

型友禪における型紙作製の自動化に関する研究

色染化学チーム 籾内 快, 上坂 貴宏
製織システムチーム 廣澤 覚, 名所 高一
デザインチーム 沖田実嘉子

要 旨

型友禪における型紙作製は手彫りで行われ、その生産は職人の技能に大きく依存している。しかし近年、職人の高齢化や後継者不足によって型紙を作製できる職人は減少しており、このままでは型紙の供給が困難となり、型友禪業界に大きな影響を及ぼす事態が予想される。そこで弊所では、平成28年度からカッティングプロッターを用いた型紙自動作製システムの検討を行っている。今年度は昨年度に課題となった型紙に裏張りしたフィルムの剥離による加工精度低下の解決策として、支台を設置することを検討し、その効果を確認した。また、ラスターデータのベクター変換条件についても検討した。その結果、ベクター変換時のパラメータのうち誤差の許容値によりトレース精度およびカット時間は大きく変化することが示唆された。

1. はじめに

京都の繊維産業は高度に分業化していることが特徴であるが、近年、高齢化や後継者不足による生産工程の断絶など分業化の弊害が顕在化しつつある。型紙製造工程においても高齢化や職人の減少により型紙の供給が困難な事態に陥る可能性が指摘されている。型紙の供給が途絶えることになれば型友禪業界に与える影響は甚大であり、この問題への解決策が求められている。

職人不足による型紙作製工程の断絶という問題の解決策の一つとして型紙作製の自動化が考えられる。レーザー加工機などの機械による染色型紙の自動彫刻は小紋文様や伊勢型紙を対象に検討が行われており、実際の型紙製造工程への利用可能性が示されている^{1,2)}。京都を代表する捺染技法である型友禪においても、型紙の供給不足への対策として型紙製造工程の自動化が求められており、京都独自の生産工程に合致した型紙自動作製システムの開発が希求されている。

そこで弊所では、平成28年度より型紙自動作製システムの構築を検討してきた。その中で、加工精度や手彫りの型紙と切断形状に近いことから型紙の自動加工用の装置としてロールタイプのカッティングプロッターを選定し、その実用性を評価してきた。昨年度までに、座標補正用目印（トンボ）による自動補正機能を利用することで、加工精度が向上することを確認している³⁾。一方で、切断した型紙の脱落防止のために、型紙の裏側にフィルムを接着している（裏張り）が、裏張りしたフィルム

が加工時に型紙から剥離し加工精度が低下するという課題も明らかとなった。

本研究では、カッティングプロッターでの切断条件を精査することに加え、前年度からの課題である型紙剥離による加工精度の低下を防止する方法について検討した。またラスターデータの図案をベクター変換する際の最適な変換条件についても検討した。

2. 実験方法

2.1 型紙

ST（合成型紙）及びCP（ビニール型紙）の10番（厚さ約0.2mm）を使用した。また、いずれの型紙についてもフィルムを裏張りして使用した。

2.2 加工機

カッティングプロッターはロールタイプのみマキエンジニアリング製、CG-160FX-IIを使用した。また、加工精度検討時のカット条件はカット速度10cm/s、カット圧80g（ST）および150g（CP）とした。

2.3 型紙のカット条件の検討

フィルムを裏張りした型紙を試料とし、40g～400gの範囲でカット圧を変化させ、型紙とフィルムの切断状況を確認した。

2.4 ベクターデータ作製条件の検討

図1に示した図案について、Illustrator CS5 (Adobe Inc. 製) を用いてベクターデータを作製した。ベクターデータは、360dpiで作製したラスターデータの図案をベクター化し、さらに200 μmパスのオフセットを行うことで糸目の幅方向の中心付近に柄の外形が入るように調節した。ベクターデータ作製条件の検討として、ベクター化のパラメータの一つである「誤差の許容値」がカット時間、トレースの精度にどのように影響するかを確認した。また、この検討で作製したベクターデータのうち誤差の許容値が1.5pixel (px) のデータを加工精度のばらつき評価時の加工用データとしても使用した。

