような挙動を示し、最終的にどのような形状で織込まれるのかを理論的に考察する。

研 究 結 果

- (1) 杼口中を織前方向へ移動する緯糸は必ずしも直線状で運動しなくて、糸自体の重量とか空気抵抗あるいは慣性抵抗のために曲線状になることが多い。
- (2) 杼口の形状如何と緯糸の太さ如何によっては、直線状で織前方向へ移動しようとする緯糸は、杼口を構成する上下経糸ではさみ止められる場合も起り得る。しかしこのような現象は緯糸が細ければほとんど起らぬが緯糸が太かったり、おさ通巾(シャトル飛走距離)が大きかったり、力織機回転速度にくらべてシャトル速度が小さかったり、あるいは杼口を閉じはじめる時期とか杼投開始時期が遅い場合などでは往々にして起る。

1. 緒 言

第1～4報では緯入運動の機能を支配すると考えられる多くの要因のうちもっとも重要なものの一つである杼投運動について色々と考察してみたのであるが、織物織成の運動の観点から考えられる緯入運動の機能とは結局

- (1) 杼投運動、緯打運動、開口運動のいわゆる主運動によって直接的に定まるところの、両耳間に配置される緯糸の形状並びに長さ
- (2) 緯糸解舒張力の大きさによって支配される緯糸の性状の変化並びに緯糸の切断

の2項目に集約して支配されると考え得る。

前者は飛走するシャトルの運動状態と緯糸解舒張力および杼口の形状の3要因の組合せによってほぼ定まるもので、製品の品質決定の上に重要な影響を与える性質のものである。後者はシャトルの運動、シャトルおよび緯管の構造、緯糸々層の成形状態などによっておもに支配され、どちらかといえば製品の品質よりも製織能率の点で緯入運動を支配する性質のものである。しかし力織機的高速化を図る場合、必然的に起ると考えられるシャトルの運動の変化によって、これらの緯入運動

の機能がどのような影響をうけるものかを推論し、それに対する対策を講ずることがまず要求されよう。

シャトルの運動と緯糸解舒張力との関係あるいはシャトルや緯管の構造などと緯糸解舒張力との関係並びにその影響についてはすでにその理論的、実験的研究結果を発表しておいたので、ここではシャトルの運動状態に主眼をおいて、両耳間に配置される緯糸の形および長さについて推論してみることとする。

2. 杼 口 の 形 状

両耳間に配置される緯糸の形状並びに長さを解析するには、緯入運動を次の二つの現象に分けて考えた方が好都合である。すなわち

- (1) 杼口内を移動しつつある緯糸の運動
- (2) 杼口を構成する上下経糸と緯糸との接触

前者はシャトル飛走中、ある大きさの解舒張力で、シャトル打出側の耳糸とシャトルアイレットとの間に直線状に張られようとする緯糸が、種々の抵抗に打ちかってシャトルの運動とともに織前方向へ移動しようとする運動で、後者は経糸と接触する状態にある緯糸がどのような状態でその運動を止めるものかという現

* Studies on Picking Motion for High-Speed Power-Loom. Part 5. (第1報10巻11号、第2報11巻1号、第3報11巻2号、第4報11巻3号に所載)

** E. Kuze, Member. 東京工業大学

(第 1 図)

象である。いいかえれば両耳間に配置される緯糸の最終的形狀は、多くの場合 (1) と (2) の現象を組合せることによって説明することができ、この両現象はシャトルが移動してある大きさの緯糸張力が存在するかぎり、杼口を構成する上下経糸が杼口を閉じ終る時期までは生ずるものである。しかしこのような現象を生ずる程度は、両耳間において運動しようとする緯糸各部の位置とその位置における杼口の形状によって異なるもので、たとえばシャトル打出側の耳糸付近に存在する緯糸部分はかなり織前に近いから、最初に解舒張力があたえられるような時期において直ちに上下経糸と接触しようとし、これより先の緯糸部分も織前からの距離と杼口の形状によっては (1) の現象を短時間の間生じて (2) の現象になるものや、あるいは (1) の現象のみで終るものも場合によっては生ずるものである。かように両耳間に配置される緯糸の形状は杼口の形状如何と杼口中を運動する緯糸各部の位置との相互関係で一義的に定まるのであるが、杼口中を運動する緯糸各部の位置はシャトルの運動状態によってほぼ定まるものであり、杼口の形状はクランク軸から積極的にあるいは半積極的に駆動される開口装置に依存するから、通常クランク回転角 θ とともに変化するものである。しかし杼口の形状によって定まるところの、杼口を構成する上下経糸が緯糸をはさみ得る位置は、第 1 図より次のように表わせる。すなわち

$$\frac{\delta}{L_h - \frac{y}{2}} = \frac{2r}{y'}$$

において、 $\tan \lambda \approx \sin \lambda$ (通常 $\lambda \leq 0.2$ 程度) として

$$y \approx \frac{2r L_h}{\delta + r} \dots \dots \dots (1)$$

が織前を原点とした緯糸をはさみ得る位置を与える。ただし δ はヘルド アイレットの位置における開口の深さ

(第 2 図 a)

