丸編みと同調させた糸のインクジェット染色技術の開発（第２報）

奥村　和之*　　小河　廣茂*

Development of Ink-jet Yarn Printing Technology Synchronized with the Circular Knitting(Ⅱ)

Kazuyuki Okumura*　and　Hiroshige Ogawa*

あらまし　一般に，ニット製品における色柄は，色糸替えによる柄出し，複数の色糸を多層に編み込むジャガード，或いは，製布後のプリントが広く知られている．本研究では，色柄ニット製品生産工程の合理化，クイックレスポンス，及び，ニット製品の高付加価値化を目的として，丸編機給糸口手前において，編成動作と同調させて原糸のインクジェット染色を行い，ピクセル画像をニットの色柄として出力する新規の色柄ニット生産技術を検討する．

検討の結果，丸編機回転数 15.6rpm，糸速 120m/min の編成速度において，出力用画像の１ピクセルが丸編組織の１ループに対応した多色柄ニットを生産できることを確認した．

キーワード　インク，ジェット，染色，丸編機，ニット，糸，色柄

１．　まえがき

現在の繊維製造業では，深刻な消費不振の影響によって加工賃の低下と多品種少ロット化が進んでいる．特に，製布製造業においては，これまで生産の高速化に主眼をおいた設備投資が行われてきており，多品種小ロットでかつ高付加価値製品の生産システムへの対応が遅れている．消費の低迷する現在では，多様な消費者ニーズに即応した高付加価値製品を無駄なくクイックレスポンス生産できるシステムが求められている．

昨今，多品種小ロット生産システムの一つとしてインクジェット染色技術が注目され，いくつかの布帛用インクジェットプリンタが開発されている[1][2]．また，このインクジェットプリント技術を製布工程に応用した例もいくつか報告されており，製織工程の経糸をあらかじめインクジェットプリントするほぐし捺染技術の研究報告[3][4]，横編機の布帛巻き取り機構直前で布帛にインクジェットプリントする技術の特許[5]，糸をインクジェット染色しながら紐編みして一旦貯留し，その後，横編機に色糸を供給して編成する技術の特許[6]等がみられる．しかし，編成動作と同調させながら原糸をインクジェット染色し，色柄を編成する技術の検討はなされていない．

ニット製品における色柄の編成技術には，色糸替えによる柄出し，複数の色糸を多層に編み込むジャガードが広く知られている．これら方法では，あらかじめデザインされた色柄に応じた色糸を手当と色糸の在庫管理が必要である．色糸の手当が間に合わない場合は，生産が中断され，生産計画にないデザイン変更があった場合は，手当した色糸が無駄となる．また，色糸替えによる柄出しは，頻繁に色糸をつなぎ替えることが困難なため色柄が制限される．ジャガードでは色糸を複層に編み込むため，生地が必然的に厚くなるとともに層の数に比例して製布時間が長くなる．製布後のプリントでは色柄に制限はないものの表面的な柄表現にとどまり，編み組織と柄の位置合わせも困難となる．

本研究では，色糸の手当が不要で色柄の変更も容易な編成システムを実現するため，丸編機の編成動作と同調させながら給糸口手前で原糸をインクジェット染色することにより，あらかじめデザインされた色柄を編成する新規技術を検討する．昨年度は，汎用のスプレーバルブを用いて糸の染色を行うととし，丸編機に設置した近接スイッチより計測される丸編機の回転速度に同調して染色動作を制御するシステムを検討した．その結果，最大 6 ループの着色位置のズレが認められたが，丸編機回転数 2.6rpm～10.4rpm の編成速度において色柄が編成されることを確認した．

本年度は，色柄精度の改善と生産速度の向上を目的として，光ファイバセンサによる編成動作の計測，高速なスプレ方式インクジェットノズルによる染色，及び，リアルタイム OS による制御を検討する．