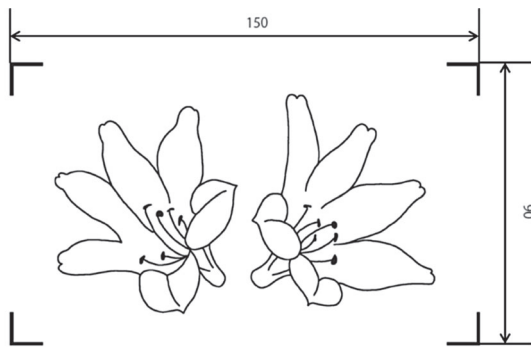


図1 加工精度評価に使用した図案

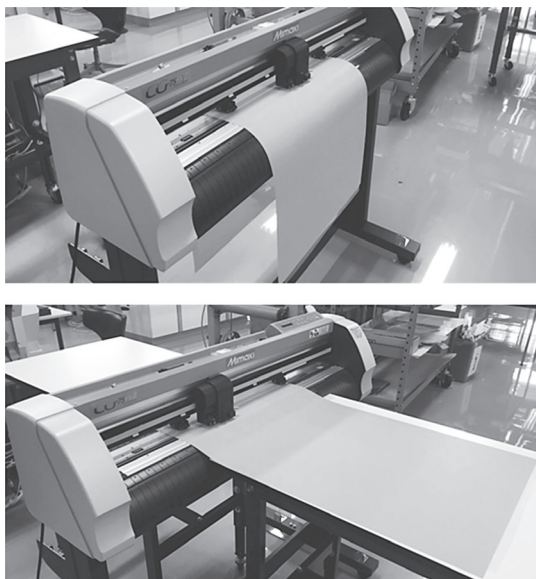


図2 上：支台無しでの加工イメージ
下：支台有りの加工イメージ

2.5 支台を用いた型紙作製

型紙からのフィルムの剥離を防ぐため、支台を設置して型紙の変形を軽減する手法について検討した。図2に示すようにカッティングプロッターの前後に支台を設置し、型紙が垂れ下がるのを防止した状態で型紙作製を行い、加工精度のばらつきを支台無しで作製した型紙と比較した。型紙にはTシャツ君(太陽精機製、120メッシュ)で製版した簡易スクリーン型を用いて、事前に糸目とトンボを四つ並べて印刷した。図3に実際に使用した簡易スクリーン型と型紙を示す。

2.6 加工精度の評価

作製した型紙はデジタルマイクロスコープ(キーエンス製、VHX-2000、倍率100倍)で撮影を行い、同装置にインストールされている解析ソフトで図4に示すように糸目の総幅(L_1)と糸目の内側の端からカットの中心位置(L_2)の測定を行った。また、図5に図案中の測定点を示す。測定点は、アンカーの疎密、ベクター変換時点でのデータのズレを考慮して選出した。

加工精度の評価は、 L_1 と L_2 の測定値を式1に代入し、糸目の中心からのカット位置の距離(L_C)を算出することで行った。加工精度のばらつきは、単純な標準偏差だけでなく、工程管理に使用される工程能力指数を評価対象に加え、実際に生産を行った際に安定して生産可能か