(第 2 図 b)

(第 2 図 c)

の半分である。

しかし杼口に通された緯糸の移動が経糸との接触で止められようとするのは、一般に最大開口を終わって次第に杼口を閉じつつある期間であり、かつ第 2 図に示すようないくつかの力織機の実際の開口状態の実測結果から

もわかるように、この期間では開口角の変化と杼口の深さとがほぼ比例するものと考えてよいから

$$\delta = \frac{H}{2} \left(1 - \frac{\theta - \theta_{sh}}{\Theta_s} \right)$$

としてよい。ここに $H = (2\delta)_{\max}$ で Θ_s は杼口を閉じはじめてから閉じ終るまでのクランク回転角であり、 θ_{sh} は杼口を閉じはじめるときのクランク角である。

したがって (1) 式は

$$y = \frac{2r L_h}{h \left(1 - \frac{\theta - \theta_{sh}}{\Theta_s} \right) + r} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ただし $h = H/2$

となり、 y と閉口期間のクランク回転角との関係は双極線的となる。いま $L_h = 25 \text{ cm}$ 、 $h = 5 \text{ cm}$ 、 $\Theta_s = 0.7 \text{ rad}$ (タベット式開口)、 $r = 0.01, 0.1$ および 0.5 cm の場合について、 $y - (\theta - \theta_{sh})$ の関係を求めると、第3図のようになる。

この図からわかるように緯糸の太さが小さいと Θ_s の大部分の期間、すなわちほとんど杼口を閉じ終るころまでは y はほとんど大きくなりなく、杼口中を移動する緯糸が上下経糸にはさみ止められることはほとんどないが、緯糸が太くなるにしたがい杼口がかなり大きいても y の変化が急増し、シャトル飛走中解舒されつつある緯糸が上下経糸ではさまれる傾向が増大する。しかし、いずれの場合でも杼口を閉じる直前に y が急激に大きくなることも理解できよう。このような事実は杼口

に通された緯糸が細い普通の場合では、杼口を閉じ終る直前までその大部分が杼口内をかなり織前近くまで移動できることを意味し、フェルト織機のように緯糸がかなり太い場合は杼口を閉じ終るかなり前で、両耳間の緯糸の大部分が上下経糸によってはさまれてその位置で停止する傾向をとることを示すものである。もちろんこのような y と $(\theta - \theta_{sh})$ との関係は糸の太さだけでなくヘルドの最大行程や運動状態、あるいは閉口角の大きさ、または開口運動の時期並びに織前からヘルドまでの距離の相違などによっても異なってくるものである。

したがって細い緯糸の場合は多くの場合前述の (1) の現象のみで両耳間に入る緯糸の形、長さが定まるから杼口を完全に閉じる直前の緯糸の形そのままに定まるようになり、太い緯糸の場合は杼口を閉じはじめる直後から y に相当した位置の緯糸の部分が時々刻々経糸にはさまれる (2) の現象となるから、その都度の緯糸の形と y の関係によって両耳間に入る緯糸の形が定まってくるわけである。そして (2) の現象の場合は最初に緯糸がはさまれる位置、すなわち杼投側の耳糸ではさまれる位置も緯糸の太さで当然異なってくる。

そこで次に種々の場合における緯入状態についてさらに考察してみることにする。

3. 両耳間に入る緯糸の形状に関する計算

この場合の計算を行うには前にものべたように

(A) 杼口内を移動しつつある緯糸の運動

(B) 杼口を構成する上下経糸と緯糸との接触

の二つの場合についてそれぞれ行う必要がある。(第4図参照)

(A) 杼口内を移動しつつある緯糸の運動

前章でのべたように緯糸の細い普通の場合には、シャトルが反対側杼箱内ではほとんど停止する頃まで杼口内に通された緯糸は、上下経糸にはさまれることはまずないと考えてよい。したがって両耳間に通入される緯糸の形ないし長さは、減速し停止する直前の緯糸の形そのままに決定されることとなる。

杼口内を移動しつつある緯糸の運動は

- (a) 緯糸解舒張力
- (b) 緯糸の自重並びに慣性抵抗
- (c) 空気抵抗
- (d) 経糸との摩擦抵抗
- (e) シャトル停止後(杼投運動にもとづく)の緯糸張力

などの諸力の関係によって定まることになるのであって

(第 3 図)

そのときの耳糸とシャトル アイレット間に存在する緯糸の形は、この運動と耳糸の位置、織前の位置、シャトルの運動状態などによって支配される緯糸の境界条件によって決まることとなる。

