

次世代ニードルパンチ技術の開発

吉村 千秋・五十嵐哲也・古屋 雅章・山崎 泰洋*1・江口 賢介*2・平井 三男*2・渡辺 明弘*3・渡辺 賢嗣*4

Development of Next-Generation Needle Punch process

Chiaki YOSHIMURA, Tetsuya IGARASHI, Masaaki FURUYA, Yasuhiro YAMAZAKI*1,
Kensuke EGUCHI*2, Mitsuo HIRAI*2, Akihiro WATANABE*3 and Kenji WATANABE*4

要 約

電子ジャカードを応用して 512mm 巾までの布帛に任意な絵柄でニードルパンチ加工のできる次世代ニードルパンチ装置を試作開発した。また、実用化を想定したニードル交換機構や各ユニットの位置決め機構を試作し装置開発を行った。この装置を用いて各種パターンのニードルパンチ加工試験を行った。加工結果から直線や円周などの輪郭線は十分に幾何形状を表現できることを確認した。また、文字サイズ横 5mm 縦 8mm で加工した結果、文字として認識できた。加工条件によっては縞状の加工ムラが発生する場合もあるが、文字・数字・幾何形状・絵柄に対しては、当初目的としていた明瞭な輪郭形状の加工が実現できた。

1. 緒 言

郡内織物の付加価値を高める加工技術に、繊維を絡ませることで織物でも刺繍でも得られない風合いを表現するニードルパンチ加工がある。このニードルパンチ加工については、現在無地柄かストライプの加工を行うことしかできないという状況であり、任意な絵柄を表現できるニードルパンチ加工を行うことが求められていた。

山梨県織物整理株式会社において、平成 19 年度山梨県成長分野研究開発事業に取り組む中でニードルヘッド押出機構の試作、ニードルヘッド押出制御ソフトの開発、試作装置を用いた各種動作条件の検討を行った。

平成 20 年度には、平成 19 年度に試作した装置のハードウェア・ソフトウェアの改良を行い、150 本のニードルを使用し高精度で多彩なパターン柄を 75mm 巾に加工ができるシステムの開発を行った。

この技術を発展させ、実用化に向けて加工できる巾を広げるため、次のような事を研究目的として研究開発を実施した。精細な絵柄を表現する上で必要となる 0.5mm のピッチで 1000 本の個々の針を制御しニードルパンチ加工ができる機構を開発する。また、高密度に配置された特殊針が摩耗・折損した場合に、特定の針だけを交換することができる機構を開発する。これらの機能を有する任意な絵柄を表現できるニードルパンチ加工装置を試作しその加工条件の確立を図る。

2. 要素技術の開発と装置の試作

2-1 高密度ニードルパンチ加工機構の設計

平成 20 年度に開発した試作機のニードル配置を基本として、電子ジャカードではバイト単位 (1byte=8bit) で制御データを扱うために、奥行き方向を従来の 15 列から 16 列に変更した。横方向の 0.5mm ピッチで 1000 本以上のニードル数を確保するため、 $64 \times 16 = 1024$ 本の配列とした。従来の試作機では、5 列ごとに段差を付けていたが、数が多くなることで複雑になること、またユニット化して組み合わせることを考慮して斜めの直線となるようなレイアウトとした。

本研究開発では横 64 列、縦 16 列の 1024 本を使用するが、1024 本のニードルをユニット化する構成例として適当なものは、横 64 列(1 ユニット)、横 32 列(2 ユニット)、横 16 列(4 ユニット)、横 8 列(8 ユニット)が考えられる。

この中で、従来試作したニードルユニットの 150 本に近いのは、横 8 列の 8 ユニットであるが、摩耗・折損したニードルユニットを取り外して、取り付ける交換作業を実施することを考え、横 16 列の 4 ユニットとすることにした (図 1)。