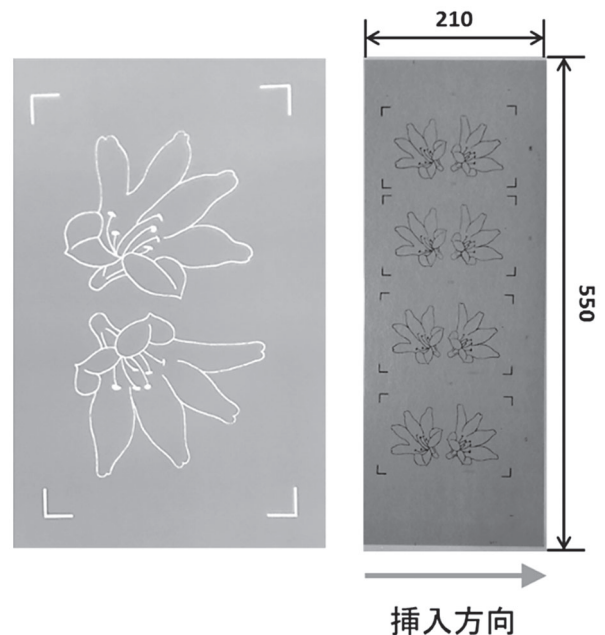


図3 左：シルクスクリーン
右：使用した型紙

を評価した。具体的には L_C の平均値 μ と標準偏差 σ から上側規格の工程能力指数 Cpk (USL) と下側規格の工程能力指数 Cpk (LSL) を算出し評価した。上側規格, 下側規格は一般的な糸目の太さが $500 \mu\text{m}$ であったことから, 糸目中心より $+250 \mu\text{m}$ を上側規格, $-250 \mu\text{m}$ を下側規格に設定した。

$$L_C = L_2 - \frac{L_1}{2}$$

式1 L_C の計算式

$$Cpk(USL) = \frac{\text{上側規格} - \mu}{3\sigma}, Cpk(LSL) = \frac{\mu - \text{下側規格}}{3\sigma}$$

式2 $Cpk(USL), Cpk(LSL)$ の定義式

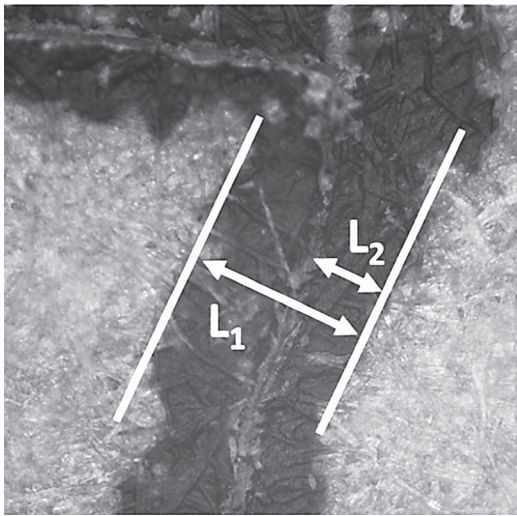


図4 加工精度の測定イメージ

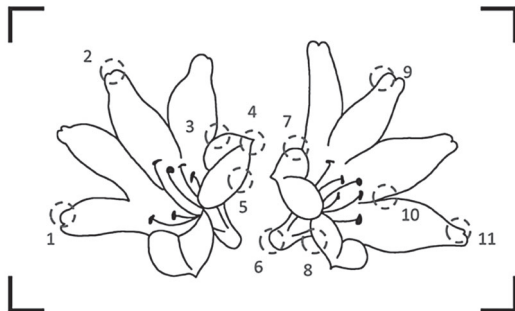


図5 図案中の加工精度の測定位置

3. 実験結果

3.1 型紙切断条件の検討

フィルムを裏張りしたST紙とCP紙について, カット圧を変化させ切断を行った結果を表1に示す。結果から, ST紙ならば 60 g 以上, CP紙ならば 100 g 以上のカット圧であれば型紙が切断可能であることが分かる。また, 今回の条件ではカット圧の最大値である 400 g でも裏張りしたフィルムを切断することはなかった。以上のことから, カuttingプロッターによる型紙作製においては, カット圧を一定の値以上にしておけば型紙のみを切断可能であることが確認された。

3.2 ベクター変換条件の検討

図6にベクター変換条件の一つである誤差の許容量とカット時間の関係を示す。誤差の許容量を低く設定するほどカット時間が増加することが分かる。また, カット

表1 ST紙, CP紙の切断状況
(○:裏面まで完全に切断, △:一部裏面まで切断されず, ×:全体が裏面まで切断されず)

	カット圧(g)							
	40	60	80	100	120	140	200	400
ST	△	○	○	○	○	○	○	○
CP	×	△	△	○	○	○	○	○

