Effects of Working Specification of Weft-Accelerating Apparatus on Weft Insertion for Air Jet Loom

Atsuji Masuda*, Kazuo Washida*, Yoshimasa Sogi** and Nobuo Ogata***

*Fukui Industrial Technical Center, 910-0102, Kawaiwashizuka, Fukui, **former Micron Corp.,

146-0092, Ota-ku, Tokyo, ***Fukui University, 910-0017, Bunkyo, Fukui

Abstract

In an air jet loom, compressed air is used for the weft insertion. In order to produce the compressed air, much electric power is necessary. To reduce the energy, an accelerating apparatus of the weft yarn (PDC-system) has been developed and the efficiency of the apparatus was assessed in the previous work. It was found that the energy for the weft insertion could be reduced by using the apparatus.

For this apparatus being used in various air jet looms, the flight state of the weft yarn should be analyzed in detail. In this work, the effects of PDC working conditions on the tip velocity of weft yarn and the weft yarn tension are investigated. From the investigations, it is found that the flight state of the weft yarn is more easily controlled by using the accelerating apparatus of the weft yarn.

Key Words : Weft insertion, AJL, Weft yarn velocity, Weft yarn tension

(Received March 29, 1999)

(Accepted for Publication Sept. 30, 1999)

エアジェットルームよこ糸加速装置の稼動条件が よこ入れ運動特性に及ぼす効果

増田 敦士*, 鷺田 一夫*, 曾木 芳正**, 小形 信男***

1. 緒 言

エアジェットルーム (AJL) は、圧縮空気を利用してよこ入れを行うため、よこ入れ可能な繊維素材の制限も少なく、汎用性に優れている¹⁾。特に、近年の多様化した新素材および複合素材等の糸種に対応できるため、高付加価値織物の製造に適している。しかし、AJL はよこ入れ運動のための圧縮空気用電力消費が大きく、これが欠点となっている。この削減対策のひとつとして、これまでもノズル形状

・おさ等の改良が行われ、圧縮空気の利用効率向上が行われてきた。その一方、よこ入れを機械的に補助するよこ糸加速装置の開発も行われ^{2,3)}、前報⁴⁾ではその効果を明らかにした。しかし、この装置が製織現場において広く普及するためには、装置使用時のよこ糸の飛走状態および装置の耐久性等を詳細に検討する必要がある。特に、よこ糸の飛走状態は、織物の構造や力学特性等の織物物性および製織効率に大きく影響を与えるため、その説明は重要であり、さらに、よこ糸飛走状態をよこ糸種に対応して

*会員、福井県工業技術センター、福井市川合鷺塚町、TEL. 0776-55-0664, FAX. 0776-55-0665

**会員、元マイクロン㈱、東京都大田区下丸子

***会員、福井大学工学部、福井市文京3

任意に制御できる簡易な方法が現在求められている。

そこで、本報ではよこ糸加速装置を使用した場合のよこ入れ運動特性を検討した。その結果、よこ入れに対する抵抗力が比較的小さい自由飛走状態が実現できること、稼動条件の適切な設定により容易によこ糸飛走状態を制御できることが明らかになったので報告する。

2. 実験装置および実験方法

2.1 製織条件

製織実験は、前報と同様に(株)豊田自動織機製作所製のエアージェットルーム (JAT600) を使用して行った。織幅と織機の駆動回転数は、それぞれ130cmおよび565rpm (± 2 rpm) である。

よこ入れにはメインノズル、タンデムノズル (よこ糸加速装置使用時を除く)、補助ノズルおよびストレッチノズルを使用した。メインノズルおよび補助ノズルの空気圧は、織機の各圧力タンクにつながる配管に圧力計 (㈱岡野製作所: デジタルマノメーター) を設置して測定し、実験時のメインノズルおよびタンデムノズル空気圧はそれぞれ178kPaであり、補助ノズルおよびストレッチノズルの空気圧はそれぞれ192kPaであった。

よこ入れ条件であるノズル構成および噴射タイミング、よこ糸の解放タイミングは、図1に示す条件を使用した (織機各部の稼動タイミングは織機のおさ打ちを起点とし、クランク1回転を360度としたクランク角を用いて表記する)。

2.2 よこ糸加速装置の稼動条件

よこ糸加速装置 (Pinch-Roller Direct Control System, 以後 PDC 装置と表記する) は、前報と同

Fig. 2 Supplementary apparatus for weft insertion (PDC-system)