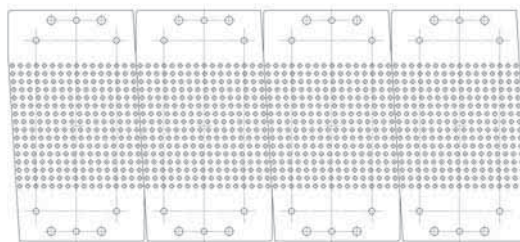


図 1 新規試作機におけるニードルユニット設計図

*1 山崎織物(株)

*2 (株)昭栄技研

*3 山梨県織物整理(株)

*4 (有)富士ウィーブ

2-2 摩耗・折損したニードル交換機構の開発

ニードルユニットを設計する上でニードルの仕様は以下のとおりとした。

- ・長さはクランプ上から 85mm 以上
- ・ニードルのヘッドの曲がりば 4mm
- ・ニードル先 10mm 以内に全てのパーツが有効に使えること

前述の仕様を基にニードルにプッシュを取り付けさらに、スプリングを組み込んだ。試作したニードルユニットを図 2 に示す。

縦・横 8mm 間隔で高密度に配置されたニードルのいずれかが摩耗・折損した場合を想定して、そのニードルのあるユニット (16 本×16 本 : 256 本) のみを、取り外してニードルを交換後、位置合わせピンとピンガイドにより取り付けることで位置のずれがなく、調整することなしに、継続して加工ができる方式とした。

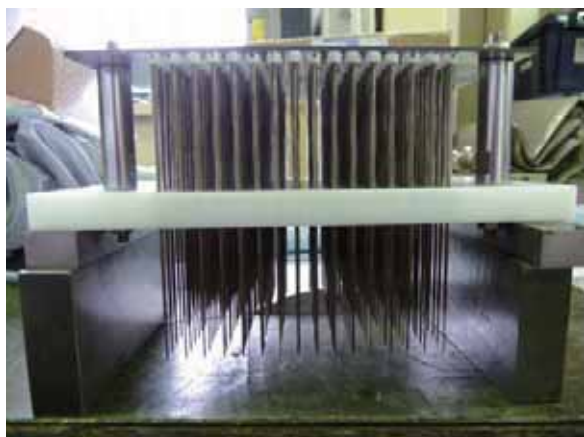


図 2 試作したニードルユニット

2-3 ニードルの押出制御ソフトの開発

2-3-1 ジャカード制御データフォーマットの検討

本研究開発においては、電子ジャカードの機構を応用してニードルの上下動作を行うため、電子ジャカードの制御データを使用する必要がある。ジャカードを制御するためのデータ形式には、CGS、CGS II、JC5、DOSCGS、BMP 等が存在する。

この中で、ニードルの押出制御ソフトを開発する上で、基本フォーマットが公開されており、その情報も多く存在する Windows の 2 階調 BMP 形式で制御することとした。その方法として、各ピクセルがニードルに対応しそのピクセルの色が黒の場合にニードルを下げ、白の場合にはニードルを下げない制御とした。

2-3-2 ニードルの押出制御ソフトの仕様検討

ニードルの上下運動速度と布送り速度から、絵柄において必要な箇所のみをパンチングするためのニードルの押出制御デー

タ作成ソフトを開発した。

クリアな絵柄がニードルパンチ加工できるかは、目的とする画像データから制御データを作成するソフトの機能に依存するため、本研究開発では横方向に 1024 本のニードルを 0.5mm ピッチで配置し 512mm の幅まで加工を可能としたが、縦方向は原理的には無限長の加工ができ、パネルスカートやストール等に総柄の加工ができるように縦方向の長さ約 1000mm の加工ができる制御データを作成可能なソフト開発を行った。すなわち、縦・横ともに 0.5mm ピッチとして、Windows の 2 階調 BMP ファイルにおける横と縦のピクセル数は 1024×2048 (加工サイズ : 512mm×1024mm) までの画像について、制御データを生成できるソフトウェアを目標として開発を行った。