もし緯糸張力にくらべて他の諸抵抗がかなり小さければ、緯糸は直線となって耳糸とシャトル アイレット間に張られた状態で移動し、杼口を構成する上下経糸と接触するような場合、適宜その運動がとまって両耳間に配置される緯糸の形が定まるようになる。(第4図参照) しかしてこの場合緯糸解舒張力はシャトルの飛走速度の減少とともに減少するから、最初にのべたような力の平衡状態も時々刻々変化するものである。すなわち最初に緯糸を解舒しはじめた直後からしばらくの間は解舒張力は通常かなり大きいので、アイレットと耳糸間の緯糸はほぼ直線となって移動するがシャトルが反対の杼箱内に到達して速度がかなり減少すると緯糸解舒張力も急激に減少し、このため緯糸の自重とか経糸との摩擦抵抗の方が大きくなって杼口の形状とは関係なく緯糸は経糸と接触して、その位置で緯糸はとまるようになる。

そこでいま杼口内を移動する緯糸が杼口を構成する上下経糸と接触すると、直ちにその位置で停止するものと考えれば、移動中の緯糸に作用する力は糸の自重、糸の慣性抵抗、空気抵抗の3力だけとなる。しかも移動が等速度で行われるものとすれば慣性抵抗は作用しないから自重と空気抵抗のみとなる。したがってまず緯糸が杼口内を等速移動する場合について計算してみることにする。

杼口内を織前方向へ移動する緯糸は、耳糸と織前との交点とシャトル アイレット間に張られた状態で移動するから、移動各部の速度はアイレットの位置が最大でこれより耳糸の方向に行くにしたがい次第に小さくなり耳糸の位置では0となる。したがって速度の2乗に比例する空気抵抗も緯糸の各位置によって異なってくるからアイレットの付近ではおもに空気抵抗によって、また耳糸の付近ではおもに糸の自重によって糸は曲ろうとするのであるが、いま空気抵抗は各部に一樣に作用するものとする。

この場合緯糸の線密度を ν 、緯糸の単位長あたりに作用する空気抵抗を p とすれば、各部に作用する力は、 $\sqrt{p^2 + (\nu \cdot g)^2} = f$ となる。ただし g は重力の加速度である。 f なる外力が両端固定の糸に直角の方向に作用して糸の形が $\eta = \phi(x)$ になるものとすれば、各部の糸張

(第4図)

力の η 成分が f とつりあうようになってその形が定まりいわゆる懸垂線になるものである。ただし p は時間に関係なく一定とする。したがって

$$\eta = \frac{H_w}{f} \cosh \left(\frac{x - C_1}{H_w/f} \right) + C_2 \dots \dots \dots (3)$$

となる。ここに H_w は緯糸各部の張力の x 方向の成分で、 C_1 、 C_2 は積分常数である。

いまもっとも曲っている点を原点にとって常数を定めれば

$$\eta = \frac{H_w}{f} \left\{ \cosh \left(\frac{x}{H_w/f} \right) - 1 \right\}$$

となり、 $d\eta/dx$ すなわち糸各部における接線のこう配が小さくて x にくらべて H_w/f が大きければ

$$\cosh \left(\frac{x}{H_w/f} \right)$$

を展開するとともに微小項を省略して

$$\eta \approx \frac{f}{2 H_w} x^2 \dots \dots \dots (4)$$

の関係が得られる。すなわちこの場合 η の最大値は糸の両端支持点で生ずるが、いま支持点間の距離(シャトル アイレットとシャトル打出側の耳糸との距離に相当する)を 100 cm とし、 $H_w = 10$ g、 $\nu = 0.0000003$ g cm⁻² sec²、 $p = 0.015$ g cm⁻¹ (20's 綿単糸相当、速度 $v = 100$ cm sec⁻¹、抵抗係数 $C_x = 1.0$ とする) とすると、 $x = 50$ cm のところで $\eta \approx 0.0375$ cm となる。すなわち耳糸とシャトル アイレット間に相当する長さの緯糸に、シャトル アイレットの位置に相当する空気抵抗が一樣に作用しても通常の解舒張力のもとではほとんど曲らぬこととなる。またシャトルが反対側杼箱内で停止する瞬間あるいは減速中かなり張力が減少したとしても、通常の緯糸の場合は重力による影響はきわめて小さくなるから、緯糸が杼口の上下経糸面と接することはまずないものと考えられる。しかしながらシャトル停止直後では緯糸張力は0になる(シャトルが織前方向へ接近するため)と考えられるから、緯糸は直ちに杼口の

下経糸面上に落下し、両耳間に配置される緯糸の形、長さはシャトルが停止するときの耳糸とアイレット間の緯糸の形によってほぼ決定されることとなる。しかもこの期間においてはアイレット付近における緯糸に作用する空気抵抗もすこぶる小さくなるのが普通であるから、付口内を移動する緯糸の速度が一定であると考えた場合は、結局両耳間に入る緯糸はほとんど直線となることが理解できよう。

