補助気流を併用したエア ジェット ルームの研究

(第2報) よこ糸運動方程式による製織因子の検討

京都工芸繊維大学	宇	野	稔 (会員)
"	塩	見	昭 (会員)
"	木	瀬	洋 (会員)

A Study on Air-Jet Loom with Sub-Stream Added.

Part 2: Analysis of Various Weaving Factors
by the Equation of Motion of Weft.

Minoru Uno, Akira Shiomi and Hiroshi Kise,

Kyoto Institute of Technology, Kyoto.

Abstract

The equation of weft motion on an air jet loom which pools the measured yarn by air stream is derived. This and the one reported in the previous paper which treats the measuring drum system are used to evaluate various weaving factors.

The results are:

- (1) As the initial yarn-propelling-force is rather small when the air jet is used, the yarn in the nozzle may, without being gushed out, go back due to the air force when the pooling air is blown onto the whole of the recovered yarn after gushing. Therefore the pooling air should be blown on the yarn one stage behind the recovered yarn.
- (2) There are little difference in weaving speed even when the pooling system is so changed as pooling by air blown on the whole of the measured yarn, or pooling by air blown on one side of the measured yarn in loop form, or pooling in many loops.
- (3) Also little difference is shown between the measuring drum system and the air pool system in point of weaving speed.
- (4) However, the loom revolution can considerably be enhanced if the initial air jet velocity is increased, or if the yarn length blown by air at start is lengthened.
- (5) The weft length woven per unit time can be increased in case of the same yarn count as the reed space is broadened. The loom can be run faster in case of coarse yarn than in case of fine yarn as the reed space is broadened.
- (6) The following velocities are recommended: 60 m/sec for the uniform sub-stream along the shed, 20~30 m/sec for air pooling.

(Received March 4, 1971)

摘 要

目 的 エア ジェット ルームにおいて、測長した よこ糸をエアでプールしておく場合の、糸噴射時の よこ糸運動方程式を導き、前報の測長ドラム方式の場合の運動方程式と併用して、各種製織因子の比較計算を行なう。

結 果 (i) 空気による よこ糸の射出では、初期の推進力が小さいので、引きもどした糸に直接プール用の風を当てると、ノズル内の糸が逆行する恐れがあるため、もう一段後に風を当てる必要がある。

(ii) この場合、プール用の風を測長した糸全体に当てたり、一方のみに当てたり、多段に分けてプールする各方法が考えられるが、それらによる製織性能の差異はあまりない。

(iii) また、ドラム測長式とエア プール方式との間にも、製織速度上の差異はあまりない。

(iv) しかし、噴射初速を上げ、あるいは気流にさらされる初期よこ糸長さを大きくすることは、織機性能を非常に向上させる。

(v) 同じ番手なら広幅になるほど織込率が上がる。また 広幅になるにつれて、太番手のほうが細番手よりも回転が上がる。

(vi) ひ口にそうて流す一様補助気流は 60 m/sec、エア プール用風速は 20~30 m/sec が適当であろう。

(昭和 46 年 3 月 4 日受理)

$$\frac{d}{dt}(mv) = \int_{-l_2}^l c_f \frac{1}{2} \rho_0 (V-v)^2 \pi d \cdot dx - S_3 = f_3 \cdots (6)$$

$$S_3 = e^{f\theta/2} \left\{ \frac{1}{2} \int_0^c c_d \frac{1}{2} \rho_0 (V_2 + v/2)^2 d \cdot dx + \int_0^v c_{fv} \frac{1}{2} \rho_0 (V_2 + v)^2 \pi d \cdot dx \right\} \cdots \cdots (7)$$

右辺の第1項は貯えたループ l_6 の頭の部分が V_2 にさからって運動することによる抗力，第2項はループの一方の足が V_2 に吹かれながら糸速 v で逆行することによる抗力である．しかし上式の積分を行なう間は糸速 v は一定とおいてもよいから

$$S_3 = e^{f\theta/2} \left\{ \frac{1}{4} c_d \rho_0 d \cdot c \cdot (V_2 + \frac{v}{2})^2 + \frac{1}{4} c_{fv} \rho_0 \pi d (-l + l_4 + l_6 - a - c + \frac{NW}{60} t) (V_2 + v)^2 \right\} \cdots \cdots (8)$$

f_1, f_3 を上述のように定めると，糸の運動方程式は l_4 がのび切るまでは

$$dv = \frac{f_1}{mv} dl - v \frac{dm}{m} \cdots \cdots (9)$$

l_4 がのび切ったからは

$$dv = \frac{f_3}{mv} dl - v \frac{dm}{m} \cdots \cdots (10)$$

となる．空気の噴射初速 $V_0=300$ m/sec，ひ口にそうて流す一定の補助風速 $V_1=60$ m/sec の場合，20 s 綿糸につき，第1表の基本値，および第2表の条件1で，