2-3-3 押出制御ソフトによる制御データの生成

各種のパターンでニードル加工をするため、この制御データ作成ソフトを開発した。また、加工時の柄の鮮明さと生産性を考慮して横方向は 0.5mm 間隔であるが、縦方向は、0.25mm、0.5mm、0.75mm、1.0mm 間隔から選択できるようにした。このソフトのメイン画面を図 3 に示す。操作手順は以下のとおりである。

- ① 1024×4096 ピクセル範囲内の 2 階調 BMP データを準備する。
- ② 送り量を、×1 (0.5mm)、×2 (1.0mm)、×1.5 (0.75mm)、×0.5 (0.25mm) から選択する。
- ③ メイン画面の Command ボタン「変換」で変換を実行するとサブ画面が開き生成データの確認ができる。
- ④ 確認後、「閉じる」ボタンでサブ画面を終了しその生成データを保存する場合には、メイン画面の Command ボタン「保存」により、元のデータに変換の名前を追加した BMP ファイルの保存が行える。



図 3 押出制御データ作成ソフトのメイン画面

2-4 絵柄を表現できるニードルパンチ加工装置の開発

2-4-1 次世代ニードルパンチ加工装置の概略

通糸をなくしたダイレクト駆動方式のため装置全体の高さを抑えた構造になること、通糸からカセット部への動作伝達部がなくなることによる構造の単純化、通糸で吸収できた駆動部と

カセット部との位置精度が重要であることを確認し設計を行った。

試作装置のサイズ、電源、重量は以下のとおりである。

- ・装置サイズ 高さ：2m50cm
- ・電源は AC200V3 相で 10kW 程度
- ・総重量は 3 トン程度 支柱は 300×900mm 両側 2 箇所
試作した次世代ニードルパンチ加工装置を図 4 に示す。



図 4 次世代ニードルパンチ加工装置の全体写真

制御部は本体制御部とアクチュエータ制御部から構成される。本体制御部で布送りと上下動作を制御し、アクチュエータ制御部でニードルを押しか押さないかの選択制御を行う。

上下動作駆動部とアクチュエータ駆動部の制御タイミングは、それぞれ別々にタイミングセンサーを取り付けて制御した。またそのセンサーについては、当初光学式を考えていたが、ゴミ等の影響を受け誤作動する危険があるためフラット型近接センサーを用いた。

2-4-2 布送り駆動部と上下動作駆動部の動作試験

布送りの方式や布送り速度、各テーブルの高さ調整等については、タッチパネルから設定や起動を行い、自動運転と手動運転の切り替えスイッチ、本体電源のオンオフや非常時の停止ボタン等を別途配置した操作部とした。

タッチパネルの布送り条件設定画面から、布送り方式を同期送りと定速送りの選択を行う。

また、原点調整画面から、プランジャーとニードル間、ニードルと布受け間のテーブルの数値を入力して記憶させることにより、各テーブルの衝突を回避可能とした。

また、高さ調整画面から、プランジャー、ニードル、布受けのテーブルの調整後の位置を記憶させることにより、加工時の最適な各テーブルの位置関係を記憶させることができ、加工する布の種類が異なりニードルの突き出し量が変わる場合には、布受けテーブルの数値を記録しておき、最適な加工

条件にて再度加工ができる仕様とした。

2-4-3 アクチュエータの動作試験

アクチュエータの操作は、通常の電子ジャカードを駆動する制御を用いたため、1 枚送り・戻しや正転・逆転等のボタンがあるが、本研究では、制御用データを読み込む部分のみを使用し、後の制御は、本体側で行う方式としている。制御データを新規柄読込から読み込むと、データの詳細についてファイルフォーマット情報に表示され、制御データ数が把握できる。