実際の場合はアイレットが織前方向に移動する速度は時間的に変化するのが普通で、このため耳糸とアイレット間の緯糸各部には慣性力が外力として作用するものである。

したがって、この場合の緯糸各部の運動は

$$\frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} = \frac{T_w}{\nu} \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} \dots\dots\dots (5)$$

の運動方程式を適当な条件で解くことによって求めることができる。ただし T_w は解舒された緯糸部分の張力である。

さて緯糸がシャトル飛走中突然急速解舒される瞬間においては、静止系に突然非定常な外力すなわち慣性力が作用することとなるから、そのときの緯糸各部の変位 η は初期条件にもとづく固有の運動（自由振動） η_n と、強制力（慣性力）にもとづく強制運動 η_f との和として示すことができ、その後における緯糸の運動が直ちに定常な強制力によってのみ支配されるものであれば、 η_n は実際に存在する各種の減衰のために間もなく消滅して

$$\eta = \eta_f$$

となるものである。したがってこのような強制的な運動は慣性力を発生する条件、すなわち境界条件によってのみ支配されることとなるのであるが、この場合の境界条件はアイレットから耳糸までの織前方向（ x 方向）の距離を l_w とすると

$$\left. \begin{array}{l} x=0 \quad \text{で} \quad \eta=0 \\ x=l_w(t) \quad \text{で} \quad \eta=f(t) \end{array} \right\}$$

となるものである。この $\eta=f(t)$ はおさ面の運動により定まって、おさ面の最大行程を R_r とすると

$$f(t) = \frac{R_r}{2} (1 - \cos \theta) = \frac{R_r}{2} (1 - \cos w_0 t)$$

とおけるが、いま時間の原点をおさ面が R_r の中央にきた瞬間にとれば

$$f(t) = \frac{R_r}{2} \sin w_0 t$$

となる。

したがって境界条件は

$$\left. \begin{array}{l} x=0 \quad \text{で} \quad \eta=0 \\ x=l_w \quad \text{で} \quad \eta = \frac{R_r}{2} \sin w_0 t \end{array} \right\} \dots\dots\dots (6)$$

となる。もちろん実際の場合は $x=l_w$ は時々刻々変化するものであるが、いま大よその傾向を知るとともに計算を簡単にするため、これを一定として考えることとする。

さて η_f を求めるには複素数による方法で（5）式を解けば簡単である。すなわち

$$\eta_f = Y(x) e^{i w_0 t}$$

として（5）式に代入し、その特解を求めれば η_f が求まるから、いま $\nu_n^2 = T_w / \nu$ とし

$$\eta_f = (C_1 e^{i \frac{\nu_n}{\nu} x} + C_2 e^{-i \frac{\nu_n}{\nu} x}) e^{i w_0 t}$$

を得る。そこで定数 C_1, C_2 を（6）式の境界条件によって定めれば

$$\eta_f = \frac{R_r}{2} \frac{\sin \frac{w_0}{\nu_n} x}{\sin \frac{w_0}{\nu_n} l_w} \sin w_0 t \dots\dots\dots (7)$$

を得る。すなわち（7）式は緯糸がシャトルから突然解舒された以後において、アイレットの位置で織前方向に強制移動される緯糸の各部が、定常な慣性力の作用を受けると考えた場合の各部の変位を与える式である。これは精紡機等のバルーンの形を求める式と同じ形³⁾で、 $(w_0 / \nu_n) l_w$ の値如何によって η_f の値はかなり異なってくるものである。

いま計算の数例を示せば次のようになる。

$$(1) \quad T_w = 10 \text{ g} \cdot \nu = 0.0000003 \text{ g cm}^{-2} \text{ sec}^2 \text{ (20's 綿糸相当)}, w_0 = 18.8 \text{ sec}^{-1} \text{ (180 r.p.m. 相当)}, l_w = 100 \text{ cm の場合}$$

これは、綿、絹織機の場合に多い例でしかもシャトルが緯糸を解舒しはじめた直後の高速飛走しているときなどにおいてみられる現象であるが、この場合は $(w_0 / \nu_n) l_w = 0.32$ となり、この範囲内では

$$\sin \frac{w_0}{\nu_n} l_w \approx \frac{w_0}{\nu_n} l_w$$

となるから慣性による影響はほとんど生じなくて、耳糸とアイレット間の緯糸はほとんど直線となる。

$$(2) \quad (1) \text{ の場合で } T_w = 1 \text{ g とした場合}$$

このような場合はシャトルがかなり減速して停止する直前までに生ずる例で、このときは $(w_0 / \nu_n) l_w = 1.03$ となるから、さらに $R_r = 16 \text{ cm}, x = 20 \text{ cm}$ とし $\eta_f(x, t)$ を求めてみると

