

衣服の実需対応型生産システムの確立

山下 典男* 小河 廣茂** 奥村 和之**

Research of new apparel manufacturing systems applied information technology

Norio YAMASHITA* Hiroshige OGAWA** Kazuyuki OKUMURA**

あらまし ITを活用した個人対応型アパレル生産システムの要素技術として 仮想個人ボディ作成技術：デジタルカメラによる撮影により、個人ボディデータを作成し、パターンへの展開，仮想試着を可能とする技術，パーソナルニット作成技術：横編機でインクジェットにより編糸を着色しながらニット生地を作成する技術を研究する。では複数の2次元画像から3次元データを生成する方法について検討し、デジタルカメラで全方位より撮影された複数のアパレルダミー画像より3次元座標計算結果とサーフェイス表示結果を得た。横編機の左外部に設置したインクジェットノズルにより、キャリッジ移動量に同調して編糸の着色を制御することによって、おおむね±1編目のズレの範囲で50編目幅の縦線を着柄できることを確認した。

キーワード IT, 個人対応, アパレル, ボディ, 3次元データ, ニット, 横編機, インクジェット, 色柄

1. はじめに

1.1 背景

海外製品との競合，慢性化した不況，国内消費の低迷など繊維産業を取り巻く状況は依然として厳しい。一方顧客の製品に対する要求も高くなってきており，既製服においても，着心地，サイズなど顧客個人への対応が望まれてきている。このような状況の中で，高い技術力を持ちながら低迷している地域の繊維産業を再生させるためには，今までの「ものづくり」を見直し，ITを活用し顧客満足度の高い製品を低コストで供給するシステムを確立することによって，海外製品との差別化を図っていくことが必要である。