(第1表) 計算の基本値

1. 綿糸の太さと重さ			
番手	直 径	線密度	$\frac{\text{kg} \cdot \text{sec}^2}{\text{m}^2}$
30 s	0.025 cm	2.008×10^{-6}	
20	33	3.012	
10	58	6.026	
5	0.096	12.051	
2. 糸の性質			
空気抗力係数	$c_d = 1.5$		
“ 摩擦係数	$c_f = 0.02 + 1/(V' + 2)$		
	$V' = \text{糸と空気との相対速度(m/sec)}$		
動摩擦係数	$\mu = 0.27$		
接 触 角	$\theta_1 = \theta_2 = 90^\circ$		
3. 空気関係			
密度	$\rho_0 = 0.125 \text{ kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4$ (760 mmHg, 15°C において)		
噴流の速度分布	$V = 13V_0/(300x + 1)$		
	$V_0 = \text{噴流初速(m/sec)}$		
	$x = \text{ノズル出口よりの距離}$ $(\text{m/sec}) \geq l_0$		
4. 共通条件			
噴 流 初 速	$V_0 = 300 \text{ m/sec}$		
補 助 風 速	$V_1 = 60 \text{ m/sec}$		
プ ー ル 風 速	$V_2 = 20 \text{ m/sec}$		
糸に与えた初速	$v_0 = 3 \text{ m/sec}$		

織機回転数	400 rpm
糸	20 s 綿糸
ガイド間隔	$a = 0.05 \text{ m}$
ドラムへの距離	$b = 0.05 \text{ m}$
ガイド間隔	$c = 0.01 \text{ m}$
コア長さ	$l_0 = 0.04 \text{ m}$
突出糸長	$l_1 = 0.02 \text{ m}$
引込長	$l_2 = 0.04 \text{ m}$
不作用長	$l_3 = 0.15 \text{ m}$
引きもどし長	$l_4 = 0.25 \text{ m}$
ドラム前の糸長	$l_5 = 0.166 \text{ m}$
第1プール長	$l_6 = 2/3 W$
第2プール長	$l_7 = 1/3 W$
ドラム半径	$R = 0.106 \text{ m}$
織幅	$W = 2 \text{ m}$

(第2表) 比較計算用の追加条件

条件	目的	よこ糸のプール方式	値
1	基礎値の算定	全体エアプール	$b = l_5 = l_7 = R = 0$,
2	基礎値の算定	片側エアプール	$V_0 = 150, 200, 300$,
3	基礎値の算定	2段エアプール	$b = l_5 = R = 0$
4	基礎値の算定	カバー付 測長ドラム	$c = l_6 = l_7 = 0$
5	引込長の影響	カバー付 測長ドラム	$c = l_6 = l_7 = 0$, $l_2 = 0, 0.02, 0.06, 0.14$
6	補助風の影響	片側エアプール	$b = l_5 = l_7 = R = 0$, $V_1 = 60, 80, 100, 120$
7	プール 風速の影響	2段エアプール	$b = l_5 = R = 0$, $V_2 = 0, 10, 20, 30, 50$
8	番手の影響	片側エアプール	$b = l_5 = l_7 = R = 0$, $5, 10, 30' s$
9	織幅の影響	カバー付 測長ドラム	$c = l_6 = l_7 = 0$, $W = 2, 3, 4, 5$
10	他の解 との比較	なし	$V_0 = V_1 = 150$, $V_2 = v_2 = 0$

(第2図) 全体エアプール時のよこ糸挙動(条件1)

1) 前報の方法により数値計算を行なうと第2図のようになる．すなわち，糸速はよこ糸先端が $l=27$ cm のところで段をなして減少し，以後ほとんど上昇しない．この傾向はよこ糸をプールするための風速 V_2 が0 m/sec

(第3図) 全体エア プール時のよこ糸にかかる力

でも図示していないが、30 m/sec でもほとんど変わりがなかった。このため製織に必要な糸長 2.25 m (織幅 2 m + 引きもどし長 0.25 m) を飛行するに要する時間は $V_2=20$ m/sec のとき約 0.0455 sec である。これは織機 1 回転の 1/3 で よこ入れが行なわれるとすれば、織機回転数で 440 rpm である。