$$\eta_f(x, t)_{x=20} = 1.92 \sin w_0 t \text{ cm}$$

となる。一方慣性を考えぬ場合の $\eta(x, t)$ すなわち

$$\eta_0(\chi, t) = \frac{R_r}{2} \frac{\chi}{l_w} \sin w_0 t \text{ は}$$

$$\eta_0(\chi, t)_{\chi=20} = 1.6 \sin w_0 t \text{ cm}$$

となる。したがって $\sin w_0 t = 1$ となるような場合、たとえばシャトルが反対側の杼箱に到達する時期がクランク角で 270° 程度で、しかも完全閉口時のクランク角が 0° でシャトルが停止する時期も 0° になるような場合では、 $\chi = 20 \text{ cm}$ の場所でも約 0.3 cm 程度直線から外れる程度の極大のない正弦曲線となり、緯糸はほとんど曲らぬことが認められる。

$$(3) \quad T_w = 2 \text{ g}, \quad \nu = 0.000002 \text{ g cm}^{-2} \text{ sec}^2 \text{ (紡毛単糸 10's 相当)}, \quad w_0 = 12.5 \text{ (120 r.p.m. 相当)}, \\ l_w = 200 \text{ cm の場合}$$

このような場合は広巾の毛織機に多い例で、このときは $(w_0/\nu_u) l_w = 2.5$ となって $\pi/2$ を越すので $(w_0/\nu_u) \chi = \pi/2$, すなわち $\chi = 125 \text{ cm}$ のところで極大を有する正弦曲線となり、この位置では

$$\eta_r(\chi, t)_{\chi=125} = 16.6 \sin w_0 t \text{ cm} \\ \eta_0(\chi, t)_{\chi=125} = 5.0 \sin w_0 t \text{ cm}$$

となる。したがって (3) の場合と同様の張力状態が、おさ面が最前位に達するまで維持されるように緯糸が移動できるものとすれば、直線より約 11 cm もはずれたかなり大きな曲りの曲線になることがわかり、したがって両耳間に入る緯糸長もかなり長くなるものである。

かように杼口中を移動する緯糸の形は、シャトルが停止するまで緯糸が自由に織前方向に移動できるものであれば、1) シャトルの運動状態、2) 杼口の形状、3) 緯糸張力、4) 力織機の回転状態、5) 最初に緯糸を解舒しはじめる位置、など多くの要因によって支配されるものである。しかして移動の途中で杼口の減少にともなって経糸面と接触するようになるとその接触抵抗のために移動が止まり、かならずしも以上のような形になって緯入れされるとはかぎらないものである。たとえば前にのべたようにシャトル打出側の耳糸付近では、シャトルが最初に緯糸を引張るときすでに上下経糸と緯糸とは接触しており、杼口の変化にともなう接触点、すなわち (4) 式の y の変化が小さくても、シャトルの織前方向への移動にともなう緯糸と経糸との接触も、次第に大きくなるものと考えられるからである。またシャトルが停止する直前においてかなり張力が減少すると、本章の最初に説明したように自重などで耳糸とアイレット間の緯糸は垂れ下る状態になって杼口の下経糸面上に落下し、その落下したときの形そのままで緯入れされることも生ずるし、あるいはシャトルが停

止する時期がかなり早ければ $\sin w_0 t$ の値は 1 よりかなり小さくなるから、たとえ前述の (3) のような場合でもやはりこのような曲りはほとんど生じなくなるものである。

そこで次に杼口の形状の変化にともなう上下経糸と緯糸と接触する場合の現象についてさらに考察してみることとする。

(B) 杼口を構成する上下経糸と緯糸との接触

杼口中を織前方向へ、シャトルの運動とともに移動しつつある緯糸が、杼口を構成する上下経糸と接触する状態は次の二つの場合に大別することができよう。

- (1) 緯糸が自重によって下経糸面上に落下する場合
- (2) 上下経糸で緯糸がはさみ止められる場合

(1) のような現象はシャトルが反対側の杼箱内で停止する前後の時期において、杼口がなおかなり大きい場合、シャトル打出側の耳糸付近をのぞいた大部分の区間で生ずるものであり、(2) のような現象はシャトル打出側の耳糸付近では必ず生ずるとともに、シャトルが停止する頃までに杼口がかなり閉じるような場合には両耳間全般にわたって生ずるもので、積極的に緯糸の移動が止められるようになる。(第4図参照) すなわち通常の緯入運動の場合は (1) と (2) の状態が、緯糸各部の位置における杼口の形状とか緯糸張力の程度等によって適宜混合して生ずると考えて差しつかえない。

そこでここでは耳糸とシャトルアイレット間において直線となって張られて織前方向に移動しようとする緯糸が、杼口を構成する上下経糸の運動によってはさみ止められる (2) の場合について考察してみることとする。

シャトルの運動軌跡は杼投運動にもとづく $X-\theta$ の関係およびスレーの往復運動にもとづく $Y-\theta$ の関係から、同一の θ に対する $X-Y$ の関係で示し得ることはすでにのべた通りである。しかして $X-\theta$ および $Y-\theta$ の関係は厳密に求めれば第1~4報で求めた以上にかなり複雑な形になるのであるが、通常の力織機においてシャトルが最初に緯糸を急速解舒しはじめてから停止するまでの期間、すなわちここに考えているような現象を生ずると思われる期間はほとんどクランク角で $200^\circ \sim 300^\circ$ 位であるから、その範囲内における $X-\theta$ および $Y-\theta$ の関係は、 θ が小さい範囲内でのみ変化すると思われるので

$$\left. \begin{aligned} X &= K_0 \theta - X'_w \\ Y &= A - B\theta \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