２．　ハードウェア構成

ハードウェア構成を図１に示す．

*応用担当　製品技術研究所兼務
Application Division , Hashima-gun Kasamatu-cho

本システムは，丸編機(（株）福原精機製作所，型式 PFW，釜直径 660㎜，針数 1500 本，針間隔 18 本/25.4㎜，回転速度 15.6rpm)，丸編機電源用インバータ(AC200V 3PHASE 0_60Hz)，丸編機動作計測用光ファイバセンサ(（株）キーエンス製 FS-M1H，FU-21X，F-2HA，応答時間 20μs)，インクジェットノズルとそのコントーラ，（（株）エルエーシー製， スプレ方式，許容エア圧力 0.4MPa 以下，応答時間 100μs，オープンコレクタ駆動)，ノズル用エアコンプレッサ，入力回路，出力回路，ヒータ(アルミニウム板 400mm×150mm×5mm 2 枚 ，シリコンラバーヒータ 400mm×150mm 360W 2 枚)，温度センサ，計測制御用 PC，及び，電源からなる．

丸編機の給糸口手前にインクジェットノズルとヒータを固定し，複数のノントルクローラーガイド（湯浅糸道工業（株）製 B202020）を利用して，インクジェットノズルからヒータ，及び，編機給糸口にわたる糸道を形成する（図２）．ヒータ面の上下で原糸を回転させ，その回転数により乾燥工程長を 40cm，120cm，200cm，280cm と変更可能する．又，インクジェットノズルからのエアによって糸道が乱れないように，インクジェットノズル先端近傍から前後 5mm の位置に固定ガイドを取り付ける．

丸編みの編目は，針溝が刻まれたシリンダ状の針床とその針溝に納められた編針が円周方向に回転し，針床外周に固定されたカムによって編針が溝方向に往復動作するごとに形成される．したがって，一つの針溝がカムを通過するごとに一つの編み目が形成される．そこで，編成動作の計測は針床外周の一点に光ファイバセンサを固定し（図３），1500 本の針溝の通過を検出することによって行う．入出力インターフェイスには PC マザーボードに内蔵されるパラレルポートを使用する．表１に実験に使用した PC の構成を示す．

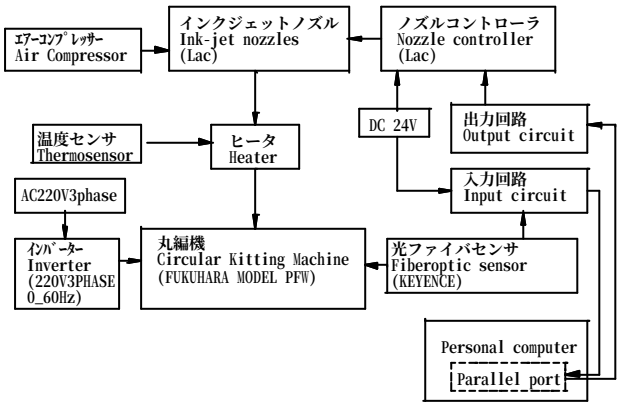


図１　ハードウェア構成

Fig.1 Components of Hardware

表１　実験に使用した PC の構成

Table 1 PC in the experiment

CPU	AMD Athron Processor 700MHz
Motherboad	EpoX EP-K7XA
Memory	256M SDRAM
Interface	Parallel port on Motherboad