1.2 研究目的

ITを活用した個人対応型アパレル生産システムを確立し，中部地域のアパレル産業の再生を図る。

1.3 研究期間

平成13年～15年度

1.4 事業化構想

事業化構想を図1に示す。アパレルはファッション企画を行い小売店で企画情報，サンプル提供を行う。

顧客は小売店で体型をデジタルカメラにより採寸し，ICカードとして持つことができる。顧客は小売店で自分の好みの衣服を選び，生地，副資材などの仕様とともにIC

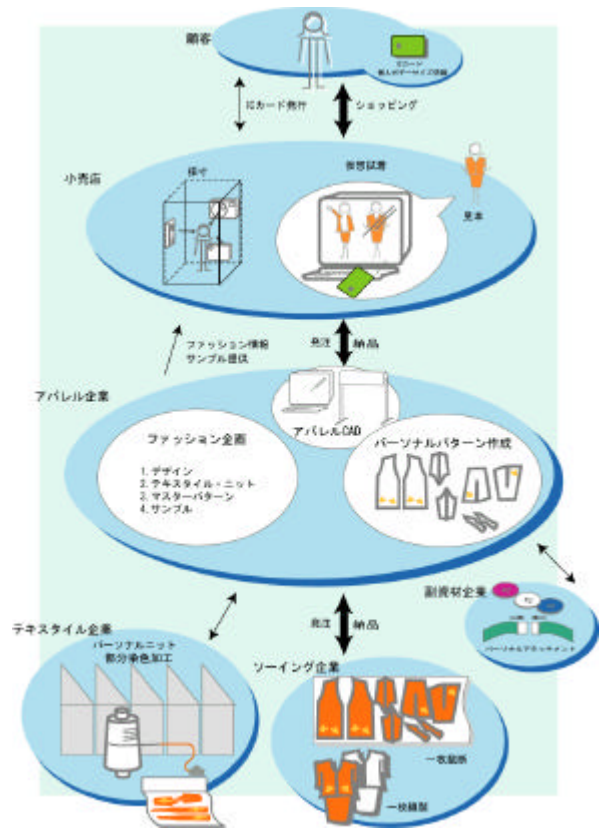


図1 事業化構想

* 製品技術研究所

** 兼製品技術研究所

カードデータを基に発注する。その際コンピュータ上で仮想試着することも可能である。

発注を受けたアパレルはICカードデータを基にマスターパターンを変更し個人対応のパターンとし、縫製企業が一枚裁断、一枚縫製を行い、製品となる。

テキスタイル、副資材等に特徴を持たせる場合は、それぞれに個人対応の加工を行う。

1.5 研究内容

上記システムの要素技術として以下4テーマについて研究を行う。

仮想個人ボディ作成技術開発：デジタルカメラによる撮影により、個人ボディデータを作成し、パターンへの展開、仮想試着を可能とする技術を開発する。

パーソナルニット作成技術開発：横編機でインクジェットにより編糸を着色しながらニット生地を作成する技術を開発する。

パーソナルテキスタイル作成技術開発：光化学反応による表面改質技術、植毛技術等により生地を部分的に改質等を行い、機能等を付与する技術を開発する。

パーソナルアタッチメント作成技術開発：衣服の新しい副資材開発

以上の要素技術開発については、今までの製品研における技術蓄積だけでなく産総研、大学等のシーズを積極的に活用するとともに、事業化については県内関連企業、アパレルCADメーカーと協力を得ながら実施する予定である。

次章に、仮想個人ボディ作成技術開発、パーソナルニット作成技術開発の2テーマについて報告する。

2. 仮想個人ボディ作成技術開発

2.1 人体形状モデル

衣服設計においては、平面上に表示された人体形状を概観しただけではその特徴を十分に把握することはできない。また、衣服を着用する場合においては、日本人の体格・体型の変化に伴い既製（標準）サイズに対する消費者の不満や混乱は増大しており、顧客の体型に合ったものが求められている。人体形状モデルは、衣服デザインとりわけ型紙作成のためのデータとして利用することを目的とするため、細かい凹凸までを表す精度は不要であると言える。従って、胸部、腹部、腰部の特徴点を把握して、身長、背丈等の高さ寸法、バストライン、ウエストライン、ヒップライン等の胴回り寸法を採寸できることが基本となる。

2.2 3次元計測技術

現在3次元計測には、接触型デジタイザやレーザなどの特殊光を照射する3次元スキャナが実用化されている。後者の方法は、レーザスリット光で被写体をスキャンして三角測量法で座標値を算出するレンジファインダと呼ばれる技術である。装置は、「多眼正弦波格子位相シフト法」と呼ばれるパターン光投射による3次元形状計測を発展

させたもので、正弦波状に濃淡が変化するパターン光を投射し、対象の3次元形状を計算することができる[1]。しかし、これらの装置は、大規模で高価なシステム構成となるため、簡単に利用することは難しい。

そこで、対象物の全周囲を撮影した複数の二次元画像から三次元形状を復元する方法について検討する[2]。

2.3 研究方法

2.3.1 エッジの抽出

撮影された物体画像から、物体と背景を分離し、物体のシルエット輪郭を求める。クロマキー法を利用して背景色を取り除く[2]。またエッジ抽出には、画素における8近傍で、Roberts Filter（図2）という1次微分（Gradient）を用いてエッジ強調を行った。これは、一般にGradientの近似としてよく用いられる演算である[3]。

0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1
0	0	-1	0	-1	0
fx			fy		

図2 Roberts Filter

2.3.2 3次元位置の算出

ここでは、2台のカメラ（ステレオ法）を用いて3次元形状を入力する手法について述べる[4]。

空間中のある一点P(X,Y,Z)をカメラの仮想結像面へ投影した点P'(X_c,Y_c,Z_c)は、式(1)のように与えられる。

$$\begin{cases} X_c = \frac{f}{f+Z} X \\ Y_c = \frac{f}{f+Z} Y \\ Z_c = 0 \end{cases} \dots\dots (1)$$