とおけよう。この場合 θ' の原点を X, Y とも同時刻に

とすべきであり、最初に緯糸を解舒しはじめるときを原点にとれば X'_w はこのときまでのシャトル飛走距離、 K_0 はこの時以後における θ に対する飛走距離の割合、 A は $\theta=0$ におけるおさ面の織前からの距離、 B はこの時以後のおさ面の移動変位の割合である。同様の考えから上下経糸が緯糸をはさみ止める位置、すなわち織前からの距離 y も

$$y = C + D\theta \quad \dots\dots\dots (9)$$

のようにしてもほぼ实际的と考えてよからう。

いま (8) および (9) 式から θ を消去して X, Y を求めれば、いずれも y の一次式となって

$$\left. \begin{aligned} Y &= a - by \\ X &= a'y - b' \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (10)$$

となる。ただし

$$\left. \begin{aligned} a &= A + \frac{BC}{D}, & b &= \frac{B}{D} \\ a' &= \frac{K_0}{D}, & b' &= X'_w - \frac{K_0 C}{D} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (11)$$

である。

さて緯入運動によって杼口に通された緯糸が杼口を構成する上下経糸ではさみとめられる点の座標を $Q(x, y)$ とし、このときのシャトル (シャトル アイレット) の位置を $P(x, y)$ とすると、仮定により $\overline{PQ}$ は一直線となって、シャトルが停止するまで時々刻々推移する Q 点をつらねて得られる曲線 $x=f(y)$ に対し Q 点において常に接線になると考えてよいから

$$\frac{dy}{dx} = \frac{Y-y}{X-x} \quad \dots\dots\dots (12)$$

の関係が得られる。しかして X, Y, y がそれぞれ時間 t の関数として表わせるから

$$\frac{dy}{dt} \frac{dt}{dx} = \frac{Y(t)-y(t)}{X(t)-x}$$

したがって

$$\frac{dx}{dt} (Y(t)-y(t)) = v(X(t)-x)$$

となる。ただし $v=dy/dt$ である。

したがって、さらに

$$\frac{dx}{dt} + \frac{v}{Y(t)-y(t)} x = \frac{v}{Y(t)-y(t)} X(t)$$

となるから、結局 (12) 式の一般解として

$$x = e^{-\int \frac{v}{Y-y} dt} \left[\int X \frac{v}{Y-y} e^{\int \frac{v}{Y-y} dt} dt + C_w \right] \quad \dots\dots\dots (13)$$

を得る。ただし C_w は積分常数である。

(13) 式の積分を行う場合 (10) 式の関係代入してやれば

$$\begin{aligned} \int \frac{v}{Y-y} dt &= \int \frac{dy}{a-(b+1)y} = -\frac{1}{b+1} \\ \int \frac{dy}{-\frac{a}{b+1}+y} &= \log \left(y - \frac{a}{b+1} \right)^{-1/b+1} \\ \therefore e^{\int \frac{v}{Y-y} dt} &= \left(y - \frac{a}{b+1} \right)^{-1/b+1} \end{aligned}$$

また

$$\begin{aligned} \int X \frac{v}{Y-y} e^{\int \frac{v}{Y-y} dt} dt &= \int \frac{dy}{a-(b+1)y} (a'y-b') \left(y - \frac{a}{b+1} \right)^{-1/b+1} \\ &= -\frac{1}{b+1} \int \frac{dy}{y-\frac{a}{b+1}} (a'y-b') \left(y - \frac{a}{b+1} \right)^{-1/b+1} \\ &= -\frac{1}{b+1} \left[\int a'y \left(y - \frac{a}{b+1} \right)^{-\frac{b+2}{b+1}} dy \right. \\ &\quad \left. - \int b' \left(y - \frac{a}{b+1} \right)^{-\frac{b+2}{b+1}} dy \right] \\ &= \left(\frac{a'a}{b+1} - b' \right) \left(y - \frac{a}{b+1} \right)^{-\frac{a}{b+1}} - \frac{a'}{b} \left(y - \frac{a}{b+1} \right)^{\frac{b}{b+1}} \end{aligned}$$

したがって

$$\begin{aligned} x &= \left(y - \frac{a}{b+1} \right)^{\frac{1}{b+1}} \left\{ \left(\frac{a'a}{b+1} - b' \right) \left(y - \frac{a}{b+1} \right)^{-\frac{1}{b+1}} \right. \\ &\quad \left. - \frac{a'}{b} \left(y - \frac{a}{b+1} \right)^{\frac{b}{b+1}} + C_w \right\} = \left(\frac{a'a}{b+1} - b' \right) \\ &\quad - \frac{a'}{b} \left(y - \frac{a}{b+1} \right) + C_w \left(y - \frac{a}{b+1} \right)^{\frac{1}{b+1}} \dots\dots\dots (14) \end{aligned}$$

