

論文

プロット型自動植毛装置の開発

殿谷保雄^{*2)} 山本克美^{*1)} 重松宏志^{*1)}
 栗原秀樹^{*1)} 山口 勇^{*1)} 御代川喬志^{*1)}

The development of an automatic flocking machine which uses plotting technology

Yasuo TONOYA, Katsumi YAMAMOTO, Hiroshi SHIGEMATSU,
 Hideki KURIHARA, Isamu YAMAGUCHI and Takashi MIYOKAWA

Abstract With the current flocking products we can only flock the entire surface of a material. The automatic flocking machine that we developed can make the following designed products, (1) make image data using computer aided designs and so on. (2) apply adhesives using plotting technology based on image data. (3) flock the designed material using electrostatic power. The automatic flocking machine is composed of a device for applying adhesives and a device for flocking. The device for applying adhesives consists of three shaft control tables and a dispenser. The device for flocking consists of a two-shaft arm table and a flocking gun. The machine that we developed is suitable for high-variety engineer-to-order manufacturing because of its flexible design and maskinglessness.

Keywords Adhesive, 3D table, dispenser, 2D arm, flocking gun, CAD

1. はじめに

静電植毛製品は、自動車内装材、空調装置部品、雑貨製品等の各種工業製品から生活用品まで幅広く利用されている。

現在、クーラーのルーバーや自動車用コイン箱等のように大量に製造するものについては自動化装置が使用されているが、これら以外の製品はほとんどが手作業で製造されている。また、植毛製品は、接着剤を被塗布物全面に塗布したり、スクリーン印刷のインクの代わりに接着剤を塗布し、フロック(ナイロン繊維)を植毛している。部分植毛を行う場合はマスキング作業が必要なため、画一的なデザインの製品がほとんどであった。そこで、従来の植毛製品はもとより、ポスターや装飾品等にも簡単に植毛できる迅速で柔軟な多品種個別生産に適した自動植毛装置の開発が大きな課題であった。

今回、開発したプロット型自動植毛装置は、CAD等を利用したデザイン画像も含め、画像データに基づいて接着剤を塗布し、フロックの植毛を自動で行うものであり、装置を試作し、実用性について検討、実験を行ったので以下に報告する。

2. 自動植毛装置の課題と開発目標

植毛加工は、長さ 1mm 前後にカットしたフロックを

静電気を利用して飛翔させ、あらかじめ接着剤を塗布した基材に植え着ける技術である。

自動植毛装置の試作にあたって、次に示す4点を考慮した。

- (1) 接着剤の塗布方法は、ディスペンサ、インクジェット、スプレーが考えられる。
- (2) 静電植毛の方式には、アップ式、ダウン式、サイド式の3種類があり、それぞれに特徴と欠点がある。
- (3) パソコンでデザインした画像に忠実に接着剤を塗布するための制御方法及びブース(接着剤の散乱防止用)等を使用しない接着剤塗布方法。
- (4) 植毛器の小型化と安全性、植毛製品の多色化の可能性のある植毛方法を考える。

そして、試作装置について、次の3点について実験検討を行った。

- (1) 接着剤の外部への散乱、パソコンからの制御、コストなどを考慮し、ディスペンサと市販の3軸テーブルの改良と一体化
- (2) 接着剤の塗布した部分に沿っての植毛の可能性と構造
- (3) 多色植毛の可能性と、植毛方式としてのサイド法の可能性

3. 試作機の概要

パソコンでデザインした画像やスキャナで取り込んだ画

*1) エレクトロニクスグループ *2) 城東振興センター

像に基づき接着剤を塗布し、フロックを植毛する自動植毛装置を試作した。自動植毛装置の主な仕様を表1に示す。

自動植毛装置は、植毛品のデザインおよび3軸テーブルの制御を行うデザイン・制御部と接着剤を画像に忠実に塗布する接着剤塗布部およびフロックを植毛する植毛部から構成される。