ここで、fはレンズの焦点距離である。

カメラ座標系で結像面(Z_c=0)における座標(X_c,Y_c)は、式(2)になる。

$$\begin{pmatrix} H_c X_c \\ H_c Y_c \\ H_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & C_{24} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & C_{34} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{pmatrix} \dots\dots (2)$$

ここで、H_c=(Z+f)/fである。

C₁₁からC₃₄はカメラパラメータであり、カメラの位置、姿勢、画角などの情報が含まれている。

$$Y_c = \frac{C_{21}X + C_{22}Y + C_{23}Z + C_{24}}{C_{31}X + C_{32}Y + C_{33}Z + C_{34}} \dots\dots (4)$$

$$X_c = \frac{C_{11}X + C_{12}Y + C_{13}Z + C_{14}}{C_{31}X + C_{32}Y + C_{33}Z + C_{34}} \dots\dots (4)$$

式(3)(4)に、物体座標系で基準となる点(X,Y,Z)とそれに対応するカメラ結像面での位置(X_c,Y_c)による連立方程

式を作る。C_{n1}からC_{n4}を求めるには、同一平面上にない16個の基準点が必要になる。

マーキングされた物体上の3D座標値を求めるには、左右のカメラを使って検出した対応点(X_{cn}, Y_{cn})と24個のカメラパラメータ(C_{n11}, ..., C_{n34}), (n=1, 2)を式(5), (6)に代入し、連立させて解くことにより3D位置P(X, Y, Z)を求めることができる。

$$X_{cn} = \frac{C_{n11}X + C_{n12}Y + C_{n13}Z + C_{n14}}{C_{n31}X + C_{n32}Y + C_{n33}Z + C_{n34}} \quad \dots(5)$$

$$Y_{cn} = \frac{C_{n21}X + C_{n22}Y + C_{n23}Z + C_{n24}}{C_{n31}X + C_{n32}Y + C_{n33}Z + C_{n34}} \quad \dots(6)$$

ただし、n=1, 2とする。

一方、シルエット輪郭および物体とカメラとの角度の情報を全方位取り込むことにより、3次元形状を求めることができる。

図3に示すように、各断面において最大幅をシルエット輪郭として検出する。X軸上のx₁, x₂に垂線を引く、回転してx₃, x₄(x'₃=x₃, x'₄=x₄)に垂線を引く、180°まで繰り返しそれぞれの垂線をつなぎ合わせるにより断面形状が得られる。

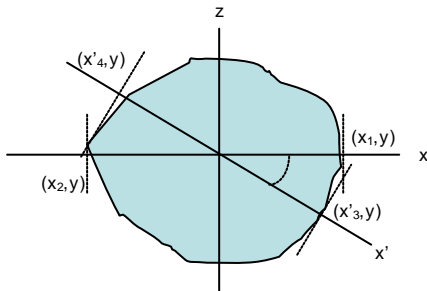


図3 断面におけるシルエット輪郭からの3D復元

2. 4 結果

実験には、アパレルダミーを用いた。

ブルーバックにして、デジタルカメラで撮影し、背景画像を取り除いて物体画像のみを取り出す(図4)。

次に、エッジ検出により、シルエット領域を抽出する。

この作業を全周囲に渡って繰り返す。このときカメラと物体との角度を測定しておく(図5)。

撮影条件: 回転範囲180°, 角度変化量5°, 撮影枚数37枚

図6には、3次元座標計算結果を示す。

図7に、サーフェス表示結果を示す。

2. 5 まとめ

本研究では、複数の2次元画像から3次元データを生成する方法について検討した。

基本的には、カメラと被写体の位置、角度から三角測量法により長さを求めるのであるが、実験においては、これらカメラパラメータ及び基準寸法は既知として行った。各画像のシルエットラインから、3次元形状を計算する方法である。正面からの撮影では、肩の部分をつま