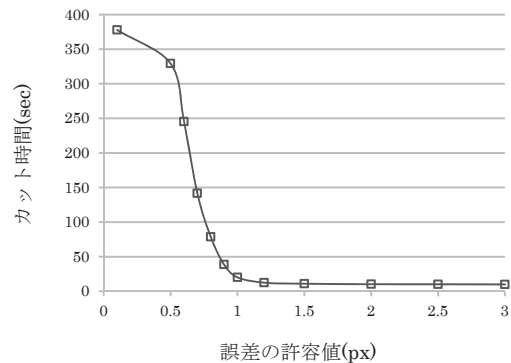


図6 誤差の許容量とカット時間の関係



図7 誤差の許容量によるベクターデータの変化
左:許容量 2.5 px , 中:許容量 1.5 px , 右:許容量 0.5 px

時間は誤差の許容量が1.0 px よりも小さくなると急激に増加し始めることも見て取れる。次に図7に誤差の許容量を変化させた場合のベクターデータの糸目に対する位置を示す。許容量が2.5 px, 1.5 px, 0.5 px の全ての場合でベクターデータは糸目の内側に位置しているが、2.5 px の場合では糸目の外側ぎりぎりに位置しており切断位置が少しずれることで不良となってしまう可能性がある。また、1.5 px と 0.5 px では0.5 px の方が忠実にトレースしているが、ベクターデータの糸目内での位置には大きな差はないため、カット時間がより短い1.5 px のデータが最も実用性が高いと判断した。

3.3 加工ばらつきの評価

表2に各測定点でのLcの平均値と標準偏差, Cpk (USL), Cpk (LSL)を示す。それぞれの測定箇所での標準偏差の値を比較すると, ST紙(支台有) < ST紙(支

台無) < CP紙(支台有)となる傾向があることが分かる。この結果から支台を設置することには、型紙切断時のばらつきを抑える効果があるものと考えられる。ST紙の支台の有無で測定箇所毎の値を比較すると、測定箇所1と11の平均値に大きな差があることが分かる。これらの測定位置は型紙の端部に近い位置であり、図8左に示すような型紙の剥離が起きやすい位置であった。一方ST紙とCP紙で比較すると、CP紙の方がばらつきは大きくなる傾向にあることが見て取れる。CP紙においては、図8右に示すような型紙のフィルムからの浮きが頻繁に観察されており、こちらも型紙とフィルムの接着性が原因となっているものと考えられる。

次に工程能力(Cpk)に着目する。Cpkは1.0程度であれば規格外の発生確率が0.15%程度となり、1.33で0.03%程度の発生確率となる。今回の結果では、ST紙(支台有)がCpkは全体的に高く、切断位置が糸目から出

表2 各加工条件での加工精度と標準偏差

測定箇所	ST(支台無) N=10				ST(支台有) N=10				CP(支台有) N=11			
	平均値/ μm	標準偏差	Cpk(HSL)	Cpk(LSL)	平均値/ μm	標準偏差	Cpk(HSL)	Cpk(LSL)	平均値/ μm	標準偏差	Cpk(HSL)	Cpk(LSL)
1	-192	95	1.55	0.20	-95	77	1.49	0.67	-281	215	0.82	-0.05
2	4	85	0.96	1.00	52	84	0.79	1.20	84	180	0.31	0.62
3	-26	72	1.28	1.04	-1	69	1.21	1.20	19	118	0.65	0.76
4	95	48	1.08	2.40	66	35	1.75	3.01	122	58	0.74	2.14
5	-21	76	1.19	1.00	-93	56	2.04	0.93	14	87	0.90	1.01
6	-144	68	1.93	0.52	-123	76	1.64	0.56	-344	305	0.65	-0.10
7	-143	71	1.85	0.50	-133	65	1.96	0.60	-253	197	0.85	-0.01
8	-239	78	2.09	0.05	-188	54	2.70	0.38	-378	184	1.14	-0.23
9	-54	97	1.04	0.67	-73	55	1.96	1.07	-9	122	0.71	0.66
10	-68	73	1.45	0.83	-54	37	2.74	1.77	-102	110	1.07	0.45
11	-119	150	0.82	0.29	-8	78	1.10	1.03	-133	163	0.78	0.24