糸速に段を生ずる原因は第 1 図に示す l_4 がのび切ると、プール用の風 V_2 をうけている長いループ l_6 が引出されはじめるので、運動に関与する質量が突变的にふえるとともに、糸にかかる空気摩擦抗力が急増するためである。その状態を第 3 図に示す。推進力のはじめ糸長がのびるにつれて増え、以後糸速の増加によりやや低下する。しかし $l=27$ cm でブレーキがかかり糸速がおちると再び増加をはじめ、 $l=120$ cm 付近で最大に達し、それより再び低下する。一方、抗力は $l=27$ cm で跳躍的にふえ $V_2=30$ m/sec のときは推進力を上回り、以後ループの足が減少するにつれて次第に低下する。

このようにループ全体に気流を当ててプールする方式は、抗力が大きいので性能上好ましくない。

3. エア プール方式の改良

3.1 片側エア プール方式

前述したループ全体に気流を当てる方式では、引出し側のループの足にもプール用の空気が当たるため、大きな空気摩擦力を生ずる。これを改善するため第 4 図のような片側プール法が考えられる。

この場合 よこ糸 4 は測長ローラー 9 により送出され、ガイド 8 を通ってから、一定風速 V_2 の流れているパイプ 10 内に入る。パイプの右側には溝が切ってあるので、よこ糸はこの溝により自由にパイプより出、ガイド 6 をへて噴射される。

よこ糸の運動方程式は (1), (5) と同じであるが、

(第4図) 片側エア プール方式

片側エア プールの効果は (7) 式右辺第 2 項の V_2 を 0 とおくことにより得られる。すなわち空気摩擦抗力の低下率は

$$K = \{v / (V_2 + v)\}^2 \quad (11)$$

で示される。たとえば V_2 の作用域では糸速 v はほぼ 50 m/sec であるので、 $V_2=10, 20, 30, 40$ m/sec とおくと、 $K=0.70, 0.51, 0.39, 0.31$ と、かなり抗力の減少に役立つ。

いま、計算例として、 $V_0=300$ m/sec、 $V_1=60$ m/sec、 $V_2=20$ m/sec で、第 2 表条件 2 で計算すると第 5 図となる。推進力の大きさは第 3 図と大差ないが、抗

(第5図) 片側エア プール時のよこ糸挙動 (条件 2)

力は約 1/2 に減少している。このため糸速も第 2 図よりやや向上し、最終では 63 m/sec に達し、2.25 m を飛び切る所要時間も 0.0428 sec で、織機回転数に直せば約 470 rpm に達する。しかし第 2 図にくらべきわだった性能向上がみられないので、別の改良法を考えてみよう。

3.2 2 段エア プール方式

第 2, 5 図において、 $l=0.27$ m で よこ糸速度に段が見られるのは、よこ糸にかかる空気抗力が急増するのも一因であるが、他の原因としては、糸の運動に与かる

質量が突变的にふえることも考えられる。すなわち、空気によりプールされていた長いループ状の足が引出されはじめるためである。この突変を小さくするため、ループを2段に分け、質量増加を小刻みにすることが考えられる。

(第6図) 2段エア プール方式

この2段エア プール方式の一例を第6図に示す。第1図のガイド8と測長ローラー9の間にもう1個のガイド11を設け、ここでもエア プールさせる。ガイド間の距離を図のように a , c , f , 各ガイド間に貯えられた糸長を l_4 , l_6 , l_7 とする。前と同じように よこ糸噴射までは l_4 , l_6 , l_7 間に力のやりとりがないとし、また、よこ糸噴射は織機1回転の $1/3$ で行なわれるとすると、 $1/3W$ はガイド6, 8間で、 $1/3W$ はガイド8, 11間でプールしておけば、よこ糸噴射期間中に $1/3W$ が測長されて、必要糸長がまかなえる。

よって6, 8間の糸長は $l_6=1/3W$ で、これはガイド5, 6間に貯えた糸長 l_4 がのび切るまでは不変である。一方、ガイド8, 11間には、初めの糸長 $l_7=1/3W$ のほかに、常に測長ローラー9により送込まれる糸長が加算される。このため運動方程式はつぎようになる。

(i) l_4 がのび切るまでは (1), (3) 式と同じ。

(ii) l_4 がのび切り, l_6 がのび切るまでは

(5), (6) 式と同じ。

ただし

$$\left. \begin{aligned} l \text{ の範囲 } & l_4 + l_1 - a \leq l \leq l_4 + l_1 - a + l_6 - c \\ \text{糸の質量 } m &= \frac{\rho}{2} (l_6 + l_4 + 2l_3 + 2l_2 + l_1 + l + a) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (12)$$

(iii) l_6 がのび切り, 糸がとび終わるまでは

(5), (6) 式と同じ。

ただし

$$\left. \begin{aligned} l \text{ の範囲 } & l_4 + l_1 - a + l_6 - c \leq l \\ & \leq l_7 + \frac{NW}{60} t + l_6 + l_4 + l_1 - l - a - c - f \\ \text{糸の質量 } m &= \frac{\rho}{2} (l_7 + l_6 + l_4 + 2l_3 \\ & + 2l_2 + l_1 + l + a + c + \frac{NW}{60} t) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (13)$$