ることができないので、上からの画像も必要となる。実際の場合には、角度を自動検出できるターンテーブルのような装置が必要となるが、次の問題点も指摘される。

人工物のように固定しているものに対しては、良いが人間のように静止し続けることが難しい場合には、一度に複数個のカメラを用いて、全方位の画像をとらなければ、画像のずれや被写体への負担をなくすことはできない。また、くびれた部分では、シルエット輪郭の情報から計算することはできない。

さらに、腕によって隠される部分では、データが欠如してしまうので、それをどう補正するかが課題である。

実際の衣服設計にあいては、胴回りの特徴点(首回り、バストライン、ウエストライン、ヒップライン等の数値が出力されることが要求される。これについては、得られたボディデータから、断層図を描き出す処理が必要となる。型紙作成のためには、肩幅、脇下ライン、腕の長さ、手首回り、肘回り等の数値データが必要になり、これらを精度良く測定することが基本であり、さらにメジャーだけでは得られない詳細なデータを得ることを期待するものであり、これら課題について検討を加えたい。



図4 Photo data

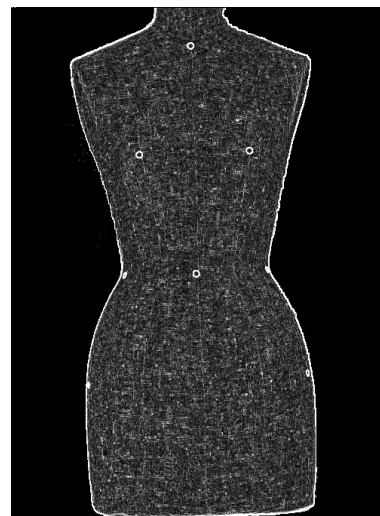


図5 edge

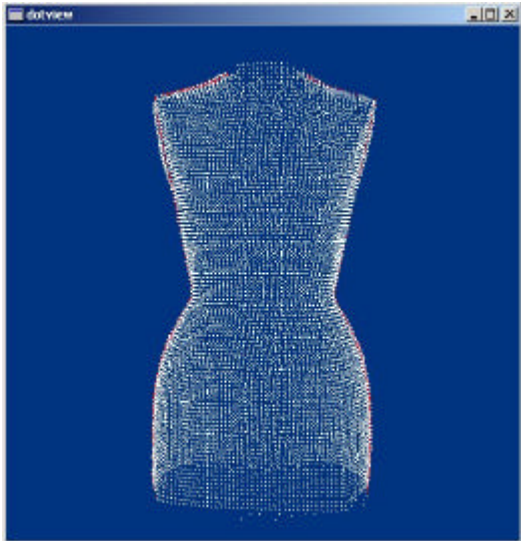


図6 3D point view

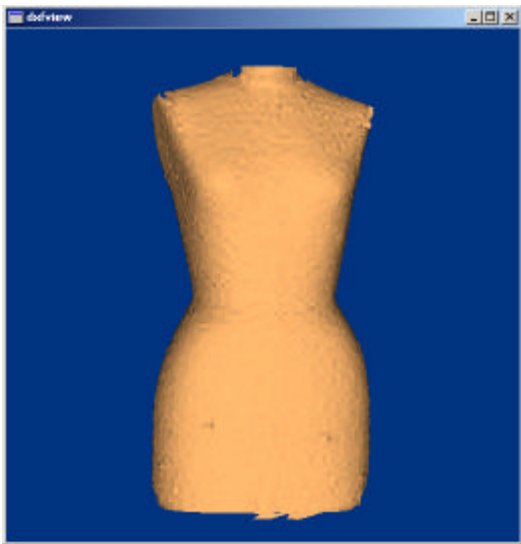


図7 3D surface

3. パーソナルニット作成技術開発

3.1 パーソナルニット作成

ニットの色柄は色系の切り替え機構（ノッタ、インターシャ）や選針機構により表糸と裏糸を切り替えながら色系を複層に編むこと（ジャガード）により実現している。しかしいずれの手法も、色柄に応じた色系の発注と在庫管理が必要で、色系納入までのタイムラグが発生し、頻りに色柄を変更する場合はその負担が大きくなる。また、前者の機構では縞柄等に限定され、後者の機構では複層編みが必須で色数も層数により限定される。