表1 試作自動植毛装置の主な仕様

デザイン・制御部	パソコン(windows XP) CAD (WINSTAERCAD)
接着剤塗布部	3軸テーブル400(X)×300(Y)×40(Z) mm X-Y 方向速度 60mm/s Z 方向速度 20mm/s ディスペンサ接着剤吐出量 約 4cc/min
植毛部	Y-Z テーブル 400(Z)×350(Y)mm Y-Z の移動速度 50mm/s 植毛器電圧 10～40 kV

3.1 接着剤塗布部

3.1.1 接着剤の粘度

接着剤には植毛加工に多用されているアクリルエマルジョン接着剤を使用した。この接着剤は非溶剤系のために取り扱いが容易であり、乾燥処理後も弾力性を有する。この他にも接着性、耐水性、耐溶剤性、耐候性に優れている。また、アンモニアによる増粘が可能である。

本実験においては、植毛基材に紙または樹脂を用い、ディスペンサより接着剤を塗布するため、基材上に線を描画するとき、線の広がりや途切れが起らない粘度としなければならない。既存の接着剤粘度は2,000cpsでこれをそのまま塗布すると線が広がってしまい(接着剤が流れる)太い線になってしまった。そこで、29%のアンモニア水を0.5%添加し粘度調整した接着剤を使用し、ディスペンサノズル径1.4mmとしたところ線の太さが約1mm程度の描画が可能となった。

3.1.2 3軸テーブルの改良

市販の3軸テーブルを次のように改良した。

- (1) Z軸にディスペンサノズルを取り付けるアタッチメントを試作した。(図1)
- (2) アタッチメントに取り付けたノズルと接着剤を塗布する基材との距離を検出するために光ファイバー距離センサを取り付けた。
- (3) 距離センサが基材の位置を検出するとディスペンサが動作するように改良した。



図1 接着剤塗布アタッチメント

このような改良によって、3軸テーブルとディスペンサが同期して、パソコン上でデザインした画像に忠実に接着剤を塗布することが可能となった。図2に接着剤塗布部の概観を示す。



図2 接着剤塗布部の概観

3.1.3 接着剤の液だれ防止制御回路

3.1.2に記述した3軸テーブルを改良した装置により接着剤を塗布する際、接着剤の液だれ現象が発生した。これは、「任意の線を描画し次の線を描画するまでの移動動作時に、ノズル先端に残存する余分な接着剤が植毛基材に落下する」または「任意の線を描画し次の線を描画する開始点において、ノズル先端に残存する余分な接着剤により線幅が太くなる」という現象である。

この現象は可能な限り高速な線描画を実現するため、ディスペンサの接着剤吐出速度を最大吐出速度に設定したことにより顕在化した現象である。

接着剤の液だれ現象を回避しつつ、高速かつ均一な描画を実現するため、3.1.2の(2)に記述した光ファイバー距離センサとディスペンサとの間に3.1.2の(3)に記述した機能と加えて接着剤だれ防止機能を持った制御回路を設けた。

距離センサが描画開始を検知すると制御回路はディスペンサを連続運転状態に制御する。距離センサが描画終了を検知すると制御回路はディスペンサを連続運転状態から停止かつ外部トリガー待ち状態に制御し、同時にディスペンサに対しトリガーを送出する。トリガーを受け取ったディスペンサはあらかじめ設定された数値に従った動作を行う。ディス

ペンサは0.01CC 接着剤を吸引の後、停止する。

この制御回路により任意の線の描画終了時に接着剤をわずかに吸引することで、接着剤の液だれを防止しつつ、高速で均一な線描画が可能となった。

3.2 植毛部

3.2.1 試作植毛器

植毛器はアクリル樹脂を用いて試作した。アクリル樹脂円筒内に片端を斜め 45° に切断した真鍮製の円柱を電極として配置し、その切断面にフロックを連続供給できるようにアクリル樹脂の小筒を連結した。また、高電圧電源には圧電トランスを用いた。