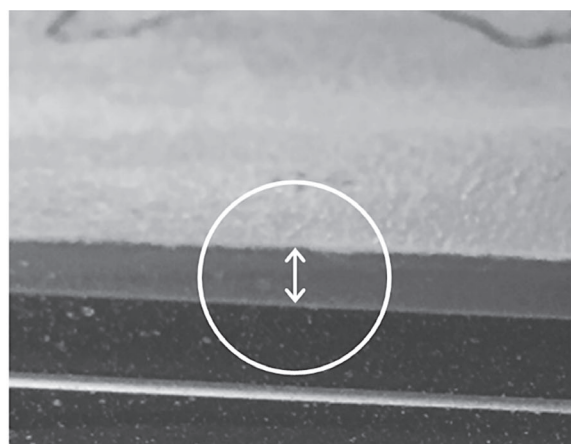
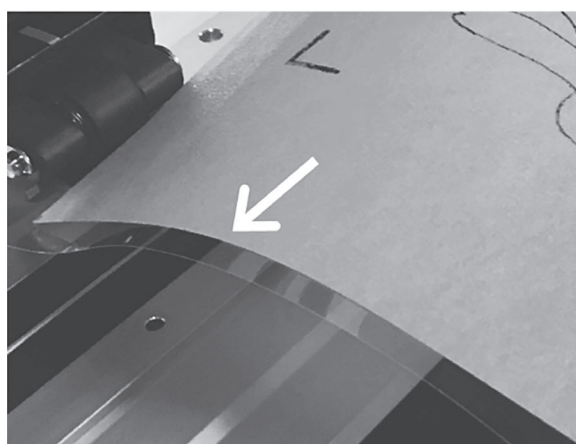


図8 型紙のフィルムからの剥離イメージ
左：型紙の端部での剥離と浮き，右：CP紙で頻発した型紙の浮き

る確率は低い傾向にあることが分かる。ST紙（支台有）では、最もCpkが低い箇所で0.38、切断位置が糸目の外側になる確率は13%程度である。これでは十分な工程能力があるとは言い難い。またCP紙については、平均値が規格外となっている測定箇所がありCpk（LSL）は負の値と取っている。これは生産した場合に下側規格に外れる（切断位置が糸目の外側に位置する）ものが50%以上あることを意味し、CP紙は加工精度の向上なくしては生産に耐えられないものと考えられる。

以上のことから、課題としては更なる加工精度の向上が挙げられ、特にCP紙は生産を成り立たせるためにもある程度の加工精度を実現するのが必須である。加工精度を向上するためには型紙とフィルムの剥離をより抑える加工方法を検討する必要があると考えられる。

4. まとめ

本研究では、カッティングプロッターを用いた型紙自動作製システムの実現可能性について検討し、加工条件による加工精度のばらつきの変化やベクター変換の条件によるトレース結果の違いについて検討し、以下の結果を得た。

- ・ベクター変換の精度は誤差の許容量のパラメータに依存し、許容量を低く設定することで高い精度を実現できる。
- ・誤差の許容量を1.0 px以下に設定すると急激にカット時間が増加するため、カット時間を考慮し許容量を設定する必要がある。
- ・型紙を切断するのに必要なカット圧は型紙の種類によって異なり、一定の圧力以上であれば型紙のみを切断できる。また、0.2 mm厚の型紙を使用した場合は裏張りしたフィルムが切断されることはなかった。
- ・型紙の切断時に支台を使用することで切断時のばらつきを抑えることができることが示唆された。
- ・型紙のフィルムからの剥離が起こることで加工精度のばらつきが増加することが示唆された。

今年度の結果から、更なる加工精度の向上が必要であることが示された。そのため今後は、型紙からのフィルムの剥離を抑制するため、型紙とフィルムの接着性を改善する方法についても検討する必要があると考える。次年度では、加工精度の向上を検討するとともに、見本品を作製し、製品での品質を確認する。最終的には、型紙自動作製システムを供給不足の解決策として業界に提示

し、型友禅業界に貢献できるよう検討をすすめたい。

参考文献

- 1) 佐藤雄介, 愛知教育大学研究報告, 29 (芸術・保健体育・家政・技術科学編), pp.55 ~ 70, March, 1980
- 2) 沖田実嘉子, 日本感性工学会論文誌 11 (2), 175-182, 2012
- 3) 津村幸夫, 向井俊博, 廣澤覚, 名所高一, 京都市産業技術研究所研究報告 No8, p110, 2018