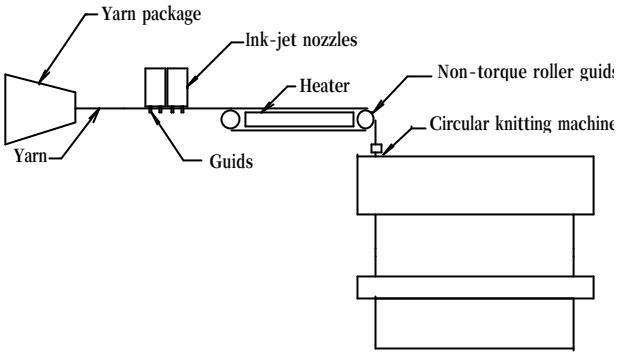


図２　インクジェットノズルから丸編機までの糸道

Fig.2 Layout of yarn guides from ink-jet nozzles to the knitting machine

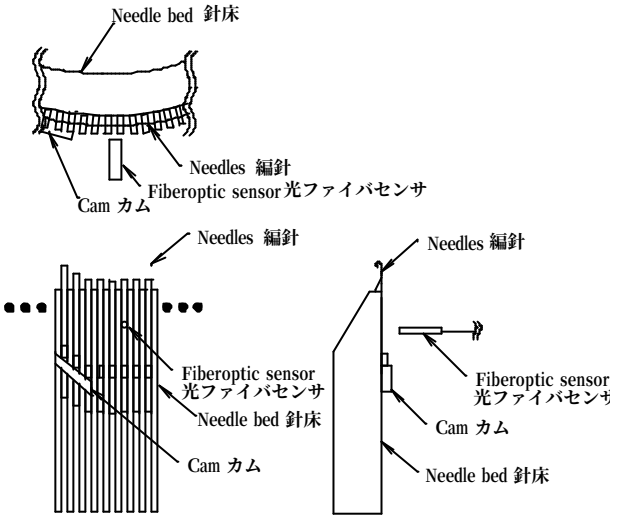


図３　光ファイバセンサの配置

Fig.3 Layout of fiberoptic sensor

３．　ソフトウェア構成

インクジェットノズルの制御には 100μs 間隔のリアルタイム処理が要求される．また，出力データの表示と出力開始・終了命令，及び，出力経過表示を行う GUI アプリケーションも必要である．そこで，計測制御用 PC の OS にはハードリアルタイム性とＧＵＩ開発環境が整ったリアルタイム Linux を利用する．

本実験では OS に RTLinux(Linux をタイムクリティカルなリアルタイムタスクに対応させる拡張するモジュール．[7]Intel MMX Pentium 233MHz 程度の CPU でも 10μs 間隔のパラレルポート出力が可能．[8][9])によってハードリアルタイム拡張した Linux を採用し，リアルタイム周期タスクによって編成動作の計測，及び，インクジェットノズルの制御を行う．

出力する画像データのフォーマットは高さ 1000 ピクセル以内，幅 1500 ピクセルの 24 ビット BMP とし，出力データの表示とリアルタイム系タスクに周期動作指示を与える GUI プログラムの部分は，非リアルタイム系の処理として，GTK+[10]を利用して作成する．また，GUI 開発ツールとして Glade[11]を使用する．

本実験の開発環境を表２に，制御フロー図を図４に，作成する GUI アプリケーションのレイアウトを図５に，タスク関連図を図６にそれぞれ示す．

RT-Linux モジュールは以下の２つのリアルタイム周期タスクを生成する．

1.RT-Task1

初期設定値 40μs の周期で動作し，光ファイバセンサの出力信号をサンプリングする．光ファイバセンサを通過した針溝をカウントし，編成される編目数（たて方向，よこ方向）を変数に格納する．たて方向の編目数が更新されたときには，このときの編目数を RT-FIFO に転送し，非リアルタイム系 GUI アプリケーション側において出力進行状況を表示させる．タスク優先度は５に設定．

2.RT-task2

初期設定値 100μs の周期で動作する．RT-task1 によりカウントされる編目数と GUI アプリケーションより送られる編目数ごとの色情報を参照し，インクジェットノズルの開閉命令をパラレルポートに出力する．タスク優先度は４に設定．

表２　開発環境

Table 2　The development enviroment

OS	Laser5 Linux 6.2(Kernel 2.2.14)
RT-Linux	RT-Linux 2.2
Compiler	glibc 2.1.3
X Window	Xfree86 3.3.6
GUI Library	GTK+ 1.2.7
GUI Tool	Glade 0.5.13