となる。ただし

$$y = C + D\theta \quad \dots\dots\dots (9)$$

である。

したがって (9) および (14) 式の両式から上下経糸で緯糸がはさみとめられるような場合における両耳間の緯糸の形 $x=f(y)$ が定まり、したがってその長さも求まることになるもので、定数 C_w は最初に経糸が緯糸をはさみ止めるときの x, y の関係より定まることとなるものである。

以上は耳糸とシャトル アイレット間において直線となって張られて織前方向へ移動しようとする緯糸が、杼口を構成する上下経糸の運動ではさみ止められるような場合、緯入れされる緯糸の形がどのようなものになるかを求めるための一つの計算法を示したものである。

そこでいまその計算の一例として、クランク角 200° で最初に緯糸を解舒しはじめるとともに、杼口を閉じはじめる時期を 220° とした場合、 180° とした場合並びに 200° とした場合についてそれぞれ求めてみることにする。しかしていずれの場合でも緯糸の太さを 0.5, 0.1, 0.05

mm と変えた結果を求めるとともに、杼口が緯糸をはさみ止める位置の y が θ と直線の関係からかなり外れるような場合は、計算でなく図式に求めることとする。

第5図は杼口を閉じはじめる時期を 220° とした場合第6図はこれを 200° 、第7図は 180° の場合である。またそれぞれにおいて (I) の曲線は、緯糸の太さが 0.5 mm 、(II) の曲線は 0.1 mm 、(III) の曲線は 0.05 mm としたときのものである。第5図において、緯糸の太さ

$$(I) \quad X = 1155 - \frac{50}{3} \left(y - \frac{1240}{11} \right) - \frac{2372}{22.65} \left(y - \frac{1240}{11} \right)^{8/11}$$

$$a = 155, a' = \frac{50}{8}, b = \frac{3}{8}, b' = -450$$

$$(II) \quad X = 2000 - \frac{50}{3} (y - 62) - \frac{2866}{4.86} (y - 62)^{2/5}$$

$$a = 155, a' = 25, b = \frac{3}{2}, b' = -450$$

$y = \text{Coincides with reed face}$

(第 5 図)

(第 6 図)

(第 7 図)

が 0.5 mm 程度であるとシャトルが緯糸を解舒しはじめてから反対側の杼箱内に到達するまで、杼口の形状は時々刻々緯糸を順次はさみ止めるように作用するが、緯糸の太さが 0.1 mm の場合はシャトルが緯糸を解舒しはじめてから反対側の杼箱内で停止するまで、わずかにシャトル打出側の耳糸付近のみで経、緯糸の接触を生ずる程度となる。また緯糸の太さが 0.05 mm のときはシャトルが停止するまでのほとんどの期間にわたり、シャトル打出側の耳糸とシャトル アイレット間に直線となって張られる緯糸は、ほとんど杼口を構成する上下経糸と接触しないことがわかる。しかし緯糸が太いときは同図の (I) に見られるように、シャトル停止直前において経糸ではさみ止められたシャトルに近い緯糸部分は、シャトル停止後さらに織前方向に進進してくるおさ面によっておされるため水平になるものである。

一方第6図あるいは第7図の場合は、シャトルが緯糸を解舒しはじめてから停止するまで、杼口を構成する上下経糸が緯糸をはさみ止める位置は第3図からもわかるように急激に(双曲線的に)織前から遠ざかる(すなわち y が大きくなる)ため、杼口が閉じはじめる時期が 200° の第6図の場合では、緯糸の太さによっても異なるが、シャトル停止位置 ($X=1200\text{ mm}$) よりも前に急激に杼口がほとんど閉じるようになり、両耳間に入る緯糸の曲線も第5図の場合にくらべればかなり直線的になることがわかる。(緯糸がかなり細い場合は第5図の場合と同様直線となる)

また杼口を閉じはじめる時期がさらに早くて 180° となると、シャトルが緯糸を解舒しはじめる (200°) 直後においてすでに杼口はかなり閉じる状態となるから、第5, 6図よりは一層緯糸の曲線は直線的となり、またシャトル打出側の耳糸の位置における緯糸の巻込位置もかなり織前から遠ざかるようになることも認められる。

かようにシャトルの運動軌跡が同一で、最初に緯糸を解舒しはじめる位置が同じでも、杼口を閉じはじめる時期とか緯糸の太さが変わると、両耳間に配置される緯糸の形はかなり変わってくるもので、したがってその長さも変化し、各経糸間に入る緯糸の長さも部分的な差を生ずる結果になるものである。しかしこのような傾向は、シャトルの運動状態とか緯糸の解舒の状態などによっても当然異なってくるはずで、一般に緯糸の太さが大きく、シャトル速度が小さいほど、また杼口を閉じる時期が遅い(静止角が大きい)ほど両耳間に入る緯糸はかなり曲ったものとなるとともに、各経糸間に入る緯糸の