(第7図) 2段式エア プール時の よこ糸挙動(条件3)

いま, $V_0=300$ m/sec, $V_1=60$ m/sec, $V_2=10$ m/sec, $a=5$ cm, $c=f=1$ cm とおき、第2表の条件3により計算すると第7図のようになる。質量を分散させたため、糸速の段はほとんどなくなり、織機回転数も480 rpmに達する。

しかし、 $l=0.27$ および 0.94 m 付近で大きな摩擦抗力を受け、糸速もやや横ばいとなっている。この部をなめらかにするには、さらに多段のプールにすべきであろうが、構造が複雑になり実用上は難点が多い。

4. 測長ドラム式とエア プール式の比較

第1報で測長ドラムを用いた場合の よこ糸の運動を考えた。したがって、これと本報で述べたエア プール方式との性能比較をつぎに行なってみる。

第8図は噴流初速 V_0 が 300, 150 m/sec の2種につき、補助風速 V_1 を 60 m/sec とし、綿糸 20 s につき第2表条件2で計算したしのである。なお測長ドラム式では摩擦の少ないカバーを付したもので、エア プール式では片側プール式とした。図をみると、ひきもどした糸長

(第8図) ドラム測長式とエア プール方式の比較(条件2, 4)
(実線はドラム式, 点線はエア プール式を示す)

l_4 がのび切る $l=27\text{ cm}$ まではまったく同じ条件であるから、両曲線が重なるのは当然である。それ以後では、初速 V_0 によって傾向をやや異にし、おそい V_0 の場合は、エア プール式のほうが糸速の落ちが大きく、しばらくしてからドラム式を追いこす。はやい V_0 の場合はドラム式よりもエア プール式のほうが高い糸速を示す。

しかし、これらの糸速の差があっても、規定幅を飛び切る所要時間には大差がなく、ほぼ同じ製織速度が得られる。このため以下の比較検討には、そのつど適宜のプール型式を選ぶことにした。

5. 各種製織因子の影響

5.1 噴流初速の影響

織機の高回転数を上げるには、よこ糸が織幅全体を通過するに要する時間を短縮させる必要があり、それにはよこ糸噴射直後のいわゆる立ち上がり性能を向上させねばならないことは、すでに第1報で示した。

このためには、よこ糸が噴流より受ける推力をまさねばならないが、いま、噴射始めに よこ糸先端がなお噴流のコア部にあるとすれば、よこ糸先端は風速一定の領域にあるから、(1) 式より推力 F は

$$F_0 = c_f l / 2 \rho_0 (V_0 - v)^2 \cdot \pi d \cdot (l_1 + l_2) \cdots \cdots (14)$$

とおくことができる。さらに糸速 v は V_0 にくらべて噴射初期は十分に小さいから

$$F_0 = \left(\frac{1}{V_0} + 0.02 \right) \frac{1}{2} \rho_0 V_0^2 \pi d \cdot (l_1 + l_2) \cdots (15)$$

がなりたつ。よって噴流の初速 V_0 、あるいは初期に噴流にさらされる糸長 $(l_1 + l_2)$ をますことは、よこ糸の立ち上がり性能を向上させるのに効果があることがわかる。しかも V_0 は2乗で影響するから、噴流初速を上げることは非常に有効である。

いま例として、第1報で考えた効率のよいカバーを併用した測長ドラム方式の場合、噴流の効果を見るため $V_0=150, 200, 300\text{ m/sec}$ とおき、第2表条件2で計算した結果を第8図に併記した。

図をみると噴流初速 V_0 が小さいときは、 l_4 がのびきる 27 cm での糸速の段も小さく、その後すぐに糸速はこの段を回復して次第に増加する。 V_0 が大きくなると糸速の段は大きくなり、ある場合は 27 cm での糸速が最大で、段をなして減少した糸速を回復することなく最後まで飛行する。このように噴射初速は糸速分布に影響を与えるだけでなく、製織速度にも大きな変化を及ぼす。たとえば、 $V_0=150, 200, 300\text{ m/sec}$ の所要時間はおの

おの $0.074, 0.0627, 0.047\text{ sec}$ で、織機回転数に直すと $270, 320, 425\text{ rpm}$ に相当する。すなわち噴流初速の約 $3/5$ 乗に比例して織機性能を高めることができる。