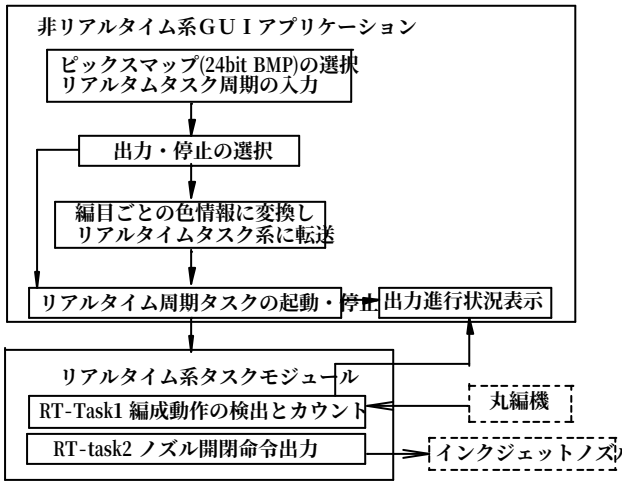


図４　制御フロー図

Fig.4 Control flow chart

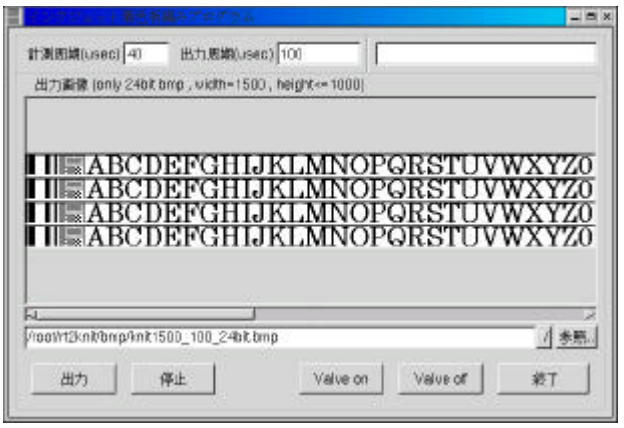


図５　GUI アプリケーションのレイアウト

Fig.5 The layout of the GUI applicasion software

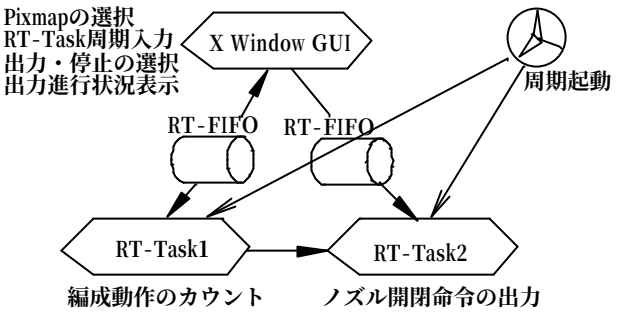


図６　タスク関連図

Fig.6 The relationship of tasks

表３　実験に使用したインク

Table 3 Ink in experiment

1	顔料インク Yellow KW/PJ (KIWA CHEMICAL)
2	顔料インク Magenta KW/PJ (KIWA CHEMICAL)
3	顔料インク Cyan KW/PJ (KIWA CHEMICAL)
4	顔料インク Black KW/PJ (KIWA CHEMICAL)
5	熱昇華転写インク Jet Yellow T(KIWA CHEMICAL)
6	熱昇華転写インク Jet Magenta T(KIWA CHEMICAL)
7	熱昇華転写インク Jet Cyan T(KIWA CHEMICAL)
8	熱昇華転写インク Jet Black T(KIWA CHEMICAL)

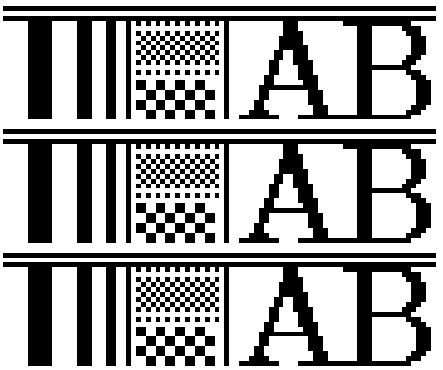
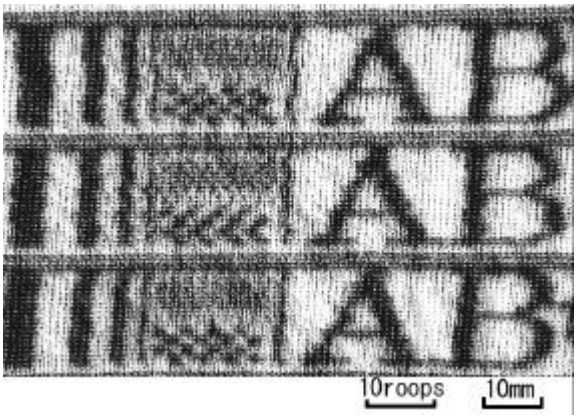