じものを使用した (図2(1); 一点鎖線で囲まれた部分が PDC 装置である)。PDC 装置を設置しない場合は、図2(2)のcで示されるように PDC 装置と同じ位置にタンデムノズルを設置した。

PDC 装置の稼動条件には、駆動ローラー回転数とピンチローラー稼動タイミングがある。以後、駆動ローラー回転数を DR 回転数、ピンチローラーが稼動しているクランク角度範囲を PR 稼動角、その稼動角の長さを PR 時間、ピンチローラーが作動開始するタイミングを PS 角、作動終了するタイミングを PE 角とそれぞれ表記する。PDC 装置で送り出される糸の速度は、駆動ローラーの直径 (106mm) から計算して求め、以後 PDC 周速度と表記する。特に断らない限り、DR 回転数は6,900rpm、PS 角は106°、PE 角は170°そして PR 時間は64°である。

2.3 よこ糸運動の測定

本研究では、よこ糸張力、よこ糸先端位置および

Fig. 1 Working conditions of various nozzles in AJL

よこ糸速度からよこ糸運動特性を評価する。

よこ糸張力は、応答周波数 1kHz の 3 ピン式張力計（インテック㈱：IT-HY）を用いてサンプリングタイム 100 μ s で測定した。この張力測定位置を図 2 中の i で示す。PDC 装置装着の場合はメインノズルと PDC 装置の間（case 1）、PDC 装置を装着しない場合は、メインノズルとタンデムノズルの間（case 2）でそれぞれ張力測定を行った。

よこ糸速度の測定には多くの方法がある^{5~8)}。本実験では、高速カメラ画像処理システム（コダック製：EktaPro）を使用して、よこ糸先端位置を 0.5 ms 間隔（2000コマ/s）で測定し、その結果からよこ糸先端速度を算出した。図 3 は、よこ糸飛走画像の代表例であり、図中の(1)、(2)および(3)は、それぞれ 0.5ms ごとに撮影した映像である。よこ糸の先端は、時間の経過に伴って、図中右方向に進んでいることが分かる。おさにはメインノズルからの糸先端位置が判断できるようにマーカーを付け、これを参考にしてよこ糸の先端位置（織機メインノズル先端からの距離）を求めた。よこ糸飛走画像の解析は、

倍率が約 1.27 倍、画像分解能が 1.2mm (± 0.2 mm) の設定で行った。また、織機のクランク角 100 度に同期して発光するストロボ信号を高速カメラ画像に取り込み、この信号タイミングを基準に各画像のクランク角度を求めた。

よこ糸先端糸速度（以後単によこ糸速度と表記する）は、上記した飛走画像より求めた先端位置と画像撮影時間より計算して求めた。ただし、測定値のばらつきを低減するために測定回数を多くし、よこ糸速度は移動平均⁹⁾（標本数：10）を用いて表示した。

2.4 試料

たて糸は、市販のポリエステル原着糸（黒色：16.7tex/48f）に捻糸（S700t/m）加工を施した糸（実測織度 17.3tex）を使用した。よこ糸飛走状態の高速カメラ撮影を容易にするために、1cm ごとにたて糸のない（空羽）糸配列にし、たて糸が存在する部分のたて糸密度は 19本/cm とした。よこ糸は市販のポリエステルウーリー糸（33tex/72f：実測織度 33.5tex）を使用した。

3. よこ糸飛走状態

通常のジェットルームにおけるよこ糸飛走状態は、自由飛走と拘束飛走に分類されている¹⁰⁾。この分類に従うと、自由飛走とは測長装置に貯留中のよこ糸がガイドの摩擦や空気抵抗等の搬送抵抗力と水や圧縮空気から付与される搬送力により決定する速度で飛走する状態である。他方、拘束飛走は、よこ糸を機械的機構で積極的に送り出す給糸状態の場合に出現し、よこ糸に搬送力が働いているにもかかわらず、よこ糸が機械的に送り出される速度と同じ速度で飛走する状態である。AJL の場合、フィーダー型測長装置使用時のよこ糸は自由飛走状態であるのに対し、エアプール方式測長装置使用時のよこ糸は最初自由飛走状態であり、その後拘束飛走状態となる¹¹⁾。

本報で扱う PDC 装置は、図 2 で示すようにフィーダー方式測長装置を使用するためよこ糸は自由飛走である。また、PDC 装置の稼動中は PDC 装置が機械的によこ糸を送り出すため拘束飛走が存在する可能性があると考えられる。さらに詳細に PDC 稼働状態を検討すると、前報¹⁾で示したよこ糸飛走状態の高速カメラ画像やよこ糸張力波形より、PDC 装置使用時の自由飛走状態は装置を使用しない場合