このような問題に対し我々は、新規の色柄編成技術として丸編機において編成直前に白糸を計画的に着色する着色編成技術を提案している[5,6]。ここでは、パーソナルニットの作成技術として、ニット製外衣の小ロット生産に適する横編機においての着色編成技術を検討する。

3.2 ハードウェア

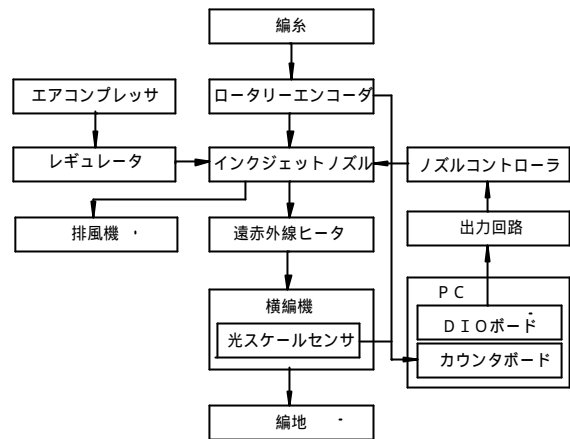


図8 ハードウェア

パーソナルニット作成のために構築したハードウェアのフローを図8示す。

ハードウェアは、横編機（ストールジャパン株，CMS320.6_50,Gauge:E7,針数:349），横編機キャリッジ移動量計測センサ（株）キーエンス，光スケールセンサVP-90），給糸長計測センサ（オムロン株，ロータリーエンコーダE6A2-CWZ3C,分解能:200p/r），インクジェットノズル及びそのコントローラ（株）エルエーシー，エアスプレ方式，許容エア圧:0.4MPa以下，応答速度:100us，オープンコレクタ入力）エアコンプレッサ及びエアレギュレータ，インク吸引用排風機（1.1m³/分），遠赤外線ヒータ（有）サンライズ工業，ハイスピードヒータ，S-10R笠付，14mm,L:1000mm,200V 1.6kW），ヤーンガイド（湯浅糸道株，DOG TAIL GUID N8002001，NON-TORQUE ROLLER B008008），制御用PC（デルコンピュータ株，Precision WorkStatin530,intel Xeon1.7G*2，RDRAM 1G），デジタル入出力ボード（株）インターフェース，PCI-2703），カウンタボード（株）コンテック，CNT24-4(PCI)，電源から構成される。

キャリッジ移動量は、キャリッジ上部に固定した光スケールセンサ、及び、横編機筐体に固定したスケールにより計測する。編糸の給糸量は、横編機の糸道レール左端に固定したロータリーエンコーダにより計測する。編機内部ガイド、ロータリーエンコーダより編機外部のドッグテールガイド、ローラーガイドを経由して編糸を延長し、延長された編糸に沿って、インクジェットノズルと遠赤外線ヒータを設置する。（図9）