図７　出力するピックスマップの一部

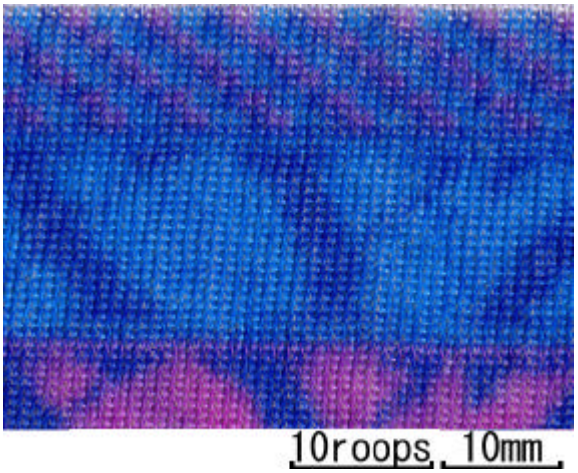
Fig.7 A part of the pixmap in printing

４．　染色編成実験

構築したシステムとポリエステルフィラメント加工糸(150d,30filament)，及び，市販水系インク（表３）を用いてピックスマップ（図７）の出力を行う．出力される色柄のズレ及び滲みを目視で評価する．



(a)単色柄(mono color)



(b)３色柄(three colors)

図８出力された色柄

(丸編機回転数 15.6rpm,糸速,120m/min)

Fig.8 colored knit

(Circular knitting speed 15.6rpm,yarn speed 120m/min)

５．　結果及び考察

丸編機回転数 15.6rpm（装置のフルスピード），糸速 120m/min インク吐出量 0.01mL/s，加熱工程長 120cm，加熱ヒータ温度 190℃の条件で出力した単色柄と，Magenta と Cyan の２ノズルによる Magenta,Cyan,Blue３色柄の出力結果を図８に示す．

色柄のズレを目視で評価したところ，ほぼ１編目以内の誤差で出力されることが確認できた．顔料インクの発色は良好で滲みもほとんど見られなかった（但し，後処理として樹脂による固着処理が必要．）．昇華転写用インクの場合についても滲みはほとんどみられなかったが，発色はやや不十分で，編成後の発色処理（加熱或いは蒸熱）が別に必要であった．

６．　まとめ

本研究では，丸編機給糸口における原糸のインクジェット染色と編成動作とを同調させて同時に行う新規の色柄ニット生産技術について検討した．この結果，次のことが確認された．

1. 丸編機回転数 15.6rpm（フルスピード），インク吐出量 0.01mL/s，加熱工程長 120cm，加熱ヒータ温度 190℃の条件下で，１編目以内の誤差でニット組織上にピクセル画像を出力できることを確認した．
2. 複数のインクジェットノズルを使用することにより，容易に多色柄のニットを生産できることを確認した．

謝　辞

本研究は，（株）エルエーシーと共同で行ったものであり，多大なご協力をいただいた（株）エルエーシー　代表取締役　買場様に感謝の意を表します．

文　献

[1]加藤孝行,双木武政,松木和正,“インクジェット捺染システム Nassenger KS-160 の開発，”Konica Tech Rep,vol.11,pp.65-68,1998.

[2]草木一男,“捺染手帖 ワンダープリントについて,”繊維加工,vol.49,no.13pp.638-644,1997.

[3]斉藤洋,寺島征四郎,安部一男,“インクジェットプリントシステムによる絹織物試作”山形県工業技術センター報告,no.28,pp.21-25,1997.

[4]金子亮,井ヶ田幸生,“ほぐし捺染技術の高度化･省力化に関する研究 ほぐし捺染の高度化に関する研究.,”埼玉県繊維工業試験場研究報告,vol.1995,pp.53-58,1996.

[5]金谷義博,広崎幸雄,“公開特許公報 横編同時インクジェット染色法”,特開平 07-070953,1995.

[6] 島正博,“公開特許公報 アパレルシステム及びそれに用いるリリアン編機”,特開平 08-311753,1996.

[7]RTLinux home page,“http://www.rtlinux.org/”,(2001３月１日現在).

[8] 船木陸議,“RT-Linux の導入とプログラミングの基礎知識,”Interface 増刊 技術者のための UNIX 系 OS 入門,山岸誠仁(編),CQ 出版社,東京,pp88_93,2000.

[9] 森友一朗ほか,“RTLinux リアルタイム処理プログラミングハンドブック,秀和システム,東京,pp12_174,2000.

[10]GTK+ home page,“http://www.gtk.org/”,(2001３月１日現在).

[11]Glade home page,“http://www.glade.pn.org/”,(2001３月１日現在).