アクリル樹脂円筒の先端部には角柱状の囲いを取り付けることが可能である。フロックが基材の狭小範囲のみに到達するよう、その囲いに直径 5mm の穴を設けており、その穴を通過できなかった余剰フロックの回収も可能な構造となっている。なお、囲いはアクリル樹脂円筒との連結部においてスライド可能な構造となっており、電極である真鍮製の円柱と基材との間の距離を調整できる構造となっている。

電極には基材に対し直流 9kV または、18kV の電圧を印加可能な圧電トランスを接続することで植毛部全体の小型化を図った。

フロックは、アクリル樹脂の小筒に取り付けた偏芯モータの振動により上部から一定量を供給し、横方向にフロックを飛翔させるサイド式とした。

電極切断面におけるフロックの凝集現象と余剰フロックによる連結現象(ブリッジ現象)を回避するため、円柱電極及び囲いに偏芯モータによる振動を加えた。また、圧電トランスを on/off 制御することでこれらの現象を回避することも可能な構造となっている。

図3に植毛器の概観を示す。

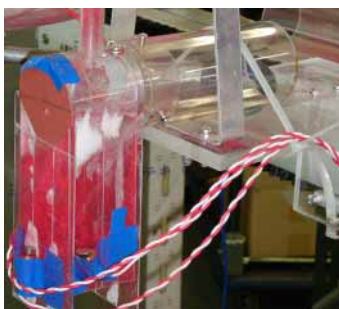


図3 植毛器概観

3.2.2 Y-Z テーブルと植毛器の制御

Y-Z テーブルにはアームロボットを用い、植毛器は植毛加工時の印可電圧が 40kV の市販品を使用し試作した。

Y 軸 Z 軸それぞれにドライバユニットが接続されており、ドライバユニットとパソコンでシリアル通信を行い、直接制

御を行うか、あらかじめ作成したプログラムを転送しそのプログラムに基づいて制御を行う。またドライバにはデジタル入出力回路が内蔵されており、植毛器の制御も同時に行うことができる。

そこで、Y-Z テーブルの動作と同時に植毛器を動作させる回路を設計・試作し、植毛に必要な動作をプログラミングし、自動植毛装置に必要な植毛部を製作した。図4に示す。

Y-Z テーブルの構成および仕様は次の通りとする。

- (1) 植毛器を Y 軸に取り付け、植毛器の動作は Y テーブルが動作する時とする。
- (2) 移動速度 50mm/s
- (3) Y-Z テーブルと植毛動作を同期させ、植毛範囲になったらガンのスイッチを投入し、投錨を行う。

Y-Z テーブルの移動速度は 1~999mm/sec の範囲で設定が可能であるが、試作植毛機で投錨した結果、製品としての植毛密度を得るためには 50mm/sec とした。



図4 植毛部

4. 試作自動植毛装置の性能評価

本装置の開発目標である捺染植毛に近い自動機では、被植毛の材質、フロックの種類、色調、太さ、長さ、混合フロックなど多くの条件が考えられる。そこで、一般的な植毛品質の評価に用いられる次の3点について調べることにした。

- (1) 植毛密度が十分であること。
- (2) 植毛強度が強いこと。
- (3) 植毛むらやクレータがないこと。

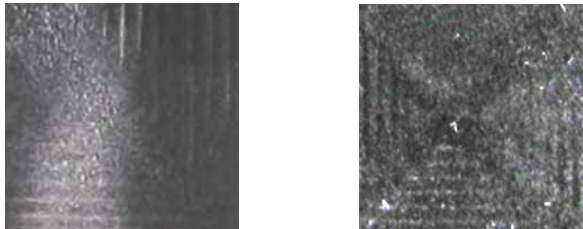
(1)、(3)については、測定器等もなく絶対的な評価が困難なため、目視により行う。また、(2)については JIS L 1084 「フロック加工生地試験法」学振型摩擦試験法に準じて行う。

評価試験を行う試料として基材にはアルミ板 (30×230×0.6mm) を用い 1.5 デニール、0.5mm のナイロンフロックを植毛し、植毛状態を調べた。

4.1 植毛密度及びむら

植毛密度や植毛むらは、自動植毛装置に要求される最も重要な仕様である。試料に試作植毛装置で接着剤を塗布し、植毛部の植毛器の掃引速度を変化させて植毛を行った。図5-1