このコントローラは、市販の PC の Microsoft WindowsXP 上で動作しており、制御用データは、USB メモリなどから読み込むことができる。

2-4-4 布送り動作とニードルの上下動作との同期試験

手動運転用画面からはイン칭動作や半回転、1 回転、連続回転の選択を可能とした。

イン칭動作とは、押ししている間だけ正転・逆転ができ、タイミングの調整等に用いた。半回転動作では、上下動作部を最下点で停止させることができ、ニードルの布からの突き出し量を確認して調整した。また制御データで指定したニードルが下がっているか否かの確認作業に用いることができる。

自動運転用画面で、アクチュエータ駆動画面の制御データ情報から、そのデータ数をプリセット値に入力し、ショット数をクリアボタンにより 0 クリアしておき運転を開始することで、制御データの最初から最後まで駆動させたところで自動停止させることができる。

次に、ジャカードの動作と本体装置の上下動作との同期試験を行うための試験用ジャカード制御データを作成し、同期試験を行った。同期試験用に作成した制御データは、1024 本のニードルを 1 本毎に駆動するものである。図 5 に上記制御データを使用し半回転動作させて、選択したプランジャーが下がっている状態を示す。また、連続的に試験を行い、制御データ通りの上下駆動ができることを確認した。



図 5 1 本のプランジャーを駆動した状態

次の段階として、ニードルユニットを取り付けての試験運転を行った。この結果、上下回転数が 60~80rpm の範囲では、正常な動作であることを確認した。これ以上高速回転になると下がるべきところで、下らないプランジャーユニットが増加することが判明した。高速の上下動作になるほどこのニードル落ちの本数（頻度）が大きくなる。

この原因は、カセットで制御データにより選択されたストッパーがソレノイドの通電により動作しプランジャーユニットを受けける位置に移動するが、プランジャーユニットがストッパーに衝突する際に振動し、その初期衝突により解除側にはじかれることが原因であった。

実用化を想定した場合、より高速で安定した動作が求められるため、この対策が必要となる。

3. 加工結果および考察

3-1 布送り量の調整試験

1 回あたりの布送り量 0.5mm の目標値を実現するために、送りローラの径から計算して設定値を決めて指令を出す方式としたが、送り量が正しいか確認するために、横方向に一直線のデータを作成し実験を行った。その結果図 6 に示すように、縦方向 0.5mm 間隔で並んだニードル 16 本で加工した部分が斜線となってしまった。そこで、指令値を変えて再度実験を行った。その結果、図 7 に示すよう一直線の加工結果が得られた。



図 6 ローラ径から算出した回転指令値の直線加工結果



図 7 回転指令値調整後の直線加工結果

3-2 加工密度を変化した時の試験

基本的な幾何学形状に対して、ニードルの打ち込み密度を変化させて試験加工を行った。打ち込みの密度を変化するために、境界線の内側の領域に対して、図 8 に示すように「平織」・「4\1綾」という織物組織のパターンで、塗りつぶした BMP ファイルを作成し実験を行った。

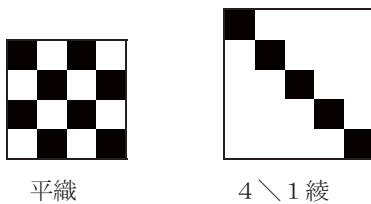
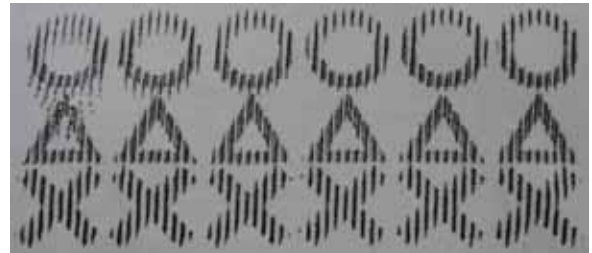
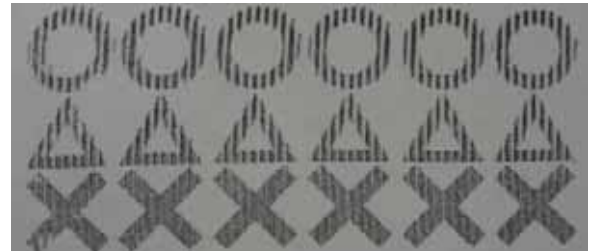