5.2 はじめに噴流にさらされる糸長の影響

(15) 式で述べた $(l_1 + l_2)$ の影響をしらべるため、カバー付き測長ドラム方式で、 $V_0=300\text{ m/sec}$ 、 $V_1=60\text{ m/sec}$ 、 20 s 綿糸について第2表の条件5で計算し、結果を第9図に示した。

(第9図) 初めに噴流にさらされる糸長の影響 (条件5)

当然のことながら、噴流初速を上げるのにくらべれば効果的でない。また $(l_1 + l_2)$ はしだいに倍加するように変化させたが、よこ糸の飛行性能はそれに応じて向上せず、寄与率はしだいに低下していることがわかる。

しかし、風速を上げなくとも、糸速および所要時間はいずれもかなり向上するので、動力消費を伴わない性能向上策としては、大いに推奨できる。とくに $l_1 + l_2 = 16\text{ cm}$ とすれば、 550 rpm の高速を出すことができる。

ただし、ノズル内に導糸パイプがひっこんだ量 l_2 を大にすることは、ノズルの全長を長くすることになるので、ノズルの工作、ノズル内でのパイプ ロスの増加などが残された問題であろう。

5.3 補助風速 V_1 の影響

本研究の主目的は、ひ口にそうて補助気流を流し、主ノズル1本だけの場合に比べよこ糸の飛行性能を向上させようとするにあった。よって、つぎにこの補助気流の影響を調べてみよう。

今までの計算で、噴流初速 V_0 が 300 m/sec の場合、糸速は 60 m/sec 近くに達している。したがってこれよりおそい補助気流を用いれば、よこ糸は逆に空気より押しかえされる抗力を受け、よこ糸にバックルを生ずるので、補助気流の効果はない。したがって、 V_1 をこれ以

(第10図) 補助気流 V_1 の影響 (条件6)

上の速度である 60, 80, 100, 120 m/sec とおき, $V_0 = 300$ m/sec の場合, 片側エア プール方式で補助風速の影響を調べた。

第10図は第2表条件6で計算した結果で, いずれも引きもどしループ l_4 がのび切る 27 cm のところで糸速に段を生じているが, それからしばらくしてしだいに速度を回復し, $V_1 = 120$ m/sec では $V_1 = 60$ m/sec 時の 1.3 倍に近い 83 m/sec の糸速に達している。また, このときの 2.25 m をとび切る所要時間は 0.037 sec で, 540 rpm に相当し, 補助風速によっても繊維性能をかなり向上させることがわかる。しかし, 糸速が 1.3 倍近くなっても所要時間はそのわりに減少しておらず, また広いひ口一杯に 120 m/sec 一定の風を吹かせることは技術的にも, 動力消費上にも問題がある。

さらに, 飛行中の よこ糸のバタつきに対しても, あまり V_1 を上げることは疑問である。空気に対する姿勢はちがうが, 流れに垂直においた弦の振動数 n は Strouhal 数として知られ²⁾

$$n = V'/d \cdot f(\nu/V'd) \dots \dots \dots (16)$$

で示される。ここで d は弦の直径, ν は空気動粘性係数, V' は流れと弦の相対速度である。すなわち, 相対速度が大になるほど振動数はふえる。よこ糸が飛走するときも, 相対速度が大になるほど振動的な力を多くうけ, まっすぐになって飛ぶべき姿勢が曲がるおそれがある。

したがって, 補助風速としては, 糸速に追いこされない程度でできるだけ低いほうが, よこ糸の飛行姿勢からも, 動力消費上からも好ましい, また第8図で $V_0 = 300$ m/sec を用いても最高糸速は 63 m/sec であった。よって V_1 はこれをやや上回る 70 m/sec ぐらいが, 実用性のある値であろう。

5.4 プール用風速 V_2 の影響

測長ドラムによるよこ糸のプール方式とは異なり, エアプールの場合はある程度の風速により よこ糸をノズ

ルの後で引張ておく必要がある。しかし, よこ糸が飛行するときはこの風速にさからって飛行するから, かなりの抵抗が生ずる。その影響を2段式エア プール方式の場合, $V_2 = 0, 10, 20, 30, 50$ m/sec とおいて, 第2表7の条件で計算し, 結果を第11図に示した。

(第11図) プール用風速が よこ糸の飛行性能に及ぼす影響 (条件7)

図において, $V_2 = 0$ の場合は空気抵抗が一番小さいので, よこ糸の飛行性能が最良なのは当然で, 最高糸速は 66 m/sec に達し, 2.25 m を飛するに要する時間は 0.0385 sec で, 520 rpm に相当する。

しかしたとえこの場合, 測長ローラーによりプールした糸内に送りこまれる糸速は $2 \text{ m} \times 520 / 60 \text{ sec} = 17.3$ m/sec であるから, 少なくとも V_2 はこれ以上でないとループの形状が不安定になる。