は掃引速度を 100mm/s にして植毛を行った時で、植毛密度が足りなくむらが発生した。図 5-2 は掃引速度を 10mm/s では植毛密度やむらのない植毛が出来た。このことにより掃引速度が早すぎると密度不足やむらが発生する。そこで、作業効率が良く密度不足やむらが生じない掃引速度を検討した結果、50mm/s 程度が接着剤の乾き、作業効率の面で適切であることがわかった。



植毛距離 10mm
植毛電圧 40kV

図 5-1 掃引速度 100mm/s 図 5-2 掃引速度 10mm/s

4.2 植毛強度

植毛強度については、日本フロック工業会が 1975 年に業界規格として作成した「植毛強さ等級表示」がある。これは、植毛加工品を JIS L 1084「フロック加工生地試験法」学振型摩擦試験法に基づいて植毛強度試験を行ったとき、フロックが植毛加工品の抜け始めるまでの摩擦回数によって、品質をクラス分けしたものである。フロックにナイロンまたはレーヨンを用いた植毛品について、衣類、建材等の用途別に植毛強さ(摩擦回数)に応じたクラスを 5 段階に分けて提示している。

本研究で用いたナイロンフロックを植毛した試料を建材として試験した場合、摩擦回数が 1500 回をクリアしたものを植毛品質クラス 5 と位置付け、植毛製品として最高の耐久性能を保証している。

表 2 は、接着剤を手塗り今回試作した自動植毛装置で塗布した場合の結果で、植毛強度に差は認められなかった。

図 6 は試作自動植毛装置で作成した植毛品である。

表 2 植毛強度

	摩擦回数(回)	植毛強度の判定
既存接着剤手塗り	1500	5
増粘接着剤手塗り	1500	5
試作植毛装置の試作品	1500	5

既存接着剤粘度 2000cps
増粘はアンモニア 0.5%添加
試作自動植毛装置は増粘した接着剤使用



(2色で植毛)

図 6 試作植毛品

5. まとめ

試作自動植毛装置の実験・改良したことは、

(1) 接着剤塗布部

- ・接着剤塗布器(ディスペンサ)からの安定した吐出と植毛基材(紙)上で拡がりやかすれが起こらない粘度としてアンモニア 0.5%充填した時、安定した描画が得られた。
- ・3 軸テーブルにディスペンサノズルと位置制御センサを取り付けるアタッチメントを試作し、画像に基づく接着剤塗布が行えるようにした。
- ・接着剤の塗布終了時や移動時にノズルから液だれ現象が認められた。そこで、3 軸テーブルの Z 軸がアップし移動を開始するときディスペンサの吐出用モータを制御する回路を試作し、液だれを防止した。

(2) 植毛部

- ・植毛器と 2 軸アームテーブルの同期制御回路及び制御用プログラムを作成し、迅速に植毛が行えるようにした。
- ・高電圧を用いてフロックを飛翔させるとき、フロックの凝集現象やブリッジ現象が発生する。試作した植毛器においても凝集現象やブリッジ現象が発生したためパイププレートを使用し防止した。試作植毛器は小型化及び安全性から電源に圧電素子電源を用いた。

以上より、試作した自動植毛装置は、次に示す技術的な性能を満たすことが確認できた。

- (1) 描画線の太さはディスペンサノズル径及び粘度調節をすることにより、約 1mm 程度まで可能となった。
- (2) CAD やスキャナで取り込んだ画像データに基づいた植毛製品の開発が可能となった。
- (3) 植毛部に複数の植毛器を取り付けることにより、多色植毛が可能となった。

参考文献

- 1) 静電植毛の原理と実際 繊維技術研究会 繊維技術研究社(昭和 57 年 9 月)。
- 2) 静電植毛の基礎技術 都立工業技術センター 講習会テキスト(平成 5 年 10 月)。

(原稿受付 平成 16 年 8 月 6 日)