図 8 塗りつぶしに使用した各種織物組織パターン

の加工ムラが発生する場所があることが判明した。これは 16 本のニードルを 0.5mm ずらして並べたレイアウトのために、加工しながら布が縮み、隣の 16 本の列との間が開いてしまったものと考えられる。加工密度が高いベタや平織りパターンで塗りつぶしたものでは縞状の加工ムラが発生しやすく、加工密度が低いものでは縞状の加工ムラの発生が少ない。この実験から、加工密度を低くすれば縞状の加工ムラの発生を抑えることが可能であると考えられる。



全面塗りつぶしパターン



平織パターン



4\1綾パターン

図 9 ニードルの打ち込み密度変化の加工結果

3-3 回転速度と布送り手法を変化した時の試験

ニードルの上下動作が安定して行える上下動作速度 60rpm と 80rpm において、加工実験を行った。

その結果を図 10, 11 にそれぞれ示す。上下動作速度 80rpm では、形状の輪郭が不鮮明となり、輪郭形状を明瞭に表現できなくなる結果となった。

また、上下動作速度 60rpm で加工したものは、あまり縞状の加工ムラの影響がなく、形状の表現が可能となった。

打ち込み密度変化の加工結果を図 9 に示す。8mm 間隔で縞状



図 10 加工条件：上下動作速度 60rpm の結果

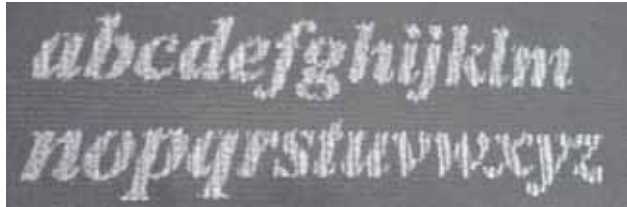


図 11 加工条件：上下動作速度 80rpm の結果

3-4 各種パターンによる試験

3-4-1 文字に対する加工実験

日本語の楷書体(文字サイズ:横 130mm 縦 130mm)に対して加工した結果を図 12 に示す。細部まで評価すると、ニードル加工すべき箇所に加工されていない場所があり、若干縞状の加工ムラが発生しているが、全体として見ると、十分な表現であると判断できる。

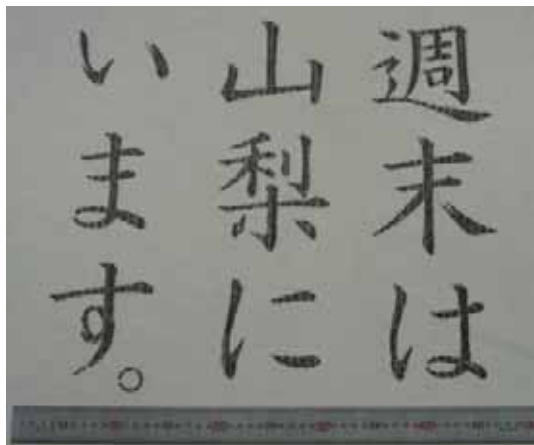


図 12 楷書体の加工結果

つぎに数字とアルファベットのサイズが異なるパターンデータを用いて加工した結果の全体図を図 13 (左) に、図中の枠の部分拡大したものを図 21 (右) に示す。最も小さな文字のサイズは横 5mm 縦 8mm、最も大きな文字のサイズは横 30mm 縦 40mm である。拡大図より最も小さな文字においても文字として認識できるレベルにある。