一方, $V_2 = 50$ m/sec のように大きいと, 糸速は $l = 27$ cm のとき最大で, 以後は V_2 による抗力が大きいためかえって低下し, 2.25 m を飛行する時間も 0.0455 sec (440 rpm 相当) となる。

したがって, V_2 は 20~30 m/sec 程度が適当であろう。本文中で $V_2 = 20$ m/sec とおいて各種の比較計算をしたのは, この理由による。

このようにエア ジェット ルームではエア プール用の風速選定に十分注意する必要がある。これは糸をプールするためにも よこ糸を推進させるためにも同じ空気を用い, しかも空気による推進力があまり大きくないためである。これに反してウォーター ジェット ルームでは, 水による よこ糸推進力が非常に大きいので, エアプール方式を用いてもその風速にはそれほど意を用いる必要がない。

5.5 糸番手の影響

一般にエア ジェット ルームでは太番手の糸ほど飛び

やすくで有利のように考えられている。したがって、それを確かめるため線糸 5, 10, 30 s について、片側エアプール方式の場合、第 2 表 8 の条件で計算し、結果を第 12 図に示した。

(第 12 図) 糸番手が よこ糸の飛行性能に与える影響 (条件 8)

図を見ると、太い糸ほど重いので初めの糸速の上昇率は悪い。しかし、しばらくすると空気より受ける推進力がほそい糸より大きいので、糸速はしだいに上昇し、図では 40~50 cm とんだところで他の糸を追いぬき、最終速度は 5 s で 86 m/sec と最大に達する。一方、ほそい糸はその逆の傾向を示し、それらがたがいに相殺され、織幅 1.2 m ぐらいでは所要時間はちょうど 3 者ともまったく一致し、甲乙をつけられないことを示している。

これから推定すると、小幅織物には細番手が有利であるが、普通幅では番手により差がなく、さらに広幅になると反対に太番手のほうが有利になるようである。

5.6 織幅の影響

最近ではむやみに回転数を上げるよりも、織幅をひろげたほうが有効であるといわれる。したがって、第 1 報で考えたような効率のよいカバー付き測長ドラムを用いた場合、織幅を広げたときの製織能率の変化を知るため、20 s 綿糸で織幅を 2, 3, 4, 5 m と変え、第 2 表 9 の条件で計算し、結果を第 13 図に示した。

図において、引きもどしたループ l_4 がのび切る 27 cm

(第 13 図) 織幅が よこ糸の飛行性能に及ぼす影響 (条件 9)

までは同じ性能を示すことは当然であるが、以後織幅の広い場合のほうが糸速がややすぐれている。この理由はつぎのようである。本計算例の場合は、いずれも測長ドラムに 3 回巻きで 1 ピック分を測長するとした。したがって広幅のほうが測長ドラム径が大となり、よこ糸がドラムより巻きほぐれるときの角速度が小さくなり、バルーン張力を減少させるためである。この点についてはさらに後述する。

しかし、規定幅をとび切る時間は広幅のほうが大となり、2, 3, 4, 5 m 幅に対しておのおの 0.046, 0.065, 0.084, 0.103 sec となる。回転数に直すと 435, 310, 240, 195 rpm に相当するが、これだけでは優劣は決めがたい。

しかし、1 min 間に消費する よこ糸長さ、すなわち織込率を求めると、2, 3, 4, 5 m 幅のおのおのに対し耳部糸量を 5 cm とすると、890, 940, 965, 980 m/min となる。これを見ると、回転数を上げるよりも、織幅をひろげたほうが製織能率は向上するといえる。

6. 吟 味

8.1 回転数の一致

第 2 表に示したように、どの計算条件でも織機回転数は $N=400$ rpm とおいた。これは よこ糸が規定幅をとび切る所要時間として、1 サイクルの $1/3$ 、すなわち $60/400 \times 3 = 0.05$ sec を要求するものである。しかし実際は、前述したように 0.05 sec を下回るものもかなりあり、このためつぎのような誤差を生ずる。