Fig. 3 High speed photographs of the tip position of weft yarn

と比較して搬送抵抗力が低減された飛走状態と考えられる。以後、PDC 装置稼動により生じる搬送抵抗力の低い自由飛走状態を低張力飛走と表記する。これら 3 種類の飛走状態を考慮して、PDC 装置使用時のよこ糸飛走状態を検討する。

4. 結果と考察

4.1 よこ糸飛走状態の解析

1) よこ糸先端位置およびよこ糸速度

図 4 は、よこ糸先端位置を織機クランク角度に対してプロットした結果を示す。ただし、(1)および(2)図は、それぞれ PDC 装置を使用した場合とタンデムノズルを使用した場合である。また、これらの図中の曲線（以後 TP 曲線と表記する）は、測定点を最小二乗法を使用して多項式近似した結果であり、これらの曲線は測定結果を良く代表していることがわかる。PDC 装置使用時の TP 曲線とタンデムノズル使用時のそれとの相違を検討するため、(3)図にこれらの近似曲線のみを表示する。(3)図より、PDC 装置使用時の TP 曲線とタンデムノズル使用時のそれには全体的に明確な相違が見られない。しかし、詳細に検討すると、曲線の中央領域とよこ入れ終了領

Fig. 4 Relation between tip position of weft yarn and crank angle when PDC-system is used : (1), Tandem nozzle is used : (2), and approximate curves of these relations : (3)

Fig. 5 Relation between tip velocity of weft yarn and crank angle when PDC-system is used : (1), Tandem nozzle is used : (2)

域に違いが見られ、PDC 装置使用時の方が、よこ入れ途中は高速度でよこ入れが行われ、最終的によこ入れ終了付近では減速していることがわかる。

図 5 は、よこ糸速度を織機クランク角度に対してプロットした結果を示し、(1)図は PDC 装置使用時であり、(2)図はタンデムノズル使用時である。また、図中の曲線は、図 4(3)に示した近似曲線を微分することにより得られた速度曲線（微分曲線）である。PDC 装置使用時のよこ糸速度とタンデムノズル使用時のそれには、図 4 の場合とは異なり明確な違いが見られる。すなわち、PDC 装置を使用した場合のよこ糸速度（測定値）は、クランク角 140° でピークを示し、その後はクランク角の増加に伴って若干振動しながら減衰している。これに対し、タンデムノズルを使用した場合は、よこ糸速度の急激なピークは観察されない。タンデムノズル使用時は、微分曲線とよこ糸速度の測定値は、よこ入れ終了時近傍を除き良く一致している。他方、PDC 装置使用の場合、クランク角 140° 前後とよこ入れ終了近傍で微分曲線と測定値間に大きなずれが観測される。一般的にいて、微分操作は急激な変化をとらえるのに有効であり、PDC 装置の稼動により糸速度が急激に変化することが期待される場合は TP 曲線と比較してよこ糸速度の方がよこ糸の飛走状態を明確に表現できる。よこ糸速度については後に詳細に議論する。

2) よこ糸張力

Fig. 6 Variation of yarn tension during weft insertion when PDC-system is used : (1), and Tandem nozzle is used : (2), and the working periods of the nozzles are shown.

図6は、よこ入れ期間の張力波形を示し、(1)はPDC使用時、(2)はタンデムノズル使用時である。この図より、PDC装置使用時とタンデムノズル使用時ではよこ糸張力波形に明確な違いが観測される。PDC装置の場合、よこ入れ開始時(100°)に幅広く低い張力ピークが出現し、次にPS角(106°)で急激に張力が低下し、この状態は約140°まで続く。そこで再び張力ピークが発生し、ピーク終了後、張力はよこ入れ終了直前(250°近傍のピークは除く)まで、低レベルの状態若若干減少しながらも保持されている。他方、タンデムノズルの場合は、PDC装置使用時と同様によこ入れ開始時にピーク張力が発生するが、それ以降はほぼ一定張力を示す。このように、PDC装置使用時のよこ糸張力波形は、タンデムノズル使用の場合と異なり、2つのピークが存在し、ほぼ一定張力を示す領域がこれらピークの前後に3つあることがわかる。