全体図

拡大図

図 13 文字サイズが異なるパターンに対する加工結果

3-4-2 リピート柄に対する加工実験

リピート柄の加工結果を図 14 に示す。これは、今回開発した制御データ作成ソフトで扱うことのできる最大の横 1024、縦 2048 ピクセルの BMP ファイルを変換して加工したものである。途中でニードルが布地に絡まり、上がるべきところで上がらなかったため、その部分で柄が乱れたが、運転を一時停止し布送りテーブルを下げてニードルをはずし、布送りテーブルを加工位置高さに戻し、加工を続行した。この加工結果より、今回目標とした加工サイズ巾 500mm、長さ 1000mm の加工ができたこと、トラブルで停止した場合も復旧後、再度加工を行うことの確認ができた。

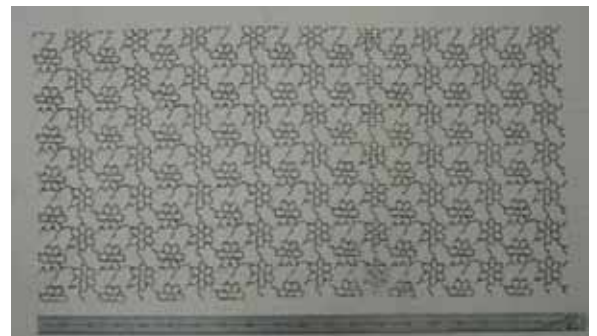


図 14 リピート柄 2 の加工結果

4. 結 言

本研究開発により、次のような成果を得ることができた。

1. 高密度ニードルパンチ加工機構の開発

電子ジャカードを応用したダイレクト駆動方式で 1024 本のニードルを制御できた。このニードルパンチ用カセットは、厚みが 7.8mm で縦方向 8mm・横方向 0.5mm 間隔 16 個のソレノイドがあり、このカセットを 64 枚使用し、横 512mm×縦 128mm のアクチュエータとして構成した。

2. 摩耗・折損したニードル交換機構の開発

摩耗・折損したニードルのユニットの交換作業を容易にするため、4 ユニットとした。そのニードルのあるユニットのみを取り外してニードルを交換後、取り付けすることで位置のずれがなく、継続して加工ができることを確認した。

3. ニードルの押出制御ソフトの開発

電子ジャカードの制御データを Windows の 2 階調 BMP 形式として、押出制御ソフトを開発した。処理できる画像サイズは、横方向 1024、縦方向 2048 ピクセルで、この時の加工サイズは 512mm×1024mm である。

4. 絵柄を表現できるニードルパンチ加工装置の開発

テーブル高さ調整機構を付け、上下動作駆動部とアクチュエータ駆動部へ別々にセンサーを付け制御タイミングを調整した。上下動作駆動部とアクチュエータ駆動部の連携動作確認を行うための制御データを作成し運転した結果、データどおりの上下駆動ができることを確認した。

5. ジャカードニードルパンチ装置の加工条件の確立

加工結果から直線や円周などの輪郭線は十分に幾何形状を表現できることを確認した。また文字については最小文字サイズ横 5mm 縦 8mm で試験した結果、文字として認識できた。

今後の課題として以下の 2 点が挙げられる。

1. ニードルレイアウトの影響により、柄に縞状の加工ムラが発生する現象が起こる場合があり、この対策を行う。
2. 生産性を上げるために上下回転速度を 80rpm から 180rpm 程度まで上げる必要がある。

参考文献

- 1) 吉村千秋, 他: 任意な絵柄を顕出できるニードルパンチ装置の試作開発, 平成 20 年度山梨県富士工業技術センター業務・研究報告, P.29-33 (2009)
- 2) 吉村千秋, 他: 紋織デジタルデータの相互交換ツールの開発, 平成 18 年度山梨県富士工業技術センター研究報告, P.25-28 (2007)