(i) 測長ドラム方式の場合

測長ドラムは 3 回転して 1 ピックに必要な糸長を送り出すと考えた。このためバルーン中の糸の回転角速度は第 1 報 (18) 式に示したように

$$\omega = \frac{\pi N}{60} \frac{v}{R} \dots \dots \dots (17)$$

となる。したがって、 N が初めに与えた値を下回るにつれて、バルーン張力にぐいさがでて誤差を生ずる。たとえば第 7 図の $V_0=300$ m/sec に対するドラムの場合、規定幅をとび切る時間は $t_0=0.047$ sec で $N=425$ rpm に相当する。なおバルーン初期の糸速は $v=54.3$ m/sec であったから、 ω のちがいは

$$N=400 \text{ rpm のとき } \omega = -302.82 \text{ rad/sec}$$

$$N=425 \text{ のとき } \omega = -289.73 \text{ rad/sec}$$

バルーン張力は ω^2 に比例するから、この場合、9.2% バルーン張力が小となる。

正しくは新しい回転数について再計算すべきであるが、すでに論じたように、バルーンが生じてからの抗力の大小は全体的な飛行性能にあまり影響を与えないので、この誤差は無視した。

(ii) エア プール方式の場合

第1, 4, 6図に示したように、エア プール方式の場合も測長ローラーがあり、これに与える回転数が計算結果に影響を及ぼす。その大きさは(4)式より求められる。たとえば同じく第8図のエア プールの場合は、 $V_0=300$ m/sec に対し $t_0=0.042$ sec、したがって、 $N=475$ rpm 相当となる。また、 l_0 の引出し初めの時間は $t=0.0068$ sec であったから、(4)式より

$$N=400 \text{ rpm のとき} \quad \gamma=0.707 \text{ m}$$

$$N=475 \text{ rpm のとき} \quad \gamma=0.716 \text{ m}$$

すなわち、約1.0%の差がある。しかしこのとき、ループの前方にはすでに0.78 mの糸が運動しているから上述の γ がつけ加わると、糸質量の見積りとしては

$$(0.716+0.78)/(0.707+0.78)=1.006$$

すなわち、0.6%の誤差しか生じない。また前述したように、立ち上がり時以外の誤差の影響は小さいので、再計算は行なわなかった。

6.2 測長ドラムの径

前述の測長ドラムは3回転して1ピックを送り出すものである。しかし小さいドラムで何回転も巻いたほうがよいか、あるいは大きなドラムで1~2回巻いたほうがよいかは問題であるので、つぎに検討してみよう。いま n 回巻きで織幅 W 分を測長するとすれば、測長ドラムの半径は

$$R=W/2\pi n \quad \dots\dots\dots (18)$$

となる。一方、ドラムの回転角速度は

$$\omega_D=\frac{2\pi N}{60} n \quad \dots\dots\dots (19)$$

したがって、第1報で述べたカバー付き測長ドラムでは、バルーンによる遠心力は

$$T=\frac{\rho}{2}\left(\frac{2\pi N}{60}n-\frac{2\pi n}{W}v\right)^2\left(\frac{W}{2\pi n}+e\right)\left(\frac{W}{2\pi n}+e+2bv\right) \quad \dots\dots\dots (20)$$

ここで、織機回転数は織幅の増加によって一般に低下するが、織込率は一定であり、2 m 幅で400 rpm の場合と同じとすると、

$$N=\frac{2\times 800}{W}, \text{ rpm}$$

とおくことができる。また、よこ糸の飛行速度はほぼ $v=50$ m/sec であり、 b , e , ν は前報で用いた 0.05 m, 0.005 m, 0.1 を流用すると

$$T=\frac{4900}{9}\rho\left(\frac{2\pi n}{W}\right)^2\left(\frac{W}{2\pi n}+0.005\right)\left(\frac{W}{2\pi n}+0.015\right) \quad \dots\dots\dots (21)$$

(第14図) 測長ドラムへの巻き回数がバルーン張力に及ぼす影響

綿糸 20 s について、 W , n を変えて計算すると第14図のようになる。すなわち、バルーン張力の点からだけいえば、巻き回数を小さくしたほうが有利である。しかし、6回巻きと1回巻きとくらべても、バルーン張力はあまり減少せず、しかも本文中で論じたようにバルーン張力の大小はよこ糸の飛行性能にそれほど影響を与えない。したがって、何回巻きかは主として構造上の点から定めるべきであろう。

たとえば $W=5$ m で1回巻きでは $R=80$ cm となり、織機の側面にこのような大きなドラムを取付けることは困難である。3回巻きとすれば $R=26.5$ cm となり実用可能な大きとなる。しかも、これによるバルーン張力の増加はわずか0.18 gにすぎない。

なお図を見ると、織幅を広げたほうがバルーン張力が減少するようにみえる。ここでは毎分の織込率を一定と考えたが、もし W をひろげても N がそれほど低下しないとすれば、この傾向はさらに著しくなる。このことは