3) よこ糸飛走状態に対する議論

よこ糸先端速度およびよこ糸張力波形から、PDC使用時のよこ糸飛走状態は、タンデムノズル使用時のそれと異なることは明らかである。そこで、実験条件として任意に設定したPDC稼働条件と観測されたよこ糸張力波形を足掛かりに、PDC装置使用時のよこ糸飛走状態を分類し、各領域での糸速度と飛走状態を考察する。この際、飛走領域を図7に示すような4領域に分類することは、合理的であろう。

Fig. 7 Determination of regions which are seen during weft insertion when PDC-system is operated

領域Ⅰ(100~106°)はPDC装置未稼働期間であり、この領域のよこ糸状態は低速の自由飛走状態にあると思われる。

領域Ⅱ(106~140°)はよこ糸速度が最大値を示すまでの領域であり、PDC装置稼働期間である。よこ糸張力波形では非常に低い張力状態が観測されることより、よこ糸は低張力飛走状態である。この低張力飛走時のよこ糸速度はタンデムノズル使用時のそれより大きく、よこ糸が急激に加速されているのがわかる。さらに、よこ糸速度の最大値(V_{max})は50 m/s以上の値が観測され(図5参照)、タンデムノズル使用時(約40 m/s)より明らかに大きい。この高い速度が観測された理由は、タンデムノズル使用の場合、糸のバレーニング等による抵抗力がよこ糸に働くのに対して、これらの抵抗力が働かず、圧縮空気の搬送力がよこ糸加速に有効に利用できると考えられる。また、PDC使用時の V_{max} はPDC周速度(38.3 m/s)と比べて明らかに大きく、この相違について以下に考察する。PDC装置稼働に伴いよこ糸はPDC周速度で送り出される。しかし、PS角付近でのよこ糸速は10 m/s以下であり、PDC周速度より遅い(図5参照)。そのためPDC装置通過直後のよこ糸には緩みが生じ、この緩みが解消されるまで圧縮空気による加速が可能になり、PDC周速度より大きなよこ糸速度が観測されたと考えられる(よこ糸のたるみについては前報で明らかにしている)。

領域Ⅲ(140~170°)もPDC装置稼働期間である。この領域のよこ糸速度は近似曲線からはずれ、アンダーシュウ気味に減速している。よこ糸速度の減速が始まる位置(クランク角)とよこ糸張力波形

で観測されるピーク張力位置 (図6 参照) が一致することより、ピーク張力を示す原因は、よこ糸が急激に減速しているためである。減速後のよこ糸速度が PDC 周速度に等しい約40m/s の定速状態を示すことより、この領域のよこ糸は PDC 周速度で決まる拘束飛走状態にあることがわかる。前述したよこ糸速度が近似曲線からアンダーシュウ気味に減速する理由は、圧縮空気による搬送力に比較して、よこ糸の張力が大きくなり、糸先端に進行方向と逆の力が作用し、糸先端が減速されるためと考えられる。また、タンデムノズル使用の場合、測定されたよこ糸速度とその近似曲線とはよく一致しており、急激な状態変化がなく、比較的なめらかなよこ入れが実現されていることがわかる。

領域Ⅳ (170°～よこ入れ終了) では PDC 装置の稼動が終了しており、この領域でのよこ糸は自由飛走である。しかし、今回の実験では、PDC 周速度とその後の自由飛走時の糸速度がほぼ等しいために、張力波形およびよこ糸速度には PE 角前後での状態変化を明確に示す現象が観察されず、拘束飛走から自由飛走へ連続的に移行していると思われる。また、PDC 装置使用時のよこ糸速度 (測定値) は、タンデムノズル使用時に比較して、早いクラック角から減少しているのがわかる (図5 参照)。PDC 装置使用の場合、次の2つのよこ糸減速機構が考えられる。第1の減速は (170°以降)、PDC 装置の稼動終了に伴いよこ糸にバレーニングなどの抵抗力が働くために生じ、第2の減速は織機メインノズルの稼動終了 (190°) に伴いよこ糸の搬送力が減少したために生じる。以上より、よこ入れ終了時のピーク張力が PDC 装置使用時の方がタンデムノズル使用時より小さくなる原因は、PDC 装置の場合この2つの減速機構のためによこ入れ終了時の糸速度がタンデムノズル使用時より低くなるためであると考えられる (図6 参照)。

以上より、よこ糸の張力波形とよこ糸先端速度の計測より PDC 装置使用時のよこ糸飛走状態が明らかになった。

4.2 PDC 稼動条件がよこ糸飛走状態に及ぼす効果

1) 駆動ローラー回転数の影響

図8は、DR 回転数と低張力飛走期間 (PtimeⅡ) およびよこ糸最高速度 (Vmax) の関係を示す。DR 回転数の増加に伴い、PtimeⅡは増加し、Vmax は

