

実験計画法を用いたオリジナルプリントTシャツの品質最適化

後藤 正幸 研究室
0131043 枝松 哲朗

指導教員
了承印

1. 研究目的

(株)デンエンチョウフ・ロマン(以下D社)において、ポリマー染着色という新たな染色技術が開発された。これは特殊なポリマー溶液を生地に含浸させることにより、顔料インクジェットプリンターによる染色加工を可能とした技術であり、その特徴として、生地の種類を問わないこと、生地の風合いを損なわないことなどが挙げられる。そして何より従来の染色と異なり、水を使用しない環境に優しい染色技術である。その技術を活かし、D社はTシャツに写真やデザインをプリントするサービス(オリジナルプリントTシャツ)を開始した。

しかしながら、研究機関による染色の堅牢度テストやサンプル段階では順調であったが、実際に販売された商品において、注意書きどおりに使用、洗濯しても「プリント部分が黄ばむ」、「色落ちが発生する」という重大な問題が発生した。

本研究では、この問題の改善を図ることを目的とする。D社との確認作業の結果、その原因は作業工程や溶液濃度、洗濯方法など様々な要因にあるという結論に達した。また、D社には技術はあるが、生産のノウハウが確立されていないことも判明した。この問題を改善するためには、各要因の効果を分析し、最適な条件の組み合わせを明らかにする必要がある。しかし、要因数が多いため、すべての条件の組み合わせについてTシャツを製作し評価するには、多くの時間とコストが必要になる。そこで、実験計画法を用いることで、実験数を減らし、効率的に実験と評価を行う。またこの問題は、定量的評価がしやすい実験と異なり、黄ばみ、色落ちなどの感性特性を扱うことになる。本研究では複数の被験者による視覚評価の数量化を導入し、分散分析による要因の分析を行う。この結果から最適な要因の組み合わせを示し、プリント品質の向上を図るとともに、D社における作業マニュアルを作成するための基礎を与える。

2. 実験概要

2.1 因子と水準

まずD社との議論により、黄ばみと色落ちに影響を与える要因を全て列挙した。その結果、多くの要因が挙げられた。それら要因の中から操作可能なものを選択し、各因子の実験水準を決定した(表1)。また、D社が操作可能な要因を内的要因、ユーザが操作可能なものを外的要因と表した。

2.2 実験計画法～直交表L₁₈～

今回は、実験計画法の手段の一つである直交表を用いて各要因の水準を組み合わせた。直交表を用いることにより、実験数を大幅に減らすことができる。用いた直交表はL₁₈直交表である。直交表の利用により、本来384通りの実験を18通りにすることが可能となった。18通りの条件を決定したのち、各条件に応じたプリントTシャツを1通りの条件につき2枚、計36枚作成した。これは製作段階での品質のばらつきを考慮するためである。それを実験協力者36人に1人1枚、計画にある18通りの条件別で使用(洗濯を含む)してもらった。また、従来問題が起きたTシャツでは、約一週間ほどで黄ばみが発生し始めていたため、実験期間は三週間、実際の使用と洗濯は週2回とした。その後、Tシャツを回収し、問題の発生状況を統計的に分

表1 因子と水準

		水準1	水準2	水準3
内的要因	含浸液の付け方	霧吹き	浸す	
	含浸液の濃さ	薄い	濃い	
	生地の種類	白	淡色	
	含浸液	新液1	新液2	旧液
外的要因	洗濯方法	洗濯ネット	使用	不使用
		洗剤	弱アルカリ性	中性
		乾燥機	不使用	使用
	使用方法	運動着	普段着	

析することにより、最適なTシャツ作成条件を求める。ここで注意すべきことは、実験計画法及びその統計的分析手法である分散分析では、量的データを扱っていることである。黄ばみ、色落ちの評価といったデータは、人の感性が影響してくる質的データである。本研究では、評価基準を「問題なし・10点」、「よく見るとわかる・7点」、「人前では着れない・4点」、「返品・1点」という4段階に設定し、質的データから量的データへの変換により、各条件の評価を行った。評価方法は、50人の協力者にTシャツを一枚ずつ視覚評価してもらい、黄ばみ、色落ちについて、それぞれ点数を出してもらう。そして、その評価数値の平均を各組合せでの、分散分析を行うことで、結果に影響を与える要因を抽出すると共に、最適条件を探求する。主な顧客は学生であることから、評価対象は学生に絞り、評価を行った。

3. 分析結果

分析の結果、黄ばみに関しては、要因「液の濃さ」が有意水準1%で有意であり、「生地の種類」、「乾燥機」が有意水準5%で有意あることが判明した。それぞれの寄与率は28.6%、12.5%、10.7%であった(表2)。全体のばらつきの51.8%をこれら3つの要因で説明できることが明らかとなった。

色落ちに関しては、要因「液の種類」が有意水準1%で有意、「液の付け方」、「液の濃さ」が有意水準5%で有意であり、それぞれ寄与率は21.9%、6.8%、8.2%であった。これは全体のばらつきの37%が、これら3つの要因による影響であることを示している。

分析の結果、ロマン・オリジナルプリントTシャツでの、最適と思われる品質の作成条件は、

淡色のTシャツに、薄めの新液2を浸して付けTシャツを作成。
ただし乾燥機は使用不可とする。

となった。

4. 考察とまとめ

今回の結果よりD社に対して以下の提案を行うことができた。

今後は、薄めの新液2を浸して付けてプリントを行い、顧客に対し、極力淡色の生地の使用を提案する。さらに注意書きの中に乾燥機の使用不可の項目を追加する。

今回の結果の確認実験、有意とならなかった因子を含めた交互作用の実験を行う。

実験の結果、当初の予想とは異なる結果が現れた。内的要因に関しては、ほぼ予想通りの結果が得られたが、外的要因に関しては「ネットの使用」、「洗剤の種類」が影響を及ぼすと考えられたが実験結果では有意とならなかった。この結果を検証するための実験が必要である。確認が取れるまでは、これまでに書かれていた、外的要因に関する注意書きは残しておくべきである。

最後に今後の課題について述べる。今回、実験単位内誤差が48.2%と大きくなった。これには同条件のTシャツでも評価データに大きな差が出たものがあることから、製作段階でのばらつきとユーザの視覚評価による評価誤差の混入が考えられる。製作段階でのばらつきは、作業マニュアルを作製することにより、安定した生産がなされ、改善されていくと思われる。一方、ユーザの視覚評価による誤差は新たな評価方法やユーザのセグメント化などにより、精度向上を図らなければならない。また、使用者の汗の質や細かい使用状況など、今回要因として取り上げなかったものは、誤差要因であるが、その大きさを把握する必要がある。

表2 分散分析表の例(黄ばみ)

要因	平方和S	自由度	分散V	分散比F ₀	寄与率P(%)
含浸液の付け方	2.5	1.0	2.5	2.2	
含浸液の濃さ	24.1	2.0	12.1	10.6 **	28.6
生地の種類	11.8	2.0	5.9	5.2 *	12.5
含浸液の種類	0.2	2.0	0.1	0.1	
ネットの使用、不使用	1.9	2.0	1.0	0.8	
洗剤の種類	0.3	2.0	0.2	0.1	
使用方法	0.8	2.0	0.4	0.4	
乾燥機の使用、不使用	10.4	2.0	5.2	4.6 *	10.7
一次誤差 e _i	4.3	2.0	2.2	1.9	
実験単位内誤差 e _w	20.4	18.0	1.1	-	48.2
計	76.7	35.0	-	-	100.0

分散比F₀の*は有意水準5%で有意、**は1%で有意を意味する