(i) ドラムからほどける前の正回転していたバルーンが、糸噴射がはじまると逆回転に転じ、その差がバルーン張力に関係する

(ii) したがって初めの正回転が速ければ速いほど差が小さくなり、バルーン張力がへる

という理由に基づく。

6.3 他の解との比較

Любовицкий³⁾ は、P-105 エア ジェット ルームに関連してよこ糸の連動方程式を導き、電算機にかけた結果を報告している。しかしかれの場合は

i) よこ糸は 1.08 m に切断し、ノズルを通して後方にまっすぐ横たえただけである

ii) そのため よこ糸の噴射がはじまると、糸の全長はただちに運動を開始し、ノズルを通過するにつれて糸の運動に抗する力は急激に小さくなる

iii) 補助気流をひ口にそうて流していないので、糸速は $l=0.55$ m 付近で風速を追いすが、その後も よこ糸はバックルせずまっすぐに進行する

以上のような仮定のもとに計算をすすめているので、噴流初速が 317 m/sec の場合、 $l=1.05$ m で糸速は 75 m/sec に達し、なお直線的に上昇の傾向を示している。これは第 8 図に示す $V_0=300$ m/sec の曲線とは非常に性質を異にし、またわれわれの経験するところともかなりくちがっている。

さらに計算に使用した各種因子の数値を明記していないので、直接筆者の計算結果と比較することは困難である。しかし参考までにかれの報告曲線を第 15 図に点線

(第 15 図) 他の解との比較 (条件 10)

で示した。ただし本報の表示に合わせるため、原点を少しずらしてある。また図中の実線はかれの条件に類似の条件で本報の計算法を行なったときどうなるかをみるため、2.0 m の よこ糸をノズルを通してまっすぐ横たえ、第 2 表 10 の条件で計算した結果である。この場合ノズルより前方はすべて 150 m/sec のような風が吹いていると仮定した。したがって (1) 式の積分が容易になり常微分方程式となるので、Runge-kutta 法を用いて数値計算した。

噴流初速が 317 m/sec および 150 m/sec と異なるため、実線のほうが点線よりも糸速が低いのは当然であるが、両曲線とも非常によく似た傾向を示し、互いにはほぼ同じ間隔でならんでいる。これは よこ糸の横たえ方が同じであるためで、たとえば第 11 図のエア プールした場合とは非常な差異を示している。すなわち、後者は立ち上がり時はわずかの糸を引張るだけであるから急速に糸速を増加させる。しかし後になっても糸がエンドレス

にくり出されるため、糸速はほぼ一定値に落ちつく。前者の場合は、飛行するにつれて残りの糸が短くなり、抵抗がへって糸速はしだいに上昇する。

このように Любовицкий の報告は、非現実的なある特異の条件のみを取扱ったもので、本報のように汎用性があり各種因子の比較を行ないうるものとは異なる。

7. 結 論

第 1 報の測長ドラム方式の場合に引続いて、測長したよこ糸をエア プールしておくエア プール方式の場合を検討し、あわせて各種の製織因子が よこ糸の飛行性能に及ぼす影響をしらべた。主な結果はつぎのようである。

i) ノズルの後に引きもどされた よこ糸全体に空気を当てるエア プール方式は、糸を引出す推進力よりも抗力のほうが大となり、糸が逆行する恐れがある。よってもう一段後の糸にプール用の風を当てる必要がある

ii) なお、測長した よこ糸の全体にプール用の風を当て、あるいは片側だけに当て、さらに多段ループ状に小分けにプールする方法により製織速度はしだいに向上する。しかし、その差異はあまり大きくない

iii) 測長ドラム方式はエア プール方式よりもやや性能がおとるが、両者に大差はない

iv) いずれの型式においても、ノズルよりの噴流初速をますか初めに噴流にさらされる よこ糸の長さをませば、よこ糸の立ち上がり性能はよくなり、製織速度を著しく向上させることができる

v) よこ糸の飛行を助けるため、ひ口にそうて流す一様気流は 60 m/sec ぐらいが実用であろう

vi) ノズルの後でエア プール用に流す風速は 20~30 m/sec ぐらいが適当であろう

vii) 小幅織機では細番手のほうが よこ糸の飛行性能はすぐれているが、普通幅では差はなく、広幅になるにつれて太番手のほうが性能はよくなる

viii) 2 m 幅よりも、3, 4, 5 m と織幅を広くしたほうが織込率は向上する

ix) 測長ドラムの径をまし、1 ピック分の巻き数をへらしたほうが、バルーン張力は小さくなる

なお以上の結果は、主として綿糸 20 s については比較検討したものである。

文 献

- 1) 宇野; 織機誌, 25, T47 (1972)
- 2) Rayleigh, L., Theory of Sound, p. 413, Lowe & Brydone, London
- 3) Любовицкий, В. П.; Техн. Текст. Пром., No. 3, p. 136 (1966)
- 4) 宇野, 石田ほか; 織機誌, 14, 141 (1961)