Fig. 8 Effects of driving roller speed on PtimeⅡ and Vmax

Fig. 9 Effects of working period (PR time) of PDC-system on PtimeⅡ and PtimeⅢ

増加後一定値に漸近しているように見える。Vmax が一定値に漸近する理由は、Vmax はノズルの圧縮空気圧に依存するためと考えられる。また、Vmax が一定値に漸近する領域では、PtimeⅡの増加はよこ糸が Vmax で飛走する時間の増加を意味し、このことが前報で示した DR 回転数の増加に伴い、よこ入れ時間が短縮される理由である。このように、よこ糸飛走状態を DR 回転数を変化させることで容易に制御でき、製織可能なよこ糸種類が増えることと製織効率向上の可能性を示唆している。

2) ピンチローラー稼動タイミングの影響

PDC 装置稼動タイミングの PR 時間 (PS 角を 106°に固定し、PE 角を変化させて決める) がよこ糸飛走状態に与える影響を検討し、その結果を図9に示す。PR 時間の増加に伴い、拘束飛走期間 (PtimeⅢ) は増加し、他方、よこ糸の低張力飛走期間 (PtimeⅡ) は若干の増加後一定値を示すことがわかる。このことは、PR 時間を適切に設定することにより、よこ糸の拘束飛走期間を自由に制御できることを意味する。また PtimeⅡが PR 時間に依存しない理由は、低張力飛走状態の説明から明らかである。

以上の結果より、圧縮空気圧力および各種ノズル

タイミングを変化させなくてもPDCタイミングの設定により、適正なよこ糸速度曲線を簡単に設計でき、製織効率を上げることが可能になることがわかる。

5. 結 言

PDC装置を使用する場合、特有のよこ糸の張力変動が観察され、この原因をよこ糸先端速度の計測より検討した。その結果、PDC装置を使用した場合、従来の自由飛走より抵抗力の小さい自由飛走（低張力飛走）が存在し、よこ糸飛走状態は自由飛走・拘束飛走・低張力飛走で構成されることが明らかになった。さらに、PDC装置稼動条件の設定により、よこ糸飛走状態、特に低張力飛走状態と拘束飛走状態の領域を大きく変化させられることが明らかになった。この事は、圧縮空気圧力および各種ノズルタイミングを変化させなくても、PDC装置の稼動条件の適切な設定により、よこ糸飛走状態を自由に制御できることを意味し、製織効率の向上および製織可能なよこ糸種類の増加が期待される。

なお、本研究の一部は日本繊維機械学会北陸支部研究発表会（平成10年12月11日、福井）において発

表した。また、本研究を進めるに際しご協力いただいた福井県工業技術センターの諸氏に感謝する。

参考文献

- 1) Weaving Machine Research Commit; "Jet Loom Weaving", P9, J. Test. Mach. Soc. Japan (1989)
- 2) J. J. Vincent, Y. Armon, N. Hodgkinson and G. Willis, J. Text. Inst., p. 543 (1962)
- 3) I. Hasegawa and T. Kidokoro (Micron Co.) ; Publication of Unexamined Japanese Patent Application 09-095839
- 4) A. Masuda, Y. Sogi and N. Ogata ; J. Test. Mach. Soc. Japan (Japanese Ed), 52, T9 (1999)
- 5) M. Uno, T. Ishida, Y. Kimura and T. Shinkai ; J. Test. Mach. Soc. Japan (Japanese Ed), 14, 141 (1961)
- 6) G.Hoth, M. von Thenen ; Textile Praxis International, July, p. 650 (1993)
- 7) K. Yoshida, F. Suzuki, S.Kawabata and J. Hasegawa ; J. Test. Mach. Soc. Japan (Japanese Ed), 44, T32 (1991)
- 8) Y. Kisanuki and K. Yoshida ; J. Test. Mach. Soc. Japan (Japanese Ed), 50, T16 (1997)
- 9) A. Horikawa, "Randamu Hendou no Kaiseki ", p. 22, Kyouritusyuppan Co. (1968)
- 10) Weaving Machine Research Commit; "Jet Loom Weaving", P188, J. Test. Mach. Soc. Japan (1989)
- 11) Weaving Machine Research Commit; "Jet Loom Handbook", P62, J. Test. Mach. Soc. Japan (1982)