3.3 ソフトウェア

横編機の動作計測、インクジェットノズルの制御は、リアルタイム拡張したLinux[7-9]により行う。表1に開発環境、図10に処理フローを示す。

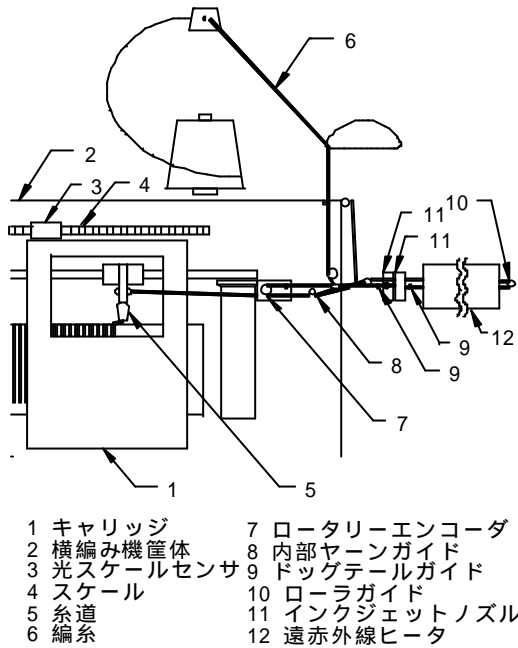


図9 センサ及び着色部の配置

表1 開発環境

カーネル	kernel 2.4.4(LASER5 Linux 7.1) RT-Linux 3.1
基本ライブラリ	glibc 2.1.3
Cコンパイラ	gcc 2.9.6
X Window	Xfree86 4.0.3 GNOME 1.2.4
GUI 開発ライブラリ	GTK+ 1.2.7
GUI 開発ツール	Glade 0.5.13

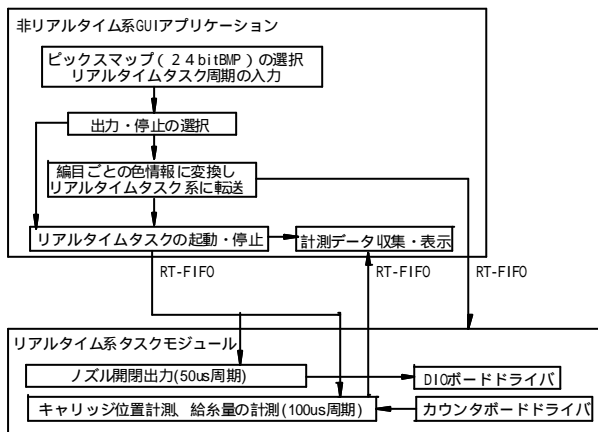


図10 処理フロー

3.4 着色編成実験

編成条件は以下のとおりとする。

- 組織：天竺（349ウェール×200コース）
- 糸素材：綿カード（番手：10/3）
- 糸道：左側1番のみ使用
- 編地のミミからの糸道待機距離(YD)：1ステップ

キャリッジの設定速度：0.25m/sまたは0.50m/s
カム：左カムのみ使用

度目自動調整機構(STIXX)：オンまたはオフ

染料：日本化薬㈱, KAYAFECT Black S Liquid

まず、キャリッジが50針幅移動するごとに、編糸に対して染料を噴射するプログラムを作成し、このときのキャリッジ移動量と給糸量の関係を計測、柄の目視評価を行う。

次に、キャリッジが編地の左ミミから右方向に移動するとき、左ミミを起点とした給糸量の計測値が、平均ループ長となるごとにノズルをオンオフする制御プログラム（計測給糸量に同調）と、キャリッジ移動量と平均ループ長より計算される給糸量が平均ループ長となるごとにノズルをオンオフする（キャリッジ移動量に同調）2つの着色制御プログラムを作成する。それぞれのプログラムにより50編目間隔の縦線柄を着色編成し、色柄の目視評価を行う。

3.5 結果及び考察

図11にキャリッジ移動量に対するキャリッジ速度と給糸量の関係を、図12に着柄編地を示す。

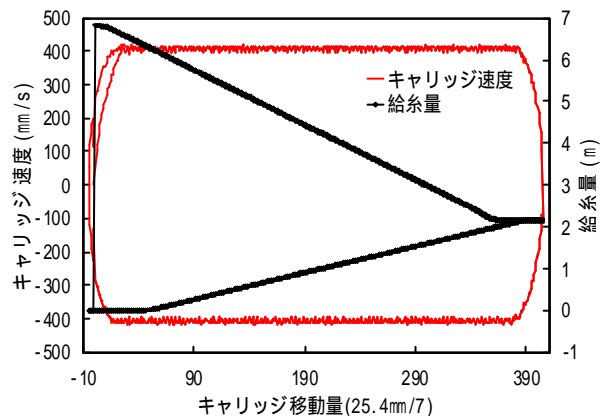


図11 キャリッジ移動量と給糸量・キャリッジ速度の関係
(キャリッジ原点：右待機位置, 速度設定0.5m/s)