長さにも部分的な差を大きく生ずるようになるものともいえる。

このような経糸と緯糸との接触の現象は、緯糸の太さが小さく、おさ通巾も小さい絹、綿織機の場合はほとんどみられなくて、毛織機（特に紡毛織機）のように糸も太く、おさ通巾もかなり大きい場合にはかなり問題になるのではなからうかと思われる。

4. む す び

第1～4報並びに本報では力織機上における織成過程中の経、緯糸交錯構造を構成する上に大きな役割りを果たすと考えられるところの、両耳間に配置される緯糸の形状および長さについて色々と解析してみた。そしてその要因として考えられるシャトルの運動状態、杼口の形状、緯糸の解舒の状態などを詳しく究明することによって通常の飛杼型力織機における緯入運動の機能を理論的に種々考察し、力織機高速化を図る上に考慮すべき緯入運動の影響に対するいくつかの推論を得た。そこで緯入運動を支配するこれら各要因の実験的研究を行う場合、実験結果との比較を容易にする意味から、これまでにおいて試みたいいくつかの理論的考察をまとめてみれば次のようになる。

(1) 両耳間に配置される緯糸の形状、したがって長さがどのようなものになるかによって、緯入運動の機能が定まるものと考えれば、最初に緯糸を解舒するときから反対側の杼箱内で停止するまでのシャトルの運動状態がすこぶる重要となる。しかしこの場合のシャトルの運動状態は、シャトルの運動軌跡とシャトルの減速停止の状態の二つにわけて考える必要がある。

(2) シャトルの運動軌跡を支配する要因としてはクランク軸の回転状態、シャトルの加速状態、飛走中のシャトルのうける摩擦抵抗、スレーの運動状態、タイミングなどとなるが、最初に緯糸を解舒しはじめてから停止するまでのシャトルの運動軌跡は、杼投を開始する時期、シャトルの初速、スエルの作動状態の3要因によってほぼ推論し得る。

(3) シャトルの減速停止の状態は機械的にもいろいろと問題になる事項であるが、緯入運動の機能の点からいえば、シャトル打出側の耳糸とシャトルアイレット間に直線状に張られて杼口中を織前方向へ移動しようとする緯糸の解舒張力を支配する重要々因の一つとな

り、また保有する緯糸々層のくずれの程度をも支配して次の杼投時に最初に緯糸を解舒しはじめる位置を定めたり、あるいは緯糸切断を生ずるような状態になれば、製織能率の点でも影響するところが大きくなるものである。

(4) シャトル減速中においては、解舒される緯糸に生ずる張力は一般にかなり小さくなるから、急速に織前方向へ前進しようとするシャトルの運動とともに運動する緯糸各部にはある程度慣性抵抗が作用するため、杼口中を全く自由に移動できる状態であっても緯糸は曲った状態になろうとする傾向を示す。

(5) シャトルが最初に緯糸を解舒しはじめてから（引張りはじめてから）停止するまでの期間においては、一般に杼口の大きさは緯糸がかなり織前近くまで移動できるような程度になっているのが普通であるから、両耳間に配置される緯糸の形状はシャトル停止時にシャトル打出側の耳糸とシャトルアイレット間に存在する緯糸の形そのまま決まるようになる。したがってシャトル停止直前における緯糸張力がかなり小さいような場合は、(4)項の事情にもとづいて緯糸はかなり曲った状態で入ることも生ずるようになる。

(6) 通常の開口運動の場合、杼口を構成する上下経糸が緯糸と接触する状態は(a)杼口を閉じはじめる時期(b)緯糸の番手によって支配されるが、一般に杼口を閉じはじめる時期が遅いほど両耳間に配置される緯糸は直線状態で入ろうとする。しかし緯糸が太いと曲って入るようになり、その程度は太いほどいちじるしくなる。またシャトル減速時の緯糸解舒張力が小さいほど両耳間の緯糸は曲った状態で入ろうとするものであり、織機の中（おさ通巾、シャトルの飛走距離）が大きいほどやはり同様の傾向を生ずる。

文 献

- 1) H. Uchida, E. Kuze: "A Study on Weft Tension," Bulletin of the Tokyo Institute of Technology, 1 (1952)
- 2) 移動速度を v , 基準面積を S , 抵抗係数を C_x とすると空気抵抗 R は $R = \frac{1}{2} C_x \rho v^2 S$ ただし $S = d \cdot l$ で l は糸の長さであり, $C_x = 0.5 \sim 1.2$ である。(機械工学便覧, p. 834 より)
- 3) たとえば, 藤井: 精紡機のバルーニングについて, 本誌, 1, 2, p. 7 (1949)