STIXXオンの条件では着色地点から編成位置までの糸により形成されるループ数のばらつきによる柄ズレが著しい(図12(a)(b))。STIXXは過去10コースのループ長の平均値をフィードバックし、編針を上下させるカムの駆動量を調整する。STIXXをオンにした状態では、トータルの糸消費量は所望の値になるかもしれないが、カムが駆動するたびにループ長が大きく変化し、柄ずれの原因となる。着色編成ではSTIXXをオフにしたほうがよい結果が得られる。

図12(c)(d)をみるとキャリッジ移動量に同調させる場合より計測給糸量に同調制御させた場合のほうが柄のばらつきが大きい。キャリッジ移動量に同調させて着色制御を行うことにより、おおむね±1編目のズレの範囲で50編目幅間隔の縦線を着柄することが可能である。±1編目の柄ズレは、おもに糸パッケージの解除テンショ

ンむらによる糸の伸縮に起因していると思われる、糸の解除テンションむらを緩和する糸送り装置を付加することで、さらに柄精度を向上できると考える。

しかしながら、文字柄を出力した場合(図12(e))では、編糸が水分を含んで伸びることによって、柄が横方向に大きくずれる現象がみられる。(ポリエステル糸では同様のズレは生じない。)糸にあらかじめ糊剤を含浸させておく(反応染料を使用する場合はアルカリ等を含んだ糊剤による前処理が必須)ことで、湿潤による糸の伸びを抑制するか、伸び量を補正しながら着色編成していくなどの対策を講じる必要がある。



(a) キャリッジが50針幅移動する毎に着色(STIXオン)



(b) キャリッジが50針幅移動する毎に着色(STIXオフ)



(c) 計測給糸量により制御(STIXオフ)



(d) キャリッジ移動量により制御(STIXオフ)



(e) キャリッジ移動量により制御(STIXオフ)

図12 着柄編地(キャリッジ速度0.25m/s)

3.6 まとめ

横編機のキャリッジが編地左ミミから右方向に移動するとき、キャリッジ移動量に同調して着色制御することにより、おおむね±1編目のズレの範囲で50編目幅の縦線を編地に着柄できることを確認した。

今後は、糸パッケージの解除テンションむら、湿潤による糸の伸びに起因する柄ズレの対策を講じるとともに、キャリッジが左方向に移動するときの着色についても検討する必要がある。

4. 参考文献

- [1] 産業技術総合研究所プレス発表資料, “「すはやく・くまなく・きれいに、からだの形を測ります」世界最速の人体形状計測装置の開発とデータ蓄積”, 2001.12.12
- [2] 松本幸則ほか, “三次元自動モデリングシステム: CyberModeler”, 計測自動制御研究会
- [3] 谷内田正彦編, コンピュータビジョン電子・情報・通信編, 丸善, pp62_66, 1990
- [4] 中野幸一ほか, “仮想現実による伝統工芸品作成支援システムの開発”, 石川県工業試験場研究報告 Vol.47, pp31_38, 1998
- [5] 奥村和之, 小河廣茂, “丸編動作と原糸のインクジェット染色を同調させた色柄編成技術”, 日本繊維機械学会第54回年次大会研究発表論文集, pp124_125, 2002.
- [6] 奥村和之, 小河廣茂, “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”, 岐阜県生産情報技術研究所研究報告第2号, pp49_52, 2000.
- [7] FSMLabs homepage, <http://fsmlabs.com/community/>, (2002年3月1日現在).
- [8] 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.
- [9] 船木陸議, 羅正華, LINUXリアルタイム計測/制御開発ガイドブック, 秀和システム, pp112_127, 1999.